

主 題

국내외 차세대 인터넷 기술연구 동향

한국통신 통신망연구소 인터넷기술연구실 홍경표, 김상범

차 례

- I. 서론
- II. 차세대 인터넷 서비스
- III. 외국의 차세대 인터넷 기술 연구동향
- IV. 국내의 연구 동향
- V. 결론

I. 서론

인터넷 연결 현황을 보면 '98년 현재 인터넷에 연결된 나라의 수는 196개이고, 전 세계적으로 약 3673만대 가량의 호스트가 접속되어 있음을 보여준다[1]. 또한 국내의 경우 '98년 12월 기준으로 약 20만대 가량의 호스트가 접속되어 있으며[2], 인터넷 사용자의 숫자도 연평균 51.3%의 증가율을 보이면서 사용자의 수는 '97년 기준 250만명에서 2002년에는 1900만명으로 증가할 것으로 예상된다[3]. 또한 인터넷 서비스의 이용 형태도 FTP, Telnet, E-mail 등과 같은 텍스트 기반의 서비스에서 웹기반의 정보 검색 서비스로 이동하고 있음을 보여준다[4].

또한 인터넷은 네트워크 측면에서는 고속 백본망 기술 및 고속 액세스 기술의 발달로 더욱 고속화되고 대중화되고, 서비스 측면에서는 전자상거래, 원격교육, 원격진료, 인터넷 TV 등과 같은 상호통신에 의한 실시간 멀티미디어 서비스가 주종을 이루게

될 것이다.

그러나 현재의 인터넷은 사용자의 급격한 증가 추세에 비해서 인터넷 인프라 및 정보 서버에 대한 투자가 느려서 네트워크가 포화 상태에 있으며, 연구용으로 구축된 망들이 묶여서 구축된 망으로서 기존의 상용 서비스망에 비해서 신뢰도가 떨어지는 문제를 가지고 있다. 또한 최선형(best-effort) 서비스를 제공하는 네트워크로서 일정한 대역폭 이상을 요구하는 서비스 및 실시간 서비스에 부적당하며, 개방형 망으로서 보안에 대한 개념이 희박하여 전자상거래와 같은 상업적인 부문에서의 사용에 제한이 따르고 있다.

상호통신에 의한 실시간 멀티미디어 서비스를 수용하기 위해서는 상기에서 기술한 바와 같이 기술적으로 해결해야 할 많은 문제가 있으며 이에 대한 연구가 국내외에서 활발하게 진행되고 있다. 본 고에서는 이와 같은 국내외의 차세대 인터넷 기술 연구 동향을 살펴보고자 한다.

II. 차세대 인터넷 서비스

1. 차세대 인터넷 서비스 유형

차세대 인터넷 서비스의 유형은 사람과 사람간의 통신, 사람과 컴퓨터간의 통신, 컴퓨터와 컴퓨터간의 통신으로 분류할 수 있을 것이다[5]. 사람과 사람간의 통신 형태는 차세대 인터넷이 추구하는 혁신적인 응용 서비스들의 대표적인 특성으로 볼 수 있으며, 실시간 양방향의 특성을 가지고 지연 및 지터와 같은 문제를 극소화 하여야 한다. 이러한 유형의 서비스로는 인터넷 전화, 원격교육, 원격회의 및 네트워크 게임 등이 있다.

사람과 컴퓨터간의 통신 형태는 현재 WWW 형태로 제공되는 인터넷 서비스가 이러한 유형에 속하며 차세대 인터넷에서도 주종을 이룰 것으로 예상된다. 대표적인 응용으로는 주문형 방송서비스, 디지털 라이브러리, 전자상거래 등이 있다.

컴퓨터와 컴퓨터간의 통신 형태는 사람이 네트워크를 사용하지 않는 상태에서 컴퓨터간에 통신을 수행하는 경우이며 대규모 트래픽을 유발하고 큰 대역폭을 요구할 것이다. 대표적인 응용으로는 WWW caching, multicast feeds, voice-mail, DB synchronization, batch process 등이 있다.

차세대 인터넷 응용 서비스들을 수용하기 위한 네트워크 요구조건을 살펴보면 다음과 같다.

(1) 원격진료, 원격학습 등의 동영상 관련 서비스 : 멀티미디어 데이터의 실시간 처리를 위한 지연시간과 대역폭에 관련된 단대단 QoS 제공 및 대용량의 대역폭이 요구된다.

(2) 대용량 분산 시뮬레이션: 분산 컴퓨터간의 데이터의 교환을 위한 대용량 대역폭 및 동기화를 위한 실시간 데이터 처리가 요구된다.

(3) WWW caching: 캐쉬 서버의 데이터를 갱신하는 짧은 시간 동안에 대용량의 대역폭이 요구된다.

(4) 인터넷 방송 서비스 : 영상정보의 전송을 위한 대역폭, QoS 제공 및 멀티캐스트 라우팅 기능이 필요하다. 또한 특정 사용자 그룹에게만 방송 서비스를 할 경우 보안 및 인증 기능도 요구된다.

(5) 분자 생물학, 기상 관측 및 천체 관측 실험: 대용량의 멀티미디어 데이터의 실시간 처리 능력이 요구된다.

(6) VPN(Virtual Private Network) : 원격 접속, 보안, 인증 기능이 요구된다.

(7) Voice telephony : 단대단 QoS 보장 또는 IPv6 기술이 요구된다.

(8) 전자 상거래 등의 상업용 서비스 : 네트워크 보안 서비스 및 인증 기능과 안정된 네트워크가 요구된다.

2. 차세대 인터넷 서비스를 위한 네트워킹 기술

가. 단대단 QoS 기술

현재의 인터넷은 데이터의 신뢰성 있는 전송만을 제공할 뿐 전송 시간, 대역폭, 지연 변이 등과 같은 성능에 대한 서비스 품질(Quality of Service: QoS)은 보장하지 못한다. 이러한 서비스 품질을 보장하기 위한 방법으로 IntServ(integrated service)와 DiffServ(differentiated service)가 있다. Intserv는 지연시간과 대역폭을 확실히 보장하는 guaranteed QoS 서비스와 요청된 QoS에 근접하게 서비스를 제공하는 controlled-load 서비스가 있다. 그러나 IntServ는 RSVP와 같은 자원 예약 프로토콜을 요구하고, RSVP는 대규모 망에 적용하기에는 확장성에 문제가 있다고 판단되어 최근에는 소규모 망에만 적용하는 것으로 일단락 지어지고 있다[8].

한편 IETF에서는 1997년 3/4분기부터 패킷에 우선 순위를 부여하여 인터넷이 폭주 상태에 직면했을 때 기존의 최선형(best effort) 서비스보다는 우선 순위를 가지고 데이터를 전달할 수 있도록 차

등화된 서비스를 제공하기 위한 모델을 집중적으로 연구하기 시작하였다. 이러한 DiffServ는 RSVP와 같이 경로상의 라우터들이 시그널링이나 플로우구별 등의 기능을 가질 필요가 없어지므로 확장성이 크다.

Internet2[6] 과제에서는 QBone을 제안하였는데 이는 DiffServ를 이용하여 단대단 간의 QoS 보장 방법을 연구하기 위한 시험망이다[9]. 이 시험망에서 초기 단계에 구현할 차등형 서비스로 Internet2 QoS Working Group에서는 프리미엄 서비스(Premium Service)를 추천하였다. 프리미엄 서비스는 일종의 가상 전용선 서비스로서 패킷을 두 종류로 분류하여 우선 순위를 가지는 패킷에 대해서는 선별적으로 최소 손실, 최소 전송 지연, 최소 지연 변이로 전송될 수 있도록 하는 서비스이다. 이의 실현을 위해서는 IP TOS 필드에 패킷 분류 표시(DS field marking)를 하고 TOS 필드에 따라 패킷을 분류(classify)하고 우선 순위의 패킷을 우선 처리(expedited forwarding:EF)할 수 있는 기능을 경로상의 모든 라우터가 가져야 한다.

나. IPv6 기술

IPv4는 기술적으로 안정이 되어 있다는 장점이 있으나, 차세대 인터넷이 추구하는 응용 서비스 관점에서 볼 때 가용한 주소가 모자라는 상태이고, auto-configuration 기능, QoS(서비스 품질 지원), 보안 문제, 단말기의 이동성 지원은 기존 IPv4 프로토콜로는 기술적으로 해결이 어려운 상태이다.

주소 고갈 문제를 해결하기 위해서 CIDR(Classless Inter-Domain Routing), Block of 'C'[7], NAT(Network Address Translation) 등의 방법이 제안되고 있으나 근본적인 해결책이 되지는 못하고 있다. 또한 현재 전자 상거래 등의 지원을 위해 네트워크 보안 기능을 요구되고 있다. 이를 위해 IPv4 프로토콜은 IPsec(IP security) 프로토콜 추가를 통하여 기존 IPv4에

대한 보안성 확보에 주력하고 있고 있으나 아직 기술적인 검증이 진행중에 있으며, IPv6는 IPsec 기능을 내장하고 있는 상태이다. QoS와 관련된 실시간 서비스 처리 문제 등도 IPv4의 문제이며, 이에 대한 해결은 IPv6의 헤더에 있는 필드들을 사용하여 해결이 가능하다. IPv6가 기술적으로는 차세대 인터넷 응용 서비스를 수용하기에 유리한 측면이 많지만 IPv6가 성공을 거두기 위해서는 현재 사용하고 있는 장치 및 응용들을 수용하면서 native IPv6망으로 진화하기 위한 전략이 요구된다. IPv6의 필요성을 요약 정리하면 다음과 같다.

- o 라우터의 계산량 증가 문제와 인터넷 주소 고갈 문제
- o Auto-configuration 기능(일종의 plug-and-play 기능)의 부족
- o IPv4에 있어서 QoS의 미지원
- o 보안 문제 지원 필요성
- o Mobile 호스트에 대한 지원 요구
- o Policy 라우팅의 지원 요구

다. 멀티캐스트 기술

1992년 IETF(Internet Engineering Task Force) 회의를 전 세계로 멀티캐스트하기 위해 MBONE(Multicast Backbone)이 구축된 이래로 멀티캐스트를 위한 각종 실험이 MBONE 상에서 이루어 졌으며, 멀티캐스트 시험망인 MBONE을 인터넷으로 확장하기 위한 연구가 현재 계속되고 있다

멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 그룹에 등록된 사용자들의 분포에 따라 Dense-mode와 Sparse-mode로 분류된다. Dense-mode 라우팅 프로토콜에는 DVMRP(Distance Vector Multicast Routing Protocol)와 MOSPF(Multicast Open Shortest Path First), PIM-DM(Protocol Independent Multicast-Dense Mode)이 있으며, Sparse-mode 라우팅 프로토콜에는

CBT(Core Based Trees)와 PIM-SM (Protocol Independent Multicast-Sparse Mode) 이 있다. Dense-mode에서는 그룹에 등록된 사용자가 조밀하게 분포 되어있다는 가정하에 flooding 방식을 이용하여 정보를 전송한다. 따라서 넓은 영역에 걸쳐서 멀티캐스트 데이터를 전송할 때 네트워크 자원을 낭비할 수 있을 뿐만 아니라 다른 데이터의 전송도 방해 할 수 있다는 문제점이 발생하게 된다. 단일 도메인에서 DVMRP를 사용하여 멀티캐스트 데이터를 전송하고 있는 MBONE에서도, 사용자가 늘어남에 따라 라우팅 scalability에 대한 문제가 대두 되고 있다. 라우팅 scalability 문제를 해결하기 위해서는 Sparse-mode를 사용하는 것이 유리 할 수 있으나, 사용자들이 많을 경우 Sparse-mode에서도 core나 RP의 설정 및 loop 형성의 문제가 발생한다[10].

이러한 문제를 해결하기 위해서 기존의 멀티캐스트 프로토콜을 확장하고자 하는 연구가 진행중이다. DVMRP를 계층구조로 확장한 HDVMP ((Hierarchical Distance Vector Multicast Routing Protocol)는 단일 도메인으로 구성된 MBONE을 여러 영역으로 나누어 멀티캐스트 데이터를 전송한다. HDVMP는 영역내의 데이터 전송은 DVMRP나 MOSPF등 기존 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 사용하며, 영역과 영역 사이에 멀티캐스트 데이터 전송은 DVMRP를 사용한다. 그러나 목적지 영역까지 전송된 멀티캐스트 데이터는 일단 영역내의 모든 경계 라우터까지 데이터가 전송된 후, 영역내 그룹에 가입한 사용자까지 shortest path를 구성하기 때문에 같은 데이터의 중복된 전송이 발생하게 된다.

기존 Sparse-mode 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 확장한 프로토콜로는 HPIM(Hierarchical Protocol Independent Multicast)과 OCBT (Ordered Core Based trees)가 있으며, 이외에 BGMP(Border Gateway Multicast

Protocol)가 있다. HPIM은 PIM을 OCBT는 CBT를 계층 구조로 수정하였으며, HPIM과 OCBT는 단일 도메인에서의 멀티캐스트 데이터 영역의 확장만을 고려하고 있다. 이와는 달리 BGMP에서는 BGP(Border Gateway Protocol)를 이용하여 도메인 간에 멀티캐스트 데이터를 전송한다.

다. 단말 이동성 문제

현재 무선 LAN으로부터 PCS 등의 다양한 무선 이동 서비스가 제공됨에 따라 많은 사용자가 LAN과 PCS 기능이 결합된 mobile IP 서비스를 요구하고 있다. 즉 사용자는 자신의 호스트가 어떤 위치에서도 추가적인 네트워크 설정 작업없이 네트워크에 연결될 수 있는 mobile IP 기능을 요구하고 있다. 이러한 이동성은 기존 IP 프로토콜에서 제공하지 못하는 기능이다. 기존 인터넷에서 IP 주소체계는 '네트워크 주소 + 호스트 주소'로 되어 있어 호스트의 위치가 바뀌면 반드시 IP 주소를 바꿔야 했다.

1992년 IETF에서 mobile IP 그룹을 결성하였으며 최근 mobile IP 프로토콜을 제안하였다. Mobile IP가 만족시켜야 할 첫째 요구사항은 호스트가 사용중인 IP 주소를 바꾸지 않고 인터넷 상의 임의의 다른 위치에 접속해 인터넷을 사용할 수 있도록 하는 것이다. 두번째 요구사항은 mobile IP 프로토콜이 구현돼있는 다른 호스트와 별도의 프로그램없이 그대로 통신이 가능해야 한다는 것이다. 세번째 요구사항은 데이터가 다른 곳으로 유출되지 않도록 사용자 검증을 지원해야 한다는 것이다. 한편 mobile IP는 무선으로 지원되는 경우가 많으므로 전력 사용을 줄이기 위해 제어용 통신 프로토콜을 제어용 통신 프로토콜을 단순화시키고 또한 무선 주파수 대역 이용율을 높이기 위해 제어용 패킷의 길이도 짧게 정의했다.

Mobile IP에 대한 해결책으로 DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol) 기술이 있다. 제공되는 mobile IP는 인터넷에 대해 임의의

위치에서도 사용자에게 접속을 허용하는 기술이다. 현재 IPv4에서 mobile IP의 문제점은 접속 지연이 크다는 점과 사용자 검증이 미흡한 점, 최적 라우팅 경로 산출이 곤란한 점이다. 따라서 최근에는 mobile IP에 대한 QoS 보장 방법이 연구되고 있다.

라. 네트워크의 보안성

개방형 네트워크를 특징으로 한 인터넷은 초기부터 보안에 대한 기능이 미약하였다. 그러나 최근 인터넷상에서의 정보 도용 및 위조 등의 불법 행위가 많아지면서 전자상거래, VPN, WWW, 전자 우편 및 방화벽 등의 응용에서 정보에 대한 보안 기술을 요구하고 있다.

네트워크 보안 기술은 정보에의 접근을 통제하는 방화벽 기술, 정보의 기밀성 유지를 위한 암호화 기술, 사용 권한을 결정하거나 제한하는 인증 기술이 있다. 방화벽 기술은 인터넷과 구내 컴퓨터 망의 접속점에서 인터넷을 통해 외부로부터의 무단침입을 차단하는 기술이다. 암호화 기술은 정보 발신자와 정보 수신자가 사전에 정해진 방식으로 정보를 암호화하여 발신하고, 수신시 해독함으로써 정보의 기밀성을 확보하는 기술이다. 인증 기술은 네트워크를 통한 서비스 요청시 네트워크를 통해 요구자의 신원을 확인한 다음 필요한 권한을 결정하거나 제한하는 기술이다.

기존 인터넷에서 보안 기능을 강화시키는 방법으로는 IPsec(IP security) 프로토콜을 추가하는 방법이 있다. IPsec은 IP 계층에서 네트워크의 트래픽에 대해 보안 서비스를 제공한다.

III. 외국의 차세대 인터넷 기술 연구 동향

1. 미국의 연구 동향

가. vBNS(very-high-speed Backbone Network Service)[11]

1994년 4월 시험망으로 시작한 vBNS는 1995년 미국 NSF(National Science Foundation)의 자금 지원을 받은 MCI사가 구현을 담당하였다. 최초에는 OC-3(155Mbps) 급의 IP over ATM 망으로 구성되었으며, 현재는 OC-12(622Mbps) 급의 백본망으로 발전하였고, 2000년대에는 OC-48(2.4Gbps) 급으로 발전시킬 계획이다.

vBNS는 5개의 SCC(Super Computer Center)를 연결하여 거대한 메타 컴퓨터를 형성하였으며, 이는 펜실베이니아 대학 등 13개의 미국내 대학에 개방되었다. vBNS는 인터넷과의 접속을 위해서 4개의 NAP(Network Access Point)를 제공하며, NCSA(National Center for Super Computer Applications)의 제안에 의해서 STAR TAP(Science and Technology Applications Research Transit Access Point)을 두어서 국제적인 접속을 허용하고 있다.

vBNS 백본망 구조는 그림 1에서 보여주는 것과 같으며, 백본 스위치로는 Fore ASX-1000이 사용되었고 20개의 라우터(16대의 Cisco 7507 및 4대의 Ascend GRF400)들을 Full UBR(Unspecified Bit Rate) PVC로 연결하였으며 OSPF와 BGP4 라우팅 프로토콜을 지원한다. 또한 멀티캐스트를 위해서 PIM-DM(Protocol Independent Multicast Dense Mode)을 지원하며 터널링 방식으로 구현하였다. 단대단 QoS 보장 및 IPv6의 연구를 위해서 Diffserv 및 Native 6bone을 제공하고 있다.

나. NGI(Next Generation Internet)[12]

차세대 인터넷 프로젝트는 1996년 10월 미국 클린턴 대통령이 대선 공약으로 발표한 이후, 1997년 10월부터 구체화 되기 시작하였다. NGI 프로젝트는 미국내에 초고속 정보통신망을 구축하고 이를 이

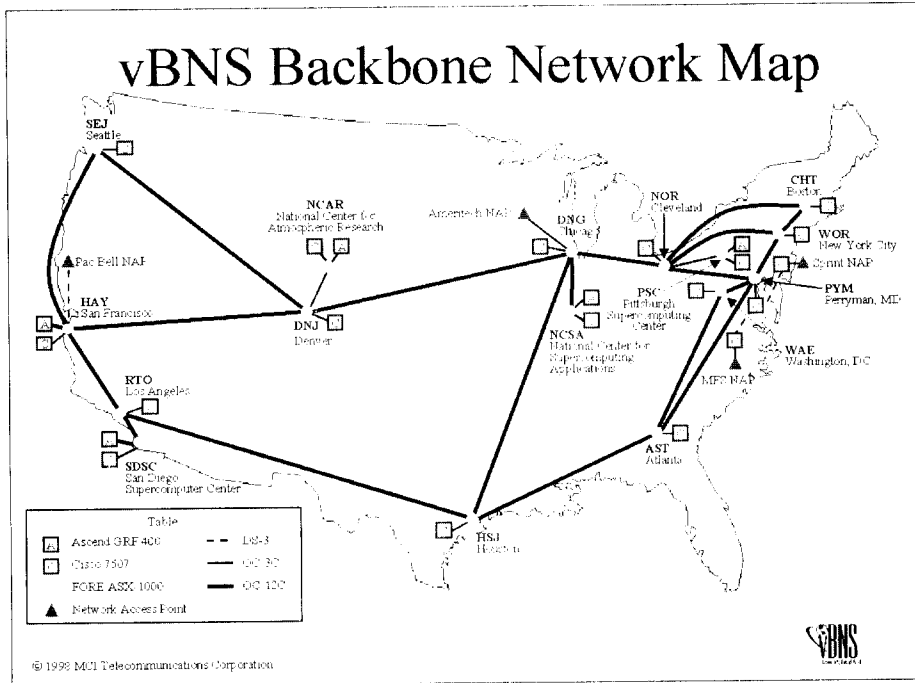


그림 1. vBNS백본망의 구조

용하여 의학, 기상, 제품생산, 교육 및 국방분야에서 요구되는 혁신적인 응용 서비스를 네트워크에서 수용함으로써 새로운 서비스 및 네트워크 기술의 연구를 지원하는 것을 목적으로 한다.

NGI는 미국 연방 소유의 고속 네트워크인 NSF의 vBNS, NASA의 NREN(NASA's Research and Education Network), DOD의 DREN(Defense Research and Education Network) 및 DOE의 Esnet(Energy Sciences Network)을 인프라로 이용하여 구축되었다. 미국 정부에서는 NGI 프로젝트를 통해서 21세기 정보통신분야에서 미국이 선두의 위치를 확보하려는 의지를 가지고 매년 약 1억 달러 정도의 예산과 정부 산하의 전문인력이 투입되고 있다. 또한 NGI는 상업성을 배제함으로써 순수 연구망으로서의 기능을 강조하고는 있으나, 통신 장비의 기부 형태로 미국내 통신 장비 제조업체의 참여를 허용하고 있다. NGI

의 연구목표 및 연구분야는 표 1과 같다.

다. Internet2 프로젝트

1996년 10월 미국내 34개 대학들을 중심으로 대학과 관련 연구기관들간의 네트워크 접속속도와 데이터의 처리 능력을 향상시키고, 고속 응용 서비스들을 연구하기 위하여UCAID(University Corporation for Advanced Internet Development)라는 비영리 단체를 설립함으로써 구체화 되었으며, 현재 미국내 120여개의 대학이 참여하고 있다.

Internet2는 네트워크 인프라로 vBNS를 사용하고 각 대학은 GigaPOP(Gigabit-Capacity Point of Presence)(현재 21개)을 통해서 접속토록 구성하였다. Internet2를 통해서 진행되고 있는 연구는 네트워킹 기술 분야에서 IPv4 라우팅 기술, IPv6 라우팅 기술(I-PNNI, BGP4+,

목 표	목 적	연 구 분 야
G1: 초고속 시험망 구축	end-to-end 100Mbps+ 제공 100+기관 연결 100+응용 시험	고속 액세스를 위한 단말 기술 low-latence, high-speed 네트워크 디바이스 네트워크 보안 기술 분산 네트워크 관리 기술 대규모망에서 적용 가능한 end-to-end QoS 보장 기술 전국규모에서 채택가능한 네트워크 구조 및 프로토콜 기술 통신사업자와 ISP간의 사업 모델
	end-to-end 1Gbps+ 제공 10개 기관 및 응용 연결	고속 데이터의 스위칭, 라우팅, 다중화, 버퍼링 기술 대규모 초고속네트워크의 망관리 기술 경제적인 초고속 액세스(가입자) 기술 전국규모에서 적용 가능한 망관리 정책들
G2: 네트워킹 기술 연구	차세대 인터넷 응용을 수용할 수 있는 네트워크 서비스 제공 기술 연구	단대단 서비스 품질 보장(QoS) 기술
		프로토콜 엔지니어링: 라우팅, 스위칭, 멀티캐스트, 보안, 이동성 등과 관련된 프로토콜의 연구 (IPv6, QoS, mobile IP, multicast, security, combining L2/L3 technique 등)
		시스템 엔지니어링 및 OS 기술: 데이터 측정/수집/분석을 위한 방법론의 연구 tool의 개발 서비스 구조 연구 실시간 멀티미디어 서비스를 처리할 수 있는 OS 기술 연구
		분산/공동 컴퓨팅 기술
		망관리 기술 visualization, modeling, monitoring, control
		보안 기술
		네트워크 확장성 라우팅, naming, address 확장성, efficient transport, 망관리 등 고려 의료분야: 원격진료, 응급처리기관 지원 등
G3: 혁신적인 응용 서비스 개발	혁신적인 응용 서비스의 개발 및 시험 현재의 인터넷에서는 제공이 불가능한 (어려운) 응용 국가적으로 중요한 응용 상업 분야에서의 우위 확보 및 유지	교육분야: 원격교육, 디지털 라이브러리 등 과학연구분야: 분산 시뮬레이션, 분자 생물학, 천문학, 지질학 연구 등 환경분야: 기상 관측, 예측, 경보 등 정부: 정부가 사업자 또는 국민에게 제공하는 대민 서비스 및 공공정보 재난 관리: 지진, 홍수, 폭설 경보 등 산업분야: 원격제어, 재택근무, 전자상거래, 산업관리 시스템 등

표 1. NGI 연구 목표 및 연구 분야

OSPF 등), ATM 라우팅 기술, QoS 관련 기술 등의 연구를 수행하고 있으며, 응용서비스 분야에서는 Tele-immersion, Digital Library, Virtual Laboratory, Instructional Management System, Distributed Computing, Health-Care, Arts, Simulation 등의 대용량 멀티미디어 응용 서비스를 시험하고 있다.

라. NGI vs. Internet2

NGI와 Internet2는 모두 미국내의 초고속 네트워크 인프라를 이용해서 차세대 인터넷을 위한 시험망을 구축한다는 점에서 수행되는 프로젝트는 유사하나, NGI는 정부가 주도하고 Internet2는 민간이 주도하기 때문에 몇가지 차이점을 가지고 있다 (표 2 참조).

2. 캐나다의 연구동향

가. CANARIE(13)

CANARIE(Canadian Network for the Advancement of Research, Industry and Education)는 캐나다 연방정부가 1993년부터 민간단체와 협력하여 향후 7년간 12억 달러(민간단체가 2/3 부담)를 투자하여 구축하는 학술연구 전산망이다.

1단계(93년 4월 ~ 95년 3월)에서는 캐나다의 기존 인터넷 백본망인 CA*Net의 성능을 T1급으로 향상시키고 NTN(National Test Network)과 TD2(Technology Development/Technology

Diffusion) 프로그램의 추진이 시작되었다. NTN은 초고속망 구축을 위한 프로그램으로 캐나다의 11개 지역을 연결하여 DS3/OC3 인터넷(TCP/IP) 접속 서비스와 ATM 연결 서비스를 제공하며, 위성을 통해서 유럽과도 연결된다(그림 2 참조). TD2는 초고속통신 기술 개발을 위한 프로그램으로서 14개의 대학과 30여개의 기업 및 연구소에서 참여하여, ATM망에서의 IP 라우팅 연구, 초고속 응용 서비스의 개발, 고속망 구조 연구, 망 관리 분야 연구, 프로토콜 적합성 시험 등을 진행하였다.

2단계(95년 4월 ~ 98년 3월)는 TD2 프로그램의 연장선으로 볼 수 있는 TAD (Technology and Applications Development) 프로그램이 진행되며, NTN의 확장 작업 및 CANARIE 프로젝트의 홍보에 주력하고 있다.

3단계(98년~2000년)에서는 UCAID와 협력하여 Internet2와 관련된 협력 프로젝트를 추진하며, Cisco 및 Newbridge 등이 이 협력 프로젝트에 참여하여 서비스 품질, 종단간의 망 자원과 서비스 관리 등의 연구를 수행한다.

나. CA*net II

캐나다에서 차세대 인터넷을 위해서 CANARIE에서 만든것이 CA*netII이다. 이는 차세대 상용 인터넷 서비스들의 개발을 촉진하고, 대학과 정부 연구소 및 업체들의 연구를 돕기위한 망서비스를 제공한다. 현재 15개의 RAN(Regional Advanced Network) 지역망이 GigaPOP을 통해서 CA*netII에 접속되며, GigaPOP에서는 BGP 라

프로젝트명	NGI	Internet2
주 관	연방 정부 주도	대학 중심의 민간 주도
기 금	연방 정부 기금	대학과 협력 업체의 기금
추진방향	정부 기관에 의존적	연구 및 교육 분야
네트워크인프라	vBNS, NREN, DREN, Esnet	vBNS, MREN
산업체참여	원칙적으로 거부	협력 업체 형태로 참여 가능

표 2. NGI와 Internet2의 비교

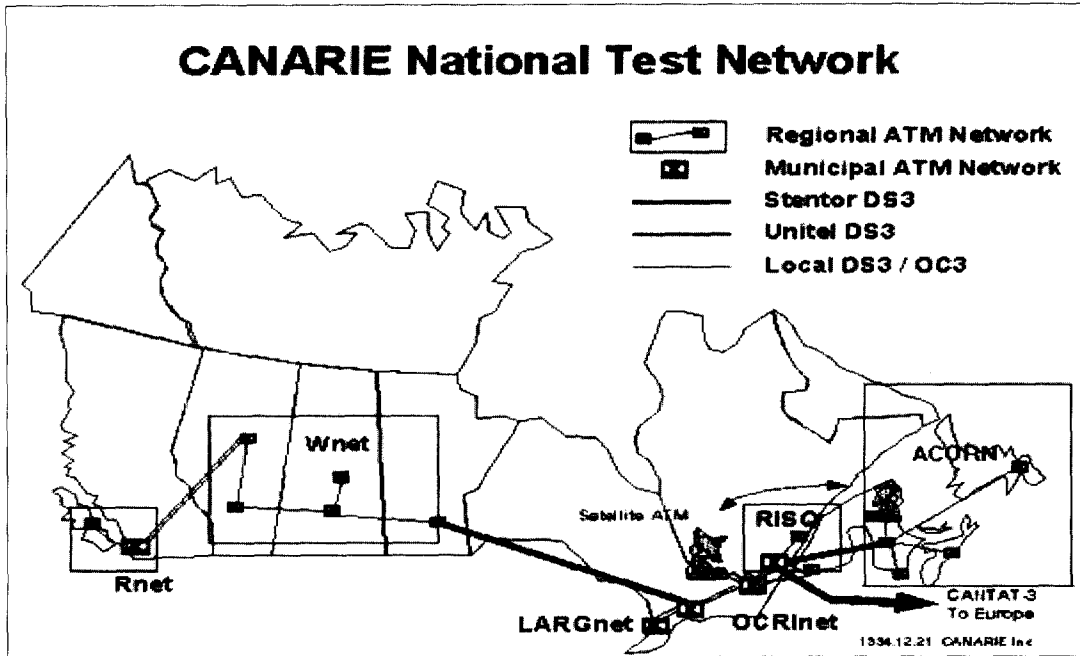


그림 2. CANARIE NTN 구조

우팅, Caching 서버, Mbone 및 security 등을 지원한다.

CA*netII는 정책, 응용 및 기술 위원회로 구성되어 있으며, 정책 위원회는 CA*netII에 참여할 수 있는 기관의 선정 기준 및 선정 작업을 수행하고, working group을 구성하는 책임 등을 담당한다. 응용 위원회에서는 차세대 응용을 위한 네트워크에 대한 요구조건을 제시하여야 하며, 수행될 연구의 우선 순위 및 적정성 검토 등을 담당한다. 또한 기술 위원회에서는 망의 구조 및 구현을 위한 기술적인 검토를 담당한다.

다. CA*net III

1998년에 시작된 CA*net III는 최초로 optical 인터넷 형태로 구축이 진행되고 있다. 기존의 차세대 인터넷이 IP over ATM, IP over SONET/SDH 방식으로 구축되었으나 CA*net III는 IP over dWDM 방식으로 구축이 완료될 예

정이다. 또한 계층3에 대해 MPLS (Multi-Protocol Label Switching) 기술도 도입되어 QoS 제공 측면에서 상당히 유리한 네트워크가 된다. CA*net III에는 기존의 CA*net II와 Internet 2에 적용되는 응용분야를 모두 적용시킬 수 있으며, CA*net III도 GigaPOP을 통해 접속이 가능하다. 사용 허가 지침도 CA*net II와 동일하게 적용하고 있다.

3. 유럽의 연구동향

유럽 여러나라의 NRN(National Research Network)을 하나의 초고속망으로 연동시키기 위한 망으로서 TEN-34 (Trans-European Network at 34 Mbps)[14]가 있다. 여기에는 오스트리아의 AConet, 벨기에의 BELNET, 체코의 CESNET, 프랑스의 RENATER, 영국의 UKERNA 등이 참여하고 있으며, 2개의 서브넷으

로 구성되어 있다. 첫번째는 IP topology에 바탕을 두고 전 유럽간을 34Mbps로 연결한 네트워크이다. 두번째는 ATM VP 서브넷으로서 화상회의 같은 time-dependent한 응용을 위한 CBR 및 VBR 서비스를 제공한다. 현재 TEN-34에서 시험되고 있는 기술들은 TCP/UDP 환경에서 고속 데이터 응용 기술, SVC 기술, ARP 문제, QoS 보장을 위한 RSVP, ATM 보안문제 등이 있다.

현재 TEN-34는 155 Mbps 급의 망(TEN-155)으로 확장되었으며, TEN-155에는 통합된 유럽의 국제 경쟁력을 높이기 위한 미래사회의 기반 개념이 추가되었고 이를 EII(Europe Information Infrastructure)라고 한다.

4. 일본 및 아시아/태평양 지역의 연구 동향

아시아/태평양 지역에서의 차세대 인터넷 연구는 정부차원에서 진행하고 있는 APII(Asia-Pacific Information Infrastructure)와 학계 및 연구기관에서 추진하고 있는 APAN(Asia-Pacific Advanced Network)이 있다. APAN은 미국 NSF 망을 통한 세계적인 인터넷망을 구축하고, 인터넷 통신망의 고도화 및 2000년대 상용 서비스를 목표로 하는 아시아/태평양 국가의 컨소시움으로, 현재 한국, 일본, 미국, 싱가포르, 호주 등과 초고속망이 구축되어 있다. APII는 APEC 국가의 정보 인프라 구축을 목표로 하는 프로젝트로서 현재 한국과 일본 사이에는 초고속망이 구축되어 연구를 진행중이다.

AMF 망은 일본 NTT가 창설을 제안하였고 멀티미디어 응용 서비스의 상용화를 추진하는 망이다. 아시아 국가의 전기통신 사업자, 인터넷 서비스 제공자 간의 상호 정보 교류와 이용자 간에 멀티미디어 관련 연구를 공동으로 하려는 것이 AMF 망 구축의 취지이다.

5. 외국의 초고속 시험망 비교

외국의 경우 90년대 초반 ATM 기술 위주의 연구에서 인터넷이 활성화되면서 차세대 인터넷을 위한 연구로 방향을 전환하였다. 차세대 인터넷 기술 연구를 위한 외국의 테스트베드의 목적, 주관기관 및 현황에 대한 비교를 표 3에서 보여준다.

IV. 국내의 연구 동향

1. 국내의 초고속 시험망

국내의 초고속 통신 관련 기술의 개발은 요소장치 개발, 응용 서비스의 개발 및 구축, 운용, 시험 기술로 구분하여 추진되었다. 또한 초고속통신 서비스의 상용화를 위해서 개발 및 시험 단계, 시범 서비스 단계, 상용 서비스 단계로 구분하여 추진되어 왔다. 이러한 맥락에서 각 요소기술의 지원을 위하여 초고속 관련 개발 장치의 시험 및 초고속망 구축, 시험, 운용 기술의 연구를 목적으로 하는 NTB 및 초고속 응용을 개발하고 시험할 수 있는 초고속 통신 시험 환경의 제공을 목적으로 하는 초고속 선도시험망 등의 시험망이 운용되었다.

또한 개발된 초고속 응용을 직접 가입자에게 시범 서비스를 제공함으로써, 경제, 문화, 사회적 접합성의 검증 및 사업성의 타진을 목적으로 하는 정보화 시범사업 등이 추진되었다. 이러한 연구의 결과 1998년에 들어서는 KT/KDD간 국제 ATM 상용 서비스를 제공하고, 초고속 공중망이 구축 중에 있으며, 초고속 국가망은 이미 많은 가입기관을 대상으로 서비스 제공을 준비하고 있다. 각 시험망 및 시범사업의 목적은 아래와 같으며, 국내의 초고속 관련된 기술 및 망의 발전 단계는 그림 3과 같다.

초고속 선도시험망은 '95~'97년 까지 1단계 구축사업을 완료하여 서울 대전간에 고속 백본망을 구

국 가	네트워크	주관기관	목 적	현 황	비 고
미 국	vBNS	NSF 구현:MCI	초고속기술 시험 지원	· OC-12(622Mbps)급의 IPOA 망 제공 · 5개 슈퍼컴퓨터센터 및 대학들 연결	· 사용자정책(AUP) 적용 · 단순통과 트래픽은 불허
	NGI	연방정부	차세대인터넷 기술 개발 네트워킹 기술 혁신적 응용 서비스 기술	· 정부 소유의 초고속망 이용 구축 (vBNS, NREN, DREN, ESnet) · 미국내 기관만 접속 허용 · 산업체 참여 원칙적 불허	
	Internet2	UCAID	상동	· vBNS, MREN, Abilene 이용 구축 · 대학 및 산업체 중심으로 추진	
캐나다	CANARIE	정부와 산업체 공동의 컨소시엄	초고속기술 시험 지원 · 시험망 구축: NTN 프로젝트 · 네트워킹/응용 기술 연구: TD2 프로젝트	· DS3/OC3 인터넷 접속 · ATM 연결 서비스 제공 · 120 개의 유료 기관 접속 사용	· Internet2와 연결 추진 · 정부와 산업체 공동 출자로 구축
	CA*net 2	CANARIE 컨소시엄	미국의 NGI 및 Internet2와 동일함	· 15개의 지역망이 GigaPOP 통해서 접속 · 정책, 기술, 응용 위원회로 구성되어 운용	
	CA*net 3	CANARIE	Full Optical Internet 구현	· dWDM 이용하여 40 Gbps 의 속도까지 지원 · 98년 가을 deploy 예정	
유 럽	TEN-34	DANTE TEN-34 컨소시엄	유럽 16개국의 초고속시험망 연결하여 국가간의 공동연구 지원 · 네트워킹 기술 · 응용 기술	· 34Mbps로 연결된 IPOA망 · ATM VP 서비스망(CBR, VBR 서비스 제공)	
	TEN-155	DANTE TEN-155 컨소시엄	미국의 Internet2와 동일함	· TEN-34를 155Mbps로 속도를 향상 시킴	
일 본	BBCC Ad-Net21	정부, 학계, 산업체 컨소시엄	· BCC: B-ISDN 응용의 연구 및 시험 · Ad-Net21: R&D용 장비 제공	BBCC · 95년 기준 194 기관이 참여 · Ad-Net21로부터 장치 임대하여 수행 Ad-Net21 · 일본 통신 발전위가 산업체 출자 기금을 Ad-Net21에 출자(550백만엔) Ad-Net21에 출자(550백만엔) · 지방자치단체 및 개인 회사가 출자 (560 백만엔)	· 전국규모의 망이 아닌 간사이 과학도시 대상으로 구축

표 3. 외국의 초고속 시험망의 비교

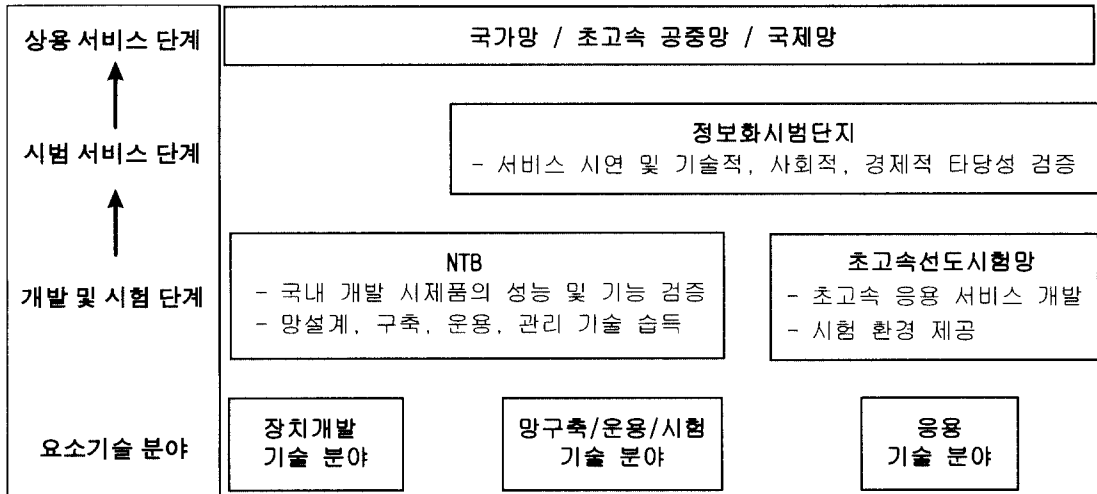


그림 3. 초고속 시험망 발전 단계

축하였다. 현재 선도시험망의 가입자는 학교, 연구소 및 산업체 등의 31개 기관이 접속되어 있으며, 개별 기관별로 선도시험망을 이용하기 어려운 기관을 위해서 지역별로 11개의 공동이용센터를 구축하였다. 현재 대부분의 가입기관은 ATM 계층을 통해서 접속되며, PVC 서비스 및 SVC 서비스(multiple PVP tunneling 이용)를 제공한

다. 그림 4는 현재 초고속 선도시험망의 구성 개념도를 보여준다. 초고속 선도시험망은 ATM 기반의 기술 및 응용서비스에 대한 연구를 주로 수행했으나, '99년부터 단대단 품질보장, 멀티캐스트, IPv6, 네트워크 보안기술, 단말 이동성 등과 같은 차세대 인터넷 기술도 시험할 수 있는 시험망으로 진화를 계획중이다.

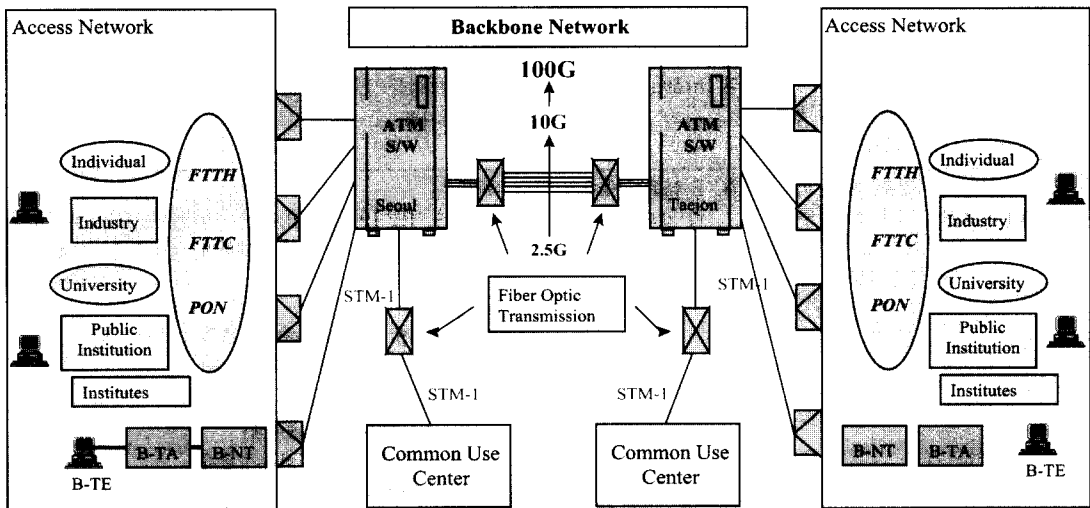


그림 4. 초고속 선도시험망의 구성 개념도

2. APII/APAN-KR 네트워크

아시아/태평양 지역 국가들간의 National Testbed Network을 서로 연결하여 국제 공동 연구를 수행하자는 취지에서 시작된 APII/APAN에 한국은 1997년 APAN-KR Consortium이 구성되어 APAN에 참여하고 있다. APII/APAN-KR 네트워크는 초고속 선도시험망의 ATM 서비스를 이용한 논리적 네트워크로 구성된다. 현재는 모든 가입기관이 광화문에 있는 Seoup-XP에 스타구조로 연결된다. Seoul-XP는 KT/KDD간의 상용 ATM망을 이용하여 구성된 2Mbps APII 링크를 통해서 Tokyo-XP로 연결된다. Tokyo-XP는 미국의 STAR-TAP에 연결이 되어서 미국내의 Internet2/vBNS, 캐나다의 CA*NET2, 유럽의 TEN-155에 연결된다. '99년에는 Seoul-XP와 싱가포르의 Singaren 간에 2Mbps의 링크가 추가될 예정이며, 차세대 인터넷 네트워킹 기술의 연구를 위해서 IPv6/DiffServ/RSVP 시험망을 구현할 예정이다. APII/APAN-KR 네트워크의 연결도는 그림 5에서 보여준다.

를 확보하고 있는 상태이기는 하나, 다가올 21세기에 교육, 사회, 문화적인 측면에서의 정보 인프라로 자리 잡기에는 네트워크의 안정성, 단대단 품질보장, 네트워크 보안 기능 및 고속 액세스 등과 같은 기술적인 문제를 가지고 있다. 그러나 이러한 기술적인 문제들은 조만간에 해결이 가능할 것으로 예상되며, 향후 세계 각국의 경쟁력은 차세대 인터넷 기술을 이용한 국가 정보 인프라의 구축 정도에 따라서 달라지게 될 것이다. 이러한 이유 때문에 많은 나라들은 차세대 인터넷 기술 연구를 국가적인 차원에서 주도하고 있다.

국내의 경우도 정부가 주축이 되어서 추진하는 초고속 선도시험망 사업 및 APII 사업이 있으며, 학계 및 연구계를 중심으로 추진하는 APAN 사업이 있다. 초고속 선도시험망이 국내의 차세대 인터넷 기술 연구를 지원하기 위한 시험망으로서의 역할을 수행할 것이며, APII 및 APAN 사업은 APII/APAN-KR 네트워크를 통해서 국제간의 공동 연구를 수행하고 있다. 그러나 국내에서의 차세대 인터넷 기술 연구를 더욱 활성화 시키기 위해서는 정부, 학계 및 산업체들 간의 협조가 잘 이루어져 시너지 효과를 기대할 수 있는 국가적인 추진 체계가 요구된다.

V. 결 론

현재의 인터넷은 광범위한 이용층과 응용 서비스

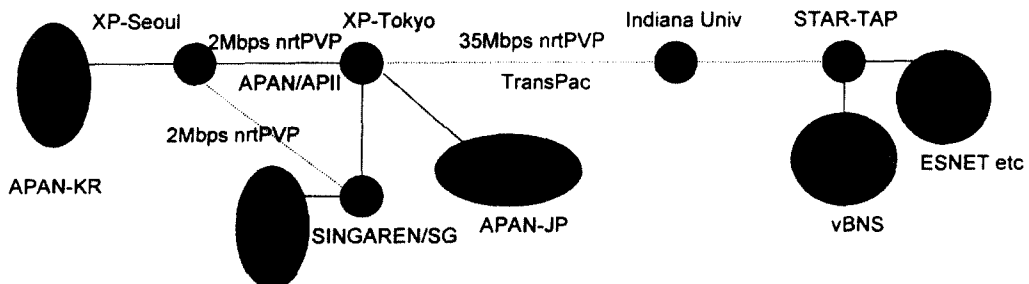


그림 5. APII/APAN-KR 네트워크 연결도

※ 참고 문헌

- [1] Network Wizards, <http://www.nw.com/>
- [2] KRNIC, <http://www.krnic.net/net/net.html/>
- [3] 정보통신부, 정보통신망 고도화 추진 계획, 1997.
- [4] Internet Surveys, <http://www.nua.ie/surveys/>
- [5] 전홍범, "차세대 네트워크 진화방향". 한국통신통신망연구소 Technical Memo, 1998.
- [6] Internet2, <http://www.internet2.edu/>
- [7] Christian Huitema, Routing in the Internet, Prentice-Hall, 1995.
- [8] P. Ferguson and G. Huston, "Quality of Service in the Internet: Fact Fiction or Compromise?," INET '98, pp. 21-24, July 1998.
- [9] Draft Qbone Architecture, <http://www.internet2.edu/qos/wg/>
- [10] 최성미, 김상연, 홍경표, "인터넷 상에서의 멀티캐스트 구현을 위한 프로토콜 분석 및 네트워크 모델", 98년 전자공학회 추계학술회의
- [11] vBNS, <http://www.vbns.net/>
- [12] Next Generation Internet Initiative, <http://www.ngi.gov/>
- [13] CANARIE, <http://www.canarie.ca/>
- [14] TEN-34, <http://www.dante.net/ten-34/>



홍 경 표

1984년 한국항공대학 전자공학과 학사
 1987년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
 1997년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사
 1987년~현재 한국통신 통신망연구소
 인터넷기술연구실장



김 상 범

1990년 서강대학교 전자공학과 학사
 1992년 서강대학교 전자공학과 박사
 1992년~1993년 삼성전지 DSP 기술센터 근무
 1993년~현재 한국통신 통신망연구소
 인터넷기술연구실 근무