

# 전세계 차세대인터넷 망 구축 동향

## The Worldwide Deployments of Next Generation Internet

이승윤(S.Y. Lee)

차세대인터넷표준연구팀 선임연구원

박정수(J.S. Park)

차세대인터넷표준연구팀 선임연구원

김용진(Y.J. Kim)

차세대인터넷표준연구팀 책임연구원, 팀장

본 고에서는 현재 전세계적으로 진행되고 있는 차세대인터넷 망 구축 동향을 소개한다. 한국의 KOREN IPv6 프로젝트를 포함한 미국의 Internet2 백본인 vBNS, 유럽의 IPv6 프로젝트인 6INIT, 캐나다의 광 인터넷 백본인 CANARIE의 CA\*net 프로젝트 그리고 일본의 WIDE 프로젝트에서 수행중인 IPv6 기반 차세대 인터넷 망 구축현황에 대해 소개한다.

## I. 서론

최근 들어 전세계적으로 차세대인터넷에 대한 범 국가적인 투자와 노력이 늘어가고 있으며 이미 미국, 유럽, 캐나다, 일본 등에서는 차세대인터넷을 위한 시험망 등의 구축을 통하여 다양한 프로토콜 및 응용들을 실험중에 있다. 특히 차세대인터넷은 차세대 IP 프로토콜이라고 불리는 IPv6를 기본으로 하고 있으며, 이 프로토콜은 이미 IETF를 통해 기본적인 표준화 작업이 완료된 상황이다[1]. 최근에는 국제 IPv6 Forum이 결성되어 IPv6 도입의 필요성과 진화방안 등에 대한 국제적인 노력을 시도하고 있는 추세이기도 하다. 차세대인터넷에서의 IPv6의 도입은 주소고갈 문제해결 뿐만 아니라 보안, QoS 등의 관점에서 필수적이라고 할 수 있기 때문에 이미 전세계적으로 IPv6를 기반으로 하는 차세대인터넷 망 구축 노력이 시도되고 있다.

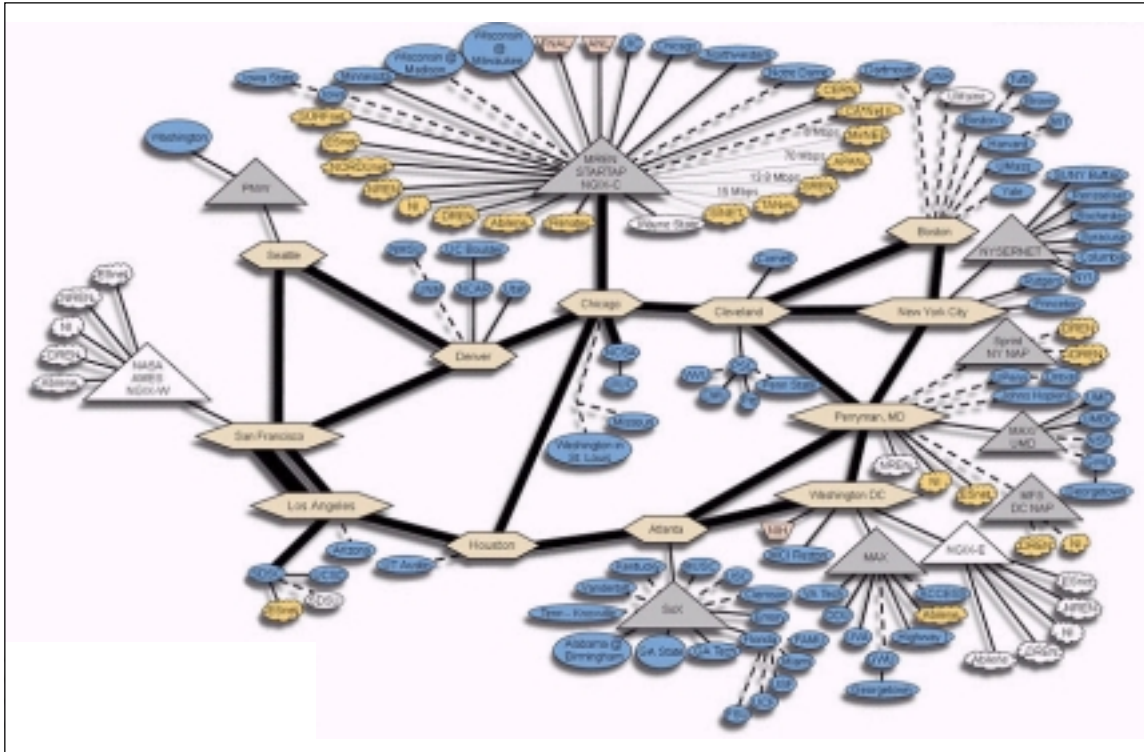
차세대인터넷 망 구축과 관련하여 미국은 이미 Internet2 프로젝트를 시작하였고, vBNS(very-high-performance Backbone Network Service)라는 백본망을 구축하여 IPv6 기반의 차세대인터넷 망을 시

험, 운용중에 있으며 유럽의 경우 영국을 비롯한 다수의 국가가 협력하여 6INIT(IPv6 Internet Initiative)라는 IPv6 기반 차세대인터넷 망 구축 및 응용 서비스를 시도하고 있다. 캐나다의 경우 CANARIE (CANadian Network for the Advancement of Research, Industry and Education) 프로젝트인 CA\*net을 통해 IPv6 기반 차세대인터넷 시험망을 운용중에 있으며, 일본은 WIDE 프로젝트를 통해 IPv6 기반 차세대인터넷 관련 프로토콜 및 서비스를 시험 서비스 시도중에 있다.

## II. 국가별 차세대인터넷 망 구축 동향

### 1. 미국 vBNS IPv6

vBNS는 1995년에 고성능, 광대역 응용 등을 실험하고 보급하기 위한 목적으로 미국 NSF(National Science Foundation) 지원 하에 MCI에 의해 구축된 연구 및 교육을 목적으로 하는 Nationwide 네트워크이며, 현재 Abilene과 함께 Internet2 프로젝트의 백본망으로 사용되고 있다[2]. vBNS는 NSF 지원 수



(그림 1) vBNS 망의 논리적 구조

퍼컴퓨터센터(SCC)간, 직접 연결된 연구기관간 그리고 타 네트워크로 연결된 연구기관간의 각종 과학 응용들을 지원하고 있다. vBNS는 또한 새로운 인터넷 기술들의 평가와 조기 보급을 위한 테스트 환경을 제공하고 있다.

vBNS 백본은 기본적으로 다섯 개의 슈퍼컴퓨터 센터(SCC)와 네 개의 네트워크 액세스 포인트(NAP)가 연결되어 있는 구조를 이루며, 이들을 중심으로 기관망이 연결된다. vBNS는 초기에 OC-3 IP over ATM으로 시작하였고 현재 백본은 OC-12 ATM과 OC-12/OC-48 POS 트렁크의 듀얼 백본을 유지하고 있다. 또한 Cisco와 Juniper에 의한 Multi-vender 백본으로 구성되어 있으며, 2000년 3월에 MPLS 망을 구축한 상태이다. vBNS에 접속되어 있는 기관의 수는 2000년 현재 82개이고, 23개의 접속을 통해 16개의 네트워크와 연결되어 있는 상태이며, 이에 대한 vBNS의 논리적인 망 구조는 (그림 1)에서 보는 것과 같이 OC-48로 연결된 vBNS POP들을

중심으로 각 사이트와 연결되어 있다.

vBNS에서의 IPv6 서비스는 1998년 7월부터 ATM 백본망(IPv6 over ATM)에서 시작되었으며, 기본적으로 Native IPv6 서비스를 제공하고 있다. IPv6를 위해 사용되는 라우팅 장비는 Cisco 4700을 OC3/ATM상에서 사용하고 있다. IPv6 라우터들간에는 풀 메쉬(full mesh) 형태로 PCV 연결을 하고 있으며, vBNS 가입기관들과의 연결은 Native 방식과 터널링 방식 모두를 지원하고 있다.

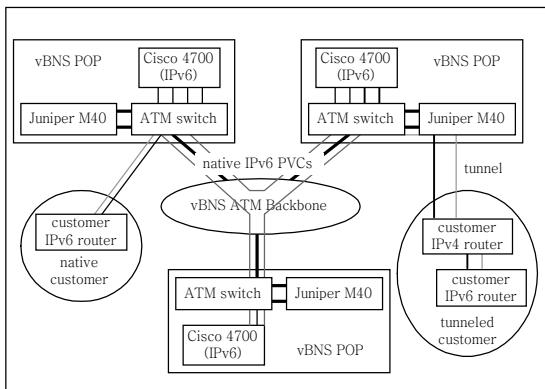
현재, vBNS가 제공하는 IPv6 서비스는 다음과 같이 요약될 수 있다.

- IPv6 라우터들은 모두 풀 메쉬 형태로 ATM PVC로 연결
- 내부 라우팅 프로토콜(IGP) RIPng 사용
- 6Bone(IPv6 Backbone) 사이트와의 접속시 BG P4 + 사용
- vBNS 가입기관과의 연결은 static route나 BG

P4+ 를 사용

- 대부분의 연결은 Native IPv6이며, IPv6 over IPv4 터널도 사용
- AAAA 및 PTR 레코드와 AAA를 지원하는 DNS 제공
- IPv6를 지원하는 웹 서버 제공(www.vbns.net)

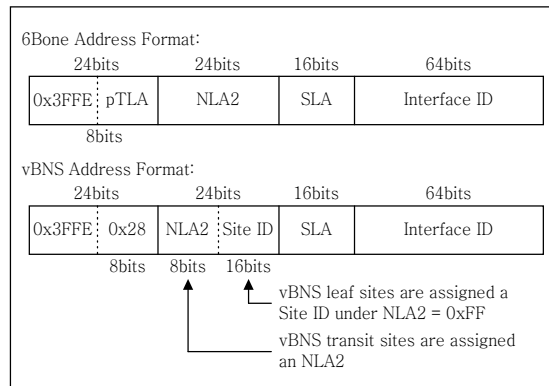
각 vBNS POP의 구조는 Fore ATM 스위치를 중심으로 IPv4 라우팅을 위해 Cisco 7505가, IPv6 라우팅을 위해 Cisco 4500이 각각 사용되고 있다. 이들 링크는 모두 OC-3이며, 최근 대용량 고속 라우팅을 위해 vBNS 백본과 OC-48 링크로 Juniper M40 라우터를 설치하였다. 한편, vBNS POP간의 트렁크 구조는 POP과 POP 사이에 스위치를 통한 Native IPv6 PVC로 연결되는 구조를 갖는다(그림 2).



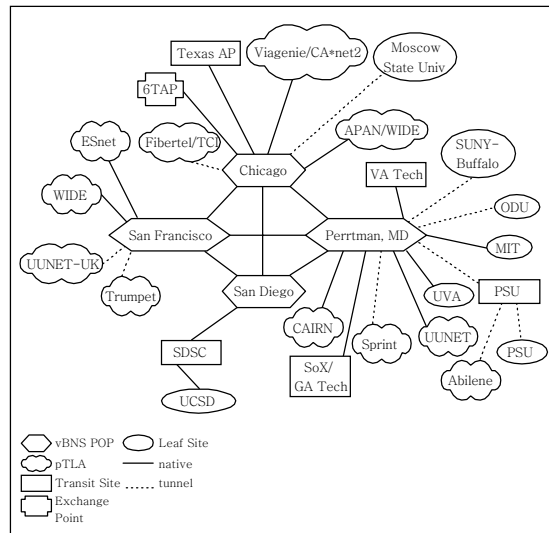
(그림 2) vBNS POP간의 연동구조

vBNS에서는 두 가지 형태의 접속을 허용하고 있는데, 천이 사이트(transit site)와 리프 사이트(leaf site)로 나뉜다. 천이 사이트는 다른 사이트들에 대한 연결과 주소 aggregation을 제공하며, 32비트 어드레스 블록으로 delegation 된다. 한편, 리프 사이트의 경우 다른 사이트로 천이를 제공하지 않는 스텐터브(stub) 사이트를 의미하는 것으로써, 48비트의 어드레스 블록으로 delegation 되어 진다. (그림 3)은 vBNS의 주소할당 구조를 보여주고 있다.

vBNS의 논리적인 IPv6 망은 4개의 IPv6 POP을 중심으로 5개의 천이 사이트와 7개의 리프 사이트



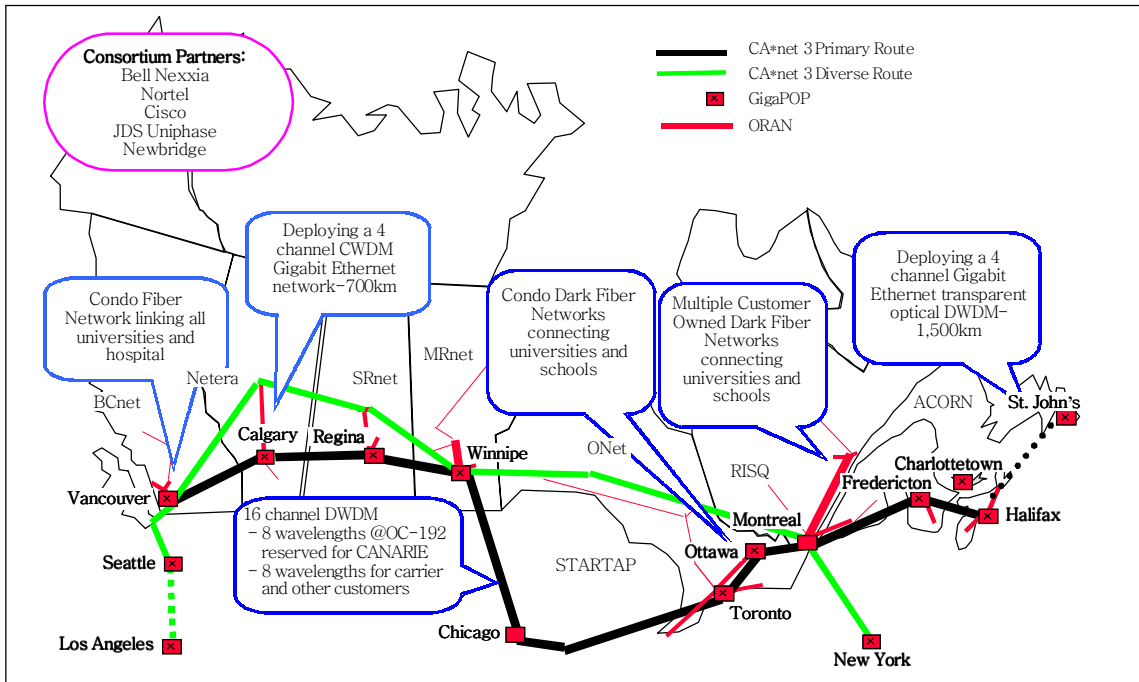
(그림 3) vBNS IPv6 주소할당 구조



(그림 4) vBNS IPv6 논리망 구조

가 연결되어 있고, 각 POP간과 6TAP과의 연결은 기본적으로 Native IPv6로 연결되어 있으며, 기타 각 사이트들 간에는 Native IPv6 또는 터널 방식으로 연결되어 있다(그림 4). 한편, 상업용 IPv6 서비스는 vBNS+를 통해서 이루어지고 있는데, 실제로 vBNS+는 상업용 IPv6 주소(sub-TLA)에 의해 delegation 된다.

최근, vBNS+에서 IPv6와 관련하여 계획되고 있는 일들은 변환 메커니즘(6 over 4, 6 to 4 등)에 대한 실험과 IPv4와 IPv6의 효율적인 접목, ATM을 대체시키기 위한 IPv6 over MPLS, OSPFv3, A6 레코드 그리고 새로운 응용들이다.



(그림 5) CA\*net III의 망 구조

## 2. 캐나다 CA\*net IPv6

CA\*net은 1993년에 정부, 업계, 연구/교육기관이 공동으로 캐나다의 인터넷 인프라를 개선시키고 응용 개발 및 이용을 촉진시키기 위해 만들어진 학술 연구 전산망인 CANARIE로부터 시작된 프로젝트로서 1995년에 CA\*net이, 1997년에 CA\*net II가 그리고 1998년에 들어 CA\*net III로 발전하여 현재까지 수행되고 있다[3, 4]. CA\*net이 초기 인터넷 백본에 해당하며, CA\*net II는 캐나다의 차세대 인터넷 백본으로 대표되고, CA\*net III는 세계 최초의 광 인터넷 백본이라고 할 수 있다. IPv6는 CA\*net II 때부터 도입되기 시작하였다.

CANARIE 프로젝트의 현재 백본망인 CA\*net III는 앞서 언급한 바와 같이 최초의 광 인터넷 백본이며, 광 네트워크 기술을 기반으로 하는 3세대 인터넷 구축을 기본 목표로 하고 있다. CA\*net III의 망 구성도는 (그림 5)와 같으며 미국의 STARTAP과 연결되어 있다.

CA\*net에서의 IPv6 서비스는 CA\*net II에서부터

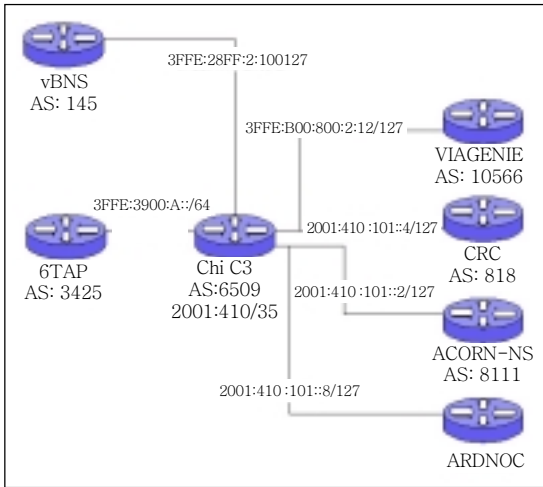
시작되었으며, 6POP.CA라는 이름으로 IPv6 POP 역할을 담당하고 있다[5]. 6POP.CA의 운영은 Viagenie Inc., Dallhouse Univ., Dallhouse Communications Services의 3개 기관이 담당하고 있으며, 캐나다의 연구 및 교육을 위한 IPv6로의 효과적인 천이를 목적으로 하고 있다. IPv6 링크는 (그림 6)에서와 같이 공식주소 및 6Bone 시험주소를 통해 vBNS, 6TAP, Viagenie 등과 연결되어 있다.

향후 CA\*net에서의 IPv6 관련 연구 및 활용 계획은 다음과 같이 요약할 수 있다.

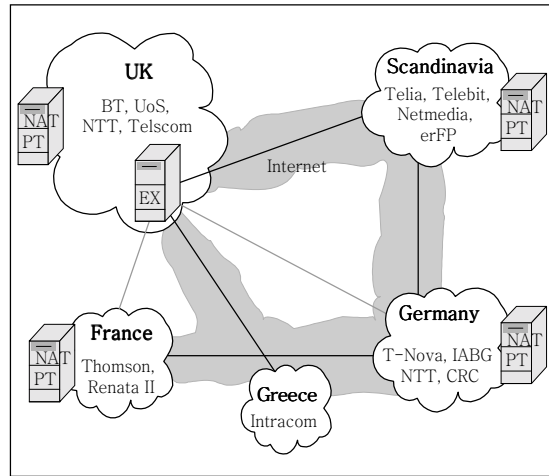
- 터널서버를 통한 IPv6 백본망 구축
- IPv6 변환기술 적용을 위한 테스트베드로 활용 계획
- IPv6 터널 서버 운영(www.freenet6.com)
- 미국 6TAP과 함께 IPv6 Exchange Point 운용

## 3. 유럽 6INIT

6INIT는 유럽에서의 IPv6 네트워크 보급을 위해 시작된 프로젝트로서, IPv6 멀티미디어 및 시큐리티



(그림 6) 6POP.CA 백본 구조



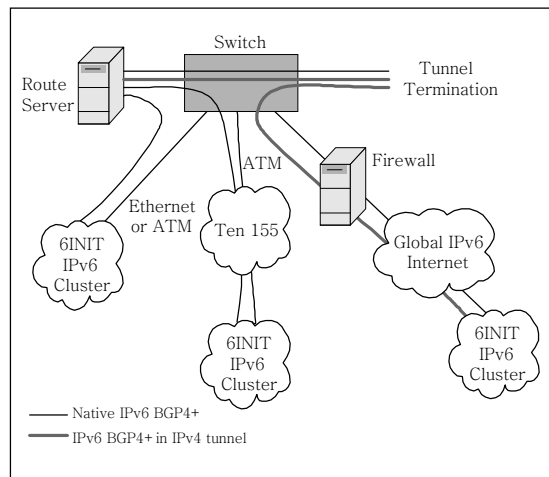
(그림 7) 6INIT 유럽 네트워크 구조

서비스의 보급을 주목적으로 하고 있다[6]. 6INIT 프로젝트는 최종사용자에게 Native IPv6 액세스 포인트와 Native IPv6 서비스를 제공하기 위한 첫 European 플랫폼 셋업을 주도하고 있다. 6INIT 프로젝트는 유럽의 주요 전기통신 회사, 장비 제조업체, 솔루션/소프트웨어 개발업체 그리고 연구기관 등이 참여하고 있으며, 이 프로젝트를 통해 고품질, 고성능의 상업용 IPv6 서비스를 제공하고자 한다.

현재 6INIT는 영국, 스칸디나비아, 프랑스, 독일, 그리스 등의 5개 지역이 참여하고 있으며, 터널링 또는 TEN 155 망을 이용한 Native IPv6 링크를 가지고 있다. 또한 일부 사이트에서는 NAT-PT를 통한 IPv4 망과의 연동기능을 제공하고 있다(그림 7).

6INIT에서 Exchange Point는 영국에서 담당하고 있고(UK 6X), 인터넷 또는 ATM을 이용한 6INIT IPv6 사이트와의 연결기능과 TEN 155 망을 이용한 ATM 접속기능을 제공하고 있으며, 기존 IPv4 인터넷이 있는 경우의 6INIT IPv6 클러스터 접속은 터널링 방식으로 접속을 제공하고 있다(그림 8).

현재 6INIT에서 고려하고 있는 네트워크 요구사항은 기본적으로 DNS를 비롯하여 Diffserv 기반의 QoS 기능, IPsec, NAT-PT를 통한 인터워킹, 다중 sTLA, BGP+ peering 그리고 IPv6 Exchange 등이다. INIT의 기본적인 목적은 다음과 같이 요약될 수 있다.



(그림 8) UK 6X에서의 클러스터 접속

- 유럽 최초 IPv6 패킷 전송 서비스의 테스트 및 검증
- Diffserv 및 IPsec 표준 기반의 네트워크 서비스 제공
- IPv6 네트워크와 IPv4-IPv6 네트워크 및 응용을 위한 운용 절차 개발
- IPv6 응용의 테스트 및 조기 개발(멀티미디어 응용, 프로페셔널 응용)

한편, 현재 6INIT 프로젝트에서 추진중인 응용개발 및 실험은 VoIPv6, Newspaper 프린팅 서비스, News on Demand 서비스 등이 있다. 특히 VoIPv6

의 경우 기존 IPv4 망과의 시그널링을 통한 IPv6 단 말과의 연동을 준비중에 있다. 다음은 6INIT에서 고려하고 있는 실험대상 응용들이다.

- 공통응용
  - 인터넷 응용: mail, ftp, web
  - 멀티미디어 웹, 오디오 및 비디오 톨
  - IP 텔레포니(SIP over IPv6)
  - VPN(액세스 라우터)
  - v4-v6 상호운용성(액세스 라우터)
- 프로페셔널 응용
  - Newspaper 프린팅 응용
  - Direct Online Trading(DOT)
  - Multimedia News on Demand(NoD)

#### 4. 일본 WIDE IPv6, 6Bone-JP

WIDE(Widely Integrated Distributed Environment) 프로젝트는 1988년에 36개 대학과 66개 업체가 공동 참여하여 연구 컨소시엄 형태로 시작되었으며, 대규모 분산 컴퓨팅 환경 구축을 목적으로 하는 WIDE 프로젝트는 전기통신 기술과 운영체제 기술을 통해 광범위한 통신 인프라를 제공하기 위한 작업을 하고 있다[7]. WIDE 프로젝트 내에는 IPv6 워킹 그룹을 포함한 총 18개의 워킹 그룹이 있다. 또한 WIDE 프로젝트 내에는 세부 프로젝트들이 있으며, IPv6와 관련하여 KAME 프로젝트와 TAHI 프로젝트가 있다[8].

KAME 프로젝트를 통해 IPv6 및 IPsec 코드를 개발, 배포하고 있으며 THAI 프로젝트를 통해 다양하게 구축된 IPv6 호트스 및 라우터에 대한 적합성 및 상호운용성 시험을 수행하고 있다. 최근 WIDE 프로젝트는 IPv6를 위한 고품질의 상호접속 기능을 제공하기 위해서 NSPIXP-6(An IPv6 internet exchange point in Tokyo)를 설치 운영하고 있으며, 이것은 다가오는 IPv6 프로토콜로의 진화를 대비한 정확한 순수 IPv6 망의 오퍼레이션 경험을 하고자 함을 목적으로 한다.

WIDE의 IPv6 테스트베드는 기본적으로 6Bone

에 기반하고 있으며, WIDE 프로젝트 자체의 6Bone 망과 6Bone-JP 망이 존재한다[9]. WIDE 6Bone은 기본적으로 ATM을 백본으로 하고 있으며 64k, 128k, T1, ISDN 그리고 터널링 등 다양한 접속을 지원하고 있다. 6Bone-JP 망 역시 기본적으로 ATM 백본 망에서 구축되어 있으며 6TAP, vBNS 등과의 해외 링크를 갖는다(그림 9).

현재, WIDE 프로젝트 내에는 IPv6 워킹 그룹을 별도로 두어 IPv6/IPsec 코드의 개발 및 IPv4-IPv6 변환기 개발 등을 추진하고 있다. 다음은 WIDE 프로젝트에서 진행중인 IPv6와 관련된 내용이다.

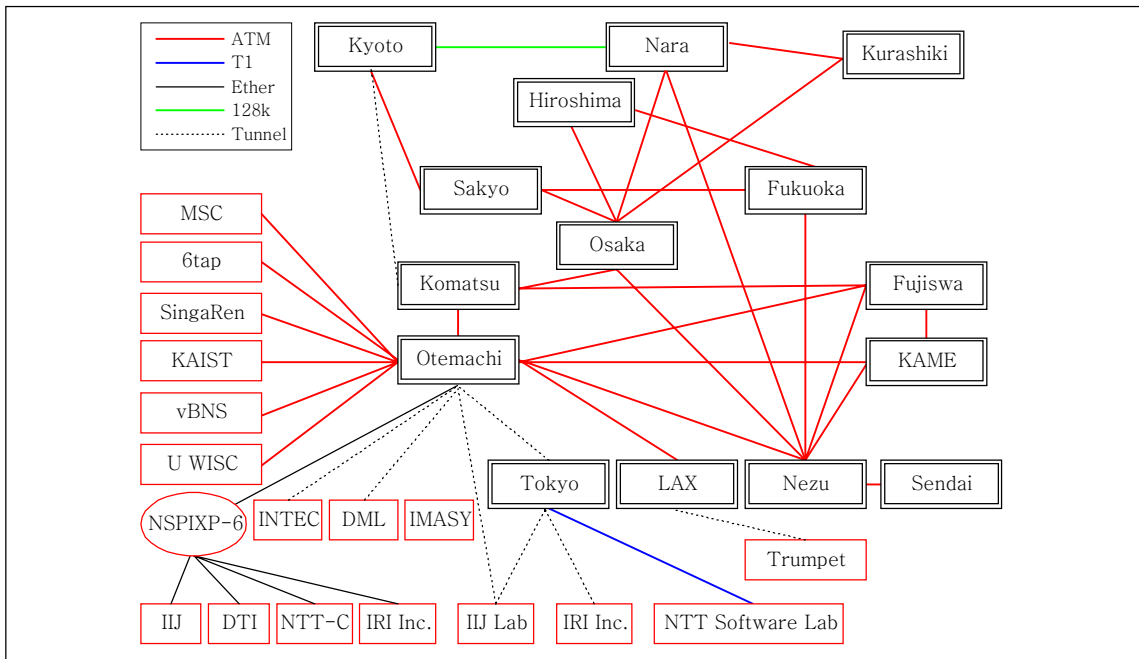
- IPv6 시험주소(6Bone) 제공 및 공식주소 할당 서비스
- IPv6 테스트베드 제공
- IPv6 Host Stack 및 라우터 개발(KAME 프로젝트, 히타치)
- IPv6 적합성 테스트 툴 개발(TAHI 프로젝트)
- IPv6 Exchange Point 운용(NSPIXP-6)
- IPv6 테스트베드 구축(WIDE Backbone: IPv6 & OSPFv6)

6Bone-JP, WIDE 6Bone의 주소는 다음과 같은 6Bone 시험주소를 이용하고 있다. WIDE 6Bone의 경우 pNLA2 주소 3ffe:501:xxxy::/48를 가입자에게 제공하고 있으며, 6Bone-JP의 경우 pNLA1 주소 3ffe:05xx::/48를 ISP에게 할당하는 규칙을 가지고 있다. 한편, WIDE는 1999년에 전세계에서 13번째로 sTLA 주소 2001:200::/35를 할당 받아 서비스를 제공하고 있다.

#### 5. 한국 KOREN IPv6, 6Bone-KR

가. KOREN

선도시험망은 1994년부터 정통부가 주관하고 한국통신이 집행기관이 되어 구축한 완전한 ATM 망으로서 망 구축 초기에는 주로 ATM 기술을 위주로 하여 관련 네트워킹 기술과 응용 기술 등을 개발하여 검증 또는 시연할 수 있는 시험망으로서 존재해 오다가



(그림 9) 6Bone-JP 구조

2단계에 접어들면서 APAN(Asia Pacific Advanced Network)과 기술적 협력을 하는 등 점차 인터넷 기술 수용으로 인한 변화를 가져오기 시작하였다. 따라서 이때부터는 시험망으로서의 임무보다는 상용화에 근접한 수준의 망 서비스를 제공함으로써 이를 바탕으로 하여 차세대 네트워킹 기술 또는 응용 기술 등을 개발할 수 있게 하는 임무에 더 주안점을 두게 되었다. 이때부터 선도시험망은 KOREN으로 불리기 시작했으며 활성화되기 시작했다. KOREN은 2단계에 들어서면서 APAN-KR과 공동으로 주로 Multicast, QoS, MPLS, IPv6와 같은 기술에 대한 연구를 지원하기 시작하였다.

IPv6 연구에 대한 지원과 활성화를 위해 KOREN은 1999년 11월에 KOREN의 서울과 대전의 백본 노드에 IPv6용 라우터를 별도로 설치하여 IPv4 KOREN과는 별개로 KOREN IPv6 망을 구축하였으며 목표는 다음과 같다.

- Native IPv6 망의 구축 및 운용
- IPv6 기술/망의 도입의 가속화

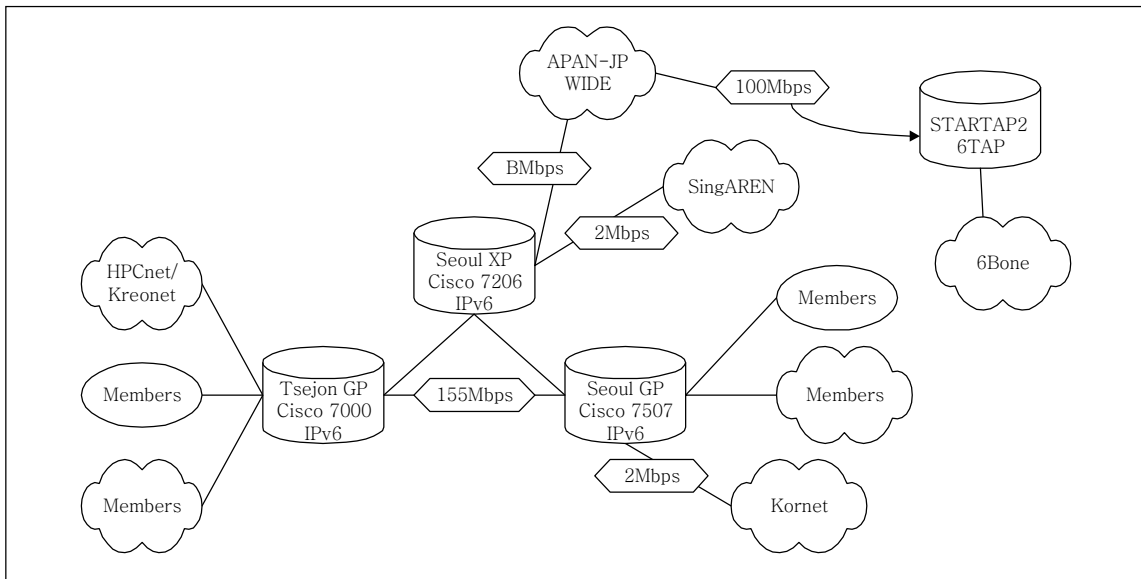
현재 국내 가입기관의 연결은 KAIST, ETRI, 고

려대, 한국통신 등이 있으며 국제연결로는 6TAP, SingAREN, WIDE, APAN Tokyo XP 등이 있다(그림 10). 그러나 KOREN IPv6는 IPv6 연결 외에 일부 IPv4 가입기관의 트래픽(HPCnet/Kreonet)도 수용하고 있으며, 이는 IPv4에서 IPv6로의 전이에 대한 자료를 획득하고자 함이다.

현재 서울과 대전 노드의 IPv6 라우터는 각각 Cisco 7507과 RSP 7000이며 사용하고 있는 Cisco IOS 12.0T이다. 현재 Cisco에서는 Solstice IPv6 beta 릴리스로 불리우는 20000621의 최신 버전(12.1T IOS에 기반)을 발표하였으나 ATM Interface와 관련된 문제로 인해 KOREN에서는 적용을 보류하고 있는 형편이다. KOREN IPv6 망에서 사용하고 있는 IPv6 주소는 시험주소와 한국통신이 APNIC로부터 받은 공식주소를 함께 사용하고 있다(시험주소: 3ffe:8040::/28, 공식주소: 2001:220::/35).

나. 6Bone-KR

6Bone이란 IPv6를 동작하고 실험하기 위한 국제적인 실험망으로써, 기존 인터넷상에서 IPv6를 지원



(그림 10) KOREN/IPv6 망 구성도

하는 라우터와 호스트로 구성된 가상망을 가리킨다. 6Bone은 IETF NGTrans WG에서 6Bone 시험용 IPv6 주소(3ffe::/16) 할당, 망 운용 등 망 관리에 대한 전체 총괄을 맡고 있다[10]. 현재 국내에서는 국제 6Bone에 연결되어 국내의 IPv6 개발과 연구 촉진, IPv6 망 진화를 위한 실험망인 6Bone-KR이 1998년부터 ETRI를 중심으로 구성, 운영되고 있다[11]. 6Bone-KR은 국내의 IPv6 주소도입을 위해 국내 6Bone 가입망 확산, IPv6 관련 기술과 응용의 개발을 주활동으로 하는 사용자 그룹 및 실험망을 가리키며, 국내에서의 6Bone 토폴로지 조정 등 6Bone 망 관리자와 사용자에게 유용한 서비스를 제공하고 있다.

현재, 국내 6Bone(6Bone KR)은 국제 6Bone으로부터 pTLA인 ETRI/KR, 3ffe:2e00::/24 prefix가 1998년 5월부터 할당되어 사용되고 있다. 이 값은 2000년 10월 현재, ETRI 신명기(mkshin@pec.etri.re.kr) 선임연구원에 의해 관리되고 있으며, 이를 기반으로 국내에서의 각 프로젝트, 기관별로 계층적으로 NLA, SLA가 할당된다. 이때 모든 국내 NLA ID들은 국내 TLA ID 관리자에 의해 관리되어야 한다. 이 값은 추후 새로운 값이 나라별로 다시 정의되면 재할당 값을 받을 수도 있다.

국내에서 할당 받은 3ffe:2e00::/24 prefix로 구성되는 어드레스 유형은 다음과 같다.

6Bone-KR Backbone sites: 3ffe:2exx::/32 with xx > 0

3	13	8	8	16	16	64bits
3ffe	2e		Site	SLA ID		Interface ID

pTLA를 기반으로 국내에서 NLA를 할당하는 것은 다음과 같은 규칙을 따라야 한다.

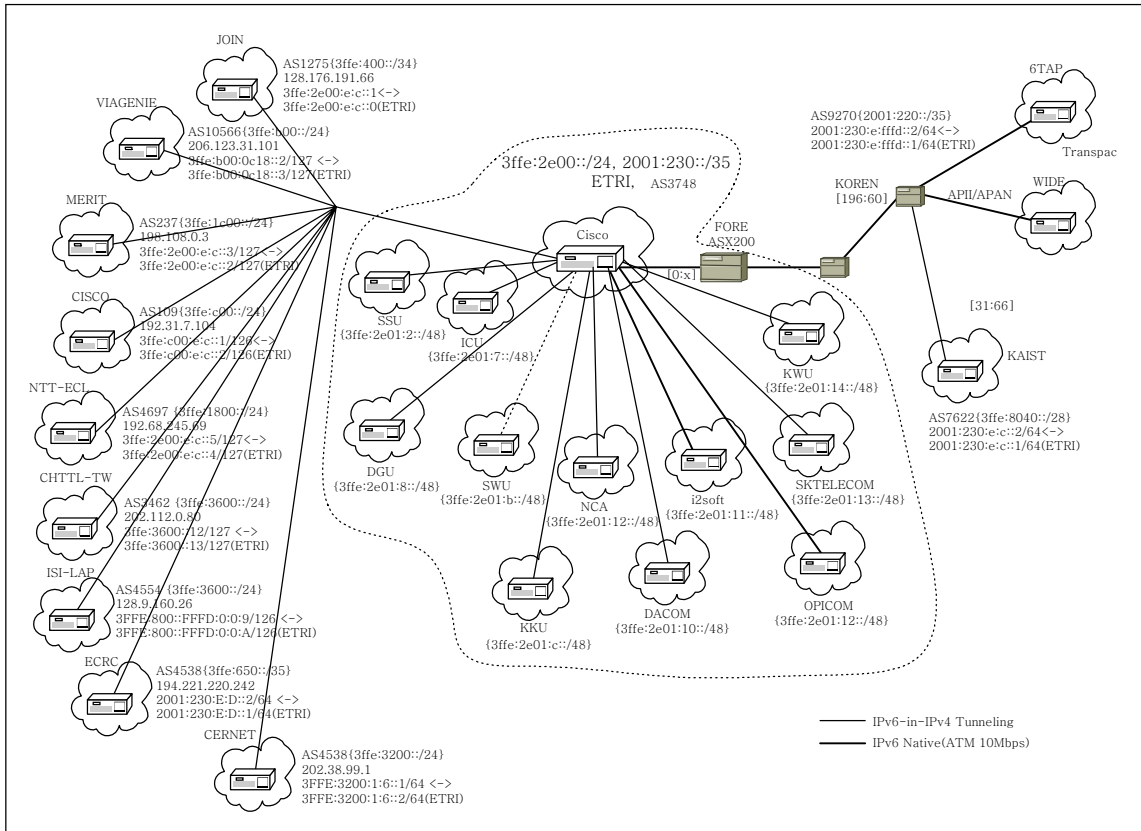
- NLA1: 국내 규모의 대형 프로젝트 형태의 규모, 혹은 특수 목적의 이벤트인 경우 할당
- NLA2: 각 기관별 할당인 경우 할당

(그림 11)은 현재 6Bone-KR의 망 구성도이다.

### III. 결론

본 고에서는 현재 전세계적으로 진행중인 차세대 인터넷 망 구축 동향에 대하여 알아보았다. 차세대 인터넷 망은 기본적으로 IPv6 프로토콜을 적용하고 있으며, 이를 기반으로 기본적인 망 운용 기술을 포함하여 멀티미디어, 시큐리티 분야 등에 있어 다양한 차세대인터넷 응용들을 시험하고 있다. 이에 대한 예





(그림 11) 6Bone-KR 구성도(2000년 10월 현재)

로 미국의 vBNS, 유럽의 6INIT, 캐나다의 CA\*net 그리고 일본의 WIDE 등 대표적인 차세대인터넷 망들의 동향에 대해 살펴보았다. 국내에서도 KOREN과 6Bone-KR을 중심으로 차세대인터넷 망 구축과 관련한 활동이 이루어지고 있는데, 아직은 외국에 비해서 그 규모나 범위가 다소 적지만 최근 들어 비교적 많은 투자와 활동이 시작되고 있는 추세이다.

차세대인터넷 망의 성공을 위해서는 IPv6와 같은 차세대인터넷 관련 기본 프로토콜 기술 및 응용 기술의 개발은 물론이고, 체계적인 망 구축 및 관리 기술을 도입하여 망 운용의 효율성을 도모해야 한다. 또한, 교육기관 및 연구기관을 포함한 많은 기관들이 참여하고 이용할 수 있도록 유도해야 할 뿐만 아니라, 차세대인터넷에서 경험할 수 있는 진보되고 독자적인 응용들의 개발을 촉진시킬 수 있도록 해야만 한다.

## 참고 문헌

- [1] IETF, <http://www.ietf.org>
- [2] vBNS, <http://www.vbns.net>
- [3] CANARIE, <http://www.canarie.ca>
- [4] CA\*net III, <http://www.canet3.net>
- [5] 6POP.CA, <http://6pop.canet2.net>
- [6] 6INIT, <http://www.6init.org>
- [7] WIDE, <http://www.wide.ad.jp>
- [8] KAME, <http://www.kame.net>
- [9] 6Bone-JP, <http://6bone-jp.v6.wide.ad.jp/>
- [10] 6Bone, <http://www.6bone.net>
- [11] 6Bone-KR, <http://www.6bone.ne.kr>