

IEEE 802.11 환경에서 사전 AP 정보를 이용한 핸드오프 성능 개선

이 한 나*, 김 향 미*, 김 상 경^o

Improvement of Handoff Performance Using Prefetched AP Information in IEEE 802.11

Lee Han-Na*, Hyang-Mi Kim*, Sangkyung Kim^o

요 약

본 논문은 IEEE 802.11 무선랜(WLAN) 환경에서 개선된 핸드오프를 제안한다. 핸드오프는 이동단말 사용자가 현재 접속된 AP(Access Point)의 영역을 벗어나 다른 AP와 접속이 필요할 때 발생한다. 핸드오프 과정은 채널검색, 재인증, 재연결의 3가지 논리적 단계로 나눌 수 있다. 이 단계 중에서 채널검색 단계는 전체 핸드오프 지연시간 90% 이상을 차지한다. 만일 핸드오프 과정에서 소요되는 시간이 길어질 경우 데이터 손실 및 서비스 끊김 등과 같은 네트워크 성능 저하가 발생된다. 본 논문에서는 채널검색 단계 없이 핸드오프를 수행토록 함으로써 핸드오프 성능을 개선하기 위한 방법을 제안한다. 이를 위해 AP들은 상호간 통신을 통해 이웃한 AP의 주소, 위치, 사용자 채널번호, 연결 단말의 수 등을 미리 획득하여 연결된 이동단말에 전달한다. 이동단말은 이 정보를 활용하여 보다 정확한 핸드오프를 수행하고, 지연시간 등의 성능을 개선할 수 있다. 시뮬레이션을 통해 성능 분석을 수행하였으며, 그 결과 핸드오프 지연시간 및 횟수가 줄어들었음을 확인하였다.

Key Words : handoff, handover, IEEE 802.11, access point, handoff latency

ABSTRACT

This paper proposes the improved handoff mechanism for IEEE 802.11 wireless LANs. When a wireless mobile node moves out of the coverage of its currently associated AP(Access Point) and needs to be re-associated with a new AP, a handoff procedure is initiated. Channel scanning process during a handoff procedure occupies over 90% of total handoff latency. Long latency leads to many packet losses and service discontinuity, which degrades wireless network performance. This paper describes about the new mechanism to improve handoff performance by skipping channel scanning during a handoff procedure. In order for that, acquires neighboring AP information such as its address, location, channel number in use, the number of associated nodes before handoff, and delivers the information to its associated mobile nodes. The mobile nodes can reduce handoff latency and perform more exact handoff using the delivered AP information. We have conducted simulations to analyze our proposal's performance and confirmed that handoff latency and the number of handoff occurrences are decreased.

* First Author : Gangneung-Wonju National University, hanna@gwnu.ac.kr, 정회원

^o Corresponding Author : Gangneung-Wonju National University, skkim98@gwnu.ac.kr, 종신회원

* Gangneung-Wonju National University, hmkim@gwnu.ac.kr, 정회원

논문번호 : KICS2015-08-247, Received August 8, 2015; Revised November 16, 2015; Accepted November 16, 2015

I. 서 론

IEEE 802.11 무선랜 환경에서 이동단말은 무선으로 된 로컬 영역 내의 AP(Access Point)를 통해 통신한다. 이동단말은 무선랜 지역인 AP의 통신영역을 돌아다니며 네트워크에 연결할 수 있다. 이동단말은 현재 연결된 AP의 영역을 벗어나 다른 AP로 이동하면 핸드오프를 시작한다. IEEE 802.11 표준에 따른 핸드오프는 채널검색(Probe Phase), 재인증(Re-Authentication), 재접속(Re-Association)의 단계를 거친다^[1]. 이 과정에 소요되는 시간을 핸드오프 지연시간이라고 하며, 핸드오프 지연시간이 길어진다면 서비스의 연속성을 보장할 수 없다. 뿐만 아니라 많은 양의 데이터 손실을 야기하여 전체 네트워크 안정성을 저하시키는 결과를 초래한다. A. Mishra 외 저자들의 연구 결과에 따르면 IEEE 802.11 핸드오프의 채널검색 단계에서 소요되는 시간은 전체 핸드오프 지연시간의 약 90%를 차지하며, 평균 300ms 이상 소요된다^[2].

기존 연구에서 이동단말이 현재 접속된 AP와 연결이 끊어지기 전 핸드오프 수행을 예측하는 연구가 활발히 진행되었다^[3-10]. RSSI(Received Signal Strength Indication)^[3,4,7], 다중인터페이스^[5,6], 이동패턴^[8], GPS 서버^[9,10] 등을 이용하여 핸드오프의 채널검색 단계에서 소요되는 시간을 줄이는 연구가 수행되었다. 링크품질을 기반으로 한 핸드오프^[3,4,7]는 RSSI를 기준으로 핸드오프 시점을 판단하여, 거리에 따른 RSSI를 측정하여 링크품질이 가장 좋은 새로운 AP를 선택한다. 그러나 RSSI는 장애물, 왜곡, 잡음 등 외부환경에 많은 영향을 받기 때문에 RSSI만 고려할 경우 잦은 핸드오프가 발생할 가능성이 있다. 다중 인터페이스 기반 핸드오프^[5,6]는 주 인터페이스는 데이터 통신을 하고 부 인터페이스는 채널 검색을 담당한다. 이로써 채널검색 시간을 줄였으나 자원을 낭비하는 단점이 존재한다. 단말의 이동패턴을 이용하여 핸드오프를 수행할 AP를 결정하는 기법^[8]이 있으나 이동패턴을 미리 알고 있어야 하는 제약이 존재한다. 그 밖에 이동단말의 GPS 위치 정보를 이용하여 서버가 새로 접속할 AP의 정보를 이동단말에 전송함으로써 핸드오프하는 방법^[9,10]이 있다. 이 방법의 경우 AP에 접속된 단말이 많을 경우 네트워크 부하를 가져올 뿐만 아니라 위치정보만을 이용하여 핸드오프를 수행함으로 장애물로 인한 통신장애를 감지하지 못하는 단점이 존재한다^[9,10].

본 논문에서는 채널검색에 소요되는 지연시간을 없애고, 핸드오프 시점 결정의 정확성과 유연성을 향상시키는 핸드오프를 제안한다. 제안하는 핸드오프 기법은

AP간의 통신을 통해 수집한 AP들의 정보를 해당 AP와 연결된 이동단말에 미리 알려줌으로써 이동단말이 채널검색과정 없이 핸드오프를 수행할 수 있다. 이때 포함되는 정보는 AP의 사용채널번호, 위치, 재접속할 AP의 BSSID(Basic Service Set Identifier), 연결된 단말의 수, 재접속 단계에서 필요한 정보 등이다. 결과적으로 이동단말은 기존의 채널검색단계를 거치지 않아 핸드오프 지연시간을 최소화할 수 있으며, 미리 획득한 정보를 활용하여 핸드오프 시점 판단 및 최적의 AP를 선택함에 있어서 유연성을 갖는다.

II. 관련 연구

2.1 IEEE 802.11 표준 핸드오프

IEEE 802.11 표준은 802.11 MAC(Medium Access Control) 프로토콜과 물리계층 파라미터를 정의하고 있지만, 특정한 핸드오프 알고리즘에 대해서는 정의되어 있지 않다. IEEE 802.11에서 핸드오프 절차는 채널 검색, 재인증 및 재접속의 세 가지 논리적 단계를 거친다^[1].

채널검색 단계는 이동단말이 현재 접속해 있는 AP와의 신호세기가 임계치 이하로 떨어질 경우 재접속할 AP를 찾는 과정으로 이동단말이 AP의 정보를 수집하기 위해 여러 채널에 대한 탐색을 순차적으로 진행한다. 채널검색 단계를 통해서 이동단말은 재접속할 AP를 선택하고, 선택한 AP와 재접속하기 전 재인증 단계를 거친다. 이때 재인증 단계란 AP가 해당 이동단말이 자신에게 접속될 수 있는지에 대한 권한을 인증하는 단계이다. 즉, 무선 네트워크에 보안성을 강화하기 위한 과정이라 할 수 있다. 재접속할 AP로부터 인증을 받은 단말은 재접속 단계에 들어가는데, 이는 인증을 받은 이동단말이 현재 접속된 AP와의 접속을 끊고 새로운 AP와 접속을 하는 것을 의미한다. 이 과정에서 재접속하는 AP는 기존 통신하던 AP와 AP간 통신을 한다. AP간의 통신에는 IAPP(Inter-Access Point Protocol)가 사용된다^[11]. IAPP 패킷을 이용해서 기존 AP에 버퍼링되어 있는 패킷을 재접속할 새로운 AP가 전송받고, 기존 AP와 이동단말간의 접속을 종료시키고 새로운 AP에 전송된 패킷을 재접속된 이동단말로 전송함으로써 재접속 단계는 끝이 난다.

2.2 GPS 서버 기반

GPS 서버 기반 핸드오프 기법^[10]은 GPS 서버의 도움을 받아 핸드오프를 진행한다. 이동단말에 GPS를 장착하고 주기적으로 GPS 서버로 Location Update

(LU) 메시지를 전송한다. 이동단말은 현재 연결된 AP와의 거리가 경계값(Threshold)보다 멀어지면, 자신의 현재 좌표를 LU 메시지에 담아서 GPS 서버로 전송한다. 메시지를 수신한 서버는 이동단말의 위치를 파악하여 핸드오프 수행 시점을 판단한다. 만일 핸드오프 수행 시점으로 판단된다면, GPS 서버는 이동단말과 접속 가능한 AP들의 좌표들을 비교하여 가장 가까운 AP를 선택하여 이동단말로 알려준다. 정보를 수신한 이동단말은 해당 AP의 채널로 Probe Request를 전송하며, 이후 과정은 기존 핸드오프 방식과 동일하게 진행된다. 그러나 이동단말의 위치가 변경될 때마다 위치정보 메시지를 서버로 전송하기 때문에 이동단말이 많을 경우 서버와 네트워크 부하 부담을 가중시키는 결과를 초래한다. 또한 서버가 선택해 준 해당 AP에 문제가 발생하였을 경우에는 기존 IEEE 802.11 핸드오프 방식의 채널검색 단계를 따르기 때문에 지연시간을 최소화하지 못한다. GPS 서버 기반 기법은 신호세기를 고려하지 않고 오로지 좌표에 따른 거리만으로 핸드오프를 수행하기 때문에 장애물에 의해 지속적인 통신장애가 발생할 경우 적절히 대처하지 못하는 단점이 존재한다.

III. 사전 AP 정보를 이용한 핸드오프 기법

본 논문은 실외 환경에서 단말과 AP의 위치 정보를 활용한 핸드오프 기법을 제안한다. 따라서 각 단말과 AP는 자신의 위치를 알 수 있다고 가정한다. 제안 기법은 다음의 5개 단계로 나누어 진행된다. 첫째는 AP간의 정보를 획득하는 단계, 둘째는 획득한 AP정보를 이동단말로 전달하는 단계, 셋째는 핸드오프 수행시점을 결정하는 단계, 넷째는 최적의 AP를 선택하는 단계, 마지막은 인증과 연결 단계로 핸드오프를 완료한다.

3.1 주변 AP 정보 획득 과정

이동단말은 기존 연결된 AP 외에 새로운 AP와의 핸드오프 수행에 필요한 정보를 미리 획득하여야 한다. 이를 위해서는 접속 AP는 주변 AP 정보를 사전에 획득하여 접속된 이동단말로 제공한다. 표 1은 주변 AP 정보 획득을 위해 AP간 사용하는 IAPP 패킷 유형을 나타낸 것으로, IAPP 패킷 명령필드의 미사용 영역 7과 8을 각각 'Send-APInfo-Block'과 'Update-APInfo-Block'으로 새롭게 정의하였다.

그림 1은 표 1에서 추가된 패킷을 이용한 AP들간의 정보 전달 과정을 나타낸다. AP는 핸드오프 수행에 필요한 자신의 정보를 'Send-APInfo-Block'에 담는다. 이후 AP는 주변 AP로 자신의 정보가 담긴

표 1. IAPP 패킷의 추가된 명령필드
Table 1. Added command fields of IAPP packet

Value	Command
0	ADD-notify
1	MOVE-notify
2	MOVE-respose
3	Send-Security-Block
4	ACK-Security-Block
5	CACHE-notify
6	CACHE-respose
7	Send-APInfo-Block
8	Update-APInfo-Block
9-255	Reserved

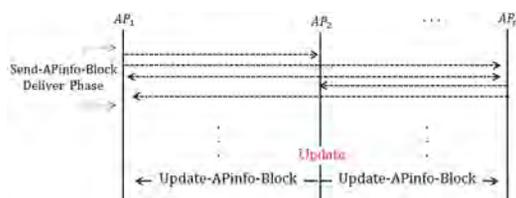


그림 1. AP들간의 정보 전달
Fig. 1. Information delivery between APs

'Send-APInfo-Block'을 일정한 주기로 전송한다. 이것은 DS(Distribution System) 상의 AP들로 전송되고, 이를 수신한 AP들은 'Send-APInfo-Block' 내 전송 AP의 위치 정보를 확인 후 자신과의 거리가 일반적인 AP의 무선 통신반경의 2배 이내에 위치해 있다고 판단한 경우에 한해 주변 AP 정보로서 등록하고 관리한다. 즉, 인접한 AP 또는 'Send-APInfo-Block'의 전송 대상 AP는 전송 AP의 무선 통신반경의 2배 이내에 위치한 AP들이다. 'Send-APInfo-Block'에 포함되는 정보는 TimeStamp, Beacon Interval, BSSID, Supported rates, BSS Load, GPS Coordinates이다.

만약 특정 AP의 정보가 변경되었다면, 특정 AP는 변경된 정보를 반드시 주변 AP로 전달해야 한다. 이때 'Update-APInfo-Block'을 사용하여 변경된 정보를 주변 AP로 전달한다. 그림 1에서 AP₂는 업데이트가 발생하였다. 이를 주변 AP로 알려주기 위해서 'Update-APInfo-Block'를 전송하여 변경된 내용을 알린다. 명령 필드에 포함되는 데이터 필드는 'Send-APInfo-Block'의 데이터 필드와 동일하지만 변경된 정보의 필드만을 전달한다. 정보가 변경될 때만 AP간의 통신을 함으로써 불필요한 통신을 없애 트래픽 발생량을 줄일 수 있다.

3.2 획득한 주변 AP 정보 전달 과정

이동단말은 현재 접속된 AP로부터 핸드오프 수행에 필요한 주변 AP들의 정보를 전달 받는다. 이때 이동단말과 AP간 통신에 사용할 새로운 Handoff_Data 프레임이 필요하다. 그림 2는 Handoff_Data 프레임 포맷으로, 프레임의 헤더는 IEEE 802.11 표준의 Data 프레임에서 사용하는 MAC 헤더와 동일하다.

Handoff_Data 프레임은 크게 MAC Header, Frame Body 및 FCS로 구성되어 있다. MAC Header는 Frame Control, Duration/ID, Address 1~4, Sequence Control가 포함된다. Frame Control은 이동단말로부터 AP에 보내진 프레임인지 구분하는 역할을 하고, Duration/ID는 프레임 전송 절차 완료시까지의 대기시간 정보를 나타낸다. 주소필드인 Address 1~4는 순서대로 목적지 주소, 출발지 주소, 수신기 주소, 송신기 주소를 나타낸다. 수신 단말에서 프레임 중복 수신하는 것을 방지하기 위해서 순서 제어 필드로 Sequence Control이 사용된다. 또한 프레임 검사 순서인 FCS는 프레임의 끝에 오류를 검출하기 위해 사용하고, Frame Body에는 인접 AP들에 대한 정보인 Neighboring APs Info가 포함된다. Neighboring APs Info는 각 인접 AP에 대한 BSSID, TimeStamp, Beacon Interval, Supported Rates, BSS Load 및 GPS Coordinates를 나타낸다. Handoff_Data 프레임은 주변 AP 정보뿐만 아니라 이동단말이 현재 접속한 AP의 정보까지 포함한다. BSSID, Supported rates, BSS Load 및 GPS Coordinates이다. Handoff_Data 프레임은 주변 AP 정보뿐만 아니라 이동단말이 현재 접속한 AP의 정보까지 포함한다.

Handoff_Data 프레임을 통해 AP는 이동단말로 핸드오프에 필요한 정보를 전달한다. 그림 3은 AP가 자신과 연결된 이동단말로 Handoff_Data 프레임을 전송하는 과정을 나타내며 이동단말(MN)이 AP에 연결되어 있다고 가정한다.

그림 3에서 AP는 Handoff_Data 프레임을 이용하여 이동단말로 향후 핸드오프에 필요한 사전 정보를 전달

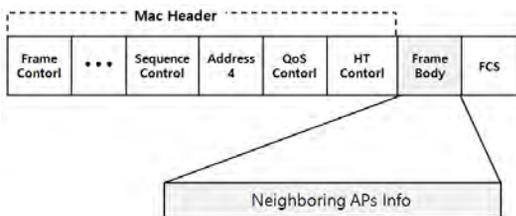


그림 2. Handoff_Data 프레임
Fig. 2. Handoff_Data frame

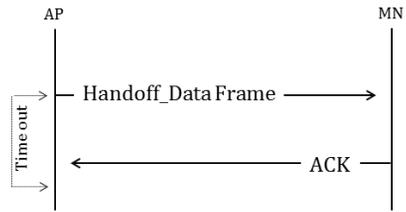


그림 3. MN으로 Handoff_Data 프레임 전달
Fig. 3. Handoff_Data frame delivery to MN

함과 동시에 타이머를 동작시킨다. 설정된 타임아웃 시간 이내에 단말로부터 ACK를 전송받으면 정보전달이 성공적으로 이루어진 것으로 판단하여 단말로의 정보 전달 과정을 종료한다. 이동단말은 Handoff_Data 프레임을 받는 즉시, Handoff_info 테이블을 생성한다 (Handoff_info 테이블: 핸드오프 수행 시에 사용할 목적으로 관리하는 테이블). 표 2는 Handoff_info 테이블의 예시를 보여준다. 그러나 타임아웃 시간 이내에 ACK를 회신 받지 못한 경우, 정보전달 실패로 판단하여 프레임을 재전송한다. 이때 프레임 재전송은 총 3회까지만 반복한다. 이는 주변 AP 및 현재 접속 중인 AP의 갱신된 정보가 발생하였을 때도 동일한 방법으로 정보전달이 이루어진다. AP에서 이동단말로의 정보전달 과정은 채널검색 단계를 거치지 않고 핸드오프를 수행하기 위해 반드시 필요한 과정이다.

표 2. Handoff_info 테이블 예시
Table 2. Example of Handoff_info table

AP	AP1	AP2	...	APn
BSSID	XXXX	XXXX	...	XXXX
GPS Coordinates(x,y)	XXXX	XXXX	...	XXXX
BSS Load	XXXX	XXXX	...	XXXX

3.3 핸드오프 수행시점 결정 단계

핸드오프 수행에 필요한 정보를 획득한 이동단말은 핸드오프 시점을 결정한다. 그림 4는 이동단말의 통신 환경을 나타낸다. 이는 핸드오프 시점 결정 설명을 위해 임의의 통신가능 영역을 도시한 것이다. α 를 반경으로 하는 원은 최대 통신 가능 영역을 나타낸다(α 영역). β 를 반경으로 하는 원은 AP와 이동단말간에 안정적으로 통신할 수 있는 영역을 의미한다(β 영역). AP는 α 영역을 벗어나기 전에 핸드오프를 수행해야 하며, 이동단말은 핸드오프 영역(그림 4의 음영 부분)에서 핸드오프 수행을 마쳐야한다.

핸드오프 영역 판단을 위한 알고리즘은 그림 5와 같

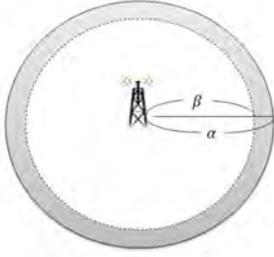


그림 4. 이동단말의 통신환경
Fig. 4. Communication environment of MNs

고, 핸드오프 시점 결정 기준은 현재 연결된 AP와 이동단말 간의 거리와 신호세기를 이용한다. 그림 5의 알고리즘 수행을 통해 다음의 세 가지 작업을 수행한다.

- 핸드오프 영역 여부 판단
- 일시적 및 지속적 통신 장애 판단
- 재접속 가능한 최적의 AP 파악

핸드오프 영역을 파악하는 이유는 잦은 핸드오프 발생을 방지하기 위함이다. 예를 들어 연결된 AP의 핸드오프 영역에서 장애물, 왜곡, 잡음 등의 일시적으로 통신장애가 생겼다고 가정해본다. 이때 단말은 신호세기가 불안정할 것이고, 연결된 AP보다 강한 신호세기를 가진 AP를 발견한다면 핸드오프를 수행할 것이다. 그러나 일시적 통신장애가 정상적으로 돌아온다면 단말 입장에서는 직전에 연결된 AP로부터 강한 신호세기를 전달 받게 될 것이다. 이 과정이 반복되면 핸드오프 영역에서 잦은 핸드오프가 발생할 것이다.

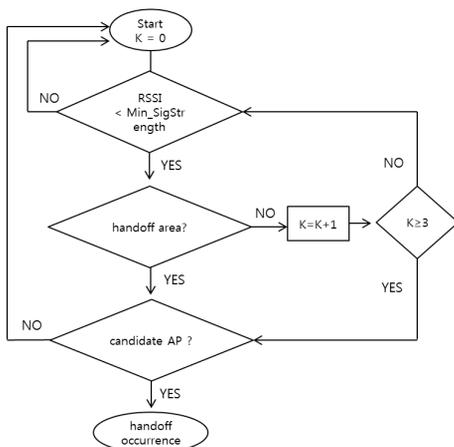


그림 5. 핸드오프 발생에 대한 판단 알고리즘
Fig. 5. The judgment algorithm about handoff occurrence

우선 이동단말은 AP로부터 수신한 신호의 세기를 측정한다. 측정값이 $Min_SigStrength$ (AP와 연결 가능한 최소 신호세기) 보다 작다면, 이동단말 자신이 핸드오프 영역에 진입하였는가를 점검한다. 이동단말은 자신이 관리하는 $Handoff_info$ 테이블을 이용하여 접속된 AP의 좌표와 이동단말의 좌표를 확인하여 핸드오프 영역 진입을 확인한다. 이때 단순 거리만을 이용하여 판단한다. 이처럼 핸드오프 영역에 진입 여부에 대해 점검하는 이유는 신뢰성 있는 핸드오프 수행을 하기 위함으로 일시적 통신 장애일 경우엔 핸드오프를 수행할 필요가 없기 때문이다.

이동단말이 신호세기가 $Min_SigStrength$ 값보다 작고, 또한 핸드오프 영역에 진입하였다면, 핸드오프를 수행해야 함을 인지한다. 핸드오프를 수행하기 전 재접속 가능한 AP가 있는지를 확인한다. 이는 다음 절에 나오는 최적의 AP 선택 방법으로 확인한다. 이때 선정된 재접속 AP가 현재 연결된 AP와 동일하다면 핸드오프를 수행하지 않는다. 이는 잦은 핸드오프 수행을 막기 위함이다. 그렇지 않다면 핸드오프를 수행한다.

장애물로 인한 일시적인 통신 장애를 구분하는 방법은 다음과 같다. 이동단말은 AP로부터 받은 패킷 신호 세기가 $Min_SigStrength$ 값보다 작지만 핸드오프 영역에 진입하지 않은 경우라면, 패킷의 신호세기를 일정시간 간격으로 3회 점검한다. 3회 점검하였는데도 신호 세기가 $Min_SigStrength$ 값보다 작다면, 핸드오프 영역은 아니지만, 핸드오프를 수행해야 하는 것으로 판단하고 재접속 가능한 AP를 찾아 핸드오프를 수행한다.

3.4 최적의 AP 선택

이동단말은 자신이 관리하는 $Handoff_info$ 테이블을 이용하여 최적의 AP를 선택한다. $Handoff_info$ 테이블은 핸드오프를 수행하는데 필요한 정보이다. 테이블의 정보 중 2가지를 이용하여 최적의 AP를 선택하는데 사용한다. 사용하는 정보는 핸드오프를 수행할 AP들의 위치정보(GPS Coordinates)와 접속단말의 수(BSS Load)이다. 최적의 AP를 선택하는 계산식은 식(1)과 같다. γ 는 식(1)의 두 항 중 어떤 항에 가중치를 두어 최적의 AP를 선택할지 결정할 때 사용되는 파라미터이며, 0에서 1사이의 값을 가진다. 이동단말은 인근 AP 뿐만 아니라 현재 연결된 AP까지 포함해서 최적 AP의 계산을 수행한다. 계산 값이 작을수록 이동단말과 AP의 거리가 가깝고 연결된 단말의 수가 작다는 것을 의미한다.

Candidate $AP_n =$

$$\gamma \times \frac{AP_n \text{과 단말의 거리}}{\text{기준거리}} + (1-\gamma) \times \frac{AP_n \text{에의 접속단말수}}{\text{기준 접속단말의 수}} \quad (1)$$

3.5 핸드오프 수행

이동단말이 핸드오프 수행시점을 판단하였다면 최적의 AP와 핸드오프를 수행한다. 식(1)을 통해 선택된 최적의 AP와 인증 단계 및 연결 단계를 거치면서 핸드오프 수행을 시작한다. 핸드오프 수행은 그림 6과 같다.

재인증 단계는 AP측에서 핸드오프를 수행할 이동단말이 자신에게 연결될 수 있는지에 대한 권한을 인증하는 단계이다. 이 단계에서는 IEEE 802.11 표준에서 사용하는 프레임인 Re-authentication Request/ Re-authentication Response를 사용한다. 이후, 재접속 단계를 거친다. 이 단계는 인증을 받은 이동단말이 기존에 연결되어 있던 AP와의 접속을 끊고 새로운 AP와 접속을 하는 단계이다. 이 단계에서 사용되는 프레임은 Re-association Request/ Re-association Response 이다. 이동단말이 새로운 AP에게 Re-association Request를 전송하면, 이를 받은 새로운 AP는 이전 AP와 통신을 한다. IAPP 패킷을 이용해서 이전 AP에 버퍼링된 패킷을 새로운 AP로 전송 받고, 이동단말과의 접속은 종료시킨다. 이렇게 새로운 AP가 전송받은 버퍼링된 패킷을 접속한 이동단말로 전송함으로써 재접속 단계가 종료되면서 핸드오프 수행이 완료된다.

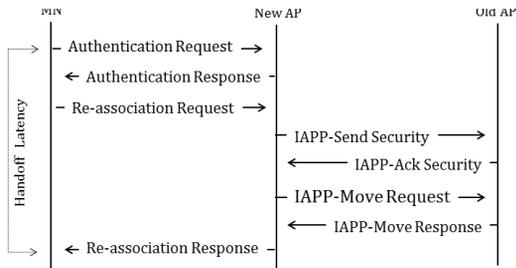


그림 6. 핸드오프 절차
Fig. 6. Handoff Process

IV. 성능 분석

본 논문의 시뮬레이션 환경에서 AP는 서비스 제공이 불가능한 영역이 존재하지 않도록 총 9개의 AP를 900m × 900m의 공간에 중첩시켜서 배치하였고, 13개의 채널을 독립적으로 사용하도록 하였다. 시뮬레이션에서 이동단말은 랜덤(Random)하게 배치한다. 이동단말에 적용한 이동모델은 random waypoint 모델이며 이동속도는 5m/sec, 정지시간은 5sec로 하였다.

통신이 가능한 최대 영역의 반경은 α 이고, AP와 MN간에 안정적으로 통신할 수 있는 영역의 반경은 β 이다. 즉, 이동단말이 최소 통신 영역을 벗어나면 핸드오프 영역으로 진입하였음을 알 수 있다. 핸드오프 수행 시점을 결정하기 위한 α 는 200, β 는 α 값의 2/3인 132로 설정하였다. 핸드오프 단계별로 소요되는 시간인 MinChannelTime, MaxChannelTime, Probe Delay, Re-Authentication Delay, Re-Association Delay은 참고문헌 [2]를 참고하여 설정하였다. 이와 같은 시뮬레이션 환경에 대한 파라미터 값들은 표 3과 같이 정리된다. 시뮬레이션에서는 도식환경을 대상으로 개발된 Hata 경로손실 모델을 적용하였다^[2].

제안하는 사전 AP 정보를 이용한 핸드오프 기법의 성능 평가를 위해 기존 IEEE 802.11 핸드오프 방식^[1] 및 GPS 서버 기반^[10]과 비교 분석하였다. 성능 분석을 위한 척도는 다음과 같다.

- 평균 핸드오프 소요 시간
: 핸드오프 당 소요되는 평균 시간
- 핸드오프 수행 횟수
: 시뮬레이션 동안 이동단말이 수행한 핸드오프의 수
- 핸드오프 수행에 따른 오버헤드(Overhead)
: 시뮬레이션 동안 핸드오프 수행을 위해 교환되는 제어 메시지 수

그림 7은 평균 핸드오프 소요 시간을 나타낸다. IEEE 802.11 방식은 핸드오프 당 평균 215.29ms가 소요되었다. 이 방식은 이동단말이 모든 채널을 순차적으로 검색하여 재연결할 후보 AP를 찾는다. 예를 들어 1번 채널로 Probe Request를 브로드캐스트한 후에 최소 채널시간(MinChannelTime) 동안 1번 채널에서 Probe Response 프레임을 기다린다. 최소 채널시간 동안

표 3. 시뮬레이션 파라미터
Table 3. Simulation parameter

Parameter	Value
Simulation Environment (m*m)	900 * 900
α (m)	200
β (m)	132
Simulation_Time(ms)	1000
MinChannelTime(ms)	17
MaxChannelTime(ms)	38
Probe Delay(ms)	210.20
Re-Authentication Delay(ms)	1.34
Re-Association Delay(ms)	1.80

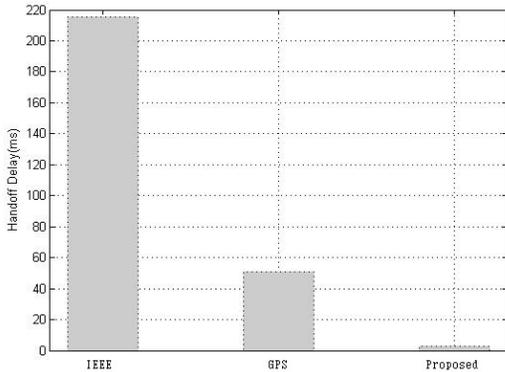


그림 7. 평균 핸드오프 소요 시간
Fig. 7. Average handoff delay

Probe Response 프레임을 수신하지 못한 경우에는 추가로 최대 채널시간(MaxChannelTime)까지 채널검색을 한다. 이 때문에 많은 시간이 소요된다. 반면에 GPS 서버 기반 방식의 경우는 50.79ms가 소요되었다. 이 기법에서 이동단말은 GPS 서버의 도움을 받아 핸드오프 수행 시점을 판단하고, 서버로부터 재연결할 최적의 AP의 정보(사용하는 채널 및 BSSID)를 획득한다. 이 정보를 이용하여 재연결할 해당 AP의 채널로만 Probe Request를 전송하고, 이 채널로 Probe Response를 기다리기 때문에 기존 IEEE 802.11 핸드오프 기법 보다는 적은 시간이 소요된다. 반면에 본 논문에서의 제안 기법보다는 19.5배 이상 많은 시간이 소요된다. 제안 기법은 사전 AP 정보를 이용하여 채널검색 단계를 없앴기 때문에 적은 시간이 소요되었다.

그림 8은 시뮬레이션 시간 동안 수행된 핸드오프 수를 나타낸다. 네트워크 내 이동단말 수의 증가에 따른 핸드오프 수행 횟수를 비교하였다. 핸드오프 수행 횟수를 비교하였을 때 제안 핸드오프 기법이 핸드오프 수행을 가장 적게 함을 확인하였다. IEEE 802.11 방식의 핸드오프 수행 시점을 판단하는 기준은 신호세기이다. 이동단말은 현재 연결된 AP보다 더 강력한 신호세기를 가진 AP가 나타나면 핸드오프 수행 시점이라 판단하고 핸드오프를 수행한다. 이 때문에 장애물에 의해 일시적인 통신 장애임에도 불구하고 핸드오프를 수행하게 되며 잦은 핸드오프가 발생한다. GPS 서버 기반 방식의 경우 AP와 이동단말의 거리 정보만을 이용해서 GPS 서버가 판단하며 서버는 이동단말이 AP 전파 범위의 50% 보다 먼 거리에 있을 경우 핸드오프를 시작하도록 되어 있다. 이 때문에 IEEE 방식보다 더 많은 핸드오프를 수행하는 것으로 분석된다. 제안 기법은 GPS 서버 기반 방식에 비해 낮은 핸드오프가 발생하

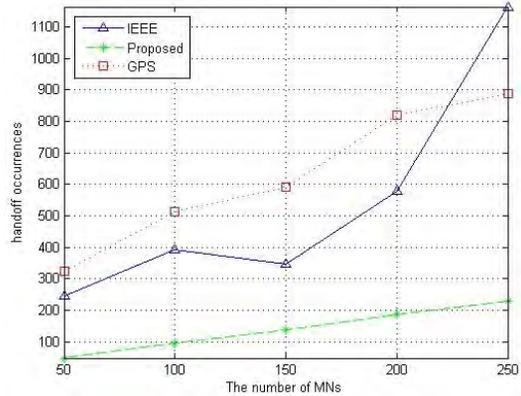


그림 8. 핸드오프 수행 횟수
Fig. 8. The number of handoff occurrences

였다. 이러한 결과는 GPS 서버 기반 방식이 핸드오프가 가능한 임의의 AP를 대상으로 핸드오프를 수행하는 반면, 제안 기법은 위치 및 신호 세기를 고려하며 식(1)에 따른 최적의 AP를 선택하여 핸드오프를 진행하기 때문인 것으로 분석된다.

그림 9는 핸드오프 수행에 따른 오버헤드를 나타낸다. 그림 8에서 이동단말의 수가 적을 때 GPS 서버 기반 방식이 IEEE 802.11 방식보다 더 잦은 핸드오프가 발생함을 확인하였다. 그러나 오버헤드 측면에서 IEEE 802.11 방식은 GPS 서버 기반 방식보다 적은 핸드오프를 수행했음에도 불구하고 핸드오프에 수행된 메시지의 수가 현저하게 많이 발생함을 확인하였다. 이는 핸드오프 시 재접속할 AP의 정보를 수집하기 위해 여러 채널을 모두 탐색하고, 그에 따라 많은 제어 메시지가 발생하기 때문인 것으로 분석된다. 한편, GPS 서버

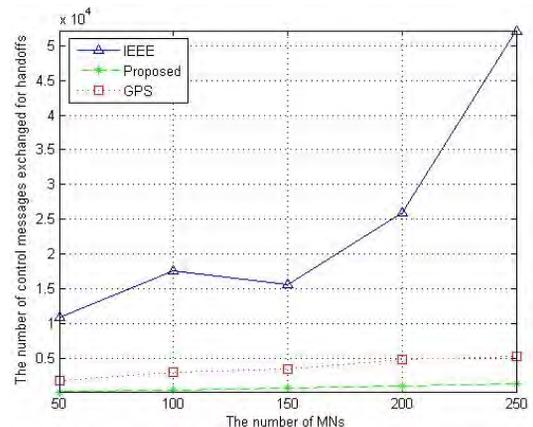


그림 9. 핸드오프 수행에 따른 오버헤드
Fig. 9. The number of control messages exchanged for handoffs

기반 방식은 단말들이 주기적으로 자신의 위치정보를 서버로 전송하기 때문에 그에 따른 오버헤드가 발생한다. 제안 기법의 경우 AP간 IAPP 패킷들의 교환이 요구되거나 채널검색 단계를 거치지 않기 때문에 IEEE 802.11 및 GPS 기법에 비해 현저히 낮은 오버헤드가 발생하는 것으로 판단된다.

V. 결 론

본 논문에서는 IEEE 802.11 무선랜에서의 핸드오프 지연시간 개선 방안을 제안하였다. 단말이 접속되면 AP는 BSSID, 사용 채널번호, 위치 등 주변 AP정보를 접속된 단말로 전달함으로써 핸드오프 시 단말이 핸드오프 지연시간의 대부분을 차지하는 채널검색 단계를 생략할 수 있게 하였다.

본 논문에서는 AP간의 통신을 통해 수집한 주변 AP 및 현재 접속된 AP의 정보를 연결된 이동단말에 미리 알려줌으로써 이동단말이 채널검색 과정 없이 핸드오프하기 위한 기법을 제안했다. 제안한 핸드오프 기법을 Matlab으로 시뮬레이션을 수행한 결과 핸드오프 당 지연시간이 크게 줄어들며, 보다 정확한 핸드오프 시점과 적절한 AP의 선택을 통해 잦은 핸드오프 발생을 감소시킬 수 있음을 확인할 수 있었다. 향후 네트워크 계층에서 발생할 수 있는 패킷 손실에 대한 연구와 다양한 환경에서의 시뮬레이션을 통해 제안 방식의 적용 가능성을 분석할 계획이다. 또한 성능분석의 파라미터 값들에 대해 최적화를 통해 성능 분석의 신뢰성을 높일 예정이다.

References

[1] IEEE 802.11, *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications*, 2007.

[2] A. Mishra, M. Shin, and W. Arbaugh, "An empirical analysis of the IEEE 802.11 MAC layer handoff process," *ACM Mob. Comput. and Commun. Rev.*, vol. 33, no. 2, pp. 93-102, Apr. 2003.

[3] T. Y. Wu, C. C. Lai, and H. C. Chao, "Efficient IEEE 802.11 handoff based on a novel geographical fingerprint scheme," *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, vol. 6, no. 1, pp. 127-135, Feb. 2006.

[4] H. Wu, K. Tan, Y. Zhang, and Q. Zhang,

"Proactive scan: Fast handoff with smart triggers for 802.11 wireless LAN," *IEEE INFOCOM*, pp. 749-757, Anchorage, USA, May 2007.

[5] H. J. Choi, C. S. Seok, S. H. Lee, and J. D. Kim, "Design and implementation of a multi-interface mobile gateway for seamless handoff sciences," *J. KICS*, vol. 37B, no. 6, pp. 474-482, Jun. 2012.

[6] J. S. Lee and J. P. Jeong, "Performance analysis of cross-layer handoff scheme in IP-Based next-generation wireless networks," *J. KICS*, vol. 38, no. 6, pp. 454-472, Jun. 2013.

[7] J. H. Lee and H. K. Park, "Handoff scheme based on adaptive channel prediction in cognitive radio networks," *J. KICS*, vol. 18, no. 10, pp. 2389-2396, Dec. 2014.

[8] W. Wanalerlak and B. Lee, "Global path-cache technique for fast handoffs in WLANs," *ICCCN 2007*, pp. 45-50, Honolulu, USA, Aug. 2007.

[9] S. H. Han, S. C. Yang and J. D. Kim, "Design and Implementation of Geographical Handoff System Using GPS Information," *J. KICS*, vol. 35, no. 6, pp. 33-43, Jan. 2010.

[10] J. Montavont and T. Noel, "IEEE 802.11 handovers assisted by GPS information," in *Proc. IEEE Int. Conf. Wirel. Mob. Comput., Netw. Commun.*, pp. 166-172, Montreal, Canada, Jun. 2006.

[11] IEEE 802.11f, *IEEE Trial-Use Recommended Practice for Multi-Vendor Access Point Interoperability via an Inter-Access Point Protocol Across Distribution Systems Supporting IEEE 802.11TM Operation*, 2003

[12] Y. S. Cho, J. Kim, and W. Y. Yang, *MIMO-OFDM wireless communication with MATLAB*, John Wiley & Sons Inc., 2010.

이 한 나 (Lee Han-Na)



2011년 2월 : 강릉원주대학교 컴퓨터공학과 졸업
2013년 2월 : 강릉원주대학교 컴퓨터공학과 석사
2013년 3월~현재 : 강릉원주대학교 컴퓨터공학과 박사과정
<관심분야> Handover, D2D 통신, Wireless Mesh Network

김 향 미 (Hyang-Mi Kim)



1996년 2월 : 충주대학교 정보통신공학과 졸업
2009년 8월 : 한라대학교 정보통신공학전공 석사
2015년 : 강릉원주대학교 컴퓨터공학과 박사
2015년 10월~현재 : 강릉원주대학교 서울어코드활성화사업단 초빙교수

<관심분야> D2D 통신, Massive MIMO, 인지무선통신

김 상 경 (SangKyung Kim)



1985년 2월 : 고려대학교 전자공학과 졸업
1987년 2월 : 고려대학교 전자공학과 석사
2002년 : 고려대학교 전자공학과 박사
1987년~1989년 : 삼성전자 주임연구원

1989년~2004년 : KT 선임연구원(부장)

1994년~1995년 : TINA 국제콘소시움 Core Member

2004년~현재 : 강릉원주대학교 교수

<관심분야> Wireless Network Protocol, D2D Communications, IoT, Advanced Network Architecture

Self-Organized Resource Allocation for Femtocell Network to Mitigate Downlink Interference

Smita Sable^{*}, Jinsoo Bae^{*}, Kyung-Geun Lee^o

ABSTRACT

In this paper, we consider the femto users and their mutual interference as graph elements, nodes and weighted edges, respectively. The total bandwidth is divided into a number of resource blocks (RBs) and these are assigned to the femto user equipment (FUEs) using a graph coloring algorithm. In addition, resources blocks are assigned to the femto users to avoid inter-cell interference. The proposed scheme is compared with the traditional scheduling schemes in terms of throughput and fairness and performance improvement is achieved by exploiting the graph coloring scheme.

Key Words : Inter-cell and intra-cell interference, graph theory, sub-band allocations, self-management, femtocell

I. Introduction

The mobile world has experienced a technology revolution resulting in a tremendous increase in the number of mobile applications, and significant demands on bandwidth resources. These demands for higher data rates and better performance cannot be satisfied by improving macrocell technology. Thus, operators have resorted to the fixed mobile convergence (FMC) domain, e.g. femtocells, as a pragmatic solution to support much higher data rates. Since research shows that the majority of the mobile services, especially data services, are initiated by indoor users^[1,2], femtocells are a very promising means of achieving improved transmission rates and quality of service (QoS). Femtocells have been devised to provide good coverage in indoor environment with stable propagation channel and low mobility. With fixed backhaul such as DSL or coaxial cable^[3], femtocells can utilize the relatively low-loaded fixed network to

provide superior radio access as well as lower the macrocell load and enhance QoS. Femtocells typically provide the plug-and-play feature, which enables flexible installation and cost-effective coverage enhancement. However, this introduces challenges to the traditional paradigm of network planning and management.

Femtocells shares the same frequency band will cause severe interference and which results to degrade the system throughput because of the overlapping coverage area of densely deployed femtocells. Therefore how to reduce the interference is an important issue in the femtocell network. In so doing the dynamic spectrum allocation is an effective way to reduce interference among femtocells, and it also improves the system capacity. In this study, the minimum interference can be achieved via access control, and resource allocation. However, we proposed a graph coloring scheme based on resource allocation to manage the interference in femtocell environment. According to

※본 연구는 한국연구재단 기본연구 지원사업 (과제번호: 2015R1D1A1A09059026)의 지원으로 수행되었습니다.

♦ First Author : Sejong University, Department of Information and Communication Engineering, smitasable229@nrl.sejong.ac.kr, 학생회원

° Corresponding author : Sejong University, Department of Information and Communication Engineering, kglee@sejong.ac.kr, 종신회원

* Sejong University, Department of Information and Communication Engineering, baej@sejong.ac.kr, 종신회원

논문번호 : KICS2015-11-364, Received November 13, 2015; Revised December 11, 2015; Accepted December 11, 2015