미래인터넷에서의 식별자-위치 지시자 분리 아키텍처 연구 동향

A Survey on Identifier-Locator Separation Architecture in Future Internet

유 태 완 · 백 상 헌
Taewan You · Sangheon Pack

현재 인터넷의 문제점을 극복할 수 있는 새로운 인터넷을 설계하고자 하는 미래 인터넷 연구가 전세계적으로 활발히 진행되고 있다. 라우팅/주소 체계 연구, 이동성 지원, 보안성/확장성 제공과 관련하여 많은 미래 인터넷 연구가 진행되고 있는데 그중 IP 주소가 가지고 있는 식별자(Identifier: ID)와 위치 지시자(Locator)의 역할을 분리하기 위한 아키텍처 연구는 이동성/멀티호밍 지원, 확장성있는 라우팅 등을 위해 필수적인 기술로 간주되고 있다. 본 논문에서는 이러한 식별자-위치 지시자 분리 아키텍처 설계를 위한 요구사항을 파악하고 현재 논의되고 있는 네트워크 또는 단말기 기반의 분리 아키텍처를 비교, 분석한다. 그런 다음 IETF, ITU-T에서 진행되고 있는 표준화 동향을 살펴본 뒤 향후 연구방향을 정리한다.

주제어: 미래인터넷, 식별자, 위치 지시자, 식별자-위치 지시자 분리 아키텍처, IETF, ITU-T

Research on Future Internet focuses on a revolutionary approach to overcome problems in the current Internet, e.g., scalability, security, mobility, and reconfigurability. Among different research issues, the addressing architecture in Future Internet is perceived as one of the most important fundamental issues. Especially, since identifier and locator coupling in the current IP addressing architecture can lead to a variety of drawbacks in terms of scalable routing, mobility, and multi-homing support, how to separate identifier and locator has been actively investigated in the literature. In this article, we first identify key requirements and design issues for the identifier-locator separation architecture. After that, we compare and analyze representative identifier-locator separation architectures, which are classified into network-based and terminal-based approaches. We also summarize recent standardization activities in Internet Engineering Task Force (IETF) and International Telecommunications Union-Telecommunications (ITU-T) and present future research directions.

Keywords: Future Internet, Identifier, Locator, Identifier-Locator Separation Architecture, IETF, ITU-T

I. 서 론

전화망에서는 SS7(Signaling System Number 7)이라는 시그널링에 기반하여 데이터 전송전에 회선을 미리 설정하는 회선 기반 스위칭(Circuit Switching)을 사용한다. 이러한 회선 기반 스위칭의 경우 서비스 품질을 보장할 수 있는 장점이 있지만 해당 패스의 스위치에 결함이 발생한 경우 데이터를 전송할 수 없는 단점이 존재한다. 이러한 한계를 극복하기 위한 방법으로 데이터를 패킷이라는 작은 단위로 분할하여 발신지와 목적지의 주소를 기록한 뒤 패킷별로 라우팅하는 패킷 스위칭(Packet Switching) 기법이 제안되었다. 인터넷(Internet)은 이러한 패킷 스위칭 기법에 기반하여 1960년대에 설계되었다. TCP/UDP 등의 핵심 프로토콜의 개발과 웹, 이메일 등의 다양한 응용 프로그램이 선보이면서 인터넷은 우리 생활에서 필수적인 존재로

유태완: 서울대학교
백상헌: 고려대학교

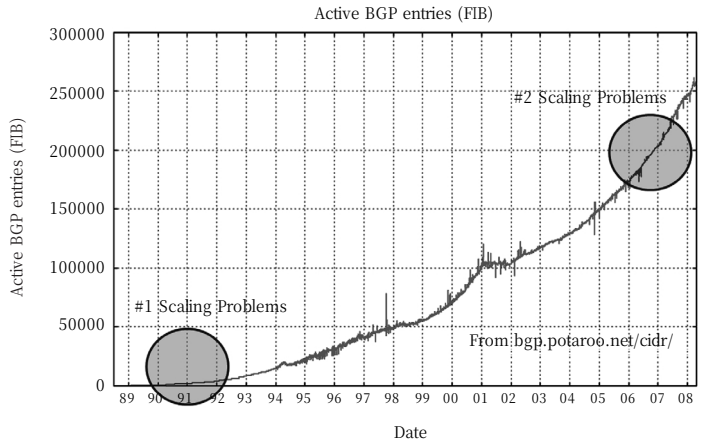


그림 1. BGP 라우팅 테이블 증가 추세

자리잡게 되었다.

하지만 수십년 전에 설계된 인터넷 아키텍처는 기하급수적으로 늘어난 인터넷 단말들의 다양한 요구와 미래의 변화된 상황에 대처하기에는 구조적인 문제점을 가지고 있다. 따라서 인터넷의 아키텍처를 근본적으로 재검토하고 새로운 인터넷, 즉, 미래인터넷(Future Internet)을 설계하고자 하는 연구가 최근 국내외에서 활발히 진행되고 있다. 이러한 미래인터넷 연구는 새로운 라우팅/주소체계 설계, 이동성 지원 기법, 보안 기법, 무선/이동 네트워크 지원 등의 광범위한 연구를 포함하지만 그 중에서는 새로운 주소체계를 설계하는 것은 인터넷에서의 데이터 전송을 위한 가장 근본적인 문제로 인식되고 있다. 특히 현재의 IP(Internet Protocol) 주소는 네트워크에 연결되어 있는 단말의 인터페이스에 대한 유일한 식별자(Identifier)의 기능과 단말이 네트워크상에서 어디에 위치했는지를 알 수 있는 위치 지시자(Locator)의 역할을 동시에 수행함으로 인해 미래인터넷에서 요구되는 이동성(Mobility), 멀티호밍(Multihoming), 그리고 보안(Security) 등을 지원하는데 어려움이 발생하게 되었다.

뿐만 아니라 IP 주소가 위치 지시자와 식별자의 동시에 수행하는 것은 인터넷 확장성 문제의 한 원인이 되었다[1]. 인터넷 확장성 문제는 실제 Inter-domain 간에 사용되는 BGP(Border Gateway Protocol) 라우팅 테이블의 증가 추세로 판단할 수 있는데[2] 그림 1에서 볼 수 있듯이 2005년에는 이 라우팅 테이블이 약 150,000개에서 175,000개 정도였으나 2008년 현재는 250,000개에 달하고 있다. 그리고 5년 내에 약 370,000개 이상으로 증가할 것으로 예측하고 있다. 이러한 라우팅 테이블의 증가문제는 IPv6 주소의 상용화 시 더욱더 큰 문제가 될 것으로 예상하고 있다.

웹서비스의 폭발적인 인기로 인해 라우팅 테이블의 크기가 기하급수적으로 커진 1990년대와 달리 2000년대의 라우팅 테이블 증가의 원인은 인터넷서비스 제공업자(Internet Service Provider: ISP)와 무관한 주소(Provider Independent address)의 할당, 멀티호밍(Multihoming), 그리고 트래픽 엔지니어링 등으로 인해 집적화되지 않은 주소(de-aggregation address)들이 인터넷 백본(Backbone) 지역에 대량으로 유입되었기 때문인 것으로 파악되고 있다. 이러한 현상으로 인해 이러한 주소들을 관리하기 위한 불필요한 프로세스들이 발생하고, 주소블록(address prefixes)들이 반영되는 시간(Convergence time)이 늘어나는 등의 치명적인 문제점들이 발생하게 되었다. 따라서 이러한 라우팅의 확장성 문제를 해결하기 위해서는 식별자-위치 지시자 분리가 필요하다.

본 논문에서는 먼저 효과적인 식별자-위치 지시자 분리 아키텍처 설계를 위한 고려사항을 도출한다. 그리고 현재 제안, 논의되고 있는 식별자-위치 지시자 분리 아키텍처들을 네트워크와 단말 기반으로 분류하여 설명하고 분석한다. 그 후 IETF와 ITU-T의 표준화 동향을 살펴보고, 향후 연구방향에 대한 분석과 함께 결론을 맺는다.

II. ID-Locator 분리 아키텍처 설계 요구사항

일반적으로 IP 주소의 중복성(즉, 식별자와 위치 지시자가 결합되어 있는 문제)을 제거하기 위해서는 다음과 같은 접근방법을 이용하게 된다.

Decoupling: 일반적인 해결방법은 IP 주소의 중첩된 기능을 먼저 제거하는 것이다. 즉 의미상으로 식별자로 사용되는 IP 주소와 위치 지시자로 사용되는 IP

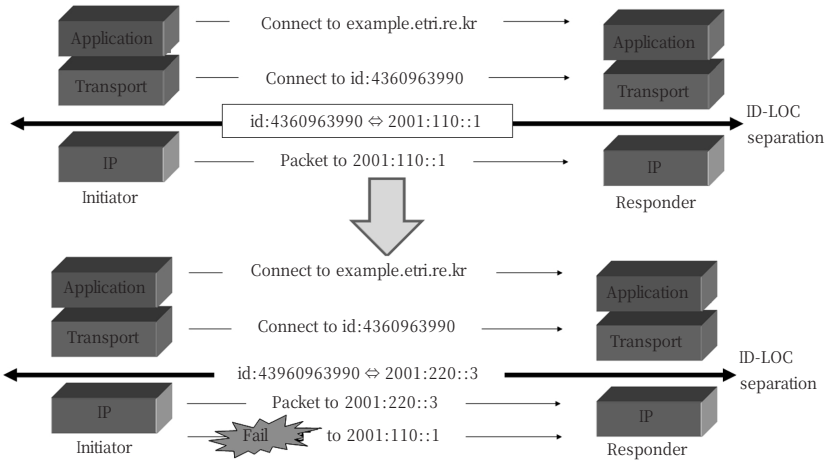


그림 2. ID-Locator 분리 아키텍처의 동작

주소를 분리시키는 것이다.

바인딩(Binding): 전송 계층 이상에서 사용되는 하나의 식별자는 다수의 위치 지시자와 관련성을 가진다. 따라서 이 관련성을 표시하기 위해 바인딩이 필요한데, 이 때 하나의 식별자는 다수의 위치 지시자와 매핑될 수 있다.

바인딩 상태: 바인딩 정보를 유지하기 위해 바인딩 상태를 유지한다. 이 바인딩 상태는 IP 계층에서 관리될 수 있으며 IP 계층을 중심으로 상위 계층 프로토콜은 식별자를 사용하며, 하위 계층 프로토콜은 위치 지시자를 이용한다.

그림 2는 3 계층(IP)과 4 계층(Transport) 사이에 식별자와 위치 지시자 분리가 이루어지는 것을 나타내고 있다. 먼저 Initiator는 응용상에서 인식가능한 도메인 네임을 이용하여 통신을 시작한다. 먼저 example.com를 가진 단말과 통신을 하기 위해 DNS 또는 다른 기타 에이전트를 통해 이 도메인에 해당하는 식별자인 4360963990을 획득한다. 전송 계층의 세션은 이 식별자를 이용하여 연결을 설정하며 식별자와 위치 지시자 분리 계층에서는 전송 계층 상위에서 쓰이는 식별자와 IP 계층 하위에서 쓰이는 IP 주소(2001:110::1)와 바인딩을 한다. IP 계층 이하에서는 기존의 통신 과정과 동일하다.

만약 그림 2의 하위 그림과 같이 기존의 경로인 2001:110::1의 문제로 또는 단말의 이동으로 IP 주소가 2001:220::3으로 변경되어도 식별자와 위치 지시자 분리 계층에서 통신 세션에 관련된 식별자와 동적인 바인딩을 통해 전송 계층에 하위 계층의 변경을 알리지 않게 된다. 이로써 상위 응용은 끊어짐없는 서비스를 제공할 수 있게 된다.

ID-Locator 분리 아키텍처는 확장성, 계층적 구조, 유일성, 호환성, 보안 등의 특성을 갖추어야 한다. 본 장에서는 이러한 요구 사항들을 기술한다.

1. 확장성 (Scalability) 지원

현재 인터넷이 가지고 있는 가장 큰 문제는 앞에서 언급한 것과 같이 장기적인 관점에서의 확장성 문제이다. 따라서 새롭게 개발될 ID-Locator 분리 아키텍처는 이러한 확장성 문제를 해결할 수 있어야 한다. RFC 4984[1]에 의하면 확장성 문제의 요인은 PI(Provider Independent address) 주소 할당, 멀티호밍, 그리고 트래픽 엔지니어링 등으로 인해 집적화되지 않은 주소(de-aggregation address)들이 인터넷 백본(Backbone) 지역에 유입되는 것이다.

그러므로 ID-Locator 분리 아키텍처는 언급된 3가지 요인을 해결할 수 있어야 한다. 즉 토폴로지 정보를 그대로 수용한 위치 지시자에 대한 정책이 필요하며, 기존의 BGP를 이용한 멀티호밍 지원시 발생했던 집적화되지 않은 IP 주소의 유입을 방지하면서 자연스러운 멀티호밍 지원이 가능해야 한다. 또한 멀티호밍과 유사하게 도메인간 트래픽 엔지니어링으로 발생하는 확장성 문제 역시 해결해야 한다.

2. 효과적인 구조 설계

ID-Locator 분리 아키텍처를 위해서는 식별자와 위치 지시자의 구조에 대해 고려해야 한다. 먼저 식별자의 경우 실제 위치 지시자와의 바인딩을 위해서 인터넷 상의 어떤 장비에서 관리되어야 한다. 일반적으로 각각의 단말들에게 식별자를 부여하고 이를 한 서버 또는 여러 서버에서 관리할 수 있다. 이는 할당적인 측면에서 간단한 장점이 있지만, 수많은 단말들에게 할당해줘야 하며 이는 관리상의 문제를 발생시킬 수 있다. 따라서

관리의 효율성을 위해 계층적인 할당 기법을 고려할 수 있다.

그러나 위치 지시자의 경우 ID-Locator 분리 아키텍처의 기본적인 원리에 의해서 실제 네트워크 토폴로지에 따라 할당되어야 한다. 따라서 IPv6 주소의 경우 계층적인 할당과 관리가 이루어지기 때문에 IPv6가 위치 지시자의 하나로 가정했을 때 위치 지시자는 기본적으로 계층적인 구조를 갖게 된다.

3. 식별자의 유일성(Uniqueness) 지원

ID-Locator 분리 아키텍처를 위해 새로운 식별자를 정의할 수도 있다. 즉 모든 디바이스에 유일성을 지니는 식별자를 할당하고 이 식별자에 적합한 위치 지시자들을 연관시킬 수 있는 것이다. 이러한 아키텍처는 기존의 DNS에서 www.foo.net과 같은 도메인 네임에서 오로지 하나의 IP 주소로 반환되는 것과는 다른 것이다. 왜냐하면 대부분 도메인 네임으로 접근가능한 서버는 트래픽 분산을 위해 분산 서버로의 접근을 유도하게 되는데 반환된 IP 주소는 실제 각 서버 주소가 아닌 분산 서버가 되는 것이다. 만일 유일성을 지니는 식별자가 존재한다면 동적으로 위치 지시자들과의 매핑을 통해 실제 서버의 주소를 반환 받을 수 있게 된다.

4. 호환성(Backward compatibility) 유지

새롭게 ID-Locator 분리 아키텍처를 설계하기 위해서 고려해야 할 중요한 요소 중 하나는 바로 호환성 유지이다. 현재 기존 인터넷은 TCP/IP 기반으로 제작되어 있으며 IPv4 기반의 주소체계를 사용하고 있다. 따라서 기존의 TCP/IP와 호환성을 제공하지 않는다면 실제 기술이 인터넷에 적용되는데 많은 시일과 문제점들이 존재하게 된다.

대표적인 예로는 1995년 만들어진 IPv6로써[5], 이 IPv6는 기존 IPv4와 호환성을 제공해주지 않기 때문에 IPv6를 실제 망에 적용하기 위해서는 단말과 네트워크 장비 모두에 새로운 스택이 설치되어야 하고 기존 응용 프로그램 역시 전부 수정되어야 하는 엄청난 문제가 발생한다. 이로 인해 IPv6는 현재까지는 실제 인터넷에 적용되지 않고 있다.

따라서 새로운 ID-Locator 분리 아키텍처를 설계할 때, 만약 실제 인터넷에 바로 적용가능하도록 하기 위해서는 가능한 기존의 인터넷 장비의 변경을 최소화하고 인터넷상의 응용들과도 호환성을 제공하기 위해 최소한의 API 호환성을 지원할 필요가 있다.

5. 보안 유지

보안은 미래인터넷의 가장 기본적인 요구사항 중의 하나이다. 따라서 ID-Locator 분리 아키텍처도 보안 기법을 제공할 필요가 있다. 이를 위해 HIP 프로토콜[7]의 경우 식별자는 공용키로써 DoS 공격 등에 안전하도록 키 교환 알고리즘을 가지고 있다. 또한 Shim6의 경우 HIP 프로토콜의 4-way 메시지 교환방식을 차용하여 보안 강화된 식별자와 위치 지시자의 정보교환이 이루어진다. 이와 같이 새롭게 개발될 ID-Locator 분리 아키텍처는 최소한 기존의 보안 단계와 같은 보안을 제공해야 하며 특별히 LISP과 같이 데이터가 중간 게이트웨이에서 변경되어 전송될 때 등과 같이 새로운 환경에 적합한 보안이 제공되어야 한다.

Ⅲ. ID-Locator 분리 아키텍처

ID-Locator 분리 아키텍처를 개발하기 위한 연구들은 크게 네트워크 장비인 라우터 또는 게이트웨이에 ID-Locator 분리 기법을 적용시키는 네트워크 기반 기술들과 단말에 ID-Locator 분리기술을 위치시키는 단말 기반기술들로 크게 나눌 수 있다.

네트워크 기반의 기술들의 경우 ID-Locator 분리기술이 적용된 게이트웨이 내부에서는 일반적으로 단말의 식별자가 사용되며 게이트웨이 밖으로 나갈 때는 네트워크의 실제 토폴로지 정보를 담고 있는 위치 지시자로 변경되어 데이터가 전송된다. 즉 게이트웨이가 명시적으로 식별자와 위치 지시자 정보변경과 관리 작업을 수행한다. 반면 단말 기반 기술들은 이러한 식별자와 위치 지시자 분리를 위해 새로운 네트워크 계층을 만들고, 단말이 직접 이들간의 바인딩 등을 관리하게 된다. 본 장에서는 대표적인 ID-Locator 분리 기법인 GSE/8+8, LISP, HIP, SHIMv6 등을 알아본다.

1. 네트워크 기반 아키텍처

1.1. Global, Site, and End System Address Elements (GSE/8+8)

GSE는 1997년 Mike O'Dell에 의해 제안됐으며 1995년 표준화가 완료된 IPv6 프로토콜이 기존 IPv4 프로토콜과 같이 식별자와 위치 지시자를 구별하지 않고 만들어진 것을 비판하며 ID-Locator 분리를 위한 프로토콜을 제안하였다. GSE는 IPv6 주소와 같이 128비트 크기의 주소에서 실제 앞의 8바이트를 실제 백본 네트워크에서 라우팅되는 RG(Routing Goop)으로, 하위의 8바이트를 특정 단말을 식별할 수 있는 ESD (End System Designator)로 사용하는 것을 제안하고 있다[8].

IPv6에서는 128비트의 주소가 네트워크 식별자와 인터페이스 식별자로 나누어져 있으나 여전히 전체 128비트를 식별자와 위치 지시자로 사용하게 된다. 이에 비해 GSE는 8바이트씩 끊어서 식별자와 위치 지시

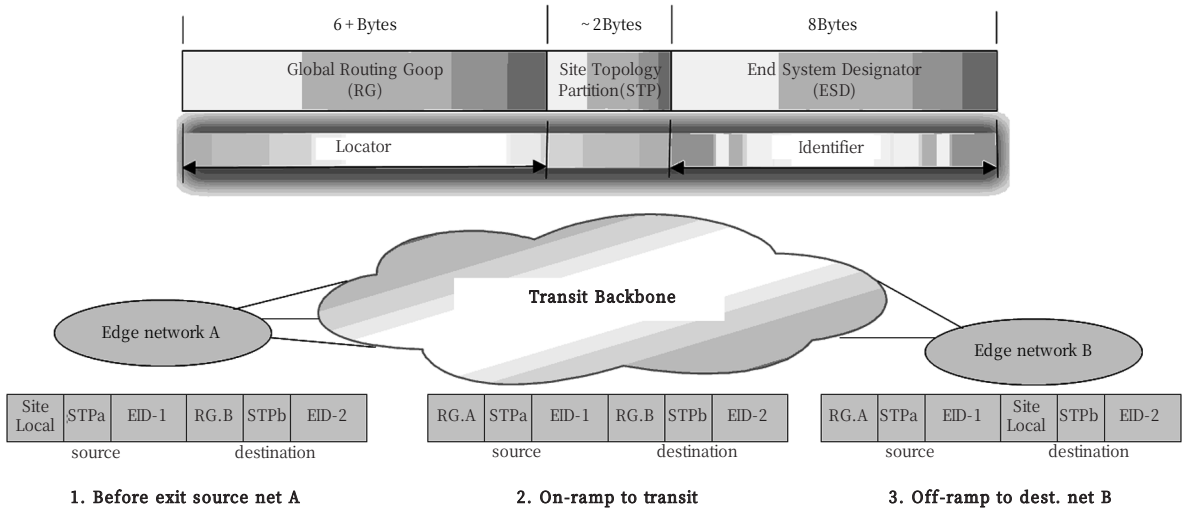


그림 3. GSE 동작순서

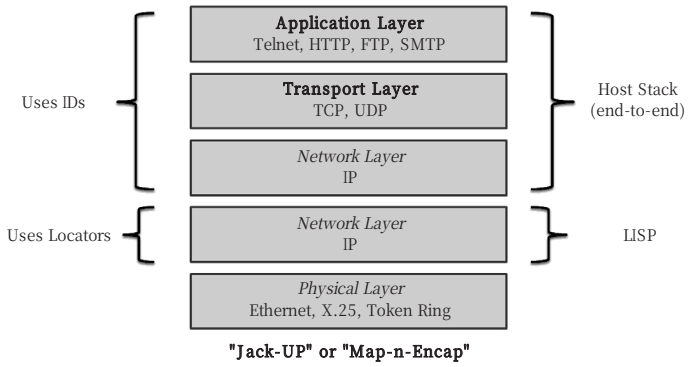


그림 4. LISP 프로토콜 스택

자로 사용하게 된다. 따라서 8바이트 주소를 이용하는 새로운 TCP/UDP 프로토콜이 필요하며 이는 IPv6와 같이 모든 인터넷의 응용과 호환성이 제공되지 않는 큰 문제점을 가지게 된다. 그리고 edge 네트워크와 backbone 네트워크를 나누어 라우팅하는 개념은 인터넷이 가지는 end-to-end 제공이라는 기본 이념을 위배하는 것이었다. 또한 GSE가 제안되었을 당시 이미 IPv6 주소는 이미 많은 프리픽스(prefix)가 할당되어 있었기 때문에 새롭게 할당될 GSE RG 주소와의 혼돈 등이 발생할 것이 염려되었다. 이러한 많은 이유들로 인해 GSE에 대한 논의는 현재 중단된 상태이다.

GSE는 그림 3과 같이 동작하는데 구체적인 동작 순서는 다음과 같다.

① Edge 네트워크 A에서는 EID-1을 사용하여 해당 라우터까지 데이터가 전송됨.
② Edge 네트워크 A 경계의 라우터는 자신이 할당받은 RG-A를 송신주소로 하여 목적지인 RG-B 주소를 가진 Edge 네트워크 B의 경계 라우터까지 전송됨.
③ Edge 네트워크 B는 다시 EID-2를 통해 해당 단말까지 데이터가 전송됨.

비록 GSE는 10년전에 제안된 것이며 현재는 활발히 논의되고 있진 않지만 이 프로토콜은 현재 가장 주목받고 있는 LISP 등의 프로토콜을 개발하는 데 주요한 배경기술이 되었다.

1.2. Locator ID Separation Protocol (LISP)

LISP은 2007년 IETF에서 ROAP BoF를 통해 ID-

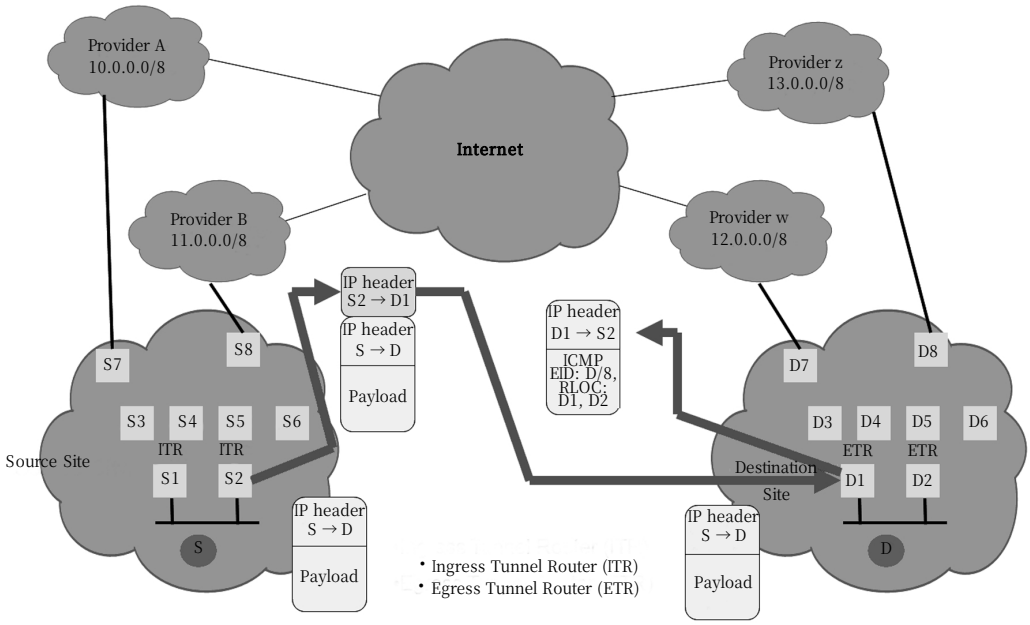


그림 5. LISP 동작순서

Locator 분리 아키텍처 개발의 필요성을 언급한 뒤로 Cisco에 의해서 제안되었다. LISP은 기본적으로 GSE와 유사한 네트워크 기반의 Indirection을 통해서 ID-Locator 분리 아키텍처를 제안하고 있다. 구체적으로는 LISP을 지원하는 edge 라우터는 map-n-encap을 이용하여 ID-Locator 분리 아키텍처를 구현한다[6].

그림 4는 LISP에서 사용되는 프로토콜 스택을 도식화한 것이다. IP 계층에서 응용 계층까지는 고유의 식별자를 사용하며 IP 계층의 하위에서는 위치 지시자가 추가되어 indirection을 통해 데이터가 전달된다. LISP의 경우 UDP 헤더를 통한 라우터간의 터널링을 이용하여 ID-Locator 분리 아키텍처를 구현한다.

LISP은 각 사이트에 위치한 라우터들 중 LISP이 탑재된 라우터들을 각각 ITR(Ingress Tunnel Router)와 ETR(Egress Tunnel Router)로 부른다. 이 라우터들은 실제 데이터 헤더에 UDP 헤더를 덧붙여 터널링을 통해 백본 네트워크를 통과하게 된다. 이때 각 터널 라우터의 주소는 RLOC(Routing Locator)로 사용되고 실제 사이트내에서 사용되는 주소는 EID(Endpoint Identifier)로 이는 end-to-end에서 사용된다. LISP에는 시나리오에 따라 EID와 RLOC 사이의 매핑을 위한 새로운 관리방법을 필요하다. 기본적으로 LISP 1과 1.5 시나리오에서는 EID가 라우팅 가능하거나 ITR을 통해 직접적으로 상대방의 RLOC 정보를 획득할 수 있다. 이 시나리오에서 매핑 정보는 데이터와 함께 전송이 되며 각 터널링 라우터들이 그 정보를 관리하게 된다. 하지만 그 이후의 시나리오에서는 새롭게 EID를 정의하여 사용하기 때문에 EID와 RLOC 사이의 매핑 시스템 역시 새롭게 제안되고 있으며 데이터 전송과는 달리 매핑 정보 유지만을 위한 제어 전송이 이루어진다.

그림 5에서 설명하고 있는 LISP의 동작순서는 다음과 같다.

① 송신 노드 S는 수신 노드 D와의 통신을 위해 데이터를 전송함.
② S의 싸이트내의 ITR 중 S2는 자신의 주소를 헤더에 추가시켜 IP-in-IP encapsulation을 통해 D를 향해 보냄.
③ D가 속한 싸이트내의 ETR인 D1은 response 데이터 전송이 될 때 비로서 자신의 주소인 D1을 헤더에 추가 시키고 터널링하여 보냄.
④ S2와 D1사이에서는 ICMP 등을 이용하여 링크의 문제점들을 파악하고 문제가 생겼을 경우 대비할 수 있음.

LISP의 가장 큰 특징은 싸이트 경계에 위치한 라우터에서 EID와 RLOC 정보를 인지하고 IP-in-IP encapsulation과 de-capsulation 과정을 수행하는 터널 라우터를 위치시키기만 하면 쉽게 ID-Locator 분리 아키텍처를 구현할 수 있다는 것이다. 실제 Cisco는 이미 IRTF를 통해 구현결과 및 여러 가지 검증절차를 수행하였으며 2008년 7월에 있을 제 72차 IETF 회의에서는 LISP의 표준화를 위해 LISP BoF를 추진하려 하고 있다[9].

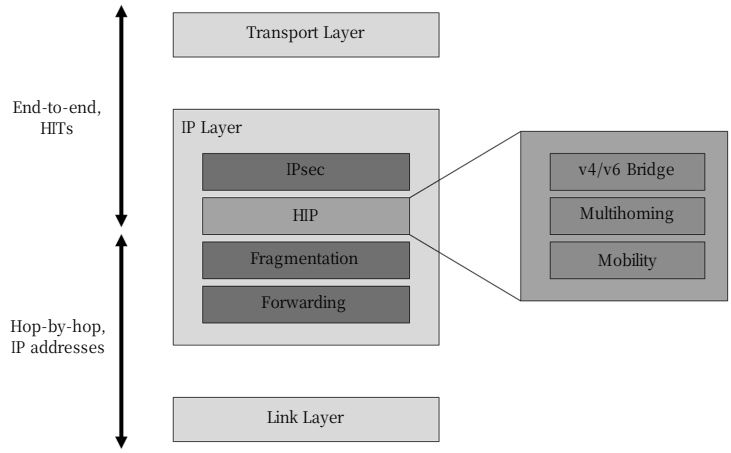


그림 6. HIP 단말의 스택 계층도

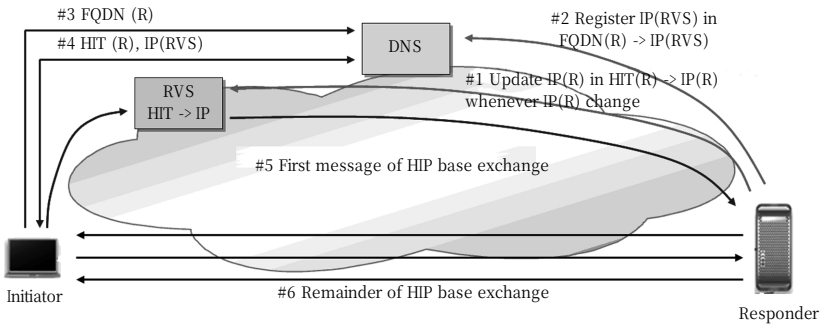


그림 7. HIP 동작순서

2. 단말기 기반 아키텍처

2.1. Host Identity Protocol(HIP)

HIP는 호스트의 식별자와 위치 지시자의 분리를 통해 이동성 및 멀티호밍, 그리고 보안성까지 지원하는 프로토콜이다[7]. HIP는 그림 6과 같이 전송 계층의 아래에 위치한 IP 계층에 식별자와 위치 지시자를 바인딩 시키는 HIP 서브 계층을 위치시킨다. 이 HIP 계층을 통해 IPv4와 IPv6 주소의 사용과 동시에 이동성과 멀티호밍을 지원할 수 있다. HIP 서브 계층의 동작은 앞서 보았던 그림 2와 유사하다.

그림 7은 HIP를 지원하기 위한 전체적인 아키텍처와 함께 동작순서를 나타내고 있다. 먼저 기존의 DNS는 확장을 통해 IP 주소 뿐만 아니라 HIT(Host Identity Tag) 값을 반환 가능해야 하며, 이동성을 위해 HIT 값과 실제 위치 지시자인 IP 주소와의 동적인 바인딩을 위해 RVS(Rendezvous Server)가 필요하다. 구체적인 HIP의 동작순서는 다음과 같다.

① Responder는 동적으로 자신의 위치 정보를 저장하기 위한 RVS에 IP 주소를 등록한다. (HI->IP(R))
② DNS에는 자신의 Identifier인 HI에 해당하는 위치 주소를 저장하고 있는 RVS의 주소 정보를 등록한다.
③ Initiator는 먼저 DNS로부터 통신하고자 하는 Responder의 정보를 요청하고 DNS로부터 Responder의 HI와 RVS의 주소를 획득한다.
④ Initiator는 HI 정보를 RVS에 제공하고 HI와IP 주소 매핑을 이용하여 Responder와 세션을 시작한다.
⑤ HIP에서 정의한 기본 메시지를 교환을 통해 HIP 세션을 연결시킨다.

HIP의 가장 큰 특징은 ID-Locator 분리 아키텍처를 단말에 구현하였고 멀티호밍 뿐만 아니라 이동성, 그리고 보안까지 지원한다는 것이다. 그러나 단점은 새로운 IP 계층을 정의하였고 동시에 새로운 식별자를 정의

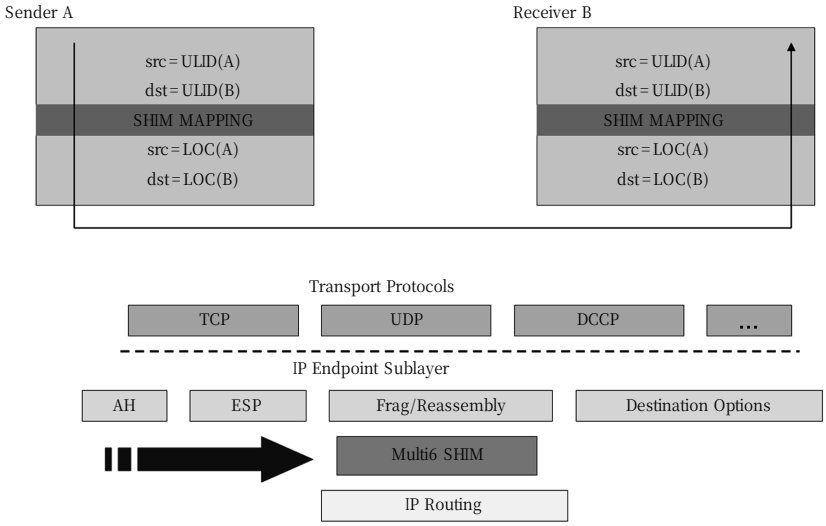


그림 8. SHIM6 프로토콜 스택

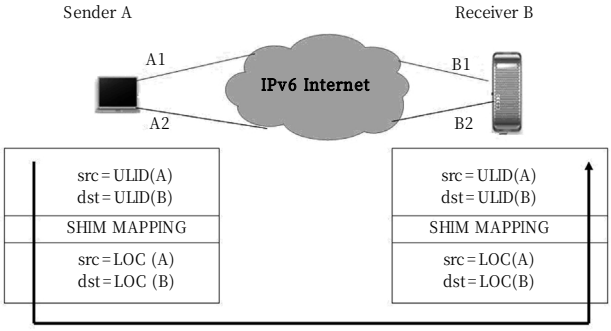


그림 9. SHIM6 동작순서

했기 때문에 기존 단말들과 호환이 안된다는 것이다. 또한 DNS의 확장과 새로운 기능을 하는 RVS 등의 에이전트가 추가되어야 한다는 것이다. 즉 기존의 서비스와 단말과의 호환성을 고려하지 않았기 때문에 현재와 같은 통신환경에는 직접 적용하기 어려운 단점을 가진다. 그러나 이 HIP는 뒤에 언급할 SHIM6 등과 같은 ID-Locator 분리 아키텍처의 기반이 되는 선행적인 기술이라 할 수 있다.

2.2. Layer 3 SHIM(SHIM6)

SHIM6 프로토콜은 IPv6 멀티호밍을 지원하기 위해 IETF에서 표준화한 것으로 HIP과 같이 단말에서 식별자와 위치 지시자를 분리하기 위해 L3SHIM (Layer 3 SHIM) 스택을 위치시킨다. SHIM6 프로토콜의 기본적인 구조는 HIP와 동일하지만, HIP와는 달리 새로운 식별자를 정의하지 않기 때문에 기존 단말들과 응용들과의 호환성이 제공된다. 또한 다른 에이전트의 도움없이 오직 호스트에 식별자와 위치 지시자를 바인딩하는 SHIM 계층만 존재하면 멀티호밍이 지원가능하다 [10]. 이를 위해 그림 8과 같이 단말의 IP 계층에SHIM6 계층을 위치시키는데 구체적으로는 IP-Routing 서브 계층 위에 존재한다. 이 SHIM6 계층은 상위에서 사용되는 ULID(Upper Layer Identifier)와 IP-Routing 서브 계층 이하에서 사용되는 LOC(Locator) 사이의 관계를 설정 및 유지하며, 특별히 멀티호밍 환경으로 인해 존재하는 LOC들의 reachability를 검사하고 자동 복구하는 REAP(Reachability Protocol)을 제공한다.

그림 9에서 설명하고 있는 SHIM6의 동작순서는 다음과 같다.

① 처음 통신이 설정되는 순간에는 호스트의 식별자인

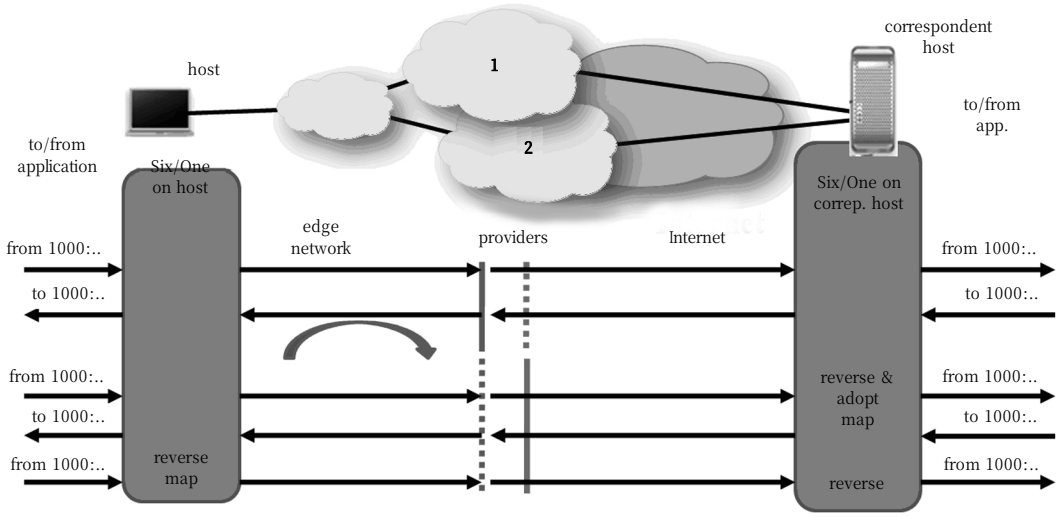


그림 10. Six/One 동작순서

ULID(A)와 Locator LOC(A)가 동일하게 IP 주소를 이용함. 즉 기존 통신방법과 동일함.

② 통신이 설정된 후 서로 SHIM6를 지원하는지 지원하지 않은지에 대한 컨텍스트 교환함.

③ 현재 통신경로인 A1-B1에서 문제 발생으로 인한 A2-B2로의 경로변경이 필요함. 호스트의 식별자는 변경되지 않고, LOC들은 각각 A1에서 A2로 B1에서 B로 변경함.

SHIM6의 가장 큰 장점은 ID-Locator 분리 아키텍처를 구현함에 있어 기존 단말들과의 호환성을 제공함에 있다. 따라서 쉽게 인터넷에 적용할 수 있으며 IPv6 스택과 같이 단말에 SHIM6 스택만 설치하게 되면 IPv6 멀티호밍을 지원할 수 있다. 그러나 SHIM6의 경우 호스트에서 링크를 수정할 수 있으므로, 사이트 및 ISP 단위의 Inter-domain간 트래픽 엔지니어링 등을 지원하지 못하며 이로 인해 확장성 문제를 해결할 수 있는 아키텍처로 볼 수 없다.

3. Hybrid 기반 아키텍처

3.1. A Solution for Routing and Addressing in IPv6(Six/One)

앞서 살펴본 바와 같이 네트워크 기반 아키텍처와 단말 기반 아키텍처는 각각의 장단점을 지니고 있다. 이 Six/One 프로토콜은 이런 두가지 아키텍처의 장점들을 결합하여 제안된 ID-Locator 분리 아키텍처이다. 즉 Six/One은 SHIM6 프로토콜과 GSE 프로토콜을 결합하여 제안된 것으로 식별자와 위치 지시자들간의 매핑은 SHIM6의 방법을 사용하며 실제 식별자를 위치 지시자로 바꾸는 것은 GSE의 방법을 이용한다[11].

즉, SHIM6와 같이 단말에서 식별자와 위치 지시자들을 관리하며 그들 사이의 매핑이나 또는 링크의 문제점 등을 점검하게 된다. 그리고 SHIM6와 마찬가지로 처음 사용하는 IP 주소는 식별자와 위치 지시자로 동시에 사용되어 아무런 동작도 일어나지 않다가 새로운 IP 주소로의 변경이 발생할 때 비로서 edge 네트워크의 라우터는 변경된 IP 주소를 위치 지시자로 업데이트하게 된다.

Six/One의 동작순서는 그림 10과 같다.

① 단말은 provider dependent한 IP 주소 중 하나를 선택(1000:...)하여 사용함(초기 과정에서 Six/One은 동작하지 않음).

② Six/One 단말들은 서로의 IP 주소 묶음들을 교환하기 위한 컨텍스트 교환 과정 수행함.

③ 1000:...의 링크가 문제가 발생하여 2000:...으로 변경되고 edge 네트워크에서 1000:..에서 2000:..으로 직접 데이터 헤더에 re-wrting하고 단말은 둘 사이의 매핑을 유지함.

Six/One의 가장 큰 특징은 단말과 네트워크에서 모두 ID-Locator 분리기능들을 수행하는 것으로 단말에서는 provider들의 renumbering같은 이벤트가 발생했을 때 오버헤드를 줄일 수 있으며 네트워크에서 직접 re-writing하여 위치 지시자로 변경을 하기 때문에 단말에서 별도의 작업이 필요없게 된다.

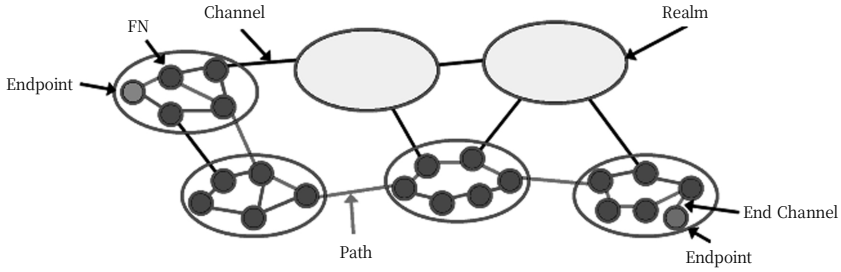


그림 11. PERI 동작 과정

4. Clean-slate 기반 아키텍처

4.1. Postmodern Forwarding and Routing Infrastructure(PFRI)

현재의 인터넷의 기반이 되는 네트워크 계층에서의 라우팅과 포워딩(Routing and Forwarding), 그리고 주소체계는 서로 얽혀져 있어 많은 문제점에 노출되어 있는 상황이다. 주소의 경우 이동성을 지원할 수 없도록 네트워크 토폴로지에 종속되어 있지만 포워딩 테이블의 크기를 줄일 수 있을 정도로 토폴로지에 종속적이지는 않다. 라우팅의 경우 역시 목적지 기반의 라우팅으로 인해 특정 경로만의 사용하도록 강요받게 된다. PFRI는 이러한 현재 인터넷의 핵심인 네트워크 계층의 문제점을 해결하기 위해 새롭게 인터넷 구조를 개선하고자 하는 미국의 NSF 프로젝트이다.

그림 11은 PFRI에서 제안하고 있는 네트워크 토폴로지에서의 유연성있는 가상화를 보여주고 있다. PFRI는 최소의 “ interworking layer ”를 제안하고 영역 사이에서의 패킷은 릴레이를 통해 전송된다. 각 영역의 노드는 내부의 경로와 함께 경계 채널(channel)을 알고 있다. 각 노드는 또한 네트워크상의 영역들간의 채널 식별자를 알고 있다. 따라서 목적지 노드로 향하는 end channel과 대응되는 경계 채널의 매핑서비스가 존재하며, 이를 통해 최종 경로를 결정하게 된다. 이러한 PFRI에서는 전역 주소나 네임 스페이스를 제공하기 않고 평면적인 식별자를 정의함으로써 확장성을 지원하고 채널 ID를 위치 지시자로 사용하여 데이터를 포워딩하게 된다.

IV. 표준화 동향 분석

앞서 살펴본 바와 같이 현재 논의되고 있는 대부분의 ID-Locator 분리 아키텍처들은 IETF의 표준화 작업으로 진행되고 있다. 이는 ID-Locator 분리 아키텍처는 기존의 인터넷 아키텍처 전반에 영향을 미칠 수 있는 작업이기 때문에 충분한 검증 작업이 필요하며 이 후에 표준 작업이 진행되어야 하기 때문이다. 따라서 본 장에서는 IETF를 중심으로 ITU-T 등의 표준화 동향에 대해서 살펴본다.

1. IETF 표준화 동향

IETF에서는 1990년대 초의 인터넷 확장성 문제를 해결하기 위해 RFC 1287 “ Towards the Future Internet Architecture ”를 발간하고 CIDR(Classless Inter-Domain Routing protocol)[3]를 통해 문제를 해결했던 것과 유사하게 2006년 IAB(Internet Architecture Board)는 인터넷의 라우팅과 주소체계와 관련한 문제점들에 대한 논의와 함께 RFC 4984 “ Report from the IAB workshop on Routing and Addressing ”를 발간하고 본격적으로 IETF 및 IRTF를 통해 ID-Locator 분리기술 검증과 함께 표준화 작업을 시작하였다.

구체적으로, IETF는 2006년 현재 인터넷에서의 라우팅과 주소체계의 문제점을 분석하고 해결책을 찾기 위해 IAB를 중심으로 “ Routing and Addressing Workshop ”을 개최하였고 2007년 68차 IETF회의[4]에서 현재 인터넷이 가진 라우팅과 주소체계의 문제점에 대한 해결책을 마련하기 위해 ROAP(ROuting and Addressing Problem) BoF(Birds of a Feather) 회의를 열게 되었다. 이 회의를 통해 확장성 문제 뿐만 아니라, 트래핏 엔지니어링, 멀티호밍, 이동성, 그리고 투명성 등의 지원을 위해 근본적으로 식별자와 위치 지시자를 분리하는 구조 또는 다중 계층의 위치 정보 획득이 가능한 구조로 새로운 인터넷 아키텍처를 개발하기로 결정하였다.

2007년 3월 68차 IETF 회의에서 열렸던 ROAP BoF 이후 인터넷의 IP 주소의 ID-Locator 분리구조 표준 작업은 IRTF의 RRG(Routing Research Group)에서 진행되고 있으며[12], 현재까지 RAM(Routing and Addressing Mailing list)과 RRG 메일링 리스트를 통해 많은 참여자들과 함께 1000건 이상의 여러 가지 토

론들이 온라인상에서 이루어지고 있다. 이와 같이 ID-Locator 분리 아키텍처 표준 작업이 IETF에서 IRTF로 이동한 이유는 기존의 인터넷 구조에 전반적인 영향을 줄 수 있는 큰 이슈이기 때문에 표준화에 앞서 충분한 검증과 함께 다양한 ID-Locator 분리 아키텍처를 고려하기 위함이다.

2008년 72차 IETF에서는 RRG 회의와 별도로 LISP의 IETF에서의 표준화를 위한 Experimentation in LISP(EXLISP) BoF 회의가 진행되었다[9]. 많은 참석자들이 참여하여 진행되었으나 대부분의 발표가 Cisco를 중심으로 진행되었고 내용 역시 현재 인터넷이 가지는 전반적인 문제점이 아닌 확장성 및 라우팅 문제에만 국한시켜 개발된 LISP와 EID-Locator 매핑 솔루션들에 관한 것으로 궁극적인 해결책으로 보기에는 어려움이 있다. EXLISP BoF 외의 72차 RRG에서는 라우팅 테이블의 확장성 문제를 위해 지금까지 제안된 솔루션들을 분석하여 LISP과 Six/One으로 대표되는 edge network와 transit network에서의 주소체계를 분리하는 " Separation "과 SHIM6와 같이 multiple provider allocation 주소가 호스트의 shim 계층에서 제거되는 " Elimination " 기법을 비교하였으며 특히 multiple path가 가능한 " Multiple TCP "가 새롭게 발표되었다.

향후에는 앞장에서 살펴본 GSE 8+8, SHIM6, HIP과 Indirection 방법인 LISP, Six/One 등에 대한 대규모 실험환경에서의 검증 작업이 본격화될 것으로 예상되면 clean-slate 기반의 Separating Routing and Forwarding(PFRI) 등에 대한 연구도 활발히 진행될 것으로 기대된다.

2. ITU-T 표준화 동향

ITU-T는 IETF에 비해 인터넷에서 고려되고 있는 확장성과 함께 ID-Locator 분리 아키텍처에 대한 관심이 적은 편이다. 그러나 2005년 ITU-T의 SG13은 NGN(Next Generation Networks)라는 IP 네트워크 중심의 통합 네트워크를 위한 표준 작업을 시작했고, 많은 부분에서 IETF에서 작업하는 표준들과의 liaison 작업들이 이루어지기 시작했다. 따라서 인터넷 진영에서 문제화된 확장성과 ID-Locator 분리 아키텍처 역시 ITU-T에서 관심을 갖게 되었고 현재 ID-Locator 아키텍처 관련 선행 작업인 요구사항 표준 작업이 진행되고 있다[13].

구체적으로, 2006년 NGN의 아키텍처에 관한 표준화 연구를 하는 Question 3에서 IP 주소의 중복성을 ID-Locator 분리를 통해 제거하고자 하는 Y.ipsplit (Separation of IP into identifier and locator in NGN) 권고안 작업을 승인하였으며 이 권고안은 2008년 최종 표준화되어 출간될 예정이다.

또한 ITU-T SG13은 2009년부터 새로운 연구 회기를 맞는데 SG13은 ID-Locator 분리 아키텍처가 ToR (Terms of Reference)로 포함되는 새로운 Question을 만들 예정이며 이 곳에서 관련 표준화 작업을 수행하려 하고 있다. 또한 Y.ipsplit 권고안은 실제 아키텍처를 개발하기 위한 선행적으로 연구된 요구사항 표준이므로 2009년 새로운 회기에서 ID-Locator 분리 아키텍처와 직접적인 관련이 있는 Y.ipsplit 후속 표준 작업이 Q3에서 있을 예정이다.

V. 결 론

본 논문에서는 미래인터넷 연구의 일환으로 진행되고 있는 식별자-위치 지시자 분리 아키텍처 설계와 관련된 연구들을 비교, 분석하였다. 현재의 연구들은 기본적인 아키텍처와 프로토콜 설계에 치중하고 있지만 GENI(Global Environment for Network Innovations) 등을 통해 미래인터넷 테스트베드 구축이 이루어진다면 향후 식별자-위치 지시자 분리 아키텍처 구현 및 적용을 위한 장비 개발 및 관련 서비스/프로토콜 개발 등으로 연구가 크게 확장될 것으로 기대된다. 따라서 아키텍처 설계 분야에서 기여도가 낮았던 우리 나라의 입장에서는 식별자-위치 지시자 분리 아키텍처를 적용한 인프라 구축을 적극적으로 추진하여 향후 미래인터넷 연구/개발을 주도할 필요가 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 육성·지원사업 (IITA-2008-C1090-0803-0004)의 연구결과로 수행되었음.

[참고문헌]

[1] D. Meyer, L. Zhang, and K. Fall, "Report from the IAB Workshop on Routing and Addressing," RFC 4984, Sep. 2007.

[2] G. Huston, "BGP routing table analysis report," http://bgp.potaroo.net.

[3] V. Fuller and T. Li, "Classless Inter-domain Routing (CIDR): The Internet Address Assignment and Aggregation Plan," RFC 4632, Aug. 2006.

[4] 68th IETF Meeting materials, https://datatracker.ietf.org/public/meeting_materials.cgi?meeting_num=68.

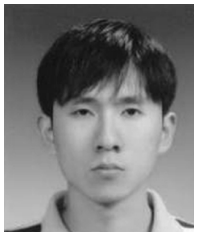
[5] S. Deering and R. Hinden, "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification," RFC 2460, Dec. 1998.

[6] D. Farinacci, V. Fuller, D. Oran, and D. Meyer, "Locator/ID Separation Protocol (LISP)," draft-

farinacci-lisp-07.txt, Apr. 2008.
[7] Host Identity Protocol (HIP), http://www.ietf.org/charters/hip-charter.html
[8] M. O'Dell, "GSE - An Alternate Addressing Architecture for IPv6," draft-ietf-ipngwg-gseaddr-00.txt, Feb. 1997.
[9] 72nd IETF meeting, "http://www.ietf.org/meetings/72/".
[10] Site Multihoming by IPv6 Intermediation (shim6), "http://www.ietf.org/html.charters/shim6-charter.html".
[11] C. Vogt, "Six/One: A Solution for Routing and Addressing in IPv6," draft-vogt-rrg-six-one-00.txt, Mar. 2008.
[12] 69th IETF meeting materials, "http://www.ietf.org/proceedings/07jul/index.html".
[13] ITU-T SG13, http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com13/index.asp.

유 태 완
(Taewan You)

2004.2: 서울대학교 컴퓨터공학부 석사
2003.12 ~ 2007.12: 한국전자통신연구원 연구원
2008.1 ~ 현재 : 서울대학교 컴퓨터연구소 선임 연구원
관심분야: IPv6, 이동성 및 멀티호밍 지원, 미래인터넷
Email: twyou@mmlab.snu.ac.kr
Tel: +82-2-880-9147
Fax: +82-2-876-7170



백 상 헌
(Sangheon Pack)

2000. 2: 서울대학교 컴퓨터공학과 학사
2005. 2: 서울대학교 전기컴퓨터공학부 박사
2007. 3 ~ 현재: 고려대학교 전기전자전파공학부 조교수
관심분야: 이동성 지원, 무선 멀티미디어, 미래인터넷
E-mail: shpack@korea.ac.kr
Tel: +82-2-3290-4825
Fax: +82-2-874-2045