

# 國立交通大學

管理學院（資訊管理學程）碩士班

## 碩士論文

以流量為基礎之網路服務計價  
探討與實作

**Research on Pricing Based on Usage of Network Service and  
Its Implementation**

研究生：黃毓亞

指導教授：羅濟群 博士

中華民國九十五年十月

以流量為基礎之網路服務計價探討與實作

Research on Pricing Based on Usage of Network Service and  
Its Implementation

研究生：黃毓亞

Student：Yuh-Yea Hwang

指導教授：羅濟群 博士

Advisor：Chi-Chun Lo

國立交通大學

管理學院（資訊管理學程）碩士班



Submitted to Institute of Information Management

College of Management

National Chiao Tung University

In Partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of

Master of Science

in

Information Management

October 2006

Hsinchu, Taiwan, the Republic of China

中華民國九十五年十月

# 以流量為基礎之網路服務計價探討與實作

研究生：黃毓亞

指導教授：羅濟群 博士

國立交通大學資訊管理研究所

## 摘要

網際網路蓬勃發展，各式的網路應用服務推陳出新，上網人數年年攀升；在這繁榮景象之下，透過調查可以發現上網用戶對於應用網路服務所需付出價格和業者收取的價格上，有段不小的落差，是哪些因素造成的差距，以及業者在決定網路服務計價政策（Billing Policy）上的考量因素，是本文探討的原因。

一般而言，網路服務計價政策分為以時間為基礎，以及以流量為基礎。以時間為基礎是指在固定時間內收取一定的費用，即「單一費率（Flat Rate）」；而所謂以流量為基礎是指依網路服務的使用量收取費用（Usage-Based Rate）。業者在因應不同的網路服務而有不同的計價政策，本文以經濟學觀點就業者的行為提出解釋。

此外，基於目前環境的限制，以及未來多媒體大量應用的環境需求，本文就以流量為基礎之網路服務計價進行進一步探討，並提出一套計價系統。此系統完整包括流量統計環境的建置、流量統計的方式以及計價政策的制定；依此實作系統，並應用於組織內部，達到網路流量統計的精確性及用戶付費的公平性。在系統建置的過程中，本文也提出兩種對於用戶身份進行對映的方式，對於使用動態 IP 位址的流量統計環境可供為參考。

整體而言，本文先就網路服務價格上的落差以及業者計價政策進行探討，並就以流量為基礎之網路服務計價進一步分析其系統架構，且實際發展系統為組織內部計價使用；文末並提出本系統未來可進一步改善的建議。

關鍵字：網路流量、流量統計、流量監控工具、計價政策、動態 IP 位址、IEEE 802.1x

# **Research on Pricing Based on Usage of Network Service and Its Implementation**

Student : Yuh-Yea Hwang

Advisor : Dr. Chi-Chun Lo

Institute of Information Management

National Chiao Tung University

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

## **Abstract**

The network applications and network users are rising and flourishing, and connecting to the internet is a part of our life today. According to the investigation, there is a gap between network service providers and the network users for the fee of network service. The paper wants to find the causes of the gap and the factors of network service providers' pricing model considered.

There are two models about network service pricing. The one model is pricing based on time, and the other is pricing based on usage. The network service usage is the network traffic. The paper will view pricing models decided from an economic perspective.

The paper interests in pricing based on usage of network service to accommodate the trend of multicast in the future and restricted by the present network environment. It takes a full function of pricing model consists of the process of the pricing framework, the billing method, and billing policy. According the pricing model to develop and implement a system in an organization, and this system overcomes the unexact network traffic statistics, and rises the fair about the fee. It also takes methods to solve the statistics of network traffic of dynamic IP address, and map the IP address to the real users.

Overall, the paper researches in finding the causes of the gap between network service provides and the network users for the fee of network service, and networks service providers' pricing model considered. Then according to the pricing model, develop and implement a system in an organization to solve some pricing problems. In the end of the paper, some suggestions is addressed to improve the pricing system.

keyword : network service pricing model, network usage, traffic statistics, traffic monitor tool, billing policy, dynamic IP address, IEEE 802.x

# 誌謝

畢業了！終於從交大資管所畢業了！從荷花娉婷的六月到颯風蕭瑟的中秋，這段領悟「瓜熟蒂落」的日子，看到了蒼茫暝色中的灰鷺獨立在乾涸的池沼中，人生是個不斷學習的過程，學習著對自己更加瞭解！

感謝指導教授羅濟群博士，在他教導下完成了這篇論文。撇開論文不提，重要的是追求學問的態度和解決問題的方法，謝謝羅老師的教誨。幾次和老師會面的過程中，言談間老師不經意流露的人生價值觀，著實讓人心有戚戚焉，對於傳統價值信念的堅持定當銘記於心。

感謝口試委員曾文貴博士和劉敦仁博士，謝謝您們指導和建議，如果實作的系統需要再次的修正，會將這些建議付諸研擬，讓系統更臻完善。

感謝家人，爸爸、媽媽、姐姐，和兩位弟弟，也謝謝熙慧。謝謝你們溫情關懷的壓力，畢業啦！謝謝小弟 Shian 陪我在央圖待了一整個下午，站在影印機前的滋味的確很不好受！謝謝大弟 Tsung 和我討論你不太靈光的統計學，最後還是原來的的方法比較好！我想論文就是在寫了三段之後刪掉兩段，再把留下的那一段也改掉！再拿束花逛逛交大校園吧！

感謝同事盈仁，在心情糟到不行的時候要我堅持下去，不讓情緒影響學業的進行。謝謝盈仁告訴我要如何蒐集論文資料，讓這篇論文有了起頭！這篇論文的產出，還要感謝我的同事李至欽大哥，謝謝他慷慨地把他的設備由我來寫。

感謝廠商 Lee Bill、EShen，三不五時的提醒，飯局的壓力，我瞭解！感謝好友 Orlando，謝謝妳的加油打氣！感謝同事育禎、育玄、志彬、丸生，謝謝你們，熬過來啦！

感謝同學姿鈺，從還沒考上到現在畢業，好多個學業御守，謝謝妳！好懷念一起出遊的日子，我會把憂愁拋開的！

感謝那位學號相同的學長，雖然你提的題目不是我定稿的畢業論文，還是謝謝在試圖瞭解你的過程中，我的成長。有些事情沒有經歷過，不會知道自己的反應，不會清楚自己心中的柔軟度；我做得不好，但是我在努力學習！很抱歉這段期間情緒的起伏不定，很多事情都是以想當然耳來解釋，卻忽略你的接收程度。學網管的，SYN、SYN ACK、ACK，不盡然吧！還是謝謝你！

僅以此篇論文結束一段空氣中的憂愁，找回最初的自己！

# 目 錄

摘 要 .....	I
ABSTRACT .....	II
誌 謝 .....	III
目 錄 .....	IV
表 目 錄 .....	VI
圖 目 錄 .....	VII
<b>第一章 緒論 .....</b>	<b>1</b>
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的.....	6
1.3 研究成果.....	7
1.4 章節介紹.....	8
<b>第二章 文獻探討 .....</b>	<b>9</b>
2.1 以時間為基礎之計價政策.....	10
2.2 以流量為基礎之計價政策.....	10
2.2.1 以網段為統計單位 .....	11
2.2.2 以 IP 位址為統計單位.....	11
2.3 影響計價政策的因素.....	12
2.3.1 電路交換 .....	12
2.3.2 封包交換 .....	13
2.3.3 市場因素的影響 .....	14
2.4 價格落差的探討.....	15
2.5 網路流量監控及統計機制.....	17
2.5.1 MRTG.....	17
2.5.2 RMON / RMON II .....	18
2.5.3 NetFlow .....	20
2.5.4 sFlow .....	21
2.6 用戶身份驗證相關探討.....	25
2.6.1 DHCP .....	25
2.6.2 RADIUS .....	27
2.6.3 IEEE 802.1x Port Authentication .....	29
<b>第三章 以流量為基礎之計價系統設計 .....</b>	<b>31</b>

3.1 計價系統環境假設.....	32
3.2 計價系統架構說明.....	33
3.3 用戶身份驗證方式.....	33
3.4 流量計價算式.....	34
<b>第四章 以流量為基礎之計價系統實作.....</b>	<b>36</b>
4.1 系統流程.....	37
4.1.1 實作一.....	37
4.1.2 實作二.....	39
4.2 系統平台.....	41
4.3 系統實作.....	41
4.3.1 sFlow Collector.....	41
4.3.2 RADIUS Server.....	42
4.3.3 DHCP Server.....	43
4.3.4 Fixed IP Table.....	44
4.3.5 Human Resource Database.....	44
4.3.6 Billing Server.....	45
4.4 系統測試.....	45
4.4.1 測試成果.....	46
4.4.2 效益評估.....	48
<b>第五章 總結與未來發展方向.....</b>	<b>50</b>
5.1 結論.....	50
5.2 未來發展方向.....	50
<b>參考文獻.....</b>	<b>52</b>
<b>附錄 A 流量統計數值.....</b>	<b>54</b>

# 表 目 錄

表 1 - 1	在家上網從事的網路應用行為 .....	5
表 2 - 1	網路服務項目之計價方案 .....	9
表 2 - 2	網路服務項目之資料傳輸模式 .....	13
表 2 - 3	競賽理論之囚犯的兩難 .....	16
表 2 - 4	RMON, RMON II Group Function .....	19
表 2 - 5	NetFlow 的資料格式 .....	21
表 2 - 6	sFlow Datagram Format .....	23
表 2 - 7	RADIUS Accept-Request Attributes .....	28
表 4 - 1	擷取之 sFlow Datagram 資料 .....	41
表 4 - 2	RADIUS Log Format .....	42
表 4 - 3	DHCP Log Format .....	43
表 4 - 4	固定 IP 位址表格格式 .....	44



# 圖目錄

圖 1-1	上網人數歷年成長趨勢	2
圖 1-2	上網民眾的上網地點	4
圖 1-3	在家上網從事的網路行為	5
圖 1-4	連網家戶每月上網費用	6
圖 2-1	MRTG	18
圖 2-2	RMON, RMON II Group	19
圖 2-3	網路流量監控工具比較圖	21
圖 2-4	sFlow 系統架構圖	22
圖 2-5	動態 IP 位址租用程序示意圖	26
圖 2-6	RADIUS Packet Format	27
圖 2-7	IEEE 802.1x Port Authentication 過程示意圖	29
圖 3-1	以網段為基礎之系統流程圖	31
圖 4-1	實作系統之基礎建置圖	36
圖 4-2	實作一之資料流程圖	37
圖 4-3	實作一之檔案關聯性	38
圖 4-4	實作二之資料流程圖	39
圖 4-5	實作二之檔案關聯性	40
圖 4-6	系統實作產出的報表	47
圖 4-7	系統實作產出的費用分攤折線圖	48

# 第一章 緒論

## 1.1 研究動機

網際網路從美國軍方發展至今已成為普羅大眾生活不可獲缺的一部分，它是科技、知識匯集的地方，是休閒、娛樂的場所，是行銷、交易的媒體；小自對個人的影響，大則可提升至產業、社會，乃至於國家競爭力，因此各先進國家亦不敢輕忽對資訊通信產業的投資。

台灣在「國家資訊通信基礎建設推動專案」(National Information Infrastructure, NII) 推動下，於 1998 年底達成三百萬人上網的目標，之後並協助家庭、企業上網，並且建置了不少網路應用示範區。依據資策會 ACI-IDEA-FIND 在 2006 年 4 月發佈的「2005 年 12 月底止台灣上網人口」中統計至 2005 年 12 月，台灣上網的人數有 1,401 萬，這項統計是透過對各個固網業者、網際網路服務提供者 (ISP)、教育部電算中心以及電信總局等單位收集彙整的資料，估算的方式是統計商用網際網路帳號的數量為上網人數，這包括利用電話撥接 (Dial-up)、xDSL、Cable Modem、固接專線 (Lease Line)、ISDN、光纖 (FTTx) 上網用戶，以及行動網路用戶，但不含學術網路 (TANet) 及政府網路 (GSN) 用戶。

從圖 1-1 中，可明顯看出上網人數歷年成長的趨勢，除了原有的有線上網方式外，2001 年明顯地出現了 Mobile Internet 的使用量，這部分指的是行動網路用戶，並且在 2005 年時，行動網路用戶的帳號數已多於舊有的有線上網帳戶，達到 807 萬之多。

行動上網方式是指持有 GSM/WAP、GPRS、PHS 或 3G 手機，而且向電信業者申請開通數據服務的用戶。但這項調查可能有相當程度的誤差，開通數據服務的用戶不見得使用手機上網，因為根據資策會 ACI-IDEA-FIND 2005 年 8 月的另一份調查「2005 年我

「國家家庭之寬頻、行動與無線應用現況與需求調查報告」顯示，曾經使用行動網路的比率為 8%，推估約有 191 萬人口曾使用手機上網，雖然落差如此之大，但仍不可小覷行動網路用戶未來成長的空間，如果能夠搭配行動裝置的特性，並切中行動網路用戶的需求，假以時日這 807 萬的帳號實際轉換為經常上網人口也未必不可能！

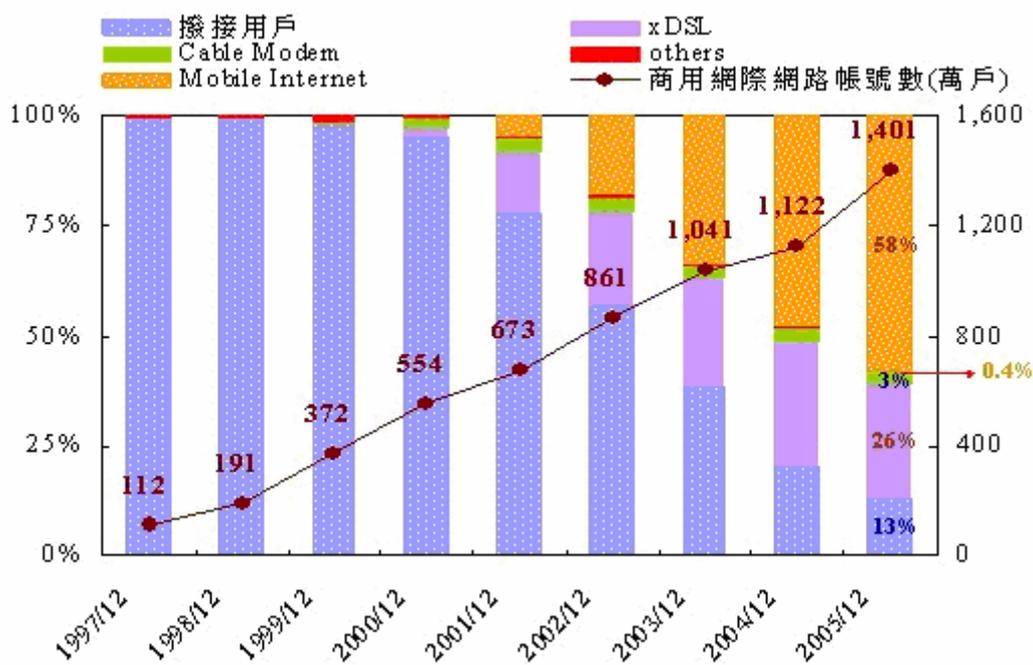


圖 1-1 上網人數歷年成長趨勢

資料來源：資策會 ACI-IDEA-FIND / 經濟部技術處「創新資訊應用研究計畫」

調查資料截止日：2005 年 12 月 31 日

除了行動上網之外，另一部分就是利用有線網路上網，依據圖 1-1，可看出尚區分出撥接、xDSL、Cable Modem（纜線數據機），及 others；others 包括 ISDN、固接專線及光纖連網。這些以實體線路上網的用戶約佔了 42%，相較於行動上網帳戶，這個 42% 會比較接近於實際使用人口，因為這些帳戶都有相對應的實體線路配置才能達成上網的目的，較可避免行動上網人口不易掌握的狀況。

在排除傳統數據撥接的窄頻用戶之後，在整個寬頻有線網路這方面，可以看出是以 xDSL 用戶的數量最大，換算之後約有 413 萬戶。這個數量要拜 xDSL 技術成熟，而且國內電信網路佈建密集，造成 xDSL 用戶數量遙遙領先。

xDSL (x Digital Subscriber Line, 數位用戶迴路家族) 泛稱所有利用 DSL 技術的集合, 包括 ADSL (Asymmetric DSL, 非對稱數位用戶迴路)、SDSL (Symmetric DSL, 對稱式數位用戶迴路)、HDSL (High Data Rate DSL, 高速數位用戶迴路)、VDSL (Very High Data Rate DSL, 超高速數位用戶迴路)、VoDSL (Voice over DSL, 語音搭載數位用戶迴路), 還有 HDSL (Digital Subscriber Line, 數位用戶迴路) 等, 種類繁多。

目前最常使用的是 ADSL, 這是利用用戶現有的銅質雙絞電話線加裝 ADSL Modem (ATU-R), 利用同一條電話線路傳輸語音及數據信號, 用戶可同時撥接電話並高速上網, 不會互相干擾。ADSL 是雙向式傳輸, 而且下載的頻寬大於上傳, 適用上載需求較小的用戶。ADSL 有兩種上網方式, 計時制 (或稱為撥接式、非固定式) 和固接式; 計時制 ADSL 上網時需要利用 PPPoE 軟體撥號, 身份驗證成功後, 會得到動態不固定的 IP 位址, 至於固接式 ADSL 會有固定的 IP 位址, 開機之後即是處於連線狀態, 不需要透過其它軟體撥號連線。

有線電視網路上網所連接的數據機, 稱為 Cable Modem。Cable Modem 寬頻上網是利用有線電視的纜線作為傳送資料的媒介, 目前國內提供 Cable Modem 寬頻上網的業者有東森、和信、智耀等。



Cable Modem 寬頻上網可分為單向及雙向; 單向 Cable Modem 寬頻上網下載時是利用有線電視纜線, 上傳則是電話線路, 所以還需要一條電話線; 而雙向 Cable Modem 寬頻上網無論上下傳送皆是透過有線電視纜線線路。頻寬分配是由同一段纜線下使用同一個頻帶的所有用戶所共同分享, 當同一時間上網的用戶越多時, 每個人所分享到的頻寬相對就會減少, 無法保證網路頻寬。

ISDN (Integrated Services Digital Network, 整體服務數位網路), 同時傳送語音、數據、文字、影像、多媒體等資訊, 提供全數位化的整體通信服務。用戶撥接經由 ISDN 線路與終端設備之連接, 即可以數位通信方式, 享受整體通信服務之便利, 目前多半是利用在視訊會議系統。

固接專線和光纖連網多半是企業或是社區用戶申裝, 成本較高, 相對的費用也是較

為昂貴。申請固接專線的優點在於線路兩端的頻寬是專屬的，其它用戶無法使用，但接到固網業者交換機房之後資料傳輸仍是在公眾網路上傳輸，除非申裝的是點對點之間的線路，網路頻寬不但專屬，通訊的安全性相對提高不少，然而價格就另當別論了！

光纖連網目前推出的是 FTTB (Fiber To The Building, 光纖到樓)，整個 FTTx 家族還包括 FTTC (Fiber To The Curb, 光纖到鄰)、FTTH (Fiber To The Home, 光纖到府) 等等，尤以 FTTH 炙手可熱，政府在 2008 年要達成 FTTH 用戶 280 萬戶的水準，大大提升國內資訊基礎建設頻寬。而光纖取代銅纜可以避免傳輸時的電磁干擾，提高資料傳輸的穩定性，而且 FTTB 的費用較之固接專線的成本更為低廉。

此外，依據資策會 ACI-IDEA-FIND 在 2005 年版的「網際網路應用及發展年鑑」顯示有 83.3% 的人是在家中或居住處上網，34.1% 的人是在工作地點、辦公場所上網，在學校及研究機關上網的是 28.5%，網咖等店家則有 15.7%，還有 7.4% 的人是在公用場所上網，其它的就是未列在上述場所或不清楚、未回答的比例。請見下圖統計資料，

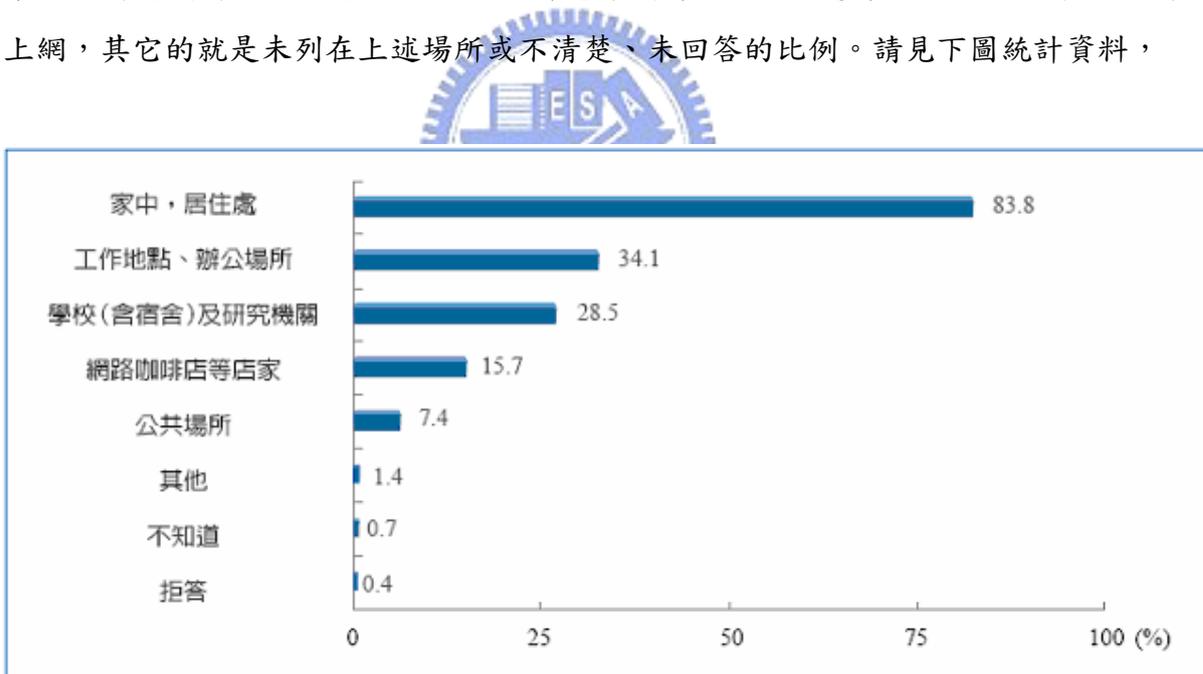


圖 1-2 上網民眾的上網地點

資料來源：資策會 ACI-IDEA-FIND / 經濟部工業局「電信平台應用發展推動計畫」

所以大多數的人都是在家中或是居住處上網，因此針對在家上網的網路應用行為還有另一份統計數據，

表 1-1 在家上網從事的網路應用行為

最近一個月的網路應用行為	2004年百分比	2005年百分比
上網瀏覽資訊	87.9%	89.2%
收發EMAIL	73.3%	77.6%
傳送即時短訊	49.6%	55.0%
上傳、下載檔案	62.3%	53.5%
玩線上遊戲	37.0%	37.6%
從事線上影音視訊活動	21.1%	22.7%
以商家標定的價格購買產品或服務	13.3%	19.6%
到聊天室	14.2%	17.4%
管理使用網路日誌 (Blog) *	-	15.0%
拍賣物品或服務、或者有參與競標行為	13.8%	14.8%
利用轉帳或信用卡刷卡繳交帳單	9.8%	11.4%
使用網路電話	6.1%	10.7%
使用電子化政府服務	11.7%	9.1%
付費線上學習	9.3%	8.0%
從事實際線上投資理財之交易行為	5.7%	6.2%

註：\*2004年未調查該項目。

資料來源：資策會 ACI-IDEA-FIND / 經濟部工業局「電信平台應用發展推動計畫」

依據表 1-1，畫出以下圖表可以比較容易看出網路應用行為所佔的比例，



圖 1-3 在家上網從事的網路行為

資料來源：表 1-1，本文整理

可以明顯看出除了玩線上遊戲是最消耗頻寬的之外，上傳、下載檔案，及從事線上影音視訊活動、付費線上學習，這些也是比較佔頻寬的，但其它的項目都是屬於低頻寬應用，相對於這些網路應用行為，用戶會願意花多少費用來支付呢？以下是來自相同出處的另一份調查，

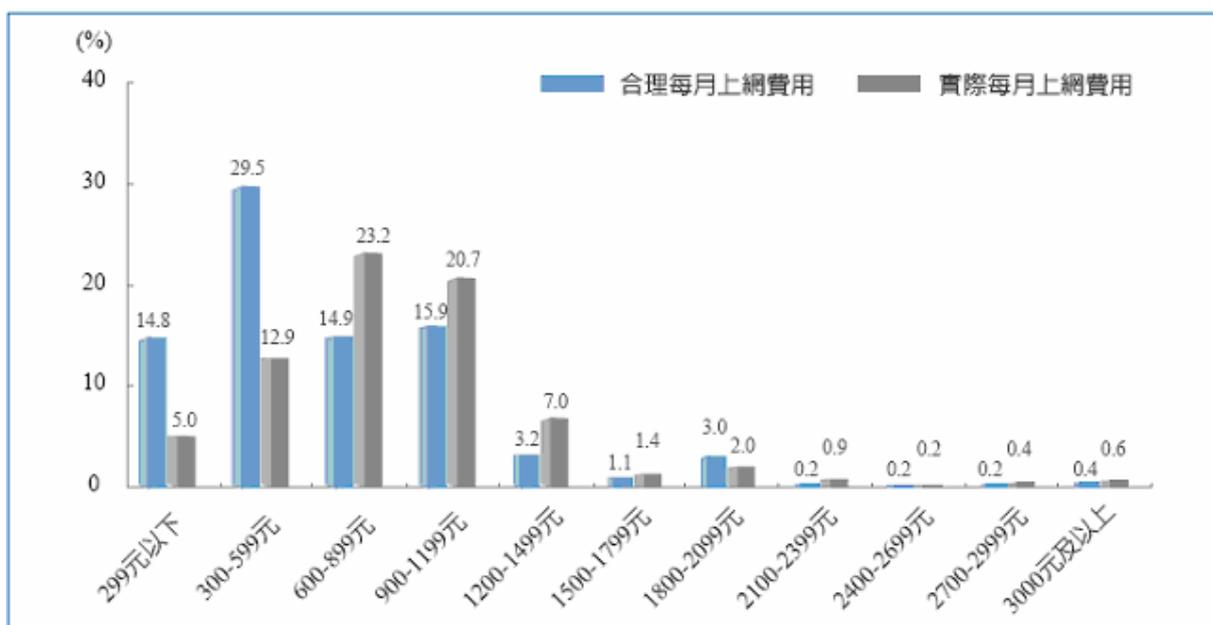


圖 1-4 連網家戶每月上網費用

資料來源：資策會 ACI-IDEA-FIND / 經濟部工業局「電信平台應用發展推動計畫」

這是調查在家上網的用戶，實際每月上網繳交的費用，與用戶自覺合理的上網費用比較。從圖表中再進行分析，可以發現平均用戶每月繳交約 900 元，但平均用戶自覺合理的價格是 695 元，這中間有將近 205 元的落差！

在上網漸漸已成為生活一部分的時候，什麼樣子的價格是用戶覺得合理而願意付出的？而 ISP 又是用什麼樣的方式計算上網價格？這是個另人感興趣的題目！

## 1.2 研究目的

目前業者提出的計價方案可以區分為兩大類，一類是採時間為計算單位，另一類以

使用量為計算單位。

無論是前一陣子風行的GPRS（General Packet Radio Service, 整合封包無線服務），或是目前炙手可熱的3G（The 3<sup>rd</sup> Generation Mobile communication System）服務，甚至是未來可能的iB3G（integrated Beyond 3G）雙網整合服務，在數據通信費上，採取以量計價，依據資料傳輸量計算價格；不過近來市場競爭壓力之下，也有些許的變更，目前有些業者對於選擇較高通話費率的用戶，在數據通信費用上予以免費使用。

除了以使用量為計算單位之外，行之有年的企業專線租賃，或是佔有率最高的ADSL上網，卻是採取以時計價的政策，這之間的差異對ISP或是固網業者的考量為何，是本文想要探討的原因。

此外，由於組織內部對於上網是採取以使用量為基礎的計價政策，網路使用量即是指流量而言。目前組織在計算流量時是以「網段」為統計單位，本文亦將對此一併討論，並希冀建立一套以公平為準則的計價系統，作為組織計價使用。



### 1.3 研究成果

本文依據經濟學理論對於網路服務計價進行探討，分析出可能影響業者計價的因素，並提出計價模式的建議方案，在此模式之下，依據環境需求規劃計價政策，進而提出一套計算網路流量的系統，依此架構，實際發展系統，並且應用於組織對內部單位計價之用。

本文在實作系統時，流量統計的方式以IP位址為計算單位，提高了流量統計的精確度，並提出以動態IP位址對映成實際用戶的解決方式，可供發放動態IP位址的組織參考。

定價政策這部分是基於獨占市場、成本分攤、付費公平性，及差異化服務而制定的，由此推衍出定價公式，此公式亦可為有相同政策之組織在發展計價系統時援用。

本文尚且提出建置 802.1x 環境的規畫，以更為精確的方式確認用戶流量，為網路服務計價的公平性更進一步。

## 1.4 章節介紹

本文第二章將就現行的網路服務計價進行探討，對於有哪些因素是影響業者在決定計價模式進行分析，並對於流量統計的機制及用戶身份驗證的技術進行研究；第三章是設計一套以流量為基礎之網路服務計價系統；第四章是提出二個實作系統架構，並依其架構發展、測試系統、產出報表，並評估系統效益；第五章則是總結全文，並對實作之系統提出兩項可供改進的方法。



## 第二章 文獻探討

調查目前國內的固網業者或是 ISP 提供的上網服務的計價模式可以區分為兩大類，一類是採時間為計算單位，另一類採使用量為計算單位。上網服務的使用量指的是「流量」。

就目前及可預期的未來，固網業者及 ISP 提供的網路服務採取的計價方案，可表列成以下內容，

表 2-1 網路服務項目之計價方案

網路服務項目	服務提供者	網路計價政策	
		以時計價	以量計價
xDSL	ISP	✓	
Cable Modem	ISP	✓	
固接專線	ISP	✓	
FTTx	ISP	✓	
GSM/WAP	固網業者	✓	
PHS	固網業者	✓	
GPRS	固網業者		✓
3G	固網業者		✓
iB3G	固網業者		✓

資料來源：本文整理

其中以量計價的項目中已有業者提出以時計價，本文是依據業者當初的規畫討論。

在 ISP 所提出的服務是以時間為計價單位，目前看來採取的是包月制，即是每月（或是固定期間內）不管上網傳輸的量是多少，都收取相同的費用。在這段期間之內，無論有沒有使用傳送資料，ISP 都會要求用戶付費，這是一種單一費率（Flat Rate）的方案。

而固網業者提出的上網服務的計價方式目前看來比較特別，跨有以時計價及以量計價兩種。以量計價是以網路流量為計價單位，在計價的期間內，沒有使用就不用收取費用，依照使用量的多寡計算費用。

以下兩小節將就以時間為基礎，以及以流量為基礎之計價政策進行探討。

## 2.1 以時間為基礎之計價政策

以時間為基礎的計價政策是一種單一費率的計價方案（Billing Scheme），在一段時間內（例如，一天、一個月、一季，或是一年等），業者向用戶收取固定的費用。在參考文獻[4]、[5]提到，單一費率的計價政策適合於高用量的用戶，而以使用量為基礎的方案則對於資料傳輸量較低的用戶較為划算。

參考文獻[5]提到單一費率計價方案在金融面、技術面，以及社會面的好處，

- 金融面：可以預期下個月的收費支出，而且毋需計算封包和統計使用量
- 技術面：可以緩和資源的分享；這是指可以避免共享資源拆帳的困擾。例如，幫實際用戶和實際伺服器溝通的代理伺服器（Proxy Server）的網路流量，以及郵件伺服器、檔案伺服器，和共享印表機等
- 社會面：將網路視為公眾資訊分享的基礎建設，藉由郵件傳送及資訊分享等，可以鼓勵公眾精神的養成。

## 2.2 以流量為基礎之計價政策

以流量為基礎的計價政策是依據用戶的使用量為計價單位。如前一小節所提，對於資料傳輸量較低的用戶較為有利，因為在計價期間若是沒有使用量則毋需繳交費用。

以流量為基礎之計價政策，在流量統計的實作上，可以再分成以網段為統計單位，以及以 IP 位址為統計單位。

## 2.2.1 以網段為統計單位

參考文獻[1]提到在 ATM 環境中可以利用 OAM (Operations, Administrative, Maintenance) Protocol 以 Segment-by-segment 的方式達到計價的目的。在這個方式之下，流量統計的單位是網段。

此外在 RFC 1272 (參考文獻[5]) Internet Accounting : Background，提出一套完整網路計價的架構，包括計價方法設計和使用量量測等探討。其中並指出在校園或是一個比較大的場所的網路計價方案可以選擇以網段為統計單位。在這類的環境之下，一個網段往往是一個系所，或是一個組織單位，所以以網段為流量統計的單位即可算出該系所的網路服務使用量。

無論是因襲 ATM 架構的統計方式，或是校園、組織環境需求，以網段為統計單位的作法，即是在統計流量時，並未統計每個 IP 位址的使用量，而是統計廣播領域為 (Broadcast Domain) 的使用量，這種作法在流量統計上是比較不麻煩的，因為毋需統計到每個 IP 位址的使用量，對於網管人員在產生統計報表會比較節省時間。

## 2.2.2 以 IP 位址為統計單位

另一種流量統計的單位是 IP 位址，這是比較常利用的方式。參考文獻[8]建立了一套以 IP 位址為流量統計單位的計價機制，並提到單一費率的計價方案在單一網路服務提供者的環境是可行的，但是處於眾多商業或是非商業的網路服務提供者環境中，單一費率就顯得站不住腳，必須採行以使用量為基礎的計價政策。

參考文獻[9]以 IP 位址為流量統計單位，依據 RFC 1272 (參考文獻[5]) Internet Accounting : Background 實作出一個完整的計價模型，改變了其原先單一費率的計價政策。在這模式中並提到了對於低優先權的折扣，以及離峰時段 (8pm - 9am) 的優惠。

參考文獻[11]建立在以流量為基礎的計價環境，他們提到價格區別是必要的，並且以每個 Byte 相同價格 (flat-per-byte fee) 和有等級的價格(graduated fee) 驗證用戶需求的網路服務品質和價格的區別是必要的。對於某些用戶而言，他們寧願付較高的費用以換取傳輸品質較好的網路服務；而另一些用戶則以低價忍受較為擁塞的網路服務品質。另外在參考文獻[6]也提到了價格區別，並探討了優先權的問題。

參考文獻[3]提到了一種名為 Paris Metro Pricing 的計價政策，在相同網路封包傳輸速率和延遲之下，將網路區分成兩個區塊，訂定不同的費率；願意付較高費用的用戶較少，造成了高費用的網路因較少人使用而有較好的傳輸品質，較低費用的用戶數量較多，以致網路傳輸品質較差；這說明了價格足以影響用戶行為，進而決定網路服務品質。

## 2.3 影響計價政策的因素



上述的文獻在於探討以時間為計價基礎，及以流量為計價基礎的計價政策，其實這也就是單一費率和使用量計費兩種方案的討論，本節將就影響計價方案選擇時的因素進行討論。

### 2.3.1 電路交換

就其先天條件而言，要達到以流量計價在技術上必須採「封包交換」(Packet Switch)，而不是「電路交換」(Circuit Switch)。

在電路交換網路中，雙方通訊前需建立連線，並維持連線頻寬直到通訊完畢截止，這種技術之優點可以保證雙方的持續通訊，且各中繼節點只需做簡單的銜接，不會造成

傳送信號的延遲，極適合語音傳輸之特性。但缺點為每個連線的頻寬固定，而且用戶在通信過程中始終佔有通道，即使其間雙方並無資訊傳輸時，嚴重影響頻寬之運用及使用效率。由於電路交換性極適合語音傳輸，所以我們的電話系統即是典型的電路交換方式，而採用電路交換方式的網路服務自然是和電話系統相同，依使用時間為計算價格的單位，以時計價；這說明了 GSM/WAP、PHS 的計價方案！

## 2.3.2 封包交換

封包交換是將資料分為多個封包，每個封包中亦含來源及目的位址，是一個相對獨立的資訊單元，而封包之長度是可以變動的。封包交換有兩種方式，資料包 (Datagram) 和虛擬電路 (Virtual Circuit) 這兩種。

資料包方式是將資料拆為多個封包之後，不需事先規劃通道，即開始傳送封包，每個封包可以經過不同節點到達目的地，到達之後再重新排序結合。虛擬電路的方式則會在來源端和目的端點先建立一條邏輯通道，再將封包轉送，以確保封包到達目的時的次序一致的。

封包交換這種技術的優點為用戶進行資料傳輸時才佔用頻寬，通道利用率較高。以上網的特性而言，資料擷取之後，大部分的時間是在瀏覽，是不佔有網路頻寬的，所以就某種程度而言，無論是對業者或是用戶，都是較符合經濟效益的。下表是以資料傳輸模式分類所整理的資料，

表 2-2 網路服務項目之資料傳輸模式

網路服務項目	服務提供者	資料傳輸模式	
		電路交換	封包交換
xDSL	ISP		√
Cable Modem	ISP		√
固接專線	ISP		√
FTTx	ISP		√
GSM/WAP	固網業者	√	

PHS	固網業者	√	
GPRS	固網業者		√
3G	固網業者		√
iB3G	固網業者		√

資料來源：本文整理

由於封包交換方式將資料拆成封包進行傳送，所以能夠依據傳輸的封包量（流量）以計算價格，因此要以量計價的先決條件是資料必須是以封包交換方式進行傳輸的。固網業者的網路服務隨著技術發展的演進從電路交換方式到封包交換方式，可以理解的對於新技術（即 GPRS、3G、iB3G）自然可以採取新的計價方案，然而兩張表格對照之下卻發現，ISP 提供的網路服務本來就屬封包交換方式，但採取的卻是以時計價，除了資料通訊的先決條件不同之外，是不是還有其它尚未考量的因素？

### 2.3.3 市場因素的影響



如前一小節所述，目前的 ISP 提供網路服務採以時計價的單一費率方案；舉例而言，ADSL 上網服務一個月收取 499 元，在這個月的計算期間不論使用量的多寡，一律收取 499 元。業者採取以時計價的單一費率的理由有下列數項，

1. 降低用戶的價格敏感度：採用單一費率可以讓用戶對於價格的感受度降低，不容易計較使用量的單位價格，而且用戶抱持著單一費率下無限使用的心態，對高用量用戶而言是比較划算的方式
2. 教育用戶容易：就業者銷售新產品時，容易讓用戶明白計價方式，相對就比較容易接受新產品
3. 費用計算較為簡易：對業者在用戶費用的計算上顯然會比較簡易，毋需計算用戶的使用狀況，只需知道用戶申請的服務內容即可知道價格
4. 市場競爭激烈：在市場競爭激烈的狀態下，容易形成對用戶較為有利的局面，用戶會比較不同業者之間費用的差異，當然這也必須是品質仍維持在某個可接受的範圍之內；此時業者為了吸引用戶，也就採取了對用戶較為有利的計價模式

5. 參考其它國家經驗：國內商用網路發展較之歐、美、日等國晚，所以業者在考量計價模式時，會引進其它商用網路發展蓬勃國家的經驗，找出較為合適的計價模式

這麼看來以時計價似乎是個業者在新服務推出時比較容易使用的計價模式，目前只有 GPRS、3G、iB3G 是採以量計價，而這三項最大的特色即是手機通訊採多媒體應用的傳輸；多媒體應用佔用頻寬，因此多點傳播 (Multicast) 和服務品質 (Quality of Service, QoS) 的應用是不可擋的趨勢；因此可以預見的是未來 ISP 在提供網路服務時，考量的計價模式除了以上探討的這些因素外，為了因應多媒體大量應用，也有考量以量計價模式的必要！

## 2.4 價格落差的探討



在前一章資策會的調查中提到，在家上網的用戶實際每月上網繳交的費用，與用戶自覺合理的上網費用比較，有將近 205 元的落差。平均用戶每月繳交約 900 元，但平均用戶自覺合理的價格是 695 元！本節將針對價格落差進行分析。

自由經濟 (Free Economy) 中，價格是由供給和需求所決定的。供給線和需求線相交時，交點對應的即是價格與數量，而目前國內的上網服務由少數幾家 ISP 廠商和固網業者所提供，在經濟學市場屬於不完全競爭市場 (Imperfect Competitive Markets)，不完全競爭市場可以再進一步區分為獨占性競爭市場 (Monopolistic Competition Markets) 和寡占市場 (Oligopoly Markets)，區別在於寡占市場的廠商因數目較少，所以會彼此牽制行為，而獨占性競爭市場的業者就沒有這種特性。不過無論是寡占市場或是獨占性市場，不完全競爭市場的特色就是個別廠商對於價格具有控制能力。

國內的上網服務業者需向交通部申請執照，由政府法令限制所形成的進入障礙，維持了不完全競爭的局面，又因為數量較少，在進行價格決策時會受到其它廠商的影響，相對地也會影響其它廠商的決策。寡占市場的廠商有能力改變價格，然而卻不因成本有

微小的變動而隨之調整價格，在經濟學上稱之為價格僵固（Sticky Prices）。美國經濟學者史威吉（Paul Sweezy）將價格僵固用拗折的需求線（Kinked Demand Curve）模型來解釋。

拗折的需求線模型的基本假設是「寡占市場廠商認為，當它提高價格時，同行不會跟著抬高售價；但是尚它降價時，其它廠商卻會跟著調低價格」，不過這個模型卻無法解釋價格是如何決定的，因此目前在解釋價格僵固時會以調整價格會引起額外的成本負擔（例如，價目表的更動、價格異動的通知..）為考量，所以就不隨市場情況而立即調整。

此外，在解釋寡占市場的價格戰爭另一套理論「競賽理論」（Game Theory），可以用來說明寡占市場定價的特色。競賽理論或又稱為賽局理論，匈牙利學者伊曼（John von Neumann）提出，這是研究兩人或兩人以上互相會因對方決策而影響個別損益的決策問題，這也是寡占市場的情境。

寡占市場的廠商因為廠商數少，可以因為相互勾結，提高價格而互蒙利益，不過由於勾結之後，就會為了要不要欺騙對方而保有利潤，陷入競賽理論中的囚犯的兩難（Prisoner's Dilemma），以下面表格為例，

表 2-3 競賽理論之囚犯的兩難

		囚犯 B	
		否認犯案	坦白招供
囚犯 A	否認犯案	囚犯 A 關 2 年 囚犯 B 關 2 年	囚犯 A 關 10 年 囚犯 B 釋放
	坦白招供	囚犯 A 釋放 囚犯 B 關 10 年	囚犯 A 關 5 年 囚犯 B 關 5 年

資料來源：參考文獻[18]，本文整理

假設 A 和 B 聯手犯案，被抓到成為囚犯；法官以坦白從寬、抗拒從嚴的角度，訂下了上述表格方式要兩位招供。囚犯 A 若是否認犯案而且囚犯 B 也否認犯案，這麼一

來兩位都要蹲 2 年的牢房；然若囚犯 A 招供，而囚犯 B 否認，這樣囚犯 A 可以當庭釋放，囚犯 B 卻要被關 10 年；反之，招供的若是囚犯 B，抵抗的是囚犯 A，則結果就反過來，B 無罪回家，囚犯 A 吃 10 年牢飯；比較好的狀況是兩位都坦誠犯案，如此是各蹲 5 年的牢。

以上這個理論若套用在寡占市場為了利潤而相互勾結的廠商身上，極有可能會為了要不要信守勾結的內容而陷入兩難，結果有可能是無法維持勾結的利潤而回復到未勾結前的狀態。

這麼看來，寡占市場的計價策略由於彼此會互相牽制而不易以單一的模型來解釋。上網服務因寡占市場使得廠商具有決定價格的能力，所以用戶難以爭取到滿意的價位，不過廠商又宥於彼此間的互相牽制，難以追求最大的利潤，所以用戶並不會因為價格上的不滿意而減少消費，這或許可以解釋本文在前一章提到上網用戶數年年攀高的原因吧！



## 2.5 網路流量監控及統計機制

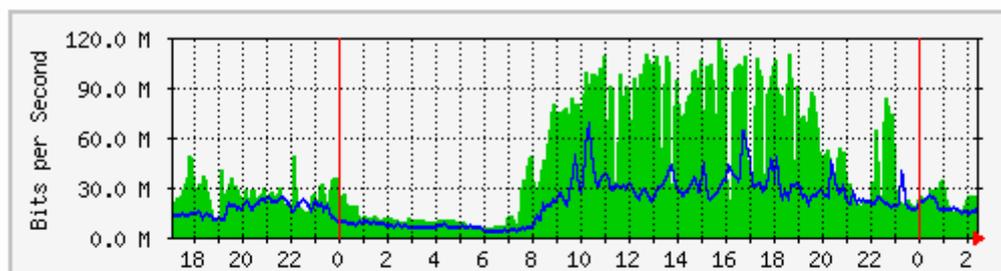
本文在於提供以使用量為基礎之網路計價模式，首先就必須針對網路流量監控機制進行瞭解，否則難以量測出接近事實的使用量。網路流量的監控機制以 MRTG (Multi Router Traffic Grapher)、RMON (Remote Network Monitoring)、RMON II、NetFlow、sFlow 較廣為人知，依照網路架構的複雜度、計價的精準度，以及對網路設備效能的影響程度，而有不同的選擇。

### 2.5.1 MRTG

MRTG 採用 SNMP 以取得設備的相關流量資料，這是一項較為簡易的流量監控模

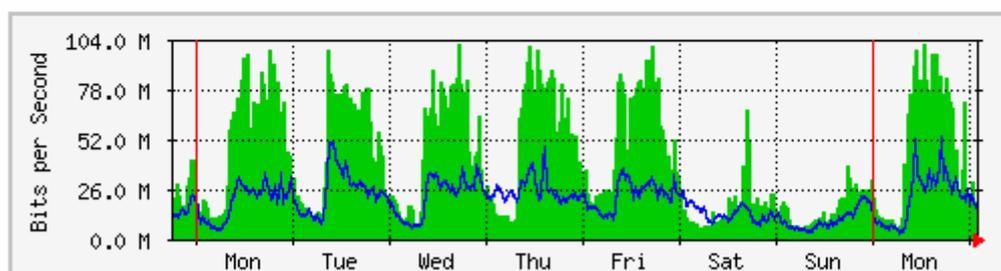
式，以 perl 寫成的 script，可以在 Unix 及 Windows，甚至是 Netware 環境下執行，每五分鐘查詢（Query）網路介面一次，將所得的資料計算平均值之後，以日、週、年的方式繪成 PNG 圖檔，以網頁方式呈現。以下為 MRTG 應用實例，

### 'Daily' Graph (5 Minute Average)



	Max	Average	Current
In	118.0 Mb/s (11.8%)	42.0 Mb/s (4.2%)	24.1 Mb/s (2.4%)
Out	68.1 Mb/s (6.8%)	19.9 Mb/s (2.0%)	16.8 Mb/s (1.7%)

### 'Weekly' Graph (30 Minute Average)



	Max	Average	Current
In	101.2 Mb/s (10.1%)	40.1 Mb/s (4.0%)	17.3 Mb/s (1.7%)
Out	52.0 Mb/s (5.2%)	19.4 Mb/s (1.9%)	14.9 Mb/s (1.5%)

圖 2 - 1 MRTG

## 2.5.2 RMON / RMON II

RMON 及 RMON II 可以鉅細靡遺地將網路資訊蒐集、匯整，提供完整而豐富的訊息給 SNMP 管理器。RMON 具有遠端監控、趨勢分析與事件預警門檻等優點，常被使

用在擁有不同介面的交換式網路上。依據目前標準版 RFC 2819 (May 2000) 的定義，RMON 的監測項目有 10 個 Group；至於 RMON II (RFC 4502, May 2006) 是 RMON 的加強延伸版，一共有 20 個 Group，監控範圍除了 RMON 的實體層 (Physical Layer) 和資料鏈結層 (Data Link Layer) 之外，尚且包括了 OSI Layer 3 至 Layer 7。以下是 20 個 Group 簡單的說明圖表，

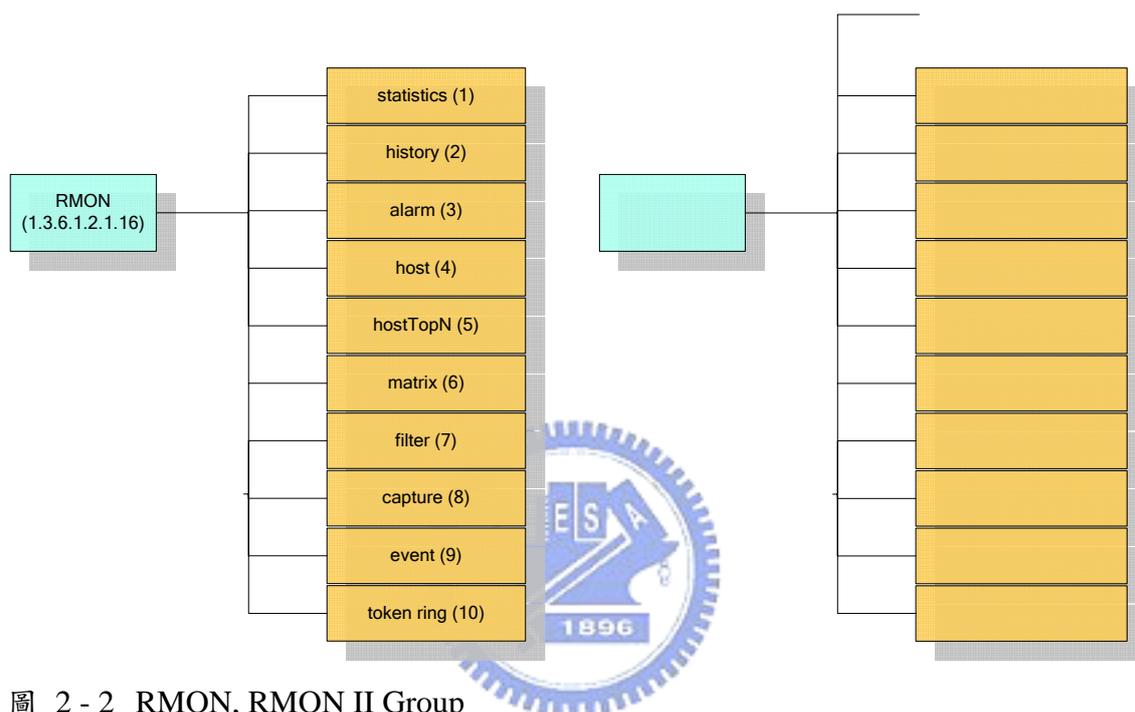


圖 2 - 2 RMON, RMON II Group

表 2 - 4 RMON, RMON II Group Function

Group	Function
ethernet statistics (1)	收集網路上進出封包數量及錯誤封包等統計資料
history (2)	設定及週期性地記錄被監控網路的取樣統計資料
alarm (3)	設定限定值，當網路狀態符合限定值時，可以產生事件通知網管系統
host (4)	記錄整個被監控網路上的所有設備及其封包流量
hostTopN (5)	根據上述 host 的資料所統計得到的流量排名
matrix (6)	記錄被監控網路上任兩個設備間封包流量等資料
filter (7)	設定封包過濾條件，合乎條件的封包將被擷取或是產生事件

packet capture (8)	將 filter 過濾的封包擷取，再傳回網管系統，以便進一步分析
event (9)	設定產生事件的方式與記錄相關的系統訊息
token ring (10)	設定和 Token Ring 相關的網管訊息
protocol directory (11)	記錄 RMON 探測器所能監控的通訊協定
protocol distribution (12)	對於各種通訊協定分別記錄相關的封包流量
address mapping (13)	記錄設備網路位址對映 MAC 位址
network layer host (14)	以非 MAC 層級的方式，記錄整個被監控網路上的所有設備及其封包流量
network layer matrix (15)	以非 MAC 層級的方式，記錄被監控網路上任兩個設備間封包流量等資料
application layer host (16)	記錄整個被監控網路上的所有設備在某種特定通訊協定下的封包流量
application layer matrix (17)	記錄被監控網路上任兩個設備間在某種特定通訊協定下的封包流量等資料
user history (18)	週期性地記錄使用者行為
probe configuration (19)	提供 RMON 探測器的標準組態及參數設定值
rmon conformance (20)	記錄 RMON 及 RMON II 相容的資料

資料來源：參考文獻[12]、[13]，本文整理

RMON/RMON II 的缺點是對網路設備的效能影響較大，所以未能被廣為採用。

### 2.5.3 NetFlow

NetFlow 是由 Cisco 提出，最初的目的是為網路使用量的計價，當然依據 NetFlow 所收集到的資訊，還可以應用於流量統計、網路規劃、網路監測等。NetFlow 所提供的是 Layer 3 及 Layer 4 的資訊，並且能針對 QoS (Quality of Service) 進行資料的分類，

而進一步分級收費。NetFlow 的資料格式於下，

表 2-5 NetFlow 的資料格式

<b>Source Interface</b>	306
<b>Source IP</b>	10.0.2.1
<b>Destination Interface</b>	21
<b>Destination IP</b>	168.92.3.11
<b>Protocol</b>	06
<b>Source Port</b>	1683
<b>Destination Port</b>	50
<b>Packets</b>	3
<b>Octets</b>	156

資料來源：參考文獻[22]，本文整理

依據上述的格式即可撰寫程式進行統計分析，達到計價的目的。



## 2.5.4 sFlow

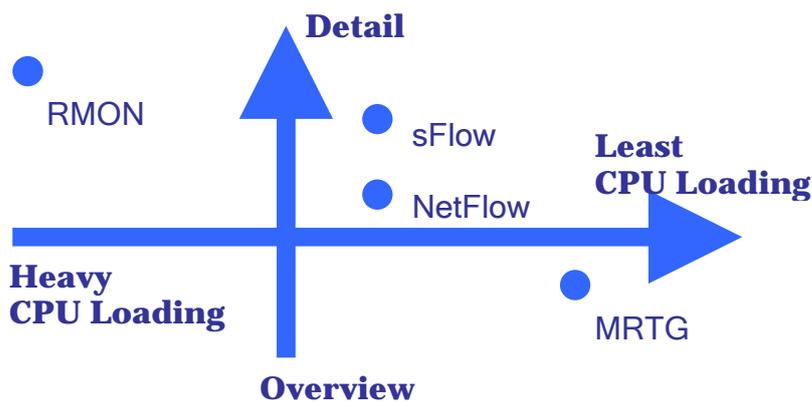


圖 2-3 網路流量監控工具比較圖

資料來源：參考文獻[26]，本文整理

圖 2-3 是概略性地將目前網路流量監控的方式依其所耗費設備資料處理的負載，及

監控方式所能呈現的資料詳盡度進行比較。由圖中可以發現 MRTG 對設備的負載是最小的，但收集到的資料就較為粗糙，較不適合應用於網路使用量的統計分析。

RMON/RMON II 在資料的詳盡度上的表現相當優異，但是對設備的干擾相較於其它方式就顯得嚴重許多。較為合適的方式是利用 NetFlow 和 sFlow 這兩項技術，而 sFlow 在資料詳盡度上略勝一籌。以下是關於 sFlow 的說明。

sFlow 是美國網捷（Foundry）與 InMon 所制定的架構，定義於 RFC 3176，為網路設備業界標準之一；和 NetFlow 相似的，sFlow 通常是監測建置於網路封包交換中心的 Switch 或是 Router，以提供網管系統流量監測機制。

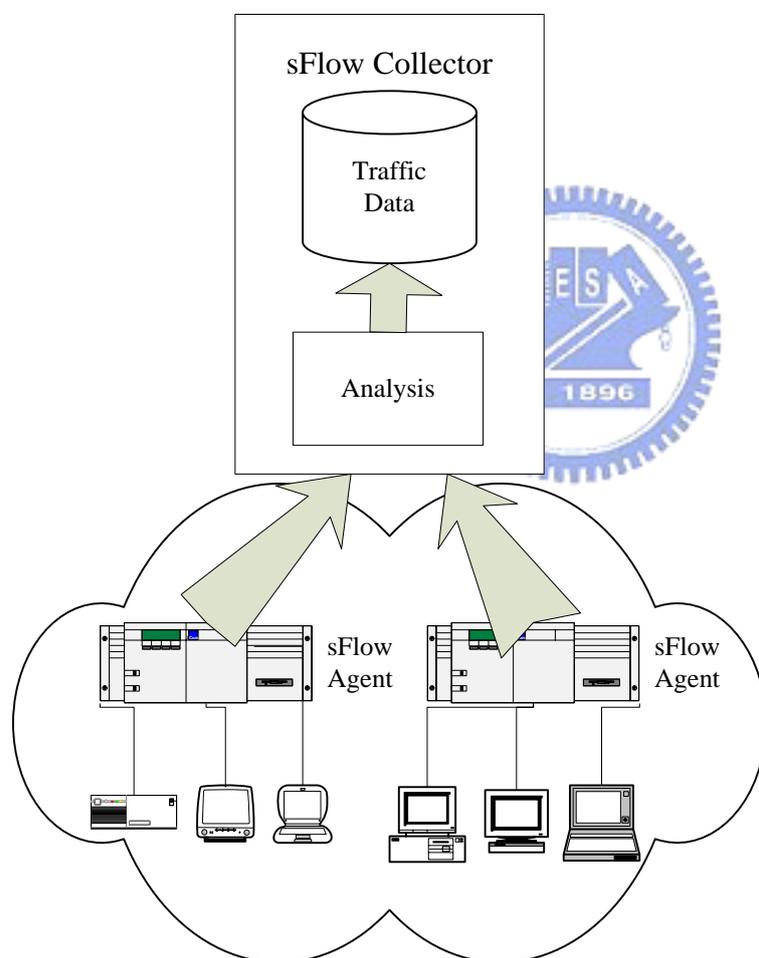


圖 2-4 sFlow 系統架構圖

資料來源：參考文獻[27]，本文整理

上圖是 sFlow 系統架構圖，sFlow 代理器（sFlow Agent）持續地提供資料包（sFlow Datagram）給 sFlow 收集器（sFlow Collector），經由分析運算，產出豐富而即時的網路

流量資料，達到網路流量監控的目的。sFlow 代理器內嵌在 Switch 或是 Router ASIC 中，毋需額外加掛其它的設備，即可全面監控網路狀況。sFlow 是採用取樣 (Sampling) 技術來擷取網路設備的流量統計資料，它應用兩種取樣技術來進行網路流量監測，其一是交換資料流以封包為基礎取樣統計 (Statistical Packet-Based Sampling of Switched Flows)，另一種是網路介面統計以時間為基礎取樣 (Time-Based Sampling of Network Interface Statistics)。第一種取樣技術可以確保在一個資料流 (Flow) 之中所有的封包都有相同的取樣機率，而資料流所代表的是由一個介面所收到的所有封包，在 Switching 或是 Routing 傳輸到另一個介面的過程。如此一來，取樣後的流量才能代表網路整體流量。第二種取樣技術在於考量系統效率及整體架構擴充成長的因素，所以採用週期性的輪詢 (Polling) 對網路設備進行流量資料統計。sFlow 代理器將取樣的資料整合為 sFlow Datagram，傳給 sFlow Analyzer 進行分析處理。

sFlow Datagram 的資料格式如下，

表 2 - 6 sFlow Datagram Format

<b>startDatagram</b>	=====
<b>datagramSourceIP</b>	192.168.50.252
<b>datagramSize</b>	1384
<b>unixSecondsUTC</b>	1149555422
<b>datagramVersion</b>	2
<b>agent</b>	69.1.1.254
<b>packetSequenceNo</b>	2735151
<b>sysUpTime</b>	384740900
<b>samplesInPacket</b>	8
<b>startSample</b>	-----
<b>sampleType_tag</b>	00:01
<b>sampleType</b>	FLOWSAMPLE
<b>sampleSequenceNo</b>	14138705
<b>sourceId</b>	00:08
<b>meanSkipCount</b>	128
<b>samplePool</b>	1809754240
<b>dropEvents</b>	0
<b>inputPort</b>	8

<b>outputPort</b>	3
<b>flowSampleType</b>	HEADER
<b>headerProtocol</b>	1
<b>sampledPacketSize</b>	946
<b>headerLen</b>	128
<b>headerBytes</b>	00-0F-F8-92-EC-00-00-10-DB-FF-20-70-08-00-45-00-03-A4-2A-9C-40-00-3E-06-7C-67-3D-3D-FE-14-3D-42-19-BD-A1-02-00-19-EC-D4-6A-A3-67-4E-C7-E3-50-10-60-F4-59-7F-00-00-53-4A-68-4B-77-0D-0A-71-34-52-4B-43-6C-41-70-44-72-71-42-4A-42-42-49-59-53-41-59-4A-71-51-59-68-49-42-46-37-44-42-67-48-55-36-70-41-4A-6B-61-4C-4A-41-54-44-51-43-4A-67-45-6F-33-55-49-42-43-55-53-4A-62-42-44-47-4E-41-4A-67
<b>dstMAC</b>	000ff892ecab
<b>srcMAC</b>	0019dbfe2070
<b>IPSize</b>	932
<b>ip.tot_len =</b>	932
<b>srcIP</b>	69.1.2.254
<b>dstIP</b>	69.7.1.111
<b>IPProtocol</b>	6
<b>IPTOS</b>	0
<b>IP TTL</b>	62
<b>TCP SrcPort</b>	41218
<b>TCP DstPort</b>	25
<b>TCP Flags</b>	16
<b>extendedType</b>	SWITCH
<b>in_vlan</b>	253
<b>in_priority</b>	0
<b>out_vlan</b>	193
<b>out_priority</b>	0
<b>extendedType</b>	ROUTER
<b>nextHop</b>	192.168.50.252
<b>srcSubnetMask</b>	0
<b>dstSubnetMask</b>	0
<b>endSample</b>	-----
.	.

•	•
<b>endDatagram</b>	=====

資料來源：本文整理

sFlow 和 NetFlow 的相異點之一，即是 sFlow 提供的不只是 Layer 3 及 Layer 4 的資料，sFlow 涵蓋的範圍是 Layer 2 至 Layer 7。

## 2.6 用戶身份驗證相關探討

統計流量是統計網段或是 IP 位址的流量，卻不容易和用戶產生直接的關聯，尤其是校園或大型組織內部往往採取 DHCP 發放 IP 位址，使得用戶身份的確認為不易。本章節將就動態 IP 位址和用戶身份驗證方式等進行探討。



### 2.6.1 DHCP

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol, 動態主機組態通訊協定) 是開放式的產業標準;定義於 RFC 2131, 相關的延伸組態是在 RFC 2132 (DHCP Options and BOOTP Vendor Extensions)。

採用 DHCP 可以大幅減少設定 IP 位址相關的管理工作，它可以集中管理 IP 位址，並將指派的工作自動化，這對於較大型的網路環境是項極其便利的設計。如果沒有動態指派 IP 位址的功能，用戶端就必須手動一台一台地設定，耗時費力而且日後資訊若有異動，不但維護不易，管理上更是有所不便。

利用 DHCP 取得 IP 位址的機器，稱為 DHCP Client (DHCP 用戶端)，而取得 IP 位址的過程，則稱之為租用程序 (Lease Process); DHCP 的租用程序分為四個階段，可以

下圖簡示，

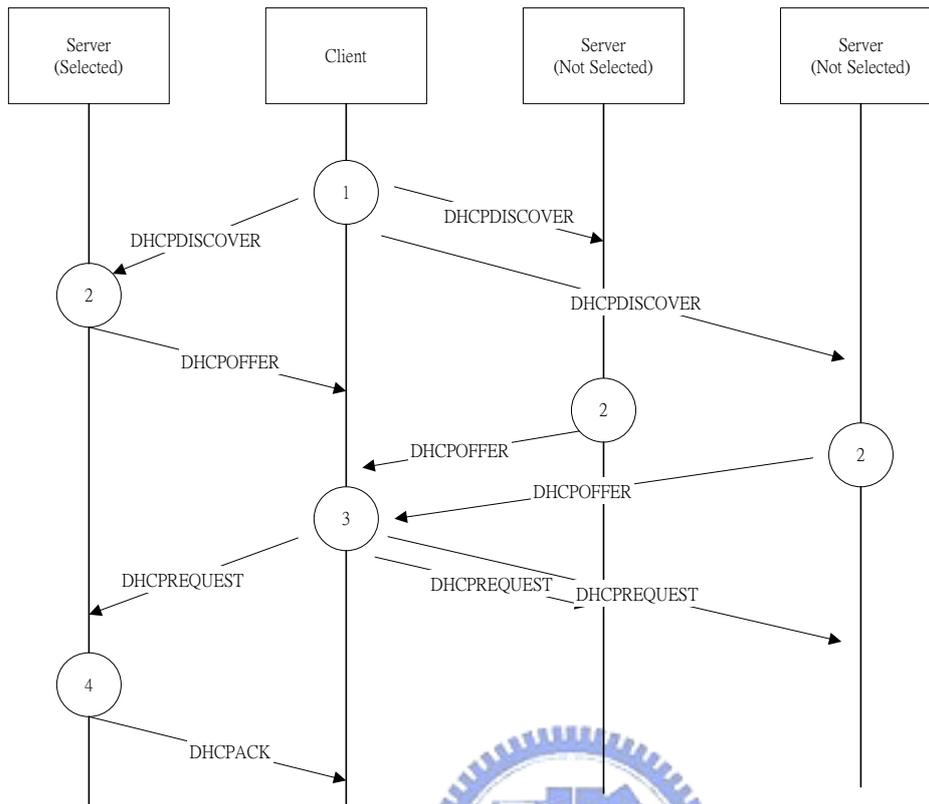


圖 2 - 5 動態 IP 位址租用程序示意圖

資料來源：本文整理

### 1. DHCPDISCOVER

DHCP Client 在網路上廣播自己的名稱 (Host Name)，以及實體位址 (MAC Address)，嘗試找尋 DHCP Server (DHCP 伺服器)

### 2. DHCPOFFER

收到 DHCPDISCOVER 廣播封包的 DHCP Server 會回覆 DHCPOFFER 的封包給發出 DHCPDISCOVER 的 Client。這個封包內容包括，IP 位址、子網路遮罩 (Subnet Mask)、租用期間；收到 DHCPDISCOVER 的 DHCP Server 會先暫時保留回覆的 IP 位址，避免將它提供給其它 Client

### 3. DHCPREQUEST

DHCP Client 在收到第一個回覆的 DHCPOFFER 封包時，會對外廣播 DHCPREQUEST，告訴所有的機器它決定採用這台 DHCP Server 所發出的 IP 位址，並通知其它收到 DHCPDISCOVER 的 DHCP Server，不需要再為它保留 IP 位址

### 4. DHCPACK

這台第一個回覆DHCP OFFER給DHCP Client的Server，將對Client發出確認的訊息，允許該Client使用這個IP位址。這個訊息內容尚且包括選擇性的參數，例如，預設閘道（Default Gateway）、名稱伺服器（DNS Server）等等。

## 2.6.2 RADIUS

RADIUS（Remote Authentication Dial In User Service，遠程驗證撥號用戶服務）定義於RFC 2865（參考文獻[7]），提供AAA（Authentication, Authorization, Accounting）功能，可以作為多個遠端設備驗證、授權、計價的集中式管理協定。遠端設備可以是VPN（Virtual Private Network，虛擬私人網路）設備、無線網路設備、撥接設備等網路存取設備。它的封包格式於下，

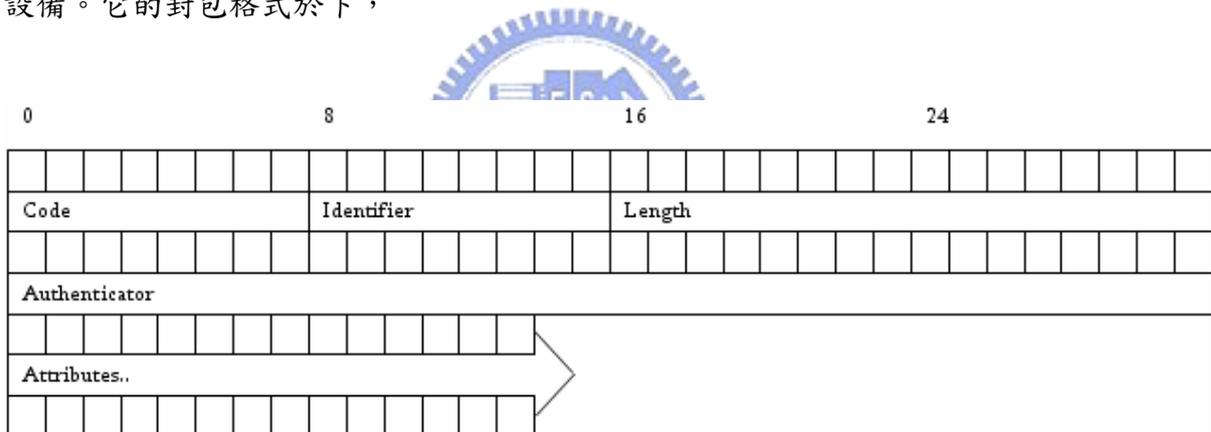


圖 2 - 6 RADIUS Packet Format

資料來源：參考文獻[7]

Code、Identifier 各定義是 8 bits，Length 是 16 bits，Authenticator 有 32 bits，至於 Attributes 則不限長度。

RADIUS 是使用 UDP Port 1812 或是 1645 驗證，UDP Port 1813 或是 1646 計價，RADIUS 定義的訊息形態簡述於下，

- Access-Request

這個封包會出現在以下情況，

1. Authenticator（驗證者）收到來自用戶（Supplicant）使用系統的請求，而

將這個封包傳送給 RADIUS Server 請求確認用戶身份。

2. Authenticator 利用 PAP (Password Authentication Protocol) 傳送未加密的密碼或是經由 CHAP(Challenge Handshake Authentication Protocol)以 MD5 加密過的密碼給 RADIUS Server。

- Access-Accept

RADIUS Server 確認 Authenticator 是被允許要求驗證的設備 (NAS, Network Access Server)，並且確認用戶帳號及密碼是合法的，於是回傳 Access-Accept 的訊息給 Authenticator

- Access-Reject

RADIUS Server 發現傳送訊息的 Authenticator 並不是在 NAS 的名單，或是用戶的帳號及密碼不合法，即回傳此一訊息

- Access-Challenge

RADIUS Server 在收到 Authenticator 傳送過來確認用戶身份的請求訊息時，回覆 Authenticator 需要用戶的帳號及密碼

整個驗證的過程配合下一小節說明。



RADIUS Accept-Request 的屬性有以下數項和本文相關，

表 2 - 7 RADIUS Accept-Request Attributes

Attribute	Description
User-Name (1)	Supplicant 送出的用戶帳號
User-Password (2)	Supplicant 送出的用戶密碼
NAS-IP-Address (4)	Authenticator 的 IP 位址
NAS-Port (5)	Authenticator 的連接埠號碼
Called-Station-Id (30)	Authenticator 的 MAC 位址
Calling-Station-Id (31)	Supplicant 的 MAC 位址

資料來源：參考文獻[7]，本文整理

## 2.6.3 IEEE 802.1x Port Authentication

IEEE 802.1x Port Authentication 是架構在 RADIUS、RADIUS Extensions (RFC 2869) 和 EAP (Extensible Authentication Protocol, 可擴充式驗證協定, RFC 2284) 這些標準，在於提供網路通訊埠存取的驗證，希冀達到無論是有線或是無線環境網路存取的安全性。利用 IEEE 802.1x 的技術可以改善網管人員傳統上以 MAC filter 和 ACL (Access Control List) 的方式限制用戶的權限，對於較大型的網路環境有其效益。

在 IEEE 802.1x 的環境中，以 MD5 進行加密的驗證過程簡示於下，

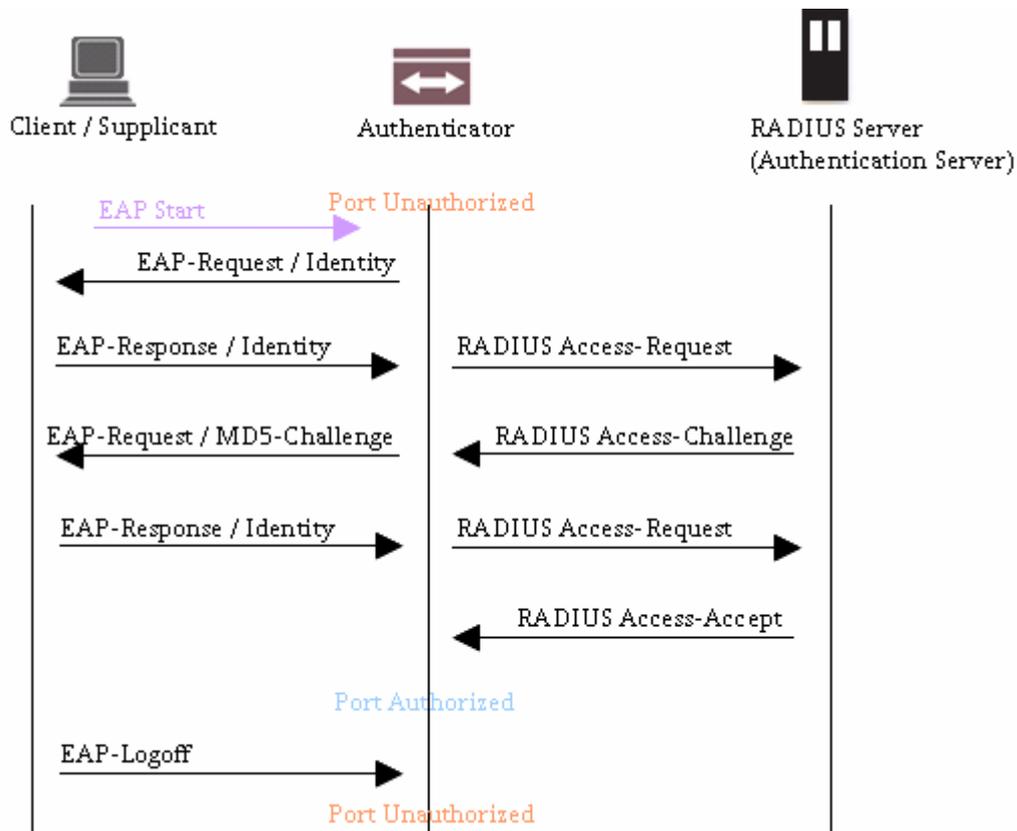


圖 2 - 7 IEEE 802.1x Port Authentication 過程示意圖

資料來源：參考文獻[10]，本文整理

1. 一個啟用了 IEEE 802.1x 驗證的請求者 (Client/Supplicant) 會送出 EAP Start 的訊息給 Authenticator，此時 Authenticator 發出 EAP-Request/Identity 封包向 Supplicant 表明這是個啟用 IEEE 802.1x 的環境，這個連接埠是需要驗證的

2. Supplicant 收到之後，回覆 EAP-Response/Identity 封包，確認收到這個訊息
3. Authenticator 向 RADIUS 伺服器要求驗證用戶身份
4. RADIUS 伺服器回傳 Access-Challenge 給 Authenticator
5. Authenticator 將 RADIUS 伺服器傳來要求帳號、密碼的封包丟給 Supplicant
6. Supplicant 送出用戶帳號、密碼給 Authenticator，再由 Authenticator 傳給 RADIUS 伺服器確認
7. RADIUS 伺服器回傳確認成功的訊息給 Authenticator
8. Authenticator 將這個連接埠設為已授權過，並回覆 Supplicant EAP-Success 可以開始存取網路服務了

在整個驗證過程尚未結束之前，Supplicant 連接的網路連接埠是屬於未授權的，除了 EAP 訊息之外，所有網路服務的封包都無法通過，必須等到驗證成功，連接埠更改為已授權的，Supplicant 才能存取網路服務。



### 第三章 以流量為基礎之計價系統設計

依據前一章所提參考文獻[5]建議在校園或是較大型的組織採用以網段為流量統計的單位，這是由於一個網段往往是一個系所或是一個組織單位，該網段的流量統計即是該系所或單位的使用量，如此不但容易統計又節省時間。

有鑑於此，組織內部便採取以網段為統計單位的方式，如此不但統計方便而且由於組織環境的單純，員工不常異動所屬單位，以致某個單位固定使用某些網段，因此在網路服務使用量統計上一向沒有爭議；網管人員在流量統計時只區分網段，就可以知道這些流量屬於哪些單位。系統流程可以圖 3-1 表示，

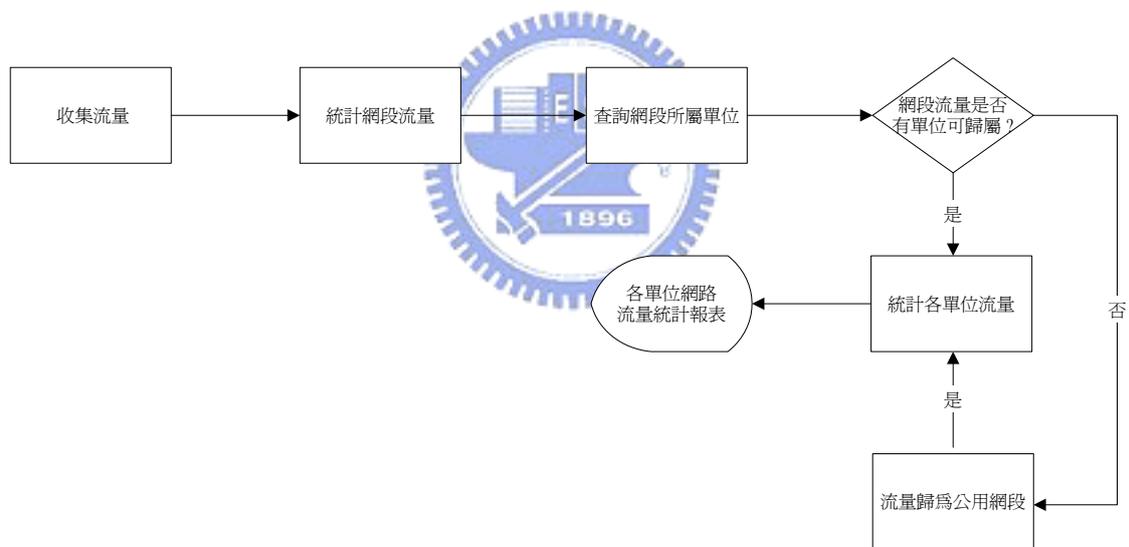


圖 3-1 以網段為基礎之系統流程圖

近來由於組織調整、變革的影響，內部單位大量改組，期望可以創新研發能力和快速反應市場需求，因此在同一樓層或同一個辦公室的網路用戶不見得是屬於同一個單位的員工。如果再以前一段所言的網段為統計單位的方式要求組織內部各單位付費，則有失計價的公平性，而且未來在大量多媒體應用下，品質服務的需求相信是日亦增多，如何在網路使用的公平性及因應愈來愈多的品質服務需求而衍生出來的計價問題，在流量為基礎的計價模式中，以 IP 位址為統計單位的選擇是不可避免的！

為因應未來大量多媒體應用的環境，而且基於付費公平性的原則，本文希望在以網路使用量為基礎的環境之上，提供一套以 IP 位址為統計使用量單位的系統，這種方式可以改善以往以網段為統計單位計價系統的不公平性。

基於上述說明，本文會利用一套流量統計的工具，負責將組織總出口端每次連線建立時的目的 IP 位址、來源 IP 位址、時間、流量等資訊予以記錄，然後將流量在特定期間內依來源 IP 位址予以統計，並將 IP 位址與後端 IP 位址登錄系統進行比對，找出使用者，即可據此進行計價。本章並提出一計價算式，作為費用分攤之用。

在計價政策中，本文將基於組織內部計價是並不是以獲利為目的，而是在於成本的分攤，況且這是個屬於封閉的獨占市場，所以將提供一套以成本分攤為目的的計價政策。

### 3.1 計價系統環境假設



基於組織特性，本系統的環境假設包含下列數項，

#### 1. 獨占市場

網路服務是組織的基礎建設，由單一單位提供，為獨占市場，組織內其它單位不可提供相同服務，也不可尋求組織外的廠商提供本項服務

#### 2. 成本分攤

網路服務由於純粹對內服務是為基礎建設，在於協助組織對外謀取利潤之支援服務，故本項服務不以追求最大利潤為目標，基本上是以成本分攤為目的的前提下，再求取利潤

#### 3. 付費公平性

基於使用者付費的觀念，本計價政策要求付費公平性，即是針對組織內的單位依其員工的網路使用量進行計價

#### 4. 差異化服務

為了平衡尖、離峰的網路負載量，以及提高網路的使用率，本文依參考文獻[9]提出在離峰階段的優惠措施，因此在不同的負載時段給予不同的計價政策，以

吸引使用者於離峰時段存取網路服務。

## 3.2 計價系統架構說明

整個系統流程可分成三大階段，

### 1. 流量收集

本文已確定以流量為基礎之計價系統，第一階段自然要先將全部的流量予以監控、統計，依第二章節所討論的監控、統計技術選擇較為適當的方法予以實作

### 2. 流量分析

將統計總量以 IP 位址的方式再次統計、分析，並將該筆 IP 位址的總量歸判到所屬的系所或是單位，以系所或單位為計價對象

### 3. 費用分攤

流量統計、分析，再統計之後的結果產出報表，以此報表並參考本章第四節所提費用分攤算式，向各系所或單位要求分攤費用

在第二階段將 IP 位址對映到實際用戶的作法，本章下一節將予以討論。

## 3.3 用戶身份驗證方式

前一章節提到可以利用 IEEE 802.1x 技術達到用戶身份驗證，並增加網路存取的安全性，不過由於建置 IEEE 802.1x 環境必須有下列條件配合，

1. Supplicant 必須是 Microsoft Windows XP 以上，如果是 Windows 2000 則需另外安裝修補程式，至於其它更舊的作業系統則難以支援
2. Supplicant 上接的網路設備 (Authenticator) 必須支援 IEEE 802.1x；一些較老舊的設備必須透過韌體更新，不然就得換成新的設備

目前組織內的機器粗估有 8000 台左右，作業系統尚未完全更新至 Windows XP，而且 Supplicant 上接的網路設備符合 IEEE 802.1x 環境的數量並不多，全面進行韌體更新或是汰換，在成本的考量下不容易達成；況且這種大肆更動網路環境的做法，勢必組織高層同意方可進行！就目前形勢而言，IEEE 802.1x 的環境尚難以達成。

如果不採取 IEEE 802.1x 的方式進行用戶身份驗證，那該如何解決動態 IP 位址之下，用戶身份的確證呢？本文提出可以利用組織內原有的政策規定“個人電腦命名須含員工代碼”以達到辨識機器的目的，如此一來 IP 位址和用戶便產生了關聯性，至於固定 IP 位址方面，由於有完整的申請人資料，因此在流量統計上並不會問題。

因此本文提出以 IEEE 802.1x 進行身份驗證的方式，和利用組織內政策規定以辨識機器的兩種將 IP 住址對應到實際用戶的方法，實作系統測試之後評估其效益，預期可以改善以網段為基礎流量統計方式的缺失。



### 3.4 流量計價算式

計價政策除了確定是以 IP 位址為流量統計的單位之外，依據前述的環境假設，尚且包括獨占市場、成本分攤、付費公平性，以及差異化服務。

依據這些政策，本文提出以下計價算式，

#### 1. 固定成本的攤提

流量計價公式將網路設備固定成本依據每個年度必須攤提的費用併入計算，由各個使用單位分攤

假設

F：網路設備需要攤提的成本， $F_j$ 為單位J所需分攤的固定成本

E：各單位的人數，共有m個單位， $E_j$ 為單位J的人數

則單位J需要分攤的固定成本 $F_j$

$$F_J = F \times E_J / \sum_{k=1}^m E_k \quad (3-1)$$

## 2. 尖峰時段的網路流量費用

本文提出進行差異化服務平衡尖、離峰的網路負載量，並提高網路的使用率，因此在不同的負載時段給予不同的計價算式

假設

C：對外線路需支付給業者的費用總額， $C_{PJ}$ 為單位J所需分攤的尖峰時段費用

P：尖峰時段的總流量，共有m個單位， $P_J$ 為單位J的流量

d：尖峰時段的差異化服務參數，d介於0和1之間而不為0（即  $1 \geq d > 0$ ）

則單位J需要的尖峰時段費用 $C_{PJ}$

$$C_{PJ} = C \times d \times P_J / \sum_{k=1}^m P_k \quad (3-2)$$

## 3. 離峰時段的網路流量費用

假設

T：對外總流量， $T_J$ 為單位J的總流量

則單位J需要的離峰時段費用 $C_{OJ}$

$$C_{OJ} = C \times (1-d) \times (T_J - P_J) / (T - \sum_{k=1}^m P_k) \quad (3-3)$$

## 4. 單位J需要負擔的網路使用費總額

綜合上兩個算式，單位J需要負擔的網路流量費用 $C_{PJ}$ 和 $C_{OJ}$ 的總和

$$C_{PJ} + C_{OJ} = C \times (d \times P_J / \sum_{k=1}^m P_k + (1-d) \times (T_J - P_J) / (T - \sum_{k=1}^m P_k)) \quad (3-4)$$

再加上算式3-1，單位J需要負擔的網路使用費總額 $N_J$

展開為

$$N_J = F \times E_J / \sum_{k=1}^m E_k + C \times (d \times P_J / \sum_{k=1}^m P_k + (1-d) \times (T_J - P_J) / (T - \sum_{k=1}^m P_k)) \quad (3-5)$$

## 第四章 以流量為基礎之計價系統實作

本章將就上一章所提之架構，實作系統並測試其結果。圖 4-1 為實作系統之環境架構圖。在上一章對於用戶身份驗證的方式提了兩種方式，因此本章節將針對這兩種不同的方式進行實作；實作環境是相同的，只是啟用 IEEE 802.1x 需要一台 AAA Server。圖 4-1 是系統實作時會用到的設備及環境建置圖。

本系統對外網路存取會經過 Firewall，和對外的路由器，並且將所有的實作設備接在同一台交換器上進行測試。這些設備包括，sFlow Collector、DHCP Server、RADIUS Server、Billing Server、Billing Server，以及 Fixed IP Table、Human Resource 兩個資料庫。

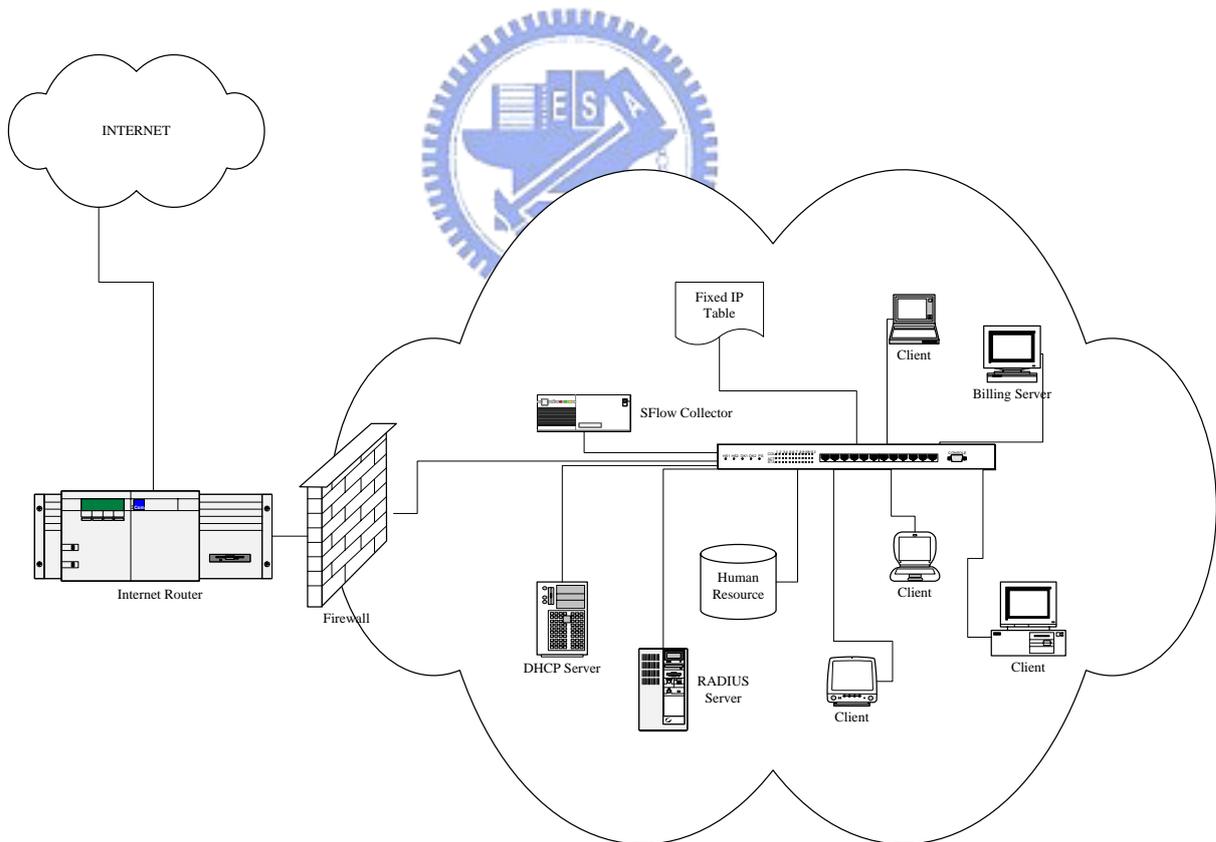


圖 4-1 實作系統之基礎建置圖

## 4.1 系統流程

本章節系統流程以資料流程圖（Data Flow Chart）說明並以關聯圖表示系統內各檔案間資料的關聯性，以下兩小節分別是兩種用戶身份驗證方法的資料流程圖，以”實作一”代表以 IEEE 802.1x 進行用戶身份驗證的實作方式，以”實作二”代表以組織規定的”個人電腦命名須含員工代碼”的方式。

### 4.1.1 實作一

方式一，啟用 IEEE 802.1x 進行用戶身份驗證的方式，在 Billing Server 中資料流過程以圖 4-2 資料流程圖表示。

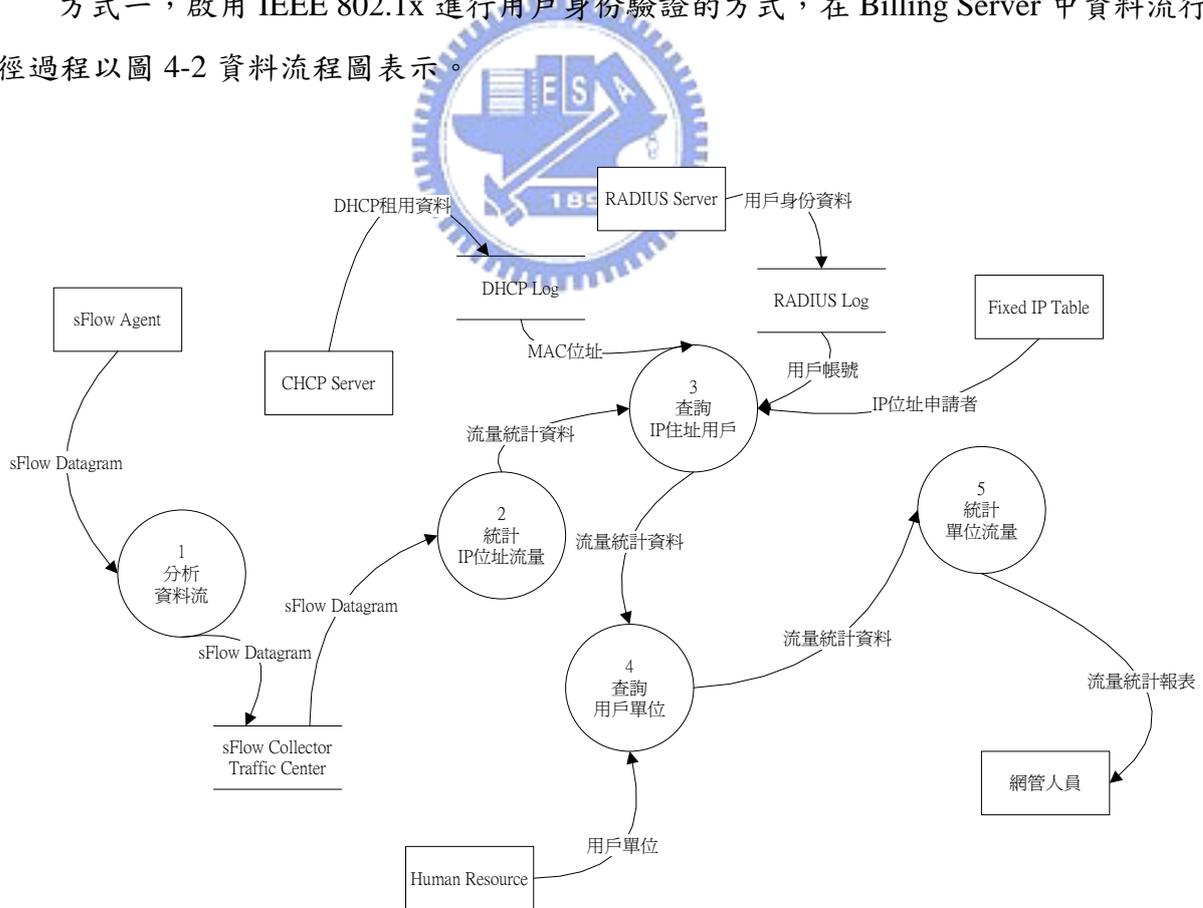


圖 4-2 實作一之資料流程圖

1. 首先 sFlow Collector 會將存取 Internet 的網路流量以固定比例的方式予以收

集，並換算成實際流量，這些統計資料會存在 Billing Server

2. Billing Server 將這些流量資料依 IP 位址的方式進行統計
3. 查詢 IP 位址的用戶
  - 3.1 以 IP 位址為值，和 DHCP Log 進行比對，找出用戶 MAC 位址
  - 3.2 以 MAC 位址為值，和 RADIUS Log 進行比對，找出用戶
  - 3.3 如果資料無法在 DHCP Log 中找到，則查詢固定 IP 位址資料(Fixed IP Table)
4. 將 IP 位址的流量歸到查詢到的用戶單位，如果 3.3 固定 IP 位址資料也沒有這個 IP 位址的所屬單位，就將這筆 IP 位址的流量歸到公用流量
5. 各單位流量統計報表產出，進行費用分攤

其間各檔案之間的資料關聯性以圖 4-3 表示，

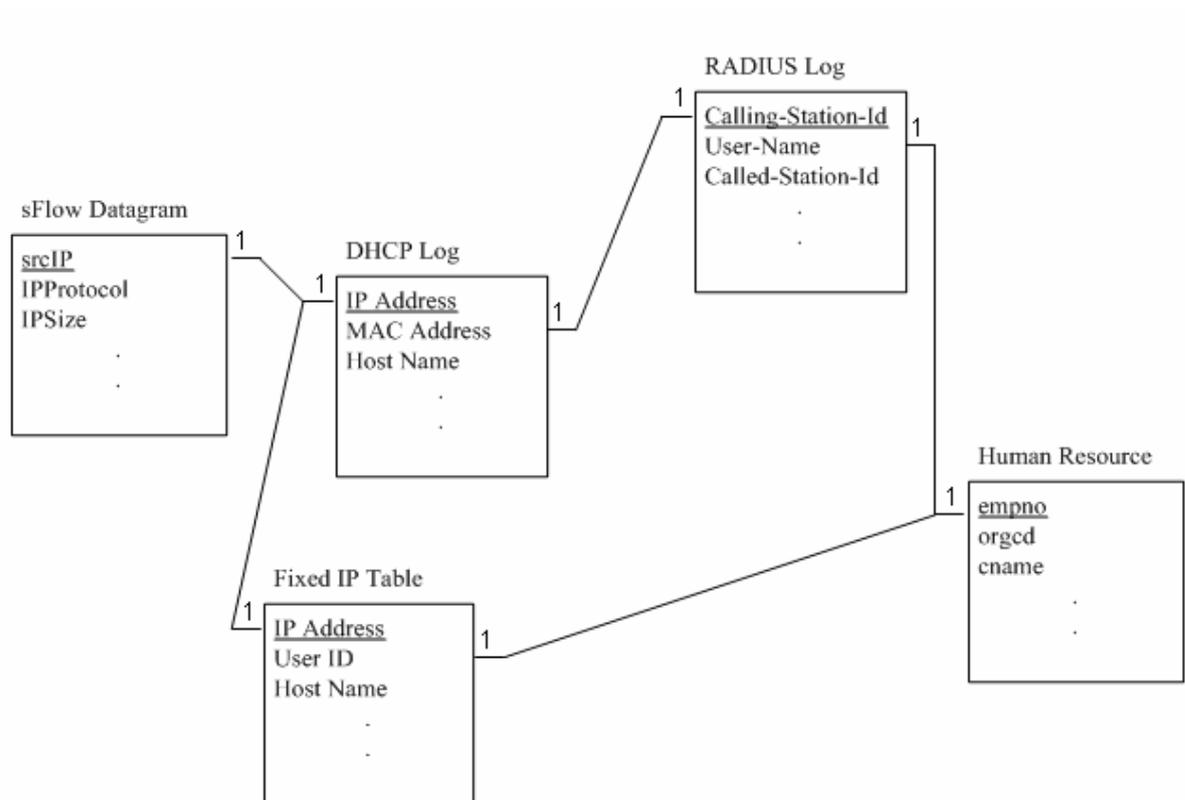


圖 4-3 實作一之檔案關聯性

sFlow Datagram 以 srcIP (Source IP) 和 DHCP Log 的 IP Address 進行關聯，而 DHCP Log 以 MAC Address 和 RADIUS Log 的 Calling-Station-Id 進行關聯，Calling-Station-Id 是 Supplicant 的 MAC 位址；RADIUS Log 再以 User-Name 和 Human Resource 的 empno

進行關聯，這兩個值都是員工代碼，在 Human Resource 的 orgcd 即是用戶所屬的單位，也就可以據此統計單位流量。

RADIUS Log 若是在 DHCP Log 中找不到的 IP 位址，則 DHCP Log 是以 IP Address 和 Fixed IP Table 的 IP Address 進行關聯，Fixed IP Table 再以 User ID 和 Human Resource 的 empno 進行關聯，找到該用戶的所屬單位。

### 4.1.2 實作二

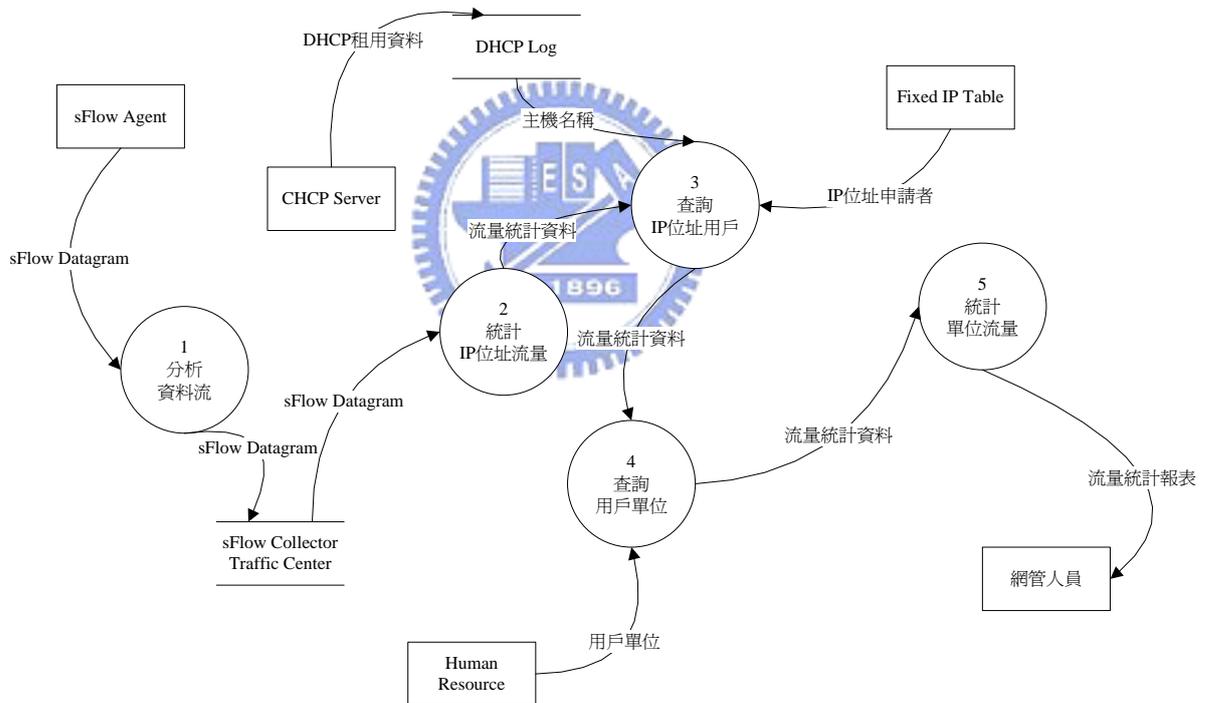


圖 4-4 實作二之資料流程圖

圖 4-4 是實作二的資料流程圖，

1. 首先 sFlow Collector 會將存取 Internet 的網路流量以固定比例的方式予以收集，並換算成實際流量，這些統計資料會存在 Billing Server
2. Billing Server 將這些流量資料依 IP 位址的方式進行統計
3. 查詢 IP 位址的用戶

- 3.1 以 IP 位址為值，和 DHCP Log 進行比對，找出個人電腦名稱，以此為用戶
- 3.2 如果資料無法在 DHCP Log 中找到，則查詢固定 IP 位址資料
4. 將 IP 位址的流量歸到查詢到的用戶單位，如果 3.2 固定 IP 位址資料也沒有這個 IP 位址的所屬單位，就將這筆 IP 位址的流量歸到公用流量
5. 各單位流量統計報表產出，進行費用分攤

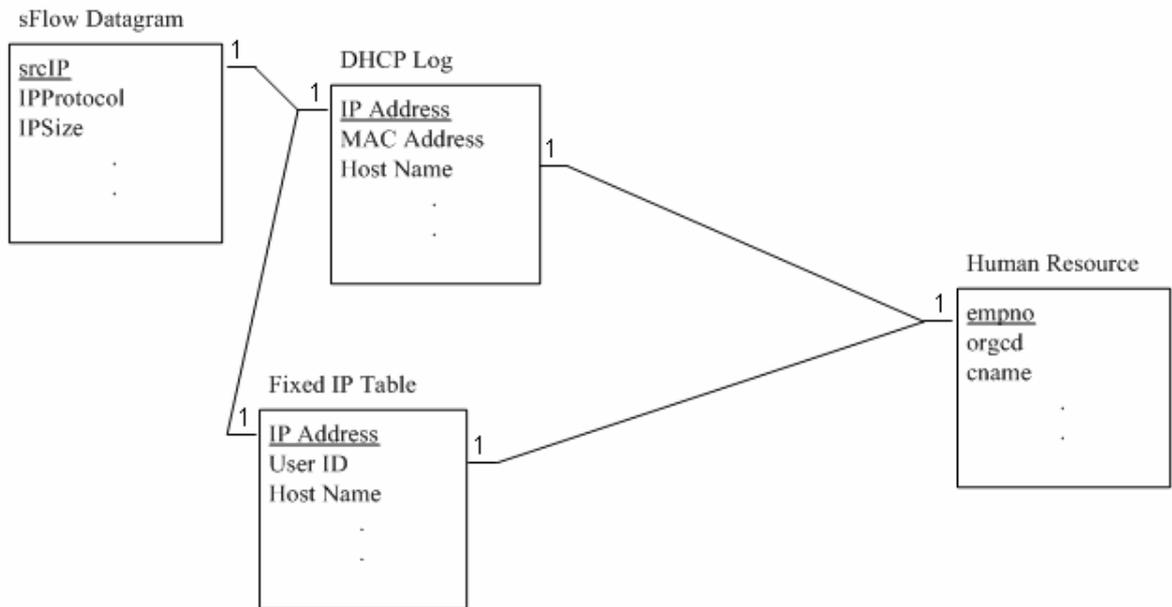


圖 4-5 實作二之檔案關聯性

sFlow Datagram 以 srcIP 和 DHCP Log 的 IP Address 進行關聯，而 DHCP Log 以 Host Name 和 Human Resource 的 empno 進行關聯，Host Name 的編碼中包含員工代碼，這部分會在 4.3.3 小節說明，至於 empno 即是員工代碼；在 Human Resource 的 orgcd 即是用戶所屬的單位，也就可以據此統計單位流量。

RADIUS Log 若是在 DHCP Log 中找不到的 IP 位址，則 DHCP Log 是以 IP Address 和 Fixed IP Table 的 IP Address 進行關聯，Fixed IP Table 再以 User ID 和 Human Resource 的 empno 進行關聯，找到該用戶的所屬單位。

## 4.2 系統平台

系統使用到的相關設備於下，

1. 量測路由器：Foundry BigIron 4000，啟用 sFlow 設定
2. sFlow Collector：Sun Solaris 8
3. RADIUS Server：Microsoft Windows Server 2003，安裝 RADIUS Server，啟用 IEEE 802.1x 設定
4. DHCP Server：Microsoft Windows Server 2003，啟用 DHCP Server Service
5. Billing Server：Sun Solaris 8
6. 交換器：啟用 IEEE 802.1x Port Authentication 設定。

## 4.3 系統實作



以下各小節為各相關設備實作的細部設定說明。

### 4.3.1 sFlow Collector

sFlow Collector 架在一台 Sun Solaris 8 的機器上，安裝完 sFlow Collector 相關程式後，必須啟動 S86sflow 和 sflowtool 這兩個 daemon，這樣就可以開始收集 sFlow Datagram。sFlow Datagram 的資料極為詳盡，考量到流量統計的需求有限，目前每筆 Sample 只取 11 個值，所以額外以 perl 撰寫程式，將以下欄位另外擷取，

表 4 - 1 擷取之 sFlow Datagram 資料

<b>unixSecondsUTC</b>	1149555422
<b>agent</b>	61.11.31.253
<b>meanSkipCount</b>	128
<b>inputPort</b>	8
<b>outputPort</b>	3
<b>dstMAC</b>	000ff892ec20
<b>srcMAC</b>	0010dbff2090
<b>IPSize</b>	932
<b>srcIP</b>	61.21.254.20
<b>dstIP</b>	140.66.25.189
<b>IPProtocol</b>	6

擷取出的資料另行備存，並上傳至 Billing Server 進行流量統計。

### 4.3.2 RADIUS Server



本系統以一台 Windows Server 2003 安裝 Juniper Funk Steel-Belted RADIUS 5.4 版進行測試，基本上只要能夠啟用 IEEE 802.1x 的 RADIUS 即可。

RADIUS Log 是以日期的方式存檔，每日利用 Server Scheduled Tasks 將前一日的日誌檔以 FTP 方式上傳至 Billing Server，以日期為檔名，做為區別。RADIUS Log 記述相當詳盡，本文所需擷取的屬性資料格式於下，

表 4 - 2 RADIUS Log Format

<b>Date</b>	<b>Time</b>	<b>Called-Station-Id</b>	<b>Calling-Station-Id</b>	<b>User-Name</b>
05/03/06	00:00:58	00-0b-e4-27-23	00-0f-96-73-a0-34	880868
05/03/06	00:12:07	00-0b-e4-27-23	00-01-5f-2e-87-16	891278
05/04/06	16:56:01	00-0b-e4-27-23	00-00-92-03-a0-89	601234

Called-Station-Id 是 Authenticator 的 IP 位址，而 Calling-Station-Id 則是 Supplicant 的 IP 位址，至於 User-Name 就是用戶用來驗證身份的帳號，在組織內即是員工代碼。因此利用下一小節要說明的 DHCP Log 的 MAC Address 為鍵值，在 RADIUS Log 中即可找到利用此 MAC 位址進行身份驗證的用戶。

### 4.3.3 DHCP Server

在 DHCP Server 這部分要增加的設定並不多。Windows 作業系統下的 DHCP Server 啟動時，在 %systemroot%\system32\dhcp 的目錄下，每日自動產生一個 Microsoft DHCP Service Activity Log，以週為限，一共七個檔案，所以必須另外將檔案備存出來，才能避免日誌檔被覆蓋。

Microsoft DHCP Service Activity Log 記錄著 DHCP Client 向 Server 提出的 Request，及 Server 回應的相關訊息，格式於下，



表 4 - 3 DHCP Log Format

ID	Date	Time	Description	IP Address	Host Name	MAC Address
11	05/03/06	00:00:58	Renew	192.168.2.3	90-0880868-01	000F9673A034
30	05/03/06	00:00:58	DNS Update Request	192.168.7.92	91-0901203-07	00015E0E3716
16	05/03/06	00:00:58	Deleted	192.168.9.74	31-0610983-06	000189E49071

其中 Host Name (主機名稱) 的編碼依組織規定，採取前 2 碼為單位碼，中間 7 碼為員工代碼，不足 7 碼者，在左側補 0 至 7 碼滿，後 2 碼為流水號。

為了將 Microsoft DHCP Service Activity Log 每日備存，所以在 Server Scheduled Tasks 加上了每日上傳前一日檔案設定。日誌檔每日上傳至 Billing Server，以日期為檔名，做

為區別。

上傳的方式是寫 Script，利用 FTP 將檔名格式已轉換成日期檔名的檔案傳送至 Billing Server，並留下一份備存在 DHCP Server 上，避免傳送失敗時沒有資料進行比對。

#### 4.3.4 Fixed IP Table

除了採用動態 IP 位址之外，無可避免的會有固定 IP 位址的需求，舉凡工作站、伺服器、印表機等設備，有上網需求卻又不完全適用於動態 IP 位址；有鑑於此，所以另有一個表格記錄固定 IP 位址發放，以為查核。固定 IP 位址表格，格式於下，

表 4-4 固定 IP 位址表格格式



IP Address	User ID	User Name	Host Name	Dept./Org.	Date	Description
192.168.7.92	891278	陳清風	01-0891278-51	OZ000/HQ	01/03/03	FTP Server
192.168.9.23	799923	張明月	moon	OY400/ICL	01/03/03	License issue
192.168.34.72	956620	趙小橋	01-0956620-72	OX000/CMS	01/03/03	Workstation

表格雖然記錄著部門、單位 (Dept./Org.) 的訊息，但由於人員及組織異動頻仍，所以程式比對時以使用者員工代碼 (User ID) 為主，進人力資源系統比對，找出其部門、單位，進行統計，除非使用者離職，才以固定 IP 位址表格的 Dept./Org. 為查詢鍵值，進人力資源系統查詢部門、單位是否存在，存在則予以統計；若該部門或單位不存在，這個 IP 的流量即歸為公用網段。

#### 4.3.5 Human Resource Database

人力資源系統登錄人力、組織的相關資料，而且資料最具即時性，因此將各方須進行人事比對的資料在此進行查詢，以維持查詢資料的正確性，也確保統計資料能夠趨近實際使用值。

### 4.3.6 Billing Server

Billing Server 要進行的工作可分為四項，依序分別為，

1. 統計 IP 位址流量：將 sFlow Collector 傳送過來，經過欄位精簡的資料進行 IP 位址統計的工作，這部分目前暫定以「月」為單位進行統計工作，也可以修改程式以所要的統計區間為單位。
2. 查詢 IP 位址使用者：統計完每筆 IP 位址的流量之後，將 DHCP Server 每日上傳的 Activity Log 進行 IP 位址的比對，抓取該 IP 位址的 Host Name 中的員工代碼進行比對。倘若該 IP 位址無法在 DHCP Service Activity Log 找到，則與固定 IP 位址表格進行比對，抓取該 IP 位址的申請人員工代碼（User ID）。
3. 查詢使用者單位：找尋到 IP 位址對映的員工代碼之後，以員工代碼為鍵值，進人力資源系統進行比對，抓取該員工所屬的單位。員工倘若離職，則回固定 IP 位址表格，以 Dept./Org. 的值進人力資源系統比對，若該單位仍然存在，即將該 IP 位址流量算為該單位；倘若真的無法判定該筆 IP 位址的流量所屬單位，則將此流量歸至公用流量。
4. 統計單位流量：利用上述的方式已將 IP 位址所屬的單位找出，此時再進行一次統計的動作，即可將組織中各單位的流量計算出來，據此對各單位進行費用分攤的作業。

## 4.4 系統測試

依本章上述環境架構將機器設備建置好，並撰寫程式將各個功能備齊，實作系統並測試，以下小節為測試成果及效益評估的部分。

#### 4.4.1 測試成果

圖 4-6 是利用系統實作方式二(以組織規定的"個人電腦命名須含員工代碼"的方式)產出的報表。系統在經過流量收集、統計、分析、再統計，達到圖 4-6 的報表呈現，詳細的流量數值請參考附錄 A。在圖中可以看到各個單位的網路存取統計百分比，依據這個結果將可向各單位進行費用分攤的作業。至於本章上一節所述「公用流量」的部分並未呈現在圖中，是因為將此流量均攤到每個單位，因而未顯示在圖 4-6。



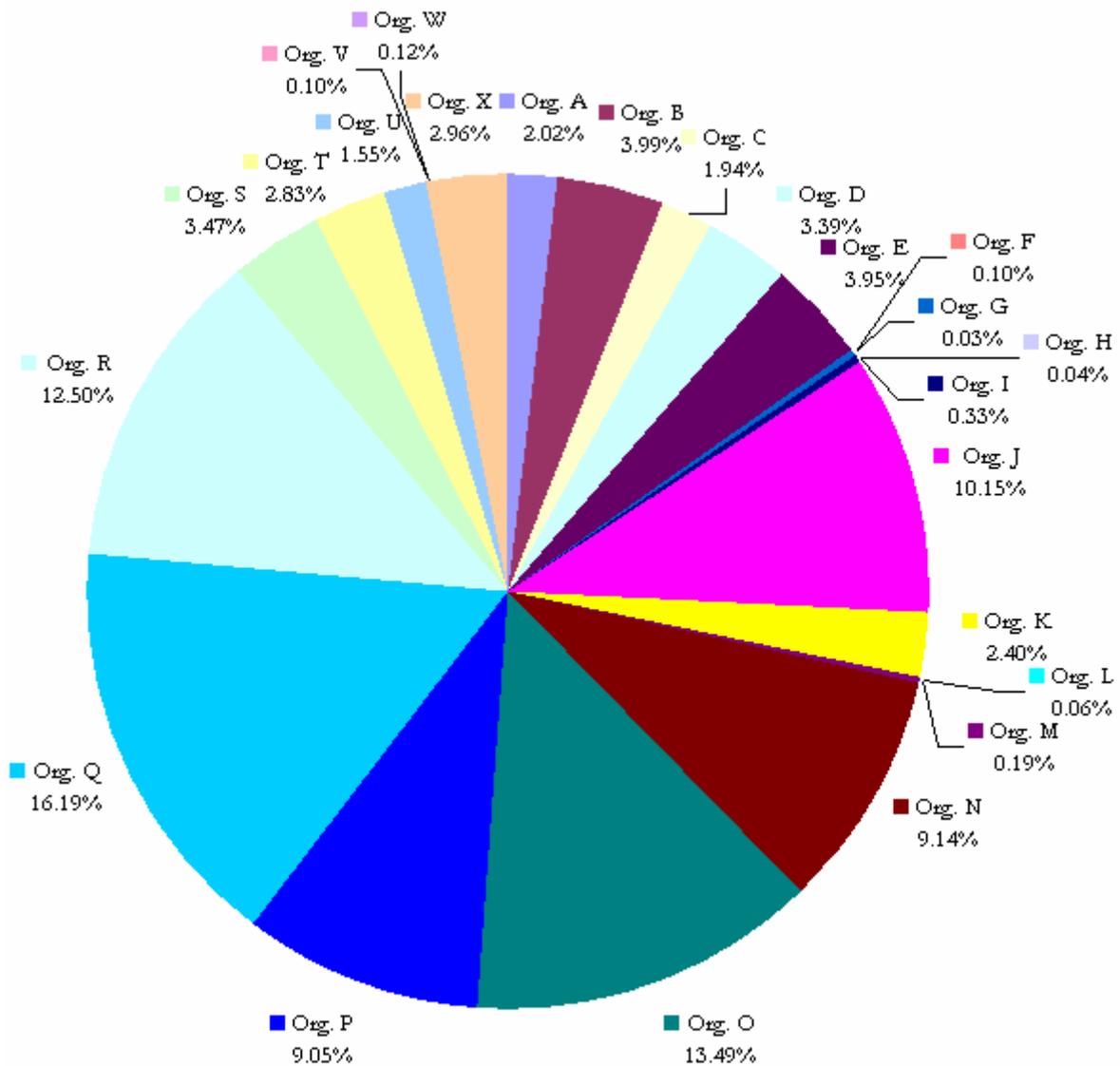


圖 4-6 系統實作產出的報表

依據本文在第三章所提及的算式 3-4，在差異化參數（假設  $d=0.95$ ）之下，將各單位所需分攤的網路流量費用這一部分繪製成圖 4-7 紅色的曲折線，另外在圖中藍色的柱長條圖為尖峰時段的流量比例，紫色的長條圖為離峰時段的流量比例，所以藍色和紫色長條圖總合也就是各單位未經過差異化參數調整的網路流量分攤比例，等同於圖 4-6。

在圖 4-7 可以看出透過差異化參數可以使得離峰時段流量較高的單位分攤費用的比率降低，以 Org. N 和 Org. P 為例，兩者的總流量不相上下，但由於 Org. N 的離峰時段流量比例較高，以致於所需要分攤的費用比例較低。而這個結果正是本文透過差異化參數所要達到的目的。

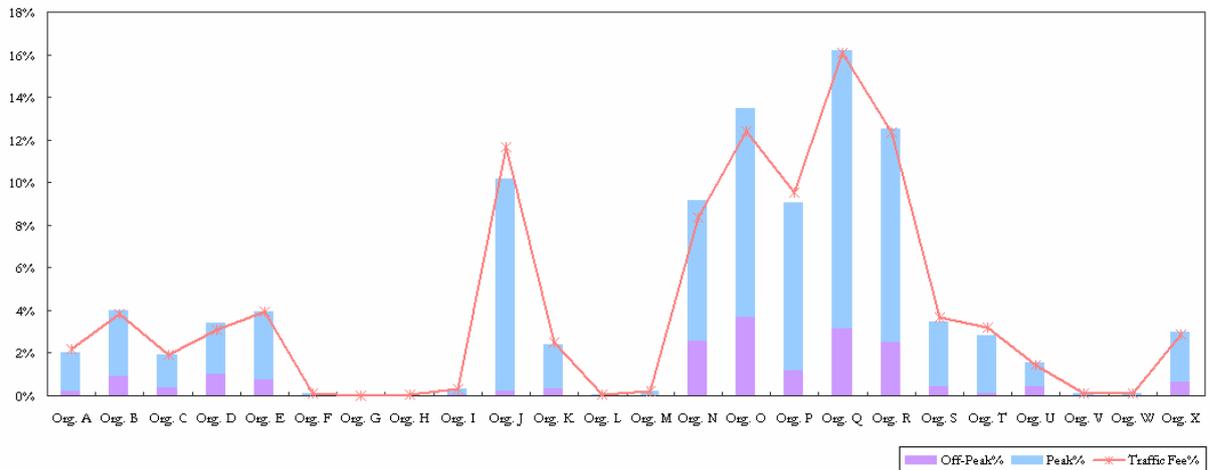


圖 4-7 系統實作產出的費用分攤折線圖

由附錄A的資料可以看出每個單位需要分攤的網路使用費，以Org. Q的網路使用費用 $N_Q$ 說明

$$N_Q = 0.1356F + 0.1606C$$

F 和 C 是網路設備固定成本和專線租賃費用總額，0.1356F 是算式 3-1，0.1606C 是算式 3-4。



測試成果中並沒有系統實作方式一的報表產生，因為如同第三章第四節所言，目前啟用 IEEE 802.1x 尚有困難點，無法進行全面測試產生報表；但本系統已針對方式一進行小規模的實際測試，這個方式確實是可行的！

## 4.4.2 效益評估

本系統實作測試之結果符合當初環境假設的條件所得到的期望。以 Org. R 為例，目前以 IP 為統計單位的方式由上一小節可以看出佔全體流量的 12.5%，若是採用舊有以網段為統計單位的話，是 17.1%；這之間的差異主要是在於組織的異動，造成同一個網段有好幾個不同的單位，所以舊有的方式並不符合目前環境所需，因而提出以 IP 位址為計算單位。目前測試的結果是符合期望的。

然而在用戶 IP 位址和用戶身份之間關係的確認，目前以方式二實測所提的方法並不好，以組織政策規定的機器名稱對映 DHCP Log 只能是這個階段最佳的選擇。身份驗證的方式還是要回歸方式一，也就是啟用 IEEE 802.1x，透過 Radius 或是 Domain Controller 等方式來收集 Log 等資料進行比對，才能更進一步確認 IP 位址和用戶之間的關係，而且 IEEE 802.1x 在網路安全性的加強也是下一步改善本系統的另一項收穫。

就計價算式而言，舊有計價算式是依員工比例和使用量進行分攤，並沒有差異化參數的調整，因此不容易吸引用戶使用優惠時段或是平衡流量負載，在整體對外頻寬租賃費用勢必要付的狀況下，是不合經濟效益的作法，所以加上差異化參數的調整並且適時宣導用戶，假以時日必然可以充份利用頻寬。

整體而言，本系統測試符合預期，產生的效益於下，

1. 以 IP 位址為統計單位的方式可以消除各單位對於網路費用分攤的疑慮
2. 本文提出的計價算式可作為費用分攤的依據，並可改善頻寬使用情況
3. 觀察整體和各單位網路使用量，可用於規劃未來網路頻寬的需求



## 第五章 總結與未來發展方向

### 5.1 結論

上網的方式除了我們習慣性地坐在電腦前面敲敲鍵盤、移移滑鼠之外，它還可以是邊走邊拿手機，按著那小小的鈕！科技進步讓世界變小，只要是可以存取到網路的地方，天涯海角也不再遙遠。在此之下網路服務計價的問題會隨著多樣化的應用而有不同的思考模式，本文在探討網路服務現有之計價模式的差異，並以未來可能大量應用的多媒體服務而提出以流量為基礎之網路服務計價模式有其存在並加以擴大應用之趨勢，最後並實作出一套以流量為基礎的計價系統。

### 5.2 未來發展方向



本文實作二之系統針對 IP 位址統計流量的方式並不見得完全可以對照為某個使用者的流量，這是由於採用動態 IP 位址的原因；同一個 IP 位址可能在一個月內有三位使用者使用。對此一問題目前的作法是以統計期間的最新一筆資料為計算對象，所以如果要克服這個問題，有兩個方式可解決。

第一個方式，將系統中所使用的流量監控、統計機制改成針對 MAC 位址進行統計，再將 MAC 位址對映 DHCP Server Log 或是固定 IP 位址表格，即可找出使用者，這會是個比較好的方式，不過前提是流量監控、統計機制必須能夠看到第二層的資料。

另一個方式是另外將 Router 的 Log 予以收集、保留，Router Log 會有 IP 位址、MAC 位址、時間等資料。計價系統在統計流量收集器送過來的資料時，必須針對 IP 位址使用的時間點，同時比對 Router Log 上的時間點，如果相同時間點使用的是同一個 MAC

位址，即為該 MAC 位址的流量，如此再依前一段所提到的，將將 MAC 位址對映 DHCP Server Log 或是固定 IP 位址表格，再找出使用者。這個方式將可解決流量監控、統計軟體無法看到第二層資料的困擾。



## 參考文獻

- [1] “OAM mechanisms in ATM”, EDN. Boston: Jul 3, 1997. Vol. 42, Iss. 14; pp. 96-97
- [2] A. James, “White Paper: Using IEEE 802.1x to Enhance Network Security”, Foundry Networks, Inc., October 2002.
- [3] A. Odlyzko, “Paris metro pricing for the internet”, Proceedings of the 1st ACM conference on Electronic commerce, Denver, Colorado, United States, pp.140-147, November 03-05, 1999
- [4] C.-C. Lo, Y.-C. Yeh, “Authentication Protocols for the broadband ISDN billing system”, Computer Standards & Interfaces, Volume 21, Number 5, December 1999, pp. 417-428
- [5] C. Mills, D. Hirsh, G.R. Ruth, “Internet Accounting : Background”, RFC 1272, November 1991
- [6] C. Paris, D. Ferrari, “A Resource Based Pricing Policy For Real-Time Channels In A Packet-Switching Network”, Technical Report TR-92-018, International Computer Science Institute, Berkeley, California, March 1992.
- [7] C. Rigney, S. Willens, A. Rubens, W. Simpson, “Remote Authentication Dial In User Service”, RFC 2865, June 2000
- [8] H. -W. Braun, K. C. Claffy, G. C. Polyzos, “A framework for flow-based accounting on the Internet”, Proceedings of the Singapore International Conference on Networks (SICON '93), IEEE, New York, pp. 847-851.
- [9] N. Brownlee, “New Zealand Experiences with Network traffic Charging”, ConneXions, The Interop Company, Vol. 8, No. 11, November 1994.
- [10] P. Kwan, “White Paper: 802.1x Port Authentication with Microsoft’s Active Directory”, Foundry Network, Inc., March 2003.
- [11] R. Cocchi et al., “A Study of Priority Pricing in Multiple Service Class Networks”, Proceedings of ACM SIGCOMM 1991 Conference, pp. 123-130.
- [12] R. Droms, “Dynamic Host Configuration Protocol”, RFC 2131, March 1997
- [13] S. Waldbusser, “Remote Network Monitoring Management Information Base”, RFC 2819, May 2000
- [14] S. Waldbusser, “Remote Network Monitoring Management Information Base Version 2”, RFC 4502, May 2006
- [15] 周怡廷,「校園網路虛擬計價系統之設計與實作」, 國立台灣大學, 碩士論文, 民國 90 年
- [16] 陳郁堂,「新一代流量式網路計價系統之設計」, 國科會研究報告, NSC89-2213-E011-019, 民國 89 年
- [17] 張耀中等,「TANET 網路管理服務-sFlow 流量監測軟體研發」, TANET2003, 台北, 民國 92 年 10 月 29 日至 31 日
- [18] 張清溪等, 經濟學理論與實際, 二版, 台北, 著者發行, 民國 82 年
- [19] 葉平, 黃鼎鈞,「sFlow 校園流量即時監測系統之實作」, TANET2003, 台北, 民國 92 年 10 月 29 日至 31 日
- [20] 資策會電子商務研究所FIND研究組, 2005 網際網路應用及發展年鑑, 經濟部技術處, 台北, 民國 94 年 12 月
- [21] 戴奕驥,「有頻寬保證的虛擬私人網路服務計價之研究與實作」, 國立台灣大學, 碩士論文, 民國 92 年

參考網站

- [22] Cisco Systems, Inc., <http://www.cisco.com>
- [23] HiNet Internet Service, <http://www.hinet.net>
- [24] InMon Corporation, <http://www.inmon.com/>
- [25] MRTG, <http://oss.oetiker.ch/mrtg/>
- [26] Request for Comments, IETF, <http://www.ietf.org/rfc.html>
- [27] sFlow.org., <http://www.sflow.org/>
- [28] RetiCorp., 「IT人必修學分-網路流量管理的五大步驟」, [http://tw.reticorp.com/?Cmd=About\\_RetiCorp&Cmd2=news&id=23](http://tw.reticorp.com/?Cmd=About_RetiCorp&Cmd2=news&id=23), August 10, 2005
- [29] 工業技術研究院, 「雙管齊下, 貫穿全台天空」, [http://www.itri.org.tw/chi/news\\_events/feature/2004/fe-0931105.jsp](http://www.itri.org.tw/chi/news_events/feature/2004/fe-0931105.jsp), November 5, 2004
- [30] 資策會IDEAS-FIND／經濟部技術處「創新資訊應用研究計畫」, <http://www.find.org.tw/find/home.aspx?page=many&id=134>, April 10, 2006
- [31] 資策會IDEAS-FIND／經濟部技術處「電信平台應用發展推動計畫」, <http://www.find.org.tw/find/home.aspx?page=many&id=126>, January 17, 2006
- [32] 羅振錡, 「從非同步傳送探討國軍頻寬需求」, 陸軍後勤季刊-34, <http://www.mnd.gov.tw/publication/subject.aspx?TopicID=657>, July 13, 2005



## 附錄 A 流量統計數值

以下數據為系統測試時所得的統計及計算的數值；其中非粗體字部分是統計而來的，包括統計各單位員工數，及統計各單位尖、離峰時段的流量（流量的單位是 Mega Bytes），粗體字部分則是經由非粗體字計算而得。

這個數值工作表是在於計算各單位在網路使用費用分攤的比率，數值下方列的是各欄位計算的公式。這是在差異化參數設定為 0.95 時所得的結果，用來說明差異化參數的設立對於費用分攤的影響。

Organization	Employee	Employee%	Peak	Off-Peak	Org_Traffic	Org_Traffic%	Peak%	Off-Peak%	Org_Peak%	Org_Off-Peak%	Traffic_Fee%
Org. A	334	<b>4.04%</b>	1,402,088	170,302	<b>1,572,390</b>	<b>2.02%</b>	<b>1.81%</b>	<b>0.22%</b>	<b>2.22%</b>	<b>1.18%</b>	<b>2.17%</b>
Org. B	402	<b>4.86%</b>	2,393,818	700,954	<b>3,094,772</b>	<b>3.99%</b>	<b>3.08%</b>	<b>0.90%</b>	<b>3.79%</b>	<b>4.85%</b>	<b>3.84%</b>
Org. C	297	<b>3.59%</b>	1,220,111	289,193	<b>1,509,304</b>	<b>1.94%</b>	<b>1.57%</b>	<b>0.37%</b>	<b>1.93%</b>	<b>2.00%</b>	<b>1.93%</b>
Org. D	226	<b>2.73%</b>	1,861,601	773,289	<b>2,634,890</b>	<b>3.39%</b>	<b>2.40%</b>	<b>1.00%</b>	<b>2.95%</b>	<b>5.35%</b>	<b>3.07%</b>
Org. E	210	<b>2.54%</b>	2,487,002	582,134	<b>3,069,136</b>	<b>3.95%</b>	<b>3.20%</b>	<b>0.75%</b>	<b>3.94%</b>	<b>4.03%</b>	<b>3.94%</b>
Org. F	115	<b>1.39%</b>	66,635	10,021	<b>76,656</b>	<b>0.10%</b>	<b>0.09%</b>	<b>0.01%</b>	<b>0.11%</b>	<b>0.07%</b>	<b>0.10%</b>
Org. G	20	<b>0.24%</b>	16,856	3,290	<b>20,146</b>	<b>0.03%</b>	<b>0.02%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.03%</b>	<b>0.02%</b>	<b>0.03%</b>
Org. H	77	<b>0.93%</b>	27,239	3,089	<b>30,328</b>	<b>0.04%</b>	<b>0.04%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.04%</b>	<b>0.02%</b>	<b>0.04%</b>
Org. I	44	<b>0.53%</b>	204,736	52,903	<b>257,639</b>	<b>0.33%</b>	<b>0.26%</b>	<b>0.07%</b>	<b>0.32%</b>	<b>0.37%</b>	<b>0.33%</b>
Org. J	439	<b>5.31%</b>	7,710,156	169,833	<b>7,879,989</b>	<b>10.15%</b>	<b>9.93%</b>	<b>0.22%</b>	<b>12.20%</b>	<b>1.17%</b>	<b>11.65%</b>
Org. K	202	<b>2.44%</b>	1,602,758	260,983	<b>1,863,741</b>	<b>2.40%</b>	<b>2.06%</b>	<b>0.34%</b>	<b>2.54%</b>	<b>1.80%</b>	<b>2.50%</b>
Org. L	54	<b>0.65%</b>	40,761	8,032	<b>48,793</b>	<b>0.06%</b>	<b>0.05%</b>	<b>0.01%</b>	<b>0.06%</b>	<b>0.06%</b>	<b>0.06%</b>
Org. M	36	<b>0.44%</b>	139,015	11,379	<b>150,394</b>	<b>0.19%</b>	<b>0.18%</b>	<b>0.01%</b>	<b>0.22%</b>	<b>0.08%</b>	<b>0.21%</b>
Org. N	736	<b>8.89%</b>	5,100,328	2,001,123	<b>7,101,451</b>	<b>9.14%</b>	<b>6.57%</b>	<b>2.58%</b>	<b>8.07%</b>	<b>13.84%</b>	<b>8.36%</b>
Org. O	766	<b>9.26%</b>	7,601,390	2,873,844	<b>10,475,234</b>	<b>13.49%</b>	<b>9.79%</b>	<b>3.70%</b>	<b>12.03%</b>	<b>19.88%</b>	<b>12.42%</b>
Org. P	772	<b>9.33%</b>	6,120,235	903,764	<b>7,023,999</b>	<b>9.05%</b>	<b>7.88%</b>	<b>1.16%</b>	<b>9.68%</b>	<b>6.25%</b>	<b>9.51%</b>
Org. Q	1122	<b>13.56%</b>	10,117,501	2,453,492	<b>12,570,993</b>	<b>16.19%</b>	<b>13.03%</b>	<b>3.16%</b>	<b>16.01%</b>	<b>16.97%</b>	<b>16.06%</b>
Org. R	1081	<b>13.06%</b>	7,765,787	1,941,447	<b>9,707,234</b>	<b>12.50%</b>	<b>10.00%</b>	<b>2.50%</b>	<b>12.29%</b>	<b>13.43%</b>	<b>12.35%</b>
Org. S	374	<b>4.52%</b>	2,376,499	321,882	<b>2,698,381</b>	<b>3.47%</b>	<b>3.06%</b>	<b>0.41%</b>	<b>3.76%</b>	<b>2.23%</b>	<b>3.68%</b>
Org. T	270	<b>3.26%</b>	2,097,601	102,392	<b>2,199,993</b>	<b>2.83%</b>	<b>2.70%</b>	<b>0.13%</b>	<b>3.32%</b>	<b>0.71%</b>	<b>3.19%</b>
Org. U	314	<b>3.79%</b>	878,663	321,902	<b>1,200,565</b>	<b>1.55%</b>	<b>1.13%</b>	<b>0.41%</b>	<b>1.39%</b>	<b>2.23%</b>	<b>1.43%</b>
Org. V	96	<b>1.16%</b>	68,266	9,823	<b>78,089</b>	<b>0.10%</b>	<b>0.09%</b>	<b>0.01%</b>	<b>0.11%</b>	<b>0.07%</b>	<b>0.11%</b>
Org. W	116	<b>1.40%</b>	82,881	7,673	<b>90,554</b>	<b>0.12%</b>	<b>0.11%</b>	<b>0.01%</b>	<b>0.13%</b>	<b>0.05%</b>	<b>0.13%</b>
Org. X	172	<b>2.08%</b>	1,814,428	486,792	<b>2,301,220</b>	<b>2.96%</b>	<b>2.34%</b>	<b>0.63%</b>	<b>2.87%</b>	<b>3.37%</b>	<b>2.90%</b>
<b>Total</b>	<b>8275</b>	<b>100.00%</b>	<b>63,196,355</b>	<b>14,459,536</b>	<b>77,655,891</b>	<b>100.00%</b>	<b>81.38%</b>	<b>18.62%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>

Employee% = Employee / Total_Employee
Org_Traffic = Peak + Off-Peak
Org_Traffic% = Org_Traffic / Total_Traffic
Peak% = Peak / Total_Traffic
Off-Peak% = Off-Peak / Total_Traffic
Org_Peak% = Peak / Total_Peak
Org_Off-Peak% = Off-Peak / Total_Off-Peak
Traffic_Fee% = (Org_Peak% * d) + (Org_Off-Peak% * (1 - d))