

# NGN 에서 MPLS LSP 기반의 글로벌 이동성 관리 방안

유명주\*, 최성곤\*

\*충북대학교 전자통신공학과

e-mail : mjyu@cbnu.ac.kr, sgchoi@cbnu.ac.kr

## A New Mechanism for Global Mobility Management based on MPLS LSP in NGN

Myoung Ju Yu \*, Seong Gon Choi\*

\*College of Electrical & Computer Engineering, Chungbuk National University

### 요 약

본 논문은 차세대네트워크에서 끊임없는 서비스를 위해 MPLS LSP 를 이용하는 새로운 이동성 관리 방안을 제안한다. 제안방안은 LSP 를 통한 L2.5 스위칭 방법을 이용하여 시그널링 메시지를 전송함으로써 시그널링 지연을 감소시킨다. 제안방안에 의한 성능 향상을 검증하기 위해 수직을 이용하여 기존방안들과 제안방안에 대한 핸드오버 지연, 패킷손실률, 위치 업데이트 비용 그리고 전체 비용(overall cost)을 분석하였다. 그 결과 제안방안에서의 지연 및 비용이 기존방안들 보다 더 낮음을 확인하였다.

### 1. 서론

모바일 단말 및 무선 기술의 급격한 발전으로 끊임없는 통신과 다양한 멀티미디어 서비스 지원을 위한 차세대 무선 시스템에 대한 요구가 증가되고 있다. 무선 통신 네트워크를 이용하는 사용자의 수가 증가하면서 IP 이동성 기술들이 이슈화되어 [1]-[4]와 같이 다양한 이동성 지원 연구들이 진행되고 있다. 따라서 IETF(Internet Engineering Task Force)는 모든 패킷 기반 무선 모바일 시스템에서 사용자 이동성을 지원하기 위해 MIP(Mobile IP)나 PMIP(Proxy MIP)과 같은 다양한 이동성 방안들을 제안해오고 있다 [2]-[4].

MIP 는 호스트 기반 이동성 관리 프로토콜로써 IP 네트워크에서 글로벌 이동성을 지원한다. 그러나 MIP 는 상당한 핸드오버 지연, 전력 소모, 높은 패킷 손실률 그리고 시그널링 오버헤드와 같은 문제점들을 포함한다. 또한, MIP 를 이용하여 IP 이동성을 지원받기 위해서 이동단말(MN, Mobile Node)의 프로토콜 스택은 MIP 에 맞게 수정될 필요가 있다.

PMIP 은 네트워크 기반 이동성 관리 프로토콜로써 상기 서술된 MIP 의 문제점을 해결하기 위해 고안되었다. PMIP 은 MIP 와 달리 네트워크 상의 PMA(Proxy Mobility Agent)들이 MN 대신 이동성을 제어 및 관리한다. 따라서 MN 은 이동성 지원과 관련하여 기존 프로토콜을 변경할 필요가 없다. 그러나 PMIP 은 본래 로컬 이동성을 지원하기 위한 목적으로 고안됨에 따라 글로벌 이동성은 지원하지 못한다. PMIP 을 이용한 글로벌 이동성 지원을 위해 PMIP 과 MIP 간 연동 시나리오가 진행되고 있으나 이들은 결국 MIP 의 단점을 그대로 포함하는 문제점을 갖는다 [5].

서비스 연속성을 지원함에 있어 지연은 매우 민감한 문제이므로 [1], [6] 과 같이 핸드오버 지연 감소를 위한 많은 연구들이 다양하게 진행되고 있다.

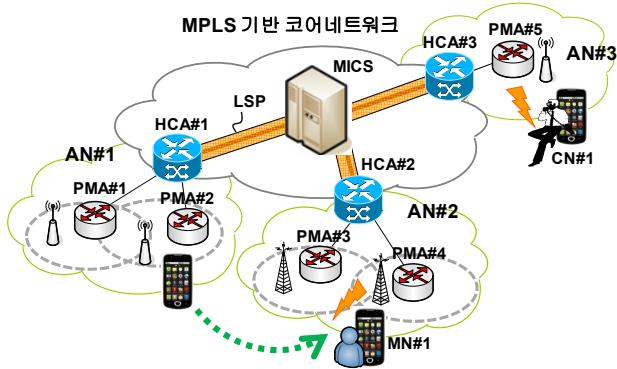
본 논문은 MPLS 를 이용한 새로운 이동성 관리 방안을 제안한다. [1]을 기반으로 하는 제안방안은 MPLS 의 LSP 를 통해 시그널링을 전송함으로써 지연 시간을 감소시킨다. 제안방안은 MPLS 기반의 코어네트워크에 LSP 를 통해 연결되는 MICS 와 HCA 두 네트워크 구성요소를 포함한다. 이들 사이에 전송되는 시그널링은 LSP 를 통해 직접 전송되어 제안방안이 기존 이동성 관리 방안들 보다 낮은 지연을 나타내도록 한다. 제안방안에 의한 성능 향상을 보이기 위해 기존방안으로써 MIP [3]그리고 PMIP 과 MIP 간 연동 시나리오 [5]와의 성능을 비교한다. 성능 분석을 위해 [6]을 기반으로 한 수학적 모델을 구성하고, 각 방안들에 대한 핸드오버 지연, 패킷 손실, 위치 업데이트 비용 그리고 전체 비용을 측정한다. 분석 결과 제안방안이 다른 이동성 방안들보다 더 나은 성능을 보임을 확인하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장은 제안방안의 네트워크 구성 및 이동성 관리 절차를 나타낸다. 그리고 3 장은 성능 분석과 그 결과를 나타낸다. 마지막으로 4 장에서 결론을 기술한다.

### 2. MPLS LSP 기반 글로벌 이동성 관리 방안

본 장은 제안방안으로써 MPLS LSP 기반 글로벌 이동성 관리 방안을 소개한다. 그림 1 은 제안방안의 네트워크 구조로써 MPLS 기반 코어네트워크와 다양한 액세스네트워크(AN, Access Network)로 구성된다. 또한, 이동성 지원을 위해 MICS(Mobility Information

Control Server), HCA(Handover Control Agent), PMA(Proxy Mobile Agent)와 같은 네트워크 구성요소들을 포함한다.



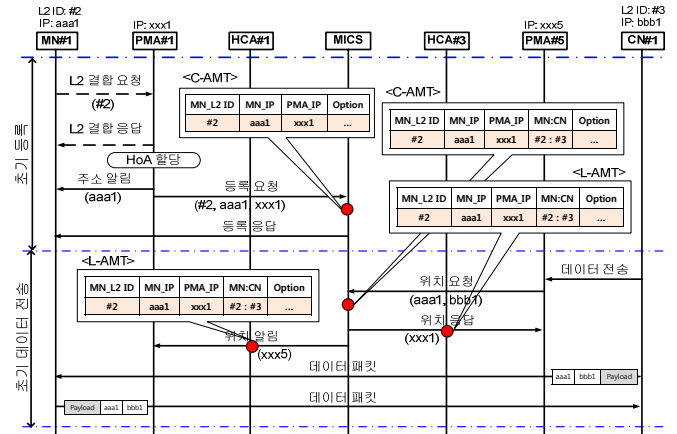
(그림 1) 제안 방안의 네트워크 구성

MICS 는 코어네트워크에 위치하는 중앙 주소 관리 자로서 MN 에 대한 이동성 정보를 관리하기 위해 C-AMT(Central Address Management Table)에 MN 의 MAC 주소와 IP 주소, MN 과 연결된 PMA 의 IP 주소 그리고 MN 과 CN 간의 통신 연결 관계를 저장 및 유지 한다. HCA 는 코어네트워크의 에지에 위치하는 로컬 주소 관리자로서 L-AMT(Local Address Management Table)를 통해 C-AMT 와 함께 MN 에 대한 이동성 정보를 관리한다. MPLS 기술을 기반으로 하는 코어네트워크에서 HCA 는 미리 구성된 LSP 를 통해 MICS 와 직접 연결 된다. 따라서 HCA 와 MICS 간 이동성 시그널링 메시지들은 LSP 를 이용하여 L2.5 스위칭을 통해 전송된다. LSP 를 통한 시그널링 전송은 지연 시간을 낮추는 효과를 갖는다. PMA 는 액세스네트워크에 위치하며, MN 이 네트워크에 접속할 때 처음으로 연결되는 네트워크 구성요소로서 데이터 전송을 위해 터널링 기능을 수행한다.

그림 2 는 MN#1 에 대한 초기 등록 및 데이터 전송 절차를 나타낸다. MN#1 이 처음으로 AN#1 내에 위치하는 PMA#1 으로 접속할 때, MN#1 은 L2 결합 단계를 통해 PMA#1 과 연결된다. PMA#1 은 MN#1 의 MAC 주소를 확인하고, MN#1 에 대한 HoA 로써 IP 주소를 할당한다. 그리고 MN#1 으로 주소 알림 메시지를 전송하여 MN#1 의 HoA 를 알리고, HCA#1 으로 MN#1 에 대한 등록 요청 메시지를 전송한다. HCA#1 은 L-AMT 에 MN#1 에 대한 레코드를 생성하고, MN#1 의 MAC 주소와 HoA 그리고 PMA#1 의 IP 를 저장한다. 그리고 HCA#1 은 MICS 로 MN#1 에 대한 등록 요청 메시지를 전송한다. MICS 는 C-AMT 에 MN#1 에 대한 레코드를 생성하고, C-AMT 는 HCA#1 의 L-AMT 에 저장된 것과 동일한 MN#1 에 대한 정보를 저장한다. 그 후, MICS 는 HCA#1 으로 등록 응답 메시지를 전송하고, 이 메시지는 다시 HCA#1 에서 PMA#1 을 거쳐 MN#1 으로 전달된다.

초기 데이터 전송의 경우, CN#1 으로부터 전송되는 MN#1 의 HoA 를 목적지로 하는 데이터 패킷은 MN#1 으로 직접 전달된다. 단, MICS 에 두 노드 간 통신 관

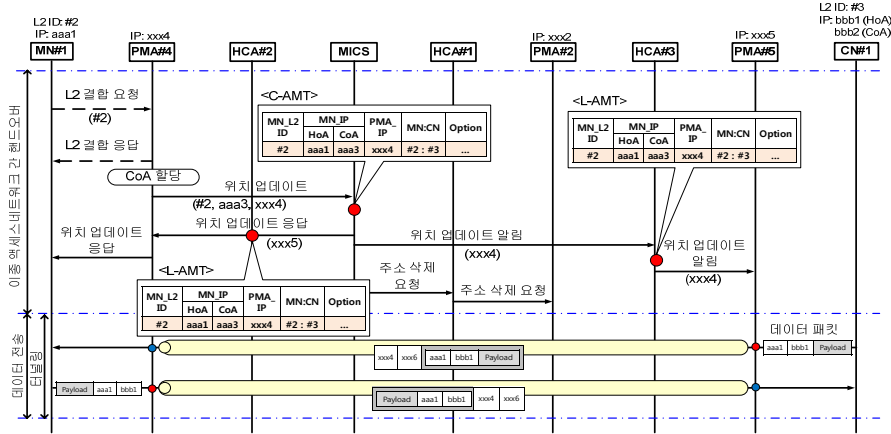
계를 알리고 MN#1 의 IP 주소가 변경되는 경우의 데이터 전송을 대비하기 위해 위치 요청 및 응답 과정을 함께 수행한다. PMA#5 는 MN#1 과 연결되어 있는 PMA#1 의 IP 주소를 알아내기 위해 HCA#3 를 통해 MICS 로 위치 요청 메시지를 전송한다. MICS 는 MN#1 에 대한 레코드에 MN#1 과 CN#1 간 통신 정보를 기록하고, 각 PMA 로 위치 응답/알림 메시지를 전송한다. 이때 HCA#1 과 HCA#3 는 각 메시지를 통해 C-AMT 의 MN#1 에 대한 레코드 정보를 복사하고, L-AMT 에 보관한다.



(그림 2) 초기 등록 절차

그림 3 은 MN#1 이 AN#2 에 위치하는 새로운 PMA 로 이동하는 경우의 핸드오버 절차를 나타낸다. MN#1 이 AN#2 에 위치하는 PMA#4 의 영역으로 이동하면, MN#1 은 L2 결합 단계를 통해 PMA#4 와 연결 된다. PMA#4 는 MN#1 의 MAC 주소를 확인하고, MN#1 에 대한 새로운 CoA 로써 IP 주소를 할당한다. 그리고 PMA#4 는 HCA#2 로 MN#1 에 대한 위치 업데이트 메시지를 전송한다. HCA#2 는 L-AMT 에 MN#1 에 대한 레코드를 생성하고, 위치 업데이트 메시지는 다시 MICS 로 전달된다. MICS 는 C-AMT 의 MN#1 에 대한 레코드를 업데이트하고, HCA#2 로 위치 업데이트 응답 메시지를 전송한다. 또한, HCA#3 로 위치 업데이트 알림 메시지를 전송한다. 이때, 해당 메시지들을 통해 C-AMT 의 MN#1 에 대한 레코드가 MN#1 과 CN#1 측의 각 HCA 의 L-AMT 로 복사된다. HCA#2 는 위치 업데이트 응답 메시지를 다시 PMA#4 로 전송하고, HCA#3 는 위치 업데이트 알림 메시지를 PMA#5 로 전송한다. 그리고 MICS 는 MN#1 이 접속해있던 HCA#1 과 PMA#2 로 주소 삭제 요청 메시지를 전송하여 MN#1 의 정보를 삭제한다.

데이터 전송의 경우, PMA#5 가 CN#1 으로부터 MN#1 을 목적지로 하는 패킷을 수신하면, PMA#5 는 패킷을 인캡슐레이션하고 위치 업데이트 절차를 통해 이미 알고 있는 MN#1 과 연결되어 있는 PMA#4 의 IP 주소로 패킷들을 전송한다. PMA#5 로부터의 패킷을 수신한 PMA#4 는 패킷들을 디캡슐레이션하고, 이를 MN#1 으로 전달한다.



(그림 3) 핸드오버 및 데이터 전송 절차

3. 성능분석

본 절에서는 제안방안과 기존방안 [3], [5]의 성능을 분석하고, 비교한다. [6]을 기반으로 한 수학적 분석 모델을 이용하여 각 방안의 핸드오버 지연, 위치 업데이트 비용 그리고 전체 비용에 대해 분석한다. 핸드오버 지연은 이동단말(MN)이 핸드오버를 함으로써 패킷을 송수신하지 못하는 시간 간격으로 정의된다 [6]. 즉, 이는 MN이 이전 BS(Base Station)와의 L2 연결을 끊은 후 새로운 BS를 통해 새로운 IP 주소로 패킷을 송수신할 수 있을 때까지의 시간 간격이다 [6]. 핸드오버 지연( $D_{HO}$ )은 다음과 같이 L2 스위칭 지연( $D_{L2}$ ), IP 연결 지연( $D_{IP}$ ) 그리고 위치 업데이트 지연( $D_{LU}$ )으로 구성된다.

MIP에서  $D_{LU}$ 는 HA로의 등록 메시지 전송과 새로운 CoA로 패킷을 터널링하는 시간을 포함한다. 처음으로 바인딩 업데이트를 할 때, ARP는 주소 결정(Address Resolution) 동작을 수행하므로 추가적인 지연이 발생한다. PMIP와 MIP간 연동 시나리오에서  $D_{LU}$ 는 MAG와 LMA간의 PBU(Proxy Binding Update) 시간과 HA로 등록 메시지를 전송하고 새로운 CoA로 패킷을 터널링하는 시간을 포함한다. 또한, 주소 결정 동작에 의한 지연도 포함된다. 제안방안에서의  $D_{LU}$ 는 PMA에서 HCA로 그리고 HCA에서 MICS로 등록 메시지를 전송하는 시간을 포함한다. 또한, 주소 결정 동작에 의한 지연도 포함된다. 그러므로 각 방안의 핸드오버 지연과 핸드오버 동안 손실되는 패킷 수는 식 (1)-(3)과 식 (4)-(6)과 같고, 파라미터들은 표 1에 정의된다 [6].

$$D_{HO,MIP} = D_{L2} + D_{IP} + t_{AR} + 2 \times t_{HA-MN} + t_{MIP} \quad (1)$$

$$D_{HO,PMIP-MIP} = D_{L2} + D_{IP} + t_{AR} + 2 \times t_{LMA-MAG} + 2 \times t_{HA-MN} + t_{MIP} \quad (2)$$

$$D_{HO,proposed} = D_{L2} + t_{AR} + 2 \times t_{HCA-PMA} + 2 \times t_{MICS-HCA} + t_{proposed} \quad (3)$$

$$L_{HO,MIP} = \lambda_p \times (D_{HO,MIP} - t_{HA-MN}) \quad (4)$$

$$L_{HO,PMIP-MIP} = \lambda_p \times (D_{HO,PMIP-MIP} - (2 \times t_{LMA-MAG} + t_{HA-MN})) \quad (5)$$

$$L_{HO,proposed} = \lambda_p \times (D_{HO,proposed} - (t_{HCA-PMA} + t_{MICS-HCA})) \quad (6)$$

위치 업데이트 비용을 분석하기 위해 [6]을 기반으

로 한 네트워크 토폴로지를 구성하고, 다음과 같은 파라미터들을 정의한다.  $U$ 는 MIP의 HA와 제안방안의 MICS로의 평균 위치 업데이트 비용으로써 이는 Propagation 지연과 Transmission 지연을 포함하는 시그널링 메시지의 지연을 나타낸다.  $S$ 는 인트라도메인 내에서 경로를 설정하는 경우 단일 링크 설정 비용을 나타낸다. MN이 연속적인 패킷 도착율(packet arrival rate) 사이 동안  $i$ 스텝을 움직일 확률은  $\alpha(i)$ 이다. MIP, PMIP과 MIP간 연동 시나리오 그리고 제안방안의 위치 업데이트 비용은 식(7)-(9)와 같다. PMIP과 MIP간 연동 시나리오에서 MN이 새로운 AN으로 이동하는 경우 MIP와 동일한 위치 업데이트 동작을 수행한다.

$$C_{MIP}(\rho) = \sum_{i=0}^{\infty} iU\alpha(i) = \frac{U}{\rho} \quad (7)$$

$$C_{PMIP-MIP}(k, K, \rho) = \sum_{i=0}^{\infty} \left[ \frac{i+k}{K} \cdot U + \left[ \Phi(K) \cdot \left[ \frac{i+k}{K} \right] + \Phi(K) \left( i+k - \left[ \frac{i+k}{K} \right] \cdot K \right) - \Phi(K) \right] 2(S+A) \right] \cdot \alpha(i) \quad (8)$$

$$C_{proposed}(k, K, \rho) = \sum_{i=0}^{\infty} \left[ \frac{i+k}{K} \cdot U + \left[ \Phi(K) \cdot \left[ \frac{i+k}{K} \right] + \Phi(K) \left( i+k - \left[ \frac{i+k}{K} \right] \cdot K \right) - \Phi(K) \right] 2(S+A) \right] \cdot \alpha(i) \quad (9)$$

위치 업데이트 비용의 분석을 기반으로 전체 비용을 분석한다. 전체 비용은 위치 업데이트 비용과 패킷 전송 비용으로 구성된다 [8]. 패킷 전송 비용은 패킷 전송( $M$ ) 지연, 인트라도메인 내에서의 라우팅 및 전송( $F$ ) 지연 그리고 부가적인 터널링 프로세싱( $T$ ) 지연으로 구성된다 [8]-[9]. 식 (10)-(12)에 관한 파라미터들은 표 2에 정의된다 [8]. MIP의 전체 비용은 위치 업데이트 비용에 부가적으로 터널링 및 전송 비용을 포함하고, PMIP와 MIP간 연동 시나리오의 전체 비용은 포워딩(forwarding) 비용에 부가적으로 터널링 및 전송 비용을 포함한다. 그리고 제안방안에서 패킷은 PMA간에 전송되므로 제안방안의 전체 비용은 부가적으로 터널링 및 전송 비용을 포함한다.

$$T_{MIP}(\rho) = C_{MIP} + M + T = \frac{U}{\rho} + M + T \quad (10)$$

$$T_{PMIP-MIP}(\rho) = C_{PMIP-MIP} + M + F + T \quad (11)$$

$$T_{proposed}(\rho) = C_{proposed} + M + T \quad (12)$$

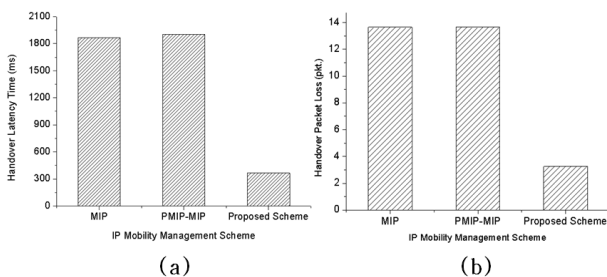
<표 1> 핸드오버 지연 분석을 위한 파라미터

파라미터	기호	값
L2 핸드오버 지연	$D_{LU}$	50ms
IP 연결 지연	$D_{IP}$	600ms
주소 결정 지연	$t_{AR}$	200ms
HA와 MN 간 단방향 지연	$t_{HA-MN}$	500ms
MIP computation 지연	$t_{MIP}$	15ms
LMA-MAG/PMA-HCA/HCA-MICS 간 단방향 지연	$t_{LMA-MAG}$	20ms
	$t_{HCA-PMA}$	
	$t_{MICS-HCA}$	
패킷 도착률	$\lambda_p$	10packets/s

<표 2> 비용 분석을 위한 파라미터

변수	이동성 방안		
	MIP	PMIP-MIP	제안방안
$U$	10000	11856	3731
$S$	500	404	404
$A$		1000	
$M$		7000	
$F$		200	
$T$		450	

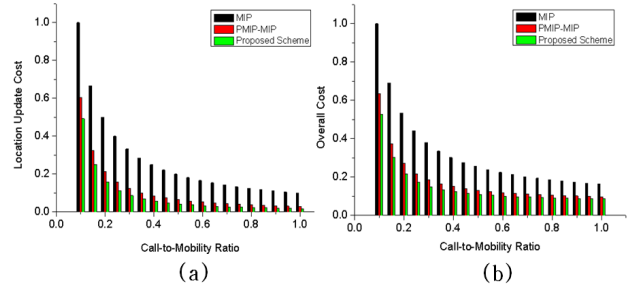
그림 4-(a)는 MIP, PMIP 과 MIP 간 연동 시나리오 그리고 제안방안에서의 핸드오버 지연을 나타낸다. 그림은 제안방안이 다른 방안들 보다 더 낮은 핸드오버 지연을 나타냄을 보인다. 또한, 연동 시나리오의 지연이 MIP 보다 조금 더 큰 것으로 나타남을 확인할 수 있다. 이는 연동 시나리오의 경우 MN 이 새로운 PMIP 도메인으로 이동하면 LMA 로의 PBU 동작 후 다시 HA 로의 BU 동작을 수행하기 때문이다. 그림 4-(b)는 각 방안에서 핸드오버 동안 손실되는 패킷 수를 나타낸다. 패킷 손실과 핸드오버 지연이 비례하는 특성에 따라 PMIP 과 MIP 간 연동 시나리오에서 가장 큰 패킷 손실이 발생함을 확인할 수 있다. 반면, MPLS-MOB 은 가장 적은 패킷 손실량을 나타낸다.



(그림 4) 핸드오버 지연과 패킷손실률

그림 5-(a)는 각 방안에서 CMR(Call-to-Mobility Ratio)에 따른 위치 업데이트 비용을 나타낸다. 그림은 MIP 의 위치 업데이트 비용이 다른 방안들 보다 큼을 나타낸다. 이는 MIP 의 경우 다른 방안들과 달리 로컬 이동성의 경우에도 글로벌 이동성의 경우와 동일한 동작을 수행하기 때문이다. 제안방안은 PMA 와 HCA 를 통해 로컬 이동성 관리를 제공할 수 있으며, 그 성능은 PMIP 과 유사하다. 그러므로 본 논문에서는 각 방안에서 로컬 이동성에 관한 성능은 비교하지 않는다. 그림 5-(b)는 각 방안에서 CMR 에 따른

전체 비용을 나타낸다. 패킷 전송 비용은 전체 비용에서 중요하게 고려될 수 있다. 그러나 그림에서 MIP 는 패킷 전송 비용에 관계없이 가장 큰 전체 비용을 나타낸다. 이는 MIP 에 의한 위치 업데이트 비용이 다른 방안들의 것보다 현저히 크기 때문이다.



(그림 5) 위치 업데이트 비용 & 전체비용

4. 결론

본 논문은 차세대네트워크에서의 끊임없는 서비스를 위해 MPLS LSP 를 이용하는 새로운 글로벌 이동성 관리 메커니즘을 제안한다. 제안방안은 MPLS LSP 를 통한 L2.5 스위칭을 이용하여 시그널링 메시지를 전송함으로써 지연 감소의 효과를 나타낸다. 기존방안으로써 MIP 그리고 PMIP 과 MIP 간 연동 시나리오와의 성능 비교를 통해 제안된 제안방안이 핸드오버 지연, 핸드오버 동안 손실되는 패킷 수, 위치 업데이트 비용 그리고 전체 비용 측면에서 보다 나은 성능을 보임을 확인하였다. 향후 연구를 통해 제안방안에 대한 보다 다양한 성능 분석을 위해 시뮬레이션을 통한 결과를 도출하고, 제안방안을 기반으로 한 효과적인 로컬 이동성 관리 방안을 고안해 낼 계획이다.

감사의 글: 본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2010년도산학연공동기술개발사업(No. 00043912\_의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

교신저자: 최성곤 (e-mail: sgchoi@cbnu.ac.kr)

참고문헌

- [1] M. J. Yu, J. M. Lee, T. M. Um, W. Ryu, B. S. Lee and S. G. Choi, "A New Mechanism for Seamless Mobility based on MPLS LSP in BcN," IEICE TRANS. COMMUN., Vol. E91-B, pp.593-596, Feb. 2008.
- [2] D. Johnson, C. Perkins, J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," RFC3775, IETF, Jun. 2004.
- [3] C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4," RFC3344, IETF, Aug. 2002.
- [4] S. Gundavelli, K. Leung, V. Deverapalli, B. Patil, "Proxy Mobile IPv6," FRC5213, IETF, Aug. 2008.
- [5] G. Giarretta, "Interactions between PMIP and MIP: scenarios and related issues," draft-ietf-netlmm-mip-interactions-04, Jun. 2009.
- [6] Jui-Hung Yeh, Jyh-Cheng Chen, Prathima Agrawal, "Fast Intra-Network and Cross-Layer Handover (FINCH) for WiMAX and Mobile Internet," IEEE TRANSACTIONS ON MOBILE COMPUTING, Vol. 8, pp.558-574, Apr. 2009.