DBpia

Proxy Mobile IPv6 네트워크에서 패킷 유실을 방지하는 끊김 없는 멀티캐스트 기법

준회원 김 종 민*, 종신회원 김 화 성*

A Seamless Multicast Scheme to Prevent Packet Loss in Proxy Mobile IPv6 Networks

Jong Min Kim* *Associate Member*, Hwa-sung Kim* *Lifelong Member*

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 PMIPv6 네트워크에서의 멀티캐스트는 근본적인 바인딩 절차와 그룹 가입 절차 동안의 패킷 유실을 해결하지 못해 서비스의 단절을 야기한다. 따라서 본 논문에서는 PMIPv6 네트워크에서 패킷 유실을 방지하는 멀티캐스트 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 바인딩 절차와 그룹 가입 절차를 동시에 수행하여 기존 기법의 지연시간을 상쇄하였고, 버퍼링 기능을 수행하여 패킷 유실을 방지하였다. 이와 같은 결과는 시뮬레이션을 통하여 증명하였다.

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

ABSTRACT

Recently, Proxy Mobile IPv6(PMIPv6) networks have been studied as the mobility management protocol to effectively use limited wireless resources. And the multicasting, which is core technology of the Internet broadcast system such as mobile IPTV, has been discussed mainly based on PMIPv6 network. However, multicasting based on PMIPv6 network causes disconnection of services because it does not solve problems of packet loss during binding and group joining procedure. Hence, we propose a seamless multicast scheme which prevents packet loss in PMIPv6 networks. The proposed scheme achieves lower latency than the existing scheme because it combines binding and group joining procedure, also it does not cause about packet losses due to performing buffering. We proved the performance using the simulations.

Ⅰ. 서 론

기존의 1:1 통신에 사용되는 유니캐스트(Unicast) 통신은 가장 기본적인 통신의 형태로써 많은 연구가 진행되고, 다양한 기술적인 형태로 보급되어 IP 통신의 근간을 이루었다. 하지만 유니캐스트 전송 방식은 근본적으로 1:1 통신이기 때문에 인터넷 방송 같은 다수의 수신자에게 데이터를 전달해야 하는 형태의 서비스에는 적합하지 못하였다. 따라서 이와 같은 형태의 서비스를 원활하게 제공해주는 멀티캐스트(Multicast) 기술이 제안되었다. 멀티캐스트 기술은 하나의 소스(Source)로부터 다수의 수신자에게 동일한 데이터를 보낼 시에, 데이터를 수신자의 수만큼 전송하는 유니캐스트 전송방식과 달리 해당 소스의 데이

* 광운대학교 전자통신공학과 네트워크 컴퓨팅 & 이동 네트워크 연구실({sazemic, hwkim}@kw.ac.kr)
논문번호 : KICS2010-10-512, 접수일자 : 2010년 10월 28일, 최종논문접수일자 : 2010년 12월 10일

www.dbpia.co.kr

터를 수신하는 수신자를 그룹으로 명시해줌으로써 소스는 그 그룹으로 단일 전송만을 행하면 되는 기술이다. 따라서 단일 데이터에 여러 수신자가 존재하는 경우 복수개의 데이터를 전달해야 하는 유니캐스트와 비교하여 대역폭과 지연시간 관점에서 패킷 전달의 효율을 높이는 장점을 지녔다. 이와 같은 멀티캐스트 기술은 폭넓은 응용으로 인해 많은 발전을 거듭하였고, 많은 발전으로 말미암아 차세대 멀티미디어 서비스로 각광받는 IPTV와 같은 응용 서비스들이 개발되고 상용화되는 발판을 마련하게 되었다.

현재 멀티캐스트 기술은 고정된 서비스 환경에서 주로 사용되고 있다. 하지만 최근 스마트폰, PDA 등 휴대단말의 고성능화로 서비스의 이동성이 부각되고, 점차 많은 응용 서비스들이 이동환경을 요구하게 되어 멀티캐스트 기술 또한 이동환경에서 원활한 서비스를 제공해야 하는 문제가 생겨났다. 이러한 문제점을 해결하고자 이동환경에서 멀티캐스트를 지원하는 Mobile Multicast Protocol(MoM)[1] 등의 모바일 멀티캐스트 기법들이 제안되었다. 이와 같은 기법들은 IP의 이동성을 제공해주는 Mobile IPv6(MIPv6)[2]를 기반으로 연구가 진행되었다. MIPv6는 IP 서비스를 제공받는 이동 단말(Mobile Node, MN)을 위한 가장 보편적인 이동성 제공 프로토콜로써 수년에 걸쳐 많은 연구의 토대를 마련해주었다. 하지만 MIPv6는 이동 단말의 이동성을 제공함에 있어 많은 시그널링(Signaling)을 필요로 하여 한정된 링크 자원에 많은 부하를 안겨주는 단점을 지니고 있었을 뿐만 아니라, 실제 단말에 MIPv6 동작을 수행하는 기능을 삽입하는데 따르는 비용과 많은 시그널링으로 인한 배터리 문제 등을 지녀, 수년에 걸친 연구에도 불구하고 실제 네트워크 시장에 빠르게 적용될 수 없었다. 이러한 MIPv6의 단점을 보완하기 위해 많은 연구가 진행되었으며, 가장 최근 MIPv6를 대체하는 이동성 프로토콜로써 Proxy Mobile IP(PMIPv6)[3]가 각광을 받게 되었다.

PMIPv6는 MIPv6와 같이 이동성을 제공하는 프로토콜로써 2008년 8월 IETF(Internet Engineering Task Force) 산하 NETLMM(Network-based Localized Mobility Management) WG(Working Group)에서 제정되었다. 이 PMIPv6는 MIPv6가 지녔던 단점을 보완하기 위해 이동 단말의 이동성 지원에 필요한 시그널링을 네트워크가 알아서 처리하고 이를 통해 단말에 복잡한 시그널링 기능을 삽입하지 않아도 이동성을 제공받게 하였다. 이러한 PMIPv6의 등장으로 MIPv6를 기반으로 연구가 진행되던 멀티캐스트의 이동성 지원 방안들 또한 PMIPv6를 기반으로 논의되기 시작하였다. 하지만 PMIPv6 네트워크에서의 멀티캐스트 지원 연구는 이동성 제공 프로토콜이 근본적으로 지니는 바인딩(Binding) 절차와 그룹 가입 절차 수행으로 인한 수신 지연 문제를 지니고 있었다. 바인딩 절차와 그룹 가입 절차로 인한 수신 지연은 서비스의 끊김 현상으로 나타나게 서비스의 전체적인 성능 저하로 이어지게 된다. 따라서 이와 같은 문제점을 개선하는 끊김 없는 서비스를 지원하는 멀티캐스트에 대한 연구가 진행되어야 하며 본 논문에서 이러한 연구를 진행하였다.

본 논문에서 제안하는 기법은 이동 단말의 이동에서 발생하는 패킷 유실을 방지하여 끊김 없는 서비스를 지원하는 멀티캐스트 기법이다. 제안 기법은 단말의 핸드오버 시에 바인딩 절차와 그룹 가입 절차를 미리 진행하며, 액세스 라우터(Access Router)가 버퍼링(Buffering)을 수행하여 링크에서 떨어져 있는 시간 동안의 데이터 손실을 방지하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 관련 연구로써, PMIPv6와 PMIPv6 네트워크에서의 기존 멀티캐스트 기법들에 대해 설명한다. 3장에서는 제안하는 패킷 유실을 방지하는 끊김 없는 멀티캐스트 기법에 대해서 설명하며, 이어서 4장에서는 본 논문에서 제안한 기법에 대한 성능 측정 결과를 설명하고 5장에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. 관련 연구

2.1 Proxy Mobile IPv6

PMIPv6는 네트워크가 MN의 이동성 관리를 도맡아 해준다. MN이 접속하게 되는 네트워크 측의 액세스 라우터가 이동성 관리를 제공하는 것이며, PMIPv6에서는 이러한 MN의 이동성 관리를 제공하는 라우터로써 MAG(Mobile Access Gateway)와 LMA(Local Mobility Anchor)를 정의하였다[3]. MAG는 전통적인 액세스 라우터의 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.

MN이 한 MAG에서 다른 MAG로 이동하면 MAG

www.dbpia.co.kr

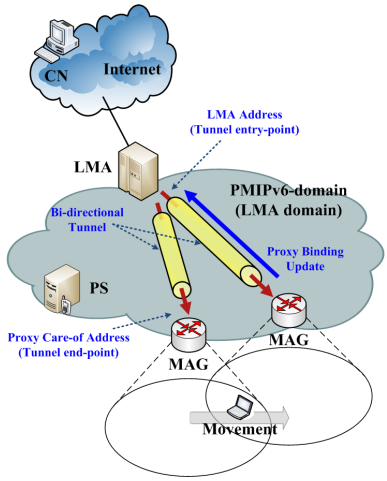

그림 1. PMIPv6 시스템 구성도

는 MN의 2계층 핸드오버 트리거(Trigger)를 이용하여 MN이 접속했음을 감지하고 MN의 정보를 획득하기 위해 PS(Policy Store)에 접근한다. PS에서 MN의 프로파일(Profile)을 획득한 MAG는 갱신된 MN의 위치 등록을 위하여 MN의 프로파일을 기반으로 LMA에게 스스로 바인딩 업데이트(Binding Update)를 수행한다. MAG의 PBU(Proxy Binding Update) 메시지를 수신한 LMA는 자신의 BCE(Binding Cache Entry)를 확인하고 만약 BCE에 MN의 바인딩 정보가 없다면 엔트리에 바인딩 정보를 생성한 후 PBA(Proxy Binding Acknowledgment) 메시지로 MAG에게 응답한다. BCE 탐색 과정에서 기존의 바인딩 정보가 존재한다면 현재 바인딩 정보를 업데이트한 후 PBA 메시지를 전송한다. 바인딩 과정이 종료되고 나면 LMA와 MAG는 양방향 터널(Bi-Directional Tunnel)을 설정한다. 이후부터 MN으로 향하는 데이터는 이 양방향 터널을 통해 MAG에게 전달되고 MAG가 MN에게 데이터를 전송함으로써 MN은 MAG를 통하여 서비스를 받게 된다.

2.2 PMIPv6에서의 기본적인 멀티캐스트 기법

2.1절에서 살펴본 PMIPv6는 통신의 가장 기본적인 전송 방식인 유니캐스트 전송을 기반으로 제안된 프로토콜이다. 따라서 동일 데이터에 다수 수신자가 존재하는 형태의 전송에서 큰 장점을 지니는 멀티캐스트 전송 방식 또한 PMIPv6 네트워크에서 고려가 되어야 한다. 이러한 고려사항을 기반으로 IETF의 MULTIMOB(Multicast Mobility) WG이 창설되었으며 PMIPv6 네트워크에서 멀티캐스트를 지원하는 방안에 대해 많은 논의가 진행되었다.

PMIPv6 네트워크에서의 멀티캐스트 제공은 MN의 그룹 가입 절차를 MAG와 LMA가 처리함으로써 가능해진다. 즉 MAG와 LMA가 멀티캐스트 트리(Multicast Tree)에 가입하여 MN으로 향하는 멀티캐스트 데이터를 전달해주는 역할을 수행함으로써 MN이 서비스를 제공받게 되는 것이다. 그림 2는 PMIPv6 네트워크에서 기본적인 멀티캐스트 기법[4]을 보여준다.

PMIPv6 네트워크에서의 기본적인 멀티캐스트는 2.1절에서 살펴본 이동 관련 시그널링 절차 이후에 추가적인 MLD(Multicast Listener Discovery)[5] 메시지 교환에 의해 개시된다. 최초 MN이 PMIPv6 네트워크에 접속했을 경우 MN의 바인딩을 위해 MAG와 LMA가 PBU 메시지와 PBA 메시지를 교환하고 터널을 설정한다. 이후 MN의 이동을 지속적으로 감시하기 위하여 MAG는 주기적으로 RA(Router Advertisement) 메시지를 보낸다.

바인딩 과정이 완료되고 난 후 멀티캐스트 패킷 전달을 제공받기 위해서 MN은 멀티캐스트 그룹 가입을 요청하는 MLD Report 메시지를 MAG에게 전송한다. MLD Report 메시지를 수신한 MAG는 MLD Report 메시지를 LMA에게 전달하여 LMA로 하여금 멀티캐스트 트리에 가입하기를 요청한다. LMA는 멀티캐스트 트리의 RP(Rendezvous Point)에 그룹 가입 메시지를 전달하여 MN을 위한 멀티캐스트 트리에 가입하게 된다. 트리 가입이 완성되면 멀티캐스트 트리는 LMA로 이어지고 MAG가 멀티캐스트 패킷을 전달받아 MN에게 멀티캐스트 서비스를 제공하게 된다. 이와 같은 MLD 메시지 교환 과정을 거치고 나서 MN은 멀티캐스트 서비스를 제공받을 수 있게 된다.

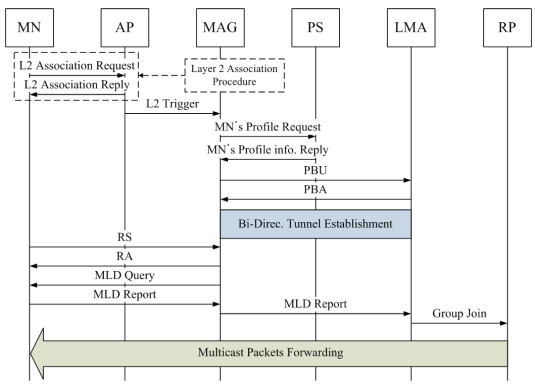

그림 2. PMIPv6에서 기본적인 멀티캐스트 기법

2.3 PMIPv6에서의 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법

2.2절에서 살펴본 PMIPv6에서의 기본적인 멀티캐

www.dbpia.co.kr

스트 기법은 바인딩 과정 완료 이후에 그룹 가입을 위한 MLD 메시지를 교환하므로 MN이 다른 MAG로 이동하게 되면, 이전 MAG(Previous MAG, p-MAG)에 접속했던 절차와 동일한 바인딩 과정 후 MLD 메시지 교환이 진행되어 멀티캐스트 서비스를 지속 받는데 큰 지연이 발생하게 된다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 MULTIMOB WG에서는 성능을 저하시키는 멀티캐스트 핸드오버 지연 해소를 위해 PMIPv6에서의 고속 멀티캐스트 핸드오버 방안을 제안하였다[6]. 제안 기법은 Fast Handover for Mobile IPv6(FMIPv6)[7] 프로토콜을 멀티캐스트에 적용하여 바인딩 후에 일어나는 그룹 가입 지연 문제를 개선하였다.

MULTIMOB WG이 제안한 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법은 다음과 같다. MN이 핸드오버가 일어날 것임을 감지하면 현재 접속 중인 p-MAG에게 자신의 핸드오버를 알린다. MN의 핸드오버를 알게된 p-MAG는 MN이 새롭게 이동하게 될 것으로 예상 가능한 새로운 MAG(New MAG, n-MAG)에게 HI(Handover Initiate) 메시지를 보낸다. 이 때 HI 메시지에는 MN의 ID와 MN의 멀티캐스트 상태 등이 포함된다. HI 메시지를 수신한 n-MAG는 p-MAG에게 Hack(Handover Acknowledgement) 메시지를 보내 MN의 멀티캐스트 패킷을 받을 준비가 되었음을 알린다. p-MAG가 Hack 메시지를 수신하면 p-MAG와 n-MAG 상호간의 양방향 터널을 설정한다. 이 양방향 터널은 MN으로 향하는 멀티캐스트 패킷을 p-MAG가 n-MAG에게 전달해주는데 사용된다. 양방향 터널 설정이 완료되고 나면 n-MAG는 지금부터 멀티캐스트 패킷을 보내라는 의미의 HI 메시지를 p-MAG에게 전송한다. n-MAG로부터 HI 메시지를 수신한 p-MAG는 n-MAG에게 이에 대한 응답으로 Hack 메시지를 전송하고 바로 MN으로 향하는 멀티캐스트 패킷을 터널을 통해 n-MAG에게 전송한다.

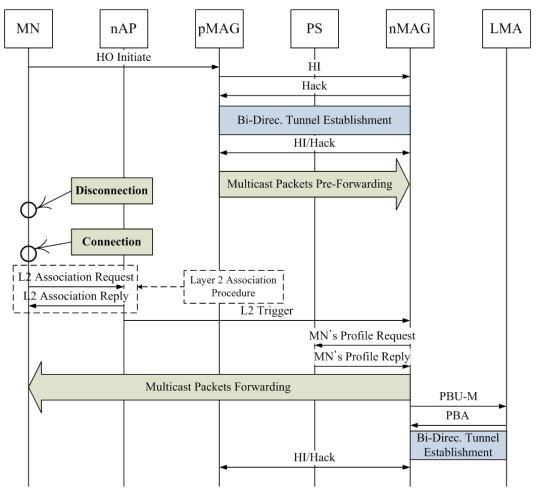

그림 3. PMIPv6에서 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법

MN으로 향하는 멀티캐스트 패킷이 n-MAG로 전송되고 있을 때 MN은 n-MAG의 영역에 접근하여 n-MAG 영역의 AP(Access Point)와 2계층 핸드오버 과정을 시작한다. n-MAG 영역의 AP와 2계층 핸드오버 절차가 완료되고 나면 AP가 n-MAG에게 2계층 핸드오버 트리거를 한다. AP로부터 2계층 트리거를 받은 n-MAG는 PS에 접근하여 MN의 프로파일을 획득하고, 이미 p-MAG로부터 MN의 멀티캐스트 패킷을 전달받고 있었기 때문에 바로 전달받던 멀티캐스트 패킷을 MN에게 전송한다. 그리고 나서 LMA에게 바인딩 요청을 하는 PBU 메시지를 보내는데, 이 때 보내지는 PBU 메시지는 일반적인 PMIPv6에서 정의하고 있는 PBU 메시지에 멀티캐스트 상태 전달을 확장한 PBU-M 메시지를 사용한다. 이 PBU-M 메시지는 본 기법에서 새롭게 정의하고 있는 메시지로써 기본적인 PBU 메시지에 멀티캐스트 상태 정보 옵션을 추가하여 구현한다.

PBU-M 메시지를 전송 받은 LMA는 MN의 바인딩 처리를 진행하고 만일 그룹 재가입이 필요하다면 옵션에 명시된 MN의 멀티캐스트 정보를 이용하여 그룹에 가입하는 절차를 진행한다. 하지만 이미 해당 그룹에 가입되어 있으므로 그룹 가입은 일어나지 않는다. 바인딩 처리와 만일에 필요하다면 그룹 가입 과정까지 처리하고 나서 LMA는 PBA 메시지를 n-MAG에게 전송하고, PBA 메시지 전송이 완료되고 나서 n-MAG와 LMA는 양방향 터널을 설정한다. 양방향 터널 설정을 마치면 n-MAG는 새로운 경로로 멀티캐스트 패킷을 전달받기 위해 p-MAG에게 HI 메시지를 전송하여 새로운 경로 설정이 완료되었음을 알린다. 마지막으로 HI 메시지를 전송받은 p-MAG가 Hack 메시지로 응답함으로써 MN은 멀티캐스트 패킷을 새로운 경로를 통해 전송 받게 된다.

Ⅲ. PMIPv6 네트워크에서 패킷 유실을 방지하는 끊김 없는 멀티캐스트 기법

3.1 끊김 없는 서비스를 위한 고려사항

제안 기법에 대한 설명에 앞서 본 절에서는 기존의 멀티캐스트 기법들이 갖는 끊김 없는 서비스를 위한 문제점에 대해서 살펴보고 이를 해결하기 위해서 필

www.dbpia.co.kr

요한 고려사항에 대해 논의한다.

2.2절에서 살펴본 PMIPv6 네트워크에서의 기본적인 멀티캐스트 기법은 MN이 새로운 MAG로 이동한 경우에 우선적으로 바인딩 절차를 마치고 멀티캐스트 서비스 요청을 위한 MLD 메시지 교환이 일어난다. MN은 이 MLD 메시지 교환 절차가 완료되는 시점부터 멀티캐스트 서비스를 지속 받을 수 있다. 따라서 MN은 이들 바인딩 및 MLD 메시지 교환 절차 수행 동안 멀티캐스트 패킷을 전달받지 못하여 이 시간 동안의 패킷은 유실된다. 패킷 유실 구간을 좀 더 명확하게 살펴보기 위하여 다음 그림 4와 같이 기본적인 멀티캐스트 기법의 시그널링 절차를 지연시간 축으로 재구성한다.

그림 4에서 기존 멀티캐스트 기법이 다시 멀티캐스트 패킷을 전송받는데 걸리는 시간 *TLatency*는 2계층 핸드오버 과정에 걸리는 시간 *TL2*와 MAG가 PS에게 MN의 프로파일을 요청하고 전달받은 프로파일을 기반으로 LMA와 바인딩을 수립하는데 걸리는 시간 *TBinding*, MN의 멀티캐스트 서비스 요청을 위한 MLD 메시지 교환에 걸리는 시간 *TMLD*, MN에게 멀티캐스트 패킷을 다시 전송하는데 걸리는 시간 *TForwarding*으로 구성되어 있음을 알 수 있다. 즉, *TLatency*는 각 지연시간의 총합이 되고, 이 *TLatency* 시간 동안에 MN에게 전송되는 멀티캐스트 패킷은 전부 손실이 발생한다. 뿐만 아니라 *TLatency*가 모든 지연시간의 총합이기 때문에 특정한 상황에 따라 일부 지연시간이 커지게 된다면 결과적으로 패킷 유실 또한 커져 MN이 제공받는 서비스가 더 오래 끊기게 되는 상황이 발생하게 된다. 이러한 문제점은 멀티캐스트가 활용될 수 있는 실시간 서비스의 성능 저하에 큰 영향을 주게 되며, 사용자는 핸드오버가 일어나는 구간에서 주기적으로 이러한 끊김 현상을 겪게 되어 서비스에 큰 반감을 가지는 현상까지 발생할 수 있다.

다음으로 2.3절에서 살펴본 PMIPv6 네트워크에서의 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법의 문제점을 살펴보도록 한다.

그림 5는 앞서 살펴본 그림 4의 기본적인 멀티캐스트 기법 지연시간과 동일한 지연시간 축으로 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법의 시그널링 절차를 재구성한 것이다. 2.3절에서 기술한 바와 같이 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법은 기본적인 멀티캐스트 기법이 갖는 바인딩 과정 및 MLD 메시지 교환 과정에 소모되는 지연시간을 줄이고자 제안되었다. 따라서 그림 5와 같이 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법의 지연시간 *TLatency*는 기본적인 멀티캐스트 기법의 지연시간 *TLatency* 보다 더 적은 지연시간을 갖는다.

고속 멀티캐스트 핸드오버 기법의 지연시간 *TLatency*는 *TL2+TBinding+TForwarding*으로 나타난다. 기본적인 멀티캐스트 기법의 *TLatency*와 비교하여 *TMLD* 시간만을 줄인 것으로 볼 수 있으나, 본 기법은 p-MAG가 n-MAG의 마지막 HI 메시지가 있기 전까지 멀티캐스트 패킷을 수신하며 n-MAG에게 양방향 터널을 통해 전달하는 방식으로 동작하기 때문에 실제로 MN은 *TBinding* 완료 이후에 멀티캐스트 패킷을 전송 받게 된다. 따라서 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법의 실질적인 지연시간 *TLatency*는 *TL2+TBinding* 으로 나타낼 수 있다. 하지만 여전히 2계층 핸드오버로 인한 *TL2* 시간과 MAG가 PS에게 MN의 프로파일을 요청하여 정보를 획득한 후, p-MAG로부터 전달받는 멀티캐스트 패킷을 MN에게 전송하는데 까지 걸리는 시간 *TBinding* 동안의 멀티캐스트 패킷은 손실이 발생한다. 뿐만 아니라 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법은 n-MAG가 중복 패킷을 전달받는 문제 또한 발생한다.

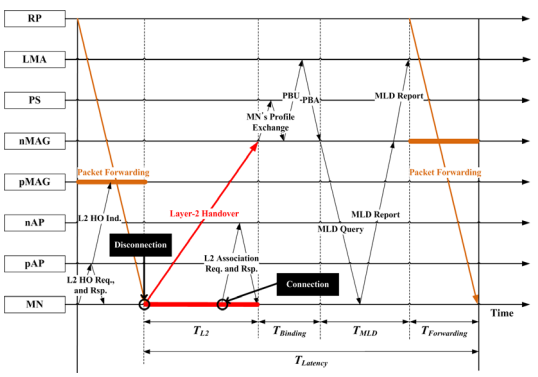

그림 4. 기본적인 멀티캐스트 기법의 지연시간

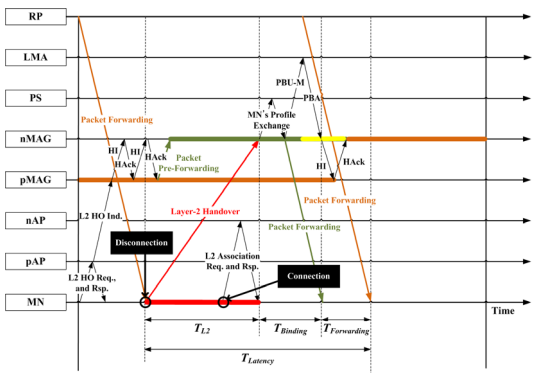

그림 5. 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법의 지연시간

www.dbpia.co.kr

그림 5에서 p-MAG의 시간축은 n-MAG와의 세 번째 HI 메시지 전송까지 두껍게 표시되어 있는 것을 볼 수 있는데 이는 p-MAG가 세 번째 HI 메시지를 수신할 때까지 LMA로부터 멀티캐스트 패킷을 전달받는 것을 의미한다. 즉, 세 번째 Hack 메시지 전송 전까지는 LMA가 멀티캐스트 패킷을 p-MAG에게 전송하는 것이다. 한편, n-MAG는 두 번째 Hack 메시지 전송 시점 이후 p-MAG로부터 MN으로 향하는 멀티캐스트 패킷을 수신한다. p-MAG로부터의 멀티캐스트 패킷 전송은 n-MAG가 세 번째 HI 메시지를 보내는 시점까지 계속된다. n-MAG가 만일 세 번째 HI 메시지 전송 이후 LMA로부터 멀티캐스트 패킷을 전송받는다면 중복된 패킷 수신에 대한 문제가 발생하지 않는다. 하지만 n-MAG가 LMA에게 PBU-M 메시지를 보냄으로써 MN의 바인딩과 멀티캐스트 패킷 전달 요청이 이루어지기 때문에 LMA는 PBU-M 메시지 수신 이후부터 멀티캐스트 패킷을 n-MAG에게도 전송하게 된다. 절차상 세 번째 HI 메시지는 n-MAG가 LMA로부터 PBA 메시지를 수신한 이후에 전송된다. 따라서 LMA는 PBU-M 메시지를 수신하면 멀티캐스트 패킷을 n-MAG 뿐만 아니라 지속적으로 p-MAG에게도 전달하고, p-MAG는 LMA로부터 전송되는 멀티캐스트 패킷을 그대로 n-MAG에게 전달하므로 PBU-M 메시지 전송 시점부터 세 번째 HI 메시지 전송 시점까지의 멀티캐스트 패킷은 n-MAG가 양쪽에서 중복 전송 받게 된다. 이러한 상황이 필연적으로 발생하는 경우에, 만일 n-MAG와 LMA 사이의 바인딩 처리 지연이 길어지게 된다면 중복 패킷이 지연시간만큼 발생하게 되는 문제를 피할 수 없게 된다.

앞서 논의한 끊김 없는 서비스를 위한 기존의 두 기법들이 갖는 문제점을 다시 정리하면 다음과 같다.

- 기본적인 멀티캐스트 기법: 끊김 현상을 통한 패킷 손실이 서비스에 심각한 영향을 미칠 정도로 매우 크지만 패킷 손실 외 중복 패킷 현상이 발생하지 않는다.
- 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법: 기본적인 멀티캐스트 기법과 비교하여 끊김 현상을 통한 패킷 손실 정도가 미약하나 완벽하게 손실을 방지하지는 않는다. 또한, p-MAG로부터의 멀티캐스트 패킷 전달로 인해 중복 패킷이 발생한다.

따라서 기존 기법들이 갖는 끊김 없는 멀티캐스트 서비스를 위한 문제점을 고려하여 본 논문에서는 패킷 손실을 완벽하게 방지하며, 중복 패킷 현상이 발생하지 않는 기법을 제안한다.

3.2 제안하는 패킷 유실을 방지하는 끊김 없는 멀티캐스트 기법

본 논문에서 제안하는 패킷 유실을 방지하는 끊김 없는 멀티캐스트 기법은 2.4절의 고려사항을 바탕으로 수정하여 MN이 MAG사이를 이동할 때 데이터의 끊김 현상과 중복 패킷이 발생하지 않는다. 본 논문에서 제안하는 기법은 그림 6과 같다.

3.2.1 제안 기법의 최초 접속

MN이 최초에 PMIPv6 네트워크에 접속했을 때 행해지는 일련의 절차는 PMIPv6 프로토콜에서 정의하고 있는 절차와 동일하다. 따라서 기존과 마찬가지로 MAG는 2계층 트리거로 인해 MN의 접속을 감지하고 PS에 접근하여 MN의 정보를 획득한다. 획득된 정보를 바탕으로 MAG는 LMA와 바인딩 과정을 수행하여 이를 바탕으로 MN의 위치 등록 과정이 완료된다.

위치 등록 과정 완료 이후, 현재 MN의 접속이 최초 접속이기 때문에 MAG는 MN이 멀티캐스트 서비스를 요구하는지 확인하기 위하여 MLD Query 메시지를 MN에게 전송한다. 앞선 언급과 같이 MN은 최초로 PMIPv6 네트워크에 접속하였으므로 멀티캐스트 서비스 수신을 원하며, 따라서 멀티캐스트 그룹 가입을 요청하는 MLD Report 메시지를 MAG에게 전송한다. MAG는 전달받은 MLD Report 메시지를 LMA에게 전송하여 LMA로 하여금 그룹 가입을 수행하도록 한다. MAG로부터 MLD Report 메시지를 전달받은 LMA는 멀티캐스트 소스로 이어지는 RP에 그룹 가입을 요청하여 MN을 위한 멀티캐스트 패킷 수신을

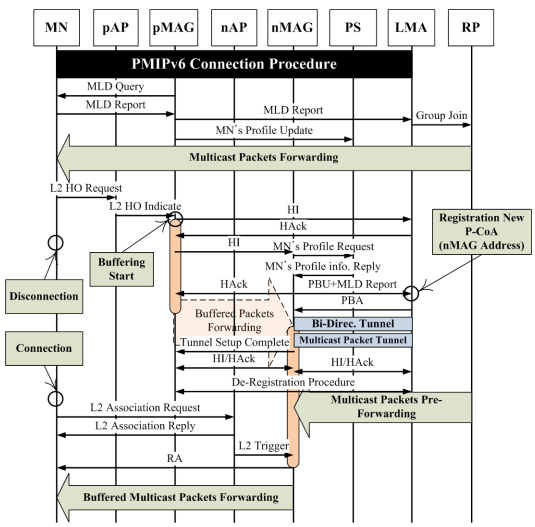

그림 6. 제안하는 패킷 유실을 방지하는 끊김 없는 멀티캐스트 기법

www.dbpia.co.kr

준비한다. 그룹 가입이 완료되면 소스로부터 MN으로 전송되는 멀티캐스트 패킷은 RP와 LMA를 경유하여 MAG에게 전달된다. 따라서 MN은 MAG를 통하여 멀티캐스트 서비스를 제공 받는다. MN을 위한 모든 시그널링을 마친 MAG는 PS에 MN의 정보를 업데이트하고 향후 MN의 정보가 업데이트 될 때마다 주기적으로 PS에 MN의 정보를 갱신한다.

현재 MAG를 통해 멀티캐스트 서비스를 제공 받던 MN은 지속적으로 이동함을 가정하고 있으므로 특정 순간이 되면 자신의 핸드오버를 감지하게 된다. 핸드오버를 감지한 MN은 자신의 핸드오버를 알리기 위해 현재 서비스 중인 AP(p-AP)에게 2계층 핸드오버를 요청하는 메시지를 보낸다. 이때 보내는 메시지는 일반적으로 MN이 2계층 핸드오버에 사용하는 메시지이다. 2계층 핸드오버에 관련된 메시지의 유형은 여러 프로토콜에 따라 다르지만 그 목적은 유사하므로 본 논문에서는 단지 2계층 핸드오버 요청(Layer-2 Handover Request, L2 HO Request)과 핸드오버 알림(Layer-2 Handover Indicate, L2 HO Indicate)이라는 일반적인 유형을 사용함을 가정한다. 핸드오버 요청을 알리는 L2 HO Request 메시지를 전해 받은 p-AP는 자신이 연결되어 있는 MAG에게 MN의 핸드오버를 알리는 L2 HO Indicate 메시지를 전송한다. 이러한 2계층 트리거에 의해 MN의 핸드오버를 감지한 p-MAG는 n-MAG에게 HI 메시지를 전송한다. 그림 7에서 보듯이, 본 논문에서 제안하는 기법은 총 네 번의 HI 메시지 전송이 일어나는데 제안하는 기법에 대한 설명에 앞서 이들 HI 메시지에 대하여 먼저 살펴보도록 한다.

	Code	R	F	T	N	Reserved
Reserved	Identifier					
Mobility options = Target Address						

그림 7. HI 메시지 포맷

3.2.2 HI 메시지 포맷

본 논문에서 제안하는 기법은 기존의 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법을 기반으로 수정하였기 때문에 동일하게 HI 메시지를 이용한다. 하지만 각기 HI 메시지의 용도가 달라 용도에 따라 각각의 HI 메시지가 사용될 수 있도록 새롭게 정의하였다. 새롭게 정의한 HI 메시지 포맷은 다음과 같다.

- Code: 본 메시지가 어떠한 메시지인지를 식별
- Reserved: 향후 사용될 예약 필드
- Identifier: 메시지의 동기를 맞추는 식별자
- R flag: MAG가 LMA에게 MN의 핸드오버가 Intra 이동인지 Inter 이동인지 식별해주길 요청하는 메시지 필드
- F flag: MAG가 MAG에게 전달할 때 사용하며, MN의 핸드오버를 미리 알리는 메시지 필드
- T flag: MAG가 MAG에게 전달할 때 사용하며, MAG가 MAG에게 패킷 전송을 요청하는 메시지 필드
- N flag: MAG가 LMA에게 패킷 전달을 요청 하는 메시지 필드
- Mobility option: 타깃이 되는 노드의 주소를 삽입하기 위한 옵션 필드

그림 8과 각 필드의 설명에서 알 수 있듯이 각각의 HI 메시지는 한 비트의 플래그 필드 중 어떠한 필드가 1로 설정되어 있느냐에 따라 용도를 식별한다. 또한 각 플래그 필드의 의미에 따라서 타깃 주소를 삽입하여 LMA 및 MAG가 요청에 따른 동작이 이루어지도록 한다.

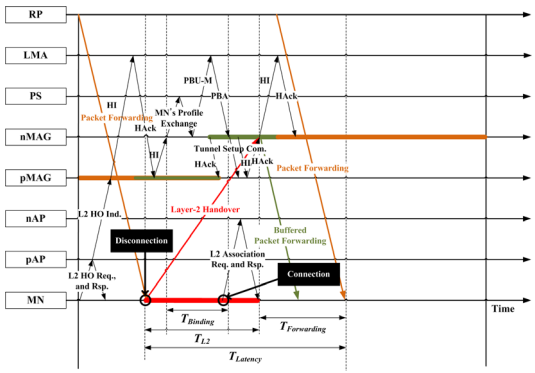

그림 8. 제안기법의 지연시간

3.2.3 제안 기법의 멀티캐스트 핸드오버

3.2.2절에서 기술한 바와 같이 MN의 2계층 핸드오버 알림으로 인해 p-MAG는 HI 메시지를 LMA에게 전송함으로써 MN의 고속 멀티캐스트 핸드오버를 시작한다. 이 때, p-MAG로부터 전송되는 HI 메시지는 R 플래그가 1로 설정되고 타깃 주소에는 n-MAG의 주소가 삽입된다. LMA는 자신이 앵커 포인트로써 동작하는 MAG들의 리스트를 보유하고 있기 때문에 옵션에 삽입된 타깃 주소를 자신의 MAG 리스트와 비교하여 MN의 핸드오버가 Intra 이동인지 Inter 이동인지 판별하게 된다. 우리는 현재의 이동이 동일한 LMA 영역 내에서 MAG간의 이동임을 가정하고 있

www.dbpia.co.kr

기 때문에 LMA의 MAG 리스트에는 n-MAG의 주소가 존재하고, 따라서 LMA는 Intra 이동으로 판단하여 p-MAG에게 Intra 이동임을 Hack 메시지를 통해 알리게 된다.

HI 메시지를 LMA에게 전송한 p-MAG는 HI 메시지 송신 시점부터 버퍼링을 수행한다. 이는 곧 MN의 연결이 해제될 것을 알기 때문에 패킷 손실을 방지하기 위함이다. 이후 LMA로부터 Hack 메시지를 수신하기 전까지 LMA로부터 전달되는 멀티캐스트 패킷은 p-MAG에서 지속적으로 버퍼링한다.

한편, p-MAG는 버퍼링 시작과 동시에 두 번째 HI 메시지를 n-MAG에게 전송한다. LMA로부터 Intra 이동임을 확인하였기 때문에 n-MAG로 하여금 MN을 위한 고속 멀티캐스트 핸드오버를 준비하도록 하는 목적으로 보내는 것이다. 이 때 보내지는 HI 메시지는 F 플래그가 1로 설정되고, 옵션에는 MN의 주소가 삽입된다. p-MAG로부터 HI 메시지를 수신한 n-MAG는 HI 메시지 옵션에 포함된 MN의 주소를 이용하여 PS에 미리 접근한다. PS에는 MAG가 이미 갱신한 MN의 정보가 포함되어 있으므로 n-MAG는 PS에 접근하여 MN의 LMA 주소 및 멀티캐스트 정보를 획득할 수 있다. 여기서 획득한 정보를 기반으로 n-MAG는 MN을 위한 바인딩 업데이트를 미리 수행한다.

n-MAG는 MN의 핸드오버 시간 동안에 바인딩 업데이트와 그룹 가입을 미리 수행하기 위해 MN의 프로파일, 멀티캐스트 정보를 기반으로 PBU 메시지와 MLD Report 메시지를 LMA에게 전송하고, 동시에 p-MAG에게 두 번째 HI 메시지에 대한 응답으로 Hack 메시지를 전송한다.

두 번째 HI 메시지에 대한 응답으로 Hack 메시지를 수신한 p-MAG는 메시지를 수신한 시점부터 자신이 버퍼링하고 있던 멀티캐스트 패킷을 n-MAG에게 미리 전송한다. 그리고 n-MAG는 p-MAG가 버퍼링한 패킷을 전달해주면 자신이 그 패킷들을 버퍼링하기 시작한다.

p-MAG로부터 PBU 메시지와 MLD Report 메시지를 수신한 LMA는 BCE 탐색을 시작하며 추가적으로 자신의 멀티캐스트용 엔트리 탐색도 시작한다. 이것은 n-MAG로부터 전달받은 그룹 ID에 자신이 가입되어있는지를 확인하는 과정이다. 우리는 최초 접속이 일어난 후 이동했음을 가정하므로 최초 접속을 통해 이미 LMA는 동일한 그룹에 가입해 있다. 따라서 별도의 멀티캐스트 트리 가입은 일어나지 않는다. 만약 RP의 RP 기능 시간(Lifetime)이 만료됨과 같은 경우가 발생해서 멀티캐스트 트리 가입이 이루어져야 하는 상황이 발생하면 이 멀티캐스트 엔트리 탐색 과정에서 다시 그룹 가입이 일어난다. BCE 탐색과 멀티캐스트 엔트리 탐색이 종료된 LMA는 바인딩 응답으로 PBA 메시지를 n-MAG에게 전달한다.

LMA로부터 PBA 메시지를 통해 바인딩 완료를 확인한 n-MAG는 LMA와 터널 설정 작업을 시작한다. 이 때 제안 기법에서는 기존에 LMA와 MAG 상호간에 형성하던 양방향 터널뿐만 아니라 특별히 멀티캐스트 전송을 위한 멀티캐스트 패킷 터널(Multicast Packet Tunnel)을 따로 설정한다. 기존의 양방향 터널을 이용하지 않고 멀티캐스트 패킷을 위한 터널을 따로 형성하는 이유는, 한 MAG내 동일 그룹에 가입되어 있는 여러 MN이 존재한다고 가정할 때, 기존 양방향 터널을 사용하면 한 멀티캐스트 그룹에 가입된 MN의 수만큼 터널이 형성되므로 링크 자원의 낭비가 심각하게 발생하기 때문이다. LMA와 양방향 터널 및 멀티캐스트 터널 설정이 완료되고 나면 n-MAG는 p-MAG에게 터널 설정 완료 메시지를 보낸다. 본 메시지 전달의 목적은 터널 설정이 끝나 MN을 위한 멀티캐스트 패킷을 자신이 수신할 것임을 알리는 것이다. 터널 설정 완료 메시지를 수신한 p-MAG는 해당 그룹에 가입되어 있는 또 다른 MN이 있는지를 탐색하고 만약 없을 경우 LMA에게 그룹에서 자신이 떨어지는 절차를 수행한다. 하지만 존재할 경우에는 별다른 절차 없이 계속 패킷을 수신한다.

터널 설정 완료 메시지를 받은 시점부터 p-MAG는 LMA로부터 해당 MN을 위한 패킷 전송이 (자신의 소유 내 동일 그룹원이 존재하지 않을 경우) 종료된다. 버퍼 안의 마지막 패킷 전송이 시작되면 p-MAG는 마지막 패킷 임을 알리는 세 번째 HI 메시지를 보낸다. 이 때 HI 메시지는 T 플래그를 1로 설정하고 옵션은 삽입하지 않는다. T 플래그가 1로 설정된 HI 메시지를 수신한 n-MAG는 마지막 패킷이 전송되었음을 알고 즉시 네 번째 HI 메시지를 LMA에게 보낸다. 이 네 번째 HI 메시지는 N 플래그를 1로 설정하여 보내고 마찬가지로 옵션은 삽입하지 않는다. N 플래그가 1로 설정된 HI 메시지를 수신한 LMA는 Hack 메시지를 보내면서 바로 멀티캐스트 패킷 터널을 이용하여 멀티캐스트 패킷을 n-MAG에게 전송하기 시작한다. LMA로부터 새롭게 전달되는 멀티캐스트 패킷을 수신한 n-MAG는 p-MAG를 통해 전송 받던 버퍼링 패킷의 버퍼링 수행에 이어 LMA로 부터의 새로운 멀티캐스트 패킷도 버퍼링을 시작한다.

LMA와 p-MAG, n-MAG에서 MN의 고속 멀티캐

www.dbpia.co.kr

스트 핸드오버 준비 및 바인딩, 버퍼링 등이 수행되는 동안 MN은 이동을 진행하여 새로운 AP(n-AP)에 접근한다. 접근이 일어나면 최초 접속의 시작과 동일하게 2계층 연결 절차(Layer-2 Association)를 수행하며 이를 통해 n-MAG는 n-AP로부터 2계층 트리거를 전달 받는다. 2계층 트리거를 받은 n-MAG는 MN을 위해 미리 바인딩을 완료해놨고, 이미 멀티캐스트 패킷을 버퍼링하고 있기 때문에 트리거 이후 바로 MN에게 RA 메시지를 전송한다. 그리고 나서 바로 자신이 버퍼링하고 있던 패킷을 MN으로 전송한다. 따라서 MN은 새로운 MAG에 접속했음에도 불구하고 바인딩 과정과 추가적인 MLD 메시지 교환 없이 바로 멀티캐스트 패킷을 전달받을 수 있게 되며, 버퍼링 패킷을 전송 받기 때문에 자신이 링크에서 떨어져 있는 시간 동안의 패킷을 전송 받아 패킷 손실 없이 끊김 없는 멀티캐스트 서비스를 지속 받게 된다.

3.2.4 지연시간 비교

본 절에서는 3.1절에서 논의했던 끊김 없는 서비스를 위한 기존 기법들의 문제점과 제안 기법이 갖는 지연시간을 비교하도록 한다. 기존 기법들과의 비교를 위해 3.1절에서 기술한 바와 같이 제안 기법의 시그널링 절차를 지연시간 축으로 재구성하였다.

제안 기법의 *TLatency*는 *TL2*와 *TForwarding*의 합으로 이루어져 있음을 알 수 있다. 그림 5에서 살펴본 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법과는 *TBinding* 시간만큼의 차이를 줄이는 것이고, 그림 4의 기본적인 멀티캐스트 기법과는 *TBinding+TMLD* 만큼의 지연시간을 줄이는 결과이다. 이와 같은 결과가 가능한 이유는 MN의 2계층 핸드오버 동안에 n-MAG가 먼저 PS에 접근하여 MN의 정보를 획득하고, 이를 통해 바인딩을 미리 수행하기 때문이다.

또한, 그림 5에서 나타났던 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법의 패킷 중복 현상이 제안 기법에서는 나타나지 않는 것을 볼 수 있다. 동일하게 고속 멀티캐스트 핸드오버를 수행했지만 패킷 중복 현상을 방지할 수 있었던 것은 HI 메시지를 통해 양방향의 전송에 동기를 맞춰줬기 때문이다. 즉, 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법은 HI 메시지를 MAG 사이에서만 교환을 하여 실질적으로 멀티캐스트 패킷을 전송하는 앵커 포인트로써 동작하는 LMA가 멀티캐스트 패킷 전송의 시작과 끝을 식별하는데 문제가 있었다. 반면에 제안 기법은 MAG와 LMA 사이에서 HI 메시지가 오가며 n-MAG가 자신에게 전송이 일어나야 하는 시기를 MAG와의 HI 메시지를 통해 알 수 있기 때문에 정확한 시기에 LMA에게 멀티캐스트 패킷을 요청할 수 있다. 따라서 패킷 중복 현상을 방지할 수 있다.

표 1. 세 기법의 지연시간 및 문제점 비교

기법	지연시간	패킷 중복 현상
기본적인 멀티캐스트 기법	*TL2+TBinding+TMLD+TForwarding*	X
고속 멀티캐스트 핸드오버 기법	*TL2+TBinding+TForwarding*	O
제안 기법	*TL2+TForwarding*	X

3.1절과 본 절에서 논의한 바대로 세 기법이 갖는 지연시간 *TLatency*와 문제점을 비교하면 다음과 같다.

3.1절에서 기존의 두 기법이 끊김 없는 서비스를 제공하지 못하는 이유로 *TL2* 동안의 데이터 유실, 즉 MN의 2계층 핸드오버 동안의 패킷 유실을 언급하였다. 지연시간 *TLatency* 만으로 비교했을 때는 제안 기법 역시 2계층 핸드오버 동안의 패킷 유실이 있음으로 보인다. 이러한 2계층 핸드오버 동안의 패킷 유실을 방지하고자 제안 기법은 버퍼링을 사용하였고, MN의 2계층 핸드오버 동안의 패킷은 전부 p-MAG와 n-MAG가 버퍼링을 하고 있기 때문에 유실이 발생하지 않는다.

Ⅳ. 성능 분석 및 모의 실험

본 논문에서 제안한 방안에 대한 성능을 평가 및 비교 분석하기 위해 NS-2 시뮬레이터[9]를 구현하였다. 그림 9와 16은 성능 측정을 위한 토폴로지(Topology)로써, 이동하며 서비스를 받는 이동 단말 MN, 멀티캐스트 트래픽을 발생하는 소스 노드, MN이 접속되는 두 개의 AP 노드와 MAG 노드, 이들 도메인을 관장하는 LMA 노드와 PS 노드, 그리고 소스 노드에 연결되는 RP 노드로 구성된다. 주어진 노드들 사이의 지연시간으로써 유선 링크는 50ms, 무선 링크는 100ms로 하였으며 물리적인 노드들의 위치에 근접한 결과를 얻기 위하여 특별히 RP 노드와 소스 노드 사이는 200ms, RP 노드와 LMA 노드 사이는 100ms, MAG 노드 간은 20ms로 하였다. 데이터 전송 거리는 100m이고 MAG 사이의 거리는 5km로 설정하였다. MAC 프로토콜로는 802.11b를 사용하였고, 트래픽 유형에 따른 기법의 성능을 측정하기 위하여 데이터는 TCP와 UDP 트래픽 모두를 사용하였다. 시뮬레이션에 사용된 파라미터들은 표 2에 정리하였다.

www.dbpia.co.kr

표 2. 모의 실험 파라미터

항목	값
시뮬레이션 시간	120초
MAC 프로토콜	802.11b
전송 거리	100m
MAG간 거리	5km
링크 대역폭	2Mbps
단말 이동 속도	60m/s
비트율	CBR
패킷 크기	1Kbyte
멀티캐스트 라우팅 프로토콜	PIM-SM

4.1 멀티캐스트 핸드오버 성능 분석

먼저 PMIPv6 네트워크 안에서 멀티캐스트 서비스를 제공받으며 이동하는 단말의 성능을 비교하기 위하여 그림 9와 같은 토폴로지를 설정하였다. 토폴로지에서 이동 단말인 MN은 소스 노드로부터 전송되는 데이터를 수신하면서 60m/s의 일정한 속도로 AP1에서 출발하여 AP2로 이동한다. 멀티캐스트 핸드오버 성능 평가 및 비교 분석을 위해 MAG간 이동이 발생했을 때 UDP 데이터그램 ID(Datagram ID), TCP 순서번호(Sequence Number), UDP 및 TCP 수율(Throughput)을 측정하였다.

그림 10은 소스 노드가 UDP 트래픽을 전송했을 때 MN이 수신한 UDP 데이터그램을 측정한 것이다. 이 시뮬레이션에서 결과를 살펴보면 기본적인 멀티캐스트 기법은 약 65.9초부터 67.4초 사이에 UDP 데이터그램을 수신하지 못한 것을 볼 수 있다. 이 패킷 손

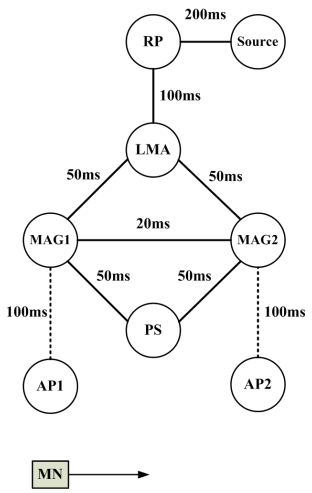

그림 9. 시뮬레이션 토폴로지 1

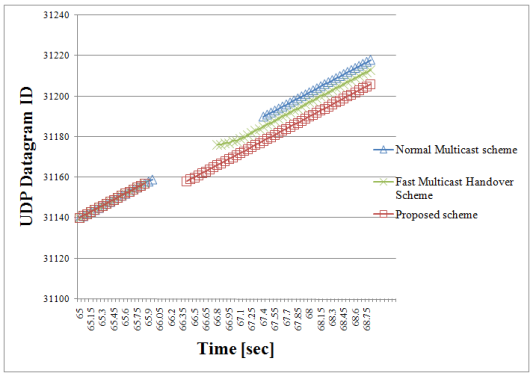

그림 10. UDP 데이터그램 ID 비교 결과

실은 AP사이의 2계층 핸드오버가 완료되고 난 후 바인딩 절차와 MLD 메시지 교환 절차 성립에 따라 발생한 손실이다. 다음으로 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법은 기본적인 멀티캐스트 기법과 비교하여 패킷 손실이 65.9초부터 66.75초 사이에서 밖에 일어나지 않았다. 하지만 데이터그램 ID를 보면 31158번부터 31175번까지의 데이터그램을 수신하지 못한 것을 보듯이, 비교적 빠르게 패킷을 재수신 했으나 여전히 패킷 유실이 발생했음을 알 수 있다. 또한, 31176번부터 31180번까지의 데이터그램 ID가 수직으로 표시된 것을 보면, 패킷이 약 300ms의 시간 동안 중복 수신된 결과를 볼 수 있다.

반면에 제안 기법은 버퍼링 기법을 사용하여 65.9초부터 66.35초 사이의 끊김 동안의 UDP 데이터그램을 수신한 것을 확인할 수 있다. 즉 제안 기법은 MN이 이동하는 동안의 데이터그램이 버퍼링 되어 있다가 전송되어 UDP 데이터그램 수신에 손실이 존재하지 않았다.

이와 같은 결과는 그림 11의 UDP 수율 시뮬레이션 결과와 같이 UDP 수신 성능에 영향을 준다. 그림

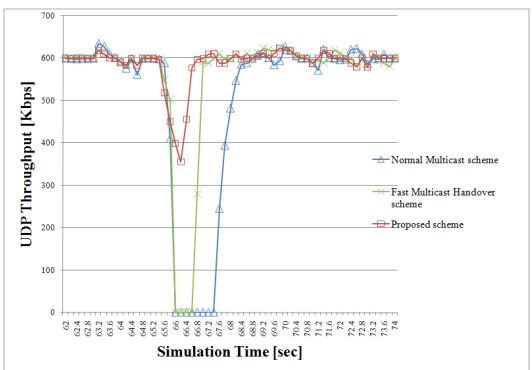

그림 11. UDP 수율 비교 결과

www.dbpia.co.kr

11의 UDP 수율 비교를 살펴보면, 기본적인 멀티캐스트 기법은 핸드오버와 그 이후 바인딩 절차, 그룹 가입 절차의 영향으로 약 1500ms 동안 UDP 수율이 0으로 떨어진다. 또한 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법 역시 2계층 핸드오버와 PS 접근 시간 동안은 패킷을 수신하지 못하므로 약 800ms 동안 UDP 수율이 0으로 떨어진다. 하지만 제안 기법은 수율이 떨어지는 폭이 약 450ms 정도 밖에 되지 않으며 버퍼링을 수행하므로 수율이 0으로 떨어지는 것을 방지하는 걸 확인할 수 있다.

그림 12와 13, 14는 소스 노드가 TCP 트래픽을 전송했을 경우 MN이 수신한 TCP 순서 번호 측정 결과이다. 세 결과 중 그림 12는 기본적인 멀티캐스트 기법의 TCP 순서 번호 수신 결과이며 MN의 핸드오버로 인한 바인딩 절차와 MLD 메시지 교환 지연이 UDP와 동일하게 약 1700ms 동안 발생한 것을 볼 수 있다. 이 지연시간 동안 전달되지 못한 패킷은 TCP 알고리즘에 의해 재전송되고 이 재전송 패킷으로 인해 새로운 네트워크로부터 전달되는 새로운 패킷의

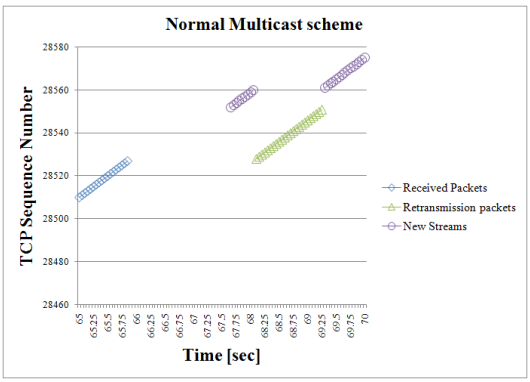

그림 12. 기본적인 멀티캐스트 기법의 TCP 순서번호

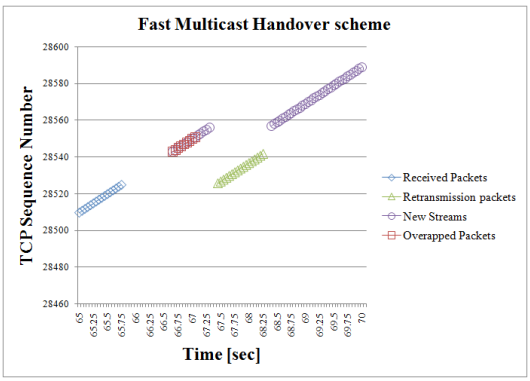

그림 13. 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법의 TCP 순서번호

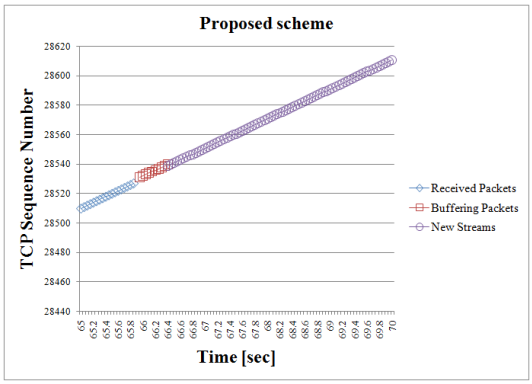

그림 14. 제안 기법의 TCP 순서번호

수신 중에 재전송 패킷을 수신하게 되어 이에 따른 추가적인 지연이 발생한다. 다음 그림 13은 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법의 TCP 순서 번호 수신 결과이다. 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법도 2계층 핸드오버 동안의 패킷은 유실되므로 800ms 동안의 유실 패킷이 재전송 된 것을 볼 수 있다. 또한 UDP 데이터그램 ID 비교 결과와 마찬가지로 300ms 동안의 패킷이 중복 수신된 것을 볼 수 있다. 반면 그림 14의 제안 기법에 의한 TCP 순서 번호 수신 결과는 핸드오버로 인한 지연시간이 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 15는 TCP 수율 비교 결과를 나타낸다. 앞선 UDP 수율의 결과와 유사하게 TCP 수율 또한 기존 기법은 약 1700ms의 끊김 동안 수율이 0으로 떨어지고, 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법은 약 800ms의 시간 동안 수율이 0으로 떨어졌다. 반면에 제안 기법은 약 450ms의 끊김 동안 수율이 0으로 떨어지지 않는

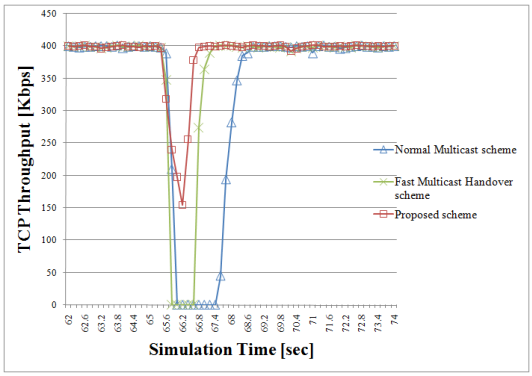

그림 15. TCP 수율 비교 결과

www.dbpia.co.kr

것을 확인할 수 있어 UDP 뿐만 아니라 TCP 트래픽에서도 제안 기법의 성능이 우수함을 알 수 있다.

4.2 LMA와 MAG간 홉 카운트 증가 및 MAG간 이동 빈도에 따른 성능 분석

실제 서비스 네트워크 환경은 LMA와 MAG간이 다 수의 홉으로 연결될 수 있다. 또한 실제 다수의 MN이 동일한 서비스를 동일한 네트워크에서 제공받을 수 있다. 이러한 실제 서비스 환경을 고려하여 기존 기법들과 제안 기법의 성능에서 어떠한 차이를 지니는지 비교 분석하기 위해 그림 16과 같은 토폴로지를 설계하였다. 기본적으로 그림 9의 멀티캐스트 핸드오버 성능 비교 토폴로지와 유사한 형태를 지니지만, LMA와 MAG간의 홉을 1에서 최대 11개가 존재하도록 설계하였고, MAG를 MAG1에서 MAG20까지 최대 20대의 MAG가 존재하게 설계하였다. 또한 해당 토폴로지 내에서 동일한 소스로부터 트래픽을 받는 5대의 MN을 설정하였다. 최대 11개의 홉을 통해 실제 다수 홉으로 구성된 네트워크에 관한 성능 실험을 하였고, MAG 20대를 5대의 MN이 움직이게 하여 MAG간 이동 빈도에 따른 성능 실험을 진행하였다.

그림 17과 18은 홉 카운트를 1에서 11까지 늘려가며 진행한 실험을 통해 얻은 결과이다. 그림 17은 기존의 기법들을 사용하여 얻은 결과이고, 그림 18은 제안 기법을 적용하여 얻은 결과이다.

그림 17의 결과를 살펴보면 기존의 두 기법들은 홉 카운트가 증가할수록 멀티캐스트 패킷을 수신하는 시간의 증가폭이 매우 큰 것을 알 수 있다. 또한 MN1에서 MN5까지 수신한 멀티캐스트 패킷의 차가 비교적 큰 것을 볼 수 있다. 반면에 그림 18의 제안 기법을 사용했을 때의 결과를 살펴보면 멀티캐스트 패킷 수신 시간이 상당히 낮고 변동폭 또한 작다. 뿐만 아니라 MN1에서 MN5까지 수신한 멀티캐스트 패킷의 차이가 거의 존재하지 않는 것을 알 수 있다. 이러한 결과가 나타난 이유는, 기존 기법들의 경우 PMIPv6에서 정의하고 있는 LMA와 MAG간의 양방향 패킷 터널을 그대로 사용하지만 제안 기법은 멀티캐스트 패킷을 위한 멀티캐스트 패킷 터널을 따로 설정하여 사용하기 때문이다. 기존의 터널을 이용할 경우 하나의 MN 당 하나의 터널이 형성되기 때문에 중복된 패킷을 홉 내에서 중복 처리한다. 총 5대의 MN이 동일 패킷을 수신하므로 터널은 5개가 형성이 되고 홉 내에서는 같은 패킷을 5번 처리하게 된다. 따라서 이러한

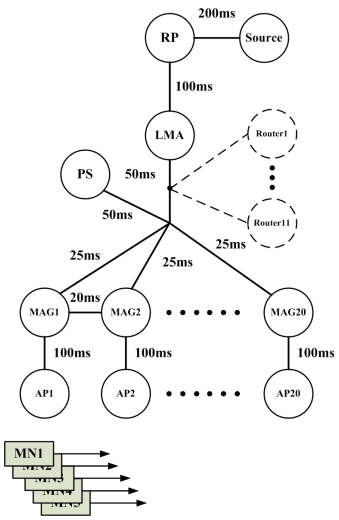

그림 16. 시뮬레이션 토폴로지 2

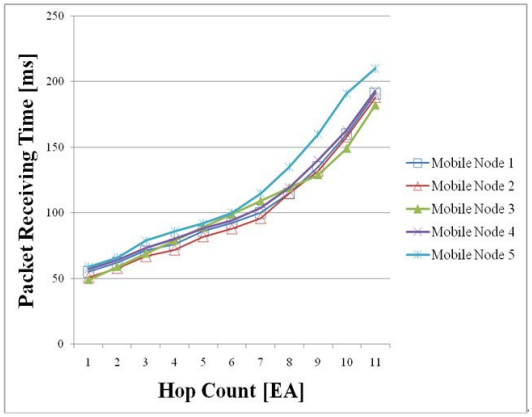

그림 17. 기존 양방향 터널 사용 시 홉 카운트에 따른 패킷 수신 시간

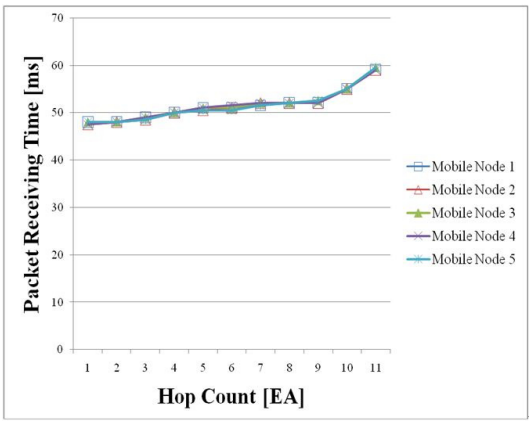

그림 18. 멀티캐스트 패킷 터널 사용 시 홉 카운트에 따른 패킷 수신 시간

www.dbpia.co.kr

처리 시간이 그대로 수신 지연으로 나타나 마치 유니캐스트 전송과 같은 성능을 보이게 된다. 반면에 제안 기법이 홉 카운트 증가에 큰 영향을 받지 않은 이유는, 제안 기법의 경우 멀티캐스트 패킷 터널을 따로 설정하기 때문에 LMA와 MAG 사이의 홉이 증가하여도 동일 멀티캐스트 패킷에 대해서 5대의 MN에게 전달되는 동일한 패킷으로 간주하여 전송이 한번만 일어나기 때문이다. 따라서 실제로 홉이 많이 증가하여도 홉 카운트에 따른 멀티캐스트 패킷 수신 영향이 제안 기법의 경우 매우 적어 기존 기법들의 성능과 비교하여 매우 우수하고 비교적 안정적인 서비스가 가능함을 알 수 있다.

그림 19는 다수의 MN이 MAG 20대를 이동하는 실험을 통해 얻은 결과이다. 5대의 MN이 무작위 시간에 움직여 각 MAG 내에 존재할 때 수신한 멀티캐스트 패킷에 대한 값을 평균 내어 나타냈다. 결과에서 살펴보듯이 MN이 다수의 MAG를 이동함에 따라 미치는 영향이 기본적인 멀티캐스트 기법의 경우 매우 큰 것을 알 수 있다. 이는 5대의 MN이 무작위 시간에 움직이기 때문에 MAG 사이를 이동할 때 겪는 핸드오버 지연시간이 차이가 나기 때문이다. 이러한 처리 지연은 무시할 수 있을 정도로 미약하지만 기본적인 멀티캐스트 기법의 경우에는 핸드오버 과정이 끝나야 멀티캐스트 그룹 가입이 일어나기 때문에 실제로 멀티캐스트 패킷을 수신하는 시간 측면에서 차이가 크게 발생하고 이러한 상황으로 인해 각각의 핸드오버 지연시간에 큰 차를 지니게 된다. 이어서 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법의 결과는 기본적인 멀티캐스트 기법과 비교해서 HI 메시지를 통해 미리 멀티캐스트 패킷을 수신 받을 수 있기 때문에 지연시간이 절반으로 줄어든 결과를 보였다. 하지만 앞서 가정한 핸드오버 처리 지연이 완벽하게 방지되지 못한 것을 볼 수 있는데, 이러한 결과는 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법의 경우 HI 메시지를 통해 미리 멀티캐스트 패킷을 수신하지만 그 이후에 바인딩 절차를 진행하므로 수신이 진행되는 과정에서 각 MN의 바인딩 처리가 일괄적으로 처리되지 못하기 때문이다.

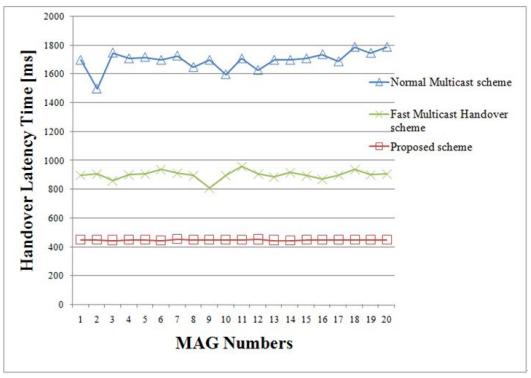

그림 19. MAG 이동에 따른 각 MN의 핸드오버 지연시간 비교

마지막으로 제안 기법은 기존 기법과 달리 멀티캐스트 그룹 가입이 핸드오버 처리 과정 중에 일어나고 또한 버퍼링을 통해 핸드오버 과정중의 패킷 손실이 발생하지 않아 결과적으로 무시할 수 있을 정도의 처리 지연만이 각각의 MN 사이에서 발생해 멀티캐스트 패킷 수신 시간 측면에서 차이를 지니지 않는 것을 볼 수 있다. 따라서 실제 서비스에 적용할 시에 제안 기법의 경우 이동에 따른 지연시간의 차가 거의 없으므로 기존 기법과 비교하여 상당히 안정적인 서비스가 가능할 수 있다.

V. 결 론

기존 PMIPv6 네트워크에서의 멀티캐스트 기법은 기본적인 멀티캐스트 기법과 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법이 존재하였는데, 기본적인 멀티캐스트 기법은 MN의 핸드오버 시에 MAG에 접속을 위한 바인딩 절차가 완료된 이후에 멀티캐스트 그룹 가입을 위한 MLD 메시지의 교환이 있었으므로 이 시간 동안 서비스의 단절을 겪어야 했다. 또한 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법은 고속 핸드오버를 수행해 기본적인 멀티캐스트 기법의 지연시간을 줄였지만 2계층 핸드오버 동안의 패킷 유실을 막을 수 없었고, 중복 패킷이 발생하는 문제점을 지니고 있었다. 따라서 본 논문에서는 기존 기법들이 지닌 문제점을 개선하는 기법을 제안하였다. 제안하는 기법은 고속 멀티캐스트 핸드오버 기법과 비슷하게 고속 핸드오버를 수행했으나, HI 메시지의 전송 지점을 조정하고 추가적인 HI 메시지를 정의하여 중복 패킷 발생을 방지했고, 멀티캐스트 패킷 터널을 따로 설정하여 유니캐스트와 같은 성능으로 회귀할 가능성을 제거하였으며, MAG들이 버퍼링 기능을 수행해 2계층 핸드오버 동안의 패킷 유실을 방지할 수 있었다.

제안 기법의 성능을 검증하기 위해 NS-2 시뮬레이션을 통한 비교를 진행하였다. 시뮬레이션을 통한 결과에서 제안 기법의 경우 MN이 멀티캐스트 패킷을 재수신하는데 걸리는 시간이 기존 기법들과 비교하여 약 3.5배 가량 빠르고 해당 시간만큼의 패킷 유실이 발생하지 않는 것을 확인했다. 또한, 실제 네트워크

www.dbpia.co.kr

모델을 고려하여 다수의 MN, MAG를 이용한 시뮬레이션에서 제안 기법이 좀 더 안정적인 성능을 가졌음을 확인할 수 있었다. 따라서 실제 시스템에 본 기법이 적용이 될 경우 좀 더 성능 향상 측면에서 효과적임을 예상할 수 있었다. 그리고 이러한 성능 효과를 통해 제안 기법은 MN의 패킷 유실을 방지하고 끊김 없는 서비스를 제공하는 멀티캐스트를 구현할 수 있는 방안임을 증명하였다.

참 고 문 헌

〔1〕 T. Harrison, C. Williamson, W. Mackrell, and R. Bunt, "Mobile Multicast(MOM) Protocol: Unicast Support for Mobile Hosts," *ACM MOBICOM*, 1997

〔2〕 D. Johnson, C. Perkins, J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," *IETF RFC 3775*, Jun. 2004.

〔3〕 S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, B. Patil, "Proxy Mobile IPv6," *IETF RFC 5213*, Aug, 2008.

〔4〕 R. Vida, L. Costa, "Multicast Listenet Discovery Version 2 (MLDv2) for IPv6," *IETF RFC 3810*, Jun. 2004

〔5〕 T C. Schmidt, M. Waehlisch, S. Krishnan, "Base Deployment for Multicast Listener Support in PMIPv6 Domains," <*draft-ietf-multimob-pmipv6-base-solution-00*>, Feb. 2010.

〔6〕 R. Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6," *IETF RFC 4068*, Jul. 2005.

〔7〕 S.Krishnan, B.Sarikaya, TC.Schmidt, "Proxy Mobile IPv6 Basic Multicast Support Solution," <*draft-krishnan-multimob-pmip6basicmcast-solution-00.txt*>, Jul. 2009

〔8〕 H.Asaeda, P.seite, J.Xia, "PMIPv6 Extensions for Multicast," <*draft-asaeda-multimob-pmipv6-extension-02.txt*>, Jul. 2009

〔9〕 "The Network Simulator-ns (version 2) website," *http://www.isi.edu/nsnam*.

김 종 민 (Jong-min Kim) 준회원

2009년 2월 광운대학교 전자통신공학과 졸업

2009년 2월~현재 광운대학교 전자통신공학과(석사과정)

<관심분야> Mobility Management, Proxy Mobile IPv6, Multicast

김 화 성 (Hwa-sung Kim) 종신회원

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

www.dbpia.co.kr