



# 계층적 무선 이동 네트워크 기반 효율적인 고속 데이터 전송을 위한 멀티채널 IAPP 핸드오버 기법 연구

이기정\*, 박병주\*\*

## A Study on Multi-channel IAPP Scheme for Efficient Fast Data Transmission based on Hierarchical Wireless Mobile Networks

Kijeong Lee\*, Byungjoo Park\*\*

---

본 연구는 2018년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임  
(No.2018R1D1A1B07044131)

---

### 요 약

MIPv6(Mobile IPv6)는 IPv6 네트워크에서 MN(Mobile Node)이 CN(Correspondent Node)과 통신 중 새로운 서브넷으로 이동해도 인터넷 연결을 유지하기 위해 필요한 핸드오버 지연에 의해 멀티미디어 통신 서비스의 질을 저하시키는 패킷 손실 등의 문제가 발생한다. 바인딩(Binding) 관리에 계층구조를 적용해 MN의 이동을 지역적으로 관리하여 빠른 핸드오버를 지원하기 위해 HMIPv6(Hierarchical MIPv6)가 제안되었지만 MAP 도메인 내에서도 MN이 몇몇 서브넷이 중첩된 곳에서 각 서브넷을 지속적으로 빈번하게 옮겨 다니는 경우 과도한 핸드오버가 발생한다. 본 논문은 HMIPv6에서 MN이 MAP 도메인 내 여러 서브넷 사이를 빈번하게 오고갈 때 과도한 핸드오버 발생에 따른 패킷 손실, 데이터 전송 서비스의 품질 저하 문제 최소화를 위해 진보된 MD (Movement Detection)방법을 통한 I-HMIPv6(Improved-HMIPv6) 기법 제안과 성능 비교 분석을 한다.

### Abstract

MIPv6 (Mobile IPv6) maintains connection between MN (Mobile Node) and CN (Correspondent Node) during communication nevertheless MN moves to new subnet. To maintain the connection, the handover procedure must be performed. However, there are instances that delay will occur during handover procedure which can cause packet loss. So the QoS of multimedia services will downgrade. HMIPv6 (Hierarchical MIPv6) which defines MAP (Mobility Anchor Point) to manage MN's mobility regionally and to reduce handover latency is proposed. But if MN moves frequently between each subnet, a handover overload will occur. To address these problems in this paper, we propose I-HMIPv6 (Improved-HMIPv6) for adapting advanced MD (Movement Detection) to reduce handover latency, packet loss and to improve QoS of data transmission service.

### Keywords

hierarchical mobility management, fast handover, multimedia, QoS, IAPP

---

\* 현대로템 기술연구소 신호시스템팀  
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0426-1334>  
\*\* 한남대학교 멀티미디어학과 교수  
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0314-7094>

• Received: Nov. 26, 2018, Revised: Jan. 17, 2019, Accepted: Jan. 20, 2019  
• Corresponding Author: Byungjoo Park  
Department of Multimedia Engineering, Hannam University, Hannam-ro 70,  
Deadeok-gu, Daejeon, Korea.  
Tel.: +82-42-629-8489 Email: [bjpark@hnu.kr](mailto:bjpark@hnu.kr)

## I. 서 론

Mobile IP Working Group은 휴대용 단말을 이용해 IPv6 네트워크에서 이동 중에도 무선 인터넷 서비스를 지원하는 MIPv6(Mobile IPv6)를 표준화했다 [1]. MIPv6에서 MN(Mobile Node)은 CN(Correspondent Node)과 통신 중에 새로운 서브넷으로 이동해도 자신의 HoA(Home Address)와 새로운 서브넷에서 사용할 CoA(Care of Address)를 HA(Home Agent)에 바인딩(Binding)함으로써 CN과의 인터넷 연결을 보장 받는다. MN이 새로운 서브넷으로 이동해도 연결을 유지하기 위해서는 핸드오버를 수행해야 하는데 이 과정에서 일시적으로 MN과 CN이 통신할 수 없는 핸드오버 지연이 발생한다. 이 때 전송받던 패킷은 손실되고 지연이 길어질수록 손실되는 패킷의 양이 많아져 결국 양질의 멀티미디어 서비스를 원활하게 제공할 수 없게 된다. IETF는 핸드오버 지연을 줄이기 위해 바인딩 관리에 계층구조를 적용하여 MN의 이동을 지역적으로 관리하는 MAP(Mobility Anchor Point)을 새로 정의한 HMIPv6(Hierarchical MIPv6)를 표준화했다[2].

HMIPv6는 MAP 도메인 내에서 MN이 이동할 경우 MAP이 Local HA의 역할을 하여 HA와 CN에 대한 바인딩 업데이트 시그널링 비용을 줄인다. 하지만 같은 MAP 도메인 내에서도 MN이 몇몇 서브넷 사이를 지속적으로 오고갈 경우 과도한 핸드오버가 발생하면서 MN의 시그널링 비용이 증가되고 핸드오버 지연에 따른 안정적인 멀티미디어 서비스 제공이 어려워진다.

본 논문에서는 HMIPv6 네트워크에서 하나의 MAP 도메인 내 몇몇 서브넷의 중첩부분에 위치한 MN이 지속적으로 각각의 서브넷 사이를 오고가는 이동성을 가질 때 과도한 핸드오버 발생으로 인한 패킷 손실 문제를 최소화하여 보다 나은 품질의 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 향상된 성능을 가진 I-HMIPv6(Improved-HMIPv6)를 제안한다. 본 논문의 구성은 2장에서 관련 연구 및 문제점에 대해 분석하고 3장에서 제안 기법의 핸드오버 시그널링에 대해 설명한다. 4장에서는 기존 기법과의 성능 분석 및 비교를 수행하고 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련연구 및 문제점

### 2.1 Mobility Management over IPv6

MIPv6는 MN이 홈 네트워크에서 새로운 서브넷으로 이동해도 HA로부터 할당받은 HoA를 변경하지 않고 새로운 네트워크의 라우터인 NAR(New Access Router)의 Prefix를 받아 생성한 CoA[3]를 HA와 CN에 바인딩하여 네트워크 접속점이 바뀌어도 지속적인 통신을 지원한다. MN이 새로운 서브넷으로 이동해 네트워크 접속점이 바뀌어도 통신을 가능하게 하기 위해서는 핸드오버가 필요하다.

2계층과 3계층에서 발생하는 핸드오버는 이동감지(MD, Movement Detection), 주소 생성, 중복주소검사(DAD, Duplicate Address Detection), 바인딩 업데이트 단계로 이루어진다.

MD는 MN이 IPv6의 ND(Neighbor Discovery) [4][5]로 RS(Router Solicitation)를 통해 RA(Router Advertisement)로부터 NAR의 Prefix를 얻는 동작을 수행한다. 주소 생성은 MD 과정에서 얻은 NAR의 Prefix를 이용해 IPv6의 Address Auto Configuration을 통해서 CoA를 생성하는 과정이고 DAD는 MN이 생성한 CoA가 네트워크 내에서 유일한 주소인지 검사하기 위해 이웃 노드들에게 NS(Neighbor Solicitation) 메시지를 전송하고 NA(Neighbor Acknowledge) 메시지의 수신 여부로 동일한 주소를 사용하는 다른 이동 노드를 검출하는 과정이다.

바인딩 업데이트(BU, Binding Update)는 MN이 DAD를 수행한 CoA를 HA 및 CN에게 보내 바인딩 정보를 갱신하기 위한 절차로 CoA를 포함한 BU 메시지를 HA에 전송하고 HA는 BACk(Binding Acknowledge)를 다시 MN에게 보내 바인딩이 완료되었음을 알린다. MIPv6에서 MN은 HA를 통해 받은 패킷의 소스 주소로 CN에 BU와 BA로 CoA를 바인딩하여 HA를 거치지 않고 직접 통신하는 라우팅 경로 최적화(Routing Optimization)을 지원한다. 하지만 바인딩 업데이트가 이루어지기까지 발생하는 핸드오버의 긴 지연이 연결 단절과 패킷 손실을 일으키고 안정적인 멀티미디어 서비스를 제공하는데 문제가 된다[6][7].

## 2.2 Hierarchical Mobility Management over IPv6

IETF는 기존 Mobile IPv6의 긴 핸드오버 지연시간에 의한 문제점을 해결하고 보다 안정적인 이동통신을 위해 네트워크에 계층 구조를 적용하고 MN의 이동과 바인딩을 지역적으로 관리하는 HMIPv6를 제안하였다. 계층 구조를 통한 관리를 위해 HMIPv6는 MN의 Local HA 역할을 하는 MAP (Mobility Anchor Point)을 새로 정의하여 MN의 이동을 지역적으로 관리해 핸드오버에 필요한 시그널링 부하를 줄인다[8][9].

MIPv6 환경에서 MN이 이동하면 BU 전송을 통해 HA와 CN에게 CoA 정보를 전송한다. HMIPv6 환경에서는 CoA가 도메인 레벨의 RCoA(Regional Care of Address)와 링크 레벨의 LCoA(on-Link Care of Address)로 나뉘어 구성된다. MN은 도메인 레벨의 RCoA를 MAP 도메인 Prefix 기반으로 생성하고 링크 레벨의 LCoA를 AR(Access Router) Prefix 기반으로 생성한다. MN은 MAP 도메인 내에서 이동할 때는 AR의 Prefix 기반으로 생성한 LCoA를 MAP에 바인딩 하는 것으로 핸드오버가 완료된다.

따라서 MAP은 HMIPv6 네트워크에서 Local HA 역할을 하게 된다. 또한 이와 같이 하나의 MAP 도메인 내에서 MN이 이동할 때 발생하는 핸드오버를 Micro 핸드오버라 하고 MN이 현재 MAP 도메인에서 다른 외부 MAP 도메인으로 이동할 경우 발생하는 핸드오버를 마이크로 핸드오버라 한다.

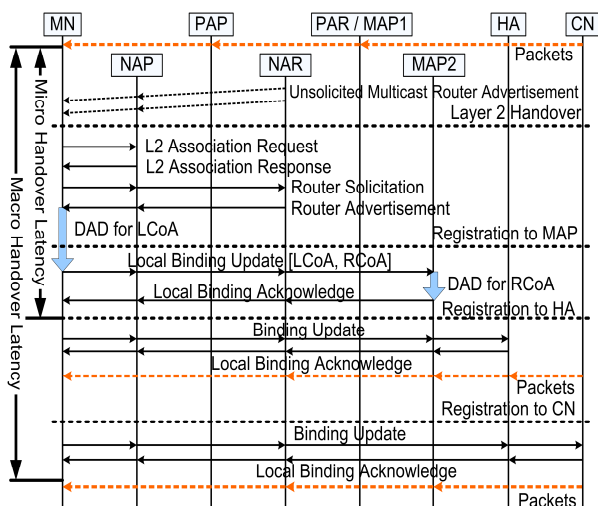


그림 1. HMIPv6의 핸드오버 절차  
Fig. 1. Handover procedure of HMIPv6

마이크로 핸드오버 시 MN은 새로운 MAP의 Prefix와 AR의 Prefix를 기반으로 새 RCoA와 LCoA를 생성하고, LCoA는 MAP에, RCoA는 HA와 CN에 바인딩한다.

그림 1은 HMIPv6의 핸드오버 시그널링 절차를 보여준다. MN이 MAP1 도메인에서 새로운 MAP2 도메인으로 이동하면 NAP(New Access Point)에 Layer 2(L2) Association Request와 Association Response를 주고받아 L2 단계 핸드오버를 마친다.

다음으로 Layer 3(L3) 핸드오버 절차 수행을 위해 NAR에 RS(Router Solicitation)를 전송하여 라우터 Prefix 정보가 담긴 RA(Router Advertisement)를 전송받아 LCoA를 생성하고 이에 대한 중복주소검출(DAD, Duplicate Address Detection) 절차를 수행하는데 LCoA는 MN이 새로운 AR의 영역으로 이동할 때 마다 새로 생성된다[10].

또한 MN은 RA 메시지의 MAP option에 담긴 MAP Prefix로 RCoA를 생성한다. RCoA는 MN이 새로운 MAP 도메인으로 이동하기 전까지 변경되거나 새로 생성되지 않는다. MN이 LCoA와 RCoA를 생성하면 두 주소를 담은 LBU(Local Binding Update) 메시지를 MAP에 전송한다. MAP은 수신한 LBU에 포함된 RCoA에 대한 DAD 절차를 수행한다. MAP은 DAD 결과 도메인 내 유일한 주소임이 확인되면 자신의 Binding Cache에 MN의 LCoA와 RCoA를 저장하고 LBAck(Local Binding Acknowledge) 메시지를 MN에 전송하여 LBU가 완료되었음을 알린다.

이후 MN은 HA에 자신의 위치를 등록하기 위해 HoA와 RCoA를 담은 BU 메시지를 전송하고 HA는 이를 받아 MN의 RCoA를 목적지 주소로 하여 BAck 메시지를 전송한다. MAP은 MN의 RCoA로 전송되는 패킷을 가로채 MN의 LCoA로 터널링하여 패킷을 전송한다. HA에 바인딩한 MN은 라우팅 최적화를 위해 CN에 RCoA를 바인딩한다.

만약 MN이 하나의 MAP 도메인 내에서 새로운 AR 영역으로 접속점을 옮길 경우는 LCoA만 생성해 MAP에 바인딩하는 마이크로 핸드오버 절차로 기존 MIPv6보다 훨씬 빠른 핸드오버를 수행하는 것이 가능하다. 하지만 MN이 새로운 MAP 도메인으로 이동하는 마이크로 핸드오버의 경우 RCoA, LCoA를 모두 생성하는데 걸리는 시간과 각각의

DAD수행 시간에 의한 지연으로 기존 MIPv6보다 더 긴 지연이 발생되며 패킷 손실 문제가 여전히 존재한다. 또한 하나의 MAP 도메인 내에서도 MN이 몇몇 AR가 중첩된 곳에 위치하며 각각의 서브넷을 지속적으로 오고가는 이동성을 가지면 마이크로 핸드오버의 발생 횟수가 증가되고 그 횟수만큼 계속해서 LCoA 생성 및 DAD를 수행하고 MAP에 대하여 로컬 바인딩 해야하기 때문에 네트워크 트래픽 증가 및 MN의 자원 낭비, ping-pong 문제 등이 발생할 수 있다.

### III. 제안 방법

HMIPv6 환경에서 MN의 빠른 인증과 핸드오버 메시지 전송 시 발생하는 지연시간 및 패킷 손실을 줄이기 위해 본 논문에서는 AP 간의 통신을 통해 이웃한 NAR이 MN의 정보를 빠르게 공유하도록 하는 I-HMIPv6를 제안한다. 제안 기법을 위해 기존 AP에 NAR의 RA를 저장할 버퍼를 추가한 DBAP (Dual Buffer Access Point)를 정의하고 각각의

NDBAP(Neighbor Dual Buffer Access Point)는 IEEE 802.11F에서 정의한 IAPP(Inter-Access Point Protocol)을 이용해 통신한다. MN은 하나의 MAP 도메인 내에 있는 세 개의 서브넷이 중첩된 곳에 위치하고 있고 WLAN 환경이라 가정한다. 그림 2는 제안하는 I-HMIPv6 프로토콜의 핸드오버 절차이다.

#### 3.1 L2 계층 MD 과정

제안한 I-HMIPv6에서 새로 정의한 DBAP는 AR로부터 주기적으로 전송되는 RA를 추가된 버퍼에 저장한다. 또한 IAPP로 이웃한 NAR의 RA에 포함된 Prefix와 MN의 ID를 주고받아 함께 저장한다. MN이 PDBAP(Previous Dual Buffer Access Point)에서 NDBAP1의 영역으로 이동한 후 접속을 위해 L2 Association Request 메시지를 보내면 NDBAP1은 이를 받아 즉시 IAPP를 통해 이웃한 NDBAP와 이들이 연결된 NAR들에게 MN의 ID를 전송하고 NAR들의 Prefix를 요청한다.

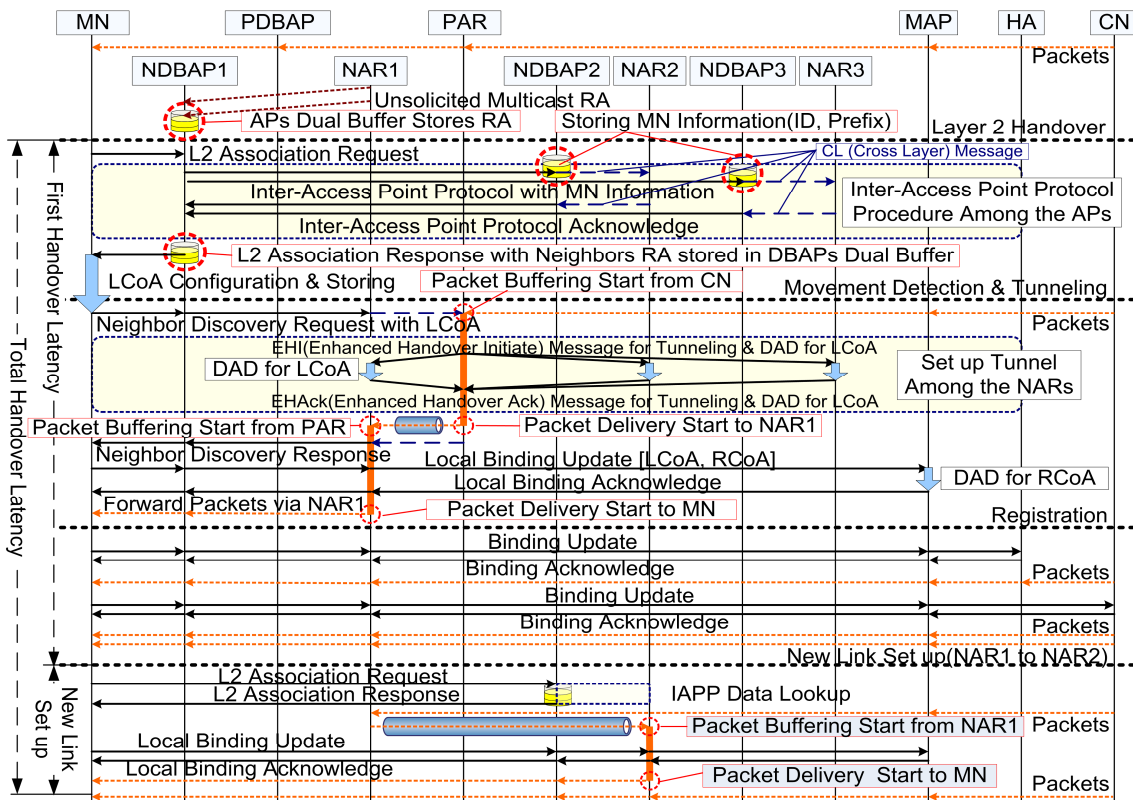


그림 2. I-HMIPv6 알고리즘의 핸드오버 절차  
Fig. 2. Handover procedure of I-HMIPv6

NAR들은 이 메시지에 대한 응답과 함께 자신들의 Prefix를 NDBAP로 보내고 NDBAP들은 IAPP를 통해 다시 NDBAP1에게 전송하여 각각의 서브넷에서 MN의 정보와 각 NAR 및 MAP의 Prefix를 공유할 수 있게 한다.

NDBAP1은 MN의 L2 Association Request의 응답으로 IAPP를 통해 공유한 NAR1, NAR2, NAR3의 RA 메시지에 포함된 Prefix를 L2 Association Response에 모두 포함하여 MN에게 전송한다.

듀얼 버퍼를 가진 DBAP가 라우터의 RA를 저장하고 있기 때문에 MN이 라우터에게 RA를 요청하기 위해 RS를 전송하거나 RA를 수신하기 위해 기다리는 지연 시간을 줄일 수 있다.

### 3.2 IAPP 절차

제안 기법은 하나의 MAP 도메인 내에서 MN이 PAR에 접속되어 서비스를 받고 있다가 세 개의 서브넷이 중첩된 부분으로 이동하였을 경우 이웃한 서브넷끼리 각각의 정보를 공유하기 위해 IAPP 서비스를 이용 가능해야 한다. MN이 L2 핸드오버를 시작하기 위해 맨 처음 NDBAP로 보내는 신호에는 MN의 ID 정보가 포함되어있고 이를 수신한 NDBAP는 IAPP의 ADD-Notify 패킷으로 자신이 접속된 라우터의 Prefix 정보와 MN의 ID 정보를 이웃 NDBAP에게 전송한다. IAPP 패킷의 Command 필드는 0부터 6까지 7종류의 패킷을 구분하고 있으며 ADD-Notify 패킷은 이 Command 필드가 0이다. Data 필드의 Reserved 비트에 1비트의 N-Flag를 추가하여 IAPP 옵션을 통해 IAPP를 지원하지 않을 경우 ND를 수행한다.

### 3.3 Regular 핸드오버 등록 절차

기존 HMIPv6에서 MAP 도메인 내 MN의 이동은 Local HA 역할을 하는 MAP에 Local Binding Update만을 수행함으로써 HA와 CN에 핸드오버를 위한 시그널링을 생략해 MIPv6보다 빠른 핸드오버를 지원한다. 하지만 MAP 도메인 내에서도 MN은 다른 라우터의 서브넷 영역으로 이동하면 매번 LCoA 생성과 Local Binding Update를 위한 DAD를 수행해야

하는데 이 때 몇몇 서브넷이 중첩된 곳에서 MN이 빈번하게 각 서브넷을 오고가는 이동성을 가지게 되면 지연 문제가 발생하게 된다.

MN이 핸드오버가 완료되기 전에 다시 이동함으로써 전송되던 패킷은 MN에 제대로 전달되지 못하고 손실된다. 제안 기법에서는 MD 절차 이후 MN이 이웃한 세 NAR들의 Prefix를 받아 세 개의 LCoA를 생성하고 라이프 타임을 지정한 후 일정 시간동안 저장하며 생성한 모든 LCoA를 NAR에 전송한다.

NAR은 PAR로 전송되던 패킷에 대해 버퍼링 시작을 요청하기 위한 메시지를 MN으로부터 전송받은 LCoA와 함께 PAR에 전송하고 PAR은 라우터간 터널링과 LCoA의 DAD를 위해 터널링 요청 메시지에 각 라우터의 Prefix 기반 LCoA를 포함하여 NAR들에게 전송한다. 이를 수신한 NAR들은 LCoA에 대한 DAD를 수행하고 결과를 터널링 요청에 대한 응답과 함께 PAR로 전송하여 라우터간 터널링 설정을 완료하고 설정된 터널을 통해 자신이 버퍼링 하던 패킷을 NAR1에게 전송한다.

NAR1은 PAR로부터 받은 패킷을 버퍼링하기 시작하고 MN은 DAD가 끝난 LCoA를 MAP에 LBU 메시지를 통해 등록한다. 이 때 MN이 접속해 있던 PAR의 MAP이 현재 접속된 MAP이 아닌 외부 도메인일 경우 HA와 CN에 RCoA를 등록하고 핸드오버를 종료한다. 하지만, MN이 NAR1에서 NAR2의 영역으로 다시 이동할 경우 새로운 링크 설정을 위한 핸드오버 절차는 처음의 MD 과정에서 IAPP를 통한 정보 공유와 LCoA 생성 및 DAD, 라우터간 터널링 설정을 생략할 수 있다. MN이 NAR2의 영역으로 이동하여 NDBAP2에 L2 핸드오버를 위한 메시지와 자신의 ID 정보를 함께 전송하면 NDBAP2는 앞서 IAPP를 통해 공유한 MN ID 정보와 NAR2의 정보에 대한 Data Lookup을 수행하여 일치하는 정보가 있을 경우 곧바로 터널링을 통해 NAR1로부터 NAR2로 패킷을 전송받고 NAR2는 이를 버퍼링한다.

그리고 MN은 NAR2 서브넷에서 사용할 LCoA를 곧바로 MAP에 LBU 메시지로 보내 등록함으로써 고속의 핸드오버 지원이 가능하다. 따라서 MN이 주변에 존재하는 다중 서브넷 사이를 왕복해서 이



동하여도 고속의 핸드오버를 지원함으로써 등록 지연 시간 문제 발생을 최소화하고 빈번하게 발생하는 핸드오버로 낭비되는 MN의 트래픽 자원을 절약할 수 있다.

#### IV. 성능 분석 및 성능 평가

본 장에서는 제안한 기법의 성능평가를 위해 기존 HMIPv6와 전체 핸드오버 지연 시간을 분석하여 비교하였다. L2 핸드오버 지연시간을 위한 전송구간과 네트워크 전송구간에 대한 파라미터를 정의하였다. 표 1은 성능분석을 위해 전체 핸드오버 지연시간을 계산하기위한 파라미터의 설정과 그 설명이다.

표 1. 핸드오버 지연 구간 정의

Table 1. Definition of handover latency section

Symbol	Description
$t_{MP}$	MN↔AP Message Transmission time
$t_{PP}$	AP↔AP Message Transmission time
$t_{PR}$	AP↔AR Message Transmission time
$t_{RR}$	AR↔AR Message Transmission time
$t_{RM}$	AR↔MAP Message Transmission time
$t_{MH}$	MAP↔HA Message Transmission time
$t_{MC}$	MAP↔CN Message Transmission time
$t_{CoA}$	CoA Configuration Time
$t_{DAD}$	DAD Processing Time

#### 4.1 전체 핸드오버 지연시간 분석 방법

두 기법의 비교를 위해 전체 핸드오버 지연시간을 구하기 위하여 같은 네트워크 환경에서 각 무선과 유선구간의 메시지 전송시간은 동일하다고 가정하고 값을 지정하여 계산하였다.

그림 3은 HMIPv6의 전체 핸드오버 지연시간을 분석한 타이밍 다이어그램이다. 표 1에서 정의한 파라미터와 그림 3의 분석을 통해서 HMIPv6의 마이크로 핸드오버와 마이크로 핸드오버의 지연시간은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$T_{Micro} = T_{L2} + T_{MD} + T_{CoA} + 2T_{DAD} + T_{LBU} \quad (1)$$

$$T_{Macro} = T_{Micro} + T_{HBU} + T_{CBU}$$

그림 3은 MN이 MAP1의 PAR 영역에서 MAP2의 NAR 영역으로 이동했을 때 발생하는 핸드오버 시그널링을 분석하고 있는데 MN이 MAP2 도메인으로 이동한 후 MAP2 도메인 내에서 다른 AR 영역으로 이동해 새로운 링크를 설정할 때에는 전체 핸드오버 지연시간에 Micro 핸드오버의 지연시간만 새로 추가된다. 식 (2)는 HMIPv6 네트워크에서 MN이 새로운 MAP에 도메인에 접속한 후 도메인 내에서 서브넷을 이동할 때 발생하는 전체 핸드오버 지연시간을 나타낸다.

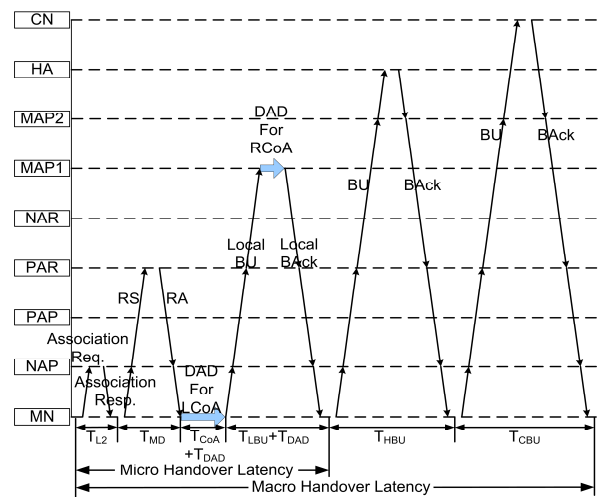


그림 3. HMIPv6 핸드오버 지연시간  
Fig. 3. Handover latency of HMIPv6

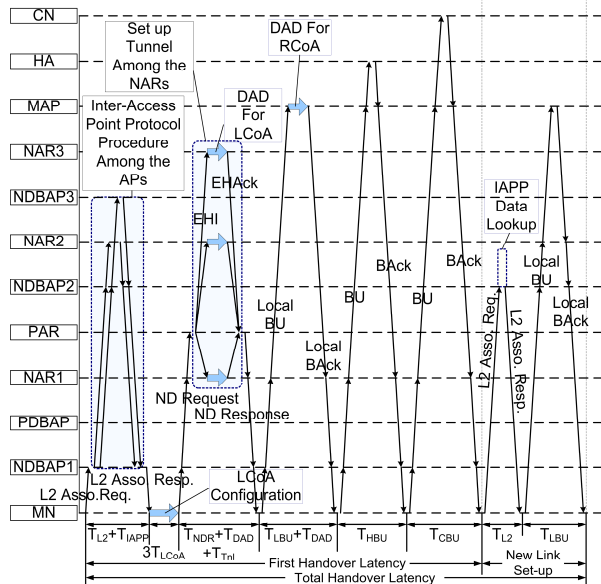


그림 4. I-HMIPv6 핸드오버 지연시간  
Fig. 4. Handover latency of I-HMIPv6

$$\begin{aligned}
 T_{HMIPv6} &= T_{Macro} + (N-1) T_{Micro} & (2) \\
 &= 10t_{MP} + 8t_{PR} + T + 2T_{DAD} + 6t_{RM} \\
 &\quad + 2t_{MH} + 2t_{MC} + (N-1)(6t_{MP} + 4t_{PR} \\
 &\quad + 2T_{DAD} + T_{CoA} + 2t)
 \end{aligned}$$

HMIPv6에서 발생하는 전체 핸드오버 지연시간은  $T_{HMIPv6}$ 라 하였다.

그림 4는 제안한 I-HMIPv6의 전체 핸드오버 지연시간을 분석한 타이밍 다이어그램이다. MN은 HMIPv6의 분석과 마찬가지로 MAP 도메인으로 이동하여 접속한 후 도메인 내에서 AR의 접속점을 옮겨가며 이동한다.

MN이 MAP 도메인에 처음 접속할 때 발생하는 핸드오버 지연시간을  $T_{First}$ 라 하고 도메인 내에서 새로운 AR의 서버넷으로 이동할 경우 링크 설정을 위해 발생하는 핸드오버 지연시간을  $T_{NL}$ 이라 정하여 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 T_{First} &= T_{L2} + T_{IAPP} + 3T_{CoA} + T_{Tnl} + T_{DAD} + & (3) \\
 &\quad T_{LBU} + T_{HBU} + T_{CBU} \\
 T_{NL} &= T_{L2} + T_{LBU}
 \end{aligned}$$

식 (3)을 통해서 MAP 도메인 내 서버넷의 중첩된 곳에 위치한 MN이 각 서버넷을 짧은 시간 동안 오고가는 이동을 할 경우 발생하는 전체 핸드오버 지연시간을  $T_{I-HMIPv6}$ 라 하고 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 T_{I-HMIPv6} &= T_{First} + (N-1) T_{NL} & (4) \\
 &= 10t_{MP} + 2t_{PP} + 10t_{PR} + 2t_{RR} + 6t \\
 &\quad + 2t_{MH} + 2t_{MC} + 3T_{CoA} + 2T_{DAD} \\
 &\quad + (N-1)(4t_{MP} + 2t_{PR} + 2t)
 \end{aligned}$$

#### 4.2 성능 평가 비교 분석

성능분석을 통한 전체 핸드오버 지연시간을 기준으로 HMIPv6와 제안한 I-HMIPv6의 성능을 평가하고 비교하였다. 그림 5는 MAP 도메인 내에서 MN이 세 개의 서버넷이 중첩된 곳에서 각각의 서버넷 사이를 오고가는 이동성을 가질 때 HMIPv6와

제안한 I-HMIPv6의 전체 핸드오버 지연시간 증가를 보여준다. 핸드오버가 1회 발생하였을 경우 제안한 I-HMIPv6의 핸드오버 지연시간이 더 긴 것을 볼 수 있다. 하지만 핸드오버 횟수가 증가할수록 기존의 HMIPv6보다 제안 기법의 전체 핸드오버 지연시간 증가율이 훨씬 낮은 것을 볼 수 있다.

이는 MN이 첫 핸드오버 시 DBAP간의 IAPP를 통한 정보공유와 라우터간 터널링 요청과 응답 시그널링이 추가됨에 따라 핸드오버 지연이 늘어났기 때문이다. 하지만 MN이 서버넷을 10회 이동하여 10번의 핸드오버가 발생하였을 때 까지 발생한 총 핸드오버 지연시간은 제안 기법이 기존 HMIPv6의 약 30% 정도로 낮은 것을 확인할 수 있다.

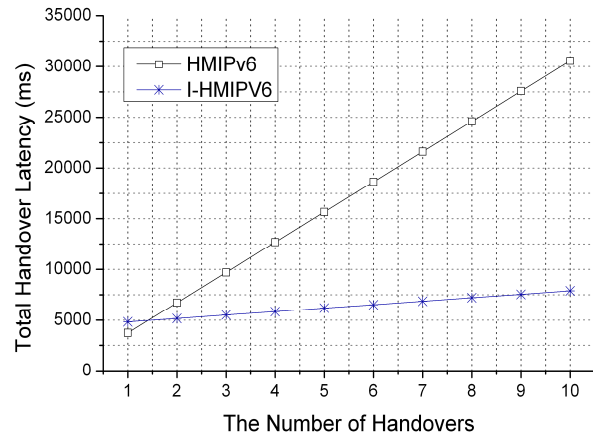


그림 5. 핸드오버 횟수 증가에 따른 전체 핸드오버 지연  
Fig. 5. Total handover latency according to the number of handovers increases

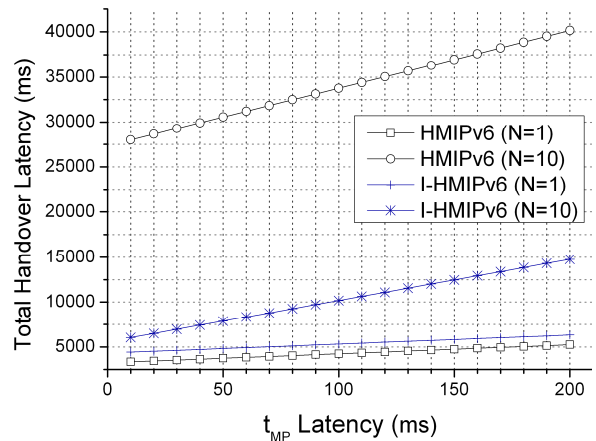


그림 6.  $t_{MP}$  증가에 따른 전체 핸드오버 지연  
Fig. 6. Handover latency according to  $t_{MP}$  increases

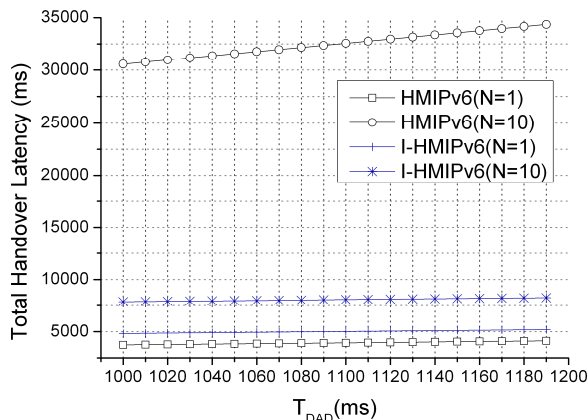


그림 7.  $t_{DAD}$  증가에 따른 전체 핸드오버 지연  
Fig. 7. Handover latency according to  $t_{DAD}$  increases

그리고 두 번째 핸드오버부터는 공유된 정보를 통해 고속의 핸드오버를 지원함으로써 MN이 서브넷을 짧은 시간 동안 여러 번 이동할 때 발생할 수 있는 ping-pong 문제를 최소화 할 수 있다.

그림 7은 네트워크 환경에서 무선구간인 MN과 AP간 메시지 전송시간이 네트워크 품질 저하로 늘어날 경우 전체 핸드오버 지연시간에 미치는 영향을 비교한 그래프이다.

먼저 그림 6은 MN과 AP간 무선 통신구간의 메시지 전송시간으로 정의한 파라미터  $t_{MP}$ 의 값이 증가할 때 핸드오버 횟수를 나타내는 N값이 1일 경우 제안 기법의 핸드오버 지연시간이 조금 더 긴 것을 확인할 수 있다. 하지만 N값이 10일 때 HMIPv6의 전체 핸드오버 지연시간은 제안 시간보다 훨씬 큰 것을 확인할 수 있으며 증가하는 기울기도 제안 기법보다 커 MN과 AP간 무선통신 구간의 네트워크 품질에 따라 더 큰 영향을 받는 것을 확인할 수 있다.

그림 7은 MN이 LCoA에 대해 DAD 검사를 수행하는 시간이 네트워크나 MN의 문제로 늘어날 경우 그에 따른 전체 핸드오버 지연시간 변화를 보여준다. 핸드오버가 1회 일어났을 때는 기울기는 비슷하고 지연시간은 제안 기법이 더 길다. 하지만 핸드오버가 10회 일어났을 경우 제안 기법의 핸드오버 지연 시간이 훨씬 짧아 고속의 핸드오버를 지원하는 것을 확인할 수 있고 기울기가 낮아 DAD 수행시간의 변화에도 훨씬 적게 영향을 받는 것을 확인할 수 있다.

## V. 결 론

본 논문에서는 HMIPv6 네트워크에서 기존의 AP를 수정한 DBAP를 정의하고 이동감지 단계에서 IAPP를 통한 정보공유를 통해 고속의 핸드오버를 지원하는 I-HMIPv6를 제안하였다. 제안 기법은 MAP 도메인 내 몇몇의 서브넷이 중첩된 곳에 위치한 MN이 빈번하게 각각의 서브넷을 오고가는 이동성을 가질 때 기존 HMIPv6 네트워크에서 발생할 수 있는 과도한 핸드오버로 인한 TCP 성능 저하문제 등을 최소화하고 나아가 멀티미디어 통신의 향상된 QoS를 지원할 수 있다. 향후 네트워크 기반 고속 계층적 이동성 관리 프로토콜에서 고속 MD 적용시 터널링을 통한 패킷의 순서 뒤바뀔 문제 해결을 위한 연구가 필요하다[10].

## References

- [1] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6", IETF RFC 3775, Jun. 2004.
- [2] H. Soliman, C. Castelluccia, K. ElMalki and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management (HMIPv6)", RFC 4140, Aug. 2005.
- [3] S. Thomson and T. Narten, "IPv6 Stateless Address Auto-configuration", IETF RFC 2462, Dec. 1998.
- [4] T. Narten and E. Normark, "Neighbor Discovery for IPv6", IETF RFC 2461, Dec. 1998.
- [5] V. Srinivasan and G. Varghese, "Fast address lookups using controlled prefix expansion", ACM Transactions on Computer System, Vol. 17, No. 1, pp. 1-40, Feb. 1999.
- [6] B. J. Park and Y. H. Han, "Adaptive flow mobility algorithm for multimedia traffic management", Asia Life Sciences, Vol. 12, Dec. 2015.
- [7] N. Montavont and T. Noel, "Handover Management for Mobile Nodes in IPv6 Networks", IEEE Communications Magazine, Vol. 40, No. 8, pp. 38-43, Aug. 2002.
- [8] H. Soliman, C. Castelluccia, K. E. Malki, and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility



Management (HMIPv6)", IETF RFC 4140, Aug. 2005.

- [9] S. Pack and Y. Choi, "A study on performance of hierarchical mobile IPv6 in IP-based cellular networks", IEICE Trans. Commun., Vol. E87-B, No. 3, pp. 462-469, Mar. 2004.
- [10] N. Tien-Think. and B. Christian, "Consideration of IP multicast for load balancing in proxy mobile IPv6 networks", Computer Networks, Vol. 72, pp. 113-126, Oct. 2014.

## 저자소개

### 이 기 정 (Kijeong Lee)



2009년 2월 : 한남대학교  
멀티미디어학과(학사)  
2011년 2월 : 한남대학교  
멀티미디어공학과(석사)  
2012년 8월 : 현대로템 기술연구소  
신호시스템  
관심분야 : 무선 네트워크, IPv6,  
Mobile IP, IEEE 802.16e, 무선 센서 네트워크,  
Real-Time Multimedia Transmission Service.

### 박 병 주 (Byungjoo Park)



2002년 : 연세대학교 전기전자  
공학(학사)  
2004년 : University of Florida  
ECE(석사)  
2007년 : University of Florida  
ECE(박사)  
2007년 ~ 2009년 2월 : KT  
기술연구소 인터넷연구담당 선임연구원  
2009년 3월 ~ 현재 : 한남대학교 멀티미디어공학과 교수  
관심분야 : Mobility Management, Proxy Mobile IPv6,  
IEEE 802.11, IEEE 802.16e, Seamless Handover,  
Mobile IPTV, NGN, IMS, Service Oriented  
Architecture.