

# MAG의 라우팅 테이블을 이용한 PMIPv6 라우팅 최적화 기법

한병진, 이제민, 이종혁, 정태명  
성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과  
e-mail:{bjhan, jmlee, jhlee, tmchung}@imtl.skku.ac.kr

## A PMIPv6 Routing Optimization Mechanism using the Routing Table on the MAG

Byung-Jin Han, Jae-Min Lee, Jong-Hyouk Lee, Tai-Myoung Chung  
Electrical and Computer Engineering, Sungkyunkwan University

### 요 약

최근 이동 중에도 인터넷을 사용하고자하는 사용자의 요구에 맞추어 노드의 이동성을 제공하기 위한 기술들이 개발되고 있다. 그 중 대표적인 기술이 네트워크 계층에서의 이동성 관리 기법인 Mobile IP 기술이다. Mobile IP 기술은 크게 두 가지 분류로 나눌 수 있다. 하나는 호스트가 직접 핸드오프에 대한 시그널링을 수행하는 호스트 기반 이동성 관리 기술이고, 다른 하나는 네트워크 엔터티가 호스트를 대신하여 호스트의 이동에 따른 시그널링을 수행하는 네트워크 기반 이동성 관리 기술이다. 전자의 대표적인 프로토콜은 Mobile IPv6, Fast Mobile IPv6, Hierarchical Mobile IPv6가 있고, 후자의 대표적인 프로토콜은 Proxy Mobile IPv6 기법이 있다. 그 중, 최근 가장 주목 받고 있는 기술은 Proxy Mobile IPv6이다. 네트워크 기반 이동성 관리라는 개념이 서비스 제공자와 기기 제조사에게 모두 이득을 주는 방식이기 때문이다. 하지만 Proxy Mobile IPv6는 아직 개발 중인 기법이라 최적화에 대한 논의가 끝나지 않았다. 특히 Proxy Mobile IPv6 도메인 내에서의 라우팅 최적화에 대한 논의는 활발하게 이루어지고 있다. 본 논문에서는 Proxy Mobile IPv6의 네트워크 엔터티인 Mobile Access Gateway의 라우팅 테이블을 이용한 라우팅 최적화 기법을 제안한다. 또한 제안한 기법이 가져오는 성능향상과 효과에 대해 분석한다.

### 1. 서론

최근 이동 중에도 인터넷을 사용하고자하는 사용자의 요구에 맞추어 노드의 이동성을 제공하기 위한 기술들이 개발되고 있다. 그 중 대표적인 기술이 네트워크 계층에서의 이동성 관리 기법인 Mobile IP 기술이다[1]. Mobile IP 기술은 크게 두 가지 분류로 나눌 수 있다. 하나는 호스트가 직접 핸드오프에 대한 시그널링을 수행하는 호스트 기반 이동성 관리 기술이고, 다른 하나는 네트워크 엔터티가 호스트를 대신하여 호스트의 이동에 따른 시그널링을 수행하는 네트워크 기반 이동성 관리 기술이다. 전자의 대표적인 프로토콜은 Mobile IPv6 (MIPv6)[1], Fast Mobile IPv6 (FMIPv6)[2], Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6)[3]가 있고, 후자의 대표적인 프로토콜은 Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6)[4] 기법이 있다. 그 중, 최근 가장 주목 받고 있는 기술은 PMIPv6이다. 네트워크 기반 이동성 관리라는 개념이 서비스 제공자와 기기 제조사에게 모두 이득을 주는 방식이기 때문이다.

PMIPv6을 구성하는 네트워크 엔터티는 Local Mobility

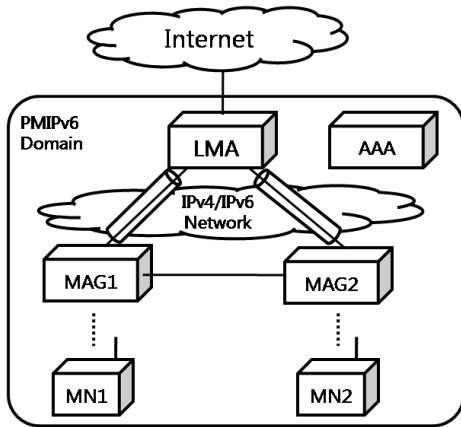
Anchor (LMA)와 Mobile Access Gateway (MAG)가 있다. PMIPv6는 이 두 엔터티를 이용하여 이동하는 노드에 대한 메시지 시그널링을 수행하여 이동 노드 (MN)의 핸드오프에 대해 관리를 해준다. LMA는 MN에게 있어 MIPv6의 HA와 같은 기능을 제공하여 주고, MAG는 MN의 이동 및 접속을 탐지하여 MN 대신에 LMA에게 시그널링 메시지를 보내는 역할을 담당한다.

PMIPv6의 동작과정은 다음과 같다. MN이 로밍하여 어느 MAG의 범위에 들어오면, 그 MAG는 그 MN의 이동 및 접속을 탐지하고 해당 MN에 대한 인증을 수행한다. 인증을 성공하면, MAG는 해당 LMA에게 Proxy Binding Update (PBU) 메시지를 전송한다. 이 메시지를 받은 LMA는 해당 MN의 HNP를 부여하고, Binding Cache Entry (BCE)에 해당 MN에 대한 엔트리를 만든다. 이후 Proxy Binding Acknowledge (PBA) 메시지에 해당 MN에 대한 HNP를 담아 MAG에게 보낸다. PBA를 받은 MAG와 LMA는 양방향 터널을 생성하여 MN으로부터 오는 데이터와 MN으로 향하는 데이터를 터널링 하여 포워딩하게 된다. MAG는 PBA에 담긴 HNP를 Router Advertisement (RA) 메시지에 담아 MN에게 전송한다. MAG와 MN은 Point-to-Point 관계이기 때문에 해당 RA

본 논문은 보건복지부 보건의료기술진흥사업회 지원에 의하여 이루어진 것임(과제번호: 02-PJ3-PG6-EV08-0001)

는 MN만 받을 수 있게 되고, 그 MN은 HNP를 이용하여 Home Address (HoA)를 생성하게 된다. MN은 이 HoA를 이용하여 PMIPv6 도메인 내에서의 통신을 수행하게 된다[4].

여기서 라우팅 최적화에 대한 문제가 발생한다. MAG와 LMA가 PBU와 PBA 메시지를 주고받으면서 양방향 터널을 생성하고, MN으로부터 오거나 MN으로 향하는 데이터에 대하여 터널을 통해 오고가기 때문에 항상 LMA를 거치게 되어있다. 하지만 그림 1과 같은 상황에서는 LMA를 거치는 것이 오히려 먼 길을 돌아 전송되는 삼각 라우팅 현상이 발생하게 된다.



(그림 1) PMIPv6에서의 삼각라우팅

이와 같은 라우팅 오버헤드 현상을 해결하기 위해 PMIPv6가 제안되었던 IETF의 NetLMM 작업그룹에서는 다양한 드래프트 문서를 통해 라우팅 최적화 문제 해결을 시도하고 있다. 본 논문에서는 이러한 라우팅 최적화의 일환으로 MAG의 라우팅 테이블을 이용한 PMIPv6 라우팅 최적화 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 현재 제안된 라우팅 최적화 기법들에 대하여 소개하고 그 한계점에 대해 분석한다. 3장에서는 제안하는 기법인 MAG의 라우팅 테이블을 이용한 PMIPv6 라우팅 최적화 기법을 소개하고, 그에 대한 분석을 보인다. 마지막으로 4장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

서론에서 살펴보았던 PMIPv6 환경의 라우팅 최적화 문제를 해결하기 위한 노력은 IETF의 NetLMM 작업그룹에서 논의된 M. Liebsch의 드래프트 [5]에 잘 나타나 있다. 이번 장에서는 라우팅 최적화 방법에 대해 살펴보고 그 한계점에 대해 논의한다.

라우팅 최적화 방법을 살펴보기에 앞서 그림 1과 같이 삼각 라우팅이 발생하는 상황을 살펴보자. 그림 1에서는 하나의 LMA 밑에 MAG1과 MAG2가 있고, 각 MAG는 MN1과 MN2를 서비스하고 있는 환경을 가정하자. 이 때,

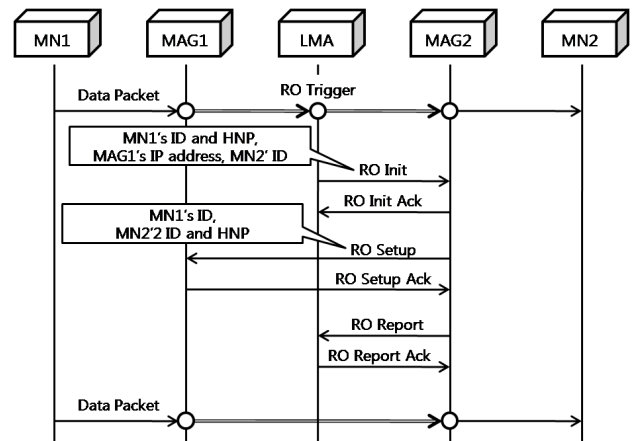
MN1이 MN2에게 데이터를 전송하고자 하면, 해당 데이터 패킷은  $MN1 \rightarrow MAG1 \rightarrow LMA \rightarrow MAG2 \rightarrow MN2$  로 표현되는 경로를 따라 전송되게 된다. 하지만 이는 삼각라우팅으로서 보다 빠른 경로를 통한 전송이 가능하다.

M. Liebsch는 이와 같은 삼각라우팅을 해결하기 위해 LMA와 MAG간의 메시지 교환을 통해 최적화된 경로를 설정하는 방식을 제안하였다. 저자는 PMIPv6 도메인의 토폴로지 정보를 가지고 있는 LMA가 라우팅 최적화를 컨트롤하도록 하였으며, Direct 모드와 Proxy 모드의 두 가지 모드를 제안하였다.

2.1. Direct 모드

Direct 모드는 최적 경로를 설정하기 위한 컨트롤 메시지를 MAG간에 직접 전송하는 방법이다. 그림 1과 같은 상황에서 MN1이 MN2에게 데이터를 전송하면, 해당 데이터는 최초 기존과 같은  $MN1 \rightarrow MAG1 \rightarrow LMA \rightarrow MAG2 \rightarrow MN2$  의 경로로 전송이 된다. 이 때, LMA는 해당하는 데이터 패킷에 담긴 MN1과 MN2의 HNP를 보고 최적 경로 설정이 가능함을 탐지한다. 이후 LMA는 MAG2에게 라우팅 최적화가 가능한지를 묻는 RO Init 메시지를 보낸다. MAG2는 응답으로 RO Init Ack 메시지를 LMA에게 보내고, MAG1에게 직접 RO Setup 메시지를 전송한다. MAG1은 RO Setup 메시지에 담긴 내용을 토대로 MAG1과 MAG2간 RO State를 생성하고 활성화한 후 MAG2에게 RO Setup Ack으로 응답한다. MAG2는 LMA에게 RO State가 성공적으로 생성 및 활성화되었음을 알리는 RO Report를 보내고 그에 대한 RO Report Ack을 받는다.

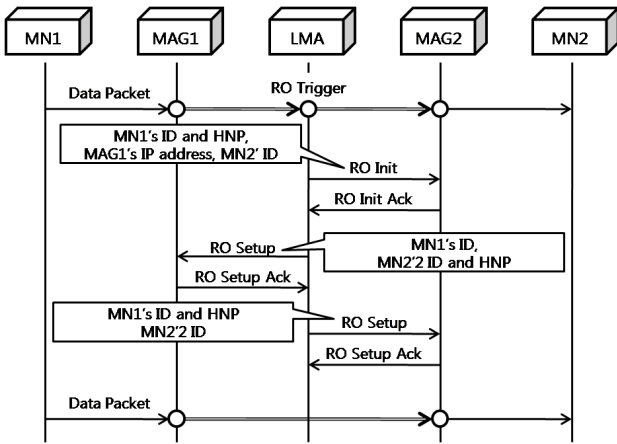
각 메시지의 시퀀스와 메시지에 담기는 내용은 그림 2에 담았다. RO state가 생성되면 MAG 들은 그에 따라 최적화된 경로인  $MN1 \rightarrow MAG1 \rightarrow MAG2 \rightarrow MN2$  경로로 데이터 패킷을 보내게 된다. Direct 모드에서는 MAG간에 직접 컨트롤 메시지를 전송하기 때문에 이를 보호하기 위해 MAG간에 Security Association (SA)이 맺어져 있어야 하는 선행조건이 있다.



(그림 2) Direct 모드 라우팅 최적화

### 2.2. Proxy 모드

Proxy 모드는 최적 경로를 설정하기 위한 컨트롤 메시지를 LMA와 MAG 사이에서만 주고받는다. 즉, 직접적으로 MAG간에 컨트롤 메시지를 주고받지 않는다. 역시 그림 1과 같은 상황에서 MN1이 MN2에게 데이터를 전송하면, 해당 데이터는 최초 기준과 같은 경로로 전송이 된다. 이 때, 해당하는 데이터 패킷에 담긴 MN1과 MN2의 HNP를 통해 최적 경로 설정이 가능함을 탐지한 LMA는 MAG2에게 RO Init 메시지를 보내고 MAG2는 그에 대한 응답으로 RO Init Ack 메시지만을 보낸다. LMA는 MAG1에게 RO Setup 메시지를 전송하고 그에 대한 RO Setup Ack 메시지를 받은 MAG2에게도 RO Setup 메시지를 전송한다. 최종적으로 LMA가 MAG2에게서 RO Setup Ack 메시지를 받으면 MAG1과 MAG2에 RO State가 성공적으로 생성 및 활성화 된다.



(그림 3) Proxy 모드 라우팅 최적화

각 메시지의 시퀀스와 메시지에 담기는 내용은 그림 3에 담았다. 이후의 데이터 패킷은 최적화된 경로인 MN1->MAG1->MAG2->MN2 경로로 보내진다.

### 2.3. 한계점

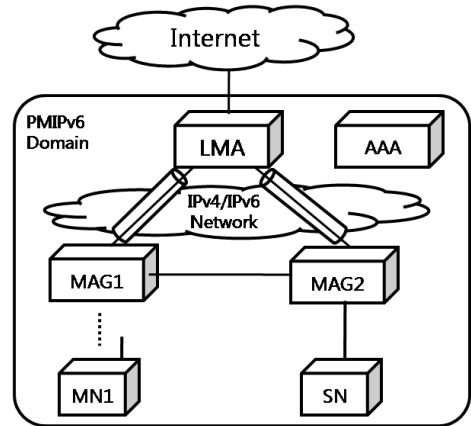
M. Liebsch가 제안한 두 가지 모드의 라우팅 최적화 기법은 MN간의 최적 경로를 설정하기 위한 해결책을 제시하였다. 하지만 이 두 가지 방법을 비롯한 여타 다른 해결책에서도 PMIPv6 도메인의 고정 노드와 이동기능이 없는 무선 노드 (이하, 줄여서 고정노드라 하고 SN, Static Node로 표기)에 대한 해결책을 제시하지 못하고 있다. PMIPv6 문서에 따르면 MAG는 RA에 담아 전송할 Prefix의 정보를 선택할 수 있다[4]. 다시 말해 MAG는 PMIPv6 엔터티로서 RA 메시지에 HNP를 담아 MN을 지원할 수도 있고, Access Router (AR)로서 일반 IPv6 Prefix 정보를 담아 SN의 연결을 지원 할 수도 있다.

삼각라우팅 문제는 MN과 MN사이의 통신뿐만 아니라 MN과 SN간의 통신에서도 발생한다. MN으로 송수신되는 모든 패킷은 LMA를 거치기 때문이다. 하지만 위에 제시

한 기법들은 LMA가 MN의 HNP를 이용해 최적경로를 판단하기 때문에 PMIPv6 도메인 내의 MN과 SN간의 통신에서 발생하는 삼각 라우팅을 해결하지 못한다.

### 3. MAG의 라우팅 테이블을 이용한 PMIPv6 라우팅 최적화 기법

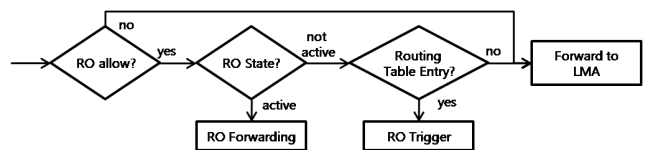
본 논문에서는 2.3 절에서 살펴본 기존 라우팅 최적화 기법의 문제점을 해결하기 위해 MAG의 라우팅 테이블을 이용한 PMIPv6 최적화 기법을 제안한다.



(그림 4) MN과 SN간의 통신

PMIPv6의 기본 전달 방식에서는 MN으로부터 전송된 패킷은 MAG-LMA간 터널을 이용하여 전송되어 LMA를 반드시 거치게 되어있다. 반면, 본 논문에서 제안하는 기법은 MN이 PMIPv6 도메인 내의 SN에게 데이터 패킷을 전송할 때, 그 패킷을 MAG가 MAG-LMA 터널을 통해 LMA에게 보내기 전에 자신의 라우팅 테이블을 먼저 살펴보고, 라우팅 테이블에 해당 목적지에 대한 경로가 있으면 SA에 대한 정보가 담겨진 Security Policy Database (SPD)를 이용해 해당 SN을 담당하는 MAG의 주소를 알아낸다. 이는 MAG가 일반 AR로서의 라우팅 테이블이 존재하고, SN의 경우 라우팅 테이블 만으로 라우팅이 가능하다는 사실과, 모든 MAG간에 SA가 맺어져 있어 SPD에는 특정 네트워크를 담당하는 MAG에 대한 정보가 담겨 있다는 선행 조건으로부터 얻을 수 있는 정보이다. 물론 MN과 MN의 통신이나 SN에서 MN으로 보내는 메시지는 HNP의 특성상 라우팅 테이블에 기록되지 않기 때문에 LMA를 거쳐 MN에게 전달되게 되어 있다.

위의 내용을 정리하여 말하면 제안하는 라우팅 최적화 기법을 위해 MAG의 동작은 다음과 같이 바뀌어야 한다.



(그림 5) MAG의 동작과정 순서도

※ MN으로부터 데이터 패킷을 받은 MAG1의 동작

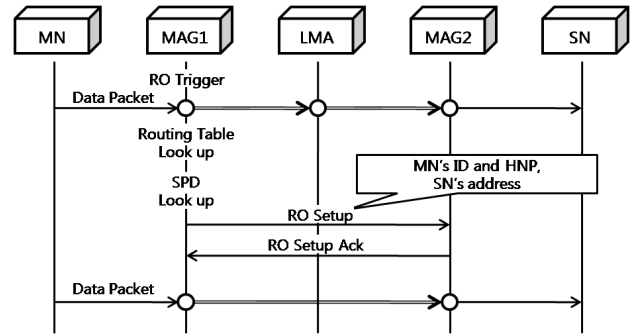
- M1. MAG1은 라우팅 최적화 수행에 대한 설정사항을 살펴본다. 이는 최초 Policy Server 등을 통하여 네트워크 설정사항을 얻을 수 있다. 1) 만일 라우팅 최적화를 수행한다면 M2 과정으로 진행한다. 2) 만일 라우팅 최적화를 수행하지 않는다면 MAG1은 M4과정으로 진행한다.
- M2. RO State가 존재하고 활성화인지 살펴본다. 1) 만일 존재하고 활성화라면 RO State에 따라 패킷을 포워딩 한다. 2) 만일 존재하지 않거나 활성화 되어 있지 않다면 M3 과정으로 계속된다.
- M3. 라우팅 테이블을 검색하여 목적지에 대한 라우팅 엔트리가 있는지 살펴본다. 1) 만일 엔트리가 있다면, 상대 노드는 SN이고, MAG1은 본 논문에서 제안하는 라우팅 최적화 기법을 개시하기 위해 아래의 R1 과정으로 진행한다. 2) 만일 엔트리가 없다면 상대 노드는 MN이거나 외부 도메인에 속한 노드이고, M4 과정으로 진행한다.
- M4. MAG1은 MN으로부터 전송된 패킷을 MAG1-LMA 간 양방향 터널을 이용하여 LMA에게 전송하고 PMIPv6 기본 동작대로 수행한다.

M1 과정에서 라우팅 최적화 설정에 대한 사항을 살펴보는 것은 해당 네트워크 전체의 설정을 살펴보는 것이기 때문에 MAG1에서만 설정을 확인하면 된다. M2에서 언급한 RO State는 관련연구에서 생성된 RO State와 본 논문에서 생성할 RO State를 모두 포함하여 말한다. 따라서 본 논문에서 제안한 기법은 MN과 MN간의 통신에서의 라우팅 최적화 기법과 공존 할 수 있다.

그림 4와 같은 환경에서 MAG가 위 과정처럼 동작하면 M3의 1)과 같은 경우에 본 논문이 제안하는 라우팅 최적화 기법을 개시하게 되는데 그 동작은 다음과 같다.

※ 라우팅 최적화 기법 (MN의 대상 노드는 SN이다.)

- R1. MAG1은 자신의 SPD를 검색하며 MN의 대상노드와 Prefix가 일치하는 MAG을 찾고 해당 MAG의 주소를 알아낸다. 이는 MAG2의 주소이고, SPD를 검색할 때는 Longest Prefix Match를 사용한다.
- R2. MAG2의 주소를 알아낸 MAG1은 MAG1의 주소와 MN의 ID, MN의 HNP, SN의 주소를 이용하여 RO State를 생성한다. 아직 활성화는 하지 않는다.
- R3. MAG1은 R2에서 얻어낸 MAG2의 주소로 RO Setup 메시지를 보낸다. RO Setup 메시지에는 MN의 ID, MN의 HNP, SN의 주소가 담겨져 보내진다.
- R4. MAG2는 RO Setup 메시지에 담긴 정보와 MAG1의 주소를 이용하여 RO State를 생성하고 활성화 한 다음 MAG1에게 RO Setup Ack 메시지를 보낸다.
- R5. MAG1은 RO Setup Ack을 받고 해당 RO State를 활성화 한다.



(그림 6) 제안하는 기법의 시퀀스 다이어그램

위와 같이 동작하여 라우팅 최적화를 수행한다. R2 과정에서 MAG1이 자신의 SPD를 살펴보고 SN의 Prefix와 일치하는 MAG를 찾아내는데 Longest Prefix Match를 사용하면 유일한 MAG를 찾아낼 수 있다. 제안하는 방식에서는 MAG1이 직접 MAG2의 주소를 알아내어 라우팅 최적화를 개시하기 때문에 RO Init 메시지는 필요하지 않다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 PMIPv6 환경에서 발생하는 삼각라우팅 문제를 해결하기 위한 방안으로 MAG의 라우팅 테이블을 이용한 PMIPv6 라우팅 최적화 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 MN이 PMIPv6 도메인 내의 SN에게 데이터를 전송할 때 MN을 담당하는 MAG의 라우팅 테이블을 이용하여 SN임을 확인하고 MAG간의 SA관계를 이용해 SN의 해당 MAG를 확인한 후, 라우팅 최적화를 수행하여 MAG 상호간 RO State를 생성 및 활성화한다. 이를 통해 최적화된 경로로 패킷을 전달하여 삼각 라우팅 현상을 해결한다.

본 논문에서 제안한 기법은 기존의 MN과 MN간의 라우팅 최적화 기법과 공존하여 사용할 수 있고, MAG가 네트워크의 라우팅 최적화 사용여부를 확인한 후 동작을 수행하기 때문에 기존의 동작환경에 영향을 미치지 않는 방식이다. 향후 성능평가를 수행하여 제안한 논문의 성능과 효과를 검증할 계획이다.

#### 참고문헌

- [1] D. Johnson et al., "Mobility Support in IPv6", RFC 3775, Jun. 2003.
- [2] R. Koodli, "Fast Handover for Mobile IPv6", RFC 4068, Jul. 2005.
- [3] H. Soliman et al., "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management (HMIPv6)", RFC 4140, Aug. 2005.
- [4] S. Gundavelli et. al., "Proxy Mobile IPv6", draft-ietf-netlmm-proxymip6-11, Feb. 2008.
- [5] M. Liebsch et al., "Route Optimization for Proxy Mobile IPv6", draft-abeille-netlmm-proxymip6ro-01, Nov. 2007