

# NTSC TV 간섭원에 대한 Eureka 147 DAB 시스템의 혼신보호비

정영호, 김진, 양규태, 이수인  
한국전자통신연구원 방송시스템연구부

## Protection Ratio for Eureka 147 DAB System against NTSC TV Signal Interferer

Young-Ho Jeong, Geon Kim, Kyu-Tae Yang and Soo-In Lee  
Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)  
Broadcasting System Research Department  
E-mail: yhcjeong@etri.re.kr

### 요약

Eureka 147 DAB 시스템의 혼신보호비는 AM, FM, PAL, SECAM, DAB 등의 동일채널 및 인접채널 간섭원에 대한 조사가 수행되었으나, NTSC TV 간섭원에 대해서는 분석되지 않았다. Eureka 147 DAB 시스템 대부분이 TV 대역인 Band III에서 운용되는 상황을 고려한다면, NTSC TV 간섭원에 대한 혼신보호비 분석은 반드시 필요하다. 본 논문에서는 Eureka 147 DAB 시스템과 아날로그 NTSC TV 시스템간의 혼신보호비중 NTSC TV 간섭원에 대한 Eureka 147 DAB 시스템의 혼신보호비 측정을 위한 간섭환경 설정방법 및 DAB 송수신기를 이용한 BER 측정방법, 그리고 측정결과를 제시한다.

### 1. 서론

1980년대 후반부터, 유럽 각국은 Eureka 147 공동 프로젝트를 결성하여 이동수신에서 고품질의 오디오 서비스를 제공할 수 있는 DAB 전송방식에 대한 연구를 본격적으로 시작하였다. '92년부터는 COFDM (Coded-OFDM) 변조 방식과 MPEG-1, -2 layer II 오디오 코덱을 기반으로 한 DAB 전송시스템의 구현 및 성능 평가시험을 실시하여, '95년 초, 유럽 단일 표준의 DAB 전송방식 개발을 완료하였다[9]-[11]. 영국 BBC의 공식 DAB 서비스를 시작으로 유럽 대부분의 나라와 캐나다, 싱가포르, 중국 등에서 본 방송을 하거나 준비 중에 있다. 우리나라도 2001년 3월 23일, '디지털 라디오 방송 잠정 표준방식 공청회'를 통해 Eureka 147 전송방식을 DAB 신호전송을 위한 잠정 표준방식으로 발표하였다.

Eureka 147 DAB 시스템은 대략 1.54 MHz의 광대역을 이용하기 때문에 대부분 800kHz 간격으로 채널 할당된 기존 아날로그 FM 대역(88 ~ 108MHz)에서는 적용할 수 없는 시스템으로, 현재 TV 대역인 Band III (174 ~ 240MHz) 및 L-band (1.452 ~ 1.492MHz)에서 서비스가 구현되고 있다. 만일 국내에 Eureka 147 DAB 시

스템이 도입될 경우, 현재로서는 TV 대역에서의 구현이 유력시 되고 있는 상황이다.

혼신보호비는 수신기 출력단에서 규정된 수신 품질 조건을 만족하기 위해 수신기 입력단에 요구되는 원하는 수신 신호대 간섭 신호의 최소 전력비(D/U)를 의미한다. 이는 동종 혹은 상이한 전송 시스템간의 주파수 공유가 요구되는 상황에서 각 전송 시스템의 운용 및 채널 배치에 반드시 필요한 정보이다.

Eureka 147 DAB 시스템의 혼신보호비는 AM, FM, PAL, SECAM, DAB 등의 동일채널 및 인접채널 간섭원에 대한 조사가 수행되었으나, NTSC TV 간섭원에 대해서는 분석되지 않았다. 본 논문에서는 Eureka 147 DAB 시스템과 아날로그 NTSC TV 시스템간의 혼신보호비중 NTSC TV 간섭원에 대한 Eureka 147 DAB 시스템의 혼신보호비 측정을 위한 간섭환경 설정방법 및 DAB 송수신기를 이용한 BER 측정방법, 그리고 측정결과를 제시하고자 한다.

### 2. 측정 시스템 구성

혼신보호비 분석을 위한 측정 시스템 구성도는 그림 1과 같다. DAB 송신장비 중에서 MPEG audio encoder는 BER 측정을 위한 기준데이터를 제공하지 않지만, DAB 송수신기의 정상동작 여부확인 및 BER 성능과 DAB 음질간의 상관관계 검증에 이용한다. DAB 시스템의 BER 측정을 위해 PAD & N-PAD Inserter를 이용하여 PRBS로 구성된 기준데이터를 N-PAD 프로그램으로 전송한다. DAB 수신기에서는 해당 프로그램을 RDI 출력단자를 통해 PC에 저장한 후, 이를 송신 데이터와 비교함으로써 BER을 측정한다. RF 신호는 noise generator에 의해 잡음이 더해짐으로써 AWGN 채널 환경을 경험한다.

NTSC TV 수신기는 혼신보호비 측정시험에 직접적으로 이용되지 않으나, NTSC TV 송수신기의 정상동작 여부를 확인하기 위해 이용한다.

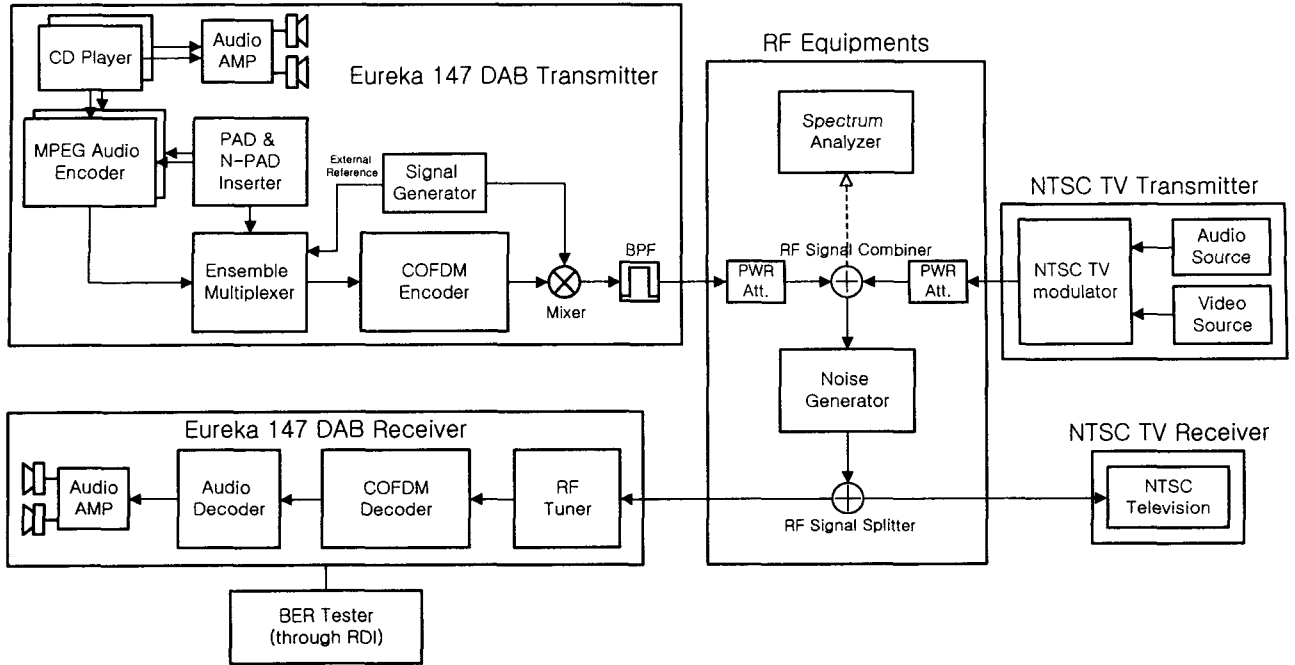


그림 1. 측정 시스템 구성도

그림 2 는 Eureka 147 DAB 시스템과 NTSC TV 시스템간의 혼신보호비 측정을 위해 구축된 측정 시스템의 rack 구성을 보여준다. 혼신보호비 측정에 필요한 장비들은 그림 좌측으로부터 “DAB 송신부”, “간섭 신호 생성부”, “RF 신호 측정부”, “DAB 수신부”의 4 가지 rack 으로 분류하였다.

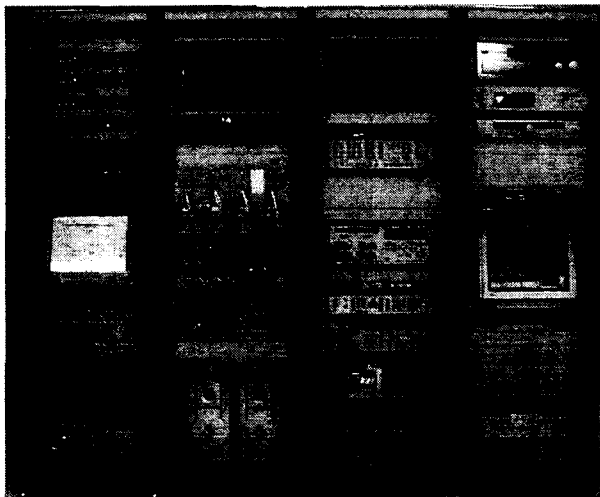


그림 2. 구축된 측정 시스템 Rack

측정에 적용된 Eureka 147 DAB 시스템 파라미터는 표 1 과 같다. 선정된 전송모드는 DAB 시스템이 지원하는 네 개의 전송모드 중에서 Band III 에 가장 적합한 전송모드 I 으로 한정하였다. AWGN 채널상에서, 평균 코드율 1/2 이 적용된 64 kbit/s 의 데이터 채널에 대해 BER 측정이 이루어졌으며, 이 코드율은 EEP (Equal Error Protection)의 3-A 보호레벨에 해당된다. DAB RF 신호의 중심파수는 200 MHz 로 설정하였으며,

이와 같은 파라미터들은 이전 DAB 혼신보호비 연구 결과들을 토대로 결정되었다[1].

표 1. Eureka 147 DAB 시스템 파라미터

System Parameter	Value
Transmission mode	I
Code rate	1/2 (3-A)
Bit rate in data channel	64 kbit/s
Center frequency	200 MHz

NTSC TV 변조기의 음성입력으로는 ITU-R Rec. 559-2에서 제시한 standardized coloured noise signal(SCNS)을 사용한다. SCNS 는 white Gaussian noise 신호를 생성한 후, 상기 ITU-R 권고안에서 제시된 필터를 통과시킴으로써 얻을 수 있다. NTSC TV 변조기의 영상입력으로는 일반 TV 프로그램의 영상신호를 대표할 수 있는 시험영상인 “Boy with toys”를 사용하며, SMPTE 에서 제작된 시험영상 media 를 BETACAM player 를 이용하여 재생하였다.

### 3. 측정 절차

#### 3.1 기준데이터 생성

Eureka 147 DAB 시스템의 BER 측정을 위한 기준 데이터는 PRBS 로 구성된 이진파일을 이용한다. 이 때 PRBS 를 생성하기 위한 primitive polynomial 은 다음 식과 같으며, 그림 3은 PRBS 생성기의 구조를 나타낸다. 이 때 PRBS 의 shift register 의 길이는 ITU-T 권고안[1]의 기준을 따랐다.

$$P(x) = x^{11} + x^2 + 1$$

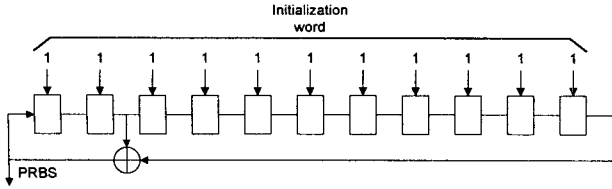


그림 3. PRBS 생성기

PRBS 파일의 크기는 10분 전송을 기준으로 약 4.8Mbyte (= 64kbps x 600sec)로 구성한다. PRBS 파일은 별도의 PC에서 생성한 후, PAD & N-PAD Inserter에 저장하여 전송한다.

### 3.2 송수신 시스템 동작확인

DAB 송신 양상블은 2개의 오디오 서비스와 BER 측정을 위한 N-PAD 서비스로 구성하고, 200MHz RF 신호로 전송한다. DAB 수신기의 tuning frequency를 200MHz로 설정한 후, 2개의 오디오 프로그램을 번갈아 선택하며 스피커를 통해 DAB 송수신시스템의 정상 동작을 확인한다. 또한 이 때 DAB 수신기에서 측정된 FIC 채널의 EFR (Error Frame Rate)이 0으로 표시되어야 한다.

간섭 신호원인 NTSC TV RF 신호의 주파수는 NTSC TV 변조기의 출력 가능한 주파수 범위와 TV 수상이 tuning 할 수 있는 TV 채널을 고려하여 ch.11로 설정한다. Spectrum analyzer를 이용하여 NTSC TV 변조기 출력단의 RF 신호 스펙트럼을 확인한다. 또한 RF 출력을 바로 TV 수상기의 입력 RF 단자에 연결한 후, 영상 및 오디오 신호를 모니터와 스피커를 통해 확인하고 측정을 시작한다.

### 3.3 신호전력 측정

각 신호의 RF 전력은 power meter를 이용하여 측정하였다. DAB 신호의 경우, OFDM 인코더에서 출력되는 36.864 MHz IF 신호를 signal generator를 이용하여 주파수 상향 변환을 하기 때문에 LO (Local Oscillator) 성분 및 image signal이 동시에 발생하게 된다. 이런 경우 원하는 RF 신호 이외의 신호 성분으로 인해 정확한 power 측정이 불가능하므로, 이 불요 신호들을 제거할 필요가 있다. 이를 위해 별도로 제작된 SAW filter를 DAB RF 신호 출력단에 연결함으로써 원하는 DAB 신호의 power를 정확히 측정할 수 있다. NTSC TV 신호의 power 측정은 시험에 사용된 NTSC TV modulator의 출력이 불요 성분들을 제거한 RF 신호만을 포함하므로 바로 power meter를 연결하여 측정하였다.

### 3.4 혼신보호비 측정기준

Eureka 147 DAB 시스템의 혼신보호비 측정기준은 Viterbi 디코더의 BER이  $10^{-4}$ 이 되는 지점이며, 이는 오디오 신호의 음질저하가 나타나기 시작하는 지점에 해당한다[1]. 간섭원이 존재하지 않는 상황에서 상기 측정기준을 만족하는 C/N를 구한 후, 이 값보다 1dB 높은 C/N이 되도록 DAB 신호 혹은 noise power를 조정한다. 간섭원의 power를 가변하면서  $10^{-4}$  BER을 만족하는 D/U를 측정한다. 구해진 D/U 값은 '1 dB loss

of C/N margin' 조건에서 제공되는 혼신보호비에 해당하며, 본 논문의 혼신보호비 결과는 상기 조건을 따른다. 여기서, D/U 비는 DAB 신호(desired signal)와 NTSC TV 신호(undesired signal)의 전력비를 의미한다.

### 3.5 혼신보호비 측정범위

DAB 신호의 중심 주파수와 NTSC TV 신호의 영상 캐리어 주파수간 이격 (FD : Frequency Difference)은 첫 번째 상하측(first upper- and lower-) 인접 NTSC TV 채널 간섭원에 대한 영향을 확인하기 위해 -10 ~ 7MHz 범위로 결정하였다.

## 4. 측정 결과 및 분석

주파수 이격(200kHz 간격)에 따른 BER  $10^{-4}$  지점을 만족시키는 혼신보호비를 얻기 위해, -10에서 7MHz 범위의 모든 주파수 이격 지점마다 D/U를 가변하며 그림 4와 5 형태의 BER vs. D/U 그래프를 작성한다. 이는 NTSC TV 변조기로부터 출력되는 RF 신호의 영상 캐리어 주파수를 190MHz에서 207MHz까지, 200kHz씩 이동시키며 측정을 수행하는 것과 동일하다.

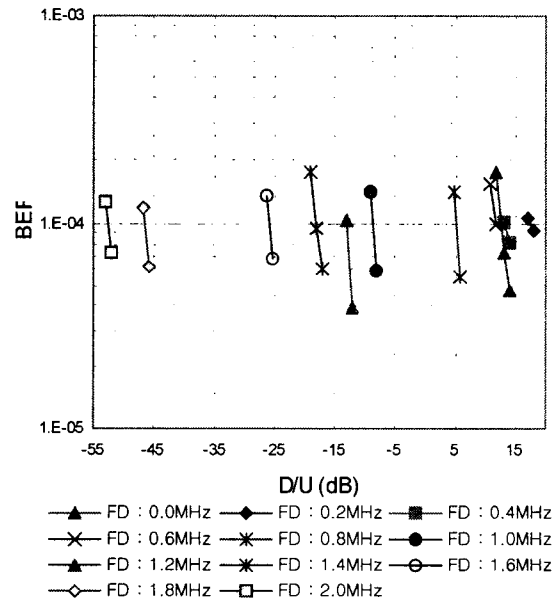


그림 4. 0 ~ 2 MHz 주파수 이격내의 BER vs. D/U

측정 주파수 범위 전체에 대해 BER vs. D/U 그래프를 작성한 후, 이를 토대로 각 주파수 이격지점에서 혼신보호비를 구한다. 이를 주파수 이격값이 양 혹은 음의 경우로 나누어 표 2와 표3과 같이 FD (Frequency Difference)와 PR (Protection Ratio)값으로 정리한다. 이 때 주파수 이격의 해상도는 200kHz이며, 혼신보호비의 해상도는 1dB이다.

NTSC TV의 영상 캐리어가 Eureka 147 DAB 신호에 가장 큰 간섭을 야기하며, 약 17 ~ 18dB의 혼신보호비를 갖는다. 이는 DAB의 시스템 요구성능을 얻기 위해서는 DAB와 NTSC TV 간섭원의 전력비가 17 ~ 18dB 이상이어야 함을 의미한다. 만약 전력비가 이 값

보다 낮게 되는 경우, DAB 신호는 원하는 수신 품질을 보장할 수 없게 된다.

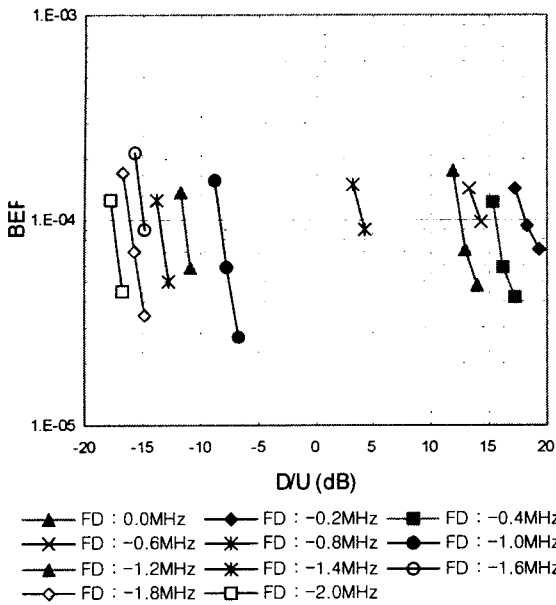


그림 5. 0 ~ -2 MHz 주파수 이격내의 BER vs. D/U

주파수 이격이 0인 경우 비교적 낮은 값을 나타내는데, 이는 Eureka 147 DAB 신호의 중심 부반송파

표 2. 주파수 이격값이 양인 경우의 혼신보호비 결과

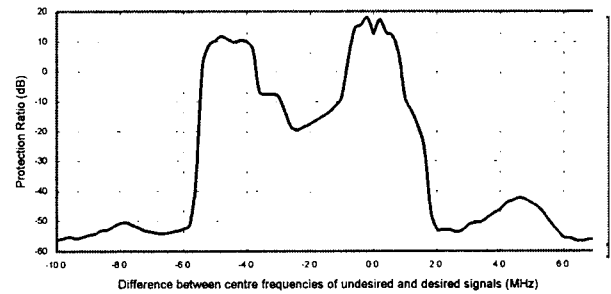
FD (MHz)	PR (dB)	FD (MHz)	PR (dB)	FD (MHz)	PR (dB)
0.0	13	2.4	-53	4.8	-43
0.2	17	2.6	-54	5.0	-44
0.4	13	2.8	-53	5.2	-46
0.6	12	3.0	-51	5.4	-48
0.8	5	3.2	-51	5.6	-51
1.0	-9	3.4	-50	5.8	-53
1.2	-13	3.6	-49	6.0	-55
1.4	-18	3.8	-47	6.2	-56
1.6	-26	4.0	-46	6.4	-57
1.8	-47	4.2	-44	6.6	-57
2.0	-53	4.4	-43	6.8	-56
2.2	-53	4.6	-42	7.0	-56

표 3. 주파수 이격값이 음인 경우의 혼신보호비 결과

FD (MHz)	PR (dB)	FD (MHz)	PR (dB)	FD (MHz)	PR (dB)
0.0	13	-3.4	-7	-6.8	-54
-0.2	18	-3.6	-7	-7.0	-54
-0.4	16	-3.8	8	-7.2	-53
-0.6	14	-4.0	10	-7.4	-52
-0.8	4	-4.2	10	-7.6	-51
-1.0	-8	-4.4	10	-7.8	-51

-1.2	-11	-4.6	11	-8.0	-51
-1.4	-14	-4.8	12	-8.2	-52
-1.6	-15	-5.0	10	-8.4	-53
-1.8	-16	-5.2	9	-8.6	-53
-2.0	-18	-5.4	2	-8.8	-54
-2.2	-19	-5.6	-36	-9.0	-55
-2.4	-19	-5.8	-51	-9.2	-55
-2.6	-19	-6.0	-53	-9.4	-56
-2.8	-13	-6.2	-53	-9.6	-55
-3.0	-8	-6.4	-54	-9.8	-56
-3.2	-7	-6.6	-54	-10.0	-56

The resolution of frequency difference is 200 kHz. The protection ratios required by Digital System A signal against NTSC TV signal interference in Gaussian channel are shown in Figure 5-1. The high protection ratios appear at frequency differences around 0 MHz and -4.4 MHz because of the interference of NTSC TV video and audio carriers.



## 5. 결론

본 논문에서는 Eureka 147 DAB 시스템의 PAPR 개선을 위해 전송시스템의 규격 및 수신기의 변경이 필요하지 않는 SDT를 적용하여 시스템 성능을 평가하였다. PAPR 개선 정도에 따른 시스템의 요구  $E_s/N_0$  및 out-of-band의 PSD 열화 정도를 분석을 통해 peak windowing 기법이 clipping에 비해 우수한 성능을 가짐을 알 수 있었다. 특히 Hamming windowing을 적용한 경우, PAPR 4dB에서 clipping에 비해 요구  $E_s/N_0$ 는 비슷한 열화정도가 나타났으나, out-of-band의 PSD는 5dB정도 개선되는 성능을 보였다.

향후에는 시스템의 BER 및 PSD 성능열화가 발생하지 않는 SST의 Eureka 147 DAB 시스템에 대한 적용 가능성에 대해 연구할 예정이다.

## 참고 문헌

- [1] Xiaodong Li and Leonard J. Cimini, Jr., "Effects of Clipping and Filtering on the Performance of OFDM," Proceedings of IEEE VTC'97, vol.3, pp.1634-1638, 1997.
- [2] Richard van Nee and Arnout de Wild, "Reducing the Peak-to-Average Power Ratio of OFDM," Proceedings of IEEE VTC'98, pp.2072-2076, 1998.
- [3] Pauli, M., and H. P. Kuchenbecker, "On the Reduction of the Out-of-Band Radiation of OFDM-Signals," Proceeding of ICC, Atlanta, 1998.
- [4] Pauli, M., and H. P. Kuchenbecker, "Minimization of the Intermodulation Distortion of a Nonlinearly Amplified OFDM Signal," Wireless Personal Communications, vol.4, pp.93-101, Jan. 1997.
- [5] James A. Davis and Jonathan Jedwab, "Peak-to-Mean Power Control in OFDM, Golay Complementary Sequences, and Reed-Muller Codes," IEEE Transaction on Information Theory, vol.45, no.7, pp.2397-2417, Nov. 1999.
- [6] Robert Bauml, Robert Fischer, and Johannes Huber, "Reducing the Peak-to-Average Power Ratio of Multicarrier Modulation by Selected Mapping," Electronics Letters, vol.32, pp.2056-2057, 1996.
- [7] Stefan H. Muller, Robert W. Bauml, Robert F.H. Fischer, and Johannes B. Huber, "OFDM with Reduced Peak-to-Average Power Ratio by Multiple Signal Representation," Annals of Telecommunications, vol.52, no.1-2, pp.58-67, Feb. 1997.
- [8] Stefan H. Muller, and Johannes B. Huber, "OFDM with Reduced Peak-to-Average Power Ratio by Optimum Combination of Partial Transmit Sequences," Electronics Letters, vol.33, no.5, pp.368-369, Feb. 1997.
- [9] ETSI EN 300 401 v1.3.2, *Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers*, ETSI, Sep. 2000.
- [10] Louis Thibault and Minh Thien Le, "Performance Evaluation of COFDM for Digital Audio Broadcasting Part I: Parametric Study," IEEE Transactions on Broadcasting, vol.43, no.1, pp.64-75, March 1997.
- [11] EBU BPN 011, *Collated Performance Evaluations of the Eureka 147 DAB System*, EBU, Sep. 1997.