



Cognitive Radio 응용 표준화 동향

고광진·김상원·박창현·송명선·정희윤·황성현 (한국전자통신연구원)

I. 서론

1999년 Joseph Mitola III세가 Cognitive Radio(이하 CR) 개념을 발표한 이래, 미국방성에서는 DARPA project를 통하여 CR의 핵심 기능들을 구체적으로 개발하여 왔으며, 2006년 군용 CR 시스템을 세계 최초로 시연한 바 있다.

민간영역에서 FCC는 2002년부터 TV white space를 여러 서비스간에 공유하기 위한 논의를 시작하여 2008년 11월 2nd Report & Order(이하 R&O)를 통하여 TV white space를 비면허 기반으로 공유할 수 있는 제도 준비를 완료함으로써 TV white space에서의 CR 기기 활용을 위한 기반을 마련하였다.

이에 부응하여 IEEE 802.22에서는 TV white space를 이용하여 인구밀도가 낮은 지역에서 경제적으로 무선인터넷 서비스를 할 수 있도록 서비스 반경을 수 십km로 하는 Wireless Regional Area Network(이하 WRAN)에 대한 표준화를 2004년 11월 시작하여 2009년 5월 현재 WG Ballot을 진행 중에 있으며, 2009년 말이면 표준화 작업이 완료될 것으로 예상하고 있다.

FCC가 공식적으로 제도 개선작업을 완료하자

IEEE에서는 IEEE 802.22외에 다른 여러WG 표준에서 TV white space를 이용할 수 있도록 하기 위해 ECSG를 결성하고 활동한 바 있으며, IEEE 802.19외에 IEEE 802.11 등에서 TV white space를 이용하기 위한 표준화 활동이 2009년 7월 이후 공식화될 것으로 예상된다.

한편 IEEE 802.22 WRAN은 고정서비스인 반면 FCC에서 허용한 또 다른 개인/휴대서비스를 위한 실질적인 표준화 활동은 없었으나, 2009년 3월부터 ECMA TC48-TG1에서 Cognitive Networking Alliance(이하 CogNeA)에서 작성한 표준 초안을 기본 문서로 하여 공식 표준화를 시작하였다.

본 논문에서는 먼저 TV white space를 이용하는 데 관련되어 있는 FCC 규정을 살펴보고, 대표적인 CR 응용 기술 표준으로 고정서비스를 위한 IEEE 802.22 표준 및 기타 IEEE 802 WG 표준화 동향, 개인/휴대서비스를 위한 ECMA 표준화 현황을 살펴보고자 한다.

II. FCC 법규 개정 현황

2002년 시작된 FCC의 TV white space 이

용 계획은 2008년 11월 2차 R&O를 채택함으로써 대단원의 막을 내렸다. 이로써 FCC의 전향적인 스펙트럼 이용 계획, 즉 TV 대역을 공유하여 새로운 기기, 서비스가 출현할 수 있도록 하고, 감쇠가 적은 V/UHF TV 대역을 이용하여 인구밀도가 낮은 지역에 대한 무선인터넷 서비스를 경제적으로 제공하여 대도시와의 정보화 불평등을 해소하고자 하는 노력이 결실을 맺게 된 것이다.

FCC가 결정한 TV white space 공유를 위한 기술 기준을 요약하면 다음과 같다¹¹⁾.

• 허용 서비스

다음과 같은 조건으로 고정무선서비스와 개인/휴대서비스를 모두 허용하였다. 고정무선서비스 기기는 위치결정기능을 구비하고 있거나 직업적인 설치업자가 기기 설치 좌표를 입력시켜야 하며, 이 좌표를 근거로 FCC 또는 FCC에 의해 위탁 받은 기관이 운영하는 채널 사용 데이터베이스에 등록하여야 한다. 개인/휴대서비스 기기는 채널 사용 데이터베이스에 등록할 필요는 없으며, 두 가지 동작 모드가 존재한다. 모드 I은 채널 사용 데이터베이스를 접속할 수 있는 고정무선서비스 기기나 개인/휴대서비스 기기의 제어를 받아 동작하는 모드이며, 모드 II는 독립적인 데이터베이스 접속 기능을 가지고 있어 가용 채널을 독자적으로 결정할 수 있는 기능을 가진 동작 모드이다. 그러나 두 모드의 경우 모두 스펙트럼 센싱 기능을 가지고 있어야 한다.

• 사용 대상 주파수

고정무선서비스 기기는 미국 TV 채널 기준으로 CH2, CH5~20, CH21~36, CH38~54번을 사용할 수 있다. 다만 CH5~20번에 대해서는

공공안전, 상용 이동무선이 운용되는 지역에서는 사용할 수 없다. 개인/휴대서비스 기기는 CH21~36, CH38~51번을 사용할 수 있다. 또한 고정무선서비스 기기의 경우 TV가 동작하는 채널 인접 채널을 사용할 수 없으나, 개인/휴대서비스 기기는 사용 가능하다.

• 1차 사용자 보호 방법

TV white space 공유 조건 중 가장 중요한 것은 우선순위가 높은 1차 사용자 신호, 즉 TV, 무선마이크, 이동무선을 보호하는 것이다. 이를 위하여 FCC에서는 데이터베이스를 이용하는 방법과 스펙트럼 센싱을 이용하는 방법을 적용하도록 하고 있다. 채널 사용 데이터베이스는 위에서 설명한 바와 같이 TV 대역 기기가 동작하는 좌표에서 사용 가능한 채널을 찾기 위하여 사용되는 국가 데이터베이스로서, 고정무선서비스 기기는 초기화 시 그리고 매일 데이터베이스를 검색해야 한다. 데이터베이스를 직접 접속할 수 없는 경우에는 데이터베이스에 접속 가능한 다른 고정서비스 기기의 도움을 받아서 데이터베이스에 접속해도 된다.

• 채널 사용 데이터베이스

위에서 언급한 바와 같이 FCC 2nd R&O에서는 주사용자를 보호하기 위한 대책의 하나로 채널 사용 데이터베이스에 접속하여 필요정보를 제공하고 제공 받도록 하였는데, 이 정보를 통하여 기기가 동작 하는 지역에서 이용 가능한 TV 채널의 목록을 획득할 수 있게 된다. R&O의 내용을 좀 더 상세히 살펴보면 고정 기기와 모드 II 기기는 모두 채널 사용 데이터베이스에 대한 접근을 지원받아야 하며 이때 정확도는 ± 50 미터 정도 수준이어야 한다. 또한 고정기기의 ID 정보에

는 FCC ID, Serial No., Location, Contacts 등이 포함되어 있고 이 데이터베이스에 대한 허가 및 관리자 선정은 FCC에서 관할하며 관리자는 요금을 부과할 수 있다. 기기 형태별 데이터베이스 검색 시점은 고정 기기의 경우 초기화 때와 매일 접속하여 사용 채널 정보를 획득해야 하고 모드 II기기는 위치가 바뀌었을 때도 추가적으로 접속하여 사용 채널 정보를 획득해야 한다고 명시되어 있다.

- 송신 출력

고정무선서비스 기기의 최대 출력은 4W EIRP, 개인/휴대서비스 기기는 최대 100mW EIRP이다. 개인/휴대서비스 기기는 인접 채널에 보호 대상 신호가 있고 그 서비스 영역 내에 있을 경우 최대 출력은 40mW EIRP이하로 제한된다. 그리고 채널 사용 데이터베이스에 접속하는 기능이 없고 스펙트럼 센싱 기능에만 1차 사용자 보호를 의존하는 경우에는 최대 출력이 50mW EIRP로 제한된다.

- 스펙트럼 센싱 성능

고정무선서비스 기기, 개인/휴대서비스 기기 모두 -114dBm까지 센싱가능해야 한다.

III. IEEE 표준화 현황

IEEE에서는 II절에 기술한 FCC의 결정에 보조를 맞추어 2004년 11월 IEEE 802.22 WG을 신설하고 CR 기술을 이용한 TV 대역 고정 무선 통신망인 WRAN에 대한 PHY/MAC 표준 제정을 시작하였다.

2005년 Functional Requirements Document

(이하 FRD)를 완성하고^[2], 2005년 11월 제안서를 접수한 이래 2006년 초안 v0.1을 완성하고 2008년 초안 v1.0을 완성하여 2009년 5월 현재 초안v1.0^[3]에 대한 C&R(Comment and Resolution)작업을 마무리하고 WG Ballot을 진행 중에 있다. 또한 현재 상태에서 활발히 논의되고 있는 분야는 security지원 부분과 채널 사용 데이터베이스 접속과 관련된 spectrum manager 부분, FCC R&O 문서를 통해 요구하고 있는 스펙트럼 센싱 기술 및 절차에 관한 재검토 및 무선마이크의 검출기준을 완화시키는 내용 등을 포함하는 petition작성을 수행하고 있다^[4]. 주목할 만한 사항은 2009년 1월 회의에서 현재 진행 중인 IEEE 802.22 WRAN시스템에 단말기(CPE: Customer Premise Equipment)의 이동성을 보완하는 IEEE 802.22a표준에 대한 PAR^[5]와 5C^[6]를 IEEE 802 EC(Executive Committee)에 제출하였으나 기본표준인 IEEE 802.22 표준이 충분히 표준화가 완성되지 않았다는 이유로 EC에서 통과되지 못했다. 이어지는 절에서는 WRAN 표준에 있어 핵심적인 기술 사항인 PHY, MAC 관련 표준 개발 동향을 요약 기술하였다.

- IEEE 802.22 PHY 표준화 현황

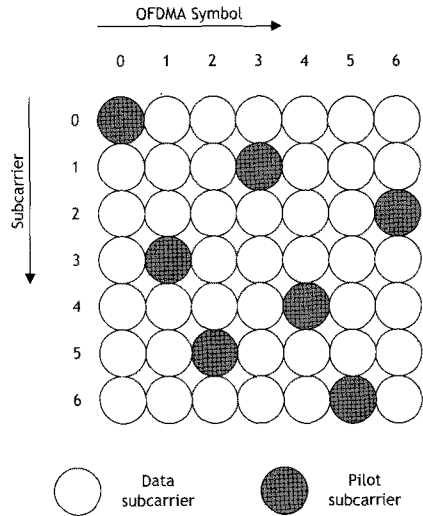
IEEE 802.22 WRAN 시스템의 주요 PHY 특성은 <표 1>과 같다. TV 주파수 대역이므로 TV 방송 대역폭과 동일한 채널 대역폭을 이용하여 고정 무선통신 서비스를 제공한다. 다중접속방식으로 OFDMA를 사용하고 duplex로 TDD를 채택하였다. 다양한 무선 채널 환경에 적응적인 대응을 위해 다양한 cyclic prefix 모드와 데이터 변조방식을 지원하고 있다.

<표 2>는 WRAN PHY에서 사용되는 OFDM 파라미터를 나타낸 것이다. 2048 FFT 모드를



〈표 1〉 WRAN PHY의 주요 시스템 파라미터

파라미터	규격
주파수	54~862 MHz
채널 대역폭	6, 7, 8 MHz
데이터 변조방식	QPSK, 16QAM, 64QAM
전송 EIRP	4W
다중접속방식	OFDMA
FFT 모드	2048
Cyclic Prefix 모드	1/4, 1/8, 1/16, 1/32
Duplex	TDD



〈그림 1〉 파일럿 패턴

의 부반송파를 주기로 반복적으로 전송되는 파일럿 패턴은 주파수 오프셋 및 위상 잡음의 추적과 채널 추정에 사용된다.

WRAN PHY 계층은 다양한 채널 환경에 적응적인 전송속도를 지원하기 위해 다양한 변조방식(QPSK, 16QAM, 64QAM)과 부호율(1/2, 2/3, 3/4, 5/6)을 정의하고 있다. 전송속도는 최소 1.5 Mbps에서 최대 22.6 Mbps까지 가능하다. 부호화 방식은 길쌈부호를 의무적인 사항으로 정의하고 있고, 추가적으로 duo-binary convolutional turbo code (DB-CTC), low density parity check (LDPC) code, shortened block turbo code (SBTC)와 같은 진보적인 부호화 방식을 선택적인 사항으로 정의하고 있다.

상향스트림의 ranging과 송신전력제어 기술은 전반적으로 기존의 IEEE 802.16e와 유사하다. 다만 WRAN 시스템이 고정 무선통신 서비스인 점을 고려하여 handoff ranging이나 open-loop power control 기술은 표준에서 제외하였다.

〈표 2〉 WRAN PHY의 OFDM 파라미터

Channel BW (MHz)	6	7	8
Total no. of subcarriers	2048		
No. of guard subcarriers	368		
No. of used subcarriers	1680		
No. of data subcarriers	1440		
No. of pilot subcarriers	240		
Signal BW (MHz)	5.625	6.566	7.504

기본으로 하고 1680개의 부반송파에 데이터와 파일럿을 6:1 비율로 전송한다.

WRAN PHY는 2 종류의 프리앰블을 사용하고 있다. superframe 내의 첫 번째 프레임에만 전송되는 superframe 프리앰블은 첫 번째 프레임에 전송되는 Superframe Control Header (SCH)를 보호하기 위한 목적이고, 모든 프레임에 전송되는 프레임 프리앰블은 각 프레임의 검출, 동기 및 채널 추정동기에 사용된다. 이 외에도 기지국간 통신을 위한 Coexistence Beacon Protocol (CBP) 프레임을 위한 CBP 프리앰블도 정의하고 있다.

〈그림 1〉은 WRAN 시스템의 OFDM 파일럿 패턴을 나타낸 것이다. 7개의 OFDM 심벌과 7개

- IEEE 802.22 MAC 표준화 현황

IEEE 802.22 WRAN MAC 계층에 대한 표준화는 2005년 11월 총 8개의 MAC제안서가 제출된 이후, 2006년 10월 회의에서 이 초안 v0.1문서에 포함된 기술 중에서 한 개의 TV 대역 즉 6MHz의 단일채널을 사용하는 기술을 중심으로 mandatory 기술을 정의하여 초안 v0.2를 작성하였으며, 2008년 5월 초안 v1.0을 완성하여 2009년 5월 현재까지 C&R 작업이 진행 중에 있다. 현재 주요 이슈는 공존(Coexistence) 방식과 관련하여 superframe structure에 대한 재논의결과 2009년 1월 회의에서 SCH를 각 cell별로 superframe 상에 다른 위치에 배열하여 공존정보 교환성을 개선하는 distributed SCH 방식^[7]을 채택하였으며, 아울러 SCH를 이용한 셀간 공존정보교환 방식 중에 하나인 ODS(On-demand Spectrum Contention) 방식^[8,9]을 초안에 포함하는 안을 논의 중에 있다. 또한 FCC 2nd R&O 문서에 대한 대응으로 스펙트럼 센싱 정보에 대한 기술 및 절차에 관해 MAC 계층에서의 채널 사용 데이터베이스와의 우선순위 및 처리 절차에 대해 논의 중^[4]에 있으며, 추가적으로 2008년 7월부터 security 부분에 대한 보완이 수행 중에 있다^[10].

IEEE 802.22 WRAN 시스템의 MAC 계층은 기본적으로 OFDMA 방식의 데이터 전송체계를 기반으로 TV 대역에서 1차 사용자인 TV 신호 및 FCC Part 74 (무선마이크) 등을 의무적으로 보호하면서 WRAN 신호를 전송하는 방식으로 표준화가 진행되었으며, 1차 사용자를 보호하면서 데이터 전송을 하기 위해서는 다음의 두 가지 기술을 우선적으로 고려하였다. 첫째, WRAN 시스템이 TV 대역을 사용하기 때문에 이 대역을 사

용하는 1차 사용자인 TV 신호와 Part 74, Part 90(응급신호기기) 등에 대한 적절하고 효과적인 정보 습득을 위한 두 가지 방식, 즉 스펙트럼 센싱 수행 및 1차 사용자 센싱 보고체계 및 채널 사용 데이터베이스를 이용한 TV 대역 사용자 정보 습득 그리고 이 두 방식에 대한 상호 보완적인 1차 사용자 정보 판단 기준 설정. 둘째, 1차 사용자 보호를 위한 채널관리 및 CPE들 간의 효율적인 상호 간섭 회피 기능 및 자기공존(Self Coexistence) 기능. 이러한 두 가지 기술이 이전의 다른 IEEE 표준과 구별되는 IEEE 802.22 WRAN MAC 계층의 핵심내용이다.

- IEEE ECSG on White Spaces 활동 현황

IEEE ECSG on White Spaces는 미국 FCC가 2008년 11월 4일에 발표한 TV 대역의 white space에 대한 비면허 사용 방침에 따라, 이와 관련된 표준화 이슈들을 논의하기 위해 새롭게 결성되었으며, 2009년 1월 첫 회의에서는 TV white space에 대한 기본적인 대역 정보, 1차 사용자 보호 기준 등 기본적인 사항에 대해 논의 되었으며^[11], use cases에 대한 논의를 통해 TV white space 운용 가능 통신모델에 대해 논의하였다^[12]. 공존방식에 대해서는 TV 대역 내에서 서로 다른 IEEE 802 기술이 공존할 수 있는 방안을 마련하기 위한 논의^[13] 및 security 고려사항^[14]에 대한 논의를 진행 하였다. 2009년 3월 회의에서는 1월 회의에 이어서 각 관심분야에 대한 논의를 계속하였으며, 공존관련은 IEEE 802.19에서 SG을 계속 진행하는 것과 1차 사용자 보호에 관한 사항은 3월 회의 이후에 계속 논의를 하는 등의 기본적인 방향만 결정^[15]하고 3월 회의 이후 해산하였다.

• IEEE P1900 표준화 현황

IEEE P1900 표준은 차세대 전파기술 및 효율적인 스펙트럼 활용을 위한 새로운 기술들의 개발을 지원하기 위한 표준으로 2005년초에 처음으로 시작되었다^[16]. 앞서 설명한 IEEE 802.22와는 다르게 본 표준에서는 WRAN과 같은 특정 시스템이 아닌 일반적인 동적스펙트럼사용 시스템 및 CR 시스템의 구조 및 인터페이스 표준을 제정하는 것을 그 목적으로 한다. IEEE P1900 그룹은 크게 P1900.1부터 P1900.6까지의 6개의 그룹으로 나뉘지는데 표준 용어 정의 및 개념정립 등을 목적으로 하는 P1900.1은 표준화 작업이 마무리 되었으며 현재는 P1900.4~P1900.6에 대한 표준화가 활발히 이루어지고 있다.

P1900.4는 2007년 4월에 표준화 작업이 시작되었으며 분산형 이중 네트워크상에서 최적의 전파 자원 활용을 위한 네트워크 구조 개발을 그 목적으로 한다. 현재 표준 초안 작업이 이루어지고 있는 가운데 시스템 구조, 기능적 구조, 정보 모델, 일반적 절차가 포함되었으며 부록으로 사용 사례, 적용 예가 포함되었다. 2009년 4월부터 1900.4그룹 내에서 white space에서 동적 스펙트럼 액세스 네트워크의 구조 및 인터페이스를 위한 1900.4a그룹과 분산형 이중 네트워크 간 최적화된 자원 활용을 위한 인터페이스 및 프로토콜 개발을 위한 1900.4.1그룹으로 나뉘어 표준화가 진행 중이다.

P1900.5는 CR을 활용한 동적 스펙트럼 액세스에서 이를 제어하기 위한 정책 언어 및 구조를 표준화하는 것을 목적으로 한다. 2009년 1월에 정책 언어 요구 사항 도출을 위한 그룹, 정책 구조 개발을 위한 그룹, 사용 예 분석을 위한 그룹의 3가지 그룹으로 나뉘어 각각에 대한 분석 및 표준 개발이 이루어지고 있다.

P1900.6은 동적 스펙트럼할당 및 CR 네트워크에서 스펙트럼 센싱 관련 정보 교환을 위한 인터페이스 및 데이터 구조를 위한 표준화 그룹이다. 향후 기술개발에 따라서 다양한 센싱 모듈과 CE(Cognitive Engine)모듈이 개발될 것이며 이러한 모듈간의 인터페이스를 표준화함으로써 여러 센싱 및 CR 모듈간의 호환성을 제공하는 것을 그 목적으로 한다. 현재까지 표준 목적, 사용 예, 센싱 요구사항에 대한 그룹이 형성되어 각각의 표준 초안에 대한 작업이 마무리 단계에 있다. 본 그룹에서 개발되는 범용 표준 인터페이스는 향후 센싱 및 CE모듈간의 정보교환을 필요로 하는 CR시스템에 일반적으로 적용될 수 있으며 TV white space를 사용하는 시스템에서도 센싱 관련 정보 교환을 위한 인터페이스에 대해 P1900.6의 표준을 따르는 것을 검토하고 있다.

• RF Spectral Mask 표준화 현황

IEEE 802.22 WRAN FRD에서 허용 되는 RF Emission Level 관련 규정에서는 4W EIRP WRAN CPE를 기준으로 하여 DTV나 무선마이크를 보호하기 위하여 WRAN 인접채널에 4.8uV/m 이하로 Emission Level을 제한하고 있다. 그러나 이러한 규정은 WRAN 인접 채널에서의 RF Mask Rejection이 100dB_r/120kHz 이상의 특성을 요구하게 되어 현실적으로 구현하기가 매우 어렵게 된다. FCC Part 15.209a에서는 Occupied Channel 밖에서의 최대 RF emission power level을 -68.5dB_r/120kHz로 제한하고 있으며, FCC R&O 08-206에서는 인접 채널에서 -55dB_r/500kHz로 RF emission power를 제한하고 있어 FCC의 요구 규격은 802.22 FRD 규격보다 매우 완화된 규격임을 알 수 있다^[2]. 따라서 표준화에서는 FCC 규격을 토대로 완화된 802.22

WRAN RF Mask를 검토 중이며 실제 PA와 구현 가능한 필터 복잡도 등을 고려하여 상용 가능한 RF Spectral Mask에 대하여 논의 중이다.

- White Spaces Database Group 현황

채널 사용 데이터베이스 관련 그룹은 공식 표준화 단체는 아니지만 CR 운용에 있어 필수적인 데이터베이스 관련 내용을 다루고 있기 때문에 동향을 살펴보아야 할 필요가 있다. 현황을 살펴보면 일단 채널 사용 데이터베이스를 White Spaces Database라 명명하였고 Google, Comsearch, Dell, HP, Microsoft, Motorola, Neustar 등이 모여 2009년 2월에 White Spaces Database Group을 구성하였다. 이 그룹은 FCC에 데이터베이스의 기술적 요구사항에 대한 의견 및 권고 사항들을 제안 하려는 목적으로 구성되었고, 구체적으로 말하면 데이터베이스 관리와 관련한 개방적이고 비 독점적인 데이터 형(Data Format)이나 프로토콜 등을 다룰 계획이다. 그룹을 형성한 이후 중앙 집중형 데이터베이스와 분산형 데이터베이스에 대한 논쟁이 있었으나 아직까지 결정된 사항은 없는 상태다.

IV. ECMA 표준화 현황

ECMA에서 진행되고 있는 CR 기술의 표준화는 2009년 3월부터 CogNeA에서 개발해온 표준안을 바탕으로 진행되고 있다. 현재 CogNeA는 ETRI, HP, Philips, 삼성전기가 promoter member로 참여하고 있고, Georgia Electronic Design Center(GEDC), Motorola가 contributor member로 참여하고 있다. CogNeA 표준은 UHF TV 대역에 존재하는 white space를 이용

하여 인터넷 액세스 및 HD 멀티미디어 스트리밍 서비스를 제공할 수 있는 저전력 개인 휴대형

CR 기기에 적용하기 위한 표준을 개발하기 위한 것으로, FCC 2nd R&O 08-260의 규정을 만족하는 표준을 만들고 있다.

ECMA에서 진행되고 있는 소출력 CR 표준 개발은 TC48-TG1 그룹에서 진행되고 있고 2009년 9월말 1차 PHY/MAC 버전을 완성하는 것을 목표로 하고 있다^[17].

- PHY 표준화 현황

ECMA에서 진행되고 있는 소출력 CR 표준의 셀 커버리지는 대내 뿐만 아니라 옥외 1km까지를 고려하여 표준안을 만들고 있다. 전송방식은 128 FFT를 사용한 OFDM 다중반송파 전송방식이고, 다양한 QoS와 어플리케이션을 지원하기 위해 여러 가지 변조방식과 부호율을 선택할 수 있다. 채널 부호화 방식은 길쌈부호와 RS 부호를 결합한 연결부호를 사용한다. 트래픽 성격에 따라 전송모드(normal, burst)를 선택할 수 있어 전송속도를 최대화 할 수 있다. 프리앰블은 낮은 오버헤드를 갖도록 설계하였고, 파일럿은 채널 추정과 주파수 오프셋 보상에 용이하도록 13 OFDM 심벌마다 반복되는 호핑 패턴으로 삽입된다. 또한 1차 사용자와 다른 CR 사용자에게 간섭을 최소화하기 위해 전력제어가 기본적으로 제공되고, 셀 커버리지와 전송속도 향상을 위한 다중안테나가 사용된다.

- MAC 표준화 현황

MAC 표준은 기본적으로 ECMA-368표준과 같은 분산 비콘 전송방식과 IEEE 802.15와 같은 중앙집중식 비콘 전송방식을 각각 지원하며, 필요에 따라서는 이들 두 방식이 혼재되는 Hybrid 비



콘방식을 지원한다. 이는 기기의 분포 및 사용가능한 전력, 각 주파수별 전송전력제한, 트래픽상황에 따라서 최적으로 운용하기 위함이다. MAC 기능을 제어하는 기본적인 틀은 superframe을 통하여 정의되는데 1개의 superframe은 256개의 MAS(Medium Access Slot)로 구성되며, 슈퍼프레임의 맨 앞쪽에는 비콘구간, 이어서 RSW(Reservation-based Signaling Window), Data 전송구간, CSW(Contention-based Signaling Window)로 이루어져 있다. 각 기기는 비콘전송여부와 네트워크 토폴로지에 따라 Peer, Master, Slave기기로 나뉘며, Peer는 분산 비콘방식에서 동작하는 기기이며, Master기기는 Infrastructure mode에서 비콘을 전송하는 기기이다. Slave기기는 Infrastructure mode에서 비콘의 제어를 받는 기기로 비콘을 전송할 수도 안할 수도 있다. 비콘구간은 각 Peer가 비콘을 전송하는 구간이며, 이는 peer기기의 개수에 따라 가변적으로 운용된다. 비콘구간이 1개의 MAS로 제한되면 이 비콘구간은 Infrastructure mode의 Master 기기가 사용되게 된다. 따라서 중앙/분산 비콘방식이 상황에 따라 가변적으로 운용될 수 있게 구성되어 있다. RSW는 Master가 Slave device와 경쟁 없이 제어프레임을 교환할 목적으로 할당된 특수한 시간구간이다. CSW는 경쟁방식 즉 CSMA-CA방식으로 모든 디바이스가 필요에 따라 즉각적으로 상호간에 신호를 교환할 수 있는 구간으로 특별히 스펙트럼 센싱이 이루어지면 이 구간을 통하여 센싱 결과를 보고할 수 있게 설계되었다.

Incumbent user(IU) 보호를 위해 기본적으로 센싱을 통한 IU 정보를 습득하는 것을 지원하며, 이를 위해 별도의 command frame을 정의하였다. 센싱을 위한 command frame은 IEEE 802.22와 유사하게 sensing request, sensing

response, sensing report, sensing ACK등 네개의 command frame을 교환하여 센싱정보를 교환한다.

인접네트워크와의 공존은 superframe을 공유함으로써 이루어지는데 이때 Alien network의 기기들은 Home network의 비콘구간을 동시에 공유하고 두 네트워크가 비콘정보를 공유함으로써 동일한 superframe을 같이 사용하게 된다. 보안이나 기타 자원공유에 문제가 있을 경우에는 각 네트워크는 중앙/분산/Hybrid 비콘 방식 중 적당한 방식으로 네트워크 상황에 적응하도록 설계되어 있다. 2009년 5월 현재 MAC계층은 공존(Coexistence)성능을 개선하기 위해 Draft를 수정 중에 있다.

V. 결론

CR 기술을 적용하기 위한 표준화 활동은 TV white space를 사용하는 고정무선서비스 표준인 IEEE 802.22 WRAN 시스템의 표준화가 2004년 시작되어 2009년 말 표준화가 완료될 것으로 예상된다. 또한 CogNeA그룹에서는 2006년부터 TV white space를 이용한 개인/휴대서비스용 CR 응용 표준으로 개발하여 왔으며, 이를 이용하여 2009년 3월부터 ECMA TC48-TG1에서 2009년 말 1차 버전 완성을 목표로 표준화를 진행하고 있다. 아울러 2009년 말이면 TV white space를 이용하기 위한 FCC의 제도정비, 미국의 DTV 전환 완료에 이어, WRAN 및 ECMA TC48-TG1등 고정 및 개인/휴대서비스를 위한 두 가지 표준이 발표될 것으로 예정이기 때문에, 2010년 부터는 이를 구현하기 위한 기술 경쟁이 본격화 될 것으로 예상된다.

참고문헌

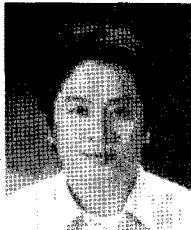
- [1] FCC, ET Docket No. 08-260, "Second Report and Order and Memorandum Opinion and Order," Nov., 2008.
- [2] IEEE802.22, "Functional Requirements for the 802.22 WRAN Standard," IEEE 802.22-05/007r46, September, 2005.
- [3] IEEE802.22, "Draft Standard for Wireless Regional Area Networks Part 22: Cognitive Wireless RAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Policies and procedures for operation in the TV Bands," IEEE802.22-D1.0, May, 2008.
- [4] IEEE802.22, "802.22 to 802.18 on TVWS R and O," IEEE802.22-09/0026r4, Mar., 2009.
- [5] IEEE802.22, "Draft 22a PAR," IEEE802.22-09/0029r0, Mar., 2009.
- [6] IEEE802.22, "Draft 22a 5C," IEEE802.22-09/0030r0, Mar., 2009.
- [7] IEEE802.22, "Distributed SCH Design," IEEE802.22-09/0049r0, Mar., 2009.
- [8] IEEE802.22, "Overview and Simulation Results of Frame-based On-demand Spectrum Contention for Spectrum Sharing," IEEE 802.22-08/0272r0, Sept., 2008.
- [9] IEEE802.22, "Frame-based On-demand Spectrum Contention," IEEE802.22-09/0041r0, Mar., 2009.
- [10] IEEE802.22, "Recommended Text for Security in 802.22," IEEE802.22-08/0174r17, Mar., 2009.
- [11] IEEE802 ECSG on WS, "Regulatory Tutorial," IEEE802ECSGonWS-09/0048r05, Mar., 2009.
- [12] IEEE802 ECSG on WS, "ECSG Ad-hoc use case," IEEE802ECSGonWS-09/0007r04, Jan., 2009.
- [13] IEEE802 ECSG on WS, "Coexistence Tutorial," IEEE802ECSGonWS-09/0040r04, Mar., 2009.
- [14] IEEE802 ECSG on WS, "Security Tutorial," IEEE802ECSGonWS-09/0045r01, Mar., 2009.
- [15] IEEE802 ECSG on WS, "Minutes of the IEEE802 TVWS ECSG face-to-face meeting," IEEE802ECSGonWS-09/0063r0, Mar., 2009.
- [16] <http://grouper.ieee.org/groups/scc41/index.html>
- [17] <http://www.cognea.org>

저자소개



고 광 진

1995년 2월 동국대학교 전자공학과 학사
 1997년 2월 광주과학기술원 정보통신공학과 석사
 2003년 2월 광주과학기술원 정보통신공학과 박사
 2003년 2월 ~ 2005년 6월 고려대학교 통신수학연구
 센터 연구교수
 2005년 7월 ~ 현재 한국전자통신연구원 선임연구원
 주관심 분야 : Cognitive Radio, 무선통신 MAC 설계·
 성능분석·구현, 무선통신 이론



김 상 원

1999년 2월 서강대학교 전자공학과 학사
 2003년 2월 서강대학교 전자공학과 석사
 2003년 2월 ~ 2005년 5월 LG전자 단말연구소
 2005년 6월 ~ 현재 한국전자통신연구원 인지무선
 연구팀
 주관심 분야 : RF 회로 설계

저자소개



박 창 현

2001년 2월 중앙대학교 전자전기공학부 학사
 2003년 2월 중앙대학교 전자전기공학부 석사
 2006년 8월 중앙대학교 전자전기공학부 박사
 2006년 9월 ~ 현재 한국전자통신연구원 인지무선
 연구팀 선임 연구원
 주관심 분야 : Cognitive Radio, 인공 생명, 진화 알고리
 즘, 패턴 인식 등



송 명 선

1984년 2월 충남대학교 전자공학과 학사
 1986년 2월 충남대학교 전자공학과 석사
 1986년 1월 ~ 현재 한국전자통신연구원 인지무선연구
 팀장 책임연구원
 주관심 분야 : Cognitive Radio, 밀리미터파 이용 기술,
 RF 회로설계 등

저자소개



정 회 윤

2006년 2월 한국정보통신대학교 공학학사
2008년 2월 한국정보통신대학교 공학석사
2008년 2월 ~ 현재 한국전자통신연구원 연구원

주관심 분야 : Cognitive Radio, 스펙트럼 센싱,
다중안테나 시스템



황 성 현

1996년 2월 성균관대학교 전자공학과 학사
1998년 2월 성균관대학교 전자공학과 석사
2001년 2월 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부
박사
2001년 1월 ~ 2005년 9월 삼성전자 SOC연구소 책임
연구원
2005년 10월 ~ 현재 한국전자통신연구원 선임연구원

주관심 분야 : Cognitive Radio, 이동통신시스템,
디지털 모뎀 설계, 동기 및 채널 등화
알고리즘