

台灣學術網路(TANet)沿革與未來展望

楊正宏 Cheng-Hong Yang, 張俊陽 Chun-Yang Chang, 李長樹 Chang-Shu Lee
國立高雄應用科技大學電子工程系, 國立高雄應用科技大學資訊管理系, 教育部電子計算機中心

chyang@cc.kuas.edu.tw, cyc@cc.kuas.edu.tw, changshu@mail.moe.gov.tw

摘要

台灣學術網路(TANet)在我國的學術研究與網路科技發展上扮演關鍵性的角色,包括建構校務行政、教學及學術研究之整合資訊服務網路環境。在本文中我們針對 TANet 的發展過程進行回顧,並且說明 TANet 目前的發展現況,及未來的發展與應用方向。希望透過本文對 TANet 的討論,提供 TANet 相關研究正確且充足的資訊,並且作為 TANet 相關文獻參考的依據。

關鍵詞：TANet、學術網路、網路發展

Abstract

Taiwan Academic Network (TANet) plays a critical role in Taiwan's academic contributions and Internet development. TANet's goal is an establishment of the educational infrastructure, and information integration of teaching and academic research. In this paper, the process of TANet development is reviewed and the current development status of TANet indicated. In addition, TANet's future prospects are illustrated based on past and present developments. The present paper provides an overview for research scholars who are involved in the development of TANet.

Keywords : TANet, Academic Network, Network Development.

1. TANet 沿革

教育部於 1982 年 8 月考量資訊電腦系統的發展,呈報行政院核可後成立教育部電子計算機中心,以推動教育部之行政業務電腦化、促進行政效

率、提升工作品質為主要任務,其後擴及教育部所屬館所及各級學校之教育行政電腦化推動、資訊教育及電腦輔助教學推廣,學術網路的建置等,目前教育部電算中心已建立起基礎的教育行政、教學及學術研究之整合資訊服務網路環境體系,並持續依據技術與環境的演進成長。近年來有許多的研究皆在探討網路科技對教育學習上的影響,如:Sharma and Maleyeff [1]、Englert et al. [2] 與 Eynon [3],這些研究也證實了網路資訊科技發展對教育與學術研究的重大影響與效益。

1990 年行政院核定教育部電算中心所提之「全國學術電腦資訊服務及大學電腦網路計畫」,教育部電算中心即開始規劃建設以 TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) 協定為基礎之台灣學術網路(Taiwan Academic Network; 以下簡稱 TANet),TANet 的網路架構正式誕生。同年教育部顧問室推動實施「校園網路三年發展計畫」,專案協助 12 所大專院校校園網路建設工作,大量促成以 FDDI (Fiber Distributed Data Interface) 為校園骨幹網路及 Ethernet 為校園區域網路之架構,並透過網路整合校園內既有之電腦資源,做為提供學術及教學研究的傳輸管道。

1991 年 7 月教育部電算中心建立完成橫跨全國各主要國立大學之骨幹網路,自此 TANet 才開始逐漸成型,初期規劃 TANet 骨幹頻寬為 56/64kbps,但由於當時的交通部電信總局(現今已分割為中華電信公司)並未全面提供 64kbps 線路,且其價格與 T1 (1.544Mbps) 線路相同,因此除了某些地區須租用 9.6Kbps 或 256Kbps 電路外,教育部電算中心直接租用在當時已經屬於相當高

速的 T1 作為主要的骨幹電路，北至國立台灣大學，南至國立中山大學，TANet 國內骨幹電路全線正式啟用。1991 年 4 月 1 日交通部核准 TANet 之國際電路申請。同年 4 月 4 日與美國普林斯頓大學完成連線簽約，12 月 3 日 TANet 以 64 Kbps 海纜電路與美國普林斯頓大學之 JvNCnet (John von Neumann Computer Network) 完成連接，自此亦確立 TANet 三階層之網路架構：骨幹網路、校際（區域）網路、校園網路。

2. 台灣學術網路架構與運作組織概況

TANet 設置的目的及運作組織所扮演的角色，簡述如下：

2.1 台灣學術網路設置目的

TANet 設置目的是為了提供全國各級學校及研究機構師生的教學研究活動[4]，以相互分享資源並提供合作機會。隨著網路資訊科技的發展趨勢，TANet 服務的層面也逐漸擴大，自 1998 年起國內兩大學術研究機關：中央研究院（計算中心）與行政院國家科學委員會（國家高速電腦中心），亦提供相關合作及共享之資源挹注 TANet，更加速了 TANet 在教育、學習、學術研究等相關領域之應用與發展，健全資訊網路應用環境的基礎平台（Information Infrastructure）。1999 年 7 月起，教育部配合行政院執行擴大內需方案，規劃推動中小學使用 ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) 連線至 TANet，讓資訊教育向下扎根，自此 TANet 已成為串接全國各級學校與相關研究單位之關鍵網路平台，並提供全國各級學校網路及資訊教育所需之網路基礎服務，中小學網路普及化之建設成效為亞洲地區之前鋒。

2.2 台灣學術網路的管理與運作

TANet 的管理組織是「台灣學術網路管理委員會」，其下設置「台灣學術網路技術小組」及「台灣學術網路資訊使用管理小組」，分別負責網路技術與資訊使用管理兩個主要領域。網路運作上則由教育部電算中心負責 TANet 國內及國際骨幹，各

區域性之連接與管理由各區域網路中心及縣市教育網路中心負責。

2.2.1 台灣學術網路管理組織

台灣學術網路管理委員會成員是由教育部、中研院、國科會及各大學負責的區域網路中心學校、部分縣市教育網路中心代表等資訊單位主管及專家學者等組成，並由教育部電算中心擔任總召集。台灣學術網路管理委員會、台灣學術網路技術小組、及台灣學術網路資訊使用管理小組均定期召開會議針對管理及技術上之問題共同研商。

台灣學術網路技術小組係以探討研發網路技術、支援網路運作管理為主，對有關網路基礎建設、維運、管理等有關技術層面事宜研擬相關措施，成員由各區域網路中心、縣市教育網路中心代表等相關技術運作管理人員組成。

台灣學術網路資訊使用管理小組成立的目的是研議相關機制避免 TANet 上大量的未成年使用者接觸不當網路資訊，故以建立不當資訊防範審議機制、過濾系統及輔導宣導等策略為主，並有學術網路上不當資訊的防制措施、爭議的審議、防制技術系統效能及保護智慧財產權宣導推廣活動等相關具體工作成效。不當資訊的管理機制穩定運作後，台灣學術網路資訊使用管理小組亦協助研擬討論 TANet 上資訊使用管理之機制與議題。其成員乃由教育部遴聘政府機關、民意機關、學校、民間公益團體、專家學者等代表組成。

2.2.2 區域網路中心

TANet 目前在全國分為台北、桃園、竹苗、台中、雲嘉、台南、高屏澎、花蓮、台東共 9 個服務區域，分別由台灣大學、政治大學、中央大學、交通大學、清華大學、中興大學、中正大學、成功大學、中山大學、東華大學、花蓮教育大學、台東大學等 12 所國立大學負責區域網路中心的維運服務，各區域網路中心以提供該區域範圍內各縣市教育網路中心及各級學校跨校網路連線、技術諮詢、教育訓練推廣、運作及協調及協助教育部之網路管

理政策向下宣導等任務為主，目前亦擴大對其所負責區域之連線單位的資訊安全協防擔任分區管理的角色。

各區域網路中心亦分別成立「區域網路管理委員會」，由區域網路中心召集所服務區域連接學校及單位代表組成，可在此區域網路管理委員會中討論各地區因地制宜之不同管理模式與技術問題，亦藉此轉達 TANet 管理委員會之相關決議等工作。

2.2.3 縣市教育網路中心

全國 25 縣市之縣市教育網路中心則由各縣市教育局負責，以提供該縣市所屬中、小學校各項網路服務為主，並提供相關教育訓練，協助推動資訊教育等工作；若位於縣市內之大專院校有電路連線介接的需求亦可提供服務。因應中小學網路管理人員流動性較高之狀況，各縣市教育網路中心對轄下中小學有更多的責任與工作，包括：網路使用及網路管理、網路安全與不當資訊防制工作、辦理研討會或技術研習等推廣計畫、提供主機代管服務與諮詢服務等。

2.2.4 校園網路管理組織

各大專校院自行成立校園內網路管理組織，負責該校有關校園網路使用政策、管理、協調及爭議處理等事宜。中小學則依據學校規模大小，設置專責單位或由專人管理負責，但因為中小學網路管理人員之高流動性，各縣市教育網路中心亦提供中小學網路與資訊相關之管理服務與諮詢協助等。

2.3 台灣學術網路架構與演變

TANet 網路架構分三個階層，分別簡述如下：

2.3.1 骨幹網路

骨幹網路分為國內與國際骨幹網路兩部分，國內骨幹網路是連接各區域網路中心與縣市教育網路中心之電路，國內骨幹網路由教育部、區域網路中心、及縣市教育網路中心共同合作建置與維護；國際骨幹網路之建置與維護則由教育部負責。

TANet 國內骨幹網路的底層技術，在創建開始時使用 SDH (Synchronous Digital Hierarchy) 數據專線逐一串接各個區網中心之骨幹架構，如下圖 1，台東師院（現改制為台東大學）與中山大學間使用 9.6Kbps 電路；中山大學到中正大學、中正大學到中興大學、中正大學到教育部均使用 256Kbps 電路；國家高速電腦中心到教育部使用 T3 (44.736Mbps) 電路；交通大學到國家高速電腦中心則因為地理位置相鄰使用 FDDI 線路；其它線路則使用 T1 電路，在這樣的架構下南部地區的區網在傳輸資料到國外時，需要通過其他一個以上的區網節點，增加耗用其他區網節點的對外頻寬，而容易產生骨幹壅塞之情況。



圖 1 1994 年 TANet 骨幹網路架構圖

針對前述之網路架構缺點，1999 年起 TANet 骨幹全面改用當時較新之技術－ATM (Asynchronous Transfer Mode) SPVC (Soft Permanent Virtual Circuit)，採用此一技術的特點是：骨幹上的每個區網節點僅利用一條電路接取至教育部或行政院國家科學委員會國家高速電腦中心(現已改制為國家實驗研究院國家高速網路與計算中心)如下圖 2，教育部與國家高速電腦中心間使用 OC12 (622.08Mbps) 與 OC3 (155.52Mbps) 電路；台東區網及花蓮區網與東部區網間使用 T3 電路外；其它區網的電路均使用 OC3 電路；縣市網路中心部分除了連江縣、金門縣、及澎湖縣使用 T1 電路接回台灣本島外，其它縣市均使用 T3 電路

接取區域網路中心。透過區網中心間這條 ATM 實體電路的 SPVC 技術，可建立起各個區網骨幹節點之邏輯全對應 (Fully Mesh) 虛擬骨幹電路，讓每一個骨幹節點在邏輯上均直接互連，大幅簡化了骨幹網路的複雜度，並在教育部及行政院國家科學委員會國家高速電腦中心兩大骨幹節點之間建立充足之頻寬，以提高頻寬的可用性同時解決前一代骨幹網路容易壅塞的問題。



圖 2 2001 年 TANet 骨幹網路架構圖

2002 年起因為都會網路 (Metro Ethernet) 技術穩定與成熟，TANet 與國內電信業者 (中華電信與東森網網) 合作試行將 TANet 骨幹網路進行改造，利用 Gigabit Ethernet 電路與網路協定的特性，每一家電信業者提供 3 條 Gigabit Ethernet 整合 (port trunking) Layer 2 服務予一個區網中心，以達到提昇數十倍之骨幹頻寬之目的，同時維持每個骨幹節點之間在邏輯上直接互連的優點，並利用兩家固網業者相同數量之線路進行負載平衡 (load sharing) 與備援 (backup)，經過一整年的測試後，2003 年正式租用電信業者之 Gigabit Ethernet 電路，開啟國內都會網路之服務市場。

2005 年迄今則與國家實驗研究院國家高速網路與計算中心合作，將原來租用電信業者的電路改為使用其所建立的台灣高品質學術研究網路 (Taiwan Advanced Research & Education Network; 簡稱 TWAREN) Layer 2 網路環境，網路底層技術仍維持使用 Ethernet 的特性所架構，如

圖 3 所示。



圖 3 2007 年 TANet 骨幹網路邏輯架構圖

TANet 國際電路是以連接美國西岸為主，1991 年為 64Kbps 專線連接 JvNCnet，1992 年擴充為 256Kbps，1994 年再擴充為 512Kbps，1995 年提升為 T1 電路，1996 年提升為 2 路 T1 電路，1998 年提升為 T3 專線，並自該年起與中央研究院及行政院國家科學委員會 (國家高速電腦中心) 合作共構共享國際頻寬，2000 年擴充為 OC3 電路，2001 提升為 2 路 OC3，2003 年提升為 OC48 (2488.32Mbps) 電路。

2003 年起因連往亞太地區的需求日益增加，開始使用 500Mbps 的轉訊服務連往亞太地區，並於 2004 年提升為 1000Mbps。

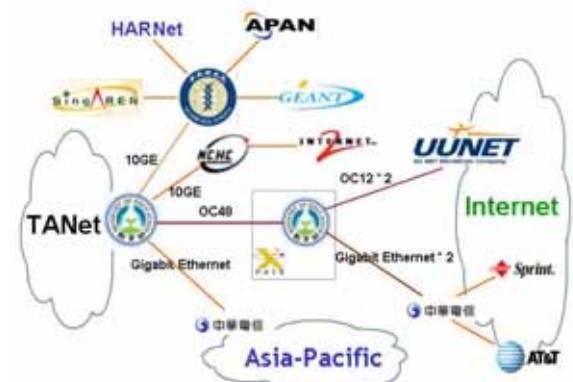


圖 4 2007 年 TANet 國際骨幹網路架構圖

TANet 亦與國內網路業者互連進行國內網路

資訊交流，國內最早的兩家 ISP (Internet Service Provider) 分別是中華電信 (HiNet) 及數位聯合 (SeedNet) 均於 1994 年成立，成立之初分別以 T1 及 Ethernet 電路接取 TANet 互連 (peering)，其後國內各大 ISP 均以不同形式之頻寬與 TANet 分別互連；2000 年起鑒於 TANet 與國內 ISP 互連流量急遽增加，TANet 管理委員會特參考國際上各國之做法朝向多點互連調整，並修訂「台灣學術網路連線原則」[4]，規範與 TANet 互連之 ISP 需採取多點互連，各家 ISP 與 TANet 全省不同區域有 7 個點 (大多數 ISP 選擇教育部、桃園區網、竹苗區網、台中區網、雲嘉區網、台南區網、及高屏澎區網) 以上之連線，開國內多點互連(peering)之先河，大幅降低 TANet 骨幹之負荷，並推動全國網路均衡發展。根據台灣網路資訊中心 (Taiwan Network Information Center；簡稱 TWNIC) 今年第三季之統計，TANet 是國內互連頻寬最大 (已達 101Gbps) 之網路[5]，與國內各大 ISP 互連之頻寬如下表 1。

表 1 ISP 與 TANet 互連頻寬表

ISP 名稱	2002 年互連總頻寬 (Mbps)	2007 年互連總頻寬 (Mbps)
亞太線上	158	5500
和信超媒體	678	11000
中華電信	1068	28901
和宇寬頻	1088	1600
速博	54	4400
數位聯合	370	7000
台灣索尼	0	7000
台灣固網	10	5710
台灣電訊	54	1600
網達國際	54	109

2.3.2 校際 (區域) 網路

校際 (區域) 網路由區域網路中心及縣市教育網路中心分工合作進行維運管理，向上透過國內骨幹電路與其他區域網路中心互相連接，向下則透過各校連接區域網路中心與縣市教育網路中心之

專線連接而形成校際 (區域) 網路。區域網路中心主要服務對象是大專院校及高中職；縣市教育網路中心則負責縣市內中小學，網路中心提供網路連線服務與管理，及相關資訊網路服務。此部份之頻寬亦隨著骨幹網路之提昇，由 T1、T3、OC3 逐漸轉變為現行之 Gigabit Ethernet 電路。

2.3.3 校園網路

學校或學術研究機構內部自建的網路均歸為此類，由各單位視實體環境之大小、應用需求情況、及經費之多寡等因素，建立單位內之網路連線架構，並自行擴充維護之。通常由學校電算中心或資訊中心等類似之單位負責維護管理。

校園網路發展以 Ethernet 技術為主，隨著 Ethernet 技術之提昇，由 10Mbps、100Mbps 提昇至 1Gbps 或 10Gbps，以提供充足之頻寬予校內資訊教育、行政電子化等使用。全台各級學校均有規模大小不等之校園網路，亦皆透過台灣學術網路互相連接。

3. TANet 網路應用趨勢與未來骨幹架構

TANet 的服務對象包含全國各級學校、教育部所屬館所、各縣市縣市教育局、圖書館等共約 4100 個單位，總計使用人數約 400 萬人，平均骨幹網路流量約 2Gbps。

TANet 的發展為國內網路之先趨，因技術之普及、應用面擴大等因素，國內學界與業界之網路發展已逐年拉近，目前 TANet 仍為各級學校推動各項校務行政、資訊教育、數位學習等應用不可或缺之基礎平台。Hofmann [6]與 Lee [7]的研究也指出隨著網際網路愈來愈趨於普遍與流行，透過網際網路為基礎的遠距學習也愈來愈受到歡迎，所以教育部近年來亦積極進行數位學習的發展，包含擴充教學資源內容與數位學習教材，除六大學習網 (歷史文化、自然生態、生命教育、人文藝術、科學教育與健康醫學六大學習資源網[8])、學習加油站[9]

等網站外、亦積極架構數位學習平台、累積台灣國際網路研討會內容與成果，並引導國內大專院校開辦數位學習學分班，將學習與教材等數位化，並透過網路學習革新傳統教學方式。

TANet 骨幹網路未來數年的頻寬使用將持續成長，鑒於目前網路技術的發展方向、電信業者提供服務的狀況與網路設備廠商的產品研發等因素考量，未來幾年 TANet 的骨幹技術仍將使用 Ethernet 的基礎架構不變，但頻寬將採用 10 Gigabit Ethernet 或 Gigabit Ethernet 多條整合（port trunking）之成熟穩定的技術，以達到高頻寬擴充且維持現有各骨幹節點邏輯架構的均衡與單純化之優點，未來 TANet 架構將與現行相似，如下圖 5。



圖 5 未來 TANet 骨幹網路邏輯架構圖

4. 結論

TANet 對於台灣網路的發展不僅扮演了相當重要的基礎，同時對於學術交流、資訊分享與合作也有相當大的貢獻。Pietro [10] 研究顯示，透過知識內容的分享與交換對於學習成效有具體的幫助與提升。另外，支援我國縮短數位落差的政策亦是政府施政重點工作之一，也是世界各國均積極推動的方向之一[11]。從高山到海邊，網路世界無遠弗屆，尤其近年來教育部積極推動「創造偏鄉數位機會」，已將網路應用普及到各偏鄉、部落，未來將持續利用 TANet 環境發揮縮減數位落差的成效，擴大 TANet 基礎網路環境之應用。然而茲因網路

的普及、民眾資訊技能的提昇，衍生網路社會的法律問題，如隱私權與智財權等也逐漸浮現，這類問題教育部正擬定相關措施因應，學校方面亦需積極進行宣導教育並訂定相關管理辦法。

TANet 的未來運作重點仍將持續擴充頻寬，並維持網路高穩定性，以支援校務行政、資訊教育、數位學習與縮短城鄉數位落差之應用需求，為我國教育單位提供穩定且高品質之網路服務。

參考文獻

- [1] Sharma Preeti and Maleyeff John, "Internet education: potential problems and solutions," *The International Journal of Education Management*, Vol. 17, No. 1, pp. 19-25.
- [2] Englert Carol Sue, Zhao Yong, Collings Natalia, and Romig Nancy, "Learning to Read Words: The Effects of Internet-Based Software on the Improvement of Reading Performance," *Remedial and Special Education*, Vol. 26, No. 6, pp. 357-371, 2005.
- [3] Eynon Rebecca, "The use of the internet in higher education: Academics' experiences of using ICTs for teaching and learning," *Aslib Proceedings*, Vol. 57, No. 2, pp. 168-180, 2005.
- [4] 教育部網站 <http://www.edu.tw>
- [5] 台灣網路資訊中心 <http://map.twnic.net.tw>.
- [6] Hofmann Donald W. "Internet-based distance learning in higher education," *Tech Directions*, Vol. 62, No. 1, pp. 28-32, 2002.
- [7] Lee Yao-Kuei, Tseng Shih-pang, Liu Feng-Jung and Liu Shu-Chen, "Antecedents of Learner Satisfaction toward E-learning," *Journal of American Academy of Business*, Vol. 11, No. 2, pp. 161-168, 2007.
- [8] 六大學習資源網 <http://learning.edu.tw>

- [9] 學習加油站 <http://content1.edu.tw>
- [10]Pietro Orlando De and Apprato Francesco,
“Advanced Technologies for Contents Sharing,
Exchanging, and Searching in E-Learning
Systems,” International Journal of ELearning,
Vol. 3, No. 3, pp. 5-12, 2004.
- [11]Nair Mahendhiran, Kuppusamy Mudiakaran, and
Davison Ron, "A Longitudinal Study on the
Global Digital Divide Problem: Strategies to
Close Cross-Country Digital Gap," The Business
Review, Vol. 4, No. 1, pp. 315-326, 2005