

# 끊김 없는 핸드오프를 위한 다중 인터페이스 이동형 게이트웨이 설계 및 구현

준회원 최 현 준\*, 이 채 석\*, 정회원 이 성 호\*\*, 종신회원 김 종 덕\*\*\*

## Design and Implementation of a Multi-Interface Mobile Gateway for Seamless Handoff Sciences

Hyun-Jun Choi\*, Chae-Seok Lee\* Associate Members, Sung-Ho Lee\*\* Regular Member,  
Jong-Deck Kim\*\*\* Lifelong Member

### 요 약

이동형 게이트웨이(MG: Mobile Gateway)는 버스와 같은 차량에 탑승한 사용자들에게 인터넷 서비스를 제공하기 위한 무선랜 장치이다. 논문에서 다루는 MG는 인터넷 연결을 위해 도로변에 설치된 무선랜 기반 소형기지국(RSU AP : Road Side Unit AP)에 접속한다. 차량 이동 중에도 안정적인 통신 서비스를 제공하려면 MG의 접속 RSU가 바뀌는 핸드오프 과정이 빠르고 안정적으로 처리되어야 한다. 그런데 무선랜 기술 특성 상 핸드오프 과정의 통신 단절을 줄이는 데는 물리적 한계가 있다. 본 논문에서는 RSU 접속을 위한 무선랜 인터페이스를 복수 개로 사용하여 끊김 없는 핸드오프를 실현하는 다중 인터페이스 MG (MIMG : Multi-Interface MG)를 제안한다. 안정적인 핸드오프를 위한 구체적 방법으로 MIMG로부터 RSU로의 패킷 전송 단절을 제거하기 위한 Link Sharing 기법, RSU로부터 MIMG로의 패킷 전송 단절을 제거하기 위한 Path Sharing 기법을 제안한다. 우리는 임베디드 보드를 이용하여 제안한 핸드오프 기법을 실현한 MIMG를 구현하였고 이를 이용하여 성능 평가 실험을 수행하였다. 실험 결과 단일 인터페이스를 가진 MG와 달리 MIMG는 핸드오프 시의 통신 단절을 제거할 수 있었고 대역폭도 50% 이상 향상됨을 확인하였다

**Key Words** : Multi-Interface, Mobile Gateway, Seamless Handoff

### ABSTRACT

Mobile Gateway(MG) is a wireless LAN device to provide internet services to a passenger on vehicles like a bus. For using internet services, MG connects the Road Side Unit AP(RSU AP) based on WLAN. To provide a stable communication service on the moving vehicle, handoff changing MG's RSU must be handled fast and stably. However, it has a physical limits to remove a disconnection time of handoff process by reason of its technological features. In this paper, we suggest a MIMG(Multi-Interface Mobile Gateway) executing seamless handoff by using multiple wireless LAN interfaces for connecting RSU. In the detailed way to do stable handoff, we suggest the "Link Sharing Technique" to disconnection time of packet transmission for RSU to MIMG and the "Path Sharing Technique" to remove disconnection time of packet transmission for MIMG to RSU. we implemented the MIMG which performs the suggested handoff technique. We confirmed the superiority of our system by remove of the disconnection time(0 ms), and improved over 50 % of the communication bandwidth.

※ "이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업지원금을 받아 수행된 것임(No.2012-0001578)".

\* 부산대학교 컴퓨터공학과 이동통신연구실(karvva@mobile.ac.kr, quarry@mobile.ac.kr), \*\* 국방과학연구소(sholee@add.re.kr),

\*\*\* 부산대학교 컴퓨터공학과 이동통신연구실(all@mobile.re.kr), (° : 교신저자)

논문번호 : KICS2011-12-600, 접수일자 : 2011년 12월 4일, 최종논문접수일자 : 2012년 5월 15일

## I. 서 론

최근 웹 서핑, e-mail 서비스, 실시간 커뮤니케이션인 SNS 서비스 등의 서비스를 받기 위해 스마트폰, 노트북, 태블릿 PC를 이용하는 인구가 증가하고 있다. 인터넷 서비스와 같은 간단한 데이터 송수신 서비스뿐만 아니라 고속의 데이터 통신을 요구하는 주문형 비디오 서비스(VOD, Video On Demand), 화상 채팅과 VoIP(Voice over IP) 등의 실시간 스트리밍 서비스를 무선 접속을 통해 이용하길 원한다. 이러한 종류의 서비스를 3G 이동 통신망을 통해 이용하기엔 통신 속도, 비용의 측면에서 적절하지 않다. 또한 현재 개발되고 있는 LTE(Long Term Evolution)서비스의 경우 서비스 범위가 제한적이다. 이에 대표적인 광대역 무선 접속 기술인 IEEE 802.11 기반 무선 랜 기술을 이용하고 있다. IEEE 802.11 기반의 무선 랜은 고속의 데이터 전송, 저렴한 통신 가격, 사용의 편리함 등의 특징을 가지고 있다.

유비쿼터스-도시라는 목표로 많은 사용자에게 안정적인 통신 환경과 넓은 서비스 범위를 제공하기 위해 Wifi-Zone과 같이 수많은 액세스 포인트(AP, Access Point)가 설치되고 있다.

이동하는 차량에서 사용자들은 인터넷 서비스를 이용하길 원하지만 추가적인 AP를 설치하는 것만으로는 해당 서비스를 지원하기엔 역부족이다. 왜냐하면 AP의 전송 거리 한계(100m~150m)에 의해 지속적인 연결을 제공하지 못하기 때문이다. 서비스 단말이 이동하여 AP를 옮기기 때문에 연결의 잦은 단절이 발생한다.

이동하는 차량에서 도로변에 설치된 소형 기지국으로 무선 서비스를 제공해 주는 대표적인 기술로 DSRC(Dedicated Short Range Communication)가 있다. 이 기술은 단순히 차량의 정보를 소형 기지국을 통해 전달하는 것 뿐 만 아니라 차량에 탑승한 사용자는 차량에 탑재된 단말기를 통해 인터넷, 실시간 스트리밍 등의 서비스를 받으려 한다. 차량에 탑승한 사용자는 인터넷 서비스를 하기 위해 차량에 설치된 단말로 데이터를 전송하게 되고 단말은 데이터를 다시 도로변에 설치된 소형 기지국으로 전달한다.

이때 사용자의 데이터를 도로변의 소형 기지국으로 전달하는 역할을 하는 것이 이동형 게이트웨이(MG, Mobile Gateway)이다. 이동형 게이트웨이는 이동하는 차량에 탑재 되어있고 도로변의 소형 기지

국과 원활한 통신을 위한 핸드오프 시스템을 가지고 있다. WiBro를 이용한 이동형 게이트웨이가 있지만 속도와 비용 측면에서 적절하지 않다. 이에 본 논문에서는 무선 LAN 기반 이동형 게이트웨이를 다루고자 한다. 이미 설치된 액세스 포인트를 이용하는 항만 컨테이너 터미널, Wi-fi Zone 등의 분야에서 사용된다.

이동형 게이트웨이는 많은 사용자의 데이터를 모아서 전달하기 때문에 끊임 없는 핸드오프가 더욱 필요하다. 하지만 도로변의 소형 기지국로 통신하는 인터페이스가 하나라면 단말기로부터 받은 연결의 단절과 통신지연을 줄이기엔 한계가 있다. 또한 단순히 다중 인터페이스를 이용한다고 해서 지연시간을 제거할 수 없기에 끊임 없는 핸드오프 서비스를 하기 위한 별도의 알고리즘이 필요하다.

핸드오프는 데이터 링크 계층 핸드오프와 네트워크 계층 핸드옔� 로 나눌 수 있다. 데이터 링크 계층 핸드오프 지연시간은 단말과 AP사이에 무선 연결이 끊어진 시간을 뜻한다. 데이터 링크 계층의 핸드오프 지연 시간을 줄인다고 하여도 상위 네트워크의 라우터의 경로가 갱신되지 않으면 패킷을 수신 못하는 문제가 발생하기 때문에 단말 간 지연 시간을 줄이는 네트워크 계층 핸드오프를 고려해 주어야한다.

이에 본 논문은 끊임 없는 서비스를 제공하기 위해 네트워크 계층 핸드오프를 고려한 다중 인터페이스 핸드오프 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 데이터 링크 계층 핸드오프를 해결하는 Link Sharing 기법과 네트워크 계층 핸드오프를 해결하는 Path Sharing 기법을 사용한다. 또한 핸드오프 모듈을 탑재한 이동형 게이트웨이, 즉 다중 인터페이스 이동형 게이트웨이(MIMG, Multi-Interface Mobile Gateway)를 제안하고 구현하였다. 다중 인터페이스 이동형 게이트웨이는 차량에 탑승한 사용자의 데이터를 도로변의 기지국으로 전달하고 끊임 없는 핸드오프를 수행하는 단말이다. 또한 다중 인터페이스를 이용하여 가용 대역폭을 향상 시켰다.

본 논문의 이후 구성은 다음과 같다. 2장은 기존 연구의 핸드오프 방식과 개괄적인 문제점들을 제시하고 3장에서는 제시한 문제점들을 구체적으로 분석한다. 4장에서는 제기한 문제점들을 해결하기 위하여 제안하는 다중 인터페이스 이동형 게이트웨이의 핸드오프 시스템을 설명한다. 5장에서는 제안된 핸드오프 시스템을 가진 다중 인터페이스 이동형 게이트웨이를 임베디드 보드를 이용해 구현한 내용을

설명하고 6장에서는 실제로 구현한 내용을 가지고 제안한 핸드오프 기법의 효과를 검증하고 성능을 평가한다. 마지막으로 7장에서 본 연구의 결론을 맺고 향후 연구 방향을 소개한다.

## II. 관련 연구

### 2.1. IEEE 802.11 핸드오프

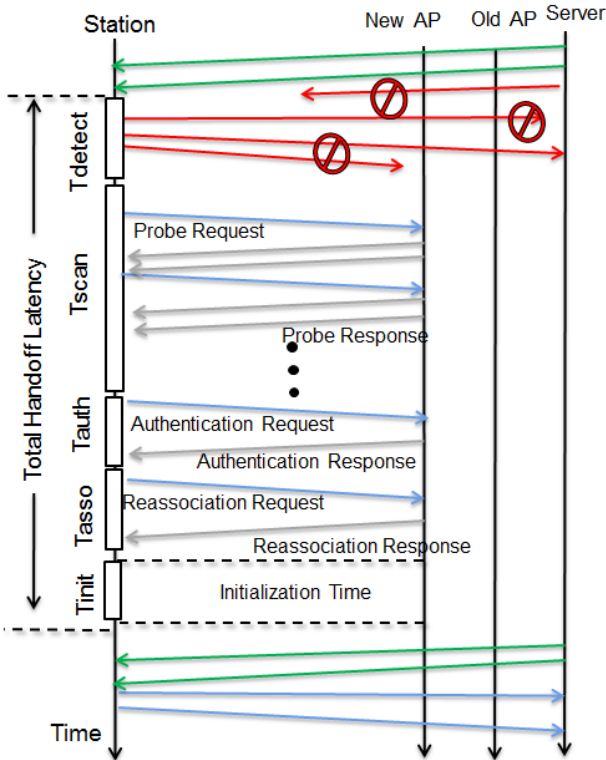


그림 1. IEEE 802.11의 핸드오프 과정  
Fig 1. The handoff process of IEEE 802.11

IEEE 802.11의 일반적인 핸드오프 과정은 그림1과 같다. 핸드오프는 AP의 서비스 범위를 벗어나 서비스 받는 AP를 옮기는 과정으로 이전 AP와 끊어지는 것을 인지하는데 걸리는 시간을  $T_{detect}$ , AP를 검색 하기위해 각각의 채널로 프로브 요청프레임 송신 하고 프로브응답프레임을 수신 받아 채널 AP를 찾는 시간을  $T_{scan}$ , 인증, 접속과정을 수행하는데 걸리는 시간을  $T_{auth}$ ,  $T_{asso}$ , 채널 변경 및 기타 하드웨어 초기화시간  $T_{init}$ 으로 나뉜다.

### 2.2. 기존 연구 분석

우리는 핸드오프 연구의 분류를 단일 인터페이스 핸드오프와 다중 인터페이스 핸드오프 두 가지로 나누어 분석한다.

먼저 단일 인터페이스 핸드오프의 연구는 연결

단절 시간을 줄이는 핸드오프 방식과 무선 링크 품질이 좋은 AP를 선택 하는 예측 핸드오프 방식이 있다. 연결 단절 시간을 최소화 하는 방법은 채널 검색할 때 프로브 응답 프레임을 기다리는 시간인 Max Channel Time과 Min Channel Time를 정량적으로 측정하여 채널 검색 시간을 줄이는 방법<sup>[1,2]</sup>, AP의 정보를 미리 저장해두거나 AP의 정보를 서버로부터 수신 받아 선택적인 채널 검색은 하는 방법<sup>[3]</sup>이 있다. 무선 링크 품질이 좋은 AP를 선택하는 방법은 수신 신호 세기를 이용하여 수신 신호세기를 이용하는 방식인 신호세기기반 핸드오프<sup>[4]</sup>와 GPS 위치정보를 이용하여 핸드오프 하는 방법인 위치기반 핸드오프<sup>[5-8]</sup>방식이 있다. 그런데, 단일 인터페이스 핸드오프 방식에서는 단절시간은 줄일 수 있으나 반드시 단절이 발생한다.

단일 인터페이스 핸드오프의 단절 문제를 해결하기 위하여 다중 인터페이스를 이용하는 연구가 진행되었다. 다중 인터페이스 핸드오프는 주 인터페이스는 데이터 통신을 하고 부 인터페이스는 채널검색을 담당하는 방법으로 채널 검색시간을 줄이거나 주 인터페이스로 데이터 통신을 수행하고 핸드오프가 진행될 시점에 부 인터페이스로 다시 연결을 맺은 이후 연결을 끊는 Make-Before-Break 방식을 사용하여 연결 지연 시간을 줄이는 방법<sup>[9,10]</sup>이 있다. 하지만 다중 인터페이스를 사용한 연구는 연결 단절시간을 줄이는 데이터 링크 계층 핸드오프만 중점으로 두었기 때문에 네트워크 계층에 대한 고려가 되지 않았다. 따라서 실질적으로 IP레벨에서 패킷을 수신하지 못하는 문제가 발생한다.

네트워크 계층의 핸드오프 지연을 줄이기 위한 IAPP (Inter Access Point Protocol)와 같은 연구<sup>[11-13]</sup>는 재연결 요청 프레임 송수신과정에서 새로 접속한 AP가 이전 AP에게 핸드오프를 알리고 이전 AP가 보관하고 있는 패킷을 새로운 AP에 전달하고 라우팅 경로를 갱신 하는 패킷을 전달하는 방식을 사용하여 패킷 손실을 막으려 하였다. 하지만 이러한 방법은 단일 인터페이스를 이용하였기 때문에 결국 핸드오프 지연이 발생하였다. 또한 AP들의 별도의 수정이 필요하며 패킷을 보관하거나 상대 AP들에 접속해있는 스테이션을 알고 있어야하는 불필요함이 있다.

따라서 실제 통신이 이루어지는 네트워크 계층의 핸드오프 지연을 고려해야하고 발생하는 지연을 제거하기 위해 다중 인터페이스를 사용한 핸드오프 기법을 적용해야한다.

### Ⅲ. 문제점 분석

단일 인터페이스 핸드오프 방식은 연결 단절 시간을 줄일 수 있었으나 끊임 없는 통신 서비스를 제공하기에는 여전히 문제점이 있다. 기존의 연구들은 링크 간 연결, 즉 데이터 링크 계층의 단절시간을 줄이려고 하였다. 하지만 실제 통신은 링크 간이 아닌 종단 간을 통신을 하기 때문에 네트워크 계층의 연결 단절을 고려해 주어야한다. 종단 간 통신에는 스테이션의 데이터를 이동형 게이트웨이, 도로변에 설치된 AP를 거쳐 서버로 전송되는 업로드 방식과 서버의 데이터를 도로변에 설치된 AP, 이동형 게이트웨이를 거쳐 스테이션으로 전송되는 다운로드 방식이 있다.

#### 3.1. 업로드의 단절 시간 분석

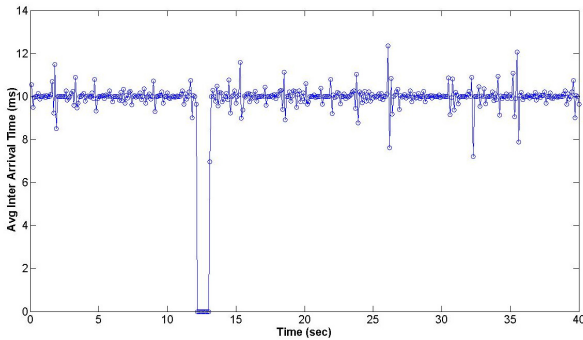


그림 2. 채널 검색 과정이 없는 업로드 연결 단절 시간  
Fig 2. Upload disconnection time without the scanning process

그림2는 스테이션이 서버로 데이터를 전송하는 업로드 통신 환경에서 AP를 옮기는 핸드오프를 할 때 발생하는 연결 단절 시간을 나타낸 것이다. 실험은 AP 정보를 저장하여 예측 핸드오프를 수행하는 방식으로 Tdetect, Tscan을 제거하였지만 채널 변경, 인증, 연결, 초기화 과정에 의해 연결 단절이 발생하였다. 즉 많은 기존 연구들의 단일 인터페이스를 이용한 핸드오프는 연결 단절 시간을 줄여도 결국 한번은 물리적 링크가 끊어지기 때문에 단절현상은 반드시 발생 한다. 이때 발생한 연결 단절 시간은 약 1 초로 나타났다.

#### 3.2. 다운로드의 단절 시간 분석

그림 3은 서버에서 스테이션으로 데이터를 전송하는 다운로드 환경에서 핸드오프 연결 단절 시간을 나타낸 그림이다. 다운로드 환경에서 연결 단절

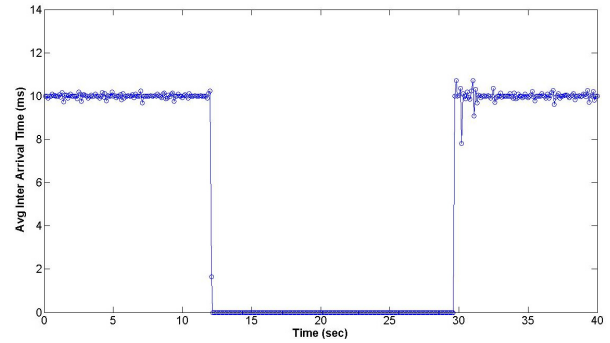


그림 3. 다운로드 연결 단절 시간  
Fig 3. Download disconnection time

시간은 5초 ~ 40초로 발생하였다. 이유는 DS (Distribution System)을 구성하는 환경에서 네트워크의 라우팅 경로를 경신하는데 시간이 소모되기 때문이다. 보통의 경우, 네트워크를 구성할 때 데이터 링크 계층 장비인 스위치 허브와 AP로 구성되어 있다. 이번 실험에서 측정한 시간은 스위치 허브의 포워딩 테이블을 갱신하는데 소모된 시간이다.

다운로드 환경에서 스위치 허브의 포워딩 테이블이 갱신되는 과정은 그림 4와 같다. 서버가 스테이션으로 데이터를 전송 하고 있을 때 이동형 게이트웨이가 핸드오프를 해도 스위치 허브들은 API쪽에 위치한다고 알고 있기 때문에 데이터는 계속 API로 전달된다.

스위치 허브의 포워딩 테이블 갱신하는 것은 ARP라는 프로토콜을 이용한다. ARP 프로토콜은 통신을 하는 두 대상 간의 IP주소와 MAC 주소를 맵핑시키는 프로토콜이다. 실제적인 데이터 전달은 MAC주소를 통해 이루어지기 때문에 IP를 사용하는 계층에서 MAC주소는 반드시 필요하다. IP주소와 MAC주소를 맵핑시킨 정보를 저장하고 있는 것이 ARP 캐쉬 테이블 이다. 주기적인 ARP 요청 프레임과 ARP 응답 프레임 송수신 과정을 통해 ARP 캐쉬 테이블은 갱신한다. ARP프로토콜 전송 주기는 운영체제 의존적인 시간이기 때문에 그림 3과 같은 큰 연결 지연이 발생하는 것이다. 실험한 환경에서는 최대 45s로 나타났다.

따라서 끊임 없는 통신 서비스를 제공하는 핸드오프는 실제 통신을 하는 종단 간 연결 관점에서 업로드와 다운로드 환경을 고려해 주어야 한다.

### Ⅳ. 핸드오프 시스템

다중 인터페이스를 이용한 기존 연구는 네트워크 계층의 종단 간 연결인 업로드와 다운로드 환경의

차이를 두지 않는 링크의 연결성만을 고려하였다. 또한 하나의 인터페이스로만 데이터 전송을 하기 때문에 자원 사용측면에서 비효율적이다. 우리는 업로드, 다운로드 환경에서의 끊김 없는 데이터 전송, 가용 대역폭 향상시키는 다중 인터페이스 이동형 게이트웨이의 핸드오프 시스템을 제안한다.

4.1. 이동형 게이트웨이 스테이션 처리

다중 인터페이스 이동형 게이트웨이는 차량이 설치된 단말로 사용자의 데이터를 도로변에 설치된 AP로 전달해 주는 역할을 한다. 이때 스테이션에게 전달받은 데이터를 인터페이스의 주소로 변환해 어느 쪽 인터페이스로 전달해야 하는지를 결정해야 한다. 왜냐하면 도로에 설치된 AP는 자신과 접속한 단말의 MAC주소만 처리를 하기 때문에 스테이션의 송신 패킷은 처리 하지 않는다. 따라서 패킷의 스테이션의 주소를 AP와 접속한 인터페이스 MAC 주소로 바꿔준다. 본 연구에서는 접속한 스테이션을 라운드 로빈 방식으로 그룹을 나누고 각각의 인터페이스를 할당한다. 할당된 인터페이스는 그룹의 데이터를 전달하고 송신 주소를 바꿔주는 작업을 한다.

4.2. 업로드의 단절 제거

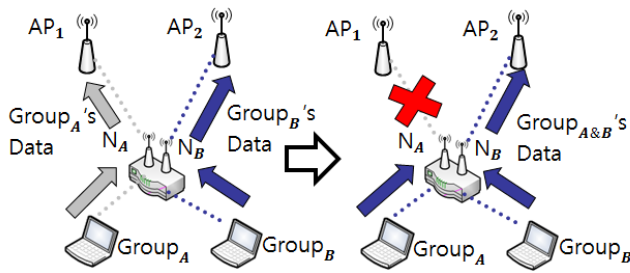


그림 4. Link Sharing 기법  
Fig 4. The example of the Link Sharing method

핸드오프 수행 시점에 인터페이스와 AP와의 링크 중 하나의 연결은 반드시 유지한다. 또한 링크를 끊기 전 다른 인터페이스로 연결을 공유하는 방식을 취한다. 그림 5와 같이 그룹 A는 인터페이스 A로 데이터를 전달하고 있고 그룹 B는 인터페이스 B로 데이터를 전달하고 있다. 인터페이스 A가 핸드오프 시점에 인터페이스 B와 AP의 연결이 있다면 그룹 A의 데이터 전송 인터페이스를 A에서 B로 재 할당한다. 그룹 A는 그룹 B를 통해 데이터를 전송하게 되면 이후 인터페이스 A가 기존 AP와 연결을 끊고 다시 접속하면 기존의 인터페이스 A로 재 할당한다. 그룹 A와 그룹 B의 링크를 공유하는 방식

인 Link Sharing 방식을 통해 끊김 없는 업로드 환경을 유지 한다.

4.3. 다운로드의 단절 제거

그림 6과 같이 서버로부터 그룹 A가 다운로드 데이

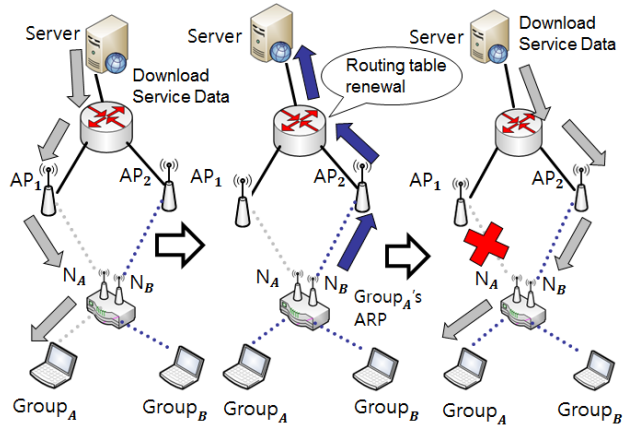


그림 5. Path Sharing 기법  
Fig 5. The example of the Path Sharing method

터를 받고 있는 상황에서 Link Sharing을 통해 링크를 공유함으로써 업로드의 단절은 제거하였다. 하지만 아직 스위치 허브의 포워딩 경로는 갱신 않았기 때문에 스위치 허브는 AP1로 데이터를 전달하게 된다. 포워딩 경로는 ARP 요청 응답 프레임에 의해 갱신이 된다. ARP 요청 응답 프레임의 주기는 운영체제에 따라 다양하지만, 보통 5초 이상으로 전송된다.

포워딩 경로의 빠른 갱신을 위해 이동형 게이트웨이는 그림 6과 같이 Link Sharing 기법에 이후 Path Sharing을 사용한다. 먼저, 그룹 A의 전송 경로를 공유하는 인터페이스B로 그룹A의 ARP 프로토콜을 송수신 한다. 스위치 허브는 ARP 패킷을 수신하여 전달하는 과정에서 포워딩 경로를 갱신하게 된다. 이를 통해 Group의 노드들은 다운로드의 경로를 유지할 수 있다.

새로운 핸드오프 연결을 하기 위해서, 기존 인터페이스 A와 AP1의 물리적 링크가 끊어져야 한다. 물리적 링크를 끊는 시점은 ARP 응답 프레임을 수신 받아 경로가 갱신된 것을 확인한 시점이다. 그 이유는 라우팅 테이블이 갱신되기 전 링크를 끊어 데이터 손실이 발생하는 것을 방지하기 위해서이다.

이후 인터페이스 A가 새로운 AP와 접속을 한다면 기존 그룹 A 경로를 갱신하기 위해 그룹 A의 ARP 프로토콜을 송수신한다. 이러한 2가지 방식을 통해 끊김 없는 핸드오프를 수행한다.

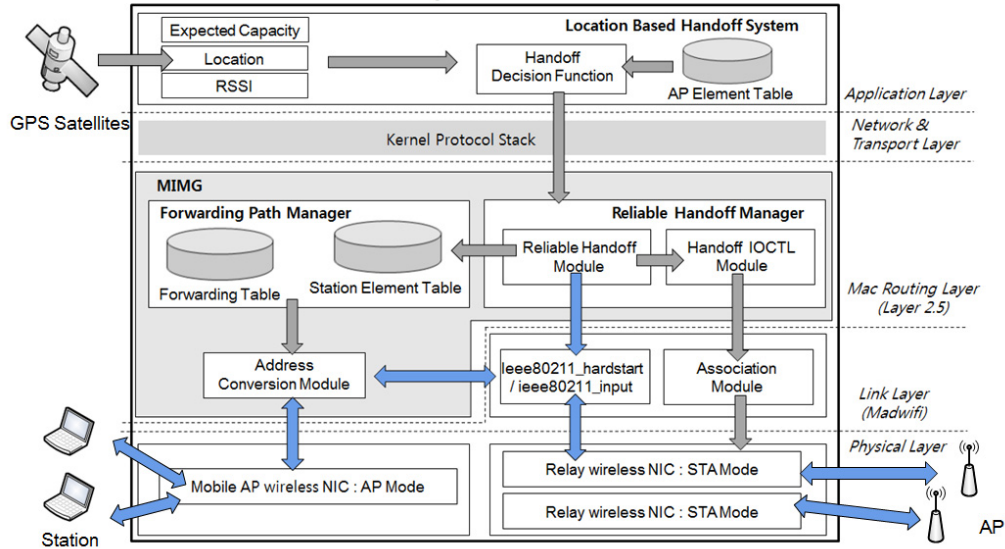


그림 6. 다중 인터페이스 이동형 게이트웨이 시스템 구조도  
Fig 6. The structure of Multi-interface Mobile Gateway

### V. 다중 인터페이스 이동형 게이트웨이 구현

본 논문에서 제안하는 핸드오프 시스템의 성능 평가를 위하여 다중 인터페이스가 부착된 이동형 게이트웨이를 구현하였다.

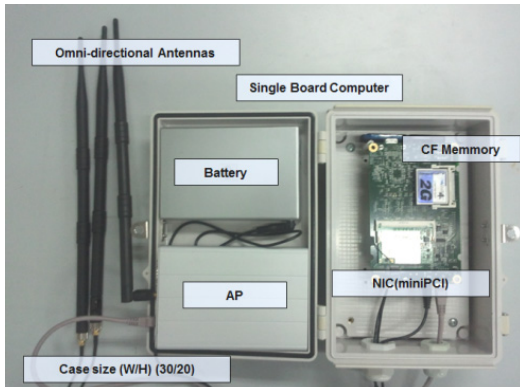


그림 7. 하드웨어 구성  
Fig 7. Hardware configuration

#### 5.1. 다중인터페이스 이동형 게이트웨이 하드웨어

구현된 다중 인터페이스 이동형 게이트웨이는 그림 7 과 같다. PC Engines사의 Alix 3C2 보드를 사용했다. 사용된 보드의 2mini PCI slots에는 AP와 연결을 하기위해 Atheros칩셋의 랜카드 (EnGenius 802.11a/b/g 600mw)를 사용하였고 이더넷을 통해 AP 장비와 연결하여 스테이션이 접속할 수 있게 하였다. USB 에는 위치정보를 알기위하여 USB 타입 GPS를 사용했다.

#### 5.2. 이동형 게이트웨이 소프트웨어 구성

운영체제 Linux Kernel 2.6.19.2의 버전의 Pyramid Linux 1.0b6을 사용하였으며 Atheros칩셋 무선 랜카드를 사용하기 위해 Madwifi 0.9.4 디바이스 드라이버를 사용했다. 구현된 다중인터페이스 이동형 게이트웨이의 시스템 구조도는 그림 8과 같다.

이동형 게이트웨이는 3가지 계층으로 구성된다. 첫 번째 부분은 어플리케이션 계층에서 접속할 AP를 선택하는 모듈이다. 다양한 핸드오프 시스템을 적용할 수 있게 설계되어 있지만 실험에서는 GPS 통해 이동형 게이트웨이의 위치정보를 수신 받고 가장 가까운 AP와 접속하는 위치기반의 핸드오프 예측 알고리즘을 사용하였다.

두 번째 부분은 2.5계층에서 이동형 게이트웨이에서 제안한 핸드오프 및 데이터 송수신을 담당하는 모듈이다. FPM(Forwarding Path Manager)은 Link Sharing 기법을 수행하는 모듈로 AP와의 연결을 유지하는 역할을 한다. 또한 IOCTL함수를 이용하여 무선 랜카드 드라이버에게 AP 접속 명령을 내린다. RHM(Reliable Handoff Manager)은 Path Sharing 기법을 수행하는 모듈로 ARP를 통한 경로 갱신, 스테이션 그룹의 인터페이스 할당, 데이터 포워딩 테이블 관리의 역할을 한다. ACM(Address Conversion Module)은 패킷의 스테이션 주소를 변경해 줌으로써 AP와의 통신을 가능하게 하는 모듈이다.

세 번째 부분은 데이터 링크 계층 영역에서 핸드

오프과정 (채널 검색, 인증, 재연결)을 수행하고 무선으로 패킷 송수신을 하는 기능을 가진 네트워크 디바이스이다.

## VI. 실험 및 성능분석

### 6.1. 실험 방법

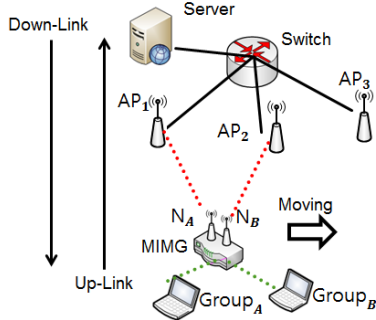


그림 8. 실험 환경 및 시나리오  
Fig 8. The experiment environment and scenario

본 연구에서는 제안한 핸드오프 시스템을 적용한 다중 인터페이스 이동형 게이트웨이를 설계 및 구현하였고 성능을 비교 하였다. 실험 환경은 그림 9 과 같이 일정 간격으로 3개의 AP(ipTIME N604R) 두었다. AP들과 스위치 허브 (ipTIME H 505)를 연결하여 네트워크를 구성하였다. AP의 채널 구성은 802.11g의 채널 1, 6, 11이고 구성한 네트워크에 측정을 위한 서버를 연결하였다.

전송 속도, 전송 패킷 크기, 전송 시간 등을 조절할 수 있게 만든 대역폭 측정프로그램을 이용하였다. 구성한 환경에서 UDP 데이터를 10ms당 하나씩 전송하는 방식을 통해 업로드, 다운로드 환경에 따른 연결단절 시간, 패킷 손실률, 초당 대역폭을 측정하였다. 성능을 입증하기 위해 핸드오프의 연결 단절 시간을 3가지 모델과 비교 하였다.

### 6.2. 핸드오프 비교 시나리오

첫 번째 비교 대상은 Single 시나리오로 단일 인터페이스 핸드오프 방식이다. 핸드오프 시 채널 검색, 채널변경, 인증, 연결 과정을 전부 수행한다. 두 번째 비교 대상은 Multi-Static 시나리오로 다중 인터페이스를 사용하고 하나의 인터페이스는 데이터 송수신을 담당하고 다른 인터페이스는 백그라운드 채널 검색을 하여 핸드오프 시 채널 검색을 제외한 채널변경, 인증, 연결 과정을 수행한다. Multi-Dynamic 시나리오는 데이터를 전송하는 주

인터페이스, 부 인터페이스를 가지는 다중 인터페이스를 사용한다. 주 인터페이스 연결이 끊기 전 부 인터페이스로 연결하는 방식이다.

### 6.3. 지연 시간 및 패킷 손실률 비교

UDP패킷을 10 ms당 하나씩 전송하여 40초 동

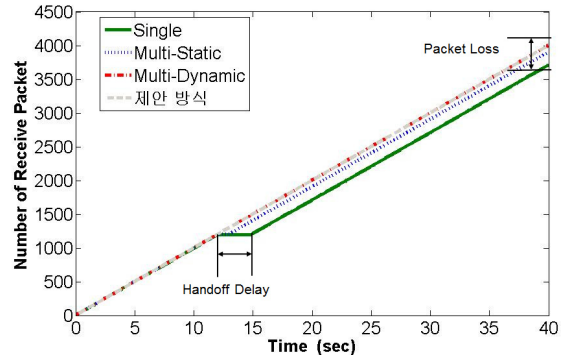


그림 9. 업로드 방식에서 연결 단절 시간 비교  
Fig 9. The comparison of disconnection time in upload

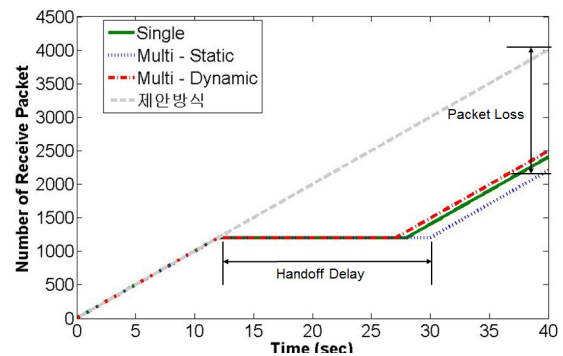


그림 10. 다운로드 방식에서 연결 단절 시간 비교  
Fig 10. The comparison of disconnection time in download

안 4천개의 패킷을 전송 하였을 때 시나리오에 따른 지연시간 및 패킷 손실률을 비교하였다.

그림 10는 스테이션에서 서버로 데이터를 전송하는 업로드 환경에서 실험 결과이다. Single은 연결 단절시간은 연결이 끊어지고 재연결 과정에서 2480 ms, 패킷 손실률을 7.2%로 가장 큰 연결단절과 손실을 보였고 Multi-Dynamic은 1020ms으로 채널 검색을 수행하지 않기 때문에 Single에 비해 적은 지연이 발생하였다. Multi-Dynamic 과 제안한 방식은 링크가 끊어지기 전 재 연결 하는 방식을 통해 연결단절, 패킷 손실이 없음을 볼 수 있다. 그림 11은 서버에서 스테이션으로 데이터를 전송하는 다운로드 환경에서의 실험 결과이다. Single, Multi-Static, Multi-Dynamic의 시나리오 경우

16.4s, 15.2s, 18.7s의 연결 단절시간이 발생하였고 39.9%, 44.9%, 37.7% 패킷 손실률이 발생하였다. 제안한 방식은 ARP를 이용한 Path Sharing 기법을 통해 스위치 허브의 포워딩 테이블을 갱신을 통해 연결단절, 패킷 손실을 제거 하였다.

6.4. 데이터 전송률 비교

단일 인터페이스를 가진 이동형 게이트웨이와 제안하는 다중 인터페이스 이동형 게이트웨이의 대역폭 비교 실험을 하였다. 두 시나리오는 60초의 주기로 핸드오프를 수행하였다. 각각의 스테이션은 20 Mbps를 전송하였다. 실험한 환경(채널 1, 6, 11)에서는 하나의 채널당 처리할 수 있는 대역폭은 16Mbps정도 였다. 그림 12와 같이 이동형 게이트웨이의 경우 평균 15.6Mbps의 전송속도가 나왔다. 이동형 게이트웨이는 하나의 인터페이스를 사용하기 때문에 대역폭이 제한적이고 핸드오프로 인해 단절이 발생해 손실이 나타났다. 그에 비해 제안하는 다중 인터페이스 이동형 게이트웨이의 경우 평균 23.7 Mbps가 측정되었다. 다중 인터페이스를 사용해 데이터를 전송하였고 핸드오프로 인한 손실이 없기 때문에 52.1%의 대역폭 향상을 보였다.

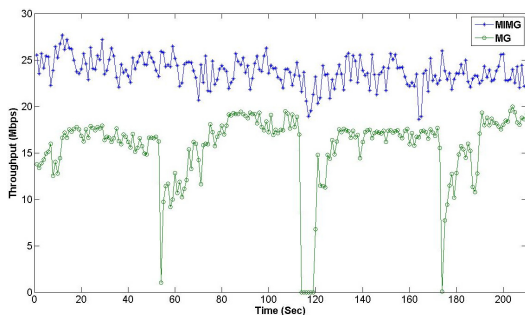


그림 11. 가용 대역폭 비교  
Fig 11. The comparison of available bandwidth

VII. 결 론

본 논문에서는 차량에 탑승한 사용자가 차량에 부착된 단말을 통해 인터넷 서비스를 제공하는 모델인 이동형 게이트웨이에 대해 알아보았다. 사용자의 데이터를 모아서 전달하는 게이트웨이기 때문에 핸드오프 시스템은 중요한 이슈로 부각되고 있다.

우리는 다중 인터페이스 핸드오프를 사용하여 링크가 단절되기 전 다른 인터페이스의 링크로 데이터를 전달하고 이후 ARP를 이용한 경로 갱신을 통해 연결 단절 시간을 제거하였다. 실제 구현을 통한

실험 결과, 기존의 단일 인터페이스 핸드오프에 비해 데이터 전송 속도가 증가하였음을 확인했다.

현재 핸드오프 예측 알고리즘은 가장 가까운 AP를 선택하는 방법을 사용하였지만 AP를 선택하는 척도에 대한 연구가 필요하다. 이를 통해 유선망 실험 환경을 벗어나 mesh 네트워크 환경이나 도시환경에서 실제로 설치하여 핸드오프 시스템의 성능을 평가할 계획이 있다.

References

- [1] A. Mishra, M. Shin, and W. A. Arbaugh, "An Empirical Analysis of the IEEE 802.11 MAC Layer Handoff Process," ACM Mobile Computing and communications Review, Vol 33, No 2, pp.93-102, April 2003.
- [2] Ilango Purushothaman, and Sumit Roy, "FastScan - A handoff scheme for Voice over IEEE 802.11 WLANs," Wireless Networks, Vol 16, No 7, October 2010.
- [3] H. Kim, S. Park, C. Park, J. Kim, and S. Ko, "Selective Channel Scanning for Fast Handoff in Wireless LAN using Neighbor Graph", PERSONAL WIRELESS COMMUNICATIONS, Vol 3260, pp.194 - 203, 2004.
- [4] H Wu, K Tan, Y Zhang, and Q Zhang, "Proactive Scan: Fast Handoff With Smart Triggers for 802.11 Wireless LAN," INFOCOM, Vol 26, pp.749 - 757, May 2007.
- [5] W Wanalertlak, and B Lee, "Global Path-Cache Technique for Fast Handoffs in WLANs," ICCCN, Vol 16, pp.45-50, 2007.
- [6] S Mellimi, and SV Rao, "Location Based fast MAC Handoffs in 802.11," Wireless, Mobile and Multimedia Network, pp.184 - 187, 2008.
- [7] J. Montavont, and T. Noel, "IEEE 802.11 Handovers Assisted by GPS Information," Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications, pp.166-172, June 2006.
- [8] Seung-ho Han, Seung-chur Yang, and Jong-deok Kim, "Design and



Implementation of Geographical Handoff System Using GPS Information," KICS Journal, Vol. 35, No 1, pp.33-43, 2010.

- [9] Kishore Ramachandran, Sampath Rangarajan, and John C. Lin, "Make-Before-Break MAC Layer Handoff in 802.11 Wireless Networks," IEEE ICC, Vol 10, pp.4818-4823, 2006.
- [10] V. Brik, V. Mishra, and S. Banerjee, "Eliminating Handoff Latencies in 802.11 WLANs using Multiple Radios: Applications, Experience, and Evaluation," ACM Internet Measurement Conference, Vol 5, October 2005.
- [11] J. Wang, and L. Bao, "Mobile Context Handoff in Distributed IEEE 802.11 Systems," International Conference on Wireless Networks, Communications, and Mobile Computing, Vol 1, pp.680 - 685, 2005.
- [12] I. Samprakou, C. Bouras, and T. Karoubalis, "Fast IP Handoff Support for VoIP and Multimedia Applications in 802.11 WLANs," World of Wireless Mobile and Multimedia Networks, Vol 6, pp.332 - 337, 2005.
- [13] Yun-Sheng Yen, Ruay-Shiung Chang, and Tsung-Yung Wu, "A seamless handoff scheme for IEEE 802.11 Wireless Networks," Communications and Networking in China, Vol 5, pp.1-5, 2010.
- [14] Hong-yan Qian, Wei-xin Cai, and Xiao-lin Qin, "Soft-Handoff in WLAN Realized by Dual Link ," Journal of Networks, Vol 6, No 4, pp.678-685, April 2011.
- [15] Anwar Saif, and Mohamed Othman, "Network Load and Packet Loss Optimization During Handoff Using Multi-Scan Approach," The International Arab Journal of Information Technology, Vol. 8, No. 1, pp.16-22, 2011.
- [16] Madwifi Wireless LAN Driver  
<http://madwifi.org/>
- [17] Pyramid linux : Open Source linux for use on embedded platforms focused on wireless applications. <http://pyramid.metrix.net/trac/>.

최 현 준 (Hyun-Jun Choi)

준회원



2010년 2월 부산대학교 컴퓨터공학부 졸업  
2012년 2월 부산대학교 컴퓨터공학과 석사  
<관심분야> 무선통신, 이동통신

이 채 석 (Chae-Seok Lee)

준회원



2008년 2월 경성대학교 컴퓨터공학과 졸업  
2010년 8월 부산대학교 컴퓨터공학과 석사  
2010년 9월~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 박사과정  
<관심분야> 무선통신, DDS 네트워킹, RFID/USN

이 성 호 (Sung-Ho Lee)

정회원



1991년 2월 한국해양대학교 전자통신공학과 졸업  
2002년 8월 창원대학교 제어계측과 석사  
1991년 3월~현재 국방과학연구소 책임연구원  
2012년 3월~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 박사과정

<관심분야> DDS 시험통제 네트워크, 데이터링크

김 종 덕 (Jong-Deok Kim)

중신회원



1994년 2월 서울대학교 계산통계학과 졸업  
1996년 2월 서울대학교 전산학과 석사  
2003년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과 박사  
2004년 2월~현재 부산대학교 정보컴퓨터공학부 부교수

<관심분야> 무선통신, 라우팅