

http://dx.doi.org/10.7236/JIWIT.2012.12.6.229

JIWIT 2012-6-29

프록시 모바일 IPv6 네트워크에서 멀티캐스팅 서비스 지원을 위한 글로벌 이동성관리 기법

A Novel Global Mobility Management Scheme for Multicasting Service Support in Proxy Mobile IPv6 Networks

박종선*, 김종연**, 정종필***

Jongsun Park, Jongyoun Kim, Jongpil Jeong

요약 멀티미디어의 발달은 고속 네트워크 발전과 이어졌으며, 모바일 장비의 성능 향상으로 높은 전송속도로 광대역 인터넷 접속과 실내와 실외 사이의 끊김 없는 모바일 멀티캐스팅 서비스를 가능하게 했다. 멀티캐스팅 서비스는 모바일 멀티캐스팅을 기반으로 효율적인 그룹 통신을 지원한다. 그러나 모바일 멀티캐스팅 서비스는 터널 컨버전스와 핸드오버 지연이라는 제약조건이 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 많은 프로토콜들이 연구되어 왔고, 핸드오버 방법 또한 연구대상이 되었다. PMIPv6 기반의 네트워크에서 모바일 멀티캐스팅 서비스를 위한 도메인 간 최적화된 핸드오버 모델을 제안한다. 제안한 모델은 터널 컨버전스를 제거하고 라우터 프로세싱을 줄여준다. 또한, 적합한 전송 메커니즘을 이용하여 빠른 핸드오버를 가능하게 한다. 또한 제안한 방식은 이전에 제안된 모델 보다 패킷 전송 비용과 지연시간이 감소하여 도메인 간에서 빠른 핸드오버를 보장한다.

Abstract The development of multimedia applications followed by development of high-speed networks has improved the performance of mobile devices with high transfer speed broadband. Mobile internet access has made possible seamless indoor and outdoor mobile multicast services. Multicasting services are used to support efficient group communications. However, mobile multicasting services have two constraints: tunnel convergence and handover latency. Many protocols and handover methods have been proposed to address these problems. The inter-LMA optimized handover model for multicasting services has previously been proposed for PMIPv6-based networks. The proposed model removes the tunnel convergence issue and reduces router processing costs. It also makes possible the performance of fast handover operations with adaptive transmission mechanisms. In addition, the proposed scheme exhibits low packet delivery costs and handover latency in comparison with existing schemes, and ensures fast handover when moving the inter-LMA domain

Key Words : Proxy Mobile IPv6 , inter-domain Handover, Multicasting Service , FAST Multicast Handover

1. 서론

멀티캐스팅 서비스는 기존의 1:1 통신(유니캐스팅)과

달리 다수의 사용자에게 데이터를 전달해야 하는 형태의 서비스이다. 대표적으로 IPTV 가 있다. 데이터를 수신하는 수신자를 그룹으로 명시하고 소스는 해당 그룹으로

*정회원, 성균관대학교 정보통신공학과

**준회원, 성균관대학교 컴퓨터공학과

***정회원, 성균관대학교 컴퓨터공학과 (교신저자)

접수일자 : 2012년 10월 15일, 수정완료 : 2012년 11월 20일

게재확정일자 : 2012년 12월 14일

Received: 15 October 2012 / Revised: 20 November 2012 /

Accepted: 14 December 2012

*Corresponding Author: jinsun1115@skku.edu

Dept. of College of Information and Communications, Sungkyunkwan University, Korea

단일 전송만을 한다. 기본적으로 1:1 통신을 하는 유니캐스팅 서비스와는 달리 네트워크의 부하와 비용을 감소시킨다. 또, 과거에 비해 서비스를 제공받는 이동단말(MN)의 성능 향상으로 MN 에서도 대용량의 멀티캐스팅 서비스가 가능하게 되었다.

기존의 멀티캐스팅 서비스는 고정된 정적 네트워크에서 적용 되어지는 기술이었음으로 무선 환경에는 적합하지 못하다. IP를 기반으로 하는 인터넷 서비스를 위해서는 유일한 고유 주소를 가지고 있어야 다른 MN들과 통신이 가능하다. 하지만 무선 환경에서는 MN이 다른 네트워크로 이동할 수 있기 때문에 기존의 IP 프로토콜을 사용하여 이동한 MN에게 연속적으로 네트워크와의 연결을 보장할 수가 없다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 IETF(Internet Engineering Task Force) Mobile IP 워킹그룹에서는 IP 네트워크에서의 이동성을 제공하기 위한 MIPv6(Mobile IPv6) 프로토콜을 제안 하였다^[1]. MN의 이동성을 제공하기 위해 MIPv6가 연구되었으나 MIPv6는 이동성을 제공함에 있어 많은 시그널링을 필요로 하여 한정된 링크 자원에 많은 부하를 안겨주는 단점이 있을 뿐만 아니라, MN에 MIPv6 동작을 수행하는 기능을 삽입하는데 따르는 비용과 많은 시그널링으로 인한 배터리 문제 등을 일으킨다. 또한, 기존의 터널링을 사용한 라우팅 방법으로는 PMIPv6(Proxy Mobile IPv6)에서의 TCP 성능이 패킷 순서 어긋남 현상과 계속적인 터널 확장으로 인한 불필요한 경로로 인하여 각각의 라우터에서의 오버헤드를 야기시킬 수 있다^[6]. MIPv6의 단점을 보완하기 위해 네트워크에서 이동성을 지원해주는 PMIPv6가 주목을 받게 되었다. 또한, 터널 컨버전스 문제점을 해결하기 위해 이동 환경에서 멀티캐스팅을 지원하는 MoM(Mobile Multicast Protocol)과 MMG(Mobile multicast Gateway)등의 모바일 멀티캐스트 기법들이 제안되었다. PMIPv6는 네트워크에서의 멀티캐스트 지원 연구는 이동성 제공의 프로토콜이 근본적으로 지니는 바인딩 절차와 그룹가입 절차 수행으로 인한 수신 지연의 문제가 있다. 수신 지연으로 인해 서비스의 끊김 현상이 발생하고 서비스의 전체적인 성능 저하로 이어진다. 따라서 이러한 문제를 해결하고 끊김없는 서비스를 지원하는 멀티캐스트 핸드오버에 대한 연구가 진행되어야 하며 본 논문에서 이러한 연구를 진행하였다.

앞서 언급한 두 개의 문제점을 효과적인 모바일 멀티캐스팅 서비스를 제공하기 위해, PMIPv6 기반으로 모바

일 멀티캐스팅 지원의 네트워크 모델을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 기법은 LMA간 MN의 이동의 경우에 발생하는 멀티캐스팅 서비스 패킷의 유실을 방지하고, 끊김없는 멀티캐스팅 서비스를 지원하기 위해 MN이 있던 LMA(Local Mobility Anchor)의 MAG(Mobile Access Gateway)와 이동하려 하는 nMAG(Newly attached MAG)의 터널링을 형성하여 버퍼링을 통해 지연시간을 단축하는 기법이다. 제안기법은 MN이 이동을 감지하면 이를 네트워크에 알려 바인딩 절차와 그룹가입 절차를 미리 진행하여, nMAG에서 버퍼링을 수행하여 MN이 링크에서 떨어져있는 시간 동안의 멀티캐스팅 서비스에서 데이터 손실을 방지하는 기법이다. MN은 LMA간 이동의 경우 L2링크 재연결을 하고 L2 Report 시그널을 제외한 어떠한 시그널도 보내지 않으며 핸드오프에 전혀 관여하지 않는다.

제안된 핸드오버 방식의 지연시간 및 전체 오버헤드를 IETF에서 제안한 PMIPv6 멀티캐스트 네트워크 방식^[2]과 빠른 PMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 방식을 수학적으로 모델링하고 성능평가를 수행한다. 그림 8과 같이 핸드오버의 지연시간을 확인한 결과, 현저히 적은 지연시간을 보이며 전체 오버헤드도 줄어드는 것을 보여준다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구에 대해 살펴본다. 3장에서는 제안하는 PMIPv6 네트워크에서 멀티캐스팅 서비스 지원을 위한 글로벌 이동성관리 기법에 대해서 설명한다. 4장에서는 제안한 시스템의 모델링과 성능평가를 수행한다. 5장에서는 결론을 설명한다.

II. 관련연구

1. Proxy Mobile IPv6 개요

PMIPv6는 네트워크 기반의 이동성 관리 프로토콜이다^[6]. MIPv6와 동일하게 MN에게 이동성을 제공하지만 호스트기반의 이동성프로토콜인 MIPv6와 다르게 PMIPv6는 핸드오버의 경우 MN이 실행하던 시그널링을 네트워크에서 처리하게 된다. PMIPv6 도메인 안에서 MN은 NAI(Network Access Identifier) 같은 MN-ID(MN-Identifier)로 식별된다. MN이 성공적으로 접속 인증을 수행하게 되면 네트워크는 MN이 홈네트워크에 있는 것처럼 만들어준다. 같은 도메인 내에 어느 곳으로 이동하던 동일한 HNP(Home Network Prefix) 값을 할당

받기 때문에 하나의 링크로 간주되는 것이다. PMIPv6 에서는 LMA와 MAG라는 네트워크 엔티티들이 새롭게 정의되었다.

PMIPv6 네트워크에서 MN이 이동을 하게 되면 이를 감지한 MAG는 MN_Attach를 통하여 MN-ID와 프로파일 정보를 획득한다. MN은 MAG에게 HNP를 요청하기 위해 RS(Router Solicitation) 메시지를 MAG에게 전송하거나 MAG가 MN의 접속을 인지하여 MN의 현재 위치를 LMA에 등록하기 위해서 PBU(Proxy Binding Update) 메시지를 전송한다. LMA는 MN의 HNP정보가 포함된 PBA(proxy Binding Acknowledgement) 메시지를 MAG에게 전송하고 MAG와 LMA는 양방향 IP터널을 설정한다. MN은 MAG로부터 HNP 정보가 담긴 RA(Router Advertisement) 메시지를 전송받음으로써 IP 주소를 설정한다. 설정이 완료되면 PMIPv6 도메인 외부에서 도메인 내의 MN에게 보내지는 패킷은 LMA가 수신하여 MAG-LMA간의 양방향 IP터널을 통해 MAG로 전송되고 MN에게 포워딩된다. 이후 같은 도메인 내에서 핸드오버가 일어나면 위와 같은 과정을 다시 수행하게 된다. 하지만 LMA가 새로운 MN-HNP를 할당하는 것이 아니라, 기존에 MN이 사용하던 HNP를 재전송하기 때문에 MN은 동일한 링크에 있다고 여기고 어떠한 부가적인 동작도 필요로 하지 않는다. PMIPv6 도메인의 모습은 그림 1과 같다.

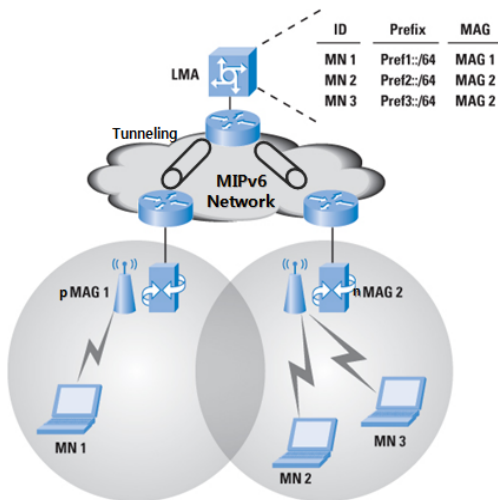


그림 1. PMIPv6 도메인 구조
Fig 1. PMIPv6 Domain Structure

2. 멀티캐스팅을 적용한 핸드오버

가. FPMIPv6에서의 멀티캐스팅

FPMIPv6(Fast Handover for Mobile IPv6)는 MIPv6의 핸드오버 성능을 향상시키기 위해 지연시간을 최소화하고, 패킷 손실을 줄인 프로토콜이다^[2]. IETF에서는 PMIPv6에 빠른 핸드오버를 적용하는 방안이 제안되고 있다^{[3][4]}. FPMIPv6에서는 같은 도메인 내의 핸드오버만을 정의한다. FPMIPv6는 L2 핸드오버가 발생하기 전에 미리 L3 핸드오버를 수행하는 방법이다. FPMIPv6는 두 가지 문제에 초점을 맞추어 설계되었는데 하나는 MN이 새로운 접속점을 탐지하자마자 패킷을 보낼 수 있도록 하기 위함이고 다른 하나는 MN의 L2 핸드오버가 끝나자마자 패킷을 수신할 수 있게 하기 위함이다.

MN이 새로운 접속점을 감지하였을 경우, MN은 새로운 nMAG가 접속점이 속한 nMAG의 정보를 인식하게 된다. 만약 접속점의 MAG가 현재 자신이 서비스 받고 있던 pMAG(Previous MAG)의 정보와 다를 경우 MN은 핸드오버가 발생할 것이라고 예측하게 된다. 핸드오버가 감지되면 MN은 pMAG에게 MN-ID와 새로운 AP-ID(Access Point Identifier)를 알린다. 이 과정을 통해 pMAG는 MN-ID와 HNP, MN이 현재 서비스 받고 있는 LMA의 주소를 담은 HI(Handover Initiate) 메시지를 nMAG에게 보낸다. nMAG는 pMAG에게 HoAck(Handover Acknowledgement) 메시지로 응답하고 nMAG와 pMAG 사이에 양방향 터널링을 설정하고, MN과 pMAG 사이에 전달되는 모든 패킷은 터널을 통해 nMAG에게 버퍼링된다. 또한, pMAG는 LMA에게 DeReg PBU+MSO 메시지를 보내고 DeReg PBA 메시지를 받는다. MN의 이동이 끝나면 nMAG는 LMA에게 PBU(Proxy Binding Update) 메시지를 전송하고, LMA는 PBA(Proxy Binding Ack)로 응답한다. 이후 LMA와 nMAG간의 양방향 터널링이 설정되고 터널을 통해 패킷을 주고 받게 된다. FPMIPv6에서 핸드오버 절차는 그림 2와 같다.

그림 2의 핸드오버 흐름은 LMA내의 이동이 있을 때의 절차이다. 즉, 같은 도메인 내의 MAG 이동의 경우 흐름을 보여주고 있다.

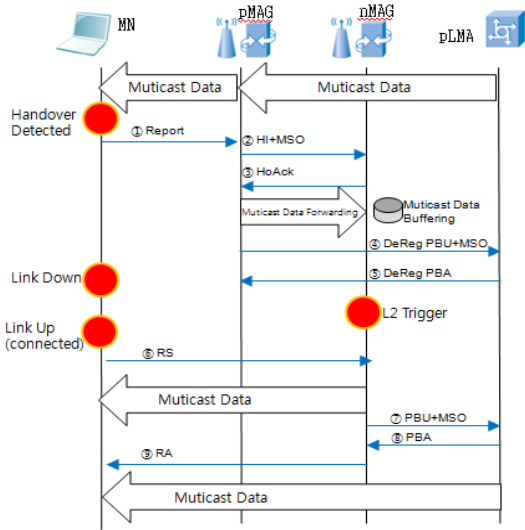


그림 2. FPMIPv6 핸드오버 절차
Fig 2. FPMIPv6 Handover Procedures

나. LMA 간의 멀티캐스트 핸드오버 기법

다른 도메인 간의 멀티캐스팅 핸드오버 방식은 nMAG 에서 MN 의 L2 트리거를 감지하는 순간부터 진행이 된다. LMA간 핸드오버의 전체적인 흐름은 그림 3 과 같다.

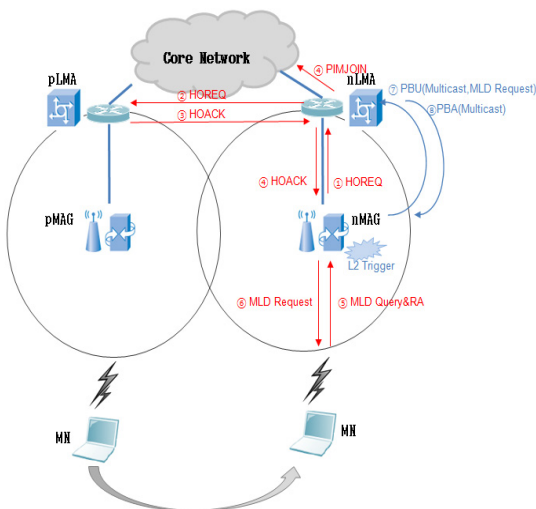


그림 3. LMA간 핸드오버
Fig 3. Handover between LMA

MN의 이동을 감지한 nMAG 는 nLMA에게 HOREQ (Handover Request) 메시지를 보내어 핸드오버의 시작

을 알린다. nLMA는 pLMA에게 HOREQ를 전달하고 pLMA는 HOACK(Handover Acknowledgement)를 nLMA에게 응답한다. 이때 MN의 멀티캐스팅 정보를 함께 전송한다. 해당 메시지에는 MN-ID와 멀티캐스트 그룹 주소가 포함되어 있다. nLMA는 해당 정보로 PIMJOIN을 맺고, nMAG는 pLMA으로부터 HOACK 메시지를 전달받는다. pLMA는 nLMA와 터널링을 맺고 pLMA를 통해 MN으로 전달되던 모든 멀티캐스트 데이터를 nLMA에게 포워딩하고 nLMA는 nMAG에게 멀티캐스트 데이터를 전송한다. nMAG는 MN의 링크연결이 완료될 때까지 멀티캐스트 데이터를 버퍼링한다. MN은 링크연결셋업이 완료되는 동시에 멀티캐스트 데이터를 받게 된다. nLMA와 nMAG는 터널링을 형성하고 멀티캐스트 데이터는 해당 터널을 이용해 MN에게 전달된다. nMAG는 멀티캐스트 주소와 PBU를 nLMA에게 전달하여 바인딩 갱신을 하며 이에 대한 응답 값인 PBA를 받는다. 이와 같은 방법으로 LMA 도메인 간의 핸드오버는 끝난다. 해당 방식을 플로우로 표현하면 그림 4와 같다. 이러한 방식은 nMAG가 핸드오버를 감지하는 순간부터 일어남으로 MN에서는 멀티캐스트 서비스의 중단을 경험하게 된다. 핸드오버의 지연시간을 최소화하고 핸드오버 감지 시점을 조금 더 빨리 대응할 수 있는 방법이 필요로 하게 된다.

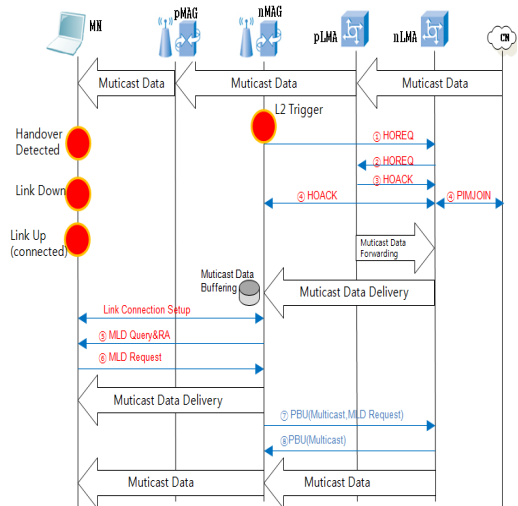


그림 4. LMA 도메인간 핸드오버 절차
Fig 4. Handover Procedures between LMA Domains

III. 멀티캐스팅 서비스 지원을 위한 글로벌 이동성관리 기법

이 장에서는 멀티캐스팅을 위한 패킷전송의 비용절감을 위해 PMIPv6 기반의 네트워크 모델을 제안한다. PMIPv6에서는 MAG와 LMA 구성으로 PMIPv6 도메인 내의 네트워크에서만 이동성을 지원한다. MAG는 MN 대신에 움직임 감지와 바인딩 업데이트를 수행한다. 따라서 모바일 IP와 달리 MN들은 이동성 관련 어떠한 행위도 수행할 필요가 없다. 또한 PMIPv6는 같은 PMIPv6 도메인에서 IP 재구성 절차를 요구하지 않는다. 제안하는 기법은 MN이 nMAG를 감지하였을 경우 핸드오버가 일어날 것을 MN이 인식하고 pMAG에게 Report 메시지를 전달하고 pMAG에서 nLMA와 nMAG에게 Pre-PBU 메시지를 포함한 MSO(Multicast Support Option)와 HI(Handover Initiate) 메시지를 전송하면서 시작된다. pMAG는 nLMA에게 미리 바인딩 업데이트와 멀티캐스트 가입을 위한 정보(MSO)를 전송한다. 이와 병행하여 pMAG는 nMAG에게 핸드오버를 요청한다. nLMA는 CN으로 PIMJOIN을 요청하며 Pre-PBAck를 pMAG가 아닌 nMAG에게 전송한다. nMAG는 nLMA로부터 전송된 Pre-PBAck 시그널과 pMAG로부터 받은 HI 메시지의 응답을 함께 pMAG에게 재전송(redirection)한다. pMAG와 nMAG는 터널링을 형성하고 pMAG는 MN으로 전송하던 멀티캐스트 데이터를 포함한 모든 패킷을 nMAG에게 포워딩한다. nMAG는 MN이 자신의 영역으로 들어오는지를 확인하고 MN이 링크 연결셋업이 완료될 때까지 패킷을 버퍼링한다. nLMA는 pMAG로부터 받은 MSO(Multicast Support Option)를 참조하여 nMAG를 미리 멀티캐스트 그룹에 가입시키고 Pre-PBU와 Pre-PBAck 메시지를 미리 교환하여 nLMA와 nMAG간에 바인딩 업데이트를 완료한다. 이렇게 되면 MN은 nMAG로 이동한 후 링크연결이 완료된 직후 멀티캐스트 데이터를 수신할 수 있게 된다. 이러한 방법은 끊임없는 멀티캐스팅 서비스를 원하는 MN의 요청을 만족시켜주게 된다. 또한, 네트워크의 시그널링 메시지를 줄여 주며 패킷 전달 비용과 지연시간을 현저히 줄일 수 있다. 해당 방법의 전체적인 네트워크 흐름은 그림 5와 같다.

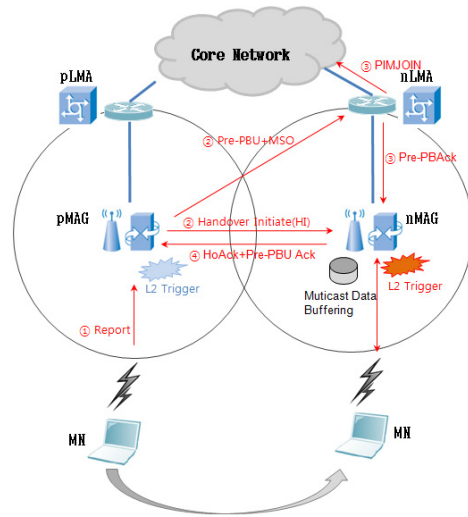


그림 5. 멀티캐스팅을 적용한 빠른 LMA 도메인 간의 핸드오버
Fig 5. Handover Applying to Multicasting between LMA Domains

pMAG와 pLMA 사이의 DeReg PBU와 DeReg PBA 메시지는 nLMA에서 PIMJOIN을 맺고 멀티캐스트 데이터를 전달받기 때문에 제안 기법에서는 영향을 주지 않음으로 무시할 수 있다. 기본적으로 pMAG와 LMA 간 FPMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 절차는 FPMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 절차의 L2 Report를 통해 MN이 pMAG에게 nLMA의 네트워크 정보를 제공하는 L2 Report 메시지를 보내는 과정과 같다. 이때, L2 Report 메시지에는 nLMA의 정보도 포함되어져 있다. 제안된 FPILH-M(Fast Pre Inter-LMA Handover for Multicast) 절차는 MN으로부터 Report를 받은 pMAG는 MN-ID와 HNP, LMA의 주소 Multicast Support Option(MSO)를 포함한 Pre-PBU 메시지로 시작된다. Pre-PBU 메시지는 MN이 이동할 nLMA와 nMAG에게 먼저 바인딩 업데이트를 수행할 수 있게 해준다. 이로써 MN은 끊임없는 멀티캐스트 서비스를 이용할 수 있게 된다. MN은 pMAG와 nMAG 사이의 L2 링크연결의 지연 시간 외에는 어떠한 지연도 경험하지 못한다. 절차상으로는 복잡해 보이지만 결과적으로는 MN이 pMAG에서 이동될 경우 Report 메시지를 먼저 전달함으로써 핸드오버 시간과 MN이 nMAG로 이동하는 시간이 중복되고 멀티캐스트 데이터를 미리 nMAG에게 전달함으로써 MN이 이동 전 멀티캐스트 데이터를 약간의 버퍼링을 통해 받아 두었다면 이동 후에도 지속적인 멀티캐스트 서비스를

받을수 있다. 제안된 기법의 핸드오버 작동절차는 그림 6과 같다.

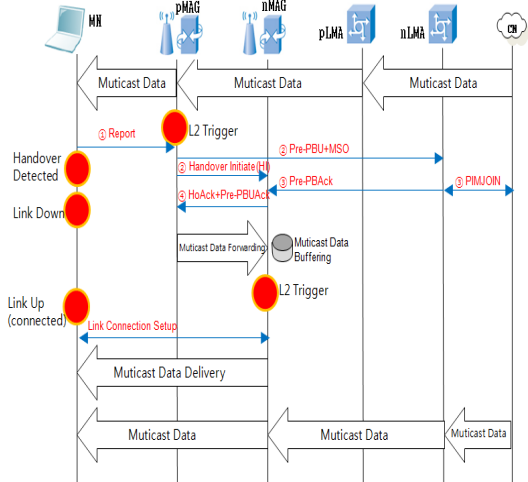


그림 6. 멀티캐스팅을 적용한 빠른 LMA 도메인 간의 핸드오버 절차
Fig 6. Fast Handover Procedures Applying Multicasting between LMA

결과적으로는 MN이 L2 트리거가 발생하는 시점에서 링크연결이 일어나는 시점까지 기존 기법에서는 지연시간이 발생되나 MN의 버퍼링과 nLMA와 nMAG의 멀티캐스트가입을 먼저 승인해 주는 동시에 바인딩 업데이트까지 먼저 완료됨으로서 멀티캐스트 데이터의 수신 지연시간을 대폭 감소시킬 수 있다.

추가로 기존 연구된 PMPv6 핸드오버 네트워크 모델을 적용하면 MLD(Multicast Listener Discovery) Query/report 에 의한 대기 시간은 서비스 장애로 이어지게 된다. 이 문제를 풀기 위해 우리는 상황에 맞는 전송 메커니즘을 사용하여 고속 핸드오버 기법을 제안한다. 그림 2에서 보여 지듯이, MN이 핸드오버를 할 경우 MAG 와 MLD-FP의 MN-ID, HNP, MN 현재 MAG 주소, 멀티캐스트 그룹 주소를 포함한 움직임의 방향을 예측하고 컨텍스트 메시지를 전송한다. 그 다음 MAG는 그룹이 요청하던 이전 MAG를 대체하는 멀티캐스트 데이터를 받을 수 있는지 확인한다. 만약에 그룹에서 요청한 pMAG 데이터를 사용 가능한 MN이 없을 경우, nMAG는 타이머를 시작하고 MN과 그룹에 조인하기 위한 MLD Report를 전송한다. MN이 지정된 시간동안에 nMAG에 도착하지 않을 경우, nMAG에 무선 네트워크

대역폭을 확보하기 위해 nMAG에 MLD중단 메시지를 전송한다.

IV. 실험 및 결과

1. 네트워크 모델링

그림 7은 대기 시간 핸드오버 분석은 [5]처럼 K-layer로 구성된 계층적 셀 구조를 사용한다.

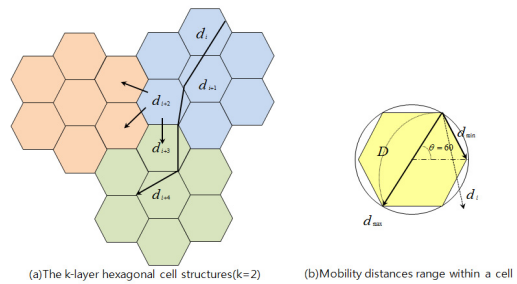


그림 7. 성능 분석을 위한 이동성 패턴
Fig 7. Mobility Pattern for Performance Analysis

그림 7(a)는 K-layer가 2일 때 d_i 에서 d_{i+4} 로 MN의 이동성을 보여준다. 그림7(b)는 MN이 영역(cell) 안에서 이동할 수 있는 최소, 최대 거리 범위를 보여준다. 핸드오버 지연시간을 계산하기 전에 MN이 MAG 간의 경계를 교차 할때 마다 핸드오버가 발생되고 그 빈도가 얼마나 자주 일어나는지 확인해야 한다. 따라서 MAG 에 속하는 셀 의 개수를 계산해야 한다.

$$C_{total} = C_0 + \sum_{i=1}^k C_i = 1 + \sum_{i=1}^k 6i = 1 + 3k(k+1). \quad (1)$$

MAG 간은 셀의 6개의 면 중에서 다른 Cell에 인접해 있는 3개의 면에서 핸드오버가 발생한다.

$$P_a = \frac{C_k}{C_{total}} = \frac{6k}{1 + \sum_{i=1}^k 6i}. \quad (2)$$

따라서 확률 P_a 의 값은 MAG 간의 핸드오버가 일어날 확률은 1/2 이다. 핸드오버의 확률을 얻기 위해 곱해져야 한다. 그러므로 P_{MAG-HO} 는 식 (3)이다.

$$P_{MAG-HO} = P_a \times P_b = \frac{6k}{1 + \sum_{i=1}^k 6i} \times \frac{1}{2} = \frac{3k}{1 + \sum_{i=1}^k 6i} \quad (3)$$

또한, LMA 간의 핸드오버가 일어날 확률은 $1 - P_{MAG-HO}$ 가 된다.

$$P_{LMA-HO} = 1 - P_{MAG-HO} \quad (4)$$

2. 멀티캐스팅 핸드오버 지연시간

본 절에서는 제안된 멀티캐스트 핸드오버 절차의 지연시간을 수학적으로 모델링하여 성능평가를 수행한다. PMIPv6의 총 핸드오버 지연시간은 식 (5)에서와 같이 L2 링크연결 시간과 PBU/PBA 시간으로 나눌 수 있다. 식 (6)는 멀티캐스트 그룹 업데이트에 의한 MLD 대기 시간을 보여준다.

표 1. 네트워크 지연시간을 정의하기 위한 매개변수
Table 1. Parameters to define the Network Delay Time

매개변수	매개변수 값	설명
K	20	레이어의 개수
t_{L2}	10	L2 연결 셋업 시간
$t_{MLD-Query}$	0-1	MLD 쿼리 처리 시간
$t_{MLD-Report}$	1	MLD Report 처리 시간
$t_{PBU/PBA}$	30	PBU/PBA 처리 시간
n	30	핸드오버 횟수

$$t_{PMIPv6} = t_{L2} + t_{PBU/PBA} \quad (5)$$

$$t_{MLD} = t_{MLD-Query} + t_{MLD-Report} \quad (6)$$

따라서 개별적인 핸드오버 지연에 의한 LMA 도메인 간 핸드오프 확률을 곱하여 총 핸드오버 지연시간을 결정할 수 있다. 기존 LMA 도메인 간 핸드오버 지연시간을 식 (7)이라 정의할 수 있다.

$$T_{PMIPv6-M}^{LMAs}(i) = \sum_{i=1}^n (t_{PMIPv6} + t_{MLD}) \times P_{LMA-HO} \quad (7)$$

FPMIPv6에서는 MLD 작업으로 인한 지연을 경험하지 않는다. 그러므로 수식으로 나타내면 식 (8)과 같다.

$$T_{Fast-PMIPv6-M}^{LMAs}(i) = \sum_{i=1}^n (t_{PMIPv6}) \times P_{LMA-HO} \quad (8)$$

제안한 FPILH-M기법은 FPMIPv6와 마찬가지로 MLD 지연이 영향을 주지 않는다. 이어서 핸드오버 지연 시간을 적용하려면 PBU/PBA의 메시지가 Pre-PBU 시그널에 포함된다(그림 5 참고). 그러므로 MN은 멀티캐스팅 서비스를 이용하면서 L2 연결을 제외한 어떠한 지연 시간도 경험하지 않는다. 이러한 수식을 적용하면 멀티캐스팅이 적용된 핸드오버의 제한시간은 식 (9)로 정의할 수 있다.

$$T_{FPILH-M}^{LMAs}(i) = \sum_{i=1}^n t_{L2} \times P_{LMA-HO} \quad (9)$$

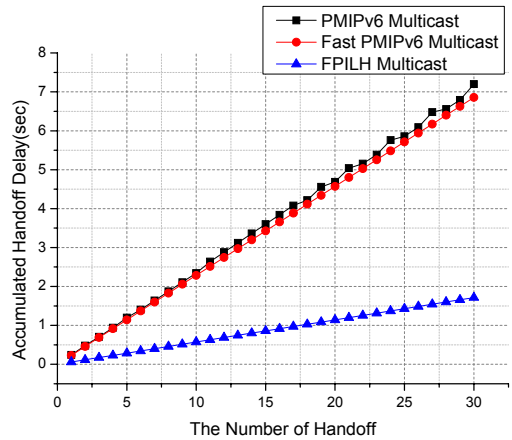


그림 8. 핸드오버 횟수에 대한 축적된 지연시간
Fig 8. Accumulated Delay Time about the number of handover

MLD 쿼리 시간은 모바일 환경에 따라 0~1초가 걸릴 것이다. MN은 MLD 쿼리를 받게 되면 MLD Report를 보내게 된다. MLD 쿼리 전송은 주기성과 균일한 분포를 다음과 같이 가진다. MLD 쿼리 지연은 각 핸드오프에 따라 균일한 임의의 변수로 계산된다. 그림 8은 핸드오버 횟수에 의한 축적된 지연시간을 나타낸다. 반복적인 핸드오버에도 지연시간이 기존 방법들보다도 상당히 감소된 것을 확인할 수 있다. 그림 9는 K-layer의 개수에 따

른 핸드오버 지연 시간을 나타낸다. 레이어 증가는 한 그룹에 속하는 셀의 수가 증가하는 경우에 전체 핸드오버의 발생 빈도도 감소시킨다. 따라서, 제안된 핸드오버 방식은 PMIPv6 상황에 맞는 전송 메커니즘으로 핸드오버의 지연시간 측면에서 기존의 PMIPv6 멀티캐스트와 FPMIPv6 멀티캐스트 보다 매우 효과적인 방법이다.

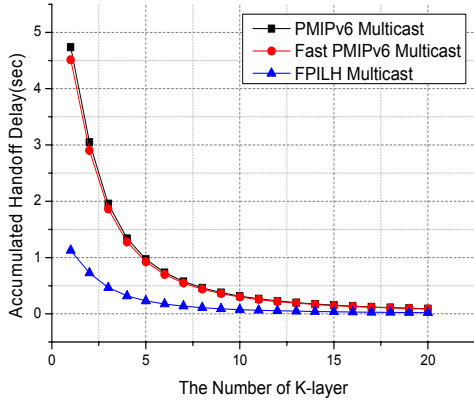


그림 9. K-layer에 따른 축적된 핸드오버 지연시간
Fig 9. Delay Handover depending on the K-layer

3. 멀티캐스팅 서비스를 위한 비용 분석

본 절에서는 제안된 멀티 캐스트 핸드오버 절차의 전체 네트워크 오버헤드를 수학적 모델링 하여, 성능평가를 수행한다. 성능분석 환경에서는 핸드오버에 필요한 해당 시그널의 프레임 사이즈는 동일하다고 가정한다. 또, MN이동시 IEEE 802.20에 준하며 nLMA 의 정보를 획득 할 수 있다고 가정한다. 네트워크에서의 전체 오버헤드는 쿼리 메시지, 등록메시지와 패킷 터널링 비용의 합으로 정의한다. 수식으로 표현하면 식 (10)과 같다. 이에 사용되는 매개변수들은 표2를 참고 하였다.^[14]

$$A_{Network} = A^{Query} + A^{Registration} + A^{Packet_T} \quad (10)$$

표 2. 네트워크 오버헤드 비용을 정의 하기 위한 매개 변수^[7]
Table 2. Parameters to define the NetworkOverhead Cost^[7]

매개변수	설명
N_m	MN 의 개수
N_c	HN당 CN의 평균개수
β_q	홉당 쿼리메시지의 전송 비용

β_{dp}	홉당 평균 데이터 패킷의 전송 비용
β_{da}	홉당 데이터 ACK 패킷의 전송 비용
Φ_{mc}	MN과 CN사이의 홉 수
σ	무선에서 무선링크로넘어갈 때의 비례상수
η	록업 비용의 선형 계수
T_r	서브넷 지속 시간
λ_s	각MN의 평균 Session Arrival Rate
x, y	열과 행에서의 AR(Access Router)의 개수
k	MAP(Mobility Anchor Point)당 AR 의 개수
m	$m = xy/k$ 에서의 MAP의 개수
κ	최대 전송 유닛
α	평균 세션 크기
χ	각 데이터(ACK) 평균 재전송 횟수
ζ	IP 라우팅 테이블 록업 선형 개수
ξ	인캡슐레이션 비용
N_{LMA}	LMA의 개수
β_{pc}	홉당 PC(Proxy Care Of Address)요청/응답 메시지의 전송 비용
$\beta_{m-query}$	MLD membership query 메시지의 전송
$\beta_{m-report}$	MLD membership report 메시지의 전송
β_{pc-mso}	MSO를 포함한 홉당 PC요청/응답 메시지의 전송 비용
$\Phi_{MAG-LMA}$	MAG과 LMA사이의 홉 수
$\Phi_{MAG-MAG}$	MAG와 MAG 사이의 홉 수
Φ_{LMA-CN}	LMA와 CN 사이의 홉 수
$\Phi_{LMA-LMA}$	LMA와 LMA 사이의 홉 수
$\Phi_{pMAG-nLMA}$	pMAG 와 nLMA 사이의 홉 수
δ_{pc}	LMA에서 PBU 프로세싱 비용
δ_{pc-mso}	LMA에서 MSO를 포함한 PBU 프로세싱 비용

가. PMIPv6

PMIPv6 의 전체 오버헤드를 구하는 방법은 다음과 같다.

1) 쿼리 메시지 : PMIPv6 네트워크의 쿼리 메시지 비용은 모든 MN과 CN의 수는 N_m, N_c 이고, 모든 쿼리와 응답 메시지의 비용은 $N_c N_m (2\Phi_{mc} B_q) \lambda_s$ 이다. 네트워크에서의 전체 CN으로 부터의 쿼리 메시지 비용은 식 (11)이다.

$$A^{Query} = N_m N_c \lambda_s (2\beta_q \Phi_{LMA-CN} + \eta N_{LMA} (\log N_m - \log N_{LMA})) \quad (11)$$

2) 등록메시지 : 등록메시지는 PMIPv6 네트워크의 등록 메시지의 경우는 MAG와 LMA사이의 PBU와 PBA 메시지를 통해서만 일어난다. 그러므로 등록 메시지 비용은 식 (12)이다.

$$A^{Registration} = N_m \frac{2\beta_{pc}(\Phi_{MAG-LMA}^{-1} + \sigma) + \delta_{pc}}{MT_r} \quad (12)$$

3) 패킷 터널링 비용 : PMIPv6 네트워크에서 패킷 터널링 비용은 식 (13)이다.

$$A^{Packet_T} = N_m N_c \lambda_s \left[\frac{a}{k} \right] + \left(\beta_{dp} + \beta_{da} \right) \left(\Phi_{pMAG-pLMA} + \Phi_{pLMA-nLMA} \right) + \left(\beta_{dp} + \beta_{da} \right) \left(\Phi_{nMAG-nLMA}^{-1} + \sigma \right) \quad (13)$$

나. PMIPv6 Multicast

PMIPv6 Multicast의 전체 오버헤드를 구하는 방법은 다음과 같다.

1) 쿼리 메시지 : PMIPv6 멀티캐스트 네트워크의 쿼리 메시지 비용은 PMIPv6 네트워크의 쿼리 메시지 비용과 크게 다르지 않다. 네트워크에서의 전체 CN으로부터의 쿼리 메시지 비용은 식 (14)이다.

$$A^{Query} = N_m N_c \lambda_s (2\beta_q(\Phi_{LMA-LMA} + \Phi_{LMA-MAG} + 1) + \eta N_{LMA} (\log N_m - \log N_{LMA})) \quad (14)$$

2) 등록 메시지 : 등록메시지는 $\beta_{m-query}$ 와 $\beta_{m-report}$ 라는 매개변수가 나온다. 이는 PBU와 PBA 메시지 절차를 수행할 때, MLD Membership Report를 처리하기 위한 매개변수이다. 그러므로 등록 메시지 비용은 식 (15)이다.

$$A^{Registration} = \left(N_m \frac{2\beta_{pc}(\Phi_{MAG-LMA}^{-1} + \sigma) + \delta_{pc}}{MT_r} + N_m \sigma (\beta_{m-query} + \beta_{m-report}) \right) + N_m \beta_{report} \Phi_{MAG-LMA} \quad (15)$$

3) 패킷 터널링 비용 : PMIPv6 멀티캐스트 네트워크에서 패킷 터널링 비용은 PMIPv6 네트워크의 패킷 터널링 비용과 크게 다르지 않다. 패킷 터널링 비용은 식 (16)이다.

$$A^{Packet_T} = N_m N_c \lambda_s \left[\frac{a}{k} \right] + \left(\beta_{dp} + \beta_{da} \right) \left(\Phi_{pMAG-pLMA} + \Phi_{pLMA-nLMA} \right) + 2\xi + \left(\beta_{dp} + \beta_{da} \right) \left(\Phi_{nMAG-nLMA}^{-1} + \sigma \right) + 4\xi + \eta \log_2 \frac{N_m k}{xy} + \zeta \log_2 k \quad (16)$$

다. FPMIPv6 Multicast

FPMIPv6 Multicast의 전체 오버헤드를 구하는 방법은 다음과 같다.

1) 쿼리 메시지 : FPMIPv6 멀티캐스트 네트워크의 쿼리메시지 비용은 PMIPv6 네트워크의 쿼리 메시지 비용과 크게 다르지 않다. 네트워크에서의 전체 CN으로부터의 쿼리 메시지 비용은 식 (17)이다.

$$A^{Query} = N_m N_c \lambda_s (2\beta_q(\Phi_{LMA-LMA} + \Phi_{LMA-MAG} + 1) + \eta N_{LMA} (\log N_m - \log N_{LMA})) \quad (17)$$

2) 등록 메시지 : FPMIPv6 네트워크의 등록 메시지는 PMIPv6 멀티캐스트의 MLD Membership Report를 처리하는 절차가 필요하지 않다. 그러므로 등록 메시지 비용은 식 (18)이다.

$$A^{Registration} = N_m \frac{2\beta_{pc}(\Phi_{MAG-LMA}^{-1} + \sigma) + \delta_{pc-mso}}{MT_r} \quad (18)$$

3) 패킷 터널링 비용 : FPMIPv6 멀티캐스트 네트워크에서 패킷 터널링 비용은 PMIPv6 네트워크의 패킷 터널링 비용과 크게 다르지 않다. 패킷 터널링 비용은 식 (19)이다.

$$A^{Packet_T} = N_m N_c \lambda_s \left[\frac{a}{k} \right] + \left(\beta_{dp} + \beta_{da} \right) \left(\Phi_{pMAG-pLMA} + \Phi_{pLMA-nLMA} \right) + 2\xi + \left(\beta_{dp} + \beta_{da} \right) \left(\Phi_{nMAG-nLMA}^{-1} + \sigma \right) + 4\xi + \eta \log_2 \frac{N_m k}{xy} + \zeta \log_2 k \quad (19)$$

라. 제안기법

제안된 FPLIH Multicast 의 전체 오버헤드를 구하는 방법은 다음과 같다.

1) 쿼리 메시지 : 제안된 FPLIH Multicast 네트워크의 쿼리 메시지 비용은 PMIPv6 네트워크의 쿼리 메시지 비용과 크게 다르지 않다. 네트워크에서의 전체 CN 으로부터의 쿼리 메시지 비용은 식 (20)이다.

$$A^{Query} = N_m N_c \lambda_s (2\beta_q (\Phi_{LMA-LMA} + \Phi_{LMA-MAG} + 1) + \eta N_{LMA} (\log N_m - \log N_{LMA})) \quad (20)$$

2) 등록메시지 : 제안된 FPLIH Multicast 네트워크의 등록 메시지는 PMIPv6 멀티캐스트의 MLD Membership Report를 처리하는 절차가 필요하지 않다. 그러므로 등록 메시지 비용은 식 (21)이다.

$$A^{Registration} = N_m \frac{2\beta_{pc} (\Phi_{MAG-LMA}^{-1} + \sigma) + \delta_{pc-mso}}{MT_r} \quad (21)$$

3) 패킷 터널링 비용 : 제안된 FPMIPv6(PRO) 멀티캐스트 네트워크 터널링 비용은 PMIPv6의 멀티캐스트 네트워크 비용보다 간단하다. MN과 pMAG간 패킷이 이동되며 이비용은 $(\beta_{dp} + \beta_{da})^k$ 이다. pMAG와 nMAG간의 패킷이 전달되며 이때 캡슐화를 통해 이루어진다. 그 비용은 $(\beta_{dp} + \beta_{da}) \Phi_{pMAG-nMAG} + 2\xi$ 이 된다. 그러므로 패킷 터널링 비용은 식 (22)이다.

$$A^{Packet_T} = N_m N_c \lambda_s \left[\frac{\alpha}{k} \left((x+1) (\beta_{dp} + \beta_{da})^k \sigma + \Phi_{pMAG-nMAG} \right) + 2\xi \right] \quad (22)$$

4. 수치분석 결과

본 절에서는 전체 오버헤드 비용에 따른 성능 평가 결과를 제공한다. 전체 오버헤드 비용은 4.2에서 설명한 것과 같이 쿼리메시지, 등록 비용과 패킷 터널링 비용의 합이다. 이 후에 적용한 매개 변수의 설명과 값은 [7]를 참고하였다. 이는 표 2와 같다. PMIPv6 의 네트워크 오버헤드 비용을 계산하는 수식은 각 멀티캐스트 네트워크 오버헤드 비용을 수학적 모델링을 하기 위한 자료이며 성능평가에선 제외 한다.

표 3. 성능 평가에 사용된 매개변수 값 [7]
Table 3. Parameter Values used for Performance Evaluation [7]

매개변수	설명
N_m	40000
N_c	1
β_q	0.6
β_{dp}	5.72
β_{da}	0.6

Φ_{mc}	35
σ	10
η	0.3
T_r	70
λ_s	0.01
x, y	51, 34
k	12
m	144.5
κ	512
α	10240
χ	3
ζ	0.3
ξ	0.5
N_{LMA}	40000
β_{pc}	0.6
$\beta_{m-query}$	0.6
$\beta_{m-report}$	0.6
β_{pc-mso}	0.6
$\Phi_{MAG-LMA}$	2
$\Phi_{MAG-MAG}$	2
Φ_{LMA-CN}	12
$\Phi_{LMA-LMA}$	8
$\Phi_{pMAG-nLMA}$	4
δ_{pc}	40
δ_{pc-mso}	30

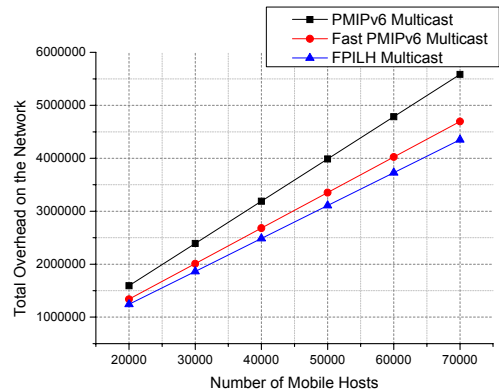


그림 10. MAG당 MN의 증가에 따른 전체 네트워크의 오버헤드

Fig 10. Overhead of the Whole Network depending on the increase of MN per MAG

그림 10은 MAG당 MN의 증가에 따른 전체 네트워크의 오버헤드이다. PMIPv6멀티캐스트 핸드오버 절차와 FMPIPv6멀티캐스트, 제안된 FPLIH멀티캐스트 핸드오버 절차 모두 MN의 숫자가 증가함에 따라 전체 네트워크 오버헤드는 선형적으로 증가 하였다. 제안한 방법은 IETF에서 제안된 PMIPv6 멀티캐스트 네트워크를 포함하여 FPMIPv6 멀티캐스트 네트워크 보다도 낮은 오버헤드를 보였다.

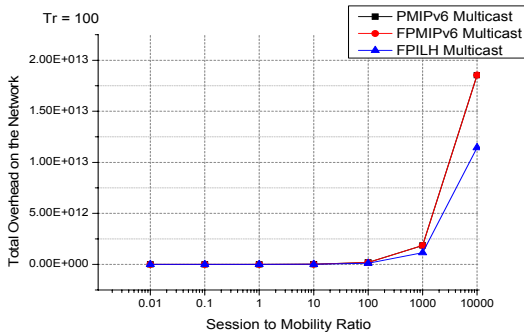


그림 11. SMR증가에 따른 전체 네트워크의 오버헤드 (Tr = 100)

Fig 11. Overhead of the Whole Network depending on the increase of SMR (Tr = 100)

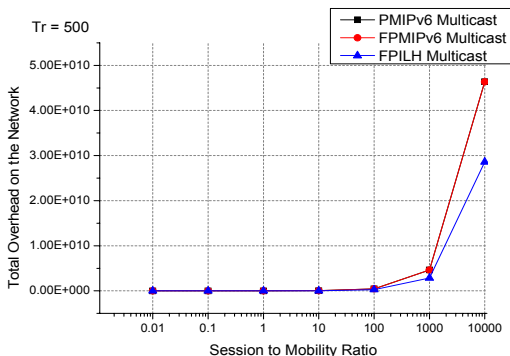


그림 12. SMR 증가에 따른 전체 네트워크의 오버헤드 (Tr = 500)

Fig 12. Overhead of the Whole Network depending on the increase of SMR (Tr = 500)

그림 11 과 그림 12는 SMR의 증가에 따른 오버헤드이지만, T_r 을 고정시키고 λ_s 를 증가시키에 따라서 나타나는 전체 네트워크의 오버헤드를 나타낸 그림이다. T_r 을 고정하고 λ_s 을 증가시키므로써 전체 네트워크의 오

버헤드는 증가하는 것을 확인 할 수 있고, 또한 T_r 고정 값이 커지면 전체 네트워크의 오버헤드가 훨씬 더 증가하는 것을 확인할 수 있다. PMIPv6 멀티캐스트의 수치상으로는 많은 차이가 나지만 그래프 상으로는 FPMIPv6와 근소한 차이를 나타내며 그래프 중복으로 표시 되지 않았다.

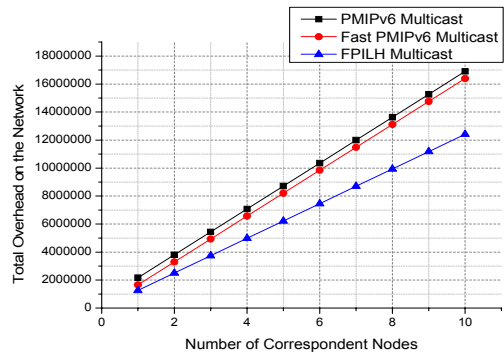


그림 13. CN 증가에 따른 전체 네트워크의 오버헤드
Fig 13. Overhead of the Whole Network depending on the increase of CN

그림 13는 CN의 증가에 따른 오버헤드 이다. CN 이 증가함에 따라 전체 네트워크의 오버헤드는 선형적으로 증가하였다. 제안된 pMAG 와 nMAG 터널링을 통한 LMA간 멀티캐스트네트워크의 전체 오버헤드가 가장 낮은 것을 확인 할 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 멀티캐스트 네트워크 핸드오버 절차에 따른 지연 시간과 각 전체 네트워크의 오버헤드를 수학적 모델링을 하였으며, 이를 바탕으로 성능평가가 이루어졌다. 기존 LMA 도메인간 핸드오버 방식에서 LMA간 터널링과 MAG 간 터널링을 통한 멀티캐스트 데이터 이관 방식이 연구 되었었으나 제안된 방식은 MAG간 터널링 방법에서도 Pre-PBU 시그널링 메시지로 nLMA 에게 MN이 이동 되기 전에 먼저 프록시 바인딩 업데이트를 해 줌으로써 네트워크의 시그널링 비용을 줄이고 손실 없는 멀티캐스트 서비스를 이용 할 수 있다. 성능평가의 그래프에서 보여지는 것처럼 제안된 멀티캐스트 네트워크가 IETF에서 제안된 PMIPv6 멀티캐스트 네트워크보

다 지연 시간 및 오버헤드가 낮음을 확인 할 수 있으며 제안된 MAG-MAG 터널링을 통한 멀티캐스트 네트워크가 더 효율적인 것을 확인 할 수 있다. 또한 본 논문은 여러 가지 매개변수의 변화를 통해 성능 평가를 분석하였기 때문에 더욱 신뢰성 있는 정보를 보여주고 있다.

참 고 문 헌

- [1] D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," IETF RFC 3775, June 2004.
- [2] R. Koodli, "Mobile IPv6 Fast Handovers," IETF RFC 5568, July 2009.
- [3] H. Yokota et al., "Fast Handover for ProxyMobile IPv6," draft-ietf-mipshop-prmipv6-09.txt, September 2009.
- [4] Y. Han, P. Kim, and B. Ahn, "Reverse Binding for Proxy Mobile IPv6," draft-han-mipshop-reverse-binding-01, July 2009.
- [5] C. Cho, S. jun, E. Paik, and K. Park, "Rate Control for Streaming Services Based on Mobility Prediction in Wireless Mobile Networks," Proc. Of Wireless Communications and Networking Conference (WCNC 2005), vol. 4, pp. 2534-2539, March 2005.
- [6] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, and B. Patil, "Proxy Mobile IPv6," IETF RFC 5213, August 2008.
- [7] M.S. Hossain, M. Atiquzzaman, and W. Ivancic, "Cost Analysis of Mobility Entities of Hierarchical Mobile IPv6," Military Communications Conference, pp.2280-2285, January 2011.
- [8] Jong-Hyoun Lee Ernst, T. IMARA Team and INRIA, "Fast PMIPv6 Multicast Handover Procedure for Mobility-Unaware Mobile Nodes," Vehicular Technology Conference (VTC Spring), pp.1-5, May, 2011.
- [9] Yong Li, Haibo Su, Li Su, Depeng Jin, and Lieguang Zeng, "A Comprehensive Performance Evaluation of PMIPv6 over IP-Based Cellular Networks," Vehicular Technology Conference(VTC Spring), pp.1-6, April, 2009.
- [10] R. Vida and L. Costa "Multicast Listener Discovery Version (MLDv2) for IPv6," IETF RFC 3810, June 2004.

저자 소개

박 종 선(정회원)



- 2012년 : 성균관대학교 정보통신대학원 정보통신공학과(석사과정)
- <주관심분야 : 모바일 네트워크, 네트워크 보안>
- e-mail : jinsun1115@skku.edu

김 종 연(준회원)



- 2012년 : 성균관대학교 정보통신대학원 컴퓨터공학과(석사과정)
- <주관심분야 : 모바일 네트워크, 알고리즘>
- e-mail : search100@naver.com

정 종 필(정회원)



- 2008년 : 성균관대학교 정보통신대학원(공학박사)
- 2009년 : 성균관대학교 컨버전스연구소 연구교수
- 2010년 ~ 현재 : 성균관대학교 산학협력단 산학협력중점교수
- <주관심분야 : 모바일컴퓨팅, 센서 이동, 차량 모바일 네트워크, 스마트기기 보안, 네트워크 보안, IT 융합, 인텔렉션사이언스 등>
- e-mail : jpjeong@skku.edu