

---

# Cognitive Radio 연구의 국내외 동향과 이슈 분석

문상국

목원대학교 전자공학과

## Analysis of Global Trends and Issues of Cognitive Radio

Sangook Moon

Mokwon University, Department of Electronic Engineering

E-mail : smoon@mokwon.ac.kr

### 요 약

유비쿼터스 사회가 도래하면서 개인의 휴대단말기가 기하급수적으로 증가하고 있다. 이러한 지능형 개인 휴대단말기는 상호간 네트워크를 통한 정보교류를 위하여 무선 주파수를 사용하게 되고, 허가된 주파수 대역은 한정되어 있어, 전세계적으로 주파수 부족에 대한 우려감을 낳게 되었다. 이에 따라 정보통신을 위한 고성능 집적회로의 개발과 다양한 통신 프로토콜의 발전으로 새로운 종류의 소프트웨어로 정의된 무선통신방식 (SDR; Software Defined Radio)인 Cognitive Radio (CR; 인지 무선통신)이 대두하게 되었다. 이 새로운 개념의 CR은 주변의 정보를 수집하여 학습하면서 주변의 스펙트럼을 센싱하여 비어있는 채널 정보를 활용하여 통신을 수행하는 기술이다. 본 고에서는 CR 연구에 대한 세계적인 동향과 현재 이슈가 되고 있는 문제점에 대하여 분석하고 기술한다.

### ABSTRACT

With the advent of the era of ubiquitous computing, the number of wireless communication devices has been exponentially increasing, which phenomenon requires for the preparation for the upcoming shortage of frequency resource. Recently, in consequence, the concept of Cognitive Radio (CR) was introduced in which the wireless nodes periodically recognize and learn the external conditions of communication including the usage of the frequency spectrum. It is essential to assure sufficient range of frequency to satisfy the users of the increasing wireless network devices. However, since not only the frequency band for wireless communication is finite, but most part of them had already been assigned for the primary users of the wireless network service, it is very difficult to ensure the band of frequency for additional communication service. In this contribution, we analyze and describe the issues of designing and implementation of CR networks.

### 키워드

Cognitive Radio, Software Defined Radio, 무선통신

## 1. 서 론

유비쿼터스 시대의 도래와 더불어, 무선 통신 단말기들은 기하급수적으로 증가하게 되었고, 이에 따른 주파수자원의 부족현상이 심각하게 대두되고 있다. 따라서 최근 무선통신에서는 무선 채널을 고정적으로 할당받아 데이터를 전송하던 기존 방식에서 벗어나, 무선 주파수 대역의 사용 현황을 스스로 인지하여 빈 채널을 찾고 해당 채널에서 데이터 통신을 수행하는 인지형 무선통신 (Cognitive Radio; CR)의 개념이 소개되었다 [1].

증가하는 무선 통신에 대해 사용자의 요구를 만족시키기 위해서는 충분한 주파수 대역의 확보

가 필수적이다. 하지만 통신에 활용 가능한 무선 주파수 대역은 한정적일 뿐 아니라, 대부분이 기존의 무선 통신 서비스 (선순위 사용자; primary user)에 이미 할당되어 있기 때문에 추가적인 통신 서비스를 위한 주파수 대역의 확보가 매우 어려운 실정이다. 그러나 실제로 미국의 FCC (federal communications commission) 등 연구단체에서 선순위 사용자에게 분배된 주파수의 이용 효율을 측정해 본 결과, 주파수 대역의 이용효율이 매우 떨어지며, 특히 도시 외곽이나 인구밀도가 낮은 지역에서 두드러진 경향을 보인다는 사실이 보고된 바 있다.

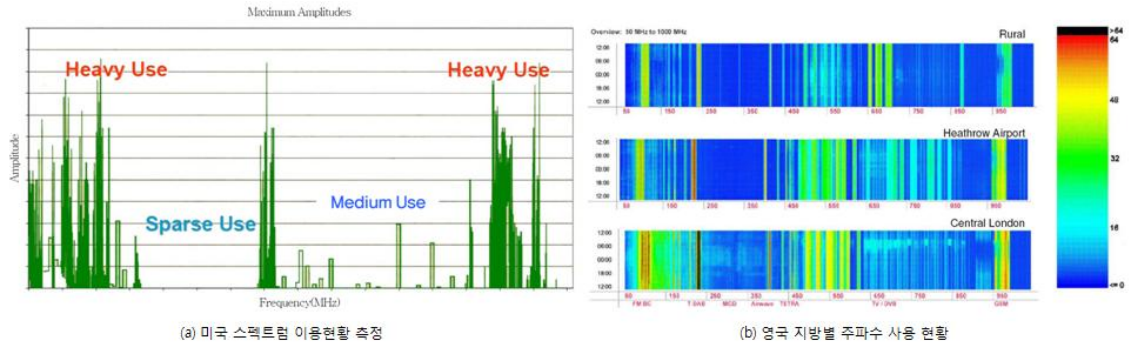


그림 1. 미국과 영국의 주파수 사용 현황.  
Fig. 1. Frequency usage trends in the USA and England.

미국에서의 주파수 이용효율은 평균적으로 30% 이하로 나타나고 있고 (그림 1-(a)) [2], 이는 영국도 크게 다르지 않다. 그림 1-(b)는 영국의 인구복잡도를 기준으로 한 세 지역에서 측정 한 주파수 사용현황을 보인 것이다. 특히 그림 윗부분 전원 지방에서 주파수 대역 중 많은 부분이 낭비되는 것을 볼 수 있다 [3].

이와 같이 이용되지 않고 있는 주파수 자원이 많지만 선순위 사용자가 해당 주파수 대역을 선점하고 있기 때문에 해당 대역을 새로운 무선 통신 서비스에 재할당하기란 매우 어렵다. CR 기술은 이러한 주파수 자원을 효율적으로 이용하기 위한 기술로, 소프트웨어 정의 무선 통신 기술 (SDR; Software Defined Radio)을 기반으로 스펙트럼 센싱 기능을 활용하여 가용한 주파수를 인식하고 선정하여 통신하는 기본적인 기능과 여러 가지 환경 파라미터를 지속적으로 업데이트 하는 인지 알고리즘이 합쳐진 미래 무선 통신의 핵심 기술이다. 이 기술을 활용하는 CR 네트워크가 실현되기 위해서 효과적인 채널 센싱과 채널 변경 기법의 연구가 미국을 중심으로 진행되고 있으며, 한국에도 2006년 경 소개되어 연구의 필요성을 깨닫기 시작하였다.

## II. Cognitive Radio 연구 동향

국내의 CR 기술은 도입단계라고 말할 수 있으며 대기업과 ETRI, 대학에서 관심을 가지고 시작하는 단계이다. 현재까지 알려진 연구는 동향이나 개요 등이며 CR 자체의 개발에 대한 관심은 늘어나고 있지만 구체적인 결과물은 쉽게 나오지 않는다.

국외에는 미국을 중심으로 CR에 대한 주도적인 연구가 진행되고 있다. 미국방성 주도의 Joint Tactical Radio System [4], USRP/GNU Radio [5], Vanu SDR [6] 등이 그것이다. 위에

말한 대부분은 일반적인 SDR 플랫폼으로 구성되어 기존 SDR의 변형 수준이었다. 하지만 최근 미국 과학재단 (NSF)이 하드웨어 플랫폼 개발을 지원하여 스펙트럼 센싱, 다양한 파형 생성, 동적 환경에서의 스펙트럼 처리, 다양한 프로토콜 함수를 빠르고 유연하게 처리할 수 있는 기반이 조성되었다. 이러한 배경에서 주목받고 있는 플랫폼은 Rice 대학의 WARP 플랫폼, WINLAB에서 개발한 WINC2R CR 플랫폼, 그리고 Stevens 기술 연구소의 DIMSUMnet 등이 있다 (그림 2) [7][8][9].

CR에 대한 보안 연구는 CR 자체보다 후발적이지만 위 플랫폼 기반 연구를 중심으로 보안요소를 포함시켜 시작하는 단계이며, 대학 중심으로 연구되고 있다. 메사추세츠, Rutgers, 버지니아 텍의 연구팀이 주축이 되어 CR 보안에 대한 연구를 수행 중이다.

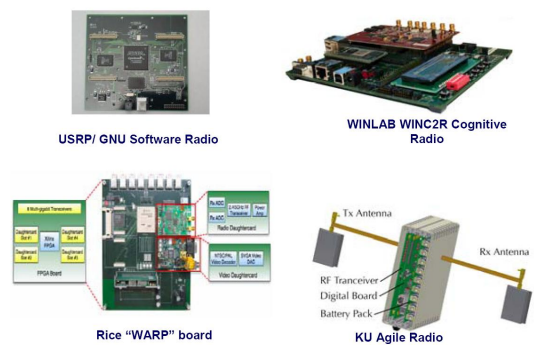


그림 2. 국외에서 연구 개발 중인 초기 CR 플랫폼.  
Fig. 2. CR platforms under development in overseas.

### III. Cognitive Radio 보안 이슈

CR은 인지기능 특성상 스펙트럼을 스캔하여 동적 물리계층 적응기술 (dynamic physical layer adaptation)을 지원하고 넓은 범위의 동작 주파수로부터 빈 스펙트럼을 찾을 수 있어야 하며, 빈 스펙트럼을 차지하기 위해 모듈레이션 파형과 전송 파워를 조절할 수 있는 능력을 갖추어야 한다. 이러한 새로운 기능을 지원하기 위해서 CR의 개발에는 더욱 발전된 네트워킹, 즉 MAC과 네트워크와 전송층 (transport layer)의 동작을 한데 묶어 조율하는 층간 프로토콜 (cross-layer protocol)에서부터 새로운 세대의 분산 신호 코딩 (distributed signal coding) 방법까지를 모두 지원할 수 있는 막강한 프로토콜 프로세서가 사용되며, 현재까지의 연구는 폭넓은 커뮤니티에 공개하는 오픈소스의 형태로 진행중이며, 프로그램이 가능하며 빠른 프로토타입을 얻을 수 있는 FPGA가 사용되고 있다 [10].

이렇듯 막강하고 프로그램이 가능한 플랫폼 기반의 연구 성과에 대한 잠재적인 기대치는 매우 높다. 하지만, 이러한 무선 플랫폼의 확산과 지원하는 소프트웨어의 오픈소스적인 특성 또한 그 위험성이 매우 높다고 할 수 있다. 사용자간 (peer-to-peer) 소프트웨어가 한 때 오용되었던 것처럼, 개별 프로그래머가 저렴하고 쉽게 널리 보급할 수 있는 CR 플랫폼을 개발하여 대중적으로 악용할 수 있는 가능성이 매우 큰 것이다. 이렇게 되면 차세대 무선 통신의 새로운 연구로 얻을 수 있는 이익보다 CR 디바이스를 재프로그래밍하여 통신법규를 어기거나 적대적으로 악용할 수 있는 부정적인 영향이 오히려 심각해 질 수 있다.

따라서, 이러한 CR 기기와 CR 네트워크에 대한 연구가 성숙해져 더 이상 돌이킬 수 없이 발전하기 이전에 보안방안을 구조적으로 연구하여 CR 플랫폼의 기본적인 요소로 만드는 것이 필수적이다. 신뢰할 수 있는 CR의 동작을 확보하기 위해서는 시기적인 측면, 구조적인 측면 등 많은 관점에서의 보안책이 필요하여 소프트웨어, 통신, 아키텍처, 신호처리, 칩 설계 등 다양한 방법에서의 협력연구가 필요하다. 신뢰할 수 있는 CR 네트워크를 구현할 수 있는 방법으로, 신뢰할 수 있는 CR 소프트웨어 검증 방안과 보안 측정 체계, 신뢰할 수 있는 플랫폼 기반의 하드웨어 연산 모듈에 대한 연구를 수행하여 소프트웨어와 하드웨어가 협력하여 동시에 신뢰성을 확보할 수 있는 방안이 필요한 것이다.

CR에서의 임베디드 소프트웨어 검증방식은 시스템 전반에 걸쳐 테스트를 수행하는 기존 소프트웨어 시스템의 검증방식과는 기본적으로 다르다. 프로그램 코드의 모든 경우를 검증하는 대신, CR이 네트워크의 통제 정책 (regulation policy)에 명시된 조항을 따르는 것에 대한 보장

의 여부가 검증의 핵심이다. 기존의 기능 검증이 디버깅에 의존하는 것에 비해, CR의 검증은 모든 CR 디바이스가 통제 주체 (regulation entity)로부터 규정된 정책을 위반하지 않으면 되는 것이다. 소프트웨어적인 이슈 중 초기 도입 시 고려해볼만 한 것으로 아래와 같은 것들이 있다.

- ◆ 집단지성 (Swarm-Intelligence) 기반의 프로그램 추상화
- ◆ 프로그램 변수의 취약성 평가를 위한 코드 레벨의 측정체계 (metric) 개발

하드웨어 영역에서 볼 때, 성능을 높이기 위한 디자인 원칙, 즉 연산, 통신, 메모리 자원을 공유하지 않는 것 역시 개별적인 정보를 제한한다는 점에서 시스템의 보안성을 높인다. 하드웨어 기반의 접근 제한 방식은 일반적으로 소프트웨어적인 방식이나 소프트웨어가 하드웨어를 구동하는 방식 (예를 들면 MMU)에 비해 쉽게 신뢰할 수 있다고 생각할 수 있다. 하지만 이 신뢰성은 서로 다른 프로세스가 공유되었을 때 의심스럽게 된다. 왜냐하면 context switch 이전에 캐쉬된 정보가 남아있을 수 있기 때문이다. 따라서 가능하면 공유 자체를 안하는 것이 보안성을 높일 수 있다. FPGA는 하나의 통신 파형을 위해 지원된 하드웨어 자원을 할당하거나 또는 재할당하는 이상적인 방안을 제공한다. 하드웨어 측면에서의 이슈는 아래와 같은 것들이 있다.

- ◆ 신뢰할 수 있는 하드웨어 연산 플랫폼 구조
- ◆ FPGA 특성을 응용한 CR 보안성 연구와 FPGA 기반의 Trusted computing component 구현

### IV. 학문적 가치와 파급효과

CR 기술은 향후 무선통신 전반에 걸쳐 적용될 것으로 예상된다. 미 국방성에서 수행하고 있는 XG 프로젝트는 군사용 장비의 CR 네트워크화에 대한 것인데, 군사용 장비의 경우 전쟁이 세계 어디서나 발생할 수 있고, 이 때 무선 통신 장비의 주파수가 고정되어 있다면 장비를 사용할 수가 없는 경우가 생기기 때문에 CR 기술을 이용하여 비어 있는 주파수를 이용하여 작전을 수행할 수 있기 때문이다. 또한 공공 안전 통신의 경우 재난이 발생한 경우에는 많은 주파수 대역이 필요하지만 평상시에는 최소한의 대역만 요구된다. 따라서 CR 기술을 지원하는 장비라면 평상시에는 public safety 대역을 사용하다가 재난 등의 위급 상황으로 우선 사용자가 사용하는 것을 감지하면 주파수를 놓아줌으로써 주파수의 이용 효율을 높일 수 있다. 이렇듯 향후 CR 기술은 무선 통신 기술에 필수적으로 빠른 시일 내에 도입되어야 할 기술이며, 또한 CR은 그 인

지능력의 특성상 보안에 취약할 수밖에 없기 때문에 이에 관한 안전성 문제는 반드시 선행 연구가 수반되어야 한다. 유무선 인터넷 강국인 대한민국은 다른 국가들보다 먼저 주파수 부족 문제를 맞이할 것으로 예상된다. CR과 그에 관련된 보안에 대한 연구는 대한민국이 주파수 부족 문제를 해결하기 위한 발걸음의 시작이라고 사료되며, 반드시 필요하다.

대학이나 산업체에서 엔지니어들을 대하면, 네트워크를 전공했다 하더라도 보안 분야는 전혀 모르는 경우가 많으며, 정보보호에 관심있는 엔지니어들은 통신이나 반도체, FPGA 형태 프로토타입의 구현에 대해서는 관심이 없었던 경우를 많이 볼 수 있다. CR 네트워크와 그에 대한 보안이라는 연구주제는 그 자체로 무선통신과 정보보호, 반도체설계구현까지를 묶어 한 트랙으로 정립할 수 있는 주제이다. CR 연구자들은 소프트웨어, 무선통신, FPGA 설계, 정보보호에 대한 총체적인 연구경험을 누릴 수 있게 되고, IT 관련 대기업이나 벤처에서 가장 필요로 하는 인력으로 성장할 수 있다.

## V. 결 론

CR 기술은 주파수 자원을 효율적으로 이용하기 위한 기술로, 소프트웨어 정의 무선 통신 기술 (SDR; Software Defined Radio)을 기반으로 스펙트럼 센싱 기능을 활용하여 가용한 주파수를 인식하고 선정하여 통신하는 기본적인 기능과 여러 가지 환경 파라미터를 지속적으로 업데이트 하는 인지 알고리즘이 합쳐진 미래 무선 통신의 핵심 기술이다. 본 고에서는 CR 연구의 현재 동향에 대해 알아보고 CR에 대한 문제점, 당면한 이슈 등에 대해 분석하였다. CR 기술은 당장 상용화하기에는 여러 가지 극복해야 할 문턱이 높지만, 미래 무선통신 네트워크를 위해서는 반드시 해결되어야 할 기술이다. CR 기술의 표준화와 함께 부수적으로 극복해야 할 보안상의 문제점은 따로 고려할 수 없다. 반드시 초기 플랫폼 디자인에 필수적인 요소로 들어가야 한다.

## 참고문헌

- [1] S. Haykin, "Cognitive radio: Brain-empowered wireless communications," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 23, no. 2, pp. 201-220, Feb. 2005.
- [2] 김창주, "Cognitive Radio 기술 동향," 전자통신동향분석 제 21권 제 4호 2006년 8월.
- [3] [http://www.ofcom.org.uk/research/technology/research/emer\\_tech/cograd/](http://www.ofcom.org.uk/research/technology/research/emer_tech/cograd/).

- [4] JTRS: Joint Tactical Radio System Program, <http://jtrs.army.mil/>.
- [5] GNU Radio - The GNU Software Radio, <http://www.gnu.org/software/gnuradio>.
- [6] Vanu Inc., <http://www.vanu.com>.
- [7] Rice University WARP - Wireless Open-Access Research Platform, <http://warp.rice.edu/>.
- [8] B. Ackland, M. Bushnell, D. Raychaudhuri, C. Rose, and T. Sizer, "Network centric cognitive radio platform," [www.winlab.rutgers.edu/pub/docs/focus/Cognitive-Hw.html](http://www.winlab.rutgers.edu/pub/docs/focus/Cognitive-Hw.html)
- [9] M.M. Buddhikot, P. Kolodzy, S. Miller, K. Ryan, J. Evans. "DIMSUMNet: New directions in wireless networking using coordinated dynamic spectrum access," in *Proceedings of the Sixth IEEE International Symposium on a World of Wireless Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM'05)*, pg. 78-85, June 13-16, 2005, Taormina, Italy.
- [10] S. Drimer, "Volatile FPGA design security - a survey," University of Cambridge Computer Laboratory, Dec. 2007, [www.cl.cam.ac.uk/~sd410/papers/fpga\\_security.pdf](http://www.cl.cam.ac.uk/~sd410/papers/fpga_security.pdf)