Global Mobility Agent (GMA) 기반의 신속한 IPv6 전역 이동성 지원 방안

정회원 안 진 수*, 서 원 경**, 최 재 인**, 종신회원 조 유 제**

A Fast Global Mobility Supporting Scheme for IPv6 Using Global Mobility Agent (GMA)

Jin-Su Ahn*, Won-Kyeong Seo**, Jae-In Choi** *Regular Members*, You-Ze Cho** *Lifelong Member*

요 약

Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6)는 호스트 기반의 이동성 지원 프로토콜인 Mobile IPv6 (MIPv6)와 달리 망에서 Mobile Node (MN)의 이동성을 지원하는 프로토콜이다. PMIPv6는 MIPv6보다 핸드오버 지연이 짧고, 무선 자원을 효율적으로 이용할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 PMIPv6는 Local Mobility Anchor (LMA)로 패킷이 집중되는 병목현상과 PMIPv6 도메인 내에서의 지역 이동성만을 지원하는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위하여 IETF NetLMM WG에서는 전역 이동성을 지원을 위한 PMIPv6-MIPv6 연동 방안, LMA간 시그널링을 통한 전역 이동성 지원 방안 등을 제안하고 있으나, MN이 MIPv6 프로토콜 스택을 추가로 보유해야 하는 문제점과 추가적인 시그널링으로 인한 긴 핸드오버 지연 문제들이 여전히 남아 있다. 따라서 본 논문에서는 PMIPv6에서의 새로운 망 구성요소인 Global Mobility Agent (GMA)를 정의하고, 이를 이용한 신속한 망 기반 전역 이동성 관리 기술을 제안하였다. 또한 이를 확장하여 병목 현상과 삼각 라우팅 문제를 해결하고 종단간 지연을 최소화하는 Route Optimization (RO)-GMA 방안을 제안하였으며, 성능 분석을 통해 제안 방안이 IETF NetLMM의 PMIPv6 방안보다 지역/전역 이동성 지원 측면에서 짧은 핸드오버 지연을 가짐을 확인하였다.

Key Words : Network Mobility, PMIPv6, Global Mobility, Route Optimization, Mobility

ABSTRACT

The Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6) has been standardized by the IETF NETLMM WG for network-based mobility management. The PMIPv6 can provide IP mobility for Mobile Nodes (MNs) with low handover latency and less wireless resource usage. But, since the PMIPv6 is basically designed for local mobility management, it cannot support directly global mobility management between different PMIPv6 domains. In the PMIPv6, since all traffic is routed through a Local Mobility Anchor (LMA), it causes a long end-to-end delay and triangular routing problem. Therefore, in this paper, we propose a fast network-based global mobility management scheme and route optimization scheme with a new network entity, called Global Mobility Agent (GMA). Numerical analysis and simulation results show that the proposed scheme is able to support global mobility between different public domains with low handover latency and low end-to-end delay, compared with the PMIPv6.

※ 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)[KI001822]과 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업[NIPA-2010-(C1090-1011-0013)]의 일환으로 수행하였음

* 국방과학연구소 함정전투체계단 (yaho1524@naver.com)

** 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 통신망연구실 (morglory, cji1206, yzcho@ee.knu.ac.kr)

논문번호 : KICS2009-09-413, 접수일자 : 2009년 09월 16일, 최종논문접수일자 : 2010년 7월 30일

Ⅰ. 서 론

무선 통신의 발달과 함께 사용자들은 언제, 어디서나, 끊김없이 서비스의 연속성을 보장받고자 한다. 이러한 요구사항을 만족하기 위하여 Internet Engineering Task Force (IETF)에서는 호스트 기반의 IP 이동성 지원 기술인 Mobile IPv6 (MIPv6) 연구를 진행하였다[1]. 하지만 MIPv6 기술은 Mobile Node (MN)가 이동성 관리 프로토콜 스택을 가지고 있어야 하며, 시그널링 메시지 전달로 인한 무선자원의 낭비, 긴 핸드오버 지연, 통신 사업자의 비 선호도 등으로 널리 확산되지 못하고 있는 실정이다. 이러한 MIPv6의 문제점을 해결하기 위하여 IETF Network-based Localized Mobility Management (NetLMM) WG에서는 망 기반 이동성 관리 프로토콜 표준화를 진행하였으며, 2008년 8월에 Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6)를 RFC 5213으로 승인하였다[2,3].

PMIPv6는 MIPv6의 문제점을 해결하기 위하여 MN의 IP 이동성을 망에서 관리함으로써, MN의 수정 없이 이동 중에도 서비스의 연속성을 보장하는 기술이다. 하지만 PMIPv6에서는 MN으로 전달되는 모든 패킷이 Local Mobility Anchor (LMA)를 통하여 전송되기 때문에 LMA에 패킷 병목현상이 발생하고 있으며, 초기 단계부터 지역 이동성만을 고려하여 디자인되어 PMIPv6 도메인 사이의 이동에는 서비스의 연속성을 보장할 수 없는 문제점이 있다[4]. 따라서 IETF NetLMM WG에서는 전역 이동성을 지원하기 위하여, MIPv6-PMIPv6의 계층적 연동을 통한 도메인간의 이동성을 지원하는 Giaretta의 방안과 PMIPv6 도메인간의 추가적인 시그널링 메시지를 정의하여 전역 이동성을 제공하는 Na의 방안(이하 Na)이 제안되었다[5,6]. 하지만 MIPv6와의 연동방안은 MIPv6의 문제점을 그대로 가지고 있으며, Na 방안은 도메인간 추가적인 시그널링 메시지로 인한 긴 핸드오버 지연이 발생하는 문제점이 있다.

따라서 본 논문에서는 LMA와 MAG가 통합한 새로운 망 구성 요소인 Global Mobility Agent (GMA)를 정의하고 이를 이용한 신속한 망 기반의 전역 이동성 관리 기술을 제안한다. GMA를 이용한 전역 이동성 지원 방안은 핸드오버 준비과정을 통해 MN의 인증과 MN-Home Network Prefix (MN-HNP)를 미리 획득함으로써 신속한 핸드오버를 지원한다. 또한 home GMA의 병목현상과 종단간 지연, 삼각 라우팅 문제[7]를 해결하기 위하여 GMA 기반의 신속한 전역 이동성 지원 방안을 확장하여 RO-GMA 방안을 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 PMIPv6의 기본 동작과 도메인간 이동성 지원을 위한 연구 동향에 대해 고찰하고, 3장에서는 GMA 기반의 신속한 핸드오버 방안과 경로 최적화 방안을 제안한다. 4장에서는 제안 방안의 정성적, 정량적 성능 분석과 시뮬레이션을 통한 성능 평가 결과를 수행하고 5장에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. 관련 연구

본 장에서는 IETF NetLMM WG에서 지역 이동성을 지원하는 PMIPv6 핸드오버 방안과 도메인간의 이동성 지원을 위한 PMIPv6 확장 방안을 고찰한다.

2.1 Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6)

PMIPv6는 호스트 기반의 이동성 관리 기술의 문제점을 해결하기 위하여 MN의 IP 이동성을 망에서 관리함으로써, MN의 수정없이 이동 중에도 서비스의 연속성을 보장하는 프로토콜이다[2]. PMIPv6는 하나의 도메인내의 이동 단말의 위치를 관리하는 LMA (Local Mobility Anchor)와 단말의 이동을 감지하고 단말을 대신하여 위치를 등록하는 MAG (Mobile Access Gateway), 사업자 정책 정보를 보유하고 단말의 인증을 수행하는 정책 서버 (Policy Server: PS)로 구성된다. 초기 접속 시, MN의 연결을 감지한 MAG는 PS를 통해 MN의 인증 절차를 수행한다. 그리고 MAG는 LMA와 PBU (Proxy Binding Update)/PBA (Proxy Binding Acknowledge) 메시지를 주고 받으며 MN의 위치를 등록한다. 이때, LMA는 PMIPv6 도메인에서 MN이 사용할 HNP (Home Network Prefix)를 할당하고, MAG는 할당된 MN-HNP를 바탕으로 MN에게 RA (Router Advertisement) 메시지를 전달한다.

MN이 현재 접속된 pMAG에서 새로운 nMAG로 이동하게 되면 pMAG는 MN과의 연결이 끊어짐을 감지하고 LMA에게 연결 해제를 통보한다. 또한 nMAG는 MN에 대한 인증을 수행하고 PBU/PBA 메시지를 통해 LMA에 단말의 위치를 등록하며, LMA는 MN의 초기 접속시 할당했던 MN-HNP를 nMAG에게 전달하여 MN이 이동한 사실을 인지하지 못한 채 홈 주소를 통하여 연속된 서비스를 이용할 수 있도록 한다. 이후 MN에게 전달될 패킷은 LMA-nMAG 터널을 통해 전달된다.

2.2 전역 이동성을 위한 PMIPv6 확장 방안

IETF NetLMM WG에서는 PMIPv6 도메인 내에서만 이동성을 지원하는 단점을 보완하고자 망 기반의 도메인간 이동성 지원 기술을 제안하였다 [5,6,9]. IETF NetLMM WG에서는 MIPv6- PMIPv6의 연동을 통한 도메인간의 이동성을 지원하는 방안과 PMIPv6 도메인 간의 추가적인 시그널링 메시지를 정의하여 전역 이동성을 제공하는 Na의 방안이 제안되고 있다[5,6]. PMIPv6-MIPv6의 연동 방안에서는 지역 이동성은 PMIPv6가 담담하고 도메인간 이동성은 MIPv6가 담당함으로써 도메인간 핸드오버를 지원하지만, 이동 단말의 수정 요구, MIPv6의 긴 핸드오버 지연 발생, 무선 링크 자원의 낭비 등의 문제점이 여전히 존재하여 망 기반 전역 이동성 지원에는 어려움이 있다. 반면 Na의 방안은 그림 1과 같이 홈 도메인에서 사용하던 MN-HNP를 외부 도메인으로 전달하여 계속 사용함으로써 원활하게 망 기반 도메인간 핸드오버를 지원할 수 있다. 하지만 전역 이동성 지원을 위한 추가적인 시그널링 메시지를 인하여 핸드오버 시그널링 오버헤드 및 핸드오버 지연이 증가하여 신속한 도메인간 망 기반 이동성 지원에는 어려움이 있다.

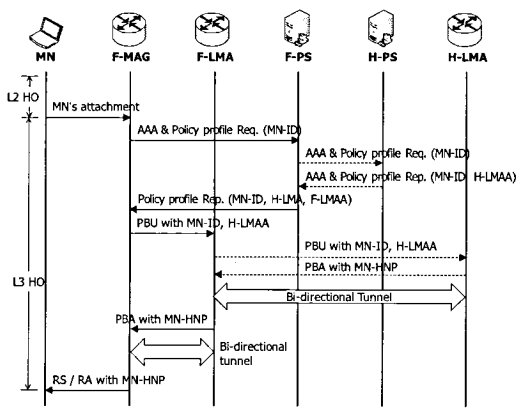


그림 1. Na 방안의 도메인간 핸드오버 절차[6]

2.3 이동성 관리 기술을 위한 경로 최적화 방안

대부분의 이동성 관리 기술들은 단말의 홈 네트워크로 전송되는 데이터를 현재 단말이 위치한 외부 네트워크로 전달함으로써 서비스의 연속성을 보장하며, 이러한 이동성 관리 기술의 특징은 비효율적인 라우팅 경로 문제와 삼각 라우팅 문제를 유발시킨다. 이를 해결하기 위하여 IETF에서는 단말 기반의 이동성 관리 기술을 바탕으로 한 경로 최적화 연구를 진행하여 왔으며, 최근 들어 망 기반 이동성 관리 기술을 바탕으로 한 연구들이 진행되고 있다. 하지만 망 기반의 이동성 관리 기술을 바탕으로 한 연구는 경로 최적화가 결정된 이후 대상 호스트가 접속된 mobility agent의 주소를 획득하기 위한 추가적인 database가 존재해야 한다는 문제점이 있으며, MAG 혹은 LMA가 대상 mobility agent의 주소를 획득하기 추가적인 질의/응답 절차를 요구한다[9].

Ⅲ. Global Mobility Agent (GMA) 기반의 신속한 IPv6 전역 이동성 지원 방안

전역 이동성 지원을 위한 기존 연구들은 이동 단말의 수정이 필요하거나, 신속한 이동성 지원에 어려움이 있다. 따라서 본 장에서는 Global Mobility Agent (GMA)를 이용한 신속한 도메인간 핸드오버 방안을 제안한다. 또한 망 기반 이동성 관리 기술의 근본적인 문제인 mobility anchor의 병목 현상 문제, 삼각 라우팅 문제, 긴 종단간 지연 문제를 해결하기 위하여 GMA 기반의 핸드오버 지원 방안을 확장하여 Route optimization-GMA 방안을 제안한다.

3.1 GMA를 이용한 신속한 핸드오버 방안

본 절에서는 GMA를 이용한 신속한 도메인간 핸드오버 방안을 제안한다. GMA는 PMIPv6의 LMA와 MAG의 통합 기능을 보유하여 LMA에 집중되던 트래픽을 각 GMA에게 분산시키고 전역 이동성을 지원한다. 또한 GMA는 MN의 이동을 미리 감지하여 사전에 MN의 인증을 수행하고 MN-HNP를 획득함으로써 신속한 핸드오버를 지원한다.

3.1.1 제안 방안의 기본 망 구조

제안 방안의 기본 망 구조는 그림 2와 같이 MN의 인증을 관리하는 PS와 다수의 GMA들로 구성되어 있다. GMA는 PMIPv6의 LMA와 MAG의 통합 기능을 보유하여 PS와 단말의 인증을 수행하고 MN-HNP 할당을 담당한다. GMA는 역할에 따라서 3가지로 종류로 구분될 수 있는데, 단말이 최초 접속한 Home GMA (H-GMA)와 현재 접속된 GMA와 이웃하여 핸드오버 대상이 될 수 있는 GMA (Cadidate GMA : C-GMA)가 있으며, 핸드오버 대상 GMA (Targer GMA : T-GMA), 현재 접속된 GMA (Serving GMA : S-GMA)가 있다. 또한 PS는 각 MN에 대하여 MN-ID와 함께 Home GMA (H-GMA), Serving GMA (S-GMA) 주소를 관리한다. 이러한 제안 방안의 망 구조는 기존 PMIPv6의 LMA-MAGs와 같은 계층적

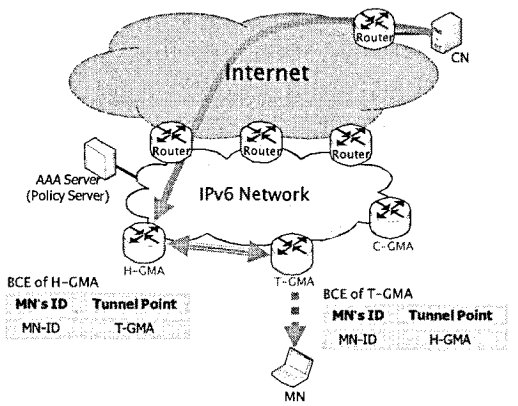


그림 2. GMA 기반의 기본적인 망 구조

구조가 아니라 flat한 구조로써 PMIPv6에서의 LMA에게 집중되는 병목현상 및 프로세싱 오버헤드와 터널링의 수를 줄일 수 있으며, 전역 이동성까지 지원할 수 있는 장점이 있다.

3.1.2 초기 접속 절차

제안한 방안의 초기접속 절차는 기존의 PMIPv6와 유사하며 그림 3과 같다. MN이 GMA에게 최초로 접속하여 무선 링크를 형성하게 되면, GMA는 MN으로부터 MN-ID를 획득한다. 이를 바탕으로 GMA는 MN의 AAA인증을 수행하고 이동성 지원에 필요한 policy profile을 요청하기 위해 자신의 위치 정보를 포함한 AAA query 메시지를 PS에게 전송한다. AAA 인증과정을 성공적으로 수행한 PS는 GMA에게 이동성 지원에 필요한 policy profile을 포함하여 AAA reply 메시지를 전송한다. 메시지를 받은 GMA는 MN에게 고유한 MN-HNP를 생성하여 RA 메시지를 통하여 이동 단말에게 유니캐스트로 전송한다. 이후 MN은 MN-HNP를 이용하여 IP 주소를 설정하며 도메인 내에서의 초기 접속 과정은 완료된다.

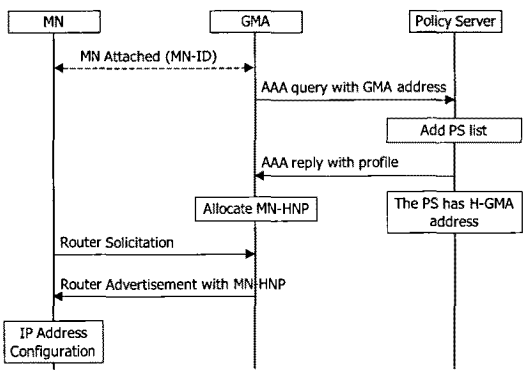


그림 3. GMA 방안의 초기접속 절차

3.1.3 핸드오버 절차

제안된 GMA 기반의 핸드오버 방안에서는 그림 4와 같이 GMA가 링크 상태 변화를 미리 감지하고 사전에 핸드오버를 준비함으로써, 신속한 도메인간 핸드오버를 지원한다. MN의 이동으로 MN과 S-GMA사이의 링크가 유지된 상태에서, C-GMA가 MN을 감지하게 되면 (Link-Detected) 무선 채널 스캔닝을 수행하여 사전에 MN의 MN-ID를 획득한다. C-GMA들은 획득한 MN-ID를 이용하여 PS 서버를 통하여 인증을 수행하고, MN의 H-GMA, S-GMA 정보를 획득한다. 이 때 MN이 속한 PS가 아닌 경우에는 AAA query를 수신한 PS가 이웃한 PS들과 연계하여 인증 및 MN의 정보 획득을 수행한다. 각 C-GMA들은 자신이 MN의 C-GMA라는 사실을 Inform Candidate (IC) 메시지를 통해 S-GMA (H-GMA)에게 통보하며 사전에 MN-HNP를 획득한다.

이후 실제로 단말과 S-GMA 사이의 연결이 끊어지고 (Link down) 단말이 T-GMA에 접속하게 되면 (Link up: MN attached), T-GMA는 사전에 획득한 MN-HNP를 이용하여 신속하게 RA 메시지를 MN에게 전송하고 MN의 위치 정보를 H-GMA에게 등록하여 H-GMA와 T-GMA 사이의 양방향 터널을 형성한다. 이후 패킷은 H-GMA를 거쳐서 T-GMA로 전송된다.

따라서 GMA 기반의 신속한 도메인간 핸드오버 방안은 단말의 링크가 끊어지기 이전에 사전에 MN의 인증을 수행하고 MN-HNP를 획득함으로써 다른 이동성 관리 프로토콜들에 비해 짧은 L3 핸드오버 지연을 가진다.

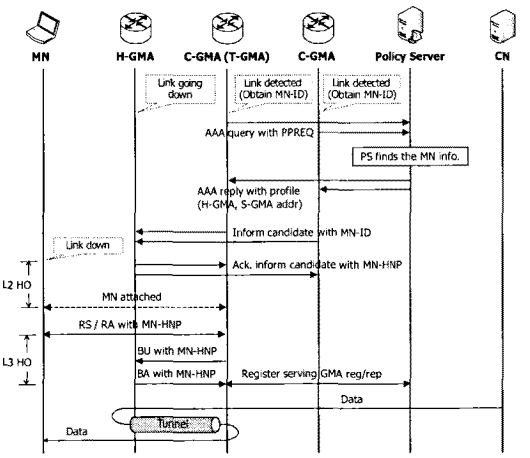


그림 4. GMA 기반의 신속한 핸드오버 절차

3.2 경로 최적화를 적용한 GMA 방안

GMA 기반의 이동성 관리 기술은 PMIPv6의 병목 현상과 같이 MN으로 전달되는 모든 패킷이 항상 H-GMA로 집중되며, 이로 인하여 긴 종단과 지연과 삼각 라우팅 문제점을 가진다. 따라서 본 논문에서는 GMA기반의 이동성 관리 기술을 확장하여, 그림 5의 환경에서 CN이 접속하고 있는 GMA_{CN}과 S-GMA 사이의 터널을 형성하고 패킷을 직접 전달하는 Route Optimization (RO)-GMA 방안을 제안한다. 또한 기존의 PMIPv6 기반의 경로 최적화 방안이 추가적인 데이터베이스가 필요하다는 제약 사항을 개선하기 위하여 경로 최적화 요청을 위한 anycast 주소 구조를 정의한다.

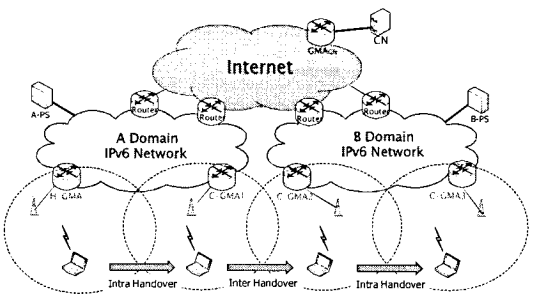


그림 5. RO를 적용하기 위한 GMA 망 구조

3.2.1 도메인내에서 RO를 적용한 핸드오버 절차

도메인 내에서 RO를 적용한 핸드오버 절차는 그림 6과 같다. MN의 이동에 따른 GMA 기반의 핸드오버가 완료되면 MN은 H-GMA와 S-GMA 사이의 터널을 통하여 패킷을 수신하게 된다. S-GMA는 H-GMA와 터널링을 통하여 전달되는 패킷을 수신하면 라우팅 경로에 따른 종단간 지연 증가 및 삼각 라우팅 문제를 인지하고 RO 수행을 결정한다. S-GMA는 CN이 연결된 GMAcn로부터 직접 패킷을 전달받기 위하여

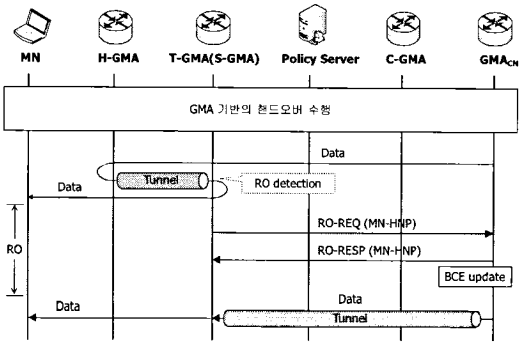


그림 6. RO를 적용한 GMA 기반의 핸드오버 절차

GMAcn에게 Route Optimization-Request (RO-REQ) 메시지를 전송한다. RO-REQ 메시지는 CN이 연결된 GMAcn에게 전송되어야 하기 때문에 그림 7과 같이 새로이 정의한 anycast 주소를 목적지로 하여 전송한다[10]. 이는 기존의 PMIPv6 기반의 RO 방안들이 대상 호스트가 접속된 mobility agent 주소 획득을 위하여 추가적인 database를 보유해야 한다는 문제점을 해결할 수 있다. RO-REQ 메시지를 수신한 GMAcn은 Route Optimization- Response (RO-RESP) 메시지를 S-GMA에게 전송하여 T-GMA와 GMAcn 사이의 터널을 형성하고 RO를 마무리한다. 이를 통하여 제안된 방안에서는 신속한 핸드오버를 지원하여 끊김없는 서비스 연속성을 지원하고, RO를 통하여 종단간 지연 감소, 병목현상 완화, 삼각 라우팅 문제를 해결할 수 있다.

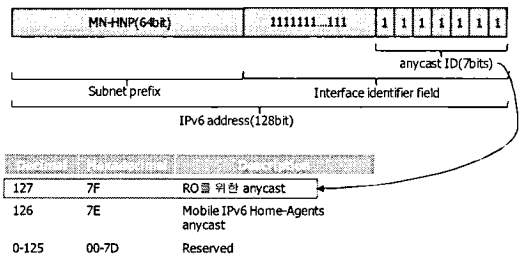


그림 7. RO-REQ를 위한 anycast 주소 정의

3.2.2 도메인간의 RO를 적용한 핸드오버 절차

RO를 적용한 도메인간의 핸드오버 절차는 기존 도메인 내에서의 절차와 유사하다. 하지만 MN을 관리하는 PS가 다르기 때문에 PS간의 시그널링 절차가 추가되어야 한다. 즉, 그림 5에서 MN이 도메인 A에서 도메인 B로 핸드오버 할 경우 초기 접속 절차를 통해 C-GMA2는 MN-ID를 가지고 B-PS에게 인증과정 절차를 수행한다. 이때 B-PS는 MN에 대한 정보를 가지고 있지 않기 때문에 이웃한 PS들에게 MN-ID를 포함하는 AAA query 메시지를 broadcast로 전송하게 된다. 이웃한 PS중에 MN-ID를 가지고 있는 A-PS가 MN-ID를 가지고 인증과정을 수행하고 응답으로 AAA reply 메시지에 MN의 H-GMA, S-GMA 위치 정보를 포함하여 B-PS에게 전송하게 된다. 이후 절차는 A-PS가 관할하는 도메인 내에서의 핸드오버 절차와 동일하다.

Ⅳ. 성능 평가

본 장에서는 GMA 기반의 신속한 이동성 관리 기

술 (GMA 방안), RO를 적용한 GMA 기반의 이동성 관리 기술 (RO-GMA 방안), IETF Na 방안의 특징을 비교 분석하고 핸드오버 지연을 수치적으로 분석하였다. 또한 NS-2 시뮬레이터를 사용하여 각 방안의 UDP 처리율과 핸드오버 지연을 바탕으로 지역/전역 핸드오버 성능을 평가하였다.

4.1 전역 이동성 지원 방안들의 특징 분석

Na 방안과 GMA방안, 최적화를 적용한 RO-GMA 방안의 특징은 표 1과 같다. Na 방안은 LMA, MAG, PS로 구성되며 GMA 방안은 GMA와 PS만으로 구성된다. 핸드오버 관점에서 제안 방안인 GMA와 RO-GMA 방안은 사전에 단말의 인증을 수행하고 MN-HNP를 획득함으로서 Na의 방안에 비하여 신속한 핸드오버를 지원한다. 하지만 GMA 방안은 H-GMA와 S-GMA 사이의 거리가 멀어질수록 핸드오버 지연이 길어지는 특징이 있다. 반면 RO-GMA 방안은 경로 최적화를 수행함으로써 이웃한 GMA들 사이의 핸드오버를 수행하여 지연 시간을 최소화 할 수 있으며, 삼각 라우팅 문제 또한 해결할 수 있다.

또한 Na 방안은 PMIPv6 도메인으로 들어오고 나가는 모든 데이터 및 제어 패킷들이 LMA를 거쳐서 처리되므로 LMA의 병목현상이 발생할 수 있다. 반면 GMA 방안은 Na 방안에 비해 로드 분산의의 장점이 있지만, 항상 H-GMA로 패킷이 거쳐서 전송되기 때문에 H-GMA에 트래픽이 집중화 될 수 있다. RO-GMA 방안은 패킷이 어느 특정한 GMA를 거치지 않고 전송되므로 트래픽이 집중화되는 문제를 해결하였다.

4.2 핸드오버 지연 분석

IETF Na의 방안과, 제안한 방안의 핸드오버 지연은 표 2의 파라미터를 이용하여 그림 8과 같이 나타낼 수 있다. GMA 방안은 스캐닝 과정을 통해 미리 MN-ID를 획득함으로써 L2 연결이 끊어지기 이전에 MN의 인증 과정을 수행하고 MN-HNP를 사전에 획득한다. 따라서 L2 핸드오버 이후, Na 방안은 MN-HNP를 포함한 RA를 받은 시점까지의 긴 핸드오버 지연을 가지는 반면, GMA 방안은 사전에 핸드오버 준비하여 BA를 받은 시점까지의 핸드오버 지연으로 좀 더 신속한 서비스 연속성을 지원할 수 있다. Na 방안과 제안된 GMA 방안의 핸드오버 지연은 그림 9의 환경에서 지역 이동성과 전역 이동성 관점에서 분석하였다.

지역 이동성

$$T_{Na} = T_D + T_{AAA} + T_{PBU} + T_{RA} = T_D + 4T_{intra} + 2T_{intra} + T_{RA}$$

$$T_{GMA} = T_D + T_{BU} = T_D + 4T_{intra}$$

전역 이동성

$$\begin{aligned} T_{Na} &= T_D + T_{AAA} + T_{PBU} + T_{RA} \\ &= T_D + 2(2T_{intra} + T_{inter}) + 2(T_{intra} + T_{inter}) + T_{RA} \\ &= T_D + 4T_{inter} + 6T_{intra} + T_{RA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{GMA} &= T_D + T_{BU} = T_D + 2(2T_{intra} + T_{inter}) \\ &= T_D + 2T_{inter} + 4T_{intra} \end{aligned}$$

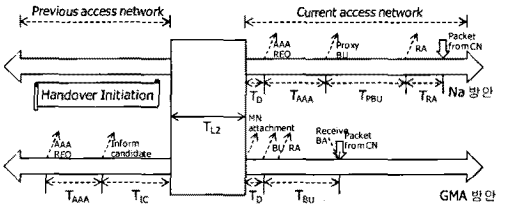


그림 8. Na방안과 GMA 방안의 핸드오버 지연 비교

표 1. Na, GMA, RO-GMA 방안의 특징 비교

	Na 방안	GMA 방안	RO-GMA 방안
망 구성요소	LMA, MAG, PS	GMA, PS	GMA, PS
터널 포인트	Home LMA	Home GMA	CN을 관할하는 GMA
핸드오버 특징	PMIPv6와 동일함	사전 단말 인증 및 이동성 프로파일 획득	GMA 방안과 동일
지역 이동성 핸드오버 지연시간	길다	짧다.	짧다
전역 이동성 핸드오버 지연시간	길다	(H-GMA와 S-GMA 사이의 거리에 의존) 가변적임	짧다
삼각 라우팅 문제	발생함.	발생함.	발생하지 않음.
제한 사항	LMA의 병목현상	패킷이 항상 H-GMA를 거쳐서 전송됨	-

표 2. 핸드오버 지연시간을 위한 파라미터 정의

파라미터	내 용
T_D	L2 핸드오버 지연 시간
T_{AAA}	MN과 PS간의 패킷 전송 지연 시간
T_{PBU}	LMA와 MAG간의 패킷 전송 지연 시간
T_{BU}	MN과 GMA간의 패킷 전송 지연 시간
T_{RA}	Router advertisement 메시지 전송 지연 시간
T_{intra}	도메인 내에서의 패킷 전송 지연 시간
T_{inter}	도메인 간 패킷 전송 지연 시간

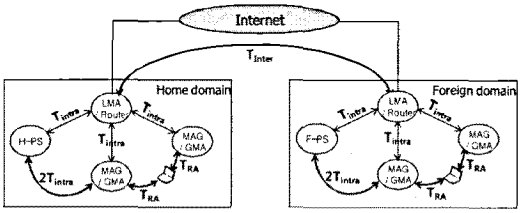


그림 9. 정량적 분석을 위한 망 구조

제안된 GMA의 방안은 도메인 내에서 핸드오버를 수행하는 경우에 Na의 방안보다 T_{PBU} 만큼의 핸드오버 지연을 감소할 수 있으며, 도메인 간의 핸드오버에서는 T_{RA}만큼 시간을 단축할 수 있다. 따라서 제안 방안은 Na 방안에 비해 지역적 핸드오버에서는 총 $2T_{intra}+T_{RA}$ 만큼의 핸드오버 지연을 줄일 수 있으며, 전역 핸드오버에서는 $2T_{inter}+2T_{intra}+T_{RA}$ 만큼을 단축한다.

4.3 시뮬레이션을 통한 핸드오버 성능 평가

본 절에서는 NS-2 시뮬레이터를 이용하여 Na 방안과 GMA방안, RO-GMA 방안의 성능 분석을 수행하였다[11]. 시뮬레이션은 그림 10의 환경에서 이동 단말이 10m/s의 속력으로 H-GMA에서 F-GMA3로 이동하는 시나리오로 수행하였다. MN은 약 20초에 H-GMA에서 F-GMA1으로 지역 핸드오버를 수행하고, 약 60초에 F-GMA1에서 F-GMA2로 이동하면서 전역 핸드오버를 수행한다. 이후 약 100초에 F-GMA2에서 F-GMA3로 외부 도메인에서의 지역 핸드오버를 수행한다. 시뮬레이션의 파라미터 값은 표 3와 같으며, 수식적 분석을 하기 위한 파라미터 값은 표 4와 같다.

Na의 방안과 GMA 방안의 수식적 핸드오버 지연과 시뮬레이션을 통한 핸드오버 지연은 그림 11와 같다. GMA 방안은 핸드오버 수행 이전에 단말의 인증을 수행하고 MN-HNP를 획득함으로써 도메인 내에

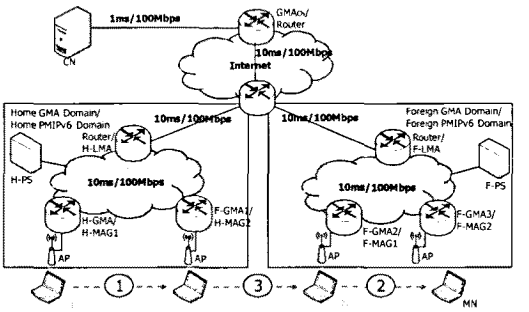


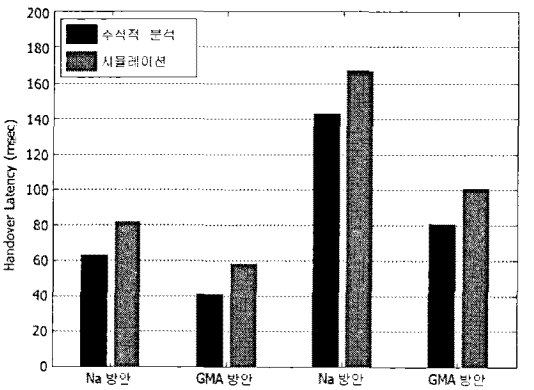
그림 10. 시뮬레이션을 위한 망 구조

표 3. 시뮬레이션 파라미터

파라미터	내 용
MAG의 반경 범위	250 m
MAG간 거리	400 m
무선 기술	IEEE 802.11
UDP 트래픽 (패킷 전송 간격)	CBR(0.005 sec)
UDP 패킷 크기	512 bytes
MN의 이동 속도	10 m/sec
시뮬레이션 시간	80 sec

표 4. 수식적 결과를 위한 파라미터 값

파라미터	값
T_{inter}	20 ms
T_{intra}	10 ms
T_{RA}	2 ms
T_D	1 ms



(a)도메인내 핸드오버 (b)도메인간 핸드오버

그림 11. 수식적 분석 및 시뮬레이션을 통한 핸드오버 지연

서의 지역 핸드오버 뿐만이 아니라 도메인간 핸드오버에서도 신속한 핸드오버를 지원함을 알 수 있다.

또한 도메인 내에서의 패킷 전송 지연에 따른 핸드오버 지연의 변화는 그림 12과 같다. 시뮬레이션은 도메인 내에서의 전송 지연을 5ms에서 20ms까지 변화시켰다. Na의 방안은 제안 방안에 비하여 L2 핸드오버 이후 많은 L3 핸드오버 시그널링이 요구되어 시그널링 메시지 전송을 위한 지연이 크게 증가한다. 따라서 제안 방안이 Na방안에 비하여 네트워크 상태가 핸드오버 성능에 미치는 영향이 적어 좀 더 안정적인 서비스를 제공할 수 있음을 알 수 있다.

그림 13과 그림 14는 그림 10의 1, 2번 시나리오로써 Na, GMA, RO-GMA 방안에 대해 동일한 도메인에서의 지역 핸드오버와 외부 도메인에서의 지역 핸드오버 시 UDP 수율을 나타낸 것이다. 시뮬레이션 결과 RO를 적용하지 않았을 경우에는 삼각 라우팅 문제점가 존재하기 때문에 경로 최적화를 적용한

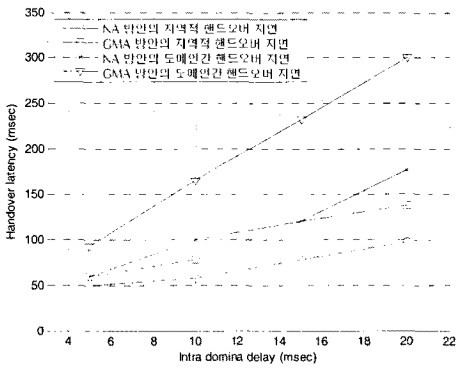


그림 12. 도메인 내의 패킷 전송 지연에 따른 핸드오버지연 분석

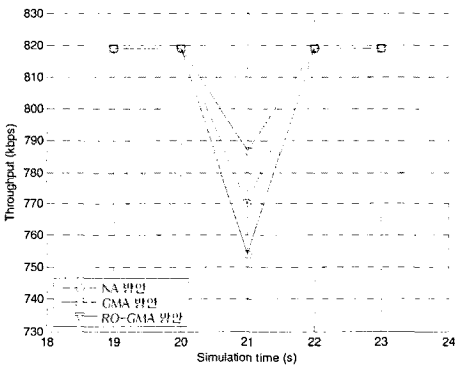


그림 13. 홈 도메인에서의 지역 핸드오버 시 UDP 수율

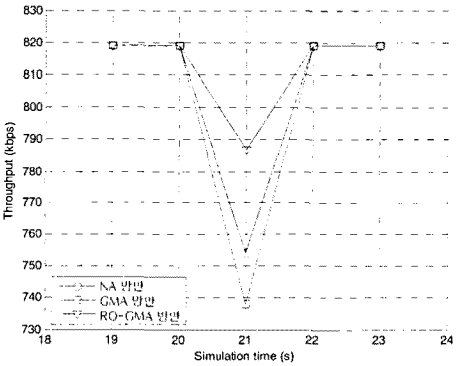


그림 14. 외부 도메인에서의 지역 핸드오버 시 UDP 수율

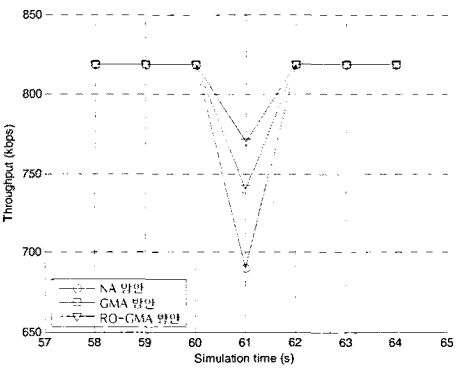


그림 15. 도메인간 전역 핸드오버 시 UDP 처리율

RO-GMA 방안에서의 UDP 수율이 가장 우수하다. 반면 GMA의 경우 홈 도메인 내에서의 핸드오버는 Na의 방안보다 우수한 성능을 보이지만 홈 도메인에서 멀어진 외부 도메인에서의 UDP 수율은 Na의 방안이 좀 더 높음을 알 수 있다. 이는 Na의 방안의 단말의 이동성을 해당 도메인의 LMA가 관리하지만 GMA 방안은 항상 home-LMA가 관리하기 때문에, 이동 단말이 home-LMA로부터 멀리 떨어진 경우에는 Na의 방안이, 가까운 경우에는 GMA 방안이 좀 더 우수한 성능을 나타낸다. 그림 15는 그림 10의 3번 시나리오로써 MN이 다른 도메인으로 전역 핸드오버 시 UDP 처리율을 나타낸 것이다. RO-GMA 방안이 UDP 처리율이 가장 높으며, Na 방안이 가장 낮게 나왔다. 최적화를 적용하지 않은 GMA 방안은 Na 방안보다 다른 도메인에서 지역 핸드오버를 제외한 부분에서 성능이 좋은 것을 확인할 수 있었다. 따라서 제안된 RO-GMA 방안은 사전에 단말의 인증 및 MN-HNP를 획득하고, 경로 최적화를 수행함으로써,

지역 및 전역에서의 핸드오버 시 수식적 분석뿐만 아니라 시뮬레이션을 통한 분석도 가장 좋은 성능을 나타난 것을 알 수 있었다.

V. 결 론

본 논문에서는 PMIPv6에서의 지역적 이동성 만을 지원하는 한계점을 해결하기 위하여 새로운 망 구성 요소인 GMA를 정의하고, 이를 이용한 신속한 망 기반의 전역 이동성 관리 기술을 제안하였다. 또한 병목 현상 완화, 종단간 지연 감소, 삼각 라우팅 문제를 해결하기 위하여 GMA 기반의 전역 이동성 관리 기술을 확장해 Route Optimization-GMA 이동성 관리 기술을 제안하였다. GMA 기반의 신속한 전역 이동성 관리 기술은 기존의 PMIPv6 혹은 이를 확장한 전역 이동성 관리 기술과는 달리 L2 연결이 끊어지기 이전에 이를 미리 감지하고 사전에 이웃 GMA들이 MN의 인증을 수행하고 프로파일을 획득하여 끊김없는 서비스 연속성이 가능하도록 하였다. RO-GMA 방안은 신속하게 RO 감지하고 anycast 주소를 통한 RO 수행하여 효율적이지 못한 라우팅 경로로 인한 문제들을 해결하고 있다. 또한 정성적/정략적 분석을 통하여 IETF Na 방안과 GMA, RO-GMA의 특징 및 핸드오버 지연을 비교 분석하였으며, 최종적으로 시뮬레이션을 통하여 RO-GMA 방안이 가장 우수한 성능을 가짐을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," *RFC 3775*, June 2004.

[2] S. Gundavelli, et al.,"Proxy Mobile IPv6," *RFC 5213*, Aug. 2008.

[3] IETF netlmm WG charter, http://www.ietf.org/ html.charters/netlmm-charter. html.

[4] J. Loughney and G. Camarillo, "Authenti cation, Authorization, and Accounting Requirements for the Session Initiation Protocol (SIP)," *RFC 3702*, Feb. 2004.

[5] G. Giaretta, "Interactions between PMIPv6 and MIPv6: scenarios and related issues," *draft-ietfnetlmm-mip-interactions-03.txt*, Nov. 2009.

[6] Jee-Hyeon Na, Soochang Park, Jung-Mo Moon, Sangho Lee, Euisin Lee, and Sang-Ha Kim, "Roaming Mechanism between PMIPv6 Domains," *draft-park- netlmm-pmipv6-roaming-01.txt*, Jan. 2009.

[7] J. Arkko, C. Vogt, and W. Haddad, "Enhanced Route Optimization for Mobile IPv6," *RFC 4866*, May 2007.

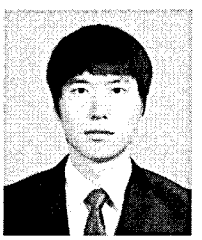
[8] Q.Wu and B.Sarikaya, "Proxy MIP extension for local routing optimization," *draft-wu-nexext-local-ro-03.txt*, Mar. 2009.

[9] N. Neumann, X. Fu, J. Lei, and G. Zhang, "Inter-Domain Handover and Data Forwarding between Proxy Mobile IPv6 Domains," *draft-neumann-netlmm-inter-domain-00.txt*, July 2008.

[10] D. Johnson and S. Deering, "Reserved IPv6 Subnet Anycast Address," *RFC 2526*, Mar. 1999.

[11] NS-2 homepage; http://www.isi.edu/ nsnam/ns

안 진 수 (Jin-Su Anh) 정회원



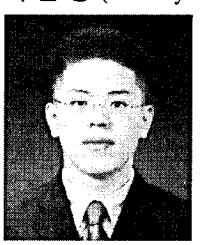
2008년 2월 위덕대학교 정보통신공학과

2010년 2월 경북대학교 전자전기컴퓨터학부(석사)

2010년 2월~현재 국방과학연구소 합정전투체계단 연구원

<관심분야> 망 기반 이동성 관리 기술, 이종망간 핸드오버, Wibro

서 원 경 (Won-kyeong Seo) 정회원



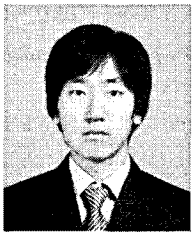
2005년 2월 경북대학교 전자전기컴퓨터학부

2007년 2월 경북대학교 전자공학과(석사)

2007년 3월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 박사과정

<관심분야> 이동통신, 차세대 통합망, 망 기반 이동성 관리 기술, 이종망간 핸드오버

최 재 인 (Jae-In Choi) 정회원



2006년 2월 경북대학교 전자전기컴퓨터학부
2008년 2월 경북대학교 전자공학과(석사)
2008년 3월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 박사과정
<관심분야> 망 기반 이동성 관리 기술, Mobile multicast

조 유 제 (You-ze Cho) 종신회원

1982년 2월 서울대학교 전자공학과
1983년 2월 한국과학기술원 전기전자공학(석사)
1988년 2월 한국과학기술원 전자전기공학 전기전자공학(박사)
1989년 3월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 교수
1992년 8월~1994년 1월 Univ. of Toronto, 객원교수
2002년 2월~2003년 1월 미국 국립표준연구소(NIST), 객원 연구원
<관심분야> 차세대 이동네트워크, BcN, 무선 메쉬 네트워크, 센서 네트워크, 이동성 관리 기술