

# 멀티캐스팅을 지원하는 프록시 모바일IPv6 네트워크에서 빠른 도메인간 핸드오버 기법의 분석적 접근법

유 세 원<sup>†</sup> · 정 종 필<sup>††</sup>

## 요 약

모바일 네트워크에서 멀티캐스트서비스의 이용량 증가로 MN(이동단말)에게 끊임없이 멀티캐스트 서비스를 전송하는 통신이 중요한 통신 형태가 요구될 것이다. 본 논문에서 IETF에서 표준화가 진행중인 PMIPv6(Proxy Mobile IPv6)에서 MLS(Multicast Listener Support)에 대한 현재의 문제점을 지적하고, 네트워크 기반의 이동성관리 기법인 PMIPv6 네트워크에서 도메인간 고속 멀티캐스트 핸드오버 절차를 제안한다. 제안된 도메인간 고속 멀티캐스트 핸드오버 절차에서는 MN의 컨텍스트를 사용하여 멀티캐스트 관리를 최적화한다. 제안된 고속 멀티캐스트 핸드오버 절차를 기본적인 것과 해석 모델링을 통하여 비교분석하고, 도메인간 핸드오버의 경우에 제안된 도메인간 고속 멀티캐스트 핸드오버 절차가 기본적인 것과 비교하여 서비스 단절 시간과 전체 네트워크 오버헤드가 상당히 감소한다는 것을 보여준다.

키워드 : 멀티캐스트, 프록시 모바일 IPv6, 고속 프록시 모바일 IPv6, 도메인, 핸드오버

## Analytical Approach of Fast Inter-Domain Handover Scheme in Proxy Mobile IPv6 Networks with Multicasting Support

Sewon Yoo<sup>†</sup> · Jongpil Jeong<sup>††</sup>

## ABSTRACT

Multicast service will be required to be an important form of communication without interruption to the delivery of multicast service in mobile networks increasing MNs. In this paper, we review current status of PMIPv6(Proxy Mobile IPv6) multicast listener support being standardized in the IETF and point out limitations of the current approach and we proposed a fast multicast handover procedure in inter domain PMIPv6 network of network-based mobility management. The proposed Fast multicast handover procedure in inter domain optimizes multicast management by using the context of the MNs. We evaluate the proposed fast multicast handover procedure compared to the based one through the developed analytical models and confirm that introduced fast multicast handover procedure provides the reduced service interruption time and total network overhead compared to the based one during handovers.

Keywords : Multicast, PMIPv6, FPMIPv6(Fast PMIPv6), Domain, Handover

## 1. 서 론

현재 모바일 네트워크에서 멀티캐스트 서비스 이용량의 증가로 MN(이동단말)에서 끊임없이 멀티캐스트 서비스를 전송하는 것이 이슈가 되고 있다. 특히 고속으로 이동하는 환경에서 끊임없이 멀티캐스트 서비스를 전송하는 것은 매우 어려운 일이다. 이전의 IP 모바일 멀티캐스트 접근법은

호스트기반 이동성관리 프로토콜을 기반으로 하고 있다. 이러한 호스트기반의 이동성관리 프로토콜은 IP 이동성을 지원하기 위해 MN의 이동성 시그널링에 의존한다. 즉, MN에서의 이동성 스택이 필요한 것은 호스트기반 이동성관리 프로토콜의 큰 부정적 측면 중 하나였다. 이에 따라 이전에 개발된 IP 모바일 멀티캐스트 기법은 이동성을 인지하는 MN에만 사용할 수 있게 제한되어 있다[1].

최근 IETF(Internet Engineering Task Force)에서는 PMIPv6(Proxy Mobile IPv6) 프로토콜로 표준화된 네트워크 기반의 이동성관리 기법 제안하고 있다[2]. PMIPv6는 호스트기반의 이동성 관리 프로토콜과 유사하지만 MN에게 이동성에 대한 어떠한 처리도 요구하지 않는다는 점이 차이점이다. MAG(Mobile Access Gateway)와 LMA(Local

\* 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2011-0027030).

† 정 회 원 : 성균관대학교 컴퓨터공학과

†† 정 회 원 : 성균관대학교 정보통신공학부 공학박사(교신전자)

논문접수: 2012년 1월 3일

수정일: 1차 2012년 2월 14일

심사완료: 2012년 2월 21일

Mobility Anchor) 같은 새로운 모바일 에이전트를 도입하여 MN에게 IP 이동성을 제공한다. PMIPv6에서 도메인내의 MAG는 MN의 이동을 인지하고 L2 Connection Notification 을 보며 이를 LMA에 PBU(Proxy Binding Update)를 보내어 등록하는 역할을 한다. LMA는 PBU 메시지를 전송받아 주어진 PMIPv6 도메인에서 등록된 모든 MN을 관리하기 위한 HA(Home Agent)의 역할을 한다. LMA는 MN을 위한 HNP(Home Network Prefix)를 포함한 PBA(Proxy Binding Acknowledgement)를 MAG에 다시 보낸다. MAG에 접속해 있는 MN은 MAG로부터 보내온 HNP를 기반으로 자신의 주소와 pHoA(Proxy Home Address)를 구성한다. MN이 새로운 네트워크로 핸드오버를 실행할 때, MN은 HNP를 다시 얻게 되고 이전에 접속된 네트워크에서 획득된 HNP는 새로 접속한 네트워크의 MAG로부터 얻어진다. PMIPv6는 일반적으로 호스트 기반의 이동성관리 프로토콜보다 향상된 성능을 보여준다[3].

그러나 이전의 개발된 멀티캐스트 기법은 PMIPv6에 적용할 수 없으며, 도메인간의 멀티캐스트 기법은 더욱 적용하기 힘들다. 그래서 본 논문에서는 멀티미디어 서비스를 실행하고 있는 상황에서 LMA 도메인간을 고속으로 이동하고 있는 MN의 PMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 기법을 2가지 제안한다. 첫 번째 제안된 PMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 기법은 MN이 있던 LMA의 MAG와 MN이 이동하려는 LMA의 MAG 사이에 터널링을 형성하여 버퍼링을 통해 지연시간을 단축하는 기법이며, 두 번째 제안된 PMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 기법은 MN이 있던 LMA와 이동하려는 LMA 사이에 터널링을 형성하여 버퍼링을 통해 지연시간을 단축하는 기법이다.

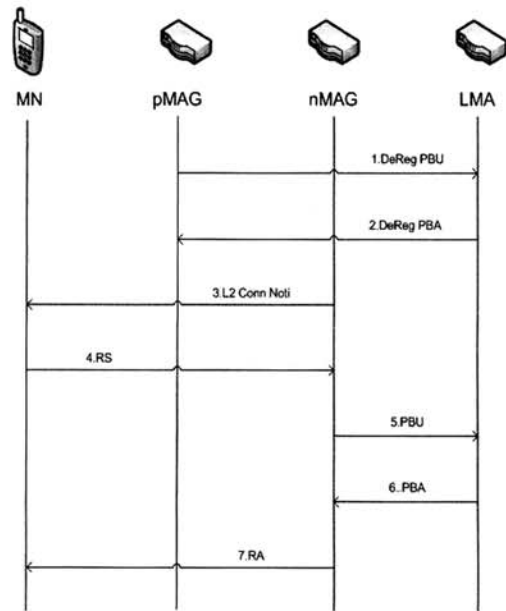
IETF에서 제안한 PMIPv6 멀티캐스트 네트워크 [4]와 제안된 2가지의 멀티캐스트 핸드오버 절차의 지연시간 및 전체 네트워크의 오버헤드를 수학적 모델링화하고 성능평가를 시행하였다. 지연시간의 경우 IETF 제안된 PMIPv6 멀티캐스트 네트워크는 흡수의 증가로 인해 선형적인 형태로 지연시간이 증가하지만 제안된 2개의 멀티캐스트 네트워크는 분석 결과를 기반으로 한 (그림 8)과 (그림 9)에서 보는 바와 같이 85.6(ms)이라는 고정된 값을 유지하고 있다. 즉, 흡수의 영향을 전혀 받지 않는다는 결과를 보여준다. 또한, 전체 네트워크 오버헤드의 경우 IETF 제안된 PMIPv6 멀티캐스트 네트워크가 최대 2배 이상까지 차이가 나는 것을 보여주고 있다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 관련연구에 대해서 살펴본다. 3장에서는 제안하는 계층적 시스템 모델링에 대해서 설명한다. 4장에서는 제안한 시스템 모델링의 성능평가를 수행한다. 5장에서는 결론을 설명한다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 PMIPv6 개요

PMIPv6는 네트워크 기반 단말 이동성 제공을 위한 프로토콜로 MIPv6(Mobile IPv6)에 기반으로 하고 있다.



(그림 1) PMIPv6 핸드오버 절차

MN이 서비스를 받는 중 pMAG(Previously attached MAG)에서 nMAG(Newly attached MAG)로 핸드오버를 하는 경우 pMAG는 LMA에게 DeReg.PBU(De-Registration PBU) 메시지로 MN이 자신의 범위에 없을 LMA에게 알린다. DeReg.PBU 메시지를 받은 LMA는 자신의 BCE(Binding Cash Entry)에 해당하는 MN에 관한 항목을 삭제하고 완료되면 DeReg.PBA(De-Registration PBA) 메시지를 통해 해당 MN가 삭제된 것을 pMAG에 알리게 된다. 또 nMAG의 범위안에 들어온 MN은 자신의 RS(Router Solicitation) 메시지에 자신의 MN-ID를 담아 nMAG에게 연결설정을 시도하게 되며, nMAG는 MN-ID를 이용하여 AAA&Policy Store와 인증과정을 수행한다. 이 때 AAA&Policy Store에서 해당 MN의 Policy Profile을 가져오게 된다. Policy Profile에는 해당 MN을 서비스할 LMA의 주소와 주소설정 방법, MN의 Home Network Prefix정보, 서비스의 정책등과 같은 정보를 포함한다. 해당 MN의 Policy Profile과 MN-ID를 알게 된 nMAG은 MN을 담당하는 LMA에게 PBU 메시지를 보내 단말의 현재 위치를 갱신하게 된다. 해당 PBU를 수신한 LMA는 자신의 BCE에 MN-ID에 해당하는 정보가 있는 지를 검색하고, 만약 없다면 해당 정보를 추가한다. LMA는 단말의 서비스를 위해 PBA 메시지를 nMAG에 보내게 된다. 그리고 LMA는 nMAG의 주소를 이용하여 LMA와 nMAG간의 양방향 터널을 만들고 서비스를 준비하게 된다. nMAG은 MN에게 LMA가 할당 해준 HNP와 IP주소를 할당하는 RA(Router Advertisement) 메시지를 MN로 보낸다. 연결 설정이 완료되면, nMAG은 해당 MN에서 오는 모든 트래픽을 LMA와 연결된 터널을 이용해 LMA에게 전송하게 되며, LMA는 외부에서 오는 모든 트래픽을 해당 MN을 관리하는 MAG에게 전송하게 된다.

현재 PMIPv6는 하나의 PMIPv6 도메인내에서만 이동성을 지원하고 있다. PMIPv6 도메인내에서만 이동성 지원이 가능한 이유는 MN의 HNP를 다른 도메인에서 사용하기 위한 시그널링 절차가 정의되어 있지 않기 때문이다. PMIPv6 도메인간의 핸드오버는 PMIPv6와 MIPv6의 연동을 통해 이루어진다. 도메인내에서의 핸드오버를 위해 PMIPv6를, 도메인간 핸드오버를 위해 MIPv6를 사용한다. MN의 Home Address(HoA)는 Home Agent(HA)의 Network Prefix를 이용하여 생성한다. 반면 MN의 CoA(Care of Address)는 각 PMIPv6도메인 내에 존재하는 LMA가 할당한 HNP를 사용하여 생성한다. 따라서 MN이 도메인간을 이동할 경우 각각 다른 HNP를 MN이 할당받게 되고 이는 MIPv6에서의 CoA 생성에 사용하게 된다. MN이 하나의 PMIPv6 도메인내에서 이동할 경우 MN은 HA에게 위치정보를 갱신하기 위한 Binding Update(BU)메시지를 보내지 않는다. 그 이유는 하나의 PMIPv6도메인내에서 같은 Prefix를 MAG들로부터 전달받기 때문이다. MN이 도메인내에서의 핸드오버 절차는 PMIPv6의 핸드오버 절차와 동일하지만 도메인간 핸드오버를 수행할 경우 새로이 PMIPv6의 초기화 과정을 수행한다. 이때 MN은 새로운 도메인에서 HNP를 할당 받게 되고 HNP를 이용하여 CoA를 생성한 뒤 HA에게 MIPv6의 BU 메시지를 전송하여 새로이 위치 정보를 갱신하게 된다.

2.2 PMIPv6 멀티캐스트

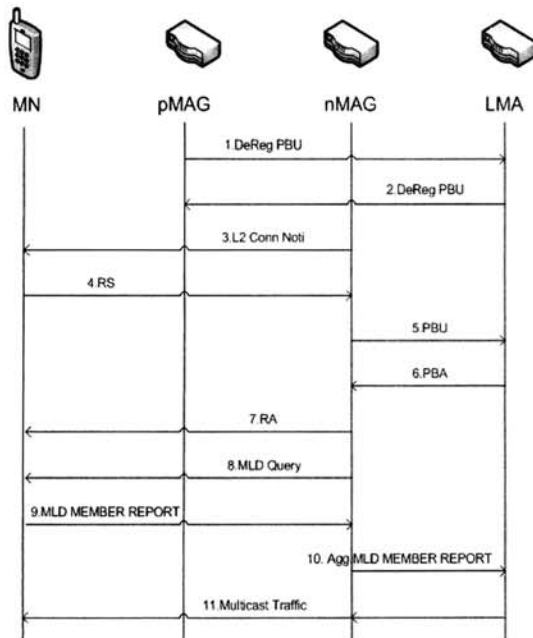
MN은 관련된 어떤 종류의 구체적인 기능도 필요하지 않는다. 이 요구사항은 네트워크 기반 이동성 관리의 개념을 반영한다. The Multicast Listener Discovery(MLD) Proxy 기능은 MN에서 보내진 MLD Membership Report를 지원하는 것과 MN에 멀티캐스트 통신을 보내기 위해 필요하다.

지정된 멀티캐스트 라우터 기능은 MN에 대한 멀티캐스트 전달 상태 관리와 MN에 멀티캐스트 통신을 보내기 위해 필요하다. 몇몇 경우 MLD Proxy 기능은 MLD Membership Report에 더 많은 의존이 필요하다. 개념적으로 LMA는 멀티캐스트 라우팅 인프라스트럭처에 LMA 자신의 출력 인터페이스로 연결된다. 동시에 입력 인터페이스는 MAG와 연결된다. MAG에 연결된 MN은 MAG와 LMA사이에 구축된 터널을 통하여 멀티캐스트 통신을 받는다.

DeReg.PBU 메시지부터 RA 메시지까지의 작동 단계는 유니캐스트를 위한 기본적인 PMIPv6 핸드오버이다. nMAG가 MN에서 보낸 RS 메시지를 수신하여 MN의 연결을 정확하게 인식하고 MN을 대신하여 위치 갱신을 시작한다고 가정한다.

MLD Query와 MLD Membership Report 메시지, Agg. MLD Membership Report와 같은 단계는 PMIPv6 Multicast Listener를 위해서이다. 위치 갱신 이후, MN에 현재 서비스를 제공하는 nMAG는 표준 멀티캐스트 라우터 동작의 일부 분으로 MN에 MLD Query 메시지를 보낸다. 응답으로 MN은 멀티캐스트 서비스를 명확하기 가리키는 MLD Membership Report 메시지를 보낸다. nMAG의 홈 링크는 에플레이트 되어 MN이 네트워크 이동을 인식하지 못하기 때문에, PMIPv6에서 MN의 핸드오버에 의해 요청하지 않은 MLD Membership Report 메시지는 보낼 수 없다는 것은 아무런 의미가 없다. nMAG가 MLD Membership Report 메시지를 수신하면, 멀티캐스트 전달 상태뿐만 아니라 필요한 MLD Proxy Membership Database를 갱신한다. 그리고 MLD Proxy Membership Database가 변경되면 nMAG는 종합된 MLD Membership Report 메시지를 LMA에게 보낸다. 종합된 MLD Membership Report 메시지를 수신하면 LMA는 멀티캐스트 전달 상태를 갱신한다. 그렇게 함으로써 프록시 이동성 에이전트는 주어진 PMIPv6 환경에서 MN을 지원하는 IP 모바일 MLS를 한다.

그러나 IETF MultiMob 작업 그룹에서 표준화 중인 PMIPv6 MLS는 특정 성능의 개선이나 최적화를 고려하지 않았다. 그것은 이동성-미인식 MN에 대한 기본적인 배치 사양을 개발하는데 집중되어 있기 때문에 다음과 같은 한계가 피할 수 없으며 강제적으로 적용된다. 첫째, 서비스 단절은 멀티캐스트 핸드오버 성능을 향상하기 위한 모든 구체적인 최적화는 고려되고 있지 않다. 이에 따라, MN 핸드오버 동안, MN 멀티캐스트 통신은 손실된다. 따라서 끊임없는 핸드오버 제공은 불가능하게 만든다. 둘째, 불필요한 멀티캐스트 통신 전송이다. 멀티캐스트 서비스의 최종 가입자인 MN은 새로 접속한 네트워크로 핸드오버를 실행하는 동안, 불필요한 멀티캐스트 통신을 지속적으로 MN이 이전에 접속한 네트워크로 전송한다. 이런 불필요한 멀티캐스트 통신 전송은 지정된 멀티캐스트 라우터, 즉 LMA가 MN에 대한 멀티캐스트 전달 상태 갱신할 때까지 계속된다. 다음 절에서 PMIPv6의 멀티캐스트 핸드오버 절차에 존재하는 한계를 해결하기 위해, MN을 위한 고속 PMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 절차를 보여준다.



(그림 2) PMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 절차

2.3 MN을 위한 FPMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 절차

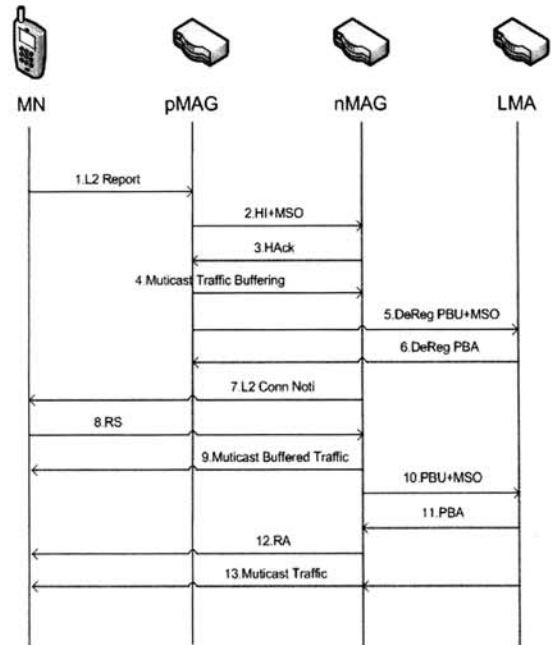
PMIPv6의 확장으로, PMIPv6를 위한 FPMIPv6(Fast PMIPv6) [5]은 PMIPv6의 핸드오버 성능을 강화하기 위해 최근에 발표되었다. 그러나 이것은 멀티캐스트 통신이 아니라 유니캐스트 통신에만 최적화 되도록 설계되었다. 다른 말로 말하면, 멀티캐스트 그룹 관리에 기여가 부족하기 때문에, FPMIPv6의 이점은 멀티캐스트 통신에 영향을 줄 수 없다.

FPMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 절차는 MN 로밍 컨텍스트를 이용하여 멀티캐스트 그룹 관리를 최적화한다. MN이 nMAG에 연결되기 전에 pMAG에서 nMAG로 전달되는 컨텍스트는 MN의 식별과, MN의 LMA 주소, MN의 멀티캐스트 구동 정보 등을 포함한다. nMAG이 MN의 컨텍스트를 획득하고, 필요하다면 MLD Proxy Membership Database 뿐만 아니라 멀티캐스트 전달 상태를 사전에 갱신한다. FPMIPv6와 같은 방법으로 멀티캐스트 통신은 pMAG에서 nMAG로 전달된다. 그렇게 함으로써 MN이 새로운 네트워크에 접속 되는 즉시, MN은 nMAG으로 부터 멀티캐스트 통신을 직접 받을 수 있게 된다.

FPMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 절차는 주어진 PMIPv6 도메인에서 새롭게나 추가되는 존재를 필요하지 않는다. 기본 멀티캐스트 핸드오버 절차에서는 MN에 대한 변경이 필요 없다. 그러나 MAG와 LMA의 기능은 개선될 필요가 있다 [6]. FPMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 절차에서, MAG는 다음과 같은 개선이 필요하다. 컨텍스트 전달 기능은 nMAG부터 MN의 컨텍스트를 보내고 받는 것이 필요하다. 컨텍스트 전달은 L2 트리거에 의해 실행된다. 그래서 MN이 실제로 nMAG에 연결되기 전에 pMAG에서 nMAG로 컨텍스트의 전송이 완료된다고 가정하는 것이 합리적이다. 컨텍스트의 일부분으로 전송되는 MN의 멀티캐스트 가입 정보는 nMAG에 의해 멀티캐스트 전달 상태를 갱신하고 필요하다면 초기 MLD Member Report를 수행하는데 사용된다. 멀티캐스트 통신의 전달과 버퍼링 기능은 MN의 핸드오버 동안 멀티캐스트 통신 손실을 방지하기 위해 필요하다. 네트워크 식별 정보나 주소와 같은 nMAG의 정보는 유지된다. LMA를 개선하기 위해서는 다음이 필요하다. MAG로부터 전송된 MN의 멀티캐스트 가입 정보는 멀티캐스트 전달 상태를 갱신하기 위해 사용된다. 이 경우, LMA는 MN을 위한 멀티캐스트 통신의 버퍼링도 필요하다.

FPMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 절차는 L2 트리거가 pMAG로 전달되면 MN은 pMAG에서 nMAG로 핸드오버를 준비한다. L2 트리거를 이용하여, MN은 네트워크 식별 정보와 같은 nMAG의 네트워크 접속 정보를 얻는다. 그러면 MN은 pMAG에게로 자신 고유의 식별 정보와 함께 네트워크 식별 정보를 제공한다. 그리고 pMAG는 L2 보고서 메시지를 보내는 것을 통해 현재 MN에 서비스를 제공하고 있다.

FPMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 절차의 MLS는 MN의 식별정보와 MN의 HNP, MN의 LMA 주소, Multicast Support Option(MSO)를 포함한 Handover Initiate(HI) 메시지로 시작된다. MSO에 포함되어 있는 MN의 멀티캐스트 가입 정보는 pMAG에서 nMAG로 전달되며, MLS를 위한 매개변수



(그림 3) FPMIPv6 멀티캐스트 핸드오버

로 사용된다. nMAG가 HI 메시지를 획득하면, nMAG의 상태가 MN을 위한 MLS에 서비스 제공이 가능하다면 메시지를 확인한다. nMAG는 수락 또는 거절 값을 포함한 HAck(Handover Acknowledge) 메시지를 pMAG에게로 다시 전송한다. 수락이 되었을 경우, nMAG는 MN 로밍을 위해 멀티캐스트 전달 상태를 갱신한다. nMAG의 MLS 결정이 요청된 멀티캐스트 서비스와 가용한 버퍼 크기, MN의 개수의 용량 등을 기반으로 결정됨을 주목하라. 수락 값만이 있는 HAck 메시지를 수신한다면 pMAG는 MN을 위한 멀티캐스트 통신을 nMAG로 전달한다. 멀티캐스트 통신 전달은 pMAG가 MN을 위한 멀티캐스트 통신을 LMA로 부터 받을 때까지 이루어진다.

pMAG는 MN의 식별정보와 MN의 HNP, MSO를 포함한 DeReg.PBU 메시지를 보내어 LMA에게 MLS의 수락 결과를 알린다. LMA가 pMAG로 부터 DeReg.PBU 메시지를 받으면, LMA는 MN에 대한 멀티캐스트 전달 상태를 갱신할 준비를 한다. 그러나 이 시점에서 LMA는 MN을 위한 멀티캐스트 통신 터널을 pMAG에 의해 만들어진 터널에서 nMAG에 의해 만들어진 터널로 변경하지 않는다. LMA에 구성된 정책에 따라 다르지만, LMA는 MN을 위한 멀티캐스트 통신을 pMAG를 통해 전달하거나 LMA가 pMAG를 통한 MN의 멀티캐스트 통신 전달을 중단하고 nMAG로 부터 PBU 메시지를 받을 때까지 버퍼링을 한다. 응답으로, LMA는 DeReg.PBU 메시지를 pMAG로 다시 보내준다. MN의 링크가 pMAG의 네트워크 접속으로 부터 내려오면, pMAG는 pMAG에서 nMAG으로 L2 핸드오버와 같은 링크 스위칭 절차를 착수한다. 그리고 나서 nMAG이 네트워크 접속 지점에 MN이 연결되었음을 알게되면, nMAG는 즉시 버퍼 되었던 멀티캐스트 통신을 MN에게 보낸다. 그러므로

MN의 핸드오버에 의해 발생한 서비스 단절은 두들어지게 감소한다. nMAG에 의한 위치 갱신 결과로, LMA는 MN에 대한 멀티캐스트 전달 상태를 갱신한다.

### 3. 제안기법

PMIPv6 멀티캐스트, FPMIPv6 멀티캐스트 핸드오버의 경우 LMA내에서 MN가 pMAG에서 nMAG로 이동할 경우의 모바일 멀티캐스트 접근법만을 제안하고 있다. 하지만 네트워크의 크기가 방대해 지고 네트워크의 이용범위가 넓어짐에 따라 이를 확장하여 LMA 도메인간의 MN가 이동을 할 경우의 핸드오버 기법 2가지 제안하여 2가지 기법의 성능 분석을 통해 더 나은 기법을 제안한다.

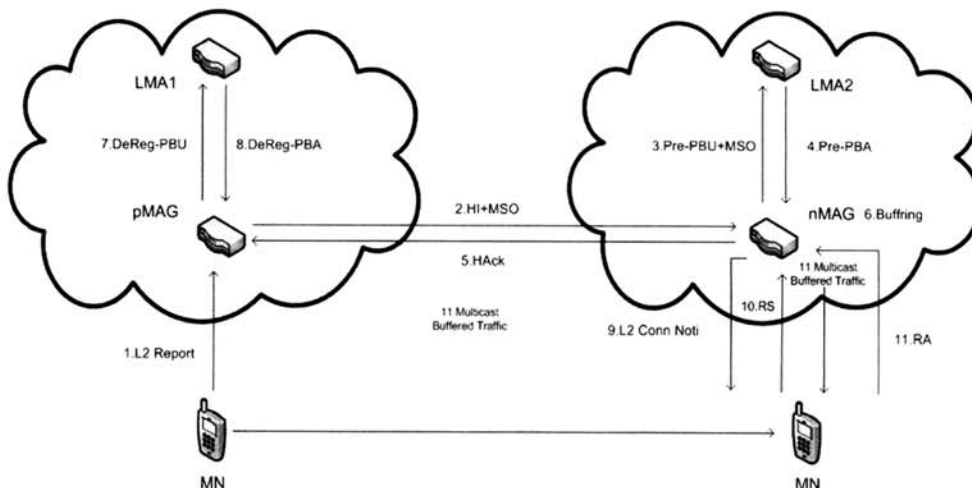
#### 3.1 MAG 터널링을 통한 LMA간 FPMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 절차

제안된 기법은 FPMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 기법을 확장한 것이다. LMA도메인간 FPMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 절차는 FPMIPv6 멀티캐스트 핸드오버와 같이 MN 로밍 컨텍스트를 이용하여 멀티캐스트 그룹 관리를 최적화한다. MN이 nMAG에 연결되기 전에 pMAG에서 nMAG로 전달되는 컨텍스트는 MN의 식별과, MN의 LMA 주소, MN의 멀티캐스트 구성 정보 등을 포함한다. nMAG이 MN의 컨텍스트를 획득하고, 필요하다면 MLD Proxy Membership Database 뿐만 아니라 멀티캐스트 전달 상태를 사전에 갱신한다. FPMIPv6와 같은 방법으로 멀티캐스트 통신은 pMAG에서 nMAG로 전달된다. 그렇게 함으로써 MN이 새로운 네트워크에 접속 되는 즉시, MN은 nMAG으로 부터 멀티캐스트 통신을 직접 받을 수 있게 된다.

LMA도메인간 FPMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 절차에서, FPMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 절차와 같이 MAG는 다음과 같은 개선이 필요하다. 컨텍스트 전달 기능은 nMAG부터 MN의 컨텍스트를 보내고 받는 것이 필요하다. 컨텍스트

전달은 L2 트리거에 의해 실행된다. 제안된 멀티캐스트 핸드오버의 경우 도메인내 FPMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 절차와 다르게 nMAG의 개선이 필요하다. nMAG는 HAcK 메시지를 pMAG로 보내기 전에 pMAG와 LMA2는 pre-PBU (Previously-PBU)와 MSO 메시지, pre-PBA(Previously-PBA)와 MSO 메시지를 주고 받음으로써 미리 Proxy Binding 절차를 수행한다. 그러면 MN의 핸드오버 동안 멀티캐스트 통신 손실은 두들어지게 감소한다.

제안된 MAG 터널링을 통한 LMA간 FPMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 절차는 기본적으로 FPMIPv6를 기반으로 하고 있다. FPMIPv6는 PredictiveMode, ReactiveMode 2가지 방식으로 구성되어 있다. Predictive Mode는 MN이 nMAG에 접속하기 전에 pMAG와 nMAG사이에 양방향 터널이 설립되며, ReactiveMode는 MN이 nMAG에 접속한 후에 양방향 터널이 설립된다. MN은 핸드오버가 임박할 경우 MN ID와 접속할 것으로 예상되는 nMAG ID를 pMAG에게 MN이 전송한다. MN ID와 nMAG ID를 전송하여 MN의 핸드오버가 임박했음을 알린다. 이 때 L2 Report에 의해 MN은 pMAG에게 nMAG의 네트워크 정보를 알려준다. 다시 말해 L2 트리거가 pMAG로 전달되면 MN은 pMAG에서 nMAG로 핸드오버를 준비한다. L2 트리거를 이용하여, MN은 네트워크 식별 정보와 같은 nMAG의 네트워크 접속 정보를 얻는다. 그러면 MN은 pMAG에게로 자신 고유의 식별 정보와 함께 네트워크 식별 정보를 제공한다. 그리고 pMAG는 L2 Report 메시지를 보내는 것을 통해 현재 MN에 서비스를 제공하고 있다. 제안된 멀티캐스트 핸드오버 절차의 MLS는 MN의 식별정보와 MN의 HNP, MN의 LMA 주소, Multicast Support Option(MSO)를 포함한 Handover Initiate(HI) 메시지로 시작된다. MSO에 포함되어 있는 MN의 Multicast 가입 정보는 pMAG에서 nMAG로 전달되며, MLS를 위한 매개변수로 사용된다. nMAG가 HI 메시지를 획득하면, nMAG의 상태가 MN을 위한 MLS에 서비스 제공이 가능하다면 메시지를 확인한다. nMAG는 HAcK 메시지를 pMAG로 보내기 전 LMA2에게 pre-PBU+MSO메시지



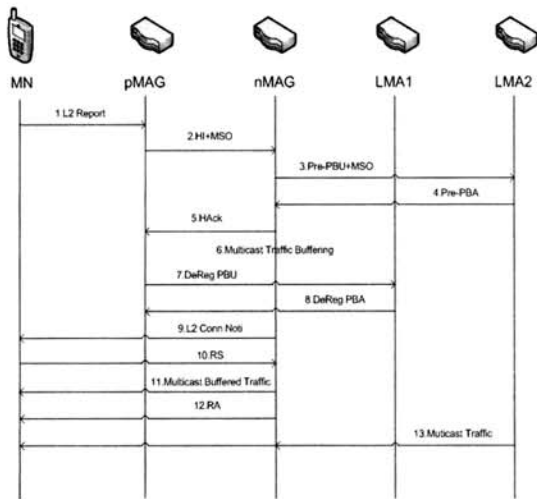
(그림 4) pMAG와 nMAG 사이의 FPMIPv6 멀티캐스트 통신

를 보내면 LMA2는 이 정보를 이용해 도메인에 대한 인증 및 연결설정을 한다. Update를 하게 되면 LMA2는 pre-PBA + MSO메시지를 보냄으로써 미리 Proxy Binding 절차를 수행한다. nMAG는 수락 또는 거절 값을 포함한 HAcK 메시지를 pMAG에게로 다시 전송한다. 그리고 나면 pMAG는 nMAG는 멀티캐스트 통신 터널링을 생성하고 pMAG는 MN의 식별정보와 MN의 HNP, MSO를 포함한 DeReg.PBU 메시지를 보내어 LMA1 MN에 대한 멀티캐스트 전달 상태를 갱신하고, 응답으로 LMA1는 DeReg.PBU 메시지를 pMAG로 다시 보내준다. nMAG는 도메인에 들어온 MN에게 L2 Connection Notification과 멀티캐스팅 통신 손실을 줄이기 위해 버퍼해 두었던 멀티캐스트 데이터를 MN에게 보낸다. L2 Connection Notification을 받은 MN은 IP주소 할당절차인 RS와 RA 절차를 수행하고 RA절차까지 모두 마쳤다면 LMA2는 미리 Proxy Binding 절차를 해왔기 때문에 즉시 멀티캐스팅 통신을 할 수 있게 된다. 버퍼와 pre-PBU, pre-PBA 절차를 해두었기 때문에 MN의 핸드오버 동안 멀티캐스트 통신 손실은 두들어지게 감소한다.

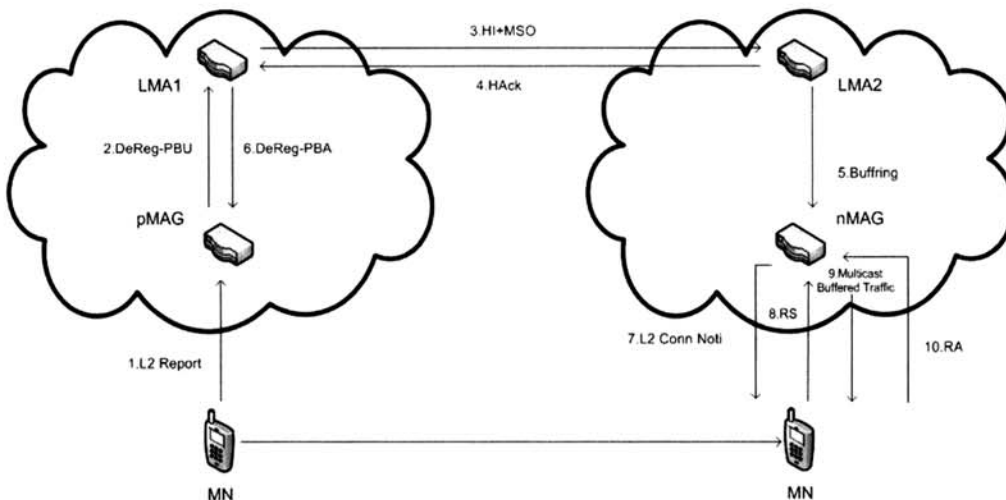
### 3.2 LMA 터널링을 통한 LMA간 FPMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 절차

MAG를 이용한 LMA도메인간 PMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 절차는 pMAG와 nMAG간의 통신을 이용해 MSO에 포함되어 있는 MN의 Multicast 가입 정보는 pMAG에서 nMAG로 전달해 LMA도메인간 FPMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 절차를 수행하지만 제안된 핸드오버 절차는 pMAG에서 DeReg.PBU 메시지를 LMA1에게 보낼 때 MSO에 포함되어 있는 MN의 Multicast 가입 정보를 보내어 LMA2와 통신을 하게 됨으로써 멀티캐스트 핸드오버 절차를 감소시킨다. 그러면 MN의 핸드오버 동안 멀티캐스트 통신 손실은 두들어지게 감소한다.

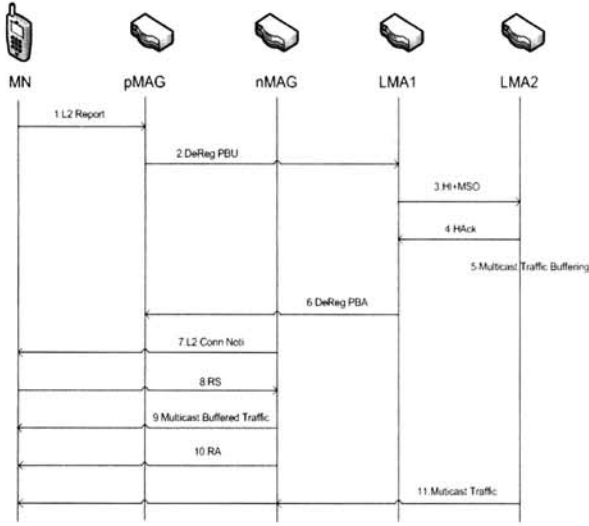
기본적으로 LMA 터널링을 통한 LMA간 FPMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 절차는 MAG 터널링을 통한 LMA간 FPMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 절차의 초반 L2 Report를 통해 MN이 pMAG에게 LMA2의 네트워크 정보를 제공하는 L2 Report 메시지를 보내는 과정은 같다. 제안된 멀티캐스트 핸드오버 절차의 MLS는 MN의 식별정보와 MN의 HNP, MN의 LMA 주소, Multicast Support Option(MSO)를 포함한 Handover Initiate(HI) 메시지로 시작된다. MSO에 포함되어 있는 MN의 Multicast 가입 정보는 pMAG가 DeReg PBU 메시지를 LMA1로 전달되며, MLS를 위한 매개변수로 사용된다. LMA1은 Handover Initiate(HI)와 MSO를 LMA2에게 전달하며 LMA2는 수락 또는 거절 값을 포함한 HAcK 메시지를 LMA1에게 전송하고 LMA1과 LMA2간의 터널링을 생성하게 된다. LMA1은 응답으로 DeReg PBA 메시지를 pMAG에게 보내게 된다. nMAG는 도메인에 들어온 MN에게 L2 Connection Notification과 멀티캐스팅 통신 손실을 줄이기 위해 버퍼해 두었던 멀티캐스트 통신을 MN에게 보낸다. L2 Connection Notification을 받은 MN은 IP주소 할당절차인 RS와 RA 절차를 수행하고 RA절차까지 마쳤다면 즉시 멀티캐스팅 통신을 할 수 있게 된다. 제안된 멀티캐스트 핸드오버 절차는 MAG를 이용한 LMA도메인간 PMIPv6



(그림 5) pMAG와 nMAG 사이의 멀티캐스트 핸드오버 절차



(그림 6) LMA1와 LMA2 사이의 멀티캐스트 통신



(그림 7) LMA1와 LMA2 사이의 멀티캐스트 핸드오버 절차

멀티캐스트 핸드오버 절차의 pre-PBU, pre-PBA 절차를 줄임으로써 MN의 핸드오버 동안 멀티캐스트 통신 손실은 두들어지게 감소한다.

### 4. 성능평가

본 절에서는 제안된 멀티캐스트 핸드오버 절차의 핸드 오버 지연시간과 전체 네트워크 오버헤드를 수학적 모델링하여, 성능평가를 실행한다.

핸드 오버 지연 시간의 수학적 모델링에서는 MN은 LMA 도메인간의 핸드오버 절차를 수행한다. LMA와 LMA, LMA와 MAG사이의 통신 경로는 유선 연결이고, MAG와 MN사이의 통신 경로는 무선 연결이다. 또한 각 구성 요소의 처리 시간은 무시할만하고 메시지는 유/무선 링크를 통해 오류 없이 전송된다고 가정한다.

전체 네트워크 오버헤드의 수학적 모델링에서는 Session Arrival Rate는 각 MN에서 같고, Session내의 평균 파일 사이즈는 같다고 가정한다. 또한 모든 LMA(PMIPv6 네트워크의 경우) 또는 HA(HMIPv6 네트워크의 경우)의 평균 MN의 수는 같으며, 표준 IP 스위칭 비용은 무시한다. 네트워크 내의 MN은 일정하게 분포되어 있으며, 마지막으로 로케이션 DB는 바이너리 검색에 의해 검색 된다.

#### 4.1 핸드오버 지연시간 모델링

핸드오버 지연시간  $TDT_{HO}^{(\cdot)}$ 을 핸드오버 실행 중 MN이 멀티캐스트 패킷을 수신하지 못하는 시간 간격으로 정의한다. 즉, 핸드오버 지연시간은 MN이 LMA1에서 LMA2로 이동하고 LMA1에 있는 pMAG가 LMA1으로부터 DeReg.PBA를 받는 이후부터 MN가 멀티캐스트 첫 번째 패킷을 받는 것을 의미한다.  $TDT_{HO}^{(BASE)}$ 를 LMA도메인간 기본 핸드오버 절차의 핸드오버 지연시간이라고 하자.

<표 1> 네트워크 오버헤드 비용을 정의하기 위한 매개변수[7]

매개변수	설명
$N_m$	MN의 개수
$N_c$	HN당 CN의 평균 개수
$N_h$	HA의 개수
$\beta_q$	홉당 쿼리메시지의 전송 비용
$\beta_{dp}$	홉당 평균 데이터 패킷의 전송 비용
$\beta_{da}$	홉당 데이터 ACK(Acknowledgement) 패킷의 전송 비용
$\beta_{rr}$	홉당 RR(Return Routability) 메시지의 전송 비용
$\beta_{rc}$	홉당 RCoA(Regional Care Of Address) 요청/응답 메시지의 전송비용
$\beta_{lc}$	홉당 LCoA(on-Link Care Of Address) 요청/응답 메시지의 전송비용
$\Phi_{hc}$	MAP(Mobility Anchor Point)과 HA(Home Agent) 사이의 홉수
$\Phi_{mm}$	MN과 MAP 사이의 홉수
$\Phi_{mh}$	HA와 CN(Corresponding Node) 사이의 홉수
$\Phi_{mc}$	MN과 CN 사이의 홉수
$\sigma$	무선에서 무선링크로 넘어갈 때의 비례 상수
$\eta$	lookup 비용의 선형 계수
$T_r$	서브넷 지속 시간
$\lambda_s$	각 MN의 평균 Session Arrival Rate
$x, y$	열과 행에서의 AR(Access Router)의 개수
$k$	MAP당 AR의 개수
$m$	$m=xy/k$ 에서의 MAP의 개수
$\kappa$	최대 전송 유닛
$\alpha$	평균 세션 크기
$\delta_{rc}$	MAP에서 각 RCoA 등록 프로세싱 비용
$\delta_{lc}$	MAP에서 각 LCoA 등록 프로세싱 비용
$\delta_h$	HA에서 LU(Location Update) 프로세싱 비용
$\chi$	각 데이터(ACK) 평균 재전송 횟수
$\zeta$	IP 라우팅 테이블 lookup 선형 계수
$\xi$	인캡슐레이션 비용
$N_{LMA}$	LMA의 개수
$\beta_{pc}$	홉당 PC(Proxy Care Of Address) 요청/응답 메시지의 전송 비용
$\beta_{m-query}$	MLD membership query 메시지의 전송 비용
$\beta_{m-report}$	MLD membership report 메시지의 전송 비용
$\beta_{pc-mso}$	MSO를 포함한 홉당 PC(Proxy Care Of Address) 요청/응답 메시지의 전송 비용
$\Phi_{MAG-LMA}$	MAG과 LMA 사이의 홉수
$\Phi_{LMA-CN}$	LMA과 CN 사이의 홉수
$\Phi_{LMA-LMA}$	LMA와 LMA 사이의 홉수
$\Phi_{MAG-MAG}$	MAG와 MAG 사이의 홉수
$\delta_{pc}$	LMA에서 PBU 프로세싱 비용
$\delta_{pc-mso}$	LMA에서 MSO를 포함한 PBU 프로세싱 비용

$$TDT_{HO}^{(Base)} = (DT_{L2} + DT_{RS} + DT_{LU} + DT_{MLD} + DT_{FWD} + DT_{LMA}) \quad (1)$$

여기서  $DT_{L2}$ 는 링크 스위칭 시간이며,  $DT_{RS}$ 는 MN가 LMA2의 nMAG에게 RS메시지의 도착 지연, 즉  $DT_{MAG-MN}$ 이다.  $DT_{LU}$ 는 PBU와 PBA 절차인 위치 갱신 지연이므로  $2DT_{LMA-MAG}$ 이다.  $DT_{MLD}$ 는 MN의 멀티캐스트 서비스를 Proxy Membership Database에 등록하는 과정,  $2DT_{MAG-MN} + DT_{LMA-MAG}$ 이 된다.  $DT_{FWD}$ 는 LMA2에서 MN으로 멀티캐스트 통신의 첫 번째 멀티캐스트 패킷의 도착 지연시간이므로  $DT_{LMA-MAG} + DT_{MAG-MN}$ 이 된다.  $DT_{LMA}$ 는 LMA 도메인간의 도착 지연시간, 즉  $nDT_{LMA-LMA}$ 가 된다.

첫 번째 제안된 멀티캐스트 핸드오버 절차의 핸드오버 지연시간을  $TDT_{HO}^{(PRO1)}$ 라고 하자.

$$TDT_{HO}^{(PRO1)} = DT_{L2} + DT_{RS} + \overline{DT_{FWD}} \quad (2)$$

여기서  $\overline{DT_{FWD}}$ 는 nMAG에서 MN으로 버퍼 되어 있던 멀티캐스트 통신의 첫 번째 패킷의 도착 지연시간이다. 이것은  $DT_{MAG-MN}$ 이다.

두 번째 제안된 멀티캐스트 핸드오버 절차의 핸드오버 지연시간을  $TDT_{HO}^{(PRO2)}$ 라고 하자.

$$TDT_{HO}^{(PRO2)} = DT_{L2} + DT_{RS} + \overline{DT_{FWD}} \quad (3)$$

두 번째 제안된 멀티캐스트 핸드오버 절차의 핸드오버 지연시간은 첫 번째 제안된 멀티캐스트 핸드오버 절차의 핸드오버 지연시간과 같다.

#### 4.2 네트워크에서의 전체 오버헤드 모델링

네트워크에서의 전체 오버헤드는 쿼리 메시지, 등록메시지와 패킷 터널링 비용의 합으로 정의할 수 있다 [7].

##### 4.2.1 HMIPv6 네트워크

HMIPv6 네트워크는 호스트기반의 이동성관리 프로토콜이다[8].

1) 쿼리 메시지 : HMIPv6 프로토콜에서 모든 MN과 CN의 수는  $N_m N_c$ 이고, HA에서 모든 쿼리와 응답 메시지의 비용은  $N_c N_m (2\Phi_{hc} \beta_q) \lambda_s$ 이다. 각 HA에서의 Searching 비용은  $N_c N_m (\eta \lambda_s \log N_m / N_h)$ 이다. 그러므로 네트워크에서의 전체 CN으로부터의 쿼리 메시지 비용은

$$\Lambda^{Query} = N_m N_c \lambda_s (2\beta_q \Phi_{hc} + \eta N_h (\log N_m - \log N_h)) \quad (1)$$

이다.

2) 등록 메시지 : LCoA 등록 메시지는  $2\beta_{lc}$ 의 전송 비용,  $\Phi_{mm} - 1$ 개의 유선 홉 그리고 1개의 무선 홉이 있다. 그리고 MAP에서 지역 데이터베이스의 업데이트에 따른 프로세싱 비용이 있다. 그러므로 LCoA 등록 메시지 비용은

$$\Lambda_{LCoA}^{Registration} = N_m \frac{2\beta_q (\Phi_{mm} - 1 + \sigma) + \delta_{lc}}{T_r} \quad (2)$$

이다. RCoA 등록 메시지는 RCoA등록 전송 비용은  $2\beta_q (\Phi_{mm} - 1 + \sigma)$  이고, MAP에서의 프로세싱 비용이 있다. MAP는 HA에게 RCoA등록에 관한 정보를 알려주고 이 전송 비용은  $2\beta_{rc} \Phi_{mh}$  이고, HA에서 프로세싱 비용이 있다. 그러므로 RCoA 등록 메시지 비용은

$$\Lambda_{RCoA}^{Registration} = N_m \frac{2\beta_{rc} (\Phi_{mm} - 1 + \sigma) + \delta_{rc}}{MT_r} + N_m \frac{2\beta_{rc} \Phi_{mh} + \delta_h}{MT_r} \quad (3)$$

이다. 마지막으로 RR 메시지에 대한 비용이 있다. RR메시지는 모든  $MT_r$  시간마다 CN에 의해 MN에서 HA로 전달된다. 따라서, 그러므로 RR 메시지는

$$\Lambda_{RR}^{Registration} = \frac{N_m N_c}{MT_r} 2\beta_{rc} (\Phi_{mh} + \Phi_{mm} + \Phi_{hc} + \Phi_{mc} - 2 + 2\sigma) \quad (4)$$

이다.

3) 패킷 터널링 비용 : CN은 모든 데이터를 MN에게 HA와 MAP를 통해서 전달한다. 데이터 패킷이 HA에게 도달하기 위한 요구 비용은  $\beta_{dp} \Phi_{hc}$ 이고 데이터 패킷 도달 비용과 같이 ACK비용 또한 요구된다. HA는 캡슐화된 데이터 패킷을 받고, 캡슐된 데이터는 MAP에 전달된다. 그 비용은  $(\beta_{dp} + \beta_{da}) \Phi_{mh} + 2\xi$ 이다. MAP는 데이터 패킷을 MH를 대신해 HA로부터 받고, 캡슐화와 캡슐제거를 하며 MH에게 전달한다. 그러므로 각 데이터와 응답 패킷의 비용은  $(\beta_{dp} + \beta_{da}) (\Phi_{mm} - 1 + \sigma) + 4\xi$ 게다가 MAP에서 방문자 리스트 룩업 비용은  $\eta \log_2 \frac{N_m k}{xy}$ 이다. 그리고 IP 라우팅 테이블 룩업 비용은  $\zeta \log_2 k$ 이다. 그러므로 패킷 터널링 비용은



$$\Lambda^{Packet\_T} = N_m N_c \lambda_s \left[ \frac{\alpha}{\kappa} \right] \left( (\chi + 1) ((\beta_{dp} + \beta_{da})(\Phi_{hc} + \Phi_{mh}) + 2\xi) + \frac{N_m k}{xy} + \zeta \log_2 k \right) \quad (5)$$

4) 네트워크에서의 전체 오버헤드 : 네트워크에서의 전체 오버헤드는 쿼리 메시지, 등록메시지와 패킷 터널링 비용의 합으로 정의하므로

$$\Lambda_{Network} = \Lambda^{Query} + \Lambda_{LC}^{Registration} + \Lambda_{RC}^{Registration} + \Lambda_{RR}^{Registration} + \Lambda^{Packet\_T} \quad (6)$$

이다.

#### 4.2.2 PMIPv6 네트워크

1) 쿼리 메시지 : PMIPv6 네트워크의 쿼리 메시지 비용은 HMIPv6 네트워크의 쿼리 메시지 비용과 크게 다르지 않다. 네트워크에서의 전체 CN으로부터의 쿼리 메시지 비용은

$$\Lambda^{Query} = N_m N_c \lambda_s (2\beta_q \Phi_{LMA-CN} + \eta N_{LMA} (\log N_m - \log N_{LMA})) \quad (7)$$

이다.

2) 등록 메시지 : 등록메시지는 HMIPv6 네트워크에서의 등록 메시지와 많은 차이를 보인다. HMIPv6 네트워크의 등록메시지의 경우 3가지 등록 메시지가 있지만 PMIPv6 네트워크의 등록 메시지의 경우는 MAG와 LMA사이의 PBU와 PBA 메시지를 통해서만 일어난다. 그러므로 등록 메시지 비용은

$$\Lambda^{Registration} = N_m \frac{2\beta_{pc}(\Phi_{MAG-LMA} - 1 + \sigma) + \delta_{pc}}{MT_r} \quad (8)$$

이다.

3) 패킷 터널링 비용 : PMIPv6 네트워크에서 패킷 터널링 비용은 HMIPv6 네트워크의 패킷 터널링 비용과 크게 다르지 않다. 패킷 터널링 비용은

$$\Lambda^{Packet\_T} = N_m N_c \lambda_s \left[ \frac{\alpha}{\kappa} \right] \left( (\chi + 1) ((\beta_{dp} + \beta_{da})(\Phi_{cnMAG-cnLMA} + \Phi_{cnLMA-mnLMA}) + 2\xi) + \frac{N_m k}{xy} + \zeta \log_2 k \right) \quad (9)$$

4) 네트워크에서의 전체 오버헤드 : 네트워크에서의 전체 오버헤드는 쿼리 메시지, 등록메시지와 패킷 터널링 비용의 합으로 정의하므로

$$\Lambda_{Network} = \Lambda^{Query} + \Lambda^{Registration} + \Lambda^{Packet\_T} \quad (10)$$

이다.

#### 4.2.3 PMIPv6 멀티캐스트 네트워크

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

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

이다.

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

$$\Lambda^{Registration} = \left( \frac{N_m (2\beta_{pc}(\Phi_{MAG-LMA} - 1 + \sigma) + \delta_{pc})}{MT_r} + N_m \sigma (\beta_{m-Query} + \beta_{m-report}) + N_m \beta_{rreport} \Phi_{MAG-LMA} \right) \quad (12)$$

이다.

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

$$\Lambda^{Packet\_T} = N_m N_c \lambda_s \left[ \frac{\alpha}{\kappa} \right] \left( (\chi + 1) ((\beta_{dp} + \beta_{da})(\Phi_{cnMAG-cnLMA} + \Phi_{cnLMA-mnLMA}) + 2\xi) + \frac{N_m k}{xy} + \zeta \log_2 k \right) \quad (13)$$

4) 네트워크에서의 전체 오버헤드 : 네트워크에서의 전체 오버헤드는 쿼리 메시지, 등록메시지와 패킷 터널링 비용의 합으로 정의하므로

$$\Lambda_{Network} = \Lambda^{Query} + \Lambda^{Registration} + \Lambda^{Packet\_T} \quad (14)$$

#### 4.2.4 MAG 터널링을 통한 LMA간 FPMIPv6 멀티캐스트 네트워크

1) 쿼리 메시지 : 제안된 FPMIPv6(MAG) 네트워크의 쿼리 메시지 비용은 PMIPv6 네트워크의 쿼리 메시지 비용과 크게 다르지 않다. 네트워크에서의 전체 CN으로부터의 쿼리 메시지 비용은

$$\Lambda^{Query} = N_m N_c \lambda_s (2\beta_q \Phi_{LMA-CN} + \eta N_{LMA} (\log N_m - \log N_{LMA})) \quad (15)$$

이다.

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

$$\Lambda^{Registration} = N_m \frac{2\beta_{pc} (\Phi_{MAG-LMA} - 1 + \sigma) + \delta_{pc-mso}}{MT_r} \quad (16)$$

이다.

3) 패킷 터널링 비용 : 제안된 FPMIPv6(MAG) 멀티캐스트 네트워크 터널링 비용은 PMIPv6의 멀티캐스트 네트워크 비용보다 간단하다. MN과 cnMAG간 패킷이 이동되며 이 비용은  $(\beta_{dp} + \beta_{da})\sigma$ 이다. cnMAG와 mnMAG간의 패킷이 전달되며 이 때 캡슐화를 통해 이루어진다. 그 비용은  $(\beta_{dp} + \beta_{da})\Phi_{cnMag-mnMAG} + 2\xi$ 이 된다. 마지막으로 mnMAG와 mnLMA간의 패킷 이동에 따른 비용과 MN과 mnMAG간의 패킷 이동에 따른 비용인  $(\beta_{dp} + \beta_{da})(\Phi_{mnMag-mnLMA} + \sigma) + 2\xi$ 을 모두 합하면 전체 패킷 터널링 비용이 된다. 그러므로 패킷 터널링 비용은

$$\Lambda^{Packet\_T} = N_m N_c \lambda_s \left[ \frac{\alpha}{\kappa} \left( (\chi + 1) ((\beta_{dp} + \beta_{da}) (\sigma + \Phi_{cnMAG-mnMAG}) + 2\xi) + (\beta_{dp} + \beta_{da}) (\Phi_{mnMAG-mnLMA} + \sigma) \right) + 2\xi \right] \quad (17)$$

이다.

4) 네트워크에서의 전체 오버헤드 : 네트워크에서의 전체 오버헤드는 쿼리 메시지, 등록메시지와 패킷 터널링 비용의

합으로 정의하므로

$$\Lambda_{Network} = \Lambda^{Query} + \Lambda^{Registration} + \Lambda^{Packet\_T} \quad (18)$$

#### 4.2.5 LMA 터널링을 통한 LMA간 FPMIPv6 멀티캐스트 네트워크

1) 쿼리 메시지 : 제안된 FPMIPv6(LMA) 네트워크의 쿼리 메시지 비용은 제안된 FPMIPv6(MAG) 네트워크의 쿼리 메시지 비용과 크게 다르지 않다. 네트워크에서의 전체 CN으로부터의 쿼리 메시지 비용은

$$\Lambda^{Query} = N_m N_c \lambda_s (2\beta_q \Phi_{LMA-CN} + \eta N_{LMA} (\log N_m - \log N_{LMA})) \quad (19)$$

이다.

2) 등록 메시지 : 제안된 FPMIPv6(LMA) 네트워크의 등록 메시지 비용은 제안된 FPMIPv6(MAG) 네트워크의 pre-PBU와 pre-PBA 절차가 필요하지 않다. 그러므로 등록 메시지 비용은

$$\Lambda^{Registration} = N_m \frac{(\sigma + \delta_{pc-mso})}{MT_r} \quad (20)$$

이다.

3) 패킷 터널링 비용 : 제안된 FPMIPv6(LMA) 멀티캐스트 네트워크 패킷 터널링 비용은 다음과 같다. MN과 cnMAG간 패킷이 이동된다. 또한 cnMAG와 cnLMA간의 패킷이 이동되며. MN과 cnMAG의 패킷 이동 비용, cnMAG와 cnLMA간의 패킷 이동 비용과 cnLMA와 mnLMA간 패킷 이동 비용을 합하면  $(\beta_{dp} + \beta_{da})(\Phi_{cnMAG-cnLMA} + \sigma) + \Phi_{cnLMA-mnLMA} + 2\xi$ 이다. 또한 mnLMA와 mnMAG간 패킷 이동 비용과 mnMAG와 MN간 패킷 이동 비용을 합하면

$$\Lambda^{Packet\_T} = N_m N_c \lambda_s \left[ \frac{\alpha}{\kappa} \left( (\chi + 1) ((\beta_{dp} + \beta_{da}) (\sigma + \Phi_{cnMAG-cnLMA} + \Phi_{cnLMA-mnLMA}) + 2\xi) + (\beta_{dp} + \beta_{da}) \sigma \right) \right] \quad (21)$$

4) 네트워크에서의 전체 오버헤드 : 도입 부분에서 설명한 바와 같이 네트워크에서의 전체 오버헤드는 쿼리 메시지, 등록메시지와 패킷 터널링 비용의 합으로 정의하므로

$$\Lambda_{Network} = \Lambda^{Query} + \Lambda^{Registration} + \Lambda^{Packet\_T} \quad (22)$$

4.3 분석결과

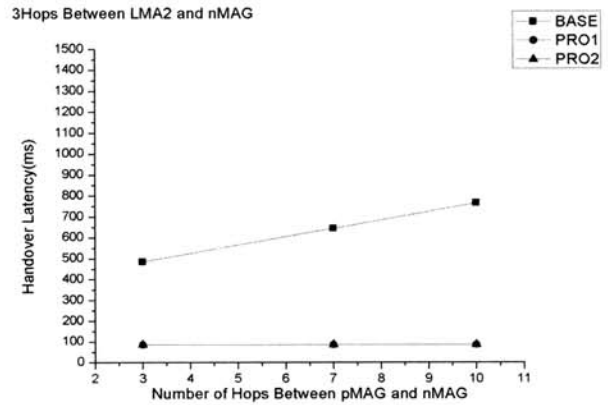
우리는 멀티캐스트 핸드오버 지연시간과 전체 오버헤드를 수학적 모델로 분석하였으며, 이를 2가지 방법으로 성능평가를 하려고 한다. 핸드오버 지연시간은 [6]의 매개변수 값을 참조 하였으며, 전체 오버헤드는 [7]의 매개변수 값을 참조하였고, 이는 <표 2> 와 같다.

<표 2> 성능평가에 사용된 매개변수 값[7]

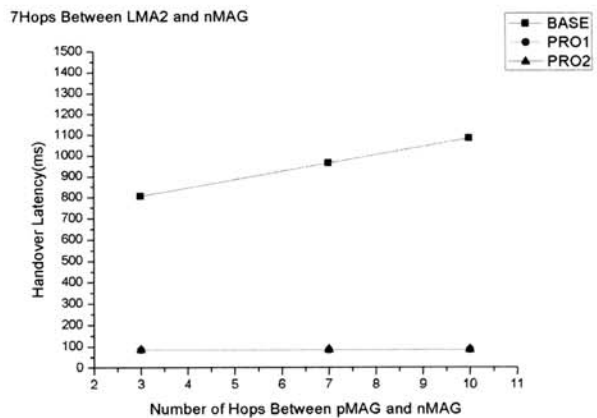
매개변수	값
$N_m$	40000
$N_c$	1
$N_h$	10
$\beta_q$	0.6
$\beta_{dp}$	5.72
$\beta_{da}$	0.60
$\beta_{rr}$	0.6
$\beta_{rc}$	0.6
$\beta_{lc}$	0.6
$\Phi_{hc}$	35
$\Phi_{mm}$	35
$\Phi_{mh}$	35
$\Phi_{mc}$	35
$\sigma$	10
$\eta$	0.3
$T_r$	70
$\lambda_s$	0.01
x, y	51, 34
k	12
m	144.5
$\kappa$	512
$\alpha$	10240
$\delta_{rc}$	5
$\delta_{lc}$	30
$\delta_h$	30
$\chi$	3
$\zeta$	0.3
$\xi$	0.5
$N_{LMA}$	40000
$\beta_{pc}$	0.6
$\beta_{m-query}$	0.6
$\beta_{m-report}$	0.6
$\beta_{pc-mso}$	0.6
$\Phi_{MAG-LMA}$	35
$\Phi_{LMA-CN}$	35
$\Phi_{LMA-LMA}$	35
$\Phi_{MAG-MAG}$	35
$\delta_{pc}$	30
$\delta_{pc-mso}$	30

4.3.1 지연시간 분석

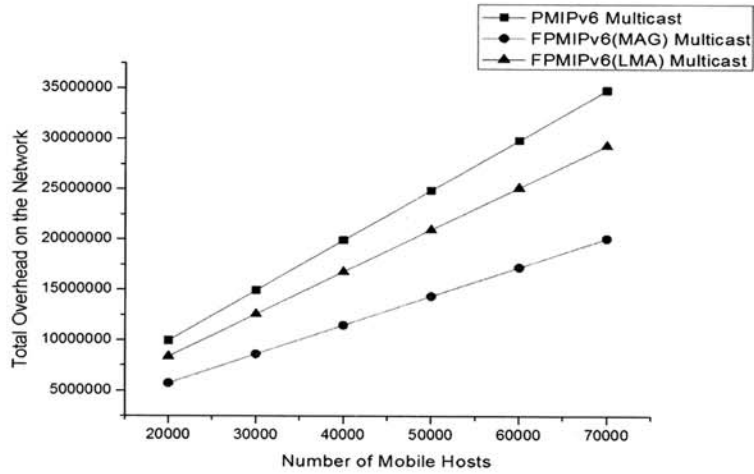
본 절에서는 지연시간에 따른 성능 평가 결과를 제공한다. 수치해석은 다음과 같은 매개변수가 사용 되었다. 유선 연결에서 1개의 홉수에 대한 전송 지연  $T_{tr} = 20ms$ 이고,  $T_{tr} = DT_{MAG-MN}$ ,  $nt_{tr} = DT_{LMA-MAG}$ 이다[1]. 여기서 (그림 8)과 (그림 9)는 LMA도메인간 n홉수에 따른 지연시간의 변화를 나타내었고, (그림 8)과 (그림 9)의 비교는 MN이 도달한 LMA와 MAG간의 홉수를 3과 7로 변화시켜 나타낸 것이다. (그림 8)과 (그림 9)에서 보는 바와 같이 기본 멀티캐스트 절차는 MN이 LMA도메인간을 이동할 때 핸드오버 지연시간은 LMA도메인간의 홉수에 영향을 받는다. 또한 기본 멀티캐스트 절차는 (그림 8)과 (그림 9)를 비교해 보면 MN가 도달한 LMA도메인에서의 LMA와 MAG간의 홉수를 비교한 값이다. 즉 지연시간은 LMA도메인간 홉수, MN이 도달한 LMA도메인에서의 LMA와 MAG간 홉수 2가지에 영향을 받는다. 하지만 제안된 MAG를 이용한 LMA도메인간 FPMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 절차와 LMA를 이용한 LMA도메인간 FPMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 절차는 LMA도메인간의 홉수와 MN이 도달한 LMA도메인에서의 LMA와 MAG간 홉수에 전혀 영향을 받지 않는다.



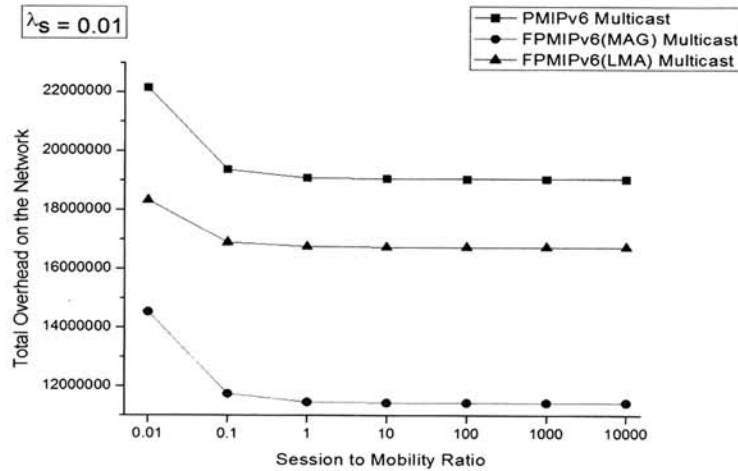
(그림 8) LMA도메인간 n홉수 지연시간



(그림 9) LMA도메인간 n홉수 지연시간



(그림 10) MAG당 MN의 증가에 따른 전체 네트워크의 오버헤드



(그림 11) SMR(Session to Mobility Ratio) 증가에 따른 전체 네트워크의 오버헤드 ( $\lambda_s = 0.01$ )

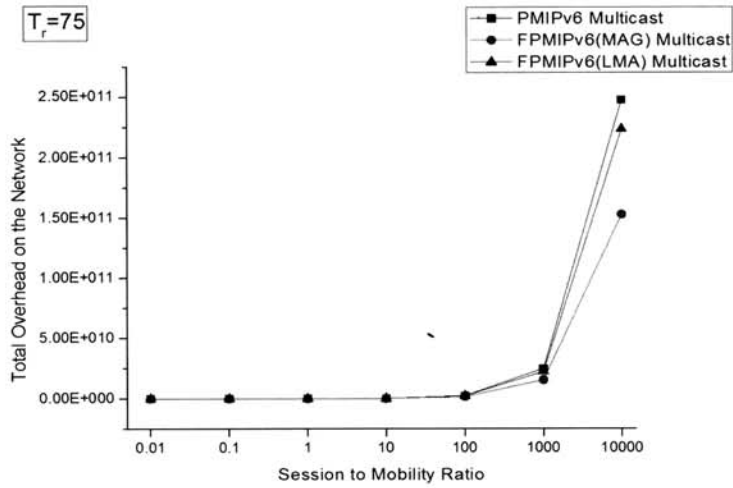
4.3.2 전체 오버헤드 분석

본 절에서는 전체 오버헤드 비용에 따른 성능 평가 결과를 제공한다. 전체 오버헤드 비용은 4.2에서 설명한 것과 같이 쿼리메시지, 등록비용과 패킷 터널링 비용의 합이다. 이후에 적용한 매개 변수의 설명과 값은 [2]를 참고 하였다. HMIPv6와 PMIPv6의 네트워크 오버헤드 비용을 계산하는 수식은 각 멀티캐스트 네트워크 오버헤드 비용을 수학적 모델링을 하기 위한 자료이며 성능평가에선 제외한다.

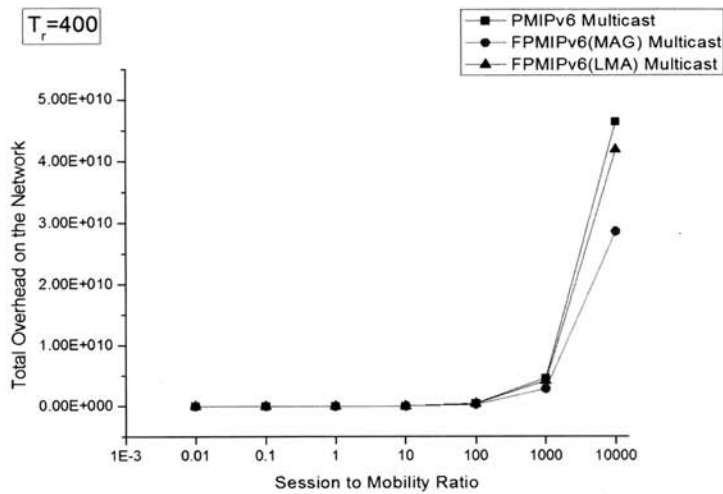
(그림 10)은 MAG당 MN의 증가에 따른 전체 네트워크의 오버헤드이다. PMIPv6 멀티캐스트 핸드오버 절차와 제안된 2개의 멀티캐스트 핸드오버 절차모두 MN의 숫자가 증가함에 따라 전체 네트워크 오버헤드는 선형적으로 증가하였다. 그리고 두 번째 제안된 LMA 터널링을 통한 LMA간 멀티캐스트 네트워크는 IETF에서 제안된 PMIPv6 멀티캐스트 네트워크 경우 보다는 낮았지만 첫 번째 제안된 MAG 터널링을 통한 LMA간 멀티캐스트 네트워크의 전체 오버헤드가 가장 낮은 것을 확인할 수 있다.

(그림 11)은 SMR의 증가에 따른 오버헤드이다. SMR은  $T_r \times \lambda_s$ 로 정의되며, (그림 11)에서는 SMR을 계산하기 위해  $\lambda_s$ 를 0.01로 고정시키고  $T_r$ 을 증가시켰다. SMR이 증가하고 그에 따라 전체 네트워크의 오버헤드는 감소하는 것을 확인할 수 있다. 그리고 두 번째 제안된 LMA 터널링을 통한 LMA간 멀티캐스트 네트워크는 IETF에서 제안된 PMIPv6 멀티캐스트 네트워크 경우 보다는 낮았지만 첫 번째 제안된 MAG 터널링을 통한 LMA간 멀티캐스트 네트워크의 전체 오버헤드가 가장 낮은 것을 확인할 수 있다.

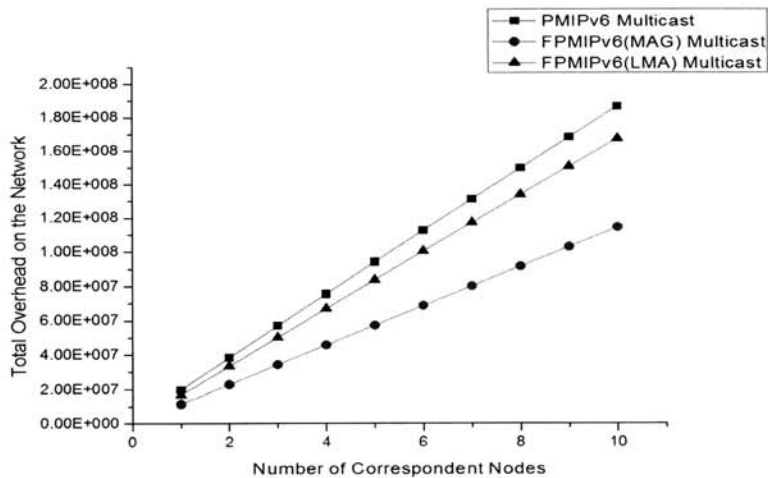
(그림 12)와 (그림 13) 역시 SMR의 증가에 따른 오버헤드이지만, (그림 11)에서와는 다르게  $T_r$ 을 고정시키고  $\lambda_s$ 를 증가시킴에 따라서 나타나는 전체 네트워크의 오버헤드를 나타낸 그림이다.  $T_r$ 를 고정하고  $\lambda_s$ 을 증가시킴으로써 전체 네트워크의 오버헤드는 증가하는 것을 확인할 수 있고, 또한  $T_r$  고정값이 커지만 전체 네트워크의 오버헤드가 훨씬 더 증가하는 것을 확인할 수 있다.



(그림 12) SMR(Session to Mobility Ratio) 증가에 따른 전체 네트워크의 오버헤드 ( $T_r = 75$ )



(그림 13) SMR(Session to Mobility Ratio) 증가에 따른 전체 네트워크의 오버헤드 ( $T_r = 400$ )



(그림 14) CN 증가에 따른 전체 네트워크의 오버헤드

(그림 14)은 CN의 증가에 따른 오버헤드이다. CN이 증가함에 따라 전체 네트워크의 오버헤드는 선형적으로 증가하였다. 그리고 두 번째 제안된 LMA 터널링을 통한 LMA 간 멀티캐스트 네트워크는 IETF에서 제안된 PMIPv6 멀티캐스트 네트워크 경우 보다는 낮았지만 첫 번째 제안된 MAG 터널링을 통한 LMA간 멀티캐스트 네트워크의 전체 오버헤드가 가장 낮은 것을 확인할 수 있다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 멀티캐스트 네트워크 핸드오버 절차에 따른 지연 시간과 각 전체 네트워크의 오버헤드를 수학적 모델링을 하였으며, 이를 바탕으로 성능평가가 이루어졌다. 성능평가의 그래프에서 보여지는 것처럼 제안된 2개의 멀티캐스트 네트워크가 IETF에서 제안된 PMIPv6 멀티캐스트 네트워크보다 지연 시간 및 오버헤드가 현저하게 낮음을 확인할 수 있으며 제안된 2개의 멀티캐스트 네트워크 중 MAG 터널링을 통한 LMA간 멀티캐스트 네트워크가 더 효율적인 것을 확인할 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] I. Romdhani, and M. Kellil, H.-Y. Lach, "IP Mobile Multicast: Challenges and Solutions," IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol.6, No.1, pp.18 - 41, December, 2004.

[2] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, and B. Patil, "Proxy Mobile IPv6," IETF RFC 5213, August, 2008.

[3] 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.

[4] IETF MultiMob working group, <https://datatracker.ietf.org/wg/multimob/charter/>, Accessed May, 2010.

[5] H. Yokota, K. Chowdhury, R. Koodli, B. Patil, and F. Xia, "FastHandovers for Proxy Mobile IPv6," IETF RFC 5949, September, 2010.

[6] Jong-Hyouk 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.

[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] H. Soliman, C. Castelluccia, K. E. Malki, and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 mobility management (HMIPv6)," IETF RFC 5380, October, 2008.



### 유 세 원

e-mail : mase80@naver.com  
 2012년 성균관대학교 컴퓨터공학과  
 관심분야: 모바일컴퓨팅, Proxy Mobile IPv6, 스마트기기 보안, 네트워크 보안 등



### 정 종 필

e-mail : jpjeong@skku.edu  
 1997년 성균관대학교(공학사)  
 2003년 성균관대학교 정보통신공학부 (공학석사)  
 2008년 성균관대학교 정보통신공학부 (공학박사)  
 관심분야: 모바일컴퓨팅, 센서 이동성, 차량 모바일 네트워크, 스마트기기 보안, 네트워크 보안, IT융합, 인터랙션 사이언스 등