동일 송신소의 FM 채널 이격조건 연구

정회원 허 영 태*, 김 광 의*, 종신회원 권 원 현*

Regulations on Channel Separation for Co-Sited FM Transmitters

Young-tae Her*, Kwang-ui Kim* *Regular Members*, Won-hyun Kwon* *Lifelong Member*

요 약

본 연구에서는 국내 FM 방송 가용주파수 확보 가능성을 확인하기 위하여 600㎑ 채널이격 간격에 대한 동일 송신소 이격실험을 실시하였다. 동일 송신소에서 주파수를 600㎑ 로 이격할 경우, 수신기를 통한 주관적 음질평가, 전계강도 등의 특성이 비교적 양호한 것으로 평가되어 사전 시뮬레이션 및 충분한 Field Test 등의 사전 분석을 통해 사용할 수 있음을 확인하였다.

Key Words : FM Broadcasting Signals, Co-sited transmitter, D/U, Field Strength

ABSTRACT

In this paper, field trials for co-sited transmitters with 600㎑ channel separation are performed to investigate the available FM spectrum resource of Korea. Requirements of subjective voice quality and electric field intensity levels are quite well fulfilled during overall field trials. Experimental results show that 600㎑ channel separation in co-sited transmitter can be permitted after reasonable pre-simulation and field trial.

Ⅰ. 서 론

국내외 FM 채널 현황은 이미 많은 방송주파수 할당으로 더 이상 신규 가용 채널확보가 어려운 상태이다. 특히 기간국급 대출력 송신소에서 발사되는 전파는 수백 ㎞까지 전파되어 상대 방송구역에 잡음원으로 작용함에 따라 채널할당을 더욱 어렵게 하고 있다. 2010년 1월 현재 우리나라는 총 323국이 허가되어 서비스 중에 있으며 이 중에서 162국이 방송국이고 161국이 방송보조국이다.

우리나라를 비롯해 미국 등 대부분 국가에서는 엄격한 기준을 적용하여 채널할당을 하는 반면, 일부 국가에서는 방송품질과 관계없이 주파수를 할당하여 사업자간 문제가 발생되는 국가도 있다. 최근, 지역적으로 산재해있는 송신소를 단일 철탑 또는 단일 지역화함으로써 운용 및 관리의 효율화를 도모함과 동시에 송신소 확보에 필요한 경비를 절감코자하는 추세이다. 동일 송신소의 명확한 정의는 없지만 유사한 방송구역 측면에서 보면 동일한 철탑을 사용하는 경우, 동일한 철탑은 아니지만 아주 가까운 거리에 있는 철탑을 사용하는 경우, 수 ㎞이내에 있는 철탑을 사용하는 경우 등으로 분류할 수 있다.

이러한 동일 송신소 내의 채널 간 혼·간섭을 최소화하고 엄격한 송신 품질을 유지하기 위하여 우리나라, 미국 및 일본 등은 동일 송신소 내의 채널간 이격간격을 FM 방송인 경우 800㎑ 이상으로 이격 배치하여 할당하고 있다. (정보통신부 방송국 허가업무 편람('95.12월):대부분의 방송구역이 중첩되고 인접하는 두 방송국간의 주파수 간격은 최소 800㎑ 이상 떨어져야 한다)[1-5], 그러나 최근 FM 방송 서비스 확대와 방송 송신점 단일화를 위해 400㎑ 및 600㎑ 이격에 대한 연구가 절실히 요구된다.

외국의 경우 400㎑ 에 대한 혼신보호비 기준은 -20 dB로 되어있으나 600㎑ 에 대한 기술 기준은 연구되

* 안양대학교 정보통신공학과 (whkwon@anyang.ac.kr)
논문번호 : KICS2010-04-167, 접수일자 : 2010년 4월 12일, 최종논문접수일자 : 2011년 1월 28일

지 않은 상태이다. 뉴질랜드의 경우 최근 FM 가용주파수 확보를 위해 동일 송신소 400㎑ 이격실험을 실시한 바 있으나, 채널 지정까지는 알려진 바 없다.

본 연구에서는 국내 FM 가용주파수 확보 가능성을 확인하기 위해 600㎑ 채널이격 간격에 대한 동일 송신소 이격실험을 실시하였고, 실험 결과에 대한 의견을 수렴하여 결론을 도출하였다.

Ⅱ. 동일송신소에 대한 기술기준

미국 FCC의 기술기준은 지역별 사용가능한 채널표를 기술기준에서 정하고 있다. 채널할당 시 채널이격에 따른 방송국간 최소 설치거리를 적용하고 있으며, 동일채널, 1차·2차·3차 인접채널 및 IF 주파수에 대해서 송신기 간 일정거리 이상으로 배치할 것을 권고하고 있다.

이러한 배치 근거는 ITU-R 권고 BS.412-9[1]에 의해 결정되어지며, 혼신보호비(protection ratio, D/U비)와 주파수 이격 및 수신기 성능 등을 기준으로 평가하여야 하며, 이는 다음과 같다.

2.1 혼신보호비

FM 혼신보호비는 ITU-R 권고 BS.412-9에서 400㎑ 주파수이격 이하에 대해서 정하고 있고, 400㎑ 주파수이격 이상에 대해서는 동 권고 부록2를 참조하도록 하였다. 혼신보호비 산정시 수신 품질기준은 오디오 주파수(AF)의 S/N가 50dB 이상을 초과하도록 하였으며, 개략적인 내용는 그림 1 및 표 1과 같다. 그림 1에서 알 수 있는 것처럼 600㎑ 일 경우 혼신보호비는 -30 dB 수준으로 설정되어진다.

FM 혼신보호비란 D/U (Desired/Undesired) 라고도 지칭하며 비희망신호에 대해 희망신호가 상대적으로 높은 이득을 데시벨(dB)로 표시한다.

- B 송신국의 동일채널 간섭신호 : $U1 = P_{t2} + G_{t2} - L_{(d2)}$
- C 송신국의 동일채널 간섭신호 : $U2 = P_{t3} + G_{t3} - L_{(d3)}$
- A 송신국의 동일채널 희망신호 : $D = P_{t1} + G_{t1} - L_{(d1)}$

방송망에서 사용하는 혼신보호비(dB)는 $D/U \geq D - (U1 + U2)$ 으로 표현된다.

혼신보호비 마아진 (PM)은 다음과 같다.

$$PM = FS - AF - NF \text{ (dB)} \quad (1)$$

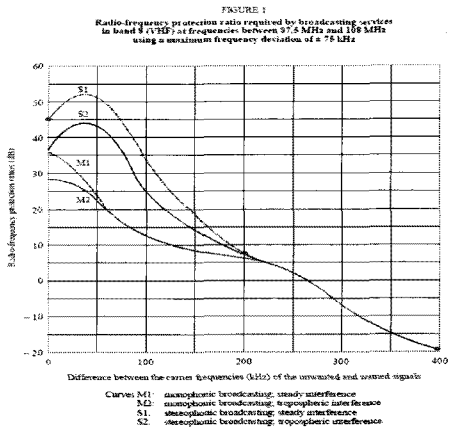


그림 1. 혼신보호비 그래프(ITU-R BS.412-9)

표 1. 혼신 보호비

중심주파수 이격	혼신보호비
0(동일채널)	45dB(Stereo), 36dB(Mono)
200㎑(1인접채널)	7dB(Stereo), 6dB(Mono)
400㎑(2인접채널)	-20dB(Stereo, Mono)
600㎑(3인접채널)	없 음

여기에서,

- FS : 국제표준인 ITU-R 권고 BS.412에서 정하는 최소 전계강도 값 (dBμV/m)
- AF : 안테나 종류 및 수신율에 관련된 조정 팩터 (dB)이며, 수신율 관련 조정팩터는 장소율 50%에 대해서 -16dB, 장소율 90%에 대해서 -10dB를 적용
- NF : E_C 및 E_T 등에 의한 잡음 전계강도 (dBμV/m)이며, 연속잡음 (E_C)은 $E_C = E_{(50,\ 50)} + P + A_C$ 으로 표현되고, 대류성잡음 (E_T)는 $E_T = E_{(50,\ t)} + P + A_T$ 으로 표현
- $E_{(50,\ t)}$: 송신출력 1kW일 경우 시간율 t(=1~10)% 동안 전계강도 (dBμV/m)
- P : 등가등방성복사전력 (ERP, dBkW)
- A : 혼신보호비 (dB)

다수의 신호로 구성된 간섭신호의 신호세기(E, dBμV/m)는 다음 식으로 표현된다.

$$E = 10\log_{10}\sum_{i=1}^{n} 10^{\frac{E_i}{10}} \quad (2)$$

여기에서,

· Ei : NF+AF 신호를 포함하는 개별적인 신호세기, 또는 전계강도 (dBμV/m)
· n : 신호 갯 수

ITU-R 권고 BS.412-9 부록 2에는 400㎑ ~ 1㎒ 채널이격 시의 혼신보호비를 규정하고 있다. 400㎑ 이상 이격 신호의 혼신보호비는 모노 · 스테레오 방송신호와 관계없이 동일한 값을 유지함을 나타내고 있으며, 가정용 수신기일 경우 400㎑ 이격 이상에 대한 혼신보호비는 일정하게 유지(약 -40dB)함을 보여주고 있다. 가정용 수신기에 78dBμV/m의 강한 신호를 입력한 경우 400㎑, 600㎑, 800㎑ 이격 시의 혼신보호비는 -12dB, -16dB, -18dB로 강화되었으며, 일반적인 400㎑ 이격 시 혼신보호비인 -20dB 보다 8dB이상으로 증가한다.

이러한 ITU-R 본문의 혼신보호비와 ITU-R 부록 2의 혼신보호비의 차이는 세 가지로 해석될 수 있다. 즉, ITU-R 본문의 혼신보호비는 수신기 품질기준을 오디오주파수(AF) S/N가 50dB 이상일 경우에 품질을 평가한 반면에 ITU-R 부록 2의 혼신보호비는 AF S/N가 30dB, 40dB 및 50dB 인 경우의 품질을 평가함에 따른 것으로 볼 수 있다. 또한 이동 수신 등을 고려해 혼신보호비에 여유(margin)을 둔 것으로 보인다. 아울러 80년대 ITU-R 혼신보호비 기준 제정 이후 수신기 성능이 향상됨에 따라 혼신보호비가 개선된 것으로 볼 수 있다.

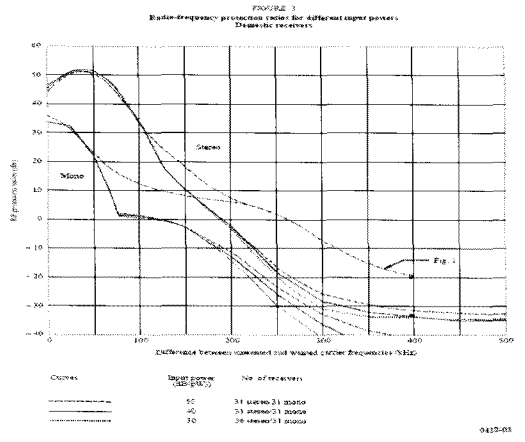


그림 2. 가정용 수신기 혼신보호비(ITU-RBS.412-9)

2.2 주파수 이격 및 수신기 성능[1-2]

ITU-R 보고서 BS.946-1에서는 동일 사이트에서 콤바인할 경우 최소 800㎑ 이상 채널을 이격하여야 방송신호품질을 보장하고 상호변조 간섭 최소화할 수 있다고 권고하고 있다. 또한 동일 사이트에서 송신안테나를 분리할 경우에는 800㎑ 이내도 가능할 수 있다고 규정하고 있다.

ITU-R 권고 BS.704에는 수신기 감도, 선택도 및 수신 안테나 등도 규정하고 있다. 수신기 감도는 차량형 등 외장안테나에서 수신레벨인 53dBμV, 최적화된 내장안테나는 전계강도인 50dBμV/m로 규정하고, 이때 AF S/N은 40dB 이상으로 확보할 수 있다. 또한 수신레벨이 88dBμV 이상인 경우, AF S/N가 56dB이상이다.

동일 · 인접채널에 대한 각 혼신보호비는 ITU-R 권고 BS.412를 참조하도록 권고하고 있으며, 400㎑ 이상 채널이격에 대한 혼신보호비는 -20dB 이하라고 규정하였을 뿐 이격 주파수별 구체적인 혼신보호비 규정은 제시하고 있지 않다.

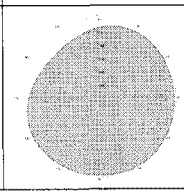
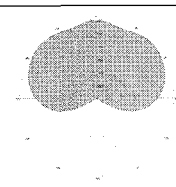
Ⅲ. 600㎑ 이격실험

3.1 측정시스템 구성 및 측정방법

방송사는 송신소 단일화 및 동일 사이트 FM 주파수 이격실험을 위해 89.1MHz 관악산 실험국을 허가 개설하였다. 관악산 송신소에는 주파수 600㎑ 가 이격된 방송신호로 기존 FM방송이 서비스되고 있어 이 두 방송 채널의 상호 간섭 가능성이 상존하고 있다. 두 방송국의 주요 제원은 다음 표 2와 같으며, 구성도는 그림 3과 같다.

600㎑ 주파수이격 실험 시 FM방송신호가 정상적인 신호품질로 송출되는지 점검을 위해 야간 정파시간을 이용해 스퓨리어스 등 송신기 검사를 실시하였

표 2. 실험국과 인접 방송국 주요 송신 제원

구 분	실 험 국	인접 방송국
중심주파수	89.1㎒	89.7㎒
송신 출력	5㎾	3㎾
ERP	14.8dBk	9.4dBk
안테나 제원	CP-Dipole 6BAY(135°)	CP-Dipole 2단2면(45°, 315°)
송신점 위치	KBS 구철탑	넥스콘테크 철탑
해발고	636m	654m
방사 패턴		

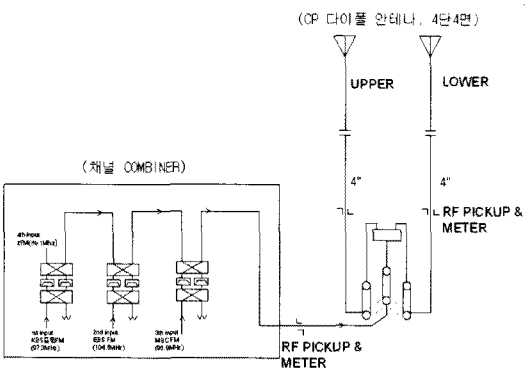


그림 3. 관악산 FM 콤바인 개요도

으며 검사결과 특이 사항은 없었다. 전계강도 측정장비는 고정·이동측정이 가능한 측정차량 2대를 이용하였으며 지면 4m 높이의 차량탑재 안테나를 이용해 실시간 위치별 전계강도를 측정하였다. 주관적 음질평가는 전계강도 측정차량에 부착된 라디오 수신기로 평가하였으며 이를 보완하기 위해 2대의 승합차량 수신기로 함께 평가하였다. 600㎑ 이격실험을 위해서 실험국과 기존 방송국과의 혼신 가능여부를 검토할 수 있는 방송 신호를 대상으로 하였으며, 이를 표 3에 나타내었다.

600㎑ 이격실험은 2회에 걸쳐 현장조사를 실시하였다. 1차 현장조사는 음질 및 전계강도 측정하기 위해 수도권 순환고속도로 구간에서 고정측정 및 이동측정을 동시에 실시하였다. 2차 현장조사는 강한 전계강도 지역인 안양 및 과천지역과 1차 현장조사 결과 기존 방송국의 신호세기가 실험국 신호보다 상대적으로 낮아 방송사 측이 간섭이 있다고 판단되는 지점을 측정지역으로 선정하였다.

측정 후 전계강도 측정치를 기준으로 혼신보호비를 산정하였으며, 주관적 음질평가 결과를 함께 고려하여 평가하였다.

표 3. 측정 주파수

주파수 이격	88.7㎒ (-400㎑)	89.1㎒	89.3㎒ (+200㎑)	89.7㎒ (+600㎑)	97.3㎒
주요국	가엽산 (MBC)	실험국	우암산 (KBS)	관악산 (원음)	관악산 (KBS)

3.2 고정 측정

측정지역은 관악산 송신소를 중심으로 수도권 순환고속도로에서 실시하였고, 측정지점은 측정지점 간 약 5㎞ 간격으로 총 43개 지점에서 측정하였으며, 그림 4에 나타내었다. 그림 5는 측정지점에서의 실험국 및 기존 방송국의 전계강도 분포로 측정지점에서 대부분 강 전계강도로 수신되었다.

표 4에는 고정측정 지점에 대한 D/U 비 측정결과를 나타내었다. 희망국의 최소 방송구역을 위한 전계강도 기준인 48 dBμV/m를 기준으로 평가할 경우 매우 엄격한 규격인 400㎑ 이격기준 -20dB의 보호비를 적용하더라도 모든 측정지점에서 기준을 만족하였다. 또한 그림 6에 나타낸 D/U비 -10dB 이하인 지점들을 포함하여 모든 측정지점에서의 주관적 음질은 양호한 등급(3등급 품질) 이상을 평가되었다.

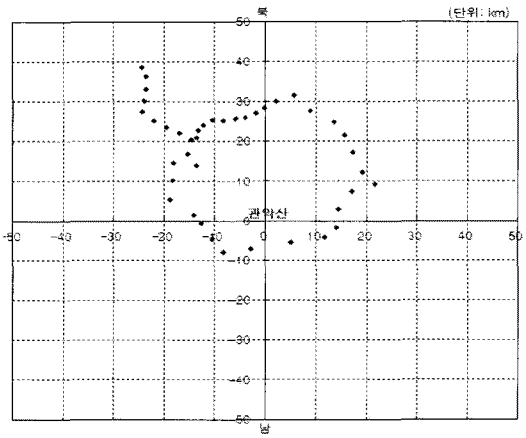


그림 4. 고정측정 지점

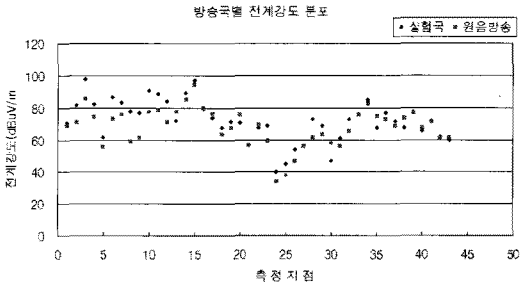


그림 5. 600㎑ 이격된 방송국별 전계강도

표 4. 고정측정 시의 600 ㎑ 혼신보호비(D/U) 특성

구 분	전체 지점수	D/U -10dB 이하		D/U -20dB 이하		D/U -30dB 이하	
		지점	비율	지점	비율	지점	비율
실험국→ 기존방송국	43	8	18.6%	0	0%	0	0%
기존방송국 →실험국	43	0	0%	0	0%	0	0%

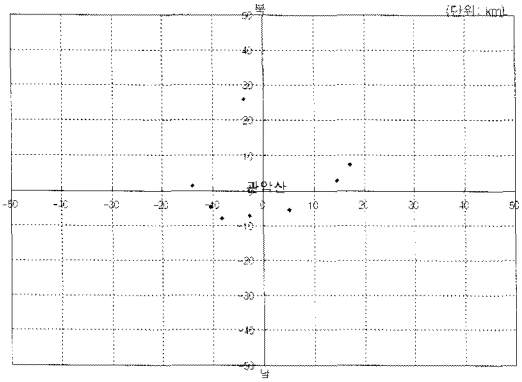


그림 6. 혼신보호비 -10dB 이하인 측정지점

3.3 이동 측정

측정지역은 관악산 송신소를 중심으로 수도권 순환 고속도로에서 실시하였고, 측정지점은 정지상태를 제외하고 측정지점 간 약 100m 간격으로 총 3,444개 지점에서 이동 측정하였다. 그림 7은 이동측정 경로를, 그림 8은 이동측정 시의 수신전계강도로 대부분의 지역이 강전계였고 기존 방송국 신호에 비해 실험국 전력이 높게 측정되었다.

표 5, 그림 9 및 그림 10에는 이동측정 지점에 대한

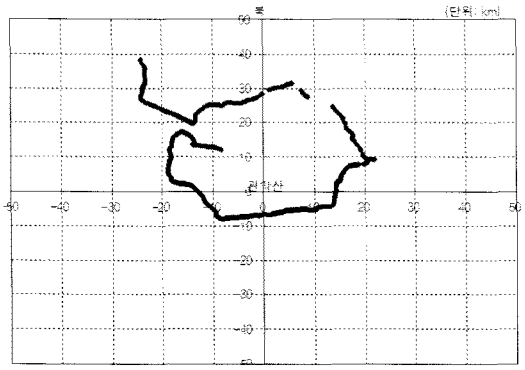


그림 7. 이동측정 지점

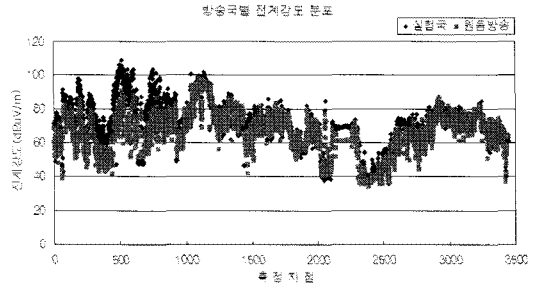
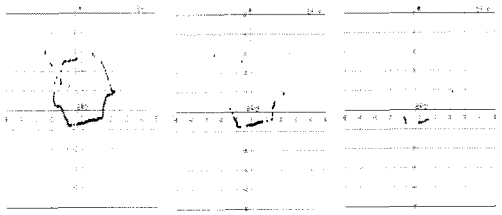
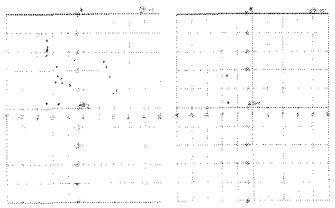


그림 8. 600㎑ 이격된 FM방송국별 전계강도



(a) 보호비 -10dB 이하 (b) 보호비 -20dB 이하 (c) 보호비 -30dB 이하

그림 9. 기존 방송신호의 보호비



해당사항 없음

(a) 보호비 -10dB 이하 (b) 보호비 -20dB 이하 (c) 보호비 -30dB 이하

그림 10. 실험국의 보호비

표 5. 이동측정 시의 600 ㎑ 혼신보호비 특성

방 향	지점수	D/U -10dB 이하		D/U -20dB 이하		D/U -30dB 이하	
		지점	비율	지점	비율	지점	비율
실험국→ 기존방송국	3,444	743	21.6%	155	4.5%	21	0.6%
기존방송국 →실험국	3,444	22	0.6%	4	0.1%	0	0%

D/U 비 측정결과를 나타내었다. 희망국의 최소 방송구역을 위한 전계강도 기준인 48 dBμV/m에서의 400 ㎑ 이격기준인 -20dB의 보호비를 적용할 경우 4.5% 및 0.1%가 기준값을 만족하지 못하였다. 또한 실험국이 기존 방송에 미치는 간섭이 더 큰 것으로 분석되었다.

측정지점에서 주관적 음질평가 결과, 약 전계지역을 제외하고 양호한 등급(ITU-R 품질등급 3등급) 이상이었다. 특이사항으로 고속이동시 이동차량 수신기에서 약간의 잡음이 혼합된 것 같다는 평가자 의견이 있었다. 이러한 사유는 고속주행에 따른 페이딩 현상, 희망신호의 약 전계수신으로 인한 잡음현상, 도로변 보호막에 의한 큰 폭의 수신레벨 변화, 강 전계수신으로 인한 수신기 튜너 잡음, 차량 자체 인공잡음 등으로 추정할 수 있으나 정확한 원인을 현장에서 확인할 수 없었다. 주행 중 약간의 잡음 현상이 있어 차량을 정지하면 이러한 현상은 발생하지 않았다.

Ⅳ. 600㎑ 이격실험 결과분석

FM 방송구역 확보를 위한 최소 전계강도 기준은 고잡음지역(대도시)에서 60dBμV/m 이상, 저잡음지역에서 48dBμV/m 이상을 규정하고 있으며, 혼신보호비(D/U) 기준은 희망신호가 비희망신호로부터 400㎑ 주파수이격 지점에서 -20dB 이상 높아야 한다고 규정하고 있다.

그러나 600㎑ 주파수이격에 대한 혼신보호비 기준은 국제표준 및 외국의 기술기준에서조차 구체적으로 명시하지 않고 있다. 그림 1의 혼신보호비 그래프를 600 ㎑ 로 확장하여 평가하고, 주파수 이격 간격이 200㎑ 이상 커진 것을 고려한다면 600㎑ 이격시의 잠정적인 혼신보호비는 -30dB로 설정하여도 무리가 없을 것으로 평가된다. 이를 고려하여 최소 방송구역전계강도 이상에서의 혼신보호비를 분석하였다.

현장조사 결과, 고정측정과 이동측정은 희망신호와 비희망신호의 레벨차가 -20dB 이하인 경우 약간 상이한 결과를 얻었으나 -10dB 이하와 -30dB 이하에서는 비슷한 결과치를 보였다. 혼신보호비 기준을 -30dB로 가정한다면 기존 방송이 0.6% 혼신보호비 미만족 지역이 있고, 실험국은 혼신보호비 미만족 지역이 없는 것으로 조사되었다.

이러한 혼신보호비 미만족 지점은 실험국 안테나가 정반대 방향으로 설치되어 실험국 강 전계지역과 기존 방송국의 약 전계지역이 중첩되어 발생한 것으로, 기존 방송국과 실험국 안테나를 동일한 방향으로 설치하고 안양, 과천지역 방향으로 철탑감쇄 또는 복사패턴을 조정한다면 상기 기존 방송국의 혼신보호비 미만족 지역은 대부분 해소가 가능할 것으로 판단된다.

Ⅴ. 결 론

본 연구에서는 국내 FM 방송 가용주파수 확보 가능성을 확인하기 위해 600㎑ 채널이격 간격에 대한 동일 송신소 이격실험을 실시하였고, 실험 결과를 토대로 간섭을 최소화하는 방안을 도출하였다.

동일 송신소에서 주파수를 400㎑ 로 이격할 경우, 인접 채널들에 대한 혼신보호비 등의 증가로 특정 주파수 대역에 문제점이 발생할 것으로 예상된다.

600㎑ 주파수 이격의 경우 혼신보호비 기준을 -30dB로 설정하여 사용하는 것이 타당할 것으로 평가되며, 이러한 기준을 근거로 실시한 현장조사 결과 주관적 음질평가 및 전계강도 측정 결과상의 문제점은 미미한 수준이었다. 따라서 동일송신소의 주파수 이격간격을 600㎑로 완화하여도 방송 품질에는 큰 문제가 없을 것으로 평가된다.

그러나 우리나라의 복잡한 지형 특성과 강한 도시잡음, 강전계 지역에서의 수신기 특성 등을 고려할 경우, 전국적으로 동일 송신소의 FM 방송 주파수를 600㎑로 이격간격을 완화하는 것은 다소 무리가 따를 것으로 판단된다.

다만, 필요시에는 선정된 600㎑ 이격 동일 송신소들에 대하여 사전 시뮬레이션 및 Field Test 등의 철저한 분석을 거친 후 송신소를 허가할 수 있으며, 혼신보호비, 송신전력 등의 설치 조건들이 규제하여야하고, 설치 이후의 사후 관리 방안도 확보되어야 할 것이다.

FM 방송주파수 대역폭 내에서 현재의 800kHz 채널이격을 600kHz 이격으로 변경하여 재배치할 경우 수용가능한 방송국 수는 이론적으로 1.3배 이상 늘어날 수 있지만 기술적으로 기존 방송망을 조정해야한다는 현실적인 어려움이 있을 것으로 판단된다. 또한 현재 전국에서 방송중인 주파수를 고려하면, 동일 송신소에서 400㎑ 또는 600㎑로 채널이격이 가능하더라도 기존 인접지역에서 방송중인 동일채널 또는 인접채널 간 간섭영향 때문에 가용 채널 수는 다소 제한적일 것으로 예상된다.

향후 FM 방송 주파수 재배치 또는 국내 방송 주파수 자원 확보를 위한 노력의 일환으로, 동일 송신소의 주파수 이격 크기에 따른 혼신보호비 등의 기술적 기준이나 관련 세부 규격에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

[1] "Planning standards for terrestrial FM sound broadcasting at VHF", Rec ITU-R BS.412-9, 1995

[2] "Characteristics of FM sound broadcasting reference receiver for planning purpose", Rec ITU-R BS. 704, 1995

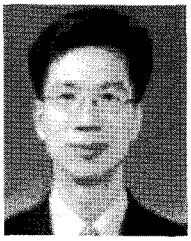
[3] www.kcc.go.kr

[4] www.kbs.co.kr

[5] 방송구역 전계강도의 기준작성요령 및 표시방법, 방송통신위원회 고시, 2008

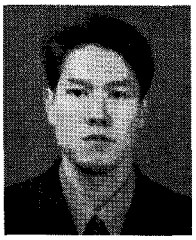
[6] 무선설비규칙 - 방송표준방식 및 방송업무용 무선설비의 기술기준, 방송통신위원회 고시, 2008

허 영 태 (Young-tae Her) 정회원



1995년 부경대학교 전자과(공학사)
1997년 부산대학교 대학원 전자 공학과(공학석사)
2005년~현재 안양대학교 대학원 정보통신공학과(박사과정)
1997년 12월~현재 방송통신위원회 전파연구소
<관심분야> 디지털방송기술 및 표준화, 전파전파, 전파시뮬레이션, 태양전파

김 광 의 (Kwang-ui Kim) 정회원



1997년 부경대학교 전자과(공학사)
2000년 한남대학교 대학원 정보통신공학과 (공학석사)
2007년~현재 안양대학교 대학원 정보통신공학과(박사과정)
2001년 1월~현재 방송통신위원회 전파연구소
<관심분야> 전파분석 GIS, 디지털방송기술 및 표준화, 전파전파 등

권 원 현 (Won-hyun Kwon) 종신회원

1983년 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1990년 연세대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
1985년 3월~1994년 2월 삼성전자 무선연구실
1994년 3월~현재 안양대학교 정보통신공학과 교수
<관심분야> 이동통신 및 무선부품, 디지털방송기술 및 표준화, 전파전파 등