

논문 2010-47TC-7-9

# Proxy Mobile IPv6 네트워크에서 경로 최적화 핸드오버 기법들의 성능 비교

(Performance Comparison of Route Optimization Handover Methods in  
Proxy Mobile IPv6 Network)

장 지원\*, 전 세 일\*, 김 영 한\*\*

(Ji Won Jang, Se Il Jeon, and Young Han Kim)

## 요 약

본 논문에서는 PMIPv6 도메인 내의 모바일 단말간의 최적화된 통신서비스 제공을 위해 요구되는 경로 최적화 통신을 위해 IETF에 제안된 경로 최적화 기법들의 핸드오버 성능을 비교 분석한다. 성능 비교를 위해 두개의 MAG와 하나의 LMA로 구성된 환경에서 경로 최적화 핸드오버 시에 발생하는 시그널링 비용, 핸드오버 지연 시간과 패킷 손실 등을 분석하였다. 분석결과 최적화된 경로 생성을 위해 관여하는 컴포넌트의 유무와 최적화 메시지의 수, 고려하는 성능적 목표에 따라 달라지는 것을 확인하였다.

## Abstract

In this paper, we compare the performance of proposals for route optimization handover, which provides optimized communication to mobile node, presented in IETF (Internet Engineering Task Force). For comparison, we consider the architecture with two MAGs (Mobile Access Gateways) and single LMA (Local Mobility Anchor), and analyze the signaling cost, handover latency, and packet loss. Evaluation results show that they are changed depending on the involved component, the number of route optimization messages and performance factor that each proposal targets.

**Keywords :** Proxy Mobile IPv6, PMIPv6, Route Optimization Handover, Handover Latency, Signaling Cost

## I. 서 론

스마트폰의 활발한 보급은 무선 액세스 환경에서의 성능 향상과 함께 사용자의 이동 환경에서도 끊임없는 패킷 서비스 제공에 대한 요구를 증가시켰다. Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6)는 이러한 IP 이동성 관리 프로

토콜의 하나로 모바일 단말의 위치 정보를 관리하는 Local Mobility Anchor (LMA)를 중심으로 단말의 이동 감지 기능을 담당하는 Mobile Access Gateway (MAG)를 이용한 모바일 단말 세션 연속성을 제공한다. 그러나 PMIPv6 이동성을 제공받는 모든 단말들의 패킷은 LMA를 경유하며, 통신 노드가 모두 PMIPv6 도메인에 위치하는 경우 LMA와 각각의 MAG간의 터널 헤더로 인한 데이터 오버헤드 전달 및 처리비용 함께 노드 간 전달 지연이 발생 된다<sup>[1]</sup>. 이러한 문제를 해결하기 위해 PMIPv6 경로 최적화를 다양한 기법들이 제안되었으며<sup>[2-5]</sup>, 최근 IETF의 Network-based Mobility Extensions (NetExt) 워킹 그룹에서는 로컬 라우팅이라

\* 학생회원, \*\* 평생회원, 송실대학교 정보통신공학과  
(Department of Information and Communications  
Engineering, Soongsil University)

※ 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원  
의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수  
행하였음. [KI001822, 서비스 가용성을 위한 이동성  
관리 기술 연구]

접수일자: 2010년5월31일, 수정완료일: 2010년7월19일

는 이름으로 솔루션의 표준화가 진행 중이다 [6~9].

효과적인 경로 최적화 통신을 위해서는 MAG들간의 직접 터널을 생성하는 절차적 방법만이 아닌 단말의 핸드오프 이벤트를 고려가 요구된다. 즉, 단말의 핸드오프 이벤트 발생 때마다 PMIPv6 핸드오프 절차와 함께 경로 최적화 절차가 요구되며, 반복적으로 분할되어 적용되는 기법은 다량의 핸드오프 시그널링 비용과 세션의 끊어짐을 초래할 수 있다. 따라서 PMIPv6 도메인 특성과 망의 성능을 고려한 경로 최적화 핸드오버 기법이 요구된다. 이보다 앞서 경로 최적화 핸드오버 기법들의 성능 분석을 위해 수행된 [5]에서는 핸드오버 지연 시간만이 비교되었고, [2, 4]에서는 시그널링 비용과 패킷 전달 비용에 대해서만 비교할 뿐 단말의 성능 관점에서 중요한 핸드오버 지연시간과 패킷 손실과 통신하고 있는 상대 MAG에서 타 MAG에 속한 단말의 이동을 얼마나 빠르게 감지하여 패킷 스위칭을 수행하는지에 대한 광범위한 분석은 제공하지 못하였다.

따라서 본 논문은 PMIPv6 로컬 라우팅을 위한 적용 시나리오 중 1개의 LMA와 2개의 MAG가 연결된 시나리오를 기반으로 기존에 제시된 경로 최적화 핸드오버 기법들을 단말 및 네트워크 관점에서 성능적인 요소들을 비교하고, 정량적으로 분석한다.

## II. PMIPv6 경로 최적화 방안 비교

현재 IETF NETEXT WG에서 제안된 PMIPv6 도메인에서 적용 가능한 경로 최적화 시나리오는 3가지로 정의되며<sup>[10]</sup> A{MAG 수}{LMA 수}의 형식으로 표현하고 있으며 그림 1과 같이 나타낼 수 있다. 예를 들어, A{2}{1}의 시나리오는 하나의 LMA에 위치한 서로 다른 두개의 MAG에 통신하는 이동단말들이 위치하는 경우를 의미하며, A{2}{2} 경우는 현재 PMIPv6 도메인간

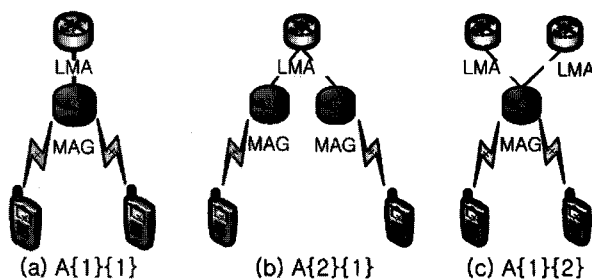


그림 1. PMIPv6 경로 최적화 시나리오

Fig. 1. PMIPv6 Route Optimization Scenarios.

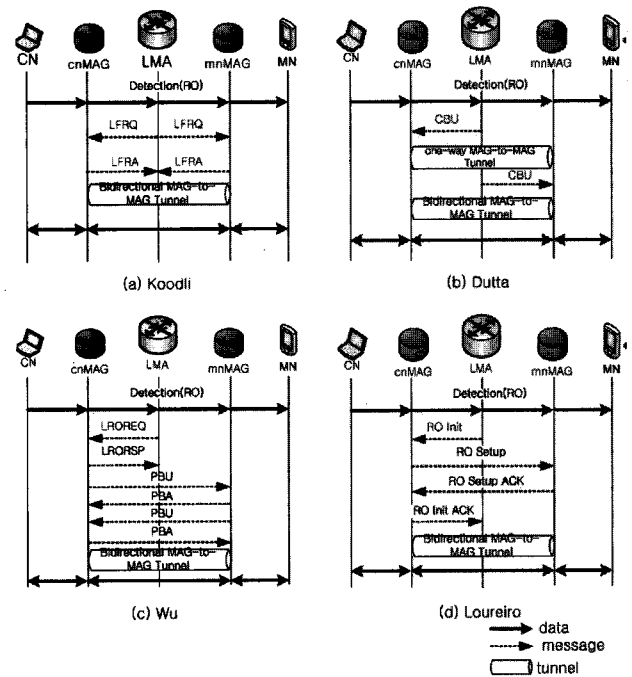


그림 2. PMIPv6 경로 최적화 절차

Fig. 2. PMIPv6 Route Optimization Procedure.

의 핸드오버가 정의되어 있지 않음으로 제외하였다. 그리고 LMA간의 핸드오버 경우는 특별한 PMIPv6 프로토콜 절차가 정립되어 있지 않아, 기존 MIPv6 프로토콜에 따라 동작하게 된다<sup>[11]</sup>.

그림 2는 A{2}{1} 시나리오를 기반으로 제안된 경로 최적화 방안을 나타낸다<sup>[6~9]</sup>. 각 기법들을 구분하기 위해 본 논문에서는 저자의 이름으로 명명한다. MN과 CN은 같은 PMIPv6 도메인에서 통신하는 모바일 노드를 나타내며, 각각이 위치한 MAG는 mnMAG, cnMAG로 표시하였다.

각 기법들은 공통적으로 LMA에 의해 경로 최적화 과정이 시작된다. 제안된 PMIPv6 경로 최적화 기법들은 경로 최적화 기법 필요의 감지 및 시그널링 수행을 위해 LMA가 사용되지만 두 MAG간의 최적화 경로 생성을 위해 직접적인 시그널링의 교환은 LMA와 MAG 그리고 MAG간의 2가지 경우로 나뉘진다. 그리고 이러한 최적화 경로를 이용 시 패킷의 순서가 어긋날 수 있는 경우가 발생할 수 있게 된다<sup>[12]</sup>.

그림 2. (a)의 Koodli 기법에서는 LMA에 의해 서로 다른 MAG에 속한 두 단말이 통신함을 확인 후 LMA가 모바일 단말의 MAG, mnMAG (mobile node's MAG)와 상대 모바일 노드의 MAG, cnMAG (correspondent node's MAG),에게 최적화 경로 생성을 위한 요청 메시지를 전송, 이에 대한 응답 메시지의

수신으로 최적화 경로가 만들어진다. 그림 2. (b)의 Dutta 기법은 LMA의해 경로 최적화가 진행 되었지만, 보다 빠른 전송을 위해 한 방향의 최적화 경로를 생성 후 필요에 따라 반대 방향의 최적화 경로를 생성한다. 그림 2. (c) Wu, (d) Loureiro 기법에서는 LMA가 경로 최적화 메시지를 mnMAG와 cnMAG 중 하나에게 전송한 뒤 메시지를 받은 MAG가 상대 MAG에게 직접 최적화 경로 생성을 위한 시그널링을 수행하는 방식을 공통적으로 사용하였다. 그러나 Wu 기법은 기존의 PBU (Proxy Binding Update) / PBA (Proxy Binding Acknowledgment) 메시지를 확장하는 방식을 이용하였고, Loureiro 기법은 새로 정의한 RO Setup 메시지를 사용하여 경로 최적화 방안을 설계하였다.

따라서 위의 그림 2의 (a) Koodli, (b) Dutta는 LMA와 MAG간의 시그널링 교환으로 LMA 주도 하에 최적화 경로가 생성 및 관리 되어진다. 하지만 (c) Wu, (d) Loureiro는 두 MAG간의 시그널링 교환으로 MAG 주도 하에 최적화 경로가 생성되어 지며 서로 통신 하는 두 MAG간의 거리가 짧을 경우 보다 빨리 최적화 경로가 생성된다.

다음 장에서는 경로 최적화 기법을 바탕으로 핸드오버 이후 최적화 경로를 유지하는 경로 최적화 핸드오버 기법들을 비교 한다.

### III. PMIPv6 경로 최적화 핸드오버 방안 비교

최적화 경로 생성 이후 단말은 계속적으로 이동한다. 이를 위해 기본적으로 단말의 핸드오프와 경로 최적화 과정이 순차적으로 수행되나 이는 과도한 시그널링 오버헤드 및 패킷 손실이 발생된다. 따라서 최적화된 경로의 생성뿐만이 아닌 최적화된 경로에서 모바일 단말의 핸드오프에 대한 고려가 필요하다. 앞서 설명된 기존의 경로 최적화 방안을 핸드오프 이벤트에 적용할 때 경로 최적화 핸드오프를 위한 절차적인 방법은 그림 3과 같으며, II장과 동일하게 A<sub>2</sub>{1}을 가정하였다. 상대 노드는 cnMAG에 위치하며, 이동 단말은 이전 MAG, pMAG (previous MAG), 에서 새로운 MAG, nMAG (new MAG), 로 핸드오프 수행을 가정하였다.

공통적으로 모바일 단말이 nMAG로 이동할 때 이를 감지한 nMAG가 PBU 메시지를 LMA에 전송하고 PBA 메시지를 수신한다. 그러나 각 기법들은 시그널링 절차의 차이점을 갖는다.

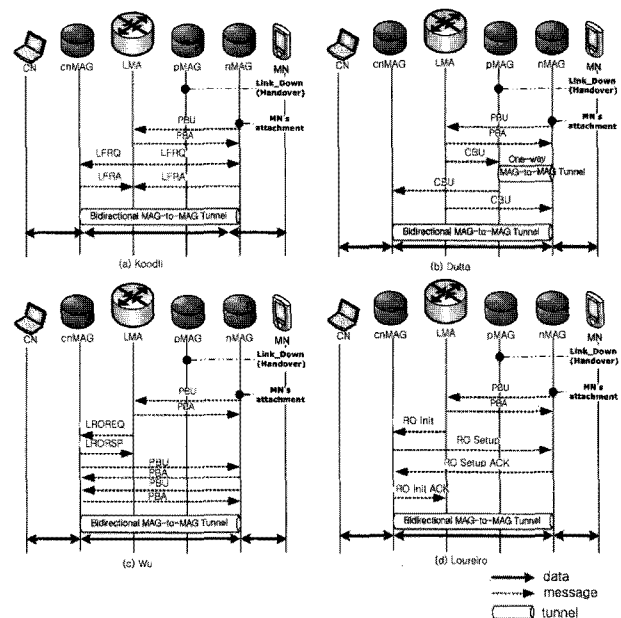


그림 3. 경로 최적화 핸드오버 절차  
Fig. 3. Procedure of Route Optimization Handover.

Koodli 경로 최적화 핸드오버에서는 LMA가 이동 단말의 이동을 감지 한 후 Local Forwarding Request (LFRQ)를 cnMAG와 nMAG에게 각각 전송하며, Local Forwarding Response (LFRP) 메시지를 수신, nMAG와 cnMAG간의 최적화된 경로가 생성된다. Wu 기법에서는 nMAG로부터 바인딩 메시지를 받은 LMA가 cnMAG에게 Local Routing Optmization Request (LROREQ) 메시지를 통해 현재 모바일 단말이 이동한 nMAG의 주소를 전달하여 cnMAG가 직접 nMAG와 최적화된 경로를 생성하게 된다.

Loureiro 경로 최적화 핸드오버 기법의 경우 MN이 새롭게 접속한 nMAG로부터 PBU 업데이트를 통해 MN 이동을 알게 된 LMA는 RO Init 메시지를 cnMAG에게 전송하여 기존에 맺어져 있던 최적화 경로 테이블을 업데이트 시킨다. cnMAG는 MN이 새롭게 이동한 nMAG에게 RO Setup 메시지를 전송하여 새로운 최적화 경로를 테이블을 생성시키며, cnMAG는 LMA에게 RO Init Ack. 메시지를 전송하여 최적화 경로가 이루어졌음을 LMA에게 알린다.

Dutta 경로 최적화 핸드오버 기법은 Koodli, Wu, Loureiro 기법과 달리 단말 핸드오버 과정에서 발생하는 패킷 손실을 줄이는 경로 최적화 핸드오버 방안에 집중하였다. 즉, 모바일 단말의 nMAG로의 이동을 감지한 LMA는 cnMAG로 바로 알리는 것이 아닌 pMAG에서 발생하는 패킷 손실을 줄이기 위해 pMAG

에게 패킷을 버리지 말고, nMAG로 터널 포워딩을 수행하도록 Correspondent Binding Update (CBU) 메시지를 전달한다. 이후 cnMAG에게 CBU 메시지를 보내 nMAG로 패킷이 전달되게 하며, 반대 방향의 최적화 경로를 위해 nMAG에게 CBU를 전달한다. 그러나 cnMAG가 nMAG를 새롭게 알게 되는 경우 다른 기법과는 달리 기존 pMAG로도 패킷이 전송되고 있기 때문에 cnMAG에서 pMAG를 경유하는 패킷과 nMAG로 직접 전달되는 패킷간의 순서가 뒤바뀌는 문제점이 발생될 수 있다.

앞서 설명된 경로 최적화 핸드오버 기법은 최적화 경로 생성을 위한 정보 획득 방법과 모바일 단말들이 속한 MAG가 경로 최적화 시그널링 과정에 참여하는지의 여부에 따른 특정 시그널링의 필요와 더불어 단말 관점에서 지연 시간 및 패킷 손실의 영향을 미친다. 따라서 다음 장에서는 앞서 제시된 4가지 경로 최적화 기법들의 성능을 다양한 관점에서 비교하고, 성능을 분석한다.

#### IV. 성능 비교

각 기법에서 제시된 경로 최적화 핸드오버를 비교하기 위해 본 논문에서는 경로 최적화 핸드오버를 위해 요구되는 단말 및 네트워크 관점에서의 성능을 비교 분석한다.

단말 관점에서는 단말이 겪는 핸드오버 지연시간 및 패킷 손실을 분석하고, 네트워크 관점에서는 경로 최적화 핸드오버 시그널링 비용과 함께 단말이 pMAG에서 이동한 순간부터 cnMAG가 nMAG로 이동하였음을 감지하여 nMAG로 패킷을 전송하기까지의 스위칭 시간을 분석한다.

##### 4.1 시그널링 비용

시그널링 비용 분석을 위해 단말은 PMIPv6 도메인 내에서의 이동만을 가정하였으며, 단말의 셀 경계 이동을 위한 데이터 수신 비율과 이동성을 나타내는 Session-to-Mobility Ratio (SMR)를 기반으로 시그널링을 계산하여 이동성에 따른 경로 최적화 핸드오버 시그널링의 영향을 확인한다. 시그널링 비용을 계산하기 위해 필요한 모든 시그널링과 프로세싱 그리고 이동단말의 이동비용을 고려하였다. 그리고 각 기법의 시그널링 비용은  $C_{sig}^{scheme}$ 로 표현하였으며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

표 1. 경로 최적화 핸드오버를 위한 각 기법의 시그널링 비용

Table 1. Detailed Signaling Cost for Route Optimization Handover.

용어	의미
$C_{HO}$	$\tau(2d_{nMAG,LMA}) + P_{nMAG} + P_{LMA}$
$C_{RO}^{Koodli}$	$\tau(4d_{nMAG,LMA} + 2d_{cnMAG,LMA}) + P_{cnMAG} + 2P_{LMA} + 2P_{nMAG}$
$C_{RO}^{Dutta}$	$\tau(d_{pMAG,cnMAG} + d_{nMAG,LMA}) + P_{pMAG} + P_{LMA} + P_{nMAG}$
$C_{RO}^{Wu}$	$\tau(2d_{cnMAG,LMA} + 4d_{cnMAG,nMAG}) + 3P_{pMAG} + 2P_{LMA} + 3P_{nMAG}$
$C_{RO}^{Loureiro}$	$\tau(2d_{cnMAG,LMA} + 2d_{cnMAG,nMAG}) + 2P_{cnMAG} + 2P_{LMA} + 2P_{nMAG}$

$$C_{sig}^{scheme} = E(N_c)(C_{HO} + C_{RO}^{scheme}) \quad \text{식 (4.1)}$$

$E(N_c)$ 는 한 도메인 내에서의 이동 단말의 평균 이동 비율을 의미 하며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E(N_c) = \frac{1}{SMR} \frac{\sqrt{M}-1}{\sqrt{M}} \quad \text{식 (4.2)}$$

이 값이 크다는 것은 SMR이 값이 작아서 단말의 이동성이 많고, 값이 작으면 SMR값이 커서 이동성 보다 패킷을 주고받는 비율이 높음을 의미한다.

$C_{HO}$ 는 MN이 새로운 MAG에 이동 했을 때 LMA와 주고받는 바인딩 시그널링과 프로세싱 비용을 나타내며,  $C_{RO}^{scheme}$ 은 각 기법에서 제시된 최적화 경로 생성을 위해 발생하는 시그널링 비용을 나타내며 각각의 정의는 표 1과 같다.

$d_{X,Y}$ 는 X와 Y간의 홉 수를 나타내며,  $\tau$ 는 유선 링크에서 전달 비용을 나타낸다. 시그널링 비용에는 각 시그널링을 MAG와 LMA에서 수행되는 프로세싱 비용을 포함하였다. LMA에서 수행되는 시그널의 처리 비용  $P_{LMA}$ 는 식 (4.3)과 같으며, MAG와 MN의 수에 비례하게 된다.

$$P_{LMA} = \zeta N_{CN} \lambda (\beta N_{CN} \delta + \gamma \log(\delta)) \quad \text{식 (4.3)}$$

$\zeta$ 는 LMA에 할당된 대역폭을,  $\lambda$  평균 패킷 전송 프로세싱 비용을,  $\beta$ 와  $\gamma$ 은 LMA에서의 바인딩 리스트와 라우팅 테이블에 대한 가중치를,  $\delta$ 는 LMA에 속한 MAG의 수를 그리고  $N_{on}$ 은 LMA에 의해 관리되는 이동 단말 중 활동 중인 이동 단말을 의미한다.<sup>[13]</sup>

MAG에서의 프로세싱 지연시간은 <sup>[14]</sup>에 의해서

$P_{MAG}$ 로 표현하며  $P_{MAG}=\eta\lambda$  으로 나타낼 수 있다. 여기서  $\eta$ 은 MAG내에서의 패킷 전송 프로세싱 비용을 의미한다.

위의 식 (4.1) 과 표1을 바탕으로 각 기법의 경로 최적화 시그널링 비용은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C_{sig}^{Koodli} = E(N_c)(C_{HO} + C_{RO}^{Koodli}) \quad \text{식 (4.4)}$$

$$C_{sig}^{Dutta} = E(N_c)(C_{HO} + C_{RO}^{Dutta})$$

$$C_{sig}^{Wu} = E(N_c)(C_{HO} + C_{RO}^{Wu})$$

$$C_{sig}^{Loureiro} = E(N_c)(C_{HO} + C_{RO}^{Loureiro})$$

#### 4.2 이동 단말의 핸드오버 지연시간

이동 단말의 핸드오버 지연 시간은 링크 계층의 핸드오버가 시작되고, CN에서 보낸 패킷이 MAG간의 터널을 통해 전달되어 MN이 패킷을 받을 수 있을 때까지의 지연시간을 의미한다. 이를 구하기 위해 링크 계층의 핸드오버 지연시간과, 경로 최적화 메시지 전송에 대한 지연시간 그리고 패킷을 받을 수 있는데 걸리는 지연시간의 합으로 계산하며, 각 컴포넌트에서의 프로세싱 시간은 제외 하였다.

$$t_{latency}^{scheme} = t_{L2} + d_{scheme} \left( \frac{s}{B_w} + L_w + \omega_q \right) + t_{cnMAG, MN} \quad \text{식 (4.5)}$$

표 2는 각 기법의 경로 최적화 메시지들이 전송 되는 거리를 나타낸다.

$t_{L2}$ 는 링크 계층 핸드오버 지연시간을,  $d_{scheme}$ 은 각 기법의 경로 최적화 메시지가 전송 되는 유선 구간에서의 거리를 의미하며 표 2에 정의 되어 있다. 그리고 경로 최적화 메시지가 각 홉을 거칠 때마다 라우터에서 처리 되는 비용을 고려했다. 이 처리비용은  $\frac{s}{B_w} + L_w + \omega_q$ 로 나타내며,  $d_{scheme}$ 의 거리에 비례한다. 이때,  $B_w$ ,  $L_w$ 는 유선 구간에서의 대역폭과 링크 딜레이를 의미하고,  $\omega_q$ 는 유선 구간에서의 라우터 프로세싱 딜레이를 의미한다.  $t_{cnMAG, MN}$ 은 MN이 핸드오버 이후 새로운 패킷을 수신 하는 데까지의 지연 시간이며, 각 기법에 공통적으로 적용된다.

각 기법의 핸드오버 지연시간을 식 (4.5)와 표 2를 이용하여 계산 할 수 있다. 모든 기법들은 각 기법에 사용되는 경로 최적화 메시지의 유선 구간에서의 전송 거

표 2. 각 기법에서 경로최적화 메시지가 전송 거리  
Table 2. Transmission Distance of each draft for performance.

용어	의미
$d_{Koodli}$	$2d_{nMAG, LMA} + 2d_{cnMAG, LMA}$
$d_{Dutta}$	$2d_{nMAG, LMA} + 2d_{pMAG, LMA}$
$d_{Loureiro}$	$2d_{nMAG, LMA} + 2d_{pMAG, LMA} + 2d_{cnMAG, nMAG}$
$d_{Wu}$	$2d_{nMAG, LMA} + 2d_{cnMAG, LMA} + 4d_{cnMAG, nMAG}$

리인  $d_{scheme}$ 만 차이가 있을 뿐 동일하게 계산 할 수 있다. 따라서 다음 절부터 Koodli 기법만 제시하고 나머지 기법들은 생략한다. Koodli 기법의 핸드오버 지연시간은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$t_{latency}^{Koodli} = t_{L2} + d_{Koodli} \left( \frac{s}{B_w} + L_w + \omega_q \right) + t_{cnMAG, MN} \quad \text{식 (4.6)}$$

#### 4.3 cnMAG에서의 스위칭 타임

cnMAG가 pMAG에서 MN이 새롭게 이동한 nMAG로 패킷을 보낼 수 있는 시점까지를 cnMAG 스위칭 타임이며, 이를 계산하기 위해서 핸드오버 지연 시간 계산과 동일한 방법을 사용 한다. 하지만 MN이 패킷을 받을 수 있는데 걸리는 지연시간은 무시한다.

식 (4.5)를 이용한  $t_{switching}^{scheme}$  은 각 기법에서 나타내는 cnMAG에서의 스위칭 타임을 나타내며 다음 식 (4.7)으로 나타낼 수 있다.

$$t_{switching}^{scheme} = t_{L2} + d_{scheme} \left( \frac{s}{B_w} + L_w + \omega_q \right) \quad \text{식 (4.7)}$$

cnMAG에서의 스위칭 타임 또한 각 기법에 사용되는 경로 최적화 메시지의 유선 구간에서의 전송 거리인  $d_{scheme}$ 만 차이가 있을 뿐 동일하게 계산 할 수 있으므로, Koodli 기법만 제시하며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$t_{switching}^{Koodli} = t_{L2} + d_{Koodli} \left( \frac{s}{B_w} + L_w + \omega_q \right) \quad \text{식 (4.8)}$$

#### 4.4 이동 단말의 패킷 손실

LMA 주도 경로 최적화 핸드오버는 핸드오버 동안에

패킷 손실이 발생한다. 이는 MN이 링크 계층 핸드오버 동안과 cnMAG와 nMAG간의 패킷 전송이 이루어지기 전까지 MN이 패킷을 수신하지 못하기 때문이다.

각 기법의 패킷 손실률은  $C_{loss}^{scheme}$ 로 나타내며 1초당 패킷이 발생하는 양을 의미 하는  $\lambda_p$ 와 각 기법에서 cnMAG의 스위칭 타임의 곱으로 표현 한다. 이는 cnMAG가 pMAG로 스위칭 되는 순간부터 MN이 패킷을 수신 할 수 있기 때문이며, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C_{loss}^{scheme} = \lambda_p t_{switching}^{scheme} \tag{4.9}$$

Koodli기법의 패킷 손실률은 식 (4.10)와 같이 나타낼 수 있으며, 나머지 기법들 또한 Koodli기법과 동일하게 나타낼 수 있으므로 생략한다.

$$C_{loss}^{Koodli} = \lambda_p t_{switching}^{Koodli} \tag{4.10}$$

#### 4.5 수치적 결과

이번 장에서는 표3과 같은 파라미터 값을 적용 하여 결과를 분석하며<sup>[13]</sup> 각 기법의 시그널링과 그에 따른 처리비용만을 고려하여 분석했다.

그림 4는 SMR값에 따른 각 기법의 시그널링 비용을 나타내며, SMR값이 작으면 이동 단말의 잦은 이동으로 시그널링 비용이 증가한다. 반대의 경우, 이동률이 작아 전체적으로 시그널링 발생과 프로세싱이 작게 일어나기 때문에 시그널링 비용이 줄어든다.

그림 5는 유선 링크 딜레이에 따라 각 기법의 핸드오

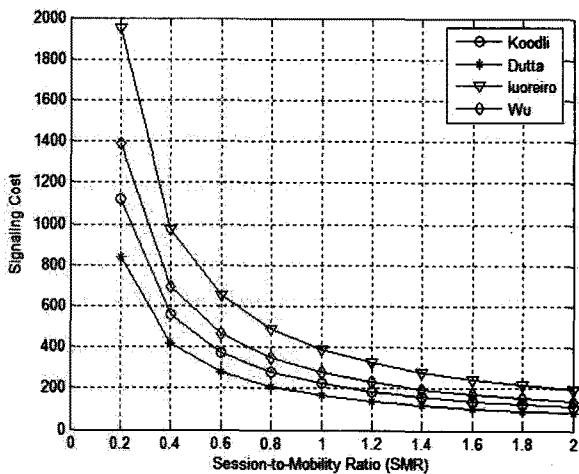


그림 4. SMR 값에 따른 시그널링 비용  
Fig. 4. Signaling Cost according to SMR.

버 지연 시간을 나타내며, Dutta기법이 핸드오버 지연 시간이 작은 것을 알 수 있다. 이는 한 방향으로 패킷을 먼저 전송하는 방법을 고려하여 가장 적은 시그널링의 수가 사용되었으며, Koodli, Loreiro, Wu의 순으로 시그널링 메시지가 적게 사용되어 Wu기법은 핸드오버 지연 시간이 높음을 알 수 있다.

그림 6은 각 기법의 cnMAG의 스위칭 타임의 비교를 나타내며, 핸드오버 지연시간 계산식과 동일하나 패킷 전송시간을 제외한 시그널링만을 계산하였기 때문에 핸드오버 지연 시간보다 낮게 나타난다. 그 결과 또한 핸드오버 지연시간과 비슷한 형태로 시그널링의 수가 적은 것부터 결과 값이 작게 나타나는 것을 알 수 있다.

그림 7은 상대 노드로부터 패킷 도착 비율에 따른 패

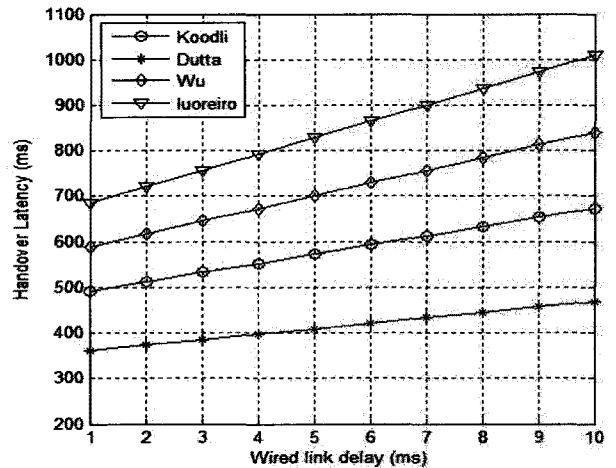


그림 5. 유선 링크 딜레이에 따른 핸드오버 지연시간  
Fig. 5. Handover Latency according to Wired link delay.

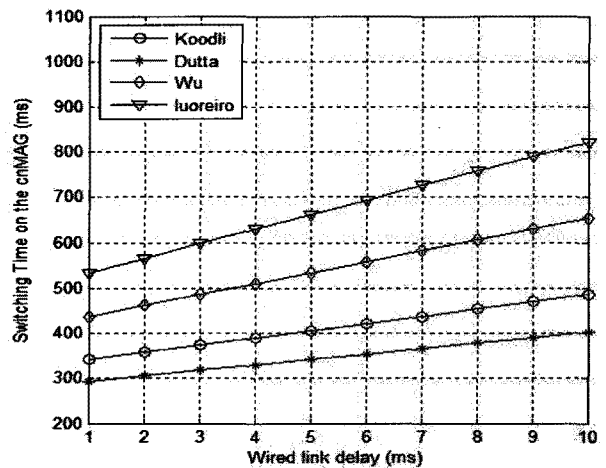


그림 6. 유선 링크 딜레이에 따른 cnMAG에서 스위칭 타임  
Fig. 6. Switching Time on the cnMAG according to Wired link delay.

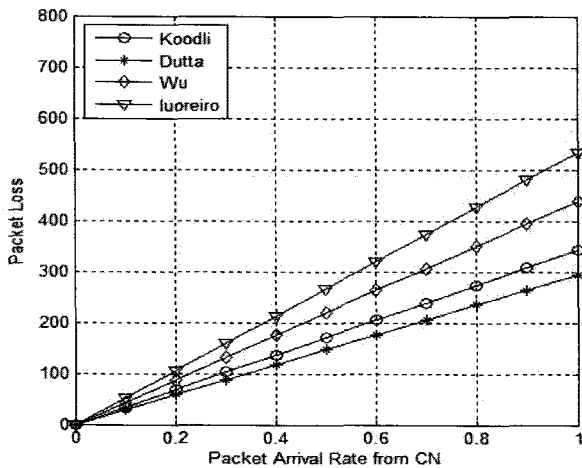


그림 7. 상대 노드로 부터 패킷 도착비율에 따른 패킷 손실

Fig. 7. Packet Loss according to Packet Arrival Rate from CN.

표 3. 파라미터 값  
Table 3. Parameter value.

파라미터	값	파라미터	값
$d_{pMAG,LMA}$	4 hops	$B_{al}, B_{at}$	100/11 Mbps
$d_{cnMAG,LMA}$	4 hops	s	100 byte
$d_{nMAG,LMA}$	4 hops	$\zeta, \lambda$	0.05/10
$d_{pMAG,nMAG}$	4 hops	$\rho$	0.002 users/m <sup>2</sup>
$d_{cnMAG,nMAG}$	4 hops	$l_{al}, l_{at}$	2/10 ms
$d_{nMAG,nMAG}$	4 hops	$\alpha, \beta$	0.5 / 0.8
$d_{MN,MAG}$	1 hops	$\eta, \kappa, \tau$	5/2/0.5

킷 손실 정도를 나타낸 것이다. 패킷 도착 비율이 높아 질수록 각 기법의 패킷 손실 양도 증가하는 것을 볼 수 있다. 그리고 핸드오버 지연시간이 작은 경우의 순으로 패킷 손실 양도 작게 나타남을 알 수 있었다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 PMIPv6 도메인에서 IETF NETEXT WG의 경로 최적화 최신 기법들을 핸드오버로 확장하여 비교하여 그 결과를 확인 해보았다. 분석결과 전반적으로 Dutta, Koodli, Loureiro, Wu기법 순으로 성능적 측면에서 좋은 결과를 확인하였다. 하지만 Dutta기법은 한쪽 방향의 터널 생성된 나머지 터널의 생성을 고려하였으며, 나머지는 양방향의 터널생성을 고려하였다.

이를 바탕으로 성능 결과는 경로 최적화 핸드오버에 사용되는 시그널링 메시지와 MAG의 참여여부에 따라서 달라지는 것을 알 수 있었다.

따라서 보다 효과적인 경로 최적화 핸드오버를 수행하기 위해서 불필요한 최적화 경로 메시지 수와 MAG의 참여를 줄일 수 있는 연구가 필요하다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Gundavelli, S., Leung, K., Devarapalli, V., Chowdhury, K., and B. Patil, "Proxy Mobile IPv6", RFC 5213, August 2008.
- [2] J. Lee, S. Gundavelli, and T. Chung, "A performance analysis on Route Optimization for Proxy Mobile IPv6," In Proc. of IEEE International Conference on Communications (ICC) 2009, June 2009.
- [3] B. Han, J. Lee, J. Lee, and T. Chung, "PMIPv6 Route Optimization Mechanism using the Routing Table of MAG,"
- [4] Jae-Min Lee, Jong-Hyook Lee, and Tai-Myoung Chung, Performance Analysis of Route Optimization on Proxy Mobile IPv6," ICSNC, October 2008.
- [5] J.Choi, B.Jung and T.Kim, "LMA Initiated Route Optimization Protocol for Improving PMIP Handover Performance,"IEEE Communications Letters, vol. 13, no. 11, November 2009.
- [6] R. Koodli and K. Chowdhury, "Local Forwarding in Proxy Mobile IPv6," draft-koodli-netext-local-forwarding-01.txt, October 2009.
- [7] A. Dutta, S. Das, H. Yokota, T. Chiba, and H. Schulzrinne, "ProxyMIP Extension fo Inter-MAG Route Optimization," draft-dutta-netext-pmipro-00, October 2009.
- [8] Q.wu and B. Sarikaya, "An Extension to Proxy Mobile IPv6 for Local Routing Optimization," draft-wu-netext-local-ro-05.txt, February. 2010
- [9] P. Loureiro and M. Liebsch, "Proxy Mobile IPv6 Localized Routing," draft-loureiro-netext-pmipv6-ro-02.txt, March 2010.
- [10] S.Krishnan, R. Koodli, P. Louriero, D. Oulai, and Q. Wu, "Localized Routing for Proxy Mobile IPv6," draft-krishnan-netext-pmip-lr-01.txt, March 2010.
- [11] 강재철, 박병주, 김대영, "Inter-LMA 이동시 Handover Latency 개선 방안 및 성능 분석", 전자공학회논문지, 제46권 TC편, 제8호, 34-42쪽, 2009년 8월
- [12] 이창민, 이범재, 이재훈, 박현서, 신경철, "Proxy MIPv6에서 패킷의 순서 어긋남을 해결할 수 있는 Flush 메시지 기반의 경로 최적화 메커니즘", 전자공학회논문지, 제45권 TC편, 제8호, 61-67쪽, 2008년 3월

- [13] S. Jeon, N. Kang, Y. Kim and W. Yoon, "Enhanced PMIPv6 Route Optimization Handover," IEICE Trans. Commun., vol. E91-B, no.11, November 2008.
- [14] J. Xie and I.F. Akyildiz, "An optimal location management scheme for minimizing signaling cost in mobileIP," Proc, IEEE ICC International, vol. 6, pp. 3313-3317, May 2002.

---

 저 자 소 개
 

---



장 지 원(학생회원)  
 2010년 동의대학교  
 영상정보공학부 학사졸업.  
 2010년 현재 숭실대학교  
 정보통신공학과 석사  
 <주관심분야 : 컴퓨터 네트워크,  
 모바일 광대역 통신, 인터넷 네트  
 워킹, 데이터 통신망>



전 세 일(학생회원)  
 2006년 숭실대학교 정보통신전자  
 공학부 학사졸업.  
 2008년 숭실대학교 정보통신공학  
 석사 졸업  
 2010년 숭실대학교 정보통신공학  
 박사 수료  
 <주관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 모바일 광대역  
 통신, 인터넷 네트워크, 데이터 통신망>



김 영 한(평생회원)-교신저자  
 1984년 서울대학교 전자공학 학사  
 1986년 한국과학기술원 전기전자  
 공학 석사  
 1990년 한국과학기술원 전기전자  
 공학 박사

1987년~1994년 디지콤 정보 통신 연구소  
 데이터통신연구부장  
 1994년~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부  
 정교수  
 <주관심분야: 컴퓨터 네트워크, 인터넷 네트워크,  
 이동 데이터 통신망>