

무선 랜에서 MAC계층의 정보를 이용한 고속 L3 핸드오프 알고리즘 - CandidateCasting Fast Handoff

준회원 신 일 희*, 정회원 이 채 우**

CandidateCasting Fast HANDOFF Algorithm for MIP using MAC Layer Information at Wireless LAN

Il-Hee Shin* Associate Member, Chae-Woo Lee** Regular Member

요 약

CCFH(CandidateCasting Fast Handoff) 알고리즘은 기존의 Mobile IP에 멀티캐스팅을 결합한 고속 핸드오프의 성능을 증가하며, B/W 효율성 측면에서 역시 뛰어난 성능을 보이는 새로운 핸드오프 방법이다. 이 알고리즘은 L2 정보를 이용, L2 핸드오프가 발생하기 전 미리 멀티캐스팅하여 L3 핸드오프 지연을 타 방법에 비해 획기적으로 줄인다. 본 논문에서는 제안된 핸드오프 방법을 소개하고, 기존 MIP(Mobile IP)의 기본적인 핸드오프 방법뿐만 아니라 다른 핸드오프 방법들과의 비교 분석을 통하여 제안된 방법의 성능이 우수함을 확인한다.

Key Words : Handoff, CandidateCasting, MultiCasting, Mobile IP, Wireless LAN

ABSTRACT

CCFH(CandidateCasting Fast Handoff) algorithm excels the performance of existing fast handoff schemes using multicasting in terms of handoff latency and B/W efficiency. The scheme uses L2 information(BSSID) at Wireless LAN and starts multicasting before L2 handoff. So it can reduce L3 handoff latency. At this article, we would show that CandidateCasting Fast Handoff Scheme is clearly new scheme using L2 information and has the good performance.

I. 서 론

유비쿼터스 네트워크를 실현하기 위한 한 방법으로 조만간 대부분의 유선망에서 무선 이동 사용자들을 수용하기 위한 접속점(AP)을 제공할 것이다. 이동 사용자들이 접속점을 바꾸더라도 현재 진행 중인 통신 세션을 계속 유지하기 위해 MIP(Mobile

IP)를 사용하게 된다. MIP의 주요 목적은 네트워크가 바뀌더라도 통신 세션을 계속 유지시켜 주는 것인데, 세션의 유지관점에서 볼 때 현재의 MIP는 여러 가지 문제점들이 있다. 그 중에서도 긴 핸드오프 지연은 많은 패킷 손실을 발생시키며, 서비스의 질(QoS)을 떨어뜨린다. 특히 실시간 서비스에 대한 QoS를 보장하기 위해서 핸드오프 지연은 반드시 최소화되어야 한다.

* 아주대학교 전자공학과 멀티미디어 네트워킹 연구실(ilshin@ajou.ac.kr), ** 아주대학교(cwlee@ajou.ac.kr)

논문번호 : 030288-0715, 접수일자 : 2003년 7월 일

※ 본 논문은 정보통신부 정보통신연구진흥원에서 지원하고 있는 정보통신기초기술연구지원사업(과제번호:03-기초-0078)의 연구결과입니다.

무선 데이터 접속기술에는 여러 가지가 있지만, 비용, 속도 등을 고려할 때, 무선 랜이 가장 주목받고 있는 상황이다. 그러나 무선 랜에도 많은 문제가 있는데, 유선 통신망에 비해 낮은 전송률, ISM 대역사용에 의한 전파 간섭 문제, 핸드오프 지연 등이 주요 과제로 남아 있다. 전송률 문제를 해결하기 위한 하나의 해결책으로 각 셀의 크기를 작게 배치할 수 있다. 그러나 셀의 크기를 작게 하면 사용자의 이동에 의한 잦은 핸드오프로 QoS 저하문제가 발생한다. 무선 랜에서 핸드오프는 무선링크만 바뀌는 MAC계층(L2)의 핸드오프와 MIP가 필요한 네트워크 계층(L3)의 핸드오프로 나눌 수 있다. 네트워크 계층의 핸드오프에는 반드시 MAC계층의 핸드오프가 수반되는데, 기존의 MIP를 사용하여 네트워크 계층의 핸드오프를 지원할 경우 MAC계층의 핸드오프 지연에 네트워크 계층의 핸드오프 지연이 더해지기 때문에 실시간 서비스의 QoS를 보장하는데 상당한 문제점이 있다. 현재 이 문제를 해결하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다.^{[6][8][11][12][13][15]}.

본 논문에서는 무선 랜 환경에서 MIP가 사용되는 L3 핸드오프 지연을 줄이는 새로운 방법인 CCFH(CandidateCasting Fast Handoff Scheme) 을 소개한다. 이 방법은 기존의 방법이 L3의 핸드오프 지연을 줄이기 위해 주로 L3 정보만을 이용하였던 것에서 탈피하여, 무선 랜에서 L3 핸드오프가 진행되기 전 반드시 선행되는 L2 핸드오프의 정보를 이용하여 빠르고 효율적인 핸드오프가 되도록 도와준다. 또한, 단순한 멀티캐스팅 기법을 사용한 핸드오프 방법들에서는 고속의 핸드오프 성능을 보여주지만 이동 호스트 주위의 셀에 대해 멀티캐스팅을 함으로써 B/W의 낭비가 매우 크다는 단점이 있었다. 하지만 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 짧은 시간동안에 CAP(Current Access Point)와 이동할 NAP(New Access Point) 단 두 곳으로만 멀티캐스팅하는 'CandidateCasting 기법'을 사용함으로써 B/W 낭비를 최소화한다.

본 논문의 나머지 부분에서는 제안하는 알고리즘의 이해를 돕기 위해 2절에서 무선 랜의 MAC 계층 핸드오프 과정과 3절에서 MIP의 핸드오프 과정을 간단히 설명하고, 4절에서 무선 랜에서 핸드오프 지연을 줄이기 위한 기존의 알고리즘에 대해 소개한다. 5절에서 본 논문에서 제안하는 CCFH 알고리즘을 설명한 후, 6절에서는 실시간 서비스를 위해 연구되었던 기존의 멀티캐스팅을 이용한 L3 핸드오

프 방법들과 비교함으로써 새롭게 제시된 알고리즘의 우수함을 확인한다.

II. IEEE 802.11 무선 랜의 핸드오프

IEEE 802.11에서 완전한 핸드오프 과정은 1. 탐색 과정(Scanning Phase), 2. 재인증 과정(Reauthentication Phase)으로 이루어지며 간단히 설명하면 다음과 같다^[16].

1. 탐색 과정(Scanning Phase)

이동 호스트는 CAP(Current Access Point)에서 수신하는 전파의 신호대 잡음비(SNR)를 계산하여 이 값이 미리 정해진 수준 이하로 내려가면 핸드오프의 첫 단계로서 자신이 접속할 NAP(New Access Point)를 찾기 시작한다. 이 과정이 탐색 과정이다. 탐색 과정에서 이동 호스트는 자신이 발견할 수 있는 모든 이웃 AP들을 유일하게 식별하게 하는 BSSID(Basic Service Set Identifier) 및 해당 AP의 물리 계층 파라미터들을 수집하고, 이 정보를 이용하여 AP들의 리스트를 만든다. 이 모든 정보는 AP에서 주기적으로 보내지는 비콘(beacon) 프레임에 의해 얻어진다.

2. 재인증 과정(Reauthentication Phase)

CAP와 NAP에서의 전파특성 차가 어느 일정 이상이 되면 이동 호스트는 NAP에 접속하기 위해 재인증 단계로 들어간다. 이동 호스트는 탐색 과정에서 만들어진 AP의 리스트를 보고 선택된 NAP에게 재인증을 시도한다. 재인증 과정은 AP가 적합한 이동 호스트임을 확인하는 인증과정과 이동 호스트가 자신의 MAC 주소를 등록하는 재결합(Reassociation)과정으로 나눌 수 있다. 핸드오프는 이동 호스트가 AP로부터 재결합 응답 메시지를 받음으로써 끝나게 된다.

III. Mobile IP의 핸드오프

홈 네트워크를 떠나 외부 네트워크(Foreign Network)로 이동한 이동 호스트는 FA(Foreign Agent)에서 주기적으로 보내는 라우터 공지 메시지(Router Advertisement Message)를 듣고 자신의 이동 여부를 판단할 수 있다. 만약 정해진 시간동안 공지 메시지를 받지 못한다면 이동 호스트는 자신의 디폴트 라우터에 더 이상 접속할 수 없을 것으로 판단하고, 다른 라우터를 찾기 시작한다. FA를

디폴트 라우터로 선택하고 그것으로부터 가상 주소인 CoA(Care of Address)를 받는다. 이동 호스트가 CoA를 결정하면 FA와 HA로 바인딩 갱신 메시지를 보내고, 각 에이전트들은 인증 과정을 거친 후 자신의 바인딩 캐쉬를 갱신하게 된다. 이후 HA는 이동 호스트의 홈 네트워크 주소로 라우팅된 패킷들을 가로챈 후 CoA를 이용해 인캡슐레이션(encapsulation)하고 현재 해당 이동 호스트가 있는 외부 네트워크로 보낸다. FA는 인캡슐레이션되어 들어오는 패킷을 다시 디캡슐레이션(decapsulation)하여 이동 호스트로 보낸다. 이 과정을 터널링 기법이라고도 하며, CoA에 따라 터널의 끝이 이동 호스트가 될 수도 있다. 반대로 이동 호스트에서 패킷을 전송할 경우 HA로 보내지 않고 바로 목적지로 라우팅된다. 기본적인 MIP에서는 비효율적인 라우팅(Triangle Routing)이 문제점으로 제기되고 있으며, 이를 해결하기 위해 Mobile IPv6에서는 FA와 HA 뿐만 아니라 CS(Correspondent Station)로도 바인딩 갱신 메시지를 보냄으로써 최적화 라우팅을 지원하고 있다. 또한 MIP는 매번 핸드오프 시 바인딩 갱신 메시지가 항상 HA로 전달되어야 하기 때문에 지연이 매우 크다. 이런 문제점을 해결하기 위해 많은 연구가 진행되고 있으며, 특히 Hierarchical MIP는 효율적인 해결책을 제시하고 있다. Hierarchical MIP에서 서브넷 내에서의 이동에 대한 바인딩 정보 갱신은 서브넷을 관리하는 SFA(Subnet Foreign Agent)에서, 서브넷 간 이동은 도메인을 관리하는 DFA(Domain Foreign Agent)에서만 이루어진다. HA(Home Agent)로의 바인딩 정보 갱신은 도메인 간의 이동에만 국한됨으로써 고속 핸드오프를 지원한다.

IV. 핸드오프 지연 시간 단축을 위한 기술 동향

지금까지 무선 환경에서 핸드오프에 관련된 문제를 해결하기 위해 많은 연구가 있었다. 그중 일부를 살펴보면 데이터 링크 계층에서는 L2 핸드오프 과정의 인증 시간을 줄이기 위해 이동 호스트가 핸드오프 할 가능성이 있는 AP들에게 미리 재인증을 하는 고속 핸드오프 방법이 제시되었고^[17], 핸드오프 지연 요인을 파악하기 위해 IEEE 802.11의 핸드오프 실측에 관한 연구도 있었다^{[11][12][16]}. 네트워크 계층 분야에서는 두개의 서브넷 주소를 갖고 있는 Overlapped AP가 존재하는 바운더리 셀(Boundary Cell)에서 L3 핸드오프가 이루어지는 핸드오프 방법

^[6], QoS의 상태에 따라 핸드오프 루트가 결정되는 방법^[8], RSVP를 이용해 QoS를 보장하는 핸드오프 방법^[13], 그리고 바인딩 갱신 정보를 HA까지 보내지 않고 지역적인 바인딩 갱신을 통해 빠른 핸드오프를 지원하는 Hierarchical MIP와 AP의 버퍼를 이용하여 패킷의 손실을 막는 Smooth 핸드오프 방법^[15] 등이 연구되었다. 그 중에서도 L3 핸드오프 지연은 서비스의 질에 직접적인 영향을 미치기 때문에 지연을 줄이기 위한 고속 핸드오프에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. L3 핸드오프 지연을 줄이기 위한 방법에는 Overlapped AP를 이용한 기법, Hierarchical MIP를 이용하는 방법 등이 있다. 또, Mobile IPv4에서 실시간 멀티미디어 서비스 제공을 위한 것으로 Pre-Registration 핸드오프와 Post-Registration 핸드오프 등이 있고, Mobile IPv6에서도 Mobile IPv4와 유사한 방법으로 각각 Anticipated 핸드오프와 Tunnel-Based 핸드오프가 있다^{[19][20]}. 그중 멀티캐스팅을 이용하여 현재의 셀과 이웃 셀로 트래픽을 동시에 보내는 방법은 핸드오프 지연을 줄이는데 뛰어난 성능을 보여준다^{[11][23]}. 멀티캐스팅 기법을 이용한 핸드오프 방법은 이동 호스트가 L2 핸드오프 직후 트래픽을 받을 수 있기 때문에 L3 핸드오프에 의한 지연을 단축시킬 수 있다. 본 절에서는 멀티캐스팅 기법을 이용해 핸드오프 지연을 줄이는 기존의 고속 핸드오프 방법들을 설명함으로써 본 논문에서 제안하는 알고리즘에 대한 이해를 돕도록 한다. 멀티캐스팅을 이용한 핸드오프 알고리즘을 분류하면 다음과 같다.

1. 계속적인 멀티캐스팅 기법의 핸드오프 (CMHA)
CMHA(Continuing Multicasting Handoff Algorithm)은 그림 1에서 보여주는 것과 같이 이동 호스트가 위치한 CAP와 이웃 AP로 계속적인 멀티캐스팅을 함으로써 L2 핸드오프 직후 트래픽을 받을 수 있는 방법이다^[2]. 이동 호스트가 도메인 내의 어느 AP에 있든 멀티캐스팅 기법을 이용한 핸드오프를 지원하기 때문에 지연 시간을 확실히 단축한다. 이 방식은 네트워크가 계층적 구조(Hierarchical Architecture)로 구성되어 있다고 가정한다^{[3][4][5]}. 계층적 구조는 한 도메인에 하나의 DFA가 존재하여 도메인 내에서의 이동은 지역적인 주소 등록을 이용하여 빠른 L3 핸드오프를 지원한다.

각각의 AP들은 DVM(Dynamic Virtual Macro Cell)을 구성하는데 이는 CAP와 주변의 이웃 AP 모두를 포함하며 도메인 내에 있는 다른 서브넷 주

소를 갖는 AP들도 역시 DVM을 구성할 수 있다. 그림 1에서 DVM은 AP-1, AP-2, AP-3으로 구성된다. DVM을 구성한 각각의 AP들은 DFA로부터 멀티캐스팅된 트래픽을 함께 받게 된다. CAP로부터 핸드오프 될 가능성이 있는 모든 이웃 AP(DVM's members)는 항상 최근에 받은 약간의 패킷들을 버퍼링하고 있다. 따라서 L2 핸드오프가 끝난 직후, 과거 AP에서 받던 트래픽을 손실 없이 이어서 받을 수 있다. 다시 말하면, 이동 후 트래픽을 받으면서 L3 핸드오프가 진행되기 때문에 지연이 짧아지며 패킷의 순서가 뒤바뀌는 일도 없다. 하지만 몇 가지 문제점이 있다. 지속적인 멀티캐스팅으로 인한 B/W의 낭비는 네트워크에 많은 부담으로 작용한다. 또한 하나의 도메인 내에서 발생하는 핸드오프만을 지원한다는 것과 복잡한 시그널링 메커니즘을 요구하는 것도 문제점으로 지적된다.

2. 국지적 멀티캐스팅 기법의 핸드오프 (BPMHA)

BPMHA(Boundary Position Multicasting Handoff Algorithm)은 앞의 방법과는 달리 이동 호스트의 위치가 서로 다른 서브도메인이 인접한 셀(Boundary Position)에 위치할 경우에만 지속적인 멀티캐스팅 기법이 적용되는 방법이다^[3]. 한 도메인은 여러 개의 서브도메인으로 나뉘고 서브도메인은 또다시 몇 개의 서브넷으로 나뉘는 계층적 구조를 기반으로 하며 이동 호스트가 Boundary Position

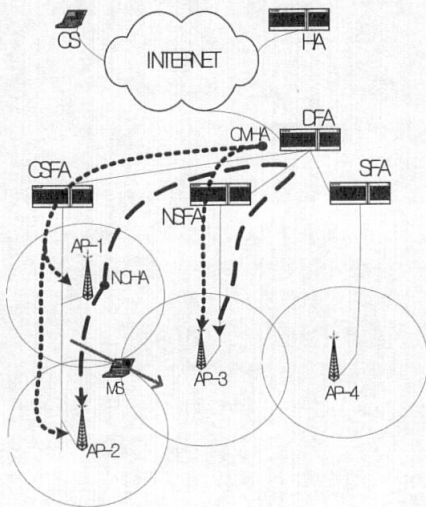


그림 1. CMHA와 NCHA의 핸드오프 발생시 멀티캐스팅 기법의 비교
 Fig. 1. Comparison between multicasting method of CMHA and that of NCHA when the mobile node handoffs.

내로 이동했을 경우에만 게이트웨이는 두개의 AP로 트래픽을 멀티캐스팅하여 빠른 핸드오프를 지원한다. 서브도메인 간의 핸드오프 시 이동 호스트는 계속적인 QoS를 보장 받을 수 있다. 서브넷 간의 핸드오프는 기존 계층적 구조의 MIP를 이용한다. 하지만 이 경우 역시 이동 호스트는 Boundary Position에 위치해 있을 때 계속적인 멀티캐스팅이 이루어지기 때문에 B/W의 낭비가 생긴다. 또한 서브넷 간 이동에 있어서는 성능의 개선점이 없는 것을 단점으로 볼 수 있다.

3. 순간적인 멀티캐스팅 기법의 핸드오프 (NHCA)

핸드오프 직전부터 현재의 AP는 그림 1에서와 같이 자신의 모든 이웃 AP들(AP-2, AP-3)로 이동 호스트의 트래픽을 멀티캐스팅하는 핸드오프 방법이다^[1]. 이 방법은 위에서 설명한 계속적인 멀티캐스팅 기법을 사용하는 대신 핸드오프 순간의 짧은 시간에만 멀티캐스팅한다. 이 방법을 NCHA (NeighborCasting Handoff Algorithm)라 하며 앞에서 언급한 방법과 비교해 멀티캐스팅에 의한 B/W의 비효율성면에서 개선된 성능을 보인다. 이 방법을 설명하면 다음과 같다. 우선 각각의 AP들은 자신의 이웃 AP들에 대한 정보를 학습한다. 학습의 의미는 처음 발생한 핸드오프 과정에서 그 정보를 수집한다는 의미이며 L2 뿐만 아니라 L3의 정보도 포함한다. 이동 호스트는 L2 핸드오프가 임박했을 때 현재의 AP에게 그 정보를 알려준다. 그 순간부터 AP는 터널링되어 유입된 트래픽을 자신이 알고 있는 모든 이웃 AP들에게 멀티캐스팅한다. 이동 호스트는 L2 핸드오프를 끝내고, ARP 과정까지 완료한 직후부터 데이터를 바로 받을 수 있다. 트래픽이 멀티캐스팅되는 시간은 L2 핸드오프 직전부터 CoA 등록 메시지가 HA에 도달하여 바인딩(Binding) 정보 갱신이 완료되어 더 이상 기존의 AP로 트래픽이 전송되지 않을 때까지이다. 이 방법은 앞서 소개했던 핸드오프 방법보다 B/W 절약 측면과 확장성, 핸드오프 지연 측면에서 뛰어나거나 동등한 성능을 보인다. 하지만 멀티캐스팅의 대상과 시간 등의 측면에서 볼 때 개선의 여지가 없는 것은 아니다.

V. CandidateCasting 고속 핸드오프 알고리즘

본 논문에서 제안하는 CCFH은 무선 랜에서 데이터 링크 계층의 정보를 이용하는 지능적인 알고

리듬이다. L2 핸드오프 동안만 멀티캐스팅하며 멀티캐스팅 대상도 현재의 AP와 이동할 AP, 단 두개로 국한되기 때문에 4절에서 설명한 다른 고속 핸드오프 알고리즘 보다 지연 및 자원 효율 측면에서 우수한 성능을 보인다.

1. 가정(Assumption)

1) Hierarchical MIP의 이용

CCFH 알고리즘은 멀티캐스팅을 이용한 핸드오프 알고리즘에서와 같이 Hierarchical MIP를 전제로 한다^{[3][4][5]}. Hierarchical MIP는 캠퍼스 네트워크 같은 하나의 독립적인 도메인을 기본으로 한다. 하나의 도메인은 여러 개의 서브넷으로 나뉘며, 각각의 서브넷은 많은 AP등의 L2 장비로 구성된다. 각각의 도메인은 DFA(Domain Foreign Agent)에 의해 관리되며 도메인내의 서브넷은 SFA(Subnet Foreign Agent)에 의해 관리된다. 이동 호스트가 동일한 SFA가 관리하는 서브넷간에 이동할 경우 이동 정보는 SFA에만 갱신되며, 서로 다른 SFA가 관리하는 서브넷간에 이동할 경우 DFA까지 이동정보가 갱신된다. 이렇게 함으로써 호스트가 도메인 내에서 이동할 때 HA(Home Agent)로의 바인딩 정보 갱신은 불필요하게 된다. Hierarchical MIP는 호스트의 이동 시 매번 HA에 등록 하는 것을 불필요하게 만들어, 빠른 L3 핸드오프의 지원뿐 아니라, HA 부근의 혼잡함을 피할 수 있는 등의 여러 가지 장점이 있다.

2) DFA와 SFA의 또 다른 기능

본 논문에서 제안하는 CCFH 알고리즘은 도메인을 관리하는 일종의 게이트웨이인 DFA와 서브넷을 관리하는 SFA의 기본적인 기능에 몇 가지 추가적인 기능을 가정한다. 첫째, 멀티캐스팅의 주체인 DFA는 자신의 도메인 내에 있는 모든 AP의 BSSID와 L3 정보가 바인딩된 테이블을 갖고 있다. 이는 AP의 BSSID를 알았을 때 해당 AP로 트래픽을 멀티캐스팅하기 위해 사용된다. 둘째, 각각의 DFA는 자신의 도메인에서 핸드오프 할 가능성이 있는 타 도메인의 DFA에 대한 정보(IP address)를 갖고 있음을 전제로 한다. 또한, 각각의 SFA는 DFA와 비슷한 기능으로 자신의 서브넷 내에 있는 모든 AP의 BSSID 정보를 갖고 있다.

2. CandidateCasting 고속 핸드오프 알고리즘

CCFH는 무선 랜의 L2 정보를 L3 핸드오프에 이용한다. L2 정보란 정확히 AP의 BSSID를 말하며, 이 정보를 이용하여 핸드오프 할 AP에만 멀티

캐스팅을 함으로써 지연을 단축시키고 B/W의 효율성을 높일 수 있다. 구체적인 알고리즘 동작은 다음과 같다.

무선 랜에서 이동 호스트는 CAP로부터 SNR 값이 한계점 이하로 떨어지면 L2 핸드오프를 위한 스캐닝 과정으로 돌입한다^[16]. 스캐닝 과정에서 이동 호스트는 자신이 어느 AP로 이동할 것인지 결정한다. 즉, 이 과정에서 이동 호스트는 자신이 이동할 NAP의 BSSID를 알게 된다. 스캐닝 과정 후 이동 호스트는 재인증 과정으로 들어가기 위해 대기한다. 이 대기 시간을 Impending Time이라 한다. 이 대기 시간 동안에는 CAP와 데이터의 교환이 가능하다. CAP와 이동하게 될 NAP의 SNR에 일정한 값 이상의 차가 생기면, 이동 호스트는 CAP로 BSSID_Notification_Message를 보낸다. 이 메시지는 재인증 단계가 임박했음을 알림과 동시에 자신이 이동할 NAP의 BSSID 정보를 현재의 AP로 전달하는 역할을 한다. 이 메시지를 받은 CAP는 이 정보를 SFA로 전달한다. SFA는 자신의 서브넷 내에 있는 AP의 BSSID 정보들과 비교한다. NAP의 BSSID가 서브넷 내에 있는 AP에 해당하면 SFA는 이 때부터 CAP와 NAP 두 곳으로 멀티캐스팅한다. 이동 호스트가 존재할 가능성이 큰 두 곳만으로 행해지는 멀티캐스팅을 ‘CandidateCasting’ 기법으로 부른다.

반대로, NAP가 SFA의 서브넷 내에 없다면 L3 핸드오프를 의미하며 SFA는 즉시 DFA로 메시지를 재전송한다. DFA 역시 같은 작업을 반복하고, 만약

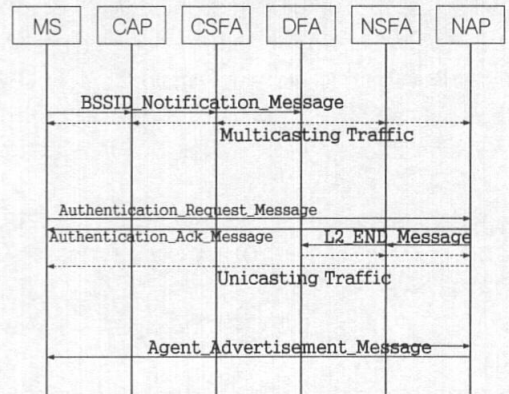


그림 2. 스캐닝 과정 이후 CCFH 알고리즘의 시그널링과 트래픽 경로

Fig. 2. Signaling and traffic path of CCFH algorithm after scanning phase.

자신의 도메인에 있는 AP라 판단되면 이때부터 트래픽을 CAP와 NAP로 CandidateCasting한다. 이것은 도메인 내에서의 이동을 의미한다. 멀티캐스팅은 L2 핸드오프가 끝나고 NAP에서 보내는 메시지(L2_END_MESSAGE)를 받을 때까지 계속 된다. 그림 2는 도메인 내에서 서브넷 간 이동시 스캐닝 과정 이후 CCFH 알고리즘의 시그널링과 트래픽 경로를 보여준다.

만약 BSSID가 DFA의 테이블에 없다면, 도메인 간의 이동을 의미하며 CDFA(Current DFA)는 다음과 같은 동작을 하게 된다. NAP가 자신의 도메인 내의 AP가 아닌 것을 확인한 CDFA는 이웃 도메인의 DFA들에게 NAP의 ID를 알려주기 위해 BSSID_Certification_Message를 브로드캐스트한다. 이 메시지를 받은 이웃 DFA들은 자신의 도메인 내 AP 정보들과 비교하여 어느 DFA가 이동 호스트가 이동하려는 도메인의 NDFA(New DFA)가 될 것인지 판단한다. NDFA는 CDFA에게 자신의 L3 정보(IP address)를 실은 ACK_Certification_Message를 전송하고 나머지 이웃 DFA들은 더 이상의 동작을 하지 않는다. ACK_Certification_Message를 받은 CDFA는 이 순간부터 이동 호스트로 향하는 모든 트래픽을 CAP와 NDFA로 CandidateCasting한다. NDFA는 CandidateCasting 트래픽을 받아 NAP로 포워딩(Forwarding)한다. NAP는 등록되지 않은 호스트를 향하는 패킷이 다운스트림되어 온다면 대략 L2 핸드오프 지연 시간 동안 저장이 가능한 작은 큐(queue)를 이용하여 저장하고 이동 호스트가 L2 핸드오프를 끝낼 때까지 대기한다.

이동 호스트는 BSSID_Notification_Message를 보낸 후, CAP와 NAP의 SNR 사이에 재인증을 위한 차(Reauthentication_Start_Margin)가 생겨 재인증 과정으로 들어가기 전에는 CAP로부터, 재인증 과정(인증+재결합 과정) 직후부터는 NAP로부터 다운로드 받을 수 있다.

재인증 과정이 끝나는 즉시 이 순간부터 CAP, CDFA는 OAP(Old AP), ODFA(Old DFA)가 된다. -NAP는 NDFA에게 이동 호스트의 L2 핸드오프가 끝났음을 알리는 L2_END_Message를 보내고, NDFA는 ODFA로 포워딩한다. 이 순간부터 ODFA는 NDFA로만으로 유니캐스팅함으로써 OAP로 향하는 트래픽 생성을 막아 B/W의 낭비를 줄일 수 있다. 도메인 내의 이동에 있어서 L2_END_Message는 곧바로 CDFA로 전송되고 NAP로의 유니캐스팅이 시작된다. 이동 호스트는

L2 핸드오프 후 에이전트 공지 메시지 (Agent_Advertisement_Message)를 받은 후 L3 핸드오프 과정에 돌입한다. L3 핸드오프가 완료되면 NAP는 ODFA를 거치지 않는 최적화 경로를 통한 트래픽을 받을 수 있다.

한 가지 DFA에 추가적인 기능을 더할 수 있다. 이동 호스트가 다른 도메인으로 이동했을 때 얻은 정보, 즉 NAP의 BSSID와 NDFA의 L3 주소를 바인딩한 정보를 기존의 DFA가 계속적으로 갱신해 나가는 기능이다. 이 기능은 도메인 간의 이동시에 이동할 NDFA를 찾는 과정을 생략시킨다.

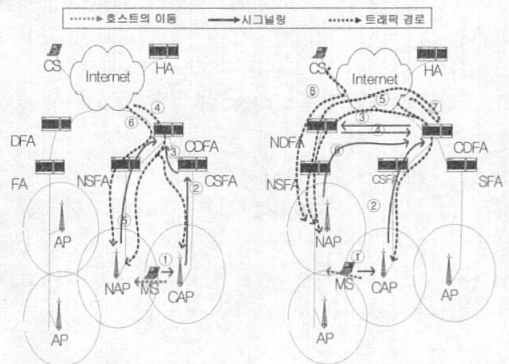
3. CCFH을 이용한 핸드오프 시나리오

본 논문에서 제안하는 CCFH 알고리즘의 이해를 돕기 위해 예를 들어 설명하면 다음과 같다.

1) 도메인 내의 서브넷 간 이동 시나리오

한 도메인 내의 서브넷 간에 이동할 때의 과정이 그림 3-(a)에 나타나 있으며, 그 절차를 설명하면 다음과 같다.

- 이동 호스트(Mobile Station or MS)는 CAP에서 다른 서브넷의 NAP로 이동
- L2 핸드오프 직전 BSSID_Notification_Message를 CAP으로 전송(①)
- CSFA(Current SFA)으로 메시지 포워딩(②)
- CDFA(Current DFA)으로 메시지 포워딩(③)
- CDFA는 NAP가 도메인 내의 있음을 확인
- CAP와 NAP로 CandidateCasting 시작(④)
- L2 핸드오프 후, L2_END_Message 전송(⑤)
- NAP로만 유니캐스팅 시작(⑥)
- 이후 L3 핸드오프 진행 후, SCENARIO STOP.



(a) 도메인 내 이동 (b) 도메인 간 이동
 그림 3. CCFH 알고리즘을 적용한 시나리오
 Fig. 3. Scenario for CCFH algorithm. (a)intra domain, (b)inter domain handoff.

2) 도메인 간의 이동 시나리오

이동 호스트가 도메인 간에 이동할 때의 과정이 그림 3-(b)에 나타나 있으며, 그 절차를 설명하면 다음과 같다. • 이동 호스트는 CAP에서 타 도메인의 NAP로 이동

- L2 핸드오프 직전 BSSID_Notification_Message를 CAP로 전송(①)
- CSFA로 메시지 포워딩
- CDFA로 메시지 포워딩(②)
- BSSID_Certification_Message를 이웃 DFA로 브로드캐스트(③)
- NAP의 DFA(NDFA)가 ACK_Certification_Message 전달(④)
- CAP와 NAP로 CandidateCasting 시작(⑤)
- L2 핸드오프 후, CDFA로 L2_END_Message 전송(⑥)
- NAP로만 유니캐스팅 시작(⑦)
- L3 핸드오프 완료
- 최적화 경로를 이용한 라우팅 시작(⑧)
- SCENARIO STOP.

도메인 내의 서브넷 간 이동과 도메인 간 이동에 대한 예는 CCFH 알고리즘의 동작과정을 잘 설명해 준다. 도메인 간의 이동을 지원하며 멀티캐스팅 시간이 짧고 단 두 곳의 AP로만 멀티캐스팅한다. 또한 Smooth 핸드오프와 달리 패킷의 재전송이 없고 계층적 네트워크 구조를 사용하기 때문에 핸드오프 자체의 지연 시간이 짧다. 본 논문의 나머지 부분에서 CCFH 알고리즘이 멀티캐스팅 기법을 사용하는 다른 핸드오프 방법들 보다 뛰어난 성능이 있음을 보인다.

VI. 알고리즘의 성능 분석

CCFH 알고리즘은 다른 핸드오프 방법들보다 뛰어난 성능을 보인다. 기존의 방법들과 성능을 비교 분석함으로써 CCFH 알고리즘의 우수함을 확인해보자. 핸드오프에서 관심을 가져야 할 것은 지연과 B/W의 효율성이다. 특히 핸드오프 지연 문제는 사용자가 느끼는 QoS에 직접적인 영향을 미치는 요소로써 지금까지의 연구들은 이 지연을 어떻게 줄이는데 중점을 두어 왔다. 지연을 줄이기 위한 L3 핸드오프 방법으로써 멀티캐스팅 기법을 이용한 방법은 매우 뛰어난 성능을 보여주고 있다. 하지만 그 결과 멀티캐스팅에 의해 B/W 낭비가 발생한다.

물론 기존의 핸드오프 방법들은 Internet Telephony 처럼 적은 양의 자원 사용을 전제로 하고 있다. 하지만 미래의 서비스는 데이터나 음성 서비스 뿐 아니라 영상 등 고용량의 실시간 서비스들이 주를 이룰 것이고, B/W의 낭비는 매우 심각한 문제가 될 것이다. 따라서 그에 합당한 핸드오프 메커니즘이 적용되어야 한다. 6절에서는 지연과 B/W의 효율성 측면에서 Basic MIP, 멀티캐스팅 기법을 사용한 핸드오프 방법들과 비교하여 CCFH 알고리즘의 성능을 분석해 본다.

1. 핸드오프 지연 분석

본 논문에서 핸드오프 지연은 핸드오프 과정에서 발생하는 데이터 패킷을 전송하거나 전송 받지 못하는 시간으로 정의한다. 각 메커니즘들이 어느 정도의 지연을 갖는지 살펴보자. 그림 4는 기존의 방법들과 CCFH 알고리즘의 성능 분석을 위한 시간대 SNR의 그래프이다. 점선은 이동 호스트에서 시간에 따라 관찰된 OAP(OAP(Old AP)는 핸드오프 이후의 CAP를 의미함.)의 SNR 분포곡선이고, 실선은 NAP의 SNR 분포곡선이다.

T_S 는 스캐닝 과정에 필요한 시간, T_I 는 스캐닝 과정 후 재인증 과정에 들어가기까지의 시간 (Impending Time)이며 T_R 는 인증 및 재결합 시간, T_W 는 에이전트 공지 메시지를 기다리는 시간이다. T_G 는 바인딩 업데이트 정보를 등록하는데 필요한 시간을 의미한다. 마지막으로 T_{MO} 과 T_{MI} 는 NCHA에서 추가적으로 더해지는 멀티캐스팅 시간이다. 즉 T_{MO} 시작점과 T_{MI} 끝점까지 멀티캐스팅된다. 마지막으로 T_C 는 CCFH 알고리즘에서 CandidateCasting 시간을 가리킨다.

각 알고리즘의 핸드오프 지연은 다음과 같다.

- MIP에서의 핸드오프 지연은 스캐닝 과정과 재인증 과정에 걸리는 L2 핸드오프 지연 시간과 에이전트 공지 메시지를 듣는 시간, 그리고 HA로의 등록 시간이 포함된다. 그림 4을 참조하여 총 지연 시간을 계산해보면 다음과 같다.

$$MIP \text{ 지연 시간} = T_S + T_R + T_W + T_G \quad (1)$$

- NCHA에서 지연 시간은 스캐닝 과정과 재인증 과정의 기본적인 L2 핸드오프 시간과 두 과정의 중간 시간(Impending_time), 그리고 스캐닝 과정에 돌입하기까지의 시간(T_{MO})이 포함된다.

$$NCHA \text{ 지연 시간} = T_{MO} + T_S + T_I + T_R \quad (2)$$

표 1. 알고리즘에 따른 핸드오프 지연 시간.
Table 1. Handoff latency of each algorithm.

구분	Latency	비 고
MIP	T_S+T_R $+T_W+T_G$	• L2, L3 핸드오프 지연 시간 포함
NCHA	$T_{M0}+T_S$ $+T_I+T_R$	• L3 핸드오프 지연시간 제외 • Impending_time 포함
CMHA	T_S+T_R	• L3 핸드오프 지연시간 제외
CCFH	T_S+T_R	• L3 핸드오프 지연시간 제외

• CMHA와 CCFH의 지연 시간은 기본적인 L2 핸드오프 시간만을 포함한다. 즉 스캐닝 과정과 재인증 과정에 필요한 시간이 총 핸드오프 지연시간이다.

$$\text{CCFH 지연 시간} = T_S+T_R \quad (3)$$

L3 핸드오프 지연 시간을 핸드오프 알고리즘에 따라 계산하여 정리하면 표 1과 같다. 일반적으로 CCFH 알고리즘의 핸드오프 지연시간이 가장 짧음을 알 수 있다.

그림 5는 표 1을 기반으로 에이전트 공지 메시지 간격을 변화 시켰을 때 핸드오프 지연의 변화를 나타낸 것이다. 기본적인 MIP에서는 HA로의 주소 등록 단계가 끝나기 전에는 패킷을 받지 못하기 때문에 핸드오프 지연 시간에 에이전트 공지 메시지를 받기까지의 시간이 포함된다. 따라서 공지 메시지 간격이 길수록 평균적인 지연 시간은 커지게 된다.

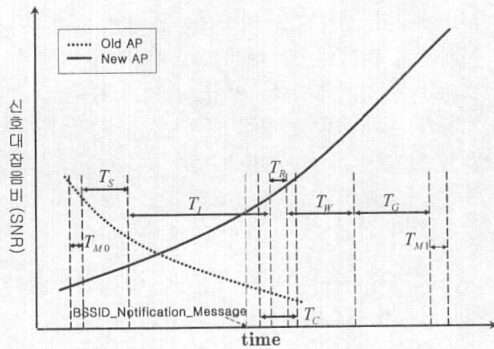


그림 4. 이동 호스트가 이동 할 때 시간에 따른 Old AP와 New AP의 SNR.
Fig. 4. Signal to Noise Ratio of Old AP and New AP when the mobile node handoffs.

반면에 멀티캐스팅 기법을 이용한 방법에서는 공지 메시지에 관계없이 트래픽을 받을 수 있기 때문에 핸드오프 지연은 에이전트 공지 메시지 간격과 관련 없이 일정하다. CCFH 알고리즘의 지연 곡선은 NCHA의 지연 곡선과 수 십 ms의 간격 차를 보이는데 이것은 NCHA와는 달리 CCFH 알고리즘의 핸드오프 지연은 스캐닝 과정과 재인증 과정 사이의 시간(Impending_time)이 포함되지 않기 때문이다. 그림 5에서 멀티캐스팅을 이용하는 핸드오프 방법에서는 핸드오프 지연이 에이전트 공지 메시지 간격에 무관하다는 것과 멀티캐스팅을 이용하는 핸드오프 방법 중 본 논문에서 제안하는 CCFH 알고리즘이 더 우수한 핸드오프 지연 성능을 가짐을 알 수 있다.

2. B/W 효율성 분석

핸드오프 지연을 줄이기 위해 멀티캐스팅 방법을 이용하는 것은 매우 효과적이다. 하지만 그에 따른 오버헤드로 네트워크의 자원은 분명히 낭비된다. 계속적인 멀티캐스팅 핸드오프 방법(CMHA)은 항상 자원을 낭비하고 있기 때문에 B/W 효율성 측면에서 가장 낮은 성능을 보인다.

따라서 본 절에서는 다른 멀티캐스팅 기법보다 B/W 효율성이 비교적 좋은 NCHA과 CCFH의 성능을 비교, 분석한다. 먼저, 그림 4를 참고하면 NCHA에서 멀티캐스팅 시간, T_N ,는 다음과 같다.

$$T_N = T_{M0}+T_S+T_I+T_R+T_W+T_G+T_{MI} \quad (4)$$

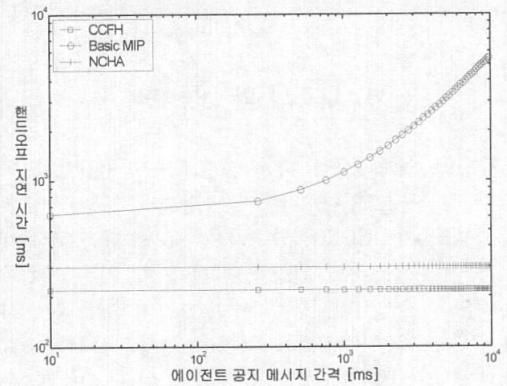


그림 5. 에이전트 공지 메시지 간격에 따른 각 알고리즘의 핸드오프 지연시간. (가정 : $T_S \approx 200$ ms, $T_I \approx 70$ ms, $T_R \approx 20$ ms, $T_G \approx 400$ ms, $T_W = \text{Agent Advertisement interval}/2$)
Fig. 5. Handoff latency of each algorithm according to agent advertisement message interval.

데이터의 전송 속도를 T_x 라 하고, OAP의 모든 이웃 AP의 수를 N_N 라 하자. 이렇게 가정하면 NCHA에서는 T_N 동안 N_N 개의 이웃 AP로 멀티캐스팅한다. 따라서 NCHA에서 쓸모없이 만들어지는 패킷 수, WP_N (Wasting Packet),는 다음과 같다.

$$WP_N = T_N * (N_N - 1) * T_x \quad (5)$$

여기서 $(N_N - 1)$ 은 이동 호스트가 이동하게 될 NAP가 제외되기 때문이다. 다음으로, CCFH에서 멀티캐스팅 시간, T_c ,를 고려하여 WP_c 를 구하기 위해 데이터 전송 속도 T_x 와, OAP의 Candidate AP의 수 N_c 를 정의하자. 여기서 주의해야 할 것은 CCFH에서 N_c 는 항상 NAP와 OAP만을 포함하기 때문에 $N_c = 2$ 이다. 따라서, 핸드오프를 위해 만들어지는 버려지는 패킷의 수(WP_c)는 다음과 같다.

$$WP_c = T_c * (N_c - 1) * T_x = T_c * T_x \quad (6)$$

표 2는 NCHA과 CCFH을 비교한 표이고, 그림 6은 표 2를 이용하여 그린 그래프이다. 핸드오프가 발생할 때 에이전트 공지 메시지의 간격에 따라 두 방법에서 낭비하는 패킷 수(WP)가 다름을 알 수 있다. NCHA은 멀티캐스팅 시간에 T_w 이 포함되기 때문에 공지 메시지 간격이 커질수록 WP_N 이 많아진다. 반면, CCFH에서는 멀티캐스팅 시간이 공지 메시지 간격에 독립적이기 때문에 WP_c 는 이 파라미터와 무관하다. 그림 6은 또한 OAP의 이웃 AP 수에 따른 WP_N 를 함께 보여준다. 이웃 AP의 수에 민감한 NCHA과는 다르게 CCFH에서는 Candidate AP의 수가 항상 2개로 결정되기 때문에 이웃 AP의 수와 상관없이 WP_c 는 일정하다.

표 2. NCHA과 CCFH 알고리즘에서의 멀티캐스팅 기법 비교
Table 2. A comparison between multicasting method of NCHA and that of CCFH algorithm.

구분	NCHA	CCFH
멀티캐스팅 시간	$T_{MO} + T_S + T_I + T_R + T_W + T_G + T_{MI}$	T_c
멀티캐스팅 대상	All neighbor APs(N_N)	Only 2 APs
멀티캐스팅 주체	CAP	CDFA
WP	$T_N * (N_N - 1) * T_x$	$T_c * T_x$

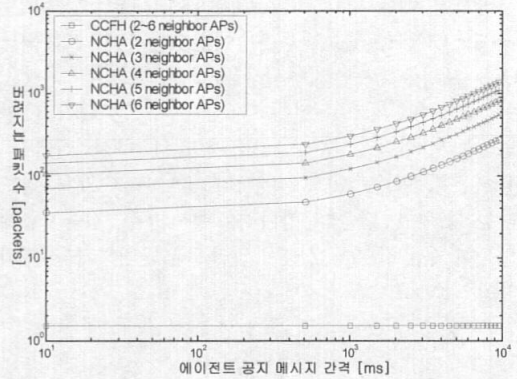


그림 6. 에이전트 공지 메시지 간격에 따라 버려지는 패킷 수. (가정 : $L2$ handoff delay $\approx 300ms$, $T_G \approx 400ms$, $T_W \approx Agent$ Advertisement interval/2, No buffer. Packet size $\approx 200bytes$, Inter arrival time $\approx 20ms$)
Fig. 6. The number of wasting packet according to agent advertisement message interval.

지금까지 CCFH 알고리즘은 핸드오프 지연과 B/W의 효율성 측면에서 타 알고리즘보다 좋은 성능을 보여줌을 확인했다. 하지만 CCFH 알고리즘에서도 멀티캐스팅에 의한 자원의 낭비를 완전히 해소하지 못한 점, 네트워크의 규모가 커졌을 경우 FA들의 정보유지 부담이 커지는 점, 그리고 L2 장비인 AP와 L3 장비인 FA들 사이에 정보의 공유에 관한 메커니즘의 요구 등이 단점으로 지적될 수 있다. 이들 단점은 고속 핸드오프를 구현하기 위해 최소한의 부담이 고려된 것으로, 핸드오프의 우수한 성능으로 보상을 받을 수 있다.

VII. 결론

본 논문에서는 무선 랜에서 고속 핸드오프를 위한 새로운 핸드오프 방법을 제안했고, 그 성능을 분석했다. 제안된 CCFH 알고리즘은 L2 정보를 이용하여 핸드오프 사이의 적은 시간 동안만 멀티캐스팅한다. 또, 멀티캐스팅 그룹이 이동할 가능성이 있는 Candidate AP로만 국한되기 때문에 기존의 알고리즘과 차별화된다. 즉, 지연을 줄이는 멀티캐스팅의 장점을 살림과 동시에 B/W의 낭비를 최소화 한다는 장점이 있다. CCFH 알고리즘은 현재 그 서비스 제공범위가 급격히 확장되고 있는 무선 랜의 L3 핸드오프에 보다 좋은 성능을 부여할 수 있을 것이다. 앞으로 실시간 서비스는 분명 그 중요성과 함께 사용량이 급속도로 커질 것이며 이에 따라 실시간

서비스에 대한 QoS 보장은 필수적인 요소가 될 것이다. CCFH 알고리즘은 이런 실시간 트래픽의 QoS 보장을 위해 지연시간을 줄일 수 있는 지능적인 방법이라 할 수 있다. 본 논문에서는 CCFH 알고리즘의 방식을 단지 IEEE 802.11 무선 랜에 적용 및 검증하는 데 그 한계가 있었다. CCFH 알고리즘은 무선 랜뿐만 아니라 다른 무선 접속기술에 충분히 응용될 수 있으며, 앞으로 그 연구가 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

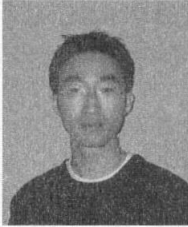
- [1] Eunsoo Shim, Hung-yu Wei Yusun Chang, R.D. Gitlin, "Low Latency Handoff for wireless IP QOS with NeighborCasting", ICC 2002, Vol.5, pp. 3245-3249, 2002.
- [2] Cheng Lin Tan, Kin Mun Lye, "A Fast Handoff Scheme for Wireless Networks", WoW-MOM'99, Aug. 1999.
- [3] Antone stephone, Andrej Mihailovic, A. Hamid Aghvam, "Mechanisms and Hierarchical Topology for Fast Handover In Wireless IP Networks", *IEEE Communications Magazine*, Nov. 2000.
- [4] Sasikanth Avancha, Dipanjan Chakraborty, Dhiral Gada, Tapan Kamdar, Anupam Joshi, "Fast and effective wireless handoff scheme using forwarding pointers and hierarchical foreign agents", SPIE International Symposium on Convergence of IT and Communications, Aug. 2001.
- [5] M. Ergen, S. Coleri, B. Dundar, A. Puri, J. Walrand, P. Varaiya, "Position Leverage Smooth Handover Algorithm for Mobile IP", *World Scientific*, jun. 2002.
- [6] Dong-yun Shin, Ki-soo Chang, "A efficient handoff method to support real-time services in Mobile IP environment", ICII 2001, Vol.2, pp.615-620, 2001.
- [7] Onur Altintas, Ashutosh Dutta, Wai Chen, Henning Schulzrinne, "Mobility Approaches for ALL IP Wireless Networks", Submitted to Broadband Wireless Symposium, 2002.
- [8] Xiaoming Fu, Holger Karl, and Cornelia Kappler, "QoS-Conditionalized Handoff for Mobile IPv6", *Networking 2002*. pp.721-730, May 2002.
- [9] Wolfgang Fritsche, Florian Heissen huber, "Mobile IPv6; Mobility support for the Next Generation Internet", WHITE PAPER, IABG.
- [10] Charles E. Perkins, "Mobile IP", *Proceeding of International Telecommunications Symposium*, 1997.
- [11] Youngsong Mun, Jong in Park, "Layer 2 Handoff for Mobile-IPv4 with 802.11 <draft-mun-mobileip-layer2-handoff-mipv4-00.txt>", INTERNET-DRAFT Expires April 2003. Soongsil University, Oct. 2003.
- [12] Jon Chiung-Shien WU, Chieh-Wen Cheng, Nen-Fu huang, Gin-Kou Ma, "Intelligent Handoff for Mobile Wireless Internet", *Mobile Networks and Applications* 6, pp.67-79, 2001.
- [13] Janise McNair, Ian F.Akyildiz, Michael D. Bender, "Handoffs for Real-Time Traffic in Mobile IP Version 6 Networks", *GLOBECOM 2001*, Vol.6, pp.3463-3467, 2001.
- [14] IEEE Std 802.11b, Part 11, "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer Extension in the 2.4GHz Band", 1999.
- [15] C.E. Perkins, Kuang-Yeh Wang, "Optimized smooth handoffs in Mobile IP", *IEEE International Symposium on Computers and Communications*, pp.340-346, 1999.
- [16] Arunesh Mishra, Minh Shin, William Arbaugh, "An Empirical Analysis of the IEEE 802.11 MAC Handoff Process", Dept of Computer Science University of Maryland College Park, MD, USA.
- [17] Sangheon Pack, Yanghee Choi, "Pre-Authenticated Fast Handoff in a Public Wireless LAN based on IEEE 802.1x Model", *IFIP TC6 Personal Wireless Communications 2002*, Oct. 2002.
- [18] A. Weyland, G. Stattenberger, T. Braun, "Mobile Controlled Handover in Wireless LANs", *LANMAN*, Aug. 2002.
- [19] 민상원, "유비쿼터스 이동 컴퓨팅 환경에서의

이동성 관리”, *한국통신학회지*. Vol.20, No.5, pp. 83-95.

[20] 정희영, 민재홍, “Mobile IP에서의 빠른 핸드오프 지원기술 표준화 동향”, ETRI IT 정보센터, 2002년 7월.

신 일 희(Il-Hee Shin)

준회원



2003년 2월 : 아주대학교 전자공학과 졸업.

2003년 3월-현재 : 아주대학교 대학원 전자공학과 석사과정.

<주관심분야> Internet QoS, Ubiquitous networking.

이 채 우(Chae-Woo Lee)

정회원



1985년 : 서울대학교 제어계측학사.

1988년 : 한국과학기술원 전자공학과 석사.

1995년 : University of Iowa 박사.

1985년 1월-1985년 12월 (주)금성통신 연구원.

1988년 9월-1999년 3월 한국통신 선임연구원. 1999

년 3월-2001년 9월 Lucent Technologies Korea 이

사. 2001년 9월-2002년 2월 한양대학교 겸임교수.

2002년 3월-현재 아주대학교 전자공학과 조교수.

<주관심분야> 광대역 통신망, Ubiquitous networking, Traffic Engineering.