

# 주파수 자원 공유 기술 동향

김 창 주

한국전자통신연구원  
전파기술연구그룹

## I. 개 요

주파수 자원은 국가의 소중한 무형 자산으로써 무선 통신의 발전과 함께 주파수 자원의 가치가 더욱 커지고 있다. 과거에는 석유, 철강, 가스 및 석탄 등이 국가의 중요한 자원이었으나, 21세기의 정보화 사회에서는 주파수 자원이 그에 못지않게 소중한 자산으로 인식되고 있다. 우리나라의 무선 통신 기술은 아날로그 세대인 1980년대까지는 매우 제한적으로 사용되었으나, 1990년대 CDMA(Code Division Multiple Access) 이동 통신의 상용화 이후 비약적으로 발전하여 현재는 유비쿼터스 정보화 사회를 눈앞에 두고 있다. 그런데 유비쿼터스 정보화 사회에서는 주파수 자원의 수요가 공급에 비하여 매우 많기 때문에 주파수 부족 현상이 심각하게 대두된다. 따라서 한정된 자원을 공유하는 기술을 개발하여 주파수 자원의 이용 효율을 높여야 한다. 전파 자원을 공유하는 기술로서는 시간적인 공유, 지리적 공유, 공간적 공유 방법, 그리고 여러 서비스간에 주파수 대역을 공통으로 사용하는 방안이 있다. 시간적인 공유 기술은 1차 이용자가 사용하지 않는 경우, 이를 확인하고 2차 이용자가 이 주파수를 사용하는 기술서 CR(Cognitive Radio) 기술이 이에 해당된다. 물론 경우에 따라서는 할당된 주파수가 지리적 상황에 따라서는 전혀 사용되지 않는 경우도 있는데, 이 때는 시간적 공유라기 보다는 지리적 이격을 통한 공유라고 볼 수 있다. 지리적인 공유는 거리에 따른 전파 손실을 고려하여 충분히 떨어진 지역에서 동일 주파수를 재 사용하는 것을 의미한다. 또한 초광대역에 걸쳐서 낮은 전력 밀

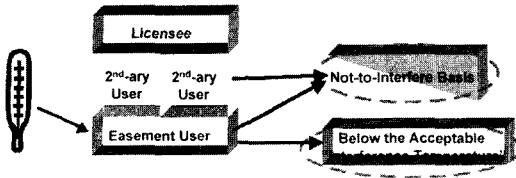
도를 사용하여 personal area에서 통신을 하는 UWB(Ultra-Wide Band) 기술도 여기에 해당된다. 공간적 공유 기술은 안테나의 지향성(Antenna Directivity)을 이용하는 기술을 말하는데, 최근에는 배열 안테나 등의 기술이 발전함에 따라 공간적 공유가 가능해지고 있다. 본 고에서는 이상의 기술에 대하여 최신의 기술 동향을 각각 소개하고, 이의 효과를 기술한다.

## II. 스펙트럼 이용 모델

CR 기술이나 UWB(Ultra Wide-Band) 등 주파수 자원 공유 기술을 주파수 분배에 적용하려면 스펙트럼의 이용의 패러다임을 바꾸어야 한다. 현재 스펙트럼 이용의 주류는 면허권자에게 독점적 이용권(Exclusive Rights)을 주는 방식으로 95 % 정도의 주파수 이용에 적용되고 있다. 최근 들어 전파 기술의 눈부신 발전에 힘입어 주파수 자원의 공유 기술이 점차 늘어나는 추세이다. 이러한 주파수 공유 기술을 주파수 분배에 활용하려면 [그림 1]에 보인 바와 같이 (i) 낮은 전력 밀도로 기존 서비스에 간섭을 주지 않고 스펙트럼을 공유하는 easement 방법과 (ii) secondary user가 1차 면허권자가 사용하지 않는 경우에 주파수 자원을 활용하는 모델로 바뀌어야 한다. 이 경우, 2차 이용자는 1차 면허권자에게 간섭을 주지 말아야 한다.

## III. Cognitive Radio 기술

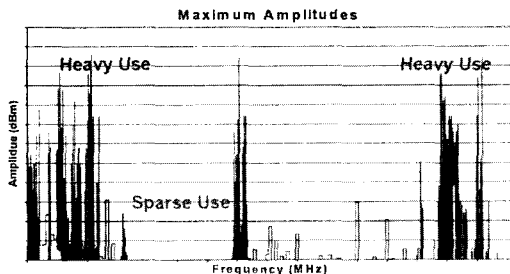
CR 기술은 앞서 언급한 바와 같이 1차 이용자가 사용하지 않는 주파수를 찾아서 비어 있는 시간에만



[그림 1] 스펙트럼 이용 모델

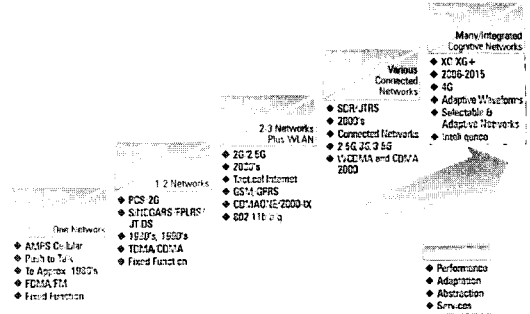
이 주파수를 이용하는 기술이다. [그림 2]에 나타난 바와 같이 할당된 주파수의 이용 현황을 측정해 보면 이의 이용 효율이 평균적으로 30% 이하로 나타나고 있다. 따라서 이용되지 않고 있는 주파수 자원을 찾아서 이를 사용한다면 주파수 자원의 부족 현상을 해결하는데 크게 기여할 것이다.

[그림 3]에서 보듯이 CR 기술은 SDR(Software Defined Radio) 기반의 무선 통신 기술을 토대로 cognition 기술을 접목하여 탄생시킨 기술이다. SDR 기술은 광범위한 주파수 대역에 걸쳐 광대역 신호 처리를 할 수 있는 하드웨어를 토대로 software를 download 받아서 다양한 기능을 수행하는 기술이다. 반면에 인지 기술은 주변의 정보를 지속적으로 수집하여 스스로 학습하면서 주변 상황에 따라 대처하는 컴퓨터 기술이다. 이러한 두 기술이 접목하여 탄생하는 CR 기술은 장치가 있는 주변의 스펙트럼을 센싱하여 비어 있는 채널 정보를 활용하여 통신을 하는 기



Source: FCC, Spectrum Policy Task Force, Technology Advisory Council (TAC) Brief (December 2002).

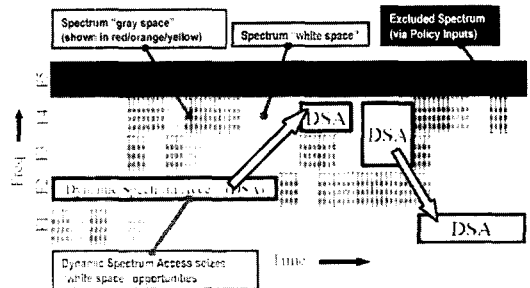
[그림 2] 미국에서의 스펙트럼 이용 현황 측정 자료



[그림 3] 무선 통신 기술 발전 추세

술로서 1차 분배자가 해당 주파수를 사용하는 경우에는 언제든지 1차 이용자에게 간섭을 주지 않고 다른 주파수 대역으로 옮겨서 통신을 한다. 이러한 기능을 위하여 CR 장치는 특정 주파수를 사용하는 동안에도 주기적으로 Quiet Period를 두어 해당 주파수의 incumbent user가 사용하지는 지에 대하여 측정을 하여야 한다. Incumbent User가 감지되면 주어진 시간 이내에 다른 채널로 이동하여 사용하던지 아니면 사용을 중지하여야 한다.

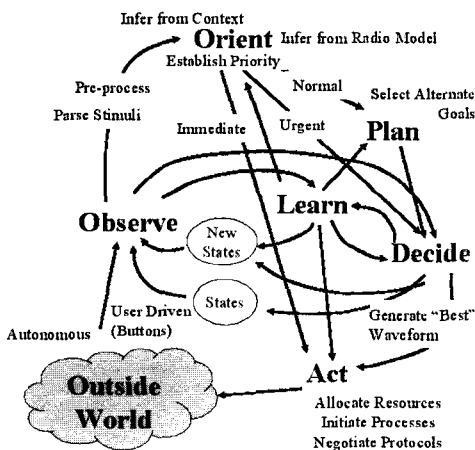
[그림 4]는 CR 장치가 스펙트럼을 측정하여 사용 가능한 주파수 목록을 토대로 통신하는 과정을 그리고 있다. 초기에 이 장치는 F2 주파수를 사용하다가 F2의 incumbent user가 이 주파수를 사용하는 경우, 이를 스펙트럼 센싱을 통하여 감지하고 F4 주파수로 이동하여 통신을 수행한다. 이 경우 주파수 대역폭



[그림 4] CR 장치의 dynamic spectrum access 예제

이 F2보다 넓으므로 넓은 주파수 대역폭에 적합한 전송 방식을 결정하여 통신을 한다. 시간이 지나면서 주파수 대역폭이 더욱 넓어지면 CR 장치는 광대역 전송 기술을 사용하여 전송 용량을 더욱 키우게 된다. 이와 같이 CR 장치는 비어있는 대역폭에 따라서 적응적으로 통신하고, 또한 출력이나 전송 방식 등을 주변의 환경 정보를 이용하여 스스로 제어한다.

[그림 5]는 Cognitive 장치가 동작하기 위한 cycle을 나타낸다. CR 장치는 주기적으로 외부 환경을 관측(Observe)한다. 여기에서 얻은 정보를 분석하여 통신의 긴급성을 판단한다. 예를 들어 휴대폰 이용자가 건물안으로 들어가서 현재 통신하는 신호가 갑자기 약해지는 경우, 현재의 상태를 저장하던지 아니면 가용한 채널(예를 들면 WLAN)로 핸드 오프하여 통신하는 방법을 강구하여야 한다. 이러한 일을 하는 단계가 Orient stage이다. 시간적으로 긴급하지 않은 정상적인 경우에는 계획(Plan) 단계를 거쳐 자원을 할당하고(Decide) 통신을 행한다(Act). 이러한 사이클을 토대로 측정된 새로운 정보와 기존의 가지고 있는 정보를 활용, learning algorithm을 통하여 후보

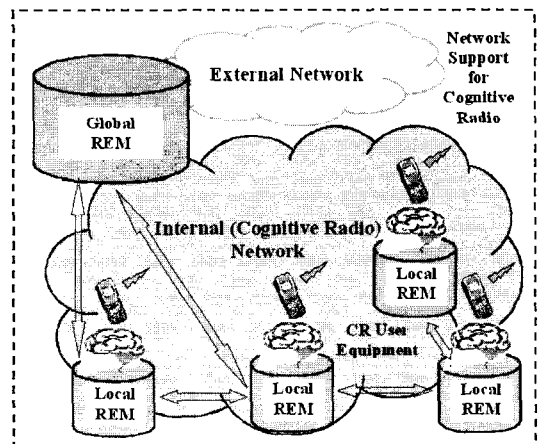


[그림 5] Cognition cycle

주파수 등의 여러 parameter를 update한다. 따라서 CR 분야에서는 전파 사용의 법적인 규정, 간섭 레벨 및 지속 시간, 스펙트럼 센싱 및 Incumbent User 검출, Rendezvous Algorithm, 최적 사용 주파수 선정, 전력 제어, 그리고 이러한 태스크를 위한 MAC protocol 등이 주요 연구 분야이다.

[그림 5]에서 언급한 learning algorithm은 실제로 [그림 6]의 REM(Radio Environment Map) 개념을 도입하여 이의 파라미터를 update한다. Radio Resources를 정의하고, 이를 GA(Genetic Algorithm)나 neural network 등의 알고리즘을 사용하여 주기적으로 update한다. REM은 시스템 구성에 따라 local REM과 global REM으로 구분된다. 실제로 시스템이 동작하는 경우, master operation하는 시스템이 최종적으로 자원을 할당하고, local REM은 자체적으로 정보를 update하기 위한 목적으로만 사용된다.

이상 기술한 바와 같이 CR 기술은 지리적 또는 시간적으로 사용되지 않는 주파수 자원의 이용 효율을 높이는데 중요한 기술이다. IEEE802.22에서는 시골 지역에서 internet access가 가능하도록 CR 기술을 응용한 WRAN(Wireless Regional Area Network) 표준을 제정하고 있고, 미 국방성에서도 XG/XG+project를



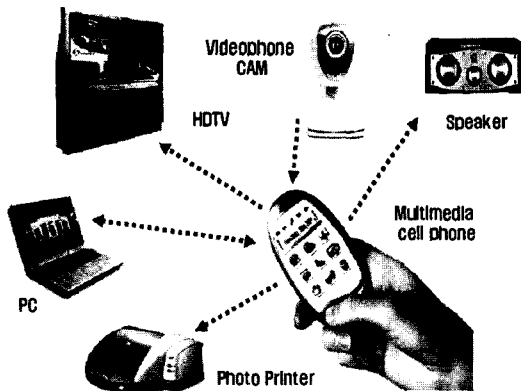
[그림 6] Radio environment map

진행 중이다. 이 밖에도 IT(Interference Temperature) 개념 도입이나 public safety 주파수의 이용 효율 향상에도 활용할 수 있다.

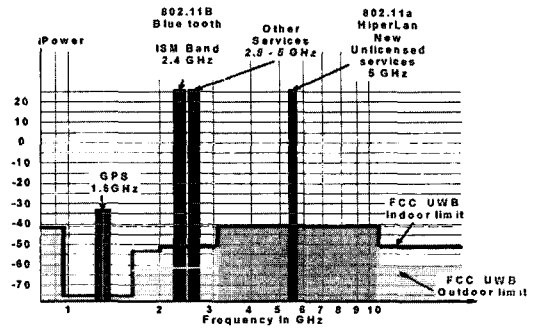
#### IV. UWB 기술 동향

UWB 기술은 방송과 주파수의 20% 이상의 대역폭을 사용하여 통신을 하거나 또는 500 MHz 이상의 대역폭을 사용하여 통신하는 방식으로 [그림 7]에 도시한 바와 같이 사무실이나 가정 등 반경 10 m 이내의 근거리에서 초고속 무선 전송이 가능한 WPAN 기술 중의 하나이다. 사무실이나 가정에서 무선으로 HDMI와 같은 고화질·비 압축 멀티미디어 데이터 정보를 전송하게 함으로써 가전기기의 배치는 물론 자료 전송의 편리함을 제공해 주기 때문에 가전 회사를 중심으로 많은 연구가 진행되고 있다. 동시에 미래 정보화 사회에서 가전기기, 이동 통신 단말기, PC 및 주변 기기를 응용한 새로운 서비스를 창출할 것으로 기대되기 때문에 주요 회사들이 표준화 등에서 자기의 기술을 반영하기 위하여 치열한 경쟁을 벌이고 있는 기술이다.

사용 주파수는 [그림 8]에 보인 바와 같이 3.1~10.6 GHz를 사용하는데, 기존의 전파 이용자와 양립하기



[그림 7] UWB 통신을 이용한 서비스 모델



[그림 8] Spectrum mask of the UWB equipment

위하여 -42 dBm/MHz의 전력 레벨과 대역 외의 주파수에서 요구되는 spectrum mask를 준수하여야 한다. 특히 5 GHz 대역은 비면허 대역으로 WLAN 등이 사용되기 때문에 UWB 장비와 공간적으로 공유가 불가능하여 사용을 제한하고 있다. 또한 3~5 GHz 대역의 경우, 유럽, 일본 및 우리나라에서는 4세대 이동 통신이나 이미 이 대역을 기존에 사용하는 방송 중계 장비와의 간섭을 고려하여 DAA(Detection and Avoidance) 기능을 보유하도록 명시할 것으로 알려져 있다.

한편 IEEE802.15.3a 표준 회의에서는 초기에 Extreme사에서 제안한 DS-CDMA 방식과 Intel, TI, Wisair사 등이 연합하여 제안한 MB-OFDM(Multi-Band Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식을 놓고 표준화를 진행하였으나, 양 진영이 표준안 합의에 실패하여 현재로서는 표준화가 거의 어려운 상태이다. 이러한 상황에서 인텔 진영은 Wimedia 그룹을 결성하여 독자적으로 추진하면서 ISO 표준을 추진 중에 있고, 반면에 Freescale 진영도 UWB Forum을 결성하여 추진하고 있다.

#### V. 안테나 기술에 의한 주파수 공유

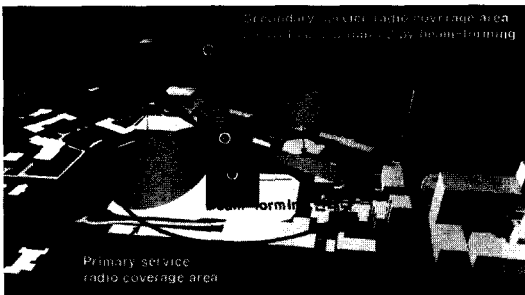
무선 통신의 기술과 함께 안테나 기술도 급격히 발전하고 있다. 이동 통신에서의 smart antenna 기술,

각종 array antenna 기술, 전파 방향 탐지 기술 등 안테나 기술의 발전 속도는 눈부시게 변하고 있다. 이러한 안테나 기술은 빔의 방향 및 빔 폭을 조절함으로써 주파수 자원의 공간적 공유가 가능하게 한다.

안테나 기술은 [그림 9]에 보인 바와 같이 전파가 미치는 안테나 패턴의 성형을 가변적으로 변형하여 주파수가 중복되는 다른 서비스 영역에 전파가 전송되지 않도록 공간적인 공유를 가능하게 할 수 있다. 안테나의 빔을 특정 방향으로 제어하여 신호를 전송하는 것은 동일 주파수를 이용하는 타 시스템에게 간섭을 주지 않고 자원을 공유하는 것과 함께 송수신 시스템 간의 multi-path를 줄여주는 효과도 있다. 과거에는 주로 Microwave 중계 시스템과 타 서비스 간의 단순한 공간적인 공유 기술이 대표적이었으나 최근 들어 smart antenna 등의 adaptive beam-forming 기술과 같은 간섭 회피 기술과 일반적인 RF와 디지털 beam-forming 기술 등에서의 급격한 발전에 힘입어 각종 무선기기간의 공유에 본 기술의 활용이 가능하다. 현재와 같이 각종 array antenna 기술이 발달하는 상황에서는 이러한 기술을 적극 활용하여 전파 자원의 효율을 높일 필요가 있다.

## VI. 향후 연구 방향

이상 기술한 바와 같이 주파수 자원의 공유 기술



[그림 9] Beam-forming 안테나와 이를 이용한 공간적 공유 개념

은 한정된 전파 자원을 효율적으로 이용할 수 있기 때문에 미래 정보화 사회의 핵심 기술로 자리 잡을 것으로 전망된다. 이러한 공유 기술외에도 유럽에서는 현재의 분배 개념 자체를 재정립하는 연구가 WA-PECS(Wireless Access Policy for Electronic Communication Services)라는 이름으로 Radio Spectrum Policy Group에서 진행하고 있다. 이의 기본적인 개념은 service 및 technology neutrality로 서비스나 기술이 달라지더라도 이에 종속되지 않도록 주파수를 할당한다는 것이다. 아직은 주파수 분배 시에 이동 통신, 방송 등 용도를 지정하여 운영하였으나, 앞으로는 이를 공유하도록 함으로써 전파 자원의 이용 효율을 높이고자 한다. 예를 들어 이동 통신, 방송, TETRA 주파수가 현재처럼 사용하는 경우 지정된 주파수 내에서만 자기의 서비스를 제공할 수 있다. 이 경우, 어느 한 서비스의 traffic이 증가하더라도 주어진 주파수 대역 내에서만 서비스를 제공할 수 있기 때문에 어느 한계를 넘어서는 경우 서비스를 blocking하게 된다. 그러나 세가지 주파수를 공유한다면 어느 한 서비스의 traffic이 증가하더라도 전체 주파수의 범위 내에서 융통성 있게 운용함으로써 자원의 이용 효율을 높일 수 있다. 지금까지 기술한 Spectrum Access를 용이하게 하거나 또는 서비스간 용도를 공유하게 하여 전파 자원의 공유를 높이는 기술은 전파 자원의 효율적 이용을 위한 중요한 테마로서 앞으로 많은 관심을 가지고, 지속적으로 연구하여 소중한 전파 자원을 효율적으로 사용하도록 하여야 한다.

## 참고 문헌

- [1] J. Mitola III, "Cognitive radio for flexible mobile multimedia communications", *IEEE Mobile Multimedia Conference*, pp. 3-10, 1999.
- [2] J. Mitola III, "Cognitive radio: An integrated agent architecture for software radio architecture", Ph. D.

- Dissertation, Royal Institute of Technology (KTH), May 2000.
- [3] M. Beach, D. Bourse, K. Cook, M. Dillinger, T. Farnham, and T. Wiebke, "Re-configurable terminals beyond 3G", *Proceedings of the Wireless World Research Forum (WWRF) Second Meeting*, Helsinki, Finland, May 2001.
- [4] T. Reynolds, "Advanced wireless technologies and spectrum management", *ITU Seminar*, Feb. 2004.
- [5] FCC report, "Report of the interference protection working group", Nov. 2002.
- [6] Notice of Proposed Rule Making, "Unlicensed operation in the TV broadcast bands", *FCC 04-186*, May 2004.
- [7] Donald Evans, "Spectrum policy for the 21st century-the president's spectrum initiative: report", Jun. 2004.
- [8] IEEE 802.22 WG, "Functional requirements for the 802.22 WRAN standard", Sep. 2005.

≡ 필자소개 ≡

김 창 주



1980년: 한국항공대 전자공학과 (공학사)

1988년: 한국과학기술원 전기 및 전자공학  
학과 (공학석사)

1993년: 한국과학기술원 전기 및 전자공  
학과 (공학박사)

1979년 12월~1983년 3월: 국방과학연  
구소 연구원

1983년 3월~현재: 한국전자통신연구원 전파기술연구그룹장  
[주 관심분야] 전파자원이용기술, 전자파환경기술, 안테나기  
술, Cognitive Radio, 이동통신 및 방송기술 등