

일반논문-11-16-3-10

FM방송의 인접국 간섭환경에서 적응적 혼신보호비 변경에 의한 가용주파수 확보 방안

김기영^{a)}, 유흥균^{a)‡}

Securing Method for Available Frequency by Changing Adaptive Protection Ratio in Adjacent Station Interference Environment of FM Broadcast

Gi-Young Kim^{a)}, and Heung-Gyoon Ryu^{a)‡}

요 약

국내의 FM방송은 다양한 종류의 신규 방송서비스를 실시하기 위한 채널 요구가 점점 증대하고 있지만 가용채널이 포화된 상태다. 전 세계적으로 부족한 방송 스펙트럼 이용효율을 극대화하기 위해 FM방송의 채널간격을 200kHz에서 100kHz로 축소하고, 아날로그 대역 옆에 디지털신호를 배치하는 IBOC(In Band On Channel), DRM+(Digital Radio Mondial+) 등 많은 연구가 있었다. 그러나 인접국간 전파간섭으로 인해 출력을 저감할 수 밖에 없었다. 본 논문에서는 1986년도의 혼신보호비에 대해 문제점을 파악하고, 송신출력과 방송품질의 손실 없이 현대의 DSP(Digital Signal Processing) 기술에 맞추어 혼신보호비를 7~10dB까지 획기적으로 개선하는 방안을 제시하였다. 그리고 동일사이트에서 방송매체간 최소 주파수 이격폭을 800kHz에서 400kHz 또는 600kHz로 축소함으로써 현재보다 2배 많은 가용채널을 확보 할 수 있는 가능성을 검토하였다.

Abstract

The channels of domestic FM broadcast are needed to provide various kinds of new broadcasting services. However, available channels are limited and saturated. The channel interval of FM broadcast is changed from 200 kHz to 100 kHz to maximize utilization efficiency of scarce broadcast spectrum at all over the world. Also, there are many researches such as IBOC(In Band On Channel) and DRM+(Digital Radio Mondial+) that is to allocate the digital signal beside analog bandwidth. But output power is decrease to avoid interference between adjacent radio stations. In this paper, we analyzes the problems of the protection ratio which is decided in 1986 and we propose method to improve about 7~10dB significantly the protection ratio according to the recent DSP(Digital Signal Processing) techniques without loss of both transmission power and broadcast quality. In addition, we examined the possibility of securing two times available channels by reducing minimum frequency interval from 800 kHz to 400 kHz or 600 kHz in the equal site.

Keywords : Adaptive protection ratio, Available frequency, FM broadcast , Secure, Minimum frequency interval.

1. 서론

a) 충북대학교 전자공학과

Dept. of Electronic Engineering, Chungbuk National University

‡ 교신저자 : 유흥균(ecomm@cbu.ac.kr)

· 접수일(2011년3월9일), 수정일(2011년5월12일), 게재확정일(2011년5월12일)

우리나라의 FM방송 주파수는 88MHz~108MHz로 20MHz의 대역폭내에서 배분되고 있다. 채널의 점유대역폭은 200kHz이

고, 모두 100개 채널로 나누어져 있다. 그렇지만, 방송국간의 혼신방지를 위하여 같은 서비스 영역 내에서 방송국간 채널의 주파수 이격을 800㎐로 하고 있다¹⁾. 따라서 동일지역에 할당할 수 있는 최대 채널 수는 20개 밖에 안 되며, 인접한 방송국간의 채널 간섭을 고려하면 더욱 더 줄어들게 된다.

FM 방송이 시작된 1960년대는 전자산업이 낙후하여 FM수신기에서 IF(Intermediate Frequency)의 선택도가 매우 낮았으며, 간섭신호에 대한 포획능력이 많이 떨어졌다. 그러나 눈부신 전자기술의 발전과 1990년대 부터 상용화된 DSP(Digital Signal Processing) 기반의 digital IF 수신기는 아날로그방식 보다 간섭신호 제거 능력이 크게 개선되었다²⁾. 하지만, 1986년도에 규정된 FM방송의 혼신보호비는 이러한 부분이 제대로 반영되지 않아 사용 가능한 많은 채널들을 낭비하고 있다.

지금까지 국내·외적으로 부족한 방송 주파수대역에서 스펙트럼 이용효율을 극대화하기 위해 많은 연구가 진행되어 왔다. 국내에서는 FM방송의 채널 간격을 200kHz에서 100kHz로 축소하고, 국외에서는 아날로그 대역 옆에 디지털 신호를 배치하는 IBOC(In Band On Channel), DRM+(Digital Radio Mondial+) 등 많은 연구가 있었다³⁻⁵⁾. 그러나 이 같은 노력에도 불구하고 인접국간 전파간섭의 영향으로 송신출력을 크게 저감할 수 밖에 없었다.

그러므로 본 논문에서는 송신출력과 방송품질의 손실 없이 신규 방송 서비스를 지원하기 위하여 기존의 FM 방송의 규격을 최적화하여 가용채널을 확보하는 방안을 찾아보고자 한다. 따라서 이를 해결하기 위한 방안으로 첫째, 최신 FM수신기의 디지털 필터 처리와 간섭신호의 포획능력, clipping 등과 같은 DSP기술을 감안하여 1986년도에 설계된 ITU-R BS.412-9의 혼신보호비를 개선하는 방안을 검토하였다. 둘째, 앞서 언급한 개선된 혼신보호비를 고려하여 현재 동일사이트에서 방송매체간 사용중인 800㎐의 이격폭을 400㎐ 또는 600㎐로 축소하여 현재보다 가용채널을 더 많이 확보할 수 있는 방안을 검토하였다.

본 논문에서는 FM방송의 인접국 간섭환경하에서 적응적으로 혼신보호비를 개선시킴으로써 FM방송 대역에서 보다 많은 가용 주파수를 확보 할 수 있음을 제안한다. II장

에서는 FM방송의 점유 주파수 대역폭 및 혼신보호비에 대하여 기술하고, III장에서는 혼신보호비 개선을 위한 실험결과와 제안된 혼신보호비를 적용할 경우 보다 많은 가용 주파수 자원을 확보할 수 있음을 시뮬레이션을 통해 확인하였다. 마지막으로 IV장에서 결론을 맺는다.

II. FM 방송의 점유 주파수 대역폭 및 혼신보호비

1. FM방송의 점유 주파수 대역폭

FM방송은 VHF(Very High Frequency)대 전파 중 88MHz ~ 108MHz대의 주파수를 이용하며, 입력된 오디오 신호로 캐리어를 직접 주파수 변조하는 방식으로 점유 주파수 대역폭을 고려하여 최대 주파수 편이를 $\pm 75\text{kHz}(100\%)$ 로 규정하고 있다. 외국에서는 부가방송(SCA, RDS)까지 포함시켜 운용할 경우에는 110%까지 전체 변조도를 허용하고 있는 국가들도 있다. 모노 방송의 경우 하나의 가청 베이스밴드 신호만이 전송되지만, 스테레오 방송의 경우 두 개의 가청 베이스밴드 신호가 동시에 RF로 전송된다. 스테레오 방송의 최고 변조 주파수는 53kHz 이고 이를 Carson's rule에 따라 요구 대역폭을 계산해보면 256kHz 이다⁶⁾.

FM방송의 점유 주파수 대역폭에 대한 규정은 모노 방송에서 180kHz, 스테레오 방송에서 260kHz로 규정하고 있다. 현재 FM방송은 monophonic과 stereophonic 방송형태로 구분하고 있으며 FM방송은 기본적으로 AM방송에 비해 잡음과 혼신 등의 방해를 억제할 수 있는 장점을 가지고 있다. FM방송의 초기에는 모두 모노포닉 형태였으나 FM 변조기술의 발달에 따라 대부분 스테레오화 되었다. 특히 스테레오 방송은 모노 방송과의 양립성을 갖도록 좌신호(L)와 우신호(R)의 화와 차를 주, 부반송파에 변조시키는 AM-FM 방식 중 Pilot-tone방식을 사용하여 주채널(L+R)과 부채널(L-R)신호로 반송파를 변조하여 다중방송을 함으로써 스테레오 방송을 실시하고 있다⁶⁾.

앞장에서 서술한 FM스테레오 방송의 베이스밴드 신호를 수식으로 설명하면 식(1)의 순시 전압치로 표시할 수 있

다. 순시전압 $f(t)$ 는

$$f(t) = \frac{L+R}{2} + \frac{L-R}{2} \sin(\omega t) + P \sin\left(\frac{\omega}{2}t\right)$$

- L=좌신호, R=우신호
- $\frac{L+R}{2}$: 주채널 신호, $\frac{L-R}{2}$: 부채널 신호
- $P \sin\left(\frac{\omega}{2}t\right)$: Pilot신호 순시전압
- ωt =스테레오용 부반송파 주파수(38kHz)
- P=Pilot신호(19kHz)의 진폭

2. 주파수 이격에 따른 FM방송 혼신보호비 (protection ratio, dB)

FM방송의 혼신보호비는 희망하는 방송신호의 전계강도 세기가 혼신신호의 전계강도 세기 보다 어느 정도 커야 양호한 통신을 할 수 있는 지를 표시하는 것으로 보통 데시벨 (dB)로 표시한다.

간섭신호의 제거 정도에 따라 혼신보호비(protection ratio)는 식(2)와 같이 표현된다.

Protection Ratio(dB)
 =희망신호 전계강도(dBuV/m)-간섭신호 전계강도(dBuV/m) (2)

혼신보호비는 각종 수신기에서 희망신호가 간섭신호를

억압하고 원신호를 복원할 수 있는 전계강도의 임계치를 말하며, 희망신호와 간섭신호간의 주파수 이격에 따라 동일채널과 인접채널로 구분할 수 있다. 기본적으로 동일채널에서는 희망신호가 간섭신호보다 전계가 상대적으로 많이 커야 내성이 생긴다. 그러나 인접채널의 경우 희망신호로부터 간섭신호간의 주파수 간격이 멀어질수록 희망신호의 전계강도가 간섭신호보다 작아져도 내성이 생기는 특성이 있다. 예를 들어, 희망신호와 간섭신호간의 주파수 간격이 $\pm 100\text{kHz}$ 이고, FM 스테레오방송의 혼신 보호비가 +33dB 일때 희망신호의 전계강도 세기가 $61\text{dB}\mu\text{V/m}$ 이고, 간섭신호의 전계강도가 $41\text{dB}\mu\text{V/m}$ 라면 식(2)를 적용할 경우 +20 dB 이기 때문에 양호한 청취를 할 수 없게 되는 것이다.

한편, 우리나라의 FM방송의 채널 간격은 미국과 동일하게 200kHz 간격으로 홀수채널로 배치하고 있으나 북한의 경우 200kHz 간격으로 짝수채널을 사용하고 있으며, 가까운 일본의 경우 100kHz 간격으로 매우 촘촘하게 배치하고 있다^[6]. 이처럼 세계 각국의 채널배치가 각기 다르기 때문에 ITU-R에서는 오래 전부터 혼신보호비를 주파수 이격별로 아주 상세하게 권고하고 있다^[7].

따라서 본 연구에서는 FM 방송의 가용 주파수 확보를 위하여 기존의 틀을 유지하면서 혼신보호비에 대한 실험을 실시함으로써 신규 주파수 자원 확보가 가능하도록 연구를 실시하였다. 또한 FM방송의 수신점이 동일할 경우 수신단 말기를 변경해 가면서 400kHz에서 600kHz 주파수 이격시 상호 간섭여부를 확인해 보았다^[8]. 기존의 헤테로다인 방식은 FM, AM 라디오 방송을 수신하기 위해서 mixer를 이용하

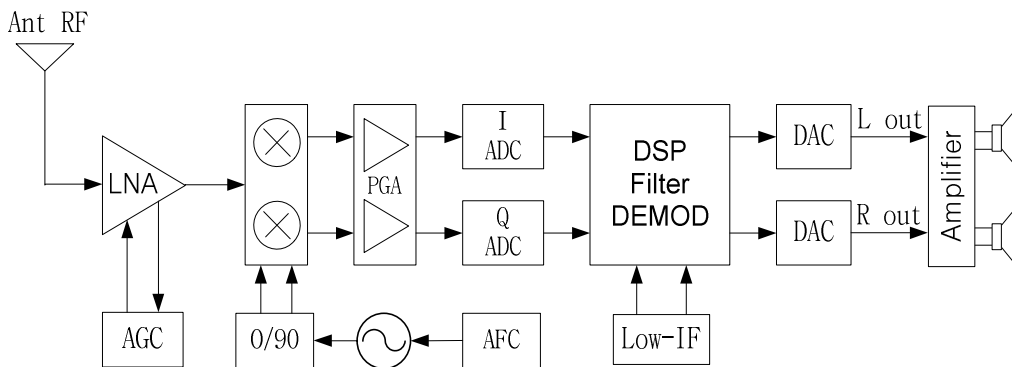


그림 1. 디지털 IF 방식의 FM 라디오 수신기 구성도
 Fig. 1. Block diagram of FM radio receiver with digital IF

여 RF를 IF로 변환하고 채널선택을 위해 IF filter를 사용하였다. 그러나 이 방식은 IF의 크기에 따라 이미지 주파수 간섭과 선택도간에 trade off 관계에 있었다. 그러나 1990년대 후반부터 DSP처리기술을 기반으로 digital IF 수신기가 생산되었다^[2].

그림 1의 digital IF 수신기는 헤테로다인 수신기 보다 현저히 낮은 low IF를 사용함으로써 뛰어난 감도를 실현하고, 선택도를 크게 높였으며, 디지털 영역에서 FIR(Finite Impulse Response) 또는 IIR(Infinite Impulse Response) 필터링을 구현하여 간섭신호 제거 능력이 매우 크게 개선되어 희망신호와 간섭신호간의 전계강도 차이 즉 혼신보호비를 줄여도 양호한 수신 품질을 확보할 수 있다.

III. 혼신보호비 개선을 위한 실험

1. 혼신보호비의 실험 구성

실험을 위한 측정장비의 구성과 혼신보호비 측정방법은 방송통신위원회 고시 “무선국 및 전파이용설비의 검사방법·절차 및 기준”과 “Rec. ITU-R BS.641의 Schematic diagram of the measuring arrangement”에 근거했다. 이번 혼신보호비 실험을 위해 측정장비의 구성은 그림 2,3과 같이

배치하였다. 또한 측정방법은 1kHz, 톤 신호를 희망신호 송신기에 인가하고, 15kHz, L=R신호를 간섭신호 송신기에 인가하였다. 이때 FM방송의 최대 주파수 편이는 $\pm 75\text{kHz}$ 를 초과하지 않도록 했다^[9]. 최대 주파수 편이의 크기에 따라 점유 주파수 대역폭 및 오디오의 신호대 잡음비(SNR : Signal to Noise Ratio)가 변동하여 간섭량의 변화를 초래할 수 있기 때문이다. 그리고 간섭신호의 전계강도를 1dB 단위의 Step Attenuator로 세밀하게 변경해 가면서 희망신호의 신호대 잡음비(SNR), 왜율 등을 정밀하게 측정하였다^{[10][11]}. 실험에 사용된 FM Transmitter는 FM250(Crown)과 Lex30(Bext)이며, FM Receiver는 Digital PLL Synthesised Tuner와 MP3 Player 및 Car Audio이다. 또한 측정장비는 국내·외의 기술기준을 만족하는 독일 Rohde Schwarz (FMAB)와 미국 Tektronix(AM700)의 Audio Signal Analyzer 및 Agilent(E4433B)의 Spectrum Analyzer를 이용했다.

기존의 측정 방식은 혼신보호비 측정시 표준유색잡음에 의해 변조된 신호를 간섭원으로 하고, 500Hz로 변조된 신호를 희망신호로 설정하여 신호대 잡음비를 측정하였다. 그러나 간섭원으로 노이즈를 사용하고, 모노 모드로 송출함으로써 점유 주파수 대역폭이 작아져서 인접채널에 미치는 영향이 상대적으로 적었다. 그러므로 본 논문에서는 실제 방송상황을 고려해 침투치 측정기로 최대 주파수 편이 ($\pm 75\text{kHz}$)를 측정한 후 희망신호와 간섭신호 모두 스테레오

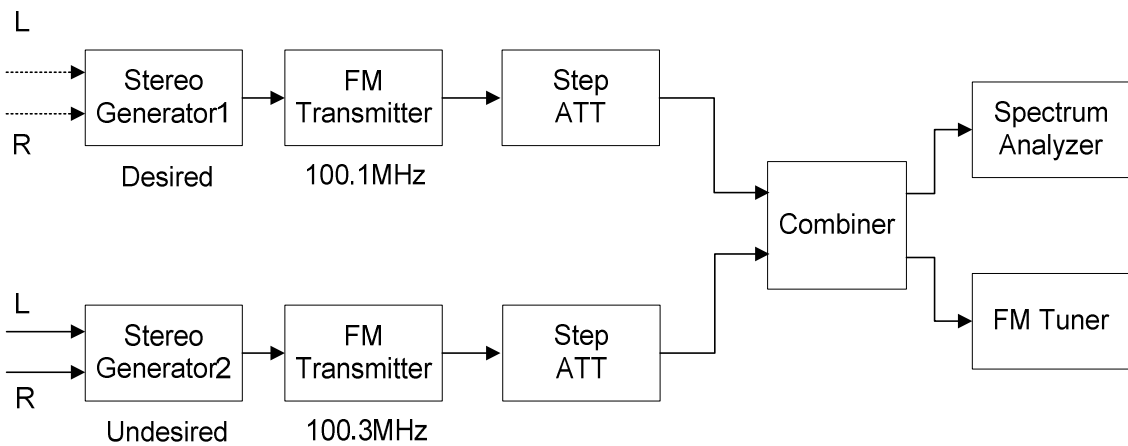


그림 2. FM방송 혼신보호비 실험 구성도

Fig. 2. Block diagram about experiment for protection ratio of FM broadcasting

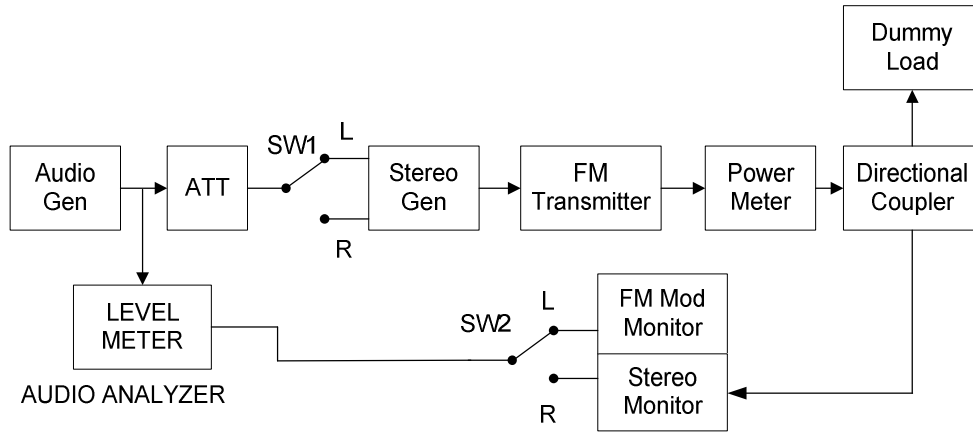


그림 3. FM방송 왜율, 신호대 잡음비 측정 구성도
 Fig. 3. Block diagram about measurement for FM broadcasting distortion and SNR

모드에서 동작시켜 SNR=50dB이상에서 혼신보호비를 측정하였다^[7]. 실제 상황을 고려하여 측정함으로써 보다 신뢰성을 갖는 측정 데이터를 획득했다.

또한 그림 3 처럼 FM라디오 수신기의 오디오 신호 output 단자에 헤드폰 및 스피커를 연결하여 주관적 음질평가도 병행하였다. 실험에 사용된 수신기는 라디오튜너, 카라디오, MP3수신기를 다양하게 적용하여 오디오 신호에 대한 품질을 모니터 하였다^[5].

2. FM방송의 혼신보호비 실험결과

일반적으로 가정용 하이파이브 시스템에서 FM 수신기의 실용감도(useable sensitivity)는 통상 신호대 잡음비(SNR) 30dB를 적용하고 있다. 이 경우 일반인의 귀에 거슬림이 없고, 깨끗한 음악을 감상할 수 있다고 한다. 그러나 자유공간상에서 전파는 시간적·공간적 fading 발생이나 건물에 의한 multipath로 수신 신호세기에 많은 변화가 발생하기 때문에 20dB이상 마진을 두어야 한다. 그러므로 FM 튜너에서 최소 SNR=50dB 이상을 확보하도록 하고, 현대의 디지털 신호 처리 기술에 맞추어 혼신보호비를 재설정 한다면 향후 FM방송 허가 시 채널배정을 보다 더 최적화 할 수 있어 부족한 FM방송의 가용채널 확보가 용이하다^{[7][9]}.

표 1은 ITU-R에서 권고하고 현재 국내에서 전파간섭 분석 시 적용하고 있는 혼신보호비(D/U Ratio: Desired signal to Undesired signal Ratio)로 표 2의 일본에서 적용하고 있는 혼신 보호비와 많은 차이점을 보인다.

표 1. ITU-R 권고하는 FM방송 혼신보호비^[12]
 Table 1. FM broadcasting protection ratio recommended by ITU-R^[12]

주파수 이격	±0kHz	±100kHz	±200kHz	±300kHz	±400kHz
Stereo DU비(dB)	+45	+33	+7	-7	-20

표 2. 일본에서 적용하고 있는 FM방송 혼신보호비
 Table 2. FM broadcasting protection ratio in japan

주파수 이격	±0kHz	±100kHz	±200kHz	±300kHz	±400kHz
Stereo DU비(dB)	+36	+22	+6	-8	-20

※ 자료제공 : 일본 총무성 정보통신국 (2007.12)

그리고 동일채널(±0kHz) 혼신보호비의 경우 일본은 우리나라 보다 9dB 완화된 36dB의 혼신보호비를 적용하고 있으며, ±100kHz의 주파수로 이격할 경우에도 11dB 만큼 완화된 +22dB를 적용하고 있지만 그 이상의 주파수 이격에 대해서는 비슷한 수치를 보인다.

계속해서 이번 실험의 측정조건을 살펴보면, 측정전파의

세기는 강전계(약 90dB μ V/m), 중전계, 약전계에 대하여 각각 기준으로 만들고 희망신호 및 간섭신호의 주파수 간격을 100kHz 차이가 나도록 설정한 다음 RF(Radio Frequency) 레벨을 변경해 가면서 실험하였다. 희망신호(100.1MHz)는 1kHz 단일톤 신호를 L과 R채널에 각각 입력하였으며, 간섭신호(100.5MHz)는 15kHz 톤신호를 L과 -R채널로 입력하여 희망신호의 신호대 잡음비가 열화되는 시점을 각각 비교해 가면서 측정하였으며 실험결과는 표 3과 같이 정리하였다.

표 3. 단말기 종류에 따른 혼신보호비 측정표
Table 3. Chart of protection ratio measurement according to the terminal type (단위: dB)

주파수 이격 (kHz)	FM수신기			
	가정용A	가정용B	차량용C	차량용D
0	34.0	33.0	36.0	36.0
100	21.0	23.0	22.0	21.0
200	0.0	1.0	-15.0	-18.0
300	-13.0	-15.0	-36.0	-38.0
400	-30.0	-29.0	-57.0	-46.0
500	-33.0	-40.0	-58.0	-56.0
600	-49.0	-47.0	-58.0	-59.0

먼저 이번 실험은 다양한 종류의 FM방송 수신기를 사용하여 인접국 간섭환경하에서 FM방송의 주파수 이격에 따른 혼신보호비를 측정하여 신뢰성을 확보하였다. 그리고 실험결과를 표 3과 그림 4에 상세히 나타냈다. 그림 4에서 주파수 이격이 ± 100 kHz 이내에서는 별 차이가 없으나 ± 200 kHz 이상에서는 가정용 보다 차량용이 선택도가 15dB 이상 더 좋은 것으로 확인되었다. 즉 가정용 수신기 보다 차량용 수신기가 인접채널 간섭원에 대해 내성이 더 강하다.

또한 그림 4에서 알 수 있듯이 선택도는 FM방송용 수신기의 종류에 따라 많은 차이를 보이고 있어 전체 수신기의 선택도 특성을 만족시킬 수 있는 가정용 수신기를 기준으로 표 4와 같이 혼신보호비를 개선한다. 여기서 표 4을 살펴보면 동일 주파수의 경우 FM수신 단말기에서 신호대 잡음비(SNR)를 60dB 이상으로 유지하기 위한 혼신보호비는 현재 적용하고 있는 +45dB보다 -5dB 완화된 +40dB로 측정

표 4. 신호대 잡음비(SNR) 열화에 따른 혼신보호비 측정 결과
Table 4. The result of measurement about protection ratio according to SNR degradation

주파수 이격	± 0 kHz	± 100 kHz	± 200 kHz	± 300 kHz	± 400 kHz
DU비(dB)	+36	+23	0	-15	-30

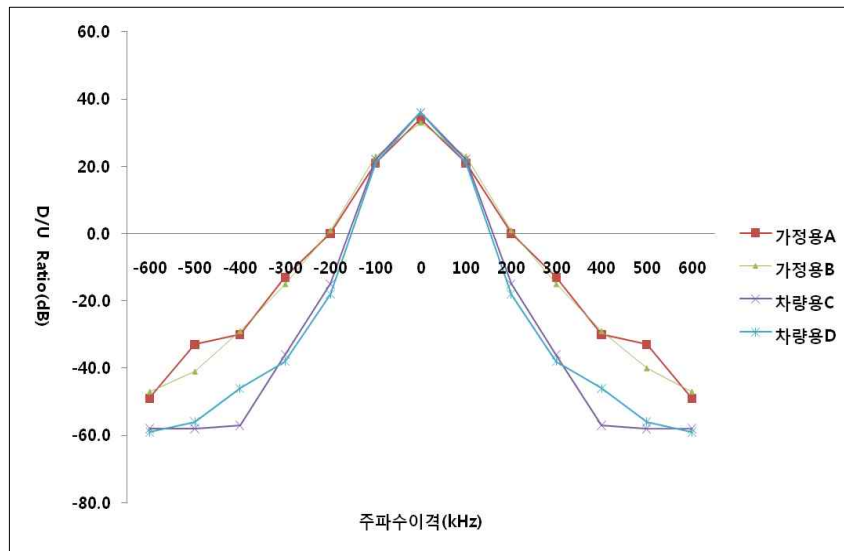


그림 4. 단말기별 혼신보호비 mask 특성
Fig. 4. Protection ratio mask according to the terminal type

되었으며, 신호대 잡음비(SNR)를 50dB 이상 확보하기 위해서는 +36dB의 혼신보호비가 필요한 것으로 측정되어 일본에서 사용하는 혼신보호비와 동일하게 측정되었다.

한편, 인접 주파수의 경우 희망신호(100.1MHz)가 간섭신호(100.5MHz) 보다 -13dB 작았을때 희망 오디오의 신호대 잡음비가 63dB로 측정되었다. 계속해서 RF레벨을 가변시켜 혼신보호비를 -15dB에서 -30dB까지 떨어뜨려도 희망신호의 신호대 잡음비가 50dB 이상 확보 되었으며, 잡음이 섞이지 않고 툠 소리를 깨끗하게 들을 수 있었다.

그러나, 간섭신호 대비 희망신호의 레벨이 -30dB보다 더 작아질 경우는 미약하게 툠 소리에 잡음이 섞여 들리는 것을 알 수 있었다.

이번 실험에 사용된 인켈튜너 등 최근 수신기의 경우 예전의 진공관식 전자제품 보다 선택도가 많이 향상 되었음을 알 수 있었다. 전세계 전자기술의 발달로 라디오 수신기의 선택도 성능이 크게 향상되었기 때문에 이에 따라서 국내에서 혼신검토를 위해 적용하고 있는 혼신보호비도 현재 $\pm 400\text{kHz}$ 이격시 -20dB에서 -30dB로 완화되어야 한다.

여기서 그림 5는 실험을 통해 얻은 오디오 신호 품질 열화에 따른 혼신보호비 마스크 특성을 나타낸 것으로 빨간색 점

선인 ITU 권고안과 파란색 실선인 실험결과와 그래프를 비교해 보면 상당히 많은 부분에서 혼신보호비가 완화 된다.

또한 동일한 사이트에서 인접한 방송국간 600kHz 주파수 이격에 따른 분리도(isolation) 시험에서는 희망신호(100.1MHz)의 전파세기를 가변시켜 간섭신호(100.7MHz)의 세기 +80.8dB μ V 보다 -30dB(50dB μ V)부터 -40dB (40.8dB μ V)까지 떨어뜨려도 희망신호의 신호대 잡음비가 50dB 이상 유지 되었다. 그리고 간섭신호가 전혀 섞이지 않고 깨끗하게 툠 소리를 들을 수 있었다.

그러나 -50dB 보다 더 낮은 레벨에서는 간섭신호가 섞임을 알 수 있었다. 위의 실험결과를 토대로 동일사이트에서도 다른 방송매체간에 현재 사용중인 800kHz의 이격폭을 600kHz까지 축소가 가능함을 확인 하였다.

마지막으로 동일사이트에서 400kHz 주파수 이격실험을 통해 얻은 결과를 살펴보면 400kHz 주파수 이격시 혼신보호비가 기존 -20dB에서 -30dB로 약 10dB 이상 완화되었기 때문에 현재 동일사이트에서 FM방송 매체간에 채널배정시 800kHz 주파수 이격에서 400kHz까지 주파수 이격이 가능함을 제안한다. 이 기술을 필드에 적용하기 위해서는 안테나와 송신기에서 몇 가지 기술적인 조건이 필요한데 세

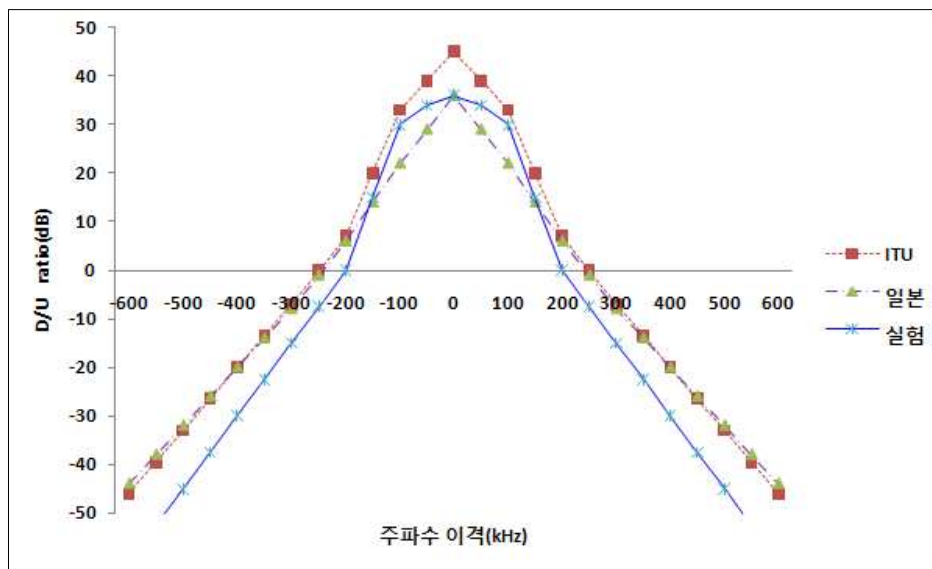


그림 5. 오디오 신호 품질 열화에 따른 혼신보호비 mask 특성
 Fig. 5. Mask of protection ratio according to the audio signal degradation

부적으로 내용을 살펴보면 아래와 같다. 첫째, 동일사이트에서 FM방송 매체간에 송신안테나의 이득이 비슷하거나 동일해야 하고, 둘째, 송신 안테나의 구성이 동일한 서비스 구역을 커버할 수 있는 비슷한 패턴을 가져야 하며, 셋째, 각 FM방송 매체의 공중선 실효복사전력이 동일해야 하고 넷째, FM방송의 각 송신기의 입력신호의 크기를 적절히 조절하여, 송신기에서 최대 주파수 편이가 ±75kHz 이상 과변조가 되지않도록 유지함으로써 점유 주파수 대역폭(260 kHz)이 초과되는 현상을 막아야 한다. 이처럼 위에서 언급한 이런 기술적 조건들을 만족시키도록 시스템을 설계한다면 동일사이트에서 FM방송 매체간 400kHz 주파수 이격이 가능해져 기존 800kHz 간격으로 허가된 채널 사이에 새롭게 신규 주파수를 배치함으로써 가용 주파수를 2배 정도 확보할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 현재 KBS나 MBC에서 FM방송의 베이스밴드에 RDS(Radio Data System), DARC(Data Radio Channel) 같은 서브캐리어를 사용하고 있지 않기 때문에 상대적으로 점유 주파수 대역폭이 작아져 400kHz 주파수 이격 가능성이 높아지게 된다.

한편, 영국의 Ofcom 등 유럽의 여러나라에서도 부족한 FM방송 가용채널 확보를 위해 사이트별 FM방송 채널플랜시 ITU권고안 보다 완화하여 혼신보호비를 적용하고 있다. 한편 FM방송 사이트별 채널 플랜과정에서 적정한 혼신보호비의 사용은 방송서비스 품질과 스펙트럼 사용 효율 사이의 균형을 맞추는 임계치이므로 이번 실험결과 및 해외 사례를 유추해 볼 때 FM방송 혼신보호비가 최대 10dB에서 최소 7dB까지 완화되는 것으로 확인되었다. 따라서 우리나라

표 5. 주파수 이격에 따른 D/U비 변경 제안
Table 5. Proposal about changing D/U ratio according to the freq. separation (단위: dB)

주파수 이격	현재 혼신보호비	제안된 혼신보호비	개선
0 kHz	+45	+36	-9
100 kHz	+33	+23	-10
200 kHz	+7	0	-7
300 kHz	-7	-15	-8
400 kHz	-20	-30	-10

라도 이번 실험을 통해 얻어진 표 5의 결과처럼 FM방송의 혼신보호비가 개선되어야 할 것으로 보인다.

3. 시뮬레이션을 통한 방송서비스 구역 및 혼신면적률 비교

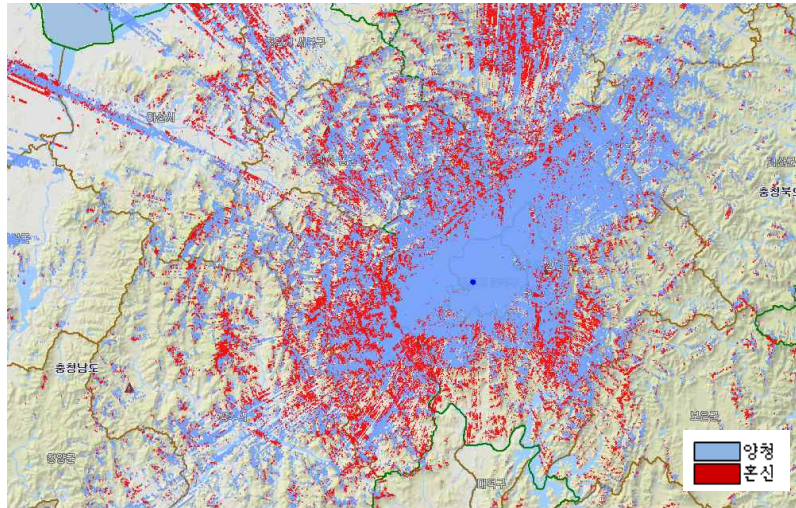
본 연구에서는 제안된 혼신보호비에 대한 성능개선의 검증 위해 대전과 청주지역에서 이미 상용화 되어 사용하고 있는 2개의 FM 스테레오방송 매체에 대해 SMI (Spectrum Management Intelligent) 전파분석Tool에 의해 시뮬레이션을 실시하고 방송서비스 구역과 혼신면적률 그림 6과 같이 비교 하였다. 먼저 대전CBS(91.7MHz/5kW)를 간섭국으로 하고 청주CBS(91.5MHz/3kW)를 희망국으로 설정하였으며, 이때 두매체간 주파수 이격은 200kHz로 하였으며 적용된 전파분석 모델은 B.CAST모델을 기반으로 시뮬레이션을 실시하였다^[1].

$$\begin{aligned}
 & \text{수신전계강도 } E(\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}) \\
 & = E_o + E_h + E_f + E_r + E_v + E_k + E_s
 \end{aligned}$$

- Eo : 자유공간 전계강도(dBuV/m)
- Eh : 송수신 높이에 따른 위상 손실(dB)
- Ef : 반사파 손실(dB)
- Er : 방해점 손실(dB)
- Ev : 모서리형(Knife-edge) 차단점 회절손실(dB)
- Ek : 구면(Spherical)에 의한 차단점 회절손실 (dB)
- Es : 경도상의 지형특성에 따른 보정치(dB)

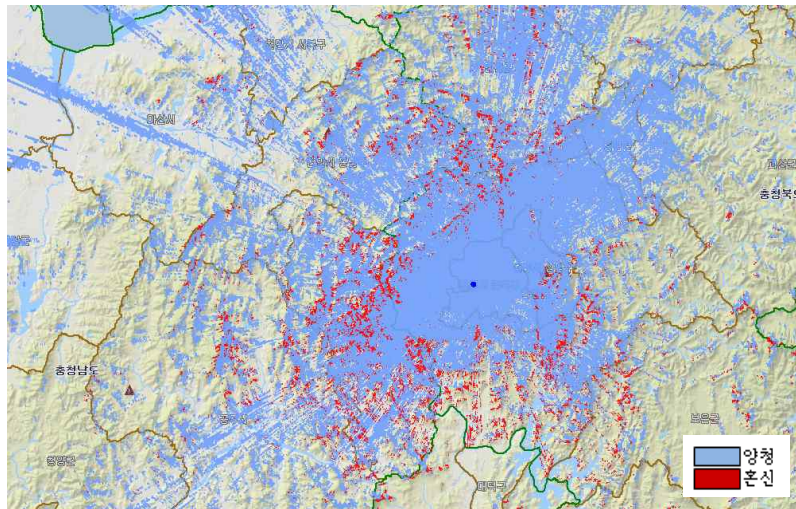
B.Cast 전파분석 모델은 방송통신위원회 고시에 근거한 알고리즘으로 임의의 수신지점에서 방송구역 전계강도 계산기준이며 그 계산식은 식 (3)과 같다. 우리나라와 같이 산악지형 많은 곳의 경우 국제적으로 많이 쓰이는 P.1546 등 다른 전파분석 모델 보다 정밀도가 높아 국내에서는 많이 사용된다.

분석결과를 살펴보면 대전CBS로부터 청주CBS가 받는 혼신면적율을 살펴보면 기존 혼신보호비(+7dB)의 경우 혼신면적율이 30%로 많았지만, 제안된 혼신보호비(0dB)를 적용할 경우 혼신면적율이 16%로 약 반으로 줄었음을 알 수 있다.



방송면적 (km ²)	양청면적 (km ²)	양청면적률 (%)	혼신면적 (km ²)	혼신면적률 (%)
1803.17	1275.06	70.71	528.1	30

(a) 기존 D/U비(+7dB) 적용시
 (a) In case D/U ratio is +7dB



방송면적 (km ²)	양청면적 (km ²)	양청면적률 (%)	혼신면적 (km ²)	혼신면적률 (%)
1803.17	1513.95	83.96	289.21	16

(b) 제한된 D/U비(0dB) 적용시
 (b) In case D/U ratio is 0dB

그림 6. SMI 시뮬레이션을 통한 방송면적률 및 혼신면적률 비교
 Fig. 6. Comparison about service and interference area through SMI simulation

또한 청주CBS의 양청면적율도 70%에서 84%로 많이 향상된다. 이때 공중으로 FM라디오 방송을 수신하는 단말기에서는 그 지점에서 C/I Ratio(Carrier to Interference Ratio)를 모두 만족시켰기 때문에 단말기에서의 왜율은 1% 이하이고, 신호대 잡음비도 50dB이상 확보된다.

이 밖에도 제안된 혼신보호비를 적용하여 인접한 거리에 위치한 다른 사이트간에 동일 및 인접채널간 전파분석 시물레이션을 실시한 결과에서도 피혼신국에서 받는 혼신량이 많이 개선 되었다.

IV. 결 론

현재 국내에서 FM방송의 가용채널 배치 시 혼신분석에 적용하고 있는 혼신보호비는 1986년도 진공관과 같이 소자 특성이 나쁜 장비에 맞추어 표준화 되었기 때문에 실제 사용 가능한 많은 채널들이 낭비되었다. 이런 단점을 극복하고 채널배치를 최적화 할 수 있도록 디지털 필터 처리와 간섭신호 포획능력 등 현재의 반도체 신호처리 기술의 발전에 맞도록 실험을 통해 기존의 혼신보호비를 획기적으로 개선할 수 있는 가능성을 증명하였다. 본 논문에서 주장하는 실험결과의 기대효과는 크게 3가지로 요약 할 수 있다. 첫째, FM방송국 허가 시 개선된 혼신보호비를 적용할 경우 시물레이션 결과로써 스펙트럼 이용효율을 크게 개선할 수 있다.

둘째, 개선된 혼신보호비를 고려한 결과 현재 동일사이트에서 FM방송 매체간 최소 주파수 이격폭을 현재의 800kHz에서 400kHz 또는 600kHz로 축소하여 재배치 할 수 있다. 그러므로 현재보다 2배 많은 가용채널을 확보할 수 있다. 셋째, 향후 디지털라디오방송 도입 시 기존 FM방송과 같은 주파수 대역으로 표준화된 DRM+(DigitalRadio-Mondial+) 및 IBOC(In Band On Channel)방식과 상호간에 미치는 영향을 분석하고 상호 같은 주파수 대역에서 공존

을 위한 검토 자료로 활용될 수 있다^{[5][13]}.

마지막으로 확장된 가용채널을 활용하여 더욱 다양한 방송서비스가 가능해짐으로써 현재 침체된 방송시장의 활성화를 촉진시키고, 관련 사업을 육성시켜 국민경제 발전에 기여할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 방송통신위원회 고시 제2008-17호(2008.5.19) : 방송구역전계강도의 기준 작성요령 및 표시방법
- [2] F. Adduci, M. Annovazzi, G. Boarin, A. Colaci, V. Colonna, G. Gandolfi, M. Sala, F. Salidu, F. Stefani, M. Frey, P. Kirchlechner, C. Kutschenreiter, A. Baschiroto, "A DSP-based digital IF AM/FM car-radio receiver", Proceedings of the 29th European Solid-State Circuits Conference, pp. 201~204, 2003.
- [3] 최연자, 장은영, 조성준, "국내 FM 방송에서 채널 간격의 축소에 따른 스펙트럼 이용효율의 개선에 관한 연구", 한국통신학회논문지, 제16권, 제9호, pp. 819~827, 9월, 1991년.
- [4] 유형석, 계선형, 서종수, "FM In-Band DAB 신호와 FM방송신호의 상호간섭," 한국통신학회하계종합학술대회, pp. 675-679, 7월, 1998년.
- [5] 정영호, 박소라, 김건, 이현, 이수인, "동일채널 FM 간섭원에 대한 IBAC DAB 시스템의 혼신보호비 분석", 방송공학회논문지, 제5권, 제2호, pp. 199~210, 12월, 2000년.
- [6] 방송통신위원회 고시 제2010-16호(2010.8.4) : 무선설비규칙 제5장 방송표준방식 및 방송업무용 무선설비의 기술기준
- [7] ITU-R BS.641: Determination of radio frequency protection ratios for frequency modulated sound broadcasting(1986)
- [8] Newzealand, ministry of economic development, radio spectrum management, online Available:http://www.eat.rsm.govt.nz/cms/policy-and-planning/policy-documents-operational/ broadcasting/fm-400-khz/
- [9] ITU-R SM.1268-1 : Method of measuring the maximum frequency deviation of FM broadcasting emissions at monitoring stations
- [10] ITU-R SM.1140 : Test produces for measuring aeronautical receiver characteristics used for determining compatibility between the sound broadcasting service in the band of about 87~108MHz and the aeronautical services in the band 108~118MHz
- [11] ERA Technology(2007-0301) report : Conducted RF measurements to quantity 10.7MHz IF interference to FM receivers
- [12] ITU-R BS.412-9 : Planning standards for terrestrial FM sound broadcasting at VHF
- [13] 김병길, 오길남, 서종수, "FM In-Band On-Channel DAB 시스템의 성능개선방안 연구", 한국통신학회논문지, 제25 권, 제2호, pp. 234~240, 2월, 2000년.

저 자 소 개



김 기 영

- 1995년 2월 : 한밭대학교 전자공학과(공학사)
- 2000년 3월 ~ 2002년 8월 : 충남대학교 전파공학과(공학석사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 전자공학과 박사과정
- 1996년 8월 ~ 현재 : 방송통신위원회 근무
- 주관심분야 : OFDM 통신시스템, DAB 및 VSB 등 방송시스템



유 흥 군

- 1988년 ~ 현재 : 충북대학교 전자공학과 교수
- 2002년 3월 ~ 2004년 2월 : 충북대학교 컴퓨터정보통신연구소 소장
- 1992년 ~ 현재 : IEEE, IET 논문 심사위원
- 2002년 : 한국전자파학회 학술상 수상
- 2008년 : 그리스 ICWMC 2008 국제학술대회 'Best Paper Award'수상
- 2009년 : 프랑스 SPACOMM 2009 국제학술대회 'Best Paper Award'수상
- 주관심분야 : 이동 통신 시스템, 위성통신, 3G/4G 시스템, 통신회로 설계 및 통신 신호 처리