

Design and Evaluation of Fast-Handover Mechanism Between Heterogeneous Networks Considering the Location Management in PMIPv6

JaeSung Shim[†] · SeokCheon Park^{**}

ABSTRACT

As the wireless Internet become more widely accessible, variety of Internet services can be used without limitation of location. However, existing mobility management methods such as MIP and PMIP of IETF requires the load of heavy protocol stack on the mobile nodes or the addition of components such as LMA and MAG. In this paper, we proposed the location management technique in the PMIPv6 and Fast Handover technique. according to the moving pattern of the node, the location management technique proposed in order to adjust the paging area dynamically. The Fast Handover technique applied MIH technology and it reduced the handover signal processing time between heterogeneous network. The location management cost in the environment which the node moves in order to evaluate this and handover delay time was calculate. The proposal technique was efficiently more evaluated than PMIPv6 with the smallest 29% and maximum 83%.

Keywords : PMIPv6, Fast Handover, Location Management, MIH

PMIPv6에서의 위치관리기법을 고려한 이 기종 망간의 Fast Handover 기법 설계 및 평가

심재성[†] · 박석천^{**}

요약

무선 인터넷 서비스가 활성화 되면서 현재 많은 사용자들은 공간에 제약 없이 다양한 인터넷 서비스들을 사용할 수 있게 되었다. 그러나 기존의 모바일 노드의 이동성 보장을 위한 IETF의 MIP, PMIP 등과 같은 이동성 관리 기법들은 모바일 노드에 무거운 프로토콜 스택을 탑재하게 하거나 LMA, MAG 등과 같은 신규 구성 요소 추가 등의 문제점을 안고 있다. 이를 위해 본 논문에서는 PMIPv6에서의 위치관리기법과 Fast Handover 기법을 제안하였다. 위치관리기법은 노드의 이동패턴에 따라 페이징 영역을 동적으로 조정하도록 제안하였고, Fast Handover 기법은 MIH 기술을 적용하여 이 기종 네트워크간의 핸드오버 신호 처리 시간을 단축하였다. 이를 평가하기위해 노드가 이동하는 환경에서의 위치관리비용과 핸드오버 지연시간을 계산하였고, 제안기법이 PMIPv6보다 최소 29%, 최대 83% 더 효율적으로 평가되었다.

키워드 : PMIPv6, 빠른 핸드오버, 위치관리, MIH

1. 서론

유·무선 통신발달로 다양한 서비스를 지원 할 수 있게 개발되었고, 무선인터넷 환경을 통해 다양한 IP 기반 서비스에 보다 쉽게 접근 할 수 있게 되었다. 특히 무선인터넷의 지속적인 발달로 인터넷 환경이 보다 자유로워지면서

WLAN, WiBro 등과 같은 다양한 차세대 무선 네트워크 기술들이 계속해서 등장하고, 무선 접속 영역도 점차 확대되는 추세이다. 이러한 기술들은 모바일노드(Mobile Node, MN)가 네트워크 간 이동에 있어 여전히 많은 제약이 따르며 사용자에게 끊임없는 인터넷 서비스를 제공하기 위하여 또 다른 기술을 요구하게 된다.

이에 IETF에서는 NetLMM(Network-based Localized Mobility Management) WG을 신설하여, Proxy Mobile IPv6(PMIPv6)가 제안되었다. PMIPv6에서는 MN이 어떠한 IP 이동성 프로토콜 시그널링에도 관여하지 않으며, MN에서 수행하던 이동성 관리를 통신사업자가 관리하는 네트워크에서 처리한다. 따라서 MN에 복잡한 표준 사양이 탑재되

※ 본 논문은 2012년도 가천대학교 교비 학술연구비의 지원에 의한 연구결과임 (GCU-2012-R268).

† 준 회원: 가천대학교 전자계산학과 석사과정

** 종신회원: 가천대학교 컴퓨터공학과 정교수

논문접수: 2012년 12월 3일

수정일: 1차 2012년 12월 11일

심사완료: 2012년 12월 11일

* Corresponding Author: SeokCheon Park(scpark@gachon.ac.kr)

어야 하는 MIPv6의 문제점을 해결할 수 있다. 하지만 PMIPv6에서도 MIPv6의 문제를 모두 해결한 것은 아니다.

PMIPv6에서는 MN이 이동시 에이전트들은 여전히 위치 등록을 수행해야 하며, 이러한 위치등록은 MN의 통신 여부와 상관없이 수행된다. 또한 이 기종 네트워크간의 핸드오버를 수행 할 때 PMIPv6에서도 신호 지연으로 인한 데이터의 손실 및 순서 뒤바뀔 현상이 일어날 수 있다[1].

또한, 기존의 연구된 위치관리비용에 관한 연구 및 핸드오버의 연구에서는 비용만을 고려하여 핸드오버 속도가 늦어지거나 핸드오버의 지속시간 단축을 고려하여 비용을 지나치게 소모하는 문제점 들이 있다.

본 논문에서는 이러한 문제점 보완을 위해 PMIPv6 환경에서 MN의 통신 및 이동패턴에 따라 페이징 영역을 동적으로 조정하여 위치관리비용을 절감할 수 있는 위치관리기법을 제안하고 PMIPv6를 바탕으로 하위 매체의 특성에 제약 없이 이 기종 네트워크간의 핸드오버 지원을 위한 기술인 MIH 기술을 적용하여 이 기종 네트워크간의 핸드오버를 할 때 따르는 신호 처리 시간을 줄여 핸드오버 지연시간을 단축하기 위한 Fast Handover 기법을 설계 하였다.

본 논문의 구성은 2장에서 기존의 이동성 관리기법과 PMIPv6, MIH를 분석하고, 3장에서는 제안기법의 설계를 위한 시스템 구성과 동적 페이징 위치관리기법 및 이 기종 망간의 Fast Handover 기법을 설계 하고 4장에서는 제안기법의 성능평가와 저·고속 이동 환경에서의 효율성 평가를 한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 이동성 관리기법

MN는 기존의 망에서 새로운 망으로 이동하게 되면 TCP/IP 연결이 끊어지게 된다. 따라서 패킷의 지연, 손실과 같은 원인으로 인해 TCP/IP 세션을 계속 유지할 수 없는 문제가 발생한다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 IP 이동성을 보다 강화시킨 다양한 관리기법이 나타난다. IP 이동성 관리기법은 호스트 기반과 네트워크 기반 IP으로 구분된다[2,3].

Mobile IP는 호스트 기반의 이동성 관리기법을 사용하기 때문에 오랜 시간 연구를 통해 많은 문제점이 개선됐지만, 실제 사용에 있어서는 어려움이 많다. 비교적 부피가 큰 Mobile IP를 비교적 소형인 MN에 탑재하여 바인딩 관리 메시지를 직접 처리하기 때문에 오버헤드가 증가하는 단점을 가지고 있다.

네트워크 기반 이동성 관리기법은 네트워크의 액세스 라우터(Access Router, AR)가 단말로부터 들어오는 다양한 상태정보를 이용하여 핸드오버에 관한 다양한 정보가 접수되면 AR은 MN 대신 단말의 위치 변경 정보를 홈 에이전트(Home Agent, HA)에게 직접 전송하여 핸드오버를 수행하는 방식이다. MN는 이동성 관리 프로토콜을 탑재하지 않아도 핸드오버 서비스를 제공받으며, MN와 AR 사이에서 발생하는 다양한 시그널링 메시지는 필요 없다.

2.2 PMIPv6(Proxy Mobile IPv6)

MIPv6는 MN의 이동성을 보장하는 호스트 기반의 이동성 프로토콜이다. 하지만 MIPv6는 MN와 HA간의 시그널링 메시지를 직접 교환하여 MN의 위치 정보를 바인딩 과정을 거쳐 처리하게 된다. 따라서 MN에 MIPv6 프로토콜 스택을 탑재해야하기 때문에 단말기의 원가 상승과 프로토콜에 대한 부담이 커진다. 이를 보완하고자 IETF에서 네트워크 기반 이동성 프로토콜인 PMIPv6를 표준화 하였다. PMIPv6는 MN의 이동성 관리를 PMIPv6의 구성 요소인 MAG(Mobile Access Gateway)가 MN 대신 연결 설정을 하는 방식으로, MN이 직접 핸드오버에 관여하는 것이 아니라 네트워크 구성 라우터 등이 직접 바인딩 관련 메시지를 교환하므로 MN이 직접 담당했던 다양한 시그널링 처리에 대한 부담을 줄일 수 있으며 MN에 이동성 관리를 위한 프로토콜 스택이 전혀 필요하지 않다. Fig. 1은 PMIPv6의 기본 구성도 이다[4].

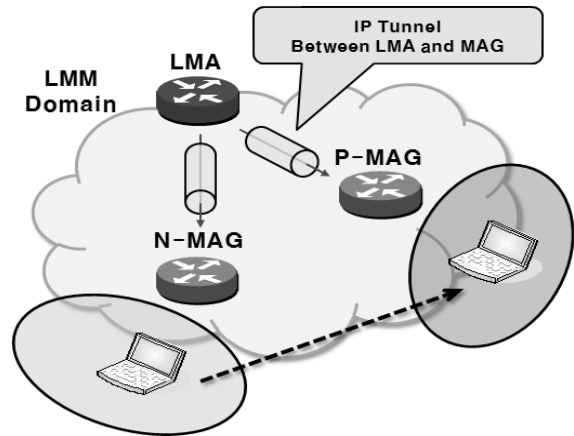


Fig. 1. The default configuration of PMIPv6

- LMA : PMIPv6 도메인에 위치하는 임의의 MN의 HA로서 MN의 이동성 바인딩 정보를 관리한다. LMA(Local Mobility Anchor)는 RFC 3775에 정의된 HA의 기능을 모두 지니고 있다.
- MAG : 액세스 라우터에 PMIPv6을 위하여 추가기능으로 MN이 임의의 AL에 연결될 때 MN를 대신하여 이동성 관련 신호를 처리한다. 주로 AR에 그 기능이 위치한다.

따라서 MN이 PMIPv6 도메인 내에서 어디로 이동하든지 상관없이 하나의 네트워크 계층 안에 있는 것처럼 동작하게 하여 이동성을 제공해준다 [5,6].

2.3 MIH(Media Independent Handover)

IEEE 802.21 WG에서 표준화하고 있는 기술로써 서로 다른 이 기종 네트워크 망간의 핸드오버를 할 때 QoS를 보장하는 통신서비스를 제공하기 위해 하부의 PHY 계층 및 MAC 계층과 상위의 이동성 프로토콜 상호간에 효과정인 정보를 적절한 시점에 전달하고, 특정 통신 미디어나 이동

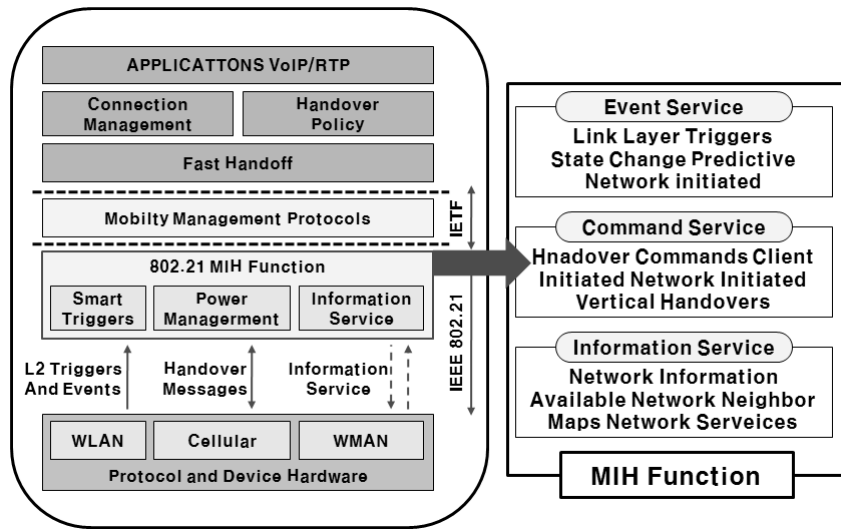


Fig. 2. The configuration and function of MIH

성 프로토콜에 종속 되지 않는 범용적인 수직 무결절성 핸드오버 기술이다. MIH는 MN이 각기 다양한 네트워크 형식에 구애 받지 않고 MIH 스택을 바탕으로 서로 다른 네트워크 망간의 핸드오버가 가능하다.

또한 PMIPv6의 Seamless한 핸드오버를 위해 MIH를 활용한 연구들은 이미 되어 있으나 위치관리비용과 핸드오버 지연시간을 함께 고려한 연구는 아직 미비하기 때문에 본 논문에서는 이를 고려한 연구를 하였다[7,8].

본 논문에서 사용되는 MIH는 이 기종 네트워크 망간의 핸드오버를 지원하기 위하여 MIHF를 다음과 같은 분류를 통하여 정의 하고 있다[9].

- MIES : 물리계층과 제어계층에서 발생하는 상태변화를 상위계층에 전달한다.
- MICS : 상위 계층의 동작 결정 내용을 하위계층에 전달하고 이를 실행시킨다.
- MIIS : 핸드오버를 결정하기 위한 다양한 네트워크 상태 정보를 수집한다.

Fig. 2는 MIH 구성과 기능에 대한 그림이다[10].

이와 함께 본 논문에서 사용하는 주요 MIHF의 이벤트 메시지는 Table 1과 같다.

Table 1. MIHF Event Messages

타입	메시지 명	설명
Predictive	Link_Going_Down	MN의 신호가 점점 작아짐을 감지
State Change	Link_Detected	새로운 L2 연결 발견
Handover Command	MIH_Initiate	핸드오버 실행 개시 및 제안하는 네트워크와 PoA(AP/ BS) 전달
Handover Command	MIH_Prepate	새로운 네트워크에 대한 핸드오버 준비 요청

3. 제안기법 설계

3.1 시스템 구성

LMA는 PMIPv6 도메인내의 경계 라우터에 위치하고 있으며, BCE(Binding Cache Entry)에 PMIPv6 도메인 내의 MN에 대한 바인딩 정보를 가지고 있다. LMA와 MAG의 바인딩 정보 중의 MN의 상태정보는 MN의 통신 상태에 따라 활성모드와 유힬모드로 구성된다. Fig. 3은 MN의 상태 전이도이다.

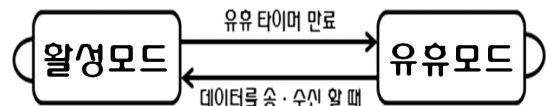


Fig. 3. State transition diagram of MN

각 모드는 유힬 타이머 값에 의해 결정되며, 유힬 타이머는 노드가 통신하지 않을 때 작동된다. 유힬 타이머 값이 만료 되어 통신상태가 지속되지 않으면 유힬모드, 노드가 데이터를 송·수신하면 노드의 상태는 유힬모드에서 활성모드로 전환된다.

LMA는 각 MN에 대한 평균 세션 도착시간 및 평균 서버넷 상주시간을 알고 있다고 가정하고, MN의 평균 세션 도착시간 및 평균 서버넷 상주시간은 통계적인 측정값을 통해 구현이 가능하다[11]. Fig. 4는 본 논문에서 사용될 PBU (Proxy Binding Update)의 메시지 형식이다.

수정된 메시지 형식은 기존의 PBU 메시지에 유힬모드를 지시하기 위한 'D' 플래그 비트를 추가한다. 'D'비트가 설정되면 메시지를 받은 LMA는 해당 노드의 상주시간 비율 (SMR : Session to Mobility Ratio) 값을 이용하여 최적의 페이징 영역을 계산하고, 페이징 영역 MAG 리스트를 AAA 서버에 전송한다.

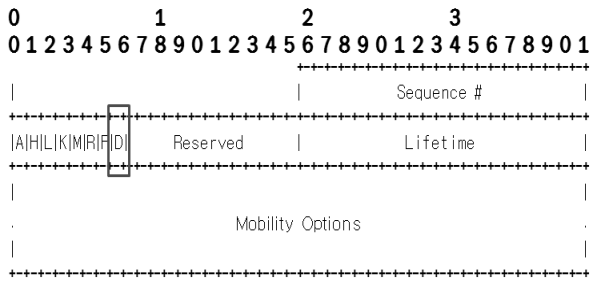


Fig. 4. PBU message formats modified

3.2 동적 페이징 위치관리기법 설계

위의 시스템 구성을 기반으로 위치등록절차는 MN이 새로운 도메인에 진입하면 MAG는 이를 인지하고 서버에 인증을 위한 질의메시지를 전송, 서버에서 인증절차가 성공적으로 수행되고, 응답 메시지를 통해 MN의 프로파일을 전송한다.

MAG는 LMA에게 PBU 메시지를 전송하며, PBU를 수신한 LMA는 해당 MN에 대한 BCE를 생성하고, LMA는 HNP(Home Network Prefix)가 포함되어 있는 PBA(Proxy Binding Acknowledgement) 메시지를 MAG에게 전송, MAG는 PBA 메시지를 이용하여 MAG와 LMA간의 양방향 터널을 생성하고, MAG는 MN의 HNP를 할당하는 라우터 광고 메시지를 MN에게 전송한다. 여기까지 등록과정은 PMIPv6와 같다.

하지만 MN의 유희타이머가 만료되고 MN이 유희모드에 진입하게 되면 Fig. 5와 같은 동적 페이징에서의 위치등록 절차를 수행한다.

- ① MAG는 LMA 서버에게 'D' 비트가 설정된 PBU 메시지를 전송, 해당 MN이 유희모드임을 알림
- ② 'D' 비트가 설정된 PBU 메시지를 받은 LMA 서버는 해당 노드의 SMR값을 이용하여 최적의 페이징 영역을 계산하고, 페이징 영역에 속하는 MAG들의 리스트를 AAA 서버에 전송
- ③ 유희모드에 있는 MN이 동일 페이징 영역 안에서 이동할 경우, MAG는 서버와 인증절차만 수행
- ④ MN이 다른 페이징 영역 이동시 MAG는 LMA와 등록절차를 수행, MN의 상태를 활성모드로 변경

3.3 이 기종 망간의 Fast Handover 기법 설계

이 기종 망으로 이동하는 MN이 PMIPv6에서 핸드오버를 실행 할 때 끊김 없는 데이터 패킷의 수신과 핸드오버 지연 시간 단축을 목표로 한다.

1) WiBro 망에서 WLAN 망으로의 이동

본 논문에서는 PMIPv6 네트워크 환경을 바탕으로 MN이 서로 다른 네트워크 형식을 지원하는 MAG 간을 이동할 때 발생하는 핸드오버에 대하여 가정한다.

IEEE 802.16(WiBro) 네트워크 기반의 P-MAG에서 IEEE 802.11(WLAN) 네트워크 N-MAG로 이동 할 경우 주위의 AP로부터 수신되는 Beacon Message를 통해 해당 AP와 주변 AP들의 정보를 저장하고 앞으로 핸드오버하게 될 AP에 대한 정보로 활용한다. Fig. 6은 WiBro 망에서 WLAN 망으로 이동 절차도이다.

WiBro에 접속되어 있는 MN이 P-AP 로부터의 수신 신호 감도가 임계치 값 이하로 떨어질 경우 MN는 MIH의

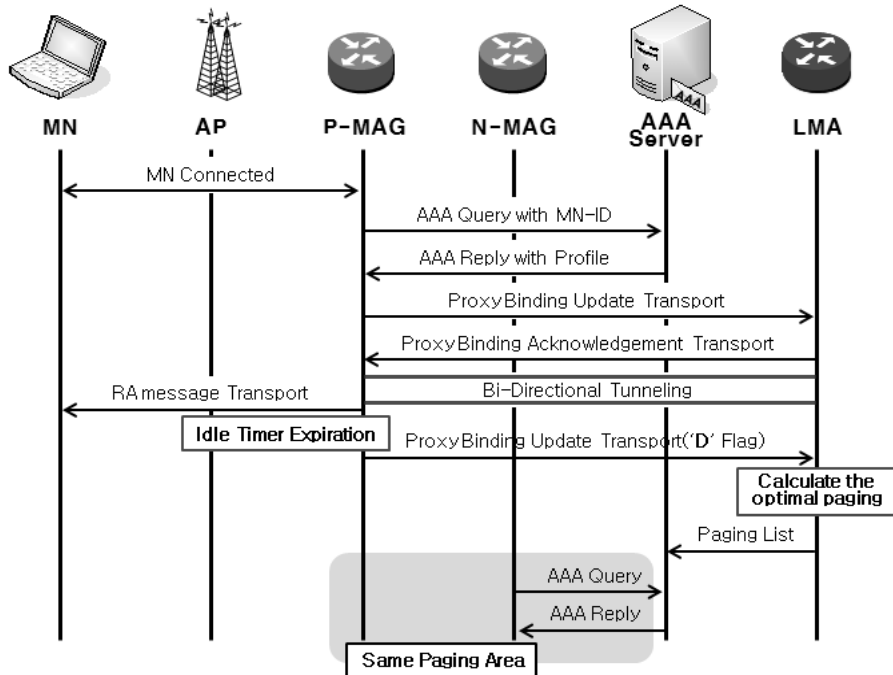


Fig. 5. Dynamic Paging Location Registration Procedure

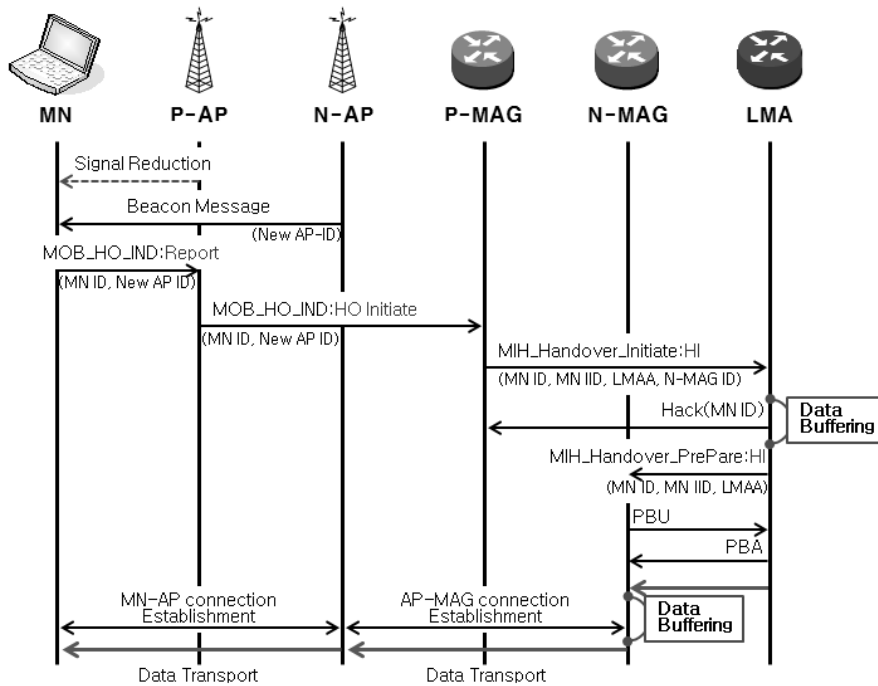


Fig. 6. Moving from WiBro to WLAN Operating procedures

LINK_GOING_DOWN 이벤트를 발생시킴과 동시에 핸드오버를 위한 준비를 시작한다.

이와 함께 이동하게 될 주변의 WLAN의 AP로부터의 Beacon Message를 수신하여 해당 AP의 정보를 습득한다. 이때 신호 강도가 우수한 N-AP의 정보를 우선으로 습득한다. 이는 앞으로 이동하게 될 가능성이 가장 높은 AP로 판단되기 때문이다.

이후 MN는 WiBro에서 정의하는 MOB_HO_IND 메시지의 Target_BS_ID를 활용하여 N-AP의 MAC 정보를 담아 P-AP에 전송, 이를 수신한 P-AP는 MOB_HO_IND(MAC : N-AP) 메시지를 P-MAG에 알리고 P-MAG는 해당 MN의 MAC 정보를 담아 MIH Command 메시지인 MIH_Handover_Initiate 메시지를 LMA에게 전송한다.

이때부터 LMA는 P-MAG로 전송할 데이터들을 N-MAG과 PMIPv6 바인딩 업데이트가 끝날 때까지 버퍼링하게 된다. 이와 동시에 LMA는 N-MAG에 MIH_Handover_Prepare 메시지와 함께 N-MAG에 핸드오버하게 될 MN의 MAC 정보를 비롯한 관련 정보를 전송하고 N-MAG와 PBU를 실행한다.

바인딩 업데이트가 끝난 뒤 LMA에 버퍼링 되어 있던 데이터를 N-MAG에 전송하고 N-MAG는 MN이 연결될 때까지 데이터를 버퍼링 해두었다가 MN이 N-MAG에 등록 되면 저장된 데이터를 전송한다.

2) WLAN 망에서 WiBro 망으로의 이동

WLAN 망에서 WiBro 망으로 이동할 경우 WLAN 망에 접속되어 있는 MN이 P-AP로부터의 수신 신호 강도가 임계값 이하로 떨어질 경우 핸드오버를 위한 준비를 시작하며 이동하게 될 가능성이 높다고 판단되는 주변의 WiBro 망의

AP로부터의 MOB_NBR_ADV 메시지를 수신하여 해당 AP의 정보를 습득한다.

WLAN 네트워크에 접속되어 있는 MN이 P-AP로부터의 수신 신호 강도가 임계값 이하로 떨어질 경우 MN는 MIH의 LINK_GOING_DOWN 이벤트를 발생시킴과 동시에 핸드오버를 위한 준비를 시작한다.

이와 함께 이동하게 될 주변의 IEEE 802.16 AP로부터의 MOB_NBR_ADV 메시지를 수신하여 해당 AP의 정보를 습득한다. 이때 신호 강도가 우수한 N-AP의 정보를 우선으로 습득한다. 이는 앞으로 이동하게 될 가능성이 가장 높은 AP로 판단되기 때문이다.

이후 MN는 Beacon Response Message에 N-AP의 MAC 정보를 담아 P-AP에 전송한다. 이를 수신한 P-AP는 메시지를 P-MAG에 알리고 P-MAG는 해당 MN의 MAC 정보를 담아 MIH Command 메시지인 MIH_Handover_Initiate 메시지를 LMA에 전송한다.

Fig. 7은 WLAN 망에서 WiBro 망으로 이동의 동작 절차도이다.

이때부터 LMA는 P-MAG로 전송할 데이터들을 N-MAG과 PMIPv6 바인딩 업데이트가 끝날 때까지 버퍼링하게 된다. 이와 동시에 LMA는 N-MAG에 MIH_Handover_Prepare 메시지와 함께 N-MAG에 핸드오버하게 될 MN의 MAC 정보를 비롯한 관련 정보를 전송하고 N-MAG와 PBU를 실행한다.

바인딩 업데이트가 끝난 뒤 LMA에 버퍼링 되어 있던 데이터를 N-MAG에 전송하고 N-MAG는 MN이 연결될 때까지 데이터를 버퍼링 해두었다가 MN이 N-MAG에 등록 되면 저장된 데이터를 전송한다.

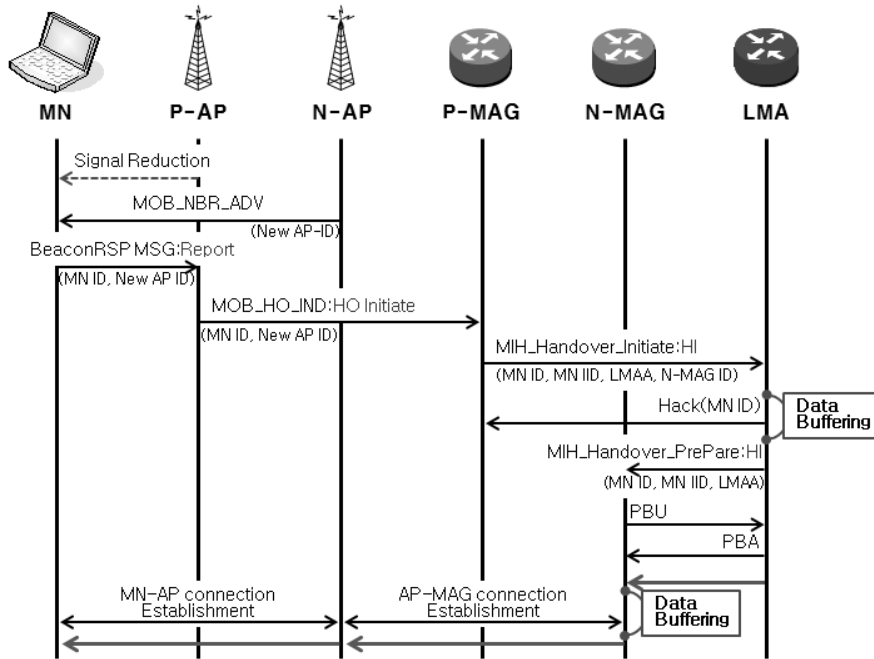


Fig. 7. Moving from WLAN to WiBro Operating procedures

4. 제안기법 평가

4.1 제안기법의 성능평가

1) 성능평가를 위한 제안기법 모델 구조

본 논문에서는 제안기법의 성능분석을 위해 정육각형 유체유동(fluid flow) 구조의 네트워크 모델을 사용한다. PMIPv6 도메인 영역은 서브넷 영역의 집합으로 간주될 수 있으며, 벌집모형의 모델은 평면에 겹치는 공간이 없고 원형에 가깝게 도식화 하는데 유리하므로 이동성 모델에 자주 사용된다.

모든 서브넷의 크기는 동일한 모양, 동일한 크기를 가진다고 가정하고, Fig. 8은 동일한 크기의 정육각형으로 표시할 수 있다[12].

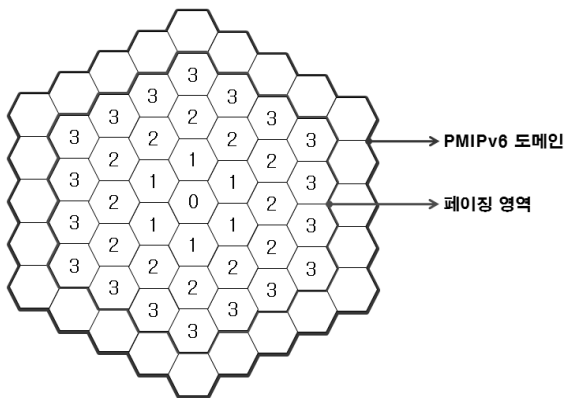


Fig. 8. Hexagon fluid flow model

서브넷의 둘레를 1이라고 가정하면, 서브넷의 면적 A_s 는 $\frac{\sqrt{3}}{24}l^2$ 이 된다. 제안기법에서 페이징 영역은 서브넷의 집합이라고 볼 수 있으며, PMIPv6 도메인 영역의 부분집합이라고 볼 수 있다. 페이징 영역의 중앙의 서브넷을 Ring 0, 중앙을 제외한 나머지 주변의 6개의 서브넷을 Ring 1이라고 하고, Ring 1의 셀은 모두 '1'로 표시된다. 식(1)은 Ring R개를 가진 PMIPv6 도메인의 전체 서브넷의 수 $N_T(R)$ 를 구하는 식이다.

$$N_T(R) = 1 + 6 \sum_{r=1}^R (r-1) = 3R(R+1) + 1 \quad (1)$$

또한, 식(2)는 Ring r개를 가진 페이징 영역의 둘레를 구하는 식이다.

$$L = (2r+1)l \quad (2)$$

또한 도메인 내 각 MN는 PMIPv6의 서브넷을 단일분포를 따라 $[0z, 2\pi]$ 사이를 이동할 때, v 를 MN의 평균속도, ρ 를 MN의 밀도라고 가정하면, MN의 각 교차율은 서브넷은 $R_s = \frac{\rho vl}{\pi}$, 셀(Cell)은 $R_c = \frac{\rho vl_c}{\pi}$, 도메인은 $R_d = \frac{\rho vl(R)}{\pi}$ 로 나타낼 수 있다[6,14].

이와 함께 L_c , $L(R)$, ρ (mobiles/m2)는 각각 셀의 둘레, 도메인의 둘레, MN들의 밀도를 나타내며 도메인 둘레의 길이는 식(3)과 같다.

$$L(R) = 6 \times (2R+1) \times \frac{L_c}{6} \quad (R \geq 1) \quad (3)$$

2) 위치관리비용 제안기법 성능분석

PMIPv6와 동적 페이징을 지원하는 제안기법의 위치관리 비용 계산식을 위해 각각의 위치관리비용을 구하기 위해 Table 2와 같은 매개변수를 정의한다.

Table 2. The parameters for the cost calculation

매개변수	설 명
R_r	MN의 평균 바인딩 갱신 비율
A_s	서브넷의 면적
l	서브넷의 둘레
L	페이징 영역의 둘레
σ	MN의 상태가 활성상태일 확률
λ_s	MN의 평균 세션 도착 시간
$1/\lambda_m$	MN의 서브넷 평균 상주시간
t_α	MAG와 서버간의 평균 거리(hop의 수)
t_β	MAG와 LMA간의 평균 거리(hop의 수)
δ_U	위치등록비용을 위한 비례상수
δ_T	터널링 설정비용을 위한 비례상수

제안기법에서는 위치관리비용은 감소하지만, 상대노드 (Correspondent Node, CN)가 MN에게 패킷을 전송하는 경우 페이징을 위한 추가 비용이 발생하고, 계산식은 위치등록비용과 페이징비용으로 구성한다[13].

MN의 세션도착시간은 포아송 프로세스를 따른다고 가정하고, MN의 서브넷 상주시간은 평균 $\frac{1}{\lambda_m}$ 과 분산 V_m 을 갖는 감마분포를 따른다고 가정하면, 이 분포의 라플라스-스틸체스 변환은 다음과 같다.

$$f^*_m(s) = \left(\frac{\delta\lambda_m}{s + \delta\lambda_m}\right)^\delta, \text{ where } \delta = \frac{1}{V_m\lambda_m^2} \quad (4)$$

식(5)는 두 세션도착 시간 사이 MN이 K개의 서브넷 경계를 지나갈 확률, $\alpha(K)$ 를 구하는 식이다[14].

$$\alpha(K) = \begin{cases} 1 - \frac{1}{\theta} [1 - f^*_m(\lambda_s)] & , K=0 \\ \frac{1}{\theta} [1 - f^*_m(\lambda_s)]^2 [f^*_m(\lambda_s)]^{K-1} & , K > 0 \end{cases} \quad (5)$$

여기서 θ 는 SMR값이며, $\theta = \frac{\lambda_s}{\lambda_m}$ 이 된다. 식(6)은 두 세션도착 시간동안 MN이 이동 한 서브넷의 수 N_s 를 구하는 식이다.

$$N_s = \left\lceil \sum_{K=0}^{\infty} K \cdot \alpha(K) \right\rceil \quad (6)$$

MN의 이동방향이 동일하다고 가정하면, 페이징 영역내의 서브넷의 수 N_p 는 PMIPv6 도메인 전체의 서브넷 수보다 크지 않으므로 다음과 같이 구할 수 있다.

$$N_s = \min \{R, N_s\} \quad (7)$$

$$N_p = \min \{N_T(R), 3N_s(N_s + 1) + 1\} \quad (8)$$

또한, 식(7)을 이용하여 MN의 페이징 영역 교차율 R_p 는 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$R_p = \frac{\rho\nu L}{\pi} = \frac{\rho\nu(2N_s + 1)l}{\pi} \quad (9)$$

PMIPv6의 경우 MN이 이동 할 때마다 MAG가 위치등록을 수행하므로, 식(9)를 이용하여 구한 PMIPv6의 위치관리 비용 C_L 은 다음과 같다.

$$C_L = ((2t_\alpha + 2t_\beta)\delta_U + \delta_T) \times [R_s \cdot N_p + \rho \cdot A_s \cdot N_p \cdot R_r] \quad (10)$$

식(10)은 MAG와 LMA에 위치등록 및 터널링 수행에 드는 비용과 MN이 바인딩 정보를 갱신을 하는 경우 발생하는 위치등록비용으로 구성되어 있다. 제안기법의 경우 MN은 페이징 영역 내에서 이동할 경우 LMA에 위치등록을 수행하지 않는다. 따라서 식(10)을 이용한 제안기법의 위치관리비용은 다음과 같다.

$$C_L^{DP} = ((2t_\alpha + 2t_\beta)\delta_U + \delta_T) [R_p + \sigma(R_s \cdot N_p - R_p) + \rho \cdot A_s \cdot N_p \cdot R_r + \rho \cdot A_s \cdot N_p (1 - \sigma)\lambda_s] + (N_p + 2t_\beta + \delta_T) \cdot \rho \cdot A_s \cdot N_p \cdot (1 - \sigma)\lambda_s \quad (11)$$

식(11)은 각각 MN이 유휴상태, 활성상태일 때 위치등록 비용, 그리고 MN이 유휴상태일 때 데이터 송수신에 의해 발생하는 위치등록비용 및 페이징 비용으로 구성된다. 정적 페이징의 경우 MN의 페이징 영역 교차율 R'_p 는 다음과 같이 정리된다.

$$R'_p = \frac{\rho\nu(2R + 1)l}{\pi} \quad (12)$$

식(11), (12)를 이용하여, 정적 페이징의 위치관리비용은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C_L^{SP} = ((2t_\alpha + 2t_\beta)\delta_U + \delta_T) [R'_p + \sigma(R_s \cdot N_p - R'_p) + \rho \cdot A_s \cdot N_p \cdot R_r + \rho \cdot A_s \cdot N_p (1 - \sigma)\lambda_s] + (N(R)_T + 2t_\beta + \delta_T) \cdot \rho \cdot A_s \cdot N_p \cdot (1 - \sigma)\lambda_s \quad (13)$$

Table 3은 성능분석 위한 매개변수 이다[11,13,14,15].

Table 3. Set parameters for performance analysis

매개변수	값	매개변수	값
ρ	0.01~100	λ_s	0.1
ν	10~100	$1/\lambda_m$	0.01~100
l	100	t_α	4
R	10	t_β	16
$N_T(R)$	31~111	δ_U	10
R_f	0.2	δ_T	3
V_m	100	σ	0.05

3) Fast Handover 제안기법 성능분석

핸드오버 지연시간은 L2 핸드오버 개시를 기점으로 하며 MN이 위치등록을 마칠 때까지 소요되는 지연시간을 비교한다. 이와 함께 핸드오버에 관련한 MN와 LMA, MAG, CN, HA는 모두 MIH 스택을 탑재하고 있다. 또한 크기가 작은 핸드오버의 제어 메시지 전송 지연시간과 각각의 노드에서의 발생하는 처리 지연시간은 고려하지 않는다. Table 4는 성능 평가를 위하여 지연시간에 대한 매개변수를 나타낸다.

Table 4. Message transmission Delay time parameters

NAP1	MN에서 P-AP로 MOB_HO_IND
NAP2	P-AP에서 P-MAG로 MOB_HO_IND
NAP3	MN에서 P-AP로 Beacon Response
NAP4	P-AP에서 P-MAG로 Beacon Response
L2	MN에서 L2 Handover
AP1	MN이 AP로의 Attach
AP2	AP에서 MAG로 Attach
RA1	MAG에서 AP로 RA
RA2	AP에서 MN로 RA
ARE	MAG에서 서버로 인증요청
ARP	서버에서 MAG로 인증응답
HI	P-MAG에서 LAM로 MIH_Initiate
HP	LMA에서 N-MAG로 MIH_Prepare
PBU	Proxy Binding Update
PBA	Proxy Binding Ack.

본 논문에서 제안하는 기법과 PMIPv6 핸드오버의 지연 시간 DtHo는 식(14), (15)와 같이 나타낼 수 있다.

- PMIPv6 : $Dt_{Ho} = L2 + AP1 + AP2 + ARE + ARP + RA1 + PBU + PBA + RA2$ (14)

- 제안기법 : $Dt_{Ho} = L2 + NAP1(NAP3) + NAP2(NAP4) + HI + HP + PBU + PBA$ (15)

이를 유체유동 모델에 적용, 핸드오버 지연시간 DT를 정리하면 식(16)과 같다. N(A)는 셀의 면적이다.

$$Dt = \frac{pN(A)}{N(R)R_C - R_d} Dt_{HO} \quad (16)$$

특히 제안기법에서 MN의 정보를 MOB_HO_IND에 담아 사전에 LMA와 N-MAG에 전송함으로써 기존의 PMIPv6에서 MN의 프로파일 획득과 인증을 위한 AAA 서버와의 메시지 송·수신 절차를 생략하여 핸드오버 절차를 간소화 하였다.

4.2 제안기법의 효율성 평가

PMIPv6와 본 논문에서 제안하는 기법의 성능 비교를 위하여 위치관리비용은 Table 3의 매개변수들을 식(11)에 적용하였고, 핸드오버 지연시간은 표 4의 파라미터 값 들을 식(16)에 적용하여 도출하였다.

1) 저속이동 환경에서의 제안기법 효율성 평가

Fig. 9는 저속이동 환경에서 기존 PMIPv6와 제안기법에서의 위치관리비용과 지연시간을 그래프로 나타낸 것이다. MN의 이동속도에 따라서 10~30km/h의 저속 환경을 고려하였다.

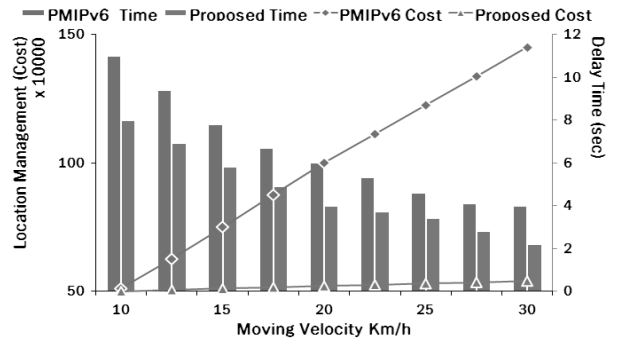


Fig. 9. Location management cost and delay Time in Low-speed environments

Fig. 9의 그래프를 보면 제안기법과 PMIPv6를 비교하면 위치관리비용은 최소 13%에서 최대 59%가 절약되고, 핸드오버 지연시간은 최소 26%에서 최대 36%가 단축 되어 있는 것을 알 수 있다.

또한, 그래프에서는 위치관리비용이 증가하면 핸드오버 지연시간은 감소하는 반비례 관계를 가진다. 따라서 도출된 지연시간과 관리비용을 곱하여 시간비용을 도출하였다. Fig. 10은 저속 환경에서 기존의 PMIPv6의 기법과 제안하는 기법의 시간비용이다.

Fig. 10의 그래프를 통하여 PMIPv6에 대한 MN이 10km/h~30km/h의 저속이동 환경에서 제안하는 기법이 기존의 PMIPv6의 기법보다 최소 29%에서 최대 80%까지 시간비용이 낮음을 확인 할 수 있다.

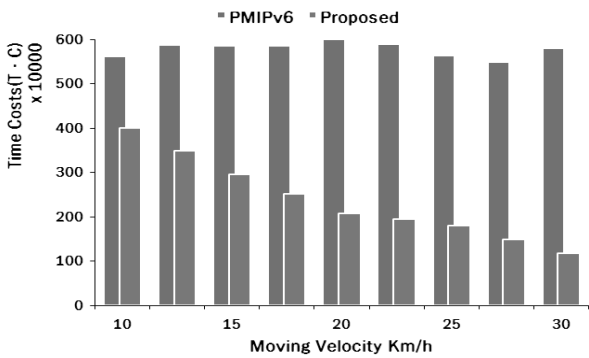


Fig. 10. Comparison of time cost in Low-speed environments

2) 고속이동 환경에서의 제안기법 효율성 평가

Fig. 11은 고속이동 환경에서 기존 PMIPv6와 제안기법에서의 위치관리비용과 지연시간을 그래프로 나타낸 것이다. MN의 이동속도에 따라서 80~100km/h의 고속 환경을 고려하였다.

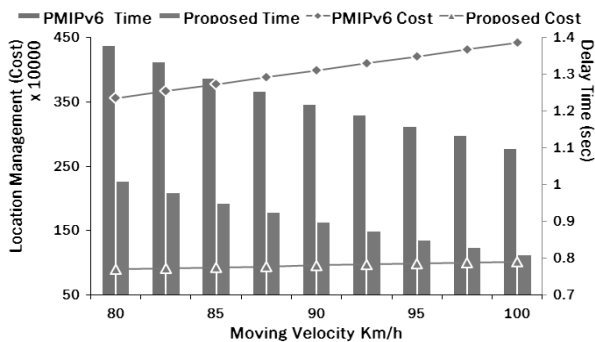


Fig. 11. Location management cost and delay Time in High-speed environments

Fig. 11의 그래프를 보면 제안기법과 PMIPv6를 비교하면 위치관리비용에 대한 차이는 약 77%~79%가 절감되고, 핸드오버 지연시간은 약 26%~27%가 단축 되어 있는 것을 알 수 있고, Fig. 12는 고속 환경에서 기존의 PMIPv6의 기법과 제안기법의 시간비용이다.

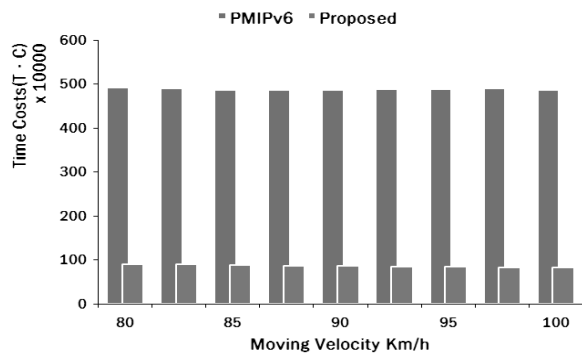


Fig. 12. Comparison of time cost in High-speed environments

Fig. 12의 그래프를 통하여 PMIPv6에 대한 MN이 80km/h~100km/h의 고속이동 환경에서 제안하는 기법이 기존의 PMIPv6의 기법보다 약 81%~83%까지 시간비용이 낮음을 확인 할 수 있다.

따라서 Fig. 10, 12의 그래프를 통하여 PMIPv6 보다 본 논문에서 제안하는 위치관리비용기법과 Fast Handover 기법이 더 효율적임을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 기존의 MN이 이동시 에이전트들은 위치 등록은 MN의 통신 여부와 상관없이 수행되어 불필요한 위치관리비용을 발생시키며, 이 기종 네트워크간의 핸드오버를 수행 할 때 지연시간 단축을 위하여 PMIPv6 기반에서 이 기종 망간의 MN이 이동시에 소요되는 위치관리비용과 핸드오버 지연시간 단축을 위하여 동적 페이징을 적용한 위치관리기법과 MIH를 이용한 Fast Handover 기법을 제안하였다.

제안하는 Fast Handover 기법은 WLAN 환경에서 제공하는 Beacon Message를 통해 주변 AP의 MAC 정보를 활용하고 또한 MIH의 LINK_GOING_DOWN 메시지를 바탕으로 빠른 핸드오버를 지원한다. 이를 통하여 MN이 이웃한 MAG로 이동시 사전에 LMA와 N-MAG 사이에 바인딩 업데이트가 이루어지고 데이터를 미리 버퍼링함으로써 빠르게 데이터 패킷을 전송할 수 있다. 제안기법에 대한 평가는 저속과 고속에서의 이동성을 바탕으로 성능 평가를 하였다.

또한 동적 페이징을 이용한 효율적인 위치관리기법에서 MN이 활성상태일 때 PMIPv6와 동일하게 LMA에 위치등록을 수행한다. 하지만, MN이 유휴상태일 경우에는 MAG는 원거리에 위치한 LMA에 등록하지 않고, MN의 통신 및 이동패턴에 따른 동적 페이징 기법을 이용하여 위치관리비용을 감소할 수 있다. 제안기법의 성능을 분석하기 위하여 유체이동 모델을 이용한 위치관리비용 계산식을 구하였으며, 수학적인 비용 분석 결과를 통하여 제안기법이 PMIPv6보다 우수한 성능을 제공함을 알 수 있다.

따라서 각각의 평가에서 도출된 자료를 토대로 위치관리비용과 지연시간을 모두 고려하여 평가한 결과 MN의 이동속도에 따라 최소 29%에서 최대 83% 제안기법이 기존의 PMIPv6 보다 더욱 효율적이다.

향후에는 본 연구를 토대로 실제 네트워크 환경을 구축하여 Real-Model 기반에서의 실험 및 평가를 진행할 예정이다.

참고 문헌

[1] C. Perkins, Ed., "IP Mobility Support in IPv4," IETF RFC 3344, August, 2002.
 [2] NCO/NITRD, "Federal Plan for Advanced Networking Research and Development," Interagency Task Force for

Advanced Networking, May, 2007.

[3] R. Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6," RFC4068, July, 2005.

[4] Christian M. Mueller, and Oliver Blume, "Network based Mobility with Proxy Mobile IPv6," Proceedings of IEEE 18th International Symposium on PIMRC 2007, pp.1-5, September, 2007.

[5] B. Sarikaya, et al., "PMIPv6 Route Optimization Protocol," IETF, draft-qin-mipshop-pmipro-01, November, 2007.

[6] S. Gundavelli, et al., "Proxy Mobile IPv6" IETF, draft-ietf-netlmm-proxymipv6-01, work in Progress, February, 2008.

[7] Younghyun Kim, Sangheon Pack, Chung Gu Kang, Soonjun Park, "an enhanced information server for seamless vertical handover in ieee 802.21 mih networks", Publication Computer Networks Source Vol.55, Issue 1, 2011. 1 pp.147-158.

[8] Young-Chul Jung, Young-Tak Kim, "QoS-Aware Customer Network Management (Q-CNM) System for Efficient Handovers with PMIPv6 and MIH" Challenges for Next Generation Network Operations and Service Management Lecture Notes in Computer Science Vol.5297, 2008, pp.276-286.

[9] <http://www.ieee802.org/21/>, "802.21 Tutorial"

[10] Joo Chul Lee, and Jung Soo Park, "Fast Handover for Proxy Mobile IPv6 based on 802.11 Networks," IEEE ICACT, Feb., 2008, pp.1051-1054.

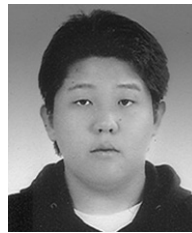
[11] Yi-Bing Lin, Shun-Ren Yang, "A Mobility Management Strategy for GPRS" IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol.2, pp.1178-1188, November, 2003.

[12] Antoine Stephane, A.H Aghvami, "Fast Handover Schemes for Future Wireless IP Networks:a Proposal and Analysis" Vehicular Technology Conference, 2001. VTC 2001 Spring. IEEE VT

[13] X. Zhang, J. Castellanos, and A. Campbell, "Design and Performance of Mobile IP Paging" ACM Mobile Networks and Applications , pp.127-141, March, 2002.

[14] Lin, Y.-B. "Reducing Location Update Cost in a PCS Network" IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol.5, No.1, pp.25-33, February, 1997.

[15] Jong-Hyook Lee, Tai-Myoung Chung, Sangheon Pack, Sri Gundavelli, "Shall we apply paging technologies to proxy mobile IPv6" In Proc. of the 3rd international workshop on Mobility in the evolving internet architecture, pp.37-42, 2008.



심재성

e-mail : 11sjs28@naver.com
 2011년 평생교육진흥원 컴퓨터공학(공학사)
 2011년~현 재 가천대학교 전자계산학과
 석사과정
 관심분야: 통신이론, 의료정보 서비스,
 네트워크 시큐리티



박석천

e-mail : scpark@gachon.ac.kr
 1977년 고려대학교 전자공학과(학사)
 1982년 고려대학교 컴퓨터공학(석사)
 1989년 고려대학교 컴퓨터공학(박사)
 1979년~1985년 금성통신연구소
 1991년~1992년 UC, Irvine Post Doc.
 1988년~현 재 가천대학교 컴퓨터공학과 정교수
 관심분야: 차세대 인터넷, 멀티미디어 통신, 네트워크 시큐리티,
 액티브 네트워크