

交通大學網路發展歷程與現況介紹

劉大川

交通大學 計算機與網路中心

E-mail : ltc@news.cc.nctu.edu.tw

摘要

交通大學網路與台灣的學術網路一起成長，從完全依賴學術網路到多元化，本文將演變過程與大家分享。交通大學參與台灣網路發展，以學校經費購買設備，建立扁平化的校園網路，以學生網路代辦費租用電路，建構自有獨立的國內、外骨幹，滿足師生現代化網路需求。大多數學校建構多層次校園網路，使用教育部 TANet 與國網 TWAREN 國內骨幹，使用中研院 ASNET、教育部 TANET、國網 TWAREN 國際電路。交大使用學校經費，學生代辦費與其它學校類似，提供網路服務卻有差別，網路現況應予記錄，過程可供參考。

關鍵詞：台灣學術網路、交通大學、校園網路骨幹、國內電路、國際電路、ISP 交換電路。

Abstract

In this paper, we will briefly give some descriptions about the historical development of the Internetworking environment on the campus network of National Chiao Tung University (NCTU). Originally, we had been a pure regional center (i.e., Hsinchu/Maoli POP) for TANet only (i.e., reaching the Internet through the single outgoing connection to TANet). Now we have multiple Internet connections to many local ISPs (e.g., TANet, TWAREN, HiNet, etc.), including one international backbone connection to United States. It is supposed that these experiences could be used for sharing with the interested people on the issues about designing and deployment of network services.

Keywords: campus network, international backbone, ISP, NCTU, TANet/TWAREN

1. 前言

交通大學(以下簡稱交大)網路伴隨台灣學術網路(Taiwan Academic Network, TANet)[1]一起成長，從完全依賴學術網路到多元化出口，本文將演變歷程與大家分享。

台灣學術網路曾經是台灣唯一的 ISP，台灣在亞太地區發展 Internet 僅次於日本，交通大學參與台灣網路發展，以學校經費購買設備，建立扁平化

的校園網路，以學生網路代辦費租用電路，建構自有獨立的國內、外骨幹，滿足師生現代化網路需求。大多數學校建構多層次校園網路，使用教育部 TANet、國網 TWAREN 國內骨幹，使用中研院 ASNET、教育部 TANET、國網 TWAREN 國際電路。

交大網路採開放式管理，不限制網路應用，不限制頻寬，不限制使用量，不限制 IP 數量。建構不集縮之骨幹，使用不受干擾的路由器、交換器，讓內外攻擊穿過骨幹，是交大網路建設原則。交大使用學校經費，學生代辦費與其它學校類似，提供網路服務卻有差別，網路現況應予記錄，過程可供參考。

2. 交通大學網路發展歷程

2.1 設計理念

交大認為開放的網路才能激發師生創意，不受限制的網路才不會產生各種網路維運問題。網路建設必須維持領先國內外業界，領先其它學校，預判網路潮流，才能創造網路未來。

交大網路經過五代更新(如底下表一)，交大網路維運經驗都反應在下一代網路規劃、建置上，交大網路架構配合交大網路維運理念，是交大網路維運成本低的原因。網路架構沒有絕對優劣，好壞要看如何使用。

表一. 交通大學五代網路發展沿革

1. 第一代網路	使用 3Com [3] Multi-Mode repeater 骨幹，採兩層架構。
2. 第二代網路	使用 Cisco [4] AGS+ FDDI router，採兩層式架構。
3. 第三代網路	使用 Cisco ATM switch 搭配 ATM router，採兩層式架構。
4. 第四代網路	使用 3Com Gigabit switch 搭配 100 Megabit Ethernet router，採兩層式架構。
5. 第五代網路 (2003/12/31 迄今)	使用 Cisco Gigabit router 採一層式架構。

補充說明

- 2007/6/1 宿舍網路改採雙套服務，使用者可自由選擇一般宿網(10/100 4.8:1)與寬頻測試網路

實驗平台(10/100 集縮比 2.4:1, 10/100/1000 集縮比 24:1)。

- 交大校內網路未來規劃：行政網路滿足資安要求。系所網路繼續採用 bus 架構，擴大頻寬，提供多元化服務。規劃宿舍 bus 架構、不會互相干擾的 FTTB [5] star 架構及寬頻測試網路實驗平台，三種架構同時並存，使用者可以隨時自由選擇切換。
- 對外網路：維持多元化出口，內外 router 間添購 router，做路由策略判斷。

2.2 五代交大校內網路架構

交大網路經過五代更新(如表一)，底下簡單說明如後：

第一代 3COM 光纖 repeater 兩層架構，左邊一台 core repeater 全部接 MM st 接頭光纖模組，右邊接 12 台 edge repeater，每台一片 MM ST 接頭光纖模組，外加多個 RG58 模組。第二代四台 CISCO AGS+ 以雙環 FDDI 串接，每台以四 port 10MB Ethernet 銜接 FOT 轉各館舍 repeater 第三代以一台 CISCO 1010 ATM switch 銜接兩台 CISCO 7513 兩台 CISCO 7200 兩台 CISCO 8510 再轉 10MB Ethernet 轉 FOT 接 repeater 到各館舍。第四代二台 core 3Com CB9000 各以 10 port 1GB SM 銜接十台 edge 3COM CB9000 銜接 10 port 100FX 或 12 port 100TX，共約 300 port。第五代以一台 core CISCO 7609 以 40G 銜接四台 edge CISCO 7609 轉 800 port 1G SM 轉 layer2 switch。

2.3 交大國內電路發展沿革

在 2002 年交大建設 2.5G 專屬國內電路連接陽明大學、教育部電算中心、交大台北管研、中央大學、交大新竹校區。後因交大師生 TANET 頻寬用量過大，影響其它學校使用 TANET 權益，在徵得教育部諒解後，開始購買國內電路與各區網直接交換訊務，不再大量使用 TANET 骨幹。必要時交大電路也提供 TANET 區網電路備援。因限於經費數量及來源限制，交大僅能同時提供兩個區網手動電路備援。

從 2005 年起為降低國內電路租金、設備、維運成本，交大不再購買專線，只購買 VPN 電路，由電路供應商提供多點銜接服務，備援也由電路供應商負責，各銜接點路由器設備購置維運成本因使用 VPN 骨幹而大幅降低。交大國內骨幹網路架構單純化之後，網路穩定性大幅提高。在兩年期間國內 VPN 骨幹不曾發生故障，接取端電路發生過一次供應商維運疏失，有三點斷網三到五小時。由於 VPN 不像專線提供保證頻寬，但規模大的電路供應商，會提供骨幹保護電路，VPN 電路品質不如專線，但用於 Internet 因路由不穩定、網站服務不佳、病毒攻擊產生之不穩定性遠大於 VPN 與專線

品質差異，高品質的專線用於 Internet 效益並不明顯。VPN 實際成交價比專線低，成交價格跟市場競爭、購買頻寬多寡、多點互連要求與品質要求相關。

購買國內外專線自己維運，網路品質掌控在自己手上。購買國際頻寬，購買國內 VPN，網路品質掌控在電路業者手中，因此電路規格，品質監測方式，必須在 VPN 合約中敘明。

2.4 交大出國電路的沿革

如圖 1，交大網路對外網路目前有多元化出口，整個發展過程，並非一朝一夕完成。底下表二，簡單記錄，這些年來，我們在交大發展的主要歷程。

歷年來交大以購買保證頻寬方式取代購買專用電路及美國交換，以市場價格的 20%-25% 取得類似服務，降低交大維運國際電路的人力及減少設備支出，但交大失去在國內外直接宣傳的機會，也失去了在 Internet 國際社群直接交換技術的機會。

表二. 交大出國電路的沿革

1998	交大從 1998 年開始在 TANET 之外自己尋求出國電路，租用 HINET ADSL 1536/384 固定 IP ADSL 十條，提供師生 proxy 服務。
2002	交大為促進國際化由校務基金每年支付 1600 萬購買國際電路，當時市價 STM1 到美西電路年租金 1600 萬，經由市場競爭，交大評估後放棄購買台灣到美西實體電路及交換服務，改為購買國內接取國外保證頻寬，以 800 萬購買了兩條 STM1 國際電路保證頻寬。
2003	以 800 萬購買了 310M 國內接取國外保證頻寬。
2004	以 638 萬購買了 310M 國內接取國外保證頻寬。交大取得學生諒解，與學聯會協議以每人每學期一千元代辦費，委託學校在 TANET 之外購買電路，供師生教學研究之用。
2005	以 980 萬購買了 620M 國內接取國外保證頻寬。
2006	第一季以 360 萬購買了 1250M 國內接取國外保證頻寬。第二三四季以 720 萬購買了 1250M 國內接取國外保證頻寬。
2007	以 1200 萬購買了 1600M 國內接取國外保證頻寬。

3 交通大學網路架構現況與規劃

交大各館舍光纖以雙迴路 96 蕊單模光纖 (Single Mode Fiber, 以下簡稱 SM 光纖) 集中佈纜到本校計算機與網路中心。光纖網路主要應用有 Internet 骨幹、集中式無線網路骨幹、宿舍網路測試平台骨幹、校園門禁系統骨幹、校園監視系統骨幹、校園分散式交換機骨幹。

交大各館舍 Twisted pair 採集中式佈線，視建築物大小，佈線點數多寡，集中到弱電機房，弱電機房跨樓層佈放 Twisted pair，以佈線距離不超過 80M，盡量減少機房數量為原則。交大館際光纖銜接各館舍弱電機房，layer 2 switch 集中置於弱電機房，UPS、Power over Ethernet 集中到弱電機房。各行政單位、各館舍提供經費由計中設計、規劃，由各單位發包、維運。宿舍由學務處使用宿舍費專案建設，計中規劃、設計、建設，與學務處共同維運。

交大 layer 2 switch 採一層式架構，每台 switch 以 1GB 的 SM 光纖連往核心路由器，宿舍使用 CISCO 2950、系所使用 3COM 4400，共約 800 台 layer2 switch，35000 port。網管程式、IP MAC 追蹤程式，併入採購案由廠商開發、提供五年維運服務。只要配合開發網管模組，整合進網管程式、IP MAC 追蹤程式後亦可使用其它品牌 switch。

校園網路內部連線架構

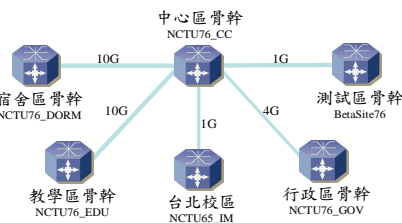


圖 1: 交大校園網路內部連線架構圖

交大校內使用五顆 CISCO 7609 layer3 router，共約 800 port 1G SM 介面，五顆 layer3 router 分別扮演：核心路由器(CC7609)、系所專用路由器 (EDU7609)、宿舍網路專用路由器 (DORM7609)、行政網路專用路由器 (GOV7609)、宿舍網路測試平台專用路由器 (BETA7609)。對外網路使用三顆 CISCO 7609、兩顆 CISCO 6509 layer3 router，分別扮演：出國專用路由器 (NCTU7609)、新竹 ISP 交換中心專用路由器 (HCIX7609)、教育部路由器 (TANET6509)、國網路由器 (TWAREN7609)、交大台北管研專用 (TPIM6509)。

交通大學對外連線架構

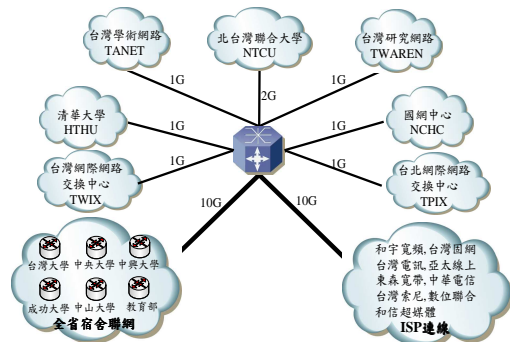


圖 2: 交通大學對外連線架構

如圖 2 與圖 3 所示交大對外網路有多元化出口，自有出國電路經 TWGATE 轉國外、自有國內骨幹銜接 TANET 九個區網及兩所大學、新竹 ISP 交換中心、TANET 竹苗區網、TWAREN 交大 POP、直達 TWIX 交換中心電路、直達 TPIX 交換中心電路。交大對外電路以不集縮為原則，尖峰負載達到 50% 就開始擴充頻寬。

北台灣聯合大學連線架構

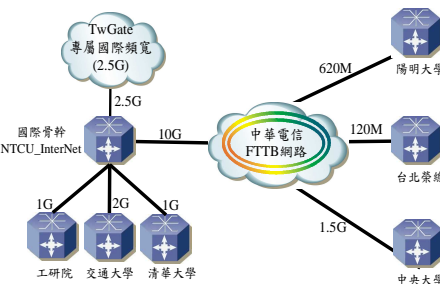


圖 3. 國際頻寬與連線架構

交大每天計算約有 18000 個 IP 在 Internet 上，每月約有 25000 個 IP 在 Internet 上。交大對外頻寬學期間尖峰約為 8GB，寒暑假尖峰約為 6GB。對外電路詳情，請參閱底下表三。

表三. 2007 年交大對外電路概況

學網連線電路	TANET 竹苗區網 1GB TWAREN 交大 POP 1GB
交大付	出國電路：1.6G/2.5G TWGATE 國內骨幹：教育部 3G/10G，台大 1.25G/10G，中央 1.5G/10G，交大 2.5G/10G，中興

費電路	1. 25G/10G, 成大 1. 25G/10G, 中山 1. 25G/10G, 交大台北管研 1G/1G, TWIX625M/1G, TPIX625M/1G, 陽明大學 620M/1G, 中正大學 500M/1G, 東華大學 300M/1G, 宜蘭大學 200M/1G, 台北榮總 120M/1G, 台北 ADSL ATM STM1, 新竹 ADSL ATM STM1, 台北網管中心 10M/100M,
ISP 交換電路	EBT/APOL 東森寬頻/亞太線上 AS7482 2G GIGA 和信超媒體 AS9416 2G HINET 中華電信 AS3462 3G KGEX 和宇寬頻 AS9918 1G SEEDNET 數位聯合 AS4780 1G SO-NET 台灣索尼通訊 AS18182 1G TANET 教育部 AS1659 13G TFN 台灣固網 AS9924 1G TPIX 台北網際網路交換中心 AS9831 1G TTN 台灣電訊 AS4747 1G TWAREN 台灣高品質學術研究網路 AS7539 2G TWIX 台灣網際網路交換中心 AS7481 622M

4. 實作與問題探討

4.1 網路沿革

為節省網路設備成本，交大第一代光纖為 12 蕊 MM star 佈線。為配合 FDDI 100M 骨幹 10M Ethernet 支線，第二代光纖為 12 蕊 MM 內環外 star 佈線。因應 ATM STM4 與 Gigabits Ethernet MM 光纖距離限制及設備價格差距，第三代光纖為 12 蕊 MM 12 蕊 SM star 集中式混合佈線。考慮 10G、1G Ethernet 降價，及 MM 設備距離限制，目前使用 96 蕊 SM star 集中式佈線。

交大第一代網路設備使用 3COM Repeater 兩層 switch 架構，搭配校園光纖，領先全球建構 4000 台電腦的 Ethernet 宿舍網路。因網路規模，Bridge mode 引發管理問題。

第二代網路改採 CISCO AGS+ FDDI router 以分 subnet 解決廣播風暴問題，以 FDDI 提高骨幹穩定，解決骨幹交換頻寬擁塞。部分 server 使用 FDDI 介面。第二代網路因骨幹交換頻寬不足而更新。

第三代網路採 ATM switch 搭配 ATM router 解決交換頻寬擁塞問題，部分 server 使用 ATM 介面。第三代網路因交換頻寬不足，及 ATM STM4 與 Gigabits Ethernet 設備價格差距拉大而更新。

第四代網路採 3COM switch router，核心採 Gigabits layer2 switch，週邊採 1G up link 100M down link Ethernet router，提供 300 port 100M routing port。因 router 無法處理本身及連線電腦網路遭受攻擊、病毒，引發維運困難而再次更新。

第五代網路累積維運經驗，考慮系統穩定性，採集中式 96 蕊雙迴路 star 怖線，改採一層式 router 架構，簡化網路，降低 router 負擔，採多

port(約 200 port 一台) 1G router 以 720G 背版交換能力降低 10G uplink 需求，避開 router 大小介面流量轉換集縮，提高 router 維運穩定性。

未來因應網路行為改變，平均封包 size 從 1998 年 512 bytes 降低到 2007 年 100 bytes。1998 FTP 佔 70%，2003 WWW 佔 70%，2007 P2P 佔 90%。因應 ARP 攻擊、廣播攻擊，必須縮小 subnet size，才能降低互相影響。低互通需求的宿舍網路應改採 FTTB 保證頻寬、不互相干擾 star 架構的網路。P2P 盛行，低集縮比的網路才不會擁塞。

4.2 網路設計與實作探討

表 4. 網路設計與實作原則

1. 電路頻寬整體規劃	校內頻寬規劃 校外頻寬規劃 頻寬單位成本 頻寬採購時機 固網、設備廠商競爭與痛苦指數 網路宣傳效益 頻寬使用率高低 (100%、90%、50%、30%) 頻寬與單價
2. 設備、電路備援規劃	要多少 layer2 switch 備品(故障率、需求成長、採購時機與單價) 要多少 layer3 router 備品(故障率、需求成長、採購時機與單價) 故障率高低與規劃、設計、管理、維運密切相關。 自己做多路由備援，使用高可靠度電路。
3. 設備容量整體規劃	考慮設備故障機率(個別零件故障機率) 可容忍斷網時間長短 備品數量與通用性(機箱、主機板、介面卡) 備援計畫與備援計畫本身的風險評估 考慮網路需求成長 擴充時機：技術成熟期、搭其它單位採購便車、讓其它單位搭採購便車、創造需求、導引風潮 擴充數量 擴充與新購經費差異

4.3 網路建設維運費用

表 5. 網路建設維運費用

設備支出	共計 NT\$ 120,000,000 宿舍費支援宿網建設 NT\$ 2,400,000 系所校內單位大頻寬網路建設分擔款 NT\$ 3,000,000 台灣聯合大學系統支援網路設備 NT\$ 3,000,000 計算機中心預算 NT\$ 2,600,000
每年經常性網路維運收入	共計 NT\$ 39,600,000 學生代辦費每人每學期 NT\$ 1000 每年共計 NT\$ 2,600,000 台灣聯合大學系統電路分擔每年 NT\$ 5,600,000 交大全校委託計畫支援網路建設維運計畫業務費 1% 每年共計 NT\$ 8,000,000
電路租金支出	國際電路每年 NT\$ 1,200,000 國內電路每年 NT\$ 1,468,000
其它支出：	專職一人、機櫃八櫃、router 八台

5. 維運狀況分析及處理

5.1 交大常見網路狀況統計與分析

交大因網路規劃簡單化，大幅降低設備故障率，相對突顯交大網路環境(水、電、空調)故障率高。佈放集中式大量光纖，規劃簡單的網路架構，使用穩定的設備，避開複雜的設定，不超限使用設備，多層防堵網路攻擊與病毒，即時發現故障，良好的維運，與使用者密切溝通，可以大幅降低網路故障率。

表 6. 交大常見網路狀況統計與分析

1. 交大網路故障原因	環境故障-空調、電力(佔 90%) layer3 設備故障(佔 0%) layer2 設備故障(佔 1%) 病毒攻擊(佔 5%) 對外路由不正常(佔 1%) 對外電路故障(佔 1%)
2. 近年網路品質分析	目的地網站問題(佔 40%) ISP 路由策略錯誤(佔 40%) 區域網路中毒、後門(佔 10%) 個人電腦中毒、後門(佔 10%) 交大校內骨幹故障(佔 0%) 交大校內路由不正常(佔 0%) 交大校內骨幹頻寬不足(佔 0%) 交大對外頻寬不足(佔 0%)

5.2 網路維運建議

設計、規劃、維運負責人必須經常使用自己的網路。並遵循標準的問題處理作業程序，才能維持良好的網路運作品質。

表 7. 網路維運建議

1. 日常監測	『測試』與『使用』不同。 『使用』是最佳監測工具。 『客戶服務』是快速、有效、價廉的網管監測。『傾聽使用者心聲』 『接納使用者建議』『協助使用者解決問題』才會有人願意繼續提供建議。
2. 網路品質不良處理程序	確定上網 IP、作業系統、應用程式。 確定目的 IP、應用程式。 雙向 traceroute 提供每秒一次、連續 100 秒、64byte 512byte ping elapsed time 與 lost rate 具體描述網路異常狀態 從計中、HiNet 對兩點監測 複製異常狀態 研判可能問題點、轉相關協力廠商、轉相關 ISP

6. 結論

Internet 除了生活化服務之外，最重要在縮短城鄉差距、地理距離，打破國界，增加國際觀。透過電視我們與國際接軌，透過 Internet 個人可與國際密切互動。台灣需要國際化，網路是最廉價的工具。

網路使用者並不介意網路架構，也不關心使用何種品牌網路設備，只關心費用與網路使用限制、效率、品質、頻寬。建構有效率的區域網路可以降低網路外需。要滿足使用者，拓寬對外頻寬才能治本。要降低對外頻寬租金，掌握關鍵資訊，提供外界網路服務，吸引其它網路免費交換，可以降低付費電路需求。聯合採購電路，擴大需求，是採購技巧，在電路租金市場，需求量大租金單位成本降低幅度比其它領域明顯。提供自由開闢不受限制的網路環境，新興網路應用會自動醞釀，對於學校教學研究幫助很大。

參考文獻

台灣學術網路(TANet)概述,
http://www.edu.tw/EDU_WEB/EDU_MGT/MOEC/EDU_0688001/tanet/environ/introduction.html
台灣高品質學術研究網路(TWAREN),
<http://www.twaren.net>
3Com, <http://www.3com.com>
Cisco, <http://www.cisco.com>
FTTB (fiber to the building),
http://en.wikipedia.org/wiki/Fiber_to_the_premises
TWIX (臺灣國際網路交換中心),
<http://www.twix.net>
TPIX(台北國際網路交換中心),
<http://www.tpix.net.tw>