

# IPv6기반 와이브로 시스템에서 실시간 트래픽을 위한 개선된 빠른 핸드오버 방안

정회원 정 석 종\*, 이 성 근\*\*, 종신회원 박 진 우\*\*

## An Enhanced Fast Handover Scheme for Real-Time Traffic in IPv6 Based WiBro Network

Seokjong Jeong\*, Sungkuen Lee\*\* *Regular Members*, Jinwoo Park\*\* *Lifelong Member*

### 요 약

본 논문에서는 IPv6기반 와이브로(WiBro) 시스템에서 핸드오버 지연을 최소화하고, 핸드오버 시 패킷손실이 없는 빠른 이동성제공방안을 제안한다. 이동검출과정에서의 처리지연을 줄이기 위해 링크계층에서 감지한 트리거 정보를 기반으로 링크계층(L2)의 핸드오버와 네트워크 계층(L3)의 핸드오버 처리과정을 결합시켜 단말과 네트워크간의 핸드오버 메시지교환 절차를 단순화하는 방안을 제안한다. 새로운 임시주소 생성과정에서 처리지연을 줄이기 위해 주소생성, 분배 및 관리를 새로운 네트워크 쪽에서 제어하는 방안을 제안한다. 또한, 패킷 전달지연의 최소화 및 패킷손실을 없애기 위해 PACR와 NACR를 연결하는 차 상위계층의 크로스오버 라우터(CR) 개념을 도입하고, CR에 패킷버퍼기능을 제안한다. 시뮬레이션 결과는 본 논문에서 제안한 방안이 셀 중첩반경이 좁고 단말의 이동속도가 빠른 핸드오버 환경에서도 기존 방식에 비해 처리지연이 최소화되고 패킷 손실이 없음을 보여준다.

**Key Words** : NC-FMIPv6, FMIPv6, Smooth handover, Fast handover, Seamless mobility

### ABSTRACT

In this paper, a new handover management scheme has been proposed to reduce handover latency and to support fast handover without packet losses, so that it may be applicable to the wireless mobile Internet system such as IPv6-based WiBro system. To minimize the handover latency in processing of movement detection, we propose the handover management scheme which simplifies the handover message exchanging procedure between mobile subscriber station (MSS) and network by integrating layer 2 and layer 3 handovers efficiently based on the layer2 information. To reduce the processing delay from new care-of-address (NCoA) configuration during handover, we propose that NCoA is created, distributed and managed by new access control router (NACR). In addition, in order to minimize the packet transmission delay and eliminate the packet losses, the proposed scheme employs a crossover router (CR) which is upper network located over PACR and NACR and employs the packet buffering for MSS. The simulation study shows that the proposed scheme achieves loss-free packet delivery and low latency in the environment of narrow overlapped cell area or high velocity of the MSS, comparing the performance with the conventional schemes.

\* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2008-F-015-01, 서비스 가용성을 위한 이동성 관리 기술 연구]

\* LG-NORTEL(주) Carrier Network 연구소 (stonebell@korea.ac.kr)

\*\* 고려대학교 전자컴퓨터공학과 차세대 네트워크 연구실 (food2131@korea.ac.kr)

논문번호 : KICS2007-10-481, 접수일자 : 2007년 10월 25일, 최종논문접수일자 : 2008년 4월 2일

## I. 서 론

최근 무선 인터넷의 수요가 급격히 증가하고, IP 기반 무선 망에서 실시간성 서비스를 지원하기 위한 심리스(Seamless) 이동성 관리에 대한 중요성이 커짐에 따라 Internet Engineering Task Force(IETF)에서는 IPv6 이동성 관리 프로토콜인 Mobile IPv6(MIPv6)를 제안하였다<sup>1)</sup>. 그러나 이 방식은 이동 단말이 다른 IP 프리픽스 도메인(Prefix Domain)으로 이동할 때마다 새로운 주소(NCoA)를 자신의 홈 에이전트(HA: Home Agent) 및 상대 노드(CN: Correspond Node)와 갱신하는 과정을 수행해야 한다. 이 과정 동안 단말과 상대 노드와의 연결이 끊기게 되고 이로 인해 다량의 패킷 손실 및 긴 핸드오버 지연을 야기시켜 실시간성의 응용이나 패킷 손실에 민감한 응용 서비스 등을 지원하기에는 한계가 있다.

따라서, IETF의 MIPSHOP(MIPv6 Signaling and Handoff Optimization) 워킹 그룹에서는 IPv6 환경에서 IP계층에서의 빠른 핸드오버를 지원하기 위하여 FMIPv6(Fast Handovers for MIPv6) 프로토콜을 제안하였다<sup>11)</sup>. FMIPv6는 링크계층(Layer 2)의 트리거(Trigger) 기법을 이용한 예측된 빠른 핸드오버 처리와 패킷 손실 방지를 위한 터널기반의 핸드오버(Tunnel-based handover)를 지원한다. 그러나 이 방식은 이동할 새로운 액세스 라우터를 예측가능하나 언제 핸드오버를 시작해야 하는 지 그 시점을 정확히 예측하기가 어렵다. 또한, 링크계층 트리거에 의한 핸드오버 처리 과정에서 셀 중첩 반경이 좁거나 이동단말의 이동속도가 빠를 경우, 네트워크 계층(Layer 3) 핸드오버 메시지 처리를 완전히 끝내지 못하고 셀간 중첩지역을 통과해버리는 경우가 발생하여 핸드오버 처리 지연 및 패킷 손실을 초래할 수가 있다. 핸드오버 지연을 야기시키는 또 다른 문제는 핸드오버 과정에서 메시지 처리 즉, 링크계층에서의 이동검출 (Movement Detection), 프락시 라우터정보 요청 (Router Solicitation for Proxy), IP주소생성 (New CoA pre-configuration), 바인딩 갱신과정 (sending of FBU to PAR) 및 이동 후 새로운 네트워크로의 접속과정 (FNA to NAR) 등을 단말이 밀접히 관여한다는 것이다<sup>11),13),15)-19)</sup>. 이는 단말과 네트워크 간 시그널링(Signaling) 메시지의 증가, 이에 따른 처리지연발생, 단말의 부하증가, 단말의 전력소모증가 등의 부작용이 있을 수 있다. 이와 같은 문제점으로 인해 FMIPv6 프로토콜을 IPv6

기반 와이브로 시스템에 그대로 적용하기에는 문제가 있다. 따라서 셀 중첩반경이 좁은 환경 혹은 단말의 이동속도가 매우 빨라 셀 중첩반경을 신속히 빠져나가는 경우에서도 빠른 핸드오버 처리 및 핸드오버 시 발생하는 패킷 손실을 최소화하기 위한 최적화된 이동성 지원연구가 필요하다.

따라서 본 논문은 IPv6기반 와이브로 시스템에서 핸드오버 처리지연시간 및 패킷 손실 최소화를 위한 네트워크 기반의 빠른 이동성지원 방안 (NC-FMIPv6: Network Controlled-FMIPv6)에 대해 제안한다. 제안된 방식은 이동검출과정에서의 처리지연을 줄이기 위해 링크계층(L2)에서 감지한 트리거 정보를 기반으로 링크계층의 핸드오버 단계와 네트워크 계층(L3)의 핸드오버 처리과정을 결합시켜 단말과 네트워크간의 핸드오버 메시지 교환 절차를 단순화하는 방안을 제안한다. 새로운 주소(NCoA) 생성과정에서 핸드오버 지연을 줄이기 위해 주소생성, 분배 및 관리를 새 네트워크(NACR) 쪽에서 제어하도록 하여 관련 신호절차 단순화를 통해 네트워크 계층 핸드오버 처리지연을 감소시키는 방안을 제안한다. 또한, 핸드오버 과정 중 패킷 손실을 없애고 핸드오버 시 트래픽 경로 최적화를 통한 패킷 전달지연의 최소화를 위해 위해 PACR과 NACR을 연결하는 차상위 계층의 크로스오버 라우터 개념을 도입하고, 이 크로스오버 라우터(CR)에 패킷 버퍼 기능을 두어서 핸드오버 과정 중 버퍼링된 패킷을 NACR로 포워딩하는 방안을 제안한다.

이를 위한 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II 장에서는 IPv6 기반 네트워크에서 이동성을 제공해주는 기술들 중 FMIPv6가 가지는 기능들에 대해서 알아보고, 제 III장에서는 기존의 MIPv6 및 FMIPv6의 기술적인 단점을 극복하고 핸드오버 지연을 최소화하고 패킷 손실을 제거하기 위한 제안된 이동성 제공 방안 (NC-FMIPv6)에 대하여 알아본다. 제 IV장에서는 시뮬레이션을 통하여 본 논문에서 제안한 방안에 대한 성능분석결과를 기술한다. 마지막 제 V장에서 본 연구에 대한 결론을 맺는다.

## II. 핸드오버 메커니즘

### 2.1 Fast Handovers for MIPv6 (FMIPv6)

기존 MIPv6는 이동 단말이 링크계층 핸드오버를 수행 후 네트워크계층 핸드오버를 순차적으로 수행한다. 이러한 순차적인 핸드오버 절차로 인해 핸드오버 지연시간이 커서 VoIP (Voice over IP)와 같

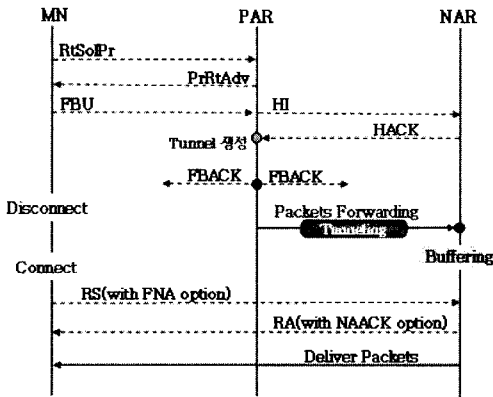


그림 1. FMIPv6의 핸드오버 처리 과정

표 1. FMIPv6의 신호 메시지

New Neighbor Discovery Message	
RtSolPr	Router Solicitation for Proxy
PrRtAdv	Proxy Router Advertisement
Inter Access Router Message	
HI	Handover Initiation
HIACK	Handover Acknowledgement
New Mobility Header Message	
FBU	Fast Binding Update
FBACK	Fast Binding Update Acknowledgement
FNA	Fast Neighbor Advertisement

은 실시간 서비스 등을 지원하기에는 어렵다는 문제점을 가지고 있다<sup>10)</sup>. FMIPv6는 이와 같이 MIPv6가 가지고 있는 긴 핸드오버 지연시간의 문제점을 개선시킨 프로토콜이다<sup>2)</sup>. FMIPv6에서 핸드오버는 핸드오버 초기화, 터널 형성, 패킷 포워딩의 세 단계에 걸쳐서 진행된다. 그림 1은 FMIPv6에서의 핸드오버 처리과정을 도시한 것이고 표 1은 FMIPv6의 신호 메시지를 나타낸 것이다.

FMIPv6에서의 핸드오버 상세동작설명은 다음과 같다.

- Step 1: 이동 노드(MN: Mobile Node)가 NAR(New Access Router)로의 이동을 감지하면, PAR(Previous Access Router)에게 NAR에 대한 정보를 요청하는 RtSolPr 메시지를 보낸다. RtSolPr에는 NAR에 대한 링크계층 ID(BS-ID)가 포함된다.
- Step 2: PAR는 BS-ID를 가지고 NAR의 링크계층주소, IP 주소, 프리픽스를 검색하여 이를

- PrRtAdv에 포함하여 이동 노드에게 송신한다.
- Step 3: 이동 노드는 NAR의 프리픽스 정보를 이용, NCoA 생성 및 이를 FBU에 포함하여 PAR에 송신, 현재 사용하고 있는 PCoA (Previous CoA)와 NCoA(New CoA)간 바인딩을 요구한다.
- Step 4: PAR는 NAR와 양방향 터널링을 위하여 NAR로 HI메시지를 송신한다.
- Step 5: NAR는 NCoA에 대한 주소중복확인과정(DAD: Duplicate Address Detection)을 수행 후, 결과를 HACK 메시지로 PAR에게 응답한다.
- Step 6: PAR는 NCoA에 대한 주소중복확인 결과를 FBACK 메시지로 이동 노드에게 전달하고, PAR과 NAR간 양방향 터널을 생성한다.
- Step 7: PAR은 이동 노드의 PCoA로 전달되는 패킷을 가로채 양방향 터널을 통해 NAR로 포워딩한다.
- Step 8: 이동 노드는 NAR로 이동하여 링크계층 핸드오버를 수행한 후 NAR로 FNA를 보내 이동이 완료 됨을 알린다.
- Step 9: NAR는 PAR로부터 수신한 패킷을 이동 노드에게 전송한다.

## 2.2 FMIPv6의 문제점

FMIPv6는 링크계층의 트리거 정보를 이용, 링크계층 핸드오버 완료 이전에 네트워크 계층 핸드오버를 미리 수행하는 예측된 빠른 핸드오버를 지원한다. 그러나 이 방식은 이동할 새로운 액세스 라우터(NAR)를 예측가능하나 정확한 핸드오버 시작시점을 예측하기가 어렵다. 핸드오버 시 이전 액세스 라우터(PAR)와 새로운 액세스 라우터(NAR) 간 터널링을 수행 함으로써 Smooth 핸드오버를 지원하나 이 과정에서 해당 구간의 링크 병목현상유발 및 라우팅 경로가 최적화되지 않아 패킷 전달지연이 발생할 수 있다. 바인딩 갱신(Binding Update) 후 이전 액세스 라우터에 버퍼링되어 포워딩되는 패킷과 상대 노드에서 이동 단말로 직접 전송되는 패킷의 수신 시 그 순서가 바뀔 수 있어 TCP 패킷의 경우, 성능 저하 문제가 발생할 수 있다. 또한, 셀 중첩반경이 좁거나 이동단말이 셀간 중첩지역을 빠르게 통과하는 경우, 새로운 망으로 이동 전 링크계층 트리거에 의한 핸드오버 시작을 감지는 하지만, FBU 메시지를 보내지 못하거나, FBU를 보냈다고 하더라도 FBACK를 수신하지 못하는 등의 네트워크 계층 핸드오버 메시지처리를 완전히 끝내지 못하고 새로

은 망으로 이동하는 상황이 발생하여 이로 인한 핸드오버 처리 지연 및 패킷 손실을 초래할 수가 있다<sup>[3],[4]</sup>. 이와 같은 문제점들로 인해 이동성이 빠른 단말 및 무선 네트워크 환경에서 FMIPv6를 그대로 적용하기에는 문제가 있을 수 있다.<sup>[7],[11],[12]</sup>

다음 장에서는 IPv6 기반 와이브로 시스템에서 위에서 언급한 문제점들을 해소하고 빠르고, 패킷 손실이 없는 이동성지원을 위해 개선된 네트워크 기반 빠른 이동성지원 방안(NC-FMIPv6)을 제안하고자 한다

### III. 제안된 네트워크 기반 빠른 이동성 지원 방안 (NC-FMIPv6)

본 논문에서 제안된 방식은 첫째, 이동검출과정에서의 처리지연을 줄이기 위해 링크계층의 핸드오버 단계와 네트워크 계층의 핸드오버 처리과정의 결합을 통해 단말과 네트워크간의 핸드오버 메시지 교환 절차를 단순화하는 방안을 제안한다. 둘째, 새로운 주소(NcoA) 생성과정에서 핸드오버 지연을 줄이기 위해 주소생성, 분배 및 관리를 새 네트워크(NACR) 쪽에서 제어하도록 하여 기존 방식보다 신호절차를 대폭 간략화하는 방안을 제안한다. 셋째, 핸드오버 과정 중 패킷 손실을 없애고 트래픽 경로 최적화를 통한 패킷 전달지연의 최소화를 위해 PACR과 NACR을 차 상위 계층에서 연결해주는 크로스오버 라우터(CR) 개념을 도입하고 CR에 패킷 버퍼 기능을 두어 핸드오버 과정 중 버퍼링된 패킷을 CR에서 NACR로 포워딩하는 방안을 제안한다. 여기서 CR은 복수개의 ACR들을 연결시켜 ACR간 통신경로를 제공해주는 ACR보다 계층상 상위 개념의 라우터이다. 그림 3은 본 논문에서 제안한 방안을 설명하고자 하는 WiBro Network에서의 PRAS, NRAS, PACR, NACR 및 CR의 계층적 구조이며 시뮬레이션 시스템 모델이다. 한편 여기서 설명할 와이브로 망 구조는 하나의 제어국(ACR)이 다수개의 기지국(RAS)을 관리하는 형태를 가정한다. 그림 2는 본 논문에서 제안한 NC-FMIPv6의 핸드오버 동작과정을 보여준다.

제안한 네트워크 기반의 빠른 이동성 지원 방안의 동작과정은 다음과 같다. 이동 단말은 현 기지국(PRAS: Previous Radio Access Station)으로부터 주기적으로 방송되는 인접 기지국(NRAS: New RAS)들의 ID 정보를 MOB\_NBR\_ADV 메시지를 통해 수신하며, 이동하는 과정에서 PRAS로부터 수

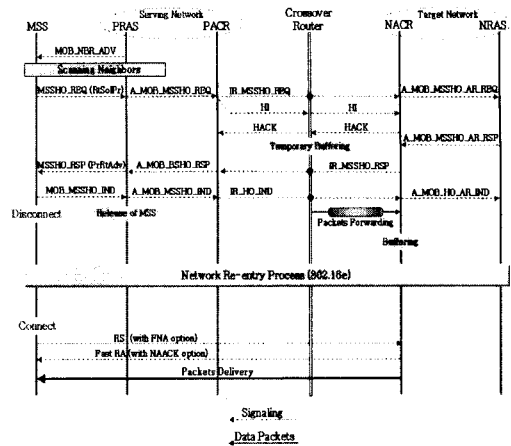


그림 2. NC-FMIPv6 핸드오버 처리 과정

신되는 신호강도가 임계 치에 다다르게 되면, NRAS들로부터 수신되는 하향 링크의 신호 품질을 측정하는 스캐닝(Scanning) 절차를 수행하게 된다.

- Step 1: 이동 단말은 핸드오버가 가능한 인접 기지국들을 탐색하고 이들이 속한 제어국(NACR) 정보 및 핸드오버를 요구하기 위하여 MSHO\_REQ 메시지를 생성하여 현 기지국으로 송신한다. 이 메시지 내에는 이동 단말의 링크계층주소, NRAS의 링크계층 ID(BS-ID) 정보가 포함된다.
- Step 1.1: PRAS는 PACR로 A\_MOB\_MSHO\_REQ 메시지를 보내 핸드오버 준비 요구 및 NRAS가 속한 NACR 정보를 요구한다. 이 메시지 내에는 단말의 ID(MSS-ID), 연결 파라미터(connection parameters), 단말의 성능(capabilities), 요구 대역폭(requested BW) 및 요구되는 QoS 정보 등이 포함될 수 있으며, 빠른 핸드오버 처리 및 핸드오버 후 신속한 서비스 수행을 위해 이 정보들은 네트워크 계층(L3) 핸드오버 처리 시 후보 기지국들(NRAS)과 사전에 교환할 수 있도록 한다.
- Step 1.2: PACR은 NRAS의 ID가 다른 ACR 소속의 기지국인 경우 IR\_MSHO\_REQ 메시지를 CR을 거쳐서 해당 NACR로 송신하여 핸드오버 준비를 요구한다. NACR은 A\_MOB\_MSHO\_AR\_REQ 메시지를 생성 및 이를 핸드오버 후보 기지국들(NRAS)에 송부하여 핸드오버를 준비할 수 있도록 한다.
- Step 1.3: 이와 동시에, PACR은 HI 메시지를 CR을 경유하여 NACR에게 송신하여 핸드오버를 준

비하도록 한다. 이 메시지 내에는 단말의 링크계층 주소 및 PCoA를 포함한다. CR은 HI 메시지를 수신하면 이를 NACR로 전송하고, 자신은 이동 단말의 PCoA로 향하는 패킷을 NACR로 포워딩하기 위해 버퍼링을 준비한다. 기존 FMIPv6와는 달리 제안한 NC-FMIPv6 방식에서는 HI 메시지를 핸드오버 과정에서 패킷 버퍼링과 포워딩을 위한 정보교환 및 NACR에서 NCoA를 미리 구성하기 위한 용도로 사용한다.

- Step 1.4: NACR은 HI 메시지를 수신하면 이동 단말의 PCoA에 대한 호스트 라우팅 엔트리(Host routing entry)를 구성하며, 이동 단말의 링크계층주소 및 자신의 프리픽스 정보를 가지고 이동 단말이 사용할 NCoA를 미리 구성한다. 이후 NACR은 HI 응답으로 HACK 메시지를 CR로 송신한다. CR은 이를 PACR 쪽으로 전송하고 자신은 이동 단말의 PCoA로 향하는 패킷들에 대한 버퍼링을 시작한다.
- Step 2: 핸드오버 후보 기지국은 이동 단말이 요구하는 핸드오버에 대한 준비 결과를 A\_MOB\_MSSHO\_AR\_RSP 메시지에 포함하여 NACR에게 응답한다.
- Step 3: NACR은 후보 기지국들의 핸드오버 준비 결과를 수신하면 IR\_MSSHO\_RSP 메시지를 즉시 생성하고, 이를 CR을 경유하여 PACR로 송신한다.
- Step 4: PACR은 IR\_MSSHO\_RSP 내에 포함된 후보 기지국들의 핸드오버 준비 결과를 참조하여 핸드오버 할 목적지 기지국(Target NRAS)을 선정하고, A\_MOB\_BSHO\_RSP 메시지를 PRAS에 송부하여 이동 단말에게 최종 핸드오버를 지시한다.
- Step 4.1: PRAS는 MSSHO\_RSP 메시지를 생성하여 이동 단말에게 송부한다. 이 메시지 내에는 이동 단말이 요구한 BS-ID에 대한 NACR 관련 정보, 후보기지국들의 핸드오버 준비결과 및 PACR이 선정한 핸드오버 목적지 기지국 정보가 포함된다.
- Step 5: 이동 단말은 PACR이 선정한 핸드오버 목적지 기지국을 참조하여 Anchor RAS Update한 후 MOB\_MSSHO\_IND 메시지를 PRAS로 송신하여 핸드오버를 최종 통보하고 핸드오버를 실행한다. PRAS는 A\_MOB\_MSSHO\_IND 메시지를 PACR로 송부하여 최종 핸드오버를 통보한다.
- Step 5.1: PACR은 IR\_HO\_IND 메시지를 생성, CR을 경유하여 NACR에게 송부하여 최종 핸드

오버를 통보한다. CR은 이 메시지를 수신하면 그 동안 자신이 버퍼링하고 있던 이동 단말의 PCoA로 향하는 패킷에 대해 NACR쪽으로 포워딩한다.

- Step 5.2: NACR은 A\_MOB\_HO\_AR\_IND 메시지를 생성, 핸드오버 목적지 기지국에게 송신하여 최종 핸드오버를 통보하고, 목적지 기지국이 이동단말과 통신을 위한 환경을 사전에 설정할 수 있도록 한다.
- Step 6: 이동 단말은 핸드오버 목적지 기지국영역으로 진입, 링크계층 핸드오버를 완료 후 링크에 접속하는 즉시 라우터 간청(RS) 메시지를 송신하여 자신이 새로운 링크에 접속되었음을 알리고 자신이 사용할 NCoA를 요구한다.
- Step 7: NACR은 미리 생성한 NCoA를 NAACK 메시지에 포함, 이동 단말로 송신하고, 이동 단말에 대한 호스트 라우팅 엔트리를 이용하여 자신에 버퍼링된 패킷을 이동단말에게 송신한다.

#### IV. 시뮬레이션 및 성능 분석

본 논문에서 제안한 NC-FMIPv6의 이동성 지원 방안에 대한 성능분석은 핸드오버 지연 및 핸드오버 과정에서 발생하는 패킷 손실 등에 대하여 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 분석하고 기존 방식과 비교한다. 분석방법은 핸드오버 처리 메시지에 대한 시그널링 코스트(Signaling cost)에 대해 수식적인 해석을 통해 분석하고, 시뮬레이션을 통해 결과를 비교, 분석하여 이를 증명하고자 한다.

##### 4.1 시뮬레이션 모델 및 파라미터

NC-FMIPv6에 대한 성능측정 및 분석을 위한 시뮬레이션 시스템 모델은 그림 3과 같이 정의한다. 여기서 사용한 시뮬레이션 툴(Tool)은 OPNET™ v11.0을 사용하여 시뮬레이션을 수행하였으며, MIPv6, FMIPv6 및 제안한 NC-FMIPv6를 구현하여 분석하였다. 시뮬레이션 시나리오는 이동단말이 현 기지국(PRAS) 영역에 진입하여 초기등록과정을 수행하는 것으로부터 시작해서, 현 기지국 링크 상에서 상대노드(CN)로부터 발생하는 패킷을 수신 중 인접기지국(NRAS) 영역으로의 이동하여 핸드오버를 수행하고, 핸드오버 수행 후 NRAS로부터 패킷을 수신하는 단계까지의 과정을 시뮬레이션으로 진행하였다. 본 시뮬레이션에서 고려된 기본가정은 다음과 같다.

첫째, CN에서 CR를 거쳐서 PACR, PRAS로 패

킷을 전송하는 시간과, NACR, NRAS로 전송하는 시간은 같다. 둘째, CN에서 PACR, PRAS 및 NACR, NRAS로 패킷을 전송할 때 패킷 손실은 없다. 셋째, PRAS 혹은 NRAS에서 MSS로 패킷을 전송할 때, 즉 무선구간에서 패킷 손실은 없다. 넷째, 트래픽 패킷의 크기는 모두 같다. 시뮬레이션 파라미터는 표 2와 같이 설정하였다. 여기서 CN은 MN와 초기등록 후 UDP 패킷을 생성하여 등록된 CoA로 전송하도록 구현하였다. 이때 패킷 생성은 발생간격이 지수 분포(Exponential Distribution)를 따르게 하였다. 그림 3에서 Path1은 핸드오버 발생 이전의 트래픽 경로를, Path2는 ACR간 핸드오버 과정 중의 트래픽 경로를, 그리고 Path3은 핸드오버 종료 이후 트래픽 경로를 나타낸다.

표 2. 시뮬레이션을 위한 파라미터 정의

Parameter	Description	Value
BW <sub>wireless</sub>	무선구간에서의 대역폭	1 Mbps
BW <sub>wired</sub>	유선구간에서의 대역폭 (CN<->CR 및 CR<->PACR, NACR 구간)	100 Mbps
BW <sub>wired1</sub>	유선구간에서의 대역폭1 (PACR<->PRAS 및 NACR<->NRAS구간)	10 Mbps
t <sub>wireless1</sub>	MSS와 PRAS 구간 지연	10 ms
t <sub>wireless2</sub>	MSS와 NRAS 구간 지연	10 ms
T <sub>PRAS-PACR</sub>	PACR과 PRAS간 지연	10 ms
T <sub>NRAS-NACR</sub>	NACR과 NRAS간 지연	10 ms
T <sub>PACR-CR</sub>	PACR과 CR간 지연	10 ms
T <sub>NACR-CR</sub>	NACR과 CR간 지연	10 ms
D <sub>PACR-NACR</sub>	PACR에서 NACR까지 패킷 전송 시 지연	20 ms
T <sub>NETWORKICN-CR</sub>	패킷이 CN에서 CR까지 오는데 걸리는 시간	50 ms
S <sub>Traffic</sub>	CN에서 MSS로 송신하는 패킷 크기	1,518 Bytes
S <sub>ctrl</sub>	핸드오버 Signaling을 위한 제어 패킷 크기	64 Bytes
T <sub>L2HO</sub>	MSS가 NRAS와 무선 링크를 형성하는 데 걸리는 시간 (L2 핸드오버처리 시간)	0.15 sec

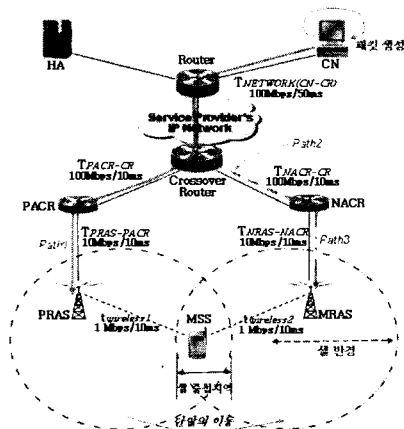


그림 3. 시뮬레이션 시스템 모델

셀 반경(Cell Radius)은 400m로 가정하였고, 셀 중첩지역(Overlapped cell area)을 40m일 경우와 20m일 경우의 두 가지로 시뮬레이션을 진행하였다. 단말의 이동속도에 따른 핸드오버 특성을 비교, 분석하기 위해 20km/h, 40km/h, 60km/h, 80km/h, 100km/h 등으로 속도를 변경하면서 시뮬레이션을 진행하였다.

#### 4.2 핸드오버 처리에 대한 시그널링 코스트 분석

##### 4.2.1 핸드오버 지연 요소 분석

그림 4는 MIPv6, FMIPv6 및 NC-FMIPv6의 핸드오버 지연요소를 나타낸 것이다. 핸드오버는 링크계층(L2) 핸드오버와 네트워크계층(L3) 핸드오버로 나눌 수 있다. 각 계층별 핸드오버 지연요소를 분석해보면 링크계층 핸드오버는 채널검색, 인증과정 및 연결과정을 수행하고, 네트워크계층 핸드오버는 라우터 광고(RA) 메시지 수신에 의한 이동감지, NCoA 생성 시간(DAD과정 포함), NCoA를 HA에 등록하기 위한 바인딩 갱신(BU) 메시지 전송시간 및 바인딩 과정으로 구분할 수 있다. 이동 단말은 라우터 광고(RA) 메시지를 수신하기 전에 먼저 라우터 요청(RS) 메시지를 송신하여 라우터 광고메시지를 수신할 수 있다. MIPv6는 핸드오버 발생 시 이전 링크를 먼저 끊고 새로운 네트워크로 이동 후 링크계층 및 네트워크계층 핸드오버 과정을 순차적으로 수행하므로 핸드오버 지연이 길어지게 된다. 이와 달리 FMIPv6 방식은 이동단말이 셀 중첩지역에 있을 때 링크계층 트리거 신호에 의해 네트워크계층 핸드오버를 먼저 수행 후 링크계층 핸드오버 과정을 수행한다. 따라서 MIPv6의 특성과는 다른 빠른 핸드오버 처리 특성을 가진다. 그러나 NCoA 생성 과정으로 인해 네트워크계층 핸드오버 처리시간이 길다. 반면, 제안한 NC-FMIPv6 방식은 네트워크계층 핸드오버 처리과정에서 신호절차의 단순화 및 NCoA 생성방법의 변경을 통해 FMIPv6에서보다 네트워크계층 핸드오버 처리지연을 대폭 감소시켰다.

##### 4.2.2 NC-FMIPv6의 핸드오버 시그널링 코스트

본 절에서는 NC-FMIPv6의 핸드오버 처리 메시지에 대한 시그널링 코스트를 분석한다. 핸드오버 처리 메시지에 대한 시그널링 코스트는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \text{Handover dealy} &= (D_{\text{MISSHO}} + D_{\text{HI}} + D_{\text{HACK}} + D_{\text{MISSHORSP}}) + (T_{\text{L2HO}} + D_{\text{RS}} + D_{\text{FastRA}}) \\
 &\approx T_{\text{L2HO}} + D_{\text{RS}} + D_{\text{FastRA}}
 \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 식 (1)을 구성하고 있는 지연요소들에 대한 의미는 표 3과 같이 정의할 수 있다. 식 (1)은 그림 4에서 표시된 메시지 흐름에 의해서 표현할 수 있다. NC-FMIPv6 방식은 전술한 바와 같이 핸드오버 처리절차의 단순화 및 이동 단말이 새로운 망으로 이동하여 사용하게 될 NCoA를 NACR이 주관하여 미리 생성하므로, 기존의 이동 단말이 직접 NCoA 생성 및 이에 대한 주소중복확인과정으로 인해 소요되던 시간지연이 FMIPv6방식에 비해 대폭 경감된다. 따라서 네트워크계층 핸드오버 메시지 처리시 소요되는 시간 즉, 각 시그널링 메시지 별 전송지연 및 각 구간별 해당 메시지의 전달지연시간은 전체 핸드오버 처리 지연시간에 미치는 정도가 미미하므로 결국 NC-FMIPv6에서의 핸드오버 지연시간은 식 (1)의 2항, 에 대한 처리시간으로 수렴될 수 있다. 이와 같은 정의를 다음 절에서 시뮬레이션을 수행하여 그 결과분석을 통해 증명하고자 한다. 다음의 식 들((2)-(7))은 식 (1)을 구성하고 있는 핸드오버 지연요소들 각각에 대한 시그널링 코스트를 나타낸다.

$$D_{MSSHO-REQ} = D_{T.of.MSS} + D_{P.MSS.PRAS} + D_{T.of.PRAS} + D_{P.PRAS.PACR} \quad (2)$$

$$D_{HI} = D_{T.of.PACR} + D_{P.PACR.CR} + D_{T.of.CR} + D_{P.CR.NACR} \quad (3)$$

$$D_{HACK} = D_{T.of.NACR} + D_{P.NACR.CR} + D_{T.of.CR} + D_{P.CR.PACR} \quad (4)$$

$$D_{MSSHO-REP} = D_{T.of.PACR} + D_{P.PACR.PRAS} + D_{T.of.PRAS} + D_{P.PRAS.MSS} \quad (5)$$

$$D_{RS} = D_{T.of.MSS} + D_{P.MSS.NRAS} + D_{T.of.NRAS} + D_{P.NRA.NACR} \quad (6)$$

$$D_{Fast-RA} = D_{T.of.NACR} + D_{P.NACR.NRAS} + D_{T.of.NRAS} + D_{P.NRAS.MSS} \quad (7)$$

여기서,  $D_T$ 는 각 노드에서의 전송지연(Transmission Delay: Packet Size/Data Rate),  $D_P$ 는 해당 노드 구간에서의 전달지연(Propagation Delay)을 의미한다.

표 3. 핸드오버 지연요소에 대한 정의

Parameter	Description
$D_{MSSHO-REQ}$	MSSHO_REQ 메시지 전송 지연
$D_{HI}$	HI 메시지 전송 지연
$D_{HACK}$	HACK 메시지 전송 지연
$D_{MSSHO-REP}$	MSSHO_RSP 메시지 전송 지연
$T_{L2HO}$	L2 핸드오버 처리 시간
$D_{RS}$	RS 메시지 전송 지연
$D_{Fast-RA}$	RA 메시지 전송 지연

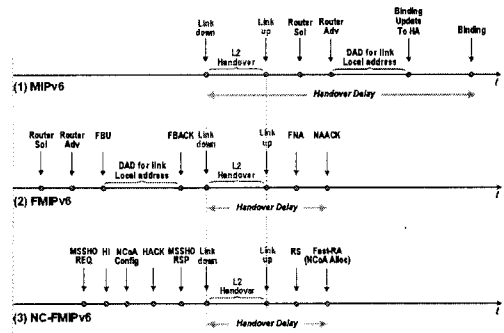


그림 4. 각 방식 별 핸드오버 지연요소

### 4.3 시뮬레이션 결과분석

#### 4.3.1 핸드오버 지연시간 측정 및 분석

핸드오버 처리지연시간을 분석하기 위해 셀 중첩 지역 및 단말의 이동속도를 본 논문에서 설정한 파라미터 값을 적용 및 변경해가면서 시뮬레이션을 진행하였다. 여기서 핸드오버 처리지연시간이란 이동 단말이 핸드오버 전에 이전 링크(PRAS)를 통해 마지막 패킷을 수신하고 핸드오버를 수행한 후 새로운 링크(NRAS)에서 첫 패킷을 수신하는데 까지 걸리는 시간으로 정의한다.

그림 5는 셀 중첩지역이 40 m 인 경우, 핸드오버 시 이동 단말의 속도 변화에 따른 각 방식 별 핸드오버 지연 특성을 나타낸 것이다. X축은 단말의 이동속도를 나타내며, Y축은 각 방식 별 핸드오버 처리지연 시간을 나타낸 것이다. MIPv6 방식의 경우 단말의 이동 속도와는 크게 관계없이 1.4초 대에서 길고 거의 일정한 핸드오버 지연 특성을 보였다. 이는 핸드오버 처리 시 이전 링크를 먼저 끊고 새로운 서브넷으로 이동 후, 링크계층 핸드오버 및 네트워크계층 핸드오버 처리 과정을 순차적으로 진행 함에 따라 발생하는 지연특성이다. FMIPv6 방식에서는 단말의 이동속도가 80 Km/h 이하에서는 NC-FMIPv6 방식과 거의 동일한 수준의 핸드오버 지연특성을 보였으나 80Km/h 지점부터 그 이상의 속도에서는 핸드오버 처리지연이 급격히 증가함을 보였다. 이는 이동 단말이 셀 중첩지역에 머무르는 시간 내에 네트워크계층 핸드오버 처리가 완료되어야 하는 데, 단말의 이동속도가 빨라 네트워크계층 핸드오버 시그널링 메시지 중 하나인 FBU 메시지를 보내지 못하거나 혹은 FBU 메시지를 보냈다고 하더라도 그의 응답신호인 FBACK 메시지를 네트워크 쪽으로부터 수신하지 못하고 셀 중첩지역을 벗어나버린 경우이다. 이 경우,

이동 단말은 FMIPv6의 리액티브 모드(Reactive Mode)로 핸드오버 처리 절차를 수행하거나 혹은, MIPv6 방식에 의한 핸드오버 처리 절차를 다시 수행하게 된다. 반면, 제한한 NC-FMIPv6 방식에서는 단말의 이동속도에 크게 관계 없이 핸드오버 처리시간이 0.20초 대에서 매우 안정하고 빠르며 핸드오버 처리 지연시간이 타 방식에 비해 매우 짧은 특성을 보였다. 이는 빠른 핸드오버 처리를 위해 링크계층의 핸드오버 단계와 네트워크 계층의 핸드오버 처리과정을 결합시켜 단말과 네트워크간의 핸드오버 메시지 교환 절차 단순화 및 이동 단말의 주소(NCoA) 생성 및 관리를 NACR에서 수행하도록 함으로써 관련 절차 단순화에 의한 처리시간을 줄였고, 핸드오버 과정 중 패킷 손실 방지를 위해 CR에서 잠정적인 패킷 버퍼링 및 적절한 시점에 이를 NACR로 포워딩 하는 방안을 적용하여 패킷 중복경로를 제거하고 경로최적화 따른 패킷 전달지연이 감소되었기 때문이다.

그림 6은 셀 중첩지역이 20 m 인 경우, 핸드오버

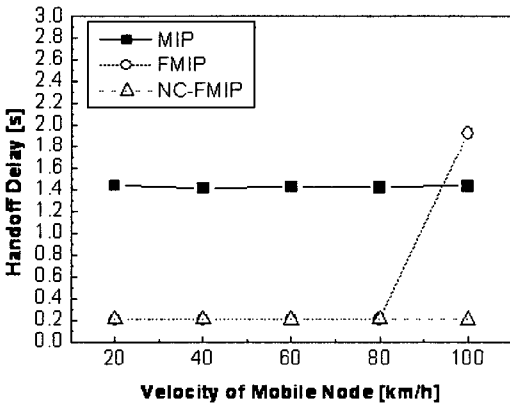


그림 5. 단말의 이동속도에 따른 핸드오버 지연시간(셀 중첩: 40m)

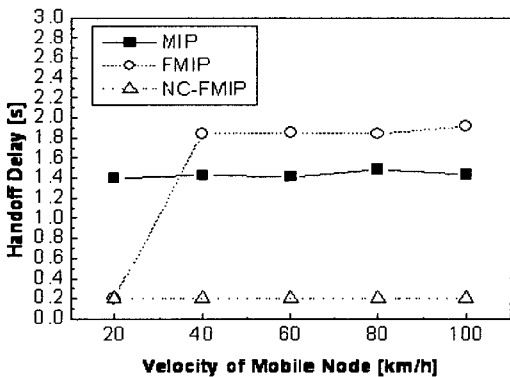


그림 6. 단말의 이동속도에 따른 핸드오버 지연시간 (셀 중첩: 20m)

시 이동 단말의 속도 변화에 따른 각 방식 별 핸드오버 지연 특성을 나타낸 것이다. 특이사항은 FMIPv6 방식에서는 이동 단말의 이동속도가 20Km/h 이상의 속도에서부터 핸드오버 처리지연이 급격히 증가 함을 보였다. 이는 셀 중첩지역이 40m인 경우에서의 단말의 이동속도가 80km/h 이상부터 핸드오버 처리지연이 급격히 증가하는 경우에서와 같은 원인으로 인해 핸드오버 처리지연시간이 급속히 증가하게 된다. 즉, FMIPv6 방식에서는 셀 중첩반경이 감소하고 단말의 이동속도가 빨라지면 링크계층 핸드오버 시작 전에 네트워크계층 핸드오버 관련 메시지처리를 완전히 끝 내지 못한 상태에서 셀 중첩지역을 벗어나 버리므로 급격한 서비스지연 현상을 보인다. 반면, NC-FMIPv6 방식에서는 셀 중첩반경이 좁은 환경에서 단말의 이동속도가 빠르더라도 타 방식에 비해 핸드오버 처리 시간이 0.20초 대에서 매우 안정하고 빠르며 핸드오버 처리지연이 타 방식에 비해 매우 짧고 우수한 성능을 보였다.

#### 4.3.2 패킷 손실 측정 및 분석

그림 7은 셀 중첩지역이 40 m 일 경우 단말의 이동속도에 따른 핸드오버 시 각 방식 별 패킷 손실을 나타낸 것이다. X축은 본 시뮬레이션에서 설정한 단말의 이동속도를 나타내며, Y축은 각 방식 별 핸드오버 과정 중 발생한 패킷 손실 량을 나타낸 것이다. MIPv6 방식의 경우, 단말의 이동속도와는 크게 관계없이 130~140여 개의 패킷 손실을 보였다. 패킷 손실이 많이 발생하는 이유는 MIPv6 방식은 핸드오버 시 기존에 연결되어 있던 PRAS와의 링크를 먼저 끊고 NRAS로 이동 후, 링크계층 및 네트워크계층 핸드오버 처리과정을 순차적으로 진행하므로 링크계층 핸드오버를 종료하고 이동 단말이 새로운 링크에 연결이 되기까지 CN으로부터 전송되는 패킷들은 손실되기 때문이다.

FMIPv6 방식은 단말의 이동속도가 80 Km/h 이하에서는 패킷 손실이 발생하지 않았으나, 80Km/h 지점부터 그 이상의 속도에서는 패킷 손실이 발생 및 증가 함을 보였다. FMIPv6 방식은 핸드오버 과정 중 패킷 손실방지를 위해 PACR과 NACR간 터널링 기법을 통해 NACR로 패킷을 포워딩하게 된다. 이때 패킷 손실이 발생하는 경우로는 첫째, PACR과 NACR간 양방향 터널생성 전 PACR이 PRAS를 거쳐 이동 단말로 내려 보낸 패킷을 이동 단말이 미처 다 수신하지 못하고 NRAS 영역으로 넘어가버린 경우이다. 둘째, 핸드오버 처리 중 이동



단말이 PACR로 FBU를 아예 보내지 못하던가 아니면 FBU를 보냈다고 하더라도 이동 단말이 FBACK를 수신하기 전에 NRAS영역으로 넘어가는 경우 패킷 손실이 발생하게 된다. 반면, 제안된 NC-FMIPv6 방식에서는 단말의 이동속도에 크게 관계없이 패킷 손실이 발생하지 않음을 보였다. 이는 본 방식에서는 이동 단말이 직접 NCoA를 생성하지 않기 때문에 주소중복검증을 위한 FBU 및 FBACK 메시지 처리절차가 필요 없고 NACR에서 NCoA를 직접 생성하고 제어 하기 때문에 관련 처리시간이 매우 짧아 셀 중첩지역이 좁거나 단말의 이동속도가 빠른 상황에서도 네트워크계층 메시지에 대한 정상적인 처리가 가능하기 때문이다. 또한, 이동 단말이 PRAS 쪽으로 핸드오버 요구 후 PRAS와의 링크를 끊고 NRAS 쪽으로 바로 이동하더라도 CR에서 패킷을 임시 버퍼링하고 있다가 NACR로 포워딩하기 때문에 핸드오버 과정 중 패킷 손실이 발생하지 않거나 혹은, 발생하더라도 손실을 최

소화할 수 있다.

그림 8은 셀 중첩지역이 20m 일 경우 단말의 이동속도에 따른 핸드오버 발생 시 각 방식 별 패킷 손실을 나타낸 것이다. FMIPv6 방식은 셀 중첩지역이 좁은 환경에서는 단말의 이동속도가 증가할수록 패킷 손실 량도 계속 증가 함을 보여준다. 패킷 손실 발생 및 단말의 이동속도에 따라 패킷 손실이 증가하는 이유로는 첫째, PACR과 NACR간 양방향 터널생성 전 PACR이 PRAS를 거쳐 이동단말로 내려보낸 패킷을 이동 단말이 미처 다 수신하지 못하고 NRAS 영역으로 넘어가버린 경우 패킷손실이 발생하기 시작하며, 단말의 이동속도가 빨라질수록 셀 중첩지역을 빨리 벗어나게 되므로 패킷을 수신하지 못하는 량이 많아진다는 것을 의미한다. 둘째, 핸드오버 처리 중 이동 단말이 PACR로 FBU를 아예 보내지 못하던가 아니면 FBU를 보냈다고 하더라도 이동 단말이 FBACK를 수신하기 전에 NRAS영역으로 넘어가는 경우 패킷 손실이 발생하게 되며 속도가 빠를수록 패킷손실 량은 증가한다. 반면, NC-FMIPv6 방식에서는 셀 중첩반경이 좁은 환경에서 단말의 이동속도가 빨라지더라도 패킷 손실이 발생하지 않음을 보였다.

### V. 결 론

본 논문에서는 IPv6기반 와이브로 시스템에서 핸드오버 처리 지연 및 패킷 손실 최소화를 위한 네트워크 기반의 빠른 이동성 지원 방안(NC-FMIPv6)에 대해 제안하였다. 이동성출과정에서의 처리지연을 줄이기 위해 링크 계층의 핸드오버 단계와 네트워크 계층의 핸드오버 처리 과정의 결합을 통해 핸드오버 메시지 교환 절차를 단순화하는 방안을 제안하였다. 주소(NCoA) 생성과정에서의 핸드오버 지연을 줄이기 위해 주소의 생성,분배 및 관리를 NACR에서 하도록 하여 관련 신호절차 단순화 및 처리지연을 대폭 감소시켰고, 핸드오버 과정 중 패킷 손실을 없애기 위해 크로스오버 라우터(CR)에서 패킷을 임시 버퍼링하고 적절한 시점에 NACR로 포워딩하도록 하여, 패킷 경로최적화에 따른 패킷 전달 지연 및 패킷 손실을 최소화하는 방안을 제안하였다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 다른 방식들과의 성능을 비교하여 제안한 방식에 대한 실효성 및 타당성을 증명하기 위한 실험을 진행하였고 이 실험을 통하여 핸드오버 지연시간과 핸드오버 과정 중 패킷 손실에 대해 측정 및 분석을 하였다. 시뮬레이션 결

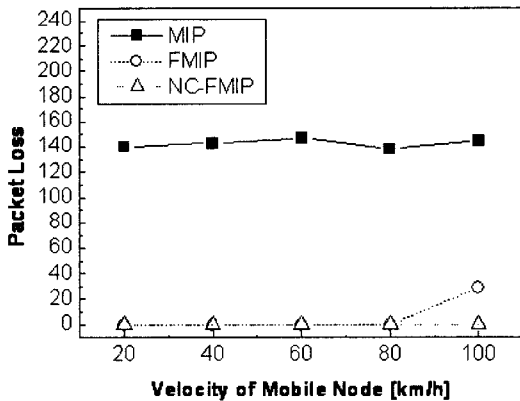


그림 7. 핸드오버 시 패킷 손실 량 (셀중첩: 40m)

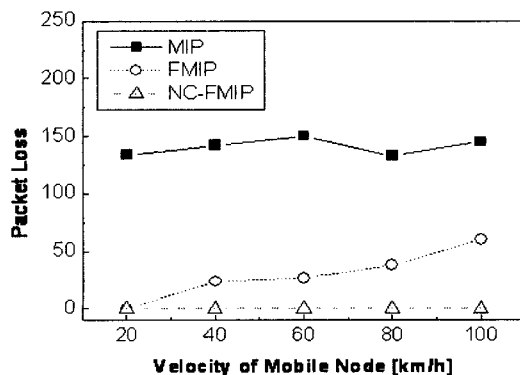


그림 8. 핸드오버 시 패킷 손실 량 (셀중첩: 20m)

과, 제안한 NC-FMIPv6 방식은 셀 중첩반경이 좁거나 단말의 이동속도가 빠른 경우에도 타 방식에 비해 패킷 손실이 발생하지 않았으며, 핸드오버 처리 시간은 0.20초 대의 매우 안정되고 짧게 처리됨을 보였다. 따라서 이 결과는 본 논문에서 제안한 이동성 지원 방안이 와이브로 시스템에서 효과적인 이동성을 제공할 수 있다는 것을 증명한다.

참 고 문 헌

[1] R. Koodi "Fast Handovers for Mobile IPv6," RFC 4068, Jul. 2005.

[2] R. Koodli, "Fast handovers for mobile IPv6,"Internet draft, draft-ietf-mip-shop-fast-mipv6-08.txt, Oct. 2003.

[3] N. Montavont and T. Noel,"Handover Management for Mobile Nodes in IPv6 Networks," IEEE Commun. Mag., Vol.40, Issue 8, pp.38-43, Aug. 2002.

[4] H. Fathi, R. Rrasad and S. Chakraborty, "Mobility Management for VoIP in 3G Systems: Evaluation of Low-latency Handoff Schemes," IEEE Wireless Commun., Vol.12, Issue 2, pp.96-104, April 2005.

[5] D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko,"Mobility Support in IPv6," RFC 3775, Jun. 2004.

[6] A. Misra, S. Das, and A. Mcauley, "Autoconfiguration, registration, and mobility management for pervasive computing,"IEEE Personal Commun., Vol.8, no. 3, pp. 23-31, Aug. 2001.

[7] L. Dimopoulou, G. Leoleis, and I.S Venieris,"Fast Handover Support in a WLAN Environment : Challenges and Perspectives," IEEE Networks, Jun. 2005.

[8] Minsik Shim, Hwasung Kim, Sangho Lee, "A Fast handover Mechanism For IPv6 Based Wibro System,"ICACT2006, Feb. 20-22, 2006.

[9] QunYing Xie, Hoang M,Nguyen, Paul Tan, Winston K.G.Seah, "Handover supporting QoS in MPLS-based Hierarchical MIPv6 networks," IEEE Commun. Mag., 2003.

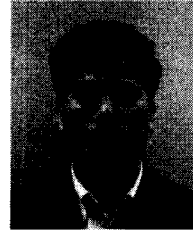
[10] D. Johnson, C. Perkins, and J. Srkko, "Mobility Support in IPv6," RFC3775, June, 2004.

[11] H. Soliman, Mobile IPv6, Addison Wesley, 2004.

[12] J. Jee, M.K. Shin, E.K. Paik, J. Cha, and G. Montenegro, "16ng Problem Statement,"Internet draft, IETF, draft-jee-16ng-problem-statement-02.txt, Oct., 2005.

정 석 종 (Seokjong Jeong)

정회원



1989년 조선대학교 전자공학과 학사  
2007년 고려대학교 통신시스템 기술 석사  
1989년~2005년 LG 정보통신 연구소 책임 연구원  
2005년~현재 LG-NORTEL(주)

Carrier Network 연구소 책임 연구원

<관심분야> 이동통신 네트워크, 이동성관리, 4G 이동통신

이 성 근 (Sungkuen Lee)

정회원



2004년 2월 고려대학교 전기전자 전과공학과 학사  
2007년 3월 고려대학교 전자공학과 석박사통합과정수료  
2007년 3월~현재 고려대학교 전자공학과 박사과정

<관심분야> 전자공학, 광통신공학, 무선통신공학, 이동성 관리 기술

박 진 우 (Jinwoo Park)

종신회원



1979년 2월 고려대학교 전자공학과 학사  
1983년 8월 클렘슨대학교 전자공학과 석사  
1987년 11월 버지니아 주립대학교 박사  
1988년 3월~1989년 2월 명지대학교 전자공학과 교수

1989년 3월~현재 고려대학교 전자공학과 교수

<관심분야> 무선통신공학, 광통신공학, 광통신망