

台灣地區 BGP 路由統計分析

A study on Taiwan BGP routing table statistics

郭晟偉(Sheng-Wei Kuo)¹ 顧靜恆(Ching-Heng Ku)¹ 梁明正(Ming-Cheng Liang)^{1,2}

¹財團法人台灣網路資訊中心

²國立高雄大學

cwkuo@twnic.net.tw, chku@twnic.net.tw, mcliang@twnic.net.tw

摘要

本文將藉由所提出的台灣地區路由統計系統探討國內 ISP(Internet Service Provide)對於 IP 位址與 AS 號碼 (Autonomous System Number, ASN) 在 BGP 路由表中之實際使用狀況。透過各 ISP 所提供的 BGP 路由表,以及全球之 Whois 資料庫,將 BGP 路由表中顯示的 IP 位址與 AS 號碼之實際使用狀況與 Whois 資料庫中之實際核發狀況進行對照比較,來分析台灣地區 IP 位址與 AS 號碼之實際使用狀況,進而達到網際網路資源使用之深入管理。目前國外相關的 BGP 路由統計均以全球 BGP 路由表來進行統計分析,並無特別針對台灣的路由狀況來進行。有鑑於此,我們聯合台灣地區主要 ISP 共同參與,開發完成台灣地區路由統計系統,並持續進行資料的蒐集與分析,呈現出目前 IP 位址及 AS 號碼實際的使用狀況,並偵測不正常使用的 IP 位址及 AS 號碼,讓大家瞭解到台灣地區 Internet 路由演進的軌跡,為台灣網際網路發展留下歷史見證。

關鍵詞: IP 位址、AS 號碼、BGP 路由表、Whois 資料庫。

Abstract

This study probes into the practical usage of the IPv4 address and Autonomous System Number (ASN) according to the BGP routing table provided by Internet Service Providers (ISP) in Taiwan. The status quo of the usage in the global BGP routing is only gathered statistics by worldwide routing tables, but there is no specific routing information related to Taiwan. In order to effectively manage internet resources, we allied with Taiwan's ISPs to develop the statistics system of the BGP routing table related to Taiwan. Furthermore, we compare with the data in BGP routing tables, provided by Taiwan ISPs, and those in the Whois database to analyze the practical usage of the IPv4 address and ASN in Taiwan. Our contributions not only can present the practical usage of the IPv4 address and ASN in Taiwan, but also can record the growth trend of the routing table, and detect illegal usage of the IPv4 address and ASN.

Keywords: IP address, AS Number, BGP Routing Table, Whois database.

1. 前言

網際網路 IP 位址及 AS 號碼 [1]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[2][3]。結構最頂層的 ICANN (The Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) 分別在亞太地區、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,所有 IP 位址及 AS 號碼資源核發後均需登錄在 Whois 資料庫中以顯示該網路資源之核發記錄。

而 ISP 為實際將 IP 位址帶至全球網際網路路由,讓 IP 位址能實際使用,其原理是 ISP 使用路由器將封包中的目的地 IP 位址比對本身當時所儲存之路由表後,決定封包最佳路由以往前傳遞至下一站路由器,依循相同的動作重複執行路由表比對,有如接力似的把封包從發送端送到接收端,由上述過程可發現路由表是決定封包走向的關鍵,路由表的表列長度、正確性及收斂速度等等均攸關網路傳送封包的效能。因此,維持本身網路路由的穩定可靠是 ISP 很重要的工作,另外由於 Internet 是網網相連所組成的,每一個 ISP 的 BGP 路由表[4]均直接或間接參與全球 Internet 的運作,所以也肩負著維護 Internet 正常運轉的責任與義務。

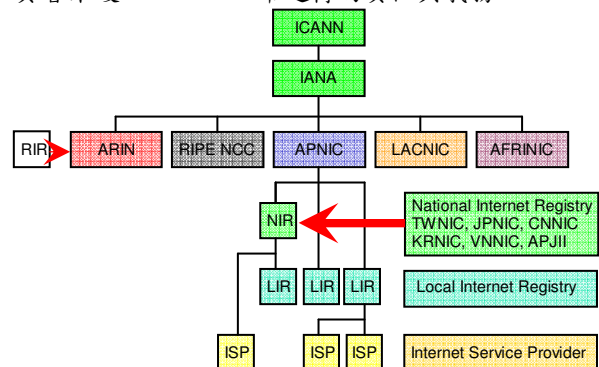


圖 1 Internet Registry Structure

藉由上述所提之 Whois 資料庫與 BGP 路由表的交互參照，可萃取出許多有用的資訊，這些資訊可呈現出目前 IP 位址及 AS 號碼實際的使用狀況，由實際使用的路由表資訊對照 Whois 資料庫，可偵測出不合法使用的 IP 位址及 AS 號碼，另外藉由記錄實際路由狀況，可瞭解路由表成長趨勢，為未來留下歷史軌跡。目前國外相關的 BGP 路由統計均用全球 BGP 路由表來進行統計分析，並無特別針對台灣地區進行研究，這也是本文章的貢獻所在。

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 AS 號碼之申請、分配與管理。而目前可分配的 IPv4 位址與 AS 號碼日漸減少，為精緻管理台灣地區 IPv4 位址與 AS 號碼之使用，TWNIC 與中華電信(HiNet)、數位聯合電信(SeedNet)及亞太電信(APTG)合作，共同開發台灣地區 BGP 路由統計分析系統，希望藉由實際運作的路由資訊，結合比較 Whois 資料庫，瞭解台灣地區 IP 位址及 AS 號碼實際使用狀況，並參考 RFC3221 "Possible applications of the BGP Table analysis"[5]所列各種統計分析項目，以完成系統之各項統計功能。系統中之功能項目主要將分類成 BGP 路由表中的 IP 位址及路由項目(Route entry) 統計、BGP 路由表中 AS 號碼統計、BGP 路由表與 Whois 資料庫比對及路由表中 Prefix 的分佈，詳細內容將於下章節進行說明。第 3 章中我們將針對統計數據進行分析，以瞭解路由狀況的變化趨勢，最後一章則是結論。

2. BGP 路由統計系統

2.1 系統架構

本系統作法為分別統計由各家 ISP 所提供的 BGP 路由表，並比對由全球各 RIR 的 Whois 資料庫資料。在路由表部份主要是藉由抽取路由表中 IP Prefix 及 AS Path 兩個欄位資訊；在 Whois 資料庫部分，主要是藉此得到全球目前已經核發的 IP 位址及 AS 號碼資料，經由上述兩項資料的結合與比對，可瞭解台灣地區目前 IP 位址與 AS 號碼的實際使用情形，進而管理是否有使用尚未合法核發的 IP 位址及 AS 號碼。此系統亦可分析瞭解台灣地區目前路由狀況、AS 號碼使用狀況及 IP 位址的 prefix 使用分佈狀況等等。本系統運作架構如圖 2。

本文所開發之路由統計伺服器，將由 ISP (目前為 TWIX, EBIX 以及 Seednet) 每週提供其 BGP 路由表，並經由 TWNIC 的路由統計分析程式，將各個 ISP 所得的 BGP 路由資料進行彙整統計分析，呈現出不同 ISP 的觀察角度，並將結果公布在網站上供人查詢，以瞭解目前台灣地區路由狀況。整個路由統計分析運作流程如圖 3。

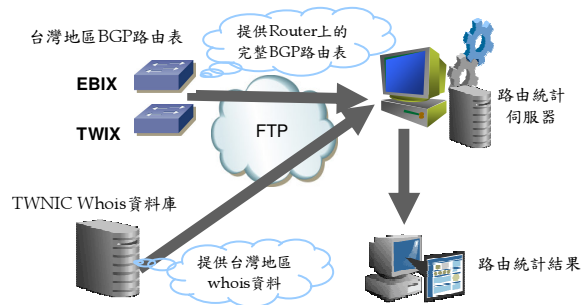


圖 2 台灣地區 BGP 路由統計系統運作架構圖



圖 3 台灣地區 BGP 路由統計分析運作流程

2.2 統計分析項目

目前所進行的統計項目包括四大類，分別為：

- BGP 路由表中的 IP 位址及路由項目 (Route entry) 統計
 - BGP 路由表中 AS 號碼統計
 - BGP 路由表與 Whois 資料庫比對
 - 路由表中 Prefix 的分佈
- 各類中之統計項目分述如下：

- BGP 路由表中的 IP 位址及路由項目 (Route entry) 統計，此項目主要針對路由表中路由項目及 IP 位址進行統計，可瞭解
 - 台灣地區路由項目數量
 - 呈現台灣地區 IP 位址實際使用情況
 - 台灣地區路由中的每筆路由由所散佈的 IP 位址大小。

此類統計說明如下：

- 路由表總筆數 (No. of Route Entries)：路由表的路由總數，可瞭解台灣目前路由數量。
- Unique Prefixes 筆數 (No. of Unique Prefixes)：路由表中過濾掉重複 IP 位址的路由數。
- Maximum Aggregation 筆數 (No. of after maximum aggregation)：路由表中過濾掉重複來源 AS 並計算最大 IP 位址。
- 路由表中 IP 位址總數 (No. of span prefix)：瞭解路由表中實際使用的 IP 位址

數量。

- 平均 Prefix 長度(Average prefix length)：BGP Routing Table 的平均 IP 位址長度。

二、BGP 路由表中 AS 號碼統計

AS 號碼是反映出各 ISP 間介接的行為模式，由路由表中 AS 號碼的統計分析，可瞭解

1. 台灣地區 AS 號碼的實際使用狀況
2. 可觀察出台灣地區 AS 號碼中使用於 Peering 及 Transit 狀況。

此類統計說明如下：

- AS 號碼數量(Number of ASes)：路由表中 AS 的總數量，可瞭解路由表中已使用的 AS 號碼狀況。
- Origin-only AS 號碼數量 (Number of origin-only ASes)：未幫助其他 AS 做 Transit 的 AS 總數量。
- Origin ASes announcing only one prefix 數量(Number of origin ASes announcing only one prefix)：
只放一筆路由且是 origin-only 的 AS 數量。
- Transit AS 號碼數量(Number of transit-only AS)：有提供 Transit 的 AS 總數量。
- Transit-only AS 號碼數量(Number of transit AS)：專提供 Transit 且沒有放路由的 AS 的總數量。
- 不同 AS path 數量(Number of distinct AS paths)：路由表中出現不同 AS path 的總數量。
- 平均 AS path 長度 (Average AS path length)：AS path 的平均長度。
- 最大 AS path 長度(Max AS path length visible)：路由表中最大的 AS path 長度。

三、BGP 路由表與 Whois 資料庫比對

由於路由表是 IP 位址與 AS 號碼實際使用狀況，全球 Whois 資料庫則是記錄 IP 位址與 AS 號碼的核發，藉由交叉比對，可瞭解已核發 IP 位址與 AS 號碼是否充分使用。

此類統計說明如下：

- 台灣地區 IPv4 位址總數(Total IP address in Taiwan)：台灣地區的 IP 位址總數。
- 台灣地區自治號碼總數(Total ASN in Taiwan)：台灣地區 ASN 總數。
- 使用未註冊 AS 號碼的網段數(Prefixes from unregistered ASNs)：由尚未核發的 ASN 所散佈的 Prefix 筆數。
- 使用 special use prefixe 的網段數(Number of special use prefixes)：屬於 RFC3330 所列

的 prefix 筆數。

- 路由表中 prefixes 小於 allocation 大小的筆數(Number of prefixes smaller than registry allocations)：Routing Table 中 prefix 比 whois 登錄的 allocation 大小還小的筆數
- 使用尚未核發 IP 位址網段數(Prefixes being announced from unallocated address space)：Routing Table 中有用到尚未核發的 IP 位址

四、路由表中 Prefix 的分佈

藉由統計路由表中 Prefix 的分佈，可以瞭解台灣地區 ISP 運用 IP 位址區塊大小的情形。

3. 統計結果分析

本統計從 2005 年 10 月底開始進行統計，每週由各 ISP 固定提供 BGP 路由資料，並以 Whois 資料庫之資料同時進行分析，每週統計的結果數據皆公佈於網站上，供各界有興趣者參考，網址如下：
<http://trace.twnic.net.tw/routing>。

本文中將針對累積之統計資料進行進一步的分析，以呈現台灣地區路由質量變化狀況以及趨勢。以下將針對每週各別 ISP 資料統計觀點，以及整體長期統計趨勢變化觀點來呈現台灣地區之路由狀況。

3.1 每週各 ISP 之路由狀況分析

由 BGP 路由表統計資料中的各類統計項目，我們有下列觀察分析結果：

在 IP 位址及路由項目 (Route entry) 分類中，我們可以分析瞭解，台灣地區目前的路由項目最多為 1400 筆，且平均每個路由項目所帶的 IP 位址量為 /20。

在 AS 號碼統計分類中，我們可以觀察到目前台灣地區所有的 AS Path 平均長度均不超過 2，而全球 BGP 路由表的 AS Path 平均長度則大約在 3 至 4。由於平均 AS path 長度可說明 ISP 間直接互連的緊密度高低，因此，AS path 長度愈短代表互連度愈高，顯示國內 ISP 彼此互連成度很高。另外一項數據顯示約有 30% 的 AS 號碼有提供 Transit 的服務。

至於在 BGP 路由表與 Whois 資料庫比對方面，目前全台有 16,517,232 個 IPv4 位址，台灣地區已核發的 IPv4 位址平均有 97% 在路由表中出現，且已核發的 AS 號碼平均有 72% 在路由表中出現。另外持續觀察至今，尚未發現有使用未核發的 AS 號碼及 IP 位址的情形。

最後在 BGP 路由表中散佈的 Prefix 大小分佈狀況，經由各個 ISP 的所在點之觀察結果，路由表中之 entry 皆以 /24，/19，/16 及 /20 這四個 prefix 的比

例較高。

由這幾項結果觀察，我們可以進一步的觀察到幾項有趣的現象：

核發給台灣地區的 IPv4 位址約佔全球已核發的 IPv4 位址的 0.75%，台灣地區的路由項目數量在全球 BGP 路由表中則佔約 0.7%，顯示核發的 IPv4 位址與實際在 BGP 路由表中的使用狀況吻合。

台灣地區已核發的 IPv4 位址 97% 均有在路由表中出現，且已核發的 AS 號碼 72% 有在路由表中出現，顯示目前台灣地區有些 ISP 在使用 AS 號碼上有閒置的狀況出現，需補強在管理 AS 號碼的使用，讓 IP 位址與 AS 號碼資源能妥善使用。

目前由各個 ISP 的點所觀察的 Prefix 大小分佈結果依序皆以 /24、/19、/16 及 /20 這四個比例較高。在 IP 的核發上來看，每家 ISP 每次申請 IP 位址在 2005 年以前最小為 /20，但是在 BGP 路由表中 /24 的分佈反而為最多，這部分顯示出 ISP 在路由規劃上為更為靈活，所以會以 /24 為單位來切割提供給底下的企業用戶使用。

3.2 長期觀察之路由狀況變化分析

本系統由 2005 年 10 月份開始持續進行台灣地區路由統計，歷經八個月的觀察，我們做了一些長期觀察的資料彙整與分析，圖 4 顯示的資料為台灣地區 IPv4 位址每個時間點的總數量與同一時間 ISP 所提供 BGP 路由表中的台灣地區 IPv4 位址數量之比較圖，由該圖可以觀察出台灣地區 IPv4 位址取得數量成長時，會馬上在各 ISP 的 BGP 路由表中反映出來。

圖 5 則為台灣地區 AS 號碼每個時間點的總數量與在各 ISP 的 BGP 路由表中的台灣地區 AS 號碼數量之比較圖，由此圖可以觀察出 ISP 取得 AS 號碼後，並未很積極的利用該 AS 號碼。

圖 6 則為各 ISP 的 BGP 路由表中台灣地區的路由項目之比較圖，由此比較圖可以瞭解由各個 ISP 的點所觀察到的台灣地區路由項目的狀況。

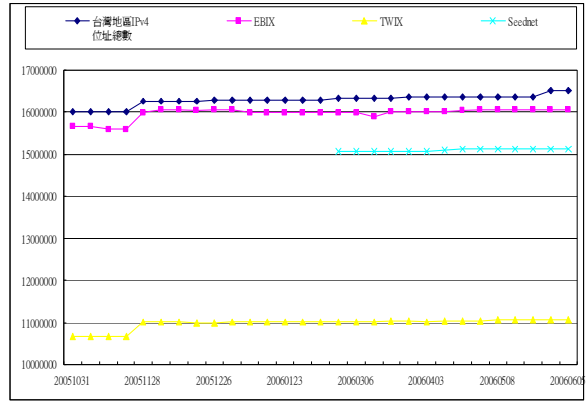


圖 4 台灣地區 IPv4 位址數量與在 ISP 的 BGP 路由表中出現的台灣地區 IPv4 位址數量之比較圖

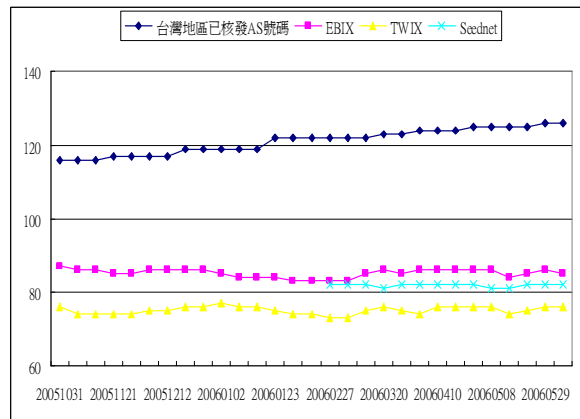


圖 5 台灣地區 AS 號碼數量與在各 ISP 的 BGP 路由表中的台灣地區 AS 號碼數量之比較圖

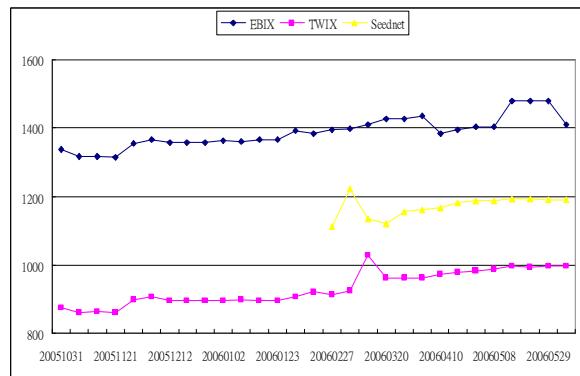


圖 6. 為各 ISP 的 BGP 路由表中台灣地區的路由項目之比較圖

圖 7 則為各 ISP 的 BGP 路由表中台灣地區的 IPv4 位址的 prefix 分佈比較圖，由此比較圖可以觀察到各個 ISP 的路由表顯示 IPv4 位址的 Prefix 大小分佈以 /24、/19、/16 及 /20 這四個比例較高。

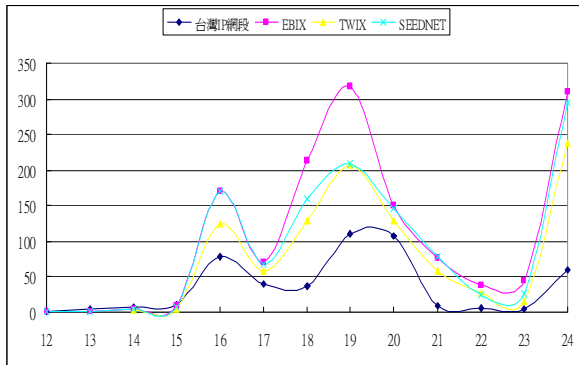


圖 7 為各 ISP 的 BGP 路由表中 IPv4 位址的 prefix 大小分佈比較圖

圖 8 則為各 ISP 的 BGP 路由表中台灣地區的 IP 位址的 prefix 分佈過去 8 個月的比較圖，由此比較圖可以觀察到各個 ISP 的點所觀察到的各個月份台灣地區 IPv4 位址成長時，各個 ISP 所觀察到的路由 prefix 數量也隨之增加。

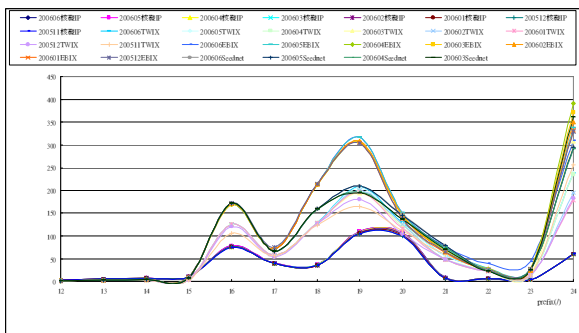


圖 8 為各 ISP 的 BGP 路由表中台灣地區的 IPv4 位址的 prefix 分佈圖

4. 結論

本次對於台灣地區 BGP 路由表的內容進行統計分析，分析項目主要為四類，分別為 BGP 路由表中的 IP 位址及路由項目 (Route entry) 統計、BGP 路由表中 AS 號碼統計、BGP 路由表與 Whois 資料庫比對及路由表中 Prefix 的分佈。

本文藉由所提出之台灣地區路由統計系統，每週定期蒐集 ISP 所提供的 BGP 路由表 Raw Data，以及全球核發之 IP 位址與 AS 號碼資料，進行統計分析。經過長時間的資料累積，已可呈現出目前 IP 位址及 AS 號碼的實際使用狀況，加上實際使用的路由表資訊與 Whois 資料庫進行比對，已可偵測不正常使用 IP 位址及 AS 號碼的情形。此記錄實際路由狀況的研究，可為未來留下歷史見證，讓大家瞭解到台灣地區 Internet 路由演進的軌跡，為台灣網際網路發展留下見證，並與國際接軌。

參考文獻

- [1] J. Hawkinson, T. Bates “Guidelines for creation, selection, and registration of an Autonomous System (AS),” RFC 1930, March 1996.
- [2] 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>
- [3] K.Hubbard, M.Kosters, D.Conrad, D.Karrenberg, J.Postel “Internet Registry IP Allocation Guidelines,” RFC2050, November 1996.
- [4] Y. Rekhter, T. Li, S. Hares, Ed. “A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4),” RFC 4271, January 2006.
- [5] G. Huston “Commentary on Inter-Domain Routing in the Internet,” RFC 3221, December 2001.