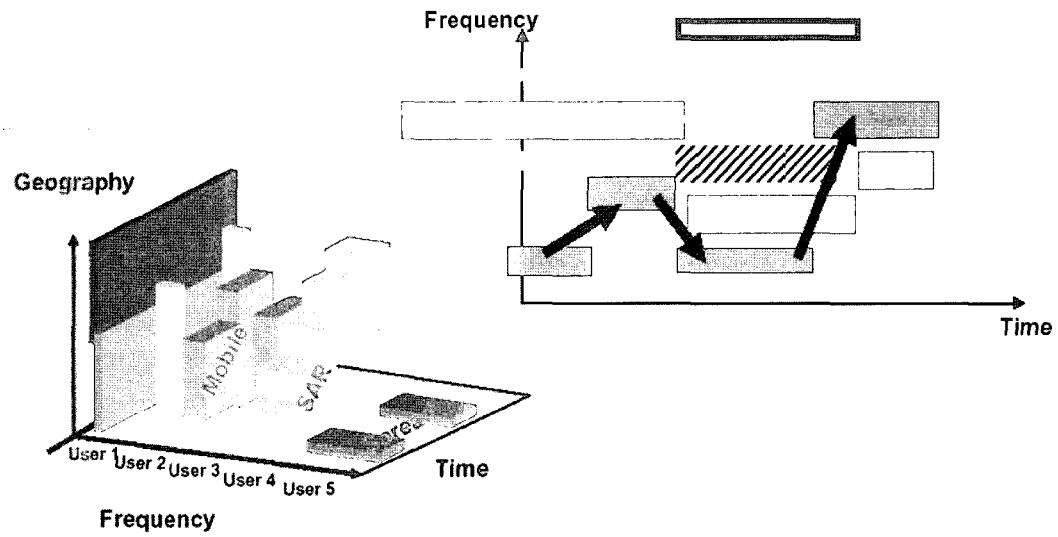
군용 장비에서의 CR 기술 활용을 위한 연구 동향

전순익 · 홍현진 · 엄중선
한국전자통신연구원

Ⅰ. 서 론

전파 이용이 상거래, 교통, 재난 구조 등 생활 전 분야로 확대되고 광대역 멀티미디어 이용 수요가 증대됨에 따라 최근에는 주파수 부족 문제가 대두되고 있다. 특히 전파 특성이 우수한 무선 통신 서비스 주파수 대역에 대해서는 자원 부족 문제가 심각한 상태이다. 현재 세계적으로 주파수 부족 문제 해결과 기 할당 주파수의 효율적 사용을 위하여 CR(Cognitive Radio)와 같은 주파수 공유 기술 개발에 대한 노력이 진행 중이다.

CR 기술의 개념은 주변 무선 환경을 인지하고, 무선 환경에 최적인 통신 파라미터를 자체적으로 결정해 타 기기에 간섭을 주지 않고 무선 신호를 송수신하는 기술로 정의되고 있다. 현재 CR 기술은 기술 개발의 초기 단계이기 때문에 FCC, IEEE 등의 기관별로 CR의 정의에 다소 차이를 보이고 있다. 그러나 넓은 의미에서 CR은 시간, 공간적으로 미사용 주파수를 검출한 다음, 기존 사용자에 영향을 주지 않는 범위에서 송수신 파라미터를 결정하는 기술이며, 궁극적으로는 실시간으로 무선 환경의 인지, 학습, 추론 및 동작의 결정이 가능하고, 어떤 조건에서도 모든 무선 장치가 자동적으로 연결되어 통신이 가능토록 하는 기술이다[1]. [그림 1]에서는 시간, 공간적으로 미사용 주파수 간을 이동하는 개념을 보여준다. CR 기술은 무선 송수신기가 인지(aware), 학습(learning) 및 추론(reasoning) 등 인간과 유사한 지적 능력을 이용해서 스스로 동작 결정(autonomous de-



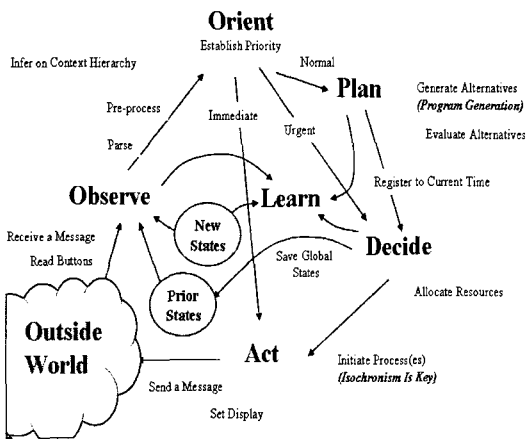
[그림 1] CR 기술에서의 시간, 공간적 미사용 주파수 간 이동 개념

cision)을 할 수 있도록 발전할 것으로 예상되며, 통신의 궁극적인 목표 기술로서 부각되고 있다.

이러한 민수 차원에서의 주파수 확보 어려움 극복을 위한 노력에서 개발 중인 CR 기술은, 기존 주파수 사용자를 회피하고 미사용 주파수를 찾아서 이용한다는 측면에서, 군수용 장비의 주파수 이용 기술에서 보다 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 판단되고 있다. 특히, 군이 사용하는 통신망의 경우, 전시 유무에 관계없이 할당된 주파수 자원이 부족한 상황에서도 통신이 끊임없이(seamless connection) 유지되도록 요구되고 있는 관점에서, 군용 장비에서의 CR 기술 활용은 매우 중요하다고 할 수 있겠다.

Ⅱ. 군과 CR 기술

전시에 관계없이 미지의 지역에서 통신이 끊임없이(seamless connection) 유지된다는 측면에서 일찍이 미국과 같은 군사 선진국에서는 수년 전부터 이미 국가 프로젝트를 통해 CR과 같은 주파수 공유 기술의 개발과 군사용 장비 개발을 적극적으로 지원해 오고 있다[1]. 실제로 Cognitive Radio라는 용어는 DARPA에 참여 중인 Mitolla에 의해 주창된 용어이다[2]. 최근



[그림 2] OODA 루프의 상호 관계 개념

국방 분야에서는 CR 기술을 개념 측면에서 OODA 루프(Loop)라고 칭하기도 한다. 여기서 O(Observe)는 관측, O(Orient)는 상황 인식과 우선 순위 결정, D(Decide)는 결정, A(Act)는 실행을 의미한다. [그림 2]에서는 OODA 루프의 상호 관계 개념을 설명하고 있다.

현재 미국 국방성(DoD)에서는 기존 독점적 주파수 할당 체계로는 미래 정보 수집 및 작전 수행 능력에 한계가 있을 것으로 판단하고 있으며, 스펙트럼 관리의 변화를 위한 6단계 계획을 수립하였고, 이를 추진하고 있다. DoD는 6단계에서 5단계를 CR 기반 스펙트럼 이용 효율 증대 단계로 설정하였다. DoD의 스펙트럼 관리 이행 계획은 〈표 1〉과 같으며, [그림 3]에서 그림으로 설명되어 있다.

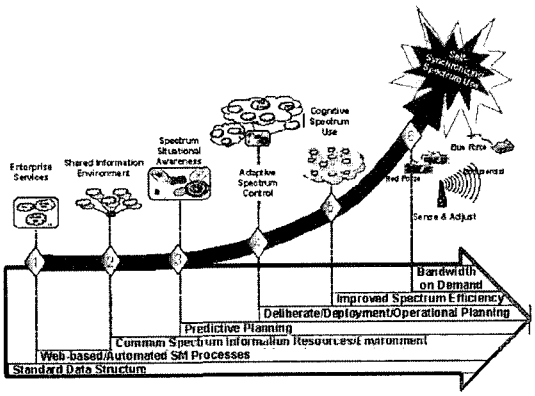
〈표 1〉 DoD의 스펙트럼 관리 이행 계획

단 계	목 표
1단계	기업 서비스에 의한 표준 데이터 구조 및 웹 기반/자동화된 스펙트럼 관리 절차 수립
2단계	표준 정보 환경에 의한 스펙트럼 자원/환경 정보 공유
3단계	스펙트럼 상황의 인지에 의한 예측 가능한 계획 수립
4단계	적응형 스펙트럼 제어에 의한 계획적이고 분산적이며 작전적인 계획
5단계	인지 기반(Cognitive) 스펙트럼 이용을 통한 스펙트럼 이용 효율 증대
6단계	자가-동기(self synchronized)에 의한 주문형 스펙트럼(Bandwidth-on-demand) 제공

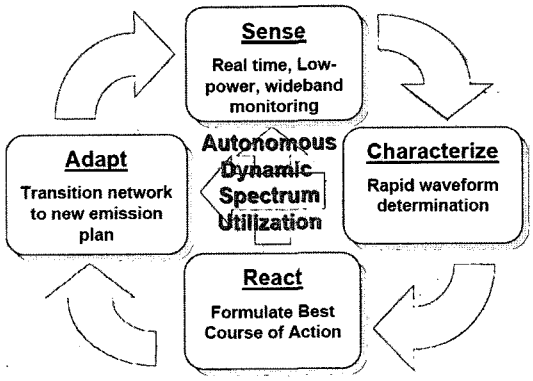
Ⅲ. 군용 CR 기술 연구

3-1 XG 프로젝터 CR 기술 연구

미국 국방성(DoD)에서는 기존의 독점적 주파수 할당 체계로는 미래의 군사 작전에 필요한 정보 수집 및 작전 수행 능력에 한계가 있을 것으로 판단하여, 스펙트럼 관리에서의 변화를 목표로 계획을 수



[그림 3] DoD의 스펙트럼 관리 이행 계획



[그림 4] XG 프로젝트의 dynamic spectrum 이용을 위한 상호 단계

립해서 추진하고 있다. 이러한 계획에는 인지 기반의 스펙트럼 이용 효율 증대를 위한 프로젝터의 추진도 포함하고 있다. DoD 산하의 DARPA(Defence Advanced Research Projects Agency)는 2002년부터 주파수의 효율적 사용을 목표로 CR 기술 활용을 포함하는 XG(Next Generation) 프로젝트를 추진하고 있다. XG 프로젝터에서는 스펙트럼의 1차 사용자가 사용하고 있지 않는 스펙트럼 부분을 실시간으로 측정해서 다른 사용자가 사용하도록 하는 기술로 실질적인 CR 연구를 수행 중이다.

XG 프로젝트에서는 [그림 4]에서와 같이 주변 환경을 실시간으로 센싱하고 그 결과에 따라 이용 가능한 웨이브 형태를 재빨리 결정한 후 가장 좋은 방향으로 새로운 전송 환경에 적응하는 단계로 행동을 하는 통신 시스템을 구성하여 스펙트럼 이용 효율을 최소 10배 정도 높인 스펙트럼 적응형(Spectrum-adaptive) 무선 통신 시스템 개발에 필요한 기술과 시스템 개념을 개발 중이다. XG 프로그램은 스펙트럼 이용 효율을 높이기 위하여 시간과 주파수 영역에서 스펙트럼의 사용 기회를 이용할 수 있게 하는 새로운 웨이브 폼(waveform) 기술을 추구하고 있으며, XG 프로그램에서의 시스템은 저 전력, 고속 및 광대역 센싱 그리고 송수신 기술의 개발을 포함하여 연구하고 있다. 개발 시스템은 DoD의 스펙트럼 관리 이행 계획 단계에 따르는 진보된 주파수 공유 정책이 반영되도록 이를 토대로 개발하고 있다. DARPA의 XG 기술로 개발된 시스템은 DoD JTRS(Joint Tactical Radio System) 프로그램의 SCA(Software Communications Architecture)에 부합되도록 개발되고 있다. XG 개발 프로그램은 3단계로 구분되어 있으며, 1단계는 완료 상태이고, 현재 2단계가 진행 중에 있다. XG 개발 프로그램의 단계별 연구 목표는 〈표 2〉와 같다. XG 개발 프로그램의 단계별 연구 수행을 반영한 DARPA의 회계 연도별 개발 계획은 [그림 5]와 같다. XG 프로젝터에는 Raytheon, VANU, Shared spectrum 등 미국 방위 산업 관련 산업체들이 참여하고 있다.

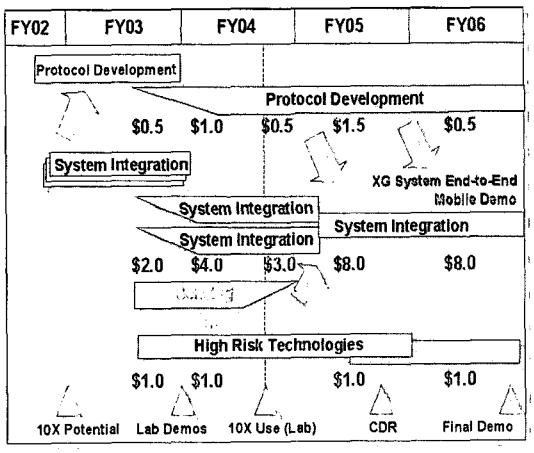
아래 [그림 6]은 시간에 따른 유휴 주파수 이용 상황을 보여주는 스펙트럼으로 상황에 따라 Narrowband Carrier, MC-DSSS, OFDM 구조 등으로 변환하며 통신하는 것을 볼 수 있다. 같은 계열의 변복조 방식이 아니고 [그림 6]에서와 같이 전혀 다른 변복조 방식으로 변환한다는 의미로 영어로 Adaptive 대신 Heteromorphic 변복조 방식으로 구분해 사용하기도 한다.

<표 2> XG 개발 프로그램의 단계별 연구 목표

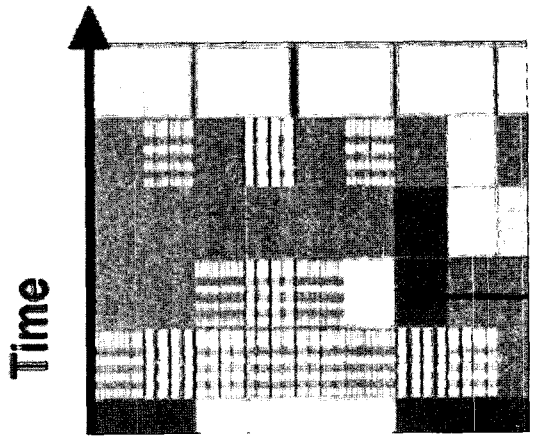
단 계	목 표
1단계	- 환경에 따른 스펙트럼의 시간, 공간, 주파수 별 이용 현황의 측정 및 분석
2단계	- 측정 데이터를 이용한 성능 시뮬레이션 및 분석 - 2W 이하, 센싱 주파수 범위(100 MHz) - Waveform adaptation 속도(> 100 msec) - 동적 스펙트럼 및 제어 update(< 10 sec)
3단계	- 1W 이하, 센싱 주파수 범위(200 MHz) - Waveform adaptation 속도(< 100 msec) - 동적 스펙트럼 및 제어 update(< 10 sec)

3-2 JTRS 프로그램 SCA 개발

미국 국방성(DoD)의 JTRS(Joint Tactical Radio System) 프로그램에서는 JTRS의 기능성, 확장성 및 상호 동작성 기초를 위하여 CR 기술을 기반으로 하는 SCA(Software Communications Architecture)를 개발 중이다. 군사 통신 시스템을 위한 표준 소프트웨어 무선 아키텍처로 채택된 SCA는 어떤 상황에서도 JTRS들 사이의 상호 동작이 이루어지도록 하기 위하여 도입되었다. 최근에는 CR 기술 기반으로 하는 SCA를 만족하도록 설계된 SDR에 대하여 많은 연구 개발이 진행 중에 있다.



[그림 5] DARPA의 회계 연도별 개발 계획



[그림 6] Heteromorphic 변복조 변환의 예

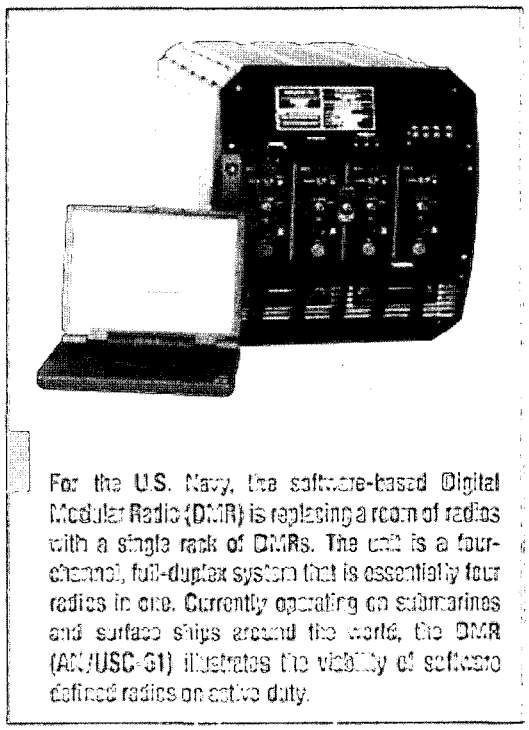
SDR을 기반으로 높은 용량의 네트워킹 기술을 구현하기 위하여 JTRS SCA에는 다음의 기술들이 포함되어야 한다.

- 네트워크의 자가 초기화(self-initialization), 자가 치유(self-healing) 지원
- 다중 계층 간의 동작 기술과 다중 계층화된 정보 처리 기술
- 지향성 및 빔 조정(bean steering) 안테나의 향상된 소프트웨어 제어 기술
- 다중 접속, QoS, 멀티캐스트, topology 제어, neighbor discovery and link scheduling
- 데이터 링크에서의 성능(LPI, LPD, PLR: Packet Loss Rate, 전송률) 향상을 위한 라우팅 알고리즘
- QoS와 멀티캐스트를 지원하기 위한 네트워크 계층의 지향적 네트워크 연결성
- 트래픽 부하, 이동 패턴 및 네트워크 외적 정보를 이용한 진보된 동적 제어 알고리즘

이러한 기술적 요구를 바탕으로 다양한 연구 그룹에서는 CR 기반의 SCA 구현을 목표로 많은 연구를 수행하였고, 2005년 8월에는 Virginia Tech.와 Tektronix사의 공동 연구로 개방형 자원 SCA(Open-Sour-

ce Software Communications Architecture)를 성공으로 구현하였으며, 현재에도 PrismTech, Spectrum signal processing, Zeligsoft 등의 산업체들이 SCA 개발에 참여하고 있다.

JTRS의 일환으로 미 해군에서는 단일 DMR(Digital Modular Radio)을 소프트웨어 기반의 DMR로 대체하였다. 이 DMR(AN/USC-61)은 네 개의 채널과 full-duplex 시스템으로써 하나의 시스템으로 네 개의 주파수를 제어하며, 현재 잠수함과 선박에서 동작되고 있다. 또한, JTRS SDR 기반의 작은 'form-fit-factor'는 군사 통신 기술의 가능성을 보였으며, 미니어쳐 로봇 장치나 군복에 탈착되는 소형 장비를 구현할 수 있게 하였다. 현재 미 군부에서는 연합 국가를 비롯한 국방 기관 및 국가 안보 기관들 사이의 상호 정보 운용의 개선을 위하여 SDR 기술에 주목하고 있고, 모든 국방 무기들과 다양한 플랫폼간의 상호 통신 운용이 가능한 JTRS를 기대하고 있다. CR의 근원이 SDR이라는 관점에서 이와 같은 SDR 기술의 수요 및 요구는 향후 CR 기술의 효용성과 충분한 발전 가능성을 입증한다[3].



[그림 7] U.S Navy의 DMR(AN/USC-61) 시스템

Ⅳ. 결 론

CR 기술은 일반적인 고정 통신망 및 이동 통신망과 함께 안정적인 운용이 필수적인 분야인 재난 구조용 비상 통신망, 특히 군용 통신에서 중요하게 활용될 수 있는 통신 수단이며, 군의 통신과 같이 전시에 기존 할당된 주파수 자원이 부족해지거나 해외 파병과 같이 주파수 상황을 사전 파악할 수 없는 전투 지역 상황에서도 통신이 끊임없이(seamless connection) 유지되도록 할 수 있다는 관점에서, 향후 필수적인 기술이라고 할 수 있겠다. 이러한 관점에서 군용 장비에서의 CR 기술 활용은 매우 중요하다고 할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] Facilitating Opportunities for Flexible, "Efficient, and reliable spectrum use employing cognitive radio technologies", FCC-03-322A1, 2003.

[2] Mitola, "Ph. D dissertation defense materials", *Royal Institute of Technology*, 2000.

[3] Bruce Fette, "Cognitive radio shows great promise", general dynamics C4 systems, 2004.

[4] Preston Marshall, "Spectrum adaptive radios as a step to cognitive radios", *Cognitive Radio Conference*, 2004.

[5] Gary Blohm, "Current army technologies and their relationship to cognitive radios", *Cognitive Radio Conference*, 2004.

[6] Paul J. Kolodzy, "Applications of cognitive radio technology", *Cognitive Radio Conference*, 2004.

[7] Badri Younes, "DoD spectrum policy considerations for cognitive radios", *Cognitive Radio Conference*, 2004.

[8] Scott Seidel, "Dynamic spectrum access as cognitive radio enabler", Raytheon.

≡ 필자소개 ≡

전 순 익

1984년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학사)
1996년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학석사)
2003년 8월: 충남대학교 전자공학과 (공학박사)
1990년 9월~현재: 한국전자통신연구원 책임연구원

[주 관심분야] CR 전파기술, 안테나 기술, 위상배열 시스템 기술, 초고주파 부품 기술

홍 헌 진

1986년: 충남대학교 전자공학과 (공학사)
1990년: 충남대학교 전자공학과 (공학석사)
2000년~현재: 충남대학교 전자공학과 박사과정
1990년~현재: 한국전자통신연구원 전파자원연구팀장

[주 관심분야] 스펙트럼공학, 전파전파특성연구

엄 중 선

2004년 2월: 성균관대학교 정보통신공학부 (공학사)
2006년 2월: 성균관대학교 전자전기공학과 (공학석사)
2006년 2월~현재: 한국전자통신연구원 연구원

[주 관심분야] CR 전파기술, 무선 이동통신, MODEM 동기화 기술