

인지 무선(Cognitive Radio)

성향숙 전파연구소 공업연구원

I. 서론

이동통신, 디지털 멀티미디어 방송(Digital Multimedia Broadcasting : DMB) 뿐만 아니라, 유비쿼터스 센서 네트워크(Ubiquitous Sensor Network : USN), 텔레메틱스, 홈 네트워크 등을 이용한 유비쿼터스 시대에는 전파도 유비쿼터스하게 이용됨에 따라 유한한 자원인 전파의 활용에 변화가 요구되고 있다, 따라서, 독점적으로 사용하던 전파의 효율성을 높이는 방법으로 전파의 유연한 이용(Flexible Use)이라는 새로운 개념의 시스템에 대한 연구가 진행되어 왔다. J. Mitola는 주파수가 할당되어 있지만 실제로 사용되지 않고 비어 있는 주파수를 감지해서 이를 효율적으로 공유하여 사용할 수 있는 cognitive radio(CR) 개념을 제시하였다.

본 고에서는 이를 반영한 국제 동향 및 미국의 표준화 단체인 IEEE를 중심으로 CR 기술을 활용한 TV대역에서의 WRAN¹⁾ 서비스의 표준화 동향을 살펴보고자 한다.

2. CR 관련 동향

1) ITU

국제전기통신연합 전파부문(international Telecommunication Union- Radiocommunication, ITU-R)의 이동통신연구반 산하에서 CR을 연구하기 위한 연구과제가 2006년 올해 승인되었다. 즉, 2006년 3월 ITU-R WP8A 18차 회의에서 캐나다의 제안에 의해 CR에 관한 연구과제 초안이 작성되었으며, 9월 19차 회의에서 캐나다와 IEEE가 제출한 연구과제 수정제안을 통하여 최종안이 작성되어, SG8에 상정, 최종 승인되었다.

연구과제를 통한 ITU의 연구내용으로는 CR 시스템에 대한 정의부터 시작하여 다음과 같은 내용의 연구를 진행할 것이다.

- 유사 기술(smart radio, reconfigurable radio, policy-defined adaptive radio 및 관련 제어 메커니즘)들과의 연관성

1) WRAN(Wireless Regional Area Network): 인구밀도가 높지 않은 지역에 ADSL이나 케이블 모뎀 수준의 무선인터넷 접속이 가능하게 하기 위한 통신망. 미국이나 캐나다 등의 km2당 2가구(또는 5명) 정도의 시골 지역을 대상으로 서비스 반경이 33km(최대 100km)이고 사용자 단말기의 최대 전력은 4 Watt를 고려하고 있음.

- CR 시스템 구현과 관련된 핵심 기술 특성, 요구 조건, 성능 및 장점 등
- CR 시스템의 잠정적 응용 분야와 스펙트럼 관리에 미치는 영향
- CR 시스템의 operational implications
- 기존 이동 업무와 방송, 위성, 고정과 같은 다른 업무의 시스템들과 공존하기 위한 방법과 공존을 위해 CR시스템에서 수용해야 할 스펙트럼 공유 기술
- CR 시스템이 스펙트럼을 효율적으로 사용할 수 있는 방법

IEEE와 미국에서는 기술에 대한 연구와 더불어 규제 절차에 대한 작업이 병렬로 이루어져야 한다는 내용을 신규 연구과제의 “noting”에 포함시키고자 하였으나, 이동업무에 적용될 CR 시스템에 대한 정의도 명확하지 않은 상황에서 아직은 시기상조라는 영국과 캐나다의 의견에 밀려 반영

되지 않았다.

2) 영국

영국의OFCOM은 ‘Spectrum Framework Review’에서 기술 및 용도제한에 무관하게 주파수 공유 정책을 확대할 계획임을 발표(2004년)하였으며, 300MHz~3GHz 대역을 Sweet spot 스펙트럼으로 구분하고 주파수의 효율성, 경제성을 중점적으로 관리할 계획임을 밝히고 있다.

OFCOM에서는 전파관리 모델을 OFCOM 규제영역, 시장관리 영역, 비허가 영역 등 3가지 영역으로 구분하고 있고, OFCOM 규제영역을 점차 줄여 나가고 2010년에는 72%로 넓혀나갈 계획이며, (표 1 참조) 기존의 규제 대역에서 허가받은 자가 사용하고 있지 않는 스펙트럼을 CR 기술을 이용하여 활용하기 위한 연구를 하고 있다.

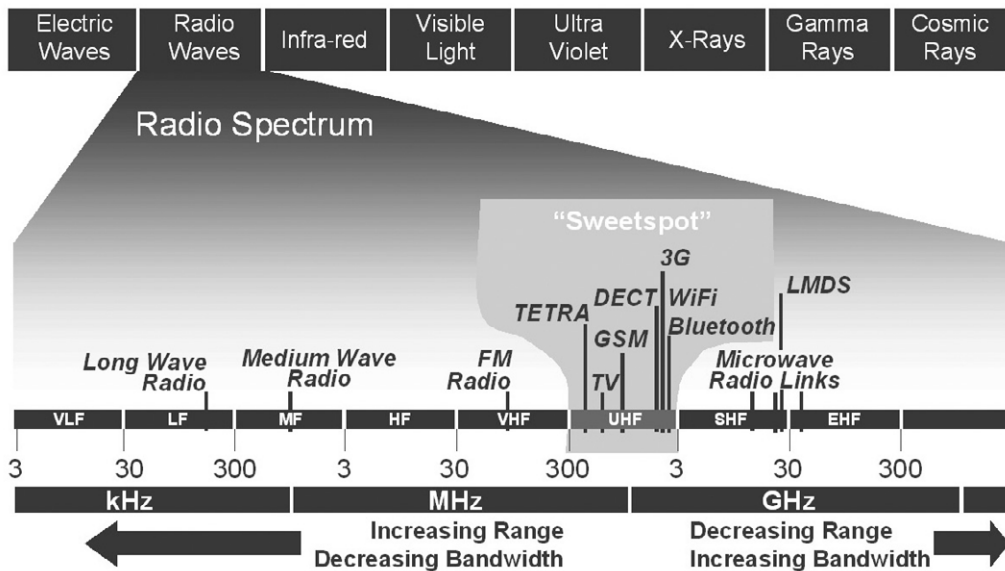


그림 1. OFCOM의 Sweetspot 스펙트럼

표 1. 영국의 전파관리 유형별 적용 주파수 비중 현황 및 전망

구분	3GHz 이하			3GHz에서 60GHz		
	규제 중심	시장 중심	허가면제	규제 중심	시장 중심	허가면제
1995년	95.8%	0.0%	4.2%	95.6%	0.0%	4.4%
2000년	95.8%	0.0%	4.2%	95.3%	0.0%	4.7%
2005년	68.8%	27.1%	4.2%	30.6%	61.3%	8.2%
2010년	22.1%	73.7%	4.2%	21.1%	69.3%	9.6%

3) 유럽

유럽은 CR기술을 SDR기술의 진보된 형태로 인식하여 SDR 연구의 연장선에서 기술개발을 추진하고 있다. Cognitive Radio 기술과 유사한 DSA(Dynamic Spectrum Allocation) 기술이 적용된 통신·방송 융합 프로젝트(DriVE, Over - DriVE)를 수행 중이며, E2R 프로젝트를 통해서 재구성 가능한 송수신기 개발과 함께 Cognitive Radio의 활용 가능성에 대해 연구하고 있다.

4) 미국

미국의 FCC(Federal Communications Commission)에서는 주파수의 실제 사용률에 대한 연구를 실시한 바가 있으며, 일시적으로나 지역적으로 변화하는 주파수 사용률의 평균을 조사해본 결과 약 15%에서 85% 정도의 사용률을 보이고 있음을 확인하였다. 따라서 FCC에서는 2003년 12월에 주파수 사용 효율을 올리자 NPRM(Notice of Proposed Rule Making)을 통하여 비어 있는 주파수에 대한 중복 사용 가능성에 대한 내용을 발표하였다. 2006년 10월 18일에는 CR 기술을 이용하여 TV방송 대역의 비허가 이용, 900MHz이하 및 3GHz대역에서 비허가 기기를 위한 추가 스펙트럼 지정에 관한 1차 Report and Order 및 추가 NPRM을 공표하였다.

5) 캐나다

캐나다는 Industry Canada의 개방적인 주파수 정책과 함께 CRC를 중심으로 5GHz대역을 시작으로 V/UHF TV 대역에서도 CR기술 구현에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 캐나다는 ITU 및 IEEE회의 모두에 적극적으로 참여하고 있다.

6) 일본

일본 MIC는 2005년부터 CR 프로젝트를 사용자 무선 장치와 무선 네트워크를 포함한 기지국, 두 분야로 구분하여 추진하고 있다.

사용자 무선장치 분야는 NICT에서, 기지국 분야는 KDDI, 히타치, 미츠비시 전기, KDDI 연구소, ATR(Advanced Telecommunications Research Institute International)에서 수행하고 있으며, 사용자 무선장치 분야를 하드웨어와 소프트웨어로 구분, 다양한 topic에 대한 연구를 수행한 결과, NICT는 하드웨어 플랫폼(멀티밴드 안테나, RF, 디지털신호 처리(DSP))과 소프트웨어 플랫폼으로 구성된 SDR 기반의 CR 장치를 개발하였다. 470~770MHz, 1920~2170MHz 및 5150~5350MHz대역의 멀티밴드 안테나와 UHF 및 5GHz 대역의 RF 단을 개발하였다.

기지국 및 무선 네트워크 분야에서는 무선 주파수 자원 제어, 기지국간 네트워크의 자율적 구성, 통신 라우팅 제어

의 3개 주제로 하드웨어와 소프트웨어를 개발하고 있으며, 광대역 접속을 제공하기 위해 기지국을 연결하는 무선 릴레이 링크로서 사용될 BWA 기술과, 저밀도에 사용될 RLAN 기술, 고밀도에 사용될 cellular 기술이 각각 다른 주파수 대역을 사용하여 구현할 것임을 밝히고 있다.

3. CR의 주요 기술

CR 기술은 물리계층(Physical Layer)과 MAC 계층에서 다양한 스펙트럼 검출(Spectrum Sensing), 동적 주파수 선택(DFS), 잉여 주파수대역 확보, 충돌회피방지기술 등이 구현되어야 한다.

1) 스펙트럼 검출(Spectrum Sensing) : 주파수 스펙트럼 환경을 검출하여 주파수 사용 현황을 감지한다. 허가받은 주파수 대역을 사용하는 우선 사용자(Primary User)에게 간섭을 발생시키지 않기 위해서 필요한 핵심적인 주파수 자원 공유 기술이다. 이를 구현하기 위한 방식으로는 정합 필터(Matched Filter) 방식, 에너지 검출(Energy Detection) 방식, 신호형태 검출(Feature Detection) 방식이 있다.

2) 동적 주파수 선택(Dynamic Frequency Selection) : 5GHz의 UNII 주파수 대역에서 레이더 신호에 간섭을 받지 않고 전송하기 위한 방법으로 IEEE 802.11a에서 고안되어 802.16에서도 사용하는 기술이다. 간섭이 없는 주파수 대역을 검출하고 사용자의 전파수신 감도 상태나 데이터 요구량 등을 이용하여 QoS(Quality of Service)를 제공하도록 주파수 대역을 할당하고, 변조 방식 또는 송신 전력 등을 제어한다. 자원 할당은 그림 2와 같이 주파수, 시간, 공간적으로 분류될 수 있다.

3) 잉여 주파수 대역 확보 : CR은 자원을 사용자에게 할당을 하고 있는 경우에도 우선 사용자가 CR이 사용하고 있는 주파수 대역을 사용하면 이를 항상 비워주어야 한다. 이 때 CR이 제공하는 서비스를 사용하고 있는 사용자(user)에게 지속적으로 끊김이 없는(seamless) 서비스를 제공하기 위하여, 현재 사용하고 있는 주파수 대역 이외에도 잉여의 주파수 대역을 파악하고 있어야 한다.

4) 충돌 회피 방지 : 주파수 자원 공유 기술을 이용하는 다른 서비스 제공자가 인접에 존재할 때, 서로 비어있는 주파수를 점유해 사용하려는 문제가 발생할 수

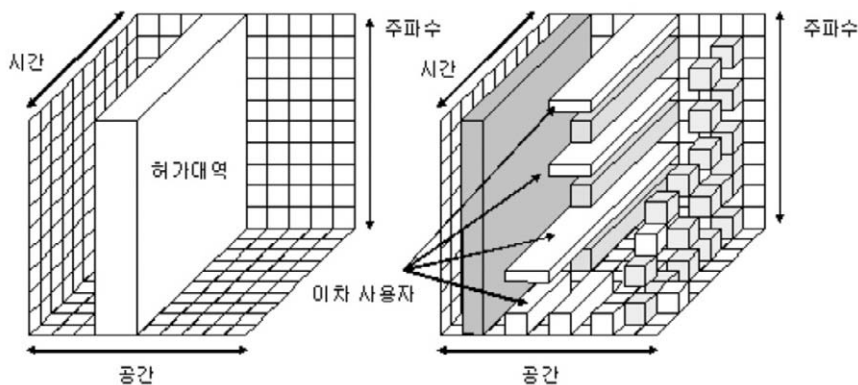


그림 2. 주파수, 시간, 공간적 자원 할당

있다. 따라서 상호 간섭 또는 주파수 사용 분배를 조정하는 프로토콜이 필요하다.

CR을 사용하는 서로 다른 서비스 제공자(service provider)가 인접하여 존재할 때, 이러한 CR시스템들 간에 서로 비어있는 주파수를 점유, 사용하려는 문제가 발생한다. 만일 한 CR시스템이 먼저 빈 주파수들을 사용할 때, 다른 CR시스템은 이를 사용하고 있는 주파수로 인지하여 다른 비어있는 주파수를 사용하지 않게 된다. 하지만 남아있는 빈 주파수가 없을 때는 먼저 사용한 CR시스템과의 주파수 사용 형평성 문제가 발생한다. 그러므로 이러한 CR 시스템들 간의 상호 간섭 또는 주파수 사용 분배를 중재하는 프로토콜도 필요하다.

이와 같이 CR은 기본적으로 간섭이 없는 주파수 대역을 찾아 사용하는 방식이기 때문에 기존의 셀룰라 통신방식에 추가적으로 고려해야 되는 사항들이 많이 있다. 다음은 현재 CR 기술과 관련한 학계, 기업체의 개발현황이다.

- 적응형 전송기술 분야 : UC Berkeley, Runcom, France Telecom
- CR 플랫폼 개발 : WINLAB, Intel, Philips
- 실시간 스펙트럼 측정기술 : DARPA, Philips, UC Berkeley, Georgia Tech.
- 동적 스펙트럼 접속기술 : Raytheon, UC Berkeley, Microsoft
- 학습 알고리즘 및 Cognitive Engine 기술 : Harris, Virginia Tech.
- CR용 MAC기술 : UC Berkeley, IWT, Philips, STMicroelectronics
- 적응형 Waveform기술 : Vanu

4. Cognitive Radio의 표준화 (IEEE802.22)

2003년 12월에 FCC NPRM에서 V/UHF TV 대역의 주파수 공유 가능성이 발표된 이후, 이를 현실적인 시스템으로 개발하려는 노력이 IEEE802.22이라는 표준화 작업반을 탄생시켰다.

IEEE 802.22는 Wireless Regional Area Network (WRAN)의 작업그룹으로, 주파수의 효율적 사용을 위하여 TV방송대역에 간섭을 주지 않으면서 비면허 장비의 사용이 가능하도록 인지 무선기술에 기초한 PHY/MAC air interface의 표준을 개발하는 회의로 2004년 8월 IEEE에서 PAR(Project Authorization Request)를 승인받은 뒤 2004년 11월에 IEEE802.22 첫 모임을 가졌다. 이후 2개월에 한번씩 표준화 미팅을 하고 있고, 2006년 1월 첫 번째 초안을 내보내는 것을 목표로 하였으나 OFDMA parameters, 스펙트럼 sensing 등 기술적인 논의에 시간이 걸려 표준화 일정이 늦춰지고 있다. 2006년 11월 현재, 2007년 3월에 1차 초안 완성을 목표로 매주 1회 teleconference call을 하는 등 표준 작업에 박차를 가하고 있다.

1) IEEE802.22 회의 구성

- 의장단
 - 의장 : Mr. Carl Stevenson(미국, WK3C Wireless LLC)
 - 부의장: Mr. Gerald Chouinard(캐나다, CRC)
- 2개의 TG와 tiger team을 각각 조직, 작업을 효율적으로 추진
 - TG1: 무선 microphone(FCC part 74 장비) 보호를 위한 기술
 - TG2: recommended practice(WRAN 구현시 권고사항)
 - geolocation/database tiger team²⁾
 - sensing tiger team

2) tiger team: 긴급한 문제를 전문적으로 다루는 팀. 미 국방성의 전문가 그룹에서 나온 말로 북한 핵문제를 전담하는 북한팀 이외에 소말리아, 보스니아, 아티 등 4개 팀이 구성되어 활동 중

- 회의 중 이견이 있을 경우 개개인이 투표에 참여한다. 투표권을 얻기 위해서는 연속적으로 개최되는 4번의 총회(plenary) 중 2번 참석하여야 하나, interim 회의로 총회를 대신할 수 있다. 투표권 획득을 위하여 참석한 회의 숫자를 헤아릴 때, 회의에 출석률이 75%가 넘는 회의만 참석한 것으로 인정된다.

2) 주요 기술

- PHY Layer
 - FFT Size & Preamble Structure
 - Synchronization & Channel estimation methods
 - Modulation & Coding Schemes
- MAC Layer
 - Super Frame Structure & Frame Structure
 - TDD/FDD Structure
 - Quiet Period Position & Duration
 - Network Entry Procedure
 - MAC Protocols
- Spectrum Sensing
 - Sensing Structure & Algorithm
 - Incumbent(TV signal & wireless microphone) Detection
 - Channel Set Definition & Management

2005년 11월에 총 9개의 제안서가 접수되었으며, 대부분의 제안서가 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 기술을 기반으로 한 무선 접속 기술에 스펙트럼 센싱 기술과 이를 위한 MAC 프로토콜을 제안하였다. 2006년 11월 회의에서 ETRI, 삼성, 필립스 등이 제안서를 통합하여 메이저 그룹으로 자리잡으면서 이들이 표준화를 주도하고 있으나, WRAN의 주파수 공유를 위한 CR기술을 이용한 간섭 분석은 현재 computer simulation 수준으로 TV사업자 등 기존 서비스를 제공하고 있는 사업자들은 주파수 공유가 가능하다는 것을 최소한 실험실 setup을 통

하여 시연할 것을 요구하고 있다.

5. 맺음말

미국FCC가 주도하여 주파수의 효율적인 사용을 위하여 V/UHF TV대역의 미사용 주파수 대역에 비면허 기기를 이용한 서비스 도입 계획 가능성을 발표함에 따라 추진되고 있는 WRAN 표준은, 인구밀도가 낮은 광활한 지역에 무선 인터넷망을 지원하고자 하는 것으로 시장성이 그리 크지는 않으나, 시장에서 CR기술을 구현하는 첫 번째 시도라는 점에서 그 의미가 크다고 할 수 있다. WRAN망이 기술적으로 운영하는데 성공한다면, 다양한 서비스에 CR기술을 접목하는 도화선이 될 것이다.

우리나라는 ETRI와 삼성이 IEEE802.22에 기술을 제안하여 반영시키는 등 CR기술 개발과 함께 표준화 활동을 하고 있으며, 산업계, 연구소 및 학교 등 각계에서 많은 관심을 갖고 CR기술에 대한 연구가 진행 중이다. 전파연구소는 CR기술을 이용한 서비스에서 반드시 필요한 서비스간 주파수 공유에 대한 간섭 분석을 위한 연구를 준비하고 있다.

우리나라 각계의 연구결과를 활용하여 국내 기술의 국제 표준화에 함께 노력한다면 그 효과가 상당하리라 본다. 특히 IEEE는 참여하는 개개인에게 투표권이 있으므로 공동 대응의 효과는 훨씬 더 클 수 있다고 생각된다. TTA에 구성된 CR 표준화 그룹을 활용하여 국제 표준화 반영 성과를 높일 수 있도록 전략적으로 대응할 필요가 있다고 판단된다.

참고자료

1. 차재상 등, 전파연구소 위탁과제 중간보고서
2. 신용섭, “스펙트럼 관리 기술의 정책적 방향 및 전망”
3. Functional Requirements for the 802.22

- WRAN standard
4. 김창주, “cognitive Radio 기술 및 응용”
 5. 유남철, “무선인지 개념 및 동향”
 6. Recommended Practice for the 802.22
 7. 강법주 등, “IEEE 802.22 WG에서의 CR응용: WRAN 스펙트럼 센싱에 대한 기술 동향 및 성능 평가 방법”
 8. C-J et al., “A PHY/MAC proposal for 802.22 WRAN systems”
 9. S. Shellhammer et al., “Spectrum sensing simulation model in IEEE802.22” **TTA**



정보통신용어해설

스파이웨어 spyware [관리운동]

사용자의 동의 없이 또는 사용자를 속여 설치되어 광고나 마케팅용 정보를 수집하거나 중요한 개인 정보를 빼가는 악의적 프로그램.

구체적으로, 브라우저의 기본 설정이나 검색, 또는 시스템 설정을 변경하거나 각종 보안 설정을 제거하거나 낮추고, 사용자 프로그램의 설치나 수행을 방해 또는 삭제하나 자신의 프로그램은 사용자가 제거하지 못하도록 하며, 다른 프로그램을 다운로드하여 설치한다. 심한 경우에는 키보드 입력 내용이나 화면 표시 내용을 수집, 전송하기도 한다. 대개 인터넷에서 무료로 공개되는 소프트웨어를 다운로드 받을 때 사용자도 모르게 함께 설치되며, 트로이목마나 백도어와는 달리, 치명적인 피해나 불편을 주지 않는다 하더라도 여러가지 악의적인 목적으로 사용될 수 있기 때문에 주기적으로 탐지 프로그램 등을 사용하여 제거하는 것이 바람직하다.