논문 2011-48TC-12-3

글로벌 IP 이동성 지원을 위한 P2P 기반 간단한 이동성 관리 프로토콜

(Simple Mobility Management Protocol Based on P2P for Global IP Mobility Support)

천 승 만*, 나 재 욱*, 박 종 태**

(Seung-Man Chun, Jae-Wook Nah, and Jong-Tae Park)

요 약

기존의 대부분의 이동성 관리 프로토콜 (IETF MIPv4/6, IETF MIPv6를 확장한 이동성 관리 프로토콜)은 현존하는 네트워크 인프라를 부분적으로 변경해야 하기 때문에 글로벌한 끊김 없는 핸드오버를 지원하지 못한다. 본 논문에서는 이기종 망간 글로벌 끊김 없는 핸드오버 방법인 간단한 이동성 관리 프로토콜 (Simple Mobility Management Protocol: SMMP)를 제안한다. 글로벌 사용자 및 서비스 이동성을 지원하기 위해, SMMP는 이동성 관리를 위한 별도의 위치 관리 기능을 수행하는 DMMS를 사용하며, IEEE 802.21 MIH 표준을 확장한 IEEE MIH 확장 서버를 사용하여 양방향 터널링을 동적으로 생성함으로써 끊김 없는 IP 이동성을 지원하는 것이다. 이를 위한 상세한 SMMP 구조 및 기능을 설계하였다. 마지막으로, 성능 평가에서 NS-2를 이용한 시뮬레이션 및 수치적인 성능 분석을 수행하였고, 이동성 관리 성능 평가의 지표인 핸드오버 지연시간, 패킷 손실 및 첨두 신호대 잡음비 (Peak Signal Noise Ratio: PSNR)에서 기존의 이동성 프로토콜인 MIPv6, HMIPv6에 비해 제안된 SMMP가 성능이 우수함을 보였다.

Abstract

Most of the previous mobility management protocols such as IETF MIPv4/6 and its variants standardized by the IETF do not support global seamless handover because they require partially changes of the existing network infrastructure. In this article, we propose a simple mobility management protocol (SMMP) which can support global seamless handover between homogeneous or heterogeneous wireless networks. To do this, the SMMP employs separate location management function as DMMS to support global user and service mobility and the bidirectional tunnels are dynamically constructed to support seamless IP mobility by using the IEEE MIH extension server, which is extended the IEEE 802.21 MIH standards. The detailed architecture and functions of the SMMP have been designed. Finally, the mathematical analysis and the simulation have been done. The performance results show the proposed SMMP outperforms the existing MIPv6 and HMIPv6 in terms of handover latency, packet loss, pear signal noise ratio (PSNR).

Keywords : IP 이동성 관리, 끊김 없는 IP 핸드오버, Mobile IPv6, P2P 이동성 관리

Ⅰ. 서 론

최근 고성능 스마트폰들은 Wi-Fi, 3G/4G와 같은 광대역 이중 무선 네트워크 인터페이스를 장착하고 있다. 이러한 무선 인터페이스들을 사용하여 사용자는 Mobile VoIP, Mobile IPTV와 같은 다양한 IP 기반 이동 멀티미디어 서비스를 사용하고 있다. 하지만, 사용자들은 이

* 정회원, ** 평생회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터학부
(School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University)
※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업 및 2단계 BK21 프로젝트의 연구결과로 수행되었음.
(NIPA-2011-(C1090-1121-0002))
접수일자: 2011년9월28일, 수정완료일: 2011년12월9일

종 무선망간에 끊김 없이 인터넷의 사용을 원하고 있다. 예를 들어, Wi-Fi와 3G 간 또는 다른 ISP의 이동 네트워크간 이동할 수 있다. 이러한 이기종망 환경에서 실시간 통신은 사용자의 이동 중에 오랜 시간 동안 서비스 중단이 발생하거나, 인터넷 서비스 연결의 단절이 발생하기도 한다. 네트워크 접근점 (Point-of Attachment)은 이기종 무선 네트워크를 통해 이동 호스트 (Mobile Host: MH)의 움직임에 따라 다를 수 있기 때문이다.

MH가 이동하는 동안 서비스 단절 해결하고 끊김 없는 핸드오버를 달성하기 하기 위해, 다양한 표준 이동성 관리 기술이 IETF에 의해 각 계층별로 다양한 기술이 개발되었다. 3계층에서의 이동성 관리를 위해 Mobile IPv4/6[1], MIPv6를 확장한 Fast MIPv6[2], Hierarchical MIPv6[3], Proxy MIPv6[4] 등이 있으며, 4계층에서 TCPmigrate[5], mobile Stream Control Transmission Protocol[6] 등이 있으며, 어플리케이션 계층 이동성 관리를 위한 IETF Session Initiation Protocol (SIP)[7]이 있다. 또한 IETF는 이기종 네트워크들 간 또는 동일한 형태의 네트워크 간에 끊김 없는 핸드오버를 지원하기 위해 IEEE 802.21 Media Independent Handover (MIH)[8]를 표준화 추진해 왔으며 현재 진행 중에 있다.

그러나 이러한 현재까지 개발된 또는 개발 중인 이동성 관리 프로토콜은 글로벌 원활한 핸드오버를 지원하기 못하기 때문에 MH가 이기종 무선망 내에서 움직일 때 큰 핸드오버 지연시간 또는 패킷 손실을 유발하게 된다. 기존의 연구는 동일한 형태의 무선 네트워크 인프라를 가진 무선 환경 구간 내에서 원활한 핸드오버 지원을 위해 사용될 수 있다. 그러나 글로벌하고 원활한 핸드오버를 제공하기 위해서는 존재하는 인터넷 인프라를 국제적으로 변경해야만 하는 단점을 안고 있다. 즉 다시 말해, 글로벌 원활한 핸드오버를 지원하기 위해서는 모든 현재 설치된 IP 라우터 및 프로토콜은 변경/개선되어야만 한다.

본 논문에서는 글로벌 원활한 핸드오버를 위한 간단한 이동성 관리 프로토콜 (Simple Mobility Management: SMMP)을 제안한다. 아이디어는 SMMP는 글로벌 사용자 및 서비스 이동성을 지원하기 위해 세션 개시 프로토콜 (Session Initiation Protocol: SIP)과 같이 별도의 위치 관리 기능을 사용하며, 이기종 무선 네트워크 간 이동하는 두 MH 종단간에 패킷 전송을 위해 양방향 IP 터널링을 생성하는 것이다. 또한, 이른 핸드오버 기술 (Early Handover)은 IEEE 802.21 MIH 기능을 확장하여 큰 핸드오버 지연 시간 및 패킷 손실을 줄이기 위해 개발되었다. SMMP P2P (Peer-to-Peer)로 동작하기 때문에 기존의 인터넷 네트워크 인프라에서 어떠한 변형 없이 글로벌 원활한 핸드오버를 이룰 수 있다.

이동성 프로토콜은 크게 5가지의 측면에서 분석해 볼 수 있다: 네트워크 인프라의 변동 필요 측면, 어플리케이션 변동 필요 측면, 핸드오버 지연시간 측면, 패킷 손실 측면, 이동성 지원 여부 측면. MIPv6, TCP migrate, mSCTP는 기존의 네트워크 인프라의 일부 또는 다수의 기능들을 수정/변경 시켜야만 한다. 특히, MIPv4는 모든 접속 라우터는 Home Agent (HA), Foreign Agent (FA) 기능을 수행해야만 한다. 이에 반해, SIP와 SMMP의 경우에는 P2P 모드로 동작하기 때문에 무선 라우터와 전송 계층 프로토콜을 변경할 필요가 없다. TCP migrate과 mSCTP는 기존의 인터넷 어플리케이션을 변경해야만 한다. 이는 현실적으로 불가능하다. 또한 기존의 MIPv6, mSCTP, TCP migrate 는 핸드오버 시 큰 핸드오버 지연시간과 패킷 손실을 발생시킨다. 또한 MIPv6, mSCTP, TCP migrate는 Terminal, Session에 대한 이동성을 지원한다. 전체적으로 요약하면, 본 논문에서 제안하는 SMMP는 기존의 인프라인 접속 라우터의 변경 없이 단말 이동성, 세션 이동성 및 서비스 이동성을 지원하며 끊김 없는 핸드오버를 지원한다는 장점을 가진다.

제안된 SMMP의 장점을 요약하면 다음과 같다.

- 기존의 IP 네트워크 인프라의 변경 없이 원활한 글로벌 IP 핸드오버를 지원
- IPv4 및 IPv6 지원
- 단말 이동성, 세션 이동성, 사용자 이동성 지원

성능 분석을 위해 Network Simulator-2 (NS-2)를 사용한 시뮬레이션을 수행하였으며, 기존 표준 이동성 관리 프로토콜과 비교하여 효율적임을 보였다. 다양한 기존의 표준 IP 이동성 관리 프로토콜이 있기 때문에 본 논문의 성능 분석에서는 MIPv6 및 HMIPv6을 선정하여 SMMP과 다양한 성능 지표에서 비교하여 성능 분석하였다. 시뮬레이션 결과로 핸드오버 지연시간, 패킷 손실, 첨두 신호대 잡음비 (Pear Signal Noise Ratio:

PSNR) 면에서 우수함을 보였다.

본 논문의 나머지는 다음과 같이 구성된다. Ⅱ장에서는 이동성 지원을 위한 IEEE 802.21 MIH의 구조 및 기능에 대해 알아보고 Ⅲ장에서 제안된 SMMP 프로토콜의 구조 및 시그널링 절차를 설명하며, Ⅳ장에서는 NS를 통한 성능 분석을 하며, 마지막으로, Ⅴ장에서 결론을 내린다.

Ⅱ. 관련 연구

1. IEEE 802.21 MIH 구조 및 기능

그림 1은 IEEE 802.21 MIH표준[9]의 프레임워크를 나타낸다. IEEE 802.21 MIH 표준은 이•기종 무선 네트워크 인터페이스의 관리뿐만 아니라 빠른 이동성 지원을 위해 IETF의해 표준화 되었다. MIH 표준에서의 궁극적인 목표는 다양한 네트워크 사이에서 링크 계층의 지능적 정보 등을 제공하여 미디어에 독립적으로 핸드오버 결정권을 제공하는 것이다. 그림 1은 IEEE 802.21 MIH의 프레임워크를 나타낸다. MIH는 Handover Initiation, Handover Preparation, Handover Execution 절차 중 Handover Initiation, Handover Preparation의 절차에 필요한 정보들을 제공한다. 구체적으로, Handover Initiation 절차에서 네트워크 Discovery, Network Selection, Handover Negotiation 등의 기능 등의 새로운 링크의 검색 기능, 링크계층 연결성의 기능 등의 새로운 링크 설정 기능을 수행한다. MIH는 링크 계층 위, 네트워크 계층 아래에 위치하면 Information Service, Command Service, Event Service를 통해 계층 간 데이터를 주고받게 된다.

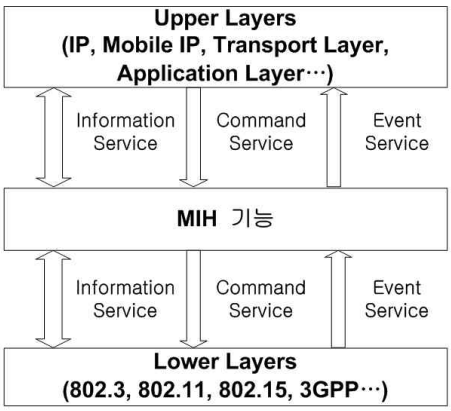

그림 1. IEEE 802.21 MIH 프레임워크
Fig. 1. Framework of IEEE 802.21 MIH.

더욱 구체적으로, Information service는 핸드오버 절차에서 지형적인 구역 이내에서 이용 가능한 인접해 있는 네트워크의 정보를 탐색하기 위한 Media Independent Handover Functions (MIHF) 엔티티에 대한 프레임워크 및 메커니즘을 제공한다.

Command Service는 상위 계층의 정보 (정책, 이동성 관리 프로토콜의 정보, 링크 선택 정보 등)를 아래 링크계층으로 전달하는 기능을 수행하게 된다.

Event Service는 무선 네트워크 인터페이스의 RSSI의 상태, 링크의 상태 등의 링크의 상태를 상위 계층으로 전송하는 기능을 수행하게 된다. 이러한 3가지의 서비스를 통해 인접해 있는 네트워크의 상태를 탐색하며, 무선 네트워크 인터페이스의 선택 등의 기능을 데이터를 수신하는 동시에 수행할 수 있다.

Ⅲ. 이동성 관리를 위한 구조 및 알고리즘

1. SMMP의 시스템 구조

그림 2는 SMMP의 구조를 보여준다. SMMP 구조의 컴포넌트는 SMMP 프로토콜, 분산 이동성 관리 테이블 (Distributed Mobility Management Table: DMMT)을 포함한 분산 이동성 관리 시스템 (Distributed Mobility Management System: DMMS), 로컬 바인딩 캐쉬 (Local Binding Cache: LBC) 및 확장된 MIH 서버로 구성된다. 그림 2에서 보인 것과 같이 SMMP는 인터넷 프로토콜로 2계층 (링크 계층)에서 5계층 (어플리케이션 계층)까지의 상호 작용함으로써 신뢰성 있는 종단간 이동성 관리 기능을 제공한다. SMMP는 실시간 고속

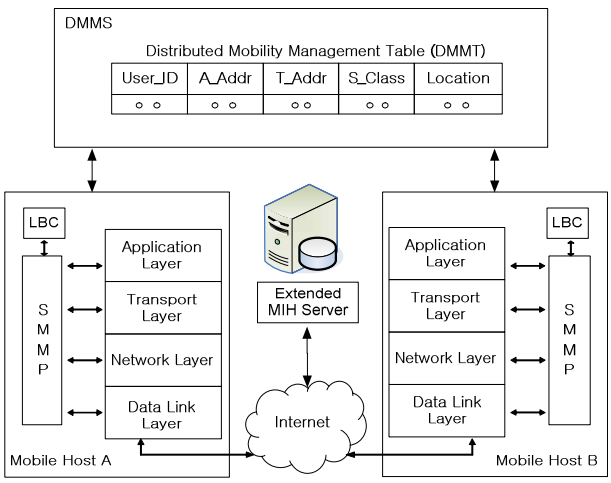

그림 2. SMMP 구조
Fig. 2. SMMP architecture.

핸드오버 기능을 수행하기 위해 MH의 3계층 (네트워크 계층) 에 탑재된다. SMMP의 고속 핸드오버 기능은 MIH 기능들을 확장과 연계하여 핸드오버를 수행한다.

DMMT는 User_ID, A_Addr 및 T_Addr로 구성되며, 여기서, User_ID는 사용자의 id이며, A_Addr은 MH에 할당된 고정된 IP 주소이며, T_Addr은 이동하는 MH에 대한 임시로 사용되는 임시 IP 주소이다. T_Addr은 MIPv4/v6에서 사용되는 Care-of Address와 같다.

ID와 주소들 이외에도, 위치 및 보안 클래스, 즉, 사용자와 MH의 S_Class는 선택적으로 명시될 수 있다. User_ID, A_Addr 및 T_Addr들은 각기 사용자 이동성, 단말의 이동성, 세션 이동성들을 지원하기 위해 사용된다. S_Class는 보안 클래스와 사용자의 서비스 품질 (Quality of Service) 요구 사항들에 의해 결정된다. A_Addr과 T_Addr을 이용하여 원활한 세션 연결성은 무선 네트워크의 다른 셀 간 MH가 이동하는 동안에 제공될 수 있다. 마지막으로, 위치 정보는 사용자의 현재의 위치를 확인하기 위해 유지된다.

로컬 바인딩 캐쉬 (LBS)는 MH의 움직이는 동안 IP 연결을 계속적으로 유지하기 위해 로컬 이동성 관리 정보를 임시적으로 저장한다. LBS는 MH의 A_Addr, T_Addr를 포함하며, 또한, LBC에 저장된 정보는 상대방의 A_Addr, T_Addr과 더불어 T_Addr의 수명 (Lifetime)을 포함한다. 라우터 또는 접속점의 정보는 확장된 MIH 서버로부터 획득될 수 있다. 더욱 구체적으로, 이 정보는 현재 MH가 접속되어 있는 라우터의 정보를 포함하고 MH가 다음에 접속될 다음 접속 라우터 및 접속점의 IP 주소를 포함할 수 있다. 더욱 상세하게는, 인접한 라우터의 정보는 MH의 현재 위치를 기반으로 MIH 확장 서버에 접속하여 획득할 수 있다.

현재 MIH 기능은 인접한 라우터의 정보를 얻는 방법을 포함하지 않는다. 하지만 MIH 기능은 MH 주변의 접속점의 정보는 획득할 수 있다. MH의 현재 위치에서 접속점의 정보를 이용하여 인접해 있는 접속점과 연관되어 있는 접속 라우터의 정보를 획득할 수 있다. 그리고 제안된 SMMP는 MH가 이동하는 동안 임시 IP 주소를 획득하기 위해 인접한 라우터의 정보를 이용한다. SMMP의 상세한 시그널링 흐름 다이어그램은 3장에서 다루기로 한다.

2. SMMP의 이동성 지원 메커니즘

그림 3은 SMMP의 이동성 지원을 위한 기본적인 동작 방법을 보여준다. 그림 3에서 MH는 먼저 User_ID, A_Addr과 다른 정보들을 DMMT와 DMMS에 사전 등

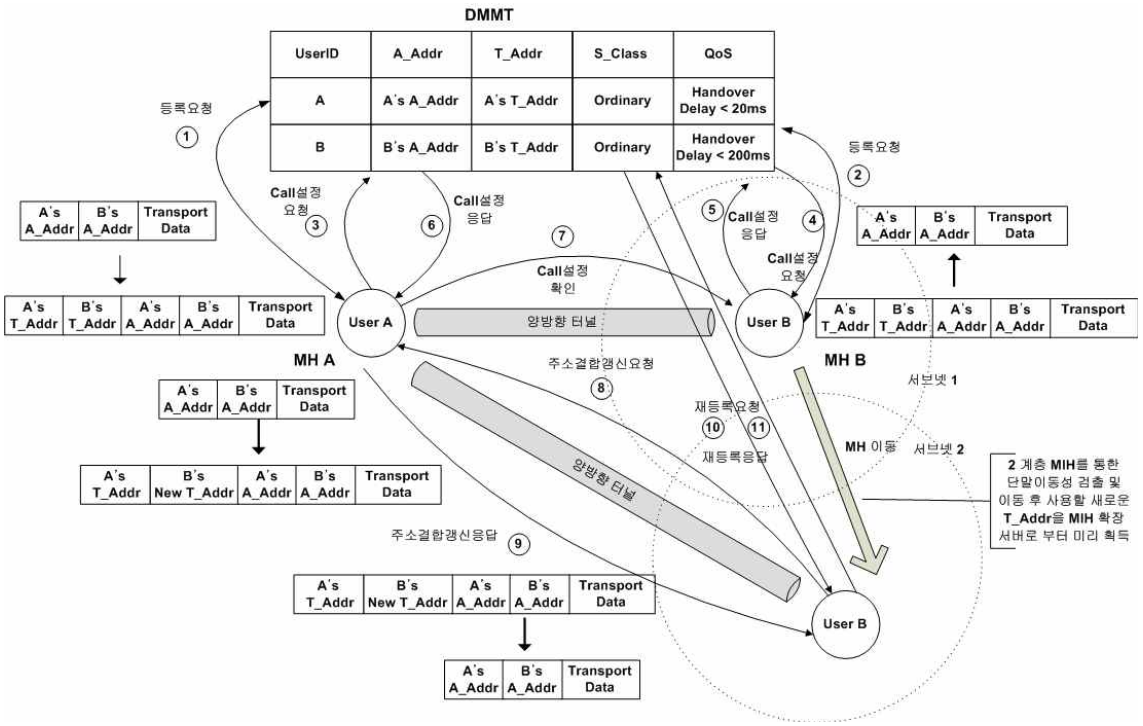

그림 3. SMMP 이동성 관리의 핸드오버 동작
Fig. 3. Handover operations of mobility management of SMMP.

록한다. MH A가 MH B와 통신하고자 할 경우 Call 설정요청 메시지 메시지를 DMMS를 통해서 MH B에 보낸다. MH B는 Call 설정응답메시지를 역시 DMMS를 통해서 단말 A로 보낸다. A와 B는 Call 설정메시지를 주고받은 뒤 양뱡향 터널을 만들어서 데이터를 주고받는다. 여기서 MH A와 B의 송수신 IP주소로 A_Addr를 사용하고 양방향 터널의 입구주소(Entry Address) 및 출구주소 (Exit Address)로 임시 IP 주소인 T_Addr를 사용한다.

다음에 MH A가 이전 접속 라우터 (PAR) (서브넷 1)에서 다음 접속 라우터 (NAR) (서브넷 2)로 움직이는 경우를 고려하자. 그림 2에서 보인바와 같이, MH B가 서브넷 1과 2의 전파중첩지역으로 진입하게 된다. 이 영역에서, PAR의 접속점으로부터 전파신호간도가 급격히 감소되기 때문에 MIH 클라이언트는 이동성 감지를 할 수 있으며, MH B IP 이동성 기능에 의해 Link_Going_Down Notification 메시지를 트리거할 수 있다. 이 메시지를 수신한 후 MH B는 확장된 MIH 서버에 접속하여 T_Addr을 준비한다. T_Addr를 획득한 후, MH B는 LBC에 이 정보를 저장한다.

MH가 NAR에 가까워졌을 때 PAR의 접속점으로부터 전파 신호 세기가 급격히 감소하게 되고, MH B는 MH A와 핸드오버를 수행하고 양방향 터널링을 생성한다. 이를 위해 먼저, MH B는 바인딩 주소 갱신 메시지를 MH A로 전송하고, T_Addr 갱신 요청 메시지를 DMMS로 전송한다. MH A와 MH B는 다음 T_Addr를 사용하여 엔트리와 터널의 출구 주소로 변경한다. MH B로 T_Addr 갱신 응답 메시지를 전송함으로써 DMMS는 MH B의 T_Addr의 갱신을 확인한다. 이와 같은 방법을 사용하여 핸드오버 하는 동안에 발생할 수 있는 핸드오버 지연시간 및 패킷 손실을 줄일 수 있다.

SMMP는 그림 3에서 보인 바와 같이 동작이 매우 간단하지만 IETF MIP 및 SIP의 장점은 유지하면서 단점을 제거한 프로토콜이기 때문에 단순 이동성관리 프로토콜이라 불린다. 먼저 SMMP는 SIP와 비슷하게 User_ID를 사용함으로써 위에서 설명한 단말 이동성외에도 단말에 독립적으로 사용자가 이동하게 해주는 사용자 이동성을 지원한다.

SMMP와 MIPv6를 비교하면 SMMP는 MIP와 같이 2개의 IP 주소를 사용함으로써 근본적으로 상부 프로토콜에 투명한 L3 고속 핸드오버기능을 제공할 수 있다는 것이다. 그러나 MIPv6과는 달리 MIPv6의 Home Agent가 가지고 있는 위치관리기능은 DMMS가 수행하게 하고 Home Agent가 가진 터널링 기능을 MH가 수행하게 하여 결과적으로 P2P 모드로 동작하게 한다. 이렇게 함으로써 MIPv6과는 달리 네트워크 인프라 변경을 요구하지 않고, 인그리스 필터링 문제나 삼각 라우팅 문제를 해결한다. 그리고 조기 핸드오버기능을 사용함으로써 MIPv6 변종인 FMIPv6과 같이 고속 핸드오버를 가능하게 한다.

요약하면 SMMP는 MIPv6의 Home Agent가 가지고 있는 위치관리기능 분리하여 중앙에서 관리하며 MH 간에 양방향 터널을 구축하여 통신함으로써 Home Agent 및 Foreign Agent가 가지고 있는 패킷 전달 및 터널링 기능을 수행하게 함으로써 결국 Home Agent 및 Foreign Agent가 필요 없게 되어 이동성관리 구조를 단순화한 것이라 볼 수 있다. 부가적으로 위치관리와 IP 주소관리 기능을 통합하여 DMMS에서 관리함으로써 IPv4 및 IPv6에 구분 없이 통합적으로 이동성을 관리할 수 있게 한다.

3. SMMP의 시그널링 흐름 다이어그램

그림 4는 고속 IP 핸드오버를 위한 SMMP 동작에 대한 시그널링 흐름 다이어그램을 보여준다. MH A와 MH B는 현재 연결되어 있는 링크 및 A_Addr을 DMMS에 등록하는 절차를 수행한다. 이를 통해 종단간에 패킷 전송하게 된다. MH B는 RSSI에 대한 링크의 상태를 모니터링하기 위해 MIH 클라이언트로 전파 신

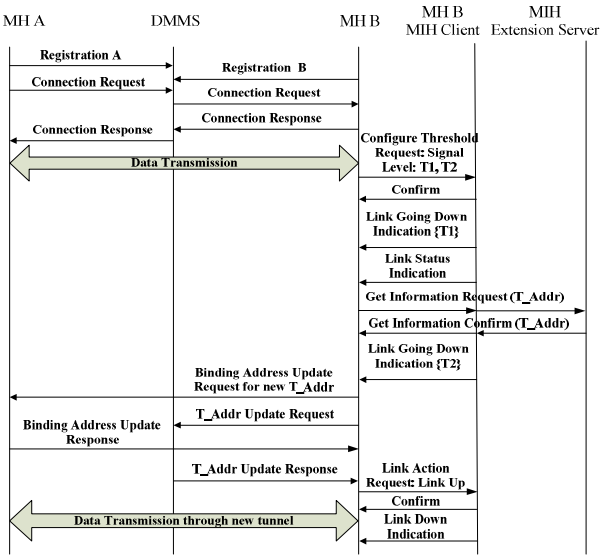

그림 4. SMMP의 시그널링 흐름 다이어그램
Fig. 4. Signaling Flow Diagram of SMMP.

호 강도에 대한 임계값 {T1, T2}를 설정한다. 이 전파 신호 강도에 의한 임계값인 핸드오버 준비과정과 핸드오버 수행과정을 구분하여 수행하기 위함이다. MIH B 클라이언트는 현재 링크의 상태를 모니터링 하다가 전파 신호 강도 임계값이 T1 이하로 떨어지게 되면 MH B로 Link Going Down Indication 메시지를 전송하게 된다. 이후 현재 링크의 상태를 알리는 Link Status Indication 메시지를 또한 전송하게 된다. Link Status Indication 메시지에는 MH에 인접해 있는 AP 정보를 포함한다. 인접한 AP들의 링크들의 상태를 MIH Function에 의해 하나의 AP를 선정하게 된다. AP를 선정하는 방법은 본 논문에서는 다루지 않는다. 선정된 AP에 대한 T_Addr을 획득하기 위해 MH B는 MIH 확장 서버에 접속라우터에 대한 Prefix을 획득하기 위해 Get Information Request/Confirm 메시지를 통해 획득하게 된다. MIH 확장 서버는 다음 접속점들 또는 Base Station들과 연관된 인접 이용 가능한 네트워크 정보의 리스트를 포함 한다[9]. 획득한 Prefix 정보를 이용하여 MH는 Mobile IPv6에서 지원하는 Auto Stateless Address Configuration 방법에 의해 T_Addr을 생성하게 된다. MH B MIH 클라이언트로부터 링크의 상태가 T2이하로 떨어짐을 Link Going Down Indication 메시지를 통해 전송받는다. MH B는 T_Addr을 MH A와 DMMS에 Binding Address Upodate Response/ Response 메시지를 통해 등록 과정을 수행하게 하고, MH A는 주소결합갱신요청메시지를 받은 후 곧바로 새로운 터널을 구축한 뒤 주소결합갱신응답메시지를 MH B에 전송한다. 그리고 난 다음 단말 A는 새로운 터널로 데이터를 송신한다. MH B는 A로부터 주소결합갱신응답메시지가 도착하면 기존에 사용 중인 구 터널에서 새 T_Addr로 구축된 새 터널로 데이터 받는다. 앞에서 언급한 바와 같이 조기핸드오버 알고리즘은 L2로부터의 핸드오버 예측신호를 받아서 L3 핸드오버를 L2 핸드오버가 종료하기 전에 시작하여 T_Addr를 미리 획득하기 때문에 (Duplicate Address Detection (DAD) 관련된 L3 핸드오버 시간지연을 없앨 수 있다. 그러나 전파중첩지역을 지나서 구 T_Addr에 도착한 패킷은 손실된다. 그림 4에서 결합주소갱신응답메시지는 선택사항이며 새 T_Addr로 송신된다.

4. MIH 서버 구조

IEEE MIH 서버는 표 1과 같은 구조를 가진다. MIH

표 1. MIH 서버의 엔티티
Table 1. Entity of MIH server.

접속 라우터 정보	접속점의 MAC 주소	등록된 MH의 User_ID	할당된 임시 주소	Life -time
....	....	....	....	....

서버는 접속 라우터 정보, 접속점의 MAC 주소, 등록된 MH의 User_ID, 할당된 임시 주소, Lifetime의 엔티티를 가진다. 하나의 접속 라우터는 다수의 접속점들을 관리할 수 있다. 등록된 MH의 User_ID는 서비스를 사용하고 있는 MH의 ID를 나타내며, 할당된 임시 주소는 User_ID 별로 현재 접속 상태에서 할당된 임시주소를 나타내며, Lifetime은 할당된 주소의 수명시간이며 이는 주기적으로 갱신된다.

Ⅳ. 성능 평가

1. 수학적인 분석

본 장에서는 핸드오버 지연시간과 패킷 손실 및 시그널링 오버헤드 부분에 대한 수치적인 분석을 하도록 한다.

핸드오버 지연시간은 MH가 AR간 또는 AP간 중첩된 무선 전파 영역을 이동 할 때 발생한다. MH가 현재 접속되어 있는 접속 라우터를 PAR로 정의하고, MH가 이동해갈 접속 라우터를 NAR로 표기하기로 한다. Case A는 중첩 영역 내에서 MH가 핸드오버를 완료 하였을 경우; Case B는 PAR과 NAR 사이에 작은 중첩 영역으로 인해 핸드오버를 완료하지 못하였을 경우; Case C 는 중첩 영역이 거의 없을 경우로 구분하여 성능 분석을 하도록 하였다. MH는 PAR에서 NAR로 v

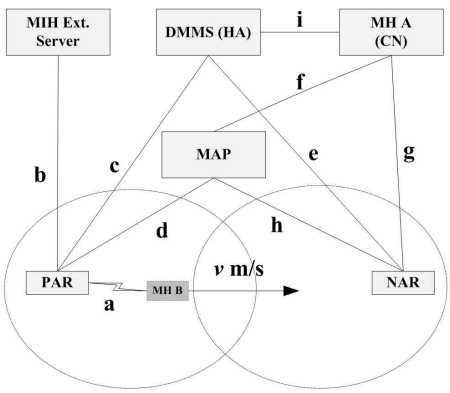

그림 5. 수치적 분석을 위한 이동성 모델
Fig. 5. Mobility Model for mathematical analysis.

m/sec의 속도로 움직임을 가진다고 가정한다. 그림 5는 수치적 분석을 위한 이동성 모델을 나타낸다. 각 컴포넌트간 홉 수는 a, b, c, d, e, f, g, h, i 로 표시하였다.

핸드오버 지연시간은 핸드오버 하는 동안에 패킷을 송수신하지 못하는 2계층과 3계층 핸드오버 지연시간으로 정의 한다[12]. 총 핸드오버 지연시간은 2계층 핸드오버에 의해 발생하는 링크 스위칭 시간 (t_{L2})와 3계층에서 발생하는 IP 연결 지연시간 (t_{IP})과 위치 갱신 지연시간(t_{BU})으로 구성된다.

상세히 기술하면, t_{IP}는 t_{MD}와 t_{AC} 합으로 계산되며, t_{BU}는 t_{BU}와 t_{NR}의 합으로 계산된다. 여기서, t_{MD}는 이동성 감지 지연시간을 나타내며, t_{AC}는 주소 연산 및 주소 중복 검사 지연시간으로 표현되고, t_{BU}는 MH와 Mobility Anchor Point (MAP)와 CN/HA 또는 DMMS 간 바인딩 업데이트 시간을 나타낸다. t_{NR}은 바인딩 업데이트를 완료한 후 MH가 새로운 IP 주소로 변경된 첫 패킷을 받을 때까지의 지연시간을 나타낸다.

더욱 상세한 지연시간 분석을 위해, MH와 AR간 시그널링 메시지에 의해 발생되는 지연시간을 다음과 같이 계산한다. $t_{X,Y}$는 노드 X와 Y 간 단방향의 단일 시그널링 메시지 전송 지연시간으로 정의한다. 만약 종단 노드가 MH일 경우 $t_{X,Y}$는 아래와 같이 계산 된다[12].

$$t_{X,Y}(s) = \left(\frac{s}{B_{wl}} + L_{wl}\right) + \left((d_{x,y} - 1)\left(\frac{s}{B_w} + L_w + \omega\right)\right) \quad (1)$$

여기서 s는 시그널링 메시지의 크기를 나타내고, B_{wl}과 B_w는 무선 링크의 대역폭과 유선 링크의 대역폭으로 각각 나타낸다. L_{wl}과 L_w는 무선의 링크 지연시간 및 유선 링크 지연 시간으로 나타낸다. ω는 접속 라우터의 평균 큐잉 지연시간을 나타낸다. $d_{x,y}$는 노드 X와 Y간 평균 홉 수를 나타낸다. 공식 (1)에서 첫 번째 항은 무선 링크에서 단방향 단일 메시지 전송 지연시간을 나타내며, 두 번째 항은 노드 X와 Y사이에 유선 링크에서 단방향 단일 메시지 전송 지연시간을 나타낸다.

$D_{HOProtocol}$은 *HOprotocol* (*Handover Protocol*)을 사용한 핸드오버의 총 지연시간으로 정의한다. 그리고 각 Case A, B 및 C는 다음과 같이 나타낼 수 있다. Case A는 $t_{RT} \geq D_{HOProtocol}$, Case B는 $t_{RT} < D_{HOProtocol}$, 그리고 Case C는 $t_{RT} = 0$ 이다.

핸드오버 지연시간 유도 공식은 각 이동성 관리 프로토콜에 따라 달라진다. [12]에서 나타나 있는 것과 같이, MIPv6의 핸드오버 지연시간은 t_{L2}, t_{MD}, t_{AC}, t_{BU}, 그리고 t_{RR}로 구성된다. 여기서 t_{BU}와 t_{RR}는 각 MH B과 HA 사이의 바인딩 업데이트 지연시간과 Return Routability Procedure 지연시간으로 정의된다. MIPv6에서, t_{BU}는 $2(t_{MH,\ HA}+t_{MH,\ CN})$로, t_{RR}은 $2(t_{MN,CN}+t_{MH,HA}+t_{HA,CN})$로 유도된다.

HMIPv6는 지역 이동성 관리를 위해 사용 되는 프로토콜이기 때문에 HA 혹은 CN으로 바인딩 업데이트 하기 위한 메시지는 필요하지 않다. 하지만, HA 및 CN 대신하여, MH는 MAP에 바인딩 업데이트를 반드시 수행해야 한다. 그러므로 t_{BU}는 MH와 MAP간에 바인딩 메시지 전송 지연 시간 만으로 구성 되고, 이 지연시간은 $2t_{MH,MAP}$로 계산 된다.

MIPv6와 HMIPv6은 단일 무선 네트워크 인터페이스에 의존하기 때문에 핸드오버 지연시간은 중첩 영역의 크기에 독립적이다. 왜냐하면, MIPv6와 HMIPv6의 경우 MH는 NAR에 연결하기 위해 PAR간의 연결을 끊어야만 하기 때문이다. 하지만 SMMP의 경우, MH와 NAR간 새로운 연결 생성 시 PAR과 NAR사이의 중첩 지역이 MH가 충분히 핸드오버를 수행 할 수 있을 만큼 크다면 MH와 PAR간 연결이 유지된 상태에서 연결이 됨으로 SMMP의 경우 중첩 영역의 크기에 의존적이다. 중첩 영역이 존재하지 않는다면, MH가 PAR에서 NAR로 이동할 경우 NAR의 정보를 탐색할 수 없기 때문에 핸드오버 지연시간이 변화될 수 있다. 그러므로 MIPv6/HMIPv6에서 t_{RT}는 Case A, B 및 C의 영향을 받지 않는다. 대조적으로, SMMP의 경우 t_{RT}는 Case A, B, 그리고 C에 따라 핸드오버 지연시간은 달라진다.

SMMP에 대한 핸드오버 지연시간의 유도는 아래와 같다. Case A에서는 중첩 영역이 클 경우 PAR과의 연결이 유지된 상태에서 NAR을 통해 핸드오버를 수행하기 때문에 핸드오버 지연시간은 $t_{L2}+2t_{MH_B,DMMS}+2t_{MH_B,MH_A}$이 된다. Case B에서는 중첩 영역에서 핸드오버 수행하는 시간 동안 PAR과의 연결이 얼마 동안 유지 되느냐에 따라 핸드

표 2. 각 프로토콜에 대한 총 핸드오버 지연시간
Table 2. Total handover Latency for each protocol.

프로토콜	총 핸드오버 지연시간
D_{MIPv6}	$t_{L2}+t_{MD}+t_{AC}+4(t_{MH,HA}+t_{MH,CN})+2t_{HA,CN}$
D_{HMIPv6}	$t_{L2}+t_{MD}+t_{AC}+2t_{MH,MAP}$
Case A: D_{SMMP}	t_{L2}
Case B: D_{SMMP}	$t_{L2}+2t_{MH_B,DMMS}+2t_{MH_B,MH_A}-t_{RT}$
Case C: D_{SMMP}	$t_{L2}+2t_{MH_B,DMMS}+2t_{MH_B,MH_A}+2t_{MN_B,MIHext.ser.}$

오버 지연시간은 달라진다. Case C의 경우, MH는 PAR과의 연결이 끊기기 때문에 핸드오버를 수행하는 동안 PAR로부터 데이터를 받을 수 없기 때문에 패킷 손실 및 핸드오버 지연시간이 유발 될 수 있다. MIPv6, HMIPv6, SMMP에 대한 총 핸드오버 지연시간을 요약하면 표 2와 같다.

패킷 손실은 데이터를 전송하는 동안 핸드오버 수행절차로 인해 발생되는 패킷 손실 량으로 정의 한다. 패킷 손실은 핸드오버 지연시간에 비례하기 때문에 *HOProtocol* 핸드오버 프로토콜에서 패킷 손실 $P_{HOProtocol}$은 아래와 같이 계산 될 수 있다[12]:

$$P_{HOprotocol} = \lambda_p D_{HOprotocol}$$

여기서, λ_p는 시간당 패킷 단위의 패킷 도착 율로 나타내고, $D_{HOprotocol}$은 *HOprotocol* 핸드오버 프로토콜의 핸드오버 지연시간으로 나타낸다.

2. 시뮬레이션 환경

이 장에서는, 제안된 SMMP 핸드오버 메커니즘에 대한 시뮬레이션을 수행하기 위한 시뮬레이션 설정 환경에 대해 설명하도록 한다. 본 논문에서는 시뮬레이션을 위해 네트워크 시뮬레이션 툴[12]를 사용하였고 이는 리눅스 운영 시스템 환경에서 수행되었다. 기존의 이동성 관리 프로토콜인 MIPv6, HMIPv6와 SMMP 간의 성능 분석을 하였다. NS-2에서 네트워크 계층의 프로토콜은 No Ad-Hoc Routing Agent (NOAH)[13]을 사용하였고, MIPv6, HMIPv6 및 SMMP의 구현을 위해 기본적으로 지원되는 소스 코드를 수정하였다. 그림 5와 표 3은 시뮬레이션 토폴로지 및 구성 환경을 보여준다. 네트워크 토폴로지는 MIPv6 성능 분석[14] 등에서 광범위하게 사용되는 환경을 사용하였다.

표 3. 시뮬레이션 파라미터
Table 3. Simulation parameters.

파라미터	설정 값
자동 주소 구성 지연시간 (t_{AC})	500 ms
움직임 감지 지연시간 (t_{MD})	100 ms
2계층 핸드오버 지연시간 (t_{L2})	50 ms
유선 링크 대역폭 (L_{BW})	100 Mbps
무선 링크 대역폭 (B_w)	11 Mbps
평균 큐잉 지연시간 (ω)	0.1 ms
무선 링크 지연시간 (L_M)	20 ms
유선 링크 지연시간 (L_w)	2 ms
제어 패킷 크기 (s)	96 bytes
패킷 도착 율 (λp)	Default 10 packets/s
MH의 평균 속도 (v)	15 m/sec

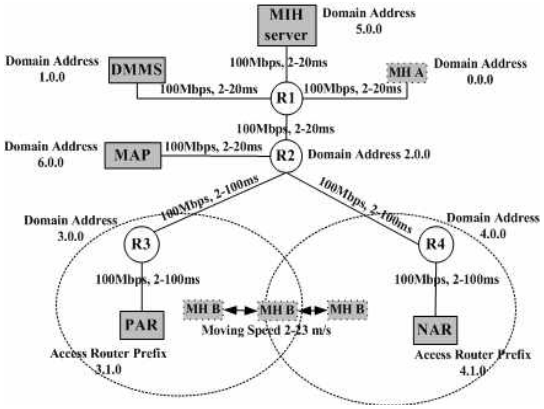

그림 6. 시뮬레이션 토폴로지 및 파라미터
Fig. 6. Simulation topology and parameters.

구체적으로, 시뮬레이션 토폴로지는 1000m x 1000m에서 시뮬레이션을 구성하였고, 접속 라우터의 전파 범위는 100 m로 설정하였으며, 접속 라우터 간의 중첩된 영역은 0m - 30 m로 설정하였고, MH의 무선 네트워크 인터페이스는 IEEE 802.11g의 표준 규격으로 설정하였다. 표 3은 시뮬레이션 환경에서 사용한 기본적인 시스템 파라미터들을 보여준다. 이러한 대부분의 파라미터는 참고문헌[12]에서 전형적으로 사용되는 파라미터 값들로 설정하였다. 안정적인 성능 결과를 얻기 위해 MH는 PAR과 NAR 사이에 종횡의 움직임을 가지도록 하였고 시뮬레이션 시간은 100 초 동안 수행되도록 하였으며, 이를 바탕으로 얻어진 결과를 기초로 하여 성능 분석 결과를 분석하였다.

성능 분석에서 사용된 트래픽의 종류는 64 Kbps 이하의 데이터 율을 가진 UDP-기반 오디오 트래픽을 사용하였으며, 패킷 사이즈는 100 bytes로 설정하였고, 패킷 도착 율은 55 Pkt/sec 이하에서 가변적으로 설정하여 성능 분석하였다.

3. 시뮬레이션 결과 및 성능 분석

본 논문은 MH의 이동 도중에 발생하는 핸드오버 지연시간, 패킷 손실, PSNR에 대해 시뮬레이션 결과를 도출 및 분석하였다. 핸드오버 지연시간 및 패킷 손실에 대한 분석은 앞에서 서술한 수치적인 분석에 의한 성능 결과와 시뮬레이션 성능 결과간 비교하여 분석 하였다. 그림 7과 그림 9에서 표시된 점선 라인은 시뮬레이션 결과를 나타내고, 연속 라인은 분석 결과를 나타낸다.

그림 7은 무선 링크 지연에 대한 핸드오버 지연시간의 변화에 대해 보여준다. 제안된 SMMP 핸드오버 방

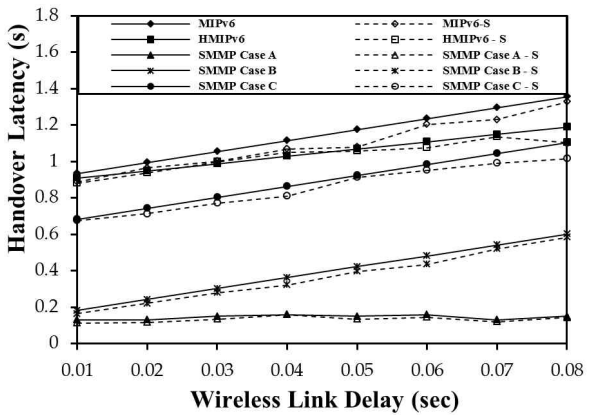

그림 7. 무선 링크 지연에 따른 핸드오버 지연시간의 영향

Fig. 7. Impact of wireless link delay on handover latency.

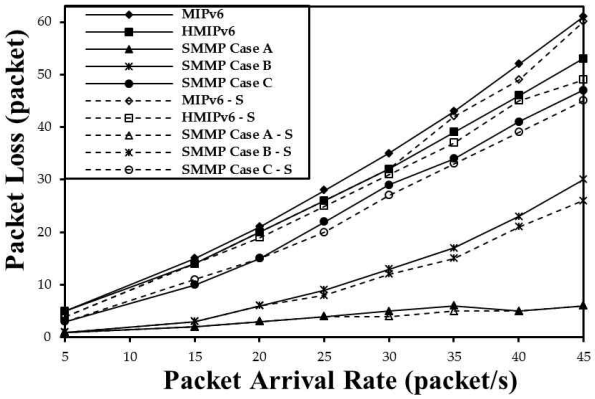

그림 8. 패킷 도착율의 변화에 대한 패킷 손실

Fig. 8. Packet loss due to changes of packet arrival rate.

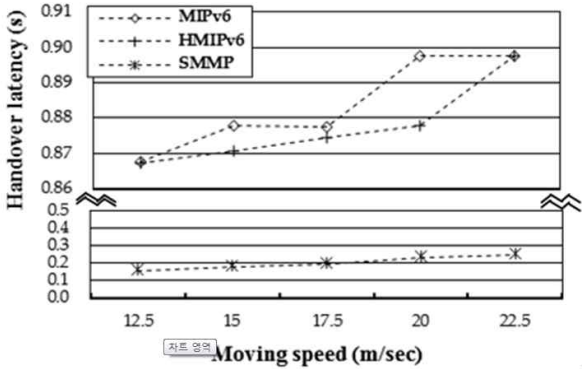

그림 9. MH의 속도변화에 따른 핸드오버 지연시간의 변화

Fig. 9. Changes of handover latency due to change of moving speed of mobile host.

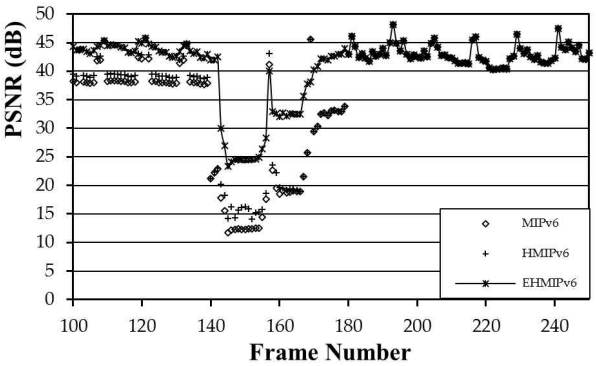

그림 10. 핸드오버하는 동안의 PSNR의 변화

Fig. 10. PSNR changes during handover.

법은 MIPv6와 HMIPv6에 비해 핸드오버 지연시간이 짧음을 알 수 있다. 구체적으로, SMMP Case A의 경우 MH가 중복 무선 전파 영역에서 미리 주소를 받아 핸드오버를 수행하여 중복 주소 검사 (DAD) 지연시간 줄일 수 있기 때문에 무선 링크 지연에 독립적이다. SMMP Case B의 경우 중복 무선 전파 영역이 작아 핸드오버를 수행할 수 없을 만큼 작기 때문에 PAR을 통한 바인딩 절차를 수행하는 것이 아니라 NAR을 통해 바인딩 절차를 수행하기 때문에 Case A 보다 큰 핸드오버 지연시간을 발생하였다. Case C의 경우 중복 무선 전파 영역이 없기 때문에 PAR을 통해 데이터를 송수신을 받지 못하고 NAR을 통해 핸드오버 절차를 수행하기 때문에 큰 핸드오버 지연시간이 발생하였다. 즉 다시 말해서, 새로운 T_Addr을 준비하는 시간을 줄일 수 있기 때문에 핸드오버 지연시간을 줄일 수 있다. 하지만 Case C의 경우에도 기존의 MIPv6 및 HMIPv6에 비해서는 핸드오버 지연시간이 작음을 알 수 있다. 이에 반해 그림 7에서 보이는 것과 같이 MIPv6 및 HMIPv6의 경우에 발생되는 핸드오버 지연시간은 DAD 지연시간, 이동 감지, IP 주소 바인딩 갱신을 위한 시그널링으로 인해 발생되는데 MIPv6의 경우 PAR과 NAR의 중첩 영역에서 수행하는 것이 아니라 PAR에서 완전히 벗어난 NAR의 전파 영역에서 수행하기 때문에 무선 링크의 지연시간이 커짐에 따라 핸드오버 지연시간이 비례하여 증가하게 된다.

그림 8은 패킷 도착 율의 변화에 대한 패킷 손실의 변화를 보여준다. MIPv6와 HMIPv6의 패킷 손실은 패킷 도착 율이 증가함에 따라 급격히 증가하는 것을 볼 수 있다. 이에 반해 SMMP의 경우, 상대적으로 패킷 손실이 발생되는 량이 작음을 알 수 있다. 특히, SMMP에

대한 Case A와 Case B의 경우 MIPv6와 HMIPv6에 비해 패킷 손실이 작음을 볼 수 있다. 이는 MIPv6와 HMIPv6의 경우에는 중복 무선 전파 영역에서 핸드오버를 수행하기는 하지만 PAR과의 연결을 단절시킨 후 NAR과의 핸드오버 절차를 수행하기 때문에 큰 패킷 손실을 발생시킨다.

그림 9는 MIPv6, HMIPv6 및 SMMP 이동성 프로토콜에 대해 MH의 이동속도 (12.5 m/sec ~ 22.5 m/sec)에 대한 핸드오버 지연시간의 변화를 보여준다. MH B가 고속으로 이동할 때 MIPv6와 HMIPv6는 큰 핸드오버 지연시간을 발생하게 된다. 이에 반해 SMMP의 경우, MH는 핸드오버 절차 수행 중에 무선 네트워크 인터페이스로 패킷들을 수신할 수 있기 때문에 MH가 고속으로 이동한다 하더라도 그림 9에서 보이는 것과 같이 두드러진 핸드오버 지연시간이 증가하지는 않는다.

본 논문에서는 UDP 기반의 RTP (Real-Time Transport Protocol)인 MPEG-4 비디오 트래픽에 대한 성능 분석을 수행하였다. 비디오 트래픽의 경우 성능분석은 PSNR로서 성능을 측정하게 된다. PSNR은 원본 이미지와 전송된 이미지 간의 에러율에 따라 수치적 표현하여 어플리케이션 계층에서의 비디오 품질 분석을 위해 사용되는 측정값으로 사용자 품질 표현 수치로 나타낸다[14]. 사용자 품질 표현 수치는 Mean Opinion Score (MOS)로써 측정되는 데, PSNR 값이 20이하일 경우, Bad로, 20-25 이상 일 경우 Poor, 25-31 일 경우, Fair, 31-37일 경우, Good, 37 이상일 경우 Excellent로 나타낸다. PSNR이 결정되는 자세한 수식은 참고 문헌[13~14]를 참조하기 바란다.

그림 10은 각각의 이동성 프로토콜에서 위 설명한 비디오 트래픽에 대해 핸드오버 도중에 나타나는 PSNR에 대해 성능 분석한 것이다. MIPv6 및 HMIPv6의 경우 25 dB 이하로 사용자 품질 표현으로 Bad에 대응하며, SMMP의 경우 28-33 dB로 사용자 품질 표현으로 Fair 또는 Good으로 품질이 우수하게 나타났다. 이러한 결과들은 MIPv6, HMIPv6에 대해 제안된 SMMP 이동성 관리 프로토콜이 실시간 응용 트래픽에 대해 우수함을 나타낸다.

V. 결 론

본 논문에서는 글로벌 IP 핸드오버를 위한 간단한 이동성 관리 프로토콜 (SMMP)을 제안하였다. 기존의 Mobile IP에서 접속 라우터들 (Home Agent, Foreign Agent)의 기능인 위치 관리 기능을 본 논문에서는 DMMS로 분리하였고, 글로벌 이동성 관리를 위해 두 MH의 종단 간의 P2P 기반 직접 통신을 하기 위한 양방향 터널링을 사용하였다. 이것은 기존의 네트워크 인프라를 바꾸지 않고 글로벌하게 IP 핸드오버를 가능하게 한다. 이러한 고속 핸드오버를 위해, IETF의 802.21 MIH 기능을 이용하였다. 마지막으로, 시뮬레이션 수행을 통해 SMMP는 이전의 IETF의 이동성 관리 프로토콜인 MIPv6, HMIPv6에 비해 핸드오버 지연시간, 패킷 손실 PSNR의 성능 면에서 우수하다는 것을 보여준다.

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.
[3] H. Soliman, C. Castelluccia, K. El Malki, and L. Bellier, Hierarchical Mobile IPv6 Mobility management, IETF RFC 5830, Oct. 2008.
[4] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, and B. Patil, Proxy Mobile IPv6, RFC 5213, Aug 2008.
[5] M. Shantidev and I. F. Akyildiz, “Performance Analysis of Handoff Techniques Based on Mobile IP, TCP-Migrate, and SIP,” IEEE Transactions on Mobile Computing, vol. 6, no. 7, pp. 731-747, July 2007.
[6] S. J. Koh, Q. Xie, S. and D. Park, Mobile SCTP (mSCTP) for IP Handover Support, IETF Internet Draft, draft-sjkoh-msctp-01.txt, October 2005.
[7] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, et. al., SIP: Session Initiation Protocol, IETF RFC 3261, June 2002.
[8] K. Taniuchi, Y. Ohba, V. Fajardo, et al., “IEEE 802.21: Media Independent Handover: Features, Applicability, and Realization,” IEEE Communications Magazine, vol. 47, no. 1, pp. 112-120, Jan. 2009.
[9] S. Das, “IEEE 802.21:Media Independent Handover Services,” IEEE 802 Workshop, March 2011.
[10] The Network Simulator - NS-2. 2009, Nov. 19[Online]. Available: http://www.isi.edu/nsnam/ns/
[11] NOAH.[Online], Available: DOI=http://tagus.inescid.

pt/~pestrela/ns2/mobility.html.
[12] C. Makaya and 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.
[13] G. H. A. Lo and I. Niemegeers, “Evaluation of MPEG-4 Video Streaming over UMTS/WCDMA Dedicated Channels,” In Proc. IEEE Int. Conf. Wireless Internet, vol. 1, pp. 8 - 10, Jan. 2005.
[14] C. H. Ke, “A prototype for H.264 evaluation framework using NS2,” DOI = http://140.116.72.80/~smallko/ns2/h264.htm (H.264).

저 자 소 개

천 승 만(정회원)
2008년 동양대학교 전자공학과 (공학사)
2010년 경북대학교 전자전기 컴퓨터학부(공학석사)
2010년～현재 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 (박사과정)
<주관심분야 : Control and Management of Next Generation Wireless and Wired Convergence Network, Mobility Management, U-healthcare Network>

박 종 태(평생회원)
1978년 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1981년 서울대학교 전자 공학과 (공학석사)
1987년 미국 미시건대학교 정보통신(공학박사)
1989년～현재 경북대학교 전자공학과교수
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>

나 재 욱(정회원)
2001년 경북대학교 농업경제학과 (경제학사)/컴퓨터공학과 (공학사)
2003년 경북대학교 정보통신학과 (공학석사)
2009년 경북대학교 정보통신학과 (공학박사)
2009년～현재 경북대학교 U-헬스케어 융합네트워크 연구센터 Post-Doc.과정
<주관심분야 : U-healthcare network, Wireless body area network, HL7, IEEE 11073, Network management, Wireless communication>