

Probing 기반 수락제어와 PMIPv6를 이용한 품질보장 Seamless 모바일 멀티캐스트 핸드오버 메커니즘

정회원 강 현 명*, 준회원 최 환 석*, 종신회원 이 우 섭*^o

The QoS guaranteed seamless mobile multicast handover mechanism using probing based CAC and PMIPv6

Hyun-Myoung Kang* *Regular Member*, Hoan-Suk Choi* *Associate Member*,
Woo-Seop Rhee*^o *Lifelong Member*

요 약

최근 이동 단말기 사용이 일반화 되면서 이동성을 전제로 한 고속 인터넷 서비스에 대한 수요가 점차 증가하고 있으며, 사용자들은 유무선 통합 환경을 통하여 언제 어디서나 자유롭게 원하는 콘텐츠를 다양한 단말에서 제공받기를 원하고 있다. 이에 따라 단말의 이동성을 지원하는 여러 가지 메커니즘이 제안되었지만, 이러한 메커니즘들은 모바일 멀티캐스트 환경에서 끊기지 않는 이동성과 서비스 품질 보장을 지원해주기 어렵다. 본 논문에서는 이러한 사용자의 요구에 따라 모바일 IPTV 서비스 등과 같은 고품질 실시간 서비스를 유무선 통합 환경에서 효과적으로 제공해줄 수 있으며 서비스 품질 보장도 고려된 핸드오버 메커니즘을 제안하였다. 제안한 메커니즘은 유선망에서의 probing 기반 수락제어를 통한 서비스 품질 보장 방법을 PMIPv6 기반의 무선망까지 확장한 유무선 통합 망에서 2계층 멀티캐스트 정보 관리 기법으로 멀티캐스트 수락제어 및 핸드오버를 관리한다. 또한 네트워크 시뮬레이터 ns-2를 사용하여 제안한 메커니즘의 성능과 특성을 분석하였다.

Key Words : Mobile multicast, Multicast handover, PMIPv6, Probing based CAC

ABSTRACT

Recently, as the use of mobile terminal is generalized, the needs of high-speed Internet mobile service is increased. Also users want to receive the multimedia contents what they want through the various terminals in anywhere, anytime via wired and wireless integrated environment. Therefore, various mechanisms that support the mobility are proposed. However, these mechanisms are difficult to support seamless mobility and QoS awareness on the mobile multicast environment. In this paper, we propose a QoS aware handover mechanism that is able to provide the high-quality and real-time services such as mobile IPTV in an integrated environment for these requests of users.

Proposed mechanism manages the multicast admission control and multicast handover using the 2-layer multicast information management at the wired and wireless integrated network that extended the service guaranteed methods through the probing based admission control of the wired network to the wireless network based on PMIPv6. We present a performance evaluation results and features analyzed by the simulations using the ns-2.

* 본 연구는 2008년도 정부 (교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. (KRF-2008-331-D00492)

* 국립한밭대학교 멀티미디어공학과 (wsrhee@hanbat.ac.kr), (° : 교신저자)

논문번호 : KICS2010-02-047, 접수일자 : 2010년 2월 1일, 최종논문접수일자 : 2010년 6월 10일

1. 서 론

초기 인터넷의 환경에서는 네트워크상의 구성 요소들 중 모바일 단말이 차지하는 비중이 매우 적었으며, 대부분의 단말들은 이동을 하지 않는 대용량 메인프레임, PC 등이었다. 그러나 오늘날의 통신 환경은 무선 네트워크를 지원하는 노트북뿐만 아니라 PDA, 데이터 전송 기능을 갖춘 휴대 전화 등 다양한 휴대용 통신 기기들이 일반화 되고 이동성을 전제로 한 고속 인터넷 서비스에 대한 수요가 점차 증가하고 있어 사용자들은 언제 어디서나 자유롭게 인터넷을 이용할 수 있는 환경이 구축되기를 기대하고 있다. 이러한 요구에 따라서 정지 또는 이동 중에도 고속 인터넷 접속 및 서비스가 가능한 무선 랜, WCDMA/HSDPA 및 WiBro 등의 이종 망간의 끊임 없는 연동에 관한 표준화가 진행 중이다^{1,2}. 이처럼 사용자가 접속 망이나 단말 장치에 관계없이 언제 어디서나 원하는 서비스를 끊임 없이 제공받을 수 있도록 기술과 서비스에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, IPTV 서비스 또한 유무선 통합 망에서 언제 어디서나 임의의 단말을 이용하여 원하는 방송서비스 및 콘텐츠를 최적 품질로 소비, 생성하는 것을 목표로 하고 있다.

IPTV 서비스는 방송과 통신 기술의 발전에 의해 선보이게 되는 방송통신 융합의 대표적인 서비스로서 인터넷 프로토콜을 기반으로 TV를 통하여 방송 프로그램을 시청하면서 다양한 통신서비스를 이용할 수 있는 특징을 갖는다. 이 때문에 여러 나라에서 IPTV 서비스를 이미 상용화하였거나 상용화 추진 중에 있으며 가입자 확보 및 새로운 서비스 확장에 주력하고 있는 상황이다³.

국내에서도 2008년부터 지상파 TV 방송이 IPTV의 실시간 서비스로 제공되면서 IPTV 서비스 확산을 통한 시장 확대와 이에 따른 IPTV 서비스 품질 보장에 대한 관심이 점차 커지고 있다. 또한 서비스 품질의 차별화를 기반으로 하는 고품질 IPTV 서비스, 상황인지 서비스와 결합된 고품격 모바일 IPTV 서비스, 웹 2.0을 플랫폼으로 하는 공유와 참여 기반의 개방형 IPTV 서비스, IMS (IP Multimedia Subsystem) 기반의 개인화 IPTV 서비스 등이 확산되게 되면 IPTV 가입자 수가 대폭 늘어날 가능성이 있으며 이에 따라 IPTV 트래픽 양도 급증할 수가 있다. 이렇게 되면 트래픽 생성의 불확실성 및 시간적, 지연적 폭주 발생 가능성 증대로 인해 서비스 품질 보장 및 효과적인 자원 관리에 어려움이 발생하게 되며, 이 경우 현재 많이 사용되는 overprovision 방식으로는 대처하기 어렵

고 결국 정교한 트래픽 엔지니어링 기술이 효과적인 대안의 하나로 고려되어야 한다⁴.

이와 같이 고품격 모바일 IPTV 서비스 등 이동성을 전제로 한 고속 인터넷 서비스에 대한 수요가 점차 증가함에 따라 차세대 IP 기반의 무선이동 액세스 네트워크에서 빠르고 효율적이며 끊임 없는 이동성 서비스를 지원하는 이동성 관리 기술 개발은 필수적이다. 이에 따라 Mobile IP (MIP)로 대표되는 단말 기반의 IP 이동성 관리 기술에 대한 많은 연구와 표준화 작업이 진행되어 왔는데 MIP는 이동 단말의 IP 스택에 MIP 클라이언트 기능을 탑재하여 이동성을 제공해 준다. 그러나 MIP는 오랜 기간 동안 많은 사람들의 노력에 의해 표준화된 안정적인 기술임에도 불구하고 호환성이나 오버헤드 등의 문제로 상용 망에서의 도입은 활발히 이루어지고 있지 않다⁵. 이러한 MIP의 단점들을 극복하기 위해 IETF (Internet Engineering Task Force)에서는 Proxy MIPv6 (PMIPv6) 기술을 중심으로 망 기반의 IP 이동성 관리 기술에 대한 연구 및 표준화를 진행하였다^{1,6}.

PMIPv6는 이동 단말이 아닌 망의 구성요소가 바인딩 관련 메시지의 교환을 이동 단말 대신 담당하게 되므로 이동 단말에 별도의 이동성 관리를 위한 프로토콜 스택이 필요하지 않다. 따라서 기존 MIP의 최대 단점을 해결한 기술이라고 할 수 있다. 하지만 PMIPv6는 유니캐스트 통신만을 고려해서 제안된 것으로, 모바일 IPTV와 같은 서비스를 실현하기에 적합하지 않다. 그러나 지금까지의 IPTV는 주로 유선망 입장에서 광대역 및 멀티캐스트 기술을 이용하는 것에 초점을 맞추어 온 것에 반하여, 실제 서비스 제공을 받는 사용자 측면에서는 개인 휴대 단말을 이용하여 이동하면서 끊임 없는 서비스를 받고자 하는 요구사항이 증가하고 있다. 따라서 IETF에서는 이동성 환경에서 멀티캐스트 지원과 관련된 프로토콜 표준화를 위한 회의가 진행되었으며, IETF의 MULTIMOB(Multicast Mobility) 워킹그룹에서는 PMIPv6에서 멀티캐스트를 지원함으로써 모바일 IPTV 서비스가 효율적으로 실현될 수 있도록 하는 것을 목표로 하여 연구 및 표준화 활동을 하고 있다^{1,7,8}.

이처럼 유무선 환경과 이동성에 제약 없이 모바일 IPTV, 비디오/오디오 스트리밍, 화상회의 등 고품격 실시간 멀티미디어 서비스를 제공하기 위하여 유무선 통합 환경에서의 멀티캐스트 기술 지원이 대두되었다. 또한 실시간 서비스의 끊임 없는 서비스 제공을 위하여 seamless 핸드오버 및 사용자 품질 보장 기술이 지원되어야 한다. 따라서 PMIPv6 기반의 유무선 통합

멀티캐스트 환경의 구성과 멀티캐스트 수락 제어를 통한 사용자의 품질 보장이 되어야 하고, 지속적으로 품질 보장이 되면서 끊기지 않는 무선망에서의 이동성 또한 지원되어야 한다.

본 논문에서는 앞서 제시한 문제점들의 해결을 위한 방법으로 PMIPv6와 중앙 집중 멀티캐스팅 제어 블록 기반의 유무선 통합 환경에서 멀티캐스트를 지원하기 위한 2계층 멀티캐스트 정보 관리 기법과 probing 기반의 멀티캐스트 수락 제어 방법을 제안하였다. 또한 probing 절차를 기반으로 사용자의 품질을 보장하면서 IP 계층의 seamless한 핸드오버를 지원할 수 있는 방법을 제안하였다. 먼저 2장에서 관련된 연구 내용들을 살펴보고, 3장에서 본 논문에서 제안하는 메커니즘을 상세히 설명하였다. 이어서 4장에서는 ns-2 시뮬레이터를 사용하여 제안한 메커니즘의 성능과 특성을 분석하였고, 5장에서 결론을 도출하였다.

II. 관련 연구

2.1 Probing 기반 수락제어

Probing 기반 수락제어는 측정 기반 수락 제어로서 트래픽 사용량을 직접 측정하여 연결 수락 제어를 수행하는 방법이다. 이 방법은 전송하려는 전송량과 같은 probing 패킷을 일정 시간 동안 망에 전송시켜 목표 서비스 품질 (패킷 손실률 및 전송 지연)을 만족시키지는지를 측정하여 연결 수락 제어를 수행함으로써 제어 방법이 간단하다는 장점이 있다. Probing 패킷 측정 방식의 측정 기반 수락 제어 절차는 그림 1과 같이 크게 probing 패킷 전송 단계와 세션 패킷 전송 단계로 나누어진다⁹⁾.

Probing 패킷 전송 단계에서 송신부는 세션 패킷 전송 단계에서 전송할 데이터의 최대 전송 속도로 probing 패킷을 전송하게 된다. 수신부 측에서는 probing 기간 동안 수신되는 probing 패킷들을 측정하며 수신되는 probing 패킷들에 대한 측정이 끝나면 측정된 probing 패킷들을 분석한 결과를 송신부로 보낸다. 송신부에서는 이 결과를 기반으로 연결 수락 제어를 수행하는데, probing 패킷의 손실률이 사용자가 요구한 목표 패킷 손실률 값보다 작을 때 새로운 플로우를 받아들이는 알고리즘들을 사용한다. probing 패킷을 보내는 목적은 새로운 플로우에서 사용할 대역량을 미리 망으로 전송하여 망의 상태를 알아보는 것으로 데이터 전송 속도의 최대값으로 전송함으로써 사용자가 요구하는 서비스 품질의 상한치로 망에 부하를 주어 경로 상의 망 상태를 측정할 수 있다.

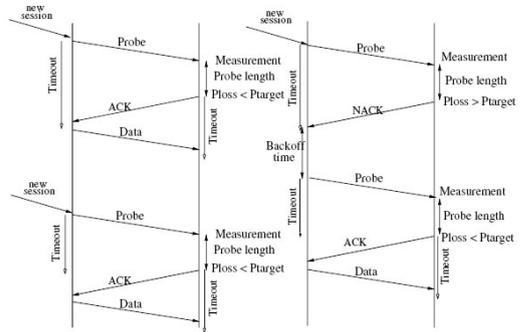


그림 1. probing 기반 수락 제어 절차

이와 같은 측정 기반 수락 제어 메커니즘을 지원하기 위하여 각 노드에서는 그림 2와 같이 probing 절차를 위한 전송 대역 관리 및 버퍼 관리 방법을 지원하여야 한다⁹⁾.

먼저 망내 전송 대역을 서비스 품질 보장 서비스와 최선형 서비스(Best Effort Service)로 나누어 사용하는데 최선형 서비스는 이 서비스에 할당된 전송 대역과 서비스 품질 보장 서비스가 사용하고 남은 대역까지 사용할 수 있다. 그리고 서비스 품질 보장 서비스 대역 내에서도 실제 데이터가 사용하고 남은 대역은 probing 패킷을 전송하는데 사용한다. 이와 같은 전송 대역 관리 방법을 지원하기 위해 각 노드에서의 버퍼 관리 방법은 서비스 품질 보장 서비스 대역은 이미 설정된 세션 데이터 트래픽에 높은 우선순위를 주어 서비스하는데 non-work conserving 스케줄링을 이용하여 할당된 대역 이상으로 서비스되지 않도록 한다. 또한, 세션 데이터 트래픽을 서비스하고 남은 대역은 새로운 연결 요구를 위한 probing 패킷이 낮은 우선순위

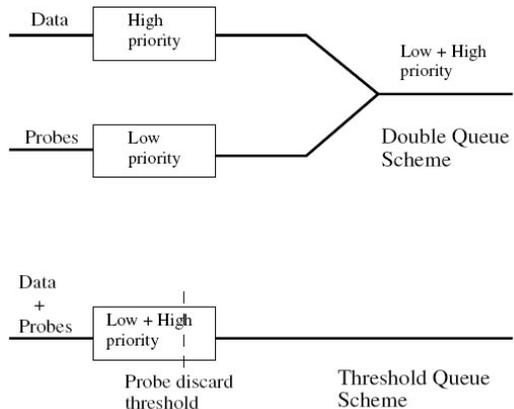


그림 2. probing 절차를 위한 전송 대역 관리 방법

로 서비스되도록 스케줄링하고 그 외의 대역은 최선형 서비스 패킷이 서비스되도록 한다.

2.2 PMIPv6 (Proxy MIPv6)

PMIPv6는 네트워크 기반 이동성 관리 기법으로 액세스 망 내부에서 단말을 위한 일종의 홈 에이전트로서 동작하는 LMA(Localized Mobility Anchor)가 있다. 또한 단말을 대신하여 단말의 이동성을 지원하는 장치인 MAG(Mobility Access Gateway)이 있다. 단말이 켜지거나 또는 PMIPv6 망에 들어오는 경우에 MAG은 액세스 망에 있는 정책 저장소(Policy store)로부터 단말이 접속하고자 하는 LMA의 주소와 단말의 ID 정보, 그리고 부가적으로 단말에게 할당될 네트워크 프리픽스 등의 정보를 얻는다. 서버로부터 수신한 정보를 이용하여 MAG은 RA 메시지를 단말에게 전송하고, 단말은 이 정보를 이용하여 자신의 IP 주소를 설정한다. MAG은 또한 서버로부터 수신한 정보를 이용하여 PBU(Proxy Binding Update) 메시지를 만들어 LMA에게로 전송한다. 이 메시지에는 단말의 ID, 단말에게 할당된 네트워크 프리픽스, 그리고 단말의 IP 주소가 포함된다. PBU 메시지를 수신한 LMA는 자신의 Binding Cache 엔트리에 단말 ID에 해당하는 정보가 있는지를 검사하여 만일 없으면 단말에 대한 정보를 추가한다. 그리고 LMA는 MAG의 주소 정보를 이용하여 LMA와 MAG 간에 터널을 설정한다.

만일 단말이 이동을 하게 되면, 앞에서 언급한 것과 동일한 방법으로 새로운 MAG은 단말에 대한 정보를 얻게 되고, 이 정보를 이용하여 단말에게 동일한 네트워크 프리픽스 정보를 보내준다. 단말이 동일한 네트워크 프리픽스 정보를 수신하게 되면, 단말은 자신이 이전과 동일한 네트워크에 계속 접속되어 있다고 간주하게 된다. 새로운 MAG은 서버로부터 수신한 단말에 대한 정보를 이용하여 PBU 메시지를 만들어 LMA에게로 전송한다. PBU 메시지를 수신한 LMA는 단말

의 ID 정보와 새로운 MAG의 주소 정보를 이용하여 단말이 새로운 망으로 이동했다는 것을 감지하고 단말을 위해 기존의 LMA와 MAG간의 터널을 LMA와 새로운 MAG간의 터널로 변경한다. 이와 같은 방법으로 네트워크 기반 이동성 관리 기능을 단말에게 제공한다. 그림 3은 PMIPv6의 네트워크 기반 핸드오버 절차를 보여준다^[10].

III. 제안된 Seamless 모바일 멀티캐스트 메커니즘

본 논문에서 제안하는 메커니즘은 모바일 IPTV와 같은 IPTV 2.0 서비스 지원을 위해 그림 4와 같이 유선망과 PMIPv6 기반의 무선망이 통합된 seamless 멀티캐스트 서비스 환경을 기반으로 다양한 서비스들의 QoS 요구 사항을 만족시킬 수 있도록 probing 기반 유무선 통합 멀티캐스트 수락 제어 부분과 seamless 모바일 멀티캐스트 핸드오버 부분으로 구성된다.

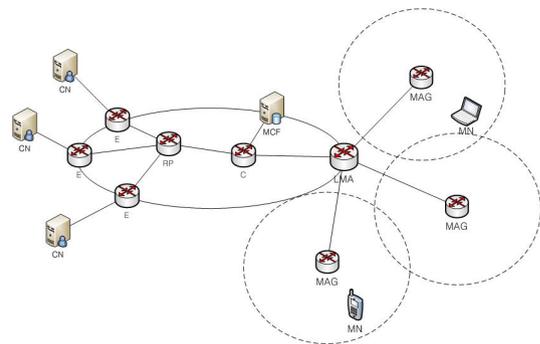


그림 4. 유무선 통합 seamless 멀티캐스트 서비스 환경

3.1 Probing 기반 유무선 통합 멀티캐스트 수락 제어

3.1.1 2계층 멀티캐스트 정보관리 기법

본 논문에서 제안하는 메커니즘은 [11]에서 제안된 유선망에서의 probing 기반 수락 제어 기법을 PMIPv6 기반의 무선망까지 확장하여 적용하였다. 먼저 유선망에서는 멀티캐스트 서비스를 위해 전체 망의 멀티캐스트 트리 정보 및 멀티캐스트 데이터 전송 상태 등을 알고 제어할 수 있는 중앙 집중 멀티캐스트 제어 블록 (MCF : Multicast Control Function)을 두어 망 내 자원 관리와 멀티캐스트 및 probing 기반 수락 제어를 담당한다^[11]. 그리고 유무선 통합 환경에서는 유선망과 무선망을 2계층 멀티캐스트 정보 관리

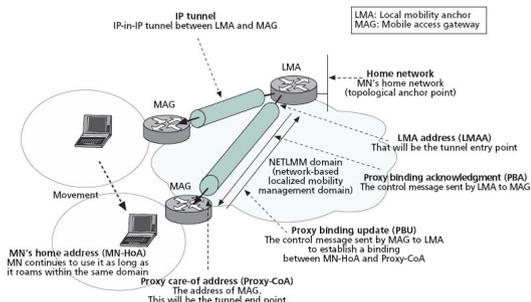


그림 3. PMIPv6의 핸드오버 절차

기법으로 관리하게 되는데 이는 유선망의 MCF와 무선망의 LMA가 계층화된 방법으로 멀티캐스트 및 probing 정보를 관리하는 방법이다. 즉, 유선망 환경에서는 MCF가 probing 절차를 관리하며 LMA는 유선망 환경과 무선망 환경의 probing 절차를 이어주는 역할을 하게 되어 MCF는 무선 환경의 MAG 단위까지 관리할 필요가 없고 LMA 이하의 한 PMIPv6 도메인을 하나의 그룹으로 보고 MN 단위가 아닌 LMA 단위로 멀티캐스트 정보를 다룬다. 따라서 MCF는 LMA를 하나의 말단 노드로 간주하게 된다.

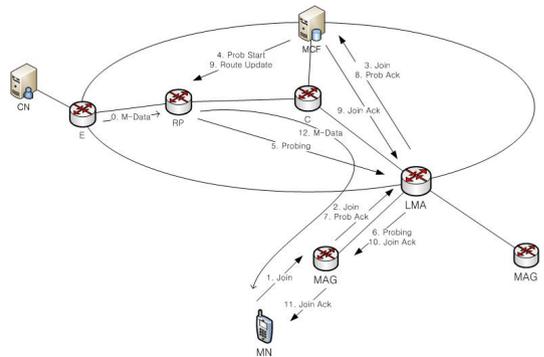
무선 네트워크 환경에서는 LMA와 MAG이 멀티캐스트 정보를 갖게 된다. MAG은 자신과 연결되어 있는 MN들이 어느 소스의 데이터를 받아야 하는지 알고 있고 LMA는 각 MAG마다 어느 소스의 데이터를 보내야 하는지 알고 있다. 즉 MAG은 소스별 MN 정보를 갖고 있으며 LMA는 소스별 MAG 정보를 갖고 있다. MN은 MAG에게 MAG은 LMA에게 Join을 요청하게 되며 LMA까지 오고 있지 않은 소스에 대한 Join 요청이 발생할 경우에만 MCF로 Join 요청을 하게 된다.

3.1.2 probing 기반 유무선 통합 멀티캐스트 수락 제어 절차

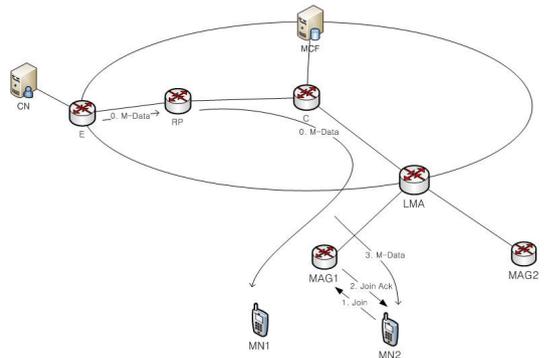
3.1.2.1 Join 절차

그림 5와 그림 6은 본 논문에서 제안하는 probing 기반 유무선 통합 멀티캐스트 수락 제어 절차를 보여주고 있다. 먼저 그림 5(a)는 한 LMA에서 최초의 Join 절차를 보여준다. MN으로부터 Join 메시지를 받은 MAG이(1) 해당 소스의 멀티캐스트 데이터를 받고 있지 않다면 LMA에게 Join 메시지를 전달하게 된다(2). Join 메시지를 받은 LMA는 해당 소스의 멀티캐스트 데이터를 받고 있는 다른 MAG이 존재하지 않는다면 MCF에게 Join 메시지를 전달하게 된다(3). 그러나 해당 소스에 대한 probing 절차가 다른 MAG을 상대로 진행 중일 경우에는 MCF로 Join 메시지를 전달하지 않고 LMA-MAG 간 probing을 진행하게 된다. MCF가 LMA에게서 Join 메시지를 받게 되면 LMA를 말단 노드의 멀티캐스트 라우터로 간주하여 유선 환경에서의 probing 절차와 동일한 절차를 진행하게 된다(4). 이 때 모든 probing 관련 패킷은 LMA 까지만 도달하게 된다(5). 하지만 2계층 멀티캐스트 정보 관리 기법에 의해 LMA는 MCF에게 Join 요청을 한 뒤에 해당 소스의 probing 관련 패킷을 받게 되면 Join 메시지를 보냈던 MAG까지 이어서 probing 절차를 수행하게 된다(6). probing 절차가 끝나면 이

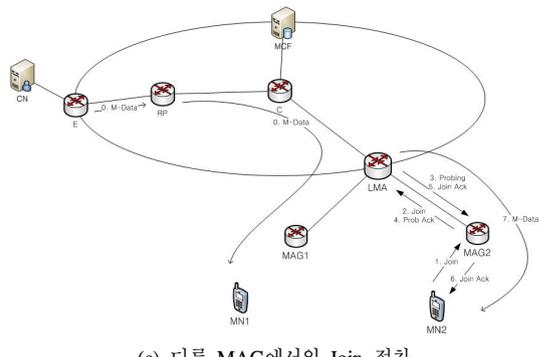
어서 LMA-MAG 간 probing 절차도 끝나게 되고 LMA는 MAG이 보내는 probing 응답 메시지를 기다린다(7). 그리고 유선 환경에서 LMA 까지의 probing 절차와 LMA-MAG 간 probing 절차가 모두 성공했을 경우에 probing 성공 응답을 MCF에게 전해주게 된다(8). probing 성공 응답을 받은 MCF는 유선 환경에서의 probing 절차대로 멀티캐스트 라우팅 정보 갱신 및 Join 성공 응답을 LMA에게 보낸다(9). Join 응답을 받은 LMA는 MAG에게(10), MAG은 MN에게(11)



(a) 최초의 Join 절차



(b) 같은 MAG에서의 Join 절차



(c) 다른 MAG에서의 Join 절차

그림 5. 유무선 통합 환경에서의 Join 요구 처리 절차

각각 전달한다. Join 절차가 성공적으로 끝나면 해당 소스의 멀티캐스트 데이터가 유선망에서부터 LMA와 MAG을 거쳐 MN까지 도달하게 된다(12).

그림 5(b)는 같은 MAG에서의 Join 절차를 보여준다. MN이 MAG에게 Join 메시지를 보내게 되면(1) MAG은 해당 소스의 멀티캐스트 데이터를 받고 있는지 확인하게 된다. 만약 해당 소스의 멀티캐스트 데이터를 이미 받고 있다면(0) 곧바로 멀티캐스트 라우팅 정보를 갱신하고 Join 성공 응답을 보내게 되고(2) 이어서 MN은 해당 소스의 멀티캐스트 데이터를 받게 된다(3).

그림 5(c)는 다른 MAG에서의 Join 절차를 보여준다. MN으로부터 Join 메시지를 받은 MAG(1)이 해당 소스의 멀티캐스트 데이터를 받고 있지 않다면 LMA에게 Join 메시지를 전달하게 된다(2). LMA가 MAG으로부터 Join 메시지를 받게 되면 적어도 LMA와 메시지를 보낸 MAG 간에는 probing 절차가 필요하다는 의미가 된다. 우선 해당 소스의 멀티캐스트 데이터를 받고 있는 다른 MAG이 있는지 확인한다. 존재한다면(0) LMA까지는 해당 소스의 멀티캐스트 데이터가 정상적으로 오고 있다는 뜻이므로 LMA-MAG 간 probing 절차만을 수행한다(3). probing 절차가 종료되면(4) 성공여부에 따라 Join 메시지를 보낸 MAG에게 Join 응답을 보낸다(5). Join 응답을 받은 MAG은 같은 응답을 MN에게 보낸다(6). Join 절차가 성공했다면 LMA와 MAG의 멀티캐스팅 정보가 갱신되어 Join을 요청한 MN까지 멀티캐스트 데이터가 전달하게 된다(7).

그림 6은 그림 5와 같은 유무선 통합 환경에서의 Join 및 probing 기반 수락 제어 절차를 메시지 프로시저 기반으로 보여준다. 먼저 MAG1에 연결되어 있는 MN1이 Join을 요청하면, 멀티캐스트 데이터가

LMA까지 오지 않고 있기 때문에 MCF까지 Join 메시지가 전달된다. MCF가 Join 메시지를 받으면 멀티캐스트 트리 정보를 확인하고 LMA까지 유선망에서의 probing 절차를 시작하게 되며 LMA는 이 절차를 이어서 MAG1까지 진행하게 된다.

MAG1까지의 probing 절차 진행중 MAG2에 연결되어 있는 MN2가 Join을 요청하게 되면 LMA까지 멀티캐스트 데이터는 오지 않고 있지만 MAG1까지 probing 절차가 진행 중이므로 MCF에 Join 메시지를 보내지 않고 LMA와 MAG2사이의 probing 절차를 진행한다. MAG1까지의 probing 절차가 성공적으로 끝나면 MCF까지 probing 성공 응답이 도달하게 되고, 이어서 Join 성공응답을 보내고 유선망의 멀티캐스트 라우팅 정보를 갱신하게 된다.

MAG2까지의 probing 절차가 성공적으로 끝나면 LMA까지 probing 성공 응답이 도달하게 되고, LMA는 Join 성공 응답을 보낸과 함께 멀티캐스트 라우팅 정보를 갱신하여 MAG2에게도 멀티캐스트 데이터를 보내게 된다.

이 때 MN2와 함께 MAG2에 연결되어 있는 MN3이 Join을 요청하게 되면 멀티캐스트 데이터가 MAG2까지 도달하고 있는 상태이기 때문에 곧바로 Join 요청이 수락되고 MAG2의 멀티캐스트 라우팅 정보가 갱신되어 MN3에게도 멀티캐스트 데이터를 보내게 된다.

3.1.2.2 Leave 절차

그림 7과 그림 8은 유무선 통합 환경에서의 Leave 절차를 보여 주고 있다. 먼저 그림 7(a)는 MAG단에서의 Leave 절차를 보여준다. MN2가 MAG1에 연결되어 멀티캐스트 데이터를 받다가(0) Leave 요청을 하면(1) MAG1은 멀티캐스트 라우팅 정보에서 MN2를 제거한다. 하지만 아직 해당 멀티캐스트 데이터를 받고 있는 MN1이 존재하기 때문에 Leave 메시지를 더 이상 전달하지 않게 되고, MN1은 계속해서 멀티캐스트 데이터를 받게 된다(2).

그림 7(b)는 LMA단에서의 Leave 절차를 보여준다. MN2가 MAG2에 연결되어 멀티캐스트 데이터를 받다가(0) Leave 요청을 하면(1) MAG2는 멀티캐스트 라우팅 정보에서 MN2를 제거한다. 그리고 더 이상 MAG2에 연결된 MN 들은 해당 멀티캐스트 데이터를 받지 않기 때문에 Leave 메시지를 LMA로 전달하게 된다(2). Leave 메시지를 받은 LMA는 멀티캐스트 라우팅 정보에서 MAG2를 제거한다. 하지만 아직 해당 멀티캐스트 데이터를 받고 있는 MAG1이 존재

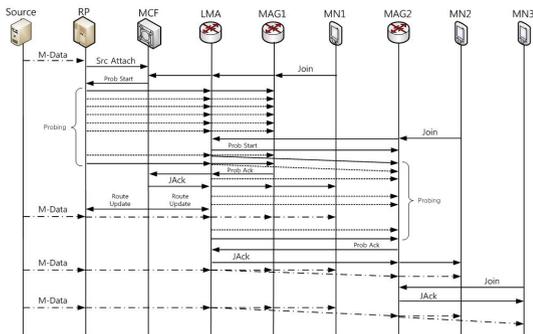
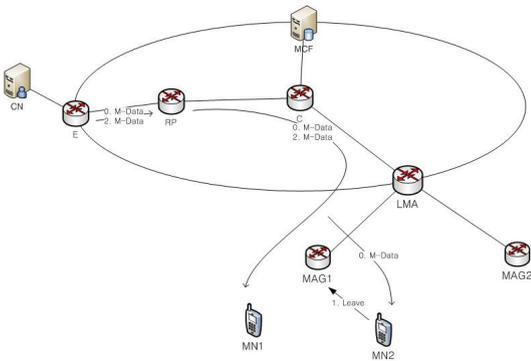


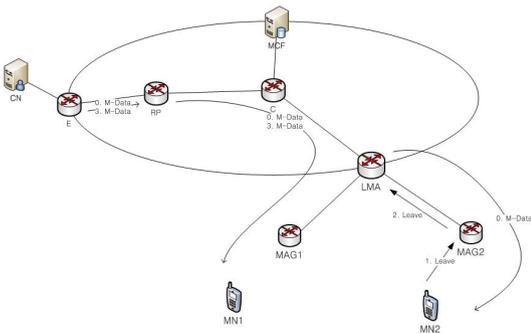
그림 6. 유무선 통합 환경에서의 Join 및 probing 기반 수락 제어 절차

하기 때문에 Leave 절차를 종료한다. 따라서 MAG1은 계속해서 멀티캐스트 데이터를 받게 된다(4).

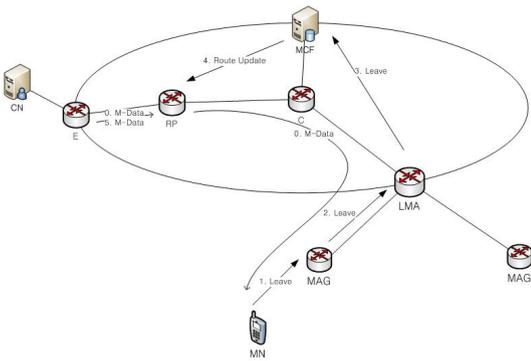
그림 7(c)는 MCF단에서의 Leave 절차를 보여준다. MN이 Leave를 요청하면(1) MAG은 더 이상 해당 멀티캐스트 데이터를 받는 MN이 존재하지 않기 때문에 Leave 메시지를 LMA로 전달하게 된다(2). Leave 메시지를 받은 LMA는 멀티캐스트 라우팅 정보를 갱신한 뒤에도 더 이상 해당 멀티캐스트 데이터를 받는 MAG이 존재하지 않기 때문에 MCF로 Leave 메시지



(a) MAG단에서의 Leave 절차



(b) LMA단에서의 Leave 절차



(c) MCF단에서의 Leave 절차

그림 7. 유무선 통합 환경에서의 Leave 요구 처리 절차

를 전달하게 된다(3). MCF는 Leave 메시지를 받은 뒤 멀티캐스트 트리 및 라우팅 경로 등을 갱신한다(4). 모든 절차가 완료되면 해당 멀티캐스트 데이터는 더 이상 LMA까지 전달되지 않게 된다(5).

그림 8은 그림 7과 같은 유무선 통합 환경에서의 Leave 절차를 메시지 프로시저 기반으로 보여준다. 같은 소스의 멀티캐스트 데이터를 각각 MAG1에 연결된 MN1과 MAG2에 연결된 MN2, MN3이 받고 있던 도중 MN3이 Leave를 요청하면 MAG2가 이 메시지를 받아 멀티캐스트 라우팅 정보를 갱신한다. 하지만 MN2가 여전히 멀티캐스트 데이터를 받고 있으므로 절차가 종료된다.

다음으로 MN2가 Leave를 요청하면 MAG2가 이 메시지를 받아 멀티캐스트 라우팅 정보를 갱신한다. 그리고 더 이상 멀티캐스트 데이터를 받는 MN이 없으므로 LMA에게 Leave 메시지를 전달한다. LMA는 이 메시지를 받아 멀티캐스트 라우팅 정보를 갱신한다. 하지만 MAG1이 여전히 멀티캐스트 데이터를 받고 있으므로 절차가 종료된다.

마지막으로 MN1이 Leave를 요청하면 MAG1이 이 메시지를 받아 멀티캐스트 라우팅 정보를 갱신한다. 그리고 더 이상 멀티캐스트 데이터를 받는 MN이 없으므로 LMA에게 Leave 메시지를 전달한다. LMA는 이 메시지를 받아 멀티캐스트 라우팅 정보를 갱신하고 MCF에게 Leave 메시지를 전달하면 MCF도 이 메시지를 받아 멀티캐스트 트리 및 라우팅 정보를 갱신하게 된다.

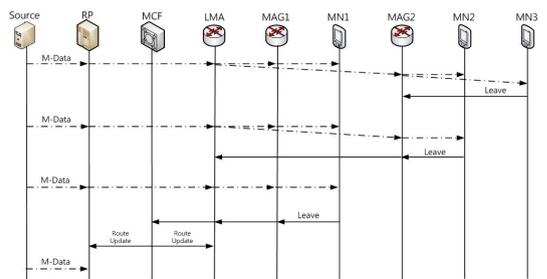


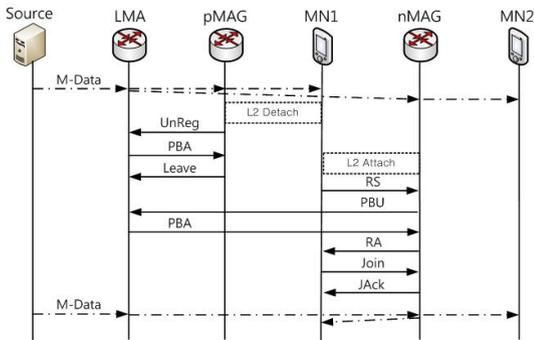
그림 8. 유무선 통합 환경에서의 Leave 절차

3.2 seamless 모바일 멀티캐스트 핸드오버

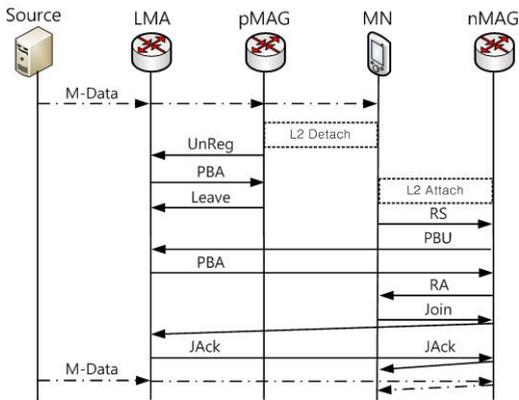
3.2.1 모바일 멀티캐스트 핸드오버의 기본 절차

특정 소스에 연결되어 있는 MN이 연결을 유지한 채로 같은 LMA 내의 다른 MAG의 영역으로 이동하면 기존 PMIPv6 핸드오버 절차에 의한 바인딩 갱신 과정이 일어난다. 그리고 곧바로 연결되어 있던 기존

의 소스 정보를 담아 Join 메시지를 새로운 MAG에게 보내게 된다. 이때 MAG은 앞 장에서 설명한 기존의 Join 메시지 처리 절차와 동일한 절차를 수행하게 된다. 그림 9(a)와 같이 MN1이 pMAG에서 nMAG으로 핸드오버하여 Join 요청을 했을 때, nMAG 내에 해당 소스에 연결되어 있는 MN2가 존재하므로 곧바로 멀티캐스트 라우팅 정보를 갱신하고 Join 성공 응답을 보낸다. 존재하지 않는다면 그림 9(b)와 같이 LMA로 Join 메시지를 전달하게 된다. LMA 또한 기존의 Join 메시지 처리절차와 동일하게 해당 메시지를 처리한다.



(a) 동일 소스를 받는 MAG으로의 핸드오버



(b) 새로운 MAG으로의 핸드오버

그림 9. 기본적인 MAG간 멀티캐스트 핸드오버 절차

3.2.2 probing을 이용한 seamless 모바일 멀티캐스트 핸드오버

모바일 멀티캐스트 핸드오버가 기본 절차와 동일하게 진행됐다 하더라도 QoS 보장을 위한 수락제어를 위해 LMA와 새로운 MAG간의 경로는 probing 절차가 필요하게 될 수도 있다. 이는 Join 메시지가 LMA 까지 전달되는 경우이며 LMA는 기존의 probing 과정에 따라 LMA-MAG 간 probing 절차를 수행하게 된

다. probing 절차가 성공적으로 끝나야 핸드오버 Join에 대한 성공 응답이 전해진다.

그림 10은 새로운 MAG으로 핸드오버 하여 probing 절차가 진행되는 과정을 보여준다. MN이 pMAG에서 nMAG으로 핸드오버 하여 Join 메시지를 보낸 후 probing 절차가 완료되어야 Join 응답을 받게 되는 것을 볼 수 있다.

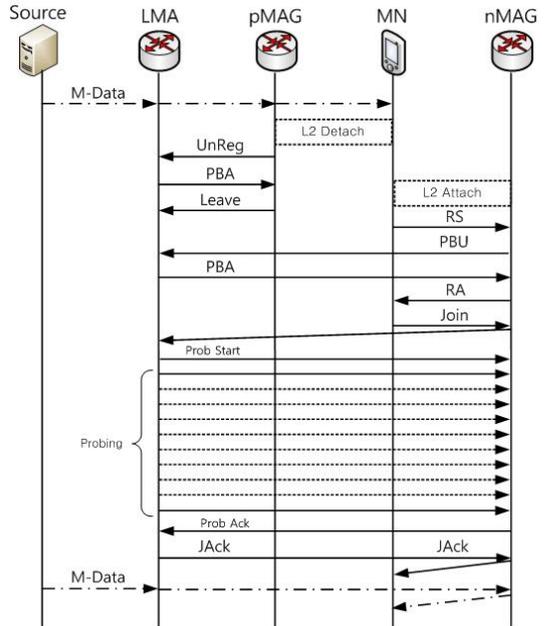


그림 10. probing 기반 수락 제어와 멀티캐스트 핸드오버 절차

3.2.3 예측probing과 VB를 이용한 seamless 모바일 멀티캐스트 핸드오버

핸드오버 시 필요에 따라 probing 과정을 거치는 것은 사용자의 품질 요구 사항을 최대한 보장해 주지만 probing 절차에 걸리는 시간 때문에 추가적인 핸드오버 지연이 발생하게 된다. 따라서 핸드오버를 예측하여 probing 절차를 사전에 완료한다면 품질 보장과 더불어 seamless한 모바일 멀티캐스트 핸드오버 지연도 만족시켜줄 수 있게 된다.

그림 11은 본 논문에서 제안하는 예측 probing과 VB(Virtual Bandwidth)를 이용한 seamless 모바일 멀티캐스트 핸드오버 절차를 보여준다. 전과 세기의 감지를 통하여 MN이 곧 pMAG의 영역을 벗어날 것으로 예측되면 pMAG은 LMA에게 핸드오버 감지 메시지를 보낸다(1). 핸드오버 예측은 해당 소스에 대한 probing 절차를 미리 끝내기 위한 것이므로 핸드오버

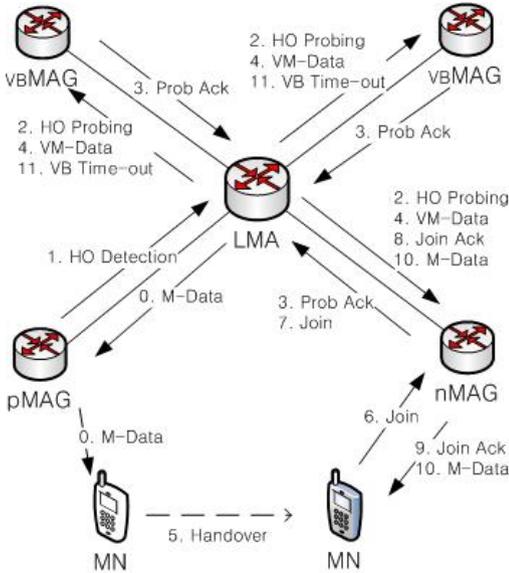


그림 11. seamless 모바일 멀티캐스트 핸드오버 절차

감지 메시지에는 해당 소스의 정보가 담겨 있다. LMA가 핸드오버 감지 메시지를 수신하면 핸드오버 probing 절차의 대상 MAG들을 선정한다. 이때는 메시지를 보낸 MAG 외의 모든 MAG이 될 수도 있으며, 인접 MAG 정보를 이용하여 인접한 MAG이 대상이 될 수도 있고 방향 예측을 통한 특정 MAG이 될 수도 있다. 대상 MAG들을 선정했으면 LMA-MAG 간 핸드오버 probing 절차를 수행한다(2). 예측 핸드오버 probing 절차는 기존의 probing 절차와 동일하지만 probing 데이터 패킷의 우선순위가 기존의 probing 데이터 패킷보다 낮게 설정된다. 따라서 예측을 통한 핸드오버 probing 절차로 인하여 기존의 서비스를 받는 사용자 혹은 예측이 아닌 실제 접속 대기 중인 사용자들의 서비스 품질에 영향을 주지 않는다. 핸드오버 probing 절차가 완료되면(3) 실패한 MAG은 이미 seamless한 핸드오버를 지원해줄 수 없는 상태로 간주하여 무시하고 핸드오버 probing 절차가 성공한 MAG은 VB를 설정한다. VB가 설정된 vBMAG과 nMAG에게는 가상 멀티캐스트 데이터(Virtual Multicast Data)가 전달된다(4). 가상 멀티캐스트 데이터는 해당 소스의 실제 멀티캐스트 데이터 패킷의 우선순위를 핸드오버 probing 데이터 수준으로 낮춘 데이터이다. 따라서 다른 핸드오버 probing 절차에는 영향을 주지만 그 외의 서비스에는 영향을 주지 않는 대역폭을 임시로 잡게 된다. 만약 VB 유지시간 중에 실제 핸드오버가 완료되고(5), VB가 설정된 nMAG에게서

Join 요청을 받으면(6,7) LMA는 probing 절차가 성공한 것으로 간주하여 곧바로 Join 성공 응답을 보내고(8,9) VB를 해제 하여 정상적인 멀티캐스트 데이터 패킷이 전달되도록 한다(10). VB 유지시간이 지나면 VB가 설정되어 있는 vBMAG들의 VB를 해제하여 더 이상 가상 멀티캐스트 데이터가 전달되지 않는다(11).

그림 12는 그림 11과 같은 예측 probing과 VB를 이용한 모바일 멀티캐스트 핸드오버 절차를 메시지 프로시저 기반으로 보여준다. pMAG에 연결되어 멀티캐스트 데이터를 받는 MN의 핸드오버가 예측되면 LMA에게 핸드오버 감지 메시지를 보낸다. 그리고 LMA는 핸드오버 probing의 대상 MAG인 nMAG과 vBMAG까지 핸드오버 probing 절차를 진행한다. 핸드오버 probing 절차가 완료되면 각각의 MAG에게 VB가 설정되어 가상 멀티캐스트 데이터가 전달된다.

VB 유지시간이 끝나기 전에 실제로 MN이 pMAG에서 nMAG으로 핸드오버를 완료하고 다시 Join 메시지를 보내게 되면 LMA는 곧바로 Join 성공 응답을 보내주어 MN이 멀티캐스트 데이터를 받을 수 있도록 해준다.

핸드오버 probing은 성공했으나 실제 Join요청을 받지 못한 vBMAG의 VB는 VB 유지시간이 지나면 해제된다. VB가 해제되면 더 이상 가상 멀티캐스트 데이터가 전달되지 않는다.

한편, MN의 핸드오버를 예측하여 핸드오버

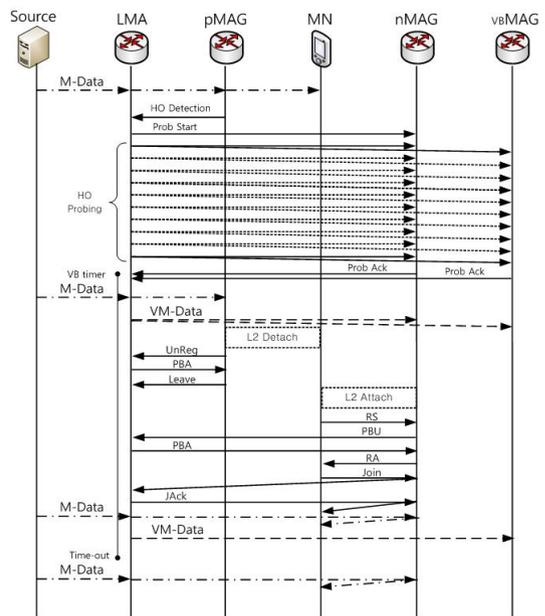


그림 12. 예측 probing과 VB를 이용한 멀티캐스트 핸드오버 절차

probing 절차를 진행하던 도중에 MN이 이미 새로운 MAG에 연결될 수 있다. 이때는 남은 probing 절차를 기다려 그 성공 여부에 따른다. 따라서 probing 과정 수행시간을 줄이는 효과가 있다. 또한 새로운 MAG으로 실제 핸드오버를 했다는 것을 알 수 있으므로 핸드오버 probing 우선순위로 바꾸어 보내던 probing 데이터 패킷을 일반 probing 데이터 패킷으로 보내게 된다.

IV. 성능 분석

4.1 시뮬레이션 환경

제안된 메커니즘의 성능을 분석하기 위하여 네트워크 시뮬레이터 ns-2를 이용하였다^[2]. 시뮬레이션 모델은 그림 13과 같이 PMIPv6 기반 유무선 통합 환경으로 구성했다. 각 소스(Src) 노드는 멀티캐스트 데이터를 지속적으로 송신하며 최대 전송률은 2Mbps이다. LMA-MAG간의 링크 대역폭은 10Mbps이며, 이를 제외한 모든 링크의 대역폭은 45Mbps이다. 이 모델에서 각각의 시뮬레이션 시 소스의 수와 MAG1, MAG2 범위 안에 있는 MN의 수를 설정하였다. 또한 probing 절차를 위한 파라미터로 데이터 전송률을 소스의 최대 전송률인 2Mbps로 하였으며, 패킷 손실 허용치를 10^{-3} 으로 하였다. 이때 평균적으로 probing 절차에 걸리는 총 시간은 약 1초이며 이는 참조문헌 [9]에 증명되어 있다.^[9]

본 성능 분석에서는 probing 기반 멀티캐스트 수락제어를 사용했을 때의 패킷 손실률과 Join 지연 시간을 측정하였으며, 소스와 MN의 수가 지연 시간에 미치는 영향 등을 분석하였다. 또한 probing 기반 수락제어와 함께 예측 핸드오버를 통한 seamless 핸드오버의 지원 가능성을 알기 위하여 핸드오버 지연 시간을 측정하고 분석하였다.

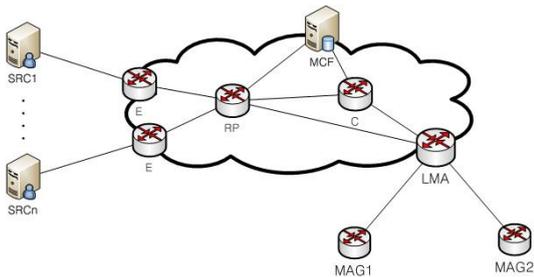


그림 13. 시뮬레이션 모델

4.2 Probing 기반 수락제어 분석

그림 14는 일반 PMIPv6 방식과 probing 기반 수락제어를 사용하는 제안된 방식에서 연결 요청이 허용된 MN에 대하여 멀티캐스트 데이터의 패킷 손실률을 측정된 결과이다. PMIPv6 방식은 수락제어를 하지 않기 때문에 MN수가 늘어날수록 무조건적으로 데이터를 전송함으로써 패킷 손실률이 늘어나는데 반하여 제안된 메커니즘은 probing 기반 수락제어를 통해 연결 요청이 허용된 MN들에게 품질을 보장해주는 것을 확인할 수 있다.

한편, 그림 15는 MAG1에 연결된 MN의 수에 따른 Join 지연 시간을 측정된 결과이다. 이를 위해 소스는 한 개로 고정하고 표 1과 같이 Join 요구 전에 각 MAG 별로 이미 소스에 연결되어 있는 MN의 수를 설정하여 보았다.

여기서 case 1은 두 MAG에 이미 소스에 연결되어 있는 다른 MN이 전혀 없는 경우로 LMA 내에서 최초의 Join을 시도하는 경우이다. case 2는 MAG2에 이미 소스에 연결된 MN이 존재하는 경우로 LMA 내에서는 최초가 아니지만 MAG1에서는 최초의 Join을 시도하게 된다. 마지막으로 case 3은 MAG1에 이미 소스에 연결된 MN이 존재하는 경우로 LMA 내에서도 최초가 아니고 MAG1에서도 최초가 아닌 Join을 시도하게 된다.

그림 15에서 보이는 바와 같이 case 1의 경우 최초의 Join이 되기 때문에 제안된 메커니즘에 따라 Join 메시지가 MCF까지 전달되고 우선망부터 probing 절차가 진행된 뒤 Join 응답을 받게 된다. 따라서 총 지연은 메시지 지연에 probing 절차로 인한 약 1초가 더

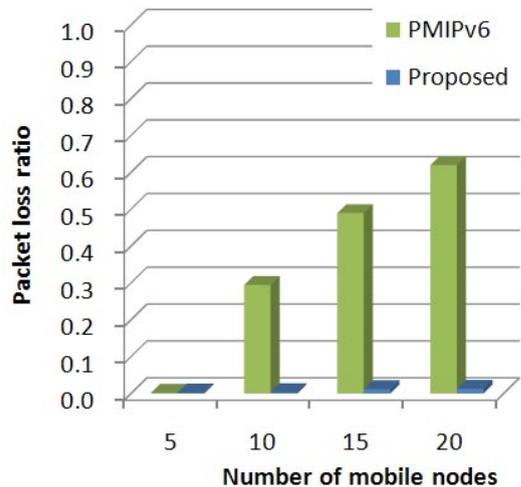


그림 14. probing 기반 수락 제어 사용에 따른 패킷 손실률

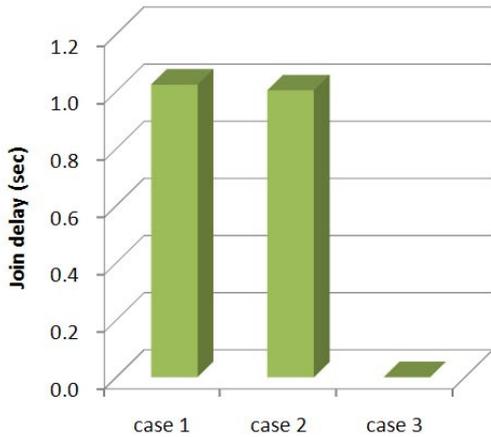


그림 15. case별 Join 지연 시간

표 1. 각 MAG에 사전에 연결된 MN 수

	MAG1	MAG2
case 1	0	0
case 2	0	1
case 3	1	0

해져 약 1.024초가 나왔다. case 2의 경우 LMA까지는 이미 멀티캐스트 데이터가 도달하는 경우이므로 LMA-MAG간 probing 절차만을 진행하게 된다. 따라서 probing 절차로 인한 약 1초의 지연은 case 1과 비슷하며 메시지 지연이 짧아져 총 지연이 약간 줄어든 약 1.004초가 나오는 것을 확인할 수 있었다. case 3의 경우는 MAG까지 멀티캐스트 데이터가 도달하는 경우이므로 Join 메시지는 MAG에서 곧바로 처리되어 probing 절차 없이 Join 요청이 승낙된다. 따라서 probing 절차로 인한 지연이 없어지기 때문에 약 0.0001초의 매우 적은 시간이 걸리는 것을 확인할 수 있었다.

다음은 IPTV 서비스의 중요한 성능 요소 중 하나인 채널 변경 시간(Channel zapping time)을 측정하였는데 채널 변경은 현재의 멀티캐스팅 그룹에서 Leave 하고 새로운 멀티캐스팅 그룹으로 Join하는 절차이므로 Join하는 과정과 매우 유사하다. 그림 16은 MAG1에 연결된 MN에서 소스 3개 중 임의로 한 개를 선택하여 Join한 후 수십 초 동안 무작위로 유지한 뒤, 다시 다른 소스를 임의로 선택하여 그 소스로 채널 변경 하는 과정을 반복하여 측정된 채널 변경 시간들의 평균값이다. 표 2에서와 같이 각 상황들마다 MAG별로 이미 소스에 연결되어 있는 MN들의 존재

여부가 달라진다. 또한 이미 연결되어 있는 MN들은 채널 변경을 하지 않으며, MN들은 서로 다른 소스에 연결되어 있다고 가정한다. case 1의 경우는 두 MAG에 소스에 연결되어 있는 MN이 전혀 없는 경우이다. case 2는 MAG2에 소스 세 개 중 한 개에 이미 연결되어 있는 MN이 존재하는 경우이며, case 3은 소스 세 개에 각각 연결되어 있는 MN들이 존재하는 경우이다. case 4는 MAG2에 존재하는 MN들은 소스 두 개에 각각 연결되어 있으며 MAG1에 존재하는 MN은 MAG2에서 연결되지 않은 나머지 한 소스에 연결되어 있는 경우이다. case 5는 case 3과 같으나 MAG2가 아닌 MAG1에 연결되어 있는 경우이다.

그림 16에서 보이는 바와 같이 채널 변경 시간을 측정된 시뮬레이션 결과는 Join 대기 시간을 측정된 시뮬레이션 결과와 매우 비슷한 성향을 갖는다. case 1의 경우는 소스 3개중 어느 것을 선택해도 처음부터 probing 절차를 거쳐야하므로 가장 긴 시간을 갖게 되며 측정된 평균값은 약 1.038초이다. case 2는 소스 3개중 하나의 경우에 대해서 LMA-MAG간 probing 절차만이 필요하므로 평균 시간이 약간 줄어든 약 1.021초로 나타났으며, case 3는 모든 경우에 대해서 LMA-MAG간 probing 절차만이 필요하므로 더욱 줄

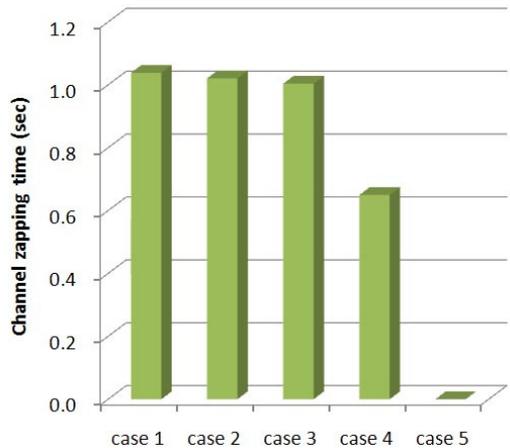


그림 16. case별 채널 변경 시간

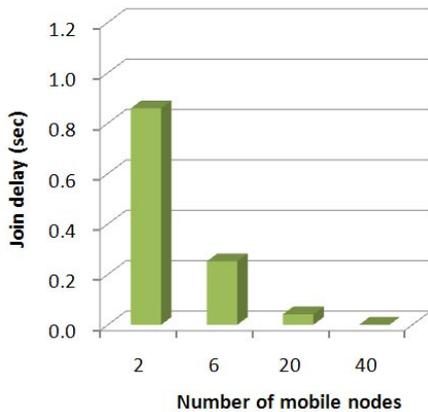
표 2. MAG별 각각 다른 소스에 이미 연결된 MN 수

	MAG1	MAG2
case 1	0	0
case 2	0	1
case 3	0	3
case 4	1	2
case 5	3	0

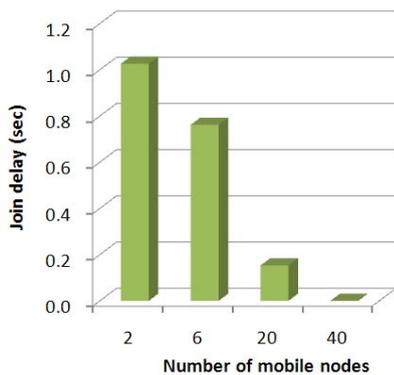
어든 약 1.004초를 나타내었다. case 4와 case 5를 보면 case 4는 이미 MAG까지 멀티캐스트 데이터가 도달하고 있어 probing 절차가 필요 없는 경우가 나올 확률이 1/3이며 case 5는 항상 probing 절차가 필요 없게 된다. case 4는 약 0.65초, case 5는 약 0.0001초로 해당 확률에 비례하여 대기 시간이 줄어드는 것을 확인할 수 있었다.

위의 시뮬레이션 결과들에 따라 첫 Join의 지연 시간이 probing 절차로 인해 길어진다는 점을 확인할 수 있다. 하지만 같은 MAG내의 MN 중 같은 소스에 연결된 MN이 존재하면 probing 절차를 피하면서도 품질 보장을 받을 수 있게 된다. 따라서 MN이 많이 존재할수록 중복된 소스를 선택할 확률이 높아지므로 평균적인 지연 시간이 줄어든다고 볼 수 있다.

다음 그림 17은 이를 확인한 결과이다. 주어진 MN을 절반씩 MAG1과 MAG2의 범위에 놓고 임의의 시간에 임의의 소스를 선택하여 Join을 요청했을 때의



(a) 소스가 3개인 경우



(b) 소스가 5개인 경우

그림 17. 소스 수와 MN 수에 따른 평균 Join 지연 시간

지연 시간이다. MN 수가 많아질수록 소스가 중복될 확률이 높아지므로 평균 지연 시간이 확연히 줄어드는 것을 알 수 있다. 한편, 소스 수와의 관계에 있어서는 소스가 3개인 그림 17(a)와 소스가 5개인 그림 17(b)를 비교해보면 그림 17(a)에서는 MN이 적은 경우부터 각각 약 0.859, 0.252, 0.042, 0.0002초가 측정되었고, 그림 17(b)에서는 각각 약 1.026, 0.762, 0.153, 0.0001초가 측정되었다. 따라서 소스의 개수가 늘어난 만큼 중복될 확률이 낮아지므로 소스가 많을 때의 결과가 전체적으로 평균 지연 시간이 늘어남을 확인할 수 있었다.

Join 과 비슷한 성향을 갖는 채널 변경 또한 마찬가지로 이다. 그림 18은 MAG1과 MAG2에 각각 5개씩 MN이 존재하여 임의로 채널을 변경 했을 때의 평균 소요 시간이다. 소스가 3개일 때는 약 0.211초이고 5개일 때는 약 0.281초로 측정되어 MN 수가 늘어난 만큼 평균 소요 시간이 probing 절차인 약 1초보다 적은 것을 볼 수 있었다. 이는 [13]에서 권고하는 2초미만의 채널 변경 시간을 만족한다. 또한 소스의 수가 더 많을 때 평균 소요 시간이 증가하는 것도 확인할 수 있었다.

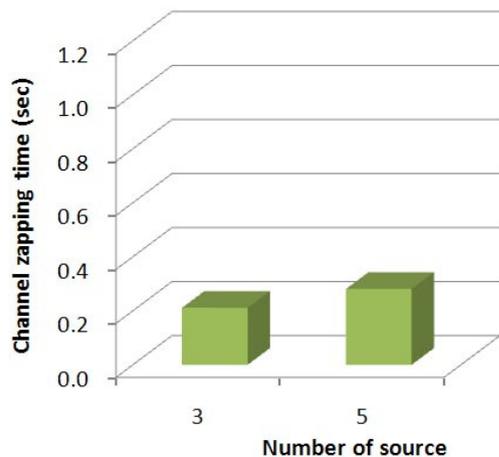


그림 18. 소스 수에 따른 평균 채널 변경 시간

4.3 VB를 이용한 예측 핸드오버 분석

위의 시뮬레이션을 통하여 probing 절차로 인한 지연의 특징을 알 수 있었다. 이러한 probing 절차의 지연은 유무선 통합망의 seamless 핸드오버를 지원하기 어렵게 만든다. 따라서 핸드오버 예측을 통해 미리 probing 절차를 수행하고 이 결과를 VB 설정을 통하여 보존하는 메커니즘을 제안하였고 이에 대한 성능

을 분석하였다.

그림 19는 최적화된 값의 VB 유지시간을 구하기 위하여 VB유지시간과 MN의 이동 속도가 핸드오버에 미치는 영향을 분석하였다. 그림 19에서 보이는 바와 같이 핸드오버 지연 시간은 이동 속도 뿐 아니라 VB 유지 시간의 영향도 받는 것을 알 수 있다. VB 유지 시간이 1초일 경우 이동 속도가 20, 40, 60km/h 인 경우에 대한 핸드오버 지연은 그림 19에서와 같이 약 0.005초로 매우 낮게 측정되었다. 반면에 VB 유지 시간이 0.75초일 경우 이동 속도가 20, 40km/h 인 경우에 대한 핸드오버 지연이 약 1초로 비교적 높게 측정되었다. 이는 앞서 말한 바와 같이 VB 유지 시간이 핸드오버 지연 시간에 영향을 미치기 때문이다. VB 유지 시간이 1초일 경우에는 VB 설정이 해제되기 전에 핸드오버가 완료되지만 0.75초로 줄이면 비교적 속도가 느린 20, 40km/h의 MN들은 핸드오버가 완료되기 전에 VB 설정이 해제된다. 따라서 VB 설정이 해제된 후 다시 probing 절차를 완료하기 위하여 기다리게 되고 이 시간만큼 핸드오버 지연이 추가된다. 따라서 사용자 요구 또는 망의 특성 등에 맞추어 적절한 VB 유지 시간을 책정할 필요가 있다.

그림 20은 그림 19의 결과에 따라 가장 효율적으로 판단된 1초의 VB 유지시간을 기준으로 하여MAG1에서 소스에 연결된 상태의 MN이 MAG2로 이동했을 때의 핸드오버 지연 시간을 측정된 결과이다. 제안된 메커니즘의 핸드오버 절차는 먼저 핸드오버가 예측되면 핸드오버 probing을 하고, 이 절차가 성공하면 VB를 설정하여 VB 유지시간 내에 Join 요구가 들어오면 승낙해주게 된다. 따라서 핸드오버 probing이 완료되어 VB가 설정된 후 VB 유지시간 내에 핸드오버하면 곧바로 핸드오버 절차가 완료되게 된다.

그림 20에서 이동 속도가 비교적 느린 20, 40,

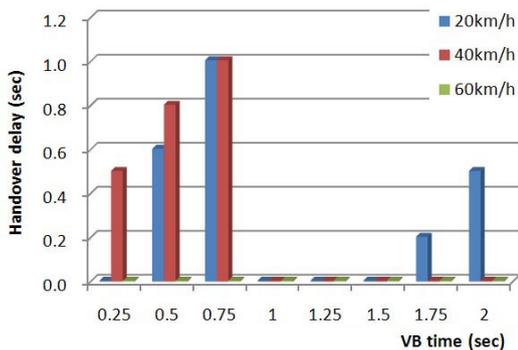


그림 19. 이동 속도 및 VB 유지 시간에 따른 핸드오버 지연 시간

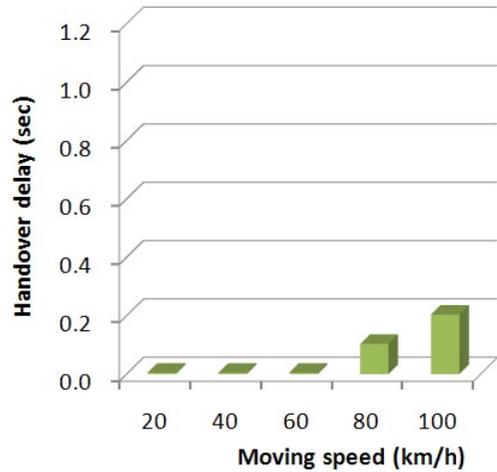


그림 20. 이동 속도에 따른 핸드오버 지연 시간

60km/h 일 경우 핸드오버 지연이 약 0.005초로 측정되어 이러한 상황을 나타내고 있다. 하지만 80km/h 이상의 속도에서는 약 0.1, 0.2초로 측정되어 속도가 빠를수록 핸드오버 지연이 늘어나는 것으로 측정되었다. 이는 상대적으로 속도가 빠른 경우에는 핸드오버가 예측되어 핸드오버 probing 절차를 진행하는 도중에 핸드오버를 하게 되기 때문이다. 그러나 이미 probing 절차가 진행 중이므로 남은 절차만 대기한 뒤 핸드오버가 완료되게 된다. 또한 매우 느린 속도로 핸드오버 할 때 핸드오버를 예측했으나 VB 유지시간이 끝날 때까지 핸드오버하지 못하여 VB 설정을 해제하는 경우도 발생할 수 있다. 이런 경우에는 핸드오버 예측을 제대로 했음에도 불구하고 probing 절차를 다시 기다려야 하는 상황이 발생하게 된다. 따라서 VB 유지 시간과 이동 속도와와의 관계가 매우 중요함을 알 수 있다.

한편, 책정된 VB 유지 시간과 비교하여 느리거나 빠르게 핸드오버하는 경우에도 새로운 MAG에 이미 멀티캐스트 데이터가 전송되고 있거나, 혹은 같은 소스에 대한 probing 절차가 이미 진행 중이라면 probing 절차의 대기 시간을 더욱 줄일 수 있다. 즉 앞서 시뮬레이션 결과와 같이 MN이 많이 존재할수록 똑같은 품질 보장이 되면서 probing 절차에 걸리는 시간이 줄어들게 된다. 따라서 많은 수의 MN이 존재하면 핸드오버에서 발생하는 추가적인 지연도 줄일 수 있다는 것이다.

이를 위해 좀 더 복잡한 환경에서 핸드오버 성능을 분석해 보았다. 그림 21과 같은 환경에서 4개의 소스 중 임의의 한 소스에 연결된 20개의 MN이 무작위로

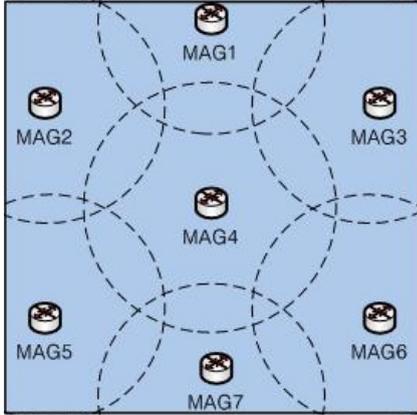


그림 21. 무작위 핸드오버 환경

이동한다고 가정하고 이 상황에서 모든 MN의 평균 핸드오버 지연 시간을 이동 속도 별로 측정해 보았다.

그림 22는 이동 속도에 따른 평균 핸드오버 지연 시간을 측정된 결과이며 속도가 낮은 경우부터 각각 약 0.117, 0.104, 0.063, 0.046, 0.081초의 핸드오버 지연이 측정되었다. 그림 20과 비교하여보면 이동 속도가 20, 40, 60km/h일 때의 핸드오버 지연이 약간 증가하였는데, 이것은 MN의 수와 MAG의 수가 많아지고 MN의 이동 방향이 불규칙함으로 인하여 핸드오버 예측이 제대로 되지 못한 경우를 포함하기 때문이다. VB 유지 시간이 1초인 그림 22의 결과는 전체적으로 상당히 낮은 핸드오버 지연을 가지며, 이동 속도가 80km/h일 때 가장 낮은 핸드오버 지연이 나오는 것으로 나타났다.

한편, 그림 23은 VB 유지 시간에 따라 이동 속도

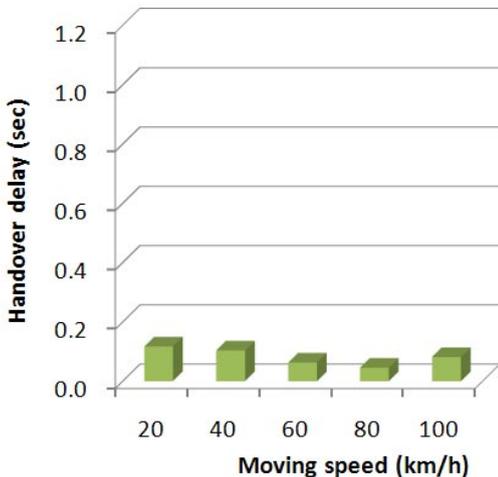


그림 22. 이동 속도에 따른 평균 핸드오버 지연 시간

가 20, 40, 60km/h일 경우의 평균 핸드오버 지연 시간을 측정된 결과이다.

그림 23에서 보는 바와 같이 여전히 VB 유지 시간에 따라 핸드오버 지연 시간이 가장 낮게 측정되는 이동 속도는 차이가 있는 것으로 나타났다. 하지만 많은 수의 MN으로 인하여 새로운 probing 절차가 필요한 상황의 발생 확률이 매우 낮아지게 되어 그림 19의 결과와 비교해 보면 전체적인 핸드오버 지연 시간은 최대 약 1초, 평균 약 0.2초에서 최대 약 0.2초, 평균 약 0.096초로 매우 줄어든 것을 확인할 수 있다. 이는 seamless한 영상 데이터의 상한 지연 시간으로 [14]에서 권고하는 0.15초에 비해 약 36% 적은 값이다. 따라서 이와 같이 MN이 밀집된 환경일수록 MN의 이동 속도와 VB 유지 시간에 관계없는 seamless 핸드오버 지원이 가능하다.

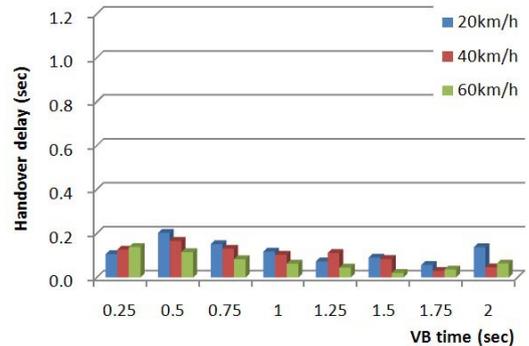


그림 23. 이동 속도 및 VB 유지 시간에 따른 평균 핸드오버 지연 시간

V. 결 론

본 논문에서는 IPTV 서비스와 같이 유무선 통합망에서 언제 어디서나 임의의 단말을 이용하여 원하는 방송서비스 및 콘텐츠를 최적의 품질로 제공할 수 있는 유무선 통합 망에서의 멀티캐스트 관리 방법과 무선망에서의 끊김 없는 이동성 지원의 필요성에 대해 알아보았다. 그리고 지금까지는 IPTV 서비스 품질 보장의 필요성과 중요성은 인식하면서도 이에 대한 준비가 체계적이지 못하지만, 서비스 확산으로 인하여 IPTV 가입자 수가 대폭 늘어날 가능성이 있으며, 이러한 경우는 기존의 방식으로 대처하기 어렵고 정교한 트래픽 엔지니어링 기술이 필요하게 된다는 점을 알아보았다.

본 논문에서는 앞서 기술한 문제점들의 해결을 위

한 방법으로 PMIPv6와 중앙 집중 멀티캐스팅 제어 블록 기반의 유무선 통합 환경에서 멀티캐스트를 지원하기 위한 2계층 멀티캐스트 정보 관리 기법과 probing 기반의 멀티캐스트 수락 제어 방법을 제안하였다. 또한 probing 절차를 기반으로 사용자의 품질을 보장하면서 IP 계층의 seamless한 핸드오버를 지원할 수 있는 방법을 제안하였다. 한편, probing 기반 수락 제어 방법을 사용함으로써 무선망에서의 끊김 없는 이동성 지원이 힘들어질 수 있다는 것을 지적하였고, 이를 해결할 수 있는 방법으로 예측 probing과 VB를 사용하는 방법을 제안하였다.

또한 ns-2 시뮬레이터를 이용하여 PMIPv6 기반의 유무선 통합망에 대한 시뮬레이션 환경을 구축하고 제안한 메카니즘의 성능과 특성을 분석하였다. 먼저 멀티캐스트 환경에서 probing 기반 수락 제어를 사용함으로써 서비스 품질 보장이 가능하다는 점을 보였다. 그리고 모바일 노드(MN)의 수에 따라 평균 Join 지연 시간과 평균 채널 변경 시간 등을 측정하여 MN의 수가 많을수록 probing 절차에 필요한 시간적 손실이 대폭 줄어들 수 있다는 것을 보였으며 측정된 값이 DSL 포름에서 제시한 채널 변경 시간을 만족하고 있음을 확인했다. 그리고 예측 probing과 VB를 이용한 평균 핸드오버 지연시간이 MN의 이동 속도와 VB 유지시간에 밀접한 관계가 있음을 보였으며, 마지막으로 MN의 수가 많을수록 이동 속도와 VB 유지시간에 관계없이 평균 핸드오버 지연시간이 매우 낮게 측정되며 seamless한 서비스를 제공할 수 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] 정상진, 신명기, “망 기반의 지역 이동성 기술 표준화 동향,” 전자통신동향분석, Vol.22, No.6, Dec. 2007, pp.33-39.
- [2] 이수원, 장희진, 이병준, “Mobile IP 기반의 이중망간 핸드오버,” 한국통신학회지, Apr. 2007, pp.116-125.
- [3] 홍진우, 유정주, 류원, 나재훈, 황승구, “IPTV 2.0 기술 및 서비스,” Telecommunications Review, Vol.19, No.2, Apr. 2009, pp.180-197.
- [4] 박홍식, “IPTV 서비스 품질 제공기술,” Telecommunications Review, Vol.19, No.2, Apr. 2009, pp.222-233.
- [5] 이성근, 전유찬, 임태형, 박진우, “향상된 핸드오버를 지원하는 망 기반의 이동성 지원

방안,” 한국통신학회 논문지, Vol.34, No.1, Jan. 2009, pp.1-8.

- [6] 한연희, 정상진, “Proxy Mobile IPv6 기술,” OSIA Standards & Technology Review, Vol.69, No.31, Mar. 2008, pp.4-16.
- [7] 이지훈, “멀티캐스트의 이동성 지원,” 한국정보통신기술협회 IT Standard Weekly, No.38, Sep. 2008.
- [8] 이규명, “IPTV를 위한 멀티캐스트 이동성 표준화 본격 시작,” 한국정보통신기술협회 IT Standard Weekly, No.6, Feb. 2009.
- [9] Ignacio Mas, Gunnar Karlsson, “Probe-based admission control for a differentiated-services internet,” Computer Networks 51, Apr. 2007, pp.3902-3918.
- [10] Ki-Sik Kong, Wonjun Lee, Youn-Hee Han, Myung-Ki Shin, HeungRyeol You, “Mobility Management for All-IP Mobile Networks: Mobile IPv6 vs. Proxy Mobile IPv6,” IEEE Wireless Communications, Apr. 2008, pp.36-45.
- [11] 이우섭, 유환석, 이순석, “IP 멀티미디어 서비스를 위한 Probing 기반 멀티캐스팅 수락제어 메카니즘 연구,” 한국통신학회 논문지, Vol. 32, No.10, Oct. 2007, pp.613-620.
- [12] “The Network Simulator-ns-2,” <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.
- [13] “Triple-play Services QoE Requirements,” DSL Forum Technical Report TR-126, Dec. 2006.
- [14] “End-user multimedia QoS categories,” ITU-T Recommendation G.1010, Nov. 2001.

강 현 명 (Hyun-Myung Kang)

정회원



2008년 2월 국립한밭대학교 멀티미디어공학전공
 2010년 2월 국립한밭대학교 멀티미디어공학과 석사
 2010년 2월~현재 (주)모다정보통신 연구원
 <관심분야> 게임엔진, IP QoS, Mobility management, Mobile 멀티캐스팅

최 환 석 (Hoan-Suk Choi)

준회원



2009년 2월 국립한밭대학교 멀티미디어공학전공

2009년 3월~현재 국립한밭대학교 멀티미디어공학과 석사과정

<관심분야> IP QoS, Mobility management, Mobile 멀티캐스팅

이 우 섭 (Woo-Seop Rhee)

중신회원



1983년 2월 홍익대학교 전자계산학과

1995년 8월 충남대학교 전산학과 석사

2003년 8월 충남대학교 컴퓨터과학과 박사

1983년 3월~2005년 3월 한국전자통신연구원 광대역통합망연구부 팀장/책임연구원

2005년 3월~현재 국립한밭대학교 정보통신컴퓨터공학부 멀티미디어공학전공 교수

정통부 지정 국제표준 전문가, ITU-T SG13 한국대표, TTA 광인터넷 PG 의장 역임

<관심분야> 유무선통합망구조, 멀티캐스팅, IP QoS, Mobility management, Mobile 멀티캐스팅