

논문 2007-44TC-12-8

효율적인 미시적 핸드오버를 지원하는 이중 링크 기반의 셀룰러 이더넷 시스템의 구조 및 성능 분석

(Architecture and Performance Analysis of the Cellular Ethernet
System with a Dual Link for efficient Micro Mobility)

정한균*, 윤종호**, 박부식**,**

(Han-Gyun Jung, Chong-Ho Yoon, and Pu-Sik Park)

요약

Mobile IPv6는 이동 단말의 이동성을 제공하기 위해 개발된 대표적인 핸드오버 프로토콜 표준이지만, 핸드오버를 수행함에 있어서 Mobile IPv6는 긴 핸드오버 지연 시간, 높은 패킷 손실률 등의 문제점을 갖는다. 이를 보완하기 위하여 지금까지 여러 가지의 프로토콜이 제안되어 보다 고속의 핸드오버를 지원할 수 있지만, 여전히 핸드오버 구간에서 필연적인 패킷의 손실이 발생하는 문제가 있다. 본 논문에서는 계층2에서 단말 이동성을 제공하는 셀룰러 이더넷 시스템의 이동성 지원 기능을 향상시키기 위하여, 단말의 미시적 핸드오버 수행 시의 패킷 손실률을 최소화 시킬 수 있도록 이중 링크를 가진 이동 단말의 핸드오버 절차를 제안하였다. 또한 모의실험을 통하여 제안된 시스템의 미시적 핸드오버 수행 시의 패킷 손실률 및 핸드오버 지연, 처리율을 IP 계층의 대표적인 미시적 핸드오버 프로토콜인 Hierarchical Mobile IPv6와 비교 분석하여 제안된 방식의 우수성을 도출하였다.

Abstract

Mobile IPv6 is the representative standard protocol proposed to offer mobility of mobile hosts, but it has drawbacks such as high handover latency and packet loss during handover. To complement these drawbacks, several protocols have been proposed and they can support faster handover than the Mobile IPv6, but there still exists inevitable packet loss during handover in these protocols. In this paper, we propose a new handover procedure of mobile host who has a dual link for minimizing packet loss rate during micro handover to improve mobility capability of Cellular Ethernet system that supports mobility at layer 2. And we derive the superiority of proposed scheme by comparing in terms of packet loss rate, handover latency and throughput of proposed scheme with those of Hierarchical Mobile IPv6 which is the representative IP-layer micro mobility protocol by simulation.

Keywords : Cellular Ethernet, Hierarchical Mobile IPv6, Seamless Handover, Micro Mobility, Dual Link

I. 서론

Mobile IPv6(MIPv6)는 데이터 통신 중에 단말의 이

동성을 보장하기 위하여 IETF에서 제안된 기술이다^[1]. 예로, MIPv6는 이동 단말이 하나의 접속 지점에서 다른 접속 지점으로 이동할 때 TCP 연결이 유효하도록 유지시키고 패킷을 송수신할 수 있도록 한다. 하지만, MIPv6는 프로토콜 자체의 구조로 인하여 이동 환경에서 많은 약점이 존재하는데, 이 중 가장 중요한 것이 긴 핸드오버 지연 시간과 높은 패킷 손실률이다. MIPv6에서는 이동 단말의 핸드오버 시에 이동을 감지하는 데까지 소요되는 이동 감지 시간과 새로운 네트워크에서 사용될 주소를 생성하고 이에 대한 중복 여

* 학생회원, ** 정회원, 한국항공대학교 정보통신공학과 (Department of Information and Telecommunication Eng., Korea Aerospace University)

*** 정회원, 전자부품연구원

(Korea Electronics Technology Institute)

※ 본 연구는 한국과학재단(No. R01-2006-000-10885-0)의 지원에 의해 수행되었습니다.

접수일자: 2007년9월18일, 수정완료일: 2007년12월13일

부를 확인하는 중복 주소 감지 절차, Home Agent (HA)와 Correspondent Node(CN)에게 이동을 알리는 Binding update 절차를 모두 수행함으로써 상당히 긴 핸드오버 지연 시간을 소모하고, 이에 따라 많은 패킷의 손실이 발생한다^[1~2].

MIPv6의 이러한 약점을 보완하고자 여러 가지 방식이 제안되었는데, 그 중 대표적인 것이 거시적 핸드오버를 지원하는 Fast Handovers for Mobile IPv6 (FMIPv6)^[3], 미시적 핸드오버를 지원하는 Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6)^[4], Cellular IP^[5], 그리고 FMIPv6와 HMIPv6를 통합한 FHMIPv6^[6]이다. 또한 IP 계층이 아닌 다른 계층에서 핸드오버를 지원하는 프로토콜들이 제안되었는데 이는 2.5계층에서 핸드오버를 지원하는 MPLS 방식^[7], VLAN 태그를 사용하는 VLAN 방식^[8], 그리고 2계층에서 핸드오버를 지원하는 Mobile Ethernet^[9~10], Cellular Ethernet^[11] 등이 대표적이다.

이처럼 제안된 프로토콜들은 핸드오버 시 기존의 MIPv6에 비하여 고속의 핸드오버 성능을 지원하지만, 패킷 손실이 없는 seamless한 핸드오버는 지원하지 못하는 한계를 갖는다.

따라서 본 논문에서는 이동 단말에 두 개의 무선 인터페이스를 가지도록 허용함으로써 보다 효율적인 미시적 핸드오버를 지원할 수 있는 계층2 기반의 셀룰러 이더넷 시스템 및 단말의 구조와 핸드오버 절차를 제안하고, 모의실험을 통하여 계층3의 대표적인 미시적 핸드오버 프로토콜인 HMIPv6의 핸드오버 성능과 비교하였다.

본 서론에 이어서, II장에서는 기존 셀룰러 이더넷 시스템의 구조를 설명하고 III장에서는 셀룰러 이더넷 시스템에서 이중 경로를 이용하여 seamless 핸드오버를 지원하는 새로운 핸드오버 절차를 기술한다. IV에서는 모의실험을 위한 환경 설정에 대하여 기술하고 V장에서는 모의실험 결과를 바탕으로 HMIPv6와 제안된 방식의 성능을 비교하며, 마지막으로 VI장에서 결론을 맺는다.

II. 기존 셀룰러 이더넷 시스템

1. 기존 셀룰러 이더넷 시스템의 구성

셀룰러 이더넷 시스템은 MIPv6와 달리 계층2에서 이동 단말의 핸드오버를 지원하는 브리지 기반의 백본 시스템으로써 국내에서 최초로 제안되었으며 최근에는 시제품이 개발되었다^[11~12].

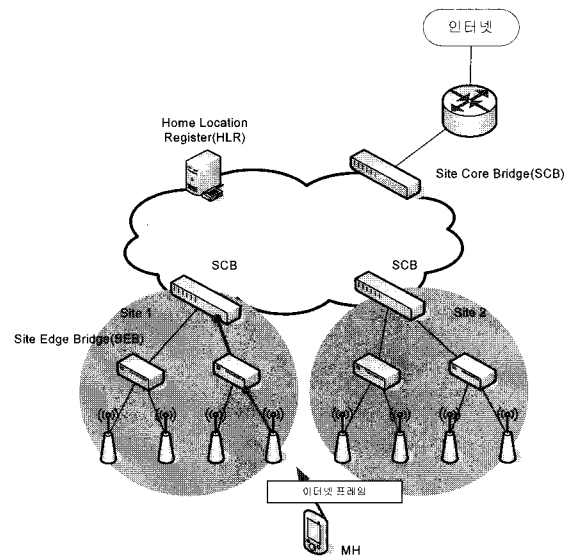


그림 1. 셀룰러 이더넷 시스템의 구조
Fig. 1. Architecture of Cellular Ethernet system.

그림 1에 도시된 하나의 셀룰러 이더넷 시스템은 각 지역(사이트)을 대표하는 여러 개의 Site Core Bridge(SCB)들을 상호 연결하고, 각 SCB는 자신의 하부에 여러 개의 Site Edge Bridge(SEB)를 루프가 없는 트리형태로 연결한다. 각 구성 요소의 기능은 다음과 같다.

- Site Core Bridge(SCB): 해당 사이트를 대표하는 브리지로써 다른 사이트에 위치한 단말로 향하는 프레임의 MAC-in-MAC 방식으로 중계하거나, 셀룰러 이더넷 망 외부의 디폴트 라우터로의 프레임을 중계한다.
- Site Edge Bridge(SEB): 사이트의 가장 말단 부분에 위치하여 무선링크를 제공하는 기지국과 직접 연결된 브리지이다. 본 논문에서는 이동 단말에 대한 Point of Attachment(PoA)로 간주된다.
- Site Internal Bridge(SIB): SCB와 SEB간을 연결하는 사이트 내부 연결용 브리지이다.
- Home Location Register(HLR): 이동 단말들의 {IP 주소, MAC 주소, 소속된 SCB의 주소} 테이블을 유지하면서 각 단말들이 대응 노드의 MAC 주소를 획득하기 위해 전송하는 ICMPv6 Neighbor Solicitation 메시지(IPv4의 경우에는 ARP request 메시지)에 대한 응답 기능을 수행함으로써 멀티캐스트 프레임이 망 전체로 확산되는 현상을 방지한다.
- Correspondent Node(CN): Mobile Host(MH)에게 트래픽을 전송하는 외부 IP기반의 노드이거나 셀룰러 이더넷 망 내부의 단말로써, 이동 단말 사용자에게 파일 다운로드나 웹 브라우징 같은 서비스를 제공하는

노드이다.

- Mobile Host(MH): 한 개의 무선 링크를 사용하여 PoA인 SEB에 접속되는 이동 단말이다.

셀룰러 이더넷 시스템에서의 브리지들은 모두 기존의 브리지들과 동일하게 단말의 MAC주소를 통해 프레임임을 전달하며, 자신이 중계하는 프레임에 대하여 해당 프레임의 발신지 주소를 Forwarding Database(FDB)에 자동적으로 추가하는 reverse path learning 과정을 수행한다.

다만, 특이한 것은 자신의 FDB에 없는 이더넷 프레임이 수신될 경우 기존 브리지에서처럼 입력 포트를 제외한 나머지 포트에 방송하지 않고 항상 상향 브리지로만 해당 프레임을 전달한다는 점이다. 또한, FDB의 내용은 새로 정의된 계층2 핸드오버 제어 프레임에 통해 능동적으로 추가되거나 삭제될 수도 있다.

2. 이동 단말의 망 등록 절차

이동 단말은 부팅 및 인터페이스의 리셋 혹은 사용자의 필요에 따른 네트워크 재설정 등의 경우 망 등록 절차를 수행하며, 그 절차는 그림 2와 같다.

최초 망 진입 시 이동 단말은 하나의 인터페이스를 통해 수신된 기지국의 비컨 또는 파일럿 메시지를 통해 망을 인지하고 기지국과의 연결 절차를 수행한다. 이때 기지국이 전송하는 비컨 메시지에 HLR의 MAC 주소와 해당 사이트의 SCB의 MAC 주소가 수납되어 전송됨으로써 이를 수신한 이동 단말은 HLR 및 SCB의 MAC 주소를 획득하여 저장한다.

망 등록 절차에서 HLR로의 이동 단말 정보 등록 및 경우 브리지들의 FDB 갱신은 기존의 IPv6 Stateless Address Autoconfiguration 절차에서 사용되는 ICMPv6 메시지와 새로 정의된 계층2 제어 메시지를 통해 이루어진다.

물리적인 연결 설정 후 이동 단말은 자신의 MAC 주소를 이용하여 링크-로컬 주소를 생성하고 해당 주소에 대한 중복 주소 감지 절차를 수행하기 위해 ICMPv6 Neighbor Solicitation 메시지를 이더넷 프레임에 수납하여 자신이 속한 사이트의 SCB로 전송한다. 이를 수신한 SCB는 {이동 단말의 IP주소, MAC주소, 자신의 MAC주소}를 수납한 registration 메시지를 HLR로 전송한다.

SCB로부터 registration 메시지를 수신한 HLR은 동일한 IP 및 MAC주소를 갖는 단말이 이미 등록되었는지 확인함으로써 중복 주소 감지 절차를 수행한다. 중

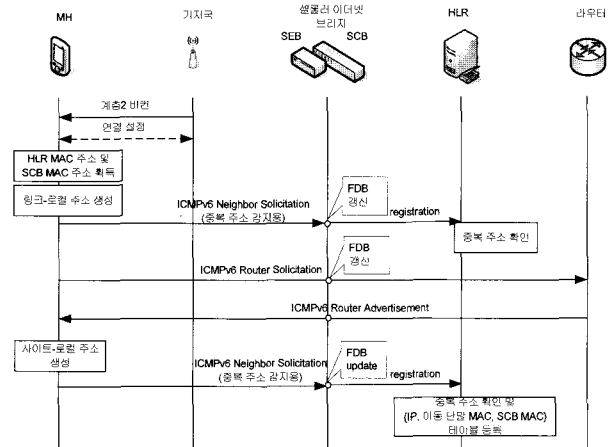


그림 2. 이동 단말의 망 진입 절차
Fig. 2. Network entry procedure of mobile host.

복 주소 감지 절차가 완료되면 이동 단말은 ICMPv6 Router Solicitation 메시지를 디폴트 라우터에게 전송함으로써 프리픽스 정보를 획득하여 사이트-로컬 주소를 생성한다. 그 후 SCB에게 사이트-로컬 주소를 수납한 ICMPv6 Neighbor Solicitation 메시지를 전송하고 이를 수신한 SCB는 registration 메시지를 HLR로 전송함으로써 중복 주소 감지 절차를 수행하고, 이 메시지를 수신한 HLR은 {이동 단말의 IP주소, 이동 단말의 MAC 주소, SCB의 MAC주소} 정보를 등록한다.

이러한 과정에서 각 브리지는 이동 단말이 전송하는 메시지들을 수신할 때마다 자신의 FDB를 갱신함으로써 단말에 대한 경로 정보를 유지한다.

3. 데이터 통신 절차

그림 3은 이동 단말과 사이트 외부에 위치한 노드와의 통신 절차를 도시한 것이다.

먼저, 사이트 외부에서 이동 단말로 향하는 IP패킷의 전달 시에는 다음과 같다. IP패킷을 수신한 디폴트 라우터는 목적지 단말의 MAC주소를 획득하기 위하여 ICMPv6 Neighbor Solicitation 메시지를 전송하고 이를 수신한 라우터측 SCB는 목적지 단말의 IP주소를 수납한 query 메시지를 HLR로 전달하여, 해당 단말의 MAC주소와 단말이 위치한 사이트 내 SCB의 MAC주소를 질의하고 HLR은 answer 메시지로 응답한다.

이를 수신한 SCB는 차후 해당 단말로 향하는 이더넷 프레임에 대해 MAC-in-MAC 캡슐화를 수행하기 위하여 {단말의 MAC주소, 단말이 접속한 SCB의 MAC주소} 정보를 저장한 후, 단말의 MAC주소를 수납한 ICMPv6 Neighbor advertisement 메시지를 라우터에게

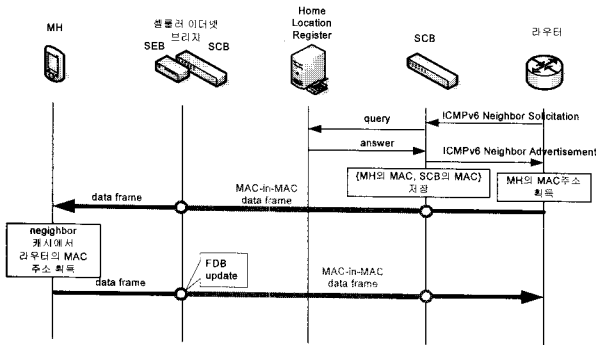


그림 3. 데이터 송수신 절차
Fig. 3. Data communication procedure.

전송하고, 라우터는 데이터 전송을 시작한다. 이 후, 라우터로부터 데이터 프레임 수신한 라우터 측 SCB는 해당 프레임을 목적지 단말이 접속된 SCB의 MAC주소와 자신의 MAC주소로 캡슐화된 MAC-in-MAC 프레임에 수납하여 전송하고, 이를 수신한 단말측 SCB는 외부의 MAC헤더를 제거한 후 하향 브리지로 해당 프레임을 전달한다. 목적지 이동 단말로의 경로 상에 위치한 브리지들은 FDB를 참조하여 해당 프레임을 이동 단말로 전달한다. 반면에, 이동 단말이 디폴트 라우터를 통해 사이트 외부의 노드에게 데이터를 전송하고자 할 경우, 이동 단말은 자신의 neighbor cache로부터 혹은 HLR에게 질의함으로써 디폴트 라우터의 MAC 주소를 획득한 후 프레임을 전송한다.

III. 개선된 셀룰러 이더넷 시스템에서의 핸드오버 절차

본 장에서는 기본적인 셀룰러 이더넷 시스템의 이동성 지원기능을 향상시키기 위하여 그림 4와 같이 이동 단말에 두 개의 무선 인터페이스를 가지도록 함으로써 링크 교체 시의 패킷 손실을 최소화하여 보다 효율적인 핸드오버 기능을 제공하도록 한다.

1. 이중 링크를 지원하는 개선된 셀룰러 이더넷 시스템의 구성

셀룰러 이더넷에서 두 개의 무선 인터페이스를 갖는 이동 단말에 대하여 사이트 내부의 다른 PoA로의 미시적 핸드오버를 지원하기 위한 구조 및 절차 상서를 기술한다.

각 단말은 평소에는 하나의 무선링크를 사용하여 PoA에 결합되어 있지만, 핸드오버 중에는 기존 PoA와

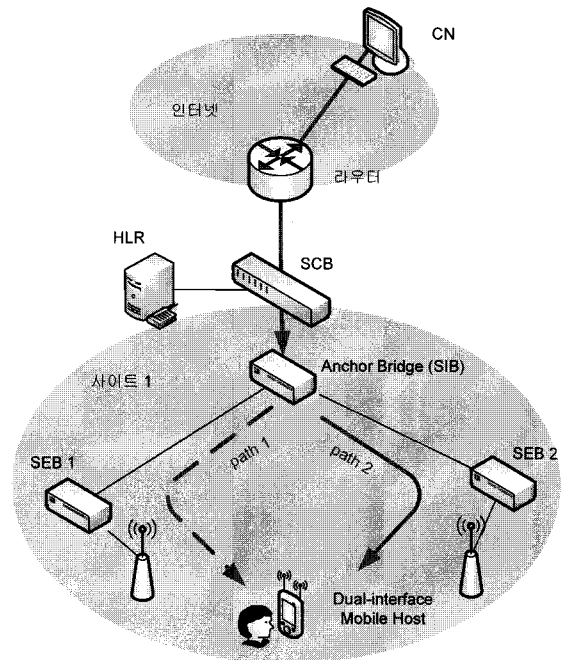


그림 4. 이중링크를 사용하는 단말에 의한 핸드오버 기능
Fig. 4. Handover of mobile host using dual interfaces.

새로운 PoA에 동시에 결합되는 두 개의 무선링크를 사용하고, 이후 핸드오버가 완료되면 기존 PoA용 링크를 단절하는 이중 링크 방법을 제공한다. 그림 4는 이러한 이중 링크를 지원하는 단말과 망의 구성도이다.

2. 핸드오버 절차

핸드오버를 결정하거나 혹은 망 노드로부터 핸드오버를 명령 받은 이동 단말은 현재 통신 중인 인터페이스 외의 다른 인터페이스를 통해 새로운 기지국과의 연결을 설정한 후 route-update request 메시지를 새로 연결된 기지국을 통해 SEB로 전송한다. 이 때 목적지

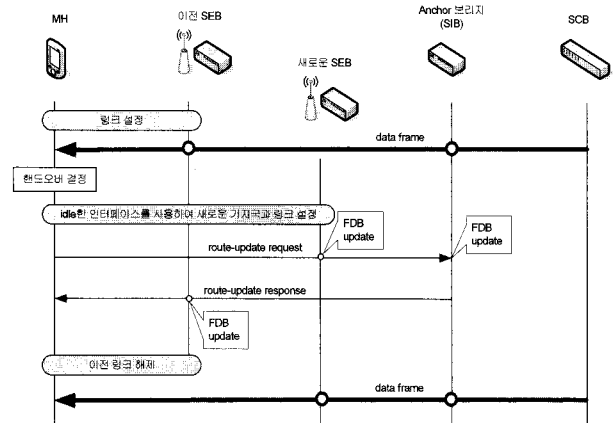


그림 5. 이중 링크에 의한 핸드오버 절차
Fig. 5. Handover procedure with dual link.

MAC 주소는 셀룰러 이더넷 브리지들의 그룹을 나타내는 멀티캐스트 주소로 설정된다. SEB는 자신의 FDB를 갱신한 후 해당 메시지를 상위 브리지로 전달한다. 이러한 절차가 반복되어 메시지는 사이트 내부 브리지인 SIB 중 두 개의 통신로가 합쳐지는 SIB, 즉, anchor 브리지까지 전달된다.

Anchor 브리지는 자신의 FDB를 갱신하고 단말로 향하는 프레임을 새로운 경로로 전달하며, route-update response 메시지를 이전 경로를 통해 단말로 전달한다.

Anchor 브리지와 이동 단말 사이의 이전 경로 상에 위치한 브리지들은 route-update response 메시지를 수신하면 해당 단말에 대한 FDB를 제거하고 단말로 전달한다. route-update response 메시지를 수신한 이동 단말은 이전 기지국과의 연결을 해제한다. 그림 5는 이러한 핸드오버 절차를 도시한 것이다.

3. 순서정렬용 프레임 구조

새로운 경로 설정 후부터 이전 경로의 해제 시까지 이중 링크를 통해 수신된 프레임들은 이전 경로와 새로운 경로의 환경 차이로 인해 도착순서가 어긋날 수 있으므로, 이동 단말은 이 구간 동안에는 프레임의 순서 번호를 참조하여 프레임을 재정렬한 후 상위 계층으로 전달해야 한다. 이를 위하여, 셀룰러 이더넷에서 미시적 핸드오버를 지원하는 이동 단말은 그림 6과 같은 이더넷 프레임에 순서번호 영역을 사용한다. 이러한 계층 2에서의 순서번호를 명시하는 방식은 항공용 제어버스 프로토콜에도 사용된다^[13].



그림 6. 링크계층 순서 번호가 삽입된 이더넷 프레임의 구성

Fig. 6. Structure of Ethernet frame including link-layer sequence number.

4. 핸드오버 절차 비교

IP 계층에서 미시적 핸드오버를 수행하는 HMIPv6의 경우 그림 7과 같이 핸드오버 발생 시 무선 구간 핸드오버가 모두 완료된 후에 유선 구간 핸드오버가 수행되어야 한다. 따라서 핸드오버 결정 후 현재 연결된 기지국과의 연결을 해제하고 새로운 기지국과의 연결을 설

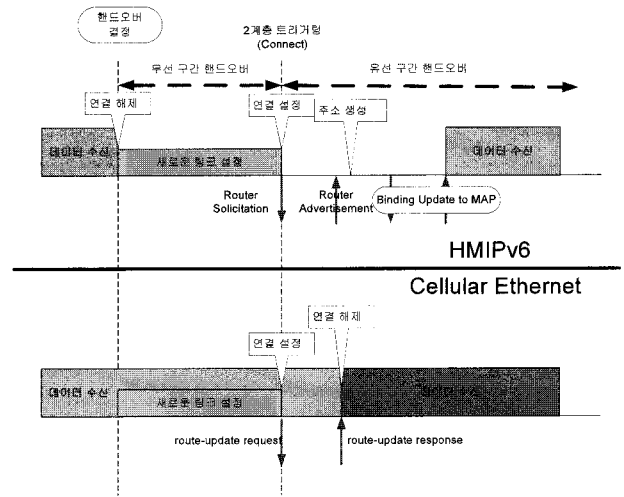


그림 7. 핸드오버 절차 비교
Fig. 7. Handover procedure comparison.

정하는 구간과 새로운 연결 설정 이후 Local Care-of-Address (LCoA)를 설정하고 Mobility Anchor Point(MAP)에게 이동을 알리는 구간 동안에서 패킷의 손실이 발생한다^[4].

하지만 제안된 이중링크를 사용하는 셀룰러 이더넷의 경우, 두 개의 무선 인터페이스를 통해 새로운 기지국으로의 연결을 설정하는 중에도 데이터를 끊임없이 수신할 수 있어 보다 뛰어난 핸드오버 성능을 제공할 수 있다.

이처럼 제안된 방식의 경우 기존의 핸드오버 프로토콜보다 뛰어난 성능의 핸드오버 기능을 지원하지만, 두 개의 인터페이스를 장착하는 데 따른 이동 단말의 구현 비용 및 배터리 소모율이 증가한다는 문제점이 있다. 또한, 이중 경로를 통해 수신된 프레임들의 정렬을 위해 추가된 순서 번호 영역의 길이만큼 프레임 길이가 증가하고, 프레임 정렬을 위한 버퍼가 필요하며, 버퍼링에 따른 지연이 발생할 수 있다.

IV. 모의실험

본 장에서는, 셀룰러 이더넷과 HMIPv6를 비교하기 위해 설계된 모의실험 환경과 파라미터들을 기술한다. 본 모의실험은 Network Simulator(NS)-2를 이용하여 수행되었다^[14~15].

1. 모의실험 환경

본 모의실험에서 사용된 망의 구조는 그림 8과 같으며 이러한 구조는 기존의 MIP 성능 연구에서 많이 사

용되었다^[4, 16~17]. 이 구조에서 HA는 HMIPv6 절차에서 사용된다. 대역폭(Mbits/s)이나 전달 지연(milliseconds) 등의 링크 특성은 그림 8에 도시하였다.

2. 모의실험 파라미터

본 모의실험에서 사용된 파라미터는 다음과 같다.

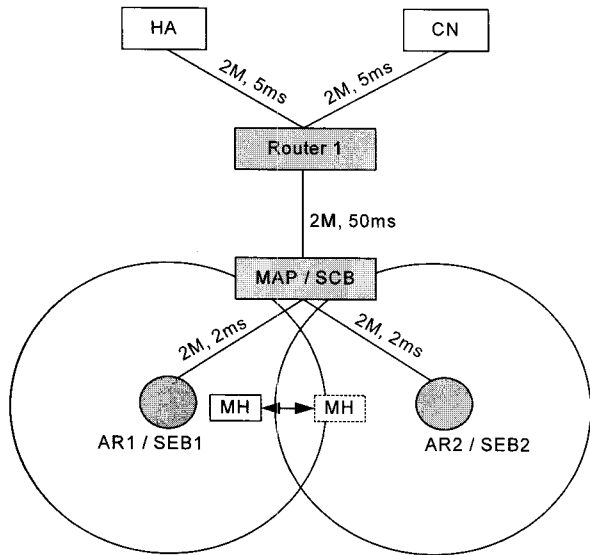


그림 8. 모의실험 환경
Fig. 8. Simulation topology.

- FTP 송신부와 Sink 에이전트가 각각 CN과 MH에 부착되어 CN으로부터 MH로의 벌크한 TCP 데이터를 전송한다.
- Constant Bit Rate(CBR) 트래픽 송신부 및 Null 에이전트가 각각 CN과 MH에 부착되어 CN으로부터 MH로 UDP 데이터를 전송한다. 이 때 CBR 트래픽은 500kbps의 대역폭을 갖는다.
- 각 AR/SEB는 40미터의 전파 범위를 가지며, 두 AR/SEB간의 전파 범위의 중첩된 구간은 10미터이다^[6, 18].
- HMIPv6의 경우, 물리적인 핸드오버로 인한 링크 단절 시간은 100밀리 초로 설정하였다^[19].
- 이동 단말이 새로운 서브넷 또는 사이트로 이동 후 자신이 이동하였음을 인지하기까지 소요되는 이동 감지 시간을 최소화하기 위해 제안된 L2 트리거링 방식을 적용하였다.

V. 성능 평가

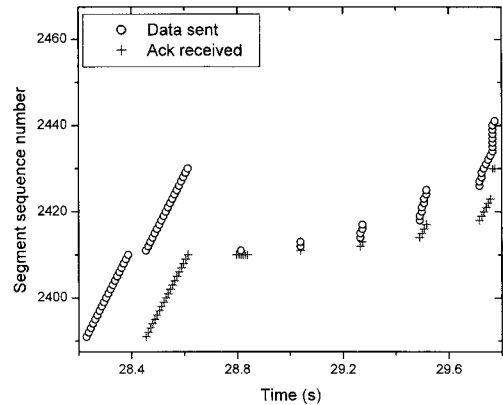
본 장에서는 이중 링크를 사용하는 개선된 셀룰러 이

더넷 시스템과 HMIPv6에 대한 핸드오버 지연시간, 처리율, 패킷 손실률을 비교 분석하였다.

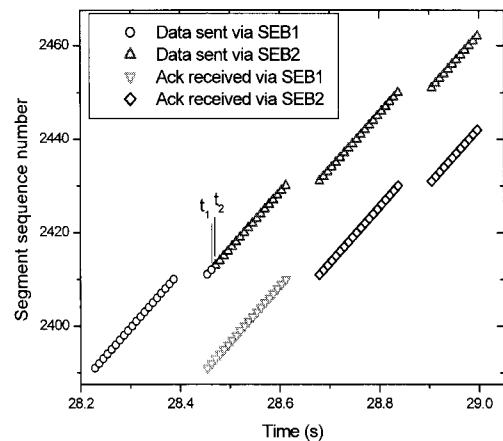
1. 핸드오버 지연시간 분석

핸드오버 지연 시간은 이전 경로를 통해 마지막 패킷이 수신된 시간부터 새로운 경로를 통해 첫 번째 패킷이 수신된 시간까지로 정의하였다.

그림 9의 (a)는 HMIPv6의 경우 FTP트래픽을 전송하는 CN에서 관측된 TCP 패킷의 트레이스 결과이다. HMIPv6에서는 이동 단말의 핸드오버 시에 무선 구간의 물리적인 단절로 인하여 TCP 패킷이 손실되고 이에 따른 재전송이 수행된다.



(a) HMIPv6의 세그먼트 순서번호



(b) 제안된 방식의 세그먼트 순서번호

그림 9. 이동 단말이 1m/s의 속도로 이동할 때의 세그먼트 순서번호

Fig. 9. Segment sequence numbers when mobile host moves at a speed of 1m/s.

그림 9의 (b)는 제안된 이중링크 방식의 셀룰러 이더넷 시스템에서의 TCP 패킷의 트레이스 결과이다.

그림에서 알 수 있듯이, $t_1=27.46$ 초까지 SEB1을 통해 TCP패킷이 전달되었고 PoA가 변경된 후 바로 $t_2=27.67$ 초에서부터 새로운 PoA인 SEB2를 통해 다음 패킷이 전달되어, 이 과정에서 모든 프레임들이 손실 없이 MH로 전달되었음을 확인할 수 있다.

이를 통해 본 논문에서 제안된 방식이 이전 경로로 데이터를 전송하는 동시에 새로운 경로의 설정을 병렬적으로 수행함으로써 seamless한 핸드오버를 지원할 수 있음을 확인할 수 있다.

이로 인하여 제안된 방식이 HMIPv6에 비하여 보다 짧은 핸드오버 지연, 작은 패킷 손실률, 높은 처리율을 제공할 수 있음을 알 수 있다.

2. 이동 단말의 이동 속도에 따른 핸드오버

지연시간 비교

그림 10은 이동 단말의 속도를 1.0m/s부터 15.0m/s까지 변경하면서 수행한 모의실험의 결과이다.

HMIPv6의 경우, 이동 단말의 속도에 상관없이 일정한 핸드오버 지연을 갖는다. 이는 이동 단말이 물리적인 핸드오버를 수행하는 동안 단절되었던 시간과 Access Router(AR)2와의 연결 설정 후 MAP에게 Binding Update 메시지를 전송하는 시간, MAP이 새로운 경로를 통해 전송한 데이터가 MH에 수신되는 시간이 포함된 것이다.

제안된 방식의 경우, 이동 단말이 저속으로 이동하는 경우에는 이동 단말의 속도에 영향을 받지 않는다. 또한 이중 경로를 통해 seamless한 핸드오버를 수행하므로 HMIPv6에 비해서 뛰어난 핸드오버 지연 성능을 보인다. 이동 단말이 15m/s 이상의 고속으로 이동하는 경우, anchor 브리지가 이전 경로로 전송한 데이터가 MH에게 수신되기 이전에 MH가 중첩된 구간을 통과함으로써 인해서 프레임 손실이 발생하고 이로 인하여 핸드오버 지연 성능에 영향을 미친다.

3. 패킷 손실률과 처리율

패킷 손실률은 핸드오버로 인하여 손실된 프레임 수를 CN에서 전송된 총 프레임수로 나눈 값으로 정의하였다. 처리율은 MH의 상위 계층으로 전달된 유효한 총 비트 수를 모의실험이 진행된 시간으로 나눈 값으로 정의하였으며, 이를 통하여 평균적인 전송 속도의 추정치를 구할 수 있다.

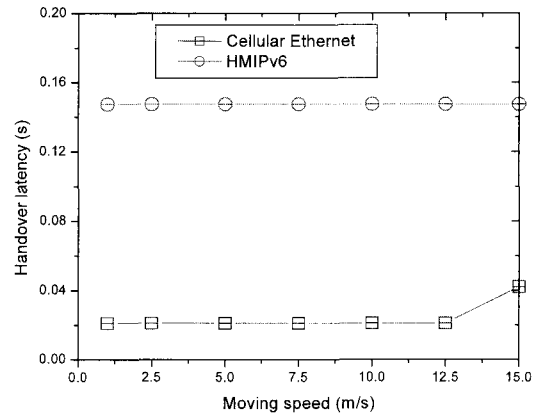
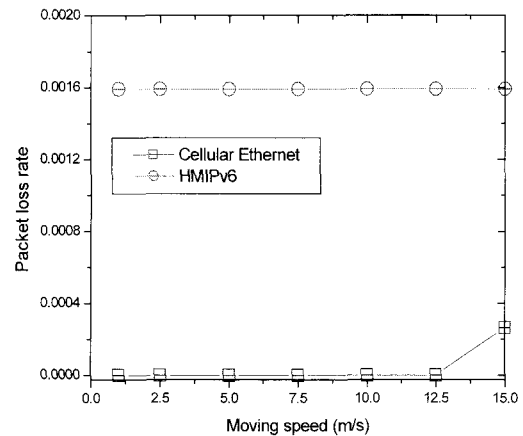
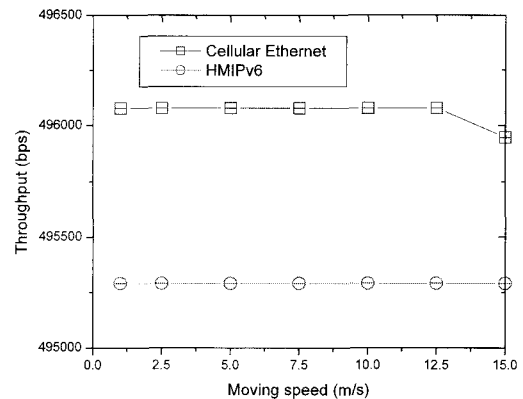


그림 10. 이동 단말의 이동 속도에 따른 핸드오버 지연 성능 비교

Fig. 10. Impact of moving speed on handover latency.



(a) 패킷 손실률



(b) 처리율

그림 11. 이동 단말의 이동 속도에 따른 패킷 손실률과 처리율 비교

Fig. 11. Impact of moving speed on packet loss rate and throughput.

그림 11은 이동 단말의 속도를 1.0m/s부터 15.0m/s까지 변경하면서 측정된 패킷 손실률과 처리율을 도시한 것이다.

핸드오버 지연 성능과 마찬가지로 HMIPv6의 경우 이동 단말의 속도에 상관없이 높은 패킷 손실률을 보인다. 손실된 프레임들은 이동 단말이 물리적인 핸드오버를 수행하면서 단절된 구간 동안에 손실된 프레임들과 AR2와의 경로 설정 후 단말이 전송한 Binding update 메시지가 MAP에 전달되기 이전에 MAP이 이전 경로로 전송하여 손실된 프레임들을 포함한다.

제한된 방식의 경우, 저속의 경우에는 seamless한 핸드오버 특성으로 인하여 패킷 손실이 발생하지 않으며, 15m/s, 즉 54km/h 이상의 속도에서는 일부 패킷의 손실이 발생한다.

VI. 결 론

본 논문에서는 셀룰러 이더넷 시스템의 이동성 지원 성능을 향상시키기 위하여 이중 링크를 탑재한 이동단말을 이용하여 Seamless한 미시적 핸드오버를 지원하기 위한 기술을 제안하고 제안된 방식의 구조와 핸드오버 절차를 소개한 후, 모의실험을 통하여 제안된 방식의 성능을 HMIPv6와 비교하였다. 결과적으로, 제안된 방식이 핸드오버 시에 HMIPv6보다 짧은 핸드오버 지연, 작은 패킷 손실률, 높은 처리율을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 제안된 방식을 통해서 보다 양질의 서비스를 사용자에게 제공할 수 있을 것이다.

앞으로, 본 논문에서 제안된 미시적 핸드오버 절차 외에 사이트 간 이동 시에 수행해야 하는 거시적 핸드오버 절차에 대한 연구가 필요하다.

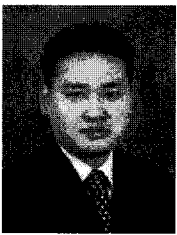
참 고 문 헌

- [1] D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," *RFC 3775*, June 2004.
- [2] S. Thomson and T. Narten, "IPv6 Stateless Address Autoconfiguration," *RFC 2462*, Dec. 1998.
- [3] R. Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6," *RFC 4068*, July 2005.
- [4] H. Soliman, C. Castelluccia, K. El Malki and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management," *RFC 4140*, Aug. 2005.
- [5] A. T. Campbell et al., "Cellular IP," draft-ietf-mobileip-cellularip-00.txt, Dec. 1999.
- [6] R. Hsieh and A. Seneviratne, H. Soliman and K. El-Malki, "Performance analysis on hierarchical Mobile IPv6 with fast-handoff over end-to-end TCP," *IEEE GLOBECOM*, Vol.3, pp.2488-2492, Nov. 2002.
- [7] F. M. Chiussi, D. A. Khotimsky and S. Krishnan, "Mobility Management in Third-Generation All-IP Networks," *IEEE Communications Magazine*, Vol.40, No.9, pp.124-135, Sept. 2002.
- [8] T. Kawakami, S. Iino and Y. Suzuki, "A Consideration on Mobility Control in a Wide-Area Ethernet," *Technical report of IEICE*, IA2002-24, pp.15-22, Oct. 2002.
- [9] M. Kuroda, M. Inoue, A. Okubo, T. Sakakura, K. Shimizu and F. Adachi, "Scalable Mobile Ethernet and Fast Vertical Handover," *IEEE WCNC2004*, A27-3, Mar. 2004.
- [10] K. Ishibashi, A. Okudo, T. Sakakura and M. Kuroda, "A Proposal of First Vertical Handover by Virtual MAC Address Scheme on Mobile Ethernet," *IEEE Workshop on Local and Metropolitan Area Networks (LANMAN)*, pp.145-149, Apr. 2004.
- [11] 정한균, 윤종호, 조재현, 오윤제, 황성택, "고속 핸드오버를 지원하는 휴대 인터넷용 셀룰러 이더넷 시스템의 성능 분석," *전자공학회논문지-TC*, pp.25-34, Nov. 2006.
- [12] Jung HanGyun, Yoon ChongHo and Park PuSik, "Implementation and Performance of Cellular Ethernet Systems for Mobile Internet," *The First KICS International Workshop on Information and Communications*, pp.127-130, Aug. 2007.
- [13] AFDX/ARINC 664 Tutorial(1500-049).
- [14] "The Network Simulator ns-2," <http://www.isi.edu/nsnam>.
- [15] J. Widmer, "Extensions to the ns Network Simulator," <http://www.icsi.berkeley.edu/~widmer/mnav/ns-extension-extension>.
- [16] Robert Hsieh, Zhe Guang Zhou, and Aruna Seneviratne, "S-MIP: A seamless handoff architecture for Mobile IP," *IEEE INFOCOM*, pp.1774-1784, Apr. 2003.
- [17] Shaojian Fu, Liran Ma, Mohammed Atiquzzaman and Yong-Jin Lee, "Architecture and performance of SIGMA: a seamless mobility architecture for data networks," *IEEE Communications*, Vol.5 pp.3249-3253, May 2005.
- [18] R. Hsieh and A. Seneviratne, "A comparison of mechanisms for improving Mobile IP handoff

latency for end-to-end TCP," *ACM MobiCom*, pp.29-41, Sep. 2003.

- [19] Arunesh Mishra, Minho Shin and William Arbaugh, "An empirical analysis of the IEEE 802.11 MAC layer handoff process," *ACM SIGCOMM*, Vol.33, pp.93-102, Apr. 2003.

저 자 소 개



정 한 균(정회원)

2005년 한국항공대학교 정보통신
공학과 학사 졸업.

2007년 한국항공대학교 정보통신
공학과 석사 졸업.

2007년~현재 한국항공대학교
정보통신공학과 박사과정

<주관심분야 : QoS, 무선망 핸드오버>



윤 증 호(정회원)

1984년 한양대학교

전자공학과 학사 졸업.

1986년 한국과학기술원 전기 및
전자공학과 석사 졸업.

1990년 한국과학기술원 전기 및
전자공학과 박사 졸업.

1991년 9월~현재 한국항공대학교 정보통신
공학부 교수

<주관심분야 : MAC 기술 및 BcN 전달망 기술>



박 부 식(정회원)

1999년 한국항공대학교 정보통신
공학과 학사 졸업.

2001년 한국항공대학교 정보통신
공학과 석사 졸업.

2002년~현재 전자부품연구원
전임연구원

2007년~현재 한국항공대학교 정보통신공학과
박사과정

<주관심분야 : AMS 기술 및 SoC 기술>