

Super Wi-Fi 환경에서 서비스 연속성을 위한 끊임없는 채널이동 방안 연구

김명유*, 전유찬*, 박상원**, 박진우°

A Study on the Channel Handover Method for Super Wi-Fi Service Continuity in TV White Spaces

Myeongyu Kim*, Youchan Jeon*, Sangwon Park**, Jinwoo Park°

요약

Super Wi-Fi는 TV white space 대역을 이용하여 Wi-Fi 네트워크를 구성하는 무선 인터넷 서비스 기술이다. 하지만, TV white space 대역 이용자는 기존 ISM 대역에서와 달리 incumbent user가 활성화될 때마다 Super Wi-Fi로 사용 중인 채널을 양보해야 하므로 Wi-Fi 서비스의 연속성을 보장하기 어렵다. 본 논문에서는 Super Wi-Fi 서비스 영역에서 AP (access point)가 운용채널을 비워 주어야 할 때 다른 이용 가능한 TV 채널을 AP의 운용채널로 선택하고 이 결과를 MS (mobile station)에게 제공함으로써 Wi-Fi의 서비스의 연속성이 보장될 수 있는 방법을 제시하였다. 즉, AP의 운용채널에 incumbent user가 나타나면 즉시 운용채널을 비우지 않고 incumbent user에 간섭을 주지 않는 subcarrier들의 그룹인 active subchannel을 이용하여 MS에게 AP 자신이 운용할 다른 채널의 정보를 제공한다. 이 채널정보를 공유한 MS는 AP의 운용할 다른 채널로 빠른 채널 핸드오버를 할 수 있으므로 Super Wi-Fi 서비스 연속성 보장성능이 향상될 수 있다. 제시한 채널 핸드오버 방법을 기존 Wi-Fi 방법과 비교하여 핸드오버 지연시간이 개선됨을 확인하였다.

Key Words : TV White Space, Cognitive Radio, Incumbent User, Channel Handover, Super Wi-Fi

ABSTRACT

Super Wi-Fi is a newly emerging wireless Internet technology, which constitutes Wi-Fi networks using TV white space. A key technical challenge in the Super Wi-Fi applications is how to provide a seamless Internet service even when a Super WiFi user should give up the channel in use to the active incumbent user which is activated in the same service area, preventing from the service continuity in Super Wi-Fi. In this paper, we propose a channel handover method to support service continuity of Super Wi-Fi, in which an AP selects a new operational channel and provides the channel information for MSs. Therefore, the AP and the MSs can carry out seamless handover for Super Wi-Fi service. A performance evaluation shows that the proposed scheme is superior to the conventional Wi-Fi in channel mobility delay.

I. 서론

세계적으로 56MHz부터 862MHz 사이의 TV 대

※ 본 연구는 방송통신위원회의 방송통신인프라원천기술개발사업[KCA-2012-08-911-05-001, 서비스 가용성을 위한 이동성 관리 기술 연구]과 서울시 Bell Lab in Seoul 프로젝트[WR080951, 서울시 산학연 협력사업]의 일환으로 수행하였음.

♦ 주저자: 고려대학교 삼성IT융합학과 통신 네트워크 연구실, mekmy01@korea.ac.kr, 정회원

° 교신저자: 고려대학교 전기전자공학과 통신 네트워크 연구실, jwpark@korea.ac.kr, 종신회원

* 고려대학교 전기전자공학과 통신네트워크 연구실, ycjeon@korea.ac.kr, 정회원

** 방송통신위원회, sangwon@kcc.go.kr, 정회원

논문번호: KICS2012-04-191, 접수일자: 2012년 4월 14일, 최종논문접수일자: 2012년 11월 12일

역은 낮은 전파전파 감쇠특성으로 널리 사용 중이다. 이 TV 대역에서 방송사업자가 비워둔 대역과 방송용 전파가 미치지 못하는 지역의 대역, 시간적으로는 방송을 송출하지 않는 시간대에 비어있는 주파수 대역을 TV White Space 라고 한다. 이러한 TV White Space는 영국의 경우에 전국의 50%의 지역에서 약 150MHz, 그리고 90%의 지역에서 약 100MHz 이상의 대역폭에 이른다는 보고가 있다^[1]. TV White Space를 이용하고자 할 때에, TV 장치가 1차 우선 사용자이며, 2차 이용자로는 이미 무선 마이크 등이 허가되어 있는데 이를 incumbent user라고 한다.

미국 연방통신위원회 (FCC)는 TV 대역에 새로운 정보통신 서비스 도입을 허용하기 위해, 주파수 공유기술인 cognitive radio (CR) 기술을 적용하여 incumbent user에 영향을 주지 않는 조건에서 무선 통신 기기의 사용을 승인하였다^[2]. 특히 FCC는 TV White Space를 이용하여 Wi-Fi 네트워크를 구성하는 새로운 무선 인터넷 서비스 기술을 Super Wi-Fi 이란 명칭으로 정의하고 있다. 이 기술은 장차 도심지역과 교외지역을 빈틈없이 커버하는 무선 통신 네트워크의 핵심적인 기술로서 확산될 것으로 예상하고 있다.

그러나 Super Wi-Fi 기술이 이용하는 TV White Space 대역은 기존 Wi-Fi의 점유대역인 industrial scientific medical (ISM) 대역과 달리 incumbent user에게 채널의 우선적 사용권한을 보장해야 한다는 전제조건 아래에서 사용할 수가 있다. 즉, Super Wi-Fi 서비스로 이용 중인 TV White Space 채널을 incumbent user가 나타날 때마다 사용 중이던 채널을 비워주어야 하며, 이로써 Super Wi-Fi 이용자의 서비스 연속성에 장애가 발생한다.

TV White Space의 활용은 기본적으로 무선인지 기술의 요소기술인 스펙트럼 센싱 기술들을 바탕으로 진행되고 있다^[3-7]. 현재 IEEE는 TV White Space 대역을 이용한 WLAN 기술 표준화 작업을 활발히 진행하고 있으며, 특히 IEEE 802.11af 는 geolocation 정보와 database 기술을 활용하여 지역 별, 시간별로 Super Wi-Fi로 사용 가능한 TV 채널 정보를 제공해주는 방법을 포함하고 있다^[8,9]. 그러나 Super Wi-Fi 응용에서 서비스 품질을 높여려는 주제는 아직 연구단계에 있으며, 특히 incumbent user의 출현에 의하여 사용 중인 채널을 다른 가능한 채널로 변경하는 데에 발생하는 핸드오버 지연으로 인한 서비스의 불연속을 해결하는 연구는 항

후에 많은 연구를 필요로 한다고 할 수 있다.

본 논문은 Super Wi-Fi 응용에서 끊임 없이 연속적인 인터넷 서비스가 가능하도록 하는 방법을 제시하고 있다. 제시된 방법에서는 incumbent user가 AP의 운용채널에 나타났을 때 AP가 자신의 운용채널을 즉시 비우지 않고 incumbent user에 간섭을 주지 않는 운용채널의 일부 대역을 active subchannel로 구성한다. AP가 다른 사용 가능한 TV 채널을 선택하고 이 채널로 핸드오버를 하기 위한 정보를 active subchannel을 통해 MS에게 제공한다. 제시한 방법에서 incumbent user가 나타났을 때, AP가 미리 이동할 채널의 정보를 MS에게 보내어 MS가 AP의 채널을 찾는 스캐닝 지연시간을 줄여 핸드오버 시간에서 성능 개선을 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 Super Wi-Fi의 구조와 동작 과정에 대하여 살펴본다. III장에서 Super Wi-Fi 서비스의 연속성 유지하기 위한 제안된 채널 이동 방안에 대하여 기술한다. IV장은 성능분석을 통해 제안된 방식의 우수성을 보인다. 마지막으로 V장에서는 결론을 내린다.

II. 기존 Super Wi-Fi의 구조와 동작

IEEE 802.11af는 Geo-location Database (GDB), AP, 그리고 MS로 구성된다^[8]. GDB는 위치 정보를 바탕으로 사용 가능한 TV 채널의 정보를 가지고 있으며, AP가 자신의 위치 정보를 제공하면 AP에게 사용 가능한 TV 채널 정보를 제공한다. AP는 사용 가능한 TV 채널 중에서 Wi-Fi 서비스를 시작할 운영 채널을 선택한 후, 해당 채널에서 비콘 프레임 전송한다. MS는 AP의 통제 하에 Wi-Fi 서비스를 제공받을 수 있고 AP가 전송하는 비콘 프레임을 수신함으로써 AP의 운영 채널에서 프레임 전송이 허용된다. 운영되는 채널대역은 디지털 TV 방송 전송 방식인 ATSC 방식의 TV 채널 대역인 6MHz를 기본 단위로 하고 있으며 여러 TV 채널을 aggregation하여 넓은 대역폭을 이용하는 방안이 제안되고 있다.

그림 1은 Super Wi-Fi의 구성 예를 나타낸다. GDB는 AP에게 사용 가능한 TV 채널 정보를 제공한다. AP는 Wi-Fi 서비스를 시작할 채널로 사용 가

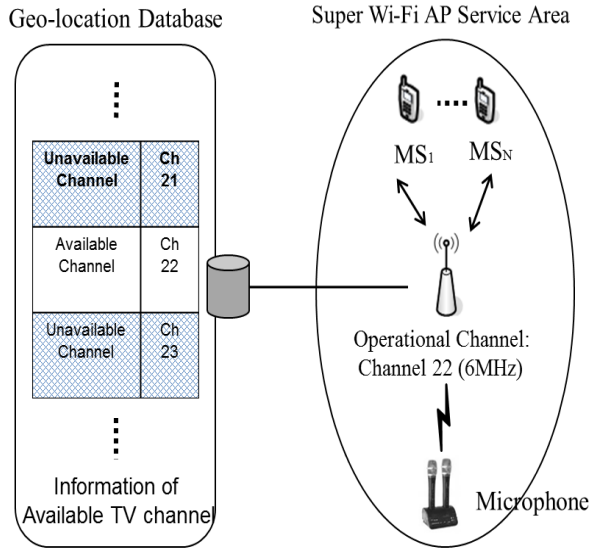


그림 1. Super Wi-Fi 네트워크 구성의 예
Fig. 1. Example of Super Wi-Fi network architecture

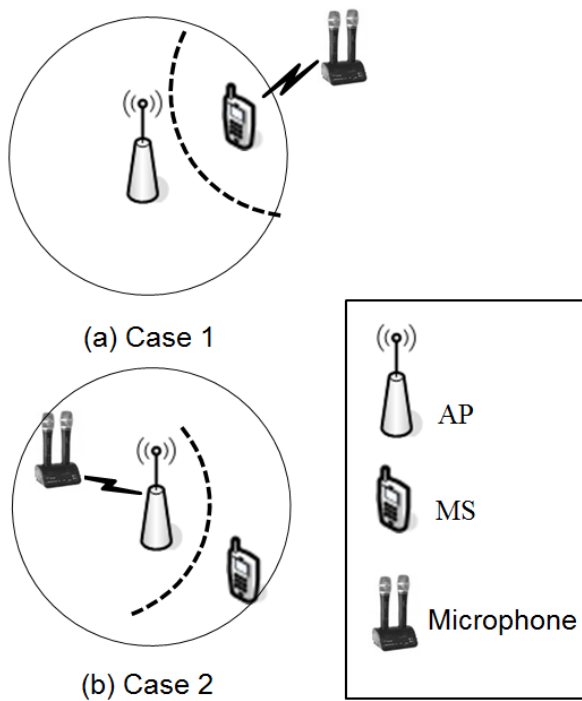


그림 2. 숨겨진 Incumbent user 문제^[10]
Fig. 2. Hidden Incumbent user problem^[10]

능한 TV 채널 중의 한 채널인 22번 채널을 임의로 선택하고 비콘 프레임을 전송하고, 그 비콘 프레임을 수신한 MS들은 Wi-Fi 서비스를 시작한다. AP가 22번 TV 채널을 자신의 운영채널로 이용하여 통신하고 있을 때, 이 채널에 대한 우선권환을 가진 incumbent user가 예고 없이 나타나게 되면 운영채널을 비우고 다른 채널을 운영채널로 설정하여

이 채널로 이동하여야 한다. 즉, incumbent user에게 간섭을 주지 않기 위해 Super Wi-Fi 영역의 프레임 전송을 중단하고, AP와 서비스 중인 MS는 새로운 채널을 찾아 서비스를 지속시켜야 한다.

Super Wi-Fi가 새로운 채널을 찾아서 이용자 서비스를 다시 시작하기 위해서는 다음과 같은 절차가 요구된다. AP는 사용가능한 다른 채널 중에 하나를 운영채널로 설정하고 해당 채널을 통해 비콘 프레임을 전송한다. MS는 가용한 TV 채널들을 scanning 하여 비콘 프레임이 전송되는 채널을 확인하고, AP로부터 설정된 운영채널임을 확인한다. Wi-Fi의 scanning과정은 passive scanning과 active scanning으로 나뉜다^[11]. Passive scanning 과정은 MS가 AP의 비콘 프레임을 청취하는 것부터 시작한다. 즉, MS는 사용가능한 TV 채널들을 순차적으로 검색하여, AP가 설정하여 주기적으로 비콘신호를 발송하는 운영채널을 찾는다. 그러므로 passive scanning은 AP의 운영채널을 찾기까지 시간지연이 발생할 수 있다. Active scanning은 MS가 AP로 사용가능한 채널 중에 하나를 선택하여 probe request 메시지를 보내며, AP가 이를 확인하는 경우에 probe response 메시지로 회신을 함으로써 운영채널을 확인한다. 다만, MS는 AP로부터 probe response를 받지 못하면, 다음의 가용한 채널을 선택하여 probe request를 보내고, AP로부터 probe response를 회신 받을 때까지 반복한다.

또한, Super Wi-Fi는 그림 2의 (a), (b)와 같은 상황처럼 숨겨진 incumbent user 문제가 발생할 수 있다. 그림 2의 (a)는 Super Wi-Fi 서비스 영역 밖에 위치한 incumbent user의 신호가 AP에는 미치지 않아 인지하지 못하지만, Wi-Fi 서비스 영역 안에 위치한 MS는 incumbent user를 인지한 경우를 보여준다. 그림 2의 (b)는 AP는 incumbent user를 인지하였으나 AP의 서비스 영역 안의 MS가 인지하지 못했을 경우를 보여준다. 이러한 숨겨진 incumbent user 문제는 채널 핸드오버 과정에서 포함되어 고려되어야 하는 주제이다.

III. 제안된 채널 핸드오버 방법

Super Wi-Fi는 이용가능 채널대역에서 여러 개의 subcarrier를 이용하는 orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) 전송방식을 사용하며, TV 채널 단위로 채널의 전체대역을 subcarrier 배정에 사용하는 것을 전제로 한다.

본 연구는 비연속적인 대역들을 취합하여 OFDM 전송을 실현하는 NC (non- contiguous)-OFDM 방식[12]의 개념을 Super-WiFi에 도입하여 채널의 핸드오버를 효율적으로 이룰 수 있는 방법을 제안하고자 한다. 본 연구의 제안방법을 설명하기 위하여 FCC에서 대표적인 incumbent user로 설정한 무선마이크를 가정하여 설명하기로 한다.

무선마이크 신호의 사용 대역폭은 200kHz로, Super Wi-Fi의 기본 단위채널인 6MHz TV 채널 대역의 일부분을 차지한다. 따라서 무선 마이크가 active 상태로 변할 때에 6MHz의 대역을 무선마이크 대역점유로 인한 사용불가능 대역과 Super Wi-Fi에서 사용가능한 대역으로 구분할 수 있다. 이러한 대역의 구분은 Super Wi-Fi가 active 무선마이크가 나타날 때에 전체 6MHz 채널을 모두 비워야 하는 기존의 방법과 달리, Super Wi-Fi에서 지속적으로 사용가능한 대역을 확인하여 이를 채널이동을 위한 정보 전송에 사용하기로 한다.

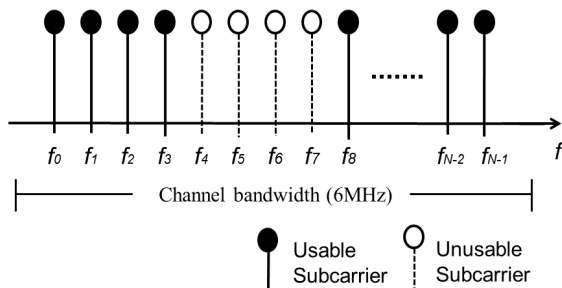


그림 3. 사용가능한 subcarrier 분포의 예
Fig. 3. Distribution of usable subcarriers

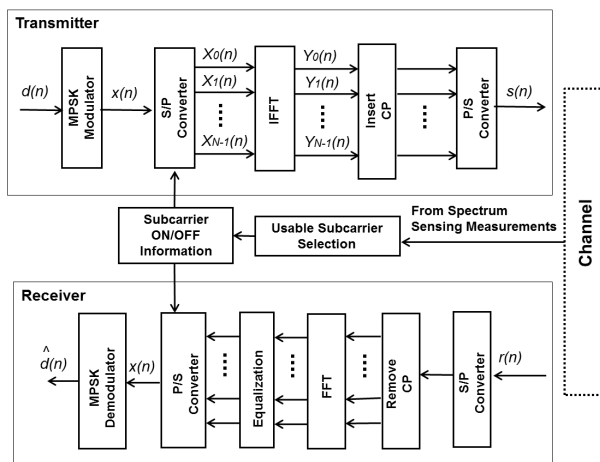


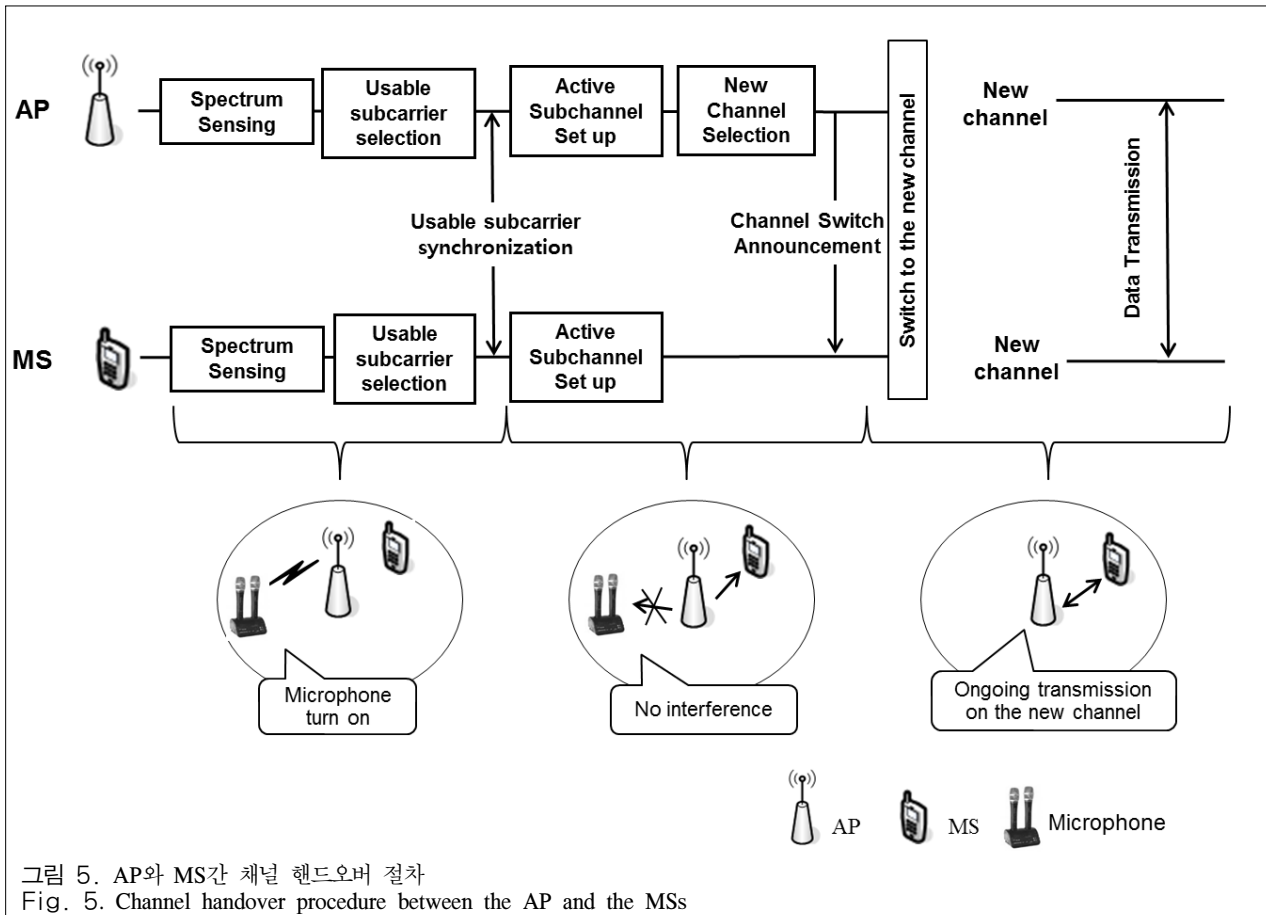
그림 4. 시스템의 블록도
Fig. 4. System block diagram

그림 3은 하나의 TV 채널에 active 무선마이크가 나타남으로써 사용 불가능 대역과 사용가능 대역으로 구분됨을 보여주고 있으며, 사용가능 대역에 subcarrier 배치하는 예를 보여준다. Super Wi-Fi 대역 중에 사용가능한 subcarrier들을 그룹화하여 active subchannel로 표시하기로 한다. Active subchannel로의 설정은 AP 또는 MS에서 센싱을 통해 무선마이크가 사용하는 대역을 인지함으로써 결정된다. AP와 MS가 공통으로 active subchannel을 구성하기 위해서는 AP 또는 MS의 센싱 결과를 공유하도록 하는 동기화 절차가 필요하다. 즉, AP는 무선마이크를 센싱하였으나 MS가 센싱하지 못한 경우, 또는 AP는 무선마이크를 센싱하였으나 MS는 센싱하지 못한 경우에 AP와 MS간의 동일한 active subchannel의 설정을 위한 동기화가 필요하며 그 과정은 다음과 같다.

운영채널에서 전체 subcarrier의 정보를 $T = [T_0, T_1, \dots, T_{N-1}]$ 이라고 표시하며, 여기서 N 은 subcarrier의 수이다. Active 무선마이크가 출현하여 이를 센싱한 AP 또는 MS는 Super Wi-Fi에서 사용 가능한 또는 사용 불가능한 subcarrier를 다음 T_k 의 값을 아래와 같이 설정하여 표시한다.

$$T_k = \begin{cases} 1, & \text{사용가능한 subcarrier의 경우} \\ 0, & \text{사용불가능한 subcarrier의 경우} \end{cases} \quad (1) \quad (k = 0, 1, \dots, N-1)$$

즉, $T_k = 1$ 은 송신기에서 k 번째 subcarrier가 사용가능한 경우를 의미하며, $T_k = 0$ 은 k 번째 subcarrier가 사용 불가능한 경우를 의미한다. 그림 4는 NC-OFDM 기반 시스템을 보여주고 있으며, active 무선마이크를 센싱하여 T_k 를 결정한 노드, 즉 AP 또는 MS는 NC-OFDM 전송 심볼로 변환하여 전송한다. 수신 노드는 송신노드로부터의 전송심볼을 수신하여, 그 노드가 사용가능한, 즉 $T_k = 1$ 로 표시된 subcarrier를 확인함으로써, 두 개의 노드 사이에 사용가능한 또는 사용 불가능한 subcarrier의 위치를 확인 할 수 있다. 이로써, active 무선마이크를 인지한 노드와 인지하지 못한 노드 사이에 정보 전송에 사용할 수 있는 공통의 active subchannel을 구성할 수가 있다.



Active subchannel이 구성되면 AP는 서비스를 지속적으로 받기 위해 사용가능한 다른 채널 중에 하나를 자신의 운용할 채널로 선택한다. 이때 AP는 자신이 선택하여 운용할 채널에 다른 active 무선마이크가 없는지를 확인한다. 그리고 active 무선마이크가 없다면 이웃 AP에서 먼저 운용하여 사용 중인 채널인지를 확인한 후, 사용 중이지 않는 조건을 만족하면 그 채널을 운영할 채널로 선택한다. 다음으로 AP가 선택한 채널 정보를 포함하는 channel switch announcement를 미리 설정한 active subchannel을 통해 MS에게 전송한다. MS는 active subchannel로 AP가 보낸 channel switch announcement의 정보를 복구하여 AP가 운용할 채널 정보를 얻을 수 있다. 또한 이 채널 변경 메시지는 채널 스위칭의 동기가 포함되어 있어 MS는 채널 스위칭 동기에 맞추어 AP가 선택한 채널로 변경할 수 있다. AP도 자신이 운용할 채널로 채널 변경을 한 후, 계속하여 Wi-Fi 서비스를 수행한다. 이로써 MS는 AP가 선택하여 운용하게 되는 채널에서 데이터 전송을 수행하여 자신의 Wi-Fi 서비스를 지속하게 된다.

IV. 성능 분석

본 절에서는 제안된 방식의 채널 이동에 따른 지연시간에 대한 성능 분석을 수행한다.

채널 이동 지연시간이란 AP와 MS가 TV 채널을 설정하여 통신하고 있는 상황에서 incumbent user로 출현하여 다른 채널로 변경했을 때 MS들이 기존 AP가 변경한 채널을 찾고 이동하는 시간으로 정의한다. 시그널링 비용이란 AP가 이동할 채널을 찾고 MS가 그 채널로 이동하는데 필요한 시그널 메시지의 양으로 정의한다. 채널 이동 지연시간을 분석하기 위해 AP가 사용이 불가능한 채널의 수를 변경해가면서 성능 분석을 진행하였다. 성능분석은 IEEE 802.11 DCF의 saturation 상황을 고려하였고 [13], 사용가능한 TV 채널의 수는 20개이며, 이 채널들 중 이웃 AP가 사용하고 있는 채널은 사용가능하지 않은 채널로 보고 이동 채널로 선택하지 않는 것을 가정하였다. 또한, 이웃 AP의 사용하는 채널은 사용가능한 TV 채널 중 랜덤한 분포로 퍼져 있다고 가정하였다.

기존 핸드오버의 지연 시간은 active 스캐닝과

passive 스캐닝을 이용한 경우의 핸드오버 지연 시간으로 나눌 수 있다. Active 스캐닝을 이용한 핸드오버 지연 시간은 식 (2)과 같다.

$$T_A = T_{Active} + T_{authentication} + T_{reassociation} \quad (2)$$

$T_{authentication}$ 은 authentication 지연 시간, $T_{reassociation}$ 은 reassociation 지연 시간, 그리고 T_{Active} 는 active 스캐닝 시간이며, 식 (3)와 같다.

$$T_{Active} = A \cdot T_a + (N - A)T_u + N \cdot CST \quad (3)$$

$$T_u = 2E[X] \cdot E[slot] + MaxChannelTime \quad (4)$$

$$T_a = 2E[X] \cdot E[slot] + MinChannelTime \quad (5)$$

$E[x]$ 는 하나의 프레임 전송하기 위해 요구된 슬롯타임의 평균 수이고, $E[Slot]$ 은 하나의 슬롯타임의 평균 길이이다. $E[x], E[Slot]$ 은 아래와 같다^[12].

$$E[X] = \frac{(1-2p)(W+1) + pW(1-(2p)^m)}{2(1-2p)(1-p)} \quad (6)$$

$$E[Slot] = (1-P_r)\sigma + P_r P_s T_s + P_r (1-P_s)T_c \quad (7)$$

여기서 W 는 최소 경쟁 윈도우이고, p 는 전송 패킷이 충돌할 확률, m 은 최대 백오프 스테이지 값, σ 는 하나 슬롯타임이다. P_r 과 P_s 는 다음의 식으로 계산될 수 있다.

$$P_r = 1 - (1-\tau)^n \quad (8)$$

$$P_s = \frac{n\tau(1-\tau)^{n-1}}{P_r} = \frac{n\tau(1-\tau)^{n-1}}{1-(1-\tau)^n} \quad (9)$$

n 은 하나의 AP에서 경쟁하는 MS의 수이고 τ 는 랜덤한 하나의 슬롯 타임에서 하나의 MS가 전송하는 확률이다. τ 와 p 의 값은 다음과 같이 주어진다.

$$\tau = \frac{2(1-2p)}{(1-2p)(W+1) + pW(1-(2p)^m)} \quad (10)$$

$$p = 1 - (1-\tau)^{n-1} \quad (11)$$

다음으로 Passive 스캐닝을 이용한 핸드오버 지연 시간은 식 (12)과 같다.

$$T_P = T_{Passive} + T_{authentication} + T_{reassociation} \quad (12)$$

제시된 방법에서 AP는 운용중인 채널에 무선마이크가 나타나면 적절한 다른 운용채널을 찾아야 한다. AP는 DB로부터 받은 검색이 가능한 채널에서 순차적으로 채널을 무선마이크의 존재 유무와 이웃 AP가 사용하는 여부를 찾는 과정을 수행한다. AP는 두 가지 조건을 모두 만족하는 채널을 자신의 운용할 채널로 선택한다. 이 과정에 걸리는 시간은 식 (13)와 같다.

$$T_a = \sum_{K=1}^N \frac{A}{N} \left(1 - \frac{A}{N}\right)^{K-1} \cdot K \cdot E[X] \cdot E[slot] \quad (13)$$

N 은 검색이 가능한 TV 채널의 총 개수이며, A 는 이 채널 중 사용가능한 채널의 수이다.

제시된 채널 이동 방안에서 이동 채널의 정보를 공유하기 위해 걸리는 시간은 다음 식(14)과 같다.

$$T_{propose} = T_{Ch_announce} + CST + T_{beacon} \quad (14)$$

$T_{Ch_announce}$ 는 채널 이동 정보를 보내는 시간이고, T_{beacon} 은 비콘을 보내는 시간, 그리고 CST 는 채널 스위칭 타임이다.

그림 6은 사용가능한 채널의 수에 따른 채널 이동 지연시간을 비교하였다. 다른 채널로 변경한 AP를 찾기 위해 기존의 active scanning을 사용했을 때 90ms에서 140ms의 사이의 지연시간이 발생하였다. Passive scanning은 2초 이상의 지연시간을 갖는다. 하지만, 제시된 방법은 사용 불가능한 채널이 증가할수록 AP가 자신이 운영할 채널을 선택하는 시간이 증가되었을 뿐 이 시간을 포함하여 25ms 이하에서 채널 이동에 따른 지연 시간이 발생됨을

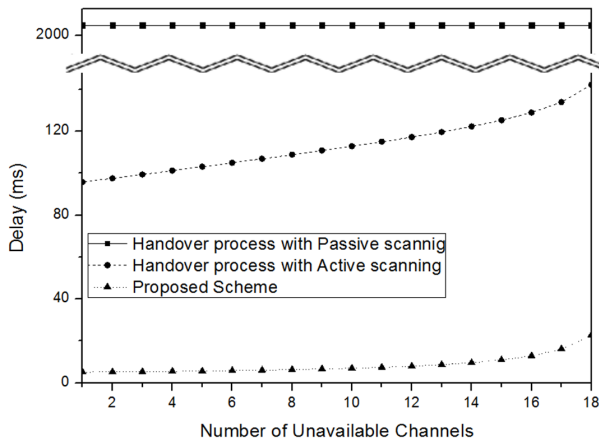


그림 6. 채널 이동 지연시간 비교
Fig 6. Channel handover delay comparison of different schemes

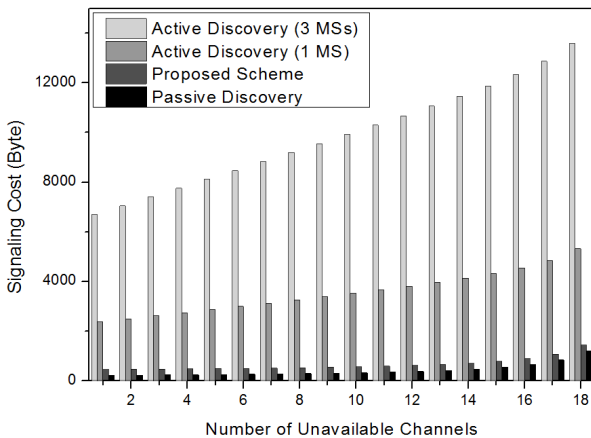


그림 7. 시그널링 비용 비교
Fig. 7. Signaling cost comparison of different schemes

보였다. 그림 7 채널 이동을 위해 사용되는 시그널링 비용을 비교분석한 것이다. 제시된 기법은 passive discovery 과정보다 채널 정보 교환에 필요한 추가적인 시그널링만 더 발생했을 뿐 active discovery 과정에 비해 적은 시그널링 비용이 발생하였다. 또한, active discovery 과정의 경우 MS의 수가 3개로 증가함에 따라 시그널링 비용이 크게 증가함을 보이지만 제안한 방법에서는 MS의 수가 증가함에도 시그널링 비용이 일정하다.

V. 결 론

본 논문에서는 Super Wi-Fi 환경에서 예고 없이 나타날 수 있는 incumbent user로 인해 발생 가능한 서비스 저하 문제를 해결하기 위한 방법이 제안되었다. 제안된 방법에서는 AP의 운용채널에

incumbent user가 나타나면 즉시 운용채널을 비우지 않고 incumbent user에 간섭을 주지 않는 subcarrier들의 그룹인 active subchannel을 이용하여 MS에게 AP 자신이 운용할 채널의 정보를 제공한다. 이 채널정보를 공유한 MS는 AP의 다른 운영 채널로 빠른 채널 핸드오버를 할 수 있게 하여 Super Wi-Fi 서비스의 연속성을 제공하게 된다. 결과적으로, 제안된 방식은 성능 분석 결과에서 보여주는 것처럼 채널 이동을 위한 지연 시간을 효과적으로 줄임으로써 서비스 연속성을 제공할 것으로 기대된다.

References

- [1] M. Fitch, M. Nekovee, S. Kawade, K. Briggs, and R. MacKenzie, "Wireless service provision in TV white space with cognitive radio technology: A telecom operator's perspective and experience," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 49, no. 3, pp 64-73, Mar. 2011.
- [2] FCC, ET Docket No. 08-260, "Second Report and Order and Memorandum Opinion and Order," Nov. 2008.
- [3] H. S. Chen and W. Gao, "Spectrum sensing for TV white space in North America," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 29, no. 2, pp 316-326, Feb. 2011.
- [4] H. Chen and W. Gao, "Spectrum Sensing for FM Wireless Microphone Signals," in *Proc. DySPAN*, pp 1-5, Apr. 2010.
- [5] H. Chen, W. Gao, and D. G. Daut, "Spectrum Sensing for Wireless Microphone Signals," in *Proc. IEEE SECON Workshop*, pp1-5, June 2008.
- [6] R. Balamurthi, H. Joshi, C. Nguyen, A. K. Sadek, S. J. Shellhammer and C. Shen., "A TV White Space Spectrum Sensing Prototype", in *Proc. DySPAN*, pp 297-307, May 2011.
- [7] S. W. Oh, A. Naveen, Y. Zeng, V. Kumar, T. Le, K. Kua, and W. Zhang, "White-space sensing device for detecting vacant channels in TV bands," in *Proc. IEEE CrownCom*, pp. 1-6, May 2008.

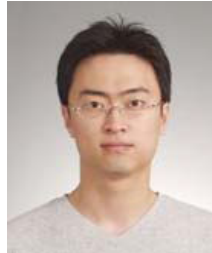
- [8] IEEE P802.11af, "Amendment 4: TV White Spaces Operation," Oct. 2011.
- [9] M.Y. Kim, Y. C. Joen, C.C. Cho, Y.W. Kyung, S.W. Park and J.W. Park, "Seamless Service Considering Incumbent Users in TV White Space," in *Proc. KICS Int. Conf. Commun. 2012 (KICS ICC 2012)*, pp. 95, Yongpyong, Korea, Feb. 2012.
- [10] IEEE P802.22, "Draft Standard for Wireless Regional Area Networks Part 22: Cognitive Wireless RAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Policies and Procedures for Operation in the TV Bands," Apr. 2008.
- [11] IEEE 802.11, "Part 11: Wireless LAN medium access control (MAC) and the physical layer (PHY) specifications," *IEEE Standard 802.11*, June 2007.
- [12] R.Shamir, "An efficient implementation of NC-OFDM transceivers for cognitive radios", in *Proc. IEEE CROWCOM*, pp 1-5, June 2006.
- [13] G.Bianchi, "Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function", *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 18. no. 3, pp 535-547, Mar. 2000.

김 명 유 (Myeongyu Kim)



2005년 2월 중앙대학교 전자전기공학부 학사
 2009년 8월 아주대학교 정보통신공학과 석사
 2009년 9월~현재 고려대학교 삼성IT융합학과 박사과정
 <관심분야> 전자공학, 무선통신공학, Wireless IP networks, Cognitive Radio

전 유 찬 (Youchan Jeon)



2004년 2월 고려대학교 전자정보공학과 학사
 2006년 2월 고려대학교 통신시스템 학과 석사
 2012년 8월 고려대학교 전자전기공학과 박사
 <관심분야> 전자공학, 무선통신공학, 광통신공학

박 상 원 (Sangwon Park)



1997년 2월 서울과학기술대학교 전자공학과 학사
 2004년 2월 고려대학교 전자컴퓨터공학과 석사
 2005년 3월~현재 고려대학교 통신시스템기술전공 박사과정

1997년 5월~2008년 2월 정보통신부 전파방송기획단
 2008년 2월~현재 방송통신위원회 기획조정실
 <관심분야> 방송공학, 무선통신공학

박 진 우 (Jinwoo Park)



1979년 2월 고려대학교 전자공학과 공학학사
 1987년 11월 버지니아 공대 공학박사
 1988년 3월~1989년 2월 명지대학교 전자공학과 교수
 1988년 3월~현재 고려대학교

전자공학과 교수
 <관심분야> Wireless IP networks, optical networks, IP mobility management