

멀티캐스트 소스기반 포워딩을 이용한 PMIPv6 글로벌 핸드오버 메커니즘

준회원 최 환 석*, 이 장 현*, 종신회원 이 우 섭*

PMIPv6 Global Handover Mechanism using Multicast Source Based Forwarding

Hoan-Suk Choi*, Jang-Hyun Lee* *Regular Members*, Woo-Seop Rhee*^o *Lifelong Member*

요 약

본 논문에서는 유무선 통합 환경에서 서비스 범위의 제한 없이 효과적으로 차세대 멀티미디어 이동성 서비스를 제공할 수 있는 글로벌 핸드오버 메커니즘을 제안하였으며 이 메커니즘은 GSM을 이용한 글로벌 세션 관리 기법과 멀티캐스트 소스 기반 포워딩 기법으로 구성되어 있다. GSM을 이용한 글로벌 세션 관리 기법은 LMA간의 세션 정보를 관리하고 글로벌 이동성과 경로 최적화를 제공한다. 멀티캐스트 소스 기반 포워딩 기법은 멀티캐스트 소스 기반으로 버퍼를 관리함으로써 모바일 노드마다 전달해야 할 데이터간의 중복성을 제거한다. 제안된 메커니즘의 성능 분석을 위해 네트워크 시뮬레이터 ns-2를 사용하여 제안된 메커니즘이 기존에 제안된 방법보다 적은 핸드오버 지연, 전달지연 및 signaling cost를 갖는다는 것을 확인하였고 멀티캐스트 소스 기반 포워딩 메커니즘을 사용하여 기존 방법 대비 보다 적은 양의 버퍼를 이용하여 데이터를 손실 없이 전달 할 수 있음을 확인하였다.

Key Words : Global Handover, PMIPv6, Multicast, Buffer Management, Mobility

ABSTRACT

In this paper, we propose the global handover mechanism that is able to provide the unlimited range of next-generation multimedia mobile services in an integrated environment. This mechanism consists of a multicast source based forwarding scheme and a global session management scheme. Global session management scheme provides LMA session information management, global mobility and route optimization. Multicast source based forwarding scheme delivers data between previously attached LMA and newly attached LMA without packet loss. In addition, this scheme removes the redundancy of buffered data. We present a performance evaluation and features analysis by the simulations using the ns-2. Global session management scheme has a less handover latency, propagation delay and signaling cost than the conventional methods. Multicast source based forwarding scheme can deliver buffer data without loss and it has less buffer size than conventional method.

I. 서 론

최근 들어 휴대폰, 노트북, PMP, MP3, e-Book, 스마트폰, 태블릿 PC 등 이동형 디지털 단말이 다양해

지고 사용이 일반화 되면서 모바일 인터넷 서비스에 대한 수요가 증가되고 있으며 2009년 iPhone의 도입으로 국내에서도 스마트폰 열풍으로 인한 모바일 서비스가 활성화 되고 있다^[1]. 또한 페이스북, 트위터 등

* 국립한밭대학교 멀티미디어공학과 (wsrhee@hanbat.ac.kr), (° : 교신저자)
 논문번호 : KICS2011-04-171, 접수일자 : 2011년 4월 7일, 최종논문접수일자: 2011년 7월 6일

의 소셜 네트워크 서비스가 활성화 되면서 모바일 환경의 트래픽이 급증하고 있으며 이와 함께 다양한 단말로 콘텐츠를 소비하려는 요구가 증가하고 있다. 따라서 기존 TV로 소비하던 IPTV 서비스의 이동성 지원이 요구되고 있으며 이는 모바일 IPTV 서비스로 발전해가고 있다.

이에 대한 국제 표준화 연구로는 ITU-T SG13, IPTV-GSI, IETF, 3GPP 등의 표준화 기구에서는 차세대 IP 기반의 무선/이동 액세스 네트워크의 품질, 보안 및 신뢰성이 보장되며 효율적으로 끊임 없는 이동성 서비스를 지원하는 이동성 프로토콜의 국제 표준 기술 개발이 진행되고 있다^[2].

이동성 지원 프로토콜은 클라이언트 기반 프로토콜의 오버헤드로 인해 PMIPv6(Proxy Mobile Internet Protocol version6)로 대표되는 네트워크 기반 이동성 프로토콜에 대한 관심이 증대되었다. PMIPv6는 단말의 프로토콜 스택에 수정을 가하지 않고 LMA(Local Mobility Anchor)와 MAG(Mobile Access Gateway)이라는 에이전트를 추가하여 이동성 지원을 제공한다. 네트워크 기반 이동성 프로토콜은 IETF의 NETLMM WG(Network based Localized Mobility Management Work Group)을 통해 표준화가 진행 되고 있었는데 이와 별도로 3GPP2(3rd Generation Partnership Project 2)와 WiMAX(Worldwide Interoperability for Microwave Access) 포럼에서도 통신사업자 중심으로 PMIPv6 솔루션을 공식적으로 반영하겠다는 선언을 하자 NETLMM WG은 PMIPv6 프로토콜을 네트워크 기반 이동성 프로토콜로 채택하게 되었고 공식 표준안인 RFC5213-Proxy Mobile IPv6^[3]가 작성되었다.

한편 IPTV와 같은 대용량 미디어의 전송을 필요로 하는 응용들(방송, 비디오/오디오 스트리밍, 화상회의)에 대한 요구가 증가되면서 이를 상대적으로 대역폭이 부족한 무선망에서 원활하게 서비스하기 위해서는 멀티캐스트 기술이 요구된다. 하지만 PMIPv6 프로토콜은 유니캐스트 통신만을 고려해서 제안된 것으로 IETF MULTIMOB (Multicast Mobility) 에서 이동성 환경에서의 멀티캐스트의 지원을 위한 표준화 작업을 진행 중이다. 현재 PMIPv6의 수신자 이동성 지원에 대한 표준화가 진행 중이며 추후 멀티캐스트 소스 이동성에 대한 표준화가 수행될 예정이다^[4].

앞으로의 차세대 통신망은 사용자들이 원하는 요건을 만족시키기 위해 자신의 위치나 상황에 관계없이 언제 어디서나 품질이 보장되는 개인화된 서비스를 제공해야 할 것이며 이를 위해 이동 범위에 제한 없는 서비스의 제공이 필수적이다. 하지만 본 연구의 기본

이 되는 PMIPv6는 로컬 이동성 관리기술로 설계되었기 때문에 이동성 지원 범위가 한정적이다. 이는 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서 확장되어야 할 필요가 있고 이에 따른 연구가 진행 중이다^[5-10]. 따라서 범위 제한 없는 서비스를 제공하기 위해 글로벌 핸드오버 메커니즘이 필요하다^[6].

한편, 무선 환경에서 MN(Mobile Node)은 네트워크 사이를 이동할 때마다 핸드오버가 수행되어야만 한다. 그러나 핸드오버 중에는 MN에 전달되어야 할 데이터들이 손실되게 되며 글로벌 핸드오버의 경우 로컬 핸드오버에 비해 중단 시간이 증가하기 때문에 데이터 손실량도 증가하게 된다. 이는 멀티캐스트 소스의 특성상 적은 량의 데이터 손실에도 전달되는 콘텐츠의 품질에 매우 큰 영향을 미치게 되므로 핸드오버를 수행하는 동안 데이터가 손실되지 않도록 하는 포워딩 메커니즘이 필요하다.

또한, MN의 이동 구간이 길어질수록 패킷의 전달 경로가 다양해지고 서로 다른 전달지연이 발생한다. 따라서 패킷의 순서가 섞이는 문제가 발생할 수 있으며 전달되는 경로 역시 복잡해지게 된다. 따라서 경로 최적화 알고리즘과 패킷 뒤섞임 문제의 해결이 필요하다.

본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 글로벌 이동성에 관련된 정보를 관리하는 GSM(Global Session Manager) 에이전트를 이용한 PMIPv6 글로벌 핸드오버 메커니즘을 제안하였다. 또한 멀티캐스트 소스 기반 포워딩 메커니즘을 제안하여 데이터의 중복성을 제거하여 적은 크기의 버퍼로 데이터를 전달할 수 있게 하고 패킷 뒤섞임 문제를 해결하여 효율적으로 손실 없는 핸드오버를 할 수 있도록 하였다.

이를 위해 먼저 2장에서는 관련된 연구 내용들을 살펴보고, 3장에서 본 논문에서 제안하는 메커니즘을 상세히 설명하였다. 이어서 4장에서는 ns-2(Network Simulator 2) 시뮬레이터 및 signaling cost 분석을 이용하여 제안한 메커니즘의 성능과 특성을 분석하였고, 5장에서 결론을 도출하였다.

II. 관련 연구

현재 연구되고 있는 PMIPv6의 글로벌 이동성 지원방안은 크게 MIPv6를 이용한 방식^[6,7], 세션 관리자를 기점으로 한 터널링을 이용한 방식^[8,9], AAA간의 정보 공유를 통한 방식^[10]이 있다. 모든 방식들의 가장 큰 이슈는 MN이 새로운 PMIPv6 도메인으로 이동한 후에 기존의 세션들을 유지하기 위해 이전 도메인에

서 사용하던 각종 정보들을 어떻게 공유하는가에 관한 방법이다. MIPv6를 이용한 방식을 제외하고 다른 방식들은 PMIPv6 도메인 간에 이러한 정보들을 공유하는 방법의 차이일 뿐 세션을 유지하는 방식은 같다.

2.1 MIPv6를 이용한 글로벌 이동성 지원 방법

MIPv6를 이용한 방법은 글로벌 이동구간에서는 MIPv6를 이용하는 듀얼스택 방식과 LMA의 상위레벨에 MIPv6의 구성요소인 HA(Homa Agent)를 배치한 구조로 나누어진다. 하지만 듀얼스택 방식은 MN의 프로토콜 스택을 수정하지 않는 PMIPv6의 특징에 어긋나기 때문에 제외한다⁷⁾.

PMIPv6의 상위레벨에 MIPv6를 사용하는 방법⁶⁾은 최근에 많이 연구되고 있는데 이것은 PMIPv6와 이기종망의 연동 시나리오를 고려한 것으로 HA를 배치하여 글로벌 이동성을 지원하기 때문에 구조가 직관적이며 간단하다. 또한 한 개의 AAA를 이용함으로써 AAA간의 동기화 문제가 발생하지 않는다. 게다가 MN에 MIPv6 프로토콜을 올리지 않아도 LMA에서 HA와의 메시지 처리를 대신 해주므로 MN의 스택이 수정되지 않는다. 하지만 모든 데이터가 HA를 통해 전달되므로 HA의 집중 문제와 기존 MIPv6의 태생적인 한계를 벗어나기는 힘들 것으로 보인다. AAA도 도메인당 한 개만 존재한다면 집중 문제가 발생할 수 있고 초기접속과 글로벌이동의 판단을 위해 계속적으로 AAA에 정보를 요청하여 그에 따른 지연이 불가피하다.

2.2 터널링을 이용한 글로벌 이동성 지원 방법

본 방식⁸⁾은 IETF의 NETLMM WG에서 제안된 기법으로 글로벌 핸드오버시 LMA간에 터널링을 이용하여 데이터를 지속적으로 포워딩 해 주는 방식이다. MN마다 처음 접속한 LMA를 고정적인 Anchor Point로 설정하고 MN이 이동할 때마다 이동한 범위의 해당되는 LMA와 Anchor Point를 연결한다. SMA(Session Mobility Anchor)는 MN이 처음 접속을 요청한 LMA로 정의된다. SMA는 소스와 MN 사이의 모든 데이터가 항상 거쳐서 전송되게 되는 HA의 역할을 한다. VMA(Virtual Mobility Anchor)는 일종의 공통된 AAA와 같은 개념으로 모든 모빌리티 도메인의 세션 정보를 관리하게 된다. VMA는 SMA와 달리 패킷을 직접적으로 전달해 주지 않는다. VMA를 통해 LMA와 SMA간 BU(Binding Update) 단계를 거쳐 서로간의 터널링을 생성하게 한다.

터널링을 이용한 글로벌 이동성 지원방법은 SMA에

서 지속적으로 nLMA(Newly attached Local Mobility Anchor)로 데이터를 전송하여 소스와의 재설정을 하지 않으며 VMA를 통해 LMA간의 정보를 전달하게 한다. 또한 MN마다 SMA가 결정되므로 HA 방식에 비해 집중현상이 적다. 또한 MN의 프로토콜 스택을 수정하지 않는다. 하지만 MN이 지속적으로 글로벌 핸드오버를 할 경우에 매번 SMA와 LMA간의 터널링을 재설정해야 하며 글로벌 핸드오버 하는 MN의 수가 증가할 경우 LMA와 SMA간에 여러 개의 터널이 생성되는 문제가 발생한다⁹⁾. 또한 모든 데이터가 SMA를 통해서 LMA로 전달되어 다시 MAG을 통해 MN에 전달되게 되므로 경로 최적화가 필요하다. 그리고 초기접속여부의 판단을 위해 VMA로의 쿼리가 필요하여 지연이 발생한다.

2.3 AAA간의 정보 교환을 통한 글로벌 이동성 지원방법

본 방식은 PMIPv6의 글로벌 이동성을 지원하기 위해 인접한 도메인간의 AAA를 멀티캐스트 그룹으로 지정하여 핸드오버가 발생할 때 AAA간의 정보 교환을 통해서 MN의 프로파일을 요청함으로써 글로벌 이동성을 지원한다¹⁰⁾.

본 방법은 지역적으로 근접한 도메인간의 정보교환을 통해 MN이 이동한 LMA를 거쳐서 데이터가 전송되므로 LMA간의 터널링이 필요가 없고 터널링을 통한 방법에 비해 경로가 복잡하지 않다. 또한 멀티캐스트 메시지를 이용하여 정보를 요청하므로 AAA가 인접한 AAA들에게 각각 메시지를 전달하지 않고 새로운 에이전트가 추가되지 않는다. 하지만 글로벌 핸드오버가 일어날 때마다 인접한 AAA들은 자신의 도메인에서 MN이 이동하지 않았더라도 테이블 내의 정보를 검색하고 응답을 해야 하므로 AAA에 부하가 발생하며 메시지 비용도 증가한다. 또한 각 도메인의 구조와 위치정보가 없으면 멀티캐스트 그룹을 형성할 수 없다.

III. 제안된 메커니즘

본 논문에서 제안하는 메커니즘은 유무선 통합 환경에서 다양한 멀티미디어 서비스의 제공을 위해 유선망과 PMIPv6 기반의 무선망이 통합된 유무선 통합망의 환경에서 PMIPv6 도메인 범위의 제약 없이 서비스를 제공하도록 하는 PMIPv6 기반 글로벌 이동성 지원 메커니즘 부분과 핸드오버 시의 발생하는 데이터의 손실을 막기 위한 포워딩 메커니즘으로 멀티

캐스트 데이터의 특성을 이용하여 버퍼링하는 데이터의 중복성을 제거하여 버퍼사용량을 줄이고 핸드오버 전후의 데이터가 섞이지 않게 전달하는 멀티캐스트 소스기반 포워딩 기법부분으로 구성된다.

또한 기존에 연구된 가상 대역폭과 probing 기반 수락제어를 사용한 심리스 모바일 멀티캐스트 핸드오버 메커니즘^[11]에 본 논문에서 제안하는 글로벌 이동성 지원 메커니즘과 멀티캐스트 소스 기반 포워딩 기법을 적용하여 PMIPv6망을 이용한 유무선 통합 망 환경에서 효과적인 멀티캐스트를 지원하고 Probing을 이용한 수락제어 기법을 사용하여 서비스의 QoS (Quality of service)조건을 만족시키면서 범위에 제한이 없고 Seamless한 멀티미디어 서비스를 지원할 수 있다.

3.1 GSM 기반 글로벌 핸드오버 메커니즘

그림 1은 제안하는 메커니즘의 환경을 보여준다. 이 환경은 PMIPv6를 액세스 망으로 이용한 유무선 통합 망 환경으로 MN은 서비스 범위에 관계없이 자유롭게 이동하며 서비스를 요청한다고 간주한다. 이를 위한 글로벌 이동성 지원 메커니즘은 GSM 에이전트 기반으로 동작한다. GSM은 유선망 범위에 위치하고 있으며 글로벌 이동한 MN들의 MN-ID(Mobile Node Identification), HNP(Home Network Prefix), pLMA, nLMA의 주소를 포함한 정보들을 테이블로 관리하고 정보를 요청하는 LMA에게 관련 MN의 정보를 제공하는 역할을 한다. LMA는 자신의 범위 내에 존재하는 MN의 글로벌 이동을 판단하여 필요한 정보를 GSM에게 요청하여 글로벌 이동성 지원을 하게 된다. 이때 모든 LMA는 GSM의 주소를 안다고 간주한다.

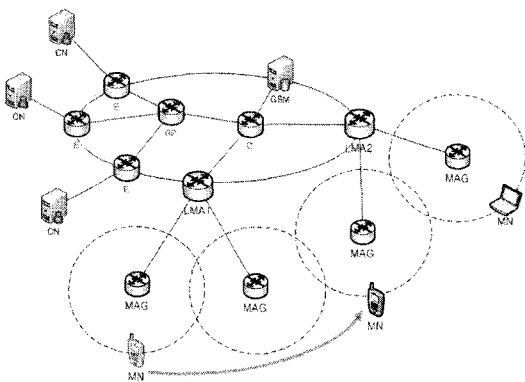


그림 1. 유무선 통합 글로벌 핸드오버 지원 환경

3.1.1 새로 정의된 메시지 포맷

다음은 제안하는 메커니즘에서 사용되는 새로 정의

된 메시지 포맷이다. 메시지 포맷의 형태는 PMIPv6^[3]의 메시지 포맷을 재사용 하며 G 플래그를 이용하여 구분한다.

(1) G-PBU(Global Proxy Binding Update)

LMA가 GSM에게 보내는 메시지로써 MN의 MN-ID와 LMA의 주소를 이용하여 글로벌 핸드오버를 요청하는데 사용된다.

										1										2										3									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A										H										L										K									
M										R										P										G									
Reserved										Sequence #										Lifetime										Data									

그림 2. G-PBU 메시지 포맷

(2) G-DPBU(Global Deregistration Proxy Binding Update)

LMA가 GSM에게 보내는 메시지로써 G-PBU 메시지를 재사용 한다. MN의 MN-ID와 LMA의 주소, HNP 정보를 전달하여 글로벌 핸드오버 세션을 연결하는데 필요한 정보를 전달하는데 사용된다.

(3) G-PBA(Global Proxy Binding Acknowledgement)

LMA가 보낸 G-PBU 에 대한 응답으로 GSM이 보내는 메시지이며 이동한 도메인의 LMA 주소와 HNP 정보를 전달하는데 사용된다.

										1										2										3																																							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9																														
Sequence #										Status										K										R										P										G										Reserved									
Sequence #										Lifetime										Data										Data																																							

그림 3. G-PBA 메시지 포맷

(4) G-DPBA(Global Deregistration Proxy Binding Acknowledgement)

LMA가 보낸 G-PBU 에 대한 응답으로 GSM이 보내는 메시지이며 G-PBA 메시지를 재사용 한다. 해당 MN이 이동한 도메인의 LMA 주소를 전달하는데 사용된다.

3.1.2 글로벌 핸드오버 세션 정보 요청

그림 4는 GSM에서 글로벌 이동한 MN의 세션 정보를 관리하는 방법이다. MN이 글로벌 핸드오버 하는 상황이라고 간주해 볼 때 MAG은 자신의 범위 안

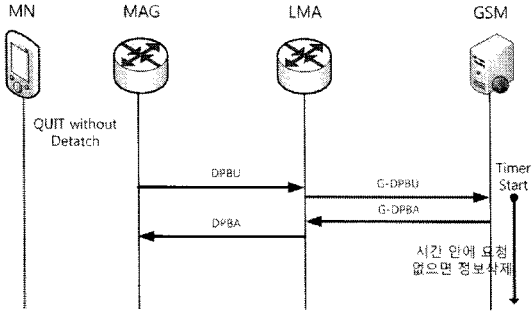


그림 4. GSM의 글로벌 이동한 MN 정보 관리

에 있는 MN이 Detach 통보 없이 사라진 것을 알게 되면 이것을 글로벌 핸드오버 한 것으로 간주한다. 이것은 글로벌 핸드오버 혹은 MN이 예상하지 못한 종료로 했을 경우라고 생각 할 수 있다. 이때 MAG은 자신의 LMA에 DPBU 메시지를 보낸다. 이 메시지를 받은 LMA는 GSM에게 G-DPBU 메시지로 MN의 정보(MN-ID, HNP, LMA주소)를 보낸다. G-DPBU 메시지를 받은 GSM은 자신의 테이블에 관련 정보를 추가하고 다른 LMA로 부터의 PBU를 기다린다.

이때 타 LMA에서 G-PBU 메시지를 전달받게 되면 GSM은 G-PBU 메시지의 MN-ID를 자신의 테이블에서 검색하여 MN-ID가 존재한다면 nLMA의 주소를 해당 필드에 추가한다. 이를 통해 GSM은 해당 MN이 어떤 도메인으로 이동한 것인지 알 수 있게 된다. GSM은 G-PBU를 보낸 LMA에게 G-PBA 메시지를 이용하여 MN-ID, pLMA의 주소와 HNP를 전달하게 된다. 하지만 어떤 LMA도 일정한 시간동안 MN의 정보를 요청하지 않는다면 종료되거나 MN이 동작하지 않는 것으로 간주하고 해당 정보를 삭제한다.

이렇게 종료되거나 동작하지 않는 것으로 간주 할 수 있는 이유는 MN이 글로벌 핸드오버를 했다면 기존 MAG에서 범위를 벗어난 순간 이미 다른 도메인의 MAG의 범위에 포함되어 접속단계를 거치고 있다고 생각할 수 있기 때문이다. 이런 방법으로 MN의 정보를 관리하게 되면 GSM은 글로벌 핸드오버를 하는 MN들에 해당되는 정보만 유지 관리하게 되므로 효과적인 이동성 관리를 할 수 있다.

3.1.3 GSM에 글로벌 핸드오버 정보가 없을 경우

그림 5는 GSM에 해당되는 MN의 글로벌 핸드오버 정보가 없을 경우의 절차이다. 도메인간 이동을 한 MN의 정보가 pLMA에 의해서 GSM에 전달되기 전에 nLMA에 이동한 MN에 의해서 nLMA가 GSM에 정보를 요청했을 경우 GSM에는 아직 MN의 정보가

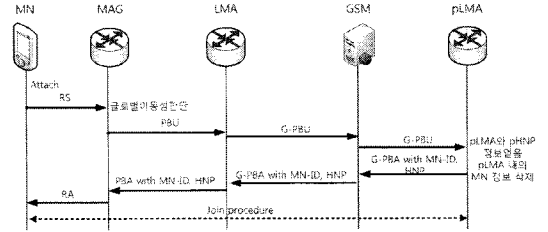


그림 5. GSM에 MN 정보가 없을 때 절차

없다. 따라서 GSM은 자신의 테이블에 G-PBU 메시지에서 받은 MN-ID와 nLMA주소를 추가하고 MN의 HoA를 통해 pLMA와 정보교환을 시행한다. MN의 HoA 주소는 처음 접속한 LMA의 주소이므로 GSM은 pLMA에게 PBU 메시지를 통하여 MN의 정보를 받아온다.

3.1.4 MN의 초기 접속 판단 방법

MN이 RS 메시지를 보내면 이 MN이 타 도메인에서 핸드오버 한 것인지 아니면 처음으로 접속하는 것인지 판단을 해야 한다. 이를 위해 MAG은 RS 메시지의 HoA 필드를 참조한다. HoA 필드가 NULL값 혹은 쓰레기 값 이라면 초기접속으로 간주한다^[9]. 만약 HoA 필드에 값이 존재한다면 AAA에서 현재 MN의 MN-ID로 정보를 찾는다. 만약 현재 도메인에 MN에 관한 정보가 존재하지 않는다면 타 도메인으로부터 글로벌 이동 해 온 것으로 판단하고 글로벌 세션 절차로 들어가게 된다.

3.1.5 MN의 글로벌 핸드오버 방법

그림 6은 글로벌 핸드오버 절차이다. pLMA를 통하여 데이터를 수신하던 MN은(0) pLMA에서 nLMA로 이동한다(1). pLMA의 MAG은 MN이 자신의 범위를 벗어나고 있음을 감지하고 pLMA에게 DPBU를 보낸다(2). nLMA의 MAG 범위에 진입한 MN은 MAG에게 RS를 보낸다(2). DPBU를 받은 pLMA는 글로벌 핸드오버를 판단하고 GSM에게 G-DPBU를 보낸다(3). 또한 RS를 받은 nLMA의 MAG은 nLMA에게 PBU를 보낸다(3). G-DPBU를 받은 GSM은 자신의 테이블에 글로벌 핸드오버 한 MN의 정보를 저장하고 G-PBU를 통해 MN이 이동한 LMA에 대한 정보를 기다린다. 한편 자신의 MAG으로 부터 MN 테이블에 존재하지 않는 MN의 정보를 받은 nLMA는 글로벌 핸드오버 한 것으로 판단하여 GSM에게 G-PBU를 보낸다(4). pLMA와 nLMA로부터 정보를 받은 GSM은 이 정보를 G-PBA와 G-DPBA를 통해 pLMA와 nLMA에게 전달 해준다(5). 이렇게 정보를

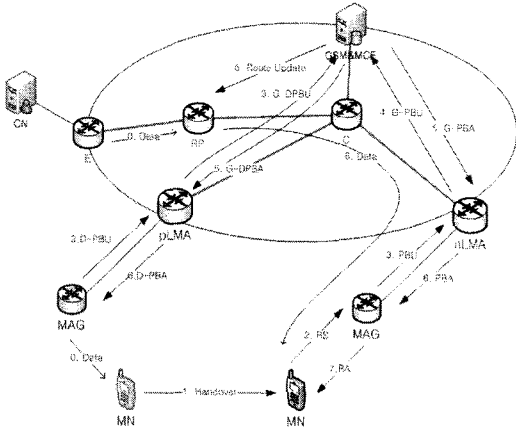


그림 6. GSM을 이용한 글로벌 이동성 지원 메커니즘

교환하게 되면 MN이 요청한 데이터는 pLMA에서 nLMA로 터널링을 설정하여 전달하게 된다.

하지만 계속적인 글로벌 핸드오버가 일어난다면 전달비용이 계속적으로 증가하게 되며 처음 접속한 LMA로 돌아왔을 경우 전달 경로가 루프를 형성하게 되어 그 비용이 크게 증가한다. 따라서 유니캐스트 전송의 경우 처음 접속한 LMA로 터널링을 설정하여 경로 최적화 알고리즘을 사용하지 않더라도 전달 비용을 최소화 하고 루프 형성 문제를 해결한다. 멀티캐스트의 경우 글로벌 핸드오버가 발생하면 GSM은 RP(Rendezvous Point)에 Route Update 메시지를 보내어 경로를 재설정 한다(5).

GSM으로부터 G-DPBA를 받은 pLMA는 MAG에게 D-PBA를 전달하여 MN이 핸드오버 한 것을 알린다(6). 또한 nLMA는 G-PBA의 내용을 통해 MN의 HNP를 MAG에게 전달한다(6). PBA를 통해 MN의 HNP를 알게 된 MAG은 RA 메시지에 HNP를 담아 계속적인 서비스를 가능하게 한다.(7) Route Update 메시지를 받은 RP는 목적지 주소를 nLMA로 변경하여 경로를 최적화한다(8). 경로를 최적화하면 기존의 터널링 방식처럼 지속적인 터널링에 의한 문제가 발생하지 않고 계속적인 핸드오버가 발생하여도 전달비용이 큰 폭으로 증가하지 않는다.

3.2 멀티캐스트 소스기반 포워딩 메커니즘

핸드오버가 완료될 때까지 전달되어야할 모든 데이터는 핸드오버 전 에이전트로 전달되어 손실되지 된다. 그러므로 포워딩 메커니즘이 필요하다. 기존 포워딩의 특징은 포워딩이 요구되는 MN마다 버퍼를 확보하여 데이터를 저장하며 핸드오버를 완료하면 그 버퍼의 데이터를 전송해주는 방식으로 필요한 버퍼용량

이 핸드오버중인 MN의 수에 비례하여 증가한다. 유니캐스트의 경우 사용자가 요구하는 데이터가 각각 다른 내용을 가지고 있어 이와 같은 방법이 불가피하나 멀티캐스팅의 특성상 하나의 소스를 여러 MN에게 제공하는 형식의 통신방법 이므로 핸드오버 하는 MN이 같은 멀티캐스트 그룹에 속해있는 경우 버퍼에 저장되는 데이터의 중복성이 증가하게 되어 버퍼용량이 증가하고 버퍼의 효율성이 떨어지게 된다.

게다가 멀티캐스트 방식은 사용자가 많아질수록 하나의 소스를 여러 사용자가 이용하므로 본 방법은 유니캐스트에 비해 효율적이다. 또한 제안하는 메커니즘은 포워딩이 끝난 후 새로 전달되는 패킷이 다양한 경로로 전달되어도 패킷의 순서가 섞이지 않는다.

3.2.1 소스 기반 포워딩 기법의 구성요소

버퍼관리자는 한 개의 소스에서 여러 MN의 요구를 정확하게 판단하기 위해서 다음과 같은 구성 요소를 이용한다.

(1) TimeStamp : TimeStamp는 포워딩의 시작과 끝 마다 생성되는 포인트의 순서를 구분하기 위해 사용되며 소스마다 따로 관리하기 때문에 LMA간의 시간 동기화가 필요 없고 LMA 내부의 TimeStamp를 이용한다.

(2) MN-ID : 포워딩의 주체인 MN을 구분하기 위해 MN-ID를 사용한다.

(3) Start or End Flag : 현재 포인트가 포워딩의 시작인지 끝인지를 구분하기 위해서 사용된다.

3.2.2 소스 기반 포워딩 기법의 동작 방법

버퍼 관리기법은 버퍼링 시작단계, 포워딩단계, 내부적 포워딩단계로 나누어진다.

(1) 버퍼링 시작 단계

버퍼관리자가 버퍼링 시작 메시지를 받으면 해당 MN-ID와 Timestamp, Start Flag를 이용하여 버퍼링 시작점을 표시한다. time stamp는 현재 버퍼의 Enqueue point에 해당되며 MN의 정보는 테이블로 관리된다. 버퍼링이 완료되면 해당 MN-ID와 Timestamp, End Flag를 이용하여 버퍼링 종료지점을 표시한다.

(2)포워딩 단계

포워딩 시작 메시지를 받은 버퍼관리자는 해당 MN-ID를 이용하여 버퍼관리 테이블에서 Start Point 즉 버퍼링이 시작되는 시점에서의 Enqueue Point를 찾는다. 그리고 포워딩 시작 메시지에 포함된 목적지 주소로 데이터를 전송하게 된다. 데이터 전송이 끝나

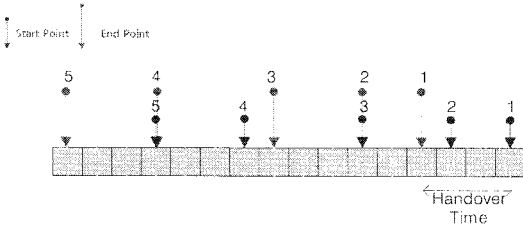


그림 7. 소스기반 포워딩 기법의 버퍼링 시작단계

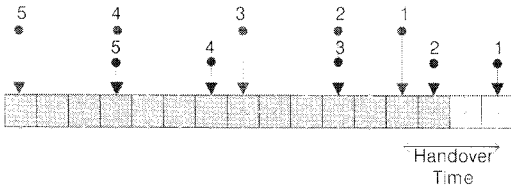


그림 8. 소스기반 포워딩 기법의 포워딩 단계

면 버퍼관리 테이블을 시작점의 내림차순으로 정렬하여 바로 다음 시작점까지 버퍼에서 제거한다. 이렇게 다른 MN의 시작점까지만 삭제를 하면 후후에 다른 MN이 포워딩을 완료 할 때까지 데이터가 유지되며 MN 별로 따로 버퍼를 관리하지 않아도 중복성이 제거되고 각 MN의 데이터는 유지 시키면서 버퍼관리를 할 수 있다.

(3)내부적 포워딩 단계

포워딩 데이터 수락 요청을 받은 버퍼관리자는 포워딩 된 데이터를 받아서 MN에게 전송한다. 이 동안 새로 전달받은 데이터가 손실 될 수 있다. 따라서 내부적인 포워딩을 시작하게 된다. 버퍼관리자는 포워딩 수락 지점에서 MN에게 전달될 데이터를 버퍼링 시작 단계를 수행하여 버퍼링을 해주었다가 포워딩 데이터가 다 전달되면 해당 MN이 요청한 소스의 JACK (Join Acknowledgement)를 보내고 방금 저장한 데이터를 내부적 포워딩을 시작하게 되고 모든 단계가 종료되면 내부적 포워딩의 시작점에서 다른 MN의 시작점까지 버퍼를 삭제하고 계속적으로 데이터를 전송한다.

이렇게 포워딩 하는 지점과 받는 지점에서 소스기반으로 버퍼를 관리하게 되면 각 LMA의 버퍼관리자가 자신에게 전달되는 데이터를 소스별로 관리하고 먼저 전달될 데이터가 있을시 내부적인 포워딩 단계를 거치므로 패킷 손실이 없고 독립적인 버퍼 관리를 할 수 있어 LMA간의 타이밍 문제가 발생하지 않는다. 또한 패킷 순서가 섞이는 문제를 해결할 수 있다^[13].

3.3 멀티캐스트 소스기반 포워딩 기법을 이용한 PMIPv6 글로벌 핸드오버 메커니즘

본 메커니즘은 유무선 통합 멀티캐스트 환경에서 Probing 기반의 수락제어 메커니즘을 통해 QoS를 제공하기 위해 본 논문에서 제안한 글로벌 핸드오버 메커니즘과 포워딩 기법을 [11]의 메커니즘에 적용하였으며 그 절차는 다음과 같다.

3.3.1 로컬 핸드오버 절차

그림 9는 포워딩 기법을 적용한 로컬 핸드오버 절차이다. MAG은 MN이 핸드오버 할 것을 파악하면 LMA에게 HO Detection 메시지를 보낸다. 이 메시지를 받은 LMA는 자신과 nMAG간의 경로가 QoS를 만족하는지 여부를 확인하기 위해 Probing 단계를 시작하게 된다. 또한 nMAG으로의 데이터 전달을 위해 버퍼링 시작 단계로 돌입한다.

해당되는 MN이 nMAG으로 이동하면 nMAG은 해당 MN의 PBU를 LMA에게 보내게 된다. LMA가 PBU를 받으면 포워딩 단계로 들어가는 동시에 내부적 포워딩 단계를 시작한다. 도메인 내부의 핸드오버 경우에 내부적 포워딩은 하나의 LMA 안에서 일어나므로 버퍼 관리자는 nMAG으로의 포워딩이 끝날 때까지 시간만큼만 버퍼를 더 사용하게 되며 그 다음의 데이터를 연속적으로 보내게 된다.

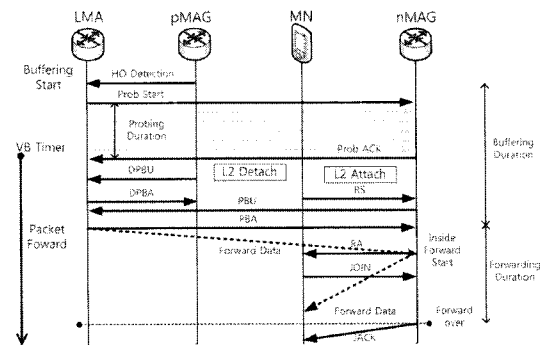


그림 9. 포워딩 기법을 적용한 로컬 핸드오버 절차

3.3.2 글로벌 핸드오버 절차

그림 10은 포워딩 기법을 적용한 글로벌 핸드오버 절차이다. MN이 글로벌 핸드오버를 하는 경우에도 해당되는 MN이 글로벌 핸드오버를 할 가능성이 있는 MAG에 속해있다면 pLMA는 GSM에 G-PBU를 보내어 해당 MN이 자신의 도메인에서 다른 도메인으로 핸드오버 할 수 있음을 알린다. GSM은 예측할 수 있는 nLMA의 MAG까지 경로에서 QoS의 만족 여부를

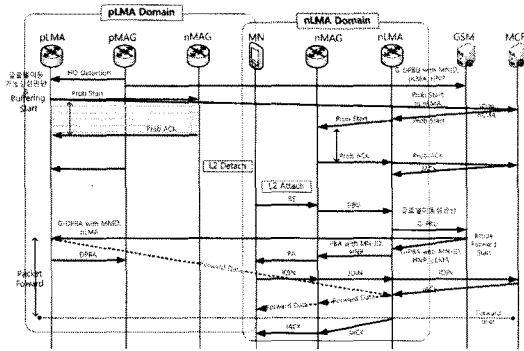


그림 10. 포워딩 기법을 적용한 글로벌 핸드오버 절차

알기 위해 **Probing** 절차를 수행한다. 하지만 이때는 실제적인 핸드오버가 일어난 것이 아닌 핸드오버를 예측 한 것이므로 핸드오버 **Probing** 단계를 이용하게 된다^[11].

GSM으로부터 해당 MN의 G-PBA를 받으면 이는 pLMA와 nLMA 사이에 양방향 터널을 생성하여 포워딩 단계로 돌입한다. nLMA는 자신의 MAG에 새로운 MN이 연결을 할 경우 초기접속 여부를 판단한다. 글로벌 핸드오버 한 것으로 판단되면 G-PBU를 GSM에게 보낸다. GSM은 해당 MN의 MN-ID와 동일한 항목이 있는지 확인하여 G-PBA를 nLMA에게 보낸다. 이때 G-PBA의 MN-ID와 pLMA의 주소, pLMA의 HNP를 이용하여 pLMA와 nLMA 사이의 터널링 설정을 한다. 이후 pLMA로부터 전송되어 오는 패킷이 MN에게 전달되기 시작하며 이 기간 동안 손실되는 패킷을 전달하기 위해 내부적 포워딩 단계를 시작한다.

IV. 성능 분석

4.1 GSM을 이용한 글로벌 핸드오버 메커니즘의 성능분석

제안된 메커니즘의 성능분석을 위해 네트워크 시뮬레이터 ns-2^[14]을 이용하여 VMA를 이용한 방식^[8]과 AAA를 이용한 방식^[10]을 구현하여 비교하였다.

4.1.1 MN의 랜덤 이동시 핸드오버 성능분석

그림 11은 실제 서비스 환경과 흡사한 환경의 성능 분석을 위해 정육면체로 실험영역을 나누어 MAG을 배치하였다. LMA는 7개가 존재하고 코어라우터 간의 링크와 코어라우터와 LMA 사이의 링크는 45Mb의 대역폭과 20ms의 전송지연을 가진다. LMA와 MAG 사이의 링크 소스와 E사이의 링크, 코어라우터와

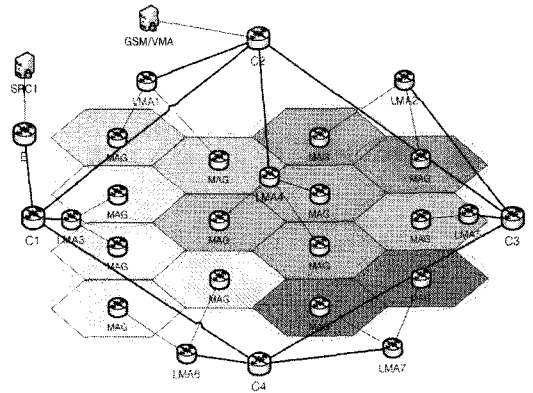


그림 11. MN의 랜덤 이동시 시뮬레이션 모델

GSM/VMA 사이의 링크는 10Mb의 대역폭과 10ms의 전송지연을 가진다. 또한 소스의 대역폭은 2.5Mbps 이다. MN은 서비스 영역에 균등분포하게 위치하여 작동을 시작하며 임의의 목적지를 정하고 임의의 시간동안 이동을 하게 된다.

로컬 핸드오버 지연의 경우 MN의 수가 30개로 증가하여도 1개일 때와 비교했을 때 0.02ms 정도의 지연이 증가됨을 보였다. 세 가지 방식 모두 로컬 핸드오버 메커니즘이 같기 때문에 MN이 증가하여도 약 20.8ms로 서로 비슷한 핸드오버 지연을 보였다.

그림 12는 글로벌 핸드오버 지연을 측정한 결과이다. MN이 한 개일 때는 세 가지 방식 모두 비슷한 핸드오버 지연을 보였으나 MN의 수가 많아질수록 AAA 방식에 비해 GSM방식의 글로벌 핸드오버 지연이 평균 3.02ms 적음을 확인하였다. AAA 방식은 핸드오버 하는 MN이 많아질수록 주변 AAA에게 요청하는 횟수가 증가하며 그에 따른 지연이 추가되었기 때문에 판단된다. VMA 방식은 GSM과 마찬가지로 글로벌 핸드오버 에이전트가 추가된 방식이어서 핸드오버 지연은 비슷하며 평균적으로 0.48ms 정도의 차이만을 보였다.

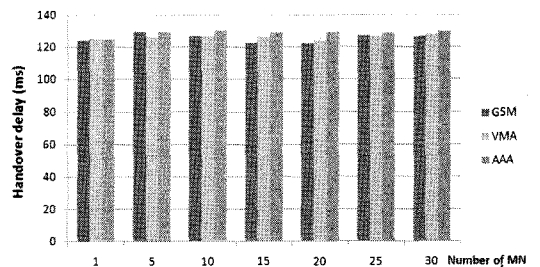


그림 12. 글로벌 핸드오버 지연

4.1.2 MN이 루프를 형성하며 이동시 핸드오버 성능 분석

그림 13은 그림 11의 시뮬레이션 모델에서 루프를 형성하도록 하는 이동경로를 보여준다. MN은 실험 영역을 돌면서 처음 접속한 도메인 영역 가까이 진입하고 마지막으로 실험 영역의 중앙부분으로 이동하게 된다. 이 실험은 지속적인 글로벌 핸드오버를 통한 패킷의 전달지연을 측정하고 주변에 LMA가 많은 상황에서 각 메커니즘의 특징을 살피고자 한다.

그림 14는 그림 13에서 제안한 경로를 따라 MN이 이동하면서 패킷의 전달지연을 측정하는 것으로 소스는 2.5Mbps의 속도로 데이터를 전송한다. 전달지연은 소스에서 패킷을 생성하여 전달하는 시점부터 MN이 데이터를 받는 시점까지의 시간차를 구하였다. p1은 처음 글로벌 핸드오버를 하는 부분으로 모든 메커니즘의 지연이 같으며 p2부터 지연의 차이가 생긴다. AAA와 VMA방식의 경우 pLMA와 nLMA를 거쳐 전달되어 지연이 61ms 정도 증가함을 보였지만 GSM의 경우 처음 연결한 LMA에서 nLMA로 직접 패킷을 전달하기 때문에 코어 라우터간의 지연인 20.089ms만큼 증가 하였다. VMA 방식의 경우 글로벌 핸드오버 시 계속적으로 40~60ms의 지연이 증가함을 알 수 있었다.

하지만 AAA 방식은 p5에서 지연이 증가했다가 급격하게 낮아짐을 보이는데 이는 주변 LMA에게 MN에 대한 정보를 요청할 때 먼저 받은 정보를 이용하여 연결 설정을 하기 때문이다. 같은 이유로 p5에서 새로운 도메인에 진입하면서 nLMA에 핸드오버 한 시점에서 루프를 형성하던 전달 경로가 짧아지는 현상이 발생하여 지연이 급격히 낮아지는 것이다. 이때 기존의 경로로 전달된 패킷과 짧아진 경로로 전달된 패킷

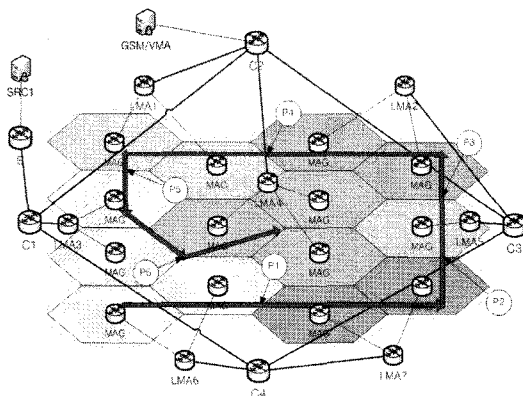


그림 13. 루프경로 형성시 성능분석을 위한 MN의 이동경로

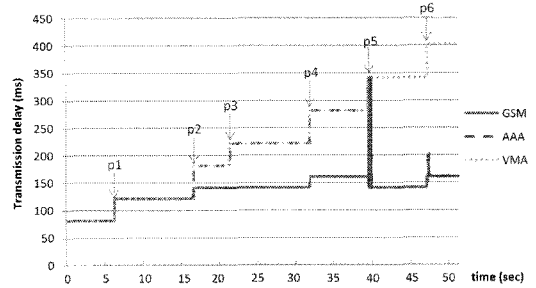


그림 14. MN의 루프경로 이동시 전달지연

이 섞이면서 패킷 순서가 섞이는 현상이 발생하여 두꺼운 형태의 그래프로 나타난다. 이후 p6에서 또다시 경로가 변경되면서 p5와 같이 패킷 순서 섞임 문제가 발생하는 것을 확인 할 수 있다.

결과적으로 VMA 방식은 무조건 pLMA와 nLMA 사이에 지연이 증가함을 보였고 AAA 방식은 이전에 방문했던 LMA 영역에 다시 진입할 경우 루프가 사라지며 지연이 줄어들고 패킷이 섞였다. 그러나 제안한 메커니즘은 전달 경로가 복잡해져도 코어라우터 간의 지연이 증가하는 것 이외에 지연이 일정하게 유지되는 것을 보여 최적화된 경로로 패킷이 전달됨을 확인하였다.

4.1.3 멀티캐스트 GSM 성능분석

그림 15는 제안하는 메커니즘에 멀티캐스트 전송을 적용한 방식(MGSM)과 유니캐스트 방식(GSM)을 그림 11의 시뮬레이션 환경에서 로컬 핸드오버 지연을 측정하는 결과이다. 멀티캐스트 메커니즘에 Probing을 이용한 수락제어 메커니즘이 동작하면서 Probing time으로 인한 핸드오버 지연이 증가된 것을 확인 할 수 있다. 이때 Probing time 1초, 패킷손실률 10-3의 기준으로 수락제어를 적용하였다. 하지만 MN의 수가 많아지면서 이미 수락제어를 확인한 지역에 접속하여 수락제어를 실시하지 않아도 되는 경우가 증가하여 유니캐스트 방식의 핸드오버 지연과 차이가 줄어들는

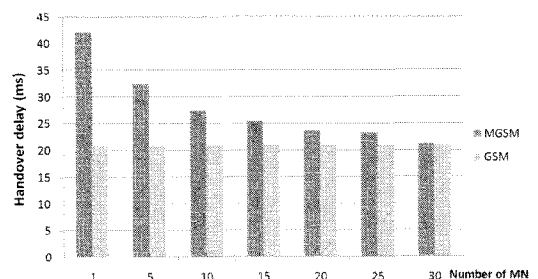


그림 15. MGSM 방식의 로컬 핸드오버 지연

것을 확인할 수 있다. MN이 30개일 경우 MGSM은 21.15ms, GSM은 20.90ms의 로컬 핸드오버 지연을 보였다.

그림 16은 그림 11의 시뮬레이션 환경에서 글로벌 핸드오버 지연을 측정할 결과이다. 그림 15와 동일한 기준의 수락제어 조건을 이용하여 측정하였으며 MN의 수가 많아지면서 유니캐스트 방식의 핸드오버 지연과 차이가 줄어드는 것을 확인할 수 있다. MN이 30개일 경우 MGSM은 130.43ms, GSM은 126.31ms의 글로벌 핸드오버 지연이 측정되었다. 결과적으로 MN의 수가 많은 멀티캐스트 환경에서는 수락제어 메커니즘을 적용해도 유니캐스트 방식의 핸드오버 지연과 비슷한 성능을 보임을 확인할 수 있었다.

그림 17은 그림 13의 경로를 따라 MN이 이동하면서 패킷의 전달지연을 측정하는 것으로 소스는 2.5Mbps의 속도로 데이터를 전송한다. MN은 1초에 Join 절차를 시작하기 때문에 실험초반부의 데이터가 존재하지 않는다. GSM 방식은 p1에서 처음 접속한 LMA를 통해 nLMA에게 패킷을 전달하기 때문에 전달지연이 증가된다. 하지만 MGSM 방식은 직접 nLMA로 패킷이 전달되므로 전달지연이 증가하지 않는다. p2에서는 코어 라우터의 범위가 변경되어 모두 전달지연이 증가하였다. p3에서 VMA나 AAA방식의 경우 LMA 간의 전달지연이 증가되나 GSM방식은 전달지연의 변화가 없음을 확인하였다. p4에서 MGSM 방식의 경

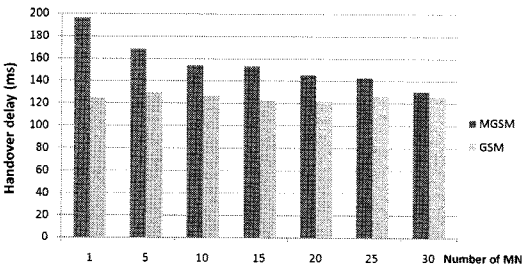


그림 16. MGSM 방식의 글로벌 핸드오버 지연

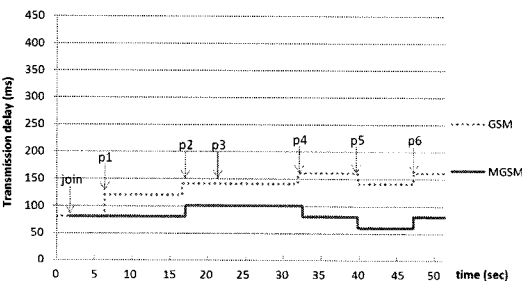


그림 17. MN의 루프경로 이동시 멀티캐스트 패킷 전달지연

우 RP에 가까운 코어라우터를 통해 전달경로가 변경되어 전달지연이 감소하는 것을 볼 수 있다. 하지만 GSM 방식의 경우 처음 접속한 LMA를 기준으로 nLMA의 위치가 다른 코어라우터에 존재하여 전달지연의 증가를 확인할 수 있다. p5와 p6 사이의 구간은 이전에 접속한 LMA와 다르게 처음 접속한 LMA와 한 홉 적은 코어라우터에 위치한 LMA의 영역으로 MN이 이동하여 두 방식 모두 전달지연이 줄어들었다.

결과적으로 MGSM 방식은 RP에서부터 경로를 최적화 하므로 LMA의 위치에 관계없이 최단 경로로 전달되어 GSM 방식에 비해 적은 전달지연을 갖는다. MGSM 방식은 GSM 방식 대비 평균 36.2%, AAA 대비 46.6%, VMA 대비 53.0% 줄어든 전달지연을 갖는다.

4.2 제안한 메커니즘의 Signaling Cost 분석

제안하는 메커니즘의 성능분석을 위해 AAA, VMA 방식과 Signaling Cost를 비교하였다. Signaling Cost는 핸드오버 프로시저에 사용되는 메시지를 고려하여 계산하였다. 분석을 위해 다음과 같은 두 가지 구성요소를 정의하였다^[12].

- T_{a-b} : a와 b 두 노드 사이의 전달지연
- P_k : 노드 k에서 메시지를 처리하는 처리지연

4.2.1 Signaling Cost 성능분석을 위한 시뮬레이션 환경

Signaling Cost 성능분석을 위한 시뮬레이션 환경은 그림 13과 같고 각 요소들은 그림 18과 같다. 예를 들어 $T_{GSM-LMA5}$ 의 경우 $T_{GSM-C2} + T_{C2-C3} + T_{LMA5-C3}$ 로 계산된다.

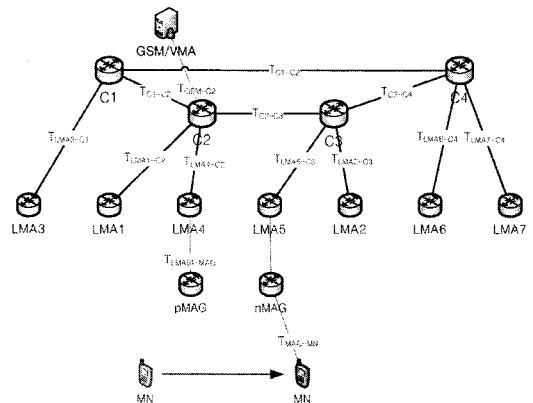


그림 18. Signaling Cost를 위한 구성요소

4.2.2 VMA를 이용한 글로벌 핸드오버 메커니즘의 Signaling Cost

VMA를 이용한 글로벌 핸드오버 메커니즘은 MN이 MAG의 범위를 벗어난 것을 MAG이 LMA에 DPBU로 알리는 상황에서 시작되며 다음과 같이 단순화 할 수 있다²¹⁾.

- RS와 RA 메시지를 전송하는 것은 $2T_{MN-MAG}$ 으로 표현할 수 있다.
- PBU, DPBU, PBA, DPBA 메시지를 전송하는 것은 $4T_{MAG-LMA}$ 로 표현할 수 있다.
- VMA와 nLMA 간에 PBU, PBA 메시지를 전송하는 것은 $2T_{nLMA-VMA}$ 로 표현할 수 있다.
- VMA와 pLMA 간에 DPBU, DPBA 메시지를 전송하는 것은 $2T_{pLMA-VMA}$ 로 표현할 수 있다.
- MN이 RA 메시지를 처리하는 것을 P_{MN} 으로 표현할 수 있다.
- nMAG과 pMAG이 RS, PBA, DPBA 메시지를 처리하는 것을 $3P_{MAG}$ 으로 표현할 수 있다.
- nLMA와 pLMA가 MAG으로부터 받은 DPBU, PBU와 VMA로부터 받은 PBA, DPBA 메시지를 처리하는 것을 $4P_{LMA}$ 로 표현할 수 있다.
- VMA가 LMA로부터 받은 DPBU와 PBU 메시지를 처리하는 것을 $2P_{VMA}$ 로 표현할 수 있다.

위의 방법을 토대로 VMA 메커니즘의 글로벌 핸드오버에 관한 Signaling cost는 식(1)과 같이 표현할 수 있다.

$$C_{VMA} = 2T_{MN-MAG} + 4T_{MAG-LMA} + 2T_{nLMA-VMA} + 2T_{pLMA-VMA} + P_{MN} + 3P_{MAG} + 4P_{LMA} + 2P_{VMA} \quad (1)$$

4.2.3 AAA를 이용한 글로벌 핸드오버 메커니즘의 Signaling Cost

AAA를 이용한 글로벌 핸드오버 메커니즘도 VMA 방식과 동일하게 MN이 MAG의 범위를 벗어난 것을 MAG이 LMA에 DPBU로 알리는 상황에서 시작되며 다음과 같이 단순화 할 수 있다.

- RS와 RA 메시지를 전송하는 것은 $2T_{MN-MAG}$ 으로 표현할 수 있다.
- PBU, DPBU, PBA, DPBA 메시지를 전송하는 것은 $4T_{MAG-LMA}$ 로 표현할 수 있다.
- 현재 도메인의 AAA를 AAA.C 라 하고 주변 도메

인의 AAA를 AAA'라 할 때 AAA request 메시지를 N개의 AAA'에게 전송하는 것은 $\sum_{i=1}^N T_{AAA' AAA.C}$ 로 표현할 수 있다.

- AAA reply 메시지를 받는 것은 $T_{pAAA' AAA.C}$ 로 표현할 수 있다.
- MN이 RA 메시지를 처리하는 것을 P_{MN} 으로 표현할 수 있다.
- nMAG과 pMAG이 RS, PBA, DPBA 메시지를 처리하는 것을 $3P_{MAG}$ 으로 표현할 수 있다.
- nLMA와 pLMA가 MAG으로부터 받은 DPBU, PBU 메시지를 처리하는 것을 $2P_{LMA}$ 로 표현할 수 있다.
- AAA.C가 pAAA로부터 받은 AAA reply 메시지와 N개의 AAA'가 AAA request 메시지를 처리하는 것을 $(N+1)P_{AAA}$ 로 표현할 수 있다.

위의 방법을 토대로 AAA 메커니즘의 글로벌 핸드오버에 관한 Signaling cost는 식(2)와 같이 표현할 수 있다.

$$C_{AAA} = 2T_{MN-MAG} + 4T_{MAG-LMA} + \sum_{i=1}^N T_{AAA' AAA.C} + T_{pAAA' AAA.C} + P_{MN} + 3P_{MAG} + 2P_{LMA} + (N+1)P_{AAA} \quad (2)$$

4.2.4 제안한 메커니즘의 Signaling Cost 계산

GSM을 이용한 글로벌 핸드오버 메커니즘도 다른 방식과 동일하게 MN이 MAG의 범위를 벗어난 것을 MAG이 LMA에 DPBU로 알리는 상황에서 시작되며 그림 6의 메시지 프로시저에 맞추어 다음과 같이 단순화 할 수 있다.

- RS와 RA 메시지를 전송하는 것은 $2T_{MN-MAG}$ 으로 표현할 수 있다.
- PBU, DPBU, PBA, DPBA 메시지를 전송하는 것은 $4T_{MAG-LMA}$ 로 표현할 수 있다.
- G-PBU, G-PBA 메시지를 전송하는 것은 $2T_{nLMA-GSM}$ 로 표현할 수 있다.
- G-DPBU 메시지를 전송하는 것은 $T_{pLMA-GSM}$ 로 표현할 수 있다.
- MN이 처음 접속한 LMA를 hLMA라고 할 때 G-DPBA 메시지를 전송하는 것은 $T_{hLMA-GSM}$ 로 표현할 수 있다.
- MN이 RA 메시지를 처리하는 것을 P_{MN} 으로 표현할 수 있다.
- nMAG과 pMAG이 RS, PBA, DPBA 메시지를 처

- 리하는 것을 $3P_{MAG}$ 으로 표현할 수 있다.
- nLMA와 pLMA가 MAG으로부터 받은 DPBU, PBU와 GSM으로부터 받은 G-PBA, G-DPBA 메시지를 처리하는 것을 $4P_{LMA}$ 로 표현할 수 있다.
- GSM이 LMA로부터 받은 G-DPBU와 G-PBU 메시지를 처리하는 것을 $2P_{GSM}$ 로 표현할 수 있다.

위의 방법을 토대로 제안하는 메커니즘의 글로벌 핸드오버에 관한 Signaling cost는 식(3)과 같이 표현할 수 있다.

$$C_{GSM} = 2T_{MN-MAG} + 4T_{MAG-LMA} + 2T_{nLMA-GSM} + T_{pLMA-GSM} + T_{hLMA-GSM} + P_{MN} + 3P_{MAG} + 4P_{LMA} + 2P_{GSM} \quad (3)$$

4.2.5 수치분석 결과

제안하는 메커니즘의 수치분석을 하기 위해 표 1과 같이 파라메타의 값을 정하였다^[12]. Signaling cost의 기준은 그림 13에서 제안한 경로를 따라 MN이 이동하면서 위치에 따른 변화를 계산하였다. MN의 위치에 따라 해당하는 nLMA, pLMA, hLMA의 위치가 달라지므로 $T_{LMA-GSM}$, $T_{AAA-AAA.C}$, $T_{LMA-VMA}$ 값은 그림 18의 방법에 따라 계산하였다.

그림 13의 경로에 따르면 MN은 LMA6에서 시작하여 7-5-2-1-3-4번 LMA의 영역으로 이동을 하게 된다. 그림 19는 이 순서대로 MN이 이동할 때 각 글로벌 핸드오버 메커니즘의 Signaling cost를 구한 것이다. 가로 축은 그림 13의 핸드오버 지점이다. 1~6번째 까지 글로벌 핸드오버 Signaling cost를 구한 결과 VMA와 GSM방식은 비교적 일정한 cost를 보였으며 처음 핸드오버시의 cost가 상대적으로 높게 나온 이유는 GSM 혹은 VMA 에이전트가 MN이 처음 접속한 LMA와 멀리 있기 때문이다. 하지만 AAA는 일정한

표 1. 수치분석을 위한 파라미터 값

지연	대상	값
전달지연	T_{MN-MAG}	10ms
	$T_{MAG-LMA}$	10ms
	$T_{LMA-GSM}$	시뮬레이션 환경에 맞게 계산
	$T_{AAA-AAA.C}$	시뮬레이션 환경에 맞게 계산
	$T_{LMA-VMA}$	시뮬레이션 환경에 맞게 계산
처리지연	P_{MN}	10ms
	P_{MAG}	20ms
	P_{LMA}	30ms
	P_{GSM}	20ms
	P_{AAA}	30ms
	P_{VMA}	20ms

값을 보이다가 마지막 핸드오버 시에 아주 높은 cost를 보였다. 그 이유는 주변 LMA 도메인의 개수가 3개에서 6개로 늘어 AAA request 메시지의 수가 늘어났기 때문이다.

그림 19의 결과처럼 AAA방식은 주변 LMA 도메인의 수에 따라 cost의 변화가 심하다. 따라서 주변 LMA의 수를 늘려가면서 Signaling cost를 측정해 보았다. 식(2)와 식(3)을 이용하고 표1의 파라미터 값을 적용하되 $T_{LMA-GSM}$ 와 $T_{AAA-AAA.C}$ 를 동일하게 40ms으로 고정하였다. GSM과 VMA방식은 $T_{LMA-GSM}$ 와 $T_{LMA-VMA}$ 를 고정적인 값으로 설정했을 때 동일한 결과를 보여 여기서는 GSM과 AAA방식만 비교하였다. GSM방식은 일정한 Cost를 보여주는 반면 AAA방식은 주변 도메인의 개수가 증가하면서 일정하게 Cost가 증가하는 것을 확인하였다. 따라서 실 환경과 비슷하게 서비스 지역이 촘촘하게 이루어져 있다면 AAA방식의 Cost는 GSM방식에 비해 매우 높아진다는 것을 알 수 있다.

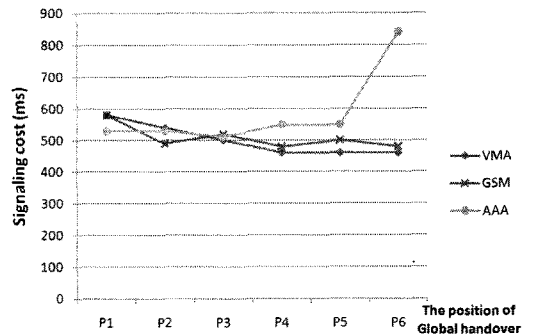


그림 19. Signaling cost 비교

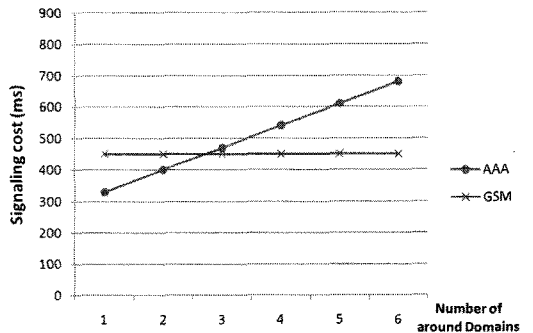


그림 20. 인접 도메인 수에 따른 글로벌 핸드오버 Signaling cost

4.3 멀티캐스트 소스기반 포워딩 기법의 성능분석
본 논문에서 제안한 포워딩 메커니즘의 성능 분석을 위해 사용자 기반 버퍼관리 기법과 멀티캐스트 소

스기반 버퍼관리 기법의 버퍼용량 차이를 구하였다. 제안된 환경은 2개의 LMA에 각각 2개의 MAG이 연결되어 있는 환경에서 100초의 실험시간동안 균등화 랜덤 분포로 핸드오버를 요청하도록 설정하였으며 핸드오버 지연시간은 실험의 결과인 로컬 핸드오버 20.8ms, 글로벌 핸드오버 108ms로 설정하였다. 소스는 2.5Mbps의 속도로 전송한다고 가정하며 단일소스이다. 소스는 2.5Mbps의 속도로 패킷을 전송하므로 1ms당 2.5Kbit의 버퍼용량을 차지한다. n개의 LMA가 존재하고 핸드오버중인 MN이 m개 일 때 사용자 기반 포워딩 기법의 버퍼 용량은 식(4)와 같이 계산되며 소스 기반 포워딩 기법의 버퍼 용량은 식(5)와 같이 계산된다.

$$UBL = \sum_{i=1}^n LMA_{buffer_n_a}(i)$$

$$LMA_{buffer_n_a}(i) = \sum_{j=1}^m MNh(j) * HOT * 2.5 \text{ Kbit} \quad (4)$$

$$SBL = \sum_{i=1}^n LMA_{buffer_m}(i)$$

$$LMA_{buffer_m}(i) = (fmax\{ HOend , m \} - fmin\{ HStart , m \}) * 2.5 \text{ Kbit} \quad (5)$$

식 (4)와 식 (5)에 사용되는 약어는 다음과 같다.

- UBL : User based buffer length
 - SBL : Multicast source based buffer length
 - $LMA_{buffer_n_a}(i)$: LMA(i)의 사용자 기반 버퍼 길이
 - $LMA_{buffer_m}(i)$: LMA(i)의 멀티캐스트 소스 기반 버퍼 길이
 - MNh : 핸드오버 중인 MN
 - HOT : 핸드오버 지연시간 : 로컬 20.8ms, 글로벌 108ms로 설정
 - $HStart$: MNh 의 핸드오버 시작 시간
 - $HOend$: MNh 의 핸드오버 종료 시간,
- 이는 $HStart + HOT$ 로 구할 수 있다.
- $fmax\{x,m\}$: m개의 x값 중에 최대값을 구하는 함수
 - $fmin\{x,m\}$: m개의 x값 중에 최소값을 구하는 함수

그림 21은 100초의 시간동안 핸드오버 횟수를 증가시키며 버퍼용량을 비교한 결과이다. 핸드오버 횟수가 증가할수록 사용자 기반 버퍼에 비해 제안한 방식의 용량이 적음을 알 수 있다. 이 이유는 핸드오버 횟수가 증가하면서 데이터의 중복성이 증가되어 이 중복성을 제거한 멀티캐스트 소스 기반 버퍼의 사용량이 줄어든 것이다. 이 실험에서 멀티캐스트 소스 기반 버퍼는 사용자 기반 버퍼 대비 평균 42.1%의 사용량

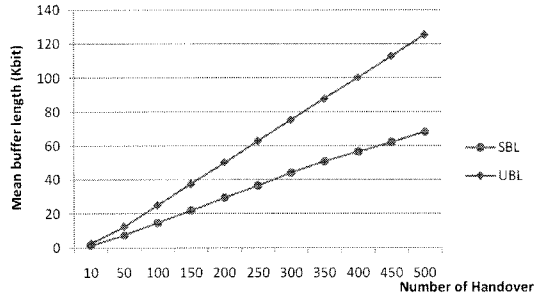


그림 21. 핸드오버 횟수에 따른 버퍼 용량 비교

감소를 보였다.

그림 22는 핸드오버 횟수를 500회로 설정했을 때 사용자 기반 포워딩 기법의 버퍼 용량을 10ms 마다 측정된 결과이다. 핸드오버 하는 MN이 생길 때 마다 핸드오버 지연 시간 만큼의 버퍼 용량이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 400Kbit와 700Kbit 부근에 층이 생기는 현상은 핸드오버 하는 MN이 추가되면서 핸드오버 지연 시간만큼 버퍼의 용량이 증가했다가 핸드오버가 종료되면서 그만큼의 버퍼 용량이 줄어드는 것을 반복했기 때문이다.

로컬 핸드오버의 경우 약 50Kbit의 버퍼용량을 차지하며 글로벌 핸드오버의 경우 약 270Kbit의 버퍼용량을 차지한다. 로컬 핸드오버와 글로벌 핸드오버가

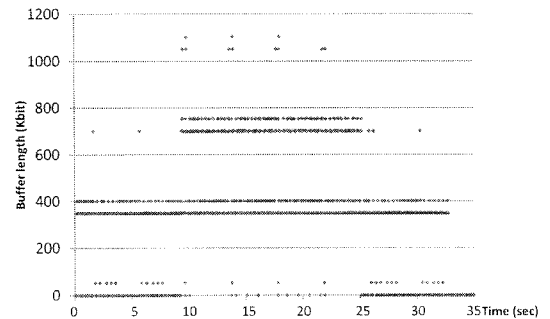


그림 22. 사용자 기반 포워딩 기법의 버퍼 용량

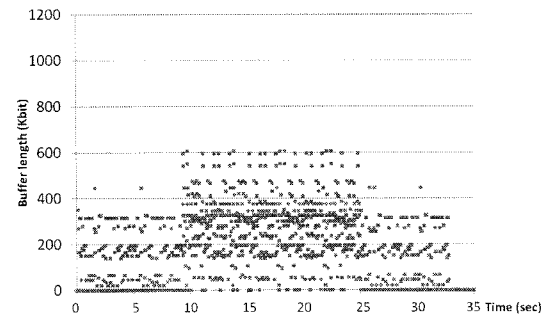


그림 23. 제안하는 기법의 버퍼 용량

랜덤하게 발생하여 그림 22와 같이 층이 진 형태로 나타나게 된다.

그림 23은 동일한 환경에서 멀티캐스트 소스 기반 포워딩 기법의 버퍼 용량을 측정한 결과이다. 멀티캐스트 소스기반 포워딩 기법은 버퍼의 중복성이 제거되어 버퍼의 용량이 다양하게 존재하는 것을 확인할 수 있다. 버퍼 용량의 차이를 구해 평균을 구해본 결과 제안하는 메커니즘은 사용자 기반 버퍼에 비해 평균 45.7%의 버퍼 용량이 감소하였다.

V. 결 론

모바일 단말이 보급되고 다양한 서비스가 증가되면서 차세대 정보통신망은 음성과 데이터, 유무선, 통신과 방송이 융합된 서비스의 형태로 발전되어 나가고 있다. 이동성 서비스 지원을 위해 이동성 지원 프로토콜이 연구되고 있으나 기존의 이동성 지원 프로토콜은 이동성 지원 범위가 한정적이며 서비스 품질 보장을 지원하기 어렵다.

본 논문에서는 이러한 요구에 따라 유무선 통합 환경에서 범위의 제한 없이 이동성 서비스를 제공할 수 있는 글로벌 핸드오버 메커니즘을 제안하였으며 이 메커니즘은 글로벌 세션 관리 기법과 멀티캐스트 소스 기반 포워딩 기법으로 구성되어 있다.

GSM을 이용한 글로벌 세션 관리 기법은 LMA간의 세션 정보를 관리하고 글로벌 이동성과 경로 최적화를 지원한다. 멀티캐스트 소스 기반 포워딩 기법은 멀티캐스트 소스 기반으로 버퍼를 관리함으로써 모바일 노드마다 전달해야 할 데이터간의 중복성을 제거한다.

제안된 메커니즘의 성능 분석을 위해 네트워크 시뮬레이터 ns-2를 사용하였다. 기존의 글로벌 핸드오버와 성능 비교를 했을 때 비슷한 핸드오버 지연을 보였으나 향상된 전달지연을 확인하였다. 또한 이동 경로가 루프를 형성하는 환경에서 성능분석을 했을 때 제안하는 메커니즘은 루프를 형성하지 않고 기존의 메커니즘보다 적은 전달지연을 갖았다.

제안하는 메커니즘에 [11]의 수락제어를 적용하여 유니캐스트 전송방법과 비교한 결과 MN의 수가 많을수록 기존의 평균 핸드오버 지연과 비슷한 성능을 보임을 확인하였다. 또한 제안한 메커니즘의 Signaling Cost 분석을 통해 주변 LMA가 많은 환경에서 LMA의 수에 관계없이 기존 메커니즘보다 비용이 적은 것을 확인할 수 있었다. 그리고 멀티캐스트 소스기반 포워딩 기법을 사용하여 기존의 사용자 기반 포워딩 기

법보다 평균 42.1%의 사용량 감소를 확인했다.

제안한 방법은 기존의 기법과 비슷한 핸드오버 지연을 가지지만 적은 전달지연을 가지며 수락제어를 통해 품질 보장을 유지하며 범위 제한이 없는 서비스를 제공할 수 있다. 또한 멀티캐스트 소스 기반 포워딩 기법을 이용하여 적은 버퍼용량으로 패킷 손실이 없는 핸드오버를 가능하게 하였다. 하지만 제안하는 메커니즘은 수신자의 이동성만을 고려하여 향후 소스의 이동성에 관한 연구, 무선 환경의 트래픽의 증가에 따른 분산형 이동성 제어기법, 멀티캐스트 환경의 손실된 패킷의 재전송 메커니즘의 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

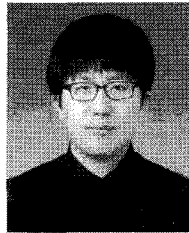
- [1] 강동오, 강규창, 이형직, 정준영, 하기룡, 이전우, "모바일 플랫폼에서의 SoD 서비스 기술동향," 전자통신동향분석, 제25권, 제3호, 2010년 6월.
- [2] Ki-Sik Kong, Wonjun Lee, Youn-Hee Han, Myung-Ki Shin, HeungRyeol You, "Mobility Management for All-IP Mobile Networks: Mobile IPv6 vs. Proxy Mobile IPv6," IEEE Wireless Communications, pp. 36-45. Apr. 2008.
- [3] S. Gundavelli,, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury and B. Patil, "Proxy Mobile IPv6," IETF RFC 5213, Aug. 2008.
- [4] Jianfeng Guan, Huachun Zhou, Hongke Zhang, Hongbin Luo, " Multicast Extension Support for Proxy MIPv6," IEEE Consumer Communications and Networking Conference(CCCN), pp. 1-5. Jan. 2010.
- [5] Jong-Hyouk Lee, Joong-Hee Lee, Tai-Myoung Chung, "An Adaptive Inter-Mobility Supports Scheme for NetLMM," IEEE Second International Conference on Systems and Networks Communications(ICSNC), Aug. 2007.
- [6] 나유철, 민상원, 정광모, "PMIPv6와 MIPv6 연동을 통한 효율적인 글로벌 이동성 지원 방안," 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집, 2009년 6월.
- [7] G. Giaretta, Ed, "Interactions between PMIPv6 and MIPv6: scenarios and related issues," IETF draft-netlmm-mip-interactions-04, June 2009.
- [8] N. Neumann, X. Fu, J. Lei, G. Zhang,

“Inter-Domain Handover and Data Forwarding between Proxy Mobile IPv6 Domains,” IETF draft-neumann-netlmm-inter-domain-02, Mar. 2009.

- [9] 공현진, 추현승, “터널링에 기반한 PMIPv6 도메인 간 핸드오버 기법,” 한국인터넷정보학회 춘계 학술발표대회논문집, 2009년 5월.
- [10] Jung-Woo Baik, Ju-Hyun Kim, June Sup Lee, Kyung-Geun Lee, “Inter-Domain Mobility Support Scheme Using Multicast in Proxy Mobile,” IEEE Consumer Communications and Networking Conference, pp. 1-2, Jan. 2009.
- [11] 강현명, 최환석, 이우섭, “Probing 기반 수락제어와 PMIPv6를 이용한 품질보장 Seamless 모바일 멀티캐스트 핸드오버 메커니즘,” 한국통신학회 논문지, 제35권, 제7호, pp. 1018-1033, 2010년 7월.
- [12] Moneeb Gohar, Seok Joo Koh, Tae-Won Um, Hyun-Woo Lee, “Seamless Multicast Handover in PMIPv6-based Wireless Networks,” Advanced Communication Technology(ICACT), pp.502-507, Feb. 2010.
- [13] 이창민, 이범재, 이재훈, 박현서, 신경철, “Proxy MIPv6에서 패킷의 순서 어긋남을 해결할 수 있는 Flush 메시지 기반의 경로 최적화 메커니즘,” 전자공학회 논문지, 제45권, 제3호, 2008년 3월.
- [14] “The Network Simulator - ns-2,” <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.

이 장 현 (Jang-Hyun Lee)

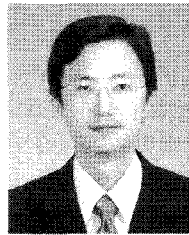
준회원



2011년 2월 국립한밭대학교 멀티미디어공학전공 졸업
 2011년 3월~현재 국립한밭대학교 멀티미디어공학과 석사과정
 <관심분야> IP QoS, Mobility management, Mobile 멀티캐스팅

이 우 섭 (Woo-Seop Rhee)

종신회원



1983년 2월 홍익대학교 전자계산학과 졸업
 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, IP QoS, Mobility management, Mobile 멀티캐스팅, Smart TV, WoT

최 환 석 (Hoan-Suk Choi)

준회원



2009년 2월 국립한밭대학교 멀티미디어공학전공 졸업
 2011년 2월 국립한밭대학교 멀티미디어공학과 석사
 2011년 3월~현재 국립한밭대학교 멀티미디어공학과 박사과정

<관심분야> IP QoS, Mobility management, Mobile 멀티캐스팅, WoT, Smart TV