

논문 2008-03-30

DSP 기반 DRM 수신기 구현

(An Implementation of the DSP-based Digital Radio Modiale Receiver)

박경원*, 김성준, 서정욱, 권기원, 박세호, 백종호

(Kyung-Won Park, Sung-Jun Kim, Jeong-Wook Seo, Ki-Won Kwon, Se-Ho Park, and Jong-Ho Paik)

Abstract : In this paper, a software-based Digital Radio Modiale(DRM) receiver is implemented on a Digital Signal Processor(DSP). DRM stands for the European radio broadcasting standard to bring AM radio into digital radio, designed to work at frequencies below 30MHz. DRM can offer various data services such as text messaging and slideshow services as well as audio services. The DRM receiver implemented on the Tensilica DSP core performs well at low signal strength indication of -102dBm .

Keywords : Digital Radio, Digital Radio Modiale, Digital AM

1. 서론

국내 도입이 유력시 되고 있는 DRM(Digital Radio Mondiale)은 30MHz 대역 이하의 아날로그 AM 라디오 방송을 디지털로 전환하기 위한 유럽 디지털 라디오 규격이다. 현재 영국과 독일 등 유럽을 중심으로 시험 방송이 진행 중이며, 러시아에서 송출하는 DRM 방송을 국내에서 수신할 수 있을 정도로 넓은 서비스 범위를 제공한다[1]. 기존의 음성 중심의 AM 라디오 방송에 비하여 DRM은 FM 라디오급의 스테레오 오디오 품질을 제공하며 문자메시지, 슬라이드 쇼, 교통정보 등 다양한 데이터 서비스를 제공한다. 또한, 동일한 서비스 범위를 제공하면서도 송출기의 전력을 크게 줄일 수 있는 장점이 있다. 최근에 방송설비 비용 및 단말기 비용을 줄이기 위하여 아날로그 AM과 FM 라디오 방송을 동일한 규격으로 디지털전환하려는 움직임이 있다. 이를 지원하기 위하여 DRM 컨소시엄은 120MHz 이하 주파수 대역에서 동작하는 DRM+ 라는 규격을 DRM 규격을 기반으로 제정 중이며, ESTI에서 2009년에 표준화가 완료될 예정이다[2]. PC기반 DRM 수신기와 박스형 라디오 수신기가 출시되었으

나 가격이 비싸고 크기가 커 휴대가 불편한 단점이 있다.

본 논문에서는 DSP(Digital Signal Processor) 기반 DRM 수신기를 구현한다. 본 논문의 II장에서는 DRM 시스템에 대한 개요를 기술하며, III장에서는 DRM 수신기 구현을 위해 본 논문에서 사용한 DSP 코어 및 HW(Hardware) 플랫폼을 설명하고, IV장에서는 III장에서 기술된 DSP에 수신기를 구현한다. 본 논문에서 구현된 DSP 기반 DRM 수신기는 -102dBm 의 RSSI(Receive Signal Strength Indication)에서 수신될 정도로 우수한 수신 성능을 제공한다. 또한, 기존의 하드웨어 혹은 소프트웨어 기반으로 DRM 규격만 구현한데 반하여, 본 DRM 수신기가 구현된 HW 플랫폼은 30MHz 이하의 대역뿐만 아니라 VHF, Band II-V 및 L-Band에서 동작하는 FM 및 DAB를 지원하기 때문에 이들과 RF칩을 공유할 수 있도록 디지털 프런트엔드(DFE: Digital Front-End)를 구현함으로써, DAB/FM/DRM을 원칩으로 지원할 수 있도록 구현하였다. DSP 기반 DRM 수신기는 $1.15 \times 0.6\text{cm}$ 의 작은 크기의 칩으로 구현되어 휴대단말기에 적용이 용이한 장점이 있다.

* 교신저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2008. 11. 16., 채택확정 : 2008. 12. 22.

박경원, 김성준, 서정욱, 권기원, 박세호, 백종호 :

전자부품연구원 모바일단말연구센터

II. DRM 시스템 개요

1. Audio

DRM에서 오디오 압축 부호화 기법으로 MPEG-4 AAC(Advaced Audio Coding)와 SBR(Spectral Band Replication)을 사용하며, 음성 압축 부호화 기법으로는 사용 가능한 비트율에 따라 MPEG-4 CELP(Code Excitation Linear Prediction)와 MPEG-4 HVXC(Harmonic Vector Excitation Coding)를 사용한다. AAC는 20~24kbps의 비트레이트로 고품질 스테레오 오디오를 제공할 수 있으며, SBR 기술과 결합될 경우에 AAC만 사용할 때보다 훨씬 높은 압축 효율을 제공할 수 있다. DRM에서 사용하는 SBR은 채널당 약 2kbps 정도의 적은 데이터량으로 고품질의 오디오 서비스를 제공할 수 있는 기법으로, 오디오 부호 시 제거되는 높은 주파수 대역의 하모닉 성분을 효과적으로 추출하여 얻어진 정보를 전송함으로써, 오디오 복호 시 SBR 정보를 AAC 복호기에 이용하여 보다 향상된 오디오 신호를 재생할 수 있다. DRM에서 SBR기법은 MPEG-4 CELP와 HVXC에도 적용될 수 있다. 부호화된 오디오 데이터는 400ms 길이의 오디오 슈퍼 프레임으로 구성되어 전송된다[1].

2. 물리계층

DRM 물리계층은 AM 주파수 대역의 다양한 전송 환경에서 사용하기 위하여 다중경로 페이딩 채널에 강건한 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기반으로 설계되었으며, 고품질의 오디오 서비스를 제공하기 위해서 스펙트럼 효율이 9-10kHz의 AM 대역폭에서 2bits/s/Hz 이상 제공해야 하므로 소스부호화와 채널부호화를 고려하여 오디오와 데이터를 위한 다중화 채널의 기본 변조방식은 64QAM으로 설계되었다. 채널 부호 기로는 길쌈 부호를 기반으로 한 다중레벨(Multi-level) 부호화기를 적용하고 4QAM, 16QAM 그리고 64QAM 변조방식과 이를 기반으로 전송 데이터의 종류에 따라 다른 형태의 계층적(Hierarchical) 변조 방식을 사용하여 보다 높은 신뢰성을 보장한다[1][3]. 오디오 및 데이터 스트림은 각각 오류보호방식에 따라 EEP(Equal Error Protection)와 UEP(Unequal Error Protection)로 구성되며 또한, Eureka-147과 다르게 계층적 변조 방식을 사용하는 경우에 VSPP(Very Strong Protection Part)와 SPP(Standard Protection

표 1. OFDM 심볼 파라미터

Table 1. OFDM symbol parameters

모드 항목	A	B	C	D
T (μs)	$83^{1/3}$	$83^{1/3}$	$83^{1/3}$	$83^{1/3}$
유효심볼 길이(ms)	24 (288×T)	$21^{1/3}$ (256×T)	$14^{2/3}$ (176×T)	$9^{1/3}$ (112×T)
보호구간 길이(ms)	$2^{2/3}$ (32×T)	$5^{1/3}$ (64×T)	$5^{1/3}$ (64×T)	$7^{1/3}$ (88×T)
보호구간/유효심볼	1/9	1/4	4/11	11/14
전체심볼 길이(ms)	$26^{2/3}$	$26^{2/3}$	20	$16^{2/3}$
프레임 길이(ms)	400			

Part)로 구성된다. 다중레벨 부호화된 신호를 복호하기 위해서는 ML(Maximum Likelihood) 복호기가 필요하나, 연산량이 크므로 일반적으로 반복 다중단계 복호기(Iterative Multi-stage Decoder)가 사용된다[4]. 채널의 상황에 따라 A, B, C, D의 4가지 robustness 모드를 정의하며, 표본화율이 12kHz인 경우에 각 모드에 따라 OFDM 파라미터가 표 1과 같이 정의된다. 표 1에서 확인할 수 있듯이 모드 B를 제외하고 DRM의 DFT(Discrete Fourier Transform) 크기는 FFT(Fast Fourier Transform) 알고리즘을 적용할 수 있는 2의 거듭제곱으로 표현되지 않는다. 2의 거듭제곱으로 표현되지 않는 DFT 크기에 대해서는 Prime-factor 알고리즘을 적용하면 적은 연산량의 증가만으로 DFT를 구현할 수 있다[5]. 각 모드는 4.5/5/9/10/18 /20kHz의 총 6가지 대역폭으로 구성되며 특히, 4.5/5kHz 대역폭을 사용하는 경우에 기존의 아날로그 AM 라디오에 인접하여 디지털 라디오를 송출함으로써 동시방송을 실현할 수 있다. DRM은 20KHz 대역폭의 경우

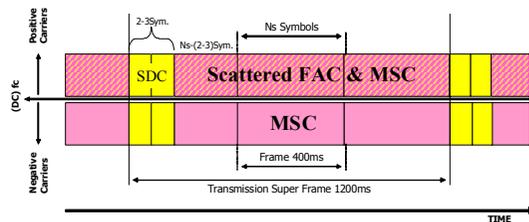


그림 1. DRM 프레임구조

Fig. 1. Frame structure of DRM

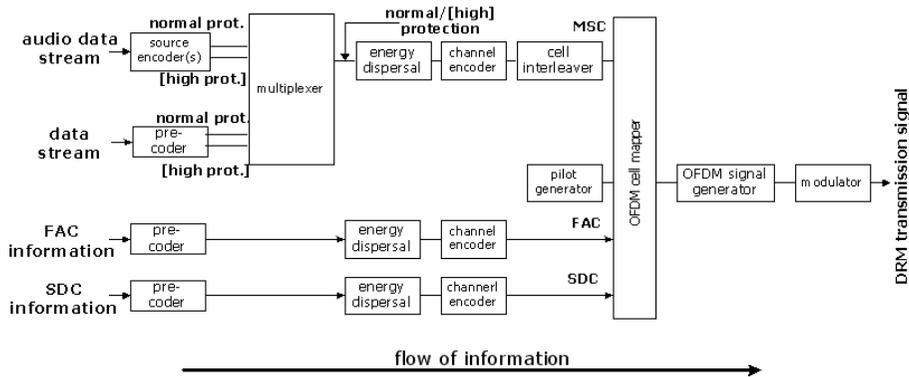


그림 2. DRM 송신 시스템 블록도

Fig. 2. Block diagram of the DRM transmit system

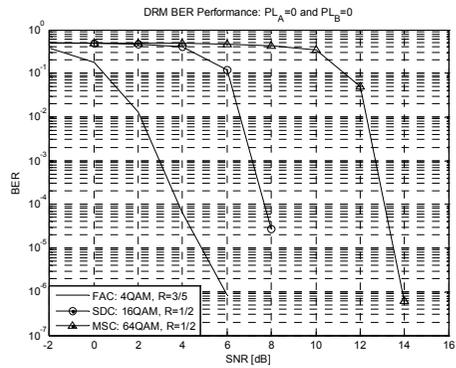
에 최대 72kbps의 전송률을 지원할 수 있다.

전송 프레임 구조는 그림 1과 같이 수신기에서 요구되는 채널 정보와 서비스 관련된 정보를 지닌 FAC(Fast Access Channel), 오디오와 데이터를 포함하는 MSC(Main Service Channel), MSC의 채널 부호화 파라미터, 오디오 및 데이터 신호의 다중화 구조 전체를 지닌 SDC(Service Description Channel)로 구성되어 있다. 400ms 프레임 3개로 구성된 슈퍼 프레임은 1200ms 길이를 갖는다. 6가지의 대역폭을 지원하기 위하여 FAC는 항상 양의 주파수축에 전송되고, SDC는 슈퍼 프레임의 첫 2-3 OFDM 심볼에만 전송되며, MSC는 SDC가 전송되는 심볼을 제외한 모든 심볼 및 부반송파에 분산되어 전송된다.

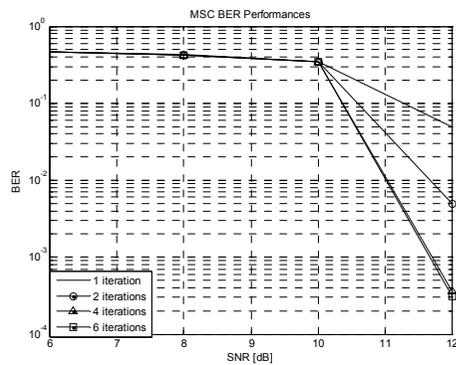
Eureka-147 DAB와 동일하게 MSC의 오디오 데이터에는 UEP가 적용된다. 시간 및 주파수 동기화 채널 추정에는 참조셀을 이용하여 수행된다. 이러한 참조셀은 프레임의 시작 심볼에만 전송되는 시간 참조셀(Time Reference Cell), 매 OFDM 심볼마다 고정된 위치의 3 부반송파에 전송되는 주파수 참조셀(Frequency Reference Cell), 채널 추정을 위해 모든 OFDM 심볼에 분산되어 전송되는 이득 참조셀(Gain Reference Cell)로 구성된다.

그림 2는 DRM 송신 시스템의 블록도를 도시한 것이다. DRM 시스템은 최대 4개의 스트림이 다중화되어 MSC를 통해 전송된다. 오디오 스트림은 압축된 오디오 데이터와 선택적으로 텍스트 메시지가 추가되어 구성되며, 데이터 스트림은 데이터 패킷을 포함하는 최대 4개의 부스트림(sub-stream)으로 구성된다. 여기서 부스트림은 하나의 서비스를 지원하는 패킷을 의미한다. DRM 시스템은 1-4개의 서비

스가 사용자에게 전송되며 하나의 오디오 서비스는 하나의 오디오 스트림과 선택적으로 하나의 데이터 스트림(혹은 부스트림)으로 구성된다.



(a) 다중화 채널 BER 성능(1회 반복)



(b) 반복횟수에 따른 MSC BER 성능

그림 3. DRM 시스템 비트오류율 성능
Fig. 3. BER performances of the DRM system

반면, 데이터 서비스는 하나의 데이터 스트림(혹은 부스트림)으로 구성된다.

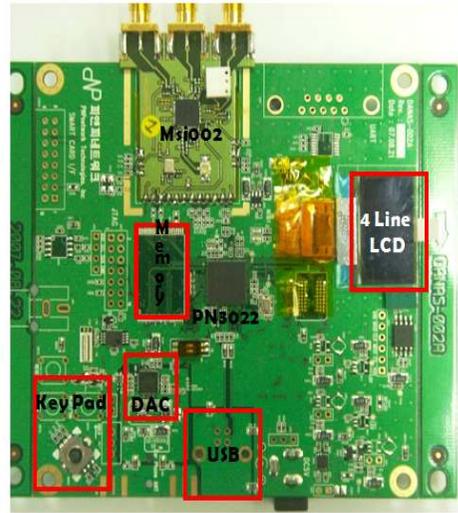
3. DRM 시스템 성능분석

가산성 백색 가우시안 잡음(AWGN: Additive White Gaussian Noise) 채널 하에서 DRM 시스템의 성능을 평가한다. 모의실험에 사용된 모드는 A 모드이고 점유 대역폭은 10kHz를 사용하였다. 프레임당 72 정보비트가 전송되는 FAC는 4QAM 변조되며 부호율은 $R=3/5$ 이 적용된다. 슈퍼 프레임당 405 부반송파에 전송되는 SDC는 16QAM 변조되며 전체 부호율은 $R=1/2$ 이 적용된다. 오디오 및 데이터 서비스 콘텐츠가 전송되는 MSC는 EEP를 사용하여 표준 64QAM으로 변조되며 전체 부호율은 $R=1/2$ 이고, 400ms 인터리빙을 적용하였다. 각 다중화 채널을 복호하기 위한 채널복호기는 단단계 연관정 비터비 복호기를 사용하였다.

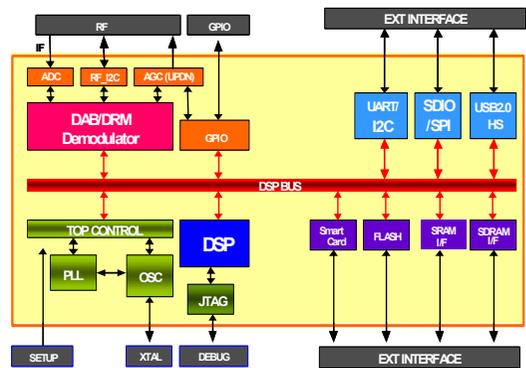
그림 3은 DRM 시스템에서 SNR(Signal to Noise Ratio)에 대한 각 다중화 채널의 부호화된 비트오류율(BER: Bit Error Rate)을 보여준다. 그림 3(a)에서 FAC는 SNR 6dB, SDC는 SNR 9dB, MSC는 SNR 14dB에서 각각 10-6의 비트오류율 성능을 만족함을 확인할 수 있다. FAC는 SDC 및 MSC에 비하여 SNR 증가에 따른 성능개선 효과가 적다. 이는 FAC의 부호비트 길이가 120비트로 짧고 4QAM으로 변조되어 다중레벨 복호의 효과가 적기 때문이다. 그림 3(b)는 단단계 비터비 복호기의 반복횟수에 따른 MSC의 비트오류율 성능을 보여준다. 반복횟수가 4회 이상이면 성능의 차이가 없음을 확인할 수 있다.

III. DSP 기반 DRM 수신기 하드웨어 플랫폼

DSP기반 DRM 수신기가 구현된 HW 플랫폼으로는 그림 4와 같이 ㈜PNP의 PN3022 칩셋을 저대역 수신기용으로 사용하며, MIRICS사의 MSI002 칩셋을 RF 튜너로 사용하였다. HW 플랫폼은 DAB와 FM을 지원할 수 있는 하드웨어 구조로 설계되었으며, 칩셋 내에 32비트 DSP를 내장하여 소프트웨어 기반으로 DRM을 구현하여 포팅할 수 있다. PN3022 칩셋은 DAB/FM/ DRM SoC(System on Chip)으로 패키징할 수 있으며 90nm CMOS를 채택하여 크기 및 소모전력 특성이 우수한 특징이 있다[6].



(a) HW 플랫폼



(b) PN3022 칩셋 블록도

그림 4. DRM 수신기 HW 플랫폼

Fig. 4. Hardware platform for the DRM receiver

1. DSP 코어

PN3022 칩셋 내에는 32비트 RISC(Reduce Instruction Set Computer) 아키텍처를 기본으로 24비트 오디오 신호처리가 가능한 덴실리카의 Diamond HiFi330 DSP 코어가 SoC 타입으로 포함되어 있다. 본 논문의 DRM 수신기는 이 DSP 코어를 이용하여 구현되었다. Diamond 330HiFi에는 최고 128K의 명령어 RAM과 DRAM이 있으며 또한 기본 ALU(Arithmetic Logic Unit)를 지원한다. 또한, 외부 메모리 확장을 지원하며 15개의 인터럽트 처리가 가능하다. Diamond 330HiFi DSP는 일반

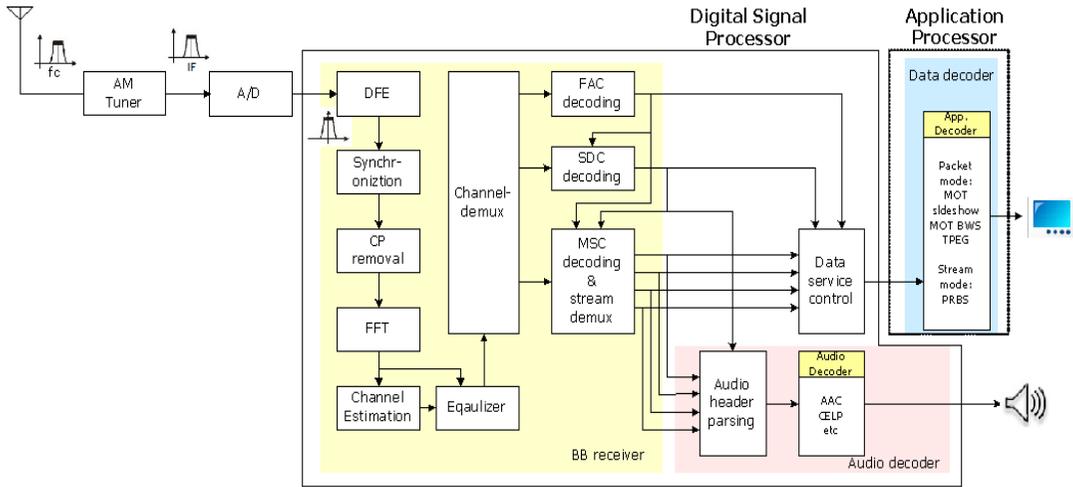


그림 5. DSP 기반 DRM 수신기 블록도

Fig. 5. Block diagram of the DSP-based DRM receiver

DSP 코어의 역할을 하는 Slot 0 부분 이외에 오디오를 위하여 특화된 56비트 및 48비트 Slot 1을 포함하고 있다. Slot 1은 동시에 두 개의 MAC연산이 가능하여 오디오 신호를 처리하는데 유리한 특성이 있다. 특히 AAC 코덱을 구현하는데 있어 Diamond 330HiFi DSP는 다른 일반 DSP보다 대략 2배 더 빠른 속도로 처리할 수 있는 특징이 있다.

2. RF 튜너

MIRICS사의 튜너는 DRM에서 사용하는 장파/중파/단파 대역인 150kHz-30MHz 대역과 VHF Band II-V, L-BAND를 지원하여 DRM/DAB용 RF 튜너로 사용가능하다. MIRICS사 튜너는 Zero IF 및 Low IF를 지원하며, AM/FM 모드의 경우에 110mw, DAB 모드일 경우에 120mW의 전력소모 특성을 갖는다[7].

IV. DSP 기반 DRM 수신기 구현

DRM 수신기는 그림 5와 같이 AM 튜너, 디지털 프런트엔드, 기저대역 모뎀, 오디오 및 데이터 디코더 등으로 구성된다. 기저대역 모뎀, 오디오 디코더, 데이터 디코더의 일부는 DSP 기반으로 구현되었으며, 메모리 사용량이 많고 주로 비실시간 처리되는 MOT(Multimedia Object Transfer) 및 TPEG(Transprot Protocol Experts Group) 등의 데이터 디코더는 응용 프로세서(Application Processor)에

서 처리하도록 구현하였다.

1. 디지털 프런트엔드

DFE는 그림 6과 같이 AGC (Automatic Gain Control), Decimation 필터, TMF(Time Matched Filter), 그리고 DDC(Digital Down Converter)로 구성된다. AM 튜너를 거쳐 양자화된 IF(Intermediate Frequency) 신호는 표본화 주파수가 2MHz이고 IF 주파수가 450kHz이다.

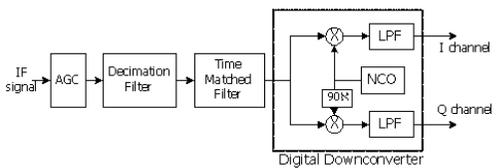


그림 6. 디지털 프런트엔드 블록도

Fig. 6. Block diagram of the digital front-end

이 IF 신호는 Decimation 필터, TMF, DDC를 거치면서 기저대역 신호로 변환되며 표본화 주파수도 12kHz의 정수배로 변환되어 기저대역 모뎀에 IQ(Inphase/ Quadrature) 신호로 전달된다. DDC는 하향변환을 위한 믹서와 정현파를 생성하기 위한 NCO (Numerically Controlled Oscillator), 저주파 필터 및 표본화 주파수 변환 필터로 구성된다. 본 논문에서는 사용한 HW 플랫폼은 RF 튜너 등 일부 소자를 DAB 블록과 공유하도록 설계되어 있어서

DRM의 DFE는 일반적인 IF 직접 샘플링 DDC 구조에 비하여 복잡한 구조를 지니고 있다.

2. 기저대역 수신기

기저대역 수신기는 초기 동기부, FFT 프로세서, 채널 추정/등화부, FAC/SDC/MSC 복호기로 구성된다. FAC/SDC/MSC 복호기는 다단계 채널 복호기, 비트 디인터리버(Bit Deinterleaver), 디스크램블러(Descrambler), CRC 검사부로 구성되며, MSC 복호기는 FAC/SDC 복호기와 유사하지만 채널 복호기 전에 심볼 디인터리버부(Symbol/Cell Deinterleaver)가 추가되고 물리계층 CRC 검사부가 없는 차이점이 있다. FFT 프로세서는 DFT에 비하여 적은 연산량으로 구현 가능한 Prime-factor 알고리즘을 사용하며 DRM 시스템의 4가지 종류 DFT 크기를 지원한다. 또한, 다중레벨 부호를 효율적으로 복호하기 위하여 반복적인 다단계 복호방식을 적용한다. 일반적으로 다단계 복호는 오류전파에 민감하지만, 다중레벨 부호와 결합된 다단계 복호는 부호율을 조절하여 오류율을 조절할 수 있으며 또한, 일반적인 QAM 신호의 경우에 첫 번째 비트 레벨에 대한 오류율이 다른 비트에 비하여 낮기 때문에 오류전파에 의한 영향이 적다.

DRM 수신기의 초기 동기화는 모드 검출(Mode Detection), 프레임 검출(Frame Detection), Tracking 및 채널추정 등의 과정으로 수행된다. 동기화 과정이 시작되면, 먼저 CP(Cyclic Prefix)를 이용하여 Robustness 모드를 검출하고 FFT의 크기 및 보호구간의 길이를 결정한다. 또한, 모드 검출과정에서 대략적인 STO(coarse Symbol Timing Offset), 소수배 CFO(fractional Carrier Frequency Offset), 대략적인 SFO(coarse Sampling Frequency Offset) 등을 추정한다. 다음으로 프레임 검출을 통하여 프레임의 시작점을 결정하고, 정수배 CFO(Integer CFO)를 추정한다. 채널계수를 추정하여 등화한 후, FAC를 오류 없이 검출하면 FAC의 정보를 기반으로 SDC를 검출할 수 있다. 동기화 과정에서 FAC의 수신 SNR이 문턱값(Threshold Value) 이하로 떨어지는 횟수가 미리 설정된 횟수보다 많거나, FAC 복호 오류가 미리 설정된 횟수보다 많으면 동기화 과정을 처음부터 다시 시작한다. FAC 및 SDC가 안정적으로 수신되면, MSC를 복호하고 스트림 및 서비스 정보에 따라 오디오 디코더 혹은 데이터 디코더로 전송되어 사용자에게 서비스된다. DRM 시스템은 채널환경에 따라 다양한 Robustness 모드를 지원하지만, 기본 표

표 2. DSP 기반 DRM 수신기 구현결과
Table 2. Implementation results of the DSP-based DRM receiver

Functional Blocks		Code Size (Byte)	Memory Size (Byte)	MIPS
DFE		3K	7K	50
Baseband Receiver	Mode Detection	5K	12K	4
	FFT	11K	50K	5
	Frame Detection	2K	10K	3
	Tracking/Equalizer	3K	40K	12
	FAC Decoder (4-QAM)	3K	30K	0.3
	SDC Decoder (16-QAM)	6K	60K	1.5
MSC Decoder (64-QAM)	6K	480K	20	
AAC Audio Decoder		100K	130K	24

본화 주파수는 12kHz(모드 4와 5는 24kHz)로 일정하기 때문에 다중 모드를 지원하는 동기화 기법을 적용하기 용이하다.

3. 구현 결과 및 성능분석

표 2는 PN3022 칩셋을 이용한 평가보드의 DSP에 DRM 수신기를 포팅할 경우에 요구되는 주요 알고리즘 코드 크기, 메모리 및 소요 MIPS (Million Instructions Per Second) 등 구현결과를 표로 도시한 것이다. 텐실리카 DSP는 최대 300MIPS의 성능을 제공할 수 있으나 HW 플랫폼의 안정적인 동작을 위하여 200MIPS를 제공하도록 구현되었다. 즉, HW 플랫폼에 구현된 DRM 수신기의 소요 MIPS의 총합이 200MIPS를 초과하면 실시간 동작이 불가능하다. 표에서 보듯이 DSP 기반 DRM 수신기는 고정소수점 16비트 및 32비트로 구현이 되어 있어 DFE를 제외하고 200MIPS의 가용 MIPS 중 80MIPS 이내로 동작하고 있으며, DFE를 포함하여 총 130MIPS 정도가 소요되므로 실시간 동작이 가능하다.

표 3은 전송모드가 모드 B이고 점유 대역폭이 10kHz인 DRM 시스템에서 오디오 FER(Frame Error Rate)과 데이터 스트림의 PRBS(Pseudo Random Binary Sequence)를 이용한 BER를 각각 측정된 결과를 정리한 것이다. 수신된 DRM 신호는 MSC의 변조방식이 표준 64QAM이며, 스트림의 상

위와 하위 오류보호레벨이 0(즉, 부호율 R=0.5)으로 보호레벨이 같은 EEP로 부호화되었다. 또한, AAC 오디오 프레임은 960바이트의 PCM(Pulse Coded Modulation) 데이터가 AAC 부호화되어 구성된다. RSSI가 -90dBm인 경우에 오디오 FER은 2.45678×10^{-4} , PRBS의 부호화 BER이 7.43543×10^{-6} 로 측정되었다. 구현된 수신기에서 RSSI -90dBm인 경우에 약 16dB의 SNR을 얻을 수 있다. 규격에서는 위상잡음과 양자화 효과를 배제하고 이상적인 동기화 및 채널추정 환경에서 3/5로 부호화된 MSC 채널의 비트오류율이 10^{-4} 를 만족하기 위해서는 14.9dB의 SNR을 요구한다. 양자화 효과 등 구현손실을 고려하면, 구현된 DRM 수신기는 규격에서 제시한 기준을 만족한다.

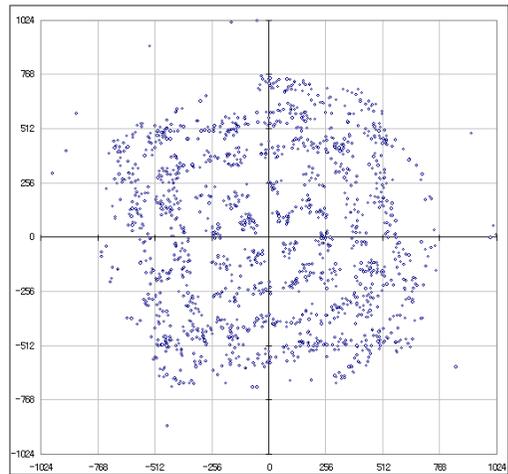
표 3. DRM 수신기의 BER 성능(RSSI : -90dBm)
Table 3. BER Performances of the DRM receiver(RSSI : -90dBm)

Parameters	Value
Audio FER	2.45678×10^{-4}
Coded BER	7.43543×10^{-6}

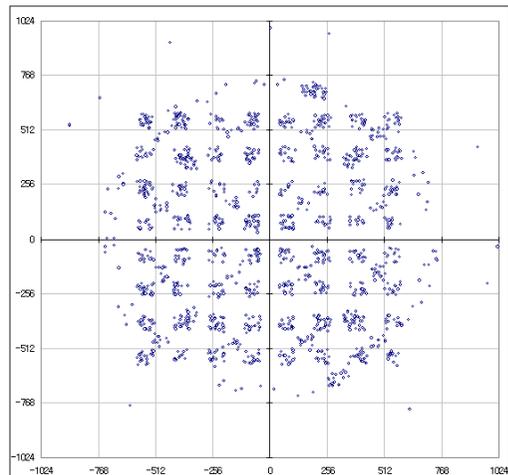
그림 7은 RSSI가 -80dBm인 경우에 등화 전후의 성좌도(Constellation)를 보여준다. MSC가 64QAM의 성좌도를 형성하고 있고, 전력이 큰 참조셀들이 성좌도에서 원을 형성하고 있음을 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 유럽의 디지털 라디오 규격인 DRM 시스템을 텐실리카 DSP를 기반으로 구현하여 DAB 및 FM을 동시에 지원할 수 있도록 원칙으로 구현하였으며, 측정을 통하여 성능을 검증하였다. DSP 기반 DRM 수신기는 디지털 프런트엔드, AAC 오디오 코덱을 포함하여 130 MIPS 이내로 동작한다. 또한, RSSI -90dBm에서 오디오 FER이 2.45678×10^{-4} 정도로 측정되었으며, RSSI가 -102 dBm인 환경에서도 안정적으로 수신함을 확인하였다. DSP 기반 DRM 수신기는 유지보수가 용이하기 때문에 2009년에 DRM+ 규격이 완성되면 신속히 새로운 규격에 대응할 수 있을 것으로 기대된다.



(a) 등화 전



(b) 등화 후

그림 7. 채널등화 전후 성좌도

Fig. 7. Constellations before and after channel equalization

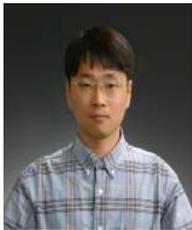
참 고 문 헌

- [1] "Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification," European Telecommunication Standards Institute (ETSI), ESTI ES 201 980 v2.2.1, 2005.
- [2] <http://www.drm.org>
- [3] J. A. C. Bingham, "Multicarrier modulation for data transmission: An idea whose time has come," IEEE Comm.un. Mag., pp.5-14, 1990.

- [4] F. Hofmann, "Multilevel coding (MLC) in digital radio mondiale (DRM)," in Kleinheubacher Berichte, vol. 44, pp. 274-278, 2000.
- [5] "Digital Radio Mondiale (DRM) Digital Sound Broadcasting in the AM Bands; Data applications directory," European Telecommunication Standards Institute (ETSI), IEEE Trans. on Broad., vol. 49, no. 3, Sept., 2003.
- [6] www.pnpnetwork.com
- [7] www.mirics.com

저 자 소 개

박 경 원(Kyung-Won Park)



1999년 중앙대학교 전기공학과 학사.
2001년 중앙대학교 전기공학과 석사.
2005년 중앙대학교 전자전기공학부 박사.

현재, 전자부품연구원 선임연구원.

관심분야: 디지털통신, OFDM 셀룰러/LAN 모뎀, 디지털 방송 및 통신융합 시스템.
Email: kwpark@keti.re.kr

김 성 준(Sung-Jun Kim)



2002년 : 성균관대 전기전자 및 컴퓨터공학부 학사.
2004년 : 성균관 대학교 전기전자 및 컴퓨터 공학과 석사.
2004년 : (주)삼성탈레스 입사.

2006년 전자부품연구원 입사.

현재, 전자부품연구원 모바일단말연구센터 전임연구원.

관심분야: 디지털 방송 시스템, 무선통신 시스템

Email: ksjunny@keti.re.kr

서 정 욱(Jeong-Wook Seo)



1999년 한국항공대학교 통신정보공학과 학사.

2001년 한국항공대학교 통신정보공학과 석사.

2007년 연세대학교 전기전자공학과 박사수료.

현재, 전자부품연구원 모바일단말연구센터 선임연구원.

관심분야: 디지털 통신 시스템, 디지털 방송 시스템,

Email: jwseo@keti.re.kr

권 기 원(Ki-Won Kwon)



1997년 광운대 컴퓨터공학과 학사.

1999년 광운대 컴퓨터공학과 석사.

2007년 중앙대 전자전기공학과 박사수료.

현재, 전자부품연구원 선임연구원.

관심분야: 방통융합 하드웨어, 모바일방송 시스템.

Email: kwonkw@keti.re.kr

박 세 호(Se-Ho Park)



1998년 경북대 전자공과 학사.

2000년 경북대 전자공과 석사.

현재, 전자부품연구원 모바일단말연구센터 선임연구원.

관심분야: 방통융합 하드웨어, 모바일방송 시스템.

Email: sehohpark@keti.re.kr

백 종 호(Jong-Ho Paik)



1994년 중앙대학교 전기
공학과 학사.

1997년 중앙대학교 전기
공학과 석사.

2007년 중앙대학교 전자
전기공학부 박사.

현재, 전자부품연구원 모
바일단말연구센터 센터장

관심분야: 차세대 디지털방송통신 시스템,
유무선 영상통신융합 시스템.

Email: jhpaik@keti.re.kr