

# 차세대 World Wide Radio 동향분석

## Trend Analysis of Next Generation World Wide Radio

강민구\* 권기원\*\* 백종호\*\* 이경택\*\*

### 목 차

1. 차세대 World Wide Radio 분석
2. 디지털 라디오 표준 비교분석
3. USB기반의 디지털 라디오 설계
4. 결 론

## 1. 차세대 World Wide Radio 분석

차세대 WWR(World Wide Radio)는 유럽의 Eureka-147 기반의 DAB/DAB+/DMB-Radio와 유럽의 디지털 AM/FM 방식인 DRM/DRM+, 및 북미지역의 디지털 AM/FM 방식의 HD-Radio 등을 포함하며 전 세계적으로 상용화 방송중이거나 상용화 예정인 라디오 방송이다.

차세대 WWR는 고품질 오디오 서비스는 물론, 교통, 증권 및 영상 등 다양한 부가데이터 서비스를 언제 어디서나 제공할 수 있는 차세대 디지털 라디오 방송이다. 이러한 차세대 WWR는 다양한 디지털 라디오 서비스 방식은 대륙별 국가별로 서로 다른 방식이 채택되고 있으며, 아날로그에서 디지털로의 변환 시점과 맞물려 인프라 및 관련 산업 시장이 급격히 증가되는 추세이다.

라디오 방송의 경우, 전 세계적으로 단순 오디오 서비스만을 제공하던 기존 아날로그 라디오 방송에서 고품질 오디오 및 영상을 포함한 부가데이터 서비스가 가능한 디지털 멀티미디어방송 방식으로의 전환을 위한 다양한 시도들이 이루어지고 있으며 일부 국가들은 이미 디지털라디오 방송 서비스를 제공하고 있다[1].

차세대 WWR에 대한 디지털라디오의 표준인 DRM, DRM+, DAB, DAB+, DMB-Radio, 및 HD Radio를 동

시에 지원하는 WWR 수신 칩셋이 개발될 것으로 예측이 되고 있다.

본 논문에서는 향후 차세대 WWR의 멀티 수신 칩셋과 멀티 수신 단말기를 연구하는 연구소와 기업 등에 제품개발의 다양한 정보를 제공하고자 한다.

(표 1) 아날로그 라디오와 디지털 라디오 방송의 특징적 기술 비교

항 목	방송 종류	아날로그 라디오	디지털 라디오
다중경로 간섭 영향		많다	적다
Shadowing 영향		많다	적다
잡음과 간섭 영향		많다	적다
요구 CIR		37~40dB이상	5~10 dB이상
전력 사용 효율		낮다	높다
요구 송신 출력		수십 kW 이상	수십 kW 이상
주파수 사용효율		낮다	높다(FM대비 최소39배)
지역별 서비스 가용도		50 %	95.99 %
시간별 서비스 가용도		90 %	99 %
서비스 품질		낮다	높다
이동체 수신품질		낮다	높다
서비스 종류		오디오	오디오, 비디오 및 데이터
단일 주파수 방송망(SFN)		불가능	가능
난청지역 해소		어렵다	쉽다
채널 오류정정 기능		없다	있다
특정 가입자 선별 시청		불가능	가능
송신설비 공동 이용		어렵다	쉽다
스마트 단말 기능		없다	있다

\* 한신대학교 정보통신학과(교신저자)  
\*\* 전자부품연구원

## 2. 디지털 라디오 표준 비교분석

차세대 WWR관련 디지털 방송표준으로는 AM 대역의 디지털 라디오로 DRM(Digital Radio Mondiale)와 HD Radio 표준이 있으며, FM 대역의 디지털 라디오로는 DAB(Digital Audio Broadcasting), DAB+, DMB-Audio, DRM+(DRM Mode E) 및 HD Radio 방식이 있다.

이런 다양한 디지털 라디오 서비스 방식은 대륙별 국가별로 서로 다른 방식이 채택되어 진행 되고 있으며, 각 방송사마다 표준별로 다양하게 운영하고 있는 실정이다.

기존의 AM(Amplitude Modulation) 아날로그 라디오 방송은 주파수 특성상 넓은 지역을 커버할 수 있는 장점이 있지만, 상대적으로 낮은 채널 대역폭, 인접채널 간섭 및 페이딩으로 인한 신호 감쇄 등의 영향으로 인하여 오디오 음질이 떨어지는 단점 때문에 많은 사용자에게 외면되었다.

반면 디지털로 전환을 통하여 FM이상의 음질 및 부가적인 데이터서비스가 국가간 혹은 대륙간 방송 서비스가 가능하게 되었다.

또한, FM(Frequency Modulation) 아날로그 라디오의 디지털 전환을 통하여 다음과 같은 장점을 얻을 수 있다

- CD 수준의 음질 : 간섭, 중첩 등의 왜곡 없는 순수한 음질 제공
- 손쉬운 프로그램 선택 : Text menu에서 선택 방식으로 전환
- 완벽한 수신 : 이동중에도 지속적/안정된 수신
- 하나의 수신기 : 하나의 수신기로 음악과 Data Service를 동시에 지원
- 프로그램 관련 Data 전송 : RDS보다 상세한 Text 정보 Display
- 음악 및 Data Service : 취향별 음악 선정, 부가가치 높은 정보제공
- 저렴한 방송비용 : FM은 DAB 방송 송출의 약 170배 이상 전력소모

차세대 WWR 방송표준으로는 AM 대역의 디지털 라디오로 DRM(Digital Radio Mondiale)와 HD Radio 표준이 있으며, FM 대역의 디지털 라디오로는 DAB(Digital Audio Broadcasting), DAB+, DMB-Audio, DRM+

(DRM Mode E) 및 HD Radio 방식이 있다.

이런 다양한 디지털 라디오 서비스 방식은 대륙별 국가별로 서로 다른 방식이 채택되어 진행 되고 있으며, 각 방송사마다 표준별로 다양하게 운영하고 있는 실정이다[2].

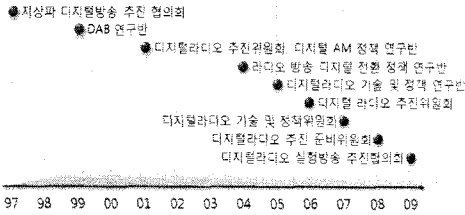
(표 2) 디지털 라디오 표준 비교

Mode	Radio Band	Bandwidth	Modulation	Bit Rate	Notes
HD Radio	MF Radio Band	30 - 40 - 60	16Q - 2	Hybrid Mode	
		20 - 40	1 - 2	All Digital Mode	
DRM	LW MW SW (<30MHz)	4.5 - 20	8 - 72	~ 3.6	Robustness Mode A, B, C & D
		140 - 100	~ 0.71		Standard Hybrid
		152 - 112	~ 0.74		Extended Hybrid Mode(MF2)
HD Radio	Serd II	166 - 125	~ 0.75		Extended Hybrid Mode(MF3)
		194 - 150	~ 0.79		Extended Hybrid Mode(MF11)
		200 - 100	~ 0.5		All Digital Mode(MFE)
		200 - 278.5	~ 2.39		All Digital Mode(MFS - MS1)
DRM	Serd I Serd II (30MHz - 120MHz)	100 - 190	~ 1.3		Robustness Mode E
		~ 1384	~ 0.69		Code Rate 1/2
DAB	Serd III	3712 - 1176	~ 1.04		Code Rate 1/3
		~ 592	~ 0.35		Code Rate 1/4

차세대 WWR 수신 기술을 통하여 아시아 및 유럽을 중심으로 거의 표준화가 확정적인 DRM, 유럽및 호주 중심의 DAB와 DAB+ 그리고 미국 중심의 HD Radio 표준을 동시에 지원하는 플랫폼을 확보함으로써 시장에서 다양하게 요구 될 수 있는 디지털 라디오 단말기 형태에 대응 가능하며, 디지털 라디오 수신기의 다양화, 소형화 및 생산 단가의 절감으로 글로벌 시장의 확대를 기대 할 수 있다.

### 2.1 국내 디지털 라디오 기술 동향 및 수준

차세대 WWR 수신 단말 기술을 통하여 하나의 플랫폼으로 각국의 다양한 디지털 라디오 방송 표준을 모두 서비스 할 수 있으며, 이에 따라 수요자의 다양함과 개발자의 생산성 또한 높일 수 있다. 또한 전 세계의 디지털 라디오 방송과 관련된 새로운 서비스 창출과 통합 멀티미디어 방송 수신 단말기로서의 시장 확대도 기대 할 수 있다.



(그림 1) 국내 디지털 라디오 추진 연혁

국내에서는 2009년과 2010년에 디지털라디오 전송 방식을 결정하기 위한 비교실험을 실시하고 있으며, 2012년 이후 라디오도 디지털로 전환할 계획이다. 디지털라디오는 기존의 AM/FM 라디오를 디지털 신호로 전송하는 것으로 보다 깨끗한 음질과 교통·날씨 정보 등 다양한 부가 서비스를 제공할 수 있으며, 이 밖에도 라디오가 디지털로 전환되면 갈수록 늘어나는 주파수에 대한 수요도 충족시킬 수 있을 것으로 기대된다.

이러한 디지털 라디오 방송의 전송방식에 따라 방송 및 가전 업계의 관심이 높아지고 있으며, 어떤 전송방식 선택과 주파수의 분배가 결정됨에 따라 단말기 이해관계도 엇갈릴 것으로 예상된다.

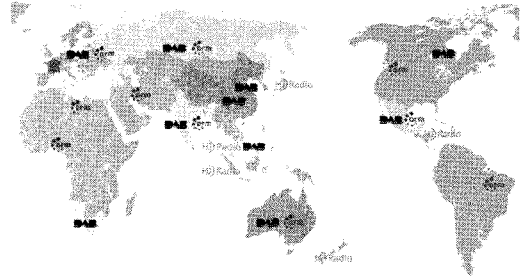
현재 디지털 라디오에 관심 있는 기관으로는 삼성전자, LG전자, 삼성전기, LS산전, 현대오토넷, 광성전자, 기흥전자등 이며, 방송사로는 KBS, MBC, SBS, EBS, CBS, BBS, 방송기술인연합회가 있으며 이밖에 전자연구소, 한국정보통신기술협회(TTA), 전자부품연구원(KETI), 한국전파진흥협회(RAPA), 방송공학회도 디지털 라디오 추진에 관심을 가지고 있다.

국내 디지털라디오는 HD Radio(IBOC 방식), DAB, DAB+ 등 3가지의 기술을 검증 비교하고 있으며, DMB-Audio를 위한 제한적인 테스트와 DRM+ 관련 기술도 지속적으로 추적하고 있다.

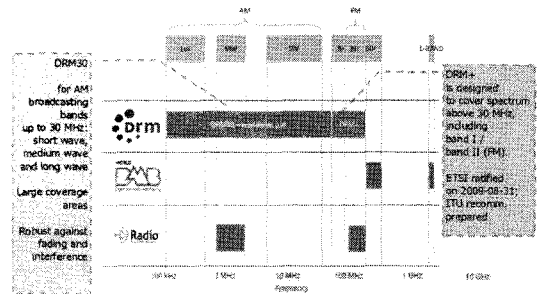
전자부품연구원은 DAB/DRM RF/Baseband 통합 칩을 피앤피네트워크와 공동 개발하여 2008년 9월 세계 최초로 상용화 하였고, DRM/DRM+수신을 위한 수신기 성능 테스트를 진행 중에 있다.

## 2.2 국외 디지털 라디오 기술 동향 및 수준

전세계적으로 검토 중인 디지털 라디오 방송 기술



(그림 2) 대륙·국가별 디지털 라디오 방식 현황



(그림 3) 방송별 주파수 대역

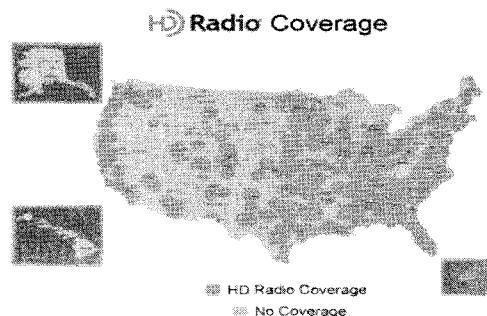
(표 3) 디지털 라디오 방식별 국가 분류

	DAB	DAB+	DRM	HD Radio
유럽	영국, 프랑스, 독일, 벨기에, 덴마크, 체코, 스웨덴, 노르웨이, 네덜란드, 폴란드, 이탈리아, 슬로베니아, 크로아티아, 모나코, 포르투갈, 아일랜드, 오스트리아, 스위스, 에스토니아, 헝가리	스위스, 몰타, 체코, 이탈리아	덴마크, 프랑스, 독일, 이탈리아, 바티칸시국, 러시아, 영국, 스페인, 벨기에, 룩셈부르크, 오스트리아, 루마니아, 포르투갈, 불가리아, 노르웨이, 아일랜드	프랑스, 라트비아, 폴란드, 스위스
미주 남미	캐나다		에콰도르, 캐나다, 칠레	미국, 캐나다, 브라질, 멕시코
아시아	중국, 싱가포르, 홍콩, 인도, 인도네시아, 대만	싱가포르	중국, 인도, 스리랑카, 말레이시아	태국, 홍콩, 베트남, 인도네시아, 필리핀
중동 아프리카	이스라엘, 쿠웨이트, 남아프리카, 터키		르완다, 쿠웨이트, 나이지리아	나이지리아
대양주	호주	호주	호주, 뉴질랜드	뉴질랜드

표준은 크게 DAB, DAB+, DRM, DRM+, HD Radio로 구분할 수 있으며, 대륙별·국가별 추진하고 있는 디지털 라디오 방식 현황 및 주파수 대역은 아래와 같다.

또한, DAB/DAB+서비스를 유럽의 12개국과 캐나다 및 오스트레일리아, 그리고 싱가포르 등에서 정식서비스를 진행 중이며, 28개국이 시험방송을 하고 있다.

DRM 시험방송은 전 세계 127가지국에서 하루 710시간 오디오 채널 중심으로 시험 방송하고 있으며, 유럽을 주축으로 미국, 중국, 일본 등 34개국의 105개의 회사가 DRM 컨소시엄에 가입하여 활동하고 있다. DRM 컨소시엄 회원을 중심으로 DRM+ FM Simulcast 등과 관련된 운영 시험이 이루어지고 있다.



(그림 4) HD Radio 사용 현황

### 2.2.1 미국향 디지털 라디오 : HD Radio

또한, HD Radio는 미국의 아이비퀴티(Ibiquity)가 개발한 IBOC(in-band on-channel)라는 새로운 라디오 기술 방식에 기반을 두고 있다. HD Radio에서 HD는 HDTV라는 단어에 익숙한 일반인들이 이해하기 쉽도록 만든 일종의 서비스 이름이다. 미국은 2002년 연방통신위원회(FCC)의 인증을 받아 2003년부터 HD Radio 방송을 시작하였다. 미국에서는 2000여개 이상의 방송국들이 HD Radio 방식의 디지털 라디오 방송 서비스를 하고 있다. 아울러, 프랑스, 폴란드, 스위스, 멕시코 및 브라질 등의 국가에서 시험 방송을 하고 있다. 방송사 입장에서는 아날로그 AM과 FM을 새로운 고품질의 디지털 신호와 함께 송출할 수 있으며, 청취자들은 아날로그에서 디지털 라디오로 전환되는 기간 동안에도 현재 할당된 주파수에서 기존의 아날로그 방송과 새로운 디지털 라디오를 이용할 수 있는 장점이 있다.

HD Radio방식은 DAB 방식에 비해 이동 중인 차량에서의 수신시 음질과 수신이 만족스럽지 못하다는 평가에도 불구하고, 기존의 FM 하부구조를 계속해서 사용할 수 있다는 핵심적인 장점을 가지고 있기 때문에, 기존의 모든 라디오 방송사가 디지털 채널을 확보하게 하며 전환 비용을 최소화하여 미국 라디오 환경에 잘 맞는다.

(표 4) HD Radio 특징 및 장점

특징	장점

### 2.2.2 유럽향 디지털 라디오 : DAB

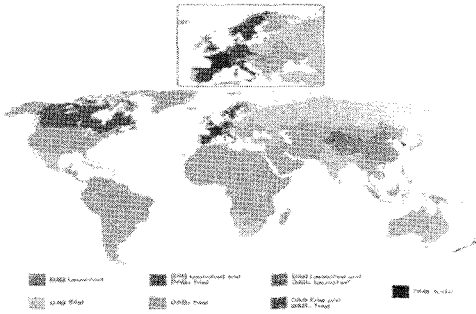
Eureka-147(European research coordination agency project-147)방식은 유럽의 전 지역, 캐나다, 대만, 호주, 싱가포르 등에서 국가 표준으로 채택하여 서비스 중이며, 우리나라에서도 2001년 12월 Eureka-147 방식을 디지털 라디오를 위한 국가 공공 방송 서비스 표준으로 채택하고 있다.

유럽의 DAB는 신규 사업자와 기존 사업자가 새롭게 DAB 시장에 진입할 수 있는 장점과 함께 다음과 같은 특징이 있다.

- 저가에 다양한 멀티미디어 정보 서비스가능
- 주파수 할당에 따라 모바일 방송용으로 활용
- 부가 데이터 서비스로 수익모델 창출 가능
- 수신기 시장에 새로운 산업과급 효과 기대

(표 5) DAB 전송 모드

전송모드 항목	1	2	3	4
용용	지상파(SFN)	지상파	지상/하이브리드	지상파
방송파 주파수	< 375 MHz	< 1.5 GHz	< 3 GHz	< 1.5 GHz
부반송파 수	1,536	384	192	768
부반송파 간격	1 KHz	4 KHz	8 KHz	4 KHz
보호구간 길이	246 μs	62 μs	31 μs	123 μs
유효심볼 길이	1ms	250 μs	125 μs	500 μs
프레임 길이	96 ms	24 ms	24 ms	48 ms
널 샘플 길이	1,297 ms	324 μs	168 μs	648 μs
프레임당 샘플수	76	76	153	76
변조방식	π/4 DQPSK			
방송채 주파수	2.048 MHz			
시간 인터리빙 주파수	Depth = 384 MHz			
인타리빙 주파수	Width = 1.536 MHz			
시스템 대역폭	1.536 MHz			
유사 데이터율	0.8 ~ 1.7 Mbps			



(그림 5) World Wide DAB, DAB+, T-DMB 현황

또한, DAB+는 DAB에 비해 전송 용량이 2배 향상된 기술로 현재 호주에서 실험방송을 진행하고 있음. DAB+는 멀티플렉스당 24개의 프로그램(프로그램 당 48Kbps 전송 시)을 전송할 수 있다[3].

DAB		HD Radio	
신규 주파수 대역 필요	주파수	기존 주파수 대역 활용	
신규 사업자 참여 가능	신규 사업자	신규 사업자 참여 불가능	
문자, 이미지, 웹페이지	멀티미디어 부가서비스	제한적 기능	
DMB 단말기역 공유	단말기 보급	새로운 단말기 필요	

(그림 6) DAB와 HD Radio 비교

2.2.3 미국, 유럽 기업연합 컨소시엄: DRM, DRM+

미국과 유럽 기업의 연합 컨소시엄이 개발한 DRM (Digital Radio Mondiale)과 DRM+는 2009년 하반기 유럽의 표준기구인 ETSI에서 승인된 새로운 디지털 라디오 기술이다.

30MHz 이하의 주파수 대역을 사용하며 9KHz 혹은 10KHz의 전송 대역폭을 기본으로 하고 오디오 압축 부호화 기법으로 MPEG-4 AAC와 SBR (Spectral Band Replication)을 사용하는 디지털 라디오 기술 표준이다. 특히, DRM에서 사용하는 SBR은 채널 당 2 Kbps정

도의 적은 데이터 양으로 고품질의 오디오 서비스를 재생할 수 있도록 설계되어 있으며, 전송 모드는 Mode 1~Mode 3까지 사용가능하다.

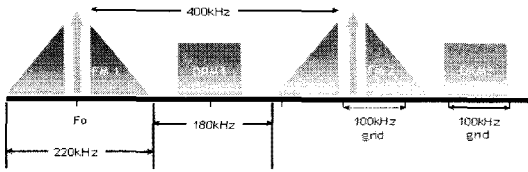
DRM은 하나의 채널에서 동시에 4개의 프로그램을 서비스 할 수 있으며, 고품질의 1개 프로그램을 서비스하거나 또는 낮은 음질의 4개 프로그램으로 나누어 서비스 할 수 있다. 또한, DRM에서 오디오 외에 데이터 서비스는 오디오 부가 정보로써 간단한 문자 또는 이미지 전달 및 양방향서비스가 가능하며 방송 부가 정보 외에 방송과 독립적으로 외부 디바이스와의 연결을 통한 데이터 서비스를 제공할수 있다. 이로서, DRM은 아날로그 사업자의 기존 방송 서비스 제공 및 기존 인프라 활용을 통한 디지털 전환 비용 최소화 등의 요구사항을 만족시킬 수 있는 아날로그, 디지털 동시 방송(Simulcast) 서비스 기능을 지원하며, 각 시스템간의 인터페이스 표준 규격을 포함한다.

30MHz 이하의 방송주파수를 사용하는 DRM 시스템을 방송주파수 174MHz까지 사용할 수 있도록 시스템을 확장하지는 의견이 DRM 컨소시엄에서 결정되면서 DRM+에 대한 논의가 시작되어, DRM을 확장하는 이 기술은 DRM+ 라는 이름으로 명명되었고 좀 더 넓은 대역이 사용되며, 방송 사업자들과 수신기 제조업체의 요구사항을 수용한 결과이다.

기존 방송사업자들은 AM과 FM의 일관성 있는 디지털화를 주장하여, 사용 주파수를 FM 대역까지 확장하여 기존의 DRM 시스템의 대부분을 사용할 수 있도록 함에 따라 FM대역에서 라디오 방송사가 더 높은 비트율을 사용할 수 있도록 함으로써 더 좋은 음질의 오디오 제공을 위하여 DRM+는 음도룩수준으로 라디오 방송을 하기 위해서는 100kHz의 대역폭을 사용하며 최대 190kbps의 전송률을 지원하게 되었다.

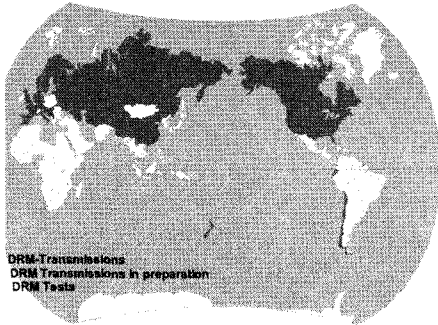
(표 6) DRM Mode 별 비교

항목 \ 모드	A	B	C	D	E
T (μs)	83 <sup>1/3</sup>	83 <sup>1/3</sup>	83 <sup>1/3</sup>	83 <sup>1/3</sup>	83 <sup>1/3</sup>
유효심볼 길이(ms)	24(288×T)	21 <sup>2/3</sup> (256×T)	14 <sup>2/3</sup> (176×T)	9 <sup>1/3</sup> (112×T)	2 <sup>1/3</sup> (27×T)
보호구간 길이(ms)	2 <sup>2/3</sup> (32×T)	5 <sup>1/3</sup> (64×T)	5 <sup>1/3</sup> (64×T)	7 <sup>1/3</sup> (88×T)	0 <sup>2/3</sup> (8×T)
보호구간/유효심볼	1/9	1/4	4/11	11/14	1/9
전체심볼 길이(ms)	26 <sup>2/3</sup>	26 <sup>2/3</sup>	20	16 <sup>2/3</sup>	2 <sup>2/3</sup>
프레임 길이(ms)	400				100



(그림 7) DRM 주파수 대역

Transmissions



(그림 8) DRM 사용 현황

DRM 컨소시엄은 기존의 30MHz 이하의 주파수 대역을 사용하는 DRM 시스템을 Band I-II(~174MHz) 주파수 대역에서 전송이 가능하도록 새로운 전송모드를 추가한 DRM+ 규격을 작성하여 ETSI에 ETSI ES 201 980 v3.1.1을 제출하였으며, 2009년 표준화가 완료되었다.

DRM+는 FM 대역에서 220kHz의 대역폭으로 채널화되어 있으며, 채널과 채널사이에는 약 180kHz의 보호대역이 설정되어 있는 경우에 DRM+는 이 180kHz의 보호대역에 1개의 DRM 블록을 전송하게 됨으로서 기존의 아날로그 FM 라디오와 동시에 디지털 라디오를 송출할 수 있는 장점이 있다. FM 방송에서 100kHz 대역만으로도 아날로그 방송과 동시 전송이 가능하기 때문에 대역폭이 200kHz인 미국 HD 라디오를 채택하기 어려운 국가에 알맞은 디지털 라디오 솔루션이 되었다.

### 3. USB기반의 디지털 라디오 설계

본 논문에서는 그림 9처럼 윈도우 기반의 USB 형태 DAB/DAB+와 DRM 신호를 구분하여 각 신호를 파싱하고 복호하여 오디오를 처리할 수 있도록 설계



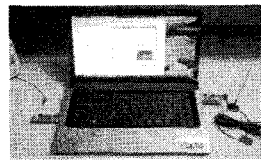
<USB Type DAB / DAB+ Receiver>



<USB Type DRM Receiver>

- USB Type DAB/DAB+ Receiver
  - ▷ 사의 RF, Baseband 원장 사용
  - ▷ Band III, L-Band 지원이 가능
  - ▷ ETSI EN 300 401 v1.4.1 standard compliant
  - ▷ All DAB transmission mode II, III and IV support.
- USB Type DRM Receiver
  - ▷ 사의 RF, Baseband 원장 사용
  - ▷ 단파/중파/장파 지원이 가능
  - ▷ ETSI ES 201 980 standard compliant
  - ▷ All DRM transmission mode (A, B, C, D) support

(그림 9) USB기반 멀티모드 디지털라디오 설계



멀티모드 라디오 수신기 구현 결과

- ▷ 구현 환경 : Window XP SP3
- ▷ 구현 S/W : Microsoft Visual Studio 2005
- ▷ 구현 환경 : Window XP



(그림 10) 멀티모드 디지털 라디오 S/W 화면

하였다. 그림 10은 디지털 오디오를 동작하게 하는 S/W로 선별적인 결정부분, 시스템별 주파수를 설정부분, RF신호 상태부분, 수신기의 스트림 처리부분, 각 시스템별로 파싱된 서비스의 리스트를 보여주는 부분과 선택한 오디오 서비스에 대한 플레이어의 7개로 구현하였다[4].

### 4. 결 론

본 논문에서는 기존의 AM/FM 라디오를 디지털 신호로 전송하는 것으로 보다 깨끗한 음질과 교통·날씨정보 등 다양한 부가 서비스를 제공할 수 있다는 디지털 라디오 동향을 분석하였다.

또한, 멀티모드의 디지털 라디오를 구현하기 위해 윈도우기반의 DAB/DAB+/DRM Audio를 USB형태로 설계함으로써 PC상의 출력으로 디지털 라디오 방송 전환에 따른 아날로그 FM/AM수신기를 대체할 수 있는 방안을 제시하였다[5].

## 참고 문헌

- [1] ETSI EN 300 744, 'Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television'
- [2] ETSI EN 300 468, 'Digital Video Broadcasting(DVB); Specification for Service Information(SI) in DVB streams'
- [3] 강민구의 4인, "Reconfigurable Core기반 멀티모드 모바일방송 연구" 2010년도 춘계한국인터넷정보학회 학술발표대회, 2010.06
- [4] M.G.Kang et al, "Design of Multimodal Digital Radio (DAB/DAB+/DRM) Receiver," International Conference on Internet (ICONI) 2010, KSII, 2010.12.16
- [5] www.keti.re.kr

## ○ 저자 소개 ○



### 강민구

1986년 연세대학교 전자공학과(공학사)  
1989년 연세대학교 전자공학과(공학석사)  
1994년 연세대학교 전자공학과(공학박사)  
1985년~1987년 삼성전자 연구원  
2000년~현재 한신대학교 정보통신학과 교수



### 권기원

1997년 광운대학교 컴퓨터공학과(공학사)  
1999년 광운대학교 컴퓨터공학과(공학석사)  
2005년~2007년 중앙대학교 전자전기공학부(박사과정수료)  
1999년~현재 전자부품연구원 모바일단말 연구센터 선임연구원



### 백종호

1994년 중앙대학교 전기공학과(공학사)  
1997년 중앙대학교 전기공학과(공학석사)  
2007년 중앙대학교 전자전기공학부(공학박사)  
1997년~현재 전자부품연구원 모바일단말 연구센터장



### 이경택

1994년 인하대학교 전자재료공학과(학사)  
1996년 인하대학교 전자재료공학과(석사)  
2008년 연세대학교 전기전자공학과(박사)  
1996년~1998년 해태전자 통신기술연구소  
1998년~2001년 (주)아이앤씨테크놀로지 팀장  
2002년~현재 전자부품연구원 모바일단말센터 팀장