

선도시험망에서 6Bone 설계

김상범, 이재화, 홍경표

한국통신 통신망연구소 통신망기술팀 인터넷기술연구실
305-390 대전 유성구 천민동 463-1

A Design of 6Bone on KOREN

Sahng-Beom Kim, Jae-hwa Lee, Gyung-Pyo Hong
Telecommunication Network Research Lab., Korea Telecom
463-1, Junmin-dong, Yuseung-gu, Taejeon, Korea

Abstract

The 6Bone is an environment supporting experimentation with the IPv6 protocols and products implementing it. Several functions of IPv6 remain loosely defined or undefined but the protocols related on IPv6 are being developed continuously. It is clear that ATM(Asynchronous Transfer Mode) technology is playing a important role in the evolution of the Internet as a transmission medium. In this paper, we suggest a design plan for the 6Bone overlaid on the existing ATM network, KOREN(KOrea Research and Education Network). The planed 6Bone will become a good testbed to develop new networking technology and new sevicees related on IPv6.

함께 OSI 계층 3에 속하며 OSI 계층 2에 독립적이다. 따라서 이론적으로 다양한 OSI 계층 2의 프로토콜이 수용될 수 있다.

1995년부터 국내에 구축 및 보완되어 온 초고속 네트워크인 선도시험망은 ATM 기술을 사용하여 구축한 네트워크이다. 이 선도시험망을 OSI 계층 2 이하의 기술로 수용하고, 그 위에 6Bone을 탑재하려는 것이 본 논문이 제시하는 설계 내역이다.

본 논문의 2장에서는 ATM 기반의 선도시험망에 대해 간단히 언급한다. 3장에서는 6Bone 구축에 필요한 IPv6 프로토콜의 특징을 기술한다. 4장에서는 선도시험망에 근거한 IPv6/ATM 방식의 6Bone 설계안을 도출한다. 마지막으로 5장에서 결론을 언급한다.

1. 서론

기존의 TCP/IP 프로토콜은 개방형 성격을 갖고 있는 데이터 통신용 프로토콜이다. 현재 이러한 TCP/IP의 OSI 계층 3을 구성하는 IPv4 프로토콜은 보안기능의 미비, 헤더 처리의 비효율성에서 기인한 QoS(Quality of Service) 지원의 제한, mobile IP 지원 곤란, 데이터 네트워크에서 음성 서비스 수용을 위한 VoIP(Voice over Internet) 구현의 어려움 등의 문제를 안고 있다.

이러한 IPv4 프로토콜의 문제를 인식한 IETF(Internet Engineering Task Force)는 3년 간의 연구작업의 결과로 IPv6 규격 초안[1]을 1995년에 발표하였고, 1996년부터 각국에서 통신 장비 제조업체와 함께 6Bone 구축을 시도해 왔다.

전체 IPv6 관련 프로토콜은 주소 할당과 라우팅 뿐만 아니라 ICMPv6(Internet Control Message Protocol ver. 6), 멀티캐스트, 헤더 압축, 터널링, DNS(Domain Name System), IPv4에서 IPv6로의 진화 방식, 보안, Neighbor Discovery, API(Application Program Interface), 이동성, IPv6 over Different Media, 네트워크 관리 등을 포함한다. 이러한 규격 중에는 현재 정식 규격(RFC)이 없는 것도 있고, 기존에 제안된 규격을 수정 및 보완하는 경우도 있다. 따라서 IPv6 프로토콜은 현재 완성된 프로토콜이 아니며, 각국에서 6Bone 등을 통해 연구한 내용을 토대로 완성해 나아가고 있는 프로토콜이다.

IPv6 백본인 6Bone은 일종의 네트워크 환경을 의미하며, IPv6 프로토콜과 관련된 실험을 지원하고 구현된 IPv6 용 장비를 테스트할 수 있게 한다[2]. IPv6는 ICMPv6와

2. ATM 기반의 선도시험망

초고속 선도시험망[3]은 초고속 정보통신망 구축에 필요한 제반 기술의 타당성 및 적합성 검증을 지원하는 테스트베드 성격의 ATM 네트워크이다. 또한 초고속 정보통신망 응용 서비스와 관련된 이용 기술의 개발 과정 및 결과를 확인, 검증, 평가하는데 제공되는 시험망이다.

1995년 7월에 구축된 선도시험망은 그동안 꾸준히 개선되어 왔다. 현재 서울의 해화 전화국과 대전의 번호안내국에 국내에서 개발한 ATM 교환기인 HANbit ACE-64 ATM 교환기가 설치되었고, 서울과 대전 간을 STM1 x 6 용량의 광전송장치로 연결하였다.

선도시험망은 서울과 대전 지역을 중심으로 30 여개의 개별 기관을 수용하고 ATM 방식의 가입자 회선을 구성하였다. 또한 11개의 공동이용센터를 설치하고 운영하여 선도시험망 구축 여건이 어려운 이용자들에게 선도시험망을 이용할 수 있도록 하였다.

1998년에는 선도시험망을 종합적으로 운용하고 원활한 정보 교환 및 이용 증대를 위한 선도시험망 NOC(Network Operation Center)를 구축하였다.

2. IPv6의 특징

네트워크에서 영상과 음성 데이터의 실시간 처리는 현재 IPv4의 인터넷이 만족스럽게 해결하지 못하고 있다. 이

에 대해 IPv6에서는 헤더에 정의된 8 비트의 Traffic Class 필드에서 6 비트를 PHB(Per Hop Behavior)로 사용하여, 라우터에서 assured 서비스와 premium 서비스에 대해 priority scheduling/dropping 기능을 동작시킬 수 있도록 했다. IPv6 헤더에 새롭게 정의된 20 비트의 필드인 flow label를 통해 6Bone에서 MPLS(Multi-Protocol Label Switching) 기법이 도입될 수 있다[4]. IPv6의 특징을 간단히 정리하면 다음과 같다.

- 헤더 필드 간소화에 따른 라우터의 헤더 처리 속도 향상
- 향상된 IP 계층 QoS 기능 수용
- 보안 관련 IPsec(IP security) 기능 제공
- 라우팅 경로 지정(policy 라우팅) 가능
- Auto-configuration(plug-and-play) 기능 제공
- Mobile IP 지원 기능
- 인터넷 주소 고갈 문제의 근본적 해결

4. 선도시험망에서 6Bone 설계

본 IPv6 백본 설계에 있어서 우선적으로 고려되는 사항은 주소 할당 계획과 라우팅 방식이다. 그 외에 선도시험망을 사용함에 따라 IPv6 over ATM에 대한 구현 가능한 모델을 제시해야 한다. 구축될 6Bone은 native IPv6 over ATM 방식으로 설계되고, 6Bone에 접속되는 가입자는 경우에 따라 터널링 방식[5]을 사용할 수 있도록 한다.

위에서 기술한 기본 설계 원칙에 따라 6Bone 구축에 있어서 핵심이 되는 사항을 본 논문에서 체계적으로 제시한다.

4.1 주소 할당 체계

주소 할당은 라우팅 효율성과 관련이 있으므로[9] 체계적인 할당이 필요하다. 현재 몇 가지 주소 할당 방식이 제안되어 있으며, 최근에는 APNIC(Asia Pacific Network Information Center)에서 IPv6 주소 할당 정책을 규정하려고 하고 있다. 본 6Bone의 주소체계는 6Bone-KR에서 제정한 6Bone 연결 규칙(안)을 수용하였다. 이에 따라 계층적 네트워크 구조를 위해 TLA(Top Level Aggregator) 사이트, NLA(Next Level Aggregator) 사이트, leaf 사이트 형태로 구성한다.

한국은 국제 6Bone에서 3ffe:2e00::/24의 주소 공간을 할당받았다. 이 주소 공간에 대해서 본 6Bone은 AISN-KR 명칭으로 3ffe:2e03::/32 주소 공간이 적용된다. 16비트 Site 필드는 지역성을 고려하여 할당한다. 서울 지역 Site에는 0001이 할당되고 대전 지역 Site에는 0002가 할당된다. 각 기관 단위별로 SLA ID를 할당하되 SLA ID 1000 값은 개인 사용자를 위한 ID로 사용한다.

본 6Bone의 관리자는 SLA ID를 관리한다. SLA ID를 부여받은 각 개별 기관은 관리가 용이하도록 자체적으로 Interface ID를 기관 내의 IPv6 장치들에 할당하면 된다. 실제로는 Interface ID에 하드웨어 주소를 할당한다. [그림 1]에 6Bone 설계에 적용할 주소 체계를 나타내었다.

향후 한국이 APNIC으로부터 정식 주소 공간을 확보하면 KOREN-KR의 6Bone 주소도 변경될 수 있다.

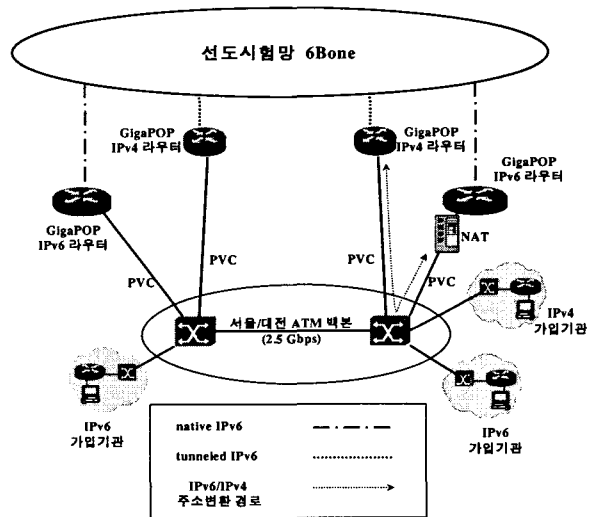
3	13	8	8	16	16	64비트
TLA 3ffe	NLA1 2e	NLA2 03	Site 0001	SLA ID	Interface ID	

[그림 1] 6Bone 주소 할당 체계

4.2 라우팅 방식

초기에 설계되는 6Bone은 규모가 크지 않으므로 1개의 AS(Autonomous System)로 구성한다. 선도시험망에 IPv6 전용 라우터 2개를 서울과 대전의 ATM 교환기에 연동시켜 고속의 6Bone을 구축한다.

현재 IPv6 단말과 라우터에서 OSPFv6를 지원하지 않는 경우가 있으므로, 한시적으로 IGP(Interior Gateway Protocol)는 RIPv6를 사용한다. TLA 간의 라우팅 정보 교환은 BGP4+(Border Gateway Protocol 4+)를 사용한다[6]. 멀티캐스트를 위한 IGMP(Internet Group Membership Protocol)는 ICMPv6(Internet Control Message Protocol ver. 6)에 포함되었다. 따라서 멀티캐스트 기능이 있는 단말에 대해 멀티캐스트 라우팅이 지원된다. Anycast는 추후 고려한다.



[그림 2] 선도시험망에서 6Bone 구축도

본 6Bone의 단순 통과 (transit)는 선도시험망 AUP (Acceptable Use Policy)의 조건에 따라 허용한다. 라우팅이 고려된 6Bone 구성도는 [그림 2]와 같다.

4.3 ATM에 대한 IPv6 오버레이 모델

IPv6를 NBMA(Non-Broadcast Multiple Access) 형태의 ATM 계층에서 SVC 방식으로 직접 수용할 경우 기능의 제약이 따른다. 따라서 일종의 framework가 ATM 계층 위에 추가되어야 멀티캐스트, Neighbor Discovery, Router Discovery, Address Configuration 기능이 정상적으로 동작될 수 있다[8].

IPv6/ATM 네트워크에서 ATM의 AAL5를 통한 SVC 지원 여부는 일차적으로 IPv6/ATM 드라이버에 달려 있고 [7], 한편 SVC를 지원하려면 IPv6 관련 프로토콜 외에 UNI signaling을 생성시키고 종결시키는 기능을 IPv6에 추가시켜야 한다. 한편 다음에 기술될 Neighbor Discovery 프로토콜은 ATM 네트워크 상에서 적용이 어려운 것으로 보고되고 있다[10].

앞서 언급한 이유로 본 6Bone에서는 ATM 계층을 고속의 전송망 기능 계층으로 수용한다. 따라서 6Bone 설계에 있어서 ATM 계층에 대해 PVC 방식을 사용한다.

4.4 보조 서버

IPv4에서 어떤 호스트가 특정 호스트의 접속을 위해 IP 주소와 연관된 물리계층 주소를 파악하려면 ARP(Address Resolution Protocol)를 사용하였다. IPv6에서는 Neighbor Discovery 프로토콜의 Neighbor Solicitation과 Neighbor Advertisement 메시지를 통해 OSI 계층 2의 주소를 파악한다. Neighbor Discovery 프로토콜은 IPv4의 ARP, ICMP router discovery, ICMP redirect 기능을 갖고 있다[11].

Neighbor Solicitation과 Neighbor Advertisement 메시지는 ICMPv6에 의해 동작된다. ICMPv6는 IPv4의 ICMP, IGMP, ARP의 기능을 함축하고 있다.

IPv6 호스트가 다른 호스트와 통신하려면 위의 주소 파악 절차가 필요하고 이를 위해 DNSv6(Domain Name Service ver. 6) 서버와 DHCPv6(Dynamic Host Configuration Protocol ver. 6) 서버가 필요하다. DNSv6 서버는 숫자로 표기된 IPv6 주소와 영문으로 된 이름의 대응 관계를 유지하고 있는 서버이다. DHCPv6는 OSI 계층 2의 주소와 OSI 계층 3의 주소 관계에 대한 데이터베이스이다.

초기 설계 단계에서 DNSv6 서버는 IPv4의 DNS 서버와 공유하도록 한다. 이때 이름과 주소의 구분을 IPv4에서는 'A'라고 했으나 IPv6 부분에 대해서는 'AAAA'로 한다.

DHCPv6 서버는 mobile IP 지원에 필요하나 초기에는 도입하지 않도록 한다. 본 6Bone에서 auto-configuration 기능 제공이 필수적일 경우, DHCPv6 서버를 도입하도록 한다. 한편 주소 공간의 비효율성이 있으나 서버의 추가를 요구하지 않는 stateless 방식으로 구현하는 것도 검토한다.

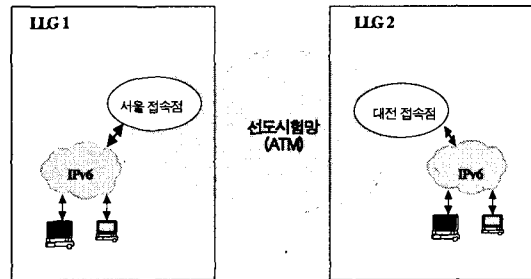
4.5 6Bone의 논리적 분할

LIS(Logical IP Subnet)와 유사한 의미로 IPv6에서는 LLG(Logical Link Group)가 있다. 본 6Bone은 선도시험망이라는 단일 ATM 네트워크 상에 구축된다. 그러나 OSI

계층 2가 단일 네트워크이며 그 위에 오버레이 된 OSI 계층 3의 IPv6 네트워크는 논리적으로 분할될 수 있다.

초기에 구축되는 6Bone은 토폴로지 측면에서 복잡하지 않을 것으로 예상되므로 단일 LLG로 구성한다. 현재는 선도시험망이 서울과 대전 위주로 구성되었으나, 향후 네트워크가 기타 지역으로 확대되면 6Bone에 대해 지역 단위로 LLG를 구성하도록 한다. LLG 구분은 주소 체계에서 Site 필드를 통해 가능하다.

[그림 3]에 6Bone의 LLG 구분의 예를 나타내었다.



[그림 3] 6Bone에 지리적 분할의 예

4.6 QoS 지원 문제

IPv4는 기본적으로 best-effort 방식이며 서비스 품질의 차별화를 고려하지 않은 프로토콜이다. 그러나 IPv6는 QoS 지원을 고려한 프로토콜이다. 본 6Bone은 ATM 계층에 대해 PVC 방식을 적용하였으므로, ATM의 QoS 지원 특성을 활용할 수 없으나 IP 계층 QoS는 지원할 수 있다.

Integrated 서비스는 IP signaling 기능을 요구하므로 본 6Bone에서는 지원하지 않기로 한다. 구축되는 6Bone은 differential 서비스 지원이 가능하도록 한다. 즉 IPv6 단말에서 패킷을 보낼 때, 헤더의 Traffic Class 필드에 PHB를 통해 best-effort, assured, premium 서비스를 표시하여 패킷을 보내면 라우터에서 패킷 scheduling을 달리 하도록 한다.

IPv6 헤더의 flow label를 통한 QoS 지원은 IPv6/ATM 구조보다는 OSI 계층 2와 계층 3이 통합된 경우에 효과적이며 본 6Bone에서는 추후 고려한다.

4.7 6Bone 접속 방식

본 6Bone 도메인에 속한 가입기관 간의 호스트는 native IPv6 방식으로 연결된다. 그러나 다른 6Bone 도메인과 본 6Bone 도메인 간의 연결은 직접적인 IPv6 방식을 사용할 수 없는 경우가 있다. 이 때는 기존 인터넷을 활용한 터널링 기법을 사용한다.

설계되는 6Bone에서 서울/대전에 설치될 6Bone용 라우터는 터널링 방식을 지원하도록 한다. 터널링을 지원하는 6Bone 라우터는 일반 6Bone 라우터와 구조 상의 차이가 있을 수 있다. 즉 IPv6 패킷에 IPv4 헤더를 추가/삭제하는

과정에서 요구하는 IPv6/IPv4 구조가 터널링용 6Bone 라우터에서 요구된다.

터널링 방식에 있어서 선도시험망의 6Bone 사용자에게는 IPv4 호환 주소를 부여하지 않게 되므로 static 터널링을 지원하도록 한다.

IPv4 헤더 (터널링용)	IPv6 헤더	Payload
-------------------	---------	---------

[그림 4] 터널링을 위한 IPv6 패킷

한편 서울/대전에 설치되는 6Bone용 라우터는 IPv4와 IPv6 간의 주소 변환 기능을 갖도록 하여 IPv4와 IPv6 간의 호환성을 확보한다.

[그림 4]에 터널링을 위해 IPv4 헤더가 추가된 형태를 나타내었다. 서울/대전에 위치한 6Bone 라우터는 이러한 IPv4 헤더를 추가 및 삭제시키는 기능을 갖도록 한다.

실제 본 6Bone을 사용하는 개별기관은 별도의 IPv6 라우터를 통해 본 6Bone에 접속하도록 한다.

4.8 보안 및 인증 기능 제공

향후 인터넷에서 전자 상거래, 홈 뱅킹 등의 서비스가 전개되려면 신뢰성있는 보안 기능이 제공되어야 한다. 그러나 기존 TCP/IP 프로토콜은 보안 기능이 취약하다. 이를 보완하기 위해 IPv4에 IPsec(IP security) 프로토콜을 추가하는 방법이 고려되고 있으나 만족스럽지는 않은 상태이다[10].

IPv6에서는 확장 헤더에 속하는 Authentication 헤더와 Encapsulating Security Payload 헤더를 통해 전달되는 패킷의 보안 기능을 제공한다.

본 6Bone에서는 IPv6 패킷이 Authentication 헤더와 Encapsulating Security Payload 헤더를 포함할 경우 보안 기능을 제공하도록 한다. 초기에는 MD5(Message Digest 5) 보안 알고리즘과 DEC-CBC(Data Encryption Standard - Cipher Block Chaining) 암호화 알고리즘을 지원하도록 한다.

4.9 선도시험망의 IPv4 네트워크와의 호환

설계되는 본 6Bone은 선도시험망의 IPv4 네트워크와 상호 연동이 되는 것이 IP 네트워크 진화 측면에서 바람직하다. IPv6 헤더의 모든 필드가 IPv4 헤더의 필드들과 정확히 매핑되기는 어렵다.

본 6Bone에서는 주소 정보 위주로 IPv6/IPv4 간의 주소 변환이 가능하도록 하여 선도시험망에서 IPv6 사용자와 IPv4 사용자 간의 통신을 지원하도록 할 예정이다. 이를 위해 서울과 대전의 GigaPOP에 설치되는 IPv6 용 라우터는 IPv6/IPv4 간의 주소 변환 기능을 갖도록 한다. IPv6 헤더와 IPv4 헤더의 완벽한 호환성 지원 문제는 현재 구현 상의 어려움을 안고 있기 때문에 추후 고려한다.

5. 결론

본 논문에서는 기존 IPv4 프로토콜의 단점을 개선한 IPv6 프로토콜을 기반으로 하고, OSI 계층 2는 국내 선도시험망의 ATM 기술을 사용하는 6Bone 설계에 대해 언급하였다.

IPv6 프로토콜의 도입은 ICMP, IGMP, DNS, 기타 제반 라우팅 프로토콜의 변경을 요구하게 된다. 또한 IPv4에 대해 TCP, UDP가 명확히 계층화되지 않은 이유[10] 때문에 TCP, UDP의 개선도 요구한다.

현재 각국의 6Bone 아일랜드는 기존 IPv4 인터넷의 연결 구조를 통해 상호 연결되어 기존 인터넷 위에 전세계적인 가상 6Bone을 형성하고 있다.

선도시험망에 구축되는 6Bone 아일랜드는 차세대 인터넷 네트워킹 기술 개발을 위한 테스트베드 역할을 하게 될 것이다. 또한 차세대 인터넷 서비스 개발도 지원할 계획이며, 해외 6Bone과도 연동시켜 국제적인 네트워크 실험도 진행될 수 있도록 구축할 예정이다. 본 6Bone의 활성화를 위해서는 web 서버 구축과 VoIP, 영상 관련 서비스와 같은 다양한 IPv6 응용 서비스 개발이 요구된다.

참고문헌

- [1] S. Deering, R. Hinden, Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification, RFC 1883, Dec. 1995.
- [2] A. Durand and B. Buclin, 6Bone Routing Practice, INTERNET DRAFT, May 1998.
- [3] 초고속선도시험망, <http://210.123.254.108>
- [4] P. Ferguson and G. Huston, *Quality of Service: delivering QoS on the Internet and in corporate networks*, John Wiley & Sons, 1998.
- [5] R. E. Gilligan and E. Nordmark, Transition Mechanism for IPv6 Hosts and Routers, INTERNET DRAFT, Aug. 1998.
- [6] A. Durand and B. Buclin, 6Bone Routing Practice, INTERNET DRAFT, May 1998.
- [7] G. Armitage, P. Schultzer and M. Jork, IPv6 over ATM Networks, RFC 2492, Jan. 1999.
- [8] P. Schultzer and M. Jork, A Framework for IPv6 Over ATM, INTERNET DRAFT, June 1996.
- [9] Y. Rekhter and T. Li, An Architecture for IPv6 Unicast Address Allocation, RFC 1887, Dec. 1995.
- [10] S. Gai, *Internetworking IPv6 with Cisco Routers*, McGraw-Hill, 1998.
- [11] T. Narten, E. Nordmark and W. Simpson, Neighbor Discovery for IP Version 6 (IPv6), RFC 2461, Dec 1998.
- [12] M. Goncalves and K. Niles, *IPv6 Networks*, McGraw-Hill, 1998.