

# 향상된 핸드오프를 지원하는 망 기반의 이동성 지원 방안

정희원 이성근\*, 전유찬\*, 임태형\*, 종신회원 박진우\*

## An Enhanced Handoff Support Based on Network-based Mobility Management Protocol

Sungkuen Lee\*, Youchan Jeon\*, Taehyong Lim\* *Regular Members*,  
Jinwoo Park\* *Lifelong Member*

### 요약

본 논문에서는 IETF NetLMM WG에서 표준화되고 있는 Proxy-MIPv6을 기반으로, 빠르고 효율적인 핸드오프를 지원하는 망 기반의 이동성 지원 방안을 제안하였다. 제안된 방식은 Mobile Access Gateway (MAG)간의 dynamic virtual hierarchy 망 구조를 활용함으로써 망의 확장성과 안정성을 제공하고, Policy Store(PS) 기반의 빠른 인증 및 프로파일 획득 기법을 활용함으로써 빠르고 효율적인 핸드오프를 제공할 수 있다. 또한, 제안된 방식과 기존의 PMIPv6의 성능 분석 및 토의를 통하여 제안된 방식의 우수성을 알 수 있다.

Key Words : MIP, PMIP, Handoff, LMA, MAG

### ABSTRACT

In this paper, we propose an enhanced handoff support scheme based on network-based mobility management protocol, Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6), which is actively standardized by the IETF NETLMM working group. By utilizing the dynamic virtual hierarchy network architecture between mobile access gateways (MAGs), the proposed scheme can support network scalability and reliability to wireless access network. In addition, we propose pre-authentication process based on the policy store (PS) to support a fast and seamless handoff. We evaluate the performance of the proposed scheme in terms of handoff delay and end-to-end delay thru computer simulation. Thru various computer simulation results, we verified the superior performance of the proposed scheme by comparing with the results of other schemes.

### I. 서론

차세대 무선/이동 네트워크는 IP 기반의 구조로 진화하고 있으며, 차세대 IP 기반의 무선/이동 액세스 네트워크에서 빠르고 효율적이며 끊임없는 이동성 서비스를 지원하는 이동성 관리 기술 개발은 필수적이다. 이에 따라, 지난 십여 년 간 Mobile IP (MIP)로 대표되는 단말 기반의 IP 이동성 관리 기술에 대한

많은 연구와 표준화 작업이 진행되어 왔다<sup>[1]</sup>. MIP는 Mobile Node(MN)의 IP 스택에 MIP 클라이언트 기능을 탑재하고, MN이 다른 액세스 지점으로 이동한 경우 MN의 홈주소(Home-of-Address)와 임시 주소(Care-of-Address)를 MIP 시그널링 메시지를 이용하여 MN와 Home Agent(HA)간에 교환함으로써 이동성을 제공하게 된다. 그러나 MIP는 오랜 기간 동안 많은 사람들의 노력에 의해 표준화된 안정된 기술이

\* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2008-F-015-01, 서비스 이용성을 위한 이동성 관리 기술 연구]

\* 고려대학교 전자컴퓨터공학과 차세대 네트워크 연구실 (food2131@korea.ac.kr)

논문번호 : KICS2008-10-463 접수일자 : 2008년 10월 20일, 최종논문접수일자 : 2008년 12월 30일

지만, 상용망에서 MIP의 도입은 활발히 이루어지고 있지 않다. 그 이유는 MIP 표준을 지원하는 운영체제가 많지 않고, MIP 표준이 소규모 MN에 탑재하기에 너무 큰 규모의 표준이며, MN들이 MIP의 바인딩 관리 메시지의 교환을 직접 처리해야 하는 오버헤드를 가지고 있기 때문이다. 이에 따라 MIP의 단점들을 극복하기 위해 IETF NetLMM WG<sup>[2]</sup>에서는 Proxy MIPv6(PMIPv6) 기술을 중심으로 망 기반의 IP 이동성 관리 기술에 대한 연구 및 표준화가 진행 중이다<sup>[3]-[8]</sup>.

PMIPv6는 기본적으로 MIPv6의 개념을 확장하였으나 망 기반의 이동성 관리방식이라는 점에서 많은 차이가 존재한다<sup>[6]</sup>. 즉, PMIPv6의 MN는 이동성 지원을 위한 어떠한 시그널링에도 참여하지 않는다. MN이 IPv6 기본 스택만 가지고 있으면 PMIPv6 도메인 내의 Local Mobility Anchor (LMA)와 Mobile Access Gateway (MAG)와 같은 망 요소들이 이동성 지원을 위한 시그널링을 전담해주기 때문에 도메인 내에서 MN의 이동성 지원이 용이하다. 그러나 기존의 PMIPv6는 다음과 같은 문제점들을 가지고 있다. 첫째, PMIPv6의 Local Mobility Domain (LMD)내에 들어오는 또는 나가는 모든 데이터 및 컨트롤 패킷들이 Local Mobility Anchor (LMA)를 거쳐 프로세싱되기 때문에 LMA의 트래픽 집중화 및 LMA의 수용 용량에 따른 망의 확장성 (Scalability) 문제를 야기시키고 또한, LMA에 문제가 발생할 경우 single point failure 이라는 망의 안정성(Reliability) 문제점을 발생시킨다. 둘째, PMIPv6에서 데이터들은 항상 LMA를 거쳐 전송되기 때문에 Mobile Node (MN)와 Correspondent Node (CN)간의 패킷 전달경로가 최적이라고 선택되었다고 할 수 없다 [9,10]. 이러한 부정적 효과는 특히, MN와 CN이 같은 PMIPv6 도메인 내에 존재하는 경우 그리고 LMA와 MAG의 거리가 멀 경우 더욱 더 심해진다. 셋째, MN의 핸드오프(Handoff) 이후에 Mobile Access Gateway (MAG)와 Policy Store (PS)간의 MN에 대한 인증 및 프로파일 획득 및 MAG와 LMA간의 MN의 등록하는 절차로 인하여 긴 핸드오프 지연이 발생한다. 이러한 현상은 MAG와 PS 그리고 MAG와 LMA간의 거리가 증가할수록 핸드오프 지연이 길어지는 문제가 있다.

따라서 위와 같은 PMIPv6 프로토콜의 문제점들을 해결하기 위해서, 본 논문에서는 망의 확장성과 안정성을 제공해 줄 뿐만 아니라 빠르고 효율적인 핸드오프를 지원하는 망 기반의 이동성 지원 방안

을 제안한다. 제안된 방식은 MAG간의 dynamic virtual hierarchy 망 구조를 지남으로써 기존의 LMA-MAG간의 망 구조로 인해 발생한 망의 확장성과 안정성 문제를 해결하고, PS 기반의 빠른 인증 및 프로파일 획득 기법을 활용함으로써 빠르고 효율적인 핸드오프를 제공할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선 II장에서는 IETF NetLMM WG에서의 망 기반의 이동성 지원 기술인 Proxy MIPv6(PMIPv6) 기술에 대하여 알아본다. III장에서는 제안된 망 기반의 이동성 지원 방안의 개요 및 핸드오프 지원 방안에 대하여 소개하고, IV장에서는 제안된 방식에 대하여 기존 방식들과 비교 분석 및 토의한다. 마지막으로 V장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

### 2.1 NetLMM<sup>[2]</sup>

IETF의 Network-based Localized Mobility Management (NetLMM) 워킹 그룹의 이동성 관리 기술은 이동 단말에 어떠한 이동성 기능을 추가하지 않을 것을 기본 원칙으로 한다 [3]-[6]. NetLMM의 구조는 도메인의 엔트리 포인트로써 Localized Mobility Domain (LMD)내에 위치하는 이동 단말들의 루트를 관리하는 Localized Mobility Anchor (LMA)와 AR의 역할 및 MIP의 MN 시그널링 기능을 추가한 Mobile Access Gateway (MAG)로 구성된다. NetLMM은 두 개의 인터페이스 즉, 이동 단말과 MAG간의 인터페이스 그리고 MAG와 LMA간의 인터페이스를 정의한다. MAG는 이동 단말의 망 접속을 감지하여 LMA에게 바인딩 업데이트를 수행하고 LMA는 이동 단말이 NetLMM 도메인 내에 존재하는 동안 루트를 연결 및 유지한다. LMA와 MAG간의 인터페이스에 사용되는 가장 기본적인 프로토콜은 Edge Mobility Protocol (EMP)이고, 추후에 최적화된 이동성 관리 방식인 Design Team Protocol (DTP)과 MIP 기술 기반의 Proxy-MIP (PMIP)이 제안되었다<sup>[22]</sup>. PMIPv6는 MIP 단말의 기능들을 네트워크 노드인 MAG에게 이동시킴으로써 이동 단말의 IP 스택을 수정하지 않아도 되는 장점을 가지고 있다.

### 2.2 망 기반의 이동성 지원 방안 (PMIPv6)<sup>[6]</sup>

망 기반의 이동성 지원 방식인 PMIPv6 도메인 내에는 MAG와 LMA라 불리는 새로운 기능 요소를 필요로 한다. MAG는 액세스 링크상에서 MN의

이동을 모니터링 하는 기능과 MN 대신 LMA에 MN의 이동 관련 시그널링 메시지를 전송하는 역할을 한다. LMA는 PMIPv6 도메인에서 MN를 위한 HA 역할을 담당한다. LMA는 MN에 할당되는 Home Network Prefix (HNP)의 토폴로지 상의 앵커 지점 (Anchor Point)이며 도메인 내에서 MN의 도달가능 상태 정보 (Reachability state)를 관리하는 역할을 한다. 일반적으로 MAG의 기능은 액세스 라우터에 그 기능이 탑재될 수 있으며, LMA는 도메인의 게이트웨이(Gateway)에 위치할 수 있다. LMA와 MAG 사이에는 시그널링 메시지 및 MN에서 송/수신하는 데이터 패킷을 전달하기 위한 IP 터널이 존재한다.

MN이 PMIPv6 도메인에 최초 접속 절차는 그림 1과 같다. MN이 링크상에 연결되면, MAG는 MN\_Attach를 통해서 MN의 ID와 프로파일 정보를 획득한다. MN의 프로파일 정보는 Policy 서버 등을 이용하여 획득할 수 있다. 이 프로파일 안에는 MN의 ID, LMA의 IPv6 주소, 액세스 링크 상의 IP 주소 설정방법이 필수적으로 기술되어 있으며, 추가적으로 MN의 IPv6 홈 네트워크 주소도 포함할 수 있다. 프로파일을 획득한 MAG는 MN의 현재 위치를 LMA에 등록하기 위해서 PBU 메시지를 전송한다. PBU를 수신한 LMA는 MN의 홈 네트워크 프리픽스 정보가 포함된 PBA 메시지를 MAG에게 전송하고, MN의 도달가능 상태를 유지하기 위한 Binding Cache Entry (BCE)와 MAG-LMA간의 양방향 IP 터널을 생성한다. MAG가 PBA를 수신하면 MAG-LMA간 IP터널을 설정하고 MN에 데이터 전송을 위한 라우팅 테이블을 설정한다. 그 후, MN는RS/RA 절차를 통해 자신의 Home Network Prefix (HNP), 주소 설정 방법 등의 정보를 획득한 후 IP 주소를 설정하게 된다. 주소 설정이 끝나면 PMIPv6 도메인 외부에서 도메인 내 MN에게 보내지는 패킷은 LMA가 수신하여 MAG-LMA간의 IP 터널을 통해 MAG로 전송하고 이후 MN에게 포워딩 된다. MN이 송신하는 모든 패킷은 MAG에서 IP 터널을 통해 LMA로 전달된 후, LMA에서 목적지로 다시 전달한다.

MN이 PMIPv6 도메인 내에서 핸드오프 (Handoff)하는 경우의 절차는 그림 2와 같다. MN이 자신의 액세스 링크 상에 존재하지 않음을 MN\_Detach를 통하여 감지한 old MAG(oMAG)는 PBU 메시지를 통해 MN의 이탈을 LMA에 통보한다. LMA는 해당 MN에 관련되는 Binding Cache

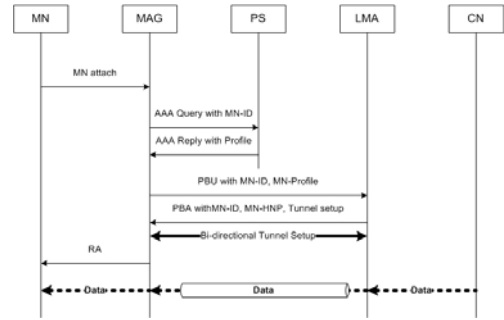


그림 1. PMIPv6에서 MN의 초기접속 절차

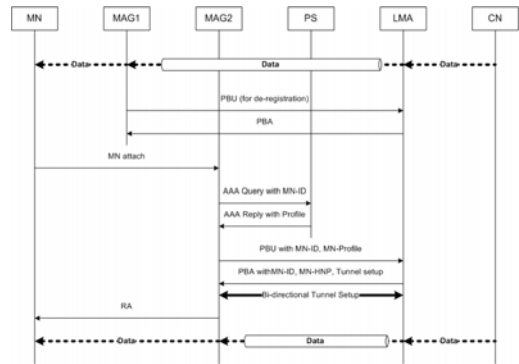


그림 2. PMIPv6에서 MN의 핸드오프 절차

Entry (BCE)삭제하기 위한 동작을 수행하고 PBA를 전송한다. MN이 new MAG(nMAG)에 접속되면 nMAG는 MN의 초기 접속 절차를 수행하고 RS/RA 메시지 교환을 통해서 MN이 초기 접속 시 할당 받았던 HNP 정보를 MN에게 전송한다. 따라서, MN은 최초에 할당받은 홈 주소(Home of Address: HoA)를 사용할 수 있다.

### III. 제안된 망 기반의 이동성 지원 방안

#### 3.1 개요

본 논문에서는 빠르고 효율적인 핸드오프를 지원하는 망 기반의 이동성 지원 방안을 제안한다. 제안된 방식의 특징들은 다음과 같다. 첫째, MAG간의 dynamic virtual hierarchy 망 구조를 지닌다. 기존의 PMIPv6 도메인은 LMA와 MAG간의 hierarchy 망 구조를 지닌다. 이로 인하여 모든 데이터 및 컨트롤 패킷들은 LMA로 집중화되고 망의 확장성 및 안정성 문제를 야기시킨다. 따라서, 제안된 방식에서는 망의 트래픽 집중화를 야기하는 기존의 LMA

를 제거하고, 기존의 LMA에서 수행되는 기능들을 제안된 MAG와 PS 노드들로 분배함으로써 망의 확장성과 안정성을 제공한다. 둘째, PS 기반의 MN의 빠른 인증 및 프로파일 획득 기법을 활용한다. MN가 핸드오프(Handoff)를 수행 시, MAG와 PS간의 MN에 대한 인증 및 프로파일 획득 그리고 MAG와 LMA간의 MN의 등록하는 절차로 인하여 발생하는 핸드오프 지연시간을 줄이기 위하여 제안된 방식은 PS내의 Neighbor MAG List (NML) 및 추가적인 필드들을 활용하여 MN에 대하여 이미 인증 및 프로파일 획득함으로써 빠르고 효율적인 핸드오프를 제공할 수 있다.

### 3.2 제안된 망 구조 및 구성 노드

그림 3은 기존의 PMIPv6(a)과 제안된 방식(b)의 망 구조 및 구성요소를 각각 보여준다. 제안된 방식의 망 구조의 특징으로는 기존의 PMIPv6망의 LMA가 존재하지 않으며, 제안된 MAG와 PS 그리고 다수의 gateway가 존재한다. 기존의 LMA에서 수행되는 기능들은 제안된 MAG와 PS 노드들로 분배되며 다수의 gateway가 존재하여 외부 망과의 다양한 경로를 제공한다.

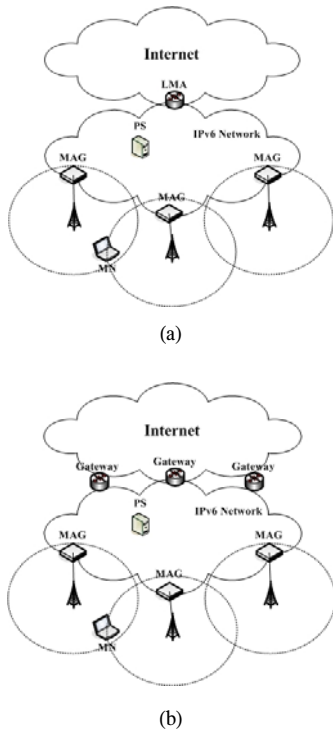


그림 3. (a) PMIPv6와 (b) 제안된 방식의 망 구조 및 구성 노드

제안된 MAG는 기존의 PMIPv6의 MAG 기능에 추가적으로 LMA 기능 또는 부수적인 기능들을 수행하는 망 구성 노드이다. 특히, MAG는 초기화하는 MN에 대하여 기존의 LMA와 같이 Mobility Anchor로서 역할을 수행할 뿐만 아니라 MN에게 Home Network Prefix (HNP)을 제공하고 이 정보를 PS에 저장한다. 이러한 MN의 초기화 과정을 제공하는 MAG를 그 특정 MN의 Home-MAG라고 하고 모든 MN는 각각의 Home-MAG를 가진다. 또한, Home-MAG는 MN가 핸드오프를 수행한 새로운 new MAG들과의 양방향 터널을 설정함으로써 MN에 대한 이동성을 제공해 준다. 따라서 제안된 방식은 기존의 LMA와 MAG 간의 hierarchy 망구조가 아닌 Home-MAG와 MAG간의 Dynamic Virtual Hierarchy 망 구조를 지닌다.

PS는 기존의 PMIPv6의 PS 기능에 추가적으로 LMA 기능 또는 부수적인 기능들을 수행하는 망 구성 노드이다. 특히, PS는 MAG에게 MN에 대한 이동성 및 위치 정보를 제공해 주기 위하여 두 개의 정보를 추가로 저장한다. 이러한 정보들은 MN가 초기화하여 HNP를 할당받은 Home-MAG에 대한 (주소)정보와 MN가 현재 접속되어 위치한 Present-MAG에 대한 (주소)정보이다. 또한, MN에 대한 빠른 인증 및 프로파일 획득을 위하여 PS는 Neighbor MAG List (NML)를 추가적으로 구성하여 MN가 이동할 새로운 MAG들에게 MN의 인증 및 프로파일을 미리 제공해줌으로써 기존 PMIPv6에서 발생하는 핸드오프 지연시간을 줄일 수 있다. 각각의 MAG가 Neighbor MAG List (NML)을 구성하는 기존의 방식들에 비하여, 제안된 방식은 추가의 정보수집 과정이 없이 PS내에 저장된 MN들의 Home-MAG와 Present-MAG 등의 정보를 바탕으로 학습적으로 MN들의 이동경로를 유추하여 경제적이고 효율적으로 Neighbor MAG List (NML)를 구성할 수 있기 때문에 PS가 Neighbor MAG List (NML)을 구성하기 위한 최적의 노드라고 할 수 있다.

### 3.3 MN의 초기 접속 절차

그림 4는 제안된 방식의 MN의 초기 접속 절차를 보여준다. 제안된 망에서 MAG가 MN의 접속을 인지하고 MN\_ID를 기반으로 MN에 대한 AAA인증 및 프로파일 정보를 PS로부터 획득한다. 이 때, MAG가 PS로부터 제공받는 MN의 프로파일 정보는 Home-MAG, Present-MAG, 주소 구성 모드 등

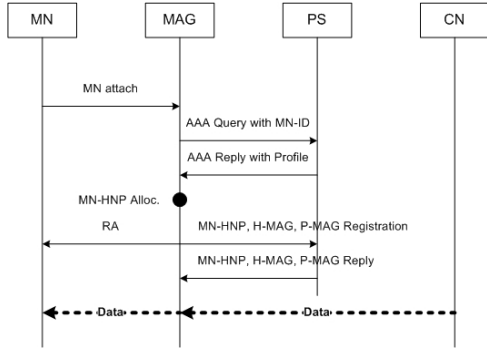


그림 4. 제안된 방식의 MN의 초기 접속 절차

이동성 지원을 위해 필요한 정보들이 포함된다. MN의 Home-MAG 정보를 바탕으로 MAG는 MN의 초기 접속 또는 핸드오프를 인지한다. 초기 접속인 경우, MAG는 MN에게 MN만의 고유한 HNP를 할당하고 RA 메시지를 MN에게 유니캐스트로 전송한다. 또한, MAG는 PS에 MN의 HNP 정보와 자신의 (주소) 정보를 MN의 Home-MAG와 Present-MAG에 등록함으로써 초기 접속 절차를 완료한다. 이후, MAG는 MN로 향하는 패킷을 수신하여 MN로 포워딩해 준다.

### 3.4 제안된 핸드오버 지원 방안

#### 3.4.1 CN이 외부 도메인에 존재하는 경우

외부 망에 존재하는 CN과 통신하는 MN가 핸드오프를 수행하는 절차는 그림 5와 같다. old MAG(MAG1)는 MN detach를 감지하고 MN로 향

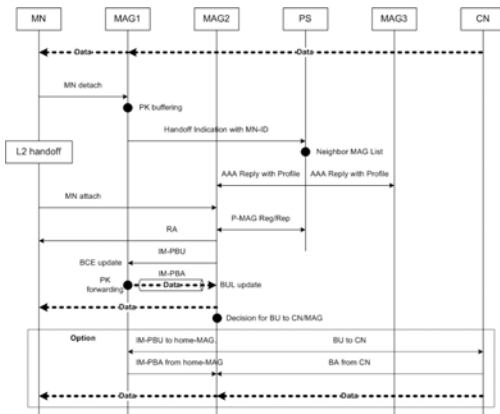


그림 5. 외부 망에 존재하는 CN과 통신하는 MN의 핸드오프 수행 절차

하는 패킷들에 대하여 버퍼링(Buffering)을 시작한다. 이후, old MAG(MAG1)은 PS에게 MN에 대한 Handover Indication(HI) 메시지를 전송함으로써 MN의 handoff를 알린다. PS는 Neighbor MAG List (NML)의 정보를 바탕으로 MN가 이동할 수 있는 모든 new MAG들(MAG2와 MAG3)에게 MN의 인증 및 profile 정보들을 전송해 준다. new MAG(MAG2)가 MN attach를 인지하면, PS로부터 제공받은 프로파일 정보(Home-MAG, Present-MAG 등)를 바탕으로 MN이 초기 접속이 아닌 핸드오프(Handoff)를 수행했다는 것을 감지하고 다음과 같은 일들을 수행한다. 먼저, new MAG는 MN의 프로파일 정보를 바탕으로 Binding Update List (BUL)을 생성하여 MN의 old MAG에게 Inter-MAG-PBU (IM-PBU) 메시지를 전송한다. 이 때, MN의 old MAG가 누구였는지는 MN의 프로파일 정보 중 Present-MAG로부터 알 수 있다. IM-PBU 메시지를 수신한 MN의 old MAG는 MN에 대하여 new MAG에 대한 정보를 Binding Cache Entry (BCE)에 저장하고 이에 대한 응답으로 IM-PBA 메시지를 new MAG에게 전송한다. IM-PBA 메시지를 수신한 new MAG는 BUL을 업데이트하고 이 때 비로서 양방향 터널이 생성이 된다. 이후, 그 동안 old MAG에서 버퍼링되던 패킷들은 new MAG로 터널링되어 포워딩된다. 또한, new MAG는 MN의 HNP가 포함된 RA 메시지를 MN에게 전송하고 PS에 MN의 Present-MAG를 자신의 MAG정보로 업데이트한다. 이러한 new MAG의 Present-MAG update 과정은 PS가 학습적으로 NML 구성하는데 사용될 수 있다. 제안된 방식에서 MN가 핸드오프를 많이 수행하여 MAG간의 데이터 경로가 길어지는 경우가 발생할 수 있으며, 이를 위하여 new MAG는 MN를 대신하여 home-MAG 또는 CN에 대한 Route Optimization (RO)을 결정하는 절차가 요구된다. 이러한 RO를 수행할지에 대한 결정 과정은 다양한 알고리즘이 존재할 수 있으며, 제안된 논문의 간단한 설명을 위해서 본 논문에서는 MN가 핸드오프를 수행할 때마다 new MAG가 home-MAG 또는 CN에 RO를 수행한다고 가정하였다. 또한, RO를 수행하는 경우, new MAG는 IM-PBU/PBA for deregistration 메시지를 통하여 old MAG와 터널을 해제한다.

#### 3.4.2 CN이 같은 도메인에 존재하는 경우

그림 6는 MN과 CN이 같은 도메인에 존재하는

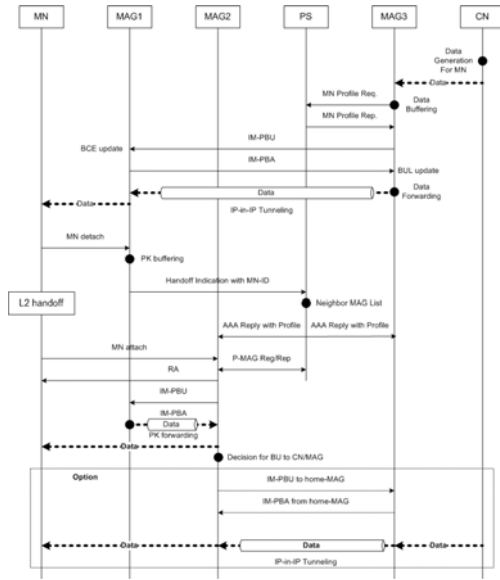


그림 6. MN와 CN이 같은 도메인에 존재하는 경우 데이터 전송 절차 및 핸드오프 수행 절차

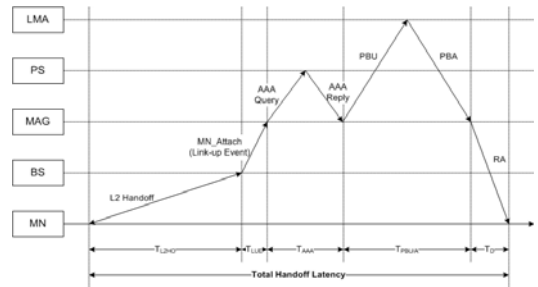
경우 데이터 전송 절차 및 핸드오프 수행 절차를 보여준다. CN이 MN로 데이터를 전송하는 경우, CN의 MAG(MAG<sub>CN</sub>)는 CN의 데이터를 수신한 후 CN과 MN의 주소 정보를 기반으로 BUL내에 터널링(라우팅) 정보를 검색한다. BUL 정보에는 패킷의 목적지 주소(Destination address)를 기반으로 도메인 내에서 전달되는 패킷인지 아니면 도메인 외부로 전송되는 패킷을 구분할 수 있는 정보가 포함되어 있다. 이러한 정보를 바탕으로 도메인의 외부로 전송되는 패킷은 일반적인 라우팅 과정을 수행하여 데이터를 전달하고, 도메인 내부로 전송되는 패킷의 경우는 MAG간의 터널링(라우팅)을 통하여 데이터가 전달된다. BUL내에 정보가 존재하지 않는 경우에는, MAG<sub>CN</sub> (MAG3)는 CN과 패킷의 목적지 주소(MN-HoA)를 바탕으로 PS에게 MN에 대한 정보를 요청한다. 이러한 MN의 정보들 안에는 MN에 대한 Home-MAG, Present-MAG (MAG<sub>MN</sub>) 정보 등이 포함된다. 따라서, MAG<sub>CN</sub>은 이 정보들을 바탕으로 BUL를 구성하고 현재 MN가 접속되어 있는 Present-MAG(MAG1)에게 IM-PBU 메시지를 전송한다. MAG<sub>MN</sub>(MAG1)는 이 메시지를 바탕으로 BCE를 구성하고 IM-PBA 메시지를 MAG<sub>CN</sub>에게 전송함으로써 양방향 터널을 설정한다. 이 후, CN으로부터 MN로 향하는 패킷들은 MAG<sub>CN</sub>에서 터널링(IP-in-IP Encapsulation)되고 MAG<sub>MN</sub>에서 다시

디터널링된다. MN가 핸드오프를 수행하는 절차는 3.4.1절에서 설명한 핸드오프 절차와 동일하며 (MN이 MAG1에서 MAG2로 핸드오프를 수행하는 과정), 단지 RO를 수행하는 것이 CN인가 아니면 MAG<sub>CN</sub>인가의 차이일 뿐이다.

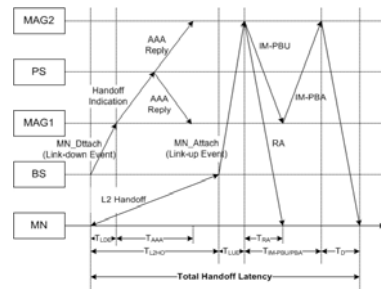
#### IV. 성능 분석 및 토의

본 장에서는 제안된 이동성 지원 방식과 기존의 PMIPv6에 대하여 성능을 비교 분석하고 토의한다. 먼저, 이동성 프로토콜의 가장 중요한 성능 지표인 핸드오프 지연시간을 분석하여 각 프로토콜에 대하여 성능 평가를 하였다. 본 논문에서는 핸드오프 지연시간(Handoff Latency)을 링크(Layer2) 계층에서 핸드오프가 시작된 시점부터 핸드오프가 종료되어 MN가 첫번째 패킷을 받을 수 있는 시점까지의 시간으로 정의하였다.

그림 7.(a)와 (b)는 기존의 PMIPv6와 제안된 방식의 핸드오프 절차의 시간 배치도를 각각 보여준다. 그림 7.(a)와 같이 PMIPv6의 핸드오프 지연시간은 Layer2 핸드오프를 수행하는 시간(T<sub>L2HO</sub>), BS



(a)



(b)

그림 7. (a)PMIPv6와 (b)제안된 방식의 핸드오프 절차의 시간 배치도

표 1. 시뮬레이션 파라미터

| Parameter      | Description               | Value    |
|----------------|---------------------------|----------|
| $t_{L2HO}$     | L2 handoff delay          | 150 ms   |
| $t_{wireless}$ | Delay between BS and MN   | 20 ms    |
| $t_{BM}$       | Delay between BS and MAG  | 5 ms     |
| $t_{MP}$       | Delay between MAG and PS  | 10~30 ms |
| $t_{MM}$       | Delay between MAG and MAG | 10 ms    |
| $t_{ML}$       | Delay between MAG and LMA | 10~50 ms |

에서 MAG로 MN의 연결을 알리는 시간( $T_{LUE}$ ), MAG가 MN에 대하여 PS와 AAA 인증 및 프로파일 일을 받아오는 시간( $T_{AAA}$ ), MAG가 LMA에 MN를 등록하는 시간( $T_{PBU/PBA}$ ) 그리고 MAG로부터 MN가 첫번째 패킷을 받는데 걸리는 시간( $T_D$ )들이 포함되며 식 (1)과 같이 표현된다. 이 때,  $t_{AB}$ 는 노드 A와 B간의 패킷 전송 시간이라고 가정하였고 성능분석의 파라미터들은 표 1와 같다.

$$\begin{aligned}
 T_{Handoff\ Delay}(PMIPv6) & \quad (1) \\
 &= T_{L2HO} + T_{LUB} + T_{AAA} + T_{PBU/PBA} + T_D \\
 &= t_{L2HO} + 2t_{BM} + 2t_{MP} + 2t_{ML} + t_{Wireless}
 \end{aligned}$$

제안된 방식은 MN가 Layer2 핸드오프( $T_{L2HO}$ )를 수행하는 동안 망의 MAG가 MN에 대한 AAA 인증 및 프로파일( $T_{LUE}+T_{AAA}$ )을 받아온다. 따라서, 핸드오프 지연시간은 이 두 과정의 최대 지연시간 ( $\max\{T_{L2HO}, T_{LUE}+T_{AAA}\}$ ), new MAG와 old MAG 간에 등록하는 시간( $T_{IM-PBU/PBA}$ ) 그리고 MAG로부터 MN가 첫번째 패킷을 받는데 걸리는 시간( $T_D$ )들이 포함되며 식 (2)과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned}
 T_{Handoff\ Delay}(proposed) &= \max\{T_{L2HO}, (T_{LUE} + T_{AAA})\} \\
 &+ T_{IMPBU/PBA} + T_D \\
 &\approx t_{L2HO} + t_{BM} + 2t_{MM} + t_{Wireless}
 \end{aligned} \quad (2)$$

식 (2)에서 식(1)을 빼봄으로써, 제안된 방식과 PMIPv6의 핸드오프 지연시간을 비교해 보면, 식 (3)과 같다.

$$\begin{aligned}
 T_{Handoff\ Delay}(PMIPv6) - T_{Handoff\ Delay}(proposed) & \quad (3) \\
 \approx t_{BM} + 2t_{MP} + 2(t_{ML} - t_{MM})
 \end{aligned}$$

제안된 방식은 MN의 Layer2 핸드오프( $T_{L2HO}$ ) 절차와 MN의 AAA 인증 및 프로파일 획득 절차가 동시에 발생하기 때문에, 기존의 PMIPv6에서 핸드오프 이후의 MN의 AAA 인증 및 프로파일 획득 절차로 인한 지연시간이 존재하지 않는다. 또한, 제안된 방식은 MAG간의 Dynamic Virtual Hierarchy 망 구조의 특성을 지니기 때문에, 기존의 PMIPv6의 MAG/LMA간의 등록 절차가 아닌 MAG들간의 등록 절차가 수행된다. 이것은 이웃하는 MAG들간의 등록 과정이 상대적으로 먼 거리의 LMA와의 등록 과정보다 효율적이고 지연 시간이 짧기 때문에, 등록 지연시간을 줄일 수 있다.

MN와 CN이 같은 도메인 내에 존재하는 경우, 제안된 방식은 기존의 PMIPv6 보다 효율적인 데이터 전송 과정을 보여준다. 기존의 PMIPv6에서는  $MN \leftrightarrow MAG_{MN} \leftrightarrow LMA \leftrightarrow MAG_{CN} \leftrightarrow CN$ 와 같은 경로를 통하여 MN와 CN이 서로 데이터를 전송하였지만, 제안된 방식은 MAG간의 직접적인 경로를 통하여 데이터를 전송하는  $MN \leftrightarrow MAG_{MN} \leftrightarrow MAG_{CN} \leftrightarrow CN$ 와 같은 경로 택하게 된다. 따라서, 제안된 방식은 최적의 경로를 통하여 데이터를 전송하기 때문에 효율적으로 망의 자원을 활용하고 짧은 양단간 데이터 전송 지연을 가지게 된다 (식 (4)).

$$\begin{aligned}
 T_{ETEDelay}(PMIPv6) - T_{ETEDelay}(proposed) & \quad (4) \\
 &= (2t_{Wireless} + 2t_{BM} + t_{ML} + t_{LMA}) \\
 &- (2t_{Wireless} + 2t_{BM} + t_{MM}) \\
 &= 2t_{ML} - t_{MM}
 \end{aligned}$$

그림 8은  $t_{ML}$ 와  $t_{MP}$ 의 변화에 따른 핸드오프 지연 시간을 보여준다. 위의 정량적 분석에서와 같이, 제안된 방식은 MAG간의 Dynamic Virtual Hierarchy 망 구조의 특성을 지니기 때문에 기존의 PMIPv6과 달리 MAG와 LMA간의 지연시간에 무관하게 안정되고 낮은 핸드오프 지연시간을 보여주는 것을 알 수 있다. 이러한 특징은 제안된 방식이 기존의 LMA로 집중되는 트래픽 부하를 다수의 MAG로 분산시키고, 이웃하는 MAG간 패킷 전달의 최적의 경로를 제공해 줌으로써 망에 확장성과 안정성을 제공해 줄 수 있다. 또한, 제안된 방식은 MN가 Layer2 핸드오프를 수행하는 동안 망의 MAG가 MN에 대한 AAA 인증 및 프로파일( $T_{LUE}+T_{AAA}$ ) 획득 절차를 수행하기 때문에, 핸드오프 이후 AAA 인증 및 프로파일 획득 절차

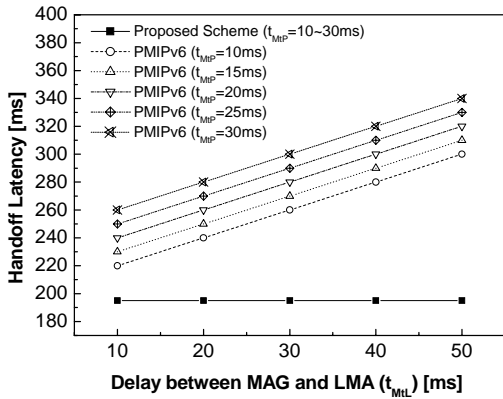


그림 8.  $t_{ML}$ 와  $t_{MP}$ 의 변화에 따른 핸드오프 지연시간

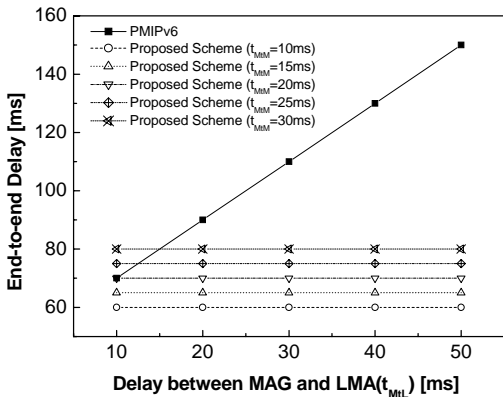


그림 9.  $t_{ML}$ 와  $t_{MIM}$ 의 변화에 따른 양단간 패킷 전달시간

로 인한 핸드오프 지연시간을 줄일 수 있다.

그림 9는  $t_{ML}$ 와  $t_{MIM}$ 의 변화에 따른 양단간 패킷 전달시간을 보여준다. 위에서 설명한 바와 같이 제안된 방식은 MAG간의 Dynamic Virtual Hierarchy 망 구조 기반으로 MAG간 패킷 전달의 최적의 경로를 제공해 줌으로써 기존의 PMIPv6에 비해 상당히 낮은 양단간 패킷 전달시간을 보여줄 수 있다.

### V. Conclusions

본 논문에서는 Proxy-MIPv6을 기반으로, 빠르고 효율적인 핸드오프를 지원하는 망 기반의 이동성 지원 방안을 제안하였다. 제안된 방식은 MAG간의 dynamic virtual hierarchy 망 구조를 활용함으로써 망의 확장성과 안정성을 제공하고, PS 기반의 빠른 인증 및 프로파일 획득 기법을 활용함으로써 빠르고 효율적인 핸드오프를 제공할 수 있다.

성능 분석 및 토의를 통하여 제안된 방식이 기존의 PMIPv6 방식보다 안정되고 낮은 핸드오프 지연 시간을 가짐을 알 수 있으며, 기존의 LMA로 집중되는 트래픽 부하를 다수의 MAG로 분산시키고, 이웃하는 MAG간 패킷 전달의 최적의 경로를 제공해 줌으로써 망에 확장성과 안정성을 제공해 줄 수 있다.

### 참고 문헌

- [1] D. Johnson, et al. "Mobile Support in IPv6," IETF RFC 3775, June 2004.
- [2] "Network-based Localized Mobility Management (NETLMM)," IETF Working Group, <http://www.ietf.org>.
- [3] I. Akiyoshi and M. Liebsch, "Netlmm protocol: draft-akiyoshi-netlmmprotocol-00.txt," IETF draft, October 2005.
- [4] G. Giaretta, I. Guardini, and E. Demaria, "Network-based localized mobility management (netlmm) with distributed anchor routers: draftgiaretta-netlmm-protocol-00.txt," IETF draft, October 2005.
- [5] V. Raman, and et al. "A protocol for network-based localized mobility management: draft-raman-netlmmprotocol-00.txt," IETF draft, February 2006.
- [6] S. Gundavelli, et al. "Proxy Mobile IPv6," IETF draft-ietf-netlmm-proxymip6-07.txt, Nov. 2007.
- [7] J. Kempf, "Problem Statement for Network-based Localized Mobility Management (NETLMM)," IETF RFC 4830, April 2007.
- [8] J. Kempf, "Goals for Network-based Localized Mobility Management (NETLMM)," IETF RFC 4831, April 2007.
- [9] B. Sarikaya and et al. "PMIPv6 Route Optimization Protocol," IETF draft-qin-mipshop-pmipro-01.txt, Nov. 2007.
- [10] C.M. Mueller and O. Blume, "Network-based Mobility with Proxy Mobile IPv6," IEEE PIMRC 2007, pp.1-5, Sept. 2007.
- [11] J. Abeille, and et al. "Mobility Anchor Controlled Route Optimization for Network Based Mobility Management," IEEE GLOBECOM 2007, pp.1802-1807, Nov. 2007.



이 성 근(Sungkuen Lee)

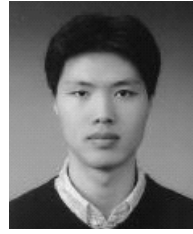
정회원



2004년 2월 고려대학교 전기  
전자전파공학과 학사  
2007년 3월 고려대학교 전자  
공학과 석박사통합과정수료  
2007년 3월~현재 고려대학교  
전자공학과 박사과정  
<관심분야> 전자공학, 광통신  
공학, 무선통신공학, 이동성 관리 기술

임 태 형(Taehyong Lim)

정회원



2005년 8월 고려대학교 전기전  
자전파공학부 학사  
2007년 6월 고려대학교 전자전  
기공학부 석사과정  
<관심분야> 전자공학, 무선통신  
공학, 이동성 관리 기술

전 유 찬(Youchan Jeon)

정회원



2004년 2월 고려대학교 전자  
및 정보공학과 학사  
2006년 2월 고려대학교 전자공  
학과 석사  
2007년 9월~현재 고려대학교  
전자전기공학과 박사과정  
<관심분야> 전자공학, 무선통신  
공학, 이동성 관리 기술

박 진 우(Jinwoo Park)

종신회원



1979년 2월 고려대학교 전자공  
학과 학사  
1983년 8월 클렘슨대학교 전자  
공학과 석사  
1987년 11월 버지니아 주립대  
학교 박사  
1988년 3월~1989년 2월 명지  
대학교 전자공학과 교수  
1989년 3월~현재 고려대학교 전자공학과 교수  
<관심분야> 무선통신공학, 광통신공학, 광통신망