

방송용주파수대역에서의 주파수 공유기술 도입에 관한 분석

- CR 기술 중심으로 -

□ 이윤경, 김철성*, 박구민** / 방송위원회, KBS*, 서울산업대학교**

1. 서론

무선 통신의 발전과 함께 증가하는 주파수 수요에 비해 이용 가능한 전파 자원은 한정되어 있다. 전파자원을 효율적으로 이용하기 위해 과거에 이용되지 않았던 높은 주파수 대역을 이용할 수 있는 방법, 과거보다 좁은 대역폭으로 많은 정보량을 전송할 수 있는 신호압축 기술, 잡음 레벨의 광대역을 이용하여 통신하는 광대역 확산 통신 기술 및 하나의 주파수대역을 여러 시스템이 같이 사용할 수 있는 주파수 공유 기술 등이 개발되고 있다. 특히 미연방통신위원회(Federal Communication Commission 이하 FCC)의 보고에 따르면 이미 할당된 스펙트럼 중 70%가 미사용 중으로 나타났다. 이는 주파수 부족 현상이 주파수 자원의 유한성보다는 비효율적으로 운영되고 있음을 의미하며 따라서 이미 분배된 주파수대역내에서 사용하지 않는 주파수를 인지하

여 무선통신서비스를 제공할 수 있는 무선인지(Cognitive Radio 이하 CR)기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 산업화 노력도 활발하다. 특히 CR기술을 이용하여 비어있는 TV 채널을 인지하여 무선통신서비스를 제공하고자 하는 연구가 진행 중이다.

CR은 지역과 시간에 따라 사용하지 않는 주파수를 자동으로 인지해 무선통신을 가능하게 하는 기술이며, CR은 일시적으로 사용하지 않는 스펙트럼을 찾아 환경에 맞는 통신 방식 및 주파수 대역폭 등을 능동적으로 판단해 활용함으로써 제한된 주파수 자원을 효율적으로 사용할 수 있게 한다.

미국은 스펙트럼의 이용효율을 높여 새로운 무선 통신 서비스를 만들려는 노력의 하나로 CR기술을 TV 방송주파수 대역에서 활용할 수 있도록 표준화와 실용화를 추진하고 있으며 FCC에서 2004년 5월에 이에 대한 NPRM(Notice of Proposed Rule

Making)을 발표하였다[1]. 특히 TV 방송주파수 대역은 1 GHz 이하이고 경제적 가치가 높은 주파수로서 정보전송량이 많고 멀리까지 전파가 도달되는 특징을 가지며, 다른 통신서비스에 비해 채널당 대역폭이 넓은 6MHz를 사용하므로, CR기술을 적용하고자 하는 관심이 집중되고 있다.

본 고에서는 CR기술이 인지한 비어있는 TV 대역에서 방송에 영향을 주지 않고 공존할 수 있는 활용방안이 있는지 분석하고자 하였다. CR이 반드시 도입되어야 한다면 각 활용방안별로 구현 가능성과 함께 기존의 TV방송에 어떤 영향을 주는지 고찰하였다. 기존의 방송분야에서 방송 서비스 수준의 향상, 새로운 방송서비스의 제공 가능성을 검토하였으며, 통신 분야에서의 신규 무선통신 방식 가능성에 대해서도 분석하여 기존 방송서비스에 방해를 주지 않는 주파수 사용 방안을 제시하였다.

II. 무선인지기술

1. Cognitive Radio 개념

CR기술은 스펙트럼 이용 효율을 향상시키기 위하여 SDR기술을 발전시킨 개념이다. SDR기술은 광범위한 주파수 대역에 걸쳐 광대역 신호처리를 할 수 있는 하드웨어를 토대로 소프트웨어를 다운로드해서 다양한 기능을 수행하는 기술이다. 반면에 CR기술은 주변의 정보를 지속적으로 수집하여 스스로 학습하면서 주변 상황에 따라 대처하는 기술이다. 지금까지 일부 분야에서 제안된 RFID의 LBT(Listen Before Talk)나 WLAN에서의 DFS(Dynamic Frequency Selection)등은 초보적인 수준의 CR에 해당되나 이를 체계적으로 정립한

것은 MitolaⅢ가 학위논문을 완성하면서 이루어졌다[2][3].

CR 개념은 최근 들어서, SDR 및 IEEE 802.22 WRAN시스템과 연계되어 활발한 논의가 진행 중이며, 방송주파수 대역 및 비번허 주파수대역을 사용하는 시스템들에 있어서도 표준화와 일부 연계되어 논의 중이다.

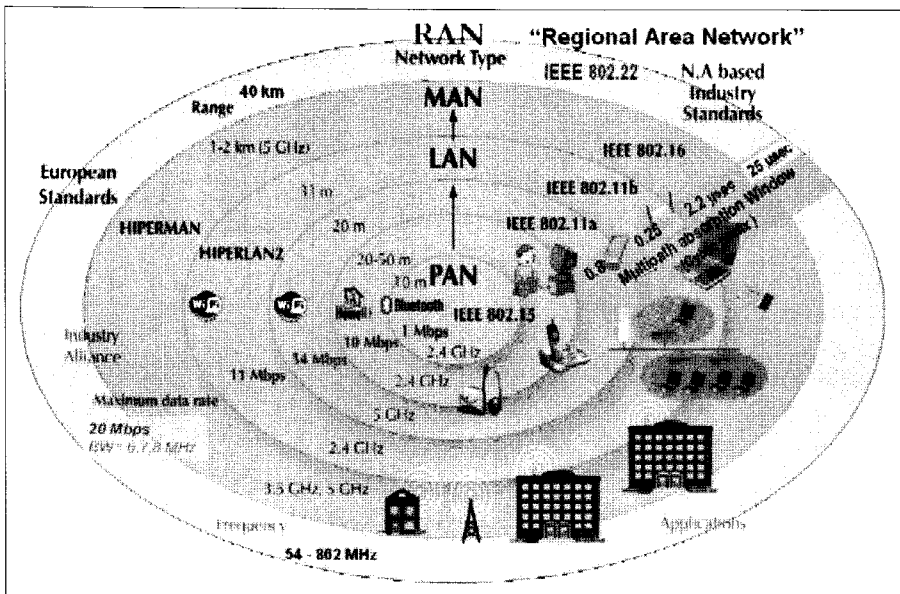
FCC에서는 2004년 5월에 주파수 사용효율을 높이고자 NPRM(Notice of Proposed Rule Making)을 통하여 비어있는 주파수의 중복 사용 가능성에 대한 내용을 발표하였다[1][4][5]. 중복사용에 대한 기본적인 원칙은 인지한 특정주파수에 대해 이미 사용하고 있는 우선 사용자(Primary User)가 있다면 이 사용자에게 간섭을 주지 않아야 하는 것이다. NPRM에서 밝힌 FCC가 원하는 공유대상 방송채널은 기본적으로 68개 TV 채널 전체(채널 2~69번으로 54 MHz~806 MHz대역)이지만, 특별한 이유가 있는 채널2~4(VCR, DVD등 TV 인접기기로의 송출채널), 채널37(우주천문, 의료용과 간섭우려), 채널52~69(2009년 2월 DTV전환 이후 다른 이동통신용으로 사용)는 제외한다고 밝힌 바 있다. 기술기준과 관련해서는 당시의 NPRM에 언급된 내용이 없어 현재까지 특별히 언급되는 기술기준은 없는 상황이다. 그래서 현재 FCC는 지금까지 제시된 의견들을 반영하고 기술기준과 관련된 내용도 포함하는 First Report and Order와 Further Notice of Proposed Rule Making을 준비 중이다. 또한 FCC는 2006년 9월11일에 Public Notice를 발표하여 DTV 전환일정과 연계하여 TV 주파수와 비번허기기의 공유 관련 주요 이슈들의 로드맵을 발표하였다[5][6]. 미국을 포함하여 해외 주요국들은 다양한 주파수 대역을 복수로 사용할 수 있는 주파수 공유 기술개발에 적극적으로 나서고 있다. 주파수 자원

이 한정되어 있지만 수요는 계속 증가하고 있어, 이를 해결하기 위한 현상이라고 할 수 있을 것이다.

2. IEEE 802.22 WRAN 기술 동향

FCC NPRM[1]에서 주파수 공유 사용 가능성이 언급된 이후 WRAN(Wireless Regional Area Network) 표준화인 IEEE 802.22 표준화가 시작되었다. 2004년 8월 IEEE에서 PAR(Project Authorization Request)이 승인되어 2004년 11월에 IEEE 802.22 첫 회의가 개최되었다[7]. NPRM에 따르면 WRAN의 서비스는 도심에서 멀리 떨어진 외곽 지역에서의 광대역 액세스를 목적으로 하고 있다. 미국, 캐나다, 브라질 등과 같은 광활한 시골 지역에서 무선 인터넷 접속을 가능하게 하기 위해 VHF/UHF 대역의 TV 대역 중 사용되지 않는 채널을 활용하여 ADSL이나 케이블 모뎀과 동급의 서

비스를 제공할 수 있도록 하고 있다[8]. 서비스 커버리지는 33km이고, CPE(Customer Premise Equipment)의 최대 전력은 4watt, 그리고 서비스 availability F(50,99.9)를 만족하도록 정하고 있다. WRAN은 MAN보다 더 넓은 범위의 네트워크를 정의하고 있으며, 여러 가지 반경을 가지는 지역적 네트워크 가운데서 가장 반경이 넓은 경우는 40km 정도를 의미한다[9]. WRAN보다 좁은 네트워크들은 PAN(Personal Area Network), LAN(Local Area Network), MAN(Metropolitan Area Network)이 있다. CR은 TV와 공공안전 시스템과 같은 기존의 스펙트럼 사용자(incumbent service)에 영향을 주지 않아야 한다. 또한 허가를 받지 않는 주파수 사용자(예: 의료장비, 무선마이크 등)와는 조정(화합: accommodation)이 가능해야 한다. 가능한 한 많은 사용자가 사용할 수 있도록 에티켓이 전제되어야 한다. WRAN의 작업은 전문적으로 설치된



(그림 1) IEEE802.22 WRAN 환경

BS(Base Station)에 의해서 제공된 고정 무선엑세스에 기반한다. 이 BS는 사용자 단말의 RF 특성을 제어한다. <그림 1>은 IEEE802.22 WRAN 환경을 나타내고 있다.

표 1과 표 2는 각각 IEEE 802.22 WRAN 시스템의 기본 요구 사항 및 성능에 대한 요구사항을 나타낸다.

WRAN 시스템은 기본적으로 TV 사용자에게 간

섭을 주지 않아야 하므로 수직공유(vertical sharing)를 기반으로 주파수 공유를 하며, 토폴로지는 master/slave 방식이며, 다른 WRAN과의 공유기술이 지원되어야 한다.

서비스 커버리지의 가장자리에 있는 가입자에게 최소 하향 링크 1.5 Mbps, 상향 링크 384 kbps의 전송속도를 보장해야 한다. 한편 WRAN 장치는 기존 TV방송사업자에 간섭을 주지 않고 채널을 사용해야 한다. 따라서 PHY 와 MAC 프로토콜에는 반드시 기존 이용자가 채널을 사용하고 있는지를 주기적으로 인지할 수 있는 기술이 포함되어 있어야 한다. 실제로 대부분의 제안서에는 quiet period를 두어서 사용하고 있는 채널 뿐만 아니라 사용하지 않는 채널을 지속적으로 감지할 수 있도록 표준을 제안하고 있다. BS는 물론 모든 CPE는 자신의 센싱 리시버를 이용하여 모든 채널을 주기적으로 감지하여 BS에 보고하고, BS는 여러 CPE에서 보내온 정보를 토대로 사용채널을 결정한다.

WRAN은 유선 광대역 서비스의 대체 수단을 제공한다. 인구 밀도가 낮은 지역을 포함하여 건물이 산재해 있는 지역에 무선 광대역 액세스 시스템 시설을 용이하게 한다. 목표로 하는 서비스는 데이터 전송, 인터넷기반 음성전화(VoIP), 비디오회의 같은 AV 응용, bridged LAN 서비스 등이다.

CR에서 사용되는 기술은 단지 IEEE 802.22뿐만 아니라 다중 채널에 대한 무선 채널 관리와 분배, 간섭 검출 등이 포함되어 있으며, 향후 차세대 무선통신과 연동하여 상호 보완적으로 사용될 가능성이 높다. 예를 들어, 셀룰라 환경에서 발생하는 음영지역이나 셀의 크기를 키워야 하는 시골 지역 등에서 CR은 주파수 간섭을 일으키지 않고 효과적으로 고속 데이터를 전송할 수 있다.

<표 1> IEEE 802.22 시스템 기본 요구사항

항 목	요 구 사 항
주파수 대역	UHF, VHF (<1 GHz) 47-806 MHz(PAL), 54-746 MHz(ATSC)
대역폭	6, 7, 8 MHz, 해당 대역의 일부 또는 다중 밴드 사용 가능
듀플렉싱	FDD or TDD
채널환경	고정 환경 전파지연 : 최대 186μs RTD(Round trip delay) 기준모형 (기지국 안테나 높이 : 75m, CPE 안테나 높이 : 10m)
셀형태	반경이 넓은 단일 셀 또는 다중 셀
셀크기	33 km
사용자밀도	1.5 users/km ²
안테나	등방형 또는 방향성 안테나 (센싱을 위해서는 등방형 이용) TV 방송 센싱을 위해서는 수평편광, CPE 센싱을 위해서는 수직 편광 사용
Repeater	선택적 지원
WPAN 기지국 EIRP	98.3W

<표 2> IEEE 802.22 시스템 성능 요구사항

항 목	요 구 사 항
용 량	평균적으로 18 Mbps / 6 MHz
최대 전송률	하향링크 : 셀 경계에서 가입자 당 1.5 Mbps 상향링크 : 셀 경계에서 가입자 당 384 kbps
주파수 효율	최대 5 bits/(sec*Hz) 평균 3 bits/(sec*Hz)(오류 정정 포함)
Target PER	무선 링크 PER:0.1 MAC 비검출 패킷 오류율 : 10 ⁻⁸

3. CR의 문제점 현안

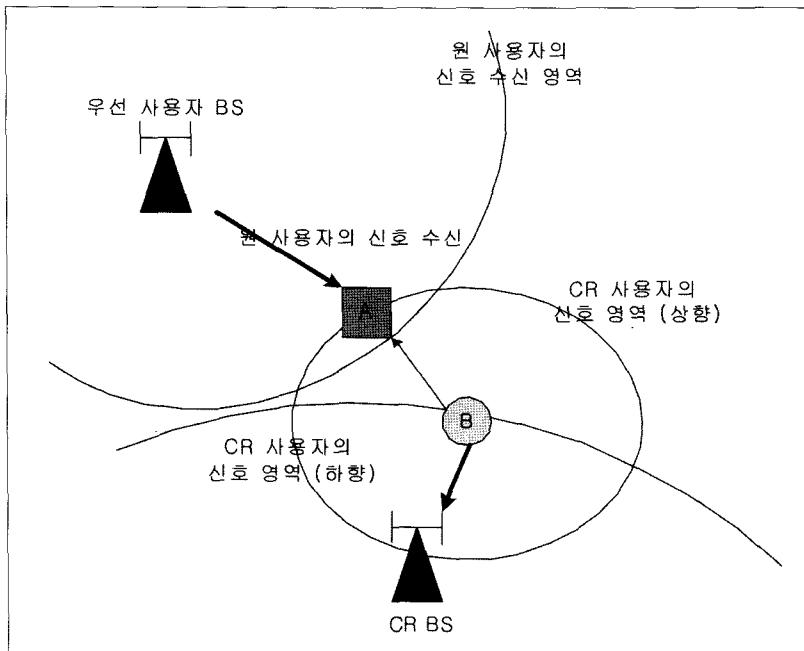
CR을 사용하기 위해서는 필수적인 기능을 갖추는 것이 무엇보다 중요하고 이와 더불어 CR을 사용했을 때 발생할 수 있는 문제점들도 고려해야 한다[10].

영어 주파수 대역에 대한 확보가 그 중의 하나이다. CR에 의해 영어 주파수를 사용자에게 할당하고 있는 경우에도 1차 분배 사용자가 동일한 주파수 대역을 사용하면 언제든지 비워주어야 한다. 이때 CR이 제공하는 서비스를 사용하고 있는 사용자에게 지속적으로 끊임없는(seamless) 서비스를 제공할 수 없다는 점은 중요한 결함이라고 할 수 있다. 이를 위해 현재 사용하고 있는 주파수 대역 이외에도 영어의 주파수 대역을 확보해야 한다. 하지만 이때 사용하지 않는 주파수 대역을 예비로 확보해 놓는 것

은 무선 자원을 효율적으로 사용하고자 하는 CR의 기본 원칙에 어긋나기 때문에 비어있는 다중 채널 구조와 이를 이용하여 끊임이 없는 서비스를 제공하는 방식이 필요하다.

이밖에도 지역적으로 hidden node 문제가 발생할 수 있다. 그림 2는 hidden node 문제를 보여준다. 우선 사용자 Zone과 CR 단말기 신호 영역 사이에 중복되는 영역에 다른 단말기가 존재할 때 우선 사용자의 Hidden node 신호를 감지하지 못하고 CR 단말기가 신호를 송출할 때 우선 사용자에게 간섭을 일으킬 수 있다. 그러므로 셀 사용계획을 세울 때, 상,하향 신호전력 레벨(Power Limit) 설정이 필요하다.

CR을 사용하는 서로 다른 서비스 제공자(service provider)가 인접하여 존재할 때, CR기기들이 서로 비어있는 주파수를 점유해서 사용하려고 한다.



〈그림 2〉 Hidden Node 문제

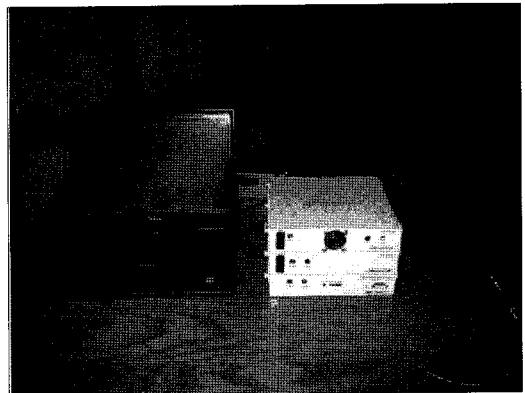
이러한 현상을 Clash 문제라고 한다. 만일 한 CR이 먼저 빈 주파수들을 사용할 때, 다른 CR은 이를 사용하고 있는 주파수라고 인지하여 다른 비어있는 주파수를 사용하지 않게 된다. 하지만 남아있는 빈 주파수가 없을 때는 먼저 사용한 CR간의 주파수 사용 형평성 문제가 발생한다. 그러므로 이러한 CR들 간의 상호 간섭 또는 주파수 사용 분배를 중재하는 프로토콜이 필요하다.

4 CR 관련 기기의 성능 테스트

지역적으로 사용하지 않는 주파수 대역을 "백색공간(white space)"이라고 하는데 이 대역에 대해 FCC의 연구소에서 지금까지 개발되어 있는 CR 관련 WSD(White Space Devices) 기기들에 대해 신청을 받아 스펙트럼 감지와 전송기능을 평가하였다[11]. 사용한 기기는 비허가 저출력 무선 송신기 시험모델(prototype) A와 B의 2 종류이다. 두 가지 모두 스펙트럼 인지 기능이 있지만 송신기능은 A 유형만 가지고 있다. 신청된 기기는 A 유형이 3개, B 유형이 1개이다. 아직까지 충분한 종류의 기기들이 개발되어 있지 않은 것을 보여주고 있다. 미국 FCC는 미국 TV의 디지털 전환이 완료되는 2009년 2월17일 이후 이러한 비허가 무선송신기기의 사용을 허가할 예정이다. 이 위원회는 휴대할 수 있는 비허가 개인용 기기도 허용할 지 고려 중이다. 백색공간에서 허용할 사용방법은 'detect and avoid' 또는 'listen before talk' 방법이다. CR의 인지 기능을 통해 TV방송이 있는지, 무선마이크가 사용되는지 또는 1차 사용자(incumbent service)가 있는지 파악한다. 사용할 수 있는 비허가 무선

통신 기기 WSD(White Space Device)는 -116 dBm의 낮은 신호세기도 검출할 수 있어야 한다. 두 번째 고려사항은 WSD가 TV 수신과 마이크의 동작을 간섭할 잠재적 문제가 있는지 여부를 테스트하는 것이다. 본 테스트에 제출된 산업계의 초기 모델(prototype)들은 혼신을 일으키지 않아야 하는 요구조건을 충분히 만족시키지 못했다¹⁾. 시험모델 A는 -95 dBm이상에서 DTV 신호를 검출하였고 FCC가 정한 -116 dBm/6 MHz 또는 기기개발업체가 제안한 -114 dBm에서는 TV 신호를 검출하지 못했다. 검출에 소요되는 시간도 A 유형기기는 채널당 27초 정도였고 31 채널을 모두 스캔하는데 14분 걸렸다. 향후 개선된 모델이 나올 것이 기대된다.

마이크로소프트와 구글이 포함된 산업체들이 700 MHz대의 UHF TV 스펙트럼을 이용하여 CR기반 통신을 입증하려했지만 2007년 7월 현재 FCC의 기준을 만족하지 못했다[12]. 이러한 테스트 결과를 반영할 때, 기존의 TV 방송사업자의 우려를 해소해주기에는 시간이 필요하다.



〈그림3〉 WSD 시험모델 A의 스펙트럼인지 및 전송 기구

1) ~, and do not necessarily represent the full capabilities that might be developed with sufficient time and resources.

III. CR에 의한 주파수의 활용

우리나라는 북미지역과 달리 산악지형과 잘 갖춰진 인터넷 인프라로 인해 WRAN의 시장전망이 밝지 않은 상태이다[5]. 그러므로 우리나라 환경에 적합한 CR 기술의 응용발굴이 필요할 것이다[13]. 따라서 본 장에서는 WRAN 규격 내에서의 활용 전망과 WRAN 규격을 응용한 CR 기술 활용방안을 알아보려고 한다. 본 장에서 열거하는 활용방안들 가운데는 어느 정도 가능성이 있어도 포함된 것도 있기 때문에 정밀한 기술적 검증이 필요하고 또한 제도적 장치도 필요하다는 것을 미리 언급한다.

1. WRAN 규격 내에서의 활용

1) 군사용 및 공공안전 분야에의 응용

CR기술의 응용은 향후의 무선 통신 전반에 걸쳐 모두 적용될 것으로 보인다. 미국방부에서는 XG/XG+ 프로젝트를 진행 중이고 여기에서 CR기술응용을 고려하고 있다. 군사용 장비의 경우 전쟁이 세계 도처에서 발생할 수 있고, 이때 주파수를 고정시키면 장비를 사용할 수 없는 경우가 많기 때문에 CR 기술에 의해 비어 있는 주파수를 찾아내어 작전을 할 수 있기 때문이다.

또한 공공 안전 통신의 경우 재난이 발생한 경우에는 많은 주파수 대역이 필요하지만 평상시에는 최소한의 대역만 요구된다. 따라서 CR 기능이 있는 장비라면 평상시에는 공공안전대역을 사용하다 재난 등이 발생하여 1차 분배자가 사용하는 것을 감지하면 이의 사용을 중지함으로써 주파수 이용 효율을 높일 수 있다.

2) 통신 분야에서의 응용

: 교외지역에서의 무선 또는 휴대 인터넷 서비스(WiBro/WiMAX)

IEEE 802.22 WRAN에서 주파수 스펙트럼 자원 공유 기술을 기반으로 VHF/UHF 방송대역(54~862 MHz)을 활용하여 교외지역까지 무선인터넷 서비스가 가능한 송수신 시스템 표준을 진행하고 있다.

IEEE 802.22의 사용대상은 미국이나 캐나다의 도시 외곽 지역이나 개발도상국이며, TV 대역에 CR을 사용하여 무선통신 서비스를 제공하는 것을 목표로 한다. 도심과 같은 인구 밀집지역에서는 대역폭의 한계로 인해 다양한 서비스를 할 수 없으나, 인구 저밀도 지역에서는 상대적으로 서비스 대역폭이 넓어 다양한 서비스의 제공을 통해 기존 고가의 통신 서비스를 대체할 수 있다.

IEEE 802.22 WRAN 표준규격은 WiBro와 WiMAX의 IEEE 802.16규격을 따르고 있어 CR 기술을 적용하기 용이하다. WiBro 서비스는 2.3 GHz 대역을 사용하고, 다중화 방식은 TDD(Time Division Duplex), 채널 대역폭은 10 MHz, 다중접속 방식은 OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)이다. 가입자당 전송속도는 상향 전송속도가 최소 128 kbps에서 최대 1 Mbps, 하향 전송속도가 최소 512 kbps에서 최대 3 Mbps이다. 최대 이동속도는 60 km/h, 서비스 커버리지는 최대 1 km이다. 도심지역에서 100 m는 피코셀, 400 m는 마이크로 셀, 1 km는 매크로 셀로 분류한다.

IEEE 802.16 기반의 WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)는 2~11 GHz 허가 대역과 비허가(Unlicensed) 대역을 사용하고 다중화 방식은 TDD/FDD (Frequency Division Duplex), 채널 대역폭은 1.5~20 MHz로 가변되고, 전

송방식은 OFDM, 전송속도는 채널 대역폭이 20 MHz 인 경우 최대 100 Mbps, 고정 방식으로 서비스 커버리지는 7~10 km이다. WiMAX는 사용하지 않는 채널을 자동적으로 탐색하는 동적 주파수 선택(Dynamic Frequency Selection) 기술을 이용한다.

목표시장을 보면 IEEE 802.22와 위의 2가지 규격 간에 다소 차이가 있다. IEEE 802.22 WRAN은 IEEE 802.16보다 인구밀도가 낮은 지역을 대상으로 한다. 이런 면에서 보면 현재 무선 단말기 제조업체나 무선통신 사업자들에게는 초기 시장 규모가 상대적으로 작아서 많은 관심을 끌지 못할 것으로 예상된다. 그러나 IEEE 802.22는 CR 기술에 의해 무선 주파수 대역을 비허가 형태로 사용함으로써 셀룰라 형태의 무선 통신서비스보다 저렴한 가격으로 사용이 가능하다. 다만 기지국(Base station)과 중계기(Repeater) 설치에 따른 추가 비용과 VHF 대역을 사용할 경우 수신 안테나 크기, 공용 주파수 사용으로 인한 서비스 QoS 등을 고려해야 하는 문제점도 갖고 있다.

3) 무선 홈 네트워크 서비스(CR-UWB)

다양한 통신시스템들의 개발을 위해서는 일반적으로 신규 주파수 자원의 확보가 필요한 상황인데, 주파수 자원이 부족한 현실 속에서 신규 주파수 자원의 확보가 필요 없이 무선 홈 네트워크 서비스를 제공해 줄 수 있는 기술로서 UWB 무선통신기술이 대두되고 있다. UWB 무선통신기술은 3 GHz에서 10 GHz 사이에서 중심주파수 대비 대역폭이 20% 이상이거나 500 MHz 이상의 주파수 대역폭을 사용하며 FCC에서 규정한 송출전력한계치의 범위내에서 사용되는 무선 통신기술이다. UWB 무선통신기술은 최근에 고속형 UWB 와 위치인식기반의 저속형 UWB 로 구분되어 표준화 및 상용화에 대한 논의가

활발하게 이뤄지고 있다. 고속형 UWB의 경우에는 IEEE802.15.3a에서 표준화에 대한 논의가 최근 수년간 이뤄져 왔는데, 주로 인텔 주도형의 MB-OFDM(Multi-Band Orthogonal Frequency Division Multiplexing)기술과 모토로라 주도형의 DS-SS(Direct Sequence Code Division Multiplexing) 기술로 양분되어 있는 상태이다. 저속형 UWB 기술은 고속형 UWB에 비해서는 저속 형태에서 위치인식기능을 크게 접목시킨 기술로서 최근 IEEE802.4a에서 표준화가 활발하게 진행 중이다. 이러한 UWB 무선통신기술이 초기에 제안되었을 때는 송출전력이 미약해서 3 GHz에서 10 GHz 대역내의 다른 통신시스템에 대한 간섭이 미약하다고 하였으나, 아직까지도 UWB 무선통신시스템이 동일대역내의 다른 시스템에 대한 간섭 및 혼신을 야기시킬 수 있다는 논란이 끊이지 않고 있는 상태이다. 최근에 ITU-R 에서는 UWB 특성, UWB 이용제도, UWB 간섭영향 분석 등에 대한 권고안이 제시되었으며, 일본에서는 UWB 무선통신시스템이 사용되는 주파수대역내에 공존하는 다른 시스템이 존재할 경우에는, UWB 무선통신시스템과 다른 시스템간의 간섭을 회피하기 위해서 다른 시스템의 사용하는 시간을 감지해서 회피함으로써 타 시스템과의 충돌을 피하는 DAA(Detect And Avoid)알고리즘을 제안했다. 이러한 DAA알고리즘은 다양한 통신시스템간의 간섭회피 및 주파수 이용 효율 증진을 위해 최근에 대두되고 있는 CR개념이 UWB에 접목된 CR-UWB의 개념과 연계된다고 할 수 있다. CR-UWB는 기존의 무선통신 주파수 이용자의 사용 주파수대역을 검출해서 인지한 후, 해당 주파수대역을 회피하여 전송하는 기술로서, CR-UWB의 구조는 일반적인 UWB시스템에 추가적으로 주파수 검출(Spectrum Sensing)기능과 이에 대한 운용기

술이 부가된 형태를 갖는다고 할 수 있다. 스펙트럼 조사에 의하면 3.1 GHz이상의 UWB대역에서도 상당수의 유희주파수대역들이 존재하고 있다. CR-UWB 통신에서의 유연성 있는 전송을 위해서는 유희주파수 대역이 발생할 경우에만 데이터 전송을 행하는 방식을 고려할 수 있다. 또한, UWB 대역 중에서 장시간에 걸쳐서 유희스펙트럼이 좀처럼 발생되지 않는 대역에 대해서는 그 대역만을 회피시키기 위한 송신파형 성형과정을 거쳐서 기존 시스템과의 충돌을 최소화 할 수 있는 기법도 검토될 수 있다.

IEEE802.22 WRAN을 일종의 핵심 네트워크로 활용하고 주변에 인터넷과 센서네트워크를 연결하는 방안도 제시되고 있다[14]. WRAN을 통해 각 센서네트워크로 동시 전송(broadcast)이 가능하도록 제안되고 있다.

4) 가정용 A/V기기의 무선 제어신호와 A/V 무선 stream service에 적용

이 방법은 안정적 주파수 확보가 전제되어야 가능하다. CR을 통해 확보된 여유주파수를 가정용 A/V기기를 제어하고, 멀티미디어 신호 스트림을 위한 기기간 무선 인터페이스에 활용한다. 이 응용은 기술적으로 구현이 용이하지만 주파수 확보가 보장되어야 가능하다.

2. WRAN 규격을 응용한 CR 기술 활용 (방송분야)

CR의 주파수인지기술을 이용하고 규격을 좀더 확대하면 다양한 응용 분야를 만들어 낼 수 있다. 특히, 매체 간 경쟁에서 이동성과 양방향성이 떨어지는 지상파 TV의 기능 향상에 활용할 기

능이 높아진다.

1) 난시청 해소를 위한 소출력 중계기 구축

도심권 인구밀집 및 고층건물 증가로 인해 기간 송신 시설과 보조국만으로 난시청해소는 한계가 있어 방송사는 소출력(10 mW/MHz) 중계기를 활용한 난시청해소를 검토 중에 있으며 소출력 중계기 또한 CR과 유사하게 비면허로 사용할 가능성이 있다. 방송용으로 할당된 대역은 무엇보다 방송수신환경 개선을 위해 우선 사용되어야 하므로 향후 방송 기술 발전을 위해 긍정적인 검토가 필요하다.

2) 방송사의 추가 서비스를 위한 활용

방송사의 추가 서비스로는 수익성 서비스와 공공 서비스로 나눌 수 있다. 수익성 서비스로는 전자쇼핑, 홈쇼핑, 선택형광고 등이 있다. 다운로드(1.5 Mbps) 데이터 가운데 방송 프로그램 및 방송사 홍보를 위한 내용은 무료로 서비스하고, 전자쇼핑 등 수요자 욕구에 맞는 데이터는 보편적 서비스 개념에서 벗어나지 않는 소액으로 유료회함으로써 다양한 서비스 제공 및 방송사 수익창출을 기대할 수 있다. 리턴채널도 이와 유사한 개념으로 유, 무료 서비스 구분을 할 수 있다.

지역특성을 강화한 방송 서비스는 지역 특화 내용을 방송할 수 있다. 또한 리턴채널을 이용하여 수신기 위치정보를 알려주거나, 지역코드를 부여함으로써 특정지역에 특정 방송 실시가 가능하게 될 것이다. 예를 들어 미야 찾기, 재난방송 등으로 자막방송 또는 정지 화면 등의 특정 정보를 소규모 지역에 내보낼 수 있다.

3) 재해재난 등 공공방송 목적으로 활용

CR기술과 권역별로 구성되어 있는 방송 시설을

이용하면 전국 또는 지역별 선택 방송 서비스가 가능하다. 또한 휴대 방송수신기를 이용하여 산악 지역이나 기타 지역 등에서 조난 시, 리턴채널에 의해 구조 요청이 가능하며, 화재경보기, 지진 경보기와 연동하여 자동 경보방송 구현이 가능하게 된다. 이러한 서비스는 경보를 알려야 하는 장치가 방송 수신 장치까지 데이터를 전달하고, 송신기 입력단에 자막 등을 편집할 수 있는 장치를 설치하여 실시간으로 경보 방송을 자동 송출하는 구조를 가질 것으로 예상된다.

4) CR을 이용한 DTV 리턴채널의 확보

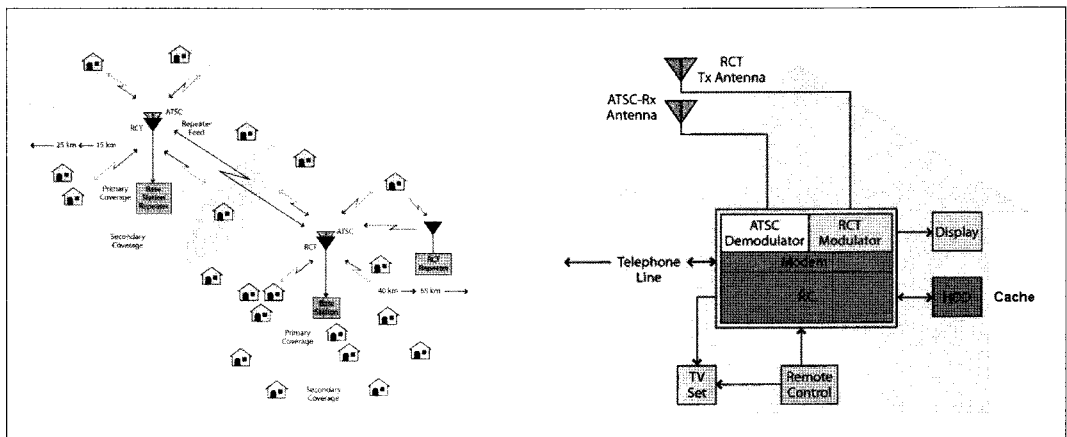
CR에 의해 찾아내는 여유 주파수를 지상파 DTV의 무선 리턴채널로 확보하여 지상파에서도 독자적인 양방향 방송이 가능하게 할 수 있다. DVB는 통신망(PSTN, GSM, ISDN)을 사용한 리턴채널을 포함하는 규격 뿐만 아니라 지상파 자체의 리턴채널 규격도 이미 표준화하였다. 그 규격을 DVB-RCT(Return Channel for Terrestrial System)라고 부른다[15]. DVB-RCT 기술그룹에서는 1999년

12월 물리계층(RCT-OHY), 매체 접근 제어층(RCT-MAC (Media Access Control)), RF 구현 가이드라인 등을 정의하는 작업을 시작하였다. DVB-RCT 표준은 공식적으로 2001년 4월에 승인되었다. 전송 방법으로는 OFDM 배열을 다중 접근하는 방법이 채택되었다.

그림 4는 DVB-RCT 시스템 구현의 블록도를 보여준다. STB(Set-Top Box) 단말은 기지국에 접근하기 위해 TDMA/OFDMA를 사용한다.

방송에서 리턴채널 활용 시, 동영상 및 고화질 정지화상 전송을 제외하면 대부분 수 kbps 대역으로 활용이 가능하므로 셀 단위의 통신망보다 중계기가 적은 방송망을 고려하여 1 base station에 다수의 시청자를 수용할 수 있도록 좁은 대역폭의 기술표준을 제정할 필요가 있다. 전자여론조사의 경우, 상향채널을 100 kbps로 할당하면 1 base station에 11,300 사용자를 수용할 수 있다. 대역폭을 줄이면 대도시에서도 서비스가 가능해진다.

방송품질 의견을 회신하거나, 긴급 뉴스 화면 전송, 전자투표, 설문조사 등이 가능하고, 시청률 조사



〈그림 4〉 DTV의 리턴채널 망 구성의 예

가 실시간으로 가능하며, 외부기관에 의뢰하지 않고 자체적으로 운용할 수 있게 된다. 또한 수신환경(수신전계) 실시간 모니터링이나 수용자 맞춤형 서비스가 가능하여 시청자의 다양한 욕구를 충족시켜 줄 수 있다.

리턴채널을 도입하는데 있어서 기술적인 면보다는 정책적인 면과 경제적인 면이 더 큰 변수가 된다. 정통부는 지역과 시간에 따라 사용하지 않는 주파수를 자동으로 찾아 주변의 허가된 주파수 대역을 보호하면서 통신 연결이 가능하도록 하는 기술의 개발 및 국제 표준화를 진행하고 있기 때문에 이에 대한 정책 변경이 있어야 리턴채널이 가능할 것이다. 아니면 디지털 전환 후 일부 대역을 리턴 채널 전용으로 고정 할당하는 방안도 있을 수 있다. CR 규격을 활용하는 경우 정부의 제도 마련이 주요 관건이다.

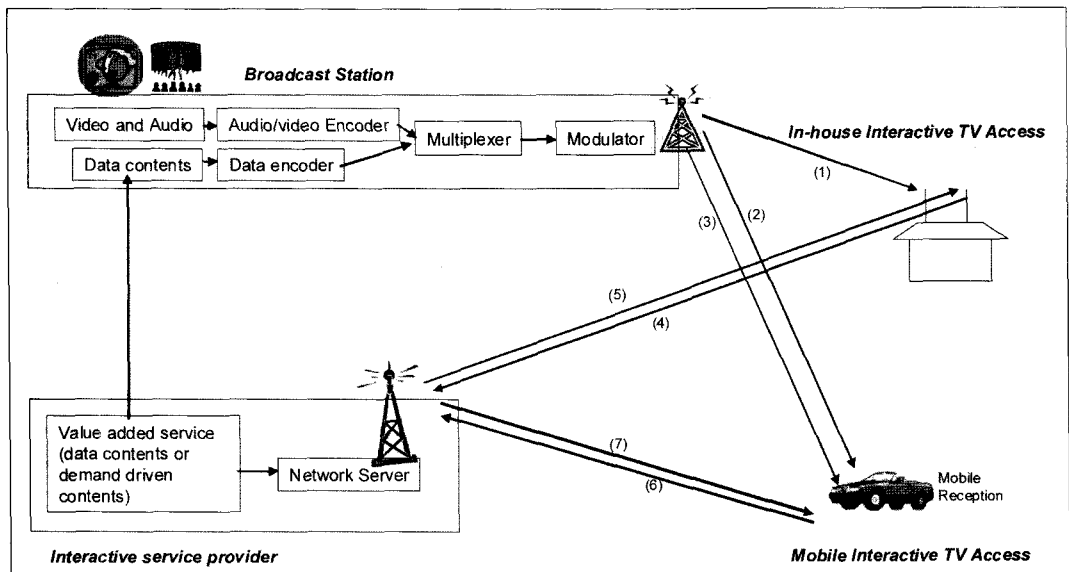
5) 대화형(interactive) 이동 방송 서비스에 적용

그림 5에 CR을 이용한 무선 대화형 이동방송 서비스에 대한 개념을 나타내었다. CR을 방송에 활용한다면 여러 TV 전송 링크를 구성해볼 수 있다. 이러한 활용은 CR을 통해 감지된 주파수가 기존의 지상파 TV 대역이고 방송에 전용된다고 가정했을 때 가능하다. 링크 (3), (4), (5), (6), (7)은 대화형 이동 TV 방송에 관련된 것들이다.

각 링크들은 다음과 같은 기능을 가진다.

링크 (1)은 가정에서의 고정수신을 의미한다. 기존의 ATSC 또는 DVB-T가 TV 프로그램을 보내준다.

링크(2)는 이동형 TV의 하향 채널을 제공한다. 이 경우도 이미 서비스를 하고 있는 기존의 전송방식을 사용한다. 기존의 전송방식은 DVB-H, DMB, ISDB-T의 이동방송규격 등이 있다. 이러한 규격들은 휴대전화망을 리턴채널로 사용하고 있어 요금을 지불해야 한다.



〈그림 5〉 interactive mobile TV의 개념도와 CR이 이용되는 부분

링크(3)은 CR에 의해 확보된 이동형 TV의 하향 채널이다. 이 채널에서 지역기반 적응형 방송서비스가 가능하다.

링크(4)는 CR에 의해 상향채널을 제공해준다. 지상파 대역내에서 상향채널을 제공해주는데 의미가 있다. 시청자 응답과 요구 사항들을 보낼 수 있다. 상향채널을 위한 기술 규격은 DVB-RCT가 있다. 또는 새로운 상향채널 전송방식이 구현될 수도 있다.

링크(5)는 추가적인 하향링크로서 CR에 의해 확보된다. 추가적인 TV 서비스, 데이터 방송 콘텐츠 또는 IP 데이터 등이 전송될 수 있다. 대화형 서비스 제공자는 사용자의 요청에 따라 유료의 서비스도 제공할 수 있다.

링크(6)은 이동방송 사용자를 위한 상향채널을 제공한다. 지상파내에서 이동형 방송을 위해 상향채널이 제공된다. 기본적으로 링크(4)와 기능이 같고 무선을 위한 전송방식이 달라질 수 있다.

링크(7)은 지상파대역내에서 이동수신자를 위한 하향채널을 제공한다. 링크(5)와 기본적으로 동일한 기능을 제공한다.

수도권의 주파수 사용현황을 보면 채널2부터 69번 사이에서 6 MHz대역폭을 가진 채널을 10개 가까이 확보할 수 있다. 디지털 전환이 완료되고 여유주파수를 어떻게 활용하는가에 따라 이 개수는 달라진다. CR기술의 주파수 공유기술 방법에 따라 방송시간에 분배하여 대화형, 이동형 방송을 구현할 수 있다.

6) 새로운 방송방식 개발시 CR을 활용한 방송 서비스

새로운 방송방식이 개발되었을 때 상용서비스에 앞서 실험방송이 필요하다. 실험방송을 위해서 실

험국 허가를 받아야 하는데 CR을 이용하면 비어있는 주파수를 찾아 실험방송을 할 수 있고 전국의 지형상황에 맞게 실험도 할 수 있다. 이렇게 필요한 주파수들을 전파관리 당국이 일일이 찾아내어 실험국 허가를 내줄 필요가 없게 된다. 예를 들어, 앞으로 상용화되어 지상파 TV방송으로도 서비스가 될 3DTV(3-Dimensional TV, 입체방송)는 CR 기술에 의한 주파수를 확보하여 실험 방송을 실시할 수 있다. 3DTV의 경우 다시점 화면을 많이 전송할수록 더욱 뛰어난 3D 화질과 실감시청이 가능하다. 이는 기존의 DTV 비디오 스트림 보다 더 많은 대역폭을 사용할 가능성이 높다. 따라서 사용하지 않는 대역을 인지하여 3DTV 등 새롭게 출현할 방송 서비스의 실험 방송용 주파수로 활용할 필요가 있다. 그러나 실험 방송이 끝나고 상용방송에 들어갈 때는 무료 보편적 서비스를 위해 고정 스펙트럼 할당이 필수적이다.

IV. 결론

본 고에서는 전파자원을 효율적으로 사용하기 위한 주파수 공유기술 중 하나인 CR기술 현황 및 활용에 대해 고찰하였다. 특히 VHF/UHF 대역의 TV 방송대역 중 사용되지 않는 채널을 인지하여 무선 광대역접속서비스를 제공하고자 하는 IEEE 802.22 WRAN 표준화가 진행됨에 따라 국내 TV 방송대역에서 CR기술 도입시 적용 방안과 인지된 비어있는 TV 채널의 활용방안을 고찰하였다.

실제 도입되기 위해 필수적인 기능을 갖추는 것과 더불어 CR을 사용했을 때 발생할 수 있는 문제점을 막아야 하고 CR기술의 한계를 극복한 기술들이 개발되어야 한다. 잉여 주파수 대역에 대한 확보

가 그중의 하나이다. CR에 의해 잉여 주파수를 사용자에게 할당하고 있는 경우에도 1차 분배 사용자가 동일한 주파수 대역을 사용하면 언제든지 비워 주어야 한다. 이때 CR이 제공하는 서비스를 사용하고 있는 사용자에게 지속적으로 끊임없는 (seamless) 서비스를 제공할 수 없다는 점은 중요한 결함이라고 할 수 있다. 이를 위해 현재 사용하고 있는 주파수 대역 이외에도 잉여의 주파수 대역을 확보해야 한다. 하지만 이때 사용하지 않는 주파수 대역을 예비로 확보해 놓는 것은 무선 자원을 효율적으로 사용하고자 하는 CR의 기본 원칙에 어긋나기 때문에 비어있는 다중 채널 구조와 이를 이용하여 끊임이 없는 서비스를 제공하는 방식이 필요하다. 이밖에도 지역적으로 숨겨진노드(hidden node) 문제를 원활하게 풀어야 한다.

특히, TV 방송대역에서 CR을 도입하기 위해서는 첫 번째로 기존 사용 중인 방송주파수에 장애를 주어서는 안 된다. 방송구역 경계부분에서는 TV 신호 강도가 낮아져 혼신이 많을 것으로 예상됨에 따라 신호가 강한 지역뿐 아니라 약한 지역에서도 혼신이 발생하지 않도록 기술검증이 필요하다. 또한 혼신지역에서 혼신을 방지하기 위해 비면허장치 출력을 낮출 경우, 중간 중계기가 많아져야 하기 때문에 시설과 운용비용이 상승되어 서비스에 따른 경제성(사업성) 등도 고려되어야 한다. CPE의 출력을 4 W로 송출할 경우, TV와 혼신을 방지하기 위해 CPE 안테나와 TV수신안테나 간에 일정한 간격을 유지하여야 하는데 국내 주거환경에서는 최소 간격유지가 어려워 CPE의 출력을 자동으로 조정하거나 가능한 CPE 안테나와 TV 안테나가 하나의 안테나로 사용하는 등 기술개발을 통해 사용자 편리성과 주파수 효율을 극대화 해야 할 것이다.

두 번째로는 CR 기술을 이용한 새로운 서비스 도

입시, 다량의 중계기 구축에 따른 경제성 문제이다. 무선망에서 가장 중요한 스펙트럼 효율은 지역여건, 거리, 전파전파, 혼신, 감쇄 및 변조 방식과 코딩 파라미터에 의해 크게 좌우된다. 따라서 기존 지상파 송신망 이외에 추가로 많은 양의 중계기를 구축하여야 안정된 서비스가 가능하기 때문에 경제성이 있는지 구체적인 검토가 필요하다

세 번째로는 난시청 해소를 위한 소출력 중계기 구축에 관한 것이다. 도심권 인구밀집 및 고층건물 증가로 인해 기간송신시설과 보조국만으로는 난시청해소는 한계가 있어 비면허 소출력 중계기를 활용한 난시청 해소를 검토 중에 있다. 만일 지역여건에 따라 사용하지 않는 주파수를 이용하여 10 mW/MHz 이하의 소출력 중계기를 구축할 시, TV 방송대역에서 CR 기술에 의한 새로운 서비스를 도입하는 것은 어려울 수 있다.

또한 국내 주파수 환경은 동시방송 및 방송시간 확대 등으로 인해 물리적, 시간적으로 포화상태에 있어 CR 기술에 의한 가용 채널을 확보하기는 쉽지 않으나 소규모 지역단위에서는 검색이 가능할 수 있다. 그러나 전파특성상 지형지물에 의해 가려진 지역에서는 수신되지 않는 전파가 해당 지역만 벗어나면 수신이 가능하므로 CPE 안테나 위치에 따라 방송수신에 장애를 일으킬 가능성이 있으므로 이에 대한 종합적인 대안이 선행되어야 한다.

방송사업자 또한 CR에 대해서 쉽게 동의하기 어려운 점은 2007년 7월의 FCC의 실험결과 보고서에서도 밝힌 바와 같이 아직 CR 기기들의 인지 능력이 FCC와 기기제조사가 제시하는 기준을 만족하지 못하는 상황이다. 방송사업자 입장에서는 CR 기술 검증이 충분히 이루어져야 일부 white space를 CR 기기가 사용하도록 동의할 것이다. CR 기술은 기존

서비스에 영향을 주지 않도록 최소한의 전파감지레벨을 설정하였으나, 서비스 중인 품질에 영향을 주지 않도록 최악의 환경을 설정하여 필드시험을 통해 검증절차를 거쳐서 기술기준을 세부적으로 지정할 필요가 있다.

규격이 완성된 이후에는 활용방안을 잘 세워 주파수 혼신과 산업적 낭비를 예방해야 한다. 우리나라는 북미지역과 달리 산악 지형과 잘 갖추어진 인터넷 인프라로 인해 WRAN의 시장전망이 밝지 않은 상태이다. 그러므로 우리나라 환경에 적합한 CR 기술의 응용발굴이 필요하다. WRAN과 같은 통신분야 뿐만 아니라 방송분야에서의 활용에도 눈을 돌려야 한다.

특히, CR 기술에 의해 인지된 비어있는 주파수는 매체 간 경쟁에서 이동성과 양방향성이 떨어지는 지상파 TV의 기능 향상에 활용할 필요도 있다. 예를 들면, 지상파 DTV의 무선 리턴채널로 확보하여 지상파에서도 독자적인 양방향 방송이 가능하게 할 수 있다. 그러나 리턴채널로의 활용은 기술적인 면보다는 정책적인 면과 경제적인 면이 도입에 있어서 변수가 될 것이다. 또는 방송시간의 추가 서비스를 위해 활용하거나, 재해재난 등 공공방송 목적으로 활용하거나, 무선 대화형 이동방송 서비스에도 적용할 수도 있다. 반대로 TV 방송대역에서 CR 기술을 활용한 무선통신 서비스로는 공공안전 및 군

사분야에서의 응용, 외곽지역에서의 정보통신망 제고, 무선인터넷서비스(WiBro나 WiMax)등과의 결합, 무선 홈 네트워크(CR-UWB) 등이며, 실행할 경우, 일어날 수 있는 문제점들은 철저히 예방해야 할 것이다.

CR기술이 방송주파수대역에서 원활히 도입되기 위해서는 기존 방송서비스를 보호할 수 있는 정책이 수립되어야 할 것이다. 또한 디지털전환 기간에는 기존에 사용하고 있는 VHF/UHF 아날로그 방송대역을 UHF 대역인 채널14-60번으로 재배치되는 과정에서 동시방송으로 인한 기간국, 중계기, 간이 중계기 등 스펙트럼이 매우 혼잡하고 유동적이어서 비어있는 스펙트럼을 찾기가 어려울 것이다. 그러나 디지털 전환이 완료된 후에는 방송에서도 그동안 부족한 주파수로 인해 시도되지 못했던 새로운 방송서비스 도입내지는 보조적인 방송서비스를 위해 CR기술이 활용될 수 있거나, 보다 안정적인 무료 보편적 서비스를 위해서는 고정된 스펙트럼 할당이 필수적일 것이다.

CR 기술은 방송대역 뿐 아니라 전 주파수대역에서 활용 가능하므로 방송 측에서도 이 기술을 적극 활용하여 통신분야와 조화를 이루는 서비스를 개척하면 CR 기술은 새로운 기회를 제공해줄 수도 있다. 이를 위해서는 완벽한 기술구현, 새로운 서비스 모델 개발이 수반되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] FCC, "Unlicensed Operation in the TV Broadcast Bands: Additional Spectrum for Unlicensed Devices Below 900 MHz and in the 3 GHz Band," Notice of Proposed Rulemaking, ET Docket No. 04-186, 2004.5.25.
- [2] 송복선, 권수갑, "주파수 공유기술동향, 주간기술동향, 제1281호, pp.1-13, 2007년1월31일.
- [3] Joseph Mitola III, "Cognitive Radio An Integrated agent Architecture for Software Defined Radio," Doctorial Dissertation, Royal Institute of Technology, May, 2000.
- [4] 유상조 외, "WRAN Cognitive Radio MAC 프로토콜 기술," 방송공학회지, 제11권, 제1호, pp.40-53, 2006년 3월.
- [5] 임동민, "정보통신정책, 미국, TV용 방송주파수와 비면허기기의 주파수 공유 로드맵 발표," 정보통신정책, pp.72-73, 2006년 9월16일.
- [6] FCC, "Office of Engineering and Technology Announces Projected Schedule for Proceeding on Unlicensed Operation in the TV Broadcast Bands," Public notice, ET Docket No. 04-186, 2006, 9.11.
- [7] Ofcom, Spectrum Framework Reviw(2004)
- [8] 김창주, "Cognitive Radio 기술 및 응용," 방송공학회지, 제11권, 제1호, pp.4-10, 2006년 3월
- [9] Gerald Chouinard, IEEE802.22 docu 802.22-04-0003-00-0000.
- [10] 강희조, "차세대 통신을 위한 Cognitive Radio 스펙트럼 응용에 관한 연구", 한국향행학회논문지, 한국향행학회, 10권, 단일호, pp.79-82, 2006년.
- [11] Steven K. Jones and Thomas W. Phillips, "Initial Evaluation of the Performance of Prototype TV-Band White Space Devices", OET Report, FCC/OET 07-TR-1006, July 31, 2007.
- [12] <http://www.dailywireless.org/2007/08/03/fcc-license-free-700mhz-devices-failed-test>[13] 전형석외, "Cognitive Radio 기술의 분석및 연구방향," 한국전자파학회지, 제17권, 제3권, pp.17-25, 2006년 7월.
- [13] 김창주, "Cognitive Radio 기술 및 응용," 한국전자파학회지, 제17권, 제2호, pp3-8, 2006년4월.
- [14] http://www.soumu.go.jp/s-news/2007/070731_4.html
- [15] www.soumu.go.jp/s-news/2007/070726_6.html

필자소개

이윤경



- 1993년 2월 : 서울산업대학교 매체공학과 (공학사)
- 1995년 8월 : 동국대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2005년 8월 : 동국대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 2005년11월 ~ 현재 : 방송위원회 연구센터 연구위원
- 주관심분야 : 주파수정책, 전파자원이용기술, 방송통신기술

김철성



- 1986년 : KBS 입사, 전주방송총국 라디오송출
- 1990년 : KBS전주방송총국 모악산송신소
- 1994년 : KBS시설국 자동화사업부 TV/FM송신시설
- 1999년 : KBS방송망운용국 TV/FM송신운용
- 2002년 : KBS관악산송신소 송신운용
- 2003년 : KBS기술관리국 기술기획부 송신기획 차장
- 2004년 ~ 현재 : KBS기술전략기획팀 송신전문위원

필자 소개



박구만

- 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
- 2003년 1월 ~ 2004년 12월 : 한국방송공학회 학회지편집위원회 위원장
- 2006년 1월 ~ 2007년 7월 : Georgia Institute of Technology 전기및컴퓨터공학과 research scholar
- 1999년 8월 ~ 현재 : 서울산업대학교 매체공학과 부교수
- 주관심분야 : 디지털TV, 멀티미디어통신, 스택트럼응용, 영상신호처리