

# PMIPv6(Proxy Mobile IPv6)에서 고속핸드오버를 이용한 Packet bicasting기법

준회원 이진수\*, 종신회원 이수경\*\*

## Packet Bicasting in Fast Handover for PMIPv6

Jin-soo Lee\* Associate Member, Su-kyoung Lee\*\* Lifelong Member

### 요 약

Mobile IPv6(MIPv6)은 IETF에서 IP망의 이동성지원을 지원하기 위해 제안되었다. 기존의 MIPv6에서는 이동 노드가 핸드오버 메시지 교환에 관여하여 핸드오버 지연이 발생하여 패킷을 손실하는 문제점을 가지고 있다. 이동 노드의 핸드오버 메시지 교환과정을 제거하여 핸드오버 지연성능을 향상시키는 Proxy Mobile IPv6(PMIPv6)을 연구하였고, IETF MIPSHOP WG는 PMIPv6망에서 fast handover(PFMIPv6)를 제안하여 패킷의 손실을 최소화하고자 하였다. 본 논문에서는 PFMIPv6에서 발생하는 핸드오버 과정 동안의 패킷손실을 줄이기 위해 이중 인터페이스 이동단말에 초점을 두고 패킷 bicasting을 적용하는 기법을 제안한다. 제안하는 기법의 성능을 수치적으로 분석하고, 시뮬레이션을 통하여 제안된 기법이 PFMIPv6에서의 핸드오버보다 패킷 손실과 신호비용의 관점에서 성능이 향상되었음을 확인하였다.

**Key Words** : Bicasting, PFMIPv6, Fast Handover, Packet Loss, Signaling Cost

### ABSTRACT

IETF proposed MIPv6 for supporting IP movement. Mobile Node is involved signaling that cause handover latency in MIPv6. Recently, Proxy Mobile IPv6 is proposed by IETF for network-based mobility management to reduce overhead in mobile node still suffers from packet loss. PMIPv6 can decrease handover latency which related overhead in MN by using network agent. Therefore, MIPSHOP Working Group proposed fast handover for PMIPv6. In this paper, we proposed packet bicasting scheme on dual interface mobile node that can support fast handover using PMIPv6 schemes. Further, a numerical analysis is provided to show the benefits of our scheme. In the analysis, various parameters are used to compare our scheme with another procedure.

### I. 서 론

최근 이동단말기의 보급이 확대되면서 이동성에 대한 서비스의 요구가 증가되었다. 이에 따라 IETF (Internet Engineering Task Force)에서는 IPv6 사용자의 이동성을 지원하기 위해 Mobile IPv6 (MIPv6)<sup>[1]</sup>를 표준화하였다. MIPv6는 호스트 기반의 이동성을

지원함으로써, 실시간 통신에서 허용범위를 초과하는 패킷 손실과 지연이 발생 발생한다. 이러한 문제점을 보완하여 빠른 IP 이동성을 제공하기 위한 Fast MIPv6 (FMIPv6)<sup>[2]</sup>가 제안되었다. 기존의 FMIPv6에서 패킷 손실을 줄이기 위해 현재 위치와 새롭게 이동하는 위치로 패킷을 전달하는 bicasting기법이 제안되었다<sup>[3]</sup>. 이러한 프로토콜들은 부분적으로 핸드오버의

※ 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2011-0004733)

\* 연세대학교 컴퓨터과학과 무선네트워킹 연구실(samjinsoo@winet.yonsei.ac.kr)

\*\* 연세대학교 컴퓨터과학과 (sklee@cs.yonsei.ac.kr)

논문번호 : KICS2011-01-070, 접수일자 : 2011년 1월 31일, 최종논문접수일자 : 2011년 4월 14일

지연과 패킷 손실을 향상시켰으나 기본적으로 호스트 기반 이동성 관리라는 한계점을 갖는다.

IETF NETLMM WG(Network-based Localized Mobility Management Working Group)에서는 PMIPv6<sup>[4]</sup>을 표준화하였다. PMIPv6에서는 이동노드의 이동성 관리를 대행하는 Mobile Access Gateway (MAG)와 도메인 네트워크를 관리하는 Localized Mobility Agent (LMA)가 요구된다. PMIPv6는 링크 레벨 핸드오버가 완료된 후에 LMA와 MAG 간에 터널을 생성해 이동노드로 향하는 패킷을 전송하기 때문에 핸드오버 지연으로 인한 패킷 손실이 발생한다는 단점이 있다. PMIPv6에서 핸드오버 신호 오버헤드를 줄이는 동시에 핸드오버 지연시간을 단축시키기 위해서 fast handover (PFMIPv6)<sup>[5]</sup>를 적용한 기술이 제안되었다.

본 논문에서는, PFMIPv6에서의 패킷손실을 줄이기 위한 패킷 bicasting 기법을 제안한다. PMIPv6의 신호비용<sup>[6]</sup><sup>[8]</sup>을 기본으로 하여 제안하는 기법간의 신호비용을 비교한다.

서론에 이어서 2장에서는 본 논문이 제안하고자 하는 MAG과 LMA에서의 패킷bicasting, MAG에 버퍼를 사용하는 LMA에서의 패킷 bicasting 핸드오버 방법에 대하여 기술한다. 3장에서는 제안하는 기법의 패킷손실확률과 신호비용의 성능을 평가한 후, 4장에서는 결론을 내린다.

## II. PMIPv6에서 고속핸드오버를 이용한 packet bicasting 기법

PMIPv6 망에서 이동노드가 Previous MAG (pMAG)과의 연결을 해제하고 new MAG(nMAG)과 연결하는 핸드오버 과정동안 패킷 손실이 발생한다. 따라서 패킷손실을 줄이기 위해 이동단말이 이중 인터페이스를 장착했음을 고려하고 PFMIPv6를 확장하여 패킷을 bicasting하는 방식을 제안한다. 즉, bicasting을 통해 이동노드는 핸드오버 과정 동안에도 패킷을 받을 수 있는 환경이 제공된다.

패킷을 bicasting 하는 기법으로 다음 세 경우를 고려한다. 1) PFMIPv6의 핸드오버 과정 중 MAG에서 패킷을 bicasting하는 기법. 2) PFMIPv6의 핸드오버 과정 중 LMA에서 패킷을 bicasting하는 기법. 3) PFMIPv6의 핸드오버 과정 중 nMAG에 버퍼를 사용하고 LMA에서 패킷을 bicasting하는 기법이다.

### 2.1 MAG bicasting 기법 제안

MAG bicasting 기법은 이동노드가 nMAG으로

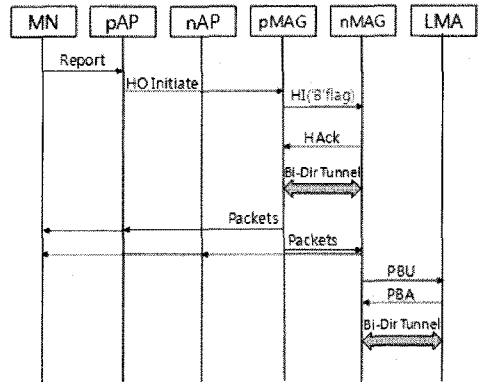


그림 1. PFMIPv6 핸드오버 과정 및 MAG bicasting 절차 제안

드오버하는 과정에서 pMAG에 도착한 패킷을 pAP와 nMAG으로 전송한다. 이를 위해 HI에 'B' flag를 설정한다. 그리고 reserved field에 'B' flag가 설정된 HAck메시지를 받게되면 pMAG과 nMAG사이에 터널이 형성되고 pMAG은 패킷을 복사하여 pAP와 nMAG으로 패킷을 bicasting 한다.

### 2.2 LMA bicasting 기법 제안

이동노드가 nMAG으로 핸드오버하는 과정에서 LMA에 도착한 패킷을 pMAG과 nMAG으로 전송한다. 이를 위해 PBU 메시지의 reserved field에 역시 'B' flag를 도입한다. HI를 받은 nMAG은 pMAG으로 Hack을 보낸다. 이 때, PFMIPv6와는 달리 LMA로 PBU를 전송하며 bicasting을 하기 위해 PBU에 'B' flag를 설정한다. PBU에 대한 응답으로 nMAG이 reserved field에 'B' flag가 설정된 PBA를 받으면 nMAG과 LMA사이에 터널이 형성되고 LMA는 패킷을 복사하여 pMAG과 nMAG으로 bicasting한다.

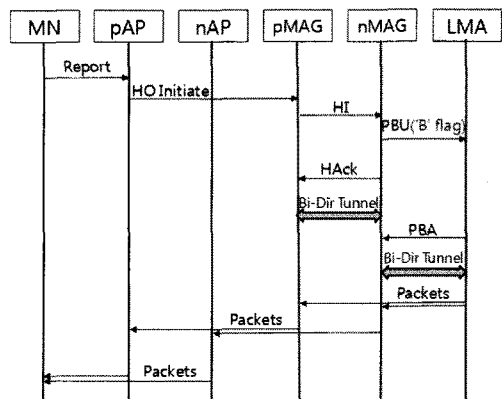


그림 2. LMA bicasting 기법

표 1. Packet bicasting 성능 파라미터.

변수	설명
$T_r$	Report 메시지 전송
$T_m$	메시지 링크 전송지연
$T_{hs}$	L2 핸드오버 시작( $= T_r + T_e$ )
$T_e$	Report 전송부터 L2 핸드오버시작까지 지연
$T_{he}$	L2 핸드오버 종료( $= T_r + T_e + T_h$ )
$T_h$	L2 핸드오버 처리지연
$T_{pk}$	LMA에서 패킷이 떠나는 시간
$T_{FW}$	pMAG-nMAG 링크지연
$T_{link1}$	LMA-MAG 링크지연
$T_{link2}$	LMA-MAG-AP-MN 링크지연
$T_{Mn}$	pMAG-nMAG 터널형성( $= T_r + T_m + D_p + D_n$ )
$T_{Ln}$	LMA-nMAG 터널형성( $= T_r + T_m + D_L + D_n$ )
$D_L$	LMA에서의 메시지 처리지연
$D_p$	pMAG에서의 메시지 처리지연
$D_n$	nMAG에서의 메시지 처리지연

### 2.3 버퍼를 사용한 LMA bicasting 기법 제안

버퍼를 사용하여 LMA 에서 패킷을 bicasting을 하는 기법은 기본적으로 LMA bicasting과 기법이 동일하며, 버퍼를 사용하기 위해 HI에 'U' flag를 설정한다. 그리고 'U' flag가 설정된 HAcK 메시지를 수신하면 nMAG에서는 이동노드와 new AP(nAP)가 연결되기 전에 도착한 패킷이 손실되는 것을 방지하기 위하여 패킷을 버퍼에 저장하여 패킷손실을 줄인다.

## III. 분석 및 시뮬레이션을 통한 성능 분석

본 장에서는 제안하고 있는 세 가지 bicasting 기법에 대한 패킷손실확률과 bicasting 기법의 신호비용에 대한 수치분석 결과 및 시뮬레이션 결과를 비교 분석하고 메시지 처리에 따른 패킷손실 확률 및 이동노드의 핸드오버에 따른 신호비용을 실험한다.

제안하는 bicasting기법의 패킷손실 확률과 신호비용의 실험을 위한 시뮬레이터는 C++언어를 이용하여 프로그램을 작성하였고, 프로그램을 실행시켜 메시지를 처리하도록 하였다. 실험의 시나리오는 이동노드가 pMAG에서 nMAG으로 핸드오버를 수행하면서 메시지 처리에 따라 망과 연결 및 단절을 실험하였다. 실험을 위해 메시지의 처리지연 시간과 패킷 전송률은 포아송 분포를 사용하였다. 이동노드가 report메시지

를 전송한 시간과 핸드오버 시작 사이에 경과한 시간을 60ms로 시작하여 5ms간격으로 지연하여 측정하였고, 핸드오버 발생횟수를 1000회 반복하여 핸드오버를 수행하였다.

### 3.1 Packet bicasting

PFMIPv6의 핸드오버 과정에서 LMA와 MAG은 핸드오버 메시지를 처리하는 시간은 이동노드가 패킷을 손실 할 확률에 영향을 준다. 패킷손실 확률에 대한 분석을 위하여 표 1에 변수들을 정의한다.

제안하는 MAG bicasting 기법에서, 핸드오버 과정 중 nMAG과 pMAG은 각각 HI메시지, HAcK메시지를 처리한다. pMAG과 nMAG의 처리지연시간을 각각  $D_p$ ,  $D_n$ 이라고 정의하고, 전체 처리지연시간은  $D_{latency}(= D_p + D_n)$ 로 정의한다.  $D_p$ ,  $D_n$ ,  $D_{latency}$ 가 지수 분포를 따르는 것으로 가정하면 해당 각각 확률밀도함수는 (1), (2), (3)과 같다.

$$f_{D_p}(x) = \frac{1}{D_p} e^{-\frac{x}{D_p}}, x \geq 0 \quad (1)$$

$$f_{D_n}(y) = \frac{1}{D_n} e^{-\frac{y}{D_n}}, y \geq 0 \quad (2)$$

$$f_{D_{latency}}(z) = \frac{1}{D_p - D_n} (e^{-\frac{z}{D_p}} - e^{-\frac{z}{D_n}}), z \geq 0 \quad (3)$$

이동노드는 신호세기가 약해진 것을 감지하고 Report 메시지를 전달하는데, 이 시간( $T_r$ )을 0이라 설정하고 패킷손실 확률에 대해 분석한다. 핸드오버에 따른 패킷손실 확률은 다음과 같이 정의한다.

$P_{loss(a)}^{MAGbicast}$  은 패킷이 pMAG에 도착했을 때, 이동노드가 pMAG과 연결이 끊어지고 pMAG과 nMAG 사이에 터널이 형성되지 않은 경우로 식 (4)와 같이 나타내고,  $P_{loss(b)}^{MAGbicast}$  은 패킷이 pMAG에 도착했을 때, pMAG과 nMAG 사이에 형성된 터널로 패킷을 전송했으나 이동노드가 pMAG과 nMAG에 연결되지 않은 경우로 식 (5)와 같이 나타낸다. 결과적으로, MAG bicasting 기법의 패킷손실확률은  $P_{loss(a)}^{MAGbicast} + P_{loss(b)}^{MAGbicast}$  과 같다.

$$P_{loss(a)}^{MAGbicast} = P(T_{pk} + T_{link1} < T_{Mn}) \cdot P(T_{pk} + D_p + T_{link2} > T_{hs})$$

$$\begin{aligned}
 &= (1 - \int_0^{T_{pk} + T_{ink1} - T_m} f_{D_{bcast}}(z) dz) \cdot \\
 &\quad (1 - \int_0^{T_{in} - T_{pk} - T_{ink2}} f_{D_p}(x) dx) \\
 &= (1 - [\frac{D_p}{D_p - D_n} \cdot e^{-\frac{z}{D_p}} + \frac{D_n}{D_p - D_n} \cdot e^{-\frac{z}{D_n}}]_0^{T_{pk} + T_{ink1} - T_m}) \cdot \\
 &\quad (1 - [-e^{-\frac{x}{D_p}}]_0^{T_{in} - T_{pk} - T_{ink2}}) \tag{4}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{loss(b)}^{MAGbicast} &= P(T_{pk} + T_{link1} > T_{Mtn}) \cdot \\
 &\quad P(T_{pk} + D_p + T_{link2} > T_{hs}) \cdot \\
 &\quad P(T_{pk} + D_p + T_{FW} + D_n + T_{link2} < T_{he}) \\
 &= ([\frac{D_p}{D_p - D_n} \cdot e^{-\frac{z}{D_p}} + \frac{D_n}{D_p - D_n} \cdot e^{-\frac{z}{D_n}}]_0^{T_{pk} + T_{ink1} - T_m}) \cdot \\
 &\quad (1 - [-e^{-\frac{x}{D_p}}]_0^{T_{in} - T_{pk} - T_{ink2}}) \cdot \\
 &\quad ([\frac{D_p}{D_p - D_n} \cdot e^{-\frac{z}{D_p}} + \frac{D_n}{D_p - D_n} \cdot e^{-\frac{z}{D_n}}]_0^{T_{in} - T_{pk} - T_{FW} - T_{ink2}}) \tag{5}
 \end{aligned}$$

제안하는 LMA bicastig 기법에서, 핸드오버과정 중 nMAG과 LMA는 각각 PBA메시지, PBU 메시지를 처리한다. nMAG과 LMA의 처리지연시간을 각각  $D_n$ ,  $D_L$ 이라고 정의하고, 전체 메시지 처리지연 시간은  $D_{latency}(=D_n + D_L)$ 로 정의한다. 핸드오버에 따른 패킷손실 확률은 다음과 같이 정의한다.  $P_{loss(a)}^{LMAbicast}$ 은 패킷이 LMA에 도착했을 때, 이동노드가 pMAG과 연결이 끊어지고 LMA와 nMAG 사이에 터널이 형성되지 않은 경우로 식 (6)과 같이 나타내고,  $P_{loss(b)}^{LMAbicast}$ 은 패킷이 LMA에 도착했을 때, LMA와 nMAG 사이에 형성된 터널로 패킷을 전송했으나 이동노드가 pMAG과 nMAG에 연결되지 않은 경우로 식 (7)과 같이 나타낸다. 결과적으로 LMA bicastig 기법의 패킷손실 확률은  $P_{loss(a)}^{LMAbicast} + P_{loss(b)}^{LMAbicast}$ 와 같다.

$$\begin{aligned}
 P_{loss(a)}^{LMAbicast} &= P(T_{Ltn} < T_{pk}) \cdot P(T_{pk} + D_p + T_{link2} > T_{hs}) \\
 &= (1 - [\frac{D_L}{D_n - D_L} \cdot e^{-\frac{z}{D_L}} + \frac{D_n}{D_n - D_L} \cdot e^{-\frac{z}{D_n}}]_0^{T_{pk} - T_m}) \cdot \\
 &\quad (1 - [-e^{-\frac{x}{D_p}}]_0^{T_{in} - T_{pk} - T_{ink2}}) \tag{6}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{loss(b)}^{LMAbicast} &= P(T_{Ltn} > T_{pk}) \cdot \\
 &\quad P(T_{pk} + D_p + T_{link2} > T_{hs}) \cdot
 \end{aligned}$$

표 2. Packet bicastig 성능 파라미터 값

변수	값	변수	값
$T_{pk}$	40ms	$D_n$	4ms
$T_m$	25ms	$D_L$	8ms
$T_e$	60~90ms	$D_p$	6ms
$T_h$	5ms	$T_{link1}$	5ms
$T_{link2}$	20ms	$T_{FW}$	10ms

$$\begin{aligned}
 &P(T_{pk} + D_n + T_{link2} < T_{he}) \\
 &= (1 - [\frac{D_L}{D_n - D_L} \cdot e^{-\frac{z}{D_L}} + \frac{D_n}{D_n - D_L} \cdot e^{-\frac{z}{D_n}}]_0^{T_{pk} - T_m}) \cdot \\
 &\quad (1 - [-e^{-\frac{x}{D_p}}]_0^{T_{in} - T_{pk} - T_{ink2}}) \cdot ([-e^{-\frac{y}{D_n}}]_0^{T_{in} - T_{pk} - T_{ink2}}) \tag{7}
 \end{aligned}$$

제안하는 MAG에서 버퍼링하며 LMA bicastig 기법은 LMA bicastig 기법과 같은 메시지 처리시간을 사용한다. 패킷손실 측면의 향상을 위하여 nMAG에 버퍼를 사용하기 때문에 nMAG이 패킷을 버퍼에 저장하여 패킷손실을 막을 수 있다. 따라서 패킷손실 확률은 식 (6)과 같이 나타낸다. 결과적으로, nMAG에 버퍼를 사용하는 LMA bicastig 기법의 패킷손실 확률은  $P_{loss(a)}^{LMAbicast}$ 와 같다.

패킷손실 확률의 계산을 위해 표 2의 값을 사용하여 수행하며 그림 3은 패킷손실 확률의 분석을 나타내고, 그림 4는 패킷손실 확률의 시뮬레이션을 보여 주고 있다.

Bicastig기법에서 핸드오버가 신속하게 진행된다면 이동노드가 nMAG과 연결되기 전에 pMAG과 단절되어 패킷손실 확률이 높게 나타나지만, 링크레벨 핸드

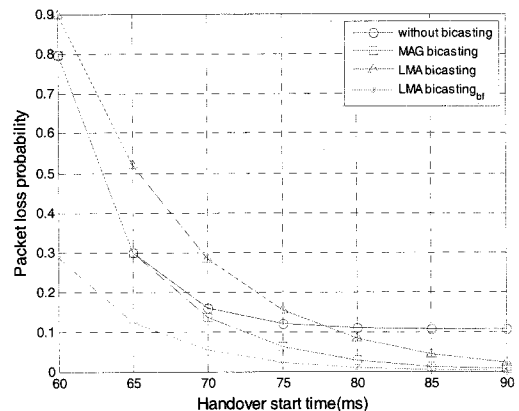


그림 3. 패킷손실확률 분석결과

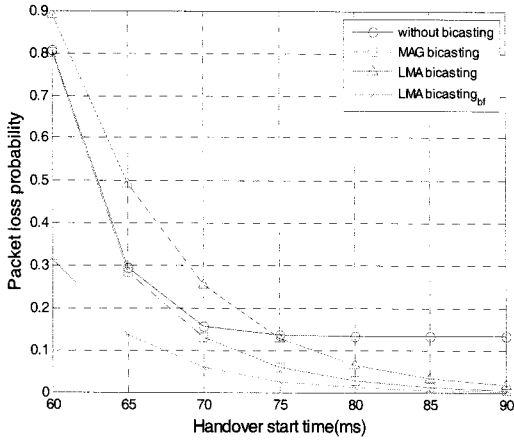


그림 4. 패킷손실확률 시뮬레이션결과

오버가 늦어지면서 이동노드와 nMAG이 연결되기 전에 pMAG으로부터 패킷을 수신할 수 있으므로 패킷 손실 확률이 낮다는 것을 볼 수 있다.

LMA bicasting은 핸드오버가 신속하게 진행되면 pMAG에서 nMAG으로 터널을 통해 전송되는 패킷의 비율이 낮아져서 bicasting을 사용하지 않는 방법보다 패킷손실 측면에서 높게 나타나지만, 핸드오버 시작이 지연될 수록 이동노드는 nMAG과 연결을 위해 준비할 시간이 늘어나게 되므로 패킷손실 확률이 낮게 나타난다. 결과적으로 bicasting기법은 bicasting을 사용하지 않는 기법에 비해 평균 70% 성능이 향상되었음을 확인할 수 있다.

### 3.2 Packet bicasting 신호비용

Bicasting기법에 따른 신호비용은 pMAG과 nMAG 사이의 터널로 전송되는 패킷의 비율에 영향을 준다. 신호비용 측정을 위해  $\omega_M$ 을  $\omega_L$ 의 1.5배로 설정하고,  $\omega_M$ 의 값을 0부터 0.1씩 증가하였다. 신호 비용 분석을 위하여 표 3에서 변수들을 정의한다.

PFMIPv6의 신호비용(C)은 핸드오버 과정 중 메시지를 교환하는 위치등록 비용( $C_{LU}$ )과 상대노드에서 이동노드로 패킷을 전송하는 패킷전송 비용( $C_{PD}$ )의 합으로 나타낸다. 신호비용은 식 (8)과 같이 나타낸다.

$$C = C_{LU} + C_{PD} \quad (8)$$

위치등록 비용은 fast핸드오버 메시지 비용과 proxy 핸드오버 메시지 비용의 합으로 나타낸다. 위치등록 비용은 식 (9)와 같이 나타내고, 위치등록 비용을 구성하고 있는 Fast, proxy 핸드오버 메시지 비용은 식

표 3. Signaling cost 성능 파라미터

변수	설명
$D_{MN-AP}$	MN-AP의 hop수
$D_{AP-MAG}$	AP-MAG의 hop수
$D_{MAG-LMA}$	MAG-LMA의 hop수
$D_{pMAG-nMAG}$	pMAG-nMAG의 hop수
$D_{CN-LMA}$	상대노드-LMA의 hop수
$Pk_s$	패킷의 크기
$RP_s$	Report 메시지크기
$PBU_s$	PBU 메시지크기
$PBA_s$	PBA 메시지크기
$HI_s$	HI 메시지크기
$HACK_s$	HACK 메시지크기
$\delta_L$	LMA에서의 메시지 처리비용
$\delta_M$	MAG에서의 메시지 처리비용
$\sigma$	패킷 터널링 가중치
$\alpha$	유선 가중치
$\beta$	무선 가중치

(10), (11)과 같이 나타낸다.

$$C_{LU} = LU_{FAST} + LU_{PROXY} \quad (9)$$

$$LU_{FAST} = \beta RP_s (D_{MN-AP}) + \alpha \{ + \delta_M HACK_s (D_{pMAG-nMAG}) + \delta_M HACK_s (D_{pMAG-nMAG}) \} \quad (10)$$

$$LU_{PROXY} = \alpha \delta_L PBU_s (D_{MAG-LMA}) + \alpha \delta_M PBA_s (D_{MAG-LMA}) \quad (11)$$

패킷전송 비용( $C_{PD}$ )은 pMAG과 nMAG 사이의 터널을 이용하여 패킷을 전달하는 경로( $R_{drt}$ )와 터널을 사용하지 않는 경로 ( $R_{drt}$ )로 나눈다. 패킷전송 비용으로 MAG bicasting의 패킷전송 비용( $C_{PD}^{MAG}$ )은 식 (12)와 같이 나타내고, LMA bicasting의 패킷전송 비용 ( $C_{PD}^{LMA}$ )은 식 (13)와 같이 나타낸다.

$$C_{PD}^{MAG} = Pk_s (\omega_M R_{drt} + (1 - \omega_M) R_{drt}) \quad (12)$$

$$C_{PD}^{LMA} = Pk_s (\omega_L R_{drt} + (1 - \omega_L) R_{drt}) \quad (13)$$

표 4. Signaling cost 성능 파라미터 값

변수	값	변수	값
$D_{MN-AP}$	1	$D_{AP-MAG}$	1
$D_{MAG-LMA}$	2	$RP_s$	52KB
$D_{pMAG-nMAG}$	1	$HI_s$	52KB
$D_{CN-LMA}$	6	$Pk_s$	500KB
$PBU_s$	76KB	$HACK_s$	52KB
$PBA_s$	76KB	$\delta_L$	1.07
$\alpha$	1	$\delta_M$	1.05
$\beta$	1.2	$\sigma$	1.2

MAG bicasting에서  $R_{drt}$  경로로 패킷이 전송되는 비율을  $\omega_M$ 으로 적용한 비용을 식 (14)와 같이 나타내고, LMA bicasting에서  $R_{drt}$  경로로 패킷이 전송되는 비율을  $\omega_L$ 로 적용한 비용을 식 (15)와 같다.

$$R_{drt} = \alpha D_{CN-LMA} + \alpha \sigma (D_{MAG-LMA} + D_{pMAG-nMAG} G) + \alpha D_{AP-MAG} + \beta D_{MN-AP} \quad (14)$$

$$R_{drt} = \alpha D_{CN-LMA} + \alpha \sigma (D_{MAG-LMA}) + \alpha D_{AP-MAG} + \beta D_{MN-AP} \quad (15)$$

신호비용을 계산하기 위해 표 4의 값을 사용하여 신호비용의 계산을 수행하며 그림 5은 신호비용의 분석을 나타내고, 그림 6은 신호비용의 시뮬레이션을 나타내고 있다.

MAG bicasting 기법은 LMA bicasting 기법보다 이후에 PBU 메시지를 전송한다. 따라서 패킷이

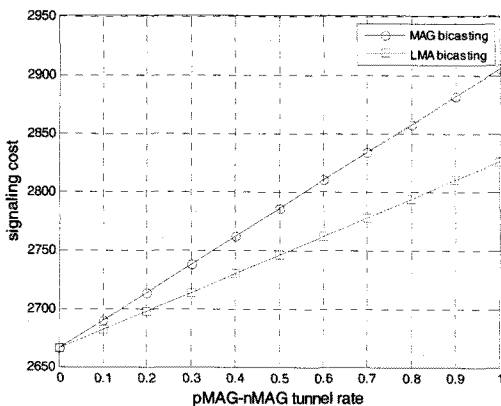


그림 5. 신호비용 분석결과

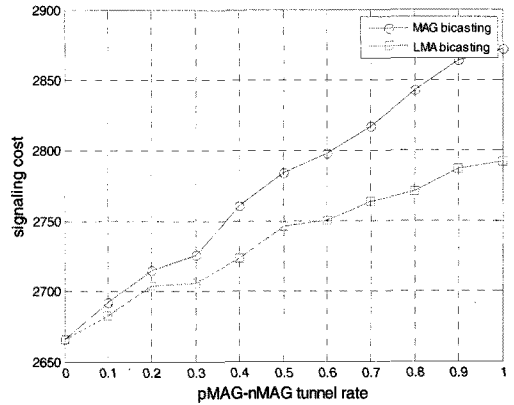


그림 6. 신호비용 시뮬레이션결과

pMAG을 거쳐서 nMAG으로 전송되는 패킷의 비율이 늘어나면서 패킷전송 비용이 증가하므로 전체적인 신호비용도 증가하게 된다는 것을 확인할 수 있다. 패킷 전송 비용은 패킷을 전송하는 경로의 비율에 따라서 평균 4% 성능이 향상되었음을 보여준다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 MAG에서 패킷을 bicasting하는 기법과 LMA에서 패킷을 bicasting하는 기법으로 패킷 손실을 개선하는 제안을 하였다. 패킷을 bicasting함으로써 패킷손실확률을 줄어드는 것을 알 수 있었다. MAG bicasting이 LMA bicasting보다 패킷손실확률 측면에서는 성능이 우수하게 나타나지만 네트워크 레벨의 핸드오버를 늦게 시작하므로 신호비용 측면에서는 증가하는 것을 확인하였다. 신호비용의 분석으로 pMAG과 nMAG사이의 터널링을 통하여 패킷을 전달하는 것을 줄여서 신호비용을 절감할 수 있다는 결과를 산출해 낼 수 있었다. 따라서 PFMIIPv6망에서 패킷손실과 신호비용을 동시에 줄이는 것에 관한 논의가 제안 될 것이다.

#### 참고 문헌

- [1] D. Johnson, C. Perkin, J. Arkko, "Mobility Support in IPv6", IETF, RFC3775, June, 2004.
- [2] R. Koodli, "Fast Handover for Mobile IPv6", IETF, RFC4068, July, 2005.
- [3] M. Shi, L. Xu, X. Shen, J. W. Mark and A. Saleh, "Air interface switching and performance analysis for fast vertical handoff in cellular

- network and WLAN interworking”, *Wireless Communications & Mobile Computing*, Vol.7, pp.581-594, June, 2007.
- [4] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury and B. Patil, “Proxy Mobile IPv6”, IETF NETLMM WG, August, 2008.
- [5] H. Yokota, K. Chowdhury, R. Koodli, B. Patil and F. Xia, “Fast Handovers for Proxy Mobile IPv6”, IETF RFC5949, September, 2010.
- [6] J. Lee, Y. Han, S. Gundavelli and T. Chung, “a comparative performance analysis on hierarchical mobile ipv6 and proxy mobile ipv6”, *Telecommunication Systems*, vol.41, pp.279-292, May, 2009.
- [7] M. YI, J. Choi and Y. Yang, “A Comparative Analysis on the Signaling Load of Proxy Mobile IPv6 and Hierarchical Mobile IPv6”, *International Symposium on Wireless Pervasive Computing*, pp.11-15, Feb., 2009.
- [8] S. Hwang, Y. Han and C. Hwang, “Signaling time analysis for optimal fast handovers for Mobile IPv6”, *Vehicular Technology Conference*, Vol.5, pp.3275-3280, Sep., 2004.

이진수 (Jin-soo Lee)

준회원



2009년 2월 숭실대학교 컴퓨터 학부 학사  
2009년 3월~현재 연세대학교 컴퓨터과학과 석사과정  
<관심분야> Proxy Mobile IPv6, Fast handover

이수경 (Su-kyoung Lee)

종신회원



2005년 9월~현재 연세대학교 컴퓨터과학과 교수  
<관심분야> 이종망통합(4G,WLAN), Mobility Management, Vehicular -Ad-hoc Networking, Optical Network