

# Band-II 대역 다중경로 페이딩 채널에서 DRM+ 시스템의 성능 분석

## Performance Evaluation of the DRM+ System over Mutlipath Fading Channel Models Used in Band-II

박경원\*, 김성준\*, 서정욱\*, 이연성\*, 전원기\*

Kyung-Won Park\*, Seong-Jun Kim\*, Jeong-Wook Seo\*, Youn-Sung Lee\* and Won-Gi Jeon\*

### 요 약

본 논문에서는 Band-II(30-170 MHz) 대역의 아날로그 FM 라디오 방송을 디지털로 전환하기 위한 규격인 DRM+(Digital Radio Mondiale Plus) 시스템에 대한 비트오류율 성능을 Band II 대역 다중경로 채널모델 및 FM 인접채널 간섭 하에서 모의실험을 통하여 확인한다. 모의실험 결과에서 DRM+ 시스템은 이동속도가 300km/h인 경우에도 시변채널 환경에서 강건한 성능을 보인다. 그리고 다중경로 채널의 지연확산이 클수록 주파수 다이버시티에 따른 채널부호의 이득이 증가함을 확인하였다. 또한, FM 신호에 의한 인접채널 간섭이 존재하는 DRM+ 시스템의  $10^{-4}$  비트오류율 성능을 보장하기 위해서는 반송파 주파수 간격이 150 kHz일 경우에 FM 간섭신호 대비 DRM+ 전력비율은 -30 dB 이상이 되어야 함을 확인하였다.

### Abstract

In this paper, the bit-error-ratio (BER) performances of Digital Radio Mondiale Plus (DRM+) system which stand for the European standard to bring analogue FM radio to digital radio in Band-II(30-170 MHz) are evaluated under multipath fading channel models used in Band-II and the adjacent channel interference (ACI) caused by FM signal. From the simulation results, the DRM+ system shows robust performances under time-varying channel environments even though the speed of a vehicle is equal to 300km/h. And it is shown that the frequency diversity, determined by delay spread of multipath fading channel, increases the coding gain of the DRM+ system with an increase of delay spread. In addition, to guarantee the BER performance of  $10^{-4}$  for DRM+ system with ACI due to FM signal, the simulation results show that the desired signal-to-ACI power ratio must be more than -30 dB when the carrier frequency distance is 150 kHz.

Key words : Digital Radio system, DRM, DRM+

### I. 서 론

전 세계적으로 고품질의 서비스 제공 및 한정된

자원이 주파수를 효율적으로 관리하기 위하여 아날로그 라디오 및 TV를 디지털 방식으로 전환하고 있다. 국내에서도 디지털 TV의 전환이 확정된 상태이

---

\* 전자부품연구원(Korea Electronics Technology Institute)

· 제1저자 (First Author) : 박경원

· 투고일자 : 2010년 1월 7일

· 심사(수정)일자 : 2010년 1월 8일 (수정일자 : 2010년 2월 12일)

· 게재일자 : 2010년 2월 28일

며, 라디오의 경우에 디지털라디오추진위원회 등이 구성되어 아날로그 AM 및 FM을 디지털로 전환하려는 움직임이 있다. AM 대역의 후보기술로는 미국방식인 IBOC(In Band On Channel)과 유럽방식인 DRM(Digital Radio Mondiale)이 경쟁하고 있는 상황이며, FM 대역은 IBOC 방식과 유럽의 디지털 오디오 방송 규격인 DAB(Digital Audio Broadcasting) 방식과 추가적으로 최근에 규격이 완성된 DRM+ 방식이 검토되고 있다. 특히, 국내 도입이 유력시 되고 있는 DRM은 30 MHz 이하 대역의 아날로그 AM 라디오 방송을 디지털로 전환하기 위한 유럽 디지털 라디오 규격으로 현재 영국과 독일 등 유럽을 중심으로 시험 방송이 진행 중이며, 현재 러시아에서 송출하는 DRM 방송을 국내에서 수신할 수 있을 정도로 넓은 서비스 범위를 제공할 수 있는 장점이 있다[1]. 또한, 기존의 음성 중심의 AM 라디오 방송에 비하여 DRM은 FM 라디오급의 스테레오 오디오 품질을 제공하며 문자메시지, 슬라이드 쇼, 교통정보 등 다양한 데이터 서비스를 제공한다. 또한, 기존의 아날로그 방송과 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 디지털 전환하려는 움직임이 있다. 이를 지원하기 위하여 DRM 컨소시엄은 174 MHz 이하 FM 주파수 대역에서 동작하는 모드(이 모드를 일반적으로 DRM+라 칭함)를 DRM 규격에 새롭게 추가하였으며 유럽의 표준화 단체인 ESTI에서 2009년 9월에 표준화가 완료되었다[1][2]. 그러나 기존의 FM 라디오 스테이션이 많은 상황에서 바로 디지털로 전환하는 것은 힘들 것으로 예상된다. 따라서 초기에는 디지털 전송방식과 FM이 동시방송 서비스를 제공할 것이며, 차후 아날로그 FM을 철수한 후 완전히 디지털로 전환될 것으로 예상된다. 하지만 DRM+ 시스템은 FM과 동시방송을 고려하지 않고 규격을 결정했으며 따라서 FM과 동시방송이 어렵다는 지적을 IBOC 진영으로부터 받고 있다. 본 논문에서는 FM 신호는 주는 간섭량을 줄이기 위하여 최소 비트오류를 만족하면서 어느 정도까지 DRM+의 전력을 낮출 수 있는지 모의실험을 통하여 확인한다. 또한, Band-II 대역 다중경로 채널모델 하에서 DRM+ 시스템의 성능을 분석한다.

본 논문의 II절에서는 DRM+ 시스템의 개요를 설명하고, III절에서 Band-II(30-170 MHz) 대역의 다중경로 페이딩 채널 환경에서 DRM+ 시스템의 성능을 평가하며 DRM+ 시스템의 동시방송을 지원하기 위하여 기존의 아날로그 FM과 DRM+가 인접하여 서비스되는 환경에서 인접채널 간섭에 의한 DRM+ 시스템의 성능을 모의실험하고 이를 분석한다. 마지막으로 IV절에서 본 논문의 결론을 맺는다.

## II. DRM+ 시스템 개요

그림 1은 DRM 및 DRM+ 송신 시스템의 블록도를 도시한 것이다. DRM 시스템은 최대 4개의 스트림이 다중화되어 MSC(Main Service Channel)를 통해 전송된다. 오디오 스트림은 압축된 오디오 데이터와 선택적으로 텍스트 메시지가 부가되어 구성되며, 데이터 스트림은 데이터 패킷을 포함하는 최대 4개의 부스트림(sub-stream)으로 구성된다. 여기서 부스트림은 하나의 서비스를 지원하는 패킷을 의미한다. DRM 및 DRM+ 시스템은 1-4개의 서비스가 사용자에게 전송될 수 있으며 하나의 오디오 서비스는 하나의 오디오 스트림과 선택적으로 하나의 데이터 스트림(혹은 부스트림)으로 구성된다. 반면, 데이터 서비스는 하나의 데이터 스트림(혹은 부스트림)으로 구성된다.

DRM에서 오디오 압축 부호화 기법으로 MPEG-4 AAC와 SBR (Spectral Band Replication)을 사용하며, 음성 압축 부호화 기법으로는 사용 가능한 비트율에 따라 MPEG-4 CELP와 MPEG-4 HVXC를 사용한다.

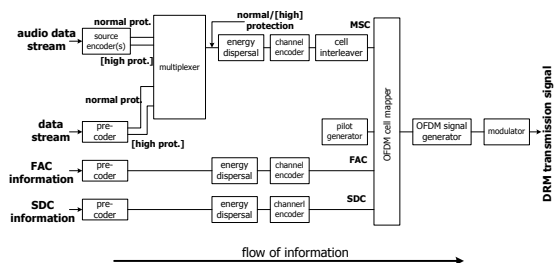


그림 1. DRM/DRM+ 전송 시스템 블록도  
Fig. 1. Block diagram of the DRM/DRM+ Transmission system

AAC는 20-24 kbps의 비트레이트로 고품질 스테레오 오디오를 제공할 수 있으며, SBR 기술과 결합될 경우에 AAC만 사용할 때보다 높은 압축 효율을 제공할 수 있다. DRM+의 경우에 추가적으로 5.1채널 혹은 7.1 채널의 MPEG 서라운드를 제공한다.

기존의 DRM 물리계층은 AM 주파수 대역의 다양한 전송 환경에서 사용하기 위하여 다중경로 페이딩 채널에 강건한 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기반으로 설계되었으나, DRM+ 경우에 FM 주파수 대역에서 강건한 전송이 가능하도록 기존 DRM 규격에 새로운 모드를 추가하였다[1][3]. DRM은 고품질의 오디오 서비스를 제공하기 위해서

및 데이터 스트림은 각각 오류보호방식에 따라 EEP(Equal Error Protection)와 UEP(Unequal Error Protection)로 구성된다.

채널의 상황에 따라 DRM의 경우에 A, B, C, D의 4가지 모드를 정의하고, DRM+는 단일 모드인 모드 E로 정의되며, 각 모드에 따른 전송 파라미터는 표 1과 같다. 표 1에서 확인할 수 있듯이 모드 B를 제외하고 DRM/DRM+ 시스템의 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 연

표 1. DRM/DRM+ 시스템의 전송 파라미터

Table 1. Transmission parameters for DRM/DRM+ systems

항목 \ 모드	A	B	C	D	E (DRM+)
T (μs)	$83^{1/3}$	$83^{1/3}$	$83^{1/3}$	$83^{1/3}$	$83^{1/3}$
유효심볼 길이(ms)	$24(288 \times T)$	$21^{1/3}(256 \times T)$	$14^{2/3}(176 \times T)$	$9^{1/3}(112 \times T)$	$2^{1/4}(27 \times T)$
보호구간 길이(ms)	$2^{2/3}(32 \times T)$	$5^{1/3}(64 \times T)$	$5^{1/3}(64 \times T)$	$7^{1/3}(88 \times T)$	$0^{1/4}(3 \times T)$
보호구간/유효심볼	1/9	1/4	4/11	11/14	1/9
전체심볼 길이(ms)	$26^{2/3}$	$26^{2/3}$	20	$16^{2/3}$	$2^{1/2}$
프레임 길이(ms)	400				100
주파수 대역(MHz)	< 30				30-170
대역폭(kHz)	4.5/5/9/10/18/20				100
전송률(kbps)	8-72				35-190
MSC 변조방식	4/16/64QAM				4/16QAM
오류정정부호	Punctured Convolutional Code(PCC)				(RS +) PCC

스펙트럼 효율이 9-10 kHz의 AM 대역폭에서 2 bits/s/Hz 이상 제공해야 하므로 소스부호화와 채널부호화를 고려하여 오디오와 데이터를 위한 다중화 채널의 기본 변조방식은 64QAM으로 설계되었다. 반면 FM 대역은 AM 대역에 비하여 채널환경이 열악하기 때문에 DRM+의 경우에 100 kHz 대역폭에서 4/16QAM 변조방식으로 전송한다. 채널 부호기로는 길쌈 부호를 기반으로 한 다중레벨(Multi-level) 부호화기를 적용하고 계층적(Hierarchical) 변조 방식을 사용하여 보다 높은 신뢰성을 보장한다[1][4]. 오디오

산량의 증가만으로 DFT를 구현할 수 있다[6]. 기존의 DRM은 20 kHz 대역폭에서 최대 72 kbps의 전송률이 지원되는데 반해 DRM+는 100 kHz 대역폭에서 최대 190 kbps의 전송률이 지원된다. 또한, DRM+는 패킷 모드인 경우에 데이터 스트림에 RS(Reed-Solomon) 부호를 추가 사용하여 수신성능을 크게 개선할 수 있다.

전송 프레임은 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 다중화에 대한 정보를 지닌 SDC(Service Description Channel)로 구성되며, DRM의 경우에 3개, DRM+의 경우에 4개의 프레임이 하나의 슈퍼 프레임(superframe)을 구성한다.

### III. Band-II 대역 DRM+ 시스템 성능

본 절에서는 다중경로 채널모델 하에서 Band-II 대역에서 DRM+ 시스템의 성능을 모의시험을 통하여 평가한다. 또한, 아날로그 FM 인접채널 간섭에 따른 DRM+ 시스템의 영향을 분석한다.

#### 3-1 반복 다중단계 복호 알고리즘

DRM+ 시스템은 QAM 성좌도의 각 비트 레벨별로 다른 부호율을 사용하는 길쌈부호 기반 다중레벨 부호화 방식을 사용한다. 예를 들어 하나의 64QAM 심볼은 6개의 비트가 모여 상위 3비트는 실수부의 좌표를 하위 3비트는 허수부의 좌표를 결정한다. 실수부와 허수부를 구분하지 않으면 3개의 비트 레벨이 존재하고, 실수부와 허수부를 구분할 경우에 총 6개의 비트 레벨이 존재하며, 각 비트레벨별로 다른 부호율 혹은 다른 부호화 방식을 적용할 수 있다. 이와 같은 방식이 다중레벨 부호화 방식으로 고전적인 길쌈부호에 비하여 성능향상을 기대할 수 있다. 다중레벨 부호화된 신호를 복호하기 위해서는 ML(Maximum Likelihood) 복호기가 필요하나, 연산량이 크므로 일반적으로 첫 번째 비트레벨의 복호 결과를 다음 비트레벨 복호시 사전정보로 활용하는 반복 다중단계 복호기(Iterative Multi-stage Decoder)가 사용된다[4].

DRM+의 부반송파 수가  $N$ 이고, 변조방식이  $2^M$  QAM을 사용하는 경우에  $k$ 번째 부반송파에 수신된 OFDM 신호는  $z_k$ 로 다음과 같이 표현된다.

$$z_k = H_k X_k + n_k \quad (1)$$

여기서  $H_k$ 와  $X_k$ 는 각각  $k$  부반송파의 채널계수

와 송신신호를 의미하며,  $n_k$ 는 평균이 0이고 분산이  $\sigma_n^2$ 인 복소 가산성 백색잡음(Additive White Gaussian Noise)을 의미한다.

DRM+의 이득 참조셀(Gain Reference Cell)을 통하여 추정된 채널계수가  $\hat{H}_k$ 로 표현되는 경우에 등화된 수신신호  $\hat{z}_k = z_k / \hat{H}_k$ 에 가장 가까운 좌표를 나타내는 경우에 각 비트의 연판정을 위한 근사화 LLR(Log Likelihood Ratio)은 다음과 같이 표현된다.

$$L_k(b) = \rho_k (\min_{x_0 \in S_0} |\hat{z}_k - x_0|^2 - \min_{x_1 \in S_1} |\hat{z}_k - x_1|^2), \quad (2)$$

$$b = 0, 1, \dots, M-1$$

여기서  $S_0$ 와  $S_1$ 은 각각 가능한 모든 성좌도 심볼 중  $b$ 번째 비트가 0과 1인 성좌도 심볼의 집합을 의미한다. 또한  $\rho_k$ 는 해당 비트의 SNR(Signal to Noise Ratio) 요소를 나타내며, 백색잡음만 존재하는 경우에 SNR은 다음 식과 같이 단지 추정된 채널의 전력에 의하여 결정된다.

$$\rho_k = |\hat{H}(k)|^2 \quad (3)$$

반복 다중단계 복호기는 반복횟수가 시스템의 성능을 결정한다. DRM 시스템의 경우에 반복횟수가 4회 이상이면 성능 개선효과가 없는 것으로 알려져 있다[5].

#### 3-2 다중경로 채널환경에서 DRM+ 성능

본 절에서는 DRM+의 성능을 평가하기 위하여 표 2와 같은 특성을 지닌 DRM 컨소시엄에 제안된 87.5-108 MHz의 Band II 대역 무선채널 모델을 이용하였다[6]. 또한, DRM 컨소시엄에 제안된 모델 이외에 기준 성능지표를 확보하기 위하여 주파수 비선택 페이딩 채널 모델인 Flat-fading 모델을 별도로 추가하였다. 표 2로부터 확인할 수 있듯이 RMS(Root

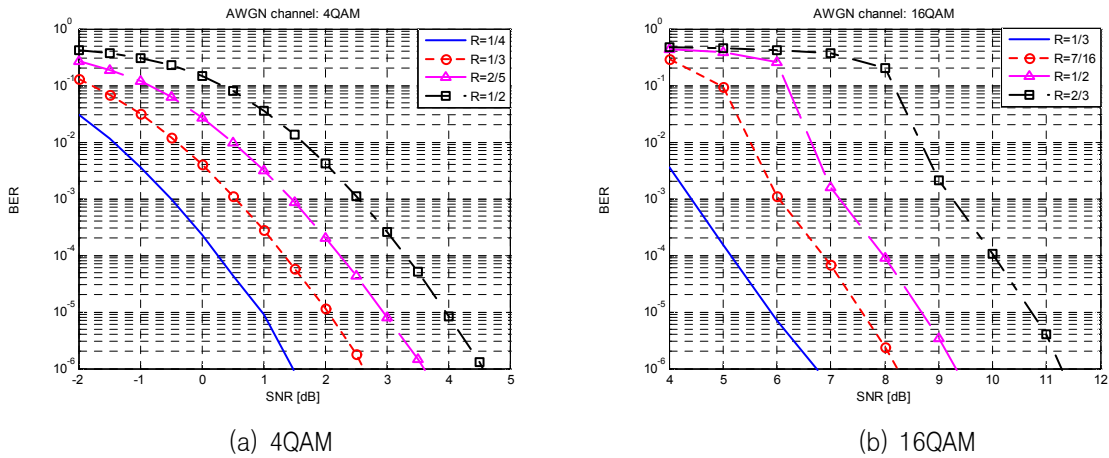


그림 2. AWGN 채널에서 DRM+ 시스템의 BER 성능  
 Fig. 2. BER performances of the DRM+ system over AWGN channel

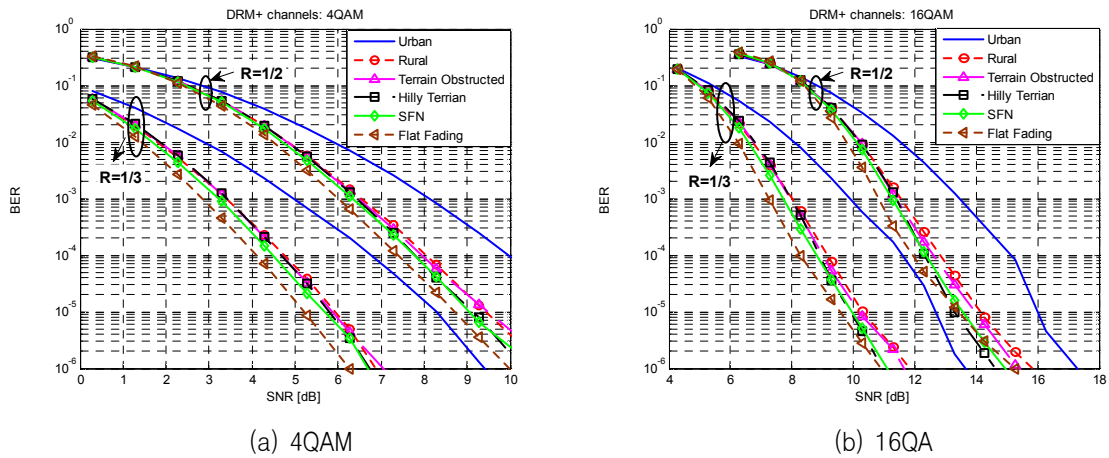


그림 3. 다중경로 채널에서 DRM+ 시스템의 BER 성능  
 Fig. 3. BER performances of the DRM+ system over multipath channels

표 2. Band-II 대역 다중경로 채널모델 특성

Table 2. Characteristics of multipath fading channel models for Band-II

채널모델	RMS 지연확산 (μs)	Doppler PSD	이동속도 (km/h)
Urban	0.782	Jakes	60
Rural	0.428	Jakes	150
Terrain	5.075	Jakes	60
Hilly	28.584	Jakes & Gaussian	100
SFN	47.677	Jakes & Gaussian	150
Flat-fading	0	Jakes	300

Mean Square) 지연확산은 Rural 모델이 가장 작고 단일 주파수 망을 모델링한 SFN 모델이 가장 크다. 또한, Urban, Rural, Terrain 채널모델은 다중경로의 모든 경로가 고전적인 Jakes Doppler PSD(Power Spectral Density)를 지닌 반면, Hilly와 SFN 채널모델은 고전적인 Jakes Doppler PSD와 천이된 Gaussian PSD가 혼재된 채널 프로파일을 지닌다. 모의실험에서 반송파 주파수는 100 MHz로 설정하였다.

모의실험에서 FAC는 프레임당 116비트가 전송되며, 4QAM(R=1/4)로 변조된다. 슈퍼 프레임당 977 부반송파에 전송되는 SDC는 4QAM 변조되며 전체 부호율은 R=1/4이 적용된다. 오디오 및 데이터 서비스 콘텐츠가 전송되는 MSC는 EEP를 이용하고 4QAM와 16QAM의 변조방식이 적용되며, 600 ms 깊이의 시간

인터리빙이 적용된다. 또한, 모든 모의실험에서 반복 다중단계 복호기의 반복 횟수는 2회로 설정하였다.

그림 2는 오디오 및 데이터가 전송되는 MSC의 SNR에 따른 비트오류율(BER: Bit Error Rate)을 보여준다. 그림 2(a)의 4QAM 비트오류율 성능에서 부호율이 가장 높은 R=1/2인 경우에 10<sup>-4</sup>의 성능을 만족시키기 위하여 요구되는 SNR은 약 3.3dB이다. 반면, 그림 2(b) 16QAM의 경우에 부호율이 R=1/2인 경우에 동일한 성능을 만족시키기 위해서는 약 8dB의 SNR이 요구된다. 4QAM의 경우에 비트레벨이 1이기 때문에 반복 복호에 따른 성능개선이 없으나 16QAM의 경우에는 비트레벨이 2이기 때문에 반복 복호에 따른 성능개선 효과로 인하여 성능곡선의 기울기가 변화함을 확인할 수 있다. AWGN 환경에서 BER 10<sup>-4</sup>을 만족시키기 위해 요구되는 SNR은 DRM+ 규격에 부호율이 R=1/3인 4QAM의 경우에 1.3 dB이고 부호율이 R=1/2인 16QAM의 경우에 7.9 dB로 제시된다[1]. 제시된 요구 SNR은 본 논문의 모의실험 결과와 일치함을 그림 2로부터 확인할 수 있다.

그림 3은 표 2의 Band-II 채널모델에 대한 모의실험 결과를 보여준다. 그림 3에서 SNR에 따른 4QAM과 16QAM의 성능은 유사한 경향을 보인다. RMS 지연확산이 작고 이동속도가 낮은 Urban 채널모델에서 성능이 가장 낮으며, 이동속도가 큰 Flat-fading 채널모델이 가장 높은 성능을 보인다. 그림 3으로부터 DRM+ 성능은 주파수 혹은 시간영역에서 인터리빙의 효과가 클수록 성능이 우수함을 확인할 수 있다. 따라서 각 채널모델에 대한 비트오류율 성능은 RMS 지연확산이 클수록 우수한 성능을 보이며, 이동속도

가 커 Doppler 확산이 클수록 시간 선택적 페이딩의 영향으로 성능이 우수하다. 또한, 주파수 비선택적 페이딩 모델인 Flat-fading 채널모델의 성능곡선에서 DRM+ 시스템은 이동속도가 300 km/h 이내인 경우에 고속이동에 의하여 발생하는 인접부반송파간 간섭(Inter-channel Interference)에 의한 성능열화가 미약함을 확인할 수 있다.

### 3-3 FM 인접대역 간섭에 의한 영향

디지털 전환 시 초기에는 DRM+와 FM인 동시방송 서비스를 제공할 것이며, 점진적으로 아날로그 FM을 철수한 후 완전히 디지털로 전환될 것으로 예상된다. DRM+ 시스템은 FM과 동시방송을 고려하지 않고 규격을 결정했으며 따라서 FM과 동시방송이 불가능하다는 공격을 IBOC 진영으로부터 받았다. 본 논문에서는 동시방송을 가능하도록 FM 신호에 주는 간섭량을 줄이기 위하여 최소 비트오류율을 만족하면서 어느 정도까지 DRM+의 전력을 낮출 수 있는지 모의실험을 통하여 확인한다.

모의실험은 그림 4와 같이 FM 간섭신호의 평균 전력은  $P_f$ 이고 DRM+ 신호의 평균전력이  $P_d$ 일 경우에 간섭신호 대비 DRM+ 신호의 전력을  $\Delta P = P_d/P_f$ 로 정의하고  $\Delta P$ 와 반송파간 간격  $\Delta f$ 를 변화 시키면서 성능의 변화를 분석하였다. 또한, 인접대역 간섭에 따른 DRM+ 시스템의 비트오류율 성능을 평가하기 위하여 사용된 FM 인접대역 간섭신호는 최대 주파수 편차(maximum frequency deviation)는 75 kHz이고, 악조건 환경에서 간섭신호를 모델링하기 위하여 FM 신호의 L+R 신호와 L-R 신호의 크기는 각각 1이며, L+R 신호와 L-R 신호 사이의 상관값은 0로 설정하여 생성하였다. 모의실험에서 DRM+ 시스템의 MSC는 EEP를 사용하고 4QAM(R=1/2)와 16QAM(R=1/2)의 부호 및 변조방식이 고려되며, 600 ms 인터리빙을 적용하였다.

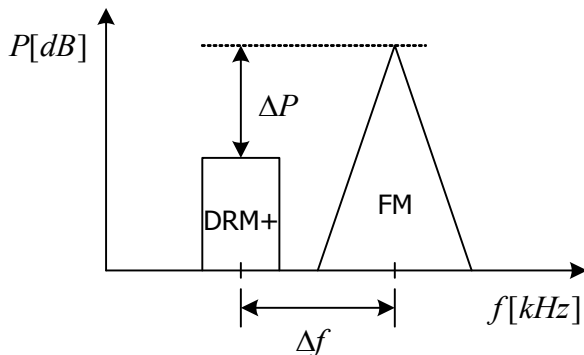


그림 4. FM 인접채널 간섭모델  
Fig. 4. A FM adjacent interference model

그림 5는 FM 신호에 의한 인접채널 간섭에 따른 DRM+ 비트오류율 성능을 보여준다. 그림에서 비트오류율 10<sup>-4</sup>에서 반송파간 간격  $\Delta f$ 이 증가할수록 그리고 FM 신호전력 대비 DRM+ 신호전력  $\Delta P$ 이

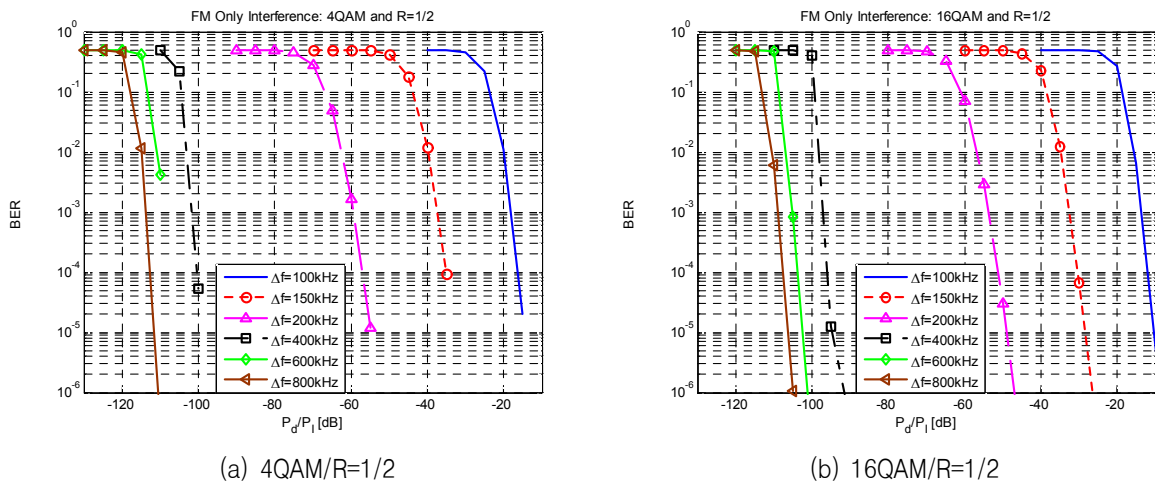


그림 5. FM 신호에 의한 인접채널간섭의 영향

Fig. 5. The effects of the adjacent channel interference caused by FM signal

증가할수록 성능은 개선된다. 또한  $\Delta f$ 가 150 kHz 이상이면  $\Delta P$ 가 -30dB이하인 간섭환경에서도 우수한 성능을 보임을 확인할 수 있다.

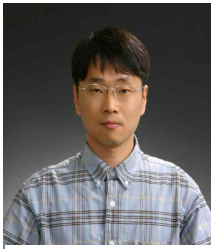
#### IV. 결 론

본 논문에서는 Band-II 대역의 아날로그 FM 라디오 방송을 디지털로 전환하기 위한 규격인 DRM+ 시스템에 대한 비트오류율 성능을 Band II 대역 채널모델 및 인접채널 간섭 하에서 모의실험을 통하여 분석하였다. DRM+ 시스템은 이동속도가 300 km/h 이하인 경우에 고속이동에 의하여 발생하는 인접부반송파간 간섭에 의한 성능열화가 미약하며, RMS 지연확산이 시변채널의 변화도가 클수록 높은 성능을 보임을 확인할 수 있다. 또한, DRM+ 신호의 전력 보다 인접채널의 FM 신호 전력이 30 dB 가까이 높은 경우에도 우수한 성능을 보임을 확인하였다.

#### 참 고 문 헌

- [1] *Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification*, European Telecommunication Standards Institute (ETSI), ESTI ES 201 980 v3.1.1, 2009.
- [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] 박경원, 김성준, 서정욱, 권기원, 박세호, 백종호, "DSP 기반 DRM 수신기 구현," *대한임베드디드공학회 논문지*, vol. 3, no. 4, pp. 235-243, Nov. 2008.
- [6] G. Zimmermann, "DRM+ Radio Channel Profiles for Use in Band II," *DRM internal doc. no. TC\_CM302*, Nov. 2005.

## 박 경 원(朴京元)



1999년 2월 : 중앙대학교 전기  
공학과 공학사  
2001년 2월 : 중앙대학교 전기  
공학과 공학석사  
2005년 2월 : 중앙대학교  
전기전자공학부 공학박사

2005년 1월 ~ 현재: 전자부품연구원 선임연구원  
관심분야: 디지털 통신, OFDM 셀룰러/LAN 모뎀, 디지털  
방송 및 통신융합 시스템

## 이 연 성(李燕性)



1996년 2월 : 광운대학교 컴퓨터  
공학과 공학사  
1998년 2월 : 광운대학교 컴퓨터  
공학과 공학석사  
1998년 10월 ~ 2003년 5월 :  
썬트리아이크로시스템

2003년 7월 ~ 현재: 전자부품연구원 선임연구원  
관심분야: 디지털 통신 시스템, 디지털 방송 시스템

## 김 성 준(金成俊)



2002년 2월 : 성균관대학교 전기  
공학부 공학사  
2004년 2월 : 성균관대학교 전기  
전자 및 컴퓨터공학과 공학석사  
2004년 2월 : (주)삼성탈레스  
2006년 7월 ~ 현재: 전자부품연구원  
전임연구원

관심분야: 디지털 방송 시스템, 무선통신 시스템

## 전 원 기(全元奇)



1994년 2월 : 중앙대학교 전자공학과  
공학사  
1996년 2월 : 중앙대학교 전자공학과  
공학석사  
1999년 8월 : 중앙대학교 전자공학과  
공학박사  
2001년 7월 : 중앙대학교  
전자전기공학부 BK21 계약교수

2001년 8월 ~ 현재: 전자부품연구원 책임연구원  
관심분야: OFDM 기반의 무선통신 시스템, 디지털 방송  
및 통신융합 시스템

## 서 정 욱(徐廷郁)



1999년 2월 : 한국항공대학교  
통신정보공학과 공학사  
2001년 2월 : 한국항공대학교  
통신정보공학과 공학석사  
2007년 8월 : 연세대학교 전기  
전자공학과 박사수료

2001년 2월 ~ 현재: 전자부품연구원 선임연구원  
관심분야: 디지털 통신 시스템, 디지털 방송 시스템