



# A

## IPv6 基本概念

在上世紀末業界曾經擔心 IPv4 位址可能會不夠使用，雖然後來利用無等級式定址（classless addressing）、NAT（Network Address Translation）等技術暫時解決了問題，然而提供更多位址、效率更好、安全性最佳的 IPv6 正逐漸的被採用中。

A-1 IPv6 位址的語法

A-2 IPv6 位址的分類

A-3 IPv6 位址的自動設定



## A-1 IPv6 位址的語法

IPv4 位址一共佔用 32 個位元，它被分為 4 個區塊，每個區塊佔用 8 個位元，區塊之間利用句點( . )隔開，然後以十進位來表示每個區塊內的數值，例如 192.168.1.31。

IPv6 位址則是佔用 128 個位元，它被分為 8 個區塊，每個區塊佔用 16 個位元，區塊之間利用冒號( : )隔開，然後以十六進位來表示每個區塊內的數值。由於每個區塊佔用 16 個位元，因此每個區塊共有 4 個十六進位的數值，舉例來說，假設 IPv6 位址的二進位表示法為 ( 128 位元 )：

```
0010000000000001 0000000000000000 0100000100110110 1110001110001100 0001010011011001
0001001000100101 0011111101010111 1111011101011001
```

則其 IPv6 位址的十六進位表示法為 ( 參考圖 A-1-1 )：

```
2001:0000:4136:E38C:14D9:1225:3F57:F759
```

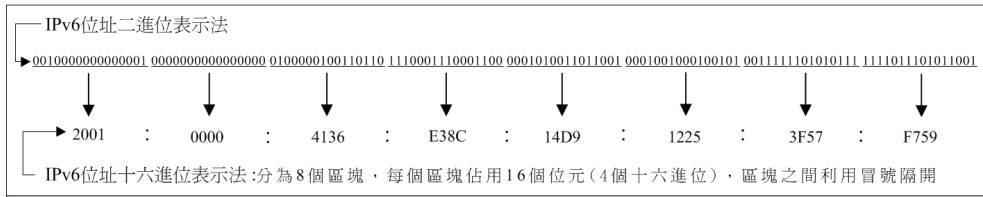


圖 A-1-1

### 前導 0 可以省略

為了簡化 IPv6 位址的表示方式，因此可以省略某些數字為 0 的部分，例如在圖 A-1-2 中的 IPv6 位址 21DA:00D4:0000:E38C:03AC:1225:F570:F759 可以被改寫為 21DA:D4:0:E38C:3AC:1225:F570:F759，其中的 00D4 被改寫為 D4、0000 被改寫為 0、03AC 被改寫為 3AC。

區塊中只有靠左邊的 0 可以被省略，而靠右邊或中間的 0 不可以省略，例如 F570 不可以改寫為 F57。

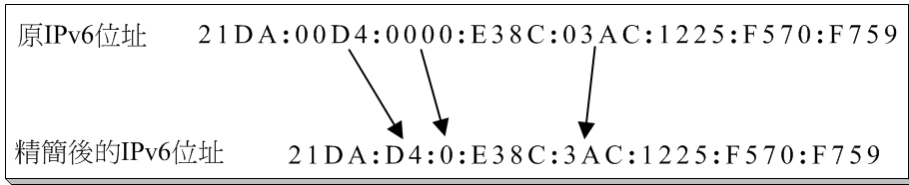


圖 A-1-2

## 連續的 0 區塊可以縮寫

如果有連續數個區塊都是 0 的話，則可以改用雙冒號 (::) 來代表這些連續區塊，例如圖 A-1-3 中的 IPv6 位址 FE80:0:0:0:10DF:D9F4:DE2D:369B 可以被縮寫為 FE80::10DF:D9F4:DE2D:369B。



圖 A-1-3

此範例將其中連續 3 個為 0 的區塊改用雙冒號來表示。注意在一個 IPv6 位址中，這種縮寫方式只能夠使用一次，例如圖 A-1-4 的位址 FE80:0:0:0:10DF:0:0:369B 中有兩個連續 0 區塊 (0:0:0 與 0:0)，則您可以將其中的 0:0:0 或 0:0 縮寫，也就是此位址可用以下方式來表示：

FE80::10DF:0:0:369B 或 FE80:0:0:0:10DF::369B

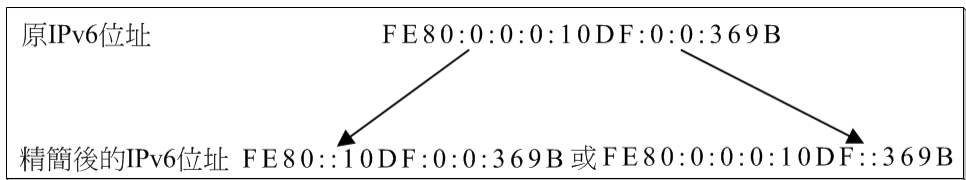


圖 A-1-4

但不可以同時將 0:0:0 與 0:0 都縮寫，也就是此位址不可寫成 FE80::10DF::369B，因為如此將無法判斷其中兩個雙冒號::各自代表著多少個 0 區塊。



## IPv6 的首碼 (prefix)

首碼是 IPv6 位址的一部分，用來表示 IP 位址中某些位元是固定的值，或用來反應其所代表的子網路，其首碼的表示方式與 IPv4 的 CIDR 表示方式相同。IPv6 首碼的表示法為「位址/首碼長度」，例如 21DA:D3:0:2F3B::/64 就是一個 IPv6 位址的首碼表示法，它表示 IPv6 位址中最左邊 64 個位元固定為 21DA:D3:0:2F3B。IPv4 內所使用的子網路遮罩，在 IPv6 內已經不支援。

## A-2 IPv6 位址的分類

IPv6 支援三種類型的位址，它們分別是 **unicast 位址** (單點傳播位址)、**multicast 位址** (多點傳播位址) 與 **anycast 位址** (任一傳播位址)。表 A-2-1 列出 IPv4 位址與其所相對應的 IPv6 位址。

表 A-2-1

IPv4 位址	IPv6 位址
網際網路位址等級式分類	不分等級
Public IP 位址	Global unicast 位址
Private IP 位址 (10.0.0.0/8、172.16.0.0/12 與 192.168.0.0/16)	Site-local 位址 (FEC0::/10) 或 Unique Local 位址 (FD00::/8)
APIPA 自動設定的 IP 位址 (169.254.0.0/16)	Link-local 位址 (FE80::/64)
Loopback 位址為 127.0.0.1	Loopback 位址為 ::1
未指定位址為 0.0.0.0	未指定位址為 ::
廣播位址	不支援廣播
多點傳播位址 (224.0.0.0/4)	IPv6 多點傳播位址 (FF00::/8)

## Unicast 位址 (單點傳播位址)

Unicast 位址用來代表單一網路介面，例如每一片網路卡可以有一個 unicast 位址。當封包的傳送目的地是 unicast 位址時，該封包將被送到擁有此 unicast 位址的網路介面 (節點)。IPv6 的 unicast 位址包含以下六種類型：





► **Interface ID**( 介面識別碼 )用來表示子網路內的一個網路介面( 例如網路卡 )，它相當於 IPv4 的主機識別碼 ( host ID )。Interface ID 可以透過以下兩種方式之一來產生：

- **根據網路卡的 MAC 位址來產生 Interface ID**：如圖 A-2-2 中的 1 號箭頭所示，首先將 MAC 位址( 實體位址 )轉換成標準的 EUI-64( Extended Unique Identifier-64 )位址，然後再修改此 EUI-64 位址，也就是如 2 號箭頭所示將圖中的 0 改為 1 ( 此位元在標準的 IEEE 802 網路卡中為 0 )，最後將這個修改過後的 EUI-64 位址當作 IPv6 的 Interface ID。Windows Server 2003 與 Windows XP 所自動設定的 IPv6 位址，預設是採用此方式。

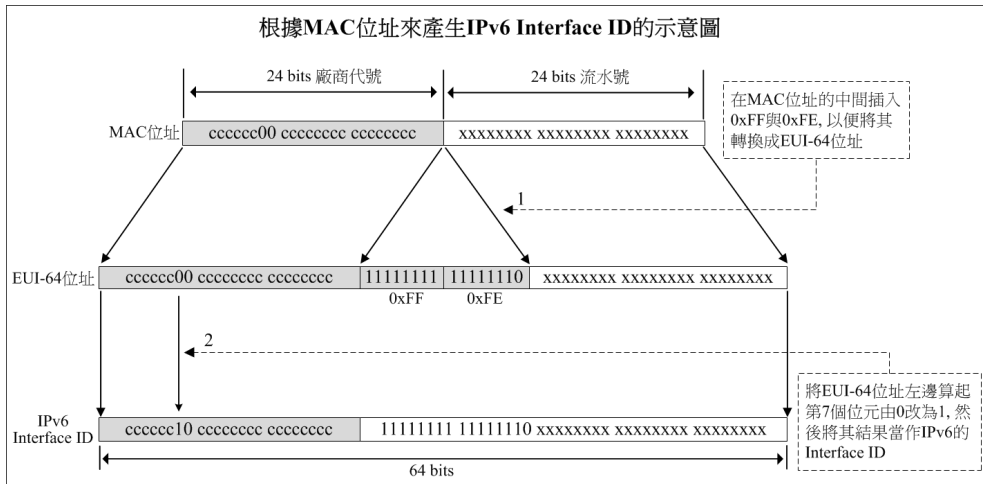


圖 A-2-2

- **亂數產生 Interface ID**：用戶端系統從 Windows Vista 開始、伺服器系統從 Windows Server 2008 開始，其所自動設定的 IPv6 位址，預設是採用此方式。

## Link-local 位址 ( 連結-本機位址 )

擁有 link-local 位址的節點使用此位址來與同一連結 ( link ) 上的鄰近節點溝通。IPv6 節點 ( 例如 Windows Server 2022 電腦 ) 會自動設定其 link-local 位址。



何謂節點 (node)？任何一個可以擁有 IP 位址的裝置都可稱為節點，例如電腦、印表機、路由器等。一個站台 (site) 內包含著一或多個子網路，這些子網路之間透過路由器等設備串接在一起。每一個子網路內包含著多個節點，這些節點透過網路介面 (network interface，例如網路卡) 連接在這個子網路上，也就是說這些節點是在同一個**連結** (link) 上。

Link-local 位址相當於 IPv4 中利用 Automatic Private IP Addressing 機制 (APIPA) 取得的 IP 位址 169.254.0.0/16。IPv6 節點會自動設定其 link-local 位址。Link-local 位址的使用範圍僅限該節點所連接的區域連結 (local link) 之內，也就是只能夠與同一個連結內的節點溝通。圖 A-2-3 為 link-local 位址的結構圖。

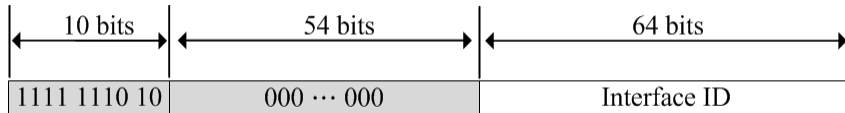


圖 A-2-3

Link-local 位址以 **FE80** 開頭，其首碼為 **FE80::/64**。目的地為 link-local 位址的封包，不會被路由器傳送到區域連結之外的其他連結。圖 A-2-4 最下方箭頭所指就是 link-local 位址，執行 **netsh interface ipv6 show address** 指令可得到此畫面 (其中的 Teredo 位址與 ISATAP 位址請參考後面的說明來設定後才看得到)。

```

系統管理員: Windows PowerShell
PS C:\Users\Administrator> netsh interface ipv6 show address

介面 1: Loopback Pseudo-Interface 1
位址類型  DAD 狀態  有效存留期  慣用存留期  位址
-----
其他      慣用      infinite  infinite  ::1 ← Loopback位址

介面 6: Teredo Tunneling Pseudo-Interface
位址類型  DAD 狀態  有效存留期  慣用存留期  位址
-----
公用      慣用      infinite  infinite  2001:0:2851:fc00:1cd9:3e6b:3f57:f7f5 ← Teredo位址
其他      慣用      infinite  infinite  fe80::1cd9:3e6b:3f57:f7f5%6

介面 10: isatap.{755A415C-E805-45A3-BC04-BD784BA7B124}
位址類型  DAD 狀態  有效存留期  慣用存留期  位址
-----
其他      慣用      infinite  infinite  fe80::5efe:192.168.8.10%10 ← ISATAP位址

介面 5: 乙太網路
位址類型  DAD 狀態  有效存留期  慣用存留期  位址
-----
其他      慣用      infinite  infinite  fe80::f847:7b54:da56:e4be%5 ← Link-local位址

```

圖 A-2-4



圖中 link-local 位址（以 FE80::開頭）結尾%後面的數字 5 是網路介面索引值（interface index），為何需要介面索引值呢？因為 link-local 位址（與 Site-local 位址）的前置碼可以重複使用，也就是站台內的所有連結都可以使用相同的前置碼（因此位於不同連結內的節點，其 link-local 位址也可以相同），這會造成使用上的混淆。例如圖 A-2-5 中的伺服器擁有兩張網路卡，分別連接到連結 1 與連結 2，同時連結 1 內有一台電腦、連結 2 內有兩台電腦。圖中 IPv6 位址都是 link-local 位址（其中連結 1 內的電腦 1 與連結 2 內的電腦 2 的 link-local 位址相同），此時若您要在伺服器上利用 ping 指令來與連結 2 內的電腦 2 溝通時，此封包應該要透過網路卡 2 來送出，但是您要如何讓這台伺服器將封包從這一片網路卡送出呢？此時您可以在 ping 指令後面加上此片網路卡的介面索引值（圖中的值為 12）來解決問題，例如 **Ping FE80::10DF:D9F4:DE2D:3691%12**。

上述指令表示此伺服器要透過介面索引值為 12 的網路卡 2（位於連結 2）來將封包送出。若將此 ping 指令最後的介面索引值改為 11 的話，則封包會透過網路卡 1（位於連結 1）來傳送給電腦 1。

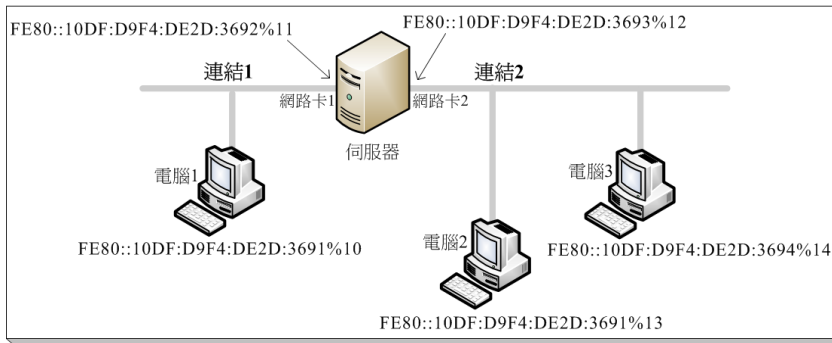


圖 A-2-5

每一台 Windows 主機都會各自設定自己的介面索引值，因此同一個連結內的電腦，其介面索引值可能都不相同。其實%之後的數字應該稱為 zone ID（又稱為 scope ID）。若是 link-local 位址的話，此 zone ID 就是介面索引值；若是 site-local 位址的話，zone ID 就是 site ID。

同理，每一台主機也可能有多個網路介面分別連接到不同的站台（site），因此也需透過 zone ID 來區分（此時它被稱為 site ID）。若您的主機只連接到 1 個站台，則其預設的 site ID 為 1。





您也可以如圖 A-2-6 所示利用 `ipconfig` 或 `ipconfig /all` 來得到一些 IPv6 的相關資訊（或利用 PowerShell 指令 `Get-NetIPAddress -AddressFamily IPv6`）。

```

系統管理員: Windows PowerShell
PS C:\Users\Administrator> ipconfig

Windows IP 設定

乙太網路卡 乙太網路:

    連線特定 DNS 尾碼 . . . . . :
    連結-本機 IPv6 位址 . . . . . : fe80::f847:7b54:da56:e4be%5 ← Link-local位址
    IPv4 位址 . . . . . : 192.168.8.10
    子網路遮罩 . . . . . : 255.255.255.0
    預設閘道 . . . . . : 192.168.8.254

通道介面卡 isatap.{755A415C-E805-45A3-BC04-BD784BA7B124}:

    連線特定 DNS 尾碼 . . . . . :
    連結-本機 IPv6 位址 . . . . . : fe80::5efe:192.168.8.10%10 ← ISATAP位址
    預設閘道 . . . . . :

通道介面卡 Teredo Tunneling Pseudo-Interface:

    連線特定 DNS 尾碼 . . . . . :
    IPv6 位址 . . . . . : 2001:0:2851:fc0b:1cd9:3e6b:3f57:f7f5 ← Teredo位址
    連結-本機 IPv6 位址 . . . . . : fe80::1cd9:3e6b:3f57:f7f5%6
    預設閘道 . . . . . : ::

PS C:\Users\Administrator>
  
```

圖 A-2-6

## Site-local 位址（站台-本機位址）

Site-local 位址相當於 IPv4 中的 private IP 位址（10.0.0.0/8、172.16.0.0/12 與 192.168.0.0/16），site-local 位址的使用範圍是該節點所連結的站台（local site）之內，也就是用來與同一站台（內含一或多個子網路）內的節點溝通。路由器不會將使用 site-local 位址的封包轉送到其他站台，因此一個站台內的節點無法使用 site-local 位址來與其他站台內的節點溝通。

不像 IPv6 節點會自動設定其 link-local 位址，site-local 位址必須透過路由器、DHCPv6 伺服器或手動來設定。

圖 A-2-7 為 site-local 位址的結構圖。Site-local 位址的首碼佔用 10 個位元，其首碼為 **FE80::/10**。每一個站台可以透過佔用 16 位元的 Subnet ID 來劃分子網路。IPv6 路由器在收到目的地為 site-local 位址的封包時，並不會將其路由到區域站台（local site）之外的其他站台。

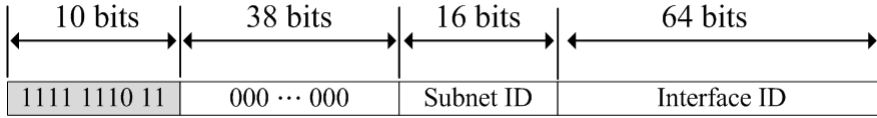


圖 A-2-7

RFC3879 內不建議在新建置的 IPv6 網路使用 Site-local 位址，但現有 IPv6 環境可以繼續使用 Site-local 位址。建議改採用接下來要介紹的 **Unique Local 位址** 來取代 Site-local 位址。

### Unique Local 位址（唯一的本機位址）

Unique Local 位址是用來取代 Site-local 位址，它相當於 IPv4 中的 private IP 位址（10.0.0.0/8、172.16.0.0/12 與 192.168.0.0/16）。圖 A-2-8 為 Unique Local 位址的結構圖，其首碼為 **FC00::/7**，其中 L (Local) 旗標值為 1 表示它是一個 local 位址 (L 為 0 供未來使用)，因此將其設定為 1 後的 Unique Local 位址首碼為 **FD00::/8**。其中的 Global ID 用來區別企業內的每一個站台，它是佔用 40 個位元的隨機值。Subnet ID (子網路識別碼) 用來區分站台內的子網路，透過這個 16 位元的 Subnet ID，可以讓企業在一個站台內建立最多 65536 個子網路。

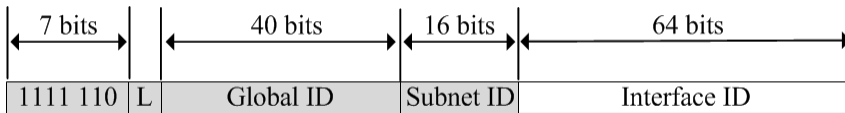


圖 A-2-8

不像 IPv6 節點會自動設定其 link-local 位址，Unique Local 位址必須透過路由器、DHCPv6 伺服器或手動來設定。

### 特殊位址

以下是兩個特殊的 IPv6 位址：

- ▶ **未指定位址 (unspecified address)**：它就是 **0:0:0:0:0:0:0:0** 或 **::**，相當於 IPv4 的 0:0:0:0，此位址並不會被指定給網路介面，也不會被當作封包的傳送目的位址。當節點要確認其網路介面所獲得的暫時位址 (tentative address) 是否唯一時，其所送出的確認封包內的來源位址就是使用**未指定位址**。



- ▶ **迴路位址 ( loopback address )**：它就是 **0:0:0:0:0:0:1** 或 **::1** ( 參閱前面圖 A-2-4 中的範例 )，相當於 IPv4 的 127.0.0.1。您可透過迴路位址來執行迴路測試 ( loopback test )，以便檢查網路卡與驅動程式是否可以正常運作。送到此位址的封包並不會被傳送到連結 ( link ) 上。

## 相容位址與自動通道

目前大多數網路是使用 IPv4，而要將這些網路轉移到 IPv6 是一個漫長與深具挑戰的工作，為了讓轉移工作能夠更順利，因此 IPv6 提供了數個自動通道技術 ( automatic tunneling technology ) 與相容位址來協助從 IPv4 轉移到 IPv6。

自動通道不需手動建立，而是由系統自動建立。如圖 A-2-9 所示，兩台同時支援 IPv6 與 IPv4 的主機如果要利用 IPv6 來溝通的話，由於它們之間的網路為 IPv4 的架構，此網路無法傳送 IPv6 封包，此時可以在兩台主機之間透過通道來傳送 IPv6 封包，也就是將 IPv6 封包封裝到 IPv4 封包內，然後透過 IPv4 網路來傳送。

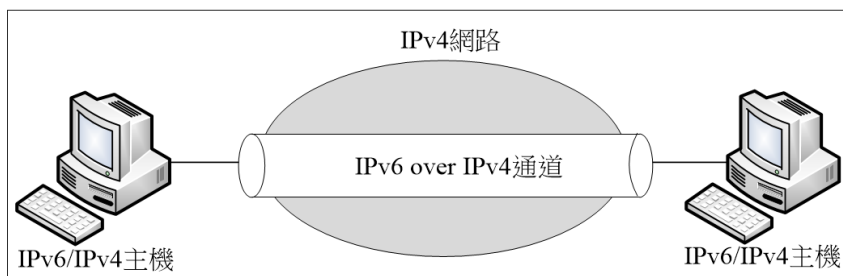


圖 A-2-9

IPv6 支援多個相容位址，以便通道兩端的主機或路由器可以利用這些位址來溝通：

- ▶ **ISATAP 位址**：ISATAP ( Intra-Site Automatic Tunnel Addressing Protocol ) 位址是主機-主機、主機-路由器、路由器-主機之間透過通道溝通時所使用的 IPv6 位址，它讓兩台同時支援 IPv6 與 IPv4 的主機之間可以在 IPv4 區域網路上利用 IPv6 來溝通。

ISATAP 位址的 Interface ID 格式為 **::0:5EFE:w.x.y.z**，其中 **w.x.y.z** 為 unicast IPv4 位址 ( public 或 private )。任何一個可用在 unicast 位址的 64 位元首碼，都可以當作是 ISATAP 位址的首碼，例如 FE80::5EFE:192.168.8.128 就是一



個 link-local ISATAP 位址。擁有 link-local ISATAP 位址的兩台主機，可以各自利用其 ISATAP 位址來透過 IPv4 網路溝通。

可參閱前面圖 A-2-4 中的範例，圖中的 ISATAP 位址，是先執行 PowerShell 指令 `Set-NetIsatapConfiguration -state enabled` 指令後才有的結果。您也可以利用 `Get-NetIsatapConfiguration` 來查看 ISATAP 的狀態或 `Get-NetIPAddress -AddressFamily IPv6` 來查看所有的 IPv6 狀態。

- ▶ **6to4 位址**：6to4 位址是路由器-路由器、主機-路由器、路由器-主機之間透過通道溝通時所使用的 IPv6 位址，它讓 IPv6 主機或路由器可以透過 IPv4 網際網路來連接。6to4 位址是屬於 global unicast 位址，其首碼為 **2002:wwxx:yyzz::/48**，其中的 **wwxx:yyzz** 擷取自 unicast public IPv4 位址 ( w.x.y.z )。
- ▶ **Teredo 位址**：若一台同時支援 IPv6 與 IPv4 的主機是位於 IPv4 的 NAT 之後，則當它要在 IPv4 網際網路上使用 IPv6 時，就可以使用 Teredo 位址，其首碼為 **2001::/32**。

可參閱前面圖 A-2-4 中的範例，圖中的 Teredo 位址，是先執行 PowerShell 指令 `Set-NetTeredoConfiguration -Type Enterpriseclient` 指令後才有的結果。您也可以利用 `Get-NetTeredoConfiguration` 指令來查看 Teredo 的狀態。

- ▶ **IPv4-compatible 位址**：兩台同時支援 IPv6 與 IPv4 的主機要相互利用 IPv6 溝通時，若它們之間需要經過使用 public 位址的 IPv4 網路的話，就可以使用 IPv4-compatible 位址來透過自動通道溝通。

IPv4-compatible 位址的格式為 **0:0:0:0:w.x.y.z** 或 **::w.x.y.z**，其中的 **w.x.y.z** 為 unicast IPv4 位址 ( public )，例如某台主機的 IPv4 位址為 140.115.8.1，則其 IPv4-compatible 位址為 **0:0:0:0:140.115.8.1** 或 **::140.115.8.1**。

## Multicast 位址（多點傳播位址）

IPv6 的 multicast 位址與 IPv4 一樣是用來代表一群網路介面，也就是多個節點可以加入到同一個 multicast 群組內，它們都可以透過共同的 multicast 位址來接聽 multicast 要求。一個節點也可加入多個 multicast 群組，也就是它可同時透過多個 multicast 位址來接聽 multicast 的流量。圖 A-2-10 為 multicast 位址的結構圖。

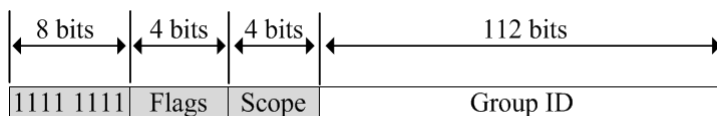


圖 A-2-10

- ▶ 其最高 8 個位元固定為 11111111，也就是十六進位的 FF。
- ▶ **Flags**：若被設定為 0000，表示它是由 IANA（Internet Assigned Numbers Authority）固定指派給 well-known multicast 的位址；若被設定為 0001 的話，表示它是尚未被 IANA 固定指派使用的暫時 multicast 位址。
- ▶ **Scope**：用來表示此 multicast 位址可傳送的範圍，當路由器收到 multicast 位址的封包時，它可以根據 scope 來決定是否要路由此封包。Scope 最常見的值為 1（表示 node-local scope，其傳送範圍為節點自己）、2（表示 link-local scope，其傳送範圍為區域連結）與 5（表示 site-local，其傳送範圍為區域站台），例如若路由器收到一個要傳送到 FF02::2 的封包時，由於其傳送範圍為 link-local，因此路由器並不會將此封包傳送到超出此區域連結（local link）以外的連結。
- ▶ **Group ID**：用來代表此群組的唯一群組識別碼，它佔用 112 個位元。

從 FF01::到 FF0F::是保留位址，例如（其中最右邊的 **Group ID** 值為 1 表示所有節點、為 2 表示所有路由器）：

- ▶ FF01::1（封包的目的地為節點自己）
- ▶ FF02::1（封包的目的地為區域連結內的所有節點）
- ▶ FF01::2（封包的目的地為路由器自己）
- ▶ FF02::2（封包的目的地為區域連結內的所有路由器）
- ▶ FF05::2（封包的目的地為區域站台內的所有路由器）

## Solicited-node multicast 位址

在 IPv4 中是利用 ARP request 來執行 IP 位址解析工作，由於它是 MAC-level 的廣播封包，因此會干擾到網路區段內的所有節點。在 IPv6 中它是透過送出 Neighbor Solicitation 訊息來執行 IP 位址解析工作，而且為了減少對連結內所有節點的干擾，它採用了 solicited-node multicast 位址（請求節點多點傳播位址），



此位址是從網路介面的 unicast 位址轉換而來的，如圖 A-2-11 所示，其首碼為 **FF02::1:FF00:0/104**，最後的 24 個位元是擷取自 unicast 位址的 Interface ID 的最右邊 24 個位元。

IPv6 不再使用廣播位址，所有原先在 IPv4 中使用廣播位址的方式，在 IPv6 中都改採用 multicast 位址。

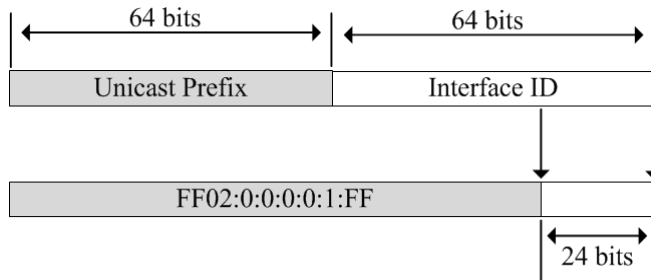


圖 A-2-11

舉例來說，假設某台主機的網路介面的 IPv6 link-local 位址為 FE80::10DF:D9F4:DE2D:369B，由於其最右邊 24 個位元為 2D:369B，故其 solicited-node multicast 位址為 FE02::1:FF2D:369B，該主機會登記其擁有此位址，並透過此位址來接聽 IP 位址解析要求（解析鏈結層的位址，以 Ethernet 網路來說就是 MAC 位址）。

## Anycast 位址（任一傳播位址）

Anycast 位址跟 multicast 位址一樣可以被指派給多個網路節點，但是送到 anycast 位址的封包，並不是被傳送到擁有此 anycast 位址的所有節點，而是只會被傳送到其中的一個節點，它是距離最近的節點（指路由距離）。

Anycast 位址目前只能夠用在封包的目的地位址，而且只能夠指派給路由器來使用。Anycast 位址並沒有自己專屬的 IPv6 格式，它是使用 unicast 位址的格式，但是在指派 Anycast 位址給路由器來使用時，必須聲明其為 Anycast 位址。



目前有被定義的 Anycast 位址為：**Subnet-Router anycast 位址**，它是路由器必須支援的位址，傳送給 Subnet-Router anycast 的封包，會被傳送到該子網路中的一個路由器。用戶端可以透過傳送 Subnet-Router anycast 封包來找尋路由器。

Subnet-Router anycast 位址的格式如圖 A-2-12 所示，其中 **subnet prefix** 取自網路介面所在的連結 ( link ) 的首碼，其長度視不同的 unicast 位址而有所不同，後面剩下的位元都是 0。

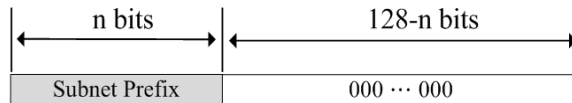


圖 A-2-12

## A-3 IPv6 位址的自動設定

IPv6 最好用的功能之一就是 IPv6 主機能夠自動設定自己的 IPv6 位址，而且可以不需要透過 DHCPv6 通訊協定的協助。

### 自動設定 IPv6 位址的方法

IPv6 主機預設會自動替其每一個網路介面設定一個 link-local 位址，除此之外，若 IPv6 主機能夠找到路由器的話，還可以根據路由器的設定來獲得更多的 IPv6 位址與選項，然後利用這些位址來連接網際網路（如果是 global 位址的話）或連接同一個站台內的其他子網路（如果是 site-local 或 Unique Local 位址的話）。IPv6 主機是透過送出 Router Solicitation 訊息來尋找路由器，路由器會回應 Router Advertisement 訊息，此訊息內包含著以下資訊：

- ▶ **一或多個額外的首碼**：IPv6 主機會根據這些額外的首碼（可能是 global 或 local 首碼）來另外建立一或多個 IPv6 位址。
- ▶ **Managed Address Configuration ( M ) 旗標**：若此旗標被設定為 1 的話，表示要使用 DHCPv6 來取得 IPv6 位址。
- ▶ **Other Stateful Configuration ( O ) 旗標**：若此旗標被設定為 1 的話，表示要使用 DHCPv6 來取得其他選項，例如 DNS 伺服器的 IPv6 位址。



若路由器所傳回的資訊內包含一或多個首碼的話，則 IPv6 主機除了會根據這些首碼來建立一或多個 IPv6 位址之外，還會根據 M 與 O 旗標來決定其他 IPv6 位址與選項。M 與 O 旗標有著以下的排列組合：

- ▶ **M=0 & O=0**：IPv6 主機僅會根據路由器所傳來的首碼來建立一或多個 IPv6 位址，此時需透過其他方式來設定選項（例如手動輸入）。
- ▶ **M=0 & O=1**：IPv6 主機根據路由器所傳來的首碼來建立一或多個 IPv6 位址，另外會透過 DHCPv6 來取得選項。
- ▶ **M=1 & O=0**：IPv6 主機會透過 DHCPv6 來取得其他 IPv6 位址，此時需透過其他方式來設定選項（例如手動輸入）。
- ▶ **M=1 & O=1**：IPv6 主機會透過 DHCPv6 來取得其他的 IPv6 位址與選項。

若 IPv6 主機是根據路由器傳過來首碼來建立一或多個 IPv6 位址的話，則此狀況被稱為**無狀態位址自動設定**（stateless address autoconfiguration）；若 IPv6 主機是透過 DHCPv6 來取得其他 IPv6 位址的話，則此狀況被稱為**有狀態位址自動設定**（stateful address autoconfiguration）。

### 自動設定的 IPv6 位址的狀態分類

不論是 IPv6 主機自動設定的 link-local 位址、或利用路由器傳回的首碼所建立的 global 或 local 位址、還是透過 DHCPv6 取得的任何一個 IPv6 位址，這些 IP 位址在不同的時機有著不同狀態，如圖 A-3-1 所示：

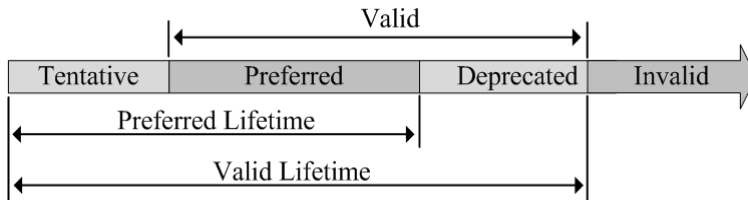


圖 A-3-1

- ▶ **Tentative (暫時性)**：當產生一個新的 IPv6 位址時，它是處於 tentative（暫時性）狀態，此時 IPv6 主機會透過送出 Neighbor Solicitation 訊息來執行 DAD（Duplicate Address Detection，重複位址偵測）程序，以便偵測此位址是否已經





被重複使用，如果 IPv6 主機收到 Neighbor Advertisement 回應訊息，表示此位址已經被重複使用。

- ▶ **Preferred (慣用)**：若確認了此 IP 位址的唯一性 (IPv6 主機未收到 Neighbor Advertisement 回應訊息)，就將此位址的狀態改為 Preferred (參見圖 A-3-2 中的“慣用”)，而從現在開始它就是一個有效的 (valid) IPv6 位址，IPv6 主機可以利用此位址來接收與傳送封包。
- ▶ **Deprecated (已過時)**：一個狀態為 Preferred 的 IPv6 位址有一定的使用期限，期限過後，其狀態就會被改為 Deprecated，它還是一個有效的位址，現有的連線可以繼續使用 Deprecated 位址，不過新的連線不應該使用 Deprecated 位址。
- ▶ **Invalid (無效的)**：處於 Deprecated 狀態的位址在經過一段時間後就會變成無效的 (invalid) 位址，此時就不可以再透過此位址來接收與傳送封包。

```

系統管理員: Windows PowerShell
PS C:\Users\Administrator> netsh interface ipv6 show address

介面 1: Loopback Pseudo-Interface 1
位址類型  DAD 狀態  有效存留期  慣用存留期  位址
-----
其他      慣用      infinite    infinite    ::1

介面 6: Teredo Tunneling Pseudo-Interface
位址類型  DAD 狀態  有效存留期  慣用存留期  位址
-----
公用      慣用      infinite    infinite    2001:0:2851:fc0:1052:3e6b:3f57:f7f5
其他      慣用      infinite    infinite    fe80::1052:3e6b:3f57:f7f5%6

介面 10: isatap.{755A415C-E805-45A3-BC04-BD784BA7B124}
位址類型  DAD 狀態  有效存留期  慣用存留期  位址
-----
其他      慣用      infinite    infinite    fe80::5efe:192.168.8.10%10

介面 5: 乙太網路
位址類型  DAD 狀態  有效存留期  慣用存留期  位址
-----
其他      慣用      infinite    infinite    fe80::f847:7b54:da56:e4be%5
  
```

圖 A-3-2

另外圖中最左邊有個位址類型欄位出現公用 (Public) 這個字眼，這是因為 IPv6 的位址又可以被分類為公用、臨時與其他位址。其中公用與臨時位址的說明如下：

- ▶ **公用 IPv6 位址**：它是一個 global 位址，主要用來接收連入連線 (incoming connection)，例如用在網站，這個位址應該要在 DNS 伺服器內登記。公用 IPv6 位址的 interface ID 可以是 EUI-64 位址或利用亂數產生。



- ▶ **臨時 IPv6 位址**：此位址主要是用戶端應用程式在啟始連線時使用，例如網頁瀏覽器就可以使用此位址來對外連接網站，這個位址不需要在 DNS 伺服器內登記。臨時 IPv6 位址的 interface ID 是亂數產生，這是為了安全上的考量，因為是亂數產生的，故每次 IPv6 通訊協定啟動時，其 IPv6 位址都不一樣，如此可避免使用者的上網行為被追蹤。

為了安全起見，用戶端系統從 Windows Vista 開始、伺服器系統從 Widows Server 2008 開始，預設是利用亂數來建立 Interface ID，而不是用 EUI-64。

您可以利用 PowerShell 指令 **Get-NetIPv6Protocol** 來檢視目前系統是否利用亂數來產生 interface ID，如圖 A-3-3 所示為已經啟用。

```
PS C:\Users\Administrator> Get-NetIPv6Protocol

DefaultHopLimit           : 128
NeighborCacheLimit(Entries) : 1024
RouteCacheLimit(Entries)  : 32768
ReassemblyLimit(Bytes)    : 20668192
IcmpRedirects             : Enabled
SourceRoutingBehavior     : DontForward
DhcpMediaSense            : Enabled
MediaSenseEventLog       : Disabled
MldLevel                  : All
MldVersion                 : Version2
MulticastForwarding       : Disabled
GroupForwardedFragments  : Disabled
RandomizeIdentifiers      : Enabled
AddressMaskReply          : Disabled
UseTemporaryAddresses     : Disabled
MaxTemporaryDadAttempts   : 3
MaxTemporaryValidLifetime : 7.00:00:00
```

圖 A-3-3

您可以透過以下指令來停用亂數產生 Interface ID：

**Set-NetIPv6Protocol -Randomizeidentifiers disabled**

或是透過以下指令來啟用亂數產生 Interface ID：

**Set-NetIPv6Protocol -Randomizeidentifiers enabled**