

# 듀얼스택 단말을 지원하는 차세대 이동성 지원 기술 연구

정희원 이경희\*, 이성근\*<sup>o</sup>, 종신회원 이현우\*, 한연희\*\*

## A Next-generation Mobility Management Scheme for an IPv4/IPv6 Dual-stack Terminal

Kyoung-Hee Lee\*, Sung-kuen Lee\*<sup>o</sup> *Regular Members*

Hyun-Woo Lee\*, Youn-Hee Han\*\* *Lifelong Members*

### 요약

본 논문에서는 망 기반의 IP 이동성 지원 기술인 AIMS 기술을 기반으로 IPv4와 IPv6가 혼재된 망 환경에서 이동 단말에 대한 끊김 없는 이동성을 지원하는 AIMS-DS 기술을 제안하였다. 제안된 AIMS-DS 기술은 IPv4와 IPv6 프로토콜을 모두 지원하는 듀얼스택 단말에 대하여 IPv4와 IPv6 홈 주소들에 대한 이동성 지원 방안을 제안함으로써, IPv4와 IPv6가 혼재되어 공존하는 과도기적인 망 환경에서 양단간 끊김 없는 이동성 서비스를 제공할 수 있다. 본 논문에서는 액세스 망과 코어 망의 IP 버전에 따른 4가지 경우에 대하여 양단간 패킷 전달 지연 시간과 핸드오버 지연시간에 대하여 AIMS-DS에 대한 성능 분석을 수행하였다.

**Key Words** : 듀얼 스택(Dual-stack) 단말, 핸드오버, 네트워크 기반 이동성 관리, IPv4, IPv6

### ABSTRACT

In this paper, we propose a network-based IP mobility management scheme, called Access Independent Mobile Service with IPv4/IPv6 Dual Stack (AIMS-DS), which can provide high-quality multimedia services to IPv4/IPv6 dual-stack mobile nodes (MNs) without any interruption over various wireless/wired access networks. The proposed scheme provides an MN with a fast and reliable mobility service among heterogeneous wireless access networks through the network-based control, the complete separation method of control and data plane, the cross-layer (layer2 and layer3) interworking method for handover control acceleration, etc. In addition, the proposed AIMS-DS can provide seamless mobility service to an MN under the environments of IPv4/IPv6 coexisting networks through the home address mobility support and transport network support. Through performance evaluation with computer simulations, we have shown the superiority of the proposed AIMS-DS in terms of handover latency, packet loss and packet delivery latency.

### I. 서론

유무선 통합 환경의 다양한 방송통신 융합 서비스들이 대두되는 시점에서 언제 어디서나 사용자가 원

하는 서비스를 최적의 품질로 끊김 없이 제공하기 위한 차세대 네트워크 기술들에 대한 연구 및 관심이 높아지고 있다. 이러한 기술들 중의 주요 핵심 사항 중의 하나는 다양한 유무선 이중 액세스 망간을 이동하

\* 본 연구는 방송통신위원회의 방송통신기술개발사업의 연구결과로 수행되었음(KCA-2011-10921-03001) [차세대 IPTV 인프라 기반 Social TV 서비스 인에이블러 개발].

\* 한국전자통신연구원 방송통신융합연구부 스마트스크린융합연구부 융합서비스네트워크연구팀({leekhe, food2131, hwlee}@etri.re.kr, (° : 교신저자)

\*\* 한국기술교육대학교 첨단기술연구소 (yhhan@kut.ac.kr)

논문번호 : KICS2010-11-519, 접수일자 : 2010년 11월 1일, 최종논문접수일자 : 2011년 9월 22일

는 사용자에게 서비스의 연속성 및 품질을 보장하는 IP 기반의 이동성 지원 기술이며, 이를 위해서는 고속의 핸드오버 지원 기술 개발이 필요하다.

IP 기반의 이동성 제어 기술은 IETF를 중심으로 활발히 연구되고 있으며, 단말 기반의 이동성 제어 기술과 망 기반의 이동성 제어 기술로 구분된다. 대표적인 단말 기반의 이동성 제어 기술로는 MIP(Mobile IP)<sup>[1,2]</sup>, FMIP(Fast Handover MIP)<sup>[3,4]</sup>, HMP(Hierarchical MIP)<sup>[5,6]</sup> 기술 등이 있으며, 이러한 기술은 이동 단말과 HA(Home Agent) 기반의 중앙 집중식 위치 관리 및 핸드오버 제어라는 특징을 가진다. 이와 달리, 망 기반의 이동성 제어 기술은 망 내의 이동성 지원 노드들이 이동 단말을 대신하여 단말에 대한 이동성 제어를 대신 수행함으로써 단말의 기능 변경을 최소화하고 빠른 핸드오버를 제공할 수 있다는 특징을 가진다. 이러한 망 기반의 이동성 제어 기술의 대표적인 방식으로는 IETF의 PMIP(Proxy MIP)<sup>[7,8]</sup> 기술과 ETRI에서 개발한 AIMS(Access Independent Mobility service)<sup>[9-14]</sup> 기술 등이 있다. 특히, AIMS 기술은 다양한 액세스 기술을 포함하는 유무선 통합 네트워크 환경을 고려한 망 기반의 이동성 제어 기술으로써, 단말의 이중 액세스 망간 핸드오버를 지원한다<sup>[9-14]</sup>. AIMS 기술은 PMIP과 동일하게 이동성 제어를 위한 단말 요구 기능을 최소화하면서 IEEE 802.21 MIH(Media Independent Handover) 기술을 이용하여 단말에게 빠른 이동성을 제공할 수 있다. 그러나, AIMS 기술은 지역적 이동성 관리 기술인 PMIP 기술과 달리 이중 망 통합 환경에 직접 적용할 수 있는 제어 구조 및 프로토콜을 제공하며, 이중 액세스 망들이 중첩된 환경에서 사용자의 선호도 및 망의 상태 정보를 기반으로 액세스 접속 제어를 수행하는 망 선택 절차 기능을 제공할 수 있다. 이에 따라, AIMS 기술은 차세대 네트워크에서 단말의 이동성 서비스를 효과적으로 제공할 수 있는 기술 중의 하나로 주목 받고 있다.

이러한 IP 기반의 이동성 제어 기술에서 최근에 논의되는 주요 핵심 사항 중의 하나가 IPv4와 IPv6가 혼재된 망 환경에서 이동 단말에 대한 끊임 없는 이동성을 지원하는 방안이다. 즉, IPv4를 대체하는 차세대 네트워크 프로토콜인 IPv6를 향후 인터넷의 주요 핵심 기술로 가정하고 있는 현 시점에서, IPv6는 도입 시점부터 상당기간 IPv4와 공존하는 기간이 필요할 것으로 고려되고 있다. 이에 따라, IPv4와 IPv6 망간의 연동 기술 및 IPv4와 IPv6 간의 통신 기술 등에 대한 연구의 필요성이 대두되고 있으며 특히, 이동성 지원 기술 측면에서도 IPv4와 IPv6가 혼재된 망 환경에서

의 이동성을 제공하는 방안에 대한 관심이 높아지고 있다. 이에 맞춰, IETF에서는 MIPv6을 기반으로 IPv4와 IPv6가 혼재된 망 환경에서의 이동성을 제공하는 방안인 문서가 RFC 5555(Dual Stack MIPv6, <sup>[15]</sup>)로 표준화가 완료되었으며, PMIPv6에서도 Dual Stack PMIPv6이라는 RFC 문서<sup>[19]</sup>가 표준화에 준비 중에 있으며 머지않아 완성될 예정이다.

본 논문에서는 ETRI에서 개발한 망 기반의 IP 이동성 지원 기술인 AIMS(Access Independent Mobility Service) 기술을 기반으로 IPv4와 IPv6가 혼재된 망 환경에서 이동 단말에 대한 끊임 없는 이동성을 지원하는 AIMS-DS (Dual-Stack) 기술을 제안한다. 제안된 AIMS-DS 기술은 IPv4와 IPv6 프로토콜을 모두 지원하는 듀얼 스택(Dual-Stack) 단말에 대하여 IPv4와 IPv6 홈 주소(HoA: Home-of-address)들에 대한 이동성을 제공함으로써, IPv4와 IPv6가 혼재되어 공존하는 과도기적인 망 환경에서 양단간 끊임 없는 이동성 서비스를 제공할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 본 논문의 2장에서는 IETF에서 표준화된 DS-MIPv6 기술과 현재 표준화 중인 DS-PMIPv6 기술에 대하여 기술하고, 본 논문의 기반 기술인 AIMS 기술에 대하여 알아본다. 3장에서는 본 논문에서 제안된 AIMS-DS(Dual-Stack) 기술의 IPv4 & IPv6 이동성 지원 방안에 대하여 알아본다. 4장에서는 제안된 기술에 대하여 성능분석 및 토의하고, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

### 2.1 Dual Stack Mobile IPv6 (DS-MIPv6)

DS-MIPv6는 MIPv6를 기반으로 IPv4와 IPv6에 대한 이동성을 지원하는 하나의 통합된 이동성 관리 프로토콜이다<sup>[15-18]</sup>. DS-MIPv6에서의 이동 단말(Mobile Node: MN)과 홈 에이전트(Home Agent: HA)는 IPv4와 IPv6 프로토콜을 모두 지원하는 Dual Stack (DS) 단말로 고려한다. 즉, MN과 HA는 언제 어디서나 IPv4와 IPv6 주소를 사용할 수 있으며, MN은 접속 망에 따라 IPv4와 IPv6에 대한 Home-of-Address(HoA)와 Care-of-Address(CoA)를 생성 및 사용할 수 있다. 이에 따라, MN은 자신의 IPv4/IPv6 HoA와 CoA를 HA에게 등록함으로써, 자신이 접속한 망의 IP 종류(IPv4 또는 IPv6)와 상관없이 지속적인 이동성 서비스를 보장받을 수 있다 (그림 1). DS-MIPv6는 MN이 접속한 망의 종류에 따라 그림 2와 같이 3가지의 시나리오를 고려한다.

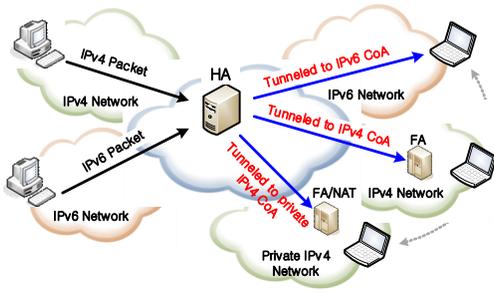


그림 1. DS-MIPv6의 시나리오

2.1.1 MN가 Public IPv6 망에 접속한 경우

DSMIPv6은 Binding Update (BU) 메시지와 Binding Acknowledgement (BAck) 메시지에 “IPv4 Home Address (HoA) option”와 “IPv4 address acknowledgement option”을 각각 새롭게 정의하였다. HA가 MN로부터 BU 메시지를 수신하게 되면, HA는 MN의 IPv6 HoA에 대한 IPv6 CoA 바인딩 엔트리를 바인딩 캐쉬에 생성하며, 또한 IPv4 HoA에 대한 IPv6 CoA 바인딩 엔트리를 따로 생성한다. 그리고 HA는 MN에 대한 IPv4 트래픽과 IPv6 트래픽에 대하여 IPv4 in IPv6 터널과 IPv6 in IPv6 터널을 각각 설정한다. 이에 따라, MN의 상대 노드 (Correspondent Node: CN)들이 보내는 IPv4 또는 IPv6 트래픽들은 HA에서 설정된 각각의 터널들을 통하여 MN에게 전달된다.

2.1.2 MN가 Public IPv4 망에 접속한 경우

MN가 IPv4 망에 존재하는 경우, DSMIPv6에서 MN와 HA는 BU와 BAck 메시지를 IPv4, UDP 및 IPv6로 인캡슐레이션(Encapsulation)을 수행하여 전송한다. MN에서 HA로 전송되는 BU 메시지에는 “IPv4 Home Address option” 및 “IPv4 Care-of-Address option”이 포함되며, HA에서 MN로 전송되는 BAck 메시지에는 “IPv4 Address Acknowledgement option”과 “NAT Detection option”이 포함된다. HA가 MN로부터 BU 메시지를 수신하면, HA는 MN에 대하여 IPv4 HoA와 IPv6 HoA에 대한 IPv4 CoA 바인딩 엔트리를 각각 생성한다. 또한, HA는 MN에 대한 트래픽들에 대하여 IPv4 in IPv4 터널과 IPv6 in IPv4 터널을 각각 설정함으로써 MN에게 IPv4와 IPv6 트래픽들을 전달할 수 있다.

DSMIPv6에서 UDP를 활용하여 BU 및 BAck 메시지를 캡슐화를 수행하는 이유는 MN이 접속한 망에 Network Address Translation (NAT) 장비가 있는 경

우를 대비하여 NAT Traversal을 지원하기 위해서이다. HA는 BU 메시지에 포함된 정보 중에 IPv4 Care-of-Address option 정보와 IPv4 Source Address 정보를 비교하여 HA와 MN 사이에 NAT 장비에 대한 존재 유무를 판단할 수 있으며, HA는 이러한 사실을 BAck에 포함된 “NAT Detection option”을 통하여 MN에게 전달할 수 있다. 즉, MN가 Public IPv4 망에 존재하면, 두 정보의 IPv4 주소가 동일하다. 그러나 만일, MN는 Private IPv4 망에 존재하는 경우에는, NAT의 주소 변환 과정으로 인하여 두 정보의 IPv4 주소가 다르게 된다.

2.1.3 MN가 Private IPv4 망에 접속한 경우

MN가 Private IPv4 망에 접속한 경우, HA의 바인딩 관리 방법은 MN가 Public IPv4 망에 존재하는 경우와 동일하다. 그러나 MN와 HA 사이의 존재하는 NAT Traversal 지원하기 위하여, MN의 데이터 트래픽들은 UDP로 캡슐화되어 전송된다.

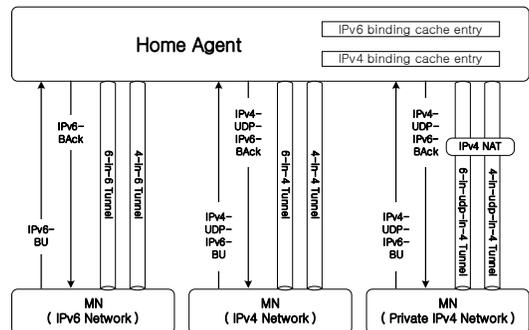


그림 2. DS-MIP에서 MN와 HA간의 시그널링 및 터널 설정 방법

2.2 Dual Stack Proxy Mobile IPv6 (DS-PMIPv6)

PMIPv6의 DS 지원 관련 기술은 PMIPv6가 IETF NetLMM WG의 공식 표준화 아이템이 되기 전에는 PMIPv6 드래프트 내에 IPv4 지원방안이 포함되어 있었지만, 현재 IPv4 지원 방안은 개별적인 별도의 문서<sup>[19]</sup>에 명시되어 있다. 이 문서는 기존에 MIPv6에서 Dual-Stack을 지원하기 위한 문서인 RFC 5555<sup>[14]</sup> 문서를 기반으로 하고 있다.

PMIPv6에서 DS 기술을 지원하기 위한 모든 모든 시그널링 프로토콜은 PMIPv6를 기반으로 하며, 다음과 같은 두 가지 기능을 고려한다. 먼저, PMIPv6는 LMA와 MAG 사이의 IPv4 망을 고려하여 IPv4 Transport 망 지원 기능을 고려한다. 또한, PMIPv6는

IPv4 MN 또는 Dual Stack MN들에 대하여 IPv4 HoA 생성을 지원하기 위하여 IPv4 HoA 이동성 지원 기능을 지원한다.

이러한 기능을 위하여, MAG와 LMA는 자신이 IPv4 Transport 망에 존재하는 경우에도 PMIPv6 시그널링 동작을 위해서 IPv6 address를 생성하여 이동성 제어에 사용할 수 있어야 한다. 또한, MAG와 LMA간의 NAT의 존재 유무를 고려하여 이동성 제어 메시지들(PBU, PBA)에 대하여 IPv4-UDP 캡슐화 기능을 수행하여 데이터를 송수신할 수 있어야 한다.

LMA와 MAG 사이에서 전송되는 데이터 트래픽들은 MN과 CN의 IP 버전에 상관없이 LMA와 MAG간의 Transport 망의 IP 버전에 맞게 캡슐화되어 전송되며, 만일 LMA와 MAG 사이에 NAT가 존재하는 경우에는 IPv4-UDP 캡슐화 과정을 통하여 전송된다. 이러한 기능들을 기반으로 LMA와 MAG간의 Transport 망의 종류 및 NAT 유무에 따른 메시지와 데이터 포맷을 정리하면 그림 3과 같다.

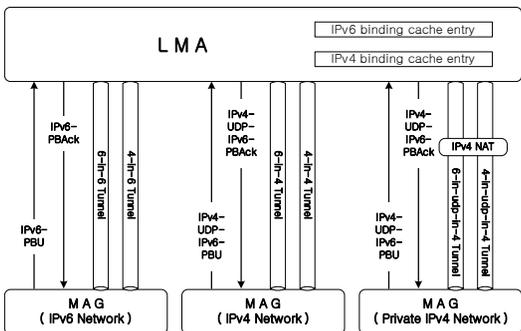


그림 3. DS-PMIP에서 LMA와 MAG간의 시그널링 및 터널 설정 방법

### 2.3 AIMS 기술

AIMS (Access Independent Mobility Service) 기술은 다양한 액세스 기술을 포함하는 유무선 통합 네트워크 환경을 고려하여 단말의 이종 액세스 망간 핸드오버를 지원하는 망 기반의 이동성 제어 기술이다 [9-14]. AIMS 기술을 구성하는 주요 핵심 기술은 ITU-T 국제표준에 3건이 승인되어 ITU-T Y.2807<sup>[21]</sup>, Q.1708/Y.2805<sup>[22]</sup> 그리고 Q.1709/Y.2806<sup>[23]</sup> 문서에 반영되어 있다. 초기 AIMS 기술은 IPv4를 기반으로 개발 및 구현되었으며, AIMS 기술의 초기 등록 절차, 핸드오버 절차 및 데이터 전달 절차는 참고문헌 [9, 11-14]에 자세히 기술되어있다.

AIMS 시스템은 코어 망 내에 위치하는 이동성 제어 서버 (MICS: Mobility Information Control

Server), 각 액세스 망에 위치하는 핸드오버 제어 에이전트(HCA: Handover Control Agent), MN에 대한 무선 링크 연결을 제공하는 접속점 (PoA: Point of Attachment) 그리고 액세스 망간을 이동하는 MN으로 구성된다 (그림 4).

AIMS 시스템에서 MICS는 다양한 액세스 망(AN: Access Network)을 연결하는 IP 코어 망 내에 위치하며, MN에 대한 위치 바인딩 정보(L2 ID, HoA, CoA 등)와 MN과 통신하고 있는 CN에 대한 데이터 IP 터널링 정보를 관리한다. 또한, MICS는 MN에게 최적의 망에 접속할 수 있도록 IEEE 802.21 MIH 기술을 이용한 IS (Information Server) 기능을 수행한다. HCA는 각 액세스 네트워크와 IP 코어 망을 연결하는 게이트웨이 라우터 상에서 동작하며, MN이 액세스 망에 접속한 것을 인지하면 MN에 대한 정보를 HCA에 등록 및 관리하고, MN에 대한 위치 정보를 추가하여 MICS에게 위치 등록 및 갱신을 수행한다. 또한, MN이 통신하고 있는 CN에 대한 위치 정보를 MICS로부터 획득하여 데이터 전송을 위한 IP 터널링 설정 및 변경 기능을 수행한다.

MN이 액세스 망에 접속하기 위한 접속 포인트인 PoA는 MN에 대한 링크 설정 및 접속 인증을 수행하고, MN의 L2 ID 정보를 자신이 속한 액세스 망의 HCA에 전달함으로써 HCA가 MN에 접속 상황을 인지하도록 하는 기능을 수행한다. 망 기반의 이동성 제어 기술인 AIMS 시스템에서 MN에 추가로 요구되는 기능은 없다. 그러나 부수적으로 MN이 다중 액세스 망들이 중첩된 환경에서 최적의 망에 접속하기 위해서는 MIH와 같은 서비스를 이용하여 주변 액세스 망들을 감지 및 탐색하여 최적의 망에 접속할 수 있는 기능이 필요하다.

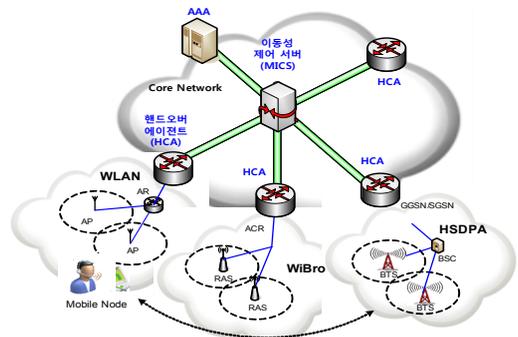


그림 4. AIMS 시스템의 망 구조도

### III. 제안된 AIMS-DS (Dual Stack) 기술

#### 3.1 AIMS-DS 기술

망 기반의 IP 이동성 지원 기술인 AIMS 기술을 기반으로 IPv4와 IPv6가 혼재된 네트워크 환경에서 MN에 대한 끊임 없는 이동성을 지원하는 AIMS-DS (Dual-Stack) 기술을 제안한다. AIMS-DS 지원을 위하여 AIMS 기술에서 고려된 사항들은 다음과 같다.

- MN의 IPv4 & IPv6 주소 생성 방식: AIMS-DS에서 IPv6 MN 또는 Dual Stack MN은 기존의 AIMS 시스템에서 IPv4 HoA 할당 방식과 동일하게 IPv4 HoA와 IPv6 HoA를 HCA로부터 할당 받는 방식을 사용한다.
- Router Advertisement (RA) 메시지 전달 방식: HCA가 관리하는 액세스망은 MN들에 대하여 IPv4 또는 IPv6 RA 메시지를 제공한다. 즉, HCA는 액세스 망의 정책 및 MN의 IP 타입에 따라, IPv4 또는 IPv6 RA 메시지를 전달하며, 듀얼 스택을 지원하는 액세스 망인 경우 IPv4와 IPv6 RA 메시지를 모두 보낼 수 있다.
- IPv4 또는 IPv6 HoA 이동성 지원: AIMS-DS는 IPv4 MN뿐만 아니라 IPv6 MN 그리고 Dual Stack MN에 대한 이동성을 지원한다. 이에 따라, AIMS-DS는 MN의 초기 망 접속 시 MN의 IP 타입 정보를 망에서 관리함으로써 추후 MN에 대한 IPv4 또는 IPv6 HoA의 이동성을 효율적으로 제공할 수 있다.
- 이동성 제어 노드의 주소 관리 방안: AIMS 시스템의 이동성 제어 노드인 MICS와 HCA는 MN들에 대한 주소 및 위치 정보를 관리하는 바인딩 테이블을 보유하고 있다. AIMS-DS에서 IPv6 MN 또는 Dual Stack MN에 대한 이동성을 지원하기 위해서, 이동성 제어 노드는 IPv4와 IPv6 HoA에 대한 테이블을 나누어서 관리하고, 각각의 테이블에는 단말의 IPv4 또는 IPv6 CoA 주소를 바인딩하는 정보를 포함한다.

#### 3.2 AIMS-DS 동작 방법

##### 3.2.1 초기 접속 절차

AIMS-DS에서 이동 단말에 대한 구체적인 초기 망 접속 절차는 그림 5와 같다.

- (1) MN은 초기 접속할 액세스 망(PoA)에 2계층 (Layer2: L2) 연결을 설립하고 인증 서버의 확장 기술인 CUPS(Converged User Profile Server)와

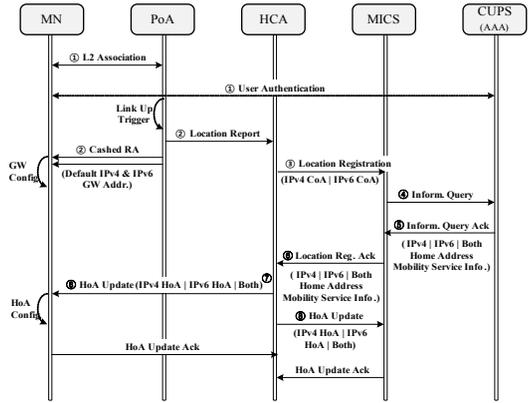


그림 5. AIMS-DS에서 이동단말의 초기 망 접속 절차

인증절차를 수행한다.

- (2) 사용자 인증 절차 완료 후, 해당 PoA에서는 새로운 링크 설립을 알리는 L2 트리거(Trigger)가 발생한다. PoA는 Location Report 메시지를 해당 액세스 망의 HCA에게 전송하며, 이 메시지는 L2 Trigger로부터 획득한 MN의 L2 ID 정보를 포함한다. 또한, PoA는 HCA로부터 전달받아 RA 캐쉬(Cache)에 저장해 둔 IPv4 RA 메시지, IPv6 RA 메시지, 또는 두 개의 메시지들을 MN에게 전송한다. MN은 전달 받은 RA 메시지 정보를 기반으로 IPv4 또는 IPv6 디폴트 게이트웨이 주소를 설정한다.
- (3) Location Report 메시지를 수신한 HCA는 MN의 L2 ID 정보를 기반으로 MBT(MN Binding Table)의 엔트리(Entry)를 검색한다. 해당 MN에 대한 바인딩 엔트리가 존재하지 않는 경우, HCA는 MN에 대한 바인딩 엔트리를 생성하고, MICS에게 Location Registration 메시지를 전송함으로써 MN에 대한 등록 과정을 수행한다. 이 메시지에는 MN의 L2 ID와 HCA 자신의 IP 주소인 CoA 정보 등이 포함된다. 만약, HCA와 MICS간의 코어 망이 IPv4 이면 HCA의 주소는 IPv4 타입의 CoA이며, 코어 망이 IPv6 이면 HCA의 주소는 IPv6 타입의 CoA가 될 것이다.
- (4) Location Registration 메시지를 수신한 MICS는 MN의 L2 ID 정보를 기반으로 GBT(Global Binding Table)의 엔트리를 검색한다. 해당 MN에 대한 바인딩 엔트리가 GBT에 존재하지 않는 경우는 MN의 초기 접속 과정임으로 CUPS에 MN에 대한 정보를 요청하는 Information Query를 전송한다.

- (5) CUPS는 이에 대한 응답으로 Information Query Ack. 메시지를 MICS에게 전송하며, 이러한 메시지는 MN에 대한 L2 ID 리스트 정보 및 MN의 IP 타입 정보 등을 포함한다. 특히, 여기서 MN의 IP 타입 정보는 MN이 IPv4 기반 또는 IPv6 기반의 이동성 서비스가 필요한지를 판별해 줄 수 있는 정보이다. MICS는 MN에 대한 새로운 Binding Entry를 GBT 내에 생성하고, CUPS로부터 제공 받은 정보들을 업데이트한다.
- (6) MICS는 Location Registration Ack. 메시지를 HCA로 전송한다. 초기 등록 시에 MICS는 MN에 대한 HoA 정보를 가지고 있지 않으므로 이 값을 NULL로 설정하여 전송한다. 또한, Location Registration Ack. 메시지는 CUPS로부터 제공되는 MN의 IP 타입 (IPv4/IPv6 Home Address Mobility 서비스) 정보도 함께 포함한다.
- (7) HoA 정보가 NULL로 설정된 Location Registration Ack. 메시지를 수신한 HCA는 MN이 초기 등록 절차를 수행 중임을 인식한다. HCA는 DHCP 서버에 요청하여 MN의 HoA를 할당 받고 바인딩 엔트리를 업데이트한다. 이 때, HCA는 MN의 IP 타입 정보에 따라 MN의 IPv4 HoA 또는 IPv6 HoA를 할당 받는다.
- (8) HCA는 MN 및 MICS에 대해 각각 HoA Update 메시지를 전송한다. HoA Update 메시지에는 IPv4 HoA, IPv6 HoA, 또는 두 개의 주소를 모두 포함할 수 있다. HoA Update 메시지를 기반으로 MN은 자신의 HoA를 설정하고, MICS는 MN에 대한 GBT의 바인딩 엔트리를 갱신하는 과정을 수행한다. 이후, HoA Update ACK 메시지를 각각 HCA로 전송함으로써 초기 등록 과정을 완료한다.

3.2.2 핸드오버 절차

AIMS 시스템에서 이중 액세스 망간의 핸드오버, 즉 서로 다른 HCA간 3 계층 (L3) 핸드오버를 수행하는 경우, MN에 대한 위치 정보 갱신 절차는 초기 등록 절차와 유사하다 (그림 6). 그러나 MN이 핸드오버를 수행하는 경우는 다음과 같은 차이점이 존재한다. MN의 핸드오버에 따른 위치 등록 과정은 DHCP를 활용한 HoA 할당 및 통보의 절차를 포함하지 않는다. 즉, AIMS 시스템에서 MN에 대한 HoA 할당은 초기 등록 과정에만 수행되며, MN는 초기 접속 시 할당 받은 HoA를 망 접속을 해제할 때까지 변경 없이 지속적으로 사용한다.

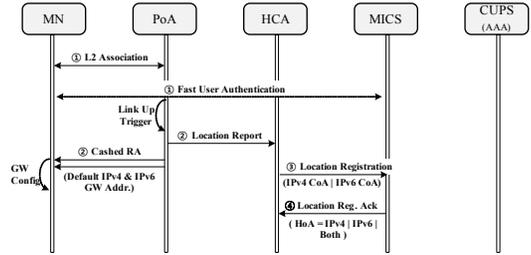


그림 6. AIMS-DS에서 이동단말의 핸드오버 절차

MN의 핸드오버 수행 시, MICS와 CUPS간의 MN에 대한 Information Query 절차는 수행되지 않는다. MN에 대한 인증 및 정보 획득을 수행하는 Information Query 절차는 MN의 초기 접속 절차에만 수행된다.

MN의 핸드오버 수행 시, MICS는 HCA로 HoA 정보를 전송함으로써, MN의 IP 타입 정보를 함축적으로 제공해 줄 수 있다. MN의 초기 망 접속 시에는 MICS는 HCA에게 MN의 IP 타입 정보를 별도로 제공했지만, 핸드오버 시에는 단지 HoA 정보로서 IPv4 Home Address Mobility 및 IPv6 Home Address Mobility 지원 여부에 대한 정보를 제공할 수 있다.

3.2.3 데이터 전달 절차

AIMS-DS에서 MN와 CN간의 데이터 전달 절차는 기존 AIMS 절차와 유사하다 (그림 7). 그러나 HCA와 MICS가 위치한 코어 망의 IP 타입(IPv4 또는 IPv6)에 따라 Location Query/Response 및 Location Notif./Location Notif. Ack. 메시지를 주고 받는 MN와 CN의 CoA 주소(HCA의 주소)가 IPv4 CoA 또는 IPv6 CoA가 될 수 있다. 즉, 코어 망의 IP 타입에 따라 코어 망에서 생성되는 터널의 종류도 다양해 질 수 있다. 만일, 코어 망이 IPv4 망인 경우, IPv4 in IPv4 또는 IPv6 in IPv4 터널이 생성될 수 있다. 또한, 코어 망이 IPv6 망인 경우, IPv4 in IPv6 또는 IPv6 in IPv6

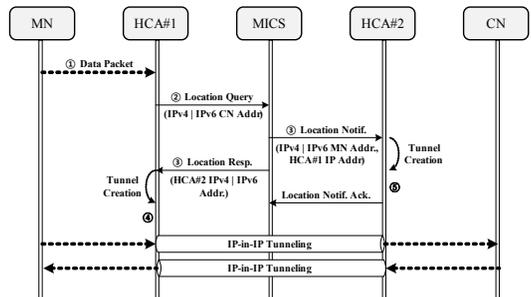


그림 7. AIMS-DS에서 이동단말의 데이터 전송 절차

터널이 생성될 수 있다. 이러한 코어 망의 IP 터널에 의해 전달되는 내부 데이터는 터널의 IP 타입에 무관하며, 현재 MN과 CN이 주고받는 데이터 세션에 따라 IPv4 세션 또는 IPv6 세션이 될 수 있다. MN와 CN간의 데이터 전달 과정은 다음과 같다.

- (1) MN가 CN으로 데이터를 전송하는 경우, 데이터 패킷들은 MN의 Default Gateway 역할을 수행하는 HCA#1로 전달된다. 이 데이터들은 IPv4 또는 IPv6 세션의 패킷일 수 있으며, 이에 따라 MN는 해당 IP 타입의 HoA를 사용한다.
- (2) HCA#1는 패킷의 목적지 주소를 기반으로 PFT (Packet Forwarding Table)을 검색하여 다음 홉을 결정한다. 만일 PFT 내에 CN에 대한 목적지 주소 정보가 존재하지 않으면, HCA#1은 Location Query 메시지를 MICS에게 전송함으로써 현재 CN에 대한 위치를 질의한다. 이때 Location Query 메시지에는 HCA#1의 주소 (IPv4 혹은 IPv6) 및 목적지(MN) 주소 (IPv4 혹은 IPv6)가 포함된다. MN의 CN에 대한 위치 질의 절차를 수행하는 동안에 수신되는 패킷들은 HCA#1의 내부 버퍼에 저장된다.
- (3) Location Query 메시지를 수신한 MICS는 GBT를 검색하여 CN의 위치 (HCA#2 주소) 정보를 Location Response 메시지를 이용하여 HCA#1에게 통보한다. 또한, MICS는 Location Notification 메시지를 이용하여 HCA#2에게 CN과 통신하고자 하는 MN이 위치한 HCA#1 주소를 통지한다.
- (4) Location Response 메시지를 수신한 HCA#1는 CN에 대하여 HCA#2와 IP 터널을 생성한다. 이러한 터널은 코어 망의 IP 주소 타입과 MN와 CN의 세션 종류에 따라 구분되어 생성될 수 있으며, 이러한 IP-in-IP 터널은 IPv4 in IPv4, IPv6 in IPv4, IPv4 in IPv6 또는 IPv6 in IPv6 터널이 될

수 있다.

- (5) Location Notification 메시지를 수신한 HCA#2도 MN에 대하여 HCA#1과 IP 터널을 설정한다. 이에 따라, MN와 CN간의 데이터들은 HCA#1과 HCA#2간의 양방향 IP 터널을 통하여 전송된다.

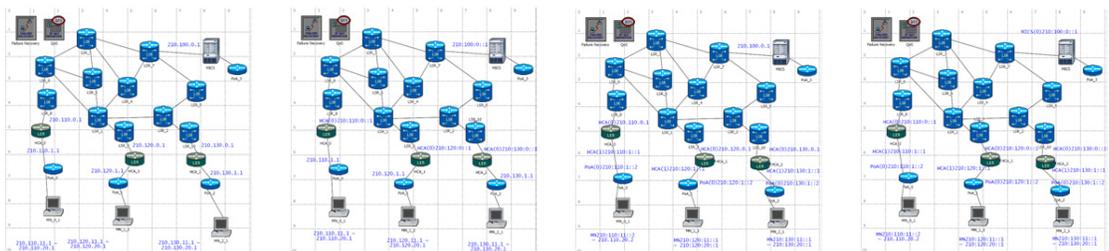
#### IV. 성능 분석 및 토의

본 장에서는 OPNET™을 활용하여 AIMS-DS에 대한 성능 분석을 수행함으로써 제안된 AIMS-DS 기술의 타당성을 검증한다.

##### 4.1 시뮬레이션 환경

AIMS 기술과 기존의 MIPv6, PMIPv6 기술 간의 성능 비교연구는 참고문헌 [9,13,14]에서 자세히 다루었으며, 다양한 성능분석을 통하여 AIMS 기술의 우수성을 검증하였다. 본 논문에서는 AIMS-DS 기술에 대하여 다양한 IP 망 환경에서 성능 분석을 수행한다. 그림 8은 네트워크 시뮬레이터(OPNET™)을 활용하여 AIMS-DS의 성능을 측정하기 위한 네트워크 구성도를 보여준다. 시뮬레이션에서 AIMS의 코어 망은 다수의 라우터로 구성되어 있으며, 코어 망의 에지 (Edge) 위치에는 MICS와 HCA들이 존재한다. HCA들은 하나의 PoA와 연결되어 각각의 액세스 망을 구성하며, 이들 PoA에는 다수의 MN들이 접속되어 있다.

본 시뮬레이션에서는 코어 망과 액세스 망을 구성하는 IP 버전에 따라 4가지의 경우를 고려하였다. 즉, 액세스 망과 코어 망이 IPv4/IPv4인 경우, IPv4/IPv6인 경우, IPv6/IPv4인 경우, IPv6/IPv6인 경우를 고려하였다. 본 시뮬레이션에서 PoA\_0에 고정적으로 연결되어 있는 MN\_0\_1은 패킷 전송자의 역할을 하며, 초기에 PoA\_2에 연결되어 있는 이동 노드 MN\_2\_1은 패킷을 전달받는 중에 PoA\_1로 접속을 변경함으로써 핸드오버를 수행하였다. 그러므로, 그림 8의 각



(a) IPv4/IPv4

(b) IPv4/IPv6

(c) IPv6/IPv4

(d) IPv6/IPv6

그림 8. AIMS-DS의 망 구성도 (액세스망의 IP버전/코어망의 IP버전)

그림에 존재하는 MN\_1\_1은 MN\_2\_1이 핸드오버를 수행한 이후의 모습으로 간주하면 된다. 한편, MN의 무선 링크(layer 2) 레벨의 접속 지연시간은 핸드오버 지연시간에 고려하지 않았다. 본 시뮬레이션에서는 이러한 시뮬레이션 환경에서 MN의 패킷 전달 지연시간과 핸드오버 지연시간을 측정함으로써 AIMS-DS의 성능을 분석하였다. 또한, 본 실험에서는 다음 표 1에 제시된 시뮬레이션 파라미터 값을 활용하였다.

각 네트워크 구성은 OPNET™ 내에서 이미 제공하고 있는 게이트웨이 모델인 ethernet2\_slip8\_gtwy\_adv 노드를 수정하여 구현하였으며, 해당 노드는 2개의 이더넷 인터페이스와 8개의 슬립 인터페이스를 지원한다. 해당 노드에서 제공하는 디폴트 파라미터를 그대로 사용하였으며, 각 노드의 IP계층에서 IP Processing 속성 (QoS파라미터)로서 Forward Rate 및 Switching Rate 값을 0으로 설정하여 링크가 제공하는 물리적인 Bandwidth를 모두 활용할 수 있도록 하였다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터

파라미터	값
MN과 PoA 사이의 무선 Bandwidth	10 Mbps
PoA와 HCA 사이의 유선 Bandwidth	100 Mbps
Core 망의 유선 Bandwidth	100 Mbps
Packet Size	140 bytes
패킷 전송 주기	0.1 ms

#### 4.2 성능 분석 및 토의

그림 9는 액세스 망과 코어 망의 IP 버전에 따른 AIMS-DS의 패킷 전달 지연시간에 대한 결과값을 보여주고 있다. 패킷 전달 지연시간 측정을 위하여 MN\_0\_1의 네트워크 계층에서 임의의 패킷이 하위 계층으로 전송 되어진 시점부터 MN\_2\_1의 하위 계층으로부터 네트워크 계층이 해당 패킷을 전달 받는 시점간의 간격을 측정하였다. AIMS-DS의 성능은 액세스 망과 코어 망의 IP 버전에 따라 패킷 전달 지연시간에 큰 차이가 발생하지 않으나, IP 버전에 따른 패킷 헤더의 크기의 차이에 따라 망이 IPv6을 지원하는 경우 IPv4 망보다 패킷 전달 지연시간이 늘어난다. 또한, 액세스 망이 IPv6을 지원하고 코어 망이 IPv4인 경우가 액세스 망이 IPv4를 지원하고 코어 망이 IPv6인 상황보다 패킷 전달 지연시간이 긴 것을 확인할 수 있다. 이는 두 경우 모두 HCA로부터 터널링되어 코어 망에서 프로세싱되는 패킷의 사이즈는 일치하지만, 액세스 망이 IPv6인 경우에는 액세스 망에서의 처리되는 패킷 사이즈가 전자보다 크기 때문에 전송 지연

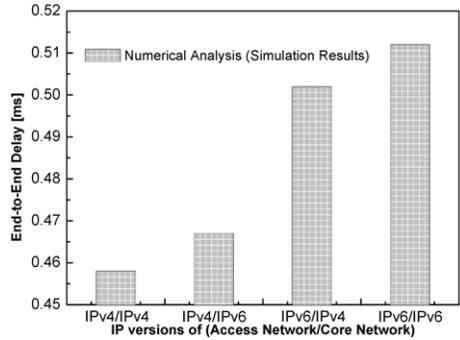


그림 9. AIMS-DS의 패킷 전달 지연시간

시간이 커지기 때문에 지연이 더 발생한다.

그림 10은 액세스 망과 코어 망의 IP 버전에 따른 MN의 다운링크(Downlink) 패킷 핸드오버 지연시간과 패킷 손실을 보여준다. 본 논문에서 다운링크 패킷 핸드오버 지연시간은 상대 노드인 MN\_0\_1이 이동 노드인 MN\_2\_1에게 패킷을 전송 시, MN\_2\_1이 이전 망에서 받은 마지막 패킷과 핸드오버 이후 새로운 망에서 받은 첫 번째 패킷 간의 시간으로 정의하였고, MN의 무선 링크(layer 2) 레벨의 접속 지연시간은 핸드오버 지연시간에 고려하지 않았다. 핸드오버 이전에 MN\_2\_1은 POA\_2에 연결되어 있었으며 핸드오버 이후에는 POA\_1에 연결된다. MN\_0\_1은 평균 0.1 ms 주기로 140 byte의 패킷을 MN\_2\_1에게 전송한다. 액세스 망과 코어 망의 IP 버전에 따른 4가지의 시뮬레이션 시나리오에 따른 다운링크의 트래픽에 대한 핸드오버 지연시간은 큰 차이가 발생하지 않음을 알 수 있다. 그러나, 패킷 전달 지연시간과 마찬가지로 IP 버전에 따른 패킷 사이즈의 차이에 따라 액세스 망이 IPv6을 지원하는 경우 IPv4 네트워크보다 핸드오버 지연시간 및 패킷 손실량이 늘어나는 것을 확인할 수 있다. 그 이유는 패킷 전달 지연시간에서의 분

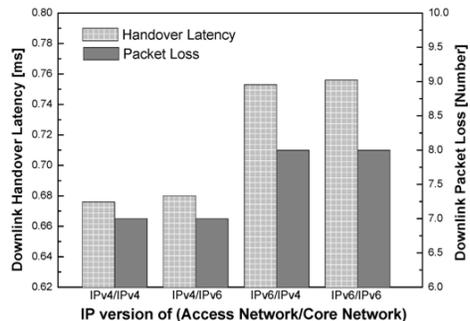


그림 10. 다운링크(Downlink) 패킷 핸드오버 지연시간과 패킷 손실

석과 비슷하게 액세스 망이 IPv6인 경우에는 Bandwidth가 낮은 액세스 망에서의 처리되는 패킷 사이즈가 크기 때문이다.

### V. 결 론

본 논문에서는 망 기반의 IP 이동성 지원 기술인 AIMS 기술을 기반으로 IPv4와 IPv6가 혼재된 망 환경에서 이동 단말에 대한 끊임 없는 이동성을 지원하는 AIMS-DS 기술을 제안하였다. 제안된 AIMS-DS 기술은 IPv4와 IPv6 프로토콜을 모두 지원하는 듀얼 스택 단말에 대하여 IPv4와 IPv6 HoA들에 대한 이동성 지원 방안을 제안함으로써, IPv4와 IPv6가 혼재되어 공존하는 과도기적인 망 환경에서 양단간 끊임 없는 서비스를 제공할 수 있다.

본 논문에서는 액세스 망과 코어 망의 IP 버전에 따른 4가지 경우에 대하여 양단간 패킷 전달 지연시간과 핸드오버 지연시간에 대하여 AIMS-DS에 대한 성능 분석을 수행하였다. 패킷 전달 지연시간과 핸드오버 지연시간은 모두 전체적인 값에는 큰 차이가 발생하지 않았으나, 망에서 지원하는 IP 버전에 따른 패킷 사이즈의 차이에 따라 액세스 망이 IPv6을 지원하는 경우 IPv4 네트워크보다 핸드오버 지연시간이 늘어나는 것을 확인할 수 있었다.

향후 연구로는, 본 논문에서 제안된 AIMS-DS 방식과 기존의 DS-MIPv6, DS-PMIPv6 방식들 간의 성능 분석 및 비교 연구를 수행할 예정이다. 또한, 다수의 인터페이스를 사용하는 멀티모드 단말에 대한 AIMS 기반의 플로우 이동성 지원 연구 및 망 기반의 멀티캐스트 지원 방안 등을 수행할 예정이다.

### 참 고 문 헌

[1] C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4," RFC3344 on IETF, Aug. 2002

[2] D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," RFC3775 on IETF, Jun. 2004

[3] K. El Malki, "Low-Latency Handoffs in Mobile IPv4," RFC4881 on IETF, Jun. 2007

[4] R. Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6," RFC4068 on IETF, Jul. 2005

[5] E. Fogelstroem, A. Jonsson and C. Perkins, "Mobile IPv4 Regional Registration," RFC4857 on IETF, Jun. 2007

[6] H. Soliman, C. Castelluccia, K. El Malki and

L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management (HMIPv6)," RFC4140 on IETF, Aug. 2005

[7] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury and B. Patil, "Proxy Mobile IPv6," RFC5213 on IETF, Aug. 2008

[8] R. Wakikawa and S. Gundavelli, "IPv4 Support for Proxy Mobile IPv6," Internet Draft on IETF, Sep. 2009

[9] 류원, 이경희, 김봉태, 박성수, "유무선 통합네트워크에서의 품질보장형 이동성 관리 기술 구현 연구," Telecommunications Review, 제18권 4호, pp.624-638 2008년 8월

[10] 홍강운, 이경희, 류원, 김봉태, 최준균, "네트워크 기반 이동성 제어 구조와 네트워크 적용을 위한 고려사항," 한국통신학회지(정보와통신), 제26권 제2호, pp.44-52, 2009년 1월

[11] 이성근, 이경희, 홍강운, 엄태원, 이현우, 류원, 박진우, "방통융합 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 안정된 네트워크 기반의 이동성 관리 기술," 한국통신학회논문지 제35권 제3호, pp.526-535, Vol.35 No.3, 2010년 3월

[12] 이경희, 이성근, 이은준, 조경섭, 이현우, 류원, 홍승필, "멀티모드 단말을 위한 가상 인터페이스 구현 연구," 한국통신학회논문지 제35권 제4호, pp.677-686, Vol.35, No.4, 2010년4월

[13] M.J. Yu, J.M. Lee, T.W. Um, W. Ryu, B.S. Lee, and S.G Choi, "A New Mechanism for Seamless Mobility Based on MPLS LSP in BcN," IEICE Transactions on Communications, Vol.E91-B, No.2, Feb. 2008

[14] K.-H. Lee, H.-W.Lee, W. Ryu and Y.-H. Han, "A Scalable Network-based Mobility Management Framework in Heterogeneous IP-based Networks," Journal Of Communications Technology and Electronics, Accepted and published in 2011

[15] H. Soliman, "Mobile IPv6 Support for Dual Stack Hosts and Routers," RFC 5555 on IETF, June 2009

[16] M. Wang, B. Hu, S. Chen, and Q. Sun, "Implementation and Evaluation of DSMIPv6 for MIPL," GridNets 2009, LNICST 2, vol. 2, pp.98-104, 2009

[17] C.Y. Yum, H.S. Kim, S. Kang, J.S. Song,

