

# 전파연구 선도이슈 발굴 및 선제적 대응전략 연구(1)

- 스마트사회와 황금주파수 -

**RRA** 

국립전파연구원

[www.rra.go.kr](http://www.rra.go.kr)

# 전파연구 선도이슈 발굴 및 선제적 대응전략 연구(1)

-스마트사회와 황금주파수-

2011. 7.

# 스마트사회와 황금주파수

김창주 (ETRI)

강영홍 (군산대)

이상운 (남서울대)

김종현 (광운대)

박종민 (ETRI)

## 목차

- 인지무선기술과 주파수 공유.....4
- 모바일 브로드밴드용 황금 주파수 확보.....17
- USAC 오디오 코덱 적용을 통한 디지털 라디오 효율성  
증대.....30
- 공공안전재난구조 통신주파수 확보.....42
- 무선헌행위성업무용 위성망 자원확보.....53

# 인지무선기술과 주파수 공유

## 김창주 (ETRI)

ETRI 주파수융합연구팀장

KAIST 공학박사, ADD연구원, ETRI 전파신호처리연구실장, ETRI 이동통신서비스 연구부장, ETRI 전파기술연구부장

## 요약

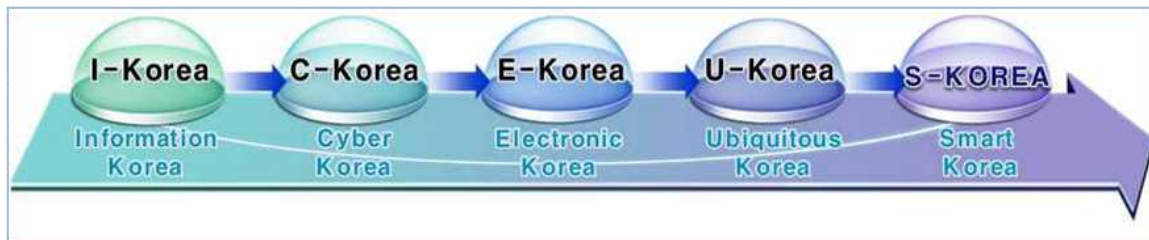
- 무선트래픽이 급증하는 환경에서 주파수 자원의 이용효율을 극대화하기 위해 CR 기술을 토대로 황금주파수 재활용하여 주파수 부족 문제 해결
- CR기술이 적용되기 위해서는 간섭없이 공존하는 기술개발이 중요하며, 충분한 검토를 거친 후에 도입 시점을 결정하고 시장의 요구를 충분히 반영하여 서비스 중립성을 보장하는 형태가 바람직함

# 1. 스마트 사회와 전파이용

## □ 스마트 사회의 도래와 함께 전파이용 폭증

- 1990년대 정보화 사회를 거쳐 인터넷 세상이 열리고, 이후 범 국가차원에서 전자정부를 추진하여 행정업무의 전산화와 함께 우리사회가 한 단계 성숙
- 2000년대 RFID(Radio Frequency IDentification) 기술의 성숙과 함께 모든 곳에서 정보를 접근할 수 있는 유비쿼터스 사회를 건설 [그림 1] 참조
  - ※ RFID: 사물에 전자 태그(tag)를 부착하고 판독기(reader)에서 무선으로 데이터를 수집하여 식별하는 기술. 기존의 바코드(bar code)가 물품의 종류에 따라 서로 다른 바코드를 부착하여 확인하는 반면에 RFID는 모든 사물마다 고유의 ID 번호를 부착하여 개별 사물을 식별
- 2007년 6월 애플사가 아이폰을 출시한 이후 앱스토어 등 무선서비스의 활성화로 무선 트래픽 급증

[그림 1] 전파기술의 발전과 사회 변화

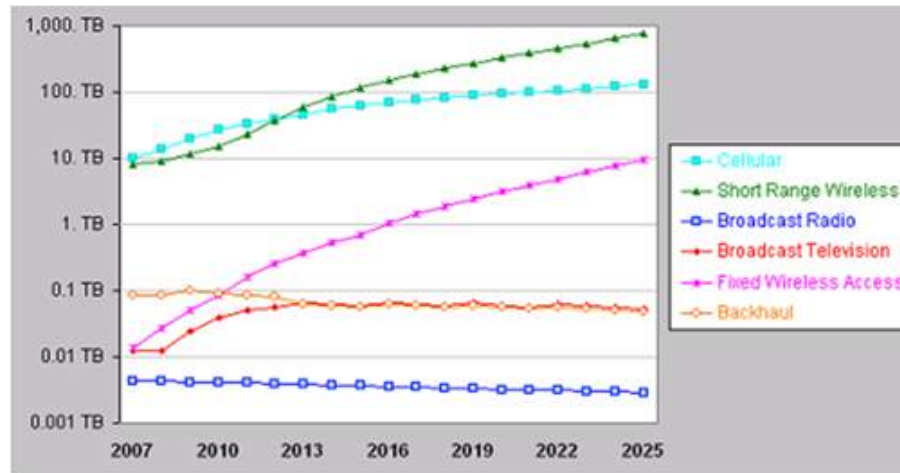


(자료출처: 백인수, Smart IT를 통한 Smart Korea 구현방향, IT정책연구시리즈, 제 18호, Sept. 2010.)

## □ Ofcom의 트래픽 예측 및 전파자원 부족 분야

- Ofcom의 예측에 의하면 미래의 트래픽은 셀룰러 이동통신과 근거리 무선통신(short range wireless) 분야의 트래픽이 가장 많을 것으로 예측
- 특히 근거리무선통신의 트래픽이 폭증하여 대부분의 트래픽은 펌토셀(Femto Cell)이나 Wi-Fi, M2M(Machine to Machine) 등의 통신에서 일어날 것으로 예측
- 따라서 셀룰러 이동통신 분야와 근거리 무선통신을 위한 주파수 예측 및 공급 계획을 수립할 필요가 있음.[그림 2] 참조

[그림 2] 스펙트럼 이용량 및 스펙트럼 부족 예측

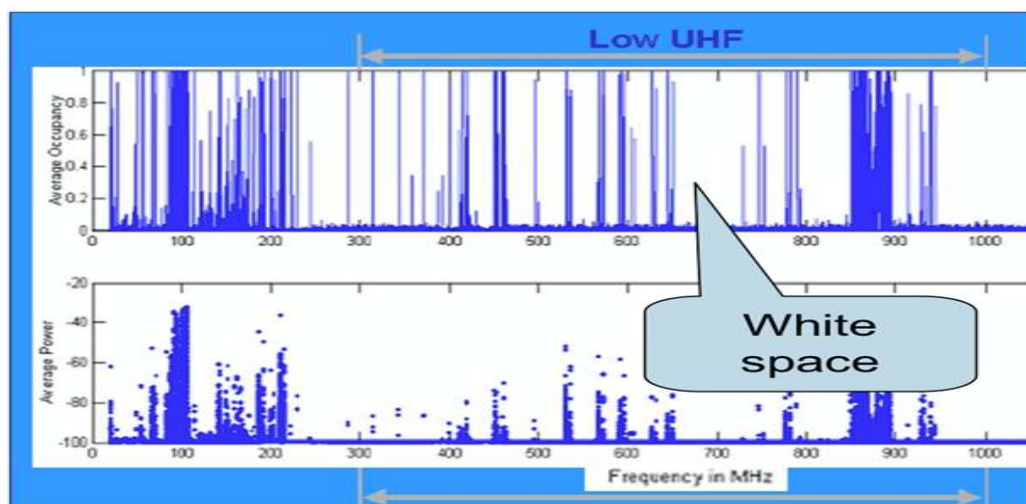


(자료출처: Predicting Areas of the Spectrum Shortage, Ofcom, 2009.)

## □ 전파자원의 이용현황 및 신기술 개발

- 미국의 SSC(shared spectrum company) 등에서 주파수 이용량을 측정한 자료에 의하면 UHF 주파수의 이용량이 약 15%로 보고되고 있음. 한편 FCC가 NYC(New York City)에서 측정한 자료에 의하면 30 MHz~3 GHz 대역의 주파수 점유율이 13%임.
- 따라서 CR(Cognitive Radio) 기술 등 DSA(Dynamic Spectrum Access) 기술을 활용하여 주파수자원의 이용효율을 향상시킬 필요가 있음. [그림 3] 참조

[그림 3] 주파수 이용량 측정



(자료출처: M. A. McHenry, NSF Spectrum Occupancy Measurements, Project Summary (2005), <http://www.sharespectrum.com> )

## 2. 기술 및 표준화 동향

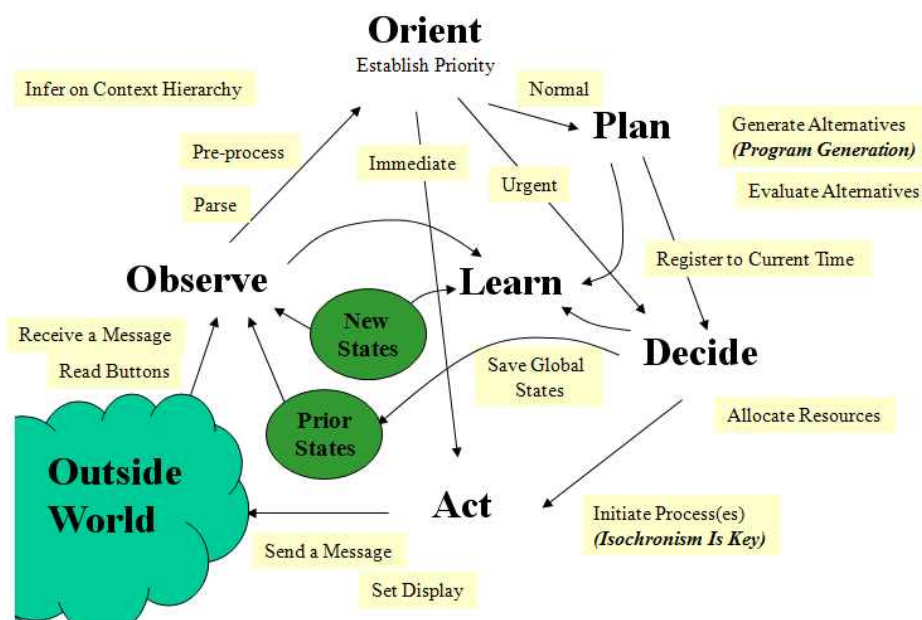
### □ CR기술의 태동

- Cognitive radio 기술은 1999년 DARPA의 자문과학자(consulting scientist)인 Joseph Mitola III에 의하여 제안
- 이후 DARPA의 XG(neXt Generation) 프로젝트를 시작으로 각 종 기회적 이용기술 (time, frequency, space & network agility)이 개발되기 시작하였음.
- 상업용으로는 2004년 11월 IEEE 802.22 WRAN(Wireless Regional Area Network) 표준을 시작하여 2011년 7월에 표준을 완료할 예정이고, ECMA에서는 personal/portable 표준인 ECMA-392 표준을 2009년 12월에 제정하였음. 최근에는 IEEE802.11af 표준과 IEEE 802.19.1 표준도 진행되고 있음.

### □ CR기술의 원리

- CR기술은 그림과 같이 주변의 전파환경을 측정/분석(Observe)하여 기기가 저장하고 있는 정보와 비교(Orient)하여 새로운 정보가 있으면 이를 update(Learn)하고, 없으면 기존의 정보를 토대로 이용에 대한 계획을 세우고(Plan), 이 중에서 우선 순위에 따라 자원을 활용하거나 또는 동작 파라미터(parameter)를 설정(Decide)하여 동작(Act)하는 방식. [그림 4] 참조

[그림 4] CR 기기의 동작 원리



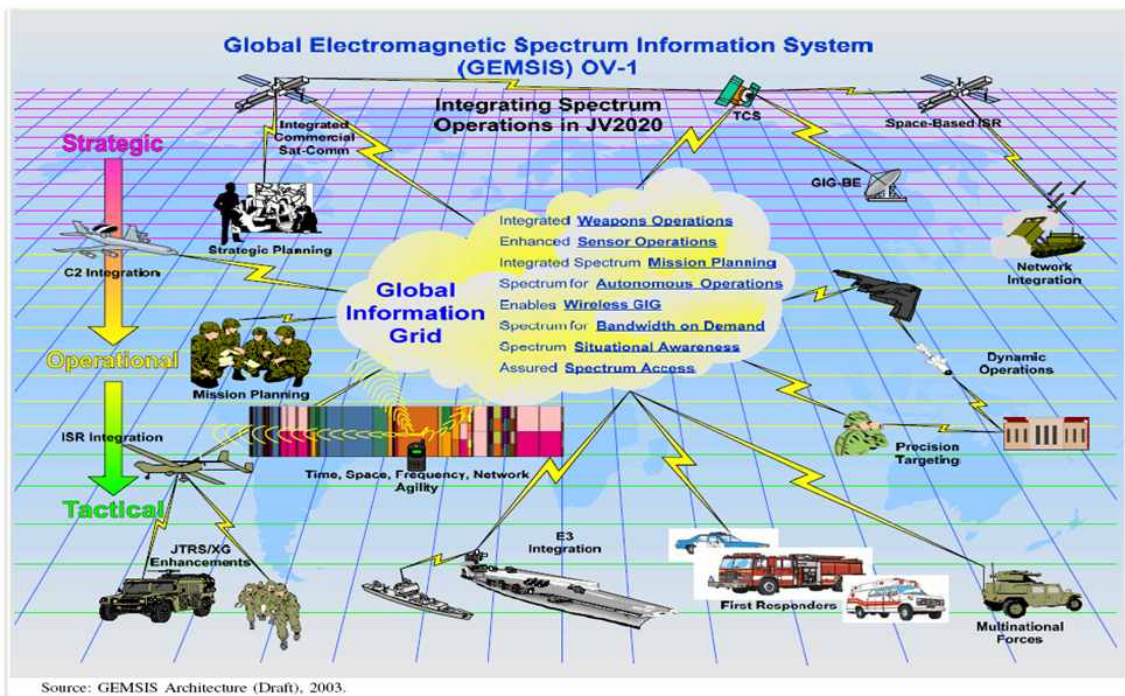
(자료출처: J. Mitola, Ph. D dissertation defense materials, Royal Institute of Technology, 2000)



## □ CR기술의 응용 분야

- CR 기술은 국방 분야에 가장 적합한 형태임. 전쟁 상황에서는 쌍방이 서로 상대방의 통신이나 작전을 방해하면서 아군의 통신을 확실히 하고자 함. 따라서 엄청난 재밍(jamming) 환경에서 재밍 신호가 없는 대역으로 호핑(hopping)하면서 통신을 하는 CR 기술이 필수적임.
- [그림 5] 는 각 종 기회적 이용기술 (time, frequency, space & network agility) 을 활용하여 국방의 전략이나 전술적인 작전을 전개하는 개념을 나타냄.

[그림 5] CR 기술의 국방 응용



- CR 기술의 또 다른 응용분야는 UWB(Ultra Wide-Band)로서 그림 6에 도시한 바와 같이 스펙트럼 언더레이(Spectrum Underlay) 개념으로 스펙트럼을 이용할 수 있음. 이 경우 PU(Primary User)가 존재하는 경우 상호 간섭이 발생하므로 UWB 기기가 DAA(Detect And Avoid) 기능을 보유하여 간섭을 회피하는 방식.

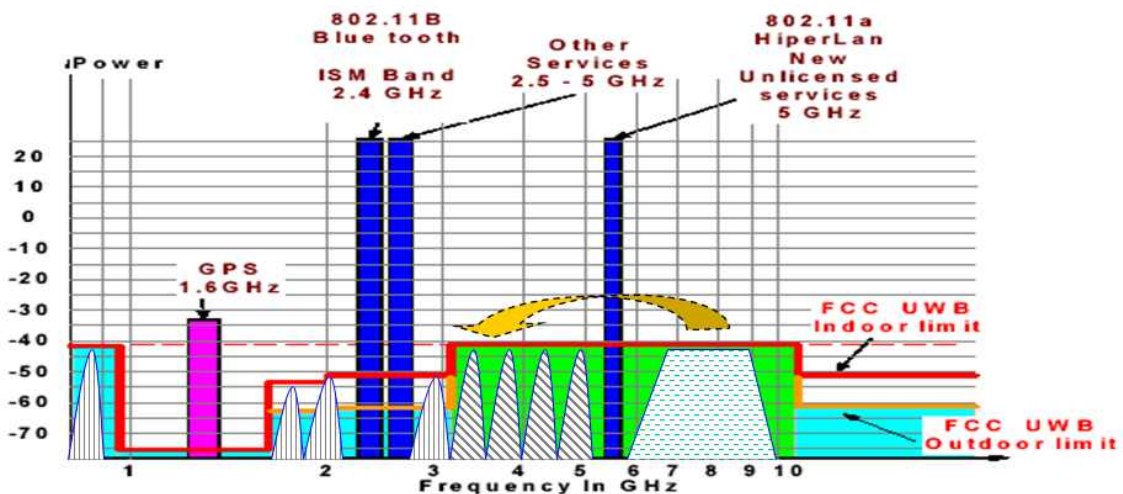
※ DAA: UWB 기기가 PU 신호를 검출하고 회피하는 기능. UWB 기기는 SU로서 해당 주파수를 사용하기 때문에 해당 대역에 PU가 존재하면 다른 비어 있는 채널을 사용하거나 노치필터 등을 이용하여 해당 PU에 간섭을 주지 않는 회피 기능을 구비하여야 함.

- UWB-DAA 방식은 비어 있는 다른 채널로 채널을 전환하는 방법과 노치필터(Notch Filter)를 사용하는 방법 등이 있음. [그림 6] 참조

[그림 6] CR 기술의 UWB 통신 응용 및 스펙트럼 방사 마스크 (Spectrum Emission Mask)



<UWB 기술을 이용한 초고속 광대역 통신>

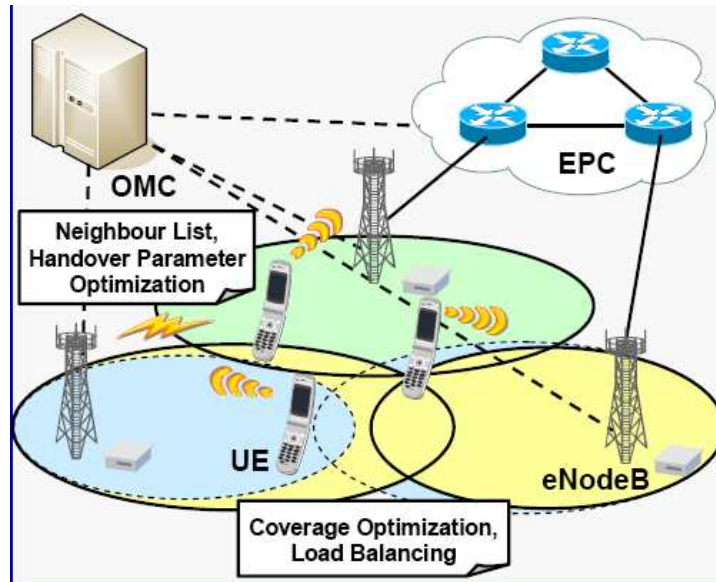


<UWB Spectrum Emission Mask>

(자료출처: FCC)

- 이동통신의 SON(Self Organizing Network)은 주변의 전파환경을 측정하여 시스템의 동작 파라미터를 환경에 맞게 적응하는 기술로 장치 P&P(Plug and Play) 개념으로 발전하는데 초석이 되는 기술[그림 7] 참조
- SON 시스템은 주변의 전파환경을 측정하여 자신의 동작 파라미터를 적응시키는 것은 물론 인접 시스템과 통신하여 시스템의 커버리지와 전송용량 등을 협력함. 핸드오버(handover)를 위한 인접 기지국 리스트, 부하 조정, 그리고 협력통신 등을 자동으로 조정.

[그림 7] CR 기술의 이동통신 응용

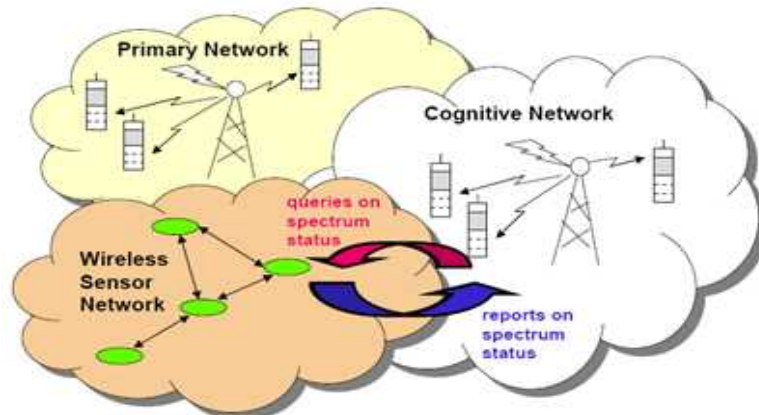


(자료출처: NEC white paper, Self Organizing Network, Feb., 2009.)

- EPC: Evolved Packet Core
- OMC: Operation and maintenance Center
- UE: User Equipment
- eNodeB: Enhanced node B(Base Station)

- SU(Secondary User)로서 WS(White Space) 이용
  - 면허권을 받은 PU가 사용하지 않는 주파수를 기회적으로 이용
  - CR 네트워크에 대한 기반구조(infrastructure)를 구축하는 경우(예를 들면 IEEE802.22 WRAN)와 기반구조가 없는 (infrastructure-less) 망(예를 들면 personal/portable device)으로 대별됨 [그림 8] 참조

[그림 8] CR 기술을 이용한 네트워크

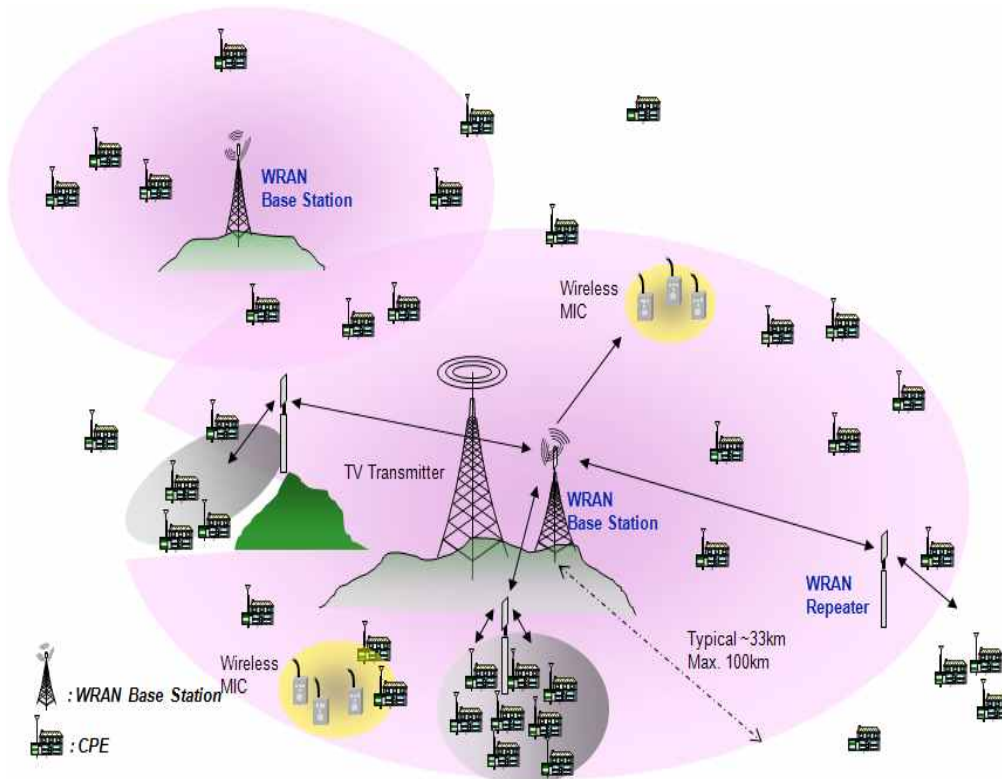


(자료출처: Cognitive Radio technology and Regulation Workshop, Brussels, Jan. 2010.)

## □ CR기술의 표준화

- IEEE 802.22 WRAN은 인구밀도가 1.25 person/km<sup>2</sup> 정도인 시골지역(rural area)에 광대역 서비스를 제공하기 위한 표준으로 서비스 커버리지가 평균 33 km임. FCC ET Docket No. 08-260의 고정형 서비스(Fixed type service)에 해당되며 TVWS(TV White Space)를 이용하여 점 대 다지점(point-to-multipoint) 서비스 제공 [그림 8] 참조

[그림 8] WRAN 서비스 시나리오



(자료출처: C. S. Leem et al., "Spectral Efficiency of WRAN spectrum overlay in the TV white space", ETRI Journal, Vol. 30, No. 6, Dec., 2008.)

- ECMA-392 표준은 FCC ET Docket No. 08-260의 personal/portable service에 해당되고, 비디오 스트리밍(video streaming) 이나 인터넷 접속 또는 점대점 통신이 가능. 통상 출력은 100 mW 이하의 소출력 서비스 제공.
- IEEE802.11af 표준은 2.4 GHz/5GHz 대역에서 사용하는 WLAN 서비스를 TVWS까지 확장하기 위한 표준으로 TVWS의 우수한 전파특성으로 인하여 서비스 커버리지를 약 3-4배 확장할 수 있는 장점이 있음.

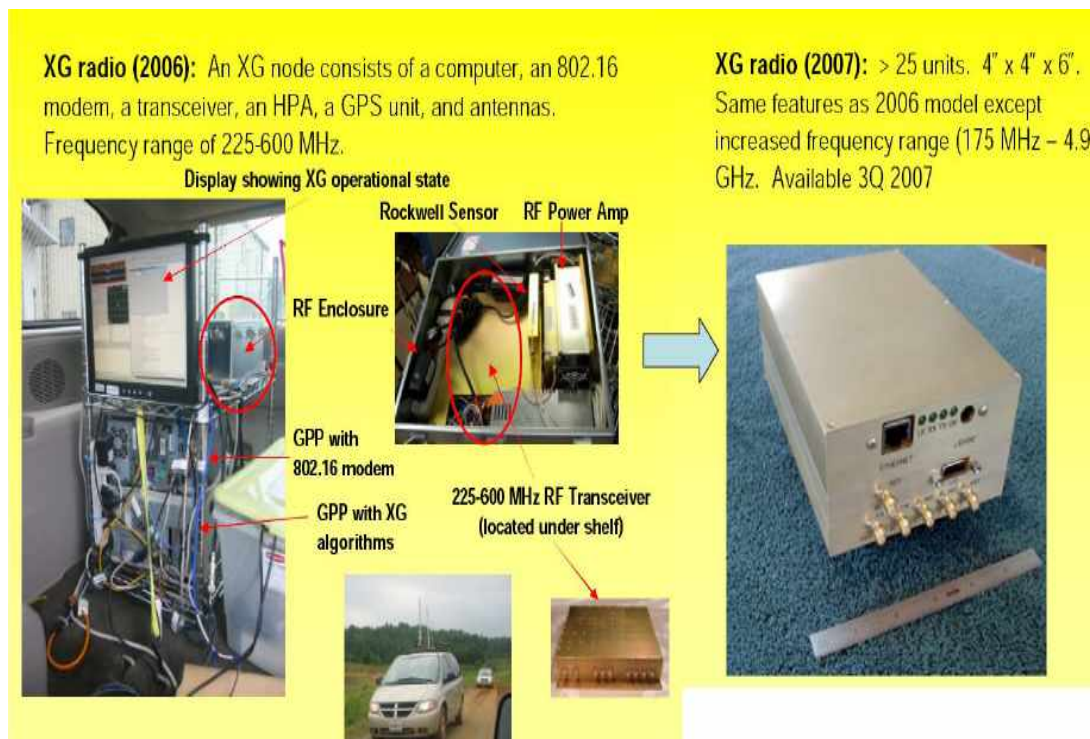


### 3. 주요국의 기술개발 동향

#### □ 미국의 기술개발 동향

- 국방 통신은 물론 상업용 주파수에 DSA 기술을 적용하는 연구를 활발히 진행하고 있음.
- 2000년대에 XG (neXt Generation) 프로젝트와 XG+프로젝트를 통하여 DSA에 대한 첨단기술을 개발
- 광대역 주파수(175 MHz ~ 5 GHz)를 커버하는 하드웨어를 설계하고, CR 기술을 활용하여 비어 있는 대역을 이용하여 IEEE802.16 WiMAX 통신방식으로 통신. 현재 진행하고 있는 WNaN(Wireless Network after Next) 프로젝트 (900 MHz ~ 6 GHz)는 수만 개의 노드가 애드혹 망(ad-hoc network)을 형성하여 견고한 통신을 하는 기술 개발.[그림 9] 참조

[그림 9] XG 하드웨어



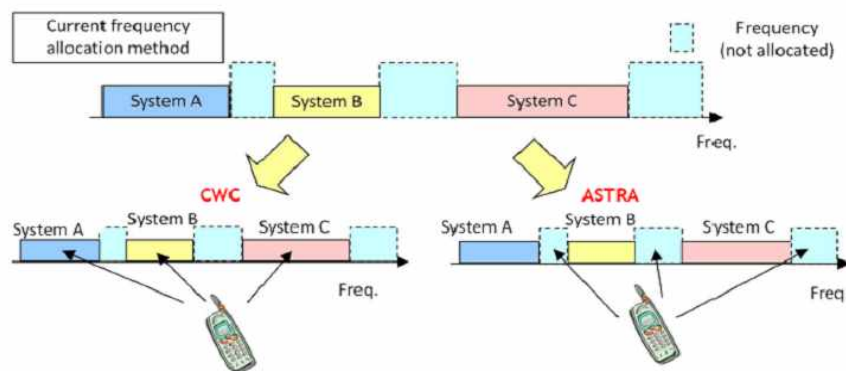
(자료출처: DARPA XG Project.)

- 상업용으로는 2004년도에 FCC가 TVWS에 대하여 비면허방식으로 통신하는 ET Docket No. 04-186을 공표한 이후 관련 표준화 및 후속 기술 개발 중.

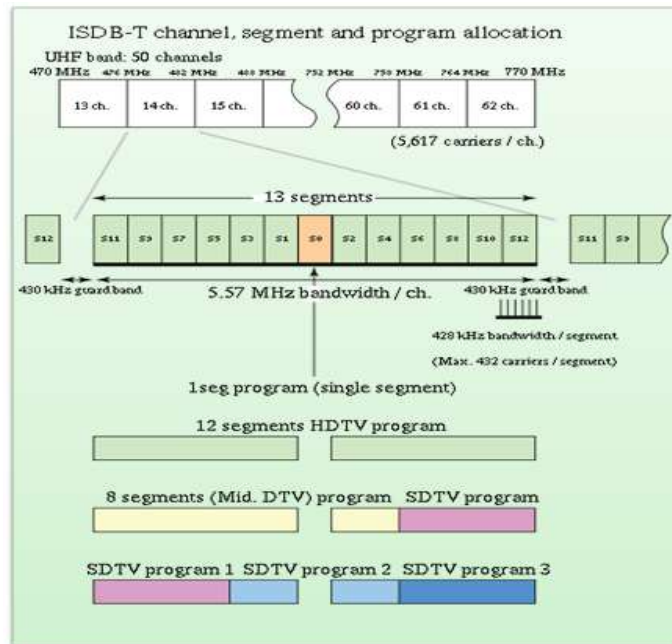
## □ 일본의 기술개발 동향

- [그림 10] 과 같이 이중망에서 끊김없는 서비스(seamless service)를 위한 타입과 PU가 사용하지 않는 경우에 SU로서 주파수를 공유하는 타입으로 대별됨.
- 이중망에서 끊김없는 서비스를 위한 타입으로는 CPC(Cognitive Pilot Channel)을 이용하여 user의 주변에 있는 네트워크 정보를 다운로드 받아서 사용하고, SU로서 사용하는 예로는 TVWS를 지역방송이나 디지털 사이니지(digital signage) 광고 등 주로 방송용으로 재활용하는 방안이 검토되고 있음.
- 이중망에서 끊김없는 서비스를 위한 타입으로는 CPC(Cognitive Pilot Channel)을 이용하여 user의 주변에 있는 네트워크 정보를 다운로드 받아서 사용하고, SU로서 사용하는 예로는 TVWS를 지역방송이나 디지털 사이니지(digital signage) 광고 등 주로 방송용으로 재활용하는 방안이 검토되고 있음.
- 그림 11은 일본에서 디지털 방송 및 휴대 이동방송을 위하여 6 MHz 대역폭을 이용하는 방법을 나타냄. 중앙의 oneseg로 휴대 이동방송을 하고, 4개의 seg가 모여서 SDTV 방송을, 그리고 12 seg가 모여서 HD TV 방송을 전송하는 구조로 이루어져 있음. 이 방식의 장점은 휴대 이동방송에서 HDTV에 이르기까지 동일 방송망으로 전송이 가능하고, OFDM 방송방식을 채용하여 SFN(Single Frequency Network) 구성이 가능함.
- 일본에서의 TVWS 이용은 현재 중앙에 있는 oneseg를 이용하여 지역 광고방송이나 디지털 사이니지에 많이 활용되고 있음 [그림 10] 참조

[그림 10] 일본의 TVWS 이용 정책



[그림 11] 일본의 방송기술 및 TVWS 이용



## 4. 정책이슈 및 시사점

### □ 기술 및 정책 이슈

- 전파자원의 공유기술이 적용되기 위해서는 다음의 3가지 이슈에 대한 검토가 필요함.
- 검증된 공존기술 개발: 주파수 자원을 공유하기 위해서 가장 먼저 선행되어야 하는 이슈는 PU와 SU 간에 간섭없이 공존할 수 있도록 기술개발이 되어야 함. 미국의 FCC에서도 TVWS를 개방하면서 이에 대한 필드 테스트(field test)를 수행하여 기술기준을 정하였고, 스펙트럼 센싱 기술만으로는 간섭없이 공존하기 어려워 데이터베이스(database)를 활용하는 정책을 채택함.
- 정책 도입 시기 결정: 세계적인 경쟁력 및 리더쉽을 선점하기 위해서는 과감한 공유정책의 도입이 바람직하나 앞에서 언급한 바와 같이 충분한 기술검증을 한 후에 시행하여야 함.
- 서비스 중립성: 어떤 종류의 2차 시장(secondary market)을 창출할 것인가? 도 매우 중요한 이슈로 시장의 요구를 충분히 반영하여 서비스중립성을 보장하는 형태가 바람직함

## □ 국내 주파수 자원개발을 위한 시사점

- 무선 트래픽이 급증하는 환경에서 주파수 자원의 이용효율을 극대화하기 위하여 CR에 대한 기술 개발이 한창 진행되고 있음. 주변의 전파환경을 센싱하여 스스로 환경에 적응하여 통신하는 CR 기술을 토대로 황금 주파수를 재활용함으로써 주파수 부족문제를 해결하는 정책을 적극적으로 추진하여야 할 것임.
- 주파수자원의 공유를 위해서는 간섭없이 공존하는 기술개발이 매우 중요함. 따라서 충분한 기술개발 및 검증이 필요하고, 이를 토대로 국내 적용은 물론 세계적인 경쟁력을 키워 나아가야 함.
- TVWS 정책은 미국이나 캐나다 등과 같이 2차 통신 시장을 창출하는 방향과 일본과 같이 지역 방송으로 재활용하려는 움직임이 있음. 최근에 영국의 Ofcom은 TVWS를 무선 인터넷용으로 할당할 목적으로 TVWS에서 super wi-fi의 이용을 실험하고 있음.
- 정보통신산업의 발전과 국가 경쟁력 확보, 황금 주파수자원의 효율적인 이용, 스마트 사회를 실현하려는 정부의 정책, 그리고 시장의 요구사항을 반영하여 TVWS 정책을 추진하여야 함.
- 향후에도 지속적으로 활용되지 않는 주파수대역이나 비면허대역에 DSA 기술을 적용하여 소중한 주파수 자원의 활용도를 극대화하여야 할 것임.



### [참고문헌]

1. 백인수, Smart IT를 통한 Smart Korea 구현방향, *IT정책연구시리즈*, 제 18호, Sept. 2010.
2. Ofcom, Predicting Areas of the Spectrum Shortage, 2009.
3. M. A. McHenry, NSF Spectrum Occupancy Measurements, Project Summary (2005), <http://www.sharedspectrum.com>
4. Mitola, Ph. D dissertation defense materials, Royal Institute of Technology, 2000
5. DoD, DoD strategic spectrum plan, 2007.
6. NEC, Self Organizing Network, Feb., 2009.
7. Cognitive Radio technology and Regulation Workshop, Brussels, Jan. 2010.
8. C. S. Leem et al., "Spectral Efficiency of WRAN spectrum overlay in the TV white space", *ETRI Journal*, Vol. 30, No. 6, Dec., 2008.
9. DARPA XG Program. <http://www.darpa.mil/sto/smallunitosps/xg.html>

# 모바일 브로드밴드 통신용 황금주파수 확보

## 강영홍 (군산대)

군산대학교 정보통신공학과 교수

한국 ITU-R 연구위원, 일본오사카대학 Post-Doc, 영국 Yorke 대학 방문교수

## 요약

- 기존의 주파수 회수/재배치의 문제점을 분석하여 이를 보완하고, 화이트스페이스의 활용방안으로서 멀티미디어통신용으로의 확대속에 SDR/CR, IA 간섭회피 및 주파수 유효이용 기술들과 향후 모바일 광대역 LTE-A 기술을 고려한 미래의 스펙트럼 관리제도 개발이 필요한 실정임.
- 미래의 이동통신사업은 모바일 광대역을 구현하는데 충분한 적합성 스펙트럼 확보가 관건이며, 국가적으로 관리되는 스펙트럼 확보는 국가의 혁신과 투자에 중요한 인센티브를 가져오기에 지속적이며 투명하고 예측 가능하면서 국내에 가장 이상적인 스펙트럼 관리제도 및 시스템으로 개발되어야 할 것임.

## 1. 개요

- 스펙트럼은 이동통신 산업에서 그 중요성이 매우 커지고 있으며, 통신 사업자에게는 가장 중요하고 가치 있는 자산이지만, 불행하게도 세계, 지역, 국가의 계획과 규제를 필요로 하는 제한적이고 부족한 자원임.
- － 이동통신을 위한 적시의 충분하고 적합한 스펙트럼의 활용은 모든 사람들에게 모바일 광대역의 혜택을 확장하고 나아가 이동통신의 글로벌 성공사례를 발전시키는데 필수적임.
- － 국제수준에서 단지 일부 주파수 대역만이 이동통신 기술보급에 조화를 이루는데, 상업적으로 가장 중요한 대역은 900/1800/2100/2600MHz 및 800MHz 대역이 인식되고 있음.
- 국내 스마트폰 가입자는 올해 약 2,000만명에서 2015년 약 4,800만명에 이를 것으로 예상되고 있으며, 데이터 트래픽은 연평균 197%의 신장율을 보이고 있음. [그림 1] 참조

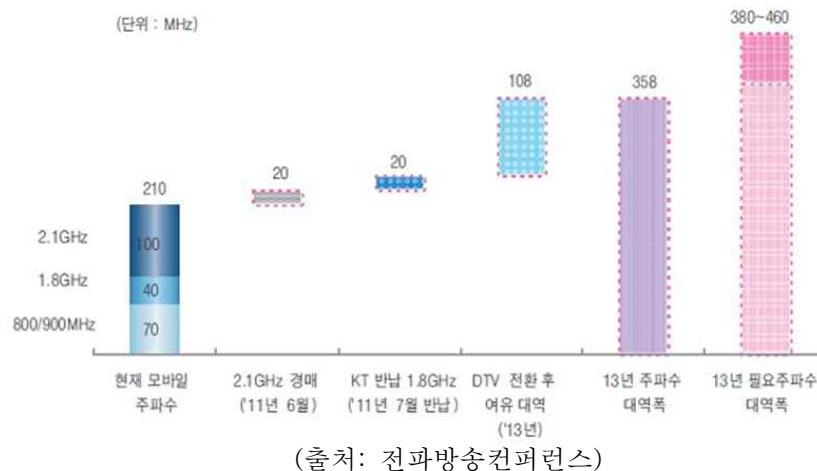
[그림 1] 국내 트래픽 성장 전망



(출처: 방송통신위원회)

- － 현재 국내 모바일 주파수 대역폭은 210MHz로 2013년 필요 주파수 대역폭은 380~460MHz로 예상되고 있음 [그림 2] 참조.

[그림 2] 참조. 국내 주파수 확보 방안 및 필요 주파수 대역폭 비교



- o 국내 이동통신 서비스에 새로운 혁명, 와이브로와 함께 4세대 LTE(Long Term Evolution) 이동통신서비스를 SK텔레콤과 LG유플러스가 7월 1일부터 실시할 예정임.
- o ITU에서는 WRC07에서 IMT 주파수를 분배하였고, '10년까지 IMT-Advanced<sup>1)</sup> 표준화를 진행한 후, '12년부터 IMT-Advanced 서비스가 진행될 예정이며, Nokia, Ericsson 등 유럽 중심의 3GPP 진영은 LTE-Advanced<sup>2)</sup> 기술을 기반으로 IMT-Advanced 후보기술로의 준비를 진행 중에 있음
  - 미국 중심의 IEEE 진영은 802.16m 기반으로 '09년에 세부 기술규격 표준화를 완료하여 IMT-Advanced 후보기술로 제안하였으며, 국내에서는 고속이동성을 제공하는 3GPP LTE-Advanced 기술과 IEEE 802계열의 WiBro Evolution 기술의 차세대 이동통신 핵심기반기술을 확보하여 국제 표준화에 반영하고 있음.
- o 전파이용 분야의 발전은 휴대전화 등 기존의 이동통신 뿐만 아니라, 무선 접속 기능이 노트북, 태블릿 PC나 가전제품, 게임기, 산업용 기기 등에 탑재되는 새로운 이용방법이 등장하고 있음.
  - 휴대 인터넷이나 무선LAN 접속 서비스를 시작으로 모바일 인터넷 이용자의 증가에 의해 무선에 의한 인터넷 접속이 장소나 시간에 관계없이 사용되어 생활이나 비즈니스에 깊숙이 침투되고 있음.
- o 전파를 이용한 서비스, 시스템이 새로이 등장하는 한편, 기존의 전파이용 서비스, 시스템의 고도화가 진행되고 있는 상황에서 주파수 수요가 점점 증가하고 있어 전파의 유효이용을 위한 주파수 관리가 그 어느 때보다도 중요한 과제가 되고 있음.

1) IMT-Advanced: 4세대 무선 광대역 표준

2) LTE-Advanced: ETRI가 세계 최초로 개발한 4세대 이동통신시스템

## 2. 차세대 이동통신 주파수 확보 현황

### □ ITU

- o ITU는 3G를 IMT-2000, 4G를 IMT-Advanced로 세대를 분리해 명칭하던 것을 IMT로 단일화(WRC-07회의)하고, 음성, 데이터, 영상, 멀티미디어 등을 제공하기 위한 이동통신용 주파수가 '20년까지 1280~1720MHz 폭이 소요될 것으로 예측하여 IMT용 주파수를 국제적으로 분배함. [그림 3] 참조

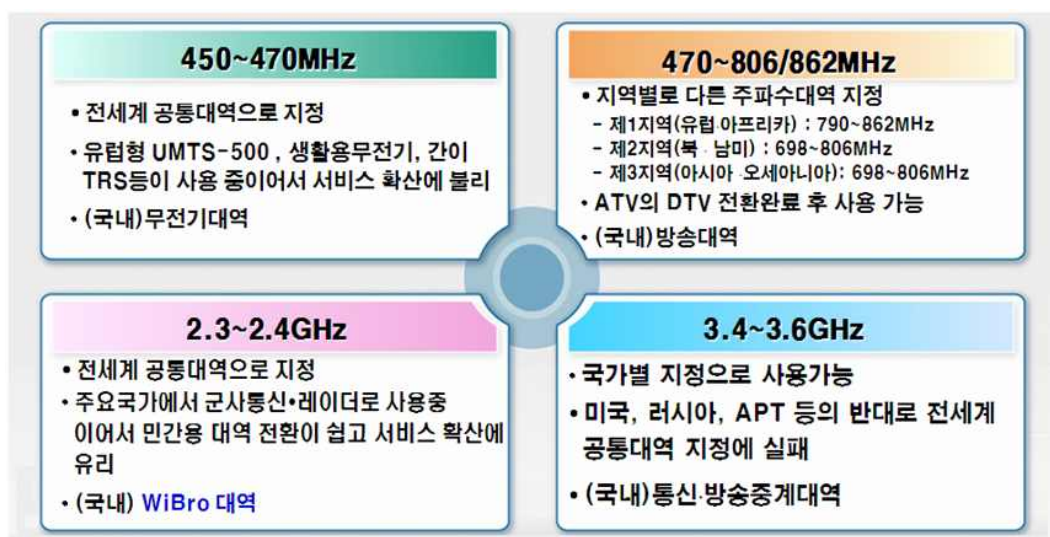
[그림 3] 이동통신 소요대역폭 예측치



(출처: 방송통신위원회, 전파진흥기본계획)

- o WRC-07에서 약 400MHz 폭의 IMT용 주파수 분배후, 450~470MHz, 698~806MHz, 2.3~2.4GHz, 3.4~3.6GHz 대역을 IMT용으로 선정하여 전세계는 이동통신용 주파수 추가확보에 정책역량을 집중하고 있음 [그림 4] 참조

[그림 4] IMT용 주파수 후보대역



(출처: 방송통신위원회, 전파진흥기본계획)

## □ 미국

- 무선 광대역 이용을 위해 차후 10년에 걸쳐 500MHz 스펙트럼을 확보하도록 오바마 대통령이 제기한 사안에 대해 NTIA는 Ten-Year Plan과 Timetable을 ‘10년 8월에 발표하여 후보대역의 결정 및 그 가용성을 평가하고, 스펙트럼을 확보하는데 필요한 액션을 확인하고 있음.
- NTIA는 PPSG(Policy and Plans Steering Group)–SWG(Spectrum Working Group)와 함께 배타적/독점적 비연방(non-Federal) 사용으로 재결의 하기 위한 1500MHz 폭의 연방의 배타적/공유 스펙트럼 대역을 확인함 [표 1] 참조

[표 1] 분석중인 연방/공유 스펙트럼 대역

주파수 대역 (MHz)	주파수량 (MHz)	현재 할당/이용 (연방, 비연방, 공유)
406.1-420	13.9	연방
1300-1390	90	연방
1675-1710	35	연방/비연방 공유
1755-1780	25	연방
1780-1850	70	연방
2200-2290	90	연방
2700-2900	200	연방
2900-3100	200	연방/비연방 공유
3100-3500	400	연방/비연방 공유
3500-3650	150	연방
4200-4400 [4200-4220 & 4380-4400]	200	연방/비연방 공유
합계	1473.9	

(출처: First Interim Progress Report on the Ten-Year Plan and Timetable, *U.S. Department of Commerce*)

- PPSG–SWG에 따라 NTIA는 재결의 대역의 우선순위를 정하기 위한 방법, 대역 선택 인자(factor) 및 관련 설명자(descriptor)를 개발하였으며, 표 2의 대역선택 인자에 근거하여 FCC–면허 무선 광대역 시스템을 위해 비연방 사용으로 재결의 하는데 6개의 대역의 우선순위를 다음과 같이 정함. [표 2] 참조

1. 1755–1850MHz
2. 1695–1710MHz
3. 406.1–420MHz
4. 1370–1390MHz
5. 4200–4400MHz
6. 3500–3650MHz

[표 2] 대역선택 인자

- 가용 대역폭
- 예상수익 창출 가능성
- 기술
- 유사한 스펙트럼
- 재배포 비용
- 10년내 재배포 완료 가능성
- 요구되는 국제협회의 어려움 레벨

## □ 유럽

- o 이동통신 및 서비스의 확산은 스펙트럼 가용성에 의존하므로 지난 10년에 걸쳐 유럽의 많은 국가들이 UMTS(Universal Mobile Telecommunications System) 서비스를 위해 2.1GHz 대역을 할당했으며, 현재 2.6GHz 대역을 할당 중에 있다. 더구나, UMTS와 이후의 LTE 서비스를 위해 900 및 1800MHz 대역 개방이 하나의 유럽 스펙트럼 관리 트렌드라 할 수 있음.
- o [표 3] 은 유럽을 위주로 이동통신용 각 주파수 대역 및 지역에 있어 가장 일반적인 기술을 보여줌.

[표 3] 유럽의 이동통신용 주파수 대역에서의 일반적 기술

주파수 대역	기술	비고
450MHz대 (453-457.5/ 463-467.5MHz)	NMT 아날로그, 오늘날 CDMA 450	450MHz 대역은 어느 지역에서도 적합성이 없지만, 미국을 제외한 모든 지역에서 이동통신용으로 유보
DTV 유희대역 또는 800MHz대 (790-862MHz)	디지털 배당이 공개되었을 때 LTE가 가장 일반적 기술	유럽이 DTV 유희대역의 관리로 가장 적합성 지역임. 미국 및 아시아 모두 디지털 배당의 관리를 위한 CEPT의 권고에 따르게 되지만, 적합성에 대한 고려는 하지 않고 있음
900MHz대 (880-915/ 925-960MHz)	현재 유럽은 GSM 면허기술 중립화를 위한 회수/재배치 예정	900MHz대는 미국 또는 아시아에서 동일 적합성이 없지만, 여러 이동기술들이 900MHz대 인근대역에서, 즉 825-845/870-890MHz대의 CDMA가 구현되고 있다. 동유럽 및 아프리카의 일부 국가는 이 대역에서 CDMA를 구현하고 있음
1800MHz대 (1710-1785/ 1805-1880MHz)	현재 유럽은 GSM 면허기술 중립화를 위한 회수/재배치 예정	미국의 많은 주에서 1850-1910/1930-1990MHz대가 PCS-1900기술(1900MHz대의 GSM)이 사용되고 있음. 아시아 주요국가에서 1800MHz대역은 유럽과 동일방법으로 사용
2.1GHz대 (1900-1980/	WCDMA가 전유럽에서 사용. WCDMA와 동일	유럽과 일부 아시아 국가 적합성 대역. 미국에서는 일부 서브대역에서 위성통신의 우선순

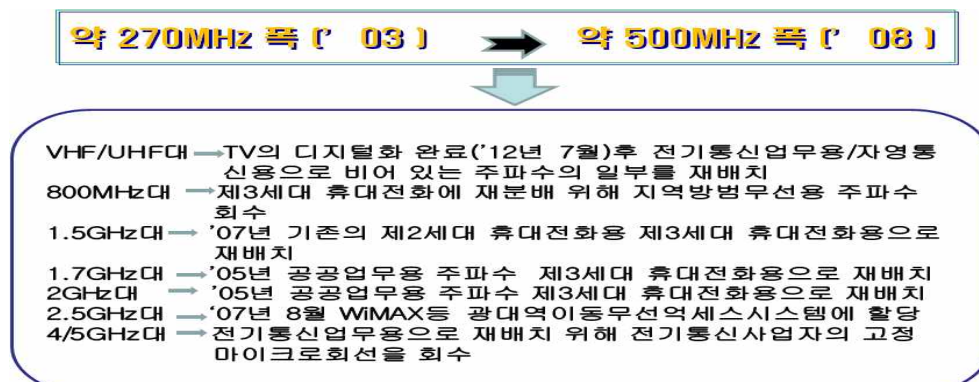
2110-2170MHz)	규모는 아니지만, CDMA2000이 미국 및 아시아 일부에서 사용	위에 따라 유보가 일부 수정됨
2.6GHz대 (2500-2690MHz)	기술 중립화, 대부분 LTE	대부분의 유럽 및 아시아 CEPT 적합성 대역. 미국에서 WiMAX에 사용
3.5GHz대 (3400-3600MHz)	기술 중립화, 고정 WiMAX (IEEE 802.16d)가 대부분 사용	전세계 적합성 대역

(출처: Spectrum Management in the Mobile Broadband Era, *Teletronik 1*)

## □ 일본

- 고정 및 이동시스템은 그 고도화에 따라 보다 높은 주파수대역을 이용하는 시스템으로 개발/이행이 진행되고 있어 고정시스템을 보다 높은 주파수로 이행시켜, 그 비어 있는 대역으로 이동시스템을 도입 재분배를 촉진시키고 있음.
- 이동통신시스템의 트래픽은 하이비전 영상의 업로드나 대용량 데이터 전송에 의한 가전기기와 연대 등 새로이 창출되는 서비스나 기존 서비스의 고도화에 의해 2017년에는 2007년의 약 200배로 증대가 예상되어, 현재 이동통신시스템에는 500MHz폭의 주파수가 할당되어 있지만, 2020년에는 트래픽양의 증가수요에 대처하기 위해 현재의 약 4배 총 2GHz폭의 주파수 확보가 필요하다고 예상되고 있음.
- 이동통신용 주파수를 확보하기 위해 1.7GHz 및 2GHz대에서 지금까지 이용되어 온 공공업무용 무선국을 다른 대역으로 이행/집약시켜 비어 있는 주파수를 제3세대 휴대전화로 재분배하였다. 또한, 1.5GHz대에서도 기존의 제2세대 휴대전화시스템을 폐지하여 비어 있는 주파수를 제3세대 주파수로 재분배하였으며, 더욱이 2.5GHz대는 WiMAX 등의 광대역 이동무선 액세스로 분배함 [그림 5] 참조

[그림 5] 일본 이동통신용 주파수 회수/재배치



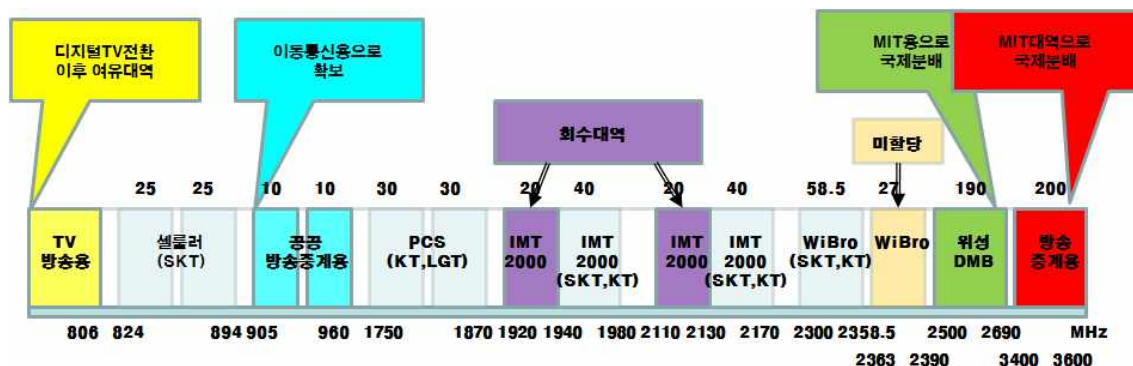
(출처: 日本総務省 電波政策懇談会, 電波新産業創出戦略、電波政策懇談会報告書)



## □ 국내

- 주파수의 효율적 이용과 공정경쟁 환경조성, 미래 수요에 대비하기 위해 주요 주파수대역에서 회수/재배치계획을 수립하여, 800MHz 셀룰러 주파수 이용기간 만료시 20MHz폭 회수하고, 900MHz 대역서 이동통신 수요에 대응하기 위해 20MHz폭을 확보함
- 3세대 가입자 증가추세에 대응하기 위해 2.1GHz WCDMA 잔여주파수 및 새로 확보한 800-900MHz 대역 주파수를 사업자에게 할당하고, 국내 이동통신 수요에 대비하여 ITU가 차세대 이동통신용으로 분배한 2.5~2.6GHz 및 3.4~3.6GHz 대역을 단계적으로 확보해 나갈 예정임.
- [그림 6] 참조에 국내 주파수 대역의 이용 및 확보 현황을 보이며, 다양한 대역에서 이동통신 제공이 가능하도록 국제 분배되어 있으므로 이동통신용으로 할당되지 않은 대역에 대한 주파수 확보 노력이 필요함.

[그림 6] 국내 주파수 대역의 이용현황



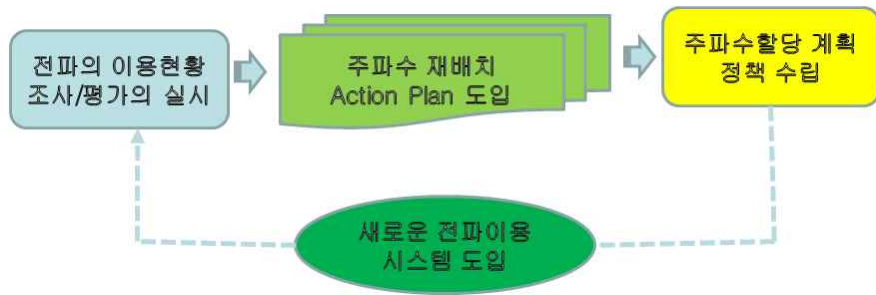
## 3. 이동통신용 주파수 확보를 위한 스펙트럼 관리

### □ 주파수 회수/재배치

- 최근 국내에서는 올 8월초에 이루어지는 2.1GHz, 1.8GHz, 800MHz 3가지 주파수 대역에 대한 경매방식이 확정되었으며, 황금주파수인 2.1GHz 대역에 대해서는 LGU+에 할당하기로 함.
- ITU에서 분배한 차세대 이동통신용 주파수 확보를 위해 고정 중계용으로 이용중인 3.4GHz~3.6GHz 대역의 중계장비 상향 재배치 및 이용방안을 마련 중임.

- 주파수의 이행/재배치의 방향성을 결정하기 위해서는 실제의 전파가 어떻게 사용되는 지를 파악할 필요가 있으며, 전파의 이행/재배치를 원활히 실행하기 위한 구체적인 프로그램을 나타내는 주파수 재분배 Action Plan을 책정하여 주파수 할당계획의 개정에 의한 주파수의 이행기한을 정해 주파수 이행/재배치를 구체화하여 나가야 함 [그림 7] 참조

[그림 7] 주파수 이행/재배치 사이클(Ref. [6])



(출처: 日本総務省 電波政策懇談会, 電波新産業創出戦略、電波政策懇談会報告書)

## □ 화이트스페이스의 활용

- 전파이용시스템은 고정/이동 모두 고도화에 따라 보다 높은 주파수대역 이용이 진전되고 있으며, 아날로그 TV방송의 전면 디지털화에 따라 전파이용의 유효 이용 촉진/전파이용실태에 주목 화이트스페이스 활용 검토가 이루어지고 있음 [표 4] 참조

[표 4] 화이트스페이스 활용에 대한 각국의 검토 현황

	일본	미국	유럽
검토배경	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지역적으로 이용가능한 화이트스페이스의 특성에 착안하여 지역 커뮤니티의 정보발신수단으로 활용하면서 지역활성화 기대에 따라 2009년 12월부터 검토팀 설치</li> <li>○ 검토팀에서는 화이트스페이스 활용모델이나 그 실현을 위한 과제 등을 검토</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 모바일 브로드밴드 환경이 전국적으로 정비되어 있지 않은 현상으로 Microsoft나 Intel등 TV화이트스페이스에 브로드밴드통신 개방을 FCC에 요청</li> <li>○ 2002년부터 FCC가 검토를 개시, 2008년 11월 화이트스페이스 이용을 인증하는 Order를 채택</li> <li>○ 2009년 10월부터 필드실험을 개시</li> <li>○ 2009년 11월 데이터베이스관리의 공모에 대해 공시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2008년 6월 CEPT는 TV 화이트스페이스 이용에 관한 보고서 공표</li> <li>-코그니티브 무선기기의 사용을 판단하는 것은 시기상조로서 어떠한 기기도 비간섭/비보호 원칙 중에서 사용</li> <li>○ 화이트스페이스 활용을 포함한 주파수 공용에 관한 기술의 연구개발은 유럽의 중요 프로젝트의 하나</li> <li>○ 영국은 TV화이트스페이스 이용에 적극적</li> </ul>
기대되는 활용	화이트스페이스를 지역 활성화 및 새로운 비즈니스 창출 등 국민의 이익과 편리 추구		
	<b>방송형과 같은 단방향 서비스가 주류</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 단일 에리어나 디지털</li> </ul>	<b>쌍방향 서비스가 주류</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 홈네트워크(무선LAN보다도 광역으로 이용가능한 네트워크)</li> </ul>	<b>연구개발이 주류</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 유럽위원회 연구개발프로젝트에 있어 코그니티브 무</li> </ul>

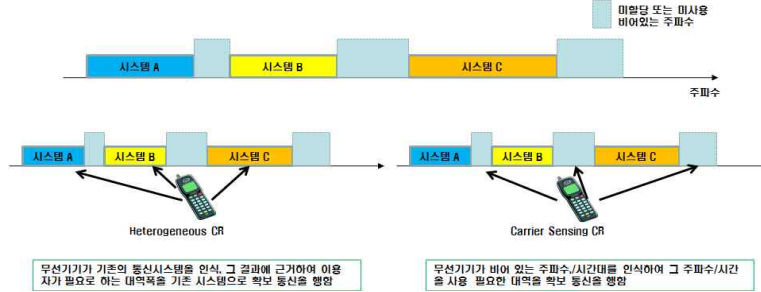
	텔 시너지를 활용한 단방향서비스에의 기대가 큼	o 커뮤니티 에리어 네트워크(산간 지역 등에 브로드밴드 환경을 제공)	선기술이나 소프트웨어 무선기술을 포함하는 미래의 무선시스템의 구상검토나 연구개발을 실시
검토방향	화이트스페이스 활용모델에 대해 o 단기적으로 도입가능하다고 고려되는 것 o 중장기적으로 검토를 요하는 것으로 분류하여 예상되는 제도적/기술적인 과제나 사업과제 등을 검토	o 향후 FCC에서는 구체적인 기술 기준 규정이나 데이터베이스 구축을 포함하는 작업이 필요 o “국가 브로드밴드 계획(2010년 3월)”에 TV화이트스페이스 관련하여 조급히 결론을 얻어야 할 것을 포함	o 주파수 공용에 대해서는 제도적인 시스템 정비 필요하다고 인식 o 우선 기술적인 검토가 필요하여 국제적인 표준화 활동 중요 o TV화이트스페이스 활용은 기술적 동향 등을 고려하여 검토

- o 화이트스페이스 활용을 검토할 때는 실제로 이를 이용하고 있는 기존 TV 사업자에 영향을 줄 가능성이 있으므로 신중한 검토가 이루어져야 하며, 향후 모바일 광대역 환경정비를 반영하고, SDR/CR 무선기술 등을 고려한 스펙트럼 관리 및 주파수 재정비에 대한 제도적인 시스템이 요구됨.

## □ 향후 도입기술을 고려한 스펙트럼 관리

- o Cognitive Radio(CR), Software Defined Radio(SDR), IA(Interference Alignment) 및 LTE-Advanced(LTE-A)와 같은 향후 도입기술들은 스펙트럼 면허부여, 관리 및 활용방법에 불가피하게 변경을 가져오므로 이들 기술들을 고려한 이동통신용 주파수 확보 및 관리제도가 요구되고 있음.
- o 다수의 무선방식에 보다 유연하게 대응하는 SDR의 실현에는 광대역을 커버하기 위한 요소기술이 중요하고, 구체적으로는 SDR에 적응한 광대역의 무선주파수 회로나 무선주파수 필터, AC/DC 변환기, 소프트웨어 안전성 확인/검증 방법 등을 어떻게 실현할 것인가가 과제임.
- o CR 기반기술은 주변의 전파환경이나 서비스 품질을 적절히 파악하여 적절한 주파수대/통신방식이나 네트워크/시스템 등을ダイナ믹하면서 유연하게 선택하여 통신하는 방법에 의해 주파수 유효이용을 꾀하는 기술임. [그림 8] 참조

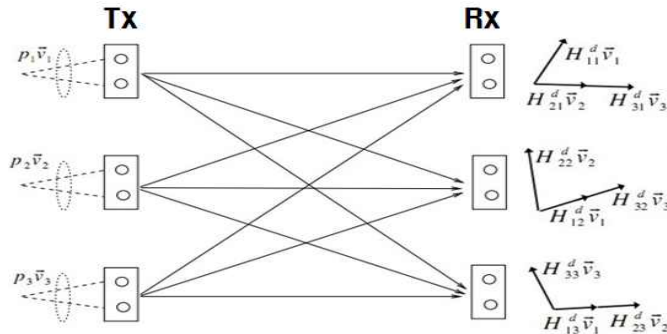
[그림 8] CR 기반기술



- o IA는 송신기에서의 적절한 사전부호(precoding)를 행해 모든 수신된 간섭이 통신 메시지 서브스페이스에 선형독립이 되도록 서브스페이스상에 완벽하게 정렬되도록(aligned)하여, 간섭을 회피하면서 주파수 이용효율을 높이는 기술임

[그림 9] 참조

[그림 9] IA 서브스페이스도



- o 고속 서비스를 제공하는 이동 광대역 기술들의 발전으로 인해 필연적으로 스펙트럼 대역폭 요구가 증가하고 있는데, 예를 들어, LTE 최적성능이 20MHz의 캐리어 대역폭 사용에 도달하고 있으며, 차세대 LTE-A는 최적성능을 검증하기 위해 100MHz 대역폭을 요구하고 있음
- o 시스템의 이동성을 유지하기 위해 아직도 낮은 주파수 대역에서 구현이 될 예정이지만, 적절한 성능을 보장하는 대역폭을 찾기가 쉽지 않으므로 이러한 문제를 해결하기 위해 연속적인 단일 블록의 100MHz를 요구하는 것이 아니라 900MHz, 1800MHz, 2.6GHz의 다수의 대역에 비연속 블록의 스펙트럼 운용을 허용하게 되며, 이러한 운용에 있어서도 SDR/CR 기술도입의 중요성이 매우 크다고 할 수 있음.
- o 연구기관들은 SDR/CR, IA 기술들이 이동 광대역통신 기술개발에 매력적이고 흥미있는 도전이라고 간주하고 있으며, 스펙트럼 관리자들은 좀 더 낮은 스펙트럼 효율과 스펙트럼 이용자에게 높은 레벨의 자율성을 기대하고 있음

- 비록 기술적인 성숙도가 아직 주어지거나 검증되지 않았지만, 모든 국가들은 스펙트럼 부족의 문제를 해결하기 위한 미래의 이동통신기술로서 이러한 기술들이 중요한 툴(tool)이라는데 인식을 같이하고 있으며, 부족한 모바일 광대역 주파수를 확보하고 관리하는데 이러한 주파수 유효이용기술들을 고려하여 미래의 스펙트럼 관리를 위한 제도적 시스템을 마련해야 함.

## 4. 시사점

---

- ITU는 WRC-07회의에서 이동통신용 주파수가 '20년까지 1280~1720MHz 폭이 소요될 것으로 예측하여 IMT용 주파수를 국제적으로 분배하였으며, 미국 NTIA는 500MHz 스펙트럼을 확보하기 위한 후보대역의 결정 및 그 가용성을 평가하고, 스펙트럼을 확보하는데 필요한 액션을 확인하고 있음
- 일본은 2020년까지 2GHz 대역폭이, 국내에서는 2013년까지 380~460MHz 필요 대역폭이 예상되고 있는 등 각국이 이동통신용 주파수 부족에 대한 이슈가 제기되고 있어 국내에서도 모바일 광대역 주파수 확보를 위한 차세대 스펙트럼 관리를 위한 제도적 시스템이 마련되어야 할 시점임.
- 미국 NTIA는 광대역 무선 엑세스용으로 4200-4400MHz 및 1695-1710MHz 대역을 WRC-2016에 새로이 제안할 예정에 있어 국내에서도 이 주파수 대역에 대한 기존 서비스 영향 분석 및 활용 가능성을 검토하여 WRC-2016 회의에 국내 대응방안을 강구할 필요가 있음.
- 기존의 주파수 회수/재배치의 문제점을 분석하여 이를 보완하고, 화이트스페이스의 활용방안으로서 멀티미디어통신용으로서의 확대속에 SDR/CR, IA 간섭회피 및 주파수 유효이용 기술들과 향후 모바일 광대역 LTE-A 기술을 고려한 미래의 스펙트럼 관리제도 개발이 필요한 실정임.
- 미래의 이동통신사업은 모바일 광대역을 구현하는데 충분한 적합성 스펙트럼 확보가 관건이며, 국가적으로 관리되는 스펙트럼 확보는 국가의 혁신과 투자에 중요한 인센티브를 가져오기에 지속적이며 투명하고 예측 가능한 스펙트럼 관리 조건을 지닌 국내에 가장 이상적인 제도 및 시스템으로 개발되어야 할 것임.

### [참고문헌]

1. 미디어오늘 “2.1GHz, 단일사업자에 넘길 경우 경쟁상황 악화 우려”, 2011년 5월 22일.
2. 방송통신위원회, 전파진흥기본계획(안), 2009년 4월.
3. G. Locke and L. E. Strickling, "First Intrim Progress Report on the Ten-Year Plan and Timetable", *U.S. Department of Commerce*, April 2011.
4. F. Trosby, A. B. Johannessen, and K. Rasbstad, "Spectrum Management in the Mobile Broadband Era", *Teletronik 1*, 2010.
5. 日本総務省 電波政策懇談会, 電波新産業創出戦略、電波政策懇談会報告書、平成21年7月
6. V.Cadambe and S.Jafar, "interference alignment and degree of freedom of the  $k$ -user interference channel," *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol.54, no.8, pp.3425-3441, Aug.2008.
7. NGMN, "Next Generation Mobile Networks Spectrum Requirement Update", October, 2009.
8. 日本の総務省の新たな電波の利用のビジョンに関する検討チーム報告書、平成22年7月

# USAC 오디오 코덱 적용을 통한 디지털 라디오 효율성 증대

## 이상운 (남서울대)

남서울 대학교 교수, 연세대박사, MBC 기술연구소, 연세대학교 연구교수

## 요약

- 디지털 라디오 방식별 오디오 방식을 고찰하고 디지털 라디오 서비스 품질제고와 주파수 효율 증대를 위하여 USAC 적용가능성 제안
- USAC은 음성 및 클래식 음악방송 등 저품질부터 고품질까지의 다양한 라디오방송 서비스에 부응할 수 있으며, 기존 오디오 코덱에 비해서 상대적으로 우수한 주파수 효율을 갖는 것을 확인
- 따라서 새롭게 도입되는 디지털 라디오방송에 적용할 경우 우수한 방송 품질의 방송서비스를 제공하고 주파수도 효율적으로 운용할 수 있어 바람직할 것으로 판단

## 1. 개요

---

- 라디오와 텔레비전은 공중파를 이용하는 대표적인 방송매체이며, 인터넷, 위성, 케이블 등 다양한 경쟁매체가 늘어나며, 기존의 아성을 위협하는 이제까지 나뉠대로의 영역과 수요를 굳건히 지키고 있음.
- 텔레비전은 2000년도에 ATSC(American Television Standard Committee) 방식으로 표준이 확정된 바 있으며, 내년 2012년 말에는 아날로그 텔레비전의 송출을 중단하고 완전 디지털로의 전환을 맞이하게 되었음.
- 그러나 라디오의 디지털 전환은 아직 방식결정도 못한 상황으로 1990년대 후반부터 시작된 방식결정 논의에 대한 막바지 논의가 한창 진행되고 있는 중임. 디지털라디오 방식의 핵심은 전송방식과 오디오부호화기의 성능이라고 말할 수 있음.
- 본 고에서는 전송방식의 결정과는 무관하게 디지털라디오의 품질과 주파수효율에 지대한 영향을 미치는 오디오부호화기를 최근 새롭게 개발되어 ISO/IEC 국제표준으로 확정이 확실시 되며, 오디오 성능과 주파수효율성 모두에서 기존 방식의 오디오 코덱들 보다 개선된 성능을 보여주는 것으로 평가되는 USAC(Unified Speech and Audio Coding)을 채택하여 디지털라디오의 효율성이 증대될 수 있음을 제안하고자 함.

## 2. 국내 디지털 라디오 도입 추진 현황

---

- 라디오는 중파, 단파 및 초단파 대역에서 서비스가 제공되고 있으며, 이들은 흔히 AM(Amplitude Modulation), SW(Short Wave), FM(Frequency Modulation) 라디오로 불리고 있으며, 음질이 뛰어난 FM 라디오가 가장 인기가 있으며 대중적임.
- 국내는 아직 아날로그 방식이 유지되고 있으나, 유럽, 미국, 일본 등 선진국들은 초단파 대역 라디오를 선두로 디지털 방식으로 전환이 이루어지고 있으며, 국내에서도 1990년대부터 아날로그 라디오를 디지털로 전환하기 위한 노력들이 경주되어, 2001년도에는 초단파 라디오를 위한 디지털 라디오방식으로 DAB(Digital Audio Broadcasting)이 결정된 바 있음.
- 그러나 이렇게 결정된 초단파 디지털 라디오 표준은 이동 TV 서비스를 위한 디지털멀티미디어방송 (DMB ; Digital Multimedia Broadcasting)으로 전환되어 디지털 라디오도입은 자연스럽게 연기되었고, 2005년 12월 DMB 상용화가 시작된 이후 2006년도에 다시 도입을 위한 논의가 재개되었음.



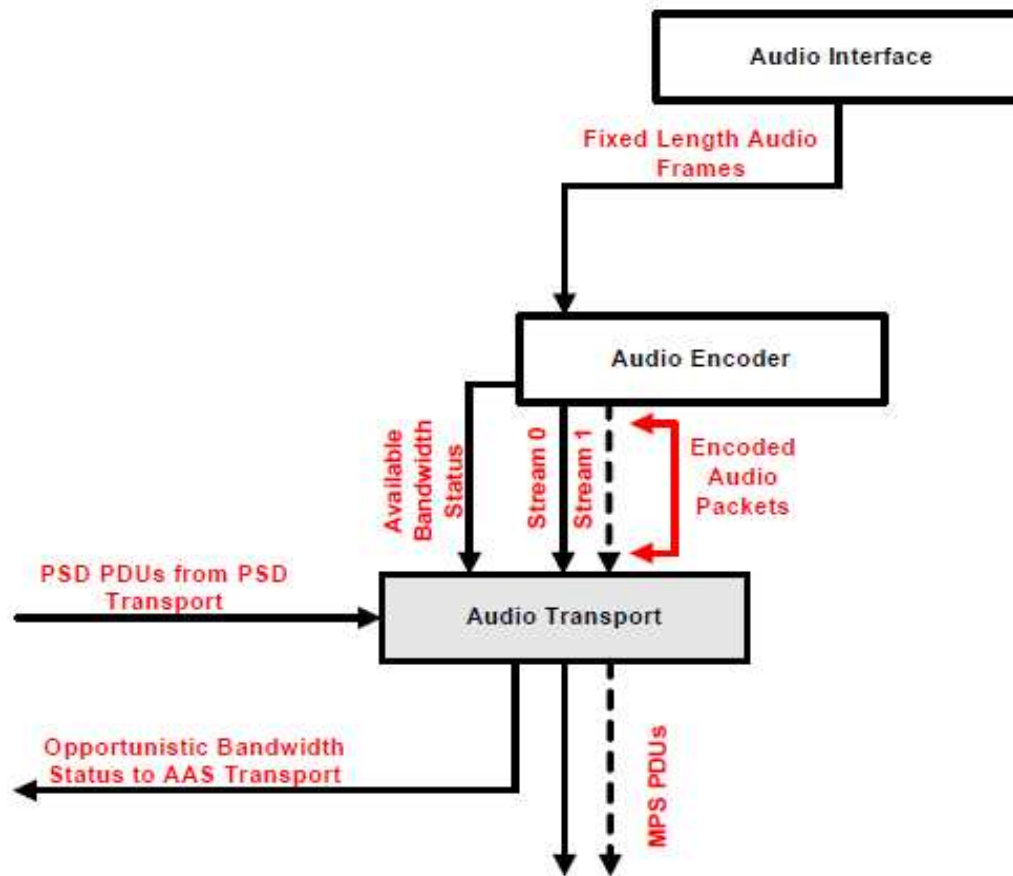
- o DMB는 모바일 TV 서비스뿐 아니라 데이터와 라디오 서비스까지도 포함하는 말 그대로 멀티미디어서비스를 제공하며, DMB에 포함되어 있는 라디오 서비스용 오디오 코덱은 DAB 가 개발될 당시인 1980년대에 개발된 기술로서 Musicam (Masking-pattern adapted Universal Subband Integrated Coding And Multiplexing)은 2000년대 초반 당시 음질 대비 비트효율이 낮다고 평가되었고, 2003년도에 국내표준으로 제정될 당시 보다 성능이 우수한 오디오 코덱인 BSAC(Bit Sliced Arithmetic Coding)으로 대체할 것을 주장하는 진영과 Musicam을 고수하자는 진영으로 나뉘어 뜨거운 공방을 벌인 바 있음.
- o 결국 국제적 호환성을 중시해야 한다는 Musicam 고수파의 주장이 관철되어 국내 표준으로 채택되었으나, DAB를 개발한 유럽에서조차 결국에는 Musicam를 고효율 오디오코덱으로 대체한 DAB+를 새로운 표준으로 제정하였음.
- o 국내는 라디오의 디지털 전환이 선진국들에 비해 늦어, 아직 디지털 라디오에서 제공하는 높은 주파수 효율, 향상된 음질과 다양한 데이터 서비스 등을 이용할 수 없으나, 앞서 일찍 디지털 라디오를 도입한 국가들의 사례를 연구함으로써 시행착오를 줄여서 성공적인 디지털 전환 가능성을 높일 수 있으며, 다양한 디지털 라디오 방식에 대한 선택이 가능한 이점이 있음.

### **3. 디지털 라디오 방식별 오디오부호화기**

#### **□ HD Radio 오디오 코덱가. HD Radio 오디오 코덱**

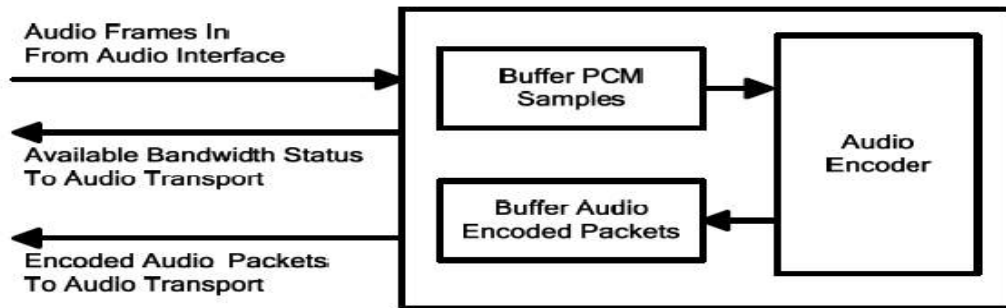
- o 미국디지털 라디오표준방식인 HD Radio의 오디오부호화기는 HDC(hybrid digital coder)라고 불리며, HD Radio를 개발한 미국의 iBiquity사에 의해 개발되었음.
- o 오디오부호화기는 오디오 인터페이스로부터 오디오 프레임들을 입력받아 MPS(Main Program Service) PDU(Protocol Data Unit)들을 만들어 전송하며, 오디오 트랜스포트는 PSD(Program Service Data)를 입력받아 오디오와 다중화 시켜주게 됨.

[그림 1] HD Radio 오디오트랜스포트 인터페이스



- o HDC는 PAC(Perceptual Audio Coding)와 SBR(Spectral Band Replication)로 구성되며, 초단파 라디오 HD Radio 시스템에서는 96kbps의 비트율로 CD 음질의 스테레오 오디오서비스를 제공함.
- o PAC는 향상된 분석필터뱅크를 사용하며, 변화가 적은 오디오 신호에 효율이 좋은 MDCT 필터뱅크와 오디오 신호가 급격히 변할 때 효과가 좋은 Wavelet 기반 필터뱅크로 구성됨.
- o 아울러 잡음개선 성능 향상을 기하기 위해 binaural과 interaural 마스킹을 채택하여 사용하며, 개선된 다차원 양자화 기술과 Adaptive Huffman Coding 기술에 기반을 둔 효율적인 무손실 부호화를 사용함. 부호화된 오디오 데이터는 가변 프레임 길이와 제어 비트들을 가진 비트열이 되며, PAC의 전송 비트율은 16 ~ 128kbps임. [그림 2]는 HD Radio 오디오 인코더의 동작 구조를 보여줌.

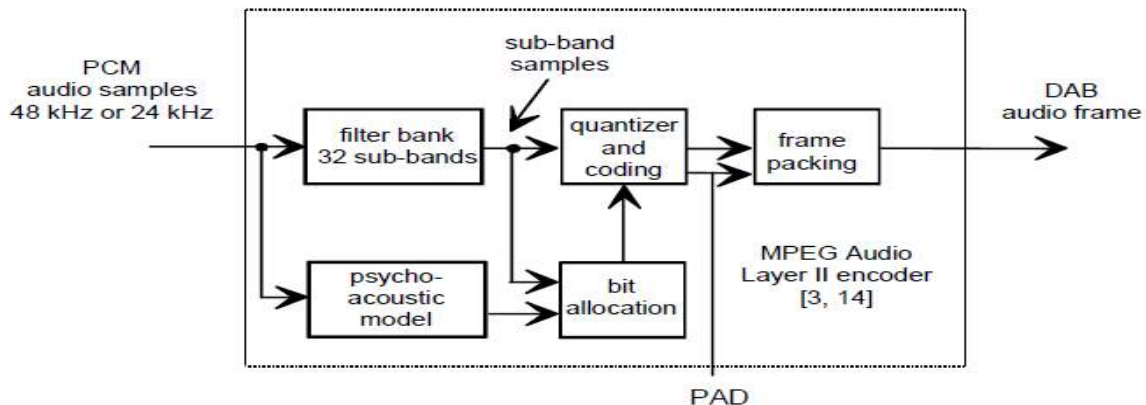
[그림 2] HD Radio 오디오인코더 인터페이스



## □ DAB 오디오 부호화기

- o DAB 에 사용되는 표준 오디오 부호화기는 앞서 언급한대로 MUSICAM이라 불리며, 압축률은 768 kbit/s 모노채널을 100 kbit/s 로 압축시킬 수 있는 수준임. Musicam에는 MPEG 오디오 코덱이 적용되어 있으며, 48KHz 표본화 주파수의 경우 ISO/IEC 11172-3 표준(MPEG-1 Audio Layer II)을 따르고, 24KHz 표본화 주파수의 경우 ISO/IEC 13818-3 표준(MPEG-2 Audio Layer II)을 따름. DAB 오디오 인코더의 간략화된 구성은 [그림 3] 과 같음.

[그림 3] 간략화된 DAB 오디오 인코더의 구조

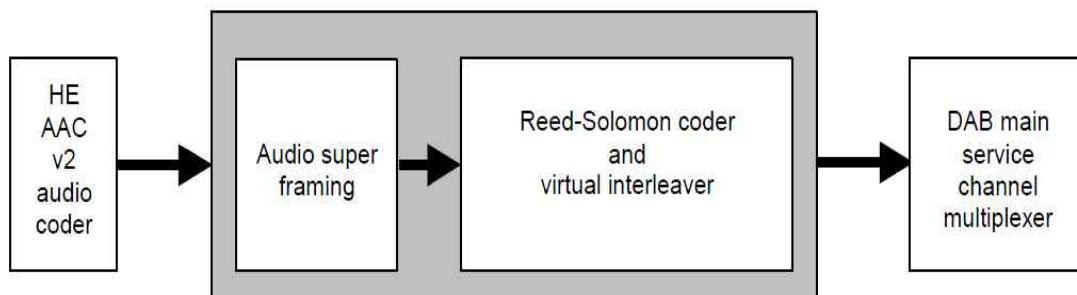


- o MPEG-1 Layer 2는 Layer 3 나 AAC(Advanced Audio Codec)와 같이 주파수 도메인에서 압축을 하는 변환기반의 인코딩이 아니라 시간 도메인 상에서 sub band 코딩을 수행하기 때문에 압축 효율은 상대적으로 좋지 않지만, 연산량과 안전성에서 장점이 있기 때문에 DAB와 같은 여러 시스템에서 사용된다. 일반적으로 압축율은 MP3의 128kbps 정도의 음질을 내기 위해서는 MP2 192kbps 정도로 압축을 해야 함. 하지만 256kbps 이상의 고음질 저압축 오디오의 경우 MP2가 MP3 보다 좋은 결과를 보임.[4]

## □ DAB+ 오디오 부호화기

- o World DMB 가 DAB 의 오디오부호화기 성능을 향상시키기 위하여 DAB 기술의 대폭적인 개선을 하였으며, 새로운 오디오 코덱을 채택한 새로운 DAB를 DAB+로 명명하였음. 또한 새롭게 채택된 오디오 코덱은 HE-AAC v2(High Efficiency Advanced Audio Coding Version 2) 이며, MPEG 서라운드 오디오 표준 및 보다 강력한 Reed-Solomon coding 및 가상인터리빙 기법이 적용되었음.[6]

[그림 4] DAB+ 의 외부호화기와 가상 인터리버 개념도



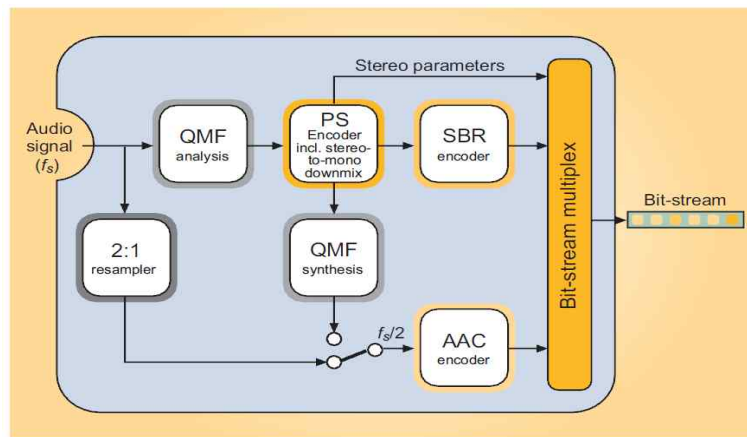
- o DAB+ 에 채택된 HE-AAC v2 는 모노, 스테레오 및 48개 까지의 다채널의 지원이 가능하며, 넓은 영역의 비트율을 이용하여 고품질의 오디오 서비스를 제공할 수 있음. 또한 XM 위성라디오, HD Radio, DRM(Digital Radio Mondiale) 등의 디지털 라디오방식에 채택되어 성능을 검증 받았음.
- o 한편 MPEG-4 HE-AAC v2 (AAC+ v2와 동일) 은 Advanced Audio Coding (AAC), Spectral Band Replication (SBR), Parametric Stereo (PS) 세 가지 기술들이 조합되어 있으며, 각각의 기술들은 ISO/IEC 14496-3 및 ISO/IEC 14496-3:2001/Amd.4 로 불리우는 HE-AAC v2 프로파일로 표준화가 되어 있음. 이중 AAC와 SBR의 조합은 “HE-AAC” (혹은 AAC+ v1)으로 명명됨.[6]

[그림 5] HE-AAC v2의 구조



- o AAC는 128kbps의 비트율에서는 왜곡 없는 음질의 제공이 가능한 예술적 경지의 오디오 압축 기술로 평가되나, 128kbps 이하의 비트율에서는 오디오 품질이 열화되기 때문에, SBR과 PS를 AAC에 조합하여 최대 성능을 내도록 완성한 것이 HE-AAC v2임.
- o HE-AAC v2 인코더에서 AAC codec은 저음대역을 부호화하고, SBR은 고음대역을 부호화함. 그리고, PS는 스테레오 이미지를 파라미터로 표현하여 부호화함. [그림 6]은HE-AAC v2 인코더의 구조를 보여줌.

[그림 6] HE-AAC v2 인코더의 구조



## □ T-DMB 오디오 코덱

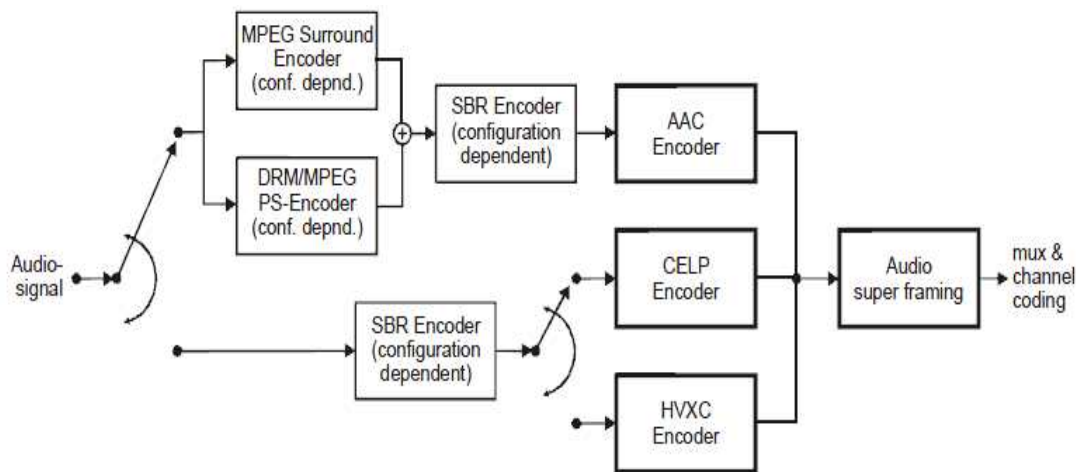
- o T-DMB (Terrestrial DMB)방식의 디지털 라디오에서 사용하는 BSAC(Bit Sliced Arithmetic Coding)은 MPEG-4 Part 3의 subpart 4 에 정의되어 있으며, MPEG-4 AAC를 기반으로 하고 있다. 기존의 AAC에서 일부 알고리즘이 삭제되고, AAC에서는 MDCT 계수의 Quantization 코딩 부분에 Huffman coding을 사용했지만, BSAC에서는 Arithmetic 코딩을 사용한다. BSAC은 압축률의 향상보다는 채널 안정성 즉, 에러 복구 능력에 더 초점을 둔 압축 방식으로 채널 당 1kbps 간격으로 fine grain scalability를 제공할 수 있음. 또한 하나의 Base Layer bit stream 과 여러 개의 작은 enhancement bit stream 으로 구성되어 있음.
- o BSAC의 기본적인 동작의 흐름은 MPEG-4 AAC와 동일하나 인코딩 및 디코딩 과정에서 기존의 AAC에서 사용되던 AAC Gain Control, Long Term Prediction, 그리고 Prediction 과정이 생략되고, Quantization 부분이 기존의 Huffman Coding 에서 Arithmetic Coding 으로 대체되었음. AAC와 비교했을 때, BSAC의 가장 큰 특징은 Quantization 부분임.

- o AAC의 Huffman Coding 방법은 데이터를 있는 그대로 읽고 데이터의 확률을 구하는 방법이고, BSAC 에서는 데이터를 있는 그대로 읽는 것이 아니라, 여러 개의 데이터에서 같은 자리의 비트를 데이터로 만들어 읽어내는 방법임. 일반적으로 데이터의 변화는 연속적인 움직임을 보여주고, 최상위 비트의 값은 크고 중요하고, 하위 비트로 움직일수록 중요도가 떨어지므로 각 비트 별로 중요도를 나눌 수 있다. 따라서 압축률 및 에러 복구율이 AAC 에 비해 효율적임.[4]

## □ DRM+ 오디오 부호화기

- o 2009년에 제정되어 초단파 라디오 대역을 포함하는 174MHz 이하의 주파수에 적용이 가능한 DRM+ 방식은 AAC, CELP 와 HVXC 3가지의 오디오 코덱의 선택이 가능하며, SBR 인코더를 조합하여 압축효율을 증대시킬 수 있음. 또한 AAC는 주로 고음질이 요구되는 서비스에, CELP와 HVXC는 고음질이 요구되지 않는 뉴스나 대담프로그램 등 비교적 저음질 서비스에 적합함. 특히 고음질 서비스를 위한 AAC인코더는 SBR 뿐 아니라 MPEG 서라운드 코덱과 PS 코덱의 선택적 적용도 가능하며 [그림 7]은 DRM+ 오디오인코더의 구조를 보여줌.[7]

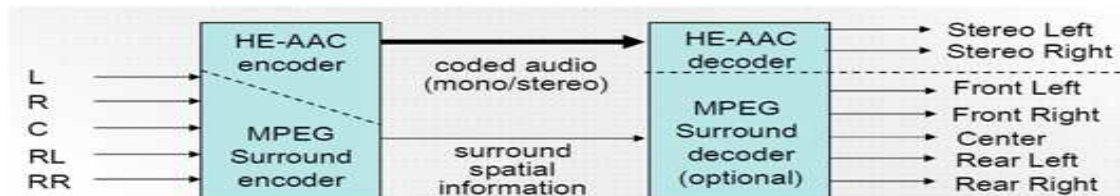
[그림 7] DRM+ 오디오 인코더의 구조



- o SBR은 채널당 약 2Kbps정도의 적은 데이터 량으로 고품질의 오디오 서비스를 재생할 수 있는 기법으로, 오디오 부호 시 제거되는 높은 주파수 대역의 하모닉 성분을 효과적으로 추출하여 얻어진 정보를 전송함으로써, 오디오 복호 시 SBR 정보를 복호기에 이용하여 보다 향상된 오디오 신호를 재생할 수 있음.
- o 9Khz 단일 채널서비스의 경우 2kbps ~ 34kbps가 지원되고 2채널의 경우 74kbps 전송 용량까지 가능함. HVXC(Harmonic Vector Excitation Coding)와 CELP(Code-Excited Linear Prediction)는 음성전용 서비스의 경우, AAC 또는 AAC+SBR은 고품질의 음악서비스에 적합함. 즉, 9Khz 단일 채널서비스의 경우

모노 FM 음질서비스가 가능하고 HVXC의 경우 2~4kbps로 음성을 분별할 수 있는 정도의 서비스, CELP의 경우 8kbps에서 우수한 음성 서비스를 지원 가능함. 본 서비스 수준은 digital only의 경우에 해당하고 디지털과 아날로그 동시방송에서는 품질 열화가 발생할 수 있으며, 고음질 서비스에는 [그림 8]과 같이 HE AAC 및 5.1 채널 서라운드 인코더가 적용 가능함.

[그림 8] 고음질 서비스를 위한 DRM+ 오디오 부호화기



## 4. 디지털 라디오 오디오 코덱으로서의 USAC

- o 앞 장에서 DAB를 비롯하여 DAB+, HD Radio, T-DMB 및 DRM+의 오디오 방식에 대해 고찰부호화기에 대해서 고찰하였음. 디지털 라디오 전송 방식개발은 유럽과 미국 등 선진국들이 담당해 왔으며, 탑재되어 있는 오디오 코덱들은 모두 국제표준기술들로서 오랜 기간이 소요되었음.
- o 국내는 현재 디지털 라디오 도입을 위한 노력이 이루어지고 있는데, 디지털 라디오 방식에 대한 검토는 1990년대부터 시작되었고, 2009~2010년도에는 방식 별 성능을 비교하기 위한 실험방송이 수행된 바 있음. 현재는 디지털 라디오 방식결정 및 상용화를 위한 논의가 진행 중이며, 디지털 라디오 방식 결정은 크게 전송 및 오디오 방식으로 구분할 수 있음.
- o 전송방식의 경우 국내 전파 환경, 방송 여건 및 산업적 파급 효과 등 다양한 사항들이 고려되어 결정되어야 할 것이며 또한 전송방식 못지않게 오디오방식 역시 라디오 방송의 핵심인 음질을 좌우하며 주파수 효율 등에 지대한 영향을 미쳐 디지털 라디오의 성공적 도입을 좌우하는 중요한 사항이므로 신중한 선택이 요구됨.

### □ USAC 적용가능성

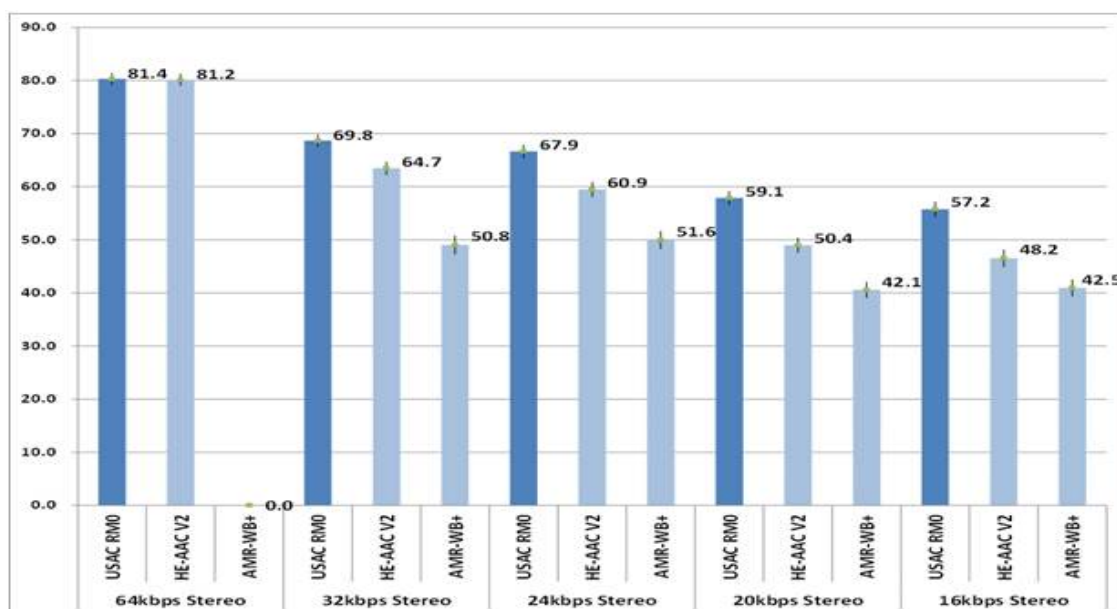
- o USAC (Unified Speech and Audio Coding)은 방송과 통신이 융합하는 방향으로 발전하고 있는 환경에서 음성과 음악 신호를 통합적으로 부호화 하는 기술로서,



멀티미디어 메시징/스트리밍, 오디오 북, 디지털 라디오, 모바일 TV, UCC 등에 활용이 가능할 것으로 기대되며 USAC의 국제표준화는 2010년 11월 CD로 승인된 바 있으며, 2011년 중 FDIS가 승인될 예정이다.

- o USAC은 음성과 음악 신호 모두에 대해 우수한 음질을 제공하는 기술로, 최신 음성 부호화기인 AMR-WB(Adaptive Multi-Rate Wideband)+와 최신 오디오 부호화기인 HE-AAC V2 기술을 기반으로 개발되어, 저대역 부호화 방식으로 AAC, ACELP, TCX를 이용하고, 고대역 부호화 방식으로 SBR, 스테레오 부호화 방식으로 MPEG-Surround를 이용하며, 주파수 효율도 우수한 것으로 평가됨.
- o MPEG 오디오표준화 과정에서 보다 세분화한 방식으로 평가대상 기술들을 실험하기 위해 MUSHRA(MUltiple Stimulus Hidden Reference and Anchor) 테스트를 이용한 주관적인 음질평가가 수행되었다. USAC의 청취평가 아이템은 음성, 음악, 음성 및 음악 혼합신호 각각 4개씩으로 이루어져 있음. [그림 9]는 USAC RM9(Reference Model) 0의 스테레오에 대한 청취평가 결과를 HE-AAC V2, AMR-WB+와 비교한 것임.
- o 평가 결과 16kbps 급 저음질에서 USAC 이 HE-AAC V2 와 AMR-WB+ 보다 우수하며, 비트율이 32kbps 까지 상승되는 동안 USAC 이 지속적으로 우수함. 64kbps에서 USAC 은 HE-AAC V2 보다 근소하나마 우수한 성능을 유지하였으며, AMR-WB+ 는 현저하게 품질이 저하된 것을 보여줌.

[그림 9] USAC 의 오디오 음질 평가 결과





## □ USAC 적용 방안

- USAC은 음성 코덱으로서 가장 압축효율이 좋은 AMR-WB+와 오디오 코덱으로 압축효율이 가장 좋은 HE-AAC V2를 기반으로 개발된 기술로서, 앞선 청취평가에서도 볼 수 있듯이, 현재까지 개발된 오디오 부호화 방식 중 가장 우수한 압축 효율을 가지고 있음. 또한, 저비트율 환경과 고비트율 환경에서 음성신호와 음악 신호를 모두 효율적으로 압축할 수 있다는 장점이 있어, 향후 방송통신 융합 환경에서 효용성이 뛰어날 것으로 예상되며, 이 분야에서의 국내의 연구기관 및 산업체의 표준화 활동 또한 왕성하기 때문에 향후 국내기관의 관련 IPR의 확보가 기대됨.[8]
- USAC을 디지털 라디오 오디오 부호화기로 채택할 경우 외국에 지불해야 하는 기술료를 절감할 수 있으며, 역으로 향후 외국으로부터 기술료 수익 창출도 가능할 것임. 이런 관점에서 USAC은 디지털 라디오 방송 도입 추진이 늦어진 우리에게는 일종의 혜택이며, 늦은 도입에 대한 보상으로 받아들일 수도 있을 것임.
- 위의 평가에서 24kbps 비트율의 USAC은 32kbps의 HE-AAC V2보다도 우수한 품질을 보여주고 있어 약 25%의 비트효율이 증대됨을 알 수 있음. 이는 황금주 파수 대역인 초단파라디오 주파수 자원의 이용 효율을 증대시키고 방송서비스의 고도화에 기여할 수 있을 것으로 기대됨

## 5. 시사점

---

- 본 고에서는 디지털 라디오 방식별 오디오 방식을 고찰하고 디지털 라디오 서비스 품질제고와 주파수 효율 증대를 위하여 USAC 적용가능성을 제안하였음. USAC은 음성 및 크래식 음악방송 등 저품질의 음성서비스와 고품질의 클래식 음악방송 서비스까지 부응할 수 있으며, 기존 오디오 코덱에 비해서 상대적으로 우수한 주파수 효율을 갖는 것을 확인되었음. 따라서 새롭게 도입되는 디지털 라디오방송에 적용할 경우 우수한 방송 품질의 방송서비스를 제공하고 주파수도 효율적으로 운용할 수 있어 바람직할 것으로 판단됨.
- 보다 구체적으로는 주파수 효율 관점에서 32kbps의 HE-AAC V2 서비스를 대체할 경우 약 25%의 주파수 이용효율이 증대될 것으로 기대되는 등 USAC이 적용될 경우 주파수이용의 효율성 증대가 기대됨
- 또한 USAC이 디지털 라디오 방송과 이동통신용에 함께 사용이 가능하므로 스마

트폰 타입 단말기의 개발이 용이해지면 오디오 부호화기에 대한 기술료의 경감이 예상됨

- o 마지막으로 국내에서의 USAC 적용 경험을 기반으로 USAC이 적용된 디지털 라디오 방송용 수신칩셋 및 단말기 등에 대한 국내 기업들의 국제적 경쟁력이 제고되어 수출 증대 효과가 있을 것으로 기대됨

### [참고문헌]

1. 이상운, “디지털라디오 방송 추진 및 기술동향”, 디지털 전환과 미래방송세션, 한국방송공학회 춘계워크샵,
2. ETSI TS 102 563 V1.2.1 Technical Specification Digital Audio Broadcasting (DAB)Transport of Advanced Audio Coding (AAC), May, 2010
3. HD Radio™ Air Interface Design Description - Audio Transport, REv F, Dec, 2007
4. 박호중, "디지털 라디오 방식 별 오디오 음질 평가", TTA, 2009. 11. 25.
5. Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receiversETSI EN 300 401 V1.3.3, 2001-05
6. Stefan Meltzer and Gerald Moser, “HE-AAC v2 MPEG-4 — audio coding for today’s digital media world”, EBU TECHNICAL REVIEW - January 2006
7. ETSI ES 201 980 V3.1.1 Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification(2009-08)
8. 강경옥, 이태진, 오현오, MPEG-D USAC 표준화 동향 및 기술 추적 보고서, MPEG 포럼, 2010
9. 이태진, 강경옥, 김환우 MPEG-D USAC :통합 음성 오디오 부호화 기술, 한국음향학회지 제28권 제7호
10. W10047 Report on Unified Speech and Audio Coding Call for Proposals, 85차 MPEG meeting, 2008.7

# 공공안전재난구조 통신주파수 확보

## 김종현 (광운대)

광운대학교 전자공학과 교수

도르트문트 대학(독) 전자공학박사, 한국 ITU-R 연구위원, IT 국제표준화전문가, 스펙트럼공학포럼 운영위원, 광대역공공안전재난통신 표준화포럼 위원

## 요약

- 지자체, 도로공사, 경찰청, 철도공사 등 공공안전 관련기관에서 다양한 공공안전 전파통신 서비스를 개발하여 안전한 국민 생활을 확보하기 위해서는 추가 주파수 및 신규 주파수 확보에 대한 검토가 필요하며 이를 위한 국가차원에서의 체계적인 연구 및 주파수 확보 방안마련 필요
- 추가 주파수 확보 방안으로는 TV 유휴대역에서의 재난안전통신망 주파수 추가 확보에 대한 검토가 필요하며, 미국이 포함되어 있는 2지역과 우리나라가 포함되어 있는 3지역의 공통 주파수로 4,940~4,990 MHz 대역에 대한 신규 주파수 확보 방안에 대한 연구가 필요
- 국제 표준화를 위해서 국내외 주파수 정책과 연계하여 기술개발 계획을 수립하고 주파수 정책, 표준화 정책을 바탕으로 국가 재난 통신 망 구축계획을 수립하는 것이 필요

# 1. 개요

- 2000년 터키 이스탄불에서 열린 세계전파통신회의 WRC-2000 (World Radiocommunication Conference-2000)에서 각 주관청들은 각국의 관련 기관들이 공공안전 및 재난구조 (PPDR: Public Protection and Disaster Relief)를 위한 무선 통신에 대한 요구가 증대되고 있는 현실에 동의하였음.
- 향후에는 고속 데이터, 비디오, 멀티미디어 통신이 가능한 인명구조 전용 대역폭 사용이 필요하고 상호 연계와 국가 간의 협조를 극대화하기 위해서 공공안전 및 재난구조를 위한 범 세계적인 통신규격 및 사용 주파수의 도출이 필요함을 공감하고 이 안전을 차기 회의인 WRC-03의 의제로 채택하였음.
- 이 의제는 육상에서의 보다 효율적인 재난구조 및 응급조치를 위한 전 세계 또는 지역별 공통 주파수의 분배를 검토해서 분배하는 것임.
- 국제전기통신연합-전파통신 ITU-R (International Telecommunication Union – Radiocommunication)에서 정의하고 있는 공공안전과 재난구조 전파통신은 [표 1]과 같음.

[표 1] PPDR 전파통신의 정의

구 분	정 의
Public Protection (PP) Radiocommunication	법과 질서 유지, 개인의 생명, 재산보호와 긴급한 상황을 책임지는 기관에서 사용하는 전파통신
Disaster Relief (DR) Radiocommunication	사회 기능의 심각한 붕괴나 사람들의 생명, 건강, 재산 및 환경에 큰 위협이 사고, 자연재해 또는 인간 활동에 의해 발생하였을 때, 이 상황을 책임지는 기관 또는 조직에서 사용하는 전파통신

(출처: Rep. ITU-R M.2033, 2003)

- 공공안전 및 재난구조 임무 수행을 지원하는 PPDR 전파통신은 사용자 요구사항 측면에서 일반적인 통신 서비스와 구별되며 일반 통신 서비스와 차별화된 서비스로서 일대 다 통신이 가능한 그룹통화, 기지국 망실 시 단말간 직접 통화가 가능한 DMO (Direct Mode Operation) 기능 등을 들 수 있음.

[표 2] PPDR 전파통신의 사용자 요구사항

구 분	내 용
시스템	저속/중속/고속 서비스 지원, 우선순위 접속, PTT, 그룹통화, IP지원 등
보 안	end-to-end 암호화 통신
비 용	개방형 표준, 경쟁적 시장, 상용 장비를 통한 시스템 구축 비용절감 등
시나리오	어떤 환경에서도 통신가능, 재난 시 신속한 시스템 구축 등
상호운용성	동일 및 이종 시스템 간 상호 운용성, PPDR기관 간 통신 조정 등

(출처: Rep. ITU-R M.2033, 2003)

- PPDR 전파통신은 PPDR 운영을 지원하는 고정, 이동, 아마추어, 위성통신 등과 같은 모든 형태의 전파통신을 포함하며 전송속도에 따라서 Narrowband, Wideband, Broadband로 분류하고 있음.

[표 3] 전송 속도에 따른 PPDR 전파통신 구분

구 분	내 용	전송 속도	지원 시스템
Narrowband (NB)	디지털 음성과 저속 데이터 서비스 제공	10 ~ 50 kbps	TETRA Release 1, APCO P25 Phase 1 & 2 등
Wideband (WB)	비디오 전송 및 인터넷 기반 서비스를 제공하며 넓은 서비스 영역 제공	384 ~ 500 kbps	TETRA Release 2, APCO P25 Phase 3 등
Broadband (BB)	고해상도 이미지 전송 및 멀티미디어 서비스 제공	1 ~ 5 Mbps	

(출처: Rep. ITU-R M.2033, 2003)

- ITU-R은 재난 발생 시 전 세계적 구조 활동을 지원하기 위한 PPDR 전파통신용 공통 주파수 대역 분배 연구의 필요성에 따라서 WRC-2000에서 “공공보호와 재난구조 등을 위한 범 세계적 공통 주파수 분배”에 대한 연구를 의결 하였음.
- 또한, WRC-03의 의제로 의제 1.3 “긴급 상황이나 재난구호에 있어서 지역적으로 조화를 이룰 수 있는 주파수 대역 검토”가 선정되었음.
- 이에 따라 WRC-03 회의에서는 결의 646을 통해 지역별 공통 주파수를 지정하고 각 주관청에 사용을 권장할 것을 결의하였으나 PPDR 후보대역에 IMT-2000 (International mobile telecommunication-2000) 보급 계획 국가가 많아 재난구호, 공공안전 목적의 세계적 공통 주파수 지정은 실패하였음.

[표 4] ITU-R 권고 지역별 공통 PPDR 주파수 대역

지 역	주파수 대역	비 고
1 지역 (유럽)	380-470MHz	380-385/390-395MHz이 핵심 대역
2 지역 (미주)	746-806MHz, 806-869MHz, 4,940-4,990MHz	베네주엘라는 380-400MHz를 PPDR 대역 으로 설정
3 지역 (아시아)	406.1-430MHz, 440-470MHz, 806-824/851-869MHz, 4,940-4,990MHz, 5,850-5,925MHz	일부 국가는 380-400MHz, 746-806MHz를 PPDR 대역으로 설정

(출처: ITU-R, WRC-03 Resolution 646, 2003)

- WRC-03 이후 주요 주파수 분배 변화를 보면 공공안전, 이동 통신, 영상 레이더 및 소출력 응용 등 모든 분야에서 주파수의 요구가 증가하고 있으며 특히 소출력 기기의 사용이 급속하게 증가할 것으로 예상되며 이와 함께 공공안전을 위한 주파수 분배도 증가하는 추세임.

[그림 1] WRC-03 이후 주파수 업무별 주파수 분배 변화



- 국가 간의 협력을 위한 PPDR 전파통신의 국제 표준화는 1998년에 개최된 TETRA (Terrestrial Trunked Radio) World Congress에서 이동 광대역에 대한 기술규격의 개발을 협력하기로 하였음.
- 2000년에 미국의 TIA (Telecommunications industry association)와 유럽의 ETSI (European telecommunications standards institute)가 PPDR 통신을 위해 전 세계적으로 적용 가능한 이동 광대역 기술규격 제정인 공공안전 파트너십 프로젝트 (PSPP : Public safety partnership project)를 합의하였음.
- 2001년에 비상 및 안전용 이동성 (MESA : Mobility for emergency and safety applications) 프로젝트를 최종 협약하였음.

- PSPP에서 제시하고 있는 이동 광대역 네트워크에 필요한 주요 요구사항으로는 MESA망의 경우, 기존의 망에 독립적이어야 하나 상호연동을 지원해야 하며 전력공급에 있어서도 자유로워야 하고 기존 망에서 사용하는 주파수 대역과도 독립적이어야 하며 각 지역의 요구 조건을 충족시키기 위해 합리적인 주파수대역 조정기능도 포함하여야 함.
- 또한, 전 세계적으로 통일된 주파수 대역이어야 하며 높은 레벨의 이동성을 보장할 수 있는 주파수이어야 하고 자동으로 구축이 되고 또한 자기 진단이 가능하여 어느 지역에서도 재 구축이 가능한 무선 Ad-hoc 네트워크를 지원해야 함.
- 우리나라도 차세대 통합무선 재난통신 구현을 위해서 이를 위한 중점 기술들을 도출하고 표준화하려고 하고 있음.
- 현재 도출된 중점기술들로는 유비쿼터스 환경을 제공하기 위해 통신 환경에 구애됨 없이 통신할 수 있는 위성 및 무선이 연동되는 사고지역망, 관할지역망, 확장지역망 등의 정부와 정부 간 재난 통신 시스템 및 단말 기술로서, 사고지역망 (IAN: Incident area network)은 2km 범위 이내로 긴급구성이 가능한 근거리 통신망, 관할지역망 (JAN: Jurisdiction area network)은 20km 범위 이내의 행정구역 단위 도시통신망, 확장지역망(EAN: Extended area network)은 중앙정부 또는 중앙정부까지 연결할 수 있는 20km 이상의 광역통신망 (WAN: Wide area network)으로 정의하고, 국민으로부터 정부로 재난 또는 비상정보를 전달하기 위한 서비스 또는 통신망 인터페이스 기술, 정부에서 국민에게 알리는 정보 및 정보를 전달하기 위한 서비스, 방송통신망 인터페이스 기술 등 에 대한 표준화를 진행 중임.

## **2. 국내외 주파수 현황**

---

### **□ 미국**

- 미국은 '96년 공공안전무선자문위원회의 공공안전 전파통신을 위한 주파수 수요 분석을 통하여 향후 15년간 총 97.5 MHz 대역폭이 필요할 것으로 전망한 바 있음.
- 911테러, 태풍 카트리나와 같은 대형 재난에 효율적으로 대응하기 위해 공공안전용 주파수 공급 확대를 추진하고 있음.
- 이와 함께 공공안전통신망과 주파수의 효율적 사용을 촉진하기 위해 상호 운용성 확보를 강화하고 상용망 및 주파수를 공공안전용과 공유하는 정책을 추진하고 있음.
- 미국의 공공안전용 주파수는 VHF/UHF 대역에 산재하여 분배되어 있고, 최근 700 MHz, 4.9 GHz 대역 추가 분배를 통해 주파수 공급을 확대하고 있는 상황임.

[표 5] 미국의 공공안전용 주파수 이용 현황

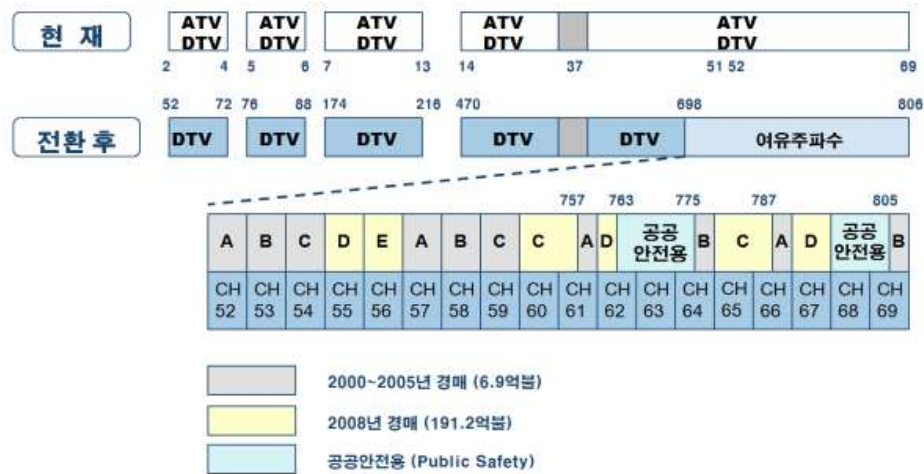
구분	주파수 대역(MHz)	대역폭(MHz)	협대역 채널	비고
주·지방기관 공공안전 주파수	25 - 50	6.3	315	VHF Low Band
	150 - 174	3.6	242	VHF High Band
	220 - 222	0.1	10	220MHz Band
	450 - 470	3.7	74	VHF Band
	470 - 512	-	-	UHF TV Shared (일부도심지역 공유)
	<b>763-775/793-805</b>	<b>24</b>	<b>-</b>	<b>700MHz Band</b> (신규분배)
	806-821/851-866	3.5	70	800MHz Band
	821-824/866-869	6	230	NPSPAC Band (National Public Safety Planning Advisor Committee)
	<b>4940 - 4990</b>	<b>50</b>	<b>-</b>	<b>4.9GHz Band</b> (신규분배)
	<b>계</b>	<b>97.2</b>		
연방기관 공공안전 주파수	30 - 50	3.8		VHF Low Band
	138 - 150	4		VHF Mid Band
	162 - 174	8.25		VHF High Band
	220 - 222	0.1		220MHz Band
	406 - 420	8.3		UHF Band
	<b>계</b>	<b>24.45</b>		

(출처: R. Hallahan, J. M. Peha, Quantifying the costs of a nationwide broadband public safety wireless network, 2008)

- 미국은 지상파방송 디지털 전환에 따른 주파수의 효율적 이용을 위하여 DTV전환 및 공공안전법, 통신법 등을 정비하였고 주파수 이용계획을 수립하여 경매를 하였음.
- 그림 2와 같이 미국의 아날로그와 디지털 방송용 주파수 대역은 52~806 MHz 대역으로 TV 방송용 주파수 2~69번 채널 중에서 DTV 방송용으로 2~51번 채널을 지정하고, 698~806 MHz 대역인 52~69번 채널, 총 108 MHz 대역을 여유대역으로 확보하여 경매 등을 통하여 다른 용도로 활용하기로 하였음.

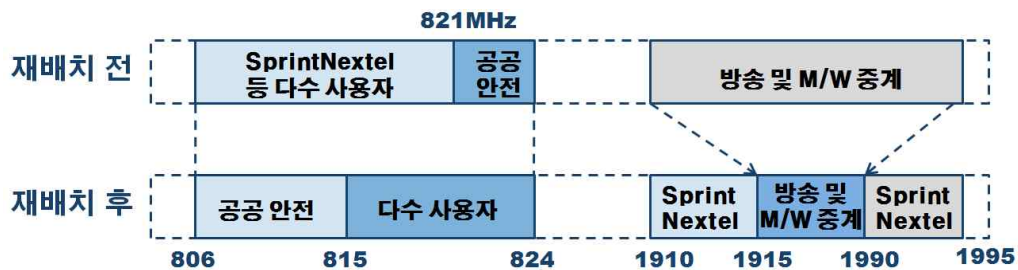


[그림 2] 미국의 DTV 주파수 전환 결과



- 주파수 공용통신 서비스의 경우에는 이 서비스를 위하여 사용하고 있던 800 MHz 대역에서 상업용 시스템과 공공안전용 시스템 간의 간섭 증가로 주파수 재배치가 이루어 졌음.

[그림 3] 미국의 주파수 공용통신 서비스 주파수 재배치



- FCC가 2002년에 PPDR용으로 분배한 4.9GHz 대역은 5, 10, 15 또는 20 MHz 채널 대역폭 채널 운용 중 (총 18개)에 있으며 (CFR 90.1213) 연방정부의 면허 허가를 받은 기관에 한하여 공공 안전을 지원하는 목적으로만 운용함.

## □ 유럽

- 유럽의 PPDR 통신망은 1990년부터 표준화 기구인 ETSI (European Telecommunications Standard Institute)에서 개발한 TETRA (Terrestrial Trunked Radio) 기술을 기반으로 구축운 영되고 있음.
- 음성 및 저속 데이터 통신 기술인 TETRA Release 1 표준이 주로 사용되고 있고, wideband 서비스를 위해 개발된 TETRA Release 2는 TEDS (TETRA Enhanced Data Service)를 통해 Release 1 표준과 호환성을 유지하면서 30~400 kbps의 데이터 서비스 제공이 가능함.

- TEDS에서는 64QAM과 같은 주파수 효율성이 높은 변조방식을 사용할 뿐만 아니라 다수의 25 KHz 협대역 채널을 이용 (25, 50, 100, 150 KHz)하여 고속 데이터 전송을 가능케 함.
- TETRA기술은 300/400/800/900 MHz 대역을 사용하고 있으며, 응급서비스의 경우 380~383 MHz/390~393 MHz를 사용하도록 하고 있음.
- TETRA Association은 현재 사용되고 있는 다양한 주파수 대역을 공통 대역으로 정리하기 위해 380~400 MHz/410~430 MHz/870~920 MHz 사용을 추진하고 있음.

[표 6] 유럽의 TETRA 주파수 대역

구 분	대 역	비 고
300MHz 대역	380~385MHz/390~395MHz	공공안전용
	385~390MHz/395~399.9MHz	
400MHz 대역	410~420MHz/420~430MHz	비 공공안전용
	450~460MHz/460~470MHz	
800/900MHz 대역	870~876MHz	
	915~921MHz	

(※ 출처 : TETRA Association, "Regulatory: Radio regulation and Spectrum", 2009.12)

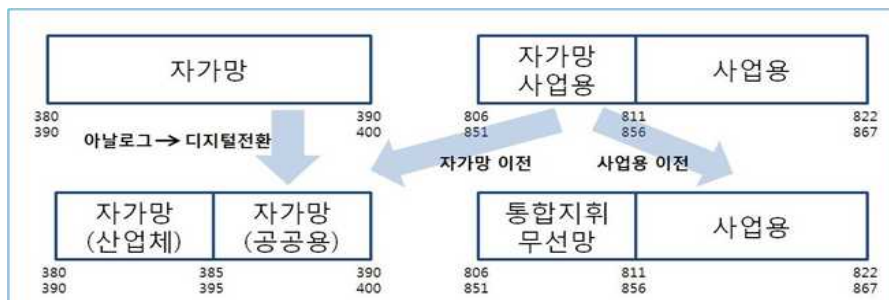
- 유럽도 최근 테러, 자연재해 등 재난에 효율적으로 대응하기 위한 PPDR 전파통신 서비스 수요 증가에 대응하여 ITU-R 권고에 따라 유럽우편전기통신연합 (CEPT: European Conference of Postal and Telecommunications)의 전기통신위원회 (ECC: Electronic Communications Committee) 주도로 PPDR 전파통신 서비스 제공을 위한 망 구축 방식, 후보 주파수 대역 검토를 추진하고 있음.
- 특히, CEPT는 기술발전 추세에 맞춰 기존 음성 및 저속 데이터 위주의 협대역 방식의 PPDR 전파통신 서비스에서 향후 wideband, broadband로의 서비스 수요가 증가할 것으로 보고 이를 위한 새로운 주파수 대역 마련을 위한 후보 대역 선정을 추진하고 있음.
- 먼저 CEPT는 유럽 26개 규제기관을 대상으로 ITU-R의 WRC-03 의결 646의 권고 대역인 380~470 MHz 대역에서의 공통 대역 설정에 관한 의견 수렴을 실시하였으나 유럽 공통 대역을 설정하는 것은 일단 불가능한 것으로 결론지었음.
- 1 Mbps 이상의 broadband 서비스의 경우 넓은 대역폭 수용이 가능한 5 GHz 대역이 검토되고 있음.

- ETSI는 ITU-R M2033의 방식을 사용하여 broadband용 대역폭으로 50 MHz가 필요할 것으로 예측하고 있으며, 세계적 조화를 고려하여 미국과 일부 3지역 국가와 같이 4940-4990 MHz를 후보 대역 중 하나로 검토하고 있음.

## □ 국내

- 우리나라는 1988년 서울올림픽을 계기로 주파수공용무선통신 (TRS: Trunked radio system)이 도입되어 보도기관을 위한 통신지원용으로 처음 운영하여 초기에는 경찰, 검찰, 한국전력, 교통방송 등이 800 MHz 대역의 주파수를 할당받아 자가 업무용 또는 사설 무선 통신시스템으로 사용하였음.
- 2003년 12월 중앙안전대책위원회에서 재난현장에서 일사불란한 긴급구조 활동 지원 및 중복투자 방지를 위해 일원화된 종합지휘무선통신체계 구축·추진을 위한 기본계획을 심의 확정하였음.
- 그리고 2005년부터 전국 1,441개 기관을 대상으로 협대역 통합지휘무선통신망 구축 사업을 추진하였으며 806-811/851-856 MHz 주파수 대역이 할당되어 800 MHz 대역에서 운용 중인 자가통신용 TRS를 300 MHz대역으로 이전하고 사업용 시스템은 810 MHz 대역으로 이전하고 아날로그 시스템에서 디지털 시스템으로 전환되었음

[그림 4] 우리나라 TRS 주파수



- 2010년 6월 우리나라 최초 정지궤도 국산위성인 천리안 위성이 발사 되었으며 이 위성은 Ka 대역 통신 중계기능을 갖으며 초고속 위성 멀티미디어 서비스가 가능하므로 재난 통신, 기상 정보 전송 등 공공 목적으로 활용됨.
- 통신 위성의 300 MHz 대역 중에서 100 MHz 대역폭은 재난 통신용으로 사용이 가능하며 현재 Ka대역 위성 공공선도 시범서비스에 대한 검증 시험 중에 있음.
- 또한, TV 방송대역 (채널 2~51번) 중 지역적으로 사용하지 않고 비어있는 대역을 디지털 전환이 완료되는 2013년부터 활용 가능성이 함.

- 특히 이 TV 유휴대역은 1 GHz 이하의 저 대역으로 전파 특성이 우수하여 무선망 구축비용 등이 적게 들어 공공안전서비스의 활용이 가능하여 이에 대한 실험 서비스를 위한 수요 조사를 진행 중 임.

### 3. 문제점

---

- 미국은 PPDR 통신 체계를 고도화하기 위하여 주파수 할당 및 통신망 고도화 사업을 추진 중에 있으며 광대역 서비스를 위한 추가 주파수 할당 및 신규 주파수 분배를 적극적으로 검토 중에 있고 유럽의 경우에도 유럽통신표준기구 주도하에 공공재난 통신 관련 다양한 기술 개발 및 사용자 요구 사항 분석 등을 수행함과 동시에 협대역 및 광대역 PPDR 전통 신 주파수 추가 분배 및 신규 주파수 확보를 위한 검토가 활발히 진행 중 임.
- 그러나 우리나라의 경우, 기존의 협대역 재난안전통신망 구축 사업도 보류되어 기술방식을 재검토를 하는 등 사업의 진행이 순조롭지 못한 실정임.
- 따라서 추가 주파수 확보 및 광대역 서비스를 위한 신규 주파수 확보에 대한 검토가 이루어지기 쉽지 않은 실정임.
- 또한, 천리안 위성과 같은 통신 위성을 위한 주파수가 확보되어 있지만 아직 이를 위한 서비스가 이루어지지 못하고 있음.
- 따라서, PPDR 전파통신을 위한 추가 주파수 및 신규 주파수 확보를 위해서는 국가 차원에서 주도적인 역할이 필요함.

### 4. 시사점

---

- 지자체, 도로공사, 경찰청, 철도공사 등 공공안전 관련기관에서 다양한 공공안전 전파통신 서비스를 개발하여 안전한 국민 생활을 확보하기 위해서는 추가 주파수 및 신규 주파수 확보에 대한 검토가 필요하며 이를 위한 국가차원에서의 체계적인 연구 및 주파수 확보 방안이 요구됨.
- 향후, 협대역 서비스에서 광대역 서비스로의 전환이 전망되므로 국내 환경에 적합한 광대역 서비스를 위한 주파수 확보를 위한 주파수 소요량에 대한 예측 및 산출이 요구됨.

- 추가 주파수 확보 방안으로는 TV 유희대역에서의 재난안전통신망 주파수 추가 확보에 대한 검토가 필요함. 또한, 미국이 포함되어 있는 2지역과 우리나라가 포함되어 있는 3지역의 공통 주파수로 4,940~4,990 MHz 대역에 대한 신규 주파수 확보 방안에 대한 연구가 필요함.
- 위성 통신망을 위한 재난통신 구축방안 및 전용 주파수 대역 확보 방안 연구가 필요함.
- 재난안전 무선통신망 정책방향 수립 시, 새로운 통신기술 적용을 위한 최적의 주파수 대역 도출이 필요함.
- 국제 표준화를 위해서 국내외 주파수 정책과 연계하여 기술개발 계획을 수립하고 주파수 정책, 표준화 정책을 바탕으로 국가 재난 통신 망 구축계획을 수립하는 것이 필요함.

### [참고문헌]

1. ITU-R Rep. M.2033, Radiocommunication objectives and requirements for public protection and disaster relief, 2003.
2. ITU-R Resolution 646, Public protection and disaster relief, WRC-03, 2003.
3. R. Hallahan, J. M. Peha, Quantifying the costs of a nationwide broadband public safety wireless network, in Proc. of 36th Telecommunications Policy Research Conference, Sept. 2008.
4. TETRA Association, "Regulatory: Radio regulation and Spectrum", 2009.12
5. ECC Report 102, Public protection and disaster relief spectrum requirement, Jan. 2007.
6. 유홍렬, "Digital Dividend 이용동향", 2009.11.
7. 광대역공공안전재난통신표준화포럼, '연구 보고서', 2010.12.

## 무선항행위성업무용 위성망 자원 확보

### 박종민 (ETRI)

ETRI 방송통신융합연구부문 책임연구원

충남대학교 전파공학과 박사, 국방과학연구소 선임연구원

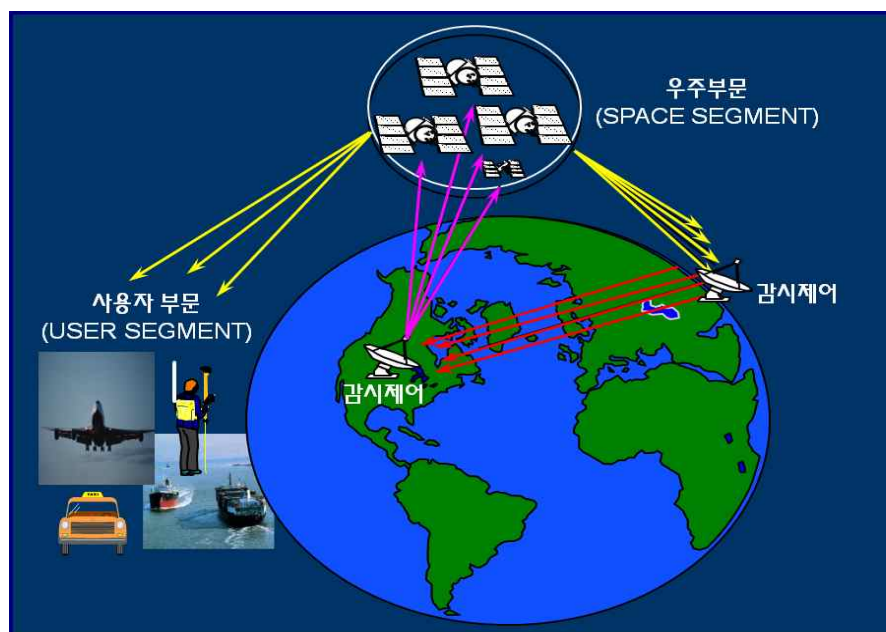
### 요약

- SBAS의 경우 선진국에서는 전 세계를 대상으로 한 서비스가 가능하도록 추진 중이며 이에 따라 2025년 이후에는 미국, 일본, 유럽 등 특정 선진국에서 독점할 것으로 예상되며, 이 경우, 국내 시장 잠식은 물론 국내 주요 인프라에 대한 해외 의존도 상승과 함께 고가의 사용료를 지불해야 할 것으로 예상됨에 따라 국가 경쟁력 확보가 시급.
- 이러한 SBAS 구축을 위해서는 정지궤도 위성 궤도/주파수 자원 확보가 필요한데, 인접한 중국 및 일본이 위성 항법용 위성 궤도 및 주파수 자원을 활용하고 있음
- 따라서, 우리나라의 고정밀 위성항법 서비스 도입 필요성을 고려하여, 우리나라도 무선항행서비스 제공을 위한 위성망 궤도 및 주파수 자원 확보 추진을 검토해야 함

# 1. 기술 개요

- o 국제전기통신연합(ITU, International Telecommunication Union)의 전파규칙(RR, Radio Regulations)상 무선항행위성업무는 무선항행 목적의 무선측위 위성업무로 정의되며, 무선항행 및 무선측위는 다음과 같이 정의됨.
  - 무선항행 : 장애물 정보를 포함하는 항행 목적으로 사용되는 무선측위
  - 무선측위 : 전파의 전파특성을 이용하여 물체의 위치, 속도 및 기타 특징을 결정하거나 또는 이러한 특징에 관한 정보를 취득하는 것
- o 무선항행위성시스템은 통상적으로 위성항법시스템이라고도 부르며, 위성항법시스템은 우주 공간상에 위치한 우주부문, 지상에서 위성의 위치계산, 궤도예측, GPS 시간유지, 위성작동상태 감시 및 제어를 수행하는 감시부문, 그리고 위성이 제공하는 신호를 수신하여 자신의 위치정보를 산출하는 사용자 부문으로 구성됨.

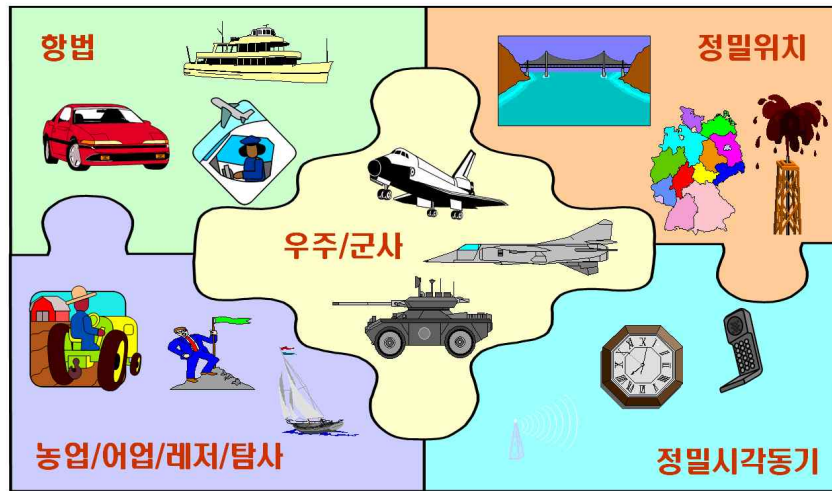
[그림 1] 위성항법시스템의 구성





o 위성항법시스템의 응용분야는 [그림 2]와 같이 다양함.

[그림 2] 응용분야



- 현재 전 세계에서 운용되고 있는 위성항법시스템에는 다음과 같은 시스템들이 있음.

[표 1] 위성항법 시스템 현황

국가	시스템 명	목 적	운용 연도	운용궤도	위성수
미국	GPS	글로벌 위성항법	1995	MEO	24
러시아	GLONASS	글로벌 위성항법	2011	MEO	24
EU	Galileo	글로벌 위성항법	2015	MEO	30
중국	COMPASS (Beidou)	글로벌 위성항법 (중국 지역위성항법)	2015	MEO (GEO)	30 (5)
일본	QZSS (JRANS)	일본주변 지역위성항법	2011	HEO (QZSS 3기+HEO 3기+GEO 1기)	3 (7)
인도	IRNSS	인도주변 지역위성항법	2013	GEO HEO	3 4

※ 운용연도는 목표 위성갯수가 모두 배치됨을 기준으로 한 것임.

※ GPS : Global Positioning System

GLONASS : The Russian Global Navigation Satellite System

QZSS : Quasi-Zenith Satellite System

JRANS : Japanese Regional Navigation Satellite System

IRNSS : Indian Regional Navigation Satellite System

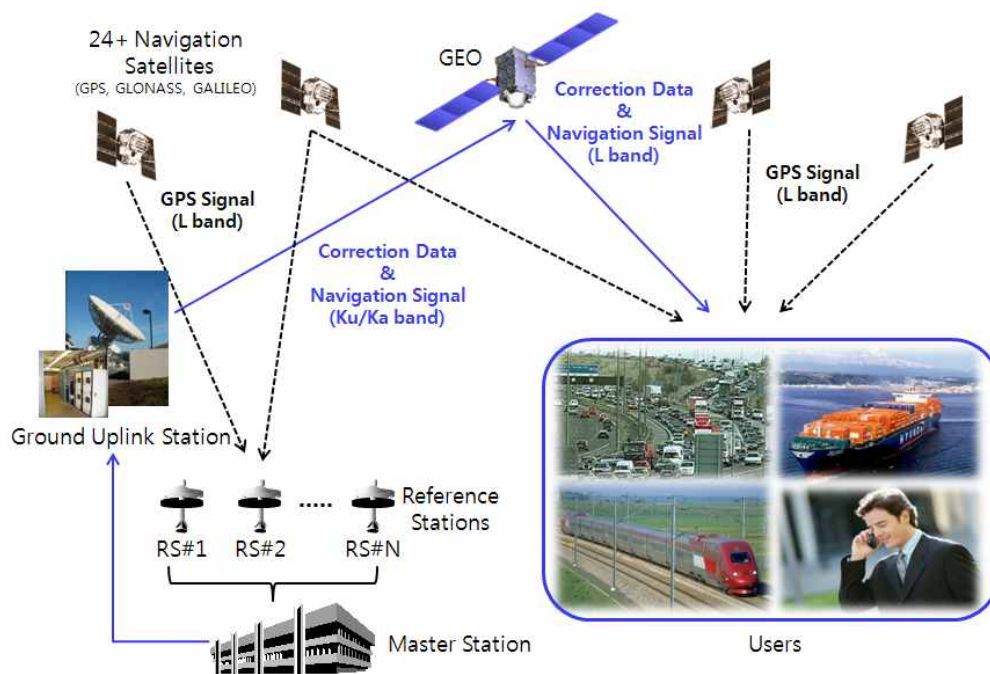
MEO : Medium Earth Orbit

GEO : Geostationary Earth Orbit

HEO : Highly Elliptical Orbit

- 현재 대표적인 위성항법시스템인 미국의 GPS의 경우 무료로 제공되고 있으나, GPS 신호에 대한 신뢰성 및 안전성에 대해서 별도 책임을 지고 있지 않기 때문에 신호 이상에 따른 위험환경에 대해 사용자가 전적으로 부담하고 있음. 또한, 최근 들어 GPS 신호에 대한 오류가 연이어 발생하고 있으나 최소한의 안전을 담보 할 국가적인 GPS 신호 감시 및 오류 경보 시스템이 미약하여 GPS를 사용하는 국민들에게 큰 위협이 될 수 있음.
- 따라서, 사용자의 안전성 제고 및 활용 범위 확대를 위하여 위성항법 신호에 대한 감시 및 위치 성능 향상을 위한 별도의 보강정보 서비스 등 국가적 차원의 서비스 제공이 필요한데, 특히, 국내 운항 항공기와 같은 높은 안전성을 요구하는 분야에서의 GPS 이용이 증대되고 있어 우리나라 전 공역에 대한 국가적 차원의 GPS 신호 감시 및 오류 경보 서비스의 제공이 시급함.
- o 이와 관련하여 선진국에서는 SBAS(Satellite Based Augmentation System)와 같은 위성항법보강시스템을 개발하여 전 세계를 대상으로 서비스가 가능하도록 추진 중이며 위성항법보강 시스템은 [그림 3]과 같이 구성됨.

[그림 3] 위성항법보강 시스템 구성도





## 2. 국내외 동향

---

### □ 국내·외 정책적 동향

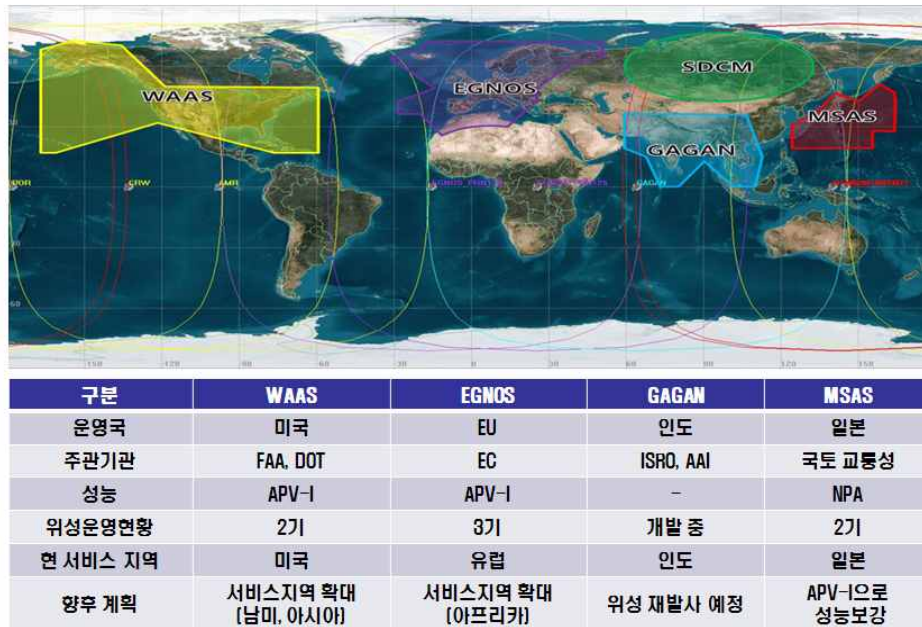
- 국토해양부에서는 국제민간항공기구(ICAO, International Civil Aviation Organization)의 항공용 성능요구조건을 만족하는 다목적 위성항법 광역보강시스템(Multi-purpose Wide Area Augmentation System, MWAAS) 개발을 추진 중.
- 또한, 현재 해양용 위성항법보강시스템(Nationwide Differential GPS, NDGPS) 운용 중이며 NDGPS를 확장하여 SBAS와 유사한 WADGPS(Wide Area DGPS) 개발을 착수할 예정임.
- 교육과학기술부에서는 「국가 위성항법 종합발전 기본계획('05. 12)」의 실천을 위하여 교과부의 「우주개발진흥 세부실천계획」에 위성항법시스템 개발 사업을 반영하였고, 방위사업청에서는 한국형 지역독자위성항법시스템 구축을 국방기술개발 중기계획에 반영함.
- 현재 미국, 유럽, 일본 등에서 광역 위성항법보강시스템을 운영 중이며, 러시아, 인도, 중국 등에서는 구축이 진행 중이다. 또한, 태국, 말레이시아 등 아시아 국가들도 관련 정책 및 연구를 추진 중인 것으로 알려져 있음.
- 현재 운영 중인 선진국에서는 추가적으로 기준국 망을 확충하여 가용 서비스 지역범위를 확장하고 있으며, 시스템 개선 등을 통하여 서비스 성능을 향상시키고 있음.

### □ 서비스 현황

- 미국 WAAS(Wide Area Augmentation System)의 경우, 현재 미국 전역에 대하여 LPV(Localizer Performance with Vertical guidance)급 성능의 서비스를 제공하고 있으며 2018년까지 이중주파수(GPS L5신호 추가)를 이용한 정밀접근(Precision Approach) 서비스를 제공할 예정임.
- 유럽 EGNOS(European Geostationary Navigation Overlay Service)의 경우, Non-Safety-Of-Life(Non-SOL) 활용을 위한 EGNOS Open Service를 무료로 먼저 제공하기 시작함.
- 일본의 MSAS(MTSAT satellite-based augmentation system)의 경우, 현재 부족한

GMS 수와 이온층의 영향으로 Vertical Guidance 서비스는 제공하고 있지 않음.  
우리나라의 경우, 국토해양부에서 해양용 DGPS 서비스를 시행 중에 있음.

[그림 5] 전세계 광역 위성항법보강서비스 현황 (2010.09. 현재)



## □ 기술개발 현황

- 전 세계적으로 APV-II 급의 광역 위성항법보강 서비스를 단기 목표로 진행 중이며, 성능 개량 및 서비스 영역 확장을 중심으로 기술 개발이 진행되고 있다. 여기서, APV-II 급이란 항공용 위성항법보강시스템 성능 요구사항으로 현재 선진국에서 서비스 목표로 하고 있는 수준을 의미함.
- 국내의 경우 현재 관련 핵심기술을 보유하고 있지 않으며, 실험실 차원의 기본 알고리즘 및 기술에 대한 구현 및 실험 등을 수행한 수준이며, 특히 위성항법 신호에 대한 무결성 감시 연구는 선진국과의 기술 격차가 큰 편임.

## □ 표준화 동향

- GNSS 관련 국제 표준은 크게 ICAO를 중심으로 하는 항공항법 분야와 국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)를 중심으로 하는 해상항법 분야, ITU를 중심으로 하는 주파수 분야로 분류할 수 있음.
- 항공항법 분야의 시스템 및 항법장치에 대한 표준안 개발은 항공기용 위성항법 시스템 및 보강시스템, 수신기의 성능 표준을 개발하고 있는 ICAO를 중심으로

유럽의 EUROCAE(European Organization for Civil Aviation Equipment), 미국의 FAA(Federal Aviation Administration)와 FAA의 표준개발을 지원하고 있는 RTCA(Radio Technical Commission for Aeronautics), ARINC(Aeronautical Radio, Incorporated)/AEEC(Airlines Electronic Engineering Committee) 등이 대표적인 표준화 기관임.

- 해상항법 분야의 시스템 및 항법장치에 대한 표준안 개발은 선박용 GNSS 수신기 성능표준을 개발하고 있는 IMO를 중심으로 IEC(International Electrotechnical Commission), CENELEC(European Committee for Electrotechnical Standardization), RTCM(Radio Technical Commission for Maritime Services), NMEA(National Marine Electronics Association) 등이 대표적인 표준화 기관임.
- 위성항법시스템에 대한 주파수 분배는 ITU에서 개최하는 세계전파통신회의(WRC, World Radiocommunication Conference)를 통하여 이루어지고 있으며, RTCA에서는 GPS에 대한 신호규격 및 타 GNSS와의 신호간섭에 관한 평가를 제시하고 있음.

### **3. 문제점**

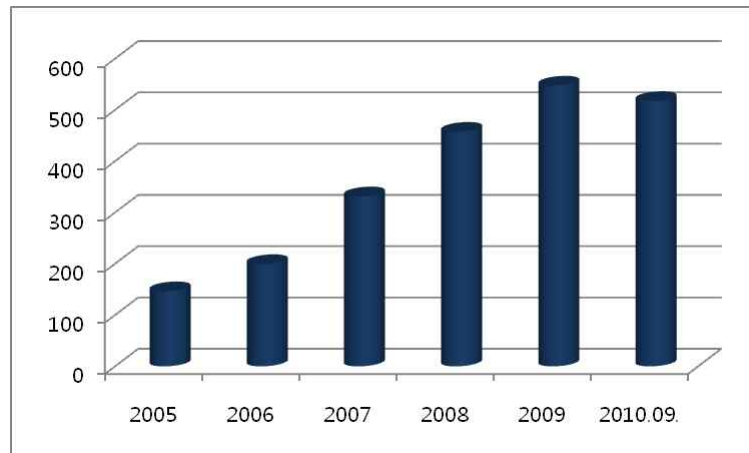
---

- 위성항법보강시스템 구현을 위해서는 정지궤도 위성 발사가 필수적임. 또한, 정지궤도 위성을 운용하기 위해서는 위성이 위치할 궤도와 신호를 송수신하기 위한 주파수 자원이 반드시 소요되며, 모든 국가는 이러한 자원을 전파규칙(Radio Regulations)에서 규정하는 국제적인 등록 절차에 따라 확보, 이용하여야 함.
- 이러한 위성망 국제등록 절차에는 선점 원칙(first come, first served)이 적용되기 때문에 1990년대 후반부터 각 국가들의 위성 궤도 및 주파수 자원의 확보 경쟁은 매우 치열하게 전개되고 있으며 [그림 6]은 2005년부터 연도별 정지궤도 위성망 국제등록 신청 현황을 나타내고 있음<sup>3)</sup>.

---

3) 2010년 9월 현재 국제전기통신연합에서 공표한 위성망 사전공표자료 현황을 근거로 하고 있음.

[그림 6] 연도별 정지궤도 국제등록 신청 위성망 수



- 위 그림에서와 같이 전 세계적으로 2007년부터 매년 300여개 이상의 위성망이 신규로 신청되고 있음을 고려할 때, 새로운 서비스 제공을 위한 자원 확보는 점점 어려워지게 됨을 짐작할 수 있을 것임.
- 전파규칙의 위성망 국제등록 절차에 근거하여 위성망 운용을 위한 우주국을 개설(위성망을 구축)하고자 하는 자는 국내 전파법<sup>4)</sup>에 따라 방송통신위원회에 국제등록신청을 요청하여야 하며, 방송통신위원회는 요청 내용을 검토하여 적합하다고 판단되는 경우 해당 위성망 국제등록 신청서를 ITU 에 제출함으로써 위성망 확보과정이 착수되고 이후 동일 주파수를 이용하는 다른 국가 위성망과의 혼신 조정 등 필요한 모든 조치를 수행하여야 함.
- 이와 같이 위성 궤도 및 주파수 자원은 지상망이 이용하는 주파수 자원과는 달리 해당 주파수의 국제적인 확보가 반드시 선행되어야만 사용할 수 있는 자원으로 그 특성을 다음 [표 2] 와 같이 정리할 수 있음.

4) 전파법 제39조 (위성궤도등의 국제등록) ① 우주국을 개설하기 위하여 위성궤도등을 확보하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 방송통신위원회에 위성망 국제등록 신청을 요청하여야 한다. ② 방송통신위원회는 제1항에 따른 위성망 국제등록 신청 요청의 내용이 다음 각 호에 적합한 경우에는 「국제전기통신연합 전파규칙」에 따라 국제전기통신연합에 위성망 국제등록을 신청하고, 적합하지 아니한 경우에는 그 요청서를 되돌려 보내거나 기간을 구체적으로 밝혀 보완하도록 할 수 있다.

1. 요청자가 개설하려는 우주국에 주파수의 지정이 가능할 것
2. 위성사업계획이 적정할 것
3. 요청자가 위성망 혼신조정능력이 있을 것



[표 1] 위성 궤도/주파수 자원 및 지상 주파수 자원의 특성 비교

구분	위성궤도 및 주파수 자원	지상 주파수 자원
자원성격	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국제적인 공용 자원임</li> <li>○ 전파규칙 규정에 따라 운용중인 위성망 및 먼저 국제등록 중인 위성망과의 조정이 필요함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 정부의 자체적인 판단에 따라 이용시기 및 이용방법을 결정함</li> </ul>
주파수자원 국제등록	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 운용개시 7년 전에 등록절차 개시</li> <li>○ 최소 5년 이상의 시간적, 경제적 비용이 요구됨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 일부 주파수대역을 제외하고 국제등록절차 수행하지 않음</li> </ul>
혼신조정	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국제등록 완료 이후 신규 위성망과의 혼신 조정업무를 계속적으로 수행하여야 함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 일부 주파수대역을 제외하고는 타국 무선망과의 혼신조정 절차가 적용되지 않음</li> </ul>
이용기한	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국제등록 개시 후 7년 이내 운용하여야 하며 계속적으로 이용하지 않을 경우 위성망 국제등록 삭제</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 정부의 자체적인 판단에 따라 이용기한을 결정할 수 있을 것임</li> </ul>
서비스지역	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자국 및 지역서비스 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자국 영토 내에서만 가능</li> </ul>

- ITU는 국제연합 (UN, United Nations) 의 전기통신분야에 대한 유일한 전문기구로서 궤도 및 주파수 자원의 국제적인 관리업무를 총괄하고 있으며, 위성 궤도 및 주파수 자원에 대한 국제적인 등록 절차는 전파규칙에 상세하게 규정되어 있으며 다음과 같이 3단계의 절차로 구분할 수 있음.

- 사전공표단계 (국제등록 신청 단계)

- 위성 운용 예정일로부터 7년 전에 신청 가능
- 위성 궤도 위치, 주파수 대역, 서비스 지역 정보를 제출

- 조정 단계

- 국제등록 신청일로부터 24개월 이내에 위성망의 상세 전송제원을 제출
- 동일 주파수 대역을 이용하는 다른 국가 위성망 및 지상망과의 주파수 공유를 위한 혼신 조정 협의 진행

- 통고 및 등재 단계

- 다른 국가 위성망 및 지상망과의 조정 진행 경과와 운용 예정 전송제원을 통고
- 전파규칙 준수 여부, 다른 국가와의 조정 완료 여부를 종합적으로 심사하여 국제주파수등록원부에 등재

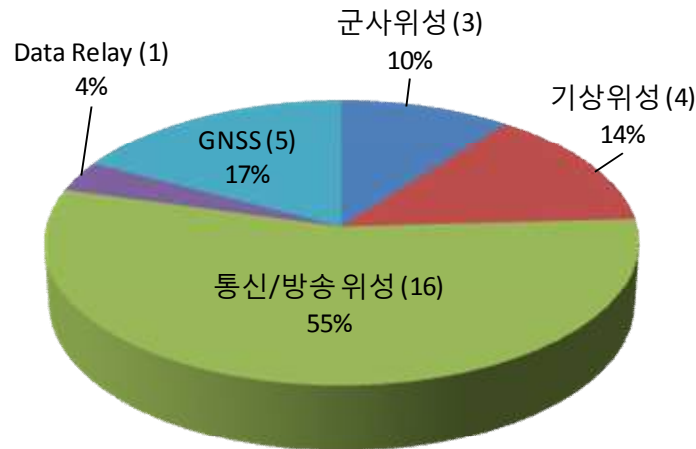
- 실제 위성망 운용 개시 사실 통보 (국제등록 신청일로부터 7년 이내)

o 우리나라와 인접한 중국의 정지궤도 위성망 운용 현황은 다음 [표 3]에 나타낸 바와 같이, 29개의 정지궤도 위성을 운용 중에 있으며, [그림 7]에는 총 29개의 정지궤도 위성을 업무 용도에 따라 그 비율을 도식적으로 나타냄.(2010년 10월 현재)

[표 3] 중국의 정지궤도 위성 운용 현황

궤도위치 (°E)	위성명	궤도 경사각	발사일자	비고
36.5	DFH 3-2(*)	6.2°	1997-05-11	통신/방송위성
51.6	APSTAR 1A	4.8°	1996-07-03	통신/방송위성
71.0	BEIDOU 2B(*)	0.3°	2009-04-14	GNSS
75.0	LMI 1	-	1999-09-26	통신/방송위성
76.5	TELSTAR 10	-	1997-10-16	통신/방송위성
77.0	TIANLIAN I	0.1°	2008-04-25	Data Relay
80.3	BEIDOU 1B	3.1°	2000-12-20	GNSS
83.8	BEIDOU G3	1.6°	2010-06-02	GNSS
86.3	FENGYUN 2D	0.9°	2006-12-08	기상위성
87.5	CHINASTAR 1	-	1998-05-30	통신/방송위성
92.3	CHINASAT 9	-	2008-06-09	통신/방송위성s
97.8	ZHONGXING 22	2.2°	2000-01-25	군사위성
98.1	ZHONGXING 20	0.1°	2003-11-14	군사위성
100.5	ASIASAT 5	-	2009-08-11	통신/방송위성
103.2	ZHONGXING 22A	0.8°	2006-09-12	군사위성
104.5	FENGYUN 2E	1.2°	2008-12-23	기상위성
105.5	ASIASAT 3S	-	1999-03-21	통신/방송위성
110.5	SINOSAT 1	-	1998-07-18	통신/방송위성
110.6	BEIDOU 1C	0.1°	2003-05-24	GNSS
115.5	CHINASAT 6B	-	2007-07-05	통신/방송위성
122.2	ASIASAT 4	-	2003-04-12	통신/방송위성
123.2	FENGYUN 2C	2.5°	2004-10-19	기상위성
124.9	SINOSAT 3	-	2007-05-31	통신/방송위성
134.0	APSTAR 6	-	2005-04-12	통신/방송위성
138.0	APSTAR 5	-	2004-06-29	통신/방송위성
139.0	BEIDOU 1A	1.7°	2000-10-30	GNSS
142.1	APSTAR 1	5.5°	1994-07-21	통신/방송위성
146.0	ABS-5		1997.08.19	통신/방송위성
-173.9	FENGYUN 2B(*)	5.5°	2000-06-25	기상위성

[그림 7] 중국의 정지궤도 위성 업무 용도에 따른 비율



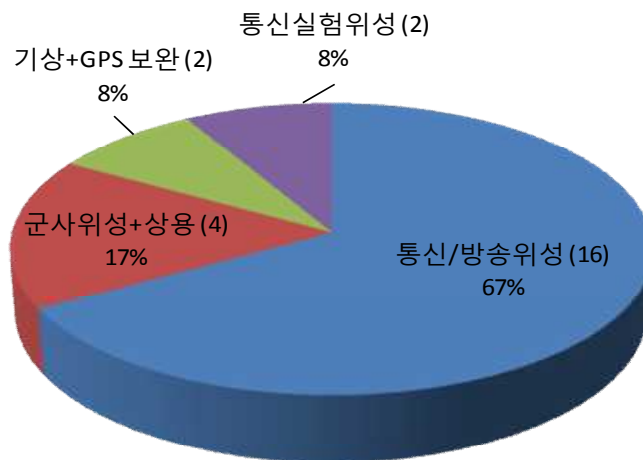
- 이러한 데이터를 참조하면, 현재 운용 중인 중국의 통신/방송 위성 수는 다음에 살펴볼 일본의 위성 수와 거의 유사하다고 볼 수 있음. 중국의 위성 운용 현황에서 볼 수 있는 큰 특징으로는 군사 목적으로만 운용되는 위성이 3개가 있으며, 독자적인 항법시스템 (BEIDOU-2/COMPASS)을 위해 모두 5개의 위성이 정지궤도에 위치하고 있음.
- o 현재 일본은 다음 [표 4]에 나타난 바와 같이, 24개의 정지궤도 위성을 운용 중에 있으며, [그림 8]에는 이들 정지궤도 위성을 업무 용도에 따라 그 비율을 도식적으로 나타냄.(2010년 10월)

[표 4] 일본의 정지궤도 위성 운용 현황

궤도위치 (°E)	위성명	궤도 경사각	발사일자	비고
90.8	DRTS	-	2002-09-10	통신실험위성
109.6	B-SAT 1A	-	1997-04-16	방송위성
109.9	BSAT-3A	-	2007-08-14	방송위성
109.9	BS-3N	-	1994-07-08	방송위성
109.9	B-SAT 2A	-	2001-03-08	방송위성
109.9	B-SAT 2C	-	2003-06-11	방송위성
110.1	NSAT 110	-	2000-10-06	상용 + 군사 위성
124.0	JCSAT 6	-	1999-02-16	통신/방송위성
127.9	JCSAT 12	-	2009-08-21	통신/방송위성
128.0	JCSAT 10	-	2006-08-11	통신/방송위성
132.0	JCSAT 9	-	2006-04-12	통신/방송위성

136.0	N-STAR C	-	2002-07-05	통신/방송위성
140.0	HIMAWARI 6	-	2005-02-26	기상, GPS 보완
143.0	KIZUNA(WINDS)	-	2008-02-23	1.1 GHz 급 중계기 탑재 통신/방송위성
144.0	SUPERBIRD 7	-	2008-08-14	상용 + 군사 위성
144.0	MBSAT	-	2004-03-14	방송위성(DMB)
145.0	MTSAT-2	-	2006-02-18	기상, GPS 보완
145.8	KIKU 8	0.5°	2006-12-18	통신실험위성(ETS-VIII)
150.0	JCSAT 1B	0.5°	1997-12-02	통신/방송위성
154.0	JCSAT 8	-	2002-03-29	통신/방송위성
158.0	SUPERBIRD C	1.8°	1997-07-28	상용 + 군사 위성
162.0	SUPERBIRD 4	-	2000-02-18	상용 + 군사 위성
-127.0	HORIZONS-1	-	2003-10-01	INTELSAT과 공동소유
-74.1	HORIZONS-2	-	2007-12-22	INTELSAT과 공동소유

[그림 8] 일본의 정지궤도 위성 업무 용도에 따른 비율



- 일본은 모두 22개의 통신 및 방송위성 (4개 군사위성+상용 위성, 2개 통신실험위성 포함)이 운용 중에 있으며, 이 중 4개 위성은 군사용 위성 중계기 (X 대역)를 탑재하고 있음.
- 그리고, 기상 위성의 경우는 140°E에서 실제 운용 중에 있으며, 145°E는 back-up 궤도 (back-up 위성이 위치함) 로 확보한 상태임. 미국 정부의 동의하에 운용 중인 SBAS 용 위성 중계기는 상기 일본 기상 위성에 탑재되어 운용 중에 있음.
- o 정보통신 인프라의 하나인 위성 인프라 구축을 위한 위성 궤도 및 주파수 자원 확보 업무는 국가 차원에서 체계적으로 수행되어야 할 것이며 지속적인 위성 발사 및 운용이 필요함. 앞서 살펴 보았듯이 정지위성 궤도 및 주파수 자원은

국가의 고유 자원으로 인식, 인접국의 자원 선점 활동이 적극적으로 진행 중에 있음.

- 또한, 일본의 SBAS와 같이 미국의 GPS 신호를 이용한 항법보강시스템을 구축할 경우, 미국의 동의를 획득해야 하는데, 이는 국가적 차원에서 해결할 수 있는 문제임.

## 4. 기대효과

---

### □ 정책적 기대효과

- 한반도 주변지역에서도 중국과 일본이 독자항법시스템 구축을 추진 중인 바, 국가적으로 GPS와 동일한 항법서비스를 제공할 수 있는 독자 인프라를 구축하게 될 경우, ICAO에서 추진 중인 차세대 항행시스템(CNS/ATM) 전환의 일환으로 ICAO의 권고사항을 준수하는 것일 뿐만 아니라, 유사 시스템을 구축운영 중인 항공선진국과의 동등한 위치 확보 및 국가 위상 제고가 가능함.
- 현재 국토해양부에서 추진 중인 PBN(Performance Based Navigation)과 한국형 항공교통 관리 미래 전략과 연계되어 한국형 차세대 항행시스템 구축이 가능하며, 국토해양부를 중심으로 추진 중인 국가 연구개발 사업 및 차세대 인프라에 높은 품질의 위치 및 시각 정보 제공이 가능하며 녹색 성장산업의 육성도 기대할 수 있음.

### □ 기술적 기대효과

- 이와 관련된 연구개발을 추진할 경우, 몇몇 선진국에서만 보유하고 있는 위성 항법보강시스템 관련 핵심기술을 확보할 수 있으며 이를 기반으로 한 세계 기술 표준화 참여 및 원천 기술 (정밀 위성시계 및 정밀 궤도추적 기술 등) 확보가 가능함.
- 무결성 기술 확보로, 다원화 GNSS 시대에서 서비스 안정화 핵심 기술을 확보하여 위성항법서비스의 가용성 및 이용성 향상에 기여할 수 있음.
- 또한, 향후 독자적인 시스템 성능 개선 뿐만 아니라, 우리나라 독자 위성항법시스템 구축을 위한 기반을 조성할 수 있으며 위성항법을 활용하는 다양한 응용기술 개발이 용이할 수 있음.

## □. 산업적/경제적 기대효과

- 항공, 육상 및 해상, 일반 사용자에게 보강정보 서비스를 제공함으로써 높은 경제적 편익을 기대할 수 있음.
- 기존 보다 향상된 위치 및 시각정보를 제공하므로 이를 이용하는 위치기반 서비스(LBS), 이동통신(스마트폰) 등의 응용분야에서도 고부가가치 제품과 서비스 창출이 가능하고 국내 기업의 관련 세계시장 점유율 확대 및 선점에도 기여할 것으로 예상됨.
- 현재의 위성항법관련 높은 해외 의존도를 낮출 수 있을 뿐만 아니라, 기술 자립화에 따른 수입 대체효과 및 수출 효과도 기대할 수 있음.
- 항공기, 차량, 선박, 철도 등의 운행 연료비 감소 및 소요시간 단축, CO2 등의 환경오염 배출가스 감소 등 환경보호 및 경제·사회적 비용 감소를 기대할 수 있음.

## 5. 시사점 및 정책건의

---

- 위성항법 위치정보 서비스 시장<sup>5)</sup>은 '13년 156억불 규모로 연간 56.8%의 성장이 전망되고, 전세계 고정밀 위치정보(Precision Positioning) 서비스의 시장규모<sup>6)</sup>는 '08년 30억불에서 '12년 70억불로 성장할 것으로 전망되며, 시각동기 분야의 세계 시장규모<sup>7)</sup>는 '07년 4억불에서 '13년 19억불로 성장할 것으로 전망됨.
- 또한, 전세계 위성항법 단말 시장규모<sup>8)</sup>는 '07년 2.6억대(1,000억불 또는 1조 2,500억원)로 통신분야의 시장이 가장 크고, '13년에는 9.2억대(2,400억불 또는 3조원)로 성장할 것으로 전망됨.

5) 참조자료 : Location Based Service Market, The Insight Research Corporation, '08. 10

6) 참조자료 : GNSS Precise Positioning Market Report 2008-2012, '08

7), 6) 참조자료 : Global Navigation Satellite Positioning Solutions, ABI Research, '08

- SBAS의 경우 선진국에서는 전 세계를 대상으로 한 서비스가 가능하도록 추진 중이며 이에 따라 2025년 이후에는 미국, 일본, 유럽 등 특정 선진국에서 독점할 것으로 예상되며, 이 경우, 국내 시장 잠식은 물론 국내 주요 인프라에 대한 해외 의존도 상승과 함께 고가의 사용료를 지불해야 할 것으로 예상됨에 따라 국가 경쟁력 확보가 시급하다 할 수 있음.
- 최근 스마트 폰으로 급부상한 애플사 아이폰의 경우처럼 상당수의 어플리케이션이 위치기반으로 하고 있는 등 높은 품질의 위치 정보와 효과적인 활용은 단순히 하나의 사업 분야에 그치지 않고 국가 전반의 가치를 높일 수 전략적 자산으로 변화하고 있음. SBAS 구축을 통하여 새로운 국가 성장동력 창출이 가능하며 경제·사회적 파급효과 등 비용대비 경제적 편익은 상당할 것으로 기대됨.
- 이러한 SBAS 구축을 위해서는 정지궤도 위성 궤도/주파수 자원 확보가 필요한데, 인접한 중국 및 일본이 위성 항법용 위성 궤도 및 주파수 자원을 활용하고 있다는 점은 우리나라에 시사하는 바가 크다고 판단됨.
- 따라서, 우리나라의 고정밀 위성항법 서비스 도입 필요성을 고려하여, 우리나라도 무선헤행서비스 제공을 위한 위성망 궤도 및 주파수 자원 확보 추진을 검토할 필요가 있다고 판단됨.