

新世代網際網路的藍圖 (Envisioning Next Generation Internet)

林盈達 許乃斌

國立交通大學資訊科學系

新竹市(300)大學路1001號

TEL:(03)5731899

FAX:(03)5721490

EMAIL: ydlin@cis.nctu.edu.tw, gis84811@cis.nctu.edu.tw

摘要

從 1969 年發展至今的網際網路(Internet)，已經由實驗性的研究成果普及至教育和商業環境，它的成功卻也加速顯現其發展的瓶頸。具數百萬節點及上億使用者的 Internet，必須進行大幅度的改造，才能像電話一樣普及，事實上這些改造的研發工作也從未間斷。1996 年 10 月，全美三十四所大學宣佈合作建造 Internet2，加速此迫切的改造。1997 年 2 月克林頓(Clinton)政府也提出新世代網際網路 NGI(Next Generation Internet)計畫，以配合延伸 Internet2 的構想。

本文主要分成三個部份；第一部份於第一節敘述，主要探討這些行動的動機背景與技術問題，包括 Internet 目前所遭遇的問題：位址、效益與安全性問題，及所需要的解決技術，如 RSVP、RTP、IPv6、ATM 和 SONET 等；第二部份於第二、三、四和第五節敘述，將分析 Internet2 及 NGI 計畫推動的策略與執行方式，包括再次使用第一代 Internet 的成功經驗：產官學合作關係及公開的技術研發，還有計畫的組成、目標、架構和進度，及尚待研究的問題；第六節為第三部份，將回首檢視台灣的策略規畫，分析台灣在這一波網路革命行動中的弱點，並建議類似該計畫的推動方式。

1. Internet的問題及解決技術

我們可以想像，新世代 Internet 與目前 Internet 的不同程度，就像是目前 Internet 與電話系統的差異，同樣具有革命性。也就是說新世代的 Internet 必須能夠展現全新的風貌。比如目前 Internet 使用盡力式服務(best effort service)來處理所有的應用，然而在新世代 Internet 卻強調服務品質(Quality of Service, 簡稱 QoS)、高頻寬(現有頻寬的 100 至 1000 倍)及先進功能(包括群播 multicast、安全性 security、和可移動性 mobility 等)，而且是在廣域(wide area)、端點至端點(end-to-end, desktop-to-desktop)的環境下[1NGIconcept]。表一中比較了電話網路、目前網際網路(Internet1)及新世代 Internet2 的主要基本差異。

爲了說明新世代 Internet 的所需的技術，我們必須先了解目前 Internet 的技術問題。

DARPA 當初訂定的網際網路協定分成網路層、IP 層、傳輸層、和應用層等[1]。目前的 IP 層使用 IPv4 協定(版本 4)，傳輸層使用 TCP 或 UTP 協定。而其所面臨主要的問題可敘述如下；

	技術	服務	特質
電話網路	電路交換	單一	保證式窄頻
Internet1	封包交換	多	盡力式

Internet2	封包/電路交換	更多	在廣域端點至端點提供寬頻 QoS 等先進功能
-----------	---------	----	------------------------

表一：電話網路、Internet1 及 Internet2 的基本差異

1. IP 定址空間飽和。未來無線網路更使得 IP 位址需求量增加。
2. 網路服務無類別等級，造成某些應用(如即時性視訊或音訊服務)受到限制。
3. 定址缺乏彈性。目前網路只有單址傳送(Unicast)或全數廣播(broadcast)，並無內建的群播服務。
4. 無安全措施，只能靠上層應用程式提供。

新一代 IP 協定 IPv6 訂有 128 個位址位元，根據[5]推算，新協定至少可以提供地球上每平方公尺 1560 個位址，解決 IP 位址飽合的窘境。另外，IPv6 定義從特定送端至一或多個特定收端的一連串單向封包稱為流(flow)，不同的流有不同的標識(label)，用以辨別可使用多少頻寬速率、封包容許延遲、或延遲差異等。還有 16 層次優先權，分成擁塞控制(0-7)與非擁塞控制(8-15)兩類。依資料性質指定不同的優先權。

IPv6 提供多種位址種類，主要有單址傳送、任址傳送(Anycast)和群播。單址傳送的封包僅送給特定位址。任址傳送表示該封包只需送達某群(或某子網路)中任一主機或路由器即可。群播封包則需要送給某群內的所有組員。

IPv6 的安全措施是靠認證標頭(AH)和 ESP 標頭所提供。所謂認證是確認驗證所收到的封包內容資料的確完全由標頭所標識的送端所送出，並未遭其他主機仿冒或篡改。送端附加 AH 可使收端對此封包進行認證，並確認其完整性。ESP 標頭可提供資料的保密性和完整性，確保不被外人竊聽。認證、加密和解密的方法可由收送雙方決定。

TCP 協定可傳送及保證送達網際網路上的突發性資料(bursty data)，但卻無法支援群播和有效保證即時性資料，因此 IETF 訂定了 ISA (Integrated Services Architecture)標準協定組，其中包括了 RSVP(Resource Reservation Protocol)協定來解決此問題。RSVP 協定可以對某特定流在端點與中間的路由器建立並保持其服務品質，其主要定義了應用服務如何預約及釋回網路資源，使得網際網路有能力來保證資料傳送的服務品質(QoS)。以協定層次的角度來看，RSVP 是為應用程式和 RTP 協定(Real-time Transport Protocol)來做資源預約的工作。RTP 協定上層包容各種服務應用協定，RTP 封包單純只負責載運各種服務應用的資料至用戶端，如視訊服務有 MPEG、JPEG、H.261 標準等，或音訊服務的 PCM、GSM 等。

ATM(非同步傳輸模式)為在寬頻網路上使用定長封包(Cell)快速交換(Fast switching)的傳輸模式，採用點對點架構，提供 QoS 保證，並有不同性質的調適協定，很適合多媒體傳輸。至於其實體傳輸系統大多採用 SONET(同步光纖網路)，可選擇不同的速率介面(如 51.84、155.52、466.56、622.08、...Mbps 等)。利用 SONET 同步訊框來載送資料以及傳輸設備間的控制與管理。

下一節將比較攸關新世代 Internet 的兩大計畫—Internet2 與 NGI，並大致說明其推動策略。

2. 計畫推動策略

	Internet2 計畫	NGI 計畫
執行期間	1997 - 2002 年	1997 - 2002 年

主導方式	大學自發參加(橫向)	聯邦政府(縱向)
參與單位	大學：由 34 所增至 109 所 政府單位：NSF 為主 廠商： Advanced Network Services Cisco Fore Systems IBM	大學：公開 政府單位： DARPA(國防先進研究中心) DOE(能源部) NSF(國家科學基金會) NASA(太空總署) NIST(國家標準及技術署) 廠商：公開
主要經費來源	1) 大學 50M/年 2) NSF 的 vBNS/HPC 及 GOALI 經費 3) NGI 計畫經費 4) 廠商 20M/年	1) 政府 100M/年 2) 參與政府單位原有計畫研發經費 3) 參與廠商配合款
初期目標	1) 參與大學以 vBNS 及 GigaPoP 連接 2) 發展測試 IPv6 及 RSVP 等協定	1) 整合政府各單位的高速骨幹 testbeds 2) 建立及啟動產官學研合作關係
主要目標	1) 由盡力式服務演進至 QoS 服務 2) 支援即時高頻寬及具先進特性應用	1) 高效能(100M)及超高效能(1G) 點對點連線 2) 先進網路技術 3) 新應用展示
終極目標	技轉廠商維持美國技術領導地位	技轉廠商維持美國技術領導地位

表二：Internet2 與 NGI 的綜合比較

表二將大學推動的 Internet2 計畫及政府推動的 NGI 計畫內容作一綜合比較([2、3、4、10]整理歸納)。這兩個平行運作計畫的終極目標，都是想利用 Internet 成功的經驗，再次運用在新世代 Internet 的推展上。也就是運用產官學合作的模式，以及公開的技術研發，並由廠商提供計畫所需的設備平台，政府及大學出資，建構跨校及跨部門的實驗網路環境。然後再向政府機構申請計畫經費，合作研發測試新的網路技術及新的應用。廠商也須提供贊助款項，最後研發測試的結果被移轉成商品。如此不但完成建構新一代 Internet，同時也確保了美國廠商在網路市場的領導地位。

整個進行的步驟是先建構網路平台，再發展中上層網路協定，並開發及展示新的應用，最後由參與廠商將計畫成果商品化。Internet2 計畫與 NGI 計畫的主要不同點乃在於；Internet2 由大學院校主導，自己必須投入經費，當然也可以向政府機構申請經費(包括負責 NGI 的政府部門)，網路連接也僅限於參與院校，用來開發各種寬頻網路技術與應用，而此 Internet2 雛型(Prototype)亦將為 NGI 計畫所採用及推廣。反觀 NGI 計畫則由五個政府機構(DARPA、DOE、NSF、NASA、及 NIST)推動。因為這些部門已有各自的實驗寬頻網路平台，以支援他們的研究計畫。每年一億美元的政府經費將分配給這五個部門，一部份用於整合、延伸這些實驗網路以及網路上實驗計畫；一部份用於支持 Internet2 參與學校和廠商結盟所進行的研究計畫，開發先進網路服務技術。

如前所述，Internet 的兩個主要成功因素是一產官學合作及公開化的技術研發。同時這兩個因素也造就了許多公司的成功 (如 Cisco、Sun Microsystems 等)、公用軟體標準

(TCP/IP) 的廣泛使用、及公開化技術交流的標準組織(如 IETF—Internet Engineering Task Force)等。對於新一代的 Internet 而言，相關研發行動已進行多年，有些技術已經成熟，有些則仍是熱門的研究話題，尙未定案。Internet2 計畫及 NGI 計畫的投入，只是催化這個演進過程，也就是加速產官學結盟的形成、加速技術的標準化及縮短給廠商的技術移轉。

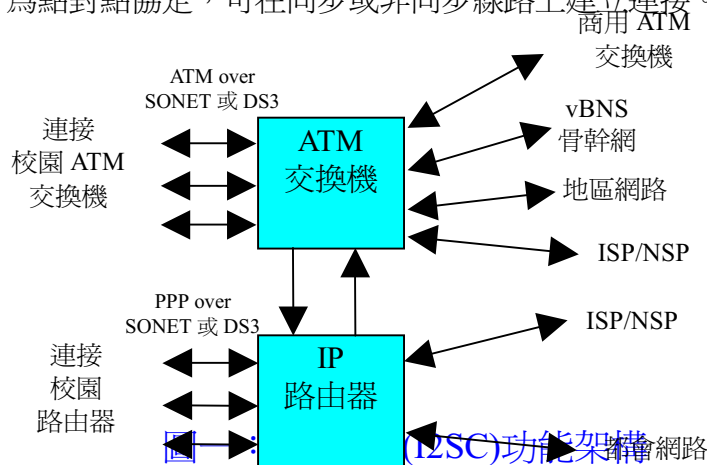
3. Internet2計畫

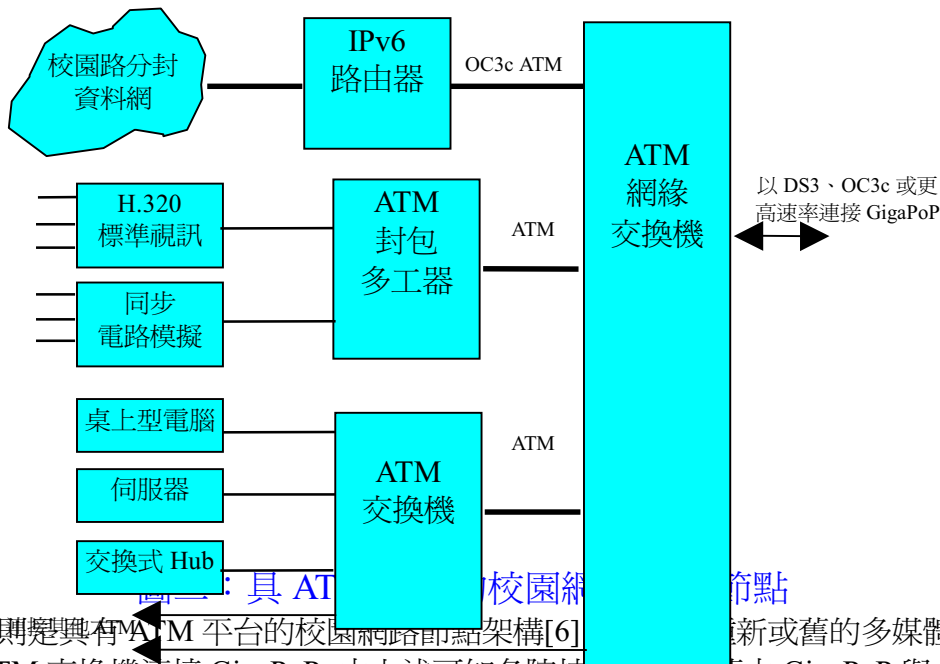
參與單位

參與 Internet2 計畫的大學，以繳交會員費加盟方式進行這項計畫。目前的 109 所大學預計每年募集 50M(5000 萬)美元，另有四家廠商(Advanced Network & Services、Cisco、Fore Systems、及 IBM)成爲企業伙伴(Corporate Partners)，還有許多企業贊助者(Corporate Sponsors)和企業會員(Corporate Members)，將每年贊助 10M - 20M)美元[2]。而政府部門初期將由 NSF 負責支援，NSF 提供了 HPC(High Performance Connections)計畫[8]及 GOALI(Grant Opportunities for Academic Liaison with Industry)計畫[4]。大學可申請 HPC 經費，以連接至 Internet2 初期的骨幹網 vBNS(very high speed Backbone Network Services)，vBNS 爲 NSF 委託 MCI 通信公司提供的 OC-3 /12(155.52/622.08 Mbps)ATM 及 SONET 商業網路[9]，大學與廠商的結盟也可以申請 GOALI 經費進行 Internet2 相關研發計畫。NGI 在 1998 年推動之後，其他政府部門也將推出各種規畫(Program)以鼓勵產學結盟的計畫。但相對於第一代 Internet，參與 Internet2 的會員和機構單位過多，將造成計畫推動與管理上的一大挑戰。

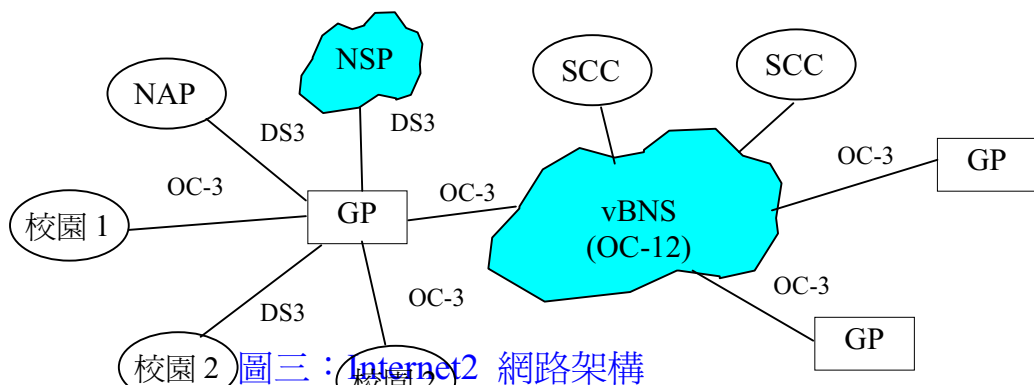
網路架構

Internet2 設計建構的核心爲 GigaPoP(Gigabit capacity Point of Presence)技術[6]，它是許多網路技術的綜合體；包括 SONET、ATM、IP 協定(含 IPv4 和 IPv6)、路由協定(MOSPF、BGP)、QoS 協定(RSVP、RTP)等。GigaPoP 又稱 I2SC(I2 服務中心，Internet2 Service Center)，爲分散於全美各地的地區性高效能網路訊務集中樞點(Aggregate Points)，具有 Gbps 交換及路由的功能，可連接各式樣的服務介面，並可連接 NSP(服務提供者，Network Service Provider，如 MCI、Sprint、UUNet、...等)以提供網際網路原有的服務。圖一即爲一典型 GigaPoP 的架構。校園的 ATM 網路或者是 IP 網路均可透過 GigaPoP 互通。圖中 PPP 爲點對點協定，可在同步或非同步線路上建立連接。





圖二則是具有 ATM 平台的校園網路結構[6]。新或舊的多媒體應用均可經由 ATM 交換機連接 GigaPoP。由上述可知各院校或機構可藉由 GigaPoP 與 vBNS 網路或其他服務提供者(NSP)相連接，如圖三所示。GP 表示 GigaPoP，NAP 表網路接取點，SCC 為超級電腦中心。



圖三：Internet2 網路架構

目前整個 Internet2 規劃了 21 個 GigaPoP 以連接 109 個大學[6]，這些 GigaPoP 再透過 vBNS 互連，但是為什麼不在每一參與校園(即 Internet2 用戶)設置 GigaPoP？經濟代價為其主要原因。GigaPoP 有點類似一個地區的局端或頭端(Head-end)，沒有必要在每一用戶建置，況且各用戶網路介面需求不同，有的已使用 ATM 介面，有的直接使用 SONET，有的仍使用專線系統。GigaPoP 可配備各種介面，以滿足各用戶的需求。至於 vBNS 骨幹服務的使用費，由連接 GigaPoP 的各校園用戶均分，連接加入的學校愈多，每個學校付的愈少。顯然如此收費不很合理，因此根據連線及頻寬使用多寡的收費方式也是 Internet2 所要討論及解決的問題。但是我們可以預見，將來 Internet2 上連線的收費方式可能會很類似美國的電話收費方式，即區域電話只付基本費，不限次數及時間，長途電話則另計。Internet2 連線計費與否，可能就要看有沒有穿過 GigaPoP 了。

新一代 Internet 所要提供的功能，除了下層的網路交換機的配合，尚需要新的中層協定，如前所述，這些協定如 IPv6、RSVP、RTP 等已經被定義了。實際的製作與測試也在進行中，最有名的就是 6bone[7]。6bone 是一個建構在現有 Internet 的虛擬網路，就像用來做群播(Multicast)的骨幹網—MBONE 一樣，6bone 也是用 IP tunneling 的方式將 IPv6 的島(island)連起來，進行 IPv6 封包的傳送與測試，目前 6bone 已延伸至 27 個國家。

但要測試 IPv6、RSVP 及 RTP 共同運作所能提供的 QoS，則必須在新的 Internet2 平台才能進行。

預期進度

Internet2 在 1997 及 1998 年預計達成的目標如表三所示[2]，在 1997 年結束時，尚看不出 Internet2 過人之處，可能只是速度較快、不會擁塞。但在 1998 年結束時，應可目睹一些 QoS 服務的測試結果，真正感到 Internet2 的魅力。至於後續的三年，便是讓建構的技術更完整、更豐富、更多更新的應用展示，及擴散 Internet2 的成果(至 NGI)。

1997 年目標	1998 年目標
1) 高速但盡力式的 IPv4 服務	1) 更多的 GigaPoP
2) T3 及 OC3 連線	2) 更多的大學上線
3) OC12 至某些節點	3) 引進 IPv6 技術支援
4) 12 個 vBNS 接點(GigaPoP)	4) 引進 QoS 技術支援
5) 45 個大學上線	5) 引進群播技術支援

表三：Internet2 預計 1997 及 1998 年目標

4. NGI 計畫

目標與評量

	要 點	評 量 指 數
目標一： 高效能網路 機制	1) 提供 100 個節點以上，比目前網際網路高 100 倍(100Mbps)的廣域點對點連線 2) 提供 10 個節點以上，比目前網際網路高 1000 倍(1Gbps)的廣域點對點連線	1) 上線機構的個數 2) 點對點(應用端)的頻寬效能
目標二： 先進網路服 務技術	1) QoS 2) 安全性 3) 網管(頻寬共享分配管理) 4) 系統工程與運作 5) 新協定(路由、交換、群播、可移性) 6) 電腦作業系統配合 7) 合作與分散的應用環境	1) QoS 指數 2) 安全指數 3) 其他網路技術指數 4) 技轉程度
目標三： 革命性應用	1) 健康醫療 2) 教育 3) 科學研究 4) 國家安全 5) 環境監控 6) 政府服務 7) 緊急危難 8) 設計製造	1) 展示新應用的機構比例 2) 應用對測試網路技術的價值 3) 應用展示網路對新用途的價值

表四：NGI 的目標與評量

NGI 是一個國家級計畫，具有三個明確的計畫目標與評量指數(Metrics)，表五列出這三個目標的總結及個別評量方法[3]，如此可以客觀地檢驗出執行 NGI 計畫的成功程度。在前面表二知 NGI 是由 DARPA、DOE、NSF、NASA 及 NIST 五個政府部門推動，各部門擁有自己的實驗網路及研究計畫，表五說明各部門的責任分配及進行計畫。

部門	配合達成 NGI 目標的工作	
DARPA (DREN—DARPA R&E Network)	目標一：	執行 SuperNet 計畫，以發展超高效能連接。
	目標二：	執行 QUORUM 和網管計畫，以發展先進網路技術。
	目標三：	未定。
NSF (vBNS—very high Backbone Network Service)	目標一：	加速會員連接 vBNS，並提昇校園網路。
	目標二：	發展新軟體，促使無縫式結合 C&C。
	目標三：	發展音訊視訊、數位圖書館等核新應用。
DOE (ESnet—Energy Sciences Network)	目標一：	建立主要大學間之測試平台。
	目標二：	研究網路效能測量、網管和 QoS、網路安全。
	目標三：	利用合作基金，擴張參與 NGI 應用的機構。
NASA (NREN— NASA R&E Network)	目標一：	以 NSI(NASA 科學網際網)與 NREN 經驗，開發測試平台。
	目標二：	專注效能測量、互運操作、QoS、網路安全技術。
	目標三：	發展新的合作協力模式，結合各地專家，並分享研究資源。
NIST	目標一：	針對系統、網路、資料的保護，發展測試方法。
	目標二：	支援路技術、互運性試驗。
	目標三：	建構及展示分散式虛擬生產環境。

表五：NGI 各部門預定責任分配

經費分配

表六列出 NGI 計畫 1998 年預算 100M(百萬)美元給各單位的經費分配大致情形。

百萬美元	DARPA	NSF	DOE	NASA	NIST
目標一：高速連接	20	7	25	3	—
目標二：技術	20	2	6	2	2
目標三：應用	—	1	4	5	3
小計	40	10	35	10	5

表六：NGI 1998 年的預算分配

5. 研究方向

自計畫推動以來，一直有新的研究議題出現，表七收集了 NGI 研究方向的白皮書(White Papers)，並略作說明，有興趣讀者可進一步參閱[11]。

6. 結語：台灣的策略

對 Internet2 與 NGI 的觀察

整個 Internet2 及 NGI 的終極目標是將新一代網路技術轉移至廠商，使美國廠商在下一個世紀繼續領導市場。他們可以提供現有設備在跨校廣域的平台與各校進行研發與實驗計畫，使得研發結果很自然地變成產品技術。但此模式要能成功的要件是 - 廠商可完全掌握產品技術，並且願意提供足夠的技術支援給合作單位，包括硬體(Chip set、電路設計等)及軟體(協定軟體、驅動程式等)的提供與交流。表面上 Internet2 計畫及 NGI 計畫分別由大學及國家政府部門主導，實際上工程與技術主導者卻是廠商，Internet2 與 NGI 不是一個大 R(research)小 D(development)的計畫，而是一個大 R 大 D 的計畫，而且是 D 之後才會有更多的 R 出現。事實上，從前面的討論可知，新一代 Internet 將採用的幾種技術已處於半成熟階段，接著要進行的是開發、整合與測試的工作，以便驗證這些技術的可行性。

促使現有 Internet 成功的要素除了產官學合作外，另一要素是公開的技術發展。例如許多協定標準的公開討論制訂，還有許多協定軟體的免費使用，使得 Internet 的 TCP/IP 協定群輕易的擊敗 OSI 協定。十幾年前，TCP/IP 也許被戲認為玩具，但現在，每個上網的電腦都必須取得 IP 位址，Internet 已成為 GII(Global Information Infrastructure)。在未來數年內，Internet2 與 NGI 所帶來的協定改造，將使這個 GII 由可用版(working-version)變成商業版(commercial-version)。包括許多電信及有線電視的服務，還有許多創新的服務也將在新世代 Internet 提供。Internet 取代或整合傳統的通訊網路，將是下一面臨的課題。

台灣的位置

長期以來，相較於資訊硬體工業或半導體工業，台灣的通訊產業一直較為弱勢。大型通訊系統的建置，多向外商採購為主。例如每一家民營大哥大系統業者，背後也都有外商設備的提供與支援。即使 Internet 骨幹網路的設備，也大多是 Cisco，3Com 等外商產品壟斷。本土廠商著眼於用戶端設備的市場量較大，大多投入大哥大手機、網路卡、數據機、區域路由器及交換機等，避免與國外大廠直接競爭高階產品及大型全套產品(total solution)。這些高階產品固需投入大量人力物力研發及長期經驗的累積，但為了提昇台灣通訊產業的產值，競爭乃必經之路。新世代 Internet 的建構，伴隨著新擴大的市場契機，也代表著新手(new player)進場的機會。

寬頻網際網路在台灣的預期成效

最近國科會也著手推動台灣版的 Internet2 計畫，本文探討了美國 Internet2 及 NGI 計畫推動方式，目的在參考別人多年的經驗，來規劃我們自己努力的方向。在產官學合作模式下推動 broadband Internet 的 R 與 D，台灣勢必會遇到較大阻力，主要原因為：

- 廠商產品技術的支援問題，
- 影響標準制訂的困難，
- 專業網路規劃管理人才的缺乏。

新一代 Internet 初期所需建構的 ATM 網路，國內目前只有中華電信及訊康(技轉自中華電信)有產品，但技術尚未成熟。但若採購國外產品來建構實驗網路平台，經驗告訴我們，外商不太願意提供產品內部軟硬體資源，更不可能參與國內實質研究計畫。事實上，過去兩年來，國內五所大學也進行了教育部的實驗平台計畫，亦多採購國外產品，只能進行應用開發與展示，及有限的網路技術研究。另一個阻力是台灣廠商目前還無法影響標準的制訂，這將造成技術研究較難與產品結合(即 R 與 D 較難結合)。再者，網路規劃管理人才的缺乏也是一阻力。在台灣，能有效將網路管理好的單位並不多，很多學校、企業或政府部門中，網路問題層出不窮。反觀在 Internet2 組織中，訂有諮詢委員會(Advisory Committee)、推動委員會(Steering Committee)、工程工作群(Engineering Working Group)、應用工作群(Application Working Group)等。委員會成員只做本身專業的工作。相較在台灣有許多院校，計算機中心主任多由教授兼任，經驗與專業顯然未被尊重。

綜合上述，我們預期台灣在推動 Broadband Internet 計畫時，將可能產生如下的困境：

- 國外產品充斥網路平台，缺乏廠商技術支援，
- 鬆散的產官學合作關係，
- 學校研發人員(教授、研究生)的規劃管理負擔。

建議

針對上述阻力，對於台灣推動 Broadband Internet 的方式，做如下建議：

1. 由最具與廠商、學校合作經驗的工研院電通所主導整個計畫的推動，包括廠商與學校的結合(team up)、大學實驗平台的採購與建置、及研發方向的規劃與計畫審查。
2. 實驗平台設備須為國內廠商研發之技術產品，初期以中華電信產品為主，並與學校或其他廠商結合，共同研發硬體或軟體技術(說服中華電信開放技術)。
3. 各結合團隊在實驗平台從事的研發成果，仍須透過工研院電通所技轉。
4. 尊重專業與經驗，各單位投入計畫的人員背景，須符合所進行工作的需求，也就是找適當的人做適當的事。

只有當此計畫是大 R 大 D，國內廠商積極投入時，台灣的 Broadband Internet 計畫才能確保成功。

7. 參考文獻

- [1] "多媒體網路：趨勢、技術、應用"，林盈達編著，1997 初版，松崗。
- [2] URL:<http://www.internet2.edu/>。
- [3] NGI Initiative, "Draft Concept Paper", Apr. 1997, URL:<http://www.ngi.gov/>。
- [4] NSF97-116, "Initiative Annoucement", Grant Opportunities for Academic Liaison with Industry (GOALI), National Science Foundation。
- [5] Hidden, "IP Next Generation Overview," URL:<http://playground.sun.com/pub/ipng/>, May. 1995.
- [6] J. Crowder, "GigaPoPs, pre-competitive networks and America's Universities", URL:
<http://www.farnet.org/cheyenne/gigapops/>
- [7] URL:<http://www-6bone.lbl.gov/6bone/>
- [8] URL:<http://www.nfs.gov/ncri/hp-connections.html>
- [9] URL:<http://uadis.bpa.arizona.edu/byang/a2/vbns.html>
- [10] URL:<http://www.sura.org/~ghb/>
- [11] Accepted White Papers, Workshop on Research Directions for the Next Generation Internet, May 13-14, 1997, Vienna, VA.

Accepted White Papers - Workshop on Research Directions for the Next Generation Internet, May 13-14, 1997, Vienna, VA	
Group 1. Architecture (架構)	
1	Aiken, Bob. Argonne Nat'l Lab, "" 為節省成本，本文提出一實體建構，可同時符合產品網路及研究網路兩種需求。
2	Bhasin, Kul. NASA Lewis Research Center, "Satellite Networks". 說明衛星網路可能的發展方向與建議，以迎合 NGI 目標。
3	Campbell, Roy. University of Illinois, "An Agent-based Architecture for Supporting Application Aware Security". 不同於靜態的網路安全策略(如防火牆)，本文提出動態查核安全策略
4	Deering, Steve. Cisco Systems, "Open Research Problems on Scale and Stability". 探討在 NGI 大量連接下，路由及定址的穩定性，並強調網管控制愈趨重要。
5	Ferguson, Paul. Cisco Systems, "Policy Architecture in Large Networks". 討論大型網路的控制策略，以減少因網管所造成的效能損耗。
6	Fink, Bill. NASA Goddard Space Flight Center, "NASA HPCC/ESS NGI Reseach Agenda". 以 NGI 目標為導向，說明 NASA 高效能網路小組的研究報告。
7	Floyd, Sally. Lawrence Berkeley Lab, "Mechanisms for Unresponsive Traffic". 提出一機制，對付不受擁塞控制的資料流。
8	Partridge, Craig. BBN Corporation, "Building a Strong Research Base". 延續 NGI 果實，必須建立強力研究基礎，介紹 50Gbps 的 IP 路由器。
9	Tenbrink, Stephen. Los Alamos Lab, "A Switched WAN Backbone with Congestion Control". 在 NGI 骨幹上的流量控制。
10	Touch, Joe. USC/ISI, "The X-Bone". X-Bone 可用來部署及管理多個外覆網路，如 6-Bone、M-Bone 等。
11	Turner, Jonathan. Washington U., "ATM : The Design Tool for Networking and Distributed Systems Research". NGI 應利用 ATM 提供產品式網路給 R&E，及實驗性設備給分散式研究。

12	Wroclawski, John. MIT Laboratory for Computer Science, "The Metanet". 一種使用"region"的全域式網路架構。
Group 2. Applications (應用)	
1	Davis, Steve. Princeton Plasma Physics Lab, "National Magnetic Fusion Collaboratory". 提出建立國家磁融合作實驗室的方案。
2	Hanss, Ted. Internet 2 Project, "Internet 2 Application Issues". 調查及討論一些 Internet2 應用發展的相關事項。
3	Kantor, Marianna. Los Alamos Lab, "Emergent Knowledge on the Internet 社會愈趨複雜，大量資訊經快速處理，應能動態表現知識，作決策參考。
4	Kesselman, Carl. USC/ISI, "Tele-Immersive Applications On The Next Generation Internet". 介紹結合各地的虛擬實境(VR)模擬應用。
5	Myjack, Michael. University of Central Florida, "Advanced Distributed Simulation". 在分散式模擬的應用上，提出需求與解決之道。
6	Rehor, Kenneth G. Lucent Technologies, "Access-Independent Service Creation for the Internet and World Wild Web". 網路服務應獨立於不同的存取媒介(網路、電話、...)。
7	Selfridge, Peter. AT&T Labs - Research, "On-line Communities and the Next Generation Internet". 探討線上社區及未來演變。
8	Szu, Harold. University of Southwestern Louisiana, "Wireless Subnetworks across the Gulf of Mexico for the Next Generation Internet". 描述一無線網路測試平台，及其擴充性與穩定度。
9	Wiederhold, G. Stanford, "Access to Simulations". 發展一語言，用來存取模擬的技術與服務。
Group 3. Quality of Service (服務品質)	
1	Gabber, Eran. Lucent Technologies, "Case for End-to-End Quality of Service". 介紹如何支援端點對端點的 QoS。
2	Garcia-Luna-Aceves, J.J. University of California Santa Cruz, "Internet Multicasting". 討論群播的新研究方向。
3	Jacobson, Van. Lawrence Berkeley Lab, "Quality of Service for the Next Generation Internet". 討論 QoS 在 NGI 的模式及重要性。
4	Johnson, Marjory. RIACS, "Some Quality of Service Issues". QoS 需求下，探討訊務模式及互運性。
5	Klingenstein, Ken. University of Colorado, "The Management of QOS in the Community". 群組上的 QoS 管理。
6	Meyer, David. University of Oregon, "Scalable Approaches to IP Multicast". 群播的擴充方式。
7	Philp, Ian. Los Alamos Lab, "Application-Specific Network Services". 提高特定應用網路服務的效能。
8	Ramanathan, Parameswaran. University of Wisconsin, "Fault Management In Next Generation Internet". NGI 上必須有的容錯機制。
9	Sydir, J. SRI International, "End-to-End, QoS-Driven Resource Management for the Next Generation Internet". 在 QoS 前提下的分享資源管理。

Group 4. Middleware	
1	Amer, Paul. University of Delaware, "Network-Conscious Image Compression". 更有效的影像壓縮技術。
2	Freuder, Eugene. University of New Hampshire, "Intelligent Matchmakers". 利用智慧型司撮合器，在網路上建立消費者與商品間的橋樑。
3	Johnston, William. Lawrence Berkeley Lab, "Cataloguing, Caching, and Processing Application-Specific Data". 線上如何分類、暫存和處理特定應用資料。
4	Lynch, Clifford. University of California, "High-Level Infrastructure for Applications in the Internet 2". Internet2 的較高層次基礎建設，有助於發展新應用。
5	Moore, Reagan, San Diego Supercomputer Center, "Information-Based Computing Networks". 有效運用資訊的網路運算。
6	Sollins, Karen. MIT, "The Need for Middleware, "Supporting Longevity in the Next Generation Internet". 網路技術的可移性和發展性有助於長久性。
7	Stankovic, John. U. Virginia, "Information Dominance Via Global Virtual Databases". 利用全域虛擬資料庫即時掌握資訊。
Group 5. Security (安全)	
1	Bellovin, Steve. AT&T Labs -- Research, "Security for the NGI". 增加 NGI 上安全性的可行方法。
2	Camp, Jean. Sandia Labs, "Survivability & Trust". 分散式信用可行性及建議研究方向。
3	Stillman, Maureen. Odyssey Research Associates, "Intrusion Detection and Timely Response". 偵測闖入駭客並及時處理的架框。
Group 6. Internet Traffic Engineering (訊務工程)	
1	Brownstein, Charles. XIWT, "R&D Programs of the Federal Government". 從業界眼光看如何規劃與執行。
2	Claffy, Kim. UCSD/NLANR, "Facilitating Internet Data Acquisition and Analysis". 在發展網路技術時，政府的腳色。
3	Leland, Will. Bellcore, "Performance Monitoring for the Next Generation Internet". 效能監測的重要性。
4	Minden, Gary. University of Kansas, "System-Level Performance of Wide Area Distributed Systems". 由實際分散式廣域網路效能監測的經驗，討論其層次、基本工具，及建議。
5	Paxson, Vern. Lawrence Berkeley Lab, "Measurement Infrastructure". 發展一個 NDP 的雛型架框，分析監測資料，改善效能。

表七：NGI 研究方向白皮書