

# 네트워크 기반 프록시 모바일 IPv6에서 글로벌 이동 지원에 관한 연구

준회원 풍기아킴\*, 종신회원 노승환\*

## Global Mobility Support in Network Based Proxy Mobile IPv6

Gia Khiem Phung\* Associate Member, Soonghwan Ro\* Lifelong Member

### 요 약

PMIPv6(Proxy MIPv6)는 네트워크 기반의 도메인 내 이동(network localized mobility)만을 지원하는 프로토콜이며 글로벌 이동은 지원하지 않는다. 한 도메인(LMD)에서 MN(Mobile Node)는 통신중에 IP 계층의 이동에 필요한 시그널링에 간여하지 않으며, 오직 PMIPv6 홈 주소(home address)만을 사용한다. 따라서 MN가 다른 도메인으로 이동을 하면 MN은 PMIPv6의 홈 주소를 변경해야 한다. 이 때 호스트 기반의 시그널링(host-based signaling)이 활성화되고, 따라서 PMIPv6의 네트워크 기반 이동성 관리가 유지될 수 없다. 또한 MN가 글로벌 이동을 지원하지 않는 경우에는 CN(Correspondent Node)와 통신 세션을 유지할 수 없다. 본 논문에서는 PMIPv6에서 글로벌 이동(Global Mobility)을 지원하는 방안을 제안하였으며, 이동 프로토콜 스택(mobility protocol stack)을 갖지 않는 MN가 다른 도메인으로 이동을 해도 통신 세션을 유지할 수 있다. 따라서 본 논문에서 제안한 방법은 글로벌 이동을 지원하면서 동시에 PMIPv6의 장점을 유지할 수 있다. 또한 제안된 방법과 PMIPv6의 성능을 비교함으로써 제안된 방법의 성능이 향상되었음을 알 수 있었다.

**Key Words** : PMIPv6, 글로벌 이동성(global mobility), 네트워크 기반 이동성(network based mobility), 호스트 기반 이동성(host based mobility), 성능평가

### ABSTRACT

The Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6) is a network localized mobility management protocol that is independent of global mobility management protocols. In a single mobility domain (LMD), the mobile node (MN) is not involved in any IP mobility-related signaling and uses only its PMIPv6 home address for all its communication. Subsequently, when the MN moves into another LMD, the MN must change its PMIPv6 home address. In such a circumstance, host-based mobility signaling is activated. Thus, the nature of the network-based mobility of the PMIPv6 cannot be retained. Additionally, if the MN does not support global mobility, it cannot maintain communication with its correspondent node (CN). In this paper, we propose a solution for global mobility support in PMIPv6 networks, called Global-PMIPv6 that allows current communication sessions of a MN without mobility protocol stacks to be maintained, even when the MN moves into another LMD. Thus, Global-PMIPv6 retains the advantages of the PMIPv6 for global mobility support. We then evaluate and compare network performance between our proposed solution and PMIPv6.

\* 공주대학교 정보통신공학부 전파공학전공({pgkiem, rosh}@kongju.ac.kr)

논문번호 : KICS2010-05-235, 접수일자 : 2010년 5월 30일, 최종논문접수일자 : 2010년 6월 9일

## I. 서론

Mobile IPv6<sup>[1]</sup>는 Mobile IP의 기본 프로토콜이며, 호스트 기반의 이동을 제공한다. 그러나 이러한 동작은 실시간 통신에서 허용범위를 초과하는 패킷손실과 지연을 발생한다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 HMIPv6<sup>[2]</sup>, FMIPv6<sup>[3]</sup>와 같이 MIPv6에서 개선된 많은 프로토콜이 제안되었다. 개선된 프로토콜들은 부분적으로 핸드오버의 지연과 패킷 손실을 향상시켰으나 기본적으로 호스트 기반 이동성 관리의 한계를 해결하지는 못했다. 예로 일반적인 호스트 기반의 프로토콜에서는 다른 종류의 이동 프로토콜과 호환하기 위해 호스트의 소프트웨어 스택을 변경해야 한다. 또한 네트워크 보안을 위해서는 매우 복잡한 트랜잭션이 요구되므로 실제 서비스를 제공하는데 제한요소로 작용한다<sup>[4]</sup>. 이러한 문제를 해결하기 위해 IETF Network-based Localized Mobility Management (NETLMM) Working Group에서는 PMIPv6(Proxy MIPv6)<sup>[5]</sup>를 표준화 하였다. PMIPv6에서는 MN (Mobile Node)에서 이동 관리 프로토콜을 유지할 필요가 없는 대신 최소한의 이동성 기능만을 요구한다. 일반적으로 MN가 같은 도메인 내에서 액세스 라우터 (access router)를 이동할 때에는 자신이 이동되었다는 것을 인지하지 못하고 홈 링크에 접속이 된 것으로 인지되도록 한다. 따라서 MN는 한 링크에서 다른 링크로 이동함에 따라 IP 주소를 변경할 필요가 없으므로 시그널링 오버헤드와 지연을 줄일 수 있으며, 하나의 이동성 관리를 위한 링크계층 소프트웨어를 유지할 필요가 없다. 이러한 장점에 의해 PMIPv6는 구현과 서비스 배치(deployment)를 간단하게 하였을 뿐만 아니라 서비스 제공자는 이동성 관련 프로토콜을 갖지 않는 호스트의 사용자에게 보다 쉽게 서비스를 제공할 수 있게 되었다.

그러나 PMIPv6는 하나의 도메인에서만 적용될 수 있다. 따라서 MN가 하나의 LMD(Local Mobility Domain)에서 다른 LMD로 이동하면 네트워크 prefix가 변경되며, 다음 두 가지 경우중 하나가 발생한다. 첫 번째, 만일 MN가 MIPv6와 같이 글로벌 이동을 지원한다면 MN는 핸드오버 절차에 간여하게 된다. MN는 글로벌 IP 주소를 변경하고 홈과 CN(Correspondent Node)에 등록을 하게 된다. 두 번째, 만일 MN가 IPv6만 사용하거나 지역 이동만을 지원한다면 즉, 글로벌 이동을 지원하지 않는다면, MN는 새로운 MAG(Mobile Access Gateway)에 접속이 된다. 그러나 MAG은 도메인 사이(inter-domain)의 핸드오버를

지원하지 않으므로 CN과의 세션은 유지될 수 없다.

본 논문에서는 PMIPv6 네트워크에서 글로벌 이동을 지원하는 방안을 제안하며, 제안에서 MAG이 MN를 대신하여 도메인 내에서 또는 도메인 사이의 핸드오버과정에서 CN과의 통신 세션을 유지한다. 제안된 방안에서는 MN는 자신이 다른 LMD로 이동한 것을 인지하지 못하며 통신 중에 오직 MIPv6 홈 주소만을 사용한다. 따라서 MN은 IP 이동과 관련된 어떤 시그널링에도 간여하지 않으며, 대신 MAG이 MN을 대신하여 홈과 CN에 등록을 수행한다. 결과적으로 제안된 프로토콜은 지연과 패킷 손실을 감소할 수 있음과 동시에 호스트 기반의 시그널링을 사용하지 않아도 된다. 제안된 방안은 PMIPv6의 네트워크 기반의 이동성 관리를 유지하면서 글로벌 이동을 지원한다. 본 논문은 다음과 같이 구성되었다. 2장에서는 연구배경과 관련 연구에 대해서 설명하고, 3장에서는 제안된 방안에 대하여 설명하였으며, 4장에서는 제안된 메커니즘의 성능평가를 실시하였다. 5장에서는 수학적 분석에 의한 결과를 보였으며, 마지막으로 6장에서 결론을 맺는다.

## II. 연구배경과 관련연구

PMIPv6는 한 도메인내에서만 적용할 수 있는 프로토콜이다. 따라서 도메인 사이를 이동할 때는 적용할 수 없다. MN가 도메인 사이를 이동할 때에는 MAG으로부터 새로운 PMIPv6 HNP(Home Network Prefix)를 받아야 하므로 MN의 MIPv6 지원 여부에 따라서 다음 중의 한 시나리오가 발생한다.

### MN이 MIPv6를 지원(글로벌 이동을 지원)

이 경우에 핸드오버 절차는 그림 1에서 보여준다. 이 때 MN는 PMIPv6의 HNP를 바꿔야 하므로 핸드오버 절차에 간여 한다. MN는 새로운 PMIPv6의

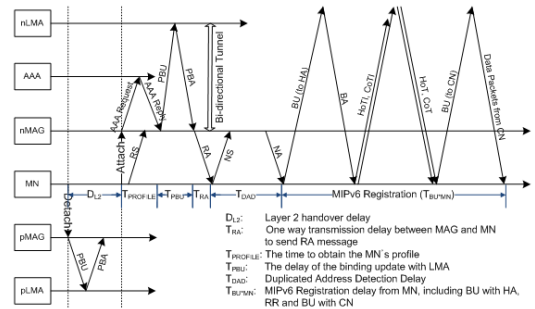


그림 1. PMIPv6에서 도메인 간 핸드오버 절차와 타이밍

HNP를 이용하여 새로운 CoA(Care of Address)를 생성한 후에 MIPv6 프로토콜<sup>[1]</sup>에 따라 홈과 CN에 등록을 해야 한다. 따라서 MN와 네트워크 사이의 시그널링 비용(signaling cost)뿐만 아니라 핸드오버 지연은 매우 크게 증가한다.

**MN이 IPv6만을 지원(글로벌 이동을 지원하지 않음.)**

이런 경우에는 MN는 새로운 링크로 접속이 되고 이동성은 네트워크에 의존한다. 그러나 PMIPv6<sup>[5]</sup>는 한 도메인 내에서만 네트워크 기반의 이동성이 지원이 되므로 MAG은 도메인 간 이동성을 지원하는 기능이 없으므로 MN과 CN 사이의 세션은 유지될 수 없다. Joong-Hee Lee, et al<sup>[6]</sup>에서는 글로벌 이동성을 갖지 않는 MN가 핸드오버가 가능하도록 하기 위해 제안을 하였으며, 이 제안에서는 핸드오버 후에 MN로 전달되는 패킷이 항상 MN의 궤적을 따라 가도록 한다. 그러므로 만일 MN가 CN과 세션을 유지하고 있는 동안에 여러개의 LMD를 통과하면 패킷의 전달 비용이 크게 증가한다. 또한 만일 MN가 이전의 LMD로 되돌아 온다면 경로가 루프를 형성하여 패킷의 전달 비용은 더욱 크게 증가한다. M. Liebsch와 J. Abille<sup>[7]</sup>는 PMIPv6의 LMD내에서 두 개의 MN 사이에 경로 최적화를 위한 알고리즘을 제안하였다. 이 방안에서는 네트워크 기반의 이동성 관리를 유지하지만 CN이 LMD에서 멀리 떨어져 있을 때를 고려하지 않는다.

**III. PMIPv6에서의 글로벌 이동 지원을 위한 방안**

**3.1 부트 스트랩(Bootstrapping)과 가정**

MIPv6 프로토콜에서 MN은 MIPv6 서비스를 시작하기 전에 최소한 홈 주소(home address)와 홈 에이전트 주소(home agent address), 그리고 홈 에이전트와의 IPsec 보안 제휴(security association)가 필요하다. 그러나 MIPv6는 이러한 정보를 자동으로 획득하기 위해 어떠한 방법도 규정되어 있지 않다. 이것은 이러한 정보들이 MN와 HA에 수동적으로 설정이 되어야 한다는 것을 의미한다. 그러나 수동적으로 설정하는 것은 서비스를 운용하는데 문제가 될 수 있다. 따라서 [8]에서 설명하는 MIPv6 부트스트랩은 MN가 이러한 정보를 얻는 방법을 설명한다. PMIPv6에서 이러한 정보들을 얻는 방법은 다음과 같다. [5]에서 설명한 바와 같이 MN의 정책 프로파일(policy profile)은 MN의 이동을 관리하기 위해 LMA의 IPv6 주소

(LMAA) 및 MN의 HNP(Home Network Prefix)등 두 개의 필드를 포함하여 네트워크에서 요구되는 파라미터들을 갖고 있다. MN의 프로파일은 지역 또는 원격의 정책 저장고(policy store)에서 얻거나 MN가 핸드오버할 때 MAG 사이의 컨텍스트 전달(context transfer) 절차의 한 부분으로 전달되어 질 수 있다. 상호작용의 컨텍스트(context)에서 정책 저장고내에 저장된 LMAA와 HNP는 홈 LMD에 있는 MN의 파라미터가 되어야 한다. MN가 홈 도메인 밖의 다른 도메인으로 이동할 때 MN는 다른 LMAA와 HNP를 갖는다. 따라서 MN는 영구적인 LMAA와 HNP(홈 LMAA과 홈 HNP) 뿐만 아니라 임시 LMAA와 HNP를 갖는다.

본 논문에서는 LMA와 HNP가 MN의 MIPv6 HA와 MIPv6 홈 서브 네트워크 prefix(MIPv6-HNP)와 각각 같다고 가정한다.

**3.2 핸드오버 절차**

제안된 방안(글로벌-PMIPv6)은 PMIPv6에 기반을 두고 도메인 사이의 핸드오버 절차를 추가하였다. MAG은 RA 메시지내에 현재의 PMIPv6-HNP 대신에 MIPv6-HNP를 광고(advertise)한다. 따라서 MN는 자신이 항상 같은 링크에 있는 것으로 믿게 되고, 통신할 때에는 상항 홈 링크에서 사용하는 HoA(MIPv6-HoA)만을 사용한다. MN는 PMIPv6 도메인 내에서 MAG사이를 이동할 때이나 심지어 다른 LMD에 속하는 MAG 사이를 이동할 때에도 IP 이동성에 관련된 시그널링에도 간여하지 않는다. 대신 MAG이 다른 네트워크 개체와 MN를 대신하여 IP 이동에 관련된 시그널링을 실행한다.

**LMD내에서의 인트라 도메인(Intra-Domain) 핸드오버**

글로벌-PMIPv6 프로토콜의 인트라 도메인 핸드오버는 기존의 PMIPv6에서 MAG의 기능을 약간 변경하는 것을 제외하고는 기존의 PMIPv6와 동일하다. 인트라 도메인 핸드오버에서 MN의 컨텍스트 데이터 전달은 MAG 사이에 컨텍스트 전달 프로토콜(context transfer protocol)<sup>[9],[10]</sup>에 의해 실행되거나 LMA로부터 얻을 수 있다. 즉, pMAG(previous MAG)이 바인딩을 해제(binding de-registration)하는 동안에 MN의 컨텍스트 데이터를 LMA에 업로드(upload) 하며, 그 다음에 MAG이 MN을 대신하여 바인딩을 등록할 때 LMA가 이 정보를 nMAG(new MAG)에 전달한다.

인터 도메인(inter-domain) 핸드오버에서는 MN의

컨텍스트 데이터가 같은 방법으로 이루어질 수 없다. 이 논문에서는 제안된 프로토콜에서 컨텍스트 전달 프로토콜을 이용하여 인터 도메인 핸드오버 방안을 제시한다.

**인터 도메인(Inter-Domain) 핸드오버**

본 논문에서는 MN이 pLMA 도메인에 속하는 pMAG에서 새로운 nLMA 도메인에 속하는 nMAG로 이동을 한다고 가정한다. 인터 도메인 핸드오버의 기본동작은 그림 2와 같다.

- a) 바인딩 해제 : pMAG은 MN이 링크로부터 분리된 것을 감지하고 pLMA로 기존의 바인딩과 MN의 라우팅 상태정보를 제거할 것을 알리는 신호를 보낸다. 이와 동시에 nLMA로부터 전달하라는 요구가 있을 때까지 MN로부터의 패킷을 버퍼링하기 시작한다. 다음 pLMA는 등록 해제를 요청하는 PBU 메시지에 대한 응답으로 PBA 메시지를 pMAG에 보낸다.
- b) 바인딩 등록(binding registration) : nMAG은 MN이 접속(attach) 된 것을 감지함과 동시에 MN을 대신하여 새로운 Proxy-CoA를 포함하는 PBU (Proxy Binding Update) 메시지를 nLMA로 보낸다. Proxy-CoA는 새로운 IPv6 주소이며, nMAG의 인터페이스에서 생성된다. 이 PBU 메시지를 받자마자 nLMA는 PBA 메시지를 보내며, 이 메시지에는 MN의 PMIPv6- HNP를 포함한다. 또한 nLMA는 nMAG과 양방향 터널을 형성한다. 그 다음에 nMAG은 MN의 액세스 링크에서 홈 네트워크를 모방하여 RA 메시지를 이용하여 MIPv6-HNP를 광고한다. MN는 자신이 이동했다는 사실을 인지하지 못하므로 원래의 주소를 유지한다. 그러나 MN는 송신 라우터의 링크 로컬 주소가 변경되었기 때문에 디폴트 라우터가 변경된 것은 감지

- 하며, 디폴트 라우터를 변경한다.
- c) nLMA로 패킷전달 요청 : nLMA가 pLMA를 인지하고 있다면 nLMA는 PBU 메시지를 이용하여 패킷을 전달할 것으로 pLMA에 요청한다.
- d) 홈과 CN에 등록 : nMAG은 MN를 대신하여 RR(Return Routability) 절차와 BU(Binding Update)를 포함하여 홈과 CN에 등록을 한다. MIPv6-HoA와 PMIPv6-HoA는 각각 MIPv6 홈 주소와 MIPv6-CoA로 사용된다.
- e) 패킷 전송 : CN에 등록을 완료하면 nMAG은 PMIPv6-HoA로 전송되는 패킷을 nLMA를 경유하여 CN으로부터 직접 수신한다. 이 패킷들을 MN로 전달하기 전에 목적지 주소를 PMIPv6-HoA에서 MIPv6-HoA로 변경한다. 이 때 MN의 컨텍스트 데이터가 컨텍스트 전달 프로토콜과 같은 메커니즘에 의해 MN가 새로운 MAG에 접속되기 전에 또는 접속된 후에 MAG 사이에서 전달되어야 한다.

**3.3 MAG에서의 패킷 처리절차**

각 MAG은 MN의 MIPv6-HoA와 PMIPv6-HoA 사이에 매핑 기능을 가지므로 MAG은 MN로부터의 송신 패킷의 소스 주소를 MIPv6-HoA에서 PMIPv6-HoA로 또는 그 반대로 변경할 수 있다. MN는 자신이 이동한 것을 인지하지 못하기 때문에 MAG은 MN을 대신하여 MN의 CN과 통신할 수 있다.

**IV. 성능평가**

본 장에서는 성능평가를 위해 모델링을 하고 성능평가를 실시하였다. 그리고 성능평가의 결과로 PMIPv6와 제안된 프로토콜의 시그널링 비용(signaling cost)과 핸드오버 지연(handover delay)을 분석하였다. 핸드오버 지연은 이전의 라우터를 통해 수신된 마지막 패킷과 새로운 라우터를 통해서 수신된 최초의 패킷 사이의 시간 간격으로 정의된다. 시그널링 비용은 핸드오버 도중에 네트워크 계층의 시그널링 메시지의 비용으로 정의된다. 본 논문에서 는<sup>[11],[12]</sup>를 기반으로 모델링과 성능 파라미터를 정하였다.

**4.1 이동성 모델**

본 논문에서는 그림 3과 같은 네트워크 토폴로지를 사용하였다. 이 모델은 [11]과 [12]에 기반을 두고 있다. 모델링을 간단하게 하기 위해 MAG 범위(coverage)의 모양이 원형의 6각형이고, 하나의 LMD

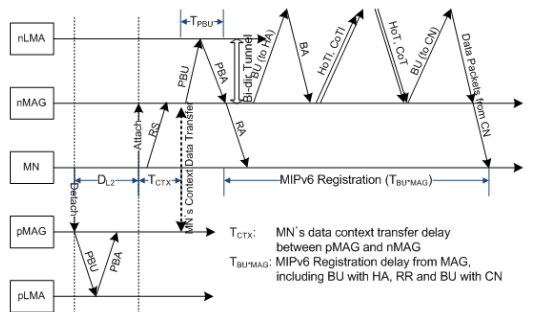


그림 2. 제안된 프로토콜에서 인터 도메인 핸드오버의 절차와 타이밍

표 1. 성능 파라미터

심볼	설명
$I_C$	서브 네트워크 통과 비율
$I_S$	인트라 도메인 핸드오버 비율
$I_D$	도메인 통과(인터 도메인) 비율
$I_I$	인터 세션 도착율
SMR	MN의 session-to-mobility, $I_I/I_C$ 로 정의됨.
$DL_2$	2 계층 핸드오버 지연
$T_{DAD}$	DAD(Duplicated Address Detection) 지연
$T_{RA}$	MAG과 MN사이 에 RA 메시지 단방향 전송 지연
$T_{A-B}$	A, B노드사이의 단방향 전송 및 처리 지연
$T_{PBU}$	LMA의 BU(Binding Update) 지연 $T_{PBU} = 2T_{MAG-LMA}$
$T_{D-PBU}$	LMA의 바인딩 해제 지연 $T_{D-PBU} = T_{PBU} = 2T_{MAG-LMA}$
$T_{BU*MN}$	MIPv6에서 MN에 의한 HA와 CN의 BU 지연
$T_{BU*MAG}$	MIPv6에서 MAG에 의한 HA와 CN의 BU 지연
$n$	도메인(LMD)에서 MAG의 수
$T_{PROFILE}$	MN의 프로파일을 얻는데 걸리는 시간
$T_{CTX}$	다른 도메인내의 MAG 사이에 MN의 컨텍스트 데이터 전달하는데 걸리는 시간

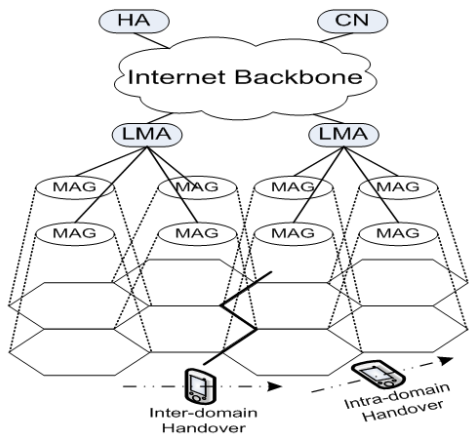


그림 3. 성능평가 모델

에는  $a$ 의 크기를 갖는  $n$ 개의 MAG을 포함한다고 가정하였다. MN는 평균 속도  $v$ 로 이동하고 방향은  $[0, 2\pi]$ 사이에서 균등분포(uniform distribution)를 갖는다. NC, NS와 ND를 각각 LMD 경계를 포함한 서브네트워크의 경계 수, 인트라 도메인 핸드오버의 수 및 LMD 경계(인터 도메인 핸드오버) 수라고 하고,  $t_i$ ,  $t_s$  및  $t_b$ 를 각각 인터 세션 시간(inter-session time), 서브

네트워크내의 체류시간(sojourn time) 및 LMA 내의 체류시간이라고 하며,  $\lambda_i$ ,  $\lambda_C$  및  $\lambda_D$ 를 각각 인터 세션 비율(inter-session rate) 서브 네트워크 통과 비율(subnet crossing rate) 및  $t_i$ ,  $t_s$  및  $t_b$ 와 관련된 인터 도메인 핸드오버 비율(inter-domain handover rate)라고 가정한다.

[11]에서  $\lambda_C$  및  $\lambda_D$  는 식 (1)과 (2)와 같이 주어진다. 식 (1)에서  $a_s$ 는 한 도메인의 크기를 나타낸다.

$$\lambda_C = 2 \frac{v}{\sqrt{\pi a_s}} \tag{1}$$

$$\lambda_D = 2 \frac{v}{\sqrt{\pi n a_s}} = \frac{\lambda_C}{\sqrt{n}} \tag{2}$$

[13]에서 서브 네트워크를 통과하는 평균 수와 도메인 핸드오버의 평균 수는 (3) 및 (4)와 같다.

$$\bar{N}_C = \frac{\lambda_C}{\lambda_I} \tag{3}$$

$$\bar{N}_D = \frac{\lambda_D}{\lambda_I} \tag{4}$$

(2)와 (4)에서 평균 핸드오버 수는 다음과 같다.

$$\bar{N}_D = \frac{1}{\sqrt{n}} \frac{\lambda_C}{\lambda_I} \tag{5}$$

두 개의 LMD를 통과하는 MN는 역시 두 개의 서브 네트워크를 통과한다. 따라서 (3)과 (4)에 의해 인트라 도메인 핸드오버의 평균 수  $\bar{N}_S$ 는 (6)과 같이 주어진다.

$$\bar{N}_S = \bar{N}_C - \bar{N}_D = \frac{\lambda_C}{\lambda_I} - \frac{1}{\sqrt{n}} \frac{\lambda_C}{\lambda_I} = \frac{\lambda_C}{\lambda_I} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{n}}\right) \tag{6}$$

PMIPv6의 전체 시그널링 평균 비용  $\bar{S}_P$ 와 글로벌-PMIPv6의 전체 시그널링 평균 비용  $\bar{S}_G$ 은 각각 (7), (8)과 같다.

$$\bar{S}_P = \bar{N}_S S_{P1} + \bar{N}_D S_{P2} \quad (7)$$

$$\bar{S}_G = \bar{N}_S S_{G1} + \bar{N}_D S_{G2} \quad (8)$$

$S_{P1}$ ,  $S_{P2}$ ,  $S_{G1}$  및  $S_{G2}$ 는 각각 PMIPv6와 글로벌-PMIPv6에서의 인트라 도메인 핸드오버와 인터 도메인 핸드오버의 시그널링 비용을 나타낸다.

PMIPv6와 글로벌-PMIPv6의 평균 핸드오버 지연  $\bar{D}_P$ 와  $\bar{D}_G$ 은 각각 (9), (10)과 같다.

$$\bar{D}_P = \bar{N}_S D_{P1} + \bar{N}_D D_{P2} \quad (9)$$

$$\bar{D}_G = \bar{N}_S D_{G1} + \bar{N}_D D_{G2} \quad (10)$$

$D_{P1}$ ,  $D_{P2}$ ,  $D_{G1}$  및  $D_{G2}$ 는 PMIPv6와 제안된 글로벌-PMIPv6에서의 인트라 도메인 핸드오버와 인터 도메인 핸드오버를 각각 나타낸다.

식 (5)에서 (10)까지로부터 다음과 같은 시그널링 평균 비용과 평균 핸드오버 지연 식을 얻을 수 있다.

$$\bar{S}_P = \frac{1}{SMR} \left( \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{n}} \right) S_{P1} + \frac{1}{\sqrt{n}} S_{P2} \right) \quad (11)$$

$$\bar{S}_G = \frac{1}{SMR} \left( \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{n}} \right) S_{G1} + \frac{1}{\sqrt{n}} S_{G2} \right) \quad (12)$$

$$\bar{D}_P = \frac{1}{SMR} \left( \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{n}} \right) D_{P1} + \frac{1}{\sqrt{n}} D_{P2} \right) \quad (13)$$

$$\bar{D}_G = \frac{1}{SMR} \left( \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{n}} \right) D_{G1} + \frac{1}{\sqrt{n}} D_{G2} \right) \quad (14)$$

MN의 SMR(Session-to-mobility ratio)는  $\lambda_M \lambda_C$ 로 정의되며, CMR(Call-to-Mobility Ratio)와 같이 성능을 판단하는 기준이 된다.

#### 4.2 시그널링 비용(Signaling Cost)

각 메카니즘의 평균 시그널링 비용은 인트라, 인터 핸드오버의 시그널링 비용을 포함하며 각각은 (11)과 (12)의 식으로 주어진다. 이러한 값들을 평가하기 위

해서는 먼저  $S_{P1}$ ,  $S_{P2}$ ,  $S_{G1}$  및  $S_{G2}$ 를 계산해야 한다. PMIPv6와 글로벌-PMIPv6의 인트라 핸드오버와 인터 핸드오버의 시그널링 비용은 모두 같으며 다음과 같이 계산된다.

$$S_{P1} = S_{G1} = T_{D-PBU} + T_{PBU} + T_{RA} = 4T_{MAG-LMA} + T_{MN-MAG} \quad (15)$$

PMIPv6와 글로벌-PMIPv6의 인터 도메인 핸드오버의 시그널링 비용은 다르다. PMIPv6 메카니즘에서는 MN가 HNP가 변경되는 것을 인지하고 있으며, DAD 절차를 수행하고 있으나, 글로벌-PMIPv6에서는 MN가 자신이 이동한 것을 인지하지 못하고, MN 대신에 MAG이 홈과 CN에 등록을 수행한다. 특히 이러한 시그널링 비용은 다음과 같이 계산된다.

$$S_{P2} = 11T_{MN-MAG} + 12T_{MAG-LMA} + 4T_{LMA-HA} + 2T_{HA-CN} + 4T_{LMA-CN} \quad (16)$$

$$S_{G2} = T_{MN-MAG} + 12T_{MAG-LMA} + T_{pLMA-nLMA} + 4T_{LMA-HA} + 2T_{HA-CN} + 4T_{LMA-CN} \quad (17)$$

#### 4.3 핸드오버 지연(Handover Delay)

각 메카니즘의 평균 핸드오버 지연은 인트라 도메인 핸드오버와 인터 도메인 핸드오버를 포함하며 식 (13)과 (14)와 같이 주어진다. 이 평균값을 계산하기 위해  $D_{P1}$ ,  $D_{P2}$ ,  $D_{G1}$  및  $D_{G2}$ (PMIPv6와 글로벌-PMIPv6에서의 인트라 도메인 핸드오버와 인터 도메인 핸드오버)를 계산해야 하며 식 (18)과 같이 주어진다.

$$D_{P1} = D_{G1} = D_{L2} + T_{PROFILE} + T_{PBU} + T_{RA} = D_{L2} + T_{PROFILE} + 2T_{MAG-LMA} + T_{MN-MAG} \quad (18)$$

PMIPv6의 인터 도메인 핸드오버 절차는 글로벌-PMIPv6와 다르므로 각 메카니즘의 핸드오버 지연도 다르다. PMIPv6에서 MN가 다른 LMD로 이동할 때 호스트 기반의 이동성 관리가 활성화되어야 한다. 따라서 MN은 MIPv6 핸드오버 절차에 포함이 되어야 한다. 그러나 MAG이 MN으로부터 RS(Router Solicitation) 메시지를 받으면, PMIPv6 HNP와 MN의 프로파일을 얻는 즉시 RA(Router Advertisement) 메시지를 MN으로 전송한다. 일반적으로 PMIPv6 HNP는 LMA로부터 PBA 메시지에 의해 얻을 수 있다. 따라서 MAG은 LMA로부터 PBA 메시지를 받은

후에 MN으로 RA 메시지를 전송한다. 인터 도메인 핸드오버 중에는 MN은 MAG으로부터 광고(advertisement)되는 새로운 HNP를 받는다. 따라서 MN은 MIPv6에서 나타난 주소 생성(address configuration) 절차, 홈과 CN 등록 절차를 따라야 한다.

PMIPv6에서 인터도메인 핸드오버 지연은 다음 식과 같다.

$$DP_2 = DL_2 + T_{PROFILE} + T_{DAD} + 7T_{MN-MAG} + 8T_{MAG-LMA} + 2T_{LMA-HA} + 2max\{T_{LMA-HA} + T_{HA-CN}, T_{LMA-CN}\} + 2T_{LMA-CN} \quad (19)$$

글로벌-PMIPv6 메카니즘에서 MN는 자신의 이동을 인지하지 못하므로 핸드오버 시그널링에 간여하지 않는다. 그러나 MAG이 MN를 대신하여 RD(Router Discovery) 절차와 상관없이 MIPv6 등록을 수행한다. 여기에서 MN의 컨텍스트 데이터 전달은 nMAG에 연결이 된 후에 이루어진다고 가정한다. 이것은 T<sub>CTX</sub>가 핸드오버 지연에 포함된다는 것을 의미한다.

이 때 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$DG_2 = DL_2 + T_{CTX} + T_{MN-MAG} + 8D_{MAG-LMA} + 2T_{LMA-HA} + 2max\{T_{LMA-HA} + T_{HA-CN}, T_{LMA-CN}\} + 2T_{LMA-CN} \quad (20)$$

### V. 성능결과

본 장에서는 PMIPv6 프로토콜과 제안된 프로토콜의 전체 평균 시그널링 비용과 핸드오버 지연을 평가하고 비교하였다. 사용된 파라미터 값들은 표 2에 보여주고 있으며 [13]와 [14]을 근거로 정해졌다. 각 메카니즘의 핸드오버 성능을 보여주기 위해 세션-이동 비율(SMR : Session-to-Mobility Ratio), 도메인 크기(LMD내의 MAG의 수), CN의 수와 핸드오버에서 인터 도메인 핸드오버의 확률이 시그널링 비용과 핸드오버 지연에 미치는 영향을 평가하였다.

표 2. 성능평가에 사용된 파라미터 값들

T <sub>MN-MAG</sub>	5msec	T <sub>LMA-CN</sub>	6msec	T <sub>DAD</sub>	1.5sec
T <sub>MAG-LMA</sub>	3msec	T <sub>HA-CN</sub>	6msec	T <sub>PROFILE</sub>	6msec
T <sub>LMA-HA</sub>	5msec	DL <sub>2</sub>	10msec	T <sub>CTX</sub>	8msec

#### 5.1 시그널링 비용

SMR이 PMIPv6와 제안된 글로벌-PMIPv6의 평균

시그널링 비용에 미치는 영향은 그림 4.에서 보여준다. 여기에서 SMR이 변화함에 따라 하나의 LMD내의 서브 네트워크(MAG)의 수 4로 고정하였다. 그림에서 SMR이 높을수록 PMIPv6와 글로벌-PMIPv6 모두 시그널링 비용이 낮음을 알 수 있다. SMR이 높다는 것은 이동성이 낮다는 것을 의미하므로 서브 네트워크 사이의 이동이 낮으므로 시그널링 비용이 낮음을 알 수 있다. 또한 그림에서는 제안된 메카니즘의 시그널링 비용이 PMIPv6 메카니즘보다 낮음을 알 수 있다.

그림 5는 하나의 도메인(LMD) 내에서 서브 네트워크의 수가 시그널링 비용에 미치는 영향을 보여준다. 여기에서 SMR은 0으로 설정하였다. 그림에서 LMD 내의 MAG 수가 증가할수록 시그널링 비용이 감소함을 보여준다. 실제로 한 도메인에서 서브 네트워크의 수가 증가함에 따라 인터 도메인 핸드오버의 확률은 감소한다. 따라서 시그널링 비용이 감소하게 된다. 또한 그림에서 제안된 메카니즘의 시그널링 비용이 PMIPv6보다 낮음을 알 수 있다.

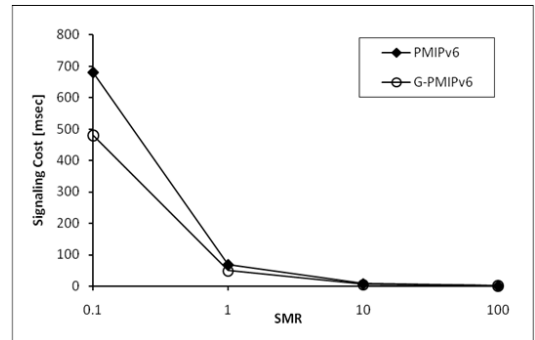


그림 4. SMR과 시그널링 비용

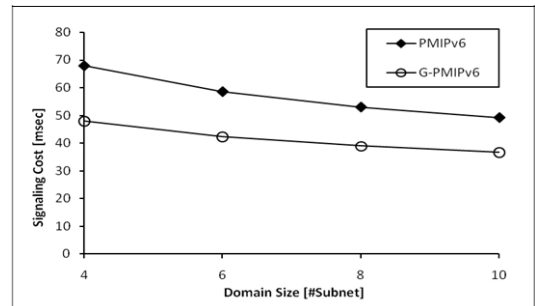


그림 5. 도메인의 크기와 시그널링 비용

#### 5.2 핸드오버 지연

그림 6은 한 도메인이 4개의 서브 네트워크를 가질



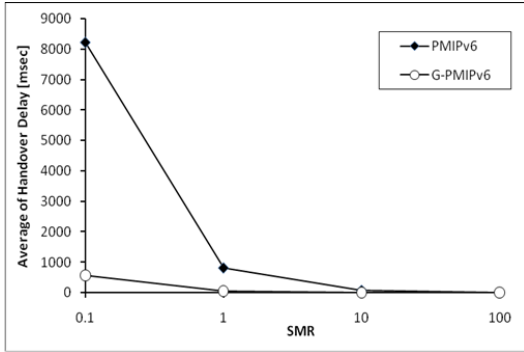


그림 6. SMR과 핸드오버 지연

때에, SMR이 평균 핸드오버 지연에 미치는 영향을 보여준다. 그림에서 SMR이 낮으면 PMIPv6와 글로벌-PMIPv6 모두 핸드오버 지연이 높아지는 것을 보여준다. SMR이 낮다는 것은 이동성이 높다는 것을 의미한다. 따라서 핸드오버 지연이 증가하게 된다. 반대로 SMR이 높다는 것은 이동성이 낮다는 것을 의미하므로 핸드오버 지연이 낮아진다. 또한 그림에서 제안된 메커니즘의 핸드오버 지연이 PMIPv6의 핸드오버 지연보다 크게 낮은 것을 알 수 있다. 이것은 핸드오버 시그널링이 크게 낮아지고, 제안된 메커니즘에서 MN이 주소를 생성할 필요가 없기 때문이다.

그림 7은 도메인 크기가 평균 핸드오버 지연에 미치는 영향을 보여준다. 여기에서 SMR은 1.0으로 고정하고 도메인 크기는 고정하였다. 도메인 크기가 증가하면서 PMIPv6와 글로벌-PMIPv6의 평균 핸드오버 지연은 감소한다. 그 이유는 MN이 도메인을 통과할 확률이 감소하기 때문이다. 또한 그림에서 핸드오버 관점에서 글로벌-PMIPv6의 성능이 PMIPv6의 성능보다 우수한 것을 알 수 있다.

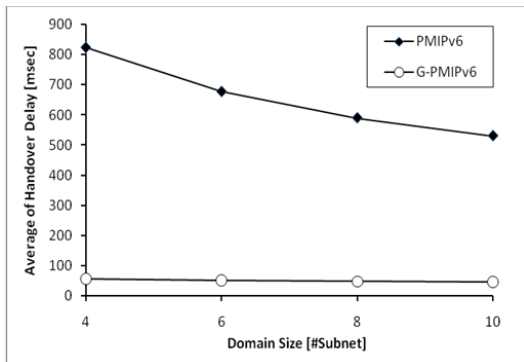


그림 7. 도메인 크기와 핸드오버 지연

## VI. 결론 및 추후 연구내용

본 논문에서는 PMIPv6 네트워크가 글로벌 이동을 지원할 수 있는 방안을 제안하였다. 이 방안에서는 이동 프로토콜 스택을 갖지 않는 MN가 현재의 통신 세션을 유지하면서 다른 LMD로 이동할 수 있다. 따라서 PMIPv6의 장점을 유지하는 가운데 글로벌 이동을 지원한다. 또한 핸드오버의 성능을 평가함으로써 제안된 프로토콜과 PMIPv6 프로토콜 비교하였다. 제안된 방안의 장점을 보이기 위해 시그널링 비용과 핸드오버 지연을 비교하였으며, SMR(Session-to-Mobility Ratio), 도메인 크기, CN의 수 및 인터 핸드오버 확률이 미치는 영향을 평가하였다. 비교 결과 제안된 메커니즘이 시그널링 비용과 핸드오버 지연 관점에서 PMIPv6보다 성능이 뛰어난 것을 알 수 있다.

추후 연구과제로는 IP 기간망(core network)에서의 네트워크 기반의 핸드오버 절차와 네트워크 기반의 이중망간 핸드오버의 절차에 관한 연구가 진행이 되어야 한다.

## 참고 문헌

- [1] D. Johnson, C. Perkin, J. Arkko, "Mobility Support in IPv6", IETF, RFC3775, June 2004.
- [2] S. Pack and et al, "An Adaptive Mobility Anchor Point Selection Scheme in Hierarchical Mobile IPv6 Networks", Computer Communications, Vol.29, Issue16, pp.3066-3078, 12 October 2006.
- [3] R. Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6", IETF, RFC4068, July 2005.
- [4] J. Kempf, "Goals for Network-based Localized Mobility Management", IETF, RFC4831, April 2007.
- [5] S. Gundavelli and et al, "Proxy Mobile IPv6", IETF, Internet-Draft, draft-ietf-netlmm proxym-ip6-11.txt (Working progress), February 25, 2008.
- [6] Joong-Hee Lee and et al, "A Novel Inter-LMD Handoff Mechanism for Network-Based Localized Mobility Management", Lecture Notes in Computer Science(LNCS) 4712, pp.356-366, 2007.
- [7] M. Lebsch and et al, "Route Optimizations



for Proxy Mobile IPv6”, IETF, draft-abelle-netlmm-proxymip6ro-01(Working progress), November13, 2007.

[8] G. Giarretta and et al, “Mobile IPv6 Bootstrapping in Split Scenario”, IETF, RFC 5026, October 2007.

[9] J. Loughney, “Context Transfer Protocol”, IETF, RFC4067, July 2005.

[10] M. Liebsch, “Context Transfer for Proxy MIPv6”, IETF, draft-liebsch-netlmm-proxymip6ct-00.txt (Working progress), July 31, 2007.

[11] Baumann, F.V.; Niemegeers, I.G., “An Evaluation of Location Management Procedures”, Universal Personal Communications, 1994. Record., 1994 Third Annual International Conference, Vol., No., pp.359-364, 27, Sep-1Oct 1994.

[12] K. Wang and J. Huey, “A Cost Effective Distributed Location Management Strategy for Wireless Networks”, Springer Netherlands, Wireless Network, Vol.5, NO.4, pp. 287-297, 1999.

[13] S. Pack and et al, “An Adaptive Mobility Anchor Point Selection Scheme in Hierarchical Mobile IPv6 Networks”, Computer Communications, Volume29, Issue16, pp. 3066-3078, 12 October 2006.

[14] 6NET Project, “Mobile IPv6 Handovers - Performance Analysis and Evaluation”, Technical Report, 6Nets Consortium,21 June 2005

[Online] Available: <http://www.6net.org/publications/deliverables/D4.1.3v2.pdf>

풍기아킴 (Gia Khiem Phung)

준회원



06/2005 Hanoi University of Technology, Bachelor of Electronics and Telecommunications, Vietnam.

2005~2007 N-wave Technology Co., Ltd, Vietnam.

2007~2009 Entel Technology Co., Ltd, Vietnam.

09/2009~present MS student in Information and Communication Engineering at Kongju National University, Republic of Korea.

<관심분야> SIP-based application, Image processing, Digital signal processing, Embedded system.

노승환 (Soonghwan Ro)

종신회원



1987년 8월 고려대학교 전자공학과 공학사

1989년 8월 고려대학교 전자공학과 공학석사

1993년 2월 고려대학교 전자공학과 공학박사

1997년 한국전자통신연구원 초빙연구원

2003년 영국버밍엄 대학교 초빙연구원

1994~현재 국립 공주대학교 정보통신공학부 교수

<관심분야> 이동통신, pervasive 컴퓨팅, 임베디드 시스템.