

프록시 모바일 IPv6 네트워크에서 전역 이동을 지원하는 끊김 없는 멀티캐스트 기법

김 환 기*, 김 중 민*, 김 화 성^o

A Seamless Multicast Scheme Supporting Global Mobility in Proxy Mobile IPv6 Networks

Hwan-gi Kim*, Jong-min Kim*, Hwa-sung Kim^o

요 약

최근 한정된 무선 자원을 효율적으로 사용할 수 있는 이동성 관리 프로토콜로써 Proxy Mobile IPv6(PMIPv6)가 각광을 받고 있다. 그리고 모바일 IPTV 등과 같은 인터넷 방송 시스템의 핵심적인 기술인 멀티캐스트 기술 또한 PMIPv6 네트워크를 중심으로 많은 논의가 이루어지고 있다. 하지만 PMIPv6는 PMIPv6 도메인 내에서의 지역 이동성만을 지원하는 문제점을 가지고 있기 때문에 PMIPv6의 멀티캐스트 서비스에 있어서도 전역 이동을 지원하지 못하는 문제가 존재한다. 뿐만 아니라 지역 간의 이동 시에 발생하는 근본적인 바인딩 절차와 그룹 가입 절차 동안의 패킷 유실을 해결하지 못해 전역 이동에 따른 서비스 끊김 현상이 크게 발생한다. 따라서 본 논문에서는 PMIPv6 네트워크에서 전역 이동을 지원하는 끊김 없는 멀티캐스트 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 LMA간 시그널링 추가로 전역 이동이 가능하며 바인딩 절차와 그룹 가입 절차를 고속으로 수행하여 지연시간을 상쇄하였다. 또한 LMA에서 버퍼링 기능을 수행하여 패킷의 손실을 방지하였다. 이와 같은 결과는 시뮬레이션을 통하여 증명하였다.

Key Words : Proxy Mobile IPv6, Multicast Mobility, Global Mobility, Seamless Service, Packet loss

ABSTRACT

Recently, Proxy Mobile IPv6(PMIPv6) networks have been drawing attention as the mobility management protocol that uses limited wireless resources effectively. And the multicast, which is a core technology of the Internet broadcast system such as mobile IPTV, has been widely discussed mainly based on PMIPv6 network. However, PMIPv6-based multicast cannot support the global mobility directly between different PMIPv6 domains because PMIPv6 is basically designed for local mobility in single PMIPv6 domain. Moreover, PMIPv6-based multicast causes the disconnection of services because it does not solve the packet loss problem during binding and group joining procedure. In this paper, we propose a global mobility scheme that supports the seamless multicast service in PMIPv6 networks. The proposed scheme supports the global mobility due to the addition of extra signalling messages between LMAs. Also, it achieves low latency because it performs fast binding and group joining procedure. We present the simulation results which show that the proposed scheme achieves the global mobility with low latency through the NS-2 simulation.

※ 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구 사업 지원을 받아 수행된 것임(2011-0025-226)

♦ 주저자 : 광운대학교 전자통신공학과 이동네트워크 연구실, hwangi9999@gmail.com, 학생회원

o 교신저자 : 광운대학교 전자통신공학과 이동네트워크 연구실, hwkim@kw.ac.kr, 종신회원

* 광운대학교 전자통신공학과 이동네트워크 연구실, sazemic@kw.ac.kr

논문번호 : KICS2012-08-381, 접수일자 : 2012년 8월 27일, 최종논문접수일자 : 2013년 3월 11일

I. 서 론

최근의 통신 사업은 유선 네트워크의 시장 포화와 함께 무선 네트워크의 시장으로 급속도로 변화하고 있다. 특히 최근에는 스마트 폰(Smart Phone), PDA, 노트북 등 무선 네트워크를 지원하는 무선 단말기 등이 널리 보급되면서 무선 네트워크 시장의 성장이 부각되고 있다. 무선 네트워크를 통한 서비스는 보통 VoD(Video on Demand), VoIP(Voice over IP) 등이 주를 이루었으나 최근에는 모바일 IPTV 등과 같은 무선 방송 등의 서비스가 주를 이룰 것으로 예상되고 있다.

모바일 IPTV는 기존의 무선 방송 시스템인 DMB와는 달리 IP를 기반으로 동작하는 서비스이며, All-IP 망을 기반으로 하는 차세대 네트워크에 더욱 적합한 서비스이다. 이러한 모바일 IPTV 서비스는 단말이 끊김 없이 움직일 때 IP 주소의 변경으로 인해 서비스의 끊김 현상이 발생한다. 앞서 밝힌 문제들을 해결하고자 이동환경에서 멀티캐스트를 지원하는 Mobile Multicast Protocol(MoM)^[1] 등의 모바일 멀티캐스트 기법들이 제안되었다. 또한 IETF(Internet Engineering Task Force)에서 IP 주소의 변경에도 불구하고 이동성 제공을 위하여 Mobile IPv6(MIPv6)^[2] 기술을 제안하였다.

IETF의 MIPv6는 이동 단말(Mobile Node, MN)이 하나의 망에서 다른 망으로 이동했음을 이동 단말 스스로 감지하여 이동성 관련 절차를 수행하는 프로토콜이다. 즉, 호스트 기반의 이동성 제공 프로토콜이라 할 수 있다. 그러나 MIPv6는 기존에 운용되는 호스트에 MIPv6 프로토콜 스택(Stack)을 탑재해야 하는 문제점과 결정적으로 한정된 무선 환경에 이동성 제공을 위한 많은 시그널링(Signaling)을 유발한다는 단점으로 인해 최근 IETF NETLMM(Network-based Localized Mobility Management) WG(Working Group)에서 MIPv6 기능이 구현되지 않은 단말이 이동을 하더라도 이동성을 제공할 수 있는 네트워크 기반의 호스트 이동성 관리 프로토콜인 Proxy Mobile IPv6(PMIPv6)^[3]를 제안하였다.

네트워크 기반의 이동성 관리 프로토콜인 PMIPv6는 MN의 이동에 필요한 시그널링을 도맡아 하는 MAG(Mobile Access Gateway)와 MN을 위한 에이전트 역할을 하는 LMA(Local Mobility Anchor) 두 라우터에 의해 이동성을 제공해준다. MN의 이동이 일어났을 때, MAG가 이를 판단하여 MN 대신에 LMA에게 이동성 관련 절차를 수행하게 되며 이를 통

해 MN과 MAG 사이의 많은 시그널링 오버헤드(Overhead)를 줄일 수 있는 장점이 존재한다. 반면에 PMIPv6 도메인(PMIPv6 Domain)이라 불리는 로컬 도메인이 커지게 되면 라우팅 오버헤드가 대폭 상승하게 되므로 PMIPv6는 PMIPv6 도메인 내에서의 움직임만을 가정하는 문제점이 있다^[3]. 이러한 문제점은 모바일 IPTV 등과 같은 차세대 멀티미디어 서비스에 적용하기 위한 멀티캐스트(Multicast) 기술을 PMIPv6 네트워크로 확장함에 있어 치명적인 결함을 가지게 된다. 따라서 PMIPv6 네트워크에서의 멀티캐스트 기술은 로컬 도메인 이동(Local Mobility 또는 Intra Mobility, 이하 로컬 이동)뿐만 아니라 글로벌 도메인 이동(Global Mobility 또는 Inter Mobility, 이하 전역 이동)에도 원활한 동작이 이루어지도록 고려가 되어야 하며, 전역 이동성 관련 절차로 인해 멀티캐스트 그룹 재가입이 지연되는 현상 또한 방지하여야 한다. 따라서 본 논문에서는 PMIPv6 네트워크에서 전역 이동을 지원하는 끊김 없는 멀티캐스트 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 관련 연구로써, PMIPv6와 MIPv6의 전역 이동 방안들에 대해 설명한다. 3장에서는 제안하는 전역 이동을 지원하는 끊김 없는 멀티캐스트 기법에 대해서 설명한다. 이어서 4장에서는 본 논문에서 제안한 기법에 대한 성능 측정 결과를 설명하고 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

2.1. Proxy Mobile IPv6

PMIPv6는 기존 호스트 기반 이동성 프로토콜에 있어서의 문제점을 해결하기 위해 제안된 네트워크 기반 이동성 프로토콜이다^[3]. 기존 호스트 기반 이동성 프로토콜은 한 네트워크에 머물러있던 MN이 다른 네트워크로 이동했을 경우에 MN이 직접 자신의 이동과 관련된 시그널링을 처리하는 방식이므로 네트워크와 MN 사이에서 MN의 이동과 관련된 시그널의 교환이 필요하게 되며 MN의 이동에 따른 시그널링 과정으로 인해 데이터 전달 목적이 아닌 MN의 위치 등록 등에 무선 자원의 불가피한 사용이 발생한다. 반면에 네트워크 기반 이동성 프로토콜인 PMIPv6는 MN의 위치 등록 등의 이동과 관련된 시그널링을 네트워크에서 도맡아 처리하여 불필요한 무선 자원의 사용을 절약할 수 있으므로 호스트 기반 이동성 프로토콜의 단점을 극복한다.

PMIPv6에서는 MN의 이동성 관리를 제공하는 라

우터로써 MAG와 LMA를 정의하였다^[3]. MAG는 전통적인 액세스 라우터(Access Router)의 역할을 수행하며 MN의 이동을 지속적으로 감시하고 MN의 이동이 일어났을 경우, 자신이 대신 MN의 위치 갱신을 수행하여 MN에게 직접적으로 이동성을 제공하는 역할을 지닌다. LMA는 MIPv6의 HA(Home Agent)와 같은 역할을 수행한다. MN의 위치 등록을 관리하여 외부로부터 MN으로 향하는 데이터를 MN의 액세스 라우터인 MAG에게 전달하는 기능을 담당한다. 따라서 LMA는 MN을 위한 일종의 Proxy 역할을 지닌다. 다음 그림 1은 MAG와 LMA의 동작을 나타내는 PMIPv6 시스템 구성을 나타낸다.

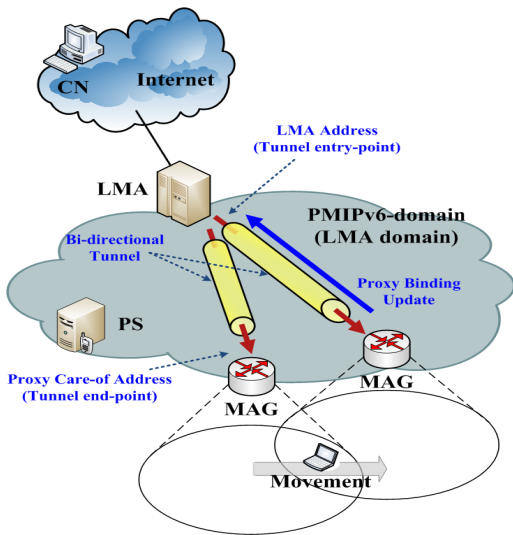


그림 1. PMIPv6 시스템 구성도
Fig. 1. PMIPv6 System Architecture

2.2. PMIPv6의 전역 이동 방안

서론에서 언급한 바와 같이, PMIPv6는 PMIPv6 도메인 안에서의 이동에 초점을 맞춘 프로토콜이다^[3]. 따라서 PMIPv6는 전역 이동에 대한 프로토콜 정의가 존재하지 않는다. 실제 단말은 제한 구역 내에서 한정된 움직임을 가정하지 않기 때문에 PMIPv6 프로토콜을 통해 이동성을 제공받으면서 도메인 외부로의 움직임이 빈번할 것으로 예상할 수 있다. 그러므로 PMIPv6의 전역 이동성 제공에 대한 연구가 필요하며, IETF NETLMM WG을 중심으로 이러한 연구를 진행 중에 있다.

2.2.1. PMIPv6와 MIPv6 연동

IETF NETLMM WG에서는 PMIPv6의 전역 이동성 제공을 위해 전역 이동의 경우 MIPv6를 연동하는 방안을 제안하여 표준화 작업을 진행 중에 있

다^[4]. 전역 이동성에 대해 MIPv6를 연동하는 방안은 최초 접속하는 영역에서 HA를 두고 지속적으로 이동하여 진입하게 되는 LMA가 HA에게 바인딩 (Binding) 요청을 하는 식으로 동작한다. PMIPv6와 MIPv6의 구체적인 연동 방안(이하 PMIP-MIP Interaction)은 다음과 같다.

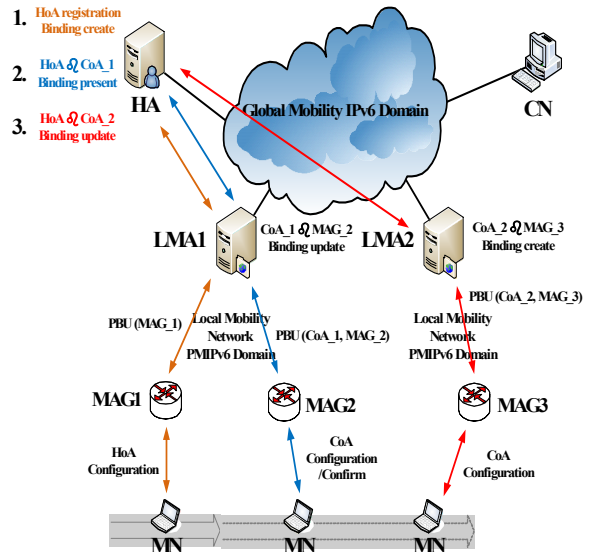


그림 2. PMIPv6와 MIPv6 연동 방안
Fig. 2. Interworking Scheme between PMIPv6 and MIPv6

MN은 최초에 MAG1에 접속을 한다. 링크 계층 시그널을 통해 MN의 접속을 감지한 MAG1은 LMA1에게 PBU(Proxy Binding Update) 메시지를 통해 바인딩 업데이트를 하고 LMA1은 MN의 주소를 등록함으로써 바인딩을 완료한다. 기존 PMIPv6 프로토콜은 이 절차에서 바인딩 과정이 완료되지만 전역 이동을 위해서 MIPv6와 연동하므로 LMA1은 바인딩이 완료되면 HA에게 MIPv6의 바인딩 업데이트를 수행한다. HA와 LMA1 사이의 바인딩이 완료되면 LMA1이 PBA 메시지를 MAG1을 통해 MN에게 전달함으로써 모든 바인딩 과정이 완료되고 MN의 서비스를 제공받게 된다.

MN이 지속적으로 이동하여 MAG2로 이동하게 되면 현재 전역 이동은 일어나지 않았으므로 MN의 바인딩 업데이트가 필요하지는 않지만 HA가 알고 있는 CoA가 MAG2로 변경되어야 하므로 MAG2가 LMA1에게 PBU 메시지를 통해 바인딩을 수행하면 LMA1 또한 HA에게 CoA(Care-of-Address) 주소 변경을 위해 바인딩을 요청한다.

MN이 마침내 MAG3에 도달하면 이 이동은

PMIPv6 도메인이 바뀔 경우 이므로 새로운 LMA인 LMA2가 HA에게 바인딩을 요청한다. 바인딩 요청을 받은 HA는 MN으로 향하는 경로가 LMA2로 바뀌었음을 인지하고 CoA 또한 MAG3으로 변경되어 목적지가 MN인 모든 패킷을 새로운 도메인으로 전달하게 된다. 따라서 MN은 실제로 자신의 위치 변경에 따른 시그널링을 수행하지 않으면서 네트워크가 알아서 시그널링을 진행하여 PMIPv6 프로토콜의 장점을 그대로 제공받게 되고, 전역 이동에도 문제없이 서비스를 제공받을 수 있게 된다.

2.2.2. 새로운 Agent 정의 방안

IETF NETLMM WG이 제안한 PMIP-MIP Interaction은 MIPv6 시그널링을 PMIPv6와 접목하여 전역 이동을 제공하는 방안이다. 본 방안은 MN이 시그널링에 참여하지 않는 PMIPv6 프로토콜의 장점을 그대로 수용하지만 LMA와 HA 사이의 MIPv6 시그널링이 추가되므로 이에 따른 불필요한 지연 시간이 발생한다는 단점이 존재한다. 따라서 이러한 불필요한 지연 시간 해소를 위해 라우터에 새로운 Agent 기능을 추가하는 방안이 제안되었다.

PMIPv6를 위한 Inter 도메인 확장 방안(이하 I-PMIP)은 앞선 언급처럼 라우터에 새로운 Agent 기능을 삽입하는 방안으로 별도의 HA를 두지 않고 최초 접속 LMA에게 HA 역할을 부여하여 전역 이동을 제공하는 방안이다⁵⁾.

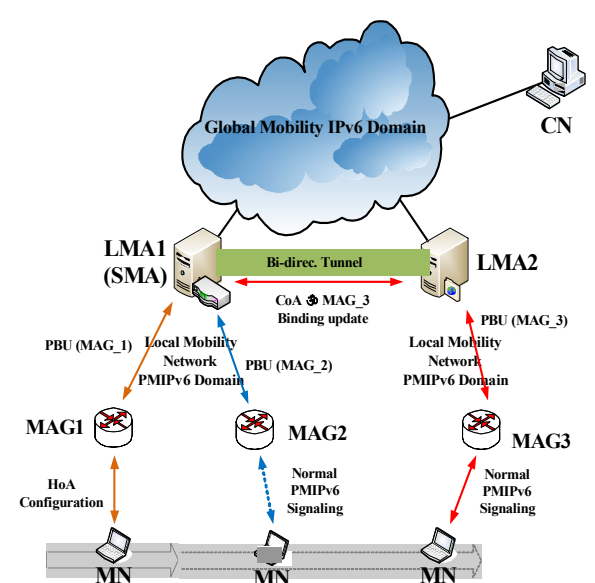


그림 3. I-PMIPv6 동작
Fig. 3. I-PMIPv6 Mechanism

I-PMIP의 동작은 그림 3과 같다. 기본적으로 MN

이 최초 LMA에 접속했을 때는 일반적인 PMIPv6 프로토콜 동작에 따라 서비스를 제공받는다. 그림에서와 같이 MAG1에 접속하면 PMIPv6 시그널링을 통해 위치가 등록되고 MAG2로 이동했을 경우 마찬가지로 일반적인 PMIPv6 시그널링을 통해 이동성을 제공한다. 반면에 MN이 지속적으로 이동하여 MAG3에 접속하면 LMA2는 LMA1에게 MN의 바인딩을 요청한다. 본 방안의 핵심적인 요소는 바로 이 부분이며, 최초 접속했던 LMA를 SMA(Session Mobility Anchor)라 칭하여 MN의 전역 이동에도 불구하고 지속적인 세션 연속성을 제공하게 된다.

최초 MN이 접속한 LMA는 SMA의 기능을 수행하고 SMA는 MIPv6의 HA와 같은 역할을 지녀 외부로부터 MN으로 향하는 모든 패킷은 이 SMA를 경유한다. 따라서 SMA가 존재하는 PMIPv6 도메인을 MN이 벗어날 경우 새로운 PMIPv6 도메인의 LMA는 이 SMA에게 바인딩을 요청한다. 바인딩이 수립되고 난 이후에는 SMA와 새로운 도메인의 LMA 사이에 양방향 터널이 설정되어 MN으로 향하는 모든 패킷은 이 양방향 터널을 통해서 새로운 도메인의 LMA에게 전달되고, MN이 지속적으로 이동하여 또 다른 PMIPv6 도메인의 LMA에게 접속하면 지속적으로 SMA와 터널을 설정하여 해당 터널을 사용하여 MN에게 패킷 전달이 이루어지게 된다.

2.3. 멀티캐스트 적용에 따르는 PMIP-MIP Interaction 및 I-PMIP의 문제점

본 절에서는 2.2.1절과 2.2.2절을 통해서 살펴본 대표적인 두 방안이 갖는 문제점에 대하여 고찰하고, 본 방안들을 이용하여 멀티캐스트 서비스를 제공했을 시 발생하는 문제점 또한 살펴보고자 한다.

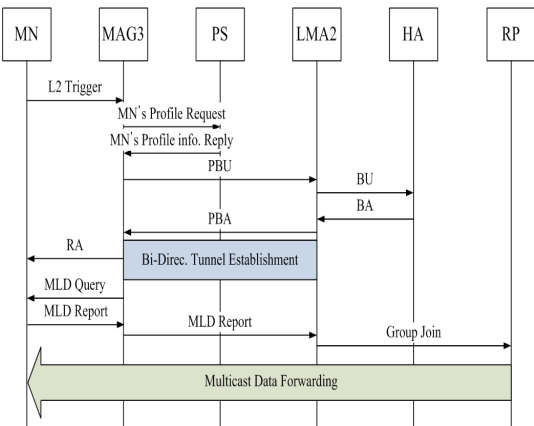


그림 4. PMIP-MIP Internetworking 멀티캐스트 핸드오버 절차
Fig. 4. PMIP-MIP Internetworking Multicast Handover Procedure

먼저 그림 4에서 보이듯이 PMIP-MIP Interaction은 전역 이동을 제공하기 위하여 기본적인 PMIPv6 시그널링에 MIPv6 시그널링이 추가된다. 이러한 MIPv6 시그널링의 추가는 2.2.1절에서 언급한 것과 마찬가지로 불필요한 지연시간을 초래한다. 하나의 도메인 내에서만 움직이는 MN을 가정할 경우 로컬 이동 프로토콜인 PMIPv6 시그널링만이 필요하지만 본 방안은 전역 이동을 고려하여 항상 LMA와 HA 사이의 바인딩이 수반되기 때문이다. 뿐만 아니라 HA와 LMA 사이의 물리적 거리가 지연시간에 큰 영향을 주는 경우 불필요한 시그널링을 통한 지연시간은 더욱 더 큰 여파로 작용할 수 있다. 이러한 불필요한 지연시간은 본 방안을 멀티캐스트에 적용하는데 있어 큰 문제를 야기하게 된다. 만일 본 방안을 통해 멀티캐스트 서비스를 제공받는 MN이 새로운 PMIPv6 도메인의 LMA에 접속하면, LMA가 MN이 가입하고자 하는 그룹에 가입되어 있지 않을 경우 새로운 그룹 가입이 일어나게 된다. 이 때, PMIP-MIP Interaction은 새로운 LMA가 HA에게 바인딩을 요청하여 MN의 바인딩이 완료되고 난 후 MN을 위한 그룹 가입이 수행되기 때문에 그룹 가입에 큰 지연을 겪게 되며, 그룹 가입이 완료되기 전까지 MN은 멀티캐스트 패킷을 수신할 수 없기 때문에 해당 시간만큼의 서비스 단절을 겪게 된다. 이러한 서비스의 단절 현상은 LMA와 HA 사이의 바인딩 시간에 큰 영향을 받기 때문에 바인딩 시간이 불필요하게 길어질수록 서비스의 단절 현상이 길어지게 된다. 이것은 멀티캐스트 기술의 주 적용 분야인 모바일 IPTV와 같은 모바일 방송 시스템에서 영향을 시정하던 사용자가 이동으로 인한 영상의 끊김이 길어지는 현상으로 나타나기 때문에 서비스에 대한 불만을 발생하게 된다.

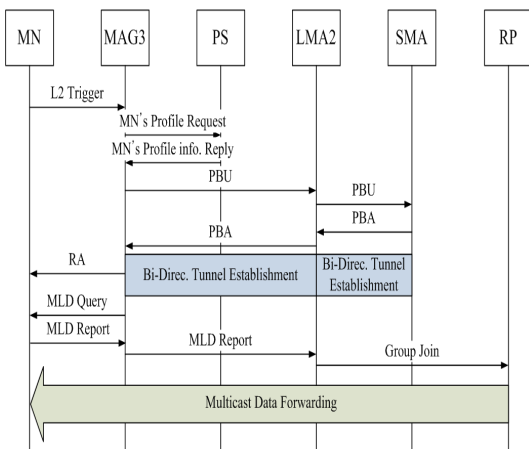


그림 5. I-PMIP 멀티캐스트 핸드오버 절차
Fig. 5. I-PMIP Multicast Handover Procedure

다음으로 I-PMIP의 경우, 그림 5에서 나타나듯이 PMIP-MIP Interaction과 비교하여 HA와의 불필요한 시그널링이 추가되지 않아 지연시간을 줄이는 장점을 지닌다. 하지만 전역 이동이 발생했을 때 최초 접속된 LMA, 즉 SMA에게 바인딩을 수행하여야 하므로 만약 MN의 전역 이동이 빈번하게 발생했을 경우 SMA와의 지속적인 바인딩이 요구되어 여전히 지연시간을 지니게 된다. 또한, SMA의 존재를 통해 HA와의 불필요한 시그널링은 줄였지만, PMIP-MIP Interaction과 마찬가지로 전역 이동에 필요한 바인딩이 수반되므로 근본적으로 바인딩 완료 이후에 수행되는 그룹 가입으로 인한 서비스 단절을 방지할 수 없다. 이러한 문제는 PMIP-MIP Interaction의 문제점에도 언급했듯이, 모바일 IPTV와 같은 모바일 방송 시스템에 악영향을 미치게 된다.

따라서 본 논문에서는 HA나 새로운 Agent로 바인딩이 수행되지 않고 MN의 정보를 효과적으로 공유하여 고속으로 바인딩 및 멀티캐스트 그룹 가입이 일어나는 방안을 제안한다. 뿐만 아니라 LMA가 버퍼링(Buffering)을 수행하여 패킷 유실을 방지하는 끊김 없는 멀티캐스트 기법을 제안한다.

III. Proxy Mobile IPv6 네트워크에서 전역 이동을 지원하는 끊김 없는 멀티캐스트 기법

3.1. 전역 이동 제공을 위한 LMA 옵션 메시지

본 절에서는 제안하는 전역 이동을 지원하는 끊김 없는 멀티캐스트 기법에 대한 설명에 앞서, 제안 방안이 HA나 새로운 Agent를 추가하지 않고 전역 이동을 제공할 수 있도록 하는 새롭게 추가한 메시지에 대해서 설명하도록 한다. 제안 방안은 HA와 새로운 Agent 없이 기존의 LMA들이 서로를 식별할 수 있는 메시지를 추가하였다.

Type	Length	Dist.	Pref.	r	Reserved
Valid lifetime					
LMA's Global Address (128 bits)					

그림 6. LMA 옵션 메시지 포맷
Fig. 6. LMA Option Message Format

라우터는 자신의 정보를 공유하기 위하여 RA(Router Advertisement) 메시지를 모든 라우터에게 전송하는데, 이 RA 메시지에 옵션을 삽입하여 그림 6와 같은 포맷의 메시지를 추가하였다. 이 옵션을 통해 LMA는 다른 LMA의 전역 주소를 자신의 MAG

엔트리(Entry)와 동일하게 LMA 엔트리를 생성하여 저장한다. PMIPv6 도메인은 한정되어 있고 상대적으로 거리가 먼 곳에 존재하는 LMA의 주소는 저장할 필요가 없기 때문에 메시지 포맷의 거리(Distance) 필드에 따라서 선택적으로 홉 카운트를 정하여 LMA의 전역 주소를 저장하도록 할 수 있다. 따라서 본 메시지를 통하여 LMA들은 서로의 주소를 공유하고 공유하는 주소를 이용해 MN의 전역 이동을 알리는 역할을 수행한다. 이를 통해 HA나 새로운 Agent의 추가 없이 MN의 전역 이동을 지원할 수 있게 된다.

3.2. 제안하는 전역 이동을 제공하는 끊김 없는 멀티캐스트 기법

제안하는 전역 이동을 제공하는 끊김 없는 멀티캐스트 기법은 그림 7와 같다.

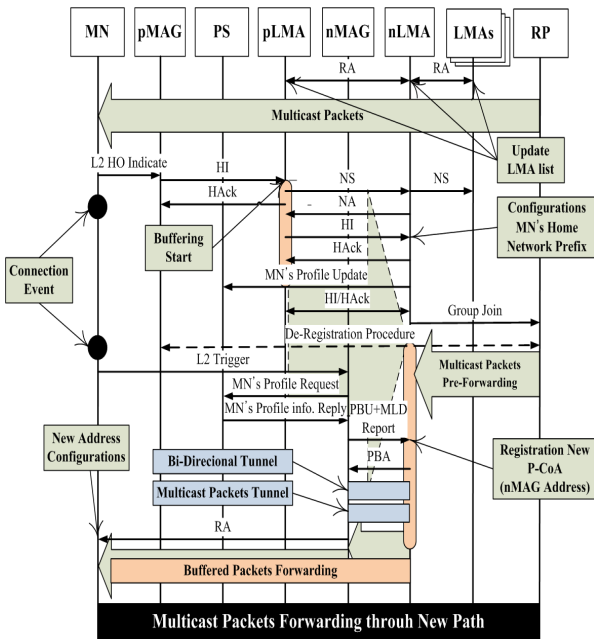


그림 7. 제안 방안의 시그널링 절차
Fig. 7. Signalling Sequence Procedure of Proposed Scheme

최초에 MN이 MAG에 접속하면 최초 접속 PMIPv6 도메인의 LMA(Previous LMA, p-LMA)를 통해서 멀티캐스트 서비스를 제공받는다. 그림 6에서 정의한 바와 같이 LMA들은 RA 메시지의 LMA 옵션을 통해 서로를 식별하는 리스트를 보유하고 있음을 가정한다. 이러한 가정을 기반으로 제안 방안은 MN이 현재 접속 중인 MAG(Previous MAG, p-MAG)에서 벗어나 도메인 외부로 이동하는 상황이 발생하게 되면 그림 7와 같은 시그널링 절차를 수행한다.

MN은 수신 감쇠를 통해 인식한 자신의 핸드오버를 알림으로써 이동을 시작한다. 이는 2계층의 시그널링

이지만 AP(Access Point)가 핸드오버 알림을 수신하게 되면 상위의 라우터인 MAG에게 이를 알리게 된다. AP로부터 MN의 핸드오버 알림을 받은 MN의 현재 접속 MAG는 p-LMA에게 HI(Handover Initiate) 메시지를 통해 MN의 핸드오버를 알리게 된다. 이 HI 메시지에는 타겟이 되는 MAG(New MAG, n-MAG)의 주소가 포함되며, p-LMA는 자신의 관할 내 MAG들의 리스트를 보유하고 있기 때문에 HI 메시지에 포함된 n-MAG의 주소를 리스트에서 검색하여 만일 존재하지 않으면 MN의 전역 이동이라 판별하고 MN의 전역 이동을 준비한다. HI 메시지를 통해 알게된 n-MAG의 주소만으로는 어떠한 도메인 내에 존재하는 MAG 인지를 식별할 수 없기 때문에 p-LMA는 NS(Neighbor Solicitation) 메시지를 자신의 리스트 내 LMA들에게 전송한다. NS 메시지를 수신한 여러 LMA들은 타겟 MAG의 주소를 자신의 리스트에서 검색하고 자신의 리스트 내에 타겟 MAG가 존재하는 LMA(New LMA, n-LMA)가 NA(Neighbor Advertisement) 메시지를 통해 p-LMA에게 응답한다. NA 메시지를 수신한 p-LMA는 어떠한 LMA로 MN이 이동할 지를 파악하게 되며 타겟이 존재하는 n-LMA로 MN의 고속 핸드오버를 준비하는 HI 메시지를 전송한다. 이 HI 메시지에는 MN의 ID와 멀티캐스트 정보가 포함된다. HI 메시지를 수신한 n-LMA는 Hack(Handover Acknowledgement)로 응답하고 MN의 핸드오버를 준비한다.

한편, p-MAG로부터 HI 메시지를 전달받아 n-MAG의 검색을 위해 NS 메시지를 전송했던 p-LMA는 p-MAG로부터 HI 메시지를 전달받은 시점부터 MN으로 향하는 패킷을 버퍼링한다. 이는 바인딩 및 그룹 재가입이 수행되는 동안에 발생하는 패킷 유실을 방지하기 위함이며 끊김 없는 서비스 제공을 위한 방안이다. p-LMA는 n-LMA로부터 Hack 메시지를 전달받기 전까지 버퍼링을 지속적으로 수행하며 Hack 메시지를 전달받는 시점부터 n-LMA로 버퍼링 하던 패킷을 전달한다.

p-LMA가 버퍼링을 수행하고 또한 버퍼링 중이던 패킷을 n-LMA에게 전달하는 동안 n-LMA는 PS(Policy Store) 서버에 새롭게 구성된 MN의 정보를 업데이트 한다. 이 업데이트 절차는 이후 n-MAG가 PMIPv6 절차상 MN의 접속 시 PS 서버에 MN의 정보를 요청하기 때문에 행하는 것이다. 업데이트가 완료되고 나면 n-LMA는 HI 메시지를 p-LMA에게 전송하여 업데이트가 완료되었음을 알리고, 그룹 재가입 수행을 통해 MN으로 향하는 패킷을 자신이 수신

할 것임을 알린다. HI 메시지 전송 직후 n-LMA는 그룹 가입을 수행하고 멀티캐스트 트리에 자신이 가입하여 동일 소스로부터의 멀티캐스트 패킷을 전달받게 된다. 그리고 p-LMA로부터 전송되는 버퍼링 패킷을 자신 또한 버퍼링 하기 시작한다. HI 메시지를 전달받은 p-LMA는 자신의 멀티캐스트 엔트리를 검색하여 동일 그룹에 가입되어 있는 단말이 있는지 탐색하고 만일 존재하지 않는다면 그림 7의 점선에서 나타나는 것 처럼 그룹에서 탈퇴하는 절차를 수행한다.

p-MAG에게 2계층 핸드오버를 알리고 핸드오버를 진행했던 MN은 새로운 PMIPv6 도메인으로 이동을 마치고 n-MAG 관할 내 AP에 접속하여 2계층 핸드오버 과정을 시작한다. MN과의 2계층 핸드오버 과정을 진행하는 AP는 MN의 핸드오버를 L2 트리거를 통해 n-MAG에게 알린다. AP를 통해 MN의 핸드오버를 감지한 n-MAG는 PS 서버에 접근하여 MN의 정보를 요청하고 PS 서버로부터 MN의 정보를 전달받는다. 이미 n-LMA가 PS 서버에 MN의 정보를 업데이트 해 놓았기 때문에 n-MAG는 MN의 정보 및 LMA의 주소 또한 알 수 있다. 따라서 n-LMA로 PBU 메시지를 보내 MN의 바인딩을 시작한다. 이 때, 단순 PBU 메시지만을 보내는 것이 아니라 MLD(Multicast Listener Discovery)[6] 리포트 메시지도 함께 전송하는데 이러한 이유는 이미 LMA를 통해 PS 서버에 업데이트 된 정보에는 MN의 멀티캐스트 정보가 포함되어 있어, n-MAG가 PS 서버를 통해 MN이 멀티캐스트 서비스를 제공받고 있다는 것을 알 수 있기 때문이다. 따라서 n-MAG의 PBU 메시지와 MLD 리포트 메시지를 전송 받은 n-LMA는 자신이 버퍼링 중이던 패킷의 목적지인 MN이 자신의 도메인에 접속했음을 알 수 있으며 n-MAG에게 PBA 메시지를 보내 PBU 메시지에 대해서 응답하고, 두 개의 터널 설정 작업을 진행한다. 제안하는 방안은 LMA와 MAG 사이에 두 개의 터널이 설정되도록 하였다. 하나는 기존 PMIPv6 프로토콜에서 사용하는 양방향 터널(Bi-Directional Tunnel)이며 다른 하나는 본 논문에서 제안하는 멀티캐스트 패킷 터널(Multicast Packet Tunnel)이다. 본 논문에서 멀티캐스트 패킷 터널을 따로 설정하도록 제안하는 이유는, 한 MAG내 동일 그룹에 가입되어 있는 여러 MN이 존재한다고 가정할 때, 기존 양방향 터널만을 사용하면 동일 멀티캐스트 그룹에 가입된 MN의 수만큼 터널이 형성되므로 링크 자원의 낭비가 심각하게 발생하기 때문이다.

터널 설정 작업까지 완료된 n-LMA는 n-MAG에게 자신이 버퍼링 중이던 멀티캐스트 패킷을 전송하기

시작하고 n-LMA로부터 멀티캐스트 패킷이 도착하면 n-MAG는 MN에게 전달하여 MN은 새로운 도메인으로 이동 후에 멀티캐스트 서비스를 지속 받을 수 있게 된다.

따라서 본 논문에서 제안한 방안은 LMA가 서로를 식별하여 MN의 핸드오버를 미리 준비했기 때문에 MN이 새로운 PMIPv6 도메인으로 이동했음에도 불구하고 서비스를 지속 받을 수 있었고, MN의 이동 중에 유실되는 패킷을 LMA가 버퍼링하고 MN의 접속 후에 전달하여 끊김 없는 서비스 제공이 가능하다.

IV. 실험

본 논문에서 제안한 방안에 대한 성능을 평가 및 비교 분석하기 위해 NS-2 시뮬레이터^[7]를 구현하였다. 그림 8은 제안 방안의 성능 측정과 기존 방안들과의 비교 분석을 위해 설정한 토폴로지(Topology)이다. 현재 기존 방안들^[4,5]의 멀티캐스트 적용은 연구가 진행된 바가 없어 임의적으로 기본적인 이동성 시그널링 이후에 그룹 가입을 진행하는 형식으로 시뮬레이션을 진행하였다. 따라서 그림 8의 토폴로지에 기존 방안들의 특징적인 노드들을 삽입하였다. 시뮬레이션에 사용된 파라미터들은 표 1에 정리하였다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터
Table 1. Simulation Parameters

Parameter	Value
Simulation Time	300 Sec.
Distance between MAGs	5km
Bandwidth	2Mbps
Velocity of MN	60m/s
Bit rate	CBR
Packet size	1Kbyte
Multicast Routing Protocol	PIM-SM

그림 8의 토폴로지에서 이동 단말인 MN은 소스 노드로부터 전송되는 데이터를 수신하면서 AP1에서 출발하여 AP4까지 60m/s의 일정한 속도로 이동하고 약 60초의 간격으로 2계층 핸드오버를 통해 MAG에 접속한다. 본 논문에서 제안하는 방안이 전역 이동에도 불구하고 끊김 없는 멀티캐스트 서비스를 제공하는지 성능을 평가하기 위해 MAG2에서 MAG3으로 이동한 동안의 UDP 데이터그램 ID(Datagram ID), TCP 순서 번호(Sequence Number), UDP 및 TCP 수율(Throughput)을 측정하였다.

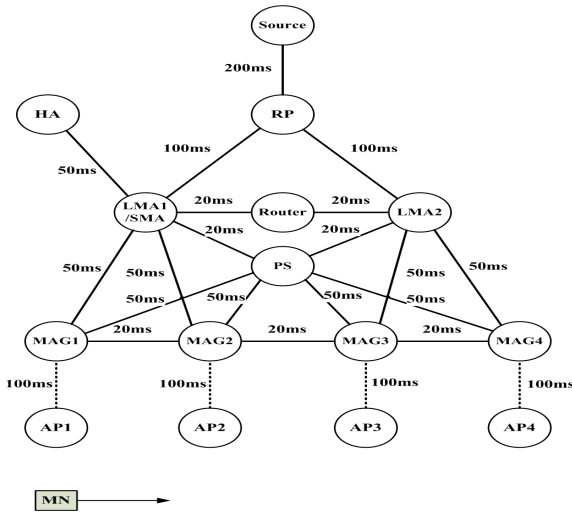


그림 8. 멀티캐스트 핸드오버 시뮬레이션 토폴로지
Fig. 8. Multicast Handover Simulation Topology

그림 9은 소스 노드가 UDP 트래픽을 전송했을 때 MN이 수신한 UDP 데이터그램을 측정할 것이다. 이 시뮬레이션에서 결과를 살펴보면 먼저 P-M Interaction에서의 멀티캐스트는 약 120.2초부터 122.1초 사이에 UDP 데이터그램을 수신하지 못한 것을 볼 수 있다. 이 패킷 손실은 AP사이의 2계층 핸드오버가 완료되고나서 LMA2와의 바인딩 절차를 수행하고, LMA2가 LMA1에게 바인딩을 전달하여 비로소 HA와의 전역 이동 바인딩이 완료되는데 걸리는 지연시간과 이 전역 이동에 따른 바인딩이 완료된 후 그룹 가입이 일어나는데 따르는 지연시간의 결과이다. 다음으로 I-PMIP에서의 멀티캐스트는 P-M Interaction의 멀티캐스트와 비교하여 패킷 손실이 120.2초부터 122.2초 사이에서 밖에 일어나지 않아 끊긴 시간이 다소 줄어든 것을 볼 수 있다. 이와 같은 결과는 I-PMIP는 전역 이동에 따른 바인딩이 LMA1에서 완료가 되기 때문에 좀 더 빠르게 바인딩이 완료되었기 때문이다. 하지만 데이터그램 ID를 보면 62231번부터 62250번까지의 데이터그램을 수신하지 못한 것을 보듯이, 비교적 빠르게 패킷을 재수신 했으나 여전히 패킷 유실이 발생했음을 알 수 있다.

반면에 제안 방안은 버퍼링 기법을 사용하여 120초부터 120.7초 사이의 끊김 동안에 UDP 데이터그램을 수신한 것을 확인할 수 있다. 즉 제안 방안은 MN이 이동하는 동안의 데이터그램이 버퍼링 되어 있다가 전송되어 UDP 데이터그램 수신에 손실이 존재하지 않았다.

이와 같은 결과는 그림 10의 UDP 수율과 같이 UDP 수신 성능에 영향을 준다. 그림 10의 UDP 수율

비교를 살펴보면, P-M Interaction에서의 멀티캐스트는 전역 이동으로 인한 HA와의 바인딩 절차, 그 이후에 행해진 그룹 가입 절차의 영향으로 약 2000ms 동안 UDP 수율이 0으로 떨어진다. 또한 I-PMIP에서의 멀티캐스트 역시 SMA와의 바인딩 이후 그룹 가입 절차로 인해 약 1600ms 동안 UDP 수율이 0으로 떨어진다. 하지만 제안 방안은 수율이 떨어지는 폭이 약 790ms 정도 밖에 되지 않으며 버퍼링을 수행하므로 수율이 0으로 떨어지는 것을 방지하는 걸 확인할 수 있다.

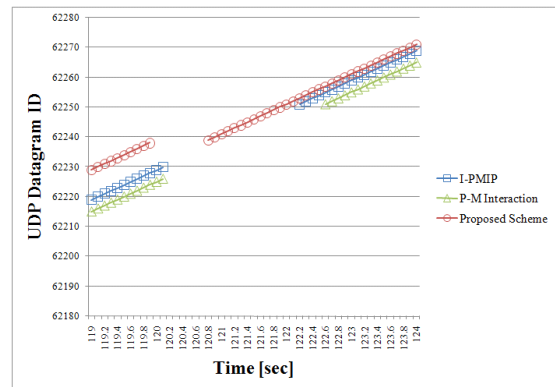


그림 9. 세 가지 방안의 UDP 데이터그램 ID 비교
Fig. 9. UDP datagram ID Comparison of 3 schemes

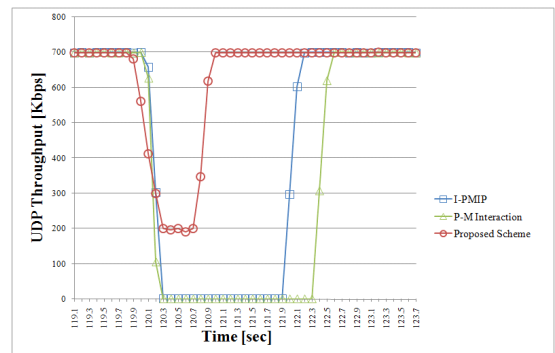


그림 10. 세 가지 방안의 UDP 수율 비교
Fig. 10. UDP Throughput Comparison of 3 schemes

그림 11와 12, 13은 소스 노드가 TCP 트래픽을 전송했을 경우 MN이 수신한 TCP 순서 번호 측정 결과이다. 세 결과 중 그림 11는 P-M Interaction 멀티캐스트의 TCP 순서 번호 수신 결과이며 MN의 전역 이동으로 인한 HA와의 바인딩 절차와 바인딩 이후 그룹 재가입 수행 지연이 UDP와 비슷하게 약 1990ms 동안 발생한 것을 볼 수 있다. 이 지연시간동안 전달되지 못한 패킷은 TCP 알고리즘에 의해 재전송되고 이 재전송 패킷으로 인해 새로운 네트워크로부터 전달되는 새로운 패킷의 수신 중에 재전송 패킷을 수신

하게 되어 이에 따른 추가적인 지연이 발생한다. 다음 그림 12는 I-PMIP 멀티캐스트의 TCP 순서 번호 수신 결과이다. I-PMIP의 멀티캐스트 또한 1550ms의 지연 시간이 발생했고 TCP 알고리즘에 의해 재전송된 패킷 때문에 추가적인 지연이 발생했다. 반면 그림 13의 제안 방안에 의한 TCP 순서 번호 수신 결과는 MN의 전역 이동으로 인한 지연 시간이 크게 줄어든 것을 확인할 수 있고 버퍼링 기능으로 인해 재전송 패킷이 존재하지 않아 추가적인 지연이 발생하지 않고 새로운 네트워크로부터 끊김 없이 패킷을 전달받는 것을 볼 수 있다.

그림 14는 TCP 수율 비교 결과를 나타낸다. 앞선 UDP 수율의 결과와 유사하게 TCP 수율 또한 P-M Interaction의 멀티캐스트는 약 2000ms의 끊김 동안 수율이 0으로 떨어지고, I-PMIP의 멀티캐스트는 약 1600ms의 시간 동안 수율이 0으로 떨어졌다. 반면에 제안 기법은 약 800ms 동안 수율이 떨어지는 것을 볼 수 있으나 버퍼링을 통해 수율이 0으로 떨어지지 않는 것을 확인할 수 있어 UDP 뿐만 아니라 TCP 트래픽에서도 제안 기법의 성능이 우수함을 알 수 있다.

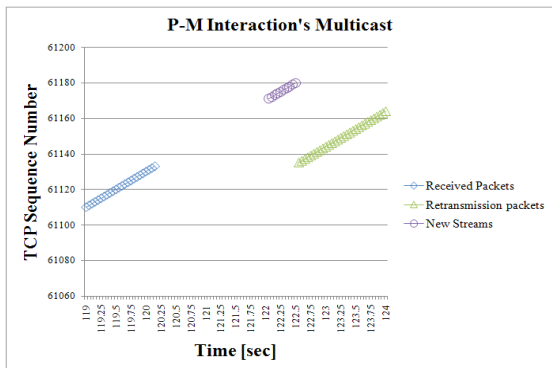


그림 11. P-M Interaction을 적용한 멀티캐스트의 TCP 순서 번호
Fig. 11. TCP Sequence Number of P-M Interaction Multicast

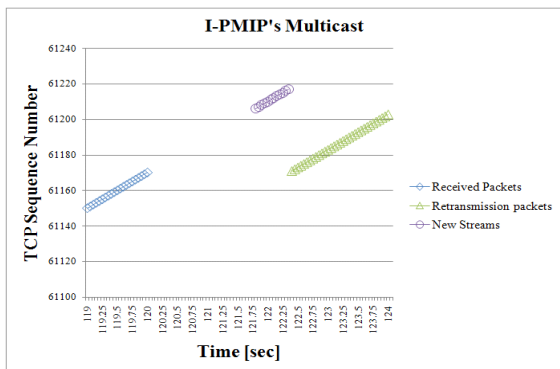


그림 12. I-PMIP을 적용한 멀티캐스트의 TCP 순서 번호
Fig. 12. TCP Sequence Number of I-PMIP Multicast



그림 13. 제안 방안의 TCP 순서 번호
Fig. 13. TCP Sequence Number of Proposed Scheme

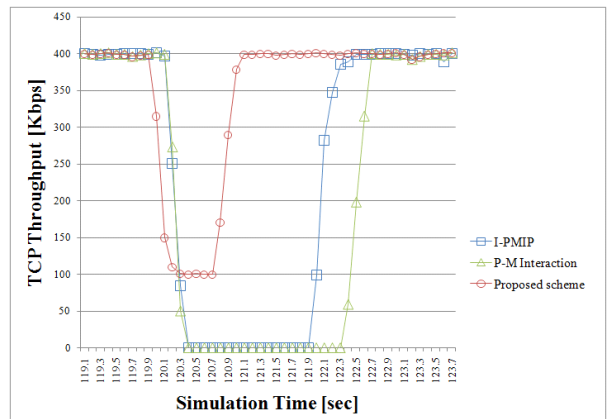


그림 14. 세 방안의 TCP 수율 비교
Fig. 14. TCP Throughput Comparison of 3 schemes

V. 결론

본 논문에서는 PMIPv6 네트워크에서 전역 이동을 지원하는 끊김 없는 멀티캐스트 기법을 제안하였다. 제안 기법의 논의에 앞서 기본적인 PMIPv6와 PMIPv6에서의 전역 이동 방안들에 대해서 살펴보았고, 이를 기반으로 제안 방안을 설명하였다. 기존의 전역 이동성 제공 방안들 기반의 멀티캐스트는 HA 또는 새로운 Agent로 전역 바인딩을 수행해야 하는 단점이 존재했으며, 이러한 전역 바인딩 이후에 그룹 재가입이 일어나 매우 긴 시간 동안 지연이 발생했다. 반면에 본 논문에서 제안하는 방안은 RA 메시지에 LMA 옵션을 추가하여 LMA가 서버를 식별할 수 있어 추가적인 전역 바인딩 없이 전역 이동을 지원할 수 있었다. 뿐만 아니라 LMA가 버퍼링을 수행하여 MN의 전역 이동 동안 발생하는 패킷 유실을 방지할 수 있었다. 따라서 전역 이동을 지원하는 끊김 없는 멀티

캐스트 서비스 제공이 가능했다.

제안 방안의 성능을 검증하기 위해 NS-2 시뮬레이션을 통한 비교를 진행하였다. 시뮬레이션을 통한 결과에서 제안 방안의 경우 MN이 멀티캐스트 패킷을 재 수신하는데 걸리는 시간이 기존 방안들과 비교하여 약 2배 가량 빠르고 해당 시간만큼의 패킷 유실이 발생하지 않는 것을 확인했다. 따라서 실제 시스템에 본 기법이 적용이 될 경우 좀 더 성능 향상 측면에서 효과적임을 예상할 수 있었다. 그리고 이러한 성능 효과를 통해 제안 방안은 전역 이동이 가능하고, MN의 패킷 유실을 방지하여 끊임 없는 서비스를 제공하는 멀티캐스트를 구현할 수 있는 방안임을 증명하였다.

References

- [1] T. Harrison, C. Williamson, W. Mackrell, and R. Bunt, "Mobile multicast(MOM) protocol: Unicast support for mobile hosts," in *Proc. 3rd Annu.ACM/IEEE Conf. Mobile Comput. Networking (MOBICOM)*. pp. 151-160. Budapest, Hungary, Sep. 1997.
- [2] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility support in IPv6," *IETF RFC 3775*, June 2004.
- [3] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, and B. Patil, "Proxy mobile IPv6," *IETF RFC 5213*, Aug. 2008.
- [4] G. Giaretta, "Interactions between PMIPv6 and MIPv6: scenarios and related issues," *IETF RFC 6612*, May. 2010.
- [5] N. Neumann, J. Lei, X. Fu and G. Zhang, "I-PMIP: an inter-domain mobility extension for proxy-mobile IP," in *Proc. Int. Conf. Wireless Commun. Mobile Comput. (IWCMC)*, pp. 994-999, Leipzig, Germany, June 2009.
- [6] R. Vida and L. Costa, "Multicast listenet discovery version 2 (MLDv2) for IPv6," *IETF RFC 3810*, June 2004.
- [7] nsnam web pages, *The network simulator-ns-2* [Online], available: <http://www.isi.edu/nsnam>.

김 환 기 (Hwan-gi Kim)



2011년 2월 광운대학교 전자통신공학과 졸업
 2011년 2월~현재광운대학교 전자통신공학과 석사과정
 <관심분야> PMIPv6, 센서네트워크, 라우팅 알고리즘, 증강 현실, 상황 추론

김 종 민 (Jong-min Kim)



2009년 2월 광운대학교 전자통신공학과 졸업
 2011년 2월 광운대학교 전자통신공학과 졸업(석사)
 <관심분야> Mobility Management, Proxy Mobile IPv6, Multicast

김 화 성 (Hwa-sung Kim)



1981년 2월 고려대학교 전자공학과 졸업
 1983년 2월 고려대학교 전자공학과(석사)
 1996년 Lehigh Univ. 전산학(박사)
 1984년 3월~2000년 2월 ETRI 책임 연구원
 2000년 3월~현재 광운대학교 전자통신공학과 교수
 <관심분야> Wireless Internet, NGN 미들웨어 환경, Streaming service