

# PMIPv6에서 멀티캐스트 트래픽의 고속핸드오버 방안

준회원 오 동 규\*, 정회원 민 상 원\*\*

## A Fast Handover Scheme of Multicast Traffics in PMIPv6

Dong-kyu Oh\* Associate Member, Sang-won Min\*\* Regular Member

### 요 약

IP를 기반으로 하는 다양한 무선 통신들이 발전됨에 따라 이를 이용한 다양한 모바일 서비스들이 출현하였다. 이러한 모바일 서비스들 중 방송 서비스는 네트워크 자원을 효율적으로 이용하기 위해서 멀티캐스트 통신방식을 사용한다. 이에 따라 모바일 환경에서의 효율적인 멀티캐스트 지원의 필요성이 증가하고 있다. 본 논문에서는 네트워크 계층의 이동성 관리 기술인 PMIPv6에 멀티캐스트를 적용할 경우 발생하는 터널링 중첩현상을 해결하기 위한 네트워크 기능 요소와 핸드오버 지연시간을 감소시키기 위한 고속 핸드오버 방안을 제안한다. 그리고 시뮬레이션을 통해서 IETF에서 제안된 방안보다 핸드오버 지연시간과 멀티캐스트 서비스 단절의 관점에서 제안한 고속 핸드오버 방안의 성능이 향상되었음을 확인하였다.

**Key Words :** Mobility, Multicast, PMIPv6, Fast Handover

### ABSTRACT

Since the wireless technologies based on the IP have been developed recently, a variety of mobile services has been proposed. For broadcasting services to utilize network resources efficiently, there is a need to support handover of multicast traffic in mobile networks. In this paper, we add a network function block to solve the tunnel convergence problem, and propose a new fast handover scheme to reduce handover latency for PMIPv6 networks with multicast function. With the simulation result, we show that our fast handover scheme has better performance than the draft in the IETF in the viewpoint of handover latency and multicast service disruption.

### I. 서 론

최근 IP를 기반으로 하는 WLAN, mobile WiMAX와 같은 다양한 무선 통신 기술들이 발전되고 있으며, 이를 이용하여 언제 어디서나 서비스를 제공받을 수 있는 IP기반의 모바일 서비스들이 출현하고 있다. 이에 따라 단말의 이동성을 지원하는 기술의 중요성이 증대되고 관련 연구가 활발하게 진행 중이다<sup>[1]</sup>.

IETF(Internet Engineering Task Force)에서는 이 동성을 지원하기 위해서 호스트 기반의 이동성 관리

기술인 MIPv6(Mobile IPv6)를 표준화하였으나 단말의 복잡도와 전력소모량 증가, 무선 구간에서의 복잡한 시그널링 절차 등의 문제로 인하여 널리 보급되지 못했다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 네트워크 기반의 이동성 관리 기술인 PMIPv6 (Proxy MIPv6)를 표준화하였다. PMIPv6는 MIPv6에 비해서 성능이 향상되었지만 여전히 패킷손실과 핸드오버 지연시간의 문제점을 가지고 있다. 이에 따라 IETF는 PMIPv6의 성능을 더욱 향상시키기 위해서 링크 계층의 정보를 이용하여 L2 핸드오버가 수행되는 동안 미리 이동

\* 본 연구는 정보통신산업진흥원의 IT/SW 창의연구과정의 연구결과로 지식경제부와 삼성전주식회사에 의해 지원된 과제로 수행되었음 (NIPA-2010-C1810-1003-0009)

\* 광운대학교 임베디드 SW공학과 통신프로토콜공학연구소(ohoh83@kw.ac.kr)

\*\* 광운대학교 전자통신공학과 통신프로토콜공학연구소(min@kw.ac.kr)

논문번호 : KICS2010-12-647, 접수일자 : 2010년 12월 31일, 최종논문접수일자 : 2011년 2월 15일

성 관리 절차를 수행하는 PFMIPv6 (Proxy-based Fast MIPv6)에 관한 연구가 진행 중이다<sup>[2]</sup>.

이러한 이동성 관리 기술들은 주로 유니캐스트 통신 방식을 대상으로 연구가 진행되었다. 최근 저장형 비디오 스트리밍과 같은 방송서비스에서는 네트워크 자원을 효율적으로 사용하기 위해서 멀티캐스트 통신 방식을 사용하고 있다. 이러한 서비스에 이동성 지원을 위해서 기존의 이동성 관리 기술을 적용할 경우 핸드오버 지연시간 증가, 터널링 중첩현상과 같은 문제점이 발생한다.

본 논문에서는 터널링 중첩현상을 해결하기 위해서 multicast LMA(Local Mobility Anchor)을 추가하였으며, 핸드오버 지연시간을 감소시키기 위한 고속 핸드오버 방안을 제안하였다. PMIPv6 도메인 내의 멀티캐스트 트래픽을 담당하는 multicast LMA를 지칭함으로써 MAG(Mobile Access Gateway)가 동일한 멀티캐스트 데이터를 여러 LMA로부터 수신하여 발생하는 터널링 중첩현상을 해결하였다. 그리고 MN (mobile node)의 핸드오버 시 multicast LMA와의 바인딩 업데이트 절차를 위해서 MN-profile에 multicast LMA(LMA Address) 필드를 추가하였다. 또한 링크 정보를 이용하여 핸드오버를 예측하고 미리 MN의 멀티캐스트 관련 정보를 MN이 이동할 MAG로 미리 전송한다. 그리고 multicast LMA에서 MN의 바인딩 업데이트 절차를 미리 처리하도록 하여 MN이 새로운 MAG와의 L2 핸드오버가 완료되면 바로 멀티캐스트 데이터를 전송할 수 있는 고속 핸드오버 방안을 제안하였다.

본 논문의 2장에서는 이동성 관리 및 멀티캐스트에 대해서 설명한다. 그리고 3장에서는 제안한 고속 핸드오버 방안에 대해서 설명하고 4장에서 제안한 방안의 성능을 분석한다. 마지막으로 5장에서 결론을 도출하였다.

## II. 이동성 관리 및 멀티캐스트

### 2.1 PMIPv6와 PFMIPv6

PMIPv6는 네트워크 구성요소인 LMA와 MAG를 정의하고 이들이 호스트를 대신하여 이동성 관리 시그널링 절차를 수행한다. MAG는 MN을 대신하여 이동성 관리 시그널링을 수행하며 주로 액세스 라우터가 이 역할을 수행한다. LMA는 MN에게 HNP(Home Network Prefix)를 할당하고 MN의 주소와 위치정보를 유지하고 연결을 보장하는 일종의 HA 기능을 수행한다. 도메인 외부로부터 수신되는 데이터를 LMA

에서 수신하고 이를 MN이 연결되어 있는 MAG로 전송하여 이동성을 제공한다<sup>[3]</sup>.

PFMIPv6는 핸드오버가 발생하는 동안 PMAG (Previous MAG)와 NMAG(New MAG)간의 양방향 터널링을 이용하여 패킷을 NMAG으로 포워딩하고 이를 버퍼에 저장하여 패킷 손실을 최소화하였다. 그리고 L2 핸드오버 기간 동안 MN-ID (MN-Identifier), LMA와 같은 정보를 미리 전달함으로써 NMAG가 MN의 접속을 인지하면 바로 PBU 메시지를 전송함으로써 핸드오버 지연시간을 줄일 수 있다<sup>[4]</sup>.

### 2.2 PMIPv6에서의 멀티캐스트

현재까지 IETF에서 PMIPv6에서 멀티캐스트를 효율적으로 지원하기 위해서 제안된 방안은 멀티캐스트 정보를 포함한 MN-profile을 이용하거나 CXTP (Context Transfer Protocol)를 이용하여 PMAG에서의 MN의 멀티캐스트 정보를 NMAG로 전송함으로써 핸드오버 시 그룹관리 절차로 인해서 발생하는 핸드오버 지연시간을 감소시키는 방안에 대해서 제안하고 있다<sup>[5]</sup>.

#### 2.2.1 CXTP를 이용한 방식

CXTP는 MN의 이전 설정 정보를 이용하여 핸드오버와 같이 재설정이 필요한 이벤트가 발생하였을 때 모든 프로토콜 절차를 수행하지 않고도 재설정이 가능하게 해준다. 핸드오버가 발생하였을 때 PMAG에서의 MN의 멀티캐스트 정보를 CXTP를 이용하여 NMAG에 전달하여 그룹가입 절차로 인한 핸드오버 지연시간을 감소시켰다.

MN이 NMAG에 접속하여 RS(Router Solicitation) 메시지를 전송하게 되면 NMAG는 PMAG에게 MN의 멀티캐스트 정보를 요청하는 CT-Req(Context Transfer Request) 메시지를 전송한다. PMAG는 MN의 MN-ID와 관련된 멀티캐스트 정보와 MN-profile을 포함한 CTD(Context Transfer Data)메시지를 NMAG에게 전달한다. NMAG는 MN의 멀티캐스트 정보와 profile을 이용하여 LMA에게 PBU-M메시지를 전송한다. LMA는 수신한 PBU-M메시지에 대한 처리를 수행하고 PBA(Proxy Binding Acknowledgement) 메시지를 전송하여 등록절차가 정상적으로 처리되었음을 알리고 멀티캐스트 터널을 생성한다. 이후 멀티캐스트 데이터는 LMA와 MAG간의 멀티캐스트 터널을 통해서 전달된다.

#### 2.2.2 MN-profile을 이용한 방식

이 방안은 MN의 멀티캐스트 정보를 포함하고 있

는 MN-profile을 이용하여 핸드오버 시 지연시간을 감소시킨다. 네트워크 구성요소가 MN-profile을 획득하는 방법은 기존의 PMIPv6의 메커니즘과 동일하다.

MN이 NMAG로 이동하게 되면 초기 접속 이벤트가 발생하고 이 과정에서 획득한 MN-profile을 통해서 MN-ID와 PMAG에서 서비스 받고 있던 멀티캐스트 정보를 수집한다. MN이 RS메시지를 전송하면 NMAG은 MN-profile을 통해서 획득한 멀티캐스트 정보를 포함한 PBU-M 메시지를 LMA에게 전송한다. LMA는 수신한 PBU-M 메시지에 대한 처리를 수행하고 PBA 메시지를 전송하여 등록절차가 정상적으로 처리되었음을 알리고 멀티캐스트 터널을 생성한다. 이후 멀티캐스트 데이터는 LMA와 MAG간의 멀티캐스트 터널을 통해서 전달된다.

### III. 제안하는 PMIPv6에서의 고속핸드오버

#### 3.1 효율적인 멀티캐스트를 위한 네트워크 모델

기존의 PMIPv6 도메인은 그림 1(a)와 같다. 따라서 LMA 내의 MN이 각기 다른 LMA로부터 멀티캐스트 데이터를 전송받는 경우 동일한 멀티캐스트 소스로부터 데이터를 제공받더라도 MAG와 각 LMA간의 터널을 이용하기 때문에 터널링 중첩현상이 발생한다. 이는 멀티캐스트의 최대 장점 중 하나인 네트워크의 효율적인 이용을 저해하는 요소가 된다. 따라서 본 논문에서는 PMIPv6 도메인에서 멀티캐스트를 사용할 경우 발생하는 터널링 중첩 현상을 해결하기 위해서 multicast LMA를 추가하는 것을 제안한다.

터널링 중첩현상을 해결하기 위해서 그림 1(b)와 같이 multicast LMA를 별도로 지정하는 PMIPv6 도메인을 이용한다. PMIPv6에서 정의한 일반적인 LMA는 유니캐스트 트래픽을 담당하는 역할을 수행하고 multicast LMA는 멀티캐스트 트리에 연결되어 멀티캐스트 라우터의 역할을 수행한다. 또한 MAG는

MLD proxy 역할을 수행함으로써 MN과 LMA간의 MLD query/report 메시지를 전달해주는 역할을 한다. 이 도메인 모델은 일부 LMA에만 멀티캐스트 라우터 기능을 추가함으로써 모든 LMA에 멀티캐스트 라우터 기능을 설치할 필요가 없는 장점이 있으며, PMIPv6 도메인 내의 멀티캐스트 트리 재구성과 같은 복잡한 절차가 줄어드는 장점이 존재한다. 제안하는 모델에서는 MAG가 유니캐스트 트래픽을 담당하는 LMA와 멀티캐스트 트래픽을 위한 멀티캐스트 트래픽을 담당하는 multicast LMA에 연결되어야 한다. 따라서 MAG가 MN을 담당할 2개의 LMA의 주소를 알아야 도메인 내에서 유니캐스트 트래픽과 멀티캐스트 트래픽을 정상적으로 전달할 수 있다. 이를 위해서 MN-profile에 multicast LMA 주소를 나타내는 Multicast LMAA를 추가한다.

#### 3.2 제안하는 고속핸드오버 절차

MN의 핸드오버 시 발생하는 지연시간을 감소시키기 위해서 L2 핸드오버가 수행되는 동안 HI 메시지를 이용하여 PMAG에서의 MN의 멀티캐스트 정보를 전송하고 바인딩 업데이트 절차를 미리 수행하는 방안을 제안하였다.

MN에서 핸드오버의 발생이 임박하였음을 감지하면 P-AN(previous access network)에게 MN-ID와 new AP ID를 보고하고, P-AN은 이 정보를 PMAG에 HO Initiate 메시지를 통하여 전송한다. PMAG는 MN-ID, LMAA, Multicast LMAA, Multicast state에 대한 정보를 포함한 HI 메시지를 전송한다.

기존의 HI 메시지에 C 플래그를 추가하여 해당 메시지가 멀티캐스트에 대한 정보를 포함하고 있음을 나타낸다. C 플래그가 설정되면 멀티캐스트 그룹에 가입하기 위한 mobility option이 추가되는데 이때 mobility option은 MLDv2 report 메시지 형식을 사용한다.

NMAG는 HI 메시지에 대한 응답으로 HAcK 메시지를 PMAG로 전송한다. HAcK 메시지를 수신한 PMAG는 Handover command 메시지를 전송하여 MN에게 핸드오버를 지시한다. 한편 HAcK 메시지를 전송한 NMAG는 multicast LMA에 MN의 multicast state를 담고 있는 PBU-M 메시지를 전송한다. multicast LMA는 PBU-M 메시지에 대한 처리가 완료되면 PBA 메시지를 NMAG에 전송한다. 이 절차가 완료되면 multicast LMA와 NMAG간에 멀티캐스트 터널이 형성되고 이를 통해서 멀티캐스트 데이터가 포워딩된다. MN이 NMAG로의 L2 핸드오버가 완료

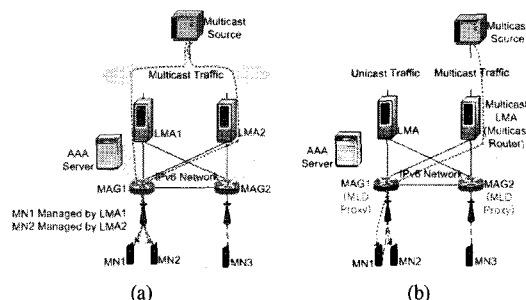


그림 1. 일반 PMIPv6 도메인과 제안하는 PMIPv6 도메인  
(a) 일반 PMIPv6 도메인 (b) 제안하는 PMIPv6 도메인

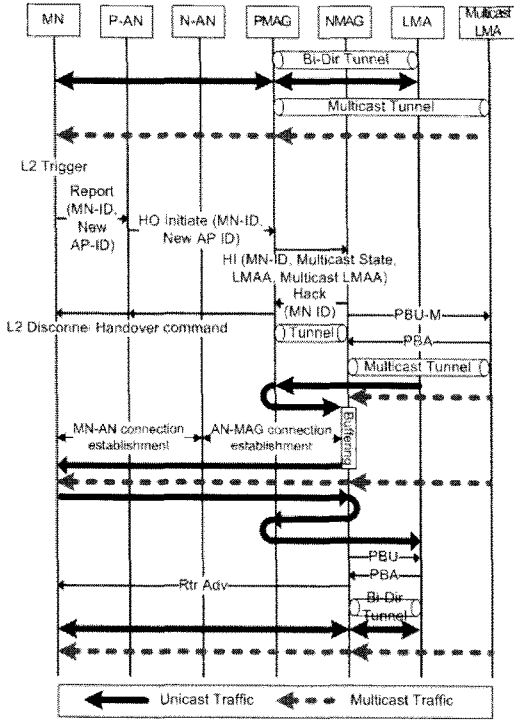


그림 2. 제안하는 고속 핸드오버 절차

되면 NMAG는 바로 multicast LMA로부터 전송되는 멀티캐스트 데이터를 MN으로 전송하고 버퍼링하고 있던 유니캐스트 데이터를 MN에게 전송한다. 그리고 LMA와 PBU/PBA 메시지를 교환하여 바인딩 업데이트 절차를 수행하고 이를 통해서 유니캐스트 트래픽을 전송한다.

#### IV. 성능분석

본 장에서는 IETF에서 제안한 방안과 본 논문에서 제안한 방안의 핸드오버 지연시간과 멀티캐스트 서비스 단절을 비교한다. 여기서 핸드오버 지연시간은 MN이 기존의 네트워크와의 연결을 끊은 시점부터 새로운 네트워크로 이동하여 첫 번째 멀티캐스트 패킷을 수신한 시간까지로 정의하였으며, 멀티캐스트 서비스 단절은 핸드오버 기간 동안 손실된 패킷의 개수로 정의하였다<sup>6)</sup>.

##### 4.1 핸드오버 지연시간 분석

본 논문에서 제안하는 고속핸드오버의 지연시간의 정성적 분석을 위해서 MN 또는 라우터 등의 내부 프로세싱 지연시간은 무시하고 동일한 구성 요소 간의 RTT는 동일하다고 가정하였다. 핸드오버 지연시간

분석을 위해서 L2 핸드오버 지연시간을  $d_{L2HO}$ ,  $t_{A-B}$ 는 노드 A와 노드 B간에서 패킷을 전송하기 위해서 소요되는 전송 지연시간으로 정의하였으며 이는 노드 A와 노드 B 사이의 RTT/2를 의미한다.

그림 3은 IETF에서 제안한 CXTP를 이용한 방안과 MN-profile을 이용한 방안 그리고 본 논문에서 제안한 고속핸드오버의 지연시간을 도식화하여 나타낸 것이다.

결론적으로 CXTP를 이용한 핸드오버의 지연시간, HLM-PMIP-Ct,과 MN-profile을 이용한 핸드오버 지연시간, HLM-PMIP-P, 그리고 본 논문에서 제안한 고속핸드오버의 지연시간, HLM-Proposed는 각각 식 (1), (2), (3)으로 표현할 수 있다.

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

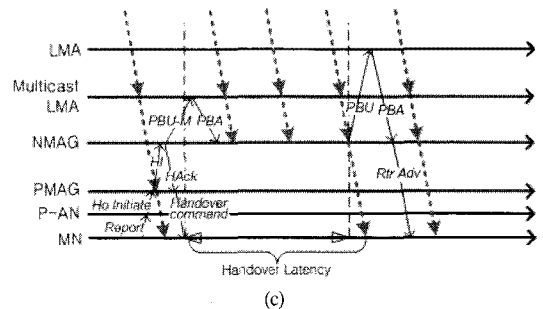
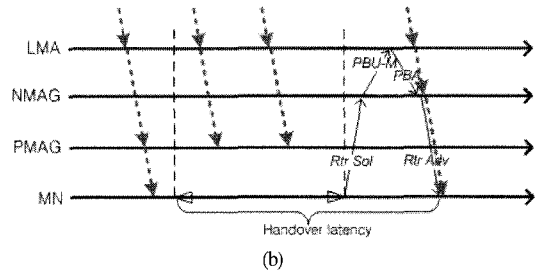
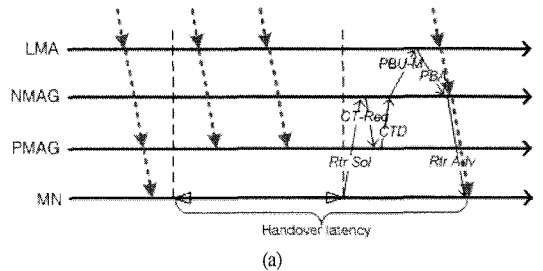


그림 3. 핸드오버 지연시간의 정성적 분석 (a)CXTP를 이용한 핸드오버 (b)MN-profile을 이용한 핸드오버 (c)제안한 고속핸드오버

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

$$HL_{M-Proposed} = d_{L2HO} + t_{MN-MAG} \quad (3)$$

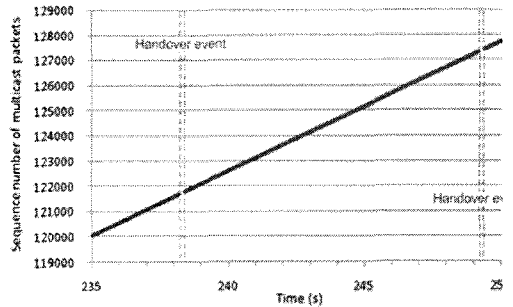
일반적으로 MN과 MAG가 지리적으로 근접해 있는 반면, MAG와 LMA는 상대적으로 멀리 위치한다<sup>[7]</sup>. 따라서 L3 핸드오버 지연시간 중에서 바인딩 업데이트 절차를 위한  $t_{MAG-LMA}$ 가 다른 요소들보다 많은 지연시간을 차지한다. 본 논문에서 제안한 방안은 L3 핸드오버 수행절차가 수행절차 중 가장 큰 지연 요소를 제거하여 IETF에서 제안한 방안보다 성능을 향상시켰다. 4.2 시뮬레이션 결과

본 논문에서 제안한 고속핸드오버의 정량적인 분석을 위해 Ubuntu linux 8.04 OS에 NS-2 ver 2.29 환경에서 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션을 위해서 그림 1 (b)와 같은 네트워크를 구성하였으며 LMA와 MAG 구간, 멀티캐스트 소스와 LMA 구간, MAG와 MAG 구간의 대역폭을 100Mbit/s로 설정하였다. 그리고 LMA와 MAG간의 지연시간은 15ms, MAG와 MAG간의 지연시간은 5ms로 설정하였으며 MN과 MAG간의 무선구간은 802.11로 설정하였다<sup>[7][8]</sup>. 본 논문에서 제안한 고속핸드오버의 성능을 측정하기 위해서 MN1은 50m/s의 속도로 20분 동안 100회의 핸드오버를 수행하도록 하였으며 MN2와 MN3는 각각 MAG1과 MAG2에서 고정적으로 서비스를 제공받도록 설정하였다.

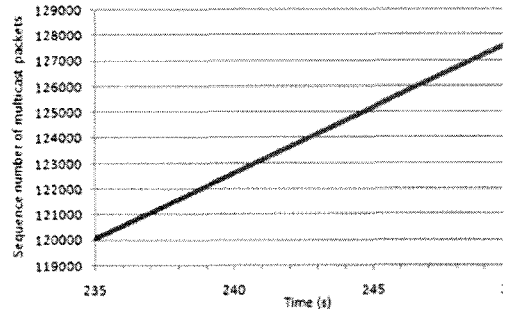
그림 4는 시뮬레이션 중 235초부터 250초까지의 각각 MN1과 MN2, MN3의 수신한 멀티캐스트의 시퀀스 번호를 나타낸 것이다. MN1은 그림 4(a)에 나타난 것과 같이 핸드오버를 수행하는 동안 패킷을 수신하지 못하고 핸드오버가 완료된 뒤에는 패킷을 정상적으로 수신하며, MN2와 MN3은 그림 4(b)에 나타난 것과 같이 각각 MAG1과 MAG2에서 지속적으로 멀티캐스트 패킷을 수신한다. 이를 통해서 본 논문에서 제안한 방안을 통해서 도메인 내의 모든 MN들이 멀티캐스트 서비스를 정상적으로 제공받을 수 있다.

표 1. 지연시간 비교

분류	지연시간
CXTP를 이용한 핸드오버	264ms
MN-profile을 이용한 핸드오버	254ms
제안한 고속핸드오버	217ms



(a)



(b)

그림 4. 각 MN들이 수신한 멀티캐스트 트래픽 (a)MN1이 수신한 멀티캐스트 트래픽 (b)MN2, MN3이 수신한 멀티캐스트 트래픽

표 1은 20분 동안 발생한 핸드오버 지연시간의 평균치를 나타낸 것이다. CXTP를 이용한 핸드오버는 264ms의 지연시간을 나타내었으며 MN-profile을 이용한 핸드오버는 254ms의 지연시간을 나타내었다. 그리고 본 논문에서 제안한 고속 핸드오버 방안은 217ms의 지연시간을 나타내었다. 이를 통해서 본 논문에서 제안한 고속핸드오버의 지연시간이 IETF에서 제안한 CXTP를 이용한 핸드오버와 MN-profile을 이용한 핸드오버에 비해서 각각 18%와 15%가 감소되었음을 확인하였다.

그림 5는 전송률에 따른 멀티캐스트 서비스 단절을 나타낸다. 그림에서 볼 수 있듯이 전송률이 증가할수

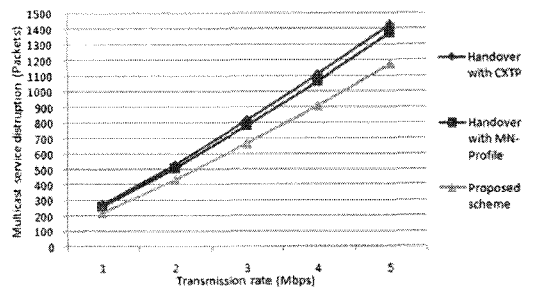


그림 5. 전송률에 따른 멀티캐스트 서비스 단절 비교

록 핸드오버 지연시간 동안 손실되는 패킷의 수가 증가하기 때문에 멀티캐스트 서비스 단절이 증가한다. 전송률이 1Mbps일 경우에는 약 50개의 패킷을 적게 손실되었으며 5Mbps로 전송하는 경우에는 약 300개의 패킷이 적게 손실되었다. 이를 통해서 전송률이 높아질수록 본 논문에서 제안하는 방안이 멀티캐스트 서비스 단절 측면에서 뛰어난 성능을 보임을 확인하였다.

### V. 결 론

본 논문에서 PMIPv6에서 멀티캐스트를 효율적으로 지원하기 위한 multicast LMA와 고속 핸드오버 방안을 제시하였다. 멀티캐스트 트래픽을 담당하는 multicast LMA를 추가하여 터널링 중첩 현상을 해결하였으며, MAG에서 MN의 유니캐스트 트래픽을 담당하는 일반 LMA와 멀티캐스트 트래픽을 담당하는 multicast LMA를 구별하기 위해서 MN-profile에 multicast LMAA를 추가하는 방안에 대해서 제안하였다. 또한 PFMIPv6의 HI 메시지를 이용하여 멀티캐스트 관련 정보를 미리 전달하여 핸드오버 시 멀티캐스트 그룹 가입으로 인해 발생하는 지연시간을 감소시켰다. 이를 통해서 전송률이 높을수록 본 논문에서 제안한 방안의 멀티캐스트 패킷의 손실의 수가 적어지고 성능 개선 효과가 커지는 것을 확인하였다. 저장형 스트리밍 서비스의 최대 응용중단허용시간이 2~5초임을 고려할 때 본 논문에서 제안한 고속핸드오버 방안을 통해서 보다 안정적인 서비스를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

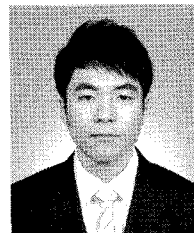
### 참 고 문 헌

[1] 오동규, 민상원, “멀티캐스트 지원을 위한 PMIPv6 기반의 고속핸드오버 방안 연구,” 한국통신학회 추계학술대회, November 2010.  
 [2] 이화섭, 김복기, 민상원, “Mobile WiMAX에서 Proxy 기반의 고속 핸드오버 방안,” 한국ITS학회 논문지, 제8권, 제4호, pp. 65-72, August 2009.  
 [3] S. Gundavelli, V. Devarapalli, K. Chowdhury and B. Patil, “Proxy Mobile IPv6,” *IETF RFC 5213*, August 2008.  
 [4] H. Yokota, K. Chowdhury, R. Koodli, B. Patil, and F. Xia, “Fast Handover for Proxy Mobile IPv6,” *IETF draft-ietf- mipshop- pfmipv6-14*, May 2010.

[5] H. Asaeda, P. Seite and J. Xia, “PMIPv6 Extension for Multicast,” *IETF draft-asaeda-multimob-pmipv6-extension-03*, March 2010.  
 [6] Y. Li, W. Chen, L. su, D. Jin and L. Zeng, “Proxy Mobile IPv6 Based Multicast Listener Mobility Architecture,” *Wireless Communication and Networking Conference*, April 2009.  
 [7] 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, August 2008.  
 [8] H. Fathi, R. Prasad and S. Chakraborty, “Mobility management for VoIP in 3G systems: evaluation of low-latency handoff schemes,” *IEEE Wireless Communications*, Vol. 12, pp. 96-104, April 2005.

오 동 규 (Dong-kyu Oh)

준회원



2009년 2월 홍익대학교 전자  
전기공학부 학사

2009년 2월~현재 광운대학교  
임베디드 SW 공학과 석사  
과정

<관심분야> IMS, VoIP,  
Network Mobility

민 상 원 (Sang-won Min)

정회원

제 36권 1호 참조