

제 출 문

본 보고서를 「일반인·직업인의 전자파 노출량 평가 방법에 관한 연구」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2013. 11. 22.

연구책임자 : 이영수 (한국방송통신전파진흥원)

연구 원 : 김완기 (한국방송통신전파진흥원)

황태욱 (한국방송통신전파진흥원)

연구보조원 : 김현봉 (한국방송통신전파진흥원)

요 약 문

1. 과 제 명 : 일반인·직업인의 전자파 노출량 평가방법 연구

2. 연구기간 : 2013. 3. 22. ~ 2013. 11. 22.

3. 연구책임자 : 이영수

4. 계획 대 진도

가. 월별 추진내용

세부내용	연구자	월별 추진계획												비고
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
가. 전기장판, 전자 레인지 등 가전기기 전자파 노출량 평가 방법 마련 ○ 생활 가전기기 조사·분류 ○ 측정방법 및 기준 조사 ○ 가전기기측정 시나리오 작성 ○ 가전기기 전자파 측정 ○ 가전기기 평가기준(안) 마련	김완기													
나. 일반인·직업인에 대한 전 자파 인체 노출량 조사 ○ 국내외 측정 사례 조사·분석 ○ 국제 표준 조사·검토 ○ 직업인 전자파 노출량 측정	황태욱													
다. 외국 전자파 자료 조사 ○ 국제기구 동향 자료 조사 ○ 학술 연구 동향 및 자료 조사 ○ 정책, 제도 및 연구 현황 조사	김현봉													
라. 자문단 구성·운영	이영수													
마. 보고서 작성	김완기													
분기별 수행진도(%)		10%			30%			40%			20%			

나. 세부 과제별 추진사항

1) 가전기기 전자파 노출량 평가 방법 마련

- 가정에서 주로 사용하고 있는 생활 가전기기 조사 및 분류
- 국내외 가전기기의 전자파 노출량 측정방법 및 기준 조사
- 가전기기 사용 형태와 방법에 따른 우선순위 결정 및 밀착 시와 거리별 등 전자파 측정 시나리오 작성
- 가전기기 측정기준 마련을 위한 상황별 전자파 측정
- 측정 결과 비교·분석을 통한 가전기기 측정기준안 마련

2) 일반인·직업인에 대한 전자파 인체 노출량 조사

- 직업인에 대한 전자파 노출 관련 측정 사례 조사·분석
- 직업인 관련 측정 기준에 대한 국제 표준 조사·검토
- 고주파응용설비 및 병원 등 직업인 관련 전자파 노출량 측정

3) 외국 전자파 자료 조사

- IEC, ICNIRP, IEEE 등 전자파 국제기구 동향 조사
- BEMS 등 전자파 관련 학술기관 연구 동향 및 자료 조사
- 해외 가전기기·직업인 정책, 제도 및 연구 현황 조사

5. 연구결과

1) 가전기기 전자파 노출량 평가 방법 마련

- IEC 측정 기준은 가전기기의 각 면 중앙 1지점에서 측정을 수행하나, 적합성 평가는 최대 지점에서 측정하는 것이 적합
- ⇒ 한 면에 중앙과 4개 모서리까지 총 5개 지점을 원칙으로 하되 프로브의 크기를 고려, 측정 지점을 세분화

- IIE 방식의 가전기거나 저주파 안마기와 같이 60 Hz 이외의 주파수 대역에서 전자파 발생 시, 이에 대한 평가
- ⇒ 기본적으로 주파수 대역을 확인, 최대 전자파가 발생하는 주파수를 선정하고 해당 대역에서 정밀하게 재측정
- IEC 기준은 밀착과 30 cm 이격거리를 측정 거리로 규정하나, 실 사용 환경을 충분히 고려된 것으로 보기 어려움
- ⇒ 인덕션 쿠키는 식사 중 사용 시 등 30 cm 이내 근거리에서 전자파에 노출되는 상황이 빈번하므로 측정 거리 재조정 필요
- ⇒ 측정 거리에 대한 결정은 대상 기기가 결정된 후에 제품별로 실 사용 환경이나 동작 조건 등을 면밀히 검토 후 결정 필요

2) 일반인 · 직업인에 대한 전자파 인체 노출량 조사

- 국외 직업인 관련 전자파 측정 사례 조사 · 분석
- ⇒ 일반 사무공간, FM방송국 유지·보수업무 직업인, 병원 물리 치료사 및 MRI 장비에 대한 국외 직업인 측정 사례 조사
- 국내 직업인 환경 전자파 측정 · 분석
- ⇒ 전산 네트워크 상황실, 서버실, 방송실, 회의실의 전자파 환경 측정, 병원 MRI실 및 의료용 기기에 대한 전자파 측정 · 분석
- ⇒ 직업인의 근무형태, 동선 등을 고려해 측정한 결과, 일반인 기준값 대비 10% 이내의 안전한 수준

6. 기대효과

- o 본 연구에서 제안하고 있는 가전기기 전자파 강도 측정 기준 (안)은 가전기기에 대한 전자파 규제 시 대상 기기 선정 및 측정기준 제정을 위한 객관적이고 합리적인 기초자료로 활용

- 직업인 환경에 대한 전자파 실태 조사를 활용하여 현재의 전자파 노출 실태와 향후 중점 추진해야 할 과제를 발굴함으로써 직업인 관련 인체 보호 정책 추진에 활용

7. 기자재 사용 내역

시설·장비명	규격	수량	용도	보유현황	확보방안	비고
Spectrum Analyze	SRM-3000	2	전자파 측정 (직업인)	KCA 보유		
3-axis isotropic probe	Narda 3501/03	2	전자파 측정 (직업인)	KCA 보유		
ELF 전자계 측정기	EFA-300	1	전자파 측정 (가전기기)	RRA		

8. 기타사항

최종보고서 초록

국문 초록		
<p>본 연구는 가전기기 전자파에 대한 객관적이고 합리적인 측정 기준을 마련하고자 수행되었다. 또한, 국내 직업인 환경에 대한 전자파 노출 실태조사도 병행하였다. 연구결과, 가전기기에서 발생하는 전자파가 최대인 지점을 찾는 방법, 주파수 스펙트럼을 확인하여 가전기기에서 발생하는 전자파를 확인하는 방법 및 제품의 실제 사용 환경을 고려한 측정 거리를 선정 등을 확인하였다. 이러한 결과를 바탕으로 가전기기 전자파 강도 측정 기준안을 제안하였다. 또한, 직업인 환경에 대한 전자파 실태조사를 통해 전자파 노출량이 비록 인체보호기준에 비하여 대부분 낮은 수준임을 확인하였다.</p>		
영문 초록		
<p>This study were performed to establish objective and reasonable electromagnetic measurement method on household appliances. In addition, the domestic occupational environment survey also were treated for electromagnetic exposure. As a result, it was verified how to find the maximum of points, how to determine electromagnetic fields that occur by the appliances through the frequency spectrum, and how to determine the measurement distance. Based on these results, we propose the electromagnetic fields measurement method on household appliances. In addition, we confirmed that the electromagnetic exposure level on the occupational environment was mostly lower than reference levels.</p>		
색 인 어	한글	가전기기, 전자파, 노출, 측정 방법
	영문	household appliances, EMF, electromagnetic fields, exposure, measurement method

SUMMARY

This study were performed to establish objective and reasonable electromagnetic measurement method on household appliances. we survey various domestic and abroad cases, and we studied to establish a measurement method suitable for the domestic environment. To improve the only measurement stanadrd, IEC 62233, we studied how to find the maximum of points, how to determine electromagnetic fields that occur by the appliances through the frequency spectrum, and how to determine the measurement distance. Based on these results, we propose the electromagnetic fields measurement method on household appliances

In addition, In addition, the domestic occupational environment survey also were treated for electromagnetic exposure. First, we survey cases of occupational exposure measurement in the United Kingdom, Spain, Finland and other country. and we measured electromagnetic exposure leves 사방 occupational environment at the factory used high-power radio wave equipment, genernal control room and server room in company, broadcast monitoring board rooms and hospital. As a result, we confirmed that the electromagnetic exposure level on the occupational environment was mostly lower than reference levels. but, some medical devices was measured by a high level.

목 차

표 목 차	ix
그림목차	xiv
제 1 장 서론	1
제 2 장 국내외 동향	3
제 1 절 국외 동향	3
제 2 절 국내 동향	24
제 3 장 가전기기 전자파 노출량 평가 방법	30
제 1 절 개요	30
제 2 절 과거 문헌 분석	31
제 3 절 측정 기준 마련을 위한 가전기기 측정	56
제 4 장 가전기기 전자파 측정 결과 및 측정 기준안	74
제 1 절 가전기기 전자파 측정 결과	74
제 2 절 가전기기 전자파 측정 결과 요약	152
제 3 절 가전기기 전자파 측정 기준(안)	154
제 5 장 직업인 전자파 측정 사례 및 결과	171
제 1 절 직업인 전자파 측정 사례	171
제 2 절 직업인 전자파 측정 결과	187
제 3 절 직업인 전자파 측정 결과 요약	251
제 6 장 결론	252
참고문헌	253
부 록 국외 전력 주파수 대역 전자파 기준 현황	255

표 목 차

표 2-1. 1998년 ICNIRP 가이드라인(노출 기준값)	4
표 2-2. 2010년 개정 ICNIRP 가이드라인(노출 기준값)	4
표 2-3. ICNIRP 개정 전·후 가이드라인의 주요 차이점	5
표 2-4. WG1 프로젝트 현황	8
표 2-5. WG2 프로젝트 현황	9
표 2-6. WG3 프로젝트 현황	9
표 2-7. WG4 프로젝트 현황	10
표 2-8. WG5 프로젝트 현황	11
표 2-9. IEEE 구성 및 주요 문서	12
표 2-10. 개정 전(2004) EU의 노출 제한값(Exposure Limit Value) ·	13
표 2-11. 개정 후(2013) Health effect 노출 제한값(1 Hz ~ 10 MHz 체내 전기장 강도)	13
표 2-12. 개정 후(2013) Sensory effect 노출 제한값(1 Hz ~ 400 Hz 체내 전기장 강도)	13
표 2-13. 개정 전(2004) EU의 조치값(Action Value)	14
표 2-14. 개정 후(2013) 전기장 강도 조치값(1 Hz ~ 10 MHz)	14
표 2-15. 개정 후(2013) 자기장 강도 조치값(1 Hz ~ 10 MHz)	15
표 2-16. 스웨덴의 전자파 장기 노출에 대한 전자기장 지침	17
표 2-17. FPD 측정 환경 요구조건 (TCO 기준)	18
표 2-18. FPD에 대한 TCO 전기장 강도 기준	18
표 2-19. FPD에 대한 TCO 자기장 강도 기준	18
표 2-20. 노트북에 대한 TCO 기준	18
표 2-21. Desktop PC에 대한 TCO 기준	19
표 2-22. All-in-One PC에 대한 TCO 전기장 강도 기준	19

표 2-23. All-in-One PC에 대한 TCO 자기장 강도 기준	19
표 2-24. 프로젝터에 대한 TCO 기준	19
표 2-25. 헤드셋에 대한 TCO 전기장 강도 기준	20
표 2-26. 헤드셋에 대한 TCO 자기장 강도 기준	20
표 2-27. 호주의 50 Hz 전자파 인체 노출 제한값	21
표 2-28. 스위스의 전자파 노출 제한값	22
표 2-29. 전송선로 부지에 대한 EMF 표준 및 지침 채택 지역	23
표 2-30. 우리나라 전자파인체보호기준	24
표 3-1. 가전기기 대상 전자파 측정 연구 사례 및 측정대상기기	32
표 3-2. 사용패턴별 측정대상 기기 분류	33
표 3-3. 밀착형 가전기기의 전자파 측정 결과	33
표 3-4. 근거리 사용 가전기기의 전자파 측정 결과	36
표 3-5. 원거리 사용 가전기기의 전자파 측정 결과	38
표 3-6. 사용패턴별 측정대상 기기 분류	40
표 3-7. 단기 사용 가전기기의 전자파 측정결과(밀착)	42
표 3-8. 장기 사용 가전기기의 전자파 측정결과(밀착)	43
표 3-9. 스웨덴 TCO의 전자파 방출 기준	47
표 3-10. 영상기기, PC, 모니터 측정결과와 TCO 기준 비교	47
표 3-11. 가전기기별 소비전력, 사용 패턴 등 특성	57
표 3-12. 전자파 노출량 측정기기 제원 및 특징	63
표 3-13. IEC 62233의 전자파 측정 거리, 센서 위치 및 동작 조건	65
표 4-1. C사 가습기 전기장 강도 측정 결과	75
표 4-2. C사 가습기 자기장 강도 측정 결과	77
표 4-3. L사 가열식 가습기 측정 지점별 전기장 강도 측정 결과	84
표 4-4. L사 가열식 가습기 측정 지점별 자기장 강도 측정 결과	85
표 4-5. N사 복합식 가습기 측정 지점별 전기장 강도 측정 결과	92

표 4-6. N사 복합식 가습기 측정 지점별 자기장 강도 측정 결과	92
표 4-7. S사 복합식 가습기 측정 지점별 자기장 강도 측정 결과	98
표 4-8. 10인용 IH 밥솥 전기장 강도 측정 결과(60 Hz)	104
표 4-9. 10인용 IH 밥솥 자기장 강도 측정 결과(60 Hz)	104
표 4-10. C사 6인용 IH 밥솥 전기장 측정 결과(20 ~ 30 kHz)	105
표 4-11. C사 6인용 IH 밥솥 자기장 측정 결과(20 ~ 30 kHz)	105
표 4-12. C사 6인용 IH 밥솥 전기장 측정 결과(60 Hz)	111
표 4-13. C사 6인용 IH 밥솥 자기장 측정 결과(60 Hz)	112
표 4-14. C사 6인용 IH 밥솥 전기장 측정 결과(28 ~ 30 kHz)	112
표 4-15. C사 6인용 IH 밥솥 자기장 측정 결과(28 ~ 30 kHz)	112
표 4-16. Con사 인덕션 쿠키 전자기장 강도 측정 결과(60 Hz)	119
표 4-17. Con사 인덕션 쿠키 전자기장 강도 측정 결과(30 kHz)	119
표 4-18. C사 인덕션 쿠키 전자기장 강도 측정 결과(60 Hz)	122
표 4-19. C사 인덕션 쿠키 전자기장 강도 측정 결과(30 kHz)	122
표 4-20. K사 저주파 안마기 패드 주변 전자파 강도	128
표 4-21. K사 저주파 안마기 발생기 주변 전자파 강도	128
표 4-22. K사 안마기 동작모드별 전기장 강도(기기만 동작)	129
표 4-23. K사 안마기 동작모드별 전기장 강도(인체에 부착)	129
표 4-24. K사 안마기 동작모드별 전기장 강도(전도체 연결)	129
표 4-25. P사 목걸이형 안마기 패드 주변 전자파 강도	134
표 4-26. P사 목걸이형 안마기 발생기 주변 전자파 강도	134
표 4-27. Z사 안마기 동작모드별 전기장 강도 측정 결과	136
표 4-28. B사 충전식 면도기 전기장 강도 측정 결과	142
표 4-29. B사 충전식 면도기 충전기 제거 후 동작 시 측정 결과	142
표 4-30. P사 충전식 면도기 거리별 전기장 강도 측정 결과	143
표 4-31. P사 충전식 면도기 충전기 제거 후 동작 시 측정 결과	144

표 4-32. P사 면도기 거리별 전기장 강도 측정 결과	145
표 4-33. P사 면도기 거리별 자기장 강도 측정 결과(단위 uG)	145
표 4-34. 전자파 차단 필터 성능 측정 결과	149
표 4-35. S사 서지미터 측정 결과	151
표 4-36. 밀착 시 가전기기 전자파 측정 결과(요약)	152
표 4-37. 30 cm 이격 시 가전기기 전자파 측정 결과(요약)	153
표 4-38. 가전기기 전자파 측정 기준안 구성 및 검토사항	154
표 4-39. 인덕션 레인지 거리별 전자기장 측정 결과(60Hz)	156
표 4-40. 인덕션 레인지 거리별 전자기장 측정 결과(30kHz)	156
표 5-1 핀란드 연구진의 사무환경 측정결과	173
표 5-2. FM 방송국 송신탑의 광대역 전자파 측정 결과	177
표 5-3. FM 방송국 지상(1 m)과 30 m 높이의 협대역 측정 결과 ·	178
표 5-4. FM 방송국의 인체모형 위치에 따른 10g SAR 측정결과 ·	180
표 5-5. 의료환경(물리치료 시설)의 직업인 노출 측정 결과	184
표 5-6. MRI 장비에서 방출되는 전자기장 종류 및 범위	185
표 5-7. MRI 장비의 RF 전자파 측정 결과	185
표 5-8. 측정대상 공장에 설치된 산업용 전파응용설비	187
표 5-9. 전파응용설비 설치 공장의 측정지점별 측정 최대값	189
표 5-10. 측정대상 전산 네트워크 상황실의 전자·전기기기 구성 ·	196
표 5-11. 전산 네트워크 상황실 측정지점별 전기장 측정 최대값 ·	198
표 5-12. 전산 네트워크 상황실의 측정지점별 자기장 측정 최대값	198
표 5-13. 측정대상 서버실의 전자·전기기기 구성	203
표 5-14. 서버실의 측정지점별 전기장 측정결과(최대값)	205
표 5-15. 서버실의 측정지점별 자기장 측정결과(최대값)	205
표 5-16. 측정대상 방송실의 전자·전기기기 구성	210
표 5-17. 방송실의 측정지점별 전자파 측정결과(최대값)	211

표 5-18. 측정대상 회의실의 전자·전기기기 구성	217
표 5-19. 회의실의 측정지점별 전기장 측정결과(최대값)	218
표 5-20. 측정대상 MRI실 구성	222
표 5-21. 병원 MRI실 측정지점별 측정결과(60 Hz 최대값)	224
표 5-22. 병원 MRI실 측정지점별 측정결과(128 MHz 최대값)	224
표 5-23. 환자 모니터링 기기 측정 대상	228
표 5-24. 환자 모니터링 기기 측정지점별 측정결과(60 Hz 최대값)	229
표 5-25. 환자 모니터링 기기 측정지점별 측정결과(2.4 GHz 최대값)	229
표 5-26. 병원 의료기기 측정 대상	233
표 5-27. A사 전기 수술기의 전자파 측정결과(60 Hz 최대값)	236
표 5-28. A사 전기 수술기의 전자파 측정결과(417 kHz 최대값)	236
표 5-29. B사 전기 수술기의 전자파 측정결과(60 Hz 최대값)	240
표 5-30. B사 전기 수술기의 전자파 측정결과(470 kHz 최대값)	240
표 5-31. C사 전기 수술기의 전자파 측정결과(60 Hz 최대값)	244
표 5-32. C사 전기 수술기의 전자파 측정결과(510 kHz 최대값)	244
표 5-33. D사 전기 수술기의 전자파 측정결과(60 Hz 최대값)	248
표 5-34. D사 전기 수술기의 전자파 측정결과(3.6 MHz 최대값) ...	248
표 5-35. 직업인 환경 전자파 측정 결과(요약)	251

그 립 목 차

그림 3-1. 밀착형 가전기기의 전자파 측정 결과 비교	34
그림 3-2. 근거리 사용 가전기기의 전자파 측정 결과 비교	37
그림 3-3. 원거리 사용 가전기기의 전자파 측정 결과 비교	39
그림 3-4. 단기 사용 가전기기의 전자파 측정결과(밀착) 비교	42
그림 3-5. 장기 사용 가전기기의 전자파 측정결과(밀착) 비교	44
그림 3-6. 영상기기, PC, 모니터 측정결과와 TCO 기준 비교(전기장) ·	48
그림 3-7. 영상기기, PC, 모니터 측정결과와 TCO 기준 비교(자기장) ·	48
그림 3-8. 전기장판 자기장 강도 측정 사진	49
그림 3-9. 전기장판 전기장 강도 측정 사진	49
그림 3-10. 전기장판 제품별 전기장 강도 측정 결과	50
그림 3-11. 전기장판 제품별 자기장 강도 측정 결과	50
그림 3-12. 전기장판 제품별 거리에 따른 전기장 강도 측정 결과 ·	51
그림 3-13. 전기장판 제품별 거리에 따른 자기장 강도 측정 결과 ·	51
그림 3-14. 전기장판 제품별 온도 변화에 따른 전기장 측정 결과 ·	52
그림 3-15. 전기장판 제품별 온도 변화에 따른 자기장 측정 결과 ·	52
그림 3-16. 전기장판 상단에서의 제품별 전기장 강도 측정 결과 ···	53
그림 3-17. 전기장판 상단에서의 제품별 자기장 강도 측정 결과 ···	54
그림 3-18. 헤어드라이어 커버 유무에 따른 전기장 강도 측정 결과	55
그림 3-19. 헤어드라이어 커버 유무에 따른 자기장 강도 측정 결과	55
그림 3-20. 가전기기 전자파 강도 측정 위치	68
그림 3-21. 유도 전기레인지와 열판의 측정 거리	69
그림 3-22. 측정 지점	73
그림 4-1. Origin 8.0을 이용한 C사 가습기 전자기장 분포	79
그림 4-2. C사 가습기 거리별 전자기장 측정 결과(정면)	80

그림 4-3. C사 가습기 거리별 전자기장 측정 결과(후면)	81
그림 4-4. C사 가습기 거리별 전자기장 측정 결과(좌측면)	82
그림 4-5. C사 가습기 거리별 전자기장 측정 결과(우측면)	83
그림 4-6. Origin 8.0을 이용한 L사 가습기 전자기장 분포	86
그림 4-7. L사 가습기 거리별 전자기장 측정 결과(정면)	87
그림 4-8. L사 가습기 거리별 전자기장 측정 결과(후면)	88
그림 4-9. L사 가습기 거리별 전자기장 측정 결과(좌측면)	89
그림 4-10. L사 가습기 거리별 전자기장 측정 결과(우측면)	90
그림 4-11. Origin 8.0을 이용한 N사 가습기 전자기장 분포	93
그림 4-12. N사 가습기 거리별 전자기장 측정 결과(정면)	94
그림 4-13. N사 가습기 거리별 전자기장 측정 결과(후면)	95
그림 4-14. N사 가습기 거리별 전자기장 측정 결과(좌측면)	96
그림 4-15. N사 가습기 거리별 전자기장 측정 결과(우측면)	97
그림 4-16. S사 가습기 거리별 자기장 측정 결과	100
그림 4-17. 10인 IH 밥솥 전기장 강도 주파수 스펙트럼	102
그림 4-18. 10인 IH 밥솥 자기장 강도 주파수 스펙트럼	102
그림 4-19. 10인 IH 밥솥 400 Hz 미만의 전기장 강도 측정 결과 ..	103
그림 4-20. 10인 IH 밥솥 400 Hz 미만의 자기장 강도 측정 결과 ..	103
그림 4-21. C사 10인용 IH밥솥 거리별 전자기장 측정 결과(정면) ·	106
그림 4-22. C사 10인용 IH밥솥 거리별 전자기장 측정 결과(후면) ·	107
그림 4-23. C사 10인용 IH밥솥 거리별 전자기장 측정 결과(좌측면)	108
그림 4-24. C사 10인용 IH밥솥 거리별 전자기장 측정 결과(우측면)	109
그림 4-25. C사 10인용 IH밥솥 거리별 전자기장 측정 결과(상단) ·	110
그림 4-26. C사 6인용 IH밥솥 측정지점별 측정 결과(정면)	113
그림 4-27. C사 6인용 IH밥솥 측정지점별 측정 결과(후면)	114
그림 4-28. C사 6인용 IH밥솥 측정지점별 측정 결과(좌측면)	115

그림 4-29. C사 6인용 IH밥솥 측정지점별 측정 결과(우측면)	116
그림 4-30. C사 6인용 IH밥솥 측정지점별 측정 결과(상단)	117
그림 4-31. Con사 인덕션 쿠키 내부 사진	119
그림 4-32. Con사 인덕션 쿠키 거리별 전기장 측정 결과	120
그림 4-33. Con사 인덕션 쿠키 거리별 자기장 측정 결과	121
그림 4-34. C사 인덕션 쿠키 거리별 전기장 측정 결과	123
그림 4-35. C사 인덕션 쿠키 거리별 자기장 측정 결과	124
그림 4-36. K사 저주파 안마기 측정 방법	126
그림 4-37. K사 저주파 안마기 주파수 스펙트럼(기기만 동작)	126
그림 4-38. K사 저주파 안마기 주파수 스펙트럼(인체에 부착)	127
그림 4-39. K사 저주파 안마기 주파수 스펙트럼(전도에 부착)	127
그림 4-40. K사 저주파 안마기 동작모드별 주파수 스펙트럼(#1) ...	130
그림 4-41. K사 저주파 안마기 동작모드별 주파수 스펙트럼(#2) ...	130
그림 4-42. K사 저주파 안마기 동작모드별 주파수 스펙트럼(#3) ...	131
그림 4-43. K사 저주파 안마기 동작모드별 주파수 스펙트럼(#4) ...	131
그림 4-44. K사 안마기 동작모드별 주파수 스펙트럼(전도체 연결) ...	132
그림 4-45. K사 안마기 동작모드별 주파수 스펙트럼(인체에 부착) ...	132
그림 4-46. P사 목걸이형 저주파 안마기 측정 방법	133
그림 4-47. P사 목걸이형 안마기 동작모드별 주파수 스펙트럼(전기장) ...	135
그림 4-48. P사 목걸이형 안마기 동작모드별 주파수 스펙트럼(자기장) ...	135
그림 4-49. Z사 안마기 측정지점별 주파수 스펙트럼(지압 모드)	137
그림 4-50. Z사 안마기 측정지점별 주파수 스펙트럼(주무름 모드) ...	138
그림 4-51. Z사 안마기 측정지점별 주파수 스펙트럼(두드림 모드) ...	139
그림 4-52. C사 저주파 안마기 동작 모드별 주파수 스펙트럼	140
그림 4-53. 전기 면도기 측정 사진	141
그림 4-54. B사 충전식 면도기 거리별 전기장 강도 측정 결과	142

그림 4-55. P사 충전식 면도기 거리별 전기장 강도 측정 결과	144
그림 4-56. P사 미니 면도기 거리별 전기장 강도 측정 결과	146
그림 4-57. 전자파 차단 필터 성능 검증 측정 구성도	147
그림 4-58. 전자파 차단 필터 측정 환경(우측 위치)	148
그림 4-59. 전자파 차단 필터 사용에 따른 전기장 세기(우측 위치)	149
그림 4-60. 전자파 차단 필터 사용에 따른 자기장 세기(우측 위치)	149
그림 4-61. 전자파 차단 필터 사용에 따른 전기장 세기(확대)	150
그림 4-62. 전자파 차단 필터 사용에 따른 자기장 세기(확대)	150
그림 4-63. 전자기장 측정 결과 및 Origin을 이용한 전자기장 분포	156
그림 4-64. 저주파 안마기 주파수 스펙트럼 측정 결과	157
그림 4-65. 전기 면도기 거리별 전기장 측정 결과	158
그림 5-1. 핀란드 연구진이 사무환경 ELF 측정 시스템	171
그림 5-2. 핀란드 연구진이 수행한 사무환경 측정 모습	172
그림 5-3. 슬로베니아 연구진이 FM 방송국 직업인 측정 시스템	175
그림 5-4. 슬로베니아의 FM 방송국에 설치된 4-다이폴 안테나 구성	175
그림 5-5. FM 방송국 직업인 노출 측정을 위한 인체 모형	176
그림 5-6. FM 방송국의 직업인 노출 측정을 위한 측정지점(16지점)	176
그림 5-7. FM 방송국에서 방출되는 전자파 측정을 위한 인체모형 위치에 따른 전자파 크기 변화(수직단면)	179
그림 5-8. FM 방송국의 22.4 m에 설치한 인체모형의 SAR 측정결과	180
그림 5-9. 물리치료 의료환경의 직업인 전자파 측정기기 및 착용 모습	181
그림 5-10. 스페인 Albia 건강센터의 직업인 측정환경 및 결과	182
그림 5-11. 스페인 Bombero Etxainz 건강센터 직업인 측정환경 및 결과	183
그림 5-12. MRI 장비에서 발생하는 펄스 시퀀스의 인체 노출 제한기준 대비 측정결과(거리이격)	186
그림 5-13. 공업용 전파응용설비 공장 구조 및 측정지점	188

그림 5-14. 공업용 전파응용설비 측정지점 모습	188
그림 5-15. 공업용 전파응용설비 측정지점별 기준 대비율 비교	191
그림 5-16. 공업용 전파응용설비 환경 전기장 스펙트럼(측정지점 3) ·	191
그림 5-17. 공업용 전파응용설비 환경 전기장 스펙트럼(측정지점 7) ·	192
그림 5-18. 공업용 전파응용설비 환경 전기장 스펙트럼(측정지점 11) ·	192
그림 5-19. 공업용 전파응용설비 환경 전기장 스펙트럼(측정지점 15) ·	193
그림 5-20. 공업용 전파응용설비 환경 자기장 스펙트럼(측정지점 3) ·	193
그림 5-21. 공업용 전파응용설비 환경 자기장 스펙트럼(측정지점 7) ·	194
그림 5-22. 공업용 전파응용설비 환경 자기장 스펙트럼(측정지점 9) ·	194
그림 5-23. 공업용 전파응용설비 환경 자기장 스펙트럼(측정지점 18) ·	195
그림 5-24. 전산 네트워크 상황실 구조 및 측정지점 (㉠-㉩ : 전기장 측정, ㉪ : 자기장 측정)	197
그림 5-25. 전산 네트워크 상황실 측정지점 모습	197
그림 5-26. 전산 네트워크 상황실 측정지점별 전자파 인체보호 기준 대비율 비교	199
그림 5-27. 전산 네트워크 상황실 환경 전기장 스펙트럼(측정지점 3) ·	200
그림 5-28. 전산 네트워크 상황실 환경 전기장 스펙트럼(측정지점 5) ·	200
그림 5-29. 전산 네트워크 상황실 환경 전기장 스펙트럼(측정지점 7) ·	201
그림 5-30. 전산 네트워크 상황실 환경 전기장 스펙트럼(측정지점 9) ·	201
그림 5-31. 전산 네트워크 상황실 환경 자기장 스펙트럼(측정지점 5) ·	202
그림 5-32. 서버실 구조 및 측정지점(㉠ - ㉣ : 전기장 측정, ㉪ : 자 기장 측정)	202
그림 5-33. 서버실 측정지점 모습	204
그림 5-34. 서버실 측정지점별 전자파 인체보호 기준 대비율 비교 ·	206
그림 5-35. 서버실 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 1) ·	207
그림 5-36. 서버실 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 2) ·	207

그림 5-37. 서버실 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 3)	208
그림 5-38. 서버실 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 4)	208
그림 5-39. 서버실 환경 자기장 강도 스펙트럼(측정지점 3)	209
그림 5-40. 방송실 구조 및 측정지점(①-④ : 전기장 및 자기장 측정) 210	
그림 5-41. 방송실 측정지점 모습	211
그림 5-42. 방송실 측정지점별 전자파 인체보호 기준 대비율 비교 213	
그림 5-43. 방송실 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 1)	213
그림 5-44. 방송실 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 2)	214
그림 5-45. 방송실 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 3)	214
그림 5-46. 방송실 환경 자기장 강도 스펙트럼(측정지점 1)	215
그림 5-47. 방송실 환경 자기장 강도 스펙트럼(측정지점 2)	215
그림 5-48. 방송실 환경 자기장 강도 스펙트럼(측정지점 3)	216
그림 5-49. 회의실 구조 및 측정지점(① - ③ : 전기장 측정)	217
그림 5-50. 회의실 측정지점 모습	218
그림 5-51. 회의실 측정지점별 전기장 기준 대비율 비교	219
그림 5-52. 회의실 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 1)	220
그림 5-53. 회의실 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 2)	220
그림 5-54. 회의실 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 3)	221
그림 5-55. 병원 내 MRI실 구조 및 측정지점	223
그림 5-56. 병원 MRI실 측정지점 모습	223
그림 5-57. MRI실 측정지점별 전자파 기준 대비율 비교	226
그림 5-58. MRI실 측정지점별 전자파 측정 결과 비교(60 Hz)	227
그림 5-59. MRI실 측정지점별 전자파 측정 결과 비교(128 MHz) ..	227
그림 5-60. 환자 모니터링 기기 및 측정 모습	229
그림 5-61. 환자 모니터링 기기 측정지점별 기준 대비율(60 Hz) ...	231
그림 5-62. 환자 모니터링 기기 측정지점별 기준 대비율(2.4 GHz) 231	

그림 5-63. 환자 모니터링 기기 측정지점별 측정 결과 비교(60 Hz) ..	232
그림 5-64. 환자 모니터링 기기 측정지점별 측정 결과 비교(2.4 GHz)	232
그림 5-65. 전기 수술기	234
그림 5-66. A사 전기 수술기의 일반인 기준 대비율 비교(60Hz)	237
그림 5-67. A사 전기 수술기의 일반인 기준 대비율 비교(417 kHz)	237
그림 5-68. A사 전기 수술기의 전자파 측정 결과 비교(60 Hz)	238
그림 5-69. A사 전기 수술기의 전자파 측정 결과 비교(417 kHz) ..	238
그림 5-70. B사 전기 수술기의 일반인 기준 대비율 비교(60Hz)	241
그림 5-71. B사 전기 수술기의 일반인 기준 대비율 비교(470 kHz)	241
그림 5-72. B사 전기 수술기의 전자파 측정 결과 비교(60 Hz)	242
그림 5-73. B사 전기 수술기의 전자파 측정 결과 비교(470 kHz) ..	242
그림 5-74. C사 전기 수술기의 일반인 기준 대비율 비교(60Hz)	245
그림 5-75. C사 전기 수술기의 일반인 기준 대비율 비교(510 kHz)	245
그림 5-76. C사 전기 수술기의 전자파 측정 결과 비교(60 Hz)	246
그림 5-77. C사 전기 수술기의 전자파 측정 결과 비교(510 kHz) ..	246
그림 5-78. D사 전기 수술기의 인체보호 기준 대비율 비교(60Hz)	249
그림 5-79. D사 전기 수술기의 인체보호 기준 대비율 비교(3.6 MHz)	249
그림 5-80. D사 전기 수술기의 전자파 측정 결과 비교(60 Hz)	250
그림 5-81. D사 전기 수술기의 전자파 측정 결과 비교(3.6 MHz) ..	250

제 1 장 서 론

세계보건기구(WHO) 산하의 국제암연구소(IARC)에서는 2011년 5월 RF 전자파를 발암 유발 가능 물질 2B 등급으로 분류하였다. 2002년 극저주파(ELF) 자기장에 대한 2B 등급 분류에 이어 2번째 발표로 극저주파의 경우와는 달리 RF, 즉 휴대전화 전자파의 경우 국제적으로 대부분의 사람들이 필요로 인하여 항상 휴대하고 사용하고 있어 그 파장이 매우 크며, 이로 인하여 WHO IARC의 발표 이후 전자파 인체영향에 대한 이슈가 더욱 증가되고 있는 실정이다. 또한, 최근 유럽에서는 직업인에 대한 전자파 인체 보호를 위한 정책을 강화하여 법제화하고 있다. 우리나라 정부에서도 RF 전자파의 인체영향과 관련하여 미래창조과학부에서는 2011년 전자파 종합 대책을 발표하여 전자파에 대한 인체 보호 대책, 기기 보호 대책, 인체영향 연구 및 대국민 홍보, 우주전파 관측 및 예·경보 체계 강화 등을 적극적으로 추진하고 있다.

전자파 인체영향에 대한 대책을 추진하고 있는 가운데 2012년 12월, 언론에서는 전기장판에 대한 전자파 문제를 발표하였다. 그 동안은 전력선인 60 Hz 주파수의 송전탑과 방송국·기지국에 의한 전자파 문제 및 휴대전화에 대한 전자파 문제를 집중적으로 다루어 왔으나 생활 가전기기에 대한 언론 보도로 인하여 국민들에게 전자파에 대한 불안감을 더욱 가중시키게 되었다.

우리나라에서 60 Hz 주파수에 대한 전자파 인체 영향 정책은 모두 미래창조과학부 소관 업무이나 60 Hz 주파수의 전력설비(송전선로)에 한해서는 산업통산자원부에서 담당해 왔다. 불과 얼마 전까지는 유무선 전화와 PC 등 방송통신기자재에 대한 전자파 적합성 평가와 전기 안전 시험은 미래창조과학부 국립전파연구원에서, TV, 냉장고, 세탁기 등 전기용품에 대한 전자파 적합성 평가와 전기 안전 시험은 산업통산자원부 기술표준원에서 담당해 왔다. 그러나, 최근 유무선 통신기기와 전기용품의 성격을 동시에 지니는 제품들이 증가하고 생활 가전기기에 대한 전자파 인체 보호 문제가 이슈화되면서, 2011년 8월 국무총리실에서는 모든 전기제품에 대한 전자파 적합성 평가는 미래창조과학부로, 전기 안전 검사는

산업통산자원부로 일원화하겠다고 발표하고 지난해인 2012년 7월부터 이를 시행하고 있다. 이후 미래창조과학부에서는 생활 가전기기와 관련된 다양한 전자파 인체 보호 정책 및 연구를 활발히 추진하고 있다.

본 연구는 국립전파연구원에서 추진하고 있는 전자파 정책 및 연구의 일환으로 2012년 12월 언론보도로 발표된 전기장판에 대한 전자파 인체 영향과 관련하여 현재 우리나라에 부재한 생활 가전기기에 대한 객관적이고 과학적인 평가 방법을 마련하는 것이 목적이다. 또한, 직업인 환경에 대한 국외 사례를 조사하고 국내 직업인 환경에 대한 전자파 노출량 실태조사도 병행하였다. 따라서 본 연구는 다음과 같은 주요 연구를 진행하였다.

첫째 생활 가전기기에 대한 국내외 동향을 조사하였다. 국내외 생활 가전기기의 측정 기준 및 사례들을 바탕으로 측정 방법 및 절차를 분석하여 가장 객관적이고 과학적으로 평가 가능하고 또한, 국내 환경에 적합한 평가 기준 마련을 위한 기초 자료로 활용하였다.

둘째, 수없이 많고 다양한 생활 가전기기의 특성을 살펴보고 이를 분류하였고 측정 기준안 마련을 위한 최적의 대상 기기를 선정하였다. 선정된 기기를 대상으로 측정 지점의 세분화, 거리별 측정 및 주파수 스펙트럼 확인 등 다양한 방법으로 전자파 노출량을 측정하고 분석하였으며, 현행 유일한 국제 측정 기준인 ICNIRP의 기준과 비교·검토하고 과거의 연구 결과도 활용하여 가전기기 전자파 강도 측정 기준안을 제안하였다.

셋째, 직업인 환경의 전자파 노출 관련 대표적인 국외 연구 사례를 간략히 정리하였고, 특수한 직업 환경에 대한 전자파 측정을 위해 고출력 전파응용설비 공장, 전산 네트워크 상황실, 서버실, 방송실, 회의실과 의료환경의 직업인 노출 평가를 위해 대학병원의 MRI실과 일부 전파를 이용한 의료기기(환자 모니터링 기기, 전기 수술기 등)를 대상으로 직업인 환경의 전자파 노출량 측정을 수행하였다.

마지막으로 연구 결과를 종합하고 동 분야에 대한 정책 혹은 제도 추진의 필요성과 향후 더 필요한 연구 분야 등에 대한 의견을 제안하였다.

제 2 장 가전기기 전자파 노출 관련 국내외 동향

제 1 절 국외 동향

1. WHO(세계보건기구)

세계보건기구(WHO)는 전자파에 대한 안전을 고려하여 전자기장에 인체가 노출 시 영향에 대한 다양한 연구를 수행하고 있으며, 연구 결과를 객관적·종합적으로 평가하기 위하여 의학, 생물학, 공학, 환경 분야의 전문가와 각국의 전문 연구기관 및 WHO 협력 기관 등과 유기적으로 협력하고 있다. 이와 같은 목적으로 WHO에서는 1996년 국제 EMF 프로젝트를 조직하였고 이를 통해 전자파 인체 노출에 대한 연구 활동을 체계적으로 수립·추진하고 있으며 다양한 연구 결과를 종합적으로 검토·분석하여 전자파 인체 안전성 여부에 대한 결론을 도출하기 위해 노력하고 있다.

WHO에서는 건강 위험성 평가, 연구 조정, 위험성 관리, 홍보 및 출판 업무를 하고 있다. ELF 노출에 대한 위험성 연구는 대부분 소아백혈병에 대해 중점적으로 이루어져 왔으며, 2002년 세계보건기구(WHO) 산하 국제암연구소(IARC)에서는 ELF 자기장을 ‘인간에게 암을 유발시킬 가능성이 있는’ 2B 등급으로 분류하는 보고서를 발표하였다.

이후 2007년 6월에는 EHC(건강영향평가서) 발간하였으며, 2007년 7월 극저주파 노출에 대한 Fact sheet No.322[1]를 발표하였다. Fact sheet의 주요 내용을 보면 외부 ELF 자기장은 매우 높은 세기에서 인체에 전기장 및 전류를 유도하여 신경과 근육을 자극함으로써 중앙 신경계에 신경 세포를 흥분시키는 단기적 영향이 있음이 입증되었으나, 잠재적인 장기적 영향은 과학적 증거가 다소 충분치 않고 이후의 추가적인 연구로 인한 등급의 변화는 없다는 결론을 내렸다.

2. ICNIRP(국제비전리복사방호위원회)

국제비전리복사방호위원회(ICNIRP)는 1998년 전자파 인체 노출을 제

안하는 가이드라인을 발표하였으나, 2010년도 이 중에서 1 Hz ~ 100 kHz 주파수 범위의 저주파수에 대한 가이드라인[2]을 새로 발표하였다. '98년 이래로 인체 노출에 대한 새로운 과학적 근거들이 발표되어 왔으며 이것들을 기반으로 전기장 및 자기장에 대한 기본 한계값(Basic Restriction)과 기준 레벨(Reference Level)을 새롭게 개정할 필요성이 대두되었다. '98년 가이드라인 발표 당시, 전자기장에 인체 노출과 관련된 대부분의 실험 데이터가 인체 유도 전류 밀도로 주어진 반면에, 이후에는 생물학적 영향을 결정하는 물리량인 체내 유도 전계 강도를 기초로 한 과학적 근거들이 제시됨으로써 '10년 가이드라인에서는 기본 한계값이 체내 유도 전계 강도로 주어졌다.

표 2-1. 1998년 ICNIRP 가이드라인(노출 기준값)

노출 특성	주파수 범위	전계강도 (V/m)	자계강도 (A/m)	자속밀도 (μT)
직업인 노출	1 Hz까지	-	1.63×10^5	2×10^5
	1-8 Hz	20,000	$1.63 \times 10^5/f^{1/2}$	$2 \times 10^5/f^{1/2}$
	8-25 Hz	20,000	$2 \times 10^5/f$	$2.5 \times 10^5/f$
	0.025-0.82 kHz	500/f	20/f	25/f
	0.82-65 kHz	610	24.4	30.7
	0.065-1 MHz	610	1.6/f	2.0/f
	1-10 MHz	610/f	1.6/f	2.0/f
일반인 노출	1 Hz까지	-	3.2×10^4	4×10^4
	1-8 Hz	10,000	$3.2 \times 10^4/f^{1/2}$	$4 \times 10^4/f^{1/2}$
	8-25 Hz	10,000	4,000/f	5,000/f
	0.025-0.8 kHz	250/f	4/f	5/f
	0.8-3 kHz	250/f	5	6.25
	3-150 kHz	87	5	6.25
	0.15-1 MHz	87	0.73/f	0.92/f
	1-10 MHz	87/f ^{1/2}	0.73/f	0.92/f

※ 여기서 f의 단위는 Hz 이고, 60Hz에 영역은 붉은색으로 표시되어있다.

표 2-2. 2010년 개정 ICNIRP 가이드라인(노출 기준값)

노출 특성	주파수 범위	전계강도 (V/m)	자계강도 (A/m)	자속밀도 (μT)
직업인 노출	1-8 Hz	20	$1.63 \times 10^5/f^{1/2}$	$0.2/f^{1/2}$
	8-25 Hz	20	$2 \times 10^5/f$	$2.5 \times 10^{-2}/f$
	25 Hz-300 Hz	$5 \times 10^2/f$	8×10^{-2}	1×10^{-3}
	300 Hz-3 kHz	$5 \times 10^2/f$	$2.4 \times 10^5/f$	0.3/f
	3 kHz-10 MHz	1.7×10^{-1}	80	1×10^{-4}
일반인 노출	1-8 Hz	5	$3.2 \times 10^4/f^{1/2}$	$4 \times 10^{-2}/f^{1/2}$
	8-25 Hz	5	$4 \times 10^5/f$	$5 \times 10^{-3}/f$
	25-50 Hz	5	1.6×10^2	2×10^{-4}
	50 Hz-400 Hz	$2.5 \times 10^2/f$	1.6×10^{-2}	2×10^{-4}
	400 Hz-3 kHz	$2.5 \times 10^2/f$	$6.4 \times 10^4/f$	$8 \times 10^{-2}/f$
	3 kHz-10 MHz	8.3×10^{-2}	21	2.7×10^{-5}

※ 여기서 f의 단위는 Hz 이고, 60Hz에 영역은 붉은색으로 표시되어있다.

표 2-3. ICNIRP 개정 전·후 가이드라인의 주요 차이점

항목	가이드라인	주요 차이점
기본 제한값	1998년도 가이드라인	o 내부 유도전류 : 대부분의 실험 데이터가 이 값을 기반으로 하였음
	2010년도 가이드라인	o 내부 유도전기장: 내부 유도전기장을 근거로 한 충분한 정보 이용 가능
고려된 인체 영향	1998년도 가이드라인	o 신경계 기능에 대한 영향 방지 o 중추신경계 조직에서만 유도 전류 밀도 제한 o 안내 섬광은 고려하지 않음
	2010년도 가이드라인	o 뇌에서의 영향 모델로 망막에 미치는 영향 고려 o 안내 섬광 문턱치가 노출 제한에 대한 근거 제공 o 말초유수신경조직과 중추유수신경조직에 미치는 자극 영향들이 포함됨 o 인체의 어떠한 조직에 대해서도 노출 제한이 가해짐 o 제한값들은 현재의 과학적 근거를 기반으로 하고 있음 o 조직 전도도를 근거로 해서 유도전류밀도에 대한 이전 지침으로부터 단순히 변화시킨 것이 아님
노출 기준값	1998년도 가이드라인	o 단순한 기하학적 모델 기반의 Dosimetry 이용
	2010년도 가이드라인	o 해부학적으로 상세한 인체 모델 기반의 Dosimetry 모델과 개정된 기본 제한값 적용 - 자기장 노출 기준값 : 덜 보수적인 경향을 띠 - 전기장 노출 기준값 : 일부 예외는 있으나, 기본적으로는 불변임
접촉전류	1998년도 가이드라인	o 감전과 화상 위험 회피 o 일반인에 대한 접촉전류 노출 기준값은 직업인에 대한 값의 절반 적용(생물학적 반응을 나타내는 접촉전류 문턱치가 어린이의 경우, 성인의 반임을 감안) o 인지를 방지하는 것이 목적이 아니고 고통스러운 감전을 방지하는 것이 목적
	2010년도 가이드라인	o 1998년도 가이드라인과 동일

현재 ICNIRP 기준을 따르는 국가는 한국, 일본, 호주 등 대부분 국가이며 자체적 기준을 적용한 국가는 스웨덴(2.5 mG), 미국, 인도(ICNIRP 10%수준), 캐나다, 네덜란드, 오스트리아, 스위스(2.5 mG), 덴마크(0.4 μ T)가 있다.

3. ITU-T SG5

ITU-T(International Telecommunication Union-Telecommunication Standard Sector)는 ITU를 구성하는 세 개의 섹터(Sector) 중 하나로써 글로벌 통신망 및서비스를 위한 국제 표준을 개발하는 국제기구이다. ITU-T는 통신의 모든 분야를 포괄하는 효과적이고 적절한 표준 개발 뿐만 아니라, 국제적인 통신 서비스를 위한 국제 관세와 회계 원리를 정하며, 활동의 결과물로서 현재 4000 여개의 권고안(Recommendation)이 있다.

ITU-T의 핵심적인 역할을 하는 것은 통신 분야의 전문가들이 참여하는 Study Group(SG)으로써 실제적인 권고안들은 이 연구반에서 다루어진다. SG5는 ITU-T를 구성하는 10개 SG의 하나로 전자기 현상과 기후 변화에 대한 ICT 환경 분야 연구와 간섭 및 낙뢰로부터의 통신 네트워크 및 기기 보호에 대한 연구를 담당하고 있다. 또한 휴대전화를 포함한 이동통신 설비로부터 발생하는 전자기장의 인체 영향과 보호 및 전자파 적합성(EMC) 관련 연구를 담당하고 있다.

SG5는 3개의 WP(Working Party)로 구성되어 있으며, 이 중 WP2에서 무선 및 모바일 시스템으로부터 발생하는 전자기장에 대한 인체 노출 연구를 진행하고 있다. WP2에서 전자기장 인체 노출과 관련하여 주로 다루고 있는 권고안은 총 7개가 있으며 주요 내용은 다음과 같다.

K.52(Guidance on complying with limits for human exposure to electromagnetic fields)는 통신 설비와 휴대폰 또는 전자기장 인체 노출에 대한 안전 기준 준수를 위한 지침으로 일반 지침, 계산 방법 및 설비 평가 절차를 제공한다.

K.61(Guidance on measurement and numerical prediction of electromagnetic fields for compliance with human exposure limits for telecommunication installations)은 통신 사업자가 해당 지역 또는 국가의 규정에 의해 발표된 노출 기준을 준수하는지 확인하는 데 도움이 되며 적합성 평가 측정 방법에 대한 지침과 다양한 상황의 노출 예측에 적합한 수치 해석 방법의 선택에 대한 지침을 제공한다. K.61은 2004년에 발간되었고 2016년까지 표준 유지를 위한 연구를 진행 중이다.

K.70(Mitigation techniques to limit human exposure to EMFs in the vicinity of radiocommunication stations)는 송신 안테나 주변의 (총) 노출 지수 평가 및 주 복사 신호원을 식별하기 위하여 통신 사업자들이 사용할 수 있는 기술을 정의하며, 노출 제한을 준수하기 위해 전자파 복사 수준을 감소시키는 방법에 대한 지침과 다양한 신호원들로부터 여러 주파수에 동시 노출이 되는 환경에서 필요한 절차에 대한 지침을 제공한다. K.70에서는 전자파 노출 계산을 위한 소프트웨어(EMF estimator)도 제공하고 있으며, 2007년에 발간된 이후 금년도 2월에 3번째 새로운 버전 3.0.0으로 갱신되었다.

K.83(Monitoring of electromagnetic field levels)은 일반인에게 전자파 세기에 대한 정보 제공을 목적으로 전자기장을 모니터링하여 장기간 측정하는 방법에 대한 지침이며, 2011년 발간되어 2016년까지 표준 유지를 위한 연구를 진행하고 있다.

K.90(Evaluation techniques and working procedures for compliance with exposure limits of network operator personnel to power-frequency electromagnetic fields)은 전력 주파수(DC, 50/60 Hz) 관련 이동통신 네트워크 담당자의 전자기장 노출에 대한 안전 기준 준수를 위한 평가 기술과 지침이다. 이 권고안에서 안전 제한값을 설정하지는 않으며 근무 장소에서 사전 주의를 위해 필요한 사항들을 결정하는 절차와 기술을 제공한다.

K.91(Guidance for assessment, evaluation and monitoring of human exposure to radio frequency electromagnetic fields)은 9 kHz에서 300 GHz 주파수 범위에서 기존의 노출과 규정 준수 표준을 기반으로 이동통신 설비 주변의 전자기장 인체 노출을 모니터링하고 평가하는 방법에 대한 지침이다. 이 권고안은 RF EMF의 다양한 신호원과 현재 운영 중인 서비스의 실제 환경에서 사람들이 접근 가능한 지역의 시험을 지향할 뿐만 아니라, 제품의 EMF 적합성 표준에 대한 참조를 제공한다. K.91은 K.guide로 연구되었다가 2012년 5월에 발간되었다.

K.mpis(Measurement of human exposure levels when a wireless installation is put into service)는 이동통신 기지국 서비스 시 인체 노출량을 측정하는 방법에 대한 지침으로, 우리나라의 전자파 강도 측정 기준을 기반으로 하고 있으며 2015년 발간을 목표로 연구 중에 있다.

4. IEC TC 106

국제전기기술위원회(IEC, International Electrotechnical Commission)의 TC (Technical Committee) 106 에서는 1999년 10월 설립 이래 매년 총회 및 소위원회 등을 개최하며, 전자파에 대한 인체 노출량을 객관적으로 평가할 수 있는 방법을 주도적으로 개발하고 있다.

TC106은 0 Hz에 300 GHz 주파수 범위에서 사용되고 있는 휴대전화, 이동통신기지국, 방송송신기, 교류전력선, 저전력전기 및 전자장치 등 다양한 전자파 발생기기의 전자파 인체 노출량 평가방법에 대한 표준화 프로젝트를 수행하고 있다. 5개의 WG(Working Group : 작업반)으로 구성되어 있으며, 작업반은 크게 저주파수와 고주파수 대역의 기본 및 제품 표준과 일반 표준으로 구분되어 있다.

WG1은 저주파수대역(0 Hz - 100 kHz)의 전기장 및 자기장, 유도전류의 측정과 계산 방법에 대한 일반 표준을 제정하고 있다. 저주파수 및 중간 주파수 전자기장의 인체 유도 전류 밀도 및 전자기장 계산 방법(IEC 62226-1) 등 4개의 표준을 제정해 두고 있으며, 현재 저주파수 전자기장 인체 노출량 측정방법 표준(IEC 61786-1)이 유지 보수(MT) 작업을 추진 중에 있다.

표 2-4. WG1 프로젝트 현황

문서 번호	프로젝트명	진행단계
IEC 62226-1	Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range - Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body - Part 1 : General	IS (‘04.11, 국제 표준발간
IEC 62226-2-1	Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range - Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body - Part 2 : Exposure to magnetic fields - 2D models	IS (‘04.11, 국제 표준발간
IEC 62226-3-1	Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range - Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body - Part 3-1 : Exposure to electric fields - Analytical and 2D numerical models	IS (‘07.5, 국제표준 발간
IEC 61786-1	Measurement of low frequency magnetic and electric fields with regard to exposure of human beings - Part 1: Measurement instrumentation and calibration meth	CDV (‘12.11, 국제표준 진행중

WG2는 가정용기기, 전력선, 산업용 전력기기, 철도 등 특성 소스에 의해 발생하는 저주파수 전기장 및 자기장 측정 방법과 측정 장비 표준을 개발하고 있으며, 2009년까지 2개의 표준을 발간하였다.

표 2-5. WG2 프로젝트 현황

문서 번호	프로젝트명	진행단계
IEC 62233	Measurement methods for electromagnetic fields of household appliances and similar apparatus with regard to human exposure	IS (‘05.10, 국. 표준발간
IEC 62110	Measurement procedures for electric and magnetic fields generated by AC power lines with regard to human exposure	IS (‘09.8, 국제표준 발간

WG3은 고주파 대역(100 kHz - 300 GHz)의 전자기장 및 전자파흡수율(SAR) 측정 및 계산 방법에 대한 국제 표준을 담당하고 있으며, 단 하나의 프로젝트를 진행하였으나 2005년 삭제됨으로 현재는 진행 중인 표준화 업무가 없다.

표 2-6. WG3 프로젝트 현황

문서 번호	프로젝트명	진행 단계
IEC 62334	Measurement and Assessment of Human Exposure to High Frequency (9 kHz to 300 GHz) Electromagnetic Fields	IS (삭제 된아 이템 '05.6)

WG4는 고주파 대역의 무선 통신 기기, 기지국, 방송국 송신소 등 특정 전자기장 소스를 평가하기 위한 표준을 개발하고 있다. 지금까지 300 MHz ~3 GHz 주파수에서 귀에 근접하여 사용하는 무선 통신 기기의 전자파 인체 노출량 평가 방법(IEC 62209-1), 30 MHz ~6 GHz 주파수에서 인체에 근접하여 사용하는 무선통신 기기 전자파 인체 노출량 평가 방법(IEC 62209-2) 등 5건의 IEC 표준을 발간하였으며, 이동통신 기지국 전자파 인체 노출 사례 연구 등 2건의 기술 보고서를 발간하였다

표 2-7. WG4 프로젝트 현황

문서 번호	프로젝트명	진행 단계
IEC 62209- 1	Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices - S Human models, instrumentation, and procedures - Part 1 : Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the ear (frequency range of 300 MHz to 3 GHz)	IS (‘05.2, 국제표 준 발간,
IEC 62209- 2	Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices - Human models, instrumentation, and procedures Part 2: Procedure to determine the Specific Absorption Rate (SAR) for mobile wireless communication devices used in close proximity to the human body(frequency 30 MHz to 6 GHz)	IS (‘10.3, 국제표 준 발간
IEC 62232	Determination of RF fields in the vicinity of mobile communication base stations for the purpose of evaluating human exposure	IS (‘11.5, 국제표 준 발간
IEC 62669	Case studies supporting IEC 62232 - Determination of RF field strength and SAR in the vicinity of radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human exposure	(‘11.5, 국제표 준 발간
IEC 62369- 1	Evaluation of human exposure to electromagnetic fields from short range devices (SRDs) in various applications over the frequency range 0 GHz to 300 GHz - Part 1 : Fields produced by devices used for electronic article surveillance, radio frequency identification and similar systems	IS (‘08.8, 국제표 준 발간
IEC 62630	Guidance for evaluating exposure from multiple EM source	TR (‘10.3, 국제표 준 발간
IEC 62704- 1	Determining the Peak Spatial-Average Specific Absorption Rate in the Human Body from Wireless Communications Devices, 30 MHz - 6 GHz: General	CD (‘12.10 국제표 준진행
IEC 62704- 2	Specific Absorption Rate(SAR) in the Human Body from Wireless Communications Devices: Specific Requirements Finite Difference Time Domain(FDTD) Modelling of Exposure from Vehicle Mounted Antennas	CD (‘12.10, 국제표 준진행
IEC 62704- 3	Determining the Peak Spatial-Average Specific Absorption Rate (SAR) in the Human Body from Wireless Communications Devices, 30 MHz - 6 GHz: Specific Requirements for using the Finite-Difference Time-Domain (FDTD) Method for SAR Calculations of Mobile Phones	CD (‘12.10, 국제표 준진행
IEC 62704- 4	Determining the Peak Spatial-Average Specific Absorption Rate (SAR) in the Human Body from Wireless Communications Devices, 30 MHz - 6 GHz: General requirements for using the Finite-Element Method(FEM) for SAR Calculations and Specific requirements for modeling vehicle-mounted antennas and personal wireless devices	NP (‘11.8, 국제표 준진행

WG5는 제품군 표준이 적용되지 않는 전기·전자기기에 적용할 수 있는 전자기장과 유도전류 및 접촉전류에 관한 일반인 노출 기본 한계 또는 기준 레벨의 적합성 시험 방법 등을 표준화하고 있다. 현재까지 3개의 표준을 발간하였다.

표 2-8. WG5 프로젝트 현황

문서 번호	프로젝트명	진행 단계
IEC 62311	Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields(0 ~S 300 GHz)	IS (‘07.8, 국.제 표준 발간
IEC 62479	Assessment of the compliance of low power electronic and electrical apparatus with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (10 MHz - 300 GHz)	IS (‘10.6, 국.제 표준 발간
IEC 62577	Evaluation of human exposure to electromagnetic fields from a stand alone broadcast transmitter (30 MHz - 40 GHz)	IS (‘09.8, 국.제 표준 발간

4. IEEE

국제전자기장안전위원회(ICES)는 IEEE 표준 협회 표준위원회의 하나로 사람, 휘발성물질, 폭발장치의 전자기장 노출의 잠재적 위험에 관계하여 0Hz ~300 GHz 전자기 에너지의 안전한 이용을 위한 기준과 전자기 에너지를 발생하도록 설계되고 제조된 제품 표준과 환경적 제한 표준의 개발을 담당하고 있다.

IEEE TC34는 이동전화 단말기 등 제품 표준을 IEEE TC95는 EMF 인체 노출 안전기준을 정하고 있다. 그동안 국제적으로 각계 전문가들의 노력으로 전자파 인체 안전 기준에 대해서는 ICNIRP와 IEEE/ICES TC95가 안정적으로 조화를 이루었고, 측정 및 계산을 통한 평가 방법은 IEC와 IEEE/ICES TC34가 서로 조화를 이루어 가고 있다.

표 2-9. IEEE 구성 및 주요 문서

구분	주제	의장	구분	문서명	문서 내용	비고
TC95	안전 기준	C.K. Chou	1	C95.1(2005)	IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz	
SC1	기술, 절차 및 계측기	Howard I. Bassen	2	C95.2(2005)	IEEE Recommended for Radio-Frequency Energy and Current Flow Symbols	
SC2	용어, 측정 단위, 및 위험 소통	Richard A. Tell	3	C95.3(2002)	IEEE Recommended Practice for Measurements and Computations of Radio Frequency Electromagnetic Fields With Respect to Human Exposure to Such Fields, 100 kHz-300 GHz	
SC3	인체 노출의 안전 수준, 0 - 3kHz	Robert Kaveh Thanh Doan	4	C95.4(2002)	IEEE Recommended Practice for Determining Safe Distances from Radio Frequency Transmitting Antennas When Using Electric Blasting Caps During Explosive Operations	
SC4	인체 노출의 안전 수준, 3 kHz - 300 GHz	Dr. Art Tharsandile Dr. Mary Ziskin	5	C95.6(2002)	IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electromagnetic Fields, 0-3 kHz	
SC5	전기 폭발장치 노출의 안전 수준	Robert Needy G. Drew Koban	6	C95.7(2005)	IEEE Recommended Practice for Radio Frequency Safety Programs, 3 kHz to 300 GHz	
TC34	제품 표준	Dr. Wolfgang Kainz				
SC1	실험 기법	Dr. Mark Douglas				
SC2	컴퓨터 기술	Dr. Wolfgang Kainz				

3. EU(European Union)

1999년 유럽 연합 이사회(Council of the European Union)에서는 일반인 전자파 노출 제한값에 대한 1999/519/EC라는 권고안을 발표하였으며, 여기에는 체내 전류 밀도와 체외 전자기장 강도에 대한 기준 레벨을 포함하고 있다. 이어서 2004년 유럽 의회(European Parliament and the Council)에서는 전자기장 리스크로부터의 노출에 관한 최소한의 건강 및 안전 요구사항에 대한 2004/40/EC 지침[3]을 발간하였다. 최근 2013년 6월에는 직업인의 전자파 노출 보호를 위한 최소한의 요구조건 및 새로운 노출 제한값 등을 내용으로 하는 2013/35/EC 지침[4]을 발표하였으며 주요 내용은 다음과 같다. 먼저 전자파 노출 제한값을 ICNIRP의 엄격한 권고를 바탕으로 보다 엄격하게 제한하였다. 또한, 고용주가 EMF 노출의 위험성을 평가하고 이를 줄이기 위해 필요한 조치를 취하는 것을 의무화하고 노출 제한값을 초과 시 기술적·조직적 조치를 포함한 실행 계획을 실시하여야 한다는 내용을 담고 있다. 하지만, 이번 지침 역시 장기적인 노출에 대한 영향이 아닌 단기적인 영향에 대한 내용만을 다루고 있다. EU의 각 국가들이 이 지침을 2016년 1월 1일까지 법이나 규정 등에 적용하여야 하며, 유럽 연합 이사회에서는 구속력이 없는 실현 가능한 가이드라인을 적어도 2015년 상반기까지 마련할 계획에 있으며 주요 내용은 다음과 같다.

- 유럽 혹은 국제 표준을 고려한 노출의 결정
 - 노출 제한값 평가를 위한 계산 방법
 - 전자기장의 공간 평균
 - 측정 및 계산 불확정도에 대한 지침
- 특정 상황에서의 비균일 노출 적합성을 결정하기 위한 지침
- 저주파수 대역의 'weighted peak method' 기술
- 고주파수 대역의 'Multifrequency fields summation' 기술
- 근로자에 대한 특정 정보, 훈련 방법 및 문서화된 근무 절차의 확립
- 열 및 비열 영향이 모두 고려되는 100 kHz ~ 10 MHz 대역의 노출 평가 등

표 2-10. 개정 전(2004) EU의 노출 제한값(Exposure Limit Value)

Frequency range	Current density for head and trunk J (mA/m ²) (rms)	Whole body average SAR (W/kg)	Localised SAR (head and trunk) (W/kg)	Localised SAR (limbs) (W/kg)	Power density S (W/m ²)
Up to 1 Hz	40	—	—	—	—
1 — 4 Hz	40/f	—	—	—	—
4 — 1 000 Hz	10	—	—	—	—
1 000 Hz — 100 kHz	$f/100$	—	—	—	—
100 kHz — 10 MHz	$f/100$	0,4	10	20	—
10 MHz — 10 GHz	—	0,4	10	20	—
10 — 300 GHz	—	—	—	—	50

표 2-11. 개정 후(2013) Health effect 노출 제한값(1 Hz ~ 10 MHz 체내 전기장 강도)

Frequency range	Health effects ELVs
$1 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$	$1,1 \text{ Vm}^{-1}$ (peak)
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$3,8 \times 10^{-4} f \text{ Vm}^{-1}$ (peak)

※ Health effect : 인체(머리 포함) 모든 중추 및 말초 신경 조직의 전기 자극에 대한 영향

표 2-12 개정 후(2013) Sensory effect 노출 제한값(1 Hz ~ 400 Hz 체내 전기장 강도)

Frequency range	Sensory effects ELVs
$1 \leq f < 10 \text{ Hz}$	$0,7/f \text{ Vm}^{-1}$ (peak)
$10 \leq f < 25 \text{ Hz}$	$0,07 \text{ Vm}^{-1}$ (peak)
$25 \leq f \leq 400 \text{ Hz}$	$0,0028 f \text{ Vm}^{-1}$ (peak)

※ Sensory effect : 망막 섬광, 일부 뇌 기능의 일시적인 변화 등 머리의 중추 신경에 대한 영향

표 2-13. 개정 전(2004) EU의 조치값(Action Value)

Frequency range	Electric field strength, E (V/m)	Magnetic field strength, H (A/m)	Magnetic flux density, B (μT)	Equivalent plane wave power density, S_{eq} (W/m ²)	Contact current, I_c (mA)	Limb induced current, I_L (mA)
0 — 1Hz	—	$1,63 \times 10^5$	2×10^5	—	1,0	—
1 — 8 Hz	20 000	$1,63 \times 10^5/f^2$	$2 \times 10^5/f^2$	—	1,0	—
8 — 25 Hz	20 000	$2 \times 10^4/f$	$2,5 \times 10^4/f$	—	1,0	—
0,025 — 0,82kHz	$500/f$	$20/f$	$25/f$	—	1,0	—
0,82 — 2,5 kHz	610	24,4	30,7	—	1,0	—
2,5 — 65 kHz	610	24,4	30,7	—	0,4 f	—
65 — 100 kHz	610	$1\ 600/f$	$2\ 000/f$	—	0,4 f	—
0,1 — 1 MHz	610	$1,6/f$	$2/f$	—	40	—
1 — 10 MHz	$610/f$	$1,6/f$	$2/f$	—	40	—
10 — 110 MHz	61	0,16	0,2	10	40	100
110 — 400 MHz	61	0,16	0,2	10	—	—
400 — 2 000 MHz	$3f^2$	$0,008f^2$	$0,01f^2$	$f/40$	—	—
2 — 300 GHz	137	0,36	0,45	50	—	—

표 2-14. 개정 후(2013) 전기장 강도 조치값(1 Hz ~ 10 MHz)

Frequency range	Electric field strength Low ALs (E)[Vm ⁻¹] (RMS)	Electric field strength High ALs (E) [Vm ⁻¹] (RMS)
$1 \leq f < 25\text{ Hz}$	$2,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$
$25 \leq f < 50\text{ Hz}$	$5,0 \times 10^5/f$	$2,0 \times 10^4$
$50\text{ Hz} \leq f < 1,64\text{ kHz}$	$5,0 \times 10^5/f$	$1,0 \times 10^6/f$
$1,64 \leq f < 3\text{ kHz}$	$5,0 \times 10^5/f$	$6,1 \times 10^2$
$3\text{ kHz} \leq f \leq 10\text{ MHz}$	$1,7 \times 10^2$	$6,1 \times 10^2$

표 2-15. 개정 후(2013) 자기장 강도 조치값(1 Hz ~ 10 MHz)

Frequency range	Magnetic flux density Low ALs(B)[μ T] (RMS)	Magnetic flux density High ALs(B) [μ T] (RMS)	Magnetic flux density ALs for exposure of limbs to a localised magnetic field [μ T] (RMS)
$1 \leq f < 8$ Hz	$2,0 \times 10^5/f^2$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
$8 \leq f < 25$ Hz	$2,5 \times 10^4/f$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
$25 \leq f < 300$ Hz	$1,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
$300 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$	$3,0 \times 10^5/f$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$

100 kHz ~ 300 GHz(열적 효과)에 대한 노출 제한값 및 조치값은 지침의 부록 3에 수록되어 있다.

5. EU의 주요 국가

EU 권고안은 법적 구속력이 없기 때문에 EU의 각 국가들의 정책은 3가지 다른 접근법으로 구분된다. 첫 번째 그룹에서는 권고안을 국가 법령에 적용하고 있다. 이것은 기본한계와 기준 레벨을 반드시 준수해야함을 의미한다. 이러한 그룹의 나라들로는 체코, 에스토니아, 그리스, 헝가리, 룩셈브루크, 포르투갈 및 루마니아가 있다.

두 번째 그룹은 EU 권고안 혹은 ICNIRP의 제한값을 법적으로 명시하지 않고 더욱 완화된 제한값 혹은 규정 자체가 없다. 이러한 나라들로는 오스트리아, 덴마크, 핀란드, 아일랜드, 라트비아, 몰타, 네덜란드와 영국이다. 이 나라들 중에서 일부에서는 사전 주의 정책을 권고하고 있다. 특히, 스페인은 50 Hz 전자기장 노출에 대한 연방 법은 없지만 지방 정부에서는 주거지, 학교 및 공공 장소 주변에 새로운 전력 설비의 건설을 금지하고 있다.

세 번째 그룹은 사전 주의 원칙이나 국민들의 압력 등에 기초하여 더욱 엄격한 기본 한계 및/혹은 기준 레벨을 적용한다. 기준 레벨은 대개 “de facto”라는 기준을 초과하지 않는 노출 제한값을 적용한다. 이러한 국가들의 정책은 다음과 같다.

가. 벨기에

벨기에는 유럽 권고안 기준 레벨과 동일한 전기장 강도 제한값을 1987년 이래로 적용하고 있으며, 거주 목적 지역은 5 kV/m, 도로 돌출부는 7 kV/m 및 다른 장소에 대해서는 10 kV/m로 규정하고 있다. 벨기에는 자기장 노출에 대한 법령은 없으나 “플랑드르” 지역에서는 2004년부터 주택 및 일반인이 접근 가능한 건물에 대한 자속 밀도 제한값을 유럽 기준 레벨의 10%로 제한하고 있다.

나. 덴마크

덴마크 Danish National Board of Health에서는 1993년 전력선 주변에 새로운 주거지와 어린이 시설 혹은 그 반대의 경우에 대한 설치를 못하도록 권고하고 있다. 덴마크 전력 분야 및 지방 정부에서는 연 평균 노출이 0.4 mT(권고안 기준 레벨의 0.4%) 이상인 경우 자기장 강도를 저감시키는 위한 조사를 실시하는데 동의하였다.

다. 이탈리아

이탈리아의 자속밀도에 대한 기본 제한값[DECREE OF THE PRESIDENT OF THE COUNCIL OF MINISTERS, “Establishment of exposure limits, attention values, and quality goals to protect the population against power frequency(50 Hz) electric and magnetic fields generated by power lines”, 2003.7.08]은 유럽 권고안의 기준 레벨과 동일하다. 하지만, 주택, 놀이터 및 학교 등 4 시간 이상 전자파에 노출되는 장소에 대해서는 기준 레벨보다 10배 낮은 10 mT로 “주의값(attention value)”을 적용한다. 또한 기준 레벨의 3%(3 mT)인 “품질 목표(Quality goal)”는 전력선, 변전소 혹은 변압기 근처의 주택, 놀이터 혹은 학교가 새롭게 건축될 경우 적용한다. 또한, 주택, 학교 및 4시간 이상 머무를 수 있는 장소들 주변의 전력선에 대해서는 연방법에서 강제로 시행되기 이전에 더욱 엄격한 자속밀도 제한값(기준 레벨의 0.1%)이 적용된다.

라. 스웨덴

스웨덴에서는 1998년의 Environmental code 및 법률과 함께 정책 담당자를 위한 가이드에서 사전주의 원칙이 어떻게 50 Hz 전자기장에 적용되는지를 설명하였고 현존하는 노출 상황들에 대해서는 자속밀도의 노출(권고안 기준레벨의 0.1%)을 반드시 저감시켜야 하며, 새로운 노출 상황이 발생 시에는 다양한 방법을 통해 노출을 줄이기 위한 노력을 해야 한다고 하였다.

표 2-16. 스웨덴의 전자파 장기 노출에 대한 전자기장 지침

Electromagnetic Field Intensity Guidelines for Long-term Exposure			
	50/60 Hz Magnetic	50/60 Hz Electric	Radio/Microwave
No known symptoms (Some individuals are sensitive to these intensities)	0.65 milliGauss (65 mTesla)	6 Volt/meter	0.010 milliWatt/cm ²
Health problems increase (Epidemiological studies indicate risks of cancer and other diseases begin to increase 2 to 3 times at this range)	1.0 milliGauss (100mTesla)	10 Volt/meter	0.025 milliWatt/cm ²
Adverse health problems start (Hazard to health increases proportionally – up to 35 times greater risk for cancer and other diseases reported)	2.00 + milliGauss (200 + mTesla)	15 + Volt/meter	0.065+ milliWatt/cm ²

스웨덴에서는 국가 법률에 의한 인증은 아니지만, 직업인 작업 환경에 대한 TCO 인증이 있다. TCO(Swedish Central Organization of Salaried Employees)는 엔지니어, 기자, 은행원, 교육자 등 스웨덴 16개 전문직 그룹이 포함된 스웨덴 전문직 연맹이다. TCO에서는 전문 직업인들의 작업 환경에서 사용할 수 있는 기기에 대해 건강, 환경 등을 고려한 기준을 제시하며, 기준에 만족하는 제품들은 TCO 인증 마크를 부여하고 있다. 최초 TCO 인증은 스웨덴 자국의 전문직 종사자들의 건강과 안전을 위해 도입되었으나 현재는 국제 표준과 같이 통용되고 있다.

전자제품과 관련하여 현재 TCO 인증은 크게 8개 제품군(FPD(Flat Panel Displays), 노트북, 태블릿, 스마트폰, 데스크탑 PC, 올인원 PC, 프로젝터, 헤드셋)에 대해 이뤄지고 있으며, 전자장 노출에 대한 기준은 태블릿과 스마트폰을 제외한 6개 제품군에 대해 제시되어 있다. TCO 인증은 전자장 노출만을 위한 것이 아니며, 시스템 전반에 대한 요구 기준을 제시하고 있다. 예를 들면, 디스플레이 장치의 경우에는 전자장

노출 외에 색상 표현, 밝기 기준, 제품 동작 시에 발생하는 소음 기준 등 제품을 사용하는데 있어 필요한 다양한 분류에 대한 기준을 제시하고 있다. TCO 인증을 위해 전자장 노출을 측정하기 위한 측정 환경 요구 조건은 다음과 같으며, 기준 환경에서 측정할 것을 권고하고 있다.

표 2-17. FPD 측정 환경 요구조건 (TCO 기준)

구분	요구조건
AC main voltage	230 VAC RMS, tolerance $\leq 1\%$
AC main frequency	50 Hz, tolerance $\leq 2\%$
Test room temperature	23 \pm 3 °C
Humidity	20~75% RH(non condensing)

o FPD(Flat Panel Displays)

표 2-18. FPD에 대한 TCO 전기장 강도 기준

구분	전기장 기준	측정 위치	비고
Band I (5Hz ~ 2 kHz)	≤ 10 V/m	0.3 m / 0.5 m @FPD 전면	FPD $\leq 26'$
		0.5 m @FPD 전면	FPD $>26'$
Band II (2 kHz ~ 400 kHz)	≤ 1.0 V/m	0.3 m @FPD 전면	FPD $\leq 26'$
		0.5 m @FPD 주변	FPD $\leq 26'$
		0.5 m @FPD 제품 표면	FPD $>26'$

표 2-19. FPD에 대한 TCO 자기장 강도 기준

구분	자기장 기준	측정 위치	비고
Band I (5Hz ~ 2 kHz)	≤ 200 nT	0.3 m @FPD 전면	FPD $\leq 26'$
		0.5 m @FPD 주변	FPD $\leq 26'$
		0.5 m @FPD 제품 표면	FPD $>26'$
Band II (2 kHz ~ 400 kHz)	≤ 25 nT	0.5 m @FPD 주변	FPD $\leq 26'$
		0.5 m @FPD 제품 표면	FPD $>26'$

o 노트북

표 2-20. 노트북에 대한 TCO 기준

구분	전기장 기준	자기장 기준	측정 위치
Band I (5Hz ~ 2 kHz)	≤ 10 V/m	≤ 200 nT	0.3 m @노트북 전면 * 자기장의 경우 주변 포함
Band II (2 kHz ~ 400 kHz)	≤ 1.0 V/m	≤ 25 nT	0.3 m @노트북 전면/주변

o Desktop PC

표 2-21. Desktop PC에 대한 TCO 기준

구분	전기장 기준	자기장 기준	측정 위치
Band I (5Hz ~ 2 kHz)	$\leq 10 \text{ V/m}$	$\leq 200 \text{ nT}$	0.5 m @Desktop PC 앞면
Band II (2 kHz ~ 400 kHz)	$\leq 1.0 \text{ V/m}$	$\leq 25 \text{ nT}$	0.5 m @Desktop PC 주변

o All-in-One PC

표 2-22. All-in-One PC에 대한 TCO 전기장 강도 기준

구분	전기장 기준	측정 위치	비고
Band I (5Hz ~ 2 kHz)	$\leq 10 \text{ V/m}$	0.3 m / 0.5 m @제품 전면	Display $\leq 26'$
		0.5 m @제품 전면	Display $>26'$
Band II (2 kHz ~ 400 kHz)	$\leq 1.0 \text{ V/m}$	0.3 m @제품 전면	Display $\leq 26'$
		0.5 m @제품 표면 주변	Display $\leq 26'$
		0.5 m @제품 표면 주변	Display $>26'$

표 2-23. All-in-One PC에 대한 TCO 자기장 강도 기준

구분	자기장 기준	측정 위치	비고
Band I (5Hz ~ 2 kHz)	$\leq 200 \text{ nT}$	0.3 m @제품 전면	Display $\leq 26'$
		0.5 m @제품 주변	Display $\leq 26'$
		0.5 m @제품 표면 주변	Display $>26'$
Band II (2 kHz ~ 400 kHz)	$\leq 25 \text{ nT}$	0.5 m @제품 표면 주변	

o 프로젝터

표 2-24. 프로젝터에 대한 TCO 기준

구분	전기장 기준	자기장 기준	측정 위치
Band I (5Hz ~ 2 kHz)	-	$\leq 200 \text{ nT}$	1 m @프로젝터의 윗면 주변
Band II (2 kHz ~ 400 kHz)	$\leq 1.0 \text{ V/m}$	$\leq 25 \text{ nT}$	1 m @프로젝터의 윗면 주변

o 헤드셋

표 2-25. 헤드셋에 대한 TCO 전기장 강도 기준

구분	전기장 기준	측정 위치	비고
Band I (5Hz ~ 2 kHz)	≤ 10 V/m	0.5 m @배터리 충전기 전면	AC/DC Power Supply 연결 상태
Band II (2 kHz ~ 400 kHz)	≤ 1.0 V/m	0.5 m @배터리 충전기 주변	

표 2-26. 헤드셋에 대한 TCO 자기장 강도 기준

구분	자기장 기준	측정 위치	비고
Band I (5Hz ~ 2 kHz)	≤ 200 nT	0.5 m @배터리 충전기 주변	AC/DC Power Supply 연결 상태
Band II (2 kHz ~ 400 kHz)	≤ 25 nT	0.5 m @배터리 충전기 전면	

마. 네덜란드

네덜란드의 Ministry of Infrastructure and the Environment은 지역 당국에 연 평균 0.4 mT 이상의 자속밀도를 갖는 고압선 주변에 어린이들이 장시간 머무르지 못하도록 권고하고 있다. 이는 2011년 5월 네덜란드 공중 보건 및 환경 국립 연구소의 EMF 국제 정책 비교에 대한 EC 발표문에 따라 자속 밀도 0.4 μ T 이상인 송전선 주변에 어린이가 장기적으로 거주하는 상황을 만들지 말 것을 지방 자치 단체에 권고하였다. 위 권고는 송전선 인근 지역 거주자들과 소아 백혈병 발병률 사이의 역학 조사에 기인한 것이다.

또한, 네덜란드의 전자파환경 건강영향에 관한 정보단 (Dutch Knowledge Platform on Electromagnetic Fields and Health, 이하 정보단)은 2012년 4월에 정보 노트(KNOWLEDGE NOTE) 「전자파 과민증」을 공표하였다. 정보단은 이 분야의 과학정보의 사회적 가치와 중요성을 평가하기 위하여 지식·정보를 공유하는 6개의 국립기관의 전문가들로 구성되어 있으며 중요한 과학적·사회적 문제에 대해 판단하기 위해 비정부조직, 산업계, 학계, 정부와의 논의를 위한 전국 규모의 EMF 의견교환 게시판 (National Sounding Board on EMF)을 운영하고 있다.

5. EU 이외의 주요 국가

가. 호주

호주에서는 50 Hz 주파수에 대한 Interim Guideline[5]에서 제한값은 유럽 권고안 기준 레벨과 동일하지만 단기 노출에 대한 제한값은 더 엄격하게 규제하고 있다.

표 2-27. 호주의 50 Hz 전자파 인체 노출 제한값

구분	전기장 강도 kV/m (rms)	자속밀도 mT (rms)
직업인		
종일 근무(8시간)	10	0.5
단시간	10 - 30 ^a	5 ^b
사지(limbs)	-	25
일반인		
24 시간/일 ^c	5	0.1
수 시간/일 ^d	10	1

비고 a : 10 ~ 30 kV/m 사이의 기준값은 필드에 대한 지속 노출 시간 $t \leq 80/E$ 로부터 계산한다. 여기서, t는 근무(노출) 시간, E는 전기장 강도 (kV/m)

b : 최대 노출 시간은 근무일 당 2시간이다.

c : 이러한 제한은 휴양지, 공공장소 및 그와 유사한 지역과 같이 일반인이 하루 중 충분한 시간을 보내는 개방적인 공간에 적용한다.

d : 하루 중에 수 분동안은 초과될 수 있는 이 수치들은 간접적인 결합(coupling) 효과를 방지하기 위한 예방 조치로써 주어진다.

나. 러시아

러시아는 전자파 인체 보호를 위한 일반 규정을 1999년 법에 규정하였다. "위생 역학 요구 조건(Hygienic-epidemiological requirements)이라는 이름으로 특정 주파수 범위에 대한 노출 제한값을 설정하였다. 50 Hz 일반인 노출 제한값은 생물학정 영향을 방지하기 위하여 유럽 권고안 기준 레벨의 약 10% 수준으로 규정하고 있다.

다. 스위스

스위스의 비전리방사에 대한 규정[7]을 1999년부터 시행하였다. 유럽 권고안 기준 레벨과 동일한 노출 제한값은 일반인이 접근 가능한 모든 지역에 대해 적용하고 있다. 하지만, 새로운 전력 설비가 설치되는 경우에는 사전주의적 설치 제한값(Installation Limit Value, ILV)으로 기준 레벨의 1%(1 uT)를 적용하고 있으며, 기존 설비에 대해서는 사전주의 제한값을 초과 시 해당 지역의 자속밀도를 단계적으로 최소화하여야 한다.

표 2-28. 스위스의 전자파 노출 제한값

Frequency	Exposure limit values for the			Averaging period
	rms electric field strength $E_{G,f}$ (V/m)	rms magnetic field strength $H_{G,f}$ (A/m)	rms magnetic flux density $B_{G,f}$ (μT)	(minutes)
< 1 Hz	—	32 000	40 000	— ⁷
1–8 Hz	10 000	$32\,000 / f^2$	$40\,000 / f^2$	— ⁷
8–25 Hz	10 000	$4000 / f$	$5000 / f$	— ⁷
0.025–0.8 kHz	$250 / f$	$4 / f$	$5 / f$	— ⁷
0.8–3 kHz	$250 / f$	5	6.25	— ⁷
3–100 kHz	87	5	6.25	— ⁷
100–150 kHz	87	5	6.25	6
0.15–1 MHz	87	$0.73 / f$	$0.92 / f$	6
1–10 MHz	$87 / \sqrt{f}$	$0.73 / f$	$0.92 / f$	6
10–400 MHz	28	0.073	0.092	6
400–2000 MHz	$1.375 \cdot \sqrt{f}$	$0.0037 \cdot \sqrt{f}$	$0.0046 \cdot \sqrt{f}$	6
2–10 GHz	61	0.16	0.20	6
10–300 GHz	61	0.16	0.20	$68 / f^{1.05}$

Where f is the frequency in the units specified in the first column.

라. 미국

미국에서는 연방 법률로서 시행되는 것이 없다. 일부 주(콜로라도, 코네티컷, 하와이, 메릴랜드, 오하이오)에는 “신중한 회피(prudent avoidance)” 원리를 적용하고 있다. 이것은 60 Hz 전자파 노출을 합리적인 노력을 통해 제안해야만 한다는 것을 의미한다. 다른 주(플로리다, 미네소타, 몬타나, 뉴저지, 뉴욕, 오레곤)에서는 전력선 전자기장에 대해 유럽 권고안 기저레벨의 20 ~ 240% 수준으로 고정된 제한값을 설정하고 있다.

표 2-29. 전송선로 부지에 대한 EMF 표준 및 지침 채택 지역

STATE	ELECTRIC FIELD		MAGNETIC FIELD edge, ROW
	on ROW	edge, ROW	
Florida	8 kV/m ^a 10 kV/m ^b	2 kV/m	150 mG ^a (max load) 200 mG ^b (max load) 250 mG ^c (max load)
Minnesota	8 kV/m		
Montana	7 kV/m ^d	1 kV/m	
New Jersey		3 kV/m	
New York	11.8 kV/m 11 kV/m ^e 7 kV/m ^d	1.6 kV/m	200 mG (max load)
Oregon	9 kV/m		

^afor lines of 69-230 kV
^bfor 500 kV lines
^cfor 500 kV lines on certain existing ROW
^dmaximum for highway crossings
^emaximum for private road crossings

마. 인도

2008년 인도 통신부 (DoT)는 EMF 방출에 대한 최선의 기준인 ICNRP 기준 채택하였으나, 2012 8월(발표) 부처 간 위원회에서 예방 조치로써 전 세계 90 % 국가가 채택하고 있는 ICNRP 기준의 1/10 (20 μ T, 2.0 mG)로 기준을 권고하였다. 이에 대해 COAI(인도 휴대전화 운영 협회) 사무총장 Rajan S Mathews 는 산업계에도 동 기준을 따를 것을 선언하였고, 2012년 9월 1일 인도 통신부 (DoT)[3]에서는 기지국, 휴대폰, 무선 통신으로 인하여 방출되는 전자파에 대한 새로운 정책과 규정을 이행하도록 하였다.

제 2 절 국내 동향

1. 국내 정책 및 제도 현황

우리나라의 전자파인체보호기준(이하 인체보호기준)은 2000년 12월 15일 정보통신부 고시로 도입이 되었다. 국제적으로 가장 많은 나라에서 채택하고 가장 엄격한 국제비전리복사방호위원회(ICNIRP)의 기준을 적용하였으며, 2012년 1월 전자파흡수율 기준이 머리에서 전신, 머리/몸통 및 사지로 확대하는 내용으로 개정되기 전까지 기준값에 대한 개정은 없었다. 2012년 개정 시에도 전자파강도 기준은 도입 시와 동일하게 적용되고 있다. 우리나라 전자파강도 기준은 주파수 범위에 따라 일반인과 직업인으로 구분되어 있으며 아래 표와 같다.

우리나라 인체보호기준의 비고 7에 “60 Hz 주파수 대역의 전기설비(송전선로)는 이 기준을 적용하지 아니한다.”라는 단서 문구가 있다. 하지만, 생활 가전기기는 전기설비(송전선로)로 포함하지 않으므로 아래 표의 기준값을 적용하여 60 Hz 주파수에 대한 인체보호기준값은 전기장 강도 4,166 V/m, 자기장 강도 833 mG이다.

표 2-30. 우리나라 전자파인체보호기준

주파수 범위	일반인 기준			직업인 기준		
	전기장 강도 (V/m)	자기장 강도 (A/m)	자속 밀도 (μT)	전기장 강도 (V/m)	자기장 강도 (A/m)	자속 밀도 (μT)
1Hz 이하	-	3.2×10^4	4×10^4	-	1.63×10^5	2×10^5
1Hz 이상~8Hz 미만	10,000	$3.2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	20,000	$1.63 \times 10^5/f^2$	$2 \times 10^5/f^2$
8Hz 이상~25Hz 미만	10,000	$4,000/f$	$5,000/f$	20,000	$2 \times 10^4/f$	$2.5 \times 10^4/f$
0.025kHz 이상~0.8kHz 미만	$250/f$	$4/f$	$5/f$	$500/f$	$20/f$	$25/f$
0.8kHz 이상~3kHz 미만	$250/f$	5	6.25	610	24.4	30.7
3kHz 이상~150kHz 미만	87	5	6.25	610	$1.6/f$	$2.0/f$
0.15MHz 이상~1MHz 미만	87	$0.73/f$	$0.92/f$	$610/f$	$1.6/f$	$2.0/f$
1MHz 이상~10MHz 미만	$87/f^{1/2}$	$0.73/f$	$0.92/f$	61	0.16	0.2
10MHz 이상~400MHz 미만	28	0.073	0.092	$3f^{1/2}$	$0.008f^{1/2}$	$0.01f^{1/2}$
400MHz 이상~2,000MHz 미만	$1.375f^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	$0.0046f^{1/2}$	137	0.36	0.45
2GHz 이상~300GHz 미만	61	0.16	0.20			

비고 : 1. ~ 6. 생략

7. 60Hz 주파수대역의 전기설비(송전선로)는 이 기준을 적용하지 아니한다.

우리나라는 앞서 언급한 것처럼 ICNIRP 국제 기준을 적용하고 있다. 2010년 ICNIRP에서 저주파수 대역에 대한 인체보호기준 개정이 이루어졌기 때문에 국내에서도 개정에 대한 검토가 진행되었다. 하지만, 2010년 5월 WHO 산하 IARC(국제암연구소)에서 휴대전화 전자파에 대해 발암 유발 가능 물질인 2B 등급을 부여하여 국내 및 국제적으로 전자파 인체 영향에 대한 이슈가 크게 대두되었다. 하지만, 2010년 ICNIRP의 개정 내용은 기준값이 완화된 것이기 때문에 이러한 상황에서 인체보호기준 개정 보다는 전자파로부터의 인체 보호를 위한 정책이 더 시급한 실정이었다.

우리나라의 전자파 인체 보호를 위한 정책은 2000년부터 전자파 인체 영향 기본계획을 수립하고 운영하여 우리나라 전자파 인체보호를 위한 기준 및 강제 규제 등 노력을 다각도로 추진하였다. 이를 바탕으로 2006년 전자파 장해 및 예방대책을 수립하여 전자파 인체영향 뿐만 아니라 기기로부터의 영향을 최소화하기 위해 전자파 장해방지 토털 솔루션을 마련하고자 하였다.

최근에는 스마트 Korea 구현을 위한 정부의 정책으로 보다 안전한 전자파 환경을 조성하여 국민들에게 안심하고 편리하며 깨끗한 전파환경을 제공하는 방향으로 지속적으로 추진하고 있으며, 그 일환으로 2010년 7월 전파법이 개정되면서 안전한 전자파 환경 조성을 위한 산학연관의 역할 및 정책 수립에 대한 법적 근거를 마련하였다.

제44조의2(안전한 전파환경 기반 조성) 미래창조과학부장관은 전자파가 인체, 기자재, 무선설비 등에 미치는 영향을 최소화하고 안전한 전파환경을 조성하기 위하여 다음 각 호의 시책을 마련하여야 한다.

1. 전파 이용과 관련된 역기능 방지 및 안전한 전파환경 조성대책의 수립·추진
2. 전자파가 인체에 미치는 영향 등에 관한 종합적인 보호대책의 수립·추진
3. 기자재의 전자파장해를 방지하고 전자파로부터 기자재를 보호하기 위한 전자파 적합성에 관한 정책의 수립·추진
4. 전자파 인체흡수율, 전자파강도 및 전파환경 등에 대한 관련 기준 마련 및 측정·조사
5. 전자파 차폐·차단 및 저감(低減) 기술 등 전자파 역기능 해소를 위한 기반기술 연구
6. 안전한 전파환경 기반 조성을 위한 교육 및 홍보계획의 수립·시행

또한, 이에 대한 구체적인 계획을 수립하고자 2010년 말 관련 위원회를 발족하여 전자파 인체 영향, 전자파 기기영향 그리고 전파 환경의 3개 분과로 구성하였고, 각 분야의 과거의 추진 현황을 분석하여 2011년 9월 미래의 단기, 중기 그리고 장기적인 정책 방향 및 연구 방향 등 전자파종합대책을 수립하였으며 주요 내용은 다음과 같다.

○ 인체보호 대책

- 인체보호 강화를 위해 현행 휴대폰에만 규제하고 있는 전자파 제한 규제를 인체에 근접 사용하는 무선기기로 확대
- 전자파 측정대상기기의 전자파 측정값을 방통위(국립전파연구원) 인터넷 홈페이지에 공개

○ 기기보호 대책

- 유선통신기기를 대상으로 하는 전자파적합성 평가를 무선통신기기에 대해서도 적용하도록 대상기기를 확대
- 현행 기기단위 전자파적합 인증 대상을 대형 복합설비로 확대하는 전자파 엔지니어링 제도 도입
- GPS 전파 교란 및 고출력 전자기파(EMP) 공격 등 물리적인 전파 공격에 대한 방어기술 개발 및 보호기준 마련

○ 인체영향 연구 및 대국민 홍보

- 국민들의 관심도가 높은 가전제품 등 생활기기의 전자파 방출 실태 조사·발표
- 전자파 인체영향 연구방식을 현재까지 진행된 단기간 일회성 연구에서 중장기 전향적 연구방식으로 확대 추진
- 어린이·청소년의 휴대전화 이용 가이드 마련 및 가전제품 등 생활속 전자파 방출기기의 안전한 사용방법 홍보
- 전자파 인체영향 연구와 대국민 교육·홍보 및 이해관계자 갈등 조정 등을 전담할 (가칭)한국전자파문화재단 설립

○ 우주전파 관측 및 예·경보 체계 강화

- 방송·통신 서비스 보호를 위해 태양흑점 폭발 등 우주전파 관측과 예·경보를 전담할 제주 우주전파센터 구축
- 우주전파 재난 대응 매뉴얼 마련 및 범부처 협력체계 구축

생활 가전기기 및 정보기술 기기의 경우 기존에 방송통신위원회(현 미래창조과학부)와 지식경제부(현 산업통산자원부)에서 각각 동일 품목을 소관 법률의 적용 대상으로 선정하여 전자파적합성 평가와 전기안전시험으로 모두 거쳐야 하는 사례가 늘면서 인증을 위한 과도한 업무와 이중 비용 부담으로 관련 업계가 어려워하고 있었다. 이에 2011년 8월 모든 전자 제품에 대한 전자파 적합성 평가를 방송통신위원회(현 미래창조과학부)에서 전기안전 검사는 지식경제부(현 산업통산자원부)로 소관 업무를 명확화함(2012년 7월부터 규제 시행)으로써 기존의 전자파·전기안전 인증의 중복 규제를 해소할 수 있었다.

하지만, 전자파 적합성 평가는 “방송통신기자재 등의 적합성 평가에 관한 고시(국립전파연구원 고시 제2012-16호)”에 적용되어 전자파 장해방지 등을 위한 규제를 받고는 있으나 “전자파장도 및 전자파흡수율 측정 대상 기자재” 고시에는 아직 대상으로 규정하고 있지 않아 현재로서는 규제 대상에 포함되어 있지 않다.

가전기기가 법적 규제 대상은 아니지만 정부에서는 가전기기 전자파에 대한 국민 불안감 해소를 위해 다각도로 노력하고 있으며 전자파의 유해성에 대한 국민의 관심도가 증가함에 따라 전자파로부터 국민건강을 보호하고 막연한 불안감을 해소하기 위하여 '안전한 전파환경 조성 종합대책'의 일환으로 금년도 6월에는 국립전파연구원에서 가전제품으로부터 발생하는 전자파에 대한 노출량 측정과 함께 “가전제품 사용 가이드라인”을 발표하였다. 가이드라인에 따르면 대부분의 생활 생활가전 제품은 30cm 떨어져서 이용하고, 밀착하여 장시간 사용하는 전기장판의 경우 담요를 깔고 온도를 낮춰 사용하기를 권유하는 등 7개의 가이드라인을 제시하였다. 주요 내용은 다음과 같다.

1. 생활가전제품 사용시에는 가급적 30cm 이상 거리를 유지하세요.
가전제품의 전자파는 30cm 거리를 유지하면 밀착하여 사용할 때보다 1/10 정도로 줄어듭니다.
2. 전기장판은 담요를 깔고, 온도는 낮게, 온도 조절기는 멀리 하세요.
*전기장판의 자기장은 3~5cm 두께의 담요나 이불을 깔고 사용하면 밀착시에 비해 50% 정도 줄어듭니다.
*전기장판의 자기장은 저온(취침모드)으로 낮추면 고온으로 사용할 때에 비해 50% 정도 줄어듭니다.
*온도조절기와 전원접속부는 전기장판보다 전자파가 많이 발생하니 가급적 멀리 두고 사용하세요.
3. 전자레인지 동작 중에는 가까운 거리에서 들여다보지 마세요.
*사람의 눈은 민감하고 약한 부위에 해당하므로 전자레인지 동작 중에는 가까운 거리에서 내부를 들여다보는 것을 삼가는 것이 좋습니다.
4. 헤어드라이기를 사용할 때에는 커버를 분리하지 마세요.
*커버가 없을 경우 사용부위(머리)와 가까워져 전자파에 2배정도 더 노출 됩니다.
5. 가전제품은 필요한 시간만 사용하고 사용 후에는 항상 전원을 뽑으세요.
*가전제품을 사용한 후 전원을 뽑으면 불필요한 전자파를 줄일 수 있습니다.
6. 시중에서 판매되고 있는 전자파 차단 필터는 효과가 없습니다.
*국립전파연구원에서 전원콘센트에 부착하여 사용하는 전자파 차단 필터를 수거하여 실험한 결과 차단 효과가 전혀 없었습니다. 또한 전자파방지 스티커 등 대부분 관련 제품도 전자파 차단 효과가 없다고 밝혀졌습니다.
7. 숲, 선인장 등은 전자파를 줄이거나 차단하는 효과가 없습니다.
*숲, 선인장 등은 전자파를 줄이거나 차단하는 효과가 없으므로 안전거리(30cm)를 준수하는 것이 전자파를 줄이는데 도움이 됩니다.

2. 국내 연구 동향

우리나라에서 생활 가전기기에 대한 전자파 노출량 연구를 시작한 것은 그리 오래되지 않았다. 국제적인 흐름도 그렇고 과거 송전탑과 기지국을 중심으로 연구를 시작하여 최근에는 휴대전화를 비롯한 전기·전자기기에 대한 연구가 활발히 이루어진 것에 비하면 가전기기에 대한 연구는 그다지 많지 않았다. 국립전파연구원에서 2003년 수행한 “생활환경의 전자파 측정 조사[8]” 연구를 시작으로 2011년 충북대학교의 “생활가전 전자파 노출량 측정[9]”, 2012년 단국대학교의 생활기기 및 휴대전화 전자파의 안전이용 가이드라인 연구[10]“ 등이 있으며 일부 환경부에서 수행한 연구도 있다.

그 간의 연구들은 대부분 생활 가전기기로부터 발생하는 전자파 노출량을 측정·확인하는 수준의 연구가 진행되었으며 연구 결과는 대부분 인체보호기준에 만족하는 안전한 수준으로 나타났다. 하지만, 전자파 장기 노출에 따른 사전 주의 차원에서 최근에는 실태 조사 뿐 아니라 전자파 노출을 최소화하는 방법에 대한 연구를 진행하고 있으며 향후에는 전자파를 저감할 수 있는 기술 등에 대한 연구도 수행될 것으로 판단된다.

본 연구에서는 가전기기 전자파 노출량 평가 방법 마련을 위해 앞서 수행된 연구들의 측정 방법 및 측정값 등 연구결과에 대하여 제3장에서 더 자세히 기술하고자 한다.

제 3 장 가전기기 전자파 노출량 평가 방법

제 1 절 개요

생활 가전기기의 주파수 대역은 전력선인 60 Hz를 주 대상으로 하고 있으나, 최근 유도 가열(Induction Heating) 등 타 주파수와 혼용하여 사용되고 있는 기기가 등장하고 있다. 하지만, 앞서 설명한 바와 같이 기존까지는 기지국이나 휴대전화와 같은 무선 통신 기기에 대한 전자파 인체영향 연구가 주를 이루고 있고 최근에는 생활 가전기기의 전자파 문제에 대한 관심과 이슈가 증가되고 있다. 특히, 2011년 12월 보도된 전기장판의 전자파 인체영향과 관련하여 일부 잘못된 정보 제공으로 인하여 국민들에게 오히려 생활 가전기기 전자파에 대한 불안감을 가중시키고 있다. 따라서, 이를 해결하고 국민들에게 객관적이고 정확한 정보 제공을 위해서는 이를 평가하는 단계에서부터 신뢰성 있는 과학적 평가 기준이 시급한 실정이다.

본 장에서는 가전기기 전자파 노출량 평가 방법에 대한 과거 문헌 분석을 통해 이번 과제에서 중점적으로 연구해야 할 내용들을 검토하고 이를 바탕으로 생활 가전기기 대상 선정, 시험 환경·조건 검토, 전자파 노출량 측정 및 측정 결과 분석을 통해 평가 기준을 마련하기 위한 세부 내용들을 기술하였다.

제 2 절 과거 문헌 분석

본 절에서는 합리적인 측정 기준을 마련하기 위하여 2003년 국립전파연구원, 2011년 충북대, 2012년 EMF Safety에서 수행한 생활환경의 가전기기 대상 전자파 측정 및 2012년 정부에서 주도한 측정 결과들에 대한 분석을 실시하였다.

1. 생활환경의 가전기기 전자파 측정 결과 분석

전자파에 의한 인체노출에 대해 일반인들의 관심이 급증하면서 많은 언론 등에서 생활환경 주변의 가전기기에 대한 전자파 유해성에 대해 보도하는 사례가 늘고 있고, 때로는 기획기사 형태로 다양한 문제점들에 대해 논하면서 전자파 유해성에 대한 일반인들의 불안감을 고조되고 있다.

이러한 문제들을 근본적으로 해결하고 일반 국민들에게 객관적 정보를 제공하여 생활환경 가전기기를 안전하게 사용할 수 있는 사회적 분위기를 형성하기 위해 가전기기들을 대상으로 전자파 측정을 수행하는 연구들이 진행되었다. 대표적인 연구로 2003년 국립전파연구원에서 수행한 “생활환경의 전자파 측정 조사” 연구가 있다. 이 연구에서는 전기장판, TV 및 모니터 등 22개 품목에 대한 전자파 노출량을 측정하였다. 2011년에는 충북대학교에서 수행한 “생활가전 전자파 노출량 측정” 연구에서는 일반 가정에서 많이 사용하는 가전제품 중 36개 품목을 선별하여 전자파 측정을 수행하였고 2012년에는 EMF Safety에서 수행한 “생활기기 및 휴대전화 전자파의 안전 이용 가이드라인 개발 연구”를 통해 생활 가전기기 22개 품목에 대해 전자파 인체영향을 측정하였다.

이들 연구에서 적용한 측정 방법 및 절차는 국제표준 IEC TC 106/34(현 IEC 62233)을 적용하여 가전기기와 밀착, 30 cm, 50 cm 또는 100 cm 이격하고 센서의 위치는 제품의 전·후·좌·우에서 측정이 수행하였다. 본 보고서에서는 측정된 결과에서 각 제품의 최대 전기장 및 자기장 강도 결과를 토대로 상호 비교 분석한다.

표 3-1. 생활환경 가전기기 대상 전자파 측정 연구 사례 및 측정대상기기

연도	수행기관	과제명	측정 대상기기
2003	국립전파연구원	생활환경 전자파 측정조사	오디오, 선풍기, 전기면도기, 전기스탠드, 냉장고, DVD, VTR, 전기장판, TV, 믹서기, 전기다리미, 식기건조기, 가습기, 전기라디에타, 헤어드라이어, 전가밥솥, 토스터, 공기청정기, 진공청소기, PC본체, 모니터, 전자레인지 (22개 품목)
2011	충북대학교	생활가전 전자파 노출량 측정	DVD, UV살균기, 가습기, 진공청소기(일반/핸디형), 고데기, 공기청정기, 믹서기, 전기장판, 비데, 전기밥솥, 전기라디에타, UV살균기, 모니터, 헤어드라이어, 전기면도기, 유선전화기, 컴퓨터(본체+모니터), 전기그릴, 커피메이커, 김치냉장고, 냉장고, 선풍기, 드럼세탁기, 전기다리미, 전기모기향, 노트북, 에어컨, 전기드릴, 전자레인지, 커피포트, 토스터, 휴대폰충전기, 전기스탠드, 모니터, PC본체 (36개 품목)
2012	EMF Safety	생활기기 및 휴대전화 전자파의 안전 이용 가이드라인 개발 연구	전기오븐, 전기밥솥, 로봇청소기, 인덕션, 커피머신(캡슐형), 전자레인지, PDP TV, LCD TV, LED TV, IPTV 셋톱박스, Cable TV 셋톱박스, 포터블 안마기, 전신안마기, 저주파안마기, 런닝머신, 태블릿PC, 노트북, 레이저복합기, 레이저프린터, 전열기, 태양광 인버터 (22개 품목)

가. 사용패턴별 분석

3개의 연구과제에서 측정 대상으로 선정된 가전기기들을 사용용도 및 일반인들의 사용패턴에 따라 밀착, 근거리, 원거리 등으로 구분하고, 전자파 측정 결과를 분석하였다. 사용패턴별 구분은 일반 가정에서 사용자가 해당 가전기기를 통상적으로 사용할 때 어느 정도로 이격되어 사용하는지를 근거로 결정하였다. 예를 들어, TV의 경우 1 m 이상 떨어져 사용하므로 원거리로 분류하였고, 청소기는 1m 이내로 근접하여 사용하므로 근거리로 분류하였다. 또한, 전기면도기나 전기장판 같이 인체에 밀착하여 사용하는 기기들은 밀착형으로 분류하였다. 각 사용패턴별 측정대상 가전기기 목록은 표 3-2에 기술하였다.

표 3-3과 그림 3-1은 인체에 밀착하여 사용하는 밀착형 대상 기기들의 전기장 및 자기장 측정결과를 보여주고 있다. 저주파 안마기(2012)가 965.02 V/m로 가장 높은 전기장이 측정되었으며, 자기장은 포터블 안마

기(2012)가 11.075 μT 로 가장 높았다. 2003년 측정된 전기장판의 전기장은 715.8 V/m였지만 2011년 61.12 V/m로 줄어들어 그간 전자파 차폐장치가 보완되었음을 알 수 있다. 특이한 것은 포터블 안마기의 경우 전기장은 낮은 수준이지만 자기장은 높게 나타나 이에 대한 적절한 보완장치가 필요할 것으로 판단된다. 그러나 대상기기 모두 전자파 인체 보호 기준인 전기장 4166.6 V/m 및 자기장 83.33 μT 를 넘지 않아 안전한 수준이다.

표 3-2. 사용패턴별 측정대상 기기 분류

구분	기준	대상 가전기기
밀착형	인체에 밀착하여 사용	전기면도기, 전기장판, 비데, 포터블 안마기, 전신 안마기, 저주파 안마기, 런닝머신
근거리	밀착하지는 않으나 인체에 1m 이내에 근접하여 사용	전기스탠드, 믹서기, 전기다리미, 헤어드라이어, 토스터, 진공청소기, PC본체, 모니터, 컴퓨터(본체+모니터), 전자레인지, 진공청소기(일반, 핸디형), 고데기, 유선전화기, 전기그릴, 커피메이커, 노트북, 커피포트, 전기오븐, 로봇청소기, 인덕션, 커피머신(캡슐형), 셋톱박스(IPTV, Cable), 테블렛 PC, 복합기, 프린터
원거리	인체에서 1m 이상 떨어져서 사용	오디오, 선풍기, 냉장고, DVD, VTR, TV(브라운관, PDP, LCD, LED), 식기건조기, 가습기, 전기라디에타, 전기밥솥, 공기청정기, UV살균기, 김치냉장고, 냉장고, 전기모기향, 에어컨, 휴대폰충전기

표 3-3. 밀착형 가전기기의 전자파 측정 결과

측정연도	대상기기	전기장 [V/m]	자기장 [μT]
2003	전기면도기	49.498	0.61725
	전기장판	715.8	0.82509
2011	전기장판	62.12	4.2
	비데	425.02	0.488754
	전기면도기	76.469	0.291564
2012	포터블 안마기	46.348	11.075
	전신안마기	293.04	1.9441
	저주파 안마기	965.02	0.0517
	런닝머신	5.5255	0.0042

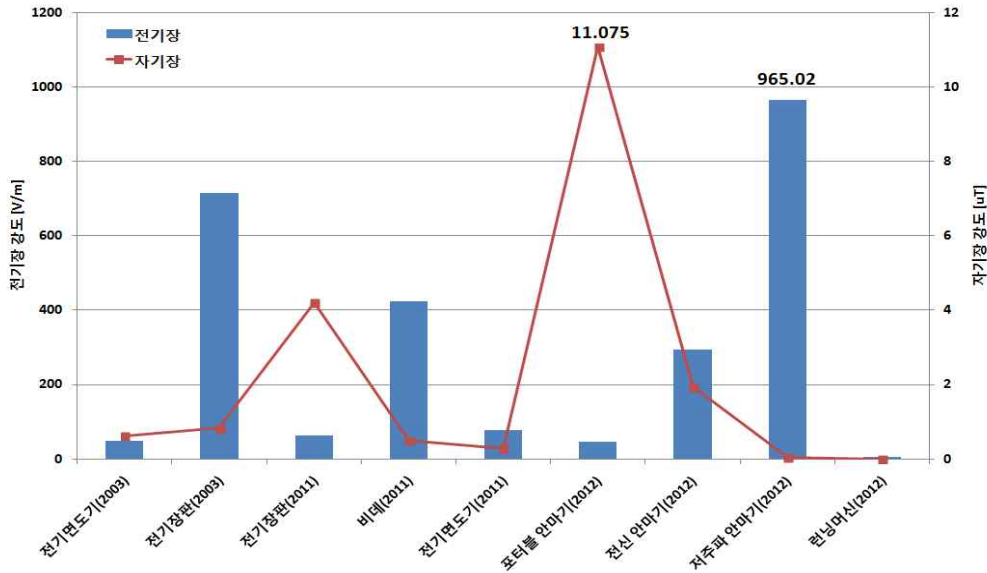


그림 3-1. 밀착형 가전기기의 전자파 측정 결과 비교

표 3-4와 그림 3-2는 인체로부터 1m 이내의 근거리에서 사용하는 가전기기들의 전기장 및 자기장 측정결과를 보여주고 있다. 연구과제별로 측정거리는 상이하지만 대체로 이격거리는 30 ~ 50 cm 범위에서 측정되었다. 측정결과 비교는 이격거리만큼 떨어트려놓은 위치에서 측정된 결과를 비교하였다. 근거리 측정결과에서는 전기다리미(2003)가 356.86 V/m로 가장 높은 전기장이 측정되었으며, 자기장은 전자레인지(2011)가 8.667 μT 로 가장 높았다. 전기다리미의 경우 국립전파연구원에서 수행한 2003년 결과는 가장 높은 전기장을 보였지만 충북대에서 측정한 2011년에는 0.00756 V/m로 매우 낮은 결과를 보였다. 이는 측정대상은 같았으나 제품이 상이한 것에서 오는 결과일 수도 있으며, 그간 전자파 문제가 이슈화되면서 이에 대한 보완이 이뤄졌을 것으로 추정된다. 전자레인지는 2003년, 2011년, 2012년 모두 측정되었으나 모두 전기장은 낮은 수준이지만 자기장은 상대적으로 높게 나타나는 결과를 보였다. 이는 전자레인지가 고출력 고주파를 사용함에 따라 나타나는 현상이라고 볼 수 있다. 그러나 측정값은 상대적으로 높게 나타난다 하더라도 전자파 인체보호기준 대비 낮은 수준을 유지하고 있다.

표 3-5와 그림 3-3은 인체로부터 1m 이상의 장거리에서 사용하는 가전기기의 전기장 및 자기장 측정결과를 보여주고 있다. 연구과제별로 측정거리는 상이하지만 대체로 이격거리는 50 cm 이상에서 측정되었다. 측정결과 비교는 이격거리만큼 떨어트려놓은 위치에서 측정된 결과를 비교하였다. 원거리 측정결과에서는 냉장고(2003)가 141 V/m로 가장 높은 전기장이 측정되었으며, 자기장은 선풍기(2003)가 3.0905 μT 로 가장 높았다. 대체로 2003년도에 측정된 결과가 높게 나온 반면, 2011년과 2012년에 측정된 결과는 상대적으로 낮은 결과를 보였다. 이는 측정대상은 같았으나 제품이 상이한 것에서 오는 결과일 수도 있으며, 그간 전자파 문제가 이슈화되면서 이에 대한 보완이 이뤄졌을 것으로 추정된다. 다만, 전기밥솥, 가습기는 2003년 결과와 2011년 결과가 큰 차이 없이 비슷한 수준으로 나타났다. TV의 경우 2003년 수행한 결과(34.654 V/m, 0.10823 μT)보다 2012년 PDP(0.7517 V/m, 0.0039 μT), LCD(1.2514 V/m, 0.0046 μT), LED(7.586 V/m, 0.0096 μT) 등으로 세분화하여 측정한 결과가 1/10 이상 낮게 측정되었다. 2003년 과제에서 선택된 TV에 대해 자세한 규격의 언급은 없지만 브라운관 TV였을 것으로 추정되며, TV 기술의 발전으로 LCD, LED 등 브라운관 TV에 비해 상대적으로 전자파가 적게 발생하는 TV가 보급된 결과로 해석될 수 있다. TV의 측정결과를 토대로 동일 이격거리 상에서는 PDP TV가 전자파를 가장 적게 방출되고 있다. 장거리 노출 조건 역시 모든 대상 기기들이 인체보호기준 대비 낮은 수준을 유지하고 있다.

표 3-4. 근거리 사용 가전기기의 전자파 측정 결과

연도	대상기기	전기장 [V/m]	자기장 [μT]	이격거리
2003	전기스탠드	29.111	0.018384	30cm
	믹서기	10.582	0.46685	50cm
	전기다리미	356.86	0.048716	50cm
	헤어드라이어	24.64	0.47669	30cm
	토스터	39.2	0.16654	50cm
	진공청소기	37.865	1.4271	50cm
	PC본체	108.08	0.02299	50cm
	모니터	120.42	0.10287	50cm
	전자레인지	3.7416	3.7004	50cm
2011	진공청소기	39.828	0.11718	50cm
	진공청소기(핸드형)	0.012	0.03024	50cm
	고데기	15.641	0.02898	50cm
	믹서기	4.2302	0.19782	50cm
	모니터	0.6739	0.00882	50cm
	헤어드라이어	8.9272	0.05166	50cm
	유선전화기	0.13	0.00756	50cm
	컴퓨터(본체+모니터)	21.46	0.07056	50cm
	전기그릴	1.6045	0.03276	50cm
	커피메이커	1.4221	0.02898	50cm
	전기다리미	1.288	0.00756	50cm
	노트북	0.0074	0.00126	50cm
	전기그릴	0.3368	0.00252	50cm
	전자레인지	0.846	8.66754	50cm
	커피포트	0.8045	0.3906	50cm
	토스터	0.5992	0.31752	50cm
	전기스탠드	1.7213	0.00126	50cm
	PC본체	0.443	0.0063	50cm
	전기오븐	76.93	1.4219	50cm
	로봇청소기	14.613	0.0046	50cm
2012	인덕션	2.7247	0.0566	50cm
	커피머신(캡슐형)	5.7965	0.2596	50cm
	전자레인지	10.918	1.0761	50cm
	태블릿 PC	1.23	0.0025	50cm
	노트북	17.158	0.0085	50cm
	레이저 복합기	5.4336	0.0088	50cm
	레이저 프린터	5.745	0.0063	50cm

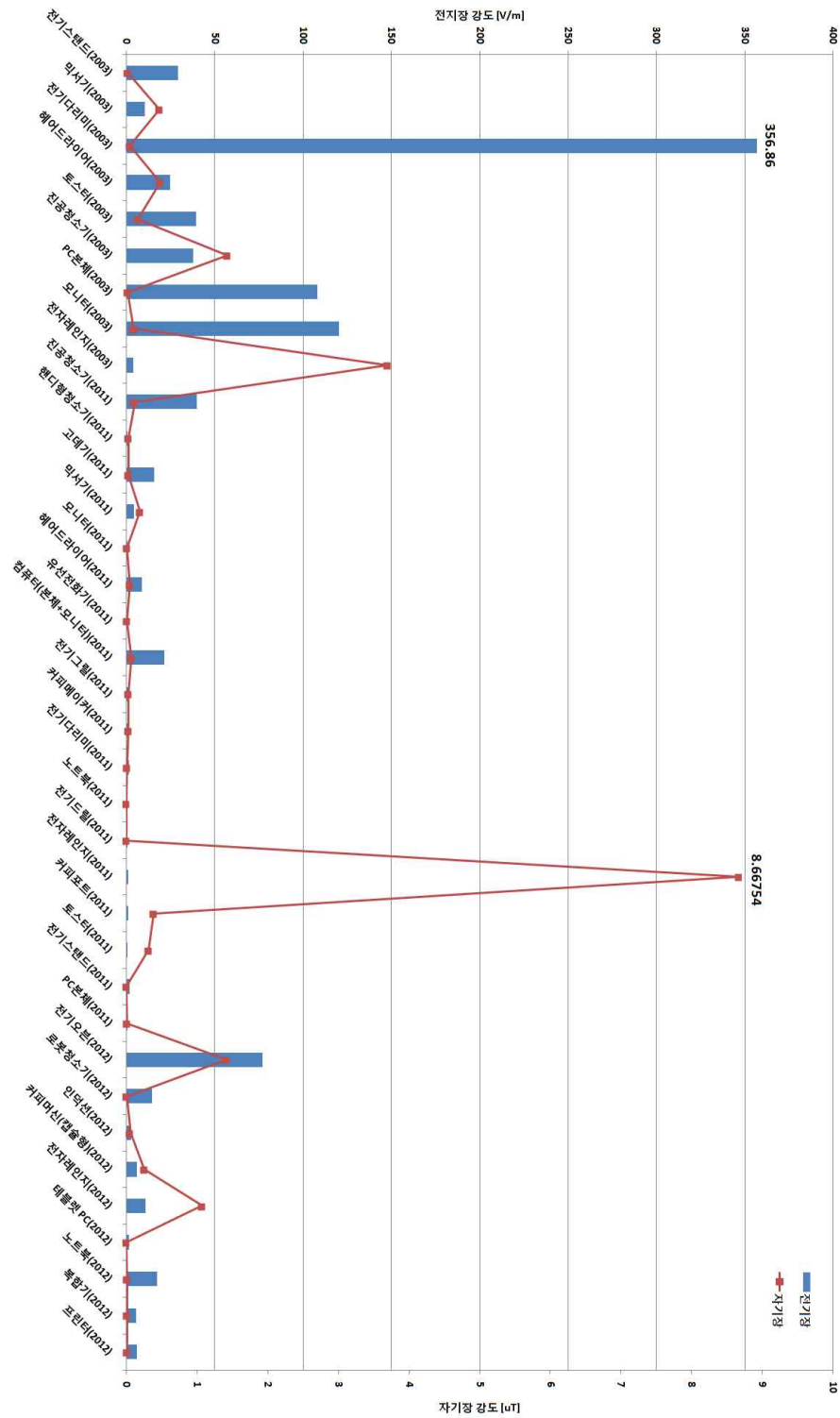


그림 3-2. 근거리 사용 가전기기의 전자파 측정 결과 비교

표 3-5. 원거리 사용 가전기기의 전자파 측정 결과

연도	대상기기	전기장 [V/m]	자기장 [μT]	이격거리
2003	오디오	5.3599	0.11107	100cm
	선풍기	34.523	3.0905	50cm
	냉장고	141	0.7819	30cm
	DVD	13.552	0.06529	100cm
	VTR	13.916	0.040127	100cm
	TV	34.654	0.10823	100cm
	식기건조기	40.566	1.2047	30cm
	가습기	24.81	0.55048	50cm
	전기라디오타	36.185	0.018784	100cm
	전기밥솥	15.385	0.082366	50cm
	공기청정기	22.258	0.028942	50cm
2011	DVD	2.2345	0.0126	50cm
	UV살균기	9.9245	0.010584	50cm
	가습기	26.132	1.02186	50cm
	공기청정기	0.0959	0.00012	50cm
	전기밥솥	5.9081	0.0063	50cm
	전기라디오타	0.0194	0.00504	50cm
	칫솔살균기	1.1943	0.00378	50cm
	김치냉장고	0.0148	0.02394	50cm
	냉장고	0.0367	0.01764	50cm
	선풍기	4.8287	0.03024	50cm
	드럼세탁기	4.4647	0.09702	50cm
	전기모기향	6.3431	0.00252	50cm
	에어컨	16.05	0.5	30cm
	휴대폰충전기	1.408	0.00252	50cm
2012	전기밥솥	5.8329	0.0237	50cm
	PDP TV	0.7517	0.0039	100cm
	LED TV	7.586	0.0096	100cm
	LCD TV	1.2514	0.0046	100cm
	셋톱박스(IPTV)	1.9225	0.0083	100cm
	셋톱박스(Cable)	5.817	0.0058	100cm

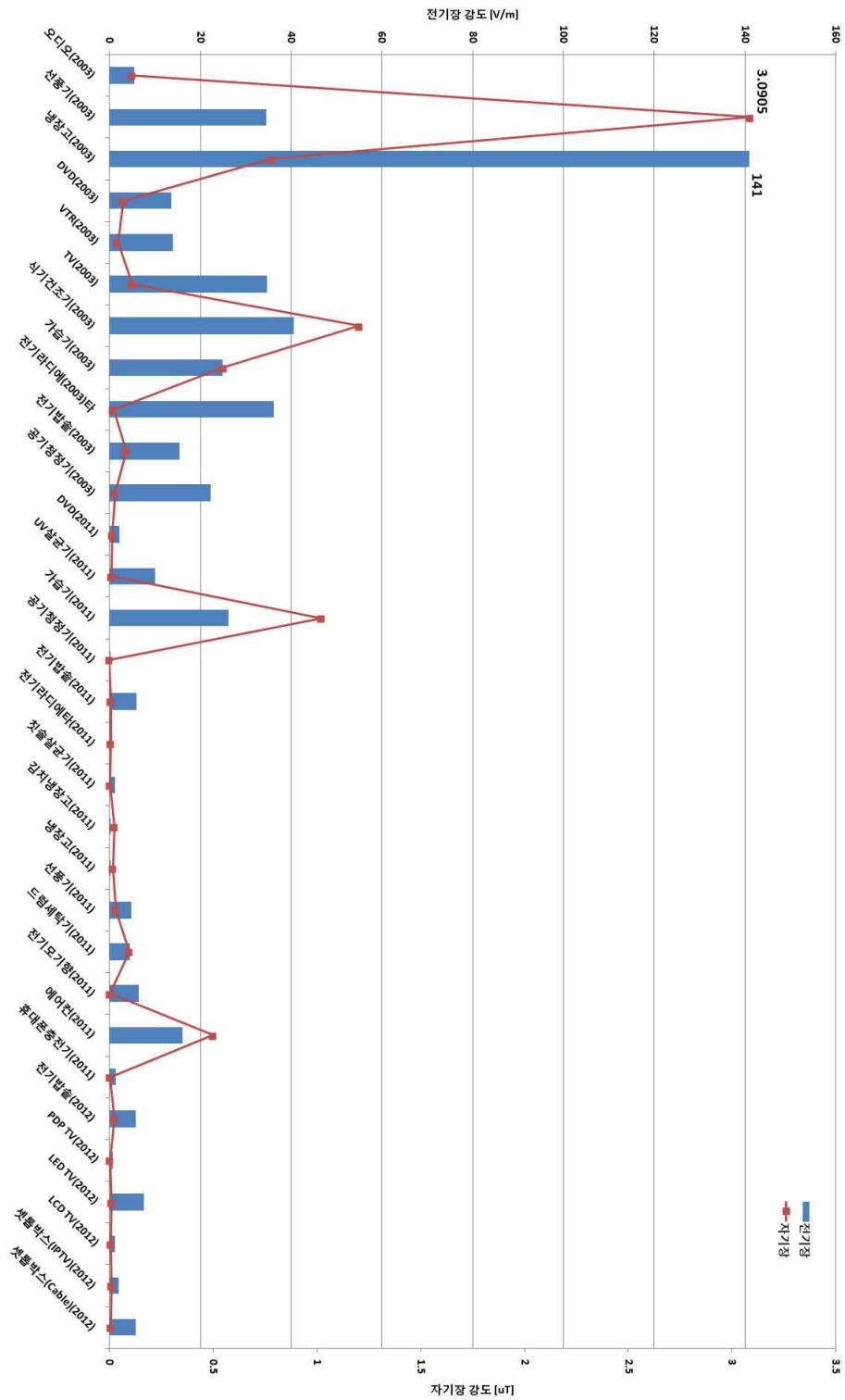


그림 3-3. 원거리 사용 가전기기의 전자파 측정 결과 비교

나. 사용자의 전자파 노출시간별 분석

3개의 연구과제에서 측정 대상으로 선정된 가전기기들을 사용자가 사용할 때 통상적으로 사용하는 시간(전자파 노출시간) 정도에 따라 장기와 단기로 구분하고 결과를 분석하였다. 사용패턴별 구분은 사용자들이 해당 가전기기를 통상적으로 사용할 때 대상 기기의 동작시간이 어느 정도인지를 근거로 분류하였으며, 전자파 인체노출 한계 기준 등에서 제시하고 있는 6분 측정을 기준으로 장·단기 사용을 구분하였다. 예를 들어, TV의 경우 6분 이상 지속적으로 사용하므로 장기 사용으로 분류하였고, 전기면도기는 1~6분 이내로 비교적 짧은 시간 사용하므로 단기 사용으로 분류하였다. 또한, 냉장고 같이 상시 동작시키는 기기들은 장기 노출로 분류하였다. 전자파 노출상황별 측정대상 가전기기 목록은 표 37에 기술하였다.

3개의 연구과제에서 전자파를 측정할 때 대상기기들에 따라 이격거리가 서로 상이함에 따라 비교적 일치된 기준에 의해 비교하기 위해 대상 기기에 밀착하여 측정된 데이터를 기준으로 비교하였다.

단기 사용 가전기기를 비교한 결과, 전기장은 저주파 안마기(2012)가 965.02 V/m로 가장 높고, 토스터(2003), 전기다리미(2003) 등의 순으로 나타났으며, 자기장은 전자레인지(2011)가 117.251 μT 로 가장 높았고, 전자레인지(2003), 믹서기(2003), 전자레인지(2012) 순으로 높았다. 전자레인지의 경우 자기장 노출이 모든 연도에서 높게 나왔다는데 주목해 볼 필요가 있다. 측정 데이터는 밀착한 상태에서 측정된 결과로 전자레인지에 근접하여 사용하는 것이 좋지 않다는 것을 직관적으로 이해할 수 있다.

표 3-6. 사용패턴별 측정대상 기기 분류

구분	기준	대상 가전기기
단기 사용	6분 이내 동작하여 사용	전기면도기, 헤어드라이어, 전기다리미, 믹서기, 토스터, 진공청소기, 전자레인지, 고데기, 비데, 유선전화기, 커피메이커, 전기드릴, 커피포트, 로봇청소기, 커피머신(캡슐형), 포터를 안마기, 진신 안마기, 저주파 안마기
장기 사용	6분 이상 동작하여 사용	오디오, 선풍기, 전기스탠드, DVD, VTR, 전기장판, 가습기, TV(PDP, LCD, LED 등), 식기건조기, 전기라디에타, 전기밥솥, 공기청정기, 컴퓨터(PC본체, 모니터 등), 살균기, 전기그릴, 김치냉장고, 냉장고, 드럼세탁기, 전기모기향, 노트북, 에어컨, 휴대폰충전기, 전기오븐, 인덕션, 셋톱박스(IPTV, Cable), 런닝머신, 태블릿, 복합기, 프린터

단기 사용이라 하더라도 인체에 근접하여 사용하는 기기들의 전자파 노출에 대해 관심을 갖고 관리할 필요가 있다. 저주파 안마기의 경우, 인체에 밀착하여 사용하는 특성에 비춰볼 때 상대적으로 높은 자기장 측정 결과는 해결되어야 할 과제이다. 대체로 2011년이나 2012년 측정결과가 2003년에 비해 낮은 것을 감안할 때, 진공청소기는 2003년과 2011년 측정결과와의 차이가 상대적으로 적다. 비교적 단시간동안 사용하지만 사용횟수가 많고 최근 진공청소기가 고출력 모터를 사용하는 모델들이 많이 출시되는 것을 고려한다면 지속적인 전자파 저감 노력이 필요한 품목이라고 할 수 있다.

장기 사용 기기를 비교한 결과, 전기장은 DVD(2003)가 1615 V/m로 가장 높았으며, 일반 TV(2003), VTR(2003) 등의 순으로 높게 나왔으며, 자기장은 전기오븐(2012)이 70.071 μT 로 가장 높았고, 선풍기(2003), 식기건조기(2003) 순으로 높았다. 장시간 사용되는 이들 기기들은 전자파 인체노출 보호기준 대비 상당히 낮은 값을 유지하지만 오디오, DVD, VTR, 셋톱박스 등은 실제 사용하지 않더라도 동작대기 상태 모드로 오랜 시간 지속됨에 따라 불필요한 전자파가 방출될 수 있는 문제들이 있다. 전기장판의 경우, 고유가로 인해 겨울철 사용시간이 높는데 반해 인체의 많은 면적이 밀착되어 사용되기 때문에 전자파에 민감할 수밖에 없다. 전기장판은 2003년에는 715.8 V/m, 0.082509 μT 였고, 2011년 측정에서는 62.12 V/m, 4.2 μT 로 전기장은 1/10 수준으로 낮아졌으나 자기장은 오히려 증가한 것으로 측정되었다. 전기장판의 사용빈도나 인체 밀착도를 고려해볼 때 인체보호 기준을 충분히 만족하는 안전한 수준이지만 지속적인 관리가 필요하다고 판단된다.

아직까지 장기 노출 문제에 대한 인체영향을 과학적으로 명확히 증명한 사례는 거의 없지만 본 보고서에서도 언급하였듯이 생활환경 주변에 다양한 형태로 전자기기들이 존재하고 이들 제품들이 크고 작은 전자파를 장시간 방출한다는 것은 그만큼 일반인이 전자파에 영향을 받을 수 있는 환경에 놓여있다고 할 수 있다. 따라서 장시간 노출되는 기기에 대한 지속적인 관리와 전자파 저감기술 도입 등에 적극적으로 대처할 필요가 있다.

표 3-7. 단기 사용 가전기기의 전자파 측정결과(밀착)

연도	대상기기	전기장 [V/m]	자기장 [μT]
2003	전기면도기	49.498	0.61725
	믹서기	389.19	49.628
	전기다리미	688.63	5.417
	헤어드라이어	239.73	15.619
	토스터	826.17	13.475
	진공청소기	535.55	37.353
	전자레인지	33.261	52.904
2011	진공청소기	412.09	0.4095
	진공청소기(핸디형)	0.0307	0.006804
	고테기	333.58	0.00034
	믹서기	108.71	0.7308
	비데	425.02	0.488754
	헤어드라이어	232.2	1.47697
	전기면도기	76.469	0.291564
	유선전화기	2.2409	0.011088
	커피메이커	1.7996	0.000882
	전기다리미	22.784	1.98235
	전기드릴	0.6623	0.00945
	전자레인지	1.2308	117.251
	커피포트	3.7224	2.28929
	토스터	0.9256	1.8081
	로봇청소기	647.2	0.0825
	커피머신(캡슐형)	450.22	23.067
	전자레인지	38.952	47.796
2012	포터블 안마기	46.348	11.075
	전신안마기	293.04	1.9441
	저주파 안마기	965.02	0.0517

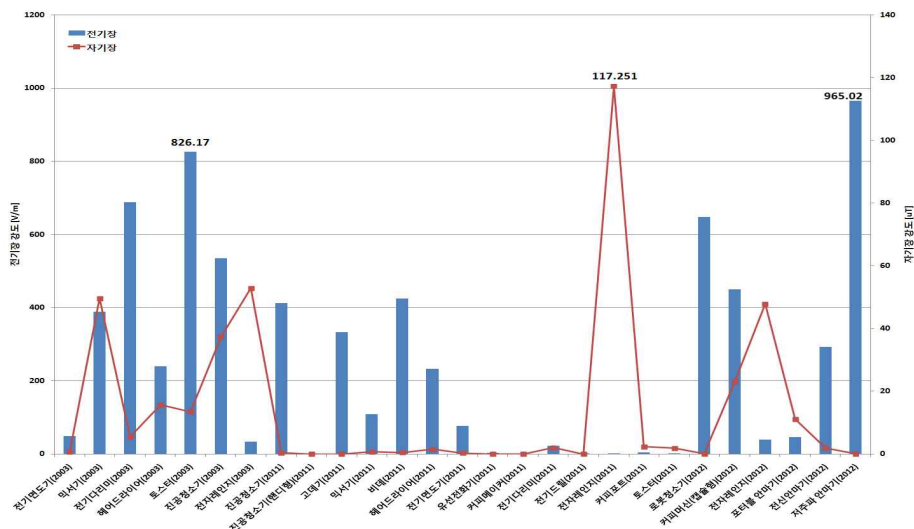


그림 3-4. 단기 사용 가전기기의 전자파 측정결과(밀착) 비교

표 3-8. 장기 사용 가전기기의 전자파 측정결과(밀착)

연도	대상기기	전기장 [V/m]	자기장 [μT]
2003	오디오	150.71	6.0162
	선풍기	587.41	56.734
	전기스탠드	269.89	0.37992
	냉장고	336.77	14.683
	DVD	1615	0.08018
	VTR	1241	0.08105
	전기장판	715.8	0.82509
	TV	1421.9	7.3317
	식기건조기	172.69	22.981
	가습기	837.55	16.521
	전기라디에타	819.11	3.6799
	전기밥솥	745.78	5.5268
	공기청정기	301.95	2.4395
	PC본체	772.27	0.73012
2011	모니터	745.85	2.5277
	DVD	14.326	0.01008
	UV살균기	71.475	0.00233
	가습기	369.89	1.7632
	공기청정기	3.4356	0.00378
	전기장판	62.12	4.2
	전기밥솥	34.005	2.15409
	전기라디에타	0.38	0.017388
	칫솔살균기	2.926	0.0252
	모니터	2.8796	0.088704
	컴퓨터(본체+모니터)	24.086	0.006804
	전기그릴	13.491	0.005166
	김치냉장고	0.0321	0.007308
	냉장고	0.0685	0.004284
	선풍기	35.045	0.092484
	드럼세탁기	4.4353	0.119322
	전기모기향	222.26	0.006804
	노트북	0.4672	0.001134
	에어컨	124.56	0.45
	휴대폰충전기	2.9695	0.001512
2012	전기스탠드	7.5591	0.007434
	모니터	2.8796	0.088704
	PC본체	0.5258	0.012474
	전기오븐	267.84	70.071
	전기밥솥	87.951	3.8258
	인덕션	9.5055	2.8598
	PDP TV	191.3	1.4015
	LED TV	35.03	0.786
	LCD TV	965.19	0.0799
	셋톱박스(IPTV)	74.713	0.0277
	셋톱박스(Cable)	60.005	0.166
	런닝머신	5.5255	0.0042
	태블릿 PC	2.01	0.01
	노트북	354.58	0.074
	복합기	77.055	0.0195
	프린터	198.74	0.1693

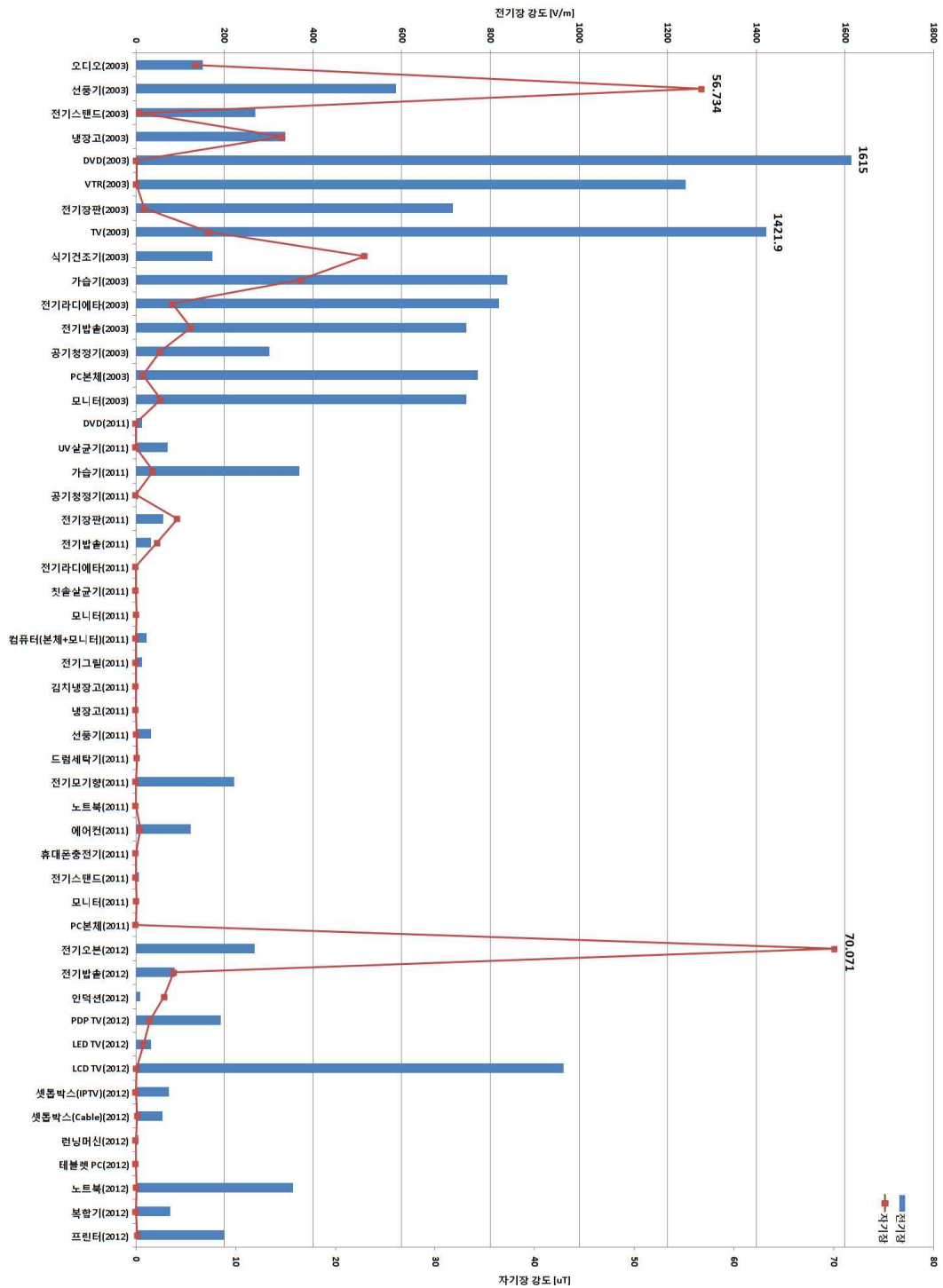


그림 3-5. 장기 사용 가전기기의 전자파 측정결과(밀착) 비교

다. 스웨덴 TCO 기준과 비교

3개의 연구과제에서 측정된 결과에 의하면 측정대상 기기들 전부 전자파 인체노출 보호기준에서 제시하고 있는 기준값보다 낮은 수준을 유지하는 것으로 나타났다. 우리나라의 인체보호기준은 ICNIRP 기준을 채택하기 때문에 국제 기준 대비 모두 안전한 수준으로 판단할 수 있다.

전자파에 대한 관심과 앞 절에서 언급한 장기노출 문제에 대해 고민하면서 사전 예방적 차원의 전자파 인체보호 정책을 도입하는 국가들이 늘어나고 있다. 대표적인 국가가 스위스, 이탈리아 등이다. 이들 국가들은 자국의 전자파 인체보호기준은 국제 기준(ICNIRP)으로 채택하되, 별도로 민감지역에 대한 설치 제한값(ILV) 혹은 주의값(Attention Value) 등 국제 기준의 약 1/10 수준으로 규제를 강화하는 정책들을 적용하고 있다. 이들 국가와 더불어 스웨덴은 국가적 차원의 법률은 아니지만 TCO(스웨덴 전문직 노동조합)에서 제정한 표준을 통해 직업인들이 많이 사용하는 기기들에 대해 국제 기준보다 강화된 전자파 인체노출 보호 기준을 제시하고 있다. 스웨덴 TCO는 스웨덴의 전문직 그룹의 노동조합의 연합으로써 전문직 종사 직업인들이 많이 사용하는 8개 제품에 대해 기준을 규정하고 적합한 제품에 대해 TCO 인증을 부여하고 있다.

3개의 연구과제에서 측정된 기기 중 스웨덴 TCO에서 전자파 노출기준을 규정하고 있는 영상 패널(TV, 모니터), 노트북, 태블릿, 데스크탑 PC에 대해 TCO 기준과 비교하였다. 물론 과학적인 데이터에 근거한 국제 인체보호기준은 아니기 때문에 단순 비교 데이터로만 참고하였다. 스웨덴 TCO 기준은 직업인들이 업무를 위해 사용하는 가전기기에 대해 기준을 제시함에 따라 전자파 측정 주파수 대역은 5 Hz ~ 400 kHz 범위만 제시되어 있으며, 이를 Band I(5 Hz ~ 2 kHz)와 Band II(2 kHz ~ 400 kHz)로 구분하여 기준을 제시하고 있다. TCO 기준은 제품마다 측정위치 등은 조금씩 상이하지만 전자장 및 자기장의 인체노출 기준은 모든 제품이 표 3-9에서 보는 바와 같이 동일한 기준이다. 3개 연구과제에서 측정 대상인 생활환경 가전기기들은 60 Hz 전자파를 측정하였으므로 TCO 기준 중 Band I에 해당하는 기준을 적용하면 된다. 이 때 60 Hz의 국제기준 및 우리나라의 인체보호기준은 전기장 4166.6 V/m, 83.33 μT 이다.

2003년 국립전파연구원에서 수행한 연구에 의해 측정된 기기(일반 TV, PC본체, 모니터)들은 전기장의 경우 모두 TCO 기준을 초과하지만 자기장은 기준을 만족하고 있다. 2011년 경북대에서 수행한 결과 중 모니터와 본체를 동시에 동작한 컴퓨터의 전기장 결과가 TCO 기준을 10 V/m 정도 초과하고 있지만 자기장 측정 결과는 기준에 충분히 만족하고 있다. 또한, 2012년 EMF Safety에서 측정한 노트북 역시 전기장 결과는 TCO 기준을 초과하지만 자기장 기준은 충분히 만족하고 있다. 일반적으로 60 Hz의 전자파는 자기장이 인체에 미치는 영향이 큰 것으로 판단하고 있는 것을 고려한다면 일부 제품들의 전기장이 TCO 기준을 초과하지만 이들 제품들까지도 TCO의 자기장 기준은 충분히 만족하는 것으로 보아 TCO의 강화된 전자파 노출 기준을 적용하더라도 국내에서 사용되는 이들 제품들은 모두 안정성을 보장한다고 볼 수 있다.

본 절의 분석내용에 있어 TCO 기준의 특수성을 주의 깊게 고려해야 한다. TCO 기준은 스웨덴의 전문직 노동조합 연합에서 자국의 전문직 종사자들의 안전과 건강보호를 위해 규정한 것으로 국제 기준과는 별개라는 것이다. 더욱이 TCO 기준은 국제 기준과는 별도의 측정 요구조건과 방법을 적용하고 있기 때문에 3개의 연구과제에 의한 측정결과와 직접 비교하는 것은 사실상 무리가 있다.

그럼에도 불구하고 본 절에서 TCO 기준과 비교, 분석한 것은 전자파 이슈가 있을 때에 제기되는 문제 TCO 기준에 대해 오해를 조금이나마 풀고자 함에 있다. 일부 환경·시민단체, 언론, 의학계 등에서 스웨덴의 TCO 기준을 근거로 우리나라의 인체보호 기준이 높아 우리나라의 전자파 측정 기준이 무의미하다고 주장하는 사례가 많다. 심지어 영상기기, 컴퓨터 등에 한정된 제품에 대해 기준을 제시하고 있는 TCO 기준을 전기장판, 전자fp인지 등 일반 제품에까지 적용하는 오류를 범하고 있다. TCO 기준이 장시간 노출에 대한 문제에 관심을 갖고 사전 예방적 차원에서 국제 기준보다 강화된 기준을 적용하고는 있지만 일부 사무용 기기 제품에 대해 한정되어 있어 이를 우리나라의 인체보호 기준과 직접 비교하는 것은 무리가 있다. 본 절에서도 3개의 연구과제에서 다양한 품목의 생활환경 전기가기가 있음에도 TV, 컴퓨터 등에 한정된 품목에 대해서만 비교한 이유에 여기에 있다.

스웨덴 TCO가 강화된 인체보호 기준을 적용하고 있는 것은 전자파에 대한 일반인의 취약성을 고려한 것이며, 장시간 노출되었을 때 혹시라도 야기될 수 있는 문제들을 미연에 방지하고자 하는 사전 예방적 정책이라고 할 수 있다. 다행스럽게도 우리나라에서 사용되고 있는 TV, 컴퓨터 등은 TCO 기준보다도 낮은 전자파 노출량을 보여주고 있다. 물론 일부 기기들의 전기장 노출량은 TCO 기준을 초과하기도 하나 이는 분명히 과학에 근거한 국제 인체보호기준이 아닌 사전 예방적 차원의 기준이라는 것은 인지하여야 한다.

표 3-9. 스웨덴 TCO의 전자파 방출 기준

구분	전자장	자기장	비고 (국제기준)	
Band I (5Hz ~ 2 kHz)	$\leq 10 \text{ V/m}$	$\leq 0.2 \mu T$	전기장	$\leq 4166.6 \text{ V/m (@60 Hz)}$
			자기장	$\leq 83.33 \mu T (@60 \text{ Hz})$
Band II (2 kHz ~ 400 kHz)	$\leq 1.0 \text{ V/m}$	$\leq 0.025 \mu T$	전기장	$\leq 87 \text{ V/m (@200 kHz)}$
			자기장	$\leq 4.6 \mu T (@200 \text{ kHz})$

표 3-10. 영상기기, PC, 모니터 측정결과와 TCO 기준 비교

연도	대상기기	전기장 [V/m]	TCO 기준 비교(10V/m)	자기장 [μT]	TCO 기준 비교(0.2 μT)
2003	TV	34.654	초과	0.10823	미만
	PC본체	108.08	초과	0.02299	미만
	모니터	120.42	초과	0.10287	미만
2011	모니터	0.6739	미만	0.00882	미만
	컴퓨터(본체+모니터)	21.46	초과	0.07056	미만
	노트북	0.0074	미만	0.00126	미만
	PC본체	0.443	미만	0.0063	미만
2012	PDP TV	0.7517	미만	0.0039	미만
	LED TV	7.586	미만	0.0096	미만
	LCD TV	1.2514	미만	0.0046	미만
	태블릿 PC	1.23	이내	0.0025	미만
	노트북	17.158	미만	0.0085	미만

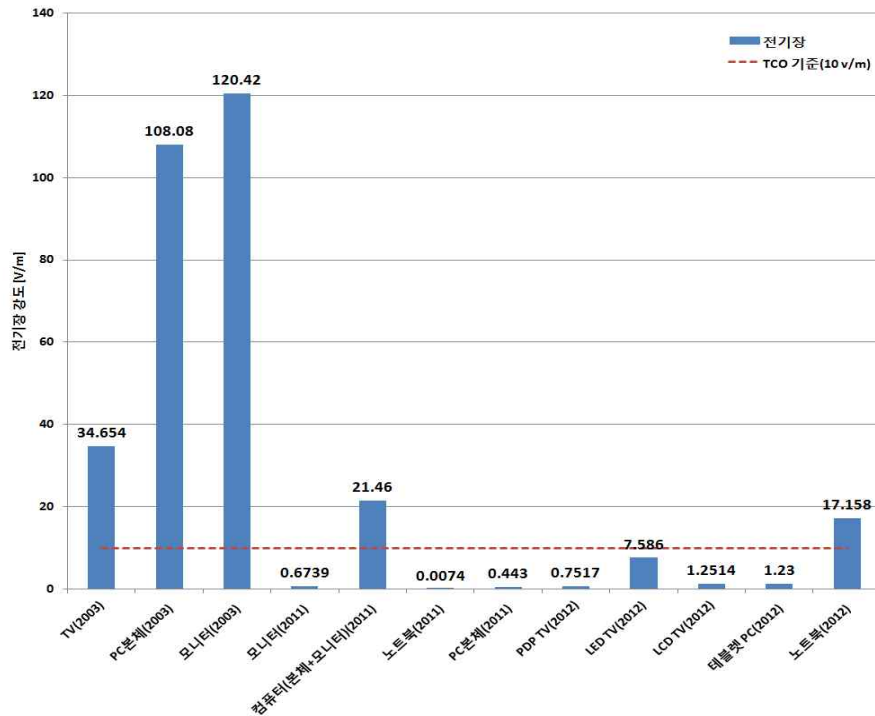


그림 3-6. 영상기기, PC, 모니터 측정결과와 TCO 기준 비교(전기장)

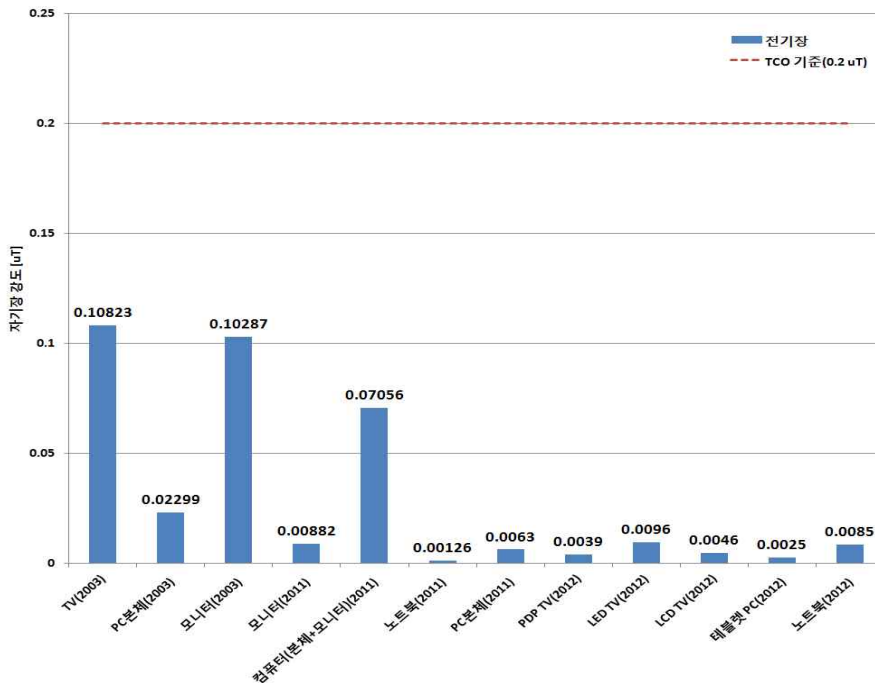


그림 3-7 영상기기, PC, 모니터 측정결과와 TCO 기준 비교(자기장)

2. 전기장판 및 헤어드라이어 전자기장 측정

정부 측면에서는 2013년 국립전파연구원에서 전기장판과 헤어드라이어기에 대한 전자파 노출량을 측정하였다. 대상 기기는 2개 품목 각 5대이며, 전기장판의 경우 KTC(한국기계전기전자시험연구원)의 EMF 인증 3종과 미인증 2종, 헤어드라이어의 경우 다른 회사의 제품 5종을 선정하였다.

가. 전기장판 측정 및 결과

측정 기준은 국제 표준(IEC TC 106/34)을 적용하였으며, 측정 장비는 5 Hz ~ 32 kHz 대역의 EM Field Analyzer(EFA-300)를 사용하였다. 전기장판의 경우 총 50개 지점(인체가 밀착되는 장판의 전면을 등 간격으로 구분)에서 밀착 측정, 최대 발생 지점에서 이격 거리별 측정 및 온도 변화별 측정 등을 실시하였고, 헤어드라이어는 커버 유무에 따른 밀착 측정과 이격 거리별 측정을 실시하였다.

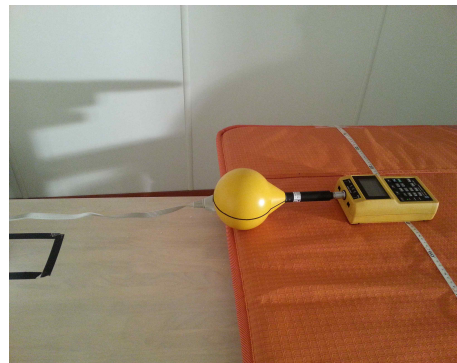


그림 38 전기장판 자기장 강도 측정 사진 그림 39 전기장판 전기장 강도 측정 사진

측정 결과, 전기장판은 측정 프로브를 밀착한 경우, 전기장 세기는 5개 제품 평균 54.59 V/m(기준의 1.31%), 최대 제품 164.5 V/m(기준의 3.95%)로 나타났으며 5개 제품 중 최대 121.29 V/m(기준의 2.9%)로 나타났다. 자기장 세기는 5개 제품 평균 2.74 mG(기준의 0.3%), 최대 8.87 mG(기준의 1.06%)이며 5개 제품 중 최대 5.18 mG(기준의 0.62%)로 나타났다.

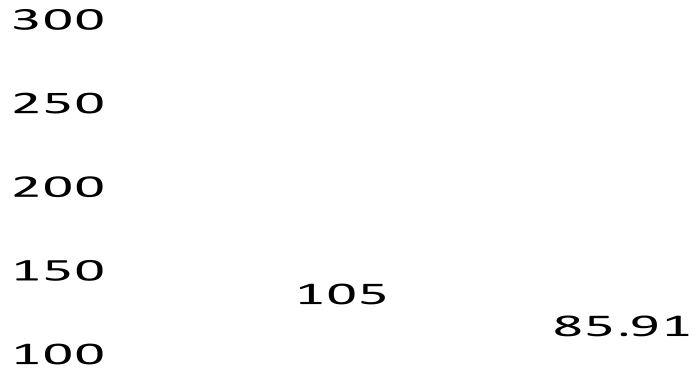


그림 3-10. 전기장판 제품별 전기장 강도 측정 결과



그림 3-11. 전기장판 제품별 자기장 강도 측정 결과

전기장판과의 이격 거리별 측정 결과, 거리가 거리가 증가할수록 전기장 강도 감소(30cm 이격 시 평균 감쇄율 74.38%)하였으며 거리가 증가할수록 자기장 강도 감소(30cm 이격 시 평균 감쇄율 41.36%)함을 확인할 수 있다.

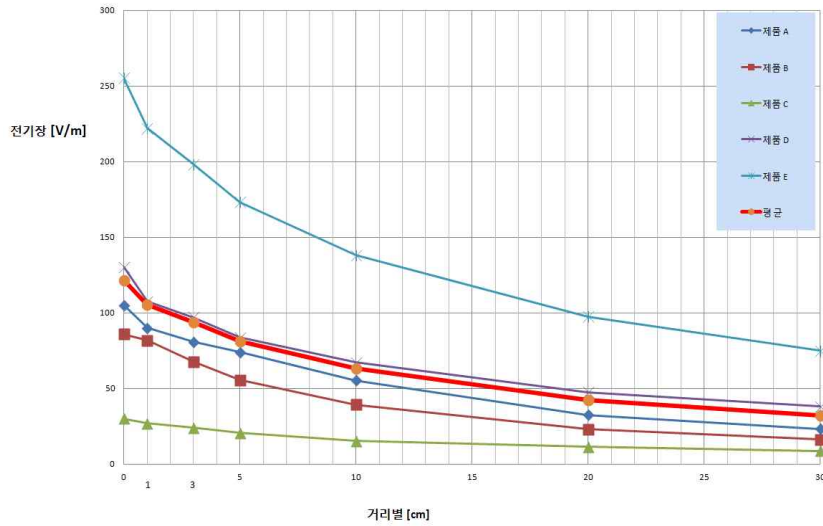


그림 3-12. 전기장판 제품별 거리에 따른 전기장 강도 측정 결과

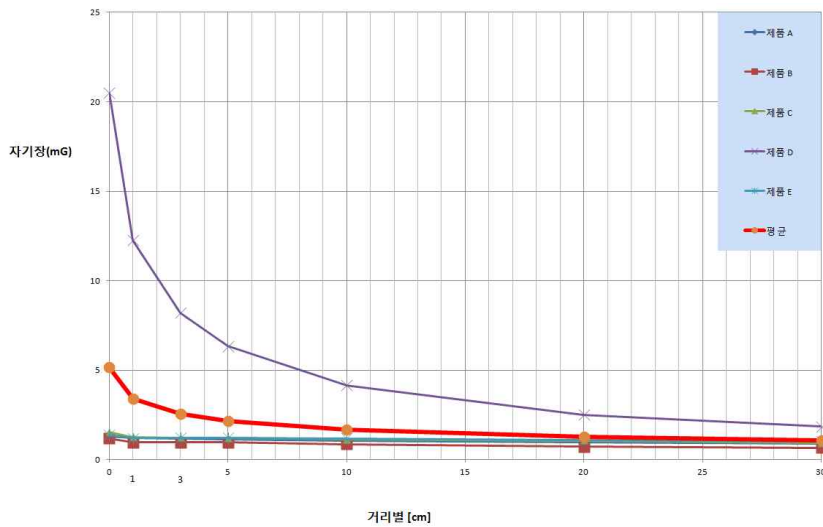


그림 3-13. 전기장판 제품별 거리에 따른 자기장 강도 측정 결과

전기장판의 온도별 측정 결과, 고온 시 전기장 강도 평균 121.3 V/m에서 저온 시 평균 80.6 V/m로 33.5%로 감소하였으며, 고온 시 자기장 강도 평균 5.06 mG에서 저온 시 평균 2.5 mG로 50.6% 감소하였다. 특히, 전기장판 측정 시, 온도조절기, 전원접속부 자체의 전자기장이 측정값에 영향을 미쳤다.

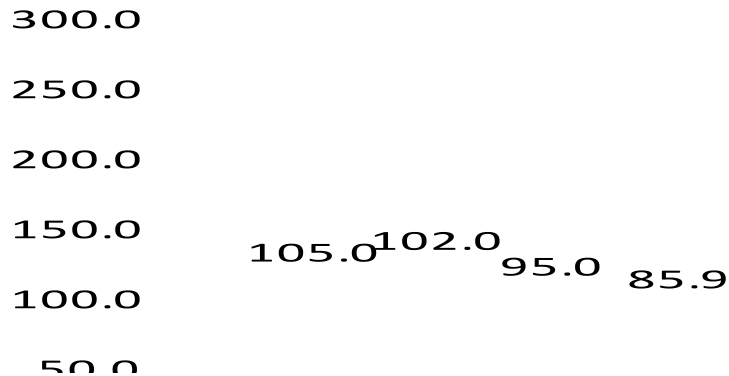


그림 3-14 전기장판 제품별 온도 변화에 따른 전기장 강도 측정 결과

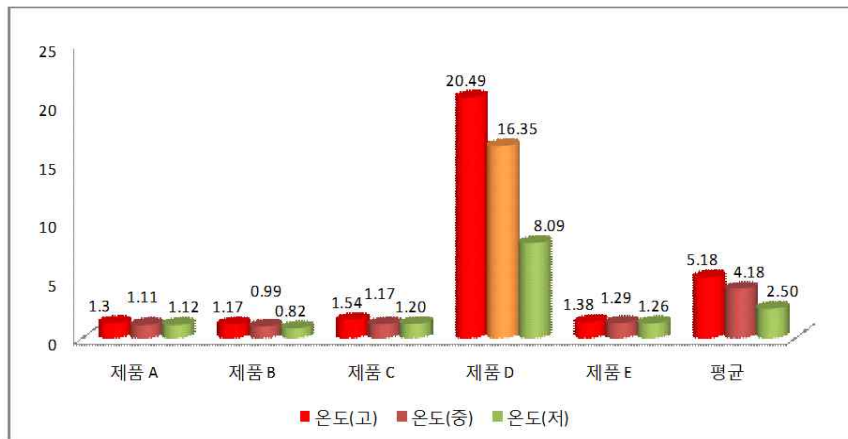


그림 3-15 전기장판 제품별 온도 변화에 따른 자기장 강도 측정 결과

아래 그림은 전기장판 상단의 측정 위치에 따른 제품별 결과를 나타내고 있다. 각 측정 위치는 20 cm 간격으로 구성되었으며 그림의 수치는 각 위치에서의 전기장 및 자기장 측정값을 나타내고 있다.

일부 제품별 차이는 있으나, 전기장 강도의 경우 측정값이 가장 높은 특정 위치로부터 거리가 멀어질수록 그 값이 낮아짐을 확인할 수 있으며, 자기장은 일반적으로 측정 위치와는 별개로 그 값이 일정값으로 큰 차이가 없음을 확인할 수 있다. 단순히 전기장판의 특성으로만 볼 수도 있으나 본 연구에서 타 제품들에 대해 상세 결과를 분석하여 평가 기준 마련 시 절차 간소화 등에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

<div><div>최소값 : 86 V/m 이하</div><div>중간값 : 172 V/m</div><div>최대값 : 257 V/m</div></div>													
단위 :V/m													
전기장	제품명 : DSM110(인증제품) A						제품명 : LM8002(인증제품) B						
	가로	A	B	C	D	E(1m)	가로	A	B	C	D	E(1m)	
	세로						세로						
	위치별	1	47.33	19.62	998	5.49	3.42	1	30.46	9.04	12.56	12.56	10.26
		2	105	30.25	13.9	8.22	5.58	2	85.91	20.09	6.32	6.32	7.89
		3	59.36	20.54	943	5.46	3.31	3	44.55	22.05	6.09	6.09	3.98
		4	32.87	13.93	688	3.95	2.58	4	28.19	14.06	2.59	2.59	1.17
		5	16.61	10.18	5.11	2.94	2	20.19	9.01	1.02	1.02	1.77	
		6	15.69	7.55	3.56	2.14	1.56	6	12.61	5.42	1.59	1.59	2.85
		7	8.83	5.17	2.92	1.59	1.3	7	5.81	1.85	3.05	3.05	4.21
		8	5.36	3.41	1.96	1.24	0.95	8	2.19	1.9	4.65	4.65	6.04
		9	2.74	2.25	1.42	1.03	0.76	9	4.41	5.84	7.31	7.31	8.3
		10(2m)	1.6	0.94	0.74	0.44	0.3	10(2m)	5.98	5.09	5.35	5.35	6.68
	제품명 : DC232(인증제품) C						제품명 : HD509(미인증 제품) D						
	가로	A	B	C	D	E(1m)	가로	A	B	C	D	E(1m)	
	세로						세로						
	위치별	1	25.78	8.52	4.92	3.99	3.15	1	60.93	43.94	37.32	33.48	28.23
		2	30.15	5.42	4.66	6.65	5.91	2	108.3	64.15	69.04	75.3	55.13
		3	19.68	3.95	4.29	5.9	6.8	3	102.9	52.57	63.55	74.04	86.76
		4	14.68	3.69	4.14	4.94	5.99	4	72.84	48.57	54.21	66.66	83.91
		5	11.04	3.65	3.8	4.33	5.03	5	86.38	51.69	58.06	69.32	91.34
		6	7.23	3.53	3.58	3.81	4.41	6	101	66.13	63.05	72.9	96.23
		7	4.78	3.27	3.23	3.34	3.4	7	102.5	74.33	71.74	81.58	104.8
		8	4.26	2.87	3.01	3.05	2.43	8	106	88.1	80.6	92.82	112.5
		9	2.3	2.44	2.51	2.56	1.9	9	124.8	106.1	98.4	109	118.9
		10(2m)	1.62	0.84	0.93	1.05	1.02	10(2m)	114.6	130.1	128.7	130.2	112.4
	제품명 : TWO2007(미인증 제품) E						환경측정 (전원 : 무, 전동 : 무)						
	가로	A	B	C	D	E(1m)		A	B	C	D	E(1m)	
	세로												
	위치별	1	137	144.8	139.1	130.9	99.87	1	0.13	0.14	0.13	0.14	0.17
		2	180.5	231.1	225.4	255.2	226.2	2	0.12	0.15	0.12	0.16	0.19
		3	195.2	180.2	168.7	203.2	219.4	3	0.12	0.11	0.14	0.15	0.79
		4	178	158.1	151.9	178.5	201.6	4	0.13	0.12	0.13	0.14	0.18
		5	174.8	146.4	139.7	165.4	178.9	5	0.13	0.14	0.12	0.15	0.19
		6	163.3	139.9	133.2	159.7	172.5	6	0.13	0.13	0.11	0.12	0.17
		7	151.2	134.8	128.3	155.5	167	7	0.14	0.14	0.14	0.14	0.16
		8	138.6	135.9	133.4	156.9	173.1	8	0.14	0.15	0.13	0.12	0.16
		9	158.7	160.1	153.1	172.4	172.4	9	0.14	0.13	0.14	0.13	0.15
		10(2m)	143.6	162.4	160	158.9	128.3	10(2m)	0.14	0.13	0.15	0.15	0.16

그림 3-16. 전기장관 상단에서의 제품별 전기장 강도 측정 결과

최소값 : 6.80 mG 이하						중간값 : 13.6 mG						최대값 : 20.36 mG											
																		단위: m G					
제품명 : DSM110(인증제품) A												제품명 : LM8002(인증제품) B											
		가로		A	B	C	D	E(1m)			가로		A	B	C	D	E(1m)						
		세로									세로												
자기장	위치별	1	1.19	1.01	1.12	1.1	1.09	1	0.99	1.16	1.11	1.08	1.09										
		2	1.15	1.11	1.1	1.13	1.13	2	1.03	1.11	1.13	1.13	1.08										
		3	1.16	1.11	1.16	1.1	1.17	3	1.07	1.09	1.14	1.14	1.14										
		4	1.12	1.14	1.15	1.12	1.16	4	1.1	1.1	1.13	1.1	1.12										
		5	1.15	1.14	1.13	1.13	1.14	5	1.08	1.04	1.15	1.1	1.01										
		6	1.15	1.22	1.17	1.15	1.18	6	1.12	1.08	1.13	1.16	1.12										
		7	1.23	1.21	1.18	1.07	1.18	7	1.12	1.09	1.13	1.15	1.13										
		8	1.27	1.28	1.18	1.11	1.2	8	1.08	1.05	1.14	1.08	1.14										
		9	1.26	1.29	1.14	1.1	1.18	9	1.08	1.06	1.17	1.12	1.08										
		10(2m)	1.23	1.3	1.13	1.12	1.12	10(2m)	1.1	1.07	1.17	1.12	1.09										
제품명 : DC232(인증제품) C												제품명 : HD509(미인증제품) D											
		가로		A	B	C	D	E(1m)			가로		A	B	C	D	E(1m)						
		세로									세로												
자기장	위치별	1	1.41	1.34	1.21	1.15	1.21	1	1.05	1.08	1.22	1.1	0.92										
		2	1.36	1.37	1.24	1.01	1.21	2	4.46	5.4	5.72	4.94	2.09										
		3	1.45	1.37	1.34	1.05	1.17	3	20.21	4.85	6.43	7.05	5.07										
		4	1.3	1.37	1.36	1.07	1.32	4	22.5	3.53	5.47	6.53	7.69										
		5	1.34	1.36	1.37	1.23	1.3	5	23.06	4.2	6.94	5.28	6.81										
		6	1.35	1.31	1.36	1.27	1.39	6	19.18	3.47	5.03	9.24	7.64										
		7	1.39	1.44	1.38	1.34	1.39	7	18.9	2.74	5.93	7.98	8.46										
		8	1.49	1.45	1.41	1.33	1.33	8	19.8	8.26	7.31	5.08	9.23										
		9	1.47	1.44	1.3	1.35	1.37	9	19.31	13.68	13.83	13.93	9.58										
		10(2m)	1.54	1.49	1.38	1.33	1.41	10(2m)	8.51	19.17	17.45	20.49	5.77										
제품명 : TWO2007(미인증 제품) E												환경측정 (전원 : 무, 전동 : 무)											
		가로		A	B	C	D	E(1m)			가로		A	B	C	D	E(1m)						
		세로									세로												
자기장	위치별	1	1.28	1.17	1.19	1.16	1.15	1	0.91	0.95	0.89	0.97	0.97										
		2	1.23	1.17	1.21	1.13	1.16	2	0.99	1	0.92	0.93	0.97										
		3	1.28	1.2	1.24	1.12	1.2	3	0.87	1.03	0.9	0.89	0.92										
		4	1.26	1.27	1.2	1.14	1.16	4	0.99	0.98	0.88	0.85	0.9										
		5	1.31	1.27	1.25	1.14	1.14	5	1.12	0.96	0.86	0.87	0.85										
		6	1.35	1.31	1.27	1.2	1.14	6	1.04	0.96	0.86	0.88	0.89										
		7	1.33	1.32	1.28	1.21	1.19	7	1.02	0.97	0.82	0.87	0.89										
		8	1.3	1.31	1.3	1.2	1.22	8	1.05	0.93	0.91	0.93	0.88										
		9	1.33	1.32	1.28	1.27	1.21	9	1.03	0.94	0.9	0.93	0.91										
		10(2m)	1.38	1.35	1.32	1.24	1.28	10(2m)	0.99	0.93	0.94	0.93	0.97										

그림 3-17. 전기장판 상단에서의 제품별 자기장 강도 측정 결과

나. 헤어드라이어 측정 및 결과

헤어드라이어는 헤어드라이기의 발생 열이 절연되는 평평한 탁자 위에 설치하고 정격전압(220 V), 정격주파수(60 Hz)를 제품에 인가한 후 대상기기가 정상 동작 상태에서 측정하였다. 측정은 밀착 및 이격 측정(밀착, 5, 10, 15, 20, 25, 30 cm)하고 송풍구 커버 없이 측정(밀착, 5, 10, 15, 20, 25, 30 cm)하여 두 결과를 비교·분석하였다.

측정 결과, 헤어드라이기 5개 제품의 전기장 평균값은 185.42 V/m 으로 전자파인체보호기준(4,166 V/m)의 4.45% 수준으로 나타났다. 특히, 커버가 없을 경우 평균값은 350.12 V/m로 있을 경우에 비해 88.83% 높아졌으며, 자기장 평균값은 37.91 mG으로 전자파인체보호기준(833 mG)

의 4.55% 수준으로 나타났다. 커버가 없을 경우 평균값은 87.22 mG로 있을 경우에 비해 130% 높아졌다.



그림 3-18. 헤어드라이어 커버 유무에 따른 전기장 강도 측정 결과

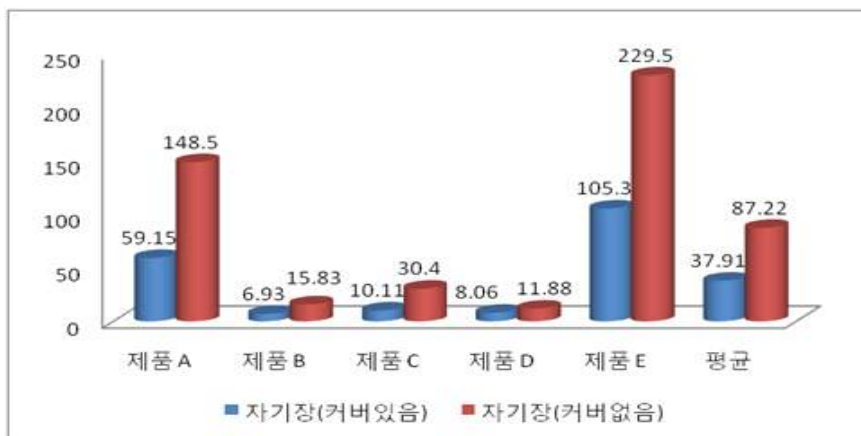


그림 3-19. 헤어드라이어 커버 유무에 따른 자기장 강도 측정 결과

헤어 드라이어는 제품 구조 특성 상 커버가 부착되어 있고 이러한 커버의 영향으로 전자파 강도가 다르다는 것을 확인할 수 있다. 이러한 연구 결과를 잘 활용하게 되면 본 연구의 평가 기준 마련과는 다소 활용 목적이 다를 수 있으나, 2012년 단국대 연구와 같이 단순한 전자파 노출량 평가가 아닌 구조물 등을 이용하여 전자파 노출을 최소화 할 수 있는 방안을 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

제 3 절 측정 기준 마련을 위한 가전기기 측정

1. 시험 대상 선정

가. 선정 시 고려 사항

과거 연구 문헌으로부터 다양한 제품들에 대한 전자파 노출량 측정 결과를 확인하였다. 본 연구는 다양한 기기로부터 발생되는 전자파 노출량 실태조사가 아닌 평가 기준을 마련하는 것이 목적이므로 다양한 제품에 대한 측정 결과는 과거 문헌을 활용하고 평가 방안 마련을 위한 대상 기기는 별도로 선정하여 연구를 진행하였다.

생활 가전기기의 종류와 수는 너무나 다양하고 많다. 따라서, 전자파 노출량 평가 측면에서 기기들을 특성에 따라 구분할 필요가 있으며 본 연구에서는 다음과 같이 이를 분류하고 대상을 선정하였다.

전자파 노출량을 결정짓는데 가장 중요한 것은 기기의 소비 전력이다. 일반적으로 제품의 규격이나 사용 방식에 따라 전자파 노출량이 다르게 나타나나 기본적으로 동일 조건에서는 출력이 클수록 노출량이 크게 나타나기 때문에 가장 중요한 요소로 소비 전력에 따라 제품을 구분할 수가 있다.

두 번째 중요한 요소는 사용 패턴이다. 예를 들어 기지국의 출력이 휴대전화에 비하여 매우 높지만 실질적으로 기지국과 인체의 이격 거리가 수십 ~ 수백 m로 휴대전화에 비해 매우 멀기 때문에 전자파의 특성상 노출량이 급격하게 나타난다. 사용 패턴이 가장 중요한 요소가 될 수 있지만 생활 가전기기의 경우 대부분 밀착 ~ 5 m 이내에서 사용하기 때문에 가장 중요한 요소로 출력을 그 다음 요소로 사용 패턴으로 결정하였다.

마지막으로 중요한 요소는 노출 상황이다. 앞서 언급한 출력과 사용 패턴이 노출량을 결정짓는 큰 요소이지만 노출 상황도 무시할 수는 없다. 이는 전자파 단기 노출과 함께 장기 노출까지 고려해야하기 때문이다. 즉, 출력이 작거나 인체와의 이격거리가 멀더라도 낮은 수준의 전자

파에 지속 노출될 경우, 장기 노출에 의한 영향이 있을 수 있기 때문에 노출 상황에 대한 고려도 반드시 필요하다.

그 외 요소로는 제품의 규격, 재질의 전기적 특성 및 실 생활에서의 제품 설치 위치 등이 있으나, 이는 제품 혹은 사용자별로 너무나 다양하기 때문에 이를 모두 고려할 수는 없다. 따라서, 본 연구에서는 앞서 언급한 3가지 기준에 따라 대표적인 생활기기를 구분하여 표 40에 나타내었다. 여기서 일반적인 사항들은 전력연구소에서 실시한 “2011년 가전기기 보급률 및 가정용 전력 소비형태 결과보고서”[reference]를 참조하였으며, 사용 패턴은 밀착형, 근거리형(1m 이내) 및 원거리형(1m 이상)으로 구분하였고 노출 상황은 일시(동작 시 혹은 사용 시에만 노출), 단기(1 ~ 6분 사이 노출), 장기(6분 이상)으로 구분하였으나, 이에 대한 명확한 근거는 좀 더 재검토할 필요가 있다.

표 3-11. 가전기기별 소비전력, 사용 패턴 등 특성

구분	소비전력 [W]	사용패턴 [cm]	노출상황	평가거리 [cm]	보급률 [대]	보유비율 [%]	사용형태	월 횟수 [회]	일 시간 [M]	연 시간 [H]	연 사용량 [Wh]	2003 (RRA)	2011 (중복대)	2012 (단국대)
TV	162.8	원거리	장기		1.4	99.3	단속	28.6	320	1,837	298,623	o	o	o
냉장고		원거리	지속	30	1.0	99.4						o	o	
김치냉장고		원거리	지속		0.8	71.0							o	
세탁기	215.5	원거리	장기	30	1.0	92.3	단속	15.1	81	237	58,253		o	
선풍기	59.0	원거리	장기	30	1.6	98.4	계절			593	34,952	o	o	
에어컨	1,750.3	원거리	장기	30	0.6	55.2	계절			206	357,768			
비디오	23.3	원거리	장기		0.2	24.0	단속	11.1	128	250	6,210	o	o	
컴퓨터	211.8	근거리	장기		0.8	72.1	단속	25.6	170	867	186,875	o	o	
노트북		근거리	장기		0.3	24.6							o	o
전기밥솥	1,077.1	원거리	장기	30	0.9	94.0	단속(취사)	26.2	76	390	417,819	o	o	o
	100.7		지속				단속(보온)	26.7	869	4,763	505,559	o	o	o
전자레인지	1,149.9	근거리	단기	30	0.8	75.4	단속	19.6	17	65	75,468	o	o	o
진공청소기	1,154.7	근거리	단기	30	0.8	78.0	단속	21.4	33	135	156,094	o	o	
전기후라이팬		근거리	단기		0.3	26.4								
토스트기		근거리	단기	30	0.2	21.0						o	o	
커피머신		근거리	단기	30	0.4	42.0							o	o
식기건조기		원거리	장기		0.1	5.5						o		
식기세척기		원거리	장기	30	0.1	6.3								
오디오		원거리	장기		0.2	17.8						o		
홈씨어터		원거리	장기		0.1	7.3								
전기다리미	1,255.0	근거리	단기	30	0.9	89.5	단속	10.9	31	70	96,074			
헤어드라이기		근거리	일시, 단기	10	1.0	85.0						o	o	
전기믹서		근거리	일시	30	0.6	61.3						o	o	
정수기		근거리	지속		0.4	38.9								
가습기	62.3	원거리	장기		0.3	32.2	계절			346	23,617	o	o	
전기장판	174.8	밀착	장기	0	0.7	54.3	계절			790	146,072	o		
전기히터(난로)	1,157.0	원거리	장기	30	0.1	4.8	계절			230	290,150	o	o	o
전기히터(선풍기)	814.1	원거리	장기	30	0.0	4.3	계절			193	158,133			
공기청정기		원거리	장기	30	0.1	8.9						o	o	
전기스탠드		근거리	장기		0.3	23.5						o	o	
백열등		원거리	장기		2.3	96.3								
형광등		원거리	장기		7.1	98.4								
기타 등		원거리	장기		1.4	80.6								
비데		밀착	단기		0.4	33.2							o	
음식물처리기		원거리	장기		0.1	6.1								
안마기		밀착	단기		0.1	10.9								o
전기오븐		근거리	단기	30	0.1	11.9								o
전기면도기		밀착	일시									o	o	
전기다리미		근거리	단기									o	o	

* 자료 출처: 전력거래소 “2011년 가전기기 보급률 및 가정용 전력 소비형태 조사” 결과보고서

나. 대상 선정

대상 선정을 위해 구분한 가전기기들 중에서 본 연구의 최종 대상 기기를 다음과 같이 선정하였다.

- 밀착형 : 전기면도기(일시), 안마기(단기)
- 근거리 : 가슴기(장기), 인덕션 쿠키(장기)
- 원거리 : 전기밥솥(장기,지속),

위 대상 선정 시에는 앞서 언급한 세 가지 조건과 과거 문헌에서 측정하였던 제품의 측정 결과도 함께 고려하여 선정하였으며, 특히 인덕션 쿠키와 IH 방식의 전기밥솥은 60 Hz 외에도 수십 kHz 주파수 대역에서 전자파가 발생되기 때문에 대상으로 선정하였으며 저주파 안마기의 경우도 수 Hz ~ 수 MHz로 광대역 주파수를 사용하기에 최종 대상으로 선정하였다.

선정된 기기들에 대해서는 전력선 주파수인 60 Hz에 대한 측정 뿐만 아니라 다른 주파수 대역에 대한 측정이 함께 이루어지기 때문에 평가 기준 마련 시 가전기기에 대한 보다 폭넓은 평가가 수행될 수 있다.

최종 선정된 기기들에 대한 세부 규격은 다음과 같다.

- 인덕션 쿠키

제조사	C사	C사
모델명	CIR-T100K	XR20/G1
출시일	2011년 8월	2011년 1월
사이즈 (cm, LWH)	51.1 × 35.7 × 6.27	33 × 41.5 × 9
무게	3.6 kg	2.4 kg
소비전력(W)	1,400	2,000

- 가습기

제조사	C사	L사
모델명	CH-5762	H-62HSW(화이트)
출시일	201109	201210
사이즈 (cm, LWH)	29.5 × 19.5 × 33.5	20.2 × 24.9 × 30.8
무게	3.8	3
소비전력(W)	35	295 (쾌속), 140 (취침)
특 징	초음파식	가열식

제조사	N사	S사
모델명	NHU-5000S	AC-36PHSAWK
출시일	201008	201201
사이즈 (cm, LWH)	23 × 26.5 × 32.5	45 × 47.8 × 27.4
무게	3.4	11.6
소비전력(W)	145 (고온), 35 (일반)	45 kWh/월
특 징	복합식	에어워셔

- 전기 면도기

제조사	B사	P사	P사
모델명	쿨텍 CT5CC	RQ-1280CC	PQ202
출시일	201305	201009	201209
사이즈 (cm, LWH)	5.9*16*4.9		
무게	280 g		
소비전력(W)		5.4	
특징	충전식	충전식	건전지식

- IH방식 전기 밥솥

제조사	C사	C사
모델명	CRP-HZB067FS	CJH-PA1001IC
출시일	201209	201209
사이즈 (cm, LWH)	25.7*37.5*27	29*41.7*30
무게	5.8	7.5
소비전력(W)	1,027	1,400

- 저주파 안마기

제조사	C사	Z사
모델명	그린 1004	NM-1002
출시일	201301	201303
사이즈 (cm, LWH)		
무게	330 g	
소비전력(W)	충전식(24핀충전기)	DC 3V, AAA 건전지 x 2개

제조사	K사	P사
모델명	DG-PRO3000 GOLD	EW-NA11
출시일	200801	201102
사이즈 (cm, LWH)	6.3*18*2.1 cm	12.4*10.8*3.8 cm
무게	120g(건전지 제외)	48 g
소비전력(W)	DC 3.6 V(키텔 카드늄 충전용 전지)	CR2032 전지 x 1개

2. 측정 전 고려 사항

가. 시험 환경 및 조건

생활 가전기기에서 발생하는 전자파 측정에 대한 국제기준 IEC 622336[11]에서는 가장 일반적인 시험 조건에 대해 규정하고 있다. IEC 62233는 시험 시 전자파 측정 거리, 센서 위치 및 동작 조건을 각 제품별로 명시하고 있으며, 기기는 통상 사용시와 같이 배치하도록 하고 있다. 또한, 명시되지 않은 제품에 대해서는 인체 두부와 몸통의 중앙 신경계 조직에 영향이 미치지 않도록 동작 조건, 측정 거리 및 센서 위치를 정하도록 하며 사용 설명서에 명확히 기재되어 있는 경우 그 조건에서 측정하도록 한다.

또한, 기기의 동작 조건은 항상 최대값으로 설정하고 단시간 동작에 관해서는 제조사의 사양을 고려토록 한다. 측정 시 기기의 동작 시간에 대해서는 규정하고 있지 않지만 시험 전에 통상 사용시의 동작 조건을 대표할 수 있을 정도로 충분한 시간 동안 기기를 동작시키도록 규정하고 있다. 추가적으로 시험 시 주변온도는 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 로 규정하고 있으나 시험이 이루어지는 장소(예:시험실)에 대한 구체적인 조건들은 명시하고 있지 않다.

반면에 국내 기준인 국립전파연구원 고시 제2012-12호 “전자파강도 측정기준”[12]에서는 생활 가전기기에 대한 전자파 노출 시 조건을 별도로 제시하고 있지는 않으나, 저주파수 대역에 대한 전자파 강도 측정 조건을 다음과 같이 명시하고 있다.

○ 측정 기기의 일반적 조건

- 충분한 동작범위와 주파수대역을 가져야 한다.
- 측정기와 전원선 및 연결 케이블은 적절히 차폐되고 외부 전자기장의 영향을 받지 않아야 한다.
- 저주파수대역 측정기는 내장된 전원으로 동작해야 하며, 전원의 재충전이나 교체 없이 8시간 이상 연속동작이 가능해야 한다.

- 측정기기는 전기장과 자기장 성분의 실효값과 침투값을 측정할 수 있어야 한다.

○ 측정 프로브의 조건

- 저주파수대역의 경우 단축프로브의 단면적은 0.01 m²보다 작아야 하며 3축프로브의 최대 크기는 0.2 m보다 작아야 한다.
- 고주파수대역 프로브의 크기는 일반적으로 파장의 4분의 1보다 작거나 0.1 m보다 작아야 한다. 1 MHz 이하의 고주파수대역의 경우 자유공간조건에서 프로브의 최대 크기는 0.2 m 이하가 되어야 한다.

○ 측정결과는 온도나 습도 등의 환경적인 조건, 측정을 위한 장비구성, 측정자에 의한 간섭, 전원선 및 연결 케이블에 의한 전자파유도 등과 같은 외부요인에 의해 영향을 받지 않아야 한다.

○ 측정 조건

- 전자기장 측정은 노출 대상자가 접근할 수 있는 모든 장소에서 행하여야 하며 여러 개의 노출 조건이 있는 경우는 최악의 노출 조건을 선택하여야 한다.
- 직접적인 전자기 유도의 영향을 최소화하고 신뢰성 있는 측정을 위하여 주파수에 따라 프로브와 전자기장 발생원을 충분히 이격시켜야 한다.
- 측정시에는 전자기장을 발생시키는 휴대기기는 전원을 차단하여야 한다.
- 측정 프로브 주변에 측정자를 포함한 산란체가 없어야 한다. 단, 옥내와 같이 프로브 주변에 산란체가 불가피하게 존재하는 경우에는 그 이유와 산란체의 위치에 대한 상세한 정보를 측정결과서에 기록하여야 한다.

○ 측정기기의 교정 및 불확정도

- 측정기기는 교정 유효기간 이내의 것을 사용하여야 하며 수리 후에는 바로 교정하여야 한다.
- 저주파수대역에서 교정된 측정기기의 불확정도는 전기장의 경우

- ± (지시치의 10 % + 2 V/m), 자기장의 경우 ±(지시치의 10 % + 16 mA/m) 이내이어야 한다.
- 고주파수대역에서 교정된 측정기기의 불확정도는 ±1 dB 이내이어야 한다.

o 측정기기의 선택

- 측정기기는 전자기장 발생원의 주파수, 전자기장의 최대 강도 및 시변화율, 전자기장의 편파 등을 고려하여 적절히 선택하여야 한다.
- 전자기장 발생원으로부터 기본 주파수 성분을 포함한 무시할 수 없는 모든 고조파 성분을 정확히 측정할 수 있도록 측정기기는 충분한 대역특성을 가져야 한다.

나. 전자파 노출량 측정기기

가전제품으로부터 노출되는 전자파를 측정하기 위하여 저주파 대역 측정 장비인 Narda사의 EFA-300을 사용하였다. EFA-300은 3축 등방성 센서를 채용하여 합성 전자기장 측정은 물론 단축 방향의 측정도 가능하다. 또한, 실시간 측정과 함께 고유 위상을 갖는 피크값, 최대값 및 평균값을 측정할 수 있으며, 노트북 등 PC와 연결하여 주파수별 측정 데이터를 수집할 수 있다. 상세한 측정 기기의 제원 및 특징은 표 3-12에 나타내었다.

표 3-12. 전자파 노출량 측정기기 제원 및 특징

구분		제원
측정 방향		등방성(3축) 및 단축 선택 가능
측정 주파수 대역		5 Hz ~ 32 kHz
자기장	측정 방식	Coil 검지 방식
	측정 범위	0 ~ 32 mT(0 ~ 320 Gauss)
전기장	측정 방식	Plate Electrode 검지 방식
	측정 범위	0.7 V/m ~ 100 kV/m
측정 표시값		RMS, 평균값, 최대값, 피크값
출력 기능		광통신 방식
사용 환경		0 ~ 50도 / 95 % RH 이하
크기 및 무게		110 × 200 × 60 mm / 약 1kg

3. 국내외 측정 방법 및 절차

가. 가전기기 전자파 측정 국제기준(IEC 62233)

생활 가전기기에서 발생하는 전자파 측정에 대한 국제기준은 “IEC 62233 (Measurement methods for electromagnetic fields of household appliances and similar apparatus with regard to human exposure)”이다. 여기서는 IEC 62233의 전자파 측정 방법에 대하여 기술하였다.

(1) 측정 방법

IEC 62233에서 다루는 주파수 범위는 10 Hz ~ 400 kHz이며 이 주파수 범위에서 측정하는 것이 타당하지 않을 경우에는 측정된 각 주파수 범위의 가중 결과값을 추가해야 한다. 측정거리와 위치 및 동작 모드는 별도의 부록에서 규정하고 있으며 측정하는 동안 구성과 동작 모드를 시험 보고서에 기재해야 한다.

자속밀도 측정값은 각 방향에서 100 cm²의 면적에서 평균을 구한다. 기준 센서는 등방성 감도를 제공하기 위해 측정 면적이 100 cm² ± 5 cm²인 서로 수직을 이루는 세 개의 동심 코일로 이루어져 있다. 기준 센서의 외부 지름은 13 cm를 초과해서는 안 된다.

자기장 강도 측정 시, 측정 신호는 주파수에 따라서 평가해야 한다. 독립적인 자기장 발생원을 고려하여 최고 측정값을 취해야 한다. 예를 들어, 개폐 동안 생기는 지속시간이 200 ms 이하인 과도 자기장은 무시한다. 또한, 측정하는 동안 개폐한 경우에는 측정을 반복해야 하며, 측정 장비의 최대 잡음 레벨은 한계치의 5% 이하여야 한다. 최대 잡음 레벨 미만의 측정값은 모두 무시한다. 배경 레벨은 한계치의 5% 미만이어야 하며, 최종 값의 90%에 도달하는데 걸리는 측정 장비의 응답 시간은 1s를 초과하지 않아야 한다. 자속밀도는 평균 시간을 1s로 측정하고 10 Hz - 400 kHz 신호에서 주기 1s 이상 동안 발생원이 일정한 상태를 보인다면 더 짧은 샘플링 시간을 사용할 수도 있다. 최종 측정동안 센서는 반드시 고정되어 있어야 한다.

자속밀도를 측정 시에는 표00에 규정된 조건에 따라 측정한다. 기기는 통상 사용시와 같이 배치한다. 기기에 표00의 모드가 열거되어 있지 않거나, 이와 다른 경우에는 인체 두부와 몸통의 중앙 신경계 조직에 영향이 미치지 않도록 동작 조건, 측정 거리, 센서 위치를 정한다. 사용 설명서에 명확하게 동작 조건, 설치 및 조작 위치가 정해져 있으면 그 조건에서 측정을 실시한다. 그렇지 않은 경우에는 아래 사항을 참고한다.

표 3-13. IEC 62233의 전자파 측정 거리, 센서 위치 및 동작 조건

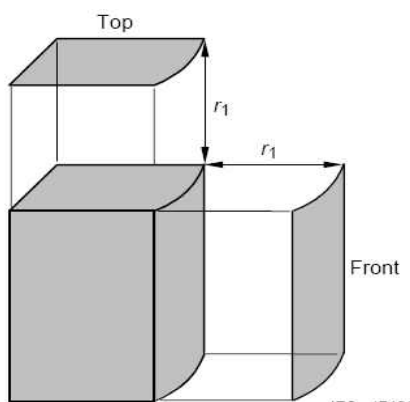
기기 유형	측정 거리 r_1	센서 위치	동작 조건
공기 청정기	30 cm	사방	연속으로
에어컨	30 cm	사방	냉각 모드 : 최저 온도 설정값과 주변온도는 (30 ± 5) °C이다. 가열 모드 : 최고 온도 설정값과 주변온도는 (15 ± 5) °C이다. 주변온도는 실내 장치로 들어가는 공기량 온도로 정한다.
배터리 충전기 (유도 충전기 포함)	30 cm	사방	제조자가 명시한 최고 용량을 갖는 빈 축전기를 충전하는 동안
음료 제조기	30 cm	사방	연속으로, 무부하
담요	0 cm	상단	단열판 위에 펼쳐 놓음
혼합기	30 cm	사방	연속으로, 무부하
레몬즙 압착기	30 cm	사방	연속으로, 무부하
시계	30 cm	사방	연속으로
커피 제조기	30 cm	사방	IEC 60335-2-15의 3.1.9항에 따름
커피 분쇄기	30 cm	사방	IEC 60335-2-14의 3.1.9.108항에 따름
대류식 난방기	30 cm	사방	최대 출력으로
튀김기	30 cm	사방	IEC 60335-2-13의 3.1.9항에 따름
치위생기	0 cm	사방	IEC 60335-2-52의 3.1.9항에 따름
탈모제	0 cm	날 가까이	연속으로, 무부하
식기세척기	30 cm	상단, 정면	물이 있고 식기가 없을 때 세척 모드에서, 건조 모드에서(적용 가능한 경우)
계란찜기	30 cm	사방	IEC 60335-2-15의 3.1.9항에 따름
안면 사우나기	10 cm	상단	연속으로
선풍기	30 cm	사방	연속으로
온풍기	30 cm	사방	연속으로, 최대 열 설정
바닥 광택기	30 cm	사방	광택 솔에 기계적 하중 없이 연속으로
음식물 처리기	30 cm	사방	부하 없이 연속으로, 최대 속도 설정
음식 보온고	30 cm	사방	부하 없이 연속으로, 최대 열 설정
발 난로	30 cm	상단	부하 없이 연속으로, 최대 열 설정

기기 유형	측정 거리 r_1	센서 위치	동작 조건
가스 점화장치	30 cm	사방	연속으로
그릴	30 cm	사방	부하 없이 연속으로, 최대 열 설정
이발기	0 cm	이발기 가까이	부하 없이 연속으로
헤어 드라이기	10 cm	사방	연속으로, 최대 열 설정
온열 매트	30 cm	상단	단열 판 위에 펼쳐 놓음
보온 패드	0 cm	상단,	단열 판 위에 펼쳐서 놓음
전기레인지 (호브)	30 cm	상단, 정면	각 전열장치를 개별적으로 최대 설정으로 하여 IEC 60335-2-6의 3.1.9항에 따름
아이스크림 제조기	30 cm	사방	부하 없이 연속으로, 최대 냉각 설정
투입식 전열기	30 cm	사방	전열 소자를 완전히 담금
유도 전기레인지 및 열판			7) 참조
다리미	30 cm	사방	IEC 60335-2-3의 3.1.9항에 따름
다림기계	30 cm	사방	IEC 60335-2-3의 3.1.9항에 따름
착즙기	30 cm	사방	부하 없이 연속으로
주전자	30 cm	사방	물을 반 채움
부엌용 저울	30 cm	사방	부하 없이 연속으로
칼	30 cm	사방	부하 없이 연속으로
부엌용 기계와 슬라이서	30 cm	사방	부하 없이 연속으로, 최대 속도 설정
안마기	0 cm	안마기 헤드 가까이	부하 없이 연속으로, 최대 속도 설정
전자레인지 (RF 부분은 IEC 60335-2-25에서 다룬다)	30 cm	사방	마이크로파 세기를 최대로 연속. 적용 가능한 경우, 기존의 전열 소자는 최대 설정으로 동시에 동작시킨다. 부하는 수돗물 1리터이며, 선반 중심에 놓는다. 물 용기는 유리나 플라스틱 등 비도전성 물질로 만들어야 한다.
믹서기	30 cm	사방	부하 없이 연속으로, 최대 속도 설정
유입식 라디에이터	30 cm	사방	연속으로, 최대 열 설정
오븐	30 cm	상단, 정면	도어를 닫은 채 오븐을 비운다. 온도 조절기를 최고 설정으로 한다. 세척 모드(적용 가능한 경우)에서는 사용 설명서를 따른다.
레인지	30 cm	상단, 정면	각 기능을 개별적으로
레인지 후드	30 cm	하단, 정면	제어장치를 최대 설정에서 놓는다.
냉장기기	30 cm	상단, 정면	도어를 닫은 채 연속. 온도 조절기는 최대 냉각으로 조정한다. 내부를 비운다. 정상 상태에 도달한 후, 모든 격실이 냉동 냉각 상태에 있을 때 측정을 실시한다.
전기밥솥	30 cm	사방	물을 반 채운다. 최대 열 설정

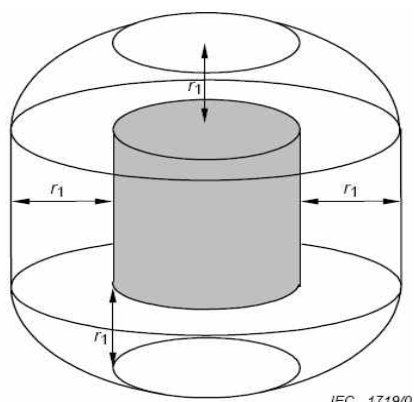
기기 유형	측정 거리 r_1	센서 위치	동작 조건
전기면도기	0 cm	면도기 가까이	부하 없이 연속으로
슬라이서	30 cm	사방	부하 없이 연속으로, 최대 속도 설정
일광욕실	내부 0 cm, 외부 30 cm	정면	연속으로, 최대 설정
회전 추출기	30 cm	상단, 정면	부하 없이 연속으로
축열식 온풍기	30 cm	사방	연속으로, 최대 열 설정
차 제조기	30 cm	사방	부하 없이 연속으로
토스터기	30 cm	사방	부하 없이, 최대 열 설정
공구(휴대용)	30 cm	사방(같은 면이 항상 사용자 쪽을 향하지 않는다면)	모든 설정값 (예: 부하 없이 속도를 최대로 설정)
공구(수작업용)	30 cm	사방(같은 면이 항상 사용자 쪽을 향하지 않는다면)	모든 설정값 (예: 부하 없이 속도를 최대로 설정)
공구(운반가능)	30 cm	사용자 쪽을 상단과 정면	모든 설정값 (예: 부하 없이 속도를 최대로 설정)
전열 소자가 있는 공구	30 cm	사방(같은 면이 항상 사용자 쪽을 향하지 않는다면)	최대 온도 설정, 글루스틱이 사용 위치에 놓인 글루건
완구용 변압기	30 cm	사방	연속으로
트랙 세트: 전기/전자 제어기	30 cm	사방	연속으로
세탁건조기	30 cm	상단, 정면	건조 모드에서 직물 재료는 건조 조건에서 치수가 약 0.7 m x 0.7 m이고 질량이 140 g/m ² - 175 g/m ² 인, 미리 세탁한 이중 옷단면 시트 형태이다.
진공청소기 (휴대용)	30 cm	사방	IEC 60335-2-2의 3.1.9항에 따름
진공청소기, (몸체 삼각형)	0 cm	사방, 사용자 쪽을 향하여	IEC 60335-2-2의 3.1.9항에 따름
진공청소기, (기타)	30 cm	사방	IEC 60335-2-2의 3.1.9항에 따름
건조기가 결합된 세탁기	30 cm	상단, 정면	직물 없이, 최고 속도 회전 모드에서
물침대용 전열기	10 cm	상단	단열 판 위에 펼쳐 놓음
온수기	30 cm	사방	물이 흐르는 상태에서 제어장치를 최대로 설정
월풀욕조	내부 0 cm, 외부 30 cm	사방	연속으로

전자기장 측정 시 가전 기기의 동작 조건은 최대값으로 설정한다. CISPR 14-1 시리즈에 규정된 동작 조건 또는 부하 없이 가능한 경우에는 단시간 동작에 관한 제조사의 사양을 고려해야 한다. 실행 시간을 규정하지 않지만, 시험 전에 통상 사용시의 동작 조건을 대표할 수 있을 정도로 충분한 시간 동안 기기를 동작시킨다. 또한, 전압 범위와 주파수 범위가 지시되어 있는 경우, 공급 전압과 주파수는 기기를 사용하는 국가나 지역의 공칭 전압 또는 주파수이어야 한다. 표00에서 별도의 규정이 없는 경우, 제어장치를 최고 설정으로 조정한다. 하지만 사전설정 제어장치는 정해진 위치에서 사용한다. 기기가 통전되어 있는 동안 측정을 실시한다. 시험은 주변온도 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 에서 실시한다.

가전기기 전자기장 측정 시 이격 거리는 인체 부위와 접촉한 상태로 사용하는 기기인 경우 0 cm(밀착), 그 밖의 기기는 30 cm를 이격하여 측정한다. 측정 센서의 위치는 인체 부위와 접촉한 상태로 사용하는 기기는 사용자를 향하도록 위치하고 이동할 수 없는 대형기기는 그림 3-20에 나타난 바와 같이 정면(조작 면)과 사람이 접근할 수 있는 기타 측면에 센서를 위치하며, 그 밖의 기기는 그림 22와 같이 사방에서 측정한다.



a. 측정 위치(상단,정면)



b. 측정 위치(사방)

그림 3-20. 가전기기 전자파 강도 측정 위치

유도 전기레인지(호브)와 열판의 시험조건은 별도로 명시하고 있다. 측정 거리는 그림 3-21에 나타난 바와 같이 기기 가장자리에서 센서 표면까지 30 cm 떨어진 위치에서 수직선(A, B, C, D)을 따라 각 조리구(cooking zone)를 측정한다. 측정은 조리구의 1 m 위 부분과 그 아래 0.5 m에서 실시한다. 기기가 벽면에 기대어 사용하도록 설계된 것이라면, 기기 뒷면(선 D)에서는 측정하지 않는다.

유도 전기레인지의 측정 시 동작 모드는 수돗물을 대략 반쯤 채운 에나멜을 칠한 스틸 조리 용기를 측정할 조리구의 한 가운데에 놓고 이때 조리 용기는 사용 설명서에서 권고한 가장 작은 용기를 사용하며 권고하지 않은 경우에는 표시된 조리구를 덮는 가장 작은 표준 용기를 사용한다. 표준 조리용기의 밑면 지름은 110 mm, 145 mm, 180 mm, 210 mm, 300 mm이다. 유도 전열 장치를 번갈아 동작시키고 이때 다른 조리구는 덮지 않는다. 에너지 조절기 설정값을 최대로 설정하고 안정적인 동작 조건에 이른 후, 측정을 실시한다. 만약에 안정적인 조건에 이르지 않을 경우에는, 자기장 발생원에서 최대값에 도달하기에 적합한 관찰시간(예: 30초)을 정해야 한다.

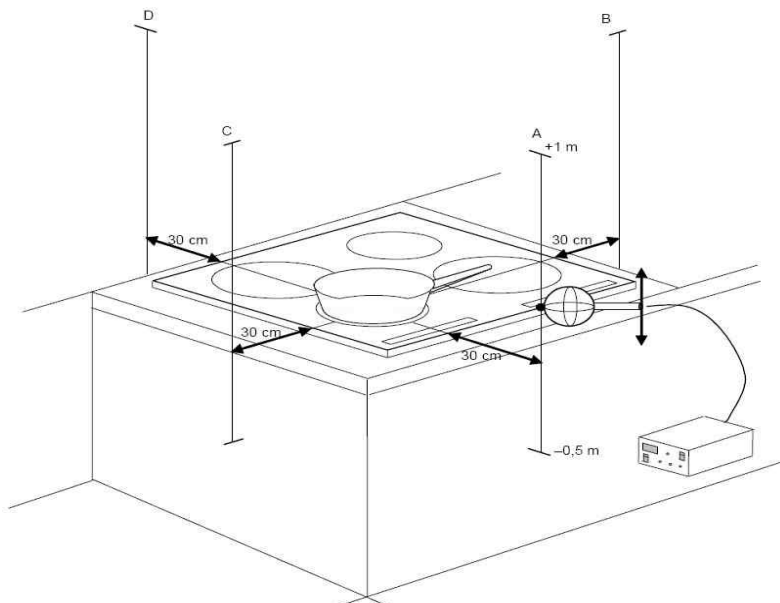


그림 3-21. 유도 전기레인지와 열판의 측정 거리

나. 국내 저주파 전자파 측정 기준

우리나라는 현재 생활 가전기기에 대한 측정 기준이 없다. 단, 국립전파연구원 고시에 일반적인 전자기장 세기를 측정하는 방법 및 절차에 대한 기준이 있으며 이때 60 Hz 주파수 대역의 가전기기에 대한 측정 기준이 저주파 대역에 대한 측정 기준으로 명시되어 있다.

측정 기기에 대한 조건으로 측정 기기는 충분한 동작범위와 주파수대역을 가져야 하며 측정기기와 전원선 및 연결 케이블은 적절히 차폐되고 외부 전자기장의 영향을 받지 않아야 한다. 또한, 저주파수대역 측정기기는 내장된 전원으로 동작해야 하며, 전원의 재충전이나 교체 없이 8시간 이상 연속동작이 가능해야 한다. 측정기기는 전기장과 자기장 성분의 실효값과 첨두값을 측정할 수 있어야 하며 저주파수 대역의 측정 프로브는 단축 프로브의 단면적이 0.01 m^2 보다 작아야 하며 3축 프로브의 최대 크기는 0.2 m 보다 작아야 한다. 측정결과는 온도나 습도 등의 환경적인 조건, 측정을 위한 장비구성, 측정자에 의한 간섭, 전원선 및 연결 케이블에 의한 전자파유도 등과 같은 외부요인에 의해 영향을 받지 않아야 한다.

측정을 수행 시에는 노출 대상자가 접근할 수 있는 모든 장소에서 행하여야 하며 여러 개의 노출 조건이 있는 경우는 최악의 노출 조건을 선택하여야 한다. 직접적인 전자기 유도의 영향을 최소화하고 신뢰성 있는 측정을 위하여 주파수에 따라 프로브와 전자기장 발생원을 충분히 이격시켜야 한다. 측정시에는 전자기장을 발생시키는 휴대기기는 전원을 차단하여야 하며 측정 프로브 주변에 측정자를 포함한 산란체가 없어야 한다. 단, 옥내와 같이 프로브 주변에 산란체가 불가피하게 존재하는 경우에는 그 이유와 산란체의 위치에 대한 상세한 정보를 측정결과서에 기록하여야 한다.

측정기기는 교정 유효기간 이내의 것을 사용하여야 하며 수리 후에는 바로 교정하여야 한다. 저주파수 대역에서 교정된 측정기기의 불확정도는 전기장의 경우 \pm (지시치의 10 % + 2 V/m), 자기장의 경우 \pm (지시치의 10 % + 16 mA/m) 이내이어야 한다. 측정기기는

전자기장 발생원의 주파수, 전자기장의 최대 강도 및 시변화율, 전자기장의 편파 등을 고려하여 적절히 선택하여야 한다. 전자기장 발생원으로부터 기본 주파수 성분을 포함한 무시할 수 없는 모든 고조파 성분을 정확히 측정할 수 있도록 측정기기는 충분한 대역특성을 가져야 한다.

저주파 대역의 전자기장 측정은 3축 등방성 프로브를 사용하여 측정영역에서의 합성전자기장의 최대값을 측정하여야 한다. 단, 선형편파 전자기장을 측정하거나 타원편파 전자기장에서 전자기장이 이루는 타원의 모양을 알고자 하는 경우에는 단축 프로브를 사용할 수 있다. 고정시설물 등에서 방출되는 전자기장을 측정하고자 할 때에는 작업자가 주로 작업하는 곳 또는 주민이 주로 생활하는 곳에서 측정하고, 전기·전자기기 등에서 발생하는 전자기장은 통상의 사용 거리에서 측정하여야 하며 전기장강도 측정시 프로브와 측정자 사이의 거리는 2.5m 이상이어야 한다. 단, 자기장강도 측정시에는 프로브와 측정자 사이의 거리를 제한하지 아니한다.

4. 가전기기 전자파 노출량 측정 방법

본 연구에서 가전기기 평가기준 마련을 위한 대상 기기 측정 시에는 기본적으로 국내외 기준을 적용하였다. 특히 IEC 62232에서 규정하고 있는 측정 방법 및 절차에 따라 측정을 하고, 본 연구에서 추가적인 사항에 대한 측정을 실시하여 비교·분석 후 가장 적합한 측정 기준을 마련하기로 하였다.

가. 기본(일반) 측정

기본적인 측정 방법은 IEC 62232을 적용하여 다음과 같이 실시하였다.

(1) 동작 조건

- 선정된 가전기기의 최대 동작조건으로 설정하며, 시험하기 전 충분한 시간동안 기기를 동작시킨다.

(2) 측정 거리

- 신체와 접촉하여 사용되는 가전기기 : 센서를 제품과 접촉하여 측정
- 신체와 접촉하지 않고 사용되는 가전기기 : 제품으로부터 30 cm 이격 측정

(3) 측정 위치

- 고정되어 있는 생활 가전기기 : 기기 전면 및 양쪽 측면에 대하여 전자파 강도를 측정
- 이동이 가능한 생활 가전기기 : 기기 앞, 뒤, 좌, 우, 위, 아래에서 전자파 강도를 측정

(4) 측정 방법

- 자기장 강도 측정
 - 측정 대상기기의 각 측면에서 가장 큰 자기장 세기가 발생하는 부분을 찾아서 그곳에서 거리별로 자기장 세기를 측정
 - 측정값은 1분 동안 측정값 중 최대값을 측정

○ 전기장 강도 측정

- 측정 대상기기의 각 측면에서 가장 큰 전기장 세기가 발생하는 부분을 찾아서 그곳에서 거리별로 전기장 세기를 측정
- 전기장 측정시 사람과 센서는 1 m 이상 이격거리를 두고 측정
- 측정값은 1분 동안 측정값 중 최대값을 측정

나. 평가 방법 마련을 위한 추가 측정

(1) 측정 거리

- 거리에 따른 전자파 강도의 감쇄량을 확인을 위한 거리별 측정

(2) 측정 지점

- 측정 위치에서 중앙을 포함한 4개 모서리 총 5개 지점 및 측정 기기 한 면에 대해 균일 간격으로 총 9개 지점을 선정

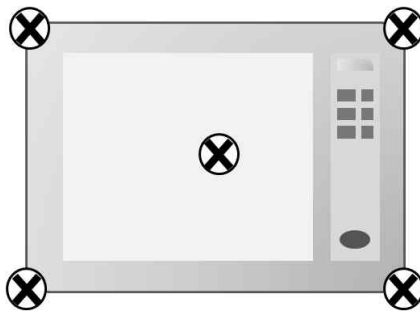


그림 3-22. 측정 지점

(3) 측정 방법

- 각 기기 동작 시 주파수 스펙트럼을 확인
- 60 Hz 주파수 대역 외 주파수의 전자파를 발생시키는 가전기기에 대해서는 동일 측정을 해당 주파수에 대해서도 측정을 실시


제 4 장 가전기기 전자파 측정결과 및 측정기준안

제 1 절 가전기기 전자파 노출량 측정 결과

1. 가습기

가습기는 과거 연구 결과 중에서 비교적 전자파 강도가 높은 편에 속한 제품이다. 또한, 현행 IEC 측정 기준에서 중앙 1개 지점만 측정하는 방법에 대한 개선 방안 마련을 위해 일부 대형과 소형 기기를 제외한 가장 일반적인 가전기기 크기이기 때문에 측정 대상으로 선정하였다. 따라서, 가습기의 경우, 측정 한 면에서 9개 지점을 측정하여 측정값이 최대인 지점 혹은 가장 적합한 측정 지점 수를 결정하기 위해 수행되었다. 거리별 감쇄량 등의 확인을 위해 거리별 측정도 병행하였으며 측정 대상은 가습 방식에 따라 가열식, 초음파식, 복합식, 에어워셔 방식 총 4종을 선택하였다.

가. C사 초음파식 가습기

제조사	C사	제품 사진
모델명	CH-5762	
출시일	2011.09	
사이즈 (cm, LWH)	29.5 × 19.5 × 33.5	
무게	3.8kg	
소비전력(W)	35	
특 징	초음파식	

C사의 초음파식 가습기에 대한 전기장 강도 측정 결과를 표4-1에 나타내었다. 측정 최대값은 정면의 중앙에서 148.5 V/m로 기준값의 3.6% 수준으로 나타났다. 기기의 모양이 윗부분은 물로 채워져 있고 아래 부분에 전자파 발생원이 있으며, 가로가 길고 세로가 짧은 모양이기 때문에 기기 내부 전자파가 최대 발생 지점을 고려 시 거리가 상대적으로 가까운 전·후면이 좌·우면에 비하여 다소 높게 나타났다. 또한, 모

든 방향에서 아래 부분에서 측정값이 높은 경향을 보이고 있다. 이는 전기·전자 회로 등이 아래부분에 위치해 있을 것으로 판단된다. 프로브로부터 기기까지의 측정 거리별 측정 결과는 특이한 경향 없이 일반적인 전파의 특성 대로 거리가 증가할수록 측정값이 비선형적으로 급격히 감소하였다. 자기장 강도의 최대값 위치는 전기장 강도와 다르게 후면 왼쪽 아래부분에서 300.8 mG로 기준값의 36% 수준으로 나타났으며 대체적으로 아래 부분에서 높은 경향을 보였다. 이것은 전자파 발생원의 위치가 동일하더라도 차폐 혹은 기기 내 도전체의 위치 등에 따라 전자기장 분포가 다를 수 있음을 의미한다.

표 4-1. C사 가습기 전기장 강도 측정 결과

측정지점 (정면)	측정 거리(기기와 프로브 사이의 거리) [cm]					
	0	5	10	15	20	30
좌상	21.93	20.86	19.01	16.25	13.32	11.03
상	26.14	23.85	20.53	16.93	14.44	11.79
우상	21.12	19.37	16.80	14.10	11.34	9.34
좌	67.65	42.77	28.66	21.45	15.59	12.65
중	148.50	78.72	46.42	29.97	20.74	15.15
우	56.10	37.96	27.29	20.04	14.63	11.18
좌하	70.78	45.21	31.22	23.44	16.78	12.94
하	135.60	69.67	43.00	28.76	19.44	14.60
우하	62.62	37.33	27.61	19.26	14.44	11.03

측정지점 (후면)	측정 거리(기기와 프로브 사이의 거리) [cm]					
	0	5	10	15	20	30
좌상	17.99	12.73	10.60	8.38	6.89	5.76
상	21.63	15.30	11.34	9.30	7.19	6.11
우상	18.01	12.73	9.79	8.05	6.64	5.62
좌	68.30	22.59	12.39	8.87	6.93	5.64
중	61.98	18.15	12.28	9.45	7.39	6.05
우	31.72	15.51	11.44	9.03	6.95	5.75
좌하	116.60	11.32	7.76	6.94	5.85	4.94
하	56.37	20.19	12.12	9.00	7.23	6.09
우하	33.34	16.53	11.75	8.84	7.11	5.18

측정지점 (좌측면)	측정 거리(기기와 프로브 사이의 거리) [cm]					
	0	5	10	15	20	30
좌상	17.80	13.31	10.40	8.21	6.67	5.32
상	20.21	15.49	12.52	9.60	7.51	6.02
우상	17.71	14.45	11.61	9.32	7.55	6.09
좌	26.90	18.83	13.44	10.15	7.79	6.23
중	37.42	22.67	15.87	12.27	9.37	7.34
우	49.90	29.08	19.05	13.30	9.83	7.14
좌하	29.12	16.84	13.16	10.06	7.67	6.99
하	48.38	24.32	16.83	7.62	8.74	6.84
우하	63.33	29.96	18.11	13.08	9.65	7.41

측정지점 (우측면)	측정 거리(기기와 프로브 사이의 거리) [cm]					
	0	5	10	15	20	30
좌상	19.30	16.11	13.33	12.09	8.94	7.24
상	20.04	15.68	12.40	10.35	8.54	6.91
우상	17.10	13.32	10.40	8.31	7.02	5.92
좌	45.46	27.66	18.89	13.11	10.15	7.99
중	49.58	27.81	18.96	14.25	11.21	8.44
우	39.85	21.47	15.14	11.07	8.37	6.53
좌하	61.20	28.27	20.02	14.56	10.07	8.24
하	65.90	28.97	19.90	13.56	10.09	7.62
우하	50.61	24.58	14.58	10.47	7.81	6.22

표 4-2. C사 가습기 자기장 강도 측정 결과

측정지점 (정면)	측정 거리(기기와 프로브 사이의 거리) [cm]					
	0	5	10	15	20	30
좌상	17.71	14.50	11.41	8.36	6.38	4.99
상	35.68	26.96	18.65	12.71	9.39	7.12
우상	32.01	23.11	16.11	12.03	8.68	6.58
좌	21.02	16.33	13.25	9.79	7.59	5.73
중	40.98	24.90	17.27	12.11	8.77	6.26
우	37.99	28.27	19.42	13.72	9.69	7.17
좌하	27.25	18.22	13.30	10.42	7.39	5.64
하	66.34	36.99	23.01	14.06	10.19	7.26
우하	54.15	37.49	23.33	13.53	10.26	7.44

측정지점 (후면)	측정 거리(기기와 프로브 사이의 거리) [cm]					
	0	5	10	15	20	30
좌상	114.60	82.50	55.30	35.97	23.04	16.22
상	98.30	72.30	51.80	32.64	21.41	14.71
우상	33.08	26.92	21.75	16.86	12.72	9.72
좌	203.10	141.50	81.20	52.73	31.30	19.37
중	244.30	126.60	75.70	45.04	27.99	18.29
우	41.80	34.15	30.35	22.10	16.13	11.86
좌하	300.80	168.10	97.10	50.50	31.29	18.35
하	276.20	156.90	89.47	52.48	29.53	19.54
우하	55.34	44.88	34.46	24.55	17.87	12.58

측정지점 (좌측면)	측정 거리(기기와 프로브 사이의 거리) [cm]					
	0	5	10	15	20	30
좌상	18.38	12.59	9.31	6.98	5.23	4.05
상	17.54	12.34	9.03	6.58	5.25	4.04
우상	15.17	11.17	8.58	6.49	5.01	3.80
좌	25.16	15.64	10.85	7.74	5.67	4.48
중	22.60	15.24	11.56	8.37	6.37	4.65
우	18.51	13.25	9.79	7.07	5.22	4.09
좌하	26.67	19.47	13.41	9.03	6.34	4.88
하	25.29	16.63	12.29	8.56	6.11	4.73
우하	18.02	14.86	10.79	7.98	6.13	4.68

측정지점 (우측면)	측정 거리(기기와 프로브 사이의 거리) [cm]					
	0	5	10	15	20	30
좌상	48.84	37.95	26.05	19.02	13.94	10.12
상	89.38	58.50	38.83	26.14	17.91	11.71
우상	88.36	65.12	40.37	28.17	18.64	12.37
좌	67.38	25.47	31.65	21.86	15.93	10.84
중	203.30	96.40	51.10	31.03	19.78	13.60
우	222.50	103.30	55.70	31.25	20.89	13.68
좌하	122.60	59.61	38.94	22.63	16.07	12.37
하	268.40	121.60	60.80	34.87	21.17	14.45
우하	252.80	134.30	63.00	37.38	22.87	15.76

기기 내부의 전자기장 발생원의 위치, 즉 최대 전자기장 발생 지점을 찾기 위해서 상용 차트 프로그램인 Origin 8.0을 활용하였다. 현재 측정 한 한 면당 9개 지점의 측정 결과 중에서 측정 거리가 0 cm(밀착)인 결과를 이용하여 측정을 수행한 각 지점들 사이의 값을 보간법(Interpolation)으로 예측하여 기기 각 면에 대한 전기장과 자기장 분포를 그림 4-1에 나타내었다. 이때 보간법은 전자기장 전파 특성을 고려하여 정규 분포(gaussian surface) 함수를 적용하였다. 그림을 입체적으로 보면 기기 내부의 전자파 최대 발생 지점을 유추할 수 있다. 또한, 그림에서 확인할 수 있듯이 전기장과 자기장 강도의 최대 전자파 노출 지점이 다르게 나타난다. 따라서, 전자기장 강도 측정값의 절대적인 수치와는 무관하게 전자파 노출량 적합성 시에는 반드시 둘 다 측정해야 함을 확인할 수 있다.

< 후면 >

< 좌측면 >

< 정면 >

< 우측면 >

a. 전기장 강도 분포

< 후면 >

< 좌측면 >

< 정면 >

< 우측면 >

b. 자기장 강도 분포

그림 4-1. Origin 8.0을 이용한 C사 가습기 전자기장 분포

그림 4-2에서 그림 4-5에는 C사 가습기의 거리별 전자기장 강도를 기기 위치별로 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 측정 지점에 따라 다소 차이는 있으나 일반적인 전파 이론과 마찬가지로 거리가 증가할수록 측정값이 급격히 낮아짐을 확인할 수 있다.

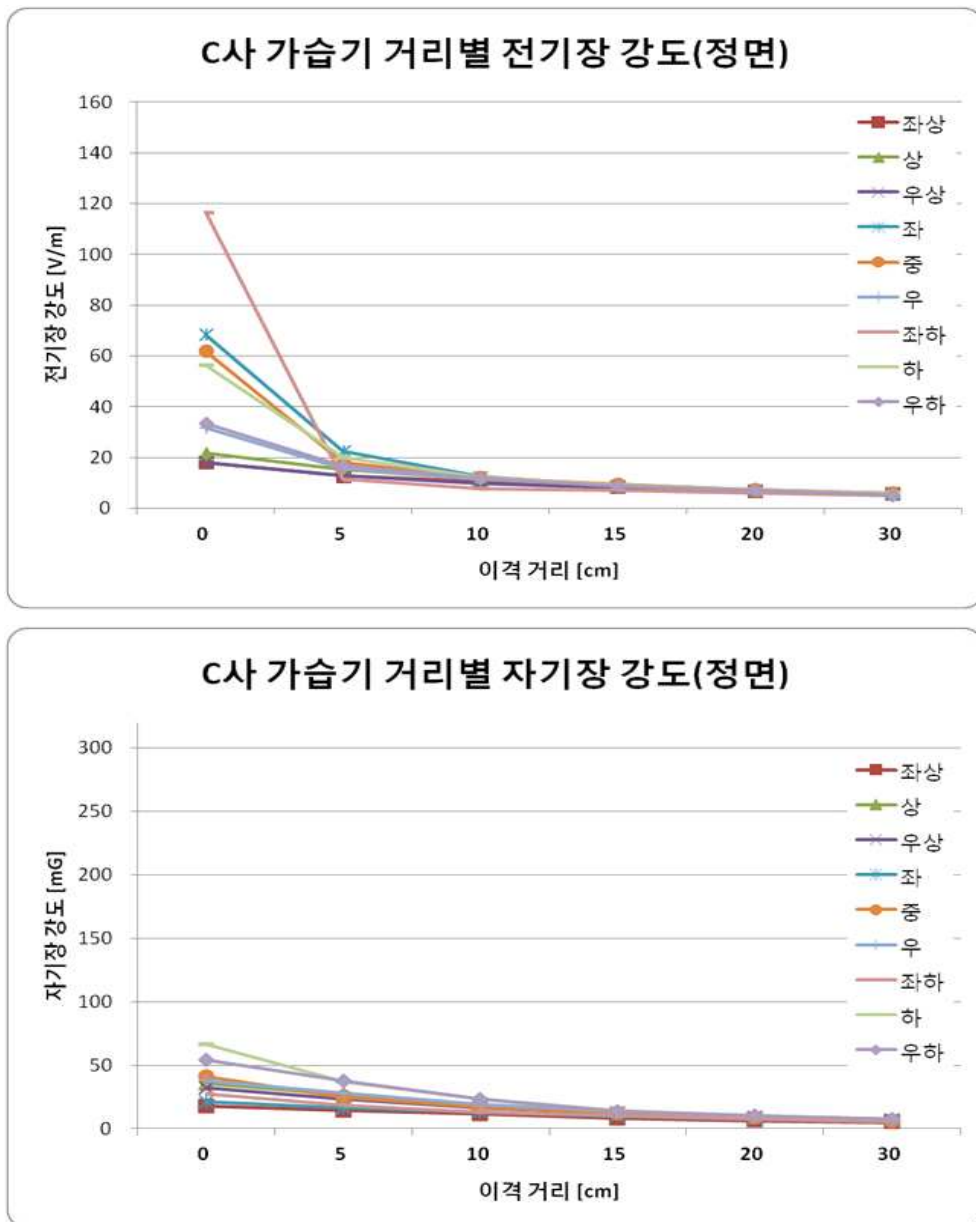


그림 4-2. C사 가습기 거리별 전자기장 측정 결과(정면)

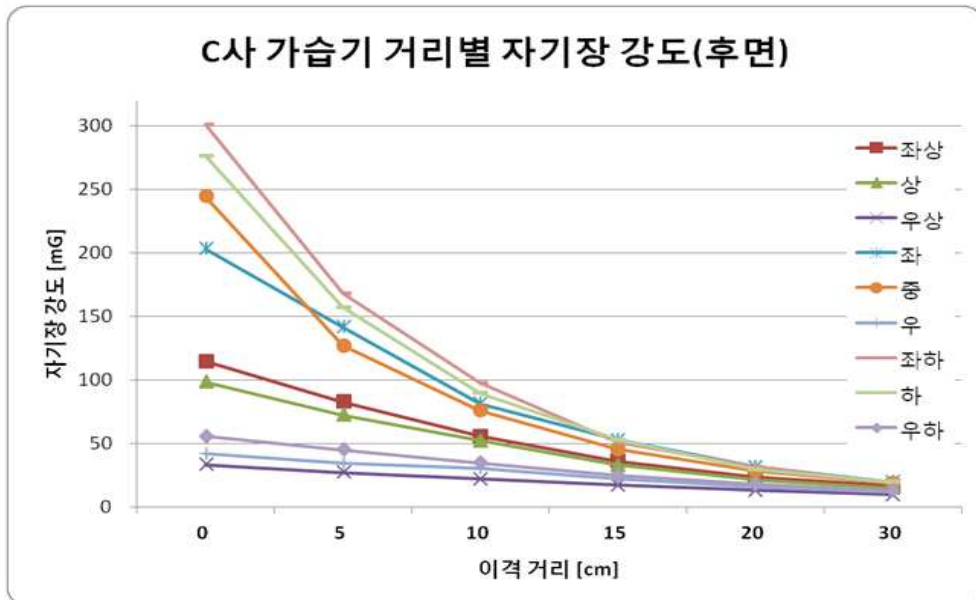
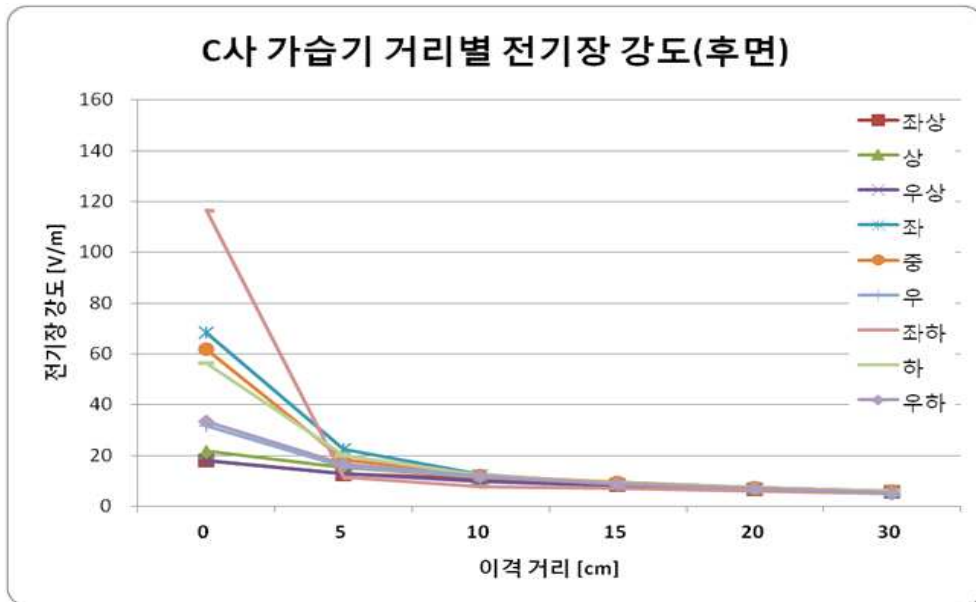


그림 4-3. C사 가습기 거리별 전자기장 측정 결과(후면)

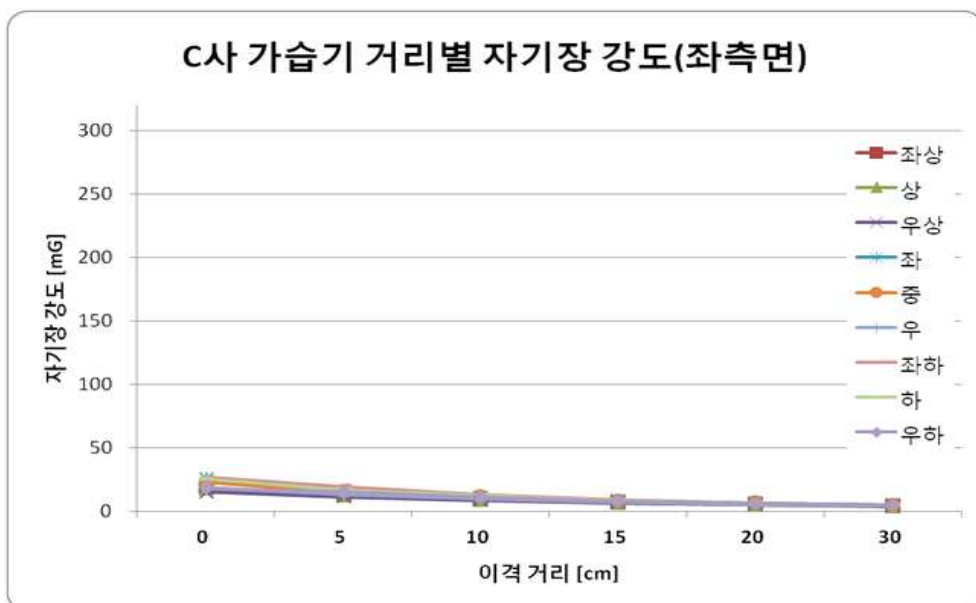
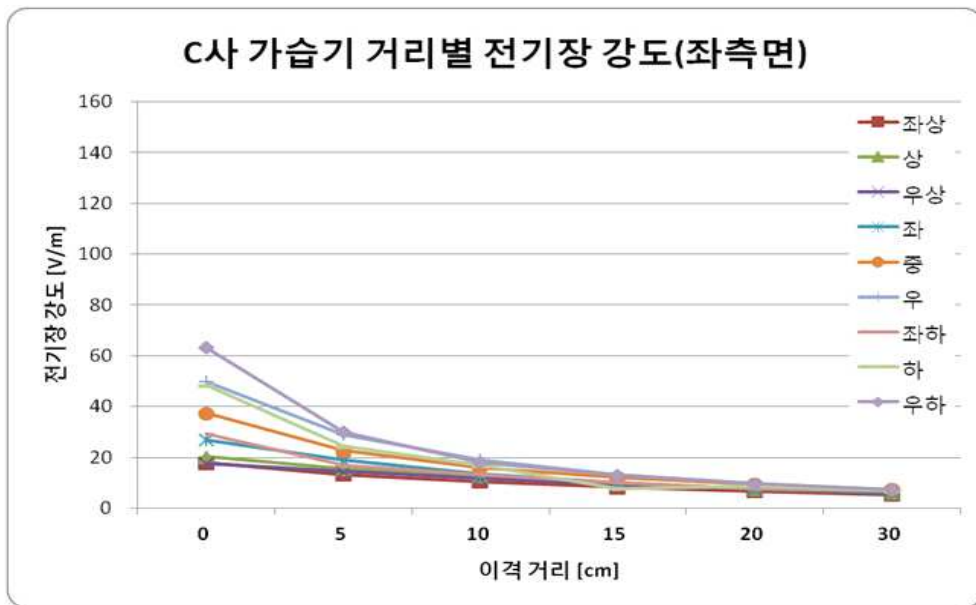


그림 4-4. C사 가습기 거리별 전자기장 측정 결과(좌측면)

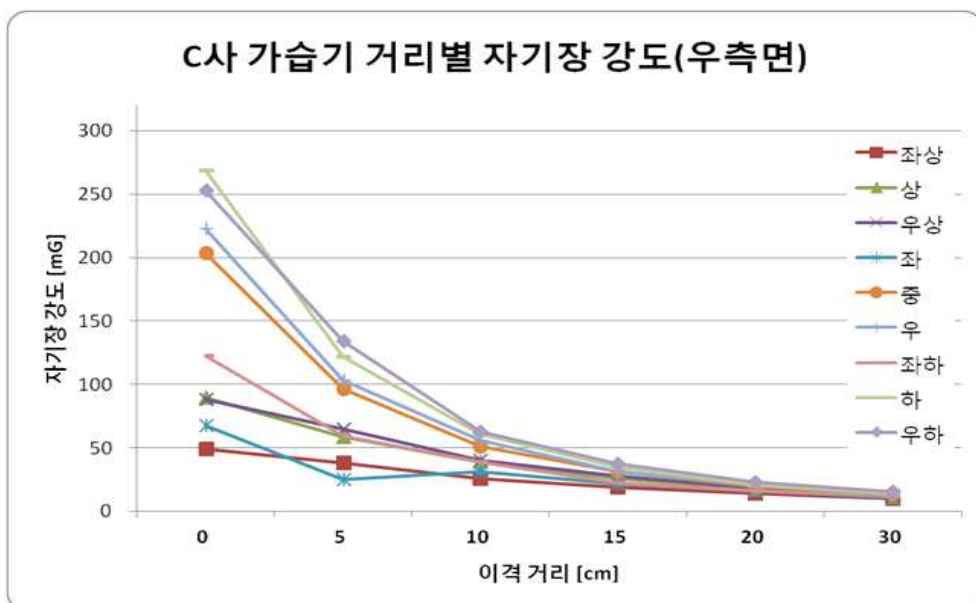
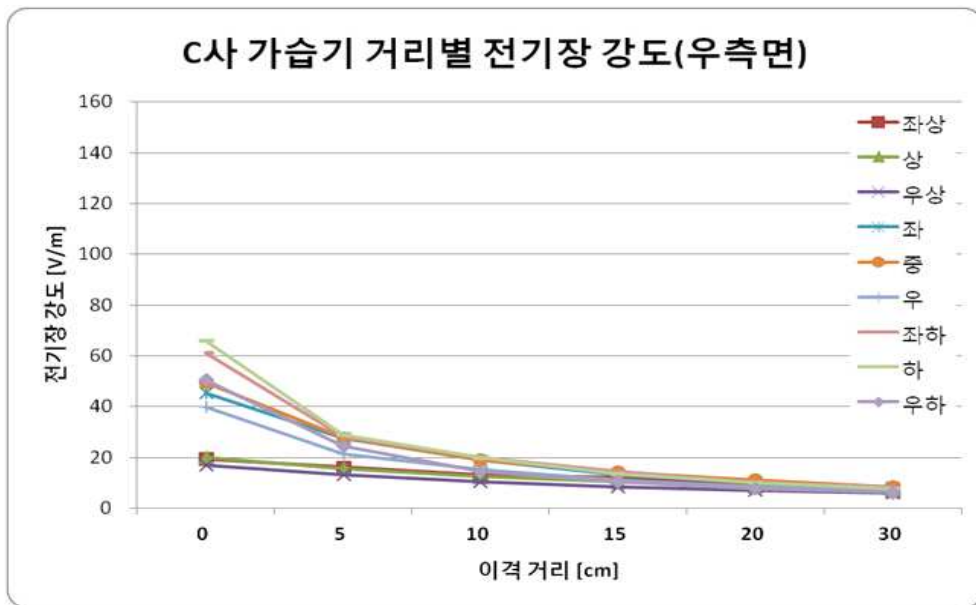


그림 4-5. C사 가습기 거리별 전자기장 측정 결과(우측면)

나. L사 가열식 가습기

제조사	L사	제품 사진
모델명	H-62HSW(화이트)	
출시일	2012.10	
사이즈 (cm, L×W×H)	20.2 × 24.9 × 30.8	
무게	3kg	
소비전력(W)	295 (쾌속), 140 (취침)	
특 징	가열식	

L사의 초음파식 가습기의 전기장 강도 측정 결과, 최대값은 정면의 중앙 지점에서 188.8 V/m로 기준값의 4.5% 수준으로 나타났다. C사 가습기와 유사하게 전반적으로 아래 부분에서 측정값이 높은 경향을 보이고 있다. 자기장 강도는 최대값이 좌측면 아래부분에서 324.1 mG로 기준값의 38.9% 수준으로 나타났으며 전기장 강도와 마찬가지로 대부분 아래 부분에서 높은 경향을 보였다. C사 가습기도 그러하듯이 기준값과 비교하면 전기장 강도에 비해 자기장 강도가 높은 경향을 보인다. 2개 제품 모두 비록 밀착에서의 측정값이기는 하나, 취침 중이나 병원에서 사용 시에는 비교적 근거리에서 전자파에 노출될 수 있기 때문에 IEC의 측정 거리인 30 cm 이격 보다는 더 현실적인 상황을 반영할 필요가 있다. 특히 현행 IEC 측정기준에서 가습기가 제외되어 있는 것도 주목해야 한다.

표 4-3. L사 가열식 가습기 측정 지점별 전기장 강도 측정 결과

측정지점 (정면)	측정 거리 [cm]			측정지점 (후면)	측정 거리 [cm]		
	0	10	30		0	10	30
좌상	11.307	11.038	6.664	좌상	2.448	3.410	2.648
상	13.533	11.722	6.554	상	2.112	3.214	2.601
우상	10.157	9.561	6.333	우상	2.408	3.356	2.976
좌	88.155	43.035	8.621	좌	8.438	4.535	2.165
중	188.818	56.771	8.270	중	9.117	3.636	2.267
우	93.815	36.135	7.835	우	5.813	3.187	2.363
좌하	78.890	31.288	5.888	좌하	46.793	11.906	2.585
하	100.901	31.415	6.031	하	45.992	10.606	2.658
우하	70.196	30.464	6.152	우하	22.411	6.502	2.105

측정지점 (좌측면)	측정 거리 [cm]		
	0	10	30
좌상	1.775	3.493	2.836
상	3.607	4.159	3.129
우상	6.836	5.357	3.829
좌	3.833	5.629	3.208
중	16.117	6.751	4.008
우	10.671	8.557	4.663
좌하	26.090	10.237	2.660
하	31.980	11.929	3.061
우하	38.142	12.710	3.241

측정지점 (우측면)	측정 거리 [cm]		
	0	10	30
좌상	6.924	5.440	3.299
상	2.481	4.216	3.632
우상	3.312	4.657	4.221
좌	18.848	14.129	4.349
중	23.499	9.443	4.027
우	9.639	8.770	4.551
좌하	54.980	17.853	3.622
하	123.994	22.108	3.783
우하	74.850	16.162	3.421

표 4-4. L사 가열식 가슴기 측정 지점별 자기장 강도 측정 결과

측정지점 (정면)	측정 거리 [cm]		
	0	10	30
좌상	32.080	16.170	3.758
상	33.100	17.860	4.155
우상	31.150	14.520	3.694
좌	49.310	19.940	3.968
중	54.440	18.470	4.038
우	44.280	18.340	3.842
좌하	66.740	20.090	4.400
하	69.250	22.100	4.598
우하	51.350	16.970	3.932

측정지점 (후면)	측정 거리 [cm]		
	0	10	30
좌상	32.570	15.100	4.715
상	39.620	19.630	5.073
우상	39.440	18.270	4.468
좌	42.870	20.710	4.402
중	58.320	21.810	5.271
우	54.800	19.510	4.740
좌하	37.690	15.560	4.262
하	73.850	19.590	4.640
우하	64.130	20.090	4.186

측정지점 (좌측면)	측정 거리 [cm]		
	0	10	30
좌상	50.120	29.440	6.982
상	71.910	38.050	9.001
우상	45.890	29.740	6.974
좌	93.920	35.640	7.832
중	165.900	57.620	8.233
우	78.000	32.170	7.586
좌하	118.500	38.330	6.984
하	324.100	61.050	7.900
우하	126.900	33.900	5.823

측정지점 (우측면)	측정 거리 [cm]		
	0	10	30
좌상	35.410	21.490	5.404
상	52.350	28.330	6.561
우상	36.170	19.150	5.663
좌	48.260	22.620	5.218
중	82.020	33.290	6.500
우	57.080	23.710	5.488
좌하	58.180	24.090	5.155
하	115.600	31.620	5.782
우하	74.200	22.210	4.992

C사 초음파식 가열기와 마찬가지로 그림 4-6에 나타난 바와 같이 전 자기장 분포를 통해 최대 지점 예측이 가능하며 거리별 결과도 동일한 경향을 나타냈다.

< 후면 >

< 좌측면 >

< 정면 >

< 우측면 >

a. 전기장 강도 분포

< 후면 >

< 좌측면 >

< 정면 >

< 우측면 >

b. 자기장 강도 분포

그림 4-6. Origin 8.0을 이용한 L사 가습기 전자기장 분포

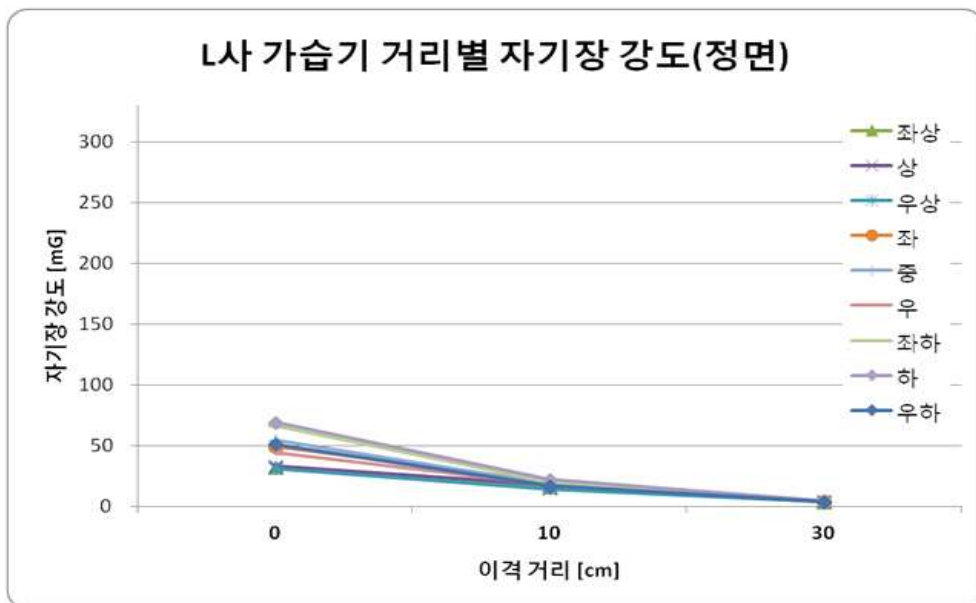
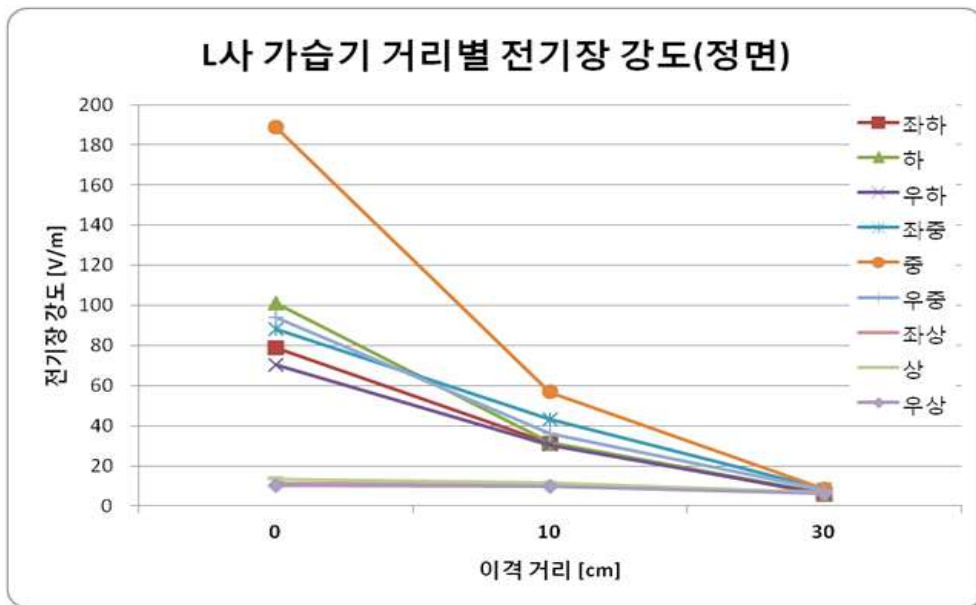


그림 4-7. L사 가습기 거리별 전자기장 측정 결과(정면)

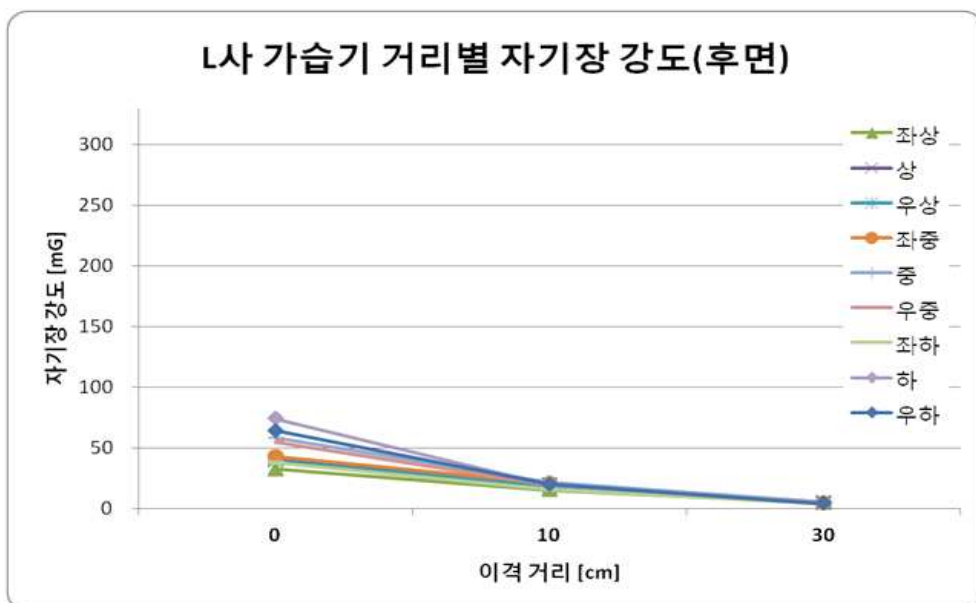
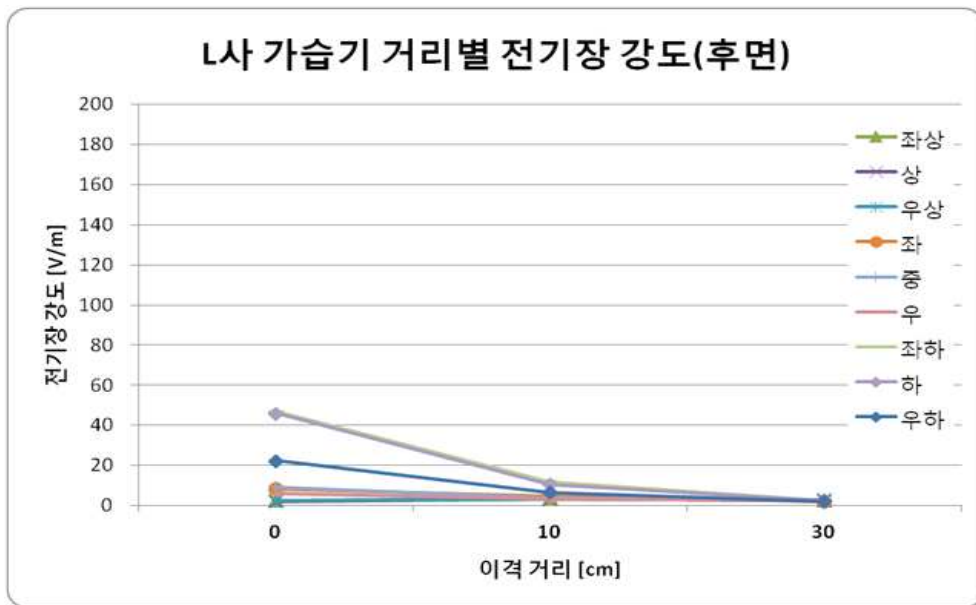


그림 4-8. L사 가습기 거리별 전자기장 측정 결과(후면)

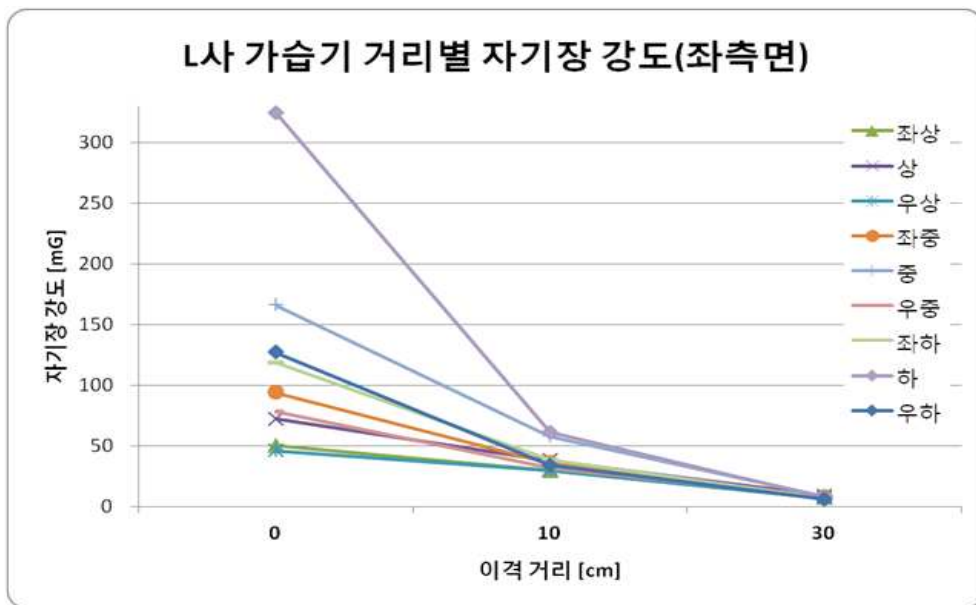
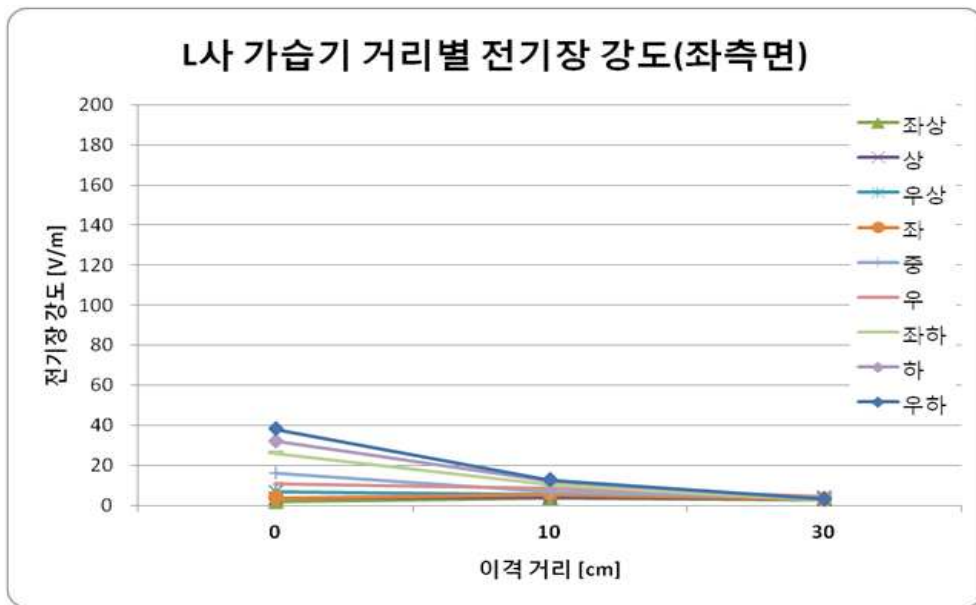


그림 4-9. L사 가습기 거리별 전자기장 측정 결과(좌측면)

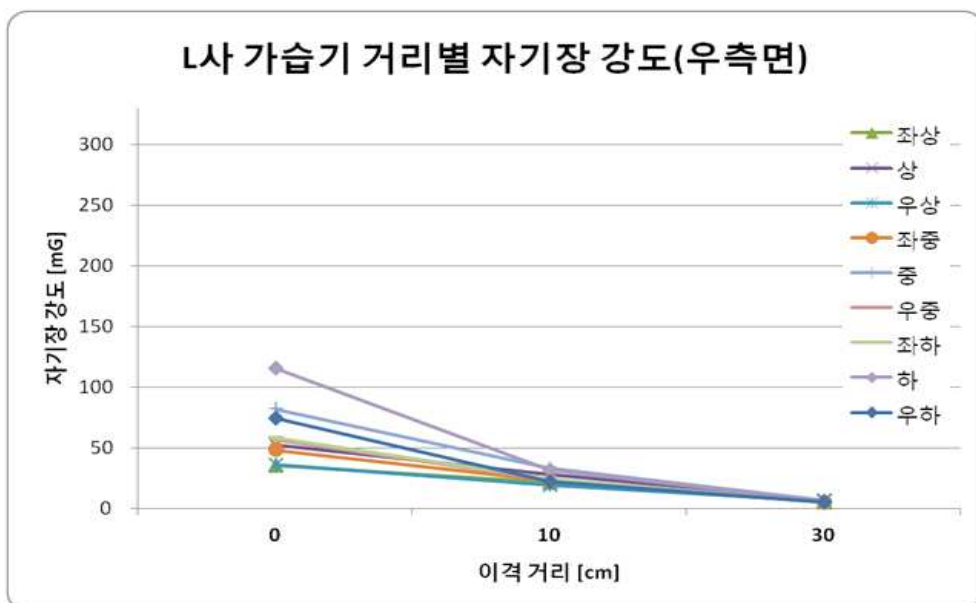
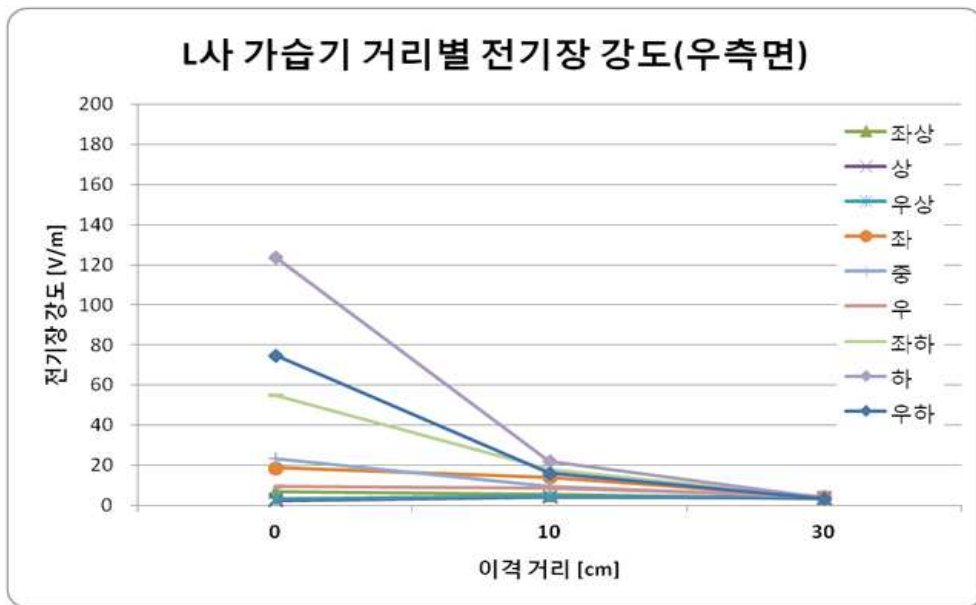



그림 4-10. L사 가습기 거리별 전자기장 측정 결과(우측면)

다. N사 가열식 가습기

제조사	N사	제품 사진
모델명	NHU-5000S	
출시일	2010.08	
사이즈 (cm, LWH)	23 × 26.5 × 32.5	
무게	3.4kg	
소비전력(W)	145 (고온), 35 (일반)	
특징	복합식	

N사의 복합식 가습기는 초음파식과 가열식을 복합적으로 이용하는 방식이다. 전기장 강도 측정 결과, 최대값은 정면의 중앙에서 89.5 V/m로 기준값의 2.1% 수준으로 나타났다. 앞서 살펴본 2개 제품과 마찬가지로 아래 부분에서 측정값이 대부분 높은 경향을 보이고 있으며, 자기장 강도는 최대값이 좌측면 중앙부분에서 602.1 mG로 기준값의 72.3% 수준으로 나타났고, 대체로 중앙과 아래 부분에서 높은 경향을 보였다.

그림 4-12에서 그림 4-15는 거리별 전자기장 측정 그래프로 거리에 따른 감쇄량은 차이가 있으나 급격히 감소하는 경향은 앞서 살펴본 2개 제품과 동일한 경향을 나타냈다. 3개 제품의 거리별 측정 결과만으로도 이격 거리별 측정 결과는 측정 절대값에 따라서 다소 차이가 발생하나, 급격히 감소함을 확인할 수 있으며 측정값의 감소 기울기는 몇 개의 측정 데이터만으로도 수식 등 계산에 의해서 측정하지 않은 지점에서의 전자기장 강도를 예측할 수 있다.

표 4-5. N사 복합식 가습기 측정 지점별 전기장 강도 측정 결과

측정지점 (정면)	측정 거리 [cm]		
	0	10	30
좌상	8.786	9.576	9.120
우상	10.893	11.692	6.849
중앙	89.513	45.377	8.478
좌하	72.105	28.971	9.499
우하	44.666	30.654	7.921

측정지점 (후면)	측정 거리 [cm]		
	0	10	30
좌상	9.241	7.531	4.935
우상	11.406	10.231	4.749
중앙	32.003	12.067	4.149
좌하	43.003	10.326	3.783
우하	32.532	10.606	3.613

측정지점 (좌측면)	측정 거리 [cm]		
	0	10	30
좌상	8.155	7.129	4.450
우상	9.850	8.851	4.668
중앙	27.580	14.554	4.478
좌하	27.230	10.871	4.378
우하	22.580	12.746	4.274

측정지점 (우측면)	측정 거리 [cm]		
	0	10	30
좌상	8.489	8.413	5.833
우상	9.416	9.442	5.405
중앙	39.564	21.017	5.355
좌하	33.871	14.169	3.827
우하	32.682	18.601	5.103

표 4-6. N사 복합식 가습기 측정 지점별 자기장 강도 측정 결과

측정지점 (정면)	측정 거리 [cm]		
	0	10	30
좌상	42.120	16.060	5.562
우상	25.540	13.160	4.802
중앙	61.270	21.620	6.492
좌하	78.510	23.560	6.504
우하	42.230	19.520	5.610

측정지점 (후면)	측정 거리 [cm]		
	0	10	30
좌상	38.670	20.240	5.827
우상	68.710	29.770	8.450
중앙	242.50	52.980	9.060
좌하	101.60	31.560	7.553
우하	264.70	55.400	9.795

측정지점 (좌측면)	측정 거리 [cm]		
	0	10	30
좌상	96.850	40.580	12.380
우상	54.440	33.710	10.690
중앙	602.10	87.330	15.980
좌하	521.60	90.220	12.670
우하	174.30	67.570	16.930

측정지점 (우측면)	측정 거리 [cm]		
	0	10	30
좌상	25.410	11.510	4.430
우상	22.910	12.090	4.467
중앙	66.940	20.020	5.582
좌하	38.440	17.260	5.272
우하	87.270	23.640	6.147

< 후면 >

< 좌측면 >

< 정면 >

< 우측면 >

a. 전기장 강도 분포

< 후면 >

< 좌측면 >

< 정면 >

< 우측면 >

b. 자기장 강도 분포

그림 4-11. Origin 8.0을 이용한 N사 가습기 전자기장 분포

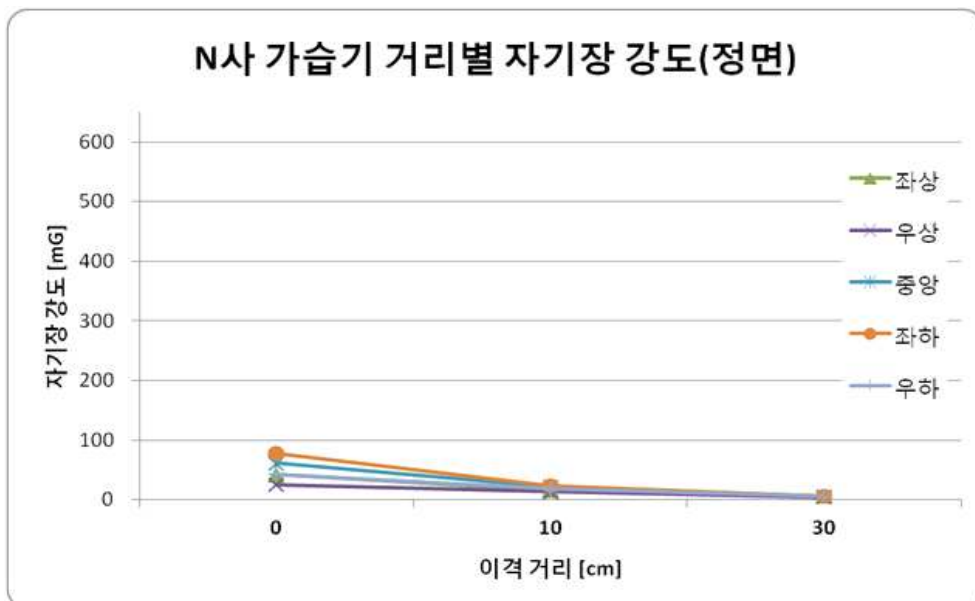
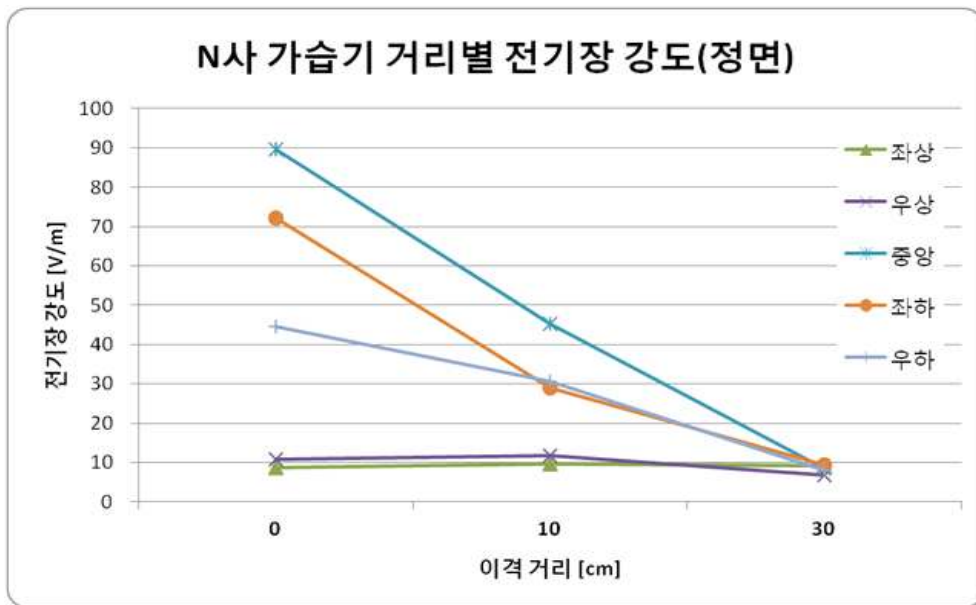


그림 4-12. N사 가습기 거리별 전자기장 측정 결과(정면)

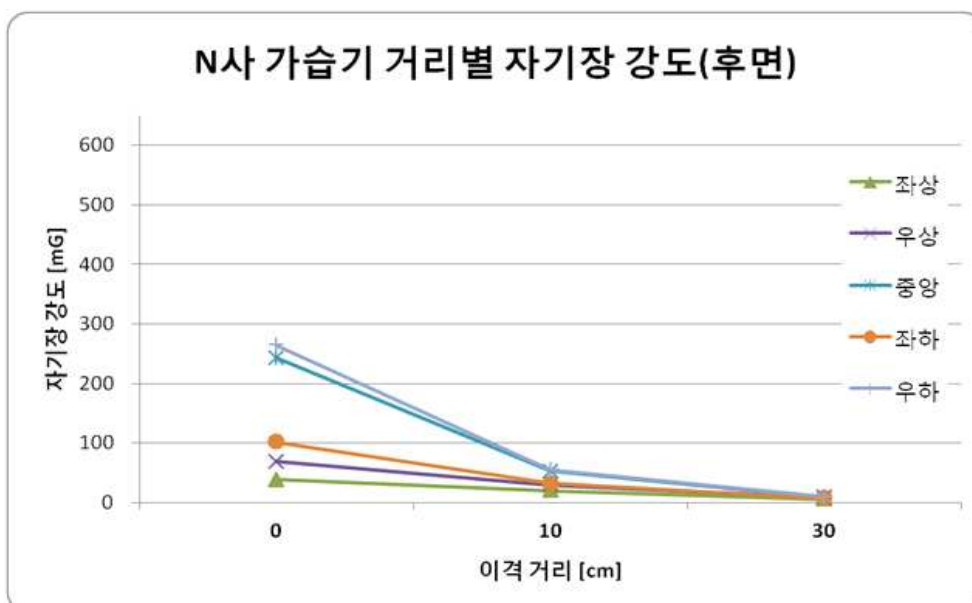
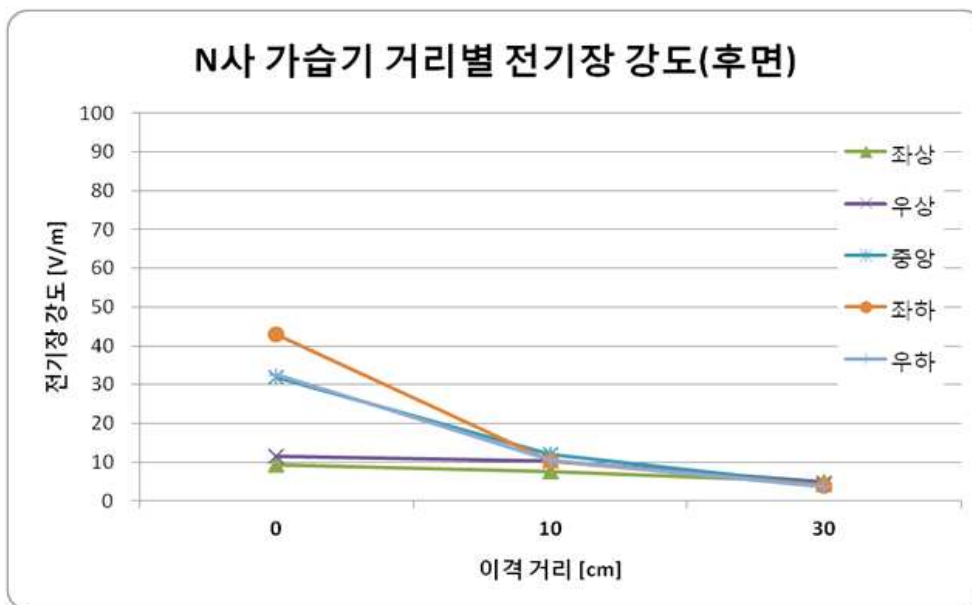


그림 4-13. N사 가습기 거리별 전자기장 측정 결과(후면)

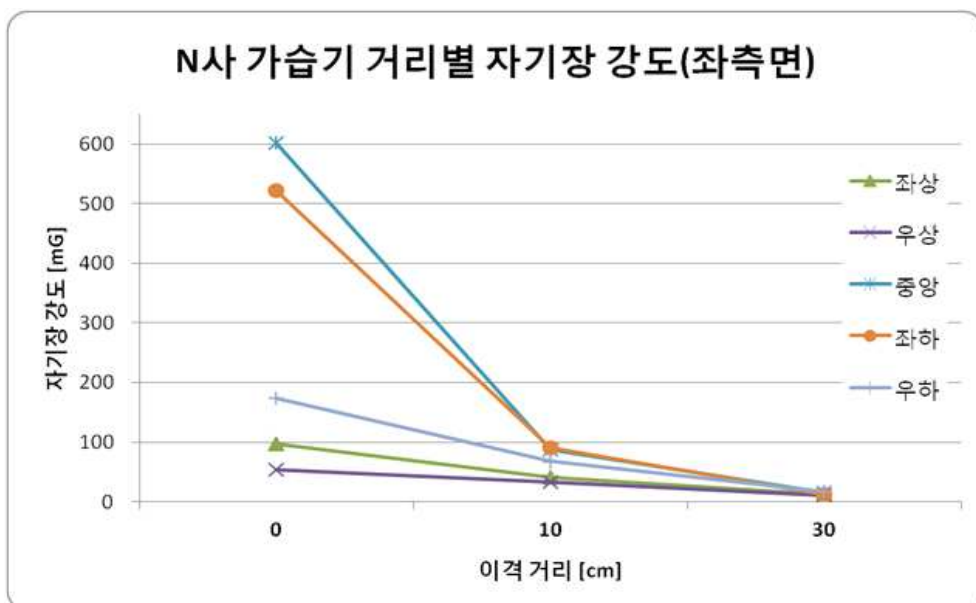
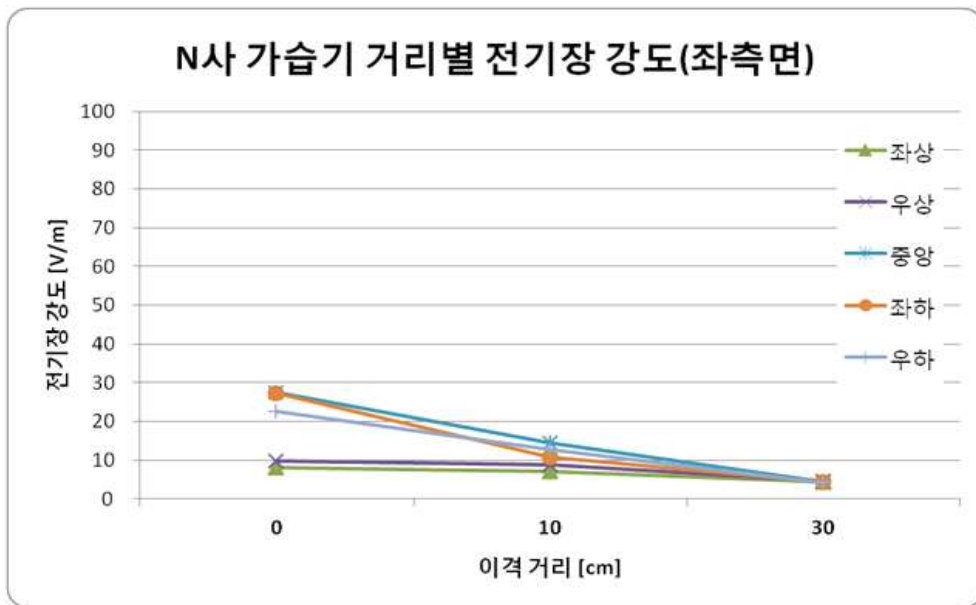


그림 4-14. N사 가습기 거리별 전자기장 측정 결과(좌측면)

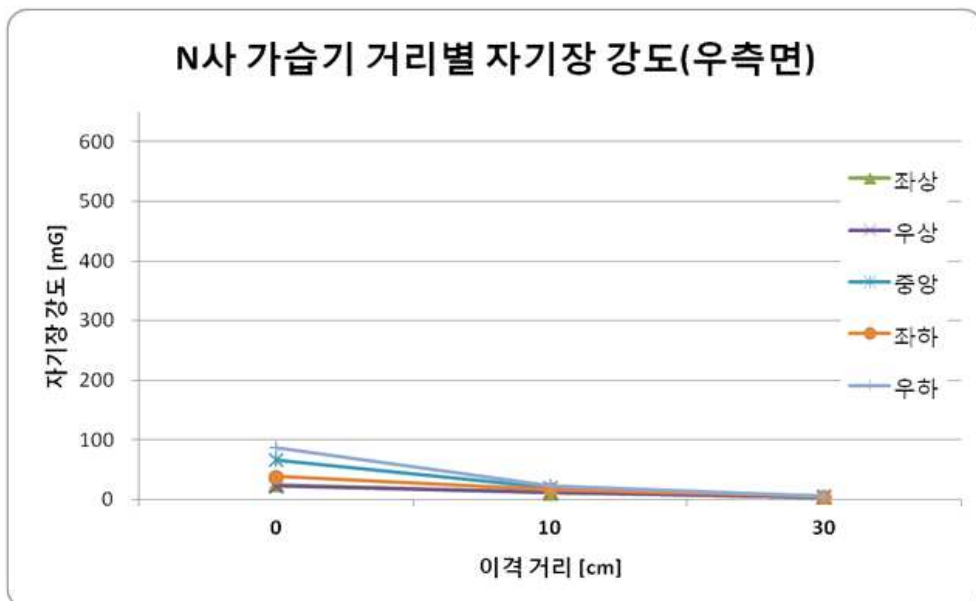
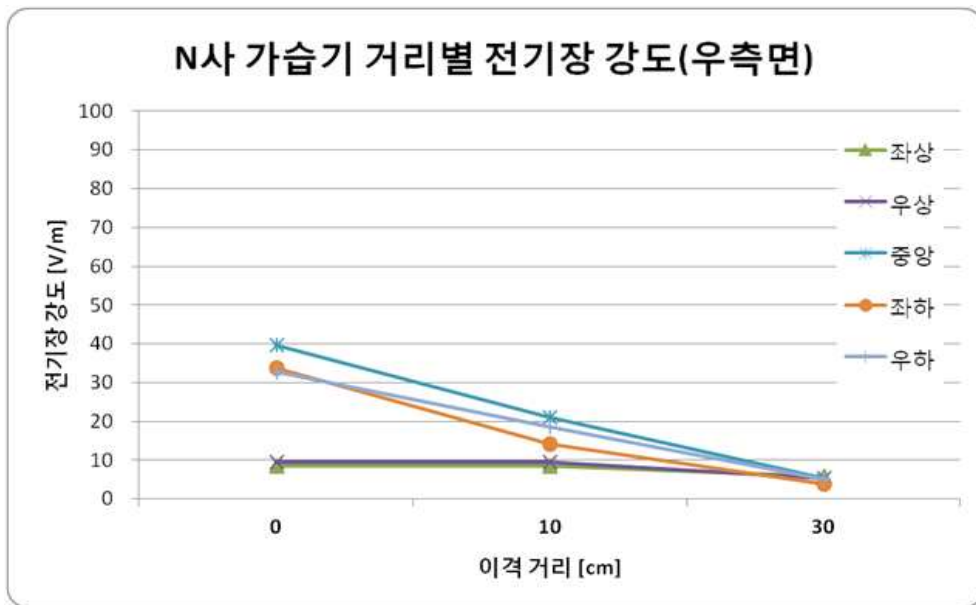



그림 4-15. N사 가습기 거리별 전자기장 측정 결과(우측면)

라. S사 에어워셔 가습기

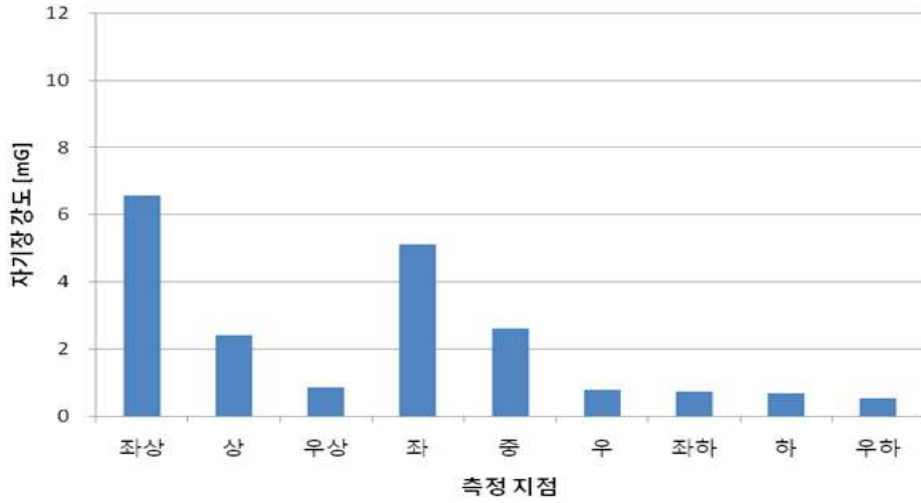
제조사	S사	제품 사진
모델명	AC-36PHSAWK	
출시일	201201	
사이즈 (cm, LWH)	45 × 47.8 × 27.4	
무게	11.6kg	
소비전력(W)	45 kWh/월	
특 징	에어워셔	

S사의 에어워셔 방식 가습기는 전자기적 에너지에 의해 가습을 하는 것이 아니라 물분자를 미세하게 만들어 대기중으로 내보내 순환하는 방식이다. 기기 내부를 살펴 보면 전자식 기계는 가습기의 전원 및 강도 조절을 위해 전면 좌측 상단에 위치한 컨트롤 패널 뿐이며, 그 외에는 공기 순환 필터와 같이 전자기 에너지와 무관한 재질로 구성되어 있다. 따라서, 측정 결과, 전기장 강도는 컨트롤 패널 부근에서 미세하게 나타났으며, 자기장 강도도 최대 9.646 mG로 기준값의 1.1% 수준에 불과하였다. 측정 지점별로도 컨트롤 패널 부근을 중심으로 측정값이 상대적으로 높고, 컨트롤 패널로부터 거리가 멀어지는 위치로 갈수록 측정값은 급격히 낮아짐을 확인할 수 있다. 따라서, 앞선 3개의 가습기 측정 결과와 비교하기는 어려우나 전자파 인체 보호 측면에서는 매우 적합한 방식으로 판단된다.

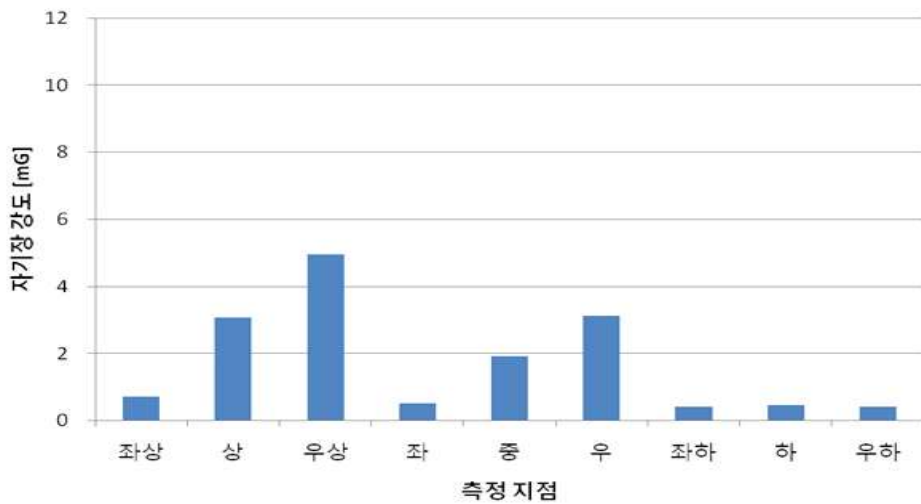
표 4-7. S사 복합식 가습기 측정 지점별 자기장 강도 측정 결과

측정지점	정면	후면	좌측면	우측면
좌상	6.567	0.724	5.007	0.606
상	2.419	3.066	9.646	0.749
우상	0.854	4.945	6.843	0.868
좌	5.107	0.518	3.107	0.513
중	2.615	1.916	4.866	0.565
우	0.789	3.118	5.469	0.624
좌하	0.724	0.420	0.592	0.421
하	0.686	0.474	0.688	0.434
우하	0.540	0.424	0.708	0.435

s사 가습기 측정지점별 자기장 강도(정면)



s사 가습기 측정지점별 자기장 강도(후면)



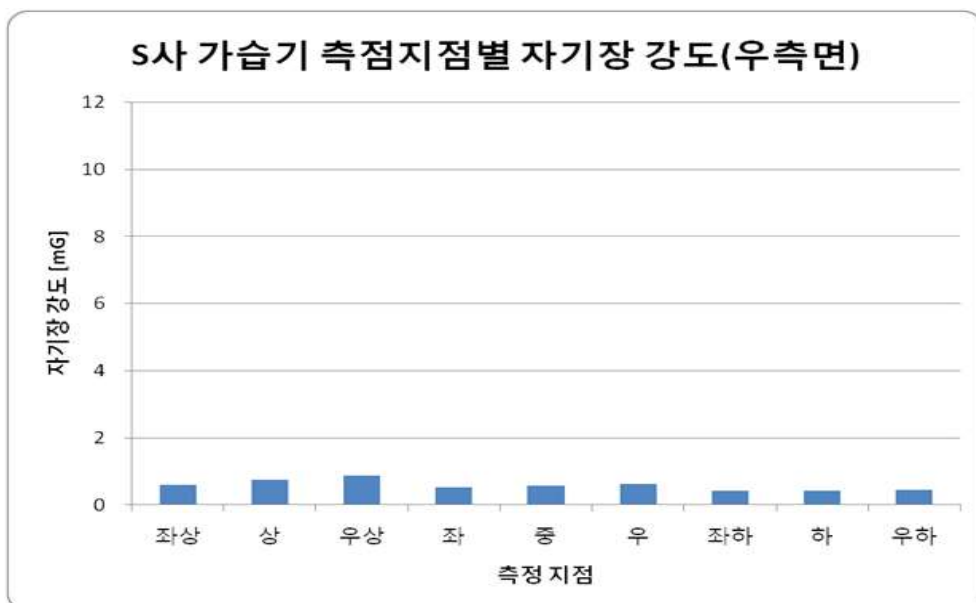
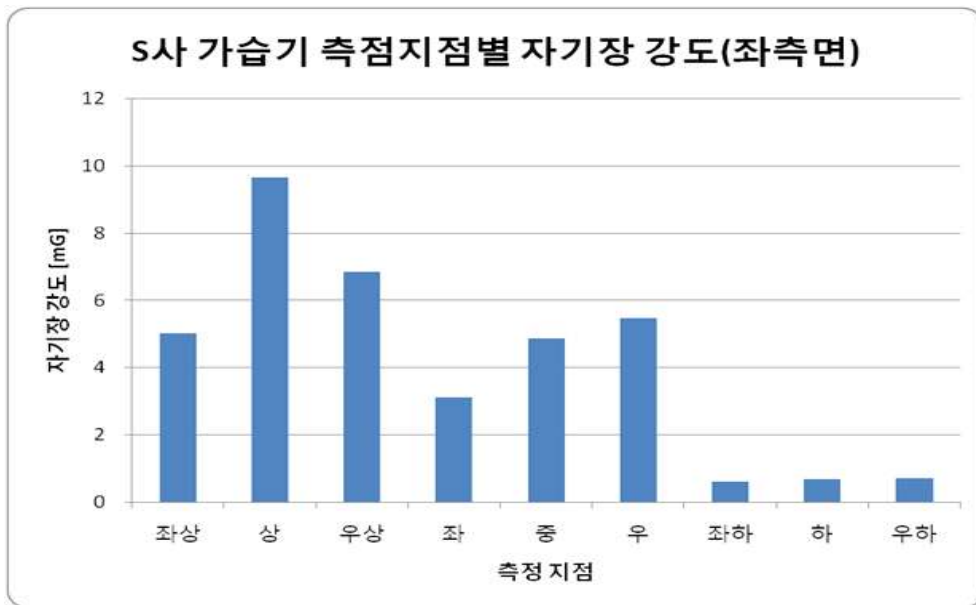



그림 4-16. S사 가습기 거리별 자기장 측정 결과

2. IH 전기밥솥

IH 전기밥솥은 고주파로 가열하는 원리를 사용하는 대표적인 제품으로 원하는 물체에 고주파 전기장이나 자기장을 가하여 가열을 한다. 시간에 따라 변하는 자계는 자계 내에 있는 적절한 폐회로에 전류를 흐르게 하는 기전력(electromotive force)을 일으키게 된다. 이러한 기전력은 자계 내에서 도체가 이동하거나 자계가 변할 때 도체에 발생하는 전압을 나타내게 되는데 이러한 원리를 이용한 것이 IH 밥솥이다. 유도 가열의 특성 상 기기가 동작되는 동안에는 60 Hz 주파수를 포함하여 수십 kHz 대역에서 전자기장이 발생되기 때문에 60 Hz 외 주파수 대역에 대한 전자파 노출을 확인하기 위해 측정 대상으로 선정하였으며, 용량에 따라 2개 제품에 대하여 전자기장 측정을 수행하였다.

가. C사 10인용 전기밥솥

표. C사 10인용 전기밥솥 제원 및 측정 방법

제조사	C사	제품 사진
모델명	CJH-PA1001IC	
출시일	2012.09	
사이즈 (cm, LWH)	29*41.7*30	
무게	7.5kg	
특 정	10인용(1,400W)	

IH 방식에 의해 어떤 주파수 대역에서 전자파를 발생하는지 확인하기 위하여 측정기기에서 측정 가능한 40 Hz에서부터 32 kHz 주파수 대역에 대한 전자기장 강도 측정하여 결과를 그림 4-17과 그림 4-18에 나타내었다. 또한, 측정거리는 IEC 측정기준인 30 cm를 이격하였다. 그림에서 보는 바와 같이 전기장 강도는 수십 Hz 대역에서 가장 높게 나타났으며 약 28 kHz 대역에서도 다소 발생함을 확인할 수 있다. 자기장 강도는 전기장 강도와 유사하게 수십 Hz 대역에서 비교적 높게 나타나나, 20 kHz ~ 30 kHz 대역에서 자기장 강도가 가장 높게 나타났다.

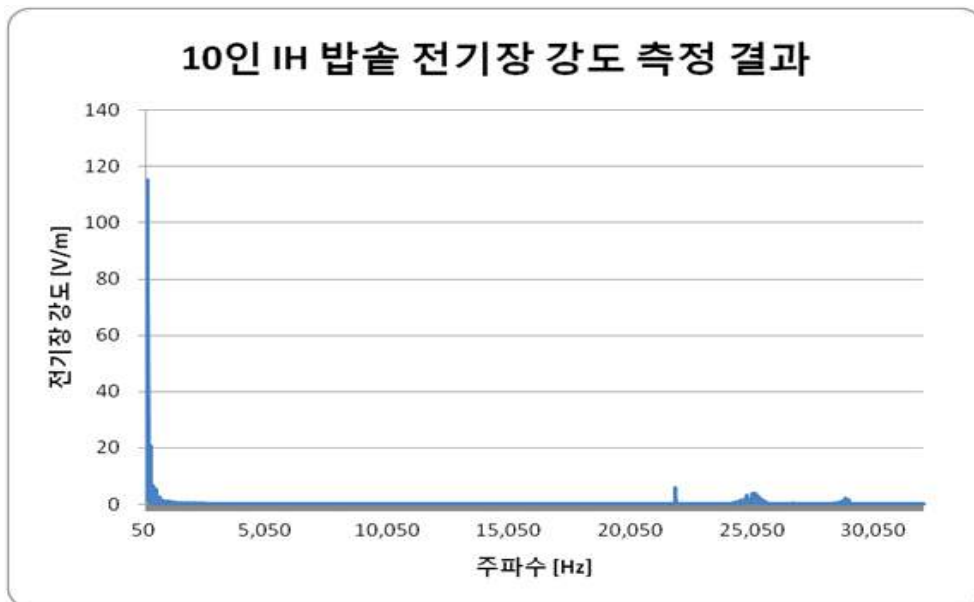


그림 4-17. 10인 IH 밥솥 전기장 강도 주파수 스펙트럼

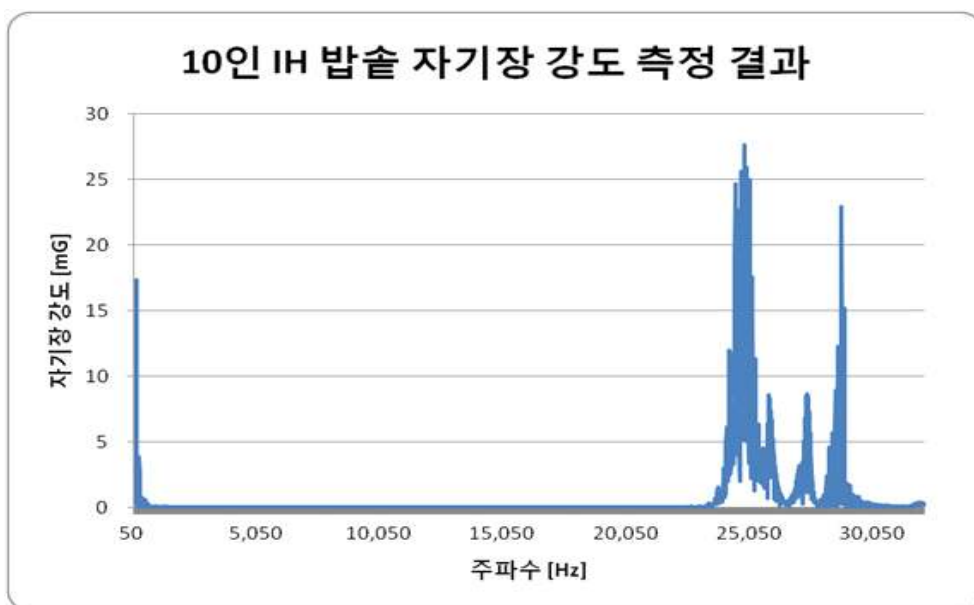


그림 4-18. 10인 IH 밥솥 자기장 강도 주파수 스펙트럼

낮은 주파수 대역에 대한 측정값을 그림 4-19와 그림 4-20에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 전기장과 자기장 모두 일반적인 가전 기기와는 다르게 60 Hz 보다는 고조파 성분인 120 Hz에서 가장 높게 나타났다. 하지만, 수십 ~ 수백 Hz 대역의 높은 인체보호기준값을 고려 시 절대적인 수치 비교 보다는 기준값 대비율이 중요한 요소이고, 다른 기기들과의 측정 데이터 비교를 위해 60 Hz와 20 ~ 30 kHz 주파수 대역을 중점으로 측정값을 확인·분석하였다.

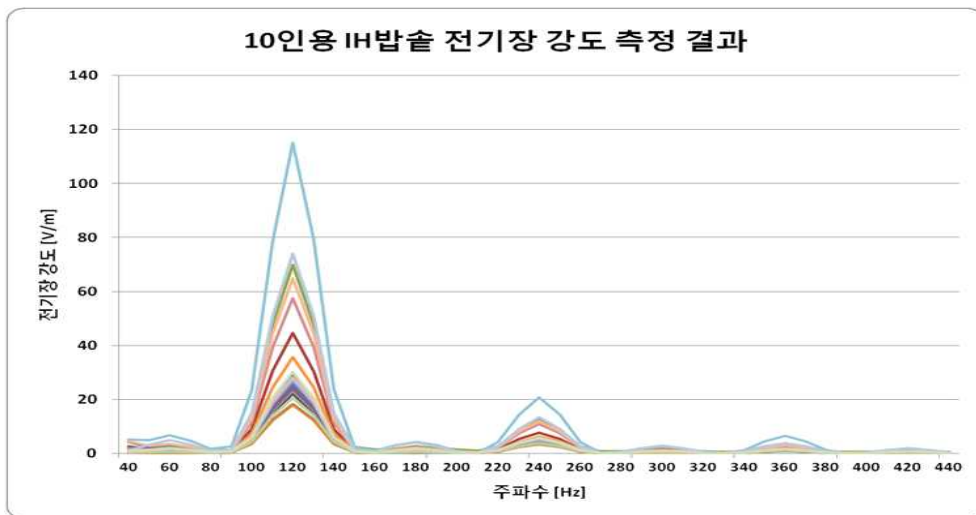


그림 4-19. 10인 IH 밥솥 400 Hz 미만의 전기장 강도 측정 결과

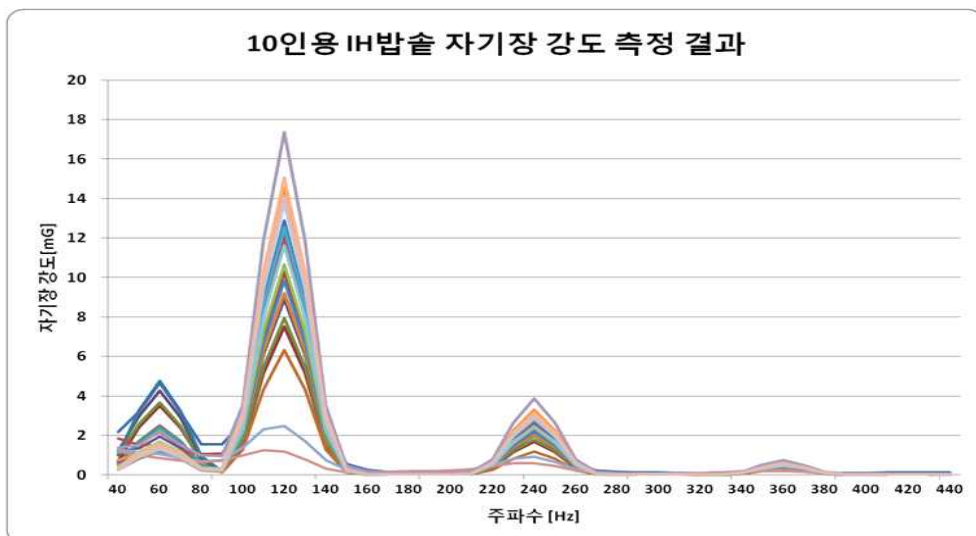


그림 4-20. 10인 IH 밥솥 400 Hz 미만의 자기장 강도 측정 결과

IH 밥솥 전자기장 측정 결과, 60Hz 주파수에 비하여 20 ~ 30 kHz 주파수 대역의 전자기장 측정값이 모두 높은 경향을 보이고 있다. 20 ~ 30 kHz 주파수에 대한 전기장 강도 측정값은 최대 11.5 V/m로 기준값(87 V/m)의 약 13.2% 수준으로 나타났으며, 자기장 강도 최대값은 27.7 mG로 기준값(62.5 mG)의 약 44.3% 수준으로 나타났다. 가습기와 마찬가지로 기준값은 만족하고 있으나 자기장 강도가 상당히 높은 수준임을 확인할 수 있었다.

표 4-8. 10인용 IH 밥솥 전기장 강도 측정 결과(60 Hz)

측정지점	정면	후면	좌측면	우측면	상단
좌상	2.002	0.261	0.513	1.774	6.773
우상	0.908	1.650	1.621	2.297	3.664
중	1.005	0.419	3.427	0.374	4.927
좌하	0.806	1.505	2.835	2.114	1.442
우하	1.650	1.520	1.880	0.651	1.925

표 4-9. 10인용 IH 밥솥 자기장 강도 측정 결과(60 Hz)

측정지점	정면	후면	좌측면	우측면	상단
좌상	3.489	1.194	4.665	1.604	2.204
우상	3.663	1.236	2.181	1.517	1.285
중	4.260	1.522	2.356	1.063	1.554
좌하	4.751	1.327	1.958	0.841	1.373
우하	2.512	1.604	2.437	1.720	1.359

표 4-10. 10인용 IH 밥솥 전기장 강도 측정 결과(20 ~ 30 kHz)

측정지점	정면	후면	좌측면	우측면	상단
좌상	3.331	3.228	4.013	3.274	5.802
우상	3.328	3.186	3.274	3.246	5.928
중	3.166	3.117	7.008	4.309	6.050
좌하	3.137	3.265	11.452	6.980	5.957
우하	3.235	3.804	3.308	4.288	5.857

표 4-11. 10인용 IH 밥솥 자기장 강도 측정 결과(20 ~ 30 kHz)

측정지점	정면	후면	좌측면	우측면	상단
좌상	11.707	14.176	20.944	19.921	27.262
우상	11.807	15.054	15.835	22.486	13.768
중	14.121	19.055	16.775	8.077	18.627
좌하	15.278	17.082	19.355	4.391	16.295
우하	12.201	19.867	18.879	27.651	17.899

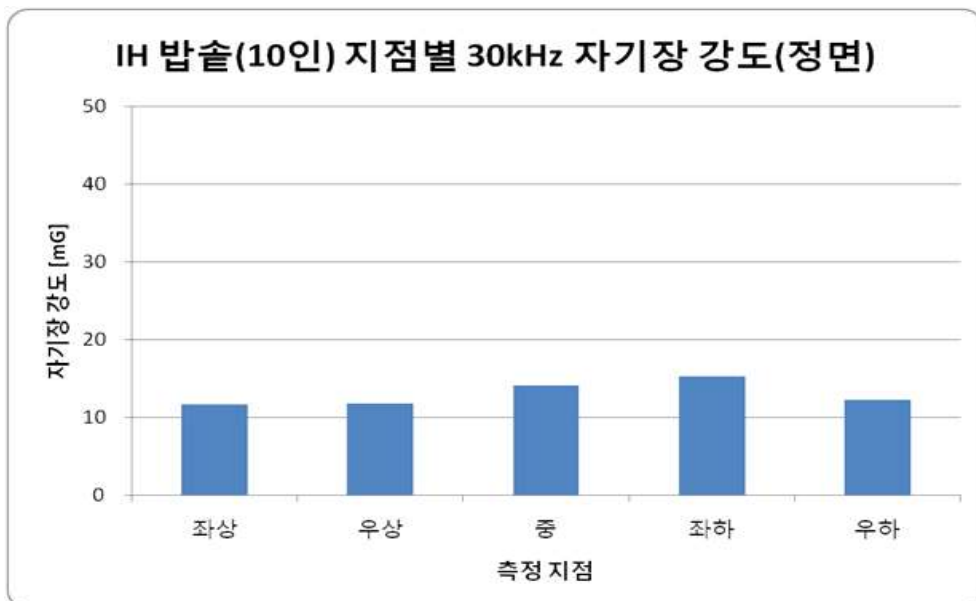
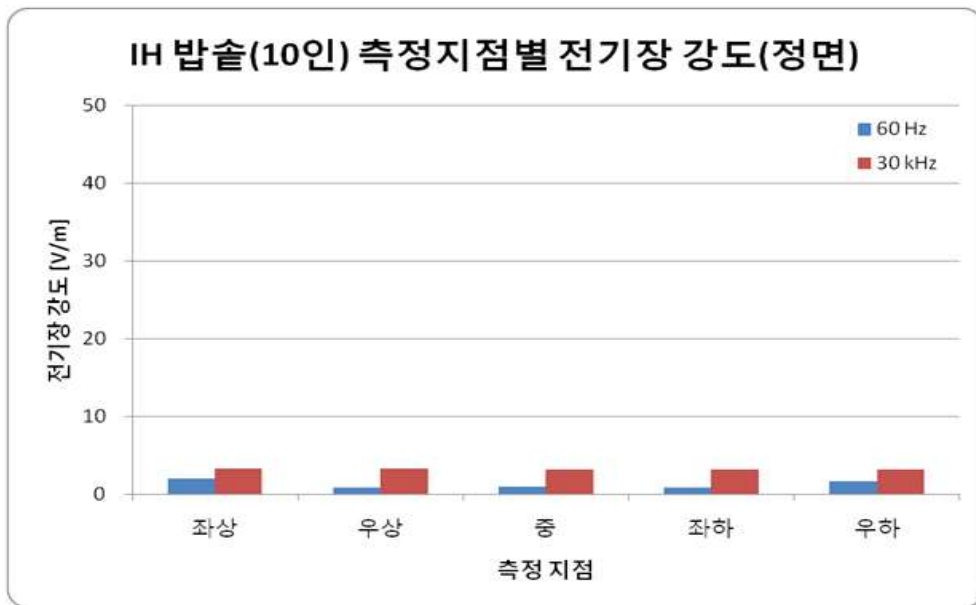


그림 4-21. C사 10인용 IH 밥솥 거리별 전자기장 측정 결과(정면)

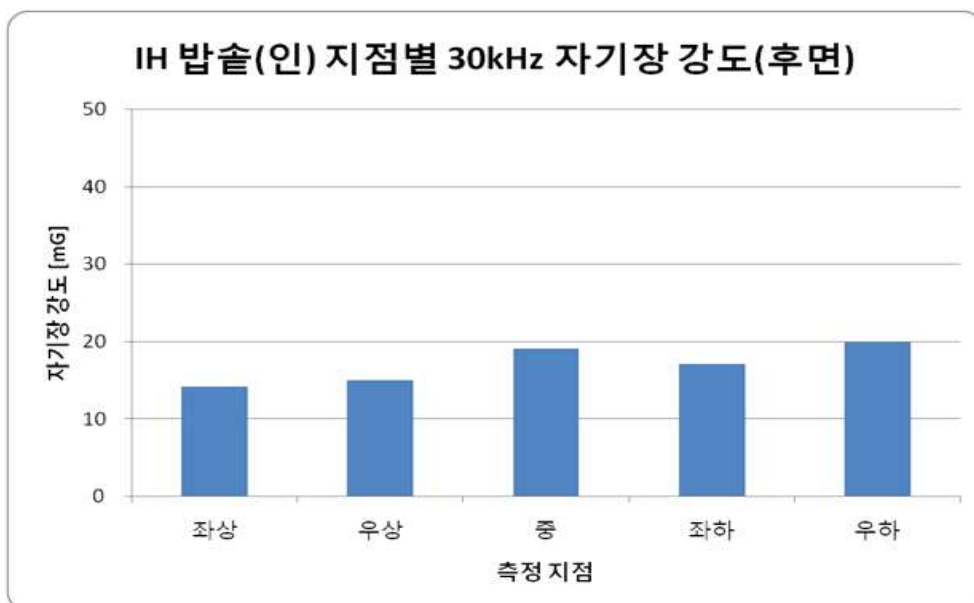
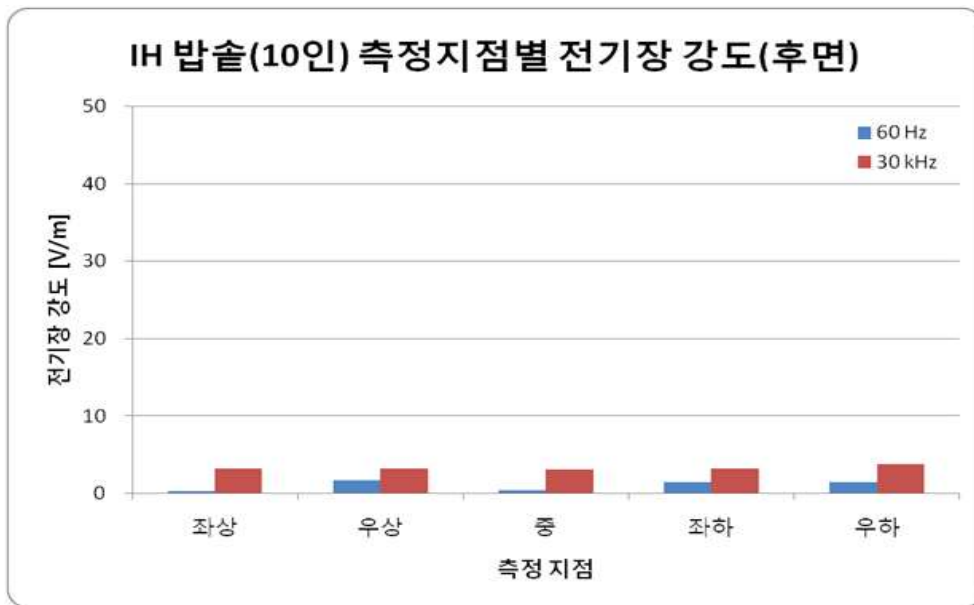


그림 4-22. C사 10인용 IH 밥솥 거리별 전자기장 측정 결과(후면)

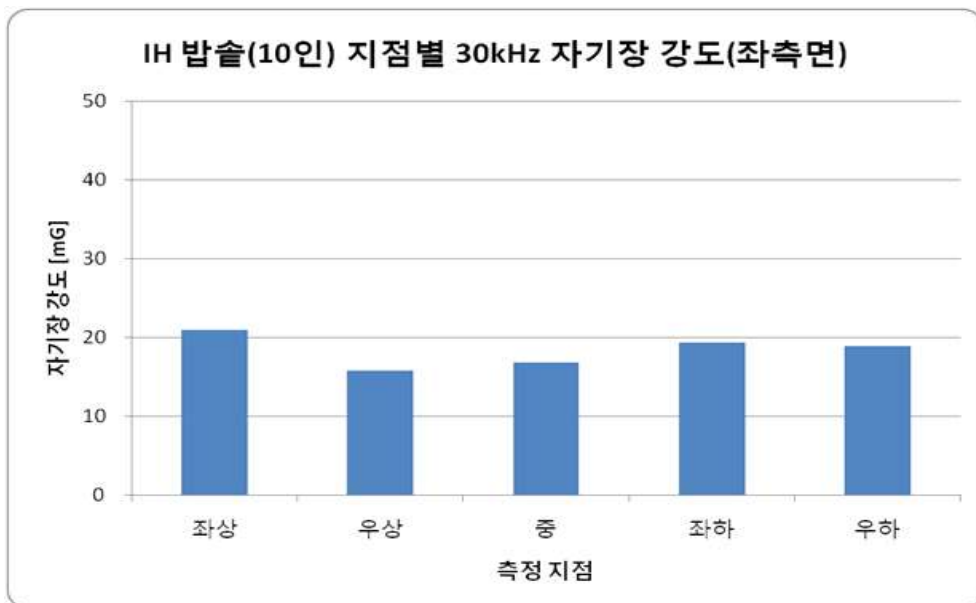
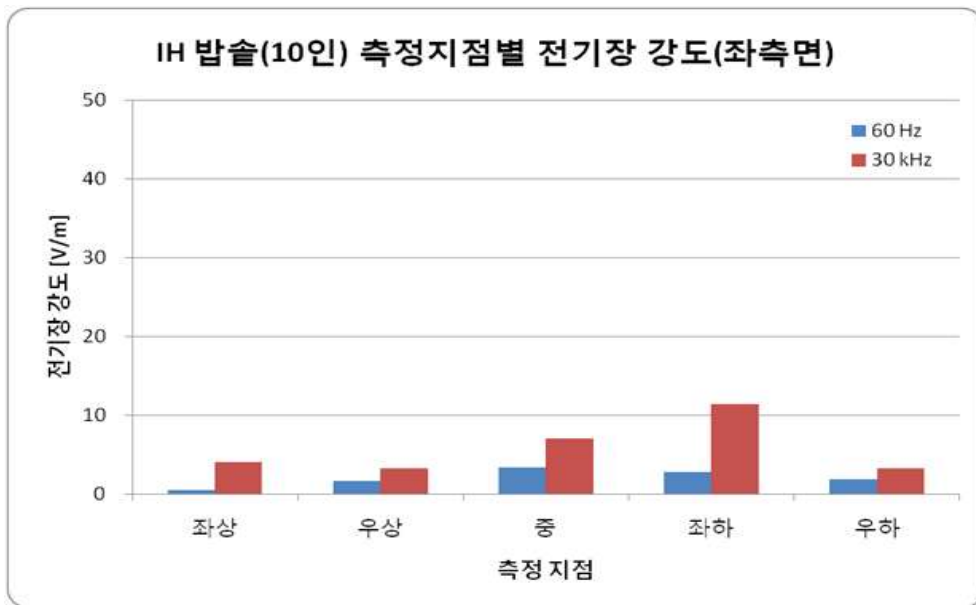


그림 4-23. C사 10인용 IH 밥솥 거리별 전자기장 측정 결과(좌측면)

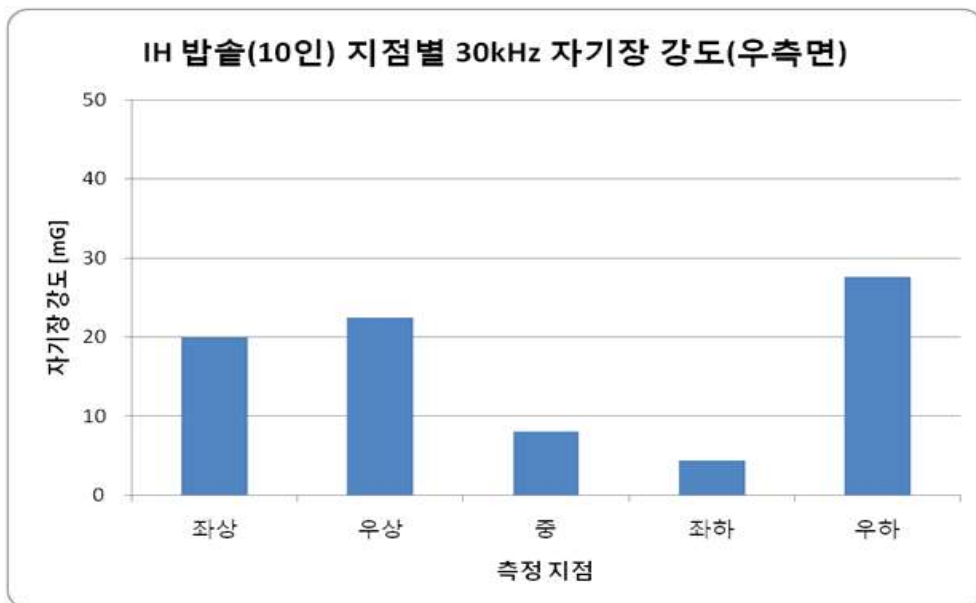
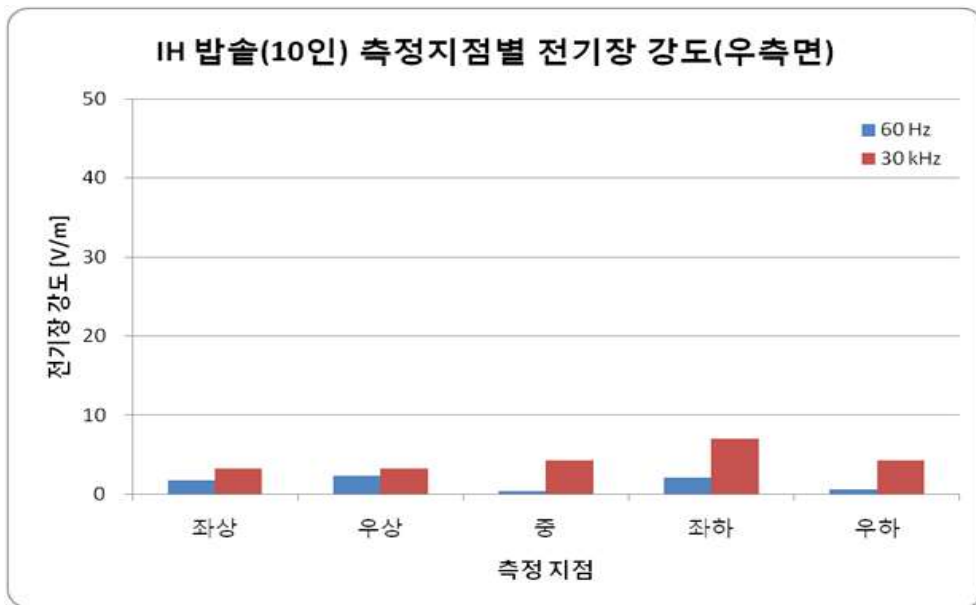


그림 4-24. C사 10인용 IH 밥솥 거리별 전자기장 측정 결과(우측면)

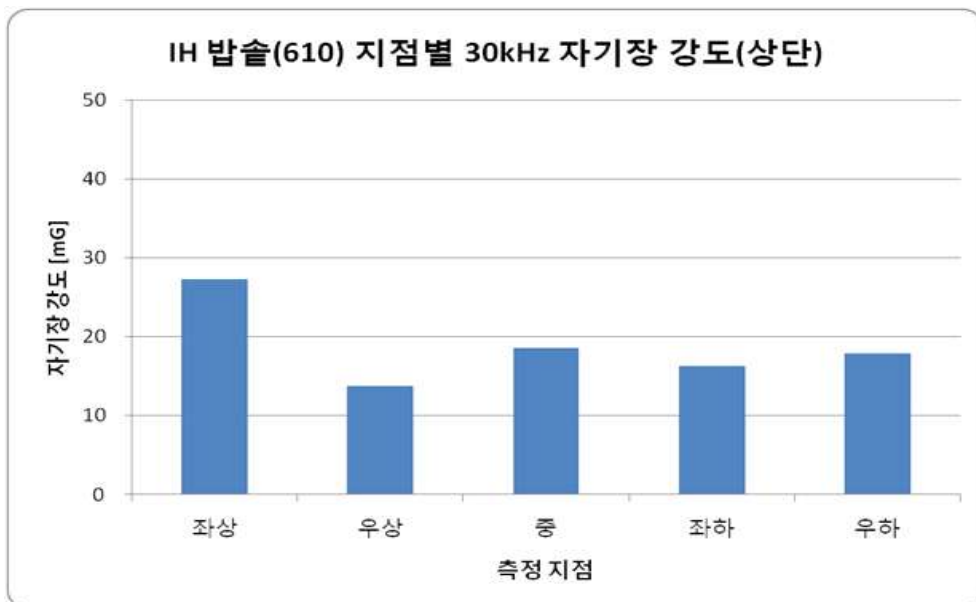
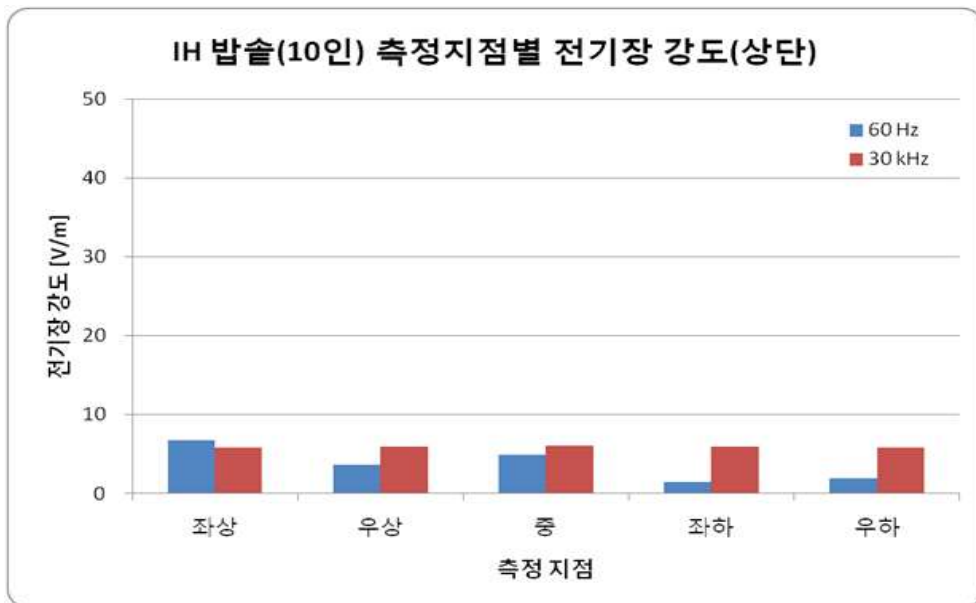



그림 4-25. C사 10인용 IH 밥솥 거리별 전자기장 측정 결과(상단)

나. C사 6인용 IH 밥솥

제조사	C사 IH	제품 사진
모델명	CRP-HZB067FS	
출시일	2012.09	
사이즈 (cm, LWH)	25.7*37.5*27	
무게	5.8kg	
특 징	6인용(소비전력 1,027W)	

C사의 6인용 IH 밥솥은 각 면당 중앙을 포함하여 4개 모서리 부분까지 총 5개 지점을 측정하고 정면, 후면, 좌, 우, 상단까지 기기 주변에 대해 IEC 기준에 따라 30 cm를 이격하여 전자기장을 측정하였다. 전기장 강도 최대값은 좌측면 왼쪽 아래 부분에서 38.9 V/m로 기준값의 0.9% 수준으로 매우 낮고 대부분 상단 부분에서 높은 경향을 나타내고 있다. 반면에 약 28 ~ 30 kHz 주파수 대역에서는 전기장 강도가 43.9V/m로 측정값은 낮은 반면에 해당 주파수 대역의 인체보호기준이 60 Hz에 비하여 매우 낮은 87 V/m이기 때문에 기준값 대비 50.1%의 높은 수준을 보이고 있다. 전기장 강도 뿐만 아니라 자기장 강도 최대값은 36.1 mG로 기준값인 62.5 mG의 57.8% 수준을 나타내고 있다. 전자파 인체보호 측면에서는 절대 수치보다는 기준값에 대한 비율이 중요하기 때문에 IH 밥솥은 60 Hz 보다는 그 외 대역에서의 평가가 매우 중요함을 확인할 수 있다.

표 4-12. C사 6인용 IH 밥솥 전기장 강도 측정 결과(60 Hz)

측정지점	정면	후면	좌측면	우측면	상단
좌상	16.867	11.217	17.347	8.664	22.206
우상	13.812	8.937	10.637	11.486	17.039
중	5.498	11.227	29.665	18.794	16.611
좌하	6.759	4.817	38.916	18.183	13.970
우하	5.928	6.682	13.901	9.405	12.228

표 4-13. C사 6인용 IH 밥솥 자기장 강도 측정 결과(60 Hz)

측정지점	정면	후면	좌측면	우측면	상단
좌상	16.520	16.744	15.932	16.639	20.517
우상	14.588	17.836	18.494	19.404	20.062
중	15.785	24.213	23.772	24.731	22.190
좌하	19.215	16.205	17.570	25.151	18.956
우하	17.703	19.936	20.846	25.277	19.271

표 4-14. C사 6인용 IH 밥솥 전기장 강도 측정 결과(28 ~ 30 kHz)

측정지점	정면	후면	좌측면	우측면	상단
좌상	14.774	11.892	15.848	7.081	12.932
우상	10.118	7.388	8.979	7.379	10.473
중	5.142	9.678	26.917	12.629	8.507
좌하	6.351	6.217	43.980	17.000	6.466
우하	6.042	7.076	17.775	8.758	4.836

표 4-15. C사 6인용 IH 밥솥 자기장 강도 측정 결과(28 ~ 30 kHz)

측정지점	정면	후면	좌측면	우측면	상단
좌상	23.600	23.770	22.760	23.920	27.080
우상	20.840	27.720	26.420	25.480	27.530
중	22.550	35.330	33.960	34.590	31.700
좌하	27.450	35.930	25.100	23.150	29.310
우하	25.290	36.110	29.780	28.480	28.660

그림 4-26에서부터 그림 30에 측정 지점별 측정값을 나타내었다. 측정 위치에 따라 다소 차이는 있으나 전기장 강도는 60 Hz와 30 kHz 대역 측정값이 유사한 경향을 보이고 있으며, 자기장 강도는 대체로 30 kHz 대역의 측정값이 상대적으로 높게 나타났다. 또한, 자기장이 전기장에 비하여 전반적으로 높은 경향이 나타났다.

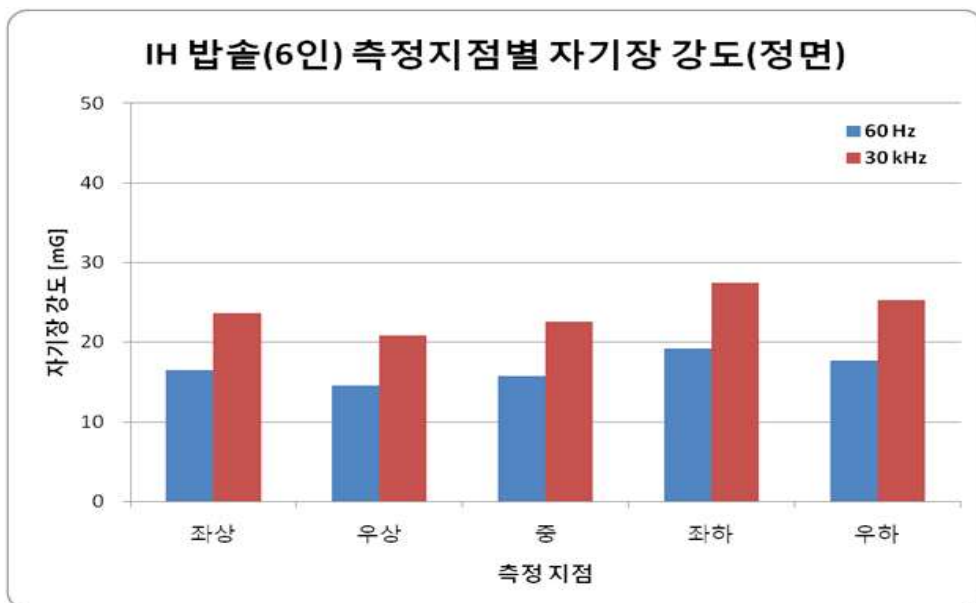
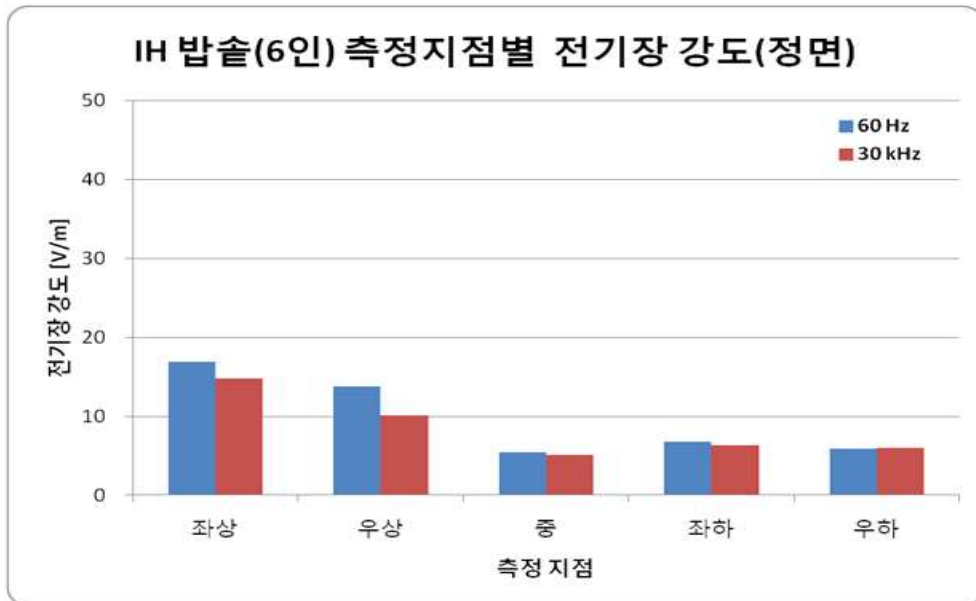


그림 4-26. C사 6인용 IH 밥솥 측정지점별 측정 결과(정면)

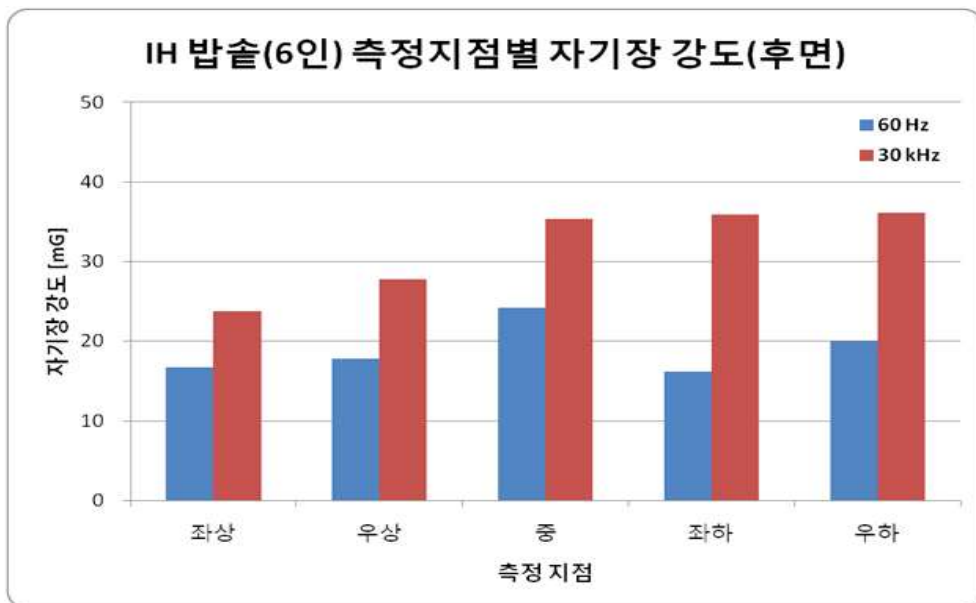
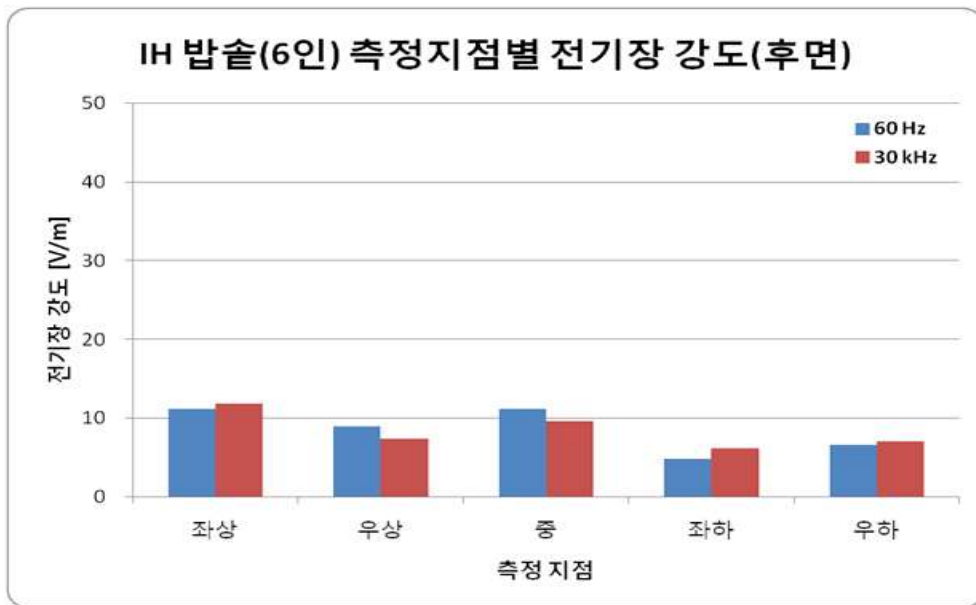


그림 4-27. C사 6인용 IH 밥솥 측정지점별 측정 결과(후면)

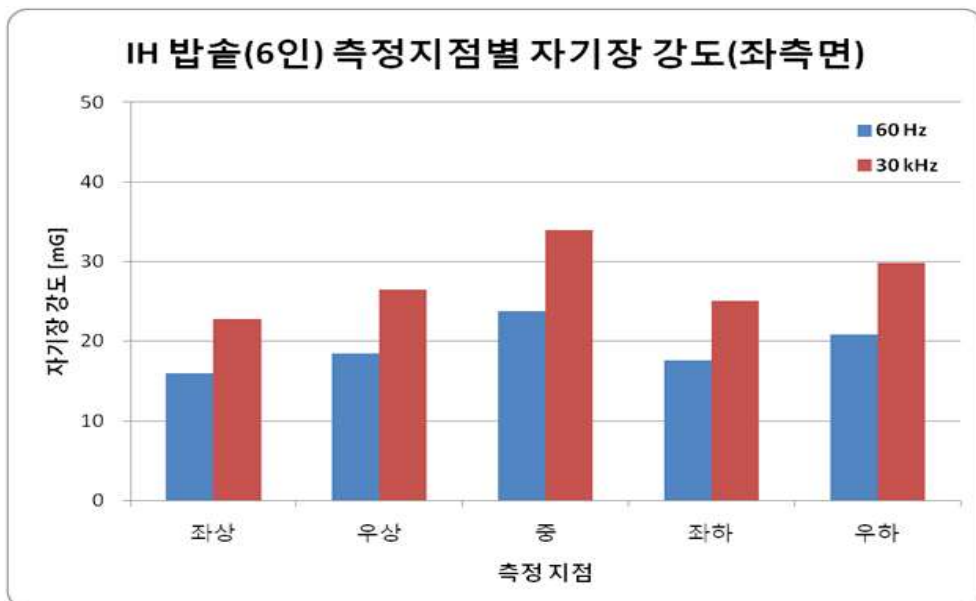
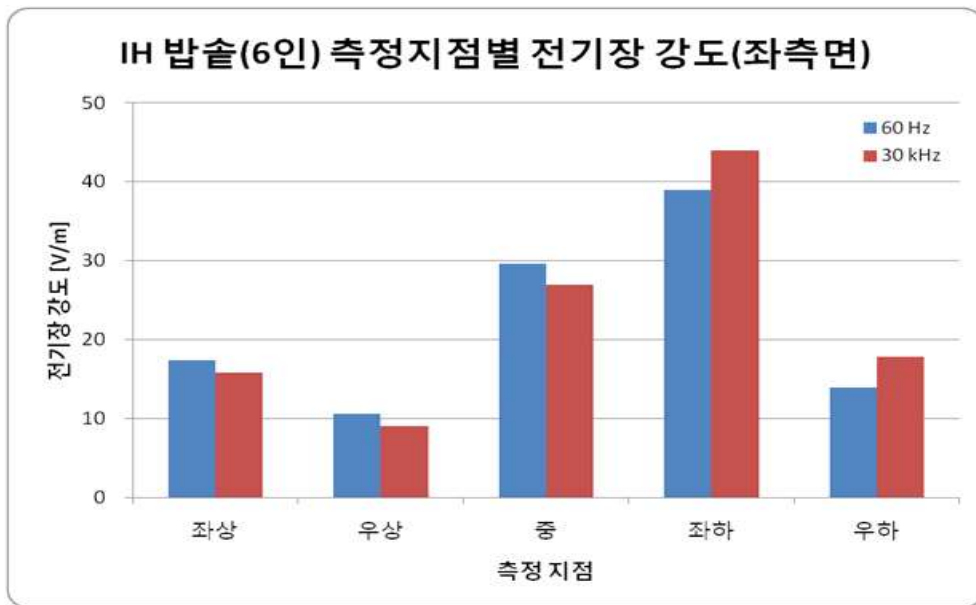


그림 4-28. C사 6인용 IH 밥솥 측정지점별 측정 결과(좌측면)

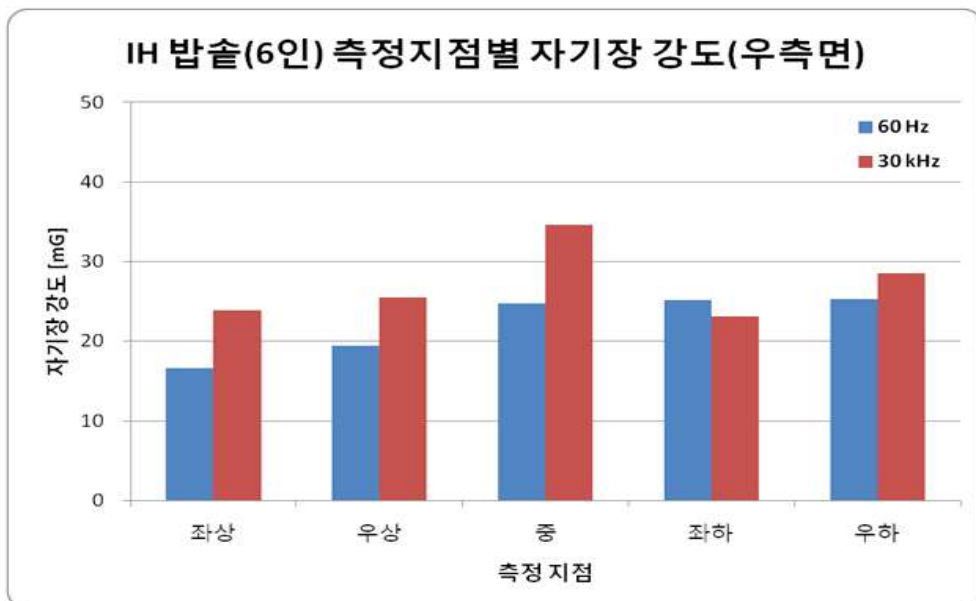
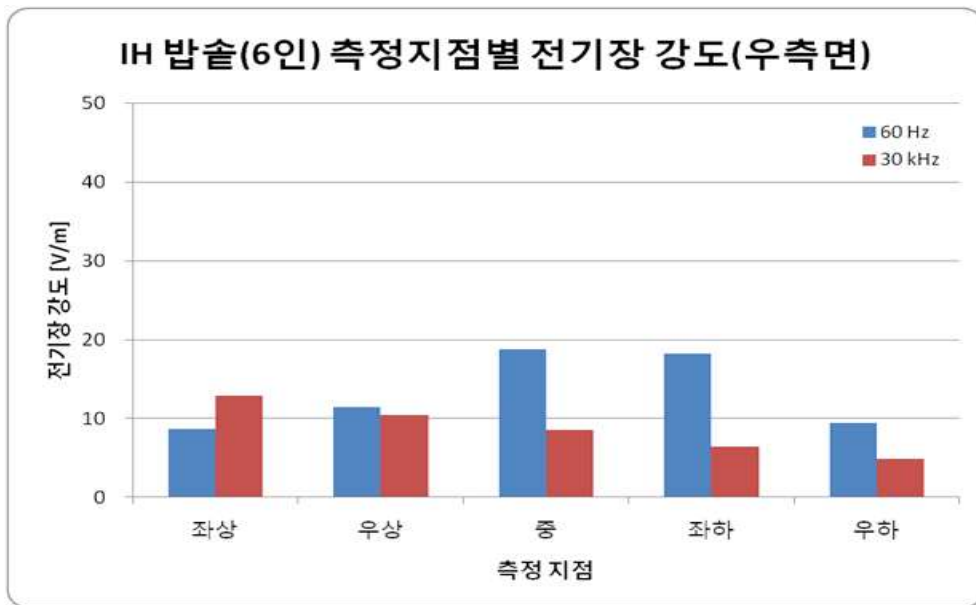


그림 4-29. C사 6인용 IH 밥솥 측정지점별 측정 결과(우측면)

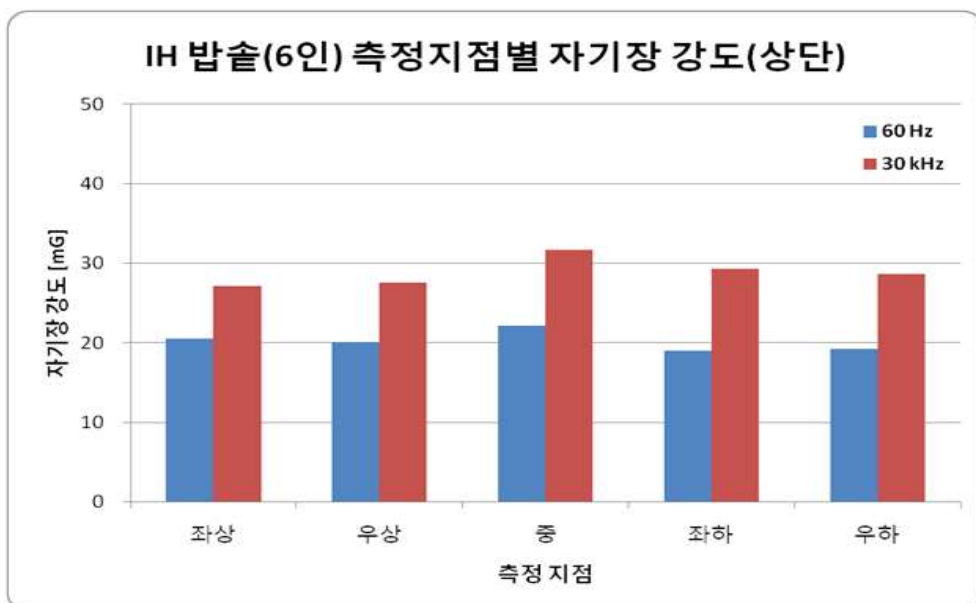
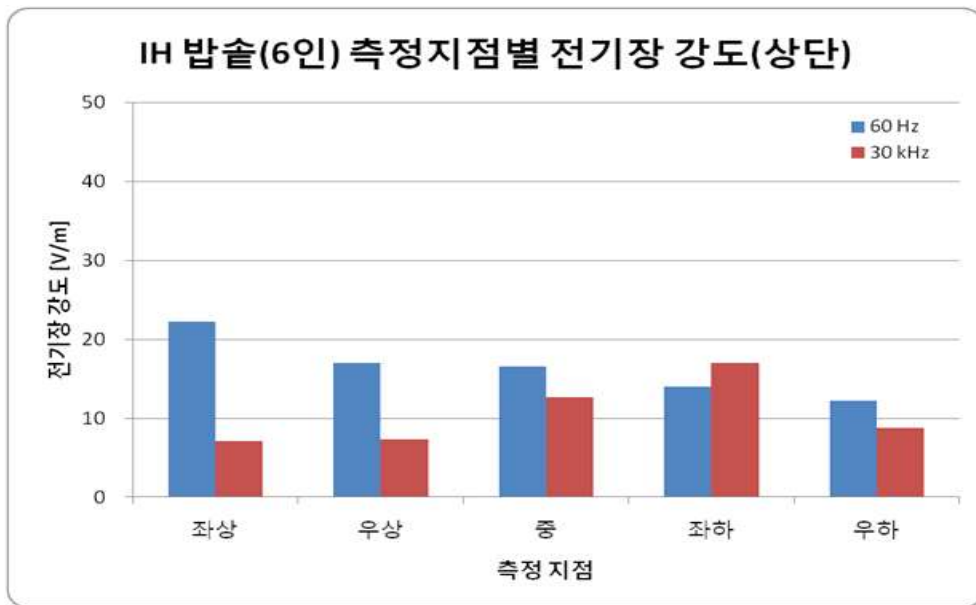



그림 4-30. C사 6인용 IH 밥솥 측정지점별 측정 결과(상단)

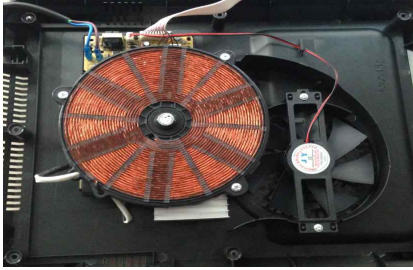
3. 인덕션 쿠키

인덕션 쿠키는 IH 밥솥과 함께 전자기 유도를 이용하는 유도가열 방식의 대표적인 기기이다. 가습기와 IH 밥솥 등 다른 가전기기와는 달리 납작한 형태의 기기이며 휴대용 조리 기구로 식사 중에 음식을 데우거나 튀김과 같은 요리를 하는 경우 매우 근거리에서 장시간 전자파에 노출될 수 있는 기기이다. 측정 대상은 소비전력의 차이가 나는 국내외 각각 1개 제품씩 선정하였으며, 전·후·좌·우면을 밀착, 10 cm 및 30 cm 이격하여 측정을 수행하였다.

가. Con사 인덕션 쿠키

제조사	Con사 IH	제품 사진
모델명	XR20/G1	
출시일	2011년 1월	
사이즈 (cm, LWH)	33 × 41.5 × 9	
무게	2.4 kg	
특 징	소비전력 2,000	

Con사의 인덕션 쿠키의 전·후·좌·우 전자기장 강도 측정 결과, 60 Hz 에서는 후면의 밀착 지점에서 전기장 강도가 최대로 나타났으며 자기장 강도는 정면에서 최대로 나타났으나, 인체보호기준의 1% 수준으로 매우 낮다. 반면에, 30kHz 대역에서 전기장 강도 측정값은 좌측면에서 248 V/m로 인체보호기준을 초과한 결과를 나타냈다. 또한, 동일 위치에서 측정 거리가 IEC 측정 기준인 30 cm를 이격하였을 때에도 측정값은 97.2V/m로 기준을 초과하였다. 따라서, 인체보호기준을 초과하는 이유를 분석하기 위하여 제품 내부를 살펴보았다. 그림 4-31에서 보는 것과 같이 기기 내부는 자기장 발생을 위한 코일과 동작 회로 등으로 구성되어 있다. 전원이 연결되는 부분을 살펴보면 전원 코드의 접지 부분에 해당되는 선이 잘라져서 접지를 하지 않았음을 확인 수 있다. 전기장 강도는 접지의 영향이 매우 크기 때문에[13] 기기의 접지에 의한 전기장 강도 측정값이 높게 나타난 것으로 판단되며, 제대로 된 접지만 해 준다면 전기장 강도를 기준값 이하로 낮출 수 있을 것으로 생각된다.



a. Con사 인덕션 쿠키 내부 사진 b. 전원 연결 부위 사진(확대)

그림 4-31. Con사 인덕션 쿠키 내부 사진

자기장 강도 측정값은 최대 39.8 mG로 기준값(62.5 mG)의 63.7% 수준으로 기준은 초과하지 않았으나 매우 높은 수준을 나타냈다. 앞서 설명한 것과 같이 휴대용 인덕션 쿠키는 근거리에서 조리가 가능하며, 때로는 비교적 장시간 노출될 수 있는 가전기기이다. 인체보호기준을 초과하는 것에 대한 대책도 필요하겠지만 측정 거리를 결정할 때에도 단순히 30 cm가 아닌 실질적인 측정 거리가 명시되어야 할 것이며 제조사에서는 반드시 안전 거리를 제품에 표기해야만 한다고 생각된다.

표 4-16. Con사 인덕션 쿠키 전자기장 강도 측정 결과(60 Hz)

측정지점 (E)	측정 거리 [cm]		
	0	10	30
정면	43.701	38.935	14.678
후면	51.550	32.348	13.626
좌측면	33.204	30.733	14.097
우측면	46.487	38.623	15.406

측정지점 (H)	측정 거리 [cm]		
	0	10	30
정면	5.906	4.123	0.890
후면	5.608	1.468	0.577
좌측면	5.572	1.884	0.376
우측면	1.606	0.623	0.215

표 4-17. Con사 인덕션 쿠키 전자기장 강도 측정 결과(30 kHz)

측정지점 (E)	측정 거리 [cm]		
	0	10	30
정면	53.880	48.431	28.140
후면	189.970	173.690	49.271
좌측면	248.030	223.560	97.224
우측면	176.940	163.280	65.346

측정지점 (H)	측정 거리 [cm]		
	0	10	30
정면	18.342	18.274	8.810
후면	38.057	39.829	24.510
좌측면	37.026	20.918	4.701
우측면	35.023	19.447	5.814

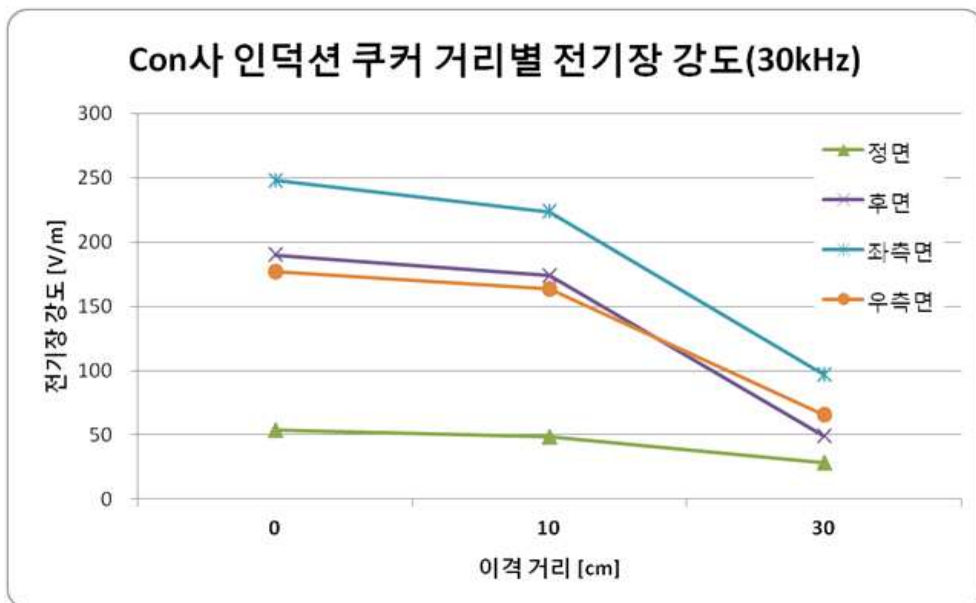
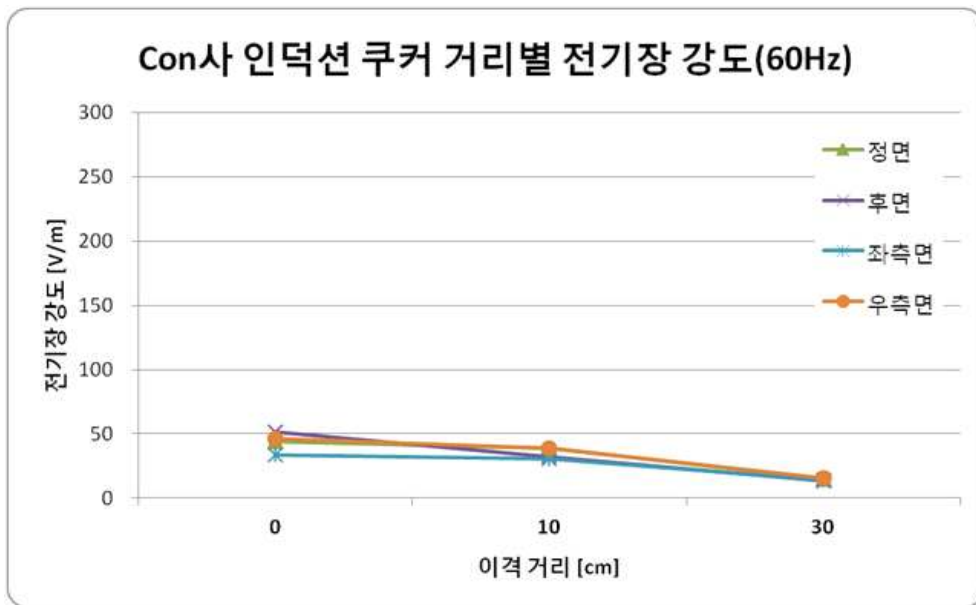


그림 4-32. Con사 인덕션 쿠키 거리별 전기장 측정 결과

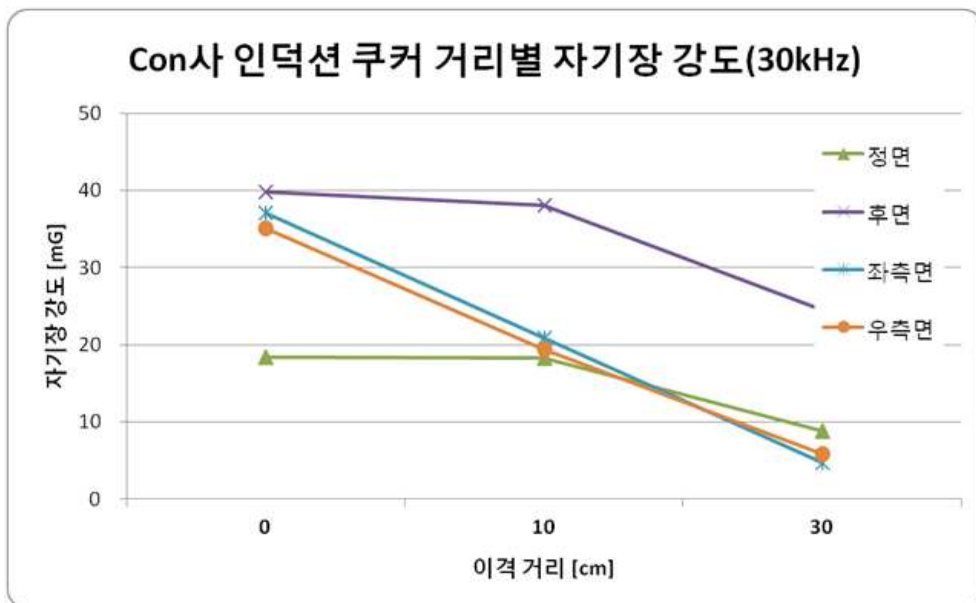
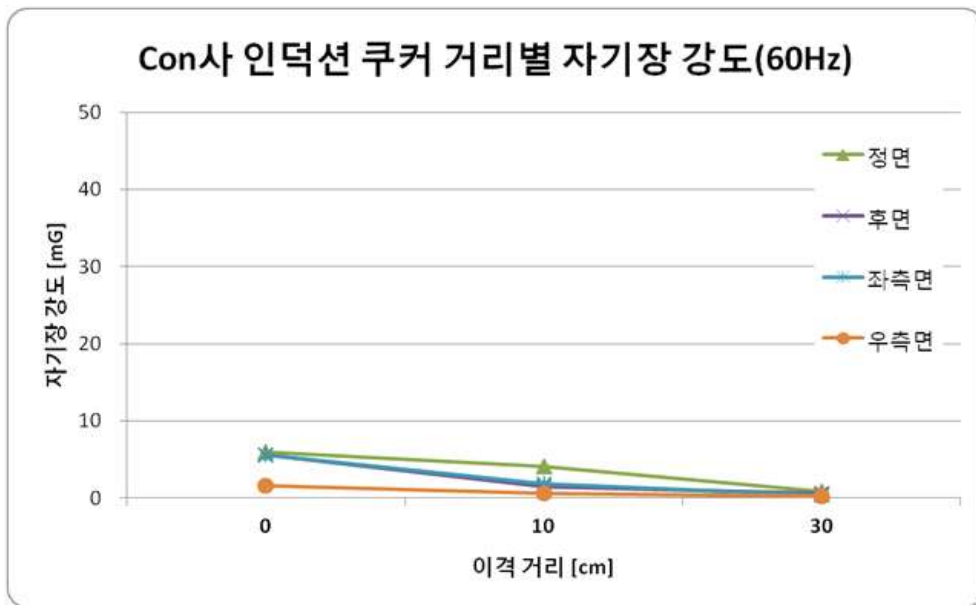



그림 4-33. Con사 인덕션 쿠키 거리별 자기장 측정 결과

나. C사 인덕션 쿠키

제조사	C사 IH	제품 사진
모델명	CIR-T100K	
출시일	2011년 8월	
사이즈 (cm, LWH)	51.1 × 35.7 × 6.27	
무게	3.6 kg	
특 징	소비전력(1,400W)	

C사의 인덕션 쿠키에 대한 전자기장 강도 측정 결과, 60 Hz 에서는 후면의 밀착 지점에서 전자기장 강도가 최대로 나타났으나 타 제품과 마찬가지로 기준의 1% 수준으로 매우 낮다. 하지만, 30kHz 대역에서 전기장 측정값은 좌측면에서 65.2 V/m로 기준의 75% 수준으로 나타났으나 자기장 강도는 90.1 mG로 기준인 62.5 mG를 144% 초과한 결과를 나타냈다. 측정 거리가 IEC 측정 기준인 30 cm를 이격하였을 때에는 기준에 적합하지만 밀착한 경우에는 기준값을 초과하기 때문에 Con사의 제품과 C사 제품의 측정 결과를 통해 반드시 측정 거리에 대해서는 국내 실정에 맞도록 재조정해야만 함을 다시 한번 확인할 수 있다.

표 4-18. C사 인덕션 쿠키 전자기장 강도 측정 결과(60 Hz)

측정지점 (E)	측정 거리 [cm]			측정지점 (H)	측정 거리 [cm]		
	0	10	30		0	10	30
정면	45.202	44.297	13.909	정면	15.288	14.864	4.791
후면	51.475	37.530	15.567	후면	29.865	17.809	6.138
좌측면	33.933	14.364	5.271	좌측면	26.323	19.633	6.191
우측면	46.649	15.306	5.966	우측면	24.492	3.194	3.179

표 4-19. C사 인덕션 쿠키 전자기장 강도 측정 결과(30 kHz)

측정지점 (E)	측정 거리 [cm]			측정지점 (H)	측정 거리 [cm]		
	0	10	30		0	10	30
정면	3.852	1.753	0.905	정면	31.366	13.059	5.884
후면	65.168	16.333	4.786	후면	83.995	25.241	8.889
좌측면	12.770	6.568	3.014	좌측면	90.139	30.056	9.996
우측면	23.498	8.677	4.035	우측면	85.824	21.822	8.157

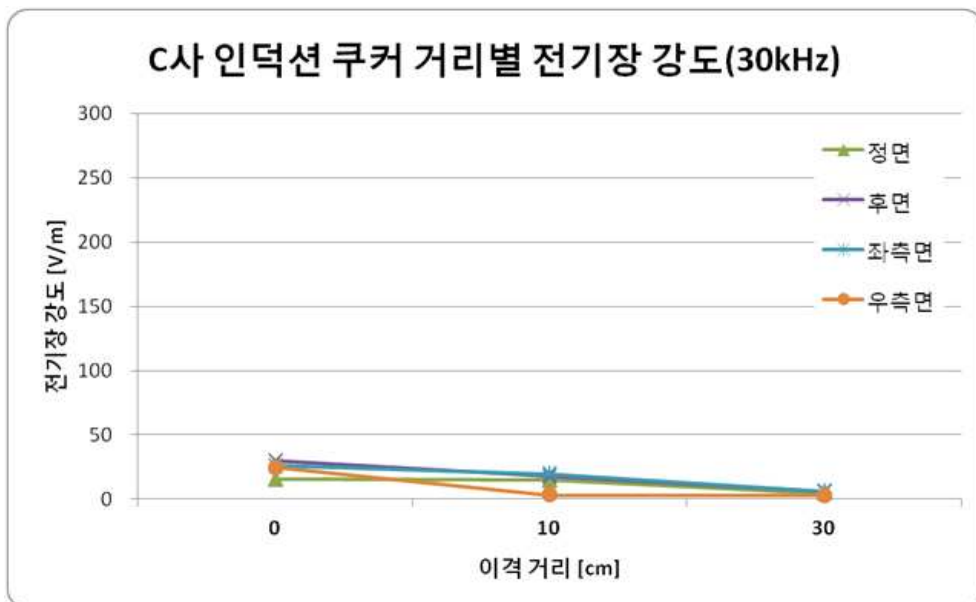
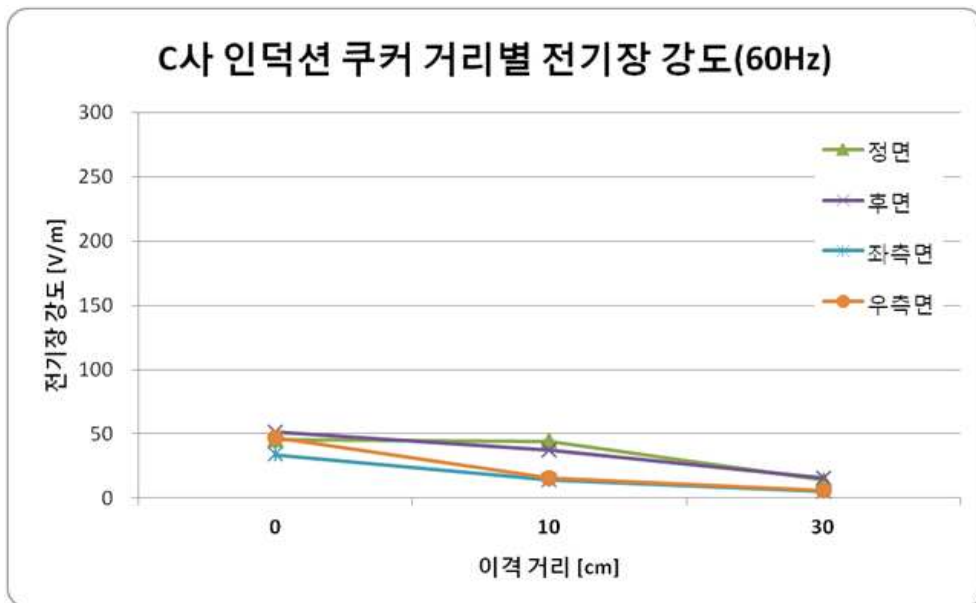


그림 4-34. C사 인덕션 쿠키 거리별 전기장 측정 결과

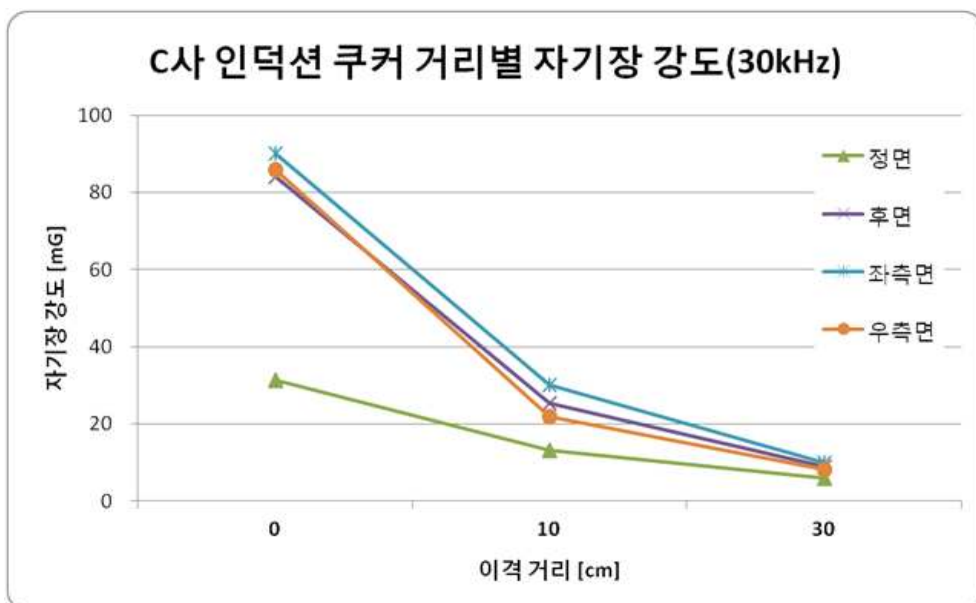
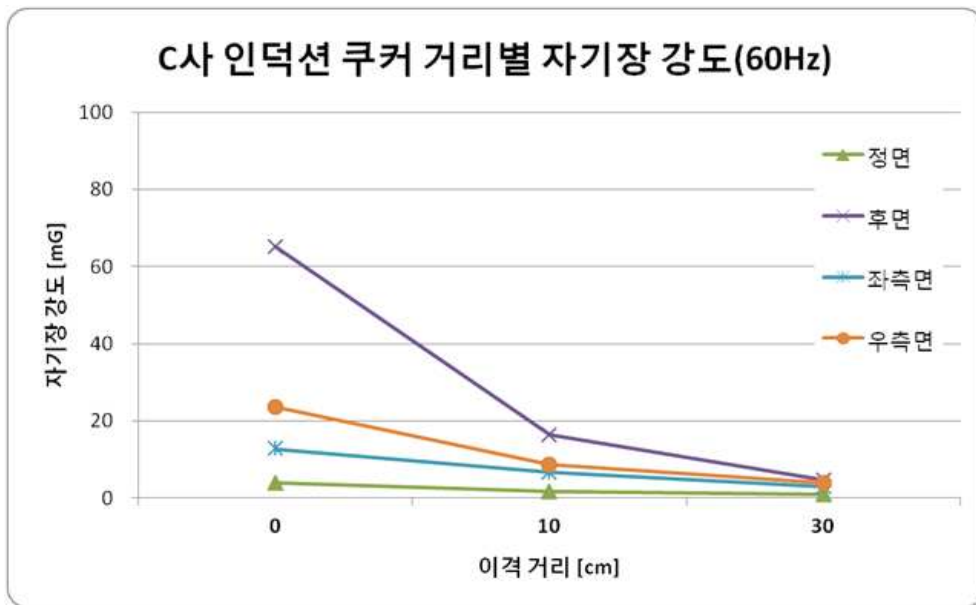


그림 4-35. C사 인덕션 쿠키 거리별 자기장 측정 결과


4. 저주파 안마기

저주파 안마기는 일반적으로 1 kHz 미만의 저주파수 대역에서 전기 자극을 통해 근육 등을 마사지하는 기계로 자극을 하는 방식에 따라 총 4개 제품을 측정 대상으로 선정하였다. 자극 방식은 가장 일반적인 4개의 패치 패드형과, 1개의 나비 모양식 패드, 부항식 패드 및 목에 걸어 사용하는 목걸이형이다.

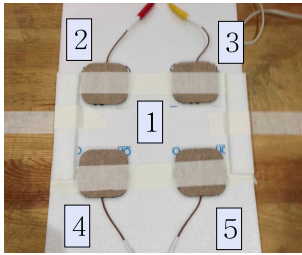
안마기 측정의 경우, 저주파 안마기는 패드 등을 인체에 부착하여 전류를 흘려 근육을 자극시키는 기기로 인체가 매질(전도체)로 작용하기 때문에 기기 자체만을 동작하는 경우와 실 사용 환경(인체에 부착)에 대한 특성 확인이 필요하고, 수 Hz ~ 수백 Hz에서 동작하는 기기로 단일 주파수 측정이 아닌 특정 대역에 대한 측정이 필요하다. 시중에 판매되는 저주파 안마기는 주무름, 두드림 등 다양한 모드들로 동작하며, 이 때 발생하는 주파수가 다양하므로 각 모드별 측정도 필요하였다.

따라서, 저주파 안마기는 주파수 스펙트럼을 통해 60 Hz 주파수 대역 외에 전자파가 발생하는 다양한 주파수를 확인하고 또한 지압, 마사지, 두드림 등 다양한 모드에 대한 전자기장 강도 측정을 수행하였다.

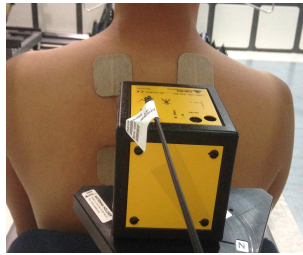
가. K사 저주파 안마기

제조사	K사	제품 사진
모델명	DG-PRO3000 GOLD	
출시일	200801	
사이즈 (cm, LWH)	6.3*18*2.1 cm	
무게	120g(건전지 제외)	
특징	DC 3.6 V	

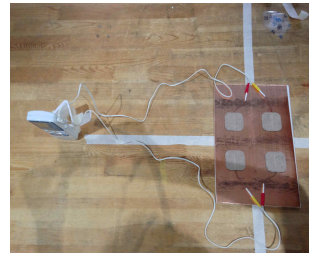
K사 저주파 안마기 측정은 전자파 발생 기기와 자극 패드 위치에 밀착하여 기기의 각 동작 모드별로 수행하였으며, 특히 저주파 안마기는 인체 내부에 전류를 통해 동작하기 때문에 기기 자체만의 측정과 인체에 부착 및 패드 간 전류가 통할 수 있도록 전도체(구리)를 연결하여 측정을 수행하였다. 측정 장면에 대한 사진을 그림 4-35에 나타내었다.



기기 자체 동작



인체 부착 동작



전도체 연결 동작

그림 4-36. K사 저주파 안마기 측정 방법

먼저 3가지 측정 방식별로 주파수 스펙트럼을 살펴보았다. 먼저 기기 자체만 동작하는 경우에도 패드 간 전류는 통하지 않았으나 전자파가 발생하였다. 저주파 대역은 주파수에 따라 기준값이 매우 크게 차이가 난다. 그림 4-32에 나타낸 바와 같이 60 Hz에서는 측정값이 가장 높은 수준이나 기준값에 비해서는 1%로 안되는 수준이며, 1 kHz 대역에서는 60 Hz에 비하여 측정값은 낮으나 기준값이 250 V/m로 기준값의 약 1/10 수준으로 나타난다. 따라서, 넓은 대역에서 전자파가 발생하는 기기에 대해서는 단순히 측정값의 절대 수치가 아닌 인체보호기준값을 고려하여 적합성을 평가하여야만 한다.

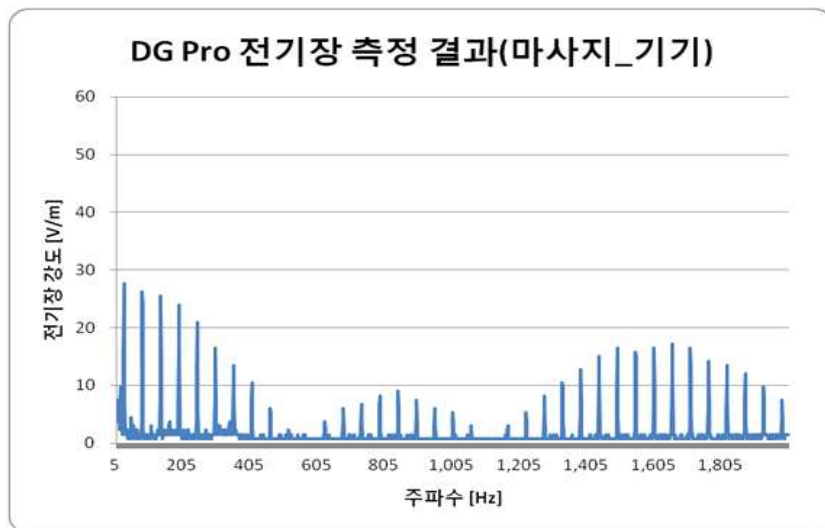


그림 4-37. K사 저주파 안마기 주파수 스펙트럼(기기만 동작)

인체에 부착하여 기기 자체만 동작하는 경우에는 그림 4-37에 나타난 바와 같이 측정값이 최대 2V/m 미만으로 기기만 동작한 경우에 비하여 측정값이 매우 낮게 나타났는데 이는 기기에서 발생하는 전류가 대부분 인체 내부로 흘러 들어갔기 때문이라고 판단된다. 또한, 그림 4-38의 전도체에 연결한 경우도 유사한 이유로 측정값이 낮게 나타난 것으로 판단된다.

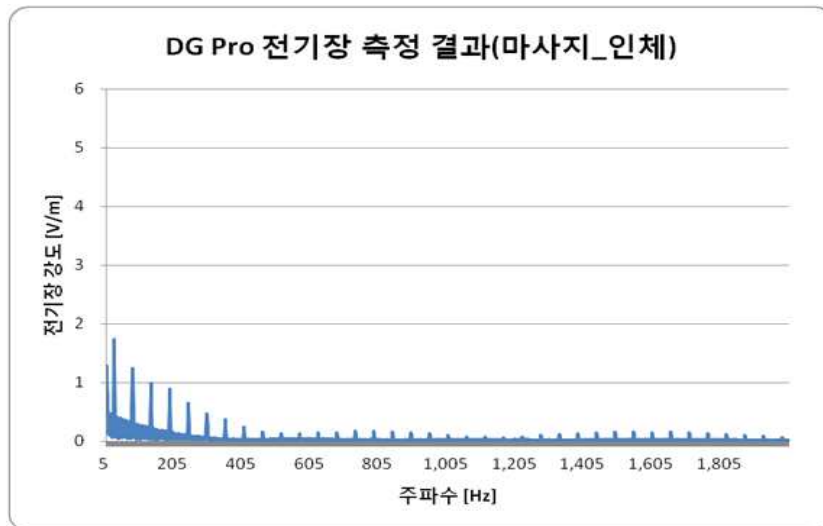


그림 4-38. K사 저주파 안마기 주파수 스펙트럼(인체에 부착)

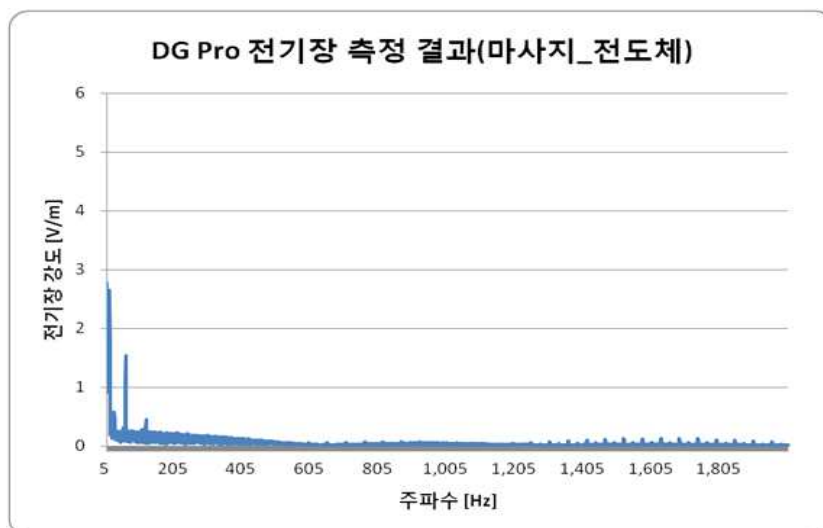


그림 4-39. K사 저주파 안마기 주파수 스펙트럼(전도에 부착)

3가지 측정 방식에 따른 최대 측정값을 표 4-17에 나타내었다. 전기장과 자기장이 모두 기기만 동작하는 경우에 측정값이 가장 높게 나타났으며, 이 결과로부터 저주파 안마기는 별도로 인체에 부착하는 실제 상황이 아닌 기기만 동작하여 측정하는 것이 적합하다고 판단된다.

표 4-20. K사 저주파 안마기 패드 주변 전자파 강도

패드 밀착	기기만 동작	인체에 부착	전도체 연결
E [V/m]	6.303 @50Hz	0.675 @120Hz	1.952 @20Hz
H [mG]	0.145 @60Hz	0.095 @60Hz	0.235 @60Hz

인체에 부착하는 패드에 대한 측정 외에도 주파수 발생 기기에 밀착하여 측정을 수행하였으며 결과를 표 4-18에 나타냈다. 기기만 동작 시 측정값이 가장 높고 패드에 밀착한 경우에 비해서도 상대적으로 높으나 인체보호기준에 비해서는 매우 낮은 수준으로 나타났다.

표 4-21. K사 저주파 안마기 발생기 주변 전자파 강도

발생기 밀착	기기만 동작	인체에 부착	전도체 연결
E [V/m]	11.589 @50Hz	2.516 @50Hz	6.130 @50Hz
H [mG]	0.706 @50Hz	0.098 @60Hz	0.232 @60Hz

동작 모드별 측정 결과는 표 4-19에서 표4-21에 최대 측정값을 나타냈다. 또한, 그림 4-39에서 그림 4-44에는 주파수 스펙트럼을 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 측정 위치와 동작 모드별로 측정값은 매우 다양한 형태로 나타났다. 다시 말하면 특정 모드에서만 전자파가 크게 발생하는 것이 아니기 때문에 적합성 평가를 위해서는 각 모드별로 측정이 수행되어야 할 것으로 판단된다. 또한, 앞선 결과와 같이 기기만 동작 시에 측정값이 높은 경향을 나타냈다.

표 4-22. K사 저주파 안마기 동작모드별 전기장 강도(기기만 동작)

측정 위치	두드림	주무름	지압	마사지
중앙(1)	11.042 @13	14.656 @12	5.113 @57	12.206 @27
좌상(2)	31.47 @79	23.227 @178	18.732 @10	29.971 @27
우상(3)	10.490 @16	20.230 @178	28.472 @79	27.723 @27
좌하(4)	10.490 @16	23.227 @178	30.720 @79	28.470 @27
우하(5)	11.239 @635	18.732 @653	28.472 @237	23.227 @27

표 4-23. K사 저주파 안마기 동작모드별 전기장 강도(인체에 부착)

측정 위치	두드림	주무름	지압	마사지
중앙(1)	2.850 @5	1.719 @5	1.981 @79	1.737 @27

표 4-24. K사 저주파 안마기 동작모드별 전기장 강도(전도체 연결)

측정 위치	두드림	주무름	지압	마사지
중앙(1)	5.100 @5	3.503 @5	2.290 @5	2.783 @5
좌상(2)	3.644 @5	2.216 @5	3.483 @5	3.480 @6
우상(3)	3.480 @5	3.360 @5	1.838 @60	2.352 @27
좌하(4)	1.575 @5	1.608 @5	2.037 @9	3.001 @10
우하(5)	3.671 @5	3.616 @5	2.876 @5	3.538 @5

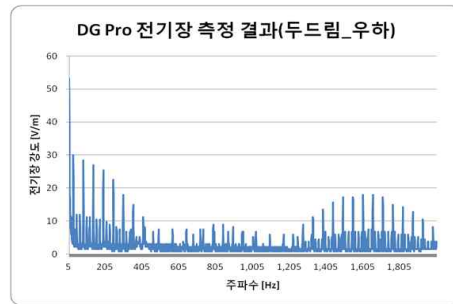
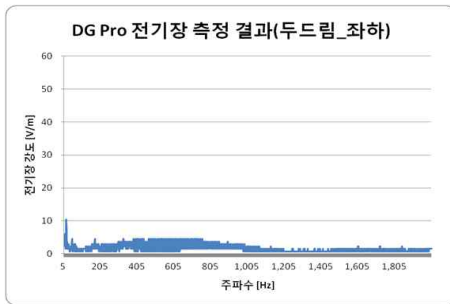
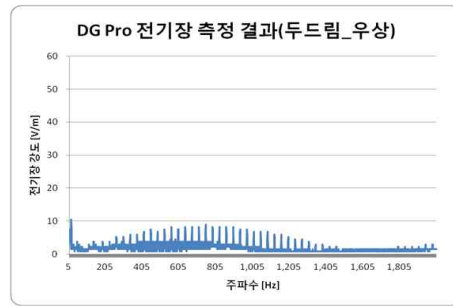
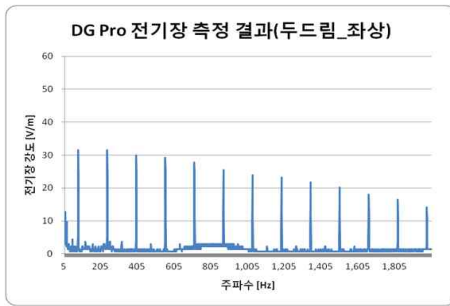


그림 4-40. K사 안마기 동작모드별 주파수 스펙트럼(#1)

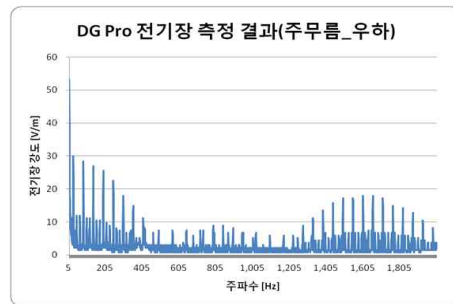
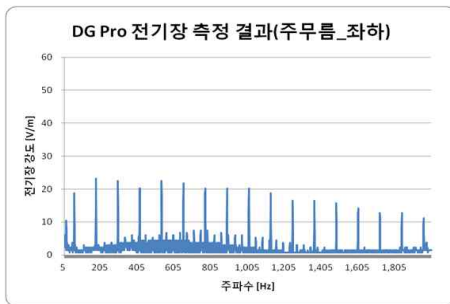
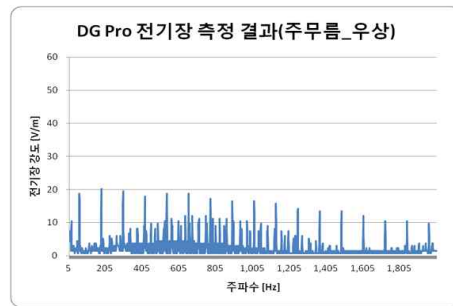
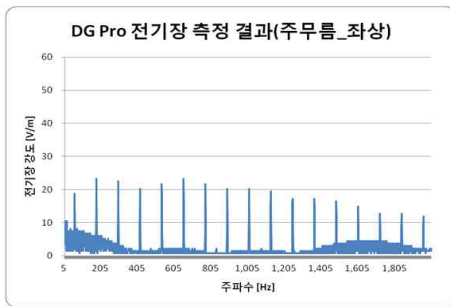


그림 4-41. K사 안마기 동작모드별 주파수 스펙트럼(#2)

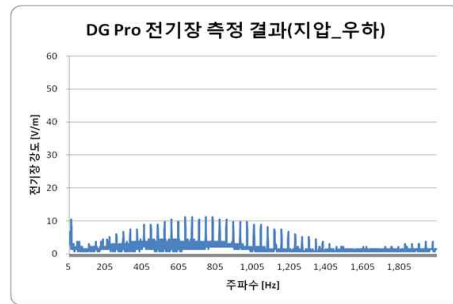
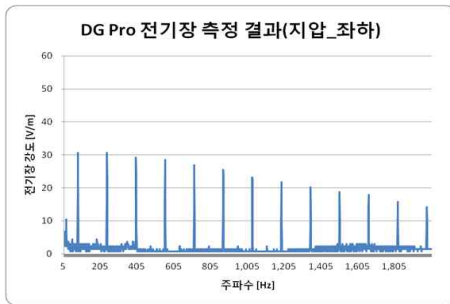
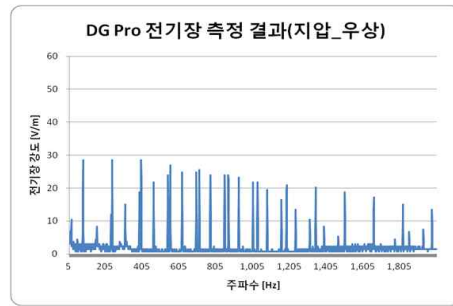
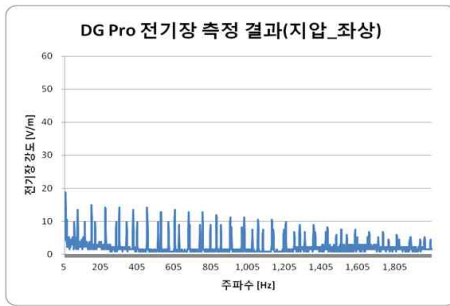


그림 4-42. K사 안마기 동작모드별 주파수 스펙트럼(#3)

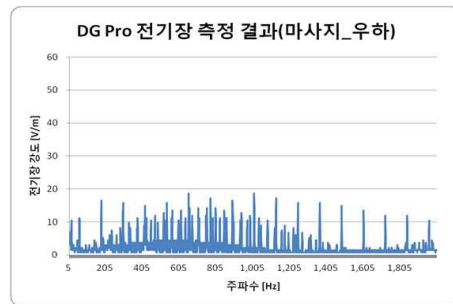
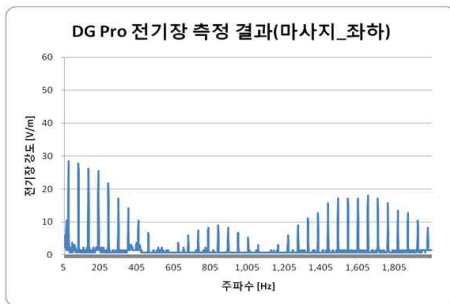
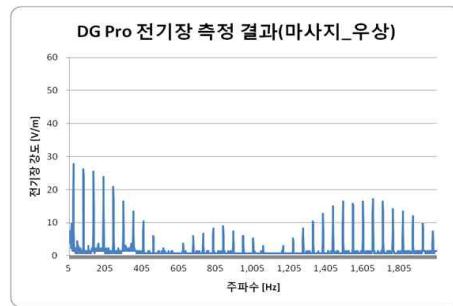
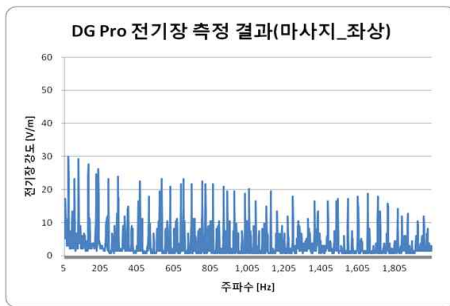


그림 4-43. K사 안마기 동작모드별 주파수 스펙트럼(#4)

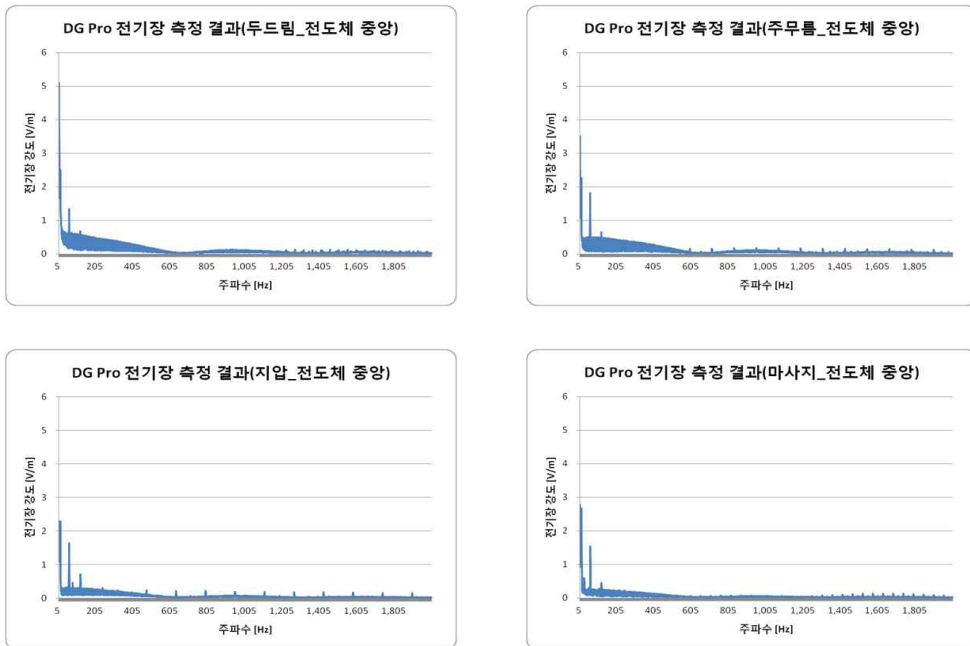


그림 4-44. K사 안마기 동작모드별 주파수 스펙트럼(전도체 연결)

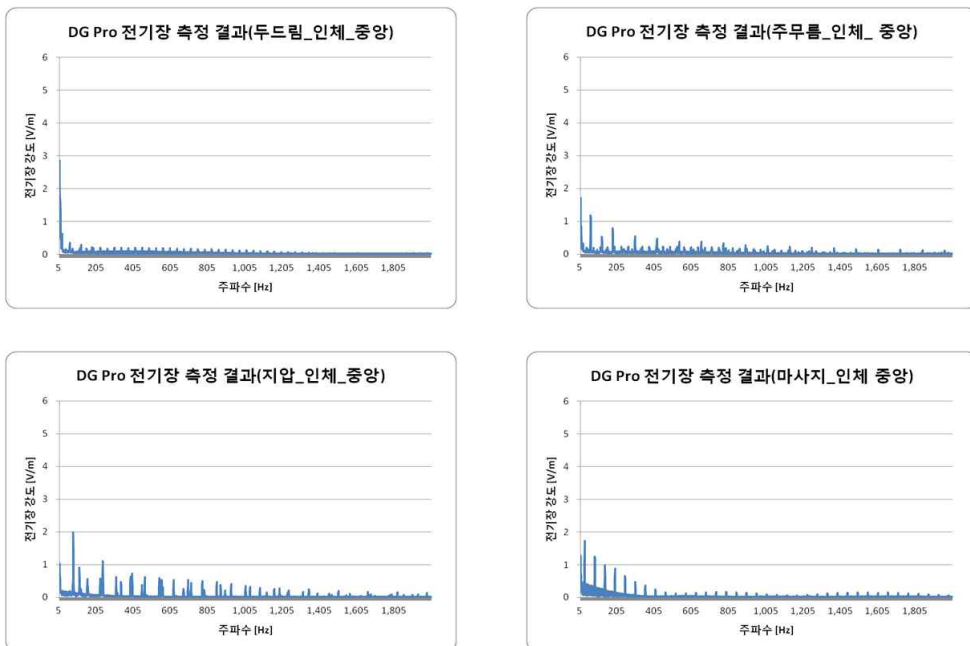



그림 4-45. K사 안마기 동작모드별 주파수 스펙트럼(인체에 부착)

나. P사 목걸이형 저주파 안마기

제조사	P사	제품 사진
모델명	EW-NA11	
출시일	201102	
사이즈 (cm, LWH)	12.4*10.8*3.8 cm	
무게	48 g	
특징	목걸이형	

P사의 저주파 안마기는 특수하게 목걸이 형태로 착용하는 기기로 다른 제품들과 마찬가지로 세기 조절 및 다양한 모드가 가능하다. K사 안마기와 동일한 방식으로 측정하였으며 측정 사진을 그림 4-45에 나타내었다.



기기 자체 동작

인체 부착 동작

전도체 연결 동작

그림 4-46. P사 목걸이형 저주파 안마기 측정 방법

목걸이형 안마기의 측정 결과를 표 4-23에서 4-24에 나타내었고 주파수 스펙트럼은 그림 4-46에서 그림 4-47에 나타내었다. 패드에 밀착 시 전기장 강도 최대값은 14.6 V/m(기준 대비 0.35%)로 나타났으며, 발생기에 밀착 시에는 전기장 강도 최대값이 29.4 V/m(기준 대비 0.71%)로 발생기가 패드 위치에 비해 약 2배 높게 나타났다. 인체에 부착 시에는 측정값이 현저히 낮아졌으며 전도체 연결 시에 가장 높게 나타났다. 하지만 자기장 강도는 각 상황별에 따라 미세한 차이만 발생하였다. 전체적인 측정값은 인체보호기준에 비해서는 매우 낮은 수준에 불과하였다.

표 4-25. P사 목걸이형 저주파 안마기 패드 주변 전자파 강도

패드 밀착	기기만 동작	인체에 부착	전도체 연결
E [V/m]	14.626 @5Hz	0.776 @5Hz	18.875 @5Hz
H [mG]	0.145 @60Hz	0.095 @60Hz	0.235 @60Hz

표 4-26. P사 목걸이형 저주파 안마기 발생기 주변 전자파 강도

발생기 밀착	기기만 동작	인체에 부착	전도체 연결
E [V/m]	22.83 @ 5Hz	3.960 @5Hz	29.372 @5Hz
H [mG]	0.706 @50Hz	0.213 @6Hz	0.232 @60Hz

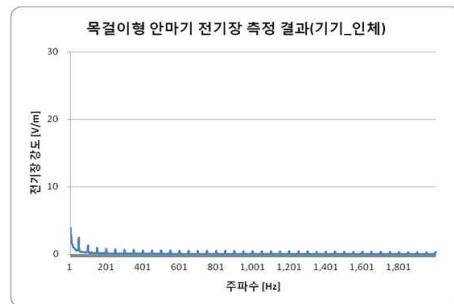
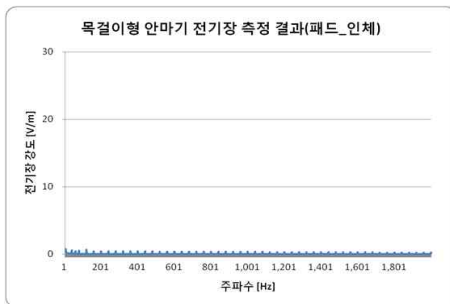
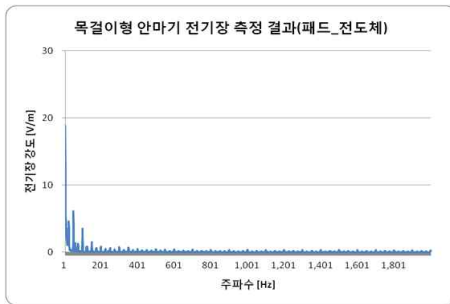
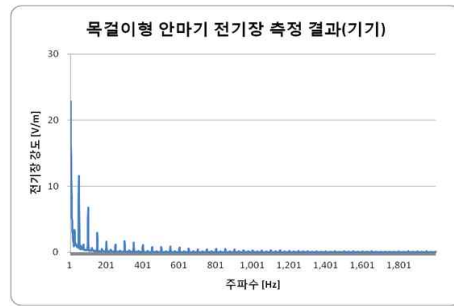
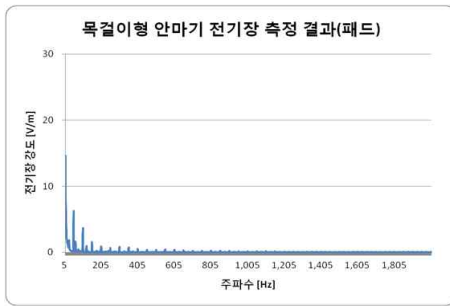


그림 4-47. P사 목걸이형 안마기 동작모드별 주파수 스펙트럼(전기장)

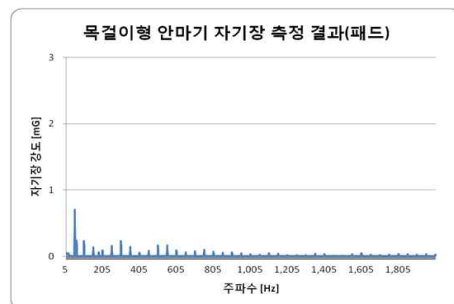
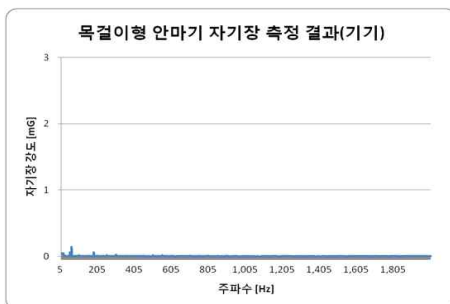



그림 4-48. P사 목걸이형 안마기 동작모드별 주파수 스펙트럼(자기장)

다. Z사 저주파 안마기

제조사	Z사	제품 사진
모델명	NM-1002	
출시일	201303	
사이즈 (cm, LWH)	5.6 × 12.5 × 19	
무게	380g	
특징	최대출력 5.5mA	

Z사 저주파 안마기는 패드형이기는 하나, 일반적인 패치 외에도 부항 형태의 패치를 사용한다. 전기 전도를 극대화하기 위하여 부항 형태의 패치 내부에 있는 폼에 물을 적서 사용하는 형태로 특수한 상황을 고려하여 측정 대상으로 선정하였다. 측정 결과는 다른 저주파 안마기와 마찬가지로 인체보호기준에 비해서는 매우 낮은 수준으로 나타났으며, 표 4-25에 동작 모드와 측정 위치별 측정 결과를 살펴보면 최대값은 30.7 V/m로 위치에 따른 차이가 거의 없고 지압 모드에서 다소 낮으나 동작 모드별로도 큰 차이가 발생하지 않았다.

그림 4-48에서 그림 4-50에는 측정 지점별 주파수 스펙트럼을 나타내었다. 앞서 살펴본 P사의 목걸이형 주파수 스펙트럼과 유사하며 최초 시작 주파수인 100 Hz 이내에서 비교적 값이 높게 나타났으나 이후 측정값은 매우 미세한 수준으로 나타났다. 또한, 자기장은 동작 전후 거의 차이가 발생하지 않았다.

표 4-27. Z사 안마기 동작모드 및 측정위치별 전기장 강도 측정 결과

측정 위치	지압	주무름	두드림
중양(1)	11.042 @13	14.656 @12	5.113 @57
좌(2)	31.47 @79	23.227 @178	18.732 @10
우(3)	10.490 @16	20.230 @178	28.472 @79
상(4)	10.490 @16	23.227 @178	30.720 @79
하(5)	11.239 @635	18.732 @653	28.472 @237

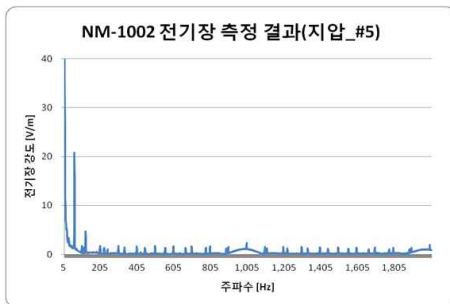
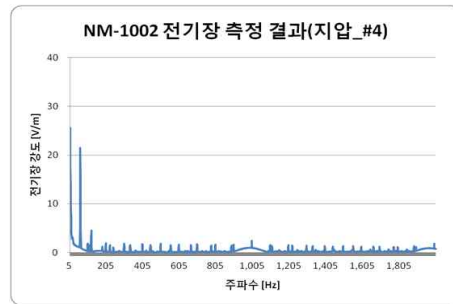
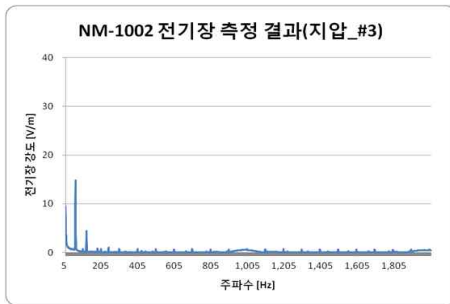
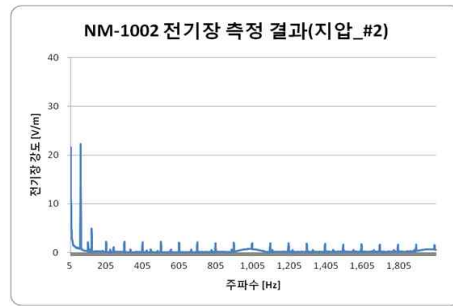
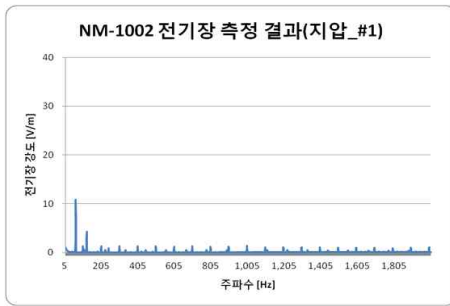


그림 4-49. Z사 안마기 측정지점별 주파수 스펙트럼(지압 모드)

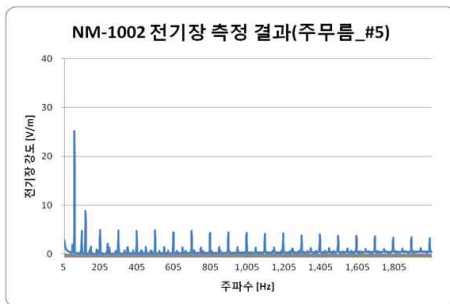
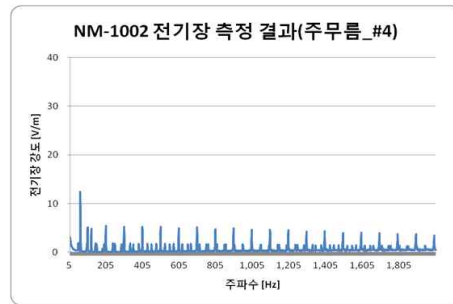
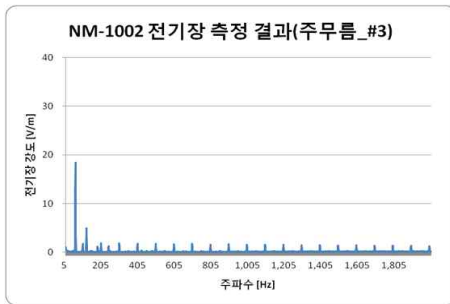
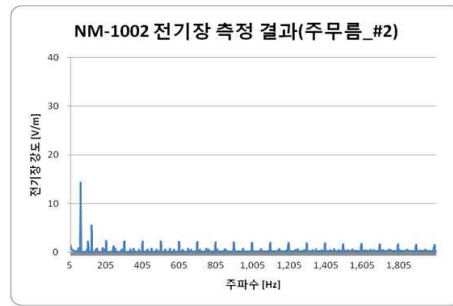
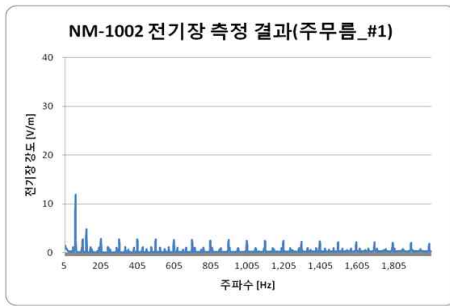


그림 4-50. Z사 안마기 측정지점별 주파수 스펙트럼(주무름 모드)

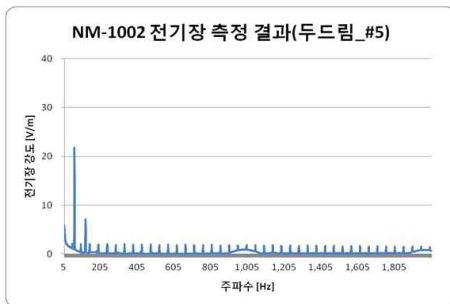
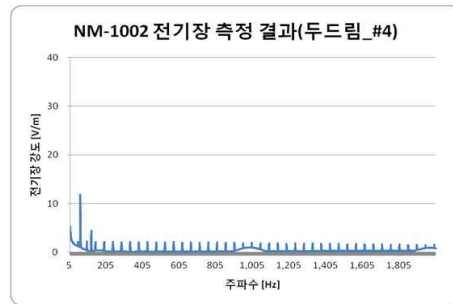
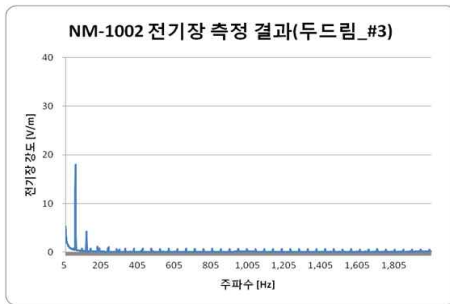
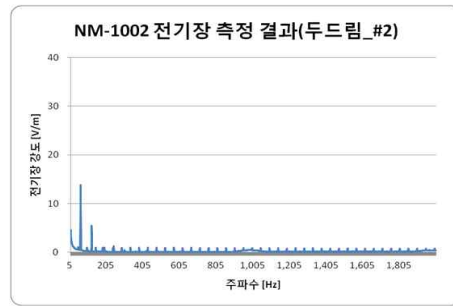
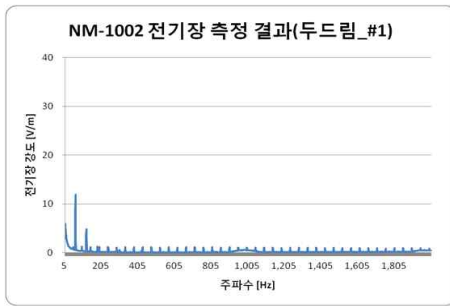



그림 4-51. Z사 안마기 측정지점별 주파수 스펙트럼(두드림 모드)

라. C사 저주파 안마기

제조사	C사	제품 사진
모델명	그린 1004	
출시일	201301	
무게	330 g	
특징	충전식(24핀 충전기)	

C사 저주파 안마기는 패치 형태 중에서 나비 모양의 패치를 제공하고 있다. 4개의 전원이 공급되는 다른 제품과 동일한 구조이나 패치 형태의 특수성 때문에 측정 대상으로 선정하여 측정을 수행하였다. 측정 결과 전기장 강도와 자기장 강도 모두 거의 잡음 수준이었으며 제공하고 있는 3개의 모드에 따른 결과도 큰 차이를 보이지 않았다.

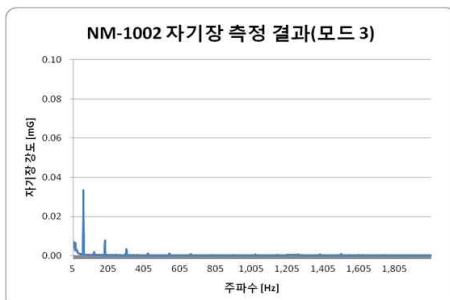
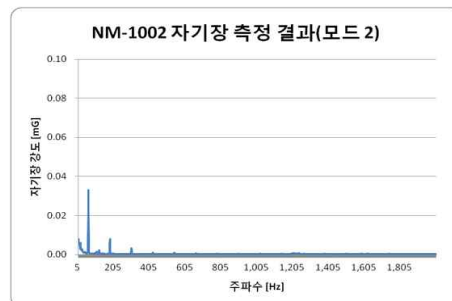
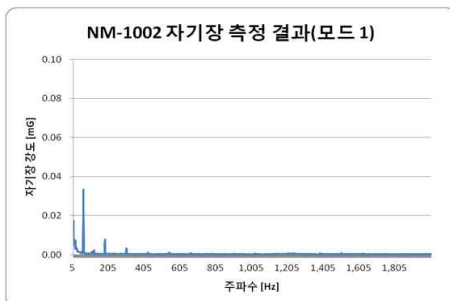


그림 4-52. C사 저주파 안마기 동작 모드별 주파수 스펙트럼

5. 전기 먼도기 측정 결과

전기 먼도기는 밀착하여 사용하는 대표적인 가전기기로 충전식 2종과 건전지식 1종을 측정 대상으로 선정하였다. IEC 62233에서는 날 정면에서 밀착하여 측정하도록 규정되어 있으나 본 연구에서는 먼도기의 8개 방향 및 거리별로 전자파 강도를 측정하였으며, 충전기에 충전 중인 상태와 먼도기만 동작한 상태에 대해 비교해 보았다.



(a) B사

(b) P사

(c) P사(건전지형)

그림 4-53. 전기 먼도기 측정 사진

가. B사 충전식 먼도기

제조사	C사	제품 사진
모델명	쿨텍 CT5CC	
출시일	201305	
사이즈 (cm, LWH)	5.9*16*4.9	
무게	280 g	
특징	충전식	

B사 충전식 먼도기의 충전 상태에서 방향별, 거리별 측정 결과를 표 4-26에 나타냈으며 이에 따른 그래프를 그림 4-53에 나타내었다. 60 Hz 주파수에서 충전기에 밀착한 경우, 최대 전기장 강도는 43.01 V/m로 나타났으며 거리별 측정 결과는 대부분의 제품과 마찬가지로 거리가 증가하면서 급격히 측정값이 낮아짐을 확인할 수 있다. 충전기를 제거하고 먼도기를 동작하는 경우에는 충전 상태에 비하여 약 1/10 ~ 1/20 수준으로 매우 낮게 나타났다. 제품마다 차이가 있을 수는 있으나 충전식 제품의 적합성 평가 시에는 충전 중 및 기기 동작 모두 측정을 수행하여야 한다.

표 4-28. B사 충전식 면도기 전기장 강도 측정 결과

거리	30	20	15	10	5	0	0	0	5	10	15	20	30
30	6.04						5.42						5.71
20		6.98					6.27					6.63	
15			8.36				7.48				7.91		
10				10.43			9.69			10.05			
5					14.32		13.70		14.35				
0						26.37	32.27	30.04					
0	6.43	7.46	8.97	11.13	14.92	27.20	제품	40.76	17.63	12.01	9.38	7.49	6.56
0						26.41	30.78	43.01					
5					14.99		17.00		17.90				
10				11.14			12.23			12.30			
15			8.98				9.53				10.03		
20		7.47					7.89					7.83	
30	6.46						6.67						6.60

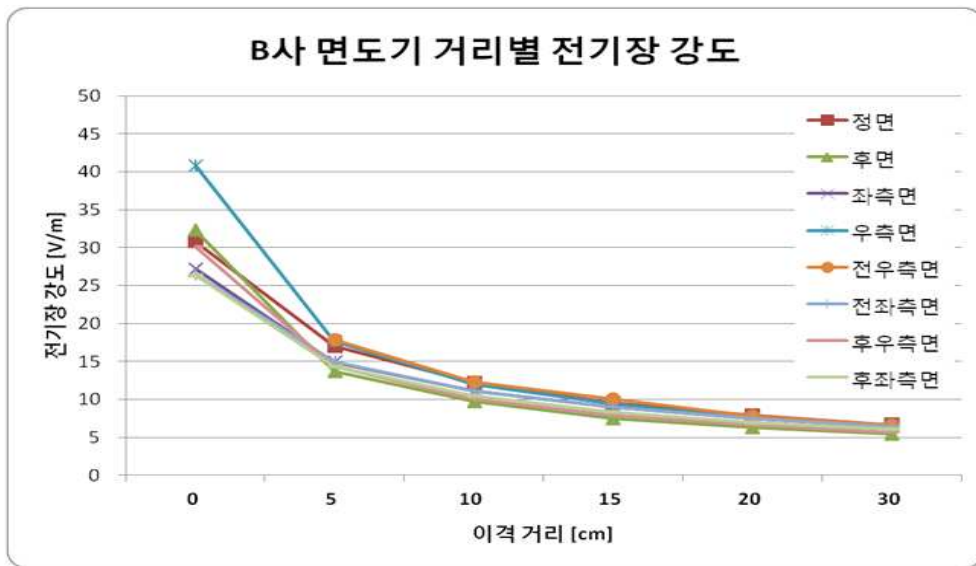



그림 4-54. B사 충전식 면도기 거리별 전기장 강도 측정 결과

표 4-29. B사 충전식 면도기 충전기 제거 후 동작 시 측정 결과

측정 위치	전면	후면	좌측	우측	면도날 정면
밀착 시 측정값	1.927	1.844	1.843	1.856	1.562

나. P사 충전식 면도기

제조사	C사	제품 사진
모델명	RQ-1280CC	
출시일	201009	
사이즈 (cm, LWH)		
무게		
소비전력(W)	5.4	
특징	충전식	

P사 충전식 면도기는 B사 면도기와 유사한 제품으로 동일한 기준에서 측정을 수행하였다. 측정 결과는 표 4-28, 4-29 및 그림 4-54에 나타났다. 측정값은 B사 면도기에 비하여 전반적으로 낮게 나타났으나, 충전 상태의 측정값과 기기만 동작시의 측정값 및 거리별 측정값 감소 경향 등은 모두 유사하게 나타났다. 최대값은 정면에서 16 V/m 수준이었으며 날에 밀착 시에도 1.076 V/m로 매우 낮은 수준으로 나타났다.

표 4-30. P사 충전식 면도기 거리별 전기장 강도 측정 결과

거리	30	20	15	10	5	0	0	0	5	10	15	20	30
30	2.79						2.30						2.57
20		2.99					2.59					2.80	
15			3.29				2.95				3.25		
10				3.78			3.71			4.66			
5					5.26		5.76		10.14				
0						13.61	11.94						
0	2.86	2.98	3.47	4.26	5.97	14.05	제품	14.82	6.41	4.40	3.49	2.98	2.76
0						14.88	16.00	11.22					
5					5.39		5.50		5.09				
10				3.96			3.81			3.93			
15			3.16				3.17				3.21		
20		2.76					2.80					2.84	
30	2.59						2.51						2.58

표 4-31. P사 충전식 면도기 충전기 제거 후 동작 시 측정 결과

구분	이격 거리 [cm]					
	0	5	15	20	25	30
전면	1.216	1.043	0.972	0.888	0.798	0.724
후면	1.194	1.081	0.980	0.879	0.790	0.712
좌측	1.208	1.104	0.996	0.877	0.787	0.753
우측	1.221	1.087	1.001	0.913	0.819	0.717

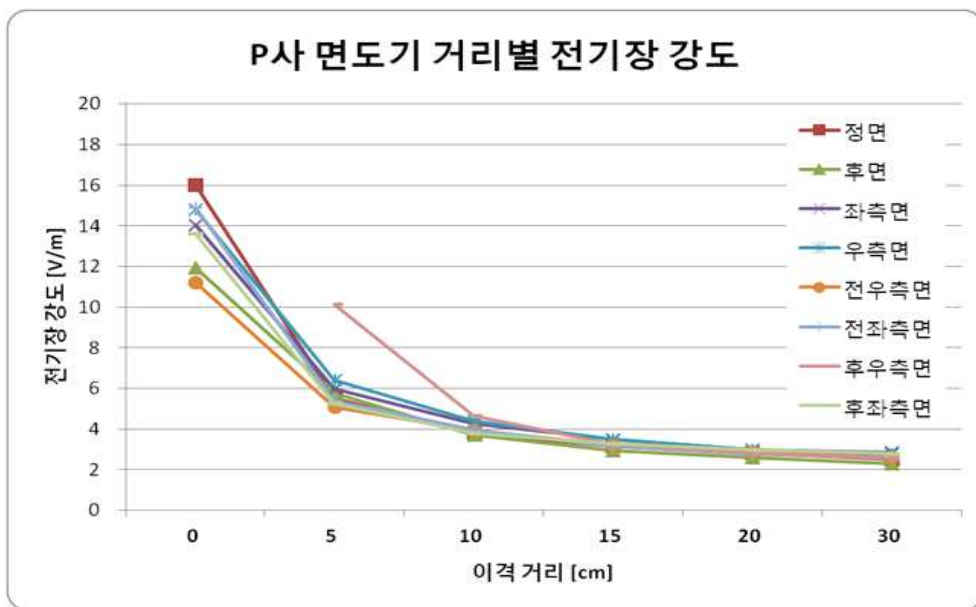



그림 4-55. P사 충전식 면도기 거리별 전기장 강도 측정 결과

다. P사 미니 면도기

제조사	C사	제품 사진
모델명	PQ202	
출시일	201209	
소비전력(W)		
특징	건전지식	

P사 미니 면도기는 건전지를 이용한 방식의 기기이다. 출력 자체가 매우 낮기 때문에 앞서 살펴 본 2개의 면도기에 비하여 값이 매우 낮을 것으로 판단하였으나 실제로 면도기만 동작 시에는 전기장 강도 측정값이 최대 3.49 V/m로 상대적으로 높게 나타났다. 자기장 강도는 표 4-32에 나타난 것과 같이 동작 전후 거의 잡음 수준으로 나타났다.

표 4-32. P사 미니 면도기 거리별 전기장 강도 측정 결과

구분	이격 거리 [cm]					
	0	5	15	20	25	30
전면	3.488	1.795	1.563	1.395	1.266	1.181
후면	3.187	1.788	1.503	1.395	1.260	1.228
좌측	3.583	1.714	1.575	1.417	1.292	1.141
우측	2.767	1.732	1.517	1.380	1.245	1.155

표 4-33. P사 미니 면도기 거리별 자기장 강도 측정 결과(단위 uG)

구분	이격 거리 [cm]					
	0	5	15	20	25	30
전면	94.40	90.49	87.86	89.24	89.64	90.35
후면	93.90	93.41	91.79	90.98	91.66	94.62
좌측	91.71	89.80	91.54	87.38	90.12	91.13
우측	92.09	93.88	91.22	89.68	88.38	89.06

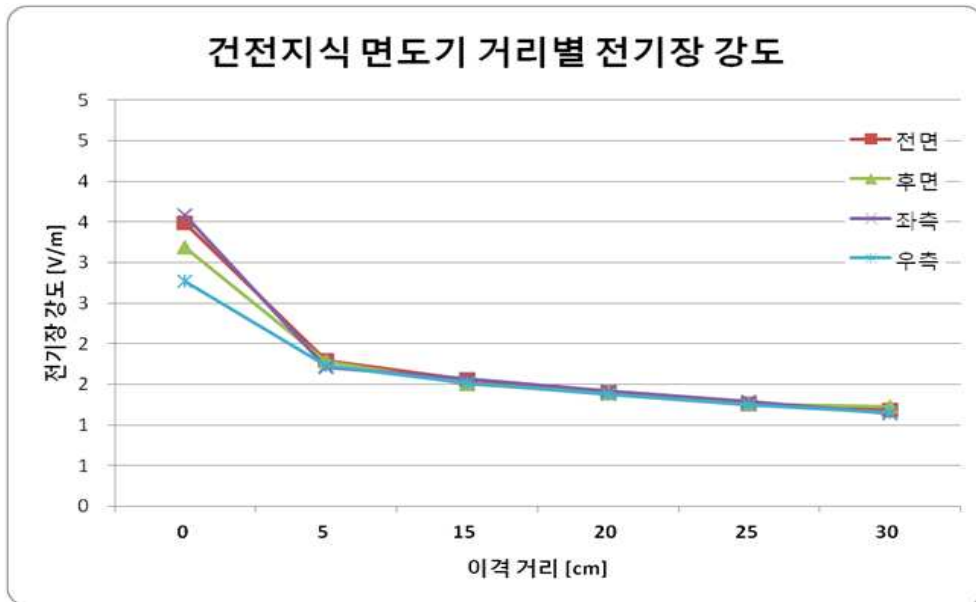


그림 4-56. P사 미니 면도기 거리별 전기장 강도 측정 결과

6. 기타 측정

가. 전자파 차단 필터 성능 검증

최근 가전기기의 전자파를 차단함으로써 인체를 보호할 수 있다는 차단 필터 제품들이 상용화됨에 따라 동 제품들의 차단 성능 등을 확인·검증하기 위하여 측정을 수행하였다. 측정 대상은 S사와 E사의 전자파 필터 상용 제품(2개)이며 차단효과를 효과적으로 관찰하기 위하여 비교적 전자기장 세기가 높은 전자레인지의 전자파 신호원으로 사용하여 차단 필터를 사용한 경우와 그렇지 않은 경우에 대하여 전자기장 세기를 비교하였다.

측정은 아래 그림과 같이 측정기기의 프로브를 전자레인지의 전·후·좌·우 30 cm 이격하여 설치하고 차단 필터를 사용하지 않고 전자레인지 동작 시 전자기장 세기를 측정 후 각각의 차단 필터를 사용한 경우와 모두 사용한 경우에 대하여 측정 후 비교하였다.

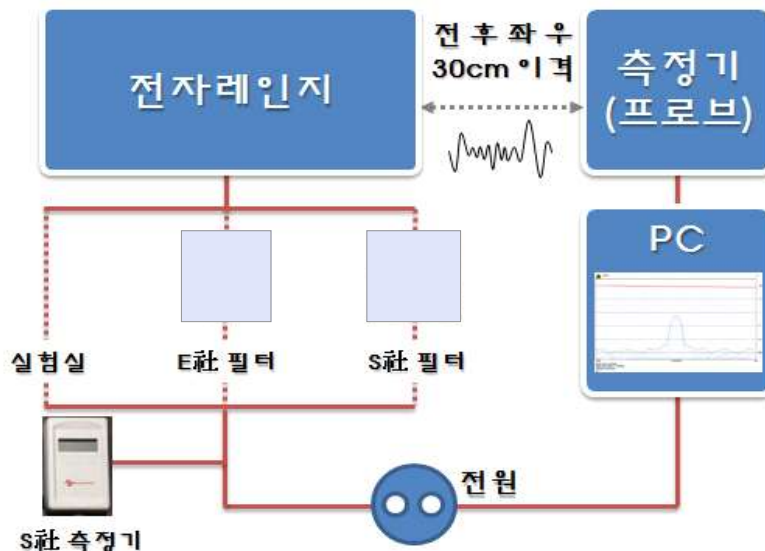


그림 4-57. 전자파 차단 필터 성능 검증 측정 구성도

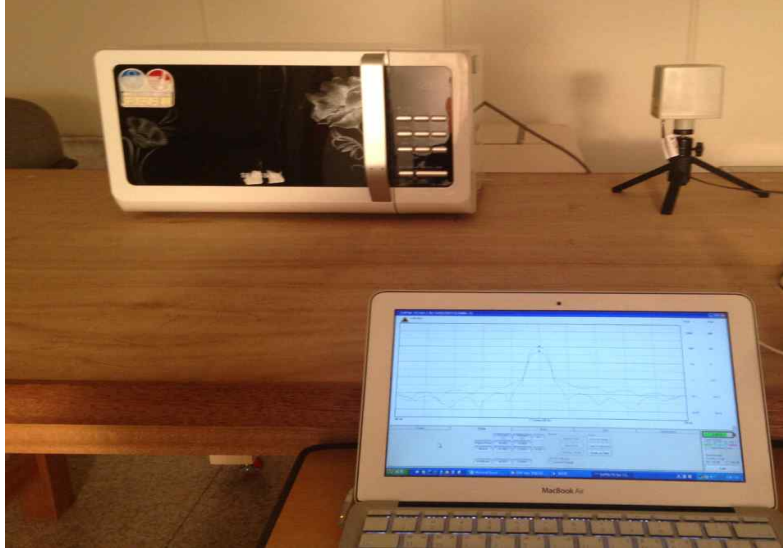


그림 4-58. 전자파 차단 필터 측정 환경(우측 위치)

차단 필터에 대한 전자기장 세기 측정 결과, 전자레인지를 미동작한 상태인 측정실 환경의 경우 전기장 세기가 측정 위치에 따라 크게 나타났으며 자기장 세기는 약 0.0941 A/m로 나타났다. 전자레인지를 동작 시 전기장 세기는 인체보호기준값의 약 0.1% 편차로 거의 변화가 없게 나타났으며 차단 필터를 사용한 경우에도 우측에서 미세한 차이가 있으나 다른 위치에서는 차이가 발생하지 않았다. 자기장 세기의 경우, 전자레인지 동작 시 우측에서 가장 높게 나타났으며 미동작 시인 0.0891 A/m에 비하여 약 100배인 8.6916 A/m의 값으로 나타났다. 하지만 차단 필터를 사용한 경우 전기장 세기와 마찬가지로 측정값의 감소는 없었고 일부 위에서는 오히려 다소 값이 증가하였다.

표 4-34. 전자파 차단 필터 성능 측정 결과

구 분	전기장 강도 [V/m]				자기장 강도 [A/m]			
	정면	좌측	우측	후면	정면	좌측	우측	후면
측정실(미동작)	96.809	10.643	38.181	17.542	0.0926	0.0973	0.0891	0.0973
측정실(동 작)	94.623	6.655	43.437	17.562	2.7995	2.5252	8.6916	3.7145
S사 필터	95.874	6.647	38.960	17.727	2.8741	2.5564	9.0181	3.9934
E사 필터	95.470	7.048	35.093	17.719	2.8029	2.5147	8.8936	4.0016

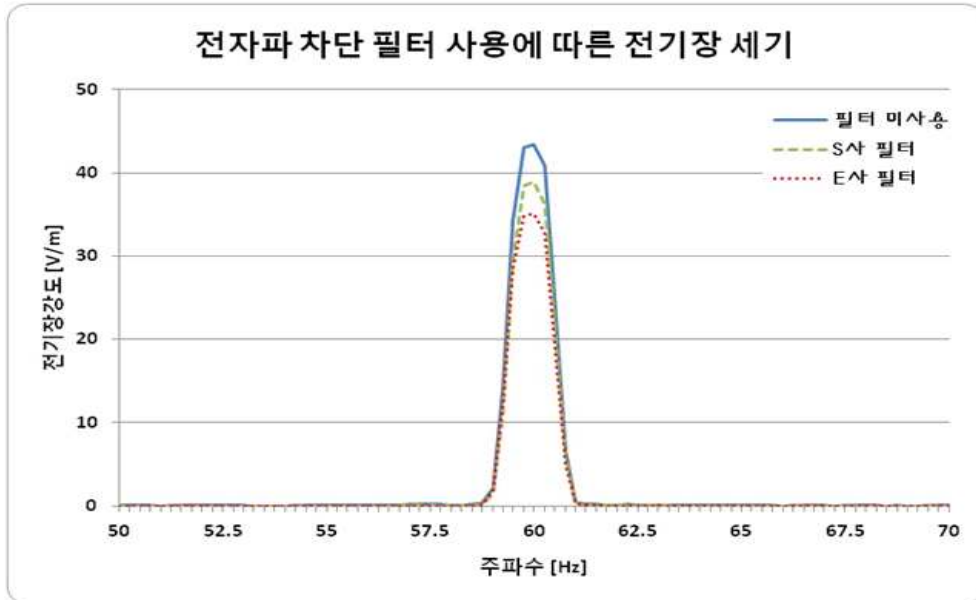


그림 4-59. 전자파 차단 필터 사용에 따른 전기장 세기(우측 위치)

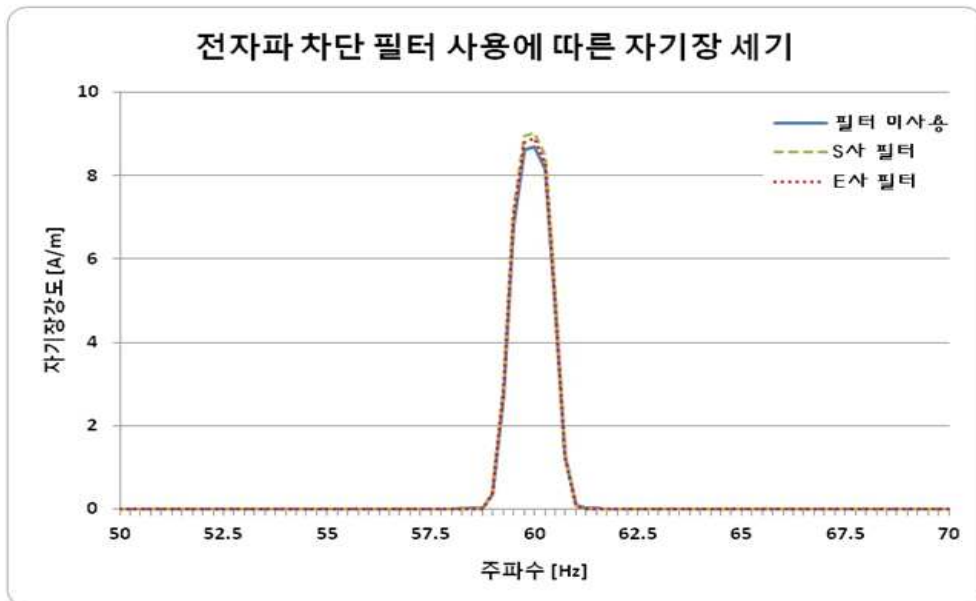


그림 4-60. 전자파 차단 필터 사용에 따른 자기장 세기(우측 위치)

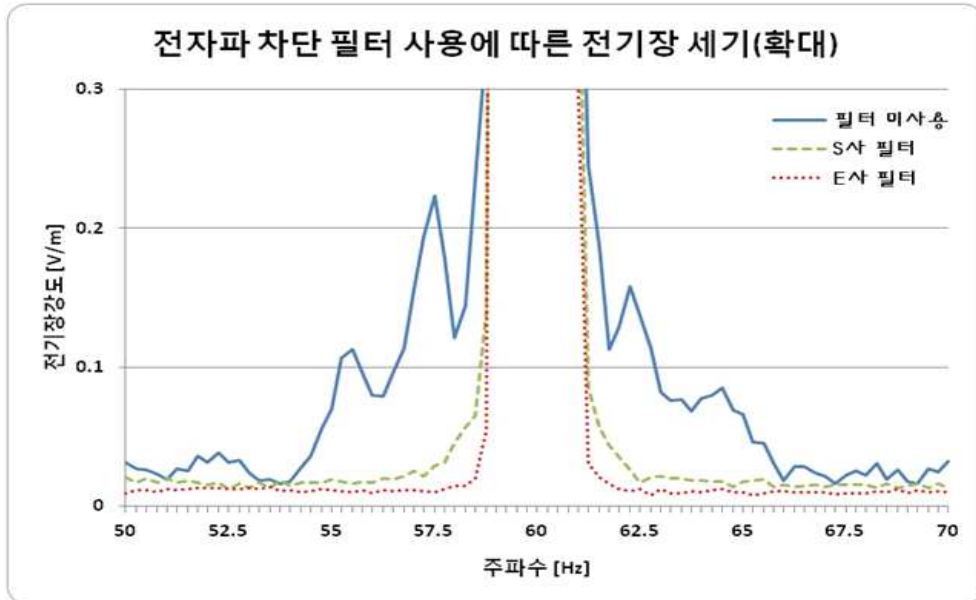


그림 4-61. 전자파 차단 필터 사용에 따른 전기장 세기(확대)

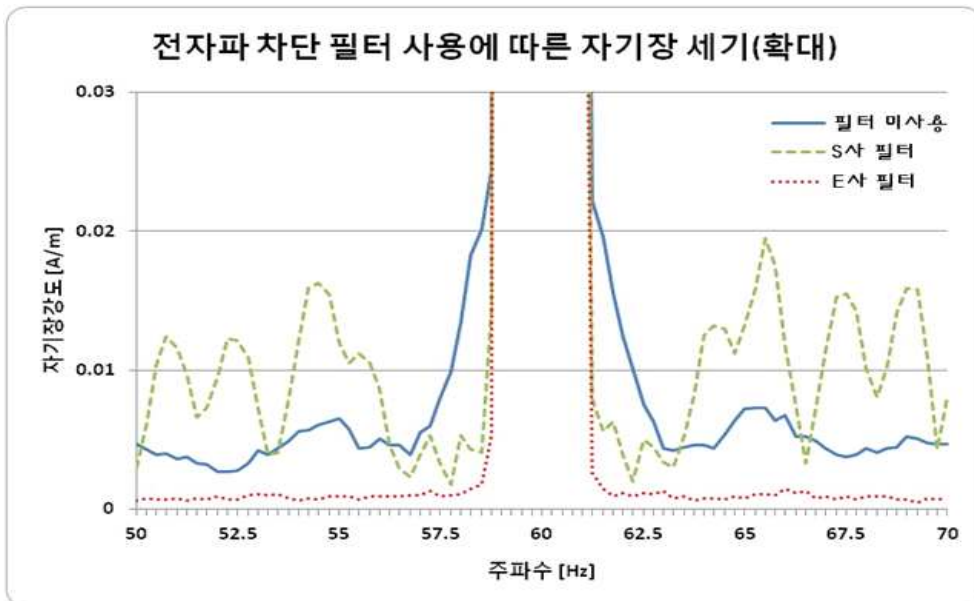


그림 4-62. 전자파 차단 필터 사용에 따른 자기장 세기(확대)

표 4-35는 S사의 서지미터¹⁾로 측정한 결과로 전자레인지 동작 여부에 따른 필터 사용의 효과는 60 Hz 주파수의 전자파 차단이 아닌 단지 전압과 전류만을 다소 안정화(감소)시키지만 할 뿐임을 확인할 수 있다.

표 4-35. S사 서지미터 측정 결과

구분	필터 미사용	S社 필터(1개)	S社 필터(2개)	E社 필터	S社 + E社
미동작	128	93(-35)	60(-68)	105(-23)	75(-53)
동 작	155	120(-35)	73(-82)	140(-15)	100(-55)

측정실(차폐실) 내 환경에서는 전기장 강도의 측정값이 위치에 따라 편차가 심하므로 객관적(절대) 수치에 대한 신뢰성은 다소 부족하나, 동일 위치에서 전자파 차단 필터 사용 유무에 따른 상대적인 측정 결과의 차이가 거의 발생하지 않으므로 전기장 차단 효과는 없었다. 또한, 자기장 강도는 측정실 내 비교적 균일한 분포를 보이며, 기존 결과(RRA)와 동일하게 전자레인지 동작 시 우측에서 가장 높게 나타났다. 그러나, 자기장 강도도 전기장 강도와 마찬가지로 전자파 차단 필터 제품을 사용해도 측정값의 차이가 거의 없으므로 자기장 차단 효과는 없었다.

1) S社 서지미터 : 시간의 함수로 변화하는 전압서지의 평균 크기(dV/dT)를 측정하는 장비로 자체적으로 GS라는 단위를 만들어 사용 (1GS=24V/s)

제 2 절 가전기기 전자파 측정 결과 요약

제 2절에서는 수행한 가전기기 측정 결과를 요약하여 나타내었다. 표 4-36은 밀착을 포함하여 60 Hz 주파수와 그 외 대역에서 전자파가 최대인 측정값을 나타냈으며, 표 4-37은 30 cm 이격 시 측정 최대값을 나타내었다.

표 4-36. 밀착 시 가전기기 전자파 측정 결과(요약)

대상기기		60 Hz			60 Hz 외			
		최대값 물리량	최대값 (단위)	기준값 대비	물리량	최대값	기준값 [주파수]	기준값 대비
가습기	C사	자기장	300.8 (mG)	36.1%	-	-	-	-
	L사	자기장	324.1 (mG)	38.9%				
	N사	자기장	602.1 (mG)	72.3%				
	S사	자기장	9.6 (mG)	1.2%				
인덕션 쿠커	Con사	자기장	5.9 (mG)	0.7%	전기장	248.0 (V/m)	87 (V/m) [30kHz]	285.1%
	C사	자기장	29.9 (mG)	3.6%	자기장	90.1 (mG)	62.5 (mG) [30kHz]	144.1%
저주파 안마기	K사	전기장	21.0 (V/m)	0.5%	전기장	15.0 (V/m)	126.5 (V/m) [1,976Hz]	11.9%
	P사	전기장	1.6 (V/m)	0.1%	전기장	0.5 (V/m)	125 (V/m) [2kHz]	0.4%
	Z사	전기장	21.2 (V/m)	0.5%	전기장	3.5 (V/m)	125.6 (V/m) [1,991Hz]	2.8%
	C사	전기장	0.1 (V/m)	0.1%				
전기 면도기	B사	전기장	43.0 (V/m)	1.0%				
	P사	전기장	16.0 (V/m)	0.4%				
	P사 미니	전기장	3.6 (V/m)	0.1%				

표 4-37. 30 cm 이격 시 가전기기 전자파 측정 결과(요약)

대상기기		60 Hz			60 Hz 외			
		최대값 물리량	최대값 (단위)	기준값 대비	물리량	최대값	기준값 [주파수]	기준값 대비
가습기	C사	자기장	19.5 (mG)	2.3%	-	-	-	-
	L사	자기장	8.2 (mG)	1.0%				
	N사	자기장	16.9 (mG)	2.0%				
	S사	자기장	0.1 (mG)	0.1%				
IH밥 솥	C사 (10인용)	자기장	4.8 (mG)	0.6%	자기장	27.7 (mG)	62.5 mG [20~30kHz]	44.3%
	C사 (6인용)	자기장	25.3 (mG)	3.0%	자기장	36.1 (mG)	62.5 mG [20~30kHz]	57.8%
인덕션 쿠커	Con사	자기장	0.9 (mG)	0.1%	전기장	97.2 (V/m)	87 (V/m) [30kHz]	111.7%
	C사	자기장	6.2 (mG)	0.7%	자기장	10.0 (mG)	62.5 (mG) [30kHz]	16.0%
전기 면도기	B사	전기장	43.0 (V/m)	1.0%				
	P사	전기장	16.0 (V/m)	0.4%				
	P사 미니	전기장	3.6 (V/m)	0.1%				

제 3 절 가전기기 전자파 측정 기준(안)

제 2절에서는 연구 결과를 토대로 가전기기 전자파 측정 기준안을 제안하였다. 측정 기준안은 가전기기 관련 국제 측정 표준인 IEC 62233을 기본으로 하고 일부 개선이 필요한 부분에 대해 연구결과를 활용하여 개선 방안을 제안하였다. 측정 기준안은 국립전파연구원 고시인 전자파강도 측정 기준의 별표 2로 추가하는 형태로 구성하였으며 구성 내용과 검토 사항을 표 4-38에 나타내었다.

표 4-38. 가전기기 전자파 측정 기준안 구성 및 검토사항

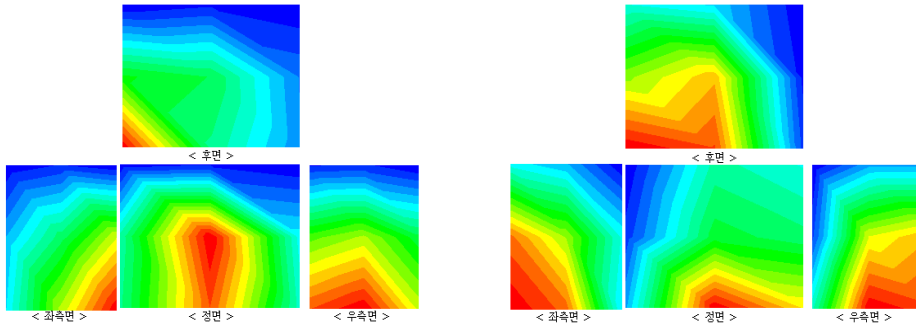
측정 기준안 구성	주요 검토 사항
1. 목적	
2. 용어 정의	
3. 적용 범위	적용 주파수 범위(10Hz ~ 400kHz)
4. 측정 기기 요구 조건	
5. 측정 방법	
가. 일반사항	
나. 측정거리, 프로브 위치, 동작 조건	측정거리 및 측정지점
6. 측정 절차	측정 주파수 선정 방법(60 Hz 외 주파수)
7. 측정 결과서 작성	
별지 1. 기기별 측정거리, 동작 조건 등	일부 예시
별지 2. 가전기기 전자파 측정 결과서	신설

IEC 측정 기준은 가전기기의 각 면 중앙 1지점에서 측정을 수행하나, 적합성 평가를 위해서는 최대 지점에서 측정하는 것이 적합하다. 따라서, 최대 지점을 확인하기 위해서는 각 면을 세밀하게 나누어 측정해야 하나, 측정의 효율성 등을 감안하여 프로브 크기에 따라 다양한 지점을 선정하는 것이 필요하다. 따라서, 한 면에 중앙과 4개 모서리까지 총 5개 지점을 원칙으로 하되 프로브의 크기를 비교하여 측정 지점을 기기별로 세분화하는 것을 제안하였다.

가습기(30 x 20 x 34 cm)에 대하여 9개 지점에서 측정한 결과를 살펴보면, 전기장과 자기장 모두 중앙보다는 대부분 그 외 위치에서 최대로

나타났다. 측정 지점을 더욱 세분화하면 측정 최대 지점을 정확히 찾을 수 있겠지만 매우 다양한 기기 형태별로 최적의 측정 지점을 선정하는 것은 어렵기 때문에 현행 1개가 아닌 최소한 5개 지점 이상에 대한 측정이 필요하다는 것을 제안하는 것이다.

전기장 강도	18.0	21.6	18.0	후면			자기장 강도	115	98.3	33.1	후면						
	68.3	62.0	31.7	좌 전면				203	244	41.8	좌 전면						
	117	56.4	33.3	우				301	276	55.3	우						
17.8	20.2	17.7	21.9	26.1	21.1	19.3	20.0	17.1	18.4	17.5	15.2	17.7	35.7	32.0	48.8	89.4	88.4
26.9	37.4	49.9	67.7	149	56.1	45.5	49.6	39.9	25.2	22.6	18.5	21.0	41.0	38.0	67.4	203	223
29.1	48.4	63.3	70.8	136	62.6	61.2	65.5	50.6	26.7	25.3	18.0	18.2	66.3	54.2	123	268	253



가습기 전기장강도 분포(밀착 시) 가습기 자기장강도 분포(밀착 시)
 ※ 9개지점 측정결과를 이용한 전자기장 분포(색상은 상대적인 차이만 나타냄)
 그림 4-63. 측정 결과 및 Origin을 이용한 전자기장 강도 분포

IH 방식의 가전기거나 저주파 안마기와 같이 60 Hz 이외의 주파수 대역에서 전자파 발생 시, 이를 평가할 수 있는 측정 절차가 필요하다. 또한, 60 Hz 이상의 주파수 대역에서는 인체보호기준이 60 Hz에 비해 매우 낮기 때문에 노출량 평가를 위해서는 타 주파수에 대한 고려 필수 사항이다. 이는 인덕션 레인지의 전기장 강도 측정 결과, 60 Hz 대역은 기준(4,167 V/m)의 0.2% 수준이나, 30 kHz 대역에서는 기준(87 V/m)을 초과하고 있다. 자기장 강도도 60 Hz 대역에서는 기준(833 mG)의 0.2% 수준이나, 30 kHz 대역은 기준(62.5 mG)의 64%로 노출지수가 매우 높은 수준으로 나타났다. 따라서, 기본적으로 주파수 대역(5 Hz ~ 32 kHz)을 확인, 최대 전자파가 발생하는 주파수를 선정하고 해당 주파수 대역에서 재측정하는 방법을 제안한다.

표 4-39. 인덕션 레인지 거리별 전자기장 측정 결과(60Hz)

거리	30	10	0	0	0	10	30
30				1.067			
10				4.322			
0				5.881			
0	1.854	10.203	10.020	E(60Hz)	4.761	4.867	1.453
0				10.543			
10				10.467			
30				2.997			

인덕션 레인지 전기장강도 측정값(60Hz)

거리	30	10	0	0	0	10	30
30				0.762			
10				1.392			
0				1.685			
0	0.230	0.970	2.090	H(60Hz)	1.800	0.987	0.310
0				1.035			
10				0.981			
30				0.638			

인덕션 레인지 자기장강도 측정값(60Hz)

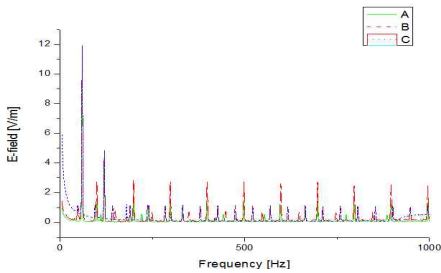
표 4-40. 인덕션 레인지 거리별 전자기장 측정 결과(30kHz)

거리	30	10	0	0	0	10	30
30				65.346			
10				163.28			
0				156.94			
0	97.224	248.03	223.56	E(30kHz)	189.97	173.69	49.271
0				53.880			
10				48.431			
30				28.140			

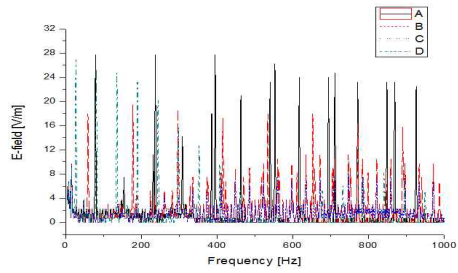
인덕션 레인지 전기장 측정값(30kHz)

거리	30	10	0	0	0	10	30
30				24.510			
10				39.879			
0				38.057			
0	4.701	20.918	37.026	H(30kHz)	35.023	19.447	5.814
0				18.342			
10				18.274			
30				8.810			

인덕션 레인지 자기장 측정값(30kHz)



저주파 안마기(A사) 측정 결과



저주파 안마기(B사) 측정 결과

* A : 지압, B : 주무름, C : 두드림, D : 마사지

그림 4-64. 저주파 안마기 주파수 스펙트럼 측정 결과

IEC 기준은 밀착과 30 cm 이격거리를 측정 거리로 규정하나, 실 사용 환경을 충분히 고려된 것으로 보기 어렵다. 거의 모든 제품에서 측정 거리가 멀어질수록 전자파 강도는 급격히 낮아 지기 때문에 거리별 측정은 불필요하며 측정(이격) 거리가 매우 중요하다. 또한, IEC 측정 기준인 30 cm를 측정거리로 했을 경우, 기준값을 초과하는 사례가 거의 없기 때문에 측정(혹은 규제)에 대한 실효성이 낮고 이번 연구 결과, 인덕션 레인지의 경우 30 kHz 대역에서 30 cm 이격 시 기준에 만족(한 면 제외)하나 밀착, 10 cm 이격 시 기준값을 초과하였다. 특히 인덕션 레인지는 식사 중 사용(음식 데움 등) 시 근거리에서 노출되는 상황이 빈번하므로 측정 거리 재조정 필요하다. 기기별로 이러한 상황들은 매우 다양하고 복잡하므로 측정 거리에 대한 결정은 측정 대상이 결정된 후에 제품별로 실 사용 환경이나 동작 조건 등을 면밀히 검토하여 결정해야 할 필요가 있다.

전기 면도기(A사) 거리별 측정 결과 전기 면도기(B사) 거리별 측정 결과
그림 4-65. 전기 면도기 거리별 전기장 측정 결과

본 연구를 통해 가전기기 전자파 노출량 측정기준에 대한 주요 검토 내용을 요약하면, 측정 지점은 전자파 최대 지점에서 평가해야 하므로 현행 국제 기준에서 규정하는 중앙의 1개 지점을 중앙과 4개 모서리(총 5개 지점)로 확대해야하며, 60 Hz 외 주파수에 대해서는 최대 전자파 발생 주파수에서 평가해야 하기 때문에 주파수 대역(스펙트럼) 확인 후 전자파 최대 발생 주파수에서 재측정한다. 또한, 측정 거리는 대상 기기가 확정된 후 기기별 실 사용 환경에 대한 충분히 검토 후에 신중히 결정해야할 것으로 생각한다. 이러한 내용을 담아 가전기기 전자파 강도 측정기준안을 마련하였다.

가전기기 전자파강도 측정기준(안)

1. 이 측정방법은 전파법 제47조의2 제x항에 따라 전자파강도를 측정하여 보고하여야 하는 가전기기에 대한 전자파강도 측정절차를 규정하는 것을 목적으로 한다.

2. 이 별표에서 사용하는 용어의 정의는 다음 각호와 같다.

가. “측정 거리”라 함은 기기 표면에서 프로브 표면 가장 가까운 점까지의 최단 거리를 말한다.

나. “사방”이라 함은 프로브가 사람이 예상할 수 있는 기기 표면 일정 거리의 기기 사방을 말한다.

다. “상단”이라 함은 프로브는 기기의 상단 표면에서 지정된 일정한 거리만큼 떨어진 특정 표면을 따라 움직일 때의 상단을 말한다.

라. “정면”이라 함은 프로브는 기기 정면에서 지정된 거리만큼 떨어진 특정 표면을 따라 움직일 때의 정면을 말한다.

마. “노출지수”라 함은 전자파인체보호기준 상의 전기장강도(또는 자기장강도) 기준값과 측정값의 비의 제곱 또는 전력밀도 기준값과 측정값의 비를 말한다. 기준값은 측정주파수 대역폭 내의 가장 낮은 값을 사용한다.

$$\text{노출지수} = (\text{전기장강도 측정값} / \text{전기장강도 기준값})^2$$

$$\text{또는 노출지수} = (\text{자기장강도 측정값} / \text{자기장강도 기준값})^2$$

$$\text{또는 노출지수} = \text{전력밀도 측정값} / \text{전력밀도 기준값}$$

바. “총 노출지수”라 함은 측정지점에서 다중 주파수 노출이 있는 경우 각 무선국의 해당 주파수 신호에 대한 노출지수의 합을 말한다.

$$\text{총 노출지수} = \sum_{i=1}^M (\text{노출지수})_i$$

여기서, $(\text{노출지수})_i$: i 번째 무선국 신호에 대한 노출지수

M : 각기 다른 주파수대역을 사용하는 무선국의 개수

3. 적용범위 : 이 별표는 미래창조과학부 고시 제201x-x호 “전자파강도 및 전자파흡수율 측정대상 기자재”에 해당하는 가전기기에 적용한다.

4. 측정기기

가. 일반사항 : 측정기기는 다음 1세목부터 4세목의 조건을 만족하여야 한다.

- 1) 측정기기는 충분한 동작범위와 주파수대역을 가져야 한다.
- 2) 측정기기와 전원선 및 연결 케이블은 적절히 차폐되고 외부 전자기장의 영향을 받지 않아야 한다.
- 3) 저주파수대역 측정기기는 내장된 전원으로 동작해야 하며, 전원의 재충전이나 교체 없이 8시간 이상 연속동작이 가능해야 한다.
- 4) 측정기기는 전기장과 자기장 성분의 실효값과 첨두값을 측정할 수 있어야 한다.

나. 프로브

- 1) 프로브의 외부 지름은 13 cm를 초과해서는 안 된다.
- 2) 측정 프로브는 편파에 상관없이 측정이 가능한 등방성 프로브이어야 한다. 단, 적절한 총합법 등을 활용하여 경우 단축 프로브를 사용할 수도 있다.
- 3) 프로브 동작영역의 최소값은 0.05 V/m 이하, 최대값이 100 V/m 이상이어야 한다.
- 4) 프로브의 등방성 특성은 ± 2.5 dB 이내이어야 한다.
- 5) 프로브 고정용 지지대는 낮은 유전체 손실 탄젠트($\tan\delta \leq 0.05$)와 낮은 상대 유전율($\epsilon_r \leq 5.0$) 값을 가져야 한다.

5. 측정 방법

가. 일반 사항

- 1) 적합성 평가를 위해서는 전기장과 자기장 모두 측정하여야 한다.
- 2) 측정 신호는 주파수에 따라서 평가해야 한다. 독립적인 전자파 발생원을 고려하여 최고 측정값을 취해야 한다.
- 3) 측정 장비의 최대 잡음 레벨은 한계치의 5% 이하여야 한다. 최대 잡음 레벨 미만의 측정값은 모두 무시한다.
- 4) 배경 레벨은 한계치의 5% 미만이어야 한다.

- 5) 최종 값의 90%에 도달하는데 걸리는 측정 장비의 응답 시간은 1 s를 초과하지 않아야 한다.
- 6) 10 Hz - 400 kHz 신호에서 주기 1s 이상 동안 발생원이 일정한 상태를 보인다면 더 짧은 샘플링 시간을 사용할 수도 있다.
- 7) 측정하는 동안 프로브는 고정되어 있어야 한다.

나. 측정 거리, 프로브 위치, 동작 조건은 다음 1세목부터 10세목의 조건을 만족하여야 한다.

- 1) 기기는 통상 사용시와 같이 배치한다.
- 2) 대상 가전기기별 측정 거리, 프로브 위치, 측정 지점 및 동작 조건은 별지 1의 조건에 따른다.
- 3) 별지 1에 열거되어 있지 않거나, 이와 다른 경우에는 인체 두부와 몸통의 중앙 신경계 조직에 영향이 미치지 않도록 동작 조건, 측정 거리 및 프로브 위치를 정한다. 만약 사용 설명서에 명확하게 동작 조건, 설치 및 조작 위치가 정해져 있으면 그 조건에서 측정을 실시한다.
- 4) 기기의 동작 조건이 별지 1에서 별도의 규정이 없는 경우 제어 장치를 최고 설정으로 조정한다.
- 5) 기기 동작 시간은 규정하지 않지만, 시험 전에 통상 사용시의 동작 조건을 대표할 수 있을 정도로 충분한 시간 동안 기기를 동작시킨다.
- 6) 측정은 주변온도 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 에서 실시한다.

- 7) 측정 거리는 인체 부위와 접촉한 상태로 사용하는 기기의 경우 밀착하여 측정하고 그 밖의 기기는 30 cm를 이격하여 측정한다.
- 8) 프로브 위치는 인체 부위와 접촉한 상태로 사용하는 기기의 경우 사용자를 향하도록(접촉면)하고, 이동할 수 없는 대형기기는 그림 1과 같이 정면(조작 면)과 사람이 접근할 수 있는 측면에, 그 밖의 기기는 그림 2와 같이 사방에 프로브를 위치한다.
- 9) 측정 지점은 각 측정 위치에서 기기의 중앙을 포함하여 4개의 모서리로 선정한다. 단, 프로브의 크기를 고려하여 별지 1의 규정에 따른다.

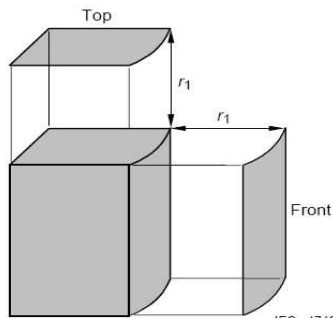


그림1. 측정 위치(상단,정면)

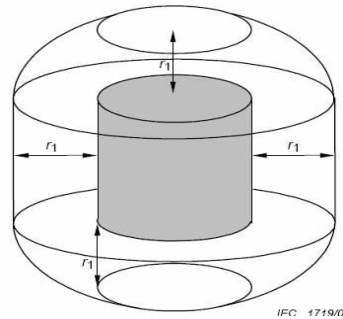


그림2. 측정 위치(사방)

- 10) 다기능 기기의 경우에는 기기를 내부적으로 변경하지 않고 시험할 수 있다면 각 기능을 개별적으로 동작시켜 시험해야 한다. 각 기능을 개별적으로 동작시켜 시험하는 것이 실질적이지 못하거나, 또는 개별 기능을 분리하면 장비가 주 기능을 이행할 수 없는 기기의 경우에는 동작에 필요한 최소 기능으로 기기를 동작해야 한다.
- 11) 배터리 동작형 기기는 전원에 연결할 수 있다면, 각각에 허용된 모드에서 동작시켜 시험해야 한다. 배터리로 전원을 공급하여 동작할 경우에는 시험에 앞서 배터리를 충분히 충전해야 한다.

6. 측정 절차

가. 측정 절차는 다음 각 세목의 순서를 따른다.

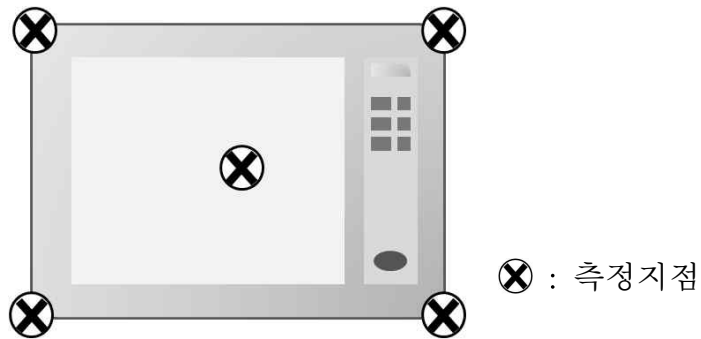
- 1) 측정 기기의 적합 여부를 확인한다.
- 2) 제5호 나목 7세목에 따라 측정 기기를 가전기기 정면으로부터 별지 1의 가전기기별 측정 거리에 배치한다.
- 3) 프로브의 높이를 가전기기 중심에 위치한다.
- 4) 수신기를 다음과 같이 조정한다.

가) 수신기의 측정 주파수를 5 Hz ~ 32 kHz 로 조정한다. 단, 기기에 사용 주파수가 정확히 명시된 경우에는 측정 주파수 대역을 조정할 수 있다.

나) 검파 모드는 실효값을 측정할 수 있게 조정한다.

다) Trace 형식은 최대값을 확인할 수 있게 Max Hold로 조정한다.

- 5) 4세목의 주파수 대역에서 전자파 강도를 측정하여 측정값이 가장 높게 나타나는 주파수를 수신기의 측정 주파수로 조정한다.
- 6) 제5호 나목 9세목의 각 측정 지점에서 전자파 강도를 측정하여 가장 높은 값을 측정 결과서에 기록한다.



< 그림 3. 측정 지점 >

- 7) 별지 1의 프로브 위치별로 4세목에서 6세목의 과정을 반복한다.
- 8) 7세목에 따라 측정된 중 최대값을 측정값으로 하여 노출지수를 구하고 그 결과를 기록한다.

7. 측정 결과서 작성 : 제6호의 측정절차에 따라 측정한 결과를 별지 2호 서식인 측정 결과서에 기록하여야 한다.

부 칙

이 고시는 20xx년 xx월 xx일부터 시행한다.

[별지 제1호] 가전기기 전자파강도 측정 거리, 프로브 위치 및 동작 조건

기기 유형	측정 거리 r_1	센서 위치	동작 조건
공기 청정기	30 cm	사방	연속으로
에어컨	30 cm	사방	냉각 모드 : 최저 온도 설정값과 주변온도는 (30±5) °C이다. 가열 모드 : 최고 온도 설정값과 주변온도는 (15±5) °C이다. 주변온도는 실내 장치로 들어가는 공기량 온도로 정한다.
배터리 충전기 (유도 충전기 포함)	30 cm	사방	제조자가 명시한 최고 용량을 갖는 빈 축전기를 충전하는 동안
음료 제조기	30 cm	사방	연속으로, 무부하
담요	0 cm	상단	단열판 위에 펼쳐 놓음
혼합기	30 cm	사방	연속으로, 무부하
레몬즙 압착기	30 cm	사방	연속으로, 무부하
시계	30 cm	사방	연속으로
커피 제조기	30 cm	사방	IEC 60335-2-15의 3.1.9항에 따름
커피 분쇄기	30 cm	사방	IEC 60335-2-14의 3.1.9.108항에 따름
대류식 난방기	30 cm	사방	최대 출력으로
튀김기	30 cm	사방	IEC 60335-2-13의 3.1.9항에 따름
치위생기	0 cm	사방	IEC 60335-2-52의 3.1.9항에 따름
탈모제	0 cm	날 가까이	연속으로, 무부하
식기세척기	30 cm	상단, 정면	물이 있고 식기가 없을 때 세척 모드에서, 건조 모드에서(적용 가능한 경우)
계란찜기	30 cm	사방	IEC 60335-2-15의 3.1.9항에 따름
안면 사우나기	10 cm	상단	연속으로
선풍기	30 cm	사방	연속으로
온풍기	30 cm	사방	연속으로, 최대 열 설정
바닥 광택기	30 cm	사방	광택 솔에 기계적 하중 없이 연속으로
음식물 처리기	30 cm	사방	부하 없이 연속으로, 최대 속도 설정
음식 보온고	30 cm	사방	부하 없이 연속으로, 최대 열 설정
발 난로	30 cm	상단	부하 없이 연속으로, 최대 열 설정
가스 점화장치	30 cm	사방	연속으로
그릴	30 cm	사방	부하 없이 연속으로, 최대 열 설정
이발기	0 cm	이발기 가까이	부하 없이 연속으로
헤어 드라이기	10 cm	사방	연속으로, 최대 열 설정
온열 매트	30 cm	상단	단열 판 위에 펼쳐 놓음
전기 매트류			별지 1-1호 참조

기기 유형	측정 거리 r_1	센서 위치	동작 조건
전기레인지 (호브)	30 cm	상단, 정면	각 전열장치를 개별적으로 최대 설정으로 하여 IEC 60335-2-6의 3.1.9항에 따름
아이스크림 제조기	30 cm	사방	부하 없이 연속으로, 최대 냉각 설정
투입식 전열기	30 cm	사방	전열 소자를 완전히 담금
유도 전기 레인지 (고정식)			별지 1-2호 참조
유도 전기 레인지 (휴대용)	30 cm	사방	철제 법랑에 물을 절반 채우고 최대 열 설정
다리미	30 cm	사방	IEC 60335-2-3의 3.1.9항에 따름
다림기계	30 cm	사방	IEC 60335-2-3의 3.1.9항에 따름
착즙기	30 cm	사방	부하 없이 연속으로
주전자	30 cm	사방	물을 반 채움
부엌용 저울	30 cm	사방	부하 없이 연속으로
칼	30 cm	사방	부하 없이 연속으로
부엌용 기계와 슬라이서	30 cm	사방	부하 없이 연속으로, 최대 속도 설정
안마기	0 cm	안마기 헤드 가까이	부하 없이 연속으로, 최대 속도 설정
전자레인지 (RF 부분은 IEC 60335-2-25에서 다룬다)	30 cm	사방	마이크로파 세기를 최대로 연속. 적용 가능한 경우, 기존의 전열 소자는 최대 설정으로 동시에 동작시킨다. 부하는 수돗물 1리터이며, 선반 중심에 놓는다. 물 용기는 유리나 플라스틱 등 비도전성 물질로 만들어야 한다.
믹서기	30 cm	사방	부하 없이 연속으로, 최대 속도 설정
유입식 라디에이터	30 cm	사방	연속으로, 최대 열 설정
오븐	30 cm	상단, 정면	도어를 닫은 채 오븐을 비운다. 온도 조절기를 최고 설정으로 한다. 세척 모드(적용 가능한 경우)에서는 사용 설명서를 따른다.
레인지	30 cm	상단, 정면	각 기능을 개별적으로
레인지 후드	30 cm	하단, 정면	제어장치를 최대 설정에서 놓는다.
냉장기기	30 cm	상단, 정면	도어를 닫은 채 연속. 온도 조절기는 최대 냉각으로 조정한다. 내부를 비운다. 정상 상태에 도달한 후, 모든 격실이 능동 냉각 상태에 있을 때 측정을 실시한다.
전기밥솥	30 cm	사방	물을 반 채운다. 최대 열 설정
전기면도기	0 cm	면도기 가까이	부하 없이 연속으로
가습기	30 cm	사방	물을 절반 채운다. 최대 설정

기기 유형	측정 거리 r_1	센서 위치	동작 조건
슬라이서	30 cm	사방	부하 없이 연속으로, 최대 속도 설정
일광욕실	내부 0 cm, 외부 30 cm	정면	연속으로, 최대 설정
회전 추출기	30 cm	상단, 정면	부하 없이 연속으로
축열식 온풍기	30 cm	사방	연속으로, 최대 열 설정
차 제조기	30 cm	사방	부하 없이 연속으로
토스터기	30 cm	사방	부하 없이, 최대 열 설정
공구(휴대용)	30 cm	사방(같은 면이 항상 사용자 쪽을 향하지 않는다면)	모든 설정값 (예: 부하 없이 속도를 최대로 설정)
공구(수작업용)	30 cm	사방(같은 면이 항상 사용자 쪽을 향하지 않는다면)	모든 설정값 (예: 부하 없이 속도를 최대로 설정)
공구(운반가능)	30 cm	사용자 쪽을 향하여 상단과 정면	모든 설정값 (예: 부하 없이 속도를 최대로 설정)
전열 소자가 있는 공구	30 cm	사방(같은 면이 항상 사용자 쪽을 향하지 않는다면)	최대 온도 설정, 글루스틱이 사용 위치에 놓인 글루건
완구용 변압기	30 cm	사방	연속으로
트랙 세트: 전기/전자 제어기	30 cm	사방	연속으로
세탁건조기	30 cm	상단, 정면	건조 모드에서 직물 재료는 건조 조건에서 치수가 약 0.7 m x 0.7 m이고 질량이 140 g/m ² - 175 g/m ² 인, 미리 세탁한 이중 옷단면 시트 형태이다.
진공청소기 (휴대용)	30 cm	사방	IEC 60335-2-2의 3.1.9항에 따름
진공청소기, (몸체 삼각형)	0 cm	사방, 사용자 쪽을 향하여	IEC 60335-2-2의 3.1.9항에 따름
진공청소기, (기타)	30 cm	사방	IEC 60335-2-2의 3.1.9항에 따름
건조기가 결합된 세탁기	30 cm	상단, 정면	직물 없이, 최고 속도 회전 모드에서
물침대용 전열기	10 cm	상단	단열 판 위에 펼쳐 놓음
온수기	30 cm	사방	물이 흐르는 상태에서 제어장치를 최대로 설정
월폴록조	내부 0 cm, 외부 30 cm	사방	연속으로

[별지 제1-1호] 전기 매트류 시험 조건

1. 전기 매트류라 함은 전기침대, 전기요, 전기장판, 전열보드, 전기카펫, 전기뜸질기 및 온수 매트 등 온도를 제어하는 컨트롤부로부터 매트 형태에 열을 전달하는 기능 및 그와 유사한 기능을 갖춘 모든 기기를 의미한다.
2. 전기 매트류는 매트를 포함하여 온도를 제어하는 컨트롤부까지 전기장과 자기장을 모두 측정한다.
3. 측정 거리 및 측정 지점
 - 가. 매트 의 경우 프로브의 표면과 제품의 바닥면으로부터 0 cm를 이격하여 제품의 중앙, 좌상, 우상, 좌하, 우하 지점 및 컨트롤부와 연결되어 있는 접속기 상단 (그림 2-1 참조)에서 측정한다.
 - 나. 온도조절기 혹은 온수 보일러 등과 같은 컨트롤부는 전면, 후면, 좌측면, 우측면 및 상단까지 사방을 측정 위치로 한다.
4. 동작 모드
 - 가. 사용자가 통상적으로 사용하는 방법으로 제품을 펼쳐서 설치하고, 사용 설명서를 참고하여 컨트롤부에서 온도 설정을 최대로 조절한 후 연속으로 동작한다.
 - 나. 컨트롤부에서 자동 온도 설정 기능 등으로 기기 동작이 정지된 경우에는 측정을 하지 않는다.
 - 다. 컨트롤부는 기기 설명서에 명시하지 않은 한, 접속기 위치로부터 1m 거리를 이격하여 시험한다.

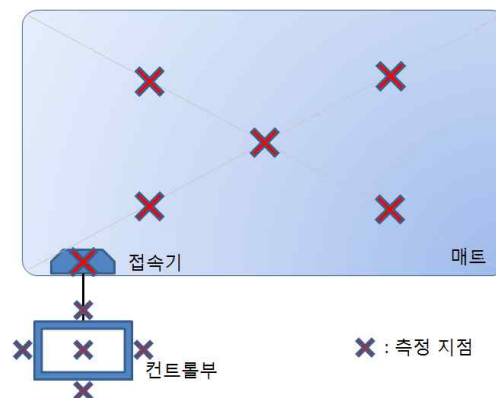


그림 2-1. 전기 매트류 측정 지점

[별지 제1-2호] 유도 전기 레인지(고정식)

1. 유도 전기 레인지라 함은 인덕션 쿠키, 인덕션 레인지, 스마트 레인지 등 IH(Induction Heating) 방식을 이용하여 냄비, 후라이팬 등 조리기기에 열을 발생 시킴으로써 음식을 조리할 수 있는 모든 기기를 포함한다.
2. 측정 거리
 - 가. 기기 가장자리에서 센서 표면까지 30 cm 떨어진 위치에서 수직선(A, B, C, D)을 따라 각 조리구(cooking zone)를 측정한다(그림 3-1 참조). 측정은 조리구의 1 m 위 부분과 그 아래 0.5 m에서 실시한다. 기기가 벽면에 기대어 사용하도록 설계된 것이라면, 기기 뒷면(선 D)에서는 측정하지 않는다.
3. 동작 모드
 - 가. 수돗물을 대략 반쯤 채운 에나멜을 칠한 스틸 조리 용기를, 측정할 조리구의 한 가운데에 놓는다.
 - 나. 사용 설명서에서 권고한 가장 작은 용기를 사용한다. 권고하지 않은 경우에는 표시된 조리구를 덮는 가장 작은 표준 용기를 사용한다. 표준 조리용기의 밑면 지름은 110 mm, 145 mm, 180 mm, 210 mm, 300 mm이다.
 - 다. 유도 전열 장치를 번갈아 동작시킨다. 이때 다른 조리구는 덮지 않는다.
 - 라. 에너지 조절기 설정값을 최대로 설정한다.
 - 마. 안정적인 동작 조건에 이른 후, 측정을 실시한다.
 - 바. 안정적인 조건에 이르지 않을 경우에는, 자기장 발생원에서 최대값에 도달하기에 적합한 관찰시간(예: 30초)을 정해야 한다.
 - 사. 유도 전열 장치에 전력이 나뉘지므로 각 전열 장치를 개별적으로 동작시킬 때 최고 자기장 및 연속 자기장을 얻는다.

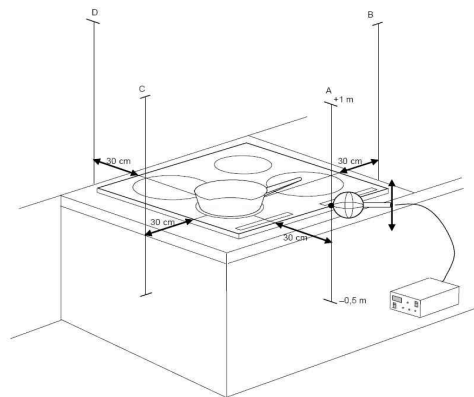


그림 3-1. 유도 전기 레인지 측정 지점

[별지 제2호] 가전기기 전자파강도 측정 결과서

가전기기 전자파강도 측정 결과서					
기기 정보	제품명				
	제조사				
	모델명				
	제품정격	예) AC 220V 60Hz 240W			
측정 조건	측정일	년 월 일			
	측정시간	시 분 ~ 시 분			
	온도/습도	°C / %			
	기타 참고사항				
측정 기기		수신기		프로브	
	모델명				
	제조사				
	주파수 대역	~		~	
	교정일자	년 월 일		년 월 일	
측정 결과 * 별지 사용 가능	측정 주파수 대역				
	측정위치	전기장	자기장	비고	시험결과
	전면				예) 적합
	좌측면				
	우측면				
	후면				
	상면				
적합 여부	구분	전기장 강도(V/m)		자기장 강도(mG)	
	인체보호기준값				
	측정 최대값				
	노출 지수*				
	최종 적합 여부				
작성 일자 : 년 월 일					
측정 기관 :					
측 정 자 : (서명 또는 인)					
작 성 자 : (서명 또는 인)					

* 노출지수가 1 미만인 경우, 적합

제 5 장 직업인 전자파 측정 사례 및 결과

제 1 절 직업인 전자파 측정 사례

1. 사무환경 측정(핀란드) [14]

핀란드 연구진은 사무환경의 ELF(Extremely Low Frequency) 전자파에 의한 직업인의 노출 실태를 파악하기 위한 측정을 시행하였고, 그 결과는 2012년 전자기장 연구 심포지엄에서 발표하였다.

핀란드 연구진이 사용한 측정장비는 ELF를 측정할 수 있는 Holaday HI-3604와 Wandel&Golterman EFA-3를 사용하였다. 장비의 정확도는 각각 $\pm 10\%$ 와 $\pm 5\%$ 이다. 연구진은 이 장비들을 이용하여 그림 5-1과 같이 사무환경 자체의 전자파를 우선 측정하고, 사무환경 내에 설치된 전기시설 및 각종 전기·전자 장비에서 방출되는 ELF 전자파를 측정하였다. 측정된 사무실은 110 kV 변전소로부터 전기를 받도록 되어 있는 사무환경이다.



(a) Holaday HI-3604



(b) Wandel&Golterman EFA-3

그림 5-1. 핀란드 연구진 사무환경 측정시스템



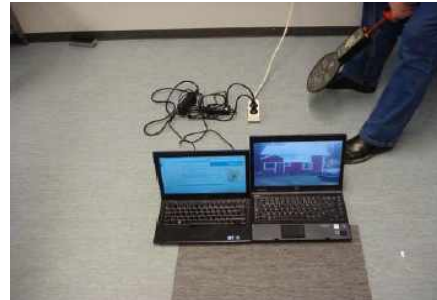
(a) 휴대전화 주변 측정



(b) 전력선 주변 측정



(a) 스마트패드 주변 측정



(b) 노트북과 전기선 주변 측정

그림 5-2. 핀란드 연구진이 수행한 사무환경 측정 모습

연구진이 측정한 결과는 사무환경 자체에 기본적으로 존재하는 ELF 전기장 강도는 2 - 25 V/m로 측정되었다. 이는 사무실 내에 4개 지점을 임의로 선택하여 측정된 결과이다. 연구진은 사무환경 내에 존재하는 각종 전기·전자기기 표면에 접촉하거나 일정 거리를 이격시켜 전기장 강도를 측정하였다. 핀란드의 사무환경 측정에서 가장 높은 전기장 강도가 측정된 전기 기기는 램프 표면에서 측정 때의 조명기기이며, 측정값은 최대 1,000 V/m를 나타냈다. 그러나 다른 조명기기의 표면에서 측정했을 때는 400 V/m가 측정되어 기기마다 측정결과의 차이가 크게 나타났다. 또한, 측정위치를 조명기기의 램프로부터 50 cm 이격시켰을 때는 최대 30 V/m가 측정되어 표면에서 측정된 결과에 비해 3% 정도의 낮은 결과를 보여 사무환경 조명 기기에 대해 민감하게 평가할만한 수치는 아니었다. 일반 사무환경에서 가장 많이 사용하는 전기기기인 PC의 경우, 전원부 표면에서 측정하였을 때, 100 - 200 V/m의 결과를 보였다. 다른 전기기기에 비해 다소 높은 편이라고 할 수 있다. 눈여겨 볼 것은 태블릿PC의 측정 결과이다. 사무환경에서 사용하고 있는 태블릿PC를 실제 사용 패턴에 따라 사용했을 때, 표면에서 측정된 결과는

500 - 1,000 V/m가 측정되어 다른 기기에 비해 비교적 높게 나타났다. 반면, 20 cm 이격시켰을 때는 동일 사용환경에서 40 - 55 V/m로 1/10 이상 감소하였다. PC 전원부에서 측정된 결과보다도 태블릿PC에서 측정된 결과가 높은 것에 주의 깊게 살펴볼 필요가 있을 것으로 보인다. 핀란드 연구진이 사무환경에서 측정한 각종 전기·전자기기에 대한 측정 결과는 표 5-1에 정리하였다.

모든 결과는 ICNIRP에서 제시하고 있는 ELF 가이드라인 5,000 V/m(일반인 기준)에 미치지 않는 것으로 나타났다. 또한, 각 결과에서 볼 수 있듯이 일정 거리 이상 이격시켰을 때 전기장 강도는 크게 감소하는 것을 알 수 있다. 따라서, 사무환경에서 근무하는 직업인들은 가능한 전기·전자기기로부터 일정 거리 이상 이격한 상태에서 근무하는 것이 전자파 영향을 최소화할 수 있는 방법이다.

표 5-1 핀란드 연구진의 사무환경 측정결과

측정기기	측정위치	전기장 강도 V/m]
ICNIRP 일반인 가이드라인	-	5,000
사무실(Background)	사무실 내(4지점)	2 - 25
조명(Spot light) #1	램프 표면	1,000
조명(Spot light) #1	50 cm	30
조명(Spot light) #2	표면	400
커피메이커	표면	10 - 20
PC(전원부)	표면	100 - 200
전원 플러그 230V/50Hz	표면	170
UPS	표면	300
UPS	1 m	5
스피커(PC 연결 사용)	표면	250
MP3 플레이어	20 cm	11 - 30
히팅 라디에이터(1.6 kW)	20 cm	2 - 13
휴대전화	표면	50 - 100
휴대전화	20 cm	2 - 6
태블릿PC	표면	500 - 1,000
태블릿PC	20 cm	40 - 55
휴대전화 충전기	표면	50 - 60
충전기(카메라, 태블릿PC 등)	20 cm	1 - 50
믹서기	20 cm	50 - 100
전자레인지	20 cm	4 - 6
전기포트	20 cm	12 - 30

2. FM 방송국의 직업인 측정 [15]

라디오 또는 TV 방송국은 경우에 따라서 수백 kW에 달하는 강력한 고주파를 방출원으로 알려져 있다. 우리나라에서도 방송국 주변에는 안전 펜스를 설치하는 등 일반인의 접근을 제한하고 있다. 이런 방송국의 안테나 설치, 유지·보수 등의 업무를 담당하는 직업인들은 일반인 뿐만 아니라 다른 직업인에 비해 높은 전자파에 노출될 가능성이 높다. 더욱이, 방송국 안테나 및 송신기의 설치, 유지·보수를 위해 해당 직업인이 방송국 철탑에 올라 업무를 수행하는 동안 방송을 중단할 수 없기에 이들은 직업적으로 강력한 전자파에 상시 노출된다고 볼 수 있다.

슬로베니아 연구진은 총 20 kW 급 송출 전력을 갖는 FM 방송국에서 직업인의 전자파 노출을 측정하기 위해 해부학적으로 인간의 특성에 가깝게 만든 인체 모형을 방송국 안테나에 근접하게 띄어 방송국의 유지·보수 업무를 담당하는 직업인의 전자파 노출 환경과 유사한 상태로 만들고, 전자파 강도와 전자파 인체 흡수율 등을 측정하였다. 연구진은 95.3 MHz에서 10 kW의 송출 전력을 갖는 FM 송신기와 각 5 kW 송출 전력을 갖는 88.6 MHz, 92.9 MHz, 105.7 MHz FM 송신기 및 791.25 MHz UHF 송신기 등이 설치된 총 25 kW 급 방송국을 측정 대상으로 선정하였다. 측정은 인체 모형에 광대역 측정기를 설치하여 송출 시스템에 근접하게 위치하도록 하여 전기장 강도(RMS 값)을 측정하였으며, 방송국 철탑의 높이를 달리하여 총 16지점을 선정하였다.

광대역 측정 시스템은 Wandel & Golterman ERM 300과 Narda Type 8.2 E Field 프로브를 사용하였다. 측정 시스템의 확장 불확정도는 0.2 - 3,000 MHz 주파수 범위에서 ± 3.38 dB를 갖는다. 측정하는 동안 인체 모형으로부터의 영향을 최소화하기 위해 인체 모형 몸체와 가능한 멀리 이격시키기 위해 인체 모형의 팔을 길게 만들고 그 끝에 측정 시스템을 설치하였다. 전자파 측정은 6분동안 측정한 결과의 평균값으로 구하지만 인체 모형을 띄워 FM 방송국 측정을 수행하는 현실적인 한계로 인해 1분간 측정 결과 중 최대값을 선택했다. 연구진은 광대역 측정 외에 주파수 선택 측정(협대역 측정)도 수행하였다. 이를 위해

이탈리아 Clampco 사의 EMSAP2000 바이코니컬 안테나(biconical antenna)와 미국 Anritsu 사의 MS 2711 스펙트럼 분석기 결합한 측정 시스템을 구성하였다. 이 시스템의 확장 불확정도는 ± 4.5 dB이다. 측정 결과의 수치해석을 위해 FDTD(Finite Difference Time-Domain) 방법을 적용하였다.



(a) Wandel & Goltermann EMR 300



(b) Anritsu MS 2711 /
Clampco EMSAP2000

그림 5-3. 슬로베니아 연구진 측정시스템

측정 대상인 FM 방송국 송신탑은 최대 32.2 m의 높이에 안테나 시설이 설치되어 있고 그림 5-4와 같이 4개의 다이폴 안테나가 어레이(array)로 구성되어 있다. 이 4-다이폴 안테나는 총 28개가 배치되어 있다. 안테나들은 3 m 간격으로 총 8개 층에 걸쳐 분포되어 있다.

측정 대상은 안테나의 설치, 유지·보수 등의 업무를 수행하는 직업인 이기에 인체 모형 모델은 키 174 cm, 몸무게 70 kg을 갖는 34세의 남성의 표준 모형을 선택하였다. 인체 모형은 그림 5-5에서 보는 바와 같이 FM 송신 안테나가 설치된 방송국 송신탑 중간에 위치시켜 측정했다. 인체 모형의 위치는 실제 직업인의 작업 환경을 가정하여 송신 안테나의 높이 및 위치에 따라 그림 5-6과 같이 총 16지점에 배치하여 측정하였다.



그림 5-4. 슬로베니아의 FM 방송국에 설치된 4-다이폴 안테나 구성



그림 5-5. FM 방송국의 직업인 노출한 인체 모형

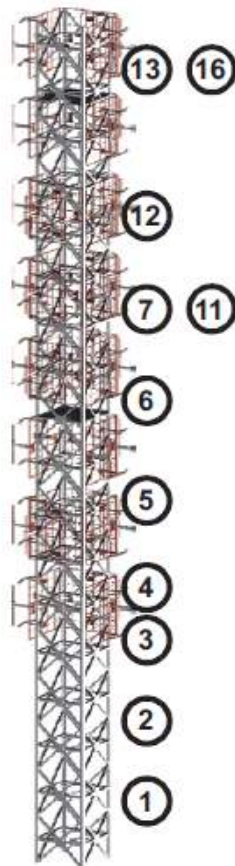


그림 5-6 FM 방송국의 직업인 노출을 측정하기 위해 측정지점(16지점)

슬로베니아 연구진이 수행한 FM 방송국의 직업인 노출에 대한 각 측정지점의 광대역 측정에 의한 전기장 강도 측정 결과는 표 5-2에 정리하였다. 안테나가 설치되어 있지 않은 송신탑 아래쪽 위치인 ①, ② 위치가 상대적으로 낮은 전기장 강도 결과를 보였고, 실제 직업인의 작업 위치를 가정한 ③ - ⑬ 위치의 결과는 안테나가 없는 위치보다는 당연히 높은 결과를 보였다. 가장 높은 전기장 강도 측정값을 보인 위치는 FM 방송국 송신탑의 제일 높은 곳에 설치된 30 m에 있는 스플리터(splitter)에 근접하여 측정했을 때로 600 V/m를 나타냈다. 동일 높이에서 스플리터로부터 멀리 떨어질수록 전기장 강도는 낮아졌다. 따라서 직업인이 스플리터 등 송신기기 및 부품을 교체하기 위해 송신 장비에 근접했을 때 가장 큰 전자파 영향을 받는 것을 알 수 있으며, 송신 장비로부터 50 cm 정도만 이격되더라도 영향을 받는 전기장 강도 값은 절반 이상 감소하게 된다.

표 5-2. FM 방송국 송신탑의 광대역 전자파 측정 결과

측정위치	높이 [m]	전기장 강도 [V/m]	비고
①	2.5	30	송신탑 내부 공간의 중간
②	5.5	51	송신탑 내부 공간의 중간
③	8.5	75	송신탑 내부 공간의 중간
④	10.5	146	송신탑 내부 공간의 중간
⑤	14.0	140	송신탑 내부 공간의 중간
⑥	17.5	100	안테나 시설 연결지점
⑦	21.0	150	안테나 블록 연결 공간 중간
⑧		400	스플리터로부터 0 m
⑨		350	스플리터로부터 0.2 m
⑩		200	스플리터로부터 0.5 m
⑪		140	스플리터로부터 1 m
⑫	24.5	200	송신탑 내부 공간의 중간
⑬	30.0	175	송신탑 최상지점
⑭		600	스플리터로부터 0 m
⑮		222	스플리터로부터 0.2 m
⑯		200	스플리터로부터 0.5 m

※ 측정위치 번호(① - ⑯)은 그림 5-6에 표시된 측정지점 위치 번호를 의미

슬로베니아 연구진은 광대역 전자파 측정과 별도로 주파수를 선택하여 측정하는 협대역 측정도 수행하였다. 협대역 측정은 방송국 송신탑이 설치된 지상으로부터 1 m 위치와 가장 높은 위치인 30 m 높이(㉓ 위치) 2곳에서 측정되었다. 지상으로부터 1 m 높이에서 측정된 광대역 측정 결과는 13.4 V/m였으나, FM 및 UHF 주파수별로 측정한 협대역 측정은 광대역 측정 결과보다 낮은 결과를 보였으며, FM 방송 신호의 전기장 강도가 UHF 보다 높게 측정되었다. 30 m에서는 광대역 측정 결과가 75 V/m였으며, 지상 1 m에서 측정했던 결과와 같이 FM 주파수가 UHF 주파수보다 높은 전기장 강도를 보였다. 특히 95.3 MHz의 전기장 강도는 광대역 측정 결과보다 높은 전기장 강도를 보였다. 이 측정 결과는 표 5-3에 나타냈다.

표 5-3. FM 방송국 지상과 30 m 높이에서 측정한 협대역 측정 결과

측정위치	방송신호	주파수 [MHz]	전기장 강도 [V/m]
지상 30 m(㉓ 위치) 광대역 측정결과 : 75 V/m	FM	88.6	13.3
	FM	92.9	28.4
	FM	95.3	83.4
	FM	105.7	46.3
	UHF	631.4	5.4
	UHF	791.8	17.5
	UHF	796.82	4.7
지상 1 m 광대역 측정 결과 : 13.4 V/m	FM	88.6	5.7
	FM	92.9	6.0
	FM	95.3	8.0
	FM	105.7	5.6
	UHF	631.4	4.0

그림 5-7은 FM 방송국에서 방출되는 전자파 및 직업인의 인체영향을 분석하기 위해 설치한 인체모형의 위치에 따라 전기장 크기의 변화가 어떻게 달라지는지를 보여주고 있다. A는 인체모형을 설치하지 않은 상태의 FM 방송국의 전자파 방출 크기를 보여주며, B는 22.4 m에 인체모형을 설치했을 때의 전자파 방출 변화, C는 23.7 m에 인체모형을 설치했을 때, D는 25 m에 인체모형을 설치했을 때의 변화를 보여준다.

어느 높이든지 인체모형이 설치되면 인체모형 주변으로 낮은 전자파 크기를 보여주고 있다. 그림 5-7에 나타낸 전자파 크기는 1 kV/m를 기준으로 정규화 하였다.

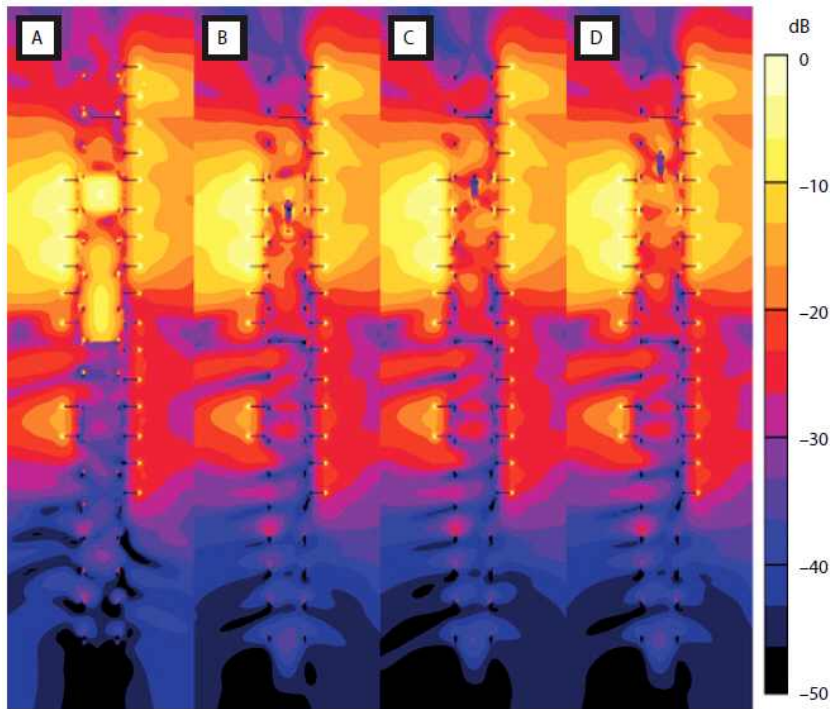


그림 5-7. FM 방송국에서 방출되는 전자파 측정을 위한 인체모형 위치에 따른 전자파 크기 변화(수직단면)

연구진은 전자파 인체 흡수율(SAR)을 측정하였다. 일반적인 SAR 측정 방법과 같이 10g의 인체조직에 대해 전신노출, 머리 및 모통, 팔다리 등에 대해서 측정하였다. 표 5-4는 FM 방송국 측정을 위해 사용한 인체모형으로 측정된 SAR 결과를 보여준다. 측정결과, 국부 SAR는 기본 제한(머리 및 몸통 10 W/kg, 팔다리 20 W/kg) 이내로 나타났지만 22.4 m에서 측정된 전신 SAR는 기본 제한(전신 0.4 W/kg)을 약간 초과하였다. 또한, 상대적으로 낮은 위치(22.4 m)에 설치되었던 인체모형 측정에서 팔다리의 SAR 측정 결과가 가장 높게 나타났고, 같은 위치에서도 팔다리의 SAR 측정결과가 머리 및 몸통에 비해 높은 것으로 나타났다. 따라서, FM 방송국 시설의 유지·보수 등의 업무를 담당하는 직업인들

은 팔다리 부분에 전자파 노출이 제일 높은 것으로 분석되었다. 그림 5-8은 22.4 m 높이에 인체모형을 설치했을 때 SAR 측정결과를 색도로 보여주고 있다. SAR 색도의 표현은 10 W/kg을 기준으로 정규화하여 보여준다.

표 5-4. FM 방송국 인체모형 위치에 따른 10g SAR 측정결과
[단위 : W/kg]

인체모형 위치	전신	머리 및 몸통	팔다리
22.4 m	0.48	1.66	8.02
23.7 m	0.17	1.03	1.99
25.0 m	0.15	1.05	1.96

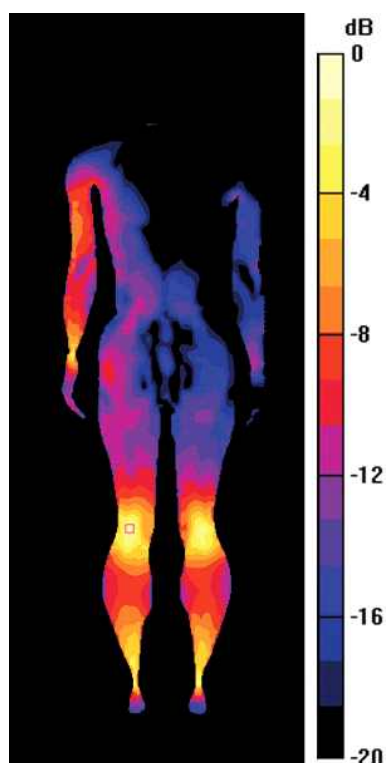


그림 5-8. FM 방송국의 22.4 m에 설치한 인체모형의 SAR 측정결과

3. 의료환경(물리치료 시설)의 직업인 측정(스페인) [16]

최근 환자 진료 및 진단을 위한 의료기기의 발달로 다양한 형태의 전파응용 기술이 의료용 기기에 적용되고 있어 이들 기기를 다루는 병원 내 직업인들은 일반인 보다 자주 또는 높은 수준의 전자파에 노출되는 빈도가 많아지고 있는 추세이다.

스페인에서는 이런 추세를 반영하여 지난 2008년에 7개의 건강센터 및 1개 병원을 선정하고, 각 헬스센터 및 병원의 물리치료사들을 대상으로 전자파 노출량을 측정하였다. 이들 헬스센터 및 병원에는 최소한 1개 이상의 마이크로파를 이용한 물리치료 장비와 1개 이상의 단파를 이용한 물리치료 장비를 구비한 곳이다. 물리치료 직업인의 전자파 노출량을 측정하기 위해 Radman XT ELF Immune라는 휴대용 전자파 측정 장비를 이용하였으며, 각 물리치료사들은 이 장비를 착용하고 평상 시 근무하는 것과 동일한 업무와 환경에서 근무하는 동안의 전자파 노출량을 측정하였다. Radman XT ELF Immune 장비는 1 Mhz - 40 GHz 범위의 전기장 및 자기장 측정이 가능하고 불확정도는 $\pm 3\text{dB}$ 이며, 6분동안 측정된 결과를 자동으로 저장할 수 있는 장비이다. 측정 대상자는 각 건강센터 및 병원에서 근무하는 물리치료사 2명씩 총 16명을 선정하였으며, 측정 대상 1인당 최소 1시간 이상 측정하였고, 6분 동안 측정된 전자파 측정 결과를 평균하여 계속 저장하였다.



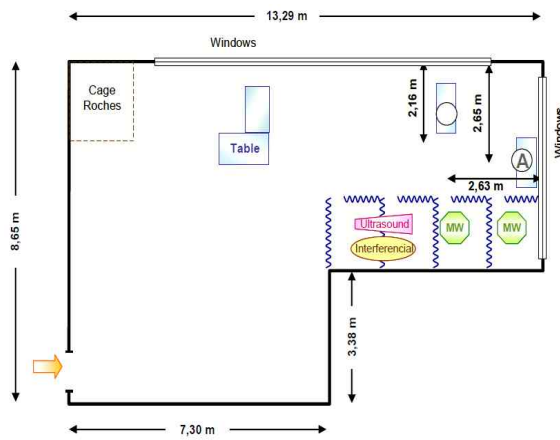
(a) 측정기기(Radman XT ELF)



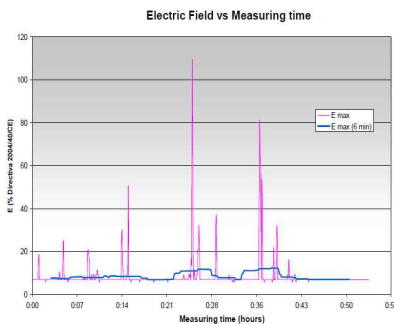
(b) 측정기기 착용 모습

그림 5-9. 물리치료 의료환경의 직업인 전자파 측정기기 및 착용 모습

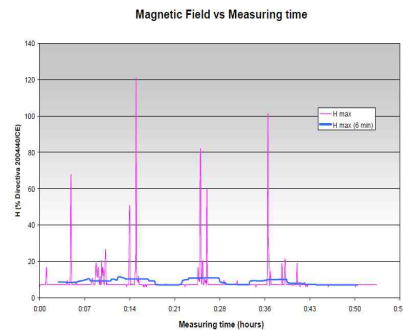
그림 5-10은 스페인 Albia 건강센터의 물리치료 시설이 설치된 환경과 1시간 동안 측정된 전기장 및 자기장 측정 결과를 보여주고 있다. 측정결과는 유럽의 직업인 전자파 노출 기준인 2004/40/EC의 기준값과 비교한 수치로 표현하였다. Albia 건강센터에서는 측정 시작 후 21-28분 사이에 전기장의 순간 최대값이 직업인 기준을 초과하였으나 6분 평균은 기준값의 20% 이내의 낮은 수준을 나타냈으며, 자기장은 14분과 36분경에 자기장의 순간 최대값이 기준값을 초과하였지만 역시 6분간의 평균은 20% 이내의 낮은 수준을 보였다. 측정시간(1시간) 내내 높은 수준을 나타낸 것이 아니라 특정 시간대에 측정결과가 순간적으로 높아지는 것으로 보아 해당 시간에 측정기기를 착용한 직업인이 전자파가 방출되는 물리치료 기기에 접근하거나 근무를 하였던 것으로 추정된다.



(a) 측정 환경



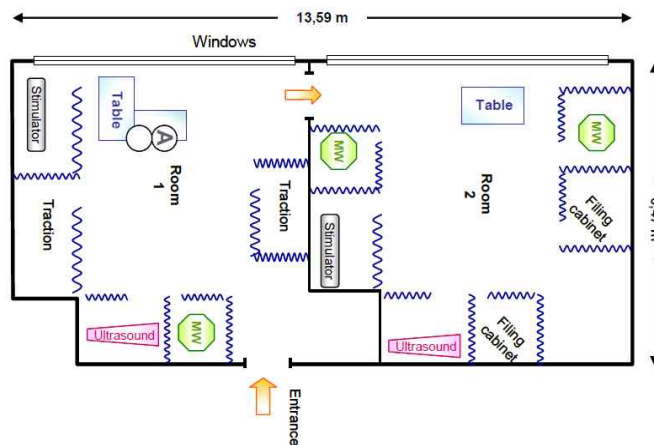
(b) 전기장 측정 결과



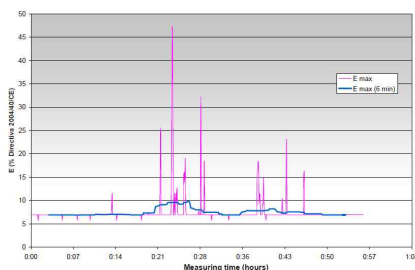
(c) 자기장 측정 결과

그림 5-10. 스페인 Albia 건강센터의 직업인 측정환경 및 결과

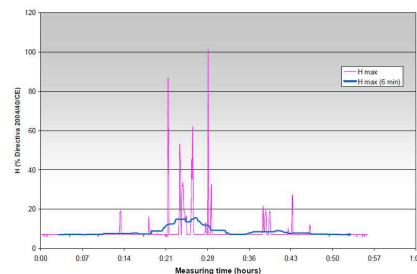
그림 5-11은 Bombero Etxainz 건강센터의 측정환경 및 결과를 보여 준다. Bombero Etxainz 건강센터에서는 21-28분 사이와 36-50분 사이에 다른 시간대에 비해 높은 전기장 및 자기장이 측정되었다. Albia 건강센터의 결과와 마찬가지로 측정시간 1시간 중 특정 시간대에 전자파 측정결과가 증가하는 것으로 보아 해당 시간에 측정 대상 직업인이 전자파 방출 기기에 근접했을 것으로 추정된다. Bombero Etxainz 건강센터에서 측정된 전기장 결과는 직업인 전자파 노출 기준 이내(50% 이내)에 들어오고 있으며, 자기장 측정 결과는 28분경에 순간 측정값이 직업인 기준을 초과하는 것으로 나타났다. 그러나, 전기장 및 자기장 측정결과 모두 6분간의 평균은 기준 대비 20% 이내의 낮은 값을 보이고 있어, 직업인의 전자파 노출 기준을 만족하는 것으로 나타났다.



(a) 측정환경



(b) 전기장 측정 결과



(c) 자기장 측정 결과

그림 5-11. 스페인 건강센터의 직업인 측정환경 및 결과

표 5-5는 측정 대상이었던 8개의 건강센터 및 병원에서 측정된 전기장과 자기장의 결과를 유럽의 직업인 전자파 노출 기준을 제시한 2004/40/EC의 기준값과 비교한 수치로 나타났다. 측정결과, 직업인 전자파 노출 기준 대비 전기장은 8 - 19%, 자기장은 9 - 16% 수준으로 나타나 스페인 연구진의 측정 대상이었던 8개의 건강센터 및 병원의 물리치료 직업인들은 전자파 노출 한계 기준보다 낮은 수준의 전자파 환경에서 근무하였음을 알 수 있다.

표 5-5. 의료환경(물리치료 시설)의 직업인 노출 측정 결과

건강센터	전기장 [%]	자기장 [%]
Deusto	< 10	< 10
Albia	< 13	< 12
Doctor Areilza	< 12	< 11
Bombero Etxainz	< 10	< 16
Begona	< 8	< 9
Txurdinaga	< 19	< 16
Basurto	< 16	< 14

※ 전기장 및 자기장 측정결과는 2004/40/EC의 직업인 기준 대비로 나타냄

4. 의료환경(MRI)의 직업인 측정(영국) [17]

지금까지 환자를 위한 다양한 영상의료기기가 발전해 왔고, 암 환자에 대한 비교적 정확한 암 진단 방법으로 자기공명영상촬영기법을 활용한 MRI 장비가 전세계적으로 널리 활용되고 있다. 지난 30년간 MRI 장비는 폭넓게 보급되었고 영상 기술도 그에 비례해 발전을 거듭하고 있다. 영국에서는 현재 500개 이상의 MRI 장비가 보급되어 있는 것으로 알려져 있고, 대개 1.5T 장비들이며, 임상 환경에서 3T 장비의 보급이 늘어나고 있다. 일부 대형 병원에서는 7T 장비들도 활용하고 있다. MRI 장비는 ELF와 VF 대역의 고출력의 자기장과 pulse gradient field 및 VHF 대역의 펄스 RF 자기장이 결합되어 동작한다. 표 5-6은 MRI 장비에서 방출되는 자기장에 대해 설명하고 있다.

영국 연구진은 실제 임상 과정에서 1T(1대), 1.5T(2대), 3T(1대) 및 7T(1대) MRI 장비들에 의해 방출되는 전자파를 측정하였다. 표 5-7은

연구진이 측정한 MRI 장비의 RF 대역의 방출 전자파 측정 결과를 보여준다. MRI 장비의 전자파 측정은 장비 입구를 중심으로 안쪽과 바깥쪽 등에서 측정되었다. 측정결과, 1T MRI 장비인 필립스 파노라마 장비가 전기장, 자기장, 전력밀도 등 모든 항목에서 ICNIRP의 기준을 초과하였고, 1.5T 장비도 일부 기준을 초과하였다.

표 5-6. MRI 장비에서 방출되는 전자기장 종류 및 범위

구분	범위	주파수	지속기간
Static field(in bore)	0.2 - 7T	0Hz	항시
Static fringe field gradient	0 - 25T/m	0Hz	항시
Imaging gradients	0 - 50mT/m	0-10kHz	수 ms 동안의 펄스 발생
RF	0-50μT	8-300MHz	수 ms 동안 진폭변조 펄스 발생

표 5-7. MRI 장비의 RF 전자파 측정 결과

MRI 장비		전기장 강도 [V/m]	자기장 강도		전력밀도 W/m ²	ICNIRP 기준레벨 만족 거리[m]
			A/m	μT		
ICNIRP 기준 레벨(RL)		61	0.16	0.2	-	-
1.0T	Philips Panorama	84	0.27	0.34	22.7	0.45
1.5T	Philips Intera				0.3	< RL
1.5T	Siemens Avanto	33	0.36	0.45	11.9	0.2
3T	Philips Achieva	48	0.06	0.08	2.9	< RL
7T	Philips Intera	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL

※ RL : ICNIRP 기준레벨

그림 5-12는 MRI 장비 동작 중 발생하는 펄스 시퀀스의 크기를 인체 노출 제한 기준 대비로 표현한 것이다. 2개의 장비를 임의로 선정하여 진행하였다. 각 장비들 모두 장비에 근접하여 측정하였을 때, 제한 기준보다 훨씬 큰 값(제한 기준 대비 최대 400%)을 보이지만 20 cm만 이격시키더라도 보호 기준 이내로 측정됨을 알 수 있다. 따라서 MRI 장비도 다른 전자·전기기와 마찬가지로 일정 거리를 이격하여 사용하

는 것이 바람직할 것으로 보인다. 그러나 MRI 장비가 환자의 건강과
검진을 위한 장비로 접촉이 불가피하기 때문에 접촉되었을 때도 전자파
노출을 줄일 수 있는 근본적인 방법(저감장치 개발, 차폐장치 및 시설
증대 등)이 필요할 것으로 보이며, MRI 장비를 다루는 임상 직원 및
의료진에게도 전자파에 대한 안전 교육이 필요할 것으로 보인다.

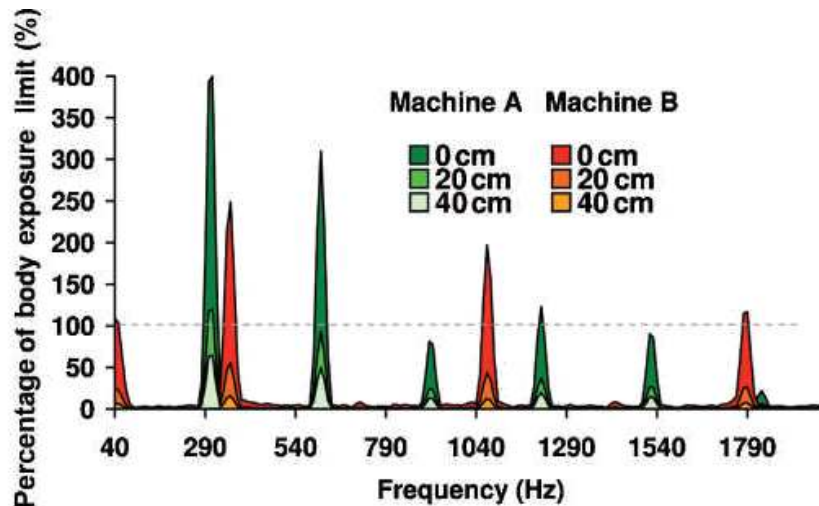


그림 5-12. MRI 장비에서 발생하는 펄스 시퀀스의 인체 노출 제한기준
대비 측정결과(거리이격)

제 2 절 직업인 환경 전자파 측정

1. 공업용 전파응용설비 공장

전파가 다양한 분야에 응용되면서 통신 이외의 비통신용 분야에도 전파를 이용한 기기들이 널리 사용되고 있다. 국내의 많은 공장에서 가열, 열처리 등을 위해 공업용 전파응용설비를 사용하고 있으며, 이들 전파응용설비는 고출력 전파를 사용하기에 무선국 검사 대상이기도 하다.

전파응용설비는 전자파 인체보호 이슈에 있어서도 중요한 대상이다. 고출력 전파를 사용하는 것과 전자·전기기기가 많은 공장 환경에서 사용되는 특수성 때문에 이들 설비가 설치 및 운영되고 있는 공장에서 근무하는 직업인에 대한 전자파 인체보호 문제를 검토해야하기 때문이다.

따라서 고출력 전자파응용설비를 설치·운영하고 있는 공장을 대상으로 이들 설비가 설치된 환경에 대한 전자파 측정을 실시하였다. 측정 대상으로 선정한 공장은 크게 두 종류로 각각 2대씩 총 4대의 공업용 전파응용설비가 설치되어 있다. 두 종류 모두 가열을 위한 전파응용설비이며, 중국산과 국산이 설치되어 있는 환경이었다. 표 5-8은 측정대상 공장에 설치된 전파응용설비의 사용 주파수 및 출력 등을 정리하였다. 설치된 전파응용설비는 20 kHz 주파수를 사용하고 있으며, 출력은 160 kW였다. 측정공장은 약 30 m × 15 m의 공간 좌우에 배치하였고, 각 전파응용설비를 중심으로 가열 처리에 필요한 금속이 운반되는 라인이 설치되어 있다. 또한, 라인 중간에는 처리 과정을 모니터링하고 제어할 수 있는 컨트롤 패널(C.P)이 설치되어 있다. 쉽게 공장 환경 가운데를 중심으로 좌우 대칭인 구조로 설치되어 있다.

공업용 전파응용설비가 설치된 공장 환경의 전자파 측정은 좌우 대칭인 공장설비를 중심으로 총 20개의 포인트를 선정하였다. 그림 5-13은 공장의 개략적인 구조와 측정지점을 표시하였다. 그림 5-14는 측정환경 모습을 보여주고 있다.

표 5-8. 측정대상 공장에 설치된 공업용 전파응용설비

장치명	사용주파수 [kHz]	출력 [kW]	사용목적
BSF-160/20(국산)	20	160	가열

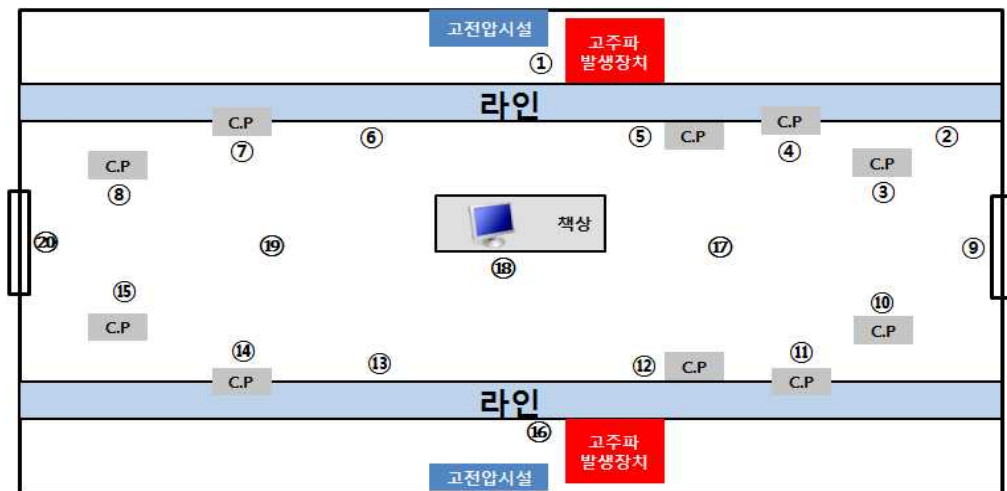


그림 5-13. 공업용 전파응용설비 공장 구조 및 측정지점



(a) 전파응용설비 앞



(b) 라인 설비 앞



(c) 컨트롤 패널 앞



(d) 공장 실내 입구 앞

그림 5-14. 공업용 전파응용설비 측정지점 모습

표 5-9. 공업용 전파응용설비 설치 공장의 측정지점별 측정결과(최대값)

위치	전기장 강도				자기장 강도			
	주파수 [kHz]	측정값 [V/m]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]	주파수 [kHz]	측정값 [mG]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]
①	21.74	20.530	23.60	3.37	15.16	6.9891	11.18	2.28
②	21.66	31.095	35.74	5.10	15.16	4.8526	7.76	1.58
③	21.68	29.596	34.02	4.85	15.17	46.471	74.35	15.14
④	21.70	29.596	34.02	4.85	15.17	46.305	74.09	15.08
⑤	21.64	31.844	36.60	5.22	15.16	9.1176	14.59	2.97
⑥	21.62	32.219	37.03	5.28	15.19	1.598	2.56	0.52
⑦	21.61	17.233	19.81	2.83	0.06	0.83394	0.10	0.02
⑧	21.61	31.469	36.17	5.16	0.06	1.1589	0.14	0.03
⑨	21.65	31.095	35.74	5.10	15.17	4.7368	7.58	1.54
⑩	21.58	32.968	37.89	5.40	15.17	1.4035	2.25	0.46
⑪	21.58	33.717	38.76	5.53	0.06	1.0533	0.13	0.03
⑫	21.59	32.593	37.46	5.34	0.06	1.6097	0.19	0.04
⑬	21.59	33.717	38.76	5.53	0.06	2.9307	0.35	0.07
⑭	21.59	32.968	37.89	5.40	0.06	1.3353	0.16	0.03
⑮	21.60	32.968	37.89	5.40	0.06	0.92917	0.11	0.02
⑯	21.58	32.468	37.32	5.32	0.06	8.7743	1.05	0.21
⑰	21.58	32.219	37.03	5.28	15.2	1.6674	2.67	0.54
⑱	21.63	32.219	37.03	5.28	0.06	8.7321	1.05	0.21
⑲	21.57	32.593	37.46	5.34	0.06	1.3544	0.16	0.03
⑳	21.59	31.469	36.17	5.16	0.06	3.0419	0.37	0.07

※ 전자파 인체보호 기준값(일반인 기준) : 15 kHz, 21 kHz 대역 - 전기장 87 V/m, 자기장 62.5 mG, 0.06 kHz - 전기장 4167 V/m, 자기장 833 mG

※ 전자파 인체보호 기준값(직업인 기준) : 15 kHz, 21 kHz 대역 - 전기장 610 V/m, 자기장 307 mG, 0.06 kHz - 전기장 8333 V/m, 자기장 4167 mG

전자파 측정은 각 측정지점에 전기장 및 자기장 측정 장비를 설치하고 케이블을 통해 리모트 컨트롤 소프트웨어가 설치된 컴퓨터와 연결하여 40 Hz - 32 kHz를 측정하였다. 각 측정지점별로 측정결과는 표 5-9에 나타난 것과 같다. 전기장 강도는 모든 지점에서 21 kHz 대역이 가

장 높게 측정되었으며, 17 V/m - 33 V/m 범위의 결과를 나타냈다. 가장 높게 나타난 지점은 33.717 V/m를 나타낸 ⑪, ⑬ 지점이었다. ⑪과 ⑬ 지점은 각각 컨트롤 패널 앞과 라인 설비 앞이다. 전파응용설비 장치 앞에서 측정된 ①과 ⑯지점은 각각 20.53 V/m와 32.46 V/m를 나타내었다. ① 지점 앞의 설비는 최근에 설치된 설비여서 설치·운용 연수가 있는 ⑯ 지점 앞 설비보다 전기장 강도가 적게 나온 것으로 판단된다. 전기장 강도 결과는 측정지점마다 15 kHz 대역과 60 Hz에서 최대 자기장 강도 결과를 보였다. 자기장 강도는 1 - 46 mG 범위에서 측정되어 변화 폭이 전기장 강도보다 컸으며, 가장 높게 측정된 지점은 46.47 mG인 ③ 지점(컨트롤 패널) 앞이었다. 자기장의 경우, 측정지점별로 최대 주파수가 상이한 것은 전파응용설비의 동작과 연관이 있는 것으로 판단된다. 측정대상 공장에 설치된 전파응용설비는 일정한 시간간격으로 고출력 발생 장치가 최대 출력 동작을 반복하였다. 고출력 발생 장치가 최대 출력일 때와 그렇지 않을 때에 측정된 결과가 상이한 것으로 판단된다.

표 5-9와 그림 5-15은 각 측정지점별로 전자파 인체보호 기준 대비율을 나타냈다. 기본적으로 직업인 환경이기에 직업인 기준에 의한 인체보호 기준과 비교하는 것이 적합하나, 엄격한 기준을 적용하고자 일반인의 인체보호기준과 비교를 병행하였다. 그림 5-15는 일반인 인체보호기준과 측정결과를 비교한 것이다. 측정결과, 모든 측정지점의 결과가 직업인 인체보호 기준은 물론, 보다 엄격한 일반인의 인체보호기준에 비해서도 기준 이내에서 측정되어 측정 대상인 전파응용설비 공장의 전파환경은 안전한 수준이라고 판단된다.

그림 5-16부터 그림 5-19는 전기장 측정 스펙트럼을 선별적으로 보여주며, 그림 5-20부터 5-23은 자기장 스펙트럼 결과를 나타냈다. 전기장은 21 kHz 대역의 전기장이 가장 크게 나타나고 있음을 알 수 있고, 자기장의 경우, 일부 지점은 60 Hz의 자기장이 크게 나타나지만 15 kHz 대역에서 뚜렷한 자기장 성분을 보이고 있으며, 모두 인체보호 기준보다 낮아 안전한 수준을 유지하는 결과를 보였다.

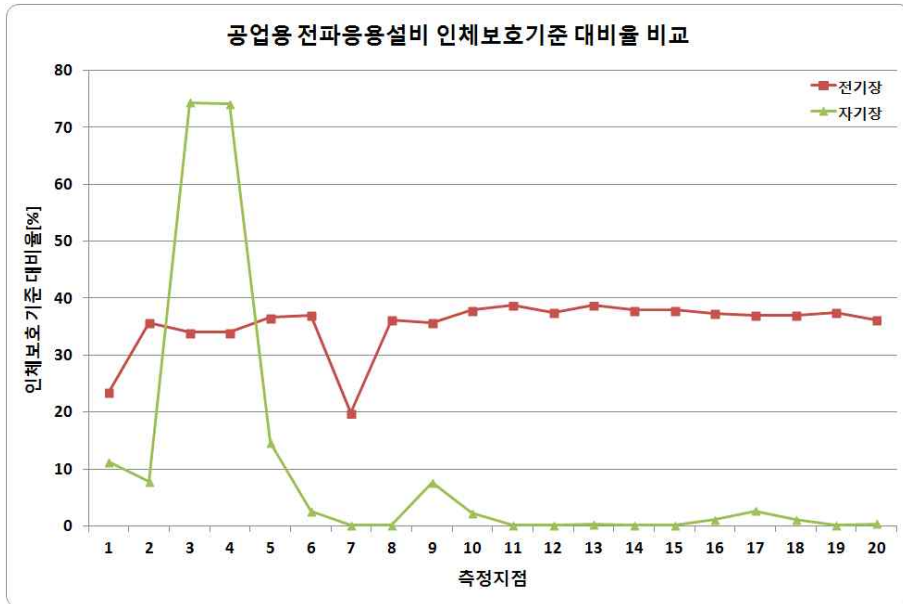


그림 5-15. 공업용 전파응용설비 측정지점별 전자파 인체보호 기준 대비율 비교

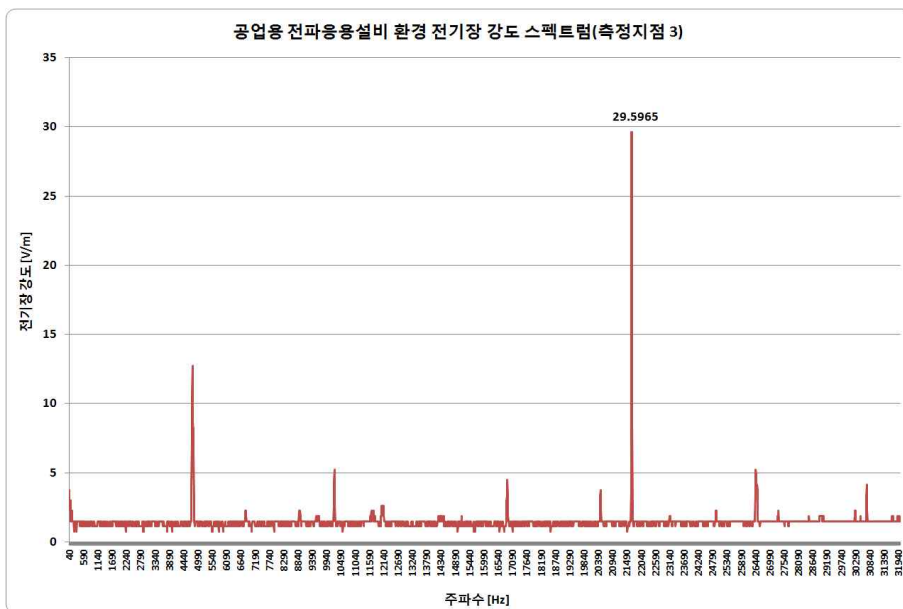


그림 5-16. 공업용 전파응용설비 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 3)

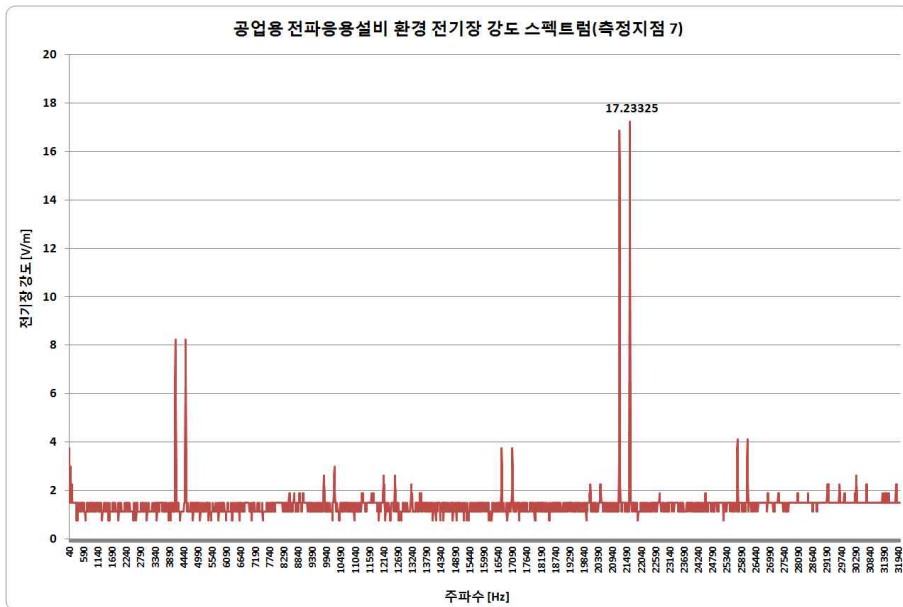


그림 5-17. 공업용 전파응용설비 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 7)

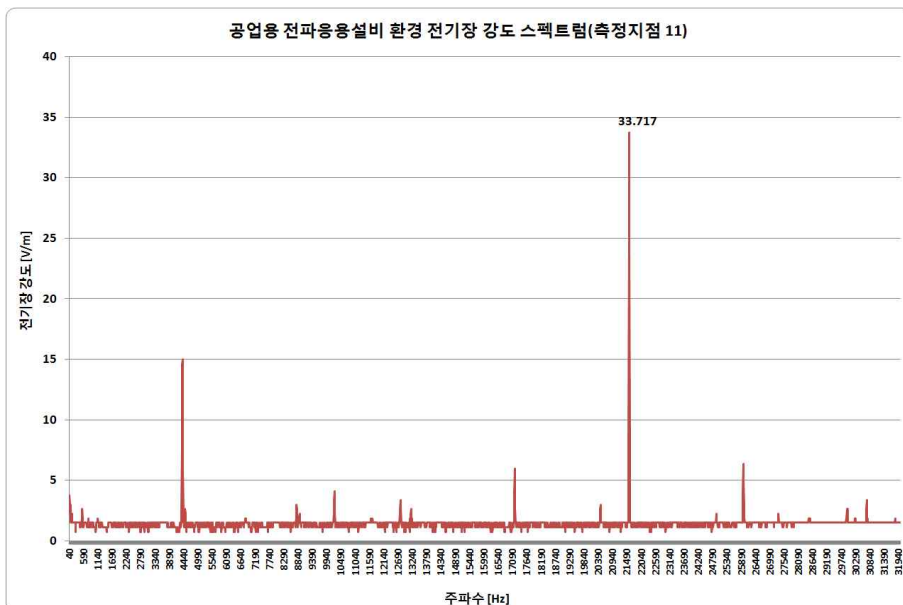


그림 5-18. 공업용 전파응용설비 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 11)

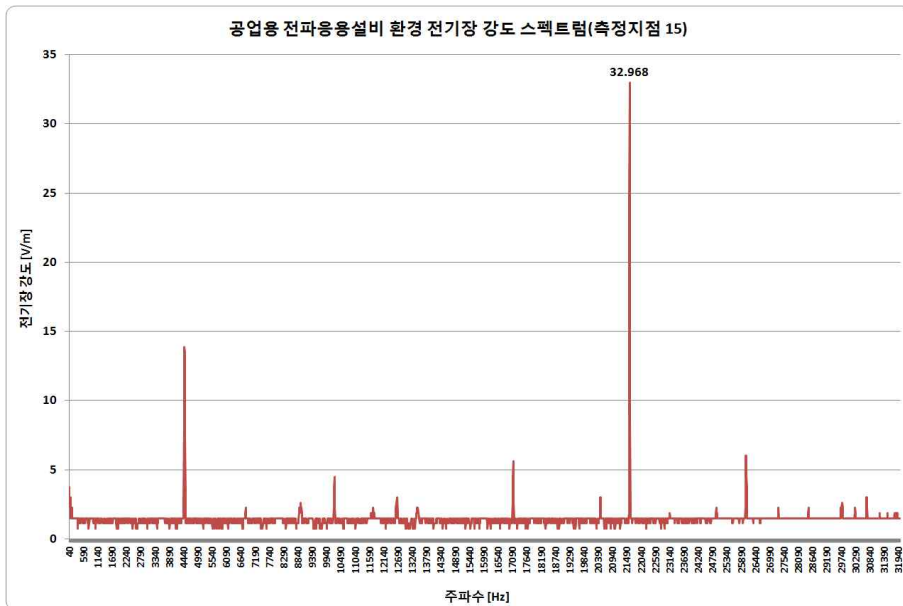


그림 5-19. 공업용 전파응용설비 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 15)

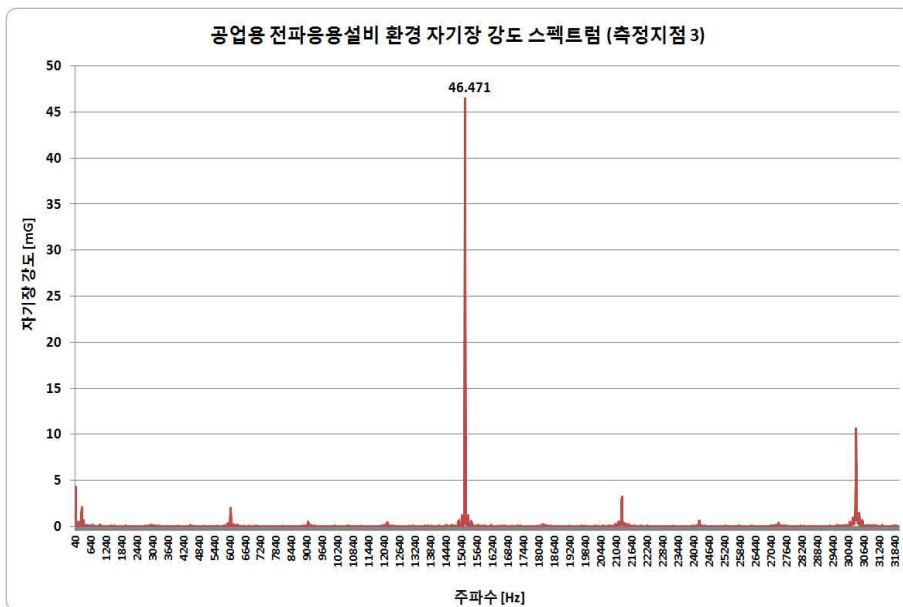


그림 5-20. 공업용 전파응용설비 환경 자기장 강도 스펙트럼(측정지점 3)

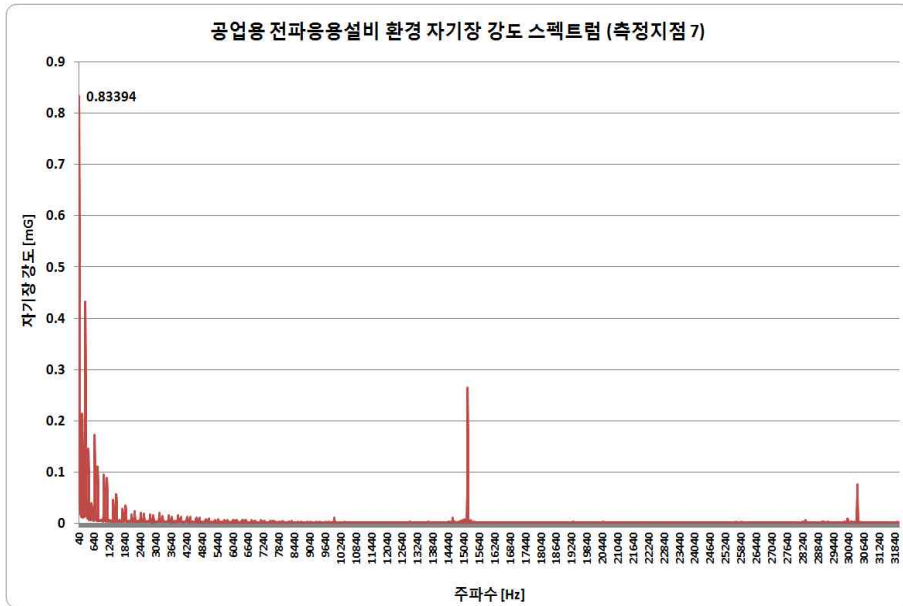


그림 5-21. 공업용 전파응용설비 환경 자기장 강도 스펙트럼(측정지점 7)

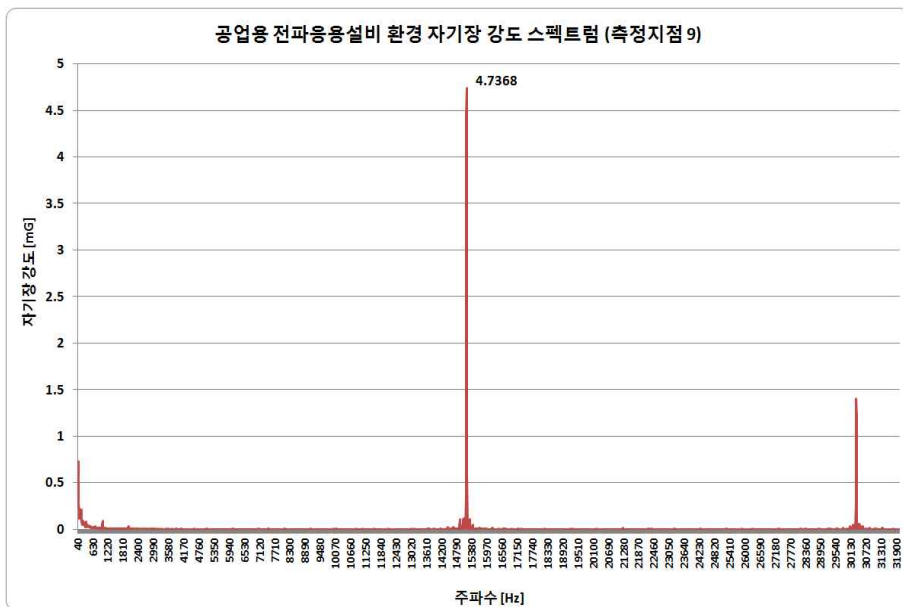


그림 5-22. 공업용 전파응용설비 환경 자기장 강도 스펙트럼(측정지점 9)

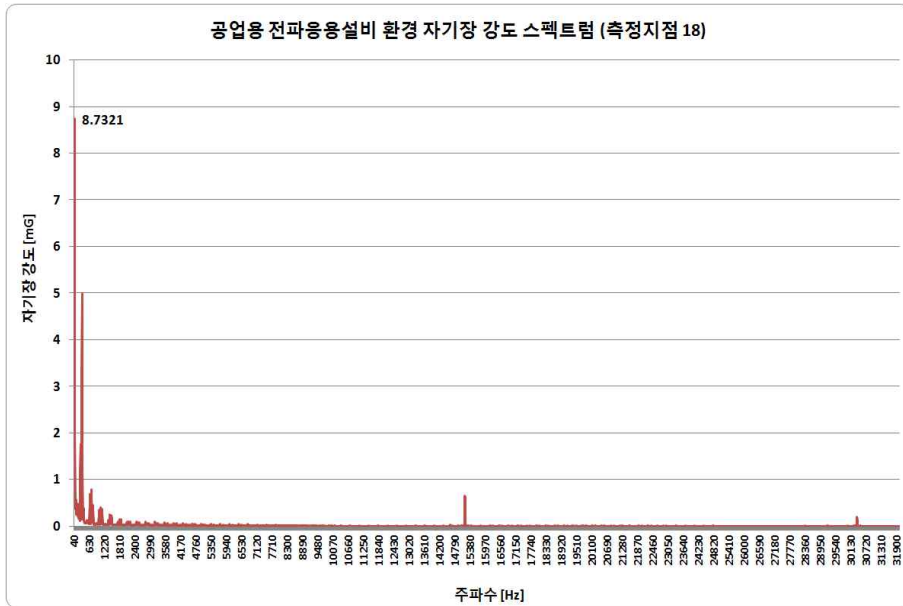


그림 5-23. 공업용 전파용설비 환경 자기장 강도 스펙트럼(측정지점 18)

2. 전산 네트워크 상황실

일반적인 직업의 사무환경에서 직업인의 전자파 노출은 매우 적을 것으로 예상되지만 컴퓨터, 태블릿PC 등의 사용이 많아지면서 전자·전기 기기를 근접하여 사용하거나 장시간 사용하는 환경은 일반적인 직업에서 많이 찾아볼 수 있는 사례라고 할 수 있다. 과거에는 이런 사무공간에 대한 전자파 문제 인식은 적은 수준이었으나 최근 전자파의 장시간 노출에 대한 관심과 연구가 증가하면서 컴퓨터 등을 많이 사용하는 일반 사무환경에서도 전자파 문제에 대한 우려가 증가하고 있는 추세에 있다.

금번 연구에서는 전자파 발생을 인식할 수 있는 직업군이 아닌 일반 직업군에서 컴퓨터와 같은 전자·전기기가 많을 것으로 예상되는 환경에 대한 전자파 측정을 수행하였다. 전자파의 위험성을 인식할 수 없는 직업군 중에 전자·전기기를 많이 사용하는 환경으로 전산 네트워크 상황실을 선정하였다. 전산 네트워크 상황실은 서버의 트래픽 상태, 사내 통신망의 흐름 등을 모니터링하는 곳으로 좁은 공간에 다수의 컴퓨터와 모니터를 비롯하여 전면에 대형 상황 모니터링 모니터가 설치되어 있는 환경으로 보안 구역이기도 하다. 이곳에는 2-3명 정도의 인력이 근무를 하고 있으며, 이들을 인터뷰해본 결과, 일반 전산직종 근무자로 전자파에 대한 조절 능력이나 위험성을 인지하지 못하는 일반인 그룹에 속한다고 판단된다. 측정대상으로 선정한 전산 네트워크 상황실의 전자·전기기기 구성은 표 5-10과 같이 구성되어 있다. 그림 5-24는 전산 네트워크 상황실의 개략적인 도면과 각 기기들의 배치 및 전자파 측정지점을 나타냈다. 측정지점은 대형 모니터링 모니터와 컴퓨터 등 전자·전기기기 중심으로 근무자들의 근무 패턴에 따라 자주 머무르는 위치를 고려하여 선정하였다. 그림 5-25는 측정대상의 전경이나 측정환경 등을 보여준다.

표 5-10. 측정대상 전산 네트워크 상황실의 전자·전기기기 구성

장치	대수	사용목적
대형 모니터링 모니터	1	사무실 한쪽 벽면 전체에 설치되어 네트워크 상황 모니터링
각종 컴퓨터 시스템	10	테이블 한 개에 모든 컴퓨터가 설치되어 있으며, 그 앞에서 2-3명의 근무자가 근무
전자식 자동소화기기	1	소화기기

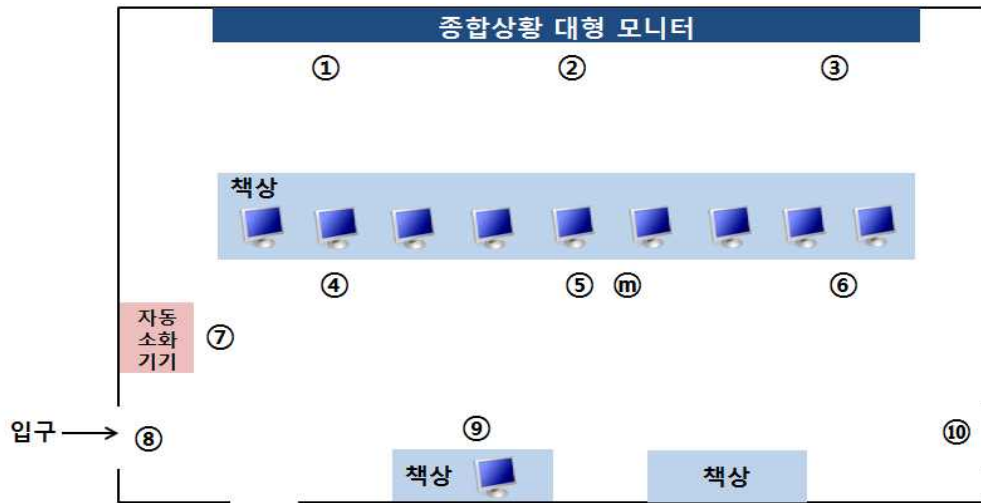
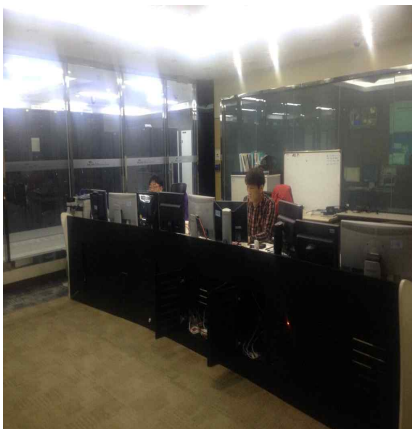
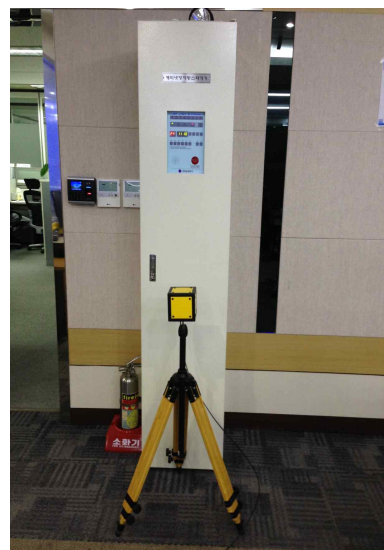


그림 5-24. 전산 네트워크 상황실 구조 및 측정지점 (① - ⑩ : 전기장 측정, ㉓ : 자기장 측정)



(a) 전산실 전경



(b) 전자식 자동소화기기 앞(㉓)

그림 5-25. 전산 네트워크 상황실 측정지점 모습

표 5-11. 전산 네트워크 상황실의 측정지점별 전기장 측정결과(최대값)

위치	전기장 강도			
	주파수 [Hz]	측정값 [V/m]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]
①	60	1.9976	0.05	0.02
②	60	1.6639	0.04	0.02
③	60	1.3685	0.03	0.02
④	60	4.7241	0.11	0.06
⑤	60	15.614	0.37	0.19
⑥	60	8.2165	0.20	0.10
⑦	60	1.8533	0.04	0.02
⑧	60	4.2537	0.10	0.05
⑨	60	8.422	0.20	0.10
⑩	60	3.2474	0.08	0.04

※ 전자파 인체보호 기준값(일반인 기준) : 60 Hz - 전기장 4167 V/m

※ 전자파 인체보호 기준값(직업인 기준) : 60 Hz - 전기장 8333 V/m

표 5-12. 전산 네트워크 상황실의 측정지점별 자기장 측정결과(최대값)

위치	자기장 강도			
	주파수 [Hz]	측정값 [mG]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]
㉓	60	2.8261	0.34	0.07

※ 전자파 인체보호 기준값(일반인 기준) : 60 Hz - 자기장 833 mG

※ 전자파 인체보호 기준값(직업인 기준) : 60 Hz - 자기장 4167 mG

전자파 측정은 각 측정지점에 전기장 및 자기장 측정 장비를 설치하고 케이블을 통해 리모트 컨트롤 소프트웨어가 설치된 컴퓨터와 연결하여 40 Hz - 32 kHz를 측정하였다. 각 측정지점별로 전기장 측정결과는 표 5-11에 나타냈으며, 자기장 측정결과는 표 5-12에 나타냈다. 전기장은 그림 5-24에 ① - ⑩까지 지점에서 측정되었고, 자기장은 ㉓에서 측정하였다. 전기장을 우선 측정하였을 때, 인체보호 기준 대비 미약한 수준으로 측정되어 자기장은 가장 높은 전기장이 측정된 곳에서만 수행하였다.

전기장 강도는 모든 지점에서 60 Hz 대역이 가장 높게 측정되었으며, 1 V/m - 8 V/m 범위의 결과를 나타냈다. 가장 높게 나타난 지점은 15.614 V/m를 나타낸 ⑤ 지점이었다. ⑤ 지점은 전면에 대형 모니터링

모니터와 9대의 컨트롤 컴퓨터가 배치되어 있는 중앙지점이다. 8.2165 V/m로 두 번째로 높은 전기장이 측정된 ⑥ 지점은 ⑤ 지점에서 1.5 m 정도 우측에 있는 곳이다. 최대 전기장이 측정된 ⑤ 지점의 결과는 인체보호 기준 대비 0.37%로 매우 낮은 수준을 보였다. 전기장 측정결과 데이터 결과 분석 중 그림 5-27과 그림 5-29와 같이 60 Hz 주파수보다 20 kHz 대역에서 3 V/m 수준의 값이 모든 지점에서 측정되었으나 측정대상의 측정지점은 20 kHz 대역에서 측정될 소스원이 없을 뿐더러 여러 테스트를 거친 결과 모든 데이터에서 20 kHz 대역에서 3 V/m 수준의 값 하나의 성분이 지속적으로 나타나는 것으로 보아 측정기 내부의 발전기 등의 영향으로 판단된다. 이 부분은 측정기에 대한 추가 검증이 필요할 것으로 보이나 20 kHz 대역 소스원이 없는 곳에서 측정된 모든 측정 데이터에 일관되게 있는 것으로 보아 측정결과 분석에서는 제외하고 분석하였다. 자기장 강도는 앞서 언급하였듯이 최대 전기장이 나왔던 ⑤ 지점에서만 측정하였다. 측정결과 60 Hz에서 2.8261 mG로 인체보호 기준 대비 0.34%의 매우 낮은 수준이었다.

그림 5-26은 전산 네트워크 상황실의 모든 지점의 일반인 인체보호 기준 대비율을 보여준다. 모든 지점에서 엄격한 기준인 일반인 인체보호 기준 대비 1% 미만의 낮은 전기장 및 자기장이 측정되어 다수의 컴퓨터가 밀집되고, 대형 모니터 등이 설치되는 등 특수 환경임에도 안전한 수준을 유지하는 결과를 보였다. 물론, 직업인 인체보호기준은 이 보다 훨씬 낮은 수준(최대 0.37%)을 보였다.

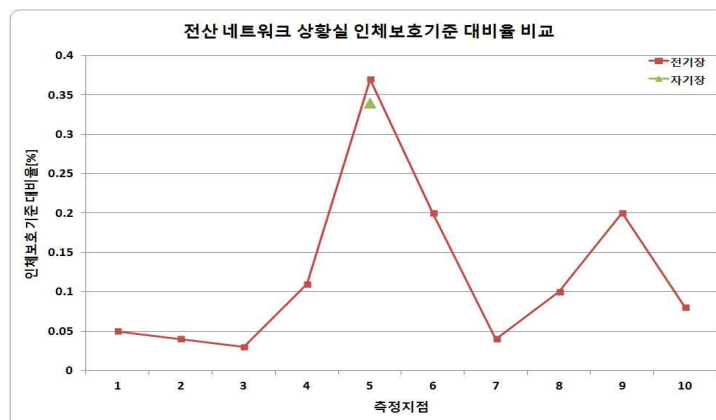


그림 5-26. 전산 네트워크 상황실 측정지점별 기준 대비율 비교

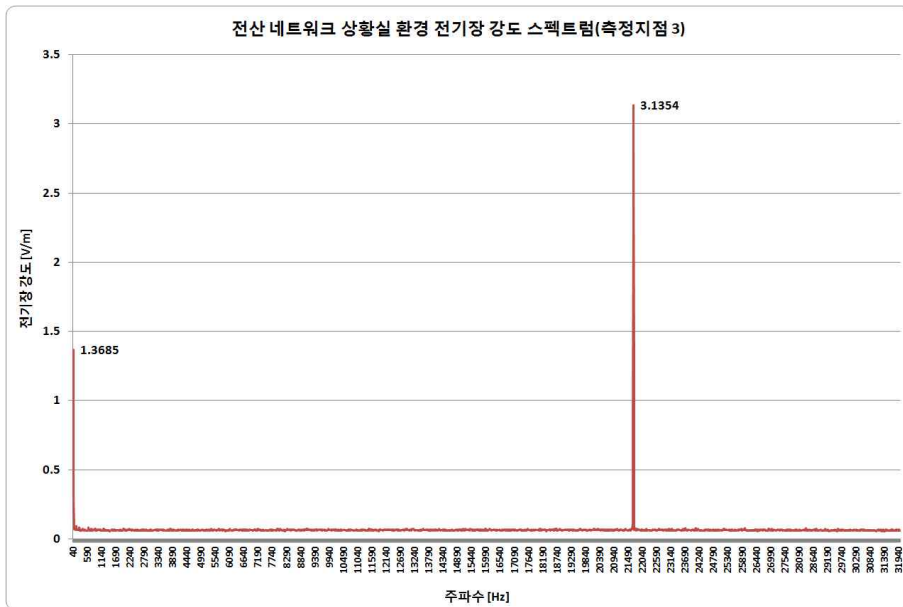


그림 5-27. 전산 네트워크 상황실 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 3)

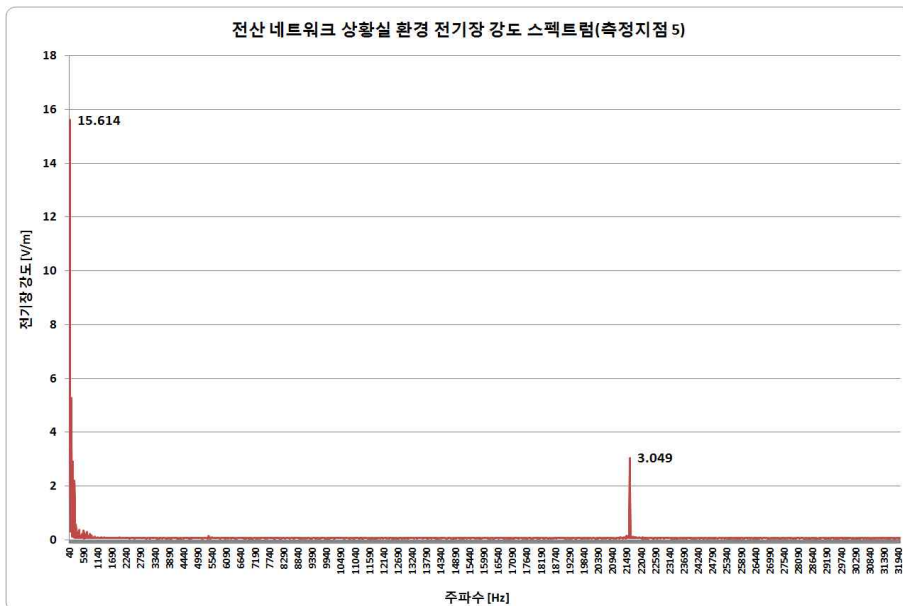


그림 5-28. 전산 네트워크 상황실 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 5)

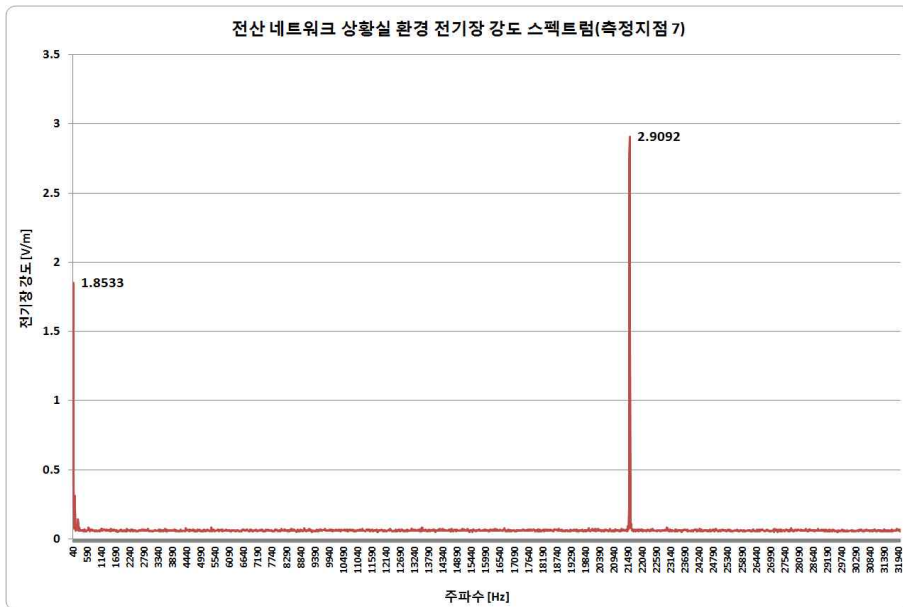


그림 5-29. 전산 네트워크 상황실 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 7)

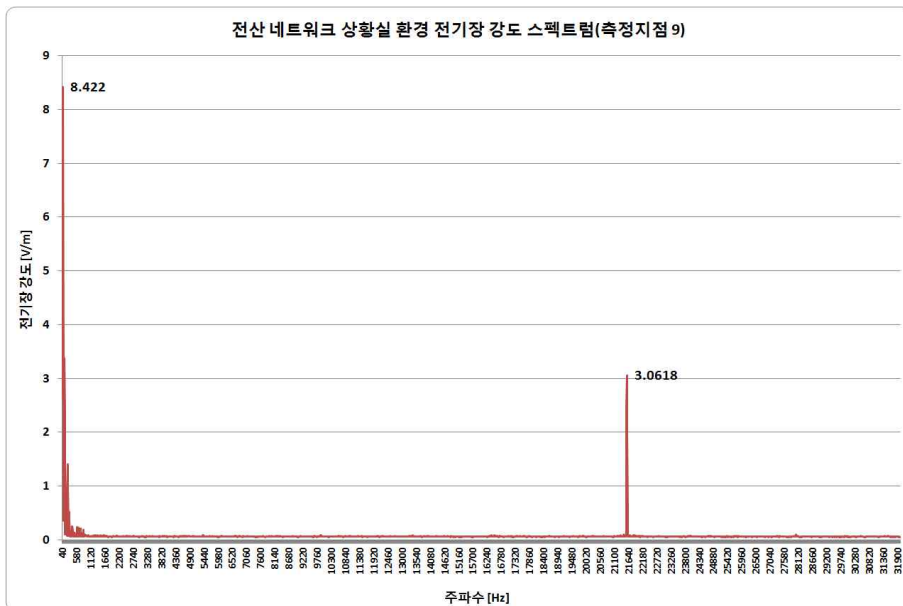


그림 5-30. 전산 네트워크 상황실 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 9)

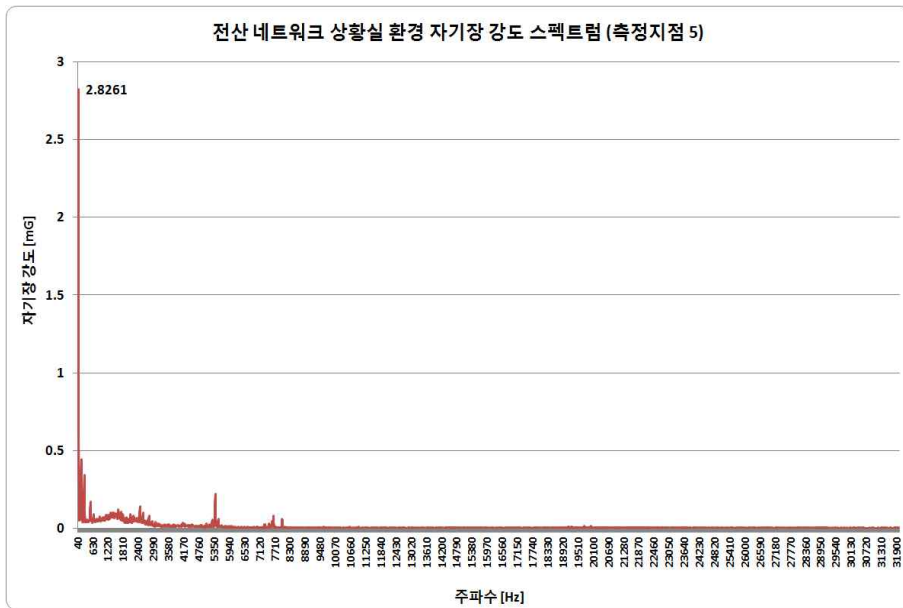


그림 5-31. 전산 네트워크 상황실 환경 자기장 강도 스펙트럼(측정지점 5)

3. 서버실

전산 네트워크 상황실에 이어 전자파의 위험성을 인식할 수 없는 직업군 중에 전자·전기기기를 많이 사용하는 환경으로 서버실을 선정하였다. 서버실은 대용량 서버 컴퓨터들과 이들 기기의 안전한 동작을 위한 항온항습기 등이 연중무휴로 동작하는 공간이다. 좁은 공간에 다수의 서버 컴퓨터가 설치되어 있는 환경으로 보안 구역이기도 하다. 이곳에는 항시 상주 근무하는 인력은 없으나 수시로 근무자가 출입하고, 유지·보수 등의 업무가 필요할 시에는 상당시간 인력이 근무하게 된다. 서버실 출입이 많은 근무자에 대한 인터뷰 결과, 일반 전산직종 근무자로 전자파에 대한 조절 능력이나 위험성을 인지하지 못하는 일반인 그룹에 속한다고 판단된다. 측정대상으로 선정한 서버실의 전자·전기기기 구성은 표 5-13과 같이 구성되어 있다. 그림 5-32는 서버실의 개략적인 도면과 각 기기들의 배치 및 전자파 측정지점을 나타냈다. 측정지점은 서버의 유지·보수 등을 위한 근무자들의 근무 패턴에 따라 자주 머무르는 위치를 고려하여 선정하였다. 그림 5-33은 측정대상의 전경과 측정환경 등을 보여준다.

표 5-13. 측정대상 서버실의 전자·전기기기 구성

장치	수량	사용목적
대형 서버	4 set	대용량 서버 수십 대를 1개 set으로 하는 대형 서버 총 4 set로 구성
항온항습기	2 대	서버실 좌우 끝에 항시 동작하는 항온항습 시설 설치
전력선 시설	다수	바닥에 설치

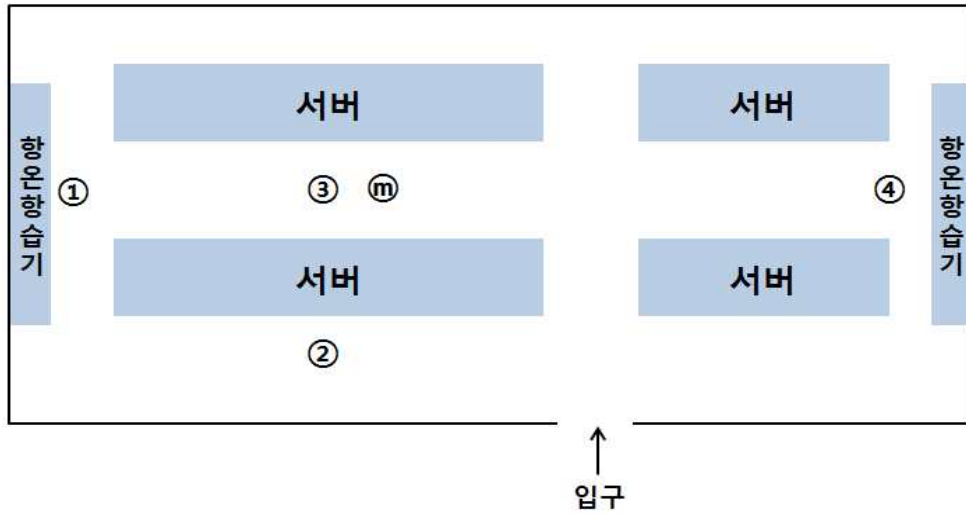


그림 5-32. 서버실 구조 및 측정지점(① - ④ : 전기장 측정, ㉓ : 자기장 측정)



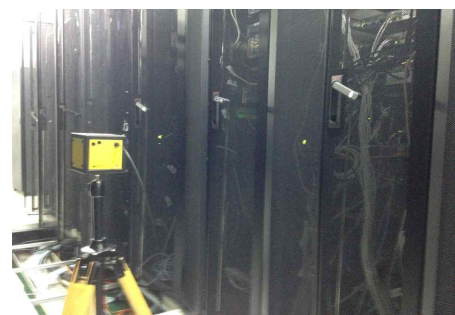
(a) 서버실 전경



(b) 항온항습기 앞(①)



(a) 대형 서버 앞(②)



(b) 대형 서버 앞(③)

그림 5-33. 서버실 측정지점 모습

표 5-14. 서버실의 측정지점별 전기장 측정결과(최대값)

위치	전기장 강도			
	주파수 [Hz]	측정값 [V/m]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]
①	60	0.9734	0.02	0.01
②	60	1.1701	0.03	0.01
③	60	3.6893	0.09	0.04
④	60	2.8679	0.07	0.03

※ 전자파 인체보호 기준값(일반인 기준) : 60 Hz - 전기장 4167 V/m

※ 전자파 인체보호 기준값(직업인 기준) : 60 Hz - 전기장 8333 V/m

표 5-15. 서버실의 측정지점별 자기장 측정결과(최대값)

위치	자기장 강도			
	주파수 [Hz]	측정값 [mG]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]
㉓	60	1.9056	0.23	0.05

※ 전자파 인체보호 기준값(일반인 기준) : 60 Hz - 자기장 833 mG

※ 전자파 인체보호 기준값(직업인 기준) : 60 Hz - 자기장 4167 mG

전자파 측정은 각 측정지점에 전기장 및 자기장 측정 장비를 설치하고 케이블을 통해 리모트 컨트롤 소프트웨어가 설치된 컴퓨터와 연결하여 40 Hz - 32 kHz를 측정하였다. 서버실의 각 측정지점별로 전기장 측정결과는 표 5-14에 나타냈으며, 자기장 측정결과는 표 5-15에 나타냈다. 전기장은 그림 5-32의 ① - ④ 지점에서 측정되었고, 자기장은 ㉓에서 측정하였다. 전기장을 우선 측정하였을 때, 인체보호 기준 대비 미약한 수준으로 측정되어 자기장은 가장 높은 전기장이 측정된 곳에서만 수행하였다.

전기장 강도는 모든 지점에서 60 Hz 대역이 가장 높게 측정되었으며, 0.9 V/m - 3.8 V/m 범위의 결과를 나타냈다. 가장 높게 나타난 지점은 3.689 V/m를 나타낸 ③ 지점이었다. ③ 지점은 2 Set의 대형 서버가 마주한 공간의 중간지점으로 한쪽은 대형 서버 뒤편이며, 다른 한쪽은 다른 대형 서버의 앞면이었다. 대형 서버 뒤편으로는 각종 전선과 서버의 발열을 제어하는 장치 등이 외부에서도 쉽게 확인할 수 있었다. 두 번

째로 높은 전기장은 보인 곳은 2.867 V/m로 두 개의 대형 서버 set과 향온향습기가 인접한 지점인 ④ 지점이다. 최대 전기장이 측정된 ③ 지점의 결과는 인체보호 기준 대비 0.09%로 매우 낮은 수준을 보였다. 전기장 측정결과 데이터 결과 분석 중 전산 네트워크 상황실의 측정결과와 마찬가지로 그림 5-35, 그림 5-36과 같이 60 Hz 주파수보다 20 kHz 대역에서 3 V/m 수준의 값이 모든 지점에서 측정되었으나 측정대상의 측정지점은 20 kHz 대역에서 측정될 소스원이 없을 뿐더러 여러 테스트를 거친 결과 모든 데이터에서 20 kHz 대역에서 3 V/m 수준의 값 하나의 성분이 지속적으로 나타나는 것으로 보아 측정기 내부의 발전기 등의 영향으로 판단된다. 이 부분은 측정기에 대한 추가 검증이 필요할 것으로 보이나 20 kHz 대역 소스원이 없는 곳에서 측정된 모든 측정 데이터에 일관되게 있는 것으로 보아 측정결과 분석에서는 제외하고 분석하였다.

자기장 강도는 앞서 언급하였듯이 최대 전기장이 나왔던 ③ 지점에서만 측정하였다. 측정결과 60 Hz에서 1.0956 mG로 일반인 인체보호 기준 대비 0.23%, 직업인 인체보호기준 대비 0.05%로 매우 낮은 수준이었다.

그림 5-34는 서버실의 모든 지점의 인체보호 기준 대비율을 보여준다. 모든 지점에서 인체보호 기준 대비 1% 미만의 낮은 전기장 및 자기장이 측정되어 다수의 대형 서버와 향온향습기가 밀집되어 설치되어 있는 특수 환경임에도 안전한 수준을 유지하는 결과를 보였다.

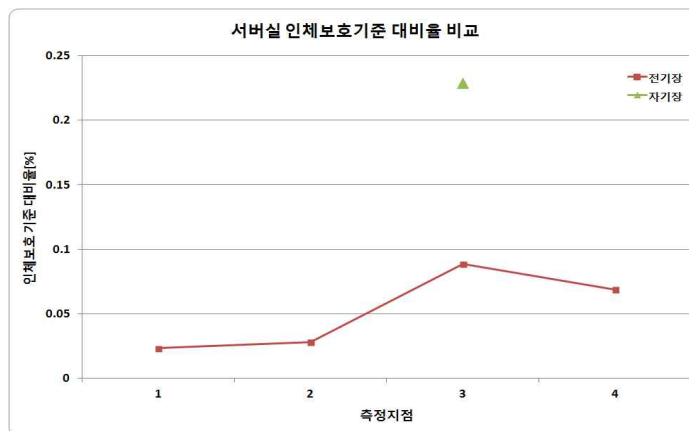


그림 5-34. 서버실 측정지점별 전자파 인체보호 기준 대비율 비교

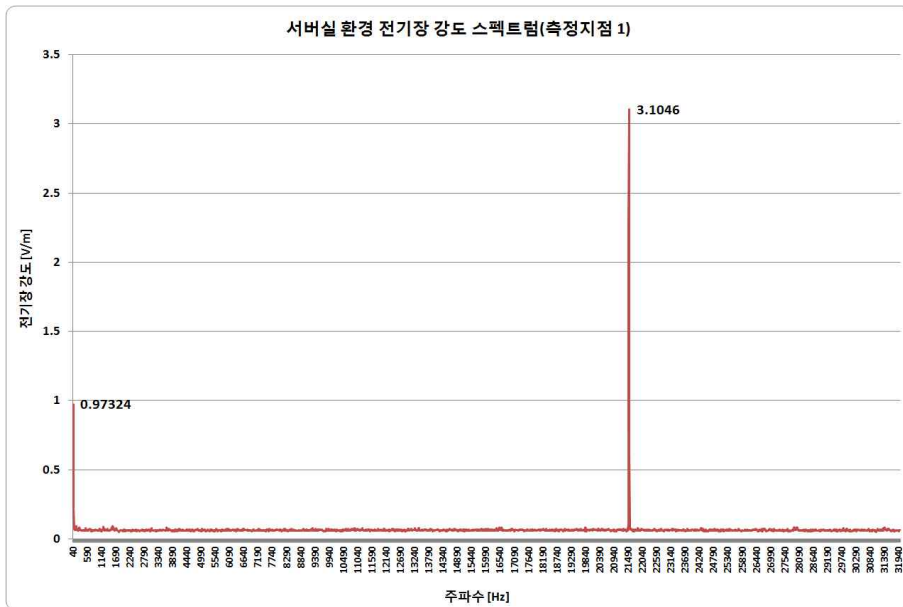


그림 5-35. 서버실 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 1)

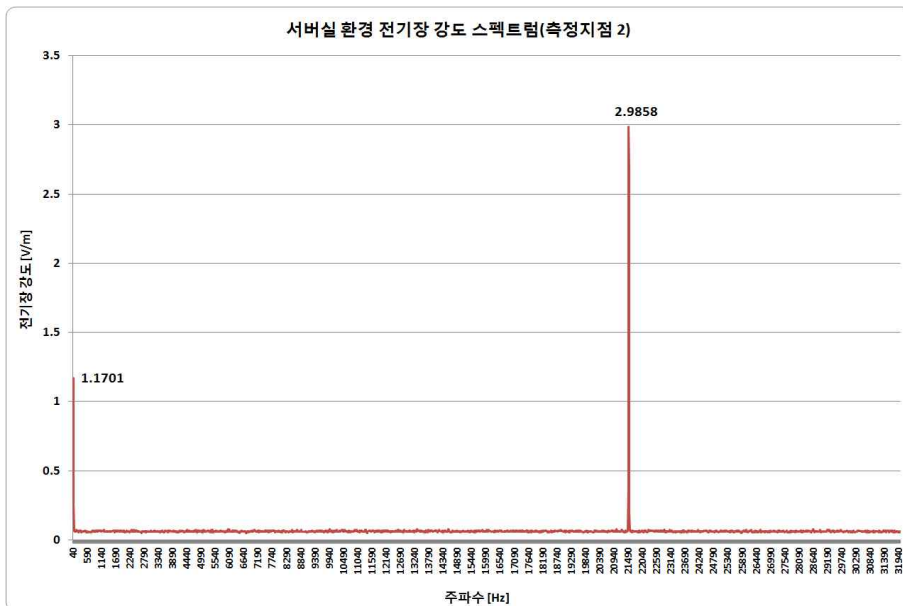


그림 5-36. 서버실 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 2)

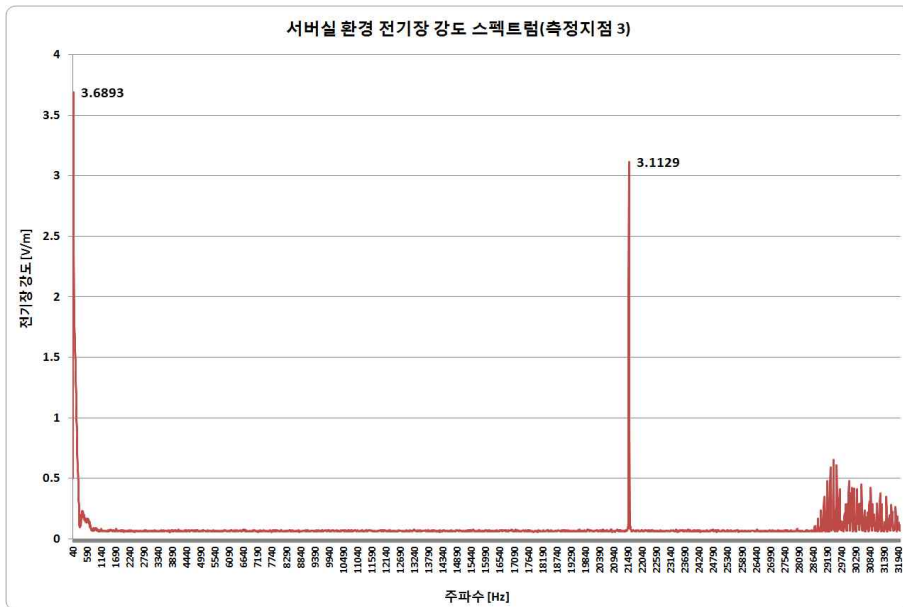


그림 5-37. 서버실 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 3)

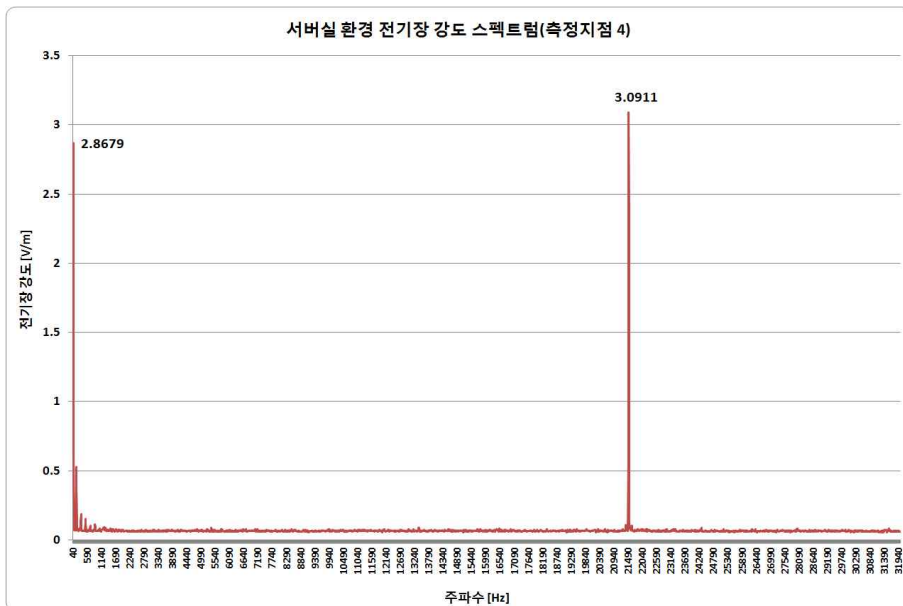


그림 5-38. 서버실 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 4)

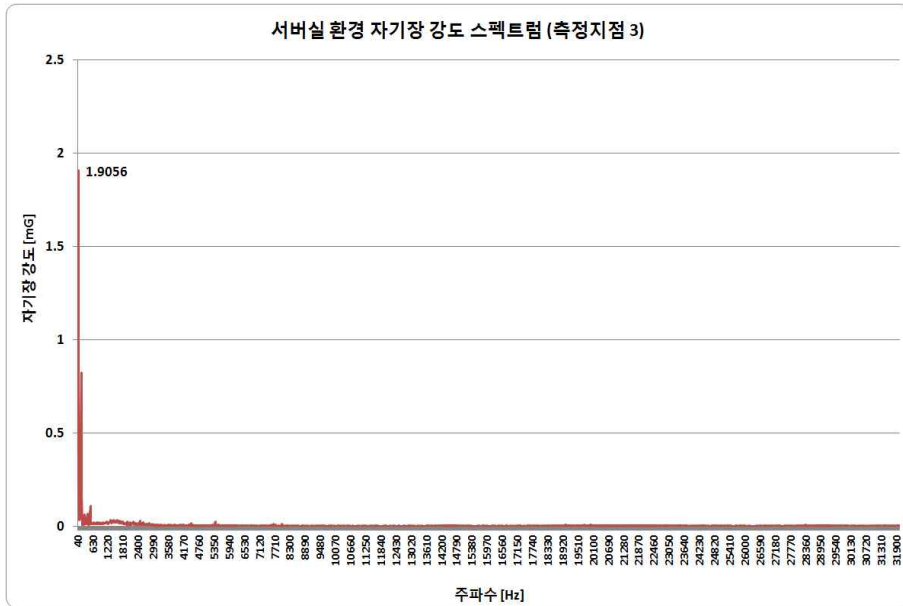


그림 5-39. 서버실 환경 자기장 강도 스펙트럼(측정지점 3)

4. 방송실

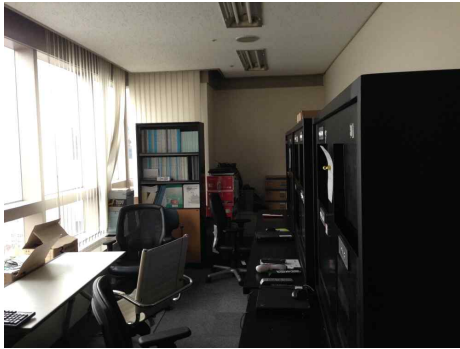
전산 네트워크 상황실과 서버실에 이어 전자파의 위험성을 인식할 수 없는 직업군 중에 전자·전기기기를 많이 사용하는 환경으로 방송실을 선정하였다. 측정대상으로 선정한 방송실은 지상파 및 케이블 방송 모니터링을 위해 다수의 LCD TV와 녹화장치 등이 좁은 공간에 설치되어 연중무휴로 동작하는 공간이다. 이곳에는 항시 상주 근무하는 인력은 없으나 수시로 근무자가 출입하고, 녹화 등의 업무가 필요할 시에는 상당시간 인력이 근무하게 된다. 방송실 출입이 많은 근무자에 대한 인터뷰 결과, 일반 전산직종 근무자로 전자파에 대한 조절 능력이나 위험성을 인지하지 못하는 일반인 그룹에 속한다고 판단된다. 측정대상으로 선정한 방송실의 전자·전기기기 구성은 표 5-16과 같이 구성되어 있다. 그림 5-40은 서버실의 개략적인 도면과 각 기기들의 배치 및 전자파 측정지점을 나타냈다. 측정지점은 녹화 등의 업무를 위한 근무자들의 근무 패턴에 따라 자주 머무르는 위치를 고려하여 선정하였다. 그림 5-41은 측정대상의 전경과 측정환경 등을 보여준다.

표 5-16. 측정대상 방송실의 전자·전기기기 구성

장치	수량	사용목적
LCD TV	12 대	주요 방송 상시 수신용
녹화장치	4 대	주요 방송 녹화용
컴퓨터	2 대	주요 방송 녹화용



그림 5-40. 방송실 구조 및 측정지점(① - ④ : 전기장 및 자기장 측정)



(a) 방송실 전경



(b) 방송 모니터 우(①)



(a) 방송 모니터 중앙(②)



(b) 방송 모니터 좌(③)

그림 5-41. 방송실 측정지점 모습

표 5-17. 방송실의 측정지점별 전자파 측정결과(최대값)

위 치	전기장 강도				자기장 강도			
	주파수 [Hz]	측정값 [V/m]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]	주파수 [Hz]	측정값 [mG]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]
①	60	16.778	0.41	0.20	60	0.0748	0.0089	0.0018
②	60	29.724	0.71	0.36	60	0.1485	0.0178	0.0036
③	60	20.506	0.49	0.25	60	0.1355	0.0163	0.0033

※ 인체보호 기준값(일반인 기준) : 60 Hz - 전기장 4166 V/m, 자기장 833 mG

※ 인체보호 기준값(직업인 기준) : 60 Hz - 전기장 8333 V/m, 자기장 4167 mG

전자파 측정은 각 측정지점에 전기장 및 자기장 측정 장비를 설치하고 케이블을 통해 리모트 컨트롤 소프트웨어가 설치된 컴퓨터와 연결하여 40 Hz - 32 kHz를 측정하였다. 방송실의 각 측정지점별로 전자파 측정결과는 표 5-17에 나타났다. 전기장은 그림 5-40의 ① - ③ 지점에서 측정되었고, 자기장 역시 같은 지점에서 측정하였다.

전기장 강도는 모든 지점에서 60 Hz가 가장 높게 측정되었으며, 16 V/m - 30 V/m 범위의 결과를 나타냈다. 가장 높게 나타난 지점은 29.724 V/m를 나타낸 ② 지점이었다. ② 지점은 LCD TV 12대가 설치된 중간지점이면서 아래쪽에 전기선이 지나고 있었다. 나머지 두 지점은 각각 16.778 V/m(①지점)과 20.506 V/m(③지점)이었다. 최대 전기장이 측정된 ② 지점의 결과는 인체보호 기준 대비 0.71%로 매우 낮은 수준을 보였다. 전기장 측정결과 데이터 결과 분석 중 전산 네트워크 상황실과 서버실의 측정결과와 유사하게 그림 5-43, 그림 5-44 등과 같이 60 Hz 주파수와 함께 20 kHz 대역에서 3 V/m 수준의 값이 모든 지점에서 측정되었으나 측정대상의 측정지점은 20 kHz 대역에서 측정될 소스원이 없을 뿐더러 여러 테스트를 거친 결과 모든 데이터에서 20 kHz 대역에서 3 V/m 수준의 값 하나의 성분이 지속적으로 나타나는 것으로 보아 측정기 내부의 발진기 등의 영향으로 판단된다. 다만, 전산 네트워크 상황실이나 서버실의 결과에서는 일부 지점에서 20 kHz 대역의 전기장 크기가 60 Hz 주파수보다 큰 경우가 발생한 반면, 방송실의 경우에는 측정 샘플이 적지만 모든 지점에서 60 Hz 전자파가 높게 측정되었다. 그렇다고 하더라도 방송실의 측정 결과에도 20 kHz 대역 중 하나의 주파수 성분이 3 V/m 정도의 크기를 갖고 있었다. 자기장 강도는 전기장이 측정된 ① - ③ 지점 모두에서 측정하였다. 전기장 측정결과가 어느 한 지점에서만 뚜렷하게 크지 않았기 때문이다. 측정결과, 전기장이 가장 크게 측정되었던 ② 지점에서 자기장 측정결과도 높게 나타났다. 60 Hz에서 0.1485 mG로 일반인 인체보호기준 대비 0.0178%, 직업인 인체보호기준 대비 0.0036%로 매우 낮은 수준이었다.

그림 5-42는 방송실의 모든 지점의 인체보호 기준 대비율을 보여준다. 모든 지점에서 인체보호 기준 대비 1% 미만의 낮은 전기장 및 자기장이 측정되어 다수의 LCD TV와 녹화장치 등이 밀집된 특수 환경임에도 안전한 수준을 유지하는 결과를 보였다.

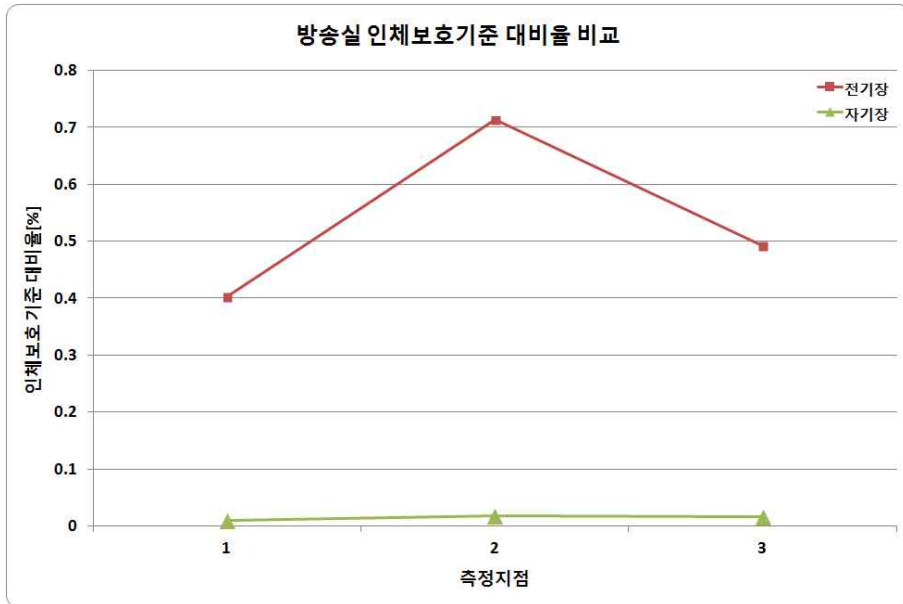


그림 5-42. 방송실 측정지점별 전자파 인체보호 기준 대비율 비교

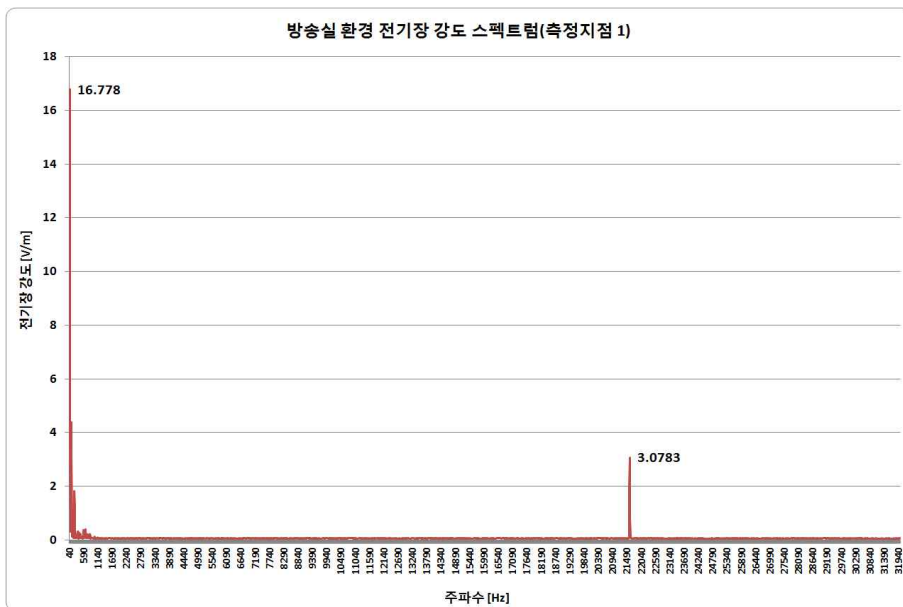


그림 5-43. 방송실 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 1)

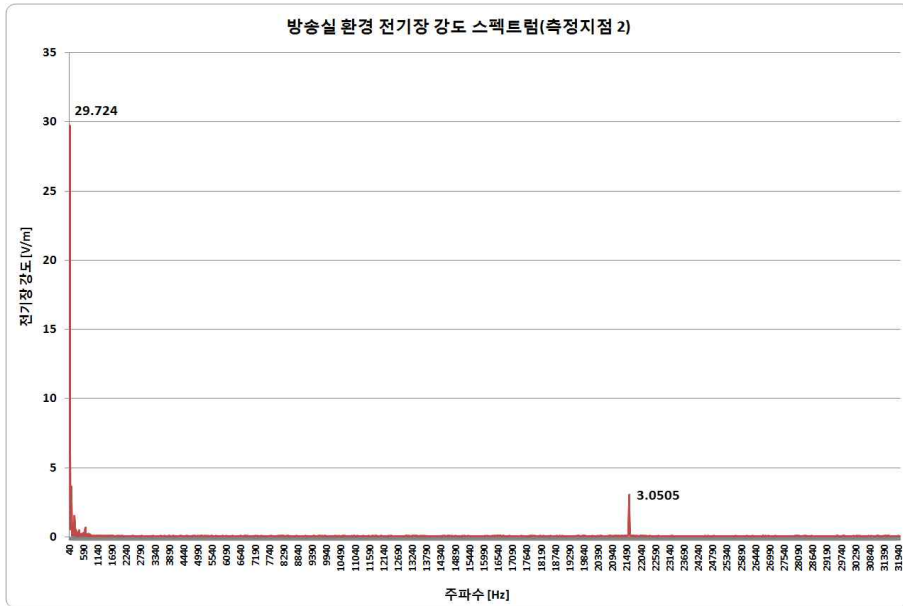


그림 5-44. 방송실 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 2)

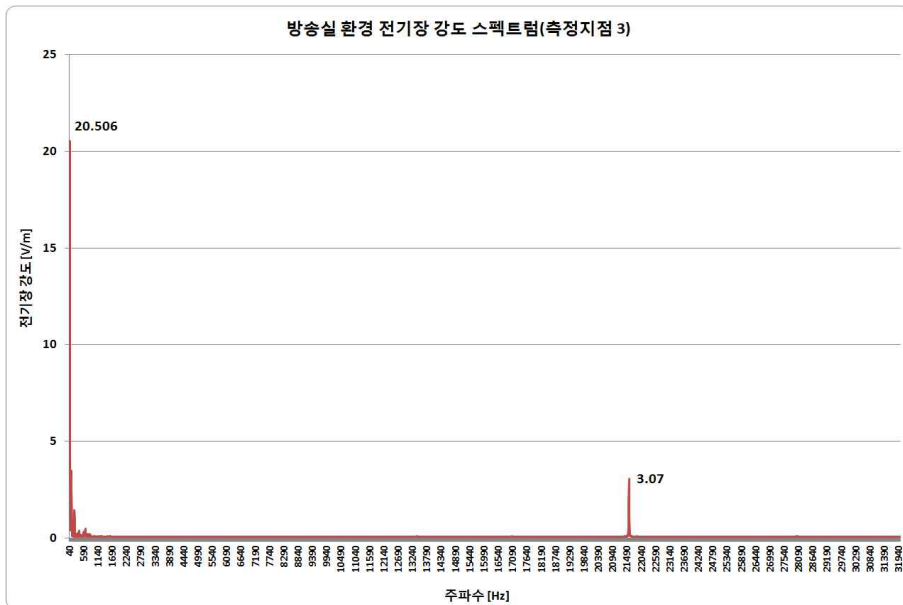


그림 5-45. 방송실 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 3)

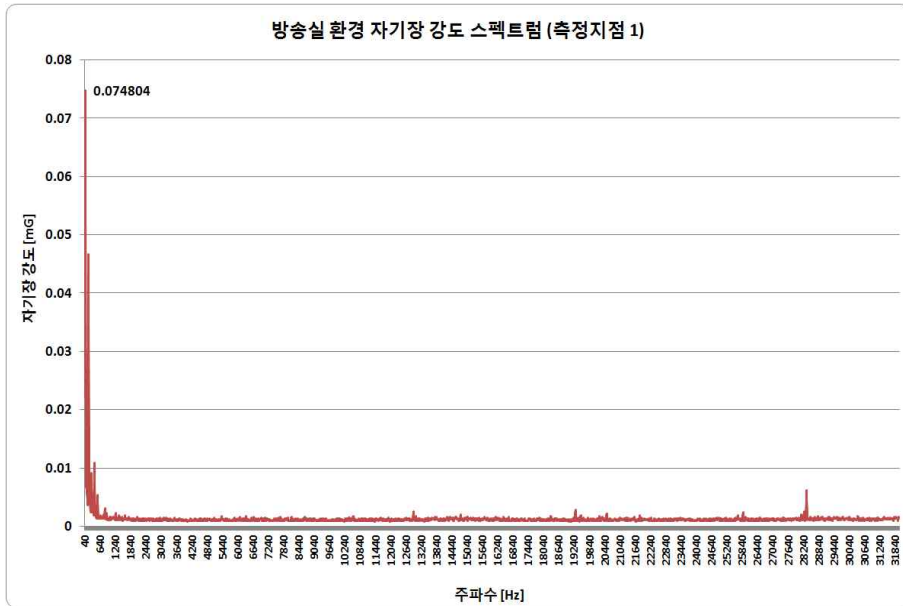


그림 5-46. 방송실 환경 자기장 강도 스펙트럼(측정지점 1)

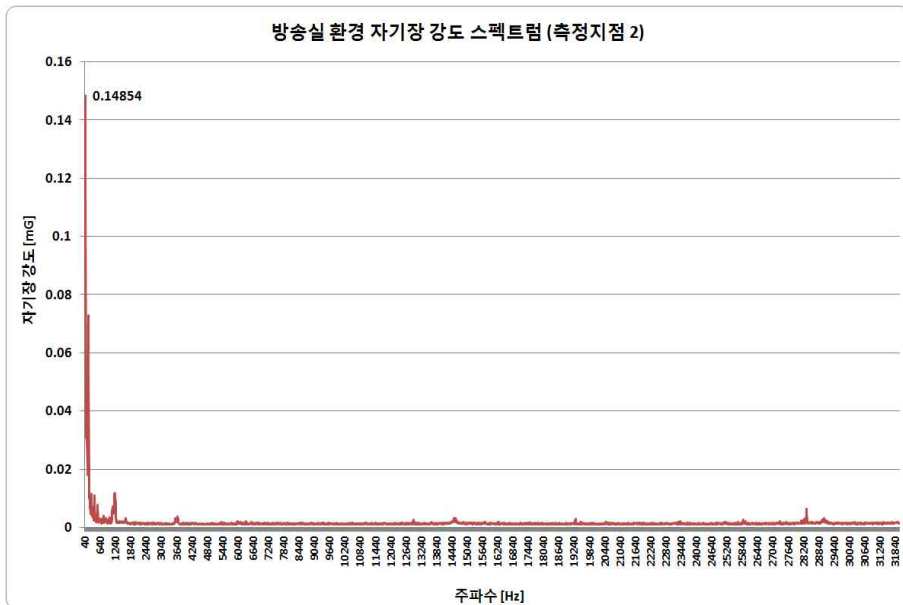


그림 5-47. 방송실 환경 자기장 강도 스펙트럼(측정지점 2)

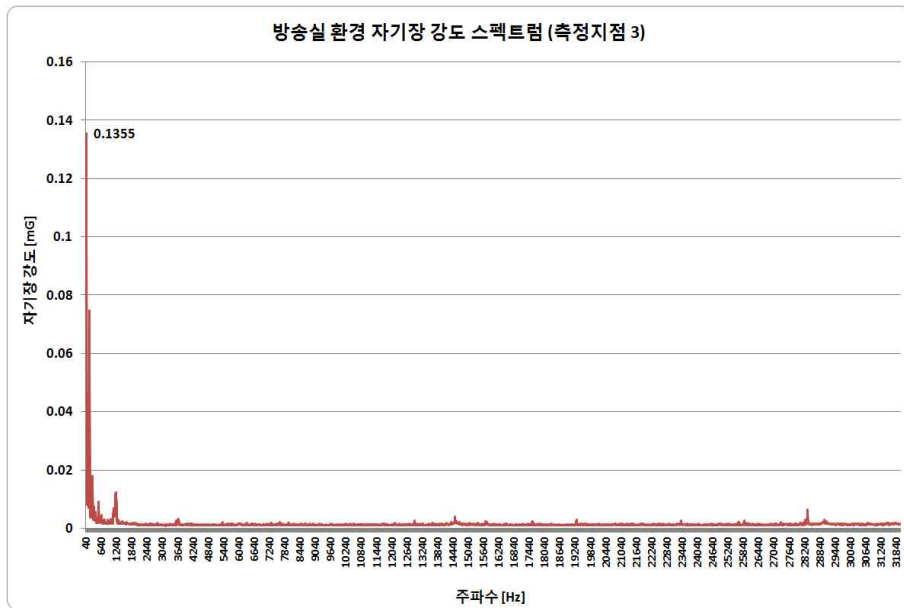


그림 5-48. 방송실 환경 자기장 강도 스펙트럼(측정지점 3)

5. 회의실

전산 네트워크 상황실, 서버실, 방송실 등이 일반적인 사무환경보다는 상대적으로 특수한 업무에 종사하는 업무 환경을 고려하였다면, 일반적인 사무환경에서 쉽게 볼 수 있는 환경에 대한 전자파 측정과 평가를 고려할 필요가 있을 것이다. 이를 위해, 대개의 회사에 존재하는 회의실에 대한 전자파 측정을 실시하였다.

측정대상으로 선정한 회의실은 6명 정도가 회의할 수 있는 책상과 천장에 회의용 빔프로젝터가 설치되어 있으며, 한쪽 벽면에 빔프로젝터 투사용 스크린이 설치된 일반적으로 쉽게 볼 수 있는 회의실이다. 측정대상으로 선정한 회의실의 전자·전기기기 구성은 표 5-18과 같다. 그림 5-49는 회의실의 개략적인 도면과 전자파 측정지점을 나타냈다. 측정지점은 회의실에 설치된 빔프로젝터 아래에 회의 시 앉게 되는 위치와 프리젠테이션을 위한 발표자의 위치 등을 고려하여 선정하였다. 그림 5-50은 측정대상의 전경과 측정환경 등을 보여준다.

표 5-18. 측정대상 회의실의 전자·전기기기 구성

장치	수량	사용목적
빔프로젝터	1 대	영상 송출을 위해 천장(① 위)에 설치
프리젠테이션 시스템	1 대	발표대에 설치(컴퓨터, 스피커 등)



그림 5-49. 회의실 구조 및 측정지점(① - ③ : 전기장 측정)



(a) 회의실 전경



(b) 회의실 측정(2)

그림 5-50. 회의실 측정지점 모습

표 5-19. 회의실의 측정지점별 전기장 측정결과(최대값)

위치	전기장 강도			
	주파수 [Hz]	측정값 [V/m]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]
①	60	11.798	0.28	0.14
②	60	1.4399	0.03	0.02
③	60	0.29911	0.007	0.004

※ 전자파 인체보호 기준값(일반인 기준) : 60 Hz - 전기장 4166 V/m

※ 전자파 인체보호 기준값(직업인 기준) : 60 Hz - 전기장 8333 V/m

회의실의 전기장 측정은 각 측정지점에 전기장 측정 장비를 설치하고 케이블을 통해 리모트 컨트롤 소프트웨어가 설치된 컴퓨터와 연결하여 40 Hz - 32 kHz를 측정하였다. 회의실의 각 측정지점별로 전기장 측정 결과는 표 5-19에 나타났다. 전기장은 그림 5-49의 ① - ③ 지점에서 측정하였고, 자기장은 잡음 수준의 매우 낮은 값이 측정되어 별도의 데이터 처리는 하지 않았다.

전기장 강도는 모든 지점에서 60 Hz가 가장 높게 측정되었으며, 0.3 V/m - 11 V/m 범위의 결과를 나타냈다. 가장 높게 나타난 지점은 11.798 V/m를 나타낸 ① 지점이었다. ① 지점 위에는 빔프로젝터가 설치되어 있었다. 나머지 두 지점은 각각 1.4399 V/m(②지점)와 0.2991 V/m(③지점)이었다. 최대 전기장이 측정된 ① 지점의 결과는 인체보호 기준 대비 0.28%로 매우 낮은 수준을 보였다. 전기장 측정결과 데이터 결과 분석 중 전산 네트워크 상황실이나 서버실의 측정결과와 마찬가지로 그림 5-x, 그림 5-x와 같이 60 Hz 주파수보다 20 kHz 대역에서 3 V/m 수준의 값이 모든 지점에서 측정되었으나 측정대상의 측정지점은 20 kHz 대역에서 측정될 소스원이 없을 뿐더러 여러 테스트를 거친 결과 모든 데이터에서 20 kHz 대역에서 3 V/m 수준의 값 하나의 성분이 지속적으로 나타나는 것으로 보아 측정기 내부의 발진기 등의 영향으로 판단된다. 이 부분은 측정기에 대한 추가 검증이 필요할 것으로 보이나 20 kHz 대역 소스원이 없는 곳에서 측정된 모든 측정 데이터에 일관되게 있는 것으로 보아 측정결과 분석에서는 제외하고 분석하였다.

그림 5-51은 회의실의 측정 지점의 일반인 인체보호 기준 대비율을 보여준다. 모든 지점에서 일반인 및 직업인 인체보호 기준 대비 1% 미만의 매우 낮은 전기장이 측정되어 안전한 수준을 유지하는 결과를 보여 안전한 환경으로 판단된다.

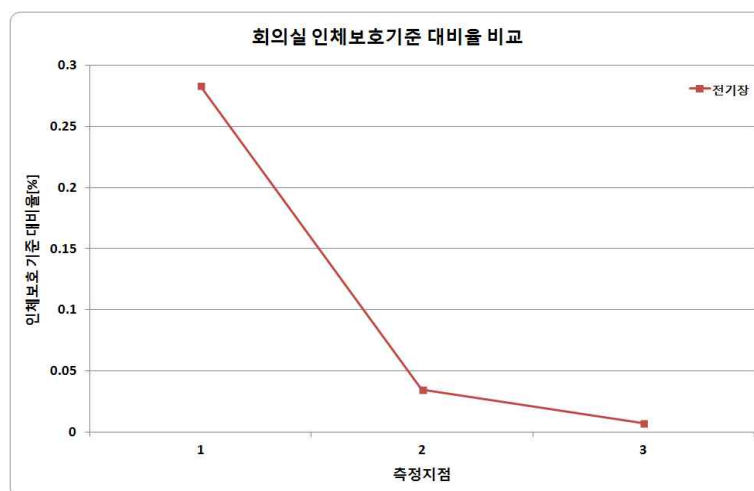


그림 5-51. 회의실 측정지점별 전기장 인체보호 기준 대비율 비교

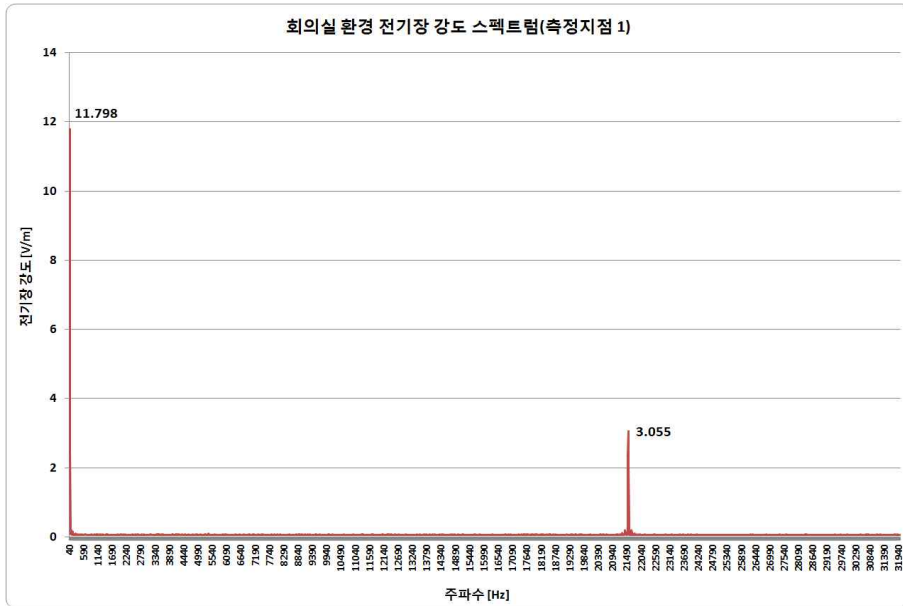


그림 5-52. 회의실 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 1)

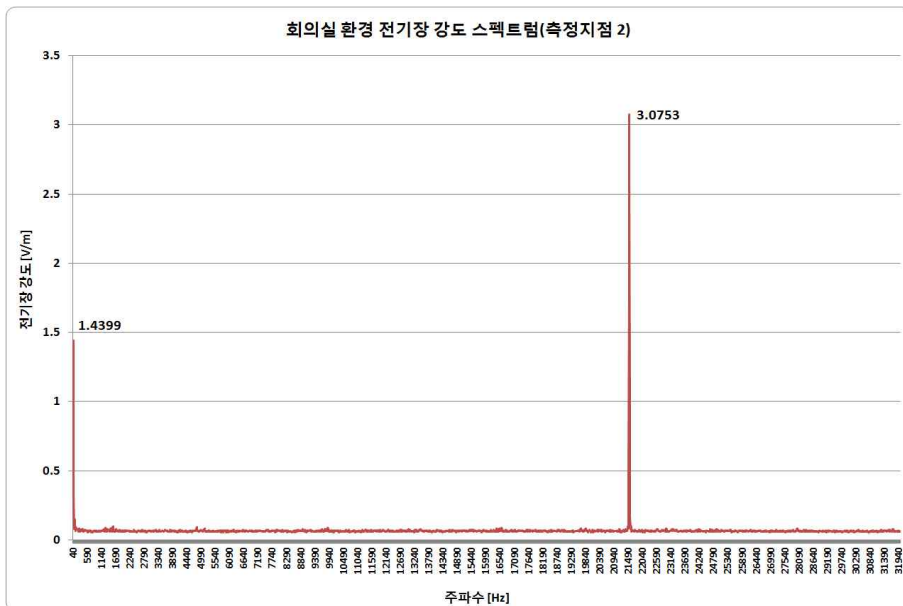


그림 5-53. 회의실 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 2)

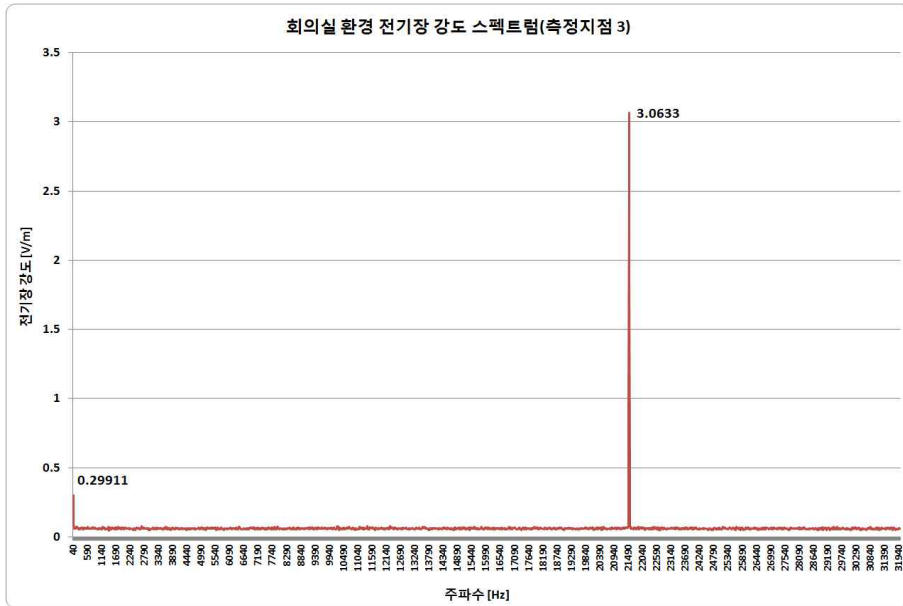


그림 5-54. 회의실 환경 전기장 강도 스펙트럼(측정지점 3)

6. 병원 MRI실 및 의료기기

가. 병원 MRI실

환자의 진단과 치료 등의 목적으로 사용되는 MRI에 대한 직업인의 전자파 인체영향 관련 연구 사례를 앞절에 설명하였다. 영국 연구진에 의해 MRI 장비에 근접한 곳에서 측정된 결과, 일부 MRI 장비에 매우 근접하여 측정할 때, 인체보호 기준 보다 초과하기도 하였다. 이에, 국내 대형병원에 기본적으로 설치되어 있는 MRI실 측정을 시행하였다.

국내 병원 중 분당서울대병원의 협조를 구해 지난 2013년 10월 24일부터 10월 30일까지 병원 내 MRI실 측정 허락을 얻었으나 MRI 장비에 대한 특수성 때문에 영국의 측정사례처럼 MRI 장비가 동작하는 상황에서 장비에 매우 근접(접촉상황 등)하여 실제 MRI 장비를 다루는 의료진 등의 근무 형태를 고려한 측정은 병원 측에서 허락하지 않아 MRI실의 전파환경을 측정하는 수준으로 진행하였다. 분당서울대병원의 MRI실 구조 및 측정지점은 그림 5-55에 나타냈다. 세부 측정내용은 표 5-20에 기술한 바와 같이, 1.5T MRI와 3T MRI가 설치된 MRI실 입구와 조정석 등을 중심으로 측정하였고, 측정주파수는 MRI 장비에 의해 전자파가 발생될 것으로 예상되는 60 Hz와 128 MHz를 측정하였다. 그림 5-56은 측정지점의 모습을 보여준다.

표 5-20. 측정대상 MRI실 구성

구분	내용
MRI 기기	1.5T, 3T 각 1대
MRI 조정석	MRI 실 앞 각 1 설비
측정주파수	60 Hz, 128 MHz

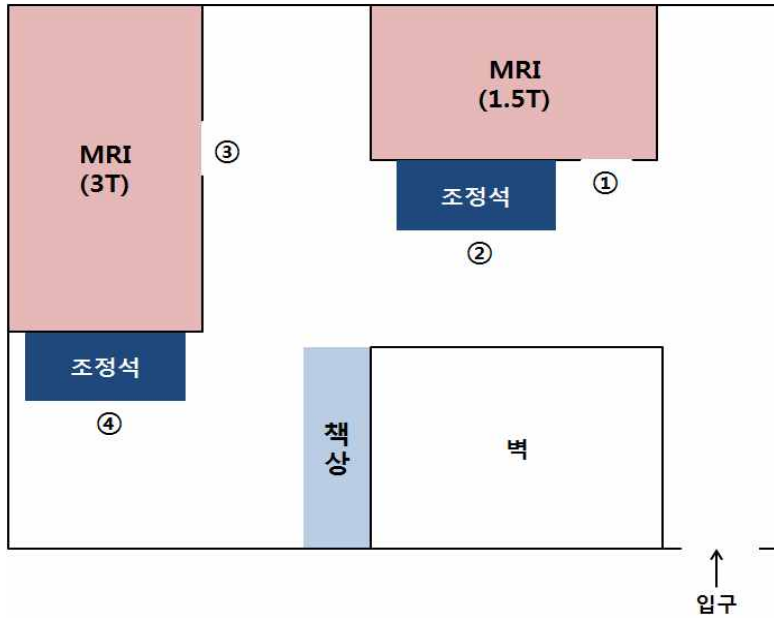


그림 5-55. 병원 내 MRI실 구조 및 측정지점



(a) 1.5T MRI실 입구(①)



(b) 1.5T MRI 조정석 앞(②)



(c) 3T MRI실 입구(③)



(d) 3T MRI 조정석 앞(④)

그림 5-56. 병원 MRI실 측정지점 모습

표 5-21. 병원 MRI실 측정지점별 전자파 측정결과(60 Hz 최대값)

위 치	전기장 강도				자기장 강도			
	주파수 [Hz]	측정값 [V/m]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]	주파수 [Hz]	측정값 [mG]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]
①	60	1.26	0.03	0.02	60	0.96	0.12	0.02
②	60	1.36	0.04	0.02	60	0.86	0.11	0.02
③	60	1.36	0.04	0.02	60	4.36	0.53	0.10
④	60	3.7	0.09	0.04	60	1.8	0.22	0.04

※ 전자파 인체보호 기준값(일반인 기준) : 60 Hz - 전기장 4166 V/m, 자기장 833 mG

※ 전자파 인체보호 기준값(직업인 기준) : 60 Hz - 전기장 8333 V/m, 자기장 4167 mG

표 5-22. 병원 MRI실 측정지점별 전자파 측정결과(128 MHz 최대값)

위 치	전기장 강도				자기장 강도			
	주파수 [Hz]	측정값 [V/m]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]	주파수 [Hz]	측정값 [mG]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]
①	128	0.02	0.08	0.03	128	0.0002	0.022	0.01
②	128	0.01	0.04	0.02	128	0.0001	0.011	0.005
③	128	0.03	0.11	0.05	128	0.0004	0.044	0.02
④	128	0.03	0.11	0.05	128	0.0001	0.011	0.005

※ 전자파 인체보호 기준값(일반인 기준) : 128 MHz - 전기장 28 V/m, 자기장 0.92 mG

※ 전자파 인체보호 기준값(직업인 기준) : 128 MHz - 전기장 61 V/m, 자기장 2 mG

MRI실의 각 측정지점별로 60 Hz 주파수의 전자파 측정결과는 표 5-21, 128 MHz 전자파 측정결과는 표 5-22에 나타났다. 전기장은 그림 5-55의 ① - ④ 지점에서 측정되었고, 자기장 역시 같은 지점에서 측정하였다.

60 Hz 전기장 강도가 가장 높게 측정된 지점은 3.7 V/m를 나타낸 ④ 지점이었다. ④ 지점은 3T MRI 조정석 앞이다. 60 Hz에서 최대 전기장이 측정된 ④ 지점의 결과는 일반인 인체보호 기준 대비 0.09%로 매우 낮은 수준을 보였다. 직업인의 인체보호기준은 일반인의 인체보호기준보다 완화된 것을 감안한다면 인체보호 기준 대비 매우 낮은 수준이다. 128 MHz 전기장 강도는 측정지점별로 큰 차이없이 낮은 값이 측정되

었다. 0.01 V/m - 0.03 V/m로 차이가 있다고 보기 어렵지만 가장 높게 측정된 지점은 60 Hz와 마찬가지로 ④ 지점이었다. 128 MHz에서 최대 전기장이 측정된 ④ 지점의 결과는 일반인 인체보호 기준 대비 0.03%로 매우 낮은 수준이다.

자기장 강도는 전기장이 측정된 ① - ④ 지점 모두에서 측정하였다. 60 Hz 자기장 측정결과, 전기장 측정에서 두 번째로 높게 나왔던 ③ 지점에서 가장 높은 자기장이 측정되어 4.36 mG를 나타냈다. 이 수치는 일반인 인체보호 기준 대비 0.53%, 직업인 인체보호 기준 대비 0.1%로 매우 낮은 수준이다. 128 MHz 자기장은 전기장과 마찬가지로 4개 측정 지점의 결과에 차이가 전혀 없는 수준이었지만 가장 높게 나온 측정지점은 60 Hz 자기장 결과와 마찬가지로 ③ 지점이 높았다. 일반인 인체보호 기준 대비 0.044%, 직업인 인체보호 기준 대비 0.02%로 매우 낮은 수준이어서 비교 자체가 무의미했다. 그림 5-57은 MRI실의 모든 측정 지점의 인체보호기준 대비율을 보여준다.

앞 절의 MRI 장비에 접촉 또는 근접한 상황에서 전자파를 측정한 영국 연구진의 사례와 달리 국내 MRI실은 인체보호 기준 대비 매우 낮은 수준이었다. 이것은 금번 측정이 MRI 장비가 동작하는 상태에서 장비에 접촉 또는 근접한 상황에서 측정하지 못하고 MRI 장비 바깥에서 측정하였기 때문으로 판단된다. 현재로써는 MRI 장비에 대한 특수성 등으로 인해 국내 병원에서 MRI 장비에 근접한 측정이 이뤄지기 어렵지만 향후 이에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다.

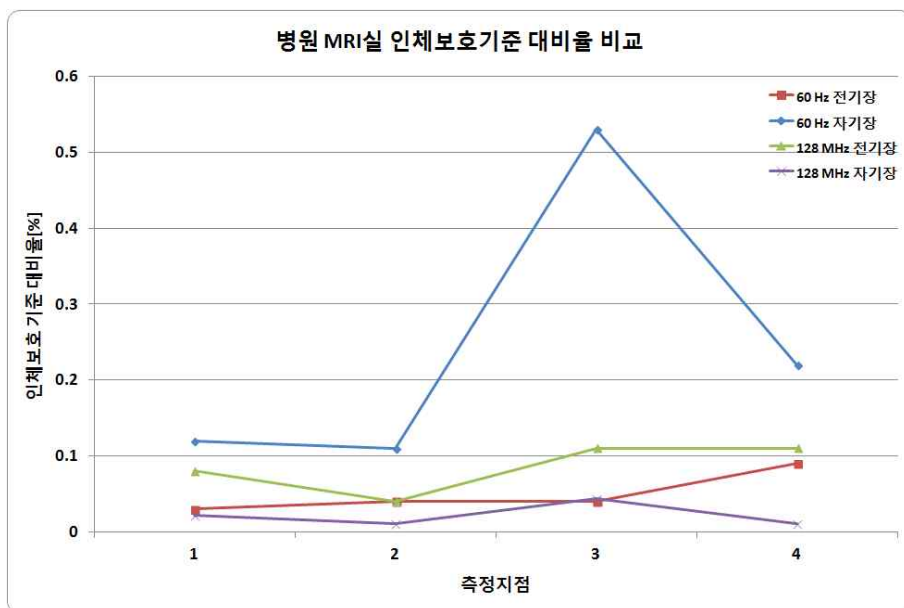


그림 5-57. MRI실 측정지점별 전자파 인체보호 기준 대비율 비교

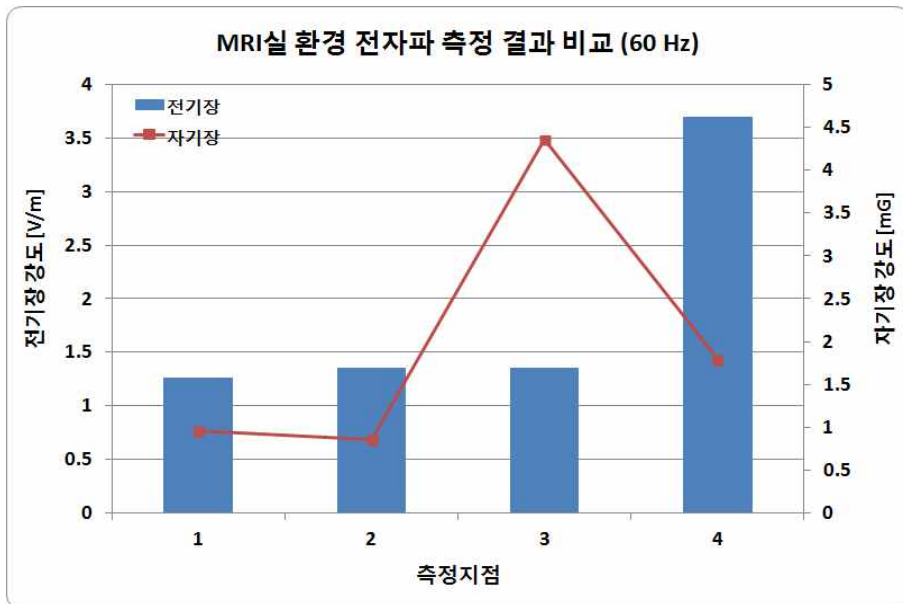


그림 5-58. MRI실 측정지점별 전자파 측정 결과 비교(60 Hz)

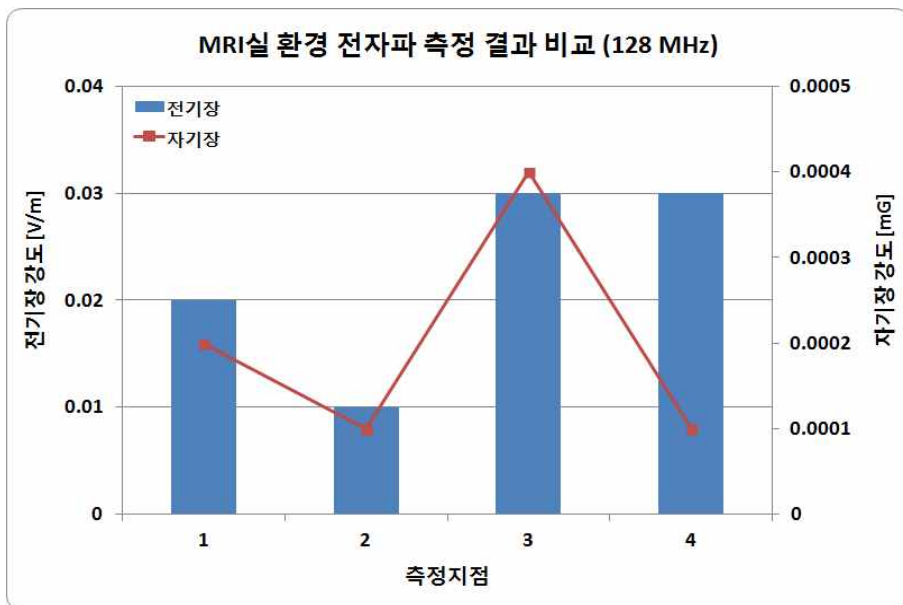


그림 5-59. MRI실 측정지점별 전자파 측정 결과 비교(128 MHz)

나. 병원 의료기기 - 환자 모니터링 기기

환자의 진단과 치료 등의 목적으로 사용되는 MRI 장비가 설치된 환경과 더불어 환자의 수술 및 치료 등을 위해 사용하는 의료기기에도 전파를 응용한 기기들이 많이 있다. 이들 기기에서도 전자파가 방출될 것으로 예상되어 몇 개의 전파응용 의료기기를 선정하여 전자파를 측정하였다.

의료기기 전자파 측정은 분당서울대병원에서 환자의 상태를 모니터링 하고 데이터를 중앙 서버에 전송하는 장치인 환자 모니터링 기기 (Patient Monitor)를 측정대상으로 선정하였다. 이 기기는 환자의 심장 박동수, 혈압 등 기본 바이오 정보를 측정하여 2.4 GHz Wifi 장치를 이용해 데이터를 서버에 전송하는 기능을 담당한다. 표 5-23에 대상 기기에 대한 정보를 기술하였다. 환자 모니터링 기기에 대한 전자파 측정은 장비를 중심으로 전, 후, 좌, 우 등 4방면에 대해 측정 시스템을 밀착하여 측정하였다. 밀착 측정은 사용자가 의료기기에 접촉하거나 근접하여 사용하는 경우가 많은 것을 고려한 것이다.

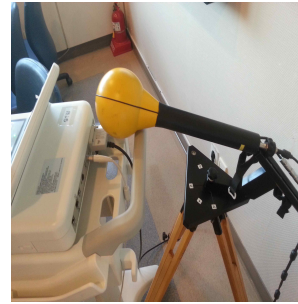
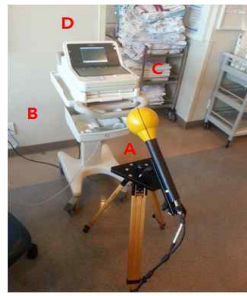
표 5-23. 환자 모니터링 기기 측정 대상

장치	사용 주파수	수량	사용목적
Patient Monitor	2.4 GHz	1 대	환자의 심장박동수, 혈압 등을 측정하여 환자 정보를 서버(컴퓨터)에 전송

환자 모니터링 기기 측정은 기기 자체의 동작에 전파가 사용되는 것은 아니며, 환자의 상태 데이터를 병원 내에 설치된 서버에 전송하기 위해 2.4 GHz 대역의 Wifi 장치가 설치되어 있어 측정대상으로 선정하였다. 따라서 이 기기의 전자파 측정은 전자·전기기기임을 감안하여 60 Hz 전기장 및 자기장을 측정하고, 2.4 GHz 전파를 발생하므로 이 주파수 대역에 대해 전자파 측정을 실시하였다. 그림 5-60은 측정대상 기기인 환자 모니터링 기기와 측정 모습을 보여주고 있다. 그림에서 보듯이 기기를 중심으로 전, 후, 좌, 후 등 4방면에서 측정하였다.



(a) 측정 대상기기



(b) 측정 모습

그림 5-60. 환자 모니터링 기기 및 측정 모습

표 5-24. 환자 모니터링 기기 측정지점별 전자파 측정결과(60 Hz 최대값)

위치	전기장 강도				자기장 강도			
	주파수 [Hz]	측정값 [V/m]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]	주파수 [Hz]	측정값 [mG]	기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]
기본환경	60	0.1	0.003	0.001	60	0.3	0.04	0.01
정면	60	0.17	0.004	0.002	60	0.6	0.07	0.01
왼쪽	60	0.2	0.005	0.002	60	0.9	0.11	0.02
오른쪽	60	0.19	0.005	0.002	60	1.6	0.19	0.04
뒷면	60	0.3	0.007	0.004	60	2.5	0.30	0.06

※ 전자파 인체보호 기준값(일반인) : 60 Hz - 전기장 4166 V/m, 자기장 833 mG

※ 전자파 인체보호 기준값(직업인) : 60 Hz - 전기장 8333 V/m, 자기장 4167 mG

표 5-25. 환자 모니터링 기기 측정지점별 전자파 측정결과(2.4 GHz 최대값)

위치	전기장 강도			
	주파수 [GHz]	측정값 [V/m]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]
기본환경	2.4	0.3	0.49	0.22
정면	2.4	1.23	2.02	0.90
왼쪽	2.4	1.62	2.66	1.18
오른쪽	2.4	1.79	2.94	1.31
뒷면	2.4	5.9	9.67	4.31

※ 전자파 인체보호 기준값(일반인) : 2.4 GHz - 전기장 61 V/m

※ 전자파 인체보호 기준값(직업인) : 2.4 GHz - 전기장 137 V/m

환자 모니터링 기기의 각 측정지점별 60 Hz 주파수의 전자파 측정결과는 표 5-24, 2.4 GHz의 전기장 측정결과는 표 5-25에 나타났다. 60 Hz는 전기장 및 자기장을 4개 지점에서 모두 측정하였고, 2.4 GHz는 자기장 영향이 거의 없는 것으로 알려져 있기 때문에 전기장만 측정하였다.

60 Hz 전기장 강도가 가장 높게 측정된 지점은 0.3 V/m를 나타낸 환자 모니터링 기기 뒷면이었다. 뒷면에는 기기 발열을 식히기 위한 통풍 장치와 전력선 입력 장치 등이 설치되어 있는 곳이다. 60 Hz에서 최대 전기장이 측정된 뒷면의 결과는 일반인 인체보호 기준 대비 0.005%로 매우 낮은 수준을 보였다. 직업인의 인체보호기준은 일반인의 인체보호기준 보다 완화된 것을 감안한다면 인체보호 기준 대비 매우 낮은 수준이다. 환자 모니터링 기기는 전자파의 위험을 인지하고 있는 직업인이 사용하지 않고, 대개 의료진과 환자가 사용하므로 일반인 기준으로 비교하는 것이 적합하다. 특히, 환자의 바로 옆에 설치되는 관계로 더욱 일반인 기준이 적합하다. 측정대상 기기에는 Wifi를 통해 데이터를 전송하는 장치가 포함되어 있기에 2.4 GHz 전기장 강도를 측정하였다. 측정결과, 60 Hz 전기장의 결과와 마찬가지로 기기의 뒷면에서 5.9 V/m로 가장 높게 측정되었다. Wifi 전송장치기 뒷면에 설치된 것으로 판단된다. 2.4 GHz에서 최대 전기장이 측정된 뒷면의 결과는 일반인 인체보호 기준 대비 9.67%, 직업인 인체보호 기준 대비 4.31%로 낮은 수준을 보인다.

자기장 강도 측정은 60 Hz에 대해서만 진행하였다. 60 Hz 자기장 측정결과, 전기장 측정결과와 마찬가지로 뒷면에서 가장 높은 자기장이 측정되어 2.5 mG를 나타났다. 이 수치는 일반인 인체보호 기준 대비 0.3%, 직업인 인체보호 기준 대비 0.06%로 매우 낮은 수준이다. 그림 5-61과 그림 5-62는 환자 모니터링 기기의 측정지점별 인체보호기준 대비율을 보여준다. 환자 모니터링 기기는 60 Hz 및 2.4 GHz 전자파 측정결과 일반인의 인체보호기준 대비 충분히 낮은 결과를 보이고 있어 안전한 것으로 판단된다. 다만, 데이터 전송을 위해 사용되는 2.4 GHz 대역에서 상대적으로 높은 전기장이 방출되는 것을 감안하여 기기 뒷면이 환자로부터 가능하면 멀리 떨어지도록 설치하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

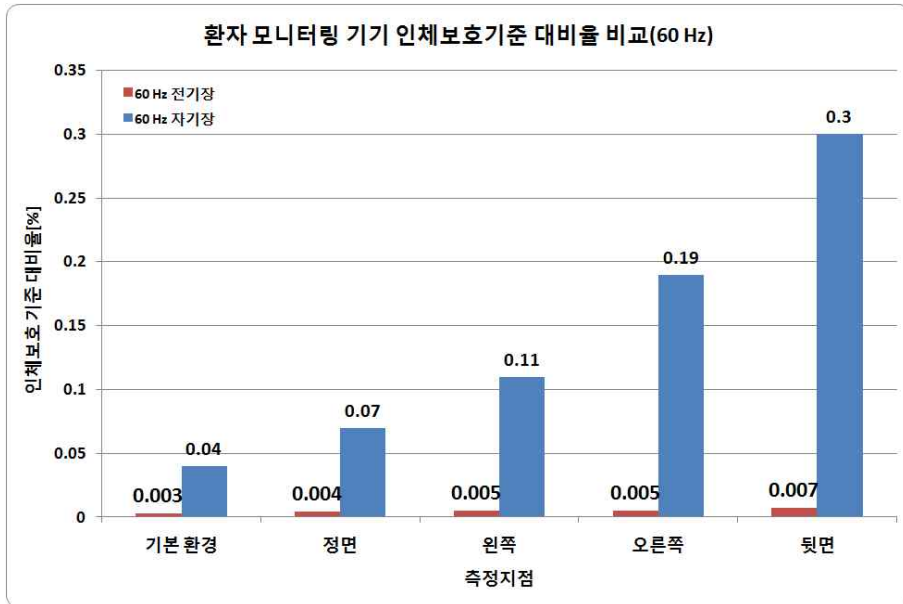


그림 5-61. 환자 모니터링 기기 측정지점별 기준 대비율(60Hz)

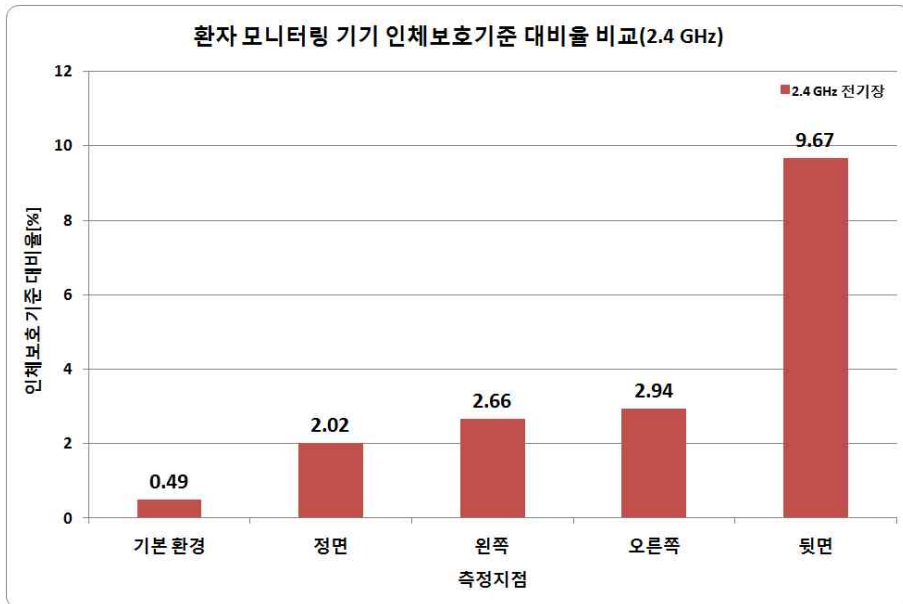


그림 5-62. 환자 모니터링 기기 측정지점별 기준 대비율(2.4GHz)

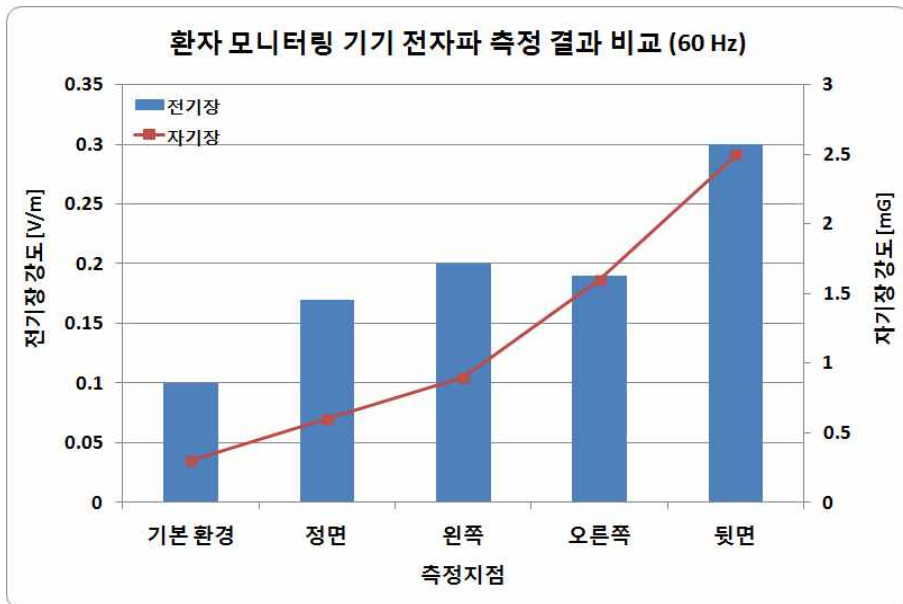


그림 5-63. 환자 모니터링 기기 측정지점별 전자파 측정 결과 비교(60 Hz)

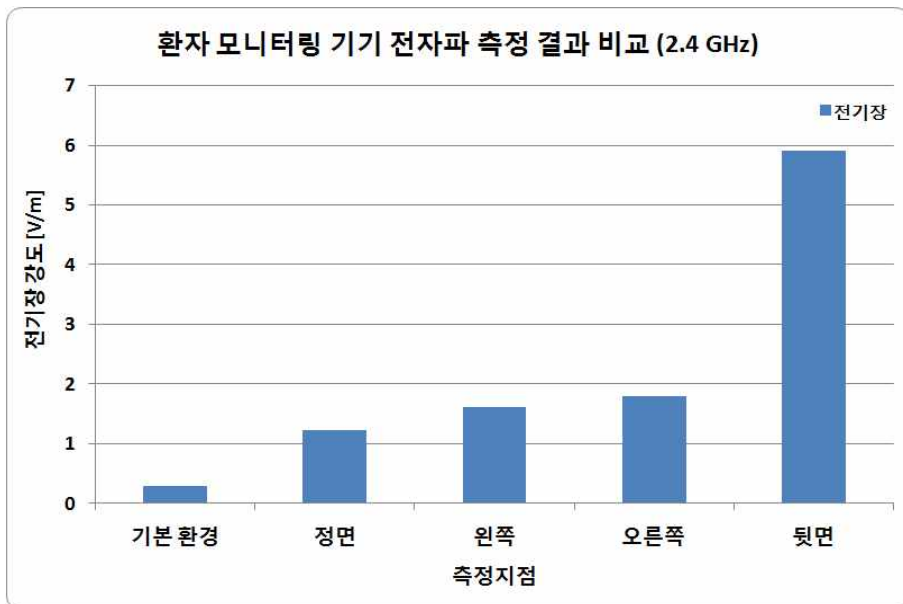


그림 5-64. 환자 모니터링 기기 측정지점별 전자파 측정 결과 비교(2.4 GHz)

다. 병원 의료기기 - 전기 수술기

의료기기 전자파 측정 두 번째 대상기기는 분당서울대병원에서 환자의 수술 시에 인체의 조직을 떼어내거나 지혈 등을 위해 사용하는 전기 수술기 4대를 선정하였다. 4대는 모두 다른 모델로 선정하였다. 이들 의료기기는 전파를 이용한 전파응용기기이며, 사용 주파수가 상이한 모델을 선정하였다. 표 5-26에 대상 기기에 대한 정보를 기술하였다. 환자 모니터링 기기에 대한 전자파 측정은 장비를 중심으로 전, 후, 좌, 우, 윗면 등 5방면에 대해 측정 시스템을 밀착하여 측정하였다. 밀착 측정은 사용자가 의료기기에 접촉하거나 근접하여 사용하는 경우가 많은 것을 고려한 것이다.

표 5-26. 병원 의료기기 측정 대상

장치		사용 주파수	수량	사용목적
Electrosurgical	A사	417 kHz	1 대	시스템에 연결된 집계를 사용하여 수술시 인체의 조직을 떼어내거나 지혈 등에 사용
	B사	470 kHz	1 대	
	C사	510 kHz	1 대	
	D사	3.6 MHz	1 대	

전기 수술기 측정은 제조사나 모델마다 사용 주파수가 상이하지만 400-500 kHz 대역, 3.6 MHz 대역 등의 주파수를 이용하여 열 작용을 동작하게 되는 전파응용기기라고 할 수 있어 전자파 측정대상으로 선정하였다. 전자파 측정은 전자·전기기기임을 감안하여 60 Hz 전기장 및 자기장을 측정하고, 해당 기기에서 사용하는 주파수 대역에서도 대해 전자파 측정을 실시하였다. 그림 5-65는 측정대상 기기인 전기 수술기 모습이다.

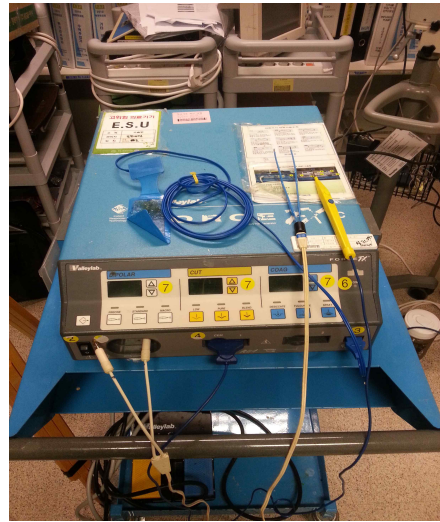
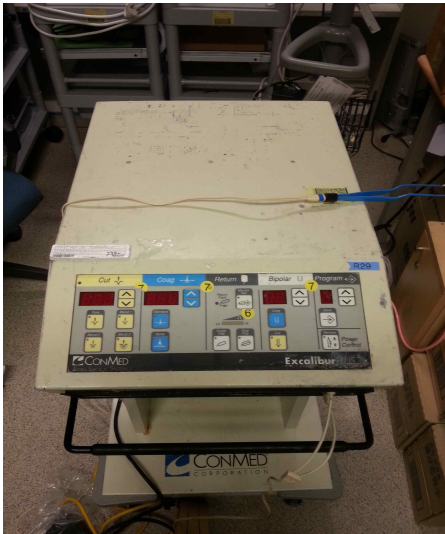


그림 5-65. 전기 수술기

○ 전기 수술기 - A사

전기 수술기기 A사 모델은 417 kHz를 사용하는 의료기기이다. 60 Hz 전자파 외에 동작 주파수인 417 kHz에 대한 전자파를 측정하였으며, 측정위치는 기기를 중심으로 전, 후, 좌, 우, 윗면에서 밀착하여 측정하였다. 60 Hz 주파수의 전자파 측정결과는 표 5-27, 417 kHz의 전기장 측정결과는 표 5-28에 나타냈다.

60 Hz 전기장 강도가 가장 높게 측정된 위치는 4.6 V/m를 나타낸 전기 수술기의 좌측면이었다. 좌측면의 결과는 일반인 인체보호 기준 대비 0.11%로 EXCALIBUR 모델보다는 매우 낮은 수준을 보였다. 동작 주파수인 417 kHz에 대한 전기장 측정결과, 기기의 정면에서 0.94 V/m로 가장 높게 측정되었다. 정면의 417 kHz 전자파 측정결과는 일반인 인체보호 기준 대비 1.08%로 매우 낮은 수준이다.

60 Hz 자기장 측정결과, 윗면에서 가장 높은 자기장이 측정되어 292.1 mG를 나타냈다. 이 수치는 일반인 인체보호 기준 대비 35.07%, 직업인 인체보호 기준 대비 7.01%로 인체보호 기준을 만족하는 수준이다. 417 kHz의 자기장을 측정한 결과, 가장 높은 417 kHz 전기장이 측정되었던 정면에서 0.004 mG(일반인 인체보호기준 대비 0.02%, 직업인 인체보호 기준 대비 0.008%)가 측정되어 매우 낮은 값이었으며, 60 Hz에서 가장 높은 자기장이 측정되었던 윗면은 0.004 mG로 정면과 같이 전자파가 방출되지 않는 수준이라고 볼 수 있다.

표 5-27. A사 전기 수술기의 전자파 측정결과(60 Hz 최대값)

위 치	전기장 강도				자기장 강도			
	주파수 [Hz]	측정값 [V/m]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]	주파수 [Hz]	측정값 [mG]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]
기본환경	60	2.6	0.06	0.03	60	0.5	0.06	0.01
정면	60	2.6	0.06	0.03	60	4.3	0.52	0.10
왼쪽	60	4.6	0.11	0.06	60	5.6	0.67	0.13
오른쪽	60	2.8	0.07	0.03	60	48.23	5.79	1.16
뒷면	60	3.1	0.07	0.04	60	24.03	2.88	0.58
윗면	60	2.8	0.07	0.03	60	292.1	35.07	7.01

※ 전자파 인체보호 기준값(일반인) : 60 Hz - 전기장 4167V/m, 자기장 833 mG

※ 전자파 인체보호 기준값(직업인) : 60 Hz - 전기장 8333 V/m, 자기장 4167 mG

표 5-28. A사 전기 수술기의 전자파 측정결과(417 kHz 최대값)

위 치	전기장 강도				자기장 강도			
	주파수 [kHz]	측정값 [V/m]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]	주파수 [Hz]	측정값 [mG]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]
기본환경	417	0.14	0.16	0.02	417	0.001	0.005	0.002
정면	417	0.94	1.08	0.15	417	0.004	0.02	0.008
왼쪽	417	0.36	0.41	0.06	417	0.003	0.01	0.006
오른쪽	417	0.17	0.20	0.03	417	0.001	0.00	0.002
뒷면	417	0.25	0.29	0.04	417	0.001	0.00	0.002
윗면	417	0.64	0.74	0.10	417	0.004	0.02	0.008

※ 전자파 인체보호 기준값(일반인) : 417 kHz - 전기장 87 V/m, 자기장 22.06 mG

※ 전자파 인체보호 기준값(직업인) : 417 kHz - 전기장 610 V/m, 자기장 47.96 mG

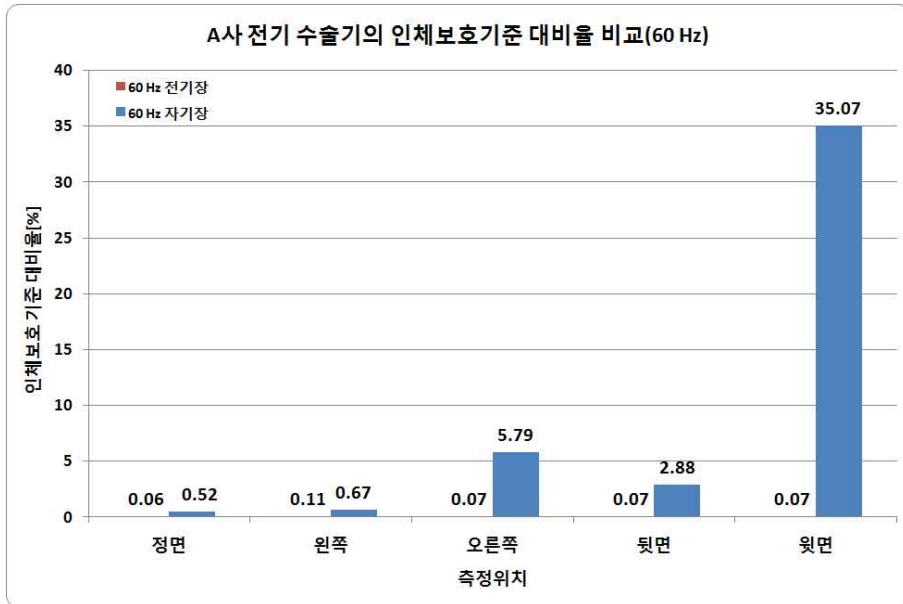


그림 5-66. A사 전기 수술기의 일반인 인체보호 기준 대비율 비교(60Hz)

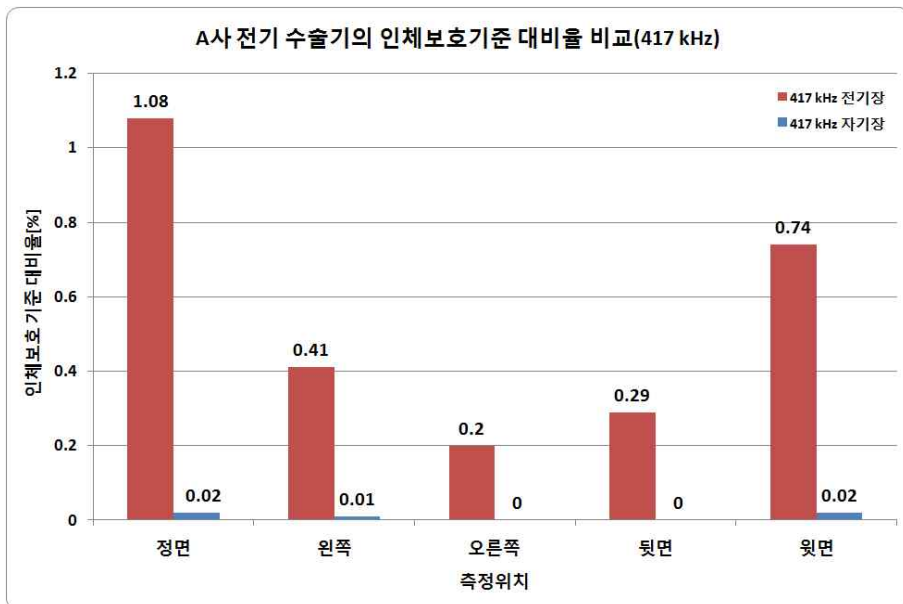


그림 5-67. A사 전기 수술기의 일반인 인체보호 기준 대비율 비교(417 kHz)

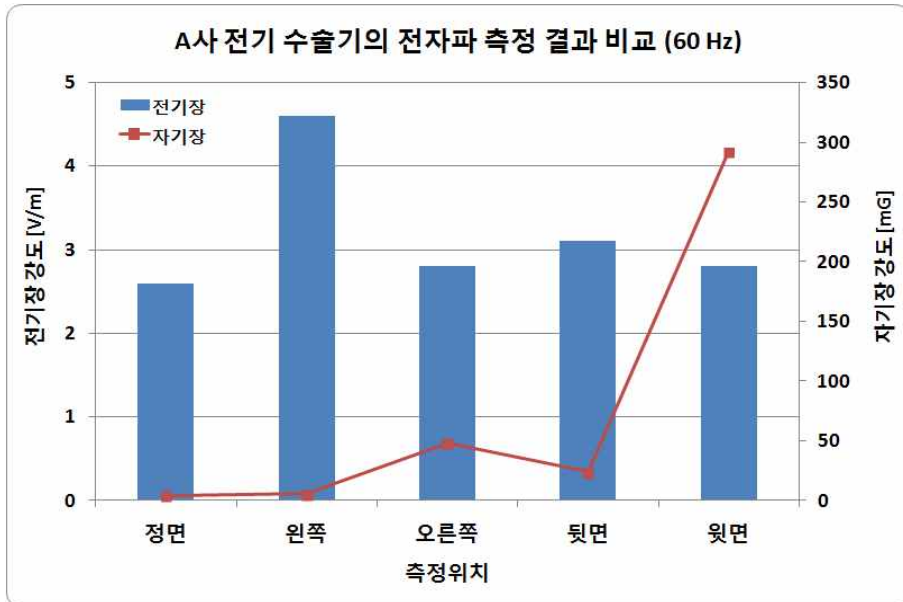


그림 5-68. A사 전기 수술기의 전자파 측정 결과 비교(60 Hz)

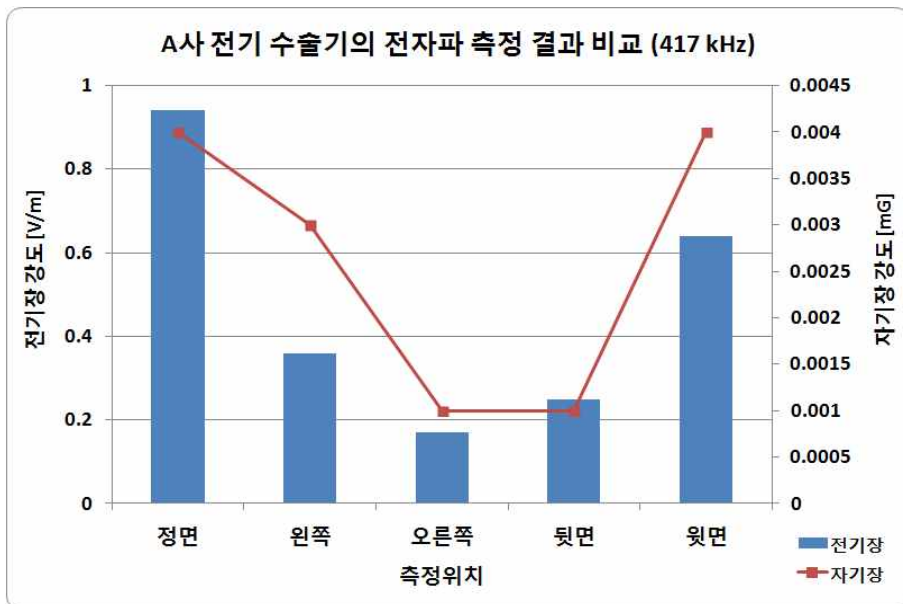


그림 5-69. A사 전기 수술기의 전자파 측정 결과 비교(417 kHz)

○ B사 전기 수술기

B사 전기 수술기기는 470 kHz를 사용하는 의료기기이다. 60 Hz 전자파 외에 동작 주파수인 470 kHz에 대한 전자파를 측정하였으며, 측정 위치는 기기를 중심으로 전, 후, 좌, 우, 윗면에서 밀착하여 측정하였다. 60 Hz 주파수의 전자파 측정 결과는 표 5-29, 470 kHz의 전기장 측정 결과는 표 5-30에 나타났다.

60 Hz 전기장 강도가 가장 높게 측정된 위치는 3.1 V/m를 나타낸 전기 수술기의 좌측면이었다. 좌측면의 결과는 일반인 인체보호 기준 대비 0.07%, 직업인 인체보호 기준 대비 0.04%로 A사 모델보다 낮은 수준을 보였다. 동작 주파수인 470 kHz에 대한 전기장 측정결과, 기기의 뒷면에서 0.79 V/m로 가장 높게 측정되었다. 정면의 470 kHz 전자파 측정 결과는 일반인 인체보호 기준 대비 0.91%, 직업인 인체보호 기준 대비 0.13%로 매우 낮은 수준이다.

60 Hz 자기장 측정결과, 윗면에서 가장 높은 자기장이 측정되어 15.6 mG를 나타냈다. 이 수치는 일반인 인체보호 기준 대비 1.87%, 직업인 인체보호 기준 대비 0.4%로 매우 낮은 수준이었다. 417 kHz의 자기장을 측정한 결과, 가장 높은 417 kHz 전기장이 측정되었던 뒷면에서 0.01 mG(일반인 인체보호 기준 대비 0.05%, 직업인 인체보호 기준 대비 0.03%)가 측정되어 매우 낮은 값이었으며, 60 Hz에서 가장 높은 자기장이 측정되었던 윗면은 0.006 mG(일반인 인체보호 기준 대비 0.03%, 직업인 인체보호 기준 대비 0.01%)로 전자파가 방출되지 않는 수준이라고 볼 수 있다.

B사 측정대상 기기는 A사 모델보다는 전체적으로 전자파 차단 설계가 잘 되어있는 것으로 보이며, 인체보호 기준 대비 안전한 수준이다.

표 5-29. B사 전기 수술기의 전자파 측정결과(60 Hz 최대값)

위치	전기장 강도				자기장 강도			
	주파수 [Hz]	측정값 [V/m]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]	주파수 [Hz]	측정값 [mG]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]
기본환경	60	2.6	0.06	0.03	60	0.5	0.06	0.012
정면	60	2.6	0.06	0.03	60	0.2	0.02	0.005
왼쪽	60	3.1	0.07	0.04	60	0.2	0.02	0.005
오른쪽	60	2.7	0.06	0.03	60	0.5	0.06	0.012
뒷면	60	2.3	0.06	0.03	60	2.7	0.32	0.065
윗면	60	1.8	0.04	0.02	60	15.6	1.87	0.374

※ 전자파 인체보호 기준값(일반인) : 60 Hz - 전기장 4166 V/m, 자기장 833 mG

※ 전자파 인체보호 기준값(직업인) : 60 Hz - 전기장 8333 V/m, 자기장 4167 mG

표 5-30. B사 전기 수술기의 전자파 측정결과(470 kHz 최대값)

위치	전기장 강도				자기장 강도			
	주파수 [kHz]	측정값 [V/m]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]	주파수 [kHz]	측정값 [mG]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]
기본환경	470	0.14	0.16	0.02	470	0.0001	0.001	0.0002
정면	470	0.52	0.60	0.09	470	0.008	0.04	0.019
왼쪽	470	0.26	0.30	0.04	470	0.007	0.04	0.016
오른쪽	470	0.34	0.39	0.06	470	0.005	0.03	0.012
뒷면	470	0.79	0.91	0.13	470	0.01	0.05	0.024
윗면	470	0.53	0.61	0.09	470	0.006	0.03	0.014

※ 전자파 인체보호 기준값(일반인) : 470 kHz - 전기장 87 V/m, 자기장 19.57 mG

※ 전자파 인체보호 기준값(직업인) : 470 kHz - 전기장 610 V/m, 자기장 42.55 mG

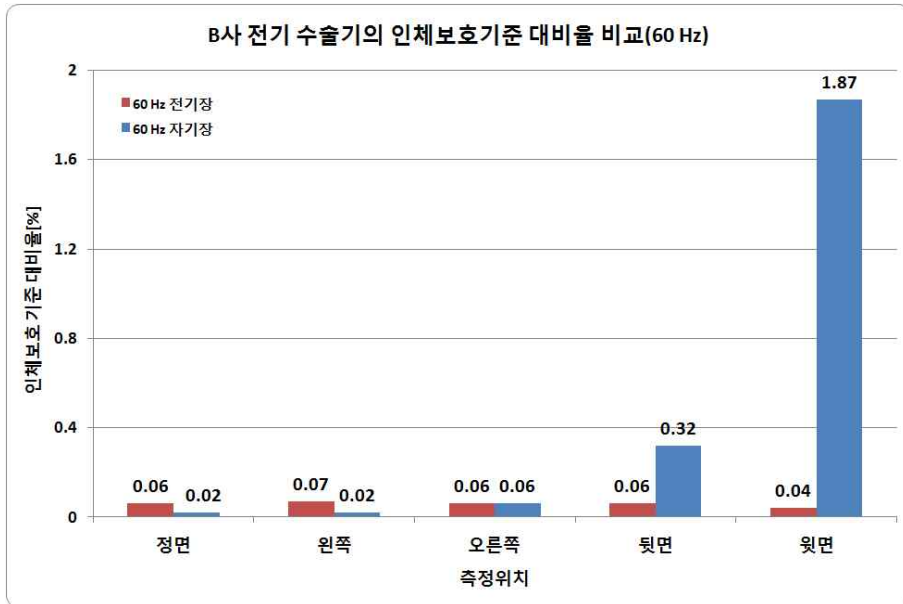


그림 5-70. B사 전기 수술기의 일반인 인체보호 기준 대비율 비교(60Hz)

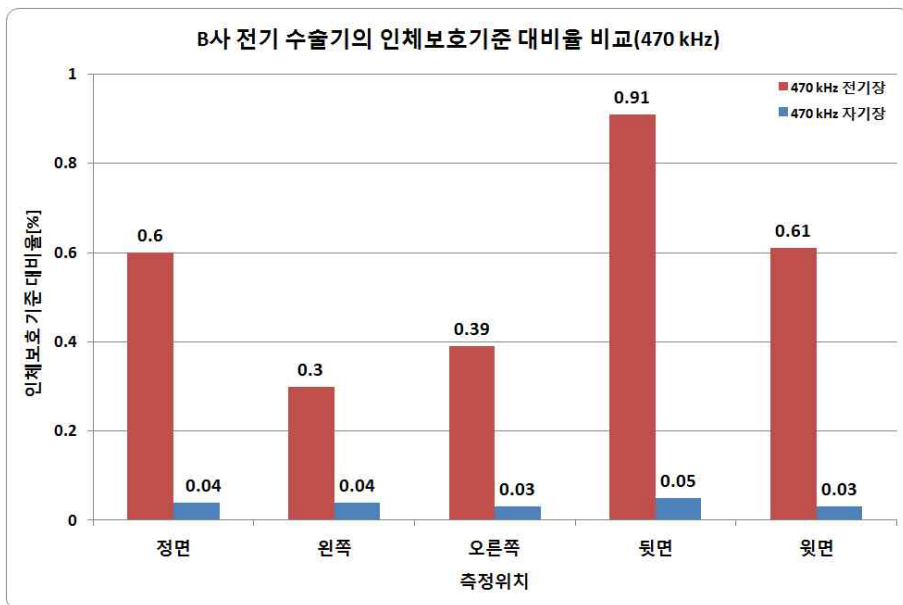


그림 5-71. B사 전기 수술기의 일반인 인체보호 기준 대비율 비교(470 kHz)

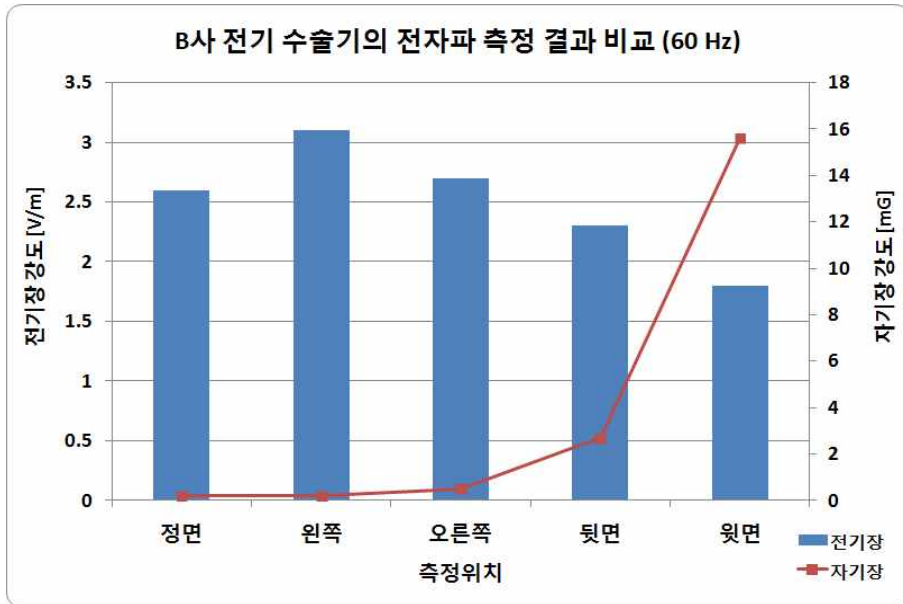


그림 5-72. B사 전기 수술기의 전자파 측정 결과 비교(60 Hz)

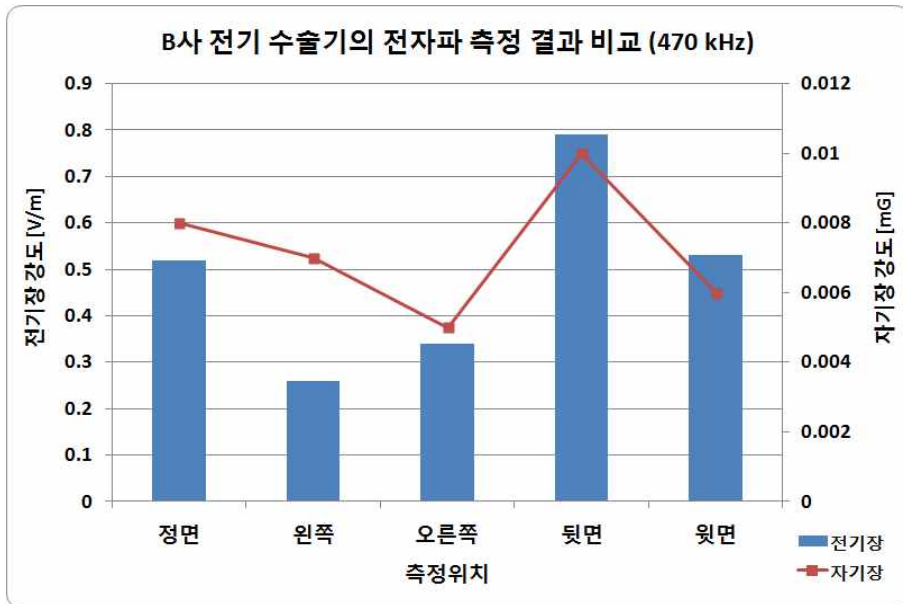


그림 5-73. B사 전기 수술기의 전자파 측정 결과 비교(470 kHz)

○ C사 전기 수술기

C사 전기 수술기기는 510 kHz를 사용하는 의료기기이다. 60 Hz 전자파 외에 동작 주파수인 510 kHz에 대한 전자파를 측정하였으며, 측정 위치는 기기를 중심으로 전, 후, 좌, 우, 윗면에서 밀착하여 측정하였다. 60 Hz 주파수의 전자파 측정결과는 표 5-31, 470 kHz의 전기장 측정결과는 표 5-32에 나타났다.

60 Hz 전기장 강도가 가장 높게 측정된 위치는 59.98 V/m를 나타낸 전기 수술기의 정면이었다. 정면의 결과는 일반인 인체보호 기준 대비 1.44%, 직업인 인체보호 기준 대비 0.72%로 A사 모델보다 매우 낮은 수준이지만 B사 모델 보다는 높았다. 동작 주파수인 510 kHz에 대한 전기장 측정결과, 기기의 정면에서 0.55 V/m로 가장 높게 측정되었다. 정면의 510 kHz 전자파 측정결과는 일반인 인체보호 기준 대비 0.63%, 직업인 인체보호 기준 대비 0.09%로 매우 낮은 수준이다.

60 Hz 자기장 측정결과, 우측면에서 가장 높은 자기장이 측정되어 34.69 mG를 나타냈다. 이 수치는 일반인 인체보호 기준 대비 4.16%, 직업인 인체보호 기준 대비 0.83%로 낮은 수준이며, B사 모델 보다는 2배 높은 결과이나 충분히 안전한 수준이다. 510 kHz의 자기장을 측정한 결과, 가장 높은 510 kHz 전기장이 측정되었던 정면에서 0.003 mG(일반인 인체보호 기준 대비 0.02%, 직업인 인체보호 기준 대비 0.008%)가 측정되어 자기장이 거의 측정되지 않는다고 판단할 수 있으며, 60 Hz에서 가장 높은 자기장이 측정되었던 우측면은 0.001 mG(일반인 인체보호 기준 대비 0.01%, 직업인 인체보호 기준 대비 0.003%)로 전자파가 방출되지 않는 수준이라고 볼 수 있다.

C사 측정대상 기기는 A사 모델보다는 전체적으로 전자파 차단 설계가 잘 되어있으나 B사 보다는 다소 높은 결과를 보였지만 인체보호 기준 대비 충분히 낮은 수준으로 전자파에 대해 안전한 기기라고 할 수 있다.

표 5-31. C사 전기 수술기의 전자파 측정결과(60 Hz 최대값)

위치	전기장 강도				자기장 강도			
	주파수 [Hz]	측정값 [V/m]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]	주파수 [Hz]	측정값 [mG]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]
정면	60	59.98	1.44	0.72	60	6.8	0.82	0.16
왼쪽	60	20.62	0.49	0.25	60	13.56	1.63	0.33
오른쪽	60	14.97	0.36	0.18	60	34.69	4.16	0.83
뒷면	60	7.8	0.19	0.09	60	16.5	1.98	0.40
윗면	60	25.6	0.61	0.31	60	11.8	1.42	0.28

※ 전자파 인체보호 기준값(일반인) : 60 Hz - 전기장 4167 V/m, 자기장 833 mG

※ 전자파 인체보호 기준값(직업인) : 60 Hz - 전기장 8333 V/m, 자기장 4167 mG

표 5-32. C사 전기 수술기의 전자파 측정결과(510 kHz 최대값)

위치	전기장 강도				자기장 강도			
	주파수 [kHz]	측정값 [V/m]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]	주파수 [kHz]	측정값 [mG]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]
정면	510	0.55	0.63	0.09	510	0.003	0.02	0.008
왼쪽	510	0.25	0.29	0.04	510	0.002	0.01	0.005
오른쪽	510	0.36	0.41	0.06	510	0.001	0.01	0.003
뒷면	510	0.47	0.54	0.08	510	0.001	0.01	0.003
윗면	510	0.25	0.29	0.04	510	0.002	0.01	0.005

※ 전자파 인체보호 기준값(일반인) : 510 kHz - 전기장 87 V/m, 자기장 18.04 mG

※ 전자파 인체보호 기준값(직업인) : 510 kHz - 전기장 610 V/m, 자기장 39.21 mG

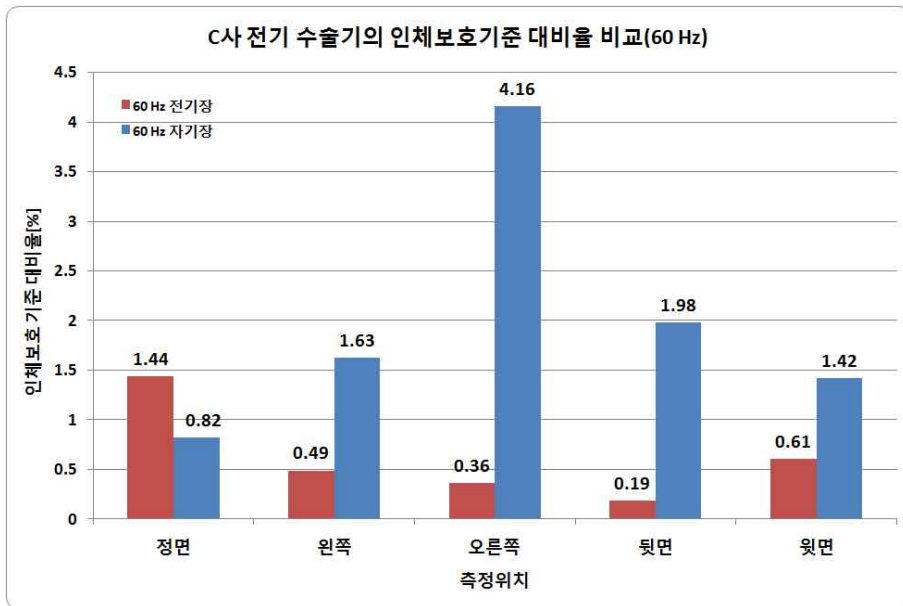


그림 5-74. C사 전기 수술기의 일반인 인체보호 기준 대비율 비교(60Hz)

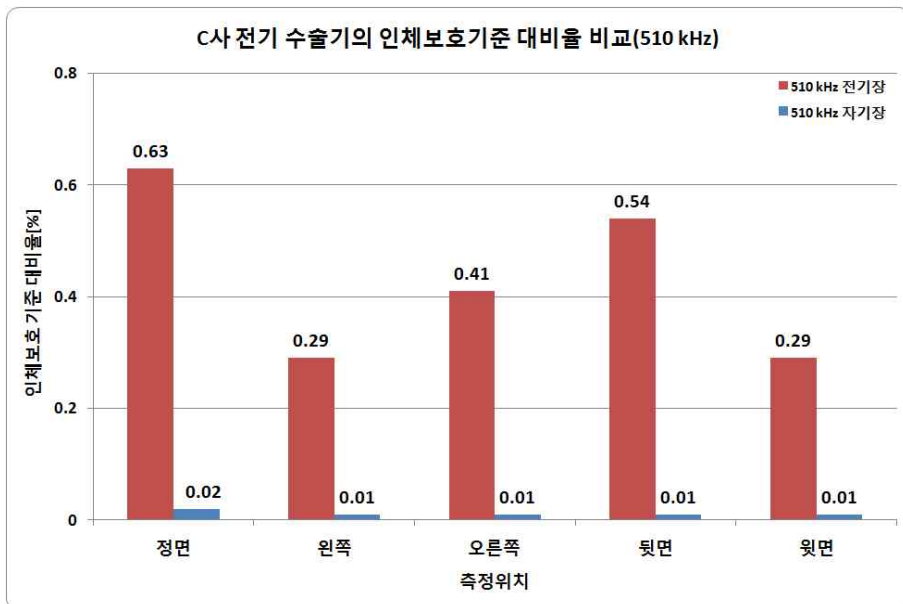


그림 5-75. C사 전기 수술기의 일반인 인체보호 기준 대비율 비교(510 kHz)

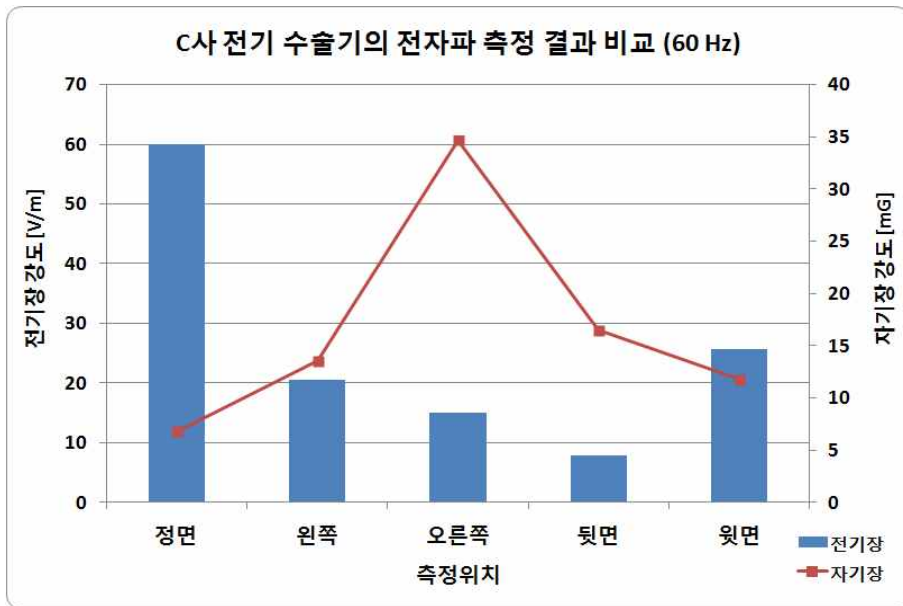


그림 5-76. C사 전기 수술기의 전자파 측정 결과 비교(60 Hz)

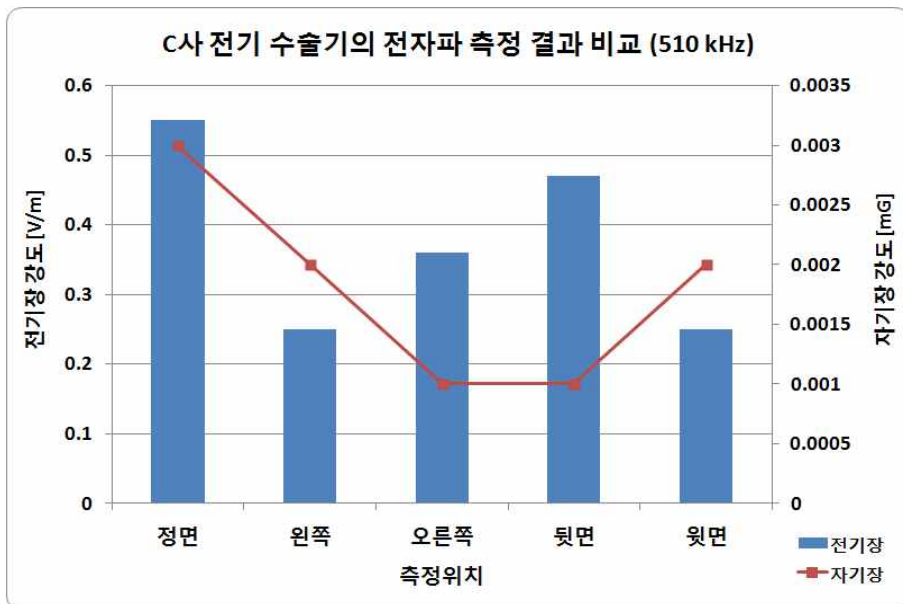


그림 5-77. C사 전기 수술기의 전자파 측정 결과 비교(510 kHz)

○ D사 전기 수술기

D사 전기 수술기기는 3.6 MHz를 사용하는 의료기기로, 전기 수술기 측정대상 기기들 중에 가장 높은 주파수를 사용한다. 60 Hz 전자파 외에 동작 주파수인 3.6 MHz에 대한 전자파를 측정하였으며, 측정위치는 기기를 중심으로 전, 후, 좌, 우, 윗면에서 밀착하여 측정하였다. 60 Hz 주파수의 전자파 측정결과는 표 5-33, 3.6 MHz의 전기장 측정결과는 표 5-34에 나타냈다.

60 Hz 전기장 강도가 가장 높게 측정된 위치는 4.7 V/m를 나타낸 전기 수술기의 윗면이었다. 윗면의 결과는 일반인 인체보호 기준 대비 0.11%, 직업인 인체보호 기준 대비 0.06%로 다른 회사 모델들에 제일 낮았다. 동작 주파수인 3.6 MHz에 대한 전기장 측정결과, 기기의 정면에서 1.16 V/m로 가장 높게 측정되었다. 정면의 3.6 MHz 전자파 측정결과는 일반인 인체보호 기준 대비 2.53%, 직업인 인체보호 기준 대비 0.68%로 낮은 수준이다.

60 Hz 자기장 측정결과, 뒷면에서 가장 높은 자기장이 측정되어 111.9 mG를 나타냈다. 이 수치는 일반인 인체보호 기준 대비 13.43%, 직업인 인체보호 기준 대비 2.69%로 낮은 수준이며, B사 보다는 높은 결과이다. D사 기기는 다른 기기와 달리 최대 자기장이 측정된 위치 외에 다른 위치에서도 다른 기기에 비해 높은 수준을 나타낸다는 것이다. 다른 기기들은 윗면 또는 우측면 등 60 Hz 자기장이 높게 나오는 위치와 비교했을 때 다른 위치에서는 상대적으로 적은 자기장이 측정되었지만 D사 기기는 전체적으로 비슷한 수준의 60 Hz 자기장이 측정되고 있다는 것이 다른 기기와 다른 점이다. 3.6 MHz의 자기장을 측정한 결과, 가장 높은 3.6 MHz 전기장이 측정되었던 정면에서 0.007 mG(일반인 인체보호 기준 대비 0.27%, 직업인 인체보호 기준 대비 0.13%)가 측정되어 매우 낮았으며, 60 Hz에서 가장 높은 자기장이 측정되었던 뒷면은 0.002 mG(일반인 인체보호 기준 대비 0.08%, 직업인 인체보호 기준 대비 0.04%)로 전자파가 방출되지 않는 수준이라고 볼 수 있다.

D사 측정대상 기기는 A사 모델보다는 전체적으로 전자파 차단 설계가 잘 되어있으나 B사나 C사 보다는 높은 결과를 보였지만 인체보호 기준 보다 상당히 낮은 결과를 보여 전자파 관련 안전한 기기라고 할 수 있다.

표 5-33. D사 전기 수술기의 전자파 측정결과(60 Hz 최대값)

위치	전기장 강도				자기장 강도			
	주파수 [Hz]	측정값 [V/m]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]	주파수 [Hz]	측정값 [mG]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]
정면	60	1.4	0.03	0.02	60	32.93	3.95	0.79
왼쪽	60	1.6	0.04	0.02	60	80.3	9.64	1.93
오른쪽	60	2.7	0.06	0.03	60	36	4.32	0.86
뒷면	60	3.6	0.09	0.04	60	111.9	13.43	2.69
윗면	60	4.7	0.11	0.06	60	56.4	6.77	1.35

※ 전자파 인체보호 기준값(일반인) : 60 Hz - 전기장 4166 V/m, 자기장 833 mG

※ 전자파 인체보호 기준값(직업인) : 60 Hz - 전기장 8333 V/m, 자기장 4167 mG

표 5-34. D사 전기 수술기의 전자파 측정결과(3.6 MHz 최대값)

위치	전기장 강도				자기장 강도			
	주파수 [MHz]	측정값 [V/m]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]	주파수 [MHz]	측정값 [mG]	일반인 기준값 대비율[%]	직업인 기준값 대비율[%]
정면	3.6	1.16	2.53	0.68	3.6	0.007	0.27	0.13
왼쪽	3.6	0.32	0.70	0.19	3.6	0.003	0.12	0.05
오른쪽	3.6	1.12	2.44	0.66	3.6	0.005	0.20	0.09
뒷면	3.6	0.76	1.66	0.45	3.6	0.002	0.08	0.04
윗면	3.6	0.76	1.66	0.45	3.6	0.003	0.12	0.05

※ 전자파 인체보호 기준값(일반인) : 3.6 MHz - 전기장 45.85 V/m, 자기장 2.55 mG

※ 전자파 인체보호 기준값(직업인) : 3.6 MHz - 전기장 169.45 V/m, 자기장 5.55 mG

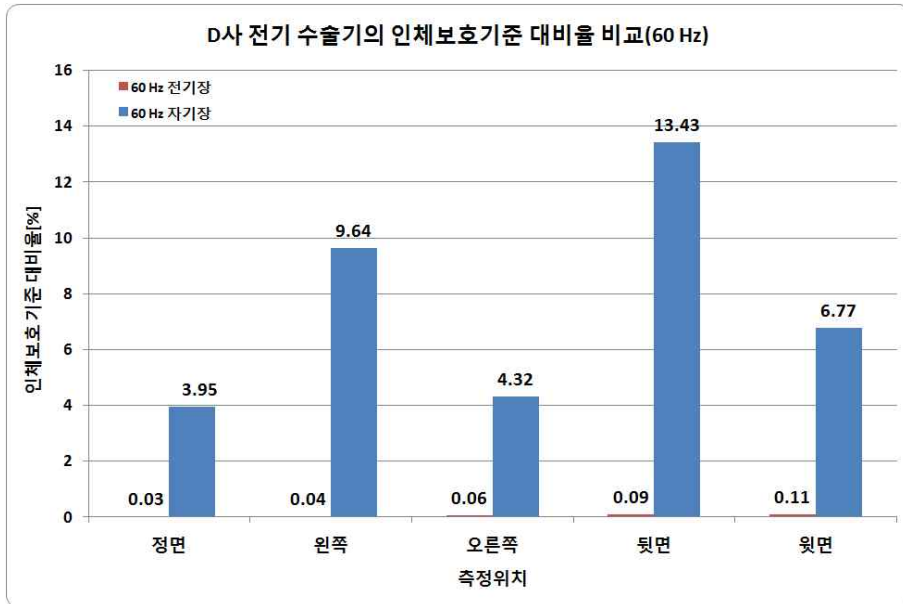


그림 5-78. D사 전기 수술기의 인체보호 기준 대비율 비교(60Hz)

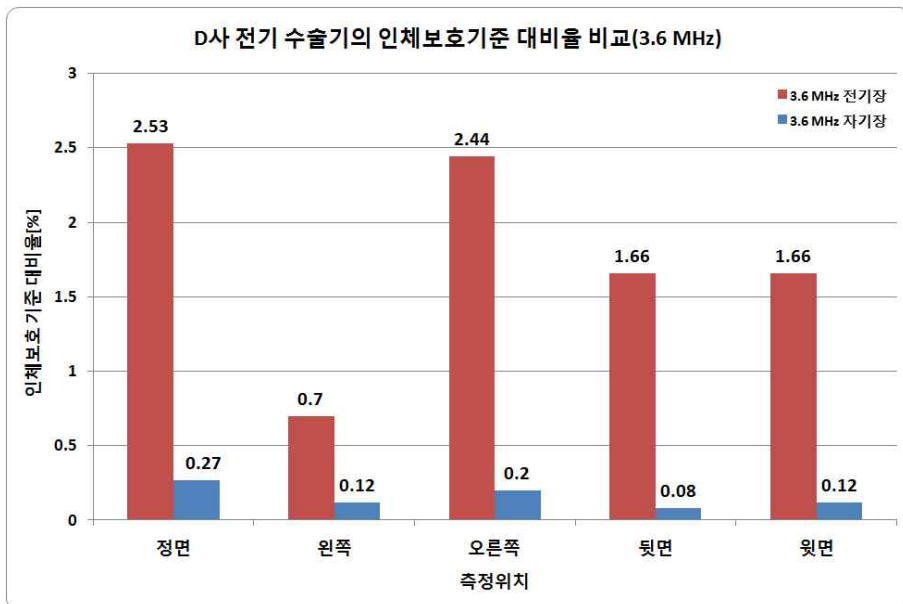


그림 5-79. D사 전기 수술기의 인체보호 기준 대비율 비교(3.6 MHz)

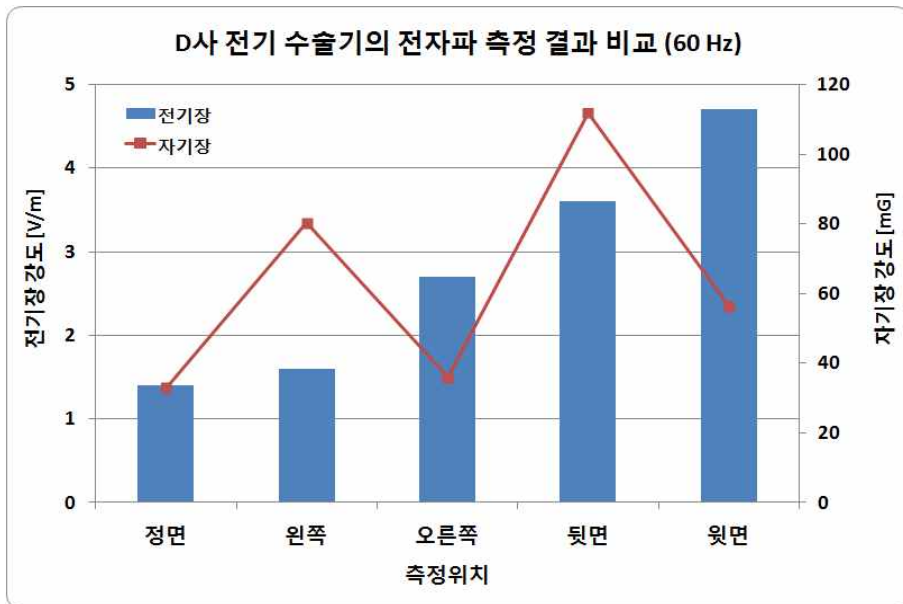


그림 5-80. D사 전기 수술기의 전자파 측정 결과 비교(60 Hz)

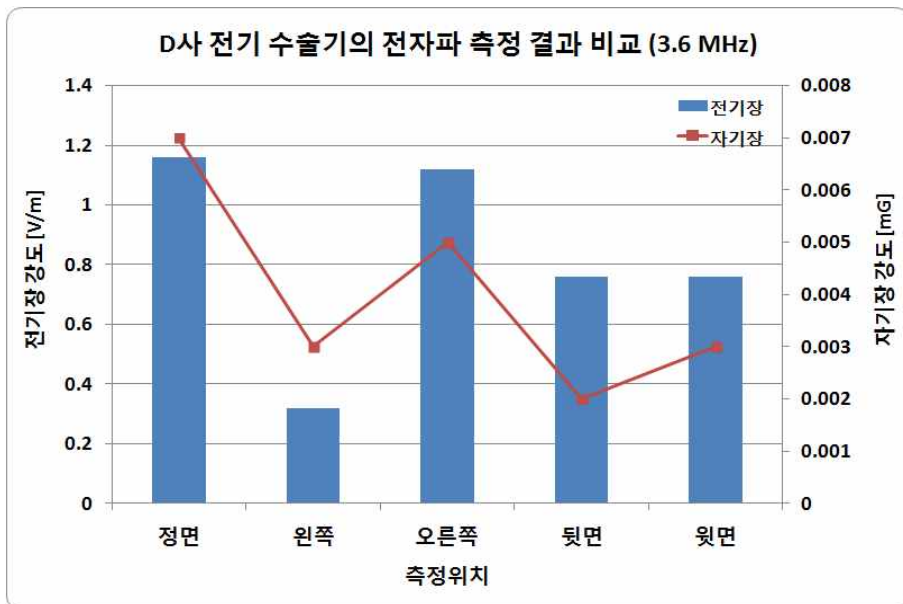


그림 5-81. D사 전기 수술기의 전자파 측정 결과 비교(3.6 MHz)

제 3 절 직업인 전자파 측정 결과 요약

제 3절에서는 직업인 환경 전자파 측정 결과를 요약하여 표 5-35에 나타내었다.

표 5-35. 직업인 환경 전자파 측정 결과(요약)

측정대상		전기장 강도				자기장 강도			
		주파수	측정값 [V/m]	일반인 기준 대비[%]	직업인 기준 대비[%]	주파수	측정값 [mG]	일반인 기준 대비[%]	직업인 기준 대비[%]
고출력 전파응용설비 공장		21.74 kHz	33.717	38.76	5.53	15.17 kHz	46.471	74.35	15.14
전산 네트워크 상황실		60 Hz	15.614	0.37	0.19	60 Hz	2.8261	0.34	0.07
서버실		60 Hz	3.6893	0.09	0.04	60 Hz	1.9056	0.23	0.05
방송실		60 Hz	29.724	0.71	0.36	60 Hz	0.1485	0.0178	0.0036
회의실		60 Hz	11.798	0.28	0.14	-	-	-	-
병원 MRI실		60 Hz	1.36	0.04	0.02	60 Hz	4.36	0.53	0.10
		128 MHz	0.03	0.11	0.05	128 MHz	0.0004	0.044	0.02
환자 모니터링 기기		60 Hz	0.3	0.007	0.004	60 Hz	2.5	0.30	0.06
		2.4 GHz	5.9	9.67	4.31	-	-	-	-
전기 수술기	A사	60 Hz	4.6	0.11	0.06	60 Hz	48.23	5.79	1.16
		417 kHz	0.94	1.08	0.15	417 kHz	0.004	0.02	0.008
	B사	60 Hz	3.1	0.07	0.04	60 Hz	15.6	1.87	0.374
		470 kHz	0.79	0.91	0.13	470 kHz	0.01	0.05	0.024
	C사	60 Hz	59.98	1.44	0.72	60 Hz	34.69	4.16	0.83
		510 kHz	0.55	0.63	0.09	510 kHz	0.003	0.02	0.008
	D사	60 Hz	4.7	0.11	0.06	60 Hz	111.9	13.43	2.69
		3.6 GHz	1.16	2.53	0.68	3.6 GHz	0.007	0.27	0.13

제 6 장 결 론

본 연구는 생활 가전기기의 전자파 노출량 평가 방법 마련을 목적으로 한다. 우선 국내외 다양한 사례들을 조사하고 이를 바탕으로 국내 환경에 적합한 측정 기준 마련을 위한 다양한 연구를 진행하였다. 가전 기기는 그 종류와 수가 매우 다양하고 많기 때문에 각 기기를 특성에 따라 분류하여 최적의 기기를 대상으로 선정하였다. 현행 유일한 가전 기기 전자파 측정 방법인 IEC 62233 측정 기준보다 합리적으로 개선하기 위해 가전기기 전자파 강도 측정 시 기기와 측정 프로브 사이의 거리를 결정하는 측정 거리와 기기 주변에 최대값을 찾기 위한 측정 지점 및 기기별 측정 시 동작 조건 등에 대한 연구를 진행하였다. 연구 결과를 통해 가전기기 전자파 적합성 평가를 위한 가장 적합한 방법을 선정하였으며 이를 바탕으로 전자파 강도 측정 기준안을 제안하였다.

또한, 본 연구는 직업인 환경의 전자파 노출 실태조사도 병행하였다. 핀란드, 영국 등 외국 사례를 조사하였고 고출력 전파응용설비, 전산 네트워크 상황실, 서버실, 방송실 및 병원과 같은 국내 직업인 환경에 대한 전자파 측정을 수행하였다. 측정 결과, 대부분 직업인 기준보다 엄격한 일반인 기준에 비해 매우 낮은 수준으로 나타났다. 다만, 해당 업무 종사자들은 전자파에 대한 인식이 부족하여 전자파에 대해 충분히 대처 가능한 직업인의 범주로 분류하기에는 어려웠다. 따라서, 직업인의 전자파 인체 보호를 위해서는 직업인에 대한 개념과 해당 업무에 의한 전자파 영향 및 대처 방법 등 정기적인 교육이 시급하다고 판단된다.

본 연구를 통해 가전기기 및 직업인 환경의 전자파가 기준과 비교하여 낮은 수준임을 확인할 수 있었다. 불과 몇 년 전까지만 해도 송전탑이나 기지국에서 발생하는 전자파가 국민 불안감을 증대시키는 주 요인이었으나 최근에는 가전기기와 같은 일상 생활 주변 기기들로 변화하고 있다. 이에 정부에서는 다양한 정책을 통해 제도적인 관리를 추진하고 있으나 보다 안전하고 안심할 수 있는 전자파 이용 환경 조성을 위해서는 정부의 제도적 관리 뿐만 아니라 관련 기관이나 연구 기관에서도 지속적인 관심과 투자가 필요하다고 생각한다.

참고문헌

- [1] WHO, Fact sheet No.322, "Electromagnetic fields and public health : Exposure to extremely low frequency fields", 2007.6
- [2] ICNIRP, "ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields(1 Hz - 100 kHz), 2010
- [3] EC, Directive 2004/40/EC of the European Parliament and of the council, 2004.4.29
- [4] EC, Directive 2013/35/EU of the European Parliament and of the council, 2013.6.29
- [5] Australia, Interim guidelines on limits of exposure to 50/60 Hz electric and magnetic fields, 1989, National health and medical research council
- [7] Swiss Federal Council, Ordinance relating to Protection from Non-Ionising Radiation(ONIR) 814.710, 1999.11.23
- [8] 국립전파연구원, "생활환경의 전자파 측정 조사", 2003
- [9] 충북대학교, "생활가전 전자파 노출량 측정", 2011
- [10] 단국대학교, "생활기기 및 휴대전화 전자파의 안전이용 가이드라인 개발 연구", 2012
- [11] IEC, "Measurement methods for electromagnetic fields of household appliances and similar apparatus with regard to human exposure", 2005
- [12] 국립전파연구원 고시 제 2012-21호, "전자파강도 측정기준"
- [13] Ralph Morrison, "Grounding and Shielding Techniques Fourth Edition", p65 - 81, 1998
- [14] R. Paakkonen, H. Tarao, F. Gobba and L. Korpinen, "Occupational Exposure to Extremely Low Frequency Electric Fields in Office Work", Progress in Electromagnetics Research Symposium Proceedings, pp.823-825, 2012

- [15] Blaz Valic, Bor Kos, Peter Gajsek, "Occupational Exposure Assessment on an FM Mast : Electric Field and SAR Values", International Journal of Occupational Safety and Ergonomics(JOSE), Vol. 18, No. 2, pp.149–159, 2012
- [16] Beatriz Diez Segura, Tania Berlana Llorente, "Occupational Exposure to High Frequency EMF in Physiotherapy Facilities", International NRI Workshop of ICNIRP, 2008. 9
- [17] D.W. McRobbie, "Occupational Exposure in MRI", The British Journal of Radiology, Vol. 85, pp.293–312, 2012

부 록

□ 국외 전력 주파수(50/60 Hz) 대역 전자파 기준 현황

※ 참조 : JohnSwanson, "Power-frequency EMF Exposure Standards applicable in Europe and elsewhere", July 2013

국가	구분	관련 기관(지역)	주파수 범위	제한 형태				
				Basic Restriction(기본한계)			Reference level(기준레벨)	
							E	B
국제	International	ICNIRP	1 Hz - 100 kHz	직업인	중추신경계 (최수제외)	100 mV/m	10 mG	
					말초신경계	800 mV/m		
				일반인	중추신경계 (최수제외)	20 mV/m		2,000mG
					말초신경계	400 mV/m		
	International	IEEE	0 to 3 kHz	통제된 환경	머리: 0.0443 V/m 60 Hz: 0.0331 V/m, 심장: 0.943 V/m, 손, 손목, 발, 발목: 2.10 V/m, 기타: 2.10 V/m			머리, 몸통: 27.1 mG, 팔, 다리: 738 mG 60 Hz: 632 mG
				공공장소	머리:0.0147V/m 60 Hz: 0.0177 V/m, 심장: 0.943 V/m, 손, 손목, 발, 발목: 2.10 V/m, 기타: 0.701 V/m			머리,몸통:9,040mG, 팔,다리:738mG 60Hz:632mG
유럽	EU	Council of the European Union	1 Hz - 300 GHz	직업인	중추신경계	10mA/m ²	5000 mG	
				일반인		2mA/m ²	1,000 mG	
호주	National Quantitative Limits	National Health and Medical Research Council, Canberra	50/60 Hz	직업			10 - 30 kV/m	몸: 5,000 mG, 50,000 mG(하루 2시간 업무), 팔, 다리: 250,000 mG
								공터, 24시간
				공공		적은 시간	10 kV/m	10,000 mG

국가	구분	관련 기관(지역)	주파수 범위	제한 형태		
				Basic Restriction(기본한계)	Reference level(기준레벨)	
					E	B
오스트리아	National Quantitative Limits	Austrian Standards Institute and Austrian Electrotechnical Association	0 Hz - 300 GHz	직접인	10 kV/m	5,000 mG
				일반인	5 kV/m	1,000 mG
벨기에	National Quantitative Limits	Federal Minister responsible for Energy	50 Hz	일반인	10 kV/m	
					7 kV/m	
	Regional or Local Policies				5 kV/m	
브라질	Industry Voluntary Measures			Flemish 정부 - 건물 옥내 오염에 대해 간섭값: 100mG, 목표: 20mG 고려		
	National Quantitative Limits	Brazilian Association of Technical standards	60 Hz(주정)	일반인	4.17 kV/m	833 mG
						100 mG (24시간 평균) ※ 현존 시설 69 kV & 그 이상
	Regional or Local Policies	Brazil, Municipality of Sao Paulo	60 Hz	일반인		30 mG (조사레벨) ※ 신규 시설 69 kV & 그 이상
중국	National Quantitative Limits	Environment Ministry	일반인 (2010년 이전)	0.5 A/m ²	겨울: 4 kV/m	
					도 로: 7 kV/m	
					기 타: 10 kV/m	
			일반인 (2010년 채택)		일반인 노출(가정): ICNIRP 5 kV/m & 100 mG	
					전력선(가정): ICES 10 kV/m	

국가	구분	관련 기관(지역)	주파수 범위	제한 형태			
				Basic Restriction(기본한계)		Reference level(기준레벨)	
						E	B
크로아티아	National Quantitative Limits		0 - 300 GHz	직업인		5 kV/m	1,000 mG
				일반인		5 kV/m (기준설비)	1,000 mG (기준설비)
						2 kV/m (신규설비)	400 mG (신규설비)
체코	National Quantitative Limits	Government of the Czech Republic and Ministry of Health care	0 - 300GHz /50Hz	직업인	중추신경계	14 mA/m ²	5,000 mG (최추 또는 머리 평균)
					기타 신체	70 mA/m ²	
					중추신경계	28 mA/m ²	
				일반인	기타 신체	14 mA/m ²	1,000 mG (최추 또는 머리 평균)
덴마크	National Non-Quantitative Measures	Denmark Health Authorities	1993년, 덴마크 보건 당국은 새로운 고전압 설치에 대해 예방 접근법을 채택. 2007년 업데이트.				
	Industry Voluntary Measures	Local government	2009년 가을, 예방 접근법을 확실히 하기 위해 더욱 쉽게 전달할 수 있는 일정한 방식 적용. 4 mG 로 한정시킴.				
핀란드	National Quantitative Limits	Ministry of Social Affairs and Health	0-300GHz; lasers : ultraviolet	일반인	2 mA/m ²	5 kV/m	1,000 mG
					10 mA/m ² (중요하지않은 노출시간)	단기 시간 15 kV/m	5,000 mG
프랑스	National Quantitative Limits		Applies to power systems only			5 kV/m	1,000 mG

국가	구분	관련 기관(지역)	주파수 범위	제한 형태			
				Basic Restriction(기본한계)	Reference level(기준레벨)		
					E	B	
독일	National Quantitative Limits	Accident Prevention & Insurance Association	0 - 300GHz (50 Hz, 16 2/3 Hz의 값은 다름)	직업인(직업자가 접근가능하거나 가야하는 장소)	0 to <= 6, 7 kV/m	0 to <= 4240mG	
					> 6, 7 to <= 213kV/m	>4240 to 13380mG	
		Federal Government	1Hz-9 kHz	모든 장소 (빌딩 또는 지면)	> 213 to <= 30kV/m	>13380 to 25460mG	
					> 30kV/m	> 25460 mG	
						5kV/m	1,000 mG
					하루 5% 미만 노출	2,000 mG	
					건물 밖 작은 지역		
	National Non-Quantitative Measures				Energy Line Extension Act 2009 allows for undergrounding of certain specific lines within 400 m of residential areas and within 200 m of other residential properties but this is not for EMF reasons.		
이탈리아	National Quantitative Limits	Prime Minister	0-100 kHz	EU 권고 따름.			
	50 Hz		노출 한계	5kV/m	1,000 mG		
			주의 값(Attention value)		100 mG		
		Regional or Local measures			품질 대상(Quality target)		30 mG
				베니스, 에밀리아로마냐, 토스카나의 보육원, 학교, 병원, 가정집에 대해 2 mG 전선 노출 한계 설정 / 베니스 : 0.5 kV/m			
일본	National Quantitative Limits	Japan Society for Occupational Health	static - 300 GHz	직업인	ICNIRP 일치		
		Ministry of International Trade and Industry	power lines only		3 kV/m ² (사람이 적은 장소는 적용 안함)	2,000 mG (전력설비만)	
		Nuclear and Industrial Safety Agency of Ministry of International Trade and Industry	power lines only				
룩셈부르크	National Quantitative Limits	ITM division for Security and Health	50Hz	전체, 영구노출	5 kV/m (신규 또는 변경 설치 시)	1,000 mG (신규 또는 변경 설치 시)	

국가	구분	관련 기관(지역)	주파수 범위	제한 형태					
				Basic Restriction(기본한계)		Reference level(기준레벨)			
몰타	National Quantitative Limits	Ministries of Health, Transport and Communications, and Social Policy	0 - 300 GHz	ICNIRP 동일한 값					
				직업인	신체 (머리 포함)	25m/Am ²	62.5 kV/m	간접 효과 불가	
신체 (머리 제외)	100m/Am ²	250 kV/m							
네덜란드	National Quantitative Limits	Health Council of the Netherlands, ELF Electro-magnetics Fields Committee	0 - 10 MHz				40 kV/m	간접 효과 가능	6,000 mG
				일반인	신체 (머리 포함)	5m/Am ²	8 kV/m	1,200 mG	
					신체 (머리 제외)	20m/Am ²			200 A m/m = 1600 mG (고전압선 적용 안 됨)
폴란드	National Quantitative Limits	Polish Ministry of Labor and Social Policy	0 - 300 GHz	직업인			10 kV/m	60Am/m=480mG	
		Ministry of Environment	0 - 300 GHz	일반인			1 kV/m (겨우저)	1000 mG	
포르투갈	National Quantitative Limits	Portuguese Government	0 Hz - 300 GHz	일반인	2 mA/m ² (중추신경계)		5 kV/m	0.1 mT (노동 시간 8시간)	
러시아	National Quantitative Limits	RussianParliament, signed by thePresident;StateCommitteeofStandardization; Ministry of Public Health	50 Hz	직업인			50/(T+2) kV/m(노출 시간)	20 mG	
							최고 한계	25kV/m	2.5 mG
							VDU 이용	500V/m	100 mG
싱가포르	National Quantitative Limits	Health Sciences Authority		일반인			주책 건물	1000V/m	
							건물 밖 생활지역	500 mG	
				ICNIRP 준수					

국가	구분	관련 기관(지역)	주파수 범위	제한 형태				
				Basic Restriction(기본한계)			Reference level(기준레벨)	
				직업인	머리,몸통 (4Hz-1000Hz)	10 mA/m ²	E	B
슬로바키아	National Quantitative Limits	Slovak Government, Ministry of Health	0 Hz - 2.5 kHz	일반인		2 mA/m ²	50 Hz	10kV/m 5k
	National Quantitative Limits	Ministry of the environment and spatial planning		일반인			10kV/m	5,000 mG 1,000 mG
슬로베니아	National Quantitative Limits	National Department of Health	0 - 300 GHz				500V/m	1,000 mG 100 mG
남아프리카공화국	National Quantitative Limits	MSIP(Ministry of Science, ICT Future Planning)	0 - 300 GHz	직업인			10kV/m	5,000 mG
대한민국	National Quantitative Limits		0 - 300 GHz	일반인			5kV/m	1,000 mG
스페인	National Quantitative Limits		9 kHz - 300 GHz					
	Industry Voluntary Measures							
스웨덴	National Quantitative Limits							
	Regional or Local measures							
	National Non-Quantitative Measures	National Board of Occupational Safety and Health, etc						
	Industry Voluntary Measures							
스위스	National Quantitative Limits	Bundesrat (Upper House)	0 - 300 GHz				5 kV/m	1,000 mG 민감 사용 지역 : 10 mG

국가	구분	관련 기관(지역)	주파수 범위	제한 형태						
				Basic Restriction(기본한계)		Reference level(기준레벨)				
대한	National Quantitative Limits			공공에 대해 ICNIRP값 적용						
	직업인			중추신경계 (평균1cm ² 이상)	10 mA/m ²	10 kV/m	5,000 mG			
영국	National Quantitative Limits	National Radiological Protection Board (subsequently became Health Protection Agency)	0 - 300 GHz	일반인	2 mA/m ²	5 kV/m	1,000 mG			
	National Quantitative Limits	ACGHI	0 - 30 kHz	직업인		25 kV/m (친도체 표면으로 멀리 떨어진)	몸진체 혹은부분 :12,000 mG 60 Hz : 10,000mG 팔다리: 60mG 60 Hz : 50mG 손,발: 120mG 60Hz : 100mG			
미국	Regional or Local measures	Specific States	60 Hz	Florida	길 가장자리	2 kV/m	150 mG(230kVlines), 200 mG(500kVlines)			
					모든 장소	8kV/m(9-230kVlines) 10kV/m(500kVlines)				
				Minnesota	모든 장소	8 kV/m				
					Montana	길 가장자리	1 kV/m			
				교차로		7 kV/m				
				New Jersey	길 가장자리	3 kV/m				
					길 가장자리	1.6 kV/m	200 mG			
				New York	교차로	7 kV/m				
					사유도로	11 kV/m				
					모든 장소	11.8 kV/m	200 mG			
								접근가능 또는 거주지역	9 kV/m	