

The Development of IPv4 and IPv6 Supportive Active Measurement & Management System on TWAREN

張宜正 徐嘉宏 陳振華 楊哲男

財團法人國家實驗研究院國家高速網路與計算中心

{andy, chhsu, ccc, yangcn}@nchc.org.tw

摘要

隨著網際網路上使用者的需求日益增加，網路的服務品質亦成為重要的問題。網路管理員不僅要隨時掌握最即時的網路狀況，也必須維持高品質的網路服務。Active Measurement Project(AMP)[1]是美國國家級網路應用研究實驗室(National Laboratory for Applied Network Research, NLANR)[2]所提的一個實驗計畫，其主要的概念在於藉由主動式的效能量測以精確掌握當下網路發生的變化，並更進一步地維持與改善網路品質。本篇論文著重於介紹主動式量測分析軟體之封包往返時間與路由繞徑開發，以提供網管人員方便的操作介面來維運網路。

關鍵詞:主動式效能量測、NLANR、封包往返時間、路由繞徑

Abstract

With the growing demands of Internet usage, the quality of network service has become an important issue. Network administrators have to keep track of the latest status of their networks while maintaining high quality services. Active Measurement Project(AMP) is one of the research projects led by National Laboratory for Applied Network Research(NLANR) in U.S. The main idea of AMP is that active performance measurement can exactly measure the changes of the network status on a certain period of time, so that administrators can maintain and improve the network performance quality efficiently. This paper aims to introduce the development of an active measurement and analysis software, which can be used for measuring Round Trip Times (RRT) and Trace Route. It also provides a friendly interface for network administrators to maintain their networks easily.

Keywords: AMP、NLANR、Round Trip Times、Trace Route

1 前言

隨著網路的蓬勃發展，所需管理的範疇由小型的區域網路已擴充為大型跨區域性且複雜度高之寬頻高速網路。對於網管人員而言，如何有效率地監控各個區網間彼此的網路品質及效能，就顯得相當重要。當網路發生斷線或品質異常情形，網管人員必須於問題發生後，盡速地將各個網段清查並釐

清問題所在。不過衍生而出的重要問題是：每次網路異常情況出現時，找到發生錯誤的節點以及修復節點所花費的時間是否對使用者造成很大的困擾，這個問題該是要去避免及克服的。網管人員在分析網路節點間的異常情形，往往是藉由簡易的網路指令來判斷，例如：ping 以及 traceroute 來得到 Round trip times 或是繞送路由。

由於這些行為都是被動的查詢，而且針對某一條繞送路由(Routing path)來說，必須是一站一站的詢問(host by host)，且並不保證偵測到第一個錯誤節點就是唯一出錯的來源；相對地，要找出全部的錯誤節點就必須再花費更多的時間。倘若能夠將這些簡易的監控程式作主動且定時的網狀(Full Mesh)偵測，並將量測的結果作有效的資料分析及顯示，則可省去不少偵錯的時間，並且能在第一時間針對錯誤的節點作正確的修復。主動式量測計畫除了主動式的網狀監控量測各個網路節點，並有效地運用及分析所量測之結果，所產生之數據報表以及警示系統，對於網管人員而言都有很高的便利性。

本篇論文將分享以 AMP 系統運用在 TWAREN 上之心得與經驗，並利用所監測的資料自行開發有效的圖形及報表，供網管人員作分析使用。

2 主動式量測計劃

以下兩個小節將針對兩種不同的主動式量測系統架構及運作原理做詳細的說明。

2.1 AMP

AMP 計畫是由 NLANR 所開發的一套分散式主動量測監控系統，其所監測的重點包括大型的高速網路、各大學院校、研究機關以及一些國外研網機構。另外，藉由 AMP 所蒐集的資料，可運用在研究及分析網路的各種流量狀態。自從 1998 年 12 月開始，已經有超過 150 個高速監控中心加入了此項計畫。由於每兩個偵測節點每分鐘彼此都會作 ping 以及 traceroute 的動作，所以概觀整個 AMP 系統，每分鐘所蒐集與分析的資料量超過了 15000 筆。這些資料對於正在對網路狀況作即時監控的網管工程師而言，可以迅速的掌握網路上發生異常狀況的事件位置；若依長久監控的數據來做分析，更方便網管人員對於網路拓樸的規劃以及線路擴充。

AMP 系統分由兩個部分所組成：1)AMPlet，

2)Data collector。如下圖 1 所示：

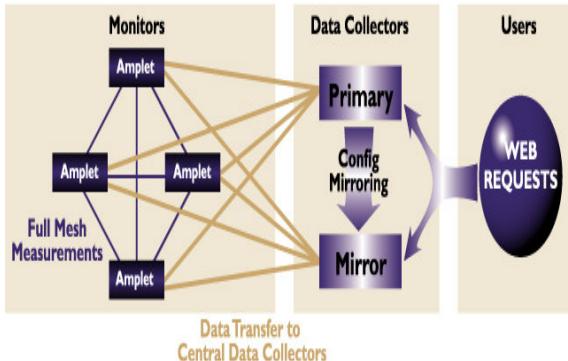


圖 1 AMP 架構圖

每個監控與被監控的網路節點，都稱作 AMPlet。其主要目的在於執行各個主機間的監控程式，如測量 Round trip times 和 Trace route path。每一個 AMPlet 都會在固定的時間內，作網狀式(Full Mesh)的偵測其他網路節點，並將量測的資料結果回傳給一部資料收集伺服器(Data Collector)。而資料收集伺服器的功能在於收集並儲存這些量測資料(Raw Data)，並且對這些資料作有效地分析並產生即時的數據報表，如 RTT，繞送路徑，封包遺失率…等，供使用者查詢。

2.2 OWAMP

ping 這支程式是用來測試兩點之間的延遲最常用的工具之一，網管人員可以輕易的透過 ping 指令判斷現在的網路狀況是否順暢，但 PING 所測出之值為兩點之間的 round-trip delay，即是“往”和“返”delay 總和，因此當兩點之間的 round-trip delay time 變長時，網管人員所能知道的就是這兩點之間迴路的某一個地方發生了壅塞，再逐步檢查哪一個網段發生了壅塞。Internet2 發展了一套測量 delay 的軟體工具，OWAMP[3]，是以一個指令的方式就能測量完成兩點之間的“往”和“返”兩個單向延遲之 Client / Server 架構程式。因此若能與 ping 搭配使用，便更能夠精確且快速地顯示出網路壅塞情形，大大節省了網管人員的時間。

OWAMP 是 Internet2 開發用來測量兩點之間單向延遲的一個工具，採用 Client-Server 的測量架構，平時 Server 端開啟 owampd 的 daemon 監聽任何可能發啟 owping 之 Clients。其運作原理如圖 2 所示，owampd 是一支 Accept / Fork daemon，當 owampd 接收到任何 Client 端 owping request 時，會產生 (fork) 出一個子程序，負責處理 Client 提出之 communication request，並針對 encryption 做處理，另外也會依 request 做資源分配程序。若 Client 之 owping request 為 Server 定義之不須認證 Client 時，則此 Server 之子程序可不經 owampd 之同意，與 Client 進行測試；否則若 Server 子程序認為 Client

提出之 request 為合法有效(valid)時，會向 owampd 發出 request，詢問系統資源是否可負載此 Client 之連線測試要求。一旦 owampd 準許，則會分配系統資源予子程序，此時 Server 子程序與 Client 分別 fork 出 OWD Test 子程序，進行單向延遲測試，預設當 Client 端執行完 OWD Test 後會由原 Server 端進行 Client 之角色再次發起 owping 至原 Client 端。當測試結束後，Client 端會在 terminal console 直接把測試結果列出，並會有一份相同之數據在 Server 之 buffer 中直到整個 Control connection 中斷或有其他外部程序強制清除。由於兩點間測量延遲的準確度跟此兩點的系統時間是否有作同步有密切的關係，因此在進行 OWD Test 之前必須先經過 Network Time Protocol (NTP) 之時間同步。

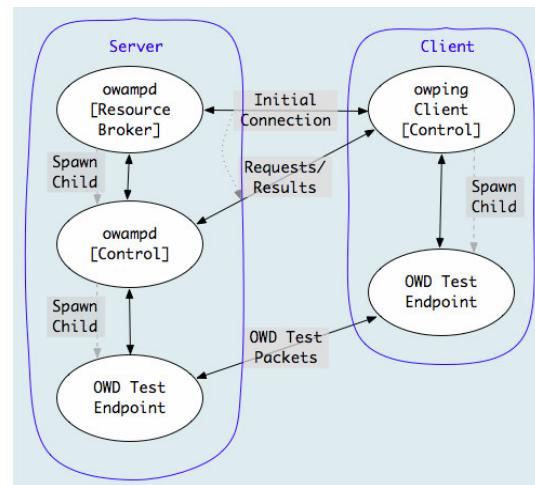


圖 2 OWAMP 運作原理

3 主動式量測於 TWAREN 上之應用

TWAREN 目前已成為台灣最主要的學術研究網路。網路架構包括了 4 個 core node 所組成的骨幹網路(20Gbps)與 12 個大專院校與研究單位所組成的都會網路(10Gps)，如圖 3 所示。而由於網路技術不斷增進，IPv6 技術的發展亦愈趨成熟，TWAREN 現今已包含了 IPv4 與 IPv6 的連線環境，然而如何提供一個高品質的網路平台給使用者，是網管技術人員必須去重視的。倘若將主動式量測系統的概念運用於 TWAREN 環境上，做即時且有效率的監控，並將所量測的資料數據(Raw Data)分析及顯示成有用的數據報表，相信會是一個不錯的選擇。基於 AMP 與 OWAMP 主動式量測系統的概念及功能，我們提供一套針對網管工程師方便使用的管理介面，以下將詳細說明如何建構於 TWAREN 網路之中。

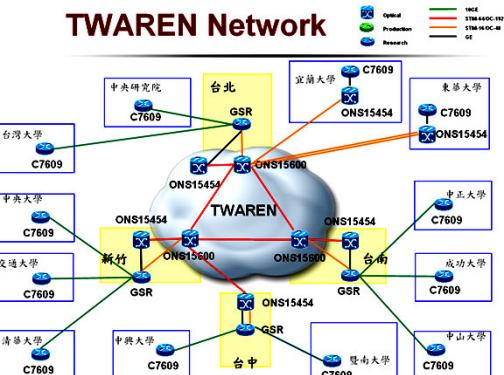


圖 3 TWAREN 網路架構

3.1 AMP 於 TWAREN 上的應用

網管人員也許需要了解當日網路的異常情形，例如封包遺失率、斷線情形、繞送路由是否有切換到不正確的路徑上；再者，從長期的眼光來看，也許網管人員亦想了解當月網路的封包遺失率，藉此判斷網路的服務品質而加以改善；從應用方面來看，網路研究人員也許對長期的 IPv4 與 IPv6 的品質趨勢有興趣，這些都可以藉由主動式量測(AMP)的方式來加以實現。以下將介紹如何實現這些網管人員的需求，建置並開發這些應用系統。

3.1.1 開發及建置

要完成上述所需功能，可藉由 ping 以及 traceroute 兩個網路指令來達成。但這樣還不夠，我們必須定期的去做主動式量測。越短的時間能夠做越多的量測，就更能掌控網路目前的狀態。我們以 Linux 做為開發平台，使用 shell script 以及 PHP 搭配作為開發自動化程式，並利用背景多工模式來實做出 Full Mesh 的多點主動式量測。最後，再利用 expect 這套交談式語言將各個監測點的資料回傳給 Measurement Server(Data Collector)。因此，TWAREN 包含四個骨幹節點以及十二個 GigaPOP 都將成為量測的對象，換句話說，每一個節點都是 AMPlet。另外，必須建置一部資料收集伺服器，將收集的資料做匯整並解析，產生即時有用的數據及報表供網管人員或使用者使用。

3.1.2 開發 AMP 網管操作介面

藉由 Data Collector 所匯集的資料，我們可以依照所需功能自行製作圖形介面，供網管人員使用。以下(a)-(g)將逐一介紹其功能與說明：

(a)即時 RTT 顯示與歷史查詢：根據欲查詢的地點，可以很容易檢視出與目前其他節點的連線狀態，因為是 Full Mesh 的定時定期量測，所以假設共有 N 個測量點，則每個偵測點都有 N-1 筆監測數

據。RTT 數據顯示出了每次量測的平均、最小以及最大 RTT 值。下圖 4 紅色區域為在 TWAREN 骨幹中心之一的新竹(amp-Hsinchu)與其他節點量測的即時 RTT 狀態。

Location	Min(ms)	Mean(ms)	Max(ms)	Stdev(ms)	Loss(%)	IPv4-Hsinchu	
						Graph	Trace
Taipei	1.946	2.130	2.260	0.145	0.00		
Taichung	1.554	1.731	1.896	0.151	0.00		
Tainan	3.509	3.578	3.666	0.080	0.00		
ASCC	2.458	2.536	2.617	0.072	0.00		
NTU	1.967	2.065	2.188	0.080	0.00		
NDHU	5.113	5.277	5.433	0.137	0.00		
NIU	3.718	3.782	3.894	0.107	0.00		
NSYSU	4.532	4.586	4.713	0.065	0.00		
NCKU	3.749	3.852	3.973	0.074	0.00		
CCU	4.308	4.429	4.504	0.111	0.00		
NCNU	2.965	3.087	3.184	0.090	0.00		
NCHU	2.037	2.089	2.201	0.081	0.00		
NTHU	0.269	0.348	0.428	0.063	0.00		
NCTU	0.275	0.327	0.368	0.044	0.00		
NCU	1.113	1.237	1.346	0.091	0.00		
LA	164.808	164.938	165.005	0.070	0.23		

圖 4 AMP-Hsinchu RTT Measurement

(b)當日封包遺失率：藉由 RTT 的量測結果，可以根據($\text{ping 封包遺失的次數}) / (\text{當日 ping 的全部次數})$)算出當日封包的遺失率，如上圖 4 藍色區域。由此可檢視出是否有網路異常的情形發生。下圖 5 為發生封包遺失異常的紀錄顯示，其中包括了封包遺失的時間、位置、以及遺失百分比。

AMPv4 Hsinchu → LA Loss Query (2006/07/28)			
Time	Location	min/avg/max/mdev	Loss %
12:53:38	Hsinchu → LA	0/0/0/0	100
12:54:36	Hsinchu → LA	164.825/164.825/164.825/0.000	80
Until 2006/07/28 13:16:56			

圖 5 封包遺失紀錄

(c)歷史封包遺失柱狀圖：利用歷史資料的統計，我們開發一個可以產生當月或歷史封包遺失率報表柱狀圖(如圖 6)。如此一來，更容易判讀各個月份的網路維運狀態，也可更進一步的做適時的改善。

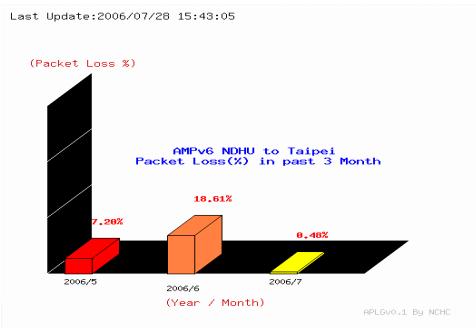


圖 6 封包遺失百分比柱狀圖

(d)即時路由顯示與歷史查詢：利用 traceroute 所得到的數據，我們可以將每一筆 routing 都詳細紀錄下來，並且與 RTT 的值做比較。一旦網路發生路由切

換或是路由不正確的情形，很容易從 RTT 以及 Hop Count 來判讀出來。另外，我們亦每分鐘檢查比對當日的路由，是否具有正確與一致性，只要發現有不同的資料，都會產生異常報表。下圖 7 為當天由台中到台南路由切換導致 Hop Count 數目增加的案例。

AMP-TCM traceroute4 to AMP-TNM History Query			
Please Choose a date from Calendar <input type="button" value="Send"/>			
Note: History Data collected after 2005/10/12			
Query Date: 2006-07-15			
Hop Count	Name	AS Number	IP Address
1	Unresolvable	7539	211.79.60.142
2	Unresolvable	7539	211.79.63.1
3	Unresolvable	7539	211.79.60.62
Repeated 75 times From Time: Sat Jul 15 00:00:00 2006 to Sat Jul 15 01:44:00 2006			
1	Unresolvable	7539	211.79.60.142
2	10G-10GE-R1.HCC-HCE.twaren.net	7539	211.79.59.217
3	S16-POS-EBT-R1.TNC-HCC.twaren.net	7539	211.79.59.186
4	Unresolvable	7539	211.79.60.58
Repeated 1160 times From Time: Sat Jul 15 04:40:00 2006 to Sat Jul 15 23:59:00 2006			

圖 7 因路由切換而造成路徑改變的紀錄

(e)IPv4 與 IPv6 RTT 比較：這是一個長期(Long Term)的趨勢觀察，可藉由 RRDTool[4]輔助繪圖，將歷史資料做分析比對。對於研究 IPv4 與 IPv6 環境的研究學者而言，或許可提供不錯的參考價值。下圖 8 為骨幹節點新竹與台中之間 RTTv4 與 RTTv6 的歷史資料比較。

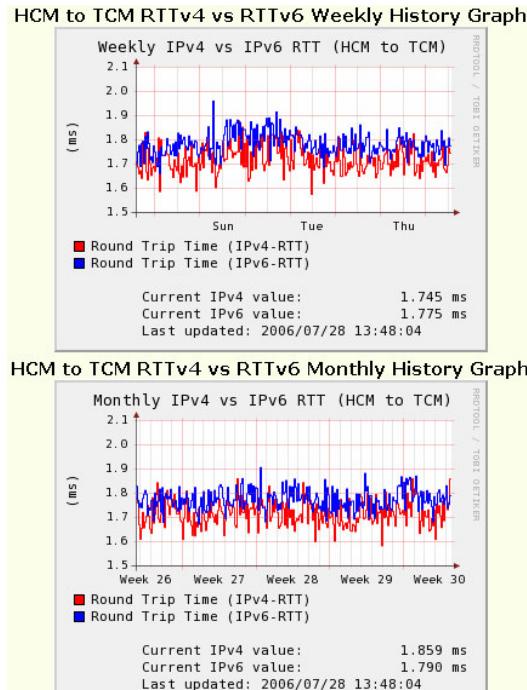


圖 8 RTTv4 與 RTTv6 的週、月歷史資料比較

(f)自動判讀斷線警告系統：網路設備不可能沒有斷線或異常的時候，但如何將斷線比率降到最低，就考驗了網管人員的智慧。我們利用 AMP 量測到連續封包 Loss 的情形，依據斷線時間的長短以及斷線單位數目的交叉比對，作為程式上人工智慧的判

讀，並將判斷結果通知網管人員，期望能夠盡速回復網路連線狀態，維持高品質服務。下圖 9 為發現清華大學與台灣大學連續時間有斷線的情況。因為量測期間發現有超過 10 個以上的連線單位都與這兩個點測試出封包 100% 遺失的情形，因此程式將此兩個點自動判讀為“斷線”並發出警告信。

寄件者: ad@nchc.org.tw 收件者: andy@nchc.org.tw 主旨: [IPv4 真常斷線警告]		
TWAREN 斷線監測警告系統		
產生時間: 2006/07/22 05:33 請檢查您的 IPv4 網路狀況，系統已經偵測到有連續時間斷線情況出現 以下為系統推斷可能斷線之點及參考資料：		
推斷結果	發生時間	參考網址
地點: 清華大學斷線	2006/07/22 05:33 前 3 分鐘發生連續斷線	清華大學
地點: 台灣大學斷線	2006/07/22 05:33 前 3 分鐘發生連續斷線	台灣大學

圖 9 加入人工智慧判別的斷線警告 E-mail 系統

(g)網路異常警告系統：觀察某段連線單位一些時間後，約略可以訂定這段線路的 RTT 標準值，如圖 10 所示。以這個標準作為警戒線，一旦超過 x%範圍，就通知網管人員發生異常，如此可了解網路連線的 jitter 及壅塞情形。而 x 大小的設定，可彈性的依照網管人員需求去做改變。

TWAREN RTT 監測警告系統			
產生時間: 2005/12/01 05:59 過去 6 小時異常紀錄			
目前 Threshold 設定值為: 10 %			
時間	地點	RTT (ms)	標準值 (ms)
01:08	TP → NTU	0.184	0.16
			13 %
時間	地點	RTT (ms)	標準值 (ms)
00:38	NTU → TP	0.177	0.16
			10 %
01:18	NTU → TP	0.177	0.16
			10 %
01:23	NTU → TP	0.177	0.16
			10 %

圖 10、依據標準值自訂警戒範圍的警示系統

3.2 OWAMP 於 TWAREN 上的應用

OWAMP 是 Internet2 開發用來測量兩點之間單向延遲的一個工具，採用 Client-Server 的測量架構，本文將於 3.2.1 小節中介紹 TWAREN OWAMP 之建置與現況，3.2.2 小節將介紹 TWAREN 利用 OWAMP 工具開發之網管操作介面。

3.2.1 開發及建置

OWAMP 是 Internet2 開發用來測量兩點之間單向延遲的一個工具，採用 Client-Server 的測量架構。TWAREN OWAMP 網頁為整個 OWAMP 網管操作介面之主頁，如圖 11 所示。[\(http://measurement.twaren.net/owamp/\)](http://measurement.twaren.net/owamp/)[5][6]，其中包含 TWAREN 十二個 Gigapop 節點與 LA 節點之 Full-Mesh 測量（綠色節點）。另外於新竹和台南節點與日本 APAN TokyoXP 另外進行三點 Full-Mesh 測量（灰色節點）。

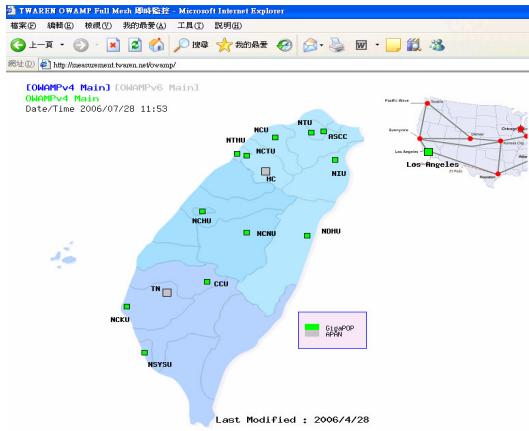


圖 11、TWAREN OWAMP 管理介面

OWD Test 之測試方法有三種，如圖 12 所示，可經由兩台機器互為一個 Control Connection 之 Client 與 Server，並執行兩次單向 OWD Test；可經由一台機器發起雙向 OWD Test，在兩個單向完成後即可獲得雙向 OWD 數據；可經由一台機器發起 OWD Test，並於 Session 結束後由原 Server 發起另一方向之 OWD Test，此方式為 OWAMP 預設方式。TWAREN 採取第三種方式，針對十二個 Gigapop 節點以及國外的 LA 節點上架設 OWAMPD，採用 Full-Mesh 的架構以每一分鐘一次的頻率來進行 OWD Test，以作為建置網路效能測試工具所用，並將即時資訊呈現於 TWAREN Measurement 網頁之上，供網管人員參考。Full-Mesh 的作法雖然複雜度較高，但卻可以完整詳細的呈現每一個網段的延遲狀況；值得一提的是，兩點之間的“往”和“返”的路由是有可能因為時間或是網管者的設定的不同而不同，因此即使某一方向之 Client-Server Pair 節點上之 OWD Test 已執行完成，但另一方向之 Client-Server Pair 節點仍需要執行 OWD Test，如此所得到的數據才會最詳細完整，也是 Full-Mash 方式的主要精神之一。

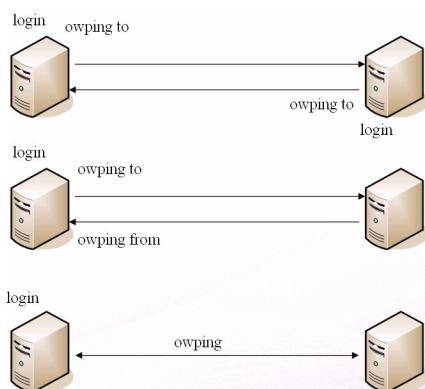


圖 12、OWAMP 測試方法

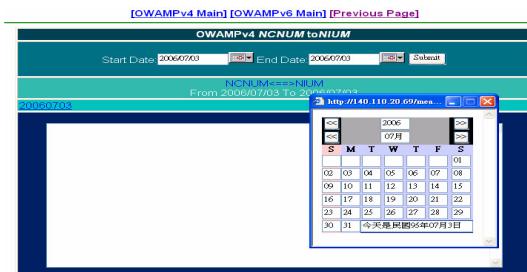
3.2.2 開發 OWAMP 網管操作介面

TWAREN OWAMP 網管介面主要包含兩大部份：OWAMPv4 與 OWAMPv6，分別代表 IPv4 與 IPv6 之即時監控數據，預設為 OWAMPv4。點選節點後進入第二層畫面，主要可分為該節點 OWAMPv4 之 OWD Test 即時數據、該節點 OWAMPv6 之 OWD Test 即時數據、以及 OWAMPv4 與 OWAMPv6 之

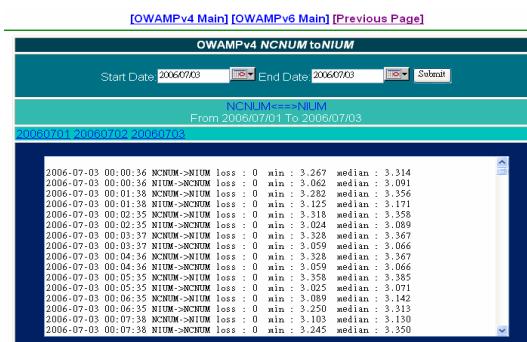
[OWAMPv4 Main] [OWAMPv6 Main] [OWAMPv6 Real-Time Table] [OWAMPv4 vs OWAMPv6]								
OWAMPv4 Real-Time Table								
NCNU Measurement (NCNU)								
One-Way Delay Values								Compare with RTTV4
Location	OWDelay(ms)	Reverse(ms)	Graph	Loss(%)	Reverse(%)	Total(ms)	Ping(ms)	Note
ASCC	3.018	2.124		0	0	5.142	5.102	NCNU <=> ASCC
NTU	2.330	2.407		0	0	4.737	4.712	NCNU <=> NTU
NDHU	4.212	3.788		0	0	8	8.020	NCNU <=> NDHU
NSYSU	3.377	3.131		0	0	6.508	6.418	NCNU <=> NSYSU
NCNU	NCSU, here to show the OWAMPv4 raw data between NCRU and NSU							
NCHU	1.417	1.545		0	0	2.962	2.902	NCNU <=> NCHU
NCTU	1.514	1.454		0	0	2.968	2.982	NCNU <=> NCTU
NCHU	0.930	1.153		0	0	2.083	2.018	NCNU <=> NCHU
NCKU	3.398	2.139		0	0	5.537	5.557	NCNU <=> NCKU
CCU	2.523	3.693		0	0	6.216	6.146	NCNU <=> CCU
NSYSU	2.910	3.540		0	0	6.45	6.447	NCNU <=> NSYSU
LA	0	0		100	100	0	167.951	NCNU <=> LA

圖 13 OWAMP 即時數據表格

OWD Test 即時數據比較，其中 Location 欄位代表 OWD 測量點所在，可點選 Location 欄位值，代表由該節點到 Location 節點之歷史文字資料，如圖 13 所示為暨南大學與宜蘭大學之間之單向延遲原始資料呈現，其中啟始日期與結束日期可透過 Start Date 與 End Date 選項選擇，如圖 14(a)所示，並將查詢之原始資料呈現於視窗中，如圖 14(b)所示。



(a)選擇起始與結束日期



(b)原始資料

圖 14、OWAMP 原始資料數據

OWdelay 與 Reverse 欄位為 OWD Test 即時數據，每分鐘會變動一次。Graph 欄位為歷史數據之圖形，如圖 15 所示，分別以時、日、週、月、年

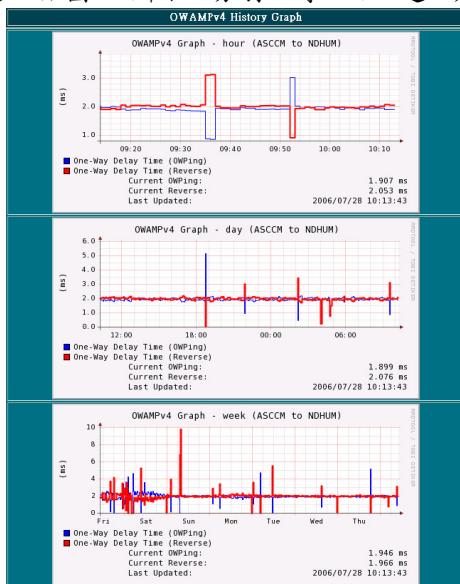


圖 15、歷史圖形資料

為不同之 Time Interval 單位，將 OWD Test 即時數據以圖形方式呈現，幫助網管人員可經由圖形走向趨勢，瞭解網路擁塞情況。Loss(%)與 Reverse(%)欄位代表即時封包遺失率。另外比對表格中列出之 amp 欄位與 OWdelay、Reverse 等欄位，藉由與 amp 之測試結果比較，可清楚知道各節點之間之封包延遲狀況，當 OWD Test 數據比對 amp 數據明顯有差異連續 60 分鐘以上時，再由系統發出警告信件通知管理者處理，警告信件如圖 16 所示。當即時數據表格中呈現 amp 為有數值，但 OWAMP 數值為 0 且連續 60 分鐘以上時，代表 OWAMP Server 出現問題，此時系統會自動發信通知管理人員，信件內容如圖 17 所示。當即使數據表格中呈現 amp 與 OWAMP 皆為 0 連續 60 分鐘以上時，代表該節點可能當機或網段中斷，封包無法到達，此時 OWAMP 系統不會做任何處理，通知信件由 amp 系統發出，如前述。

寄件者: owamp@owamp.nchc.org.tw 收件者: sysadmin@owamp.nchc.org.tw
主旨: 2006-07-24 10:04:36 這是由OWAMPv4 告警系統所發出之告警訊息

OWAMPv4 Alarm !!
截至 2006-07-24 10:04:36 為止, ASCCM=>NTHUM 已連續 60 分鐘異常
<http://measurement.twaren.net/owamp?select=ASCCM>

圖 16、OWAMP 異常即時通報信件

寄件者: owamp@owamp.nchc.org.tw 收件者: sysadmin@owamp.nchc.org.tw
主旨: 2006-07-10 17:17:38 這是由OWAMPv4 告警系統所發出之告警訊息

OWAMPv4 Alarm !!
截至 2006-07-10 17:17:38 為止, 已連續 60 分鐘無法owping到 NIUM
<http://measurement.twaren.net/owamp>

圖 17、OWAMP 即時通報信件

4 結論

主動式量測計畫目的在於能夠即時了解當前的網路狀況，其網狀綿密的主動監控網路節點與節點間的網路效能，更容易讓網管人員了解該如何去解決網路異常的情形，亦可幫助了解某個區域網路的習性。而基於 AMP 的 Full Mesh 量測，能夠更快速的找到網路癥結點，方便偵錯與除錯。未來除了 IPv4 與 IPv6 的 RTT，Traceroute、One-Way delay 之應用外，亦可以針對 Throughput 來做 Full Mesh 的 AMP 量測，以更精確掌握網路流量的使用情形。

參考文獻

- [1] Hansen, T., J. Otero, A. McGregor, and H-W. Braun. Active measurement data analysis techniques. Proceedings of the International Conference on Communications in Computing (CIC'2000), Las Vegas, Nevada, p. 105, Jun. 2000.
- [2] National Laboratory for Applied Network Research (NLANR), <http://www.nlanr.net>
- [3] <http://e2epi.internet2.edu/owamp/>
- [4] RRDTool Support and HOWTO , <http://oss.oetiker.ch/rrdtool/>
- [5] TWAREN Measurement AMP Web Site : <http://measurement.twaren.net/amp/>
- [6] TWAREN Measurement OWAMP Web Site : <http://measurement.twaren.net/owamp/>