

TWAREN 國際線路現狀報告與未來規劃

古立其、陳敏、許瑞明

國家實驗研究院國家高速網路與計算中心

lku@nchc.org.tw, minchen@nchc.org.tw, rmhsu@nchc.org.tw

摘要

TWAREN 國際線路主要連接至美國研究網路 Abilene 位於西雅圖之主節點，以及 Starlight 交換中心等五個節點。主要接取美國研究網路 Abilene 及當地國際研究教育網路。

TWAREN 國際線路整體規劃設計除了一般網路接取服務外，另考量計畫性之需求，引進光網路 (light path) 服務。透過 TWAREN 國際光網路，可提供計畫性質之高頻寬、專屬使用需求，並且可滿足網路之彈性需求。

關鍵詞： Abilene、CANet4、網路交換中心、光通道網路 (Light Path)

1. 前言

自 1998 年美國柯林頓政府提出 Internet2 計畫以來，與其他先進國家同步，台灣研究網路一直是參與之一份子，也為國內學術研究單位提供一個研究專屬之國際網路平台。

隨著電信市場開放，越洋頻寬之價格逐年下降；而透過與教育部電算中心、中研院計算中心之長年合作，以及精確之評估，經由完整之標案設計，讓學術研究使用之國際頻寬有大幅之成長，也讓學術研究網路在國內網路建設上，具有重要之指標地位。

本篇主要將簡介目前世界各先進國家級研究網路之發展趨勢外，亦將介紹目前 TWAREN 國際線路之發展現狀，以及未來之網路規劃。除讓學研界使用者更可瞭解目前台灣主要連接至國際研究網路架構外，也可提供給電信業者，作為日後技術服務提供上的參考。

2. 國際學術研究網路之探討比較

2.1 網路需求產生的背景

隨著網路傳輸頻寬的不斷提升、傳輸延遲的下降，使用高速網路將異地的運算、儲存等計算資源加以整合，藉以解決複雜而需要龐大運算量的科學問題的格網運算概念隨之逐漸成熟。對於超高運算能量及超高傳輸速率需求最殷切的學術研究領域應運而生，並成為新一代學術研究網路發展主要的

力量。最具代表性的此類學門略舉以下數例：

- ◆ 天文物理 (Astrophysics)
- ◆ 高能物理 (High Energy Physics)
- ◆ 生物資訊 (Bioinformatics)

新一代的網路技術則不僅在硬體傳輸速率上大幅加強、亦在傳輸協定上改良現有網路技術的弊病、大幅增進網路應用的效能，因此各國發展下一代學術研究網路時多將這些技術納入設計。應用於新一代學術研究網路的技術簡介如下：

◆ 下一代網際網路協定 (IPv6)

目前網路通用的網際網路協定 (IPv4) 沿用已久，能提供的網路位址亦屬有限。下一代網際網路協定的發展不僅大幅擴增可用的網路位址，而且也簡化了網路封包路由工作的負荷及使用者設定網路位址的難度，更提供了網路位址移動能力 (Mobile IP) 等先進設計，提供下一代網路良好的基礎。[1]

◆ 多點群播 (Multicast)

現有的網路技術並不提供一對多或多對多的廣播能力支援。當需要將訊息送達多個接收者時必須由來源端分別對每一個接收者建立連線並重覆送出資料。多點群播技術藉由廣播路徑上的路由器將資料複製傳送給提出接收需求的下游端，因此來源端僅需送出單份資料，因而大大減輕主機和網路資源的重覆浪費，而且來源端不需要知道接收端的位址，大幅增進了群播和廣播的應用價值。[2]

◆ 光網路 (Optical Network)

傳統的網路以封包路由傳遞為基礎，但封包每多經過一個路由器均需耗時進行路由選擇，且當網路頻寬不足時封包會隨機遺失，因此不但傳輸的延遲時間較長、而且傳輸品質無法事先確知。這種缺點對仰賴穩定網路品質的格網運算影響尤大。光網路提供專屬頻寬 (Dedicated bandwidth)，而且點和點間建立光通道網路 (light path) 後資訊的傳遞更可避免層層路由選擇的時間消耗，因此光網路提供低延遲、可靠頻寬的傳輸能力，切合新一代學術研究應用之所需。[3]

2.2 各國學術研究網路之現況

目前各大學術研究網路的骨幹主要由 10 Gb 線路構成。由於暗光纖 (Dark Fiber) 的大幅降價，各國學術研究網路也逐漸走向購買暗光纖並搭配

DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) 技術提供多個波長 (Wavelength) 的方式提供骨幹頻寬。目前各國學術研究網路的骨幹頻寬及對外連線頻寬現況如表 1 所示。

各學術研究網路也加強彼此的互連與合作。同在美國的 National Lambda Rail 全光網路即將與封包分封交換為主的 Abilene 網路合併；美歐之間則在紐約-阿姆斯特丹間、或芝加哥-阿姆斯特丹間進行美國與歐洲研網的連接；亞洲的台灣、日本、韓國學術研究網路均租用海纜跨過太平洋與美國西岸的網路主節點連線；而由中國大陸、俄羅斯、歐洲及美國合作之 GLORIAD 網路則更在海路跨越太平洋到美國西岸之外，由陸路從香港到北京 (2.5 Gb)、既而到莫斯科 (155 Mb)、再到阿姆斯特丹 (622 Mb) 及芝加哥 (2.5 Gb) 形成整個北半球的網路環。[4]

表 1 各國學術研究網路骨幹及對外頻寬現況

網路名稱	骨幹頻寬	對外頻寬
National Lambda Rail, NLR(美)	Multiple 10 Gb (DWDM)	
Abilene(美)	10 Gb (OC-192)	
CA*Net4(加)	30 Gb	20 Gb 到紐約、芝加哥、西雅圖等地
AARNet3(澳)	10 Gb	10 Gb x 2 到洛杉磯及西雅圖等地
TransPac2	2.5 Gb 從東京到香港	10 Gb (OC-192) 從東京到洛杉磯
JGN2(日)	20 Gb	10 Gb 從東京到芝加哥
Kreonet2(韓)	10 Gb	美 (1.2 Gb)、日 (1 Gb)、歐 (10 Mb)、中 (155 Mb)
GLORIAD	10 Gb	2.5 Gb 到芝加哥、阿姆斯特丹
HEAnet(愛爾蘭)	10 Gb	2.5 Gb 連至 GEANT
GEANT2(歐)	Multiple 10 Gb (DWDM)	10 Gb 到歐洲各國，1 Gb x 2 到紐約
SURFnet5(荷)	Multiple 10 Gb (DWDM)	10 Gb x 2 到紐約，10 Gb 到芝加哥

2.3 各國學術研究網路發展之趨勢

目前各國學術研究網路的發展方向可從光網路化、網路技術研發及應用層面的拓展加以分析。

2.3.1 光網路化

為了配合格網運算等新一代網路應用的需要，並提供更穩定、更快速的網路環境，各國學術研究網路均逐步購置或租用暗光纖，將 DWDM 技術應用於骨幹網路以提供更高的可用頻寬，同時發展光通道技術提供跨網路的 Layer 1 連接能力以提供先進學術研究低延遲、保證品質之網路連線。

2.3.2 網路技術發展

各國學術研究網路均重點發展 IPv6、Multicast 等新一代網路技術應用，荷蘭的 SURFnet 更以 Multicast 做為重要的發展目標。各大學術研究網路亦均以發展更佳的網路效能量測軟體、提供更精確、更即時的網路狀態資料及網路管理能力做為主要發展目標。

2.3.3 應用層面發展

各國學術研究網路均著眼於 e-Science、格網運算等高頻寬網路應用的發展。澳洲的 AARNet 則經由 WorkGroup 的方式發展 MCU、VoIP 等網路語音連線及視訊會議應用。

3. TWAREN 國際線路現況

3.1 TWAREN 第一期國際線路規劃

隨著電信市場自由化，跨太平洋電路價格日益下降，經專家學者審慎評估，以及標案的設計得宜，TWAREN 在 2004 年開始，大幅增加國際頻寬，由原本之 1.2G，增加為 2.5G；落地點仍然選擇在西雅圖，並且延伸至芝加哥之 Starlight。2004~2005.2，TWAREN 國際線路架構圖如圖一所示：



圖 1、TWAREN 國際線路架構圖 (2004~2005.2)

TWAREN 第一期國際線路之美國端落地點，選擇在美西的西雅圖及美東的芝加哥。

西雅圖是美國研究網路 Abilene 於美西之主節點之一，TWAREN 於西雅圖進入美國研究網路交換中心 PWave (Pacific Wave)，除銜接美國研究網路 Abilene 外，更與 PNWG (Pacific North West Gigapop) 銜接。PNWG 是由 U. Washington 負責維護，除收容西雅圖地區之研究學術網路外，更銜接其他重要的商業機構研發部門之網路，如 Microsoft, Boeing、Siemens 等商業研究單位。Abilene 提供之 ITN (International Transit Network) 服務，給予與 Abilene 銜接之網路相當大的方便；透過 Abilene 的轉送服務，便可與之銜接之各網路溝通，不必逐一談判。故與 Abilene 銜接，TWAREN 可以節省相當多的網路資源。

除了有眾多的研究單位可以與之互連之優點外，西雅圖亦是加拿大研究網路 CANet4 在美國三個進入點之一 (PWAVE@西雅圖、Starlight@芝加哥、MANLAN@紐約)。從 TANet2 時代以來，國網中心一直是 CANet4 的國際合作伙伴，TWAREN 亦延續此一關係，並且進一步擴大合作，共同進行光通道網路 (light path) 之合作。透過使用 CANet4 之光通道網路，將 TWAREN 在西雅圖的落地點，延伸至芝加哥之 Starlight 交換中心。

Starlight 是西北大學負責維護之研究網路專用之交換中心，也因為其地理位置，使 Starlight 成為匯集亞太、歐洲及美西/美東研究網路的重要交換中心。因此，TWAREN 仍將觸角延伸至 Starlight，並於當地與歐洲 (如 HEANet、SURFNet 等) 及韓國研究網路進行直接互連。

3.2 TWAREN 第二期國際線路規劃

TWAREN 於今年 (2005) 三月起，開始啟用 TWAREN 第二期網路架構。除了繼續擴增越洋頻寬至 4.5G 外，並且擴大與美國各主要網路交換中心之銜接。由原先之兩個節點 (西雅圖的 PWave、芝加哥的 Starlight) 增加到五個節點 (新增洛杉磯、舊金山、紐約)。並且直接與當地之研究網路互連。圖 2 所示為目前 TWAREN 國際線路架構圖 (2005.3~)。



圖 2、TWAREN 國際線路架構圖 (2005.3~)

目前 TWAREN 的主要互連網路，如表 2 所示：

表 2 目前與 TWAREN 互連之網路

互連網路名稱	IPv4	IPv6
西雅圖		
澳洲研究網路 AARNet(7575)	V	
韓國研究網路 KREONet2(17579)	V	V
GEMNet2(23796)	V	
微軟研究網路 Microsoft(8075)	V	
美國研究網路 Abilene(11537)	V	V
加拿大研究網路(CANet4)	V	V
新加坡研究網路 SingAREN(7610)	V	
美國能源網路(ESNet)	V	
PWAVE(101)	V	
PWAVE-Jumbo Frame(101)	V	
TWGATE(9505)	V	
Starlight@芝加哥		
美國航太資訊服務網路 NISN(297)	V	
STRATAP(10764)	V	V
伊利諾都會研究網路 MREN(22335)	V	
愛爾蘭研究網路 HEANet(1213)	V	V
美國航太研究網路 NREN (24)	V	V
荷蘭研究網路 SURFNet(1103)	V	V
美國能源網路(ESNet)	V	
美國研究網路 Abilene(11537)	V	V
韓國研究網路 KREONet2(17579)	V	V
洛杉磯		
加州教育研究網路 CENIC(2153)	V	
TWGATE(9505)	V	
舊金山		
TWGATE(9505)	V	

下圖 3 所示為 TWAREN 網路互連邏輯圖。



圖 3、TWAREN 網路互連邏輯圖 (~2005.2)

下圖 4 所示為 TWAREN 在 IPv6 網路之互連狀況。

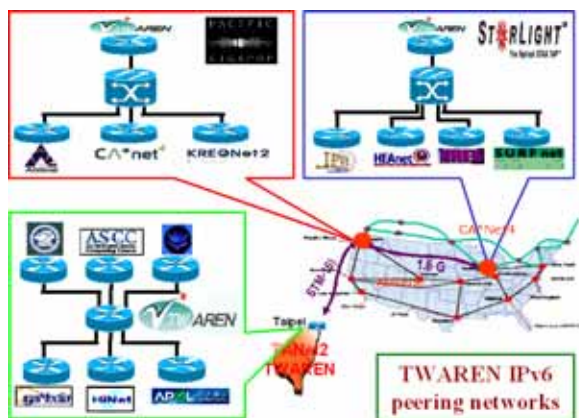


圖 4、TWAREN IPv6 網路互連狀況

除了網路互連外，TWAREN 亦與其他研究網路進行群播網路 (Multicast) 之互連。目前有群播網路互連的研究網路有：Abilene、AARNet、KREONet2 等。透過 Multicast 互連，TWAREN 使用者亦可與 Mbone 進行必要之實驗或互動。

4. TWAREN 國際線路之未來規劃

4.1 維持標案合作方式

未來 TWAREN 國際線路依然維持與教育部電算中心、中研院計算中心三單位共同合作模式，以擴大標案規模獲得頻寬之最大化。除持續維持目前之頻寬水準，以提供國內學研界使用外，將視未來國際研究網路變化，進行網路接取點之變更評估。

4.2 持續發展光網路架構

未來研究網路亦有朝向光網路技術發展之趨勢，如美國下一代研究網路 NLR (National Lambda Rail)、加拿大研究網路 CANet4、荷蘭研究網路 SURFNet5 等。透過光網路交換設備，不同以往傳統路由器之 Best Effort 服務，可以提供更具彈性之專屬網路服務。對於有特殊需求之計畫、特殊頻寬之傳輸等需求，都可以光網路方式提供。

TWAREN 已於目前架構中，提供是項服務功能，讓 TWAREN 國際線路在各點頻寬的調配上更有彈性。也因此，在未來與 NLR 等網路進行介接時，已經具備如此的能力。圖五是美國 NLR 之網路架構圖。



圖 5、NLR 網路架構圖

4.3 國際接取點之評估

PWAVE 位於美西西雅圖、洛杉磯之交換中心，甫完成兩點之間 10G 線路之提升，並且提供其接取網路，兩點共同之互連網路服務 (亦即只要接取其中一點，就可透過 PWAVE 兩點間之 VLAN，獲得另外一點之互連網路之相關路由)；加上洛杉磯在未來美國研究網路之角色地位日益重要，因此，TWAREN 未來可能變更美西落地點至洛杉磯，而透過 PWAVE 之 10G VLAN，持續維持與西雅圖原有互連網路之連線。

而位於美東之芝加哥 Starlight 及紐約，則將端視國際上各研究網路發展之趨勢，而進行保留與否之評估。唯因目前兩者均屬於往美東或歐洲之重要網路接取點，故規劃仍將予以保留。

與前兩期之規劃不同的是，將充分發揮光網路 (light path) 之特點，維持在國外之接取點保留光網路接取設備 (如目前之 CISCO ONS15454 設備)，而各點原有之傳統路由器則予以節省，透過光網路與交換中心交換設備進行介接，並予以引回台灣，而 BGP 互連則在台灣國內進行。除可節省網路設備支出，減少設備故障引起之障礙外，對於路由選擇也將更為精確。

4.4 擴大與其他網路介接之規劃

考量到 TWAREN 連線單位使用者之需求，TWAREN 下一期國際線路規劃，亦將商業網路 (如 public peering) 之需求規劃在內。目前選擇與教育部電算中心、中研院計算中心之相同線路落地點，並於該點交換中心 public peering 進行路由交換。一旦完成相關工作，TWAREN 使用者即可透過該網路交換中心與其他非研究網路機構連線。

5. 結論

TWAREN 國際線路標案，依然以爭取頻寬最大化及完整的先進的網路技術服務之原則進行相關規劃，以滿足未來之需求。不同於一般網路服

務，TWAREN 除提供與國際上重要研究網路互連之傳輸服務外，亦提供與其他研究網路同等級之光網路技術服務，並已經於多次重要之網路技術會議上（APAN、Internet2），與其他各國（加拿大、韓國、泰國、西班牙、愛爾蘭等）進行高速網路測試與成果展示。此外，對於網路支援其他研究計畫，如本中心與美國費米實驗室（Fermi Lab）之高效能網路傳輸，亦是透過專屬光網路達成。之後，國研院太空中心與阿拉斯加大學之太空觀測圖之傳輸計畫，亦考量以此方式進行。

參考文獻

- [1] Robert M. Hinden, Stephen E. Deering, „Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification“, RFC2460, December 1998.
- [2] Developing IP Multicast Networks, Cisco Press.
- [3] M. Mayer, Ed., “Architecture for Automatic Switched Optical Networks (ASON),” ITU G. 8080/Y 1304, V1.0, October 2001.
- [4] <http://www.internet2.edu/>
- [5] <http://www.nlr.net/index.html>