

# GPS정보를 이용한 위치기반 핸드오프 시스템의 설계 및 구현

준회원 한 승 호\* 정회원 양 승 철\* 종신회원 김 중 덕\*°

## Design and Implementation of Geographical Handoff System Using GPS Information

Seung-ho Han\* Associate Member, Seung-chur Yang\*, Regular Member  
Jong-deok Kim\*° Lifelong Member

### 요 약

최근 사용자들은 IEEE 802.11 무선랜이 탑재된 이동단말을 통해 인터넷, VoIP 등과 같은 실시간 멀티미디어 서비스를 받고자 한다. 넓은 지역에서의 이동성을 지원하기 위하여 액세스포인트간의 핸드오프는 필수적이다. 하지만 기존 IEEE 802.11의 핸드오프 방식은 연결의 단절이 발생하며, 연결단절 인지와 채널 검색시간이 대부분의 지연시간을 차지하고 있다. 또한 노드의 이동방향, 위치 등을 고려하지 않고 주위 환경에 민감한 신호 세기만 고려하여 액세스포인트를 선택하기 때문에 충분한 대역폭을 받기 힘들다. 그렇기 때문에 실시간 멀티미디어 서비스를 제공하기 위하여 노드의 연결단절시간을 줄이고 충분한 대역폭을 받을 수 있는 알고리즘이 필요하다. 이에 본 논문에서는 실외환경에서 사용하는 GPS 위치정보를 이용하여 노드의 이동에 따른 핸드오프 지점을 예측하고, 이동방향, 속도와 신호세기를 이용하여 높은 전송 대역폭을 받는 핸드오프 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘을 구현하고 성능평가를 통하여 Layer2의 연결단절시간을 3.7ms로 줄이고 약 24.8%의 대역폭 향상을 통해 알고리즘의 우수함을 확인했다.

**Key Words** : Predict Handoff, Geographical Handoff, IEEE 802.11 WLAN, Passive Scan, RSSI, GPS

### ABSTRACT

Recently, users want to use real-time multimedia services, such as internet, VoIP, etc., using their IEEE 802.11 wireless lan mobile stations. In order to provide such services, a handoff among access points is essential to support the mobility of a node, in such an wide area. However, the legacy handoff methods of IEEE 802.11 technology are easy to lose connections. Also, the recognition of a disconnection and channel re-searching time make the major delay of the next AP to connect. In addition, because IEEE 802.11 decides the selection of an AP depending only on received signal strength, regardless of a node direction, position, etc., it cannot guarantee a stable bandwidth for communication. Therefore, in order to provide a real-time multimedia service, a node must reduce the disconnection time and needs an appropriate algorithm to support a sufficient communication bandwidth. In this paper, we suggest an algorithm which predicts a handoff point of a moving node by using GPS location information, and guarantees a high transmission bandwidth according to the signal strength and the distance. We implemented the suggested algorithm, and confirmed the superiority of our algorithm by reducing around 3.7ms of the layer-2 disconnection time, and guaranteed 24.8% of the communication bandwidth.

\* “이 논문 또는 저서는 2009년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구임” (지역거점연구단육성사업/차세대물류IT기술연구사업단)

\* 부산대학교 컴퓨터공학과 이동통신연구실 (mobile@pusan.ac.kr) (° : 교신저자)

논문번호: KICS2009-08-364, 접수일자: 2009년 8월 19일, 최종논문접수일자: 2009년 12월 21일

## I. 서 론

IEEE 802.11<sup>[1]</sup> 기반의 무선랜 서비스는 편리한 네트워크의 접속성뿐만 아니라 고속의 전송속도를 지원하며 사용 범위와 효율성이 매우 넓어, 광대역 무선접속 네트워크를 지원하기 위한 가장 대중화된 프로토콜로 자리매김 했다. 이러한 장점으로 캠퍼스, 공항, 카페 등의 공공장소에서 어렵지 않게 접할 수 있고, 최근에는 일반 사업장이나 가정에서도 쉽게 접할 수 있다.

또한 IEEE 802.11 기반의 무선랜 모듈은 최근 사용자가 증가하고 있는 인터넷전화를 비롯하여 노트북, PDA, PMP 등 많은 모바일(Mobile) 기기에 탑재되어 더욱 빠르게 확산되고 있으며, 이를 이용하여 이동 중에도 무선랜을 이용하여 웹브라우징, 웹 서핑, WWW 서비스나 전자우편뿐만 아니라 VoIP(Voice over IP) 등 실시간 멀티미디어 서비스(Realtime Multimedia Service)에 대한 사용자 요구가 증가하고 있다.

이러한 서비스를 제공하기 위해서는 일정한 서비스 지역을 지원하기 위하여 다중의 액세스포인트(Access Point)가 필요하며, 서비스 받는 노드가 이동함에 따라 액세스포인트간 핸드오프(Handoff)가 필요하다. 그러나 기존 IEEE 802.11은 연결된 액세스포인트 안에서의 이동성은 지원하지만, 액세스포인트간의 이동성은 고려하지 않아 이동(Cellular)통신과 달리 IEEE 802.11은 하드핸드오프(Hard-Handoff) 방식을 취하고 있다. 하드핸드오프는 기존 액세스포인트와 연결이 끊어지거나, 연결을 끊은 후 새로운 액세스포인트로 접속하는 방식을 말한다. 따라서 IEEE 802.11에서는 핸드오프 도중 연결 단절로 인한 데이터의 전송이 끊어지는 시간이 발생 한다. 이 시간은 핸드오프 지연시간에 비례하고, Layer2에서만 300ms가 넘는 지연시간을 가진다[2]. 이는 실시간 멀티미디어 서비스인 VoIP를 이용하여 양자 간 통화시 사용자가 불편함을 인지하는 150ms보다도 길며, 실시간 멀티미디어 서비스를 지원하는데 커다란 문제점으로 나타날 수 있다<sup>[3]</sup>.

또한 대용량의 데이터 전송이 필요한 실시간 멀티미디어 서비스를 이용할 경우 높은 대역폭이 필요하다. 하지만 IEEE 802.11은 핸드오프시 액세스포인트 선택의 척도로 신호세기(RSSI: Received Signal Strength Indication)만 고려하기 때문에 노드의 이동 방향에 따라 선택한 액세스포인트의 신호 세기가 악화 되어 충분한 대역폭(Bandwidth)을 받

지 못하는 경우도 발생하게 되고, 이는 잦은 핸드오프가 발생 할 수 있다.

대표적으로 많은 액세스포인트와 이동 노드를 사용하는 컨테이너 터미널과 같은 환경에서 이러한 문제점을 발견 할 수 있다<sup>[4]</sup>. 특히 핸드오프로 인한 연결의 단절이 자주 발생하기 때문에 음성통신 수단으로 VoIP를 사용하지 않고, 무전기를 사용하고 있다. 또한 컨테이너 터미널의 무선네트워크 분석결과 이동방향을 고려하지 않고 핸드오프 시점의 RSSI값만 고려하기 때문에 잦은 핸드오프가 발생했다<sup>[4]</sup>.

그렇기 때문에 실시간 멀티미디어 서비스를 위해 핸드오프의 지연시간을 줄이고, 노드의 이동방향을 고려하여 액세스포인트를 선택하는 알고리즘이 필요하다.

이에 본 논문은 실외환경의 이동노드에서 많이 사용하는 GPS(Global Positioning System)를 이용하여 이동 노드의 위치정보 이용하여 핸드오프 지점을 예측하고, 노드의 이동방향, 이동속도와 수신 신호세기를 바탕으로 높은 대역폭을 보장 받을 수 있는 핸드오프 알고리즘을 제안하고 설계했다. 그리고 임베디드보드(Embedded Board)와 노트북을 사용하여 구현 및 성능평가를 통하여 제안 알고리즘이 실시간 멀티미디어 서비스에 적합한 핸드오프 지연시간과 대역폭을 확인했다.

본 논문의 이후 구성은 다음과 같다. 2장에서는 IEEE 802.11의 핸드오프과정, 신호세기와 대역폭의 관계와 기존예측핸드오프의 문제점을 살펴보고, 3장에서는 위치정보를 활용하여 높은 대역폭을 보장받을 수 있는 위치기반 핸드오프 알고리즘을 제안한다. 4장에서는 제안된 알고리즘을 임베디드보드와 노트북을 이용하여 구현했고, 5장에서는 실험을 통해 알고리즘의 성능을 평가하고 우수성을 확인했다. 마지막으로 6장에서는 본 논문의 내용을 정리하며 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

### 2.1 IEEE 802.11 핸드오프

IEEE 802.11 표준은 제정 당시 단말의 액세스포인트간 이동을 충분히 고려하지 않았다. 그 결과 현재 IEEE 802.11의 핸드오프는 현재 연결된 액세스포인트와 연결이 끊어질 경우, 연결 끊어짐을 감지하기 까지 시간인  $T_{detect}$ 가 존재한다. 그 후 네트워크에 처음으로 접속하기 위해 액세스포인트를 찾는

과정부터 다시 시작 한다.

이 과정은 채널검색과정(Scanning Phase), 인증과정(Authentication Phase), 재연결과정(Re-association Phase)이며 그림 1과 같다.

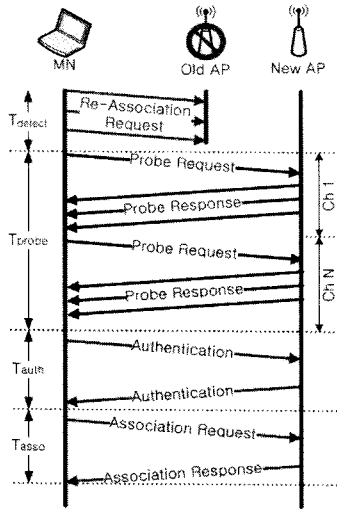


그림 1. 핸드오프과정(능동검색)

### 2.1.1 채널 검색과정

IEEE 802.11 무선랜에서 이동 노드는 주기적으로 연결중인 액세스포인트와 상태를 확인 및 갱신하다가 통신이 불가능 할 때 핸드오프 과정을 시작하고, 새로운 액세스포인트를 찾기 위하여 검색과정을 수행한다. IEEE 802.11 표준은 능동검색(Active Scanning)과 수동검색(Passive Scanning) 2가지 검색기능을 제공한다.

능동검색은 이동노드가 새로운 액세스포인트와 연결이 필요할 때 프로브요청프레임(Probe Request frame)을 방송(Broadcast) 하며, 응답 가능한 액세스포인트로부터 MAC주소와 같은 액세스포인트의 정보가 포함된 프로브응답프레임(Probe Response frame)을 받게 된다. 이 과정은 모든 채널에 대해서 돌아가며 일어나고, 802.11b/g에서는 11~13개의 채널을 사용하기 때문에 많은 채널 스위칭 시간이 존재한다. 이때 걸리는 시간을 프로브 응답 대기 시간(Probe Response Wait Time)  $T_{probe}$ 라 한다.

수동검색은 액세스포인트가 약100ms간격으로 방송하는 비콘 프레임을 이동 노드가 수신하면서 일어난다. 이동 노드가 채널을 검색 해야 하는 상황이 되면 모든 데이터 전송을 중지하고 한 채널에 대해

서 정해진 시간동안 액세스포인트가 보내는 비콘 프레임을 수신한다. 이 과정도 능동 검색과 같이 모든 채널을 돌면서 일어난다. 하지만 한 채널당 100ms이상 시간을 사용하기 때문에 능동스캔에 비해 더 많은 프로브 응답대기시간  $T_{probe}$ 를 가진다.

### 2.1.2 인증 및 재연결과정

채널 검색을 통해 얻은 인근 액세스포인트의 정보를 바탕으로 신호세기가 가장 좋은 액세스포인트를 선택하여 인증 및 재연결과정을 거친다. 이때 발생하는 지연시간은 각각  $T_{auth}$ ,  $T_{asso}$ 이다.

인증 및 재연결과정을 마친 이후 IP할당, ARP등의 핸드오프 후 통신을 위한 과정을  $T_{high}$ 라 한다.

### 2.1.3 핸드오프 지연시간

IEEE 802.11의 핸드오프 지연시간은 연결의 끊어짐을 감지하는  $T_{detect}$  약 5.3s, ISO 2계층 각 과정의 지연시간은 그림 2와 같이  $T_{prbe}$  334ms,  $T_{auth}$  2.4ms,  $T_{asso}$  1.5ms의 지연시간이 있고,  $T_{high}$ 의 지연시간은 IP할당방법 등 환경요소에 따라 지연시간이 다르다. 이 중 핸드오프 지연시간의 대부분을 연결단절 인지시간과 채널 검색시간인  $T_{detect}$ ,  $T_{probe}$ 가 차지한다.

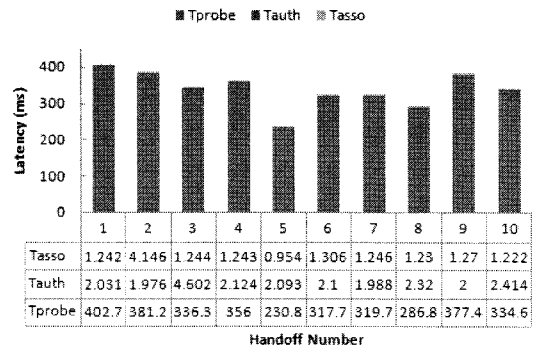


그림 2. Layer2 핸드오프 지연시간

## 2.2 기존의 핸드오프 개선 연구

초기 핸드오프 연구는 연결된 액세스포인트와 연결이 끊어진 후 채널 검색과정에서 일어난 지연시간을 줄이는데 초점을 맞추어 진행됐다. 이와 관련하여 Selective Channel Scanning<sup>[5]</sup>과 Improving Channel Scanning<sup>[6]</sup> 등의 연구에서 채널을 효과적으로 검색하여 연결의 단절 시간을 줄이고자 했지만, 지연시간이 가장 큰 연결단절인식시간  $T_{detect}$ 를 고려하지 않았다.

그렇기 때문에 연결이 단절되기 전 RSSI<sup>[7], [8], [10], [13]</sup>, 이동패턴<sup>[9]</sup>, 멀티인터페이스<sup>[10], [13]</sup>, GPS<sup>[11], [12]</sup> 등을 이용한 예측핸드오프에 대한 많은 연구가 진행됐고 표 1로 정리했다.

RSSI를 이용한 예측핸드오프는 현재 연결된 RSSI값이 임계값이 넘어갈 때 핸드오프 하거나<sup>[7]</sup>, 수시로 채널검색을 하여 RSSI값이 좋은 액세스포인트를 발견하였을 때 핸드오프를 하는 방법<sup>[8]</sup> 등이 있다.

또한 노드 이동패턴을 이용하여 Past-AP와 Current-AP를 바탕으로 Next-AP를 결정하는 방법도 있다<sup>[9]</sup>. 그 밖에 데이터 통신 인터페이스와 채널 검색 인터페이스를 따로 두어 데이터 통신 중에도 다른 인터페이스를 통하여 더 좋은 액세스포인트를 발견할 경우 인터페이스 스위칭을 통하여 핸드오프한다.

마지막으로 GPS 위치정보를 활용하여 GPS서버에 저장된 주변 액세스포인트의 정보를 바탕으로 핸드오프 하는 방법<sup>[11]</sup>과 액세스포인트가 서비스 할 수 있는 구역을 나누어서 핸드오프 하는 방법<sup>[12]</sup> 등이 있다.

표 1. 핸드오프 관련 연구

기 존 연 구	채널검색 방법	예측핸드 오프	비 고
Selective Channel Scanning <sup>[5]</sup>	Unicast	-	채널검색에만 초점
Improving Channel Scanning <sup>[6]</sup>	Passive & Active	-	채널검색에만 초점
Geographical fingerprint scheme <sup>[7]</sup>	Active	RSSI	미리정보를 가짐
Proactive Scan <sup>[8]</sup>	Proactive	RSSI	scan interval에따른 성능 저하
Global Path-Cache <sup>[9]</sup>	Active	이동패턴	Path-Cache관리필요
Location Based <sup>[10]</sup>	멀티인터 페이스	RSSI	노드 주변에 3개 이상 AP필요
GPS Information <sup>[11]</sup>	GSP Server이용	거리(GPS)	중앙 GPS서버 사용 단순 거리만 이용
GPS Assisted <sup>[12]</sup>	채널 검색 없음	Zone(GPS)	확장성 부족
Eliminating handoff latencies <sup>[13]</sup>	멀티인터 페이스	RSSI	멀티인터페이스

2.3 기존 연구의 문제점

앞서 IEEE 802.11 핸드오프 예측 방법으로 RSSI, 이동패턴, 멀티인터페이스, GPS를 알아보았

다. 이러한 예측방법을 통하여 연결단절시간을 줄일 수 있으나, 이동하는 노드에 적용하기에는 많은 문제점을 가지고 있다.

대표적으로 RSSI는 IEEE 802.11에서도 연결 액세스포인트 선택에 중요한 척도로 사용하고 있을 뿐만 아니라, 연결단절을 예측하는 데에도 중요한 역할을 하고 있다. 하지만 RSSI값은 같은 위치에서도 변화가 크며, 외부환경에 많은 영향을 받는다. 그렇기 때문에 RSSI만 고려할 경우 잘못된 핸드오프가 일어날 가능성이 있다.

또한 RSSI는 일반적으로 그림 3과 같이 거리가 멀어짐에 따라 RSSI값과 대역폭이 나빠지는 특성이 있다. 이러한 특성으로 노드의 진행방향등을 고려하지 않고 이동노드의 반대 방향에 있는 액세스포인트를 선택할 경우 약간의 이동에도 급격히 RSSI가 저하된다. 즉, 필요한 대역폭을 서비스 받을 수 없고, 또다시 핸드오프가 일어나게 된다. 그렇기 때문에 RSSI뿐만 아니라 노드의 이동도 고려해야 한다.

이동패턴을 이용한 예측핸드오프는 노드의 이동패턴을 미리 알고 있어야하고, 미리 입력된 이동패턴이 없을 경우 IEEE 802.11의 핸드오프와 같이 모든 채널을 검색하게 되고, 연결단절시간이 발생한다. 또한 모든 이동패턴을 저장하여야 하기 때문에 패턴관리로 인한 오버헤드가 발생한다.

멀티인터페이스를 이용한 예측핸드오프는 2개의 인터페이스를 사용하지만 서비스 받는 대역폭은 한 개의 인터페이스를 사용할 때와 같아서, 자원의 낭비가 심하다.

마지막으로 본 논문에서와 같이 GPS를 이용한 예측핸드오프에서 GPS서버를 이용할 경우 이동노드가 많을 경우 서버와 네트워크의 부하를 가져오고, 액세스포인트와의 거리나 구역만 가지고 핸드오프할 경우 경계지역에서 잦은 핸드오프가 발생 하고,

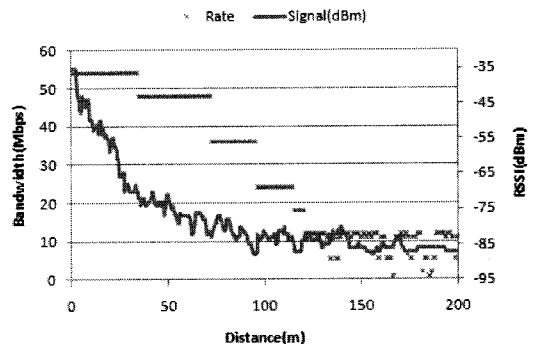


그림 3. RSSI와 대역폭과의 관계

엑세스포인트 주변의 장애물에 인한 통신장애등을 감지하지 못하고 핸드오프 하는 일도 발생 할 수 있다.

### III. 위치기반 핸드오프 알고리즘

앞 장에서 살펴본 바와 같이 기존 IEEE 802.11의 핸드오프는 채널검색시간에 많은 시간을 소비하고 연결의 단절이 발생하고 있다. 또한 핸드오프시 RSSI만 비교하여 핸드오프를 시행할 경우 노드의 주변 환경이나 이동방향 또는 액세스포인트의 주변 환경의 영향으로 부정확한 RSSI값에 의해 필요한 대역폭을 서비스 받을 수 없게 된다.

이에 우리는 GPS의 위치정보를 이용하여 핸드오프 할 지점을 미리 예측하고 이동 방향과 액세스포인트의 거리 정보를 바탕으로 좋은 대역폭을 보장 받을 수 있는 알고리즘을 제안한다.

#### 3.1 제안 알고리즘의 고려사항

##### 3.1.1 거리에 따른 RSSI 기대값

앞서 2.3절에서 살펴본 바와 같이 RSSI는 주변 환경에 많은 영향을 받아 핸드오프시 RSSI만 고려할 경우 잘못된 핸드오프가 일어날 가능성을 문제점으로 제시했다. 또한 거리만으로 핸드오프 할 경우 액세스포인트나 이동노드 주변의 장애물 등에 의하여 서비스가 원활하지 않을 경우도 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 거리와 함께 RSSI 기대값을 사용했다.

즉, 액세스포인트와 이동노드간 거리에 대한 RSSI 기대값을 기준으로 실제 RSSI값이 낮은 경우 핸드오프대상에서 제외 하였다. 이때 거리에 따른 RSSI의 기대값을 설정하기 위하여 우리는 속도에 따라 여러 차례의 실험을 했다. 그 결과 그림 4와 같은 결과를 얻었고, 이를 여러 Pathloss 공식을 바탕

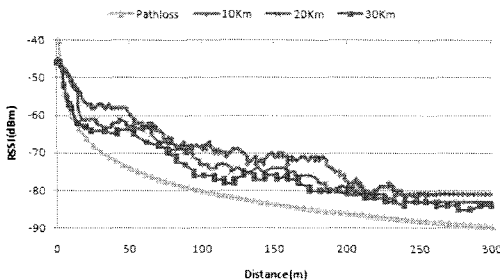


그림 4. 속도에 따른 거리별 RSSI 및 기대값

으로 모두를 포함 할 수 있는 수식(1)을 얻었다<sup>[4]</sup>.

$$Y(dBm) = -40.4 - 20\log D(m) \quad (1)$$

수식(1)을 사용하여 그림 5에서와 같이 AP1과 통신 중 노드가 이동하여 핸드오프 지점에서 거리별 적정 RSSI 기대값이 AP2는 -40dBm, AP3은 -60dBm일 때 실제로는 -50dBm, -60dBm 일 경우 IEEE 802.11 핸드오프 알고리즘은 단순 RSSI값만 가지고 핸드오프하기 때문에 -50dBm의 AP2로 핸드오프 하게 된다. 하지만 노드와 거리별 기대값을 고려하여 AP3로 핸드오프 하는 것이 노드의 이동에 따라 더 좋은 대역폭을 받을 수 있다.

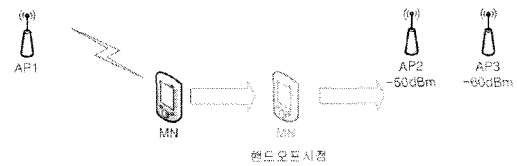


그림 5. 거리별 RSSI를 고려한 핸드오프

##### 3.1.2 노드의 이동 방향

RSSI 이동방향에 따라서도 RSSI값이 급속하게 낮아지므로 이동방향을 고려해야한다. 그림 6과 같이 핸드오프 시점에서 AP1과 AP2와의 거리가 같을 경우 수식(1)에 의한 적정 RSSI 기대값은 -40dBm 일 때 기존 IEEE 802.11 핸드오프에서는 AP1로 핸드오프 한다. 하지만 이 경우 이동 노드가 AP2로 이동하기 때문에 노드의 이동에 따라 AP1의 RSSI값이 급격하게 낮아지고 반면 AP2의 RSSI값은 높아진다. 그렇기 때문에 핸드오프 시점에서 노드의 이동방향을 고려하여 핸드오프 해야 한다.

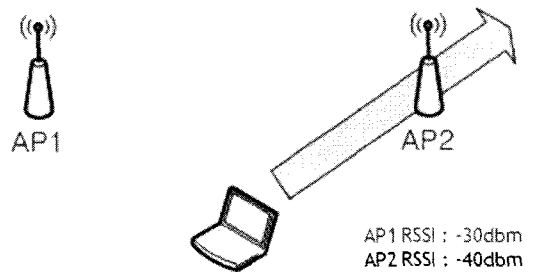


그림 6. 이동방향과 RSSI를 고려한 핸드오프

##### 3.1.3 노드의 이동 속도

IEEE 802.11 핸드오프와 단순 위치기반 핸드오프에서는 이동속도를 고려하지 않고 있다<sup>[1], [5-13]</sup>. 하

지만 효율적인 핸드오프를 하기 위하여 이동속도를 고려해야한다. 그림 7과 같이 액세스포인트는 50m 간격으로 설치되어있고, 약 150m까지 이동 노드가 원하는 대역폭을 제공한다고 가정했다. 이동 노드는 AP1과 통신을 하면서 AP8의 방향으로 이동했다. AP1에서 약 150m떨어진 A지점에서 핸드오프가 발생한다.

노드의 이동속도가 30km/h일 때, 기존 IEEE 802.11 핸드오프는 지연시간으로 인하여 연결단절 후 B지점에서 AP5와 연결이 되고, 기존 위치기반 핸드오프일 경우 핸드오프 시점 A에서 AP4로 핸드오프를 하게 된다. 이때 AP4와 AP5로부터 서비스 받을 수 있는 시간은 각각 18초와 24초이다. 이런 패턴으로 1시간동안 이동하며 핸드오프 할 경우 표 2와 같으며 200회와 150회의 핸드오프가 발생한다. 모든 핸드오프 지연시간을 1초라 할 때 200초와 150초 단절이 발생했고, 3600초중 5.55%, 4.16%를 차지했다. 이때 같은 환경에서 AP7로 핸드오프 하여서 서비스 받을 경우 100회의 핸드오프가 발생하며, 2.77%의 연결단절이 발생한다. 속도가 빠를 경우 AP4와 AP5는 많은 핸드오프가 발생하고 그로 인한 지연시간이 약 5%를 차지하기 때문에 AP7로 핸드오프 하는 것이 더 효율적이다.

이동속도가 4Km/h일 경우 같은 조건에서 1시간 동안 핸드오프 할 경우 AP4, AP5와 AP7은 각 26

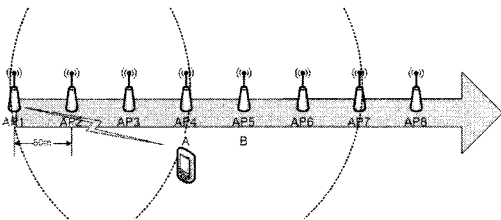


그림 7. 이동속도를 고려한 핸드오프

표 2. 1시간 동안 핸드오프 횟수

속도 (km/h)	거리			
	0m	50m	100m	150m
4	26	20	16	13
	0.74%	0.55%	0.44%	0.37%
10	66	50	40	33
	1.85%	1.38%	1.11%	0.92%
20	133	100	80	66
	3.70%	2.77%	2.22%	1.85%
30	200	150	120	100
	5.55%	4.16%	3.33%	2.77%

회, 20회, 13회의 핸드오프가 발생했고, 0.74% 0.55%, 0.37%의 연결단절이 발생한다. 이 경우 연결단절시간은 0.8%미만으로 작다. 즉, 속도가 낮아 질수록 핸드오프로 횟수로 인한 지연시간을 줄어 들게 되는 반면 한 액세스포인트로부터 오랜 시간 서비스받기 때문에 안정성을 중시하는 것이 더 효율적이다.

### 3.2 제안 위치기반 알고리즘

우리가 제안하는 알고리즘은 액세스포인트와 노드간의 거리, 이동속도와 방향, 신호세기를 이용하여 효율적인 핸드오프 할 수 있도록 그림 8과 같이 설계했다.

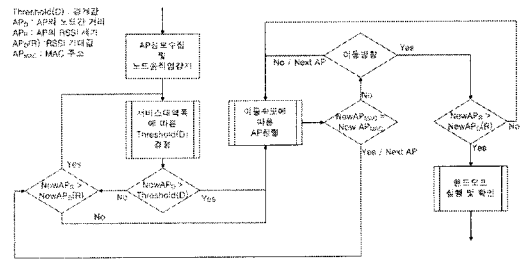


그림 8. 제안 위치기반 핸드오프 알고리즘

#### 3.2.1 핸드오프 경계값

이동노드는 주변의 액세스포인트가 방송하는 비콘 프레임을 바탕으로 액세스포인트의 정보를 수집 한다. 현재 연결된 액세스포인트와 거리를  $CurrentAP_D$ , 핸드오프 경계값을  $Threshold(D)$ 라 할 때,  $CurrentAP_D$ 가 경계값 이상일 때 핸드오프 알고리즘을 수행하게 된다. 이때  $Threshold(D)$ 는 이동노드가 받는 서비스에 따라 보장되어야하는 대역폭에 의해 결정된다. 즉, 동영상 같은 서비스는 높은 대역폭이 필요하므로, 대역폭을 보장받기 위해 RSSI값이 높아야한다. 그러므로 그림 4와 수식(1)에 의하여 액세스포인트와 거리가 가까울수록 대역폭이 높아지므로  $Threshold(D)$ 는 작아진다. 이렇게 결정된  $Threshold(D)$ 는 현재 연결된 액세스포인트로부터 충분한 서비스를 받을 수 있는 거리를 의미하며 불필요한 핸드오프를 방지하기 위한 값이다.

#### 3.2.2 액세스포인트의 우선순위

$Threshold(D)$ 에 의하여 핸드오프가 필요할 경우, 핸드오프 알고리즘에 의하여 액세스포인트를 선택하게 된다. 이때 본 논문에서는 비콘 프레임을 통하여 얻은 액세스포인트의 정보를 바탕으로 이동속도와

방향을 고려하여 우선순위를 정했다.

우선 노드의 이동방향은 3.1절과 같은 이유로 이동방향에 있는 액세스포인트에 우선순위를 준다. 또한 이동속도에 따라서 액세스포인트의 우선순위를 정했다. 즉 이동속도가 낮은 경우 가까운 액세스포인트의 우선순위를 높게, 이동속도가 높을 경우 Threshold(D)범위안의 액세스포인트 중 가장 Threshold(D)근접한 액세스포인트의 우선순위를 높게 하여 효율적인 핸드오프가 가능하게 했다.

### 3.2.3 신호세기

액세스포인트와 이동노드간 대역폭을 보장하기 위해 수식(1)을 이용하여 기대값  $CurrentAP_D(R)$ 과  $NewAP_D(R)$ 을 구하게 된다. 이 기대값과 현재 연결되거나 핸드오프 예정인 액세스포인트의 신호세기인  $CurrentAP_R$ 과  $NewAP_R$ 을 비교하여 적정 신호세기 일 경우 핸드오프를 수행한다. 만약 적정 신호세기 보다 작은 경우 액세스포인트의 주변에 장애물이나 통신이 원활하지 않은 것으로 판단하여 다음 우선순위에 있는 액세스포인트를 선택한다.

## IV. 구현

본 논문에서 제안하는 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 비콘 프레임을 통하여 위치정보를 전달할 수 있는 액세스포인트와 위치기반의 핸드오프 알고리즘을 수행하는 노드를 구현했다.

### 4.1 위치전달 및 수신방법

위치기반의 핸드오프는 액세스포인트와 이동노드의 위치를 기반으로 핸드오프를 결정한다. 그렇기 때문에 액세스포인트의 위치 정보를 이동 노드가 알아야한다. 위치 정보를 습득하는 방법에는 기존연구에서와 같이 액세스포인트의 위치를 이동노드가 미리 알고 있거나, 액세스포인트의 위치를 입력해둔 GPS서버를 통하여 받는 방법들이 있다. 하지만 이동노드가 미리 위치 정보를 알고 있을 경우, 액세스포인트의 고장 등으로 인해 원활한 서비스제공이 불가능한 경우 대처하기가 어렵다. 또한 GPS서버를 이용하여 핸드오프시점을 결정할 경우 많은 이동노드가 존재 하면 서버에 많은 부하를 가져올 수 있다.

그렇기 때문에 우리는 그림 9와 같이 GPS 응용 프로그램과 Madwifi드라이버<sup>[15]</sup>를 통하여 직접 전달하는 방법을 선택했다. GPS로부터 1초마다 얻은 좌표를 응용프로그램을 통하여 위치정보 테이블에 저

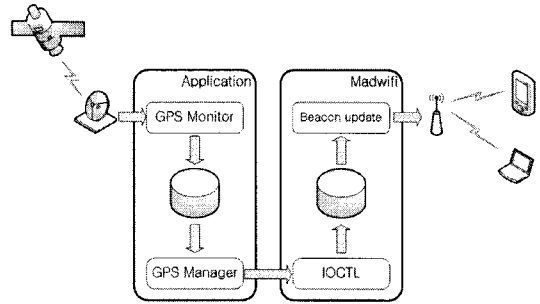


그림 9. 비콘을 통한 위치 전달방법(액세스포인트)

장하고, 이를 IOCTL을 통하여 Madwifi에 전달한다. Madwifi에서는 응용프로그램으로부터 전달받은 위치정보를 비콘 프레임 마지막 부분에 추가하여 약 100ms간격으로 브로드캐스트 한다. 이때 일반적으로 액세스포인트는 1Mbps로 전송하기 때문에 데이터 통신범위보다 멀리 위치정보가 포함된 비콘 프레임을 전송할 수 있다.

이러한 성질을 이용하여 전달된 비콘 프레임을 이동노드는 그림 10과 같이 Madwifi 드라이버를 통하여 수신한다. 비콘 프레임을 통해 수신된 각 AP의 위치정보는 일차적으로 Madwifi 드라이버를 통해 테이블에 저장되며, IOCTL을 통하여 응용프로그램으로 값이 전달된다. 이때 이동노드는 각 AP의 위치와 자신의 위치도 알아야하므로 2개의 위치 테이블을 가진다. 핸드오프 매니저는 2개의 위치 테이블과 노드의 GPS정보 필드에서 제공하는 이동속도와 방향을 이용하여 핸드오프 알고리즘에 의해 핸드오프를 실행한다.

하지만 비콘 프레임은 같은 채널에서만 수신 가능하기 때문에 다른 채널의 액세스포인트의 정보를 받지 못하는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 핸드오프 임계값이 다가올 때 정해진 채널을 백그라운드스캔(Background scan)을 통

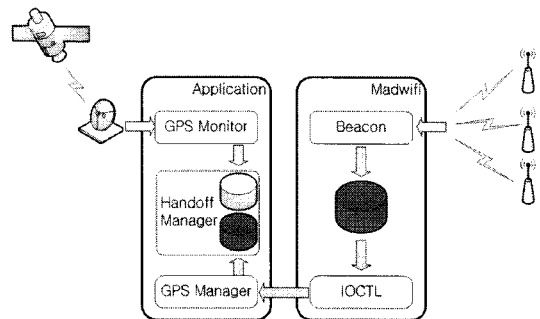


그림 10. 비콘을 통한 위치 수신방법(이동노드)

하여 다른 채널의 액세스포인트의 정보를 수신 받을 수 있게 했다.

이와 같은 방식으로 기존연구와 달리 이동 노드의 주변 액세스포인트의 위치정보만 가지고 있으므로 부하가 적으며, 액세스포인트가 GPS정보를 받아 전송하기 때문에 서비스가 불가능한 액세스포인트로의 핸드오프를 방지 할 수 있다.

#### 4.2 액세스포인트

비콘 프레임을 사용하여 위치정보를 주변의 노드에게 전달하기 때문에 액세스포인트의 구현이 필요했다.

액세스포인트는 그림 11의 PC Engines사의 Alix 3C2 보드를 사용했다. Alix 3C2보드는 500MHZ AMD Geode LX800의 CPU와 256MB DDR DRAM, 2miniPCI slots, 2USB port, CompactFlash socket 등을 가지고 있다. 2miniPCI slots에는 노드에 서비스를 제공하는 액세스포인트와 실험을 하기 위해 액세스포인트간 통신을 위하여 2개의 Atheros 칩셋의 랜카드를 사용하고, USB port에는 위치정보를 알기위하여 USB GPS를 사용했다.

구현된 액세스포인트의 소프트웨어 구조는 그림 12와 같다. 기본운영체제로는 Linux Kernel 2.6.19.2 버전의 Pyramid Linux 1.0b6을 사용하였으며, 액세스포인트간의 통신을 위하여 OLSR, IP Forwarding, Proxy ARP를 사용했다.

마지막으로 4.1절과 같이 GPS를 이용하여 위치정보를 비콘 프레임에 넣어서 전달하기 위하여 수정된 Madwifi Device Driver를 사용하여 위치정보

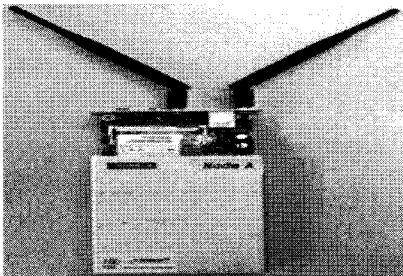


그림 11. 구현된 액세스포인트

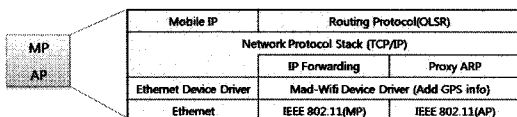


그림 12. 액세스포인트 소프트웨어 구조

가 추가된 비콘을 방송하도록 설계했다.

#### 4.3 이동노드

이동노드는 Fujitsu E8410 노트북에 USB GPS와 Atheros 칩셋의 PCMCIA 랜카드를 사용했다. 구현된 이동 노드의 소프트웨어구조는 그림 13과 같다. 기본 운영체제로는 Linux Suse 10.2를 사용하였으며, 주변의 액세스포인트가 방송하는 위치정보가 담긴 비콘 프레임을 수신하기 위하여 수정된 Madwifi 드라이버를 사용했다. 비콘을 통해 수집된 액세스포인트의 위치정보와 자신의 GPS를 통해 얻은 위치정보를 바탕으로 각 액세스포인트와 거리를 계산하도록 하였고, 노드의 이동속력에 따라 제안된 위치기반 알고리즘에 의하여 핸드오프를 수행하도록 했다.

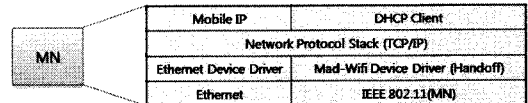


그림 13. 이동노드 소프트웨어 구조

### IV. 성능분석

본 논문에서는 GPS의 위치정보를 활용하여 기존 핸드오프보다 뛰어난 성능을 위하여 핸드오프의 지연시간을 줄이고, 이동방향과 속도를 고려하여 최적의 액세스포인트를 선택하는 알고리즘을 설계했고, 구현했다.

그리고 성능을 입증하기 위해 핸드오프 지연시간 실험, 이동방향에 따른 핸드오프 실험과 전송 대역폭 측정 실험을 했다.

#### 5.1 채널 검색 지연시간

앞서 2.1절에서 살펴본 바와 같이 Layer2의 핸드오프에서 채널검색은 많은 부분을 차지하고 있다. 이러한 지연시간은 이동 노드에게 실시간 멀티미디어 서비스를 제공함에 있어서 큰 문제점으로 작용한다. 이에 본 논문에서는 액세스포인트가 약 100ms간격으로 보내는 비콘 프레임에 포함된 액세스포인트의 위치정보와 이동노드의 위치정보를 활용하여 핸드오프를 예측 하여 채널검색으로 인한 지연시간을 줄이고자 했다.

성능평가를 위하여 그림 14와 같이 실험 환경을 구축했다. 이동 노드가 AP1에서 AP2로 핸드오프



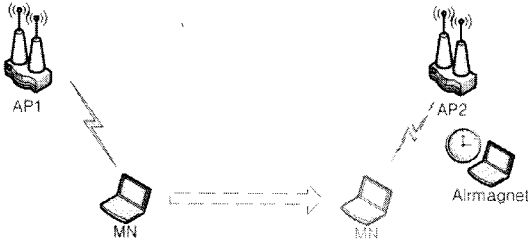


그림 14. 핸드오프 지연시간 실험환경

할 때 AirMagnet<sup>[17]</sup>이 설치된 노트북에서 패킷을 수집하여 핸드오프 지연시간을 측정하였다. 그 결과 그림 15와 같은 결과를 얻었다.

기존 IEEE 802.11의 핸드오프 지연시간의 평균은  $T_{probe}$  334ms,  $T_{auth}$  2.3ms,  $T_{asso}$  1.5ms 이었지만 위치기반의 핸드오프는  $T_{probe}$  0ms,  $T_{auth}$  2.4ms,  $T_{asso}$  1.3ms로 나타났다. 이는 연결이 끊어지기 전 핸드오프 할 정확한 액세스포인트를 알고 있으므로 채널 검색시간을 제거 할 수 있었다. 그 결과 채널 검색에 걸리는 시간을 평균 334ms를 단축시킬 수 있었고, 핸드오프 예측으로 연결단절 인식시간인 5.3s도 제거했다.

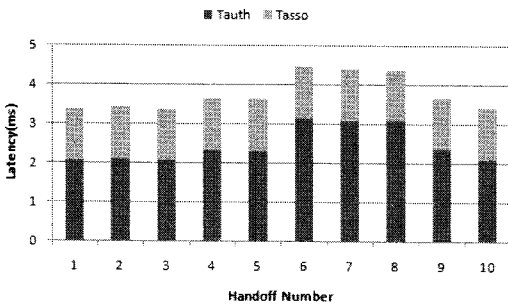


그림 15. 제안 위치기반 핸드오프 Layer2 지연시간

### 5.2 이동방향에 따른 핸드오프

노드가 이동하면서 핸드오프를 할 때 보다 높은 전송 대역폭을 받고, 잦은 핸드오프를 방지하기 위해 노드의 이동방향을 고려해야 한다. 이에 본 논문에서 제안한 알고리즘에는 노드의 이동방향을 고려

표 3. 이동 방향에 따른 핸드오프 결과

이동방향	노드	1회	2회	3회	4회	5회
왼쪽	제안	AP2	AP2	AP2	AP2	AP2
	일반	AP2	AP3	AP3	AP2	AP2
오른쪽	제안	AP3	AP3	AP3	AP3	AP3
	일반	AP3	AP2	AP3	AP3	AP2

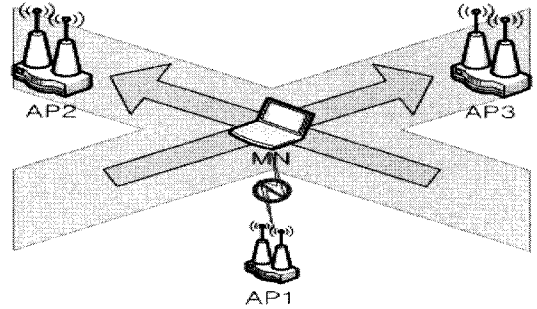


그림 16. 이동방향에 따른 핸드오프 실험

하여 핸드오프 하도록 설계했다. 이를 증명하기 위하여 그림 16과 같은 환경에서 실험했다. 이때 AP2와 AP3은 비슷한 RSSI값을 가지고 있고, MN은 AP1과 연결을 유지하며 이동하다 AP2와 AP3의 중간지점에서 핸드오프가 일어나도록 했다. 실험은 각 방향별로 각각 5회 실시 했고, 결과는 표 3과 같다.

IEEE 802.11의 일반 노드는 핸드오프시 RSSI값만 고려하기 때문에 이동방향에 관계없이 AP2와 AP3을 번갈아가면서 핸드오프 했다.

반면에 제안 위치기반 알고리즘은 제안된 알고리즘에 의해 이동방향의 AP를 선택하여 핸드오프 되는 것을 확인 했다.

### 5.3 전송 대역폭 비교

본 논문에서 제안한 위치기반 알고리즘은 속도에 따라 Threshold(D)를 설정하여 불필요한 핸드오프 방지하고, 위치정보를 이용하여 최적의 액세스포인트를 선택하도록 했다. 성능평가를 위하여 Linux에서 많이 사용하고 있는 IEEE 802.11표준의 Madwifi드라이버와 기존 위치기반 핸드오프를 제안 위치기반 핸드오프를 비교했다.

실험 환경은 그림 17과 같이 100m, 50m간격으로 AP1에서 AP4까지 배치했다. 그리고 이동노드는 AP1에서 AP4로 이동하면서 Iperf 1.2.0[16]을 사용하여 대역폭을 측정했다. 각 액세스포인트에 별도로 Iperf 서버를 설치하여 정확한 대역폭을 측정하고자 노력했다.

제안 알고리즘과 IEEE 802.11 표준 기반인 Madwifi 드라이버와 대역폭 비교 결과는 그림 18과 같고, 기존 위치기반과 대역폭 비교 결과는 그림 19와 같다. 그래프의 X축과 Y축은 각각 거리와 전송대역폭을 나타내며, X축의 0m, 100m, 200m, 250m에 각각 AP1, AP2, AP3, AP4가 위치하고 있다.

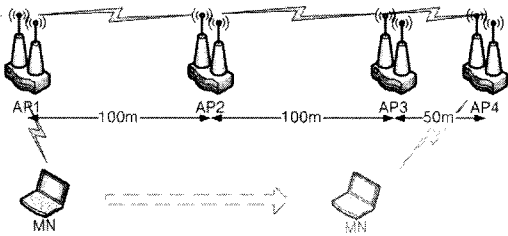


그림 17. 전송 대역폭 실험 환경

Madwifi 드라이버의 대역폭 분석결과 Madwifi 드라이버는 AP1에서 AP4까지 이동함에 따라 RSSI 값에 감소하였고, 그림 18과 같이 점점 대역폭을 줄여가며 AP1의 통신범위까지 연결을 유지하고 있는 것을 볼 수 있었다. 그 결과 거리가 멀어짐에 따라 대역폭이 저하되었고, AP1의 통신범위인 약 180m까지 연결을 유지했다. 그 후 연결이 약 5초간 단절 된 후 채널검색을 과정을 통하여 RSSI 신호 값이 제일 강한 AP3로 핸드오프 했고, 평균 19.81Mbps의 대역폭을 보였다.

또한 기존 위치기반 핸드오프는 액세스포인트간 거리만 고려하기 때문에 그림 19와 같이 이동노드가 AP1에서 AP4로 이동하는 동안 각각 중간지점

에서 핸드오프가 발생했고, 이 때 마다 약 5초의 연결 단절이 발생했다. 평균대역폭은 23.62Mbps로 Madwifi보다 높은 대역폭을 보였다.

반면에 위치기반 핸드오프는 AP1에서 AP4로 이동하면서 각 AP에서 방송하는 비콘 프레임을 통해 액세스포인트의 위치정보를 알 수 있고, 약 60m 지점에서 AP4의 위치정보까지 수신했다. 이때 각 액세스포인트간 중간지점에서 핸드오프 했던 기존 위치기반 핸드오프와 달리 노드의 이동속도에 의해 결정된 Threshold(D) 값에 의해 약 140m지점까지 AP1과의 연결을 유지했다. 그 후 제안된 핸드오프 알고리즘에 의해 AP4로 핸드오프가 발생 했다. 이 때 이동노드는 채널검색으로 인한 지연이나 연결의 단절은 발생하지 않았고, 평균 26.28Mbps의 대역폭을 보였다.

Madwifi 드라이버와 기존 위치기반 핸드오프와 비교할 때 약 24.8%와 4.7%의 향상된 성능을 보였고, Madwifi와 기존 위치기반 핸드오프에서 발생한 5~14초간 발생한 연결의 단절시간도 1초미만으로 줄였다.

## V. 결 론

IEEE 802.11 기반에서 VoIP등의 실시간 멀티미디어서비스에 필요한 전송대역폭을 받고, 끊김 없는 핸드오프 알고리즘이 매우 중요한 이슈로 부각되고 있다. 이에 본 논문에서는 GPS를 이용하여 액세스포인트의 위치정보를 전달하고, 활용하여 효율적인 위치기반 핸드오프 알고리즘을 제안했고, 설계 및 구현했다. 그리고 지연시간 측정 및 대역폭 측정을 통하여 성능을 평가 했다. 그 결과 기존 IEEE 802.11 핸드오프 과정 중 많은 지연시간을 차지하는  $T_{detect}$  제거 할 수 있었으며,  $T_{probe}$ 를 단축 하여 Layer2에서 약 98%의 지연시간을 줄였다. 또한 Madwifi와 기존 위치기반 핸드오프 보다 효율적인 핸드오프를 통하여 약 24.8%와 4.7% 대역폭이 향상됐다.

차후 연구 과제로는 메쉬네트워크를 구축, 복잡한 도시환경에 설치하여 알고리즘을 성능평가 할 예정이다.

## 참 고 문 헌

- [1] IEEE 802.11, Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY)

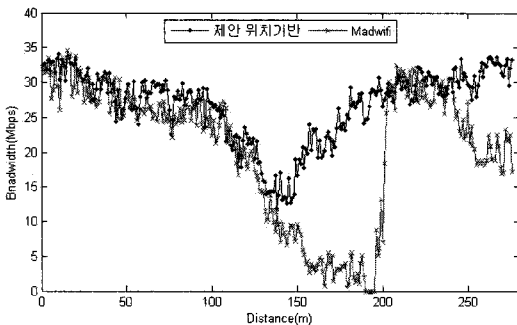


그림 18. Madwifi와 대역폭 비교

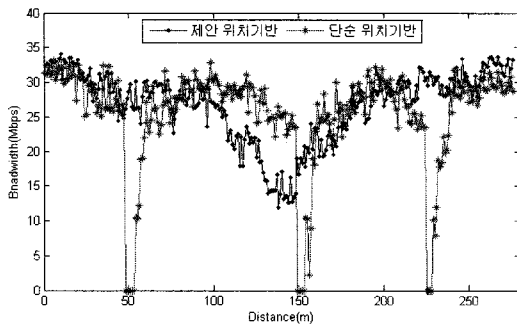


그림 19. 단순 위치기반 알고리즘과 대역폭 비교

Specifications, IEEE 802.11-2007.

[2] A. Mishra, M. Shin, and W. Arbaugh, "An Empirical Analysis of the IEEE 802.11 MAC Layer Handoff Process," ACM Mobile Computing and communications Review 33, April 2003.

[3] ITU-T Recommendation G.114: One-Way Transmission Time, February 1996

[4] H.S Park, S.H Han and J.D Kim, "Vehicular Client Roaming and Location-based Handoff Through Multiple WLAN APs in a Container Terminal," ICHIT2009, August 2009.

[5] H. Kim, S. Park, C. Park, J. Kim, and S. Ko, "Selective Channel Scanning for Fast Handoff in Wireless LAN using Neighbor Graph," ITC-CSCC 2004, July 2004.

[6] SL Tsao, and YL Cheng, "Improving Channel Scanning Procedures for WLAN Handoffs," Vol. 4809 Lecture Notes in Computer Science, 2007.

[7] TY Wu, CC Lai, HC Chao, "Efficient IEEE 802.11 handoff based on a novel geographical fingerprint scheme," Wireless Communications and Mobile Computing, 2006.

[8] H Wu, K Tan, Y Zhang, Q Zhang, "Proactive Scan: Fast Handoff With Smart Triggers for 802.11 Wireless LAN," IEEE INFOCOM 2007.

[9] W Wanalertlak, B Lee, "Global Path-Cache Technique for Fast Handoffs in WLANs," ICCCN 2007.

[10] S Mellimi, SV Rao, "Location Based fast MAC Handoffs in 802.11," Wireless, Mobile and Multimedia Network, 2008.

[11] J. Montavont and T. Noel, "IEEE 802.11 Handovers Assisted by GPS Information," Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications, June 2006.

[12] A Dutta, S Madhani, W Chen, "GPS Assisted fast-handoff mechanism for real-time communication," 2006 IEEE Sarnoff Symposium, 2006.

[13] 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 2005, October 2005.

[14] Free space loss at 2.45Ghz [online]  
[http://huizen.deds.nl/~pa0hoo/helix\\_wifi/linkbudgetcalc/wlan\\_budgetcalc.html](http://huizen.deds.nl/~pa0hoo/helix_wifi/linkbudgetcalc/wlan_budgetcalc.html)

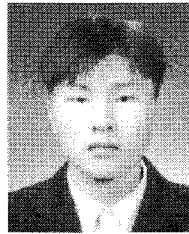
[15] Madwifi [online]  
<http://www.madwifi-project.org>

[16] Iperf, UDP Bandwidth Tool [online]  
<http://sourceforge.net/projects/iperf>

[17] AirMagnet, WiFi Analyzer Tool [online]  
<http://www.airmagnet.com>

한 승 호 (Seung-Ho Han)

준회원



2008년 2월 원광대학교 전기전자 및 정보공학부  
 2008년 3월~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 석사과정  
 <관심분야> 무선통신

양 승 철 (Seung-Chur Yang)

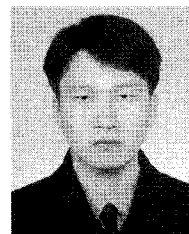
정회원



2006년 2월 부산가톨릭대학교 컴퓨터정보공학  
 2008년 8월 부산대학교 컴퓨터공학과 석사  
 2008년 9월~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 박사과정  
 <관심분야> 무선통신

김 중 덕 (Jong-Deok Kim)

종신회원



1994년 2월 서울대학교 계산통계학과  
 1996년 2월 서울대학교 전산과 학과 석사  
 2003년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과 박사  
 2004년 2월~현재 부산대학교

정보컴퓨터공학과, 조교수  
 <관심분야> 무선통신, 이동통신망, RFID/USN