

# Proxy Mobile IPv6 도메인 간의 경로 최적화 메커니즘 설계

김철중\*, 정재호\*\*, 박석천\*\*\*

\*경원대학교 소프트웨어학부

e-mail : [huntcik@empal.com](mailto:huntcik@empal.com) [nescafe@kyungwon.ac.kr](mailto:nescafe@kyungwon.ac.kr)

[scpark@kyungwon.ac.kr](mailto:scpark@kyungwon.ac.kr)

## A course optimization mechanism design among a Proxy Mobile IPv6 domain

Chul-Jung Kim\*, Jae-Ho Jung\*\*, Seok-Cheon Park\*\*\*

\*Division of Software, Kyungwon University

### 요 약

최근 IETF에서 MIP로 대표되는 단말 기반 이동성 제공 기법의 단점을 극복하기 위해 망기반 이동성 제공 기법인 Proxy Mobile IPv6의 표준화 작업을 진행하고 있다. PMIPv6는 기존 MIP를 활용하여 설계된 프로토콜로 단말이 이동함에 따라 이동 정보를 관리하기 위해 필요한 시그널링을 망 내부의 MAG가 대신 수행함으로써, 단말에 별도의 이동성 관리를 위한 프로토콜을 탑재할 필요가 없는 장점이 있지만 단말간의 데이터 교환이 반드시 망에 있는 LMA를 통해서 이루어지게 됨에 따라, 데이터가 비효율적으로 전달되는 삼각 라우팅 문제점을 가지고 있다. 또한 이동 노드가 통신하고자 하는 상대노드가 다른 PMIPv6 도메인에 있는 또 다른 이동 노드인 경우에도 두 이동 노드 간에도 최적화되지 않은 경로로 패킷이 교환되는 문제가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서 서로 다른 도메인 간의 경로 최적화 메커니즘을 제안한다.

### 1. 서론

초기 인터넷 환경에서는 네트워크상의 구성 요소들 중 모바일 단말이 차지하는 비중이 매우 적었으나 오늘날의 통신 환경은 무선 네트워크를 지원하는 노트북뿐만 아니라 PDA, 데이터 전송, 무선랜, 3G 셀룰러 시스템, IEEE 802.16 등 다양한 무선 액세스 기술 기반의 무선 인터넷 서비스가 활성화됨에 따라 IP 이동성을 제공하기 위해 다양한 방법들이 제안되었다. IETF(Internet Engineering Task Force)에서 지난 10여 년간 가장 많은 관심 속에서 표준화 성과를 이루어 낸 프로토콜은 IP 이동성 지원을 위해 HA(Home Agent)와 FA(Foreign Agent)를 통해 MN(Mobile Node)의 이동성을 지원할 수 있는 Mobile IPv4(RFC 3344)와 Mobile IPv6(RFC 3775)이다[1][2]. 하지만 Mobile IPv6/IPv6는 단말 기반 이동성 제공 기법으로 많은 사람들의 노력에 의해 표준화된 안정된 기술이지만, 상용 망에서 MIP의 도입은 활발히 이루어지지 않고 있다. 그 이유를 살펴보면 MIP 표준이 소규모 모바일 단말에 탑재하기에는 너무 큰 규모의 표준이며, 단말들이 MIP의 복잡한 위치등록 시그널링을 직접 처리해야 하는 문제점을 가지고 있기 때문이다. 이러한 단말 기반 이동성 제공기법의 단점을 극복하기 위해 CISCO에서 제안한 망기반의 IP 이동성 제공 기술인 Proxy Mobile IPv6가 68

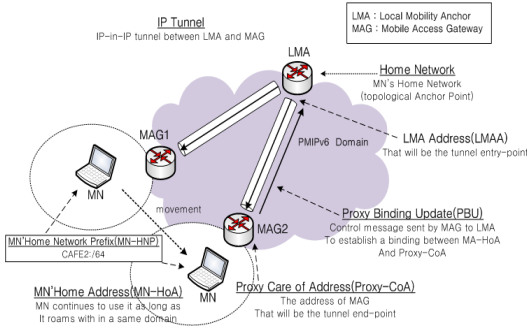
차 IETF에서 WG 공식 아이টে็ม으로 선정되었다[3]. 이 기술은 기존의 RFC 3775를 최대한 재사용하면서 단말에는 IP 이동성을 위한 어떠한 요구도 하지 않고 네트워크에 위치한 라우터들이 대신 IP 이동성 관리를 해 줌으로써 모바일 단말에 별도의 이동성 관리를 위한 프로토콜 스택이 필요하지 않은 장점이 있다. 반면에 이동 노드가 통신하고자 하는 상대 노드가 다른 PMIPv6 도메인에 있는 또 다른 이동 노드인 경우 두 이동 노드 간에 최적화 되지 않은 경로로 패킷이 교환되는 문제가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 서로 다른 도메인 간의 경로 최적화 메커니즘을 제안한다.

### 2. 관련연구

#### 2.1 Proxy Mobile IPv6

모바일 단말에 IP 이동성을 제공하기 위한 기본적인 방법은 MIP를 이용하는 것이지만 MIP는 단말에 MIP 프로토콜 스택을 탑재해야하는 부담을 가지고 있다. PMIPv6는 단말이 아닌 망의 MAG(Mobile Access Gateway)가 바인딩 관련 메시지의 교환을 대신 담당하게 되므로 MIP의 최대 단점인 단말에 별도의 이동성 관리 프로토콜 스택을 탑재시키는 문제를 해결한 기술이다. PMIPv6의 주

요 구성 요소들은 (그림 1)과 같다.



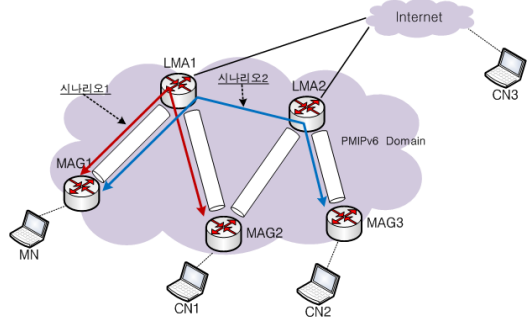
(그림 1) PMIPv6의 구성

이 프로토콜에서는 MN을 대신하여 MN의 이동성을 지원하는 일종의 게이트웨이 역할을 하는 MAG와 HA와 같은 동작을 하는 LMA(Localized Mobility Anchor)가 정의된다. PMIPv6 프로토콜의 동작은 MN이 처음 PMIPv6 도메인에 진입하여 MAG가 관리하는 액세스 링크에 접속하게 되면, MN가 자신의 액세스 링크에 접속되었다는 것을 감지한 MAG는 인증 과정을 통해 얻게 되는 MN-ID를 이용하여 AAA 인증 서버로부터 MN의 Policy Profile을 가져온다. 이 프로파일에는 MN의 LMA주소와 주소 설정 방법, 단말의 Home Network Prefix와 같은 정보가 포함된다. MAG는 MN의 프로파일 정보를 이용하여 LMA에게 PBU(Proxy Binding Update) 메시지를 전송하여 단말의 현재 위치를 갱신한다. 그리고 LMA는 PBU 메시지를 받게 되면 MAG에게 중요한 정보인 해당 단말의 Home Network Prefix를 담아 PBA(Proxy Binding Acknowledgement) 메시지를 보낸 후 해당 MAG까지 터널을 만든다. PBA 메시지를 받은 MAG는 LMA로 향하는 터널을 만들고 단말에서 오는 모든 트래픽을 LMA로 보낸다. MAG는 PBA 메시지에 포함된 프리픽스 정보를 추출하여 RA(Router Advertisement) 메시지에 넣어 단말에게 보내고 이와 동시에 LMA와 터널을 설정한다. RA 메시지를 받은 MN은 메시지내의 프리픽스 정보를 가지고 MN-HoA(MN's Home Address)를 설정하고 이후부터 MN는 PMIPv6 도메인에 있는 동안에는 이 주소를 이용할 수 있다. MN이 인터넷 상의 임의의 노드(CN : Correspondent Node)에게 전송하는 모든 패킷은 MAG가 수신하여 외부 헤더를 덧붙인 후에 터널을 통해 LMA에게로 전송된다. CN으로부터 전송되는 패킷은 LMA가 수신하여 외부 헤더를 덧붙인 후에 터널을 통해 MAG로 전송되며 MAG는 외부 헤더를 제거한 후에 패킷을 MN에게로 포워딩 한다.

## 2.2 Route Optimization

PMIPv6에서는 단말간의 데이터 교환이 반드시 망에 위

치한 LMA를 통해서 이루어지게 됨에 따라 최적화 되지 않은 경로를 통해 패킷이 교환되는 삼각 라우팅 문제점을 가지고 있다. 서로 인접한 곳에 있는 단말간의 데이터 교환도 LMA를 경유하게 됨에 따라 심각한 지연이 발생한다. (그림 2)는 PMIPv6의 경로 최적화 시나리오의 예를 나타낸 것이다.



(그림 2) PMIPv6의 경로 최적화 시나리오의 예

시나리오 1: CN1이 MN과 동일한 PMIPv6 도메인 내에 있고 하나의 LMA가 관리하는 다른 MN인 경우에는 MN으로부터 전송되는 패킷은 MAG1을 거쳐 LMA1에게 전송되고 터널을 통해 MAG2에게로 전송된 후에 CN1에게 전송되어 최적화된 경로를 거치지 못한다는 단점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 동일한 PMIPv6 도메인 내에 있는 서로 다른 MN들 간에 경로 최적화를 제공하기 위한 메커니즘이 제안되었다[4]. 이 메커니즘에서는 CN1과 MN이 동일한 PMIPv6 도메인 내에 있다는 것을 감지한 LMA1이 MAG1에게 RO Init(Route Optimization initiate) 메시지를 전송하여 MAG1과 MAG2간에 직접 터널을 설정한다. 이후부터 MN으로부터 전송되는 모든 패킷은 MAG1 - MAG2 - CN1의 최적화된 경로를 통해 전송되게 된다.

시나리오2 : CN2이 MN과 동일한 PMIPv6 도메인 내에 있고 각각 다른 LMA가 관리하는 또 다른 MN인 경우, MN - MAG1 - LMA1 - LMA2 - MAG3 - CN2 같은 비효율적인 경로로 패킷이 전달되는 문제점이 발생하게 되는데 이러한 문제점을 해결하기 위한 메커니즘이 제안되었다[5]. 이 메커니즘에서는 동일한 PMIPv6 도메인에서 두 개의 LMA가 관리하는 MN과 CN2사이의 경로 최적화를 위해 MAG1은 CN2의 LMA2 주소를 얻은 후 Request 메시지를 보내서 MAG3의 IP주소를 요청한다. 메시지를 받은 LMA2는 Binding Cache를 조사한 후 MAG3의 주소를 응답으로 보낸다. 응답을 받은 MAG1은 MN의 Home Address와 MAG1의 IP 주소를 담은 PBU메시지를 MAG3에게 보낸다. 이 후 PBU메시지를 받은 MAG3는 MAG1으로 터널을 설정하고 MN을 위해 Binding Cache Entry

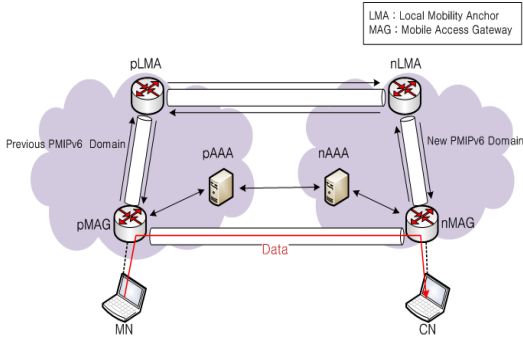
에 저장한 후 이에 대한 응답으로 MAG1에게 PBA메시지를 보낸다. PBA메시지를 받은 MAG1 또한 LMA1에서 MAG3로 터널설정을 하고 이후에 MN으로부터 전달되는 모든 패킷은 MAG1 - MAG3 - CN2의 최적화된 경로로 전송되게 된다.

### 3. 다른 도메인 간의 경로 최적화 메커니즘 설계

앞에서 설명한 것과 같이 동일한 PMIPv6 도메인 안에서의 한 개의 LMA 또는 두 개의 LMA에서의 경로 최적화 메커니즘에 대한 연구는 진행 중이지만 서로 다른 PMIPv6 도메인에서 각각의 LMA가 관리하는 MN과 CN 사이의 경로 최적화에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 논문에서 서로 다른 PMIPv6 도메인 간의 경로 최적화 메커니즘을 제안한다.

### 3.1 경로최적화 메커니즘

(그림 3)은 제안하는 경로 최적화 메커니즘의 개념도이다.



(그림 3) 제안하는 경로 최적화 메커니즘의 개념도

(그림 3)에서 보듯이 제안하는 다른 PMIPv6 도메인 간 경로최적화 메커니즘은 다음과 같은 환경을 의미한다. MN이 Previous PMIPv6 Domain에 있고 CN은 New PMIPv6 Domain에 위치할 때 MN과 CN이 같은 PMIPv6 도메인이라는 것을 알고 LMA를 거치지 않고 pMAG와 nMAG사이에 터널을 설정해 최적화된 경로로 패킷을 주고받게 된다. 이러한 경로 최적화 메커니즘을 설계하기 위한 가정들은 다음과 같다.

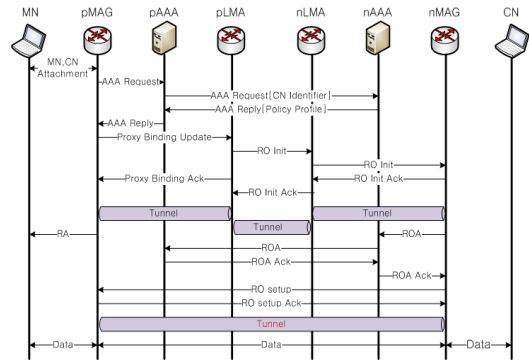
- MN은 CN의 ID를 알고 있다.
- PMIPv6 도메인 간 인증 서버인 AAA는 서로의 호스트들에 대하여 메시지 교환을 통해서 인증 요청 및 확인을 할 수 있다.
- 복수의 터널을 생성할 수 있다.

이러한 가정에서 경로 최적화를 실현하기 위해서는

pMAG와 nMAG 사이에 터널이 설정되어야 한다. 터널을 설정하기 위해 nMAG는 pMAG의 주소를 알아야 하며 pLMA와 nLMA 사이에도 터널이 생성되어야 한다. 이러한 정보를 얻기 위해 제안한 방안에서는 pAAA에게 pMAG가 MN과 CN의 대하여 인증을 요청할 때 pAAA는 CN이 nAAA의 호스트임을 알고 nAAA로 인증을 추가적으로 요청하여 nLMA의 주소를 얻고 nMAG는 pMAG와 터널을 설정하기 위해 pMAG의 주소를 nAAA에게 요청한다. nAAA는 pMAG의 주소를 알고 있는 pAAA에게 메시지를 통해 pMAG의 주소를 요청하여 얻을 수 있다.

### 3.2 경로 최적화 메커니즘의 제어 절차 설계

다른 도메인 간 경로 최적화를 지원하기 위하여 제안하는 메커니즘의 제어 흐름은 (그림 4)와 같이 설계하였다.



(그림 4) 경로 최적화 메커니즘의 제어 절차

MN은 Previous Domain에서 CN의 ID도 알고 있으므로 자신의 ID와 CN의 ID를 통해 pMAG에게 인증 요청을 수행하며, 이 인증은 L2접근을 통하여 시작된다. pMAG는 MN의 ID로 pAAA에게 인증요청을 수행하고, pAAA는 MN이 허가된 호스트이면 해당하는 pLMA의 주소를 pMAG에게 전달한다. 또한 CN이 nAAA의 호스트임을 알고 있기 때문에 CN의 ID로 nAAA에게 추가적인 인증을 요청하여 nLMA의 주소를 얻게 되고 pLMA와 nLMA의 주소를 pMAG에게 전달한다. pLMA와 nLMA의 주소를 받은 pMAG는 pLMA에게 PBU메시지에 MN의 ID와 자신의 주소, nLMA의 주소를 포함시켜 전송한다. PBU메시지를 수신한 pLMA는 nLMA의 주소로 RO Init 메시지를 전송하여 경로 최적화 개시를 알리고 MN에 대하여 pMAG의 주소를 등록하고 해당 Home Network Prefix를 PBA 메시지를 통하여 pMAG에게 전달한다. PBA 메시지를 받은 pMAG는 pMAG와 pLMA사이에 양방향 터널을 설정하고 pMAG는 Home Network Prefix를 해당 MN에 대하여 등록하고 이를 자신의 주소인 것처럼 MN에게 RA 메시지를 전송한다. RA 메시지를 수신한 MN은 프리픽스 정보를 가지고 MN's HoA를 구성하여 사용한다. RO Init

메시지를 수신한 nLMA는 PMIPv6 절차를 통해 nMAG와 nLMA간에 터널이 설정 되어 있으므로 nMAG에게 RO Init 메시지를 전송할 수 있고 nMAG는 응답으로 RO Init Ack를 전송한다. 응답 메시지를 수신한 nLMA는 RO Init Ack를 pLMA에게 전송한 후 nLMA와 pLMA간에 터널이 설정된다.

RO Init 메시지를 수신한 nMAG가 경로 최적화를 개시하기 위해서는 pMAG의 주소를 알아야 하는데 이를 위해 nAAA에게 ROA(Route Optimization Address) 메시지를 전송하여 pMAG의 주소를 요청한다. nAAA는 pMAG의 주소를 알고 있는 pAAA에게 ROA 메시지를 전송하고 그에 대한 응답으로 pMAG 주소를 얻은 후 nMAG에게 ROA Ack 응답 메시지를 전송한다. ROA Ack 메시지를 수신한 nMAG는 pMAG로 RO setup 메시지를 전송하고 응답 메시지로 Ro setup Ack를 수신한 후 pMAG와 nMAG 사이에 터널이 설정된다. 터널이 설정된 후 전달되는 패킷들은 pLMA와 nLMA를 통하지 않고 MN - pMAG - nMAG - CN의 최적화된 경로로 패킷이 전달되게 된다.

#### 4. 결론

MN이 자신의 위치를 변경하더라도 기존에 연결되어 있는 세션을 계속 유지할 수 있도록 IETF에서 MIPv6 프로토콜이 정의되었다. MIPv6는 위치등록 시그널링을 위한 메시지 교환을 MN이 수행하는 단말 기반 이동성 지원 기법이다. 단말 기반 이동성 지원 기법의 단점을 보완하기 위해서 망 기반의 이동성 지원 기법인 PMIPv6가 제안되었다. 이 프로토콜은 MN의 이동을 감지한 MAG가 MN을 대신하여 위치 등록 시그널링을 수행하는 기법으로 MN에게 위치 등록을 위한 어떠한 동작도 요구하지 않는 장점이 있는 반면 MN과 CN이 가까운 거리에 있더라도 항상 패킷이 LMA를 경유해야하는 삼각 라우팅 문제가 발생하게 된다. 또한 두 개의 PMIPv6 도메인에서 각각의 LMA가 관리하는 MN과 CN이 통신을 하고자 하는 경우에도 두 개의 LMA를 통하여 트래픽이 전송되어야 하므로 최적화되지 못한 경로를 거친다는 단점이 있다.

따라서, 본 논문에서는 두 개의 PMIPv6 도메인에서 각각의 LMA가 관리하는 MN과 CN사이의 경로 최적화를 위해 AAA인증 서버를 두고 서버들끼리 메시지 교환으로 nMAG와 pMAG사이에 터널 설정을 통해서 경로 최적화 문제를 해결할 수 있는 메커니즘을 제안하였다.

#### 참고문헌

- [1] C. Perkins, Ed, "IP Mobility Support for IPv4," IETF RFC 3344. August 2002.
- [2] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko. "Mobility Support in IPv6," IETF RFC 3775, June 2004.
- [3] S. Gundavelli, K. Leung, and V. Devarapalli, K.

Chowdhuny, B. Patil, "Proxy Mobile IPv6," draft-ietf-netlmm-proxymip6-11.txt, Feb. 25, 2008.

[4] M. Liebsch, L. Le and J. Abeille, "Route Optimization for Proxy Mobile IPv6," Work in Progress, Nov. 2007.

[5] A. Qin, A. Huang, W. Wu, B. Sarikaya, "PMIPv6 Route Optimization Protocol," draft-qin-mipshop-pmipro-00.txt, August. 29, 2007.