

논문 2007-44TC-4-6

HMIPv6에서 부하분산 및 매크로 이동성 지원 방안

(A Scheme for Load Distribution and Macro Mobility in Hierarchical Mobile IPv6)

서재권*, 이경근**

(Jae-Kwon Seo and Kyung-Geun Lee)

요약

IETF(Internet Engineering Task Force)에서는 기존의 Mobile IPv6에서 핸드오버 시 빈번한 바인딩 업데이트로 인해 발생하는 핸드오버 지연과 시그널링 오버헤드 등 단점을 보완하기 위하여 HMIPv6(Hierarchical Mobile IPv6)를 제안하였다. HMIPv6는 지역 Home Agent 역할을 하는 MAP(Mobility Anchor Point)라는 새로운 개체를 도입하여 MAP 도메인 내에서의 마이크로 이동성을 지원하기 위한 방법이다. 그러나 HMIPv6는 특정 MAP로의 부하집중과 MAP도메인 간의 핸드오버 시에 큰 지연시간은 극복해야 할 문제점으로 지적되고 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 멀티레벨 계층 구조에서 상위계층 MAP와 하위계층 MAP가 담당하는 노드들이 공존하는 가상도메인을 설정하여 노드의 이동방향에 따라 2계층 핸드오버 이전에 글로벌 바인딩 업데이트를 실시하여 MAP를 전환하는 방법을 제안한다. 제안방안은 MAP 도메인 간 핸드오버 시 LCoA의 바인딩 업데이트만으로 핸드오버를 완료할 수 있을 뿐만 아니라 가상 도메인에는 상위계층 MAP와 하위계층 MAP가 담당하는 MN들이 공존하기 때문에 특정 MAP로의 부하집중 문제를 해결할 수 있다. 제안방안의 성능을 검증하기 위하여 시뮬레이션을 실행하고 HMIPv6와 비교 분석한다.

Abstract

Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6) has been proposed by Internet Engineering Task Force (IETF) to compensate for such problems as handover latency and signaling overhead in 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 causes load concentration at a particular MAP and longer handover latency when inter-domain handover occurs. In order to solve such problems, this paper establishes a virtual domain (VD) of a higher layer MAP and proposes a MAP changing algorithm in which the routing path changes between mobile node (MN) and correspondent node(CN) according to the mobile position and the direction of the MN before inter-domain handover occurs. The proposed algorithm not only enables complete handover binding-update of the on-link care of address (LCoA) only when inter-domain handover occurs, but concentrated load of a particular MAP is distributed as well. This is because the MNs registered with higher layer MAP and lower layer MAP coexist in the VD. We simulate the performance of the proposed algorithm and compare with HMIPv6.

Keywords : HMIPv6, MAP changing, handover, mobility

I. 서론

최근 IP 기반 네트워크는 유선 환경에서 무선 환경으로 급속히 발전하고 있으며 이동 중에도 끊김 없는 서

비스를 받으려는 사용자들이 증가하고 있다. 이러한 사용자들의 욕구를 충족시키기 위하여 여러 표준 단체에서 노드의 이동성을 지원하기 위한 방법들이 제안되고 있다. Internet Engineering Task Force (IETF)에서 제안한 Mobility Support in IPv6(MIPv6)는 Mobile Node (MN)의 이동성을 관리해주는 Home Agent (HA)와 외부지역에서 임시로 사용하는 Care of Address (CoA)를 설정함으로써 네트워크 계층에서 노드의 이동성을 지원하고 있다^[1].

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

※ 본 연구는 교육부 BK21사업의 지원으로 수행되었습니다.

접수일자: 2006년11월7일, 수정완료일: 2007년4월16일

MIPv6에서는 MN이 Home Network를 벗어나 Foreign Network로 진입하게 되면 CoA를 생성하여 Home Network에서 생성한 Home Address와 바인딩 업데이트를 실시한다. HA는 MN의 바인딩 테이블을 유지하고 MN의 Home Address로 가는 패킷을 인터셉트하여 MN의 CoA로 터널링하여 패킷을 전달한다. MN이 경로 최적화를 사용할 경우 MN은 Correspondent Node(CN)에게도 바인딩 업데이트를 실시하게 되고 CN은 바인딩 테이블을 유지하여 HA를 거치지 않고 MN에게 패킷을 전송하게 된다. 그러나 MIPv6에서는 MN이 다른 Access Router (AR)지역으로 이동할 때 마다 HA 및 CN에게 바인딩 업데이트를 수행해야 하기 때문에 빈번한 핸드오버 발생 시 시그널링 오버헤드가 증가하게 되고, MN과 HA가 멀리 떨어져 있을수록 시그널링 지연으로 인하여 패킷의 지연과 손실이 발생한다. MIPv6는 semeless mobility를 지원하기 위한 방법이 아닌 MN이 외부 AR지역으로 이동할 때 어떻게 통신을 유지할 것인가에 대해서 정의한 방법이기에 때문에 MIPv6를 기반으로 핸드오버의 성능을 향상 시키려는 방법들이 제안되었다.

Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6)는 MIPv6에서 HA 및 CN에게 바인딩 업데이트 시 발생하는 시그널링 오버헤드와 패킷의 지연과 손실을 해결하고자 IETF에 의해 제안되었다. HMIPv6에서는 MN이 거리상으로 멀리 떨어져 있는 HA에게 바인딩 업데이트를 실시하는 대신 새로 정의한 MAP에 바인딩 업데이트를 실시함으로써 글로벌 영역에서의 시그널링 증가와 바인딩 업데이트 시 발생하는 패킷의 지연 및 손실이 감소하게 된다. 그러나 HMIPv6에서 MN이 MAP를 선택하는 현재 방법은 같은 지역내의 MN들이 모두 특정 MAP를 선택하게 되어 MAP로의 부하 집중이 발생하게 된다. 또한 HMIPv6는 MAP 도메인 내에서의 이동성을 지원하는데 있어서는 좋은 성능을 보이지만 MAP 도메인간 핸드오버 시 기존의 MIPv6에 비하여 더 큰 핸드오버 지연이 발생하게 된다. 따라서 본 논문에서는 MAP가 여러 계층으로 구성되는 멀티레벨 계층구조에서 상위계층 MAP와 하위계층 MAP가 담당하는 MN들이 공존하는 가상 도메인을 설정하여 가상 도메인으로 이동해온 MN의 방향에 따라 도메인간 핸드오버가 발생되기 이전에 MAP를 전환하는 알고리즘을 제안하고 시뮬레이션을 통하여 성능을 검증한다. 서론에 이어 II장에서는 HMIPv6에 대해 기술하고 III장에서는 MAP선택방식에 대한 연구동향을 살펴본다. IV장에서는 제안 알고리

즘의 동작 과정을 기술하고 V장에서는 시뮬레이션을 통해 성능을 분석한 후 VI장에서 결론을 맺는다.

II. Hierarchical Mobile IPv6

MIPv6에서 MN이 핸드오버 시 발생하는 긴 지연시간과 HA 및 CN에 바인딩 업데이트를 수행할 때 글로벌 영역에서의 빈번한 시그널링 트래픽 등 단점을 보완하기 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 외부 지역으로 이동하였을 때 Regional CoA (RCoA)와 on-Link CoA (LCoA) 두 개의 주소를 생성한다. 새로 생성된 RCoA와 LCoA는 각각 HA와 MAP에게 등록하게 된다. MAP는 RCoA로 향하는 패킷을 인터셉트하게 되고 터널링을 통하여 LCoA로 패킷을 포워딩하여 MN에게 전달한다. 만약 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 핸드오버 할 때 HMIPv6의 신호흐름도를 나타낸다. MN이 Previous Access Router(PAR)에 접속되어 있는 Previous Access Point(PAP)로부터 New Access Router(NAR)에 접속된 (New Access Point(NAP)로 2계층 핸드오버를 완료하면, MN은 NAR로부터 Router Advertisement

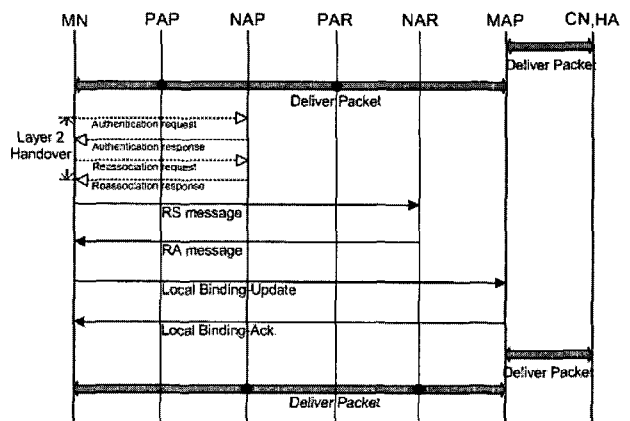


그림 1. MAP 도메인 내에서 핸드오버 시 HMIPv6의 신호흐름도

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

(RA) 메시지를 받기 위하여 Router Solicitation(RS) 메시지를 보내거나 또는 RS메시지의 전송 없이 NAR로부터 RA 메시지를 수신하게 된다. MN은 RA 메시지에 포함된 MAP의 서브넷 프리픽스를 보고 동일 MAP내의 핸드오버라는 것을 판단하게 된다. MN은 MAP에게 새로 생성한 LCoA를 등록하기 위하여 Local Binding Update(LBU) 메시지를 보내고 MAP로부터 Local Binding Acknowledgement(LBBack) 메시지를 받으면 NAR로부터 패킷을 수신할 수 있게 된다.

HMIPv6는 도메인 내에서의 마이크로 이동성을 지원하는데 있어서는 좋은 성능을 보이지만 도메인간의 핸드오버 시에는 두 개의 주소를 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 핸드오버가 완료된 후 MN은 NAR로부터 MAP 옵션이 담긴 RA 메시지를 받게 된다. MN은 NAR의 프리픽스와 New Mobility Anchor Point(NMAP)의 프리픽스로 각각 LCoA와 RCoA를 생성하고 LBU 메시지를 통하여 NMAP에게 LCoA를 등록한다. MN은 RCoA의 등록을 위하여 HA에게 Binding Update(BU) 메시지를 전송하고 HA로부터 Binding Acknowledgement(BAck) 메시지를 받으면 핸드오버가 완료된다. 이후, MN은 새롭게 등록된 NMAP를 통하여 통신이 가능하다.

MAP도메인 간 핸드오버는 RCoA의 생성과정과 RCoA를 HA에게 등록하는 과정으로 인해 MAP도메인 내에서의 핸드오버에 비하여 더 큰 지연시간이 발생하게 된다. 이러한 문제점 때문에 HMIPv6에서는 MAP

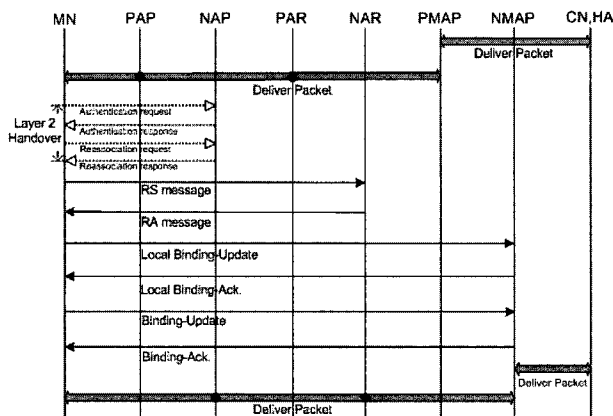


그림 2. MAP 도메인 간 핸드오버 시 HMIPv6에서의 신호흐름도

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

를 선택하는 방법에 있어서 거리기반 선택 방식을 사용하여 가장 상위계층의 MAP를 선택하고 있다. 거리기반 선택방식이란 MN이 수신한 RA 메시지에 포함된 MAP옵션의 DISTANCE 필드를 확인하여 MN이 선택할 수 있는 MAP중 가장 먼 거리에 있는 MAP를 선택하는 방식이다. MN이 먼 거리에 있는 MAP를 선택하는 이유는 도메인 영역이 작은 하위계층의 MAP를 선택하게 되면 빈번한 도메인 간 핸드오버가 발생되기 때문이다^[2].

그러나 이렇게 거리기반 선택방식에 의해서 MAP를 선택하게 되면 선택된 MAP가 담당해야 하는 MN이 증가하게 된다. 즉, MAP가 터널링을 통해 포워딩을 해야 하는 MN들이 증가하게 되고 MAP에 부하가 집중되어 병목 지점이 될 수 있다. 따라서 MAP를 선택하는 방식에 있어서 거리기반 선택 방식이 아닌 MAP의 속도와 이동 범위 등을 고려한 여러 가지 방안들이 제시되고 있다.

III. 관련 연구 및 문제점

HMIPv6에서는 MAP를 선택하는 방법에 있어서 MN의 이동범위와 위치 등을 고려하지 않는 거리기반 선택 방식을 사용하기 때문에 특정 MAP에 부하가 집중되는 현상이 발생하게 된다. 따라서 MN의 특성과 MAP의 상태를 고려한 MAP 선택방식으로 MAP의 부하를 분산하려는 방안들이 제시되고 있다.

Pack은 MAP에 등록할 수 있는 MN의 개수를 제한하여 MAP의 부하를 분산하는 방법을 제안하였다^{[3][11]}. MAP가 MN의 바인딩 업데이트 메시지를 받으면 자신이 등록할 수 있는 최대 MN의 개수를 확인하여 그 이상이 되면 등록 요청을 거절하게 된다. 거절된 MN은 다른 MAP를 선택하게 되어 특정 MAP로 부하가 집중되는 현상을 억제하게 된다.

한편 MAP의 부하를 분산시키고 빈번한 도메인 간 핸드오버를 억제하기 위하여 속도기반 MAP 선택 방식이 소개되었다^{[4]-[6]}. 속도기반 MAP 선택 방식에서는 MN의 속도에 의존적으로 MAP를 선택하게 되고 MN의 속도를 측정하기 위하여 MN의 바인딩 업데이트의 인터벌을 이용한다^[4]. 계산된 MN의 속도에 따라 빠르게 이동하는 MN은 빈번한 MAP 도메인 간 핸드오버가 발생되기 때문에 Higher layer MAP(HMAP)를 선택한다. 반대로 느리게 이동하는 MN은 Lower layer MAP(LMAP)를 선택하게 함으로써 HMAP의 부하를 분산시

키는 방법이다. Bandi는 MN의 속도에 따라 MAP를 선택하고 MAP에 연결될 수 있는 MN의 개수를 초과하면 다른 MAP를 선택하게 하는 방법을 사용하여 MAP의 부하를 분산시키는 방법을 제안하였다^[5]. Kumagai는 MN의 속도뿐만 아니라 'mobile history' 즉 이동범위까지 고려하여 MAP를 선택하게 하고 있다^[6].

이렇게 MAP의 부하를 분산하려는 방안들은 대부분 MAP에 연결될 수 있는 최대 MN의 개수를 제한하거나 MN의 이동속도 범위 등을 고려하여 MAP를 선택한다. 그러나 바인딩 업데이트의 간격을 이용하여 MN의 속도나 상태를 계산하는 것은 MN의 현재 상태에 후행하는 결과이고 MN은 항상 같은 속도와 같은 방향으로 움직이지 않는다. 또한 도메인 간 핸드오버시의 지연 문제를 해결하기 위하여 빠른 속도로 이동하는 MN은 HMAP를 선택하게 되어 있지만 느린 속도로 이동하는 MN도 결국에 도메인 간 핸드오버가 발생하게 되는데 이것 또한 고려되지 않고 있다. 따라서 본 논문에서는 도메인 간 핸드오버와 MAP의 부하 분산을 모두 만족시킬 수 있는 가상도메인을 이용한 MAP 전환 알고리즘을 제안한다.

IV. 제안 방안

1. 가상도메인

본 논문에서 제안하는 방안의 기본적인 아이디어는 MN이 현재 MAP 도메인의 가장자리 AR에 위치하게 되어 도메인 간 핸드오버가 발생할 확률이 높아지면 핸드오버가 발생되기 이전에 RCoA의 바인딩 업데이트를 통하여 현재 MAP의 HMAP로 MAP를 전환하는 것이다. 또, 핸드오버가 발생한 후 또 다른 LMAP의 AR지역으로 들어가게 되면 LMAP로 MAP를 전환하는 것이다. 이렇게 되면, MN은 도메인 간 핸드오버가 발생할 때에도 LCoA의 바인딩 업데이트만으로 핸드오버를 완료할 수 있다.

그러나 이러한 예측적인 방법은 예측이 틀렸을 경우 그에 따른 비용이 발생한다. 예를 들어, MN이 LMAP의 가장자리 AR로 이동하면 MAP 도메인 간 핸드오버가 발생될 것으로 예측하여 상위계층 MAP로 MAP를 전환하지만 MN은 다시 이전 LMAP쪽으로 이동하는 경우가 생길 수 있다. 이렇게 되면 다시 이전 LMAP로 MAP를 전환해야 하고 결과적으로 불필요한 트래픽만 발생한 것이 된다.

본 논문에서는 가상도메인을 설정하고 MN의 이동

방향에 따라 MAP를 전환하는 방법으로 이런 예측에 대한 비용 문제를 감소시켰다. 가상 도메인이란, 하위계층 MAP에 접속된 AR들 중 도메인 간 핸드오버가 발생할 확률이 높은 AR들을 상위계층 MAP의 도메인으로 설정하는 것이다. 결과적으로 가상 도메인에는 HMAP에 등록되어 있는 노드들과 하위계층 MAP에 등록되어 있는 노드들이 공존하게 되어 MAP들의 부하가 분산된다. 가상도메인의 설정 영역은 MAP에 접속되어 있는 AR들 중에서 가장자리에 있는 AR을 기준으로 설정할 수 있고 가상도메인의 크기에 따른 평가는 뒷부분에서 언급하도록 한다. 가장자리 AR들은 MN이 자신의 영역으로 들어오면 MN의 주소와 현재 MAP의 주소를 등록 테이블에 저장한다. 만약 MN이 가상도메인이나 LMAP 도메인의 Changing Point(CP)로 이동하면 가장자리 AR은 등록 테이블에 저장된 MN의 현재 MAP의 주소를 확인하여 MAP전환 수행 여부를 결정한다. CP는 2계층과 연동하여 동작하는 지점으로 본 논문은 IEEE 802.11 기반으로 작성하였기 때문에 가장자리 AR의 외곽에 접속되어 있는 AP가 CP의 역할을 한다.

이렇게 가상도메인을 설정함으로써, MAP 전환이 수행된 후 MN이 이동방향을 바꿔서 다시 이전의 LMAP쪽으로 이동하더라도 MN이 LMAP로 MAP를 전환해야 하는 AR 지점은 멀기 때문에 빈번하게 MAP가 전환되는 확률은 줄어든다. 결과적으로 가상 도메인에는 HMAP와 LMAP에 등록되어 있는 MN들이 공존하게 되어 특정 MAP로의 부하가 분산된다. 또한, MAP의 도메인 간의 경계영역을 왕복해서 움직이는 핑퐁움직임에 의한 성능저하도 감소하게 된다.

2. MAP 전환 과정

그림 3은 본 논문에서 제안하는 MAP전환과정의 신호 흐름도를 나타낸다. III장 1절에서 언급했듯이 HMAP의 가상도메인을 설정하고 가상 도메인과 LMAP도메인의 가장자리 AR은 등록 테이블을 유지하여 MN의 주소와 현재 MN이 등록된 MAP의 주소를 저장한다. 가장자리 AR의 외곽에 위치한 AP는 CP로써 동작하게 되고 제안방안의 동작과정은 다음과 같다.

Step 1: MN이 PAP에서 CP인 NAP로 2계층 핸드오버를 완료하게 되면 MN은 NAP의 2계층 주소를 포함한 RS메시지를 LMAP도메인(또는 가상도메인)의 가장자리 AR에게 전송한다.

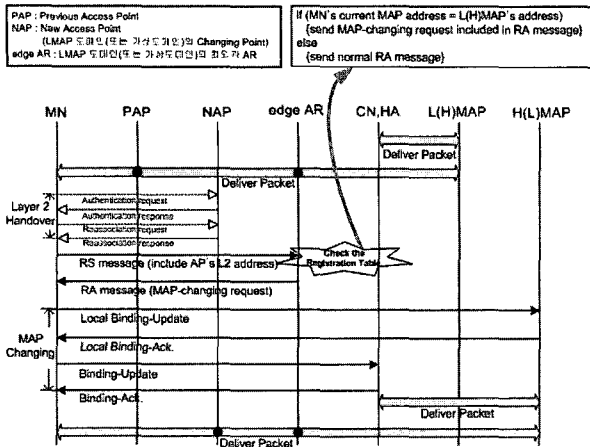


그림 3. MAP 전환 과정
 Fig. 3. MAP changing procedure.

Step 2: RS 메시지를 받은 가장자리 AR은 NAP의 2계층 주소를 보고 MN이 CP에 위치해 있다는 것을 알게 된다. 가장자리 AR은 자신의 등록 테이블을 확인하여 MN이 현재 등록되어 있는 MAP의 주소를 확인한다.

Step 3: MN이 등록된 MAP의 주소가 가장자리 AR 자신이 담당하는 MAP의 주소이면 가장자리 AR은 MAP전환 요청 메시지를 RA 메시지에 실어 MN의 LCoA로 전송한다.

Step 4: MAP 전환 요청 메시지를 받은 MN은 전환할 MAP에게 현재 사용하고 있는 LCoA를 LBU 메시지를 통하여 등록한다.

Step 5: MN은 MAP에서 사용할 RCoA를 생성하고 새로 생성한 RCoA의 등록을 위하여 HA에게 BU 메시지를 보낸 후 HA에게 BAck. 메시지를 받음으로써 MAP 전환 과정이 완료된다.

MAP 전환 과정이 완료되면 MN은 새로운 MAP를 통해 패킷을 수신하게 된다. MAP 전환과정은 MN이 CN과의 통신하고 있는 상황에서 2계층 핸드오버 없이 진행되므로 패킷의 손실은 발생하지 않는다.

3. 가상도메인을 이용한 MAP 전환 방안

제안 방안의 자세한 동작을 살펴보면, 먼저 멀티레벨 계층 구조에서 MAP에 접속되어 있는 AR들에 대하여 가상도메인을 설정한다. 그림 4는 MAP-A의 가상도메인을 나타낸다. MAP-B와 MAP-C의 상위 프리픽스 라우터인 MAP-A에 대해서 MAP-B 도메인과 MAP-C 도메인 사이에 MAP-A의 가상도메인을 설정한다.

하위계층 MAP인 MAP-B에 등록을 마친 MN이

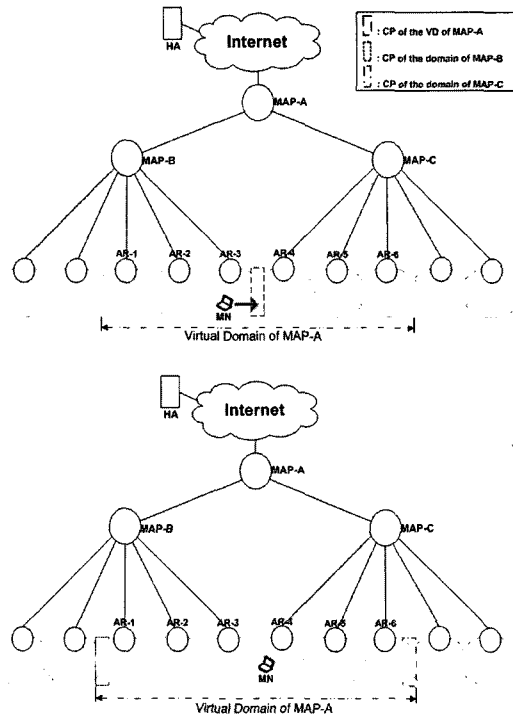


그림 4. 가상도메인을 이용한 MAP 전환 방안
 Fig. 4. MAP changing scheme using a virtual domain.

AR-3으로 이동해오면 AR-3은 MN이 등록된 현재 MAP의 주소와 MN의 주소를 등록 테이블에 저장한다. MN이 계속 이동하여 MAP-A의 가상도메인의 CP로 이동하게 되면 AR-3은 MN이 등록된 현재 MAP의 주소가 MAP-B이기 때문에 MAP 전환 요청 메시지를 MN에게 전송한다. MN은 MAP-A에 대한 RCoA를 생성하여 MAP-A와 HA에게 패킷을 수신하고 있는 상태에서 바인딩 업데이트를 실시하여 MAP를 전환한다. 바인딩 업데이트가 완료되면 MN은 MAP-A의 가상도메인으로 진입하게 되고 MAP-A는 MN의 LCoA로 가는 패킷을 인터셉트 하게 된다. 이후 MAP-A의 가상도메인내에서 핸드오버가 발생하게 되면 LCoA의 바인딩 업데이트만으로 핸드오버를 완료할 수 있다. MAP를 전환하는 것은 실제로 LCoA의 생성과정만을 제외한 모든 과정이 도메인 간 핸드오버가 발생할 때와 같은 과정으로 이루어지고 그에 따른 트래픽이 발생하게 된다. 그러나 MAP의 전환과정은 2계층 핸드오버와 함께 이루어지는 것이 아닌 패킷을 수신하고 있는 상태에서 CN에서 MN까지의 라우팅 경로만을 바꾸는 것이기 때문에 패킷의 손실은 발생하지 않는다.

MAP-A로 MAP전환이 완료된 이후에 만약 MN이 이동방향을 바꿔서 AR-2쪽으로 이동한다고 하더라도 MN은 MAP-A의 가상도메인 내에 있기 때문에 MAP

의 전환은 필요하지 않다. MN이 방향을 바꾸지 않고 계속 이동한다면 MN이 MAP-C로 MAP를 전환해야 하는 지점은 MAP-A의 VD에서 가장자리 AR에 해당하는 AR-6이 된다. 만약 MN이 이동방향을 바꿔서 이동한다면 MAP-B로 MAP를 전환해야 하는 지점은 마찬가지로 MAP-A의 가상도메인에서 가장자리 AR에 해당하는 AR-1이 된다. 따라서 기존에 제안된 방법들처럼 MN의 이동속도와 이동범위를 계산하기 위하여 MN의 이동 정보들을 수집하여 복잡한 수식에 의하여 MAP를 계산하는 노력은 줄어든다. 그러나 본 논문에서 제안하는 방안은 이전 MN이 등록된 MAP의 주소만을 가지고 MN의 이동방향을 예측하기 때문에 그 정확성은 떨어질 것이다. 그러나 가상도메인을 설정함으로써 예측이 틀렸을 경우에도 빈번한 MAP의 전환은 줄어들게 되는 것이다.

또한, AR1, AR2, AR3은 MAP-B의 도메인에 해당하지만 MAP-A의 가상도메인에도 해당된다. 따라서 이 영역에는 MAP-A에 등록되어 있는 MN들과 MAP-B에 등록되어 있는 MN들이 공존하게 된다. 마찬가지로 AR-4, AR-5, AR-6에는 MAP-A에 등록되어 있는 MN들과 MAP-C에 등록되어 있는 MN들이 공존하게 된다. 그러므로 MAP에 등록되어 있는 MN들이 분산되어 HMAP와 LMAP의 부하가 분산된다.

4. 핑퐁움직임에 의한 성능변화

그림 5(a)는 MN이 LMAP을 선택했을 때 MN의 핑퐁 움직임을 나타낸다. MN이 그림 5(a)처럼 움직인다면 MN은 핸드오버가 발생할 때마다 HA에게 BU를 실시하여야 하며 MN에게 치명적인 패킷 손실과 지연이 계속 발생하게 된다. MN이 HMAP를 선택했다면 핑퐁 움직임에 대한 문제는 발생하지 않는다. 그러나 각 LAMP도메인에 있는 MN들 모두가 HMAP를 선택한다면 HMAP에 부하가 집중된다. 결과적으로, 핑퐁 움직임에 대한 패킷의 손실을 피하기 위해 HMAP를 선택하면 HMAP의 부하집중이 발생하고 부하를 분산하기 위해 LMAP를 선택하면 핑퐁움직임이 발생했을 때 패킷의 손실은 피할 수 없다. 속도기반 MAP 선택 방식에서는 빠르게 이동하는 MN의 빈번한 도메인 간 핸드오버를 피하기 위하여 HMAP를 선택하게 하고 느리게 이동하는 MN은 부하의 분산을 위하여 LMAP를 선택하게 하고 있다. 하지만 느리게 이동하는 MN도 그림 5와 같은 경로로 이동할 수 있고, 게다가 바인딩 업데이트의 인터벌을 이용하여 계산된 속도는 MN의 현재 속

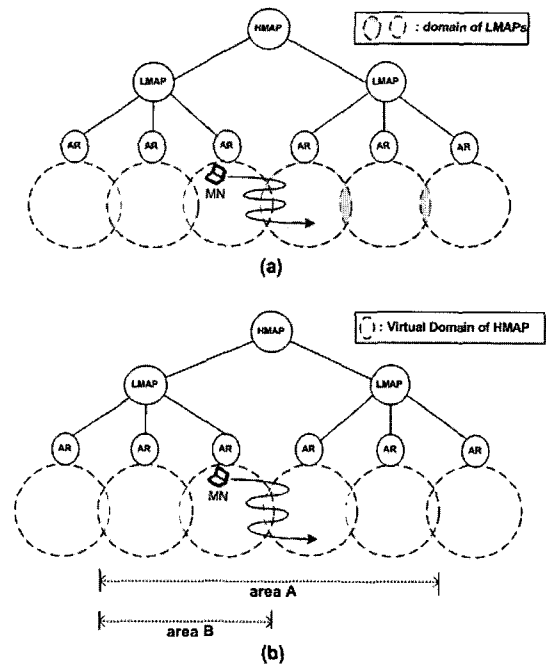


그림 5. 핑퐁 움직임
(a) LMAP을 선택, (b) 제안 방안

Fig. 5. Ping-pong movement.
(a) when MN selects LMAP, (b) in the proposed scheme

도에 후행하는 결과이다. MN의 현재 상태를 정확히 예측하기 위해서는 더 많은 노력이 필요하고 그에 따라 오버헤드는 더욱 증가하게 된다.

그림 5(b)는 제안방안에서의 MN의 핑퐁움직임을 나타낸다. LMAP에 등록되어 있는 MN이 LMAP 도메인의 CP에서 MAP를 전환하면 MN은 HMAP의 가상도메인에 진입하게 된다. 이후에 MN은 area A에서 LCoA의 바인딩 업데이트만으로 핸드오버를 완료할 수 있기 때문에 그림 5(b)와 같이 이동하더라도 핑퐁움직임에 의한 성능저하는 발생하지 않게 된다. 물론 MN이 그림 5(b)의 area B를 왕복 운동한다면 area B를 넘어설 때 마다 MAP를 전환해야 하는 문제가 발생할 수 있다. 그러나 MN이 LMAP를 선택하였을 때 발생하는 핑퐁 움직임에 대한 문제점과 비교하여 빈번한 MAP 전환의 발생확률은 낮다. area B는 핑퐁 움직임이 발생하는 LMAP 도메인의 경계 영역보다 항상 넓기 때문이다.

V. 실험

본 논문에서는 제안 방안의 성능을 검증하기 위해서 NS-2^[7]를 사용하였다. 성능을 측정하기 위한 실험은 MN이 MAP 전환 후 핸드오버 지연에 대한 성능을 측

정하기 위한 실험과 MN의 수를 늘려 MAP의 부하 분산을 측정하기 위한 실험 그리고 평풍움직임에 대한 성능을 HMIPv6와 비교하는 실험을 실시하였다.

1. 시뮬레이션 모델

먼저 제안 방안과 HMIPv6의 핸드오버 지연을 비교하기 위하여 그림 6과 같은 시뮬레이션 환경을 구성하였다.

MAP1의 가상도메인은 AR3부터 AR6까지의 영역으로 설정하였으며, MN은 AR4에 위치하게 되면 MAP2에서 MAP1으로 MAP를 전환하게 된다. CN과 MN은 각각 TCP source와 TCP sink로 동작하고 어플리케이션은 FTP를 사용하였다. MN을 Movement 1을 따라 이동시켜 도메인 간 핸드오버의 성능을 측정하였고, 평풍 움직임에 따른 성능을 측정하기 위하여 MN을 Movement2로 이동시킨다. 또한, 부하분산 측정을 위한 시뮬레이션 모델은 위와 같은 네트워크에서 MN의 개수를 증가시켜 각기 다른 방향에서 이동하도록 한 뒤 120초 동안 MAP 각각에서 터널링 되어 MN으로 향하는 패킷의 수를 측정하였다.

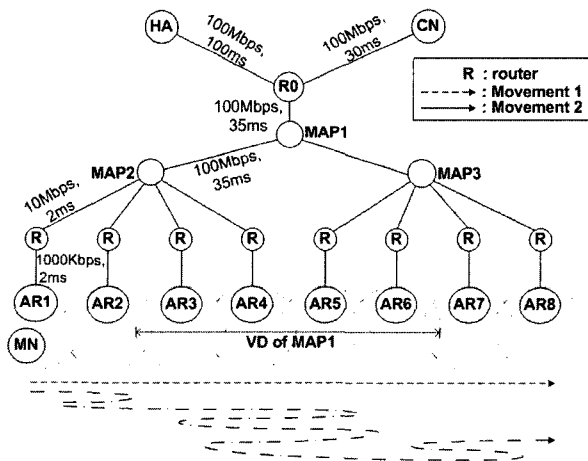


그림 6. 시뮬레이션 네트워크 토폴로지
Fig. 6. Simulation network topology.

2. 시뮬레이션 결과

HMIPv6와 제안 방안의 핸드오버 지연을 비교하기 위하여 시뮬레이션 시간 동안 MN과 CN의 RTT를 측정하였다.

그림 7은 각각 HMAP를 선택한 경우와 LMAP를 선택한 경우 그리고 제안방안에서의 시뮬레이션 진행시간 동안에 MN과 CN의 RTT를 나타낸다. MN이 거리기반 선택 방식에 의하여 MAP1을 선택하면 시뮬레이션 네

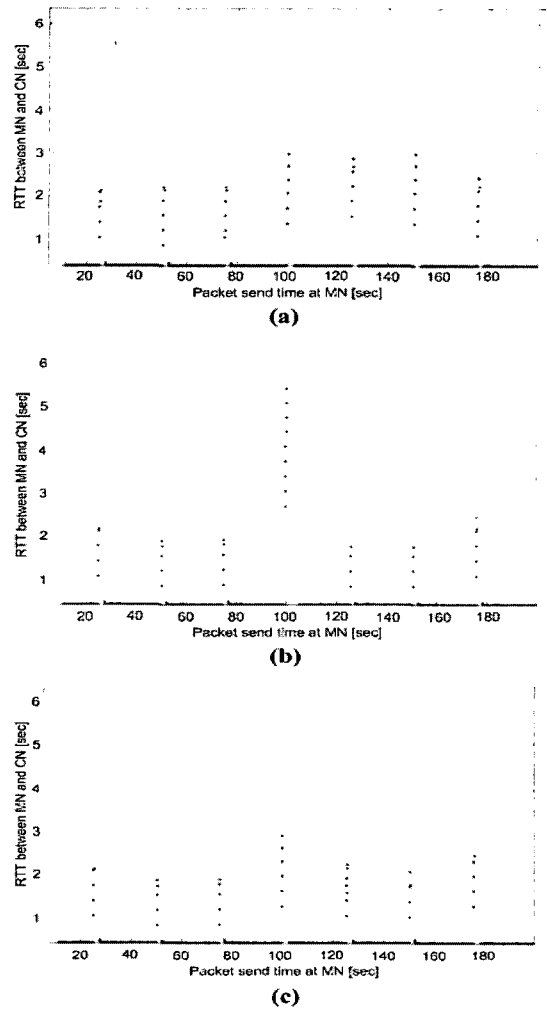


그림 7. MN과 CN의 RTT
(a) HMAP 선택, (b) LMAP 선택 (c) 제안 방안
Fig. 7. RTT between MN and CN.
(a) when MN selects HMAP, (b) when MN selects LMAP, (c) in the proposed scheme.

트워크 내에서는 도메인 간 핸드오버가 발생하지 않는다. 따라서 전 영역에서 LCoA의 바인딩 업데이트만으로 핸드오버가 완료되기 때문에 그림 7(a)와 같이 균일한 핸드오버 지연이 나타난다. MN이 LMAP를 선택하였을 때는 MAP2 도메인과 MAP3 도메인 간의 핸드오버가 발생할 때 RCoA의 등록과정에서 도메인내의 핸드오버가 발생할 때 보다 큰 지연이 발생하는 것을 볼 수 있다. 제안 방안에서는 MAP2와 MAP3의 도메인 간 핸드오버가 발생되기 이전에 AR3에서 MAP1으로 MAP를 전환하여 MAP1의 가상도메인으로 진입하기 때문에 AR3에서 AR4로의 핸드오버 과정이 LCoA의 바인딩 업데이트만으로 완료 된다. 따라서 그림 7(c)에서와 같이 AR3과 AR4의 핸드오버 지연은 도메인 내에서의 핸드오버와 거의 같은 지연시간이 발생하는 것을 볼 수 있다.

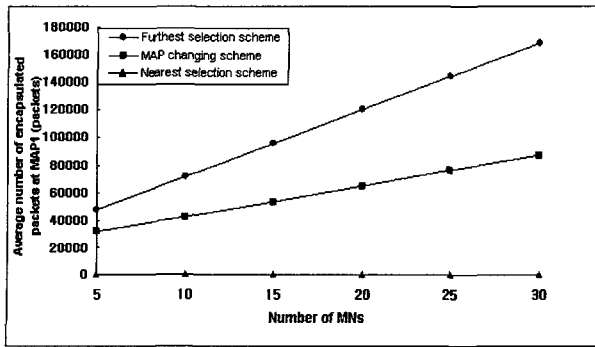


그림 9. MAP1에서 MN으로 터널링 된 평균 패킷의 수
Fig. 9. Average number of encapsulated packets from MAP1 to MN.

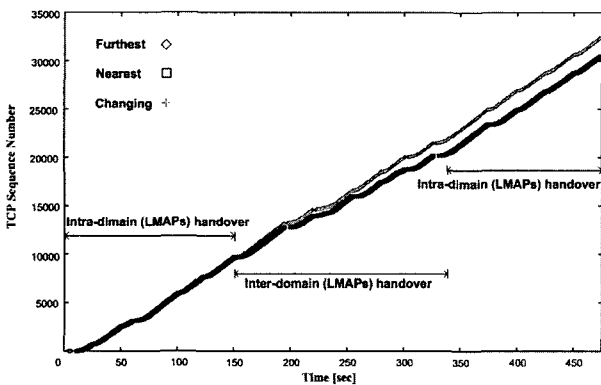


그림 8. 핑퐁 움직임에 따른 성능
Fig. 8. Performance by the ping-pong movement.

그림 8은 MN이 그림 6의 Movement 2로 이동 하였을 때의 TCP 순서 번호를 나타낸다. MN이 LMAP를 선택하였을 경우 MN이 LMAP 도메인의 경계 지역에서 핑퐁 움직임을 할 경우 핸드오버 지연의 증가로 인하여 패킷 처리량이 감소하는 것을 볼 수 있다. 반면에 제안방안에서는 전 영역에서 LCoA의 바인딩 업데이트만으로 핸드오버를 완료할 수 있기 때문에 MN이 HMAP를 선택하였을 경우와 거의 같은 패킷 처리 성능을 보인다.

속도기반 MAP 선택 방식에서 빠른 MN은 HMAP를 선택하고 느린 MN은 LMAP를 선택한다. 따라서 빠르게 이동하는 MN은 HMAP를 선택하였을 경우와 같은 성능을 보이고 느리게 이동하는 MN은 LMAP를 선택하였을 경우와 같은 성능을 보이게 된다. 제안방안에서는 MN의 속도에 관계없이 항상 HMAP를 선택하였을 경우와 같은 성능을 보인다. 또한 제안방안에서는 MN의 속도나 상태를 계산하기 위한 오버헤드는 발생하지 않는다.

그림 9는 HMIPv6에서 거리기반 선택방식으로

MAP1을 MAP로 선택했을 때와 하위계층 MAP인 MAP2와 MAP3를 MAP로 선택하였을 때, 그리고 제안방안에서 MAP1, MAP2, MAP3를 MN의 이동방향과 위치에 따라 동적으로 변환하였을 때의 MAP1에서 MN으로 터널링 된 평균 패킷의 수를 나타낸다. MAP1을 MAP로 선택하였을 때는 모든 패킷들이 MAP1에서 터널링 되어 MN들로 향하게 되기 때문에 MAP1에 부하가 집중되는 현상이 발생하게 된다.

MAP2와 MAP3을 MAP로 선택하였을 때는 MAP1에서는 패킷들이 터널링 되지 않고 MN들이 각각의 도메인으로 이동함에 따라 MAP2와 MAP3에서 패킷들이 터널링 되어 MAP의 부하는 MAP2와 MAP3로 분산되게 된다. 제안 알고리즘의 결과를 보면 MAP1, MAP2, MAP3 각각에서 MN들로 터널링 된 패킷의 수가 분산되는 것을 볼 수 있다. 이것은 MN들이 MAP2와 MAP3 도메인, 그리고 MAP1의 가상도메인을 오가며 MAP를 전환하였기 때문이다.

3. HMAP의 상대적 부하

속도 기반 MAP선택 방식에서는 빠른 MN의 수가 증가할수록 HMAP의 부하는 증가하게 된다. 따라서 MN의 속도에 따라 MAP의 부하가 일정치 않기 때문에 MN의 수에 따른 성능 평가는 적절치 않다.

HMAP의 상대적 부하는 MN이 HMAP에게 서비스 받을 확률로 재 표현될 수 있다. 그러므로 거리기반 선택 방식에서 HMAP의 상대적 부하는 1이 되고 HMAP의 부하 집중현상이 발생한다. MN들에게 선택된 HMAP는 MN들로 가는 때 패킷마다 검색, 라우팅, 터널링을 수행해야 한다. 그러나 부하분산 측면에서 볼 때 낮은 HMAP의 부하가 좋은 성능을 의미하는 것은 아니다. 그 이유는 HMAP의 부하가 감소하면 LMAP의 부하가 증가하기 때문이다. 가장 이상적인 방법은 HMAP와 LMAP들의 부하를 공정하게 분배하는 것이다.

제안 방안에서 MN들이 전 영역에 고르게 분포하고 있다고 가정하면 HMAP의 부하는 가상도메인의 범위에 따라 달라질 수 있다. 제안방안에서 가상도메인의 범위는 일정하므로 부하분산율을 항상 일정하게 유지할 수 있다.

4. 가상도메인의 최적 범위

제안 방안에서 부하분산의 성능은 가상도메인의 범위에 의존한다. 가상도메인의 범위가 증가할수록

HMAP의 부하는 증가한다. 따라서 부하분산을 고려하여 적절한 가상도메인의 크기를 결정하는 것이 필요하다.

N 을 HMAP에 접속된 LMAP의 개수, M 을 LMAP에 연결된 AR의 개수, V 를 가상도메인으로 설정된 AR의 개수라고 하자. MN이 전 영역에 고르게 분포하고 있다고 가정하면 MN들이 HMAP와 LMAP들을 $1/(N+1)$ 의 비율로 각각 선택하여야 부하 분산 측면에서 가장 좋은 성능을 낼 수 있다. MN들이 고르게 분포할수록 HMAP의 부하는 $(V/N \cdot 1/2) \cdot N$, 즉 $V/2$ 가 된다. 이때 가장 좋은 부하 분산은 HMAP과 LMAP 한 개당 부하가 같을 때이고 이것은 $V/2 = M - (V/N \cdot 1/2)$ 가 된다. 그러므로 가상도메인의 최적의 AR의 개수는 $V = 2NM/(N+1)$ 이 되고 가상도메인은 LMAP당 $2M/(N+1)$ 로 할당되어야 한다.

시그널링 오버헤드 측면에서 볼 때, 가상도메인의 CP와 LMAP의 CP 사이의 거리가 최대가 될 때 가장 좋은 성능을 얻을 수 있다. 그 이유는 CP의 거리가 증가하게 되면 MAP 전환의 평균 횟수가 줄어들게 되기 때문이다.

위에서 계산한 가상도메인의 최적 범위는 2차원 네트워크 토폴로지만을 고려하였다. 가상도메인의 범위는 제안방안의 성능과 관련이 있고 네트워크 토폴로지에 의존적이다. 따라서 네트워크 관리자는 시그널링 오버헤드와 부하분산을 고려하여 적절한 가상도메인의 범위를 할당하여야 한다.

VI. 결 론

Mobile IPv6에서 핸드오버 시 빈번한 바인딩 업데이트로 인해 발생하는 핸드오버 지연과 시그널링 오버헤드 등 단점을 보완하기 위하여 제안된 HMIPv6는 특정 MAP로의 부하집중과 MAP도메인 간의 핸드오버 시에 큰 지연 문제가 발생한다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 멀티레벨 계층 구조에서 MAP의 실제 도메인이 아닌 가상도메인을 설정하고 MN의 이동 방향과 위치에 따라 RCoA의 바인딩 업데이트를 통하여 MN으로의 라우팅 경로만을 재설정하여 MAP를 전환하는 방안을 제안하였다.

HMIPv6와 제안 방안의 성능을 비교하기 위한 시뮬레이션 결과 제안 방안은 MN의 이동방향과 위치에 따라 HMAP의 가상도메인과 LMAP 도메인으로 MAP를 전환하여 도메인간의 핸드오버 발생 시 지연시간이 감

소하였고, MN의 평풍움직임에 따른 패킷처리 성능의 저하가 감소하였다. 또한, HMAP와 LMAP들이 공동으로 담당하는 가상도메인으로 인하여 특정 MAP로의 부하가 분산되는 것을 확인할 수 있었다.

향후에는 제안방안의 평면적인 네트워크를 확장하여 실제 네트워크 환경에 적합한 실험을 실시하고 가상도메인의 범위에 따른 성능을 분석하는 연구가 진행될 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 mobilitymanagement", *RFC4140*, August, 2005.
- [3] Sangheon Park, Byoungwook Lee, Yanghee Choi, "Proactive Load Control Scheme at Mobility Anchor Point in Hierarchical Mobile IPv6," *IEICE Transaction on Information and systems*, Vol. E87-D, No.12, December 2004.
- [4] 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.
- [5] Masaki Bandi, and Iwao Sasase, "A Load Balancing Mobility Management for Multilevel Hierarchical Mobile IPv6 Networks," in *Proc. of IEEE International Symposium on Personal and Mobile Radio Communication*, Vol.1, pp 460-464, Beijing, China, September 2003.
- [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] <http://www.isi.edu/nsnam/ns>, NS-2.
- [8] 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
- [9] Koji Omae, Ichiro Okajima and Narumi Umea, "Mobility Anchor Point Discovery Protocol for hierarchical Mobile IPv6," in *Proc. of IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, Vol 4, pp 2365~2370, Atlanta, U.S.A, March 2004.
- [10] 박홍길, 이현호, 김태현, 박효순, 이재용, "동적

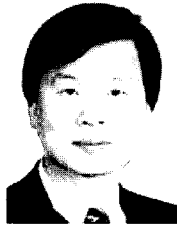
MAP전환을 이용한Inter-MAP Handover 알고리즘(DMS)”, *한국정보처리학회 추계학술발표 논문집*, 창원대학교, 2003. 11. 14~15.

- [11] Sangheon Pack, Minji Nam, Taekyoung Kwon, and Yanghee Choi, “An Adaptive Mobility Anchor Point Selection Scheme in Hierarchical Mobile IPv6 Networks,” *Elsevier Computer Communications*, June 2005.

— 저 자 소 개 —



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



이 경 근(정회원)
1981년 서울대학교
전자공학과 학사졸업.
1983년 KAIST 전기및전자공학과
석사졸업.
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>