

SDR과 연계된 CR 기술의 발전 및 개요

□ 김성권*, 정명래**, 박구만**, 최성진**, 이광직** / *목포해양대, **서울산업대

1. 서론

언제든지 어디서든지 누구와든지 어떠한 정보든지 주고받는 것이 가능한 유비쿼터스 네트워크(Ubiquitous Network)를 향하여, 무선통신기술은 지속적인 연구 및 발전을 해 오고 있으며, 반도체 산업기술을 포함한 전반적인 산업기술의 발전을 주도하여 왔다. 따라서, 우리는 국가 경제 발전을 위해서 유비쿼터스 네트워크의 실현을 향한 통신기술의 발전에 주목할 필요가 있다.

최근, 주파수를 특정 부분으로 할당하여 사용하는 종래의 방식과는 다르게 효율적으로 나눠 쓸 수 있는 기술이 전제된다면, 주파수를 모두 개방하여 재분배해야 한다는 흐름으로 활발한 토론 및 연구가 진행되고 있다. 그 하나가 무선 LAN(Wi-Fi) 이고, 다른 하나가 이 글에서 다루고자 하는 'Cognitive Radio(무선인지기술, 이하 CR)' 라는 기

술이다.

종래의 전파이용이 이동통신 및 방송에서 교통, 의료, 과학, 치안에 이르기까지 국민생활 전 영역으로 확대됨에 따라 주파수에 대한 수요가 급증하고 있으며, 무선 통신 기술들의 급속한 발전은 이러한 주파수 수요의 증가를 더욱 가속화하고 있다. 따라서, 다가올 유비쿼터스 네트워크시대에는 Ad-hoc 기반의 소규모 센서 네트워크에서부터 대규모 네트워크까지 다양한 무선망들이 혼재하게 될 것이다.

국내의 경우를 돌아보면, IT839 전략으로 추진 중인 WiBro(Wireless Broadband), DMB(Digital Multimedia Broadcasting), Home Network, Telematics(Telecommunication Informatics), WCDMA(Wide Code Division Multiple Access), RFID/USN(Radio Frequency Identification/Ubiquitous Sensor Network) 등 무선주파수를 이용하는 새로운 서비스가 증가하면서 주파수 자원에

대한 중요성이 더욱 강조되고 있다.

따라서, 한정된 주파수 자원의 이용 효율을 높이기 위한 기술로 셀 분할, 효율적인 변조방식, 다중접속방식, 스펙트럼 확산 방식, 적응형 변조 및 에러제어 기술 등이 응용되고 있는 실정이다. 그러나 가입자의 폭발적인 증가와 데이터의 고속화로 인하여, 무선 통신 기술은 기존 기술과의 공존 문제로부터 다른 주파수를 필요로 하게 되며, 주파수 자원의 고갈 및 그에 따라 발생될 수밖에 없는 간섭으로 발생하는 심각한 통신성능 저하의 문제점이 예상되며, 주파수 자원에 대한 기술 개발의 필요성이 증가하게 되었던 것이다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 비어있는 상태로 사용하지 않는 무선 자원의 상황을 인지하여 스펙트럼 검출, 동적 주파수 선택, 잉여 주파수 대역확보 등의 기술을 기반으로 동작하는 지능형 무선인지기술이 제안된 것이다. CR은 지역별, 주파수별, 시간대별로 사용 효율을 넘어서 동적으로 전파 자원을 나누어 쓰는 것으로, 누구와도, 언제라도, 어떠한 장소에서라도 원하는 통신 속도에서 정보 전송을 할 수 있는 환경을 구축하려는 기술이다.

도래하는 제 4 세대 통신시대에서는 통신 시장에서의 Mobile 이용의 확대와 더불어 전파 자원의 수용 확대에 의한 전파 자원의 부족이 각국의 커다란 과제가 되고 있다. 따라서, 그 해결 방안으로써, 하드웨어의 별다른 변경 없이 소프트웨어의 변경만으로 하나의 송수신 시스템을 통해 다양한 무선통신 규격을 통합 수용하기 위한 다중 접속 기반 기술인 SDR 기술을 활용한 CR의 실현이 기대된다.

이에 이 글에서는 우선, 무선인지기술의 실현에 핵심적인 역할을 담당하며, 무선인지 기술 전단계라고 할 수 있는 소프트웨어 무선통신 (Software

Defined Radio, 이하 SDR) 에 관하여 기술 발전 및 기술개요를 논하고, 변화하는 전파의 개념에 따른 제도의 변화의 추이를 살펴본 후, 전파자원의 이용 효율을 극대화 할 수 있는 기술로 꼽히는 무선인지 기술에 대한 개념 및 기술 개요에 대하여 소개하고자 한다.

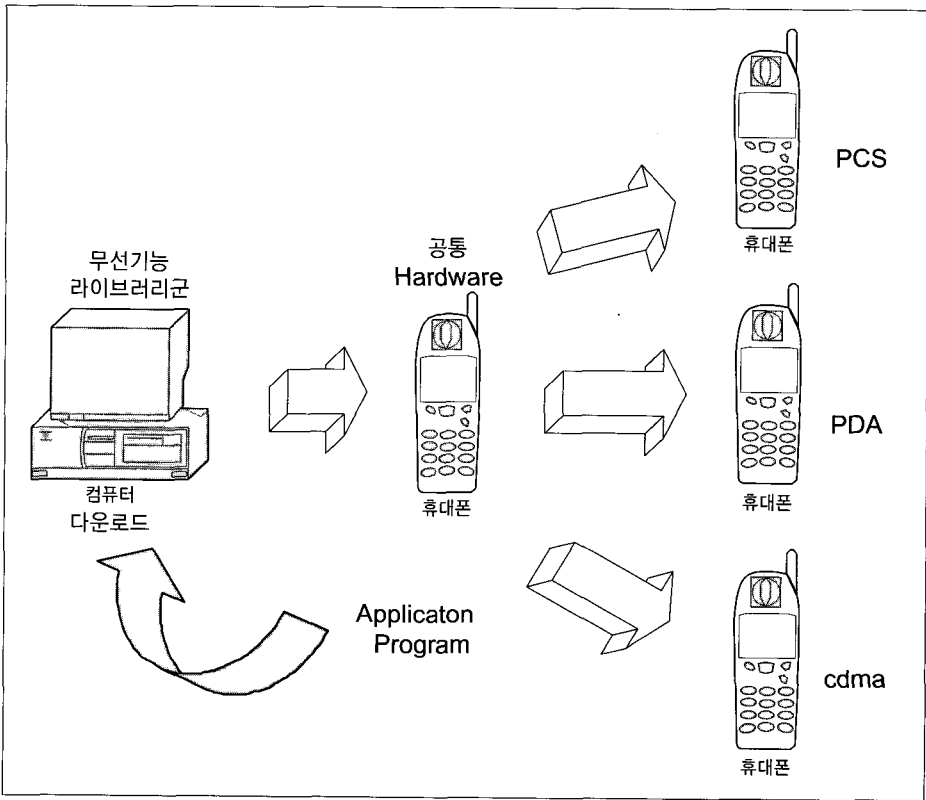
II. CR의 기반 기술인 SDR

무선인지기술에 대한 개념 이전부터 활발히 연구가 진행되어 오던 SDR (Software Defined Radio) 기술은 디지털 신호처리 (DSP : Digital Signal Processing) 기술을 기반으로 하드웨어의 별다른 변경 없이 소프트웨어의 변경만으로 하나의 송수신 시스템을 통해 다양한 무선통신 규격을 통합 수용하기 위한 다중 접속 기반 기술로 CR 기술의 기반이 된다고 할 수 있다.

1. SDR의 개요

SDR은 일반적인 무선통신시스템의 구성과 유사하게 고주파 증폭기, 주파수 변환기, Programmable 발진기, A/D 변환기 (Analog to Digital Converter), D/A 변환기 (Digital to Analog Converter) 및 디지털 신호 처리부 등의 하드웨어로 구성된다. 여기서, SDR 시스템 구성은 특별히 필터, 변복조부, 동기화 및 동기 기능 등의 무선 기능을 프로그래밍화 하여 무선 Parameter인 변조 방식, 송수신 주파수, 대역폭, 전송 속도 등의 시스템 고유의 무선 사양을 필요에 따라 변경 가능하게 하는 특징을 갖는다.

<그림 1>은 SDR의 동작 이미지를 나타내고 있다. SDR은 기존의 개별 하드웨어로 행해지던 무선 처

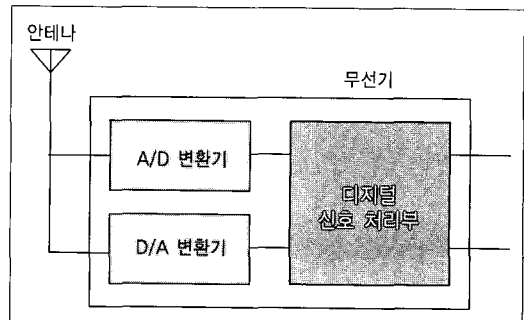


〈그림 1〉 SDR의 동작

리를 범용적인 한 개의 하드웨어로 소프트웨어에 의해 이루어 진다.

SDR의 소프트웨어는 변경 가능하고, 새로운 통신 방식에 대해서도 새로운 소프트웨어(Application Program)를 무선 기능 라이브러리로부터 취득해서 무선기에 다운로드하는 것으로 실현 가능하게 된다. 하드웨어를 변환할 필요는 없기 때문에 기지국과 단말기 등 과거에 투자한 인프라를 쉽게 활용할 수 있게 되고, 다른 방식으로 동시에 대응하는 것도 쉽게 될 수 있는 장점이 있다.

〈그림 2〉는 가장 이상적인 SDR 시스템 구성을 나타내며, 안테나에 직접 연결하는 A/D, D/A 변환기



〈그림 2〉 이상적인 SDR

와 디지털 신호 처리부의 조합으로 구성되어 있다.

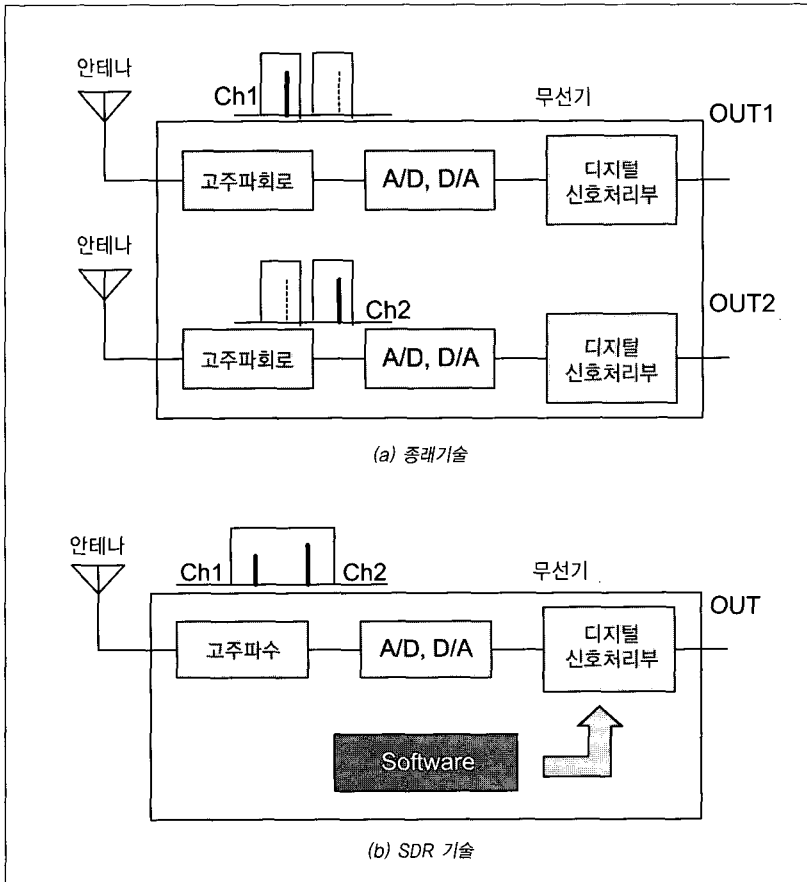
안테나로부터의 고주파신호를 직접, A/D 변환하

여 디지털신호처리부에서 복조 가능하며, 역으로 변조도 가능하다는 구성이다. 이 구성은 현재의 A/D, D/A 변환기의 동작 속도와 분해능을 고려하여 본다면, 현실적이지 못하다는 평가를 받지만, 이상적인 SDR 시스템에 근접시키는 방안으로써, 수신 신호의 A/D 변환 또는 송신 신호의 D/A 변환을 가능한 한 고주파 회로측에서 행하고, 주파수 변환과 채널 선택 등 종래의 아날로그부에서 실현되고 있던 기능을 디지털 신호 처리부에서 실현시키는 것이 바람직하다는 의견을 도출하게 해 주었다.

〈그림 3〉은 SDR에 의한 멀티모드화에 관한 설명

을 나타낸다.

종래의 무선기는 채널선택을 고주파부(아날로그부)에서 행하고, 채널선택된 신호를 A/D 변환한 후 디지털 신호처리부에서 수신신호로 복조한다. 따라서, 복수 시스템에서의 대응은 단순히 복수의 수신기를 조합하는 것에 의해서 실현되고 있다. 그러나, SDR 시스템은 광대역의 신호를 일괄해서 A/D 변환하고 채널선택을 포함한 복조 처리는 전부 디지털 신호 처리부에서 소프트웨어적인 신호처리에 의해서 실현된다. 이와 같이 SDR에서는 소프트웨어의 선택에 의해 무선기능을 변경하는 것이 가능해



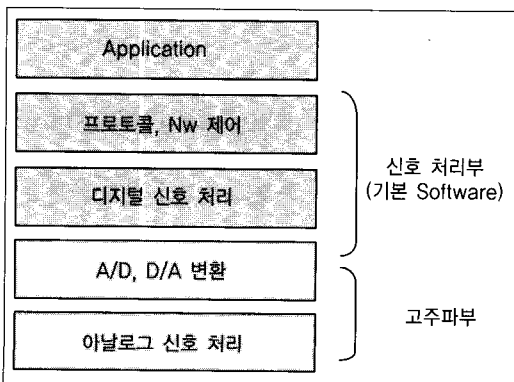
〈그림 3〉 SDR에 의한 멀티모드화

지고, 소프트웨어에 의한 멀티모드화의 실현이 가능하여 진다.

또한, SDR 시스템은 소프트웨어의 다운로드 기능을 이용한 소프트웨어의 버전 업과 버그 해결 등이 무선에 의해 이루어지는 장점이 있으며, 한 개의 단말기로 복수의 무선 시스템에의 대응이 가능하고, 시스템 별로 개별 개발이 불필요하여 진다는 것, 그리고 새로운 서비스의 실사가 쉬워질 수 있다는 장점을 갖는다.

2. SDR의 구성

SDR은 기존의 하드웨어 배치에 의해 실현되고 있던 기능들을 소프트웨어 상에서 실현하는 것으로, <그림 4>는 SDR에 기초한 무선기의 구성을 나타내고 있다. 그 구성은 크게 하드웨어, 소프트웨어, 어플리케이션으로 나눌 수 있다. 먼저, 하드웨어는 안테나를 포함한 고주파부 및 신호 처리부로 구성되어 있고, 소프트웨어는 디바이스 드라이버, Real time OS 및 무선 기능이 기술된 라이브러리로 구성된다. 이러한 하드웨어와 소프트웨어를 이용하여, Real time OS 상에서 동작하는 어플리케이션을 변



<그림 4> SDR에 기초한 무선기의 구성

경하는 것으로 무선기의 특성을 변경하는 것이 가능하게 된다.

<그림 3>을 보면서 SDR의 세부적인 구성에 대해서 살펴보자.

1) 아날로그 신호처리

아날로그 신호 처리부는 수신된 무선신호를 디지털 신호처리가 쉽도록 적절한 주파수대역으로 변환하고, 만들어진 송신신호를 실제로 송신하는 주파수로 변환해서 안테나로부터 송출하는 역할을 수행한다.

2) A/D, D/A변환

수신한 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하고, 송신하는 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하는 기능을 수행한다.

3) 디지털 신호처리

기본적인 무선기능을 기술하는 부분으로, 변복조 및 MAC (Media Access Control) 제어를 행하며, 또한, Parameter 변경으로 특성을 변경하는 것이 가능하게 된다.

4) Protocol, NW 제어

통신 프로토콜의 처리를 행하며 어플리케이션 프로그램으로부터 명령에 따라서 동작한다.

5) Application

무선기의 구성과 기능이 소프트웨어로 기술되어, 하드웨어를 의식하지 않고 무선기를 원하는 특성으로 변경 동작시킨다. 무선기의 사양과 기능은 어플리케이션 프로그램을 변환하는 것으로 변경 가능하게 된다.

3. SDR 의 가능성

SDR은 범용 하드웨어를 기반으로 해서 그 위에 유연한 소프트웨어 아키텍처를 정의하는 것이고, 그 발상은 1980년대 전반부터 존재해 왔다. 그러나 매우 최근에 와서야 실용적인 기술로 등장하였으며, 그 배경에는 아래의 몇 가지 기술의 진보가 있다.



- (1) DSP (Digital Signal Processor)의 고속화
- (2) A/D, D/A 변환기의 고성능화
- (3) FPGA (Field-Programmable Gate Array)의 대규모화, 저가격화
- (4) 데이터 전송 인터페이스의 고속화
- (5) RCP(Re-configurable Processor) / DRP(Dynamically Re-configurable Processor)의 실용화

이들 기술의 진보에 의해 프로그래밍이 가능한 하드웨어를 탑재하고, 소프트웨어에 의한 업그레이드가 가능한 무선기의 설계가 가능하게 되었다. SDR의 기반이 되는 하드웨어는 프로그래밍이 가능한 부품과 적절한 주파수로 신호를 송수신하는 부품으로 구성되어 이것들에 의해 한 개의 기본적인 모듈로 여러 가지 주파수 대역 및 프로토콜에 의한 신호의 송수신이 가능하게 되었다. SDR의 모듈은 안테나, 아날로그 Front-End (RF 신호를 중간신호에 변환) 및 여기에 대응한 디지털 베이스 밴드 모듈 등이 포함된다. 또, 이들 모듈에 관해서 미리 인증을 받아두고 이것들을 사용해 조립하여 무선기를 구성할 수 있다는 가능성도 나오고 있다.

이와 같이 범용적인 하드웨어를 기반으로 해서 두면, 다른 무선 환경마다 전용의 무선기를 개발할 필요가 없게 된다. 그리고 기반이 되는 하드웨어를

범용적인 것으로 하는 것으로 지금까지 전용의 하드웨어로 처리되고 있던 다음과 같은 무선 기능도 범용 하드웨어와 소프트웨어의 조합으로 정의 가능하게 된다.

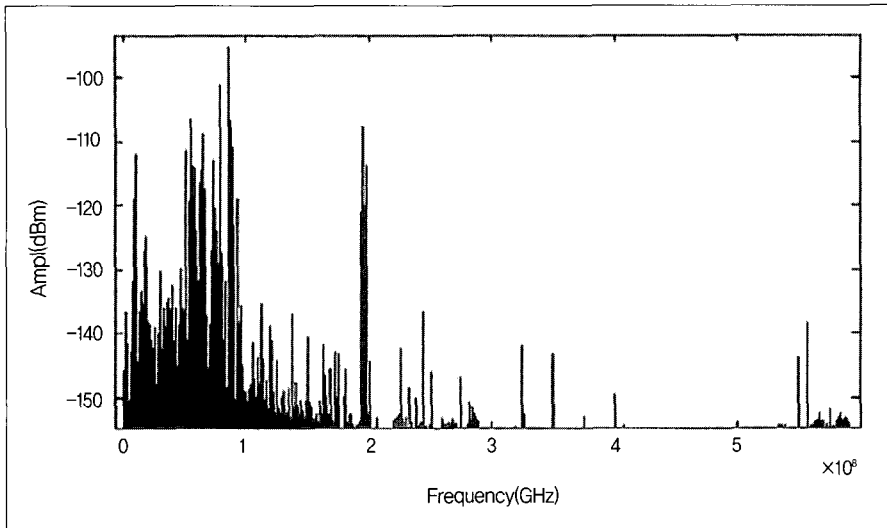


- 신호의 생성
- 변조와 복조
- 베이스 밴드 및 디지털 신호처리 기능
- 중간 주파수의 사용 (주파수 호핑 등)
- 복수의 프로토콜의 사용
- 보안성 및 암호화

그 밖에 SDR은 여러 가지 이점을 가지고 있지만, 가장 주목되고 있는 점이 유연성 (Flexibility) 과 적응성 (Adaptability) 이다. 유연성 (Flexibility) 은 Multi-Mode, Multi-Band Interface 지원, 전파환경 및 사용자 요구에 맞는 자동 무선채널 접속과 원하는 서비스로의 변경이 수시로 이루어질 수 있다는 것이다. 예를 들면, 평상시 연락용으로 사용되는 무선기를 재해시에 긴급모드로 변경하여 구조활동에 적용할 수 있다. 적응성 (Adaptability) 은 채널 상황에 따라 수시로 변경 가능한 변복조 방식을 지원할 수 있도록 하는 것이다.

III. 전파 개념의 변화에 따른 제도의 변화

현대 정보 통신 사회에 있어서 주파수 자원은 가장 중요한 천연자원 중의 하나로 꼽히고 있다. 이렇게 중요한 자원으로 인식되고 있는 주파수 자원의 개념은 여러 가지로 해석되고 있으며, 그에 따른 제도 또한 전파를 사유재산 또는 공유재산으로 생각



[그림 5] 주파수 이용률

[Robert w. Brodersen, 'A Cognitive Radio Approach for Usage of virtual Unlicensed Spectrum']

할 수 있게 하였다.

1. 미국에서의 전파 개념

미국에서의 전파라는 개념은 1934년 전까지는 공익을 해하지 않는 범위에서 사용하는 것이며, 행정부는 최소한의 이용 규제만을 담당하는 것을 원칙으로 하였다. 그러나 정보 사회의 진보와 더불어 전파에 대한 수요가 급증하고, 전파의 사회적 중요성 또한 높아졌다. 이를 감안하여 1934년에 통신법에 의해, FCC (Federal Communications Commission)와 NTIA (National Telecommunications and Information Administration)는 전파 자원을 감리해야 하는 천연자원으로써의 가치 의미를 부여하였다. 이후 미국 연방 정부는 본격적으로 새로운 전파 감리를 준비하여 오고 있다.

FCC의 전파이용제도는 전파를 사유재산 또는 공유재산이라고 생각하게 하는 두 종류의 제도가 있다.

먼저, 전파를 사유재산이라고 보게 하는 제도로는 FCC의 면허 제도 (License) 와 더불어 특정주파수를 특정 사용자만 이용하는 점유권 제도 (Exclusive Right) 가 있다. 경매를 통해 License를 취득한 업체나 개인은 다른 소유권과 마찬가지로 특정의 주파수로부터 다른 사용자들을 배제시킬 수 있는 권리를 갖게 된다. 대규모 방송 면허를 소유하는 기업과 휴대 통신 사업자의 통합 등을 보면 알 수 있듯이 전파 자원을 이용하기 위한 License는 취득자에게 중요한 경제적 가치가 있는 경우가 많다. 따라서, 경제논리에 따라 시장 원리에서 보면 전파의 이용 허가는 일종의 권리로서 존재하는 것이 전제되고, 미국에서는 그 권리를 어떻게 정의해서 다룰 것인가가 전파감리에 있어서 중요한 과제가 되는 이유이다.

다음으로 전파를 공유재산으로 보게 하는 제도로서, FCC의 전파감리는 License에 의한 이용 허가 뿐만 아니라, 공유 재산으로써 취급하는 공공재

(Commons) 라고 하는 형식의 해석론도 있다. 가정에서 사용되는 전자레인지, 무선 전화의 수화기 또는 미국의 통신업계의 소생에 기여했다고 언급되는 Wi-Fi의 무선 LAN 통신은 모두 무선 전파를 사용하고 있지만, 면허가 불필요한 (Unlicense) 제도에서 이루어지고 있다. '어떤 일정한 주파수 범위에서 저전력 송신이라면 대다수의 사람들이 동시에 전파를 이용해도 혼신이 발생하지 않을 수 있다' 라고 하는 논리가 면허 불필요 제도의 근본 취지이다. 작은 정부를 지향하는 현재 행정부의 규제 완화의 실현성 면에서 보아도, 면허 불필요 제도가 한층 더 주목 받고 있다.

세계 각국의 주파수 관리 정책은 정부 주도의 주파수 규제에서 시장 중심의 면허가 불필요한 자율적 규제로 전환되는 추세이다. 이는 주파수 이용 효율성의 극대화에 초점을 맞춘 변화라 할 수 있다. 이러한 주파수 개념의 변화에 따른 주파수 관리 정책의 변화는 CR 기술의 실현 가능성을 증가시키고 있는 것이다.

2. 현재의 주파수 대역 사용에 따른 고찰

급속히 발전하는 무선 통신 기술은 기존 기술과의 공존 문제로 인하여 다른 주파수 대역을 필요로 하게 된다. <그림 5>는 미국 캘리포니아 버클리 지역의 주파수 사용 현황으로 주파수 이용률을 알 수 있게 하여 준다. <그림 5>에서 알 수 있듯이, 2 GHz 이상에서는 많은 주파수가 사용되지 않으며, TV 주파수를 포함하는 1 GHz 이하에도 사용되지 않는 주파수 대역이 존재함을 알 수 있다. 제한된 주파수 자원의 효율적 사용은 이러한 사용하지 않고 있는 주파수 대역을 얼마나 효과적으로 사용하느냐에 달려 있다고 하겠다.

FCC에서 시간대별, 지역별로 변화하는 평균 주파수 사용률을 조사해 본 결과 약 15%에서 85% 정도의 사용률을 보이고 있었다. 그래서 FCC에서는 2003년 12월에 주파수 사용 효율을 올리고자 NPRM (Notice of Proposed Rule Making)을 통하여 비어있는 주파수에 대한 중복 사용 가능성에 대한 내용을 발표하였다.

IV. Cognitive Radio의 발전 및 기술 개요

시간대별, 지역별로 사용하지 않는 주파수 사용을 가능하게 하기 위한 효과적인 주파수 관리 정책과 다양한 주파수 이용 상황을 능동적으로 인지하여 사용자 요구 및 전파 환경에 적합하도록 사용하지 않고 있는 주파수 대역을 지능적으로 활용하는 CR 기술의 필요성이 중요하게 부각하였고, 본 장에서는 CR 기술의 발전 및 기술개요를 논한다.

1. Cognitive Radio 란?

SDR(Software Defined Radio) 기술을 발전시킨 개념으로 Joseph Mitola는 실제로 사용되지 않고 비어 있는 주파수를 감지해서 효율적으로 주파수를 공유하여 상용할 수 있는 무선인지기술 개념을 제시하였다. 이 분야를 개척한 J.Mitola 전자공학 박사는 특히 4 개의 지능 (감지력, 지시력, 판단력, 행동력) 으로 CR을 정의하고 있다. CR의 정의에는 앞에서 설명한 바와 같이, 기존의 무선통신 주파수 이용자에게 간섭 신호를 일으키지 않고 비어 있는 주파수를 검색하여 비어있는 주파수 대역을 사용하는 기술 등으로 여러 가지가 있지만, 기본적

인 정의로는 의식과 추리하는 지능을 갖는다는 것이 중요하다.

CR을 지능을 갖는 소프트웨어라고 정의하기에는 너무 막연한 의미로 실제의 기술의 내용을 파악하기에는 곤란하다. 그렇지만, CR은 전파 환경을 의식하는 기능, “Awareness” 그리고 그 전파 환경 및 실제의 이용 상황에 관한 정보를 활용하여 최적으로 전파를 관리하는 기능, “Reasoning” 등으로 전파감리를 이상적인 모델에 접근시킬 수 있는 능력을 갖는 기술이라고 할 수 있다. 여기서 ‘Awareness’란 여러 곳에서 정보를 수집하고, 얻어진 정보를 분석해서 기억하도록 하고, ‘Reasoning’은 지능학에서 명제논리와 통계적 추리 등의 행동을 계획하고 실행하도록 하는 학문 분야에 해당한다. 그 구조는 일반적인 무선통신 시스템에 추가적으로 주파수 검출기능과 이에 대한 운용 기술이 더해져서 사용되어야 한다. <그림 6>은 CR Block Diagram과 각 블록마다 CR에 사용되는 기능들을 나타내었다.

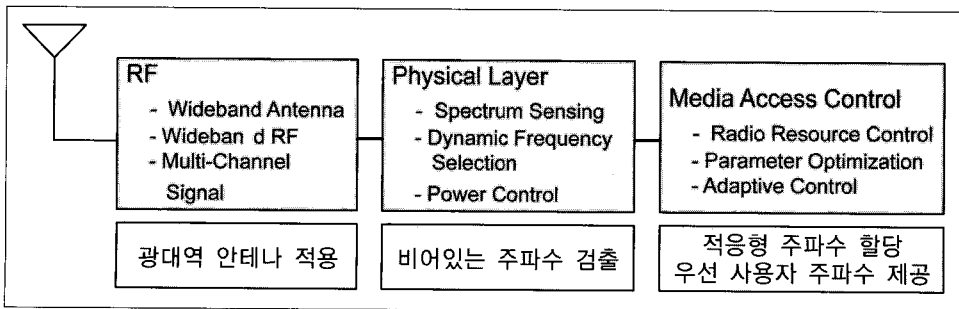
CR은 2장에서 설명한 SDR 기술과 함께 구현될 수 있는 기술로 이상적인 시스템 동작을 위해서 광대역 안테나를 사용하여 어느 대역에서나 미사용 주파수를 인지할 수 있어야 하며, 완벽한 유연성을 보장하는 폭 넓은 영역을 조절하기 위해서는 완벽

한 Wide Band RF단이 구현되어야 한다는 전제가 있어야 한다.

2. CR의 기술 개념

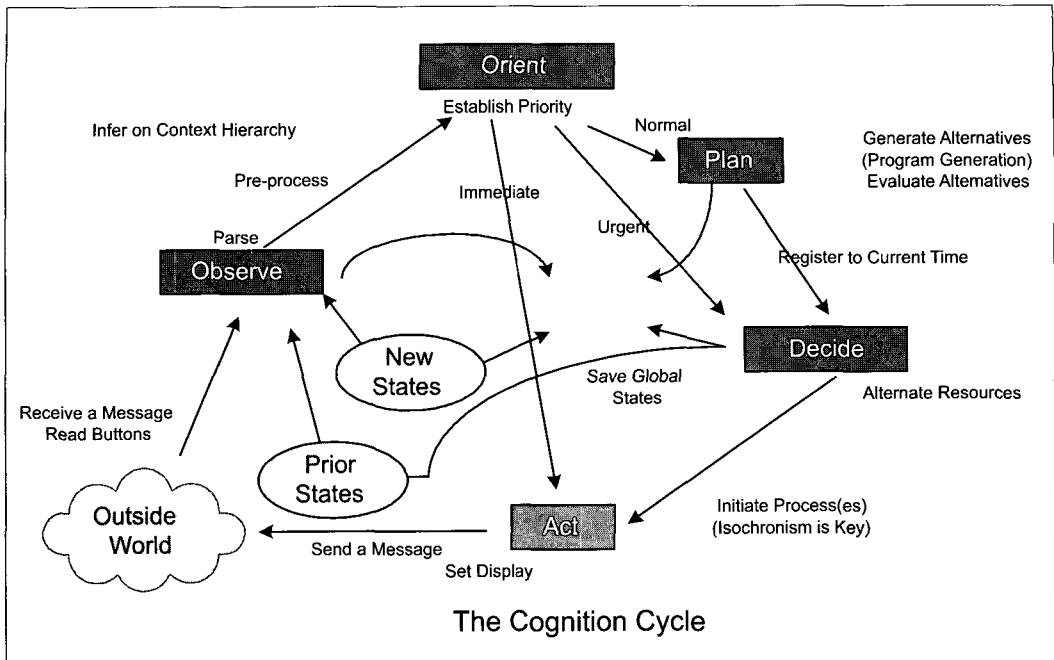
CR은 지역별, 주파수별, 시간대별로 사용 효율을 넘어서 동적으로 전파 자원을 나누어 쓰는 것으로, 누구와도, 언제라도, 어떠한 장소에서라도 원하는 통신 속도에서 정보 전송을 할 수 있는 환경을 구축하려는 기술이다. 이 때, 스펙트럼을 효율적으로 사용하기 위해서 해당 전력, 주파수, 변조방식, 기타 여러 매개 변수 (Parameter)를 수시로 변경하고, 장애물이 있는 경우에는 장애물을 피하여 가장 적합한 전송로를 결정할 수 있어야 한다.

<그림 7>은 다른 연구그룹에서 현재 제시하고 있는 CR의 전파환경 감지 순서이다. 먼저, 무선단말기가 주변의 스펙트럼을 관측하여 이들 정보로부터 주변 상황을 인식한 후 이를 기반으로 절차에 따라 우선 순위를 정한다. 수행 방법에 따라 즉시 처리해야 하는 경우에는 바로 실행하고, Urgent 경우에는 결정을 한 다음 행동에 들어가는 단계를 거친다. 그리고 Normal의 경우에는 계획을 수립한 후 결정하여 행동에 들어가는 단계를 거친다. 이러한 처리 순



<그림 6> CR Block Diagram

[정재학 · 이원철, 'Cognitive Radio 기술동향' 참조]



(그림 7) CR 처리 흐름도

[김창주 'Cognitive Radio 기술 및 IEEE802.22 표준화 동향' 참조]

서를 거쳐 주변 주파수 환경을 인지하여 원하는 동작을 하게 된다. 이와 같이 동작하기 위해서는 무엇보다 SDR 기술이 기반이 전제 되어야 한다.

3. Cognitive Radio 주요 기술

CR 기술은 4 세대 이동통신 시스템에서 각 사용자에 대한 다양한 서비스를 제공하기 위하여 물리 계층(Physical Layer)과 MAC 계층에서 다양한 스펙트럼 검출(Spectrum Sensing), 동적주파수 선택(DFS), 전력제어(Power Control), QoS(Quality of Service), 적응형 제어(Adaptive Control) 기술 등이 구현되어야 한다. CR의 구현을 위해 확보되어야 할 핵심적인 기술에는 다음과 같은 것들이 있다.

1) 스펙트럼 검출 (Spectrum Sensing)

스펙트럼 검출 (Spectrum Sensing) 기술은 기존 주파수 사용자의 이용 현황을 감지하기 위한 기술이다. CR 사용의 기본 조건은 이미 License를 취득하여 사용하는 이용자에게는 간섭을 주지 않는 범위에서 주파수를 공유하는 것이기 때문에 수많은 저출력 단말기들이 존재하는 비허가 주파수 대역 (Unlicensed Frequency Band)에서 미사용 주파수를 인지하여 상황에 따라 채널을 신속하게 변경하여 사용할 수 있는 스펙트럼 검출 기술이 가장 중요하다 할 수 있다. 사용하지 않고 있는 주파수 대역을 검출한 뒤 사용자에게 주파수를 할당하여야 할 때, 필요한 송신전력이나 셀의 상황을 파악하고 적절하게 자원을 할당해야 한다. 이와 같은 방법으로 주파수 대역이 할당되면 일반적인 무선통신 방식과 유

사하게 동작한다. 이 때, CR은 통신을 하고 있는 동안에도 지속적으로 우선 사용자가 해당 주파수 대역을 사용하는지 감시하여야 하고 만일 우선 사용자가 사용을 하기 시작하였으면 우선 사용자에게 간섭을 주지 않기 위해서 해당 주파수에서의 전송을 끝내고 다른 비어있는 주파수 대역으로 이동하여 통신해야 한다.

스펙트럼 감지 기술은 크게 정합 필터 (Matched Filter) 기술, 에너지 감지 기술 (Energy Detector), 신호 형태 검출 기술, 이 세 가지를 들 수 있다. 최적의 신호를 검출하기 위한 정합 필터 기술은 그 특성상 SNR (Signal Noise Ratio) 를 최대화 할 수 있는 장점이 있으나, 송신 신호에 대한 정보를 미리 알고 있어야 하기 때문에 다양한 환경에서 신호를 검출하는데 어려움이 있다. 에너지 감지 기술은 정합 필터 방식보다 한 단계 낮은 방식으로 단순히 해당 주파수의 신호의 세기 정도에 따라서 신호 존재의 유무를 감지하는 방식이다. 하지만 신호 크기의 양을 어느 정도로 할 것인가 하는 문제가 있다. 그리고 간섭신호 (Interference) 에 대한 대비책이 없어서 정확한 신호 검출이 어렵고, 분산 (Spreading) 방식을 사용하는 송신 방식에 취약하다는 단점을 지니고 있다. 하지만 신호의 특정한 형태가 없을 경우에는 에너지 검출 방법의 사용이 가능하다. 마지막으로, 신호 형태 검출 기술은 일반적인 신호는 송신 신호가 주기적인 성질을 가지고 있다는 특성을 이용하는 방식이다. 즉, 수신된 신호의 상관관계 (correlation) 값을 구하여 신호의 존재 유무를 검출한다. 이 방식은 간섭신호에 대해 강한 검출 성능을 보인다.

CR의 구현에 있어서 활용되는 주파수 자유도 (Degree of Freedom) 를 증가시키기 위해서는 넓은 주파수 대역을 감시하고 검출하는 것이 필요하

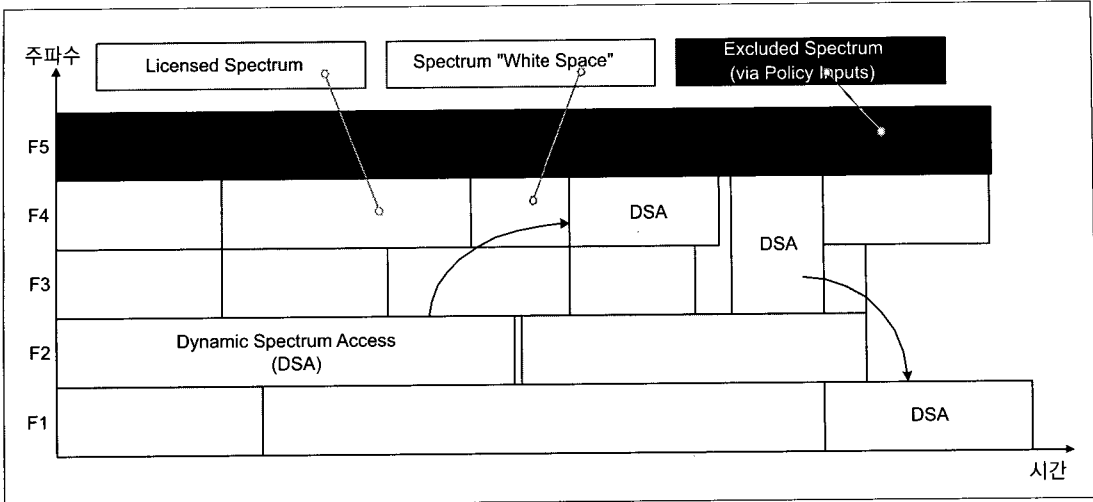
다. 또한, CR이 이러한 필요성을 감안하여 설계될 수 있도록 스펙트럼 검출 기술 분야의 지속적인 연구가 필요하다.

2) 동적 주파수 선택 (DFS : Dynamic Frequency Selection)

동적주파수 선택은 5GHz의 UNII 주파수 대역에서 레이더의 신호에 간섭받지 않고 전송을 하는 방법으로 IEEE802.11a에서 고안한 방법으로 CR에 적용이 가능하다. 즉, 사용하지 않고 있는 주파수 대역을 검출하고, 사용자의 전파 수신 감도나 데이터 요구량 등과 같은 요소를 근거로 QoS (Quality of Service) 를 제공하도록 주파수 대역을 할당하고, 변조방식 또는 송신전력 등을 제어해 준다. 한번 사용하지 않고 있는 주파수가 검출되면 이 주파수 대역을 이용하여 일반 Cellular 시스템의 다중 사용자 할당과 유사한 Scheduling 기법이나 자원 할당 방법으로 자원을 전송한다. 자원 할당은 주파수, 시간, 지역적으로 분류될 수 있다. <그림 8>에 동적 주파수 선택에 대한 예를 나타내고 있다. 이동통신 단말기는 <그림 8>과 같이 최초로 채널연결 설정을 확보하기 위하여 White Space 주파수인 F2를 찾아서 최초 접속을 유지하고 TIME축 상의 F2 주파수가 이용중임을 감지하게 되면 자동적으로 F4 스펙트럼을 검출하여 채널을 변경하게 되고, 통신용량이 증가되면 F3, F4와 같이 주파수 대역을 확대하여 송수신 채널을 확보하게 된다.

3) 잉여 주파수 대역 확보 기술

CR의 미사용 주파수 자원 채널확보 방법은 <그림 8>에서 나타낸 것과 같이 사용하고자 하는 주파수 환경에서 전파 이용 스펙트럼을 관측하고, 관측된 스펙트럼 정보로부터 Spectrum Hole(또는 White



(그림 8) CR 동적주파수 선택

[유남철, '무선인지 개념 및 기술동향' 참조]

Space)을 찾는다. 그렇게 하여 White Space의 주파수 대역폭을 결정하고 나서 정해진 절차에 의해 통신하고자 하는 상대방과 채널을 연결하며, 전력 제어나 대역폭에 따른 전송방식, 전송속도 등도 결정하여야 한다. 주파수 대역은 항상 우선권이 높은 이용자에게 먼저 할당되어야 하기 때문에, 우선 사용자가 존재하는 경우에는 다른 주파수로 바꾸어 통신 채널을 확보함으로써 통신에 지장이 없도록 하여야 한다, CR은 자원을 사용자에게 할당하고 있는 경우에도 우선 사용자가 존재하면 사용하고 있는 주파수 대역을 항상 비워주어야 한다.

이러한 과정에서, CR이 제공하는 서비스 사용자에게 지속적으로 끊김 없는 (seamless) 서비스를 제공하기 위하여 현재 사용하고있는 주파수 대역 이외에 잉여의 주파수대역을 미리 확보하는 기술이 매우 중요하다. 하지만 이때 사용하지 않는 주파수 대역을 비상시를 대비해서 확보해 놓는 것은 무선 자원을 효율적으로 사용하고자 하는 CR의 기본 원칙에 어긋나기 때문에 비어있는 다중 채널 구조와

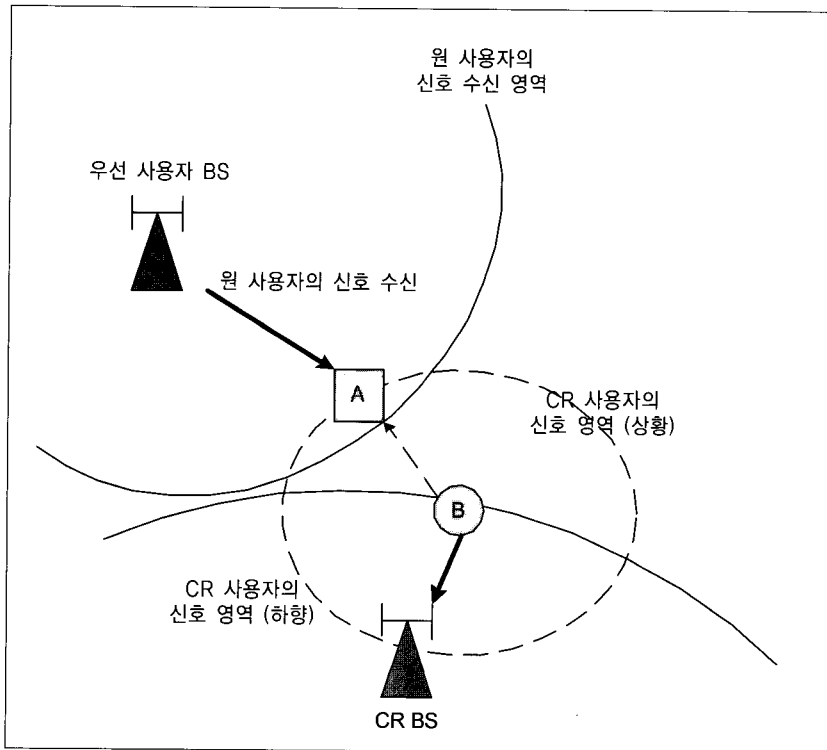
이를 이용하여 끊임없는 서비스를 제공하는 방식이 필요하다.

4. 기술적 문제

CR은 기본적으로 비어있는 주파수를 빌려서 사용하는 방식이기 때문에 기존의 Cellular 통신 방식에 추가적으로 고려되는 사항들이 많이 있다. CR의 구현에 있어서 반드시 해결되어야 할 문제점에 대해 살펴보자.

1) Hidden node 문제

인접 기지국간에 혼신 및 간섭이 일어나는 현상을 Hidden node 라 한다. 이 Hidden node 현상은 반드시 해결되어야 할 문제점 중 하나로 꼽히고 있다. <그림 9>와 같이 우선 사용자 Zone과 CR 단말기 신호 영역 사이에 중복되는 영역에 다른 단말기가 존재할 때 우선 사용자 Hidden node 신호를 감지하지 못하고 CR 단말기가 신호를 송출할 때 우선



〈그림 9〉 Hidden Node 문제

[유남철, '무선인지 개념 및 기술동향' 참조]

사용자에게 간섭을 일으킬 수 있다. 그러므로 Cell Planning 설계 시 상하향 신호전력 레벨(Power Limit) 설정이 필요하다.

2) Clash 문제

CR을 사용하는 서로 다른 서비스 제공자 (service provider) 가 인접하여 존재할 때, 이러한 CR들 간에 서로 비어있는 주파수를 점유·사용하려 한다. 이러한 현상을 Clash 문제라고 한다. 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 CR들 간의 상호 간섭 또는 주파수 사용 분배를 중재하는 프로토콜이 필요하다.

V. CR을 대비한 국내외 표준화 동향

다가오는 유비쿼터스 시대를 맞이하여, 세계 각국의 주파수 관리 정책은 정부 주도의 주파수 규제에서 시장 중심의 면허가 불필요한 자율적 규제로 전환되는 추세이다. 이는 주파수 이용 효율성의 극대화에 초점을 맞춘 변화라 할 수 있다. 주요 국가의 주파수 효율성을 극대화 하기 위한 CR 기술을 대비

한 표준화 동향을 살펴보자.

1. CR에 대한 각 국의 반응

최근에 CR 기술이 응용된 정책으로 지상파 TV 할당 주파수 중 면허 불필요 대역에 대한 주파수 이용이 검토되고 있다. 이 정책에서는 면허 불필요 대역에서 미약한 전력을 사용하는 송수신기가 장소의 의식 또는 전파 환경을 측정하고 유효 이용을 행할 연산 처리 능력이 있는 경우에 지상파 TV의 시청에 혼신을 일으키지 않고, 공용 가능한 대역이 있지 않을까 하는 것에 관해 검토되고 있다.

일본에서는 총무성이 2003년 12월 15일에 SDR의 기준인증제도에 관한 의견을 발표한 이래, Ubiquitous Network와 BroadBand 정책 결정 등의 면에서 SDR과 CR이 신중히 검토되고 있다. 그 후, 2004년 CR과 관련된 규제의 제정·고시 후, 다수의 통신회사 및 사업자 간의 토론을 통해 CR 기술이 반드시 필요하다는 결론에 도달하였다.

미국에서는 FCC 외에 연방정부기관인 DARPA (Defence Advanced Research Project Agency) 에서는 CR을 활용해서 연방정부에 의한 전파 이용의 효율성과 신뢰성 등을 10배로 증가시키는 것을 목표로 하고 있는 XG Program(neXt Generation Communication Program)의 진행을 기획하고 있다. 통신업계에서는 SDR을 적극적으로 진흥시키려 하고 있는 SDR Forum의 Trade Group과 Motorola와 같은 대기업부터 VANU라고 하는 중소기업까지 폭 넓은 기업의 활약이 보여진다.

ITU (International Telecommunication Union) 에서는 2007년의 WRC (World Radiocommunication Conference) 를 향해 SDR·CR의 향후 세계적인 기술 기준의 통일도 의논되고 있다.

2. 해외 표준화 동향

2003년 12월에 FCC NPRM에서 주파수 공용 사용 가능성이 언급된 이후 이를 현실적인 시스템으로 개발하려는 노력으로 IEEE802.22이라는 표준화 기구를 탄생시켰다. 2004년 11월에 IEEE802.22 첫 모임을 가졌으며, 이 후 2개월에 한번씩 표준화 미팅을 하고 있고, 2006년에 초안을 수립하는 것을 목표로 하고 있다. 현재에는 FCC가 SDR 다음 단계로 ISM (industrial scientific and medical equipment) 대역인 900MHz, 2.4GHz, 5GHz 대역에 CR 기술 도입을 추진하고 있고, TV 방송 일부 주파수대에도 CR 적용을 검토하고 있다. 그러나 다양한 기술적인 논의의 필요성으로 국제적인 표준화 수립 일정은 다소 늦춰질 전망이다.

IEEE802.22 사용 대상은 미국이나 캐나다의 도시 외곽 지역이나 개발도상국이며, TV 대역에 CR을 사용하여 무선통신 서비스를 제공하는 것이 목표이다. 정지된 사용자에게 패킷(Packet) 데이터를 전송한다는 측면에서 보면 IEEE802.22의 사용자는 IEEE802.16의 Wimax와 유사하지만 목표 시장에서 다소 차이가 있다. IEEE802.22 WRAN은 인구 밀도가 IEEE802.16 (WMAN : wireless metropolitan area network)에서 대상으로 하는 것보다 낮은 지역에서 사용된다. 이런 면에서 보면 현재 무선 단말기 제조업체나 무선통신 사업자들에겐 시장 규모가 현재 사용되고 있는 시장보다 상대적으로 작아서 많은 관심을 끌지 못할 것으로 예상되지만 CR이라는 새로운 개념의 통신방식이 처음으로 표준화가 진행되고 있고 이의 개량된 형태가 차세대 무선통신 기술과 접목하여 사용될 수 있기 때문에 관심을 가지고 있다. CR에서 사용되는 기술은 단지 IEEE802.22 뿐만 아니라 다중채널에

대한 무선 채널 관리와 분배, 간섭 검출 기술로서 향후 차세대 무선 통신과 연동하여 서로 상호 보완적으로 사용될 가능성이 높다. 예를 들어서 Cellular 환경에서 발생하는 음영 지역이나 셀의 크기를 키워야 하는 시골 지역 등에서 CR은 주파수 간섭을 일으키지 않고 효과적으로 고속 데이터를 전송할 수 있는 좋은 대안이 될 것이다.

3. 국내 표준화 동향

정통부는 지역과 시간에 따라 사용하지 않는 주파수를 자동으로 찾아 주변의 허가된 주파수 대역을 보호하면서 통신 연결이 가능하도록 만들어 주는 무선인지 분야의 기술개발 및 국제 표준화 활동을 본격 추진하기로 하였다. 정통부가 CR 기술개발을 서두르는 것은 작년 말부터 IEEE가 TV 주파수 대역의 CR 이용기술 표준화 작업을 이르면 오는 2007년경에 완료될 것으로 예상되기 때문이다. 특히 CR 기술은 다양한 폭으로 흩어져 있고, 점유되는 시간이 계속 달라지는 사용하지 않고 있는 스펙트럼을 찾아 그 환경에 맞는 주파수 대역폭과 출력과 변조 방식을 판단하기 위한 것으로, 주파수 효율성을 높일 수 있다는 장점이 있다.

정통부는 이를 위해 우선 ETRI를 통해 CR 관련 핵심 기술은 주파수 스펙트럼 측정 알고리즘 기술과 국제 표준화 동향 파악 작업을 벌이고 있으며, CR, SDR, UWB 등 주파수 공유 기술을 이용하여 주파수의 경제적 효율성을 촉진하는 스펙트럼 관리 정책 방향을 설정하고 현재 운용 중인 전파 방송 통합 시스템과 미국, 캐나다, 일본의 스펙트럼 시스템을 상호 비교하여 장기적으로 주파수 스펙트럼 관리를 위한 로드맵을 수립할 방침이다.

CR 기술의 표준화가 완료되면 무선 LAN 주파수

대역인 ISM Band, U-NII Band 및 UHF 3GHz 이하 대역에서 CR 기술이 표준화가 적용될 것이며, CR 기술이 도입되기 전에 주파수의 점유권 (Exclusive Rights)을 줄이고 누구나 자유로운 스펙트럼 접근 권한을 부여하는 제도 정비가 수반되어야 할 것이다. 또한 국내 기업에서는 CR에 대한 표준화를 지상파 Tuner를 이용한 CR 기능을 적용하여 TV 주파수 대역에서 사용하지 않고 있는 주파수 대역을 찾아내고, 이 주파수 대역을 이용한 네트워크 망을 구성하는 전략을 세우고 있다. TV Tuner를 이용하여 CR 기능을 수행하게 되면 Tuner는 미사용 채널을 이용하여 수신 외에 송신도 가능하다. TV Tuner가 인터넷 Access Point 역할도 하여 TV 시청만 가능하면 별도의 장비나 회선 없이 인터넷에 접속할 수 있다.

VI. 결 론

지금까지, 무선인지 기술과 가장 밀접한 기술이라고 할 수 있는 소프트웨어 무선통신(Software Defined Radio, 이하 SDR)에 관하여 기술 발전 및 기술개요를 살펴보고, 변화하는 전파의 개념에 따른 제도의 변화의 추이를 살펴본 후, 전파자원의 이용효율을 극대화 할 수 있는 기술로 꼽히는 무선인지 기술에 대한 개념 및 기술 개요에 대하여 소개 하였다.

최근, 유비쿼터스 네트워크를 궁극적인 목적으로 하는 무선통신의 폭발적인 수요 창출은 IT 및 유관 산업의 활성화와 국가 경쟁력 제고에 선도적이며 중추적인 역할을 해 오고 있다. 이러한 이동통신 수요의 급격한 증가와 새로운 초고속 무선 인터넷 및 멀티미디어 서비스 등의 요구를 충족하기 위해 주

파수 자원의 수요는 계속 증가할 것이며, 드디어는 주파수의 효율적 이용을 고려해야 될 시점에 이르게 되었다.

무선인지 기술은 시간대별, 주파수별, 지역별로 사용하지 않는 주파수 대역을 감지하여 원하는 무선 통신을 최적의 환경에서 수행할 수 있게 하는 기술이다. 특히 이동통신의 급속한 발전에 따른 주파수 수요 증가로 주파수 자원이 고갈되어 가는 현 시점에, 주파수 자원의 활용을 극대화 시킬 수 있는 기

술로 꼽히고 있다.

언제든지 어디서든지 누구와 함께든지 어떤 정보든지 주고받는 것이 가능한 유비쿼터스 네트워크(Ubiquitous Network)실현의 인프라 구축에 필요한 주파수 자원 이용기술을 제 4세대 통신기술의 핵심 기술로 발전시키고, 전파 이용기술과 응용서비스 개발을 촉진하기 위해서 무선인지기술의 연구역량 극대화가 필요한 시점이라고 하겠다.

참고 문헌

- [1] Mitola, Cognitive Radio for Flexible Mobile Multimedia Communications, 1999
- [2] Joe Mitola , SDR and Cognitive Radio are terms coined by Joe Mitola, 1999
- [3] Bruce Fette PhD, SDR Technology Implementation for the Cognitive Radio, 2003
- [4] 「소프트웨어無線技術を用いた将来のアプリケーション」, 電波高度利用シンポジウム2004, 獨立行政法人 情報通信研究機構(NICT), 2004년12월
- [5] 「コグニティブ無線を利用した通信システムに関する基礎検討」, 電子情報通信學會, 獨立行政法人情報通信研究機構(NICT), 2005년5월
- [6] 電子情報通信學會誌 Vol.83, No.3 pp.183-190
- [7] 이형수, UWB 기술과 표준화 동향, ETRI 2005. 5
- [8] 정재학 정경희 차인석, Cognitive Radio에서의 다중 채널 자원할당 기술, Telecommunication Review 제15권 3호, 2005. 6
- [9] 홍헌진, 유비쿼터스 시대를 위한 스펙트럼 이용기술, ETRI 2005. 6
- [10] 김영수, SDR의 개요 및 설계원리, 무선관리단 전파지, 2005. 7
- [11] 정재학 이원철, Cognitive Radio 기술 동향, 무선관리단 전파지, 2005. 7
- [12] 주종욱, 유비쿼터스 시대를 대비한 선진국의 주파수 정책 방향, 전파지 2005. 7
- [13] 주종욱, 유비쿼터스 시대를 대비한 우리나라의 주파수 정책 방향, 전파지 2005.11
- [14] 강선무, 서비스 통합융합 환경에서 주파수 스펙트럼 관리전략, 전파지 2005.
- [15] 김창주 최재익 송명선 손수호, 전파기술동향, 주간기술동향 1173호, 2004.11
- [16] 유남철, 무선인지개념 및 기술동향 (<http://www.eic.re.kr>) 2006. 2
- [17] 디지털타임즈 (<http://www.dt.co.kr>)
- [18] 전자신문 (<http://www.etnews.co.kr>)
- [19] <http://nihonlinks.com/news>
- [20] 김창주 'Cognitive Radio 기술 및 IEEE 802.22 표준화 동향'
- [21] Robert W. Brodersen, Adam Wolisz, Danijela Cabric, Shridhar Mubarg Mishra, Diniel Willkomm, 'A Cognitive Radio Approach For Usage of Virtual Unlicensed Spectrum' July 29, 2004

필자 소개



김 성 권

- 1996년 : 인하대학교 졸업(공학사)
- 1996년~1999년 : 삼성전자 시스템 LSI사업부 주임연구원
- 2002년 : 일본 東北대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
- 2002년~2003년 : 일본 東北대학교 전기통신연구소 조수
- 2003년~2004년 : 일본 東北대학교 전기통신연구소 Research Fellow
- 2004년 9월~현재 : 국립목포해양대학교 해양전자통신공학부 교수



정 명 래

- 1964년 2월 : 한국항공대학교 항공통신공학과 (공학사)
- 1992년 2월 : 한국항공대학교 대학원 항공통신공학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 한국항공대학교 대학원 항공전자공학과 (공학박사)
- 1966년~현재 : 국립목포해양대학교 해양전자통신공학부 교수
- 2002년 3월~2004년 2월 : 한국전자파학회 광주 호남지부장
- 2004년 3월~현재 : 한국전자파학회 감사



박 구 만

- 1984년 2월 : 한국항공대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1986년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
- 1991년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
- 1991년 3월~1996년 8월 : 삼성전자 신호처리연구소 선임연구원
- 1996년 9월~1999년 7월 : 호남대학교 전자공학과 조교수
- 1999년 8월~현재 : 서울산업대학교 매체공학과 부교수
- 2003년 1월~현재 : 한국방송공학회 학회지편집위원
- 주관심분야 : 영상신호처리, 비디오부호화, 디지털TV, 멀티미디어통신, 차세대네트워크



최 성 진

- 1982년 : 광운대학교 전자공학과(공학사)
- 1984년 : 광운대학교 전자공학과(공학석사)
- 1991년 : 광운대학교 전자공학과(공학박사)
- 1992년~현재 : 서울산업대학교 매체공학과 교수
- 주관심분야 : 3차원영상, 영상통신



이 광 직

- 1971년 2월 : 동국대학교 전자공학과 학사
- 1981년 2월 : 동국대학교 전자공학과 석사
- 1982년~현재 : 서울산업대학교 매체공학과 교수
- 주관심분야 : 영상공학, 방송기기, 전자회로