

# 무선인지 기술을 이용한 차세대 WLAN 네트워크에서의 WLAN CR 공존 비콘 프로토콜

준회원 김 현 주\*, 정회원 유 상 조\*\*

## WLAN CR Coexistence Beacon Protocol for Cognitive Radio-Based WLAN Network

Hyun-Ju Kim\* Associate Member, Sang-Jo Yoo\*\* Regular Member

### 요 약

본 논문에서는 무선 인지 기술을 이용한 차세대 WLAN 네트워크에서 인컴버트 시스템과의 효율적인 공존을 위한 WLAN CR 공존 비콘 프로토콜을 제안한다. 차세대 WLAN 의 아키텍처와 네트워크를 기반으로 고속 통신이 가능한 WLAN CR 시스템은 CR 비콘을 전송함으로써 WLAN 장치가 효과적으로 네트워크에 진입하여 CR 통신하며, 스펙트럼 핸드오버하는 경우에 완전한 핸드오버를 지원한다. 공존 파라미터 집합을 정의하여 전체 시스템의 후보 채널을 미리 선정하고 이 정보를 전체 시스템에 릴레이 하여 충돌을 예방할 수 있다. CR 비콘과 릴레이 지연의 성능평가 결과는 WLAN CR 공존 프로토콜로 인컴버트 출현을 공지하여 핸드오버를 지원하고 릴레이를 통해 후보 채널 정보를 공유함으로써 후보 채널간의 충돌 확률을 줄일 수 있음을 보였다.

**Key Words** : Cognitive Radio, WLAN\_CR, Coexistence

### ABSTRACT

In this paper, we propose WLAN CR coexistence beacon protocol for the next WLAN network. This method can provide WLAN with high-speed data rate in new WLAN architecture and network platform based on cognitive radio technology. WLAN CR devices that enter the CR network can know UHF channels by listening CR beacon including the coexistence parameter set and start using CR channel fast. During handover of WLAN device in UHF spectrums, WLAN device that lost their channel can change available channel by obtaining the current CR channel information from the CR beacon. In advance relaying coexistence parameter set to entire CR system, WLAN CR system can prepare own candidate channel set that is different with other CR system. In CR beacon and relay delay, we show the results that WLAN CR coexistence beacon protocol supports spectrum handover efficiently and decreases the probability of collision in candidate channel set.

### I. 서 론

산업, 과학 및 의학 대역 (ISM: Industrial Science

Medical)에서 시작된 공개 스펙트럼 정책은 다양하고 중요한 기술들과 혁신적인 사용을 유도해 왔다. 하지만 이질적인 네트워크 사이에서의 간섭으로 인하여

\* 본 연구는 한국과학재단 특정기초연구 지원으로 수행되었음. (R01-2006-000-10266-0)

\*\* 본 연구는 2007학년도 학술진흥재단의 지원에 의하여 연구됨 (KRF-2005-202-D00321)

\* 인하대학교 정보통신대학원 멀티미디어통신망 연구실 (sloanmit@naver.com)

\*\* 인하대학교 정보통신대학원 교수 (sjyoo@inha.ac.kr)

논문번호 : KICS2007-05-238, 접수일자 : 2007년 5월 29일, 최종접수일자 : 2007년 12월 5일

ISM 대역의 스펙트럼 효율성이 감소하고 있는 중이다. WLAN (Wireless Local Area Network) 은 스펙트럼 접근에 있어서 동등한 권한을 소유하고 있기 때문에 여타 시스템과 ISM 대역에 관하여 서로 경쟁적 관계로 QoS (Quality of Service) 를 제공하기 위한 대역폭의 한계를 지닌다. 무선 통신 서비스가 이용하는 주파수의 수요가 급격하게 증가하는 추세로 주파수통제 정책 때문에 이미 할당된 주파수를 제외한 나머지 대역이 부족한 상태이다.

이러한 상황에서 한정된 자원으로 인식되었던 주파수의 개념은 무선 인지라디오 (CR: Cognitive Radio) 기술의 출현과 주파수 부족 문제를 해결하려는 당국의 의지로 인하여 큰 변화가 있을 것으로 예상된다. CR 기반의 네트워크는 스펙트럼 대역이 정해져 있지 않은 상태에서 임의의 조건을 만족하는 경우에 스펙트럼에 접근하여 사용하는 방식을 채용하기 때문에 주파수 정책의 변화와 더불어 주파수 부족 문제를 해결할 수 있을 것으로 기대된다. CR 기술은 허가된 사용자가 점유하지 않은 인가 대역을 만들기 위한 것으로, 스펙트럼 홀을 검출하는 방법으로 간섭 온도 (interference temperature) 개념을 제시하였고 광대역 환경을 고려하여 멀티유저로부터 협조적인 검출에 대한 기술에 대해 연구 중에 있다<sup>1-4)</sup>. 스펙트럼 홀은 허가된 사용자의 활동을 고려해야 할 뿐만 아니라 채널 에러율, 경로 손실, 링크 지연 등 스펙트럼의 질을 표현할 수 있는 파라미터들을 총체적으로 고려하여 정의될 수 있다<sup>5-8)</sup>.

IEEE 802.22는 주파수 공유 조건 및 CR에 관한 기술적 논의를 바탕으로 PHY (PHYSICAL) /MAC (Medium Access Control) 에 관한 표준을 제정하고 있으며, 54-746 MHz 의 초고주파 (VHF: Very High Frequency) /극초고주파 (UHF: Ultra High Frequency) TV 대역에서 국지적으로 사용하지 않는 주파수 대역을 이용하여 광대역 무선 인터넷 서비스를 제공한다<sup>9-10)</sup>. 이를 위해서802.22는 TV 사용 주파수 현황을 감지하는 스펙트럼 센싱 기술에 관해 논의하고 있고, TV 리시버의 수신을 방해할 수 있는 요소들을 조정하기 위해 WRAN BS (Base Station) 와 CPE (Customer Premise Equipment) 각각 센싱 기능을 탑재하여 운영한다.

본 논문에서는 이러한 통신 네트워크의 전반적인 발전 추세에 맞추어 CR 기반의 차세대WLAN 아키텍처를 제안하며 WLAN CR 공존 프로토콜을 새롭게 정의하고 허가된 사용자인 인컴버트 시스템과 효과적으로 공존하는 방법에 대해 기술한다. 본 논

문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 차세대 WLAN 아키텍처를 새롭게 제안하여 여러 통신 장치가 함께 운용되는 네트워크를 보여준다. III장에서는 WLAN CR 공존 비콘 프로토콜을 기술하며 프레임 구조, 핸드오버, 릴레이를 분류하여 설명하고, IV장에서는 분석 결과를 보이고 V장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

## II. 무선인지 기술을 적용한 차세대 WLAN 아키텍처

그림 1은 본 논문에서 새롭게 제안하는 차세대 WLAN 의 세부 구조를 모듈별로 도식화한 아키텍처로 ISM 밴드를 이용하면서 동시에 UHF 밴드에서 channel bonding을 지원하는 PHY 구조를 기반으로 고속 통신이 가능하고, 기존의 WLAN 시스템과의 공존 및 허가된 사용자와의 공존을 위한 프로토콜을 마련하여 주변의 다른 시스템과 함께 운용될 수 있는 구조이다. CR 기반의 네트워크는 허가된 대역에서는 허가된 사용자의 존재를 검출하는 것이 우선이 되어 하기 때문에 sensing 기능을 지원하며, 허가된 사용자와의 간섭을 피하기 위한 구조로써 스펙트럼 핸드오버를 수행한다. WLAN AP (Access Point)가 UHF 채널 정보를 담고 있는 공존 파라미터 집합을 통해 스펙트럼 감지 정보를 관리하고 릴레이하는 분산적인 방식을 채용하기 때문에 스케줄링이나 핸드오버 같은 사항들이 QoS와 연계되어 동작하는 구조를 제안한다.

차세대 WLAN 은 트래픽이 집중적인 곳에서 활용되어 사용자들의 QoS를 만족시켜 줄 것이며 그림 2에서와 같이 근거리 통신으로 주목 받는 RFID (Radio Frequency IDentification), UWB(Ultra-WideBand), Bluetooth 등과 함께 무선 컴퓨팅 환경을 조성할 것이다<sup>11)</sup>. 기지국의 관리 하에 작동하는 중앙 집중형 시스템과 달리, WLAN AP간에는 릴레이 장치가 스펙트럼 정보를 교환하는데 이용되며, 이를 통해

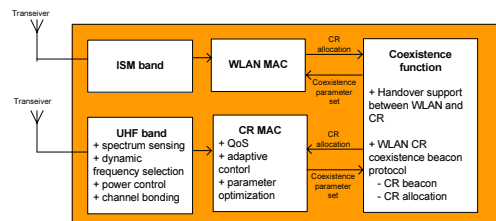


그림 1. WLAN CR 아키텍처

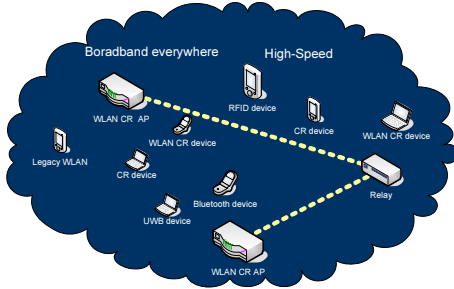


그림 2. 차세대 WLAN 네트워크

전체 시스템의 성능을 높이는 분산적인 네트워크 구조를 갖게 될 것이다. 릴레이 장치는 일반적인 WLAN CR 장치가 WLAN AP로 공존 파라미터 집합을 전달하는 역할을 수행하는 장치를 의미한다.

### III. WLAN CR 공존 비콘 프로토콜

본 논문에서 제안하는 WLAN CR 공존 비콘 프로토콜은 CR기술을 기반으로 차세대 WLAN이 TV 방송이 사용하지 않는 UHF 밴드 대역에서 고속 데이터를 전송할 수 있도록 지원하는 방법이다. CR 비콘의 목적은 WLAN CR 시스템이 처음 네트워크에 연결될 때, 인컴버트 시스템 및 다른 시스템과의 간섭으로 인하여 UHF 밴드의 채널 변경 신호를 디코딩 하지 못할 때, 전 UHF 밴드를 스캔 할 필요 없이 CR 비콘으로부터 채널 정보를 획득할 수 있게 하는 것이다. 이를 통해서 전 UHF 대역을 스캔하지 않고 현재 통신중인 한 개의 WLAN 채널에서 CR 비콘을 수신하여 신속하고 효과적으로 채널 변경을 완료할 수 있다. 그림 3은 CR 기반의 WLAN 운영을 보여준다.

그림 4는 차세대 WLAN 시스템이 UHF 대역과 ISM 밴드를 같이 사용하여 CR 고속 통신을 하며, UHF 밴드의 상황이 좋지 않을 경우 ISM 밴드를 이용할 수 있는 구조이다. 기존의 WLAN 과 상호 호환이 가능하도록, CR 비콘은 WLAN 비콘의 vendor specific 필드에 삽입하여 보내어 기존의 WLAN 과 함께 운용 될 수 있고, 갑작스럽게 CR beacon 을 공지하는 경우에는 DCF(Distributed coordination function IFS) 모드에서는 PIFS(Point coordination function IFS) 다음에 WLAN 비콘과 CR 비콘을 전송하고, PCF 모드에서는 SIFS(Short InterFrame Space)다음에 WLAN 비콘과 CR 비콘을 전송하여 기존의 WLAN 데이터와 충돌 없이 전송될 수 있다. WLAN CR 공존 비콘 프로토콜에서는 CR 비

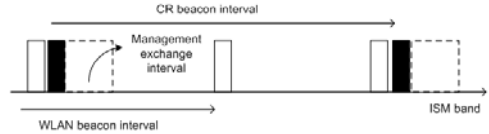


그림 3. WLAN 비콘과 CR 비콘 운영

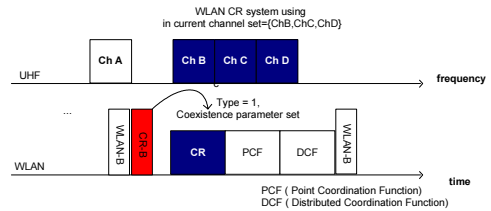


그림 4. ISM 밴드와 UHF 밴드를 같이 사용하는 WLAN CR 시스템

콘을 CR beacon interval에 따라 주기적으로 전송하며 UHF 채널 정보가 업데이트 되거나 인컴버트 시스템이 출현했을 때는 CR beacon interval에 관계 없이 WLAN 의 데이터 전송이 끝난 후에 곧바로 전송한다.

#### 3.1 프레임 구조

WLAN CR 공존 비콘 프로토콜은 CR 비콘을 전송하고 CR 구간을 할당 받는 과정으로, CR 비콘은 5가지 필드로 구성되고 공존 파라미터 집합(coexistence parameter set) 정보를 전송하는 역할을 하며 CR 구간 동안에 시스템간의 공존 파라미터 집합을 릴레이한다. 그림 5는 CR 비콘 프레임의 구조를 보여준다. CR 비콘의 timestamp 필드는 공존 파라미터 집합을 변경할 때마다 1씩 증가되며 interval 필드는 다음 전송 타이밍 정보와 type 필드에 따라 CR구간의 길이를 표시하며, SSID(Service Set Identifier) 필드는 CR 비콘을 전송하는 시스템의 ID를 의미한다. WLAN 시스템은 공존 파라미터

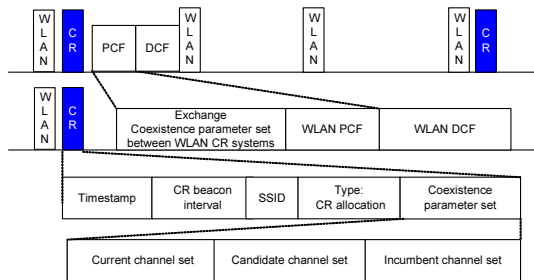


그림 5. WLAN CR 공존 비콘 프로토콜 프레임 구조

표 1. CR beacon frame format

Syntax	Size	Notes
Timestamp	8 bits	공존 파라미터 집합을 변경할 때마다 1씩 증가
CR beacon interval	8 bits	type = 0, 다음 CR 비콘 전송 타이밍정보 type = 1, PCF 내에 CR 구간 길이
SSID	8 bits	CR 비콘을 전송하는 시스템의 ID
Type	8 bits	Value = 0, Value = 1 CR allocation
Coexistence parameter set	variable	UHF 센싱 정보의 집합

표 2. Coexistence parameter set

Syntax	Size	Notes
Current channel set	variable	CR 시스템이 사용중인 채널의 집합
Candidate channel set	variable	현재 이용중인 UHF 밴드의 채널 상황이 좋지 않을 때 대체하여 사용할 수 있는 채널의 집합
Incumbent channel set	variable	인컴버트 시스템이 사용중인 채널의 집합

표 3. CR allocation frame format

Syntax	Size	Notes
ID	8 bits	WLAN 장치의 ID
size	variable	공존 파라미터 집합의 크기

집합을 업데이트 하는 경우에 CR비콘의 type을 CR로 택하고 CR 구간을 생성한다. 마지막으로, 공존 파라미터 집합은 센싱 정보를 WLAN CR장치에게 알려주기 위해 사용되는 필드로 UHF 밴드 정보를 알려준다.

차세대 WLAN 시스템은 채널 집합을 공존 파라미터 집합이라 정의하여 주기적으로 전송한다. 공존 파라미터 집합의 세가지 구성요소인 CR 채널 집합과 후보 채널 집합과 인컴버트 시스템 채널 집합이 서로 관계는 수식 (1)-(3)과 같다 ( $S_{UHF}$ 는 전체 시스템에서 이용하도록 할당된 채널의 집합으로 정의한다.). CR 채널 집합(current channel set)은 UHF 밴드에서 CR 시스템이 사용 중인 채널의 집합으로 정의한다. 후보 채널 집합(candidate channel set)은 현재 이용 중인 UHF 밴드의 채널 상황이 좋지 않을 때 대체하여 사용할 수 있는 채널의 집합으로

정의한다. 인컴버트 시스템 채널 집합(incumbent channel set)은 UHF 밴드에서 인컴버트 시스템이 사용 중인 채널의 집합이다.

WLAN CR 공존 비콘 프로토콜은 공존 파라미터 집합을 업데이트하는 경우 이 정보를 다른 WLAN AP에게 전달하기 위해서 CR 구간을 요청하는 CR allocation 프레임을 전송하여 WLAN AP가 해당 장치를 폴링하도록 요청하는 절차를 마련한다. CR allocation 프레임을 수신한 WLAN AP는 CR 비콘 전송할 때 CR 비콘의 Type값을 1로 set하여 WLAN AP가 릴레이를 요청했던 WLAN 장치를 폴링하고, 해당 장치가 PCF내에 CR 구간 동안 시스템의 공존 파라미터 집합을 전달하기 위한 구간을 생성한다.

$$\left( \begin{matrix} Current\_Channel\_Set \cup Candidate\_Channel\_Set \\ \cup Incumbent\_Channel\_Set \end{matrix} \right) \subset S_{UHF} \quad (1)$$

$$Backup\_Channel\_Set \subset (S_{UHF} \cap Incumbent\_Channel\_Set^c) \quad (2)$$

$$Candidate\_Channel\_Set \subset Backup\_Channel\_Set \subset (S_{UHF} \cap Incumbent\_Channel\_Set^c) \quad (3)$$

### 3.2 멀티 인터페이스를 통한 핸드오버지원

차세대 WLAN은 ISM 밴드와 UHF 밴드를 동시에 사용하는 멀티 인터페이스구조로써 UHF 밴드를 센싱 하고 CR 채널을 이용하여 고속 통신하는 WLAN 장치와 통신할 수 있다. 그림 6은 WLAN AP가 WLAN CR 공존 비콘 프로토콜을 운영하여 인컴버트의 강한 신호로 인하여 CR MAC에서 전달되는 핸드오버 메시지를 받지 못하는 장치가 CR 비콘을 통해서 정확하게 핸드오버를 수행할 수 있는 절차이다. 인컴버트 시스템이 현재 사용중인 CR 채널에 등장한 경우에, WLAN 장치는 업데이트 된 공존 파라미터 집합을 이 정보를 CR 채널과 동시

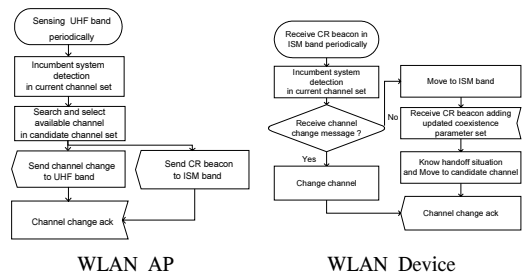


그림 6. 핸드오버절차

에 WLAN 채널로 알려져 핸드오버 상황을 알린다. CR 채널에서 인컴버트 시스템의 강한 신호로 핸드 오버한 상황을 모르는 WLAN 장치는 ISM 밴드에서 CR 비콘을 즉시 들을 수 있다. 또한, 핸드오버 하는 과정에서 실패하여 CR 채널을 잃어버린 WLAN 장치는 ISM band에서 CR 비콘을 기다렸다가 핸드오버 할 수 있으며, 이처럼 트래픽을 확장 하기위한 CR 시스템의 핸드오버는 인컴버트에 간섭을 주는 것처럼 매우 급박한 상황이 아니기 때문에 다음 번CR비콘 interval을 기다린 후에 핸드오버를 완료한다.

3.2.1 시나리오 1: 인컴버트 시스템의 핸드오버

그림 7은 UHF 밴드에서 인컴버트 시스템이 Ch A 보다 품질이 좋은 신호를 찾아 Ch B로 핸드오버 하는 경우에 공존 파라미터 집합이 변경되는 상황이다. CR 시스템은 Ch E에서 운영되고 있는 상황이어서 인컴버트 시스템의 핸드오버로 인하여 직접적인 영향을 받지 않는다. 수식 (4)-(5)와 같이 공존 파라미터 집합이 변경되면 CR 비콘은 이 정보를 다음 번 CR 비콘 interval 에 알릴 수 있다. 이와 같이 공존 파라미터 집합은 인컴버트 시스템의 핸드오버로 인하여 변경될 수 있으며 WLAN CR 시스템은 CR 비콘으로 공존 파라미터 집합을 전송하여 CR 시스템이 Ch B 로채널 변경하여 CR 장치가 인컴버트 시스템에 간섭을 주는 것을 예방한다.

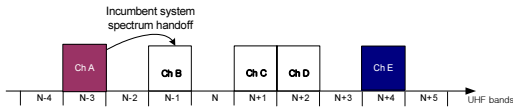


그림 7. 공존 파라미터 집합 업데이트 상황

$$\begin{aligned} \text{Candidate\_Channel\_Set} &= \{Ch B, Ch C, Ch D\} \\ \Rightarrow \text{Candidate\_Channel\_Set} &= \{Ch C, Ch D\} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{Incumbent\_Channel\_Set} &= \{Ch A\} \\ \Rightarrow \text{Incumbent\_Channel\_Set} &= \{Ch B\} \end{aligned} \quad (5)$$

3.2.2 시나리오 2: CR 시스템의 핸드오버

그림 8에서 UHF 밴드에서 CR 시스템이 Ch A 에서 데이터 통신을 하다가 고속 전송을 위해 Ch

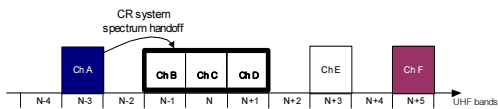


그림 8. 공존 파라미터 집합 업데이트 상황

A 에서 Ch B-Ch D (channel bonding: 채널을 묶어서 사용하는 것)로 핸드오버 하면 공존 파라미터 집합은 수식 (6)-(7)과 같이 변경된다. 인컴버트 시스템은 Ch E에서 운영되고 있는 상황에서 CR 시스템의 핸드오버로 인하여 직접적인 영향을 받지 않는다. 공존 파라미터 집합이 변경되면 CR 비콘은 이 정보를 다음 번 CR 비콘 interval 에 알릴 수 있다. 이와 같이 공존 파라미터 집합은 CR 시스템의 핸드오버로 인하여 변경될 수 있으며 WLAN CR 시스템은 CR 비콘으로 공존 파라미터 집합을 전송하여 후보 채널 집합이 업데이트됐다는 것을 인지할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{Current\_Channel\_Set} &= \{Ch A\} \\ \Rightarrow \text{Current\_Channel\_Set} &= \{Ch B, Ch C, Ch D\} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \text{Candidate\_Channel\_Set} &= \{Ch B, Ch C, Ch D, Ch E\} \\ \Rightarrow \text{Candidate\_Channel\_Set} &= \{Ch A, Ch E\} \end{aligned} \quad (7)$$

3.2.3 시나리오 3: 인컴버트 시스템과 CR 시스템의 핸드오버

그림 9는 WLAN AP는 센싱 결과로부터 현재 이용중인 Ch B, Ch C, Ch D 중에서 Ch B 에 인컴버트 시스템이 등장했음을 인지한 이후의 상황으로, WLAN AP는 평소 관리하던 수식 (9)의 후보 채널 집합 중에서 Ch B 를 대신할 Ch E를 선택하여 Ch B에서 운영중인 WLAN 장치가 핸드오버 하도록 한다. 현재 CR MAC 으로 데이터 통신 중인 장치들에게 UHF 밴드상으로 이 메시지를 전달하여 CR 채널을 사용하고 있는 WLAN 장치는 Ch E로 핸드오버 할 수 있다. 이와 동시에 ISM 밴드로CR 비콘을 전송하여 CR 채널 Ch B, Ch C, Ch D 을 운영하던 트래픽 중에서 Ch B를 Ch E로 옮겨 핸드오버 할 것을 알려준다. WLAN 장치가 UHF 밴드에서 인컴버트 시스템 및 다른 시스템의 간섭으로 인하여 채널 변경 신호를 디코딩하지 못하는 상황을 대비하여 ISM 밴드로 알려주는 것은 안정적인 채널 변경을 수행할 수 있는 방법이다. 업데이트 된 공존 파라미터 집합은 수식 (8)-(10)과 같다.

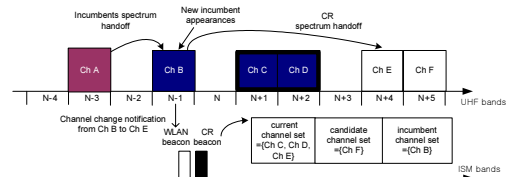


그림 9. 핸드오버 예

$$\begin{aligned} \text{Current\_Channel\_Set} &= \{ChB, ChC, ChD\} \\ \Rightarrow \text{Current\_Channel\_Set} &= \{ChC, ChD, ChE\} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \text{Candidate\_Channel\_Set} &= \{ChE, ChF\} \\ \Rightarrow \text{Candidate\_Channel\_Set} &= \{ChF\} \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \in \text{cumbent\_Channel\_Set} &= \{ChA\} \\ \Rightarrow \in \text{cumbent\_Channel\_Set} &= \{ChB\} \end{aligned} \quad (10)$$

### 3.3 후보 채널 집합 릴레이

차세대 WLAN AP는 자신의 백업 채널을 기준으로 공존 파라미터 집합을 관리하고 핸드오버할 때마다 이 집합 정보로부터 가용 채널을 이용하고 업데이트 하여 WLAN 장치들에게 알려준다. WLAN 시스템은 다른 CR 기반의 WLAN 시스템과 함께 운용되기 때문에 시스템간에 공존 파라미터 집합을 공유해야 할 필요성이 있다. 동시에 WLAN 장치가 운용 중이던 UHF 밴드 대역에서 핸드오버 해야 경우 자신의 우선적인 후보 채널을 미리 정해놓는 것은 핸드오버 시 발생할 수 있는 채널 변경 지연을 낮출 수 있는 방법이다. WLAN CR 시스템은 전달받은 후보 채널 집합 전체를 사용하지 말 것을 요청 받으면, 이 채널을 제외한 나머지 백업 채널 집합에서 자신의 후보 채널 집합을 선택하도록 한다. 이를 통해 전체 WLAN CR 네트워크가 후보 채널 집합을 공유하면 각 시스템은 UHF 밴드 내에서 채널을 변경할 때 다른 채널로 변경하여 안정적으로 서비스할 수 있다. 그림 10은 릴레이 운영 예이다.

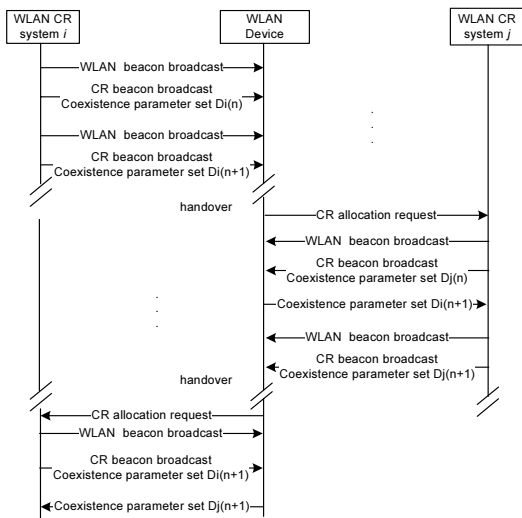


그림 10. 릴레이 운영 방법

- ① WLAN CR 시스템  $i$ 는 후보 채널 집합  $D_i(n)$ 을 업데이트 한 후 CR 비콘을 브로드캐스팅한다.
- ② WLAN CR 장치는 후보 채널 집합  $D_i(n+1)$ 을 전달하기 위해서 CR 비콘을 수신한 후 ISM 밴드를 스캔하여 WLAN AP  $j$ 로 핸드오버 한다.
- ③ WLAN 장치는 WLAN AP  $j$ 에게 다음 번 CR 비콘 이후의 CR 구간에서 공존 파라미터 집합을 전달하기 위하여 AP  $j$ 가 다음 CR 비콘 전송 시 CR 구간을 할당하도록 요청하는 패킷인 CR allocation 를 보낸다.
- ④ WLAN CR 시스템  $j$ 는 CR allocation를 통해 해당 WLAN 장치를 폴링하여 다음 번 CR 비콘 전송 시 PCF 구간 내에 CR 구간 동안 WLAN 장치로부터(CR 시스템  $i$ 의) 공존 파라미터 집합  $D_i(n+1)$ 을 수신한다.
- ⑤ WLAN AP  $j$ 는 공존 파라미터 집합  $D_i(n+1)$ 을 수신한 후에 후보 채널 집합이 같으면 겹치지 않도록 자신의 공존 파라미터 집합을 업데이트 하고 다음 번 CR 비콘에서 업데이트 된 공존 파라미터 집합  $D_j(n+1)$ 을 송신한다.
- ⑥ WLAN 장치는 WLAN CR 시스템  $j$ 의 업데이트 된  $D_j(n+1)$ 를 WLAN CR 시스템  $i$ 에게 전송하기 위해서 WLAN CR 시스템  $i$ 로 핸드오버한 후 동일한 과정으로 시스템  $j$ 의 공존 파라미터 집합을 전송한다.

## IV. 성능 평가

본 장에서는 WLAN CR 시스템이 인컴버트 시스템을 검출 한 후 현재 송수신 중인 데이터의 전달이 종료되는 즉시 CR 비콘을 브로드캐스팅하기 때문에 발생하는 CR 비콘 전송 지연과 릴레이 지연에 대해 논의한다. 이와 같은 상황에서는 WLAN에서 운영중인 데이터의 전송종료를 대기해야 하기 때문에 지연이 발생한다. 그림 11은 WLAN의 PCF와 DCF에서 다른 데이터 송수신 형태와 CR 비콘 전송 타이밍을 보여준다.

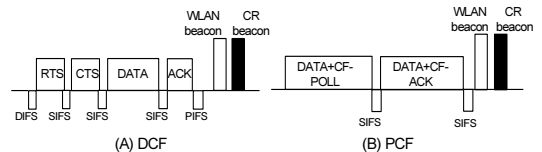


그림 11. CR 비콘 전송 예



DCF 모드에서는 RTS(Request to Send), CTS(Clear To Send), DATA, ACK 교환으로 데이터 전송을 완료하며, PCF모드에서는 폴링된 장치가 순서대로 데이터를 교환하기 때문에 이를 기본으로 CR 비콘 전송 지연 T를 수식 (11)로 구한다. ( $T_{beacon}$  은 WLAN 비콘을 전송 하는 중에 CR 비콘 전송 소요 시간으로, WLAN 비콘의 구간이 전체 WLAN 비콘 interval에 비해 작기 때문에 전체 지연에서 포함시키지 않았다.)  $TPCF\_DATA$  는 PCF 모드에서 인컴버트 시스템이 출현하여 채널 변경을 알리는 CR 비콘 전송 지연으로 정의하며,  $TDCF\_DATA$ 은 DCF 모드에서 인컴버트 시스템이 출현하여 채널 변경을 알리는 CR 비콘 전송 지연으로 정의한다(임의의 WLAN 운영 모드 중에서 CR 비콘 전송 확률은 같다고 가정한다).

$$T = \frac{T_{Beacon} + T_{PCF\_DATA} + T_{DCF\_DATA}}{3} \tag{11}$$

$$\approx \frac{T_{PCF\_DATA} + T_{DCF\_DATA}}{2}, \text{ if } T_{Beacon} = 0$$

그림 12는 성능평가에서 가정 한 환경으로 10개의 WLAN CR 시스템이 존재하고 5 개의 릴레이장치가 연결되어 있는 네트워크 구조로 후보 채널 집합을 공유하기 전 상황이다. 릴레이 장치는 최소한 2 개의 WLAN CR 시스템의 통신 범위 내에 위치하며, CR allocation 프레임을 전달해야 하는 상황이 발생하면 새로운 릴레이 장치가 생겨나고, 업데이트된 후보 채널 집합을 전달한 이후에는 WLAN CR 장치로써 일반적인 데이터 통신을 수행한다. 표 4는 IEEE 802.11 WLAN의 헤더 크기를 나타낸다.

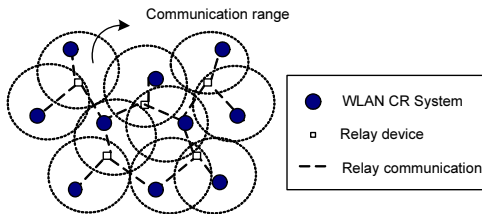


그림 12. 성능 분석 시 사용한 네트워크 구조

표 4. WLAN (IEEE 802.11) 헤더 크기

WLAN	Beacon	106 Bytes
	RTS, CF-END, CF-ACK+CF-END	20 Bytes
	CF-Poll, CF-ACK+CF-Poll, CF-ACK, Null	34 Bytes
	ACK, CTS	14 Bytes
	PCF duration	DTIMX1
	DCF duration	DTIMX2

첫 번째 성능 분석 결과는 WLAN 운영 모드에 따른 CR 비콘 전송 소요 시간을 보여준다. CR 비콘은 주기적으로 전송되다가 인컴버트 시스템이 출현하면 WLAN 데이터 전송 완료 직후 전송하여 이때의 대기 시간은 그림 13, 14와 같다 (X 축의 데이터 크기는 수식에서 얻은 평균 데이터 크기이다). 그림 15는 PCF 모드와 DCF 모드에서의 CR 전송 지연 평균이다. 그림 15는 PCF 모드와 DCF 모드에서의 CR 전송 지연 평균으로 데이터 전송률이 낮을수록 증가했으며 최대 2000bytes의 데이터를 송수신 할 때 11Mbps 에서 0.7ms, 2Mbps 에서 4 ms 로 전송 지연이 생긴다.

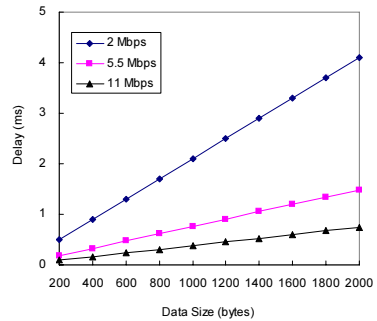


그림 13. CR 비콘 전송 지연 (WLAN DCF mode)

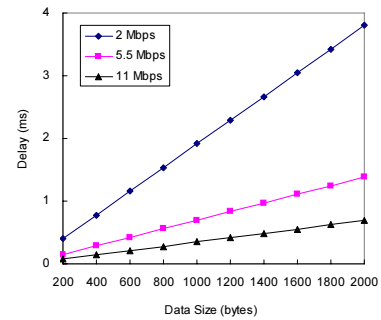


그림 14. CR 비콘 전송 지연 (WLAN PCF mode)

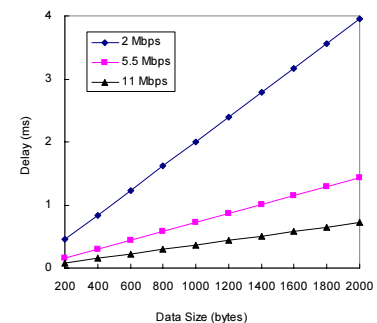


그림 15. CR 비콘 평균 전송 지연

두 번째는 전체 네트워크의 CR 비콘 전송 지연으로 WLAN CR 시스템은 자체적으로 센싱하거나 릴레이 정보를 통해서 인컴버트 시스템의 출현을 인지하기 때문에 시스템에 따라 인컴버트 시스템의 출현을 인지하는 시간 차이( $\Delta$ )가 날수 있다. WLAN 시스템의 개수가 늘어날 때마다  $\Delta$ 을 곱한 후에 이전 결과 값에 더하는 방식으로 전개하여, 수식 (13)에서 WLAN CR 시스템의 개수를  $i$ 로 정했을 경우의 CR 비콘 전송 지연  $T_{total}(i)$  를 정의한다.

$$\begin{aligned}
 T_{total}(1) &= T_{PCF\_DATA\ or\ DCF\_DATA} & (12) \\
 T_{total}(2) &= T_{total}(1) + T_{PCF\_DATA\ or\ DCF\_DATA}(2) \times \Delta \\
 T_{total}(3) &= T_{total}(2) + T_{PCF\_DATA\ or\ DCF\_DATA}(3) \times \Delta \\
 &\dots \\
 &\dots \\
 T_{total}(i) &= T_{total}(i-1) + T_{PCF\_DATA\ or\ DCF\_DATA}(i) \times \Delta & (13)
 \end{aligned}$$

전체CR 네트워크로 CR 비콘 전송 소요 시간을 그림 16에서 보여준다(WLAN 데이터 크기 = 1000 bytes이고 데이터 전송률 = 2Mbps인 경우의 값이다.). 이때 인컴버트 시스템의 출현 인지 시간의 차이 값인  $\Delta=0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 1$ 으로 상수 값이며, 전체 WLAN CR 시스템의 CR 비콘 전송 지연은 인지 시간 차이( $\Delta$ )가 증가할수록 전체 시스템으로의 공지 지연 시간도 증가했다. 각 WLAN CR 시스템이 순차적으로 CR 비콘을 전송했을 때 전체 시스템이 CR 비콘 공지를 알기까지는 최대 22ms 시간이 소요되고, 이 값은 한 개의 시스템에서 CR 비콘을 전송하는 경우의 4 ms와 비교했을 때 약 4배이다.

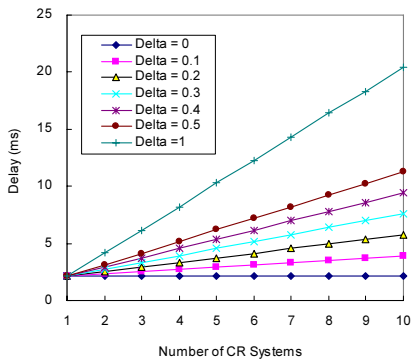


그림 16. 인컴버트 시스템 공지 지연

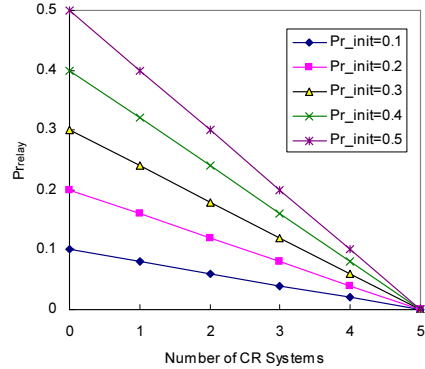


그림 17. 후보 채널 충돌 확률

그림 17은 WLAN CR 시스템이 자신의 후보 채널 집합을 미리 정하고 이를 전체 CR 네트워크로 릴레이 하는 경우 초기 충돌확률 값( $Pr_{init}$ )을 각각 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5로 놓고 순차적으로 릴레이한 결과 (릴레이를 수행하여 공존 파라미터 집합을 업데이트 한 시스템의 정보가 다음 번 릴레이 할 때 반영된다.) 나머지 CR 네트워크의 후보 채널 집합과의 충돌확률( $Pr_{relay}$ )이 감소함을 보여준다. 10개의 WLAN CR 시스템이 5개의 릴레이모드로 연결되어 있을 때에 2개의 릴레이 장치를 거치면 초기 충돌확률이 40% 감소함을 알 수 있다. 수식(14)에 의해 초기 충돌 확률과 릴레이 운영의 관계식을 보여준다.

$$Pr_{relay} = Pr_{init} - Pr_{init} \times \frac{\text{the\_num\_of\_systems\_after\_relaying}}{\text{the\_num\_of\_systems}} & (14)$$

그림 18은 CR 네트워크로 각 WLAN CR 시스템의 후보 채널 집합을 릴레이 할 때 소요 시간을 나타내며 공존 파라미터 집합의 변경으로 인하여 발생하는 릴레이운영 시의 소요 시간  $T_{relay}$ 를 수식 (15)에 의해 구할 수 있다. (수식 (15)는 그림 10의 릴레이 운영 방법에서 (3)-(6)의 과정 동안에 발생하는 CR 비콘 전송 지연과 CR allocation 메시지 전송 지연을  $TCR\_beacon$ 으로 정의하고,  $TCR\_beacon$ 는 CR 비콘 전송 interval과 같다고 놓은 것이다.) WLAN비콘을 전송할 때마다 CR 비콘을 전송하는 경우에(즉  $k=1$ 이고 핸드오버 지연을 무시하는 경우) 후보 채널을 릴레이 하기 위한 CR 비콘 전송 지연은 데이터 전송률이 낮을수록 증가했으며 최대 260ms 이다.



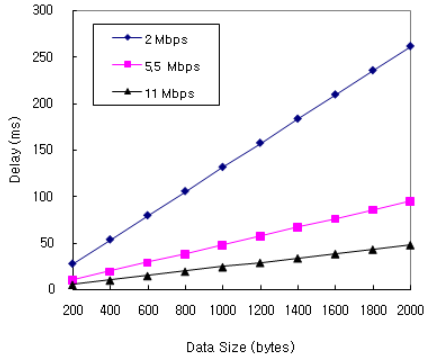


그림 18. 릴레이 지연

## VI. 결 론

본 논문에서는 차세대 네트워크 구조로서 CR 기술을 적용한 차세대 WLAN 아키텍처를 제안하여, WLAN 이 CR을 이용하여 고속 통신을 할 수 있는 WLAN CR 공존 비콘 프로토콜을 제안하였다. 차세대 WLAN 은 인컴버트 시스템인 TV 방송이 사용하지 않는 UHF 밴드 대역에서 고속 데이터 전송을 지원하는 방법으로 WLAN 과 CR 의 멀티 인터페이스로 signaling 하는 CR 비콘 프레임 구조를 새롭게 정의하였다. WLAN CR 시스템이 처음 네트워크에 연결될 때 모든 UHF 밴드를 스캔 할 필요 없이 CR 비콘에서 UHF 채널 정보를 획득할 수 있으며, CR 시스템이 채널을 변경할 때 변경 메시지를 수신하지 못한 단말은 WLAN 채널을 보고 어느 채널로 이동했는가를 알 수 있는 방법이다.

인컴버트 시스템이 출현하면 신속하게 CR 비콘을 전송해야 하기 때문에 CR 비콘 전송 지연 분석을 통해서 WLAN 의 운영 모드에 따른 CR 비콘 전송과 릴레이 지연을 구하였다. 분석 결과 한 개의 시스템이 인컴버트 출현을 인지하는데 약 4ms시간이 소요되며, 전체 시스템이 인컴버트 시스템의 출현을 인지하기 위한 소요 시간은 인지 지연 시간에 따라 증가했음을 확인했다. 한 번의 릴레이로 시스템 간의 후보 채널 충돌 확률이 초기값에 비해 20% 감소함을 확인했다. 후보 채널을 릴레이 하기 위한 CR 비콘 전송 지연은 데이터 전송률이 낮을수록 증가했으며 WLAN에서 2000bytes 데이터 송수신 시 2Mbps에서 260ms이 소요되었다. 제안하는 WLAN CR 공존 비콘 프로토콜을 통해서 신속하게 인컴버트 시스템의 출현을 공지 할 수 있고 이를 통해서 안정적으로 서비스를 제공할 수 있다. 또한

WLAN CR 시스템이 후보 채널을 릴레이 하여 핸드오버 상황에서 후보 채널 충돌을 감소시켜 시스템의 성능을 높일 수 있다. WLAN CR 시스템은 실내환경에서 무선 장치의 데이터 전송 대역을 확장하여 서비스의 성능 향상이 기대되며, 이 기종 시스템과의 간섭문제를 해결하고 정밀한 센싱이 가능해질 때 WLAN CR 시스템의 활용분야가 광범위해질 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] T. Clancy and W. Arbaugh, "Interference temperature multiple access: A new paradigm for cognitive radio networks." ACM MobiHOC 2006.
- [2] L. Berlemann, S. Mangold, B.H.Walke, "Policy-based reasoning for spectrum sharing in cognitive radio networks," IEEE DySPAN 2005, pp. 1 - 10, Nov. 2005.
- [3] T.X. Brown, "An analysis of unlicensed device operation in licensed broadcast service bands," IEEE DySPAN 2005, pp. 11 - 29, Nov. 2005.
- [4] G. Ganesan, Y.G. Li, "Cooperative spectrum sensing in cognitive radio networks," IEEE DySPAN 2005, pp. 137 - 143, Nov. 2005.
- [5] I.F. Akyildiz, Y. Altunbasak, F. Fekri, R. Sivakumar, "AdaptNet: Adaptive protocol suite for Next generation wireless internet," IEEE Communications Magazine, pp. 128 - 133, Mar. 2004.
- [6] J. So and N. Vaidya, "Multi-channel MAC for ad hoc networks: handling multi-channel hidden terminals using a single transceiver," MOBIHOC, pp. 222-233, May 2004.
- [7] Guanghua Yang, Haitao Zheng, Jun Zhao and Victor Li, "Adaptive channel selection through collaborative sensing," pp. 3753-3758, IEEE ICC, Jun. 2006.
- [8] Changle Li, Jiandong Li and Xuelian Cai, "A novel self-adaptive transmission scheme over IEEE 802.11 WLAN for supporting multi-service," Wireless. Communications and Mobile Computing, vol. 6, no. 4, pp. 467-474, Jun. 2006.

- [9] IEEE 802.22 draft standard, "IEEE P802.22TM/D0.1 draft standard for wireless regional area networks," <http://www.ieee802.org/22/>, doc. no. 22-06-0068-00-0000, May 2006.
- [10] Cordeiro and Challapali C. M. Cordeiro and K. Challapali, "C-MAC: A Cognitive MAC protocol for multi-channel wireless networks," IEEE DySPAN, Apr. 2007.
- [11] IF Akyildiz, X Wang, W Wang, "A survey on wireless mesh networks," Communications Magazine IEEE, vol. 43, no. 9, pp. 23-30, Sep. 2005.

김 현 주 (Hyun-Ju Kim)

준회원



2004년 2월 인하대학교 정보통신 공학과(공학사)

2007년 8월 인하대학교 정보통신 대학원 석사(공학석사)

2007년 7월~현재 SK C&C 통신 사업 본주 System 사업팀

<관심분야> Cognitive Radio,

휴대인터넷(Wibro), 무선 센서 네트워크, WCDMA

유 상 조 (Sang-Jo Yoo)

정회원



1988년 2월 한양대학교 전자통신 학과(공학사)

1990년 2월 한국과학기술원 전기 및전자공학과(공학석사)

2000년 8월 한국과학기술원 전자 전산학과(공학박사)

1990년 3월~2001년 2월 KT 연구

개발본부

2001년 3월~현재 인하대학교 정보통신대학원 부교수

<관심분야> 인터넷 QoS, 초고속 통신망 구조, 멀티미디어 네트워킹, 트래픽 엔지니어링