

IPv6 상용서비스를 위한 464XLAT 기술 동향



유지영 KISA 인터넷주소센터 인터넷주소산업팀 연구원
 임준형 KISA 인터넷주소센터 인터넷주소산업팀 팀장

1. 머리말

2011년 ICANN의 IPv4 주소 고갈 선언 후 약 3년이 흐른 오늘날, 사물인터넷 시대의 도래로 스마트 기기가 급증하고 있으나 네트워크에서 사용자까지 IPv4 주소를 할당하는 것은 점점 어려워지고 있다. 2011년 4월 이후 아태지역 인터넷주소관리기구(APNIC)에서도 IPv4 주소 최종할당 정책을 시행하고 있으며 국내에서도 많은 사업자가 IPv4 주소 부족을 호소하고 있다.

국내에서도 인터넷서비스제공자(ISP), 콘텐츠서비스제공자(CP), 장비제조사 및 보안업체 등 다양한 분야의 이해관계자가 IPv6 서비스 도입을 통해 IPv4 부족 문제를 해결하기 위하여 여러 기술의 적용을 검토하고 있다. 특히, 올해 3월 미래창조과학부에서 '무제한인터넷주소(IPv6) 확산 로드맵'을 발표하면서 올해를 IPv6 상용서비스 원년으로 선포하여 올 하반기 중 IPv6 상용서비스 개시를 목표로

추진 중이다. 본 고에서는 IPv6 전환기술의 국제 표준화 동향을 짚어보고 전 세계 최초로 LTE 상용망 IPv6 전환에 사용된 기술인 464XLAT에 대해 살펴보고자 한다.

2. IPv6 전환기술 표준화 동향

IETF(Internet Engineering Task Force)는 인터넷의 운영, 관리, 개발에 대해 협의하고 인터넷 프로토콜과 구조적 사안 논의를 목적으로 1986년 설립된 사실표준화기구이다. 현재 애플리케이션, 일반, 인터넷, 운영관리, 실시간전송 및 인프라, 라우팅, 보안, 전송 등 8개 분야 100여 개 워킹그룹(Working Group)에서 자발적 참여와 논의 과정을 통하여 인터넷 관련 기술표준을 제정하고 있으며, IPv6 전환기술의 표준화 작업은 SOFTWARE 워킹그룹과

V6OPS 워킹그룹에서 주로 이루어지고 있다.

6RD 등의 기존 전환기술들이 IPv4 네트워크에서 IPv6 노드의 연결성을 보장하는 시나리오 중심으로 설계 및 적용되어 왔으나 전 세계적으로 주요 ISP의 IPv6 망 구축이 많이 진행된 현 시점에서는 IPv6 네트워크 시나리오를 기반으로 IPv6과 IPv4 노드가 공존할 수 있도록 통신을 지원하는 시나리오의 IPv6 전환기술이 활발하게 논의되고 있다. 대표적으로 SOFTWARE 워킹그룹은 IPv6 네트워크에서 자동 터널링 기술을 통해 잔여 IPv4 노드의 통신을 지원하는 4RD(IPv4 Residual Deployment) 기술의 표준화 작업을 거의 완료하였고, DS-Lite에서 ISP의 터널링 장비가 수행하던 대량의 NAT 기능을 홈 라우터 등의 CPE 장비가 수행하여 부하를 분산하도록 개선한 LW4o6(Lightweight 4over6)과 MAP(Mapping of Address and Port) 기술 또한 표준화 막바지 단계에 있다.

3장에서는 여러 전환기술 중에서도 V6OPS 워킹그룹에서 2013년 4월 표준화된 464XLAT 기술을 살펴보고자 한다. 이 기술은 T-Mobile에 의해 세계 최초로 IPv6 상용 LTE 네트워크에 적용되어 현재도 미국에서 서비스되고 있으며 국내 사업자들도 IPv6 망내 적용을 긍정적으로 검토하고 있는 기술이다.

3. 464XLAT 기술

기존 NAT64와 DNS64를 이용한 IPv6 네트워크는 많은 응용프로그램이나 서비스의 정상 동작을 보장하지 못했다. 여러 장애 시나리오 중에서도 IPv4 기반의 응용프로그램 개발 시 프로그램에서 통신할 서버 등의 목적지 주소를 도메인 이름이 아니라 IPv4 주소로 코딩하는 경우가 대표적으로 문제시되었는데, 이 경우 응용프로그램에서 통신을 위해

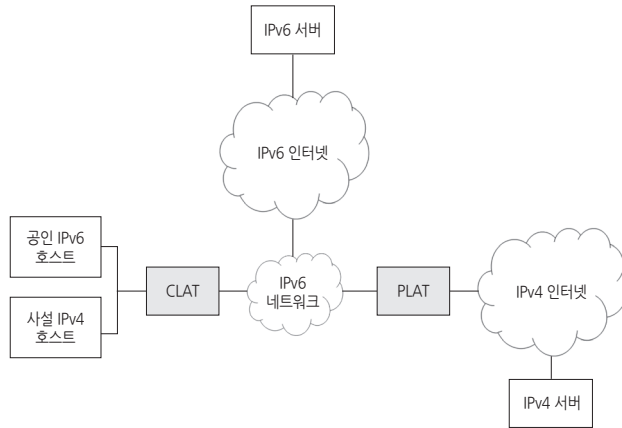
DNS에 질의하지 않기 때문에 NAT64 등의 IPv4-IPv6 변환 프로세스가 진행되지 않아 IPv6 네트워크를 통한 IPv4 노드 간 통신이 불가능했기 때문이다. 미국의 ISP 업체인 T-Mobile은 이러한 문제점을 극복하여 IPv6 네트워크에서 준수한 IPv4 연결성을 제공하는 464XLAT 아키텍처를 제안하여 2013년 4월 IETF 표준화 작업을 완료하였고, 해당 기술을 사용하여 세계 최초로 IPv6 상용서비스를 개시하였다.

464XLAT은 2가지 표준 변환기술을 조합하여 IPv4 기반 호스트나 서비스가 IPv6 네트워크에서 동작 가능하게끔 하고, 싱글스택 IPv4나 IPv6 서버에서 IPv4 서버 연결이 가능하도록 지원한다. 464XLAT은 2가지 변환기를 조합한 기술인데 이 2가지 변환기는 각각 CLAT(Customer-side Translator)과 PLAT(Provider-side translator)이라 하며 각각 IETF에서 6145, 6146번 문서로 표준화 작업이 완료된 기술이다.

3.1 CLAT과 PLAT

CLAT은 클라이언트 측 변환기로 사설 IPv4 주소와 공인 IPv6 주소 간에 1:1 상태비보존형 변환을 수행한다. CLAT 기능은 라우터나 핸드폰 같은 기기에 탑재될 수 있으며 1:1 변환기능 이외에 연결성 제공을 위한 기능을 제공하게 된다. 대표적으로 CLAT은 로컬 노드에 대한 디폴트 게이트웨이로 동작하며 사설 IPv4 주소를 분배하기 위한 DHCP 기능을 제공해야 하며, 자기 자신을 로컬 노드에 대한 DNS 서버로 지정하고 랜 클라이언트에 DNS 프락시를 지원하여 클라이언트 노드에서 DNS 질의 시 CLAT이 요청을 처리하도록 설정되어야 한다.

464XLAT에서 CLAT은 패킷 변환에 사용할 전용 /64 프리픽스를 할당받아야 한다. 이 전용 /64 프리픽스가 사설 IPv4 주소 앞에 붙어 사설 IPv4 주소를



※ 출처: RFC6877, '464XLAT: Combination of Stateful and Stateless Translation'

[그림 1] 464XLAT 유선 네트워크 구성도

공인 IPv6 주소로 변환한다. 또한, CLAT은 반대편 변환기인 PLAT에서 목적지 주소로 사용되는 IPv6 프리픽스를 인지하고 있어야 하는데, CLAT에서 IPv4 인터넷에 접속하기 위해 패킷을 보낼 때 PLAT을 목적지로 전송하게 되기 때문이다.

PLAT은 인터넷서비스제공자 측 변환기로 공인 IPv6 주소와 공인 IPv4 주소 간에 N:1 상태보존형 변환을 수행한다.

3.2 464XLAT 네트워크 아키텍처

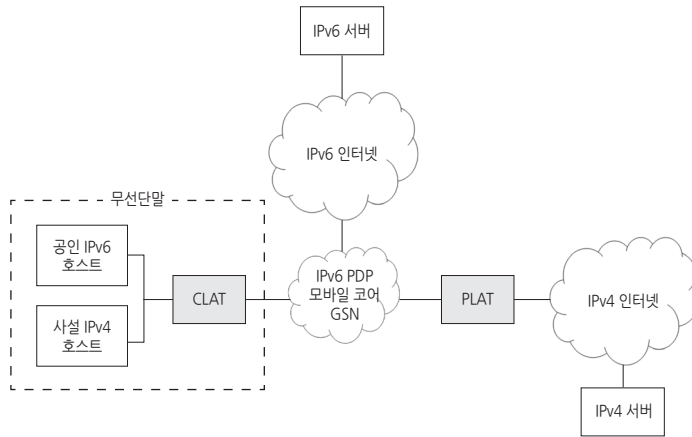
유선 네트워크에 464XLAT을 적용할 시에는 클라이언트가 라우터 등에 적용된 CLAT의 뒤에 위치해야 한다. [그림 1]에서 사실 IPv4 호스트는 CLAT에서 상태비보존형 변환을 통해 IPv6 주소를 얻어 IPv6 네트워크를 통과하며, IPv6 서버에 접속할 시 PLAT을 거치지 않지만 IPv4 서버에 접속하기 위해서는 PLAT에서 상태보존형 변환을 통해 공인 IPv4 주소를 획득한 후 통신하게 된다. 반면, IPv6 호스트는 CLAT이나 PLAT에서 변환되지 않고 네이티브 IPv6 패킷으로 직접 IPv6 서버에 접속할 수 있고, 사실 IPv4 서버에 접속할 때는 PLAT의 상태보존형

변환만을 필요로 하게 된다. 이 시나리오에서 CLAT 기능은 홈 라우터(CPE)에 탑재된다.

반면 무선 3GPP 네트워크에 464XLAT을 적용할 때에는 클라이언트 단말이 테더링 라우터로 동작하게 된다. [그림 2]에서 무선 단말은 자체 내장한 CLAT 기능을 이용하여 사실 IPv4 주소를 공인 IPv6 주소로 변환하여 패킷이 IPv6 기반 모바일 네트워크를 통과할 수 있게 한다. 즉, 무선 단말은 사실 IPv4 주소와 공인 IPv6 주소를 모두 가진 듀얼 스택 호스트이며 IPv6 서버에 접속 시에는 내장된 CLAT 기능이 동작하지 않는다. [그림 2]에서 PLAT 기능은 유선 시나리오와 동일하게 IPv4 서버에 접속할 때에만 서비스제공자 구간에서 동작하게 된다.

3.3 한계점

464XLAT은 새로운 프로토콜 없이 기 구현된 기술을 활용하여 빠른 IPv6 적용이 가능한 효율적인 기술이지만, 클라이언트-서버 모델을 기준으로 설계되었기 때문에 IPv4 피어 투 피어(P2P) 연결이나 인바운드 IPv4 연결을 지원하지 않는다. 464XLAT 구조에서 P2P 연결을 이용하기 위해서는



※ 출처: RFC6877, '464XLAT: Combination of Stateful and Stateless Translation'

[그림 2] 464XLAT 무선 3GPP 네트워크 구성도

ICE(Interactive Connectivity Establishment) 기술을 활용할 수 있다.

4. 국내의 도입 현황

464XLAT 기술을 개발하고 주도적으로 표준화한 미국의 T-Mobile은 자사의 LTE 네트워크에 IPv6을 적용하기 위하여 464XLAT 기술을 이용하고 있다. T-mobile은 아이폰을 제외한 삼성 갤럭시S5 등 안드로이드 4.3 이후 출시 단말에 대해 CLAT 데몬을 탑재하여 IPv6 네트워크를 통해 서비스되도록 구성하였고, [그림 3]과 같이 전체 가입자 중 약 16%인 1천여만 명이 IPv6로 모바일 서비스를 이용하고 있다.

| Participating Network | ASN(s) | IPv6 deployment |
|-----------------------|--------|-----------------|
| T-Mobile USA | 21928 | 15.76% |

※ 출처: Cameron Bryne, '464XLAT: Breaking Free of IPv4'

[그림 3] 464XLAT 기술 적용 후 T-mobile의 IPv6 트래픽 비율 (2014. 2월)


특기할 점은 T-mobile이 464XLAT 기술을 적용하여 상용서비스를 개시한 후 짧은 시간 안에 50% 이상의 IPv6 트래픽이 CLAT이나 PLAT 변환기를 거치지 않고 전 구간 통신을 IPv6으로 이용하는 네이티브 IPv6 트래픽으로 집계되었다는 점이다. 이 결과를 통해 미국의 사용자들이 주로 이용하는 서비스가 이미 IPv6를 적용하였으며, 사용자 단말에서 주로 이용되는 애플리케이션이 우수한 IPv6 호환성을 보일 것이라고 유추할 수 있다. 실제로 구글, 페이스북, 링크드인 등의 주요 사이트에서 이미 IPv6 서비스를 제공하고 있다. 또한 CLAT과 PLAT을 거치는 통신 비율이 50% 미만이라는 점에서, 전 구간 네이티브 IPv6 서비스는 어려울 것이라는 우려에도 불구하고 미국의 백본 네트워크 구간과 주요 콘텐츠 사업자, 단말 구간이 이미 상당부분 IPv6 서비스 역량을 확보하고 있다는 점을 유추할 수 있다.

국내 망사업자 중에서는 SK텔레콤이 최초로 IPv6 상용서비스를 위해 464XLAT 기술을 이용할 계획이다. SK텔레콤은 올해 10월 IPv6 상용서비스 개시 이후 출시되는 주요 SKT 단말을 통해 IPv6

서비스를 제공할 예정이다.

다만, 웹서비스를 위주로 주요 애플리케이션 테스트만을 완료하고 상용서비스를 개시한 T-mobile의 사례와 달리, 국내의 경우 동영상 실시간 스트리밍, 내비게이션 서비스 등 비교적 다양한 애플리케이션의 사용도가 높아 모바일서비스의 형태가 복잡한 편이다. 이러한 특성상 IPv6 상용서비스 시작 전 다양한 애플리케이션에 대하여 보다 세밀한 검증 및 테스트가 필요할 것이다. 또한, CLAT 및 PLAT 변환기를 거치지 않는 네이티브 IPv6 트래픽 비율을 높여 서비스 안정성을 확보하기 위해서는 무엇보다도 콘텐츠사업자가 나서서 IPv6을 적용할 필요가 있다.

5. 맺음말

국내 IPv6 도입 확산을 위한 노력은 오랫동안 지속되어 왔으나, 다른 국가에 비해 인터넷 서비스 수준에 대한 이용자의 기대가 높으며 작은 시장규모에 비해 사업자 간 경쟁이 심한 환경적 특성상 사업자의 IPv6 전환 의지가 높지 않아 타 ICT 분야의 발전 속도에 비해 IPv6 전환 속도는 더딘 편이었다. 그러나 최근 들어 스마트단말이 급증하고 IP주소 수요가 늘어나면서 주소 부족 문제를 해결하기 위해 망사업자 및 콘텐츠사업자의 IPv6 전환 움직임이 활발해지고 있다. IPv6 전환은 ISP, CP, 제조사 등 모든 이해관계자가 동참하고 상호 협력하여야 가능하다. 모든 이해관계자가 장기적인 관점에서 IPv6 전환 움직임에 박차를 더하여 미래 통신 환경 변화에 적극적으로 대응하여야 통신기술 분야의 국가 경쟁력을 확보할 수 있을 것이다. 

[참고문헌]

- [1] RFC6877, '464XLAT: Combination of Stateful and Stateless Translation' <http://ietf.org>
- [2] Cameron Bryne, '464XLAT: Breaking Free of IPv4', <http://apnic.net>
- [3] T-Mobile, '464XLAT — A Solution for Providing IPv4 Services Over and IPv6-only Network', <https://sites.google.com/site/tmoipv6/464xlat>
- [4] RFC6146, 'Stateful NAT64: Network Address and Protocol Translation from IPv6 Clients to IPv4 Servers', <http://ietf.org>