

식별자와 위치자 분리 구조를 위한 매핑 시스템 분석

Analysis of Mapping Systems in ID/Locator Separation Schemes

홍정하 (J.H. Hong) 유무선융합제어연구실 선임연구원
 유태완 (T.W. You) 유무선융합제어연구실 초빙연구원
 정희영 (H.Y. Jung) 유무선융합제어연구실 실장

- I. 서론
- II. 식별자와 위치자 간의 매핑 시스템 개요
- III. 기존 매핑 시스템의 장단점
- IV. 결론

현재의 인터넷은 라우팅과 어드레싱에 대한 심각한 확장성 문제를 가지고 있다. 이러한 확장성의 가장 큰 원인은 멀티호밍, 트래픽 엔지니어링, 집적되지 못하는 주소 할당 등이며, 이로 인하여 백본 지역의 라우팅 테이블 크기가 기하급수적으로 증가하는 현상을 보이고 있다. 또한 현재의 IP 주소는 호스트의 식별자와 위치자의 의미를 함께 사용하기 때문에 호스트의 이동성 및 멀티호밍을 지원하는 데 한계점이 있다. 이러한 현재 인터넷의 문제점 해결 방안으로 식별자와 위치자 분리 구조가 연구되고 있다. 본고에서는 식별자와 위치자 분리 구조에서 필수적으로 요구되는 식별자와 위치자 간의 매핑 시스템에 관한 연구들을 소개하고 각각의 장단점을 분석한다. 본고에서는 현재 인터넷 기반의 대표적 식별자와 위치자 분리 구조 중 IETF(Internet Engineering Task Force)에서 잘 알려진 LISP(Locator Identifier Separation Protocol), HIP(Host Identity Protocol), ILNP(Identifier Locator Network Protocol)에서 제안하는 매핑 시스템들과 미래인터넷 기반의 대표적 식별자와 위치자 분리 구조 중 미국의 MobilityFirst와 한국의 MOFI(Mobile-Oriented Future Internet)에서 제안하는 매핑 시스템들을 중점적으로 소개한다.

1. 서론

현재의 인터넷은 라우팅과 어드레싱에 대한 심각한 확장성(scalability) 문제를 가지고 있다. 이러한 확장성의 가장 큰 원인은 멀티호밍(multihoming), 트래픽 엔지니어링(traffic engineering), 집적되지 못하는(non-aggregatable) 주소 할당 등이며, 이로 인하여 백본 지역(default route free zone)의 라우팅 테이블 크기가 기하급수적으로 증가하는 현상을 보이고 있다[1]. 라우팅 테이블 엔트리 증가의 첫 번째 원인인 멀티호밍은 하나의 사이트가 인터넷으로의 연결을 위해 하나 이상의 경로를 가짐으로써, 문제가 발생했을 경우 다른 경로를 이용하여 인터넷과의 연결을 보장하는 것을 말한다. 이것은 다수의 ISP(Internet Service Provider)를 통해 인터넷과 연결된 사이트에 각각의 ISP에 의해 할당된 주소 블록이 서로 다른 ISP 라우팅 테이블에 저장되어야 하기 때문이다. 두 번째 원인인 트래픽 엔지니어링은 목적지에 대한 경로가 토폴로지상의 최단 경로와 같지 않을 수도 있으므로, 각 경로 정보는 라우팅 테이블에 개별적으로 저장되어야 하기 때문이다. 세 번째 원인인 집적되지 못하는 주소 할당은 토폴로지컬 집적(topological aggregation)이 라우팅 테이블 엔트리 증가를 제어하는 유일한 방법이기 때문이다. 이와 같은 원인들로 인하여, 인터넷 백본 지역의 라우팅 테이블 크기가 빠르게 증가하고 있어서, 라우터의 성능은 곧 한계에 도달하게 될 수도 있다.

IETF(Internet Engineering Task Force)는 이러한 라우팅과 어드레싱의 확장성 문제를 해결하기 위하여 68차 IETF 회의에서 ROAP(Routing and Addressing Problem) BoF(Birds of a Feather) 회의를 공식적으로 개최하였으며, 이를 통해 결정된 사항은 새로운 인터넷 아키텍처를 설계하는 것으로, 식별자(identifier)와 위치자(locator)를 분리하는 구조이다[2].

현재의 인터넷은 약 40년 전에 설계되었으며, 몇 개의

고정 호스트들을 서로 연결하기 위한 것이 유일한 목적이었다. 그러나 현재의 인터넷 환경은 스마트폰이나 노트북의 활성화로 고정 호스트에서 이동 호스트 중심으로 빠른 속도로 바뀌어 가고 있다. 이동 인터넷 사용자의 수는 2014년경 16억 명에 이르러 데스크톱에 기반한 인터넷 사용자의 수를 추월할 것으로 예상되고 그 격차는 지속적으로 확대되어 미래인터넷이 도래하는 시기에는 이동 호스트를 이용한 인터넷 접속이 주를 이룰 것으로 전망된다고 보고된 바 있다[3]. 따라서 고정 환경을 기반으로 설계된 현재의 인터넷은 이러한 이동 환경을 지원하는 데 근본적인 한계점을 가지고 있다.

현재의 IP 주소는 종단 호스트의 식별자와 위치자의 의미를 함께 사용하고 있기 때문에, 통신 중인 호스트가 이동할 경우 IP 주소가 변경된다. 이러한 IP 주소의 변경은 통신 중인 호스트의 식별자와 위치자 모두의 변경을 의미하기 때문에 통신 중인 세션이 끊어져서 지속적인 서비스(seamless service)를 불가능하게 한다. 통신 중에 문제가 발생하여 다른 링크를 통하여 통신을 재개하려는 멀티호밍의 경우도 이와 마찬가지로이다. 따라서 호스트의 이동성 및 멀티호밍을 고려한다면, 이동 호스트의 위치자는 현재의 정확한 위치로의 라우팅을 위하여 동적으로 변경되어야 하는 반면, 이동 호스트의 식별자는 지속적인 서비스를 위하여 변경되지 않고 통신 중인 세션은 유지되어야 한다. 그러므로 호스트의 이동성 및 멀티호밍 지원을 위해서 호스트의 식별자와 위치자는 서로 분리되어야 한다.

이러한 식별자와 위치자 분리 구조는 미래인터넷을 위한 기본 구조로 이미 전 세계적으로 인정받고 있으며, 많은 연구들이 진행되고 있다. 가장 대표적인 연구로서, 미국 NSF(National Science Foundation) 프로젝트 중의 하나인 MobilityFirst[4]와 한국의 대표적인 프로젝트인 MOFI(Mobile-Oriented Future Internet)[5]가 있다. 이 밖에 현재 인터넷 기반의 식별자와 위치자 분리 구조도 많이 제안되었는데, 그 중 IETF에서 가장 잘 알려진 것

으로 LISP(Locator Identifier Separation Protocol)[6], HIP(Host Identity Protocol)[7], ILNP(Identifier Locator Network Protocol)[8]가 있다.

식별자와 위치자 분리 구조의 설계에 있어서 모바일 호스트의 식별자와 매핑되는 모바일 호스트의 정확한 위치자 정보를 저장하고 관리하는 역할을 담당하는 매핑 시스템은 필수적으로 요구된다. 이러한 매핑 시스템은 위치자 업데이트로 인한 시그널링 오버헤드 때문에 네트워크의 병목(bottleneck)이 될 수도 있다. 그러므로, 식별자와 위치자 분리 구조에 있어서 효과적인 매핑 시스템의 설계는 아주 중요한 부분이 된다.

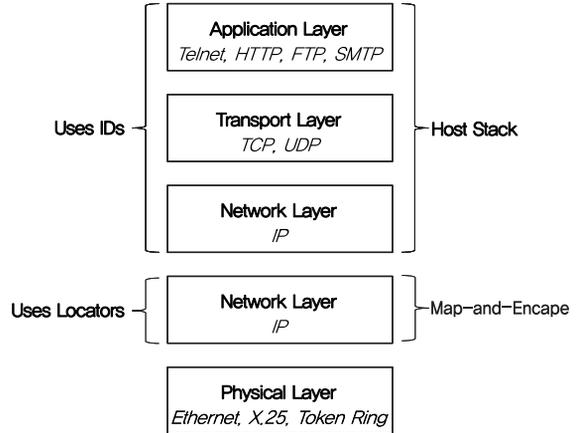
본고에서는 현재 인터넷 기반의 식별자와 위치자 분리 구조로 잘 알려진 LISP, HIP, ILNP의 매핑 시스템들과 미래인터넷 기반의 식별자와 위치자 분리 구조로 잘 알려진 MobilityFirst, MOFI의 매핑 시스템들을 소개하고 각각의 장단점을 분석한다. 특히 LISP에서는 여러 매핑 시스템들이 제안되었는데, 그 중에서 가장 잘 알려진 LISP-ALT(Alternative Logical Topology)만을 본고에서는 소개한다.

II. 식별자와 위치자 간의 매핑 시스템 개요

본 장에서는 현재 인터넷 및 미래인터넷 기반의 대표적인 식별자와 위치자 분리 구조에서 제안된 각각의 매핑 시스템들을 소개한다.

1. LISP-ALT

LISP는 2007년 IETF에서 ROAP BoF를 통해 식별자와 위치자의 분리 구조 개발의 필요성이 언급된 후, 시스코(Cisco)에 의해서 제안되었고 라우팅 확장성 문제점을 해결하는 것이 주요 목적이다. LISP는 네트워크 기반의 솔루션이며 map-and-encap을 통해서 식별자와 위치자 분리 구조를 제안하고 있다[9]. (그림 1)과 같이



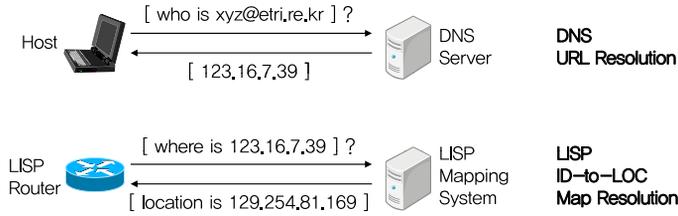
(그림 1) LISP 프로토콜 스택

LISP의 식별자는 기존의 IP 주소가 애플리케이션에서 상위 IP 계층까지 사용되고 위치자는 각 종단망 라우터의 IP 주소가 하위 IP 계층에 추가되어 사용된다. LISP의 경우 UDP 헤더를 통한 라우터 간의 터널링을 이용하여 식별자와 위치자 분리 구조를 구현한다.

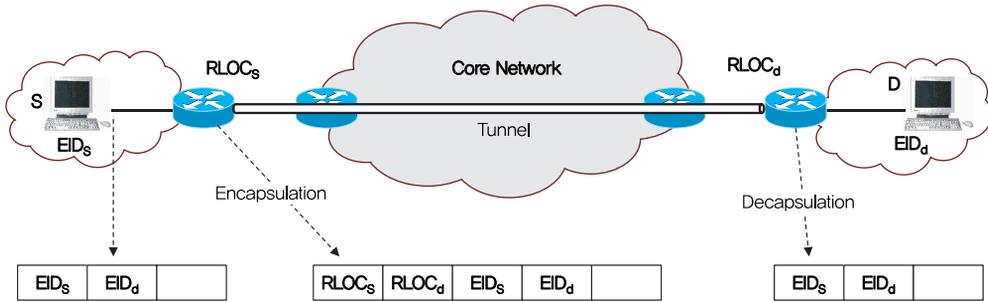
LISP는 각 사이트에 위치한 라우터들 중 LISP가 탑재된 라우터들을 각각 ITR(Ingress Tunnel Router)과 ETR(Egress Tunnel Router)로 나누고 이 두 라우터 사이의 터널링을 통하여 백본망(backbone network) 지역을 통과한다. 이때 각 터널 라우터의 주소는 RLOC(Routing Locator)로 사용되고 실제 사이트 내에서 사용되는 주소는 종단 간의 통신을 위한 EID(Endpoint Identifier)로 사용된다.

(그림 2)는 LISP에서의 식별자와 위치자 간의 매핑을 검색(lookup)하는 과정을 보여준다. 먼저, 호스트는 DNS 검색을 통하여 상대 호스트의 URL에 해당하는 EID를 얻고, LISP 라우터는 LISP의 매핑 시스템을 통하여 그 EID에 매핑되는 RLOC를 검색하게 된다.

(그림 3)은 LISP의 동작을 나타내고 있다. 송신자인 S의 주소 EID_s에서 수신자인 D의 주소 EID_d로 데이터를 보내려고 한다. 이 주소는 ITR을 거치면서 [RLOC_s, RLOC_d]로 변경된다. 데이터 패킷은 ETR에 가서 비로소 다시 [EID_s, EID_d]로 변경되어 수신자인 D로 전송된다.



(그림 2) LISP 매핑 검색(lookup) 개요



(그림 3) LISP 동작

LISP-ALT는 LISP의 매핑 시스템들 중에서 가장 잘 알려진 것으로서 BGP(Border Gateway Protocol)와 GRE(Generic Routing Encapsulation)를 이용하여 ALT 라우터들 간의 오버레이(overlay) 네트워크를 구성한다[10].

이러한 ALT 라우터는 각각의 디바이스로부터 광고(advertise)되는 EID-prefix를 수신(accept)하고 집약(aggregate)하여 이 집약된 EID-prefix를 다시 ALT 라우터들에게 광고하는 역할을 한다. 따라서 LISP-ALT에서의 EID는 집약이 가능한 계층적 구조를 가진다. 송신자의 ITR은 수신자의 식별자와 위치자 간의 매핑 정보를 검색하기 위하여 map request나 data probe를 수신자의 ETR로 보내고, 수신자의 ETR은 map reply를 통하여 매핑 정보를 보낸다. 이러한 패킷들은 alternate topology를 통하여 라우팅하게 된다.

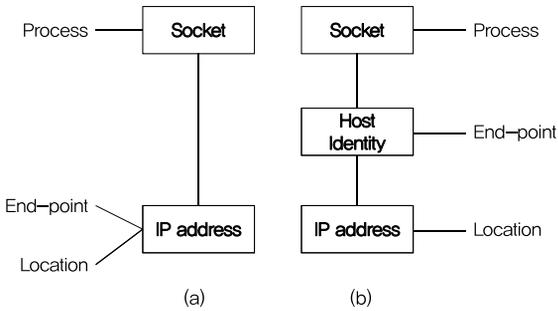
2. HIP 매핑 시스템

HIP는 호스트 기반의 식별자와 위치자 분리 구조이

고 이동성 및 멀티호밍, 그리고 보안성까지 지원하는 프로토콜이다[7]. HIP에서는 HI(Host Identifier)라고 하는 새로운 네임스페이스를 정의하고 이 HI를 공개키(public key)와 해시(hash) 함수를 사용하여 보안적으로 우수한 HIT(Host Identity Tag)라고 하는 새로운 식별자를 정의하고 사용한다. 반면 HIP에서의 위치자로는 기존의 IP 주소가 사용된다.

또한 HIP에는 인터넷 프로토콜 스택의 트랜스포트 계층과 네트워크 계층 사이에 새로운 계층, 즉 식별자 HIT와 위치자 IP 주소를 매핑시키는 HI 계층이 추가된다.

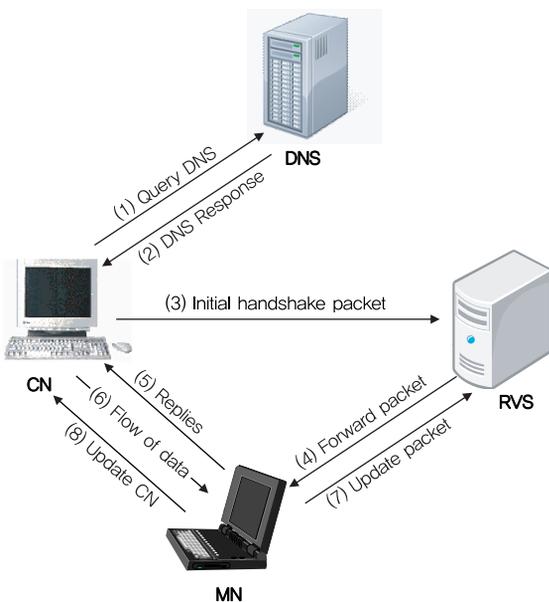
(그림 4)는 기존의 소켓 바인딩과 HIP에서 변화된 소켓 바인딩을 각각 보여준다. 기존의 소켓 바인딩은 종단 식별자와 위치자로 모두 IP 주소가 사용되기 때문에, 이동 및 멀티호밍으로 인해 IP 주소가 바뀌면 소켓의 바인딩 자체가 끊어지게 된다. 그러나 HIP의 소켓 바인딩은 식별자 HI와 위치자 IP 주소가 사용되기 때문에, 통신 중 위치의 변경으로 인한 IP 주소의 변화에도 끊어지지 않는다.



(그림 4) 기존 바인딩(a)과 HIP의 바인딩(b) 비교

HIP에서는 RVS(Rendezvous Server)를 통하여 식별자와 위치자 간의 매핑 정보를 저장하고 DNS를 통하여 상대 호스트의 식별자인 HI와 그것의 매핑 정보를 저장하고 있는 RVS의 IP 주소를 검색한다.

(그림 5)는 HIP의 기본 동작을 나타내고 있다. 송신자 CN이 수신자 MN과 통신을 할 때, 먼저 (1) DNS에 MN의 FQDN(Fully Qualified Domain Name)를 보내고, (2) MN의 HI와 이 HI를 관리하는 RVS의 IP 주소를 받는다. (3) CN은 첫 번째 패킷을 검색된 RVS로 보내고, (4) RVS는 그 패킷을 MN에게 포워딩한다. (5) MN이 그 첫 번째 패킷을 전송받으면 CN에게 응답을 한다.



(그림 5) HIP의 동작

(6) CN이 첫 번째 패킷에 대한 응답을 받으면 이제부터는 CN은 RVS를 통하지 않고 MN에게 직접 패킷을 전송하게 된다. 만약 MN이 이동하게 되면, (7) MN은 RVS에게 자신의 위치 업데이트 메시지를 보내고, (8) 또한 MN은 CN에게도 업데이트 메시지를 보낸다.

3. ILNP 매핑 시스템

ILNP는 기본적으로 128bit의 IPv6의 주소를 식별자 64bit와 위치자 64bit로 나누어 이동성, 멀티호밍, 로컬(local) 어드레싱, 종단 간의 보안성을 활성화하는 대안적인 네트워크 프로토콜이다[8].

현재의 IPv4와 IPv6는 IP 주소를 위치자 역할의 네트워크 프리픽스(prefix)와 식별자 역할의 인터페이스 ID로 나누어 사용하고 있다. 그러나 <표 1>에서와 같이 현재의 IPv4와 IPv6는 이 두 prefix를 분리하지 않고 각각 32bit, 128bit의 하나의 IP 주소를 사용하기 때문에 이동성 등의 지원에 문제가 발생한다. 그러나 ILNP의 트랜스포트 계층에서는 식별자, 네트워크 계층에서는 위치자만을 각각 사용하고 애플리케이션 계층에서는 FQDN만을 사용한다. 따라서 호스트가 이동하면 위치자는 변경되어도 식별자는 변경되지 않아서 트랜스포트 계층에서의 세션이 유지된다.

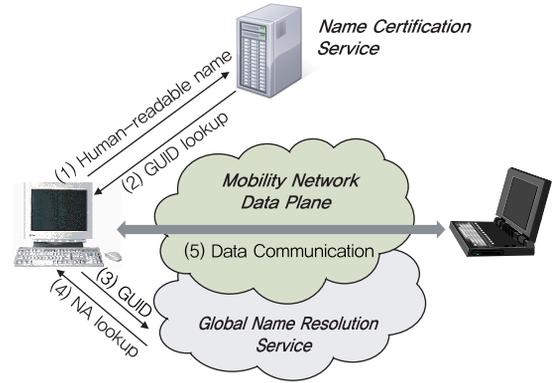
ILNP는 식별자와 위치자 간의 매핑 정보를 저장하기 위해 DNS를 사용하고, <표 2>와 같은 리소스 레코드(resource record)를 DNS에 새롭게 추가한다. *I* 레코드는 식별자 정보를, *L* 레코드는 위치자 정보를 각각 유지하는 것이다. *PTRI*, *PTRL*, *LP* 레코드는 최적화를 위한 것들이다. 각 레코드들의 설명은 <표 2>에 기록되어 있다.

<표 1> ILNP와 IPv4/IPv6의 계층 비교

Layer	ILNPv6	IP(v4, v6)
애플리케이션	FQDN	FQDN, IP 주소
트랜스포트	식별자(+port)	IP 주소(+port)
네트워크	위치자	IP 주소
물리적 인터페이스	MAC 주소	IP 주소

〈표 2〉 ILNP와 IPv4/IPv6의 계층 비교

Name	Description	Purpose
<i>I</i>	Identifier Record	Identifier values for a host
<i>L</i>	Locator Record	Locator values for a host or network, including relative preference
<i>PTRI</i>	Reverse Identifier	Permits reverse lookup of FQDN from identifier value
<i>PTRL</i>	Reverse Locator	Permits reverse lookup of FQDN from locator value
<i>LP</i>	Pointer to Locator	Names a network using an FQDN, resolves to an FQDN, which in turn resolves to an L record, containing the Locator value for a host or network



(그림 6) MobilityFirst의 식별자와 위치자 분리 구조

4. MobilityFirst-DMap

MobilityFirst는 미국 NSF의 FIA(Future Internet Architecture) 프로그램의 일환으로 Clean Slate 접근 방식의 연구이며 핵심 목표는 이동성을 기본 요건으로 하는 미래인터넷 구조의 개발 방안을 제시하는 것이다 [11]. 이 구조는 GDTN(Generalized Delay Tolerant Networking)을 이용함으로써 링크나 네트워크의 접속이 끊겼을 때에도 원활한 통신이 이루어지도록 한다. 또한, 자기인증(self-certifying) 기능을 수행하는 공용 어드레스를 이용하여 네트워크의 신뢰성을 높인다. 이동성을 최우선으로 하는 구조는 통신 환경과 위치를 인식하는 것이 가능하기 때문에 네트워크 적응성이 좋은 특성을 지녔다.

(그림 6)과 같이 MobilityFirst는 식별자와 위치자 분리를 기반으로 하는 미래인터넷의 구조 연구이다. NCS(Name Certification Service)는 human-readable 이름을 GUID(Globally Unique Identifier)로 변환시키는 역할을 하고, GNRS(Global Name Resolution Service)는 GUID를 NA(Network Address)로 매핑시키는 역할을 한다. 식별자 역할의 GUID는 자기인증 공개키(self-certifying public key)로 나타내며 호스트, 디바이스, 콘

텐츠, 콘텍스트, AS들의 이름을 포함한다. 위치자 역할의 NA는 해당 GUID의 접속점(attachment point)으로 나타낸다. GNRS는 이동성 지원 측면에서 MobilityFirst의 가장 핵심 요소들 중의 하나이다. GNRS는 라우터들에 직접 위치할 수 있으며 분산되어 운영된다. 이를 통해 동적인 이동성 환경을 지원할 수 있으며 라우터들 간의 빠른 업데이트를 위해 해시 기반 DHT(Distributed Hash Table) 기술을 사용하며 이를 통해 100억 개의 이름까지 서비스할 수 있다.

MobilityFirst에서는 식별자와 위치자 간의 업데이트 또는 검색 과정 시간을 최소화하기 위한 목적으로 식별자와 위치자 간의 매핑 정보적으로 DMap(Direct Mapping)을 제안하고 이를 통하여 GNRS를 구현한다 [12]. DMap에서는 GUID에 $K(K>1)$ 개의 해시 함수를 적용하여 K 개의 네트워크 주소를 생성한다. 이렇게 생성된 K 개의 네트워크 주소로는 현재 인터넷의 IP 주소가 사용되고 이들 주소에 해당하는 AS들의 라우터에 GUID와 NA 간의 매핑 정보가 저장된다. GUID의 NA가 변할 때마다 GUID update request 통하여 K 개의 라우터에 저장된 정보를 업데이트한다. 이러한 과정을 통하여 이동성 환경을 지원할 수 있다. 그러나 GUID의 매핑 정보는 임의의 AS에 저장되기 때문에 지역성 보장이 어렵고 불필요하게 긴 검색 지연을 초래할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 DMap에서는 하나의

AS가 아니라 K개의 AS들에 매핑 정보를 저장하고 검색할 때는 K개 중 가장 가까운 AS를 선택하여 매핑 정보를 얻어 올 수 있게 한다.

예를 들어, 송신자가 수신자의 위치정보를 검색할 때 송신자는 먼저 GUID lookup request를 자신의 라우터(border gateway router)에게 보낸다. 이 라우터는 수신자의 GUID에 K개의 해시 함수를 적용하여 K개의 네트워크 주소를 생성하고 이들 중 자신과 가장 가까운 AS의 라우터로 GUID lookup request를 전달한다. 이 전달 과정은 단일의 오버레이 홉(single overlay hop) 내에서 이루어지는 것으로 가정한다. 송신자는 수신자의 매핑 정보를 그 라우터로부터 자신의 라우터를 통하여 비로소 얻게 된다.

5. MOFI-DDMS

MOFI는 한국의 대표적인 미래인터넷 구조 연구로서 이동 환경 및 다양한 네트워크 환경에 최적화된 미래인터넷 구조의 개발을 주요 목표로 하고 있다[5]. MOFI는 다음의 세 가지 기능 블록(functional block)을 기반으로 설계되었다.

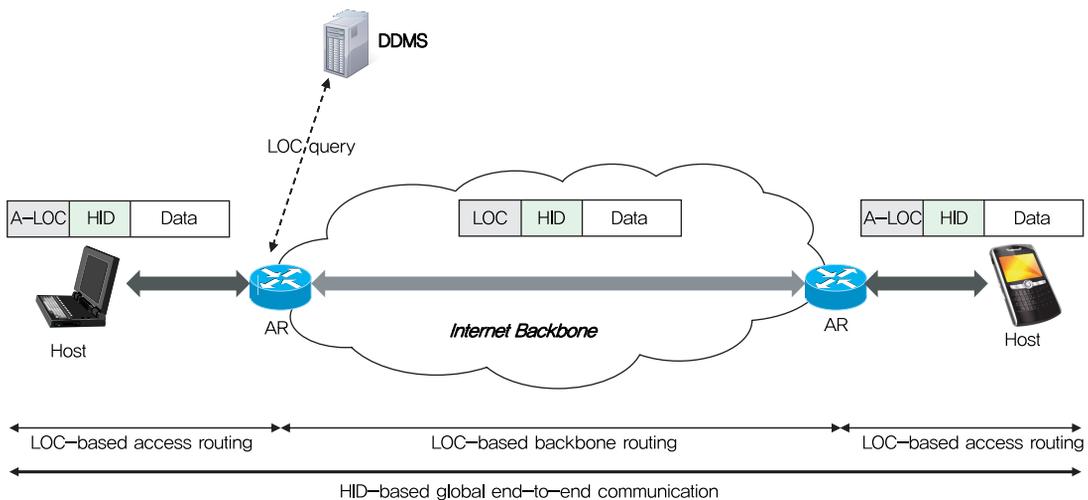
(1) HILL(Host Identifier and Local Locator): MOFI에

서는 식별자와 위치자 분리 구조를 채택하고 있으며, HID(Host ID)를 글로벌 호스트 식별자로 사용하고, 망에서 부여되는 IP 주소를 로컬 위치자(local locator)로 사용한다. 각 호스트는 고유한 식별자(HID)를 가지고 종단 간의 통신을 수행하며, 패킷 전달은 각 도메인별로 사용되는 로컬 위치자를 기반으로 이루어진다.

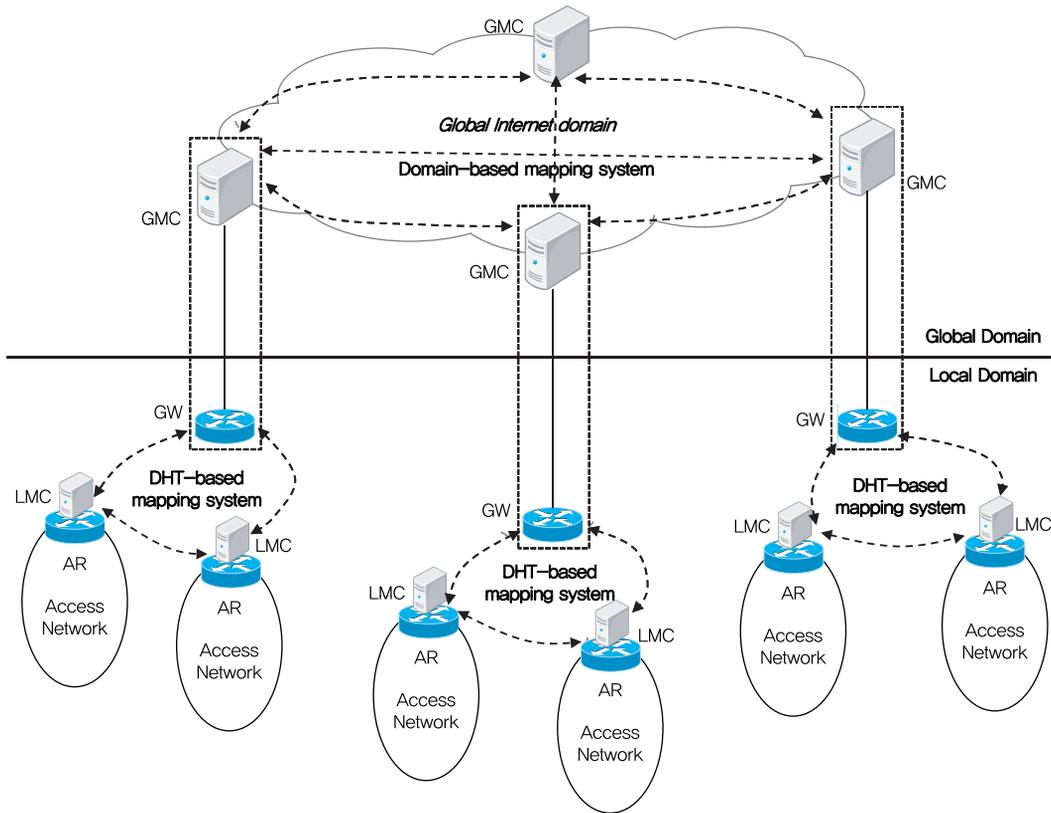
(2) QFDD(Query-First Data Delivery): 현재의 인터넷은 이동 호스트의 위치에 대한 질의 없이 패킷을 보내는 구조를 가지며 이는 이동 환경에서 비효율성을 유발한다. MOFI는 위치의 질의를 우선으로 하는 패킷 전달 구조를 가지며 이를 통해 최적화된 패킷 전달 경로를 만들 수 있다.

(3) DDMS(Dynamic and Distributed Mapping System): MOFI에서는 식별자와 위치자 간의 매핑 시스템 구조를 분산형(distributed)으로 채택하고 있다. 이를 통해 동적인 식별자와 위치자 간의 매핑 정보를 효과적으로 지원함은 물론 트래픽을 각 로컬 도메인으로 분산시킬 수 있다

(그림 7)은 각 도메인에서의 패킷 전달 과정을 나타낸다. 그림에서 보여지는 A-LOC는 호스트가 속해 있는



(그림 7) MOFI의 Local LOC 기반 패킷 전달 과정



(그림 8) DDMS에서의 식별자와 위치자 간의 매핑 모델

접속망에서 사용되는 위치자(LOC)를 의미하며, 이는 백본망에서 사용되는 위치자(LOC)와 다를 수 있다. 기본적인 통신은 식별자 HID를 사용하며, 패킷 전달을 위해 위치자 LOC 정보를 캡슐화하는 터널링 기능이 사용된다.

(그림 8)은 DDMS에서의 식별자와 위치자 간의 매핑 모델을 제시한다. 각 도메인별로 DHT(Distributed Hash Table) 기반의 매핑 시스템을 두어서 위치자 관리(등록 및 검색) 기능을 수행하도록 한다. HID에 홈 도메인(home domain) 정보를 포함시켜서 도메인 간의 위치자 관리는 도메인 기반의 매핑 시스템이 담당하도록 한다.

III. 기존 매핑 시스템의 장단점

본 장에서는 II장에서 소개된 매핑 시스템들의 장단점을 분석하고 정리한다.

LISP-ALT의 설계 목적은 매핑 시스템을 구현할 때

요구되는 기존의 하드웨어와 소프트웨어의 변화를 최소화하는 데 있다. 따라서, LISP-ALT는 매핑 시스템 구현의 용이성을 위하여 현재의 BGP와 GRE를 그대로 사용한다는 장점이 있는 반면, 이러한 BGP와 GRE의 문제점을 잠재적으로 내포하고 있다는 단점도 있다. 또한 첫 번째 패킷의 ITR에서의 매핑 정보 검색 지연도 전체 시스템 성능 측면에 큰 영향을 끼칠 수 있다.

HIP는 공개키와 해시 함수를 이용하여 보안적으로 안전한 식별자를 사용하고 각 도메인에 추가된 RVS를 통하여 지역성을 지원하며 도메인 내에서의 이동성 또한 잘 지원한다는 장점이 있다. 그러나 도메인 간의 이동이 빈번할 경우에는 각 도메인의 RVS와 DNS를 모두 업데이트해야 하는 오버헤드가 발생한다. HIP의 또 다른 단점은 기존 단말들과 호환이 안 된다는 것과, DNS의 확장과 새로운 기능을 하는 RVS 등의 에이전트가 추가되어야 한다는 것이다. 이것은 HIP가 적용되기 위해서는

현재 인터넷의 중심 기술인 IP 구조를 수정해야 함을 의미한다. 따라서 HIP는 빠른 시일 내에 인터넷에 적용되기 쉽지 않을 것으로 보인다.

ILNP는 IPv6와 함께 완벽한 호환성을 제공하며 라우터의 변경 없이 호스트 변경만으로 점차 구현을 넓혀갈 수 있다는 장점이 있다. 반면 DNS에 리소스 레코드를 추가하여 DNS를 확장하는 것과 호스트의 빠른 이동성에 따른 DNS의 동적인 업데이트 성능에 대한 의문점이 단점으로 있다. 누구든지 호스트의 식별자를 알면 DNS 검색을 통하여 그것의 위치를 알아낼 수 있어서 위치

자에 대한 프라이버시 부족 또한 단점으로 있다.

MobilityFirst의 DMap은 평면(flat) 구조의 식별자를 지원하고 매핑 정보의 저장, 업데이트, 검색 과정이 모두 단일의 오버레이 홉(single overlay hop) 내에서 이루어져서 IP 도달가능성(reachability) 정보와 같은 부가적인 상태(state)가 필요하지 않는 장점이 있다. 그러나 GUID와 NA 간의 매핑 정보가 임의의 AS에 저장되기 때문에 지역성 보장이 어렵고 불필요하게 긴 검색 지연을 초래할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 DMap에서는 하나의 AS가 아니라 K(K>1)개의 AS들에

〈표 3〉 매핑 시스템들의 개요 및 장단점

	Feature				Critique	
	ID Structure	Mapping System Structure	Update	Lookup	Advantage	Disadvantage
LISP-ALT	- Hierarchical - IP address	- BGP over GRE system	- EID-prefixes are aggregated and advertised	- ITR sends Data Probes/Map Requests - ETR replies with Map-Reply	- Simply deployable - Minimal changes only to edge routers	- Initial packet delay/loss - Includes all BGP problems
HIP Mapping System	- Flat - Public key hashing	- TREE based name service like DNS - RVS based locality support	- RVS is used	- RVS lookup by name via DNS - Location lookup by HIT via RVS	- Intra-domain mobility support well - Security enhancement by using public key	- Frequent inter-domain mobility increases update overhead and maintains lots of states - Needs to extend DNS and deploy RVS in all domains
ILNP Mapping System	- Hierarchical	- Enhanced DNS	- DNS and ICMP are used	- DNS and ICMP are used	- Only the hosts need to change: incrementally deployable - Backwards compatible	- New DNS records and ICMP messages are introduced - Lack of location privacy
MobilityFirst-DMap	- Flat - Globally unique such as public key	- Distributed global mapping server with local replication	- Update request message is used	- Lookup request message is used	- Flat ID is distributed - Local replication for low latency	- Lots of update messages because of replication
MOFI-DDMS	- Hierarchical - Includes domain number	- DHT based intra- and domain number based inter-domain system	- Two level update (intra-domain and inter-domain)	- Two level lookup (intra-domain and inter-domain)	- Distributed and dynamic mapping - ID is aggregated by ID prefix	- No support flat ID

매핑 정보를 저장하고 검색을 할 때는 K개 중 가장 가까운 AS를 선택하게 한다. 그러나 같은 매핑 정보를 K개의 라우터에 저장하기 때문에 이동성이 빈번한 GUID에 대한 매핑 정보 업데이트 메시지 양의 증폭을 초래할 수 있는 단점도 있다.

현재 인터넷은 주소 기반 통신을 수행하는데, 단말의 이동으로 주소가 변경된 경우에 문제점을 지닌다. 하지만, MOFI에서는 식별자 기반의 통신을 수행하여 단말이 이동할 경우에도 통신의 연속성을 보장할 수 있다. 또한, 현재 인터넷은 주소 기반 글로벌 라우팅을 수행하기 때문에 BGP 라우팅의 확장성(scalability) 등의 문제점을 발생시킨다. 이 문제를 해결하기 위하여 MOFI에서는 로컬 위치자를 사용하여 로컬 도메인에서의 라우팅을 수행한다. MOFI는 혁신적인 개념의 미래인터넷 구조를 제안하나 그 구현은 진화적으로 가능하다. 즉, 전체 네트워크의 변경 없이 호스트와 각 네트워크의 중단 라우터의 갱신만으로 MOFI의 구현이 가능하기 때문에 도입을 용이하게 할 수 있다. 그러나 MOFI의 HID가 홈 도메인 정보를 포함하는 형태이므로 MOFI에 평면적인 형태의 식별자를 적용하게 되면 DDMS의 구현이 불가능하다는 단점이 있다.

〈표 3〉은 본 장에서 분석된 매핑 시스템들의 개요 및 장단점을 표로 정리한 것이다.

IV. 결론

현재의 인터넷은 라우팅과 어드레싱에 대한 심각한 확장성 문제를 가지고 있다. 이러한 확장성의 가장 큰 원인은 멀티호밍, 트래픽 엔지니어링, 집적되지 못하는 주소 할당 등이며, 이로 인하여 백본 지역의 라우팅 테이블 크기가 기하급수적으로 증가하는 현상을 보이고 있다. 또한 현재의 IP 주소는 호스트의 식별자와 위치자의 의미를 함께 사용하기 때문에 호스트의 이동성 및 멀

티호밍을 지원하는 데 한계점이 있다. 이러한 현재 인터넷의 문제점 해결 방안으로 연구되고 있는 식별자와 위치자 분리 구조에서는 식별자와 위치자 간의 매핑 시스템이 필수적으로 요구되는데, 이것은 위치자 업데이트로 인한 시그널링 오버헤드 때문에 네트워크의 병목이 될 수도 있다. 그러므로, 식별자와 위치자 분리 구조에 있어서 효과적인 매핑 시스템의 설계는 아주 중요한 부분이 된다.

본고에서는 이러한 매핑 시스템에 관한 연구들을 소개하고 각각의 장단점을 분석하였다. 현재 인터넷 기반의 대표적인 식별자와 위치자 분리 구조 중 IETF에서 잘 알려진 LISP, HIP, ILNP에서 제안하는 매핑 시스템들과 미래인터넷 기반의 대표적인 식별자와 위치자 분리 구조 중 미국의 MobilityFirst와 한국의 MOFI에서 제안하는 매핑 시스템들을 중점적으로 본고에서는 다루었다.

용어해설

식별자	노드 등 통신 객체를 식별하는 심벌
위치자	네트워크상에서의 통신 객체의 위치를 지칭하는 심벌
매핑 시스템	식별자와 위치자 분리 구조에서 식별자와 위치자 간의 매핑 정보를 저장하고 관리하는 시스템

약어 정리

ALT	Alternative Logical Topology
BGP	Border Gateway Protocol
BoF	Birds of a Feather
DDMS	Dynamic and Distributed Mapping System
DHT	Distributed Hash Table
DMap	Direct Mapping
EID	Endpoint Identifier
ETR	Egress Tunnel Router
FIA	Future Internet Architecture
FQDN	Fully Qualified Domain Name
GDTN	Generalized Delay Tolerant Networking
GNRS	Global Name Resolution Service
GRE	Generic Routing Encapsulation

GUID	Globally Unique Identifier
HILL	Host Identifier and Local Locator
HIP	Host Identity Protocol
HIT	Host Identity Tag
IETF	Internet Engineering Task Force
ILNP	Identifier Locator Network Protocol
ISP	Internet Service Provider
ITR	Ingress Tunnel Router
LISP	Locator Identifier Separation Protocol
MOFI	Mobile-Oriented Future Internet
NA	Network Address
NCS	Name Certification Service
NSF	National Science Foundation
QFDD	Query-First Data Delivery
RLOC	Routing Locator
ROAP	Routing and Addressing Problem
RVS	Rendezvous Server

참고문헌

- [1] G. Huston, "Growth of the BGP Table - 1994 to Present," 2012. <http://bgp.potaroo.net>
- [2] D. Meyer, L. Zhang, and K. Fall, "Report from the IAB Workshop on Routing and Addressing," RFC 4984, Sept. 2007.
- [3] Morgan Stanley Report, "Internet Trends," Apr. 2010.
- [4] MobilityFirst. <http://mobilityfirst.winlab.rutgers.edu>
- [5] MOFI. <http://www.mofi.re.kr>
- [6] D. Farinacci et al., "Locator/ID Separation Protocol (LISP)," draft-ietf-lisp-24, Nov. 13th, 2012.
- [7] R. Moskowitz and P. Nikander, "Host Identity Protocol (HIP) Architecture," RFC 4423, May 2006.
- [8] R. Atkinson, S. Bhatti, and U. Andrews, "Identifier-Locator Network Protocol (ILNP) Architectural Description," RFC 6740, Nov. 2012.
- [9] D. Meyer, "The Locator Identifier Separation Protocol," *Internet Protocol J.*, vol. 11, no. 1, Mar. 2008, pp. 23-36.
- [10] V. Fuller et al., "LISP Alternative Topology (LISP+ALT)," draft-ietf-lisp-alt-10.txt, Dec. 6th, 2011.
- [11] I. Seskar et al., "MobilityFirst Future Internet Architecture Project," *AINTEC Proc. 7th Asian Internet Eng. Conf.*, 2011, pp. 1-3.
- [12] T. Vu et al., "DMap: A Shared Hosting Scheme for Dynamic Identifier to Locator Mappings in the Global Internet," *Proc. IEEE ICDCS*, June 2012.