

논문 2010-47TC-12-10

이기종 무선 네트워크에서 멀티 캐스팅 터널링을 이용한 고속 이동성 관리 방법

(Fast Mobility Management Method Using Multi-Casting Tunneling in Heterogeneous Wireless Networks)

천 승 만*, 박 종 태**

(Seung-Man Chun and Jong-Tae Park)

요 약

본 논문에서는 이기종 무선 네트워크에서 다중 무선 네트워크 인터페이스를 이용한 고속 IP 이동성 관리 방법을 제시한다. 구체적으로, 핸드오버로 인한 패킷 손실과 핸드오버 지연시간을 최소화하기 위해, E-MAP과 이동 단말 간 멀티 캐스팅 터널링을 동적으로 생성하는 IETF HMIPv6를 확장한 E-HMIPv6를 제시하였다. E-HMIPv6는 IETF HMIPv6의 MAP의 확장, 핸드오버 절차, 동시 다중 터널링을 포함 한다. 제안된 방법의 우수성을 증명하기 위해 기존의 이동성 관리 방법과의 TCP과 UDP 기반의 어플리케이션에서의 성능 비교를 위해 NS-2 시뮬레이션을 수행하였다.

Abstract

This paper presents a fast IP mobility management scheme in heterogeneous networks using the multiple wireless network interfaces. More specifically, in order to minimize the packet loss and handover latency due to handover, the E-HMIPv6, IETF HMIPv6 has been extended, is presented where the multiple tunnels between E-MAP and mobile node are dynamically constructed. E-HMIPv6 is composed of the extension of IETF HMIPv6 MAP, handover procedure, and simultaneous multiple tunnels. In order to demonstrate superior to the proposed method, the NS-2 simulation has done for performance evaluation of TCP and UDP-based application comparison with the existing mobility management method.

Keywords: Mobility Management, Fast Handover in Heterogeneous Networks, Handover with Multiple interface.

I. 서 론

최근 출시되는 고성능 단말기(스마트폰, 유틸라 PC 등)는 WiFi, 3G 및 Wibro (Wireless Broadband) 등과 같은 무선 인터페이스를 장착하고 있다. 다양한 무선

인터페이스를 이용하여 사용자들은 IP기반의 실시간 어플리케이션 및 Mobile IPTV, VoIP (Voice IP) 등과 같은 서비스를 제공 받고 있다. 사용자의 움직임에 따라 WiFi와 WiBro 네트워크 간 또는 WiFi, 3G 네트워크 간 핸드오버 할 때 끊김이 없는 서비스 제공을 위한 이동성 관리 프로토콜이 절실히 필요 하다.

3G, WiFi, Wibro 네트워크의 통합은 IP 이동성 버티컬 핸드오버, 보안, 인증, QoS 보장, 서비스 정책 등과 같은 많은 기술 과제를 가지고 있다. 이 중 이기종 네트워크에서 delay-sensitive 모바일 멀티미디어 어플리케이션에 대해 끊김 없는 IP 이동성은 매우 중요하다.

이동 단말 (Mobile Node)이 이기종 무선 네트워크

* 정회원, ** 평생회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 (School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University)

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업, 2단계 BK21 프로젝트 및 한국 연구 재단(구 과학재단)의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2010-(C1090-1021-0002)),
(F01-2008-000 -10074-0)

접수일자: 2010년10월4일, 수정완료일: 2010년12월10일

간 횡단할 때 끊김이 없는 IP 이동성을 지원하기 위한 많은 연구가 이루어져 왔다. IETF (Internet Engineering Task Force)에서는 MIPv6(Mobile IPv6)^[1], FMIPv6 (Fast Mobile IPv6)^[2], HMIPv6 (Hierarchical Mobile IPv6)^[3] 등의 IP 이동성 관리 프로토콜을 표준화 추진하였고, 현재도 표준화 진행 중에 있다.

이동성 관리 프로토콜에서 핸드오버 지연시간은 핸드오버 하는 동안에 패킷을 송수신하지 못하는 2계층과 3계층 핸드오버 지연시간으로 정의 한다^[4]. 총 핸드오버 지연시간은 2계층 핸드오버에 의해 발생하는 링크 스위칭 시간, 3계층에서 발생하는 IP 연결 지연시간과 위치갱신 지연시간으로 구성된다. 이와 같은 핸드오버 지연시간으로 인해, 패킷 손실이 발생한다. MIPv6는 기본적인 IP 이동성 관리 프로토콜로 간주되고 있다. 하지만 이 프로토콜은 핸드오버 지연, 패킷 손실 및 시그널링 오버헤드 등에 대한 문제점을 가지고 있다. FMIPv6는 MIPv6의 핸드오버 지연의 문제점을 해결하기 위해 표준화 되었다. 하지만 FMIPv6는 이동성 패턴의 정확한 추측을 필요로 하고 이는 복잡한 무선 통신 환경에서 매우 어려운 일이다. HMIPv6는 MIPv6에서 바인딩 절차에 대해 핸드오버 지연시간 및 시그널링 오버헤드를 줄이기 위해 개발되었다.

HMIPv6는 지역 이동성 관리를 위해 개발되었으며, Mobility Anchor Point (MAP)를 이용해 이동 단말이 핸드오버 시 바인딩 시그널링을 MAP에 등록하므로 써상대 노드 CN(Correspondent Node) 혹은 홈 에이전트 HA (Home Agent)에 바인딩 하는 시그널링 횟수를 줄인다. 이와 같은 방법을 통해 MIPv6과 비교하여 핸드오버 지연 시간, 패킷 손실뿐만 아니라 시그널링 횟수를 줄인다. 하지만 단일 인터페이스 기반의 이동 단말의 핸드오버 시 바인딩 등의 핸드오버 수행 절차로 인한 여전히 핸드오버 지연시간 및 패킷 손실을 발생한다. 이와 같은 이동성 관리 프로토콜에서 큰 핸드오버 지연시간 및 패킷 손실은 Mobile IPTV 및 VoIP 등과 같은 delay-sensitive 서비스에 적합하지 않다.

최근 들어, 이동성 관리에서 핸드오버 지연 시간 및 패킷 손실을 줄이기 위해, 다중 무선 네트워크 인터페이스를 사용한 새로운 연구가 시도되고 있다.

참고 문헌^[5]는 HA와 이동 단말 간 멀티플 IP 터널링을 생성하는 기술을 제안했다. 하지만 이 연구는 CoA (Care-of Address)를 등록하기 위해 사용하는 MIPv6의

확장을 이용하는 것으로 제안되어 있고, HA와 이동 단말 간 지속적인 다중 IP 터널링 생성하는 방법을 사용하고 있으며, 이로 인해 이동 단말과 HA간 거리가 멀어질 경우 바딩 등의 핸드오버 지연시간을 유발할 수 있다.

참고 문헌^[6]은 MFMIPv6 (Multi-interface Fast Handover Mobile IPv6)를 제안하였다. 이 연구에서는 Specific Tunneling Destination 메커니즘을 제시하였고, 핸드오버 시 발생하는 패킷의 reordering 문제를 방지하기 위해 제안되었다. 하지만, 이 연구는 FMIPv6 기반의 확장을 사용하고 있기 때문에 FMIPv6에서 발생되는 이동성 예측의 문제점을 안고 있다.

요약하면, 사용자가 고속으로 무선 네트워크 셀간에 이동할 경우, 기존의 프로토콜들은 Mobile IPTV, VoIP 등의 실시간 멀티미디어 서비스에 대해 성능 저하 없이 끊김이 없는 IP 연결을 사용자에게 제공하기 위해 사용될 프로토콜로서 적합하지 않다.

본 논문의 목적은 이동 단말이 이기종 네트워크 셀간 고속으로 이동 할 때 핸드오버 지연뿐만 아니라 패킷 손실 등에 대해 무시 할 수 있을 만큼 작고, 성능 저하가 없는 IP 이동성 관리 구조를 개발하는 것이다. 이를 위해 본 논문에서는 HMIPv6 기반의 다중 무선 인터페이스를 사용할 사용한 E-HMIPv6 (Extension of HMIPv6)를 제안 한다. 다른 연구들과 비교하여 본 논문의 독창성은 다음과 같다.

첫째, QoS를 보장하는 끊김이 없는 IP 핸드오버를 위해 멀티 캐스팅 터널링을 사용한 메커니즘을 제안한다. 기존 연구에서 액세스 라우터와 이동 단말 간 멀티 캐스팅 터널링을 이용한 IP 이동성 관리의 시도는 없다. 둘째, 상호 호환성 향상을 위해 멀티 캐스팅 터널링 구조를 HMIPv6에 적용하였다. 구체적으로, 바인딩 및 주소 관리의 변경한 멀티 캐스팅 터널링을 통해 패킷을 전송하는 HMIPv6의 MAP를 한 Extension of Mobility Anchor Point (E-MAP)의 구조 및 멀티 주소 바인딩 방법을 제시하였다. 또한, E-HMIPv6에 대한 구체적인 시그널링 절차를 설계하였다.

마지막으로, 제안된 E-HMIPv6에 대한 성능 평가를 위해 NS-2 시뮬레이션을 사용하였다. 구체적으로, 시뮬레이션에서 전송 계층의 UDP 기반 어플리케이션 및 TCP 무선 어플리케이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과는 빠른 이동 단말에 대한 핸드오버 지연과 패킷 손실에 대한 기존의 이동성 프로토콜인 MIPv6과

HMIIPv6에 비해 항상된 성능을 보임을 증명하였다.

논문의 나머지 구성은 다음과 같다. II장에서는 관련 연구를 소개하고, III장에서는 제안된 E-HMIIPv6 핸드오버 메커니즘을 기술하고, IV장에서는 제안된 핸드오버 메커니즘에 대해 NS-2를 이용한 시뮬레이션 결과를 통한 성능분석을 보여주며 마지막으로 VI장에서 결론을 맺도록 한다.

II. 관련 연구

1. WiFi/UMTS/WiBro 상호 연동 구조

그림 1은 WiFi, 3G, WiBro에 대한 상호 연동 구조^[7~8]를 보여준다. 그림 1에 나타난 각 네트워크의 주요한 특징에 대해 간단히 서술한다.

그림 1에서 이동 단말은 멀티플 무선 접근 기술 (Multiple radio Access Technologies)들을 통해 다양한 IP 멀티미디어 서비스에 접근하는 것을 지원한다. 여기서 무선 접근 기술은 WiFi, WiBro 및 3G 등이 될 수 있다. UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access)에서 UMTS PS (Packet-Switched) 네트워크 구성 요소들은 3G 이용자들을 위한 접근 조정 및 트래픽 라우팅을 관리한다. 이 구성 요소에는 GPRS (General Packet Radio Service)/SGSN (Serving GPRS Support Node)와 GGSN (Gateway GPRS Support Node)을 포함 한다^[7~8].

UTRAN (UMTS Radio Access Network)^[8]에서 RNC (Radio Network Controller)는 Node-B에 연결되어 있는 이동 단말들을 관리한다. 여기서 Node-B는 사용자의 장비와 네트워크 간의 물리적인 무선 링크 서비스

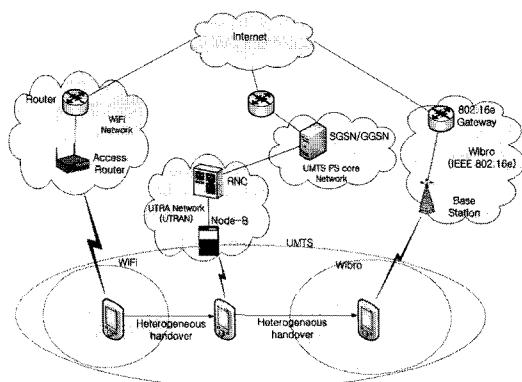


그림 1. WiFi, 3G 및 WiBro 통합 네트워크의 상호 연동 구조

Fig. 1. Interworking architecture for WLAN, 3G and WiBro coexistence networks.

스를 제공하기 위한 기능을 가진다. RNC는 무선 자원 관리와 이동성 관리 기능들을 수행하고, 이동 단말로 패킷을 송수신하기 전에 패킷에 대한 암호화 기능을 수행한다. RNC는 Node-B의 Circuit Switched Core Network에 연결되고, Packet Switched Core Network인 SGSN에 연결 된다.

802.11에 기반인 WiFi는 라우터 (ex. Access Router)와 베이스 스테이션(ex. Access Point)으로 구성되며 백본망에 연결하는 기능을 수행한다. 이는 사용자가 한정된 지역의 공간 내에서 움직일 수 있고, 움직이는 도중에도 인터넷에 연결해주는 기능을 수행한다.

WiBro (Wireless Broadband)는 Mobile WiMAX/IEEE 802.16e 시스템으로 국내에서 개발된 기술이다. WiBro는 WiFi의 무선 전파 구간인 100 m에 비해 더 넓은 무선 구간 500 m 까지 더 넓은 범위에서 서비스를 제공할 수 있는 장점을 가지고 있다. WiBro는 베이스 스테이션과 802.16e Gateway로 구성 된다. 그림 1에서 802.16e Gateway는 IP 주소 관리와 패킷 전달을 수행한다.

2. HMIIPv6의 개요 및 한계

본 절에서는 HMIIPv6^[3]의 동작과 HMIIPv6의 한계에 대해 소개한다. HMIIPv6는 이동 단말의 이동성으로 인한 시그널링의 양을 줄이기 위한 지역적 이동성 관리 프로토콜이다. 지역 도메인 내에서 이동성 관리는 MAP에 의해서 관리 된다. 여기서 MAP는 MIPv6에서 지역적 인 HA와 같은 역할을 수행한다. HMIIPv6에서 MAP는 HA/CN과 이동 단말 사이에 위치하고, 이동 단말의 핸드오버 절차 수행으로 인해 발생하는 시그널링을 MAP에서 처리함으로써 HA/CN으로 전송될 시그널링을 줄이는 효과가 있다.

하지만 HMIIPv6는 이동 단말의 단일 무선 인터페이스를 장착하고 있다는 가정 하에 제안된 이동성 관리 프로토콜로서 특히, 이동 단말이 고속의 이동성을 가질 경우 상당히 큰 핸드오버 지연시간 및 패킷 손실을 발생 시킨다. 더욱 구체적으로, 이동 단말이 현재 네트워크가 아닌 다른 네트워크로 이동하였을 경우 새로운 네트워크에서 데이터를 수신하기 위해 새로운 네트워크에서 사용될 임시 주소 (Local Care-of Address: LCoA) 및 RCoA (Regional Care-of Address)를 얻어야만 한다. 또한 이렇게 얻어진 임시 주소 (Care-of Address)는 MAP 혹은 HA/CN에 바인딩 절차를 수행하여야 한다.

이러한 과정은 큰 핸드오버 지연시간을 발생 시키며, 또한 핸드오버를 수행하는 중에 이동단말은 데이터의 송수신을 할 수 없게 되어 많은 패킷 손실을 유발 시킨다. 이러한 큰 핸드오버 지연시간 및 많은 패킷 손실 및 낮은 처리율과 같은 성능 저하는 delay-sensitive 실시간 IP 서비스 제공에 부적합하다.

III. 다중 터널링 지원을 위한 HMIPv6의 확장

1. E-HMIPv6 동작

이기종망 간 끊김이 없는 IP 이동성을 지원하기 위해, HMIPv6의 MAP는 확장되었고, 이는 그림 2에 나타낸다. 본 연구에서 인증 절차는 무시하고, 이는 다음 연구에서 수행하도록 한다. E-MAP는 이기종망에 각 게이트웨이로 멀티 캐스팅 터널링을 형성한다. 여기서 각 망의 게이트웨이는 UMTS는 GGSN로, WiFi에서는 Access Router를, WiBro는 802.16e Gateway를 말한다.

그림 2는 E-MAP와 이동 단말 간 다중 IP 터널링을 이용하여 HMIPv6를 확장한 E-HMIPv6의 구조를 나타낸다. E-HMIPv6는 동적인 멀티 캐스팅 터널의 생성, MAP 구조의 확장 (E-MAP), 바인딩 업데이트 메시지의 확장으로 구성된다. E-HMIPv6 동작과 멀티 캐스팅 터널의 생성 방법을 설명하고, 다음으로 E-MAP의 구조 및 바인딩 업데이트 메시지의 확장 순으로 설명하도록 한다.

E-HMIPv6의 동작 절차를 간단히 설명 한다. 설명하기에 앞서, 이동 단말은 3개의 무선 인터페이스를 장착하고 있다고 가정하고, WiFi 무선 인터페이스는 IF1, 3G 무선 인터페이스는 IF2, WiBro의 무선 인터페이스는 IF3로 표시 하도록 한다. 각 네트워크 게이트웨이로 부터 할당 받는 임시 주소는 LCoAn로 나타내며, LCoA 생성 방법은 Stateful 또는 Stateless Auto-configuration 방법이 사용될 수 있다^[1]. 여기서 n은 인터페이스의 번호를 나타낸다.

먼저, 이동 단말이 WiFi 영역으로 이동 하였을 경우 WiFi 인터페이스를 활성화 하고, 액세스 라우터로부터 LCoA1를 할당 받고, E-MAP로부터 RCoA를 할당 받는다. 할당받은 임시 주소를 이용하여 E-MAP와 CN/HB에 바인딩 업데이트 (Binding Update) 과정을 수행하게 된다. E-MAP는 바인딩 업데이트 요청 메시지에 포함되어 있는 LCoA1을 바인딩 캐쉬 테이블 엔트리에 추가 한다. 이러한 과정을 통해 이동 단말과

E-MAP간 단일 터널링이 형성된다. 바인딩 업데이트 과정을 통해 CN/HB는 이동 단말의 RCoA를 알게 되고, RCoA를 목적지로 하는 패킷을 생성하여 패킷을 E-MAP로 전송하게 된다. 패킷을 송신한 E-MAP은 다시 LCoA1를 목적지로 한 패킷 터널링을 통해 패킷을 전송한다. 이로써 이동 단말은 WiFi 네트워크에서 CN으로 패킷을 전송하게 된다. 이동 단말이 이동하여 WiFi의 액세스 라우터로부터 멀어지게 되면, 즉, 액세스 라우터로부터의 RSSI (Radio Signal Strength Indicator) 값이 낮아지게 되면, 이동 단말은 UMTS 네트워크와 WiFi의 중첩되는 지역으로 이동하게 된다. 이 때 이동 단말의 IF2는 활성화하여 GGSN으로부터 LCoA2를 할당 받는다. 이동단말은 할당 받은 LCoA2를 E-MAP에 바인딩 업데이트 과정을 수행한다. E-MAP은 LCoA1과 LCoA2를 바인딩 업데이트 캐쉬 테이블 엔트리에 유지 한다. 이로써, 이동 단말과 E-MAP 간에 WiFi 네트워크 및 UMTS 네트워크를 통한 다중 터널링이 생성된다. 이러한 E-MAP에서 CN/HB로부터 전송된 패킷을 바인딩 캐쉬 테이블 엔트리를 참조하여 다중 터널링을 통하여 이동 단말로 전송된다.

멀티 캐스팅 터널링에서, HA/CN으로 부터의 패킷들은 이동 단말로 병렬로 전송 될 수 있다. 즉 다시 말해, 동일한 패킷이 WiFi의 액세스 라우터와 UMTS의 GGSN으로 동일한 시간에 전송 된다. 두 개의 동시 터널링으로 부터의 패킷은 IPv6 Home address option을 사용하여 Home IP address (HoA)로 직접적으로 전송 될 수 있다. 만약 이동 단말이 WiFi의 액세스 라우터와 RSSI 값이 커지게 되면 즉, 거리가 멀어지게 되면 이동 단말은 WiFi의 액세스 라우터와의 연결을 끊기 위해 언바인딩 업데이트 메시지 (Unbinding Update Message: LUU)를 E-MAP로 전송하여 바인딩 캐쉬 테이블 엔트리에 있는 LCoA1을 삭제함으로 써 WiFi의 액세스 라우터와 이동 단말의 IF1간 연결을 단절 시킨다. 이로써 이동 단말은 핸드오버 하는 동안에 최소 하나 이상의 네트워크와 연결되기 때문에 서비스의 단절을 무시할 수 있을 만큼 줄일 수 있다.

제안된 핸드오버 방법에 의해 CN으로 송신된 패킷을 E-MAP를 경유하여 다중 IP 터널링을 통해 I핸드오버를 수행하는 동안 F1과 IF2로 데이터를 전송받음으로 써 2계층 및 3계층에서 발생하는 링크 스위칭 시간 및 IP 연결 지연시간과 위치 갱신 지연시간을 줄여 패킷 손실 및 핸드오버 지연시간을 무시 할 수 있을 만큼 줄

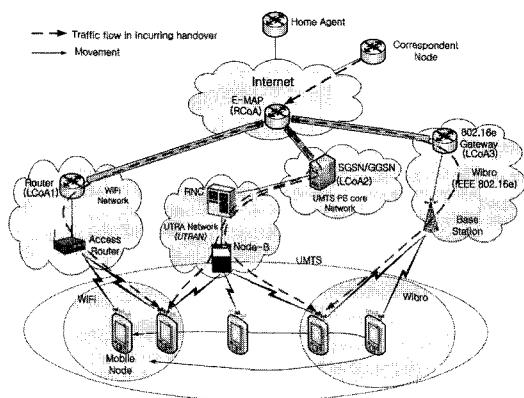


그림 2. 이기종 망 무선 네트워크에서 핸드오버 시나리오
Fig. 2. Handover scenario in heterogeneous wireless networks.

일 수 있다.

본 논문에서는, 다음 무선 네트워크 인터페이스 선택을 위해 네트워크 특성을 고려하여 다음과 같은 우선순위를 설정한다. WiFi 인터페이스는 가장 높은 우선순위를 부여하고, UMTS는 가장 낮은 우선순위를 부여하며, WiBro는 중간 우선순위로 둔다. 이와 같은 우선순위 부여는 각 네트워크 망의 무선 전송 범위가 다르기 때문에 최악의 경우 세 개의 네트워크가 중첩되는 영역이 발생 할 수 있기 때문이다.

네트워크의 연결 및 단절 시 다음과 같은 RSSI 임계값에 따라 핸드오버를 수행한다. 이를 위해 두 개의 임계값 T_p 는 핸드오버 준비 임계값, T_s 는 핸드오버 수행 임계값으로 정의한다. 현재 연결된 네트워크의 Base station (즉, WiFi의 액세스 포인트, UMTS의 Node-B, WiBro의 Base Station)^[9] T_p 의 임계값으로 떨어지게 되면 핸드오버 준비 단계 즉 인접해 있는 네트워크의 탐색 단계를 수행하고, T_s 의 임계값이 되면 탐색된 네트워크들 중 우선 순위에 따라 핸드오버를 수행한다. 핸드오버를 수행한 인터페이스의 경우 전력 소모를 줄이기 위해 슬립 모드로 들어간다.

2. E-HMIPv6 E-MAP의 구조

이 절에서는 HMIPv6에서 MAP의 확장인 E-MAP의 구조를 제시한다. 표 1은 확장된 바인딩 캐쉬 테이블 엔트리의 구조를 보여준다. E-HMIPv6에서 멀티-캐스팅 터널링을 수행하기 HMIPv6의 바인딩 캐쉬 테이블 엔트리를 확장하였다. 추가적으로 Multi-CoA 등록을 지원하기 위해 몇 가지의 플래그를 정의한다. 이동 단

표 1. 확장된 바인딩 캐쉬 테이블 엔트리의 구조
Table 1. Structure of extended binding cache table entry.

MN의 HoA	MN의 RCoA	Next CoA	Lifetime
HoA	RCoA	LCoA1	TTL1
HoA	RCoA	LCoA2	TTL2

말은 A, M 플래그 및 A, M, O Flag를 설정하여 E-MAP으로 지역 바인딩 업데이트 메시지 (Local Binding Update Message: LBU)를 송신 할 수 있다. 만약 E-MAP가 이 메시지를 수신하였을 때 Flag 중 A 와 M Flag가 설정 되어 있다면 이는 이동 단말의 IF1에 대한 바인딩 업데이트 메시지로 간주하고, 만약 A, M, O Flag가 설정되어 있다면 이동 단말의 IF2에서 바인딩 업데이트 메시지를 송신한 것으로 간주한다. 이때 전송되는 LBU 메시지에 포함된 주소는 각기 다른 CoA이다. 만약 E-MAP에서 CN 또는 HA로 부터의 수신된 패킷이 있다면 바인딩 캐쉬 테이블 엔트리의 이동 단말의 RCoA와 Next CoA를 참조하여 Bi-directional 터널링을 이용해 전송 한다.

IV. 성능 평가

이 절에서는 E-HMIPv6, MPv6 및 HMIPv6에 대해 NS-2 시뮬레이션^[9]을 수행하기 위한 시뮬레이션 토플로지 및 구성에 대해 먼저 설명하고, E-HMIPv6과 MPv6의 확장 프로토콜 간 핸드오버 지연시간과 패킷 손실 등에 대해 NS-2 시뮬레이션의 수행 결과를 통하여 성능 평가를 기술 한다.

1. 시뮬레이션 토플로지 및 구성

이 절에서, 제안된 E-HMIPv6 핸드오버 메커니즘을 검증하기 위한 시뮬레이션 구성 환경을 기술한다. MPv6, HMIPv6, 및 E-HMIPv6에 대한 성능 평가를 하기 위한 토플로지 및 시뮬레이션 파라미터는 그림 3과 같다. 이와 같은 토플로지 및 파라미터는 일반적으로 이동성 프로토콜의 성능 평가를 위해 사용되는 값으로 설정하였다^[4].

표 2는 NS-2 시뮬레이션에서 설정된 파라미터 설정을 나타낸다. 이동 단말은 듀얼 무선 인터페이스 (802.11a, 802.11g)로 가정한다. 802.11a와 802.11g는 각기 다른 주파수 대역을 사용하기 때문에 무선 주파수에 의한 무선 인터페이스 간 간섭 (Interference)은 무시 될 수 있다. AR의 무선 전송 범위는 100m로 설정하였다.

표 2. NS-2 시뮬레이션에 사용된 파라미터 설정
Table 2. Parameter setting used for NS-2 simulation

Parameter	Setting
Coverage of an AR	100 m
The number of access router	2
Wireless interface type	802.11 a/g
Simulation time	100 s
Application type	CBR (UDP), FTP(TCP)
Traffic interval	5-55 Pkt/sec
Packet size	100 Byte

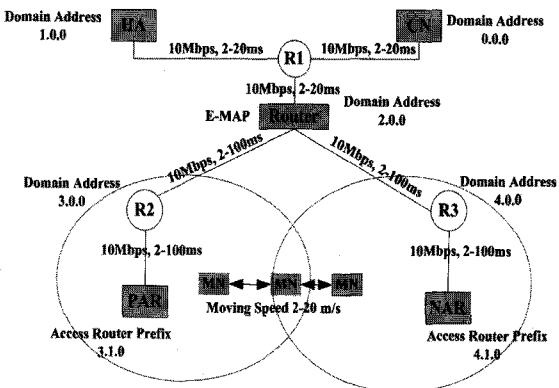


그림 3. 시뮬레이션 토플로지 및 파라미터
Fig. 3. Topology and parameter for simulation.

라우팅 방법은 No Adhoc Routing (NOAH)^[10]을 사용하였다. 이동 단말은 그림 3에 보이는 것과 같이 PAR과 NAR 간 중첩 영역을 도메인 영역을 왕복하며 이동 단말의 속도는 2-20 m/s로 가변 하면서 움직인다.

V. 시뮬레이션 결과 분석

이 절에서는 이동성 프로토콜에 대한 성능 평가 인 핸드오버 지연시간 및 패킷 손실에 대해 MIPv6, HMIPv6과 제안된 E-HMIPv6에 대해 NS-2를 통해 성능 결과 값에 대한 분석을 한다. 성능 평가를 위해 NS-2에서 사용된 응용은 UDP 기반의 CBR (Constant Bit Rate) 트래픽과 TCP 기반의 FTP (File Transfer Protocol)를 사용하였다. 먼저 UDP 기반 응용에 대한 각 이동성 프로토콜에 대한 핸드오버 지연 시간 및 패킷 손실을 분석한다. 이후, TCP 기반 응용에 대한 각 이동성 프로토콜에 대한 여러 핸드오버 지연 시간 및 패킷 손실을 분석한다. 성능 분석에서 핸드오버 지연시간은 이전 Access Router에서 받은 마지막 데이터 세그먼트와 새로운 Access Router로부터 받은 첫 번째 데이터 세그먼트 간 패킷을 송신하지 못하는 시간으로 정의한다.

그림 4는 무선 링크 지연이 변화 (0.01 sec~0.08 sec)

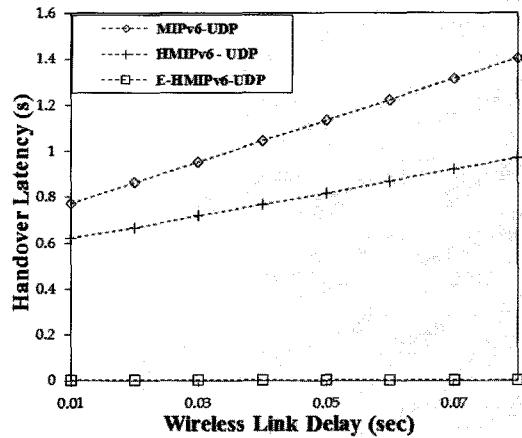


그림 4. 무선 링크 지연이 핸드오버 지연시간에 미치는 영향

Fig. 4. Impacts the handover delay for a variety of wireless link delay.

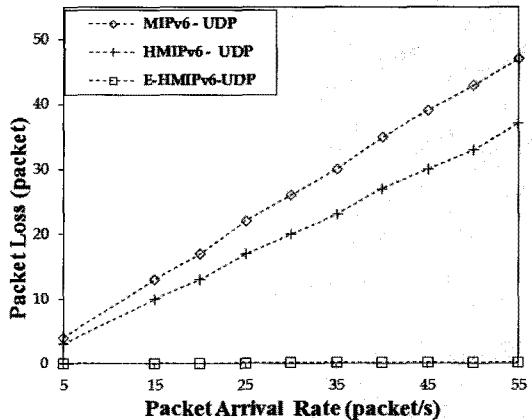


그림 5. 패킷 도착율 변화에 따른 패킷 손실의 변화
Fig. 5. Impact of packet loss for a variety of packet arrival rate.

할 때 이동성 프로토콜의 핸드오버 지연시간을 나타낸다. 제안된 E-HMIPv6의 핸드오버 지연시간은 MIPv6 및 HMIPv6에 비해 짧음을 알 수 있다. 그림 4에서 보이는 것과 같이, E-HMIPv6의 경우 핸드오버 시 PAR과 NAR의 중첩 영역에서 듀얼 인터페이스를 통해 데이터를 전송 받기 때문에 무선 링크 지연에 영향에 대한 핸드오버 지연시간은 무시 될 만큼 작게 나타났다.

그림 5는 패킷 도착율의 변화에 따른 패킷 손실의 변화를 나타낸다. 그림 5에서 보이는 것과 같이, 제안된 E-HMIPv6의 패킷 손실은 MIPv6와 HMIPv6에 비해 적다는 것을 알 수 있다. 더욱이, MIPv6나 HMIPv6의 경우 패킷 도착율의 증가함에 따라 패킷 손실양은 급격히 증가하는 것을 볼 수 있으나, E-HMIPv6에서 거의 패킷 손실이 발생하지 않는다.

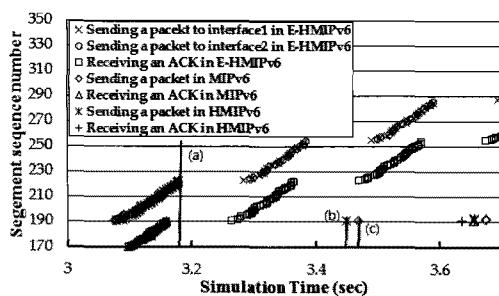


그림 6. CN에서 TCP 응용에 대한 MIPv6, HMIPv6 및 E-HMIPv6의 세그먼트 sequence number 변화
Fig. 6. Changes of segment sequence number on CN for the MIPv6, HMIPv6 and E-HMIPv6 for TCP application.

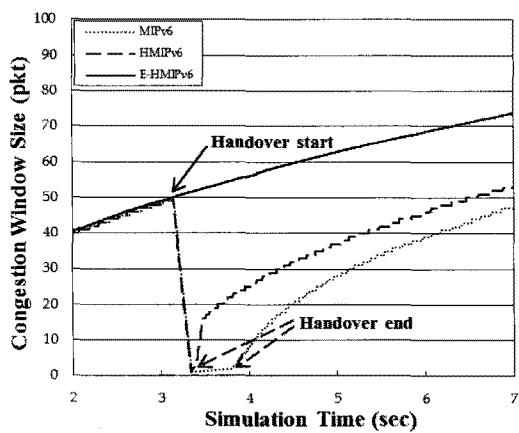


그림 7. Congestion window 크기의 변화
Fig. 7. Changes for size of congestion window.

그림 6, 7, 8, 9는 TCP 기반의 FTP Traffic를 적용하였을 경우 NS-2 시뮬레이션을 통해 도출된 성능 결과에 대한 분석을 나타낸다. 기본적으로 전송 계층에 있는 TCP Traffic은 tcp payload traffic과 acknowledgement로 구분된다. 그림 6에 대한 성능 분석을 위해 시뮬레이션 파라미터에서 모든 노드 및 라우터 간 링크들의 지연은 20 ms로 설정하였다.

그림 6은 MIPv6, HMIPv6 및 E-HMIPv6에 대한 핸드오버 동안 CN에서 이동 단말로 보내진 패킷으로 CN에서 측정된 송수신 패킷을 나타낸다.

그림 6에서 보는 것과 같이 각 프로토콜은 동일한 시점인 3.13 sec (그림 6 (a))에 핸드오버를 수행한다. 그림 6에서, 핸드오버가 발생했을 때 MIPv6 및 HMIPv6는 cwnd (congestion window)의 크기가 변화되는 것을 볼 수 있다. 이는 AR로부터 데이터를 송신하고 새로운 AR로 이동하는 과정에서 패킷을 손실이 유발되었기 때문에 TCP 프로토콜 특성에 의해 cwnd가 1로 떨어지기 때문이다 (그림 6 (b), (c)). 이와 같은 TCP Congestion

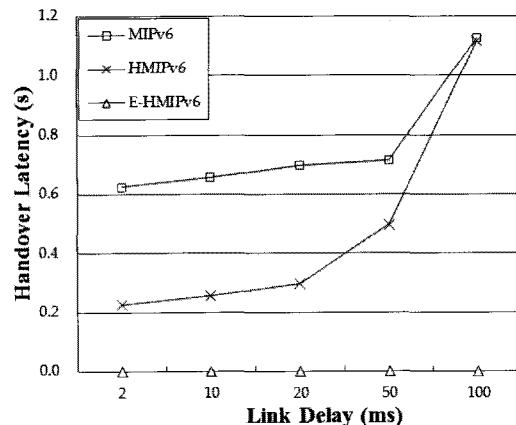


그림 8. Router와 AR들 간 유선 링크 지연에 대한 핸드오버 지연시간의 변화
Fig. 8. Impact of handover latency for a variety of wired link delay between Router and ARs.

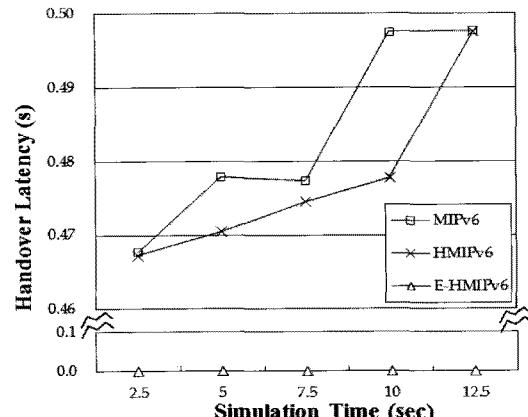


그림 9. 이동 단말의 움직임에 따른 핸드오버 지연시간 변화
Fig. 9. Impact of handover latency for MN's movement speed.

Control 메커니즘은 RFC 2581에서 찾아 볼 수 있다. 이에 반해 E-HMIPv6의 경우에는 핸드오버 도중에 중첩 영역에 있을 때 패킷 손실 및 핸드오버 지연시간이 거의 없기 때문에 cwnd의 크기가 1로 재설정 되지 않고 계속적으로 증가하는 것을 볼 수 있다.

그림 7, 8, 9, 10에서 NS-2에서 시뮬레이션 설정에서 무선 링크 지연은 2 ms로 설정하였다.

그림 7은 각 프로토콜에 대해 이동 단말의 핸드오버가 발생 했을 때 cwnd의 변화를 나타낸다. 앞서 그림 6에서 설명하였듯이, MIPv6과 HMIPv6의 경우 핸드오버가 발생하였을 때 cwnd 값이 1로 급격히 떨어지는 것을 볼 수 있다.

그림 8은 MIPv6, HMIPv6 및 E-HMIPv6에 대해 Router와 AR간 유선 링크 지연 시간 변화 (2 ms ~

100 ms)에 대한 핸드오버 지연시간의 변화를 보여준다. 여기서 Router는 그림 3에 있는 Router을 말하며, E-HMIPv6에서는 E-MAP로의 기능을 수행하고, HMIPv6에서는 MAP로 동작하며, MIPv6에서는 일반적인 AR로 동작한다. 그림 8에서 보이는 것과 같이 MIPv6와 HMIPv6는 단일 인터페이스를 이용하여 핸드오버 절차를 수행하기 때문에 유선 링크의 링크 지연이 커짐에 따라 핸드오버 지연시간은 급격하게 증가하게 된다. 이에 반해 E-HMIPv6는 듀얼 인터페이스로 NAR과 PAR로 동시에 멀티 캐스팅 터널링으로 부터 데이터를 송수신 받을 수 있기 때문에 유선 링크 지연시간이 증가에도 불구하고 거의 무시 할 수 있을 정도의 핸드오버 시간이 발생 된다.

그림 9는 이동 단말의 속도 (2.5 m/s ~12.5 m/s)에 따른 핸드오버 지연시간의 변화를 나타낸다. 이동 단말이 고속으로 움직일 때 MIPv6와 HMIPv6는 큰 핸드오버 지연시간을 발생시키지만 E-HMIPv6는 다중 인터페이스를 통해 데이터를 전송 받을 수 있기 때문에 두드러진 핸드오버 지연시간의 변화에 영향을 주지 않는다.

VI. 결 론

본 논문에서 이동 단말과 E-MAP 간 핸드오버 동작하는 동안에 다중 무선 네트워크 인터페이스를 이용한 동적 다중 터널링을 생성하여 패킷을 병렬 분산 하는 새로운 고속 IP 이동성 관리 구조를 제시하였다. 제안된 E-HMIPv6에 대해 MIPv6 및 HMIPv6와의 비교하여 TCP 응용 및 UDP 응용에 대한 시뮬레이션을 통해 성능 분석을 하였고, 이러한 성능 분석의 결과로써 기존의 MIPv6 및 HMIPv6에 비해 핸드오버 지연 시간 및 패킷 손실 면에서 높은 효율을 보임을 증명하였다.

참 고 문 헌

- [1] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," IEEE RFC 3775, June 2004.
- [2] R. Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6," IETF Internet Draft, Jul. 2005. DOI=draft-ietf-mipshop-fmipv6-rev-00.txt.
- [3] H. Soliman, C. Castelluccia, K. El Malki, and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility management," IETF RFC 5830, Oct. 2008.
- [4] C. Makaya, S. Pierre, "An analytical Framework

for Performance Evaluation of IPv6-based Mobility Management Protocols," IEEE Trans. Wireless Comm., Vol. 7, no. 17, pp.972-983, Mar. 2008.

- [5] S. Gundavelli, K. Leung, and K. Srinivasa, "Multiple Tunnel Support for Mobile IPv4," IETF Internet Draft, Mar. 2010.
- [6] J. Y. Lee, B. C. Kim, H. S. Park, and K. C. Shin, "Internet Draft-Fast Handovers for Multiple Interfaces Mobile IPv6 (MFMIPv6)," IETF MONAMI6 WG, Jul. 2007.
- [7] A. K. Salkintzis, "Interworking Techniques and Architecture for WLAN/3G integration Towards 4G Mobile Data Networks," IEEE Wirel. Comm. Vol. 11, no. 3, pp. 50-61, June 2004.
- [8] 3GPP TS 23.060 v5.6.0. General Packet Radio Service (GPRS); Service Description; Stage2 (Release 5), June 2003.
- [9] The Network Simulator - NS-2., 2009, Nov. 19, [Online]. Available: DOI=<http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.
- [10] NOAH. [Online], Available : DOI=<http://tagus.inescid.pt/~pestrela/ns2/mobility.html>.

저 자 소 개



천 승 만(정희원)
 2008년 동양대학교 전자공학과
 (공학사)
 2010년 경북대학교 정보통신학과
 (공학 석사)
 2010년~현재 경북대학교
 정보통신학과 (박사과정)

<주관심분야 : 차세대 유/무선 융합 네트워크, 이동성 관리, U-헬스케어 서비스>



박 종 태(평생회원)
 1978년 경북대학교 전자공학과
 (공학사)
 1981년 서울대학교 전자 공학과
 (공학석사)
 1987년 미국 미시건대학교
 정보통신 (공학박사)
 1989년~현재 경북대학교 전자공학과 교수
 2000년~2003년 IEEE Technical Committee on
 Information Infrastructure(TCII) 의장
 1988년~1989년 삼성전자 컴퓨터시스템 사업부
 수석연구원
 1987년~1987년 미국 AT&T Bell 연구소
 연구위원
 1984년~1987년 미국 CITI 연구원

<주관심분야 : 이동통신, 모바일, 차세대 통신망
 운용, 네트워크 보안, 헬스케어 서비스>