

# 인지 무선 기술 기반 TVWS 정책 동향

이 일 규 · 심 용 섭\*

공주대학교

\*한국전파진흥협회

## I. 서 론

2000년대 들어오면서 음성 및 인터넷 기반의 데이터 통신 분야의 급속한 발전에 힘입어 모바일 통신, 디지털 방송, 텔레매틱스 등을 기반으로 한 유비쿼터스 시대에 이어 한층 기능을 강화한 각종 스마트 기기를 활용하여 IT 분야를 넘어 다양한 산업 전반에 걸쳐 스마트 시대의 도래를 맞이하고 있다.

최근에는, 스마트 폰 및 태블릿 PC 등을 이용한 모바일 서비스가 활성화되면서 초고속 인터넷 및 다양한 멀티미디어 서비스의 이용자가 급증함에 따라 관련 서비스를 제공하기 위한 주파수 수요가 폭발적으로 증가하고 있다. 이는 필연적으로 주파수 자원 고갈이라는 심각한 문제에 직면하게 되어 기존의 독점적이고 비효율적으로 사용되는 주파수에 대한 새로운 활용 방안으로써, 인지 무선 기술을 이용하고자 세계인의 이목이 집중되고 있다.

인지 무선 기술은 시간 및 위치에 따라 사용하지 않는 주파수를 검색하고, 최적의 프로토콜을 결정하여 간섭 없이 다양한 무선통신의 공존을 가능케 하는 기술로써 갈수록 심화되는 주파수 부족문제를 해결할 것으로 기대하고 있다.

이와 관련하여 본 논문에서는 점차적으로 필요성이 증대되고 있는 인지 무선 기술에 대해 살펴보고 이러한 기술을 기반으로 디지털 방송 대역과 관련된 TVWS(TV White Space)의 활성화 정책에 대해 알아보하고자 한다.

## II. 인지 무선 기술

현재의 무선통신 연구 분야에서는 시간, 주파수, 공간 등 무선 자원의 효율적인 사용을 위해 개방형 및 공유형 스펙트럼 정책을 기반으로 면허 사용자에게 간섭을 주지 않으면서 비면허 사용자에게 원하는 서비스를 제공하고자 한다. 이러한 서비스 실현을 위해 필수인 인지 무선 기술은 물리계층과 MAC 계층에서 다양한 스펙트럼 센싱, 동적 주파수 선택, 간섭 온도 측정, 간섭 방지 기술 등이 구현되어야 한다.

### 2-1 등장 배경

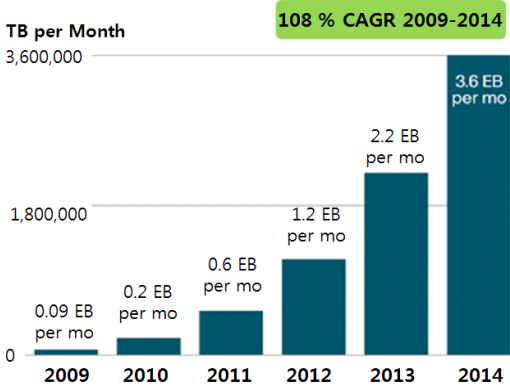
현재 무선통신 분야는 고품질의 새로운 서비스에 대한 사용자의 요구가 증가하는 동시에 이윤 창출을 위한 서비스 사업자들이 신규 주파수에 경쟁적으로 진출함에 따라 점점 더 다양한 서비스들이 출현하고 있다<sup>[1]</sup>.

이러한 통신 시장의 흐름과 함께 주파수 사용자가 증가함에 따라 사용하는 데이터 트래픽이 지속적으로 급증하고 있으며, 향후 이러한 현상은 [그림 1]과 같이 더더욱 심화될 것으로 예상된다<sup>[2]</sup>. 결국, 신규 주파수 발굴의 한계로 인해 주파수 수요가 공급을 초과하게 되어 기존의 주파수에 대한 효율을 개선하는 인지 무선 기술 개발에 초점이 맞춰지고 있다.

### 2-2 스펙트럼 센싱 기술

스펙트럼 센싱 기술은 비면허 사용자 단말기의 주

※ 본 논문은 2013년 방송통신기반조성사업의 “비면허 주파수 확대 및 이용활성화 방안 연구” 지원을 통한 연구결과임을 알립니다.



[그림 1] 전 세계 데이터 트래픽 전망

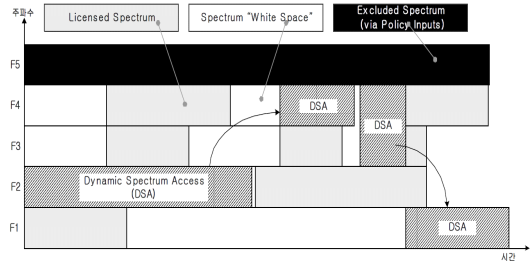
변에 사용되는 무선 서비스의 존재 및 변화 등을 파악하여 기존 면허권 사용자에게 간섭을 주지 않기 위해 필요한 중요 기술로 방송 대역뿐만 아니라, ISM(Industrial Scientific Medical) 대역과 같은 비면허 대역에서 상황에 따라 채널을 신속하게 변경하며 사용할 수 있는 핵심 기술이다.

스펙트럼 센싱 기술은 구형 방식에 따라 <표 1>과 같이 필터 방식, 에너지 검출 방식, 신호 형태 검출 방식이 있다<sup>[3][4]</sup>.

이러한 센싱 기술을 최적화하기 위해서는 실제 환경에서 희생원의 이동성에 의한 은닉 노드 문제,

<표 1> 센싱 기술의 구분

구분	주요 특징
필터 방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>주변 스펙트럼 환경에 대한 사전 정보 필수</li> <li>짧은 센싱 시간 소모</li> <li>동기 검파 상황에 적용 가능</li> </ul>
에너지 검출 방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>신호 존재 유무만 판단 가능</li> <li>의도치 않은 신호에 의한 오류 증가</li> <li>노이즈 정보만 알고 있는 경우 사용</li> </ul>
신호 형태 검출 방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>변조 신호의 주기적 특성을 이용</li> <li>긴 센싱 시간 및 계산량 필요</li> <li>신호의 종류 판단 가능</li> </ul>



[그림 2] 동적 주파수 선택의 예

다중경로 페이딩 및 세도wing의 특성으로 인한 통신 품질 저하 요인을 극복해야 한다<sup>[5]</sup>.

### 2.3 동적 주파수 선택 기술

동적 주파수 선택은 5 GHz의 주파수 대역에서 레이다 신호에 간섭을 받지 않고 전송하기 위한 방법으로 IEEE 802.11a에서 고안되어 802.16에서도 사용하는 기술로 인지 무선 개념에 크게 부합하는 기술이다.

간섭이 없는 주파수 대역을 검출하고, 사용자의 전파수신 감도 상태나 데이터 요구량 등을 이용하여 서비스 품질을 제공하도록 주파수 대역을 할당하고, 변조 방식 또는 송신 전력 등을 제어한다. [그림 2]는 동적 주파수 선택의 예를 나타낸다.

### 2.4 간섭 온도 측정 기술

미국 FCC(Federal Communication commission)는 면허 사용자와 비면허 사용자의 공존을 위해 간섭에 대한 규정을 마련하였다. 이는 간섭의 양을 정량화하고 관리하는 간섭 온도의 개념을 발표하였다<sup>[6][7]</sup>.

간섭 온도는 열잡음, 채널 간 간섭, 외부 잡음 등이 포함되며, 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$T_I(f_c, B) = \frac{P_I(f_c, B)}{kB} \quad (1)$$

$k$  : 볼츠만 상수,  $B$  : 대역폭,  
 $f_c$  : 중심 주파수,  $P_I$  : 간섭 전력

간섭 온도를 측정하는 방법으로 측정 위치에 따라 <표 2>와 같이 구분할 수 있다. 이 중에서 가장 우수한 방식으로 면허 사용자 단말기에서의 간섭 온도 측정 방식이 손꼽히고 있으나, 단말기의 구조 변화 및 주기적인 주파수 정책 개정의 이유로 구현에 어려움을 겪고 있다.

### 2-5 간섭 방지 기술

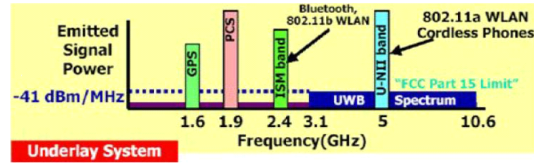
주파수 자원을 이용하는 다른 서비스 제공자가 인접하여 존재할 때, 서로 비어 있는 주파수를 점유해 사용하려는 문제가 발생할 수 있다. 따라서 상호 간섭 또는 주파수 사용 분배를 조정하는 공유 기술이 필요하다.

이러한 공유 기술에는 Underlay 방식과 Overlay 방식이 있으며, Underlay 방식은 [그림 3]과 같이 RF 에너지를 타 시스템에 간섭을 주지 않는 수준으로 광대역 분산하여 기존 시스템과 공유하는 기술로 UWB(Ultra Wide Band) 방식이 대표적이다<sup>8)</sup>.

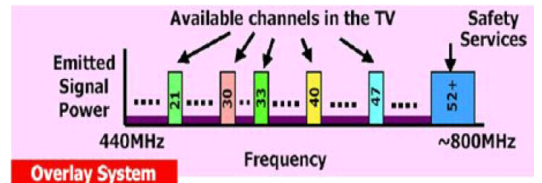
Overlay 공유 방식은 [그림 4]와 같이 잠재적 간섭 수준을 사용하지만, 주파수, 공간, 시간적으로 사용하지 않는 주파수를 찾아 사용하는 방식으로 TV 채널이나 비면허 대역에서 효율적으로 사용된다.

<표 2> 간섭 온도 측정 방식

구분	주요 특징
면허 단말기에서 측정	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 정확도가 우수한 방식</li> <li>· 단말 내 H/W, S/W 변경 필요</li> <li>· 간섭 온도 전송을 위한 채널 필요</li> </ul>
모니터링 노드에서의 측정	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 저전력으로 정밀도 향상 가능</li> <li>· 면허 사용자의 단말 변경 불필요</li> <li>· 비균일 특성에 의한 오차 발생</li> </ul>
비면허 단말기에서의 측정	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 구현에 용이하나 정확도 감소</li> <li>· 장비 설비 비용 감소</li> <li>· 기존 시스템과의 호환성 우수</li> </ul>



[그림 3] Underlay 공유 방식



[그림 4] Overlay 공유 방식

## III. TVWS 정책 동향

### 3-1 개요

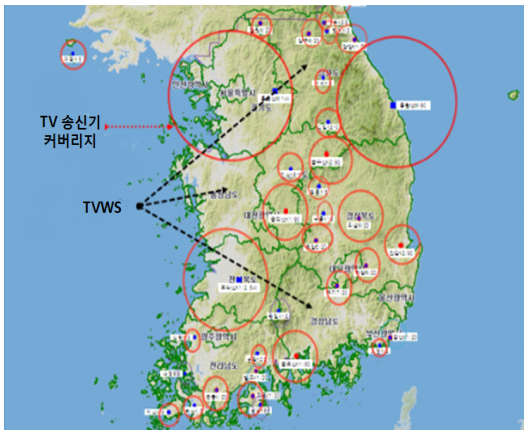
TVWS는 이미 활성화 되어 있는 Wi-Fi와 비교하여 크게 개선된 커버리지를 제공하고 효율적인 전파 특성을 갖고 있으며, TV 방송용으로 분배된 주파수 대역에서 방송사업자가 사용하지 않는 비어 있는 주파수 대역을 사용한다. 이는 누구나 정부의 전파 규제에 대한 조건을 만족하면 사용할 수 있는 비면허 대역으로 국내의 경우 주파수 대역 470~698 MHz (채널 14~15번)의 방송 대역을 사용한다.

따라서, 방송사업자의 고객인 TV 시청자 및 무선 마이크 등의 소출력 기기에 간섭을 주어서는 안된다. 이에 정부는 간섭 방지를 위해 조건을 명시하고 있으며, 이를 만족하기 위해서는 <표 3>의 기술이 요구된다.

TVWS는 공간적으로 간섭을 우려하여 비워둔 대역이나 [그림 5]와 같이 지역별로 사용하지 않거나 전파가 미치지 못하는 지역으로 인구가 밀집된 도심지역 보다는 상대적으로 전파의 이용률이 저조한 교외나 농어촌 지역의 활용도가 높을 것으로 예상하고 있다.

<표 3> 중점 기술의 정의

• 사용 중인 TV 채널을 인지하여 방송채널을 보호하는 스펙트럼 센싱 기술
• 위치기반 TV 채널의 정보를 가진 데이터베이스 및 액세스 프로토콜 기술
• TVWS 대역을 사용하는 이기종 장치간 상호공존 기술
• 가변 무선채널을 위한 지능형/자율형 무선접속 요소 기술
• 무선 채널 보호를 위한 가입자 인증과 DB 및 사용자 보호를 위한 보안 기술



[그림 5] TVWS 가용 지역의 예

TVWS 이용기기에는 크게 고정형 기기와 개인 휴대형 기기로 나눌 수 있다. 고정형 기기는 특정 장소에 설치되어 TV 대역 DB에 접속한 후 가용 채널을 선택하여 다수의 기기에 신호를 전송하고, 개인/휴대용 기기는 위치 측위 기능과 DB 접속 기능의 보유 여부에 따라 모드 I 과 모드 II로 나눌 수 있다.

최근 미국, 유럽, 일본 등 주요국에서는 디지털 전환이라는 큰 주파수 이용 변화 정책에 연관되어 주파수 자원 개방의 일환으로 TVWS 관련 정책이 추진되고 있으며, 구체적인 상용 서비스를 제시하고 활성화하기 위한 방안이 논의되고 있다<sup>[9]</sup>.

### 3-2 미국

미국 FCC는 2004년도부터 인지 무선 기술을 이용하여 비면허 방식으로 사용하기 위한 의견수렴을 시작하였으며, 2008년 11월, DTV 대역에서 정해진 규제 조건을 만족하면 누구나 사용이 가능한 비면허 대역으로 승인하여 관련 TV 대역의 전송 규격을 <표 4>와 같이 마련하였다.

TVBD(TV Band Device)의 출력은 TV 채널의 대역 내 방사 전력 밀도에서 55 dBm/6 MHz 만큼 감쇄시켜 송신하도록 규정하였으며, 모드 I에 해당하는 기기는 DB 접속 기능이 없기 때문에 고정형이나 모드 II 방식의 기기를 경유하여 가용 채널 및 허용 전력을 할당 받는다.

규격을 마련한 이후, FCC는 1차 사용자인 방송사들의 반발을 최소화하고, 헬스 케어, 스마트 그리드, M2M(Machine to Machina) 등 다양한 융합 서비스의 개발을 가속하였다. 더불어, 국가브로드밴드 계획의 일환으로 TVWS 밴드에서 광대역 무선 서비스를 승인하고 잠재적 간섭 방지 조치를 취함으로써, 이후 WRAN(Wireless Regional Area Network) 기술 표준 및 사업자 선정으로 Super-WiFi를 이용한 광대역서비스를 널리 제공하고 있다<sup>[10]</sup>.

또한, 2012년 1월부터 세계 최초로 조명 제어, 센서,

<표 4> TV 대역의 전송 규격

구분	고정	모드 I	모드 II
송신 전력	1 W 이하	100 mW 이하	100 mW 이하
DB 접속 여부	접속	접속	접속 안함
TVBD 역할	마스터	슬레이브	마스터
PSD 제한치 (100 kHz)	12.6 dBm	2.6 dBm	2.6 dBm
인접채널 제한치 (100 kHz)	-42.8 dBm	-52.8 dBm	-56.8 dBm

교통 관리 서비스 등의 상용서비스를 제공하고 있으며, 타 지역으로 시험서비스를 추가 실시하여 TVWS 대역의 활용을 확대하는 동시에 고속 인터넷 망을 이용한 서비스 품질 개선에 박차를 가하고 있다.

### 3-3 영국

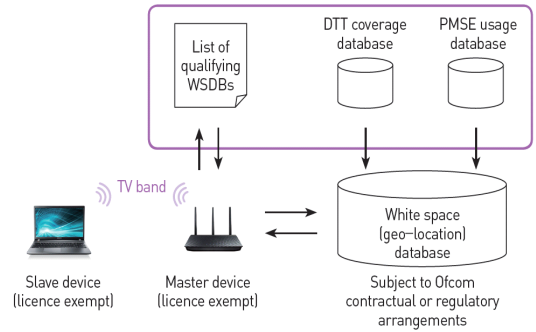
영국은 2007년 12월 방송대역의 디지털 전환에 따라 발생하는 여유 대역의 활용 방안으로 인지 무선 기술을 이용한 비면허 대역화를 검토하였다.

여유 대역에서 TVBD(TV Band Device)와 공존을 위해 우선 보호가 필요한 1차 서비스를 <표 5>와 같이 규정하고, 디지털 방송 서비스의 사용 채널을 제외한 주파수에서 TVBD의 허용 가능한 출력을 방송 기지국의 위치에 따라 다양하게 마련하였다.

TVBD의 간섭 신호로부터 디지털 TV와 PMSE(Program Making and Special Event)의 보호 기준으로 원하는 신호 대 원치 않는 신호의 비(C/I)를 디지털 방송의 경우 33 dB, PMSE의 경우 38 dB를 만족하도록 하여 1차 서비스의 최소 품질을 보장하도록 하고 있다<sup>[11]</sup>.

또한, 2009년 스펙트럼 센싱과 DB 접속 방식을 허용한 간섭회피방식의 기술 기준 제정을 추진하였으며<sup>[12]</sup>, 2011년 9월 TVWS 대역의 구체적인 추진방안이 마련되어 관련 업체들을 대상으로 시범서비스를 성공적으로 완료함에 따라 2013년 상용 서비스를 예상하고 있다.

[그림 6]은 DB를 활용한 TVWS 이용 방안으로 단말기 제조업체들은 제품 정보를 Ofcom(Federal Office



[그림 6] DB를 이용한 TVWS 이용 방안

of Communications)에 제공하고, DB 운영에 필요한 비용을 지불해야 한다<sup>[13]</sup>.

이러한 TVWS 도입은 기존 모바일 광대역 서비스가 가지고 있는 고가의 이용료, 배터리 문제, 통신망 과부하 등의 문제로 인해 추진되었으며, TVWS 도입으로 가전기기, 무선 센서, 교통 신호 등에 적합한 신규 무선 표준 개발이 용이해 스마트 도시 구축이 가속화될 전망이다.

### 3-4 일본

일본 총무성은 TVWS 대역의 활성화 방안을 국가 미래 성장 동력 창출의 일환으로 관련 전담반을 운영하여 일본 내 지리적인 특징과 전파 환경을 고려한 방안을 도출하려고 노력하였다.

이에 부합하여, 총무성은 2012년 1월 TVWS 활용 정책으로 “화이트 스페이스 추진회의”를 발표하여 지역 방송 시스템, 무선 마이크, 센서 등의 특정 용도를 지정하였다. 서비스 규모는 해당 지역의 크기와 전파 환경 등을 고려하여 결정하고, 경제적 가치 산정을 통해 해당 서비스에 적합한 주파수를 재 할당함으로써 지정된 서비스의 활용을 최적화하였다. 센서는 야외의 정보 전송이 가능하며, 기상 관련 정보를 수집하고, 재해 상황을 실시간으로 감지함으로써 재해 통신 시스템의 고도화를 추진하였다.

<표 5> 보호가 필요한 서비스

주파수 대역(MHz)	서비스 종류
470~790	디지털 지방파 방송, PMSE
608~614	무선 천문 서비스
645~790	항공 무선 항법 서비스

또한, 다른 국가에서는 광대역 서비스 위주로 TVWS 대역을 활용하는 방안이 주로 추진되었으나, 일본에서는 개인 위주의 개별 방송이 활성화되어 있어 모바일 방송 형태의 서비스를 추진하고 있으며, IEEE 802.11af의 프로토 타입을 시험하여 관련 표준화 활동을 주도하고 있다.

### 3-5 국내

2000년 방송통신위원회에서 [그림 7]과 같이 국내 DTV 채널 할당 계획을 발표하면서 채널 14~51번(38개 채널)을 DTV 주파수 대역으로 확정하고, 채널 2~6번(5개 채널)을 DTV 예비용으로 확보하되 채널 배치를 보류하였고, 채널 7~13번(7개 채널)은 DMB 서비스에 우선권을 주고 DTV 예비용으로도 활용하도록 하였다<sup>[4]</sup>.

이러한 국내 주파수 현황을 고려하여, 정부는 2011년 “TV 유휴대역 활용 기본계획”을 마련하여 갈수록 심화되는 주파수 부족 문제를 해결하고, 주파수 효율성을 제고하고자 노력하고 있다.

구체적인 추진 사항으로 남양주 지역에 재난구간 영상 전송 시스템을 구축하고, 제주도에 Super-WiFi 시범서비스를 추진하는 등 정부 및 지방자치단체 그리고 산업계가 공동으로 협력하고 있다. 또한, 향후 서비스의 예측 조사 및 관련 기술 기준을 마련하고 있으며, 미래창조과학부 산하기관인 한국전파진흥협회의 주도로 TV 방송대역(470~698 MHz)에 대해 본격적인 상용화를 염두해 공공/민간 서비스 모델 발

굴 및 활성화를 고려한 선도 시범서비스를 추진하고 있다.

이와 같이, TVWS 활용 방안에 대한 각국의 정책 및 서비스의 방향은 각 국가의 목적과 환경에 따라 결정되므로, 우리나라 역시 국내 전파 환경을 고려하여 정부 및 사용자, 서비스 사업자 등의 적극적인 논의를 바탕으로 이용자에게 양질의 서비스를 제공하는 동시에 사업자 및 제조업자들에게 고부가가치의 수익 모델을 창출해야 할 것이다.

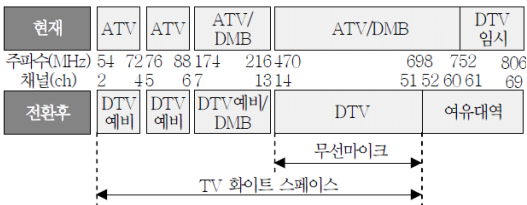
## IV. 결 론

본 논문에서는 무선통신 분야에서 다양한 신규 서비스의 등장으로 점차 주파수 부족 현상이 심화되는 상황에서, 상호 서비스 간 간섭 없이 주파수 사용의 효율성을 증대하기 위해 필수 기술인 인지 무선 기술에 대해 알아보았다. 이러한 인지 무선 기술을 기반으로 디지털 방송 대역에서 TVWS의 활성화 정책을 검토하여 향후 추진 방향을 모색하였다.

점차 이용 효율이 높아지고 있는 ISM 대역의 연장선으로 TVWS 대역을 누구나 사용 가능한 비면허 대역으로 확장하여 다양한 멀티미디어 기반의 무선 인터넷 시장을 발굴하는데 역량을 집중해야 할 것이다. 또한, 전 세계에서 어느 국가보다 높은 전파 이용률 및 전파 밀집도를 가지는 국내 전파 환경은 진보된 인지 무선 기술 개발에 최적화된 환경임을 상기하여 인지 무선과 관련한 중요 핵심 기술을 개발하고 국제 표준화 활동을 주도함으로써 주파수 관련 분야를 차세대 IT 산업의 신성장 동력으로 이끌어야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

[1] Y. Kim et al., "Beyond 3G: Vision, requirements, and enabling technologies", *IEEE Commun. Maga-*



[그림 7] 디지털 전환 전/후의 방송 주파수 이용 현황



- zine., vol. 41, no. 3, pp. 120-124, Mar. 2003.
- [2] 정찬형, "미래사회 전파이용촉진 및 확산을 위한 정책방안 연구", 방송통신위원회, 2009년 12월.
- [3] D. Cabric, S. M. Mishra, and R. W. Brodersen, "Implementation issues in spectrum sensing for cognitive radios", *Proc. IEEE Asilomar Conf. Signals, Syst. & Computers 2004.*, vol. 1, pp. 772-776, Pacific Grove, USA, Nov. 2004.
- [4] T. Fujii, "Cognitive radio for spectrum sharing," *Reconfigurable Radio Workshop 2008.*, Oct, 2008.
- [5] Bruse Fette, "The promise and the challenge of cognitive radio", *General Dynamics*, Mar. 2004.
- [6] FCC, Notice of Inquiry and Notice of Proposed Rule Making, "In the matter of establishment of an interference temperature metric to quantify and manage interference and to expand available unlicensed operation in certain fixed, mobile and satellite frequency bands", *ET Docket No. 03-237*, Nov. 2003.
- [7] FCC, "Establishment of interference temperature metric to quantify and manage interference and to expand available unlicensed operation in certain fixed mobile and satellite frequency bands", *Notice of Inquiry and Proposed Rulemaking, ET Docket 03-289*, 2003.
- [8] 유남철, "무선인지(Cognitive Radio) 개념 및 기술 동향", 전자부품연구원 전자정보센터(EIC), 2006년 2월
- [9] 장재혁, "TV White Space 생태계 및 사용/시험 서비스 도입 현황", 전자통신동향분석 제28권 제3호, pp. 160-169, 2013년 6월.
- [10] 이원철, "TV 유휴대역 표준화 및 산업화 현황", *ICT Forum Korea 2012*, May. 2012.
- [11] Ofcom, "Implementing Geo-location:", Nov. 2010.
- [12] Ofcom, "TV white space-A consultation on white space device requirements", Nov. 2012.
- [13] 전파자원개발센터 자원개발부, "주요국의 유휴 주파수(TV White Space) 상용화 어디까지 왔나?", 한국방송통신전파진흥원, 동향과 전망 제 58호, pp. 67-75, 2013년 1월.
- [14] 최성웅, "TV 화이트 스페이스 이용 기술기준 동향", 전자통신동향분석, 제26권 제4호, 2011년 8월.

≡ 필자소개 ≡

이 일 규



1994년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학석사)  
 2003년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학박사)  
 1994년~2004년: 한국전자통신연구원 선임연구원  
 2007년 2월~2008년 2월: 미국 조지아텍

교황교수

2004년~현재: 공주대학교 전기전자제어공학부 부교수  
 [주 관심분야] RF 부품 및 시스템, 이동통신 시스템, 스펙트럼공학, 전파 간섭

심 용 섭



2005년 2월: 공주대학교 전기전자정보공학과 (공학사)  
 2010년 2월: 공주대학교 정보통신공학과 (공학석사)  
 2010년 9월~2013년 6월: 한국전자통신연구원 위촉연구원  
 2011년 3월~현재: 공주대학교 정보통신

공학과 박사과정

2013년 7월~현재: 한국전파진흥협회 기술지원부 주임연구원  
 [주 관심분야] 스펙트럼 공학, 전파 정책