

# Cognitive Radio 기술 및 IEEE 802.22 표준화 동향

이상현\* · 강희조\*

\*목원대학교 컴퓨터멀티미디어콘텐츠공학부

## Cognitive Radio Technology and IEEE 802.22 Standardization Trends

Sang-Heon Lee\* · Heau-Jo Kang\*

\*Mokwon University

E-mail : shlee@mokwon.ac.kr

### 요 약

무선통신 및 방송 기술의 발달과 함께 주파수 자원의 효율적 활용에 대한 관심이 더욱 높아지고 있다. 또한 향후 유비쿼터스 센서 네트워크, 이동 및 고정 무선통신, 무선방송 등 다양한 무선 응용 기술들이 혼재된 상황은 주파수 자원의 효율적 이용에 대한 요구를 강화할 것으로 예상된다. 본 논문에서는 다양한 무선자원을 능동적으로 인지하여 동적으로 변화하는 사용자의 요구 및 상황에 적합하도록 유휴 무선자원을 지능적으로 활용하는 제반 기술인 Cognitive Radio의 필요성 및 발전 방향과 IEEE 802.22 표준화 동향을 알아본다.

### 1. 서 론

현재 일상생활에서 더욱 많은 사용이 요구되어 가는 다양한 형태의 무선 통신 기술들은 빠르게 발전되어 가고 있다.

특히 이동통신, WLAN, 디지털 방송 및 위성통신을 비롯하여 RFID/USN(Radio Frequency IDentification/Ubiquitous Sensor Network), WiBro(Wireless Broadband) 등 무선을 이용하는 서비스가 급증하고 있다. 이렇듯 급속한 발전을 이루고 있는 무선통신서비스의 다양화와 이용증가로 자원이 한정되어 있는 주파수자원에 대한 수요는 급증하면서 그 가치는 점차 높아지고 있다. 이와 같이 중요한 전파 자원을 효율적으로 이용하기 위하여 선진 국가에서는 국가적인 차원에서 이를 효율적으로 이용하기 위한 기술을 개발하고, 이를 토대로 전파 정책을 수립하기 위한 활동이 활발하게 진행되고 있다.

이러한 주파수 자원 문제에 대한 하나의 해결책으로 주파수가 할당 되어있지만 실제로 사용되지 않고 비어 있는 주파수를 감지해서 이를 효율적으로 공유하여 사용할 수 있는 Cognitive Radio (CR)개념이 제시되고 있다[1].

본 논문에서는 CR 기술의 설명과 이를 구현하기 위해 필요한 기술적인 요건과 문제점들을 살

펴보고, 현재 표준화 진행 중인 IEEE 802.22에 관련된 동향을 살펴본다.

### II. Cognitive Radio의 필요성

무선 통신 분야의 큰 이슈 중의 하나는 효율적인 주파수 자원의 활용이다. 대부분의 개인용 근거리 무선 기기들은 허가 없이 (unlicensed) 공용 주파수 대역을 사용하고 있다. 그림 1은 현재 사용되고 있는 unlicensed 주파수 대역을 나타내고 있다.

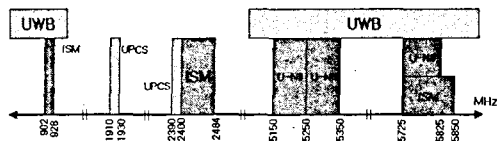
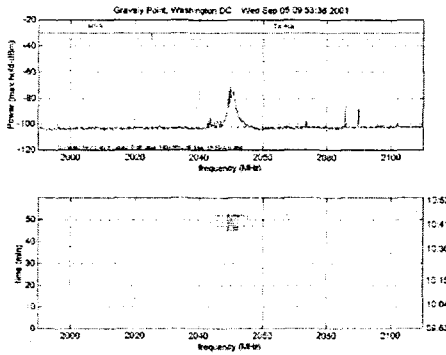
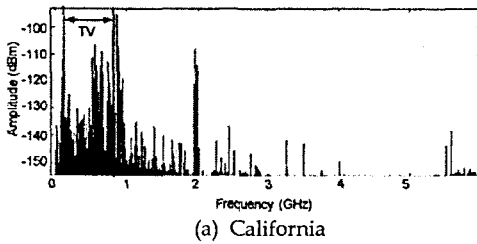


그림 1. Unlicensed 주파수 대역

unlicensed 주파수 대역은 한정되어 있고 그 외의 주파수 대역은 다른 용도로 이미 할당되어 있다. 따라서 수 GHz이하의 주파수 대역에서 신규 주파수 할당도 어렵고 unlicensed 주파수 대역 또한 제한되어 있어서 서로 다른 시스템간의 간

섭이 야기되고 있다. 하지만 그림 2의 (a)에서와 같이 미국 캘리포니아 버클리 지역에서 주파수 사용 현황을 보면 상황은 조금 달라진다. 그림 2에서 보이는 바와 같이 2 GHz 이상에서는 많은 주파수가 사용되지 않으며, 1 GHz이하의 TV (television) 주파수에서도 부분적으로 사용이 되지 않는 주파수 대역들이 있다[2].



(b) Washington DC  
그림 2. 주파수 이용도

그림 2의 (b)는 Washington DC 지역에서 주파수 사용현황을 알아본 그래프이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 지역적으로 사용되지 않는 주파수 대역과 함께 시간적으로도 사용되지 않는 부분의 존재를 알 수 있다.

FCC(Federal Communications Commission)에서는 이러한 주파수의 실제 사용률에 대한 연구를 진행하여, 일시적으로나 지역적으로 변화하는 평균 주파수 사용률을 조사해본 결과 약 15%에서 85% 정도의 사용률을 보이고 있었다. 그래서 FCC에서는 2003년 12월 에 주파수 사용 효율을 올리고자 NPRM (Notice of Proposed Rule Making)을 통하여 비어 있는 주파수에 대한 중복 사용 가능성에 대한 내용을 발표하였다. 이로써 주파수 부족 문제를 많이 완화할 수 있는 계기가 되었다. 이 때, 주파수 공유 사용의 조건은 요금을 지불하고 주파수 대역을 사용하는 우선 사용자(primary user)에게는 간섭을 주지 말아야 한다.

### III. Cognitive Radio의 기술과 문제점

기존의 주파수 사용자에게 간섭을 일으키지 않고 비어 있는 주파수를 검색하여 사용하는 기술로서 현재 연구되고 있는 차세대 무선 이동 통신 기술과 더불어 사용될 수 있는 개념이 cognitive radio의 기술이다.

그러므로 CR기술은 일반적인 무선 통신 시스템에 추가적인 기능이 필요하게 된다. 주파수 검색 기능, 이에 대한 운용 기술을 가지고 있는 것이 다르다. 그림 3은 일반 통신 시스템에서 CR기술에 추가되어야 할 기능의 간략한 구조도를 보이고 있다.

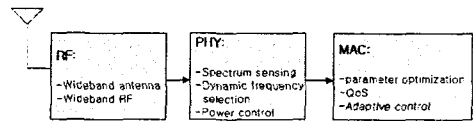


그림 3. Cognitive Radio의 블록도

먼저 우선 사용자의 주파수 사용 현황을 감지하는 기능으로 스펙트럼 검출(Spectrum Sensing) 기능이 있다. CR 개념이 주파수 공유를 목적으로 하고 있지만 먼저 주파수를 사용하고 있는 시스템에게 간섭을 주지 않기 위해 선행되어야 할 제일 중요한 기능이라고 할 수 있다. 스펙트럼 검출 기능의 구현을 위해서는 정합필터, 에너지 감지, 신호 형태 검출법 등의 방법이 있다[2].

먼저, 정합 필터(matched filter) 방식은 특성상 SNR를 최대화 할 수 있는 장점이 있다. 그러나, 송신 신호에 대한 정보를 미리 알고 있어야 하기 때문에 다양한 환경에서 신호를 검출하는데 어려움이 있다. 예를 들어, TV 신호에는 협대역의 음성, 영상 신호를 위한 파일럿(pilot) 신호가 있으며, CDMA, OFDM 등의 디지털 신호도 파일럿과 프레임 같은 여러 가지 규격을 가지고 있다.

에너지 감지(energy detector) 방식은 신호의 세기에 따라서 신호의 존재 유무를 감지하는 방식이다. 하지만 신호 크기의 정도를 정하는 문제와 간섭 신호에 대한 대비책이 없어 정확한 신호 검출이 어렵다. 또한, 확산(spreading) 방식을 사용하는 송신 방식에는 취약한 단점이 있다. 하지만 신호의 특정한 형태(signature)가 없을 경우 에는 에너지 검출 방법도 사용 가능하다.

신호 형태(feature)에 의한 검출 방식은 일반적인 신호의 주기적인 성질을 이용하는 방식이다. 즉, 수신된 신호의 상관(correlation) 값을 구하여 신호의 유무를 검출한다. 이 방식은 에너지 감지 방식의 단점인 간섭 신호에 대해서는 강인한 검출 성능을 보인다.

또한 스펙트럼 검출의 확장 기능으로 볼 수 있는 동적 주파수 선택 이 있다.

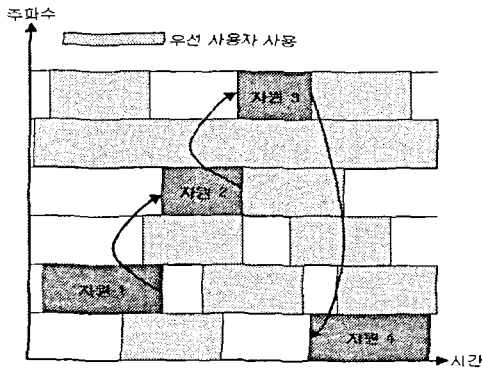


그림 4. 동적 주파수 선택

동적 주파수 선택 기능은 IEEE802.11a가 5GHz의 UNII (Unlicensed National Information Infrastructure) 대역에서 레이더의 신호에 간섭 받지 않고 통신을 하는 방법에서 고안된 방식이다. 비어있는 대역을 검출하고, 사용자의 신호 수신 감도의 상태, 데이터 요구량 등과 같은 요소를 근거로 QoS를 제공 하도록 주파수 대역을 할당하고, 변조 방식, 송신 전력 등을 제어해준다. 한번 비어있는 주파수 대역이 검출이 되면 이 주파수 대역을 이용하여 일반 셀룰라 시스템의 다중 사용자 할당과 유사한 스케줄링 기법이나 자원 할당 방법으로 자원을 전송한다. 자원 할당은 주파수, 시간, 지역적으로 분류될 수 있다. 그림 4에 동적 주파수 선택에 대한 예를 나타내고 있다.

이와 같은 CR을 사용하기 위한 기본적으로 필요한 기능과 함께 CR 기술을 사용하였을 때 발생할 수 있는 문제점들도 생각해 볼 수 있다.

그러한 문제점들 중에 한 가지로 잉여 주파수 대역에 대한 확보 문제를 생각해 볼 수 있다. CR은 자원을 사용자에게 할당을 하고 있는 경우에도 우선 사용자가 CR이 사용하고 있는 주파수 대역을 사용하면 이를 항상 비워 주어야 한다. 이때 CR이 제공하는 서비스를 사용하고 있는 사용자에게 지속적으로 끊김이 없는 (seamless) 서비스를 제공하는 것이 매우 중요하다. 이를 위하여 현재 사용하고 있는 주파수 대역 이외 에도 잉여의 주파수 대역을 확보하여야 한다. 하지만 이때 사용하지 않지 않는 주파수 대역을 비상시를 대비해서 확보해놓는 것은 무선 자원을 효율적으로 사용하고자 하는 CR의 기본 원칙에 어긋나기 때문에 비어있는 다중 채널 구조와 이를 이용하여 끊김 없는 서비스를 제공하는 방식이 필요하다.

이 밖에도 지역적으로 hidden node 문제가 발생할 수 있음을 생각할 수 있다. 그림 5는 hidden node 문제를 나타내고 있다. 먼저, 우선 사용자 BS의 지역에 있는 우선 사용자 A는 CR BS로부터는 간섭의 영향을 받지 않고 통신을 할 수 있다. 하지만 CR BS와 통신이 가능한 CR 사용자 B는 우선 사용자 BS의 신호를 감지하지 못

하고 CR BS로부터 우선 사용자 A의 정보를 알지 못하기 때문에 CR BS에 데이터 전송할 때 (상향 링크) A 사용자에게 간섭 신호를 줄 수 있다.

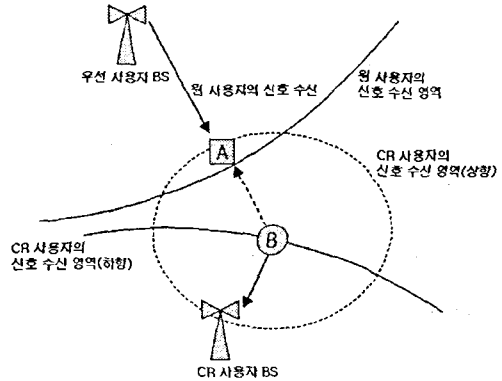


그림 5. Hidden 문제

또 다른 문제로, CR을 사용하는 서로 다른 서비스 제공자가 인접하여 존재할 때, CR들 간에 서로 비어있는 주파수를 점유하려는 문제가 발생한다. 만일 한 CR이 먼저 빈 주파수들을 사용할 때, 다른 CR은 이를 사용하고 있는 주파수라고 인지하여 다른 비어있는 주파수를 사용하게 된다. 하지만 남아있는 빈 주파수가 없을 때는 먼저 사용한 CR간의 주파수 사용 형평성 문제가 발생한다. 그러므로 이러한 CR들간의 상호 간섭 또는 주파수 사용 분배를 중재하는 프로토콜도 필요하다.

이와 같이 CR은 기본적으로 비어있는 주파수를 빌려서 사용하는 방식이기 때문에 기존의 무선 통신 방식에 추가적으로 '고려해야할 사항 및 문제점들이 많이 있다.

#### IV. IEEE 802.22 표준화

2003년 12월에 FCC NPRM에서 주파수 공용 사용 가능성이 언급된 이후 이를 현실적인 시스템으로 개발하려는 노력이 IEEE802.22이라는 표준화 기구를 탄생시켰다. 2004년 8월 IEEE에서 PAR (Project Authorization Request)를 승인 받은 뒤 2004년 11월에 IEEE802.22 첫 모임을 가졌다. 이후 2개월에 한번씩 표준화 미팅을 하고 있고, 2006년 1월 첫 번째 초안을 내보내는 것을 목표로 하고 있다. 하지만 다양한 기술적인 논의의 필요성으로 표준화 일정은 다소 늦춰질 가능성이 있다. 표 1은 IEEE 802.22 표준화 일정을 나타내고 있다.

IEEE802.22의 사용 대상은 미국이나 캐나다의 도시 외곽 지역이나 개발도상국이며, TV 대역에 CR을 사용하여 무선 통신 서비스를 제공하는 것을 목표로 한다.

표 1. IEEE 802.22 표준화

2004. 11.	Kick-off meeting
2005. 01.	Interim meeting - Schedule 협의
2005. 03.	Plenary meeting - Functional Requirement
2005. 04.	Interim meeting - Call for proposal
2005. 07.	Proposal 접수
2005. 09.	Down-selection process

정지된 사용자한테 패킷(packet) 데이터를 전송한다는 측면에서 보면 IEEE802.22의 사용자는 IEEE802.16의 Wimax에서 대상과 유사한데, 목표 시장에서 다소 차이가 있다. IEEE 802.22 WRAN은 인구 밀도가 IEEE802.16 (WMAN: wireless metropolitan area network)에서 대상으로 하는 것보다 낮은 지역에서 사용된다. 이런 면에서 보면 현재 무선 단말기 제조업체나 무선 통신 사업자들에게는 시장 규모가 현재 사용되고 있는 시장보다 상대적으로 작아서 많은 관심을 끌지 못할 것으로 예상되지만 CR이라는 새로운 개념의 통신 방식이 처음으로 표준화로 진행되고, 이의 개량된 형태가 차세대 무선 통신 기술과 접목하여 사용될 수 있기 때문에 많은 회사들이 관심을 가지고 있다.

표 2. IEEE 802.22 물리(PHY) 계층 요구 사항

항 목	수 치
범 위	33 Km
인구 밀도	1.25 person/Km <sup>2</sup>
cell type	multi cell
주파수 재사용률	1
sector	omni/sectored 셀
주파수 대역	TV band (나라마다 다름)
주파수 효율	0.5~3 bps/Hz
전송 속도	1.5 Mbps/DN
	384 kbps/UP
outage	10% regional outage
목표 PER	1% time outage
	< 10%

표 2에서 나타내는 수치에서 대략적인 IEEE 802.22의 시스템 성능을 알아볼 수 있다.

IEEE802.22의 장점 중의 하나는, 가격적인 측면에서 보면 무선 주파수 대역을 돈을 내지 않고 사용함으로써 기존의 셀룰라 형태의 무선 통신 서비스보다 가격이 저렴해지는 것이다. 하지만, BS(base station)의 CR 구현을 위한 추가 복잡도, 그리고 VHF 대역을 사용할 경우, 수신기의 안테나 크기 문제, 공용 주파수 사용으로 인한 서비스의 안정성 (QoS: Quality of Service) 등도 고려되어야 할 사항이다.

앞서 설명한 바와 같이 CR에서 사용되는 기술은 단지 IEEE802.22뿐만 아니라 다중 채널에 대한 무선 채널 관리와 분배, 간섭 검출 기술로서 향후 차세대 무선 통신과 연동하여 서로 상호 보완적으로 사용될 가능성이 높다. 예를 들어서, 셀룰라 환경에서 발생하는 음영 지역이나 셀의 크기를 키워야 하는 시골 지역 등에서 CR은 주파수 간섭을 일으키지 않고 효과적으로 고속 데이터를 전송할 수 있는 좋은 대안 기술이다.

## V. 결 론

CR에 대한 표준화가 진행 되고 있기는 하지만 아직도 이를 위해 기술적으로 해결해야 할 과제들이 많이 있다. 본 논문에서 설명한 바와 같이 첫 번째로, 우선 사용자에게 간섭을 최소화하기 위해서 필요한 효율적인 주파수 감지 기술은 무엇인지, 이를 위하여 우선 사용자의 신호 방식을 검출 가능한지, 아날로그 TV 방송 이외에 아날로그 무선 기기의 효율적인 감지를 위해 서로간의 규약을 새로 정해야 하는지 등 문제가 있다.

두 번째로, 동적 주파수 할당에서는 만일 다른 CR 사용자가 근처에 존재하였을 때 상호간의 신호 교류는 어떻게 하는 것이 좋은지, 효율적인 주파수 공유를 위해 잉여 주파수 확보를 어느 정도 하여야 하는지 하는 문제가 있다.

이 밖에도 실제 시스템의 구현에 있어서는 많은 필요한 기능과 문제점들이 있을 수 있다. 따라서, 향후 안정된 CR 시스템의 구현을 위해 정확한 문제 분석이 필요하다.

### 감사의 글

본 연구는 2005년도 정보통신연구진흥원의 정보통신학술연구지원사업의 연구결과로서, 관계부처에 감사 드립니다.

### 참고문헌

- [1] Joseph Mitola III, "Cognitive Radio An Integrated Agent Architecture for Software Defined Radio", Ph. D dissertation, Royal Institute of Technology(KTH), May 2000
- [2] 정재학, 이원철, "Cognitive Radio 기술 동향", 전파지 5·6 전파특집 3, 2005