지상파 디지털 TV 방송을 위한 보호비 기준

The Protection Ratios for Terrestrial Digital TV Broadcating

신철호(C.H. Shin) 전파자원연구팀 연구원
김광식(K.S. Kim) 전파자원연구팀 선임연구원
이형수(H.S. Lee) 전파자원연구팀 책임연구원, 팀장

비약적으로 발전하고 있는 디지털 기술을 이용하여 유럽과 미국 등 선진국에서는 지상파를 이용한 HDTV 서비스 개시를 서두르고 있다. 따라서, 국내에서도 지상파 디지털 TV 방송 일정을 서두르고 있으며, 이때 서비스 영역 및 간섭 계산에 필수적인 보호비 기준에 대해 미국과 캐나다의 경우를 비교하고, 양국 기준 사이의 차이점을 분석하였다.

I. 서 론

최근 디지털 신호처리의 발달로 영상신호를 압축하여 디지털 변조를 통하여 가정에까지 전달할 수 있게 되었고, 유럽과 미국 등 선진국에서는 지상파를 이용하여 SDTV 또는 HDTV를 전송할 수 있는 기술이 개발되어 서비스의 개시를 눈앞에 두고 있다. 국내에서도 이미 디지털 위성방송이 시작되었고, 지상방송의 디지털화의 논의가 시작되어 미국의 디지털 TV 전송방식을 표준방송 방식으로 채택하였다. 그리고, 1999년까지 우리의 기술로 송·수신기를 개발하여 시험방송을 거친 후 2001년부터는 디지털 방식에 의한 본 방송을 개시한다는 기본계획이 수립되었다.

그러나, 기존 아날로그 TV 수상기를 가지고 TV 방송을 시청하고 있는 시청자들을 고려하여 아날로그 방송을 디지털 방송으로 일시에 전환하기에는 여러가지 어려움이 있다. 따라서, 국내에서는 2010년까지 아날로그 방송과 디지털 방송을 동시 방송하기로 하였다.

본 고에서는 이러한 동시방송 상황하에서 발생할 수 있는 여러가지 간섭 양상에 대한 국내 보호비 기준 설정에 도움을 줄 미국 FCC에서 DTV의 보호비 기준으로 제시한 D/U비 기준과 캐나다가 ITU-R에 제출한 D/U비 기준을 비교하고, 두 기준사이의 차이점을 분석하고자 한다[1-9].

또한, 미국과 캐나다가 D/U비 기준을 계산하기 위해 사용한 송출 마스크와 아날로그 신호의 가중치 요소에 대해 살펴보고, 이러한 마스크와 가중치 요소가 D/U비 산정에 어떠한 영향을 미치는지에 대해서도 살펴보았다[1, 8].

II. 미국과 캐나다의 동일 채널 보호비 기준 비교

미국과 캐나다의 DTV를 위한 보호비 설정시

〈표 1〉 미국과 캐나다의 D/U비 기준 비교

구분		캐나다	미국	비고
Carrier to Noise Ratio		19.5	-	19.5
C/N+I		16.5	15	-
Co-channel D/U Ratio				
	DTV into NTSC	33.8	34	34
	NTSC into DTV	7.2	2	6.815
	DTV into DTV	19.5	15	17.01129
Adjacent Channel D/U Ratio				
	Lower DTV into NTSC	−16	−14	영상 문턱값의 영향
	Upper DTV into NTSC	−12	−17	음향 문턱값의 영향
	Lower NTSC into DTV	−48	−48	-
	Upper NTSC into DTV	−49	−49	-
	Lower DTV into DTV	−27.2	−28	-
	Upper DTV into DTV	−27.2	−26	-
Taboo D/U Ratio, DTV into NTSC(N_R: 기준 채널)				
	N_R-2	−24	−24	-
	N_R+2	−28	−28	-
	N_R-3	−30	−30	-
	N_R+3	−34	−34	-
	N_R-4	−34	−34	-
	N_R+4	−25	−25	-
	N_R-7	−35	−35	-
	N_R+7	−43	−43	-
	N_R-8	−32	−32	-
	N_R+8	−43	−43	-
	N_R+14	−33	−33	-
	N_R+15	−31	−31	-

가장 큰 차이점은 C/(N+I)값을 다르게 설정하였다는 점이다. 미국의 경우에는 C/(N+I)값을 〈표 1〉과 같이 15 dB로 설정하고 보호비 기준값을 산정하였고, 캐나다의 경우는 C/(N+I)값을 16.5 dB로 가정하고 보호비 기준값을 산정하였다[7].

이렇듯 캐나다와 미국이 보호비를 산정하기 위해 C/(N+I)값을 다르게 산정한 이유는 다중경로 왜곡에 대한 부가적인 여유값을 두었느냐 두지 않았느냐의 차이다.

캐나다의 경우에는 실험실 테스트 결과에 기초하여 영상문턱값에 따른 C/(N+I)값의 최소값을 15.28 dB로 정의하였고, 여기에 전형적인 다중경로 왜곡을 보상하기 위한 부가적인 여유값으로 최소 1.2 dB를 가정하여 보호비 산정시 고려해야 할 C/(N+I)값을 16.5 dB로 설정하였다.

반면, 미국의 경우에는 ATSC 전송표준 8VSB에서 영상문턱값에 따른 C/(N+I)값의 최소값을 14.9 dB로 정의하였다. 그리고, 다중경로 왜곡을 보상하기 위한 부가적인 여유값에 대해서는 한 개 또는 더 많은 인접 채널이 할당되는 곳에서 이러한 측파대의 "누설"이 열잡음에 더해져야 할 고유적인 잡음으로써 나타나기 때문에 이러한 효과를 고려하여 커버리지와 서비스 계산을 위한 문턱값을 올려 주어야 하나, 그 값을 유도하는 방법 등이 명확하지 않기 때문에 고려 요소에 포함시키지 않은 것으로 보인다.

이러한 미국과 캐나다의 영상문턱값에 따른 C/(N+I)값의 차이를 고려하여 각 항목별 D/U비 기준값의 유도과정을 살펴보도록 한다.

우선, 동일 채널 간섭 보호비의 산정과정에 대해 미국과 캐나다의 영상문턱값에 따른 C/(N+I)값의 차이를 고려하여 살펴보았다.

1. 동일 채널 간섭 D/U비

가. DTV into NTSC의 경우

DTV 시스템이 NTSC 시스템에 간섭을 야기할 경우에 대한 미국과 캐나다의 기준 D/U비는

〈표 2〉 미국과 캐나다의 동일 채널 기준 비교: DTV into NTSC

미국 NTSC 가중치	캐나다 NTSC 가중치	간섭 밀도	미국 기준	캐나다 기준
−27	−23	−39.5	2.23872E-07	5.62341E-07
−13	−12	−39.5	5.62341E-06	7.07946E-06
−3	−4	−39.5	5.62341E-05	4.46684E-05
−2	0	−39.5	7.07946E-05	0.000112202
0	0	−39.5	0.000112202	0.000112202
−1	−4	−39.5	8.91251E-05	4.46684E-05
−4	−4	−39.5	4.46684E-05	4.46684E-05
−9	−8	−39.5	1.41254E-05	1.77828E-05
−10	−8	−39.5	1.12202E-05	1.77828E-05
−4	−4	−39.5	4.46684E-05	4.46684E-05
−10	−8	−39.5	1.12202E-05	1.77828E-05
−13	−25	−39.5	5.62341E-06	3.54813E-07
SUM	-	-	0.000465729	0.000464422
LOG	-	-	−33.32	−33.33

각각 34 dB와 33.8 dB이다. NTSC의 경우 등급 3의 화질을 보장하기 위해서는 C/N= 28 ∼ 28.5 dB정도를 만족해야 하고, DTV가 NTSC에 동일채널 간섭을 줄 경우, DTV의 평탄 대역이 간섭으로 작용하기 때문에 AWGN과 같이 6 MHz 채널을 통해 균일하게 분포되어 있는 간섭원으로 가정할 수 있다. 이로부터 NTSC에 대한 DTV 간섭 허용 레벨을 28.5 dB로 설정하고, 이 값을 12개의 500 kHz 대역에서 잡음 밀도로써 표현할 경우 이 값은 $-28.5+10\log_{10}(0.5/6) \cong -28.5-11 \cong -39.5$ dB이다. (그림 1)에서 보인 NTSC 신호의 가중치 곡선에 대한 〈표 4〉와 같은 값을 위에서 계산한 편편한 −39.5 dB의 간섭 레벨에 적용한 후 12개 대역에 대한 합을 구하면, 가중치된 동일 채널 NTSC 간섭 기준은 미국과 캐나다에 대해 〈표 2〉에 보인 것과 같이 각각 33.32 dB와 33.33 dB이다. 이 값은 위에서 제시한 34 dB와 33.8 dB에 비해 약간 낮은 값이나 계산상 오차를 생각할 경우 거의 비슷한 값이라 할 수 있다. 결국 DTV into NTSC의 경우에 대한 동일 채널 간섭 보호비는 미국과 캐나다가 거의 엇비슷하다고 할 수 있다.

나. NTSC into DTV의 경우

NTSC 신호가 DTV 시스템에 동일 채널 간섭을 야기할 경우 미국과 캐나다의 기준값은 각각 2 dB와 7.2 dB로 정의되어 있다. 이렇게 두 나라의 기준값이 다른 이유는 고려된 S/N비와 C/(N+I)값의 기준이 다르기 때문이다. 캐나다의 경우 이 기준값을 도출하기 위해 사용한 S/N비와 C/(N+I)값은 각각 19.5 dB와 16.5 dB였다. 그리고, 미국의 경우는 S/N비와 C/(N+I)값을 각각 25 dB와 15 dB로 설정하였다. 미국의 S/N비 값을 25 dB에서 캐나다의 경우와 마찬가지로 19.5 dB로 설정하였을 경우에 대한 D/U비 기준값은 6.815 dB이다. 이 값은 캐나다의 7.2 dB에 비해 약간 낮은값인데 미국의 C/(N+I)값을 캐나다

와 마찬가지로 16.5 dB로 설정한다면 두 나라의 기준값이 비슷한 값을 가질 것으로 생각된다. 이렇게 NTSC가 DTV에 간섭원으로 동작할 경우에는 NTSC에 의한 간섭량을 제거하기 위한 Comb 필터를 DTV에서 사용하는데, Comb 필터를 이용한 NTSC 간섭량의 제거는 S/N비에 따라 그 정도가 다르기 때문에 정량적인 해석을 하기에는 다소 어려움이 있다.

다. DTV into DTV의 경우

DTV 신호가 DTV 시스템에 동일 채널 간섭을 야기할 경우 미국과 캐나다의 기준값은 각각 15 dB와 19.5 dB로 정의되어 있다. 이러한 기준값들은 시스템의 S/N비값에 따라 변화하는 값이고, 미국의 S/N비를 캐나다와 같은 19.5 dB로 했을 경우, 위의 D/U비 기준값은 〈표 1〉의 비고란에 보인 것과 같이 17.01 dB로 변함을 알 수 있다. 이러한 S/N비와 D/U비 기준값으로부터 미국의 보호비를 산정하기 위한 C/(N+I)값을 〈표 3〉과 같이 추정할 수 있다. 이와 같이 15 dB로 정의된 미국의 C/(N+I)값을 캐나다와 같은 16.5 dB로 설정한다면, 계산에 의해 미국의 D/U비 기준값도 19.5 dB가 됨을 쉽게 알 수 있다.

위에서 살펴본 바와 같이 미국과 캐나다의 동일 채널 간섭 D/U비 기준값을 비교해 본 결과 양국의 DTV에 있어서의 기준값 차이는 다중경로 왜곡에 대한 부가적인 여유값을 두었느냐 두지 않았느냐의 차이임을 알 수 있다.

미국과 캐나다의 인접 채널 간섭 D/U 기준값에 대해서는 양국의 DTV 마스크 기준을 먼저 비교하고, 이 마스크 기준의 차이점에 근거하여 인접 채널 간섭 D/U비 기준값의 산정 기준을 III장에서 살펴보고자 한다.

〈표 3〉 미국과 캐나다의 동일 채널 기준 비교: DTV into DTV

구 분	계산값	비교값
C/N	19.5	-
C/I	17.01	-
C/(N + I) = ?	15.06863879	15

III. 미국과 캐나다의 인접 채널 보호비 기준 비교

1. 미국의 인접 대역 마스크 기준

Sixth Report and Order에서 미국은 DTV 방송의 송신기로부터 인접 채널 방사를 제한하는 "방사 마스크"를 채택했다. 특히, 이 방사마스크는 1) 채널 경계에서 송신기 방사는 적어도 평균 송출 전력의 46 dB 감쇠되어야 하고, 2) 채널 경계에서 6 MHz이상 이격된 곳에서는 평균 송출 전력에서 71 dB 감쇠되어야 한다. 그리고 3) 채널 경계로부터 0~6 MHz 사이의 주파수에서는 다음 형식에 의해 감쇠되어야 한다.

$$\text{감쇠(dB)} = 46 + [(\Delta f)^2/1.44]$$

여기서, Δf는 채널 경계로부터의 주파수 차이[MHz]이다.

더하여, 같은 영역에서 인접 채널의 사용이 필요한 곳에서는 가능한 범위에서 인접 채널 NTSC와 DTV 채널을 쌍으로 동일 사이트에 위치시켰다.

Cannell. Fox, Gannett, the Joint MSTV Petitioners, Lincoln, Tribune 등이 NTSC 채널에 대

한 첫번째 인접 채널에서의 DTV 할당을 위해 사용한 규칙에 대해 재평가할 것을 요구했다. Cannell은 NTSC 채널에 대한 첫번째 인접 채널에서의 DTV 운용과 NTSC 방송국의 등급 B경계내 또는 인접한 곳에서 운용하는 DTV는 NTSC 운용에 과도한 간섭을 야기할 것이라고 주장했다. 이것은 DTV 채널이 첫번째 인접 채널 NTSC 운용에 간섭을 발생시키지 않고 할당될 수 있는지를 결정하기 위한 현 할당 방법론을 이러한 측면에서 재평가할 것을 요구하는 것이다. Fox는 낮은 쪽 인접 채널에서 운용하고 있는 DTV 방송국의 100 km이내에 위치한 NTSC 방송국을 위한 더 낮은 측파대 방사 마스크를 개발해야 한다고 제안했다. 이것은 간섭을 최소화 하고, 스펙트럼의 사용을 더 효율적으로 할 것이다. 현 DTV 송신기 방사 마스크는 송신기의 대역내 평균 전력에 비해 인접 6 MHz 대역내에서의 전체 인접 대역 방사가 39 dB만큼 감쇠될 것을 요구한다. FCC는 이 방사마스크에 대해 인접 채널에서의 전체 인접 대역 방사에서 추가적인 5 dB 감쇠를 갖도록 방사마스크를 수정했다. 이 새로운 방사 마스크 규격은 모든 DTV 방송국에 적용될 것이다. 인접 대역 방사에서의 이러한 추가적인 감쇠가 방송 송신기를 위해 이용 가능하게 될 것이고, DTV-to-NTSC와 DTV-to-DTV 인접 채널 상황을 포함하여 모든 잠재적인 간섭을 감소시키는데 도움을 줄 것이다.

따라서, FCC는 DTV 인접 대역 "방사 마스크"를 다음과 같이 수정한다.

1) 채널 경계로부터 처음 500 kHz에서 송신기 방사는 평균 송신 전력에 비해 적어도 47 dB 감쇠되어야 한다.
2) 채널 경계로부터 6 MHz이상 이격된 곳에서는 평균 송신 전력에 비해 적어도 110 dB 감쇠되어야 한다.
3) 채널 경계로부터 0.5 ~ 6 MHz 사이의 주파수에서는 다음 형식에 의해 감쇠되어야 한다.

$$\text{감쇠(dB)} = -11.5(\Delta f + 3.6)$$

여기서, Δf는 채널 경계로부터의 주파수 차이[MHz]이다.

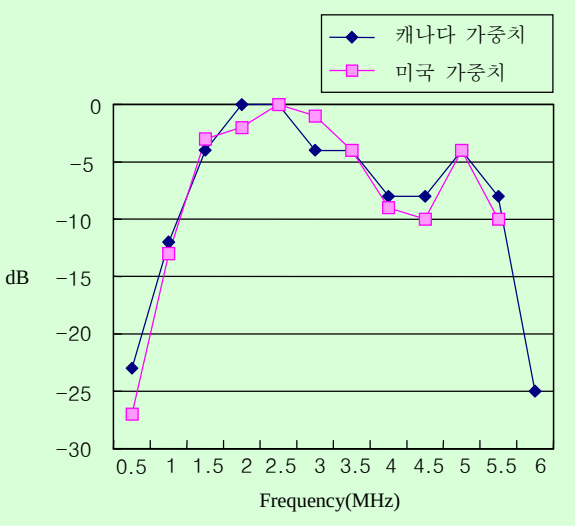
위의 모든 감쇠 제한은 평가대역 500 kHz에 기초하고 있다.

2. 캐나다의 인접 대역 마스크 기준

가. 정확한 동일 사이트 위치에서 사용될 완화된 마스크

ATSC DTV 신호를 전송하는 전형적인 방송송신기 고출력 증폭기의 필터를 통과하지 않은 출력 스펙트럼이 (그림 2)에 보여진다. 여기서, 해상도 대역폭은 500 kHz이다. 대역 경계에서 스펙트럼은 DTV 스펙트럼의 대역내 평평한 부분에 비해 약 35 dB정도 낮다. (그림 1)과 같은 NTSC 영상 신호에 대한 주관적인 가중치 곡선이 간섭 계산에 사용되었다. (그림 1)은 NTSC 영상 신호가 낮은 쪽 채널 경계에서부터 1.5와 2.5 MHz사이에서 간섭에 가장 민감함을 보여주고 있다.

(그림 2)에서 NTSC Peak Sync.전력은 0 dB로, DTV 신호 평균 전력은 −12 dB로 가정했다(D/N= −12 dB). DTV 스펙트럼의 대역내 평평한 부분은 DTV 전력 레벨 아래 $10\log_{10}(0.5/6) \cong -11$ dB 또는 NTSC Peak Sync.전력 레벨 아래 $-12-11=-23$ dB이다. DTV 대역 경계에서의 스펙트럼은



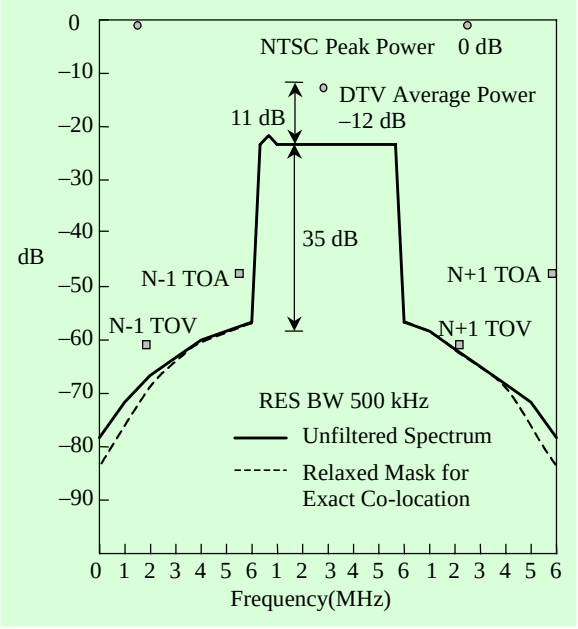
(그림 1) 미국과 캐나다의 NTSC 가중치 요소 비교

〈표 4〉 미국과 캐나다의 NTSC 가중치 요소 비교

MHz	캐나다 가중치	FCC 가중치
0.5	−23	−27
1	−12	−13
1.5	−4	−3
2	0	−2
2.5	0	0
3	−4	−1
3.5	−4	−4
4	−8	−9
4.5	−8	−10
5	−4	−4
5.5	−8	−10
6	−25	-

$-23-35=-58$ dB이다. 이 값이 (그림 2)에 보인 바와 같이 스펙트럼 마스크 계산에 사용된다.

NTSC 영상문턱값(threshold of visibility)은 6 MHz채널을 통해 균일하게 분포되어 있는 AWGN에 대해 50 dB로 가정되었다. 12개의 500 kHz 대역에서 잡음 밀도로써 표현될 경우 이



(그림 2) 캐나다의 완화된 마스크

값은 $-50+10\log_{10}(0.5/6)\cong-50-11\cong-61$ dB이다. (그림 1)에서 보인 NTSC 신호의 가중치 곡선을 위에서 계산한 편편한 −61 dB의 잡음 레벨에 적용한 후 12개 대역에 대한 합을 〈표 2〉와 같은 방법으로 구하면, 가중치된 NTSC 잡음 간섭 영상문턱값은 대략 −55 dB이다. 비슷하게 (그림 2)에서 보인 필터를 통과하지 않은 DTV의 윗쪽과 아래쪽 인접 채널의 누설곡선과 (그림 1)의 NTSC 가중치 곡선을 이용하여 계산된 인접 NTSC 채널로의 가중치된 N_R+1과 N_R-1 간섭은 각각 −56 dB와 −58 dB이다.

비록 DTV 누설곡선이 대칭적이긴 하지만 NTSC 가중치 곡선의 비 대칭성에 기인하여 두 NTSC 인접 채널에 미치는 영향은 다르다. NTSC 영상 캐리어가 간섭을 야기하는 DTV 신호에 너무 근접해 있기 때문에 윗쪽 인접, 또는 N_R+1채널로

의 간섭이 제한 요소가 된다. 가중치된 NTSC 영상문턱값이 −55 dB이기 때문에 N_R+1채널에 대해서는 1 dB의 마진이 있고, N_R-1채널에 대해서는 3 dB의 마진을 갖는다.

NTSC를 위한 영상문턱값은 매우 완만하다. NTSC에 대한 DTV 간섭이 순간적으로 문턱값을 넘더라도 시청자는 단지 NTSC 스크린에서 간섭이 약간 존재한다는 것을 알 정도의 왜곡을 볼 수 있을 뿐이다. 일반적으로 가정해 왔던 NTSC 영상문턱값을 위한 C/N=50 dB값은 ITU−R 등급 4.5의 화질과 등가이다. 그러나, 현존하는 대부분의 아날로그 TV 전송 시스템들은 이러한 레벨의 서비스 품질 대신 ITU−R 등급 3에 해당하는 서비스 품질을 제공하고자 한다.

위의 계산은 (그림 2)에서 보인 필터를 통과하지 않은 스펙트럼이 인접 채널 DTV-to-NTSC 간섭 요구를 만족함을 보이고 있다. 그럼에도 불구하고, 두번째 인접 채널에 대한 스퓨리어스 방사를 위한 제한이 있어야만 한다.

ITU−R SG1은 방송 텔레비전 서비스를 위한 스퓨리어스 방사 제한을 위해 60 dB의 감쇠를 권고했다. DTV 스펙트럼 대역 경계가 35 dB의 감쇠를 가지고 있기 때문에 덧붙여진 25 dB의 감쇠가 두번째 인접채널 경계에서 얻어져야만 한다. 이러한 가정에 기초하여 방사 마스크가 결정되었고, 이 방사마스크는 미국 FCC Sixth Report and Order에 의해 마스크 기준으로 채택되었다. DTV 스펙트럼 마스크를 위해 500 kHz 해상도 대역폭에서 평가된 인접 대역 방사 기준이 평균 DTV 송신 전력 아래 감쇠된 양으로 다음과 같이 정의된다.

For $0.25\ \text{MHz} \le \Delta f \le 6\ \text{MHz}$,

$$\text{감쇠(dB)} = 58 + (\text{D/N}) + [(\Delta f)^2/1.44]$$

For $\Delta f \ge 6\ \text{MHz}$,

$$\text{감쇠(dB)} = 83 + (\text{D/N})]$$

여기서, Δf는 500 kHz 평가 대역의 중심으로부터 할당된 6 MHz DTV 채널 경계까지의 주파수 차이[MHz]이다.

$$(\text{D/N})\,\text{dB} = 10\log_{10}\left(\frac{\text{DTV의 평균전력}}{\text{인접채널 NTSC의 첨두전력}}\right)$$

위에서 설명된 방사 마스크 혹은 "완화된 마스크"는 DTV와 NTSC 인접 채널 송신기 안테나들이 정확하게 동일 채널 사이트에 위치할 경우에만 사용 가능하다.

나. 8 km 이격을 위한 "엄격한 마스크"

인접 채널 DTV와 NTSC 신호가 이격된 송신기 타워에서 전송될 때 희망 신호와 비 희망신호는 다른 전파 경로에 의해 다른 감쇠를 보일 것이다. 희망 신호가 비 희망 신호보다 더 심한 감쇠를 보일 수 있고, 이로 인해 인접 채널 간섭 상황이 발생할 수 있다. 캐나다 DTV서비스를 위해 희망 신호에 대해서는 ITU−R(50, 90)곡선이 사용되었고, 비 희망 신호에 대해서는 (50, 10)곡선이 사용되었다.

〈표 5〉는 다른 주파수 대역과 다른 등급의 방송국을 위한 등급 B 커버리지 영역끝에서의 (50, 10)과 (50, 90)사이의 dB에서의 차이를 보이고 있다. 여기서 ITU−R 370모델이 사용되었다. 가정된 송신기 안테나 분리거리는 각각 8 km와 16 km였다. 〈표 5〉에서 보여진 차이값들은 인접 채널들이 사용되었을 때 신호들의 전계강도 값 사이에는 높

은 상관 관계를 보이기 때문에 다소 과도하게 책정된 값들이다. ⟨표 5⟩로부터 8 km의 분리를 위해 UHF 등급 C방송국은 12.67 dB의 보호비가 필요하고, UHF 저전력 방송국은 27.39 dB의 보호비를 필요로 한다. 그러나, UHF 저전력 방송국의 경우는 커버리지 반경이 겨우 12 km이기 때문에 송신기간 8 km 이격은 적절치 못한 것으로 보인다.

⟨표 5⟩ 8 km와 16 km 송신기 이격을 갖는 (50, 90)과 (50, 10) 사이의 전계강도 차이

VHF 방송국 종류	Low VHF		High VHF	
등급 B 거리(km)	89		82	
8 km 이격(dB)	10.78		9.92	
16 km 이격(dB)	12.32		12.66	
UHF 방송국 종류	C	B	A	LP
등급 B 거리(km)	70	45	25	12
8 km 이격(dB)	12.67	10.61	12.55	27.39
16 km 이격(dB)	16.66	16.27	26.47	-

⟨표 5⟩에 보인 전계 강도 차이로부터 요구된 감쇠 요소 α(dB/MHz)가 계산되어질 수 있다. (그림 2)로부터 DTV대역 경계의 스펙트럼은 −58 dB이고, NTSC 가중치 곡선의 평평한 꼭대기는 경계로부터 2 MHz 부근에 중심을 두고 있다. 이곳에서 DTV 필터를 통과하지 않은 스펙트럼 레벨은 −61 dB이다. 그래서, 감쇠 요소 α(dB/MHz)는 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$\alpha = [\text{전계강도차이} + (-58 + 61)]/2 \qquad (\text{dB/MHz})$$

계산된 감쇠 요소 α(dB/MHz)를 ⟨표 6⟩에 나타내었다.

8 km 분리를 위해, Low와 High VHF 감쇠 요소 α는 6.89 dB와 7.46 dB/MHz이다. 이것을 위해

⟨표 6⟩ 요구된 감쇠 요소 α(dB/MHz)

VHF 감쇠요소 α	Low VHF		High VHF	
8 km 이격(dB/MHz)	6.89		7.46	
16 km 이격(dB/MHz)	7.66		7.83	
UHF 감쇠요소 α	Class C	Class B	Class A	LP
8 km 이격(dB/MHz)	7.84	6.81	7.78	-
16 km 이격(dB/MHz)	9.83	9.64	14.74	-

7.5의 감쇠 요소 α가 사용되었다. UHF 등급 A, B와 C를 위해 요구된 감쇠 요소 α는 7.8이다. 그러나, UHF 인접 채널들간에는 높은 상관관계를 보이고 있기 때문에 UHF를 위한 감쇠 요소 α도 VHF의 경우와 같이 7.5로 조절될 수 있다. 16 km 분리의 경우에는 VHF를 위해서는 $\alpha = 7.8$ dB/MHz, 그리고 UHF를 위해서는 $\alpha = 9.8$ dB/MHz가 사용될 수 있다. 여기서도 UHF 등급 A는 커버리지 반경이 25 km에 불과하기 때문에 역시 16 km 이격에 사용될 수는 없을 것 같다.

엄격한 방사 마스크가 ⟨표 7⟩과 같이 $\alpha = 7.5$dB/MHz를 사용하여 개발되었다. 그러나, (그림 1)에서 보듯이 스펙트럼의 양 끝 0.5 MHz 부분은 간섭에 상대적으로 덜 민감함을 볼 수 있다. 그래서, 이 범위에 대한 "Roll off"율은 완만하게 정의될 수 있다. 이러한 점을 감안하여 마스크 기준에 있어서 대역 경계에서 3 MHz 이후부터의 "Roll off"율을 6 MHz 되는 곳에서 −88 dB 혹은 대역 내 평평한 곳으로부터 −65 dB값을 갖도록 완만한 값으로 정의할 수 있다.

이렇게 하여 정의된 8 km 이격을 위한 "엄격한 마스크"기준은 다음과 같다.

〈표 7〉 제안된 감쇠 요소 α(dB/MHz)

VHF 감쇠요소 α	Low VHF		High VHF	
8 km 이격(dB/MHz)	7.5			
16 km 이격(dB/MHz)	7.8			
UHF 감쇠요소 α	Class C	Class B	Class A	LP
8 km 이격(dB/MHz)	7.5			
16 km 이격(dB/MHz)	9.8			

For $0.25\ \text{MHz} \le \Delta f < 3\ \text{MHz}$;

$$\text{감쇠(dB)} = 58 + (\text{D/N}) + \Delta f \times 7.5$$

For $3\ \text{MHz} \le \Delta f < 6\ \text{MHz}$;

$$\text{감쇠(dB)} = 73 + (\text{D/N}) + \Delta f \times 2.5$$

For $\Delta f \ge 6\ \text{MHz}$;

$$\text{감쇠(dB)} = 88 + (\text{D/N})$$

여기서, Δf는 500 kHz 평가 대역의 중심으로부터 할당된 6 MHz DTV 채널 경계까지의 주파수 차이[MHz]이다.

$$(\text{D/N})\,\text{dB} = 10\log_{10}\left(\frac{\text{DTV의 평균전력}}{\text{인접채널 NTSC의 첨두전력}}\right)$$

필터화 된 DTV 스펙트럼은 5차 체비체프 대역 통과 필터를 사용함으로써 표현될 수 있다. 비슷한 성능을 갖는 고출력 필터가 미국 DTV 전계 시험을 위해 구현되었다.

"엄격한 마스크"는 동일 사이트의 혼합된 등급의 방송국들을 위해 사용될 수도 있을 것이다. "엄격한 마스크"는 상위 인접 대역 N_R+1, 즉, NTSC의 영상 캐리어에서 12 dB의 추가적인 감쇠를 제공하기 때문에 DTV 전력 레벨이 12 dB까지 증가될 수 있거나, NTSC 전력을 12 dB까지 감소시킬 수 있다. 이것으로 인해 DTV와 NTSC가 같은 전력 레벨, D/N = 0 dB로 전송하는 것이 허용될 것이다. NTSC에 대한 낮은 쪽 인접 채널, N_R-1에 대한 제한 요소는 오디오 캐리어에 대한 간섭이다.

NTSC에 대한 DTV 파일롯 간섭을 방지하기 위해 정확한 캐리어 주파수 "이격"이 사용되어야 한다. 여기서, DTV 파일롯은 NTSC 영상 캐리어 위 5.082139 MHz에 위치해 있어야 한다.

다. 인접 DTV-to-DTV 간섭 계산

〈표 8〉은 두가지 스펙트럼 마스크에 대해 계산한 첫번째 인접 채널 DTV-DTV 간섭 문턱값을 보여주고 있다. 인접 채널에 누설되는 완화된 마스크 값은 DTV 대역내 스펙트럼의 평평한 꼭대기 부분에 비해 약 −39.8 dB이고, 엄격한 마스크에 대해서는 −46.7 dB값을 갖는다. 간섭은 두 인접 대역으로부터 올 수도 있고, 잡음왜곡의 발생에 의해서도 생길 수 있다. 동일 채널 DTV-DTV의 경우 C/I = 19.5 dB가 캐나다 DTV 할당 계획을 위해 사용되었다. 계산된 첫번째 인접 채널 DTV-DTV 간섭 허용 레벨은 두 방사마스크 기준 각각에 대해 −20.3과 −27.2 dB이다. 이러한 레벨들은 〈표 5〉에서 보인 8 km 송신기 이격을 위해 요구된 12.67 dB보다 훨씬 높기 때문에 DTV-DTV의 경우에는 더 큰 DTV-DTV 송신기 이격 또는 복합 등급 운용이 인접 채널을 위해 가능하다.

3. 미국과 캐나다의 인접 채널 D/U비 기준 비교

낮은 쪽 DTV 신호가 NTSC 시스템에 인접 채널 간섭을 야기할 경우 미국과 캐나다의 기준값은 각각 −14 dB와 −16 dB로 정의되어 있고, 높은 쪽 DTV 신호가 NTSC 시스템에 인접 채널 간섭을 야기할 경우 미국과 캐나다의 기준값은 각각

〈표 8〉 첫번째 인접채널 DTV-DTV 간섭계산 (캐나다)

사용된 방사 마스크		완화된 마스크 (FCC mask)	엄격한 마스크
(1)	DTV 첫번째 인접 채널로부터 대역내로의 누설	−39.8 dB	−46.7 dB
(2)	동일채널 DTV-DTV 문턱값을 16.5 dB로 가정	−23.3 dB	−30.2 dB
(3)	C/I = C/N = 19.5 dB를 사용	−20.3 dB	−27.2 dB

−17 dB와 −12 dB로 정의되어 있다. NTSC 시스템은 아날로그 시스템이기 때문에 성능 평가 방법에 있어서 사람의 주관이 개입되게 되어 있다. 미국과 캐나다의 기준값이 다른 이유도 여기에 원인이 있다고 볼 수 있다. 특히 NTSC의 주파수 배치상 낮은 쪽 DTV 신호가 NTSC 시스템에 인접 채널 간섭을 야기할 경우에 대한 기준은 영상문턱값에 의해 결정되고, 높은 쪽 DTV 신호가 NTSC 시스템에 인접 채널 간섭을 야기할 경우에 대한 기준은 음향문턱값에 의해 결정된다. DTV 신호가 DTV 시스템에 인접 채널 간섭을 야기할 경우 캐나다의 기준값 산정 방법이 〈표 8〉에 나타나 있다. 〈표 8〉의 값 중 DTV 첫 번째 인접 채널에 누설되는 전력량을 구하는 구체적인 예제값을 〈표 9〉에 보였다.

〈표 9〉에서 구한 값이 〈표 8〉과 비교하여 약 1 dB정도 작은데 이 차이점은 계산에 이용한 기준값의 차이점에 기인하는 것으로 생각된다. 이 값과 비교하기 위해 미국에서 제안한 마스크를 이용한 첫번째 인접 채널 누설 전력량을 계산하면 〈표 10〉과 같다. 〈표 10〉에서 구한 캐나다 마스크 기준을 이용한 인접 채널 누설 전력량을 구한 기준값과 동일한 기준

〈표 9〉 캐나다 Tight 마스크를 이용한 첫번째 인접채널 누설량

DTV의 평평한 부분	캐나다 Tight 마스크	
0	−75.375	2.901E-08
0	−74.125	3.868E-08
0	−72.875	5.158E-08
0	−71.625	6.879E-08
0	−70.375	9.173E-08
0	−69.125	1.223E-07
0	−66.625	2.175E-07
0	−62.875	5.158E-07
0	−59.125	1.223E-06
0	−55.375	2.901E-06
0	−51.625	6.879E-06
0	−47.875	1.631E-05
SUM	-	2.845E-05
LOG	-	−45.45923

에 의해 미국의 인접 채널 누설 전력량을 구한 결과 미국의 누설량이 약 1 dB정도 많음(−46.7+1 = −45.7)을 알 수 있다.

이러한 값의 차이는 아래 (그림 3)에서 알 수 있듯이 전체적인 마스크 기준은 미국의 경우가 더 엄격해 보이나 실상은 인접 채널 누설량에 결정적 영향을 미치는 근접한 인접 채널 기준값에 대해서는 캐나다의 기준이 더 엄격함을 알 수 있다. 이러한 차이에 의해 캐나다의 인접 채널 누설량이 더 작게 나왔다. 이러한 미국과 캐나다의 마스크를 고려한 인접 채널 누설량을 기준으로 미국의 기준을 정의하면 〈표 11〉과 같다. 캐나다의 기준과 비교하여 미국의 기준이 약 0.5 dB정도 우수함을 알 수 있다. 그러나 DTV C/N비 기준을 캐나다와 동일하게 설정하였을 경우에는 인접 채널 간섭 D/U비 기준이 −26.2 dB가 됨을 알 수 있다. 미국의 기준값에서 높은 쪽과 낮은 쪽의 인접 채널 간섭 기준

〈표 10〉 FCC 마스크를 이용한 첫번째 인접 채널 누설량

DTV의 평평한 부분	FCC 마스크	
0	−107.53	1.8E-11
0	−101.78	6.6E-11
0	−96.025	2.5E-10
0	−90.275	9.4E-10
0	−84.525	3.5E-09
0	−78.775	1.3E-08
0	−73.025	5E-08
0	−67.275	1.9E-07
0	−61.525	7E-07
0	−55.775	2.6E-06
0	−50.025	9.9E-06
0	−46.5	2.2E-05
SUM	-	3.6E-05
LOG	-	−44.445

〈표 11〉 첫번째 인접채널 DTV-DTV 간섭계산(미국)

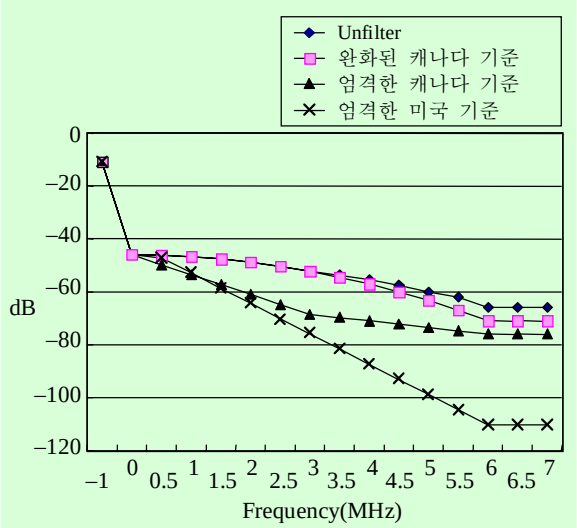
사용된 방사 마스크		엄격한 마스크
(1)	DTV 첫번째 인접 채널로부터 대역내로의 누설	−45.7dB
(2)	동일채널 DTV-DTV 문턱값을 15dB로 가정	−30.7dB
(3)	C/I = C/N = 18dB를 사용	−27.7dB

이 다른 것은 측정값에 의한 결과로 보인다(그림 3).

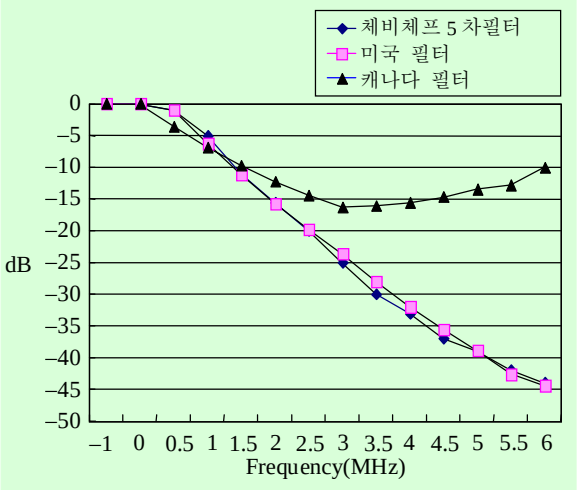
IV. 결 론

미국과 캐나다의 마스크 기준과 필터를 통과시키지 않았을 경우에 대한 DTV 스펙트럼을 (그림 3)에 도시하였다. (그림 3)으로부터 미국과 캐나다 마스크 기준을 만족시키기 위한 필터를 구해보면 (그림 4)와 같다.

(그림 5)에 캐나다에서 구한 (그림 6)과 같은



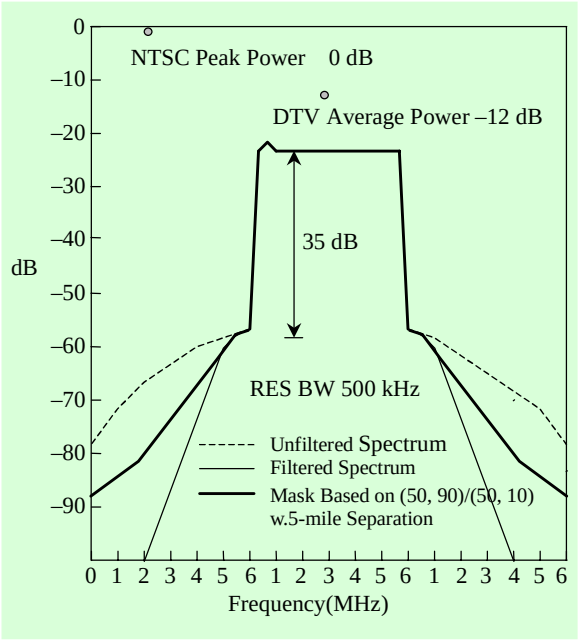
(그림 3) 미국과 캐나다의 인접 채널 누설 곡선



(그림 4) 미국과 캐나다의 필터 기준

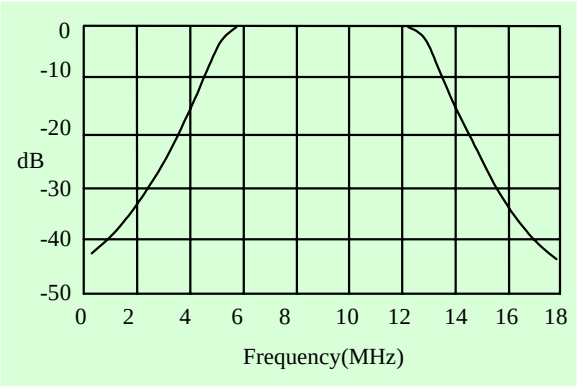
5차 체비체프 필터를 통과했을 경우의 스펙트럼과 필터를 통하지 않았을 경우에 대한 스펙트럼을 8 km 이격에 기초한 스펙트럼 기준과 함께 도시하였다. 이 (그림 4)와 (그림 6)을 비교해 보았을 때 미국의 마스크 기준을 만들기 위해 사용한 필터

가 5차 체비체프 필터임을 알 수 있다. (그림 4)에서 보듯이 캐나다의 8 km 이격에서 사용될 필터는 인접 채널 간섭에 가장 큰 영향을 주게 될 근접한 인접 대역에 대한 필터 특성이 5차 체비체프 필터보다 우수해야 하고, 비교적 영향이 미미한 끝부분은 덜 민감함을 알 수 있다. 결국 이러한 필터를 그대로 구현하기는 어렵고, 체비체프 필터를 이용하여 구현하기 위해서는 보다 높은 차수의 필터 계수가 필요하고 끝부분도 5차 계수 필터에 비해 훨씬 민감할 것이다.



(그림 5) 캐나다의 8km 이격을 위한 스펙트럼 기준

동일 채널 간섭 기준에 대한 미국과 캐나다의 비교에서 알 수 있듯이 양국의 기준차는 다중경로 왜곡에 대한 부가적인 여유값을 두었느냐 두지 않았느냐의 차이에 기인한다. 미국에서 다중경로 왜곡에 대한 부가적인 여유값을 구하는 방법이 명확하지 않아 이 값을 고려하지는 않았지만, 한 개 또



(그림 6) 5차 체비체프 필터

는 더 많은 인접 채널이 할당되는 곳에서 이러한 측파대의 "누설"이 열잡음에 더해져야할 고유적인 잡음으로써 나타난다. 미국에서도 이러한 효과를 고려하여 커버리지와 서비스 계산을 위한 문턱값을 올려 주어야 함을 인정하였으므로 국내의 경우에는 이 부가적인 여유값을 고려하여 보호비를 산정하는 것이 바람직하다고 본다.

Taboo에 관한 기준은 미국과 캐나다 기준이 동일하므로 이 기준을 국내 기준으로 이용하는 것이 가능할 것으로 본다.

본 고는 미국과 캐나다의 D/U비 기준을 계산하기 위해 사용한 몇 가지 파라미터와 기준값 산정시 차이점에 대한 분석자료로서, 국내 디지털 방송 기준 설정시 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

[1] *ATSC STANDARD, Transmission Measurement and Compliance for Digital Television*, Nov. 1997.

[2] *ATSC Document #97-06, An Evaluation of the FCC RF Mask for the Protection of DTV Signals from Adjacent*

Channel DTV Interference, July 1997.

[3] *ATSC Document #96-03, Comments on the Measurement of Out-of Channel Spectral Power Density*, Oct. 1996.

[4] *FCC96-317, Sixth Further Notice of Proposed Rule Making*, FCC, July 1996.

[5] *FCC97-115, Sixth Report and Order*, FCC, Apr. 1997.

[6] *FCC98-24, Memorandum Opinion and Order on Reconsideration of the Sixth Report and Order*, FCC, Feb. 1998.

[7] *Planning Parameters and Allotment Plan for DTV Service in Canada*, ITU−R, Mar. 1998.

[8] *A Proposed Set of Canadian DTV Emission Masks*, ITU−R, Mar. 1998.

[9] *Code of Federal Regulations 47, Telecommunication*, PART73, NAARA, 1994.