



## I. 서 론

1980년대 후반, 유럽은 Eureka 147 공동 프로젝트를 결성하여 이동수신에서 고음질의 오디오 서비스를 제공할 수 있는 디지털 오디오 방송(Digital Audio Broadcasting) 전송방식에 대한 연구를 본격적으로 시작하였다. 1992년부터 COFDM 변조 방식과 MPEG-1/-2 Layer II 오디오 코덱을 기반으로 한 DAB 시스템의 구현 및 성능 평가시험을 실시하여, 1995년 초, 유럽 단일 표준의 DAB 전송 방식 개발을 완료하였다. 영국 BBC의 공식 DAB 서비스를 시작으로 유럽 대부분의 국가와 캐나다, 싱가포르, 중국 등에서 본 방송을 시작하거나 준비 중에 있다. 우리나라도 2001년 3월, '디지털 라디오 방송 잠정 표준방식 공청회'를 통해 Eureka 147 전송방식을 DAB 서비스 전송을 위한 잠정 표준방식으로 발표하고, 국내 도입을 위한 필드테스

트를 거쳐 2002년 말 이를 국내 표준방식으로 발표하였다.

Eureka 147 DAB 전송방식은 대략 1.54MHz의 광대역을 이용하기 때문에 800kHz 간격으로 채널 할당된 기존 아날로그 FM 대역(88~108MHz)에서는 적용할 수 없는 전송방식으로, 따라서 대부분 TV 방송대역인 Band III 및 L-band에서 서비스가 구현되고 있다. 국내의 경우, DAB용 주파수로 할당 가능한 대역은 VHF 대역이며, 이 중 DAB 주파수 특성 등을 고려하여 Band III(ch7~ch13)를 DAB용 주파수 대역으로 잠정 결정하였다.

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



〈표 1〉 혼신보호비 측정에 적용된 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

공하기 위해 오디오 측정장비를 사용하고, 이의 출력을 원하는 RF 신호로 변조하도록 NTSC TV 신호 변조기를 이용한다.

측정에 적용된 DAB 시스템 파라미터는 〈표 1〉과 같다. 선정된 전송모드는 DAB 시스템이 지원하는 네 개의 전송모드 중에서 Band III에 가장 적합한 전송모드 I로 한정하였다. AWGN 채널상에서, 평균 코드율 1/2이 적용된 64kbit/s의 데이터 채널에 대해 BER 측정이 이루어졌으며, 이 코드율은 EEP(Equal Error Protection)의 3-A 보호 레벨에 해당된다. DAB RF 신호의 중심파수는 200MHz로 설정하였으며, 이와 같은 파라미터들은 이전 DAB 혼신보호비 연구 결과들을 토대로 결정되었다.

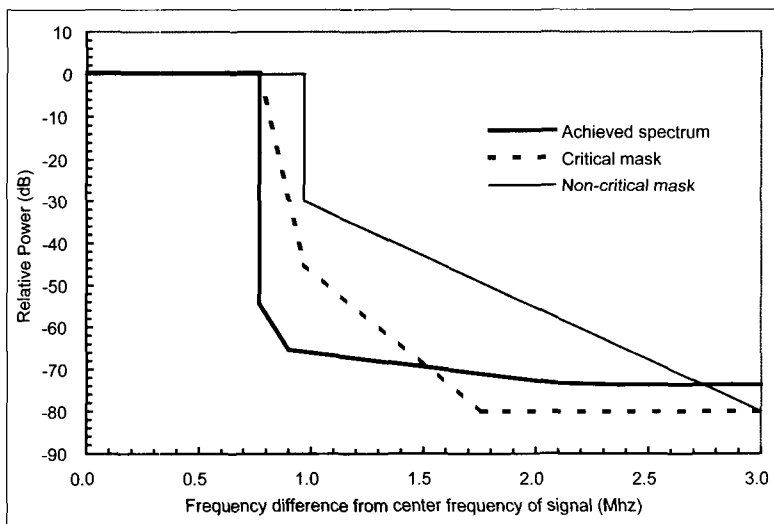
NTSC TV 변조기에 입력되는 오디오 신호는 혼신보호비 측정항목에 따라서 다른 두 가지 형태를 가진다. 먼저 DAB 혼신보호비 및 NTSC TV 영상 혼신보호비 측정시에는 ITU-R Rec. 559-2에서 제시한 SCNS (Standardized Coloured Noise

Signal)을 사용하였다. SCNS는 백색 가우시안 잡음(white Gaussian noise)신호를 생성한 후, 상기 ITU-R 권고에서 제시된 필터를 통과시킴으로써 일반적인 오디오 신호의 스펙트럼 특성을 갖는 신호를 얻을 수 있다. NTSC TV 음성 혼신보호비 측정시에는 ITU-R의 FM 방송의 혼신보호비 측정에 관한 정의에 따라 NTSC TV 변조기의 오디오 입력으로 500Hz 사인파 단일 톤을 사용하였으며, 이 사인파는 오디오 측정장비를 이용하여 발생시켰다.

모든 시험조건에서 NTSC TV 변조기의 영상입력으로 일반 TV 프로그램의 영상신호를 대표할 수 있는 시험영상인 'Boy with toys'를 사용하였으며, SMPTE에서 제작된 시험영상 대체를 BETACAM player를 이용하여 재생하였다.

### Ⅲ. DAB 신호 스펙트럼

대역외 방사되는 DAB 신호 스펙트럼은 DAB



〈그림 2〉 DAB 신호 스펙트럼

전송규격에 정의된 스펙트럼 마스크를 만족하도록 그 레벨이 제한되어야 한다. <그림 2>에서 보는 바와 같이 점선으로 표시된 critical mask는 인접채널 간섭이 문제되는 지역의 VHF 송신기에 적용되어야 하며, non-critical mask는 인접채널 간섭이 문제되는 지역의 UHF 송신기와 상기 critical mask 적용조건 이외의 VHF 송신기에 적용되어야 한다.

DAB 송수신 테스트베드를 통해 얻어진 DAB 스펙트럼 마스크는 중심 주파수로부터 약 1.5MHz 지점부터 critical mask를 만족시키지 못하는 것으로 측정되었으나, 이는 측정결과에 그리 큰 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다. 유럽에서 수행된 이전의 모든 혼신보호비 측정결과 또한 이와 유사한 DAB 신호 스펙트럼 조건하에서 수행되었다. 실험실 시험을 통해 얻어진 DAB 신호가 고출력 증폭기를 통해 방사되는 신호특성을 모두 만족시키지는 않을지라도, 이는 다음과 같은 이유로 그리 중요한 요소가 아님을 알 수 있다. 먼저 DAB 신호가 NTSC TV 시스템에 간섭원으로 작용하는 경우, 고출력 증폭기의 비선형 특성에 의해 만들어지는 DAB 신호대역내 IM(Intermodulation) 성분들은 잡음과 유사한 DAB 신호특성을 변화시키지 않는

다. 또한 반대의 경우, DAB 신호대역내 IM 성분들에 의한 DAB 시스템의 성능저하로 인해 NTSC TV 간섭원에 대한 DAB 혼신보호비가 약간 높아질 수 있으나 그 차이는 매우 작을 것이다.

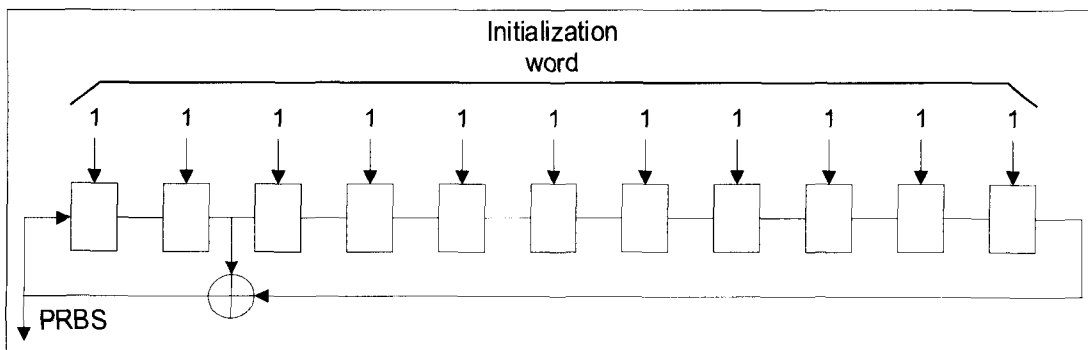
#### IV. 측정방법

##### 1. BER 측정을 위한 기준데이터 생성

DAB 시스템의 BER측정을 위한 기준데이터는 PRBS로 구성된 이진파일을 이용한다. 이 때 PRBS를 생성하기 위한 primitive polynomial은 다음 식과 같으며, <그림 3>은 PRBS 생성기의 구조를 나타낸다. 이 때 PRBS의 shift register의 길이는 ITU-T Rec. O.150의 기준을 따랐다.

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

PRBS 파일은 10분 전송을 기준으로 약 4.8Mbyte 크기를 가지며, PAD & N-PAD 삽입에 의해 전송된다.



<그림 3> PRBS 생성기

## 2. 주관적 화질평가 방법

NTSC TV 영상신호의 혼신보호비 측정은 영상 품질을 측정함으로써 결정할 수 있으며, 이때 수행되는 주관적 화질평가 방법은 여러 사람들로 구성된 평가그룹을 통해 영상품질을 평가하는 방법이다. 주관적 화질 평가결과는 개인의 시각 특성에 따라 약간씩 달라질 수 있으나, 개개인의 다양성을 고려해도 각 개인이 느끼는 영상품질에 대한 편차는 그리 크지 않다고 할 수 있다.

주관적 화질평가를 위해 ITU-R Rec. BT 500-10에서 권고하는 전송경로의 손상정도를 측정하기 위한 방법인 이중자극 손상척도법(DSIS: Double-Stimulus Impairment Scale)을 사용하였다. 이중자극 손상척도법을 적용하기 위한 평가시스템 구성도는 <그림 4>와 같으며, 측정절차는 다음과 같다. 먼저 원영상을 10초간 보여준 다음, 3초간 회색조 영상을 제공한다. 이후, 시험영상을 10초간 보여 주며, 이때 각 평가자는 영상품질 정도를 평가양식에 기록한다. 이와 같은 과정을 모든 개별 시험영상에 대해 측정 및 기록한다. 이때 평가자는 ITU-R 5

<표 2> 주관적 화질평가를 위한 시험조건

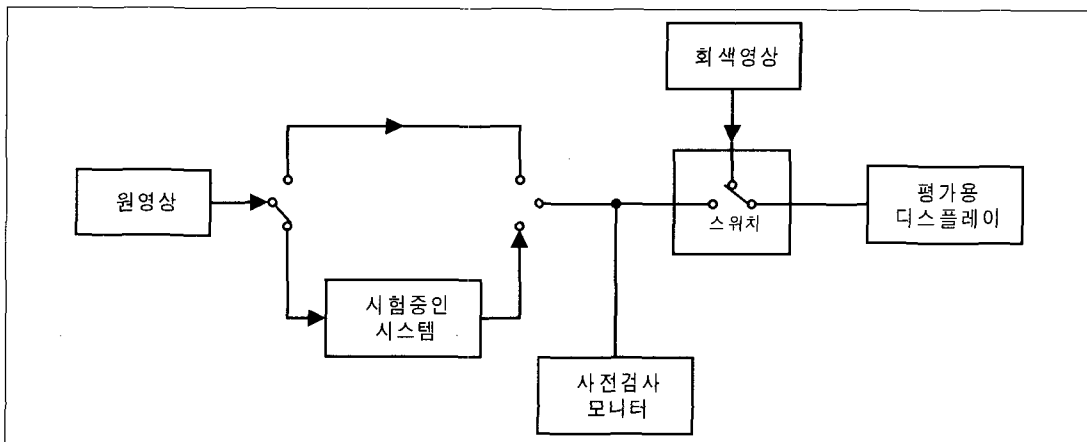
항목	시험조건
스크린 크기	29inch(스크린 높이(H):0.45m)
스크린과의 거리	2.7m(6H)
최대 시청각도	30° 이내
화질평가 척도	5등급 손상척도

등급의 손상도를 표시할 수 있는 평가양식을 이용하여 평가의 등급을 측정한다.

DAB 간섭원에 대한 NTSC TV 영상신호의 혼신보호비 측정을 위해 이중자극 손상척도법을 토대로 16명의 비전문가가 주관적 화질평가를 수행하였으며, 시청조건은 <표 2>와 같다. 이때 PVD(Preferred Viewing Distance) 조건을 만족시키기 위해 평가자와 TV 스크린과의 거리를 스크린 높이의 6배로 조정하였다.

## 3. 혼신보호비 측정기준

DAB 시스템의 혼신보호비 측정기준은 Viterbi 디코더의 BER값이  $10^{-4}$ 이 되는 지점이며, 이는 오디오 신호의 음질저하가 나타나기 시작하는 지점에



<그림 4> DSIS 측정을 위한 평가시스템 구성도

해당된다. 간섭원이 존재하지 않는 상황에서 상기 측정기준을 만족하는 C/N값을 구한 후, 이 값보다 1dB 높은 C/N값이 되도록 DAB 신호 혹은 인가되는 잡음의 전력을 조정한다. 간섭원의 신호전력을 가변하면서 BER=10<sup>-4</sup>을 만족하는 D/U값을 측정한다. 이와 같은 방법을 통해 구해진 D/U값은 '1 dB loss of C/N margin' 조건에서 제공되는 혼신보호비에 해당한다.

NTSC TV 영상신호의 혼신보호비 측정기준은 주관적 화질평가를 통한 ITU-R 손상척도 3과 4등급에 해당하며, 이를 만족하는 RF 입력단에서의 D/U값이 혼신보호비에 해당한다.

NTSC TV 음성신호의 혼신보호비 측정기준은 ITU-R Rec. BT 655-6에 기술된 내용에 따라 음성에 대해 주관적으로 인정할 수 있는 최소한의 수신 품질에 해당하는 AF(Audio Frequency)의 S/I값에 해당하며, 이는 TV 수상기의 음성 출력단에서 측정된다. 상기 권고안에 의하면, 음성에 대한 손상척도 3등급에 해당하는 S/I값은 대략 40dB이며, 이를 만족하는 RF 입력단에서의 D/U값이 혼신보호비에 해당한다.

#### 4. 혼신보호비 측정범위

혼신보호비 그래프는 원하는 수신 신호와 간섭 신호간 중심주파수의 이격(FD: Frequency Difference) 값에 따라 그려지며, 이때 NTSC TV 신호의 중심주파수는 혼신보호비 측정항목에 따라 달라진다.

DAB 시스템의 혼신보호비 경우, DAB신호의 중심 주파수와 NTSC TV신호의 영상캐리어 주파수간 이격은 동일채널 및 첫번째 상하측(first upper- and lower-) 인접 NTSC TV 채널 간섭원에 대한 영향을 분석하기 위해 -10 ~ 7MHz 범위로 결정하였다.

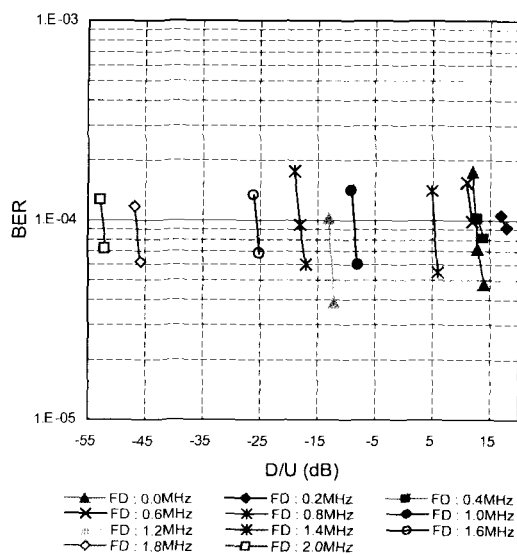
NTSC TV 영상신호의 혼신보호비 경우, NTSC TV 신호의 영상캐리어 주파수와 DAB 신호의 중심 주파수간 이격은 동일채널 및 첫번째 상하측 인접 DAB 간섭원에 대한 영향을 분석하기 위해 -3 ~ 7MHz 범위로 결정하였다.

NTSC TV 음성신호의 혼신보호비 경우, NTSC TV 신호의 음성캐리어 주파수와 DAB 신호의 중심 주파수간 이격은 동일채널 DAB 간섭원에 대한 영향을 확인하기 위해 -2 ~ 2MHz 범위로 결정하였으며, 이는 이전에 수행된 SECAM 및 PAL TV 음성신호의 혼신보호비 측정범위와 동일하다.

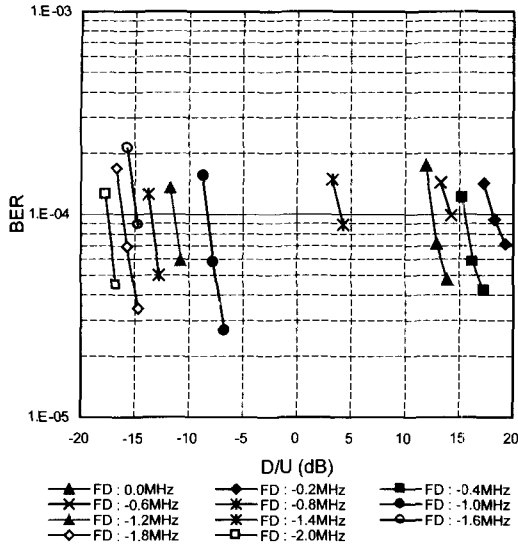
### V. 혼신보호비 측정결과

#### 1. NTSC TV 간섭원에 대한 DAB 시스템의 혼신보호비

주파수 이격에 따른 BER=10<sup>-4</sup> 지점을 만족시키

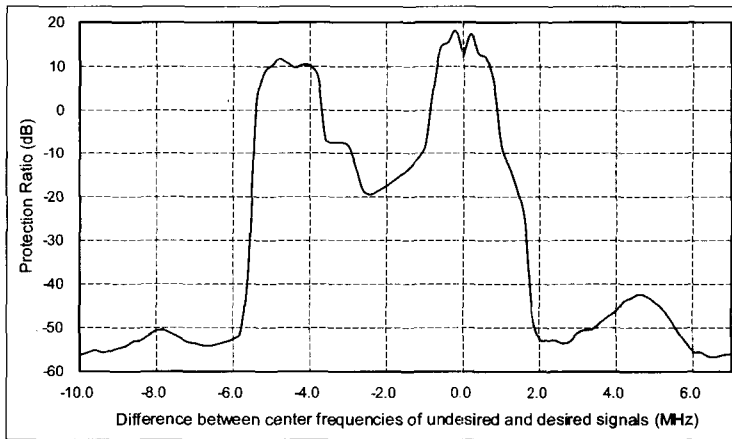


〈그림 5〉 0 ~ 2MHz 주파수 이격내의 BER vs. D/U



〈그림 6〉 0 ~ -2MHz 주파수 이격내의 BER vs. D/U

는 혼신보호비를 얻기 위해, 먼저 -10에서 7MHz범위의 모든 주파수 이격 지점마다 D/U값을 가변하며 〈그림 5〉와 〈그림 6〉의 BER vs. D/U 그래프를 작성한다. 이는 NTSC TV변조기로부터 출력되는 RF신호의 영상 캐리어 주파수를 190MHz에서 207MHz까지, 200kHz씩 이동시키며 측정한 결과이다. 측정 주파수 범위 전체에 대해 BER vs. D/U 그래



〈그림 7〉 NTSC TV 간섭원에 대한 DAB 시스템의 혼신보호비

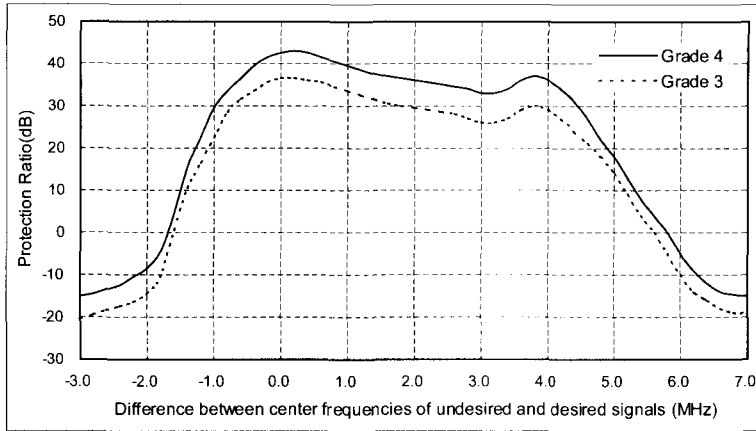
프를 작성한 후, 이를 토대로 〈그림 7〉과 같은 NTSC TV 간섭원에 대한 DAB 시스템의 혼신보호비를 구하였다.

그림에서 보는 바와 같이 0과 -4.4MHz FD 지점 근처에서 높은 혼신보호비가 요구되며, 이는 아날로그 NTSC TV의 영상 및 음성 캐리어에 의한 간섭 때문이다. 특히 NTSC TV의 영상 캐리어가 DAB 신호에 가장 큰 간섭을 야기하며, 이때 약 17~18dB의 혼신보호비를 갖는다. 이는 DAB 시스템의 요구성능 (BER=10<sup>-4</sup>)을 얻기 위해 DAB와 NTSC TV 간섭원의 전력비가 17~18dB 이상 되어야 함을 의미하며, 만일 D/U 값이 이 보다 낮을 경우, DAB 시스템은 원하는 수신품질 얻을 수 없다.

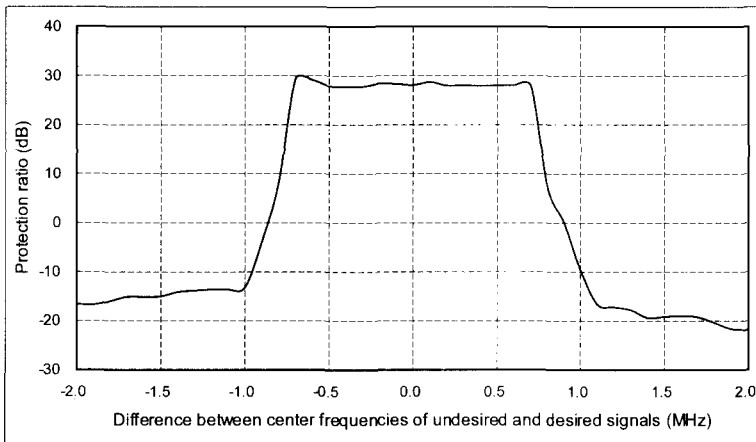
주파수 이격이 0인 경우, ±200kHz FD 지점에 비해 4 ~ 5dB 낮은 혼신보호비를 갖는 것으로 측정되었는데, 이는 DAB 신호의 중심 부반송파에는 데이터가 전송되지 않기 때문에 상대적으로 TV 영상 캐리어의 간섭 영향이 줄어들었기 때문이다.

## 2. DAB 간섭원에 대한 NTSC TV 영상신호의 혼신보호비

주파수 이격에 따른 혼신보호비를 얻기 위해, -3에서 7MHz범위의 모든 주파수 이격 지점마다 D/U값을 가변하며 화질 손상척도 3과 4등급을 만족하는 D/U값을 구한다. 이는 DAB 송신기로부터 출력되는 RF신호의 중심 주파수를 196.25MHz에서 206.25MHz까지,



〈그림 8〉 DAB 간섭원에 대한 NTSC TV 영상신호의 혼신보호비



〈그림 9〉 DAB 간섭원에 대한 NTSC TV 음성신호의 혼신보호비

### 3. DAB 간섭원에 대한 NTSC TV 음성신호의 혼신보호비

NTSC TV수상기의 비선형성을 피할 수 있도록 NTSC TV변조기 뒤 단의 전력 감쇄기를 조정하여 RF 전력을 되도록 낮게 유지하고, DAB 간섭신호를 인가하지 않은 상태에서 전력 감쇄기를 조정하여 TV수상기의 음성 출력단의 AF S/I가 적어도 46 dB가 되도록 하였다. DAB 간섭신호를 인가하고, AF S/I가 40dB가 되도록 DAB 신호 전력을 조정 한 후, 이 때의 D/U 값을 측정한다. 이와 같은

200kHz씩 이동시키며 측정한 결과이다.

측정을 통해 얻어진 DAB 간섭원에 대한 NTSC TV 영상신호의 혼신보호비 그래프는 〈그림 8〉과 같다. 그림으로부터 알 수 있듯이 0과 3.8MHz FD 지점 근처에서 높은 혼신보호비가 요구되며, 이는 다음에 설명하는 composite NTSC 신호 반송파 때문이다. NTSC TV 시스템에서 컬러 부반송파와 FM 음성 반송파는 영상 반송파에 비해 각각 3.58MHz, 4.5MHz 높은 주파수에 존재한다.

방법으로 DAB 신호의 중심주파수를 197.75MHz를 기준으로 +/-2MHz 까지 100KHz 단위로 이동시키면서 혼신보호비를 측정하였다. 이 측정결과를 토대로 〈그림 9〉와 같은 DAB 간섭원에 대한 NTSC TV 음성신호의 혼신보호비 그래프를 작성하였으며, -0.7 ~ 0.7MHz FD 구간에서의 혼신보호비 변화가 매우 작은 이유는 약 1.54MHz 점유대역폭을 갖는 DAB 신호의 특성이 잡음과 비슷한 특성을 갖기 때문이다.



## VI. 결론

본 고에서는 Eureka 147 DAB 시스템과 아날로그 NTSC TV 시스템간의 혼신보호비 측정을 위한 시스템의 구성 및 측정방법 등을 기술하였으며, 이를 통해 얻어진 혼신보호비에 대한 분석결과를 제시하였다.

상기 결과는 2002년 하반기, 스위스 제네바에서 개최된 ITU-R SG 6 WP 6E 표준화 회의에 기고되어, 향후 DSB handbook 개정 시 이를 포함하도록 승인되었다. 현재 아날로그 TV 시스템의 혼신보호비 관련 ITU-R 권고에는 PAL 및 SECAM TV 시스템과 DAB 시스템간의 혼신보호비 만이 기술

되어 있으며, 이에 금년에는 이들 권고에 상기 NTSC TV 시스템에 대한 혼신보호비 결과가 포함될 수 있도록 ITU-R 권고 개정을 추진할 예정이다.

서두에 언급한 바와 같이 Eureka 147 DAB 시스템과 아날로그 NTSC TV 시스템간의 혼신보호비는 향후 우리나라를 포함한 아날로그 NTSC TV 방식을 적용하고 있는 모든 국가의 Eureka 147 DAB 시스템 도입을 위한 채널배치 및 방송망 설계 시 유용한 자료로 활용될 수 있을 것이다.

### 감사의 글

본 연구는 정보통신부 출연 "지상파 디지털 라디오 방송기술 개발" 과제의 일환으로 수행되었으며, 본 연구의 수행에 많은 도움을 주신 양규태 선임연구원, 김건 연구원께 감사 드립니다.

### 참고 문헌

- (1) ETSI EN 300 401 v1.3.3, "Radio Broadcasting Systems: Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers," May 2001.
- (2) EBU BPN 011, "Collated Performance Evaluations of the Eureka 147 DAB System," Sep. 1997.
- (3) 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.
- (4) ITU-R Report BS.1203-1, "Digital Sound Broadcasting to Vehicular, Portable and Fixed Receivers using Terrestrial Transmitters in the UHF/VHF Bands," 1994.
- (5) ITU-T Rec. O.150, "General Requirements for Instrumentation for Performance Measurements on Digital Transmission Equipment," 1996.
- (6) ITU-R Rec. BT.500-10, "Methodology for the Subjective Assessment of the Quality of Television Pictures," 2000.
- (7) ITU-R Rec. BS.641, "Determination of Radio Protection Ratios for Frequency-Modulated Sound Broadcasting," 1986.
- (8) ITU-R Rec. BS.468-4, "Measurement of Audio-Frequency Noise Voltage Level in Sound Broadcasting," 1986.
- (9) ITU-R Rec. BT.1368-2, "Planning Criteria for Digital Terrestrial Television Services in the UHF/VHF Bands," 2000.
- (10) ITU-R Rec. BT.655-6, "Radio-Frequency Protection Ratios for AM Vestigial Sideband Terrestrial Television Systems Interfered with by Unwanted Analogue Vision Signals and Their Associated Sound Signals," 2000.

필자소개



정영호

- 1992년 2월 : 전북대학교 전자공학과 학사
- 1994년 2월 : 전북대학교 전자공학과 석사
- 2001년 9월~현재 : 충남대학교 전자공학과 박사과정
- 1994년 3월~현재 : 한국전자통신연구원 방송시스템연구부 선임연구원
- 주관심분야 : 디지털방송시스템, 무선통신시스템, 디지털신호처리



이수인

- 1985년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1989년 2월 : 경북대학교 전자공학과 석사
- 1996년 2월 : 경북대학교 전자공학과 박사
- 1990년 2월~현재 : 한국전자통신연구원 방송시스템연구부부장
- 주관심분야 : 디지털방송시스템, 변복조 및 채널부호화