

# TWAREN 國內及國際骨幹現況與發展趨勢

張聖翊 古立其 林書呈 謝欣歡

財團法人國家實驗研究院國家高速網路與計算中心  
{changsy,lku,daniellin,hsiehsr}@narlabs.org.tw

## 摘要

因 TWAREN 國內及國際線路租約於2021年租約期滿，且考量國網中心執行我國前瞻計畫的先進網路建設計畫，未來將透過 TWAREN 高強韌性及高寬頻的骨幹網路為數位基磐，結合國內公共服務網路資源，提升國內及跨國應用之網路傳輸環境，以強化跨域公共服務網路傳輸效能。本文將說明台灣學研網國內骨幹光纖網路新架構規劃建置，說明 TWAREN 國內200G 骨幹網路更新現況，並探討國際研網交換中心發展現況，以及說明 TWAREN 國際骨幹的現況及未來發展趨勢。

**關鍵詞：** TWAREN、骨幹網路

## Abstract

As one of the major research and education network in Taiwan, Taiwan Advanced Research and Education Network (TWAREN) is on a new cycle to renew its architecture. With the increasingly important role of serving as the digital foundation of the domestic public services, and to maximize the efficiency of the traffic exchange among domestic public service networks, the new TWAREN architecture has been designed with these demands in mind. This article introduced the planning and construction of the new optical fiber backbone architecture of the domestic research and education networks in Taiwan. An update to the status of TWAREN's domestic 200G backbone network was also covered. Eventually the current status and future development of the international research network exchange centers and the TWAREN's international backbone were elaborated.

**Keywords:** TWAREN、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 骨幹網路上傳輸的研究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 100G 骨幹架構自 105 年 10 月完成建置並啟用[1]，架構如圖 1-1[2][3]。



圖1-1 TWAREN 國內100G 骨幹架構圖

TWAREN 目前共有 20 Gbps (2條10G 電路)國際線路頻寬連達美國洛杉磯(LA)、芝加哥(Chicago)及紐約(New York)的國際學術研究網路交換中心，並在此三個交換中心與世界各國30個學術研究網路介接互連。TWAREN 國際骨幹連線架構如圖1-2所示 [2][3]。



圖1-2 TWAREN 國際骨幹連線架構圖

因原有國內 TANet/TWAREN 「暗光纖骨幹共構線路」服務契約於110年9月到期(舊線路租用已滿5年)，原有 TWAREN 國際線路租用服務契約將於110年12到期，且考量國內各學研網路應用服務需求日益精進造成骨幹電路傳輸頻寬需求同步倍增，以及骨幹電路的動態彈性調度與擴充等需求，維運團隊需重新檢視需求並調整線路架構以持續提供高頻寬及高強韌性骨幹網路，以持續提供全國一個具高可用度、高效能、高品質之臺灣學術研究網路。同時考量國網中心執行前瞻計畫所需之先進網路需求，未來將透過 TWAREN 國內及國際骨幹網路為數位基磐，國內高速串接政府網際服務網(GSN)、臺灣學術網路(TANet)及中央研究院網路(ASNet)並結合公共服務資源，國際連線至美國及東南亞國網交換中心。本文將說明 TWAREN 國內骨幹網路建置及200G 架構更新現況，探討國際研網交換中心發展現況，以及說明 TWAREN 國際骨幹的現況及新架構建置規劃。

## 2. TWAREN 國內骨幹網路更新

本章節說明學研網高強韌性光纖網路規劃建



用案於110年1月決標並開始建置，建置期間因國內 COVID-19疫情升溫，110年5至6月期間部份機房進行人員封閉管制，一度造成部份線路建置進度延緩，最終因疫情逐步降溫，部份管制機房陸續開放進線施工，於110年7月完成全案共計36路骨幹暗光纖線路之全段線路光纖品質測試。維運團隊規劃於110/8/5~110/9/8期間進行36條新/舊租用光纖線路切換，並進行 TWAREN/TANet 骨幹電路服務移轉，其中 TWAREN 維運團隊負責將 TWAREN 骨幹共計11路100G 電路服務及128路10G 電路服務(參考圖2-3)由舊光纖線路移轉至新光纖線路，於110/9/8完成服務移轉至新光纖，開始使用新的暗光纖線路提供試營運服務。110年9月底由 TWAREN/TANet 維運團隊及線路得標廠商共同召開新的暗光纖骨幹共構線路服務案查驗啟用會議，確認租用新光纖品質符合需求書查驗規範，於110/10/1 正式啟用36條暗光纖(含 GSN 4條光纖)提供服務，完成台灣學研網國內暗光纖線路架構強化建置。

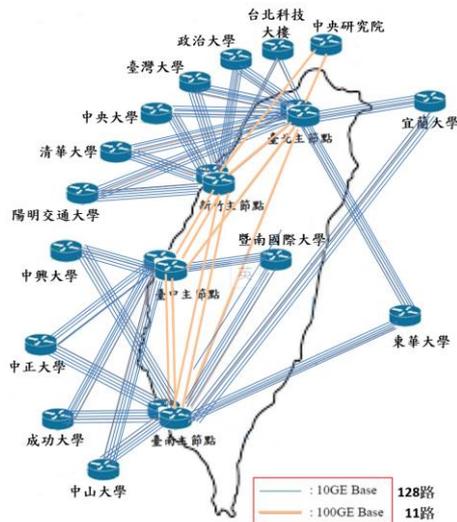


圖2-3 TWAREN 100G/10G 電路架構示意圖

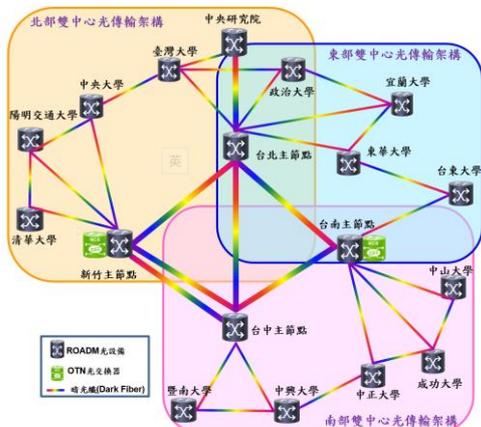


圖2-4 100G 學研網異地雙中心光傳輸網路(舊)架構

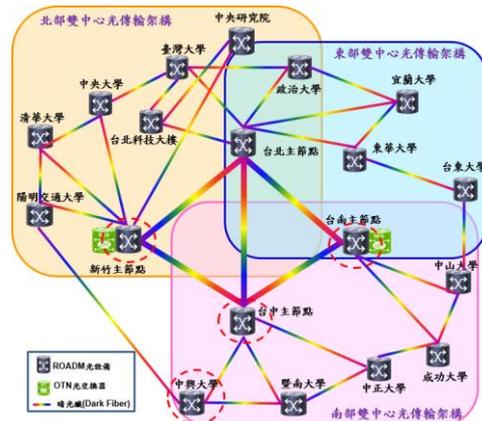


圖2-5 100G 學研網異地雙中心光傳輸網路(新)架構

學研網100G 骨幹暗光纖網路新架構強化 TWAREN/TANet 共構網路強韌性及備援性，除了保留原本設計的異地雙中心/雙主節點(舊)架構備援運作機制，透過完備外環線路的租用，當異地雙中心的設備或線路同時發生異常時，維運團隊可以手動緊急切換至骨幹第三個異地中心主節點，緊急恢復網路服務。100G 學研網異地雙中心光傳輸網路(舊)架構如圖2-4[1]，100G 學研網異地雙中心光傳輸網路(新)架構如圖2-5。

此異地三中心主節點的備援強化設計，主要是考量近年複合式天然及人為災害同時造成的線路雙斷的機率日益提升，於105年至110年期間發生了數次的學研網雙主節線路同時斷線事件而影響學術研究網路運作。

以中興大學為例，中興大學位居南部雙中心光傳輸架構，雙主節點分別是台中主節點及台南主節點，透過此異地三中心的備援強化設計，此雙主節之其中一個主節點之骨幹設備完全失能運作，不影響中興大學對外連線，但倘若中興大學至台中主節點及台南主節點的線路同時中斷時，可以緊急手動切換電路服務改走至第三個新竹主節點(備援路徑:中興大學-陽明交通大學-新竹主節點)，緊急恢復中興大學對外網路服務。

## 2.2 TWAREN 200G 骨幹網路架構更新

為提供國網中心新竹、台中及台南三地之間資料中心、高速運算、巨量儲存傳輸所需100G 高頻寬連線，並提供現階段國網中心所規劃建置公共服務網路交換中心異地三中心之間100G 高頻寬互連需求，TWAREN 維運團隊於110年度完成骨幹設備卡板擴充建置，將 TWAREN 新竹、台中及台南三個主節點間頻寬由100G 擴充提升為200G(由2路100G 電路技術提供)。TWAREN IP/MPLS 網路架構如圖2-6，TWAREN 200G 骨幹架構及國網中心三地以100G 高速連線 TWAREN 架構如圖2-7所示。透過骨幹頻寬擴充為200G，可於 TWAREN 骨幹提供充沛的頻寬，提供100G/40G/10G VPN 服務供國內學研單位及大資料傳輸使用。



慢，且受到美、歐研網的影響較大。最先完成國際線路發展的是日本，也使得日本東京成為亞洲首屈一指的網路交換中心。但由於地理位置位於東北亞，距離大部份亞洲國家均較遠，前往日本進行訊務交換的成本高、延遲大，因此日本網路發展雖遠早於週邊諸國，但不像荷蘭能一舉發展成為歐洲主要的網路交換中心。其次發展成熟的是香港。香港地理位置優越，早期相關政策開放，因此緊接著日本之後成為亞洲的主要的網路交換中心。台灣的國際研網發展早於剩餘各國，但長期投資規模有限，主要線路以連接美國為主，在亞洲區著墨較少，無法與後起之秀相較。韓國發展較晚，但大力投資，藉由早期參與 GLORIAD 環北半球研網計畫成為極少數除了跨太平洋連接美國外，還能跨過西伯利亞陸纜同時與歐洲連接的國家。後期更積極以大頻寬線路連接香港及新加坡，成為與日本同樣位於亞洲邊陲、發展又晚，卻能分庭抗禮取得亞洲重要交換中心地位的特殊案例。新加坡發展亦晚，境外投資亦遠不如上述諸國，但因為地理位置扼守歐亞海纜的必經之地，成為歐、美、乃至於日、韓的主動爭取對象，加上地近東南亞諸國，因此迅速發展為亞洲重要的交換中心。近年來香港由於政治因素影響，是否能夠不受外力影響獨立公正經營網路交換中心的疑慮增加，導致國際重要網路合作夥伴以及近期海纜建置有逐漸撤出香港的趨勢，台灣、新加坡獲得發展區域地位的良好契機。位於中南半島的越南等國，因經濟起步較慢，早年無力負擔國際線路的建置及維持，適逢歐洲 TEIN 國際線路極欲擴大在亞洲區的影響力以打破美國獨大的壟斷，以全額資助國際線路、部份資助國內線路的方式協助各國建立國際學研網。因此上述國家的國際學研網頻寬較為有限，且完全以 TEIN 為中心進行連接，隨 TEIN 主要落點於新加坡。印尼則因為島嶼極多且分散，建立光纖骨幹串連人口稀少的島嶼不敷成本，因此早年完全以無線及衛星方式建立通訊網路，學研網發展晚且涵蓋的人口比例較低。

南美洲的學研網建置在美、歐開始大舉在境外投資，競爭其他區域的研網主導權後，在美、歐的主動協助下快速發展。美國主要在邁阿密的 MAX 及加洲的 CENIC 兩處交換中心與中南美洲相連。歐洲則更形積極，主動建置海纜抵達南美洲東岸，與南美洲國家間自成環狀的南美洲學研網互連。位於美、歐勢力交會、地理位置居中且國力相對較強的巴西，成為南美主要的學研網集中點，擁有對北美、歐洲及南非的國際連線。

大洋洲的紐西蘭、澳洲的學研網發展時間相當早。其中澳洲的 AARNet 更是少數由商業公司主導、而非由政府出資興趣的學術研究網路。紐西蘭的學研網規模較小，國際線路主要連向澳洲。澳洲不但本身積極投資參與國際，而且境內亦有數個世界級規模的科學研究計畫仰賴國際線路將

龐大的觀測資料送向各國的合作研究機構，例如位於澳洲西部沙漠的 SKA 電波天文望遠鏡陣列等。澳洲主要的國際線路透過關島、夏威夷連往美國，亦有部份線路連達香港、新加坡與歐洲學研網交換訊務。

非洲的學研網建置相對其他各洲來說發展更晚。由於許多國家政治局勢不穩，由強人主政，對於歐美勢力及影響力的入侵向來採取排斥態度。更由於民眾數次透過社群媒體集結民意抵抗政府，政府對於網路發展支持有限。目前僅國力較強、政治相對穩定、立場也較親近西方的南非具備較先進的學研網國際連線。尚未在非洲區域內形成具有規模的跨國的學研網建設。

南極洲雖無國家和固定居民，但由於具備特殊科學研究價值，例如近年產生重大科學貢獻、位於南極深厚冰層下的微中子探測計畫等研究計畫，所產生的龐大觀測資料須即時送入各計畫參與國家的學研網進行分析，因此亦具備國際線路與國際學研網相連。國際學術研究網路連線架構概況如圖3-1。



圖3-1 國際學術研究網路連線架構概況

### 3.2 國際研網交換中心的選擇

美國過去位於世界學術研究網路的中心，提供免費轉訊的服務。即學研網連到美國 Internet2 後，即協助該學研網前往其他學研網的訊務經由美國 Internet2 免費轉訊。意即一旦連達美國，即連達全世界學研網。因此從交換中心的角度而言，美國為最重要的標的。然而在 Internet 逐漸成熟，雲端服務興起之後，網路連線逐漸從過去的兩點之間傳輸，轉化為客戶端對雲端機房的連線型式。因此透過美國進行轉訊的價值，已逐漸被一般 Internet 所部份取代。對於學術研究網路而言，與目的網路直接介接，以便可以直接透過軟體控制傳輸路徑、可得頻寬、以及 on demand 獲取對方網路所提供的資源等，成為學研網相較於一般商業 Internet 為優的主要價值所在。因此選擇適當的交換中心，以便與目的網路擁有直接介接的機會，便成為學研網的重要課題。

對於台灣而言，連接美洲學研網最重要的交換中心仍為位於美國西岸的 Pacific Wave、美國東岸的紐約 MANLAN 以及位居芝加哥的 StarLight。而由於從陸路穿越歐亞大陸路途險遠、光纖佈設難度甚高，而走海路又會途經印度及中南半島國

家主要的漁場，導致海底光纜經常受損，因此前往歐洲頻寬及穩定性較高的選擇，仍是途經美國較妥。歐洲學研網的主要交換中心為荷蘭阿姆斯特丹。亞洲的部份由於缺乏獨大的交換中心，各國的地理位置及網路交換點相對分散，因此交換中心的選擇較為不易。選擇日本或韓國的優點為海纜佈建成熟，容易獲取大頻寬及多樣的路徑選擇。但連接日、韓僅利於與日、韓學研網進行合作，與其他亞洲國家連接則地理位置差異過大，連接的選擇甚少。香港的交換環境亦甚成熟，但共有三大交換中心，彼此互不相通。為了獲取較全面的網路交換選擇，全面落點成本甚高。目前南韓 KREONET 即選擇在三大交換中心全數落點的策略。近期由於香港的政治情勢變化使然，在香港落點的資訊安全疑慮升高，因此其做為交換中心的價值有日漸降低的傾向。新加坡的地理位置與最多亞洲國家接近，又鄰近目前美、亞及歐亞的海纜系統的交界，因此具備成為網路交換中心的先天優勢。

新加坡主要的兩個交換中心 SOX 及 SGIX 當中，SGIX 落點的網路數量共計165個，遠較 SOX 的25個為多，提供的網路介面選擇亦較多，而且目前進線 SOX 的兩大學研網新加坡 SingAREN 及澳洲 AARnet 也都有進線 SGIX。因此 SGIX 為目前新加坡較全面的交換中心選擇。

#### 4. TWAREN 國際骨幹之現況與發展

本章節說明 TWAREN 國際骨幹現有架構，並說明 TWAREN 國際線路新架構調整方向。

##### 4.1 TWAREN 國際骨幹現有架構

TWAREN 國際骨幹現有架構將於110/12/26舊線路租約到期，TWAREN 目前跨洋海纜包含台北(TP)-芝加哥(CHI)、新竹(HC)-洛杉磯(LA) 10Gbps 電路各1路，總頻寬為 20 Gbps，美國國內陸纜包含 芝加哥(CHI)-紐約(NY) 1Gbps 電路、洛杉磯(LA)-紐約(NY) 1Gbps 電路各1路，主要將美國端落地點芝加哥、紐約與洛杉磯三點申連起來，分散單點或單路電路中斷之風險。透過 TWAREN 國際電路連達美國洛杉磯的 Pacific Wave、芝加哥的 StarLight 及紐約的 MANLAN 國際網路交換中心，並在此三個交換中心與世界各國學術研究網路介接互連，TWAREN 國際骨幹現有架構如圖4-1[4]。

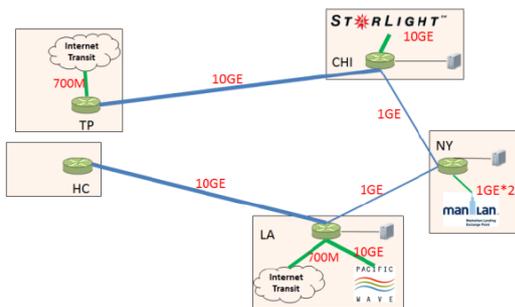


圖4-1 TWAREN 國際骨幹現有架構

#### 4.2 TWAREN 國際骨幹調整方向

經過本中心維運團隊的討論，未來規劃將由目前的20G 架構調整為30G 架構，TWAREN 國際線路的新架構如圖4-2，除了維持連線至美國的 20G 電路，規劃新增租用新加坡 10G 電路連線至新加坡 SGIX 網路交換中心，以作為前瞻計畫新南向國際連線發展基礎。維運團隊未來也將持續尋求合作契機，將連線範圍擴展至新南向國家。

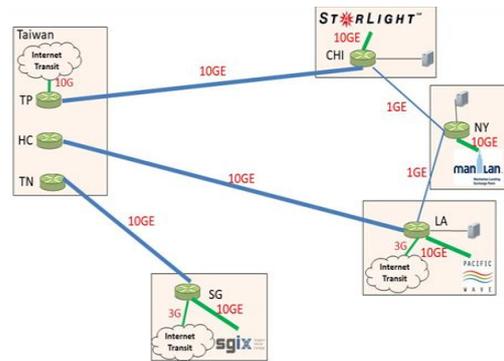


圖4-2 TWAREN 國際骨幹新架構

#### 5. 結論

TWAREN 及 TANet 維運團隊已於110年10月共同完成台灣學研網國內骨幹光纖網路新架構建置啟用，TWAREN 維運團隊並完成 TWAREN 200G 骨幹頻寬擴充建置。TWAREN 國際新線路租用案已於110年9月決標，維運團隊預計於110年12月完成 TWAREN 國際線路30G 新架構建置，未來維運團隊將持續提供高品質、高強韌性及高頻寬的國內、國際骨幹網路供國內外研究單位及公部門單位進行大資料傳輸使用，以持續提供國內學研界與國外研究網路間相互合作、交流之高速、先進的網路平台，加速國內外學術研究資訊之流通。

#### 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] TWAREN, <http://www.twaren.net/>
- [3] TWAREN NOC, <http://noc.twaren.net/>
- [4] 林書呈, "先進研究網路發展趨勢與 TWAREN 國際骨幹未來展望", TANet 2015,Oct.2015