

IPv6를 중심으로 한 차세대 인터넷의 해외 연구개발 동향

이 상 훈 | E-mail: leest@mic.go.kr

정보통신부 인터넷정책과 사무관

- I. 서 론
- II. 차세대 인터넷 프로토콜(IPng)
- III. IPv6로의 전이
- IV. 해외의 IPv6 시험 시스템 구축 현황
- V. 결 론

I. 서 론

최근 선진국을 중심으로 차세대 인터넷에 관한 연구개발이 활발히 추진되고 있다. 이는 정보화를 국가의 대의 경쟁력으로 삼고 국가발전의 핵심전략 중 주요 요소로써 인식하고 있기 때문이다. 따라서 차세대 인터넷의 연구개발은 21세기의 정보 인프라를 구축하는 것으로 그 중요성은 두말할 나위가 없다고 하겠다. 실제로 선진국과 개발도상국을 불문하고 세계 각국은 초고속 정보통신망 인프라를 구축하고 사회전반에 걸친 정보화추진을 위한 정책을 수립하고 실행하고 있다.

인터넷의 중추국인 미국은 정부의 주도하에 현재의 인터넷보다 100~1000배 정도 빠른 인터넷 구축을 목표로 하는 '차세대인터넷(NGI)' 프로젝트를 수행하고 있으며, 유럽 또한 1996년부터 4년간 계획으로 유럽전역의 멀티미디어산업개발촉진 프로그램인 'INFO 2000'을 추진중에 있다. 아시아 지역에서 보면 일본은 1997년 '정보통신비전 21 최후보고서'를 발표하여 정보통신의 21세기 청사진을 제시하고 있으며, 싱가포르

1996년 'Singapore ONE'을 계획하여 초고속정보통신 서비스를 제공하고 있다. 본고에서는 현재 각국에서 경쟁적으로 추진하고 있는 차세대 인터넷의 연구개발 동향에 관하여 IPv6를 중심으로 간단히 알아보고자 한다.

II. 차세대 인터넷 프로토콜(IPng)

1. 차세대 인터넷 프로토콜의 배경

지난 수년 동안 여러 표준단체에서는 인터넷 프로토콜에 관한 많은 논의를 하였고 인터넷 커뮤니티에서 다음과 같은 세 가지 고려대상을 제안하였다.

■ TCP & UDP with bigger address(TUBA)

TUBA의 주요목적은 현재의 IP layer를 교체함으로써 보다 큰 IP 주소공간을 확보하는 것이다. CLNP는 명백하게 IP version 4 (32bit address)보다는 큰 Network Service Attachment Point(NSAP)로 알려진 address format을 사용한다. 이 구조는 인터넷 환



현재 사용하고 있는 IP는 버전4로 32비트의 주소공간을 이용하고 있다. 초기 TCP/IP를 사용할 당시의 호스트 수를 생각해 보면 이 IP 주소공간은 결코 적지 않은 수였다. 그러나 인터넷의 급속한 성장과 더불어 IP 주소를 사용하는 호스트가 기하급수적으로 늘어남에 따라 주소공간의 고갈 위험을 안게 되었다.

IPv6는 기하급수적으로 늘어나는 주소할당 문제를 감당해 낼 수 있고, 멀티미디어 데이터 처리가 능숙한 메다 보안 성격이 갖추고 있어 주목을 받고 있다.

경의 확장성을 증가시키고 인터넷상에서 데이터 교환의 효율을 증가시킨다. TUBA의 장점 중 하나는 이것이 현재 transport (TCP 그리고 UDP) protocol이나 application protocol(FTP, TELNET, SMTP, SNMP, HTTP 등)의 완전히 교체할 필요없고 단지 현재의 Network layer를 CLNP로 교체하기만 하면 되는 점이다. TUBA로의 전환은 인터넷 디바이스의 점차적인 전환을 허락하는 이동(migration)전략이다. 이 변환단계에서 영향을 받게 될 주요 디바이스는 호스트 이름과 IP 주소의 변환기능을 제공하는 DNS(Domain Name Server)일 것이다. 이 전략은 인터넷상의 기존의 IPv4와 NSAP를 동시에 사용할 수 있게 함으로써 짧은 시간에 많은 변화보다는 자연스럽게 IP의 전환을 할 수 있게 한다.

■ CATNIP(Common Architecture For Next Generation IP)

CATNIP를 이루고 있는 개념은 현재 우리가 볼 수 있는 Network 환경에 현저하게 퍼져 있는 여러 가지 프로토콜(TCP/IP based, OSI, Novell IPX)들 사이에서 공통성을 세우는 것이다. 목적은 이들 환경에서 구조적인 프로토콜 장벽을 제거함으로써 인터넷의 성장을 도모하고 인터넷의 영역을 확장 및 성능을 향상시키는 것이다. CATNIP 개념은 현재의 transport layer protocol(TCP, UDP, IPX, SPX, TP4 and CLTP)이 세 가지 프로토콜(CLNP, IP version 4, IPX, and CATNIP) 위에서 제 기능을 할 수 있음을 규정한다. 또한 Network layer protocol로서 IP를 사용하는 디바이스가 IPX를 사용하는 다른 디바이스와 상호 동작할 수 있게 한다. TUBA 처럼 CATNIP도 OSI NSAP(Network Service Access Point) format을 구현한다.

■ SIPP(Simple Internet Protocol Plus)

Simple Internet Protocol의 디자인 뒤에 숨겨진 주요 고려사항은 IP version 4로부터 쉬운 변환을 제공하는 프로토콜을 개발하는 것이다. SIPP는 FDDI와 ATM 같은 높은 성능의 네트워크뿐만 아니라 WAN(Wide Area Network) 혹은 무선 LAN 같은 낮은 대역폭의 네트워크에서도 제 기능을 발휘할 수 있을 것으로 기대된다. 이 두 주요 area는 IP 패킷 구조이며 IP 주소가 부여된다. Simple Internet Protocol은 IP 주소의 크기를 32bit에서 64bit로 증가시킴으로써 주소공간은 보다 많은 디바이스에 주소를 부여할 뿐만 아니라 네트워크에서 좀더 상위 레벨의 계층구조를 갖게 한다. IP 패킷의 구조 또한 수정되었으며, 불필요한 기능은 제거되고 새롭게 요구되어지는 것이 추가되었다. 예를 들면, internetwork를 통하여 전송되는 두 개의 디바이스 사이에서 특별한 처리가 요구되는 packet을 'conversation' 부분으로 명확하게 하는 기능이 추가되었다.

2. 차세대 인터넷 프로토콜의 필요성

현재 사용하고 있는 IP는 버전4로 32비트의 주소공간을 이용하고 있다.

초기 TCP/IP를 사용할 당시의 호스트 수를 생각해 보면 이 IP 주소공간은 결코 적지 않은 수였다. 그러나 인터넷의 급속한 성장과 더불어 IP 주소를 사용하는 호스트가 기하급수적으로 늘어남에 따라 주소공간의 고갈 위험을 안게 되었다. 이는 우리가 흔히 알파벳으로 이루어진 도메인 이름과 함께 사용하는 '000.000.000.000'의 숫자구조로 이루어져 있는 것이 IPv4의 주소체계다. 32비트인 IPv4에서는 이론적으로 40억개의 호스트에 주소를 부여할 수 있다. 정확히 파악은 안 되지만 최근까지 이들 IP 주소 중 약

20% 정도가 실제로 사용되고 있는 것으로 추산된다. 이렇게 사용하지 않는 IP 주소를 보유하고 있는 사례가 점차 늘어나, 곧 IPv4에 의한 주소체계가 모두 소비될 것이라는 우려가 있다. 현재 인터넷 표준 프로토콜을 개발하고 있는 IETF에서 프로토콜에 대한 표준안을 완성해 놓은 상태다. 현재 대표적인 TCP/IP 소프트웨어를 개발하고 있는 FTP 소프트웨어사가 이미 IPv6를 개발하여 내놓고 있으며, 라우터 및 허브 등의 관련 제품을 생산하고 있는 업체들과 탑재에 관한 협의가 진행 중이다.

3. IPv6

IPv6는 차세대 IP라고 불리는 최신 IP로서 IETF(Internet Engineering Task Force)의 런던회의에서 IPng의 표준규격으로 SIPP를 결정하였다. IPv6는 기하급수적으로 늘어나는 주소협당 문제를 감당해 낼 수 있고, 멀티미디어 데이터 처리가 능숙한 데다 보안성까지 갖추고 있어 주목을 받고 있다.

■ IP주소 규모의확대성

IPv6는 128비트의 주소구조를 채택하기 때문에 주소체계의 규모가 상당하다. 또한 기존의 IPv4 체계를 사용하던 A, B, C, D와 같은 클래스별 할당으로 인해 발생하던 주소의 낭비를 IPv6에서 보완하고 있다.

IPv6에서는 uni-cast, any-cast, multi-cast로 되어 있는 3가지 주소 유형에서 하나를 선택하여 사용할도록 하기 때문이다. 예를 들어, uni-cast는 개인 인터넷 사용자에, any-cast는 LAN 등을 이용하는 전산망에서, multi-cast는 ISP 등에서 이용될 수 있다.

■ IP 자체의보안성확대

IPv4는 패킷 스위치 네트워크에서 단순한 데이터의 이동만을 염두에 두고 제작한 것이기 때문에, 보안은 거의 무시하고 설계되었다고 해도 과언은 아니다. 이 때문에 IPv4는 보안기능을 첨가하는 IPsec이라는 패킷 형태의 프로토콜을 별도로 설치해 주어야만 했다.

IPv6는 이러한 문제를 근본적으로 해결해 IPsec을 프로토콜 내에 탑재해 보안기능을 수행하도록 설계되었다. 최근 IPv6와 IPsec의 호환성 문제가 제기되었으나, 네이빌 리처지 연구소에서 IPv6에 이를 탑재시키는 실험을 성공시켜 이러한 우려를 불식시켰다. 이로써 IPv6는 보안과 관련하여 안전한 통신, 메시지의 발신지 확인 인증 기능, 수신자 이외에는 메시지를 읽을 수 없게 하는 암호화 기능들을 제공할 수 있게 되었다.

■ 실시간멀티미디어처리

멀티미디어의 실시간 처리기능은 비디오 데이터를 전송할 수 있는 광대역폭을 확보하고 각각 다른 대역폭에서도 무리없는 동영상 처리가 가능하도록 지원하고 있다. 즉, 고속 T1급과 저속 모뎀 사이에서도 두 주소 간에 전송되는 패킷을 복수 처리하여 화상 회의나 인터넷폰을 사용할 때 무리없이 전송될 수 있도록 하는 것이다. 예를 들어 화상 회의에 참가한 한쪽 사용자는 T1급으로 접속했는데 상대방이 저속 모뎀으로 접속하더라도 IPv6는 화면이 끊어지는 현상없이 자연스러운 화상 회의가 가능하다. 이 문제들을 해결할 수 있는 열쇠는 IPv6의 6개로 축소된 새로운 헤더 디자인에 들어있다. IPv6는 IPv4의 10개의 필드로 되어 있던 헤더 부분을 전체 길이가 변하지 않으면서 6개로 줄어들게 하는 기술을 채택함으로써 실현하였다.

(표 1) IPv4와 IPv6의 비교

구분	IPv4	IPv6
bit체제	32 bit	128 bit
연결가능 computer 수	40억 대	3, 4 E 38 대
Address 할당 체계	A, B, C class	Uni-cast, Any-cast, Multi-cast
Header field 수	10개	6개
ipsec 탑재 여부	별도의 patch file을 설치	자체에 탑재

지금까지 IPv6의 필요성 및 특징에 관하여 간단히 알아보았으나, IPv6가 언제쯤 표준으로 정착될지는 아직 알 수 없다. IPv6의 최종 버전은 이미 나온 상태이지만, ATM 등 새로운 네트워크 기술과 장비들이 속속 개발되고 있고, 기존의 IPv4를 사용하고 있는 구세대



컴퓨터들의 호환성에도 의문이 있기 때문이다. 이 때문에 라우터 제조업체들은 '아중 stacking'이라는 방식으로 이 문제를 해결하려 하고 있다. 아중 stacking이란, 한 라우터를 IPv4와 IPv6를 동시에 처리할 수 있는 이중 구조로 제작하고, IPv6 패킷을 IPv4의 트래픽에 얹어 보내도록 하는 것을 말한다. 이러한 작업에서 보듯, IPv4에서 IPv6로의 이행은 점진적인 방식이 될 것으로 예측된다. IPv4와 IPv6가 병행되어 쓰이면서 점차적·장기적으로 IPv6로 이행되는 형태가 될 전망이다.

III. IPv6로의 전이

IPv6의 성공여부는 이 새로운 프로토콜로 전이하는 데 있어서 복잡성과 어려움의 정도에 달려 있다. 이 복잡하고 비용이 많이 드는 것이 널리 전개되고 있는 이진(migration)계획에 방해요소로 작용하지만, IPv6로의 이진을 용이하게 하는 수많은 특징도 있다. 가장 중요한 특징은 '발전의 단계(phased)' 이행의 준비다.

위스테인, 클라이언트, 서버, 라우터 같은 IP version 4 디바이스들은 각각 서로에게 작은 효과를 주

면서 점차적으로 업그레이드될 수 있다. 이것은 IPv6로 업그레이드된 디바이스도 IPv6와 IPv4 양쪽 다 동작할 것이라는 사실에 기인한다. 이것은 또한 아직 업그레이드되지 않은 디바이스와의 통신도 가능하게 할 수 있다는 것을 의미한다. 또한 IPv6의 주소할당 구조는 전이의 부담을 쉽게 할 수 있다. 따라서 업그레이드된 디바이스는 계속 그들의 IP version 4 어드레스를 계속 사용할 수 있다. 예를 들면 IPv6를 지원하기 위해 업그레이드된 서버도 아직 IPv4를 사용하는 클라이언트와 통신하기 위하여 IPv4를 지원한다. 게다가 IPv4 주소는 IPv6에서 만들어지는 좀더 큰 주소공간에 포함될 수 있다. 디자인상 IPv6로의 전이는 부드럽고 점차적인 이진으로 고안되었다. 이러한 이유로 IPv6로의 이진은 빠르게 전개될 것으로 예상된다.

IV. 해외의 IPv6 시험 시스템 구축 현황

본 절에서는 국외의 IPv6 시험 시스템 구축 기관들 중 G6(프랑스), DENet(덴마크), Virginia Tech 6Bone(미국), TICL(영국), JOIN(독일)을 대표적으로 소개한다.

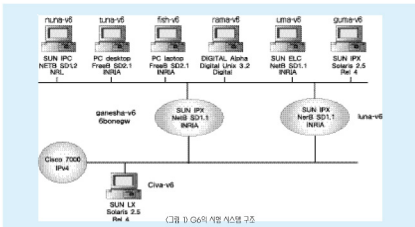


그림 11 G6의 시험 시스템 구조

1. G6(프랑스)

G6는 FreeBSD나 NetBSD를 기반으로 한 Inria code, Sparc station이나 PC를 대상으로 한 Solaris 2.5 IPv6 implementation과 같은 다양한 소스에 대한 IPv6 테스트를 수행중인 프랑스의 워킹 그룹이다. G6 워킹 그룹은 fibone 프로젝트에서 초기의 프랑스의 역할을 수행하는 것을 목표로 하고 있다. 시험 시스템의 구조는 그림 1)과 같으며, <그림 2>는 G6-bone망의 구조를 보여준다.

2. DENet(덴마크)

UNI-C 백본망인 DENet은 덴마크의 주요 연구소를 상호 연결하는 망으로서, 1996년 1월부터 IPv6 기능을

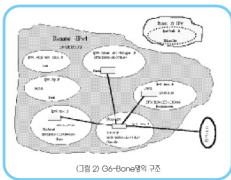


그림 2) G6-bone망의 구조

을 제공하고 있다. 네트워크는 34 Mbps ATM 백본상에서 동작하며, IPv6 라우터는 Telebit Communications AS로부터 제공되었다. 현재 Copenhagen에 위치한 Sun Solaris 2.5 운영체제 시스템 2대와 Lyngby의 UNI-C에 위치한 HP-UX 9.5 운영체제 HP 1대로 구성되어 있다.

Telebit 라우터들은 IDRPv6, RIPng, OSPFv6, 그리고 BGP4를 지원한다. IDRPv6는 UNI-C와 Mister 대학, UNI-C와 Telebit 사이의 터널상에서 동작한다. IDRPv6는 Frankfurt에서 개최된 JENC'7과 Interop '96에 시연되었다. IDRPv6는 world-wide fibone의 일부다. <그림 3>은 DENet의 IPv6 연결망의 구조를 보여준다.

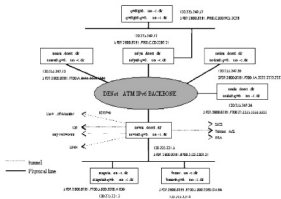


그림 3) DENet의 IPv6의 연결망 구조

3. Virginia Tech 6Bone(미국)

Virginia Tech 6Bone은 미국의 Virginia Polytechnical Institute와 Virginia 주립 대학에서 수행중인 IPv6 시험 시스템 구축 프로젝트다. Virginia Tech 6Bone의 목표는 다음과 같다.

■ 컴퍼스 시스템 구성 권고안 개발

- 전자 메일과 WWW과 같은 테스트 서비스 전개
- 최적의 사용을 위한 IP 계층의 기능 실험
- 다른 부서의 사용자에게 기술 지원 제공
- 세계적인 배치물 위한 경험 제공

■ 새로운 연구자원 제공

- 데이터 수집 방법론과 시뮬레이션 도구 개발
- low-level networking implementation

4. TICL(영국)

TICL은 IPv6 분야에서 중심이 되는 전문적 기술을 개발하는 것을 목표로 하고 있으며, IPv6의 전개를 위해 교육과 훈련을 수행중에 있다. IPv6 전개와 관련된 대부분의 노력들은 프로토크콜의 정의와 개선 그리고 공동 이용이 가능한 implementation에 중점을 두고 있

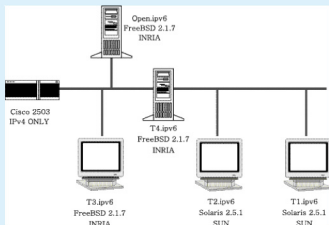
다. 현재 수행중인 핵심 프로젝트는 다음과 같다.

- Migrating to IPv6 Training Course
- IPv6 Resource Kit CDROM

TICL에서는 FreeBSD 2.1.7과 Solaris 2.5.1를 사용하여 시험 시스템을 구축하였으며, 그림 4는 시험 시스템의 구조를 보여준다.

5. JOIN(독일)

'IP Version 6 in the WIN'(JOIN project) 프로젝트는 Deutsche Telekom AG와 BMBWF(the federal ministry of education, science, research, and technology)의 지원을 받아서 운영중이며, Muenster에 있는 Westfälische Wilhelms 대학의 University Computing Center에서 수행하고 있다. JOIN은 다음과 같은 회의에서 IPv6 시연을 수행하였다. (그림 5)는 NETWORKL+ INTEROP 96에서 시연한 IPv6 연결망의 구조를 보여준다. IPv6 테스트는 FreeBSD, Linux, Solaris, Windows95 네 가지 운영체제에 대해 다음과 같은 관점에서 각각 수행중이다.



□ 그림 4 TICL의 시스템 구조

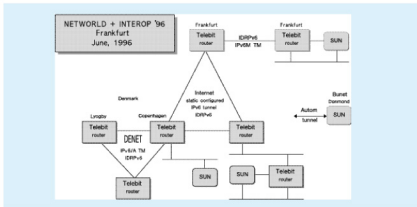


그림 5) NETWORKL+INTEROP '96에서 시연한 IPv6 연결망의 구조

O Network-Layer

- Path MTU Discovery
- Fragmentation and Reassembly
- Neighbor Discovery and Stateless Address Autoconfiguration
 - Router Discovery
 - Prefix Discovery
 - Next Hop Determination
 - Address Resolution
 - Parameter Discovery
 - Stateless Address Autoconfiguration
 - Duplicate Address Detection
 - Unreachability
 - Redirect
- Tunnel via IPv4
 - Configured Tunnels
 - Automatic Tunnels

V. 결 론

현재 인터넷 관련 정보기술의 급속한 발전 및 인터넷 활용 확산과 그에 따라 중요성이 부각되고 있다. 또한 인터넷 호스트 수가 세계적으로 급속히 증가하고 인터넷 이용이 대중화됨에 따라 IPv6로의 전이 및 양질의 서비스를 제공할 수 있는 고속, 고도화된 차세대 네트워크의 필요성이 절실하다. APPI, G7 정보사회 시범사업 등 세계정보사회 건설을 위한 국가간 정보협력사업의 추진이 가시화되고 있는 현실에 비추어볼 때 우리나라도 초고속정보통신망을 중심으로 IPv6로의 전이를 포함하여 차세대인터넷의 구축과 관련한 네트워크 기술, 응용프로그램의 연구 개발에 박차를 가하지 않을 수 없다. 21세기 국가의 정보 인프라를 성공적으로 구축하기 위해서는 전사위주의 정보화는 지양되어야 하고, 확실하고 신속 있는 정보화의 추진에 역점을 두어야 한다고 생각한다. **☐**

■ 참고문헌

- [1] Stephen A. Thomas "Png and the TCP/IP Protocols Implementing the Next Generation Internet", John Wiley & Sons, Inc, 1996.
- [2] Christen Hulsma "IPv6: The New Internet Protocol", Prentice Hall, 1996.
- [3] NIKKEI Communications, 1999.
- [4] R. Gilligan, E. Nordmark, "Transition Mechanisms for IP version 6 Hosts and Routers.", Internet Draft, March 1995.
- [5] <http://www.v6.slc.wide.ad.jp/>