

IPv4/IPv6 공존 환경에서 운용(Operation) 및 전환(Transition) 기술의 표준화 동향

김평수

한국산업기술대학교

요약

본 논문에서는 국제 표준화 기구인 IETF(Internet Engineer Task Force)내 V6OPS WG(IPv6 Operation Working Group)를 중심으로 IPv4/IPv6 공존 상황에서 IPv6 운용(Operation) 및 전환(Transition) 관련 표준 기술 동향을 파악하고 주요 기술에 대해서 소개를 하고자 한다. 첫 번째로, V6OPS WG의 전신인 NGTRANS WG을 소개하고 개발된 표준기술을 간단히 기술한다. 두 번째로, V6OPS WG에서 개발된 표준화 기술을 운용과 전환으로 구분하여 소개하고 주요 기술을 기술한다. 특히, 전환 기술에 대해서는 IPv6 도입의 필요성이 다시 높아진 최근에 개발된 내용을 중심으로 다룬다. 마지막으로, V6OPS WG에서 현재 논의 중인 표준 기술을 소개한다.

I. 서론

최근 들어, 국내·외적으로 유·무선 통합 서비스 제공, 스마트 기기 보급 확산 등에 따른 무선 인터넷 서비스 활성화로 IP 주소 수요는 급격하게 증가하고 있고, 이로 인해 IPv6 도입의 필요성이 대두되고 있으며 IPv6 적용도 활발히 진행되고 있다[1][2][3]. 하지만, 현재 사용 중인 IPv4를 IPv6로 한 순간에 변경한다는 것은 불가능하고 점진적인 전환에 있어서 IPv4와 IPv6는 오랜 시간 공존할 수 밖에 없을 것이다. 본 논문에서는 IPv4와 IPv6가 공존하는 상황에서 운용(Operation) 및 전환(Transition)에 대한 기술을 인터넷 분야 국제 표준 기구인 IETF(Internet Engineer Task Force)의 표준화를 기반으로 다루고자 한다.

1990년대 후반 국내외적으로 가까운 미래에 IPv4 주소 고갈의 문제점이 대두 되면서 미국은 물론 일본, 한국 등 인터넷 주소 사용량의 폭발적 증가가 예상되는 국가들 중심으로 IPv6에 대한 연구 개발이 활발히 진행되었던 시기라 할 수 있다. 이 무렵, IETF의 다양한 WG(Working Group)에서는 기본 기술은

물론 보안(Security) 기술, 운용(Operation and Management) 기술, 이동성(Mobility) 기술 등 매우 다양한 IPv6 관련 기술들의 표준화가 진행되었고 많은 기술 규격 RFC(Request for Comments)가 제정되기도 하였다. 사실, IETF에서 IPv6 기술을 다루기 시작한 것은 이미 20년 전이다. IPv6 프로토콜에 대한 기본적인 기능과 구조는 차세대 인터넷 프로토콜 표준화를 다루기 위해 1994년 설립된 IPNG("The next generation of the Internet Protocol" 의미를 담고 있음) WG에서 진행되었다. IPNG WG에서는 IPv6 프로토콜의 기본 사양, 주소 할당, 자동 생성들에 대한 표준안으로 개발하였다. 이후, 2001년 설립된 IPv6(IP Version 6) WG가 IPNG WG의 표준화 작업을 승계하였으며 IPv6의 현실적인 도입을 위해 개발 중이던 WG 문서들을 중요도에 따라 분류하여 가장 시급한 것부터 먼저 해결하였다.

한편, IPv4와 IPv6가 공존하는 상황을 고려하여, NGTRANS(Next-Generation Transition) WG가 기존의 IPv4 인터넷에서 IPv6로의 전이를 위해 다양한 전환 기술 및 시나리오에 관한 표준과 6Bone 관리 및 운용에 관한 작업을 수행하였다. NGTRANS WG에서는 그 동안의 전환 기법들을 기반으로 하여 "IPv4/IPv6 전환 구조 및 프레임"을 정의하고 그에 알맞은 새로운 정관을 정립하고자 변화를 모색하였다. 1990년대 후반부터 2000년 초반까지 NGTRANS WG에서 개발된 전환 표준 기술을 "1세대 전환 기술"이라고 할 수 있으며, 다양한 전환 구조와 시나리오를 갖는 표준 기술이 개발되었다[4-7]. 하지만, 이 시기에 다양한 전환기술이 제안됐지만 실제 IPv6 네트워크로의 적용이 성공적으로 이루어지지는 못했다. 이는 주로 기술적인 측면에서만 연구가 진행되어 왔었고, 서비스 측면의 접근이나 시장의 요구사항을 제대로 반영하지 못했었기 때문이었다. 아울러, IPv6를 대규모로 도입하기에 아직 장비 성능 면에서 많은 보완이 필요한 시기였다. 그래서, 더 이상 새로운 전환기술에 대한 연구에 열중하기보다는 이미 제안된 전환기술들에 대해 다양한 필드시험을 통한 검증은 수행하면서 상용화에 보다 많은 노력을 기울여야 한다는 목소리가 커졌고, 이와 같은 문제 인식에 따라 IETF에서도 전환기술 개발에 주

력했던 기존 NGTRANS WG을 종료시키고 IPv6 네트워크 구축과 운용기술 개발에 초점을 맞춘 V6OPS(IPv6 Operation) WG[8]을 2003년 새롭게 시작하였다.

본 논문에서는 V6OPS WG를 중심으로 IPv4/IPv6 공존 상황에서 IPv6 운용 및 전환 관련 표준 기술 동향을 파악하고 주요 기술에 대해서 소개를 하고자 한다. 첫 번째로, V6OPS WG의 전신인 NGTRANS WG을 소개하고 개발된 표준기술을 간단히 기술한다. 두 번째로, V6OPS WG에서 개발된 표준화 기술을 운용과 전환으로 구분하여 소개하고 주요 기술을 기술한다. 특히, 전환 기술에 대해서는 IPv6 도입의 필요성이 다시 높아진 최근에 개발된 “2세대 전환기술”을 SOFTWARE WG 및 BEHAVE WG에서 개발된 표준기술과 연계하여 기술한다. 마지막으로, V6OPS WG에서 현재 논의 중인 표준 기술을 소개한다.

II. IETF 표준화 동향

본 장에서는 IPv4에서 IPv6로의 전환 시나리오 작업과 IPv6 운용과 IPv6 응용 개발에 대한 가이드라인을 표준화 하고 있는 IETF V6OPS WG에 대한 개요를 소개하고자 한다. V6OPS WG를 설명하기 전에 전신이었던 NGTRANS WG에 대한 간단한 소개를 먼저 한다.

1. NGTRANS WG

NGTRANS(Next-Generation Transition) WG은 IPv4 네

트워크에서 IPv6 적용 및 IPv6로의 전환을 위한 기존 네트워크와의 상호 운용에 필요한 전환 메커니즘에 대한 표준화를 담당해온 WG이다. <표 1>와 같이 2003년 2월 WG를 종료할 때까지 12개의 RFC 표준 문서를 제정하였다.

1990년대 후반부터 2000년대 초반 사이에, NGTRANS WG에서 개발한 표준 전환 기술을 1세대 전환 기술이라 할 수 있으며 각 기술에 대한 주요 기본 개념은 <표 2>에 나타내었으며, 최근 연구 논문들에서 잘 정리 분석되어 있다[3-6]. 하지만, 이 시기에는 주로 기술적인 측면에서 전환 기술 연구가 진행되어 왔었고 서비스 측면의 접근이나 시장의 요구사항을 제대로 반영하지 못했던 이유로 IPv6 네트워크로의 성공적인 적용 및 확산은 이루어지지 못했다. 이와 같은 문제 인식에 따라 IETF에서도 전환기술 개발에 주력했던 기존 NGTRANS WG을 종료시키고 IPv6 네트워크 구축과 운용기술 개발에 초점을 맞춘 V6OPS WG을 새롭게 시작하였다.

2. V6OPS WG

V6OPS WG의 주된 관심사는 IPv4/IPv6가 공존하는 네트워크에서의 운용에 관한 가이드라인과 네트워크 운영자에게 새로 IPv6 네트워크를 구축하거나, 기존의 IPv4-Only 네트워크에서 IPv6를 적용하는 작업에 대한 지침을 제공하는 것이다. 이 그룹에서는 다음과 같은 작업을 진행하고 있다.

- 네트워크 운영자나 사용자로부터 IPv4/IPv6 인터넷에 관련된 운용 측면에서의 이슈사항을 수집하고 이러한 문제들에

표 1. IETF NGTRANS WG에서 제정된 표준 문서

표준번호	표준규격
Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers	RFC 2893
Routing Aspects of IPv6 Transition	RFC 2185
6Bone Routing Practice	RFC 2546
Stateless IP/ICMP Translation Algorithm (SIIT)	RFC 2765
Network Address Translation – Protocol Translation (NAT-PT)	RFC 2766
Dual Stack Hosts using the Bump-In-the-Stack Technique (BIS)	RFC 2767
6Bone Backbone Routing Guidelines	RFC 2772
Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers	RFC 2893
BONE pTLA and pNLA Formats (pTLA)	RFC 2921
IPv6 Tunnel Broker	RFC 3053
Connection of IPv6 Domains via IPv4 Clouds	RFC 3056
A SOCKS-based IPv6/IPv4 Gateway Mechanism	RFC 3089
An anycast prefix for 6to4 relay routers	RFC 3068
An IPv6-to-IPv4 transport relay translator	RFC 3142
Dual Stack Hosts using ‘Bump-in-the-API’ (BIA)	RFC 3338

표 2. IPv6 전환 기술의 세대별 분류

	기본 기술	개념	기술 종류	
			제1세대	제2세대
전환 기술	듀얼스택 (Dual-stack)	IPv4 with IPv6 : IPv6 전환기술 중 가장 일반적인 방식으로 하나의 시스템(호스트 또는 라우터)에서 IPv4와 IPv6 프로토콜을 모두 처리하는 기술	Dual-stack	DS-Lite, Lw4o6
	터널링 (Tunneling)	IPv6 in IPv4 : 트래픽이 IPv6망에서 인접한 IPv4망을 거쳐서 건너편 IPv6망으로 통신할 때 IPv4 망에 터널을 만들어 IPv6 패킷을 통과시키는 기술	4in6, 6in4, Tunnel broker, 6to4, 6over4, ISATAP, Teredo	4over6, 4RD, 6RD
	주소변환 (Translation)	IPv6 to IPv4 or IPv4 to IPv6 : IPv4 망과 IPv6 망 사이에 주소변환기를 사용하여 상호 연동시키는 기술	SIT, NAT-PT	M, NAT64(+DNS64), 464XLAT
공유 기술	IPv4 주소 변환 (Translation)	공인 IPv4 주소를 절약하기 위해서 사설 IPv4 주소를 공인 IPv4 주소로 바꿔주는 기술 (IPv4 주소 고갈 문제 해결 솔루션)	NAT	CGN

대한 해결책 또는 제2의 해결책을 결정. 이러한 이슈 사항들을 표준문서로 작업함.

- IPv4/IPv6 공존 네트워크의 운용에서 생길 수 있는 보안 위험들을 표준 문서로 작업함. 이러한 작업들은 보안 분야와 다른 관련 분야, 또는 다른 WG들과의 협조로 진행됨.
- 위의 두 작업 중에 특별한 운용과 보안에 관련된 사항들을 IPv6 WG으로 피드백하여 이를 반영하고 해결하기 위해 IPv6 WG과 공동으로 표준화 작업함.
- 인터넷 서비스 사업자(ISP) 네트워크, 기업(Enterprise) 네트워크, 홈 및 소형 오피스(Home/Small Office)와 같은 Unmanaged 네트워크, 셀룰러(3GPP) 네트워크 등 현재의 일반 네트워크 환경에서 IPv6를 적용하기 위한 방안을 제시하고 분석하는 표준화를 작업함
- IPv6 전환(Transition)에 관련된 문서들의 표준화

다음 장에서는, 2003년 설립된 이후 V6OPS WG에서 개발된 표준 기술을 운용과 전환으로 구분하여 자세하게 소개하고 주요 기술을 기술한다.

Ⅲ. 주요 운용 기술 및 전환 기술

1. IPv6 운용 기술

현재 인터넷 환경을 인터넷 서비스 사업자(ISP) 네트워크, 기업(Enterprise) 네트워크, 홈 및 소형 오피스(Home/Small Office)와 같은 Unmanaged 네트워크, 셀룰러(3GPP) 네트워크 4가지로 구분해 각각의 모델에 대한 전환 시나리오 및 솔루션에 대한 가이드라인을 개발하였다. IEEE 802.16 네트워크와 같은 그 외 네트워크 환경에 대해서도 가이드라인을 개발하였다.

□ 인터넷 서비스 사업자(ISP) 네트워크

ISP 네트워크를 구성하고 있는 코어 망, DSL이나 다이얼업, 공중 무선 LAN과 같은 ISP의 구성 요소들을 IPv6로 전환하기 위한 시나리오와 이런 시나리오에 따른 문제점과 같은 분석 자료는 표준문서 RFC 4029로 채택됐다. 이후 ISP 네트워크 관련 표준문서 RFC 4779, RFC 6036가 제정되었다.

□ 기업(Enterprise) 네트워크

기업과 학교 등과 같이 네트워크 관리자에 의해서 관리되는 Managed 네트워크에서의 IPv6 도입 시나리오는 표준문서 RFC 4057로 제정됐다. 이후 최근까지 Enterprise 네트워크 관련 표준문서 RFC 4057, RFC 4554, RFC 4852, RFC 6883가 제정되었다.

□ Unmanaged 네트워크

홈 네트워크 및 소형 오피스 네트워크와 Unmanaged 네트워크를 사용하는 곳에서 IPv6를 도입하기 위한 시나리오는 표준문서 RFC 3750으로 제정됐으며, 이런 네트워크에서의 IPv6 도입시 발생할 수 있는 문제점의 분석자료는 표준문서 RFC 3904에 제정되었다.

□ 셀룰러 네트워크

3GPP와 같은 셀룰러 네트워크의 경우 표준화 당시 IMS(IP Multimedia Subsystem)는 이미 IPv6를 사용하는 것으로 표준이 제정되어 있었기 때문에, 단말이 IPv4에서 IPv6로 전환하는 경우의 시나리오는 RFC 3574로, 3GPP에서 IPv6를 도입하는 경우에 발생하는 유형과 문제점을 다룬 보고서는 RFC 4215로 제정됐다. 이후 최근까지 3GPP 네트워크 관련 표준문서 RFC

표 3. IETF V6OPS WG에서 제정된 운용 기술 표준 문서

네트워크 종류	표준규격	표준번호	제정시기
ISP Network	Scenarios and Analysis for Introducing IPv6 into ISP Networks	RFC 4029	2005.3
	ISP IPv6 Deployment Scenarios in Broadband Access Networks	RFC 4779	2007.1
	Emerging Service Provider Scenarios for IPv6 Deployment	RFC 6036	2010.10
Enterprise Network	IPv6 Enterprise Network Scenarios	RFC 4057	2005.6
	Use of VLANs for IPv4-IPv6 Coexistence in Enterprise Networks	RFC 4554	2006.6
	IPv6 Enterprise Network Analysis – IP Layer 3 Focus	RFC 4852	2007.4
	IPv6 Guidance for Internet Content Providers and Application Service Providers	RFC 6883	2013.3
Unmanaged Network	Unmanaged Networks IPv6 Transition Scenarios	RFC 3750	2004.4
	Evaluation of IPv6 Transition Mechanisms for Unmanaged Networks	RFC 3904	2004.9
3GPP Network	Transition Scenarios for 3GPP Networks	RFC 3574	2003.8
	Analysis on IPv6 Transition in Third Generation Partnership Project (3GPP) Networks	RFC 4215	2005.10
	IPv6 in 3rd Generation Partnership Project (3GPP) Evolved Packet System (EPS)	RFC 6459	2012.10
	IPv6 for Third Generation Partnership Project (3GPP) Cellular Hosts	RFC 7066	2013.11
	Extending an IPv6 /64 Prefix from a Third Generation Partnership Project (3GPP) Mobile Interface to a LAN Link	RFC 7278	2013.11
그 외 네트워크	IPv6 Deployment Scenarios in 802.16 Networks	RFC 5181	2008.5
	Mobile Networks Considerations for IPv6 Deployment	RFC 6312	2011.8

6459, RFC 7066, RFC 7278가 제정되었다.

□ 그 외 네트워크

그 외에도 모바일 네트워크 및 IEEE 802.16 네트워크 등에서 IPv6 적용 시나리오 및 가이드라인을 개발하였다. 특히, RFC 5181로 제정된 IPv6 Deployment Scenarios in 802.16 Networks의 경우 우리나라 주도로 개발된 대표적인 표준문서이다. 이 표준문서에서는 IEEE 802.16(WiBro) 네트워크에서 IPv6 구축에 관한 시나리오를 다루고 있다.

2. IPv6 전환 기술

이미 언급했듯이, 1990년 후반부터 1세대 IPv4/IPv6 전환 기술이 활발하게 연구 개발 되었는데 대표적인 기술을 분류하자면 듀얼스택(Dual-stack) 기술, 터널링(Tunneling) 기술, 주소변환(Translation)으로 나눌 수 있다. 하지만, 이와 같은 IPv6 전환 관련 기술의 본격적인 연구 개발에도 불구하고, 이미 언급했듯이 NAT, 미사용 주소 재할당 등 임시방편이기는 하지만 주소 고갈의 해결책이 존재한 이유로 기대 만큼 IPv6의 도입이 빠르게 진행되지 않았고, 연구 개발 역시 소강 상태에 이르게 되었다. 특히, 서비스 사업자 측면에서 IPv6 도입으로 인해 수익 창출이 불확실한 상황에서 인프라 구축에 미온적일 수밖에 없었고, 이 역시 IPv6 도입이 늦춰지는 하나의 이유가 되었다. 하지만, 2010년대 전후로 유·무선 통합 서비스 제공, 스마트 기기 보급 확산 등에 따른 무선 인터넷 서비스 활성화로 전

세계적으로 IP 주소 수요는 급격하게 증가하였고, 이와 맞물려 ICANN은 물론 APNIC이 주소 고갈을 선언하면서 IPv6 도입에 대한 필요성이 다시금 대두되게 되었고, 이와 함께 IPv6 전환 기술이 다시 활발하게 개발되기 시작하였다. 이를 2세대 전환기술이라 할 수 있다. 이미 언급했듯이, 1세대 전환기술은 모두 NGTRANS WG 및 V6OPS WG에서 개발되었지만, 2세대 전환기술은 기본 기술에 따라 IETF내 서로 다른 WG에서 개발되었다. 듀얼스택 및 터널링을 기반으로 하는 전환기술들은 SOFTWARE WG[9]에서 다루었으며, 주소변환을 기반으로 하는 전환기술들은 BEHAVE WG[10]에서 다뤘다. 반면, V6OPS WG에서는 운용관련 표준을 중심으로 다루면서 IPv6-Only 관점에서의 전환기술을 다루고 있다. 본 고에서는 V6OPS WG에서 개발되었거나 BEHAVE WG 및 SOFTWARE WG에서 개발된 전환기술과 밀접한 관계가 있는 대표적인 2세대 전환기술인 6in4, CGN, 464XLAT, NAT64를 기술한다.

□ 6in4

6in4 기술은 터널링 기반의 전환 기법으로 Configured IPv4 터널 상에서 IPv6 트래픽을 캡슐화하는 방식이다. 원래 1996년 “Basic Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers”이란 제목으로 RFC 1993 표준문서로 제정되었으니 이후 수정 보완하여 2005년에 RFC 4213으로 다시 제정되었다.

표 4. IETF V6OPS WG에서 제정된 전환 기술 표준 문서

표준규격	표준번호	제정시기
Security Considerations for 6to4	RFC 3964	2004.12
Application Aspects of IPv6 Transition	RFC 4038	2005.3
Basic Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers	RFC 4213	2005.10
Using IPsec to Secure IPv6-in-IPv4 Tunnels	RFC 4891	2007.5
IPv6 Transition/Co-existence Security Considerations	RFC 4942	2007.9
Reasons to Move the Network Address Translator – Protocol Translator (NAT-PT) to Historic Status	RFC 4966	2007.7
An Incremental Carrier-Grade NAT (CGN) for IPv6 Transition	RFC 6264	2011.6
Advisory Guidelines for 6to4 Deployment	RFC 6343	2011.8
Happy Eyeballs: Success with Dual-Stack Hosts	RFC 6555	2012.4
Considerations for Transitioning Content to IPv6	RFC 6589	2012.4
464XLAT: Combination of Stateful and Stateless Translation	RFC 6877	2013.4
NAT64 Deployment Options and Experience	RFC 7269	2014.6
IPv6 Multihoming without Network Address Translation	RFC 7157	2014.6

□ CGN (Carrier Grade NAT)

대규모 NAT 기술인 CGN(Carrier Grade NAT)는 IPv4에서 IPv6로의 전환 시 네트워크의 구조적인 변화를 최소화한 IPv4 주소 자원 공유 기술인 동시에 전환 메커니즘이라 할 수 있으며 표준문서 RFC 6264로 제정되었다. LSN(Large Scale NAT), NAT444라고도 불리는 CGN 활용은 대규모의 NAT를 사용해 사설 IPv4 주소를 공인 IPv4 주소로 변환해 공인 IP주소를 여러 단말이 사용함으로써 IP 주소를 절약할 수 있는 개선된 NAT 기술이라 할 수 있다.

CGN은 듀얼스택 홈 게이트웨이(Home Gateway)와 듀얼스택 CGN 두 가지 장비를 사용하는데 이 장비들은 서로 다른 전환 기간 동안에 재사용 될 수 있다. 따라서, 전환과정 동안 장비의 교체 없이 업그레이드나 재설정을 통해 전 기간에 사용될 수 있다. CGN은 NAT 기능은 물론 SOFTWARE WG에서 각각 RFC 6333 및 RFC 5969으로 제정된 표준 기술 DS-Lite(Dual-Stack Lite)와 6RD(IPv6 Rapid Deployment)의 특징을 모두 가짐으로써 현재 직면하고 있는 IPv4 주소의 부족 문제와 빠른 IPv6의 적용을 제공한다.

CGN 기술은 IPv4 주소 신규 할당 중단으로 인한 신규 고객용 IPv4 주소 부족 문제를 해결할 수 있을 것으로 주목 받으며 통신사업자들의 도입이 확대될 전망이다. 국내에서도 최근 통신사업자의 CGN 지원 장비 도입이 본격화되고 있는 추세다. 특히 4G LTE 서비스가 본격화되면서 IPv4 주소 부족 문제가 현실화되고 있기 때문에 방화벽의 NAT 기능을 활용해 사설 IPv4 주소를 공인 IPv4 주소로 변환해 공인 IP주소를 여러 단말에서 사용할 수 있게 지원할 수 있다. 이는 장기적으로 IPv6로 유연하게 전환할 수 있을 뿐 아니라 사용자 수만 명이 IP 주

소를 공유함으로써 기존 IPv4 주소 활용을 극대화할 수 있다.

□ NAT64

이미 언급했듯이, NAT64은 BEHAVE WG에서 개발된 표준 기술이며, 최근 V6OPS WG에서 이에 대한 적용 시나리오 및 운용 사례를 RFC 7269로 정리하고 있다. NAT64 전환기술은 IPv6망과 IPv4망 간 통신을 위해 IP헤더와 ICMP 정보를 IPv4 혹은 IPv6 버전으로 변환해주는 기술로써 RFC 2766으로 제정된 1세대 주소변환 표준기술인 NAT-PT(Network Address Translation – Port Translation)의 확장 기술이라고 할 수 있다. NAT64는 IPv6 프리픽스와 도메인의 IPv4 주소를 기반으로 IPv6 주소를 생성하는 DNS64 서버와 IP/ICMP 변환 알고리즘을 사용하여 IPv6 헤더를 IPv4 헤더로 변환하는 NAT64 라우터로 구성되어 있다. NAT64는 IPv6 주소와 상관없는 새로운 IPv4 주소를 매핑하여 이 매핑 정보에 따라 필터링을 수행한다.

2011년 4건의 RFC로 만들어 졌으며, RFC 4966에서 언급한대로, NAT-PT는 확장성면에서의 제약과 성능 문제 등으로 체계적이지 못한 불완전한 표준으로 인식되었고 향후 인터넷 발전에 저해요소가 될 우려가 있다는 비판이 계속되어 일단 2007년 폐기 되었다. 하지만, 최근 들어, IPv6 전환기에 그 필요성이 인정되어 NAT64 라는 이름으로 관련 표준을 원점에서 다시 논의하는 작업이 진행되어 4개의 표준문서 RFC6144, RFC6145, RFC6146, RFC6147 세트가 나오게 되었다. 전에는 한 개의 문서에서 다루던 내용을 전반적인 프레임워크부터 세부 컴포넌트까지 체계적으로 정리한 결과이다. 다만, NAT64는 TCP, UDP 및 ICMP만을 지원하며, IPv4망의 호스트로부터 통신이 이루어질 수 없다는 단점이 있다.

□ 464XLAT

이 기법은 T-Mobile이 제안한 기술로 주소변환 기반의 기법에 속하며 기존에 잘 알려진 상태 보존형 주소 변환 기술(RFC 6146)을 코어에서 상태 비보존형 주소 변환 기술(RFC 6145)를 종단에서 혼합 사용한다. IPv6-Only 노드가 외부에 있는 제약이 있는 특정한 IPv4 서버와 통신할 때 기존 NAT64 기술로는 한계를 보이는 경우 있는데, 이런 경우 유용하게 사용될 수 있는 기법이다. 464XLAT은 캡슐화(Encapsulation) 과정 없이 제한된 IPv4 액세스 서비스를 IPv6-Only 종단 네트워크에 빠르게 적용할 수 있는 단순하고 확장 가능한 기술이다.

IV. 최신 기술 표준화 동향

V6OPS WG에서 최종 표준문서 RFC를 제정하기 전에 논의하는 단계인 WG 문서의 현황을 간단히 살펴본다. 기업 네트워크에서의 IPv6 확산 가이드라인을 “Enterprise IPv6 Deployment Guidelines” 문서에서 다루고 있으며 IESG로부터 RFC 승인을 기다리고 있다. 또한, 기업 네트워크 측면에서 파생 기술로서 데이터센터(Data Center)에서의 IPv6 운용 시나리오를 다루는 문서 “IPv6 Operational Guidelines for Datacenters”가 지난 2월부터 WG 차원에서 다루졌고, 현재 WG의 마지막 승인단계인 “WG Last Call”단계에 있다. 모바일 네트워크에서의 운용 측면에서 IPv6 이용 가입자가 로밍을 하는 경우 발생할 수 있는 오류 혹은 실패의 경우를 논의하는 문서가 최근 7월부터 “IPv6 Roaming Behavior Analysis”라는 문서로 논의되기 시작하였다. 아울러, 3GPP 네트워크 운용 측면에서 이동 단말을 위한 IPv6 프로파일에 관한 내용을 다루는 문서 “An Internet Protocol Version 6 (IPv6) Profile for 3GPP Mobile Devices”가 지난 3월부터 WG 문서로 논의 중이다. 이를 포함한 그 외 현재 논의 중인 WG 문서를 <표 5>에 나타내었다.

표 5. IETF V6OPS WG에서 현재 진행중인 표준화 기술

표준규격	WG 문서
IPv4 Service Continuity Prefix	draft-ietf-v6ops-clatip-03
IPv6 Operational Guidelines for Datacenters	draft-ietf-v6ops-dc-ipv6-01
Design Choices for IPv6 Networks	draft-ietf-v6ops-design-choices-01
DHCPv6/SLAAC Address Configuration Interaction Problem Statement	draft-ietf-v6ops-dhcpv6-slaac-problem-01
Enterprise IPv6 Deployment Guidelines	draft-ietf-v6ops-enterprise-incremental-ipv6-06
IPv6 Roaming Behavior Analysis	draft-ietf-v6ops-ipv6-roaming-analysis-01
An Internet Protocol Version 6 (IPv6) Profile for 3GPP Mobile Devices	draft-ietf-v6ops-mobile-device-profile-07
Considerations of Using Unique Local Addresses	draft-ietf-v6ops-ula-usage-recommendations-03

V. 결론

본 논문에서는 IPv4/IPv6 공존 상황에서 IPv6 운용 및 전환 관련 표준 기술 동향을 국제 표준화기구인 IETF내 V6OPS WG를 통해서 파악하고 주요 기술에 대해서 소개하였다. 첫 번째로, V6OPS WG의 전신인 NGTRANS WG을 소개하고 개발된 표준기술을 간단히 기술하였다. 두 번째로, V6OPS WG에서 개발된 표준화 기술을 운용과 전환으로 구분하여 소개하고 주요 기술을 기술하였다. 특히, 전환 기술의 경우 IPv6 도입의 필요성이 다시 높아진 최근에 개발된 2세대 전환 기술인 SOFTWIRE WG 및 BEHAVE WG에서 개발된 표준기술과 연계하여 기술하였다. 마지막으로, 현재 V6OPS WG에서 논의 중인 표준 기술을 간략히 소개하였다.

Acknowledgement

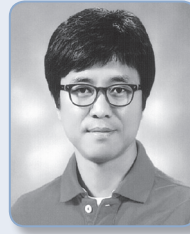
본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 ICT융합고급인력과정 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2014-H0401-14-1003).

참고 문헌

- [1] P. Roberts and M. Ford, World IPv6 Launch: The Future is Forever, IETF Journal, Vol.8, Issue 1, pp. 12, 2012.
- [2] T. Tsou, D. R. Lopez, J. J. Brzozowski, C. Popoviciu, C. Perkins, and D. Cheng, Exploring IPv6 Deployment in the Enterprise: Experiences of the IT Department of Futurewei Technologies, IETF Journal, Vol.8, Issue 1, pp. 13~17, 2012.
- [3] 고득녕, 김종민, IPv6 네트워크의 이해, 성안당, 2014.

- [4] A. Hamarsheh, M. Goossens, A. Al-Qerem, "Assuring Interoperability Between Heterogeneous (IPv4/IPv6) Networks without using Protocol Translation", IETC Technical Review, Vol. 29, No. 2, pp 114~132, 2012.
- [5] P. Wu, Y. Cui, J. Wu, J. Liu, C. Metz, "Transition from IPv4 to IPv6: A State-of-the-Art Survey", IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 15, No. 3, pp. 1407~1424, 2013.
- [6] A. Johnson, "IPv6 Transition Technologies", APRI-COT 2014, Feb 2014.
- [7] 김평수, "IPv4/IPv6 전환 기술 비교 분석", Telecommunication Review, SK Telecom, Vol. 24, No. 3, pp. 419~432, 2014.
- [8] IETF V6OPS WG, <https://datatracker.ietf.org/wg/v6ops/charter/>
- [9] IETF SOFTWARE WG, <http://datatracker.ietf.org/wg/software/charter/>
- [10] IETF BEHAVE WG, <https://datatracker.ietf.org/wg/behav/charter/>

약 력



김 평 수

1990년 인하대학교 전기공학과 공학사
 1994년 서울대학교 제어계측공학과 공학석사
 2001년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 공학박사
 2001년~2005년 삼성전자 디지털미디어연구소 책임연구원
 2012년~2013년 University of California, Irvine, CECS, Visiting Scholar
 2005년~현재 한국산업기술대학교 전자공학부 부교수
 관심분야: 차세대 유무선 네트워크, IPv6 운용 및 전환 기술, 미래인터넷 및 IoT 네이밍, 시스템 소프트웨어 솔루션 등