

# TWAREN 高強韌性骨幹網路與流量監控系統建置規劃

張聖翊 鄧丞淇 謝欣歡 王洋銘 林書呈

財團法人國家實驗研究院國家高速網路與計算中心

{changsy,2303072,hsiehsr,2103059,daniellin}@narlabs.org.tw

## 摘要

為持續強化 TWAREN 骨幹網路韌性及骨幹流量監控即時性，本文將說明規劃使用國網中心所建置之骨幹光纖線路取代 TWAREN/TANet 國內學研骨幹網路部份租用光纖線路，以及說明規劃建置新世代學研骨幹網路400G/100G 設備及架構以汰換現有骨幹舊設備及架構，並說明規劃建置新骨幹流量 Cacti 監控系統。

**關鍵詞：** TWAREN、光纖線路、骨幹網路

## Abstract

To continuously enhance the resilience of the TWAREN backbone network and the real-time monitoring of backbone traffic, this article will explain the plan to use the backbone fiber optic lines established by the National Center for High-Performance Computing (NCHC) to replace part of the leased fiber optic lines in the TWAREN/TANet domestic academic and research backbone network. It will also describe the plan to build next-generation academic and research backbone network equipment and architecture at 400G/100G to replace the existing backbone's outdated equipment and architecture, as well as the plan to establish a new backbone traffic monitoring system using Cacti.

**Keywords:** TWAREN、NCHC、Fiber Optic Network、backbone network.

## 1. 前言

TWAREN 是臺灣高品質學術研究網路簡稱，目前由國研院國網中心負責維運，TWAREN 維運團隊負責國家學研網 TWAREN 建置規劃、維運管理、研究計畫與重大會議展示之網路支援等工作，TWAREN 主要是提供給國內大專院校執行研究計畫使用，目前連接的大專院校近 100 所，目前 TWAREN 骨幹網路上傳輸的大資料包含環境防災、生醫製藥、高能物理等，皆需要高頻寬的網路來進行研究資料傳輸。TWAREN 國內 200G 骨幹架構自 105 年 10 月完成建置並啟用[1][2]，架構如圖 1-1[3][4]。



圖1-1 TWAREN 國內骨幹架構圖

因原有國內 TWAREN/ TANet「暗光纖骨幹共構線路」乃向國內2家 ISP 業者租用暗光纖。國網中心自建之第一期骨幹光纖線路於112年 Q4完成建置並取得 NCC 核發之公眾電信網路審驗合格證明[5]，本中心於113年 Q1規劃使用國網中心自建骨幹光纖取代部份租用光纖，113年 Q2完成自建骨幹光纖區段線路串接建置、線路品質及連通測試及上線，並完成共計23路 TWAREN/TANet 100G 電路自租用光纖切換移轉至國網中心自建光纖。

TWAREN 國內 100G 骨幹設備自 105 年使用至今已逐年老舊，且部份設備已停止銷售(EOS, END OF SERVICE)、終止生命週期(EOL, END OF LIFE)等狀況，為避免 TWAREN 骨幹網路設備異常或故障致網路服務中斷，影響 TWAREN 骨幹網路服務，本中心爰編列前瞻計畫經費規劃建置 TWAREN 新世代400G/100G 骨幹網路設備，以持續提供高強韌性骨幹網路供國內學研單位使用。

TWAREN 先前採用 MRTG (Multi Router Traffic Grapher) 進行骨幹網路流量監控，因面臨 MRTG 網管主機系統老舊、無法查詢歷史特定區間流量報表資訊等議題，本中心規劃建置 Cacti[8]進行監控並取代 MRTG。

本文將說明 TWAREN 國內骨幹光纖線路架構更新現況、TWAREN 新世代400G/100G 網路建置規劃、TWAREN 骨幹流量報表系統 Cacti 規劃建置。

## 2. 學研網高強韌性光纖網路規劃建置

本章節說明 TWAREN/TANet 學研網國內骨幹光纖架構現況，以及說明學研網國內骨幹採用國網中心自建光纖規劃建置。

### 2.1 學研網骨幹光纖架構現況

臺灣學研網100G 骨幹暗光纖(Dark Fiber)網路架構自105年建置完成啟用後，骨幹暗光纖網路由國研院國網中心所維運的 TWAREN 與教育部所維運的 TANet 雙網共構，並由 TWAREN NOC 及

TANet NOC 雙網共同管理使用。國內100G 暗光纖線路租用規劃分 A、B 兩標進行租用規劃，並由中研院支援臺灣大學、中研院及科技大樓之間 Taipei GigaPOP 暗光纖線路，再加上由教育部於國際線路案租用的1路 T 標線路，完成整體光纖網路架構設計規劃及建置，在骨幹上的每一個節點，對外線路均具備2家線路商線路，並且具備環狀保護架構，可達到單一家線路斷線之容錯備援機制，100G 光纖線路架構舊架構圖如圖2-1[1]。

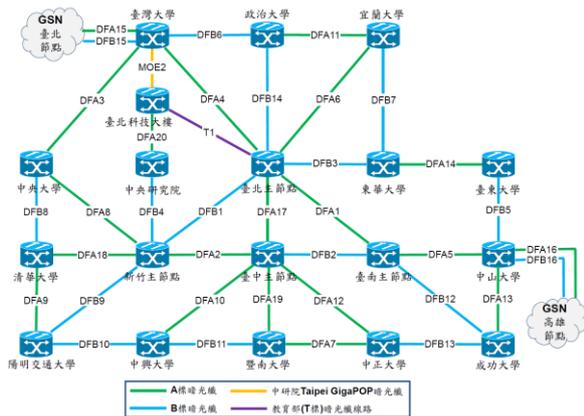


圖2-1 臺灣學研網100G 骨幹暗光纖網路(舊)架構

## 2.2 學研骨幹採用國網中心自建光纖規劃建置

因應國網中心自建骨光纖第一期線路於112年完成建置及 NCC 審驗[5]，TWAREN 維運團隊於113年上半年度規劃採用國網中心自建高纖骨幹光纖，完成 TWAREN/TANet 共構骨幹光纖4條線路建置及上線，4條骨幹線路為圖2-2 架構圖中之編號 N1、N2、N3、N4線路。其中3條自建骨幹光纖線路(N2、N3、N4)上線取代目前國內學研骨幹3條長途骨幹光纖 DFB1(台北-新竹；78km)、DFA2(新竹-台中；118km)、DFB2(台中-台南；199km)租用線路。原3條租用光纖上共計運行23條 TWAREN 及 TANet 100G 電路已移轉至自建骨幹光纖，23條 100G 電路及3條光纖線路自上線後觀察至今均穩定運作。以上3條租用線路，經與共構合作單位教育部研議後，113年4月1日已正式退租，3條租用之長途光纖退租後，TWAREN 及 TANet 共構之國內租用光纖線路架構如圖2-2。TWAREN/TANet 學研網骨幹線路目前已使用光纖包含：國網自建骨幹高纖光纖、2家 ISP 業者租用光纖及中研院光纖，透過多路由光纖形成高強韌之光纖備援架構，完成台灣學研網國內暗光纖線路架構強化建置，提升網路可用率。

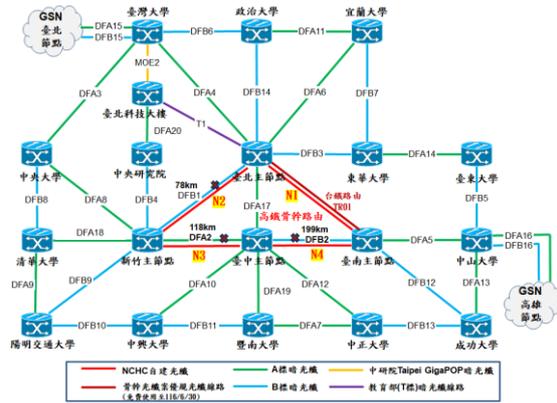


圖2-2 臺灣學研網100G 骨幹暗光纖網路(新)架構

以建置台北主節點至台南主節點 N1線路為例進行說明，透過串接從北至南(區段1至區段10)各線路區段之2芯光纖(第71、72芯)線路(請參考圖2-3)，經量測光纖總距離、各區段光纖距離，以及光功率衰減值等綜合評估後，分別在新竹中繼機房、台中中繼機房、嘉義中繼機房等3地機房內各建置1台 OLA 光放大器及 EDFA 光放大器卡板，以補償各區段之間的光功率至可用範圍內，並在各中繼機房 ODF 光纖收容箱分別跳接必要之對應光纖芯數(第71、72芯)，使得整段台北主節點至台南主節點長途2芯完整連通，並於台北主節點及台南主節點接上 TWAREN/TANet 骨幹 ROADM 光設備，完成線路測通及上線。

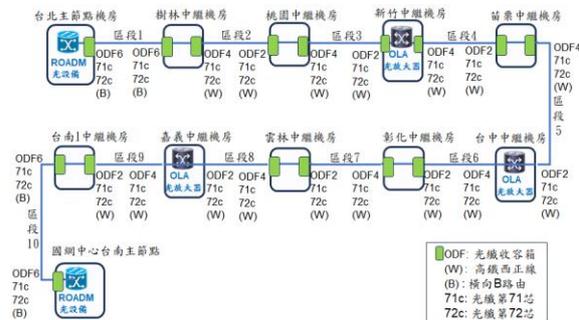


圖2-3 自建骨幹光纖供裝台北-台南 N1 線路圖

## 3. 新世代國內學研網400G 骨幹建置規劃

本章節說明目前 TWAREN 目前骨幹設備及架構面臨之挑戰，並說明新世代國內學研網400G 骨幹建置規劃。

### 3.1 TWAREN 國內骨幹現有架構面臨挑戰

TWAREN 國內骨幹設備已使用8年以上，除了面臨設備老舊、設備卡板模組陸續出現異常故障、部份骨幹設備已 EOS/EOL 等問題，在現有 TWAREN 骨幹架構為12個 GigaPOP 至單一主節點採用2條10G 頻寬線路架構(圖3-1)，此架構亦面臨到單一 flow 大流量無法平均分散至2條10G 線路，而造成部份 GigaPOP 節點至主節點之間10G 線路流

量滿載及雍塞現象。

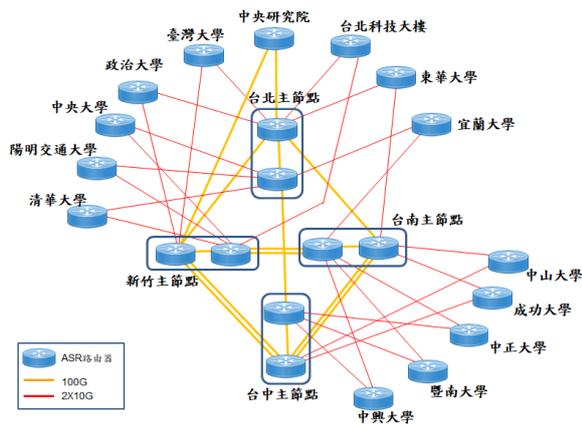


圖3-1 TWAREN IP/MPLS 骨幹網路架構

目前 TWAREN GigaPOP 至主節點之間骨幹設備採用2條10G 並使用鏈路聚合(Link Aggregation) 合併綁定為20G 的頻寬(2x10G)架構，設備支援之 Link Aggregation 之 Hash 分流演算法參數包含目的 MAC/目的 IP/目的地 Port、來源 MAC/來源 IP/來源 Port 等分流參數，但針對單一 flow((固定來源 IP/Port、固定目的 IP/port)的大流量傳輸服務(例如：兩個節點間異地資料備份)，這種類型的傳輸流量會產生無法平均 Hash 分流的難題，導致單一 flow 資料流佔滿單1條10G 線路頻寬，而流量無法平均分散至2條10G 線路，造成骨幹網路節點之間雖仍有可用線路頻寬，但10G 的流量會集中塞在單1條10G 的線路上之現象。

目前有愈來愈多的教育研究單位或公部門使用 TWAREN 骨幹網路進行異地兩機房節點之間的大資料備份傳輸，從目前 TWAREN 骨幹上觀察到有部份單位在進行資料備份時，10G 的流量會塞在單1條10G 的線路上，而無法平均分流至2條10G 線路上，因而影響資料備份之傳輸效率。

以國教署大學招生聯合會學習歷程資料傳輸使用 TWAREN VPLS VPN 為例進行說明，本專案於中興大學 GigaPOP 及暨南大學 GigaPOP 兩節點(經台中主節點)間進行學生學習歷程等大資料傳輸，從 TWAREN 骨幹流量觀察到2條10G(2x10G)骨流電路上，單向10G 流量集中在單1條10G 電路上(如圖3-2)，且經過調整骨幹設備 Hash 分流參數後仍無法改善，而無法平均分散在2條10G 電路上，除了會影響流量滿載的10G 電路上的其它使用者連線壅塞且連線品質不佳，也造成網路兩節點之間雖仍有可用頻寬但無法有效使用之困境。

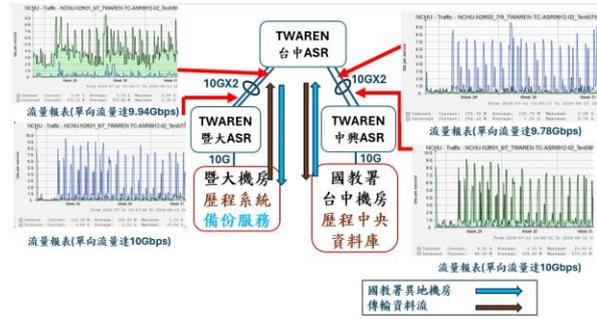


圖3-2 國教署使 TWAREN 骨幹傳輸資料案例

### 3.2 TWAREN 新世代網路建置規劃

因面臨到3.1章節所說明之挑戰，本中心與共構合作單位教育部編列前瞻計畫預算，進行學研網新世代 TWAREN/TANet 400/100 G 骨幹網路建置規劃，規劃共同採購建置新世代400/100G 骨幹網路設備，骨幹設備搭配租用光纖(A標業者、B標業者)及國網中心自建骨幹光纖進行整體架構規劃設計，參考圖3-3。

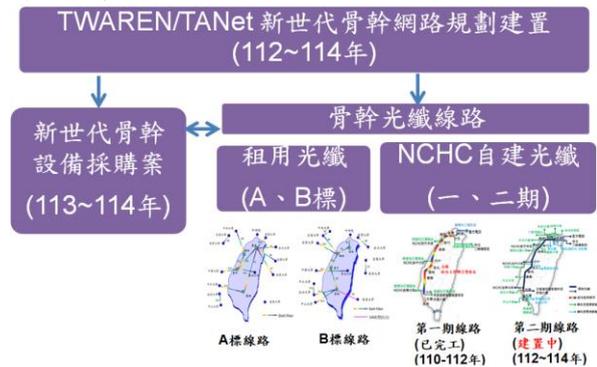


圖3-3 新世代學研骨幹網路建置規劃

在國內學研網400G/100G 骨幹設備採購及架構規劃設計方面，TWAREN 維運團隊乃參考國外先進研網美國 Interent2[6]、泛歐 GEANT[7]架構等進行整體架構規劃，目前國際研究網路骨幹多已朝向400G 或800G 高頻寬架構進行規劃建置，且亦持續汰換建置支援400G 的骨幹新設備。本中心 TWAREN 維運團隊亦完成400G 骨幹設備市場研調，目前支援400G 高速傳輸之骨幹光傳輸設備及 IP/MPLS 路由器設備廠商包含：Cisco、Juniper、Nokia、Arista、Ciena 等。TWAREN 團隊已於113 年 Q3完成新世代 TWAREN/TANet 400G 骨幹共構離形架構(圖3-4)，並與教育部共同完成採購案 RFI 需求書規格制訂，並由共構合作單位教育部辦理骨幹設備採購案招標作業。

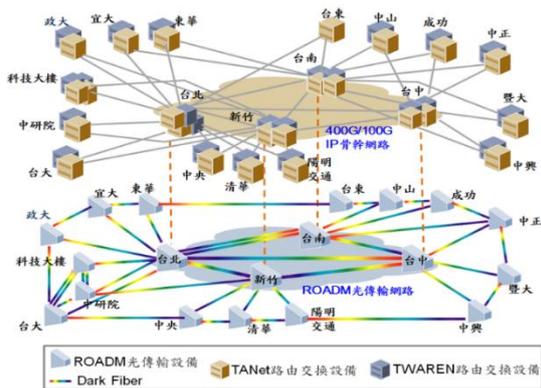


圖3-4 新世代 TWAREN/TANet 400G 骨幹共構雛形架構

在光纖線路架構容錯及備援性規劃方面，ROADM 光傳輸網路，仍維持 TWAREN/TANet 雙網共構建置1套光傳輸設備，骨幹光纖線路則規劃使用國網中心自建高鐵骨幹光纖(含第一期、第二期)及中研院光纖，搭配租用兩家 ISP 業者光纖，新世代學研網路骨幹具備多路由光纖備援架構。國網中心骨幹光纖第一期於112年 Q4已建置完成(參考圖3-5之黑線)，骨幹光纖第二期線路建置期間為112年 Q4至114年 Q2(各橫向至 GigaPOP 節點光纖將陸續建置完工)，骨幹光纖第二期建置架構示意圖如圖3-5之綠線及彩色線。



圖3-5 骨幹光纖第二期建置架構示意圖

國網中心預規劃新世代 TWAREN/ TANet 骨幹光纖網路採用國網中心自建第二期光纖後之架構示意圖如圖3-6，新世代 TWAREN/TANet 400G 骨幹光纖包含：國網中心自建高鐵骨幹光纖(圖3-6 紅色線)、中研院支援提供 Taipei GigaPOP 光纖(圖3-6 橘色線)，搭配租用兩家 ISP 業者光纖(圖3-6 藍色線及綠色線)，透過多路由光纖線路形成高強韌之光纖備援架構，作為新世代400G 骨幹建置規劃使用。

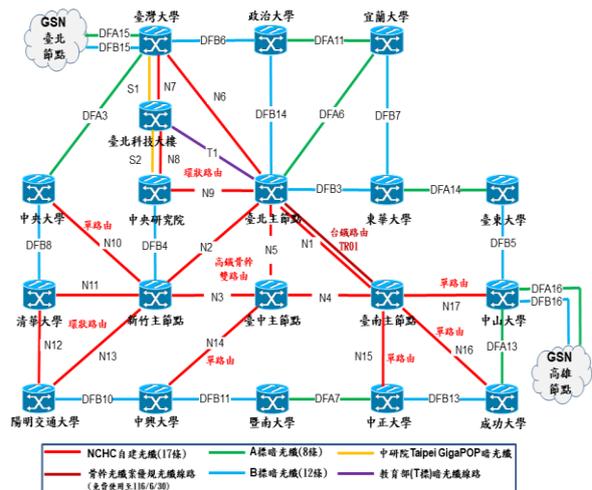


圖3-6 TWAREN/ TANet 骨幹光纖網路規劃架構

國內新世代400G 學研骨幹網路雛形架構規劃設計如表3-1說明。

表3-1 新世代400G 學研骨幹網路規劃設計說明表

項目	規劃設計說明
提升國內頻寬	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 主節點之間骨幹頻寬由 100G/200G 提升至 400G。</li> <li>(2) TWAREN 各 GigaPOP 至雙主節點之間頻寬電路由 10x10G 提升至 2x100G。</li> </ol>
架構容錯及備援性	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) ROADM 光傳輸網路，TWAREN/TANet 雙網共構建置1套光傳輸設備。</li> <li>(2) 規劃使用國網中心自建骨幹光纖(含第一、二期)及中研院光纖，搭配租用兩家 ISP 業者光纖，學研網路骨幹具備多路由光纖備援架構。</li> <li>(3) GigaPOP 異地雙主節點連線架構，單一光纖線路斷線不影響 GigaPOP 對外連線服務。</li> <li>(4) 主節點 IP/MPLS 路由器雙機 HA 高可用架構，GigaPOP 節點 IP/MPLS 路由器雙卡板架構，降低單一設備/卡板故障風險。</li> <li>(5) 建置可用率達 99.95% 以上電信等級之高品質骨幹網路。</li> </ol>

#### 4. TWAREN Cacti 系統規劃與建置

本章節說明 TWAREN Cacti 流量監控系統規劃建置，TWAREN 維運團隊先前採用 MRTG 進行骨幹網路流量監控已長達十年以上，因 MRTG 主機系統老舊且經弱點掃描後發現主機具備中高風險，經評估後改採建置新的 Cacti 系統進行監控，113年 Q1 已完成 TWAREN 骨幹流量監控系統 Cacti 建置(參圖4-1)，Cacti 系統改善及強化原本舊的 MRTG

系統功能，具備以下效益：(1)可查詢特定歷史區間之網路流量報表、(2) 即時流量監控頻率優化為每1分鐘抓取設備流量資訊(原本 MRTG 舊系統為5分鐘抓取流量資料)、(3) 強化即時流量監控及圖形視覺化呈現效果、(4)具備使用者分權登入管理機制，可針對不同使用者提供不同使用客戶群之流量報表(原 MRTG 系統不具備此功能)。透過新系統建置，提供給 TWAREN NOC 網管人員及外部使用者更即時的骨幹流量報表查詢資訊。

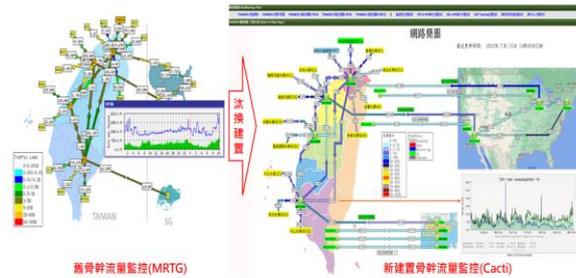


圖4-1 TWAREN 新舊流量監控系統畫面比較示意圖

#### 4.1 系統規劃與建置

Cacti 是一套開源軟體，軟體本身是以 PHP 程式語言構建，透過 SNMP(Simple Network Management Protocol)協議取得目標設備的運作數據，使用 Mariadb 作為資料儲存的資料庫，經由 RRDTool 將運作數據繪製成圖形資訊，最後以 HTML 方式，將運作數據以圖形方式顯示在網頁上，表現方式則有樹狀結構模式、列表模式及以插件(Plugin)方式表現的 Weathermap[9][10]模式。Cacti 系統架構示意圖請參考圖4-2。

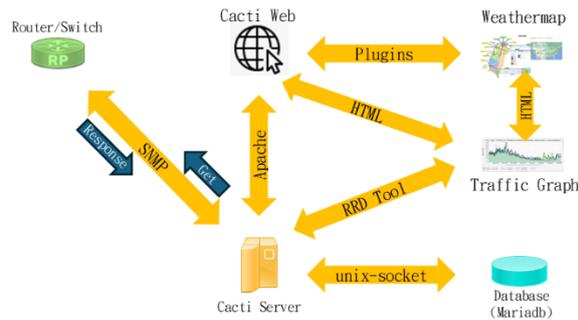


圖4-2 Cacti 系統架構示意圖

TWAREN Cacti 系統設置於國網中心台南分部，經由 OOB(Out-of-Band)網管網路，監控 TWAREN 網路取得網路設備介面流量(參考圖4-3)，並透過 Cacti 系統及其插件-Weathermap，將所收集的流量圖，以網頁方式顯示(參考4-4)。

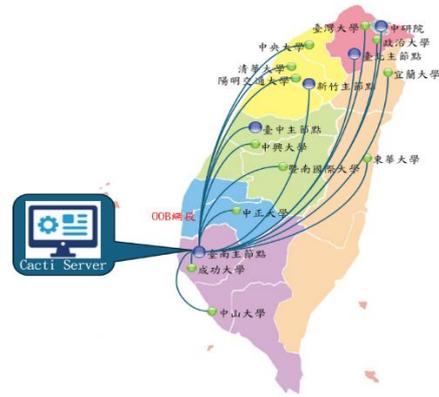


圖4-3 TWAREN Cacti 監控架構示意圖

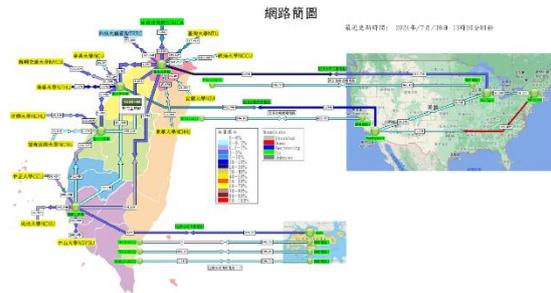


圖4-4 TWAREN Cacti 流量監控首頁(Weathermap)

在資料攫取上，Cacti 系統可選取的週期時間，從10秒到5分鐘。目前 TWAREN Cacti 系統所選擇的資料攫取週期時間(Polling Interval)為1分鐘，週期較短，所攫取的資料愈接近實際上的流量狀況，且1分鐘的攫取週期時間(Polling Interval)，不會造成前一資料攫取週期未結束，新的週期又加入資料攫取的問題，避免資料重複攫取的狀況。

#### 4.2 系統監控畫面

TWAREN Cacti 系統在運用上，以兩種方式執行視覺化表現，其一是以樹狀模式圖表列出設備流量圖(參考圖4-5)，其二是透過 Weathermap 插件，以圖形方式表現各電路的流量資料(參考圖4-4)。



圖4-5 TWAREN Cacti 樹狀模式圖表

相較於 MRTG，Cacti 系統對於在流量圖上呈現流量資訊的方式更加細緻與明確，這是因為 Cacti 允許也提供使用者查看特定時間區段間的設備流量資訊。使用者可經由系統本身提供的時間區段篩選器，進行時間區段選擇(參考圖4-6)，亦可直接在流量圖上圖形化篩選出想查看的時間區

段流量資訊(參考圖4-7)。

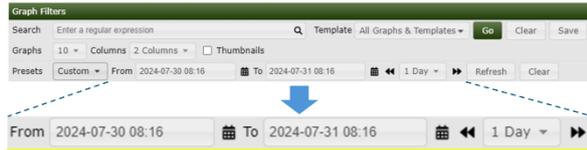


圖4-6 Cacti 時間篩選器

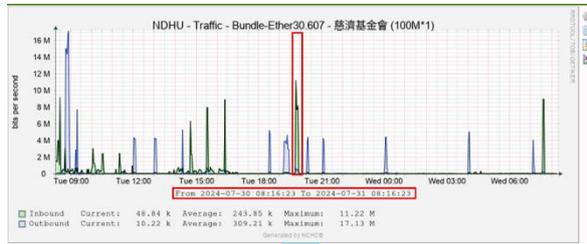


圖4-7 圖形化篩選特定時間區段且呈現流量

Cacti 系統除了可使用本身所提供的樹狀模式、列表模式提供使用者查看相關資訊外，也可利用插件(Plugins)，擴充系統功能。國網中心所安裝的 Cacti 系統，亦使用了 Weathermap 插件，並透過該插件，讓使用者能更清楚的了解網路設備的流量狀況。

Weathermap 本身是一套獨立的軟體，版權由 MIT License 規範保護，由 Cacti 系統的開發團體將 Weathermap 改寫成 Cacti 本身的插件。Weathermap 的主要功能是提供使用者，透過文字建立組態或經由網頁編輯器(Web-based-Editor)來定義 Weathermap 軟體內部的元件，簡言之，Weathermap 讀取文字組成的組態檔或者由使用者直接在網頁編輯器(Web-based-Editor)建立的相關元件，從而產生使用者想要或需要的視覺化監控畫面(參考圖4-4、圖4-8)。

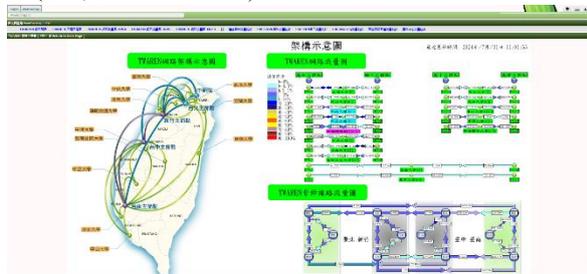


圖4-8 TWAREN Weathermap 視覺化流量監控畫面

視覺化管理已是現在管理項目的必要手段，因為此種管理方式能更有效顯示各重要系統運作資訊，提供管理者更有效的管理方式。Cacti 系統

除了本身已能將數據資料轉換為視覺化圖形資訊，提高管理者對實時網路流量的掌握度，更能透過 Weathermap 功能，清楚的顯示出各個節點及電路的運作狀況，有助於管理者對網路系統做出更妥善的規劃。

Cacti 系統本身提供帳號管理功能，透過此管理功能，可以對每個帳號進行權限管理，針對流量圖、設備、監控樣版(Template, Cacti 系統內建或使用者自建用來顯示讀取自設備運作資訊的樣版)設定讀取權限，讓特定的資源僅能被特定使用者讀取。(參考圖4-9)



Graph Policy	Device Policy	Template Policy
ALLOW	ALLOW	ALLOW
DENY	DENY	DENY
ALLOW	ALLOW	ALLOW
ALLOW	ALLOW	ALLOW
ALLOW	ALLOW	ALLOW
ALLOW	DENY	DENY

圖4-9 TWAREN Cacti 使用者權限設定功能

## 5. 結論/未來展望

TWAREN 團隊已於113上半年度完成台灣學研網 TANet/TWAREN 共構國內骨幹光纖網路採用國網中心第一期自建高鐵骨幹光纖，形成多路由光纖備援之高強韌架構。在網管監控方面完成 TWAREN Cacti 網路流量系統建置，強化骨幹流量監控即時性及視覺化呈現。在學研網新世代400骨幹架構規劃與建置，113年 Q3與合作共構單位教育部完成新一代 TWAREN/TANet 400G/100G 骨幹共構離形架構規劃(預規劃使用國網中心第一、二期自建光纖)及新世代骨幹設備採購案需求書，後續倘若於113年 Q4順利完成決標，預估建置期為113年 Q4至114年 Q3。

## 參考文獻

- [1] 張聖翊, "TWAREN 國內100G 骨幹網路規劃建置與新舊骨幹轉移規劃", TANet 2016, Oct. 2016
- [2] 張聖翊, 古立其, 林書呈, 謝欣叡 "TWAREN 國內及國際骨幹現況與發展趨勢", TANet 2021, Dec. 2021
- [3] TWAREN, <http://www.twaren.net/>
- [4] TWAREN NOC, <http://noc.twaren.net/>
- [5] 張聖翊, 林書呈, 鄧丞淇, 謝欣叡, 李慧蘭, 陳敏, 李柏毅, "國網中心申請公眾電信網路設置及審驗以營運骨幹光纖之規劃", TANet 2023, Nov. 2023
- [6] Internet2, <https://internet2.edu/network/>
- [7] Geant, <https://network.geant.org/>
- [8] Cacti 官網, <https://www.cacti.net/>
- [9] Howard Jones, "Network-Weathermap" <http://www.network-weathermap.com/>
- [10] The Cacti Group, "PHP Network Weathermap 1.0," [https://github.com/Cacti/plugin\\_weathermap](https://github.com/Cacti/plugin_weathermap)