

PMIPv6 망에서 NEMO 지원을 위한 MR 연동 알고리즘의 설계 및 구현

정회원 민 상 원*

Algorithm Design and Implementation of Interworking with MR for NEMO in PMIPv6 Network

Sang-Won Min* *Regular Member*

요 약

본 논문에서는 PMIPv6(Proxy Mobile IPv6)망에서 네트워크 이동성을 지원하기 위하여 NEMO(NEtwork MObility)가 PMIPv6 망에 접속하면 MR(Mobile Router)이 보내오는 BU(Binding Update)를 통하여 MAG(Mobile Access Gateway)가 이를 인지하고 MR과 터널을 형성할 수 있도록 알고리즘과 기존의 BCE(Binding Cache Entry)에 추가되는 데이터 필드를 제안하였다. 이를 이용하여 MR에 속해 있는 단말이 전송하는 패킷도 폐기 되지 않게 하였으며, 제안한 방식은 기존의 NEMO를 그대로 PMIPv6에 적용이 가능한 장점이 있다. 제안한 알고리즘을 통하여 PMIPv6 망에서도 네트워크 이동성을 지원할 수 있도록 하였으며, 알고리즘의 증명을 위해 실제 구현을 통하여 기존의 방식의 경우와 알고리즘의 적용과 데이터 필드의 추가로 실제 통신이 가능하다는 것을 증명하였다.

Key Words : PMIPv6, MIPv6, NEMO, MAG, MR

ABSTRACT

In this paper, we consider the problem of applying NEMO in PMIPv6, and propose a method to support network mobility. When an MR enters a PMIPv6 domain, an MAG recognizes the MR to access using the BU message. And the MAG makes a tunnel between the MAG and the MR. The MR do not make tunnel fundamentally except for handover. Therefore, the PMIPv6 protocol needs to modify the original algorithm and the BCE data filed. However, the proposed method can use NEMO without protocol modification. To show verification, we implement our proposed algorithm with added BCE data filed using C program, and configure a testbed network. Through a network connectivity procedure, we can see that our proposed method can support network mobility within the PMIPv6 network.

1. 서 론

최근 무선 단말기 사용이 확대되면서 이동성은 매우 중요한 이슈가 되었으며, 이동성 지원은 중요한 문제가 되었다. IETF에서는 이동성을 지원하기 위해 다양한 기술을 연구하고 있으며, 그 중에서도 MIPv6 (Mobile IPv6)는 오랜 시간에 걸쳐 표준화

하였다. MIPv6 기술은 호스트가 자신의 HoA (Home Address)를 갖고 네트워크를 계속해서 이동할 수 있도록 지원하는 기술이며, 상위계층에는 이동에 대한 사실을 숨기기 때문에 상위 프로토콜에서는 세션의 단절 없이 통신이 가능하다. 그러나 MIPv6의 표준이 결정되었음에도 불구하고 현재 MIPv6의 확산은 매우 더딘 편이며 최근에는

* 광운대학교 전자통신공학과 통신프로토콜공학연구소

논문번호 : KICS2009-01-029, 접수일자 : 2009년 1월 23일, 최종논문접수일자 : 2009년 5월 11일

MIPv6 스택이 제외되고 있는 등 사용이 기피되고 있다. 이렇게 MIPv6가 사용되지 않는 이유는 표준의 양이 많고 호스트가 이동성에 관여하는 방식 때문이다. 이동 단말의 경우 하드웨어의 자원이 열악하기 때문에 호스트가 이동성 관리에 관여해야 하는 MIPv6의 경우 호스트에 부담을 줄 수 있다^[1].

이러한 문제를 해결하기 위해 IETF의 NetLMM 워킹그룹은 네트워크가 호스트에게 이동성을 제공하고 호스트는 이동성 관리에 대한 관여를 전혀 하지 않는 방식의 PMIPv6(Proxy Mobile IPv6)의 표준화를 진행 중에 있다. PMIPv6는 기존의 MIPv6와 다르게 이동성에 관련된 시그널링을 PMIPv6의 구성요소인 LMA(Local Mobility Anchor)와 MAG(Mobile Access Gateway)를 이용하여 담당하며 단말은 기본적인 IPv6 프로토콜을 지원할 경우 이동성을 지원 받을 수 있다. LMA는 단말에 할당하는 네트워크 프리픽스와 MAG과 형성하는 터널에 대한 인터페이스 관리를 하며, MAG는 이동 단말을 대신하여 바인딩 절차를 수행한다. 따라서 PMIPv6에 접속하는 단말은 별도의 이동성을 지원하는 프로토콜이 필요하지 않기 때문에 MIPv6가 갖고 있던 단점을 해결하고 있다^[2]. 그러나 PMIPv6도 몇 가지 문제점을 갖고 있는데, 그 중의 하나가 네트워크 이동성 지원에 관한 문제이다^[3]. 현재 네트워크 이동성을 지원하는 프로토콜은 IETF RFC 3963의 NEMO (NEtwork MObility)가 있으며, 이를 PMIPv6에 그대로 적용할 경우 문제가 발생한다. PMIPv6는 단말에 대한 이동성을 네트워크가 모두 담당하기 때문에 네트워크 전체가 접속했을 경우 MAG의 입장에서는 접속하게 되는 라우터의 인터페이스만 인식할 수 있으며, 인식하지 못한 다른 단말 즉, 접속한 네트워크의 서브네트워크에서 보내는 패킷은 폐기되는 문제가 발생한다. 네트워크 이동성에 관한 문제는 향후 차세대 네트워크의 필수적인 사항인 만큼 해결되어야 한다.

따라서 본 논문에서는 PMIPv6 망에서 현재 표준화되어있는 NEMO를 이용하여 네트워크 이동성을 지원할 수 있는 방안을 제안하였다. 제안한 방안은 이동하는 네트워크의 서브 네트워크에서 전달되는 패킷의 폐기를 방지하기 위해 NEMO의 MR (Mobile Router)과 MAG 사이에 터널을 형성하는 방법이며, 제안한 방법을 적용함에 있어서도 NEMO의 경우 이미 표준화가 완료된 상황이므로 NEMO의 MR의 변경 없이 현재 표준화되고 있는 PMIPv6의 LMA와 MAG의 기능에 추가할 수 있는 알고리

즘을 사용하였다. 본 논문에서는 2장에서 PMIPv6에서 NEMO의 MR이 접속하는 경우 발생하는 문제점과 이러한 문제점을 해결하기 위해 제안한 알고리즘에 대해 기술하였다. 3장에서는 제안한 알고리즘의 실제 구현을 통해 PMIPv6에서 네트워크 이동성이 지원됨을 증명하였고, 마지막 4장에서는 결론을 도출하였다.

II. 제안하는 PMIPv6 망에서 NEMO 지원방안

본 장에서는 PMIPv6 망에서 NEMO를 지원하기 위하여 본 논문에서 제안한 알고리즘을 사용하여 PMIPv6 망에서 MR이 PMIPv6 망에 연결을 시도했을 때 기존 PMIPv6에서는 NEMO를 지원하지 못하던 것에서 NEMO를 지원할 수 있는 방법을 제시하였다.

2.1 PMIPv6 망에서 NEMO 지원 시 발생하는 문제점

PMIPv6는 네트워크에서 MN(Mobile Node)에 이동성을 지원하는 방법으로 MN은 IPv6를 탑재하고 있는 MN과의 동작을 정의하고 있으며 이동성 관리는 MAG에서 MN을 대신하여 연결을 담당한다. 그러나 NEMO의 MR은 MIPv6를 기반으로 하며, 이러한 MR이 연결을 설정할 경우 문제점이 발생한다. 본 논문에서는 PMIPv6 도메인 상에서 MR이 연결되었을 경우 NEMO가 지원되지 않는 문제점에 대해 알아보고 이를 개선할 수 있는 알고리즘을 제안하고자 한다.

그림 2-1은 PMIPv6 도메인 상에 서브 네트워크를 가진 MR이 연결된 예를 나타낸 것이다. MR은 호스트와 라우터의 기능을 갖고 있기 때문에 여러 개의 서브 네트워크를 가진 네트워크 상태로

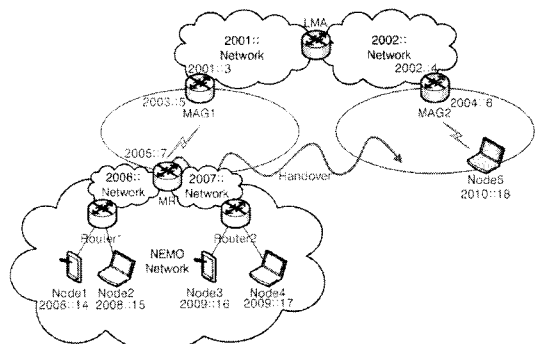


그림 2-1. PMIPv6 도메인 내에 MR이 연결된 예

PMIPv6 도메인 상에 연결될 수 있다.

그림에서 나타난 상황에서 기존의 PMIPv6에서는 MR의 2005::7의 인터페이스에서 전송하는 패킷은 정상적으로 전송되지만, 서브 네트워크 즉, 2006~2009::의 프리픽스를 가진 노드에서 전송하는 패킷은 MAG1에서 폐기하게 된다. 이러한 문제가 발생하는 이유는 LMA가 할당한 프리픽스를 가진 호스트만이 패킷을 전송할 수 있기 때문이다. 이러한 문제점에 대해 LMA와 MAG 사이에서 발생하는 시그널링 흐름도를 통해 자세히 설명하도록 하겠다.

그림 2-2는 그림 2-1의 상황에서 PMIPv6 망에 MR이 처음 연결하는 경우 발생하는 절차에 대한 것이다. MR이 도메인에 등장하게 되면 MAG는 다른 MN과 마찬가지로 MR이 자신이 관리하는 영역에 등장한 것을 알게 되고, MR로부터 RS(Router Solicitation) 메시지를 받으면, LMA에 PBU(Proxy Binding Update) 메시지를 전송한다. PBU 메시지를 받은 LMA는 MR에 할당할 프리픽스 하나를 정하고 그것을 BCE(Binding Cache Entry)에 저장한다. 그리고 PBA(Proxy Binding ACK) 메시지를 MAG에게 전송하여 할당한 프리픽스를 알려주게 된다. PBA를 받은 MAG는 할당받은 프리픽스를 RA(Router Advertisement) 메시지에 넣어 MR에게 알려주면 MR은 자신의 주소를 만들게 된다⁴⁾.

이후 MR은 MIPv6 기반으로 동작하기 때문에 BU 메시지를 이용하여 다시 한 번 바인딩 절차를 하고 BA(Binding ACK)를 받는 것으로 절차를 마무리한다⁵⁾. 이러한 절차가 끝나면 BCE가 중복되는

문제가 있지만, MR의 경우 MAG와 연결되어 있는 인터페이스에 한해서 패킷의 전송은 가능하게 된다. 이때 문제가 되는 부분은 CN(Corresponding Node)이 MR의 서브 네트워크와 통신하는 경우 발생한다. MR의 서브네트워크에 속해있는 노드가 패킷을 전송할 경우 패킷은 MR을 통해 MAG에게 전송한다. 패킷을 받은 MAG는 자신의 BCE에 할당되어 있는 프리픽스 중에서 패킷의 소스 어드레스의 프리픽스와 일치하는 것이 있는지 비교하고 없을 경우 패킷을 폐기해버린다. 따라서 MR의 서브네트워크에 속해 있는 노드는 통신이 불가능하며, 오직 MR과 MAG가 연결되어 있는 인터페이스(그림 2-1의 경우, 2005::7가 할당된 인터페이스)에서만 통신이 가능해지는 문제가 발생한다⁶⁾.

2.2 제안하는 문제점 해결 방안

PMIPv6에서는 기본적으로 클라이언트마다 프리픽스를 할당하며, 할당하지 않은 프리픽스를 가진 패킷의 경우, 즉 MAG의 BCE에 등록되지 않은 프리픽스의 경우 MAG가 패킷을 폐기하게 된다⁷⁾. 따라서 NEMO를 지원하기 위해서는 MAG가 MR의 서브 네트워크의 패킷을 폐기하지 않게 하는 방법이 필요하며, 본 논문에서는 MAG와 MR 사이에 터널을 형성하게 하여 패킷이 폐기 되지 않게 하는 방법을 제시하였다. MAG가 MR에서 속해있는 서브네트워크의 패킷을 폐기하지 않게 하기 위해서는 MAG와 LMA의 동작 알고리즘의 수정이 필요하며 MR의 수정은 필요하지 않다. 현재 PMIPv6에 대해 RFC 5213으로 표준이 완료되었지만 기본동작만을 정의하고 있으며, 발생 가능한 다양한 문제점의 해결방안에 대해 지속적인 표준화 및 보완이 진행되고 있다. 본 논문에서 제시하고 있는 문제점을 해결하기 위해 PMIPv6 표준에서 크게 벗어나지 않는 범위 내에 최소한의 수정이 요구된다.

그림 2-3은 PMIPv6 도메인 상에 MR이 처음 등장한 경우 제안한 알고리즘에 따라 수행한 절차를 나타낸 것이며 다른 색으로 표시된 시그널링과 LMA에서 음영 처리된 동작은 새롭게 제안된 알고리즘을 나타낸다. 처음 MR이 MAG이 관리하는 영역에 등장하게 되면, MAG는 연결된 호스트가 MR인지 또는 MN인지 구분하지 못하기 때문에 일반적인 MN이 등장했을 경우와 처리하는 방식은 같다⁸⁾.

기존의 PMIPv6의 시그널링 절차와 다른 부분은 MR이 RA 메시지를 이용하여 IP 어드레스를 설정한 이후부터이다. MR은 MIPv6 기반으로 동작하기

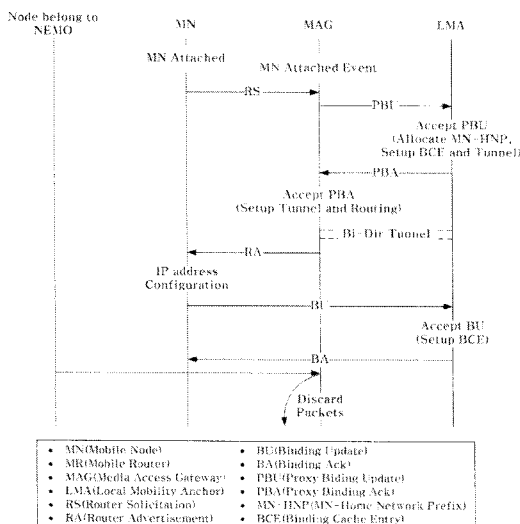


그림 2-2. PMIPv6망에 MR이 연결된 경우

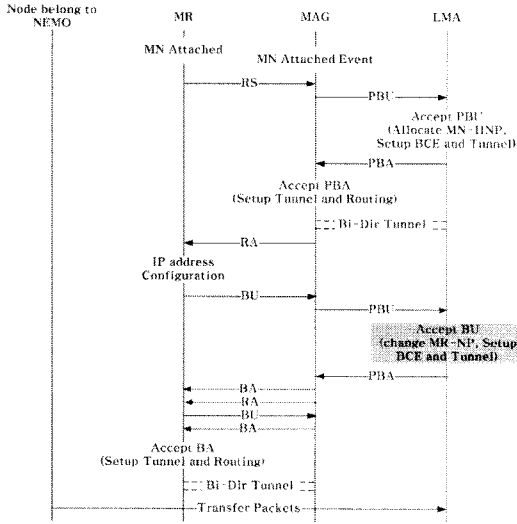


그림 2-3. 제안하는 알고리즘(MR이 PMIPv6에 처음 등장한 경우)

때문에 MAG에 BU 메시지를 보내게 된다. MR은 일반 MIPv6 MN과 달리 라우터의 기능을 갖고 있기 때문에 BU 메시지의 R 플래그에 체크를 해서 전송하게 된다. 이렇게 MAG가 R플래그가 표시된 BU 메시지를 받으면, PBU 메시지를 다시 한 번 LMA에 보낸다. 이 때, PBU 메시지에도 R플래그를 체크해서 보내며, 이를 받은 LMA는 자신이 이전에 할당했던 프리픽스와 다른 프리픽스를 하나 더 할당한다. 할당한 프리픽스를 PBA 메시지에 포함시켜 보내며 PBU와 마찬가지로 R플래그를 체크해서 보낸다. PBA 메시지를 받은 MAG는 전에 응답받은 BU 메시지에 대한 응답으로 BA 메시지를 보내며, BA 메시지를 보낸 후에 곧바로 R플래그가 설정되어 있던 PBA에 포함된 다른 프리픽스를 넣고 H플래그를 세팅하여 RA 메시지를 다시 한 번 보낸다.

이렇게 되면, MR의 입장에서는 같은 MAG내에 있음에도 불구하고 네트워크를 이동한 것으로 인식하게 되어, 터널 형성을 위한 바인딩 절차를 시작하게 되며, MAG가 보내는 RA 메시지에 H플래그가 세팅되어 있으므로 MAG를 HA로 인식하게 된다. 그러므로 MAG와 MR 사이에 터널을 형성하기 위한 바인딩 절차를 시작하게 되는 것이다. 따라서 MR은 BU 메시지를 보내게 되며, MAG는 BA 메시지를 보내 터널을 형성한다. 이렇게 되면, MR의 서브네트워크에 포함되어 있는 노드들도 패킷을 MAG에게 보내도 터널이 형성되어 있기 때문에 정

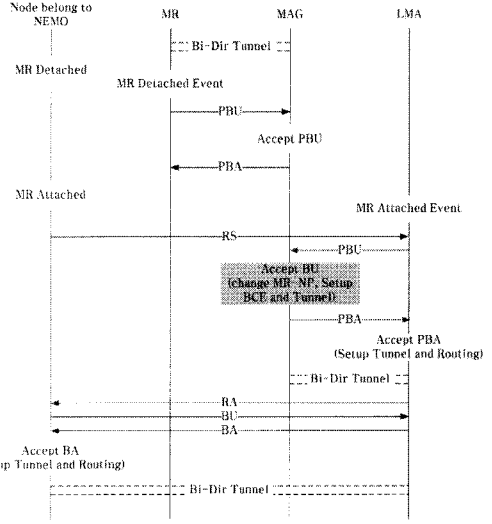


그림 2-4. 제안하는 알고리즘(MR이 P-MAG에서 N-MAG로 이동한 경우)

상적으로 CN에게 전달될 수 있다.

그림 2-4는 MR이 P-MAG에서 N-MAG로 이동한 경우 시그널링 흐름도를 나타낸 것이다. P-MAG에서는 MR이 이동을 하면, 자신이 관리하던 영역에서 사라진 것을 알고 PBU 메시지를 LMA로 보내게 된다. PBU 메시지를 받은 LMA는 PBA 메시지를 보내고 일정시간이 지나면 BCE에서 MR에 할당한 프리픽스를 해제한다. 그러나 MR이 일정시간 내에 N-MAG에서 다시 연결을 설정하면, N-MAG는 LMA에게 PBU 메시지를 보내고, PBU 메시지를 수신한 LMA는 할당했던 프리픽스를 다시 PBA 메시지에 전송한다. 제안한 알고리즘에서는 처음 할당했던 프리픽스를 할당하는 것이 아니라, 할당하지 않았던 프리픽스를 할당하는 것이다. 이 프리픽스는 PBA 메시지에 포함되어 전송되며, LMA는 MR인 것을 알고 있으므로, R플래그를 설정하여 보낸다. 이를 수신한 MAG는 RA 메시지를 MR에게 보내고 MR은 다른 프리픽스가 RA 메시지에 포함되어 있으므로, 바인딩 절차를 통해 터널을 설정하게 된다. 이때 N-MAG는 처음 MR이 등장했을 때에는 다르게 BU 메시지를 받아도 PBU를 다시 보내지는 않는다. 그 이유는 이미 PBA의 R 플래그를 통해 현재 연결된 호스트가 MR인 것을 알 수 있기 때문이다. 이렇게 터널이 설정되면, 처음 등장했을 때와 마찬가지로 MR의 서브네트워크의 노드가 정상적으로 패킷을 전송할 수 있다.

본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용하기 위해서

는 MAG와 LMA에 수정해야할 사항이 있다. 이러한 변경사항은 LMA와 MAG의 본래 기능을 변경하는 것은 아니며 제한한 알고리즘의 탑재와 알고리즘을 위한 BCE의 데이터 필드의 추가가 필요하다. MR은 사용하는 BU 메시지와 MAG와 LMA가 사용하는 PBU, PBA 메시지의 경우 변경사항 없이 그대로 사용하는 것이 가능하다. 변경되는 사항은 MAG가 BA 메시지를 생성하는 기능과 LMA와 MAG의 BCE에서 R flag, Different Network Prefix, Tunnel Interface ID 데이터 필드를 추가하는 것이다. 그림 2-5는 LMA와 MAG의 기본적인 BCE 데이터 필드와 제안한 알고리즘을 적용하기 위해 추가된 BCE 데이터 필드를 나타낸 것이다. 각 BCE 끝부분에 박스로 표시한 부분이 추가된 데이터 필드이다. 추가된 데이터 필드를 차례대로 설명하면 R flag는 PMIPv6 도메인 상에 연결된 호스트가 MN인지 MR인지를 구별하기 위한 식별자이다. R flag가 0인 경우 연결된 호스트가 MN임을 의미하며, 1인 경우 MR임을 나타낸다. Different Network Prefix 필드는 처음에 할당한 Home Network Prefix와 다른 네트워크 프리픽스를 할당하기 위한 필드이다. 처음 MR이 등장한 경우 LMA는 이미 할당한 Home Network Prefix와는 다른 네트워크 프리픽스를 할당하여 Different Network Prefix에 저장하며, MR이 다른 MAG로 핸드 오버한 경우에는 Home Network Prefix와 Different Network Prefix에 저장되어 있는 네트워크 프리픽스와 다른 네트워크 프리픽스를 할당한 후에 Different Network Prefix에 기존의 네트워크 프리픽스 값을 덮어쓰워 저장한다. 이러한 프리픽스 할당 방법을 수행하는 이유는 MR이 첫 등장 시에는 MAG를 이동하지 않았음에도 불구하고 이동한 것처럼 속이기 위한 것이며, 두 번째로 MR이 MAG 사이를 이동할 경우 이동했다는 것을 인식시켜 새롭게 이동한 영역을 관리하는 MAG와 새로운 터널

P flag	Node Interface ID	MAG	HNP	Tunnel Interface ID	R flag	Different Network Prefix
1	7	2003::5	2004::	Tunnel0	0	
1	18	2004::6	2010::	Tunnel1	0	

(a) LMA BCE

Node Interface ID	MAG	HNP	LMA	Tunnel Interface ID	R flag	Different Network Prefix	Tunnel Interface ID
7	2003::5	2004::	2001::1	Tunnel0	0		
18	2004::6	2010::	2002::2	Tunnel1	0		

(b) MAG BCE

그림 2-5. 추가된 LMA와 MAG의 BCE 데이터 필드

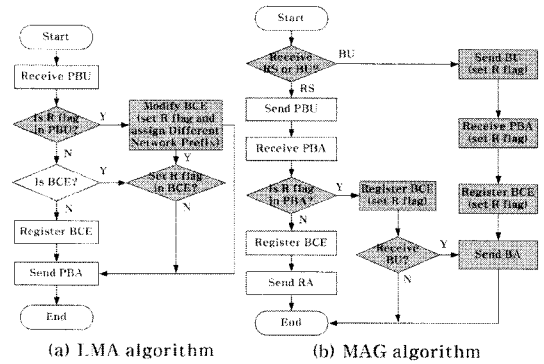


그림 2-6. 제안한 알고리즘 순서도

을 설정할 수 있게 하기 위해서이다.

그림 2-6은 제안한 알고리즘의 순서도를 나타낸 것으로 음영 처리된 부분은 새롭게 제안된 알고리즘의 동작을 나타낸다. 기존의 PMIPv6 수행 절차에 BU 메시지를 처리하는 부분이 추가되었다. 추가한 알고리즘은 LMA의 경우 R flag가 1일 경우 처리하는 부분을 추가하였으며, MAG의 경우에는 BU 메시지가 전송되었을 경우 처리해야하는 부분과 R flag가 1인 PBA 메시지가 올 경우 처리하는 부분이 추가되었다.

앞서 언급한 알고리즘과 BCE에 추가된 데이터 필드를 이용하여 MR이 처음 MAG에 등장하여 연결되었을 경우와 MR이 다른 MAG로 핸드 오버한 경우 생성되는 LMA와 MAG의 데이터 필드에 대해 그림 2-7의 (a)와 (b)에 각각 나타내었다. 그림에

P flag	Node Interface ID	MAG	HNP	Tunnel Interface ID	R flag	Different Network Prefix
1	7	2003::5	2004::	Tunnel0	0	
1	18	2004::6	2010::	Tunnel1	0	

P flag	Node Interface ID	MAG	HNP	Tunnel Interface ID	R flag	Different Network Prefix
1	7	2003::5	2004::	Tunnel0	1	2011::
1	18	2004::6	2010::	Tunnel1	0	

(a) LMA BCE

Node Interface ID	MAG	HNP	LMA	Tunnel Interface ID	R flag	Different Network Prefix	Tunnel Interface ID
7	2003::5	2004::	2001::1	Tunnel0	0		
18	2004::6	2010::	2002::2	Tunnel1	0		

Node Interface ID	MAG	HNP	LMA	Tunnel Interface ID	R flag	Different Network Prefix	Tunnel Interface ID
7	2003::5	2004::	2001::1	Tunnel0	1	2011::	Tunnel2
18	2004::6	2010::	2002::2	Tunnel1	0		

(b) MAG BCE

그림 2-7. MR이 처음 접속한 경우의 BCE

나타낸 데이터 필드는 그림 2-1의 네트워크에서 나타낸 LMA와 MAG1, MAG2의 BCE이다.

그림 2-7의 (a)를 보면 처음 RA 메시지를 통해 등록을 한 경우 호스트가 MN인 경우와 BCE의 내용이 같은 것을 볼 수 있다. 변화가 생기는 부분은 BU 메시지가 MAG로 전달된 이후이다. MAG에게 BU 메시지가 전달되면 PBU 메시지를 LMA에게 다시 보내 원래 할당하였던 프리픽스와 다른 프리픽스를 할당하고 R flag를 1로 변경한다. 그림 2-7의 (b)는 그림 2-7의 (a)에 나타낸 부분에 LMA가 2011:: 프리픽스를 할당하는 것이 나타나 있다. 그리고 LMA는 PBA 메시지를 MAG에게 전달하고 MAG 또한 BCE에 R flag를 1로 변경하고 할당받은 네트워크 프리픽스를 Different Network Prefix에 저장하게 된다. 그리고 MR과의 터널 설정을 Tunnel Interface ID에 저장한다.

III. 알고리즘 시험 및 분석

본 장에서는 본 논문에서 PMIPv6 도메인 상에서 NEMO를 지원하기 위해 제안한 알고리즘을 사용하여 실제 구현과정과 그 결과에 대해서 기술한다.

3.1 시험환경 및 시나리오

본 장에서는 제안한 알고리즘을 시험하기 위하여 PMIPv6 네트워크를 구성하여 시험을 진행하였다. 시험을 위한 네트워크는 그림 3-1과 같이 구성하였으며, LMA와 MAG1, MAG2는 제안한 알고리즘을 적용하기 위하여 실제로 구현을 하였다. LMA와 MAG는 제안한 알고리즘과 추가된 데이터필드에 한하여 구현하였으며, 시험에 불필요한 기능은 모두 생략하였다.

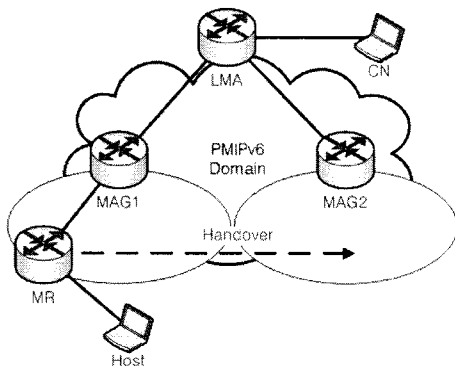


그림 3-1. 시험을 위한 네트워크 구성

구현은 리눅스 환경에서 C언어를 이용하여 프로그램을 작성하였고 PC에 프로그램을 실행시켜 각각의 기능을 할 수 있도록 설정하였다. 시험 시나리오는 MR에 연결되어 있는 Host가 CN에게 Echo Request를 전송하여 CN이 정상적으로 Echo Reply 메시지로 응답하는지를 시험하였다. 그리고 wireshark를 이용하여 Host와 LMA에서 패킷을 캡처하였다[9]. 본 실험에서는 핸드오버 성능 측정은 본 논문의 관심분야가 아니기 때문에 따로 시간을 측정하지 않았으며, 핸드오버 후 정상적으로 데이터가 전달되는지를 확인하였다.

3.2 실험 결과 및 고찰

본 실험에서는 PMIPv6 망에서 MR이 접속하였을 때 MR에 속해있는 호스트가 정상적으로 패킷을 전달할 수 있는지를 알아보는 방법으로 제한한 알고리즘이 실제 적용될 수 있음을 증명하였다. 그림 3-2는 실험 네트워크의 구성을 나타내며, 각각의 인터페이스에는 수동으로 주소를 설정하였다. 앞에서 나타냈던 실험망에 실제로 각각의 IPv6 주소를 할당한 형태이다.

그림 3-3은 MR이 처음 MAG1에 등장한 후 정상적으로 네트워크 프리픽스를 할당 받은 상태에서

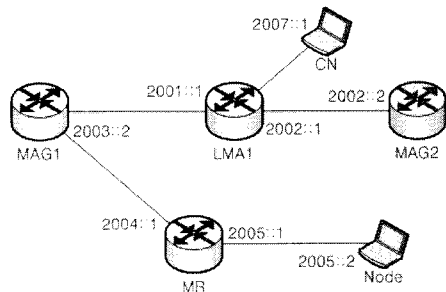


그림 3-2. 시험 네트워크

Source	Destination	Protocol	Info
2005::2	2007::1	ICMPv6	Echo request
2005::2	2007::1	ICMPv6	Echo request
2005::2	2007::1	ICMPv6	Echo request
2005::2	2007::1	ICMPv6	Echo request
2005::2	2007::1	ICMPv6	Echo request

(a)

Source	Destination	Protocol	Info
2004::1	2007::1	ICMPv6	Echo request
2007::1	2004::1	ICMPv6	Echo reply
2004::1	2007::1	ICMPv6	Echo request
2007::1	2004::1	ICMPv6	Echo reply
2004::1	2007::1	ICMPv6	Echo request
2007::1	2004::1	ICMPv6	Echo reply
2004::1	2007::1	ICMPv6	Echo request

(b)

그림 3-3. Node와 MR의 패킷 캡처 결과

MR과 Node에서 패킷을 캡처한 그림이다. 그림 3-3의 (a)는 Node에서 패킷을 캡처한 것이고 그림 3-3의 (b)는 MR에서 패킷을 캡처한 그림이다.

MR의 2004::1 인터페이스에서는 정상적으로 Echo Request에 대한 Echo Reply가 오는 것을 확인할 수 있지만, Node에서는 Echo Request에 대한 응답이 오지 않는 것을 확인할 수 있다. 이는 MAG에서 등록된 네트워크 프리픽스만을 통과시키기 때문이며, 단말의 인터페이스 당 하나의 네트워크 프리픽스를 할당하는 PMIPv6는 등록되지 않은 네트워크 프리픽스에 대한 패킷은 전달할 필요가 없기 때문이다.

그림 3-4는 제안한 알고리즘이 정확히 작동하고 있는지를 알아보기 위해 LMA에서 MAG와 LMA 사이에서 주고받은 패킷을 캡처한 그림이다.

그림에서는 BU, BA 메시지로 나왔지만, P플래그에 대한 사항이 반영되어 있지 않아 나타나는 현상으로 모두 PBU, PBA 메시지이다. 처음 주고받은 PBU와 PBA 메시지를 보내고 MAG에서 다시 PBU 메시지를 보내는 것을 볼 수 있다. 이것은 처음에는 MR인지 호스트인지 알 수 없기 때문에 정상 동작을 하고 차후 MR인 것을 인지하였기 때문에 메시지를 다시 보내는 것이다. 처음 보낸 PBU와 PBA는 R 플래그를 설정하지 않았기 때문에 프로그램에서 MIPv6로 인식한 반면에, 두 번째 MAG가 보내는 PBU, PBA 메시지는 NEMO로 인식되는 것을 확인할 수 있다. 이것은 MAG에서 MR이 접근하였음을 인식하고 R 플래그를 설정하여

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
29	13.172948	2001::2	2001::1	MIPv6	Binding Update(4)
30	13.172950	2001::1	2001::2	MIPv6	Binding Acknowled
31	14.728659	2001::2	2001::1	NEMO	Binding Update(4)
32	15.172348	2001::1	2001::2	NEMO	Binding Acknowled
33	15.172926	2001::2	2007::1	ICMPv6	Echo request

```

Frame 9 (98 bytes on wire) (86 bytes captured)
Ethernet II, Src: Sc0m.90:a2:f7 (00:01:02:90:a2:f7), Dst: 00:1f:6c:1f:48 (00:1f:6c:1f:48)
Internet Protocol Version 6
  0110 .... = Version: 6
  .... 0000 0000 .... = Traffic class: 0x00000000
  .... 0000 0000 0000 0000 0000 = Flow label: 0x00000000
Payload length: 12
Next header: Mobile IPv6 (0x87)
Hop limit: 16
Source: 2001::2 (2001::2)
Destination: 2001::1 (2001::1)
Mobile IPv6 / Network Mobility
Payload protocol: IPv6 no next header (0xab)
Header length: 12 (104 bytes)
Mobility Header Type: Binding Update (5)
Reserved: 0x00
Checksum: 0xab4
Binding Update
  Sequence number: 1024
  1... .. = Acknowledge (A) flag: Binding Acknowledgment requested
  ..0... .. = Home Registration (H) flag: No Home Registration
  ...0... .. = Link-Local Compatibility (L) flag: No Link-Local Address Compatibility
  ...0... .. = New Management Compatibility (N) flag: No New Management Mobility Comp
  .... 0... .. = MAP Registration Compatibility (M) flag: No MAP Registration Compati
  .... 1... .. = Mobile Router (R) flag: Mobile Router Compatibility
  Lifetime: 14576 (59904 seconds)
  Mobility Options
  Malformed Packet: reply
    
```

그림 3-4. LMA의 패킷 캡처 결과

Source	Destination	Protocol	Info
2005::2	2007::1	ICMPv6	Echo request
2005::1	2005::2	ICMPv6	Echo reply
2005::2	2007::1	ICMPv6	Echo request
2007::1	2005::2	ICMPv6	Echo reply
2005::2	2007::1	ICMPv6	Echo request
2007::1	2005::2	ICMPv6	Echo reply

그림 3-5. 알고리즘 적용 후 Node 패킷 캡처 결과

보냈기 때문에 패킷 캡처 프로그램에서 NEMO로 인식한 것이다.

그림 3-4의 PBU와 PBA 메시지를 보면 가장 하단에 음영 처리된 부분에 Malformed Packet으로 잘못된 패킷이라고 메시지가 나오는데, 이것은 알고리즘 증명에 필수적인 부분만을 선택하여 패킷을 만들어 전송하기 때문에 나타난 결과로 구현한 프로그램은 에러체크나 다른 유효성 검증은 전혀 하지 않기 때문에 에러체크 필드는 올바르게 알지 못해서 들어가도 작동을 하게 되어 있다. 그리고 하단에 Mobility Option에 PMIPv6에서 정의한 두 가지의 옵션을 사용하였는데, 패킷 캡처 프로그램에서는 이것을 옵션으로 인식하지 못하고 이더넷의 트레일러로 인식하는 모습을 보여주었다. 이것은 패킷 캡처 프로그램에서는 아직 PMIPv6를 지원하지 않아서 발생하는 문제로 패킷 캡처 프로그램에서도 PMIPv6를 인식하게끔 버전이 업그레이드되면 이러한 문제는 발생하지 않을 것이다.

그림 3-5는 그림 3-4에서 PBU, PBA 메시지 교환 절차가 모두 끝난 후에 Node에서 Echo Request를 전송하는 것을 캡처한 그림이다. 그림 3-3(a)와 다르게 Echo Reply가 오는 것을 확인할 수 있다. 이것은 MR에 속해있는 노드에서도 패킷을 전송할 수 있다는 것을 의미한다. 그러나 본 논문에서 제안한 알고리즘은 실시간 데이터의 전송을 보장하는 것은 아니며, 단지 NEMO를 지원하는 MR을 PMIPv6 망에서도 그대로 사용하여 데이터를 전달할 수 있다는 것을 증명한 것이다.

IV. 결론

본 논문에서는 PMIPv6 망에서 NEMO를 지원하기 위한 방안으로 새로운 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘을 통해 PMIPv6 망에서 NEMO를 지원할 수 있도록 하였고, 이를 실제 실험 네트워크를 통해 검증하였다. 제안한 NEMO 지원 방안은 기존의 PMIPv6의 구성요소의 하나인 MAG에 의해 등록되지 않은 프리픽스의 패킷은 폐기하는 기능에 의해 발생하는 문제를 이미 표준화가 완료된 NEMO와

PMIPv6에서 논의된 사항에 대해서는 변형을 가하지 않고 추가적인 알고리즘과 데이터필드를 이용하여 해결하였다. 이를 통하여 PMIPv6 도메인 상에서도 새로운 모듈의 구현이나 경제적인 부담 없이 NEMO를 지원할 수 있다.

현재 PMIPv6는 기본적인 동작에 대한 표준화가 얼마 전 완료된 상태로 그 외의 사항에 대한 보완을 위해 draft 문서가 나오고 있는 상황이다. 이러한 상황에서 차세대 네트워크의 요구사항 중 하나인 네트워크 이동성 지원은 차후 고려될 수밖에 없는 사항이며 본 논문에서 제안한 알고리즘은 네트워크 이동성을 지원할 수 있는 방안 중 한가지로 이미 오래전에 표준화가 완료된 NEMO를 바로 적용할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 본 논문에서 제안한 알고리즘은 데이터 전송을 보장하는 것으로 음성이나 영상을 실시간으로 전달하는 것을 보장하지는 않는다. 그 이유는 제안한 알고리즘에서는 데이터 전송을 가능하게 하는데 목적이 있기 때문에 그 자체로 실시간 데이터 전달은 보장하지 않으며 MN의 Attach Detection이 얼마나 빠르게 되느냐에 따라 성능이 달라질 수 있다^[1]. 따라서 이에 대한 연구가 지속적으로 이루어질 필요가 있으며 다양한 방법이 제안 될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] 박종원, 민상원, 김복기, "ITS 사업자의 Proxy MIPv6 서비스 제공 방안 연구," 한국 ITS 학회 추계학술대회, 2007.
 [2] J. Kempf, "Goals for Network-Based Localized Mobility Management," IETF RFC 4831, April 2007.
 [3] 박종원, 민상원, "PMIPv6 망에서 MIPv6 호스트의 효율적인 연동 방안에 관한 연구," 한국통신학회 추계종합학술대회, 2007.
 [4] S. Thomson and T. Narten, "IPv6 Stateless Address Autoconfiguration," IETF RFC 2462, December 1998.

[5] V. Devarapalli, R. Wakikawa, A. Petrescu and P. Thubert, "Network Mobility (NEMO) Basic Support Protocol," IETF RFC 3963, January 2005.
 [6] J.-H. Lee, B.-J. Han, T.-M. Chung and H.-J. Lim, "Network Mobility Basic Support within Proxy Mobile IPv6: scenarios and analysis," IETF Internet Draft, draft-jhlee-netlmm-nemo-scenarios-01.txt, work in progress, September 2008.
 [7] S. Gundavelli, V. Devarapalli, K. Chowdhury and B. Patil, "Proxy Mobile IPv6," IETF RFC 5213, August 2008.
 [8] J. Laganier and S Narayanan, "Network-based localized Mobility Management Interface between Mobile Node and Mobility Access Gateway," IETF Internet Draft, draft-ietf-netlmm-mn-ar-if-03.txt, work in progress, February 2008.
 [9] "The Packet Capture Program-Wire Shark," <http://www.wireshark.org/>.
 [10] K. S. Kong, W. J. Lee, Y. H. Han, M. K. Shin and H. R. You, "Mobility Management for All-IP Mobile Networks: Mobile IPv6 vs. Proxy Mobile IPv6," IEEE Wireless Communication Magazine, April 2008.

민 상 원 (Sang-Won Min)

정회원



1998년 2월 광운대학교 전자통신공학과 학사
 1990년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
 1996년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사
 1990년~1999년 LG정보통신 선

임연구원

1999년~현재 광운대학교 전자통신공학과 교수
 <관심분야> 유무선통신망, IMS, 미래인터넷기술, 차세대통신망, 공학교육