

# Mobile WiMAX에서 Proxy 기반의 고속 핸드오버 방안

## A Proxy-Based Fast Handover Scheme in Mobile WiMAX Networks

이 화 섭\*      김 복 기\*\*      민 상 원\*\*\*  
(Hwa-Sub Lee)   (Bok-Ki Kim)   (Sang-Won Min)

### 요 약

본 논문에서는 mobile WiMAX 네트워크에서 PMIPv6를 이용하여 네트워크-계층 이동성을 제공하는 경우, 핸드오버 성능 향상을 위한 proxy 기반의 고속 핸드오버를 제안하였다. 이를 위해 3개의 링크-계층 메시지와 1개의 네트워크-계층 메시지를 새롭게 정의하였으며, 이를 이용하여 링크 핸드오버 수행시 미리 바인딩 절차를 수행함으로써 핸드오버 지연시간을 줄이고, 패킷 손실과 패킷 순서 어긋남 문제를 고려한 버퍼링 메커니즘을 제안하였다. 그리고 성능 분석을 통해 제안한 방식이 PMIPv6와 비교하여 더 우수한 성능을 나타냄을 확인하였다.

### Abstract

In this paper, we propose a proxy-based fast handover scheme to improve a performance in the mobile WiMAX network using PMIPv6 for supporting the network-layer mobility. In our proposed scheme, we define three link-layer messages and one network-layer message to reduce the handover latency, and propose a buffering mechanism to minimize packet loss and solve out-of-sequence problem. A performance evaluation indicates that the proposed scheme works more efficiently than PMIPv6 in terms of the handover latency and packet loss.

**Key words:** IEEE 802.16e, mobile WiMAX, fast handover, PMIPv6, buffering mechanism

## 1. 서 론

최근 국내외적으로 차량 또는 차량내 이동단말과 정보 네트워크간 무선 액세스 연동을 통하여 차량에 IP 기반의 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있는 텔레매틱스에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 텔레매틱스를 위한 무선 액세스 기술로는 현재 도입이

활발히 이루어지고 있는 IEEE 802.16 기반의 액세스 기술을 고려할 수 있다. WMAN (wireless metropolitan access network)의 PHY와 MAC 계층 표준을 정의하고 있는 IEEE 802.16 WG에서는 고정단말과 이동단말 (MN, mobile node)을 모두 지원하기 위한 IEEE 802.16e를 표준화하였다. 하지만 이와 같은 IEEE 802.16e에서는 링크-계층 핸드오버만을 지원하고 있

† 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과(IITA-2009-C1090-0902-0010)와 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2009-0077424)

\* 주저자 : 광운대학교 전자통신공학과 석사과정

\*\* 공저자 : 광운대학교 전자공학과 교수

\*\*\* 공저자 : 광운대학교 전자통신공학과 교수

† 논문접수일 : 2009년 8월 3일

† 논문심사일 : 2009년 8월 26일

† 게재확정일 : 2009년 8월 27일

다. 따라서 IEEE 802.16e이 텔레매틱스의 무선 액세스 기술로 사용되는 경우 고속 이동 중 끊김 없는 서비스를 제공하고, 성능 최적화를 위한 네트워크-계층의 고속 핸드오버 방안에 대한 설계가 요구된다.

IETF (Internet Engineering Task Force)에서는 네트워크-계층의 이동성 관리기술인 MIPv6 (mobile IPv6)와 PMIPv6 (proxy MIPv6)를 표준화하였다. MIPv6는 MN에 이동성 프로토콜이 탑재되어야 하고 핸드오버 관련 시그널링에 직접 처리하기 때문에 핸드오버 지연시간이 발생하며, 네트워크 기반의 이동성 관리기술인 PMIPv6는 MIP 프로토콜이 탑재되지 않은 MN에 네트워크-계층 이동성을 제공할 수 있으며 MIPv6에 비해 우수한 성능을 제공하므로 대표적인 이동성 관리기술로 간주되고 있다. 하지만 PMIPv6는 MIPv6에 비해 시그널링 오버헤드를 감소시켜 상대적으로 성능이 향상되었음에도 불구하고 핸드오버 지연시간과 패킷 손실이라는 문제점은 여전히 존재한다.

상위 문제를 해결하기 위한 고속 핸드오버에 대한 솔루션으로 최근 FMIPv6 (fast mobile IPv6)를 PMIPv6에 적용한 PFMIPv6 (proxy-based FMIPv6)에 대한 표준화가 진행되고 있다. 고속 핸드오버는 신속한 핸드오버 절차를 수행하기 위해 링크-계층 정보를 이용하고 있으나 네트워크 계층 관점에서만 프로토콜 설계하였기 때문에 네트워크-계층 고속 핸드오버에 특정 액세스 기술을 어떻게 적용시키는가에 따라 고속 핸드오버에 대한 방안 및 성능이 달라질 수 있다 [1].

본 논문에서는 IEEE 802.16e 기반의 mobile WiMAX 네트워크에서 핸드오버 지연시간과 패킷손실을 최소화하기 위한 proxy 기반의 고속 핸드오버 방안을 제안하였다. 그리고 중복된 패킷을 최소화하고 패킷의 순서 어긋남 문제를 해결하기 위한 버퍼링 메커니즘을 제안하였다. 본 논문의 II장에서는 링크-계층 핸드오버와 네트워크-계층 핸드오버에 대해 설명한다. 그리고 III장에서는 제안한 고속 핸드오버 방안에 대해 설명하고 IV장에서 제안한 방안의 성능을 분석한다. 마지막으로 V장에서 결론을 도출하였다.

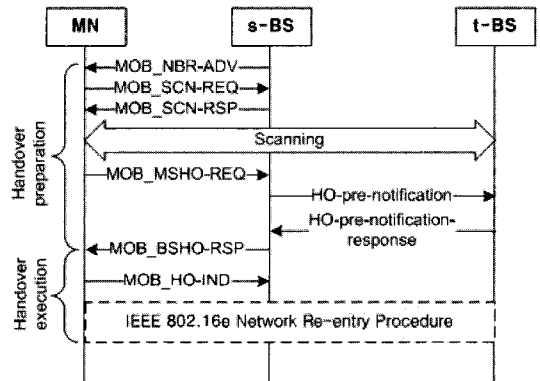
## II. 핸드오버관련 연구

### 1. IEEE 802.16e 링크-계층 핸드오버관련 연구

IEEE 802.16e 네트워크에서 BS (base station)은 MN이 네트워크를 식별하고 주변 BS의 정보를 얻을 수 있도록 링크-계층 메시지인 MOB\_NBR-ADV 메시지를 주기적으로 브로드캐스팅하고, MN은 MOB\_SCN-REQ/RSP 메시지를 통해 스캐닝을 수행함으로써 실시간 링크 정보를 획득한다. 이를 통해

핸드오버 지연시간을 최소화하거나 신호 세기, QoS (quality of service), 그리고 요금 등을 기반으로 이동하기에 적합한 t-BS (target-base station)를 선택하는 것이 가능하다 [2].

IEEE 802.16e 링크-계층 핸드오버 절차는 <그림 1>과 같이 개념적으로 핸드오버 준비단계, 핸드오버 수행단계로 나눌 수 있다. 핸드오버 준비단계에서는 먼저 신호 세기, QoS 파라미터와 같은 메트릭에 따라 주변 BS들을 비교하여 t-BS를 선택한다. MN이 핸드오버를 결정하면 주변 BS의 정보를 포함한 MOB\_MSHO-REQ 메시지를 s-BS에 전송함으로써 핸드오버 수행을 요청한다. s-BS는 주변 BS와 HO-pre-notification/response 메시지를 교환한 후, 추천되는 BS의 목록을 포함한 MOB\_BSHO-RSP 메시지로 응답함으로써 t-BS를 선택하는데 요구되는 정보를 제공한다.



<그림 1> IEEE 802.16e 링크-계층 핸드오버 절차  
<Fig. 1> Link-handover procedure of IEEE 802.16e

핸드오버 준비단계가 완료되면 핸드오버 수행단계가 수행된다. MN은 핸드오버 수행을 알리기 위해 s-BS에 MOB\_HO-IND 메시지를 전송한다. MN이 새로운 BS에 접속하면 기본적인 접속절차로써 최대 전송파워, 모듈레이터/디모듈레이터 타입과 같은 기본적인 수용능력을 협상하고 인증, 키 교환 절차를 수행하여 최종적으로 t-BS에 등록한다. 그러나 MN이 다른 서브넷으로 이동하는 경우에는 IP 연결을 다시 설정해야 하며 기존 링크의 세션을 유지하기 위해서 MN은 네트워크 계층의 핸드오버를 수행해야 한다.

## 2. 네트워크-계층 핸드오버관련 연구

### 1) PMIPv6 프로토콜

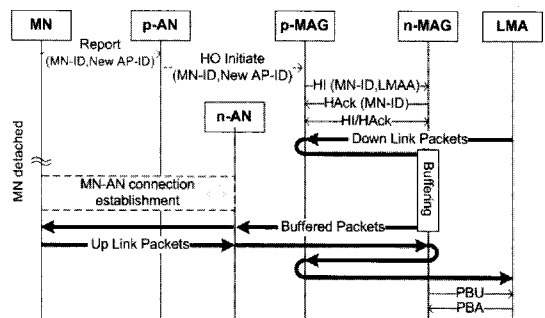
PMIPv6는 로컬 이동성 관리 프로토콜로 MIPv6 프로토콜이 탑재되지 않은 MN에 IP 이동성을 제공한다. 따라서 MN 대신에 이동성 관리 시그널링 절차를 수행하기 위한 네트워크의 proxy 에이전트인 MAG (mobile access gateway)와 LMA (local mobility anchor)가 새롭게 정의되었다. MAG는 MIPv6에서 MN의 기능을 대신 수행하는 액세스 라우터이다. LMA는 기존 MIPv6의 HA와 동일한 기능을 수행하고 MN의 이동성 관리를 위해 프리픽스와 BCE (binding cache entry)를 관리한다.

PMIPv6에서는 MN이 새로운 서브넷에 접속하면 MN 대신 MAG가 LMA와 PBU (proxy binding update)/PBA (proxy binding acknowledgement) 메시지를 교환하여 바인딩 업데이트를 수행한다. PMIPv6에서 MN은 항상 HoA로 통신하므로 핸드오버시 duplicate address detection 절차를 수행하지 않는다. 또한 MN이 이동성 관리 시그널링 절차를 수행하지 않으므로 MIPv6의 단점인 무선구간의 자원소모, MN의 오버헤드 문제를 해결하고, 시그널링 오버헤드를 감소시켜 상대적으로 성능이 향상되었다 [3]. 그럼에도 불구하고 핸드오버 지연시간과 패킷손실은 여전히 존재하기 때문에 성능을 향상시키기 위해 최근 PFMPv6의 표준화를 진행하고 있다.

### 2) PFMPv6 프로토콜

PFMPv6에서는 핸드오버로 인한 패킷손실을 방지하기 위해 핸드오버가 수행되기 전에 p-MAG (previous MAG)가 n-MAG (new MAG)와 HI (handover initiate)/HACK (handover acknowledge) 메시지 교환을 통해 양방향 터널을 미리 설정하고 터널링된 패킷을 버퍼링한다. 여기서 HI 메시지는 MN-ID (MN-identifier), MN-IID (MN-interface ID), LMAA (LMA address)를 포함한다. 따라서 n-MAG가 MN의 접속을 인식하면 바로 LMA로 PBU를 전송함으로써 핸드오버 지연시간을 줄일 수 있다.

PFMPv6는 MAG간 터널이 MN이 n-MAG에 접속하기 전에 설정되었는지, 접속한 후에 설정되었는지에 따라 각각 predictive 모드와 reactive 모드로 구분한다 [4]. PFMPv6 predictive 모드 핸드오버 수행절차는 <그림 2>에 나타난 바와 같다. MN이 링크-계층 정보를 이용하여 핸드오버를 예측하면 p-MAG에 통보하며, p-MAG는 n-MAG와 양방향 터널링을 설정하고 터널링된 패킷의 버퍼링을 시작한다. MN이 n-AN (new access network)에 접속하고, n-MAG가 이를 감지하면 버퍼링된 패킷들을 MN으로 전송하기 시작한다. 그리고 HI 메시지에 포함된 LMA의 주소로 PBU 메시지를 전송하여 바인딩 업데이트 절차를 수행하게 된다. 이 시점부터 MN을 소스 또는 목적지 주소로 하는 패킷들은 p-MAG 대신 n-MAG를 통해 전송될 수 있다.



<그림 2> PFMPv6 핸드오버 절차 (predictive 모드)  
<Fig. 2> Predictive handover procedure of PFMPv6

### 3) 버퍼링 메커니즘

핸드오버가 수행되는 동안 MN을 목적지로 하는 패킷들은 모두 손실되기 때문에 MAG에서 패킷을 버퍼에 저장한 후 핸드오버가 완료되면 MN으로 전송함으로써 패킷 손실을 방지할 수 있다.

IEEE 802.16e는 초기에 데이터 통신을 고려하여 개발되었다. 따라서 mobile WiMAX 네트워크의 응용 프로그램은 일반적으로 음성에 비해 더 큰 데이터 크기와 전송률을 나타내기 때문에 음성 트래픽을 전송하는 VoIP에 비해 큰 버퍼 사이즈가 요구된다. MN이 새로운 링크에 접속하면 라우터는 버퍼링된 다량의 패킷들을 신속히 전송해야 하는데, 이때 MAG와 MN 사이의 경로에 혼잡을 유발하여 추가적인 지터를 발생시킬 수 있다.

또한 어떠한 이유에 의해서 버퍼링된 패킷보다 LMA로부터 전송된 패킷이 먼저 전달되는 경우 패킷 어긋남 문제로 인해 상위 계층의 성능 저하를 야기한다. 따라서 최소한의 패킷을 버퍼링하여 전송하고, MAG와 LMA로부터 수신한 패킷을 구분하여 전송하는 버퍼링 메커니즘의 설계가 요구된다.

## III. 제안한 고속 핸드오버

### 1. 제안한 고속 핸드오버 절차

본 장에서는 제안한 네트워크 기반의 고속 핸드오버 절차에 대해 설명하며, 이를 위해 새롭게 정의된 메시지들은 다음과 같다.

- HO-INITIATE: 핸드오버를 p-MAG에게 알리기 위한 목적으로 p-BS에서 p-MAG로 전송되며, MN-ID와 이동할 수 있는 BS-ID들을 파라미터로 포함하는 링크-계층 메시지
- HO-CONFIRM: 핸드오버가 임박했음을 알리기 위한 목적으로 p-BS에서 p-MAG로 전송되며, MN-ID와 이동할 BS-ID를 파라미터로 포함하는 링크-계층 메시지
- HO-CON-IND: 중복된 패킷을 제거하는 시점을 알리기 위한 목적으로 p-MAG에서 n-MAG로 전송되는 네트워크-계층 메시지

- LINK-UP: MN의 접속을 알리기 위한 목적으로 접속한 BS에서 n-MAG로 전송하며 MN-ID를 파라미터로 포함하는 링크-계층 메시지

제안한 고속 핸드오버의 시그널링은 <그림 3>과 같다. MOB\_NBR-ADV를 수신한 MN은 새로운 BS의 등장을 인식하게 되며 스캐닝을 통해 실시간 링크 정보를 획득한다. 그리고 MOB\_MSHO-REQ를 전송하여 핸드오버를 요청한다. P-BS는 MN이 이동할 BS의 목록을 포함하여 MOB\_BSHO-RSP로 응답함과 동시에 p-MAG로 MN-ID와 주변 BS의 정보들이 파라미터로 포함된 HO-INITIATE를 전송한다.

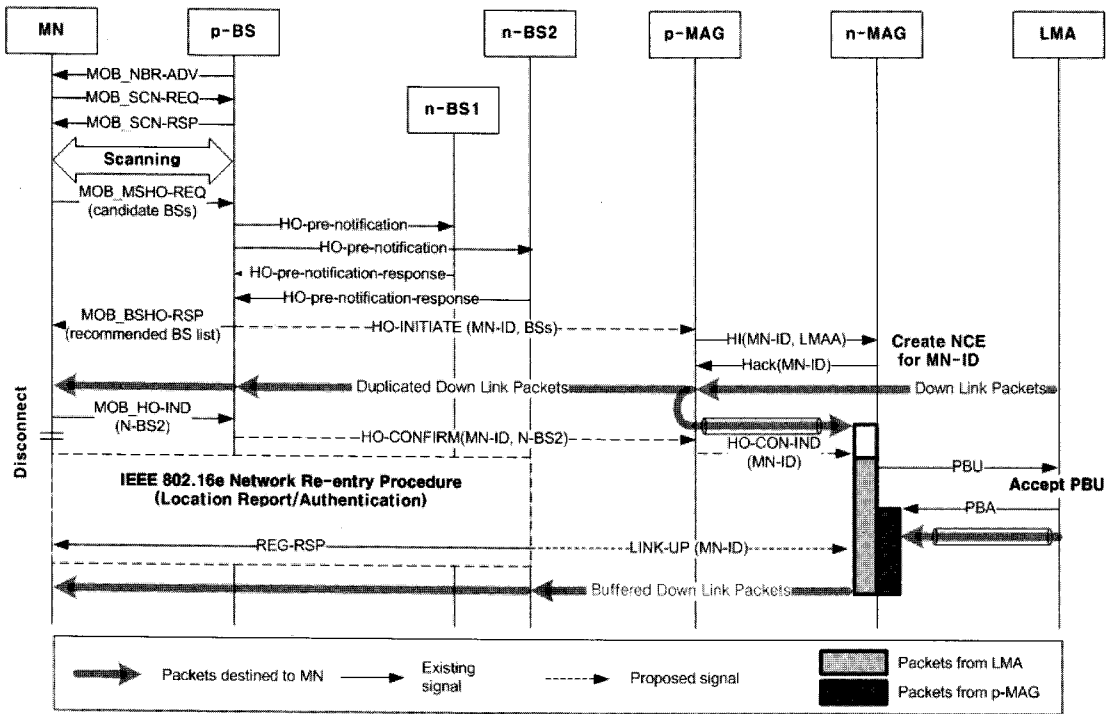
HO-INITIATE를 수신한 P-MAG는 이동할 BS가 연결된 n-MAG와 HI/HACK를 교환하여 HoA와 PCoA(proxy CoA)의 바인딩을 수행한다. 그 결과, p-MAG와 n-MAG 사이에 양방향 터널이 설정되고, 이때부터 n-MAG는 터널링된 패킷들을 버퍼링한다.

MN이 핸드오버를 결정하면 이동할 BS와 MN이 수신한 마지막 패킷의 번호를 포함하여 p-BS로 MOB\_HO-IND을 전송한다. 이를 수신한 p-BS는 MN이 곧 핸드오버를 수행할 것으로 판단하여 HO-CONFIRM과 HO-CON-IND를 통해 n-MAG에 알린다. N-MAG는 두 개의 버퍼를 생성하여 p-MAG와 LMA로부터의 패킷을 구분하여 저장하며 중복된 패킷을 제거하기 위해 n-MAG는 버퍼에 저장된 패킷 중 MN이 마지막으로 수신한 패킷의 시퀀스 번호보다 작은 패킷들은 모두 폐기한다.

N-MAG는 LMA와 바인딩 절차를 수행하며, 이때부터 LMA로부터 전송된 패킷을 저장할 수 있다. IEEE 802.16e 네트워크 재접속 절차가 완료되면, LINK-UP을 통해 n-MAG에 통보하며, n-MAG는 버퍼링된 패킷을 MN으로 전송한다.

### 2. 제안한 고속 핸드오버의 버퍼링 메커니즘

고속 핸드오버에서는 핸드오버가 수행되기 전에 버퍼링함으로써 패킷 손실을 방지할 수 있다. 하지만 핸드오버의 수행시점을 정확히 예측할 수 있는 방안이 없기 때문에 버퍼링 과정을 미리 수행해야



<그림 3> IEEE 802.16e 네트워크에서 제안한 네트워크 기반의 고속 핸드오버 절차  
 <Fig. 3> The proposed handover procedure of proxy-based fast MIPv6 in IEEE 802.16e network

하므로 중복된 패킷을 버퍼링하여 라우터의 부하를 발생시킬 수 있다.

본 논문에서는 MN이 핸드오버를 요청하는 시점부터 미리 터널링과 버퍼링을 위한 시그널링 절차를 시작한다. 터널링이 설정되면 p-MAG는 MN으로 향하는 패킷을 n-MAG로 전송하는 동시에 이를 복사하여 MN으로 전송한다. 그리고 MN이 핸드오버 수행을 결정하고, n-MAG이 핸드오버가 임박했음을 감지하면 HO-CON-IND의 파라미터로 포함된 패킷의 시퀀스 번호를 기반으로 MN이 이미 수신한 패킷을 버퍼에서 제거한다. 따라서 핸드오버 시점을 정확히 예측하지 못해 발생하는 비효율적인 버퍼링 문제를 해결할 수 있다.

또한 만약 갑작스러운 핸드오버로 인해 n-MAG가 HO-CON-IND를 수신하지 못하고 LINK-UP을 수신하는 경우, 단순히 그 동안 버퍼링된 패킷들을 MN으로 전송하므로 중복된 패킷을 전송하는 문제점은 있으나 reactive 핸드오버 절차로 인한 패킷 손실을 방

지할 수 있다.

IEEE 802.16e 링크-계층 핸드오버가 수행되는 동안 n-MAG와 LMA간의 바인딩 업데이트 절차가 완료되면, LMA는 패킷들을 더 이상 p-MAG로 전송하지 않고 n-MAG로 전송하기 시작한다. 이때 어떠한 이유에 의해 p-MAG를 통해 n-MAG로 전송된 패킷보다 LMA에서 바로 전송된 패킷이 먼저 MN으로 전송되는 패킷 순서의 어긋남 현상이 발생할 수 있다 [5]. 이를 해결하기 위해 n-MAG는 등록된 모든 MN에 대해 두 개의 버퍼를 생성하고 p-MAG와 LMA에서 전송되는 패킷을 각각 구분하여 저장한다. 그리고 패킷을 전송할 때 p-MAG로부터의 패킷을 먼저 전송한 후, LMA로부터의 패킷을 전송함으로써 패킷 순서의 어긋남 현상을 해결할 수 있다.

#### IV. 성능 분석

본 장에서는 제안한 고속 핸드오버의 성능을 평가

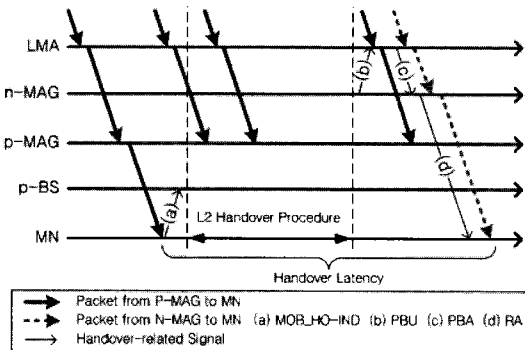
하기 위해 핸드오버 지연과 패킷 손실의 관점에서 기존의 PMIPv6와 비교·분석한다. 여기서 핸드오버 지연시간은 MN이 패킷을 송·수신하지 못하는 기간으로 정의한다. 패킷손실은 핸드오버 절차동안 패킷이 MN으로 전송되지 못하고 폐기되는 기간으로 정의한다. 그리고 성능분석을 위해 다음과 같은 가정을 하고 있다.

- MN 또는 라우터 등의 내부 프로세싱 지연시간은 고려하지 않음.
- BS와 MAG간의 RTT (round trip time)는 모두 동일함. 즉, p-BS와 p-MAG간의 RTT와 n-BS1 (또는 n-BS2)와 n-MAG간의 RTT는 동일함.

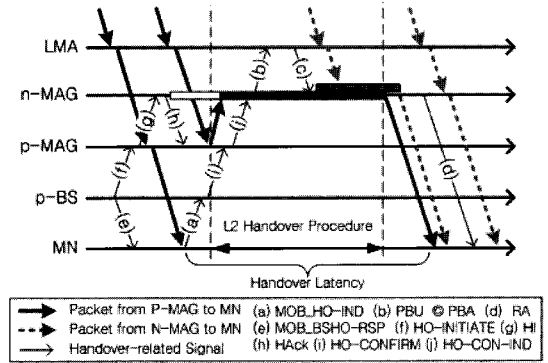
### 1. 핸드오버 지연시간

MN이 MOB\_HO-IND를 p-BS로 전송하는 시점부터 어떠한 패킷도 송·수신할 수 없다. 따라서 이 시점부터 핸드오버 지연시간이 계산되어야 한다. PMIPv6에서는 LMA와 n-MAG간의 바인딩 업데이트가 완료되어야 n-MAG로 패킷 전송이 가능하다. 바인딩 업데이트는 링크-계층 핸드오버가 완료된 이후에 수행되므로 PMIPv6의 핸드오버 지연시간은 <그림 4>와 같다.

본 논문에서 제안한 고속 핸드오버는 핸드오버를 수행하기 이전에 미리 터널을 설정하고 패킷을 복사하여 MN으로 전송함과 동시에 패킷을 버퍼에 저장한다. 그리고 링크-계층 핸드오버가 완료되면



<그림 4> PMIPv6 핸드오버 지연시간  
<Fig. 4> Handover latency of the PMIPv6



<그림 5> 제안한 고속 핸드오버 지연시간  
<Fig. 5> Handover latency of the proposed scheme

n-MAG는 패킷을 바로 전송할 수 있으므로 제안한 방식의 핸드오버 지연시간은 <그림 5>와 같다.

결론적으로 PMIPv6의 핸드오버 지연시간, HLPMP와 본 논문에서 제안한 고속 핸드오버의 핸드오버 지연시간, HLPFHO,은 각각 식 (1)과 (2)로 표현할 수 있다.

$$HL_{PMIP} = t_{MN-BS} + d_{L2HO} + 2t_{MAG-LMA} + t_{MAG-MN} \quad (1)$$

$$HL_{PFHO} = t_{MN-BS} + d_{L2HO} + t_{MAG-MN} \quad (2)$$

여기서  $d_0$ 는 A 프로세스가 수행되는 지연시간을 의미하며,  $t_{A-B}$ 는 노드 A에서 노드 B로 패킷이 전송되는데 소요되는 전송 지연시간으로 노드 A와 노드 B 사이의 RTT/2을 의미한다.

일반적으로 MN과 MAG는 지리적으로 근접해 있는 반면, MAG와 LMA는 상대적으로 멀리 위치한다 [6]. 따라서  $t_{MAG-LMA}$ 가 다른 요소보다 지연시간에 많은 비중을 차지함을 고려하는 경우, 핸드오버 지연시간의 관점에서 제안한 방안이 PMIPv6에 비해 훨씬 우수한 성능을 나타냄을 쉽게 알 수 있다. <표 1>은 지연 요소에 대한 세부적인 설명을 나타낸다.

### 2. 패킷 손실

PMIPv6에서는 기본적으로 핸드오버로 인한 패킷 손실을 고려하지 않고 있기 때문에 핸드오버가 수행되는 동안 기존의 액세스 네트워크로 전송되는 모든

<표 1> 핸드오버 지연요소  
 <Table 1> Parameters of the handover latency

구분	요소	설명
HL <sub>PMIP</sub>	$t_{MN-BS}$	MN에서 p-BS로 전송되는 MOB_HO-IND의 전달지연
	$d_{L2HO}$	IEEE 802.16e 링크-계층 핸드오버 수행시간
	$t_{MAG-LMA}$	n-MAG와 LMA간 바인딩을 위한 PBU와 PBA의 전달지연
	$t_{MAG-MN}$	n-MAG로부터 전송되는 패킷의 전달지연
HL <sub>PFHO</sub>	$t_{MN-BS}$	MN에서 p-BS로 전송되는 MOB_HO-IND의 전달지연
	$t_{MAG-MN}$	n-MAG로부터 전송되는 패킷의 전달지연

패킷들은 폐기된다.

반면 제안한 고속 핸드오버는 핸드오버 과정 중 전송되는 패킷을 버퍼에 저장하였다가 MN의 접속이 완료되면 전송하므로 핸드오버로 인한 패킷 손실을 방지할 수 있다. 제안한 방안은 두 개의 버퍼를 이용하여 패킷의 순서 어긋남 현상을 해결할 수 있으며, 중복된 패킷을 제거하고 전송함으로써 라우터와 라우터-MN간의 경로에서 발생하는 오버헤드를 최소화할 수 있다.

## V. 결론

본 논문에서는 기존 PMIPv6의 성능을 향상시키기 위해 IEEE 802.16e 액세스 네트워크에서의 네트워크 기반의 고속 핸드오버를 제안하였다. 이를 위해 세 개의 링크-계층 메시지와 한 개의 네트워크-계층 메시지를 새롭게 정의하였으며, 이를 이용하여 미리 바인딩 절차를 수행함으로써 성능을 향상시킬 수 있다. 또한 효율적인 버퍼링 메커니즘을 제안하였다.

성능 분석을 통해 핸드오버 지연시간과 패킷손실의 관점에서 제안한 방식이 PMIPv6와 비교하여 더 우수한 성능을 나타냄을 확인하였다. 향후 연구에서는 제안한 방안을 다양한 환경 하에 시뮬레이션하고 계산된 결과를 통해 성능분석을 수행할 예정이다.

## 참고 문헌

- [1] 이화섭, 민상원, "PMIPv6에서 패킷 손실이 없는 핸드오버 방안," *한국통신학회 하계학술대회 논문집*, p. 858, 2009. 6.
- [2] IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks Part 16, "Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems Amendment 2: Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands and Corrigendum 1," IEEEStd.802.16e-2005, Feb. 2006.
- [3] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, and B. Patil, *Proxy Mobile IPv6*, IETF RFC 5213, Aug. 2008.
- [4] H. Yokota, K. Chowdhury, R. Koodli, B. Patil, and F. Xia, "Fast handovers for proxy mobile IPv6," IETF draft, draft-ietf-mishop-pfmipv6-04.txt, May 2009.
- [5] J. H. Lee and Y. J. Lim, "A novel integration mechanism of FMIPv6 and HMIPv6 to reduce loss and out-of-sequence problem," *J. KISS: Information Networking*, vol. 34, no. 2, pp. 110-119, April 2007.
- [6] J. Lei and X. Fu, "Evaluating the benefits of introducing PMIPv6 for localized mobility management," *Proc. Wireless Communications and Mobile Computing Conf.*, pp. 74-80, Aug. 2008.

저자소개



이 화 섭 (Lee, Hwa-Sub)

2008년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전자통신공학 석사  
2002년 3월 ~ 2008년 2월 : 광운대학교 전자통신공학 학사



김 복 기 (Kim, Bok-Ki)

2009년 1월 ~ 현재 : 한국공학교육인증원 공학교육평가센터 소장  
1998년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전자공학과 교수  
1991년 9월 ~ 1997년 12월 : Texas Univ 전자공학 박사  
1989년 9월 ~ 1991년 8월 : Texas Univ 전자공학 석사  
1981년 3월 ~ 1988년 2월 : 광운대학교 전자공학 학사



민 상 원 (Min, Sang-Won)

1999년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전자통신공학과 교수  
1990년 1월 ~ 1999년 3월 : LG정보통신(현 LG-Nortel) 선임연구원  
1990년 3월 ~ 1996년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학 박사  
1988년 3월 ~ 1990년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학 석사  
1984년 3월 ~ 1988년 2월 : 광운대학교 전자통신공학 학사