

利用 HD-Ratio 作 IPv4 位址使用管理之研究

陳式偉 顧靜恆 呂愛琴 曾憲雄

財團法人台灣網路資訊中心

david@twNIC.net.tw chku@twNIC.net.tw aclu@twNIC.net.tw sstseng@twNIC.net.tw

摘要

本文將探討國內 ISP (Internet Service Provider) 對於 IPv4 位址之使用規劃與分配管理之現況研究，首先透過問卷調查了解 ISP 在規劃切分 IPv4 位址時之考量條件，蒐集 ISP 之位址管理模式，並分析造成於網段中遺留未能使用網段的原因。為因應此種現象，本文提出利用「HD-Ratio」作 IPv4 位址使用管理之政策研究。透過問卷調查蒐集 ISP 對於「HD-Ratio」為發放管理政策之傾向，並分析對國內 ISP 使用 IPv4 位址及對網際網路發展趨勢的影響。

關鍵詞：

IPv4, IPv6, HD-Ratio, RIR, NIR, LIR。

1. 前言

網際網路資源分配以階層式架構進行，由全球各地的管理單位負責維護資源的公平分配，如圖 1。結構最頂層的 ICANN (The Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) 在亞太區、北美洲、拉丁美洲、非洲及歐洲各核准了一個 RIR (Regional Internet Registry)，由 RIR 負責該地區資源的分配與管理。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。

負責亞太地區網路資源分配管理單位亞太網際網路資訊中心 (APNIC, Asia Pacific Network Information Center)，為使網路資源更能有效與保守 (conservation) 使用，制定了「IPv4 位址分配 (allocation) 與管理政策」，讓亞太地區之 LIR 申請 IPv4/IPv6 位址有依循的標準。[4]

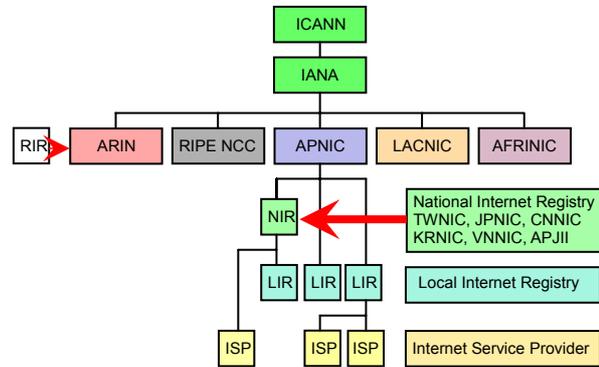


圖 1 Internet Registry Structure

2. IPv4/IPv6 位址申請與使用計算方式

2.1 位址申請

台灣網路資訊中心(TWNIC)為亞太地區六個 NIR 之一，負責台灣地區網路資源如 IPv4, IPv6 及 ASN 之申請、分配與管理。

依據 APNIC 制定的「IPv4 位址分配與管理政策」，要求 LIR 在分發(assignment) IPv4 位址給其客戶後，須登錄客戶資料至 TWNIC WHOIS 資料庫，TWNIC 會依據 WHOIS 資料統計該 IP 代理發放單位之 IPv4 網段使用率。

管理政策中規定了 IPv4 位址使用率的計算，申請新 IPv4 位址的首要標準是 IPv4 使用率須達到 80% 以上，故 IPv4 使用率的達成，會影響該 LIR 是否順利取得後續申請的 IPv4 網段。[4]

2.2 現行 IPv4 位址使用率計算方式

衡量每個 ISP 的 IPv4 位址使用率的算法是，將以已配發給使用者的 IPv4 位址總數為分子 (x)，ISP 擁有的全部 IPv4 位址為分母 (y)，將 x 直接除以 y 後，得到的百分率就是 ISP 的 IPv4 位址使用率，如圖 2，依據全球 IPv4 位址管理的規定，ISP 欲申請新一段的 IPv4 位址時，其 IPv4 位址的使用率須超過 80%。

$$\text{IPv4使用率} = \frac{\text{LIR核發IPv4位址總數}}{\text{LIR申請取得IP位址總數}}$$

圖 2 IPv4 使用率計算公式

2.3 HD-Ratio 計算方式

HD-Ratio(Host Density)是以 Host 密度計算，是 IPv6 位址之使用率的計算方式(簡稱 HD)[1]，亦即將已配發給使用者的 IP 位址總數為分子(x)，ISP 擁有的全部 IP 位址為分母(y)，分子與分母皆取對數(log x /log y)後相除的數學演算法，如圖 3。

$$\text{HD} = \frac{\text{Log (LIR核發IP位址總數)}}{\text{Log (LIR申請取得IP位址總數)}}$$

圖 3 HD 使用率計算公式

若取 HD-Ratio 為固定值時，則網段愈大者，其換算之使用率愈小，反之，若網段愈小者，則其換算之使用率會較大網段者高。以/20 網段為例，若當 HD-Ratio=0.96 時，其換算使用率為 80%；但/8 的網段，若 HD-Ratio 同樣為 0.96，換算其使用率僅為 51%，見表 1。[2]

表 1 HD-Ratio 與 80%使用率關係表

IPv4 位址數量(Prefix)	IPv4 位址數量 (/24)	Depth	使用率	HD-Ratio
/24~/20	1 ~ 16	1	80%	0.96-0.97
/20~/16	16-256	1.5	72%	0.96-0.97
/16~/12	256-4096	2	64%	0.96-0.97
/12~/8	4096-65536	2.5	57.2%	0.96-0.97
/8~/4	65536-1048576	3	51.2%	0.96-0.97

3. ISP 網路資源規劃與管理調查分析

ISP 取得 IPv4 位址後，複雜的分配管理須先考量自身的網路架構、網路服務項目、客戶數量、使用設備、POP 數(Present of Point)及備援計畫等因素，規劃 IPv4 位址的使用；此位址規劃計畫對於 ISP 是否可以有效及保守 (Conservation) 使用、網路位址路由之聚集(Aggregation) 及使用率達成等有相當大的影響。

申請新 IP 位址時，未能達到原擁有的 IP 位址 80%的使用率，以致發生申請延遲或需要特殊處理的情況，歸納可能原因包括大型 ISP 多樣的服務產品項目、產品用戶的增加、複雜的 IP 位址分配與管理、以及地理區域服務區域劃分等等因素，進而影響 ISP 使用率的達成。因此推測多階層式的大型網路與多樣的產品服務，將直接影響 IP 位址的使用效率[6]。

為確切瞭解國內 ISP 對於 IPv4 位址使用率政策的看法、使用規劃，及遭遇的困難，並彙整相關資料以研究 ISP 使用 IPv4 位址之規劃，台灣網路資訊中心於 2005 年 1 月初進行「HD-Ratio 使用率政策調查」的問卷設計，並進行為期 2 個星期的問卷調查。訪問對象是 TWNIC IP 代理發放單位成員 (ISP)55 家，以及 2 家位於台灣的 APNIC 會員總共 57 家，至 1 月 31 日止共回收 35 份問卷，回收率約 65%。

台灣網路資訊中心以問卷調查方式進行研究的優勢是，台灣網路資訊中心為主管國內 IPv4 位址申請與管理維護的單位，具有中立、公正及超然立場，平時與國內 ISP 皆有密切的聯繫與技術交流，較易取得國內各 ISP 之信任及更詳實之資料，以進行交叉比對分析，探討研究國內 ISP 使用 IPv4 位址之狀況、行為及對現行 IPv4 位址管理政策之意見。

問卷內容包括四部份，首先闡述本問卷的目的，及解釋網路管理政策更動之影響，第二部分是與受訪單位確認基本資料，如聯繫窗口與擁有的 IP 位址等，第三部分則介紹 HD-Ratio 基本原理、現行政策與如何計算其差異，最後部份是 11 題的問卷問題。

經統計 ISP 規劃分配使用 IPv4 位址時，最先需要考量的是「服務項目」佔 40%，第二多的是「客戶數」佔 27%，第三位是「POP 數」佔 21%，如圖 4；表示 ISP 在劃分 IP 網段時，認為「服務項目」是主要因素，「客戶數」與「POP 數」為次要考量。

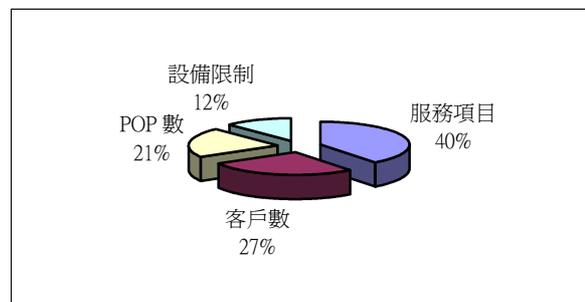


圖 4 ISP 切分網段考量因素比例 [8]

3.1 IPv4 網段破碎原因分析

客戶剩餘網段或服務終止的網段，此種不連續的 IPv4 位址網段散佈於各個 IP 位址網段中，遂形成「破碎」的小網段，造成無法整體再應用於其他服務的現象，是 ISP 未能達到使用率 80% 的主要原因。分析造成網段「破碎」的因素包括 1.IP 網段的規劃管理，2.服務項目的客戶數變化，3.新服務項目產生；

依據 ISP 擁有 IPv4 位址的多寡進行分析，得到「IP 網段的規劃管理」對於 IP 數小於 /16 的 ISP 影響最大；但「新服務項目的產生」對於 IP 數大於 /12 的 ISP 影響最大，如圖 5。

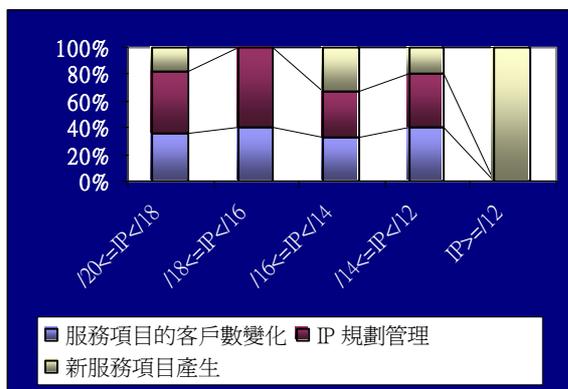


圖 5 未能達到使用率 80% 的因素(以 IP 數分類) [8]

依據 ISP 擁有的 POP 數的多寡進行分析，得到「IP 網段的規劃管理」對於 POP 數小於 10 的 ISP 影響最大；且「服務項目的客戶變化」對於擁有 POP 數愈多的 ISP 影響愈大，而對擁有 POP 數介於 30 與 20 的 ISP 影響最大，如圖 6。

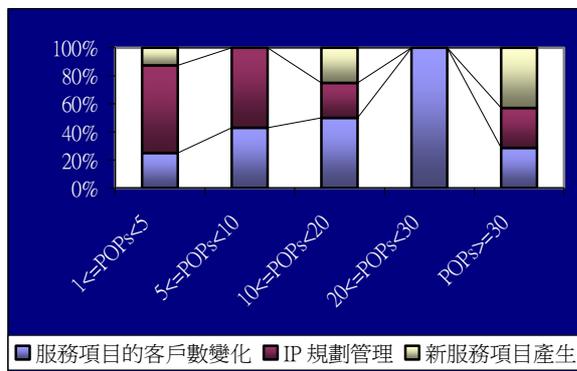


圖 6 未能達到使用率 80% 的因素(以 POP 數分類) [8]

由以上得知，「服務項目的客戶數變化」與「IP

規劃管理」是未能達到使用率 80% 的主要因素。其中「服務項目的客戶數變化」造成的結果是，會讓原先切分的網段因服務的客戶數變小，造成某段網段未能使用，殘留於其中，但又不能將此整個網段再規劃應用，以致造成網段「破碎」的情形。

「IP 管理規劃」可能造成的結果是，IP 網段初始規劃時，若 ISP 提供愈多的網路服務或有不同的區域的需求，因規劃管理問題，會對 IP 網段切分成不連續的網段，同樣會造成網段「破碎」的情形；此時，若 ISP 為因應市場服務的需求，急需 IP 位址使用時，將會因其未能達到使用率 80%，而不能申請 IPv4 位址。

3.2 HD-Ratio 應用於 IPv4 位址

為了使 ISP 在使用 IPv4 位址時，能不因提供的服務、地域分佈與市場變化等因素，影響後續 IPv4 位址的申請，同時亦為兼顧網路資源發放的標準性與公平性，APNIC 考慮以 HD-Ratio 的計算方式，應用於 IPv4 位址使用率的計算[5]，而 HD-Ratio 使用率計算方式，目前已為 IPv6 位址所採用[3]。

將 HD Ratio 的計算方式應用到現行的 IPv4 位址時，可能會改變 ISP 申請新的 IPv4 位址的最低要求位址數量。舉例來說，若一個擁有 65,536 個 IPv4 位址(/16)的 ISP，欲申請新的 IPv4 位址以服務客戶時，運用現行 IPv4 使用率換算，最少須先配發 52,429 個 IPv4 位址(80%)給使用者，但若以 HD = 0.96 為計算方式時，最少須先配發約 41,943 個 IPv4 位址(約 64%)給使用者即可達到審核標準。

另外，若一個擁有 4,096 個 IPv4 位址(/20)的 ISP，用現行 IPv4 使用率 80% 的標準計算，則須先配發 3,277 個 IPv4 位址給使用者，但若以 HD = 0.96 計算時，則仍須先配發約 3,277 個 IPv4 位址給使用者，才可達到申請 IPv4 位址的首要標準。由此可知，以 HD 來計算 IP 位址的使用率，對於擁有較大量 IPv4 位址的 ISP，則可有較低的百分率，對於擁有少量 IPv4 位址的 ISP，則仍須維持於 80% 的水準，如圖 7。

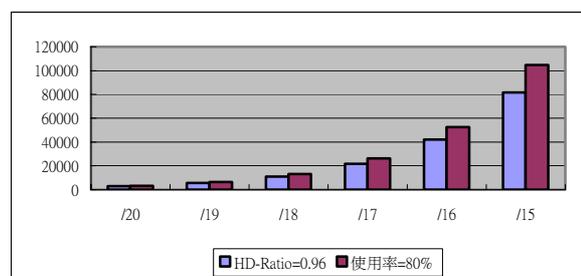


圖 7 HD-Ratio 與 80% 使用率之 IP 核發數比較圖 [8]

故可得知，雖然大小 ISP 皆採用同一計算的標準如 HD-Ratio = 0.96，但因其採用對數(log)之物理現象影響，使得擁有大量 IP 位址數量之 ISP，較容易達到 HD-Ratio 的標準，如以 /16 (共 65536 個 IP 位址) 為例，HD-Ratio=0.96 須達到 IP 位址之使用到了 41,943 個 IP 位址，即符合標準，此時使用比例為 64%；而擁有小量 IP 位址的 ISP，如以 /20 (共 4096 個 IP 位址) 為例，雖 HD-Ratio 亦為 0.96，但 IP 位址的使用仍須達 2048 個 IP 位址，始可達到標準，而此時使用比例為 80%。

3.3 ISP 使用率政策傾向分析

依據 ISP 意見調查統計的結果，國內約有 33% 的 ISP 傾向支持以 HD Ratio 應用於 IPv4 位址的使用率計算，約有 43% 的 ISP 希望保持原 80% 的使用率，而希望降低現行 80% 使用率政策佔 21%，所以整體上有超過 54% 的 ISP 願意變更現行的 IPv4 位址 80% 使用率的管理政策。

再經交叉分析得知政策傾向的趨勢為，國內 ISP 擁有的 IPv4 位址愈多愈支持變更使用率計算為 HD Ratio，POP 數建置的愈多愈支持使用 HD-Ratio，另外再由統計得知，ISP 的 POP 數、提供服務型態(Service 數)以及用戶數的變化是影響 ISP 能否達到 80% 使用率之主要因素。故可得知，愈是有大量 IP 位址及 POP 數的大型 ISP，較易發生未能達成 80% 使用率的困難。

3.4 國內影響與發展趨勢

由於現行 IPv4 位址使用率政策的規定，須達到 80% 的使用率始可申請下一段的 IPv4 位址。國內亦曾發生未達使用率，而又急需 IP 位址使用的案例。這些案例大多是屬於中大型的 ISP，因 ISP 依據提供的服務與地域性規劃來使用 IP 位址，造成 IP 位址「多層次」(depth)的切分，如圖 8 或如圖 9。[7]

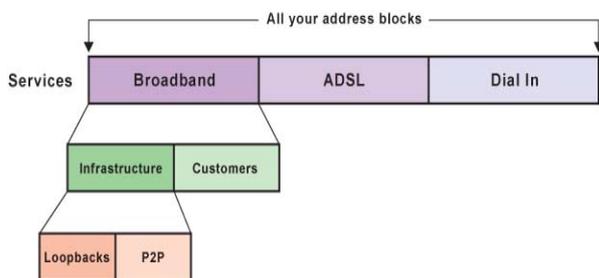


圖 8 以服務項目(service)規劃切分 IP 位址示意圖 [7]

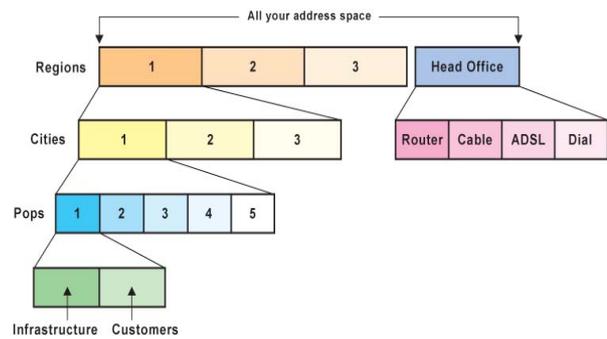


圖 9 以區域性(Region)規劃切分 IP 位址示意圖 [7]

因客戶數之增減，進而產生 IP 位址不連續破碎的情況，目前解決方式皆以專案方式向 APNIC 申請。而一般小型 ISP 所切分的「層次」較少，故較不易產生破碎的網段，或較易重新使用與控制破碎的網段，如表 1。[2]

若未來衡量 IPv4 位址的使用率是以 HD-Ratio 為標準，有些 ISP 認為會對現行的 IPv4 位址保守 (Conservation) 使用的政策背道而馳，因大型 ISP 較易達到較低的使用標準，而對於小型 ISP 仍須達到 80% 使用率的使用標準，此時大型 ISP 會較小型 ISP 更易閒置 IPv4 位址。所以，對於全球網際網路之業者而言，愈是大型的 ISP 愈是希望通過修訂管理政策，將 HD-Ratio 納入成為 IPv4 的政策；較小型的 ISP 則會提出不贊同的意見，認為大型 ISP 在網段的規劃使用上，要較小型 ISP 更容易閒置更多的 IP 位址。

國際發展的趨勢是，APNIC 已提出建議案並完成第二階段的意見調查，美洲的 ARIN 與歐洲的 RIPE NCC (RIR) 亦已有類似的研究報告與討論。國內方面則有愈來愈多的 ISP，支持 HD-Ratio 應用於 IPv4 位址管理政策上，其中不乏小型 ISP，但仍須收集各方對於 IPv4 位址管理政策的意見與建議，加以討論以形成更大的共識，據以建議修訂 IPv4 位址發放管理政策。

4. 結論

ISP 在規劃使用 IPv4 位址時，首要考量的是「服務項目」，其次是「客戶數」及「POP 數」。IPv4 位址的劃分「層次」往往會依據各個「服務項目」切分，再由每個「服務項目」依據地域性(Region and POP 數)或客戶數的向下切分，此種「多層次」的位址劃分結構會隨著某項網路服務的客戶數變化、服務種類的變化及地域分佈的改變，造成某些小段 IP 網段未能完全使用，而殘留於大網段中，此時 ISP 受殘留網段的限制，不能整合再規劃應用，因此會發生網段「破碎」的狀況。

為因應 ISP 網段發生「破碎」的情況，導致無法申請 IP 位址的問題，故提出以 HD-Ratio 應用於 IPv4 位址使用率的計算方式，以解決因「多層次」位址劃分結構所造成的網段「破碎」無法應用的問題。方法是以設定一標準 HD-Ratio 值為使用率的標準，應用 HD-Ratio 的特性，讓擁有較多 IPv4 位址的 ISP (多層次劃分 IP 位址) 能有較低的使用比例，就能達到設定的 HD-Ratio 值，而可繼續申請 IP 位址，對無法達到使用比例 80% 的大型 ISP 提供解決方案。[1]

有鑑於此，TWNIC 透過以問卷調查的方式及本身 IP 位址資料庫，蒐集分析各 ISP 的 IPv4 位址使用狀況與資料，探討 ISP 對於 HD-Ratio 應用於 IPv4 位址網路管理政策的傾向與可能性。問卷統計的結果是，支持 HD-Ratio 的 ISP 約有 33%，希望降低使用率的 ISP 也約有 21%，未發生網段「破碎」不希望改變現在標準的 ISP 約有 43%，故有超過一半的 ISP 是希望變更現行使用率政策；再經交叉分析得知，擁有 IPv4 位址的數量愈多的 ISP，愈支持 HD-Ratio 應用於 IPv4 位址使用率的計算，且建置愈多 POP 數量的 ISP，也愈支持 HD-Ratio 應用於 IPv4 位址。

國際上幾個區域級網際網路組織(RIR)，亦已開始研究「HD-Ratio 應用於 IPv4」的建議案，而國內則有超過 50% 以上的 ISP 對於現行「80% 使用率」政策是希望改變或降低的，而 HD-Ratio 是未來可能較被接受的一種計算方式，故此議題仍需再匯集各方意見，以取得較多的共識，進而支持 APNIC 修訂以「HD-Ratio」應用於 IPv4 位址使用率的管理政策。

參考文獻

- [1] A. Durand, C. Huitema, "The Host-Density ratio for address assignment efficiency: An update on the H ratio", [RFC 3194], November 2001.
- [2] Anne Lord, "Current Practices in managing IPv4 Address Space" Survey Update, Aug. 2004. <http://www.apnic.net/meetings/19/docs/sigs/policy/policy-pres-info-apnic-isp-survey.pdf>
- [3] APNIC document: "IPv6 address allocation and assignment policy", [IPv6-address-policy], <http://www.apnic.net/docs/policy/ipv6-address-policy.html>
- [4] APNIC document: "Policies for IPv4 address space management in Asia Pacific Region", [IPv4-address-policy], <http://www.apnic.net/docs/policy/add-manage-policy.html>
- [5] APNIC Secretariat: "Application of HD-Ratio to IPv4", [prop-0200-v001], 1 September 2004, <http://www.apnic.net/docs/policy/proposals/prop-0200-v001.html>
- [6] Paul Wilson, APNIC Secretariat, "Application of the HD-Ratio to IPv4", 7 August 2003, <http://www.apnic.net/meetings/16/programme/sigs/docs/policy/addpol-doc-wilson-hd-ipv4.txt>
- [7] APNIC Secretariat: "LIR Survey - Current Practices in managing IPv4 Address Space", May 2005.
- [8] David Shi-Wei Chen, TWNIC Staff, "A survey of ISPs in Taiwan for applying HD ratio to IPv4", Feb 2005. <http://www.apnic.net/meetings/19/programme/sigs/policy.html>