

논문 2006-43TC-11-4

고속 핸드오버를 지원하는 휴대 인터넷용 셀룰라 이더넷 시스템의 성능 분석

(Performance of Cellular Ethernet System with Fast Handovers for
WiBro Networks)

정 한 균*, 윤 중 호**, 조 재 현***, 오 윤 제***, 황 성 택***

(Han-Gyun Jung, Chong-Ho Yoon, Jae-Hun Cho, Yun-Je Oh, and Seong-Taek Hwang)

요 약

본 논문에서는 휴대 인터넷 서비스 규격에 제시된 라우터 기반의 네트워크 모델에서 사용되는 3계층 핸드오버 방식보다 고속의 핸드오버를 지원할 수 있는 새로운 브리지 기반의 네트워크 모델인 셀룰라 이더넷 시스템을 제안하고 성능을 비교 분석한다. 휴대 인터넷 서비스를 통해 이동하면서도 양질의 서비스를 받기를 원하는 무선 장치 사용자들에게 있어서 고속의 핸드오버를 제공하는 것은 무엇보다도 중요하다. 하지만 3계층에서 핸드오버를 수행하는 기존의 Mobile IPv6 방식의 경우, 핸드오버 발생 시 이동을 감지하기까지의 지연 시간과 중복된 주소를 감지하는 절차를 수행하는 지연이 매우 큰 단점이 있다. 또한 무선 구간에서의 물리적 핸드오버 완료 후에 유선 구간에서의 핸드오버가 순차적으로 수행되는 특징 때문에 고속의 핸드오버를 지원할 수 없어 양질의 서비스를 제공할 수 없다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위하여 휴대 인터넷 서비스용 백본망을 위한 2계층 브리지로 구성된 셀룰라 이더넷 시스템을 제안하고 모의실험을 통하여 핸드오버 성능이 기존의 3계층 핸드오버 방식보다 우수함을 보였다.

Abstract

In this paper, we propose the new Cellular Ethernet System that supports faster handovers than IP layer handover scheme for WiBro Networks and analyze the performance of the proposed scheme. In WiBro Networks, it is very important for service providers that supports fast handovers for mobile users who want superior service. But in case of Mobile IPv6, which supports IP layer handovers, there exists very long latency for detecting movement and duplicated IP address. And besides, handovers in wired area must be carried out after completing handovers in wireless area. So, Mobile IPv6 cannot provide superior service to mobile users. To remedy these problems, we here propose the new Cellular Ethernet System that consists of MAC layer bridges for WiBro Networks and analyze the performance of Cellular Ethernet System handover scheme and show that it has better performance than Mobile IPv6.

Keywords : WiBro, Ethernet, Fast handovers, Mobile IPv6

I. 서 론

휴대 인터넷 서비스란 무선 환경에서 현재 유선에서

* 학생회원, ** 정회원, 한국항공대학교 정보통신공학과 응용네트워크 연구실
(Hankuk Aviation University)

*** 정회원, 삼성전자 통신연구소
(Samsung co.)

※ 본 연구는 한국과학재단과 삼성전자의 지원에 의하여 수행되었음.

접수일자: 2006년10월10일, 수정완료일: 2006년11월18일

제공되고 있는 초고속 인터넷 서비스와 같은 광대역 인터넷 접속을 가능하게 하는 서비스이다.^[1]

이러한 휴대 인터넷 서비스에서 사용자가 만족할 수 있는 양질의 서비스를 제공하는 데 있어서 핸드오버 지연은 매우 커다란 의미를 가진다. 휴대 인터넷 서비스 규격에 제시된 기존 네트워크 모델에서 무선 구간의 핸드오버 절차는 정의되어 있지만 유선 구간에서의 핸드오버에 관련된 절차는 정의되어 있지 않으므로 다양한 핸드오버 프로토콜이 적용될 수 있다.

이동 단말의 핸드오버를 지원하기 위한 프로토콜로

써 3계층에서 핸드오버를 지원하는 Mobile IPv6^[2]와 Hierarchical Mobile IPv6^[3], Fast Mobile IPv6^[4], 2.5계층에서 핸드오버를 지원하는 MPLS 방식^[5], VLAN 태그를 사용하는 VLAN 방식^[6], 그리고 2계층에서 핸드오버를 지원하는 Mobile Ethernet^{[7][8]} 등이 제안되었다.

백본망이 3계층 라우터로 구성된 현대 인터넷 서비스 네트워크 모델에서 3계층 핸드오버를 지원하는 Mobile IPv6가 자연스럽게 적용될 수 있다. 하지만 Mobile IPv6의 경우, 핸드오버 발생 시 이동을 감지하는데 소요되는 지연 시간과 이동한 네트워크에서 사용할 새로운 주소를 생성하고 주소 중복을 피하기 위한 중복 주소 감지 절차에 소요되는 지연 시간이 매우 큰 단점이 있어 현대 인터넷 서비스에서 요구되는 정도의 서비스를 제공하기 어렵다.

본 논문에서는 핸드오버 지연을 최소화하여 양질의 서비스를 제공하기 위해 2계층 브리지로 구성된 새로운 형태의 네트워크 모델인 셀룰라 이더넷 시스템을 현대 인터넷 서비스용 백본 망에 적용하고, 모의실험을 통하여 성능을 분석하였다.

셀룰라 이더넷 시스템은 전체 망이 2계층 브리지로 이루어져 있으며, 전달되는 모든 프레임은 Medium Access Control(MAC) 주소에 의하여 중계된다. 또한 기존의 IP망과도 연동이 가능하고 특정 기능을 수행하는 몇몇 브리지를 제외한 모든 브리지들이 기존의 방식과 동일하게 동작하므로 비교적 저렴한 비용으로 망을 구축할 수 있는 장점이 있다.

셀룰라 이더넷에서는 핸드오버 수행 시 Mobile IPv6의 핸드오버 절차에서 필요한 이동 감지 지연 시간이 필요하지 않다. 또한 셀룰라 이더넷 시스템에서는 전체 망이 하나의 네트워크로 간주 되므로 이동 후 사용할 새로운 주소를 생성할 필요가 없어 중복 주소 감지 절차에 필요한 지연이 필요하지 않으므로 Mobile IPv6의 핸드오버 절차보다 고속의 핸드오버를 지원할 수 있다. 또한 Mobile IPv6에서는 무선 구간 핸드오버가 수행된 후에 순차적으로 유선 구간 핸드오버를 수행하여 핸드오버 지연이 매우 긴 반면에 셀룰라 이더넷 시스템의 경우 무선 구간 핸드오버와 유선 구간 핸드오버가 동시에 수행되므로 보다 빠른 핸드오버를 수행할 수 있다.

본 서론에 이어서, II장에서는 현대 인터넷 서비스 네트워크 모델을 분석하고, III장에서 브리지로 구성된 새로운 네트워크 모델인 셀룰라 이더넷 시스템을 제시한다. IV장에서는 모의실험을 통해 셀룰라 이더넷 시스템의 성능을 분석하고, 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

II. 현대 인터넷의 구성

본 장에서는 현대 인터넷 서비스 네트워크 모델의 구성을 분석한다.

현대 인터넷 서비스 망은 그림 1과 같이 구성된다. 사용자 단말인 Portable Subscriber Station(PSS)는 정지한 상태 혹은 이동하는 상태에서 현대 인터넷 서비스 망으로부터 서비스를 제공받는다. Radio Access Station (RAS)는 PSS로부터의 데이터를 현대 인터넷 서비스 망으로 중계하거나 서비스 망으로부터의 데이터를 PSS에게 전달하는 역할을 수행하는 기지국이다. Access Control Router(ACR)은 3계층 라우터로써 IP 패킷 라우팅을 담당하고 유선 구간 핸드오버 기능을 지원하며 제어국이라고도 불린다. Home Agent(HA)는 핸드오버 방식으로 Mobile IPv6가 사용되는 경우 이동 단말들의 이동성 관리를 위하여 사용되는 노드이며, Authentication, Authorization, Accounting (AAA) 서버는 사용자 인증과 권한 부여, 과금 등의 역할을 수행하는 노드이다.

현대 인터넷 기준 네트워크 모델은 그림 2와 같으며,

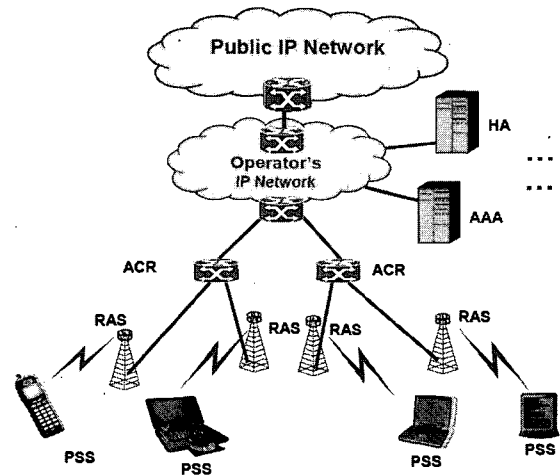


그림 1. 현대 인터넷 네트워크 구성도
Fig. 1. Organization of WiBro Networks.

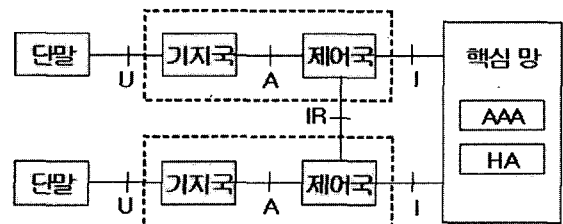


그림 2. 현대 인터넷 기준 네트워크 모델
Fig. 2. WiBro Reference Network Model.

단말과 기지국간의 U-인터페이스, 기지국과 제어국간의 A-인터페이스, 제어국과 제어국간의 IR-인터페이스, 그리고 제어국과 핵심망 구성요소(AAA, HA)간의 I-인터페이스로 구성된다.

이 중, U-인터페이스는 휴대 인터넷 규격을 따르도록 되어 있으나, A-인터페이스와 IR-인터페이스, I-인터페이스는 규격에 포함되지 않는다. 따라서 본 논문에서는 규격에 포함되지 않는 A-인터페이스와 I-인터페이스에 대하여 향상된 성능의 네트워크 모델을 제시한다.

III. 셀룰라 이더넷

본 논문에서 제안된 셀룰라 이더넷 시스템은 그림 3과 같이 모든 메시지가 2계층 브리지에 의해 중계되는 새로운 2계층 망 모델이다. 각 브리지는 MAC 프레임의 송신지 주소를 이용한 경로 학습 기능을 가지고 있어 특정 단말의 MAC 주소를 학습하고 있는 경우, 해당 단말로의 프레임을 정확히 전달할 수 있다.

하지만, 2계층 브리지로만 이루어진 망에서는 방송 주소를 목적지 주소로 갖는 프레임이나 경로 상의 브리지들이 학습하지 못한 단말로의 프레임은 플러딩 되므로 망 전체의 성능에 심각한 영향을 미치게 된다. 또한 전체 망에 연결된 모든 이동 단말들의 경로 정보를 학습하기 위해서는 매우 큰 비용이 소요되는 단점이 있다.

본 논문에서 제안하는 셀룰라 이더넷 시스템에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 각 브리지의 경로 정보

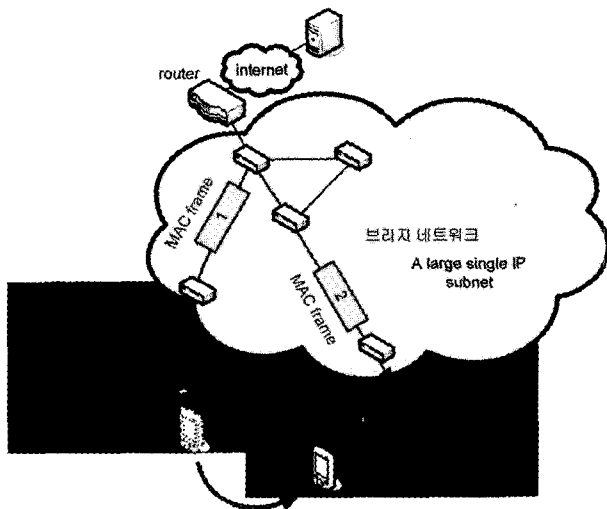


그림 3. 셀룰라 이더넷
Fig. 3. Cellular Ethernet.

를 갱신하는 새로운 제어 메시지를 정의하였으며, 전체 망을 사이트라는 작은 단위로 분할하여 확장성을 제공하도록 하였다.

1. 망 구성 요소 및 기능

셀룰라 이더넷 망은 모두 2계층 브리지로 연결되어 있으며, 핵심 망과 사이트로 나누어진다. 그림 4는 셀룰라 이더넷 시스템의 망 구조를 도시한 것이다.

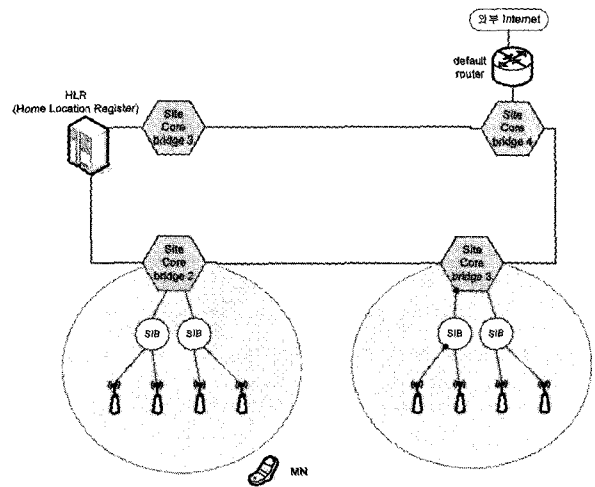


그림 4. 셀룰라 이더넷 시스템의 망 구성
Fig. 4. Organization of Cellular Ethernet System.

가. 사이트

사이트는 셀룰라 이더넷 망을 구성하는 또 하나의 작은 망이며 하나의 Site Core Bridge(SCB)와 Site Internal Bridge(SIB)들로 구성되어 있다.

사이트 내부의 브리지들은 기존 이더넷 브리지의 동작과 동일하게 단말이 전송하는 데이터 프레임의 송신지 주소 영역을 검사하여 해당 단말로의 경로 정보를 자동으로 학습한다. 또한 단말의 이동 시 신속한 경로 정보 갱신과 유희 단말에 대한 경로 정보 유지를 위하여 새로운 2계층 제어 프레임을 정의하였으며, 이러한 제어 프레임을 통해 각 브리지의 경로 정보를 갱신 및 유지한다. 각 브리지는 이러한 경로 정보를 통하여 프레임을 중계한다. 또한 학습되지 않은 단말로 향하는 프레임을 수신한 브리지는 해당 프레임을 플러딩하는 대신에 자신의 상위에 위치한 브리지로만 프레임을 전달하여 프레임이 망 전체로 전달되는 현상을 방지한다.

각 사이트에는 사이트를 대표하는 하나의 SCB가 존재하며, 이 브리지는 사이트와 핵심 망을 연결하는 역할을 수행한다. 각 사이트의 식별자는 사이트를 대표하

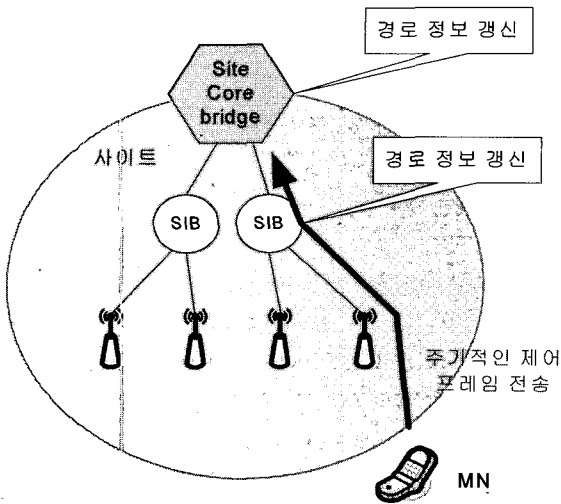


그림 5. 주기적인 경로 정보 갱신 절차
Fig. 5. Periodic update procedure of path information.

는 SCB의 식별자가 되며, SCB의 식별자는 보통 인터페이스 중 하나의 MAC 주소로 설정된다. 또한 SCB는 자신이 대표하는 사이트 내에 연결된 모든 단말들에 대한 경로 정보를 유지해야 하며, 이를 위하여 각 이동 단말들은 그림 5와 같이 주기적으로 경로 정보 갱신을 위한 제어 프레임을 SCB로 전송하여야 한다. 이러한 제어 프레임을 통해 SCB와 이동 단말 사이의 경로에 위치한 SIB들의 경로 정보가 유지된다.

나. 핵심 망

핵심 망은 각 사이트들을 연결하는 역할을 수행하며, 모든 이동 단말들에 대한 위치 정보 및 주소를 관리하는 Home Location Register(HLR)와 사이트와 핵심 망을 연결하는 SCB, 그리고 핵심 망 내부에서 데이터 전송을 수행하는 Core Internal Bridge(CIB)들로 이루어져 있다.

HLR은 셀룰라 이더넷 망에 연결된 모든 단말들에 대한 위치 정보 및 IP 주소, MAC 주소를 관리한다.

이동 단말은 망으로의 초기 진입 시에 자신의 위치와 IP 주소, MAC 주소를 등록하며, 자신의 MAC 주소가 망 내에서 사용 가능한지의 여부를 질의한다. 여기서 이동 단말이 등록하는 자신의 위치는 단말이 속한 사이트의 식별자이다. 이동 단말의 MAC 주소가 가용하지 않은 경우, HLR은 임의로 새로운 MAC 주소를 생성하여 이동 단말에게 할당한다. 이처럼 중복 주소 감지 절차가 최초 망 진입 시에 이루어지므로 이동 단말의 핸드오버 시에는 추가적인 절차가 필요하지 않아 중복 주소 감지 절차가 필요한 3계층 핸드오버 방식보다 고속

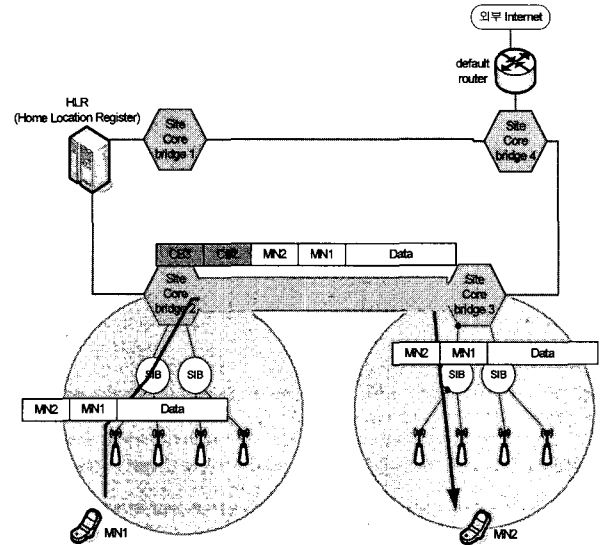


그림 6. 핵심 망 내부에서의 데이터 전송 예
Fig. 6. Data transfer in core networks.

의 핸드오버를 제공할 수 있다.

또한 HLR이 유지하는 이동 단말들의 위치 정보를 통하여 핵심 망에서의 데이터 전송이 이루어진다.

셀룰라 이더넷 시스템에서는 방송 메시지인 ICMPv6 Neighbor Solicitation 메시지가 망 전체로 전달되는 것을 방지하기 위하여 HLR로 하여금 해당 메시지에 대해 대신 응답하는 일종의 ARP Proxy 서버 기능을 담당하도록 한다. 즉, 특정 단말이 목적지 단말의 MAC 주소를 얻기 위하여 방송한 ICMPv6 Neighbor Solicitation 메시지는 기지국에 의하여 유니캐스트로 변환되어 HLR에게 전달되고, HLR은 망 내의 모든 단말들에 대한 { IP주소, MAC주소 } 테이블을 유지하고 있으므로 목적지 단말의 MAC주소를 대신 응답할 수 있다.

SCB는 자신의 사이트 내부에 연결된 이동 단말들에 대한 경로 정보만을 학습하고, CIB는 이동 단말들에 대한 경로 정보는 학습하지 않고 핵심 망 내부에 존재하는 SCB와 다른 CIB들에 대한 경로 정보만을 유지한다. 따라서 특정 단말로 향하는 MAC 프레임을 수신하는 경우, 해당 단말에 대한 경로 정보가 없으므로 해당 프레임은 플러딩될 것이다.

이러한 현상을 방지하기 위하여 핵심 망에서 전달되는 데이터 프레임은 그림 6과 같이 SCB에 의하여 새로운 MAC 페이로드에 수납되어 전송된다. 이 때 새로운 MAC 헤더의 목적지 주소는 목적지 단말이 속한 사이트를 대표하는 SCB의 MAC 주소가 되며, 송신지 주소는 송신지 단말이 속한 사이트를 대표하는 SCB의 MAC주소가 된다. 이 때 목적지 단말이 위치한 사이트

에 속한 SCB의 MAC 주소는 HLR에게 질의함으로써 알 수 있다.

2. 망 초기화 절차

셀룰라 이더넷 시스템의 핵심 망 내부에서 프레임을 전달하기 위해서 망 구성 요소인 SCB와 CIB들은 서로에 대한 경로 정보를 유지하여야 한다. 이는 망 구축 시 최초 한 번만 수행되며, 그 후로는 망 변경과 확장에 따라 다시 수행될 수 있다.

각 SCB와 CIB들의 경로 정보는 관리자에 의해 수동적으로 설정될 수도 있으며, 그림 7과 같이 802.1ak Multiple Registration Protocol^[9] 등을 사용하여 설정될 수도 있다.

SIB의 경로 정보는 이동 단말의 초기 진입 시 전달되는 제어 프레임에 의해 동적으로 갱신되므로 초기화 과정이 필요하지 않다.

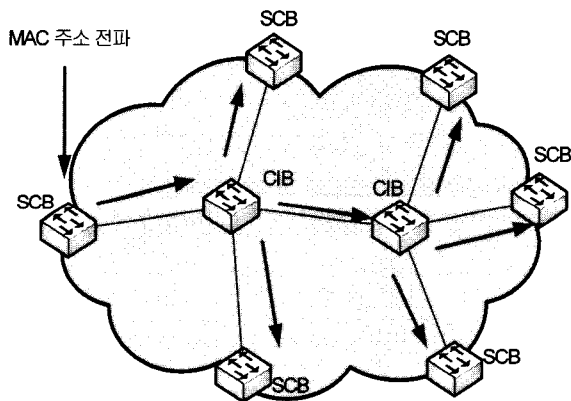


그림 7. 핵심 망에서의 경로 정보 설정
Fig. 7. Establishment of path information in core networks.

3. 이동 단말의 초기 진입 절차

이동 단말은 망 최초 진입 시에 자신의 MAC 주소와 IP주소가 수납된 제어 메시지인 route-update 프레임을 SCB에게 전달한다. 이를 수신한 SCB는 다시 { 단말의 MAC 주소, 단말의 IP 주소, 자신의 MAC 주소 } 정보를 HLR에게 전달하여 단말의 위치 및 정보를 등록한다. HLR은 기존에 자신에게 등록된 단말들 중 동일한 MAC 주소를 가진 단말이 있는지를 검사하고, 중복되는 경우 NACK 메시지에 단말이 새롭게 사용할 MAC 주소를 실어서 전달하고 그렇지 않은 경우 ACK 메시지로 응답한다. 그림 8은 이동 단말의 망 초기 진입 절차를 도시한 것이다.

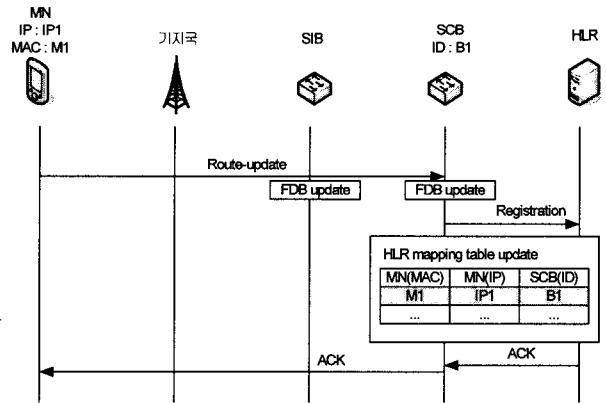


그림 8. 단말의 초기 진입 절차
Fig. 8. Initial entry procedure of mobile node.

4. 데이터 통신 절차

데이터 통신 절차는 크게 사이트 내 통신 절차, 사이트 간 통신 절차로 분류될 수 있다.

가. 사이트 내 통신 절차

통신을 수행하는 두 단말이 동일한 사이트 내에 있는 경우로써, 기본적으로 송신지 단말이 전송한 데이터 프레임은 사이트 내부의 브리지들의 학습 정보에 의해 전달된다. 각 브리지들은 단말이 SCB에게 주기적으로 전송하는 제어 프레임을 통해 자신의 하부에 연결된 모든 이동 단말에 대한 경로 정보를 유지하고 있으므로, 목적지 단말이 자신의 하부에 연결되어 있는 경우 해당 프레임을 정확히 전달할 수 있다. 학습되지 않은 단말로의 프레임을 수신하는 경우 각 브리지는 해당 프레임을 자신의 상위 브리지로만 전달한다. 최상위 브리지인 SCB는 자신의 사이트에 연결된 모든 단말들에 대한 경로 정보를 유지하고 있으므로 데이터를 정확한 경로로 전달할 수 있다.

송신지 단말은 목적지 단말의 MAC 주소를 얻기 위하여 ICMPv6 Neighbor Solicitation 메시지를 발송한다. 이를 수신한 기지국은 Query 메시지를 HLR에게 전송하여 목적지 단말의 MAC 주소를 질의하고, HLR은 자신이 유지하고 있는 { IP 주소, MAC 주소 } 테이블을 검사하여 목적지 단말의 MAC 주소를 Answer 메시지로 응답한다. 이를 수신한 기지국은 ICMPv6 Neighbor Advertisement 메시지를 송신지 단말에게 전달하고, 이어서 데이터 전송이 이루어진다.

그림 9는 사이트 내 통신 절차를 나타낸 것이다.

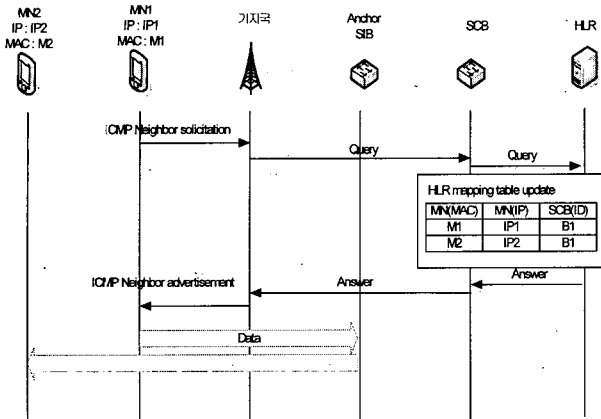


그림 9. 사이트 내 통신 절차
Fig. 9. Intra-site communication procedure.

나. 사이트 간 통신 절차

목적지 단말에 대한 MAC 주소를 질의하는 과정은 사이트 내 통신 절차와 동일하며, 이 과정 중에 SCB는 목적지 단말이 위치한 사이트의 SCB의 MAC 주소를 캐시에 저장한다. 이 후 송신지 단말이 데이터를 전송하면, 사이트 내부의 모든 브리지들의 학습 정보에는 목적지 단말에 대한 경로 정보가 없으므로 최상위 브리지인 SCB까지 전달된다. SCB는 수신한 데이터 프레임에 새로운 { 단말이 위치한 사이트의 SCB MAC 주소, 자신의 MAC 주소 } 로 이루어진 MAC 헤더를 MAC-in-MAC 캡슐화하여 전송한다. 이 캡슐화된 프레임이 목적지 단말의 위치한 사이트의 SCB에 도달하면 해당 SCB는 MAC-in-MAC 헤더를 제거하고 프레임을 단말로 전달한다.

그림 10에 이 절차를 도시하였다.

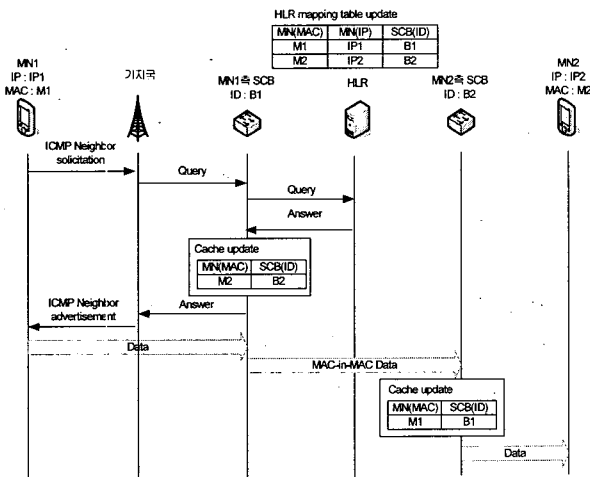


그림 10. 사이트 간 통신 절차
Fig. 10. Inter-site communication procedure.

5. 이동성 지원

셀룰라 이더넷에서는 이동 단말이 단일 사이트 내부에서 이동하는 경우와 여러 사이트 사이를 이동하는 경우에 따른 이동성을 모두 지원한다. 이는 3계층 핸드오버 방식에서 사용되는 미시적 핸드오버나 거시적 핸드오버와 유사한 개념이다. 각 기지국이 방송하는 비컨 메시지에 자신의 속한 사이트를 대표하는 SCB의 MAC 주소가 포함되어 있어, 단말은 비컨 수신시에 사이트 내 핸드오버를 수행해야 할지, 사이트 간 핸드오버를 수행해야 할지를 결정할 수 있다.

가. 사이트 내 핸드오버 절차

이동 단말이 하나의 사이트 내에서 이동하는 경우로써 매우 빠른 핸드오버를 지원한다. 이동 단말은 이동 후 route-update 프레임을 자신의 SCB에게 전달함으로써 자신과 SCB 사이의 경로 상에 있는 SIB들의 학습 정보를 갱신한다. 또한 이전 경로 상의 SIB가 유지하고 있는 학습 정보는 에이징 타이머에 의해서 자연스럽게 제거된다. 경로 상에 위치한 브리지들의 학습 정보가 갱신되었으므로, 단말로 향하는 프레임은 바로 전달될 수 있다. 이는 Cellular IP에서 사용되는 방식과 매우 유사하다.^[10]

그림 11은 사이트 내 핸드오버 절차를 도시한 것이다.

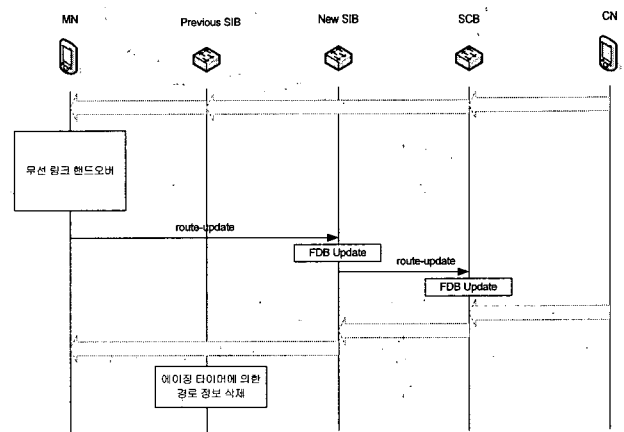


그림 11. 사이트 내 핸드오버 절차
Fig. 11. Intra-site handover procedure.

나. 사이트 간 핸드오버 절차

이동 단말이 다른 사이트로 이동하는 경우로써 사이트 내 핸드오버보다는 큰 지연을 갖는다. 이동 단말은 핸드오버를 결정한 경우 현재 연결된 사이트의 SCB에게 Disconnect 프레임을 전송하고, 무선 구간 핸드오버

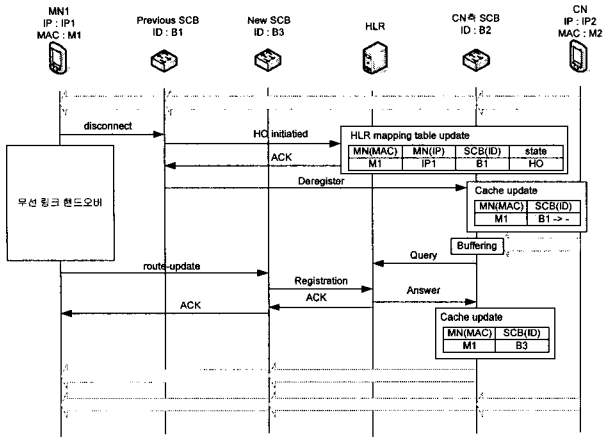


그림 12. 4사이트 간 핸드오버 절차
Fig. 12. Inter-site handover procedure.

를 수행한다. Disconnect 프레임 수신한 SCB는 HO initiated 프레임을 HLR에게 전송하고, Deregister 프레임을 Correspondent Node(CN)측 SCB에 전송한다. 이를 수신한 CN측 SCB는 해당 단말의 핸드오버가 완료될 때까지 단말로의 데이터 프레임을 폐기하거나 혹은 버퍼링할 수도 있다. 또한 HO initiated 메시지를 수신한 HLR은 해당 단말에 대한 상태 정보를 핸드오버 상태로 변경하고 해당 단말의 위치를 질의하는 메시지에 대한 응답을 잠시 보류한다.

무선 구간 핸드오버 완료 후, 이동 단말은 route-update 프레임을 SCB에게 전송하고 해당 SCB는 Registration 프레임을 HLR에게 전달하여 이동 단말의 새로운 위치를 등록한다.

이 후 HLR은 CN측 SCB에게 이동 단말의 새로운 위치를 알려 주고 또한 해당 단말의 상태 정보를 정상 상태로 변경하며 단말이 핸드오버 상태에 있는 동안 수신하여 보류하고 있던 질의에 대한 응답 메시지를 전송한다. CN측 SCB는 데이터 프레임을 버퍼링한 경우 버퍼링된 데이터 프레임을 새로운 SCB의 MAC 주소로 목적지 주소로 갖는 페이로드에 수납하여 모두 전송한 후 수신되는 프레임들을 전송한다.

그림 12에 사이트 간 핸드오버 절차를 도시하였다.

Mobile IPv6의 경우, 핸드오버 발생 시 무선 구간 핸드오버가 모두 완료된 후에 유선 구간 핸드오버가 수행되어야 한다. 하지만 셀룰라 이더넷 시스템의 경우, 그림 12, 13과 같이 이동 단말이 무선 구간 핸드오버를 수행하는 동시에 망 내부의 노드들에 의해 HO initiated, ACK, Deregister 등의 제어 프레임이 교환됨으로써 유선 구간 핸드오버가 같이 수행된다. 또한 Mobile IPv6에서 새로운 주소를 생성하기 위한 라우터 탐색 절차가

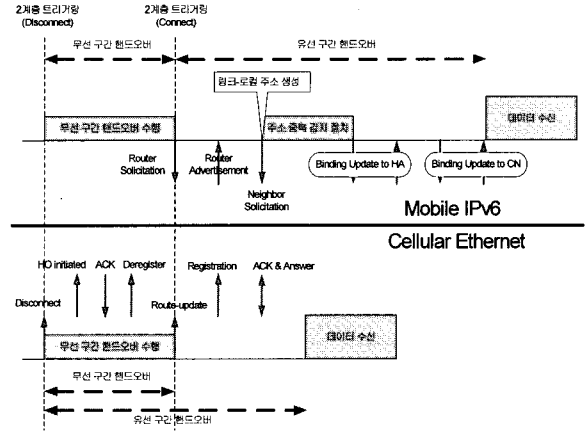


그림 13. 핸드오버 절차 비교
Fig. 13. Handover procedure comparison.

필요 없고 중복 주소 감지 절차 또한 필요하지 않다. 따라서 셀룰라 이더넷 시스템의 경우 Mobile IPv6 방식에 비해서 고속의 핸드오버를 지원할 수 있다.

IV. 성능 분석

본 논문에서는 제안된 셀룰라 이더넷의 사이트 간 핸드오버 성능을 분석하기 위하여, Network Simulator(NS)-2^{[11][12]}를 사용한 모의실험을 통해 Mobile IPv6의 핸드오버 방식과 성능을 비교한다. 모의실험의 환경 모델은 그림 14와 같다.

무선 링크 구간에서의 물리적인 핸드오버 지연은 100ms로 설정하였으며, 브리지들을 연결하는 각 링크의 대역폭은 100Mbps로 설정하였다. CN은 CBR 트래픽을 64kbps의 속도로 MN에게 전송하며, 이동 단말은 A 지점에서 이동을 시작하여 B 지점까지 이동한다. 본 시뮬레이션 환경 모델에서 사이트 내 핸드오버는 고려하지 않았으며, 사이트 간 핸드오버만을 고려하였다. 따라서 각 사이트 SCB들이 기지국의 역할을 동시에 수행하며, 이동 단말은 새로운 SCB로부터 비컨 메시지를 수신한 경우에 핸드오버를 수행한다. 이동 단말이 9개의 SCB 사이를 이동하므로 8번의 핸드오버가 수행된다.

Mobile IPv6의 모의실험에서는 이동 감지 시간을 최대한 줄이기 위하여 제안된 L2 트리거링 방식을 적용하였다. 즉, 무선 구간 핸드오버 완료 후, 2계층에서 3계층으로 신호를 보내어 즉시 Router Discovery 패킷을 보내 프리픽스 정보를 질의하도록 하였다.

본 논문의 중요한 성능 평가 지표인 핸드오버 지연 시간은 무선 링크 구간에서의 물리적 핸드오버 시작 시

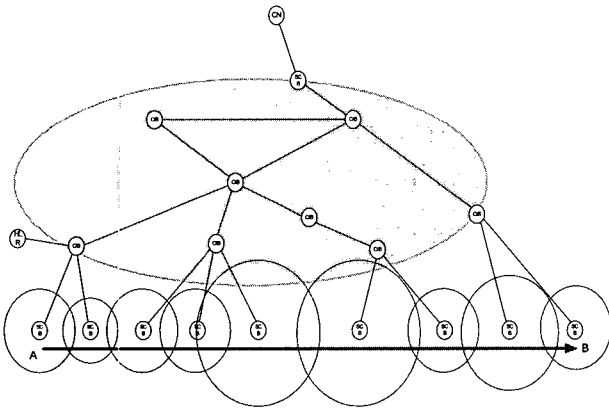


그림 14. 모의실험의 환경모델
Fig. 14. Simulation model.

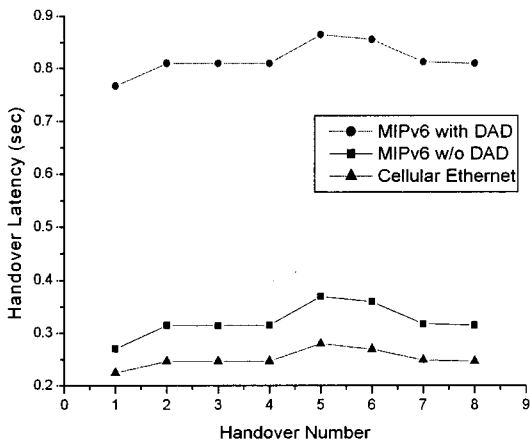


그림 15. 핸드오버 지연 시간 비교
Fig. 15. Handover latency comparison.

부터 핸드오버 완료 후 첫 번째 프레임을 받을 때까지로 정의하였다. 또한 Mobile IPv6에서 필요한 중복 주소 감지 절차의 대기 시간은 표준에 정해져 있지 않으므로, 각각 0초와 0.5초의 대기 시간을 주어 비교하였다.

그림 15는 본 논문에서 제안하는 셀룰라 이더넷 망에서의 핸드오버 지연 시간을 Mobile IPv6 핸드오버 지연 시간과 비교한 것이다. 도시된 바와 같이 중복 주소 감지 절차의 대기 시간을 주지 않은 경우에도 셀룰라 이더넷의 성능이 더욱 우수함을 알 수 있다. 그 이유는 셀룰라 이더넷의 경우, Mobile IPv6에서 필요한 프리픽스 정보 획득 절차가 필요 없으며, 또한 유선 구간 핸드오버에 필요한 제어 프레임 전달이 이동 단말의 물리적인 단절 시에도 망 내부 노드에 의해 이루어지므로, 무선 구간에서의 물리적 핸드오버와 유선 구간에서의 핸드오버가 동시에 이루어질 수 있기 때문이다. 또한, Mobile IPv6에서 사용되는 IPv6 Stateless Address Auto-configuration^[13]에서는 중복 주소 감지 절차를 강제하고

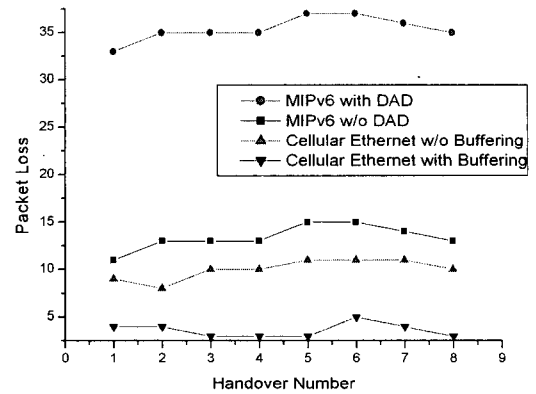
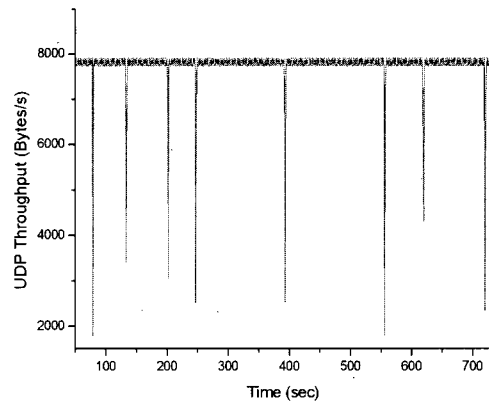
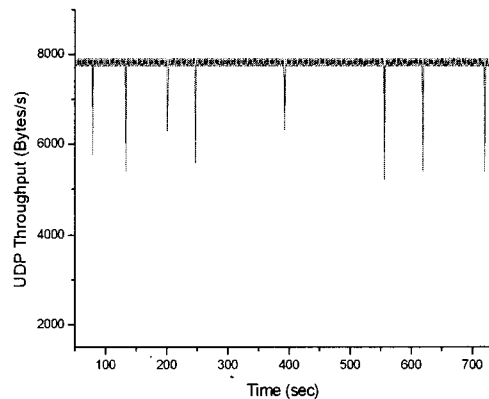


그림 16. 핸드오버 시 패킷 손실 비교
Fig. 16. Packet loss comparison.



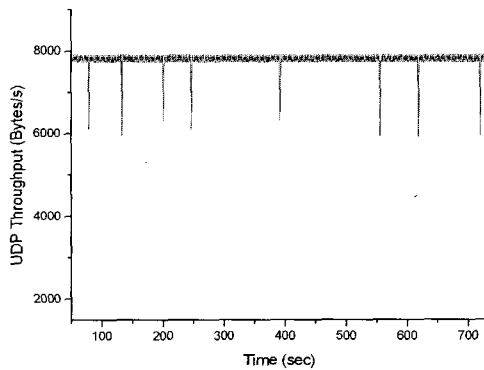
(a) 주소 중복 감지 절차를 수행하는 경우
(a) Performing Duplicate Address Detection procedure



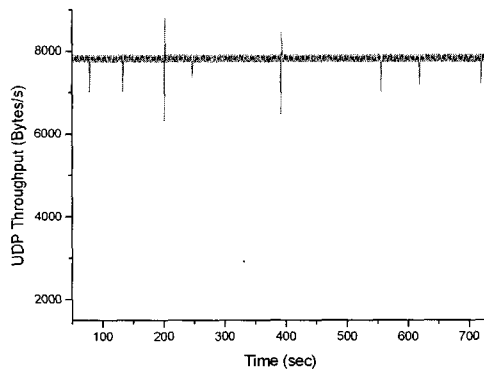
(b) 주소 중복 감지 절차를 수행하지 않는 경우
(b) Not performing Duplicate Address Detection procedure

그림 17. Mobile IPv6 UDP 처리율
Fig. 17. UDP throughput of Mobile IPv6.

있으므로, 중복 주소를 중앙 집중적으로 관리하여 중복 주소 감지 절차가 필요 없는 셀룰라 이더넷에 비하여,



(a) 버퍼링을 하지 않는 경우
(a) Buffering



(b) 버퍼링을 하는 경우
(b) No buffering

그림 18. 셀룰라 이더넷 UDP 처리율
Fig. 18. UDP throughput of Cellular Ethernet.

많은 지연이 발생한다.

그림 16은 셀룰라 이더넷 망에서의 핸드오버 시 발생하는 프레임 손실을 Mobile IPv6방식의 경우와 비교한 것이다. 핸드오버 지연 성능이 우수한 셀룰라 이더넷의 경우, Mobile IPv6보다 프레임 손실이 적으며, CN측 SCB에서 핸드오버 중인 이동 단말에 대한 데이터 프레임을 일시 버퍼링하는 경우에는 패킷 손실 면에서의 성능이 더욱 좋아짐을 알 수 있다.

그림 17의 (a)와 (b)는 각각 0.5초와 0초의 중복 주소 감지 대기 지연을 갖는 Mobile IPv6의 UDP 처리율을 나타낸 그래프이다.

Mobile IPv6 방식을 사용하면, 0.5초의 중복 주소 감지 대기 시간을 갖는 경우 핸드오버 발생 시마다 성능이 심각하게 저하되는 것을 확인할 수 있다.

그림 18의 (a)와 (b)는 각각 셀룰라 이더넷 시스템에서 버퍼링 방식을 사용하지 않는 경우와 사용한 경우의 UDP 처리율을 나타낸 그래프이다.

셀룰라 이더넷 시스템의 경우, 0.5초의 중복 주소 감지 대기 지연을 갖는 Mobile IPv6의 경우보다는 확실하게 큰 성능 향상을 보였다. 또한 중복 주소 감지 대기 지연을 갖지 않는 Mobile IPv6 경우, 처리율이 6000Bytes/s 이하로 떨어지는 데 반해서 셀룰라 이더넷의 경우는 항상 6000Bytes/s 이상을 유지하는 것을 확인할 수 있다.

또한 버퍼링 방식을 사용하는 셀룰라 시스템의 경우 UDP 처리율이 상당히 높았으며, 그림 18의 (b)에 나타난 평균 처리율보다 높은 처리율을 보이는 부분은 핸드오버 동안 버퍼링된 프레임이 한 번에 전송되면서 나타나는 현상이다.

V. 결론

본 논문에서는 휴대 인터넷 서비스에서 사용자에게 양질의 서비스를 제공하기 위하여 기존에 제안된 3계층에서 핸드오버를 수행하는 방식보다 고속의 핸드오버를 지원하기 위해 전체 망이 2계층 브리지로 구성된 새로운 형태의 셀룰라 이더넷 시스템을 제안하였으며, 이에 대한 성능 분석을 통하여 제안 방식이 우수함을 확인하였다.

3계층 핸드오버 프로토콜로는 Mobile IPv6를 비교하였으며, 표준에 정확히 규정되지 않은 이동 감지 시간을 제거하기 위하여 제안된 L2 트리거링 알고리즘을 적용하였다. 또한, 중복 주소 감지 절차에서 ICMPv6 Neighbor Solicitation 전송 후 응답 대기 시간을 각각 0초와 0.5초로 설정하여 비교하였다.

제안된 셀룰라 이더넷 망의 핸드오버 성능 중 패킷 손실률을 분석하기 위하여, 버퍼링을 사용하는 경우와 사용하지 않는 경우를 비교하였다.

모의실험 결과, 셀룰라 이더넷의 경우 Mobile IPv6보다 더 좋은 성능을 나타냄을 확인할 수 있었다.

마지막으로, 본 논문에서 제안된 2계층 연동 장치를 이용한 휴대 인터넷용 백본 시스템인 셀룰라 이더넷 시스템은 기존의 3계층 핸드오버 프로토콜에 비하여 핸드오버 성능이 우수하여 양질의 서비스를 제공할 수 있다. 또한 셀룰라 이더넷 시스템에서는 특정 기능을 수행하는 몇몇 노드를 제외한 모든 노드들이 기존의 이더넷 브리지와 동일하게 동작하므로 구현이 간단하고 저렴하게 구현할 수 있는 장점이 있으므로 휴대 인터넷 서비스 네트워크에서 고속 핸드오버를 지원할 수 있는 방법 중에 한 가지가 될 수 있을 것이다.

참고 문헌

[1] TTA, "2.3GHz 휴대 인터넷 표준 - 물리 계층 및 매체접근 제어 계층", 2005년 6월

[2] D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," *RFC 3775*, June 2004.

[3] H. Soliman, C. Castelluccia, K. El Malki and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management," *RFC 4140*, Aug. 2005.

[4] R. Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6," *RFC 4068*, July 2005.

[5] 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.

[6] 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.

[7] 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.

[8] 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.

[9] IEEE 802.ak Multiple Registration Protocol, <http://www.ieee802.org/1/files/public/docs2006/ak-sultan-individual-mac-registration-requirement-0506.pdf>.

[10] A.T. Campbell et al., "Cellular IP," draft-ietf-mobileip-cellularip-00.txt, Dec. 1999.

[11] "The Network Simulator ns-2", <http://www.isi.edu/nsnam>.

[12] J. Widmer, "Extensions to the ns Network Simulator," <http://www.icsi.berkeley.edu/~widmer/mnav/ns-extension>.

[13] S. Thomson and T. Narten, "IPv6 Stateless Address Autoconfiguration," *RFC 2462*, Dec. 1998.

저 자 소 개



정 한 균(학생회원)
2005년 한국항공대학교 정보통신 공학과 학사 졸업.
2005년~현재 한국항공대학교 정보통신공학과 석사과정.
<주관심분야 : 유무선 데이터 통신>



윤 종 호(정회원)
1984년 한양대학교 전자공학과 학사 졸업.
1986년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사 졸업.
1990년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사 졸업.
<주관심분야 : MAC 기술 및 BcN 전달망 기술>



조 재 현(정회원)
2000년 경희대학교 전자공학과 학사 졸업.
2002년 경희대학교 전자공학과 석사 졸업.
2002년~현재 삼성전자 통신연구소 방송통신기술 랩 선임 연구원
<주관심분야 : 레지덴셜 이더넷, BcN 기술>



오 윤 제(정회원)
1987년 연세대학교 물리학과 석사 졸업.
1995년 Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY 물리학 박사
1996년~현재 삼성전자 통신연구소 방송통신기술랩장
<주관심분야 : 레지덴셜 이더넷, RoF>



황 성 택(정회원)
1990년 서강대학교 물리학과 석사 졸업.
2001년 서강대학교 물리학과 박사 졸업.
1993년~현재 삼성전자 통신연구소 방송통신기술랩 수석.
<주관심분야 : 레지덴셜 이더넷, RoF>