

# WiBro 환경에서 Overlay 기반의 Mobile IPv6 이동성 구현 및 성능 시험에 관한 연구

정회원 이재호\*, 류형근\*\*, 이재준\*, 강선무\*, 종신회원 이재용\*\*\*

## A Study on Overlay based Mobile IPv6 Implementation and Performance Measuring in IEEE 802.16/WiBro Environment

Jaeho Lee\*, Hyung-Keun Ryu\*\* *Regular Members*,  
Jae-jun Lee\*, Sun-Moo Kang\*, *Regular Members*, Jaiyong Lee\*\*\* *Lifelong Member*

### 요 약

IEEE 802.16/WiBro 환경에서 효율적인 이동성을 위하여 Mobile IP 적용이 고려되고 있다. 하지만 WiBro 확산과정에서 Mobile IP 이동성을 지원하는 ACR과 지원하지 못하는 ACR이 혼재된 상황이 존재하고 있으며, 이럴 경우 단말의 이동성은 보장받기 어렵게 된다. 본 논문에서는 이러한 WiBro 환경에서 지속적인 단말 이동성을 지원하기 위하여 Overlay 기반의 Mobile IP 이동성을 실제로 구현하고 이에 대한 성능 시험을 시행한 후 현장 적용 가능성을 검증하고 향후 개선 필요 사항을 도출하였다.

**Key Words** : WiBro, IPv6, Mobility, Overlay, Mobile IP

### ABSTRACT

A Mobile IP is considered for the efficient mobility function in IEEE 802.16/WiBro environment. However, during the deployment of WiBro, only some of the ACRs(Access Control Router) can support the Mobile IP function. Therefore, a WiBro network can not support the mobility function for the mobile node. In this paper, we implement an overlay-based Mobile IP function and measure the performance through a field trial. Moreover, we evaluate the possibility of commercial deployment and suggest areas that need to be improved.

### I. 서론

Wireless MAN(Metro Area Network) 솔루션으로 IEEE 802.16 기반 WiBro 망 구축이 점차 가시화 되어 상용화에 접어들고 있다. WiBro에서의 이동성 기능 지원은 크게 RAS에서의 2계층의 핸드오버와 ACR에서의 3계층 핸드오버 그리고 2계층의 방식을 변형한 L2 Extension-Path 방식으로 나눌 수 있다. WiBro는 WLAN과 같이 ALL-IP 기반 서비스를 지향한다. 따라서 향후 이용자와 데이터 량

이 많아짐에 따라 IP 서브넷 구분으로 인한 3계층 이동성 문제가 이슈가 될 것으로 예상되고 있으며, 이러한 문제를 해결하기 위하여 IEEE 802.16 표준에서는 핸드오프 동안 요구되는 L2 트리거 정보를 정의하고 있다<sup>[1][2]</sup>.

WiBro 통신망은 그림 1과 같이 구성되며 WiBro 네트워크의 구성 요소를 크게 무선망, 코어망, 플랫폼으로 나누어 네트워크의 설계 및 구축이 진행되고 있다. 여기에서 무선망은 WiBro 단말기의 무선 접속, 무선자원 관리 및 제어기능 등을 담당하는 기

\* 한국정보사회진흥원 차세대기반망(jaeho@nia.or.kr) \*\* KT미래기술연구소(hkryu@kt.co.kr) \*\*\* 연세대학교 전기전자공학부(jyl@yonsei.ac.kr)  
논문번호 : KICS2007-04-194, 접수일자 : 2007년 4월 25일, 최종논문접수일자 : 2007년 6월 11일

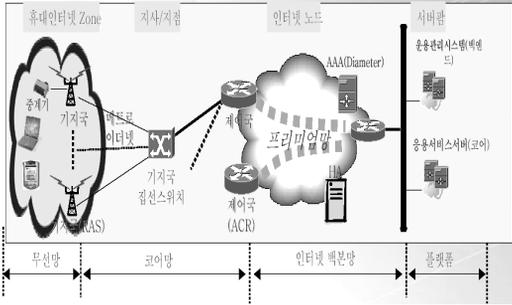


그림 1. WiBro 망 구성도

지국, 그리고 서비스 음영지역이나 셀 확장을 위한 TDD 방식의 무선접속 중계기능을 담당하는 중계기로 구성되어 있다. 또한 코어망은, 다수의 기지국을 집선하여 제어국으로 연결하는 기지국 집선스위치, 서비스 접속제어/ 인증처리/ 이동성 제어/ 패킷 라우팅 기능 등을 수행하는 제어국, Mobile IP 기술을 활용하여 WiBro 단말 서비스의 연속성을 지원하는 HA(Home Agent), 그리고 Diameter 기반으로 망 접속인증 및 과금 처리 기능을 수행하는 AAA (Authentication, Authorization, Accounting)로 구성되어 있다. 마지막으로, 플랫폼은 WiBro의 무선 접속망 관리 기능을 수행하는 운용 관리 시스템, 그리고 각종 응용서비스 제공 기능을 수행하는 응용서비스 서버로 구성되어 있다<sup>3)</sup>.

이중 2계층 이동성은 RAS, 3계층 이동성은 ACR에서 처리하게 된다<sup>4)</sup>. 만일 ACR에서 Mobile IP를 지원하지 않을 경우 2계층 이동성만 지원이 가능하게 된다. 현재는 ACR에서 Mobile IP를 지원하고 있지 않으나 향후 Mobile IP를 지원하는 환경으로 변화될 경우, Mobile IP를 지원하는 ACR과 그렇지 않은 ACR들이 혼재할 수 있다. 이러한 환경에서 지속적인 응용서비스를 제공하기 어렵게 된다. 또 다른 측면에선 비용적, 시간적, 서비스 연속성 측면에서 WiBro망에 속한 모든 ACR장비에 Mobile IP기능을 탑재하기 어려운 상황이 발생할 수 있다. 만일 단말이 Mobile IP를 지원하지 않는 ACR 구간으로 이동할 경우 서비스 단절 현상이 발생하게 된다. 본 논문에서는 상기와 같은 환경에서 지속적인 이동성을 지원하기 위하여 Overlay 기반의 이동성 기능을 구현하고 실제 성능 측정을 위한 시험을 실시하고 그 의미를 분석하였다.

2장에서는 지금까지 진행된 관련 연구 및 시험에 대하여 알아보고, 3장에서는 Overlay 기반의 Mobile IP 구현 방법을 제안하였다. 4장에서는 구

현된 환경에서의 시험결과를 분석하고, 5장에서는 본 시험결과에의 의미를 다루어 보았다.

## II. 관련연구

WiBro 통신망이 구축되기 이전 WLAN 환경에서 보안성과 이동성을 동시에 제공하기 위한 연구가 진행되었다. 당시 MPLS(Multiprotocol Label Switching)기반 VPN 서비스 환경에서 무선 LAN을 통해 휴대형 단말이나 노트북 컴퓨터 등을 이용하여 이동 환경에서 네트워크를 처리하는 기능을 제공하기 위하여 MPLS VPN 서비스를 제공하는 PE(Provider's Edge)라우터와 단말의 이동 서비스를 제공하기 위한 Mobile IP 프로토콜을 활용한 구조가 연구되었다<sup>5)</sup>.

실증적 연구로는 한국전산원(현 한국정보사회진흥원), KT 등은 국내 최초로 대학 캠퍼스에 대규모의 Mobile IPv6기반 WLAN AP 400대를 설치하여 421회의 실제 성능을 측정하고 그 결과를 분석하였다. 당시 시험은 Windows용 Mobile IP Client 모듈을 개발·적용한 환경에서 L2, L3 핸드오버 시간을 별도로 측정하여 Mobile IP의 성능과 안정성을 측정하였다. 실험결과 Simple Mobile IP의 평균 핸드오버 시간은 4.672초로써 fast-핸드오버를 적용하지 않은 상황에서 비교적 양호한 시간과 안정적인 핸드오버 성능을 보였다. 특히 L3 핸드오버 성능은 1.171초로써, 향후 보다 빠른 핸드오버를 위해서는 L2 핸드오버 시간을 함께 단축해야 함을 실제 측정으로써 검증하게 되었다<sup>6)</sup>.

당시 시험에서는 일반 Mobile IP이외에 Fast-Mobile IP 시험을 같이 실시하였다. 실험결과 평균 핸드오버 시간은 0.177초였으며, 평균 L3 핸드오버 지연시간은 약 0.116초, L2 핸드오버 지연시간은 약 0.061초로 측정되었다. 하지만 총 137회 시도 결과 그 중 117회만 성공하여 성공률은 약 85.4%로써 성공률을 향상에 대한 필요성이 제기 되었다<sup>7)</sup>.

## III. Overlay기반 Mobile IP 구현

### 3.1. WiBro RAS

KAIST 캠퍼스 전지역에 WiBro 서비스가 가능하도록 하기 위해서 2006년 9월 어은동산 취수탑과 동문창업관(N22 빌딩)에 WiBro RAS(Radio Access Station)를 설치하였다. WiBro RAS가 서비스하는 지역은 반경 1Km 정도이고 기지국 하나로 KAIST

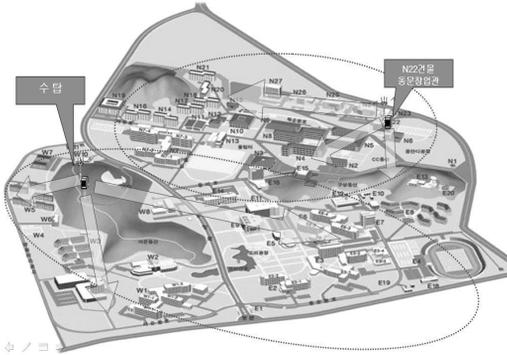


그림 2. WiBro RAS기지국 설치 및 서비스 지역

캠퍼스 전 지역을 서비스할 수 있으나 RAS간 이동성 시험을 위해서 800m 거리를 두고 RAS 2대를 설치하였다. 그림 2는 WiBro RAS 커버리지 및 서비스 영역을 표시한 그림이다.

### 3.2. WiBro ACR

KAIST에 구축된 RAS장비는 WiBro 서비스에서 유선과 무선이 만나는 접속점으로 IEEE 802.16e 표준 규격의 무선접속(air-interface)만을 처리한다. 이후 원활한 WiBro 서비스를 위해서는 제어라우터인 ACR(Access Control Router)이 필요하므로, 이를 위해 그림 3과 같이 대전 KT 인재개발원의 ACR를 구축하고 KOREN(KOrea advanced Research Network)과 연동하여, L2 S/W를 통해 KAIST 및 동서대의 RAS와 ACR을 연동하였다. 본 시험과 별도로 동서대에도 WiBro RAS를 설치하였으며, KAIST와 동서대에 설치된 RAS는 KT 인재개발원의 ACR을 같이 사용하고 있다. 이때 설치된 ACR은 Mobile IP를 지원하지 않는다.

WiBro 시범서비스 망은 WiBro 상용망 도입시 빈번히 발생할 수 있는 사용자 단말의 이동에 따른

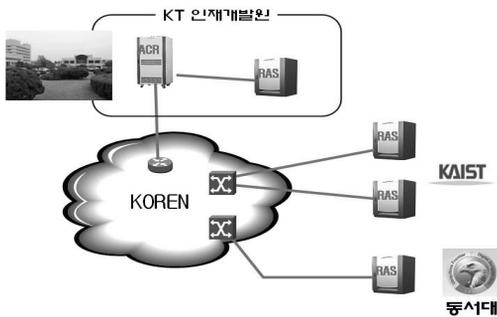


그림 3. RAS 구축 및 ACR 연동

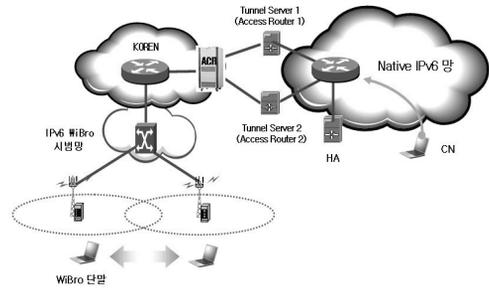


그림 4. Overlay WiBro망을 이용한 MIPv6 서버넷 구성도

통신의 단절 현상과 패킷 손실 등의 상황을 극복하기 위한 L3 이동성지원 기술인 Mobile IPv6 기술을 제공한다. 그림 4는 본 WiBro 시험망에서 Overlay 기반 WiBro 기반으로 Mobile IPv6를 제공하는 내용을 설명한 그림이다. WiBro 단말은 RAS 두개의 RAS 기지국을 이동하고 있고, 이때 ACR은 IPv4기반이며 Mobile IP는 지원하지 않는다. ACR 뒤편으로 Overlay 기능을 제공하기 위한 Tunnel 서버 두 대를 구축하고, 그 뒤편에 Mobile IPv6를 지원하는 장비를 구축하였다.

WiBro 네트워크 환경에서 단말이 동일 서버넷에 속한 RAS 사이를 이동하는 경우에 RAS의 변경에 따른 지연은 발생하지만, L2간 핸드오프를 통해 IP가 변경되지 않기 때문에 통신 연결은 계속 유지할 수 있다. 그러므로 위의 그림과 같이 단말이 이동하여 RAS의 변경이 발생할 시, 다른 Tunnel을 통해 IPv6 CoA(Care-of-Address)를 부여 받고 HA (Home Agent)를 통해 HoA(Home Address)를 할당받기 때문에 L3 핸드오프 기술을 이용한 이동성지원이 가능한 환경을 구축할 수 있다.

이때 구축에 활용된 장비는 표 1과 같다. IPv6 서비스 망을 구축하기 위해서 Overlay WiBro에서 터널 및 IPv6 주소를 할당하는 AR(Access Router), 이동성 제공을 위한 MIPv6 HA(Mobile IPv6 Home Agent), 트래픽 모니터링을 위한 MRTG (the Multi Router Traffic Grapher) 서버 등의 장비로 구성하였다.

### 3.3. 이동성 지원을 위한 Overlay VPN 서비스 망 구축

IPv6 기반 WiBro 시범서비스망의 IPv6 이동성 지원을 위해서 Mobile IPv6 HA의 기능과 Access Router의 기능을 적용하였다. 첫째, Mobile IPv6 Home Agent 구성은 다음과 같다. IPv6(Mobility

표 1. 서비스 망 구축 장비 및 사양

품명	용도 및 기능	수량
Access 장비	터널서버 / Access Router <ul style="list-style-type: none"> <li>용도: IPv6 단말의 망 접속용 장비</li> <li>기능                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- MIPv6 Access Router</li> <li>- MIPv6 CoA 제공</li> </ul> </li> </ul>	2
	Home Agent <ul style="list-style-type: none"> <li>용도: MIPv6 망 구축용 장비</li> <li>기능                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- MIPv6 단말에 HoA 제공</li> <li>- MIPv6 단말이 RAS간 핸드오버 시 계속적인 망 접속유지</li> </ul> </li> </ul>	1
Application 서버	트래픽 모니터링 서버 <ul style="list-style-type: none"> <li>용도: 네트워크 트래픽 모니터링</li> <li>기능                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- MRTG 기반의 네트워크 트래픽 모니터링</li> <li>- Web을 이용한 원격 트래픽 모니터링 서비스 제공</li> </ul> </li> </ul>	1

support in IPv6; RFC3775) HA 기능은 단말이 홈네트워크에서 통신 중에 다른 서브넷으로 이동한 경우에도 기존 통신의 연결을 유지하기 위해서 설계되었으며, 단말은 홈네트워크를 벗어나 새로운 서브넷으로 이동한 경우에 임시로 사용할 CoA(Care of Address)를 구성하고, 주소를 HA에 등록하는 과정(Binding Update; BU)을 거쳐서 기존 연결을 유지할 수 있다. 본 시범서비스 망에서 MIPv6의 기능을 제공하기 위해서 MIPv6 HA의 기능을 AR에 추가하였다.

둘째, Overlay 구성을 위한 IPv6 VPN을 구축하였다. Overlay VPN 서버는 Public network 상에서 물리적인 네트워크의 구성과는 무관하게 논리적으로 폐쇄된 user group을 구성하여 다양한 기능의 서비스를 제공하는 네트워크를 의미한다. 본 시험에서는 VPN을 이용하여 IPv4 네트워크 상에서 Private overlay network를 만들고, VPN을 이루는 overlay 가상 인터페이스인 Tap (Virtual Ethernet Device) 디바이스 위에 IPv6 스택을 설치하고 Overlay VPN을 통하여 IPv6 연결을 제공할 수 있는 모델을 개발하였다. 이를 위해 VPN 서버를 구축하였고, IPv6를 제공받는 사용자는 VPN 클라이언트로 동작을 하며 VPN 서버로부터 IPv6 주소를 할당 받게 된다. Overlay를 이용한 IPv6 네트워크의 주요 특성을 정리하면 다음과 같다.

- Overlay 상에서 native IPv6 망과 완전히 똑같이 동작하므로 실제 물리적인 네트워크와 무관

- 하게 동작할 수 있어 WiBro와 같이 오픈되어 있지 않은 장비들을 사용하는 환경에서도 여러 가지 다양한 프로토콜을 쉽게 적용할 수 있다.
- Overlay 네트워크를 구성하므로 Firewall 이나 NAT 장비에 의한 구애를 받지 않는다. (UDP로 VPN을 구성)
- VPN을 만들기 때문에 IPv4 상에서 서버와 클라이언트 사이에 안전한 통신을 할 수 있어 보안에 유리하다.
- VPN 서버는 항상 같은 prefix를 알려주고 있으므로, 클라이언트는 고정 IPv6 주소를 할당 받을 수 있다. 여러 대의 VPN 서버를 구성하고 사용자 그룹에 따라서 다른 VPN 서버로 접속을 하게 하면 사용자 그룹에 따라 다른 prefix를 갖는 주소 체계를 유지할 수 있으므로, 관리나 새로운 서비스 개발 측면에 있어서 유리하다.

본 시험에서의 VPN 서버는 IPv6 및 IPv4 주소를 모두 갖고 있고, VPN 클라이언트들에게 VPN overlay 상에서 주기적으로 RA(Routing Advertisement) 메시지를 broadcasting한다. 또한 IPv6 주소가 VPN overlay 상에서만 routing 되지 않고 IPv6 네트워크에서 글로벌하게 사용될 수 있도록 VPN 클라이언트들의 IPv6 패킷을 자신의 IPv6 인터페이스 쪽으로 포워딩 해주며, 외부 IPv6 네트워크에서 VPN 클라이언트들로 향하는 패킷을 VPN overlay 상으로 포워딩 해주는 역할을 담당한다. VPN 클라이언트는 VPN 서버로부터 IPv6 주소를 할당받고자 하는 사용자이며, IPv4 네트워크를 이용하여 VPN 서버에 접속하고 VPN overlay 상에서 VPN 서버로부터 RA 메시지를 받아 자신의 VPN 가상 인터페이스의 MAC 주소를 붙여 IPv6 주소를 자동 설정한다. 또한 VPN 서버를 자신의 IPv6 네트워크의

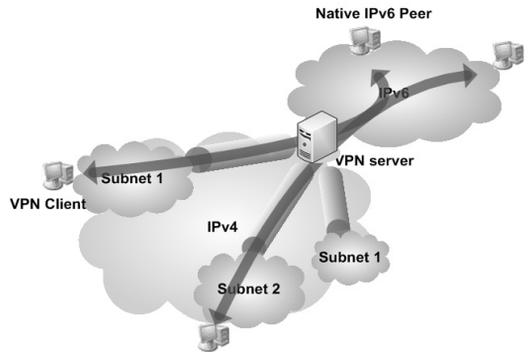


그림 5. Overlay VPN을 이용한 IPv6 터널링

default Gateway로 설정하여 모든 IPv6 패킷이 VPN overlay를 통하여 VPN 서버로 전달되도록 한다. Overlay를 이용하는 것이므로 그림 5에서 보는 것처럼 물리적인 위치와는 무관하게 VPN 서버로부터 할당 받는 RA prefix에 따라서 IPv6 subnet이 나뉘게 된다.

본 시험에서는 VPN을 구성하기 위하여 Open Source인 OpenVPN 2.0.7 버전을 이용하였다. 포트는 서버와 클라이언트 모두 1194번을 이용하였고, NAT 통과를 위하여 UDP 터널을 이용하였다. VPN을 위한 사설 IPv4 주소는 서버에 의해 10.1.0.0 네트워크에서 순차적으로 할당한다. 현재는 각 클라이언트별로 별도의 key와 인증서를 제공하고 있지 않으므로 일시적으로 같은 key 및 인증서로 VPN 서버에 접속할 수 있도록 허용하였다. 또한 VPN 서버 측에서는 외부 IPv6 네트워크와 연동을 할 수 있도록, routing table을 업데이트해야 한다.

### 3.4. Overlay 망에서 Mobile IPv6 단말 구현

Mobile IPv6(MIPv6)는 HA(Home Agent), MN (Mobile Node), CN (Correspondent Node)등의 요소로 구분된다. MIPv6에서는 Foreign Agent를 포함하지 않는 대신 이동 단말에 요구되는 기능이 더 많아졌다. 단말에 새롭게 추가된 기능들은 IPv6 기능에 기반을 둔다. 이동성을 지원하기 위해서 가장 중요한 요소 중의 하나인 CoA (Care-of Address) 할당을 이동 노드가 직접 처리할 수 있게 되었고 바인딩 업데이트 기능으로 트라이앵글 라우팅 문제를 해결할 수 있다. 또한 핸드오버를 기본으로 지원하고, 동적으로 HA address를 찾는 능력을 부여하여 HA의 동적 할당도 가능하게 한다. 현재 WiBro ACR, RAS 및 단말에서는 IPv6 프로토콜을 지원하지 못하고 있으므로, 앞에서 설명한 VPN을 이용하여 overlay IPv6 네트워크를 구성하고, overlay IPv6 네트워크상에서 MIPv6(Mobile IPv6) 테스트를 수행하였다. MIPv6를 위하여 두 대의 VPN 서버를 설치하였으며, 2001:220:1040:1/ 64와 2001:220:1041:1/ 64의 각기 다른 RA 메시지를 broadcasting하게 하였다.

MS Windows를 기반으로 MIPv6를 지원하는 MN을 만들기 위해서 그림 6과 같은 OS 커널과 유저 레벨 기능을 구성하게 되었다. 이를 위하여 WiBro 단말에 OpenVPN 프로그램을 설치하고 MIPv6 스택을 올렸으며 MIPv6 utility를 적용하여 IPv6 start MN 명령을 이용한 MN 구동, IPv6 info

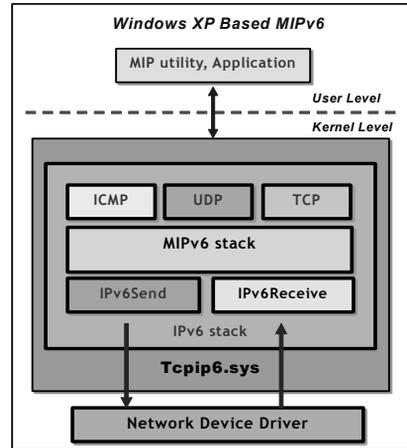


그림 6. Mobile Node 구성도

명령을 통한 MN Home Address, Home Agent Address 정보 검색 기능을 지원하였다. MIPv6 utility 부분은 MIPv6 드라이버와 정보를 주고받으며, MIPv6 MN기능을 시작하거나, 정보 검색 기능을 수행한다. MIPv6 드라이버는 MIPv6 utility 부분과 정보를 주고받는 인터페이스 부분과 IPv6 Driver와 결합하여 Mobile IPv6 기능을 수행하는 부분이 있다. 또한 Network Device를 제어하며 패킷을 송수신 하는 부분으로 나눌 수 있다. IPv6 드라이버는 MSR에서 windows 2000 기반에서 개발된 소스를 바탕으로 수정하였으며, IPv6 패킷 송수신, IPv6 라우팅 관리, 인접 노드 관리 등 IPv6 전반에 관련된 내용을 수행한다. 네트워크 드라이버 부분은 실제로 네트워크 디바이스에 패킷을 송수신하고 네트워크 이벤트에 관련된 부분을 처리한다.

### 3.5. 성능측정을 위한 MRTG 서버 구축

IPv6 기반 WiBro 시범서비스 망의 트래픽 현황을 분석하기 위해서 MRTG 서버를 구축하였다. MRTG 서버는 SNMP(Simple Network Management Protocol)를 이용하여 실시간으로 각종 서버나 장비의 상태를 모니터링 할 수 있는 도구로써 여기서는 ACR과 Tunnel 서버의 트래픽 현황을 분석하기 위해서 사용된다. ACR과 Tunnel 서버의 트래픽을 측정하기 위해 각각의 인터페이스를 확인하고 MRTG 서버는 독립된 장비에 설치하여 5분 간격으로 각 장비들의 트래픽 현황을 기록하도록 구축하였다. 수집된 정보는 웹서버를 통해서 보이기 때문에 원격의 관리자가 손쉽게 트래픽 현황을 확인할 수 있도록 해준다.

시험망의 트래픽 모니터링을 위해서 MRTG 버전 2.14.7 서버를 운영하였다. MRTG는 Apache 2.0.40 웹서버를 사용하여 원격에서도 웹 브라우저상에서의 트래픽 확인이 가능하도록 하였다. 관리를 위해서는 SSH를 통해서 접근할 수 있게 하였다. MRTG 서버에서는 ACR과 IPv6 터널서버의 트래픽 현황을 인터페이스별로 일간/주간/월간/연간으로 구분하여 그래프와 최대/평균/현재 트래픽 양을 송수신별로 구분하여 보여주었다. 그러나 MRTG의 그래프는 현재 접속한 상태에서만 보여주므로 운영 기록을 위해서 매일 웹 서버에 접속하여 트래픽 모니터링 결과를 백업하였다.

#### IV. 시험결과

##### 4.1. 시험방법

WiBro 카드가 장착된 노트북 단말을 가지고 대 상 지역을 이동하면서 핸드오버를 시험하였다. 다른 VPN 서버에 번갈아 가면서 접속함으로써, 그림 7 과 같이 prefix가 다른 IPv6 주소를 생성하고 CoA 로 인식하고 동시에 HA에게 Binding Update를 수 행하였다. Home Network가 아닌 임의의 주소로 ping을 수행하면서 MIPv6 핸드오버시 통신이 유지 되는지를 확인한 후 L3 패킷 수집 툴인 Ethereal로 Mobile IPv6 메시지 및 RA, Ping 패킷을 수집하여

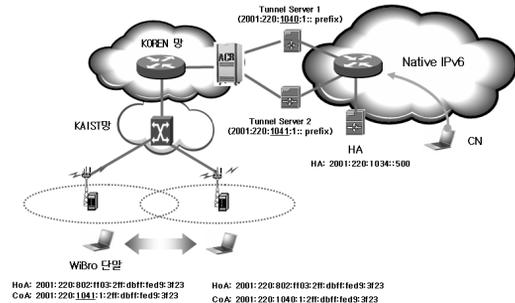


그림 7. Overlay Mobile IPv6 테스트 환경

표 2. MIPv6 핸드오버 Latency 측정에 사용된 패킷

패킷 유형	패킷 이름
MIPv6 Message	Binding Update Message(BU)
	Binding Acknowledgment Message(BA)
ICMPv6 Message	Router Advertisement Message(RA)
	Ping(Echo) Request Message
	Ping(Echo) Reply Message

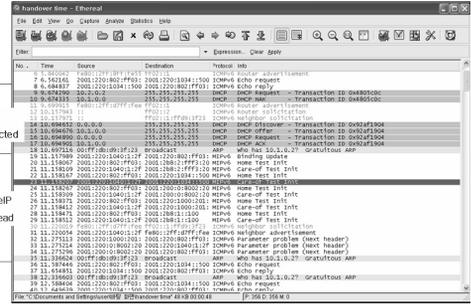


그림 8. MIPv6 핸드오버 시간 계산 방법

핸드오버 time을 계산하였다. 표 2는 시간 측정에 기준이 되는 패킷 종류를 나열한 것이다. 이후 L2 와 L3 핸드오버 time을 구분하여 시간을 측정하고 비교하였다

##### 4.2. 핸드오버 시간계산 방법

본 시험에서 사용된 핸드오버 시간계산은 아래와 같은 3가지로 구분될 수 있으며, 각각에 대한 계산 방법은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{총 핸드오버 시간} &= \text{L2 핸드오버} \sim \text{BU 전송 시간} + \text{L3 핸드오버 시간} \quad (1) \\ \text{L2 핸드오버} \sim \text{BU 전송 시간} &= \text{핸드오버하기 전 마지막으로 수신한 패킷과 핸드오버한 후 BU 메시지를 전송하는데 까지 패킷간의 시간 간격} \quad (2) \\ \text{L3 핸드오버 시간} &= \text{BU이후 첫 번째로 도착한 패킷간의 시간 간격} \quad (3) \end{aligned}$$

다음 그림 8은 MIPv6 핸드오버 지연시간 측정 시험 시 수집된 패킷의 일부를 캡처한 화면이다. 화살표로 표시한 부분이 각각 L2 핸드오버(L2 Disconnected)와 L3 핸드오버(Mobile IP Overhead) 시간이다.

위 예시에 따른 계산방법은 아래와 같다.

$$\text{L2 핸드오버} \sim \text{BU 전송} = 11.157989 - 6.684837 = 4.473152 \text{ (초)} \quad (4)$$

$$\text{L3 핸드오버} = 11.587446 - 11.157989 = 0.429457 \text{ (초)} \quad (5)$$

$$\text{총 핸드오버 시간} = \text{L2 핸드오버} \sim \text{BU 전송} + \text{L3 핸드오버} = 4.902609 \text{ (초)} \quad (6)$$

##### 4.3. 시험결과

다음은 MIPv6 시험을 통하여 핸드오버 시간을 분석한 결과이다. 시험은 총 100회를 실시하였다. 표 3은 핸드오버에 소요되는 시간 전체에 대한 평

표 3. MIPv6 핸드오버 결과

L2 핸드오버	L3 핸드오버	Total 핸드오버
평균 5.19066873	평균 0.52638315	평균 5.71705188

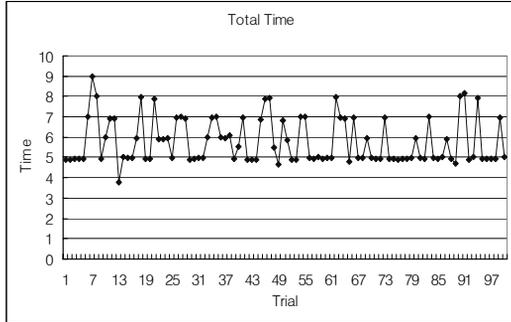


그림 9. 총 핸드오버 시간 분포도

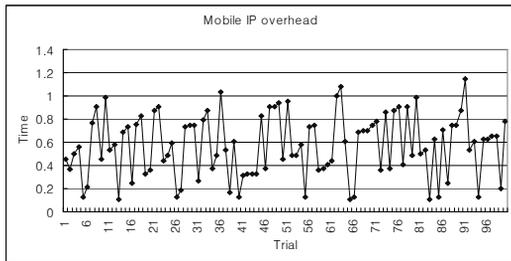


그림 10. MIPv6의 핸드오버 시간 분포도

균치로서, 평균 핸드오버 시간은 5.7초로 기록되었다. 이때 L2 핸드오버는 5.1초, L3 핸드오버는 0.5초로 L2 핸드오버에 소요되는 시간이 다소 길었던 것으로 파악된다. 그리고 그림 9는 100회 측정에 따른 전체 핸드오버 소요시간 분포도이며, 그림 10은 L3만의 핸드오버 소요시간 분포도이다.

L2 핸드오버 시간이 길게 측정된 이유는 WiBro RAS에서의 Link-Up, Down과 같은 L2 핸드오버 정보가 Mobile IP 제어 장비로 빠르게 전달되지 않았기 때문으로 분석된다. 이러한 핸드오버 정보를 신속하게 전달하기 위해서는 RAS에서의 링크 정보를 Mobile IP 제어장비가 공유할 수 있는 별도의 신호 전달 체계가 필요할 것으로 사료된다.

또한 MIPv6의 총 핸드오버 시간은 L2 계층 (overlay 네트워크상에서)에서 링크가 끊어지고, 새로운 RA 메시지를 수신하는데 걸리는 시간에 큰 영향을 받는다. 이는 한 overlay 네트워크에서 다른 overlay 네트워크로 접속하여 CoA(Care of Address)

를 받는 과정이 이전의 overlay를 먼저 끊고 새로운 overlay 네트워크를 만드는 break before make의 hard 핸드오버를 수행하기 때문이다. 여기에는 VPN을 구성하기 위한 추가 오버헤드까지 포함이 되므로 L2 핸드오버에 큰 시간이 소요가 된다. 새로운 overlay를 만든 후에 기존의 overlay를 끊는 soft 핸드오버 등의 기법을 사용하여 시간을 줄일 수 있도록 할 필요가 있다.

### V. 결론

본 시험은 L3 Mobile IP를 지원하지 않는 환경에서 Overlay 기반의 IPv6 이동성지원 기술을 WiBro망에 적용한 사례로서, 일반 데이터 트래픽 어플리케이션에서는 Overlay 방식의 이동성 지원이 하나의 대안이 될 수 있음을 검증하였다. 또한 본 시험 결과를 바탕으로 관련 상용서비스 지원을 위하여 이동성 기술향상과 연구에 도움이 될 것으로 기대된다. 특히 본 연구의 의의로서 WiBro 환경에서 IPv6 응용서비스들에 대한 실제 운영 경험은 국내외적으로 처음이며, 이를 통하여 상용 WiBro 환경에서 적용할 수 있는 IPv6, 이동성 기술, 응용서비스 등에 대한 기술적인 검증은 시도하였다. 다만 Overlay 환경에서는 L2 Link 정보를 Home Agent로 전달해 주는 기능이 구현되지 않아 fast 핸드오버 기능을 구현할 수는 없었다. 만일 Home Agent에서 링크 정보를 수신할 수 있는 기능이 함께 구현되었다면 핸드오버 지연시간은 2005년 시험결과<sup>[1]</sup>와 같이 약 200~300ms 수준으로 낮아질 수 있을 것이라 판단되며, 이때는 영상과 같은 실시간 응용서비스 지원도 가능하리라 사료된다. 뿐만 아니라 본 연구는 특히 WiBro, WLAN과 같은 이종망 환경에서 Mobile IP를 지원하지 않는 라우터들이 다수 존재할 경우, Overlay 기반의 이동성을 구현할 수 있는 솔루션으로 발전되어 이종망 환경에서 응용 세션이 유지되는 통신 기능을 제공할 수 있을 것이라 생각된다.

### 참고 문헌

[1] M.Shin, J.Moon, and Y.H.Han, "Scenarios and Considerations of IPv6 in IEEE 802.16 Networks", draft-shin-ipv6-ieee802.16-01, Oct. 2005  
 [2] 신명기, 이주철, 김형준, 문정모, 한연희,

“IEEE802.16/와이브로 망에서의 IPv6 적용 시나리오 및 네트워크 기술 이슈 분석”, 전자통신동향분석 제21권 제2호, pp.192~199, Apr. 2006.

- [3] 정한옥, 방정희, 이덕기, “와이브로 접속 및 응용 서비스 통합제어 구조”, 한국통신학회지 (정보통신) 제23권 제4호, pp. 47~59, Apr. 2006.
- [4] 염홍주, 김화성, “초고속 휴대 인터넷 망에서 서비스 품질 보장을 위한 핸드오버 메커니즘”, 한국통신학회논문지 제31권 제7A호, pp. 659~665, July 2006.
- [5] 이영석, 오명환, 최훈, “MPLS VPN에서의 Mobile IP”, 한국통신학회논문지 Vol.28. No8B, pp.738~749, Aug. 2003.
- [6] 이재호, 이재준, 강선무, 이재화, 김용진, “대규모 Mobile IPv6 Network 구축 및 성능측정에 관한 연구”, 하계 종합학술발표회 논문집 1C, July 2006.
- [7] 신상철, 고종석, 이재호 등, “IPv6 기반 WiBro 응용/컨텐츠 시범서비스”, 한국전산원보고서 NCAII-RER-05023, Dec. 2005.

**이 재 호 (Jaeho Lee)**

정회원



1995년 2월 성균관대학교 정보공학과 졸업  
 1997년 2월 성균관대학교 정보공학과 석사  
 2006년 7월 연세대학교 전기전자공학과 박사 수료  
 1997~현재 한국정보사회진흥원

책임연구원

<관심분야> IP-Mobility, IPv6, IP-USN(6LoWPAN)

**류 형 근 (Hyung-Keun Ryu)**

정회원



1988년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업  
 1991년 2월 한국과학기술원 전기및전자 석사  
 2005년 9월 한국과학기술원 전자전산학과 박사

<관심분야> 차세대인터넷, 무선

통신공학, 트래픽엔지니어링

**이 재 준 (Jaec-jun Lee)**

정회원



2000년 2월 한동대학교 경영경제학부 졸업

2002년 2월 포항공과대학교 정보통신대학원 석사

2002년~현재 한국정보사회진흥원 선임연구원

<관심분야> IPv6, WiBro, 차세대

인터넷

**강 선 무 (Sun-Moo Kang)**

정회원



1983년 충남대학교 전자공학과 졸업

1987년 스웨덴 스톡홀름왕립공대 통신이론 석사

1998년 충남대학교 전자공학 박사

1983년~2000년 한국전자통신연구원 팀장

2000년~2004년 네오텔레콤 부사장(TCO)

2004년~2006년 무선국관리사업단 연구위원

2006년 4월~현재 한국정보사회진흥원 차세대기반팀장

<관심분야> 차세대인터넷, 무선통신공학, 트래픽엔지니어링

**이 재 용 (Jaiyong Lee)**

중신회원



1977년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업

1984년 5월 IOWA State University 공학 석사

1987년 5월 IOWA State University 공학 박사

1987년 6월~1994년 8월 포항공

과대학 교수

1994년 9월~현재 연세대학교 전기전자공학부 교수

<관심분야> QoS Management/Protocol, 차세대이동통신망프로토콜, MAC, Mobility Management, Wireless TCP, Sensor Network