

필드 환경에 적합한 지상파 디지털 방송 신호의 x-dB 대역폭 측정 방법

An x-dB Bandwidth Measurement Method for Terrestrial Digital Broadcasting Signals in the Field Environments

황태욱 · 김영수 · 양훈기* · 육종관** · 서덕영 · 김진상

Tae-Wook Hwang · Young Soo Kim · Hoon Gee Yang* · Jong-Gwan Yook** ·
Doug Young Suh · Jinsang Kim

요 약

ITU-R SM 권고는 필드 환경에서 여러 전파 신호의 대역폭 측정을 위한 기준을 제시하고 있지만, 우리나라에서 방송되고 있는 지상파 DTV와 T-DMB 방송 신호에 대한 측정 기준은 제시되어 있지 않다. 본 논문은 필드 환경에서 우리나라 지상파 디지털 방송 신호의 대역폭을 높은 신뢰도를 보장하면서 측정할 수 있는 방법으로 기존의 x-dB 대역폭 측정 방법을 이용하여 제안한다. x-dB 대역폭 측정 방법은 x dB 값이 중요한 파라미터이지만, 지상파 DTV와 T-DMB 신호에 대한 적절한 x dB 값이 제시되어 있지 않다. 본 논문은 이들 신호들의 x-dB 대역폭 측정을 위한 적절한 x dB 값을 비롯한 주요 파라미터를 제안한다. 결과적으로 본 논문은 필드 환경에서 x-dB 대역폭 측정 방법을 이용해 지상파 DTV와 T-DMB 신호를 측정할 경우, 각각 x dB 값을 -12 dB와 -8 dB로 설정해야 한다는 결론을 이끌어 냈다.

Abstract

The methods of bandwidth measurement in the field environments are notified in ITU-R spectrum monitoring(SM) documents. But, these methods for terrestrial DTV and T-DMB are not informed yet. The x-dB bandwidth is the most suitable method for the bandwidth measurement of terrestrial digital broadcasting signals. So, we proposed the suitable x-dB value for x-dB bandwidth measurement of the digital broadcasting signal that is not notified in ITU-R SM documents. As a result, we derived the x dB value of -12 dB and -8 dB that can be used for estimation of occupied bandwidth of DTV and T-DMB signals respectively by x dB bandwidth measurement in field environments.

Key words : Bandwidth Measurement, ATSC, DTV, T-DMB

I. 서 론

전파 신호의 효율적인 관리와 감시는 전파를 이용한 서비스 사업자의 불법 전파 사용에 대한 감시와 서비스간의 상호 간섭 및 전파 품질을 유지하는

데 매우 중요한 역할을 담당한다. 더욱이 이러한 전파 신호의 감시 및 관리는 지속적이고 신속하게 이뤄져야 하며, 서비스 사업자가 신뢰할 수 있는 감시 기술이 필요하다. 전파 감시는 다양한 방법을 통해 이뤄지는데, 가장 널리 사용하는 방법은 송출 신호

「본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITA-2006-C1090-0603-0038).」

경희대학교 전자전파공학과(Department of Electronic and Radio Engineering, Kyung Hee University)

*광운대학교 전파공학과(Department of Radio Science Engineering, Kwangwoon University)

**연세대학교 전기전자공학부(Department of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University)

· 논문 번호 : 20070216-026

· 수정완료일자 : 2007년 5월 18일

의 대역폭을 측정하는 것이다.

국내에서 방송되고 있는 대표적인 지상파 디지털 방송은 8-VSB 방식을 이용한 지상파 DTV(Digital Television) 방송과 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식의 T-DMB(Terrestrial-Digital Multimedia Broadcasting) 방송이 있다. 이들 지상파 디지털 방송의 대역폭 측정은 대개 각 방송사 송신소의 RF 모니터링 포트에 측정 장비를 연결하여 측정하게 된다. 그러나 이러한 측정 방법은 방송사에 미리 측정 공고를 해야 하기 때문에 규정된 대역폭의 위반 여부를 정확하게 판단하기 어렵다. 따라서 대역폭 측정에 의한 전파 감시는 이동 감시국을 이용한 필드 환경에서 측정되어야 하고, 필드 환경에서 측정된 대역폭은 송신소의 RF 모니터링 포트에서 직접 측정된 결과와 비교했을 때 신뢰할 수 있을 정도로 오차가 적어야 한다. 필드 환경에서의 대역폭 측정은 주위의 전파 환경 즉, 간섭 신호, 배경 잡음, 페이딩과 같은 요소들이 측정 시간, 측정 장소에 따라 변하므로 실제 송신소에서 측정된 신호의 대역폭과 필드 환경에서 측정된 신호의 대역폭이 다르게 나타난다. 또한, 인접 주파수간의 상호 간섭으로 인해 측정 대상 신호의 정확한 대역폭의 측정은 어렵게 된다. 따라서 이러한 현실적인 애로 사항을 해결할 수 있는 효율적인 대역폭 측정 기술의 연구가 필요하며, 이를 위해 ITU-R(International Telecommunication Union-Radio)에서는 SM(Spectrum Monitoring) 권고를 통해 대역폭의 측정 방법과 절차를 제시하고 있다. ITU-R SM 권고에서 제시하고 있는 주파수 대역폭 측정 방법은 점유 대역폭 측정 방법과 x-dB 대역폭 측정 방법이 있으며, 이러한 측정 방법은 각 전파 형식에 따라 세부적인 측정 기준을 명시하고 있다^[1]. 그러나 지상파 디지털 방송에 대해서는 정확한 측정 기준이 명시되어 있지 않아 이에 대한 적절한 기준이 필요하다^[2].

이에 따라 ITU-R에서는 지난 2003년부터 지상파 디지털 방송에 대한 대역폭 측정 기준을 새롭게 마련하기 위한 연구를 각 회원국들에게 요청하였으며, ITU-R 총회에서 지상파 디지털 방송 서비스를 준비 중이었던 우리나라가 이 연구를 수행하는 것이 가장 적합하다고 결정하여 우리나라에게 디지털 방송에 대한 효율적인 대역폭 측정 방법에 대해 제시해 줄

것을 요구했다. 이에 따라 우리나라는 ITU-R 회원국들을 대표해 지상파 디지털 방송 신호의 대역폭 측정 기준을 마련하는 연구를 진행했다. 이를 위해 우리나라는 지난 2003년 5월부터 2006년 11월까지 약 3년에 걸쳐 지상파 디지털 방송에 대한 대역폭 측정 연구가 진행되었으며, 우리는 정보통신부와 함께 이 연구를 수행하였다. 본 논문은 지난 3년간 진행된 지상파 디지털 방송 신호의 대역폭 측정 연구의 결과이다. 본 논문의 결과는 지난 2006년 ITU-R 총회에 보고되었으며, ITU-R 회원국들의 동의를 얻어 대역폭 측정 표준안으로 채택될 예정이다.

본 논문은 국내에서 방송되고 있는 지상파 DTV 방송과 T-DMB 방송의 대역폭 측정을 서울과 경기 일대의 필드 환경에서 수행하여 분석한 결과, 디지털 방송 신호는 Z % 점유 대역폭 측정 방법보다는 x-dB 대역폭 측정 방법이 효율적임을 알았다. 또한, 디지털 방송 신호의 x-dB 대역폭 측정을 위해 중요한 파라미터인 x dB 값을 결정하였으며, 허용 오차가 적은 측정 파라미터를 결정하였다.

II장에서는 ITU-R SM 권고에서 제안하고 있는 대역폭 측정 방법인 점유 대역폭 측정 방법과 x-dB 대역폭 측정 방법에 대해서 기술한 후, 우리나라의 지상파 디지털 방송에 적합한 대역폭 측정 방법을 결정할 것이다. III장에서는 이동 감시국을 이용한 필드 환경 측정에 필요한 장비와 측정 파라미터 값들을 제시하고, 필드 환경 측정에 대해 기술하며, IV장에서는 필드 환경에서 측정된 결과에 대해 분석한 후 V장에서 결론을 맺는다.

II. 주파수 대역폭 측정 방법

2-1 점유 대역폭

ITU-R SM 권고에 제시된 대역폭 측정 방법은 점유 대역폭과 x-dB 대역폭 측정 방법이 있다^[3]. 점유 대역폭 측정은 그림 1에서 보는 바와 같이 스펙트럼 분석기의 스패(span) 범위에서 상측 주파수 제한의 윗 부분에서나 하측 주파수 제한의 아랫 부분에서 어떤 신호의 방사 총 평균 전력의 $\beta/2$ %인 부분(그림 1에서 좌, 우측의 음영 부분)을 제외한 나머지 주파수의 폭으로 대역폭을 측정한다. 특별한 전파 형식에 대하여 ITU-R이 다른 언급이 없을 경우에는 β

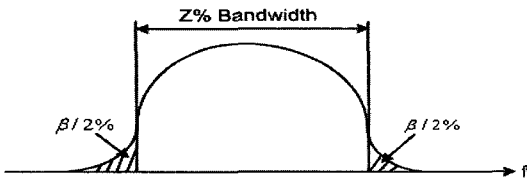


그림 1. Z % 점유 대역폭의 정의
Fig. 1. Definition of Z % occupied bandwidth.

1/2 %의 값은 0.5이다. 따라서 점유 대역폭은 β 값에 의해 결정되기 때문에 Z % 점유 대역폭이라고도 한다. $\beta/2$ %의 값이 0.5인 경우, 총 1 % 전력을 제외한 나머지 대역폭이 점유 대역폭으로 결정되므로 99 % 대역폭이라고 한다^[3].

ITU-R SM 권고에는 점유 대역폭 측정을 위해 사용되는 스펙트럼 분석기의 설정 파라미터를 측정 기준으로 제시하고 있다. 표 1은 이 측정 기준을 나타낸다^{[1],[3]}. 점유 대역폭 측정은 세 가지 제약 조건이 존재한다. 첫째는 표 1에서 제시한 측정 기준을 적용하되 측정 대상 신호의 SNR(Signal-to-Noise Ratio)이 30 dB 이상 되는 지역에서 수행해야 한다^[1]. 측정 대상 신호의 전력이 적으면 Z % 평균 전력에 해당하는 대역폭이 커져 정확한 점유 대역폭 측정이 어렵기 때문이다. 둘째는 측정된 스펙트럼의 상한과 하한의 일부 주파수 범위를 제외한 나머지 범위를 점유 대역폭으로 규정하고 있기 때문에 측정 대상 신호의 스펙트럼의 중심 주파수를 중심으로 좌우 대칭인 스펙트럼을 갖고 있어야 정확한 점유 대역폭 측정이 가능하다. 마지막으로 대상 신호 좌우에 인접 채널이 할당되어 있지 않아야 한다. 이는 점유 대역폭이 스펙 범위 전체에 대한 평균 전력에 대해 Z %의 평균 전력에 해당하는 주파수 범위를 대역폭으로 규정하고 있기 때문에 스펙 범위 내에 측정 대상 신호 이외의 다른 신호가 존재한다면, 이 신호로 인해 Z %에 해당하는 평균 전력 범위가 커져 정확한 점유 대역폭 측정이 불가능하다.

그림 2는 표 1의 점유 대역폭 측정 기준에 따라 스펙트럼 분석기를 설정하고, 지상파 DTV 방송과 T-DMB 방송 신호의 스펙트럼을 측정한 결과를 보여준다. 그림 2(a)에 나타난 지상파 DTV 방송 신호의 경우, MBC, KBS1, KBS2의 지상파 DTV 채널이

표 1. ITU-R SM 권고에 의한 점유 대역폭의 측정 파라미터

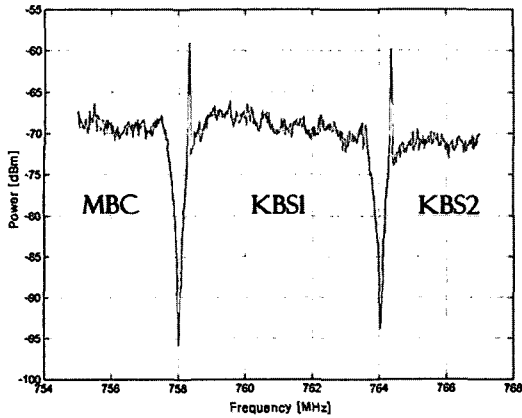
Table 1. The measurement parameter for occupied bandwidth by ITU-R SM document.

파라미터	설정 값
중심 주파수	예상되는 중심 주파수
스팬 범위	허용 대역폭의 1.5~2배
RBW	스팬 범위의 3 % 이내
VBW	RBW의 3배 이상
검출 모드	Positive-peak Mode 혹은 Sample Mode
스윙프 시간	자동 설정
트레이스 모드	아날로그 변조: Max. Hold Mode 디지털 변조: 설정 안함

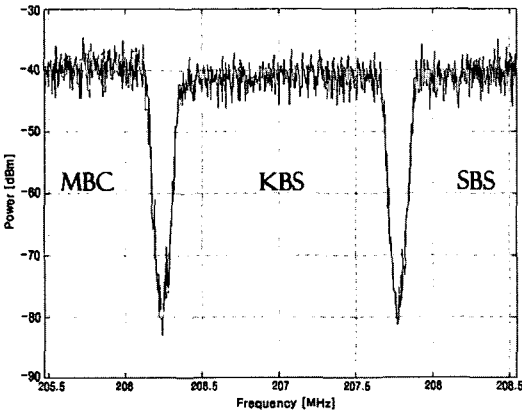
연속적으로 존재한다. 또한, 각 지상파 DTV 신호는 상대적으로 큰 전력의 파일럿(pilot) 신호를 포함하고 있어 스펙트럼이 좌우 대칭이 아니다. 그림 2(b)의 T-DMB 방송 신호의 경우, 우리나라의 T-DMB 주파수는 6 MHz 대역폭의 12번 채널을 3개의 블록으로 나누어 MBC, KBS, SBS가 연속적으로 할당되어 있기 때문에 MBC, KBS, SBS T-DMB 채널이 연속적으로 존재한다.

따라서 우리나라에서 송출되고 있는 지상파 DTV와 T-DMB 신호는 위에서 언급한 점유 대역폭 측정을 위한 제약 조건에 따라 측정이 어렵다는 것을 직관적으로 알 수 있다. 점유 대역폭 측정을 위해서는 스펙트럼이 좌우 대칭이어야 하지만 지상파 DTV 신호는 큰 전력의 파일럿 신호가 존재하여 스펙트럼의 중심 주파수를 중심으로 좌우 대칭이 아니며, 스펙 범위 내에 인접 채널이 존재하지 않아야 정확한 점유 대역폭 측정이 가능하지만 우리나라의 지상파 DTV와 T-DMB 채널은 연속적으로 할당되어 있어 인접한 채널이 스펙 범위 내에 측정되게 된다. 이런 이유로 우리나라의 지상파 디지털 방송 신호는 ITU-R SM 권고에서 제시한 점유 대역폭 측정 방법으로는 대역폭 측정이 어렵다.

지상파 DTV 방송 신호의 Z % 점유 대역폭 측정은 참고문헌 [4]~[7]에서 제시된 바 있다. 그러나 이들 모두 인접 채널이 존재하지 않는 지상파 DTV 신호에 대한 Z % 점유 대역폭에 대한 기술이다. 따라



(a) 지상파 DTV
(a) Terrestrial DTV



(b) T-DMB
(b) T-DMB

그림 2. 지상파 디지털 방송 신호의 주파수 분포
Fig. 2. The frequency distribution of terrestrial digital broadcasting signals.

서 실제로 인접 채널이 존재하는 우리나라의 지상파 디지털 방송 신호에는 적합하지 않다.

2-2 x-dB 대역폭

x-dB 대역폭은 점유 대역폭 측정의 한계를 극복하기 위해 제시된 방법이다. 점유 대역폭 측정은 스펙트럼 분석기를 이용해 스펙트럼을 스캔했을 때, 스캔 범위 내에 측정 대상 신호 이외에 인접 채널 신호가 존재하거나 중심 주파수를 중심으로 대칭인 스펙트럼이 아니라면 정확한 점유 대역폭을 계산할 수 없다. 즉, 스캔 범위 내에 측정하고자 하는 대상 신

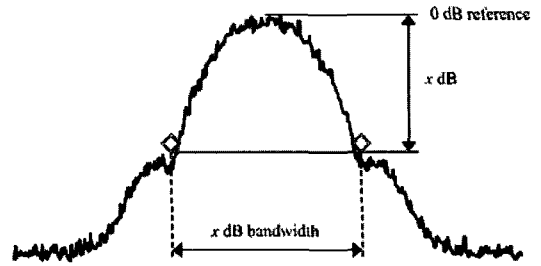


그림 3. x-dB 대역폭의 정의
Fig. 3. Definition of x-dB bandwidth.

호만 측정되고, 중심 주파수를 중심으로 좌우 대칭인 스펙트럼일 경우에만 유효한 측정 방법이다. x-dB 대역폭은 측정 대상 신호가 대칭적인 스펙트럼이 아니거나 인접한 채널이 할당되어 있다 하더라도 측정할 수 있다. x-dB 대역폭 측정 방법은 그림 3에 나타났다. 먼저, 최대 레벨을 찾은 후, 이 최대 레벨을 0 dB로 설정하고, 이 레벨로부터 x dB만큼 작아지는 레벨일 때 상한과 하한 주파수에 각각 마커(marker)를 설정하여 두 마커 사이의 주파수 대역을 측정하면 x-dB 대역폭이 된다^[3]. 따라서 x dB 값을 얼마로 정하냐에 따라 대역폭이 결정된다. ITU-R SM 권고에는 전파 형식에 따라 적절한 x dB 값을 제시하고 있다. 이 x dB 값은 전파 신호를 송출하는 송신소에서 직접 측정된 점유 대역폭에 근접하도록 x-dB 대역폭이 측정되는 x dB 값으로 정한다^[1]. 그러나, ITU-R SM 권고에는 아날로그 변조 신호에 대한 권고만 제시되었으며, 디지털 변조 신호에 대해서는

표 2. ITU-R SM 권고에 의한 x-dB 대역폭의 측정 파라미터

Table 2. The measurement parameters for x-dB bandwidth by ITU-R SM document.

파라미터	설정 값
중심 주파수	예상되는 중심 주파수
스캔 범위	허용 대역폭의 1.5
RBW	스캔 범위의 3 % 이내
VBW	RBW의 3배 이상
검출 모드	양의 최대값 모드
스윙프 시간	자동 설정
트레이스 모드	최대값 유지 모드

아직 제시되어 있지 않다.

ITU-R SM 권고에는 점유 대역폭 측정과 마찬가지로 x-dB 대역폭 측정을 위한 측정 파라미터를 제시하고 있다. 표 2는 x-dB 대역폭 측정 파라미터를 보여준다^[3]. x-dB 대역폭을 측정할 때 고려해야 할 것은 측정된 신호의 전력이 최소한 x dB 이상이 되어야 한다는 것이다. 만약, 측정된 신호의 전력이 x dB보다 작다면 x-dB 대역폭 측정법을 적용하기 어렵다. 따라서 x-dB 대역폭 측정을 위해서는 신호의 전력이 x dB 이상 되는 지역에서 측정되어야 한다.

우리나라에서 송출되고 있는 지상파 디지털 방송에 대해 x-dB 대역폭을 측정한다면, 0 dB 기준 레벨은 지상파 DTV 신호의 경우, 큰 레벨의 파일럿 신호가 존재하므로 전파 환경이 아주 나쁜 경우를 제외하고는 최대 레벨은 대개 파일럿 신호가 된다. 반면에, T-DMB 신호의 경우, 파일럿 신호가 존재하지 않으므로 T-DMB 채널 내에서 최대 전력 값을 찾아야 한다.

따라서 우리나라의 지상파 디지털 방송 신호의 대역폭 측정은 점유 대역폭 측정으로는 어렵기 때문에 x-dB 대역폭 측정을 적용해야 한다. 그러나 ITU-R SM 권고에 디지털 방송 신호에 대한 적절한 x-dB 값이 존재하지 않기 때문에 지상파 디지털 방송이 송출되는 송신소의 RF 모니터링 포트에서 직접 측정된 점유 대역폭에 x-dB 대역폭이 근접하게 측정되는 x dB 값을 결정해야 한다. 본 논문은 지상파 디지털 방송의 정확한 x-dB 대역폭 측정을 위한 x dB 값을 제시하고, 지상파 DTV 방송과 T-DMB 방송 신호에 대한 x-dB 대역폭 측정 결과를 분석한다.

Ⅲ. 필드 환경 측정

3-1 측정 개요

측정 대상 신호는 도심지와 개활지 환경을 모두 포함하고 있는 서울 남산의 SBS 송신소에서 송출하고 있는 지상파 DTV와 T-DMB 신호로 하였으며, 서울과 경기 일대의 38개 측정 지역에서 측정되었다. 측정 지역은 송신소와 LOS(Line-Of-Sight) 환경이면서, ITU-R SM 권고의 x-dB 대역폭 측정 기준에 적합한 지역을 선정하였다. 필드 환경 측정은 지상파 DTV

표 3. 측정 대상 신호

Table 3. The measurement signals.

분류	지상파 DTV	T-DMB
대상 신호	SBS 지상파 DTV	SBS T-DMB
송신소 위치	서울 남산	서울 남산
중심 주파수	797 MHz	208.736 MHz
허용 대역폭	6 MHz	1.536 MHz
송신소 송출 전력	5 kW	2 kW
측정 기간	2005년 7월	2006년 7월
측정 지역	서울, 경기 일대 38개 지역	

신호의 경우, 2005년 7월 약 한 달간 행해졌으며, T-DMB 신호는 2006년 7월 약 한 달간 행해졌다. 측정 대상 신호와 일정에 대해서 표 3에 기술하였다.

본 논문은 우리나라에서 방송되고 있는 지상파 DTV와 T-DMB 신호에 대해 x-dB 대역폭을 측정하기 위한 적합한 x dB 값을 결정하고, 효율적인 x-dB 대역폭 측정 기준을 제시하는데 목적이 있다. x-dB 대역폭의 높은 신뢰도를 만족하는 x dB 값의 결정은 세 단계로 이뤄진다. 첫 번째 단계는 측정 대상 신호를 송출하는 송신소에서 점유 대역폭을 측정한다. 두 번째 단계는 필드 환경에서 x dB 값을 변화시키면서 x-dB 대역폭을 측정한다. 마지막 단계는 송신소에서 측정된 점유 대역폭과 필드 환경에서 측정된 x-dB 대역폭을 비교하여 송신소의 점유 대역폭에 근접하게 측정되는 x-dB 대역폭의 x dB 값을 찾는다.

3-2 필드 환경 측정 시스템

앞장에서 살펴 본 바와 같이 우리나라의 지상파 디지털 방송 신호들의 대역폭 측정은 x-dB 대역폭 측정 방법이 적합하다. 그림 4는 필드 환경에서 지상파 디지털 방송 신호를 측정할 수 있는 이동 감시국의 측정 시스템을 보여준다. 주요 측정 장비는 스펙트럼 분석기와 LP 안테나, GPS 위성 수신기, 수신 안테나를 조정할 수 있는 컨트롤 시스템, 수신된 지상파 디지털 방송 신호 데이터를 저장하고 분석할 수 있는 시스템 등으로 구성된다.

스펙트럼 분석기의 주요 측정 파라미터는 ITU-R SM 권고에 제시된 x-dB 대역폭 측정 파라미터를 따

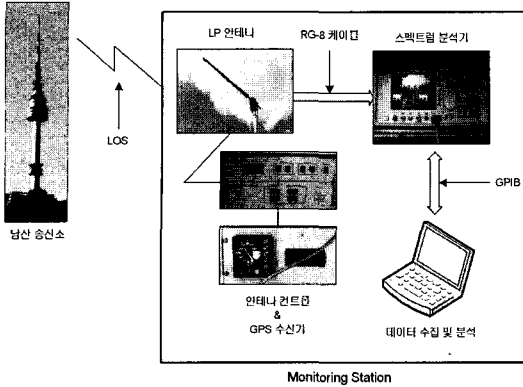


그림 4. 측정 시스템 구성
Fig. 4. The configuration of measuring system.

표 4. 필드 환경 측정을 위한 스펙트럼 분석기 설정 파라미터
Table 4. The parameters of spectrum analyzer in field environment.

파라미터	지상파 DTV	T-DMB
스팬 범위	9 MHz	2.304 MHz
RBW	30 kHz	
VBW	300 kHz	
스윙프 시간	50 ms (자동)	
검출 모드	양의 최대값 모드	
트레이스 모드	최대값 유지 모드 평균 모드	

라 표 4와 같이 설정하였다. RBW(Resolution Bandwidth)는 스펙트럼 범위의 3% 이내로 설정하도록 권고되어 있다. 지상파 DTV 방송 신호의 x-dB 대역폭 측정을 위한 스펙트럼 범위는 9 MHz이기 때문에 RBW는 스펙트럼 범위의 3% 이내인 270 kHz 이하로 설정하면 된다. RBW를 작게 할수록 측정 오차를 줄일 수 있지만 상대적으로 스윙프(sweep) 시간이 증가되기 때문에 적절한 RBW를 선택해야 한다. 측정 오차와 스윙프 시간을 고려했을 때, 대부분의 전파 신호는 RBW를 30 kHz로 설정했을 경우 적은 측정 오차를 만족하면서 적절한 스윙프 시간을 얻을 수 있다^{[4],[5]}. VBW(Video Bandwidth)는 RBW의 3배 이상으로 설정하면 되지만, RBW의 10배 이상으로 설정한다면 스펙트럼 분석기의 찔두치 에러를 최대한 줄일 수 있다^{[6],[7]}. 이러한 이유 때문에 본 논문에서는 RBW

를 30 kHz, VBW는 RBW의 10배인 300 kHz로 설정하였다. 검출 모드는 ITU-R SM 권고의 측정 기준인 양의 최대값 모드(positive-peak Mode)를 따른다. x-dB 대역폭 측정은 최대 전력에 대해 x dB 만큼의 전력 차에 해당하는 주파수 대역을 대역폭으로 결정하기 때문에 전력이 크게 나타날 때의 스펙트럼에서 측정하는 것이 효율적이다. 따라서 음의 최대값 모드(negative-peak mode)나 샘플 모드(sample mode)는 적합하지 않다. ITU-R SM 권고에 제시된 트레이스 모드(trace mode)는 아날로그 변조 신호에 적합한 측정 기준이기 때문에 이 기준이 지상파 디지털 방송과 같은 디지털 변조 신호에도 똑같이 적용할 수 있는지에 대한 판단이 필요하다. 따라서 트레이스 모드는 ITU-R SM 권고에 제시된 최대값 유지 모드(maximum hold mode) 뿐 아니라 평균 모드(average mode)로도 측정하였다. 최저값 유지 모드(minimum hold mode)는 신호의 스펙트럼 전력을 작게 만들어 x-dB 대역폭 측정에 적합하지 않기 때문에 트레이스 모드의 고려 사항에서 배제하였다.

IV. 필드 측정 결과

4-1 송신소의 점유 대역폭 측정 결과

x-dB 대역폭 측정을 위해 ITU-R SM 권고에 제시된 신호 유형에 따른 x dB 레벨 값은 필드 환경에서 측정된 x-dB 대역폭이 신호를 송출하는 송신소에서 직접 측정된 점유 대역폭에 근접되게 측정되는 x dB 값을 말한다. 따라서 지상파 DTV와 T-DMB 신호의 필드 환경 측정에 앞서 각 신호를 송출하는 송신소에서 점유 대역폭을 측정해야 한다. 측정 대상 신호로 선정한 SBS 지상파 DTV와 SBS T-DMB 신호는 서울 남산 송신소에서 송출된다. 송신소의 점유 대역폭 측정은 송신소의 안테나를 통해 송출되기 바로 직전의 신호를 스펙트럼 분석기로 측정하기 때문에 페이딩(fading)이나 전파 환경에 대한 왜곡이 전혀 없는 신호이다.

송신소의 점유 대역폭은 스펙트럼 분석기의 비선형성을 고려하여 1,000번 반복 측정하여 평균을 구하였다. 표 5는 송신소의 점유 대역폭 측정 결과를 보여준다. 점유 대역폭 평균은 지상파 DTV 신호가

표 5. 송신소의 점유 대역폭 측정 결과
Table 5. The measurement results obtained from the direct measurement at transmission station.

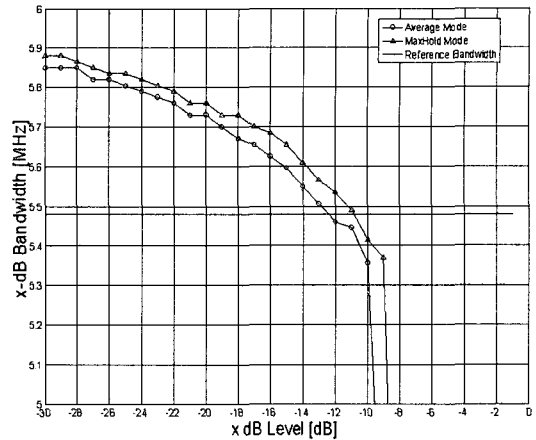
파라미터	지상파 DTV	T-DMB
측정 횟수	1,000	1,000
점유 대역폭 평균 [MHz]	5.4785	1.4993
표준 편차 [kHz]	39.489	8.759
최대 점유 대역폭 [MHz]	5.58	1.5206
최소 점유 대역폭 [MHz]	5.36	1.4746

5.4785 MHz이며, T-DMB 신호는 1.4993 MHz이다. 이 값들은 x-dB 대역폭 측정에 사용되는 x dB 값을 결정하는데 필요한 기준 대역폭으로 활용된다.

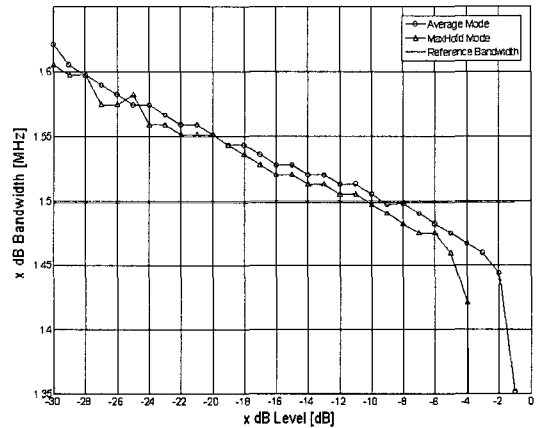
4.2 필드 환경 측정 결과

필드 환경 측정은 다중 경로 손실이나 주위 환경에 의한 전계 강도 감쇠 등을 최소화 하기 위해 남산 송신소를 중심으로 LOS(Line-Of-Sight) 환경이 보장되는 38개 측정 지역을 선정하여 매 측정 지역마다 500번 반복 측정하였다. 먼저, 남산 송신소에서 측정된 지상파 DTV와 T-DMB 신호의 점유 대역폭인 5.4785 MHz와 1.4993 MHz를 기준 대역폭으로 하여 이에 근접하게 x-dB 대역폭이 측정되는 x dB 값을 구하였다. 그림 5는 각 트레이스 모드에 따른 x dB 값을 변화시키면서 지상파 DTV와 T-DMB 신호의 x-dB 대역폭을 측정했을 때의 결과를 보여준다. 그림 5의 점선은 송신소에서 측정된 기준 대역폭이다. 이 점선에 근접할 때의 x-dB 대역폭이 기준 대역폭에 가장 가까운 값이 되고, 이때의 x dB 값이 적절한 x-dB 대역폭을 측정할 수 있는 파라미터가 된다. 그림 5와 표 6에서 보듯이 지상파 DTV와 T-DMB 신호 모두 평균 모드가 최대값 유지 모드보다 기준 대역폭과의 오차가 적게 측정된다. 따라서 지상파 DTV 신호는 -12 dB, T-DMB 신호는 -8 dB의 x dB 값일 때 x-dB 대역폭을 측정하고, 트레이스 모드는 모두 평균 모드로 측정하는 것이 적합하다.

필드 환경에서 x-dB 대역폭 측정은 페이딩의 영향이나 측정에 사용되는 계측 장비의 비선형성 등의 이유로 여러 번의 독립 시행을 거쳐 통계적인 방법을 적용하여 결정해야 한다. 통계적 특성을 이용한 필드 환경에서의 x-dB 대역폭 측정은 기준 대역폭에



(a) 지상파 DTV
(a) Terrestrial DTV



(b) T-DMB
(b) T-DMB

그림 5. x dB 값에 따른 x-dB 대역폭 변화
Fig. 5. Changes in the x-dB bandwidth with x-dB values.

빠르게 수렴하는 것도 중요하지만, 기준 대역폭과의 상대 오차가 적어야 한다. 기준 대역폭에 빠르게 수렴하더라도 상대 오차가 크다면 신뢰도가 감소되기 때문이다. 그림 6과 그림 7은 측정 샘플 수에 따른 기준 대역폭과의 상대 오차를 보여주고 있다. 기준 대역폭과의 상대 오차는 적을수록 좋으며, ±0.5 % 이내라면 높은 신뢰도를 갖는다고 볼 수 있다. 그림 6의 지상파 DTV 신호의 경우, 평균 모드는 약 300 회의 반복 측정에서 ±0.5 % 이내의 상대 오차를 만족하지만 최대값 유지 모드는 반복 측정 횟수가 증가하더라도 상대 오차가 줄어들지 않는다. 그림 7의

표 6. 지상파 DTV와 T-DMB 신호의 x-dB 값과 송출 대역폭과의 오차

Table 6. The x-dB value and resultant bandwidth error for the terrestrial DTV and T-DMB.

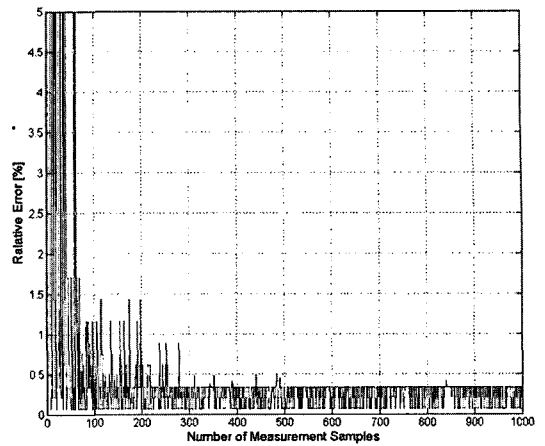
방송 신호	트레이스 모드	송출 대역폭에 근접하는 x dB 값	송출 대역폭과의 오차
지상파 DTV	평균 모드	-12 dB	11.5 kHz
	최대값 유지 모드	-11 dB	18.5 kHz
T-DMB	평균 모드	-8 dB	1.7 kHz
	최대값 유지 모드	-10 dB	2.1 kHz

표 7. 지상파 디지털 방송 신호에 적합한 x-dB 대역폭 측정 기준

Table 7. The suitable measurement parameters for terrestrial digital broadcasting signals.

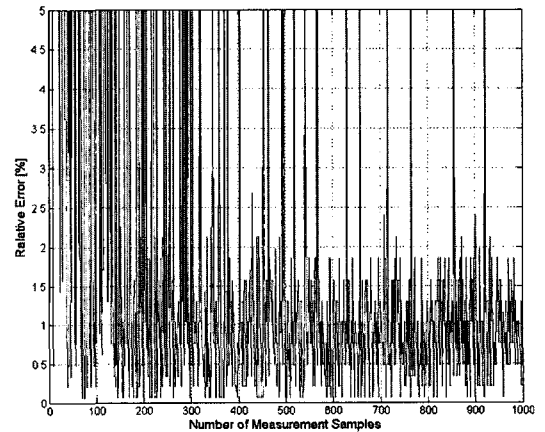
파라미터	지상파 DTV	T-DMB
x dB 값	-12 dB	-8 dB
스팬 범위	9 MHz	2.304 MHz
RBW	30 kHz	
VBW	300 kHz	
스윙프 시간	50 ms(자동)	
검출 모드	양의 최대값 모드	
트레이스 모드	평균 모드	
측정 횟수	최소 300회 이상	

T-DMB 신호 역시 평균 모드가 최대값 유지 모드보다 상대 오차가 적은 것을 알 수 있다. 지상파 DTV 신호와 마찬가지로 T-DMB 신호의 경우, 평균 모드는 약 300회의 반복 측정에서 $\pm 0.5\%$ 이내의 상대 오차를 만족하지만 최대값 유지 모드는 약 400회의 반복 측정에서 약 $\pm 1.5\%$ 정도의 상대 오차를 나타내고 있어 평균 모드보다 신뢰도가 떨어진다. 따라서 지상파 디지털 방송 신호의 x-dB 대역폭 측정을 효율적으로 하기 위한 트레이스 모드는 평균 모드이며, 최소 300회 이상 반복 측정한다면 높은 신뢰도를 만족하는 x-dB 대역폭 측정이 가능할 것이다. 따라서 ITU-R SM 권고에 제시되지 않았던 지상파 디지털 방송 신호의 x-dB 대역폭 측정 파라미터를 표 7과 같이 제안할 수 있다.



(a) 평균 모드

(a) Average mode



(b) 최대값 유지 모드

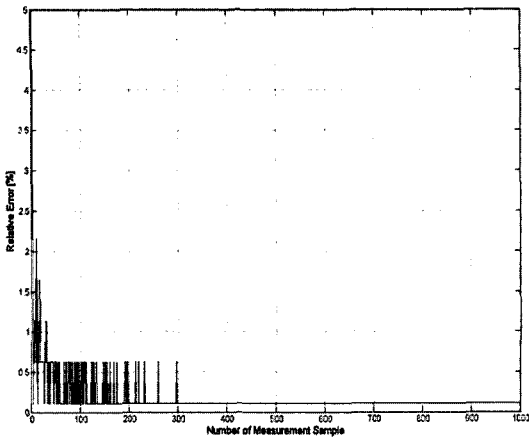
(b) Max. hold mode

그림 6. 지상파 DTV 신호의 측정 샘플 수에 따른 상대 오차 변화

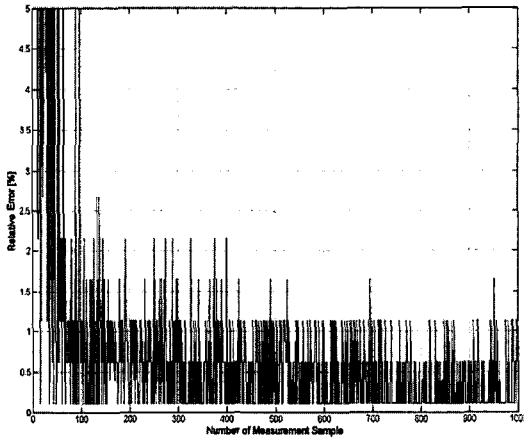
Fig. 6. Variation of relative error with the number of measurement trials for terrestrial DTV.

V. 결 론

본 논문은 우리나라에서 방송되는 지상파 DTV와 T-DMB 신호들의 대해 필드 환경에서 대역폭 측정을 시행할 경우, 적용할 수 있는 효율적인 대역폭 측정 방법을 제안하였다. 전파 신호에 대한 대역폭 측정은 ITU-R SM 권고에 제시되어 있지만 우리나라의 지상파 디지털 방송에 적합한 방법은 x-dB 대역폭 측정 방법이다. 그러나 ITU-R에서 권고하고 있는 x-dB 대역폭 측정 방법은 아날로그 변조 신호에 국



(a) 평균 모드
(a) Average mode



(b) 최대값 유지 모드
(b) Max. hold mode

그림 7. T-DMB 신호의 측정 샘플 수에 따른 상대 오차 변화

Fig. 7. Variation of relative error with the number of measurement trials for T-DMB.

한되어 있다. 따라서 디지털 변조 방식을 사용하고 있는 지상파 디지털 방송 신호는 ITU-R SM 권고를 그대로 사용하기에는 무리가 있다. 본 논문은 우리나라에서 서비스하고 있는 지상파 디지털 방송 신호들의 x-dB 대역폭을 효율적으로 측정할 수 있는 파라미터를 찾았다. 지상파 디지털 방송 신호의 x-dB

대역폭 측정을 위한 x dB 값을 찾기 위해 서울과 경기 일대의 38개 측정 지역을 선정하고, x-dB 대역폭을 측정하여 높은 신뢰도를 만족하는 x dB 값을 결정하였다. 그 결과, 지상파 DTV의 경우 x dB 값을 -12 dB, T-DMB의 경우 -8 dB로 설정하고, 최소 300회 이상 독립 시행하여 그 평균으로 x-dB 대역폭을 측정한다면 $\pm 0.5\%$ 이내의 상대 오차를 만족하여 신뢰성 높은 측정이 가능함을 알았다.

본 논문의 결과는 지난 2005년 9월과 2006년 9월에 ITU-R 총회에 보고되었으며, ITU-R 회원국들의 동의를 얻어 ITU-R SM 권고의 수정 권고안으로 채택되었으며, 2007년 ITU-R 총회에서 새로운 표준안으로 채택될 예정이다.

참고 문헌

- [1] ITU-R, "ITU-R recommendation spectrum management SM.433 : methods for the measurement of radio interference and the determination of tolerable levels of interference, ITU-R", Jun. 2003.
- [2] 김종호, 조진호, 이형수, 박재홍, "대전지역의 지상파 DTV 현장 측정 및 결과 분석", 한국전자과학회논문지, 11(5), pp. 830-838, 2000년.
- [3] ITU-R, *ITU-R Handbook Spectrum Monitoring Edition 2002*, ITU-R, pp. 257-274, 2002.
- [4] Carl Eilers, Gary Sgrignoli, "Digital television transmission parameters analysis and discussion", *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 45, no. 4, pp. 365-385, Dec. 1999.
- [5] Linley Gumm, "Measurement of 8-VSB DTV transmitter emissions", *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 45, no. 2, pp. 234-242, Jun. 1999.
- [6] Rohde & Schwarz, *Rohde & Schwarz Application Note: Swept Adjacent Channel Power Analysis on Digital TV Amplifiers*, 2001.
- [7] Tektronix, *Tektronix Application Note: 8 VSB Measurements Using the RFA300A*, 2001.

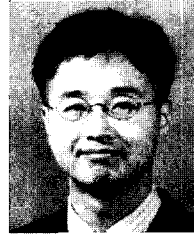
황 태 옥



2001년 2월: 경희대학교 전파공학과 (공학사)
2003년 2월: 경희대학교 전파공학과 (공학석사)
2003년 3월~현재: 경희대학교 전파공학과 박사과정
[주 관심분야] RFID, OFDM, SDR,

Spectrum Management

육 중 관



1998년: University of Michigan 전기 컴퓨터공학과 (공학박사)
2000년3월~현재: 연세대학교 전기 전자공학부 부교수
[주 관심분야] 마이크로파 구조/시스템 해석 및 설계, EMI/EMC, Antenna, Computational Electromagnetics

RFIC/MMIC 설계

김 영 수



1981년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1983년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
1988년 12월: 미국 Arizona State University 전기공학과 (공학박사)
1985년 5월~1986년 5월: Consultant, Signal-System Technology Inc., U.S.A.

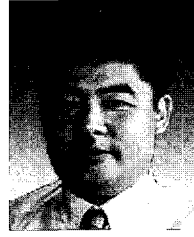
1986년 6월~1988년 12월: Research Associate, Arizona State University

1989년 2월~1992년 8월: ETRI 전파기술부 전파응용연구실 실장

2002년 1월~2003년 2월: Visiting Faculty, MPRG, Virginia Tech., U.S.A.

1992년 9월~현재: 경희대학교 전자전파공학부 교수
[주 관심분야] OFDM, SDR, MIMO System, RFID, Smart Antenna

서 덕 영



1980년 2월: 서울대학교 핵공학과 (공학사)
1986년 2월: 미국 Georgia Tech. 핵공학 (공학석사)
1990년 6월: 미국 Georgia Tech. 전기공학과 (공학박사)
1990년~1992년: 상공부 생산기술연구원, HDTV 연구개발단 선임연구원

1992년 3월~현재: 경희대학교 전자정보학부 교수
[주 관심분야] Networked Video

양 훈 기



1985년: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1987년: SUNY at Buffalo 전기 및 컴퓨터공학과 (공학석사)
1992년: SUNY at Buffalo 전기 및 컴퓨터공학과 (공학박사)
1993년 3월~현재: 광운대학교 전자공학과 교수

[주 관심분야] 무선통신시스템, UWB, RFID, 스펙트럼 공학

김 진 상



1985년 2월: 경희대학교 전자공학과 (공학사)
1987년 2월: 경희대학교 전자공학과 (공학석사)
2000년 12월: 미국 콜로라도 주립대 전기 및 컴퓨터공학 (공학박사)
1990년 2월~2001년 8월: KT 연구소

2001년~현재: 경희대학교 전자정보학부 조교수
[주 관심분야] 영상처리 및 이동통신용 SoC 설계