

TWAREN 網路效能量測應用於0815停電之監控

楊哲男 古立其 陳俊傑 呂宗翰

財團法人國家實驗研究院國家高速網路與計算中心
yangcn@narlabs.org.tw

摘要

台灣於2017年8月15日，因發電廠天然氣供應中斷，使得台電供電異常，部分地區因而停電，造成不小的影響。本文將介紹 TWAREN 網路效能量測及建置方法以及目前之相關應用模式，並且說明 TWAREN perfSONAR 網路效能量測系統於2017年8月15日當日發生停電時所量測之結果，透過網路效能監控之角度來觀察 TWAREN 骨幹及受到影響節點之變化狀況。

關鍵詞： perfSONAR、TWAREN、網路效能。

Abstract

Taiwan suffered a large area power outage on August 15, 2017. This unexpected power outage was caused by the sudden shutdown of a fire power plant due to an interruption of fuel supply, and a severe outcome followed as a consequence. This paper introduced the TWAREN network performance measurement system and its applications, in particular its findings during the aforementioned power outage, which revealed the details of how the TWAREN backbone was affected and what happened at those affected GigaPOPs in a perspective of the network performance measurement.

Keywords: perfSONAR, TWAREN, Network Performance

1. 前言

台灣於2017年8月15日下午4時51分，因台電供電異常使得部分地區停電[1]，也間接影響到 TWAREN 位於三峽國家教育研究院網路供電狀況。由於 TWAREN 各點之主要網路設備採用直流電源系統，連接自建之 SMR 及 UPS，因此若網路機房發生停電時，可不受影響。但是因為各機房之空調及交流電源系統是由當地之電力供應，因此當天造成了三峽機房監控伺服器及空調失效。後續也因為台電分區限電，造成宜蘭大學停電一段時間。

測量網路效能可提供管理者或使用者清晰的網路資訊以協助排除故障，當遇到網路障礙時能更快釐清問題的成因[2]，更有效率的解決網路面臨的瓶頸。一個網路效能觀測網之結果的精確度就取決於它所用來測量網路效能的工具以及維護管理人員之校調方式及經驗。在本文中，我們將介紹我們如何利用放置於 TWAREN GigaPOP 之伺服器建置 Server based 的網路效能量測架構，方便 TWAREN 維運工程師能透過此工具發覺可能的網路問題。在第二章節中我們將介紹建置網路效能

量測的目的。在第三章節中我們將介紹我們所使用的網路效能量測工具，並於第四章節中說明我們的設計架構及方法。最後我們將依據停電當天從系統、網路及管理層面，觀察從停電開始至網路障礙恢復間之過程。

2. 網路效能量測之目的

由於 TWAREN 網路管理之設備眾多，當設備故障、接頭老化、管溝施工等眾多物理性因素，甚至是人為設定失誤、網路攻擊等人為因素影響，一個網路在建置完成之後，品質隨時都在變化。為了在第一時間發現網路問題，進行修護，以確保最佳的網路品質，網路效能量測是網路維運中重要且不可或缺的一環。

為了能準確的了解骨幹網路即時之狀態，我們利用一般伺服器來建置量測平台，我們稱為 Server based 之網路效能量測。將安裝 perfSONAR 工具程式的伺服器安裝至 TWAREN 各核心主節點及各 GigaPOP 節點，直接連接於骨幹路由器之下。由各台伺服器通過 TWAREN 骨幹網路彼此 Fully mesh 互相進行量測。量測項目包含 ping (來回延遲時間)、One Way ping (取得單向封包遺失率)，必要時亦可進行頻寬量測。為了使 One Way ping 能得到正確的單向封包延遲時間值，各台伺服器需經由 NTP 網路校時的方式，維持各台伺服器時間一致。Server based 網路量測的結果預設會自動儲存在各個 perfSONAR 的量測資料庫中。之後以自行開發的程式每5分鐘向各台伺服器索取最新量測結果的方式將量測結果集中，並修正為 TWAREN NOC 監控及告警所需的格式後統一寫入 TWAREN NOC 網路監控資料庫中效能量測相關工具介紹。

國家高品質學術研究網路 (Taiwan Advanced Research and Education Network; TWAREN) [3] 已於 105年10月升級骨幹頻寬至100G，提供一國際級實驗研究網路平台。目前國內骨幹網路有五個核心主節點及十二個區域網路中心(GigaPOP)，主節點分別位於中央研究院、台北國家教育研究院、國網中心新竹本部、國網中心台南分部，以及國網中心台中分部。GigaPOP 部分包含臺灣大學、中央大學、清華大學、交通大學、中興大學、暨南國際大學、中正大學、成功大學、中山大學、東華大學、宜蘭大學及政治大學，以20Gbps至50bps線路連上主節點，實際之骨幹線路如圖1所示。各連線單位(大學院校/研究單位/縣市網路中心)以1Gbps以上連結區域網路中心，連線單位亦可透過都會型網路連上 TWAREN GigaPOP，東部宜蘭及花蓮地區分別與台北及台南核心點連接，藉東西串連構成環島網路並以20Gbps國際連線，連接全球研究網路，提供 IPv4、IPv6、VPLS VPN、

很多節點可接受 ping 測試，不需修改防火牆設定或是在目標主機上執行特別的程式。

4. TWAREN perfSONAR 架構及監控程式

在本章節中我們將介紹 TWAREN perfSONAR 之設計架構及所使用之工具，並介紹如何使用擷取程式獲取我們所需要之資訊，並介紹 TWAREN 網路效能之告警系統。

4.1 選擇使用 perfSONAR 之原因

利用各地的路由器(Router)兩兩相互執行 ping 指令並收集 RTT(Round Trip Time)及計算可用率，此監控模式我們可以稱之為 Router based 的網路效能量測方式。由於 TWAREN 100G 網路完成建置的同時，各地的 Router 皆已備妥，因此使用 Router 進行網路量測不需要額外的設備。此外由於 Router 一般皆全時運作，需要的維護較一般伺服器少且可事先預期，因此量測的結果產生較為連續且穩定。然而因 Router 的設計會在設備忙碌時專注於封包 Forwarding，優先忽略回應 ICMP。因此 Router 間互 ping 易受 Router 負載影響，在網路仍然順暢，客戶端體驗正常時，即有可能在量測結果中出現封包遺失。易高估網路封包遺失率，也可能誤導網路品質的判斷結果。Server 間的量測封包對於 Router 來說屬於使用者封包，優先權與一般訊務相同。因此量測封包是否遺失或被主動丟棄，可以等量反應正常訊務流經相同路段時的狀況。量測的結果一般較貼近使用者的感受，更能反映客戶端實際的網路品質。因此我們選擇了 Server based 之方式，並且搭配使用 perfSONAR。perfSONAR 除了一般的 ping 之外，還支援單向(One Way) ping，能夠反映網路單向的品質，更有利於網路單邊障礙，例如接頭鬆脫、GBIC/SFP 模組故障的位置確認，有必要時亦可進行定時頻寬量測。perfSONAR 同時支援 IPv4 及 IPv6 之網路效能量測，其設定方式亦相當方便。每個節點建置兩台伺服器互為備援，兩台伺服器為高可用(HA)架構，每台主機之 IPv6 Address 皆為固定 IP 並註冊主機名稱以方便管理。

4.2 TWAREN 骨幹主節點

利用 perfSONAR 所提供之工具來安裝相關軟體，除了台北及中研院外，其餘三個節點均位於科學園區內，計有：中研院-SINICA、台北(三峽國教院)-TP、新竹：國網中心本部-HC、台中國網中心分部-TC 及台南網中心分部-TN。另外於台北科技大樓有一節點(舊網路之主節點)-TRTC。整體之架構如圖3，以中研院為例，兩台伺服器皆執行 IPv4 及 IPv6 網路封包遺失、RTT 即可用率之計算，收集到之資料會回傳至 TWAREN 維運中心資料庫並產生報表，格式如表1。各點之詳細之架構如圖4。

表 1: TWAREN 報表

TWAREN POP Packet Loss Rate (%) - 2017-03-14 00:00:00 - 2017-03-14 23:59:59 -																	
Src/Dst	TP	HC	TC	TN	NTU	SINICA	NIU	NDHU	NSYSU	NCKU	CCU	NCNU	NTHU	NCTU	NCU	TRTC	NCCU
TP	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HC	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TC	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TN	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NTU	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SINICA	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NIU	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NDHU	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NSYSU	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0
NCKU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0
CCU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0
NCNU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0
NCHU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
NTHU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
NCTU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0
NCU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
TRTC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
NCCU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4.3 TWAREN GigaPOP

TWAREN 13個 GigaPOP 主要分佈於各縣市主要國立大學及研究機關，負責該地區網路管理等任務，包含台灣大學-NTU、宜蘭大學-NIU、政治大學-NCCU、東華大-NDHU、中央大學-NCU、清華大學-NTHU、交通大學-NCTU、中興大學-NCHU、暨南大學-NCNU、中正大學-CCU、成功大學-NCKU 及中山大學-NSYSU。每個節點亦建置兩台高可靠度架構之伺服器互為備援，整體之架構如圖3，以中研院為例，詳細之架構如圖4。

4.4 TWAREN 國外節點

除了國內18個節點之外，TWAREN 在美國也建置了3個節點以方便與國外研究網路建立網路互連，因此我們為了監控跨洋線路之品質，亦在國外3個節點建置了 perfSONAR 監控點，包含了：洛杉磯-LA、芝加哥-CHI 及紐約-NY。

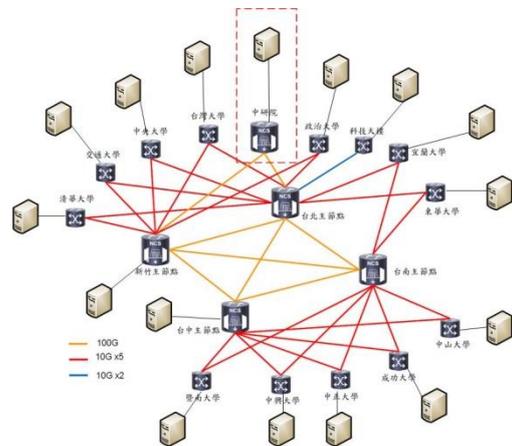


圖 3 TWAREN 網路量測架構圖

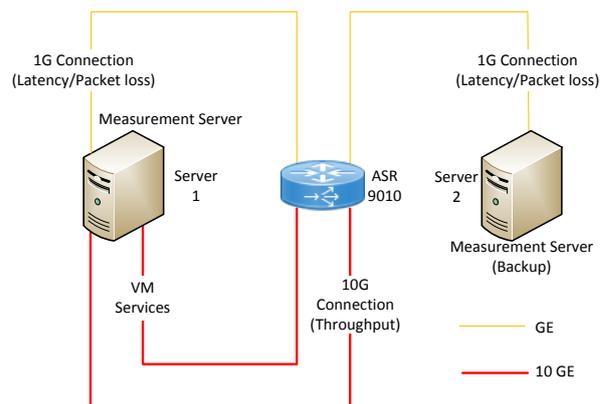


圖 4 效能量測各點詳細架構圖

4.4.量測及告警方式

於18台主機安裝完成 perfSONAR Toolkit 之後，可透過中央統一管理的方式，讓每台主機讀取遠端的同一個 json 設定檔案，其測試參數片段資料如圖5，此方法方便管理者只要設定一次，亦可避免每一台主機之管理設定策略不一樣，減少執行錯誤的發生。每台主機開始執行 OWAMP 及 PingER 等 daemons，開始做 fully-mesh 之互相監控的。每分鐘定期量測 One Way 之延遲時間及封包遺失率，每5分鐘定期量測 RTT 之延遲時間。收集到的資料會存在本機之資料庫裡，如圖6所示。使用者或管理者可從每台主機之各別網頁上選取有興趣之時間軸放大圖形做進一步之觀察，亦可透過統一管理之查詢方式做管理，以方便管理，因此需要製作一個統一管理之入口網站，我們稱為 TWAREN Dashboard，如圖7所示。

```
{
  "members": {
    "members": [
      "trtc-ow6.twaren.net",
      "tp-ow6.twaren.net",
      "hc-ow6.twaren.net",
      "tc-ow6.twaren.net",
      "tn-ow6.twaren.net",
      "sinica-ow6.twaren.net",
      "niu-ow6.twaren.net",
      "ntu-ow6.twaren.net",
      "ndhu-ow6.twaren.net",
      "ncu-ow6.twaren.net",
      "nthu-ow6.twaren.net",
      "nctu-ow6.twaren.net",
      "nchu-ow6.twaren.net",
      "ccu-ow6.twaren.net",
      "ncku-ow6.twaren.net",
      "nsysu-ow6.twaren.net",
      "nccu-ow6.twaren.net"
    ],
    "type": "mesh"
  },
  "parameters": {
    "force_bidirectional": "1",
    "bucket_width": "0.001",
    "ipv6_only": "1",
    "packet_padding": "0",
    "sample_count": "600",
    "packet_interval": "0.1",
    "type": "perfsnarbuoy/owamp"
  },
  "description": "Loss Test Between TWAREN Domestic Latency New Hosts for IPv6"
},
```

圖5 相關監控統一 json 檔案設定參數



圖6 OWAMP 查詢之曲線圖



圖7 TWAREN Dashboard 網站

目前我們透過國內18台主機之兩兩互相監測，共會收集到306筆資料，18台主機會先統計每30分鐘內之 one-way 延遲時間之平均值及封包遺失率之數值再回傳給統一管理之主機，透過矩陣式的顯示方法，讓使用者及管理者透過網路觀察全部的量測資訊。我們設定了幾個臨界值，並利用顏色來表現封包遺失率之影響情形，其中綠色代表封包遺失率低於百分之0.001，黃色代表封包遺失率介於百分之0.001至百分之0.1之間，紅色代表封包遺失率大於百分之0.1，橘色代表管理主機無法收到各個節點之回傳值，灰色代表尚未啟動資料收集之節點，黑色代表伺服器正在進行維護狀態。

5. 0815停電之網路效能量測監控狀況

本章節我們將依據停電當天整體 TWAREN perfSONAR 網路效能量測系統、三峽機房之量測伺服器、TWAREN NOC 公告及 TWAREN NOC 同仁所取得之資訊，觀察從停電開始至網路障礙恢復間之過程。

2017年8月15日下午5點鐘開始，TWAREN 兩台 perfSONAR Dashboard 系統開始陸續出現無法擷取三峽網路效能量測主機之原始資料的告警，如圖8顯示。三峽主節點因停電且機房環境無 UPS 支撐電力，因此造成三峽機房兩台網路效能量測監控伺服器同時關機，perfSONAR 監控程式因此中斷。而主要網路設備，例如光網路設備，骨幹核心路由器以及交換器因為採用了直流電力系統，故暫時不受影響。

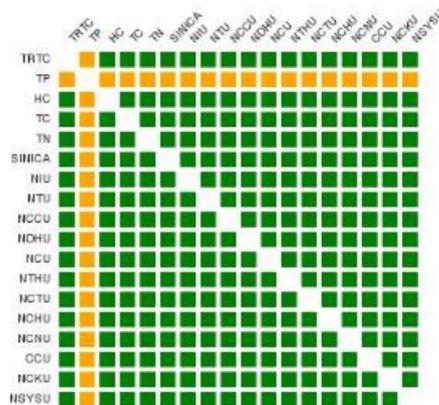


圖8 停電時之 Dashboard 畫面

下午5點54分左右，因三峽機房溫度超過設定之臨界值，為了避免設備損壞，TWAREN NOC 開始針對網路設備進行預防性關機[5]，因此三峽機房網路設備對外全部斷線，但因為 TWAREN 國內骨幹路由有設計自動繞道的機制，因此多條原先與三峽主節點連接之國內骨幹網路重新選擇路由。由於路由協定在切換路由的速度相當的快，一般約為50ms，因此使用者會感受不出網路切換之變異，但因為 perfSONAR 透過小而密集的封包偵測，可發覺網路細小之變化。在實際切換路由由時間過了約五分鐘後，Dashboard 開始偵測到多個原先連三峽主節點之 GigaPOP 及核心主節點出現微量封包遺失現象，明顯看出原先連接三峽主節點之線路進行路由重新改造，如圖9所示。等到三峽主節點網路恢復後，已切換至備用路由之網路會切

回主要路由。

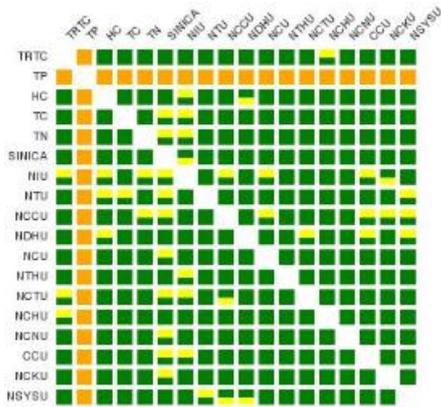


圖9 連接三峽之網路骨幹進行 re-route

晚間8點13分左右，Dashboard 系統發現宜蘭大學無法擷取資料，後來從宜蘭大學網路效能監控伺服器之日誌發現主要因素為停電關係，後來於晚間8點29分恢復電力，因此也造成了此段時間宜蘭大學伺服器之 perfSONAR 監控程式因此中斷，如圖10所示，核心網路設備則不受影響。

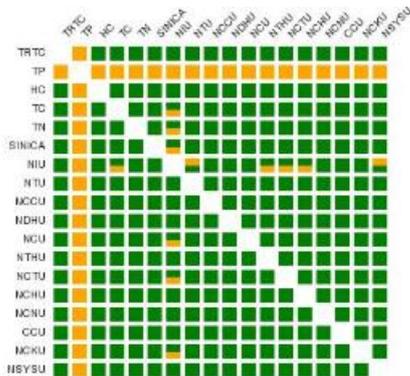


圖10 偵測到宜蘭大學主機(停電)失聯畫面

晚間9點51分左右，perfSONAR 程式偵測到網路接通，並開始產生監控數據，如圖11所示。晚間10點左右，Dashboard 也開始陸續收到三峽主機擷取之原始資料，如圖12所示。晚間10點15分，TWAREN NOC 公告網路障礙恢復[6]。

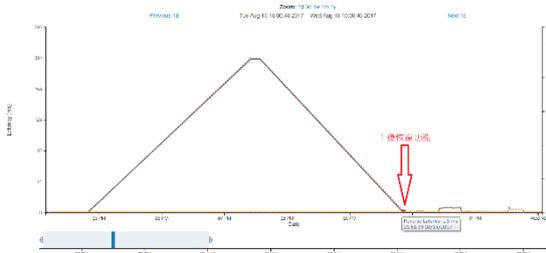


圖11 perfSONAR 監控程式開始恢復運作

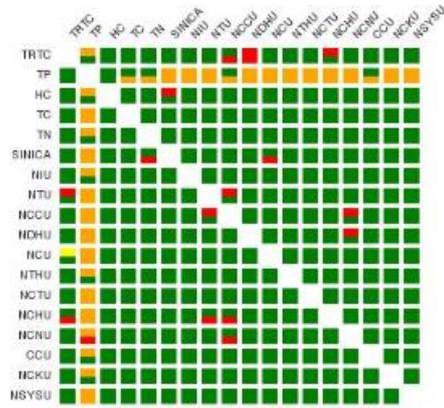


圖12 開始恢復擷取三峽主機資料畫面

晚間11點左右，Dashboard 全部恢復正常，顯示整體網路無任何網路封包遺失現象，如圖13所示。

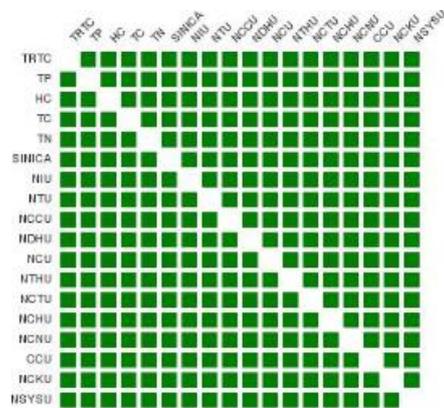


圖13 Dashboard 系統全部恢復正常

依據網路效能量測系統顯示之資料、NOC 公告系統之資料以及伺服器主機電力監控之日誌資料，我們將停電開始直到 Dashboard 網頁顯示障礙完全排除畫成時間序列圖，如圖14所示，其發生之事件依序：

- 16:51 三峽機房停電，造成伺服機關機
- 17:57 公告三峽網路設備預防性關機
- 18:00 Dashboard 偵測網路 re-route 行為
- 19:23 三峽主機偵測到電力恢復
- 20:13 宜大主機偵測到宜蘭大學停電
- 20:28 宜大主機偵測到宜蘭大學復電
- 20:45 三峽光設備完成開機
- 21:40 三峽路由設備完成開機
- 21:51 perfSONAR 主機開始偵測到資料
- 22:15 公告網路障礙恢復
- 23:00 Dashboard 全部恢復正常

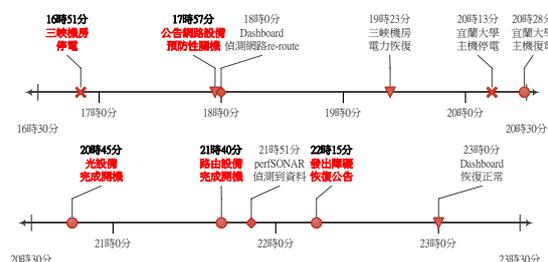


圖14 故障發生及排除之時間序列圖

6. 結論

我們以網路效能量測系統來監控發生2017年8月15日停電時所造成的影響，藉由不同的觀察角度可發現在管理上可能被忽略的細節，藉此提供網路管理中心未來之改善方向。一個品質良好的網路才可提供真正有效率的網路頻寬，而如何管理網路品質成為各個網路管理者的重要目標，透過健全的量測規劃以及測試工具來確保網路上的設備及線路能運作正常亦是個重要課題。使用 perfSONAR 監控程式透過長期的網路效能量測並透過我們所設計的自動告警系統，它可發現比較難發現的軟故障(soft failures)。當骨幹發生了軟故障時，它並不會出現無法傳輸的問題，但卻會出現傳輸效能降低的問題。透過更多的資料收集，透過大資料之技術，來找出真正發生問題之原因。也因此若有更多的區網或是單位能夠將資料收集在一起，將可利用更多的資料分析來找出更精準之問題所在點。

參考文獻

- [1] 台灣電力公司新聞稿, <http://www.taipower.com.tw/content/news/news01-1.aspx?sid=702>
- [2] Jason Zurawski, Sowmya Balasubramanian, Aaron Brown, Ezra Kissel, Andrew Lake, Martin Swamy, Brian Tierney, and Matt Zekauskas, 2013 IEEE International Conference on Big data, perfSONAR: On-board Diagnostics for Big Data
- [3] Taiwan Advanced Research and Education Network (TWAREN), <http://www.twaren.net/>
- [4] perfSONAR toolkit, <http://www.perfsonar.net/>
- [5] TWAREN NOC 台北(三峡)主節點電力異常公告, http://noc.twaren.net/noc_2008/NOCBulletin/OperationBulletinContent.php?ANNOUNCE_ID=3237
- [6] TWAREN NOC 台北(三峡)主節點電力異常服務恢復通知, http://noc.twaren.net/noc_2008/NOCBulletin/OperationBulletinContent.php?ANNOUNCE_ID=3238