

# IPv6 도입을 위한 기술개발 동향

## IPv6 Technology Development Trend

신명기(M.K. Shin)

선형표준연구팀 연구원

김용진(Y.J. Kim)

선형표준연구팀 책임연구원, 팀장

본 고에서는 최근 인터넷 주소 고갈 문제를 해결하기 위한 해결책인 IPv6 주소 방식을 조기에 도입하기 위한 국내외 기술 개발 동향을 소개한다. 먼저 IPv6 도입을 위한 필요성 및 배경을 살펴보고, IPv6 관련 IETF 국제 표준화 동향, 국가별 주요 프로젝트, 연구 분야 등을 분석하여 이를 통해 국내에서 IPv6 도입에 대한 성공 가능성을 예측해 본다.

### I. 서론

2000년 4월 현재 인터넷은 전세계 8천만 개의 컴퓨터들과 2억 5천만 명 이상의 사용자들로 연결된 세계 최대의 통신망으로, 이제는 단순히 컴퓨터와 컴퓨터간에 연결된 전문가만을 위한 통신망의 차원을 벗어나, 모든 개인을 하나로 묶는 광범위한 정보 인프라로서의 역할을 하고 있다.

최근 인터넷의 가장 큰 고민 중의 하나는 주소 고갈의 문제로, 현재 인터넷은 32비트 주소 체계를 사용하는 IPv4(Internet Protocol version 4) 주소 방식을 사용하고 있으나, 최근 인터넷 호스트(PC, 웹서버), 이동전화(IMT-2000, 기존 CDMA/PCS 휴대폰), 스마트 정보가전(인터넷 TV, 전화, 오븐, 냉장고 등)의 증가 및 가정에서의 인터넷 접속 단말(xDSL, 케이블망 등) 수의 증가로 인해 현재의 32비트 주소 체계를 사용하는 IPv4로는 2008년경 인터넷 주소가 고갈될 것으로 염려하고 있다.

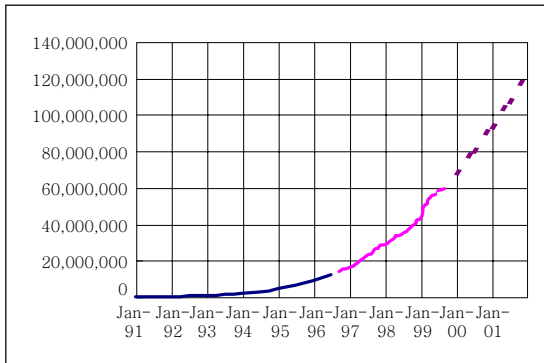
인터넷 주소 고갈 문제를 풀기 위한 임시적인 단기 해결책으로는 기존 IPv4 주소 공간을 효율적으로 재구성하여 renumbering하는 방식(예를 들면

CIDR(Classless Inter-Domain Routing) 이용), NAT(Network Address Translator), DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol) 등을 이용한 방식 등이 가능하나 주소 고갈을 막는 궁극적인 해결책이 되지는 못하며, 따라서 앞으로의 차세대 인터넷 도입을 위해 보다 장기적이고 궁극적인 해결 방안이 요구된다.

본 고에서는 IPv6(Internet Protocol version 6) 주소를 조기에 도입하기 위한 필요성 및 배경을 살펴보고, IPv6 관련 IETF(Internet Engineering Task Force) 국제 표준화 동향, 국가별 주요 프로젝트, 연구 분야 등을 분석하여 이를 통해 국내에서 IPv6 도입에 대한 성공 가능성을 예측해 보고자 한다.

### II. IPv6 조기도입의 필요성

IPv6 주소 조기도입의 필요성은 인터넷 접속을 원하는 단말 수의 증가와 밀접한 관계가 있다. 32비트 주소 체계를 사용하는 IPv4는 논리적으로 약 42억 개의 주소 공간이 제공 가능하나, 인터넷 초기 시절 무분별한 클래스(A, B, C) 단위의 할당으로 인해



(그림 1) 연도별 전세계 호스트 증가 추세

실제 사용 가능한 주소의 수는 그보다 더욱 적을 것으로 예상하고 있다. 현재 인터넷 서비스 활성화에 따른 주소 공간 부족문제는 128비트의 주소체계를 통해 거의 무한의 인터넷 주소 공간( $3.40 \times 10^{38}$ 개의 주소 공간 제공)을 제공하는 IPv6 방식을 도입함으로써 해결 가능하다. 현재 국내외적으로 할당된 IP 주소의 현황 및 향후 IPv6 적용 예상 분야를 살펴봄으로써 IPv6 도입에 대한 필요성을 논하고자 한다.

## 1. 국내외 인터넷 주소(IPv4) 할당 및 부족 현황

### 가. 국외 현황

2000년 4월 현재 등록된 전세계 호스트 수는 약 8천만 개로 집계되고 있다. 호스트 수는 인터넷의 양적 팽창을 나타내는 대표적인 지수로 인터넷에 연결되어 IP 주소를 가지고 있으면서 이름이 네임서버에 등록되어 있는 컴퓨터 수를 의미한다(그림 1) 참조). 따라서 실제 호스트 수는 그 이상일 것으로 예측할 수 있다. 인터넷 호스트 수는 1988년 이후로 지난 12년 동안 해마다 두 배 이상의 증가 추세를 보이고 있으며, 2000년 중반에는 인터넷 호스트 수가 1억 개, 실제 이용자 수가 3억 명에 달할 것으로 예측되고 있다[1, 2].

(그림 1)에서 볼 수 있듯이 이러한 증가 추세라면, 2007년경 호스트 수는 32비트 체계의 IPv4 주소로 실제 가능한 최대 숫자로 근접해 포화 상태가 될 것

이라는 예측이 있으며, IETF에서도 2005년에서 2011년 사이에 고갈될 가능성이 있다고 발표한 바 있다[3].

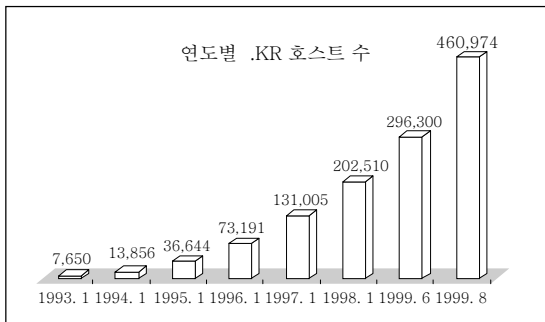
전세계적인 주소 할당 현황을 살펴보면, 우선 미국의 경우 유럽 및 아시아 국가들에 비해 상대적으로 많은 수의 IPv4 주소를 확보한 상태라고 볼 수 있다. <표 1>에서 보듯이 미국의 Lucent Technologies는 6,700,000개의 IP 주소 공간을, AOL(America Online)은 1,900,000개의 IP 주소 공간을 이미 확보한 상태이고 미국의 스탠포드, MIT와 같은 몇몇 대학이 인터넷 초기 시절 A 클래스를 이미 할당 받은 상태에서 실제로 공정한 주소의 사용은 불가능한 상황이다(사실 이러한 수치들은 아시아 지역의 평균한 국가가 할당 받은 IP 주소 개수보다도 더 큰 주소 공간을 의미한다)[4].

<표 1> 미국의 주요 기관 및 ISP들의 IP 주소 보유 현황[4]

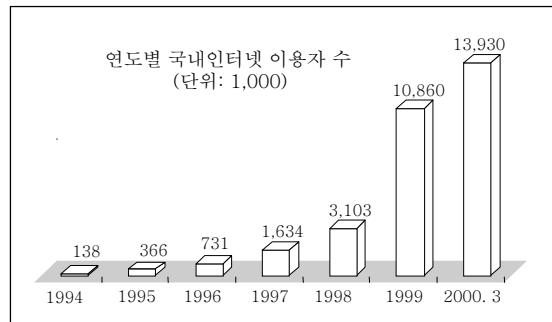
주요 개별 기관	보유 IP(IPv4) 개수	주요 ISP	보유 IP(IPv4) 개수
Lucent	6,700,000	America Online	1,900,000
US Air Force	675,000	UUNET	1,800,000
US Navy	600,000	@Home	800,000
US Army	400,000	ANS	750,000
Digital	180,000	BBN (GTE)	700,000
Control Data	180,000	PSINet	600,000
Hewlett-Packard	180,000	AT&T	475,000

유럽 및 일본의 경우는 미국과 비교할 때, 인터넷 주소 부족의 문제가 심각하다. 특히 일본의 경우 NEC, Hitachi, Sony 등을 중심으로 한 스마트 정보 가전 및 NTT Docomo를 중심으로 한 제3세대 차세대 이동통신(IMT-2000) 시스템 개발에 많은 노력을 기울이고 있어 이러한 기능이 포함된 인터넷 단말에 하나의 IP가 포함된다고 가정할 때, 단기적으로는 100만 개에서 장기적으로는 5억 개 이상의 새로운 IP가 필요할 것으로 예측되고 있다.

중국의 경우는 인구수에 대비해 인터넷 주소 부



(그림 2) 국내 인터넷 호스트 증가 추세



(그림 3) 국내 인터넷 이용자 증가 추세

즉문제가 더욱 심각한 상태이고, 중국 신식산업부 발표에 의하면 1999년 9월 현재 인터넷 가입자 수가 4백만 명이며, 국제조사기관인 IDC에 의하면 중국의 인터넷 가입자 수가 1천 6백 10만 명에 이를 것이라고 예측한 바 있어, 더욱더 인터넷 주소 고갈에 대한 심각성은 심해질 것으로 보인다.

결과적으로 유럽 및 아시아 국가들과 미국 내 신규로 인터넷 서비스를 시작하려는 ISP들은 상대적으로 인터넷 주소를 새로 획득하는 데 많은 어려움이 있으며, 따라서 NAT와 같은 변환기를 이용한 망 구축을 일부 고려하고 있는 실정이다. 하지만 이러한 NAT를 사용하는 방식은 궁극적으로 글로벌 인터넷 구조를 해치는 좋지 않은 방식으로 알려져 있으며 1~2년 이상 지속적으로 사용되기는 어려울 것으로 보인다.

나. 국내 현황

국내의 경우, 인터넷 호스트 증가 추세에 비해 현재 주소 공간은 매우 부족한 상황이다. 한국인터넷정보센터(KRNIC) 자료에 따르면 1999년 10월 현재 KR 호스트 수는 50만여 개에 달한다(그림 2) 참조). 실제 INTERNIC으로 할당 받은 COM 호스트들을 포함하여 국내 인터넷 호스트 수는 그 이상이 될 것으로 추산할 수 있다. 현재 국내에서는 48개의 B 클래스와 23,222개의 C 클래스가 KRNIC에 의해 할당되어 있어(현재 B 클래스는 1995년 이후로 추가 할당되지 않음) 이를 통하여 예상 측정된 국내 인터넷 이용자 수는 (그림 3)에서 보는 바와 같이 2000년

3월 현재 1천 3백만 명이 넘어 것으로 예측된다[5]. 더욱이 국내 인터넷 산업은 급속하게 성장중에 있으며, 신규 인터넷 서비스 사업을 시작하려는 케이블망/ADSL, 무선 인터넷(IMT-2000, CDMA), 정보가전 사업자들이 2005년까지 100만 개에서 1,000만 개 이상의 IP를 새로 요구할 것으로 예측되어, 국내 인터넷 주소 고갈에 대한 우려는 다른 나라들에 비해 더욱 심각하다고 볼 수 있다.

이와 같이 국내외로 인터넷 서비스를 요구하는 새로운 응용 분야들이 등장하게 됨에 따라 인터넷 주소의 부족은 더욱더 심각한 상황을 맞고 있으며, 이를 IPv6로 해결하려는 연구가 중요시되고 있다.

2. IPv6 조기 적용 분야

가. 이동전화망에서의 무선 인터넷 서비스

현재 국제적으로 약 5억 명에 달하는 이동전화 사용자가 있으며, 이러한 이동전화 환경에서 기존 음성 서비스와 함께 비디오를 포함한 인터넷 데이터 서비스(전자 메일, 웹 등)를 차세대 이동통신을 위한 주요 서비스로 인식하고 있다. 이러한 차세대 이동통신(3세대, 4세대) 환경에서는 IP가 고정적으로 내장된 이동전화의 사용이 필수적이 될 것으로 예상되며, 이 경우 IPv6 주소 방식의 적용 가능성이 높다고 할 수 있다. IPv6의 도입은 단순히 주소 공간의 부족을 해결해 준다는 것 외에도 무선 데이터 서비스에서의 가장 중요한 문제인 보안 관련사항(IPsec 지원)과 최적화된 로밍 문제(route optimization, ad-

dress auto-configuration)들을 효율적으로 제공 가능하게 함으로써 무선 인터넷 사업자들의 많은 관심을 불러 일으키고 있다.

국내에서도 이동전화를 이용한 무선 인터넷 서비스는 2002년 IMT-2000 서비스의 시작과 함께 2~3년 후 2,000만 명 이상이 사용하게 될 주요한 인터넷 서비스 매체 중의 하나로 자리잡을 것으로 예상되며, 이를 위해 각 이동전화 단말에서 IP 주소의 사용 여부가 가장 중요한 기술 요소 중의 하나로 고려되고 있는 상황이다. <표 2>에서 볼 수 있듯이 기존 이동전화 및 IMT-2000 가입자 전망은 2005년부터 가입자 역전 현상이 나타나 2010년경에는 IMT-2000 가입자 4,400만 명, 기존 이동전화 가입자 1,800만 명이 될 것으로 예상된다[6]. 이러한 수치대로라면 산술적으로 기존 IPv4로는 IMT-2000 가입자 수를 감당하기 어려우며, 중장기적으로 IPv6의 도입을 고려해야 할 것으로 보인다.

<표 2> 기존 이동전화 대 IMT-2000 가입자 전망[6]

	2002년	2004년	2005년	2010년
이동전화 가입자	2,403만 명	2,430만 명	2,441만 명	1,893만 명
IMT-2000 가입자	120만 명	1,137만 명	2,085만 명	4,420만 명

#### 나. 홈 네트워킹을 이용한 인터넷 정보가전 분야

현재 인터넷이 서버 중심의 기간망 위주로 구축되고 있다면, 앞으로의 미래의 인터넷은 가입자 중심의 가입자망 위주로 구축될 것으로 보인다. 이 경우, 가정에서의 홈 네트워킹에 대한 요구사항이 중요한 이슈로 부각될 것으로 예측되며, 이 때 인터넷 정보가전은 대표적인 인터넷 응용 중의 하나로 자리잡게 될 것이다. 가정의 홈 네트워킹을 구성하기 위한 방식은 현재 여러 가지 대안이 제안되고 있다. 이러한 방식들의 공통적인 Home PNA, Power line, xDSL, Bluetooth IEEE 1394 등 요구사항들은 각 인터넷 가전의 항시 연결성 제공(always connected), auto-configuration을 통한 플러그 앤 플레이(plug & play)

가능 및 저렴한 관리비용 제공 등을 들 수 있다[7]. 또한 가장 중요한 요구사항 중의 하나는 역시 풍부한 주소 공간을 제공해야 한다는 점으로, 스마트 PDA를 비롯한 인터넷 전화, TV, 냉장고, 오븐 등의 정보가전의 단말 수는 2005년부터 본격적으로 증가되어 2010년경에는 기존 가전 수의 약 20~30% 이상이 인터넷 접속성을 포함할 것으로 보여 현재의 IPv4 주소 공간으로 감당하기에는 매우 부족함을 느낄 수 있다. 이밖에도 무선 환경의 지원, 보안 기능 강화 등의 요구사항들이 주요한 이슈 중의 하나로 포함되고 있다. 이러한 요구사항들은 IPv6를 도입함으로써 해결할 수 있을 것으로 보이며, 중장기적으로도 새로이 구축될 홈 네트워킹이 제공되는 사이버 아파트, 시범 도시들은 IPv6 주소 방식을 이용한 네트워크 구축의 타당성 검토가 반드시 필요할 것으로 생각된다.

#### 다. 케이블망/xDSL 인터넷 접속 서비스

미국의 경우, ARIN(American Registry for Internet Numbers)에서는 케이블망 인터넷 서비스용으로 IPv4 A 클래스를 미리 예약해 놓은 상태이며, 이를 통해 할당은 서비스 지역의 가구 수에 맞추어 이루어지고 있다(각 케이블망 사업자들은 해당 지역의 IP 사용률이 50~80% 이상일 때 추가 신청할 수 있다). 따라서 미국의 케이블망을 사용하는 광대역 서비스 ISP는 ARIN의 할당 원칙으로 케이블망 시장을 보장 받고 있는 셈이다. 예를 들어 <표 3>에서 볼 수 있듯이 미국의 경우 케이블망 서비스를 위해 IPv4의 할당이 가능하다.

<표 3> 미국 케이블망에서의 IPv4 할당 현황

케이블 사업자	할당된 IP	할당일
@Home	24.0.0.0~ 24.11.255.255	99.7.2
Road Runner Group	24.24.0.0~ 24.24.127.255	99.7.2

그러나 국내의 경우, 예를 들어 케이블망 사업자인 두루넷 자료에 따르면 1999년 현재 12만 가입자

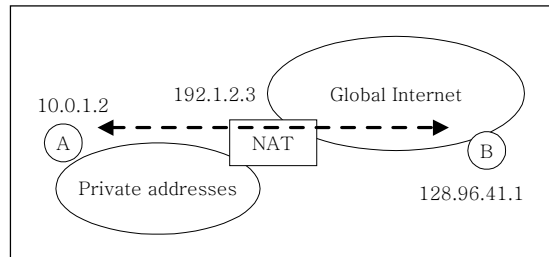
를 위해 IPv4 주소 C 클래스를 576개 확보하여 사용하고 있으나, 2003년 200만 가입자를 예상할 때 약 30개의 B 클래스(약 200만 개)가 요구되어 현재로서는 주소 확보 문제가 사업 성공의 가장 시급한 해결 과제 중 하나로 대두되고 있다[8]. KT나 하나의 경우도 ADSL 서비스를 위해 많은 수의 IP 주소가 반드시 요구되며, 이러한 문제는 기존 IPv4로는 궁극적으로 해결되기 어려울 것으로 보여 IPv6의 도입에 대한 필요성이 가장 많은 분야 중의 하나이다.

라. 군사 및 QoS, 보안 기타 분야

군사 분야 역시 IPv6의 도입 가능성이 가장 높은 분야 중의 하나이다. 그 이유는 군사 분야가 보안 및 QoS(Quality of Service) 관련한 응용의 요구사항이 많으며, 이러한 요구사항은 IPv6의 도입으로 가장 적절히 해결될 수 있기 때문이다. 또 한 가지 이유는 기존 다른 분야에서 IPv6의 도입을 주저했던 이유 중의 하나가 바로 기존 IPv4와의 연동문제인데, 사실 군사 분야에서는 글로벌 인터넷(IPv4)망과의 연동보다는 보안 이유로 인해 군사 분야에 한정적으로 사용될 가능성이 높음으로 더욱더 IPv6의 도입 가능성이 높다고 볼 수 있다. 기술적으로는 IPsec이 IPv6에 기본 장착됨으로 보안 관련한 기능이 한층 강화되었으며 이동성의 강화, QoS 지원 용이 등이 가장 큰 장점으로 고려되고 있다. 물론 가장 큰 요인은 역시 풍부한 주소 공간 제공으로 각종 무기류와 움직이는 군대(군인) 수를 감안해 볼 때 중장기적으로 IPv6 도입이 예상되는 분야라고 생각된다. 일례로 유럽을 중심으로 한 NATO 등에서는 IPv6에 대한 연구가 활발히 진행중에 있다[9].

3. 단기적 IPv4 주소 고갈 해결 방안

기존 IPv4 주소 공간 부족문제를 해결하기 위하여 단기적으로는 NAT, DHCP, CDIR과 같은 방법을 이용하는 방법을 고려할 수 있다. 본 절에서는 이러한 방법들을 간단히 살펴봄으로써 이러한 방법들의 문제점들을 알아본다.



(그림 4) NAT 사용 예

먼저 NAT 기술은 사설망(private network)에서 출발한 것으로 (그림 4)에서 보듯이 액세스망에 사설 IP(Private Address) 주소(예를 들면, 10.0.1.2)를 사용하고, 이를 글로벌 인터넷 백본망에서 실제 고유한 주소(예를 들면, 192.1.2.3)로 변환하여 사용하는 방식이다. 이러한 NAT의 사용은 망 규모가 크지 않은 개인 사설망과 같은 규모에서는 실제로 사용되고 있으며, 어느 정도 주소 부족문제를 효과적으로 해결할 수 있는 것은 사실이나 실제 모든 인터넷망을 이런 NAT를 이용하여 구성한다는 것은 현 인터넷 구조에 맞지 않는 것으로 알려져 있다. 특히 NAT를 사용하는 방식은 종단간 네트워킹(end-to-end networking) 개념을 저해시키며 예를 들어 토폴로지 구성의 제약, 종단간 보안 취약 등의 단점을 가지고 있어 장기적으로 큰 망에서 실제 사용되기 어려울 것으로 예측된다.

DHCP 기술은 호스트 관점에서 IP 주소를 동적으로 할당 받게 하기 위해 사용되는 방식으로 일반적으로 다이얼업 인터넷 접근과 같이 인터넷 사용자가 유동적인 접근을 하는 경우, 인터넷 주소 공간을 효율적으로 사용할 수 있는 방법이다. 물론 주소 공간을 최대 인터넷 접속자의 약 50% 정도만 가지고 유지할 수 있어 유용하게 활용될 수 있으나, 이러한 DHCP 방식의 사용이 중장기적으로 IP 주소 고갈 문제를 해결해 줄 수는 없다. 국내의 경우, 케이블망 사업자들은 기존에 할당 받은 IP 공간을 조금이라도 효율적으로 사용하고자 DHCP 방식을 사용하고 있으나, 현재 폭발적인 사용자의 증가에 비추어 볼 때 DHCP 사용만으로는 이를 해결할 수 없는 상황이다. 한편 DHCP는 현재 IPv6에서 Stateful Autocon-

figuration(DHCPv6) 기능으로 추가되어, 효율적인 주소 공간의 사용보다는 IP 주소 자동설정 기능으로 IPv6와 함께 보완적으로 사용될 가능성이 더욱 높다고 할 수 있다.

CIDR은 기존 IPv4 주소 공간을 A, B, C 클래스 단위로 할당하던 데서 발생하는 공간 할당의 비효율을 막고 라우팅 정보의 최적화를 위해 사용되는 방식으로, 현재 새로이 할당되는 IP 주소들은 대부분은 CIDR 방식에 의해 할당되고 있는 실정이다. CIDR은 프리픽스(prefix) 단위로 주소 공간이 할당되며, 이에 따라 라우팅과 aggregation되어 이루어지므로, 보다 효율적으로 주소 공간을 관리할 수 있다. 현재 IPv6 주소 할당방식도 CIDR에 기반한 규칙을 가지고 있어, 사실 CIDR 방식은 IPv6에서 더 활용된다고 할 수 있다. IPv4에서 CIDR의 적용은 대부분의 공간이 이미 클래스 단위로 할당이 되어 있고, 이를 회수한다거나 renumbering하기에는 많은 어려움이 있어 사실 실제 적용된 망은 최근에 구축된 일부 망에 불과하다. 만약 인터넷망 구축 초기 때부터 CIDR 방식을 적용하여 IPv4 주소를 체계적으로 할당했다면, 약 40억 개에 이르는 주소 공간에 차례대로 할당하여 현재까지도 충분히 사용 가능했을 것이나, 초기 클래스 단위로 정확한 예측 없이 무분별하게 할당해 준 결과 약 1억 개 정도 실제 호스트에 할당된 현재 IPv4 주소 공간에 대한 여유는 50% 이하로 충분하지 않은 실정이다. 그 만큼 한 기관에서 할당 받고도 사용이 되지 않으나, 다른 기관에서 회수할 수도 없는 주소 공간이 많다.

### III. IPv6 관련 전세계 연구 동향

#### 1. IETF 표준화 동향

1994년 인터넷 관련 국제표준을 제정하는 IETF IPng WG에서 IPv6 규격을 표준화한데 이어 1996년 IETF NGTrans WG에서는 6bone(IPv6 Backbone)이란 시험망을 만들어 관련 기술에 대한 시험적 운영과 IPv6로의 전환 기술에 대한 연구를 수행하고 있으며, 작년에는 6REN(IPv6 Research and Education Network)이란 상업적 단계의 네트워크를 구성하여 본격적인 IPv6의 서비스를 준비하고 있다.

<표 4>는 IETF IPng 및 NGTrans WG에서 현재 표준화가 완료되었거나 표준화중인 문서들을 나타낸 것이다[10]. <표 4>에서 볼 수 있듯이 IPv6 구조, 어드레싱, ICMPv6(Internet Control Message Protocol), NDP(Neighbor Discovery Protocol), MLD(Multicast Listener Discovery), PMTU(Path Maximum Transmission Unit) Discovery, IPv6-over-Ethernet 등 기본 표준 규격에 대한 표준화는 거의 완료된 상태이며, Mobile IPv6, Header compression, DNS & reverse DNS extension, IPv6-over-NBMA 등 추가적인 사항들에 대한 표준화 작업만이 남아 있다. IPv6 전환작업과 관련된 표준작업으로는 6bone 규칙 등에 관한 표준이 제정되었고, 현재 IPv4/IPv6 전환 메커니즘에 관해 SOCKS, SIIT(Stateless IP/ICMP Translation), NAT-PT(Network Address Translation-Protocol Translation), BIS(Bump-In-

<표 4> IPv6 관련 IETF 표준작업 문서 현황(뒤에 계속)

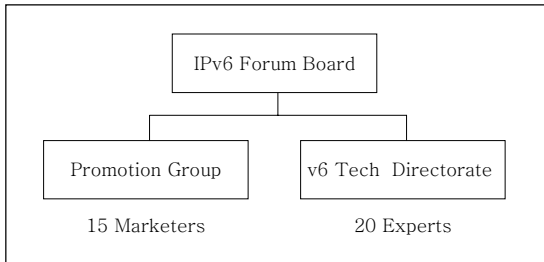
(2000년 4월 현재)

WG	분류	문서 번호	문서 제목	제정 년 월
IPng	Core spec.	RFC 2460	Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification, Draft standard	1998. 11
		RFC2461	Neighbor Discovery for IP Version 6(IPv6), Draft standard	1998. 12
		RFC2462	IPv6 Stateless Address Autoconfiguration, Draft Standard	1998. 12
		RFC2463	Internet Control Message Protocol(ICMPv6) for the Internet Protocol Version 6(IPv6) Specification, Draft standard	1998. 12
		RFC1981	Path MTU Discovery for IP version 6, Proposed standard	1996. 8
Addressing		RFC 2373,	IP Version 6 Addressing Architecture	1998. 7
		RFC2374	An IPv6 Aggregatable Global Unicast Address Format	1998. 7
		RFC 2450	Proposed TLA and NLA Assignment Rules	1998. 7
		RFC 2471	IPv6 Testing Address Allocation	1998. 12

<표 4> IPv6 관련 IETF 표준작업 문서 현황(계속)

(2000년 4월 현재)

WG	분류	문서 번호	문서 제목	제정 년 월
IPng	Addressing	RFC 2375	IPv6 Multicast Address Assignments	1998. 12
		RFC 2526	Reserved IPv6 Subnet Anycast Addresses	1999. 4
		Internet Draft	Initial IPv6 Sub-TLA ID Assignments	2000. 1
	Routing	RFC2080	RIPng for IPv6, Proposed Standard, 1997-01-01	1997. 1
		RFC2283	Multiprotocol Extensions for BGP-4, Proposed Standard	1998. 12
		RFC2545	Use of BGP-4 Multiprotocol Extensions for IPv6 Inter-Domain Routing, Proposed standard,	1999. 3
		Internet Draft	OSPF for IPv6	1997. 11
		Internet Draft	Router Renumbering for IPv6	1999. 11
		Internet Draft	Routing of Scoped Addresses in the Internet Protocol Version 6	2000. 3
	IPv6 over Link Layer	RFC2472	IP Version 6 over PPP, Proposed standard	1998. 12
		RFC2464	Transmission of IPv6 Packets over Ethernet Networks, Proposed standard	1998. 12
		RFC2467	Transmission of IPv6 Packets over FDDI Networks, Proposed standard	1998. 12
		RFC2470	Transmission of IPv6 Packets over Token Ring Networks, Proposed standard	1998. 12
		RFC 2491	IPv6 over Non-Broadcast Multiple Access(NBMA) networks, Proposed standard	1999. 1
		RFC2492	IPv6 over ATM Networks, Proposed standard	1999. 1
		RFC2497	Transmission of IPv6 Packets over ARCnet Networks, Proposed standard	1999. 1
		Internet Draft	Transmission of IPv6 Packets over IEEE 1394 Networks	1999. 5
	Internet Draft	Transmission of IPv6 Packets over Frame Relay Networks Specification	1999. 2	
	DNS	Internet Draft	DNS Extensions to support IP version 6, Proposed standard	1999. 3
	MIBs	RFC2465	Management Information Base for IP Version 6: Textual Conventions and General Group, Proposed standard	1998. 12
		RFC2466	Management Information Base for IP Version 6: ICMPv6 Group, Proposed standard	1998. 12
RFC2452		IP Version 6 Management Information Base for the Transmission Control Protocol, Proposed standard	1998. 12	
RFC2454		IP Version 6 Management Information Base for the User Datagram Protocol, Proposed standard	1998. 12	
기타	RFC2147	TCP and UDP over IPv6 Jumbograms, Proposed standard	1997. 5	
	RFC2473	Generic Packet Tunneling in IPv6 Specification, Proposed Standard	1998. 12	
	Internet Draft	Protocol Independent Multicast Routing in the Internet Protocol version 6(IPv6)	1999. 11	
	Internet Draft	Mobility Support in IPv6	1999. 2	
	Internet Draft	Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6(DHCPv6)	1999. 2	
	Internet Draft	Extensions for the Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6	1999. 2	
NG Trans	Transition Mechanisms	Internet Draft	Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers	2000. 4
		RFC2185	Routing Aspects of IPv6 Transition, Informational	1996. 4
		RFC2529	Transmission of IPv6 over IPv4 Domains without Explicit Tunnels, Proposed standard	1999. 3
		RFC 2765	Stateless IP/ICMP Translation Algorithm(SIIT)	2000. 2
		RFC 2766	Network Address Translation - Protocol Translation(NAT-PT)	2000. 2
		RFC 2767	Dual Stack Hosts using the Bump-In-the-Stack Technique(BIS)	2000. 2
		Internet Draft	Connection of IPv6 Domains via IPv4 Clouds without Explicit Tunnels	2000. 3
		Internet Draft	IPv6 Tunnel Broker	2000. 3
		Internet Draft	A SOCKS-based IPv6/IPv4 Gateway Mechanism	2000. 3
		Internet Draft	Dual Stack Transition Mechanism(DSTM)	2000. 3



(그림 5) IPv6 포럼 구조

the Stack), DSTM(Dual Stack Transition Mechanism), 6 to 4, Tunnel Broker 등 다양한 방식에 대해 표준화 작업이 진행중이다.

## 2. IPv6 포럼 동향

IPv6 포럼(IPv6 Forum)은 올해 초 IPv6의 도입 및 관련 시장의 활성화를 위해 전세계적으로 만들어진 컨소시엄으로 회원제로 운영되며 현재 미국의 마이크로소프트, 시스코, 선 마이크로시스템즈, 컴팩, AT&T, 유럽의 Case Technology, Thomson-CSF, 일본의 Hitachi, WIDE 등 전세계 주요한 기업 및 ISP, 연구소 등 80여 개 기관이 회원으로 가입되어 있고, 국내에서도 ETRI와 KT가 회원으로 등록되어 있는 등 앞으로 IPv6 도입의 방향을 결정짓는 주요한 역할을 할 것으로 보인다[11].

IPv6 포럼은 ISOC 및 IETF IAB, IPng WG에 의해 지원 받고 있으며, 그 구조는 IPv6 Board 아래에 Promotion 그룹과 Deployment 그룹으로 나누어 조직되어 있다. Promotion 그룹은 Education & Awareness(EA) WG, Project WG, Global IPv6 Summit, IPv6 Forum Public Relations, Alliance Program, Program 등으로 조직되어 있으며, 현재 15개의 벤더들이 가입되어 있다. Deployment 그룹은 Technical Directorate로 구성되며 현재 20명의 전문가로 구성되어 있다(그림 5) 참조).

EA WG과 PR WG은 IPv6의 기술에 대한 홍보 및 교육을 목적으로 웹 사이트 구축, 문서 및 자료 제공, 전환 도구의 홍보 등을 주된 역할로 하고 있다. 현재 IPv6 백서와 같은 기술 가이드 작성을 고려중이며,

문서 작성 시 다중언어(영어, 일본어, 스페인어)의 고려 및 IPv6의 전환을 도모주기 위한 논문 작성 등에 대한 논의가 진행중이다. Project WG은 IPv6 관련한 프로젝트의 후원 및 발굴을 목적으로 하고 있으며, 현재 유럽을 중심으로 하는 다음과 같은 프로젝트들을 후원하고 있다.

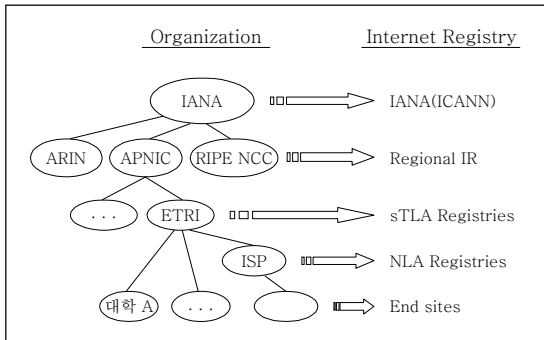
- 6INIT: IPv6 Internet Initiative의 약자로 유럽의 Telebit, BT, Thomson-CSF 등 10개 기관에서 80여 명이 참가하고 있는 유럽의 IPv6 도입을 위한 프로젝트
- AMX-IX: 독일의 native IP 망 구축 프로젝트
- SILK-LOAD NG: EU와 일본의 공동 프로젝트

IPv6 Forum Public Relations, Alliance Program, Fellow Program 등에서는 IPv6 기술을 필요로 하는 다른 기관과의 협력을 목표로 하고 있으며, 현재 UMTS Forum, GSM Association, QoS Forum, GIP Forum, ETSI, EU 등과 협력방안을 논의하고 있다. 마지막으로 Technical Directorate는 IPv6 도입을 위한 기술적인 부분을 책임지고 있고, IPv6 기술의 20여 명의 전문가들이 위촉되어 있으며, 포럼의 방향을 결정짓는 역할을 하고 있다. Technical Directorate는 현재 Jim Bound와 Perry E. Metzger가 공동의장을 맡고 있다. 현재 technical white paper 작성, UMTS, W3C 등에 liaison 전송 및 관련 다른 기구와의 관계 등에 대한 논의를 진행중이다.

## 3. IANA 및 지역별 레지스트리 동향

전세계 인터넷 주소 및 도메인 번호를 할당하는 IANA(Internet Assigned Numbers Authority)에서는 IPv6 주소를 공식적으로 할당하기로 1999년 7월 결정하여 각 대륙별 IP 레지스트리인 ARIN, APNIC(Asia Pacific Network Information Center), RIPE-NCC(Reseaux IP Europeans Network Coordination Center)에 위임하는 등 본격적인 IPv6 사용에 대한 요구가 증대되고 있는 시점이다. IPv6 주소 할당은 기존 IPv4 주소와 동일하게 (그림 6)과 같이 지역별 레지스트리에 의해 관리되고 할당되고





(그림 6) IANA 및 RIR 구성

<표 5> 전세계 IPv6 공식주소 할당 현황

(2000년 1월 현재)

지역별 레지스트리	국가별	sTLA 기관	주소 블록
APNIC (2001:200::/23)	한국	ETRI KIX	2001:230::/35 2001:220::/35
	일본	WIDE NTT JENS	2001:200::/35 2001:218::/35 2001:228::/35
	호주	CON- NECT	2001:210::/35
	상가폴	NUS	2001:210::/35
ARIN (2001:400::/23)	미국	ESNET VBNS	2001:0400::/35 2001:0408::/35
RIPE-NCC (200:0600::23)	EU	UUNET	2001:0600::/35
	독일	SPACE DFN	2001:0608::/35 2001:0638::/35
	영국	BT JANET	2001:0618::/35 2001:0630::/35
	스위스	SWITCH	2001:0620::/35
	오스트리아	ACONET	2001:0628::/35
	네덜란드	SURFNET	2001:0610::/35
	러시아	FREENET	2001:0640::/35
	그리스	GRNET	2001:0648::/35

있다.

현재 할당된 공식주소 값은 <표 5>와 같다[12].

#### 4. IPv6 관련 국가별 주요 프로젝트

##### 가. WIDE 및 KAME 프로젝트(일본)

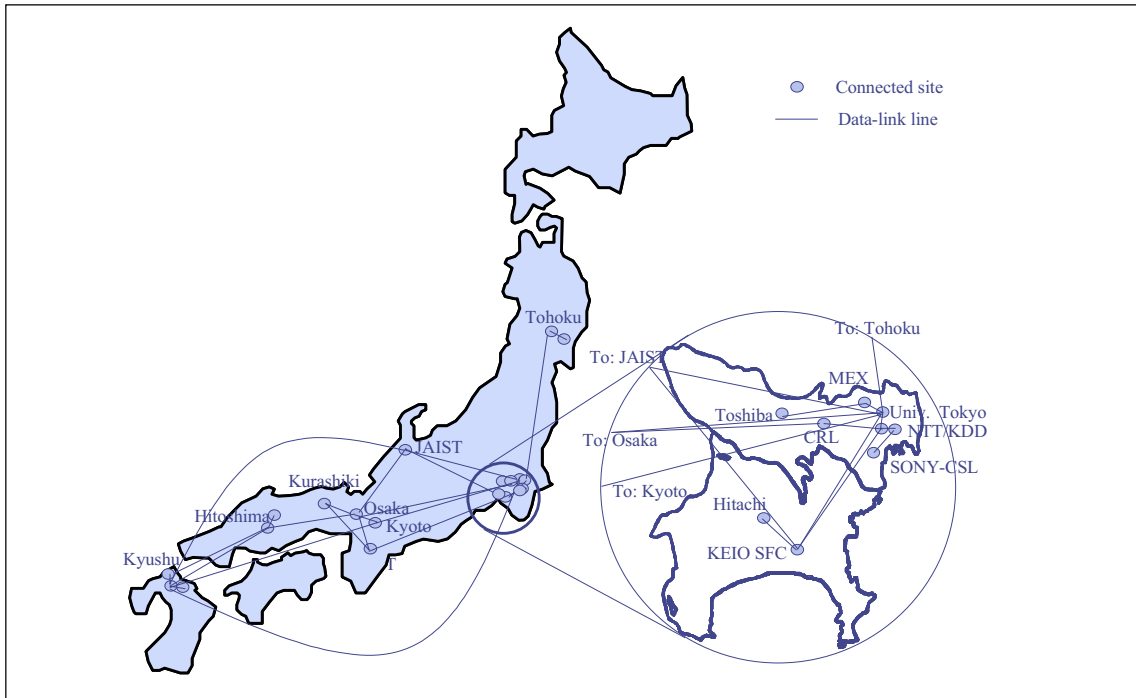
WIDE 프로젝트는 일본의 대표적인 차세대 인터넷 관련 연구 프로젝트로 1998년 시작된 이래 현재

39개의 대학과 66개의 회사들이 참여하고 있다. WIDE 프로젝트 내에는 총 18개의 워킹그룹(checkup, ieee1394, InternetCar, last, Lifeline, Life Long Network, MAWI, MC, moCA, RT-Bone, SOI, two, IPv6, nW4C, Webad, WISH, WT)들이 존재하며, 이 중에서 IPv6 관련 연구가 가장 성공적으로 인정받고 있다. WIDE 프로젝트는 JB(Japan Backbone)란 초고속 테스트베드를 구축하고 그 위에 IPv6, 멀티캐스트, Diff-serv 등의 차세대 관련 기술들을 실험중에 있으며((그림 7) 참조, 일년에 두 번(3월, 9월) “WIDE 캠프”라는 IPv6 관련 워킹그룹 회의 및 데모 일정을 추진하여 IPv6 관련 구현물의 시험작업을 추진중에 있다.

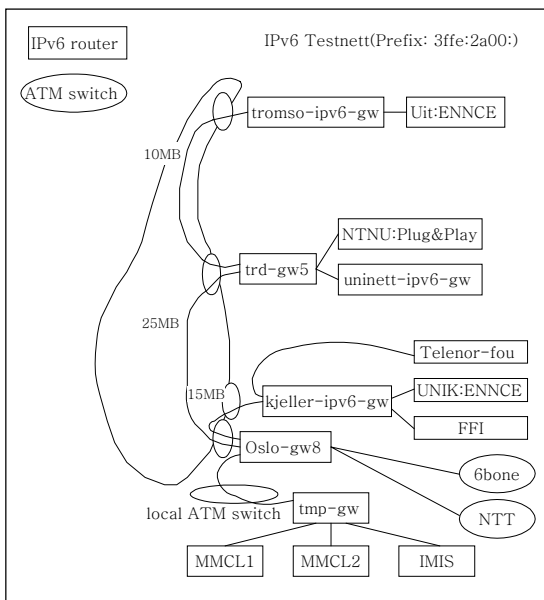
WIDE가 대학 및 연구소 중심의 프로젝트라면 KAME는 실제 IPv6 관련 코드 구현을 목적으로 한 일본 7개 회사(Fujitsu, Hitachi, IIJ, NEC, Toshiba, YDC, Yokogawa)들의 프로젝트로 1998년 4월부터 2000년 3월까지 2년간의 공동 프로젝트로 시작되었으며 FreeBSD, NetBSD, OpenBSD, BSD/OS상에 IPv6 스택, IPsec 등의 기술을 구현하는 것을 목적으로 하고 있다. 현재 KAME 코드는 공개용으로 배포되는 코드 중 가장 안정적인 것으로 알려져 있으며, IPv6 기본 규격뿐 아니라 DNS, BGP4+, RIPng, IPv6 기반 응용(SMTP, POP, HTTP, Telnet, X11 등)들도 제공하고 있다[13-15].

##### 나. UNINETT에서의 IPv6 프로젝트(노르웨이)

UNINETT은 노르웨이에서 추진중인 ATM PVC 기반의 초고속 연구망으로 20여 개의 연구소가 구축이 되어 차세대 인터넷에 관련한 기술들을 시험중에 있다. 대표적인 프로젝트로는 IPv6 백본 구축, QoS, Mobility, Wireless 등이며, 이 중에서 IPv6 테스트베드는 (그림 8)에서 보는 바와 같이 CISCO 4000 시리즈 IOS IPv6 베타 버전을 기반으로 구축되어 있다. 이를 통하여 UNINETT IPv6 망은 현재 Tunnel Broker, IPv6 Native 실험실 구축, IPv6 DNS, FTP 프록시, IPv6 NAT(CISCO), Wireless Mobile IPv6 등을 실험중에 있다[16].



(그림 7) JB 네트워크 토폴로지



(그림 8) 노르웨이 UNINETT IPv6 백본

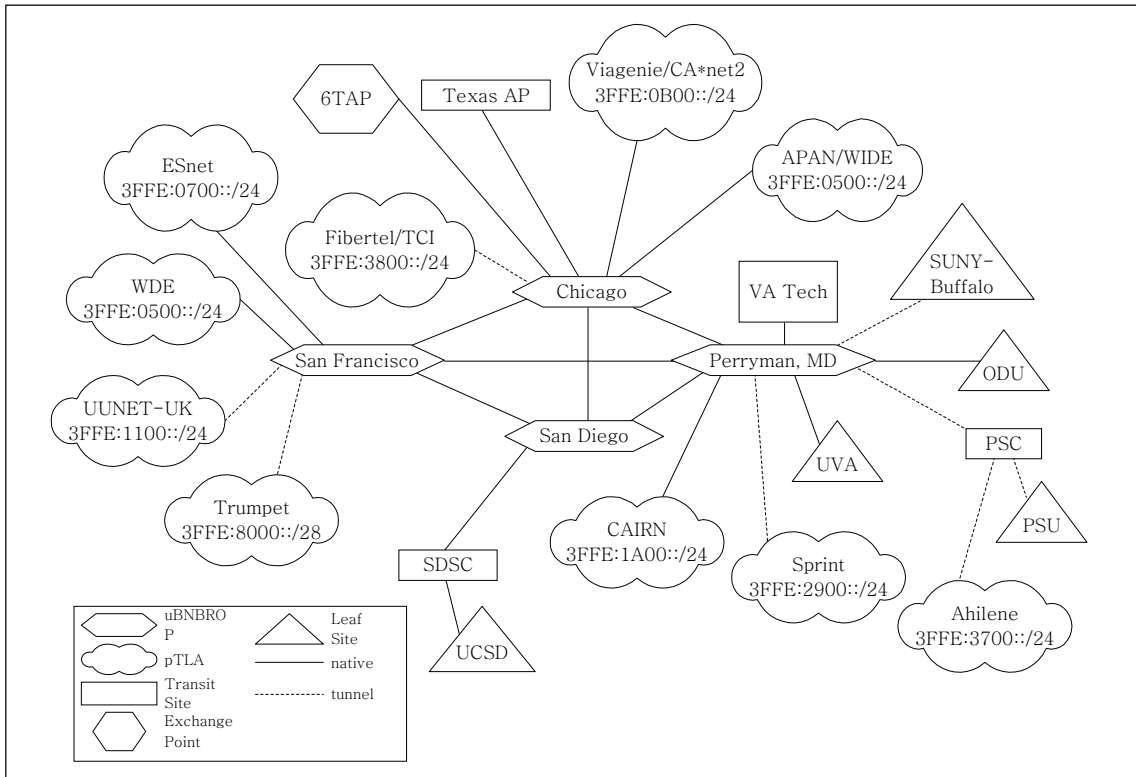
다. 인터넷2에서의 IPv6 프로젝트(미국)

인터넷2는 미국 대학을 중심으로 추진중인 차세대

대 인터넷 프로젝트로서 현재 진행중인 프로젝트로는 IPv6, Measurement, Multicast, Network Management, Network Storage, Quality of Service, Routing, Security, Topology 등이 있다. IPv6의 경우, 인터넷2의 백본으로 사용되는 vBNS를 기반으로 백본이 구성되어 있으며, Abilence의 경우에도 시험적인 수준으로 현재 구축되어 있다. 인터넷2 vBNS IPv6 백본은 (그림 9)에서 보듯이 PVC 메쉬로 연결되어 있고, 네 곳의 IPv6 순수 노드를 중심으로 IGP(Interior Gateway Protocol)로는 RIPng (Routing Information Protocol)가 사용되며 각 캠퍼스, 기가 POP들은 BGP4+ 를 사용하여 터널 혹은 IPv6 순수망으로 연결되어 있다[17].

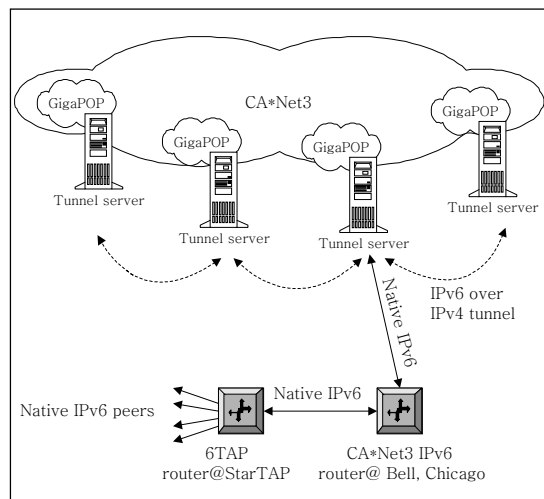
라. CA\*Net에서의 IPv6 프로젝트(캐나다)

CA\*Net는 캐나다 Canarie를 중심으로 개발중인 차세대 인터넷 연구 개발 망 구축 프로젝트로 작년에 끝난 CA\*Net2는 OC-3를 기본으로 한 ATM PVC 백본을 근간으로 하고 있으며, 올해부터 새로이



(그림 9) vBNS IPv6 백본

시작된 CA\*Net3는 현재 OC-48 DWDM 기술을 이용한 한 차세대 인터넷망 구축 작업을 진행 중이다. CA\*Net2에서는 IPv6 연구 결과로 Viagenie사를 중심으로 GigaPOP 연결을 통한 IPv6 ATM PVC 연결 및 기존 6bone과의 연결을 추진하였으며, STAR TAP과의 IPv6 native 연결을 포함하고 있다. 현재 진행중인 CA\*Net3에서의 IPv6 망 구축 작업은 (그림 10)에서 보는 바와 같이 현재 PC 기반의 터널링 서버/라우터를 각각의 GigaPOP에 구축하여 운영 중이며 6 to 4, 6 over 4와 같은 트랜지션 기술들을 실험 중에 있다. 현재 네트워크 구축에 관한 작업은 완료되었으며, 이 위에서 응용(IP Telephony, Game, Security)들을 실험 중에 있다[18].

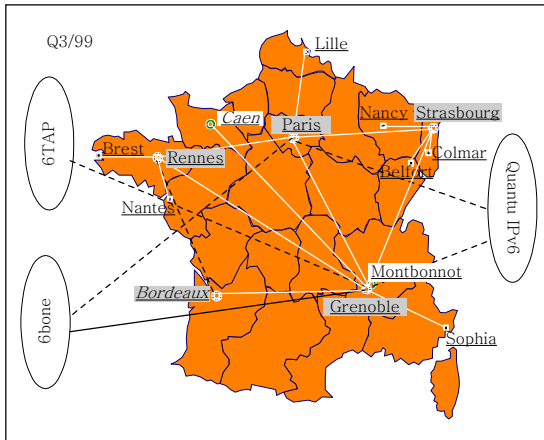


(그림 10) CA\*Net3 IPv6 망 구축 예

마. G6bone과 Renater-2의 IPv6 프로젝트(프랑스)

프랑스는 G6라는 IPv6 연구 프로젝트를 진행 중이며, 이와 관련하여 G6bone을 구축하여 운영 중에

있다. (그림 11)은 G6bone의 외부 망 연결 및 내부 토폴로지를 나타낸 것이다. 1995년 시작된 이 프로젝트는 대학 및 연구소를 중심으로 한 IPv6 관련 실



(그림 11) G6bone 실험망

협망 구축을 목적으로 하고 있으며 참여 기관으로는 CNRS, ENST, INRIA, Universities, Dassault Electronique, Bull, Eurocontrol 등이 있다. Renater-2는 ATM 기반의 프랑스 연구 개발 초고속 실험망으로 운영되고 있으며, 이 중에서 IPv6 망 구축은 G6bone 과 연계되어 외부 6TAP과의 연동 시험 등을 추진하고 있다[19].

#### 바. KRv6 프로젝트(한국)

국내의 경우, 인터넷 호스트 증가 추세에 비해 현재 주소 공간은 매우 부족한 상황이다. 이를 국가적인 차원에서 IPv6로 단계별로 대비해 나가는 것이 필요하며, 이때 기존 IPv4로 구성된 기존 인터넷망과의 호환을 위해서는 IPv4/IPv6 전환기술의 개발이 동시에 요구된다.

국내에서는 ETRI가 IPv6에 관련하여 KRv6(Korea IPv6) 프로젝트를 2000년부터 2년간 추진중이다[20]. ETRI는 1996년부터 IPv4/IPv6 듀얼모드 프로토콜 스택을 개발하기 시작하여 이를 국제 6bone에 실제 적용하여 시험한 바 있으며, 국내에서는 최초로 6bone 최상위 주소인 pTLA(pseudo Top Level Aggregation) 주소 3ffe:2e00::/24를 할당 받아 국내 6bone-KR를 구축 운영해오고 있다. 국내 대학 등지에서는 숭실대, KAIST, 한양대, 동국대, KT 등에서 6bone-KR에 연결하여 국내 6bone 구축 작업

에 참여한 바 있다[21].

KRv6 프로젝트의 주요 목표는 다음과 같다.

- 국내 IPv6 주소 조기도입을 위한 단계별 진화전략 및 주소정책 개발
- IPv4 망과 IPv6 망과의 호환을 위한 IPv6 전환기술 개발
- IPv6 기반 차세대 인터넷 핵심 프로토콜 기술 개발
- 시범 IPv6 사이트 구축

### 5. 주요 기업들의 IPv6 제품 기술 현황

3Com, Bay, 시스코 시스템즈, 디지털 등 전세계 주요 라우터 벤더들은 IPv6를 지원하는 제품을 개발하여 시험 출시하고 있으나, 이런 시험용 제품들은 모두 IPv6 native 기반의 제품들로 기존 IPv4와의 호환성을 완벽히 제공하지 못하고 있는 실정이다. 그러나 최근 IPv6 도입 가능성이 유럽과 아시아 국가들의 중심으로 확산되고 있으며, 특히 무선 인터넷 서비스 사업자들이 많은 관심을 갖고 있어 관련 벤더들이 2001년~2002년 사이 상업용 IPv6 정식 제품들이 출시될 것이라고 발표를 하고 있다. 대표적으는 시스코와 마이크로소프트를 들 수 있고, 시스코의 경우 2000년 10월 IOS 12.1(5)T IPv6 정식 버전을 출시하기로 발표하였으며, 마이크로소프트 역시 윈도우 2000에 이미 IPv6 기본 프로토콜을 구현하여 패치 형식으로 제공하고 있으며, Internet Explorer IPv6 버전을 2000년 하반기 중으로 제공할 것이라고 발표한 바 있다(현재 사용 가능한 IPv6 제품 목록은 <표 6> 참조).

## IV. IPv6 관련 연구 분야

### 1. IPv6 주소 할당 및 체계 연구

인터넷 주소를 책임지고 있는 IANA에서 지난 1999년 7월 각 대륙별 레지스트리에 IPv6 공식 주소 할당을 위임한 이후, 국내에서는 2000년 4월 현재 ETRI와 KT가 sTLA를 할당 받아 국내용으로 할당 서비스를 운영중에 있다. IETF 표준에서 정의한

<표 6> IPv6 구현물 목록

		기관명(제품명)
IPv6 라우터		3Com, Bay Networks, Cisco Systems, Hitachi, IBM, Merit NTHU, Nokia, Sumitomo Electric, Telebit, Zebra
IPv6 호스트		Apple, BSDI, Bull, Compaq, Dassault, DRET, Epilogue, ETRI/SSU, FreeBSD, FTP Software, Hitachi, HP, IBM INRIA, KAME, Linux, Mentat, Microsoft, NetBSD, NRL THU, OpenBSD, Pacific Softworks, Process Software SICS, SCO, Siemens, Nixdorf, SGI, Sun, Treck, Trumpet UNH, WIDE
IPv6 응용 프로그램	메일 Agent	Sendmail, Qmail, Zmailer, Exim
	웹/캐시 서버	Apache, wwwoffle, Squid
	웹 브라우저	Mozilla, Internet Explorer, lynx-2.8.2, w3m
	원격 접근	SSH, NcFTP, lftp-2.0.x, telnet6, ping6, ftp6
멀티미디어		SDR, RAT, VAT, VIC

“Aggregatable Global Unicast Address IPv6”를 위한 어드레싱 체계는 (그림 12)와 같다[22].

/16			/48		/64		/128
FP (3)	TLA ID (13)	RES (8)	NLA ID (24)	SLA ID (16)	Interface ID (64)		

(그림 12) Aggregatable Global Unicast Address IPv6 표준

- FP: Format Prefix(001)
- TLA ID: Top-Level Aggregation Identifier
- RES: Reserved for future use
- NLA ID: Next-Level Aggregation Identifier
- SLA ID: Site-Level Aggregation Identifier
- Interface ID: Interface Identifier

FP는 “Aggregatable Global Unicast Address”임을 나타내기 001로 정의되어 있으며, IANA에서는 TLA ID 값을 2000년 4월 현재 <표 7>과 같이 할당하였다.

<표 7> IANA에서 IPv6용 TLA ID 할당 현황 (2000년 4월 현재)

	TLA ID
6bone-용	0x1FFE
공식주소용	0x0001
6 to 4용	0x0002

따라서 6bone 실험용 IPv6는 3ffe::/16, 공식주

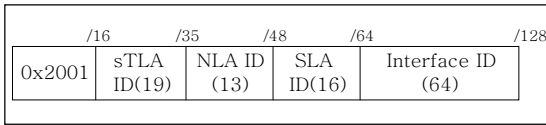
/16		/16 + n		/48		/64		/128
0x3FFE	pTLA ID(n)	pNLA ID (32-n)		SLA ID (16)		Interface ID (64)		
(a) 6bone 실험용 주소 형식[23]								
/16		/29	/35	/48		/64		/128
0x2001	sTLA ID(13)	Res (6)	NLA ID (32-n)	SLA ID (16)		Interface ID (64)		
(b) IPv6 공식주소 형식[24]								
/16		/48		/64		/128		
0x2002	IPv4 address (32)		SLA ID (16)		Interface ID (64)			
(c) 6 to 4 주소 형식[25]								

(그림 13) 현재 정의된 IPv6 주소 형식: (a) 6bone, (b) 공식주소, (c) 6 to 4

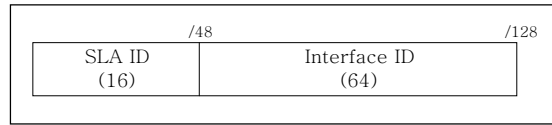
소는 2001::/16, 6 to 4 주소는 2002::/16 프리픽스를 갖게 되며 각각의 주소 형식은 (그림 13)과 같이 구성된다.

(그림 13a)에서 6bone용 시험용 주소의 경우, pTLA ID를 위한 n값은 IETF 회의에서 1999년 상반기까지 8비트, 그 이후부터는 12비트로 정의하여 사용되고 있으며, (그림 13b)에서 IPv6 공식주소의 경우 sTLA ID를 위한 값은 13비트로 정의되어 사용되고 있다[23, 24]. (그림 13c)에서 32비트의 IPv4 주소는 6 to 4 망의 출구 게이트웨이의 IPv4 주소가 할당되어 사용된다[25].

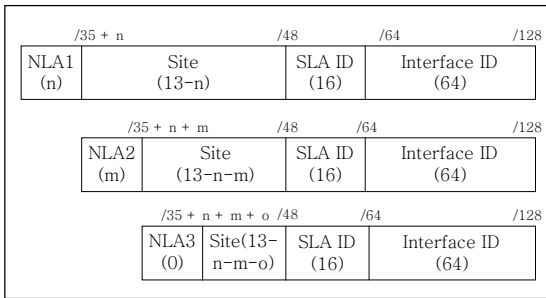
APNIC, ARIN, RIPE NCC에서는 “slow start” 정책에 따라 IPv6 초기단계(Initial Stage)에서의 IPv6 공식주소 sTLA 영역을 /35 프리픽스 단위로 순차



(그림 14) 초기단계 IPv6 공식주소 형식



(그림 16) 국내 SLA 할당 체계



(그림 15) NLA 할당 체계

적으로 (그림 14)와 같이 할당하고 있다[4, 24]. 할당 받은 영역의 80% 이상이 사용되면 sTLA 기관은 APNIC, ARIN, RIPE NCC로부터 그 영역에 이어서 재할당 받을 수 있다.

IPv6 sTLA 공식주소 영역은 현재 APNIC이 2001:200::/35, ARIN은 2001:400::/35, RIPE NCC는 2001:600::/35 영역에서 시작하여 순차적으로 할당해 주고 있다. 현재 국내에서는 ETRI와 KT가 2001:230::/35, 2001:220::/35 sTLA 영역을 할당 받아 IPv6 공식 서비스를 진행중이며, 한국인터넷정보센터(KRNIC)에서는 국내 ISP가 sTLA를 신청하면 APNIC으로 받아 sTLA 배정을 해주고 있다.

IPv6 공식주소 할당 초기단계에서의 국내용 sTLA를 기반으로 한 NLA ID 할당 규칙은 다음과 같다.

sTLA 기관은 APNIC으로부터 할당 받은 sTLA /35 영역을 기반으로 SLA ID를 할당하기 전인 /48 프리픽스까지 NLA ID를 (그림 15)와 같이 계층적인 방식으로 할당할 수 있다. 즉, IPv6 공식주소의 할당 시 “최종 기관(end user organization)” 단위의 할당은 NLA ID, /48 프리픽스로 할당된다. NLA ID /48 프리픽스를 할당 받은 기관의 SLA ID 할당은 NLA ID 기관에 의해 자율적으로 정의된다. 결과적으로 IPv6 초기단계에서 sTLA /35 영역을 기반으로 할당해 줄 수 있는 전체 최종기관 수는  $8192(=2^{13})$  기

관이며, 그 아래 /48 프리픽스를 할당 받은 NLA 기관에서 할당해 줄 수 있는 SLA ID, 사이트(또는 서브네트워크) 수는  $65536(=2^{16})$ 개이다.

sTLA 기관은 NLA ID 영역을 세분화하여 NLA1, NLA2, NLA3 등으로 (그림 15)와 같이 나눌 수 있으며, 이때 n, m, o 비트값은 sTLA 기관이 자신의 서비스 영역 및 회원기관 수에 따라 유동적으로 정의할 수 있다. sTLA 기관은 NLA 할당을 위해 “slow start” 기법을 사용할 수 있으며, 할당 받은 영역의 80% 이상이 사용되면 NLA 기관은 sTLA 기관에서 재할당을 요청할 수 있다.

이외에 국내 IPv6 할당을 위한 주소 정책, 회수, 재할당 요청, 레지스트리 등록 등 일반적인 사항들은 APNIC의 IPv6 주소 할당 규칙(안) 및 국내 요구 사항에 따른다[5, 26-28].

NLA 기관에서의 SLA ID 할당은 NLA 기관에서 관리하는 서브네트워크 및 사이트 규모 및 수에 따라 자율적으로 /49~/64 프리픽스 영역으로 계층적으로 세분화하여 (그림 16)과 같이 정의할 수 있다.

ETRI는 국내 IPv6 관련 연구기관 및 서비스 제공자 등을 대상으로 정식 IPv6 주소 블록에 할당 서비스를 실시하고 있다. 이 할당 서비스는 개인에게 제공되지 않으며 인터넷망 사업자, 관련 연구를 수행하는 대학, 연구소 및 기업을 대상으로 한다. 또한, 대학의 경우에도 각 대학원 연구실 단위로 주소 할당 서비스를 계획하고 있지 않으며, 각 대학 부설의 정보통신관련 연구소 또는 전산소 등 각 대학을 대표하는 책임있는 부서를 통해 서비스를 제공한다. 아울러, 이와 같은 할당 서비스는 ETRI를 중심으로 KRNIC과의 지속적인 협의를 통해 공정하게 사용할 예정이다.

sTLA 2001:230::/35 기반의 ETRI IPv6 주소 할당(안)은 (그림 17)과 같다[29].

	/16	/35	/41	/48	/64	/128
0x2001	0x0230	NLA1 (6)	NLA2 (7)	SLA ID(16)	Interface ID (64)	

(그림 17) ETRI IPv6 공식주소 할당 구조

- 할당 공간(ETRI IPv6 sTLA, 2001:230::/35)
  - NLA1: 대규모의 ISP 사업자(기존 IPv4의 경우, 고객 기관이 10기관 이상인 경우) 또는 10기관 이상이 모인 국가차원의 대규모 공동 연구 프로젝트 사업 규모로 할당되며, 6bone에서의 pTLA, 혹은 pNLA 기관으로 6개월 이상 운영한 경험이 있는 기관
  - NLA2: 개별 기관(end user organization)
  - SLA: NLA 기관에 의해 자율적으로 할당
- 할당 대상
  - 인터넷망 사업자(ISP)
  - 대학(대학부설 전산소) 및 개별 교육기관
  - 국책 연구소 및 개별 산업체 등

위의 안에 기반을 두면 NLA1 ISP 사업자는 총  $2^6(=64)$ , NLA2는  $2^7(=128)$ 개의 기관에게 할당이 가능하다.

## 2. IPv6 전환 정책 및 시나리오 연구

IPv6 주소 도입을 위해서는 범 국가적으로 체계적인 전환정책 및 기존 IPv4에서 IPv6로의 전환을 위한 진화 시나리오 구성이 필요하다. 그 이유는 IPv6로의 전환이 어느 한 시점을 기준으로 순간적으로 이루어지지 않고, 초기 IPv6 망은 기존 IPv4와의 연동 및 호환을 고려하여 구축하여야 하기 때문이며, 이를 위해 IPv4와 IPv6의 호환을 위한 IPv6 전환 표준 기술의 개발 및 단계별 진화전략 및 체계적인 주소 정책을 개발하여 추진해 나가야 한다.

현재 국내에서 IPv6 전환을 위한 추진체계는 다음과 같이 예상하고 있다.

- 국내 IPv6 주소의 단계별 도입을 위해 기존 인터넷 주소 방식인 IPv4와의 호환을 고려한 IPv4/IPv6 변환 게이트웨이 개발, IPv6 DNS, 메일서버 업그

레이드, 응용 프로그램 확장 등을 통하여 차세대 주소 방식인 IPv6가 자연스럽게 기존 인터넷에 도입되어 진화하도록 유도하고, 이 표준기술을 앞서 설정한 마스터플랜에 맞추어 단계별로 적용할 있도록 시범 IPv6 사이트를 구축 및 운영

- 인터넷 주소 할당 및 진화전략을 수립하기 위해 정통부, 한국전자통신연구원, 한국인터넷정보센터(KRNIC), 인터넷 서비스 제공자(ISP), 연구소, 대학 등으로 구성된 IPv6 포럼 코리아 협의체를 구성, 운영하여 국내 IPv6 조기도입을 위한 의견 수렴
- IPv6 기반 차세대 인터넷 핵심 프로토콜 기술들을 단기간에 효율적으로 개발하기 위하여 기존 IPv4 기반의 프로토콜 전문가 집단인 대학, 연구소 등과 공동연구 및 위탁 연구를 추진하여, 그 기반 연구 위에 차세대 핵심 기술인 멀티캐스트, QoS, IPsec, 이동 IP, VPN 등의 기술을 IPv6상으로 확장하는 접근 방식을 취함
- 개발된 IPv6 도입 전략 및 전환기술에 따라 IPv6 시범 사이트를 구축하고, 이 사이트를 점차 확장하여 국내 각 IPv6 사이트를 연결하는 실제 IPv6 인터넷 백본으로 활용할 수 있는 수준으로 운영함

시나리오 및 로드맵에 관련해서는 현재 IETF NG Trans WG에서 작업중이다. IPv6 도입을 위한 시나리오는 다음과 같은 분류로 나누어 구성해야 할 것으로 보인다.

- 단계별 적용 시나리오(2000년~2010년간 단계별 전이 시나리오)
- 적용 분야별 시나리오(ISP 기간망, 개별 가입자망, 이동통신망 등)
- 기술별 적용 시나리오(6 to 4, NAT-PT/SIIT 등 적용 가능 시나리오, 성능평가 포함)

현재 예상되는 4단계 IPv6 도입 전략은 다음과 같다.

- 1단계(현재: IPv4 인터넷/IPv6 실험망 수준)
  - 현재 IPv4 인터넷 주소 효율적 관리 병행
  - 국가차원의 IPv6 국내 주소체계 수립 및 어드

- 레스 블록 할당(APNIC → KRNIC → 국내 ISP)
- 국내 IPv6 수요조사 및 관련 ISP 요구사항 수집(IMT-2000, ADSL 등)
- 6bone-KR, KOREN IPv6 연결을 통한 실험단계
- 국내 IPv6 포럼 코리아 구성
- 2단계(향후 2~5년, IPv4 대규모 망/IPv6 소규모 망)
  - 컴퓨터 단말쪽보다는 이동전화(IMT-2000), 가전제품(인터넷 TV) 등에 먼저 IPv6 주소도입
  - IPv4/IPv6 표준 변환 게이트웨이를 개발하여 IPv6 순수(only)망의 엣지(출구)쪽에 설치
  - IPv6 도메인 내의 IPv6 주소를 수용하는 DNS 서버 업그레이드
  - IPv6 OS 및 각종 응용 업그레이드(MS Windows는 2002년에 IPv6 지원 예정)
- 3단계(향후 6~9년, IPv6 대규모 망/IPv4 소규모 망)
  - 모든 ISP는 자신의 망의 출구쪽에 IPv4/IPv6 표준 변환 게이트웨이 설치
  - 컴퓨터 단말쪽에 IPv6 주소도입의 보편화(이때는 이미 Windows를 비롯한 대부분의 OS에서 IPv6 지원 할 것임)
  - 모든 DNS 서버가 IPv6를 수용하도록 업그레이드
  - IPv6 응용 프로그램의 보편화
- 4단계(향후 10년 이후, IPv6 순수망)
  - IPv6로만 구성된 차세대 인터넷의 보편화
  - 가정의 모든 전자제품 및 한 개인(시계, 핸드폰, PDA, 노트북 등)을 중심으로 IP 부여가 가능하여 이는 개인 도메인 정책과도 밀접히 접촉

### 3. IPv6 관련 기술 분야

IPv6 관련 연구 분야는 다음과 같이 분류하여 체계적인 연구가 필요할 것으로 예측된다.

- IPv4 망과 IPv6 망간의 호환을 위한 IPv4/IPv6 전환기술 개발

- IPv4/IPv6 듀얼모드 프로토콜 스택 개발
- 기존 인터넷 주소 방식인 IPv4와의 호환을 위한 IPv4/IPv6 변환 게이트웨이 개발
- IPv6 망에서 IPv4 응용을 그대로 사용할 수 있도록 IPv4-to-IPv6 변환 API 개발
- IPv6 기반 차세대 인터넷 핵심 프로토콜 기술 개발
  - IPv6 기반 멀티캐스트 기술 및 응용 개발
  - IPv6 기반 QoS 서비스 개발
  - IPv6 기반 IPsec 기술 개발
  - IP Autoconfiguration 및 플러그 앤 플레이 기능 개발
- IPv6 기반 응용 및 적용 기술 개발
  - IPv6 기반 기본 응용 프로그램 개발(E-메일, 웹 서버, 웹 브라우저 프로그램 등)
  - IPv6 지원 도메인 네임 서비스(Domain Name Service: DNS) 서버 개발
  - IPv6 기반 이동 IP(Mobile IP) 기술 및 이동환경 적용 기술 개발
  - IPv6 기반 IP VPN(Virtual Private Network) 서비스 개발

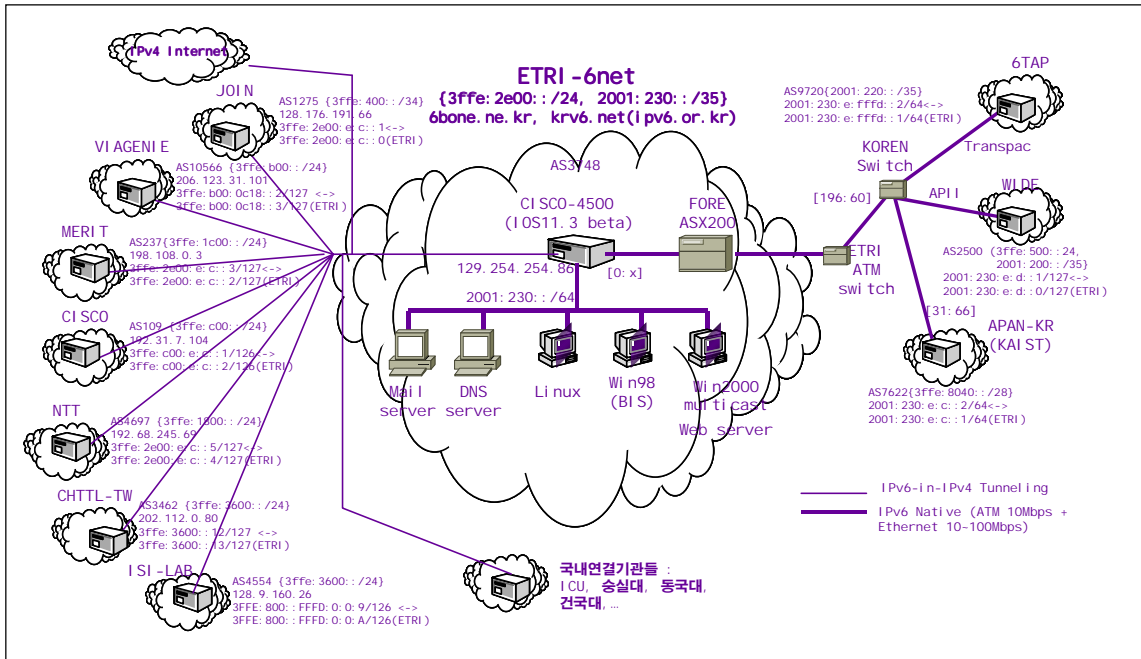
### 4. 테스트 사이트 구축

IPv6 테스트베드 구축은 실제 IPv6 망을 인터넷 상으로 확장하기 이전에 시범 사이트 수준에서 이를 사용하고 검증한다는 데 목적이 있다. 시범 사이트의 구축의 주요 내용은 다음과 같다.

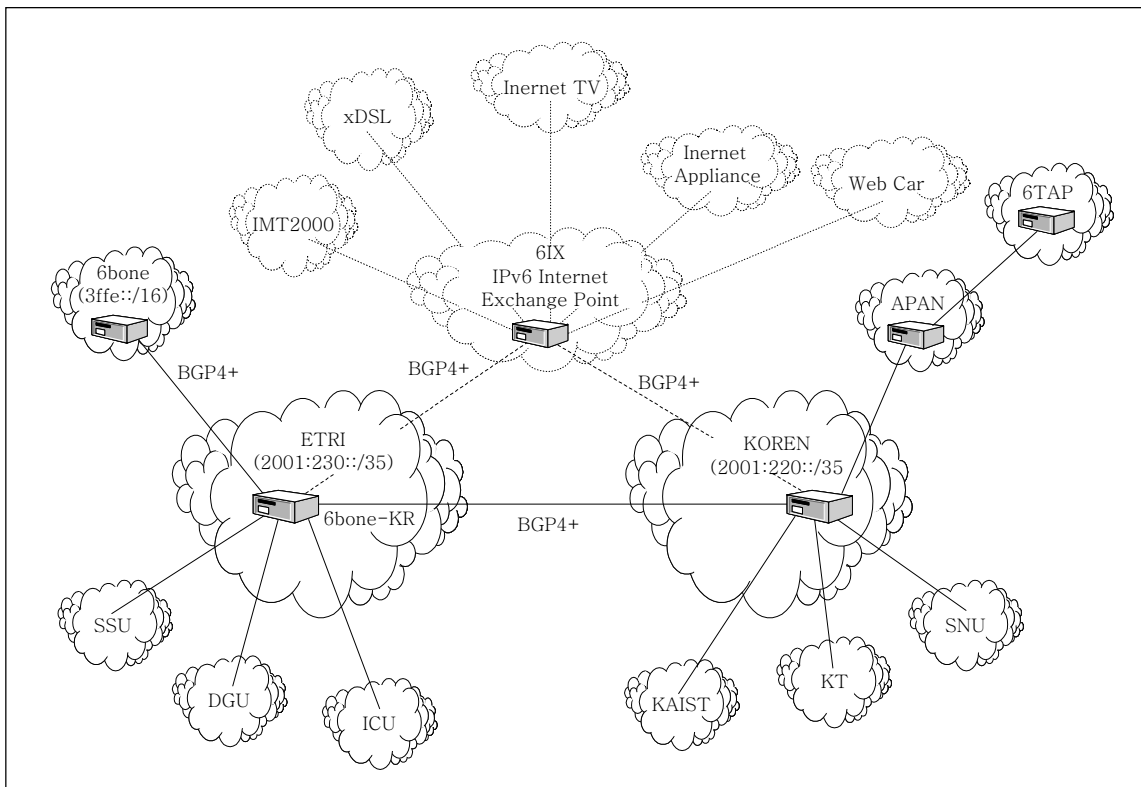
- 순수 IPv6 네트워크상에 IPv6 응용 프로그램 및 IPv4/IPv6 변환 게이트웨이를 구축하여 실제 운영을 통한 IPv6의 도입 검증
- IPv6 도입에 따른 세부 문제점들을 실제 적용에 앞서 시험망에서 검증
- 국제적인 IPv6 시험망에 개발 결과물을 시험하고 이를 외국 IPv6 망과 검증
- 국내 6bone, KOREN 등 기타 시험망과의 연동을 통한 시험환경 구축

현재 국내 IPv6 테스트베드는 크게 두 가지로 구분되며, 하나는 ETRI가 관리하고 있는 6bone-kr





(그림 18) ETRI-6net 구성도



(그림 19) 국내 IPv6 실험망 계획도

망과 KT가 관리하고 있는 KOREN 망으로 구분할 수 있다. (그림 18)은 ETRI를 중심으로 하고 있는 6bone-kr 망 및 이를 기반으로 한 국내 IPv6 시험 망을 가리킨다. 추후 국내 IPv6 망은 (그림 19)와 같은 진화 과정을 거칠 것으로 예상된다.

## V. 결론

본 고에서는 IPv6 주소를 조기에 도입하기 위한 필요성 및 배경을 살펴보고, IPv6 관련 IETF 국제 표준화 동향, 국가별 주요 프로젝트, 연구 분야 등을 분석하여 이를 통해 국내에서 IPv6 도입에 대한 성공 가능성을 예측해 보았다. IPv6는 전세계적으로 2002년에서 2005년 사이에 IMT-2000, 정보가전 분야를 중심으로 먼저 도입이 될 것으로 보이며 국내에서는 이보다 1~2년 앞서 도입될 가능성도 높다. 국내에서는 ETRI를 중심으로 KRV6 프로젝트를 2000년부터 추진하는 등 IPv6 도입을 위한 본격적인 작업을 추진중에 있다. 이와 병행하여 범 국가적으로 IPv6 관련기술 개발 및 국내 도입을 위한 정책, 전략 개발을 성공리에 추진시킴으로써 차세대 인터넷 기반 기술에 대한 국가 경쟁력을 높이는 동시에 IPv6 기술 시장에 대한 국가적인 우위를 선점할 수 있을 것으로 예상된다.

## 참고 문헌

- [1] 한국인터넷협회, 인터넷백서(Internet Whitepaper), 1999.
- [2] Internet Statistics: Daily Report from Netsizer, <http://www.netsizer.com/daily.html>.
- [3] H. Peter, Salus, One Byte at a Time: Internet Addressing, *The Internet Protocol Journal*, Vol. 2, No. 4, 1999.
- [4] Christian Huitema, IPv6: Connecting 6 Billion Humans, and then 6,000 Billion Computers, Global IPv6 Summit in Paris, 1999.
- [5] 한국인터넷정보센터, <http://www.krnic.net>.
- [6] 매일경제, 2000년 5월 1일자 IMT-2000 관련 보도자료, 2000.
- [7] Brian Haberman, Home Networking with IPv6, Global IPv6 Summit in US, 2000.
- [8] 두루넷 케이블망 사업을 위한 IP 수요 요구 전망 자료, PAC 회의 자료, 1999.
- [9] Rob Goode, NATO C3 Agency, IPv6 in Military Systems, Global IPv6 Summit in US, 2000.
- [10] IETF, <http://www.ietf.org>.
- [11] IPv6 Forum, <http://www.ipv6forum.com>.
- [12] 전세계 IPv6 공식주소 할당 현황, <http://www.dfn.de/service/ipv6/ipv6aggis.html>.
- [13] WIDE, <http://www.wide.ad.jp/>
- [14] KAME, <http://www.kame.net/>.
- [15] Jun Murai, IPv6: Japan and the WIDE project, WIDE Project, Global IPv6 Summit in Paris, 1999.
- [16] UNINETT, <http://www.uniennet.no/>
- [17] H. Michael Lambert, Pittsburgh Supercomputing Center and NLANR/NCNE, IPv6 and Internet 2, Global IPv6 Summit in Paris, 1999.
- [18] Marc Blanchet, IPv6 activities in Canada, Global IPv6 Summit in Paris, 1999.
- [19] Bernard Tuy, G6bone, Global IPv6 Summit in Paris, 1999.
- [20] KRV6프로젝트, <http://www.krv6.net>
- [22] 6bone-KR, <http://www.6bone.ne.kr>
- [22] R. Hinden, S. Deering, M. O'Dell, "An Aggregatable Global Unicast Address Format," Internet Draft, <draft-draft-ietf-ipngwg-tla-assignment-04.txt>.
- [23] R. Hinden, IPv6 Testing Address Allocation, Internet Draft, <draft-ietf-ipngwg-testv2-addralloc-01.txt>, 1999.
- [24] APNIC, Provisional IPv6 Assignment and Allocation Policy Document, 1999.
- [25] B. Carpenter, K. Moore, "Connection of IPv6 Domains via IPv4 Clouds without Explicit Tunnels," Internet Draft, <draft-ietf-ngtrans-6to4-03.txt>, 1999.
- [26] K. Hubbard *et al.*, RFC 1466, Internet Registry IP Allocation Guidelines 1996.
- [27] 신명기, IPv6 주소할당 및 활성화 방안, Krcnet '99 발표자료, 1999.
- [28] 이승민, IPv6 주소할당 정책 및 현황, KRNIC '99년 하반기 워크샵 발표자료, 1999.
- [29] 신명기, sTLA 기반 IPv6 NLA 할당 규칙, RFC-KR, 2000.