

# 전자파 노출 환경 평가기준 연구

2010. 12.

# 제 출 문

본 보고서를 「전자파 노출 환경평가 기준 연구」 과제의  
최종보고서로 제출합니다.

2010. 12. 31.

연구책임자 : 류충상 (전파환경안전과 전자파안전담당)

연구 원 : 권용기 (전파환경안전과 전자파안전담당)

최동근 (전파환경안전과 전자파안전담당)

윤세정 (전파환경안전과 전자파안전담당)

## 요 약 문

정보통신기술이 급속히 발전함에 따라, 무선통신기기는 우리에게 언제 어디서 누구와도 통신할 수 있는 편리한 통신 환경을 제공하고 있으며, 이제 우리 일상생활의 일부분으로 자리 잡고 있다. 그러나 이와 같이 편리한 통신환경 이면에는 전자파에 대한 막연한 불안감을 안고 살아가는 것이 현실이다. 따라서 세계 각 국에서는 대규모의 인력과 연구비를 투입하여 전자파 인체안전 문제를 연구하고 있으며 안전한 전자파환경조성을 위한 연구를 수행하고 있다.

본 연구에서는 무선국 전자파의 인체노출량 평가방법을 연구하여 전자파 강도 측정기준을 개정하였으며, SAR 측정용 프로브의 교정방법을 마련하여 전자파흡수율 측정기준을 개정 고시하였다. 한편 최근 새롭게 이슈가 되고 있는 무선통신기기 전자파가 보청기에 미치는 영향 문제를 국내 기준에 반영할지 여부를 판단하기 위하여 휴대전화 전자파가 보청기에 미치는 영향을 측정하고 그 결과를 분석하였다.

국내에서는 무선국 전자파에 대한 인체보호기준을 규정하고 있으며 무선국 전자파를 측정하는 방법을 전자파강도 측정기준에서 규정하고 있다. 그러나 낮은 주파수 대역에서 높은 출력을 이용하는 AM 방송국의 경우, 고시에서 규정한 측정 간격이 너무 넓어 실제적인 전자파강도 최대값을 측정하는데 어려움이 있으며, 또한 해당 고시에서는 기지국들의 측정 주파수 대역에 대한 규정이 불명확하여 측정자의 의도에 따라 측정값이 다르게 평가되는 문제점이 있다. 따라서 AM 방송국의 전자파강도 측정시 측정 간격이 너무 넓어서 최대값의 위치를 찾지 못하는 문제점을 개선하고, 주파수 재배치에 따라 변경된 측정대상 주파수 대역 및 대역폭을 수정하는 등 현행 고시의 일부 미비점을 개선·보완하도록 관련 고시를 개정하였다.

휴대전화 전자파에 의한 전자파 인체흡수율 값은 SAR 측정 시스템을 통해 측정된다. 이러한 SAR 측정 시스템에서 가장 중요한 인자는 근거리장에서 전기장을 측정하는 SAR 측정용 프로브이다. 현재 SAR 측정용 프로브는 시스템 제조업체에서만 교정할 수 있어, 외국 제조사에서 만든 SAR 프로브를 교정하기 위해서는 많은 시간과 경비가 소요된다. 따라서 외국산 SAR 측정장비를 이용하는 국내 산업체나 지정시험기관 등의 어려움을 해소하기 위하

여 전파연구소에서는 신뢰성 있는 SAR 측정용 프로브 교정방법을 마련하여 “전자파흡수율 측정기준(전파연구소고시)”을 개정하였다.

한편, 무선통신기기의 전자파는 보청기에 전파 간섭을 야기할 수 있다. 따라서 미국에서는 시장에 출시되는 일부 휴대전화에 대하여 보청기와 양립 가능하도록 법으로 강제하고 있다. 세계인구의 약 10%가 보청기 사용이 필요한 것으로 추정되며, 우리나라에서도 난청인구가 약 50만 명에 이르고 있고 매년 그 수는 증가하고 있다. 따라서 보청기 사용자의 권익을 보호하기 위하여 휴대전화와 보청기간 호환성에 대한 강제 규정 도입여부를 검토하기 위하여 휴대전화 전자파가 보청기에 미치는 영향에 대한 연구를 수행하였다.

# SUMMARY

As information and communications technologies have evolved rapidly, nowadays, wireless communication devices are widely used to create convenient communications environment in which we can communicate anyone, anywhere, and anytime. Thus, wireless communication devices are widely used in our life and have become part of our life. Although the use of radio wave provide us with convenient communications environment, it can also cause some harmful effects that threaten the health of the people. So, many countries of the world have been trying to solve the problem with investment of large-scale manpower and money.

In this study, we conducted research on evaluation methods for human exposure to electromagnetic fields from radio stations and amended the regulation on the assessment procedure for them. We also developed calibration methods for the Specific Absorption Rate(SAR) probe and amended the regulation on the assessment procedure for specific absorption rate. In addition, we conducted a study on compatibility between wireless communications devices and hearing aids, in order to consider whether the mandatory regulations for the hearing-impaired would be introduced or not.

The compliance level and evaluation methods for electromagnetic fields caused by radio stations are stipulated in the mandatory regulations of Korea. However, in case of AM broadcast stations which are transmitting high power in the low frequency bands, we have trouble finding the position in which the electromagnetic field strength is maximum, because the measurement intervals stipulated by the current regulation are so wide. So, we studied the methods for measuring electromagnetic field strengths in the vicinity of the AM broadcast stations in order to reduce the public concerns for electromagnetic field and create safe environments for electromagnetic field and amended the regulation on the evaluation methods for electromagnetic fields caused by transmitting stations to solve the problems.

On the other hand, wireless communications devices, which is designed to be used with any part of the radiating structure of the device in direct contact with the body of the user, should meet the mandatory requirements stipulated by the SAR. One of the most important elements in SAR measurement system is a probe which can measure the electromagnetic field strength in the near field region. At present, since SAR probe system should be calibrated by the manufacturer of the system, lots of time and money are required to calibrate the SAR probe system made by foreign manufacturer. Thus, we conducted the study on development of a calibration methods for the various types of probes in order to reduce losses of time and money for the domestic companies that use SAR probe system made by foreign manufacturer.

Electromagnetic fields created by wireless communications devices can cause electromagnetic interference problems to hearing aid devices from the wireless communications devices. Accordingly, some mobile phones manufactured or imported for use in the U.S. are required to be hearing aid compatibility in order to protect the rights of persons with hearing disabilities. It is estimated that approximately 10% of world population will need to use the hearing aid devices. In case of Korea, the hearing-impaired is estimated to be about 500 thousands and increasing every year. Thus, we conducted a study on compatibility between wireless communications devices and hearing aids, in order to consider whether the mandatory regulations for the hearing-impaired would be introduced or not.

# 목 차

제1장 서 론 .....	1
제2장 전자파 인체영향 연구 및 표준화 동향 .....	3
제1절 IEC TC106 동향 .....	3
제2절 ITU 국제 표준화 동향 .....	20
제3절 GLORE 국제 표준화 활동 .....	30
제3장 전자파강도 측정기준 개정 연구 .....	38
제1절 개 요 .....	38
제2절 전자파강도 측정기준 .....	39
제3절 전자파강도 측정기준 개선 이슈 .....	47
제4절 결 론 .....	56
제4장 SAR 측정용 프로브 교정방법 연구 .....	57
제1절 개 요 .....	57
제2절 SAR 측정용 시스템 .....	59
제3절 SAR 프로브 교정 .....	62
제4절 SAR 측정용 프로브 교정절차 마련 .....	69
제5절 전자파흡수율 측정기준 개정(안) .....	87
제6절 결 론 .....	91
제5장 휴대전화 전자파가 보청기에 미치는 영향 연구 .....	93
제1절 HAC의 국외(미국) 기술기준 .....	94
제2절 HAC 측정 및 시뮬레이션 방법론 .....	100
제3절 상용 휴대전화의 전자파방사 측정 결과 .....	108
제4절 미주향 휴대전화의 음성신호 측정 결과 .....	112
제5절 손 팬텀 제작 .....	117
제6절 손 팬텀을 사용한 HAC 영향 연구 결과 .....	123

제7절 결 론 .....	130
제6장 결 론 .....	132
참고문헌 .....	135
[부록 1] 전자파강도 측정기준 개정(안) .....	137
[부록 2] 전자파강도 측정기준 신·구 조문 대비표 .....	141
[부록 3] 전자파흡수율 측정기준 개정(안) .....	144



## 표 목 차

[표 2-1] IEC TC106 위원국 현황 .....	4
[표 2-2] IEC TC106 의장단 .....	4
[표 2-3] IEC TC106에서 수행중인 프로젝트 현황 .....	5
[표 2-4] IEC TC106에서 발간한 표준과 Maintenance cycle 현황 .....	6
[표 2-5] IEC 62226-1 프로젝트의 개요 및 추진현황 .....	8
[표 2-6] IEC 62226-2-1 프로젝트의 개요 및 추진현황 .....	9
[표 2-7] IEC 62226-3-1 프로젝트의 개요 및 추진현황 .....	9
[표 2-8] IEC 62233 프로젝트의 개요 및 추진현황 .....	10
[표 2-9] IEC 62110 프로젝트의 개요 및 추진현황 .....	11
[표 2-10] IEC 62334 프로젝트의 개요 및 추진현황 .....	12
[표 2-11] IEC 62209-1 프로젝트의 개요 및 추진현황 .....	13
[표 2-12] IEC 62209-2 프로젝트의 개요 및 추진현황 .....	14
[표 2-13] IEC 62232 프로젝트의 개요 및 추진현황 .....	14
[표 2-14] IEC 62669 프로젝트의 개요 및 추진현황 .....	15
[표 2-15] IEC 62369-1 프로젝트의 개요 및 추진현황 .....	15
[표 2-16] IEC 62369-2 프로젝트의 개요 및 추진현황 .....	16
[표 2-17] IEC 62577 프로젝트의 개요 및 추진현황 .....	16
[표 2-18] IEC 62630 프로젝트의 개요 및 추진현황 .....	16
[표 2-19] IEC 62704-1 프로젝트의 개요 및 추진현황 .....	17
[표 2-20] IEC 62704-2 프로젝트의 개요 및 추진현황 .....	17
[표 2-21] IEC 62704-3 프로젝트의 개요 및 추진현황 .....	17
[표 2-22] TS 62630-1 프로젝트의 개요 및 추진현황 .....	18
[표 2-23] IEC 62311 프로젝트의 개요 및 추진현황 .....	18
[표 2-24] IEC 62479 프로젝트의 개요 및 추진현황 .....	19

[표 2-25] ITU 분야별 연구반(SG) 구성 및 주요임무 .....	22
[표 2-26] WG2 Q3 분야 국내 제출 기고서 및 반영결과 .....	24
[표 2-27] WG2 Q3 분야 Action plan .....	25
[표 2-28] ITU-R SG1 연구 분야 및 주요 임무 .....	28
[표 2-29] ITU-D SG1 연구반 할당 의제 .....	29
[표 2-30] WHO 권고 우선순위 연구 분야 및 연구 내용 .....	32
[표 3-1] 일반인에 대한 전자파 인체노출 제한 강도 기준 .....	39
[표 3-2] 직업인에 대한 전자파 인체노출 제한 강도 기준 .....	40
[표 3-3] 전자파 강도 보고 대상 무선국 .....	41
[표 3-4] 측정 간격 .....	45
[표 3-5] 측정간격 설정을 위한 주파수 대역의 구분 변경 .....	48
[표 3-6] 전기장 강도 측정간격의 변경 .....	48
[표 3-7] 무선국 종류에 따른 전자파 강도 측정 .....	50
[표 3-8] 펜스로 부터의 거리에 따른 전기장 강도 측정값 .....	51
[표 3-9] 측정 DMB 및 TV 방송국의 예 .....	53
[표 3-10] 2010년 주파수 할당의 변경사항 .....	54
[표 3-11] 무선국별 측정대역폭의 변경 .....	55
[표 4-1] SAR 프로브 교정관련 국제표준 비교 .....	66
[표 4-2] SAR 프로브 교정관련 국가별 기준 비교 .....	69
[표 4-3] SAR 측정용 프로브 교정절차 개정안 주요 내용 .....	70
[표 5-1] 시스템 성능 분류표 .....	96
[표 5-2] 전자파방사에 대한 규제 기준 .....	97
[표 5-3] 음성신호에 대한 신호 품질 카테고리 .....	99
[표 5-4] 상용 휴대전화의 전자파방사 측정결과 .....	111
[표 5-5] 미주향 휴대전화의 음성신호 측정 결과 .....	113
[표 5-6] 미주향(L사 VX모델) 휴대전화의 음성신호 측정 분포도 ..	114
[표 5-7] 미주향(S사 R모델) 휴대전화의 음성신호 측정 분포 .....	114

[표 5-8] 손 팬텀 재료의 전기적 특성표 .....	118
[표 5-9] 오른쪽 손 치수 .....	118
[표 5-10] 835 MHz 대역의 전기적 특성 결과 .....	120
[표 5-11] 1800 MHz 대역의 전기적 특성 결과 .....	120
[표 5-12] 835 MHz 및 1.765 GHz 대역의 상용 휴대전화의 전자파방사 시뮬레이션 및 측정 결과 .....	128
[표 5-13] 835 MHz 및 1.765 GHz 대역의 표준 휴대전화의 전자파방사 시뮬레이션 및 측정 결과 .....	129

## 그 립 목 차

[그림 2-1] ITU 조직 .....	21
[그림 2-2] ITU-T SG5 연구 조직 .....	23
[그림 3-1] 전자파 강도 기준 .....	40
[그림 3-2] 무선국 전자파강도 측정 시작점 선정 .....	45
[그림 3-3] 무선국 전자파강도 측정 높이 선정 .....	46
[그림 3-4] AM 방송국의 전기장강도 (측정간격 1.3 m) .....	49
[그림 3-5] AM 방송국의 전기장강도 (측정간격 8 m) .....	49
[그림 3-6] TV 방송국 전기장강도 측정 .....	52
[그림 3-7] 거리에 따른 TV송신국 전기장강도 변화 .....	53
[그림 4-1] SAR 측정시스템 구성 .....	60
[그림 4-2] 프로브의 내부 구성도 .....	61
[그림 4-3] 일반적인 전기장 프로브의 구성도 .....	61
[그림 4-4] DCP와 전압 보상값 관계 .....	63
[그림 4-5] 다이오드 압축점(DCP) 측정 장비 구성도 .....	72
[그림 4-6] 변환인자 측정을 위한 측정 장비 구성도 .....	75
[그림 4-7] 안테나 이득 측정을 위한 장비 구성도 .....	77
[그림 4-8] 축 등방성 측정을 위한 측정 장비 구성도 .....	80
[그림 4-9] 구 등방성 평가를 위한 장비 구성도(1) .....	81
[그림 4-10] 구 등방성 평가를 위한 장치 구성도(2) .....	82
[그림 4-11] 반구 등방성 평가를 위한 실험 장치 .....	83
[그림 4-12] 기준 안테나를 이용한 구 등방성 측정 .....	84
[그림 5-1] WD와 HA의 시험 적용 범위 .....	94
[그림 5-2] 휴대전화 전자파 방사 및 보청기의 내성에 대한 규제 기준 ..	96
[그림 5-3] HAC 측정결과와 측정 이격거리 .....	98

[그림 5-4] 음성신호 1 kHz에서 자기장이 -15 dB(A/m) 이하인 휴대전화에 대한 자기장의 주파수응답 규제 기준 .....	99
[그림 5-5] 음성신호 1 kHz에서 자기장이 -15 dB(A/m)를 초과하는 휴대전화에 대한 자기장의 주파수응답 규제 기준 .....	99
[그림 5-6] HAC 측정시스템의 구성도 .....	101
[그림 5-7] 피시험기기와 측정 프로브와의 이격거리와 전자파방사의 측정영역 .....	102
[그림 5-8] 전자파방사 측정절차 다이어그램 .....	103
[그림 5-9] 피시험기기와 측정 프로브와의 이격거리와 음성신호 측정영역 .....	104
[그림 5-10] 기지국 시뮬레이터로 콜 거는 방법 .....	105
[그림 5-11] 제조사에서 제공하는 시험 모드로 콜 거는 방법 ..	105
[그림 5-12] 휴대전화의 가청 주파수 자기장 측정을 위한 축과 기준면 ....	107
[그림 5-13] 음성신호 측정절차 다이어그램 .....	107
[그림 5-14] HAC 시뮬레이션 절차 .....	108
[그림 5-15] 측정에 사용된 상용 휴대전화 .....	109
[그림 5-16] 기지국 시뮬레이터 및 HAC 측정시스템 .....	110
[그림 5-17] 측정에 직접 사용된 미주향 휴대전화 .....	112
[그림 5-18] RF 신호시스템 및 HAC 측정시스템 .....	113
[그림 5-19] 835 MHz 대역 미주향(L사 VX 모델) 휴대전화의 주파수응답 측정결과 .....	115
[그림 5-20] 1.765 GHz 대역 미주향(L사 VX 모델) 휴대전화의 주파수응답 측정결과 .....	115
[그림 5-21] 835 MHz 대역의 미주향(S사 R 모델) 휴대전화의 주파수응답 측정결과 .....	116
[그림 5-22] 1.765 GHz 대역의 미주향(S사 R 모델) 휴대전화의 주파수응답 측정결과 .....	116
[그림 5-23] 오른쪽 손 표준 치수 .....	117
[그림 5-24] 유전율 측정 시스템 .....	119

[그림 5-25] 835 MHz 대역의 전기적 특성 분포도 .....	120
[그림 5-26] 1800 MHz 대역의 전기적 특성 분포도 .....	121
[그림 5-27] 제작된 835 MHz 대역의 손 팬텀 및 검지의 모습 ·	121
[그림 5-28] 제작된 1800 MHz 대역의 손 팬텀 및 검지의 모습	122
[그림 5-29] 이격판의 모형 및 치수 .....	123
[그림 5-30] 제작된 이격판 .....	123
[그림 5-31] 시험용 휴대전화 .....	124
[그림 5-32] 시험용 휴대전화의 측정 조건 .....	124
[그림 5-33] 표준 휴대전화의 조건별 시뮬레이션 조건(예) .....	125
[그림 5-34] 상용 휴대전화의 조건별 시뮬레이션 조건(예) .....	125
[그림 5-35] 휴대전화의 뒷면 하단부분이 손 바닥에 터치한 경우(예)	126
[그림 5-36] HAC 측정 시스템 및 HAC 측정 모습 .....	126
[그림 5-37] 표준 휴대전화의 조건(Case)별 측정조건(예) .....	127
[그림 5-38] 상용 휴대전화의 조건(Case)별 측정조건(예) .....	127
[그림 5-39] 835 MHz 대역의 상용 및 표준 휴대전화의 전자파방사 시 시뮬레이션 및 측정 결과 비교 .....	129
[그림 5-40] 1.765 GHz 대역의 상용 및 표준 휴대전화의 전자파방사 시뮬레이션 및 측정 결과 비교 .....	130

## 제1장 서론

최근, 정보통신기술이 급속히 발전함에 따라 우리생활 전반에서 휴대전화를 비롯한 무선통신기기의 이용이 보편화되고 있으며, 언제 어디서 누구와도 통신할 수 있는 편리한 통신 환경을 제공하고 있다. 이제 무선통신기기의 이용은 우리 일상생활의 일부분으로 자리 잡고 있으며 무선통신기기를 이용할 수 없는 환경이란 상상도 할 수 없는 시대가 되었다. 이와 같이 전자파가 우리생활 깊숙이 자리 잡으면서 편리한 통신환경을 제공하는 이면에는 전자파에 대한 막연한 불안감을 가지고 살아가는 것이 우리의 현실이다. 따라서 세계 각 국에서는 대규모의 인력과 연구비를 투입하여 전자파 인체안전 문제를 연구하고 있으며 안전한 전자파환경조성을 위한 연구를 수행하고 있다.

본 연구에서는 무선국 전자파의 인체노출량 평가방법을 연구하여 전자파강도 측정기준을 개정하였으며 SAR 측정용 프로브의 교정방법을 마련하여 전자파흡수율 측정기준을 개정 고시하였다. 한편 최근 새롭게 이슈가 되고 있는 무선통신기기 전자파가 보청기에 미치는 영향 문제를 국내 기준에 반영할지 여부를 판단하기 위하여 휴대전화 전자파가 보청기에 미치는 영향을 측정하고 그 결과를 분석하였다.

국내에서는 무선국 전자파에 대한 인체보호기준을 규정하고 있으며 무선국 전자파를 측정하는 방법을 전자파강도 측정기준에서 규정하고 있다. 그러나 낮은 주파수 대역에서 높은 출력을 이용하는 AM 방송국의 경우, 고시에서 규정한 측정 간격이 너무 넓어 실제적인 전자파강도 최대값을 측정하는데 어려움이 있으며, 또한 해당 고시에서는 기지국들의 측정 주파수 대역에 대한 규정이 불명확하여 측정자의 의도에 따라 측정값이 다르게 평가되는 문제점이 있다. 따라서 AM 방송국의 전자파강도 측정시 측정간격이 너무 넓어서 최대값의 위치를 찾지 못하는 문제점을 개선하고, 주파수 재배치에 따라 변경된 측정대상 주파수 대역 및 대역폭을 수정하는 등 현행 고시의 일부 미비점을 개선·보완하도록 관련 고시를 개정하였다.

휴대전화 전자파에 의한 전자파 인체흡수율 값은 SAR 측정 시스템을 통해 측정된다. 이러한 SAR 측정 시스템에서 가장 중요한 인자는 근거리장에서 전기장을 측정하는 SAR 측정용 프로브이다. 현재 SAR 측정용 프로브는 시

시스템 제조업체에서만 교정할 수 있어, 외국 제조사에서 만든 SAR 브로브를 교정하기 위해서는 많은 시간과 경비가 소요된다. 따라서 외국산 SAR 측정장비를 이용하는 국내 산업체나 지정시험기관 등의 어려움을 해소하기 위하여 전파연구소에서는 신뢰성 있는 SAR 측정용 프로브 교정방법을 마련하여 “전자파흡수율 측정기준(전파연구소고시)”을 개정 고시하였다.

한편, 무선통신기기의 전자파는 보청기에 전자 간섭을 야기할 수 있다. 따라서 미국에서는 시장에 출시되는 일부 휴대전화에 대하여 보청기와 양립 가능하도록 법으로 강제하고 있다. 세계인구의 약 10%가 보청기 사용이 필요한 것으로 추정되며, 우리나라에서도 난청인구가 약 50만 명에 이르고 있고 매년 그 수는 증가하고 있다. 따라서 보청기 사용자의 권익을 보호하기 위하여 휴대전화와 보청기간 호환성에 대한 강제 규정 도입여부를 검토하기 위하여 휴대전화 전자파가 보청기에 미치는 영향에 대한 연구를 수행하였다.



## 제2장 전자파 인체영향 연구 및 표준화 동향

### 제1절 IEC<sup>1)</sup>(국제전기기술위원회) TC106 동향

#### 1. IEC TC106 개요

국제적으로 다양한 정보통신기기 및 통신기술의 출현으로 이 기기들로부터 발생하는 전자파에 대한 인체노출에 대한 관심과 우려가 증대됨에 따라 1999년 7월 IEC의 ACEC<sup>2)</sup> TF(Task Force) 보고서(CA/1545/DV)에서 이에 대한 문제를 해결하기 위하여 IEC내에서의 적절한 역할을 제안하였으며, 이에 따라 1999년 10월 회의에서 새로운 기술위원회인 TC106을 신설하였다. TC106의 첫 번째 총회(plenary meeting)는 2000년 10월 11일부터 12일까지 이틀간 캐나다 몬트리올에서 개최되었으며, 금년에 개최된 11차 회의는 10월 10일부터 11일까지 이틀간 미국 시애틀에서 작업반 회의 및 총회가 개최되었다.

현재, IEC TC106 표준화에 참여하고 있는 국가는 우리나라를 비롯하여 총 34개국으로, 직접 표준화 작업에 참여할 수 있는 정식대표(P-member) 26개국, 단순 참가만 하는 참관자(O-member) 8개국으로 구성되어 있다(표 2-1 참조). 캐나다가 그동안 꾸준히 맡아오던 TC106의 간사를 올해부터 독일이 맡아서 하기로 하였으며, 간사는 독일의 Thomas Fischer이다. 그리고 의장은 그대로 미국의 Mr. Ronald C. Petersen가 맡고 있으며, 임기는 2012년 5월까지이다. 자세한 의장단 현황은 표 2-2에 기술하였다.

IEC TC106은 5개 작업반(working group)으로 구성되어 있으며, 현재까지 8개의 표준화 프로젝트가 진행 중에 있으며, 그중 2개는 표준화 완료 단계에 와있다. 표준화가 진행되고 있는 프로젝트를 살펴보면 현재 1개의 위원

---

1) IEC(International Electrotechnical Commission)

2) ACEC : Advisory Committee on Electromagnetic Compatibility, EMC 자문위원회로서, IEC내에서 각 TC(기술위원회)와 EMC 문제에 대해 조율하며, IEC 표준의 상충과 중복개발을 방지하고 있다. 또한, ITU, ISO등 다른 국제 표준화 조직과 EMC 문제도 협력하거나 조율하고 있다.

회 투표안 문서, 2개의 표준화 완료 단계 문서, 1개의 기술보고서 초안 문서, 4개의 초안 문서가 있다. 표 2-3은 IEC TC106에서 수행하고 있는 표준화 프로젝트 현황을 보여주고 있다. 이 외에도 규격으로 발간된 국제 표준 2건에 대하여 MT(maintenance) 기간이 도래함에 따라 개정을 준비하고 있다. 현재까지 TC106에서는 12개의 표준을 발간하였으며, 그 현황은 표 2-4에 기술되어 있다.

IEC TC106 작업반의 주요역할과 프로젝트별 세부 진행상황은 다음 2절에서 자세히 다루기로 한다.

표 2-1. IEC TC106 위원국(member) 현황

구 분	위원국 현황	비 고
P-Member	Australia, Austria, Belgium, Canada, China, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Ireland, Italy, Japan, <b>Republic of Korea</b> , Mexico, Netherlands, Norway, Poland, Russian Federation, South Africa, Spain, Sweden, Switzerland, United Kingdom, United States of America	총 26개국
O-member	Brazil, Croatia, Hungary, Portugal, Romania, Slovenia, Thailand, Turkey	총 8개국

표 2-2. IEC TC106 의장단

직 위	성 명	국 가	비 고
의장	Mr. Ronald C. Petersen	미국	2012년 5월까지 임기
간사	Thomas Fischer	독일	
IEC 기술자문관	Remy Baillif		

표 2-3. IEC TC106에서 수행중인 프로젝트 현황

프로젝트 번호 (책임자)	제 목	진행 단계
Project 62232 (Peter Zollman)	Determination of RF fields in the vicinity of mobile communication base stations for the purpose of evaluating human exposure	CDV <sup>3)</sup>
Project 62209-2 (Antonio Faraone)	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)	FDIS <sup>4)</sup>
Project 62479 (Phil Chadwick)	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)	FDIS
Project 62669 (Peter Zollman)	Case studies supporting IEC 62232 Ed.1 -Determination of RF fields in the vicinity of mobile communication base stations for the purpose of evaluating human exposure	DTR <sup>5)</sup>
Project 62704-1 (Andreas Christ)	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 Difference Time Domain(FDTD) Method for SAR calculations	NP <sup>6)</sup>
Project 62704-2 (Giorgi Bit-Babik)	Specific Absorption Rate(SAR) in the Human Body from Wireless Communications Devices, 30 MHz - 6 GHz : Specific Requiriements Finite Difference Time Domain(FDTD) Modelling of Exposure from Vehicle Mounted Antennas	NP
Project 62704-3 (Vikass Monebhurrun)	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	NP
TR 62630-1 (Antonio Faraone)	Guidance for evaluating exposure from multiple electromagnetic sources : Specific requirements for assessing the Specific Absorption Rate(SAR) from multiple transmitters used in close proximity to the human head	NP

3) CDV : Committee Draft for Vote

4) FDIS : Final Draft International Standard

5) DTR : Draft Technical Report

6) NP : New work item Proposal

표 2-4. IEC TC106에서 발간한 표준과 Maintenance cycle 현황

규격번호	제 목	발간일	MT기간	비고
IEC 62110	Measurement procedures of electric and magnetic fields generated by AC power systems with regard to human exposure	2009. 8.	2014	
IEC 62209-1	Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices - 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)	2005. 2.	2010	MT1
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: Genera	2004. 11.	2010	
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 2-1: Exposure to magnetic fields - 2D model	2004. 11.	2010	
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 model	2007. 5.	2011	
IEC 62233	Measurement methods for electromagnetic fields of household appliances and similar apparatus with regard to human exposure	2005. 10.	2010	
IEC 62311	Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz - 300 GHz)	2007. 8.	2010	
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	2008. 8.	2010	
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 wireless communication devices used in close proximity to the human body(frequency range of 30 MHz to 6 GHz)	2010. 3.	2013	
IEC 62479	Assessment of the compliance of low-power electronic and electrical equipment with basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (10 MHz - 300 GHz)	2010. 6.	2012	
IEC 62577	Evaluation of human exposure to electromagnetic fields from a stand-alone broadcast transmitter (30 MHz -40 GHz)	2009. 8.	2012	
IEC/TR 62630	Guidance for evaluating exposure from multiple electromagnetic sources	2010. 3.	2013	

## 2. 각 작업반(Working Group)별 표준화 진행상황

※ 참고 : IEC 표준화 기술문서 코드

기술문서 코드		내 용
DTR	Draft Technical Report	기술 보고서 초안
TR	Technical Report	기술 보고서
TS	Technical Specification	기술 설명보고서
PNW	Proposed New Work	새로운 표준으로 제안
ANW	Approved New Work	프로젝트 번호 부여 프로젝트 승인
NP	New work item proposal	새로운 표준으로 제안(초안)
RVN	Report of Voting on NP	초안에 대한 투표 및 의견서
CD	Committee Draft for Comments	위원회 초안
CC	Compilation of Comments on CD	위원회 초안에 대한 각국의 의견 수렴
CDV	Committee Draft for Vote	위원회 투표안
ACDV	Draft approved for Committee Draft with Vote	위원회 두 번째 초안에 대한 각국의 의견 수렴
RVC	Report of Voting on CDV	위원회 투표안에 대한 투표 및 의견서
FDIS	Final Draft International Standard	국제 표준 최종안
RVD	Report of Voting on FDIS	국제 표준 최종안에 대한 투표 및 의견서
IS	International Standard	국제 표준 발간

### 가. Working Group 1

WG1은 저주파수 대역(0 Hz - 100 kHz)의 전기장 및 자기장, 유도전류의 측정과 계산방법에 대한 일반 표준을 제정하고 있으며, 주요 역할은 저주파수 대역의 전기장과 자기장의 측정에 대한 표준 개발, 유도전류에 대한 계산방법에 대한 표준 개발, 저주파수 유도전류에 대한 측정방법과 장비에 대한 표준 개발을 담당하고 있다.

현재 WG1에서는 1998년 TC85에서 발간한 IEC 61786 표준문서에 대한 현행화 작업을 이관 받아 개정 작업을 추진하고 있다.

본 표준의 현행화 작업 여부에 대하여 2007년 3월 IEC TC106에 질의되어

106/126/DC에 대한 회람 후 각 국가 위원회의 의견을 106/141/INF(2007년 10월 19일) 문서로 취합하였다. 그 결과 새로운 MT2(maintenance team)가 TC106 내에 설치되었으며, 프로젝트 작업에 독일, 이탈리아, 프랑스, 영국 등 4개국이 참여하기로 하였다. 그리고 2009년 9월 25일에 IEC 61786과 EN 50413 규격과의 통합 관련 의견수렴에 대한 문서(106/182/DC)를 회람한 결과, IEC 61786과 EN50413을 통합(merge)하여 유지보수(maintenance)하기로 결정되었다. 그리고 이번 2010년 10월 IEC TC106 총회에서는 IEC 61786을 측정기기 및 교정과 측정절차(2개)로 분리하기로 하였으며, 주파수 범위를 15 Hz ~ 9 kHz에서 1 Hz ~ 100 kHz + DC magnetic로 변경하기로 하였다. 그리고 IEC 61786-1은 2010년 말에 CD로 회람 후 2011년 9월에 PT 미팅을하기로 하였다. IEC 61786-2는 2011년 3월까지 해당 내용을 정리하여 회람하기로 하였다.

표 2-5. IEC 62226-1 프로젝트의 개요 및 추진현황

- 프로젝트 제목 : 저주파수 및 중간 주파수 범위의 전기장 또는 자기장에 의해 인체 유도되는 전류의 계산방법 - Part 1 : 일반 사항(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)

- 프로젝트 진행상황 및 관련문서

문서번호	회람일	단계	비고
106/5/NP	2000. 3. 24 - 2000. 6. 30	NP	
106/12/RVN	2000. 8. 25	RVN	
106/26/CD	2002. 1. 25 - 2002. 4. 26	CD	
106/37/CC	2002. 8. 30	CC	
106/52/CDV	2003. 3. 7 - 2003. 8. 8	CDV	
106/65/RVC	2003. 11. 28	RVC	
106/78/FDIS	2004. 8. 20 - 2004. 10. 22	FDIS	
106/82/RVD	2004. 10. 29	RVD	
IS	2004. 11. 10	IS	

표 2-6. IEC 62226-2-1 프로젝트의 개요 및 추진현황

- 프로젝트 제목 : 저주파수 및 중간 주파수 범위의 전기장 또는 자기장에 의해 인체에 유도되는 전류의 계산방법 - Part 2: 자기장에 대한 노출 - 2D 모델 (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)

- 프로젝트 진행상황 및 관련문서

문서번호	회람일	단계	비고
106/5/NP	2000. 3. 24 - 2000. 6. 30	NP	
106/12/RVN	2000. 8. 25	RVN	
106/27/CD	2002. 2. 8 - 2002. 6. 14	CD	
106/42/CC	2002. 10. 18	CC	
106/53/CDV	2003. 3. 7 - 2003. 8. 8	CDV	
106/64/RVC	2003. 10. 31	RVC	
106/79/FDIS	2004. 9. 3 - 2004. 11. 5	FDIS	
106/83/RVD	2004. 11. 12	RVD	
IS	2004. 11. 23	IS	

표 2-7. IEC 62226-3-1 프로젝트의 개요 및 추진현황

- 프로젝트 제목 : 저주파수 및 중간 주파수 범위의 전기장 또는 자기장에 의한 노출량 - 인체에 유도되는 전류밀도 및 인체 내부 전기장 계산방법 - Part 3-1: 전기장에 대한 노출 - 해석 및 2D 수치해석 모델 (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)

- 프로젝트 진행상황 및 관련문서

문서번호	회람일	단계	비고
106/72/NP	2004. 5. 21 - 2004. 9. 3	NP	
106/86/RVN	2004. 12. 24	RVN	
106/102/CDV	2005. 10. 7 - 2006. 3. 10	CDV	
106/115/RVC	2006. 9. 22	RVC	
106/125/FDIS	2007. 3. 2 - 2007. 5. 4	FDIS	
106/128/RVD	2007. 3. 11	RVD	
IS	2007. 5. 23	IS	

## 나. Working Group 2

WG2는 저주파 대역의 특정 소스에 의해 발생하는 전기장 및 자기장 특성 평가방법에 대한 국제 표준을 담당하고 있으며, 주요 역할은 가정용 기기, 전력선, 산업용 전력기기, 철도 등 특정 소스에 의해 발생하는 저주파수 범위의 전기장 및 자기장 측정에 대한 측정 장비와 방법의 표준을 개발하고 있다. WG2에서는 올해 표준화가 추진 중에 있던 IEC 62110이 2009년 8월 31일로 국제 표준으로 발간되었다. 주요 추진내용은 표 9에서 자세히 기술하였다.

표 2-8. IEC 62233 프로젝트의 개요 및 추진현황

- 프로젝트 제목 : 인체노출 관련 가전제품 및 유사한 기기의 전자기장 측정방법  
(Measurement methods for electromagnetic fields of household appliances and similar apparatus with regard to human exposure)

- 프로젝트 진행상황 및 관련문서

문서번호	회람일	단계	비고
106/4/NP	2000. 1. 21 - 2000. 5. 1	NP	
106/16/RVN	2000. 9. 15	RVN	
106/34/CD	2002. 7. 19 - 2002. 11. 22	CD	
106/51/CC	2003. 1. 17	CC	
106/58/CD	2003. 7. 18 - 2003. 10. 24	CD	
106/66A/CC	2004. 7. 23	CC	
106/77/CDV	2004. 8. 6 - 2005. 1. 7	CDV	
106/91/RVC	2005. 3. 4	RVC	
106/99/FDIS	2005. 7. 29 - 2005. 9. 30	FDIS	
106/103/RVD	2005. 10. 7	RVD	
IS	2005. 10. 19	IS	



표 2-9. IEC 62110 프로젝트의 개요 및 추진현황

- 프로젝트 제목 : AC 전력선에서 발생하는 전기장 및 자기장에 대한 인체 노출량 측정 절차(Measurement procedures for electric and magnetic fields generated by AC power lines with regard to human exposure)			
- 프로젝트 책임자 : Yukio Mizuno (Nagoya Institute of technology)			
- 프로젝트 진행상황 및 관련문서			
문서번호	회람일	단계	비고
106/75/NP	2004. 7. 16 - 2004. 10. 22	PNW <sup>7)</sup>	일본 제안
106/85/RVN	2004. 12. 10	ANW <sup>8)</sup>	
106/108/CD	2006. 1. 20 - 2006. 4. 21	1CD	
106/117/CC	2006. 11. 17	A2CD	
106/123/CD	2007. 2. 23 - 2007. 5. 25	2CD	
106/138A/CC	2008. 1. 4	ACDV <sup>9)</sup>	
106/154/CDV	2008. 5. 30 - 2008. 10. 31	CDV	
106/170/RVC	2009. 3. 6		
106/177/FDIS	2009. 5. 29 - 2009. 7. 31		
IS	2009. 8. 31		

### 다. Working Group 3

WG3는 고주파 대역(100 kHz - 300 GHz)의 전자기장 및 전자파흡수율(SAR) 측정 및 계산방법에 대한 국제 표준을 담당하고 있으며, 주요역할은 고주파수 범위에서 전자기장에 대한 인체노출량 측정과 평가에 대한 기술적 보고서를 마련한다. WG3에서는 IEC 62334에 대한 표준화를 추진하고 있다. 주요 추진내용은 표 10에 기술하였다.

7) PNW : Proposed New Work

8) ANW : Approved New Work

9) ACDV : Draft approved for Committee Draft with Vote

표 2-10. IEC 62334 프로젝트의 개요 및 추진현황

<ul style="list-style-type: none"> <li>- 프로젝트 제목 : 고주파 대역(100 kHz - 300 GHz)의 전자기장에 대한 인체 노출량 측정 및 평가 절차(Measurement and Assessment of Human Exposure to High Frequency (100 kHz to 300 GHz) Electromagnetic Fields)</li> <li>- 프로젝트 책임자 : David Baron</li> <li>- 프로젝트 진행상황 및 관련문서</li> </ul>			
문서번호	회람일	단계	비고
106/25/NP	2002. 1. 25 - 2002. 4. 25	PNW	미국 제안
106/30/RVN	2002. 6. 7	ANW	
SMB/2924/DL	2004. 10.22.		
※ SMB <sup>10)</sup> /2924/DL에 의해 Preliminary 단계로 조정			

#### 라. Working Group 4

WG4는 고주파 대역의 특정 신호원에 의해 발생하는 전자기장 및 전자파 흡수율(SAR) 특성 평가방법에 대한 국제 표준을 담당하고 있으며, 주요 역할은 무선 통신기기, 기지국, 방송국 송신소 등 특정 전자기장 소스를 평가하기 위한 제품규격을 개발하고 있다. 현재 WG4에서 추진되고 있는 프로젝트는 IEC 62209-2에 대한 표준화, IEC 62232에 대한 표준화, IEC 62577에 대한 표준화, IEC 62630에 대한 표준화 작업을 진행하고 있으며, 이 중에서 IEC 62577에 대한 표준화 작업은 2009년 8월 28일에 국제 표준(IS)으로 발간되었다. 각각 표 11-22에 자세히 기술하였다. 이 외에도 IEC 62209-1 표준에 대한 MT(maintenance) 기간이 도래하여 현행화 작업 추진하기 위하여 TC106 내에 MT1을 신설하고 개정 작업을 수행하고 있다.

10) SMB : Standardization Management Board

표 2-11. IEC 62209-1 프로젝트의 개요 및 추진현황

- 프로젝트 제목 : 300 MHz에서 3 GHz 주파수 범위의 휴대용 및 몸에 부착하여 사용하는 무선 통신기기에서 발생하는 무선 주파수 전자파에 대한 인체노출 - 인체 모델, 계측기 및 절차 - Part1 : 귀 근처에서 사용하는 휴대용 기기의 SAR 측정절차(Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices -- 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))

- 프로젝트 진행상황 및 관련문서

문서번호	회람일	단계	비고
106/2/NP	1999. 12. 24 - 2000. 3. 31	NP	
106/9/RVN	2000. 5. 25	RVN	
106/24/CD	2001. 12. 14 - 2002. 4. 19	CD	
106/31/CC	2002. 6. 14	CC	
106/49/CD	2002. 11. 21 - 2003. 2. 28	CD	
106/57/CC	2003. 7. 8	CC	
106/61/CDV	2003. 8. 1 - 2004. 1. 9	CDV	
106/76/RVC	2004. 7. 23	RVC	
106/84/FDIS	2004. 11. 26 - 2005. 1. 28	FDIS	
106/88/RVD	2005. 2. 4	RVD	
IS	2005. 2. 18	IS	

표 2-12. IEC 62209-2 프로젝트의 개요 및 추진현황

- 프로젝트 제목 : 30 MHz에서 6 GHz 주파수 범위의 휴대용 및 몸에 부착하여 사용하는 무선 통신기기에서 발생하는 무선 주파수 전자파에서 대한 인체노출 - 인체 모델, 계측기 및 절차 - Part2: 신체에 근접하여 사용하는 휴대용 및 신체 부착용 기기의 SAR 측정 절차(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))  
Part 2: 인체에 근접하여 사용하는 휴대용 및 신체 부착용 기기의 SAR 측정절차
- 프로젝트 책임자 : Antonio Faraone
- 프로젝트 진행상황 및 관련문서

문서번호	회람일	단계	비고
106/90/NP	2005. 2. 18 - 2005. 5. 20	PNW	
106/100A/RVN	2007. 7. 6	ANW	
106/132/CD	2007. 7. 6 - 2007. 10. 12	1CD	
106/144A/CC	2008. 7. 18.	ACDV	
106/162/CDV	2008. 10. 3 - 2009. 3. 6	CDV	
106/174/RVC	2009. 9. 18	RVC	
106/195/FDIS	2010. 1. 8 - 2010. 3. 12	FDIS	
IS	2010. 3. 30	IS	

표 2-13. IEC 62232 프로젝트의 개요 및 추진현황

- 프로젝트 제목 : 이동통신기지국 주변에서 인체노출량을 평가하기 위한 RF 전자기장 측정(Determination of RF fields in the vicinity of mobile communication base stations for the purpose of evaluating human exposure)
- 프로젝트 책임자 : Peter Zollman
- 프로젝트 진행상황 및 관련문서

문서번호	회람일	단계	비고
106/87/NP	2005. 1. 14 - 2005. 4. 15	PNW	
106/98/RVN	2005. 7. 15	ANW	
106/145/CD	2008. 1. 18 - 2008. 4. 18	CD	
106/165/CD	2008. 12. 19 - 2009. 3. 20	CD	
106/175/CC	2009. 5. 15	CC	
106/193/CDV	2009. 12. 4 - 2010. 5. 7	CDV	

- 표준화 작업일정
  - 2010년말 : FDIS 발간 예정

표 2-14. IEC 62669 프로젝트의 개요 및 추진현황

- 프로젝트 제목 : 이동통신기지국에 대한 인체노출량 평가방법 - 다양한 노출 형태에 따른 종류(case)별 연구 (Case studies supporting IEC 62232 Ed.1 - Determination of RF field strength and SAR in the vicinity of radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human exposure)

- 프로젝트 책임자 : Peter Zollman

- 프로젝트 진행상황 및 관련문서

문서번호	회람일	단계	비고
106/199/DTR	2010. 3. 12 - 2010. 5. 14	DTR	

표 2-15. IEC 62369-1 프로젝트의 개요 및 추진현황

- 프로젝트 제목 : 0 Hz에서 300 GHz 주파수 범위에서 다양하게 응용되는 근거리용 무선기기로부터 발생하는 전자기장에 대한 인체노출량 평가 - Part1 : 전자 물류 감시 시스템(EAS : Electronic Article Surveillance), 무선 식별(RFID : Radio Frequency Identification), 유사한 시스템에서 발생하는 전자기장(IEC 62369-1 Ed.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)

- 프로젝트 진행상황 및 관련문서

문서번호	회람일	단계	비고
106/41/NP	2002. 10. 4 - 2003. 1. 10	NP	
106/54/RVN	2003. 3. 14	RVN	
106/80/CD	2004. 9. 3 - 2004. 12. 3	CD	
106/105/CC	2005. 10. 14	CC	
106/111/CDV	2006. 4. 28 - 2006. 9. 29	CDV	
106/147/RVC	2008. 2. 15	RVC	
106/156/FDIS	2008. 6. 6 - 2008. 8. 8	FDIS	
IS	2008. 8. 28	IS	

표 2-16. IEC 62369-2 프로젝트의 개요 및 추진현황

- 프로젝트 제목 : 0 Hz에서 300 GHz 주파수 범위에서 전자기장에 대한 인체노출량 평가 - Part2: 경보, 자산/추적, 감시 및 방호, 탐지, 보안, 원격 지령 및 제어, 원격 측정을 위하여 사용되는 장치, 유사한 단거리 및 저전력 무선기기에서 발생하는 전자기장(Assessment of human exposure to electromagnetic fields in the frequency 0 ~ 300 GHz - Part 2 : Fields produced by devices used for Alarms, Alert, Asset tracking, monitoring, and protection, detection, security, Telecommand and control, Telemetry and similar Short range and/or Low Power Radio Devices			
- 프로젝트 진행상황 및 관련문서			
문서번호	회람일	단계	비고
106/41/NP	2002. 10. 4 - 2003. 1. 10	NP	

표 2-17. IEC 62577 프로젝트의 개요 및 추진현황

- 프로젝트 제목 : 30 MHz - 40 GHz 주파수 범위에서 방송 송신기로부터 발생되는 전자기장에 대한 인체노출량 평가(Evaluation of human exposure to electromagnetic fields from a stand alone broadcast transmitter (30 MHz - 40 GHz))			
- 프로젝트 진행상황 및 관련문서			
문서번호	회람일	단계	비고
106/148/CDV	2002. 10. 4 - 2003. 1. 10	CDV	
106/172/RVC	2009. 4. 3		
106/176/FDIS	2009. 5. 22 - 2009. 7. 24		
IS	2009. 8. 28		

표 2-18. IEC 62630 프로젝트의 개요 및 추진현황

- 프로젝트 제목 : 다중 전자파 소스에 대한 인체노출량 평가 지침(Guidance for evaluating exposure from multiple EM source)			
- 프로젝트 책임자 : Antonio Faraone			
- 프로젝트 진행상황 및 관련문서			
문서번호	회람일	단계	비고
106/173/DTR	2009. 5. 8 - 2009. 7. 10	DTR	
IS(TR)	2010. 3. 10	IS	

표 2-19. IEC 62704-1 프로젝트의 개요 및 추진현황

<ul style="list-style-type: none"> <li>- 프로젝트 제목 : 무선통신기기에서 발생하는 전자파에 대한 몸통 SAR 평가방법(30 MHz - 6 GHz) - SAR 계산방법(FDTD)에 대한 일반 요구사항(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-Difference Time-Domain (FDTD) Method for SAR Calculations)</li> <li>- 프로젝트 책임자 : Andreas Christ</li> <li>- 프로젝트 진행상황 및 관련문서</li> </ul>			
문서번호	회람일	단계	비고
106/203/NP	2010. 5. 7 - 2010. 8. 13	NP	

표 2-20. IEC 62704-2 프로젝트의 개요 및 추진현황

<ul style="list-style-type: none"> <li>- 프로젝트 제목 : 무선통신기기에서 발생하는 전자파에 대한 몸통 SAR 평가방법(30 MHz - 6 GHz) - 자동차에 탑재하는 안테나의 노출량 계산방법(FDTD) 연구 (Specific Absorption Rate(SAR) in the Human Body from Wireless Communications Devices: Specific Requiements Finite Difference Time Domain(FDTD) Modelling of Exposure from Vehicle Mounted Antennas)</li> <li>- 프로젝트 책임자 : Giorgi Bit-Babik</li> <li>- 프로젝트 진행상황 및 관련문서</li> </ul>			
문서번호	회람일	단계	비고
106/197/NP	2010. 2. 26 - 2010. 5. 28	NP	

표 2-21. IEC 62704-3 프로젝트의 개요 및 추진현황

<ul style="list-style-type: none"> <li>- 프로젝트 제목 : 무선통신기기에서 발생하는 전자파에 대한 몸통 SAR 평가방법(30 MHz - 6 GHz) - 휴대전화의 전자파 노출량에 대한 계산방법(FDTD) 연구 (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)</li> <li>- 프로젝트 책임자 : Vikass Monebhurrun</li> <li>- 프로젝트 진행상황 및 관련문서</li> </ul>			
문서번호	회람일	단계	비고
106/204/NP	2010. 5. 7 - 2010. 8. 13	NP	

표 2-22. TS 62630-1 프로젝트의 개요 및 추진현황

<ul style="list-style-type: none"> <li>- 프로젝트 제목 : 다중 전자파 소스에 대한 인체노출량 평가지침 - 머리에 근접하여 사용하는 다중 송신기의 SAR 평가를 위한 일반 요구사항(Guidance for evaluating exposure from multiple electromagnetic sources : Specific requirements for assessing the Specific Absorption Rate(SAR) from multiple transmitters used in close proximity to the human head)</li> <li>- 프로젝트 책임자 : Antonio Faraone</li> <li>- 프로젝트 진행상황 및 관련문서</li> </ul>			
문서번호	회람일	단계	비고
106/207/NP	2010. 7. 30 - 2010. 11. 5	NP	

## 마. Working Group 5

WG5는 일반 표준(generic standard)을 제정하고 있으며, 주요 역할은 제품군 표준이 적용되지 않는 전기·전자기기에 적용할 수 있는 일반 표준을 개발하고, 일반 표준에는 전기장, 자기장, 전자기장과 유도전류 및 접촉전류에 관한 일반인 노출 기본 한계 또는 기준 레벨과 적합성 시험방법 등이 포함된다. 현재 IEC 62479 프로젝트에 대하여 표준화를 추진하고 있다. 자세한 표준화 추진 현황은 표 2-24에 기술하였다.

표 2-23. IEC 62311 프로젝트의 개요 및 추진현황

<ul style="list-style-type: none"> <li>- 프로젝트 제목 : 0 Hz에서 300 GHz 주파수 범위에서 전기 및 전자 장치에서 발생하는 전자기장의 인체노출량 적합성 평가(Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields(0 ~ 300 GHz))</li> <li>- 프로젝트 진행상황 및 관련문서</li> </ul>			
문서번호	회람일	단계	비고
106/20/NP	2001. 3. 16 - 2001. 6. 22	NP	



106/23/RVN	2001. 11. 30	RVN	
106/55/CD	2003. 5. 16 - 2003. 9. 5	CD	
106/69/CC	2004. 4. 2	CC	
106/70/CDV	2004. 5. 14 - 2004. 10. 15	CDV	
106/92/RVC	2005. 3. 11	RVC	
106/104/FDIS	2005. 10. 21 - 2006. 1. 6	FDIS	
106/107A/RVD	2006. 6. 30	RVD	
106/113/CDV	2006. 6. 30 - 2006. 12. 1	CDV	
106/124/RVC	2007. 2. 23	RVC	
106/129/FDIS	2007. 5. 25 - 2007. 7. 27	FDIS	
IS	2007. 8. 14	IS	

표 2-24. IEC 62479 프로젝트의 개요 및 추진현황

- 프로젝트 제목 : 10 MHz에서 300 GHz 주파수 범위에서 저전력 전기·전자기기에 대한 전자기장 인체노출과 관련하여 기본적인 적합성 평가(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))
- 프로젝트 책임자 : Philip Chadwick
- 프로젝트 진행상황 및 관련문서

문서번호	회람일	단계	비고
106/106/NP	2005. 12. 23 - 2006. 3. 24	PNW	
106/112A/RVN	2006. 6. 23	ANW	
106/130/CD	2007. 6. 1 - 2007. 9. 7	1CD	
106/142/CC	2007. 11. 9	ACDV	
106/163/CDV	2008. 10. 3 - 2009. 3. 6	CDV	
106/189/RVC	2009. 9. 25	CDV	

## 제2절 ITU 국제 표준화 동향

### 1. ITU 개요

ITU(International Telecommunication Union, 국제전기통신연합)는 유선통신, 무선통신, 방송 및 위성통신 등과 관련한 국제표준 개발과 국가간 표준 업무 조정 등을 목적으로 하는 정보통신 부문 세계 최고 국제기구로서 UN 산하 국제 전문기구이다. ITU는 1865년 설립된 국제전신연합과 1906년 설립된 국제전파전신연합에서 출발하였으며 1932년 마드리드 국제무선전신회의에서 국제전기통신연합으로 명칭을 변경할 것을 결의하고 1934년 국제전신협정과 국제무선전신협정을 통합하여 국제전기통신연합으로 출범하였으며 1942년 전기통신, 전파통신, 위성통신, 방송 등 정보통신분야 전반을 총괄하는 UN 전문기구로 지정되어 오늘에 이르고 있다.

ITU는 정부가 통신사업을 독점하던 시대에 정부의 대표자들이 참석하던 정부간 국제기구에서 출발하였다. 그러나 최근 통신사업이 비 규제화, 민영화 등으로 인해 다수의 통신사업자들이 경쟁하는 체제가 됨에 따라 ITU는 정부 대표자뿐만 아니라 민간조직을 포괄하는 체제로 변화되었다. 2010년 현재 ITU는 정부 대표자들로 구성된 191개 회원국(member state), 기업, 연구기관, 국제기구 멤버로서 표준화 활동에 직접 참여하는 567개 부문회원(sector members), 그리고 소규모 제조업체들인 155개의 준회원(associates)이 참여하고 있다.

ITU는 헌장 제7조에 따라 최고의결기관인 전권위원회(Plenipotentiary Conference)와 집행기구인 이사회(Council), 국제전기통신세계회의(WCIT), 사무총국을 두고 있다. ITU 운영은 전기통신 분야 표준화를 관장하는 ITU-T, 전파통신 분야를 총괄하는 ITU-R 그리고 개발도상국에 대한 협력과 기술지원 등을 목적으로 하는 ITU-D로 3개 분야로 나누어져 있다. 각 분야는 상위기구를 중심으로 자문그룹(Advisory Group)을 두고 있으며 세부 연구 분야에 따라 연구반(Study Group)을 구성하여 실제 국제 표준화 활동은 연구반(SG) 단위로 운영되고 있다. ITU 분야별 연구반(SG) 구성 및 주요 임무는 표 2-25와 같다. 전기통신 표준화 업무를 관장하는 ITU-T에서는 세부 연구분야를 10개 연구반으로 구분하여 운영 중에 있으며, ITU-R에서는 6개 연구반, ITU-D에서는 2개 연구반을 구성하여 운영하고 있다.

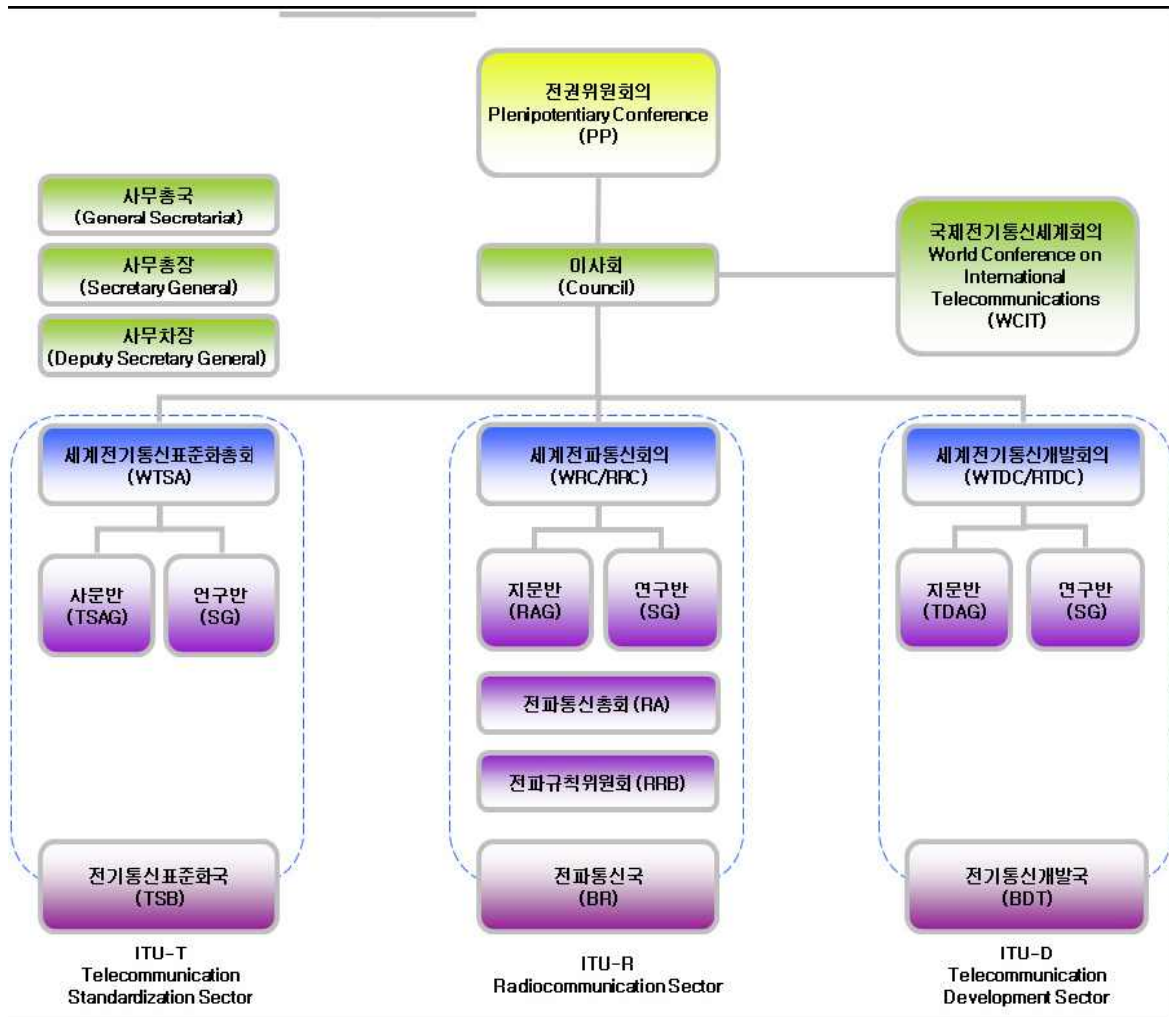


그림 2-1. ITU 조직

ITU 조직 내에서 전자파 인체안전과 관련한 연구는 ITU-T SG5, ITU-R SG1 및 ITU-D SG1에서 각각 수행되고 있다. 그러나 ITU-T SG5는 전자파 인체안전 연구와 관련한 ITU내 주 연구반으로서 IEC, IEEE 등 타 표준화기관과 연락책임을 맡고 있다. 다음 절에서는 전자파 인체안전 관련 연구를 수행하는 ITU 산하 3개 연구반의 구성 및 주요 임무, 그리고 2010년도 표준화 활동 현황에 대하여 살펴본다.

표 2-25. ITU 분야별 연구반(SG) 구성 및 주요임무

<전기통신표준화(ITU-T) 분야>

연구반	주요 임무
SG2	국제번호, 어드레스 자원, 코드의 할당 및 관리 절차를 포함한 서비스 제공, 네트워크와 성능 등의 표준을 개발
SG3	국제 통신 서비스, 전기통신 관련 경제 및 정책적 이슈에 대한 과금 및 회계원칙을 연구하고 관련 표준을 개발
SG5	전자파 영향으로부터 안체 보호 및 통신망, 통신시스템 보호, 정보통신기술과 기후변화 관련 의제 연구 및 국제 표준 개발
SG9	통합 광대역 케이블망, 텔레비전, 음성전송 분야에 대한 연구를 수행하는 그룹으로써 케이블 모뎀, 셋톱박스 등과 같은 유선 가입자망과 관련된 표준을 개발
SG11	지능망, 시그널링 규격, 시그널링 프로토콜 분야 등 차세대 네트워크 개발을 담당
SG12	통신 서비스 품질 및 완결성 등에 대한 관련 연구 및 표준 개발
SG13	FGNGN(NGN Focus Group)을 중심으로 NGN 관련 연구
SG15	광 가입자망, 광통신 기술 표준 및 xDSL 등과 같은 표준을 개발
SG16	멀티미디어 서비스 및 응용 분야의 적합성 관련 연구를 수행
SG17	정보보안, 언어 및 정보통신 소프트웨어 데이터통신에 대한 국제표준화 추진

<전파통신(ITU-R) 분야>

연구반	주요 임무
SG1	국가간 스펙트럼 관리에 대한 연구수행 및 국가 전파관리정책 지원 주파수 할당 및 이용연구, 전파감시 연구 및 기술기준 연구 등
SG3	전파통신시스템을 개선하기 위하여 전파(propagation)원리 및 전리층의 전파특성과 점-대-지역 통신특성 및 전파전파 예측방법 등에 관한 연구 수행
SG4	고정, 이동 및 방송 위성서비스 및 위성간 상호 접속을 위한 위성간 링크 및 시스템과 네트워크에 관한 연구 수행
SG5	IMT-2000 및 차세대이동통신서비스, Wireless Access Systems 등 지상이동업무 연구 및 지상 고정통신업무와 시스템 및 망에 관련된 연구
SG6	영상, 음성, 멀티미디어, 대화형, 데이터 서비스를 포함하는 지상파 및 위성 방송을 위한 코딩, 발사, 품질평가 등에 대한 연구 수행
SG7	우주 연구, 지구탐사 및 기상 시스템 전파천문 및 레이더 천문, 위성기술 응용분야 및 표준주파수, time-signal 서비스의 확산, 승인 및 조정 업무 수행

<전기통신개발(ITU-D) 분야>

연구반	주요 임무
SG1	개도국 통신기술 개발전략과 정책 관련 연구과제를 담당하는 연구그룹
SG2	통신서비스와 네트워크 관리 관련 연구과제를 다루는 연구그룹

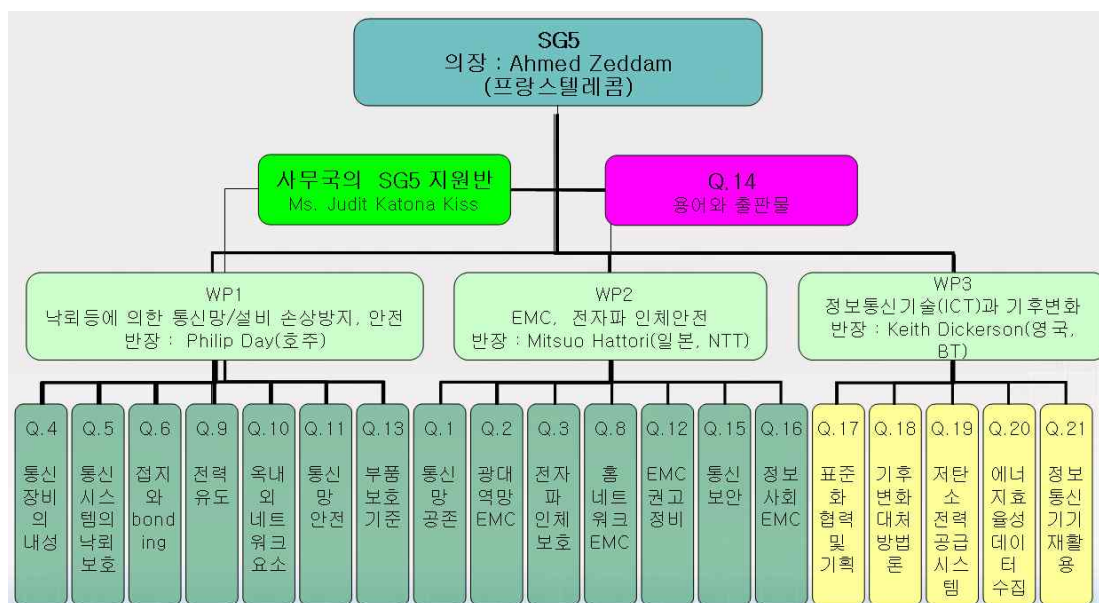
## 2. EMF관련 ITU 국제표준화 동향

### 가. ITU-T SG5

#### 1) ITU-T SG5 조직 및 임무

ITU-T SG5는 전자파 환경 및 기후변화 관련 의제를 다룬다. 전자파나 낙뢰로부터 통신망 및 통신설비 보호, 전자파 양립성(EMC : electromagnetic compatibility) 및 인체안전, ICT 환경과 기후변화 대응 등에 관련한 의제 연구와 의제 관련 및 신규 권고 제정 작업을 수행하고 있으며 현행 ITU 권고서중 K 시리즈 권고서의 검토 및 필요시 해당 권고서의 개정 등의 임무를 수행하고 있다.

ITU-T SG5는 본회의 외에 아래 그림과 같이 3개 작업반(WP1, WP2, WP3)으로 구성되어 있으며 총 19개의 세분화 의제(Question)를 다루고 있다. ITU-T SG5 의장은 프랑스 텔레콤의 Mr. Ahmed Zeddami 맡고 있으며 WP1 의장은 호주의 Mr. Philip Day, WP2 의장은 일본 NTT의 Mr. Mitsuo Hattori, 그리고 새로이 신설된 WP3 의장은 영국 BT의 Keith Dickerson이 맡고 있다. 한편 우리나라에서는 방송통신위원회 강성철 서기관이 SG5 부의장으로 활동하고 있다.



제 1 작업반(WP1)에서는 통신망 및 통신설비의 위험에 대한 예방 및 안전에 대한 이슈를 다루는 곳으로 전기통신설비를 설치·운영하는 과정에서 낙뢰, 서지, 전력선 등으로부터 발생하는 전기적, 자기적 위험에 대하여 인명 및 설비자체를 보호하기 위한 권고안을 개발하는 임무를 수행하고 있다. 제 2 작업반(WP2)은 전자기 복사로 인한 전자파 양립성 및 인체안전에 관한 이슈를 다루는 곳으로 전기통신 서비스를 제공하기 위하여 설치하는 장비의 방사 및 내성 특성을 연구하고 전자파가 인체에 미치는 영향에 대한 국제표준을 개발하는 임무를 수행하고 있다. 한편 2009년도에 새로이 신설된 제 3 작업반(WP3)은 정보통신기술(ICT) 환경과 기후변화 관련한 의제를 다루는 연구반으로서 5개의 관련 연구의제를 수행하고 있다.

## 2) 국내 EMF 표준화 활동

전자파 인체안전과 관련한 의제는 WP2의 의제3(Q.3)에서 다루고 있으며 폴란드 텔레콤의 Fryderyk Lewicki 박사가 Q.3 라포처로 활동하고 있다.

표 2-26. WG2 Q3 분야 국내 제출 기고서 및 반영결과

기고서 No	기고서명	회의결과
C179	Proposal for K.guide : EMF levels around CDMA base stations	CDMA800/1800무선국의 전자파 강도는 인체 노출량 평가에 유익한 정보이므로 K.guide의 Case study로써 현장 측정에 대한 Appendix로 삽입하기로 함.
C180	Proposal for K.guide : Requirements for the measurement equipment	측정 장비 조건에 대한 기본적인 사항을 제시한 기고서로서 참가국들의 의견 수렴 및 토의를 거쳐 보완 사항을 추가하여 K.guide에 삽입하기로 함.
C181	Proposal for K.guide and K.61 : Reduction of measurement time	측정시간 단축안(6분→1분)에 대한 기고서로서, 유용한 Case study결과이므로 K.guide의 Appendix로 반영하기로 함.
C182	Proposal for K.guide : EMF levels by various transmitters	다양한 무선국의 전자파 노출 레벨을 보여주는 좋은 실 예이며 K.guide의 Case study 로 반영하기로 함.
C186	Modification of Working document toward draft new Recommendation K.guide	제안한 수정안을 바탕으로 참가국의 의견 등을 종합하여 새로운 Draft 작성하였음.

2010년에는 2차례 ITU-T SG5 국제회의가 개최(4.12~16 아르헨티나, 11.23~12.1 제네바)되었으며 우리나라는 전자파 인체안전과 관련하여 2010.11.23~12.1 회의에서 5건의 기고서를 제출하여 국제표준문서 등에 반영하였다. 전자파 인체안전과 관련하여 우리나라에서 제출한 기고서 및 반영결과는 표 2-26과 같다.

## 2) 2010년 EMF 표준화 활동 및 현안 사항

전자파 인체안전과 관련하여 WP2 Q.3에서 다루고 있는 분야 및 2010년 12월 현재까지 작업 계획은 표 2-27과 같다. 현재까지 전자파 인체안전과 관련한 ITU-T 국제표준화 문서는 K.52, K.61, K.70 3건이 있으며, K.guide와 K.monitor 2건 문서는 현재 표준문서 개발 작업이 진행 중이거나 최종승인이 진행 중인 상태에 있다.

표 2-27. WG2 Q3 분야 Action plan

문서	Action	Pr.	Timing	Subject
K.52	Maintenance	L	No action needed	Guidance on complying with limits for human exposure to electromagnetic fields
K.61	Maintenance	L	No action needed	Guidance to measurement and numerical prediction of electromagnetic fields for compliance with human exposure limits for telecommunication installation
K.70	Modification of the Appendix I	H	2011	Mitigation techniques to limit human exposure to EMF's within vicinity of radiocommunication stations
K.guide	New Rec.	H	2011	Guidance for management and evaluation of the human exposure to RF electromagnetic fields (EMFs)
K.monitor	New Rec.	H	승인(2010)	Monitoring of the EMF levels

## ○ 전자파 인체노출량 예측 프로그램 개발 추진

국제표준 문서 개발이 완료된 3건 표준화 문서중 K.52 “Guidance on complying with limits for human exposure to electromagnetic fields”와 K.61 “Guidance to measurement and numerical prediction of electromagnetic fields for compliance with human exposure limits for telecommunication installation”에 대하여는 개정 등에 대한 의견이 없어 별다른 활동이 필요치 않고 있으나 K.70 “Mitigation techniques to limit human exposure to EMF’s within vicinity of radiocommunication stations”와 관련해서는 현재 K.70에 부록으로 있는 무선설비 안테나 주변에서의 노출량 예측 프로그램을 개발하는 작업이 진행 중에 있다. 전자파 인체노출량 예측 프로그램은 2010년까지 개발을 완료할 예정이었으나 프로그램 운용중 나타날 수 있는 에러 등을 보완하기 위하여 프로그램 개발 완료년도를 2011년으로 수정하였다. 즉 2010.12월 회의에서는 전자파 노출량 예측 프로그램인 EMF-estimator (v 1.4.0)가 거의 완성된 모습으로 시연을 하였으며, 단지 프로그램 운용중 나타날 수 있는 에러 등을 보완하는 작업이 필요하여 내년 초까지는 추가적인 프로그램 확인 과정을 거쳐 다음 회의에서 최종안을 마무리할 예정으로 있다.

## ○ 신규권고 K.guide 제정 작업 추진

전자파 인체안전과 관련한 국제 기준이나 평가방법, 측정과 관련한 다양한 정보 등은 세계보건기구(WHO), 국제비전리복사방호위원회(ICNIRP), 국제전기기술위원회(IEC), 국제전기전자기술학회(IEEE) 등 다양한 국제기구나 비영리 과학단체, 표준화 기구 등에서 각각 규정하고 있다. 따라서 일반 이용자들이 이러한 정보들을 수집하기 위해서는 각 기구에서 발행한 자료를 개별적으로 수집하여야 하는 어려움이 있다. 따라서 ITU-T SG5에서는 일반 이용자의 관점에서 전자파 인체안전과 관련한 총체적인 정보를 제공할 목적으로 신규권고 K.guide 개발 작업을 추진하고 있으며 2010년 12월 회의에서는 지금까지 각 표준화 기구 등에서 규정한 기준이나 평가방법, 각 국가에서 기고한 다양한 정보들을 포함하여 신규권고 K.guide의 포함내용 등을 거의 결정하였다. 그리고 2010년 12월 회의에서 신규권고 K.guide의



제목을 “Guidance for management and evaluation of the human exposure to RF electromagnetic fields (EMFs)”로 수정하였으며 2011년까지 신규권고 제정 작업을 완료할 예정으로 있다. 2010년에 우리나라에서 기고한 전자파 인체 안전 관련 기고서 5건은 모두 신규권고 K.guide 초안의 본문 및 Appendix II, III에 반영되었다.

## **O 신규권고 K.monitor 제정 완료**

신규권고 K.monitor(Monitoring of the EMF levels)는 무선국 전자파의 인체 노출량을 장기간 모니터링하는 방법과 절차를 규정하기 위한 권고서이다. 일반적으로 무선국 전자파가 인체안전에 미치는 영향을 평가할 때 측정지점에서 6분간 측정한 평균값으로 인체안전기준 만족여부를 평가하고 있다. 그러나 대부분의 무선국은 시간별, 일별, 계절별 특성에 따라 출력 기준을 달리 하는 것이 현실이다. 따라서 무선국 전자파의 인체노출량을 평가하기 위하여 무선국 전자파 강도를 측정할 때, 측정시점이 언제인가에 따라 측정값의 차이는 항상 존재한다. 이러한 일별, 계절별 차이를 극복하기 위해서는 장기간 전자파 강도를 모니터링하여 인체보호기준 준수여부를 평가하는 것이 가장 바람직한 방법이다. 따라서 신규권고 K.monitor는 무선국 전자파의 인체노출량을 정확히 평가하기 위하여 무선국 전자파 강도를 장기간 모니터링하는 방법과 절차를 규정하는 것을 목표로 한다.

해당 권고 개발 작업은 2009년 독일에 의해서 최초 제안되어 2011년까지 권고서 개발을 완료할 예정이었으나 2010년 12월 ITU-T SG5 국제회의에서 신규권고 K.monitor 최종안이 승인됨에 따라 2011년 초순경 각국에 AAP 회람을 통해 최종 승인이 추진될 예정이다.

## **나. ITU-R SG1**

### **1) ITU-R SG1 조직 및 임무**

ITU-R SG1에서는 전파관리 기술 및 정책과 관련한 표준화를 추진하는 연구반으로서 국가간 스펙트럼 관리에 대한 연구수행, 국가 전파관리정책 지원, 주

파수 할당 및 이용연구, 전파감시 및 전파감시 기술기준 연구를 수행하고 있다. ITU-R SG1은 3개 작업반(WP)으로 구성되어 있으며 각 작업반별 임무는 표 2-28과 같다. ITU-R SG1 의장은 미국의 Mr. Robin Hains 박사가 맡고 있으며 WP1A 의장은 X. Zhou, (중국), WP1B 의장은 Mr. S. Pastukh, RUS (러시아) 그리고 WP1C 의장은 Mr. Jan Verduijn (네덜란드)씨가 맡고 있다. 한편 우리나라의 전파연구소 류충상 박사는 ITU-R SG1 부의장으로 현재 활동 중에 있다.

표 2-28. ITU-R SG1 연구 분야 및 주요 임무

작업반	분 야	주요 임무
WP1A	전파공학기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>o 유비쿼터스 통신망 환경에서 RFID 등 소출력 기기와 ISM 기기로부터의 타 통신의 보호 방안 (WRC-11 의제 1.22, 의제 8.1)</li> <li>o 275~3000 GHz 주파수 및 광-링크의 이용 방안 (WRC-11 의제 1.6)</li> </ul>
WP1B	전파관리방법 및 경제전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>o 디지털 융합에 따른 국제 전파관리제도 개선 (WRC-11 의제 1.2)</li> <li>o CR/SDR 등 신기술도입을 위한 제도 마련(WRC-11 의제 1.19)</li> </ul>
WP1C	전파감시	<ul style="list-style-type: none"> <li>o 전파감시 핸드북 개정(2010년 완료)</li> <li>o 위성전파 감시기술 및 전파감시 신호분석 연구</li> <li>※ 전자파 인체노출 평가 논의 시작</li> </ul>

## 2) 2010년 EMF 표준화 활동 및 현안 사항

ITU-R WP1C는 전파감시와 관련한 기술 및 권고서 개발 등을 주요 목적으로 활동하고 있다. 지금까지 WP1C에서는 전파감시와 관련한 핸드북 개정작업이 가장 큰 비중을 가지고 진행되었으나 전파감시 핸드북 개정 작업이 2010년 마무리됨에 따라 이제 ITU-R WP1C에서는 디지털 신호 식별 권고 개정, 소출력 무선기기 측정 권고안 개발 및 전자파 인체노출 평가에 대한 ITU-R 차원의 본격적인 논의가 시작될 예정으로 있다. 지금까지 전자파 노출량 평가방법 및 절차 등에 관한 기고 등은 거의 없어 ITU-R WP1C에서 논의되지는 않았으나 이제 전자파 인체노출 평가에 대한 ITU-R 차원의 논의가 WP1C에서 시작됨에 따라 2011년부터는 우리나라에서도 이와 관련한 적극적인 기고와 참여가 요구된다.

## 다. ITU-D SG1

### 1) ITU-D SG1 구성 및 임무

ITU-D는 정보, 통신, 기반 구조 등 전 세계 인류가 통신할 권리를 인류에게 보급할 목적으로 세계의 모든 인류에게 ICT 분야를 보급 확장, 정보격차를 좁히기 위한 활동 촉진, 그리고 개발도상국에 맞는 정책 및 프로그램 관리·개발 등의 임무를 수행하고 있다.

표 2-29. ITU-D SG1 연구반 할당 의제

의제 번호	분 야
Q. 7	브로드밴드 서비스에의 보편적 접속을 위한 규제정책
Q. 10	융합 정보통신/ICT 환경에서 사업면허, 인/허가, 기타 관련 규제정책이 경쟁에 미치는 영향
Q. 12	국가통신망(NGN포함)의 서비스 요금정책, 모델 및 방법
Q. 18	융합 환경에서 소비자 보호를 위한 정책과 규제
Q. 19	개도국에서의 인터넷전화 서비스 도입
Q. 20	장애인 통신서비스와 ICT 접근
Q. 22	정보통신 네트워크 보호: 사이버보안 문화 개발 우수사례
Q. 23	인체의 전자기장 노출에 관한 전략과 정책
Q. 24	정보통신/ICT 폐기물의 적절한 폐기 혹은 재사용에 관한 전략과 정책

ITU-D 내에는 개도국 정보통신 개발전략과 정책 관련 연구과제를 다루는 SG1과 통신서비스와 네트워크 관리 관련 연구과제를 다루는 SG2로 구성되어 있으며 전자파 인체노출과 관련한 연구는 SG1 연구반의 의제 23(Q.23)에서 다루고 있으며 ITU-D SG1 연구반의 의제는 표 2-29와 같다.

### 2) 2010년 EMF 표준화 활동 및 현안 사항

ITU-D SG1 의제 23에서는 인체의 전자기장 노출에 관한 전략과 정책을 다루고 있다. ITU-D SG1 회의는 2010.9.20~9.23까지 스위스 제네바에서 개최되었으며 우리나라는 전파연구소 류충상 연구관을 비롯하여 3명의 대표단이 참가하였다. 이번 회의에는 WHO 담당자(Mrs. E. Van Deventer)가 참석

하여 전자파 인체노출과 관련한 WHO 활동을 소개하였으며 그 주요 내용은 다음과 같다.

- o WHO는 이동전화 장기간 이용이 사람의 건강에 미치는 영향에 대하여 연구 중에 있으며 WHO가 개발한 모든 정보는 무료로 제공
- o 기지국과 WiFi 전파의 세기가 건강에 역효과가 있다는 확증 없음
- o 국제 표준은 비정부 기구인 ICNIRP의 표준을 공식 인정하고 있으나, 각 국의 경험도 중요하므로 기준 정보를 WHO에 제공하기를 희망함
- o 전파발사 표준과 전자파 인체노출 표준은 목적 및 개념이 달라 제한값이 다름
- o 새로운 기술이 건강 영향 평가 없이 시장에 판매되고 있는 상황에서, 국민의 걱정은 커지므로 불확실성을 줄이기 위해 정부차원의 조치가 필요함

이번 회의에서 우리나라는 국내 전자파 인체노출 제한에 대한 제도, 기준, 정책, 연구현황, 대국민 의사소통, 전파환경 조사 결과 등을 소개하고, 이를 ITU-D 보고서 준비의 참조 모델로 이용할 것을 제안하였다. 이에 대해 SG1 의장은 우리나라 정보를 토대로 다른 나라에서도 제도, 기준, 정책 등에 대한 기고를 해 줄 것을 요청하였으며, 스위스는 예방적 차원의 원칙에 대해 각국의 예를 많이 교환할 필요가 있음을 강조하였다 그리고 미국에서는 기술적인 증거도 중요하지만 이를 어떻게 국가의 규제 정책으로 포함시키는 가도 중요하므로 이에 대해 각국이 유기적으로 협력할 필요가 있음을 강조하였다. 따라서 ICNIRP의 표준에 근거하여 각국이 규정한 전자파 인체보호기준 외에도 향후에는 예방적 차원의 EMF 노출기준에 대한 논의가 ITU 차원에서 시작될 것으로 예상된다.

### 제3절 GLORE 국제 표준화 활동

#### 1. 2010년 GLORE 회의 개요

GLORE 회의는 세계 전자기장 인체영향 연구 조정회의(GLORE: GLObal coordination of Research on Electro magnetic field and health)로서 1996년 한일 통신장관 회담 결과에 따라 「한·일 전자파 인체영향연구 공동발표회」를 매년 개최하는 형식으로 출발하였으나 1999년 EU가 참가하고, 2001년 미국, 2003년 호주, 2005년 중국 등이 참여하여 2008년부터 세계 전자기장 인체영향 연구 조정회의

(GLORE)로 발전하였다.

2010년도 GLORE 회의는 11.29~11.30일까지 프랑스 파리의 파리통신기술대학교(Telecom Paris Techniq)에서 개최되었으며 우리나라, EU, 미국, 일본, 호주, 뉴질랜드, 스위스 대표와 WHO 대표 등이 참석하였다. 여기서는 각 국의 현행 연구 동향과 성과를 발표하고 각 국의 국가 및 비정부기구의 전자기장 연구 프로젝트 현황을 소개하였으며, 전자파 인체보호기준의 국제적 조화, 중간주파수, 밀리미터파 및 테라헤르츠 전파의 인체영향, 일반인 노출 평가방법, EMF 노출 평가를 위한 모델링 등 미래의 전자파 인체안전 관련 연구 방향 등을 논의하였으며 2011년 차기 GLORE 회의는 한국에서 개최하기로 결정하였다.

## 2. EMF 국제 연구 동향

### 가. WHO 미래 전자기장 인체영향 연구 이슈 (Emilie Van de Venter)

WHO에서는 1996년 공동연구를 기획하여 1997년 연구과제를 설정하였으며 주기적 연구과제를 갱신해 오고 있으며 연구분야를 ELF와 RF로 구분하고 있다. 2005년 WHO 결의를 통해 굳건한 국가 연구 시스템 개발 지원(capacity), 표준화(standard), 지식 공유(translating), 우선순위(priority) 부여 등을 결의하고 2006년 대중의 건강 관련 연구를 중심으로 연구과제를 설정하고 2010년 무선주파수 전자기장 인체영향 연구의 우선순위를 발표하였다. 이때 연구 분야와 연구과제는 다음과 같은 원칙에 따라 선정하였다.

- 공중건강의 연관성 (과학적인 고려사항, 일반인 우려사항, 노출 연관성)
- 지식격차를 메울 수 있는 잠재성
- 과학적인 적정성 (연구 설계 및 방법)
- 실현가능성 (비용, 윤리적 문제, 시기 및 기간 등)

이에 따라 WHO에서는 연구 분야를 역학 연구, 인체 연구, 동물 연구, 이동전화 연구, 메커니즘, 노출평가, 사회과학 분야로 구분하였으며 세부 연구 분야와 연구 내용은 표 2-30과 같다. 여기서는 임신부, 태아, 유아기, 어린이, 청소년의 행동 장애, 신경학적 질환 영향 연구와 새로운 RF 기술 및 다중 노출 평가 연구 등에 우선순위를 높게 설정하였다.

표 2-30. WHO 권고 우선순위 연구 분야 및 연구 내용

분야	우선순위	내 용
역학 연구	높음	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 행동장애와 신경계장애 및 암의 종점 평가를 위한 <b>어린이 및 청소년의</b> 코호트연구</li> <li>○ 전자파 노출과 암 기록을 토대로 한 뇌종양 발생 경향 감시 연구</li> </ul>
	기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 신경학적 질병의 후향(case-control) 연구 - 객관적인 노출 데이터와 합리적인 참가를 전제함</li> </ul>
	진행중	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 질병 발생과 사망까지의 데이터를 포함한 이동전화 이용자의 대규모 코호트연구 (COSMOS, CELFALO, MobiKids)</li> <li>* 어린이의 이동전화 사용과 관련된 뇌종양 위험에 대한 대규모의 다국적 후향 연구</li> <li>* 성인들의 뇌종양에 대해 개인이 보고한 노출량 데이터를 이용한 후향 연구는 정확하지 않음 (INTERPHONE)</li> </ul>
인체 연구	높음	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연령대별 어린이의 자극 연구, 수면 및 휴식 뇌파를 포함한 두뇌 기능의 전자파 영향의 신경학적 메커니즘 식별 연구</li> </ul>
	진행중	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>어린이</b>의 인지와 뇌파에의 급성효과 연구 필요</li> <li>○ 최근의 환경-건강-안전 개개인에 대한 자극 연구에서 RF전자파와 증상간의 관련성이 보이지 않음</li> </ul>
동물 연구	높음	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>태아 및 유아기</b>의 전자파 노출이 성장과 행동에 미치는 영향 연구</li> <li>○ 노화와 신경 퇴행성 질환에 미치는 영향 연구</li> </ul>
	기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 생식기관에 미치는 영향 연구</li> </ul>
	진행중	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 유년기 동물에 대한 전자파 노출이 중추신경계 발달 및 성숙과 기능에 미치는 영향과 혈액생성과 면역 시스템의 발달에 미치는 영향에 대한 여러 연구들이 진행됨</li> <li>- 대부분 영향이 없는 것으로 나타나고, 어른 행동 능력의 미약한 향상이 보인 결과도 있음</li> </ul>
셀룰러 연구	기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 새로운 RF 기술에 대한 세포 반응과 <b>다중 RF원</b>에 대한 동시 노출시의 세포 반응을 결정하기 위한 이상적인 시험 정의</li> <li>○ 유전적 배경과 세포 형질(type)의 영향(influence) 연구</li> </ul>
	진행중	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 유전질 손상과 유전자/단백질에 대한 RF영향 연구가</li> </ul>
메커니즘	진행중	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 2006년에 더 이상 연구가 필요 없음을 결정</li> <li>- WHO는 1 GHz 주파수 부근에서는 세포의 비선형 응답은 발생하지 않았다는 결과를 접수함</li> </ul>
노출량 측정	높음	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>새롭게 출현하는 RF 기술</b>의 노출평가 연구 및 필요시 기존 기준의 변경 검토</li> <li>○ 특정 대역의 <b>여러 RF 소스</b>에 대한 한사람의 노출량을 계량하고, 일반인에 대한 노출 결정 요소 식별</li> </ul>
	기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>직업인의 노출 감시 연구</b></li> </ul>
	진행중	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 많은 팬텀 모델들이 제시되고, <b>임신부, 태아, 어린이</b>들의 SAR 연구 결과들이 발표되고 있음</li> </ul>
사회 과학	필요	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ RF 전자기장의 생체 영향 우려와 인식하고 있는 건강 위험의 요소와 동인 연구</li> <li>○ RF 전자기장의 생체영향에 대한 과학적인 증거와 일반인에 대한 위험 정보들의 <b>소통 방식에 따른 효과</b> 연구</li> <li>○ RF 전자기장 건강 영향에 대한 인식이 사람들의 행복(well-being)에 미치는 영향과 그 정도의 연구</li> <li>○ 더 큰 사회 환경에서 RF 전자기장 기술이 어떻게 다루어져야 하는 지에 대한 연구</li> <li>* WHO는 <b>예방적 접근방법이 위험에 대한 인식을 더 강하게 하고 있음</b>을 제시</li> <li>- 더 많은 정보를 제공하고 더 많은 사람들의 참가를 유도해도, 부지 설정 계획에 더 큰 찬성을 얻어 내지는 못함</li> </ul>

## 나. 각국 및 NGO 연구 프로젝트 현황

이번 GLORE 회의를 통해 발표한 각 국가 및 비정부 연구기관 등에서 수행중인 전자파 인체안전 관련 프로젝트 현황은 다음과 같다.

### 1) EU EMF 과학의 정책화 프로젝트 (Laurent Bontoux)

- o Council Rec. 1999/519/EC 0-300 GHz 제한값 제안
- o 과학적 이해 증진, 신뢰 제고, 정책 감시를 위해 프로그램 개발
- o 2011년 말 상위 레벨 국제 과학 컨퍼런스를 계획하고 있음
  - 불확실성의 주원인, 합의 영역, 지식의 차이 식별과 개선 등을 논의할 예정임
- o 신뢰 제고 차원에서 위험 평가, 소통, 대화 등의 방법을 개발
  - 독립적인 자문, 주기적 점검, 모든 과학적 증거를 토대로 함
- o 정책 감시 차원에서는 유럽 내의 회의(2011.6월), 유럽지표설정(2011.6월), WHO와의 협력 등을 추진함
- o 홈페이지: [ec.europa.eu/health/electromagnetic\\_fields/policy/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/health/electromagnetic_fields/policy/index_en.htm)
- o 약 26,602명 인터뷰에서 67%가 이동전화 단말기의 전자파가, 70%는 기지국의 전자파가 건강에 영향을 줄 것이라고 생각
- o 유럽인의 46%만이 EMF 건강 영향을 두려워 함(2006년보다 5%감소)
- o 59%만이 이동전화, 기지국, 전력선에서 EMF가 발생하는 것을 알고 있음
  - 35%만이 무선 컴퓨터 네트워크가 EMF가 발생하는 것을 알고
  - 65%는 가전에서 전자파 발생을 무시하고 있음
- o 78%는 EMF 건강 위험에 대해 정보를 받지 못하였다고 말하고, 25%만이 법에 의해 안전이 확보될 것이라고 믿음
- o 유럽인의 요구 : 정보제공(48%), 제품기준(39%), 가이드라인 개발(36%), 연구비 지원(31%), 직업인 기준 개발(27%) 순

### 2) EU EMF와 건강 프로그램 (Tuomo Karjalainen)

- o 5차 (1998-2002), 6차(2002-2005) 프레임워크 프로그램 운영
- o 7차 프레임워크 프로그램(2006-2013)에는 79개 기관 참여 8800만 유로로 2개 프로젝트(MobiKids, SEAWIND) 지원

- o 8차 프레임워크 프로그램(2013) - 기후변화, 에너지, 건강 이슈 다룰 예정
- o ERC : 프런티어 연구(75억유로), 이동-훈련(47억), 기간망(41억) 연구
- o EU전체 공동연구 기금(324억) 중 환경 주제(18.96억) 분야에서 MobiKid, SEAWIND를 지원하고 정보와 소통 기술(90.5억) 분야도 지원
- o EC CORDIS 홈페이지에 상세내용 게재

### 3) EU MOBI KIDS (Elisabeth Cardis, 전화발표)

- o 이동전화 전자파의 어린이와 청소년의 뇌종양 관계 연구
- o 어린이는 이동전화를 어른 보다 더 많이 사용하고 평생에 걸쳐 더 오랜 기간 사용하게 됨
- o WHO 인터폰 연구를 통해 10년 이상 이동전화 이용에도 불구하고 신경교종과 수막염의 증가 없었음을 밝혀졌지만,
  - 많이 사용한 그룹에서는 이동전화 이용한 쪽의 위험이 높아졌음
  - 기존 연구에서는 많이 사용한 그룹이 하루 30분 사용하였는데, 청소년들은 훨씬 더 많은 시간을 사용
  - 일본에서는 청소년들은 대부분 인터넷과 데이터 이용을 많이 하고 있고, Controlled 그룹 선정에 일부 어려움을 발견함
- o 10-24세 청소년 2700여명을 대상으로 양성 악성 뇌종양 관계 연구 예정
- o 2010년10월 첫 인터뷰를 시작으로 2.5년간 데이터 수집 예정

### 4) EU SEAWIND 프로젝트 (Niels Kuster)

- o 무선망 기기들의 노출 측정과 위험 평가 (Sound Exposure and Risk Assessment of Wireless Network Devices) 프로젝트
  - 참가 기관 : 5개 국가 8개 기관 참여
  - 대상 기술 : UMTS, HSDPA, DECT, LTE, 802.11, 802.16, RFID
  - 대상 환경 : 가정, 사무실, 학교
- o 불확도를 줄이기 위한 새로운 기술을 2011년 표준화 제안 예정이며, 실내 환경 전파모델도 검증하여 이용 중임
- o 최악의 경우와 통상의 경우의 전자파 노출, 적합성 평가 방법, 생태학적 위험이 없다는 증거, 위험 관리의 주요 정보 수집 기대



## 5) EU EFHRAN 프로젝트 (Paolo Ravazzani)

- o 유럽의 EMF 건강 위험 평가 네트워크 (European Health Risk Assessment Networks on EMF) 소개
- o Health 2008 Program 과제 중 하나로 '09.2.1일 시작하여 '12. 1.31.일 종료 예정
- o 시험관(in-vitro) 및 동물(in-vivo) 연구와 사람 위험 분석
- o 충분한 증거(빨강), 제한된 증거(오렌지), 부적절한 증거(노랑), 영향 분석 부족(녹색)으로 구분하여 지수화
- o 암, 신경퇴행성 질환, 생식적인 결과(Reproductive outcomes), 심혈관질환, 복지(Well-being) 분야 영향 평가
  - 동물 연구는 진척이 있지만 사람에 대한 영향은 대부분 부적절한 수준(노랑)의 증거만이 존재하는 것으로 평가됨

## 6) 한국의 EMF 연구 현황 (백정기 교수)

- o 한국은 방통위 지원으로 8개 분야 과제, 지경부 지원으로 2개 분야 과제, 환경부 지원으로 2개 분야 과제 수행 중
- o 이동전화 이용과 다양한 증상 연구(고려대 최재욱 교수)
- o RF-EMF 다중 신호의 세포 및 동물 생체 실험 (이화여대 이윤실 교수)
- o RF-EMF 다중 신호 노출 실험실 연구 (KIRAMS이재선 박사)
- o 915 MHz RFID 영향 연구 (아주대 안영환 교수)
- o 1.7 GHz 마이크로웨이브의 태반 영향 연구 (강원대 황종연 교수)
- o 이동전화 이용의 임신부와 태아 영향 연구 (하미나 교수)
- o 전신노출 영향 시뮬레이션 연구 (ETRI 이애경 박사)
  - EMF 차단 기술 연구 (ETRI)
- o ELF EMF 저감 기술 연구 (전기연구원 명성호 박사)
- o ELF와 생물학적 영향 연구 및 ELF 소통 연구
- o 코로나 방전에 의한 대전 연무의 위험 평가 (인제대 홍승철 교수)
- o 전자기장 건강 위험 평가와 전자기장 관리 연구 (한양대 김윤신 교수)

## 7) 일본 국가 EMF 연구과제 (Chiyoji Okubo)

- o 11가지 연구 프로젝트를 진행 중임
- o 2 GHz 전신노출 영향

- o 2.14 GHz WCDMA 뇌세포 영향
- o 인체영향 임계치 연구 - 일본 기준에 대한 과학적 근거 마련
- o 팬텀을 이용한 SAR 시뮬레이션 평가

#### 8) 미국 국가 차원의 EMF 연구 (Robert Weller)

- o 국가 독극물 연구
  - 반향(Reverberation) 챔버 노출 시스템
  - 전자파 흡수 모델링 - 900 MHz 주 1800 MHz 생쥐
  - 온도 파일럿 연구에서 4-12W/kg을 10분씩 온오프 하며 20시간 5일간 GSM/CDMA 신호에 노출하여도 열적 증가 없음
- o 국립직업안전연구소(NIOSH) 건강 위험 평가 연구
  - 초전도 연구실 환경 영향, 고전력 전송 영향 연구 등

#### 9) 호주 국가 EMF 연구과제 (Lindsay Martin)

- o 국가 보건 및 의학 연구센터 (NHMRC)가 연구 조정
- o 호주 무선주파수 생체영향 연구센터 (ACRBR)가 지난 6년 동안 50만 호주달러를 투입. 2011년 예산은 아직 승인되지 않고 있음
- o 학교의 전자파 노출, 통상 노출 상태의 생체실험 연구, 두뇌 조직에 대한 실험실 연구, 전자파와 감정 관계, 어린이 역학 연구 등을 추진

#### 10) 뉴질랜드 소비자 관점에서 필요한 연구 (Martin Gledhill)

- o 소비자 관점에서 본 연구자, 언론, 정치인, 다른 대중, 산업체, WHO, ICNIRP/IEEE, 각종 공동 연구 프로젝트의 역할 검토
- o 이상적인 연구라면 소비자 관점에서 불확실성도 밝히고, 소비자가 이해할 수 있는 결과를 보여야 함
  - 현재의 기준이 믿을만 하고, 제대로 동작하고 있는지, 불확실성이나 견해차가 있다면, 우려스러운 것인지에 대한 견해 필요
- o 소비자 관점에서의 10가지 의문 사항
  - ICNIRP 가이드라인의 재검토가 필요한 시점이 아닌가?
  - 연구자들의 대부분이 산업체의 지원을 받고 있지 않은가?
  - ICNIRP가 비합리적으로 높은 기준을 제시하고 있지 않은가?

- ICNIRP가 비열적 영향을 무시하고 있지 않은가?
- ICNIRP의 인체영향 보고서는 어떠한가?
- 부정적인 연구자들의 연구 결과는 어떠한가?
- 현재의 기준으로 안전을 보장할 수 있는가?
- 스위스, 벨기에, 이탈리아, 중국 등의 낮은 기준은 어떠한가?
- 만약 무선기술이 낮은 전자파 노출을 야기한다면 왜, 더 낮은 노출 제한 기준을 설정하지 않는가?
- o 소비자 관점에서는 전체적으로 신뢰가 부족한 상황으로 신뢰회복 프로그램 필요
  - WHO의 인터폰 연구, 영국의 MTHR 프로그램, AFSSET 보고서, SCENIHR 프로그램 등이 소비자 관점에서 좋은 예임

## 제3장 전자파강도 측정기준 개정 연구

### 제1절 개 요

방송통신에 이용되는 전자파는 라디오, 텔레비전, 이동전화, 네비게이션 등 우리 생활을 윤택하게 하는 반면, 사람의 건강에 영향을 줄 수 있다는 양면성을 보이고 있다. 전자파의 인체 영향은 주파수에 따라 다르며, 저주파수는 인체에 자극작용을 하고 고주파수는 인체의 열적 상승 작용을 야기한다. 이러한 영향이 건강에 긍정적일 수도 있고 부정적인 것일 수도 있지만, 세계적으로 전자파가 인체에 부정적인 영향을 미칠 수 있는 정도의 레벨을 규명하기 위해 많은 연구를 수행해 왔고, 1996년 국제비전리복사방호위원회(ICNIRP)는 주파수에 따른 전자파 노출 제한 기준을 제시하였다. 이 기준은 전자파 노출 영향에 대한 지식이 전무한 일반인에 대한 기준과 전자파 노출 영향에 대해 인식하고 대처할 수 있는 직업인에 대한 기준으로 정하고 있다.

이에 앞서 미국에서는 자체적으로 전자파 인체노출 표준을 IEEE 표준으로 개발하여 이용하고 있는데, 이는 ICNIRP의 권고 기준과 대동소이한 값이다. ICNIRP와 IEEE가 제시한 표준 또는 권고 기준은 그 평가 방법에 따라 달리 해석될 수 있어서, IEC에서는 이들 표준과 권고 기준에 대한 적합성을 평가할 수 있는 합리적인 절차와 방법을 표준화하고 있으며, 우리나라를 비롯한 유럽, 미국, 호주, 뉴질랜드, 일본 등 통신 선진국들은 ICNIRP와 IEEE가 제시한 표준 또는 권고 기준과 IEC가 제시한 평가 절차 등을 바탕으로 자국의 기준을 수립하고 이를 법적으로 강제함으로써 국민들의 안전을 보장하고 있다.

우리나라에서는 전파법 제47조의2(전자파인체보호기준 등)에 따라 방송통신위원회가 전자파 인체보호기준을 고시하고 전파연구소가 그 평가방법을 고시(전자파강도 측정기준)하고 있는데, 최근 전자파강도 측정기준을 적용하여 무선국의 전자파 강도를 평가하는데 오류가 발생하여 이를 바로잡기 위한 연구가 필요하였다. 즉, AM 방송국의 전자파를 측정할 경우 고시에서 규정한 측정 간격이 매우 넓어서 실제적인 최대값을 측정할 수 없는 문제가 발생하였고, 기지국들의 측정 주파수 대역에 대한 규정이 불명확하여 측정자의 의

도에 따라 측정값이 다르게 평가되는 오류가 발생하였고 이로 인해 무선국의 전자파 강도 측정 행정 및 기술업무에 혼선을 빚을 수 있고, 정부 정책에 대한 국민들의 신뢰를 저하시킬 수 있는 문제점으로 대두되었다.

본 연구에서는 전자파강도 측정기준의 문제점을 분석하고 그 개선방안을 제시하고자 한다. 우선, 현재의 전자파강도 측정기준을 분석하여 문제점을 살펴보고, 다음으로 AM/FM 방송국과 이동통신 기지국 주변의 전자파 강도를 측정하여 그 실태를 파악하고자 한다. 다음으로 무선국 주변의 전자파 강도 측정을 위한 적절한 측정간격과 측정 대역폭 등 고려사항들을 검토하고 마지막으로 전자파강도 측정기준의 개선 의견을 제시하고자 한다.

## 제2절 전자파강도 측정기준

### 1. 전자파강도 기준

방송통신위원회가 고시한 전자파인체보호기준 고시에서는 전자파 인체노출 제한을 위한 기준을 전자파 흡수율 기준과 전자파강도 기준으로 구분하여 규정하고 있다. 전자파 흡수율 기준은 이동전화 단말기 등과 같이 인체(특히 귀 부분)에 근접하여 이용하는 휴대형 무선기기 전자파의 근거리장 노출 제한을 규정한 것이고, 전자파강도 기준의 그 외의 무선기기로부터 통상 발생하는 원거리장 전자파의 인체노출 제한을 규정하는 것이다.

표 3-1. 일반인에 대한 전자파 인체노출 제한 강도 기준

주파수 범위	전기장강도 (V/m)	자기장강도 (A/m)	자속밀도 ( $\mu$ T)	전력밀도 (W/m <sup>2</sup> )
0 - 1 Hz	-	32,000	40,000	
1 - 8 Hz	10,000	$32,000/f^2$	$40,000/f^2$	
8 - 25 Hz	10,000	$4,000/f$	$5,000/f$	
25 - 800 Hz	$250,000/f$	$4000/f$	$5000/f$	
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	$87/f^{1/2}$	$0.73/f$	$0.92/f$	2
10 - 400 MHz	28	0.073	0.092	
0.4 - 2 GHz	$43.48f^{1/2}$	$0.117f^{1/2}$	$0.145f^{1/2}$	
2 - 300 GHz	61	0.16	0.20	10

우리나라의 전자파강도 기준은 ICNIRP가 제시한 권고값을 도입한 것으로 그림 3-1과 같이 일반인과 직업인에 대한 기준을 정하고 있다. 이들 기준값을 표 3-1과 표 3-2에 나타내고 그림 3-1에 도시하였다

표 3-2. 직업인에 대한 전자파 인체노출 제한 강도 기준

주파수 범위	전기장강도 (V/m)	자기장강도 (A/m)	자속밀도 (μT)	전력밀도 (W/m <sup>2</sup> )
0 - 1 Hz	-	163,000	200,000	
1 - 8 Hz	20,000	163,000/f <sup>2</sup>	200,000/f <sup>2</sup>	
8 - 25 Hz	20,000	20,000/f	25,000/f	
25 - 820 Hz	500,000/f	20,000/f	25,000/f	
0.82 - 65 kHz	610	24.4	30.7	
0.065 - 1 MHz	610	1,600/f	2,000/f	
1 - 10 MHz	610/f	1.6/f	2.0/f	
10 - 400 MHz	61	0.16	0.2	10
0.4 - 2 GHz	3f <sup>1/2</sup>	0.008f <sup>1/2</sup>	0.01f <sup>1/2</sup>	f/40
2 - 300 GHz	137	0.36	0.45	50

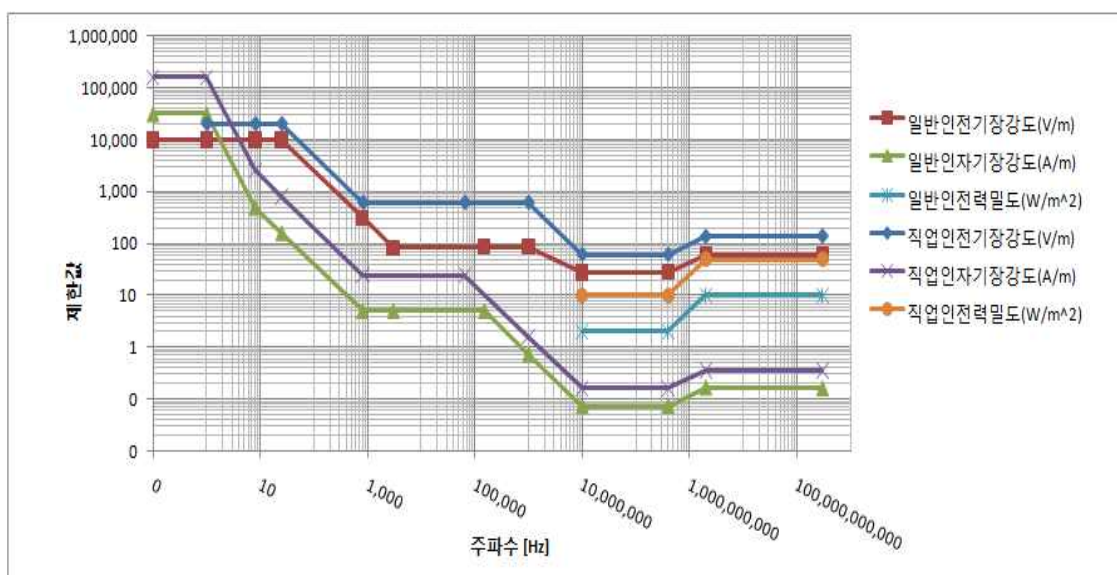


그림 3-1. 전자파 강도 기준

## 2. 전자파강도 측정대상

전자기장을 발생시키는 모든 기기, 장치, 및 설비는 전자파인체보호기준의 전자파강도 기준에 적합함을 평가하기 위해 전자파 강도 측정 대상이 된다. 하지만, 이동하는 무선국의 무선설비, 지진, 태풍, 홍수, 해일, 폭설, 화재, 폭동, 그 이외 비상사태가 발생하거나 발생할 위험이 있는 경우에 사용하고자 개설한 무선국의 무선설비, 산악 지역 등 민간인 출입빈도가 낮은 지역에 설치된 무선설비, 전파가 미약한 무선국용 무선기기와 특정소출력 무선국용 무선기기 등은 그 측정대상에서 면제된다.

표 3-3. 전자파 강도 보고 대상 무선국(전파법시행령 제65조 관련 별표6)

무선국 구분	공중선전력 기준	설치장소 기준
이동통신(셀룰러, 피씨에스, 아이엠티이천)·휴대인터넷의 기지국·이동중계국	송신장치의 공중선전력의 합(동일한 주파수를 발생시키는 송신장치가 2개 이상인 경우에는 각 공중선에 부착된 송신장치의 공중선전력의 합을 기준으로 한다. 이하 같다)이 30W를 초과하는 경우	「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제36조제1항 제1호 가목부터 다목까지의 규정에 따른 주거지역·상업지역·공업지역과 같은 항 제2호에 따른 관리지역에 설치하는 경우. 다만, 공중선전력의 합이 500W 이하이고 공중선주에 설치되어 공중선의 높이가 10미터를 초과하는 경우는 제외한다.
무선호출·주파수공용통신·무선데이터통신·위 치 기반 서비스의 기지국·이동중계국	송신장치의 공중선전력의 합이 60W를 초과하는 경우	
방송국·방송보조국	송신장치의 공중선전력의 합이 60W를 초과하는 경우	

전파법 제47조의2에서는 공중선전력 및 설치장소 등이 대통령령으로 정하는 기준에 해당하는 무선국의 시설자는 전자파 강도를 측정하여 그 결과를 방송통신위원회에 보고하도록 하고 있고 방송통신위원장에게 무선국에서 방출되는 전자파 강도가 전자파 인체보호기준을 초과할 가능성이 있다고 판단하거나 측정 결과의 거짓 여부를 확인할 필요성이 있다고 판단하면 무선국의 전자파 강도를 측정하거나 조사할 수 있으며, 보고·측정·조사된 전자파 강도가 전자파 인체보호기준을 초과하면 안전시설의 설치, 운용제한 및 운용정

지 등 필요한 조치를 명할 수 있는 권한을 부여하고 있다. 전파법 시행령 제 65조에서는 전자파 강도 보고대상 무선국의 기준을 별표로 규정하고 있는데 이 사항을 표 3-3에 나타내었다.

### 3. 전자파강도 측정기준

전자파강도 측정기준은 크게, 측정기기의 조건, 측정 조건, 측정기기의 교정 및 불확도, 측정기기의 선택, 저주파 전자기장 측정방법, 고주파 전자기장 측정방법 등을 규정하고 있다.

측정기기는 전자기장 발생원의 주파수, 전자기장의 최대 강도 및 시변화율, 전자기장의 편파 등을 고려하여 선택하여야 한다. 전자기장 발생원의 기본 주파수 성분을 포함한 무시할 수 없는 모든 고조파 성분을 측정하기에 충분한 대역 특성(주파수대역)과 동작 범위를 가져야 한다. 전기장과 자기장 성분의 실효값과 첨두값을 측정할 수 있어야 하고, 저주파수 대역 측정기기는 내장된 전원으로 동작할 수 있어야 하며, 전원의 재충전이나 교체 없이 8시간 이상 연속동작이 가능해야 한다. 또한, 전원선과 연결 케이블은 적절히 차폐되고 외부 전자기장의 영향을 받지 않도록 설계된 것이라야 한다.

저주파수 대역 측정용 단축 프로브는 단면적이  $0.01 \text{ m}^2$  미만이어야 하고 3축 프로브의 경우 최대 크기는  $0.2 \text{ m}$  미만이어야 한다. 고주파수 대역 프로브의 크기는 일반적으로 파장의 4분의 1보다 작거나  $0.1 \text{ m}$ 보다 작아야 한다.  $1 \text{ MHz}$  이하의 고주파수 대역의 경우 자유공간 조건에서 프로브의 최대 크기는  $0.2 \text{ m}$  이하가 되어야 한다.

측정기기는 교정 유효기간 이내의 것을 사용하여야 하며 수리 후에는 바로 교정하여야 한다. 저주파수대역에서 교정된 측정기기의 불확정도는 전기장의 경우  $\pm(\text{지시치의 } 10\% + 2 \text{ V/m})$ , 자기장의 경우  $\pm(\text{지시치의 } 10\% + 16 \text{ mA/m})$  이내이어야 한다. 고주파수 대역에서 교정된 측정기기의 불확정도는  $\pm 1 \text{ dB}$  이내이어야 한다.

전자기장 측정은 노출 대상자가 접근할 수 있는 모든 장소에서 행하여야 하며 여러 가지 노출 조건이 있는 경우는 전기장이 가장 크게 노출되는 조건을 선택한다. 직접적인 전자기 유도의 영향을 최소화하고 신뢰성 있는 측정을 위하여 프로브와 전자기장 발생원을 충분히 이격시켜야 하며 측정 프로브 주



변에 측정자를 포함한 산란체가 없어야 한다. 프로브와 전자기장 복사원 및 산란체 사이의 최소 거리는 프로브 크기의 3배 이상이고 20 cm 이상이어야 한다. 옥내와 같이 프로브 주변에 산란체가 불가피하게 존재하는 경우에는 그 이유와 산란체의 위치에 대한 상세한 정보를 측정 결과 보고서에 기록하여야 한다. 온도나 습도 등의 환경적인 조건, 측정을 위한 장비구성, 측정자에 의한 간섭, 전원선 및 연결 케이블에 의한 전자파 유도 등과 같은 외부요인에 의해 측정결과가 영향을 받지 않도록 주의하여야 한다. 측정에 영향을 미칠 수 있는 주변의 휴대기기 전원을 차단하여야 한다.

전자기장 강도 측정은 3축 등방성 프로브를 사용하여 측정영역에서의 합성 전자기장의 최대값을 측정하여야 한다. 단, 선형편과 전자기장을 측정하거나 타원편과 전자기장에서 전자기장이 이루는 타원의 모양을 알고자 하는 경우에는 단축 프로브를 사용할 수 있다. 고정 시설물 등에서 방출되는 전자기장을 측정하고자 할 때에는 작업자가 주로 작업하는 곳 또는 주민이 주로 생활하는 곳에서 측정하고, 전기·전자기기 등에서 발생하는 전자기장은 통상의 사용거리에서 측정하여야 한다. 전기장강도 측정시 프로브와 측정자 사이의 거리는 2.5 m 이상이어야 한다. (단, 자기장강도 측정시에는 프로브와 측정자 사이의 거리를 제한하지 아니한다.)

전력선 아래의 전자기장강도 측정시에는 지표면 위 1 m 높이에서 측정하고, 다른 높이에서 측정할 경우에는 측정위치를 명확하게 표시해야 한다. 프로브는 전기장의 수직성분을 읽을 수 있도록 위치시키고, 측정기기와 이동 가능한 물체 사이의 거리는 물체 높이의 3배 이상이어야 하며 측정기기와 지상 고정물체 사이의 거리는 1 m 이상이어야 한다.

원거리장 영역에서 단일 복사원이 존재할 경우 선형 편파된 평면파의 전자기장은 전기장강도 측정기로 측정한다. 이 경우 자기장 강도는 전기장 강도 값으로부터 계산할 수 있다. 금속물체 근처에서 측정할 경우 물체로부터 프로브 길이의 3배 이상의 거리를 유지하여야 한다. 측정기구나 지지대 등의 금속 부분은 흡수체로 둘러싸야 하고, 유전체 구조물도 1/4 파장 이하가 되도록 함으로써 측정의 불확정도가  $\pm 2$  dB 이내이어야 한다.

원거리장 영역에서 다중 복사원이 존재할 경우 복사원의 주파수를 알고 있으며 방송통신위원회가 정하여 고시한 전자파인체보호기준에 규정된 기준치가 측정주파수 범위에서 동일한 값인 경우에는 광대역 측정기기로 측정하여

야 한다. 복사원의 주파수를 알고 있으며 기준치가 측정주파수 범위에서 동일하지 않은 값인 경우에는 주파수 선택적인 협대역 측정기기로 각각의 주파수 성분에 대한 전자기장 강도를 측정하여야 한다.

근거리장 영역에서 전자기장 강도를 측정할 경우에는 측정값의 급격한 공간적 변화를 측정할 수 있도록 측정 주파수의 파장에 비해 크기가 작은 프로브를 사용하여야 한다. 300 MHz를 초과하는 주파수영역의 전자기장 강도는 파장에 비해 크기가 작은 3축 다이폴 등방성 프로브를 사용하여 전기장을 측정하고, 자기장 강도는 측정된 전기장 강도로부터 계산에 의해 구하게 되지만, 300 MHz 이하 주파수 영역의 전자기장 강도는 3축 다이폴 등방성 프로브와 3축 루프 등방성 프로브를 각각 사용하여 전기장과 자기장을 측정해야 한다. 주파수와 편파를 모두 알고 있는 경우에는 협대역 단축 프로브를 사용할 수 있다.

#### 4. 무선국의 전자파강도 측정방법

전자파강도 측정기준에서는 전파법 제47조의2제3항에 따라 전자파 강도를 측정하여 보고하여야 하는 무선국의 준공검사, 정기검사 및 변경검사 시의 전자파 강도 측정절차를 전자파강도 측정기준의 별표로 규정하고 있다.

여기에서는 지형지물 등 주변 전파환경을 고려하여 가장 큰 전기장 강도가 나타나는 방향(예:방향성 안테나의 경우 주빔 방향)의 가시경로 상(가시경로가 없을 경우에는 전기장 강도가 가장 크게 나타나는 비 가시경로)에서 계산안전경계를 정하고 공중선과 계산안전경계 간 거리의 5배 되는 거리부터 계산안전경계까지(계산안전경계 내에 일반인이 접근할 수 있는 경우에는 최근접 영역까지) 표 3-4의 측정 간격마다의 지점으로 정한다. (그림 3-2 참조)

계산안전경계라 함은 계산상으로 무선국의 전자파 강도가 전자파인체보호 기준 상의 기준값과 동일한 값을 갖는 경계 지점들을 말하며, 공중선 중심으로부터 계산안전경계까지의 거리(R)는 다음 식에 의해 계산한다.

$$R = \sqrt{\frac{AP10^{G/10}}{4\pi E^2 / n_o}} \quad [m] \quad (3-1)$$

표 3-4. 측정 간격

송신 주파수	80 MHz 미만	80 MHz 이상 900 MHz 미만	900 MHz 이상 3000 MHz 이하	3 GHz 초과
측정간격	$\text{MAX}(\lambda, d/40)$	$\text{MAX}(2, d/40)$	1 m	0.5 m

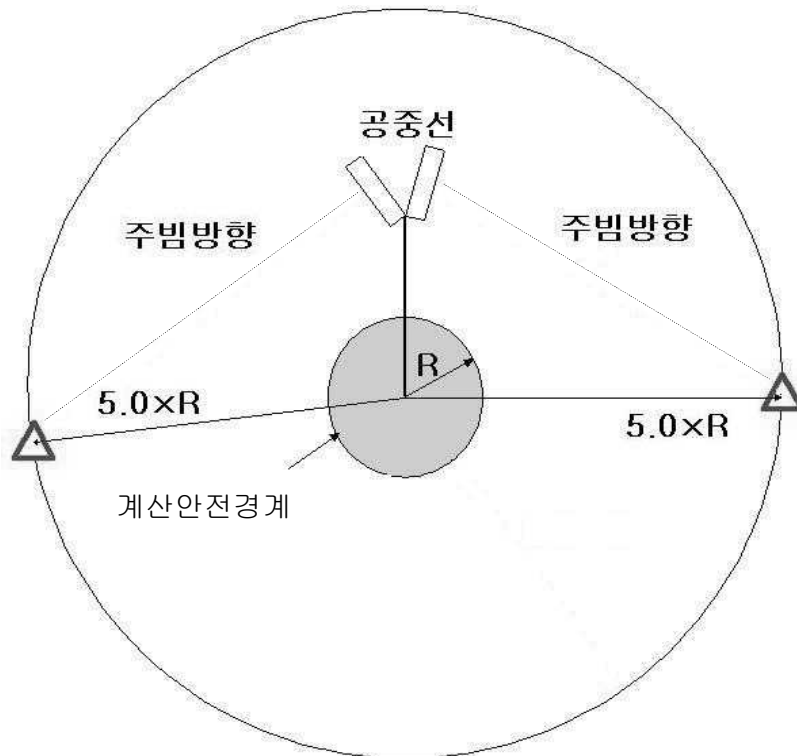


그림 3-2. 무선국 전자파강도 측정 시작점 선정

여기서,  $A$  : 지면반사를 고려한 상수(AM 송신국의 경우 4.0, 그 외 2.56 적용)

$P$  : 공중선 전력(시스템 손실 포함) [W]

$G$  : 공중선 이득 [dBi]

$E$  : 무선국 송신주파수대역의 전자파인체보호기준 일반인 전기장  
강도 기준값 [V/m]

$\eta_0$  : 자유공간의 파동 임피던스(377  $\Omega$ )

측정 프로브는 사람의 머리, 목, 배 등의 평균적인 높이를 고려하여 지면으로부터 1.1 m, 1.5 m, 1.7 m 등 3가지 높이에 위치시켜 측정한다. (그림 3-3 참조)

각 측정높이에 대해 전자파 강도를 6분간(불가피할 경우에는 1분 이상)의 시간 평균값으로 측정하고 3개 높이에서의 전자기장 측정값 중의 가장 큰 값을 그 측정지점의 측정값으로 취한다.

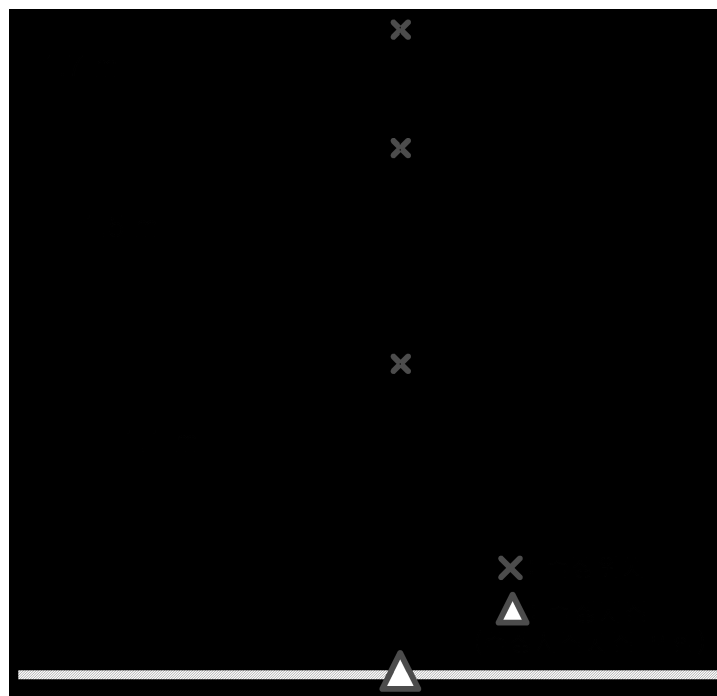


그림 3-3. 무선국 전자파강도 측정 높이 선정

측정값을 인체보호기준의 전자파인체노출 제한 강도 기준값과 비교하여 노출지수를 구하고, 노출 지수가 0.2 이하이면 적합한 것으로 본다. 노출지수가 0.2 이상이면 주변의 다른 무선국들의 전자파 강도를 측정하고 이들 노출지수의 전체 합을 구하고 이 값이 1.0 이하이면 적합한 것으로 본다.

### 제3절 전자파강도 측정기준 개선 이슈

#### 1. 전자파강도 측정기준 적용상의 문제점

전자파강도 측정기준을 적용함에 있어서 발견된 개선 이슈를 정리한다.

<이슈1> 우선 저주파수 무선국의 전자파강도 측정 절차에서 AM 방송국 등 저주파수 신호의 경우 측정 간격이 너무 넓어서 측정하고자 하는 가장 높은 측정값을 얻을 수 없는 문제점이 있다. 이 장에서는 저주파수 대역에서의 적절한 측정 간격과 측정 거리를 조명해 본다.

<이슈2> 다음으로 안전시설(펜스)가 설치되어 있는 경우 펜스에 의해 가까운 영역에서의 전기장 강도가 더 낮을 수 있으며, 따라서 펜스 가까이에서는 무의미한 측정 결과를 초래할 수 있다. 이러한 문제를 분석하여 개선책을 살펴본다.

<이슈 3> 최근 주파수 재할당으로 인해 측정 대상 무선국의 주파수와 측정 대역폭을 현행화 시킬 필요가 있다.

<이슈 4> 또한, 무선국 전자파강도 측정방법에서 측정 대역폭의 개념이 잘못 정의되어 측정 업무의 혼선을 야기하고 있어서 이를 바로 잡고 일부 문맥과 문구의 오류를 수정하여야 한다.

#### 2. 측정간격 및 최대 측정 거리 이슈

전자파강도 측정기준에서는 측정간격을 일반화시키기 위해 표 3-4의 기준에 따라 주파수별로 측정 간격을 적용하도록 하고 있다. 주파수 대역의 구분은 VHF 방송 주파수 이하 주파수대, V/UHF 방송 주파수대, 그 이상 이동통신 주파수대, 3 GHz 초과 주파수대로 구분하고 있는데, 유럽의 주파수 분배에 맞추어져 있어서 우리나라의 주파수 분배와 달리 적용되고 있다. 이를 우리나라 주파수 분배에 맞추어 재조정을 제안하여 EMF인체노출표준위원회에서 논의결과 표 3-5와 같이 변경하는 것이 바람직한 것으로 의견이 모아졌다.

표 3-5. 측정간격 설정을 위한 주파수 대역의 구분 변경

기존	변경	비고 (주파수분배사항)
80 MHz 미만	50 MHz 미만	< 54 MHz
80 MHz 이상 900 MHz 미만	50 MHz 이상 800 MHz 미만	54~806 MHz (방송)
900 MHz 이상 3000 MHz 이하	800 MHz 이상 3000 MHz 이하	806~3000 MHz (이동통신)
3 GHz 초과	3 GHz 초과	3 GHz 초과

다음으로 주파수 대역별 측정간격은 가능한 한 조밀한 것이 바람직하다. 하지만, 너무 조밀할 경우 업무의 효율성이 떨어지고 너무 넓어지면 측정 오차가 커질 수 있다. 이 간격들은 통상 측정값의 변화가 5% 되는 간격( $d/40$ )으로 정하여 오차가 5% 이내가 되게 하고 있는 것이다. 이러한 측정 간격은 파장과 출력값에 따라 정해질 수 있는데, 주파수대별 측정간격의 연속성을 고려하여 표 3-6과 같이 수정될 필요가 있다.

표 3-6. 전기장 강도 측정간격의 변경

주파수대	측정간격		비고
	기존	변경	
50 MHz 미만	$\text{MAX}(\lambda, d/40)$	$\lambda/3$ 이하 또는 $d/40$ 이하	주파수 50 MHz에서 2 m가 되는 값 = $\lambda/3$
50 MHz 이상 800 MHz 미만	$\text{MAX}(2, d/40)$	2 m 이하 또는 $d/40$ 이하	문구 정리
800 MHz 이상 3000 MHz 이하	1 m	1 m 이하	문구 정리
3 GHz 초과	0.5 m	0.5 m 이하	문구 정리

저주파수 중에서 AM 방송국의 경우에는 파장도 크고 출력도 크기 때문에 측정간격을 효율적인 업무처리를 위해서는 보다 정교한 검증이 필요하다.

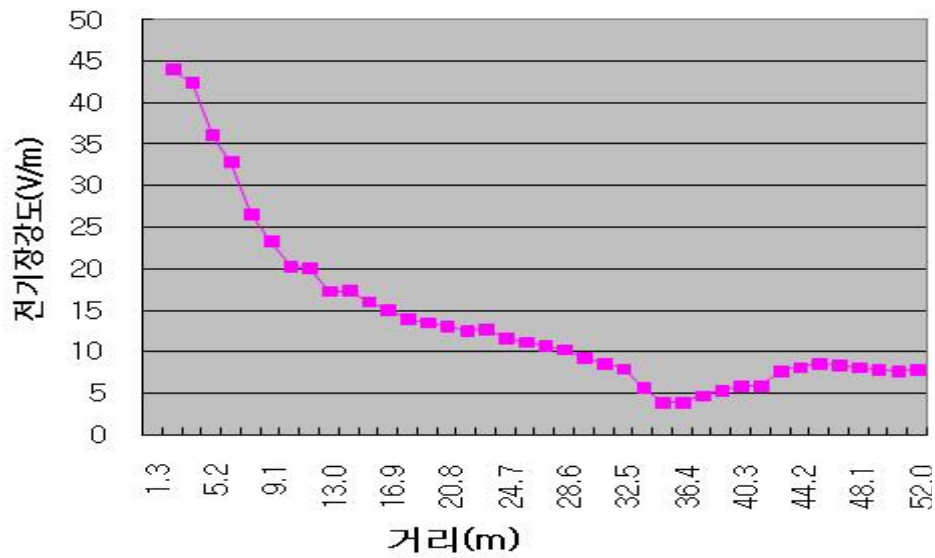


그림 3-4. AM 방송국의 전기장강도 (측정간격 1.3m)

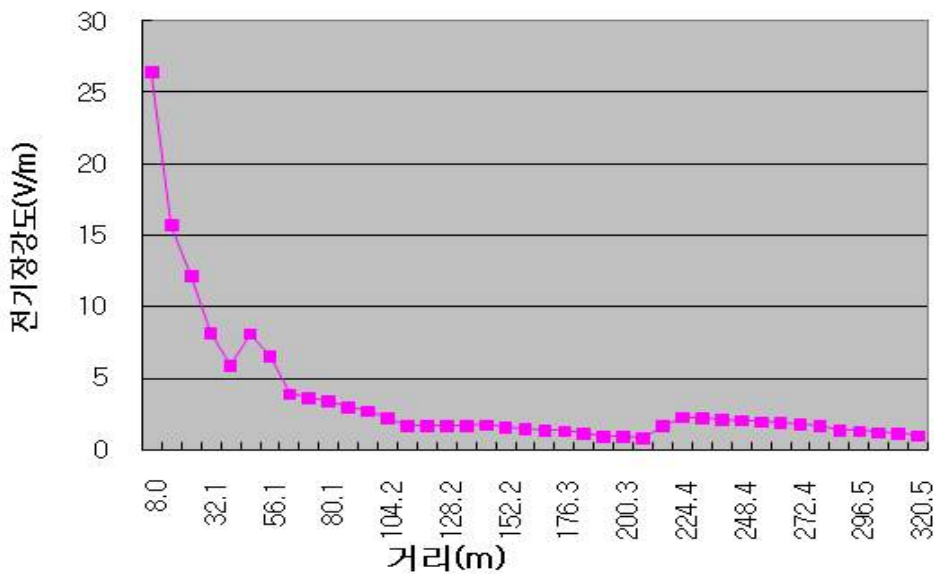


그림 3-5. AM 방송국의 전기장강도 (측정간격 8m)

AM 방송국의 적정 측정 간격을 유추하기 위하여 전형적인 AM 방송국의 전자파 강도를 조밀한 측정간격으로 측정하였다. 그림 3-4는 BR 송신국의 전기장 강도를 측정한 그래프로 측정간격은 측정시작지점까지의 거리 52 m 를 40등분한 1.3 m 간격으로 하였다. 그림 3-5는 측정간격을 파장의 40등분 간격 약 8 m (321/40)로 하여 측정한 것이다. 그림 3-4와 그림 3-5를 비교 하면 측정간격이 조밀하여야 전기장 강도 측정값이 최대인 지점을 찾을 수

있다는 것을 보여준다. 즉, 측정간격을 1.3 m로 한 경우 측정 최대값은 44 V/m를 탐지하고 있으나, 8 m로 한 경우에는 최대값이 26.42 V/m로 나타나서 실제 최대값을 탐지해 내지 못하는 경우가 발생하고 있다.

이러한 방식으로 47개 AM 방송국에 대해 측정한 결과 약 2 m 간격으로 측정하는 경우에는 최대값을 놓치지 않고 탐지할 수 있음을 알 수 있었다.

최대 측정거리(측정시작점)는 기본적으로 계산안전경계의 5배 까지로 하고 있지만, 47개 AM 방송국 모두 20 m 이내에서 최대값이 탐지되었고 계산상으로도 그 이상의 거리에서 최대값이 나올 수 없으므로 AM 방송국의 경우에는 20 m까지 측정하여도 기준에 적합함을 확인하는데 문제가 없음을 확인하였다. 이러한 사항을 표 3-7에 적시하였다.

표 3-7. 무선국 종류에 따른 전자파 강도 측정

무선국의 종류	측정	최대 전계강도 지점 (펜스에서 이격거리)	비고 (최대전계강도의 주된 영향)
AM(525~1605 kHz)	47국	7 m	측정간격과 펜스효과
FM(88~108 MHz)	2국	12 m	안테나 방사패턴과 수직지향각
DMB(174~216 MHz)	2국	10 m	안테나 방사패턴과 수직지향각
A,DTV(470~806 MHz)	4국	35 ~ 85 m	안테나 방사패턴과 수직지향각
이동전화(800 MHz)	4국	70 ~ 130 m	안테나 방사패턴과 수직지향각
PCS (1800 MHz)	3국	10 ~ 85 m	안테나 방사패턴과 수직지향각

## 2. 안전시설(펜스) 영향 분석

대부분의 경우 안테나에 가까운 지점의 전기장 강도가 먼 지점의 전기장 강도보다 크다. 하지만, 안전시설(펜스)에 의한 전자파 차단 효과로 펜스에 가까운 지점에서의 전기장 강도가 펜스에서 더 멀리 떨어진 지점 보다 더 낮게 측정될 수 있다. 이러한 현상을 규명하기 위해 일부 AM 방송국 전기장 강도를 측정한 결과 전기장 강도는 측정대상 무선국 송신 안테나의 가시 영역이 펜스에 의해 가려지는 측정지점에서는 거리가 가깝더라도 전기장 강도가 낮아짐을 확인하였다.



표 3-8은 AM 방송국에 대해 이러한 펜스 영향을 측정한 결과를 보인 것으로 펜스의 차단 효과로 인해 펜스에 인접한 영역 보다는 펜스로부터 7~14 m에서의 전기장강도 값이 최대로 측정되고 있음을 알 수 있다.

표 3-8. 펜스로 부터의 거리에 따른 전기장 강도 측정값

방송국	안테나높이 (m)	펜스높이 (m)	송신안테나에서 펜스까지 거리(m)	펜스로부터 최대 전기장 강도 지점까지의 거리(m)
A	135	3.0	270	14
B	80	2.5	40	7
C	80	2.5	38	7.5
D	80	2.5	50	8.5

현재의 규정에 따르면, 측정시작지점이 안전시설 내에 존재하는 경우에는 안전시설 안쪽으로 1m 떨어진 지점에서 측정하도록 하고 있다.(전자파강도 측정기준 별표1 제7호가목3)) 하지만, 전자파인체보호기준의 제정 취지가 일반인의 전자파 노출을 제한하고자 하는 것이므로 안전시설 외부에서의 전계강도 측정을 원칙으로 할 필요가 있다. 이는 안전시설 내의 출입이 제한된 상태에서 측정자의 접근 편이성 면에서도 바람직한 방향이다. 하지만, 앞에서도 언급하였듯이 안전시설에 바로 인접해서 측정하는 경우 펜스의 전자파 차단효과 때문에 무의미한 결과를 얻게 되므로 펜스 바깥 방향으로 1 m 떨어진 지점부터 측정하는 것이 효율적인 것으로 분석된다.

TV 방송국이나 이동통신기지국은 안전시설이 안테나의 아래 설치되기 때문에 펜스의 차단 영향이 거의 없다. 다만, 안테나의 복사패턴이나 수직 지향각에 따라 큰 변화를 보인다. 이러한 사실을 그림 3-6을 통해 알 수 있다.

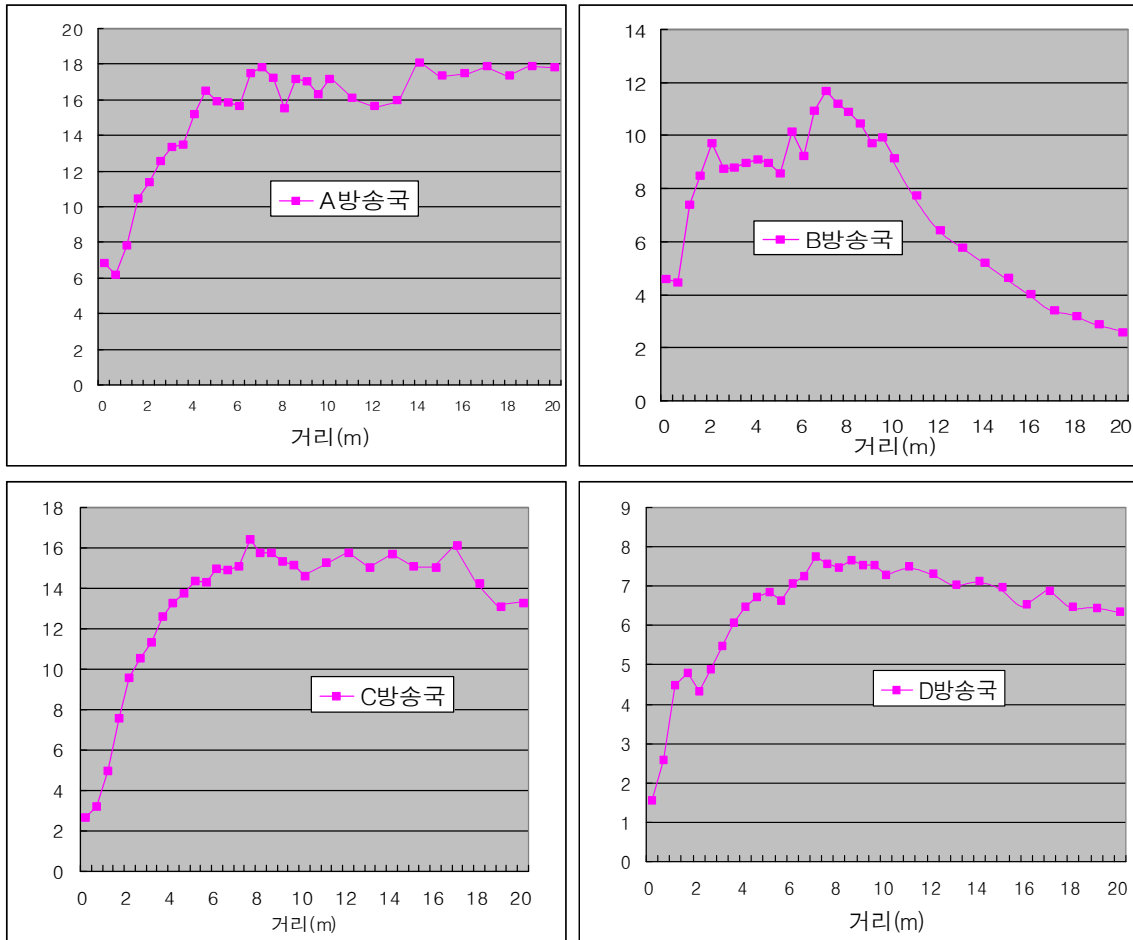


그림 3-6. TV 방송국 전기장강도 측정

V/UHF 방송국 7개국, 이동통신 기지국 10개국의 측정 결과 현행대로 각각 2 m와 1 m를 측정간격으로 하여 측정하는 것이 문제가 없음을 확인하였다. 표 3-9와 그림 3-7은 DMB 방송국, TV 방송국의 전자파 강도를 측정하여 이러한 사실을 확인한 결과이다.

표3-9. 측정 DMB 및 TV 방송국의 예

방송국	중심주파수 (MHz)	대역폭 (MHz)	출력 (kW)	해발고 (m)	안테나높이 (m)	최대전계강도 (mV/m)
감악산 T-DMB	207	1.54	9.14	638	90	63.12 @10m
감악산 TV	623	6	1.86	638	90	279 @35m
FM	100.5	0.26	1.66	95	75	942.8 @12m

※ 최대전계강도란의 거리는 안전시설(펜스)로부터의 이격거리

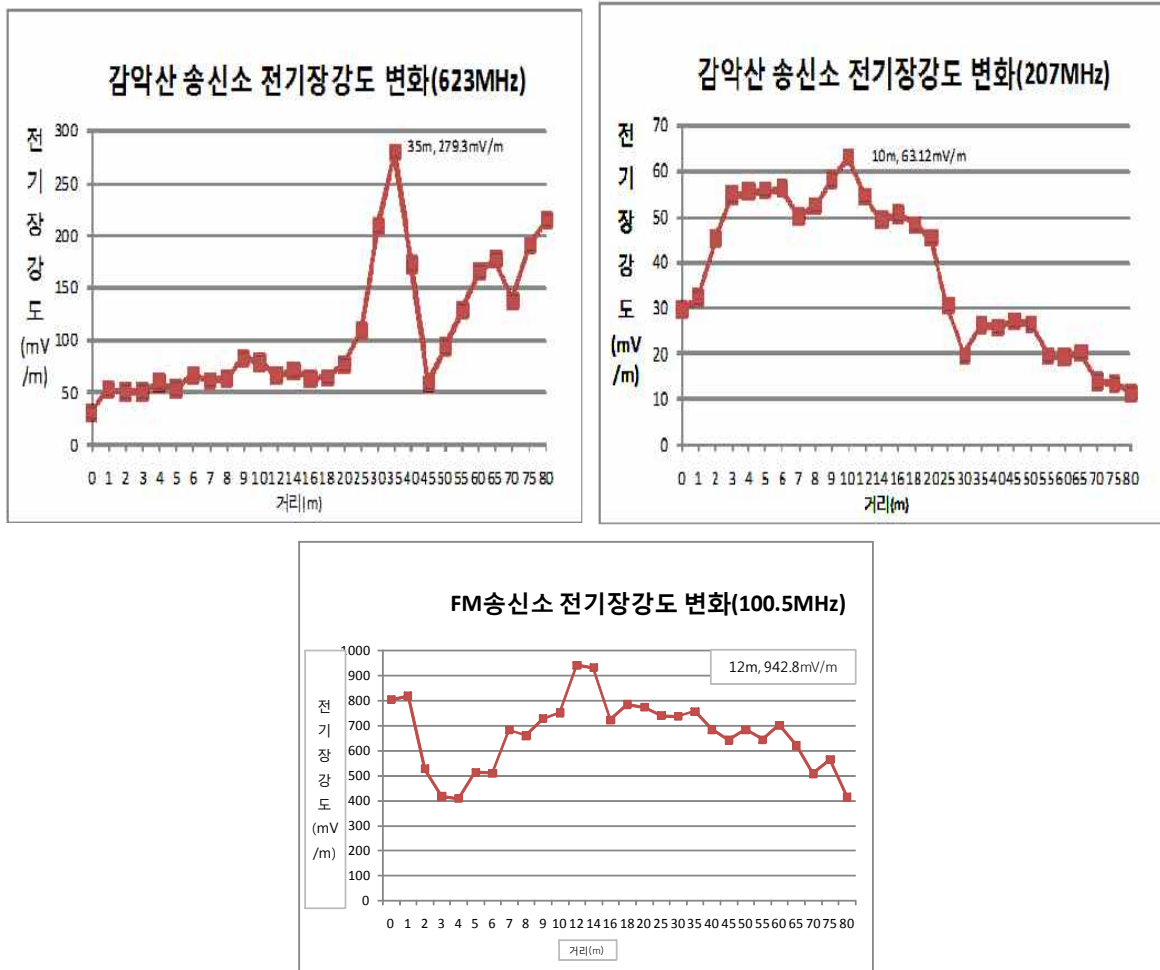


그림 3-7. 거리에 따른 TV송신국 전기장강도 변화

### 3. 주파수 재할당 이슈

전자파강도 기준의 별표1 표2에서는 2008년 기준으로 전자파강도 측정대상 무선국의 주파수를 규정하고 있다. 방송통신위원회는 2010년 800 MHz대, 900 MHz대, 2.1 GHz대 주파수를 회수 재배치하여 재할당하였다. 전자파강도 측정은 그 시설 주체에 책임을 부과하는 것이기 때문에 주파수 재할당 사항을 반영하여 시설 주체별로 측정을 할 수 있도록 당해 표의 주파수 범위를 수정할 필요가 있다. 표 3-10은 이러한 변경 제안 사항을 나타내었다.

표 3-10. 2010년 주파수 할당의 변경사항

무선국 구분	무선국 송신주파수 대역		비고
	기존	변경	
이동전화 (셀룰러)	869 ~ 894 MHz	869 ~ 884 MHz	2개 사업권으로 분할
		884 ~ 894 MHz	
	-	950 ~ 960 MHz	새롭게 주파수 할당
이동통신 (IMT-2000)	2110 ~ 2130 MHz	2120 ~ 2150 MHz	
	2130 ~ 2150 MHz	2150 ~ 2170 MHz	
휴대인터넷 (WiBro)	2300 ~ 2327 MHz	2300 ~ 2330 MHz	9MHz 채널폭을 10MHz 채널폭으로 조정
	2331 ~ 2358 MHz	2330 ~ 2360 MHz	
AM 라디오	531 ~ 1602 kHz	526.5 ~ 1606.5 kHz	주파수 분배 내용 오류 수정
FM 라디오	87 ~ 108 MHz	88 ~ 108 MHz	주파수 분배 내용 오류 수정
TV	54 ~ 88 MHz	54 ~ 88 MHz	698~806 MHz는 이미 회수결정이 되어 있으나 DTV전환이 완료되는 시점까지 유지필요
	174 ~ 216 MHz	174 ~ 216 MHz	
	470 ~ 806 MHz	470 ~ 806 MHz	

#### 4. 측정대역폭 정의 이슈

전자파강도 기준의 별표 1에서는 분해능 대역폭을 정의하고, 별표 1의 표 2에서 분해능 대역폭을 제시하고 있다. 이 표에서 제시하고 있는 분해능 대역폭은 하나의 사업자에게 할당된 주파수대역폭 전체로 규정하고 있는데, 현재의 측정장비 중에는 이러한 분해능 대역폭을 설정할 수 있는 계측기가 없다. 측정업무를 수행하는 현업에서는 전문 기술자가 측정을 하므로 이러한 사항을 수정하여 이행하고 있지만, 매번 관리자나 초보 기술자들 사이에서는 의견이 분분한 실정이다. 분해능 대역폭은 전기장 강도 수신기 또는 스펙트럼 분석기의 중간주파수 필터폭을 나타내는 것으로 이 기준에서 정하는 측정하고자 하는 대역폭을 정의하는 용어로는 부적합하다. 따라서, 이 기준의 취지에 맞추어 ‘분해능 대역폭’ 대신에 ‘측정 대역폭’의 개념을 도입하여 정리할 필요가 있다. 이와 더불어 그동안 잘못 적용된 AM 방송국, FM 방송국, 지상파 DMB 등의 측정 대역폭을 기술기준에 맞추어 표 3-11과 같이 수정할 필요가 있다.

표 3-11. 무선국별 측정대역폭의 변경

무선국 구분	측정대역폭		비고
	기존	변경	
휴대인터넷 (WiBro)	27 MHz	30 MHz	9MHz 채널폭을 10MHz 채널폭으로 조정
AM 라디오	각 채널 8 kHz	각 채널 9 kHz	현재의 주파수지정 사항 반영
FM 라디오	각 채널 150 kHz	각 채널 200 kHz	현재 주파수지정 사항 반영
TV	각 채널 6 MHz	각 채널 6 MHz 또는 1.54 MHz	지상파 DMB 대역폭 반영

## 제4절 결 론

본 연구에서는 전기장강도 측정기준(전파연구소고시)중 별표 1에서 무선국의 전자파강도 측정방법의 오류를 분석하고 그 개선방향을 제시하였다.

우선 저주파수 무선국의 전자파강도 측정 절차에서 AM 방송국 등 저주파수 신호의 경우 측정 간격이 너무 넓어서 측정하고자 하는 가장 높은 측정값을 탐지하지 못하는 문제점을 해결하기 위해 저주파수대에서의 측정간격을  $\lambda$ 에서  $\lambda/3$ 로 조정하는 방안을 제안하고, 아울러 AM 방송국의 경우에는 안전시설로부터 20 m 거리 이내에서 최대 전계강도가 측정됨을 밝혀 안전시설로부터 20 m 떨어진 지점까지 1 m 간격으로 측정할 것을 제안하여 측정 업무 효율을 높이도록 하였다. 측정간격을 정하는 주파수대 구분도 기존에 유럽의 주파수 분배에 맞추어져 규정된 것을 밝히고, 우리나라 주파수 분배에 맞추어 수정할 것을 제안하였다.

다음으로 AM 방송국 전기장 강도가 안전시설(펜스)의 영향을 받아 펜스가까이에서는 오히려 낮아짐을 규명하고, 펜스로부터 1 m 이상 떨어진 지점부터 측정하도록 제안하였다.

또한, WiBro, IMT, 800 MHz 이동전화 등의 이동통신 주파수 재할당 사항과 900 MHz 이동전화 주파수의 신규할당 사항을 반영하고, AM방송, FM 방송, TDMB 방송의 대역폭의 오류사항을 밝혀 수정을 제안하고, 측정대역폭의 정의를 도입하여 기술적인 오류사항을 수정하도록 하였다.

이와 같은 개정을 통해 전자파 관리업무의 효율을 도모하고, 국민의 전자파에 대한 불안감을 해소하는데 일조할 수 있을 것으로 기대된다.

## 제4장 SAR 측정용 프로브 교정방법 연구

### 제1절 개 요

통신기술이 발전함에 따라, 휴대전화와 같은 무선통신기기는 우리 생활의 일부분으로 자리 잡았으며, 우리는 이제 휴대전화 없이 살아간다는 것은 상상도 할 수도 없는 시대가 되었다. 이러한 무선통신기기의 활발한 이용은 일반국민에게 윤택하고 편리한 통신환경을 제공하지만, 무선통신기기에서 발생하는 전자파가 나의 건강을 위협하지는 않을까 하는 막연한 불안감이 증대하는 것이 현실이다.

국가에서는 휴대전화 전자파가 인체에 미치는 영향을 고려하여 전자파 인체보호기준을 제정하여 모든 무선기기가 국가에서 규정한 기준을 준수하도록 강제하고 있으며 국내 SAR 지정시험기관이나 제조업체에서는 이러한 무선기기가 국가에서 규정한 기준을 준수하는지 여부를 평가하고 있다. 그러나 우리나라의 SAR 지정시험기관이나 제조업체 등에서는 대부분 외국 제품의 SAR 측정용 시스템을 이용하고 있다. 그리고 해당 업체에서는 신뢰성 있는 SAR 측정결과를 확보하기 위해서는 SAR 측정시스템을 일정한 주기로 정기적으로 교정하고 있는데 교정을 위한 경제적, 시간적 비용이 해당 업체에 상당한 부담으로 작용하고 있다. 즉 국내의 모든 SAR 지정시험기관이나 제조업체 등에서는 SAR 측정용 시스템의 구성품(프로브, DAE, 다이폴 안테나 등)을 1~2년 주기로 정기적으로 교정하고 있다. 그러나 SAR 측정용 프로브의 경우, 현재 SAR 측정용 시스템 제조업체에서만 교정을 할 수 있어 외산 SAR 측정시스템을 보유하고 있는 국내 지정시험기관이나 제조업체 등은 1~2년 마다 SAR 측정용 프로브를 외국에 위치하는 제조업체에 의뢰하여 교정해야 하므로 SAR 측정용 프로브 교정에 지나치게 많은 시간과 비용이 소요된다. 한편 SAR 프로브 교정에 소요되는 시간과 비용은 시장에서의 공정한 경쟁에 의해 결정되는 것이 아니라 독점적 지위의 SAR 측정시스템 제조업체에 의해 결정되므로 해당 제품을 이용하는 국내 SAR 지정시험기관 등은 제조사가 제시하는 조건에 따라 SAR 측정용 프로브를 교정하여야 하는 실정이다. 따라서 외산 SAR 측정장비의 교정에 소요되는 막대한 시간적, 경제적 손실을 줄이기 위해 국내 지정시험기관이나 제조업체 등에서는

SAR 측정용 프로브 교정에 관한 제도적 지원을 요청함에 따라 전파연구소에서는 신뢰성 있는 SAR 측정용 프로브 교정방법을 마련하여 “전자파흡수율 측정기준(전파연구소 고시)” 개정안에 반영하였다.

한편 현행 “전자파흡수율 측정기준(전파연구소 고시)”은 국제전기기술위원회(IEC)에서 제정한 IEC 표준 62209-1를 준용하여 제정하였으며 여기에서 정한 SAR 시험방법만을 이용하도록 규정하고 있다. 즉 국내외 다른 표준화 기구나 단체에서 제정한 시험방법 등은 이용할 수 없도록 관련 제도를 경직되게 운용하고 있다. 그러나 실제로 전자파 인체보호기준이나 SAR 측정 방법 등에 관한 표준화는 IEC 외에도 IEEE, ITU 등 다양한 국제기구에서 진행되고 있다. 한편 통신기술 발전에 따라 다양한 방식과 기술을 적용하는 모든 무선기기를 대상으로 SAR 시험방법을 국가에서 모두 규정하는 것은 현실적으로 불가능하다. 따라서 국제적으로 유효성이 검증된 시험방법에 따라 수행된 SAR 시험결과를 허용할 수 있도록 관련 제도의 개정이 필요하다. 따라서 전파연구소에서는 SAR 측정용 프로브 교정절차서를 마련하고 국제적으로 유효성이 검증된 시험방법에 따라 수행된 SAR 시험결과가 인정될 수 있도록 관련제도 개정안을 마련하였다.



## 제2절 SAR 측정용 시스템

### 1. SAR 측정시스템 구성

휴대전화의 전자파가 인체에 미치는 영향은 전자파흡수율(SAR : Specific Absorption Rate)로 평가된다. 전자파흡수율(SAR)이란 인체의 단위 질량에 단위 시간당 흡수되는 에너지를 말하는 것으로 [W/kg]의 단위를 이용한다. 휴대전화 전자파로 인해 인체의 단위 질량에 단위 시간당 얼마의 에너지가 흡수되는지는 아래 식과 같이 2가지 요소로서 평가할 수 있다.

$$SAR = c \frac{\Delta T}{\Delta t} [W/kg] \quad (4-1)$$

$$= \frac{\sigma |E|^2}{\rho} [W/kg] \quad (4-2)$$

여기서,  $c$ 는 비열용량[J/(g·°C)],  $\Delta T$ 는 온도 변화[°C],  $\Delta t$ (s) 노출 지속시간,  $E$ 는 전기장 세기[V/m],  $\sigma$ 는 전기전도도[S/cm] 그리고  $\rho$ 는 질량밀도[kg/m<sup>3</sup>]이다.

식 (4-1)과 같이 SAR값은 인체 내에서의 온도변화를 측정하여 인체의 단위 조직에 단위 시간당 에너지가 얼마나 흡수되었는지를 평가할 수 있다. 그러나 이러한 측정시스템을 구현하기 위해서는 미세한 온도변화를 빠르게 감지할 수 있는 온도센서를 필요로 한다. 그러나 휴대전화 전자파로 인해 발생하는 인체 내의 미세한 온도변화를 정밀하게 측정할 수 있는 온도센서를 구현하는 것이 현실적으로 어려워, 오늘날 대부분의 SAR 측정시스템은 식 (4-2)와 같이 인체 내 전기장 세기를 측정하여 SAR값을 구하는 방식을 이용하고 있다. 즉 휴대전화의 전자파가 인체 조직 내에 얼마만한 세기의 전기장을 형성하는가를 측정하여 SAR값을 평가하고 있다. 따라서 SAR 측정용 시스템은 그림 4-1과 같이 SAR 측정용 프로브, 전자 데이터수집·처리장치(DAE), 위치 제어용 로봇 및 모의인체로 구성된다. 여기서 SAR 측정용 프로브는 전기장 세기를 측정하는 역할을 하며 전자 데이터수집·처리장치(DAE)는 측정 데이터를 빠르게 전자적으로 처리하는 역할을 한다. 그리고 위치제어용 로봇은 프로브의 측정 위치를 정확히 제어하는 역할을 하며 모의인체는 인체조직과 동일/유사한 전기적, 유전적, 외형적 특성을 가지도록 제작된다.

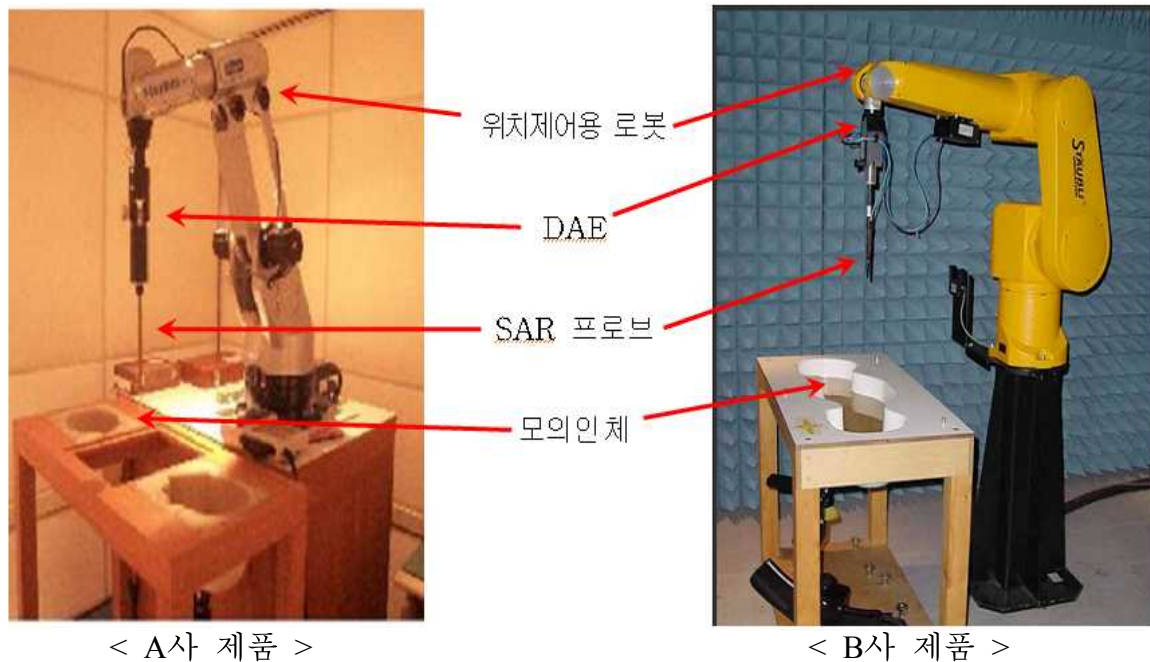


그림 4-1. SAR 측정시스템 구성

## 2. SAR 측정용 프로브 구성

SAR 측정시스템을 구성하는 각 요소는 모두 고유한 역할을 수행하지만, 실제 SAR값을 측정하는데 가장 기본이 되는 요소는 SAR 측정용 프로브이다. SAR 측정용 프로브는 인체조직과 동일한 전기적, 유전적 특성을 가진 생체조직 등가용액 내에서 전기장 세기를 측정하는 역할을 한다.

SAR 측정용 프로브는 그림 4-2와 같이 소형 다이폴 안테나, 검파 다이오드, 관련 전기 회로 및 출력부로 구성된다. 세 개의 서로 직교하는 소형 다이폴 안테나는 무선주파수 신호를 직류 전압으로 변환하여 모의인체 내에 흡수되는 전자파 에너지에 의해 형성되는 전기장 강도를 측정한다. 세 개의 소형 다이폴 안테나는 프로브 중심축에 대하여 동일한 위치에서 각각  $54.73^\circ$ 의 기울기로 기울어져 배열되어 있어 외부 전자기장에 대해  $120^\circ$ 의 위상차를 가지고 동일한 패턴을 갖도록 한다. 그림 4-3(b)는  $\Delta$ -빔 (또는 삼각기둥)모양의 유전체를 사용하여 3개의 소형 다이폴 센서를 배열시킨 구조를 보여준다.

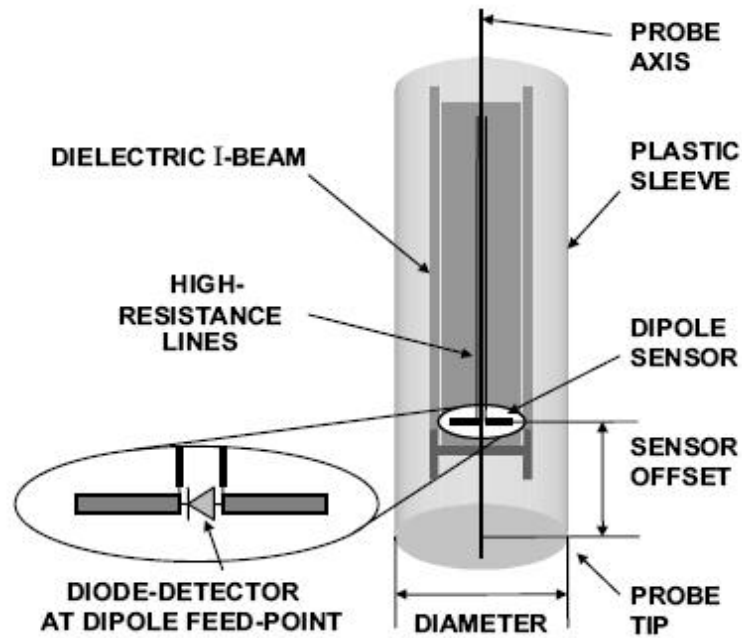
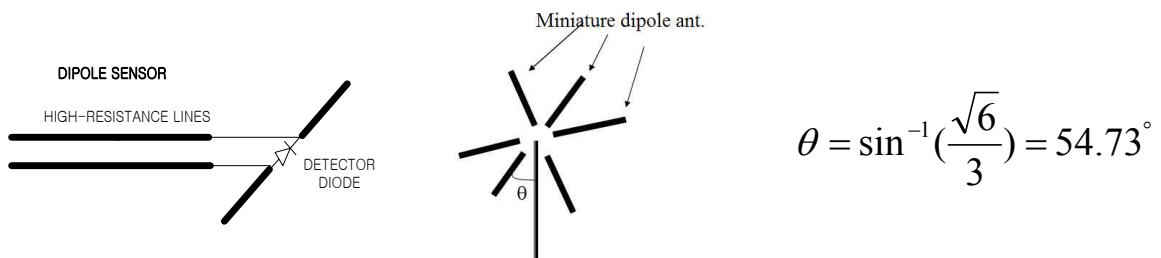


그림 4-2. 프로브의 내부 구성도



(a) 다이폴 센서 및 세 개의 다이폴이 직교하는 각도



(b) 3개의 소형 다이폴 센서가 서로 직교 배열

그림 4-3. 일반적인 전기장 프로브의 구성도

### 제3절 SAR 프로브 교정

#### 1. 프로브 교정이란?

SAR 측정용 시스템은 위치제어용 로봇, SAR 측정용 프로브 및 관련 전자 시스템, 그리고 모의인체로 구성된다. 여기서 휴대전화 등 전자파 원로부터 모의인체에 흡수되는 전자파 에너지를 측정하는 핵심 소자는 근거리 전기장 측정용 프로브이다. 이 프로브는 인체유사 액체에 흡수되는 전기장 세기를 등방적으로 측정할 수 있도록 세 개의 직교하는 미소 다이폴안테나로 구성되어 있으며 각 다이폴 안테나의 중심에는 쇼트키 다이오드(schottky diode)가 위치하여 전기장 세기를 검파하게 된다. 휴대전화 전자파에 의한 SAR값의 측정은 식(4-3), 식(4-4) 절차를 통하여 구할 수 있다. 아래의 식(4-3), 식(4-4)에서 보는 바와 같이 SAR값은 모의인체 내의 전기장 세기를 측정하여 구할 수 있는데 모의인체 내에 형성된 전기장 세기는 다이폴 안테나에 유기되는 전압값으로 측정되게 된다. 즉 식 (4-4)를 이용하여 전압값을 이용하여 전기장 세기를 구한 후 이를 식(4-3)에 입력함으로써 SAR값을 구할 수 있다.

$$SAR = \frac{\sigma |E|^2}{\rho} \quad (4-3)$$

$$|E|^2 = \sum_{i=1}^3 |E_i|^2 = \sum_{i=1}^3 \frac{f_i(V_i)}{\eta_i \gamma_i} \quad (4-4)$$

여기서, E는 인체조직 내의 전기장 세기,  $\sigma$ 는 전기전도도(인체),  $\rho$ 는 인체조직밀도를 나타낸다. 한편  $E_i$ 는  $i$  축 방향으로의 전기장 세기,  $V_i$ 는 정류 신호,  $f_i(V_i)$ 은 정류된 센서신호  $V_i$ 의 선형 함수이며,  $\eta_i$ 는 자유 공간에서의 다이폴 센서의 민감도  $[\mu V/(V/m)^2]$ ,  $\gamma_i$ 는 자유 공간에서의 프로브 센서의 민감도에 대한 매질내의 프로브 센서의 민감도 비로서 변환계수이다.

SAR 측정용 프로브를 교정한다는 것은 식 (4-3)과 식(4-4)과정을 통하여 SAR값을 정확히 측정할 수 있도록 기술적인 인자값을 결정해 주는 과정으로 요약할 수 있다. SAR 측정용 프로브 교정이라는 관점에서 프로브가 갖추어야할 주요 특성을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, SAR 측정용 프로브는 다이폴 안테나에 유기된 전압값을 통해 모의

인체용액 속에서의 전기장 세기를 정확히 예측할 수 있어야 한다. 이는 위의 식 (4-4)에서 프로브 민감도( $\eta_i$ )와 변환계수( $\gamma_i$ )를 정확히 알아야 함을 의미한다.

둘째, SAR 측정용 프로브는 입력전력 세기(즉 전기장 세기의 제곱)에 선형적으로 동작할 수 있어야 한다. SAR 측정용 프로브의 다이폴 급전점에는 쇼트키 다이오드가 위치하는데 이는 센서의 출력 전압을 정류하여 이를 전압 측정시스템으로 전송하는 역할을 한다. 그러나 이 다이오드의 응답 특성은 입력전력에 선형적으로 비례하는 것이 아니라 그림 4-4와 같이 일정 범위 이상에서는 출력 전압이 압축되어 나타나므로 식 4-5와 같이 다이오드의 출력전압을 보상해 줌으로써 프로브의 비선형성을 보상해 주게 된다.

$$V_{comp} = V_{out} + \frac{V_{out}^2}{DCP} \quad (4-5)$$

여기서  $V_{out}$ 은 다이오드에서 측정된 실제 전압값을 말하며  $V_{comp}$ 는 보상된 전압값을 말한다. 그리고 DCP는 다이오드 압축점(Diode Compression Point)으로 다이오드로부터의 실제 출력전압  $V_{out}$ 이 예상정류 DC 전압값인  $V_{comp}$ 의 50%가 되는 지점의 전압값을 말한다. 따라서  $V_{out}$ 가 DCP와 동일한 경우,  $V_{comp}$ 는  $V_{out}$ 의 두 배가 된다. 그러므로 SAR 측정용 프로브에서는 쇼트키 다이오드의 DCP값과 함께 그에 따른 SAR 측정용 프로브의 선형적으로 동작 구간을 알고 있어야 한다.

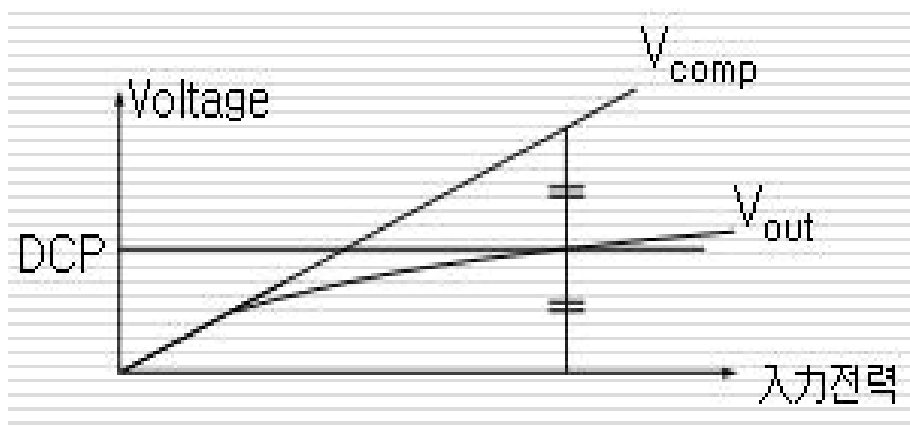


그림 4-4. DCP와 전압 보상값 관계

위의 두 과정을 통하여 SAR 측정용 프로브의 DCP값, 민감도, 변환인자를 구하는 것이 SAR 측정용 프로브 교정에서 가장 기본이 되는 요소임을 알 수 있다. 실제로 이 3 요소가 SAR 측정용 프로브의 교정에서 우리가 구해야 하는 핵심 인자이다. 이와 같은 3 요소 이외에도 SAR 측정용 프로브 교정에서는 프로브의 선형성 및 측정범위, 등방성, 경계효과, 그리고 응답시간을 평가하여야 한다.

SAR 측정용 프로브의 선형성 또는 측정 범위란 SAR 측정용 프로브가 얼마나 낮은 세기와 얼마나 높은 세기의 SAR값을 정확히 측정할 수 있는지는 보여주는 것이며 이 범위에서 SAR 측정값은 외부의 전기장 세기의 제곱에 선형적으로 비례하는 특성을 나타내어야 한다. 현재 전자파흡수율 측정기준(RRA 고시)에서는 SAR 측정용 프로브는  $0.02 \text{ W/kg} \sim 100 \text{ W/kg}$  범위에서 SAR값을 선형적으로 측정할 수 있도록 요구하고 있다.

한편, SAR 측정용 프로브는 동일 지점에서의 전기장 세기에 대하여 SAR 측정용 프로브의 측정 방향이나 측정 각도와 무관하게 동일한 값을 나타낼 수 있어야 한다. SAR 프로브의 등방성은 축 등방성과 구 등방성으로 세분화하여 규정하고 있으며 각각은 개별적으로 평가되어야 한다. 이러한 SAR 측정용 프로브의 등방성(Isotropy)은 세 개의 직교하는 미소 다이폴 안테나의 민감도를 각각 조정함으로써 어느 정도는 확보할 수 있다. 그러나 프로브의 중심축에 대하여 3개의 다이폴 센서가 서로 직교(즉 각각  $54.73^\circ$ 의 각으로 배열)하지 못하여 등방성이 확보되지 않을 경우에는 기계적 수리에 의해서만 SAR 측정용 프로브의 등방성을 확보할 수 있다.

프로브가 매질 경계 가까이 있을 때 프로브와 경계 매질간 다중 반사에 의해 SAR 측정값은 실제 값보다 높게 측정된다. 따라서 경계 효과란 프로브가 경계면에 수직인 방향일 때 액체에서 지수 함수적 감소하는 컴퓨터 시뮬레이션 값과 실제 SAR 측정값 사이의 편차로 결정한다.

프로브 응답 시간은 신호 입력이나 스위치 개폐 후 프로브 응답 최종값의 90%에 도달하는 시간을 말한다. 이는 각 지점에서 SAR값을 측정할 때, 프로브는 각 측정 지점에서 얼마만큼의 시간동안 정지된 상태에서 SAR값을 측정해야 하는지를 알려주는 요소로서, 통상적으로 응답 시간의 2배 이상 시간동안 정지된 상태에서 SAR값을 계측하여야 한다.

위에서 살펴 본 바와 같이 SAR 측정용 프로브를 교정한다는 것은 프로브에 이용되는 쇼트키 다이오드의 DCP값을 확인하고 자유공간에서의 민감도와 변환계수를 구하여 이를 측정시스템에 입력한 후 SAR 측정용 프로브의 선형성, 등방성, 경계효과 및 응답시간을 평가하는 것을 의미한다.

## 2. 프로브 교정 관련 국제표준 비교

SAR 측정용 프로브의 교정과 관련한 국제표준으로는 국제전기기술위원회(IEC)에서 제정한 IEC 표준 62209-1 "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" 부록 B와 국제전기전자기술협회(IEEE) 표준 IEEE 1528 "IEEE Recommended Practice for Determining the Peak Spatial-Average Specific Absorption Rate (SAR) in the Human Head from Wireless Communications Devices : Measurement Techniques" 부록 A에서 규정하고 있다.

DCP(Diode Compression Point)는 다이오드 압축점으로서 프로브 다이오드의 실제 전압값이 보상된 전압값의 50%가 되는 지점의 전압값을 말한다. 이는 다이오드 검출기를 기반으로 하는 프로브 시스템에서 프로브의 출력전압이 압축되어 실제 전기장 세기보다 낮게 측정되는 현상을 보상하기 위해 반드시 알고 있어야 하는 프로브의 교정 인자중 하나이다. 그러나 IEC와 IEEE 각 표준문서에서는 프로브의 비선형 응답특성에 대하여 본분에서 간단히 내용만 기술할 뿐, SAR 프로브의 교정인자로서는 다루지 않고 있다. 그러나 DCP는 SAR 측정용 프로브 교정시 교정 성적서에서 반드시 제시해야 하는 인자이므로 이에 대한 측정방법을 마련하여 이번 고시 개정안에 반영하였다.

생체조직 등가용액 내의 전기장 강도는 SAR 측정용 프로브 시스템에 따라 다른 전압값으로 측정된다. 민감도란 SAR 프로브 시스템이 생체조직 등가용액 내의 전기장 강도를 전압값으로 측정했을 때, 올바른 전기장 강도를 추정할 수 있도록 해주는 요소이다. 따라서 프로브의 민감도는 생체조직 등가용액 내에서 측정하여 결정하여야 한다. 민감도와 관련하여 IEC와 IEEE 표준문서에서는 민감도 측정방법을 2가지로 구분하여 측정할 수 있도록 규정하고 있다.

표 4-1. SAR 프로브 교정관련 국제표준 비교

인자	세부 구분	주요 내용	IEC 62209-1	IEEE 1528	비 고
DCP	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>프로브 다이오드의 실제 전압값이 보상된 전압값의 50%가 되는 지점의 전압값을 말함</li> </ul>	△	△	<ul style="list-style-type: none"> <li>양 표준에서는 프로브의 다이오드 압축특성만을 간단히 언급</li> <li>프로브 교정인자로서 세부설명 없음</li> </ul>
민감도	민감도 (자유공간)	<ul style="list-style-type: none"> <li>공기 중에서 전기기장 세기의 제공에 대한 프로브의 전압값의 비를 말함</li> </ul>	○	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>표준에서는 민감도 측정방법으로 2가지를 제시</li> <li>- 2단계 구분 측정법(민감도, 변환인자로 구분 측정)</li> <li>- 1단계 직접 측정법</li> </ul>
	변환인자	<ul style="list-style-type: none"> <li>공기중에서의 민감도에 대한 모의인체 매질 내에서의 민감도의 비를 말함</li> </ul>	○	○	
선형성	연속파	<ul style="list-style-type: none"> <li>연속파의 전파가 입력될 때 프로브가 전기장 세기 제공에 선형적으로 비례하여 SAR값을 나타내는 정도를 말함</li> </ul>	○	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>표준에 따라 인가펄스형태 다름</li> <li>- IEC 62209 : 500 Hz DF=0.1</li> <li>- IEEE 1528 : 11 Hz, DF=0.1 &amp; 1 KHz, DF=1/25</li> </ul>
	펄스파	<ul style="list-style-type: none"> <li>펄스형태의 전파가 입력될 때 프로브가 전기장 세기 제공에 선형적으로 비례하여 SAR값을 나타내는 정도를 말함</li> </ul>	○	○	
검출한계	하한치 상한치	<ul style="list-style-type: none"> <li>SAR값을 측정할 수 있는 최소/최대 값을 말함</li> </ul>	○	○	
등방성	축 등방성	<ul style="list-style-type: none"> <li>프로브 축에 수직인 평면에서 프로브를 360도 회전하면서 등방성을 측정</li> </ul>	○	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>생체조직 등가용액 내에서 측정하도록 규정</li> </ul>
	구 등방성	<ul style="list-style-type: none"> <li>3차원 공간상에서 프로브의 등방성을 측정</li> </ul>	○	○	
경계효과	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>매질경계 근처에서 발생하는 SAR값의 오차를 말함</li> </ul>	○	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>프로브와 경계 매질간 다중반사에 의해 SAR값 오차가 발생함</li> </ul>
응답시간	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>신호입력후 프로브 응답이 최종값의 90%에 도달하는 시간</li> </ul>	○	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>프로브는 응답시간의 2배 이상 시간동안 정지된 상태에서 SAR값을 측정해야함</li> </ul>

※ ○ : 해당 규정 있음

△ : 해당 규정에 대한 세부 설명없이 내용만을 간단히 기술



즉 2단계로 구분하여 측정하는 방법과 1단계로 직접 측정하는 방법이 있다. 2단계로 구분하여 측정하는 방법은 SAR 측정용 프로브 시스템의 민감도를 공기 중에서의 민감도와 변환인자로 구분 측정하고 이를 곱하여 민감도를 계산할 수 있도록 하고 있다. 한편 1단계 직접 측정법은 생체조직 등 가용액 내에서 민감도를 직접 측정할 수 있도록 하고 있다.

한편 SAR 측정용 프로브의 선형성 평가는 연속파 형태와 펄스 형태의 전파로 구분하여 각각 선형성을 평가하도록 하고 있다. 그러나 펄스 형태의 전파로 SAR 측정용 프로브의 선형성을 평가할 때, IEC와 IEEE 표준에서는 펄스파의 형태를 서로 다르게 규정하고 있다. IEC 62209-1에서는 반복율 500 Hz, 동작 계수 0.1인 펄스파를 이용하여 프로브 선형성을 평가하도록 규정한 반면, IEEE 1528에서는 2종류의 펄스파(반복율 11 Hz, 동작 계수 0.1인 펄스파 ; 반복율 1 KHz, 동작 계수 1/25인 펄스파)를 이용하여 프로브의 선형성을 평가하도록 규정하고 있다. 그러나 우리나라의 전자파흡수율 측정기준(RRA 고시)은 IEC 62209-1 표준을 준용하고 있어 펄스파에 대한 선형성 평가는 반복율 500 Hz, 동작 계수 0.1인 펄스파를 이용하여 프로브 선형성을 평가하도록 규정하였다.

프로브 등방성은 동일 지점에서의 전기장에 대하여 SAR 측정용 프로브의 측정 방향이나 측정 각도와 무관하게 동일한 값을 측정하는지를 평가하는 것이다. 이와 관련하여 IEC와 IEEE 표준 모두에서는 축 등방성과 구 등방성으로 구분하고 있으며, 축 등방성과 구 등방성 평가방법은 모두 동일한 방법을 제시하고 있다.

한편 IEC와 IEEE 표준 모두에서는 경계조건과 프로브 응답시간에 대하여 모두 동일한 평가방법을 제시하고 있다.

위에서 IEC와 IEEE 국제표준에서 규정하고 있는 SAR 측정용 프로브 교정 관련 조항을 살펴보았다. 그러나 IEC와 IEEE 국제표준에서는 위에서 살펴본 것처럼 SAR 측정용 프로브 교정과 관련한 DCP, 민감도, 선형성, 등방성, 경계효과 및 응답시간을 각각 규정하고 있으나 실제 평가방법과 관련한 상세한 절차는 규정하지 않고 있다. 따라서 우리소에서는 IEC와 IEEE 국제표준에서 규정하는 사항을 참조하여 SAR 측정용 프로브 교정과 관련한 주요 교정인자별 평가방법안을 마련하였다.

### 3. 프로브 교정관련 국가별 기준 비교

SAR 측정용 프로브 교정과 관련한 교정 인자로는 DCP, 민감도, 선형성, 검출 제한치, 등방성, 경계효과 및 응답시간이 있다. 위에서 기술한 교정 인자중 DCP, 민감도, 경계효과 및 응답시간은 프로브의 고유한 기술적 특성을 평가하는 요소이므로 국가에서 기준치를 제시할 수 있는 성질의 것이 아니다. 그러나 프로브의 선형성이나 등방성, 검출 제한치는 프로브의 고유한 특성이기는 하나 그 기준값을 국가에서 규정해 주어야 하는 요소이다. 이와 같이 SAR 측정용 프로브 교정 인자중 선형성, 검출 제한치, 등방성에 대한 국가별 기준을 표 4-2에 정리하였다.

프로브의 선형성과 관련하여 우리나라와 일본은  $\pm 0.5$  dB 이내로 규정하고 있는 반면, 미국은  $\pm 0.25$  dB 이내로 더 엄격하게 규정하고 있다. 그러나 IEC 62209-1 표준에서도 프로브의 선형성을  $\pm 0.5$  dB 이내로 규정하고 있는 점을 고려하여 개정안에서는 현행 규정을 그대로 유지하도록 하였다. 그러나 SAR 프로브의 선형성( $\pm 0.5$  dB 이내) 확보 구간은  $0.01 \sim 100$  W/kg SAR값 범위에서  $0.02 \sim 100$  W/kg SAR값 범위로 수정하였다. 이는 프로브의 선형성 기준과 검출 제한치 규정이 상호 모순되지 않도록 조정하기 위해서이다.

프로브의 검출 제한치와 관련하여 상한치는 우리나라, 미국, 일본 모두  $100$  W/kg 이상 SAR값으로 동일하게 규정하고 있으나, 하한치는 우리나라와 일본은  $0.02$  W/kg SAR값 이하로 규정한 반면, 미국은  $0.01$  W/kg SAR값 이하로 규정하고 있다.

한편 프로브의 등방성과 관련하여 우리나라에서는 현재 기준치를 규정하지 않고 있으나 일본은 축 등방성과 구 등방성 모두  $\pm 1$  dB 이내로, 미국에서는 축 등방성을  $\pm 0.25$  dB 이내, 구 등방성을  $\pm 0.5$  dB 이내로 각각 규정하고 있다. SAR 프로브의 등방성과 관련한 국내 기준 제정을 위하여 미국, 일본, 그리고 국내외 SAR 측정용 프로브 제조사의 의견을 종합, 검토하였으나, 국내외 SAR 프로브 제조사에서는 프로브의 등방성이  $\pm 0.5$  dB 이내임을 고려하여 우리나라의 SAR 프로브 등방성 기준을 축 등방성과 구 등방성 모두에 대하여  $\pm 0.5$  dB 이내로 규정하였다.

표 4-2. SAR 프로브 교정관련 국가별 기준 비교

구 분		한 국		미국(FCC)	일본
		현행	개정안		
선형성		$\pm 0.5$ dB (0.01~100 W/kg)	$\pm 0.5$ dB (0.02~100 W/kg)	$\pm 0.25$ dB (0.01~100 W/kg)	$\pm 0.5$ dB (0.02~100 W/kg)
검출 제한치	상한치	100 W/kg	100 W/kg	100 W/kg	100 W/kg
	하한치	0.02 W/kg	0.02 W/kg	0.01 W/kg	0.02 W/kg
등방성	축 등방성	없음	$\pm 0.5$ dB	$\pm 0.25$ dB	$\pm 1$ dB
	구 등방성	없음	$\pm 0.5$ dB	$\pm 0.5$ dB	$\pm 1$ dB

#### 제4절 SAR 측정용 프로브 교정절차 마련

제3절에서는 SAR 측정용 프로브의 교정과 관련한 교정인자에 대하여 기술하였다. SAR 측정용 프로브의 교정 인자로는 다이오드 압축점(DCP), 민감도, 등방성, 선형성 및 측정 범위, 경계 효과 그리고 응답 시간이 있다. 앞에서 언급하였듯이 IEC와 IEEE 국제표준에서는 프로브 교정인자에 대한 원론적인 내용만 기술할 뿐, 실제 각 교정인자를 평가하는 상세한 절차 등은 기술하지 않고 있다. 따라서 SAR 측정용 프로브의 교정 인자에 대한 평가방법을 마련하기 위해서는 IEC와 IEEE 국제표준에서 기술한 원칙적 기술 내용을 반영하여 세부 측정방법을 마련하여야 한다. 그러므로 전파연구소에서는 IEC 62209-1 및 IEEE 1528 국제 표준화 문서와 함께 실제 프로브 교정 업무를 수행하는 국내·외 제조사의 프로브 교정성적서 등을 참조하여 SAR 측정용 프로브의 교정 절차를 마련하였다.

한편 전파연구소 고시인 “전자파흡수율 측정기준”에서는 SAR 측정방법을 규정하고 있으며, 동 고시 부록 B에서 SAR 프로브 교정에 대하여 규정하고 있다. 그러나 여기서도 국제표준과 동일하게 SAR 프로브 교정의 원론적인 내용만을 기술할 뿐 세부 평가방법에 대한 상세한 절차는 규정하지 않고 있다.

표 4-3. SAR 측정용 프로브 교정절차 개정안 주요 내용

[“전자파흡수율 측정기준 부록 B” 개정(안) 목차 비교]

현행	개정(안)	비고
부록B <u>측정 기기의 교정</u> (선형성, 등방성, 감도) 및 불확정도 평가	부록 B <u>전자파흡수율 측정시스템의 교정</u> (선형성, 등방성, 감도) 및 불확정도 평가	○ 부록B 제목 수정
<b>B.1</b> 서론	<b>B.1</b> 서론	
<b>B.2</b> 다이폴 센서의 <u>감도 평가</u>	<b>B.2</b> <u>다이오드 압축점(DCP)</u>	○ 내용 및 측정 방법 신설
B.2.1 <u>2-단계 교정 절차</u>	B.2.1 <u>다이오드 압축점 측정 방법</u>	
B.2.1.1 공기 중에서의 감도(제1단계)	<b>B.3</b> 다이폴 센서의 <u>민감도 평가</u>	
B.2.1.2 <u>매질내에서의 감도</u> (제2단계)	B.3.1 <u>간접 평가 방법</u>	○ 측정방법 신설
B.2.1.2.1 온도 프로브를 이용한 전달 교정	B.3.1.1 공기 중에서의 민감도(제1단계)	
B.2.1.2.2 해석된 전자기장을 이용한 교정	B.3.1.1.1 <u>측정 방법</u>	
B.2.2 <u>1-단계 절차</u>	B.3.1.2 <u>변환인자 측정</u> (제2단계)	○ 측정방법 신설
	B.3.1.2.1 온도 프로브를 이용한 전달 교정	
	B.3.1.2.2 해석된 전자기장을 이용한 교정	
	B.3.1.2.2.1 <u>측정 방법</u>	
	B.3.2 <u>직접 평가 방법</u>	○ 측정방법 신설
	B.3.2.1 <u>기준 안테나 이득 측정 방법</u>	○ 측정방법 신설
	B.3.2.2 <u>절대 민감도 측정방법</u>	○ 측정방법 신설
<b>B.3</b> 등방성	<b>B.4</b> 등방성	
B.3.1 축 등방성	B.4.1 <u>축 등방성</u>	
B.3.2 구 및 반구 등방성	B.4.1.1 <u>축 등방성 측정 방법</u>	○ 측정방법 신설
B.3.3 평면모의인체의 측면에 다이폴을 위치시킨 등방성 측정 방법	B.4.2 구 및 반구 등방성	○ 측정방법 신설
B.3.4 평면모의인체의 밑면에 다이폴을 위치시킨 등방성 측정 방법	B.4.2.1 평면모의인체의 측면에 다이폴을 위치시킨 등방성 측정 방법	○ 측정방법 신설
B.3.5 다이폴과 구형 모의인체를 이용한 등방성 측정 방법	B.4.2.2 평면모의인체의 밑면에 다이폴을 위치시킨 등방성 측정 방법	○ 측정방법 신설
B.3.6 기준 안테나를 이용한 등방성	B.4.2.3 다이폴과 구형 모의인체를 이용한 등방성 측정 방법	○ 측정방법 신설
	B.4.2.4 기준 안테나를 이용한 등방성 <u>측정 방법</u>	○ 측정방법 신설
<del>B.4 선형성</del>	<b>B.5</b> <u>선형성 및 프로브 검출 제한치</u>	
<del>B.5 검출 하한치</del>	B.5.1 <u>연속파에 대한 선형성 및 측정 범위 측정 방법</u>	○ 측정방법 신설
	B.5.2 <u>펄스파에 대한 선형성 및 측정 범위 측정 방법</u>	○ 측정방법 신설
<b>B.6</b> 경계 효과	<b>B.6</b> <u>경계 효과</u>	
	B.6.1 <u>경계 효과 측정 방법</u>	
<b>B.7</b> 응답 시간	<b>B.7</b> <u>응답 시간</u>	○ 측정방법 신설
	B.7.1 <u>응답시간 측정 방법</u>	○ 측정방법 신설

※ 밑줄친 부분 : 제목이나 관련 내용을 신설 규정하거나 변경 또는 삭제

따라서 전파연구소에서 SAR 측정용 프로브의 교정 절차를 마련하기 위하여 현행 “전자파흡수율 측정기준” 부록 B를 전면 개정하는 형식으로 개정안을 마련하였다.

표 4-3에서는 SAR 측정용 프로브 교정절차 마련을 위해 “전자파흡수율 측정기준” 부록 B를 개정한 주요 내용을 목차 위주로 정리하였다. 현행 고시에서 다이오드 압축점과 관련한 조항은 없었으나 개정안에서는 DCP와 관련한 조항과 측정방법을 신설하여 규정하였다. 한편 현행 고시에서 다이폴 센서의 감도 평가는 1 단계와 2 단계로 구분하고 있었으나 이를 직접 평가방법과 간접 평가방법으로 제목을 변경하였으며 이를 시험하기 위한 측정방법을 신설하여 규정하였다. 한편 현행 고시에서는 프로브의 선형성과 검출 하한치를 개별적으로 규정하고 있었으나 이는 같은 물리량을 서로 다른 관점에서 바라본 것에 불과하다. 따라서 개정안에서는 이 두 규정을 통합하여 선형성 및 프로브 검출 하한치로 개정하였으며 이를 시험하기 위한 방법을 신설하여 규정하였다. 그리고 등방성, 경계효과 및 응답시간에 대하여도 측정방법을 신설하여 규정하였다.

금년도 자체 연구를 통해 전파연구소에서 마련한 SAR 측정용 프로브의 교정 인자별 세부 교정절차는 이번 절에서 상세히 기술한다.

## 1. 다이오드 압축점(DCP)

다이오드 검출기를 기반으로 하는 SAR 측정용 프로브 시스템은 다이오드의 응답 특성이 제곱법칙인 영역, 즉 프로브의 출력 전압이 전자기장 성분의 평균 제곱에 비례하는 영역에서 이용된다. 그러나 그 범위를 벗어난 영역에서는 다이오드의 응답 특성이 제곱법칙 영역을 벗어나며 프로브의 출력전압이 압축되어 실제 전기장 세기보다 낮게 측정된다. 이는 프로브를 센서로 사용하는 시스템의 운용 범위를 제한하는 역할을 한다. 따라서 이러한 다이오드의 비선형 특성을 앞의 식(4-5)와 같이 보상함으로써 프로브를 센서로 사용하는 시스템의 동작 범위를 보다 넓게 적용할 수 있도록 하고 있다.

$$V_{comp} = V_{out} + \frac{V_{out}^2}{DCP}$$

여기서  $V_{comp}$  는 다이오드의 비선형 특성이 소프트웨어에 의해 수학적으로 보상된 출력 전압,  $V_{out}$  은 다이오드의 비선형 특성이 보상되지 않은 실제의 물리적 출력 전압, 그리고 DCP는 다이오드의 압축점으로 실제 출력 전압(  $V_{out}$  )이 보상된 전압(  $V_{comp}$  )의 50%가 되는 전압값을 말한다.

따라서 SAR 측정용 프로브의 DCP값을 구한다는 것은 다이오드의 실제 출력 전압이 보상된 전압(즉 프로브의 이상적인 전압)의 50%가 되는 전압값을 찾는 과정으로 요약할 수 있으며, 이러한 DCP 측정방법은 다음과 같이 신설하여 고시 개정안에 규정하였다.

### 가. 다이오드 압축점(DCP) 측정방법

- 1) 그림 4-5와 같이 측정 장비를 구성한다.
- 2) 도파관(또는 TEM 셀) 내부에 적절한 전기장의 세기가 형성되도록 신호 발생기의 출력을 조정한다.

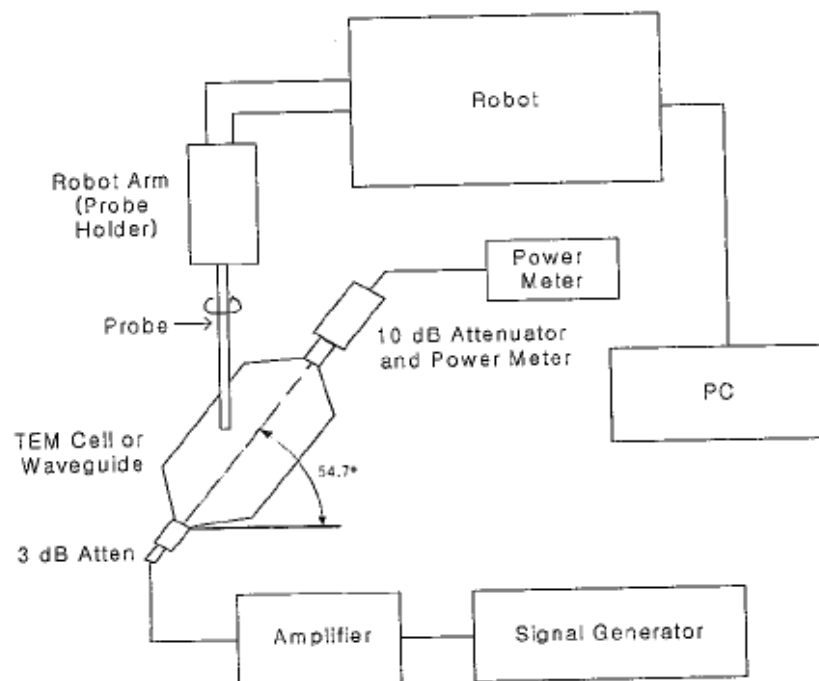


그림 4-5. 다이오드 압축점(DCP) 측정 장비 구성도

- 3) 프로브를 도파관내 삽입한 후 프로브 축을 중심으로 2도 간격으로 360도 회전하면서 3개 다이폴 센서에 유기되는 전압의 최대값이 측정되는 각도를 각각 기록한다.
- 4) 3) 단계에서 측정한 값을 참조하여 도파관내 전기장 성분이 프로브의 첫번째 다이폴과 평행하도록 프로브를 회전시킨다.
- 5) 다이오드 프로브 센서가 도파관내 전기장 강도를 감지할 수 있는 최소값에서 포화상태에 이를 때까지 입력신호를 1 dB 간격으로 변화시키며 프로브 센서에 유기되는 실제 전압( $V_{out}$ )을 측정하여 기록한다.
- 6) 5) 단계에서 측정한 결과중 다이오드 유기 전압이 입력전압에 따라 선형적으로 증가하는 구간에서 도파관내 전력밀도가 증가함에 따라 다이오드에 유기되는 전압 증가를 가장 잘 나타내는 1차 함수를 구한다.
- 7) 5) 단계에서 측정한 전압( $V_{out}$ )이 6)단계에서 구한 함수에 의해 계산된 전압값의 50%가 되는 전압값을 첫번째 다이오드의 압축점(DCP)으로 한다.
- 8) 앞의 3) 단계에서 측정한 값을 참조하여 도파관내 전기장 성분이 프로브의 두번째 다이폴과 평행하도록 프로브를 회전시킨후 5) ~ 7) 단계를 반복 측정하여 두번째 다이오드의 DCP값을 구한다.
- 9) 앞의 3) 단계에서 측정한 값을 참조하여 도파관내 전기장 성분이 프로브의 세번째 다이폴과 평행하도록 프로브를 회전시킨후 5) ~ 7) 단계를 반복 측정하여 세번째 다이오드의 DCP값을 구한다.

## 2. 민감도

현행 고시에서 다이폴 센서의 감도 평가는 1 단계 측정법과 2단계 측정법으로 구분하여 측정할 수 있도록 하고 있다. 여기서 1 단계 측정이란 생체조직 등가용액 내에서 직접 민감도를 측정하는 방법을 말하며 2 단계 측정이란 먼저 공기 중에서의 민감도를 구한 후 변환인자를 다시 구하여 이 두 값을 곱해주어 생체조직 등가용액 내에서의 민감도를 구하는 방법을 말한다. 즉 현행 고시의 1 단계 측정과 2 단계 측정이란 민감도를 직접 측정하는 방법과 간접 측정하는 방법을 의미한다. 따라서 현행 고시의 1 단계 측정법과 2 단계 측정법이라는 제목을 개정안에서는 직접 평가방법과 간접 평가방법으로 변경하였다.

## 가. 간접 평가 방법

다이폴 센서의 민감도를 측정하는 간접 평가방법으로 구하는 경우 총 전기장은 다음 식으로 표현된다.

$$|E|^2 = \sum_{i=1}^3 |E_i|^2 = \sum_{i=1}^3 \frac{f_i(V_i)}{\eta_i \gamma_i} \quad (4-6)$$

여기서  $f_i(V_i)$  은 정류 신호  $V_i$ 의 선형화 함수,  $\eta_i$  는 공기 중에서 다이폴 센서의 민감도  $[\mu V/(V/m)^2]$  ,  $\gamma_i$  는 변환인자로서 공기 중에서 다이폴 센서의 민감도에 대한 매질에서 다이폴 센서의 민감도 비를 말한다.

즉 생체조직 등가용액 내에서 다이폴 센서의 민감도는 공기 중에서의 민감도( $\eta_i$ )와 변환 인자( $\gamma_i$ )로 각각 분리하여 구한 후 이를 곱하여 전체 민감도를 구할 수 있다.

간접 측정방법으로 다이폴 센서의 민감도를 측정할 때 공기 중에서의 민감도를 측정하는 방법과 변환인자를 구하는 방법은 다음과 같다.

### 1) 공기 중에서의 민감도 측정 방법

- 1) 앞 절의 그림 4-5와 같이 측정 장비를 구성한다.
- 2) 도파관(또는 TEM 셀) 내부에 적절한 전기장의 세기가 형성(즉 다이오드 센서 출력이 전기장 세기의 제공에 비례하는 영역)될 수 있도록 신호발생기의 출력을 조정한다.
- 3) 프로브 축에 대하여 프로브를 5도 이하의 간격으로 0 ~ 360도까지 회전하면서 3개 다이오드 센서의 전압값을 각각 측정하여 기록한다. 이때 측정된 전압값은 DCP에 의해 보상된 전압값이다.
- 4) 3) 단계 측정결과에서 3개 다이오드 센서의 최대 전압값을 각각 구한 후 이를 도파관내 전기장 세기의 제공으로 나누어 주어 공기 중에서의 다이오드 프로브의 민감도( $\eta_i$ )를 각각 구한다.



## 2) 변환인자 측정 방법

1) 그림 4-6과 같이 측정 장비를 구성한다.

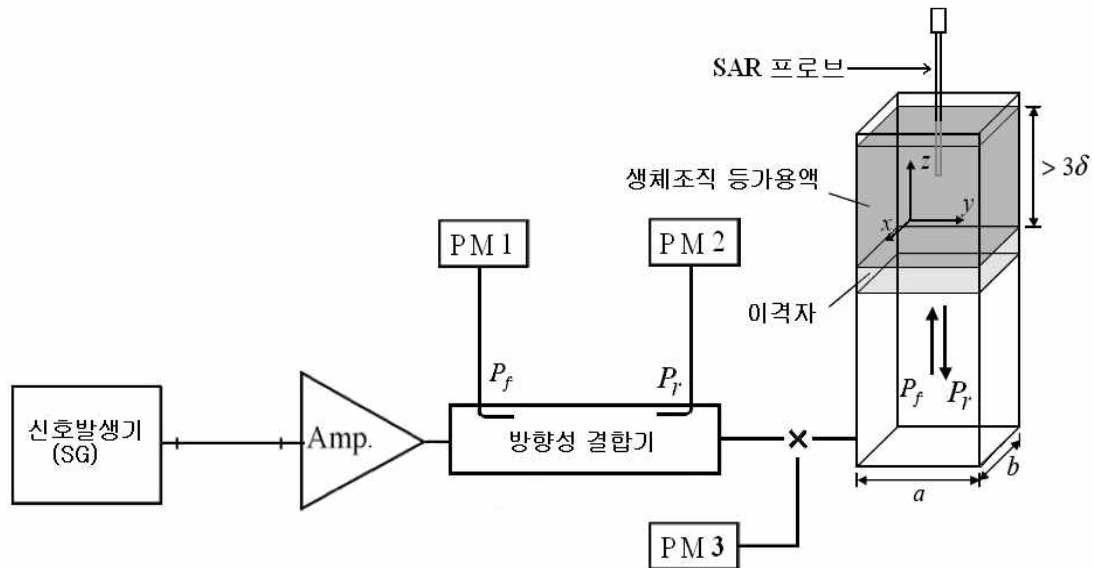


그림 4-6. 변환인자 측정을 위한 측정 장비 구성도

- 2) 방향성 결합기에 전력 측정기 PM1, PM2, PM3를 연결한 후 도파관 내부에 적절한 전기장의 세기가 형성(즉 다이오드 센서 출력이 전기장 세기의 제공에 비례하는 영역)될 수 있도록 신호발생기의 출력을 조정한다. 이때의 전력 측정기 PM1값을 기록한다.
- 3) 방향성 결합기의 출력단자를 전력 측정기 PM3에서 떼어낸 후 수직 개방형 도파관 입력단에 연결한다. 이때 PM1값에 변화가 있으면 신호발생기의 출력을 조정하여 2) 단계에서 측정한 값과 동일하게 한다.
- 4) 수직 개방형 도파관의 중심 부근으로 SAR 프로브를 생체조직 등가용액에 삽입하여 프로브 센서 부분이 유전체 판 상단에서 5 mm 떨어지도록 한다.
- 5) 프로브를 유전체 판 상단 5 mm 지점에서 60 mm 지점까지 1 mm 간격으로 이동하면서 각 지점에서의 SAR값을 측정하여 기록한다.

- 6) 수직 개방형 도파관에서 반사되는 전력은 전력 측정기 PM2를 이용하여 측정한다.
- 7) 5) 단계에서 구한 SAR 측정값과 외삽법을 이용하여 유전체 판 상단 0 ~ 4 mm까지의 SAR값을 후처리 기법으로 구한다. 5) 단계 측정과 외삽법으로 구한 SAR값은 아래 수식에서 변환인자를 1로 가정했을 때의 0 ~ 60 mm 까지 SAR값이다.

$$SAR(z) = \frac{\sigma \cdot E^2(z)}{\rho} = \frac{\sigma}{\rho \cdot \gamma} \sum_i \frac{f_i(V_i(z))}{\eta_i}$$

여기서  $\gamma$ 는 변환인자로서 3개 다이폴 센서에 대하여 그 값이 동일하다고 간주한다.

- 8) 도파관에 공급한 순방향 전력과 6) 단계에서 측정한 반사 전력을 이용하여 아래 식에 따라 도파관 내에서의 SAR값을 해석적 방법으로 구한다.

$$SAR(z) = \frac{4(P_f - P_r)}{\rho ab \delta} e^{-2z/\delta}$$

여기서  $P_f$ 는 도파관에 공급한 순방향 전력,  $P_r$ 은 반사된 역방향 전력을 말한다.

- 9) 5) 및 7) 단계를 통해 측정 및 후처리 기법으로 구한 SAR값과 8) 단계의 해석적 방법에 의해 구한 SAR값을 비교하여 변환 인자( $\gamma$ )를 구한다. 이때 변환인자값을 변화시켰을 때 측정에 근거하여 구한 SAR값 변화곡선이 해석적 방법에 의한 SAR값 변화곡선과 일치하도록 하는 과정을 통해 변환인자를 구할 수 있다.

## 나. 직접 평가 방법

민감도를 측정하는 직접 평가 방법에서는 기준 안테나를 사용하여 매질 내에서 다이폴 센서의 절대 민감도를 직접 측정한다. 기준 안테나를 이용하는 직접 평가 방식에서 총 전기장은 식 4-7에 따라 평가된다.

$$|E|^2 = \sum_{i=1}^3 |E_i|^2 = \sum_{i=1}^3 \frac{V_i}{K_i} \quad (4-7)$$

여기서  $K_i$ 는 액체에서 다이폴 센서의 절대 민감도이다.

이 방법에서는 먼저 기준 안테나의 이득을 구한 후 다이폴 안테나의 절대 민감도를 구하는 절차를 따른다. 기준 안테나 이득과 절대 민감도를 구하는 절차는 각각 다음과 같다.

## 1) 기준 안테나 이득 측정 방법

1) 그림 4-7과 같이 측정 장비를 구성한다.

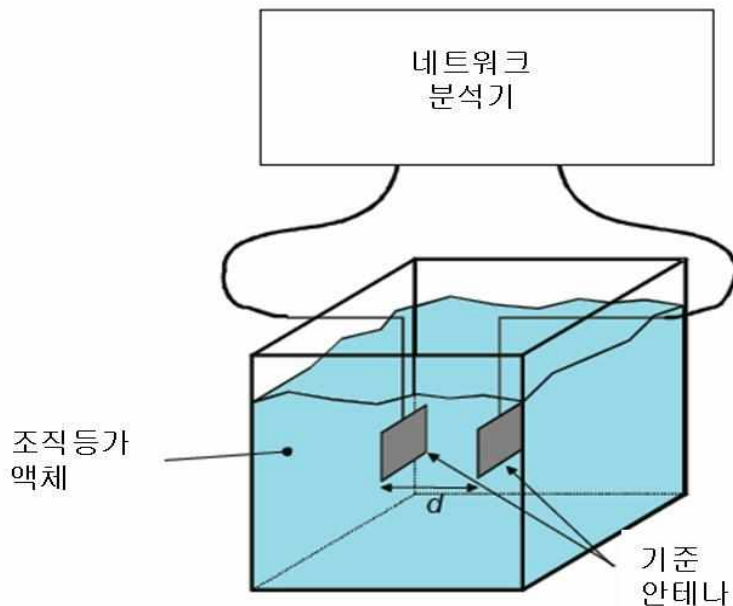


그림 4-7. 안테나 이득 측정을 위한 장비 구성도

- 2) 안테나들의 수직 축들이 잘 정렬되고 잘 정의된 거리  $d$ 만큼 떨어지도록 액체 내에 두 안테나를 설치한다. 여기서  $d \geq 2D^2 / \lambda_{liquid}$  이다.  $D$ 는 기준 안테나의 최대 크기이며,  $\lambda_{liquid}$ 은 액체 내에서의 파장이다. 안테나는 액체 용기의 벽으로부터 최소한 10 cm 떨어져야 한다.
- 3) 각 안테나의 입력 포트에서 반사 계수  $\rho_1$  과  $\rho_2$  를 측정한다.
- 4) 동일한 포트에서 두 안테나 사이에 전달계수  $S_{21}$ 을 측정한다.
- 5) 이득은

$$G = |S_{21}(d)| \times e^{\alpha d} \left( \frac{4\pi d}{\lambda_{liquid}} \right) \times \frac{1}{\sqrt{(1-|\rho_1|^2)(1-|\rho_2|^2)}}$$

여기서 감쇠 계수는

$$\alpha = \frac{2\pi f}{c} \times (\epsilon_r'^2 + \epsilon_r''^2)^{1/4} \times \sin \left[ \frac{1}{2} \arctan \left( \frac{\epsilon_r''}{\epsilon_r'} \right) \right] \quad \text{이다}$$

## 2) 액체내에서 다이폴 센서의 절대 민감도(K<sub>i</sub>) 측정 방법

- 1) 그림 4-7과 유사하게 측정 장비를 구성한다. 단, 그림 4-7의 기준 안테나중 하나를 프로브로 대체한다. 안테나는 액체 용기 벽으로부터 최소 10 cm 떨어뜨린다.
- 2) 기준 안테나의 입력단에 전력원을 연결한다. 안테나로부터 거리 d 만큼 떨어진 곳에서 이론적인 전기장 E<sub>th</sub>는 다음과 같다. 입력 전력을 제어하기 위해서 양방향성 결합기를 사용하며, E<sub>th</sub> 가 약 30 V/m가 되도록 입력 전력을 조정한다.

$$E_{th} = \left[ \left( \frac{P_{in}(1-|\rho|^2)G e^{-2\alpha d}}{4\pi d^2} \right) \times \left( \frac{120\pi}{Re \sqrt{\epsilon_r}} \right) \right]^{1/2}$$

여기서 d는 안테나로부터의 거리,  $d \geq 2 D^2/\lambda_{liquid}$ , G는 안테나 이득, D는 기준 안테나의 최대 크기, P<sub>in</sub>은 입력 전력,  $\rho$  는 안테나의 반사 계수,  $\lambda_{liquid}$ 는 액체 내에서의 파장이다.

- 3) 검출기의 중심이 안테나로부터 거리 d에 있도록 액체 내에 프로브를 위치시킨다.
- 4) 다이폴의 방향을 기준 안테나의 편파와 일치하도록 하기 위해서 프로브의 방향을 맞춘다.
- 5) 노출된 다이폴에 연결된 프로브의 포트에서 전압 신호 V<sub>1,meas</sub>를 측정한다.

- 6) 이 다이폴에 대한 민감도 계수 K<sub>1</sub>은  $\frac{V_{1,meas}}{E_{th}^2}$  이다;

- 7) 다른 두 다이폴에 대해 단계 4) - 6) 단계를 반복하여 K<sub>2</sub>와 K<sub>3</sub>의 값을 구한다.  
SAR은 프로브의 민감도 계수를 사용하여 다음 식으로 결정한다.

$$SAR = \frac{\sigma}{\rho} \left( \frac{V_1}{K_1} + \frac{V_2}{K_2} + \frac{V_3}{K_3} \right)$$

여기서  $\rho$  는 밀도( $1000 \text{ kg/m}^3$ )이다.

### 3. 등방성

프로브 등방성이란 동일 지점에서의 전기장 세기에 대하여 SAR 측정용 프로브의 측정 방향이나 측정 각도와 무관하게 동일한 값을 나타내는 특성을 말한다. 등방성에는 축 등방성과 구 등방성으로 구분하고 있는데 축 등방성이란 프로브 축에 수직인 평면에서 프로브를 360도 회전할 때 측정값이 동일한 값을 나타내는 특성을 말하며 구 등방성이란 3차원 공간상에서 x, y, z 축에 대해 프로브를 회전할 때 동일한 측정값을 나타내는 성질을 말한다. 축 등방성을 측정하는 방법은 1가지 방식만 규정한 반면, 구 등방성을 측정하는 방법은 4가지 방법을 규정하였다. 프로브의 축 등방성과 구 등방성을 측정하는 방법은 다음과 같다.

#### 가. 축 등방성 측정 방법

- 1) 그림 4-8과 같이 측정 장비를 구성한다.
- 2) 방향성 결합기의 출력 단자를 평면 모의인체 하단에 위치하는 다이폴 안테나에 연결한다.
- 3) SAR 프로브를 생체조직 등가용액 내로 삽입하여 프로브 센서 부분이 평면 모의인체 바닥으로부터 5 mm 이격시켜 다이폴 안테나 중심 바로 위에 위치하도록 한다.
- 4) SAR값이  $0.5 \text{ W/kg} \sim 1 \text{ W/kg}$  사이가 되도록 다이폴 안테나에 공급되는 전력을 조정한다.
- 5) 프로브 축에 대하여 프로브를 15도 이하의 간격으로 0 ~ 360도까지 회전하면서 SAR값을 측정하여 기록한다.
- 6) 측정된 SAR 평균값에 대하여 최대 SAR 측정편차가  $\pm 0.5 \text{ dB}$  이내에 있는지 확인한다.

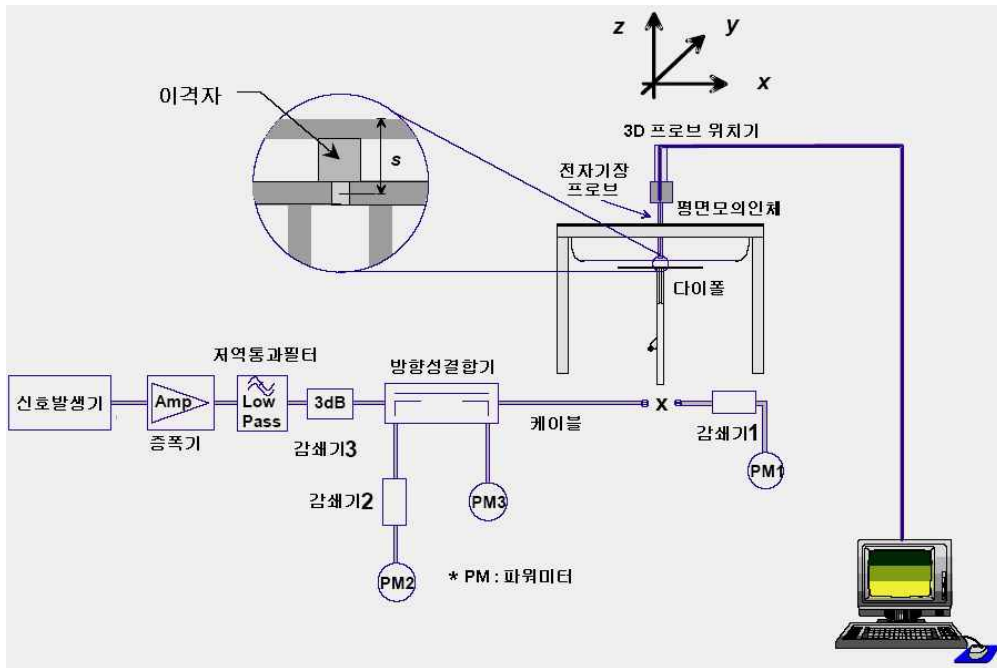


그림 4-8. 축 등방성 측정을 위한 측정 장비 구성도

## 나. 구 등방성 측정 방법

SAR 측정용 프로브의 구 등방성을 평가하기 위한 측정방법으로는 다음 4가지 방식중 하나를 이용할 수 있도록 규정하였다.

- o 평면 모의인체의 측면에 다이폴을 위치시켜 측정하는 방법,
- o 평면 모의인체의 밑에 다이폴을 위치시켜 측정하는 방법,
- o 구형 모의인체에 다이폴을 위치시켜 측정하는 방법.
- o 기준 안테나를 이용하여 측정하는 방법

### 1) 평면 모의인체의 측면에 다이폴을 위치시킨 등방성 측정 방법

- 1) 회전 테이블에 다이폴 안테나를 장착하고 평면 모의인체와 평행하도록 설정한다(그림 4-9 참조). 안테나와 액체 용기의 근접한 면 사이의 거리가 최대  $e = 1/10$ 가 되도록 한다.
- 2) 세 개의 프로브 센서 중심이 다이폴 축의 연장선에 위치하도록 프로

브를 액체 내에 수직으로 삽입한다.

- 3) 프로브의 수평 위치는 가능한 한 모의인체의 뒷부분 근처에서 정재파가 최대인 곳에 있어야 하며, 모의인체와 액체의 경계면으로부터 거리  $C$  만큼 떨어져 있어야 한다. 이 때 전기장은 부분적으로 균일하며 자기장은 최소 값을 가져야 한다. 전기장이 변화하는 공간에서도 측정 가능하다(전기장의 최대값은  $x$ 축 방향으로 이동하며 선 분포 측정을 통해 평가될 수 있다).
- 4) 다이폴 안테나에 24 dBm(필요시 조정 가능)의 전력을 공급한다.
- 5) 다이폴 안테나를  $30^\circ$  이하의 간격으로 최소  $0^\circ$ 에서  $90^\circ$ 까지 그 축을 중심으로 회전할 때 각 단계에서 프로브를  $15^\circ$  이하의 간격으로  $0^\circ$ 에서  $360^\circ$ 까지 프로브 축을 중심으로 회전하면서 SAR값을 측정하여 기록한다.
- 6) 측정된 SAR 평균값에 대하여 최대 SAR 편차가  $\pm 0.5$  dB 이내에 있는지 확인한다.

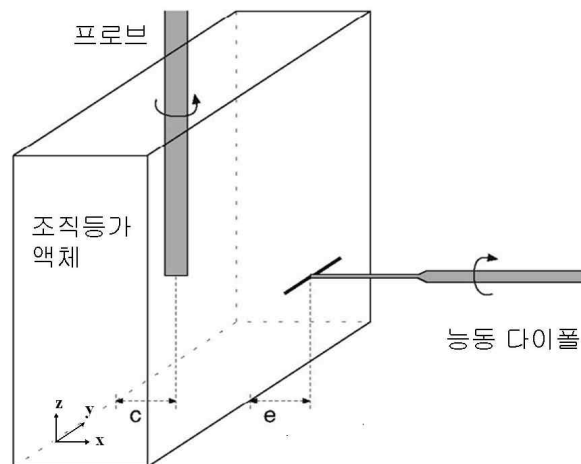


그림 4-9. 구 등방성 평가를 위한 장치 구성도(1)

## 2) 평면 모의인체의 밑면에 다이폴을 위치시킨 등방성 측정 방법

- 1) 그림 4-10과 같이 측정 장비를 구성한다.
- 2) SAR값이  $0.5 \text{ W/kg} \sim 1 \text{ W/kg}$  사이가 되도록 다이폴 안테나에 공급되는 전력을 조정한다.
- 3) 다이폴 안테나 각도  $\theta = 0^\circ$ , 프로브 경도  $\vartheta = 0^\circ$ 으로 두고 프로브를

축을 중심으로  $\phi = 15^\circ$  이하의 간격으로  $0^\circ \sim 360^\circ$  회전하면서 SAR 값을 측정하여 기록한다.

- 4) 프로브 경도  $\theta$ 를  $15^\circ$  이하의 간격으로  $0^\circ \sim 75^\circ$ 까지 변화시키면서 3) 단계 과정을 반복한다.
- 5) 다이폴 각도  $\theta$ 를  $30^\circ$  이하의 간격으로  $0^\circ \sim 180^\circ$ 까지 회전하면서 3), 4) 단계 과정을 반복하여 SAR 값을 측정, 기록한다.
- 6) 측정된 SAR 평균값에 대하여 최대 SAR 편차가  $\pm 0.5$  dB 이내에 있는지 확인한다.

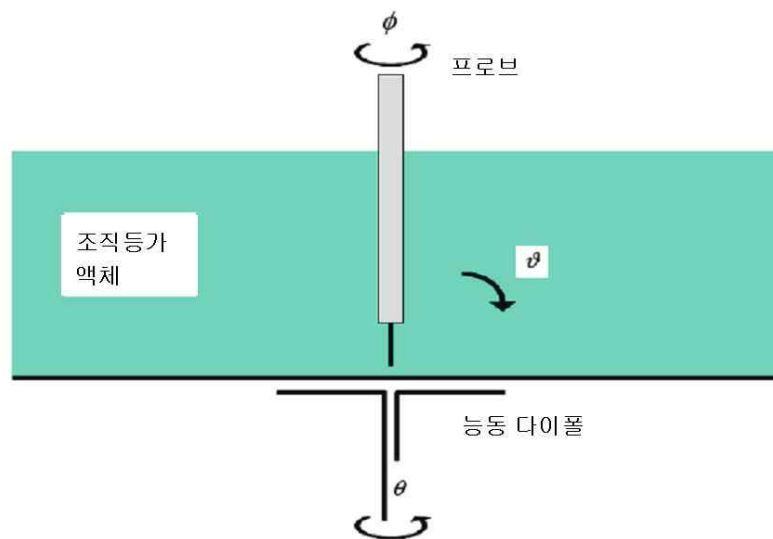


그림 4-10. 구 등방성 평가를 위한 장치 구성도(2)

### 3) 다이폴과 구형 모의인체를 이용한 등방성 측정 방법

- 1) 그림 4-11과 같이 측정 장비를 구성한다.
- 2) SAR값이  $0.5 \text{ W/kg} \sim 1 \text{ W/kg}$  사이가 되도록 다이폴 안테나에 공급되는 전력을 조정한다.
- 3) 다이폴 안테나 각도  $\xi = 0^\circ$ ,  $\theta = 0^\circ$ 로 두고 프로브를 축을 중심으로  $\phi = 15^\circ$  이하의 간격으로  $0^\circ \sim 360^\circ$  회전하면서 SAR 값을 측정하여 기록한다.
- 4) 다이폴 안테나 각도  $\theta$ 를  $15^\circ$  이하의 간격으로  $0^\circ \sim 180^\circ$ 까지 변화시키면서 3) 단계 과정을 반복하여 측정한다.



- 5) 다이폴 각도  $\xi$  를  $30^\circ$  이하의 간격으로  $0^\circ \sim 360^\circ$ 까지 회전하면서 3), 4) 단계 과정을 반복하여 SAR값을 측정, 기록한다.
- 6) 측정된 SAR 평균값에 대하여 최대 SAR 편차가  $\pm 0.5$  dB 이내에 있는지 확인한다.

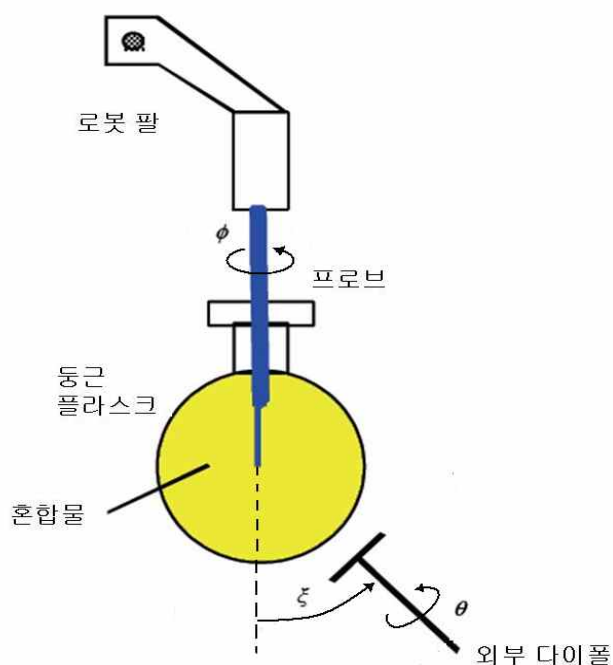


그림 4-11. 반구 등방성 평가를 위한 실험 장치

#### 4) 기준 안테나를 이용한 등방성 측정 방법

- 1) 그림 4-12와 같이 한 안테나를 생체조직 등가용액 내에 위치시킨다. 안테나는 액체 용기 벽으로부터 최소한 10 cm의 거리에 있어야 한다.
- 2) 검출기의 중심이 안테나로부터  $d \geq 2D^2 / \lambda_{liquid}$  의 조건을 만족시키는 거리 d에 있도록 액체 내에 프로브를 위치시킨다. 여기서 D는 기준 안테나의 최대 치수이고  $\lambda_{liquid}$ 는 액체에서의 파장이다. SAR값이 이 위치에서 0.5 W/kg과 1 W/kg 사이가 되도록 기준 안테나에 공급되는 전력을 조정한다.
- 3) 프로브의 주축이 안테나로부터의 노출 방향과 직교하도록 프로브 축의

방위를 맞춘다(그림 4-12 참조).

- 4) 15° 이하의 간격으로 0°에서 360°까지 그 주축에 대해 프로브를 회전시키고 SAR값을 기록한다. 축 등방성은 실효값(r.m.s.)에 대한 SAR 편차로 정의된다.
- 5) 15° 이하의 간격으로 0°에서 90°까지 프로브 축이나 기준 안테나를 0°에서 90°까지 회전시킴으로써 기준 신호의 입사각을 변경한다.
- 6) 각각의 입사각에 대해서 15° 이하의 간격으로 0°에서 360°까지 그 주축에 대해 프로브를 회전시켜 SAR값을 기록한다.
- 7) 측정된 SAR 평균값에 대하여 최대 SAR 편차가  $\pm 0.5$  dB 이내에 있는지 확인한다.

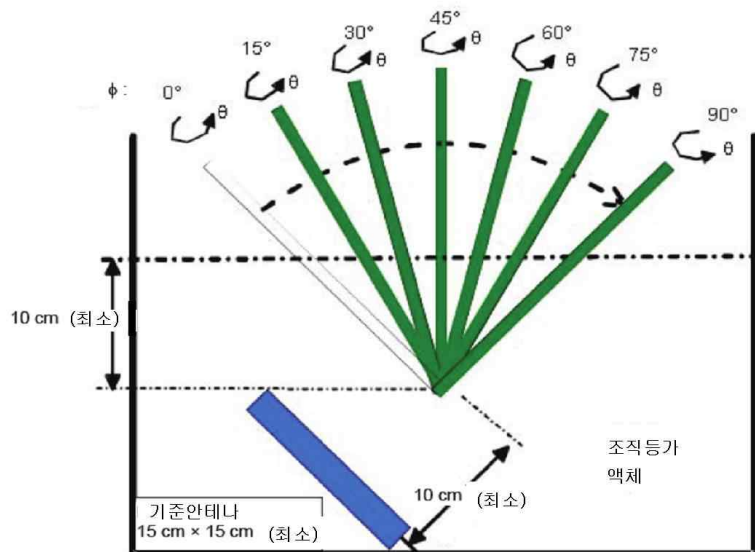


그림 4-12. 기준 안테나를 이용한 구 등방성 측정

#### 4. 선형성 및 프로브 검출 제한치

프로브의 선형성과 검출 제한치는 같은 물리량을 서로 다른 관점에서 평가한 기준에 불과하다. 따라서 개정안에서는 이 두 규정을 통합하여 선형성 및 프로브 검출 제한치를 측정하는 방법을 동시에 규정하였다.

한편 프로브 선형성은 연속파와 펄스파를 인가할 때로 구분하여 측정방법을 각각 규정하였다.

## 가. 연속파에 대한 선형성 및 검출 제한치 측정 방법

- 1) 앞절의 그림 4-8과 같이 측정 장비를 구성한다.
- 2) SAR 프로브를 생체조직 등가용액에 삽입하여 프로브 센서 부분이 평면모의인체 바닥으로부터 5 mm 이격되도록 한다.
- 3) 신호 발생기의 출력을 연속파로 하여 매우 낮은 세기로부터 점차 높여가며 SAR 프로브가 전기장 세기 변화를 인식할 수 있는 최소 SAR 검출 하한치를 구한다.
- 4) SAR 측정값이 하한치에서 포화상태에 이를 때까지 신호 발생기의 출력값을 1 dB 간격으로 높여가며 각 단계에서의 SAR 측정값을 측정하여 기록한다.
- 5) 4) 단계에서 측정한 결과에서 다이폴 안테나 공급 전력 변화에 대한 SAR 측정값 변화를 1차 직선 형태로 맞춤할 때, 0.02~100 W/kg SAR 값에 대하여 그 편차가  $\pm 0.5$  dB 이내인 있는지 확인한다. 이는 SAR 프로브가 규정된 선형성을 만족함을 의미한다.
- 6) 이때 1차 직선 맞춤으로 추정된 SAR값과 실제 측정값 간의 차이가  $\pm 0.5$  dB 이내를 만족하는 최소값과 최대값을 구한다. 이 값이 프로브의 검출 하한치와 검출 상한치이다.

## 나. 펄스파에 대한 선형성 및 검출 제한치 측정 방법

- 1) 앞절의 그림 4-8과 같이 측정 장비를 구성한다.
- 2) SAR 프로브를 생체조직 등가용액 내로 삽입하여 프로브 센서 부분이 평면 팬텀 바닥으로부터 5 mm 이격되도록 한다.
- 3) 신호 발생기를 이용하여 반복율 500 Hz, 동작 계수 10%인 펄스파를 입력한다. 펄스 신호 세기를 매우 매우 낮은 값으로부터 점차 높여가며 SAR 프로브가 전기장 세기 변화를 인식할 수 있는 최소 SAR 검출 하한치를 구한다.
- 4) SAR 측정값이 하한치에서 포화상태에 이를 때까지 신호 발생기의 출력값을 1 dB 간격으로 높여가며 각 단계에서의 SAR 측정값을 기록한다.
- 5) 4)단계에서 측정한 결과에서 다이폴 안테나 공급 전력 변화에 대한

SAR 측정값 변화를 1차 직선 형태로 맞추할 때, 0.01 ~100 W/kg SAR 값에 대하여 그 편차가  $\pm 0.5$  dB 이내인 있는지 확인한다. 이는 SAR 프로브가 규정된 선형성을 만족함을 의미한다.

- 6) 이때 1차 직선 맞춤으로 추정된 SAR값과 실제 측정값 간의 차이가  $\pm 0.5$  dB 이내를 만족하는 최소값과 최대값을 구한다. 이 값이 프로브의 검출 하한치와 검출 상한치이다.

## 5. 경계 효과

경계 효과란 프로브가 매질 경계에 근접하여 전기장값을 측정할 때 프로브와 경계 매질간 다중 반사에 의해 SAR값 실제보다 높게 측정되는 현상을 말한다. 경계 효과를 측정하는 방법은 다음과 같다.

### 가. 경계 효과 측정 방법

- 1) 앞 절의 그림 4-6과 같이 측정 장비를 구성한다.
- 2) 방향성 결합기에 전력 측정기 PM1, PM2, PM3를 연결한 후 도파관 내부에 적절한 전기장의 세기가 형성(즉 다이오드 센서 출력이 전기장 세기의 제곱에 비례하는 영역)될 수 있도록 신호발생기의 출력을 조정한다. 이때의 전력 측정기 PM1값을 기록한다.
- 3) 방향성 결합기의 출력단자를 전력 측정기 PM3에서 떼어낸 후 수직 개방형 도파관 입력단에 연결한다. 이때 전력 측정기 PM1값에 변화가 있으면 신호발생기의 출력을 조정하여 2) 단계에서 측정한 값과 동일하게 한다.
- 4) 수직 개방형 도파관의 중앙 부근에서 SAR 프로브를 생체조직 등가용액 내로 삽입하여 프로브 센서 부분이 유전체 판 상단부 표면에서 프로브 팁 직경의 1/2 지점으로부터 프로브가 접근할 수 있는 최소 바닥지점까지 1 mm 간격으로 이동하면서 각 지점에서의 SAR값을 측정하여 기록한다.
- 5) 유전체 판 상단부 표면에서 프로브 팁 직경의 1/2 거리만큼 떨어진 지점까지 이론적으로 구한 SAR값과 4) 단계에 의해 실제 측정값을 비교하여 그 차이를 퍼센트(%)로 기록한다.

## 6. 응답 시간

프로브의 응답 시간은 신호 입력이나 스위치 개폐 후 프로브 응답 최종값의 90%에 도달하는 시간을 말한다. 이와 관련한 측정방법은 다음과 같다.

### 가. 응답 시간 측정 방법

- 1) 그림 4-8과 같이 측정 장비를 구성한다.
- 2) SAR 프로브를 생체조직 등가용액 내로 삽입하여 프로브 센서 부분이 평면 모의인체 바닥으로부터 5 mm 이격시켜 다이폴 안테나 중심 바로 위에 위치하도록 한다.
- 3) SAR값이 0.5 W/kg ~ 1 W/kg 사이가 되도록 다이폴 안테나에 공급되는 전력을 조정한다.
- 4) 신호발생기를 이용하여 펄스 주기가 2초이고 펄스 폭이 1초인 주기적인 펄스 신호를 다이폴 안테나에 공급하여 시간 변화에 따른 프로브의 SAR값 변화를 측정한다.
- 5) 펄스 신호가 인가되는 동안 SAR값이 증가하기 시작하는 시간과 최종 SAR값의 90%에 도달하는 시간의 차를 구하여 이를 응답시간으로 기록한다.

## 제5절 전자파흡수율 측정기준 개정(안)

### 1. 개정(안) 주요 내용

#### 가. 현황 및 문제점

국내의 SAR 지정시험기관이나 제조업체에서는 SAR 측정용 시스템을 이용하여 휴대전화 등에서 나오는 전자파가 국가에서 규정한 전자파흡수율(SAR) 기준을 만족하는지를 시험하고 있다. SAR 지정시험기관 등에서 이용하는 SAR 측정용 시스템은 신뢰성 있는 SAR 시험결과를 확보할 수 있도록 일정한 주기로 정기적으로 교정되어야 한다. 따라서 국내의 모든 SAR 지정

시험기관이나 제조업체 등에서는 SAR 측정용 시스템의 구성품(프로브, DAE, 다이폴 안테나 등)을 1~2년 주기로 정기적으로 교정하고 있다. 그러나 SAR 측정용 프로브의 경우, 현재 SAR 측정용 시스템 제조업체에서만 교정을 할 수 있어 외국산 SAR 측정시스템을 보유하고 있는 국내 지정시험기관이나 제조업체 등은 1~2년 마다 SAR 측정용 프로브를 외국에 위치하는 제조업체에 의뢰하여 교정해야 하므로 SAR 측정용 프로브 교정에 지나치게 많은 시간과 비용이 소요된다. 따라서 국내 지정시험기관 등에서는 SAR 측정용 프로브 교정에 관한 제도적, 기술적 지원을 요청하고 있다.

한편 현행 “전자파흡수율 측정기준(전파연구소 고시)”은 국제전기기술위원회(IEC)에서 규정한 IEC 표준 62209-1를 준용하여 제정하였으며 여기에서 정한 SAR 시험방법 만을 이용하도록 규정하고 있다. 그러나 실제로 전자파 인체보호기준이나 SAR 측정방법 등에 관한 표준화는 IEC 외에도 IEEE, ITU 등 다양한 국제기구에서 진행되고 있다. 모든 무선기기를 대상으로 SAR 시험방법을 국가에서 완벽하게 규정한다는 것은 현실적으로 불가능하며, 한편 다양한 표준화 기관에서 다양한 측정방법 등을 개발하고 있다는 점을 고려할 때 국제적으로 유효성이 검증된 시험방법에 따라 수행된 SAR 시험결과를 허용할 수 있도록 관련 제도를 개선하는 것이 필요하다.

한편, 현행 고시에서는 용어 정의 등이 불충분하거나 동일한 의미의 용어를 혼용하여 다르게 표기하는 등으로 인해 혼란이 발생한다. 따라서 현행 고시의 일관성이 유지되도록 일부 문구나 용어 등에 대한 수정이 필요하다.

## 나. 개정 방향

이번 고시 개정안에서는 객관적이고 신뢰성 있는 SAR 측정용 프로브의 교정절차를 마련하는 것을 가장 큰 목표로 하고 있다. 그러나 이것 외에도 이번 고시 개정안에서는 국내·외 표준에서 규정하는 측정방법의 이용, 그리고 기타 잘못된 용어 정의나 용어 혼용 표기, 오타 등을 수정하였다.

이번 고시 개정안의 주요내용은 크게 3 부분으로 구분할 수 있으며 각 부분별로 다음과 같은 방향으로 개정안을 마련하였다.

- o SAR 측정 시스템 제조사에 의존하는 현행 교정방식에서 벗어나, 객관적이고 품질이 보장되는 SAR 측정용 프로브 교정절차를 제정하여 고시에 반영

- o 국내·외 표준화 기구에서 제시한 유효성이 검증된 SAR 시험방법 등을 이용할 수 있도록 관련 규정을 개정
- o 현행 고시에서 문구나 내용 등이 일관성이 유지되도록 용어 정의, 용어 혼용 표기, 오타 등을 수정

## 다. 추진 경과

SAR 측정용 프로브의 교정 절차를 포함하여 “전자파흡수율 측정기준” 개정(안)은 전파연구소, 국내 SAR 지정시험기관, 프로브 제조업체 및 관련 대학 등 관련 분야 담당자 및 전문가 등이 참여하여 고시 개정 초안을 마련하였다. 이렇게 마련된 개정 초안은 2010년 10월 28일 EMF인체노출표준위원회를 통해 다시 한 번 세부 검토되었으며 그 결과를 반영하여 개정안을 수정한 후 전파연구소 홈페이지를 통해 관계기관 및 대국민 의견수렴(2010.10.29~11.17)을 실시하였다. 의견수렴 기간 동안 한국정보통신시험기관 협회로부터 단순한 내용의 문구 수정을 제안하는 1건의 의견이 제출되었으며 이를 반영하여 “전자파흡수율 측정기준” 개정 최종안을 마련하였다. 본 “전자파흡수율 측정기준” 개정안은 2010년 11월말 경 기술기준 심의회 심의를 거친 후 2010년 12월 29일자로 개정 고시되었다.

## 라. 개정(안) 주요 내용

“전자파흡수율 측정기준(RRA 고시)” 개정(안)에서 포함하는 주요 변경 내용은 다음과 같다.

### ① 고시제목을 “전자파흡수율 측정기준 및 측정방법”으로 수정

- o 전파법시행령 개정으로 전파연구소 위임사항(령 제123조)이 변경됨에 따라 이를 반영하여 관련고시 제목을 수정

### ② SAR 측정용 프로브 교정절차 신설 (부록 B 참조)

- o SAR 프로브의 다이오드 압축점, 민감도, 변환인자, 선형성, 등방성, 경계효과, 반응시간에 대한 측정절차를 상세히 규정

③ 유효성이 검증된 SAR 시험방법 허용(고시(안) 제3조제2항 신설)

- o 제3조(세부시험방법) ①전자파흡수율 측정을 위한 세부시험방법은 별표1의 휴대용 무선기기의 전자파흡수율 측정절차를 적용한다.
- ②기기 형태의 차이 등으로 인해 제1항에서 규정하는 시험방법을 적용하는 것이 어려울 경우 한국정보통신 국가표준이나 한국정보통신기술협회 단체표준, 국제전기기술위원회(IEC), 국제전기전자기술자협회(IEEE) 등에서 규정한 시험방법을 대체하여 적용할 수 있다.(추가)

④ 프로브 선형성 범위 및 등방성 기준 변경 (고시(안) 5.3절 참조)

- o 프로브 선형성 범위를 “0.01 W/kg~100 W/kg”을 “0.02 W/kg~100 W/kg” 으로 수정  
(∵ 프로브 검출 제한치와 선형 오차 범위간 모순을 제거하고 국내 제조사 의견 반영)
- o 프로브의 축 등방성 및 구 등방성에 기준치를  $\pm 0.5$  dB 이내로 신설 규정  
(∵ 미국 FCC, 일본 규정 및 국내외 제조사 규격 등을 참조하여 규정 신설)

⑤ 용어 정의 수정

- o “응답 시간”에 대한 의미를 보다 명확히 하기 위해 IEEE 1528 내용 일부를 추가하여 용어 정의를 수정 (고시(안) 별표1 3.34절, 3.36절 참조)  
√ 3.34 응답 시간 : 입력 신호 변화 후 측정기기가 최종값의 90%까지 도달하는데 걸리는 시간을 말한다. SAR값 측정시, 프로브는 각 측정 지점에서 최소한 응답 시간의 2배 이상 시간동안 정지된 상태로 계측하여야 한다.(추가)
- o “민감도”에 대한 의미를 명확히 하기 위해 용어 정의를 수정  
√ 3.36 (측정 시스템의) 민감도 : 측정량측정대상 물리량의 크기(예, 전장 세기의 제공)에 대한 시스템 응답 크기(예, 전압)의 비를 말한다.

⑥ 용어 통일

- o 영어 원문 “response time”을 “응답 시간”으로 통일  
: 현행 고시에서는 response time을 “응답 시간” 또는 “반응 시간”으로 혼용하여 표기
- o 영어 원문 “sensitivity”를 “민감도”로 통일  
: 현행 고시에서는 sensitivity를 “감도” 또는 “민감도”로 혼용하여 표기
- o 영어 원문 “penetration depth”와 “skin depth”를 “침투 깊이”로 통일



- : 현행 고시에서는 “penetration depth”와 “skin depth”를 동일한 것으로 규정  
(고시(안) 별표 3.27절, 3.37절 참조)하면서도 “penetration depth”는 “침투 깊이”로 “skin depth”는 “표피 깊이” 또는 “표면 깊이”로 혼용하여 표기
- o 영어 원문 “rectangular”를 “직사각형”으로 통일  
: 현행 고시에서는 “rectangular”와 “spherical”을 모두 “구형”으로 표기하여 혼란 발생
- o 영어 원문 “spherical isotropy”를 “구 등방성”으로 통일  
: 현행 고시에서는 “spherical isotropy”를 “구 등방성” 또는 “구형 등방성”으로 혼용하여 표기

## ⑦ 문구/용어 수정 등

- o “열용량”을 “비열용량”으로 수정  
(∵ EMF 용어사전에서 “Specific heat capacity”를 “비열용량”으로 정의)
- o “조직유사액체”를 “생체조직 등가용액”로 수정  
(∵ EMF 용어사전에서 “tissue-equivalent liquid”를 “생체조직 등가용액”으로 정의)
- o 자기장 관련 수식 수정(3.19) :  $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu} - \vec{M} \rightarrow \vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}$  수정
- o 투자율 관련 용어 설명 수정(3.21)  
 $\sqrt{\vec{B} = \mu \vec{H}}$   $\mu$  는 진공매질에서의 자기 상수(투자율)[H/m]
- o 직사각형 도파관에서 TE<sub>10</sub>모드 관련 문구 수정 (3.37 침투 깊이)  
 $\sqrt{\text{최대 단면적 크기 } a \text{ 안 횡단면의 긴 변 길이가 } a \text{ 인 구형직사각형}}$   
도파관에서의 TE<sub>10</sub>모드 전파의 경우:  $k_c^2 = \left(\frac{\pi}{a}\right)^2$
- o 비열용량 관련 단위 수정 (고시(안)별표1 3.38절) : [J/kg] → [J/(kg·K)]

## 제6절 결 론

이번 “전자파흡수율 측정기준(전파연구소고시)” 개정안에서는 SAR 측정용 프로브 교정방법을 마련하였으며 국제적으로 유효성이 검증된 SAR 시험방법을 이용할 수 있도록 관련 규정을 개정하였다.

지금까지 외국산 SAR 측정장비를 이용하는 국내 SAR 지정시험기관이나 제조업체에서는 SAR 측정장비 제조업체에 1~2년 주기로 프로브 교정을 의뢰하기 위하여 지나치게 많은 시간과 비용이 소요되었다. 그러나 SAR 측정

용 프로브 교정방법을 마련하여 이를 “전자파흡수율 측정기준” 반영함으로써 국내 지정시험기관이나 산업체 등에 SAR 측정용 프로브 교정으로 발생하는 시간적, 경제적 손실이 다소 완화되기를 기대한다.

이번 고시 개정안에서는 국내·외 표준, 미국 및 일본의 기준, 그리고 SAR 프로브 제조업체 등의 의견을 반영하여 SAR 측정용 프로브의 선형성 확인 범위를 수정하였으며 프로브의 등방성에 대한 기준을 신설하였다. 이러한 SAR 측정용 프로브의 기준을 개선함으로써 외국 기준들과 보다 조화롭게 되어 국제적 수준으로 개선되는 효과를 낳기를 기대한다.

한편 “전자파흡수율 측정기준(전파연구소고시)” 개정안에서는 고시에서 규정한 SAR 시험방법 외에도 IEC나 IEEE, 국내 표준 등에서 규정하는 시험방법을 이용할 수 있도록 관련 규정을 개정하였다. 이는 국가에서 모든 무선기기를 대상으로 SAR 시험방법을 모두 규정하는 것은 현실적으로 불가능할 뿐 아니라 다양한 표준화 기관에서 다양한 측정방법 등을 개발하고 있다는 점을 고려하여 국제적으로 유효성이 검증된 시험방법에 따라 수행된 SAR 시험결과를 허용할 수 있도록 관련 제도를 개선한 것이다.

한편 현행 고시에서는 용어 정의 등이 불충분하거나 동일한 의미의 용어를 혼용하여 다르게 표기하는 등 다소 일관성이 부족하였다. 이번 고시 개정안에서는 고시의 일관성이 유지되도록 일부 문구나 용어 등을 수정하였다.

본 고시 개정으로 인하여 SAR 시험에 종사하는 국내 지정시험기관이나 산업체 등에 다소나마 도움이 되기를 바란다.

## 제5장 휴대전화 전자파가 보청기에 미치는 영향 연구

최근, 무선통신기술의 급격한 발전으로 인하여 우리생활 전반에 걸쳐서 휴대전화를 비롯한 Wibro, 무선랜, 블루투스 등의 사용이 보편화되면서 현대인은 편리한 생활을 영위함과 동시에 이러한 통신기기가 없을 경우 상당한 불편을 느끼게 되었다. 그러나 무선통신기술은 전자파를 이용하기 때문에 이에 따른 인체영향 문제가 또 다른 이슈가 되었고 세계 각 국에서는 상당한 기간, 대규모의 연구비를 투입하여 이 문제를 해결하기 위하여 노력하고 있다.

그런데 이들 무선통신기기에서 방출되는 전자파가 전혀 다른 측면에서 문제가 되고 있는데 그것은 보청기 착용자들이 휴대전화를 사용할 경우, 보청기에 간섭을 발생시킬 수도 있다는 것이다. 미국의 경우, 전체 인구의 약 10%, 전 세계적으로 약 5억명 가량이 보청기 사용이 필요한 것으로 추정되며, 우리나라에서도 난청인구가 약 50~100만 명에 이르고 있고, 그 수도 점차 증가하고 있다.

이에 따라 미국에서는 시장에 출시되는 휴대전화 중, 일부는 보청기에 미치는 영향 여부를 시험하여 합격된 제품만 출시하도록 허용하고 있다. 이는 소수의 사용자 또는 장애인에 대한 권익 보호 측면에서 필요한 조치이며, 그 타당성을 적극 검토하여 필요하다면 우리나라도 이 제도를 도입해야 할 필요성이 있다. 그러나 제도 도입 이전에 전자파로 인한 보청기의 영향을 정량적으로 평가할 수 있는 합리적인 표준이 필요하다.

따라서 지난해에는 미국에서 제정하여 시행하고 있는 HAC 기술기준의 전자파방사(전기장/자기장 강도) 부분을 검토 및 검증하였으며, 올해는 음성신호(T-coil)의 기술기준을 검증하였다. 이를 검증하기 위하여 상용 휴대전화(16대)의 전자파방사(전기장/자기장 강도) 측정, 미주향 휴대전화(4대)의 음성신호 측정 및 그 결과를 분석하였다. 그리고 손의 의한 HAC 영향을 분석하기 위하여 한국형 표준 손 팬텀을 제작하였으며, '09년에 제작한 표준(시험용) 휴대전화와 상용 휴대전화에 대하여 제작된 손 팬텀과 실제 손을 사용하여 HAC 측정 및 전자기장 수치해석 등 전자파 영향 분석을 하였다. 이번 연구에서도 국내 HAC<sup>11)</sup> 기술기준 도입 검토를 위한 본 연구를 수행하기 전, HAC 규제 기준의 타당성을 검증하고자 하였다.

11) HAC(Hearing Aid Compatibility) : 휴대전화 전자파가 보청기에 미치는 영향

## 제1절 HAC의 국외(미국) 기술기준

### 1. 미국의 HAC 기술기준

HAC 규격은 기존의 유선전화기 시절부터 음성신호(T-coil)에 대한 규격이 존재해 왔다. 이는 유선전화기와 보청기의 Tele-coil과의 호환성 여부에 대하여 확인하는 것이었다. 최근 유선전화기에서 무선전화기로 전환됨에 따라 무선전화기와의 호환성 문제에 대한 확인이 필요하게 되었다. 그래서 기존의 T-coil 시험의 무선전화기의 사용주파수 대역의 장(Field) 성분에 대한 조사를 시작하게 되었으며, 이러한 부분들을 모두 고려하여 2001년에 최초의 규격이 수립되었으며 현재 ANSI C63.19-2007 버전까지 개정이 된 상태이다. 그리고 2011년에도 관련 규정이 또다시 개정될 예정으로 있다. HAC 규격에 대하여 살펴보면, 시험(Test) 범위는 WD12와 HA13에 대하여 모두 시험해야 한다. WD인 경우는 전자파(RF)방사(emission) 시험과 음성신호 시험을 해야 하며, HA는 전자파 내성(Susceptibility) 시험만 하면 된다(그림 5-1). 적용 주파수로는 800 ~ 3000 MHz 대역이며, 향후에는 귀 근처에 사용되는 4G, WiFi 등 다양한 단말기에 대해서도 확대 적용될 것으로 예상된다.

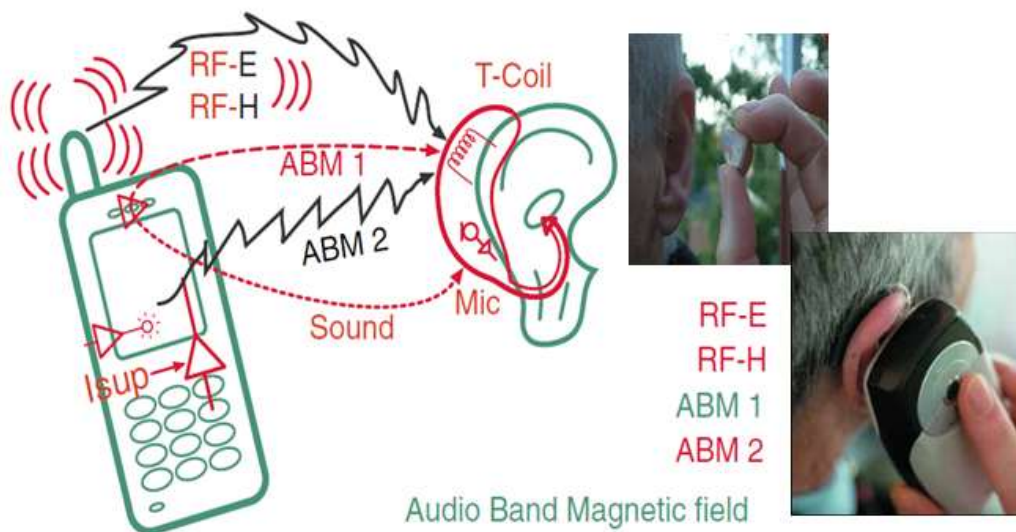


그림 5-1. WD와 HA의 시험 적용 범위

12) WD(Wireless Communications Device) : 무선통신장비

13) HA(Hearing Aid) : 보청기

### < HAC 관련 규격 시행령 >

- FCC 47 CFR Part 68 : 초창기 유선전화기에 대한 T-coil 적합성에 대한 규격
- FCC 47 CFR 20.19 : 무선통신 사업자와 제조사에 보청기 적합성에 대한 규격 적용 명기
- FCC 47 USC 610 : HAC 관련 시행령

HAC 규격은 궁극적으로 보청기와 WD와의 호환성을 알기 위한 것으로서 보청기와 WD간의 등급을 부여하고 관련 종사자나 보청기 사용자에게 정보를 제공하는 것을 목적으로 하고 있다. 그림 5-2는 휴대전화의 전자파방사 및 보청기의 내성에 대한 규제 기준을 나타낸다. 여기서, HAC 규제 기준은 휴대전화에서 발생하는 전자기장(E/H)의 RF 성분과 T-coil과의 상호 연관성 및 HA의 내성 부분으로 크게 2가지로 구분되며, HA와 WD의 각 등급별 표시 및 의미를 표현하고 있다. HA의 경우, M1~M4의 네 등급(rating)으로 분류하고 있다. 그 의미는 HA가 외부 전자기장에 민감한 정도를 나타내며, 등급이 높을수록 덜 민감함을 나타낸다. 외부 전자기장에 덜 민감할수록 HA는 잡음 없이 좋은 성능을 나타낸다. WD의 경우, 크게 M 등급과 T 등급 두 가지로 구분하고 있으며, 두 등급 모두 각각 4개의 등급으로 나누어 성능을 표시한다. 먼저, M 등급은 휴대전화의 Ear point 부근에서 발생하는 전자기장의 세기를 등급으로 나누어 구분한다. 등급이 높을수록 휴대전화에서 발생하는 전자기장의 세기가 적으며, 이는 WD가 HA에 미칠 수 있는 영향이 상대적으로 적다는 것을 의미한다. T 등급의 경우, 가청 주파수대역에서의 자기장의 세기를 구분한 것으로, 본 자기장은 휴대전화에서 전달하는 음성신호를 HA에 전달하는 역할을 한다. 자기장의 세기가 높을수록 HA에 보다 좋은 품질의 음성신호를 전달한다. T 등급은 이러한 자기장의 세기를 구분하며, 세기가 높을수록 높은 등급을 갖는다. 종합적으로 판단했을 때 M 등급과 T 등급 모두 높은 등급의 이동통신기기가 보청기 사용자에게 유리한 기기이다. 표 5-1은 시스템 성능 분류표로서 일반인들이 등급만 보고 성능을 판단하기가 어렵기 때문에 HA와 WD와의 등급에 대하여 좋은 제품인지 아닌지를 판단하고 선택할 수 있는 지표이다. 이는 보청기의 내성 등급과 휴대전화의 전자파방사 등급을 더하면 얻을 수 있다. 그 합이 '4'이면 휴대전화와 보청기의 조합을 사용할 수 있음을 의미하고 합이 '5'이면 휴대전화와 보청기는 일반적인 성능을 제공하고 있음을 의미한다.

그리고 합이 '6' 이상이면 휴대전화와 보청기는 뛰어난 성능을 보임을 의미하고 합이 4미만이면 보청기 사용자가 사용할 수 없는 수준임을 나타낸다.

HAC Classes			
HA		WD	
Susceptibility E Susceptibility H		Emission E Emission H (T-Level x,y,z) (T-Freq Res) Signal / Noise	
robust	M4	M4 (low rad.)	T4 (low noise/disturbance)
	M3	M3	T3
	M2	M2	T2
sensitive	M1	M1 (high rad.)	T1 (high noise/disturbance)

그림 5-2. 휴대전화의 전자파방사 및 보청기의 내성에 대한 규제 기준

표 5-1. 시스템 성능 분류표

시스템 분류	명료도 지수 (AI : Articulation Index)	보청기의 카테고리 + 전화 카테고리 =카테고리 합
사용 가능	0.3	보청기 카테고리 + 전화 카테고리 = 4
정상 사용	0.5	보청기 카테고리 + 전화 카테고리 = 5
뛰어난 성능	0.7	보청기 카테고리 + 전화 카테고리 = $\geq 6$

표 5-2는 HAC 규격 중 전자파방사에 대한 규제 기준을 보여주고 있다. 이 표는 현재 2007년 버전(Version)의 전자파방사 부분의 기준치이다. 이 기준은 크게 저주파수와 고주파수 대역으로 나누어져 있으며, 전기장 및 자기장으로 구분된다. 여기서, AWF(Articulation weighting factor)는 하나의 가중치로서 측정에 사용되지 않고 마지막 평가 과정에만 적용되는 파라미터(Parameter)이다. 예를 들면, GSM 프로토콜(Protocol)과 같이 변조 주파수(Modulation frequency)가 217 Hz인 프로토콜은 측정결과에 5 dB 만큼의 가중치를 부과(CDMA, TDMA, UMTS의 AWF는 0이다.)한다는 것을 의미이다. 이로 인해 GSM의 경우 규격 수치상으로는 좀 더 엄격해 진다고 볼 수 있다. 이는 변조 주파수 자체가 음성 대역 주파수 범위에 가까운 관계로 보청기 관련 부품에 보다 많은 영향을 줄 수 있다는 뜻이다. 그리고 주파수

대역을 구분하는 기준이 960 MHz인 것은 IEC 60118-13(2004)<sup>14)</sup>에서의 시험 연구에서 보청기 자체가 가지고 있는 내성이 960 MHz 이하의 주파수 대역에서는 내성이 강하여 WD의 전자파방사 부분은 좀 더 높은 기준값을 허용하고 있으나, 960 MHz 이상의 주파수 대역에서는 내성이 약하여 더 낮은 전자파 방사 기준을 적용하고 있다. 이는 시험 결과를 바탕으로 기준을 정한 것이다.

그림 5-3은 HAC 측정시 프로브와 휴대전화와의 이격거리와 측정결과를 보여주고 있다. 그림 5-3(a)에서 보는 것과 같이 HAC 측정은 휴대전화의 귀 기준점 또는 수신점(Ear point or Receiver point)을 중심으로 5 x 5 (cm) 범위를 평면적으로 스캔(Scan)하여 측정한다. 전자파방사 측정시 측정 대상기기(DUT<sup>15)</sup>)와 측정 프로브(Sensor)간의 이격거리는 규격 변경(Revision)에 따라 변화를 거듭해 왔는데, 2007년도 버전(version)의 경우 1.5 cm로 규정하고 있으며(그림 5-3(b)). T-coil은 1 cm로 규정하고 있다(그림 5-3(c)). HAC 측정값의 결정은 5 x 5 cm 측정범위에서 총 9개의 세부 그리드(Sub-grid)로 나누어서 측정한 후 최종 레포터(Report) 단계에서 최대 수치를 가지는 각 그리드들 중에서 가장 높은 값들을 가지는 3개의 값을 제외하고 나머지 그리드 중 가장 높은 값을 최종 결과값으로 결정한다.

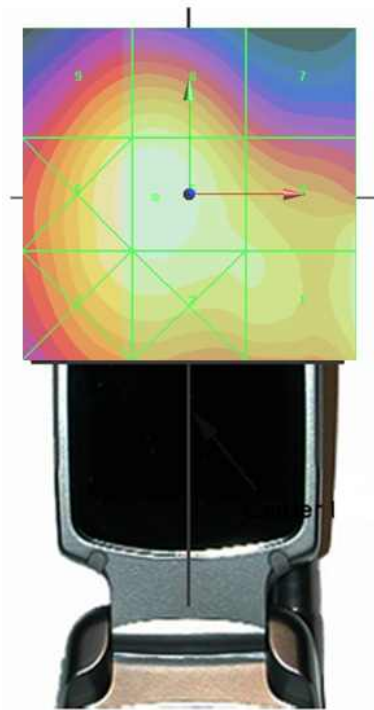
표 5-2. 전자파방사(Emission)에 대한 규제 기준

Category	Telephone RF Parameters < 960MHz					Telephone RF Parameters >960MHz				
Near Field	AWF	E-Field Emissions		H-Field Emissions		AWF	E-Field Emissions		H-Field emissions	
Category M1	0	631.0 to 1122.0	V/m	1.91 to 3.39	A/m	0	199.5 to 354.8	V/m	0.60 to 1.07	A/m
	-5	473.2 to 841.4	V/m	1.43 to 2.54	A/m	-5	149.6 to 266.1	V/m	0.45 to 0.80	A/m
Category M2	0	354.8 to 631.0	V/m	1.07 to 1.91	A/m	0	112.2 to 199.5	V/m	0.34 to 0.60	A/m
	-5	266.1 to 473.2	V/m	0.80 to 1.43	A/m	-5	84.1 to 149.6	V/m	0.25 to 0.45	A/m
Category M3	0	199.5 to 354.8	V/m	0.60 to 1.07	A/m	0	63.1 to 112.2	V/m	0.19 to 0.34	A/m
	-5	149.6 to 266.1	V/m	0.45 to 0.80	A/m	-5	47.3 to 84.1	V/m	0.14 to 0.25	A/m
Category M4	0	< 199.5	V/m	< 0.60	A/m	0	< 63.1	V/m	< 0.19	A/m
	-5	< 149.6	V/m	< 0.45	A/m	-5	< 47.3	V/m	< 0.14	A/m

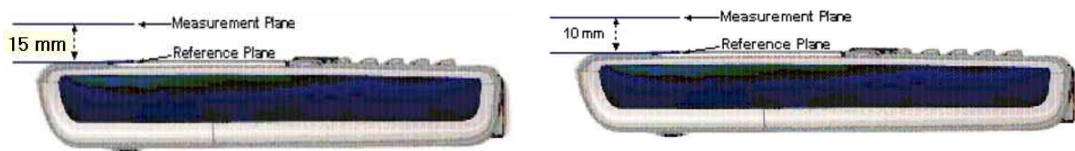
14) IEC 60118-13 : Electroacoustics - Hearing aids - Part 13: Electromagnetic compatibility(EMC)

15) DUT(Device under Test) : 측정대상기기





(a) HAC 측정결과



(b) 전자파방사 측정시 이격거리 (c) T-coil 측정시 이격거리

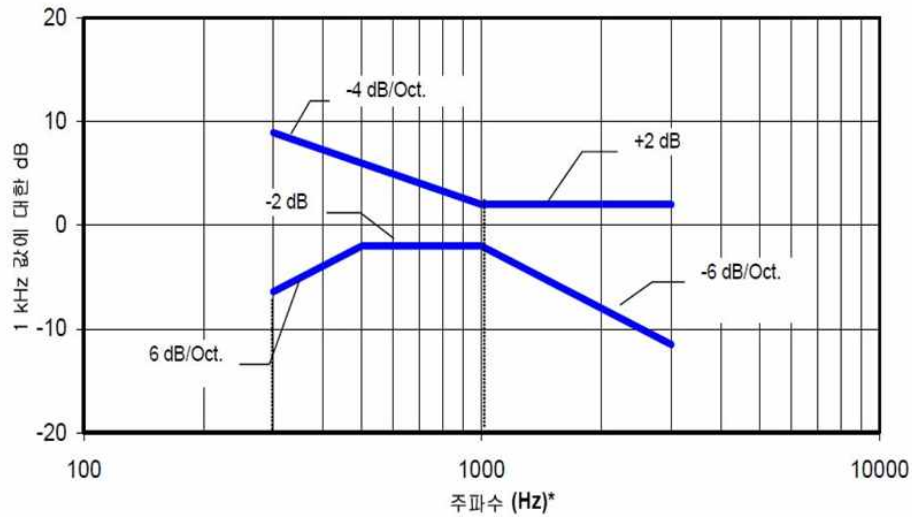
그림 5-3. HAC 측정결과와 측정 이격거리

휴대전화의 음성신호 규제는 세 가지의 양을 측정하여 평가한다. 첫째는 가청 대역(audio band) 중심에서 목표 신호의 전자기장 강도이고, 둘째는 가청 대역 양단에서 측정한 목표 신호의 주파수응답이며, 셋째는 목표 자기장 레벨과 불요 자기장 레벨의 차로 정의되는 신호 품질이다. 표 5-3은 휴대전화의 음성신호에 대한 신호 품질 카테고리를 보여주고 있다. 그림 5-4는 음성신호 1 kHz에서 자기장이 -15 dB(A/m) 이하인 휴대전화에 대한 자기장의 주파수응답 규제 기준이며, 그림 5-5는 음성신호 1 kHz에서 자기장이 -15 dB(A/m)를 초과하는 휴대전화에 대한 자기장의 주파수응답 규제 기준이다. 그리고 주파수 응답은 300 ~ 3000 Hz이다.



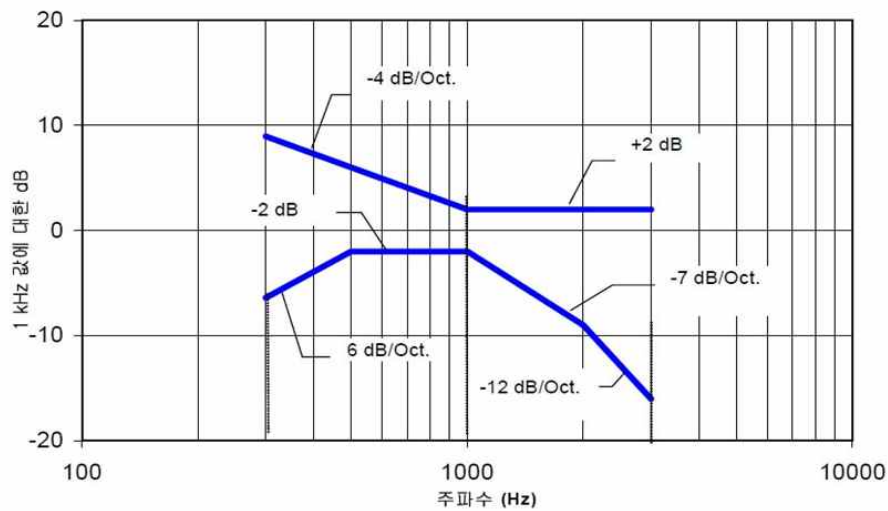
표 5-3. 음성신호에 대한 신호 품질 카테고리

카테고리	전화 파라미터 WD 신호 품질 [(신호+잡음) 대 잡음 비(dB)]
카테고리 T1	0 dB ~ 10 dB
카테고리 T2	10 dB ~ 20 dB
카테고리 T3	20 dB ~ 30 dB
카테고리 T4	>30 dB



주 - 주파수 응답은 300 Hz ~ 3,000 Hz이다.

그림 5-4. 음성신호 1 kHz에서 자기장이 -15 dB(A/m) 이하인 휴대전화에 대한 자기장의 주파수응답 규제 기준



주 - 주파수 응답은 300 Hz ~ 3,000 Hz이다.

그림 5-5. 음성신호 1 kHz에서 자기장이 -15 dB(A/m)를 초과하는 휴대전화에 대한 자기장의 주파수응답 규제 기준

## 제2절 HAC 측정 및 시뮬레이션 방법론

이번 절에서는 HAC 측정방법과 전자기장 수치해석적 기법을 이용하는 시뮬레이션(Simulation) 방법에 대하여 설명하고자 한다. 먼저 측정조건, 측정절차 등 전자파방사 및 음성신호 부분의 HAC 측정방법과 측정장비에 대하여 소개한후 HAC 시뮬레이션 방법에 대하여 소개한다. HAC 측정방법은 크게 전자파방사와 음성신호(T-coil) 측정으로 나누어지는데, 금년에는 전자파방사 부분뿐만 아니라 음성신호 부분까지 측정하였는데 여기서는 이에 대해서 설명한다.

### 1. HAC 측정 관련 전반적인 사항

HAC 측정대상은 800 ~ 950 MHz 대역 및 1.6 ~ 2.5 GHz 대역에 사용되는 휴대 단말기이며, 이 기기들에 대하여 HAC 기준값을 만족하는지를 측정하여 비교한다. 측정장비는 크게 전자기장(E/H Field) 측정기와 간이 기지국 시뮬레이터, 주파수 분석기, 차폐(Shield) 룸으로 구성되며, 측정환경은 온도 18 ~ 28℃, 습도 0% ~ 80%이내이어야 한다. 측정은 사용 형태 중 가장 최악의 조건(Worst case)에서 전자파방사(전기장/자기장 강도) 및 음성신호에 대하여 측정을 실시하며, 850, 1900 MHz 대역의 저, 중, 고 채널(주파수 대역)에 대해서 측정한다.

### 2. HAC 측정을 위한 시스템 구성

측정장비의 구성은 크게 5개 부분으로 나눌 수 있는데, 이는 전기장 및 자기장 프로브, T-coil 프로브, HAC 팬텀, 피시험기기 지지대, 로봇 및 로봇 제어기, 제어용 컴퓨터 등으로 이루어져 있다. 그림 5-6은 HAC 측정 시스템의 구성도를 보여주고 있다.

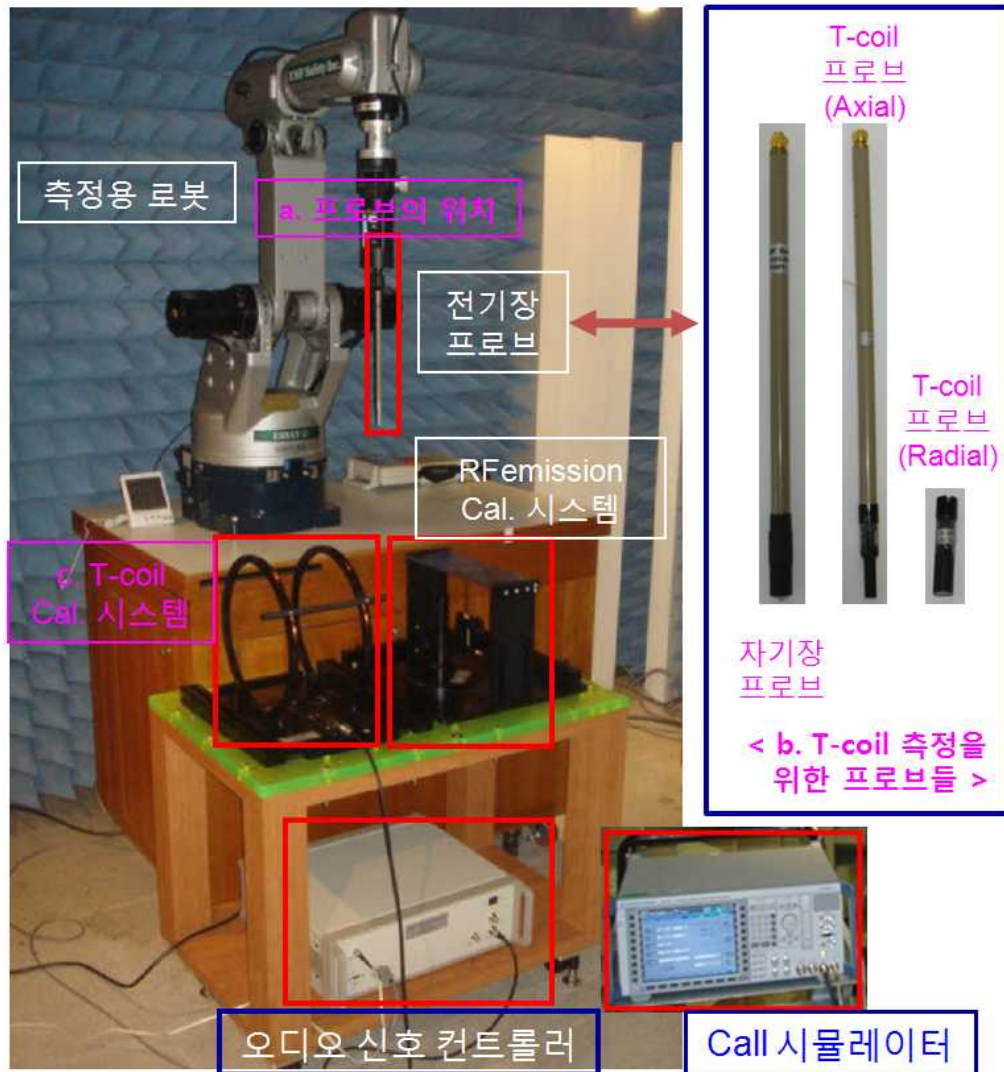
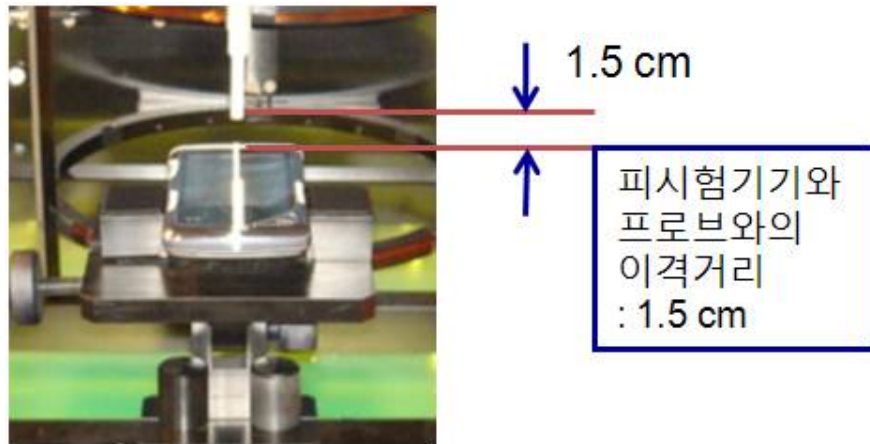


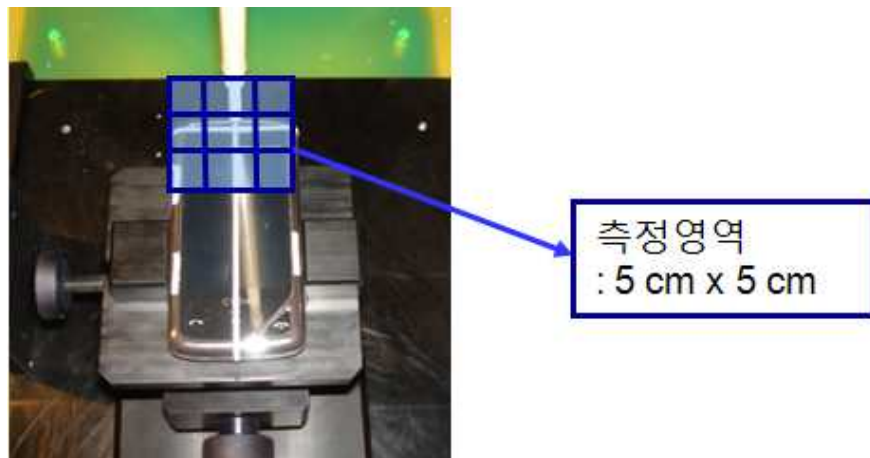
그림 5-6. HAC 측정시스템의 구성도

### 3. HAC 측정절차

전자파방사 측정조건을 살펴보면, 먼저 피시험기와 측정 프로브를 1.5 cm 이격하여 시험하여야 하고, HAC 팬텀을 사용하여 팬텀의 기준점과 피시험기의 기준점을 정확하게 일치하도록 거치하여야 한다(그림 5-7(a)). 그리고 그림 5-7(b)에서 보는 바와 같이 5 × 5 cm의 측정 영역 범위 내에서 측정을 실시한다.



(a) 피시험기기와 측정 프로브와의 이격거리



(b) 피시험기기의 HAC 측정영역

그림 5-7. 피시험기기와 측정 프로브와의 이격거리와 전자파방사의 측정영역

그림 5-8은 전자파방사 측정절차에 대한 다이어그램이다. 먼저, 그림 5-7과 같이 시스템을 구성하고, 피시험기기를 HAC 팬텀에 거치한다. 피시험기기를 중간주파수로 설정하고, 안테나를 넣은 상태/빼 상태를 설정한 다음 최악의 조건에서 전기장 또는 자기장을 측정한다. 그리고 나머지 주파수(저/고주파수)에 대해서도 동일하게 측정한다. 이 때 측정된 값들 중에서 최대값을 HAC 측정값으로 결정한다. 만약에 블루투스(Bluetooth)나 와이파이 모드가 있을 경우 최악의 조건에서 한번 더 On/OFF에 대하여 시험하고 그 값들 중에서 최대값을 결정하고 전자파방사의 등급(Category)을 결정하게 된다.

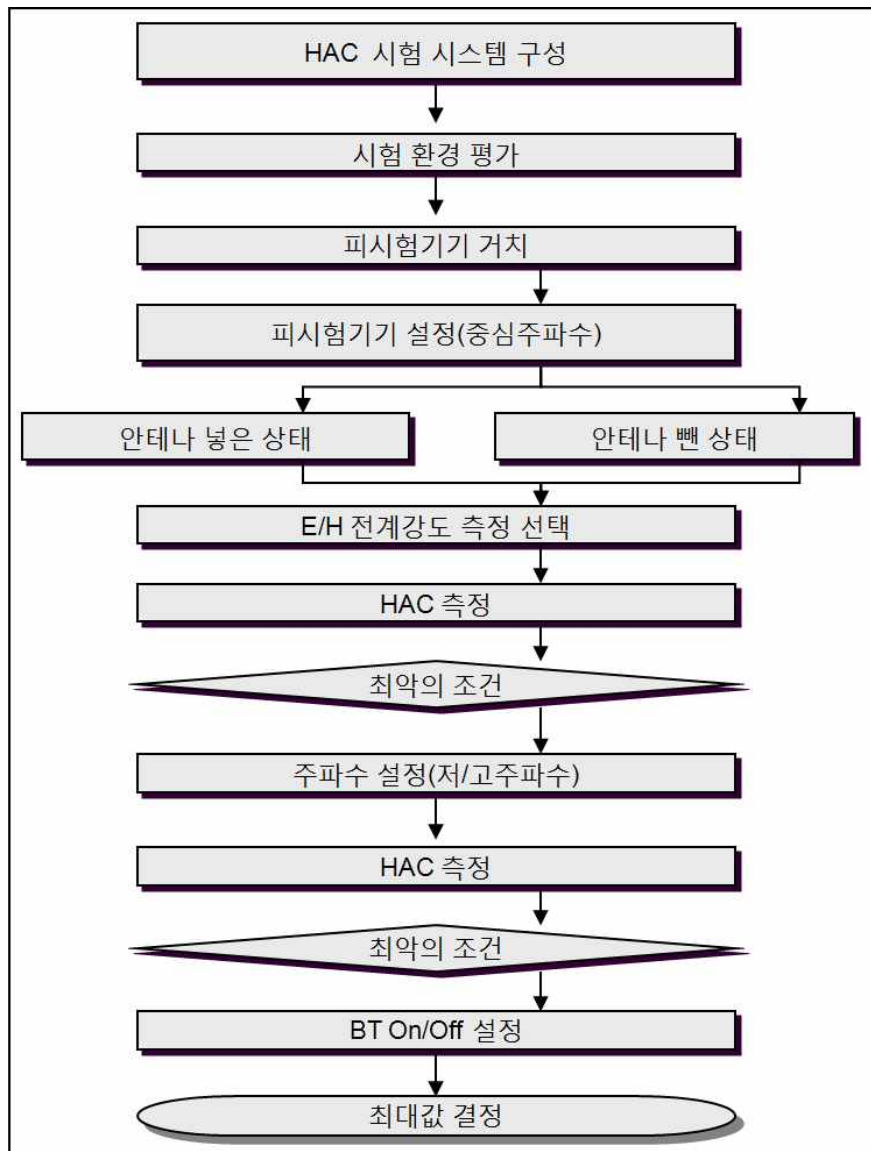
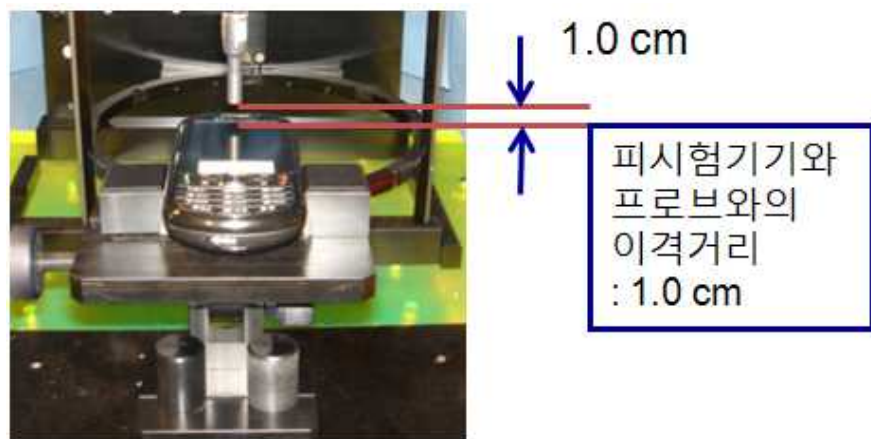


그림 5-8. 전자파방사 측정절차 다이어그램

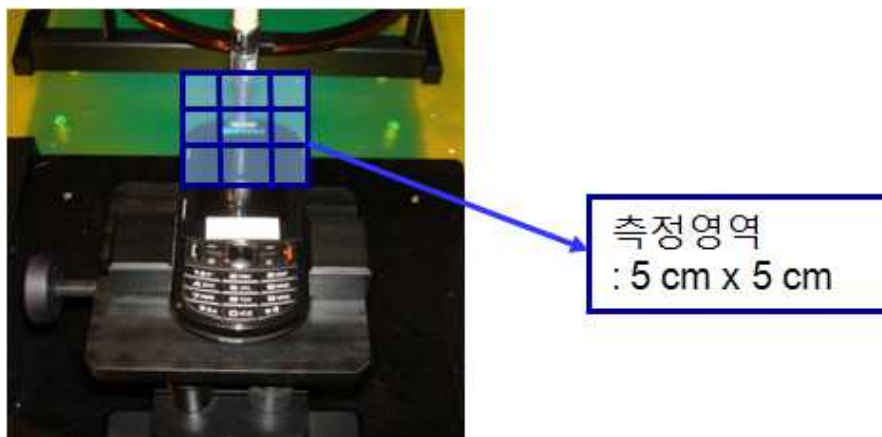
음성신호 측정조건을 살펴보면, 먼저 피시험기기와 측정 프로브를 1 cm로 이격하여 시험하여야 하며, HAC 팬텀을 사용하여 팬텀의 기준점과 피시험기기의 기준점을 정확하게 일치되도록 거치한다.(그림 5-9(a)). 그리고 그림 5-9(b)에서 보는 바와 같이  $5 \times 5$  cm의 측정 영역 범위 내에서 측정을 실시한다.

휴대전화의 수신 음향 신호를 거는 방법은 크게 두 가지가 있다. 첫 번째 방법은 기지국 시뮬레이터를 이용하여 입력하는 방법으로서 시뮬레이터는 휴대전화가 호출 상태에 있는 동안 휴대전화로 신호를 전송한다(그림

5-10). 다른 한 가지 방법은 휴대전화 제조자가 제공하는 시험 모드(가용한 경우)를 사용하는 방법이 있다(그림 5-11). 그리고 주변 및 시험 시스템 잡음은 자기장 레벨과 RF 주변 레벨 등 의도한 측정에 심각하게 영향을 주지 않을 정도로 낮아야 한다. 이러한 레벨을 얻으려면 자기장과 RF를 차폐해야 한다. 경우에 따라 의도한 측정을 정확히 수행하기 위해 RF가 완전히 차폐된 챔버가 필요하다.



(a) 피시험기기와 측정 프로브와의 이격거리



(b) 피시험기기의 HAC 측정영역

그림 5-9. 피시험기기와 측정 프로브와의 이격거리와 음성신호 측정영역



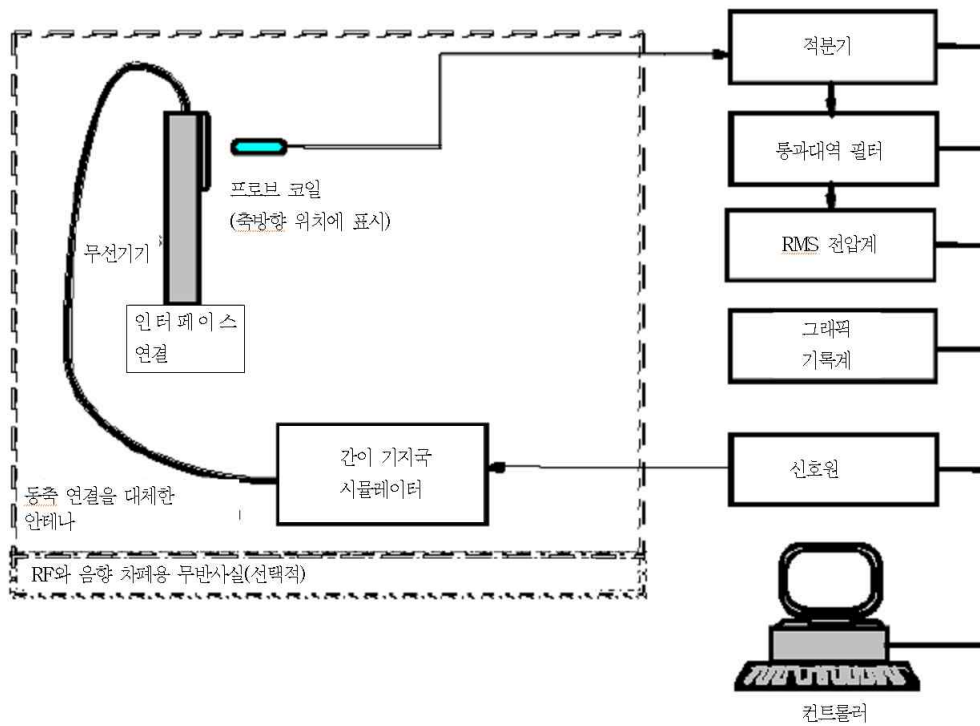


그림 5-10. 기지국 시뮬레이터로 콜 거는 방법

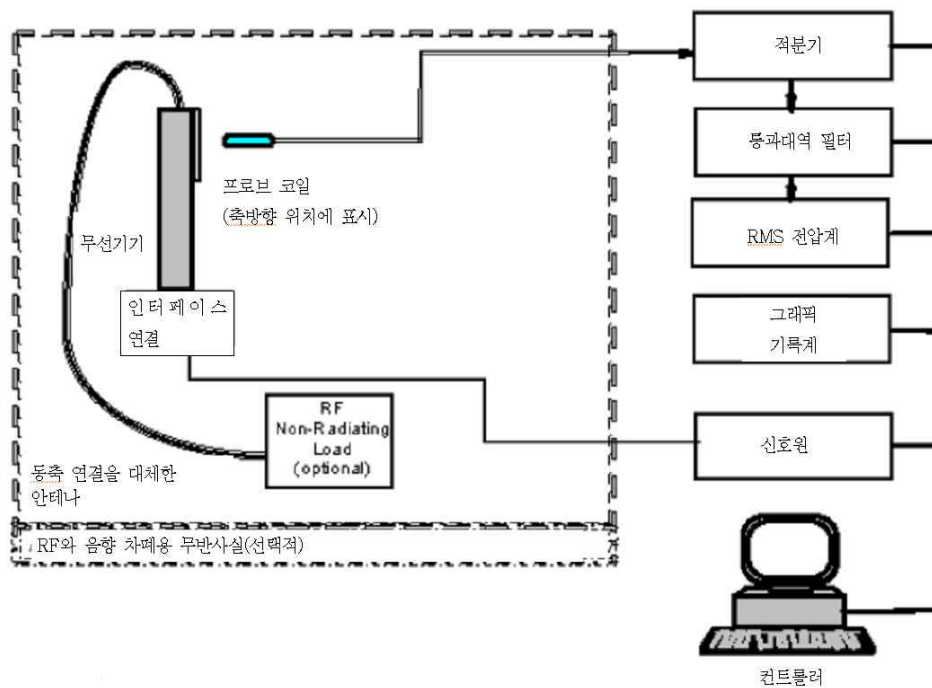


그림 5-11. 제조사에서 제공하는 시험 모드로 콜 거는 방법

그림 5-13은 음성신호 측정절차에 대한 다이어그램이다. 휴대전화의 음성신호 성능을 측정하는 절차를 살펴보면, 측정은 절대 신호 레벨을 측정하는 것 외에 비의도성 신호의 크기도 측정해야 한다. 필요 신호 품질을 측정하기 위해서는 의도성 신호 측정과 비의도성 신호의 측정을 같은 장소에서 모든 측정 위치에 대해 실시해야 한다. 측정 조건은 그림 5-12에서 제시하는 표준 프로브 방향의 세 위치에서 모두 실시해야 한다. 위치 1은 프로브 코일의 축방향(Axial)이고 방향 2(Radial H(수평 방향))와 방향 3(Radial V(수직 방향))은 반경 방향이다. 휴대전화의 스캔은 프로브 코일 방향마다 실시하고 프로브 코일의 해당 방향 측정값으로 사용할 수 있도록 최대 레벨을 기록한다. 여기서, 기준점은 통상적으로 사용자의 귀에 대는 휴대전화의 면적에서 최고점을 포함하는 평면 영역이다. 측정면은 기준면과 평행하며 기준면 정면에서 1 cm 떨어진 곳이다. 기준축은 기준면과 수직하며 수신기 스피커 단면의 중심점(또는 구멍 배열의 중심점)을 관통한다.

음성신호 측정은 각 측정 위치에 대하여 보청기의 T-coil에 필요한 목표 음성신호(ABM1), 음성신호를 가하지 않은 상태에서의 불요 자기 신호(ABM2)를 측정한다. 그리고 ABM2는 목표 ABM1을 측정한 위치와 동일한 위치에서 측정하며, 측정된 목표 ABM1 신호 대 불요 ABM2 신호의 비율인 신호 품질을 산출하게 된다. 또한 동 축 전자기장 위치에서는 ABM1 주파수응답을 측정한다. 그림 5-12에 나타낸 다이어그램은 휴대전화의 가청 주파수 자기장 측정을 위한 축과 기준면을 보여주고 있다.

측정은 먼저 그림 5-9와 같이 시스템을 구성하고, 피시험기기를 HAC 팬텀에 거치한다. 피시험기기를 중간주파수로 설정하고, 측정 조건별로 측정을 실시한다. 또한 나머지 주파수(저/고주파수)에 대해서도 측정을 한다. 이때 측정된 값들 중에서 최대값을 HAC 측정값으로 결정한다. 그리고 표 5-6에 제시된 신호 품질 카테고리 기준을 확인하여 최종 등급을 결정한다.



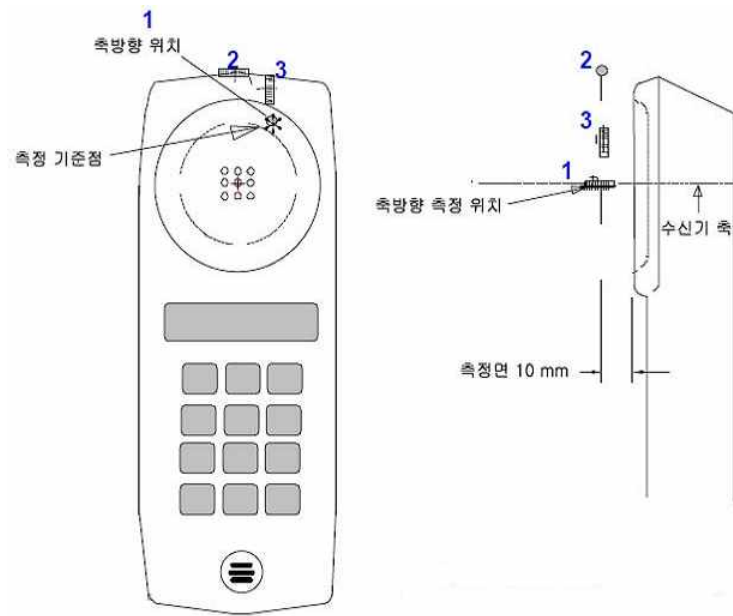


그림 5-12. 휴대전화의 가청 주파수 자기장 측정을 위한 측과 기준면

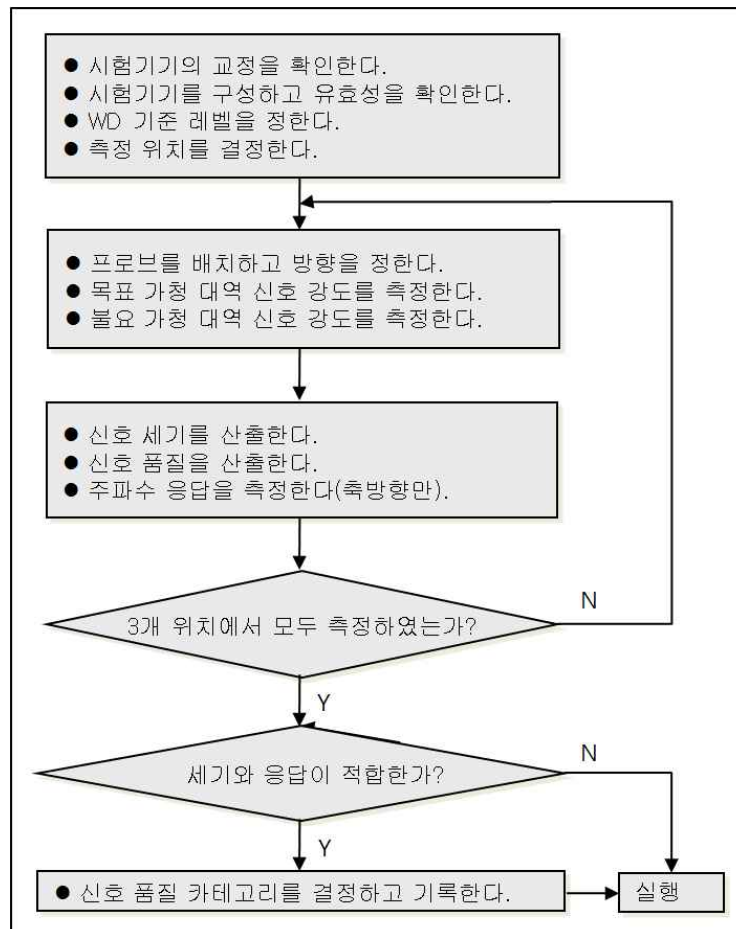


그림 5-13. 음성신호 측정절차 다이어그램

그림 5-14는 시뮬레이션의 절차를 나타낸다. 먼저, 원하는 CAD 자료를 불러(import)오거나 시뮬레이션 툴(Tool)을 사용하여 직접 설계(design)를 한다. 그리고 휴대전화의 형상에 따라 필요한 구조로 리모델링하거나 간략화시킨다. 그런 다음 해석 속도를 고려하여 메쉬(mesh)를 생성하고 소스 영역을 설계한 다음 시뮬레이션 한다. 시뮬레이션을 이용한 전자파 영향 분석은 자유공간에서의 근거리장 및 원거리장의 방사패턴, SAR 및 HAC 등에 대한 수치해석 결과를 분석할 수 있다.

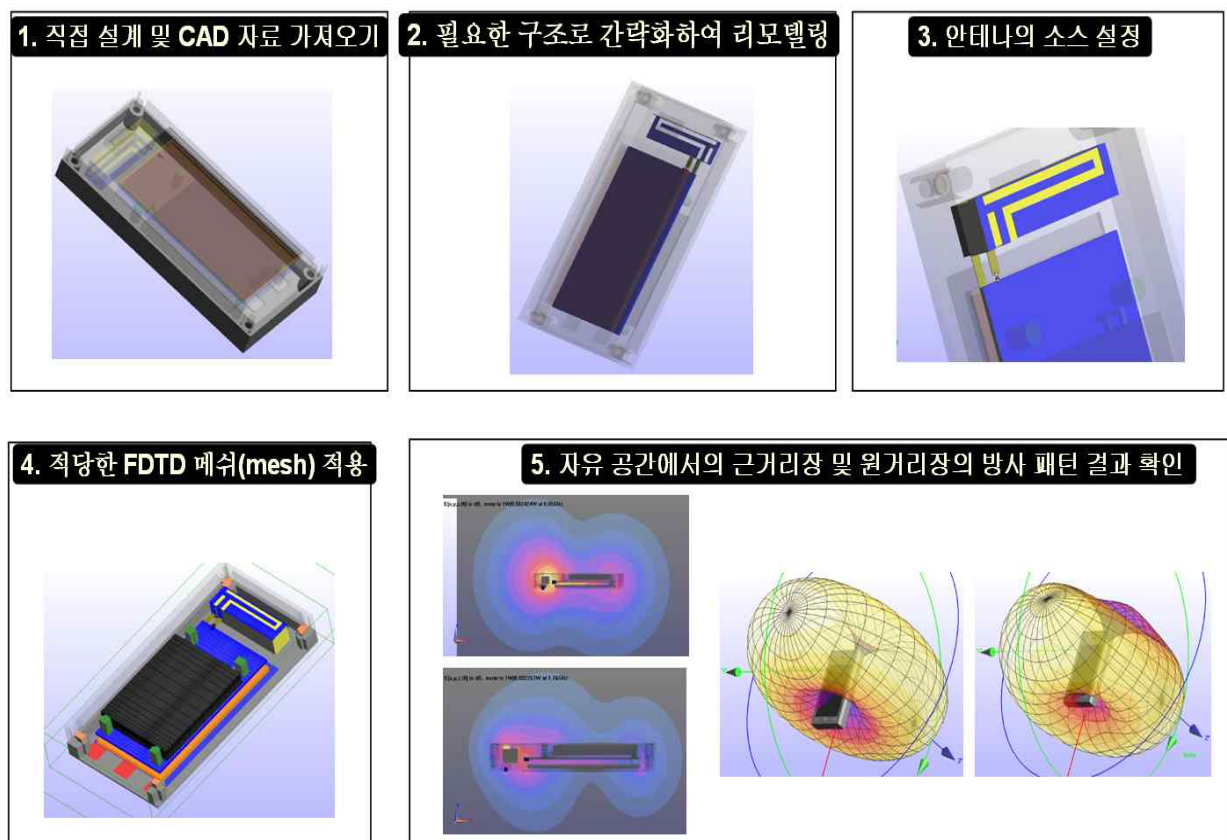


그림 5-14. HAC 시뮬레이션 절차

### 제3절 상용 휴대전화의 전자파방사 측정 결과

‘09년도에 이어 올해는 휴대전화의 전자파방사(전기장/자기장 강도)에 대한 기술기준의 추가 검증을 위하여 상용 휴대전화 16 모델에 대하여 측정 및 분석을 실시하였다. 측정에 사용된 모델들은 다양한 형태와 주파수 대역

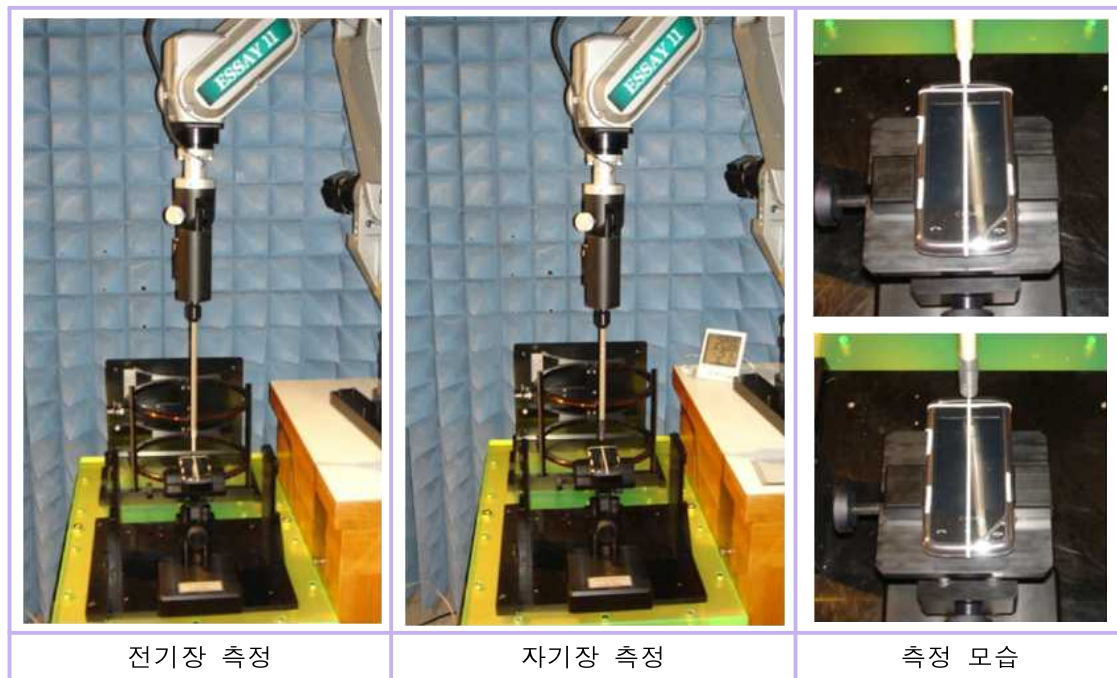
					
L사 KH모델	L사 LU모델	L사 SV모델	L사 SV모델	B사 IM모델	L사 LB모델
					
A사 i모델	S사 W모델	S사 WB모델	S사 AM모델	K사 EV모델	L사 VX모델 (미주향)
					
	S사 O모델	S사 GA모델	A사 iD모델	L사 SB모델	

- 109 -

그림 5-16은 휴대전화의 콜(Call)을 걸기 위한 기지국 시뮬레이터와 전기장과 자기장 강도의 측정 및 HAC 측정시스템을 보여주고 있다.



(a) 기지국 시뮬레이터



(b) HAC 측정시스템(전기장/자기장 강도 측정)

그림 5-16. 기지국 시뮬레이터 및 HAC 측정시스템

전자파방사 측정은 전기장과 자기장 강도를 측정하였으며, 측정 주파수는 중간주파수만 측정하였다. 측정결과를 살펴보면, 측정된 모든 모델들의 전기장과 자기장 강도값은 M3 또는 M4 등급으로서, HAC 기준에 모두 만족하는 것으로 나타났다. 표 5-4는 상용 휴대전화(16모델)의 전자파방사(전기장/자기장 강도) 측정결과이다.

표 5-4. 상용 휴대전화의 전자파방사 측정결과

구분	모델명	측정값	등급	측정값	등급	휴대전화	비 고
		E(V/m)	M-rating	H(A/m)	M-rating	Type	
1	L사 S모델 CDMA(835 MHz) CH363(835.89 MHz)	86.6	M4	0.06	M4	슬라이드	기준만족
2	L사 SY모델 CDMA(835 MHz) CH363(835.89 MHz)	37.53	M4	0.06	M4	폴더	기준만족
3	L사 SB모델 CDMA(835 MHz) CH363(835.89 MHz)	84.2	M4	0.13	M4	바	기준만족
4	S사 C모델 CDMA(835 MHz) CH363(835.89 MHz)	118.3	M4	0.14	M4	슬라이드	기준만족
5	M.조향(L사 VX모델) CDMA(835 MHz) CH363(835.89 MHz)	99.77	M4	0.18	M4	바	기준만족
6	M.조향(L사 VX모델) PCS(1765 MHz) CH300(1765 MHz)	45.77	M4	0.13	M4	바	기준만족
7	L사 LU모델 PCS(1765 MHz) CH300(1765 MHz)	67.34	M3	0.13	M4	바	기준만족
8	L사 LB모델 PCS(1765 MHz) CH300(1765 MHz)	11.25	M4	0.06	M4	슬라이드	기준만족
9	L사 KH모델 WCDMA(1900 MHz) CH9750(1922 MHz)	28.46	M4	0.14	M4	폴더	기준만족
10	S사 W모델 WCDMA(1900 MHz) CH9750(1922 MHz)	42.74	M4	0.06	M4	폴더	기준만족
11	S사 WB모델 WCDMA(1900 MHz) CH9750(1922 MHz)	36.6	M4	0.11	M4	슬라이드	기준만족
12	S사 AM모델 WCDMA(1900 MHz) CH9750(1922 MHz)	51	M4	0.14	M4	바	기준만족
13	S사 GA모델 WCDMA(1900 MHz) CH9750(1922 MHz)	22.43	M4	0.08	M4	바	기준만족
14	A사 i모델 WCDMA(1900 MHz) CH9750(1922 MHz)	42.74	M4	0.13	M4	바	기준만족
15	A사 iD모델 WCDMA(1900 MHz) CH9750(1922 MHz)	46.11	M4	0.2	M3	바	기준만족
16	B사 JM모델 WCDMA(1900 MHz) CH9750(1922 MHz)	36.65	M4	0.14	M4	바	기준만족
17	K사 EV모델 WCDMA(1900 MHz) CH9750(1922 MHz)	48.38	M4	0.13	M4	바	기준만족

#### 제4절 미주향 휴대전화의 음성신호 측정 결과

휴대전화의 음성신호(T-coil)에 대한 기술기준의 검증을 위하여 미주향 휴대전화 4 모델에 대하여 측정 및 분석을 하였다. 국내에는 T-coil을 적용한 모델이 없기 때문에 미국 수출용 모델을 이용하여 음성신호 측정을 실시하였다. 그림 5-17은 측정에 직접 사용된 미주향 휴대전화들을 보여주고 있다. 측정은 연구소에 있는 정규 HAC 측정 시스템을 이용하여 측정하였다. 측정 주파수 대역은 835 MHz(US-Cellular)와 1.765 GHz(US-PCS)이다.



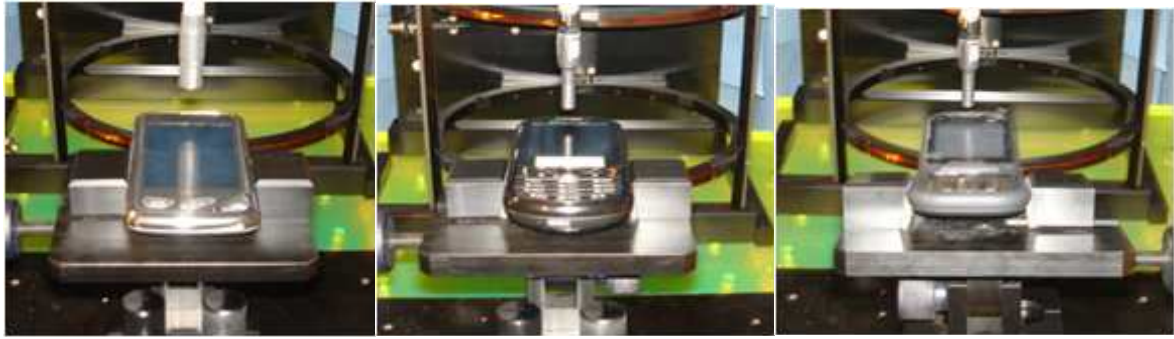
그림 5-17. 측정에 직접 사용된 미주향 휴대전화

그림 5-18은 휴대전화의 음성신호를 걸기 위한 기지국 시뮬레이터와 자기장 강도 및 주파수응답을 측정하는 모습을 보여주고 있다.



(a) 음성신호를 걸어주는 기능이 있는 기지국 시뮬레이터





(b) HAC 측정시스템(음성신호 측정)

그림 5-18. RF 신호시스템 및 HAC 측정시스템

음성신호 측정은 보청기의 T-coil에 필요한 목표 음성신호(ABM1)와 불요 자기 신호(ABM2) 및 ABM1 주파수응답을 측정하였으며, 측정 주파수는 중간 주파수만 측정하였다. 그리고 각 측정은 프로브 코일의 축방향(Axial)과 Radial H(수평 방향), Radial V(수직 방향) 등 반경 방향에서 모두 실시하였다. 측정결과를 살펴보면, 측정된 모든 모델들의 음성신호 측정값들은 T4 등급으로서 HAC 기준에 모두 만족하는 것으로 나타났다. 표 5-5는 미주향 휴대전화(4모델)의 음성신호 측정결과이다. 표 5-6은 미주향(L사 VX모델) 휴대전화의 음성신호(T-coil) 측정 분포도이며, 표 5-7은 미주향(S사 R모델) 휴대전화의 음성신호(T-coil) 측정 분포도이다. 그리고 그림 5-19~22는 미주향 4 모델들의 주파수응답 측정결과를 보여주고 있다.

표 5-5. 미주향 휴대전화의 음성신호 측정 결과

구분	모델명	측정축	측정값			등급	휴대전화	비 고
			ABM1(dBA/m)	ABM2(dBA/m)	SNR(dB)	T-rating	Type	
1	미주향(L사 VX모델) CDMA(835 MHz) CH363(835.89 MHz)	Axial	9.84	-29.49	48.11	T4	바	기준만족
		Radial (H)	2.92	-34.03	41.59	T4		
		Radial (V)	2.09	-33.94	46.33	T4		
2	미주향(L사 VX모델) PCS(1765 MHz) CH300(1765 MHz)	Axial	8.15	-32.72	41.99	T4	바	기준만족
		Radial (H)	5.93	-31.12	52.55	T4		
		Radial (V)	6.04	-40.03	50.09	T4		
3	S사 R모델 CDMA(835 MHz) CH384(836.52 MHz)	Axial	13.78	-35.19	56.01	T4	바	기준만족
		Radial (H)	8.35	-43.98	55.77	T4		
		Radial (V)	9.79	-43.98	57.28	T4		
4	S사 M모델 PCS(1.8 GHz) CH600(1765 MHz)	Axial	-8.28	-35.42	34.19	T4	폴더	기준만족
		Radial (H)	-13.79	-45.3	33.65	T4		
		Radial (V)	-14.97	-43.8	32.63	T4		

표 5-6. 미주향(L사 VX모델) 휴대전화의 음성신호(T-coil) 측정 분포도

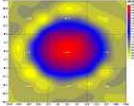
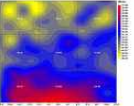
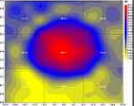
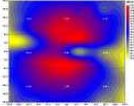
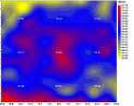
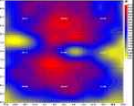
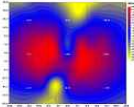
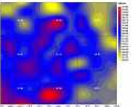
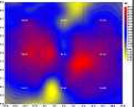
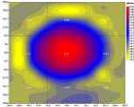
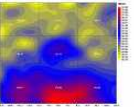
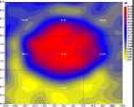
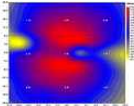
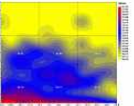
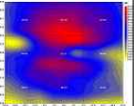
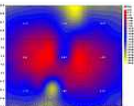
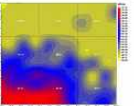
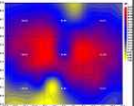
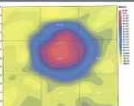
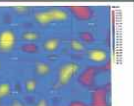
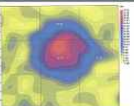
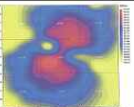
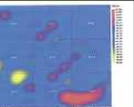
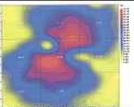
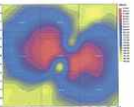
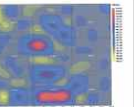
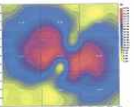
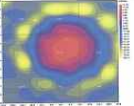
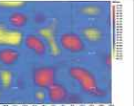
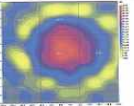
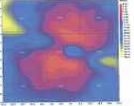
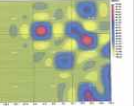
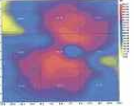
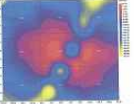
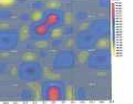
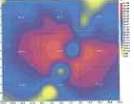
구분		측정값			등급	비 고
모델명	측정축	ABM1(dBA/m)	ABM2(dBA/m)	SNR(dB)	T-rating	
미주향(L사 VX모델) CDMA(835 MHz) CH363(835.89 MHz)	Axial				T4	기준만족
	Radial(H)				T4	기준만족
	Radial(V)				T4	기준만족
미주향(L사 VX모델) PCS(1765 MHz) CH300(1765 MHz)	Axial				T4	기준만족
	Radial(H)				T4	기준만족
	Radial(V)				T4	기준만족

표 5-7. 미주향(S사 R모델) 휴대전화의 음성신호(T-coil) 측정 분포

구분		측정값			등급	비 고
모델명	측정축	ABM1(dBA/m)	ABM2(dBA/m)	SNR(dB)	T-rating	
S사 R모델 CDMA(835 MHz) CH384(836.52 MHz)	Axial				T4	기준만족
	Radial(H)				T4	기준만족
	Radial(V)				T4	기준만족
S사 M모델 PCS(1.8 GHz) CH600(1765 MHz)	Axial				T4	기준만족
	Radial(H)				T4	기준만족
	Radial(V)				T4	기준만족



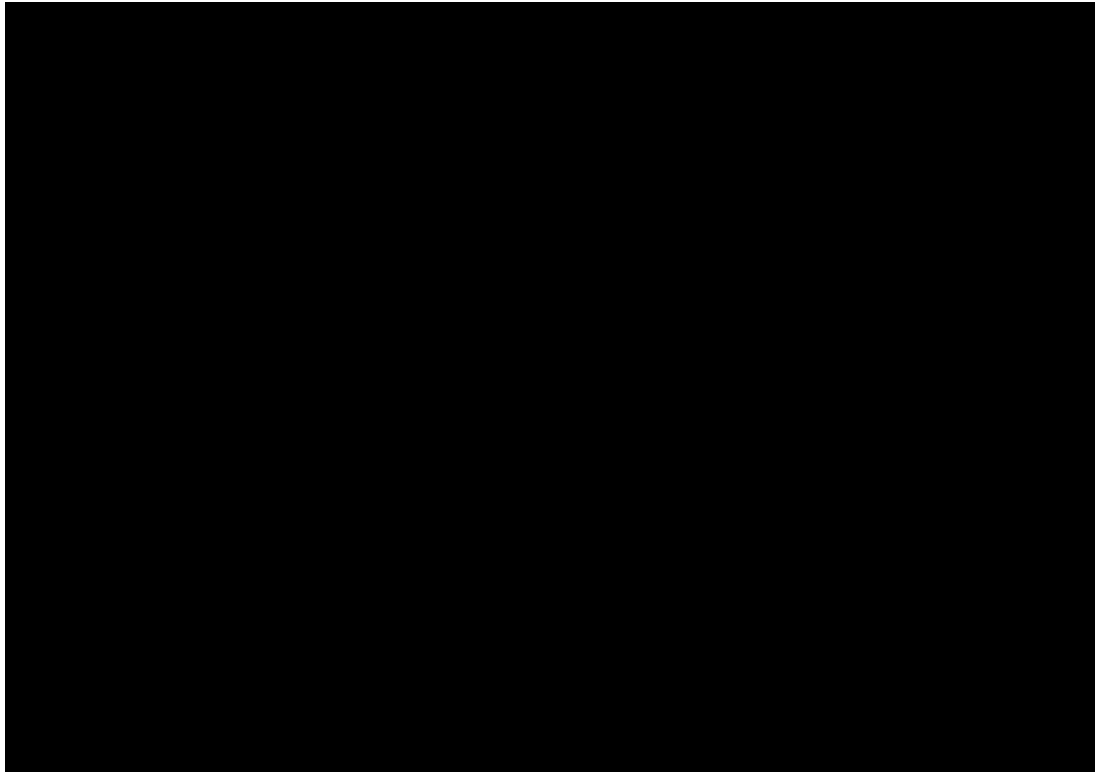


그림 5-19. 835 MHz 대역 미주향(L사 VX 모델) 휴대전화의 주파수응답 측정결과

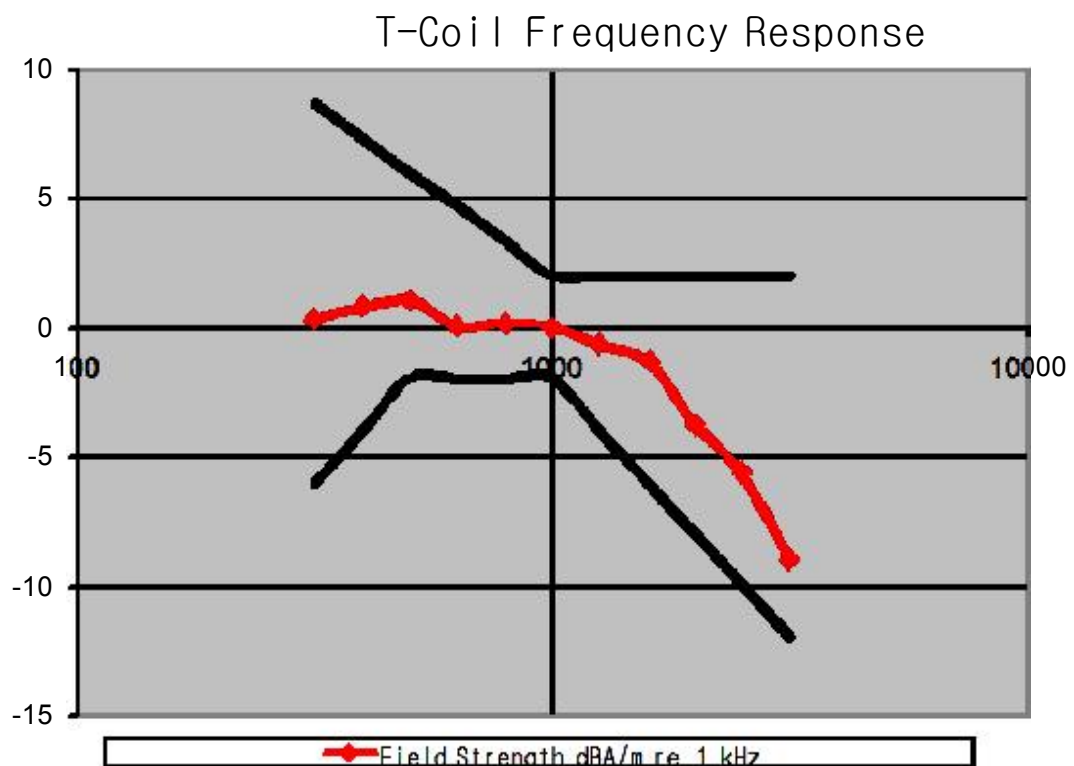


그림 5-20. 1.765 GHz 대역 미주향(L사 VX 모델) 휴대전화의 주파수응답 측정결과

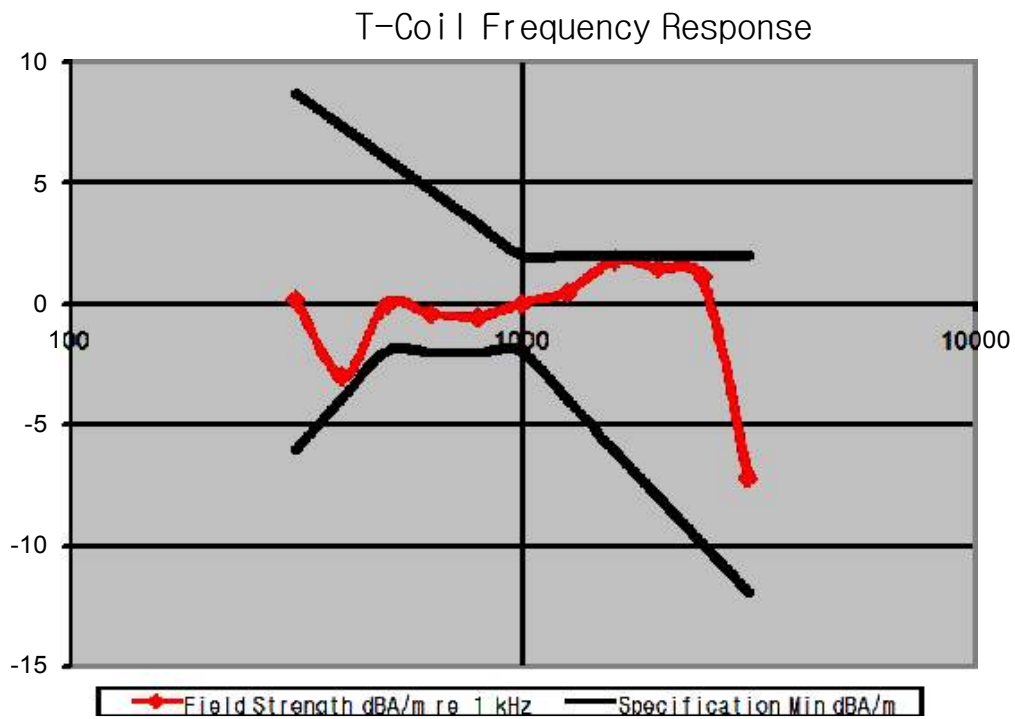


그림 5-21. 835 MHz 대역의 미주향(S사 R 모델) 휴대전화의 주파수응답 측정결과

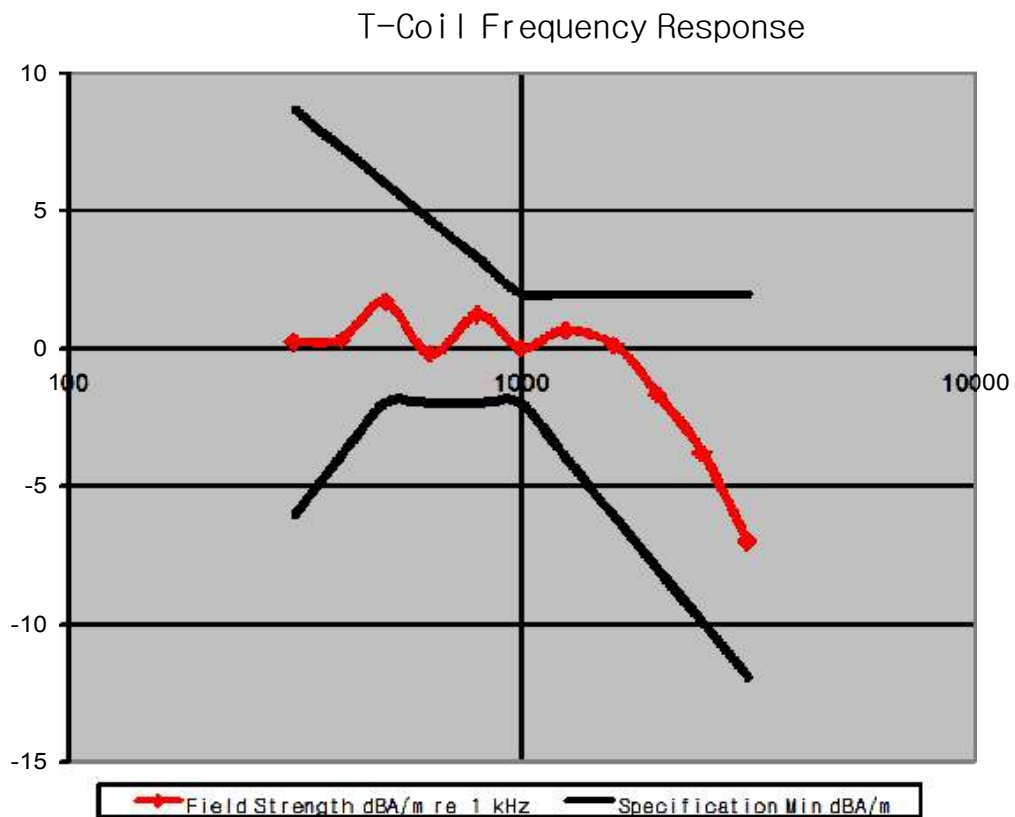
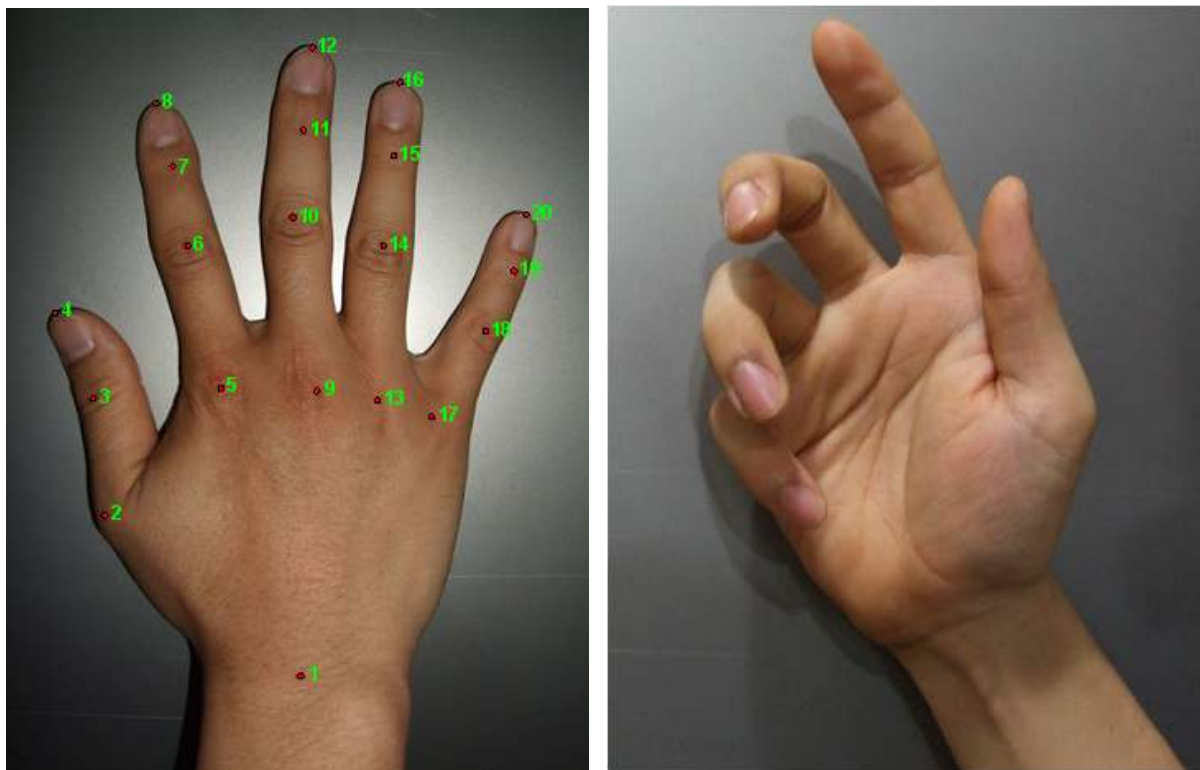


그림 5-22. 1.765 GHz 대역의 미주향(S사 R 모델) 휴대전화의 주파수응답 측정결과

## 제5절 손 팬텀 제작

손에 의한 HAC 영향을 분석하기 위하여 835 MHz와 1.765 GHz 대역의 손 팬텀을 제작하였다. 국내 성인의 오른쪽 손을 기준으로 하였으며, 손 형태는 바(Bar) 형 휴대전화를 잡을 수 있고, 검지를 좌, 우 1 cm로 움직일 수 있도록 제작하였다. 여기서, 손 팬텀 재질의 목표 전기적 특성은 표 5-8과 같으며, 목표값의 허용오차는  $\pm 10\%$  이내이어야 한다. 제작된 손 팬텀은 주파수 대역별(835 MHz : 청색, 1800 MHz : 검정색)로 구분하여 2식을 제작하였으며, 검지는 3개를 만들어 측정시 좌, 우 1 cm로 움직일 수 있도록 제작하였다. 우측 손 팬텀의 제작 방법을 살펴보면, 먼저 오른손 모형과 휴대전화를 잡는 손 모양(그림 5-23)과 국내 성인의 오른쪽 손 표준 치수(표 5-9)를 결정하였다.



(a) 오른손 모형      (b) 휴대전화를 잡는 손 모양

그림 5-23. 오른쪽 손 표준 치수

표 5-8. 손 팬텀 재질의 전기적 특성표

주파수	비유전율	도전율 (S/m)
835 MHz	30.3 ± 10 %	0.59 ± 10 %
1800 MHz	27.0 ± 10 %	0.99 ± 10 %

표 5-9. 오른쪽 손 치수

손등의 번호	손등 번호간 거리 (mm)	손등의 번호	손등 번호의 둘레 (mm)
1 ~ 2	83	1	176
2 ~ 3	40	2	77
4 ~ 5	32	3	70
1 ~ 5	95	5	71
5 ~ 6	49	6	64
6 ~ 7	26	7	54
7 ~ 8	22	9	70
1 ~ 9	90	10	67
9 ~ 10	56	11	55
10 ~ 11	30	13	65
11 ~ 12	26	14	64
1 ~ 13	90	15	50
13 ~ 14	50	17	70
14 ~ 15	29	18	53
15 ~ 16	24	19	45
1 ~ 17	92		
17 ~ 18	34		
18 ~ 19	22		
19 ~ 20	20		

< a. 손등의 번호간의 거리 > < b. 손등 번호의 둘레 치수 >

그리고 3D 스캐너(scanner)로 오른쪽 손을 3차원 스캔(scan) 작업을 하였다. 데이터 추출을 위하여 편집 소프트웨어에서 다듬는 작업 및 보완 작업을 실시하였으며, 수정된 데이터들은 3D 그래픽 및 모델링 툴 등 시뮬레이션에 적용할 수 있는 파일형태로 변환하였다. 그리고 손 팬텀을 제작하기 위한 실물 크기의 틀을 제작하였다. 이 틀의 재질은 유전율 및 손실탄젠트(loss tangent)가 낮은 재료를 선정하여 제작하였으며(유전율 5 이하, 손실탄젠트 0.05 이하), 셀 두께는 2 mm이하로 제작하였다. 손 틀의 제작은 스캔

한 표준 오른쪽 손의 3D 파일을 이용하여 가공 데이터로 변환하고 NC 기계로 가공 또는 적층 방법을 이용하여 제작하였다. 손 틀은 835 MHz 및 1.765 GHz 대역으로 구분하여 2개로 제작하였다. 손 팬텀 모형의 틀에 들어가는 모의조직 유사 액체는 젤리 형태로 제작하여 삽입하였다. 여기서, 제작된 젤리 팬텀의 전기적 특성은 표 5.8에서 제시하는 목표값 범위이내이어야 한다. 전기적 특성(상대유전율, 도전율)을 측정하기 위하여 유전율 프로브 키트(dielectric Probe Kit : HP 85070E)와 네트워크 분석기(HP 8753C)로 구성된 유전율 측정 시스템을 사용하였다(그림 5-24).

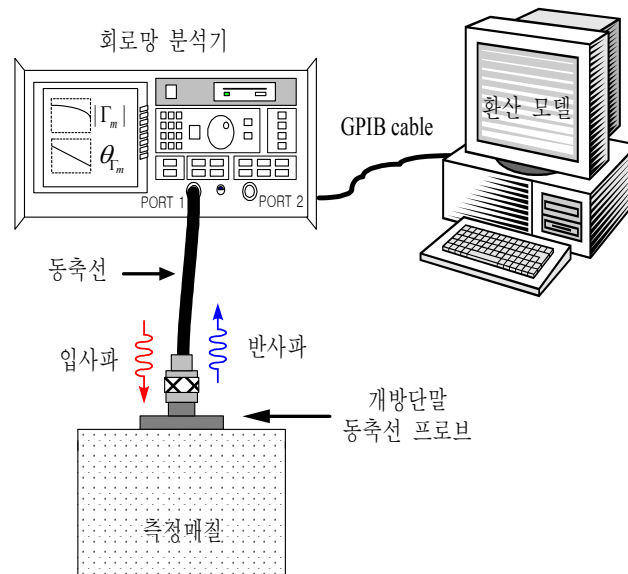


그림 5-24. 유전율 측정 시스템

유전율을 측정하기 위해서는 먼저 네트워크 분석기에 동축선 케이블을 연결하고 동축선 케이블 끝에 프로브를 연결 후 프로브 종단면에서 공기 및 증류수를 부하로 하여 교정(calibration)을 한다. 그리고 프로브 종단면을 측정 매질에 접촉 후 접촉면에서 반사계수를 측정한 다음 측정된 반사계수를 환산모델에 대입하여 유전율을 계산한다. 측정된 835 MHz 대역의 전기적 특성 결과 및 분포도는 표 5-10과 그림 5-11과 같고 1800 MHz 대역의 전기적 특성 결과 분포도는 표 5-25와 그림 5-16과 같다.

표 5-10. 835 MHz 대역의 전기적 특성 결과

구 분	유전율	도전율
목표값	30.3	0.59
측정값	30.7	0.54

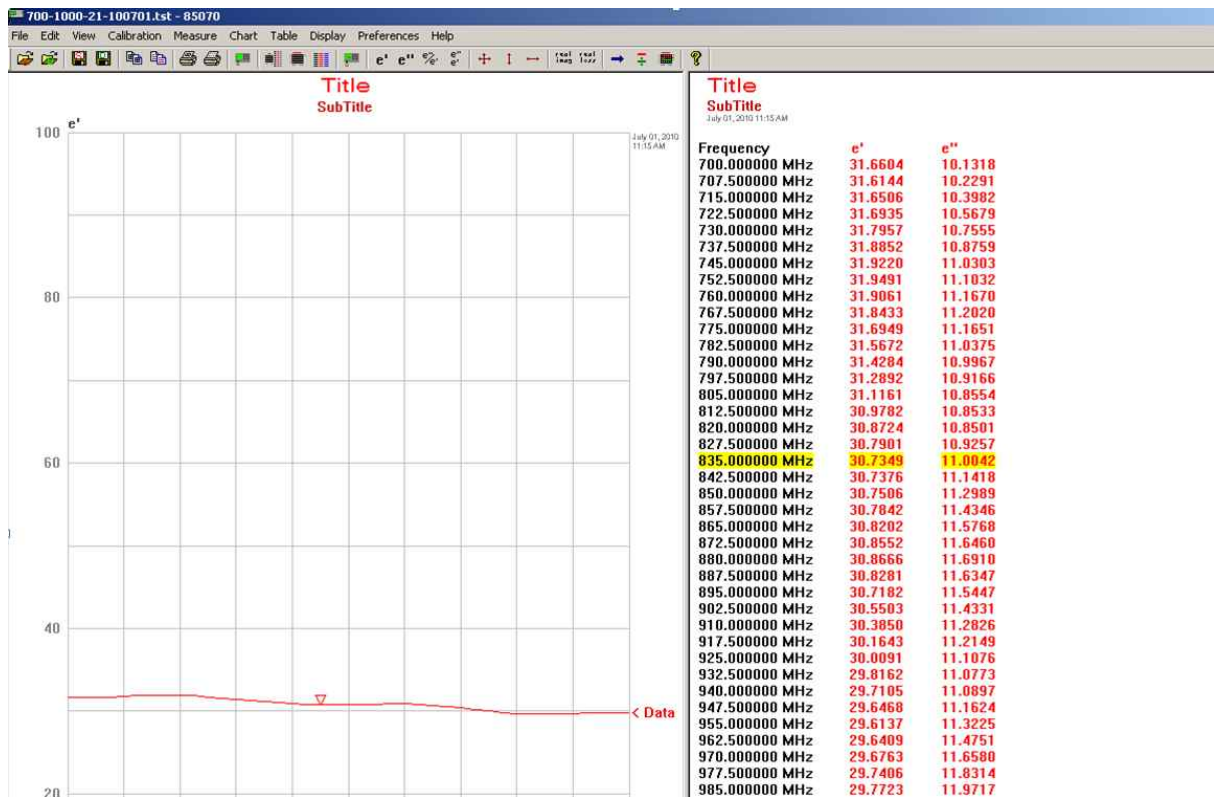


그림 5-25. 835 MHz 대역의 전기적 특성 분포도

표 5-11. 1800 MHz 대역의 전기적 특성 결과

구분	유전율	도전율
목표값	27.0	0.99
측정값	27.7	0.97

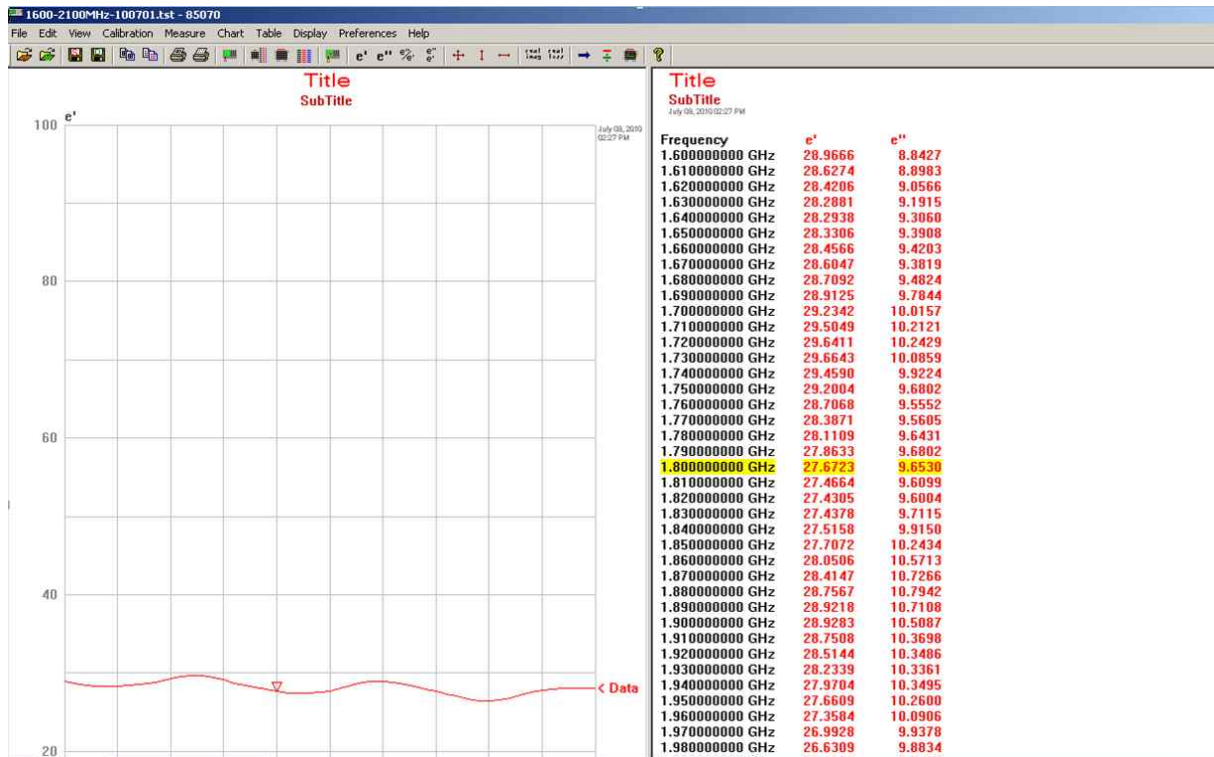


그림 5-26. 1800 MHz 대역의 전기적 특성 분포도

제작된 835 MHz 대역의 손 팬텀 및 검지는 그림 5-27과 같고, 1800 MHz 대역의 손 팬텀 및 검지는 그림 5-28과 같다.



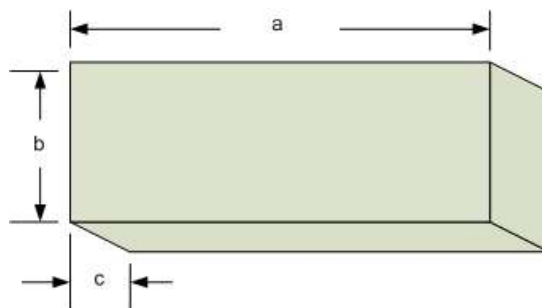
그림 5-27. 제작된 835 MHz 대역의 손 팬텀 및 검지의 모습





그림 5-28. 제작된 1800 MHz 대역의 손 팬텀 및 검지의 모습

휴대전화를 손 팬텀에 거치할 때 손바닥과 휴대전화 바닥사이에 이격이 발생하여 휴대전화를 잡는데 어려움이 있으므로 이격판을 제작하여 안정적으로 휴대전화를 잡을 수 있도록 하였다. 이격판의 재질은 유전율 5 이하, 손실 탄젠트 0.05 이하이고, 탄력이 있는 우레탄 폼으로 제작하였다. 이격판은 오른쪽 손 팬텀을 제작한 후 휴대전화의 크기 및 이격거리에 맞추어 3개를 제작하였다. 이격판의 모형과 치수는 그림 5-29와 같고 제작된 이격판은 그림 5-30과 같다. 그리고 손 팬텀은 수치해석용 시뮬레이션에 사용하기 위하여 스캔한 손 팬텀 데이터를 CAD 파일로도 제작하였다.



(a) 이격판의 모형



구분	a (mm)	b (mm)	c (mm)
Size #1	70	40	10
Size #2	70	40	20
Size #3	70	40	30

(b) 이격판의 치수

그림 5-29. 이격판의 모형 및 치수

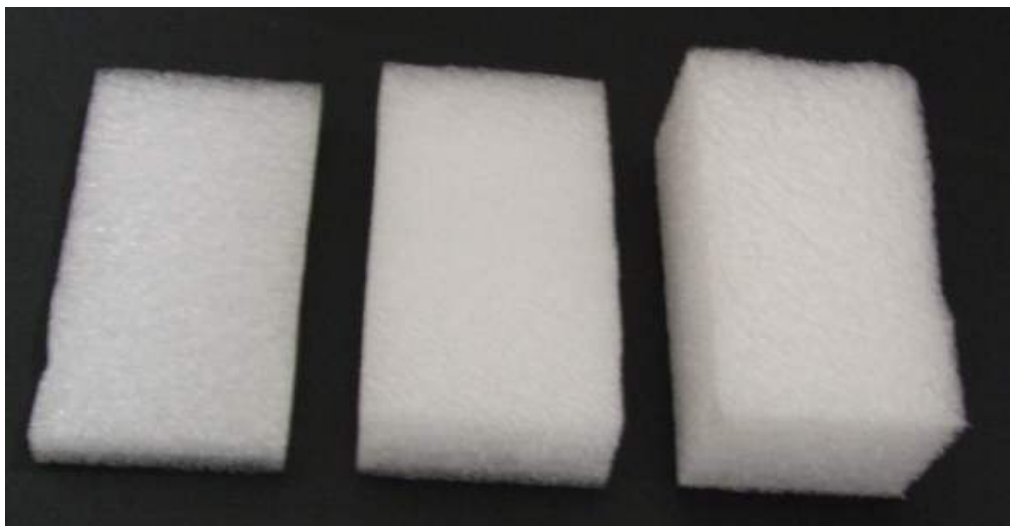


그림 5-30. 제작된 이격판

## 제6절 손 팬텀을 사용한 HAC 영향 연구 결과

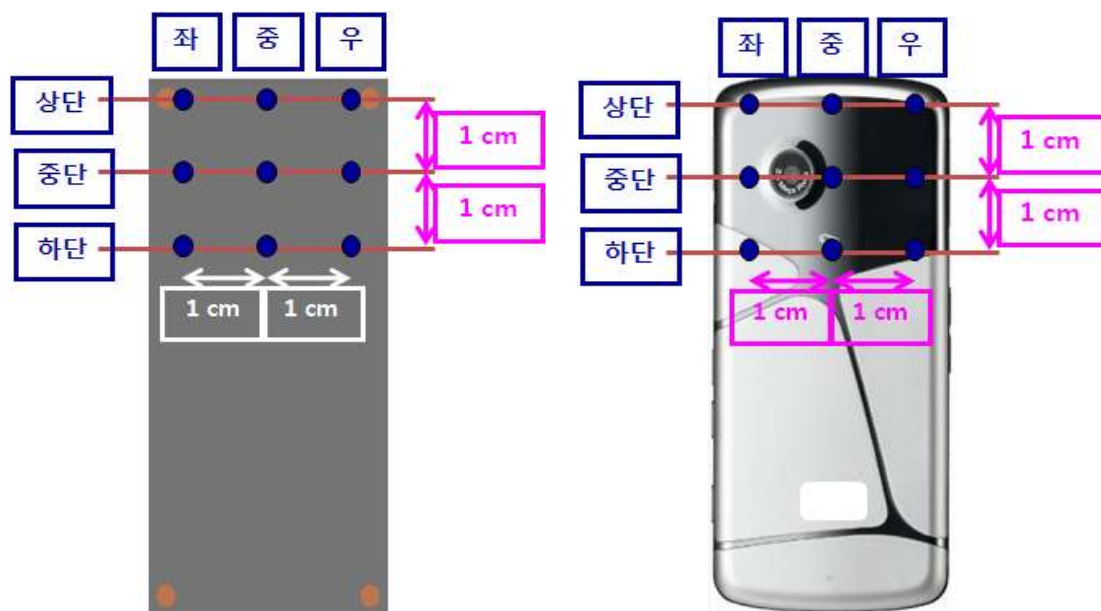
손에 의한 HAC 영향을 분석하기 위하여 835 MHz와 1.765 GHz 대역의 표준 및 상용 휴대전화에 대하여 직접 제작한 손 팬텀을 이용하여 HAC 측정 및 시뮬레이션을 하였다.

그림 5-31은 시험용 휴대전화들을 보여주고 있다. 제작된 휴대전화는 835 MHz, 1.765 GHz 대역을 커버하며, 상용 휴대전화는 835 MHz 및 1.765 GHz 대역에 대하여 각각 다른 모델을 사용하였다.



(a) 제작된 휴대전화 (b) 835 MHz (c) 1.765 GHz 대역의 상용 휴대전화  
그림 5-31. 시험용 휴대전화

그림 5-32는 시험용 휴대전화의 측정 조건을 보여주고 있다. 측정 조건은 휴대전화의 뒷면 상단, 중단, 하단, 오른쪽, 중간, 왼쪽 등 9개 지점과 휴대전화의 뒷면 아래 부분이 손 바닥에 터치하는 경우(그림 5-12)를 포함하여 총 10개의 지점이며, 각 지점간의 간격은 1 cm이다. 표준 및 상용 휴대전화의 각 지점에 손 팬텀 및 실제 손을 터치하는 조건에 대하여 HAC 시뮬레이션 및 측정을 하였다.



(a) 제작한(표준) 휴대전화 (b) 상용 휴대전화  
그림 5-32. 시험용 휴대전화의 측정 조건

그림 5-33, 5-34, 5-35, 5-37, 5-38은 표준 및 상용 휴대전화의 조건별 시뮬레이션 및 측정 조건의 예들을 보여주고 있다. 조건(Case)별 모습을 살펴보면, case 1은 휴대전화의 기본 조건, case 2는 휴대전화 뒷면의 상단 왼쪽 부분에 손가락이 터치한 경우, case 3은 휴대전화 뒷면의 상단 중간 부분에 손가락이 터치한 경우, case 4는 휴대전화 뒷면의 상단 오른쪽 부분에 손가락이 터치한 경우, case 5는 휴대전화 뒷면의 하단 부분이 손 바닥에 터치한 경우이다. HAC 시뮬레이션 및 측정은 10개의 지점에 대하여 실시하였다. 그림 5-36은 HAC 측정 시스템 및 측정 모습을 보여주고 있다.

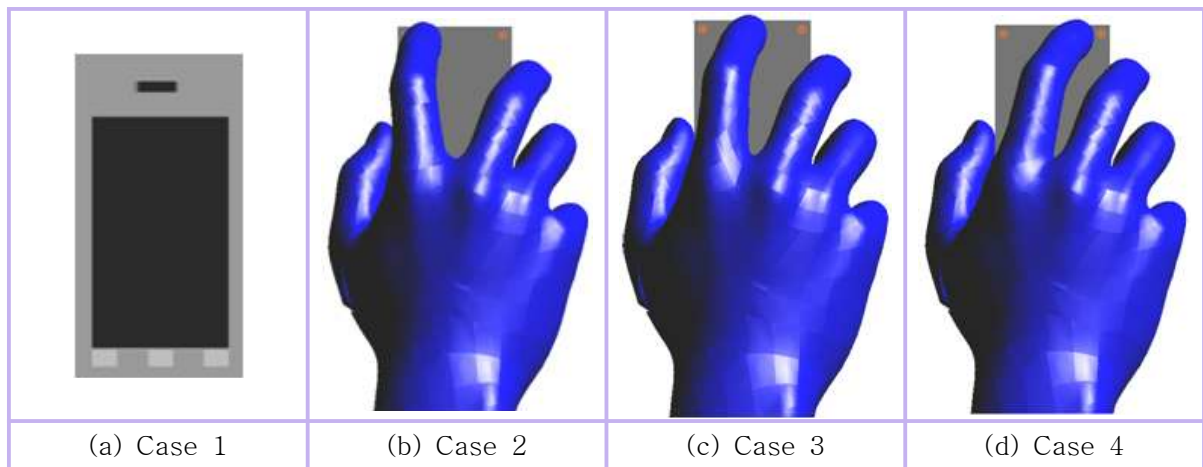


그림 5-33. 표준 휴대전화의 조건(Case)별 시뮬레이션 조건(예)

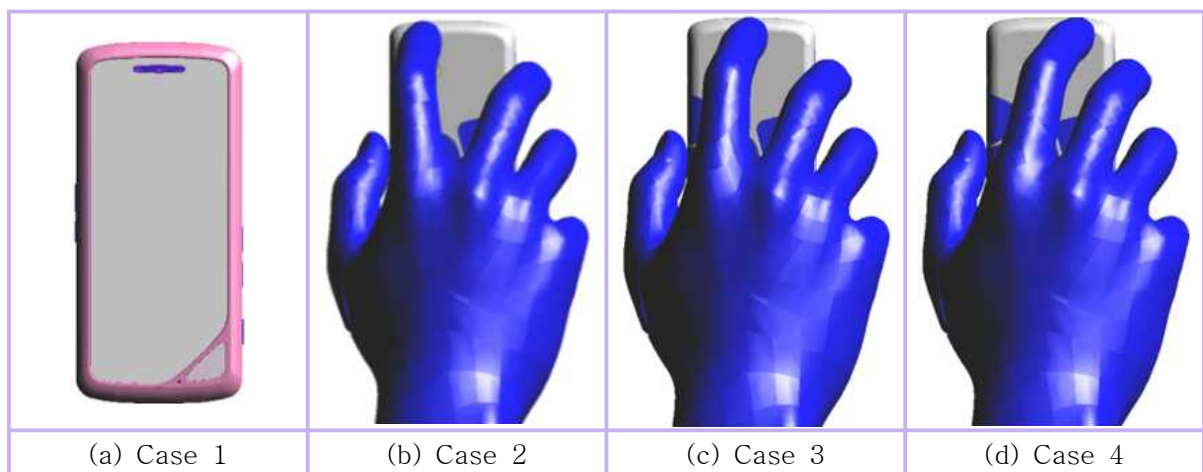


그림 5-34. 상용 휴대전화의 조건(Case)별 시뮬레이션 조건(예)

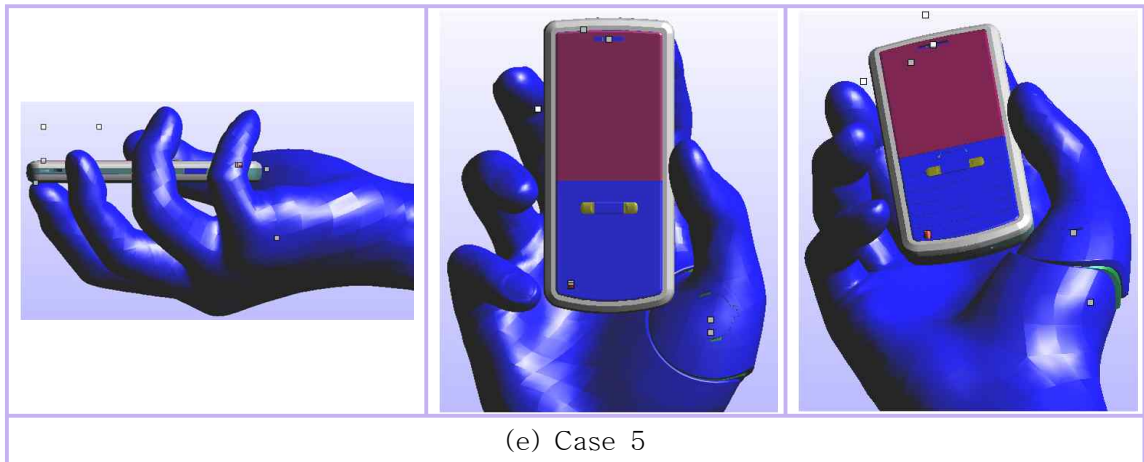
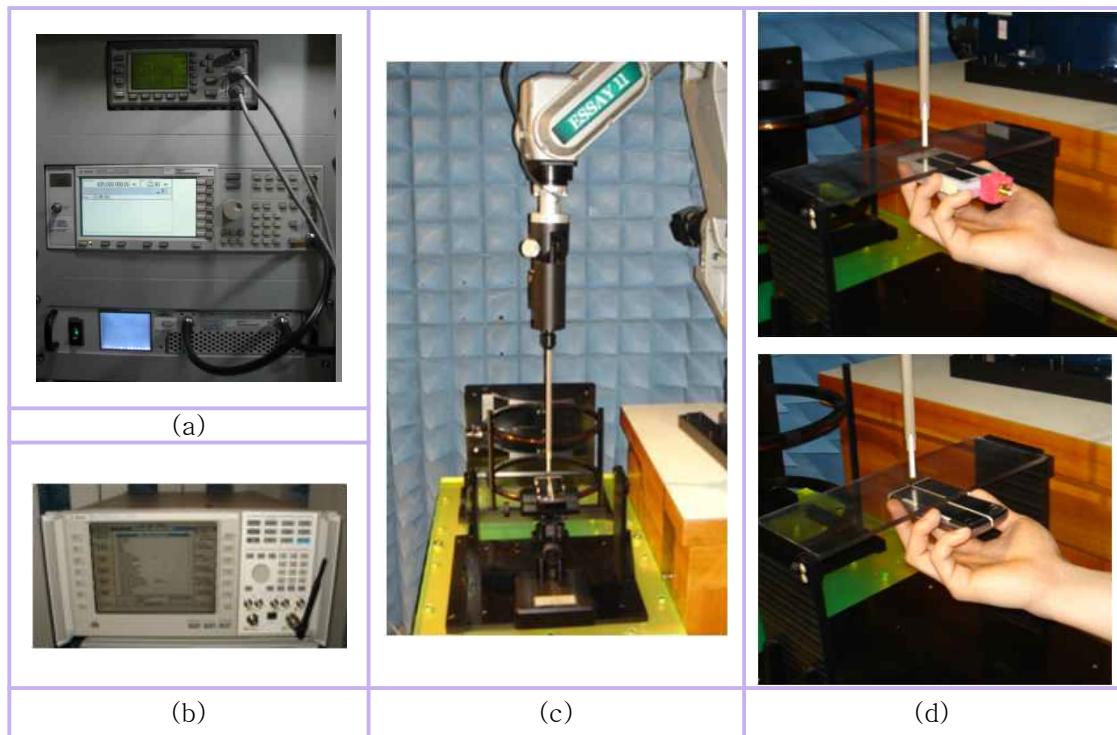


그림 5-35. 휴대전화의 뒷면 하단부분이 손 바닥에 터치한 경우(예)



(a) RF 신호시스템 (b) 기지국 시뮬레이터 (c) HAC 측정시스템 (d) 측정 모습  
그림 5-36. HAC 측정 시스템 및 HAC 측정 모습

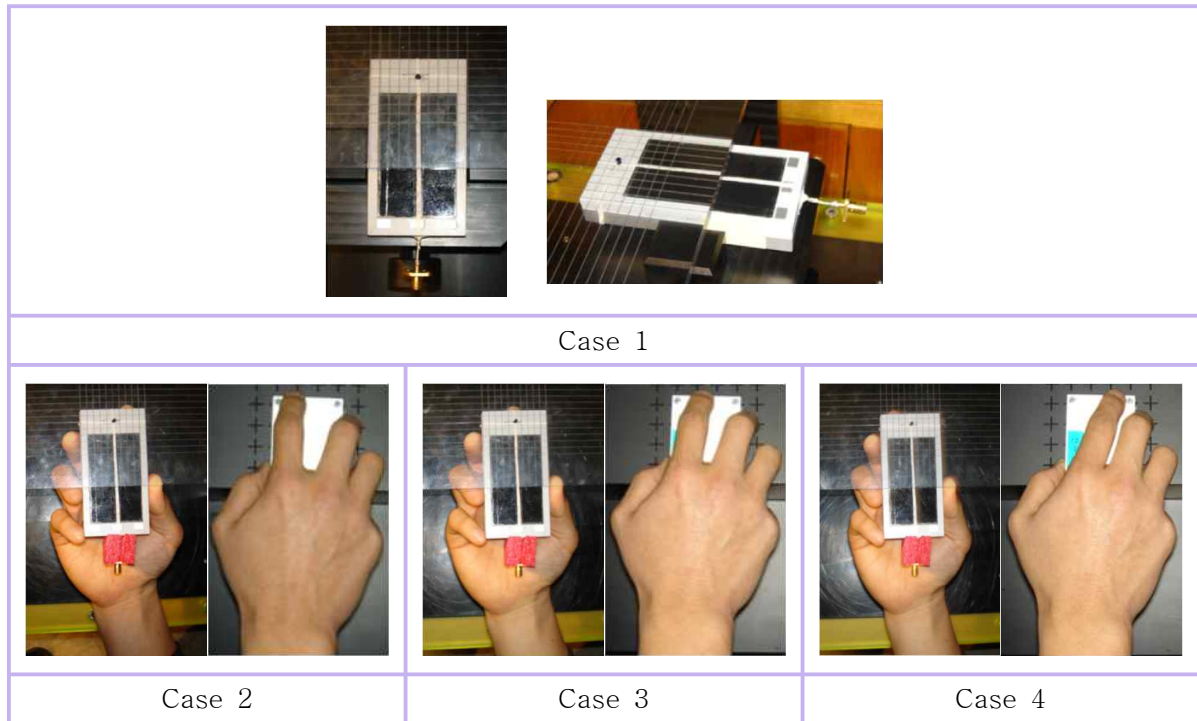


그림 5-37. 표준 휴대전화의 조건(Case)별 측정조건(예)

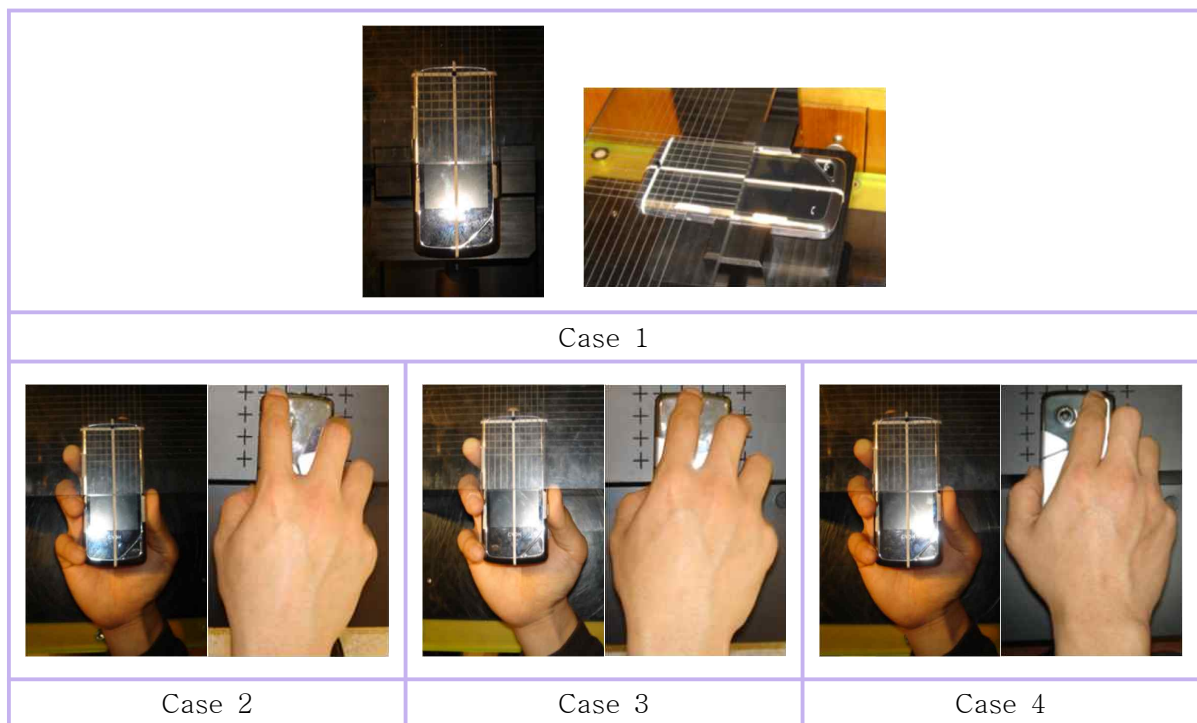


그림 5-38. 상용 휴대전화의 조건(Case)별 측정조건(예)



표 5-12와 5-13은 835 MHz 및 1.765 GHz 대역의 상용 및 표준 휴대전화의 전자파방사(전기장 강도) 시뮬레이션 및 측정 결과이다. 그림 5-39와 5-40은 835 MHz와 1.765 GHz 대역의 상용 및 표준 휴대전화의 전자파방사 시뮬레이션 및 측정 결과를 비교한 그래프이다. 결과를 살펴보면, 손에 의한 영향으로 HAC값에 변화가 있음을 확인하였으며, HAC값은 공기중 휴대전화, 손 팬텀을 터치한 경우, 실제 손을 터치한 경우순으로 낮아지는 것으로 나타났다. 그리고 휴대전화의 뒷면이 손바닥에 터치하는 경우가 공기중 휴대전화인 경우보다 HAC값이 더 낮게 나타났다. 안테나가 하단에 있는 경우, 휴대전화의 뒷면 상, 중, 하단 순으로 손가락이 터치할수록 HAC값이 점점 작아졌지만, 상단인 경우, 그와 반대의 결과가 나왔으며, 손가락의 터치가 휴대전화의 중단 부분의 좌측에서 우측으로 갈수록 HAC값에 큰 영향을 주는 것으로 나타났다.

표 5-12. 835 MHz 및 1.765 GHz 대역의 상용 휴대전화의 전자파방사 시뮬레이션 및 측정 결과

구분		Band	Active 시료 (LG)											
			Korean Cellular						Korean PCS					
핸드위치	접촉경사	중지위치	Simulation		Phantom		Real hand		Simulation		Phantom		Real hand	
			V/m	dBV/m	V/m	dBV/m	V/m	dBV/m	V/m	dBV/m	V/m	dBV/m	V/m	dBV/m
Free Space			86.70	38.76	84.37	38.52			39.10	31.84	51.74	34.28		
상	H	1(왼)	77.90	37.83	83.57	38.44	60.51	35.64	33.70	30.55	50.51	34.07	33.41	30.48
		2(중)	78.00	37.84	81.80	38.26	60.77	35.67	34.70	30.81	52.33	34.38	32.64	30.28
		3(오)	76.80	37.71	81.18	38.19	58.11	35.29	35.10	30.91	50.77	34.11	33.26	30.44
	T	1(왼)	70.50	36.96	71.45	37.08	55.46	34.88	31.50	29.97	55.23	34.84	20.84	26.38
중	H	1(왼)	78.90	37.94	83.10	38.39	61.36	35.76	33.10	30.40	51.34	34.21	32.62	30.27
		2(중)	78.80	37.93	80.83	38.15	61.15	35.73	33.90	30.60	53.96	34.64	33.77	30.57
		3(오)	77.50	37.79	81.11	38.18	61.52	35.78	34.10	30.66	52.43	34.39	33.52	30.51
하	H	1(왼)	79.50	38.01	81.38	38.21	60.61	35.65	31.50	29.97	49.19	33.84	31.59	29.99
		2(중)	79.20	37.97	78.55	37.90	59.83	35.54	32.20	30.16	52.81	34.45	31.27	29.90
		3(오)	78.30	37.88	78.61	37.91	60.64	35.66	32.30	30.18	49.26	33.85	31.46	29.96

표 5-13. 835 MHz 및 1.765 GHz 대역의 표준 휴대전화의 전자파방사 시뮬레이션 및 측정 결과

구분		Band	시료3 (표준시료)											
			835 MHz						1765 MHz					
핸드위치	접촉경사	증지위치	Simulation		Phantom		Real hand		Simulation		Phantom		Real hand	
			V/m	dBV/m	V/m	dBV/m	V/m	dBV/m	V/m	dBV/m	V/m	dBV/m	V/m	dBV/m
Free Space			200.30	46.03	106.29	40.53			126.40	42.03	126.05	42.01		
상	H	1(왼)	164.70	44.33	75.83	37.60	61.32	35.75	123.10	41.81	125.38	41.96	114.81	41.20
		2(중)	148.90	43.46	69.64	36.86	48.72	33.75	121.10	41.66	132.06	42.42	106.53	40.55
		3(오)	138.40	42.82	65.46	36.32	42.42	32.55	118.80	41.50	121.52	41.69	109.03	40.75
	T	1(왼)	163.70	44.28	85.03	38.59	63.14	36.01	121.80	41.71	90.32	39.12	79.49	38.01
중	H	1(왼)	171.30	44.68	100.95	40.08	54.91	34.79	124.30	41.89	122.93	41.79	103.82	40.33
		2(중)	143.80	43.16	63.67	36.08	29.36	29.36	119.90	41.58	125.94	42.00	91.28	39.21
		3(오)	131.40	42.37	59.87	35.54	25.96	28.29	116.40	41.32	120.48	41.62	82.61	38.34
하	H	1(왼)	195.00	45.80	109.86	40.82	94.69	39.53	126.30	42.03	129.21	42.23	113.67	41.11
		2(중)	188.30	45.50	86.51	38.74	64.68	36.22	125.30	41.96	131.93	42.41	114.91	41.21
		3(오)	186.30	45.40	78.74	37.92	62.50	35.92	122.40	41.76	129.97	42.28	108.50	40.71

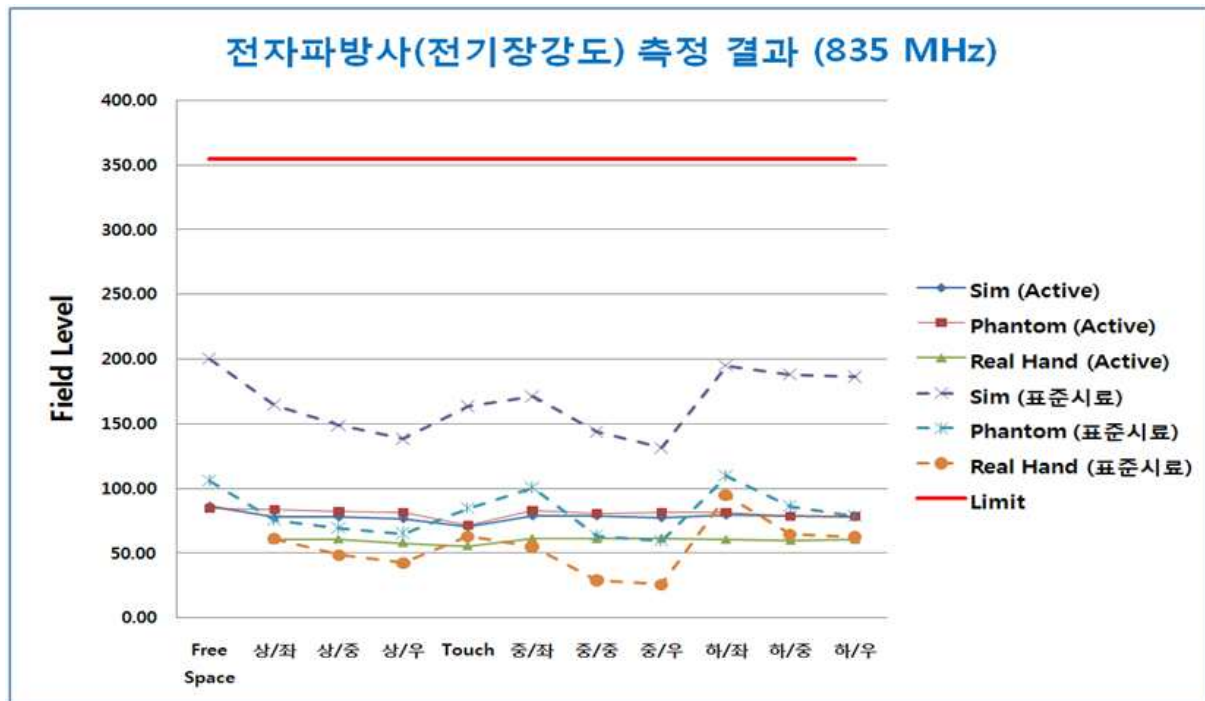


그림 5-39. 835 MHz 대역의 상용 및 표준 휴대전화의 전자파방사 시뮬레이션 및 측정 결과 비교

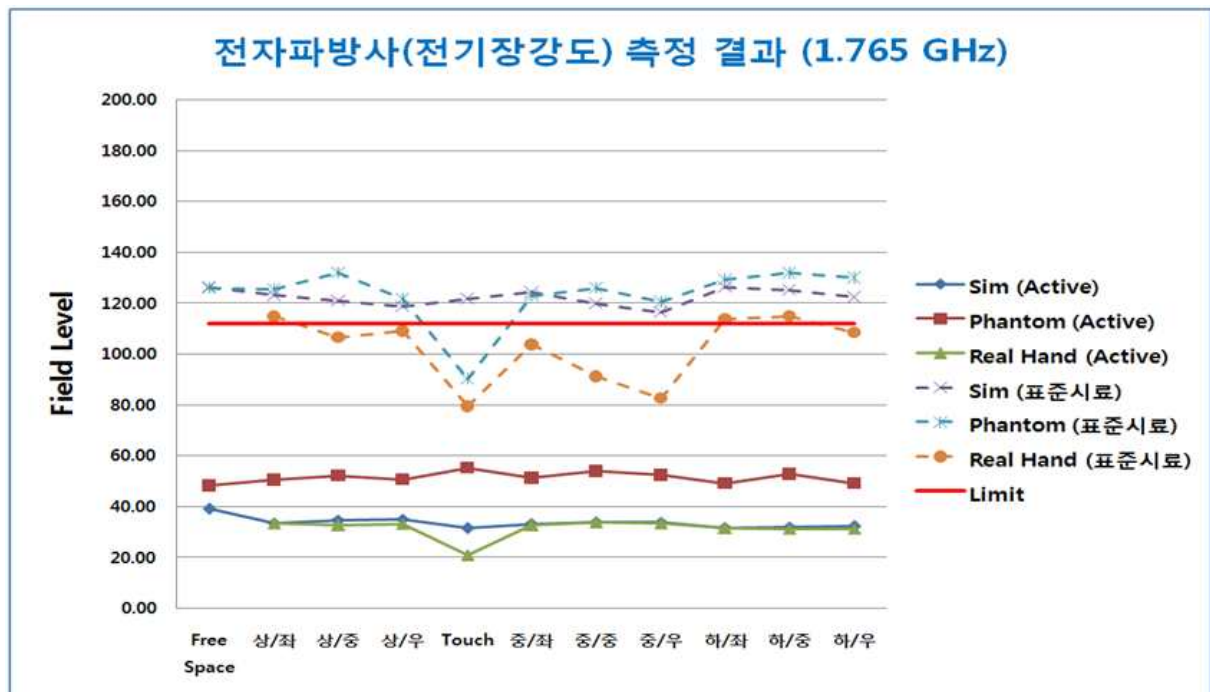


그림 5-40. 1.765 GHz 대역의 상용 및 표준 휴대전화의 전자파방사 시뮬레이션 및 측정 결과 비교

## 제7절 결 론

본 장에서는 지난해에 이어 미국에서 제정하여 시행하고 있는 전자파방사 및 음선신호의 HAC 기술기준을 검증하였다. 국내 HAC 기술기준 도입을 위한 HAC 규제 기준의 타당성을 검증하기 위하여 상용 휴대전화(16모델)의 전자파방사(전기장/자기장 강도) 측정, 미주향 휴대전화(4모델)의 음성신호 측정을 하였으며, 손의 의한 HAC 영향을 분석하기 위하여 손 팬텀을 제작하였고 연구소에서 제작한 표준 휴대전화와 상용 휴대전화에 대하여 손 팬텀과 실제 손을 사용하여 HAC 측정 및 전자기장 수치해석 등 전자파 영향 분석을 하였다. 데이터의 신뢰성을 검증하기 위하여 시뮬레이션과 측정 결과를 동시에 비교 분석하였다.

그 결과를 살펴보면, 상용 휴대전화의 전자파방사(전기장/자기장 강도) 측정 결과는 16개 모델 모두가 HAC 기준에 만족하였으며, 미주향 휴대전화의 음성신호(ABM1, ABM2, 신호 품질, 주파수응답 등) 측정 결과도 4개 모델 모두가 HAC 기준을 만족하였다.



손에 의한 HAC 영향을 분석한 결과, 손에 의한 영향으로 HAC값에 변화가 있음을 확인하였으며, HAC값은 공기중 휴대전화, 손 팬텀을 터치한 경우, 실제 손을 터치한 경우순으로 낮아지는 것으로 나타났다. 그리고 휴대전화의 뒷면이 손바닥에 터치하는 경우가 공기중 휴대전화인 경우보다 HAC값이 더 낮게 나타났다. 안테나가 하단에 있는 경우, 휴대전화의 뒷면 상, 중, 하단에 손가락을 터치하는 순으로 HAC값이 점점 작아졌지만, 상단인 경우, 그와 반대의 결과가 나왔으며, 손가락의 터치가 휴대전화의 중단 부분의 좌측에서 우측으로 갈수록 HAC값에 큰 영향을 주는 것으로 나타났다.

결론적으로 HAC 기술기준의 전자파방사와 음성신호의 경우, 측정방법 및 규제 기준 등을 국내 HAC 기술기준에 반영하는 것에는 별다른 문제가 없다고 본다. 그러나 손에 의한 HAC값 변화는 상당히 큰 것으로 확인되었기 때문에, 향후 HAC 기술기준 도입시 손에 의한 영향 등에 대하여 좀 더 깊은 검토가 필요할 것으로 판단된다. 2011년에는 보청기의 내성 규제에 대한 기술기준의 타당성을 검증하고 외국의 HAC 규제 제도 도입 배경과 국내 보청기 사용자의 휴대전화 사용시 장애 사례 조사 분석 등을 통하여 국내의 HAC 규제 도입 방안을 마련하고 국내 환경에 맞는 HAC 측정기준안을 마련할 계획이다.

## 제6장 결 론

무선국 전자파가 인체보호기준을 준수하는지 여부는 전자파강도 측정기준(전파연구소고시)을 이용하여 평가한다. 그러나 현행 고시에 따라 고출력 AM 방송국의 전자파 강도를 측정할 경우, 측정간격이 너무 넓어서 전자파 강도 최대값의 위치를 탐지하지 못하는 문제점이 있다. 그리고 안전경계시설(펜스) 주변에서는 펜스 효과로 인해 전자파 강도가 비정상적으로 변하는 특성을 나타낸다. 따라서 무선국에 대한 전자파강도 측정기준 개정을 위한 기초 자료를 확보하기 위하여 2009년 5월~2010년 7월까지 국내 AM 송신국 및 이동통신 기지국 등 무선국 펜스 및 주변에서 전자파 강도를 측정하여 AM 송신국 안전경계시설(펜스)의 영향에 따른 전자파 노출량 평가방법을 보완하였다. AM 방송국의 경우, 무선국 전자파 강도 최대치는 안전경계시설(펜스)로부터 20여 m 이내에서 나타나는 것으로 측정되어, AM 방송국 전자파강도 측정은 일반인의 출입이 통제된 안전시설에서 1 m 떨어진 지점부터 21 m 떨어진 지점 까지 2 m 간격으로 측정하도록 개정하였다. 한편 국내 무선국 주파수 재배치에 따라 변경된 측정대상 주파수 대역 및 측정대역폭 등을 수정하는 등 현행 고시의 일부 미비점을 개선·보완하여 전자파강도 측정기준 개정안을 마련하였다. 이렇게 마련된 전자파강도 측정기준 개선안은 EMF인체노출표준위원회의 연구반을 통하여 재검토하였으며 2010년 9월 관련 업계(이해 당사자) 및 일반국민을 대상으로 개정안에 대한 의견수렴을 마친 후 2010년 12월 전자파강도 측정기준을 개정고시 하였다.

지금까지 외국산 SAR 측정장비를 이용하는 국내 SAR 지정시험기관이나 제조업체에서는 SAR 측정장비 제조업체에 1~2년 주기로 프로브 교정을 의뢰하기 위하여 지나치게 많은 시간과 비용이 소요되는 어려움이 있었다. 따라서 우리소에서는 IEC, IEEE 등 국제 표준문서에 규정하는 프로브 교정방법을 참조하여 신뢰성 있는 SAR 측정용 프로브 교정방법을 마련하였으며 이를 “전자파흡수율 측정기준”에 반영하여 개정고시 하였다. 한편 SAR 측정용 프로브 교정과 관련한 국내 제도의 미비점을 개선하기 위하여 미국 및 일본의 SAR 프로브 교정 관련 기준을 검토하였으며, 그리고 SAR 프로브 제조업체 등의 의견을 반영하여 SAR 측정용 프로브의 선형성 확인 범위를

수정하고 프로브의 등방성에 대한 기준을 신설하였다. 이와같이 SAR 측정용 프로브의 기준과 교정절차가 국제적 수준으로 개선됨으로써 국내 지정 시험기관이나 산업체 등에 SAR 측정용 프로브 교정으로 발생하는 시간적, 경제적 손실이 다소 완화되는 계기가 되기를 기대한다. 한편 이번 “전자파 흡수율 측정기준” 개정에서는 기존 고시에서 규정한 SAR 시험방법 외에도 IEC나 IEEE, 국내 표준 등에서 규정하는 시험방법을 이용할 수 있도록 관련 규정을 개정하였다.

보청기 사용자가 꾸준히 증가함에 따라 이들의 권익 보호를 위하여 HAC 규제 도입에 대한 필요성이 대두되고 있다. 따라서 전파연구소에서는 미국에서 시행하고 있는 HAC 기술기준을 참조하여 국내 상용 휴대전화 16모델에 대하여 전자파방사(전기장/자기장 강도)를 측정하였으며, 미주향 휴대전화 4모델에 대하여 음성신호를 측정하고 그 결과를 분석하였다. 그리고 손에 의한 HAC 영향을 분석하기 위하여 한국형 표준 손 팬텀을 제작하였으며, '09년에 제작한 표준(시험용) 휴대전화와 상용 휴대전화에 대하여 제작된 손 팬텀과 실제 손을 사용하여 HAC 측정 및 전자기장 수치해석 등 전자파 영향 분석을 하였다.

그 결과를 살펴보면, 상용 휴대전화의 전자파방사(전기장/자기장 강도) 측정 결과, 16개 모델 모두가 미국의 HAC 기준에 만족하였으며, 미주향 휴대전화의 음성신호(ABM1, ABM2, 신호 품질, 주파수응답 등) 측정 결과도 4개 모델 모두가 HAC 기준을 만족하였다. 손에 의한 HAC 영향을 분석한 결과, HAC값은 (휴대전화만 설치한 경우) > (손 팬텀으로 휴대전화 거치한 경우) > (실제 손으로 휴대전화를 거치한 경우) 순으로 HAC값이 낮아지는 것으로 나타났다. 그리고 휴대전화의 뒷면에 손바닥을 터치하는 경우, 공기 중에서 휴대전화만 거치한 경우보다 HAC값이 더 낮게 나타났다. 안테나가 하단에 있는 경우, 휴대전화의 뒷면 상, 중, 하단에 손가락을 터치하는 순으로 HAC값이 점점 작아졌지만, 상단인 경우, 그와 반대의 결과가 나왔으며, 손가락의 터치가 휴대전화의 중단 부분의 좌측에서 우측으로 갈수록 HAC값에 큰 영향을 주는 것으로 나타났다.

결론적으로 HAC 기술기준의 전자파방사와 음성신호의 경우, 측정방법 및 규제 기준 등을 국내 HAC 기술기준에 반영하는 데는 별다른 문제가 없을 것으로 예상된다. 그러나 손에 의한 HAC값 변화는 상당히 큰 것으로 확인

되었기 때문에, 향후 HAC 기술기준 도입시 손에 의한 영향 등에 대하여 좀 더 깊은 검토가 필요할 것으로 판단된다. 2011년에는 보청기의 내성 규제에 대한 기술기준의 타당성을 검증하고 외국의 HAC 규제 제도 도입 배경과 국내 보청기 사용자의 휴대전화 사용시 장애 사례 조사 분석 등을 통하여 국내의 HAC 규제 도입 방안을 마련하고 국내 환경에 맞는 HAC 측정기준안을 마련할 계획이다.

본 연구를 통하여 AM 송신국 전자파의 인체노출량 평가방법을 마련하여 “전자파강도 측정기준”을 개정 고시하였으며, SAR 측정용 프로브 교정절차를 마련하여 “전자파흡수율 측정기준”을 개정 고시하였다. 그리고 청각 장애인의 권익을 보호하기 위하여 휴대전화와 보청기간 호환성에 대한 강제 규정 도입여부를 검토하기 위하여 휴대전화 전자파가 보청기에 미치는 영향에 대한 연구를 수행하였다. 올해에는 이와 같은 다양한 연구결과 확보 및 대외 연구결과 발표 등 많은 성과를 거두었다. 앞으로도 새로운 무선통신기기들의 출현으로 전자파에 대한 국민들의 불안감은 계속 증가할 것이다. 따라서 정부에서는 이를 해소하여 무선통신기술의 발전을 촉진함과 동시에 국민의 건강도 보호할 의무가 있다. 이를 위하여 신규 무선통신기기 및 전파응용설비 등에 대한 SAR 대상기기 확대 적용과 이 무선통신기기들에 대한 전자파 인체노출량 적합성 평가방법을 개발하고, 기존 대상기기에 대한 측정방법 개선 등에 대한 연구를 지속적으로 수행해 나갈 것이다.

## [참고문헌]

- [1] “전자파 인체보호기준”, 방통위고시 제2008-37호, 2008.05.19.
- [2] 전자파강도 측정기준(전파연구소고시 제2008-17호)
- [3] “전자파흡수율 측정기준”, 전파연구소고시 제2008-16호, 2008.06.02.
- [4] “전자파강도및전자파흡수율측정대상기기·측정방법”, 전파연구소고시 제2008-18호, 2008.06.02.
- [5] 전파방송관리통합정보시스템(TRMS)(AM 송신국 현황)
- [6] Rec. ITU-R PN.525-2 Calculation of free-space Attenuation(1978-1982-1994)
- [7] EN\_50400(2006.8.) Basic Standard to demonstrate the compliance of fixed equipment for radio transmission(110MHz-40GHz)
- [8] IEC 62577Ed.1 : Basic standard for the evaluation of human exposure to electromagnetic fields from a stand alone broadcast transmitter (30 MHz - 40 GHz)
- [9] EN 50383 (2002.8) Basic standard for the calculation and measurement of electromagnetic field strength and SAR related to human exposure from radio base stations and fixed terminal stations for wireless telecommunication systems (110 MHz - 40 GHz)
- [10] EN 50420 (2006.8.) Basic standard for the evaluation of human exposure to electromagnetic fields from stand alone broadcast transmitter (30 MHz - 40 GHz)
- [11] EN 50492 (2007.1) Basic standard for the in-situ measurement of electromagnetic field strength related to human exposure in the vicinity of base stations
- [12] IEC Std. 62209-1 "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", 2005
- [13] IEEE Std. 1528 “IEEE Recommended Practice for Determining the

- Peak Spatial-Average Specific Absorption Rate (SAR) in the Human Head from Wireless Communications Devices: Measurement Techniques”, 2003
- [14] FCC OET Bulletin 65 Supplement C, "Evaluating Compliance with FCC Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields", 2001
  - [15] 2000 Telecommunications Technology Council Report of JAPAN, "Measurement of SAR from Mobile Phone Terminals and Other Terminals that are Intended for Use in Close Proximity to the Side of the Head", 2000
  - [16] ESSAY-3 manual, "SAR Measurement System", EMF Safety Inc.
  - [17] Dasy 4 manual, "SAR Measurement System", Schmid & Partner Engineering AG
  - [18] EN\_50400 Basic Standard to demonstrate the compliance of fixed equipment for radio transmission(110Mhz-40GHz)(2006.08.)
  - [19] ICNIRP STATEMENT RELATED TO THE USE OF SECURITY AND SIMILAR DEVICES UTILIZING ELECTROMAGNETIC FIELDS, ICNIRP, Health Physics, Volume 87, Number 2, August 2004.
  - [20] SEMCAD ver.14.
  - [21] Choi D. et al, "Investigating the effect of the electromagnetic field from a mobile phone on the hearing aid", Bioelectromagnetics Society 32nd Annual Meeting, 2010. 6.
  - [22] IEEE ANSI C63.19-2007, “American National Standard Method of Measurement of Compatibility between Wireless Communications Devices and Hearing Aids”, June 2007.
  - [23] IEC 60118-13, “Electroacoustics - Hearing aids - Electromagnetic compatibility (EMC)”, November 2004.
  - [24] FCC CFR 47 part 68, “Connection of terminal equipment to the telephone network”, 2009.

## 전자파강도측정기준 개정(안)

### 1. 개정 사유

AM 방송국의 전자파강도 측정시 측정간격이 너무 넓어서 최대값의 위치를 탐지하지 못하는 문제점을 개선하고, 주파수재배치에 따라 변경된 측정대상 주파수 대역 및 측정대역폭 등을 수정하는 등 현행 고시의 일부 미비점을 개선·보완하려는 것임

### 2. 주요 내용

- 가. 이 고시의 적용범위를 명확하게 수정함 (제3조)
- 나. 자속밀도는 자기장 강도로부터 전력밀도는 전자기장 강도로부터 계산할 수 있도록 함 (제11조)
- 다. 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 고시 재검토 기한을 2012년 12월 31일까지로 설정함 (제12조)
- 라. 유럽의 주파수분배에 맞추어져 있는 측정간격의 주파수대 구분을 우리나라 주파수분배에 맞추어 수정하고, 50MHz 이하 대역의 측정간격을 실효성 있게 변경함 (별표1)
- 마. IMT, 800MHz대 및 900MHz대 이동전화 주파수재할당 사항을 반영 (별표1)
- 바. ‘분해능대역폭’ 용어를 ‘측정대역폭’으로 변경(별표1)

### 3. 참고사항

- 가. 관계법령 : 전파법 제47조의2
- 나. 기 타 : 신·구 조문 대비표(부록2)

●전파연구소고시 제2011-xx호

전파법 제47조의2제1항과 동법시행령 제123조제1항제3호의 규정에 따라 전자파강도측정기준(전파연구소고시 제2008-17호, 2008.6.2.)을 다음과 같이 개정·고시합니다.

20xx년 xx월 xx일

전파연구소장

전자파강도측정기준 개정(안)

제목을 “전자파강도 측정기준 및 측정방법”으로 변경한다.

제3조 중 “동 기준”을 “이 기준”으로, “평가에 적용하며”를 “평가에 적용한다. 다만”으로, “별표 1을 적용한다”를 “별표 1의 무선국 전자파강도 측정방법을 적용한다”로 변경하고, 단서 조항을 삭제한다.

제11조와 제12조를 다음과 같이 신설한다.

제11조(보칙) 전자파강도 기준의 자속밀도는 측정된 자기장 강도로부터, 전력밀도는 측정된 전자기장 강도로부터 계산할 수 있다.

제12조(재검토기한) 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」(대통령훈령 제248호)에 따라 이 고시 발령 후 법령이나 현실여건의 변화 등을 검토하여 이 고시의 폐지, 개정 등의 조치를 하여야 하는 기한은 2012년 12월 31까지로 한다.

부칙을 다음과 같이 둔다.

부 칙

이 고시는 2011년 1월 24일부터 시행한다.



별표1의 제1호 중 “이 별표는”을 “이 측정방법은”으로 한다.

별표 1의 제2호마목의 ““분해능대역폭”이라 함은 측정기기의 중간주파수 필터의 대역폭을 말한다.”를 ““측정대역폭”이라 함은 전자파강도 측정대상 신호의 대역폭을 말한다.”로 변경한다.

별표 1의 제4호나목4) 중 “손실 탄젠트”를 “유전체 손실 탄젠트”로 변경한다.

별표1의 제7호가목3) 중 “안전시설로부터 무선국 방향으로“를 ”안전시설로부터“로 변경한다.

별표1의 제7호가목6)가) 중 “분해능 대역폭”을 “측정 대역폭”으로, “측정대상 신호의 대역폭”을 “측정대상 신호의 주파수 및 대역폭”으로, “송신 주파수는 표 2와 같다.”를 “송신 주파수와 대역폭은 표2와 같다.”로 각각 변경한다.

별표 1의 표 1을 다음과 같이 변경한다.

송신 주파수	50 MHz 미만	50 MHz 이상 800 MHz 미만	800 MHz 이상 3000 MHz 이하	3 GHz 초과
측정간격	$\lambda/3$ 이하 또는 $d/40$ 이하 <sup>1)</sup>	2 m 이하 또는 $d/40$ 이하	1 m 이하	0.5 m 이하
비 고	d : 공중선에서 측정시작지점까지의 거리 $\lambda$ : 무선국 송신 신호의 파장 주1) AM 방송국 전자파강도 측정은 일반인의 출입이 통제된 안전시설에서 1 m 떨어진 지점부터 21 m(필요시는 그 이상) 떨어진 지점 까지 2 m 간격으로 측정한다.			

별표 1의 제7호나목3)가) 중 “분해능 대역폭”을 “측정 대역폭”으로 변경한다.

별표1의 표2를 다음과 같이 변경한다.

표 2. 무선국의 송신주파수와 측정 대역폭

무선국 구분	송신주파수 대역*	측정 대역폭*
이동전화 (셀룰러)	869 ~ 884 MHz	15 MHz
	884 ~ 894 MHz	10 MHz
	950 ~ 960 MHz	10 MHz
개인휴대전화 (PCS)	1840 ~ 1860 MHz	20 MHz
	1860 ~ 1870 MHz	10 MHz
이동통신 (IMT-2000)	2120 ~ 2150 MHz	30 MHz
	2150 ~ 2170 MHz	20 MHz
휴대인터넷 (WiBro)	2300 ~ 2330 MHz	30 MHz
	2330 ~ 2360 MHz	30 MHz
무선호출	317.9875 ~ 320.9875 MHz	3 MHz
TRS	390 ~ 400 MHz	10 MHz
	851 ~ 855 MHz	4 MHz
	856 ~ 867 MHz	11 MHz
무선데이터	938 ~ 940 MHz	2 MHz
AM라디오	526.5 ~ 1606.5 kHz	각 채널 9 kHz
FM라디오	88 ~ 108 MHz	각 채널 200 kHz
TV	54 ~ 88 MHz	각 채널 6 MHz (T DMB는 1.54 MHz)
	174 ~ 216 MHz	
	470 ~ 806 MHz	

\* 측정대상 무선국의 주파수와 측정대역폭이 이 표에 명시한 값과 다를 경우에는 할당 또는 지정 받은 주파수와 대역폭을 적용한다.

[부록2]

전자파강도측정기준 신·구 조문 대비표

현행	개정안	사유
<p>전자파강도측정기준</p> <p>&lt;고시본문 중&gt;</p> <p>제3조(적용범위) <u>동 기준은</u> 방송통신위원회가 정하여 고시한 전자파인체보호기준에서 규정한 전자파강도기준의 적합성 평가에 <u>적용하며</u>, 전파법 제47조의2제3항에서 규정한 전자파강도의 측정은 <u>별표 1을 적용한다. 단, 전자파강도기준의 자속밀도는 측정된 자기장강도로부터, 전력밀도는 측정된 전자기장강도로부터 계산할 수 있다.</u></p> <p><u>제11조(보칙) 전자파강도기준의 자속밀도는 측정된 자기장강도로부터, 전력밀도는 측정된 전자기장강도로부터 계산할 수 있다.</u></p> <p><u>제12조(재검토기한) 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」(대통령훈령 제248호)에 따라 이 고시 발령 후 법령이나 현실여건의 변화 등을 검토하여 이 고시의 폐지, 개정 등의 조치를 하여야 하는 기한은 2012년 12월 31까지로 한다.</u></p> <p>&lt;별표 1 중&gt;</p> <p>1. <u>이 별표는</u> 전파법 제47조의2제3항에 따라 전자파강도를 측정하여 보고하여야 하는 무선국의 준공검사, 정기검사 및 변경검사(전파법시행령 제51조제1항제3호·제6호·제7호·제9호의 사항에 대하여 변경이 있는 경우에 한 한다) 시의 전자파강도 측정절차를 규정하는 것을 목적으로 한다.</p> <p>2. 이 별표에서 사용하는 용어의 정의는 다음 각 목과 같다.</p> <p>마. <u>“분해능 대역폭”</u>이라 함은 전자파강도 측정기기의 중간주파수 필터의 대역폭을 말한다.</p> <p>4. 측정기기</p> <p>나. 프로브</p> <p>4) 프로브 고정용 지지대는 낮은 <u>손실 탄젠트</u>(<math>\tan \delta \leq 0.05</math>)와 낮은 상대 유전율(<math>\epsilon_r \leq 5.0</math>) 값을 가져야 한다.</p>	<p>전자파강도측정기준 <u>및 측정방법</u></p> <p>제3조(적용범위) <u>이 기준은</u> 방송통신위원회가 정하여 고시한 전자파인체보호기준에서 규정한 전자파강도기준의 적합성 평가에 <u>적용한다. 다만</u>, 전파법 제47조의2제3항에서 규정한 전자파강도의 측정은 <u>별표 1의 무선국 전자파강도 측정방법을 적용한다.</u></p> <p><u>제11조(보칙) 전자파강도기준의 자속밀도는 측정된 자기장강도로부터, 전력밀도는 측정된 전자기장강도로부터 계산할 수 있다.</u></p> <p><u>제12조(재검토기한) 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」(대통령훈령 제248호)에 따라 이 고시 발령 후 법령이나 현실여건의 변화 등을 검토하여 이 고시의 폐지, 개정 등의 조치를 하여야 하는 기한은 2012년 12월 31까지로 한다.</u></p> <p>1. <u>이 측정방법은</u> 전파법 제47조의2제3항에 따라 전자파강도를 측정하여 보고하여야 하는 무선국의 준공검사, 정기검사 및 변경검사(전파법시행령 제51조제1항제3호·제6호·제7호·제9호의 사항에 대하여 변경이 있는 경우에 한 한다) 시의 전자파강도 측정절차를 규정하는 것을 목적으로 한다.</p> <p>2. (현행과 같음)</p> <p>마. <u>“측정 대역폭”</u>이라함은 전자파강도 <u>측정대상 신호의 대역폭을 말한다.</u></p> <p>4. 측정기기</p> <p>나. 프로브</p> <p>4) 프로브 고정용 지지대는 낮은 <u>유전체 손실 탄젠트</u>(<math>\tan \delta \leq 0.05</math>)와 낮은 상대 유전율(<math>\epsilon_r \leq 5.0</math>) 값을 가져야 한다.</p>	<p>○ 문구와 문맥 수정 및 적용범위 내용이 아닌 단서 규정을 별도 조항(제11조)으로 옮김</p> <p>○ 제3조(적용범위) 단서 규정을 옮겨 옴</p> <p>○ 고시일몰제의 적용으로 고시 재검토기한을 설정함</p> <p>○ 목적에 맞게 문구 수정</p> <p>○ 분해능 대역폭을 측정 대역폭으로 용어 변경</p> <p>○ 이해를 돕기 위해 정확한 용어로 수정</p>

현행	개정안	사유																				
<p>7. 측정절차</p> <p>가. 기본측정 : 기본측정의 절차는 다음 각 세목의 순서를 따른다.</p> <p>3) 제6호가목에 따라 측정시작지점을 선정한다. 단, 측정시작지점이 안전시설 내에 있는 경우, 별도로 측정시작지점을 선정하지 않고 안전시설로부터 <u>무선국 방향으로 1 m 떨어진</u> 지점을 측정지점으로 한다.</p> <p>6) 수신기를 다음과 같이 조정한다.</p> <p>가) 수신기의 측정주파수와 <u>분해능 대역폭은 측정대상 신호의 대역폭과</u> 동일하게 조정한다. 현재 사용 중인 무선국의 <u>송신 주파수는 표 2와 같다.</u></p> <p>표 1. 무선국 송신주파수별 측정간격</p> <table><tr><th>송신 주파수</th><th>80MHz 미만</th><th>80 MHz 이상에서 900 MHz 미만</th><th>900 MHz 이상에서 3000 MHz 이하</th><th>3 GHz 초과</th></tr><tr><td>측정 간격</td><td>Max(λ, d/40)</td><td>Max(2 m, d/40)</td><td>1 m</td><td>0.5 m</td></tr></table> <p>※ d : 공중선에서 측정시작지점까지의 거리 λ : 무선국 송신 신호의 파장</p> <p>나. (생략)</p> <p>3) 수신기를 다음과 같이 조정한다.</p> <p>가) <u>분해능</u> 대역폭은 측정대상 신호의 대역폭과 동일하게 조정한다. 현재 사용 중인 무선국의 송신 주파수는 표 2와 같다.</p>	송신 주파수	80MHz 미만	80 MHz 이상에서 900 MHz 미만	900 MHz 이상에서 3000 MHz 이하	3 GHz 초과	측정 간격	Max(λ, d/40)	Max(2 m, d/40)	1 m	0.5 m	<p>7. (현행과 같음)</p> <p>가. (현행과 같음)</p> <p>3) 제6호가목에 따라 측정시작지점을 선정한다. 단, 측정시작지점이 안전시설 내에 있는 경우, 별도로 측정시작지점을 선정하지 않고 안전시설로부터 <u>1 m 떨어진</u> 지점을 측정지점으로 한다.</p> <p>6) (현행과 같음)</p> <p>가. 수신기의 측정주파수와 <u>측정대역폭은 측정대상 신호의 주파수와 대역폭과</u> 동일하게 조정한다. 현재 사용 중인 무선국의 <u>송신 주파수와 대역폭은 표 2와 같다.</u></p> <p>표 1. 무선국 송신주파수별 측정간격</p> <table><tr><th>송신 주파수</th><th>50 MHz 미만</th><th>50 MHz 이상 800 MHz 미만</th><th>800 MHz 이상 3000 MHz 이하</th><th>3 GHz 초과</th></tr><tr><td>측정 간격</td><td>λ/3 이하 또는 d/40 이하<sup>1)</sup></td><td>2 m 이하 또는 d/40 이하</td><td>1 m 이하</td><td>0.5 m 이하</td></tr></table> <p><u>비고</u> d : 공중선에서 측정 시작지점까지의 거리 λ : 무선국 송신 신호의 파장 주 1)AM방송국 전자파강도 측정은 일반인의 출입이 통제된 안전시설에서 1 m 떨어진 지점부터 21 m (필요시는 그 이상) 떨어진 지점 까지 2 m 간격으로 측정한다.</p> <p>나. (현행과 같음)</p> <p>3) 좌동</p> <p>가) <u>측정</u> 대역폭은 표 2와 같이 조정한다.</p>	송신 주파수	50 MHz 미만	50 MHz 이상 800 MHz 미만	800 MHz 이상 3000 MHz 이하	3 GHz 초과	측정 간격	λ/3 이하 또는 d/40 이하 <sup>1)</sup>	2 m 이하 또는 d/40 이하	1 m 이하	0.5 m 이하	<p>o 안전시설 내에는 일반인 접근이 불가능하므로 측정 최소 거리를 일반인이 접근할 수 있는 최근점 거리로 정함</p> <p>o 분해능 대역폭을 측정 대역폭으로 용어를 변경하고 문맥 수정</p> <p>o 송신주파수를 우리나라 주파수분배에 맞게 수정</p> <p>o 50 MHz 이하에서 더 조밀한 간격을 유지하고 50-800 MHz 측정 간격 2 m와 연속성을 갖도록 측정간격을 λ/3 함</p> <p>o 실측결과 AM방송국은 모두 안전시설로부터 20 m 이내에서 최대값이 나타나고 측정위치에 따른 오차를 최소화 하기 위해 2 m 간격으로 함</p> <p>o “분해능 대역폭”을 “측정 대역폭”으로 용어 변경</p>
송신 주파수	80MHz 미만	80 MHz 이상에서 900 MHz 미만	900 MHz 이상에서 3000 MHz 이하	3 GHz 초과																		
측정 간격	Max(λ, d/40)	Max(2 m, d/40)	1 m	0.5 m																		
송신 주파수	50 MHz 미만	50 MHz 이상 800 MHz 미만	800 MHz 이상 3000 MHz 이하	3 GHz 초과																		
측정 간격	λ/3 이하 또는 d/40 이하 <sup>1)</sup>	2 m 이하 또는 d/40 이하	1 m 이하	0.5 m 이하																		

표 2. 무선국의 송신주파수와 <u>분해능 대역폭(RBW)</u>		
무선국 구분	<u>무선국 송신주파수 대역</u>	<u>분해능 대역폭</u>
이동전화(셀룰러)	<u>869 MHz ~ 894 MHz</u>	<u>25 MHz</u>
이동통신(IMT-2000)	<u>2110 MHz ~ 2130 MHz</u>	<u>20 MHz</u>
	<u>2130 MHz ~ 2150 MHz</u>	<u>20 MHz</u>
휴대인터넷(WiBro)	<u>2300 MHz ~ 2327 MHz</u>	<u>27 MHz</u>
	<u>2331 MHz ~ 2358 MHz</u>	<u>27 MHz</u>
AM 라디오	<u>531 kHz ~ 1602 kHz</u>	<u>각 채널 8 kHz</u>
FM 라디오	<u>87 MHz ~ 108 MHz</u>	<u>각 채널 150 kHz</u>
TV	54 MHz ~ 88 MHz	<u>각 채널 6 MHz</u>
	174 MHz ~ 216 MHz	
	470 MHz ~ 806 MHz	

표 2. 무선국의 송신주파수와 <u>측정 대역폭</u>		
무선국 구분	<u>송신주파수 대역*</u>	<u>측정 대역폭*</u>
이동전화(셀룰러)	<u>869 MHz ~ 884 MHz</u>	<u>15 MHz</u>
	<u>884 MHz ~ 894 MHz</u>	<u>10 MHz</u>
	<u>950 MHz ~ 960 MHz</u>	<u>10 MHz</u>
이동통신(IMT-2000)	<u>2120 MHz ~ 2150 MHz</u>	<u>30 MHz</u>
	<u>2150 MHz ~ 2170 MHz</u>	<u>20 MHz</u>
휴대인터넷(WiBro)	<u>2300 MHz ~ 2330 MHz</u>	<u>30 MHz</u>
	<u>2330 MHz ~ 2360 MHz</u>	<u>30 MHz</u>
AM 라디오	<u>526.5 kHz ~ 1606.5 kHz</u>	<u>각 채널 9 kHz</u>
FM 라디오	<u>88 MHz ~ 108 MHz</u>	<u>각 채널 200 kHz</u>
TV	54 MHz ~ 88 MHz	<u>각 채널 6 MHz (T DMB는 1.54 MHz)</u>
	174 MHz ~ 216 MHz	
	470 MHz ~ 806 MHz	
<u>* 측정대상 무선국의 송신주파수 대역과 대역폭이 이 표에 명시한 값과 다를 경우에는 할당 또는 지정받은 주파수와 대역폭을 적용한다.</u>		

○ 무선설비규칙의 AM과 FM방송국 채널간격(9 kHz, 200 kHz) 반영

○ 무선설비규칙 개정(방통위고시 제2010-12호) 및 2010년 이동통신 주파수 할당 결과 반영

○ 개별 주파수 할당 및 지정된 무선국에도 이 고시의 측정방법을 적용하도록 유연성을 부여함

- 무선설비규칙의 AM과 FM방송국 채널간격(9 kHz, 200 kHz) 반영
- 무선설비규칙 개정(방통위고시 제2010-12호) 및 2010년 이동통신 주파수 할당 결과 반영
- 개별 주파수할당 및 지정된 무선국에도 이 고시의 측정방법을 적용하도록 유연성을 부여함

[부록 3]

## 전자파흡수율 측정기준 개정(안)

### ●전파연구소고시 제2010-45호

전파법 제47조의2제1항과 동법시행령 제123조제1항제3호의 규정에 의하여 전자파흡수율측정기준(전파연구소고시 제2008-16호, 2008.6.2.)을 다음과 같이 개정·고시합니다.

2010년 12월 29일

전파연구소장

## 전자파흡수율 측정기준

### 1. 개정이유

SAR 측정용 프로브에 대한 교정 절차를 신설하고 유효성이 검증된 SAR 시험방법 등을 이용할 수 있도록 관련 규정 등을 개정하기 위함

### 2. 주요내용

- 가. 제목을 “전자파흡수율 측정기준 및 측정방법”으로 함
- 나. 국내·외 표준 등에서 정한 유효성이 검증된 SAR 시험방법을 이용할 수 있도록 관련 조항 개정(제3조제2항 신설)
- 다. 고시일몰제에 따라 고시 재검토 기한을 2012년 12월 31일로 신설(제4조)
- 라. 2011년 1월 24일부터 해당 고시가 시행되도록 부칙 신설(부칙)
- 마. SAR 측정용 프로브에 대한 교정 절차 개정 (별표 1 부록 B)
- 바. SAR 측정용 프로브의 선형성 범위 변경 및 등방성에 대한 기준 신설 (별표 1의 5.3절)
- 사. 용어 및 정의에 대한 수정 (별표 1의 3.34절 및 3.36절)
- 아. 기타 용어 의미를 명확히 하기 위한 문구 수정 등 (별표 1 전체)
- ※ 고시 전문은 전파연구소 홈페이지(<http://www.rra.go.kr>) → 통합민원 → 자료실 → 무선기기를 참고하시기 바랍니다.

---

0000000 0000000 00000000 연구

---



140-848 서울시 용산구 원효로 군자감길 46

발 행 일 : 2010. 12.

발 행 인 : 임 차 식

발 행 처 : 방송통신위원회 전파연구소

전 화 : 02) 710-6454

인 쇄 : 홍길동인쇄소

Tel. 02) 123-1234

---

ISBN : 978-89-93720-00-6-92560 < 비 매 품 >

#### 주 의

1. 이 연구보고서는 전파연구소에서 수행한 연구결과입니다.
2. 이 보고서의 내용을 인용하거나 발표할 때에는 반드시 전파연구소 연구결과임을 밝혀야 합니다.