

# IEEE 802.11 무선 랜에서 이웃 채널 정보에 기반한 점진적 채널 스캔 방법

(Incremental Channel Scan Scheme based on Neighbor  
Channel Information in IEEE 802.11 Wireless LANs)

허 남 철<sup>1)</sup>, 김 선 명<sup>2)\*</sup>  
(Nam Chul Huh and Sunmyeng Kim)

**요 약** IEEE 802.11 무선 랜에서 단말들은 자유롭게 이동할 수 있기 때문에 끊임 없는 서비스를 제공하기 위해 핸드오프가 중요하다. 무선 랜에서 핸드오프할 때 많은 채널에 대해 스캔을 수행하기 때문에 핸드오프 지연이 커져 실시간 서비스를 지원하는데 한계가 있다. 본 논문에서는 실시간 서비스를 위해 핸드오프 지연을 최소화하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법에서, 무선 랜에 처음 접속하는 단말은 자신이 스캔한 채널 정보를 AP(Access Point)에게 전송한다. AP는 단말이 전송한 정보를 이용하여 서로 이웃하는 채널들의 정보를 테이블로 만들고 비콘 프레임을 통해 이 테이블을 단말들에게 전송한다. 단말들은 핸드오프를 진행할 때 전체 채널에 대해 스캔을 수행하지 않고 테이블에 있는 정보를 이용하여 일부 채널에 대해서만 스캔을 수행한다. 따라서 제안하는 방법은 핸드오프 지연을 줄일 수 있고 실시간 서비스를 지원할 수 있다.

**핵심주제어** : 핸드오프, 무선 랜, 채널 스캔, 이웃 채널, 스캐닝 지연

**Abstract** Handoff is a critical issue for seamless roaming in IEEE 802.11-based wireless networks. In order to provide real-time services, handoff mechanism must be provided. However, the IEEE 802.11 standard handoff is not appropriate to provide the services, because it is based on the full-scanning approach which spends too much time searching Access Point (AP). In this paper, we propose a new scheme, which can reduce the scanning latency. A station performs full-scanning operation for finding APs when it enters wireless networks for the first time. The station sends the scanned channel information to AP. AP maintains the neighbor channel table based on the information received from stations. A station performs the partial-scanning by using the table. Therefore, the proposed scheme can reduce the scanning latency.

**Key Words** : Handoff, WLAN, Channel Scan, Neighbor Channel, Scanning Latency

## 1. 서 론

최근 무선 통신 환경에서 이동 단말의 증가로 사용자는 이동 중에 VoIP (Voice Over IP)와 멀티미디어 스트리밍과 같은 실시간 서비스들을 많이 이용한다. 단말의 이동으로 인해 서로 다른 무선 랜 AP(Access Point) 간에 핸드오프가 자

\* Corresponding Author : sunmyeng@kumoh.ac.kr

† 이 연구는 금오공과대학교학술연구비에 의하여 지원된 논문임  
Manuscript received September 1, 2015 / revised October 16, 2015 / accepted October 22, 2015

1) 대구미래대학교 부사관과, 제1저자

2) 금오공과대학교 컴퓨터소프트웨어공학과, 교신저자

주 발생한다. 사용자는 핸드오프 지연 문제로 인해 실시간 서비스를 이용하는데 문제를 겪는다. 실시간 서비스를 위해서는 일반적으로 50ms 이내의 핸드오프 지연을 가져야하지만 IEEE 802.11 무선 랜에서는 수백 ms의 지연 시간을 갖는다. 따라서 무선 랜에서 실시간 서비스를 제공하기 위해서는 핸드오프 지연 시간을 줄이는 것이 중요하다.

핸드오프는 단말이 한 AP에서 다른 AP로 연결을 변경할 때 발생한다. 핸드오프는 3개의 단계로 구성된다: 스캔 단계(Scan Phase), 재인증 단계(Reauthentication Phase), 재연결 단계(Reassociation Phase). 핸드오프 지연의 대부분은 스캔 단계에서 발생한다. 스캔 단계에서는 각 채널에 대해 사용여부 확인 및 사용되는 채널의 신호 세기를 측정한다. 스캔 단계에서의 지연은 스캔하는 채널의 수에 따라 영향을 받는다. 따라서 스캔해야 하는 채널의 수를 줄이는 것이 필요하다.

IEEE 802.11 무선 랜[1-3]에서는 전체 채널에 대해 스캔을 수행하기 때문에 스캔 단계에서의 지연이 크다[4]. 스캔되는 채널 수를 줄이기 위해 여러 방법들이 제안되었다[5-11]. 대다수의 기존 방법들은 사전 스캔 (Pre-scan)에 기반하고 있다. 사전 스캔은 단말이 핸드오프를 실행하기 전에 이웃하는 AP들이 갖는 모든 채널 또는 일부 채널에 대해 주기적으로 스캔하는 것을 의미한다. 사전에 스캔된 데이터를 이용하여 가장 신호가 강한 채널을 갖는 AP와 핸드오프를 실행한다. 이 방법들은 핸드오프가 발생하기 전에 주위 채널에 대해 스캔을 진행하기 때문에 실제 핸드오프 진행 동안에는 지연을 최소화할 수 있다. 그러나 주기적인 스캔으로 인해 스캔과 관련된 많은 패킷(Probe packet and Reponse packet)이 전송되기 때문에 심각한 대역폭 낭비를 초래한다.

스캔되는 채널 수 뿐만 아니라 스캔과 관련된 패킷 수를 줄일 수 있는 PSAM(Pre-handoff Stage and Advertisement Message) 방법이 제안되었다[8]. PSAM 방법은 이웃 단말의 도움을 받는다. 이 방법에서는, 핸드오프를 진행한 단말이 새롭게 연결을 맺을 AP의 MAC 주소와 채널

번호를 포함하는 패킷을 이웃 단말들에게 전송한다. 이 패킷을 수신한 이웃 단말들은 관련 정보를 테이블에 저장한다. 이후부터는 이 테이블을 수신 채널 테이블이라고 한다. 그리고 단말들이 핸드오프를 진행할 경우, 전체 채널을 스캔하지 않고 수신 채널 테이블에 있는 채널에 대해서만 스캔을 진행한다. 따라서 스캔과 관련된 패킷의 수와 채널 스캔 수를 많이 줄일 수 있다.

PSAM 방법은 핸드오프가 자주 발생하는 환경에서는 잘 동작한다. 그러나 IEEE 802.11 무선 랜 사용자는 일반적으로 이동성이 많지 않고 한 자리에서 서비스를 이용하는 경향이 강하다. 따라서 이동성이 적어 핸드오프가 자주 발생하지 않고 전송되는 AP 정보 패킷이 적다. 이런 환경에서 PSAM 방법은 다른 단말로부터 관련 패킷을 많이 수신하지 못하기 때문에 수신 채널 테이블의 크기가 충분하지 않아 IEEE 802.11 무선 랜과 마찬가지로 전체 채널 스캔을 진행하는 경우가 많아진다. 그러므로 핸드오프 지연이 커질 수 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 점진적 채널 스캔(ICS: Incremental Channel Scan) 방법을 제안한다. 제안하는 방법의 기본 동작은 PSAM과 마찬가지로 이웃 단말의 도움을 받아 수신 채널 테이블을 만들고 핸드오프를 진행할 때 이를 이용한다. 그러나 제안하는 방법은 이 수신 채널 테이블뿐만 아니라 또 다른 테이블인 이웃 채널 테이블을 이용한다. 무선 랜에서 AP의 위치는 거의 고정이고 사용하는 채널도 잘 바뀌지 않는다. 이에 기반을 두어 서로 이웃하는 AP가 갖는 채널들의 정보를 얻은 후에 어떤 채널들이 서로 이웃하여 있는지 나타내는 이웃 채널 테이블을 만들고 핸드오프가 필요할 때 전체 채널을 스캔하지 않고 이 테이블에 있는 정보를 이용하여 일부 채널만 스캔한다. 채널 스캔을 진행할 때 처음에는 수신 채널 테이블을 이용하여 채널 스캔을 진행하지만 이 테이블 정보가 충분하지 않을 경우에는 이웃 채널 테이블을 이용하여 스캔을 진행한다. 즉, 수신 채널 테이블이 충분하지 않더라도 전체 채널 스캔을 진행하지 않고 여전히 일부 채널에 대해서만 스캔을 진행한다. 따라서 제안하는 방법은 핸드오프 지연을 줄일 수 있고 실시간 서비스를 지원할

수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 IEEE 802.11 채널 스캔 방법 및 PSAM 방법에 대해 간단히 설명한다. 3장에서는 제안된 점진적 채널 스캔 방법을 자세히 기술한다. 4장에서는 시뮬레이션을 통한 제안된 방법의 성능을 분석하고 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 시스템 구성 및 실험

### 2.1 시스템 구성

핸드오프 과정에 대한 상세 내용은 IEEE 802.11 표준 문서에 기술되어 있다[4]. 채널 스캔은 두 가지로 나뉘어진다: 능동 스캔(Active Scan)과 수동 스캔(Passive Scan). 수동 스캔에서는 핸드오프를 수행할 새로운 AP를 선택하기 위해 단말들은 이웃 AP들이 주기적으로 전송하는 비콘 프레임의 수신을 대기한다. 모든 이웃 AP로부터 비콘 프레임을 수신한 후에 신호가 가장 강한 AP를 선택하고 핸드오프를 진행한다. 그러나 비콘 프레임 간의 간격이 매우 크기 때문에 모든 AP들로부터 비콘 프레임을 수신하는데 많이 시간이 필요하게 되어 수동 스캔은 실시간 응용 서비스에는 적당하지 않다. 능동 스캔에서는 단말이 이웃 AP로부터 비콘 프레임의 수신을 대기하는 것이 아니라 각 AP가 사용 중인 채널에 프로브 메시지(Probe Message)를 전송하고 응답을 기다린다. 프로브 메시지를 수신한 AP는 응답 메시지(Response Message)를 전송한다. 여러 AP로부터 응답 메시지를 수신한 단말은 신호의 세기가 가장 강한 AP를 선택하고 핸드오프를 진행한다. 따라서 능동 스캔은 수동 스캔에 비해 상대적으로 적은 시간이 필요하게 되어 실시간 응용 서비스에 적합하다.

Fig. 1은 IEEE 802.11에 기술된 능동 스캔 과정을 보여준다. 단말이 현재 서비스 중인 AP의 신호 세기가 사전에 정의된 임계치(Threshold) 이하이면 핸드오프 과정을 진행한다. 먼저 단말은 핸드오프 과정 중에서 스캔 단계로 진입한다. 단말은 스캔을 수행할 임의의 한 채널을 선택하

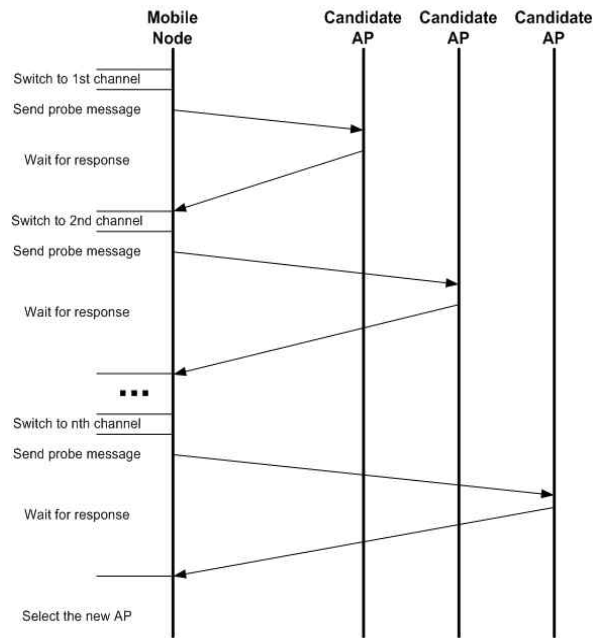


Fig. 1 Active Scan Operation in IEEE 802.11[8]

고 안테나를 현재 서비스 중인 채널에서 선택된 채널로 전환한다. 그리고 나서 프로브 메시지를 선택된 채널로 전송한다. 선택된 채널에서 동작 중인 AP는 단말이 전송한 프로브 메시지를 수신한 후에 단말에게 응답 메시지를 전송한다. 단말은 응답 메시지를 수신하면서 채널의 신호 세기를 측정한다. 모든 채널에 대해 위 과정을 수행한 후에 최고의 품질을 갖는 채널을 선택하고 해당 AP로 핸드오프를 진행한다.

능동 스캔에서 응답 메시지 대기 시간은 두 가지 요소에 의해 영향받는다: *MaxChannelTime*과 *MinChannelTime*. 단말이 프로브 메시지를 전송한 후에 타이머를 *MinChannelTime*으로 설정한다. 타이머가 만료될 때까지, 응답 메시지를 수신하지 못하거나 어떤 데이터의 송수신도 감지되지 않으면 해당 채널은 사용되지 않는 것으로 판단하고 다른 채널로 전환한다. 타이머가 만료되기 전에 데이터 송수신이 감지되면 해당 채널은 사용 중인 것으로 판단하고 타이머를 다시 *MaxChannelTime*으로 설정한다. 단말은 타이머가 만료될 때까지 응답 메시지를 대기하고 수신한다. 타이머가 만료되거나 또는 만료되기 전에 응답 메시지를 수신하면 다른 채널로 전환하고 위 과정을 반복 수행한다.

능동 스캔 동안에 소모된 시간이 수동 스캔 동안에 소모된 시간보다 적기 때문에 대다수의 관련 연구는 능동 스캔 방법에 기반하고 있다. 핸드오프 과정에서의 대다수 시간은 스캔 단계에서 소모된다. 따라서 대다수의 기존 방법들은 스캔 단계에서의 지연을 줄이기 위해 제안되었다. 능동 스캔에서의 지연은 다음 두 가지 요소로 결정된다: 응답 메시지 대기 시간과 스캔 채널 수. 응답 메시지 대기 시간을 줄이기 위해 FHAP(Fast Handoff by Avoiding Probe Wait) 방법이 제안되었다[9]. FHAP 방법에서 단말은 프로브 메시지를 전송한 후에 응답 메시지를 기다리지 않고 다음 채널로 전환한 후에 또 프로브 메시지를 전송한다. 모든 채널에 대해 프로브 메시지를 전송한 후에 단말은 서비스 중인 AP의 채널로 전환한다. 프로브 메시지를 수신한 AP들은 단말이 다른 채널로 전환하였기 때문에 단말에게 직접적으로 응답 메시지를 전송하지 못한다. 따라서 AP들은 단말에게 서비스 중인 AP에게 백본을 통해 응답 메시지를 전송한다. 서비스 중인 AP는 다른 모든 AP들로부터 응답 메시지를 수신한 후에 단말에게 전달한다. 단말은 전달받은 메시지에 기반하여 핸드오프를 수행할 새로운 AP를 선택한다. 스캔 채널 수를 줄이기 위해 여러 방법들이 제안되었고 대표적인 방법이 PSAM이다. PSAM의 기본 동작 원리는 2.2에 설명된다.

## 2.2 PSAM 방법

PSAM 방법은 핸드오프를 수행한 다른 단말의 도움을 받아 스캔 채널 수를 줄인다[8]. 이 방법에서 한 AP의 영역은 세 개로 나뉘어진다: 핸드오프 무관 영역, 핸드오프 준비 영역, 핸드오프 영역. 핸드오프 무관 영역에서는 현재 서비스 받고 있는 AP의 신호 세기가 충분히 강하여 핸드오프가 필요하지 않는 영역이다. 핸드오프 준비 영역은 비록 현재 AP의 신호 세기가 충분히 강하지는 않지만 여전히 연결을 맺고 통신을 진행하는데 문제가 없는 영역이다. 그러나 신호의 세기가 더 약해지면 핸드오프를 진행해야 하므로 앞으로의 핸드오프를 위해 준비하는 영역이다. 마지막으로 핸드오프 영역은 AP의 신호 세기가

약해서 핸드오프를 수행해야 하는 영역이다. 신호 세기는 RSS(Received Signal Strength)를 이용한다. 각 영역을 구분하기 위해 RSS와 관련된 두 개의 임계치를 사용한다:  $RSS_{handoff}$ 와  $RSS_{pre}$  ( $RSS_{pre} > RSS_{handoff}$ ). 현재 서비스 중인 AP의 신호 세기가  $RSS_{handoff}$  이하이면 핸드오프 영역에 있다는 것을 의미한다. 또한  $RSS_{pre}$  이하이면 핸드오프 준비 영역에 있다는 것을 의미한다.  $RSS_{pre}$  보다 크면 핸드오프 무관 영역에 있다는 것을 의미한다.

PSAM 방법에서, 핸드오프를 진행한 단말이 새롭게 선택된 AP와 연결을 맺기 전에 현재 서비스 중인 AP 영역 내에 있는 이웃 단말들에게 선택된 AP의 MAC 주소와 채널 번호를 포함하는 광고 메시지(Advertisement Message)를 전송한다. 핸드오프 준비 영역(Pre-handoff Stage)에 있으면서 광고 메시지를 수신한 이웃 단말들은 관련 정보를 수신 채널 테이블에 저장한다. 그리고 단말들이 핸드오프 영역에 진입하여 핸드오프를 진행할 경우, 전체 채널을 스캔하지 않고 수신 채널 테이블에 있는 채널에 대해서만 스캔을 진행하고 가장 강한 신호를 갖는 채널의 AP를 선택한다. 따라서 일부 채널에 대해서만 스캔을 수행하기 때문에 스캔 채널 수를 줄일 수 있다.

## 2.3 PSAM 방법의 문제점

PSAM 방법은 핸드오프가 자주 발생하는 환경에서는 잘 동작한다. 그러나 IEEE 802.11 무선랜 사용자는 일반적으로 이동성이 많지 않고 한 자리에서 서비스를 이용하는 경향이 강하다. 따라서 이동성이 적어 핸드오프가 자주 발생하지 않고 전송되는 AP 정보 패킷이 적다. 이런 환경에서 PSAM 방법은 다른 단말로부터 관련 패킷을 많이 수신하지 못하기 때문에 수신 채널 테이블의 크기가 충분하지 않아 IEEE 802.11 무선랜과 마찬가지로 전체 채널 스캔을 진행하는 경우가 많아진다. 그러므로 핸드오프 지연이 커질 수 있다.

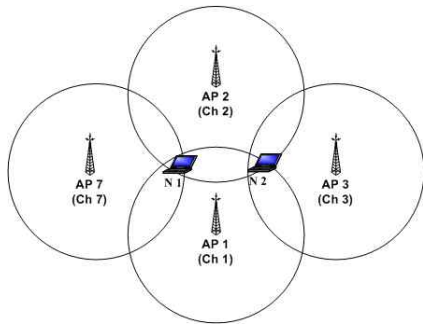


Fig. 2 AP Topology

수신 채널 테이블에 정보가 없는 경우에는 무조건 전체 채널에 대해 스캔을 수행한다. 또한 수신 채널 테이블에 정보가 있더라도 작은 경우에도 전체 채널 스캔을 진행할 수도 있다. 이 경우의 예를 Fig. 2에 보인다. Fig. 2는 무선 랜에서 AP의 배치를 나타내는 토폴로지이다. 그림에서 AP #는 각 AP의 MAC 주소이고 Ch #는 해당 AP가 사용하는 채널 번호이다. N #은 단말 번호이다. N 1과 N 2는 현재 AP 1로부터 서비스를 받고 있다. N 1이 핸드오프 영역에 진입하였고 채널 스캔 과정을 통해 AP 7을 선택하였다. N 1은 AP 7의 MAC 주소와 채널 번호를 광고 메시지에 포함하여 전송한다. N 2는 핸드오프 준비 영역에 있고 N 1이 전송한 광고 메시지를 수신하였다. 따라서 N 2는 AP 7의 정보를 수신 채널 테이블에 저장한다. N 2가 핸드오프 영역으로 진입하는 경우 수신 채널 테이블에 저장된 채널 정보를 이용하여 채널 스캔을 수행한다. 먼저 Ch 7에 대해 채널 스캔을 수행한다. 그러나 Ch 7은 N 2와의 전송 범위 밖에 있기 때문에 N 2는 Ch 7의 신호를 감지하지 못한다. 더 이상 수신 채널 테이블에는 정보가 없기 때문에 핸드오프할 AP를 선택하기 위해 전체 채널에 대해 스캔을 수행한다.

위와 같이 충분한 광고 메시지를 수신하지 못하면 IEEE 802.11 무선 랜과 마찬가지로 전체 채널 스캔을 수행할 수 있기 때문에 핸드오프 지연이 커질 수 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 점진적 채널 스캔(ICS: Incremental Channel Scan) 방법을 제안한다.

### 3. 점진적 채널 스캔 방법

제안된 방법에서 각 단말은 수신 채널 테이블과 이웃 채널 테이블을 이용하여 핸드오프의 채널 스캔 과정을 진행한다. 수신 채널 테이블을 유지 관리하는 방법은 PSAM 방법과 동일하다. 이웃 채널 테이블을 만들고 유지 관리하는 방법에 대해서는 3.1에서 설명한다. 이 두 테이블을 이용하여 채널을 스캔하는 방법에 대해서는 3.2에서 설명한다.

#### 3.1 이웃 채널 테이블 관리 방법

제안된 방법도 PSAM 방법과 마찬가지로 한 AP의 영역을 세 개로 나누어 동작한다. 모든 단말은 무선 랜에 처음 접속하기 위해서는 기존 방법들이 수행하는 것과 마찬가지로 전체 채널에 대해 스캔을 수행한다. 채널 스캔 후에 가장 강한 신호 세기를 갖는 AP를 선택하여 연결을 맺는다. 이때, 단말이 핸드오프 준비 영역 또는 핸드오프 영역에 있다면 스캔한 채널 정보(AP의 MAC 주소와 채널 번호)를 자신의 AP에게 전송한다.

단말이 전송한 채널 정보를 바탕으로 AP는 이웃 채널 테이블을 유지 관리한다 (Fig. 3 참고). 이웃 채널은 한 단말이 임의의 위치에서 채널 스캔을 수행할 때 신호가 감지되는 채널들을 나타낸다. 즉, Fig. 3에서 한 단말이 AP Information 항목에 있는 한 채널을 감지할 수 있다면 Neighbor AP Information 항목에 있는 채널들 또한 감지할 수 있다는 것을 의미한다.

AP Information		Neighbor AP Information	
MAC Address	Channel Number	MAC Address	Channel Number
...	...	...	...

Fig. 3 Neighbor Channel Table

Fig. 2에서 N 1은 AP 2와 AP 7의 신호 범위 안에, N 2는 AP 2와 AP 3의 신호 범위 안에 위치해 있다. 각 단말은 처음 접속할 때 전체 채널 스캔을 수행하고 N 1은 AP 1, AP 2, AP 7의 신

호를 감지하였다. AP 1의 신호가 가장 강하여 AP 1과 연결을 맺었다. 그리고 N 1은 핸드오프 준비 영역 또는 핸드오프 영역에 위치해 있으므로 자신이 스캔한 채널 정보([AP 7, Ch 7], [AP 2, Ch 2])를 AP 1에게 전송한다. N 2는 AP 1, AP 2, AP 3의 신호를 감지하였고 신호가 가장 강한 AP 1과 연결을 맺었다. N 2도 자신이 스캔한 채널 정보([AP 2, Ch 2], [AP 3, Ch 3])를 AP 1에게 전송한다.

AP 1은 각 단말로부터 수신한 채널 정보를 바탕으로 이웃 채널 테이블을 만든다. Fig. 4는 AP 1이 N 1과 N 2로부터 채널 정보를 수신한 후에 만든 이웃 채널 테이블을 나타낸다. AP 1은 먼저 N 1으로부터 채널 정보를 수신하였다. N 1이 AP 7과 AP 2의 채널 신호를 같은 위치에서 감지하였기 때문에 이 두 AP는 서로 이웃한다는 것을 알 수 있다. 따라서 이웃 채널 테이블에 AP Information 항목의 MAC Address 필드에는 AP 7을 Channel Number 필드에는 Ch 7을 추가한다. 그리고 AP 7의 이웃인 AP 2의 정보를 Neighbor AP Information 항목에 추가한다. 즉, MAC Address 필드에 AP 2를, Channel Number 필드에 Ch 2를 추가한다. 또한 AP Information 항목에 AP 2의 정보를 추가하고 Neighbor AP Information 항목에 AP 7 정보를 추가한다. AP 1은 N 2로부터 수신한 채널 정보를 이용하여 AP 2와 AP 3이 서로 이웃한다는 것을 알 수 있다. 이 정보를 이용하여 AP 1은 이웃 채널 테이블을 갱신한다. AP 2의 정보는 AP Information 항목에 이미 저장되어 있으므로 추가하지 않는다. AP 2의 Neighbor AP Information 항목에는 AP 3의 정보를 추가한다. 그러나 AP 3의 정보는 AP Information 항목에 이미 저장되어 있지 않으므로 추가한다. 그러고 나서 AP 3의 Neighbor AP Information 항목에 AP 2 정보를 추가한다. 위와 같이 각 AP는 단말이 전송한 채널 정보를 수신하여 이웃 채널 테이블을 유지 관리하고 비콘을 통해 주기적으로 서비스 중인 각 단말에게 이 테이블 정보를 전송한다.

AP Information		Neighbor AP Information	
MAC Address	Channel Number	MAC Address	Channel Number
AP 7	Ch 7	AP 2	Ch 2
AP 2	Ch 2	AP 7	Ch 7
		AP 3	Ch 3
AP 3	Ch 3	AP 2	Ch 2

Fig. 4 Example of Neighbor Channel Table in AP 1

### 3.2 채널 스캔 방법

핸드오프 영역에 있는 각 단말은 수신 채널 테이블과 이웃 채널 테이블을 이용하여 핸드오프의 채널 스캔 과정을 진행하고 핸드오프를 수행할 새로운 채널을 결정한다. 제안된 채널 스캔 방법은 수신 채널 테이블에 정보가 있는지 여부에 따라 다르게 동작한다.

수신 채널 테이블에 정보가 하나 이상 있는 경우에는 수신 채널 테이블에 포함된 각 채널에 대해 채널 스캔을 수행한다. 하나 이상의 채널에서 신호가 감지되고 응답 메시지를 수신하면 가장 강한 신호를 갖는 채널을 선택하여 핸드오프를 진행한다. 그러나 2.3에서 언급한 것처럼 수신 채널 테이블에 포함된 모든 채널이 단말과의 거리가 멀어 신호가 감지되지 않고 응답 메시지를 수신할 수 없으면 이웃 채널 테이블을 이용하여 채널 스캔 과정을 다시 진행한다. 이웃 채널 테이블에 있는 모든 채널에 대해 스캔을 진행하지 않고 수신 채널 테이블에 포함된 채널들의 이웃 채널에 대해서만 스캔을 진행한다. 또한 어떤 채널에 대해서도 여전히 응답 메시지를 수신하지 못하면 이웃 채널 테이블을 이용하여 이미 스캔을 진행한 채널들의 이웃 채널에 대해 반복 진행한다. 제안된 방법은 이와 같이 한 번에 모든 채널에 대해 스캔을 수행하지 않고 이웃 채널에 대해 점진적으로 확장하면서 채널 스캔을 진행한다.

수신 채널 테이블에 포함된 정보가 하나도 없는 경우에는 수신 채널 테이블을 이용할 수 없다. 따라서 네트워크에서 사용되는 모든 채널 중에서 하나를 임의로 선택하고 채널 스캔을 수행

한다. 어떤 채널로부터도 신호가 감지되지 않고 응답 메시지가 수신되지 않으면 수신 채널 테이블에 정보가 있는 경우와 마찬가지로 이웃 채널 테이블을 이용하여 점진적으로 채널 스캔을 진행한다. 하나 이상의 채널로부터 신호가 감지되고 응답 메시지가 수신된 경우, 수신 채널 테이블에 정보가 있을 때는 응답 메시지를 수신한 채널 중에서 가장 강한 신호를 갖는 채널을 선택하고 스캔 과정을 종료한다. 그러나 수신 채널 테이블에 정보가 없을 때는 한 번 더 이웃 채널에 대해 채널 스캔을 진행한 후에 가장 강한 신호를 갖는 채널을 선택하고 종료한다. 한 번 더 스캔하는 이유는 처음 신호가 감지된 채널이 있더라도 이 채널들이 핸드오프를 수행할 단말에게 가장 강한 신호를 제공하는 채널이 아닐 수 있으므로 이웃 채널 테이블을 이용하여 한 번 더 채널을 스캔하고 최고의 채널을 선택하기 위해서이다. Figs. 5와 6은 제안된 방법의 채널 스캔 알고리즘을 상세하게 보여준다.

Fig. 5는 수신 채널 테이블에 정보가 있는 경우의 알고리즘을 나타낸다. 단말  $i$ 의 수신 채널 테이블 정보는  $R\_CH_i = \{CH_m, CH_n, \dots\}$ 이다. 이 테이블을 직접 이용하지 않고 스캔을 수행할 채널 목록(Channels)으로 복사한 후에 채널 스캔을 진행한다 (라인 1). Scanned\_Channels은 스캔을 이미 수행한 채널들의 목록이다. 처음에는 스캔을 수행한 채널이 없으므로 널(NULL)로 초기화한다 (라인 2). 라인 4와 5에 있는 변수 Sensable과 L은 채널 스캔을 통해 신호가 감지되고 응답 메시지를 수신한 채널의 목록과 개수이다. 처음 시작할 때는 수신한 메시지가 없으므로 널과 0으로 초기화된다. Channels에 포함된 모든 채널에 대해 채널 스캔을 수행한다 (라인 6~12). 스캔을 수행한 채널은 Scanned\_Channels에 추가한다 (라인 7). 신호가 감지되고 응답 메시지를 수신한 채널은 Sensable에 추가하고 L 값을 1 증가한다 (라인 8~11). 하나 이상의 채널에서 응답 메시지가 수신되면 신호 세기가 가장 강한 채널을 핸드오프를 수행할 채널로 선택하고 알고리즘을 종료한다 (라인 13~15). 응답 메시지 수신이 하나도 없는 경우에는 PSAM 방법과 달리 모든 채널에 대해 스캔을 수행하지 않고 이웃

채널 테이블을 이용하여 일부 채널에 대해서만 스캔을 다시 수행한다. 라인 16~21에서 스캔을 수행할 채널 목록을 다시 만든다. 임시 채널 목록(Tmp\_list)을 널로 초기화한다 (라인 17). Tmp\_list에 Channels에 포함된 모든 채널의 이웃 채널 번호를 추가한다 (라인 18). neighbor(CHs)는 이웃 채널 테이블에 있는 채널  $s$ 의 모든 이웃 채널 번호를 의미한다. 예로, Fig. 4에서 Ch 2의 이웃 채널 번호는 Ch 3과 Ch 7이다. 이미 스캔을 수행한 채널에 대해서는 다시 수행하지 않기 위해 Tmp\_list에서 제거한다 (라인 19). 마지막으로 Tmp\_list를 Channels에 복사하고 다시 채널 스캔을 수행한다.

```

1 Channels = R_CHi;
2 Scanned_Channels = {};
3 while(1) { // 1st loop
4   Sensable = {};
5   L = 0;
6   while(ch ∈ Channels) { // 2nd loop
7     Scanned_Channels = Scanned_Channels ∪ ch;
8     if(ch is sensed) {
9       Sensable = Sensable ∪ ch;
10      L = L + 1;
11    }
12  }
13  if(L >= 1) {
14    handoff_channel = max signal {Sensable};
15    end of this algorithm;
16  } else {
17    Tmp_list = {};
18    Tmp_list = Tmp_list + neighbour(CHs) for all s ∈ Channels;
19    Tmp_list = Tmp_list - Scanned_Channels;
20    Channels = Tmp_list;
21  }
22 }

```

Fig. 5 Channel Scan Algorithm with Information in the Received Channel Table

Fig. 6은 수신 채널 테이블에 정보가 없는 경우의 알고리즘을 나타낸다. 단말이 수신한 채널 정보가 없으므로 네트워크에서 사용되는 모든 채널 중에서 하나를 임의로 선택하고 Channels에 추가한다 (라인 1). 라인 2~12는 Fig. 5의 라인 2~12와 동일하다. 또한 라인 13~16은 Fig. 5의 라인 17~20과 동일하다. 그러나 이후 과정은 Fig. 5와 다르게 동작한다. 하나 이상의 채널에서 신호가 감지되고 응답 메시지를 수신하게 되면 라인 3~18 과정을 종료하고 라인 19로 이동한다. 라인 19~21에서는 Channels에 있는 모든 채널에 대해

채널 스캔을 수행하고 신호가 감지되고 응답 메시지를 수신한 채널을 Sensable에 추가한다. 응답 메시지를 수신한 채널들 중에서 신호 세기가 가장 강한 채널을 핸드오프를 수행할 채널로 선택하고 알고리즘을 종료한다 (라인 22~23).

```

1 Channels = randomly choose one channel among CHi (i=1, 2, ..., n);
2 Scanned_Channels = {};
3 while(1) { // 1st loop
4     Sensable = {};
5     L = 0;
6     while(ch ∈ Channels) { // 2nd loop
7         Scanned_Channels = Scanned_Channels ∪ ch;
8         if(ch is sensed) {
9             Sensable = Sensable ∪ ch;
10            L = L + 1;
11        }
12    }
13    Tmp_list = {};
14    Tmp_list = Tmp_list + neighbour(CHs) for all s ∈ Channels;
15    Tmp_list = Tmp_list - Scanned_Channels;
16    Channels = Tmp_list;
17    if(L >= 1) end of 1st loop and goto line 19;
18 }
19 while(ch ∈ Channels) {
20     if(ch is sensed) Sensable = Sensable ∪ ch;
21 }
22 handoff_channel = max signal {Sensable};
23 end of this algorithm;
    
```

Fig. 6 Channel Scan Algorithm without Information in the Received Channel Table

#### 4. 시뮬레이션 결과

본 장에서는 제안된 방법의 성능을 PSAM 방법과 시뮬레이션을 통해 비교 분석한다. 비교 분석을 위해 C++을 이용하여 시뮬레이터를 직접 구현하였다. 시뮬레이션에서 Fig. 7의 토폴로지를 고려하였다. 7개의 AP가 배치되었다. 각 AP의 MAC 주소와 채널 번호를 1~7로 할당하였다. 시뮬레이션에서 사용된 파라미터를 Table 1에 나열하였다. AP의 전송 범위(Transmission Range)는 100m이고 서로 이웃하는 AP간 거리는 150m이다. 단말은 AP 1의 전송 범위 내 임의의 위치에 생성되며 일정한 방향으로 이동하고 AP 2~7로 핸드오프를 수행한다고 가정한다. 즉, AP 1이 아닌 다른 AP에서는 단말이 생성되지 않는다. 단말을 생성하기 위해 음의 지수 분포(Negative Exponential Distribution)를 이용하였다. 단말의 평균 도착 간격 시간(Inter-Arrival Time)은 1초

에서 10초 사이로 하였다.

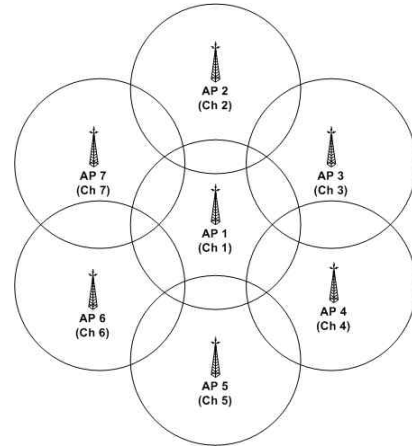


Fig. 7 Simulation Topology

Table 1 Simulation Parameters

Parameters	Value
Simulation time	1000 s
Transmission range	100 m
Distance between neighbor APs	150 m
MaxChannelTime	11 ms
MinChannelTime	5 ms
Channel switch delay	5 ms

주요 성능 요소는 스캔 채널 수(Number of Scanning Channels)와 채널 스캔 지연(Scanning Latency), 수신된 광고 메시지 수(Number of Received Messages)이다. 스캔 채널 수는 단말이 핸드오프할 채널을 선택할 때 평균적으로 스캔을 수행한 채널 수이다. 스캔 지연은 핸드오프를 위해 채널 스캔을 시작할 때부터 채널 선택을 완료할 때까지 소요된 평균 시간이다. 수신된 광고 메시지 수는 핸드오프를 수행한 단말로부터 수신한 광고 메시지의 평균 수이다.

Fig. 8은 평균 도착 간격 시간에 따른 수신된 광고 메시지 수를 나타낸다. 제안된 ICS 방법은 PSAM 방법과 같은 광고 메시지 방법을 이용하기 때문에 결과에 차이가 없다. 평균 도착 간격 시간이 1일 때 각 단말은 1.7개의 광고 메시지를 수신한다. 그러나 도착 간격 시간이 커질수록 단말의 생성 간격이 커진다는 것을 의미하므로 핸드오프는 덜 발생하게 되어 광고 메시지 전송도 줄어들게 된다. 따라서 점점 더 수신된 광고 메



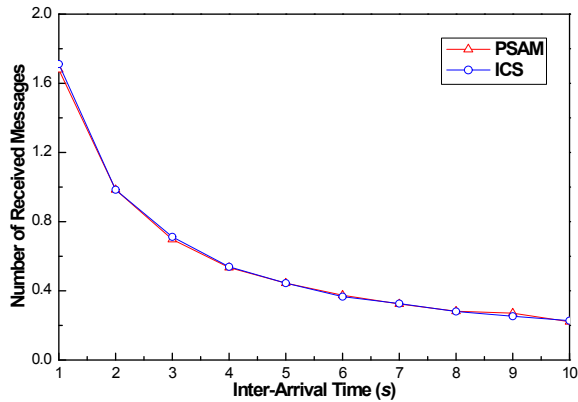


Fig. 8 Number of received advertisement messages

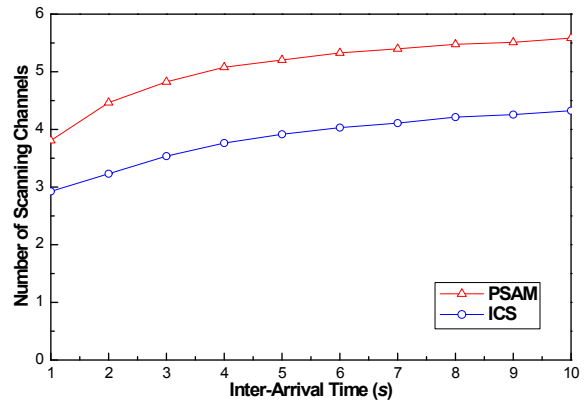


Fig. 10 Number of scanning channels

시지 수도 적어진다.

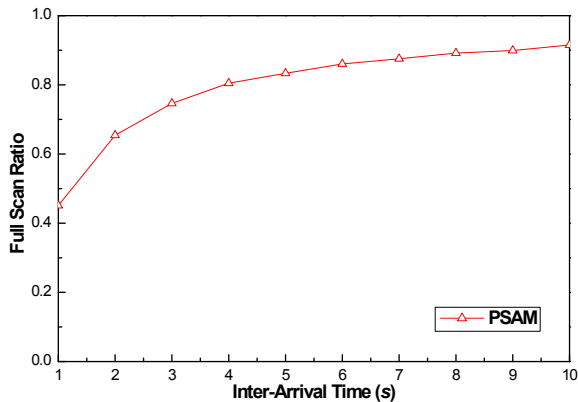


Fig. 9 Full scan ratio for PSAM scheme

Fig. 9는 평균 도착 간격 시간에 따른 PSAM 방법의 전체 채널 스캔 비율이다. 즉, 핸드오프를 수행한 단말들 중에서 전체 채널 스캔을 수행한 단말의 비율이다. 도착 간격 시간이 증가함에 따라 전체 채널 스캔 비율이 증가함을 보여준다. 이는 Fig. 8에서 보인 것처럼 수신 채널 테이블의 정보가 충분하지 않기 때문이다.

Fig. 10은 평균 도착 간격 시간에 따른 스캔 채널 수를 나타낸다. 평균 도착 간격 시간에 관계없이 제안된 ICS 방법이 PSAM 방법보다 항상 적은 수의 채널 스캔을 수행하는 것을 알 수 있다. ICS 방법은 광고 메시지를 하나도 수신하지 못하거나 또는 적은 수의 메시지를 수신하더라도 전체 채널에 대해 스캔을 수행하지 않고 이웃 채널 테이블을 이용하여 일부 채널에 대해서

만 스캔을 수행하므로 항상 적게 유지된다. 그러나 Fig. 9에서 보인 것처럼 PSAM 방법은 수신된 광고 메시지 수가 적으면 전체 채널 스캔을 수행할 확률이 높아지므로 항상 많은 수의 채널 스캔을 수행한다.

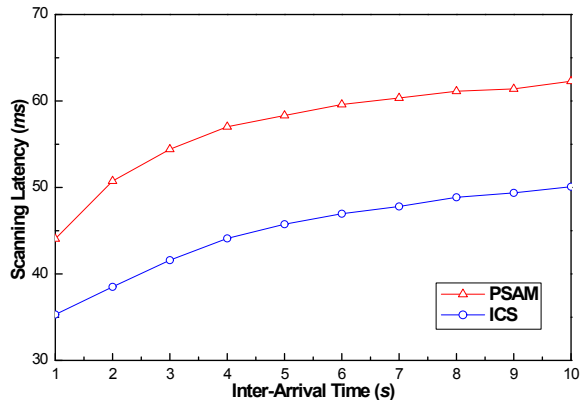


Fig. 11 Scanning latency

Fig. 11은 평균 도착 간격 시간에 따른 평균 채널 스캔 지연 시간을 나타낸다. Fig. 10의 스캔 채널 수 결과와 마찬가지로 제안된 ICS 방법이 항상 PSAM 방법보다 낮은 결과 값을 갖는다. ICS 방법은 50ms 이하로 유지하지만 PSAM 방법은 도착 간격 시간이 1인 경우를 제외하고 50ms 이상의 값을 갖는다. 이는 무선 랜에서 실시간 서비스를 제공하는데 있어 ICS 방법은 문제가 없음을 보여준다.

## 5. 결론

본 논문에서는 무선 랜에서 실시간 서비스를 제공하기 위해 필요한 핸드오프 지연 감소 방법을 제안하였다. 기존 방법에서는 핸드오프를 수행한 이웃 단말로부터 광고 메시지를 수신하지 못하거나 적게 수신하면 전체 채널에 대해 스캔을 수행하지만 제안된 방법에서는 이웃 채널 테이블을 이용하여 전체 채널이 아닌 일부 채널에 대해서만 스캔을 수행한다. 따라서 전체적인 핸드오프 지연 시간을 감소시킨다. 이는 제안된 방법이 실시간 서비스를 잘 제공할 수 있음을 의미한다.

## References

- [1] J.-Y. Kim, H.-H. Ahn, and B.-K. Lee, "A Design of the efficient data aggregation using Hotspot Zone on Ad-hoc Networks," *Journal of the Korea Industrial Information System Society*, Vol. 17, No. 7, pp. 17-24, 2012.
- [2] H.-W. Choi, "CUCE: clustering protocol using node connectivity and node energy," *Journal of the Korea Industrial Information System Society*, Vol. 17, No. 4, pp. 41-50, 2012.
- [3] X. Di and B.-H. Moon, "Performance analysis of wireless sensor nodes over indoor and outdoor environments," *Journal of the Korea Industrial Information System Society*, Vol. 17, No. 2, pp. 1-9, 2012.
- [4] IEEE Standard for Information Technology-Telecommunications and Information Exchange Between Systems-Local and Metropolitan Area Networks-Specific Requirements-Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification, IEEE Std. 802.11, 2012.
- [5] M. Yoon, K. Cho, J. Li, J. Yun, M. Yoo, Y. Kim, Q. Shu, J. Yun, and K. Han, "AdaptiveScan: the fast layer-2 handoff for WLAN," 2011 Eighth International Conference on Information Technology: New Generations (ITNG), pp. 106-111, Apr. 2011.
- [6] Y. Chen, M. Chuang, and C. Chen, "DeuceScan: deuce-based fast handoff scheme in IEEE 802.11 wireless networks." *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 57, pp. 1126-1141, 2008.
- [7] S. Park, J. Choi, T. Kwon and Y. Choi, "Fast handoff support in IEEE 802.11 wireless networks." *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, Vol. 9, pp. 2-12, May 2007.
- [8] R. W. Pazzi, Z. Zhang, and A. Boukerche, "Design and evaluation of a novel MAC layer handoff protocol for IEEE 802.11 wireless networks," *Journal of Systems and Software*, Vol. 83, No. 8, pp. 1364-1372, Aug. 2010.
- [9] V. M. Chintala and Q.-A. Zeng, "Novel MAC layer handoff schemes for IEEE 802.11 wireless LANs," in *Proc. of IEEE WCNC 2007*, pp. 4435-4440, March 2007.
- [10] M. Almulla, Y. Wang, A. Boukerche, and Z. Zhang, "Design of a fast location-based handoff scheme for IEEE 802.11 vehicular networks," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 63, No. 8, pp. 3853-3866, October 2014.
- [11] H.-Y. Qian, W.-X. Cai, and X.-L. Qin, "Soft-handoff in WLAN realized by dual link," *Journal of Networks*, Vol. 6, No. 4, pp. 678-685, April 2011.



허 남 철 (Nam Chul Huh)

- 계명대학교 전자계산학과 이공학사
- 한국과학기술원 전산학과 공학석사
- 한국과학기술원 전자전산학과 전산학전공 공학박사
- 대구미래대학교 부서관과 교수
- 관심분야 : 지능형시스템, 정보검색, 정보보안



김 선 명 (Sunmyeng Kim)

- 정회원
- 아주대학교 정보및컴퓨터공학과 학사
- 아주대학교 정보통신공학과 석사
- 아주대학교 정보통신공학과 박사
- 금오공과대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 부교수
- 관심분야 : 무선네트워크, QoS, MAC