

논문 2007-44TC-10-14

IPv6 네트워크에서 계층적 이동성 관리의 성능향상 방안

(A Performance Enhancement Scheme of Hierarchical Mobility Management in IPv6 Networks)

서재권*, 이경근**

(Jae-Kwon Seo and Kyung-Geun Lee)

요약

최근 이동통신 기술이 급격히 발달함에 따라 이동 중에도 언제 어디서나 인터넷에 접속하여 통신하기를 원하는 사용자들이 증가하고 있다. Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6)는 기존의 Mobile IPv6 (MIPv6)에서 발생하는 긴 핸드오버 지연, 시그널링 오버헤드 등의 문제점을 개선시키기 위하여 Internet Engineering Task Force (IETF)에 의해 제안되었다. HMIPv6는 Mobility Anchor Point (MAP)라는 새로운 개체를 도입하여 MAP 도메인 내에서의 마이크로 이동성을 지원하기 위한 방법이다. 그러나 HMIPv6는 MAP 도메인 내에서의 이동성 지원에서는 좋은 성능을 보이지만 사용자가 MAP 도메인 간을 이동하는 매크로 이동성의 경우 MIPv6에 비하여 더 큰 지연시간이 발생한다. 그 이유는 HMIPv6에서 도메인 간 핸드오버가 발생하게 되면 Mobile Node (MN)은 두 개의 주소를 생성하고 생성된 주소를 각각 Home Agent (HA)와 MAP에 등록하여야 하기 때문이다. 우리는 이러한 문제를 해결하기 위하여 도메인 간 핸드오버가 발생하더라도 한 개의 주소만을 생성하여 빠른 핸드오버를 지원할 수 있는 방안을 제안한다. 제안방안에서는 MAP가 관리하는 MN의 수가 감소하게 되고 패킷을 인터셉트하기 위한 proxy Neighbor Discovery Protocol (NDP)를 수행하지 않아도 되기 때문에 MAP 및 MAP도메인의 부하가 감소하게 된다. 우리는 시뮬레이션 및 수식분석을 통하여 제안방안의 성능을 HMIPv6와 비교하여 분석하였다.

Abstract

Recently, the mobility of users and mobile communication technologies have developed rapidly. The users in this state also want to connect their devices and to receive services anywhere, anytime. Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6) has been proposed by the Internet Engineering Task Force (IETF) to compensate for such problems as handover latency and signaling overhead when employing Mobile IPv6 (MIPv6). HMIPv6 supports micro-mobility within a domain and introduces a new entity, namely Mobility Anchor Point (MAP) as a local home agent. However, HMIPv6 has been found to cause longer handover latency when the inter-domain handover occurs. This is because a Mobile Node (MN) has to generate two addresses and register them to Home Agent (HA) a MAP, respectively. In order to solve such problems, we propose a scheme that an MN generates one address and registers it to HA for supporting fast handover during the inter-domain handover process. In the proposed scheme, the load of MAP and MAP domain is reduced because the number of MNs which are managed by MAP is decreased and the MAP does not perform proxy Neighbor Discovery Protocol (NDP) to intercept packets destined to MNs. We evaluate the performance of proposed scheme in comparison to HMIPv6 through the simulation and numerical analysis.

Keywords : HMIPv6, handover, MAP, mobility support

I. 서론

실시간 응용과 사용자들의 이동성이 증가함에 따라 표준단체들은 사용자의 이동성지원을 차세대 통신에서

의 중요한 주제로 연구하고 있다. 이동 중에도 언제 어디서나 인터넷에 접속하기를 원하는 사용자들의 욕구를 충족시키기 위하여 Internet Engineering Task Force (IETF)에서는 Mobile Node (MN)의 접속점이 변경되더라도 IP 연결성을 유지시켜줄 수 있는 Mobile IPv6 (MIPv6)를 제안하였다. MIPv6에서는 MN의 이동성과 위치관리를 위한 Home Agent (HA)를 정의한다. MN

* 학생회원, ** 정회원, 세종대학교 정보통신공학과
(Department of Information and Communication
Engineering, Sejong University)

접수일자: 2007년8월27일, 수정완료일: 2007년10월18일

이 홈 네트워크를 벗어나 외부 망으로 이동하더라도 새로 생성한 한 개 또는 그 이상의 Care of Address (CoA)를 생성하여 HA에 등록함으로써 MN의 이동성을 지원하고 있다^[1]. 그러나 MN은 새로운 서브넷으로 이동할 때 마다 HA 및 Correspondent Node (CN)에게 CoA를 Binding-Update (BU)해야 하기 때문에 등록에 따른 핸드오버 지연이 증가하게 되고 이동이 빈번할 경우 글로벌영역에서의 시그널링이 증가하게 된다. MN이 CN에게 BU할 때 인증을 위해 1.5 RTT가 소요되고 HA에 BU하는 데에는 RTT가 소요된다. 따라서 HA 및 CN과 MN의 거리가 멀고 이동이 빈번해 질수록 더 많은 트래픽이 발생하게 되고 핸드오버 지연 시간은 증가하게 되어 사용자에게 끊임 없는 서비스를 제공할 수 없게 된다.

이러한 MIPv6의 문제점들을 해결하기 위하여 HMIPv6가 제안되었다. HMIPv6는 지역 HA역할을 하는 Mobility Anchor Point (MAP)라는 새로운 개체를 도입하여 MAP 도메인 내에서의 마이크로 이동성을 지원하기 위한 방법이다^[2]. HMIPv6에서 MN은 홈 망을 떠나 MAP도메인으로 진입 시에 MAP 도메인 내에서 사용하는 on-Link CoA (LCoA)와 글로벌영역에서 사용하는 Regional CoA (RCoA)를 생성하고 각각 MAP와 HA에 BU메시지를 전송하여 등록한다. 이후에 MAP는 RCoA로 전송된 패킷을 인터셉트하여 LCoA로 패킷을 터널링하여 MN에게 전달한다. 만약 MN이 MAP 도메인 내를 이동한다면 MN은 LCoA만을 생성하고 이것을 지역적으로 가까이 있는 MAP에 등록하기만 하면 도메인 내의 핸드오버가 완료 되므로 빠른 핸드오버가 가능하고 글로벌영역의 시그널링이 감소하게 된다.

이렇게 HMIPv6는 마이크로 이동성을 효율적으로 지원하지만 매크로 이동성을 지원하기에는 적절치 않다. MN이 이동하여 MAP 도메인이 변경되는 도메인 간 핸드오버 시에는 MN은 두 개의 CoA를 생성 및 등록하여야 하기 때문에 기존의 MIPv6보다 더 큰 지연시간이 발생하게 된다. 게다가, MAP는 HA로부터 받은 패킷을 한 번 더 터널링해야 하기 때문에 MN이 도메인 간 핸드오버 후 패킷을 전송받기까지는 더 많은 시간이 요구된다. 또한, HMIPv6에서 MAP는 MN의 RCoA로 전송된 패킷을 인터셉트하기 위하여 proxy Neighbor Discovery Protocol (NDP)를 수행하여야 하는데 이로 인해 MAP 도메인의 부담이 증가하게 된다. proxy NDP를 수행하기 위해서 MAP는 proxy Neighbor

Solicitation (NS) 메시지에 응답하거나 proxy Neighbor Advertisement (NA) 메시지를 MAP 도메인 내에 전송하여 MN대신에 address resolution을 실행한다^[3]. 따라서 MAP가 관리하는 MN들의 수와 이동성이 증가 할수록 MAP 도메인 링크의 대역폭 사용량과 MAP의 프로세싱 지연 증가를 초래하게 된다.

본 논문에서는 이러한 HMIPv6의 문제점을 해결하기 위하여 IPv6의 계층적인 네트워크 구조를 제시하고 MN의 이동성을 효율적으로 지원하기 위한 빠른 매크로 핸드오버 방안을 제안한다. 제안방안에서 MN은 도메인 간 핸드오버가 발생하더라도 한 개의 CoA를 생성하여 등록함으로써 빠른 핸드오버를 성취할 수 있고 MAP는 proxy NDP의 수행 없이 MN으로 가는 패킷을 인터셉트할 수 있다.

서론에 이어 II장에서는 HMIPv6에 대해 기술하고 III장에서는 HMIPv6에서 매크로 이동성 지원을 위한 연구동향을 살펴본다. IV장에서는 제안 방안의 동작 과정을 기술하고 V장에서는 시뮬레이션 및 수식을 통해 성능을 분석한 후 VI장에서 결론을 맺는다.

II. Hierarchical Mobile IPv6의 동작 과정

HMIPv6에서 MN은 외부 지역으로 이동하였을 때 RCoA와 LCoA 두 개의 주소를 생성하여 각각 HA와 MAP에게 등록한다. MAP는 RCoA로 향하는 패킷을 인터셉트하게 되고 터널링을 통하여 LCoA로 패킷을 터널링하여 MN에게 전달한다. MN이 MAP 도메인 내를 이동하게 되면 노드는 MAP에게만 LCoA를 등록하면 되고 HA 및 CN들에게는 별도의 등록 과정 없이 계속해서 RCoA로 통신이 가능하다. MAP는 거리상으로 MN과 가깝기 때문에 HA에게 등록을 해야 하는 MIPv6에 비해서 시그널링 지연이 감소하게 된다.

그림 1은 MAP도메인 내에서 MN이 핸드오버를 수행할 때 HMIPv6의 신호흐름도를 나타낸다. MN은 HA와 MAP에서의 캡슐화를 거쳐 Previous Access Router (PAR)로부터 패킷을 받는 도중 New Access Router (NAR)지역으로 이동한다. 2계층 핸드오버가 완료되면 MN은 NAR로부터 Router Advertisement (RA) 메시지를 받기 위하여 Router Solicitation (RS) 메시지를 보내거나 RS메시지의 전송 없이 NAR로부터 RA 메시지를 수신한다.

MN은 RA메시지에 포함된 MAP의 서브넷 프리픽스를 보고 동일 MAP내의 핸드오버라는 것을 판단하게

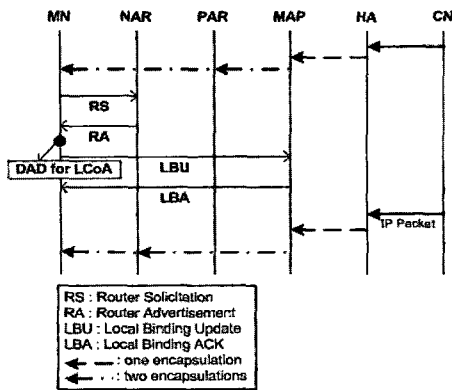


그림 1. MAP 도메인 내에서 핸드오버 시 HMIPv6의 신호흐름도

Fig. 1. Signal flow of the intra-MAP domain handover in HMIPv6.

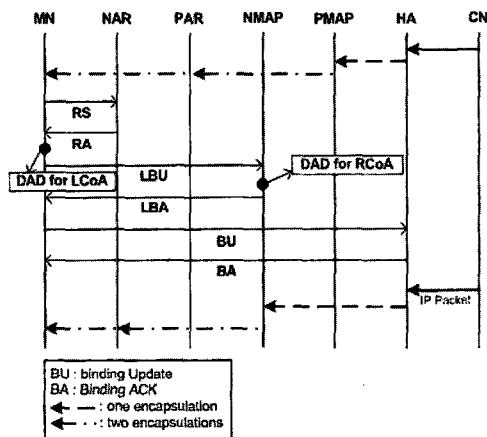


그림 2. MAP 도메인 간 핸드오버 시 HMIPv6에서의 신호흐름도

Fig. 2. Signal flow of the inter-MAP domain handover in HMIPv6.

된다. MN은 NAR의 서브넷 프리픽스를 기반으로 생성된 LCoA의 유일함을 확인하기 위하여 Duplicate Address Detection (DAD)를 수행한다. DAD가 완료되면 MN은 MAP에게 새로 생성한 LCoA를 등록하기 위하여 Local Binding Update (LBU)메시지를 보낸다. MN은 MAP로부터 Local Binding Acknowledgement (LBA)메시지를 받으면 NAR로부터 패킷을 수신할 수 있게 된다. 이와 같이 HMIPv6에서 도메인내의 핸드오버가 발생하면 MN이 HA에 등록하지 않아도 MAP를 이용하여 빠른 핸드오버가 가능하다. 그러나 도메인간의 핸드오버 시에는 두 개의 주소를 생성 및 등록해야 하기 때문에 기존의 MIPv6 보다 더 큰 지연시간과 패킷의 손실이 발생하게 된다.

그림 2는 MN이 MAP 도메인 간 핸드오버 시 HMIPv6에서의 신호흐름도를 나타낸다. 2계층 핸드오

버가 완료된 후 MN은 NAR로부터 MAP 옵션이 담긴 RA메시지를 받게 된다. MN은 NAR의 프리픽스와 New Mobility Anchor Point (NMAP)의 프리픽스로 각각 LCoA와 RCoA를 생성하고 LCoA에 대한 DAD를 수행한다. DAD가 완료된 후 MN은 LCoA와 RCoA를 LBU 메시지에 담아 NMAP에게 전송한다. NMAP은 RCoA에 대한 DAD를 수행하고 RCoA와 LCoA의 자신의 바인딩 캐시에 저장한다. 이때부터 NMAP은 RCoA로 가는 패킷을 인터셉트하기 위하여 MN 대신에 address resolution을 위한 proxy NDP를 수행한다. MN은 MAP로부터 LBA메시지를 받으면 RCoA를 등록하기 위하여 HA에게 BU 메시지를 전송한다. HA가 자신의 바인딩 캐시에 MN의 Home Address (HoA)와 RCoA를 저장한 후 Binding-Acknowledgement (BA) 메시지를 보내면 도메인 간 핸드오버가 완료된다. 이후, MN은 새롭게 등록된 NMAP를 통하여 통신이 가능하다.

MAP 도메인 간 핸드오버는 RCoA의 생성과정과 RCoA를 HA에게 등록하는 과정으로 인해 MAP 도메인 내에서의 핸드오버에 비하여 더 큰 지연시간이 발생하게 된다. 또한, RCoA로 가는 패킷을 인터셉트하기 위하여 MAP는 proxy NDP를 수행하게 되는데, 이로 인해 MAP에 등록된 MN들이 증가할수록 MAP 도메인 링크의 대역폭 사용량이 증가하게 된다^[4]. 따라서 이러한 HMIPv6의 단점을 보완하고 성능을 향상시키려는 다양한 연구들이 제시 되고 있다.

III. 매크로 이동성 관련연구 및 문제점

HMIPv6에서 매크로 이동성 즉, 도메인 간 핸드오버의 성능을 향상시키기 위하여 여러 가지 방법들이 제안되었다.

Habaebi가 제안한 Multicast를 이용한 핸드오버 방법은 MN의 이동에 따라 AR들을 멀티캐스트 그룹에 가입시켜 MN은 새로운 MAP에 등록되지 않은 상황에서도 패킷을 전달 받을 수 있다^[5]. 따라서 CoA생성과 등록과정에 소요되는 시간동안 통신이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 MN은 핸드오프를 수행할 때 마다 자신의 영역을 멀티캐스트 그룹에 가입시켜야 하며, 멀티캐스트 그룹에 가입하고 탈퇴하는 시간동안 이전의 AR지역 또는 이동할 AR 영역, 즉 MN이 없는 지역들에 패킷이 전송되게 된다. 그러므로 MN의 이동에 따라 불필요한 패킷으로 인한 네트워크 자원 낭비와 패킷 손실이 증

가하게 된다.

MAP 선택을 이용한 방법은 MAP들을 여러 계층으로 구성하고 핸드오버가 빈번한 MN들에게 상위 계층의 MAP를 선택하게 하여 도메인 간 핸드오버를 억제하는 방법이다^[6-8]. 이러한 MAP 선택기반의 방법들은 MN의 속도, 이동범위 등을 고려하여 MN에게 적절한 MAP를 선택하게 하는 것이 목적이다. 그러나 MN이 MAP를 선택하는 과정에 대한 방법은 본 논문의 범위 밖이다. 본 논문의 목적은 MN이 어떤 MAP를 선택하는지에 관계없이 MAP도메인 간 핸드오버가 발생 할 때 빠른 핸드오버를 성취하는 것이다.

Mun은 MN의 이동을 예측하여 빠른 핸드오버를 수행하는 FMIPv6와 HMPv6의 결합을 통하여 도메인 간 핸드오버 시 지연 시간을 감소시킬 수 있는 방법을 제안하였다^[9]. 이 방법은 FMIPv6에서와 같이 주소 생성과 등록과정이 핸드오버 지연시간에 포함되어 있지 않아서 끊임 없는 핸드오버를 지원한다. 그러나 이 방법에서는 MN이 도메인 간 핸드오버가 발생할 것이라고 예측한 이후에 기존의 FMIPv6에서 보다 더 많은 메시지를 주고받는다. 따라서 MN이 핸드오버를 예측하고 판단하는 지점을 서로 다른 AR의 경계를 중심으로 FMIPv6보다 넓게 할당하여야 하기 때문에 예측의 정확성이 감소하게 된다.

이렇게 이전에 연구된 방법들은 빠른 도메인 간 핸드오버를 위하여 네트워크나 장비에 부담을 주거나 많은 메시지를 요구한다. 따라서 본 논문에서는 적은 메시지를 교환하여 빠른 핸드오버를 수행하고 네트워크의 부하를 감소시킬 수 있는 매크로 핸드오버 방안을 제안한다.

IV. 제안 방안

먼저 우리는 계층적 IPv6 주소 구조를 갖는 MAP 도메인 네트워크를 제시한다. 우리는 IPv6 주소의 subnet ID 필드를 이용하여 MAP 도메인에 계층적으로 주소를 할당 할 수 있다^[10]. 그림 3은 MN의 매크로 이동성을 효율적으로 지원하기 위한 MAP도메인의 계층적 주소 구조를 나타낸다. 제안 방안이 동작하기 위해서는 그림 3과 같이 MAP 도메인의 라우터 들이 계층적 주소 구조로 구성되어야 하며 MAP는 MAP 도메인 네트워크의 external 라우터(외부 인터페이스가 인터넷과 직접 연결되어 있는)로 동작하여야 한다. 위의 조건들이 만족되면 우리는 다음과 같은 장점들을 얻을 수 있다.

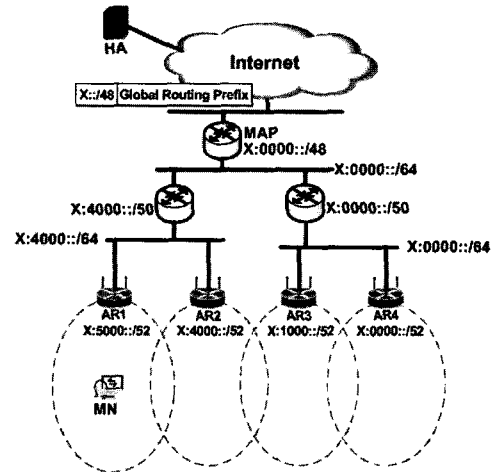


그림 3. 계층적 주소구조로 이루어진 MAP 도메인 네트워크

Fig. 3. MAP domain architecture configured with hierarchical addressing.

- MAP는 proxy NDP의 수행 없이 MN으로 전송된 패킷을 인터셉트 할 수 있다.
- 도메인 간 핸드오버 발생 시 MN은 두 개의 CoA를 생성하지 않고 빠른 핸드오버를 완료할 수 있다.

HMPv6에서 MAP는 RCoA로 전송된 패킷을 인터셉트하기 위하여 MN 대신에 proxy NDP를 수행한다. proxy NDP는 MN의 RCoA를 MAP의 2계층 주소와 resolution하는 과정이다. MAP 도메인 내의 이웃이 Neighbor Solicitation (NS) 메시지를 전송하면 MAP는 NS 메시지의 목표주소 필드에 담긴 주소를 확인한다. MAP는 자신의 바인딩 캐시에 포함된 주소가 목표주소인 모든 NS 메시지에 대해서 자신의 2계층 주소를 담은 Neighbor Advertisement (NA) 메시지로 응답해야 한다^[3]. MAP가 관리하는 MN의 수가 증가 할수록 도메인 내에 proxy NDP로 인한 NS, NA 메시지들의 수가 증가하게 된다. 따라서 proxy NDP의 제거는 NDP 오버헤드와 MAP 도메인 링크의 대역폭 사용량을 감소시킨다^[4]. 본 논문에서 제시한 네트워크에서는 MAP 도메인의 라우터들을 계층적으로 구성하고 MAP를 external 라우터로 배치하여 proxy NDP 없이 MAP가 패킷을 인터셉트할 수 있다. 그 이유는 MN들로 전송된 모든 패킷들은 MAP 도메인의 external 라우터인 MAP를 거치게 되기 때문이다. MAP는 이 패킷들을 인터셉트 할 수 있고 라우팅 정보와 자신의 바인딩 캐시를 이용하여 패킷들을 목적지 MN에게 전송 할 수 있다.

그림 4는 제안방안에서 MN이 도메인 간 핸드오버를

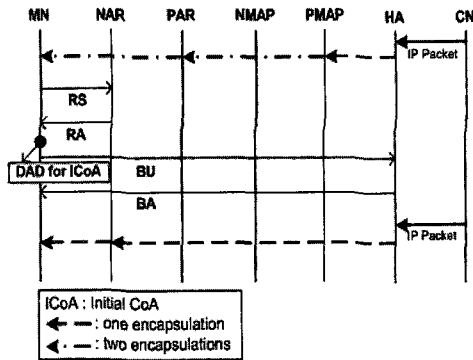


그림 4. MAP 도메인 간 핸드오버 시 제안방안에서의 신호흐름도
 Fig. 4. Signal flow of the inter-MAP domain handover in the proposed scheme.

수행할 때의 신호흐름도를 나타낸다. MN이 Previous MAP (PMAP) 도메인에서 PAR을 통하여 패킷을 전송 받는 중 New MAP (NMAP) 도메인의 NAR로 이동하는 과정이다. MN은 2계층 핸드오버가 완료되면 NAR로부터 RA 메시지를 수신하거나 또는 RS 메시지를 전송하여 RA 메시지를 수신한다. MN은 RA 메시지에 담긴 NAR의 프리픽스를 확인하여 이동을 감지하고 MAP 옵션 필드를 확인하여 자신이 NMAP도메인으로 이동하였다는 것을 알게 된다. MN은 NAR의 프리픽스를 기반으로 CoA를 생성하는데 우리는 이것을 Initial CoA (ICoA) 라고 정의한다. ICoA는 MN이 처음 새로운 MAP 도메인으로 이동하였을 때 생성하는 CoA로써 Initial AR 영역에서 MN은 ICoA로 MAP의 관여 없이 통신할 수 있다. 예를 들어, 그림 4에서 NAR은 MN이 NMAP 도메인으로 진입하는 AR인 Initial AR이다. 따라서 MN은 NAR 영역 내에서는 ICoA로 통신이 가능하다. ICoA에 대한 DAD가 성공적으로 끝나면 MN은 ICoA를 BU 메시지에 담아 HA로 전송한다. HA는 자신의 바인딩 캐시에 MN의 HoA와 ICoA를 저장한 후 MN에게 BA 메시지를 전송하면 도메인 간 핸드오버가 완료된다. CN이 MN의 HoA로 패킷을 전송하면 HA는 이 패킷들을 인터셉트하여 MN의 ICoA로 터널링하여 전송한다.

위와 같이, 제안방안에서는 도메인 간 핸드오버가 발생하더라도 HMIPv6와 달리 한 개의 주소만을 생성하고 등록한다. 주소생성 과정에는 그 주소의 유일함을 확인하는 DAD가 포함되어 있는데 DAD에 소요되는 시간의 디플트값은 1초이다^[11]. 따라서 두 개의 주소를 생성해야하는 HMIPv6에 비하여 빠른 핸드오버가 가능하다.

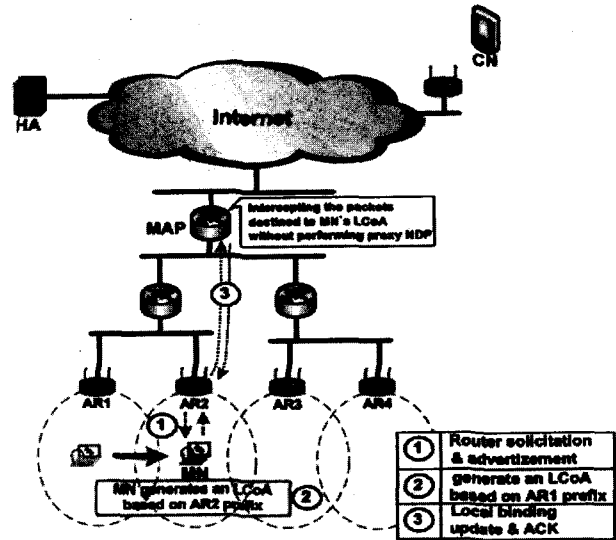


그림 5. MAP 도메인 내에서 핸드오버 시 제안방안에서의 동작과정
 Fig. 5. Intra-MAP domain handover procedure in the proposed scheme.

그림 5는 제안방안에서 도메인 내의 핸드오버 과정을 나타낸다. MN이 새로운 MAP 도메인으로 진입한 이후에 계속 이동하여 MAP 도메인 내에서 핸드오버가 발생하면, HMIPv6에서와 같이 MN은 새로 이동한 AR의 프리픽스를 기반으로 LCoA를 생성한다. 생성된 LCoA에 대한 DAD가 완료 되면 MN은 LBU 메시지에 ICoA와 LCoA를 담아 MAP에게 전송한다. MAP가 자신의 바인딩 캐시에 ICoA와 LCoA를 저장하고 MN에게 LBA 메시지를 보내면 핸드오버가 완료된다. 이후부터 MAP는 proxy NDP의 수행 없이 ICoA로 전송된 패킷을 인터셉트하여 LCoA로 터널링을 통하여 전송한다. 앞서 말한바와 같이, 제안방안에서는 MAP 도메인의 주소구조가 계층적으로 이루어져 있고 MAP가 MAP 도메인의 external 라우터이므로 ICoA로 가는 모든 패킷은 MAP를 거쳐 간다. 따라서 MAP는 proxy NDP의 수행 없이 이 패킷들을 인터셉트할 수 있고 자신의 바인딩 캐시와 라우팅 정보를 이용하여 패킷을 MN에게 전달할 수 있다.

V. 성능 평가

1. 도메인 간 핸드오버 지연

우리는 제안 방안과 HMIPv6의 도메인 간 핸드오버 지연을 비교하기 위해 NS-2^[12-13]를 이용하여 그림 6과 같은 시뮬레이션 환경을 구성하였다. MAP 도메인은 두 개로 나누어져 있고, MN은 HA로부터 HoA를 할당

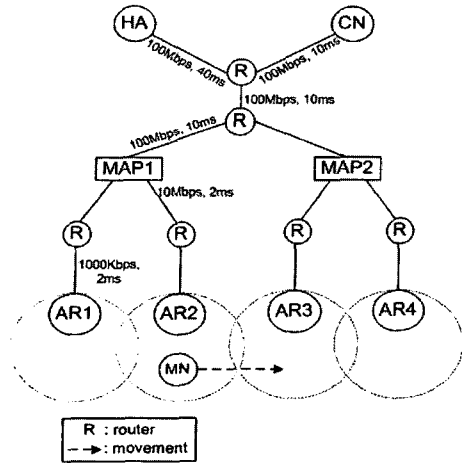


그림 6. 시뮬레이션 네트워크

Fig. 6. Simulation Network.

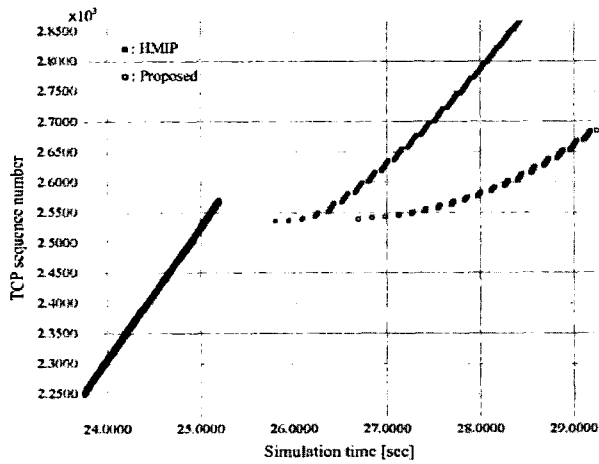


그림 7. 도메인 간 핸드오버 시 MN이 수신한 패킷의 TCP sequence number

Fig. 7. TCP sequence number received at MN during the inter-MAP domain handover.

받은 뒤 MAP1 도메인에 위치하게 된다. MN과 CN은 각각 TCP source와 TCP sink로 동작하고 어플리케이션은 FTP를 사용하였다. 도메인 간 핸드오버 지연 시간을 측정하기 위하여 MN은 CN과 통신 중에 AR2에서 AR3을 이동한다.

그림 7은 MN이 AR2에서 AR3으로 이동할 때 CN으로부터 받은 TCP sequence number를 나타낸다. HMIPv6에서는 도메인 간 핸드오버 시에 LCoA와 RCoA 두개의 주소를 생성하여 DAD를 수행한 후 각각 MAP와 HA에게 등록해야 한다. 반면에 제안방안에서는 도메인 간 핸드오버 시 ICoA 한 개의 주소만을 생성하여 HA에게 등록하면 통신이 가능하다. 또한, 도메인 간 핸드오버 이후 패킷은 MAP의 터널링 없이 MN에게 최적화된 경로로 전달되므로 HMIPv6에 비하여 빠른 핸드오버가 가능한 것을 확인할 수 있다.

2. MAP 부하

MAP 부하의 정도를 평가하기 위하여 우리는 한 개의 MAP 도메인이 그림 8과 같이 K개의 서브넷 ring으로 구성되어 있다고 가정한다. 가장 안쪽에 있는 ring 0을 둘러싸고 있는 서브넷의 집합을 ring 1이라 하고, 가장 바깥쪽에 있는 서브넷의 집합을 ring K라 한다. ring 0을 제외한 서브넷 ring 들이 6k의 서브넷으로 구성되어 있으므로 MAP 도메인의 총 subnet의 개수 N(K)는,

$$N(K) = \sum_{k=1}^K 6k + 1 = 6 \frac{K(K+1)}{2} + 1 = 3K(K+1) + 1 \quad (1)$$

가 된다.

제안방안에서는 MAP 도메인의 가장자리 영역의 AR, 즉 Initial AR들의 영역에서는 MN이 MAP의 도움 없이 최적화된 경로로 패킷을 전달받는다. 따라서 HMIPv6에 비해 MAP가 터널링하는 MN의 수가 줄어들어 MAP의 부하가 감소하게 된다. 따라서 MAP 도메

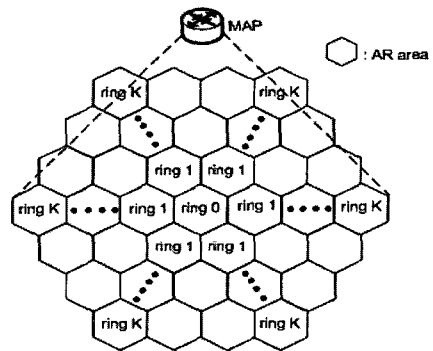


그림 8. MAP 부하 평가를 위한 MAP 도메인

Fig. 8. MAP domain for evaluating the MAP load.

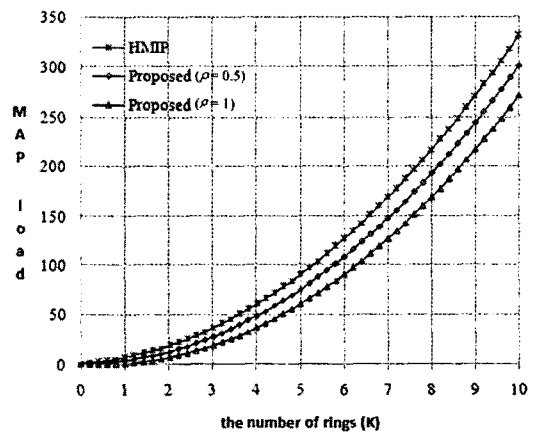


그림 9. MAP 도메인 크기에 따른 MAP 부하

Fig. 9. MAP load according to the dimension of MAP domain.

인 내에 MN들이 고르게 분포하고 있다고 가정하고 AR한개 영역에 포함되어 있는 MN들을 관리하는데 드는 MAP의 부하를 λ , ring K에 존재하는 MN 들중 의 부 망으로부터 이동해온 MN들의 비율을 ρ 라 하면, HMIPv6와 제안방안에서 MAP의 부하는 각각,

$$L_{hmip} = \lambda \cdot N(K) \quad (2)$$

$$L_{proposed} = \lambda \cdot (N(K) - 6\rho K) \quad (3)$$

가 된다.

그림 9는 MAP 도메인의 크기에 따른 HMIPv6와 제안방안의 MAP 부하를 나타낸다. 그래프에서 알 수 있듯이 MAP 도메인의 크기, 즉 MAP가 관리하는 MN들이 증가할수록 MAP의 부하가 증가하는 것을 알 수 있다. 또한, MAP 도메인의 크기가 일정 할 때 제안방안에서는 Initial AR영역에 외부로부터 이동해 온 MN들의 비율이 증가할수록 MAP의 부하가 감소하는 것으로 나타나는데, 제안방안에서는 다른 MAP 도메인으로부터 Initial AR영역으로 이동해 온 MN들은 MAP의 인터셉트와 터널링 없이 통신이 가능하기 때문이다.

3. Proxy NDP 오버헤드

앞서 말한 바와 같이, HMIPv6에서는 MAP가 RCoA로 전송된 패킷을 인터셉트하기 위하여 MN의 RCoA를 자신의 2계층 주소와 resolution 하는 proxy NDP를 수행한다. proxy NDP를 수행하기 위해서 MAP는 자신이 관리하는 MN들의 RCoA를 목표주소로 하는 모든 NS 메시지에 응답하여야 한다. 그러므로 MAP도메인에서 MAP가 관리하는 MN의 개수를 M , MAP가 MN 한 개를 관리하기 위하여 proxy NA 메시지를 전송하는 비용을 C_M , MN들의 평균 이동성을 v 라 하고 MAP 도메인의 크기가 고정되어 있다고 가정하면 proxy NDP 오버헤드는,

$$O_{hmip} = M \cdot (C_M + C_M \cdot v) \quad (4)$$

가 된다.

즉, HMIPv6에서의 proxy NDP 오버헤드는 MN의 개수에 비례하여 증가하고 MN의 이동성이 커질수록 더 증가하게 된다. 제안방안에서는 MAP 도메인이 계층적인 주소구조를 갖고 MAP가 MAP도메인의 external 라우터로 동작하기 때문에 MAP는 proxy

NDP의 수행 없이 ICoA로 전송된 패킷들을 인터셉트할 수 있다. 따라서 제안방안에서의 proxy NDP 오버헤드는 0 이다.

VI. 결 론

무선 인터넷과 이동통신 기기들의 급격한 발달로 인하여 이동 중에도 끊김 없이 응용 서비스를 받으려는 사용자들의 욕구가 증가하고 있다. IP계층에서의 이동성 지원은 이러한 사용자들의 욕구를 충족시키기 위하여 핵심적인 과제로 연구 및 표준화가 진행 중이다. HMIPv6는 IP계층의 이동성을 지원하기 위한 MIPv6의 핸드오버 지연, 시그널링 오버헤드 등의 문제를 해결하기 위하여 IETF에 의해 제안되었다. 그러나 HMIPv6는 MAP 도메인 간 핸드오버 시 두 개의 주소를 생성 및 등록해야 하기 때문에 기존의 MIPv6에 비해 더 큰 지연시간이 발생한다. 또한, HMIPv6에서 MAP는 MN의 RCoA로 전송되는 패킷을 인터셉트하기 위하여 proxy NDP를 수행하는데 이로 인해 MAP 도메인에 부담이 가중된다.

본 논문에서는 IPv6의 계층적 주소구조를 기반으로 한 MAP 도메인을 제시하고 도메인 간 핸드오버 시 한 개의 주소만을 생성하여 핸드오버를 완료함으로써 빠른 도메인 간 핸드오버를 가능케 하였다. 도메인 간 핸드오버가 완료 된 이후 MN은 Initial AR 영역에서는 MAP의 도움 없이 통신이 가능하므로 MAP가 관리하는 평균적인 MN의 수가 줄게 되어 MAP의 부하가 감소되었다. 또한, 제안방안에서 MAP는 proxy NDP의 수행 없이 MN의 ICoA로 전송된 패킷을 인터셉트 할 수 있기 때문에 proxy NDP의 수행으로 인한 오버헤드가 제거된다. 향후에는 제안방안을 HMIPv6의 성능을 개선시키기 위한 다른 연구들과 비교 분석하는 연구가 진행 될 예정이다.

참 고 문 헌

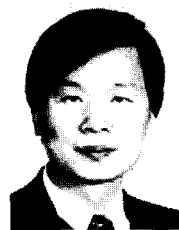
- [1] D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko, "Mobility in IPv6", *RFC3775*, June 2004.
- [2] H. Soliman, et al., "Hierarchical Mobile IPv6 mobility management," *RFC4140*, August 2005.
- [3] T. Narten, E. Nordmark, W. Simpson, "Neighbor Discovery for IP Version 6," *RFC2461*, December 1998.
- [4] Ryuji Wakikawa, Aramoto Masafumi,

- "Elimination of Proxy NDP from Home Agent Operations," *IETF Internet Draft*, July 2007.
- [5] M.H. Habaebi, "Macro/micro-Mobility Fast Handover in Hierarchical Mobile IPv6," *Elsevier Computer Communications*, Vol 29, pp 611-617, 2006.
- [6] Takashi Kumagai, Takuya Asaka, and Tatsuro Takahashi, "Location Management Using Mobile History for Hierarchical Mobile IPv6 Networks," in *Proc of IEEE Globecom 2004*, vol.3, pp 1585-1589, Texas, U.S.A, December 2004.
- [7] Keita Kawano, Kazuhiko Kinoshita, and Koso Murakami, "A Multilevel Hierarchical Distributed IP Mobility Management Scheme for Wide Area Networks," in *Proc of ICCCN 2002*, pp. 480-484, Florida, U.S.A, October 2002.
- [8] 서재권, 이경근, "HMIPv6에서 부하분산 및 매크로 이동성 지원방안," 전자공학회 논문지, 제44권 TC 편, 제4호, 412-421쪽, 2007년 5월
- [9] Youngsong Mun, Kyunghye Lee, "Fast Macro Mobility Handovers in HMIPv6," *IETF Internet Draft*, June 2007.
- [10] R. Hinden, S. Deering, "IP Version 6 Addressing Architecture," *RFC3513*, February 2006.
- [11] S. Thomson, T. Narten, "IPv6 Stateless Address Autoconfiguration," *RFC2462*, December 1998.
- [12] <http://www.isi.edu/nsnam/ns>, NS-2.
- [13] Robert Hsieh, Aruna Seneviratne, Hesham Soliman, Karim El-Malki, "Performance Analysis on Hierarchical Mobile Ipv6 with Fast-handoff over End-to-End TCP," in *Proc of GLOBECOM 2002*, Taipei, Taiwan, November 2002.

 저 자 소 개



서 재 권(학생회원)
 2006년 세종대학교
 정보통신공학과 학사졸업.
 2006년~현재 세종대학교
 정보통신공학과 석사과정.
 <주관심분야 : 차세대 인터넷, 모
 바일 네트워크>



이 경 근(정회원)
 1981년 서울대학교
 전자공학과 학사졸업.
 1983년 KAIST 전기및전자공학과
 석사 졸업.
 1992년 Cornell Univ. School of
 EE 박사졸업.
 1992년~1998년 삼성전자 정보통신본부
 수석연구원
 1998년~현재 세종대학교 정보통신공학과 교수
 <주관심분야 : 네트워크, 통신 프로토콜, 초고속
 통신, 차세대 인터넷>