

제 출 문

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

2008. 12. 31.

연구책임자 : 오 학 태(전파환경연구과 전파환경담당)

연구원 : 공 성 식(전파환경연구과 전파환경담당)

최 동 근(전파환경연구과 전파환경담당)

박 종 열(전파환경연구과 전파환경담당)

요 약 문

새로운 무선통신기기 및 서비스의 보급이 증가하는 등 다양한 전파이용 환경의 변화로 인하여 전자파에 대한 인체위해 여부에 대한 국민들의 관심과 우려가 급증하고 있다. 또한, 국제적으로 전자파인체보호기준 적용이 머리, 몸통, 사지로 세분화되고 적용 대상기기 확대를 추진하고 있는 추세이다. 이에 따라 본 연구에서는 형식등록 대상기기 중 휴대 가능한 무선기기 위주로 전자파흡수율 기준을 단계적으로 확대 적용하는 로드맵을 마련하였고 무선전화기에 대한 전자파흡수율 측정방법(안)을 마련하였다. 또한, RFID기기의 전자파 노출량 분석을 위한 평가 시스템을 구축하였다.

무선기기 전자파흡수율(SAR) 대상기기 확대 방안을 살펴보면, 대상기기의 우선순위를 정하기 위하여 국내·외의 전자파흡수율 시험성적서의 측정 결과에 대한 비교 및 분석을 하였고 무선기기의 사용형태, 주파수 및 출력에 따라 전자파흡수율 측정 및 분석을 하였다. 그리고 국민 다수가 사용하는 무선기기, 실생활 사용형태 및 전자파흡수율 값이 높은 무선기기 위주로 로드맵을 마련하였다.

무선전화기에 대한 전자파흡수율 측정방법(안)을 마련하기 위하여 무선전화기의 사용 및 노출 형태를 조사하고 이 결과를 토대로 사용 조건별로 전자파흡수율을 측정·분석하였다. 또한, 측정방법에 대한 초안을 관계 전문가들의 의견수렴을 거친 후 「무선전화기의 전자파흡수율 측정기준(안)」을 마련하였다.

RFID 기기에 대한 전자파 노출량 평가 시스템을 구축하기 위하여 IEC를 비롯한 국제표준화 기구의 RFID 노출량 평가방법 표준화 동향과 연구결과를 조사·분석하였다. 그리고 수치해석기법을 이용하여 RFID 기기의 다양한 설치형태에 따른 전자기장 세기, SAR 등 전자파 인체노출량을 계산하였으며 몇 가지 RFID 기기에 대하여 실험실 공간에서 노출량 평가를 수행하였다. 또한, 계산값과 측정값을 비교·검토하여 신뢰성을 검증하였다.

전자파 인체노출량 평가 관련 국제 표준화 대응 활동의 일환으로 다수의 국제 표준 기술문서를 검토하고 우리나라의 의견을 제시하였다. 또한, IEC TC106, ITU-T SG5 등 전자파 인체노출량 평가방법 관련 국제 표준화 회의에 참석하여 우리나라의 의견이 잘 반영되도록 노력하였다.

SUMMARY

As appearance and spread of various electric and electronic devices, many of these devices are used in places where the public has access or in workplace. However, general public concerns about health effects or hazards from these devices. Therefore, it is important to have common assessments so that the general public can be confident of the safety of such devices.

By conducting the studies on the assessment methods for the human exposure to the electromagnetic fields various short range radio devices, we have established standard measuring methods of field strengths and specific absorption rate and created for the safe radio wave environment.

Preventing people from the possible excessive exposure to electromagnetic fields by law is very important government's role. The Korean government made an amendments on the 「Radio Act」 which gave base articles on limitation of human exposure on electromagnetic fields in January 2000 and noticed 「Limitation of Human Exposure on Electromagnetic Fields」, 「Technical Requirement for Measurement on Electromagnetic Field Strength」, 「Technical Requirement for Measurement on Specific Absorption Rate (SAR)」 and 「Conformity Assessment Procedure for Electromagnetic Field Strength and Specific Absorbtion Rate」 in January 2001. The SAR measurement and the conformity assessment for the mobile phone has been enforced from May 2002.

In this year, we prepared the roadmap to expand introduction for the SAR assessment of radio communication devices, for example Bluetooth, WLAN, RFID and so on. We investigated and analyzed the domestic, foreign and international regulations for testing radio devices, and measured the SAR for several radio devices. And also, we investigated the spread and popularization for commercial radio devices. From these

procedures, we established the roadmap for the various radio devices. In the future, we will discuss the our roadmap with the related experts of Standard Committee for Human Exposure to EMF, and then, we'll make a decision the final raodmap for the several radio devices.

And we developed the conformity assessment procedure for specific absorbtion rate of cordless phone to brush off the concerns for the health effects from the electromagnetic wave of these devices. In order to establish the conformity assessment procedure, we measured and analyzed for the several cordless phones of the frequency band at 900 MHz, 1.7 GHz, and 2.4 GHz. From the measurement results, we found that the SAR results for the devices measured lower than the SAR results of the cellular phones. And the final draft for the cordless phone was prepared through a broad collection of experts opinion of Standard Committee for Human Exposure to EMF.

And also, as another research item, we evaluated and analyzed of the human exposure to electromagnetic fields from the RFID devices operated at 13.56 MHz and 910 MHz. In oder to evaluate of exposure, we fabricated the RFID reader antenna operated at 13.56 MHz with good return loss and radiation pattern characteristics. And the RFID devices were measured the SAR(910 MHz), the electric field(13.56 MHz and 910 MHz) and the magnetic field(13.56 MHz) for the a few RFID devices. In the case of RFID devices used close by human body, the field strengths exceeded. But if the RFID devices were a little way off above 10 cm, they had no problems with reference level of ICNIRP guideline. In the future, we'll establish the final draft using the our experimental results and the IEC standard.

Finally, we investigated and described for the standardization trends and the meeting results of the international organizations such as IEC TC106, ITU-T SG5, and International joint workshop for the EMF.

목 차

제1장 서론	15
제2장 전자파 인체영향 연구 및 표준화 동향	17
제1절 IEC(국제전기기술위원회) TC106	17
제2절 ITU-T(국제전기통신연합) SG5	25
제3절 전자파 국제 공동 워크샵	30
제3장 무선전화기의 전자파흡수율 측정방법 연구	35
제1절 무선전화기의 국내 기술기준	35
제2절 무선전화기의 SAR 측정 및 분석	37
제3절 무선전화기의 전자파흡수율 측정기준(안) 마련	51
제4장 RFID 기기의 전자기장 인체노출량 평가	57
제1절 개요	57
제2절 RFID 기술 표준화 동향	58
제3절 RFID 기기의 전자기장 노출량 평가 표준화 동향	60
제4절 RFID 기기의 전자기장 노출량 시스템 구축	74
제5절 RFID 리더 안테나 제작 및 특성 분석	76
제6절 RFID 기기의 전자기장 노출량 평가 및 분석	80
제7절 결론	95
제5장 무선기기 SAR 대상기기 확대 방안 마련	97
제1절 외국의 SAR 대상 무선기기 측정결과 분석	97
제2절 국내 형식등록 무선기기의 측정결과 분석	99
제3절 국내 무선기기의 보급현황	108
제4절 SAR 우선 적용 대상기기	109
제5절 SAR 대상기기 확대 기대효과 및 향후계획	112

제6장 결론	113
참고문헌	117
[부록 1] 무선전화기의 전자파흡수율 측정기준(안)	119
[부록 2] 무선기기 전자파흡수율 대상기기 확대 방안	142

표 목 차

[표 2-1] IEC TC106의 member 현황	18
[표 2-2] IEC TC106의 의장단	18
[표 2-3] IEC TC106에서 수행중인 프로젝트 현황	18
[표 2-4] IEC TC106에서 발간한 표준과 Maintenance cycle 현황	19
[표 2-5] IEC 62110 프로젝트 개요	20
[표 2-6] IEC 62110 프로젝트 진행상황 및 관련문서	21
[표 2-7] IEC 62334 프로젝트 개요	21
[표 2-8] IEC 62334 프로젝트 진행상황 및 관련문서	21
[표 2-9] IEC 62209-2 프로젝트 개요	22
[표 2-10] IEC 62209-2 프로젝트 진행상황 및 관련문서	22
[표 2-11] IEC 62232 프로젝트 개요	23
[표 2-12] IEC 62232 프로젝트 진행상황 및 관련문서	23
[표 2-13] IEC 62577 프로젝트 개요	23
[표 2-14] IEC 62577 프로젝트 진행상황 및 관련문서	23
[표 2-15] IEC 62479 프로젝트 개요	24
[표 2-16] IEC 62479 프로젝트 진행상황 및 관련문서	24
[표 3-1] 무선전화기의 주파수 및 공중선전력	36
[표 3-2] 무선전화기와 휴대전화의 RF 출력 및 특성	37
[표 3-3] 무선전화기 사용조건에 따른 RF 출력 상태	38
[표 3-4] 측정에 사용된 무선전화기	39
[표 3-5] 주파수별 실제 사용한 두부 및 몸통 모의 조직 액체의 전기적 특성	40
[표 3-6] 900 MHz 대역 무선전화기의 두부 SAR 측정결과	44
[표 3-7] 900 MHz 대역 무선전화기의 몸통 SAR 측정결과	45
[표 3-8] 1.7 GHz 대역 무선전화기의 두부 SAR 측정결과	45
[표 3-9] 1.7 GHz 대역 무선전화기의 몸통 SAR 측정결과	46

[표 3-10] 2.4 GHz 대역 무선전화기의 두부 및 몸통 SAR 측정결과	46
[표 3-11] 무선전화기의 SAR 측정기준 마련 추진경과	51
[표 4-1] 우리나라 RFID 기술기준 현황	59
[표 4-2] IEC의 RFID 기기에 대한 노출량 평가 표준화 진행 현황	61
[표 4-3] 수치해석을 위한 모의인체 크기	68
[표 4-4] 각 국가별 표준 인체 모델	69
[표 4-5] CENELEC의 표준 현황	70
[표 4-6] EAS 시스템으로부터 전자기장 노출량 평가결과	71
[표 4-7] manual coding system과 induction line에서의 측정 위치	73
[표 4-8] 공간평균 측정 소요시간	87
[표 5-1] 외국의 SAR 측정값	98
[표 5-2] 대상기기별 SAR 측정값	107
[표 5-3] 대상기기별 국내 보급현황	109
[표 5-4] 무선기기별 SAR값 순위	110
[표 5-5] SAR 우선적용 대상기기	111

그 립 목 차

[그림 2-1] 2009-2012년 회기부터 새롭게 구성된 SG5 조직의 구성도	26
[그림 2-2] 실제로 사람에게 전자파를 노출시키는 모습	32
[그림 3-1] 측정에 사용된 두부 모의인체의 모습	40
[그림 3-2] 측정에 사용된 평면형 모의인체의 모습	40
[그림 3-3] SAR 측정 시스템	41
[그림 3-4] 두부 모의인체를 사용한 휴대장치에 대한 설치 조건	42
[그림 3-5] 두부 모의인체를 사용한 고정장치에 대한 설치 조건	42
[그림 3-6] 평면형 모의인체를 사용한 고정장치에 대한 설치 조건	42
[그림 3-7] 두부 모의인체와 모의조직 액체를 사용한 900 MHz 휴대장치의 두부 SAR 분포	48
[그림 3-8] 두부 모의인체와 모의조직 액체를 사용한 900 MHz 고정장치의 두부 SAR 분포	48
[그림 3-9] 평면형 모의인체를 사용한 900 MHz 고정장치의 두부 및 몸통 SAR 분포	48
[그림 3-10] 두부 모의인체와 모의조직 액체를 사용한 1.7 GHz 휴대장치의 두부 SAR 분포	49
[그림 3-11] 두부 모의인체와 모의조직 액체를 사용한 1.7 GHz 고정장치의 두부 SAR 분포	49
[그림 3-12] 평면형 모의인체를 사용한 1.7 GHz 고정장치의 두부 및 몸통 SAR 분포	49
[그림 3-13] 두부 모의인체와 모의조직 액체를 사용한 2.4 GHz 휴대장치의 두부 SAR 분포	50
[그림 3-14] 두부 모의인체와 모의조직 액체를 사용한 2.4 GHz 고정장치의 두부 SAR 분포	50
[그림 3-15] 평면형 모의인체를 사용한 2.4 GHz 고정장치의 두부 및 몸통 SAR 분포	50

[그림 3-16] 두부 및 평면형 모의인체의 형상	52
[그림 3-17] 두부 모의인체에 대한 휴대장치의 설치방법	53
[그림 3-18] 다양한 구조를 가지는 무선전화기의 부분별 위치 정의	54
[그림 3-19] 고정장치의 정면 위치에 대한 수직중앙선, 수평선, 중간점 설정	55
[그림 3-20] 고정장치의 두부 모의인체에 대한 설치조건	55
[그림 3-21] 고정장치의 평면형 모의인체에 대한 설치조건	55
[그림 3-22] 무선전화기의 전자파흡수율 측정절차	56
[그림 4-1] RFID 응용기술 및 활용 분야	57
[그림 4-2] RFID 기술 표준화 현황	58
[그림 4-3] 몸통 및 머리에 대한 측정 간격과 측정 지점	62
[그림 4-4] 바닥 지지형 안테나로부터 전자기장 측정	63
[그림 4-5] 마루 및 천장 설치형 안테나로부터 전자기장 측정	64
[그림 4-6] 천정 및 마루 설치, 터널형 설치 안테나로부터 전자기장 측정	65
[그림 4-7] 테이블 설치형 안테나로부터 전자기장 측정	66
[그림 4-8] 벽면 설치형 안테나로부터 전자기장 측정	66
[그림 4-9] 손에 들고 사용하는 RFID 기기로부터 전자기장 측정	67
[그림 4-10] 수치해석용 모의인체 형태와 크기	68
[그림 4-11] 유도전류 측정 장치 예	69
[그림 4-12] EAS 시스템으로부터 전자기장 노출량 평가결과	72
[그림 4-13] manual coding system과 induction line에서의 측정 위치	72
[그림 4-14] FDA의 경고 라벨	73
[그림 4-15] JAISA의 경고 라벨	74
[그림 4-16] 13.56 MHz RFID 시스템	74
[그림 4-17] 910 MHz RFID 시스템	75
[그림 4-18] 2.4 GHz RFID 시스템	76

[그림 4-19] 13.56 MHz RFID 안테나	77
[그림 4-20] 임피던스 매칭과정	78
[그림 4-21] 제작된 안테나의 임피던스 특성	78
[그림 4-22] 제작된 안테나의 복사패턴 특성	79
[그림 4-23] 910 MHz RFID 안테나	79
[그림 4-24] 910 MHz RFID 안테나의 복사패턴 특성	80
[그림 4-25] 13.56 MHz 노출량 평가를 위한 set-up	81
[그림 4-26] 910 MHz RFID 안테나로부터 노출량 평가	82
[그림 4-27] 안테나의 위치에 따른 자기장 강도	83
[그림 4-28] 측정 프로브에 따른 자기장 강도	83
[그림 4-29] 910 MHz RFID 안테나로부터 전기장 강도	84
[그림 4-30] 천장 및 마루 설치형 안테나로부터 전기장 강도	84
[그림 4-31] 910 MHz 노출량 복사패턴	85
[그림 4-32] 13.56 MHz 노출량 복사패턴	85
[그림 4-33] 13.56 MHz 공간평균 측정	86
[그림 4-34] 910 MHz 공간평균 측정	86
[그림 4-35] 공간평균 도출방법	88
[그림 4-36] SAR 측정 set-up	88
[그림 4-37] SAR 측정결과	89
[그림 4-38] 출력별 SAR 측정결과	90
[그림 4-39] 수치해석용 모의인체 모델	91
[그림 4-40] 모델별 반사 손실	92
[그림 4-41] 모델에 따른 복사패턴 특성	92
[그림 4-42] 모델에 따른 SAR 값	93
[그림 4-43] 디스크 두께에 따른 반사손실 특성	93
[그림 4-44] 디스크 두께에 따른 복사패턴 특성	94
[그림 4-45] 디스크 두께에 따른 SAR 측정	94
[그림 5-1] 380 MHz TRS 단말기 측정	101
[그림 5-2] 생활무선국 단말기의 SAR 측정	102

[그림 5-3] 간이무선국 단말기의 SAR 측정	103
[그림 5-4] 898~900 MHz 무선데이터통신용 단말기의 SAR 측정 ...	104
[그림 5-5] 2.4~2.48 GHz 무선데이터통신용(블루투스) 단말기의 SAR 측정	105
[그림 5-6] 2350 MHz 휴대인터넷(Wi-bro) 단말기의 SAR 측정	106

제 1 장 서 론

RFID, Wearable PC, 무선랜 등 다양한 무선통신기기들의 기술들이 급격히 발전하고 있고 그 속도 또한 점점 더 빨라지고 있다. 유선통신과는 달리 무선통신은 통신의 주요수단으로 전자파를 이용함으로써 사용자들은 공간상의 제약을 벗어나 통신의 편리함을 최대한 누릴 수 있게 되었다. 이런 전자파는 방송과 통신에 있어서 중요한 매개체임과 동시에 질병 진단 및 치료에도 중요한 역할을 할 만큼 가치 있는 존재라고 할 수 있다. 그러나 그 효용성이 높고 많이 쓰이는 만큼 그에 따른 역효과도 발생할 수 있는데 전자파가 인체에 좋지 않은 영향을 미칠 수도 있다는 불안감이 그것이다. 문제는 실질적으로 영향을 주는 것보다 막연한 불안감이 더 크다는 데에 있다.

전자파의 인체영향에 대한 전반적인 결론은 아직 나지 않고 있지만 휴대폰과 같이 인체에 밀착하여 사용하는 무선기기에 대해서는 오래전부터 각국에서 전자파흡수율(SAR : Specific Absorption Rate)을 제한하고 있다. 나라마다 SAR 측정 대상기기의 범위는 다르지만 휴대폰은 일반인이 가장 많이 사용하고 상대적으로 다른 무선기기보다는 출력이 높으므로 상당히 많은 국가에서 대상기기로 지정하여 휴대폰의 SAR을 관리하고 있다. 그러나 최근에는 휴대폰보다 출력이 낮은 무선전화기 전자파의 인체영향 가능성에 대하여 언론에서 문제를 제기함에 따라 일반인들은 그동안 아무런 걱정 없이 사용해 오던 무선전화기마저도 전자파에 대한 불안감 때문에 사용하기를 주저하는 경우가 발생하고 있다. 따라서 본 과제에서는 국민들의 불안감을 해소하고 무선전화기 전자파에 대하여 합리적으로 인체노출량을 평가할 수 있는 측정방법을 마련하기 위하여 다양한 사용 및 노출 형태에 따른 전자파흡수율을 측정 및 분석하였으며, 또한 EMF인체노출표준위원회 및 SAR 지정시험기관 등 관련 전문가들로부터의 의견수렴을 통하여 「무선전화기의 전자파흡수율 측정기준(안)」을 마련하였다.

교육, 국방, 의료, 환경, 유통 등 다양한 분야에서 우리 생활과 밀접하게 활용되고 있는 RFID는 우리가 인식하지 못하는 주변 곳곳에 설치되어 있기

때문에 국민들이 일상생활에서 늘 전자파에 노출되어 있다고 할 수 있다. 노출되는 환경을 살펴보면, RFID의 전자파는 크게 버스나 지하철에서 사용되는 교통카드, 대형 쇼핑몰, 백화점, 마트 등에서 짧은 시간 지나다니면서 노출되는 경우와 RFID가 설치되어 있는 곳에서 근무하여 장시간 노출되는 경우가 있다. 이와 같이 RFID 기기로부터 발생하는 전자파의 인체영향에 대한 국민들의 우려가 점점 더 증가하고 있다. 따라서 본 연구과제에서는 RFID기기의 전자파 노출량에 대한 객관적인 평가 및 분석을 할 수 있는 평가 시스템 구축 선행연구를 수행하였다. 그 내용을 살펴보면, 현재 IEC를 비롯한 국제 표준화 기구에서 진행 중인 국제 표준화 동향 및 다양한 연구 결과를 분석하였으며, 제작 및 상용화된 13.56 MHz, 910 MHz 대역의 RFID 기기에 대한 전자파 노출량 평가를 IEC 국제 표준 문서에서 제시하는 측정방법에 따라 수행하였다. 이 연구결과를 바탕으로 RFID기기의 인체 노출량을 평가할 수 있는 기반을 확보하고 평가 시스템을 구축하였다.

전자파인체보호기준 적용 신체부위를 머리, 몸통, 사지로 세분화하고 인체 영향 적합성 평가 대상기기를 모든 휴대용 무선기기로 확대하는 국제적인 추세에 대비하여 모든 휴대용 무선기기의 전자파인체보호기준 적용을 위한 로드맵을 마련할 필요성이 제기되고 있다. 따라서 본 연구과제에서는 FCC, ETSI 등 외국의 다양한 SAR 대상 무선기기의 전자파흡수율 시험성적서를 조사 및 분석을 하고 국내 형식등록 무선기기 8종에 대한 SAR 측정 및 결과를 분석하였다. 또한, SAR 대상 무선기기로 고려된 국내 형식등록 무선기기에 대한 보급 현황 및 사용빈도를 조사하여 분석하였다. 이 결과들을 근거로 하여 국내 형식등록 대상기기 중 휴대 가능한 무선기기 위주로 전자파흡수율 대상기기를 단계적으로 확대 적용하기 위한 「무선기기 SAR 대상기기 확대 방안」을 마련하였다.

제 2 장 전자파 인체영향 연구 및 표준화 동향

제1절 IEC¹⁾(국제전기기술위원회) TC106

1. IEC TC106 개요

전 세계적으로 전자기장에 대한 인체노출관련 관심이 증대됨에 따라 1999년 7월 IEC의 ACEC²⁾ task force 보고서(CA/1545/DV)에서 이에 대한 문제를 해결하기 위하여 IEC 내에서의 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, 금년 9차 회의는 10월 8일부터 9일까지 이틀간 독일 프랑크푸르트에서 개최되었다.

현재, IEC TC106 표준화에 참여하고 있는 국가는 우리나라를 비롯하여 총 34개국으로, 직접 표준화 작업에 참여할 수 있는 P-member 26개국, 단순 참가만 하는 O-member 8개국으로 구성되어 있다(표 2-1 참조). TC106의 간사국은 캐나다이며, 의장은 미국의 Mr. Ronald C. Petersen이 맡고 있으며, 임기는 내년 5월까지이다. 자세한 의장단 현황은 표 2-2에 기술되어 있다.

IEC TC106은 5개 작업반(working group)으로 구성되어 있으며, 6개의 표준화 프로젝트를 수행하고 있다. 표준화가 진행되고 있는 프로젝트 중 4개가 위원회 투표안 문서로서 2-3년 내에 완료 예정인 프로젝트이다. 표 2-3은 IEC TC106에서 수행하고 있는 표준화 프로젝트 현황을 보여주고 있다. 이 외에도 규격으로 발간된 표준에 대하여 maintenance 기간이 도래함에 따라 2개의 표준에 대하여 개정을 준비하고 있다. 현재까지 TC106에서는 7개의 표준을 발간하였으며, 그 현황은 표 2-4에 기술되어 있다.

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

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.

표 2-1. IEC TC106의 member 현황

구 분	member 현황	비 고
P-Member	Australia, Austria, Belgium, Canada, China, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Ireland, Italy, Japan, Korea Republic , 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 TC106의 의장단

직 위	성 명	국 가	비 고
간사국		캐나다	
의장	Ronald C. Petersen	미국	2009년 5월까지 임기
간사	Michel Bourdages	캐나다	
보조간사	Thomas Fischer	독일	
IEC 기술자문관	Remy Baillif		

표 2-3. IEC TC106에서 수행중인 프로젝트 현황

프로젝트 번호 프로젝트 책임자	제 목	진행단계
Project 62110 Yukio Mizuno	Measurement procedures for electric and magnetic fields generated by AC power lines with regard to human exposure	CDV
Project 62209-2 Matthias Meier	Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices - Human models, instrumentation and procedures Part 2: Two-way radios, wireless palmtop terminals, wireless desktop terminals, and wireless body-mounted devices including accessories and multiple transmitters in the frequency range of 30 MHz to 6 GHz	CDV
Project 62232 Peter Zollan	Determination of RF fields in the vicinity of mobile communication base stations used for the purpose of evaluating human exposure	CD
Project 62334 David Baron	Measurement and Assessment of Human Exposure to High Frequency (9 kHz to 300 GHz) Electromagnetic Fields	NP
Project 62479	Determination of the conformity of low power electronic and electrical apparatus with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (10 MHz - 300 GHz) - General public	CDV
Project 62577	Basic standard for the evaluation of human exposure to electromagnetic fields a stand alone broadcast transmitter (30 MHz - 40 GHz)	CDV

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

규격번호	제 목	발간일	검토일	비고
IEC 61786	Measurement of low-frequency magnetic and electric fields with regard to exposure of human being - Special requirements for instruments and guidance for measurement ※ TC85에서 발간하였으나 TC106으로 이관하여 maintenance 추진.	1998	2009	MT2
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 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 62226-3-1	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	2009	
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 system	2008. 8	2010	

2. 각 Working Group별 표준화 진행상황

가. Working Group 1

WG1은 저주파수 대역(0 Hz - 100 kHz)의 전기장 및 자기장, 유도전류의 측정과 계산방법에 대한 일반표준을 제정하고 있으며, 주요 역할은 저주파수

대역의 전기장과 자기장의 측정에 대한 표준 개발, 유도전류의 계산방법, 측정방법 및 측정장비에 대한 표준 개발을 담당하고 있다.

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

본 표준의 개정 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 maintenance team(MT2)이 TC106 내에 설치되었으며, 프로젝트 작업에 독일, 이탈리아, 프랑스, 영국 등 4개국이 참여하기로 하였다.

나. Working Group 2

WG2는 저주파 대역의 특정 소스에 의해 발생하는 전기장 및 자기장 특성 평가방법에 대한 국제표준을 담당하고 있으며, 주요역할은 가정용 기기, 전력선, 산업용 전력기기, 철도 등 특정 소스에 의해 발생하는 저주파수 범위의 전기장 및 자기장 측정에 대한 측정장비와 방법의 표준을 개발하고 있다. 현재 WG2에서는 IEC 62110에 대한 표준화를 추진하고 있으며, 주요 추진내용은 표 2-5와 표 2-6에서 자세히 기술하였다.

표 2-5. IEC 62110 프로젝트 개요

프로젝트 제목	AC 전원선에서 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)
표준화 작업 추진일정	<ul style="list-style-type: none"> - 2009년 1월 : 6차 작업반 회의 - 2009년 2월 : 위원회 최종안(FDIS) 문서 발간 예정

표 2-6. IEC 62110 프로젝트 진행상황 및 관련문서

문서번호	회람일	단계	비고
106/75/NP	2004. 7. 16 - 2004. 10. 22	PNW	새로운 표준으로 제안(일본)
106/85/RVN	2004. 12. 10	ANW	프로젝트 번호 부여 프로젝트 승인
106/108/CD	2006. 1. 20 - 2006. 4. 21	1CD	위원회 초안
106/117/CC	2006. 11. 17	A2CD	위원회 초안에 대한 각국의 의견 수렴
106/123/CD	2007. 2. 23 - 2007. 5. 25	2CD	위원회 두 번째 초안
106/138A/CC	2008. 1. 4	ACDV	위원회 두 번째 초안에 대한 각국의 의견 수렴
154/CDV	2008. 5. 30 - 2008. 10. 31	CDV	위원회 투표 문서

다. Working Group 3

WG3는 고주파 대역(100 kHz - 300 GHz)의 전자기장 및 전자파흡수율(SAR) 측정, 계산방법에 대한 국제표준을 담당하고 있으며, 주요역할은 고주파수 범위에서 전자기장에 대한 인체노출량 측정과 평가에 대한 기술적 보고서를 마련하는 것이다. WG3에서는 IEC 62334에 대한 표준화를 추진하고 있다. 주요 추진내용은 표 2-7과 표 2-8에 기술하였다.

표 2-7. IEC 62334 프로젝트 개요

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)
프로젝트 책임자	David Baron

표 2-8. IEC 62334 프로젝트 진행상황 및 관련문서

문서번호	회람일	단계	비고
106/25/NP	2002. 1. 25 - 2002. 4. 25	PNW	새로운 표준으로 제안(미국)
106/30/RVN	2002. 6. 7	ANW	프로젝트 번호 부여 프로젝트 승인
※ SMB/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 국제표준을 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 표준화이며, 각각 표 2-9~14에 자세히 기술하였다. 이 외에도 IEC 62209-1 표준에 대한 maintenance 기간이 도래하여 TC106 내에 MT1을 신설하고 개정 작업을 수행하고 있다.

표 2-9. IEC 62209-2 프로젝트 개요

프로젝트 제목	300 MHz - 3 GHz 주파수 범위에서 전자파흡수율 측정 절차(Procedure to measure the Specific Absorption Rate (SAR) in the frequency range of 300 MHz to 3 GHz) Part 2: 양방향 무선기기, 무선랜 장착 데스크탑, 팜탑기기, 인체 착용형 무선기기(주변기기 포함) 및 다중 송신기(two-way radios, wireless desktop and palmtop terminals, wireless body-mounted devices including accessories and multiple transmitters)
프로젝트 책임자	Matthias Meier
표준화 작업 추진일정	<ul style="list-style-type: none"> - 2008년 10월 : CDV 문서 회람, 불어 번역 완료 - 2009년 3월까지 : CDV 문서 의견수렴 - 2009년 4월 ~ 6월 : editorial meeting/conference calls - 2009년 6월 : FDIS 발간 - 2009년 8월 : FDIS 승인 및 IS 발간

표 2-10. IEC 62209-2 프로젝트 진행상황 및 관련문서

문서번호	회람일	단계	비고
106/90/NP	2005. 2. 18 - 2005. 5. 20	PNW	새로운 표준으로 제안(독일)
106/100A/RVN	2007. 7. 6	ANW	프로젝트 번호 부여 프로젝트 승인
106/132/CD	2007. 7. 6 - 2007. 10. 12	1CD	위원회 초안
106/144A/CC	2008. 7. 18.	ACDV	위원회 초안에 대한 의견 수렴 결과
106/162/CDV	2008. 10. 3 - 2009. 3. 6	CDV	위원회 투표안 문서

표 2-11. IEC 62232 프로젝트 개요

프로젝트 제목	이동 무선통신을 위해 사용되는 기지국 주변의 RF 전자기장 환경 특성 (Characterization of the RF electromagnetic environment in the vicinity of base stations used for mobile radio communication)
프로젝트 책임자	Peter Zollman
표준화 작업 추진일정	<ul style="list-style-type: none"> - 2008년 12월 : 두번째 CD 문서를 IEC 사무국에 제출 - 2009년 9월 : CDV 문서를 IEC 사무국에 제출 - 2010년(약 7개월 후) : FDIS 작성

표 2-12. IEC 62232 프로젝트 진행상황 및 관련문서

문서번호	회람일	단계	비고
106/87/NP	2005. 1. 14 - 2005. 4. 15	PNW	새로운 표준으로 제안(영국)
106/98/RVN	2005. 7. 15	ANW	프로젝트 번호 부여 프로젝트 승인
106/145/CD	2008. 1. 18 - 2008. 4. 18	CD	위원회 초안
106/164/CC	2008. 12. 12	A2CD	위원회 초안에 대한 의견 수렴 결과
106/165/CD	2008. 12. 19 - 2009. 3. 20	2CD	위원회 두 번째 초안

표 2-13. IEC 62577 프로젝트 개요

프로젝트 제목	30 MHz - 40 GHz 주파수 범위에서 독립형 방송 송신기로부터 발생하는 전자기장에 대한 인체 노출량 평가를 위한 기본규격(Basic standard for the evaluation of human exposure to electromagnetic fields from a stand alone broadcast transmitter) (30 MHz - 40 GHz) (CENELEC EN 50420)
표준화 작업 추진일정	<ul style="list-style-type: none"> - 일본 국가위원회에서 Fast track standard에 대한 제안 <ul style="list-style-type: none"> · Fast track 절차의 근본적 문제 - CENELEC에서 IEC로 문서 넘길 때, CDV 전에 PT 구성하는 방안을 검토하기로 함 - IEC 62577의 106/148/CDV 문서 관련 문제 <ul style="list-style-type: none"> · FDIS 전 editorial WG 구성하여 수정하기로 함

표 2-14. IEC 62577 프로젝트 진행상황 및 관련문서

문서번호	회람일	단계	비고
106/148/CDV	2002. 10. 4 - 2003. 1. 10	CDV	위원회 투표안 문서

마. Working Group 5

WG5에서는 제품군 표준이 적용되지 않는 전기·전자기기에 적용할 수 있는 일반표준(generic standard)을 개발하고 있다. 일반표준에는 전기장, 자기장, 전자기장과 유도전류 및 접촉전류에 관한 일반인 노출 기본 한계 또는 기준 레벨과 적합성 시험방법 등이 포함된다. 현재는 IEC 62479 프로젝트가 진행되고 있다. 자세한 표준화 추진 현황은 표 2-15와 표 2-16에 기술하였다.

표 2-15. IEC 62479 프로젝트 개요

프로젝트 제목	10 MHz에서 300 GHz 주파수 범위에서 저전력 전기·전자기기에 대한 일반인의 전자기장 노출과 관련하여 기본한계의 적합성 평가(Determination of the conformity of low power electronic and electrical apparatus with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (10 MHz - 300 GHz) - General public)
프로젝트 책임자	Philip Chadwick
표준화 작업 추진일정	<ul style="list-style-type: none"> - 프로젝트 팀 회의 : 2009년 3월 예정 - 현재 CDV 문서(106/163/CDV)에 대한 의견 회람중이며 이에 따라 후속조치를 취할 예정

표 2-16. IEC 62479 프로젝트 진행상황 및 관련문서

문서번호	회람일	단계	비고
106/106/NP	2005. 12. 23 - 2006. 3. 24	PNW	새로운 표준으로 제안(덴마크)
106/112A/RVN	2006. 6. 23	ANW	프로젝트 번호 부여 프로젝트 승인
106/130/CD	2007. 6. 1 - 2007. 9. 7	1CD	위원회 초안
106/142/CC	2007. 11. 9	ACDV	위원회 초안에 대한 의견 수렴 결과
106/163/CDV	2008. 10. 3 - 2009. 3. 6	CDV	위원회 투표안 문서

제2절 ITU-T(국제전기통신연합) SG5

1. 2008년 11월 국제회의 참가

ITU-T³⁾ SG⁴⁾5 회의는 스위스 제네바에서 5일간(11월 24일(월) - 28일(금)) 개최되었으며 한국, 영국, 이탈리아, 폴란드, 일본, 중국 등 22개국 65명이 참석하였다. 우리나라에서는 강성철 과장, 최동근, 김봉석 연구사, 박종열 주무관(이상 전파연구소), 이상무 책임, 김병찬 선임(이상 ETRI), 오호석 박사(KT) 등 7명이 참석하여 접지와 본딩(bonding) 핸드북 및 K.61(기지국 주변 인체노출량 측정방법)에 대한 기고서 제출 및 주요 의제에 대한 우리나라의 입장을 반영하였다.

2. 국제회의의 주요 임무

이번회의에서는 2009-2012년 회기의 첫 회의로서 2005-2008년 회기 결산 및 SG5 구조 조정과 2009-2012년 회기의 주요 계획 수립에 대한 논의가 활발하게 진행되었다. 주요 임무로는 접지 관련 ITU 핸드북과 기지국 주변의 인체노출량 측정방법에 대한 기고서를 제출하고 우리나라의 입장을 반영하는 것과 전기통신 안전, EMC, 전자파 인체영향에 대한 국제 표준화 동향을 분석하는 것이다. 이번 회의의 주요 의제로는 WP⁵⁾ 구성 및 의장단 선임 등 SG5 구조 조정, 2009-2012년 회기 연구과제 계획 및 외부 기관과 협의 사항 검토, WP1, 2 및 연구과제(Q⁶⁾.14) 작업 결과 승인, 낙뢰 보호 관련 기술 세미나 개최 등이 있었다.

3. 조직의 구성

ITU-T SG5는 전자기적 현상으로 발생하는 전자파 환경으로부터의 통

3) ITU-T(International Telecommunication Union-Telecommunication Standard Sector) : 국제전기통신연합의 전기통신 표준화

4) SG(Study Group) : 연구반

5) WP(Working Party) : 작업반

6) Q(Question) : 연구과제

신시스템 보호 문제, 전기 간섭과 낙뢰로부터의 통신시스템의 보호 및 기지국, 휴대폰 등 통신장비로부터의 EMC와 전자파 인체영향에 대한 국제 표준을 제정하는 역할을 하고 있다. 현재 SG5에서 다루고 있는 국제 표준은 K권고 62개(2008년 12월말 현재), 고압 전력선이나 전기철도 주변에서 발생할 수 있는 전력유도 현상에 대한 지침과 3개의 핸드북(접지와 본딩(bonding) 핸드북, 전자기적 문제 측정 및 완화 핸드북, 낙뢰 보호 핸드북)이 있다.

ITU-T SG5의 조직 구성은 본회의 외 두 개의 작업반(WP1, 2)이 있으며 기존의 16개 연구과제가 2009년-2012년 회기에서부터는 15개로 축소된다. 그 동안 연구과제 활동이 미진한 Q.7은 삭제되고 Q.10은 14에 통합된다. 그리고 SG6의 Q.3은 새로운 연구과제로 SG5의 Q.10으로 신설되고 SG6의 Q.5는 SG5의 Q.1에 통합된다. 작업반은 WP1(7개), WP2(7개), SG5 직할(1개)등으로 연구과제가 세분화되어 있다. 그림 2-1은 2009-2012년 회기부터 새롭게 구성된 SG5 조직의 구성도를 나타낸다.

WP1(Damage prevention and safety)은 위험 예방 및 안전에 대한 내용을 다루는 곳으로 전기통신설비를 설치·운영하는 과정에서 낙뢰, 서지, 전력선 유도 등으로부터 발생하는 전기, 자기적 위험에 대하여 인명 및 설비 자체를 보호하기 위한 권고안을 개발하고 있는 작업반이다.

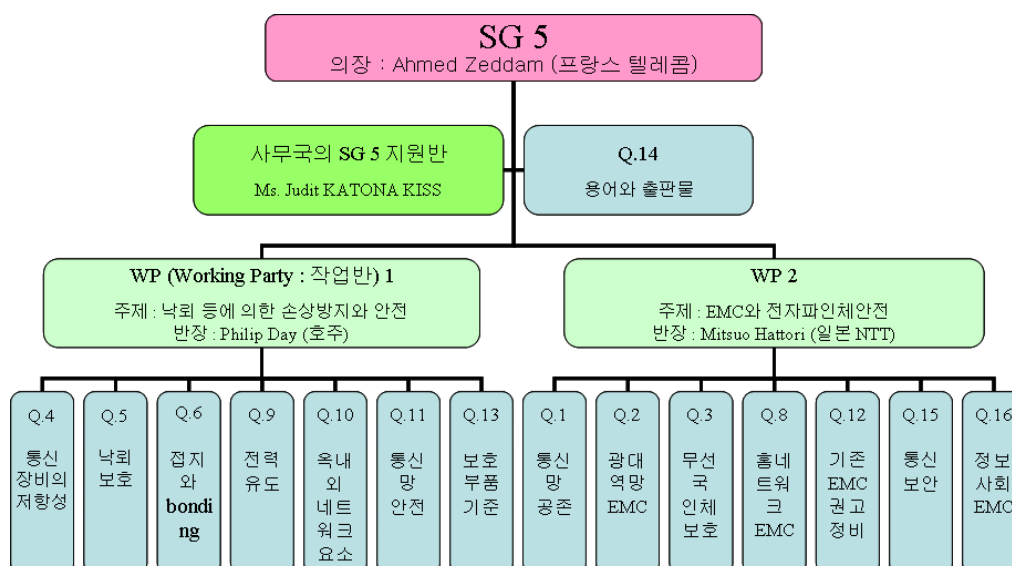


그림 2-1. 2009-2012년 회기부터 새롭게 구성된 SG5 조직의 구성도

WP2(Electromagnetic fields : emission, immunity and human exposure)는 전자기장 방사, 내성 및 인체노출에 대한 내용을 다루는 곳으로 전기통신 서비스를 제공하기 위하여 설치하는 장비의 방사 및 내성 특성을 연구하고 기지국 전자파 인체노출량 평가방법에 대한 국제표준을 개발하는 연구반이다.

4. 우리나라의 중점 대응 과제에 대한 주요 동향

가. 접지와 본딩 핸드북 개정 관련

2008년 2월 회의에서 이중 접지저항의 정확한 측정을 위한 전위전극 배치 방법에 관하여 제안하여 승인된 상태이다. 이 제안은 정확한 접지저항 측정을 위한 측정기기 설정조건의 개선방법 등 측정결과에 바탕을 둔 제안이어서 다른 국가의 이의 없이 접지와 본딩 핸드북에 반영되었다.

이번 회의에서는 핸드북 이용시 보다 편리하게 이용할 수 있도록 기술적 내용을 정량적으로 더욱 명확히 표현하기 위한 보완적 기술 측면에서 접지저항을 측정하는 3점전위강하법 전극배치에 의한 오차 범위를 제안하였다. 그 내용은 접지저항을 측정하는 3점전위강하법에 있어서 전위전극을 접지전극과 전류전극에 외치시키는 경우에 이동범위에 따른 오차 범위(3%)를 정량적 그래프로 제시하고 그 내용을 핸드북 내용에 포함시켜 참조할 수 있도록 하는 것이다. 하지만 이 제안은 오차 범위에 대한 기술적인 설명이 부족하여 차기 회의에서 이 부분에 대하여 추가적인 검토 후 그 내용을 기고서로 제출하여 핸드북에 포함하는 것을 검토하기로 하였다.

나. K.61(기지국 주변의 인체노출량 측정방법) 개정 관련

이동통신 기지국 등 무선국 주변의 전자파에 대한 기존의 측정방법은 다양한 거리에서 측정해야 하므로 안전경계(compliance boundary)를 도출하기 위한 시간과 인력 소모가 많이 든다. 그래서 2008년 2월 회의에서 공간평균개념 도입에 있어서 일본이 제안한 20개의 지점은 예비측정(pre-scan)

정도로 채택하자는 의견을 제시하였으나 제안한 공간평균 방법의 비교·평가는 차기회기 연구항목으로 채택하기로 하고 최종 승인되었다.

이번회의에서는 시간이 많이 드는 기존의 전자파 측정방법에 대하여 시간을 단축할 수 있는 측정방법을 제안하였다. 제안한 내용 및 결과를 살펴보면, 국제적으로 권고하는 6분 평균과 기타 다른 평균시간에 따른 결과를 비교하여 전자파측정을 위한 가장 효율적인 시간평균방법(1분 평균)을 제시하였으나, 이 측정방법에 대한 불확정도 검증⁷⁾ 문제가 제기되어 차기 회의에 우리나라 기지국에 대한 하루 동안의 전력변화율을 검토한 내용을 기고서로 제출하여 향후 개정 작업에 들어가기로 승인하였다. 상기 내용과 같이 특정위치에서 전자파강도를 평균하는 시간을 효과적으로 줄이는 것은 불필요한 사회적 비용을 감소시키는 효과를 얻을 수 있기 때문에 이에 대하여 각국에서 많은 관심을 가졌다.

다. 낙뢰 보호 관련 기술 세미나

기술세미나는 크게 2개의 분야로 나누어서 특별 주제 발표 형식으로 이루어졌다. 첫 주제로는 낙뢰가 통신설비에 가해질 경우 발생할 수 있는 인체 상해에 대한 내용으로서 낙뢰 위험 평가에 대한 기술 및 정량적인 평가에 대한 내용을 강화하여 기존 권고(K.46, K.49, K.71, K.25, K.39, K.40)에 대한 개정의 원활성을 부여하였다. 그리고 새로운 권고 K.injury에 대한 내용, 범위, 구조 등과 관련하여 추가하여야 할 사항들을 검토하였다. 둘째로는 덕내통신에 있어서의 전화선 가입자에 대한 낙뢰 서지 유입 경로 분석 및 인체 접촉에 대한 위험(영향) 평가 방법에 대하여 소개하였다.

라. 기타 사항

이번회의에서는 4개 권고(1개 개정, 3개 제정)에 대한 제·개정 승인이 있었다. K.11⁸⁾은 개정 작업 승인을, K.var⁹⁾, K.hemp¹⁰⁾, K.emc¹¹⁾는 각각 K.77,

7) 불확정도 검증 : 1분 평균 측정법을 사용시 방사전력 변화량을 고려할 경우 0.5 dB 차이에 따른 기준레벨 초과 가능성을 고려할 필요성이 있다고 제시(사우디아라비아)

8) K.11 : Principles of protection against overvoltages and overcurrents

9) K.var : Characteristics of Metal Oxide Varistors (MOVs) for the protection of telecommunications installations

78, 79로 제정 작업 승인이 있었다.

SG 구조조정에 대한 WTSA¹²⁾ 2008 회의 결과, SG5는 그대로 유지하고 SG5에 SG6 일부 연구과제를 이관하기로 결정되었다.

SG5 의장은 구 WP1 의장인 Ahmed Zeddam(프랑스), WP1 의장은 Phil Day(호주), WP2 의장은 Hattori(일본)로 선출되었으며, WP1 부의장은 György Varju(헝가리), WP2 부의장은 Darren Carpenter(영국)가 선출되었다. 그리고 올해 우리나라의 가장 큰 성과로는 SG5 부의장 및 지역 그룹 활동을 위한 아시아 지역 코디네이터로 강성철 과장이 선출된 것과 Q.10의 새로운 라포터로 오호석 박사(KT, 한국)가 선출된 것이다.

5. 향후 계획

SG5 사무국에서는 결의 72¹³⁾에 대한 내용을 ITU-D SG2와 ITU-R SG1, 6에 연락문을 송부하기로 하였다. 그리고 개발도상국에 전자파 인체노출량 측정방법, 기준 등의 기술 보급 및 지원을 목적으로 2009년 5월에 개발도상국 중 한 나라를 정하여 5일 동안 워크숍을 개최하자고 SG5 의장이 제안하였다. 현재 대상 국가 및 장소는 미정이다. 또한 향후에는 SG5의 연구과제로 기후 변화 협약 대처에 관한 연구항목을 삽입하기로 하였다.

차기회의는 스위스 제네바에서 5일간(2009년 10월 12일 - 16일) 개최하기로 하였다.

10) K.hemp : Application of requirements against HEMP to telecommunication systems

11) K.emc : The electromagnetic (EM) characterization of the radiated environment in the unlicensed band

12) WTSA(World Telecommunications Standardization Assembly) : 세계전기통신표준화 총회

13) 결의(Resolution) 72 : Measurement concerns related to human exposure to electromagnetic fields

제3절 전자파 국제 공동 워크샵

- Global Coordination or Research on Electromagnetic Fields and Health -

전자파가 인체에 유해한 영향을 주는지에 대한 관심 또는 우려에 대해서는 최근까지도 명쾌한 답변을 찾지 못하고 있다. 좀 더 정확히 말하면 어느 정도의 전자파 세기가 어떤 형태로 인체에 어느 정도의 영향을 주는지 또한 그것이 정말 유해한 영향인지 아니면 이로운 영향도 있는 것인지에 대한 논리적·정량적인 인과관계가 밝혀지지 않고 있는 것이다.

우리나라와 일본은 1996년 한·일 통신장관 회담에서 가장 사용자가 많고 인체에 밀착하여 사용하는 휴대전화 전자파의 인체영향에 대해서 우선적으로 공동조사하기로 의견을 모으고 「휴대전화 등의 인체영향에 관한 연구」 공동발표회를 매년 개최기로 합의(1996. 8.)함에 따라 1997년에는 일본, 1998년에는 우리나라에서 개최하는 등 각국이 순차적으로 개최하다가 1999년부터 EU, 2001에는 미국까지 참여하여 현재는 “국제 공동 워크샵”으로 발전하게 되었다. 본 워크샵은 일반적인 학술적 내용이외에 각국의 전자파 관련 정책과 대 국민 정보전달 등 국가 정책에 대한 발표와 토론이 포함되어 있는 것이 특징이다

금년(2008년)에는 미국 시카고에서 이틀간(12. 8.~9.) 개최되었으며, 참석자는 한국(5), 일본(10), 미국(4), EU(3), 호주(1) 등 총 23명이었다. 우리나라에서는 우리 소의 오학태 연구관과 충남대 백정기 교수, 충북대 김 남 교수, 한국전파진흥원의 김용섭 단장 및 정점모 과장이 참석하여 “한국의 전자파 인체영향 연구동향”, “한국의 전자파 정책 및 risk communication”에 관하여 발표하였다. 다른 나라에서도 동물실험, 세포실험, 역학연구, 전자파 인체노출량 평가, 인체보호기준 등 다양한 분야에 대하여 발표하고 상호 의견을 교환하였다.

국가별 연구전략이나 특징을 간략하게 기술하면 다음과 같다.

미국에서는 휴대전화나 다른 무선통신기기 전자파가 암이나 기타 인체에 유해한 영향을 주는지 여부에 대한 연구를 중점적으로 수행하고 있다. 그동안의 역학연구의 결과, 종양이나 기타 다른 인체영향을 뒷받침할 만한 증거는 발견하지 못하였으나 휴대전화를 장기간 사용했을 때의 영향여부에 대해서는 여전히 의문으로 남아있다. 또한 전자파에 민감한 일부 집단에 있어서의 위험성 규명도 향후 과제라고 보고 있다. 현재는 1℃이상 체온상승을

발생시키지 않는 최대 전자파세기(RF 전력 또는 SAR)를 규명하고, 약한 전자파세기에 만성적으로 노출되었을 때의 유해영향 발생 여부를 밝히기 위하여 쥐를 이용한 동물실험을 수행 중이며 2012년까지 완료하는 것을 목표로 하고 있다. 그리고 호주, 캐나다, 프랑스, 독일, 이스라엘, 이태리, 뉴질랜드, 영국, 미국 등 9개국에서 공동으로 진행하고 있는 “직업인(환자 2,672명, 정상인 5,668명)의 극저주파 및 고주파 노출과 뇌암의 연관성 조사 연구”에 참여하고 있으며 “미국 국립 직업인 안전건강원(NIOSH ; National Institute for Occupational Safety and Health)”에서 “전자파의 인체 노출량 평가”를 담당하고 있다.

EU에서도 역학조사, 동물 및 세포실험, 자원자연구 등 다양한 방법으로 연구를 하고 있으며 주요 연구과제 분야는 미국과 마찬가지로 어린이 등 민감한 군을 대상으로 장기적인 전자파 노출영향에 중점을 두고 있다. 특징적인 것은 연구대상 주파수 대역이 0~THz(Tera Hertz)라는 것이며 현재의 인체보호기준이 0~300 GHz 라는 것을 감안하면 앞으로의 신규 무선 서비스뿐만 아니라 적외선, 가시광선, 자외선 영역까지 연구영역을 확대할 계획인 것으로 보인다. 그러나 현재의 주파수 대역에 대해서도 명확하게 인체영향이 밝혀지지 않고 있고 더구나 장기노출영향의 규명은 앞으로도 상당한 기간이 소요될 것으로 판단되는 상황에서 연구대상 주파수 대역을 넓히는 것이 과연 옳은 방향인지에 대해서는 개인적으로 의구심이 든다.

연구 활동 및 연구비 투입규모는 EU 국가마다 다양하여 영국이 가장 많은 연구비를 투입하고 있으며 그 다음으로 독일, 이태리 순으로서 EU 전체는 약 9천 3백만 유로에 이른다. 총 연구과제수는 432개, 프로젝트 당 평균 연구비는 21만 7천유로, 연간 프로젝트 당 연구비는 8만 7천유로이며, 극저주파(ELF)와 고주파(RF) 등 주파수별 연구 비중은 고주파 분야가 약 72% 정도 차지하고 있다. EU에서 중점을 두고 있는 연구분야는 인체 노출량 평가기술(Dosimetry), 어린이에 대한 인체영향, 새로운 무선 서비스에 의한 인체영향이다. EU에서는 현재까지 유럽 국가간에 충분한 협력과 조화(harmonization)가 이루어지지 않고 있음을 강조하고, 전자파 인체영향 관련 연구비는 줄어 들고 있으며 향후 연구를 지속할 시간이 많이 남아 있지 않기 때문에 지금 즉시, 국제간 협력이 현재보다 더 적극적으로 활발하게 진행되어야 한다고 제안하였다.

일본에서도 다른 국가와 마찬가지로 동물/세포실험, 역학조사, 인체노출량 평가기술 연구, 자원자 연구 등을 진행하고 있으며 자원자 연구가 다른 국가보다 활발하게 진행되고 있는 것이 특징이다.

즉, 그림 2-2와 같이 실제로 사람에게 대하여 전자파를 노출시켜 그 반응을 조사하는 것으로서 휴대전화 사용 시 눈의 활동성 변화, 수면방해 여부 등을 조사하고 있다. 특히 전자파에 지극히 민감한 증상을 의미하는 “전자파 과민성 증상(EHS ; Electro-Hypersensitivity)”에 관한 연구를 진행 중이다.



그림 2-2. 실제로 사람에게 전자파를 노출시키는 모습

또 한가지 특징은 동물실험에서 토끼를 이용하여 전자파가 눈에 미치는 영향을 수행 중인데 그 이유는 눈의 경우, 혈액순환이 여의치 않으므로 전자파의 열적영향에 더 취약할 수 있기 때문이다.

또한 기지국 주변에서의 인체 노출 상황에 대하여 인체 전신의 전자파흡수율(SAR)을 수치해석으로 평가하는 연구를 수행 중이다. 현재 인체에 밀착하여 사용하는 휴대전화와 달리 기지국 전자파에 대해서는 전신이 노출되고 이 경우, 전자파흡수율 측정이 어려우므로 전기장 세기를 측정하여 인체 보호기준의 적합성 여부를 판단하고 있다. 그러나 실제로 인체에 영향을 주는 것은 전자파 흡수율이므로 전신의 전자파흡수율을 계산하여 현재의 전기장 측정방법의 타당성을 규명하기 위해서이다.

우리나라도 다른 국가와 마찬가지로 동물/세포실험, 역학조사, 인체노출량 평가기술 연구, 자원자 연구 등을 진행하고 있음과 우리나라의 인체보호기준과 전자파흡수율 측정기준 등 인체영향 관련 기술기준을 설명하였다. 방송통신위원회를 중심으로 전파연구소, 전자과학회, 전자통신연구원 등 인체

영향 연구기관의 역할현황을 소개함과 동시에 2000년도에 방송통신위원회(구 정보통신부)에서 “전자파 인체영향 연구계획”을 수립한 이래 2008년까지 투입된 연구비 규모와 연구실적 등을 발표하였다.

전자파의 인체영향에 관한 대 국민 정보전달(risk communication)과 관련하여서는 일반인들에게 정보를 효과적으로 잘 전달하여 전자파를 정확하게 이해할 수 있게 도움을 줌으로써 전자파에 대한 막연한 불안감을 해소해야 한다는 부분에 대해서는 모든 국가에서 그 중요성을 잘 인식하고 있으며 우리나라를 포함한 대부분의 국가에서 국민에 대한 정보전달 방법으로 Q&A 책자발간, 웹 사이트 운영 등 공통적인 방법을 활용하고 있다. 그러나 전파연구소에서 2007년도에 개최한 플래시 공모전은 다른 국가에서 시도한 적이 없고 이 부분에 대해서 상당한 관심을 보였다. 대부분의 정보전달이 일방적으로 이루어지기 때문에 일반인들은 정보를 이해하는 데에 있어서 수동적이 될 수밖에 없으며 이런 이유로 정보전달의 효율성은 상당히 떨어지게 된다. 플래시 공모전의 의미는 응모자가 직접 관련 자료를 이해해야만 플래시를 제작할 수 있기 때문에 정보를 능동적으로 이해하게 되고 정보전달의 효율성이 높아진다는 것에 있다. 따라서 플래시 공모전과 비슷한 형태의 이벤트를 지속적으로 개최한다면 전자파에 대한 일반인들의 이해도를 높이는데 상당한 도움이 될 것으로 생각된다.

기타사항으로서 워크샵의 명칭을 변경하기 위한 논의가 있었다. 현재의 명칭은 본 워크샵의 목적, 내용과 잘 맞지 않는다는 지적에 따라 “Global Coordination or Research on Electromagnetic Fields and Health”에서 “Global Coordination of RF Communication Research and Health Policy”로 변경하는 데에 합의하였다. 또한 현재의 워크샵 내용인 전자파 정책, 홍보, 연구동향 외에 특별주제를 선정하여 차기 워크샵부터 포함하기로 하였다. 특별주제는 “New signal technologies and new usage(신기술 관련)”, “Children(exposure, biology, risk communication, etc)”로 선정하였다.

내년 워크샵은 호주에서 개최하기로 잠정 결정하였다.

본 워크샵에 참석하여 외국의 동향을 파악해 본 결과 몇 가지 사항을 발견할 수 있었다.

동물실험/세포실험, 역학조사, 인체노출량 평가, 자원자 실험 등 연구방법적인 측면에서 우리나라도 국제적인 추세와 동일하며 기술적인 측면에서

뒤지지 않았다. 다만 향후의 연구방향은 어린이와 같은 취약한 그룹을 대상으로 하며 전자파에 대한 장기노출 영향을 주목하는 것이 국제적인 추세이므로 우리나라도 이를 반영하여 “전자파 인체영향 연구 중장기계획”을 수립할 필요가 있을 것으로 생각된다.

전자파에 대한 대 국민 정보전달(risk communication)이 대단히 중요하다는 것은 모든 국가에서 공감하고 있었다. 다만, 정부에서 전달하고자 하는 전자파에 대한 정보를 국민들이 오해 없이 잘 받아들일 수 있도록 신뢰를 구축할 수 있는 특별한 방안이 필요할 것으로 판단된다.

전파연구소의 입장에서는 새로운 무선통신서비스에 대비하여 전자파의 인체노출량 평가기술 연구를 잘 예측 수행하여 “전자파흡수율측정기준, 전자파강도측정기준” 등 관련 기술기준을 적기에 개정할 수 있도록 사전 대비를 철저히 해야 할 것이다.

제3장 무선전화기의 전자파흡수율 측정방법 연구

무선전화기는 휴대전화와 같이 일반 가정이나 회사 등 일상생활에서 많이 사용되고 있다. 무선전화기의 출력은 휴대전화보다 작고 미약하지만 이 기기로부터 발생하는 전자파가 일상생활에서 장시간 노출되어 있기 때문에 국민들은 막연한 불안감과 두려움을 가지고 있다. 또한 최근에는 무선전화기 전자파의 인체영향에 대한 가능성에 대하여 언론에서 문제를 제기함에 따라 아무런 걱정 없이 사용해 오던 무선전화기마저도 전자파에 대한 불안감 때문에 사용하기를 주저하는 경우가 발생하고 있다. 따라서 무선전화기의 인체노출량을 객관적으로 평가할 수 있는 전자파흡수율 측정방법 마련의 필요성이 요구되고 있다.

본 장에서는 무선전화기의 사용 및 노출 형태를 조사하여 분석하였으며, 이 결과를 토대로 사용 조건별 전자파흡수율 측정 및 분석을 수행하고 측정방법에 대한 초안을 관계 전문가들의 의견수렴을 거친 후 「무선전화기의 전자파흡수율 측정기준(안)」을 마련하였다.

제1절 무선전화기의 국내 기술기준

1. 무선전화기의 정의

「신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선기기」(방송통신위원회 고시 제2008-74호, 2008.05.19.)의 제2조(정의) 13호에서, 무선전화기는 「“코드없는 전화기”라 함은 송수화기와 본체를 연결하는 코드를 무선 링크로 대체하여 통신하는 무선기기를 말한다.」라고 정의하고 있다.

2. 무선전화기의 주파수 및 공중선전력

「신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선기기」(방송통신위원회 고시 제2008-74호, 2008.05.19.)의 제6조(코드없는 전화기)에서는 다음의 표 3-1과 같이 주파수대역별 무선전화기의 공중선전력을 정하고 있다. 기술기준에서 정하고 있는 무선전화기의 공중선전력을 살펴보면, 40 MHz 대역의

공중선전력은 3 mW이하이며 2012년 12월 31일까지 사용하게 되어 있다. 그리고 900 MHz 대역의 공중선전력은 10 mW이하이며, 2013년 12월 31일까지 사용하게 되어 있다. 현재 40 MHz, 900 MHz 대역의 상용 무선전화기들은 이미 단종되거나 실생활에서도 거의 사용되지 않고 있는 추세이다. 또한 1.7 GHz 대역의 공중선전력은 100 mW이하이며, 2.4 GHz 대역의 공중선전력은 기술기준상 10 mW이하이거나 10 mW/MHz 이하로 규정하고 있다. 2.4 GHz 대역에서, 10 mW이하의 공중선전력을 가지는 무선전화기는 FHSS(OFDM, DSSS) 통신방식을 사용하는 단말기에 적용된다. 여기서, 2.4 GHz 대역 무선전화기는 대부분이 FHSS 통신방식을 사용하기 때문에 공중선전력은 10 mW/MHz에 적용되며, 실제 사용되고 있는 점유주파수대역폭(26 MHz 이하)을 고려하여 계산하면 최대 260 mW까지 허용이 된다. 하지만 현재 제조업체에서 정하고 있는 사용 무선전화기의 최대출력은 150 mW 이하로 자체적으로 규정하고 있다. 국내 기술기준에 대한 사후관리 시험은 공중선전력, 주파수허용편차, 점유주파수대역폭, 불요발사강도 등을 실시하고 있다.

표 3-1. 무선전화기의 주파수 및 공중선전력

주파수(MHz)	공중선전력, 공중선전력밀도 또는 복사전력	비 고
46.510, 46.530, 46.550, 46.570, 46.590, 46.610, 46.630, 46.670, 46.710, 46.730, 46.770, 46.830, 46.870, 46.930, 46.970	3 mW 이하	2012년 12월 31일까지 사용
49.670, 49.695, 49.710, 49.725, 49.740, 49.755, 49.770, 49.830, 49.845, 49.860, 49.875, 49.890, 49.930, 49.970, 49.990		
959.0125, ..., 959.9875 (40 채널, 25kHz간격)	10 mW 이하	2013년 12월 31일까지 사용
914.0125, ..., 914.9875 (40 채널, 25kHz간격)		
1786.750~1791.950	100 mW(공중선 절대이득 포함) 이하	
2400~2483.5	10mW 이하 또는 10mW/MHz 이하	

제2절 무선전화기의 SAR 측정 및 분석

1. 상용(시중에 판매되는) 무선전화기의 사용형태 및 특성

무선전화기는 휴대장치와 고정장치로 크게 두 가지의 무선통신기기로 나누어져 있다. 실제 사용형태를 살펴보면, 휴대장치는 휴대전화와 동일하게 머리 부위에서 주로 사용되고 있다. 그리고 고정장치는 휴대장치의 무선통신을 돕는 역할을 하며 일반적으로 특정 지역에 고정이 되어서 통신을 하지만 일상생활에서 국민들이 고정장치를 머리에 베고 자거나 몸에 끼고 자는 경우도 발생할 수 있기 때문에 주로 머리카나 몸통 부위에서 사용된다고 할 수 있다.

현재 시판되고 있는 무선전화기는 900 MHz, 1.7 GHz, 2.4 GHz 대역이 주로 사용되고 있다. 무선전화기는 구조뿐만 아니라 주파수대역마다 아날로그, 디지털, 주파수 호핑 방식 등 다양한 통신방식을 가지며 단말기에 탑재되는 안테나 형태도 내·외장형으로 구분되어 있다. 표 3-2는 다양한 무선전화기와 휴대전화의 출력 및 특성을 보여주고 있다.

표 3-2. 무선전화기와 휴대전화의 RF 출력 및 특성

구분	40 MHz 아날로그(1형)		900 MHz 아날로그(2형)		1.7 GHz DCP (Digital Cordless phone)	2.4 GHz Wifi phone	휴대전화 (Cellular, PCS)
	고정장치	휴대장치	고정장치	휴대장치			
사용주파수 대역	46.51 ~ 46.97 MHz	49.67 ~ 49.99 MHz	959.0125 ~ 959.9875 MHz	914.0125 ~ 914.9875 MHz	1786.75 ~ 1791.95 MHz	2,400 ~ 2,483.5 MHz	835 MHz, 1.8 GHz
통신방식	FDMA				TDMA	OFDM, DSSS	CDMA
Crest factor	1		1		24	- 802.11.b/g (사용조건에 따라 가변)	1
신호형태	CW		CW		FH(burst)	FH(burst)	CW
채널수	15		40		3	13	20
점유주파수 대역폭	16 kHz 이하				1.728 MHz 이하	26 MHz 이하	1.32 MHz 이하
공중선전력 (출력)	3 mW 이하		10 mW 이하		100 mW (공중선 절대이득 포함)이하	10 mW 이하 또는 10 mW/MHz 이하	250 ~ 300 mW(가변)

무선전화기와 휴대전화의 통신방식에 대해 살펴보면, 휴대전화는 CDMA (Code Division Multiple Access : 코드 분할 다중 접속 방식) 방식을 사용하며, 이 방식은 가입자를 식별하는 고유의 코드를 가지고 동일 주파수 및 동일 시간대를 이용하는 방식이다. 무선전화기인 경우는 FDMA(Frequency Division Multiple Access: 주파수 분할 다중 접속 방식), TDMA(Time Division Multiple Access : 시분할 다중 접속 방식), FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum : 주파수 도약 확산 스펙트럼 방식) 방식을 사용한다. FDMA 방식은 가입자가 서로 다른 주파수를 이용하는 방식이며 TDMA 방식은 가입자가 시간차를 두고 동일 주파수를 이용하는 방식이다. 그리고 FHSS 방식도 사용하는데 이 방식은 무선 통신에서 주파수를 고정하지 않고 시간에 따라 변화시켜 송신하는 스펙트럼 확산 방식으로서 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing : 직교 주파수 분할 다중방식), DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum : 직접 시퀀스 확산 스펙트럼) 등이 있다.

표 3-3은 무선전화기의 사용조건에 따른 RF 출력 상태를 나타낸다.

표 3-3. 무선전화기 사용조건에 따른 RF 출력 상태

구 분	900 MHz 아날로그		1.7 GHz DCP		2.4 GHz Wifi phone		휴대전화
	고정장치	휴대장치	고정장치	휴대장치	고정장치	휴대장치	휴대장치
고정장치에 아답터 전원 인가시	×	×	○ (동기신호)	×	○ (동기신호)	×	통화상태 시 작동
고정장치에서 링신호 보낼 때	○	×	○ (동기신호)	×	○ (동기신호)	×	
휴대장치에서 링신호 수신할 때	○	○	○ (동기신호)	○	○ (동기신호)	○	
통화중	○	○	○	○	○	○	
휴대장치에서 통화버튼 시도할 경우	×	○	○ (동기신호)	○	○ (동기신호)	○	
사용하지 않는 대기 상태	×	×	○ (동기신호)	×	○ (동기신호)	×	
문자 메시지 수신시	○	○	○	○	○	○	

2. SAR 측정을 위한 시스템 구성

현재 시판되고 있는 900 MHz, 1.7 GHz, 2.4 GHz 대역의 무선전화기 11종을 구매하여 SAR 측정에 사용하였다. 측정에 사용된 무선전화기는 표 3-4와 같다.

무선전화기의 설치방법을 살펴보면, 휴대장치는 휴대전화와 동일하게 머리에 사용되고 고정장치는 일상생활에서 사용 가능한 모든 상황들을 고려하면 머리 및 몸통에 사용되는데 이 모든 조건들에 해당되도록 무선전화기를 설치하였다. 무선전화기의 신호 설정은 간이 기지국 시뮬레이터 및 내부 시험 프로그램을 사용하여 최대 출력이 유지되도록 하였으며, 각 주파수별 해당되는 통신 방식대로 연속파(always-up) 및 변조 신호의 조건에서 SAR 측정을 수행하였다. 주파수별 송신 최대출력은 표 3-2에서 제시하는 출력으로 설정하였다.

무선전화기의 휴대장치는 그림 3-1과 같이 전파연구소장이 정하여 고시한 전자파흡수율 측정기준의 부록 A(모의인체 규격)에서 제시하는 규격에 맞는 두부 모의인체를 사용하였고 고정장치는 상기 두부 모의인체와 그림 3-2와 같이 IEC, FCC 등에서 권고하는 규격에 맞는 평면형 모의인체를 사용하였다.

표 3-4. 측정에 사용된 무선전화기

구분	측정에 사용된 무선전화기				
900 MHz					
	A 모델	B 모델	C 모델	D 모델	
1.7 GHz					
	A 모델	B 모델	C 모델	D 모델	E 모델
2.4 GHz					
	A 모델	B 모델			

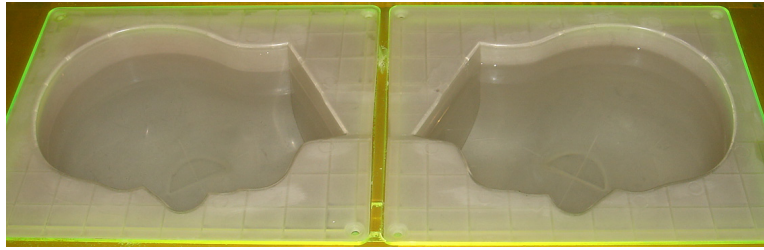


그림 3-1. 측정에 사용된 두부 모의인체의 모습(왼쪽, 오른쪽)

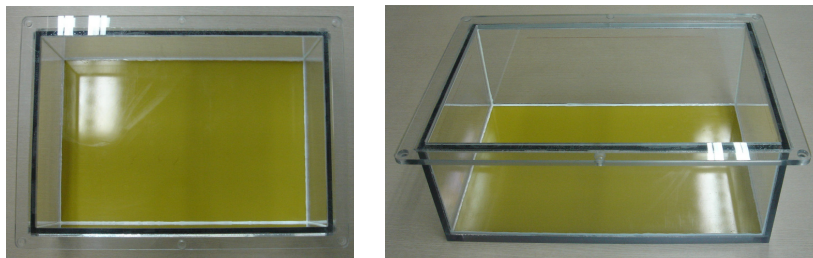


그림 3-2. 측정에 사용된 평면형 모의인체의 모습

고정장치의 SAR 측정시 사용된 평면형 모의인체는 두 가지의 크기를 사용하였다. 두부 SAR 측정방법에 사용한 평면형 모의인체(두부 모의조직 액체를 사용)는 280 mm(가로) × 240 mm(세로) × 165 mm(높이), 2 mm(모의인체의 두께)의 크기를 사용하였으며, 몸통 SAR 측정방법에 사용한 평면형 모의인체(몸통 모의조직 액체를 사용)는 300 mm(가로) × 200 mm(세로) × 165 mm(높이), 2 mm(모의인체의 두께)의 크기를 사용하였다. 평면형 모의인체 재료의 전기적 특성은 유전율이 4.2이고 손실탄젠트가 0.033이다. 그리고 두부 및 평면형 모의인체에 들어갈 주파수대역별 두부 및 몸통 모의조직 액체의 전기적 특성은 표 3-5와 같다. 그림 3-3은 SAR 측정 시스템의 구성을 보여주고 있다.

표 3-5. 주파수별 실제 사용한 두부 및 몸통 모의 조직 액체의 전기적 특성

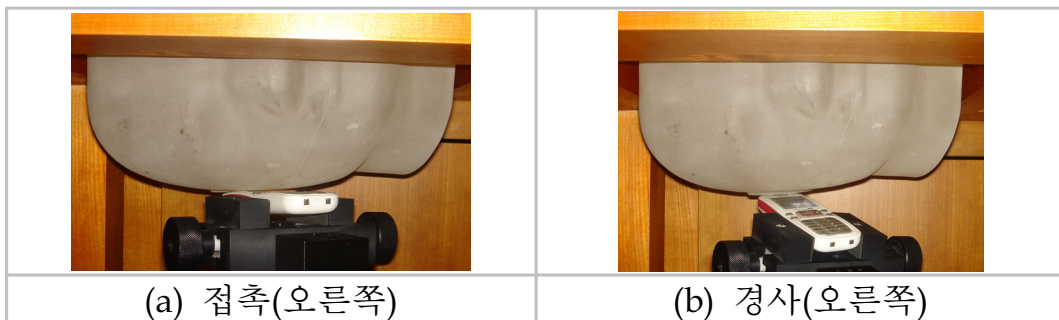
주파수(MHz)	부위	전기적 특성	
		상대유전율	전기전도도(S/m)
900	두부	42.4	0.93
	몸통	55.5	0.98
1700	두부	39.26	1.32
	몸통	52.3	1.52
2450	두부	38.88	1.77
	몸통	49.5	2.03



그림 3-3. SAR 측정 시스템

3. SAR 측정

무선전화기의 측정방법을 살펴보면, 휴대장치는 휴대전화와 동일하게 머리에 사용하기 때문에 휴대전화와 동일한 두부 SAR 측정방법으로 측정하였으며, 고정장치는 머리 및 몸통에 사용되는 것을 고려하여 두부 및 몸통에 대한 SAR 측정방법으로 측정을 수행하였다. 휴대장치의 두부 SAR 측정은 그림 3-4와 같이 접촉, 경사, 왼쪽, 오른쪽에 대한 설치 조건에서 수행하였다. 그리고 고정장치의 두부 SAR 측정은 그림 3-5와 같이 접촉, 왼쪽, 오른쪽에 대한 설치 조건에서 측정을 수행하였으며, 몸통 SAR 측정은 접촉에 대하여 고정장치의 정면, 후면, 왼쪽면, 오른쪽면, 윗면 위치에 대한 설치 조건에서 측정을 수행하였다. 그림 3-6은 몸통 SAR 측정에서 고정장치의 정면에 대한 설치 조건을 보여주고 있다.



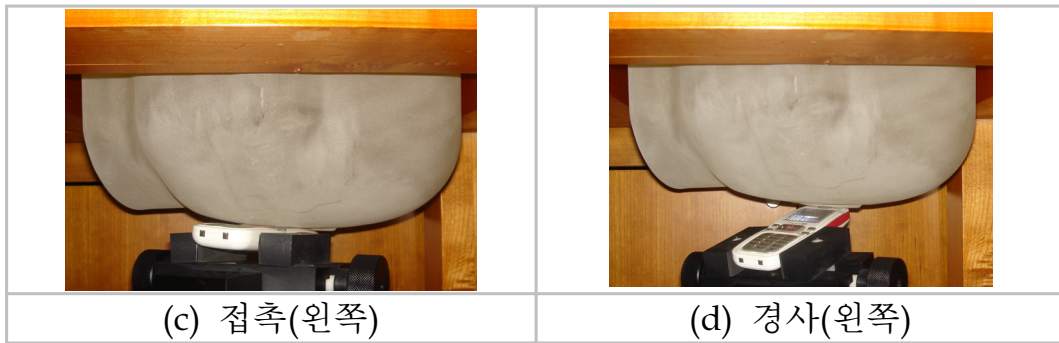


그림 3-4. 두부 모의인체를 사용한 휴대장치에 대한 설치 조건

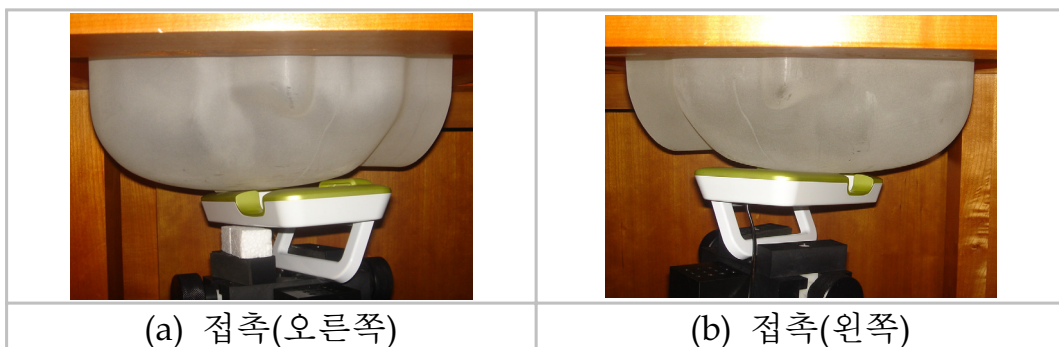


그림 3-5. 두부 모의인체를 사용한 고정장치에 대한 설치 조건

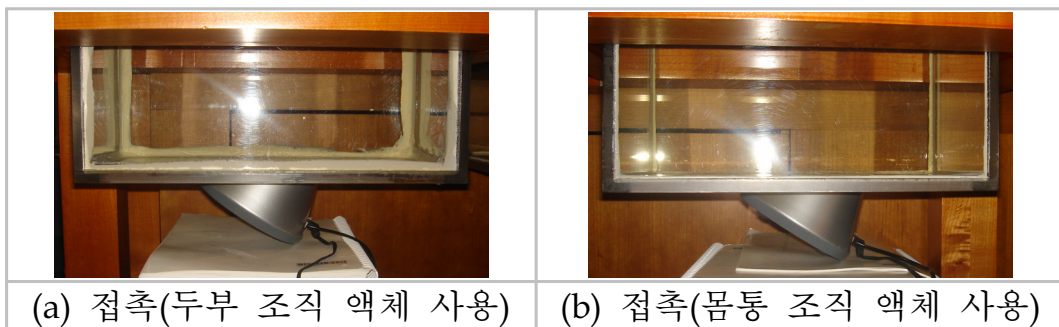


그림 3-6. 평면형 모의인체를 사용한 고정장치에 대한 설치 조건

4. SAR 측정 결과

SAR 측정은 900 MHz, 1.7 GHz, 2.4 GHz 대역 무선전화기에 대하여 사용 조건별 측정을 실시하였다. 측정 결과값은 표 3-6~10에서 나타낸 바와 같다.

900 MHz 대역 무선전화기의 휴대장치에 대한 최대 SAR값은 0.057 W/kg 이고 고정장치의 최대 SAR값은 0.158 W/kg으로 측정되었다. 1.7 GHz 대역

무선전화기인 경우 휴대장치의 최대 SAR값은 0.067 W/kg이고 고정장치의 최대 SAR값은 0.122 W/kg이었다. 그리고 2.4 GHz 대역 무선전화기인 경우 휴대장치의 최대 SAR값은 0.346 W/kg이고 고정장치의 최대 SAR값은 0.601 W/kg이었다.

측정결과를 살펴보면, 각 주파수대역(900 MHz, 1.7 GHz, 2.4 GHz)별 무선전화기의 휴대장치 중에서는 2.4 GHz 대역 무선전화기의 휴대장치에 대한 최대 SAR값이 가장 높게 나타났다. 이는 다른 주파수에 비해 2.4 GHz 대역 무선전화기(휴대장치와 고정장치의 최대 출력은 동일함)의 최대 출력이 150 mW로 가장 높기 때문에 SAR값이 가장 높게 나타난 것으로 판단된다. 여기서, 900 MHz 대역 무선전화기의 최대 출력은 10 mW이고 1.7 GHz 대역 무선전화기의 최대 출력은 100 mW이다. 실제로 SAR값의 변화에 가장 큰 영향을 미치는 것이 바로 출력이다. 그리고 또 다른 요소로는 통신 방식뿐만 아니라 무선기기의 전자파 복사원(안테나)과 모의인체(SAR 측정지점)와의 이격거리가 있다. 이렇게 볼 때, 무선전화기는 단말기의 구조, 주파수별 출력 및 통신방식이 매우 다양하기 때문에 예상하지 못한 측정조건에서 최대 SAR값이 나올 수 있다.

그리고 모든 주파수대역 무선전화기의 고정장치가 휴대장치의 최대 SAR값보다 높게 나타났다. 일반적으로 무선통신시스템에서는 기지국(무선전화기의 고정장치)이 제한된 범위 내에서 넓은 영역(Coverage)을 확보하는 것이 매우 중요하다. 무선전화기의 휴대장치인 경우 대기시에는 전자파가 방출되지 않으며 통화시에는 실제의 정보데이터를 실어서 보내는 트래픽(Traffic) 신호만 사용한다. 하지만 고정장치인 경우, 휴대장치와는 달리 대기시 여러대(최대 6대)의 휴대장치를 찾기 위한 비콘(Beacon) 신호를 방출하고 있으며, 1대의 휴대장치와 통화시에도 트래픽 신호만 방출하는 것이 아니라 나머지 다른 휴대장치를 찾기 위한 비콘 신호도 동시에 방출하기 때문에 이때 고정장치의 실제 출력이 휴대장치보다 높아서 SAR 측정 결과값이 높게 나타난 것이다. 여기서, 비콘 신호란 휴대장치의 채널정보를 찾기 위해 나오는 신호를 말하며, 트래픽 신호는 실제의 음성데이터를 디지털화하여 보내는 신호를 말한다.

표 3.8과 표 3.9에서 1.7 GHz 대역 무선전화기의 C 모델의 측정결과를 살펴보면, 예외로 단말기의 SAR값이 더 높게 나왔는데, 이는 고정장치의

기하학적 구조로 인하여 모의인체와 실제 접촉하는 복사원(안테나) 사이의 이격거리가 있어서 고정장치의 SAR값이 더 낮게 나타났다. 이 결과는 SAR 값에 영향을 미치는 요소인 이격거리로 인한 예상치 못한 결과를 보여주는 한 예가 된다.

표 3-6. 900 MHz 대역 무선전화기의 두부 SAR 측정결과(휴대장치 및 고정장치)

사용주파수	시험기기	모델명	주파수대역(채널)	최대 SAR값(W/kg)	측정조건	측정방법
900 MHz	휴대장치	A	914.013 MHz(CH1) 저주파수	0.036	접촉(좌)	두부
		B	914.513 MHz(CH21) 중간주파수	0.032	접촉(좌)	
		C	914.988 MHz(CH40) 고주파수	0.057	경사(좌)	
		D	914.513 MHz(CH21) 중간주파수	0.04	접촉(좌)	
		E	914.013 MHz(CH1) 저주파수	0.04	접촉(우)	
	고정장치	A	914.013 MHz(CH1) 저주파수	0.058	접촉(좌), 뒷면	
		B	914.513 MHz(CH21) 중간주파수	0.109	접촉(우), 왼쪽	
		C	914.513 MHz(CH21) 중간주파수	0.128	접촉(좌), 뒷면	

표 3-7. 900 MHz 대역 무선전화기의 몸통 SAR 측정결과(고정장치)

사용주파수	시험기기	모델명	주파수대역(채널)	최대 SAR값(W/kg)	측정조건	측정방법
900 MHz	고정장치	A	914.513 MHz(CH21) 중간주파수	0.035	뒷면	몸통 Flat-Head
		B		0.158	왼쪽	
		C		0.064	뒷면	
		A	914.513 MHz(CH21) 중간주파수	0.03	뒷면	몸통 Flat-Body
		B		0.148	왼쪽	
		C		0.053	뒷면	

표 3-8. 1.7 GHz 대역 무선전화기의 두부 SAR 측정결과(휴대장치 및 고정장치)

사용주파수	시험기기	모델명	주파수대역(채널)	최대 SAR값(W/kg)	측정조건	측정방법
1.7 GHz	휴대장치	A	1791.072 MHz(CH6) 고주파수	0.0066	접촉(우)	두부
		B	1789.344 MHz(CH7) 중간주파수	0.023	접촉(좌)	
		C	1787.616 MHz(CH8) 저주파수	0.067	접촉(좌)	
		D	1791.072 MHz(CH6) 고주파수	0.0138	접촉(좌)	
		E	1787.616 MHz(CH8) 저주파수	0.055	접촉(좌)	
		F	1791.072 MHz(CH6) 고주파수	0.035	접촉(우)	
	고정장치	A	1789.344 MHz(CH7) 중간주파수	0.076	접촉(우) 정면	
		B		0.122	접촉(좌) 정면	
		C		0.055	접촉(좌) 정면	
		D		fail (이유 : 특이한 구조로서 안테나 와의 이격이 큼)		

표 3-9. 1.7 GHz 대역 무선전화기의 몸통 SAR 측정결과(고정장치)

사용주파수	시험기기	모델명	주파수대역 (채널)	최대 SAR값(W/kg)	측정조건	측정방법
1.7 GHz	고정장치	A	1789.344 MHz(CH7) 중간주파수	0.053	왼쪽	몸통 Flat-Head
		B		0.091	정면	
		C		0.047		
		D		fail (이유 : 특이한 구조로서 안테나 와의 이격이 큼)		
		A	1789.344 MHz(CH7) 중간주파수	0.076	왼쪽	몸통 Flat-Body
		B		0.107	정면	
		C		0.023		
		D		fail (이유 : 특이한 구조로서 안테나 와의 이격이 큼)		

표 3-10. 2.4 GHz 대역 무선전화기의 두부 및 몸통 SAR 측정결과(휴대장치 및 고정장치)

사용주파수	시험기기	모델명	주파수대역(채널)	최대 SAR값(W/kg)	측정조건	측정방법
2.4 GHz	휴대장치	A	2442 MHz(CH7) 중간주파수	0.233	경사(좌)	두부
		B	2472 MHz(CH13) 고주파수	0.18	접촉(우)	
		C		0.346	경사(우)	
	고정장치	A	2442 MHz(CH7) 중간주파수	0.275	접촉(좌) 왼쪽	
		B		0.601	접촉(우) 뒷면	
	고정장치	A	2442 MHz(CH7) 중간주파수	0.181	왼쪽	몸통 Flat-Head
		A		0.167	왼쪽	몸통 Flat-Body

그림 3-7~15는 900 MHz, 1.7 GHz, 2.4 GHz 대역 무선전화기에 대한 사용 조건별 두부 및 몸통 SAR에 대한 측정결과들을 보여주고 있으며 모든 측정 결과값들은 안테나 근처에서 최대 SAR 분포도가 나타났다. 이 결과에 대한 측정방법들을 살펴보면, 무선전화기는 휴대장치와 고정장치로 구성되어 있는데, 휴대장치인 경우는 휴대전화와 동일하게 사용부위가 머리 부분이기 때문에 두부 모의조직 액체를 넣은 두부 모의인체를 사용한 두부 SAR 측정(그림 3-7 : 900 MHz대역의 측정결과, 그림 3-10 : 1.7 GHz대역의 측정결과, 그림 3-13 : 2.4 GHz대역의 측정결과)을 수행하였다. 고정장치인 경우는 일상생활에서 이 기기로부터 발생하는 전자파에 머리카나 몸통이 비의도적으로 노출될 수 있다. 그래서 고정장치의 측정방법은 노출될 가능성이 있는 머리와 몸통으로 구분하여 적용하였다. 머리에 노출되는 경우는 상기의 두부 SAR 측정(그림 3-8 : 900 MHz대역의 측정결과, 그림 3-11 : 1.7 GHz대역의 측정결과, 그림 3-14 : 2.4 GHz대역의 측정결과)과 두부 모의조직 액체를 넣은 평면형 모의인체를 사용한 두부 SAR 측정(그림 3-9(a) : 900 MHz대역의 측정결과, 그림 3-12(a) : 1.7 GHz대역의 측정결과, 그림 3-15(a) : 2.4 GHz대역의 측정결과)을 수행하였다. 여기서, 두부 SAR 측정방법에 평면형 모의인체를 사용하게 된 이유는 고정장치의 구조가 매우 다양하여 두부 모의인체를 사용해서 최악의 조건들을 모두 적용하기가 어렵기 때문에 두 종류의 모의인체를 사용하여 비교 측정을 한 것이다. 몸통에 노출되는 경우는 몸통 모의조직 액체를 넣은 평면형 모의인체를 사용한 몸통 SAR 측정(그림 3-9(b) : 900 MHz대역의 측정결과, 그림 3-12(b) : 1.7 GHz대역의 측정결과, 그림 3-15(b) : 2.4 GHz대역의 측정결과)을 수행하였다. 고정장치의 SAR 측정방법에는 이와 같이 다양한 노출조건에 대하여 측정해 본 결과 모두 상이한 결과값이 나와서 해당되는 모든 측정방법들을 적용하게 되었다.

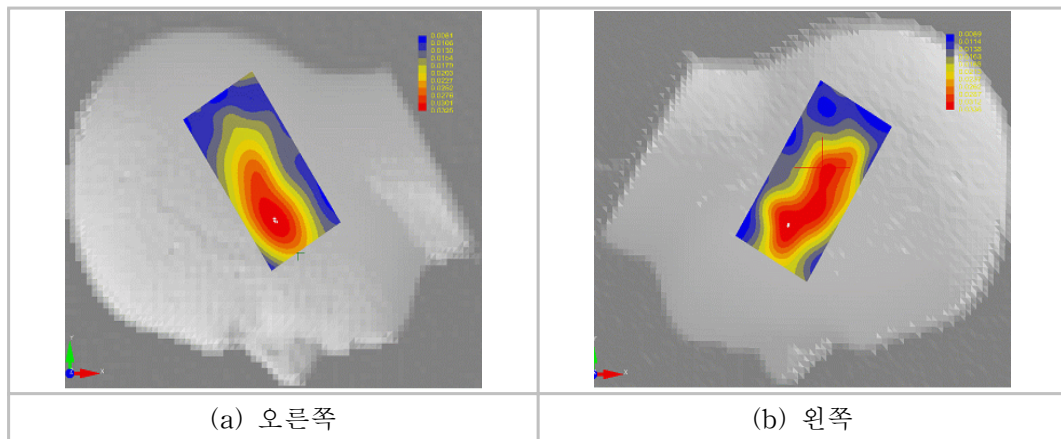


그림 3-7. 두부 모의인체와 모의조직 액체를 사용한 900 MHz 휴대장치의 두부 SAR 분포

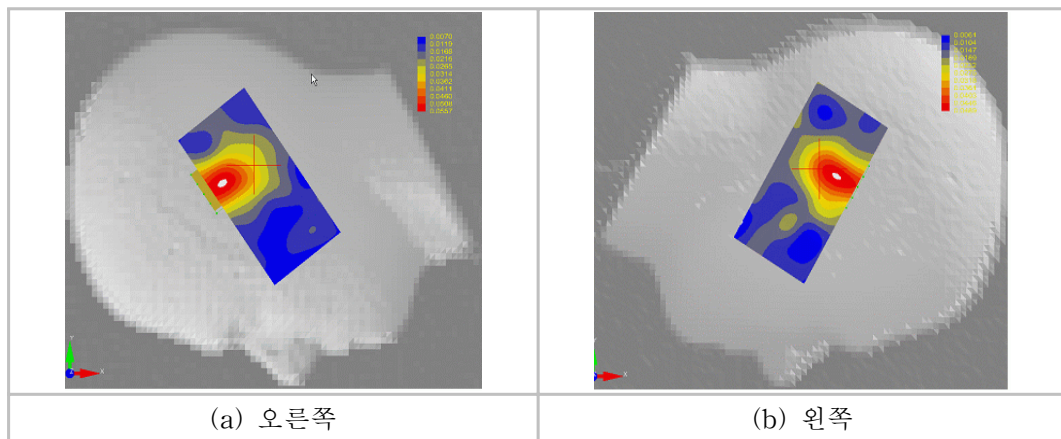


그림 3-8. 두부 모의인체와 모의조직 액체를 사용한 900 MHz 고정장치의 두부 SAR 분포

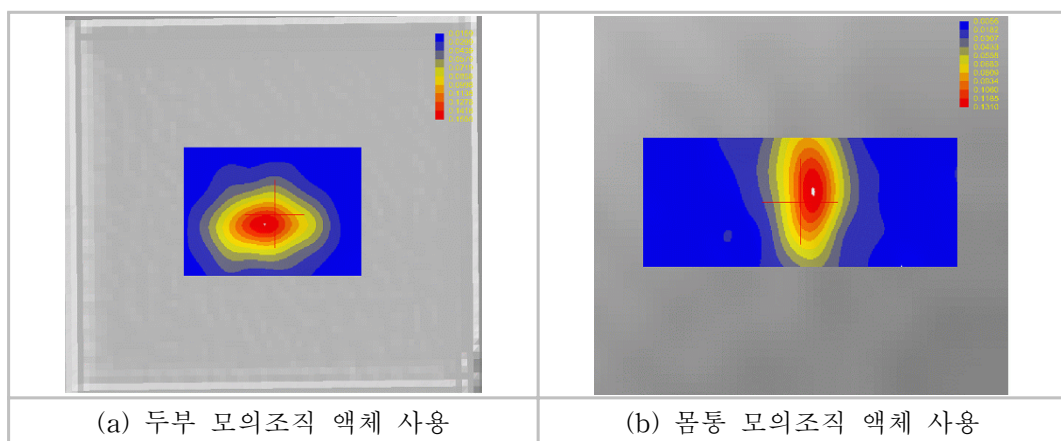


그림 3-9. 평면형 모의인체를 사용한 900 MHz 고정장치의 두부 및 몸통 SAR 분포

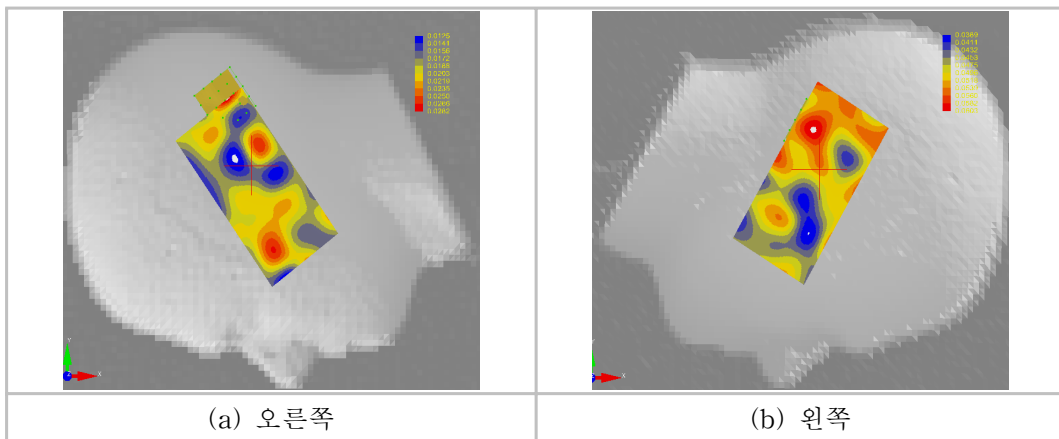


그림 3-10. 두부 모의인체와 모의조직 액체를 사용한 1.7 GHz 휴대장치의 두부 SAR 분포

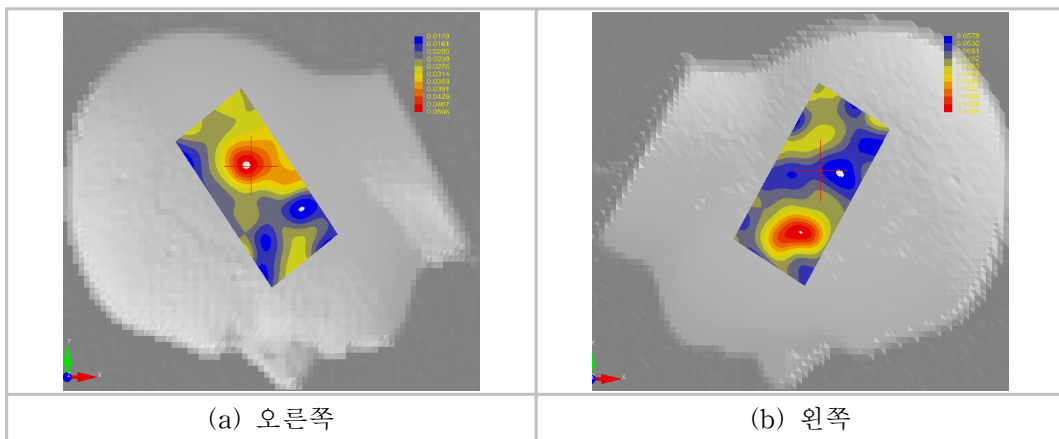


그림 3-11. 두부 모의인체와 모의조직 액체를 사용한 1.7 GHz 고정장치의 두부 SAR 분포

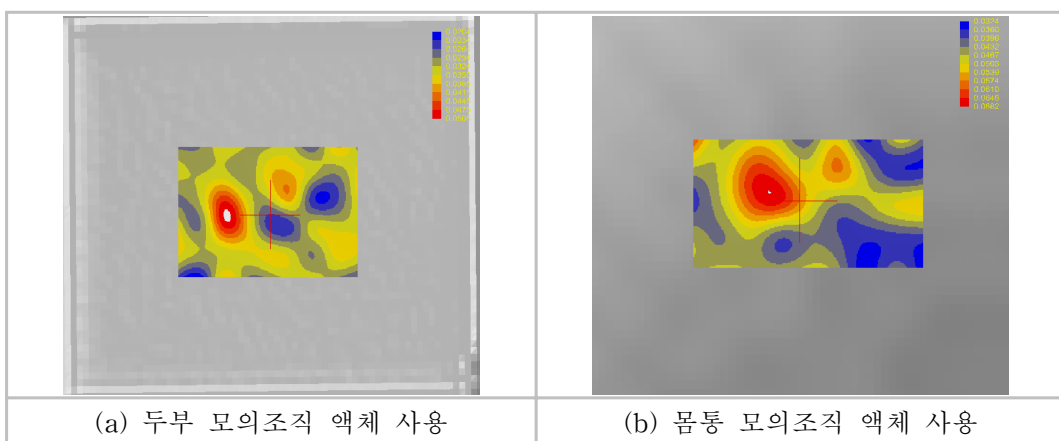


그림 3-12. 평면형 모의인체를 사용한 1.7 GHz 고정장치의 두부 및 몸통 SAR 분포

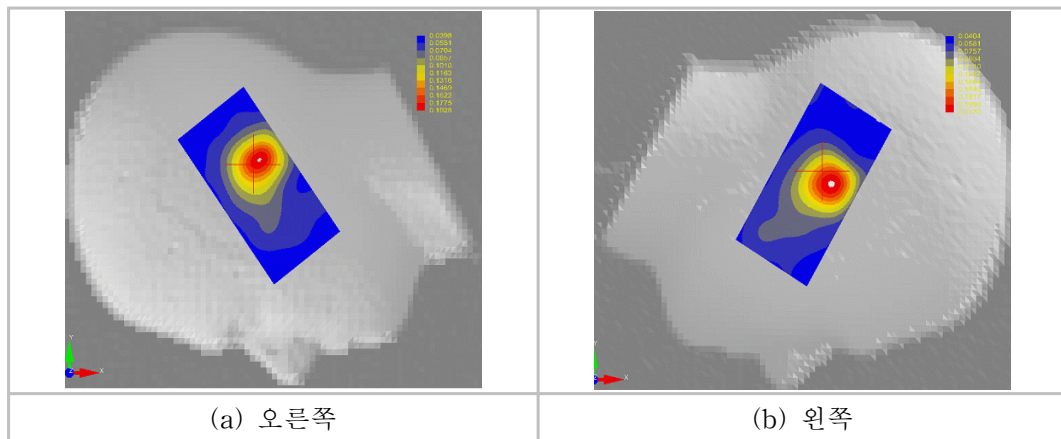


그림 3-13. 두부 모의인체와 모의조직 액체를 사용한 2.4 GHz 휴대장치의 두부 SAR 분포

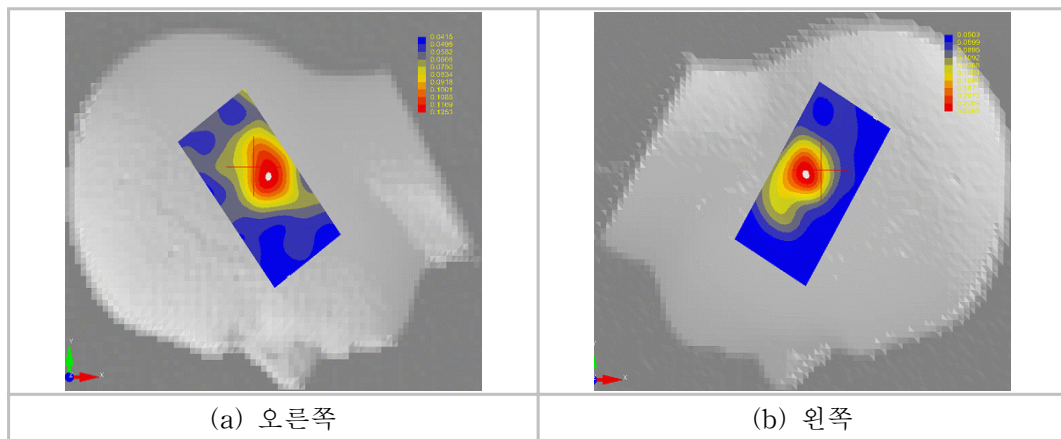


그림 3-14. 두부 모의인체와 모의조직 액체를 사용한 2.4 GHz 고정장치의 두부 SAR 분포

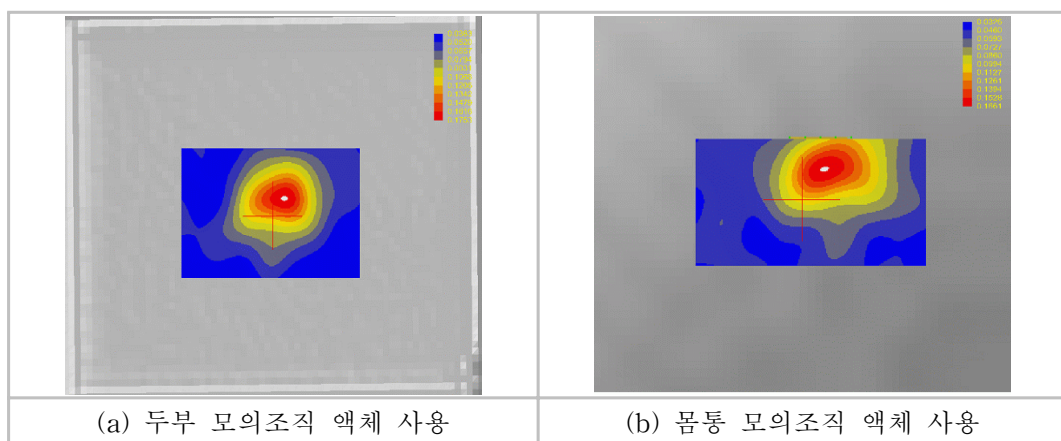


그림 3-15. 평면형 모의인체를 사용한 2.4 GHz 고정장치의 두부 및 몸통 SAR 분포

제3절 무선전화기의 전자파흡수율 측정기준(안) 마련

1. 추진경과

본 절에서 제시하는 무선전화기에 대한 전자파흡수율 측정기준(안)은 다양한 구조와 통신방식을 가지는 무선전화기의 사용 및 노출 형태를 분석하고 무선전화기의 사용 조건별 SAR 측정 및 분석을 통하여 마련된 것이다. 그리고 EMF인체노출표준위원회 및 SAR 지정시험기관 관계자들을 통한 의견수렴을 통하여 측정기준(안)을 최종 검증하였다. 세부 추진경과는 표 3-11과 같다.

표 3-11. 무선전화기의 SAR 측정기준 마련 추진경과

일정	주요 수행내용
'08. 05 ~ 07	국내 기술기준 및 통신방식에 따른 특성 분석 제조업체별 단말기 현황 조사 및 시료 구매(11종)
'08. 08 ~ 11	무선전화기의 사용형태 및 설치조건별 SAR 측정을 통한 측정기준 검증
'08. 11 ~ 12	측정결과 분석을 통한 전자파흡수율 측정기준 초안 마련
'08. 12	EMF인체노출표준위원 및 지정시험기관 관계자들을 통한 의견수렴 후 최종안 마련

2. 측정기준(안)의 주요내용

가. 전자파흡수율 기준

생체조직에 흡수되는 단위 질량당 에너지 율로서 다음 수식으로 표현하며, 우리나라에서는 1.6 W/kg을 전자파흡수율 기준으로 적용하고 있다.

$$SAR = \frac{\sigma E^2}{\rho}$$

여기서, σ : 전기전도도,

ρ : 조직밀도,

E : 실효전기장강도

나. 모의인체 규격

전자파흡수율 측정에 사용된 모의인체는 두부 및 평면형 모의인체로 2 종류가 있다. 휴대장치는 그림 3-16(a)와 같이 전파연구소장이 정하여 고시한 전자파흡수율 측정기준의 부록 A(모의인체 규격)에서 제시하는 규격에 맞는 두부 모의인체를 사용하고 고정장치는 상기 두부 모의인체와 그림 3-16(b)와 같이 IEC, FCC 등 국제표준에서 권고하는 규격에 맞는 평면형 모의인체를 사용한다. 평면형 모의인체는 측정 주파수의 자유공간 파장에 대해 밑면 내부의 가로와 세로의 길이가 각각 0.6λ 및 0.4λ 이상을 갖고 바닥면이 평평하고 윗면이 개방된 용기를 말한다. 단, 어떠한 경우에도 모의인체 밑면 내부는 장축과 단축의 길이가 각각 0.6λ , 0.4λ 타원형 이상의 공간이 확보되어야 하고 안테나를 포함하는 피시험기기의 길이와 폭의 1.2 배 이상이 되어야 한다. 또한, 주파수가 800 MHz 이상인 경우 모의인체의 밑면 내부 크기는 $240\text{ mm} \times 160\text{ mm}$ 이상이어야 한다.

그림 3-16(a)는 두부 모의인체의 형상이다. 여기서, M(Mouth)은 입기준점이라 하고, N(Neck)은 목, F(Front)는 정면, B(Back)는 후면이라고 한다. 그리고 RE(Right ear referent point(ERP))는 오른쪽 귀기준점이라고 한다.

그림 3-16(b)는 평면형 모의인체의 형상이다. 여기서, 평면형 모의인체는 모의인체 바닥면에 두개의 가상선인 수직 중앙선 F와 수평선 F를 설정한다. 여기서, 수평선 F는 수직 중앙선 F와 직교하며 수직 중앙선 F의 중간점을 지난다. 그리고 두선이 만나는 지점을 중간점 F라고 한다.

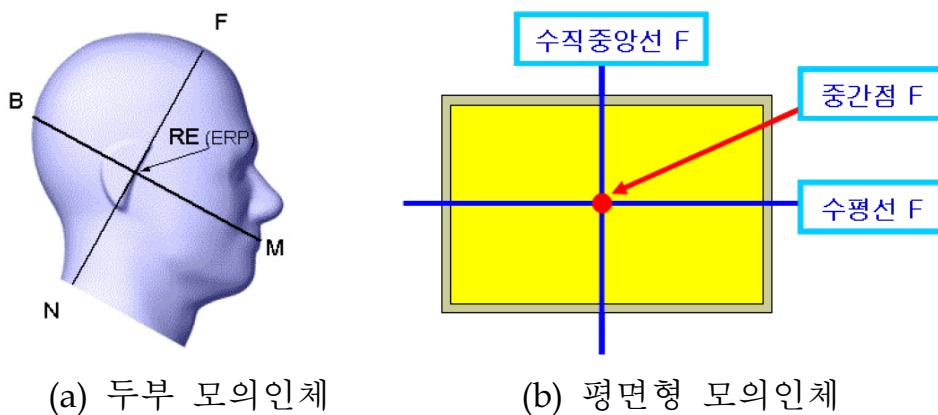


그림 3-16. 두부 및 평면형 모의인체의 형상

다. 무선전화기의 설치

무선전화기의 설치는 일상생활에서 사용 및 노출 가능한 모든 조건을 조사하여 휴대장치와 고정장치로 구분하여 설치하도록 하였다. 휴대장치는 머리 부위 및 귀 근처에서 사용되고 노출되기 때문에 그림 3-17과 같이 휴대전화의 두부 설치방법과 동일하게 접촉, 경사, 왼쪽, 오른쪽 등의 위치 조건에서 설치하도록 하였다.

고정장치는 일상생활에서 머리 및 몸통에 사용될 가능성이 있어 그림 3-20과 그림 3-21과 같이 두부 및 평면형 모의인체에 대한 설치방법을 적용하였다. 고정장치는 각각 그림 3-18(a), (b), (c)와 같이 사각 모양, 둥근 모양의 특이한 구조, 전화기능이 있는 구조 등 다양한 구조를 가지고 있기 때문에 설치 기준을 세우기 위해 고정장치의 정면, 후면, 왼쪽면, 오른쪽면, 윗면 위치 등의 위치 조건을 설정하였으며, 정면, 각 위치에 대한 수직중양선, 수평선 및 중간점 등 기준점도 설정하였다. 그림 3-19는 사각 모양 고정장치의 정면에 대한 수직중양선, 수평선, 중간점을 나타낸다.

두부 모의인체를 사용한 설치방법은 그림 3-20과 같이 고정장치의 중간점과 두부 모의인체의 귀기준점(ERP)과 일치시키고 수평선과 B-M(Back-Mouth) 선은 평행을 유지하며 접촉하도록 설치하였으며 왼쪽, 오른쪽 두부에 대한 설치조건에서도 설치하도록 하였다.

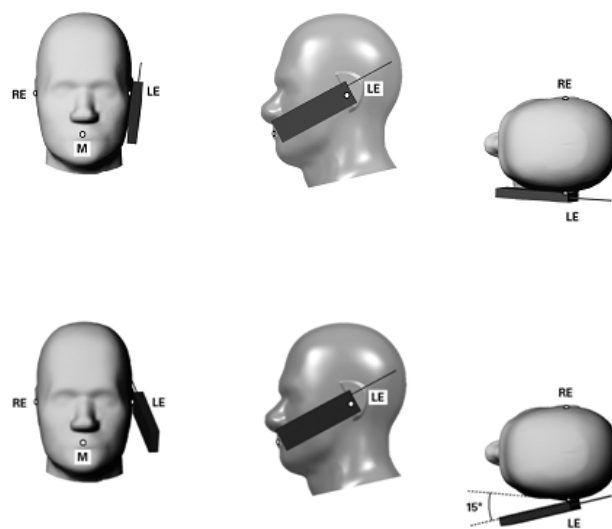
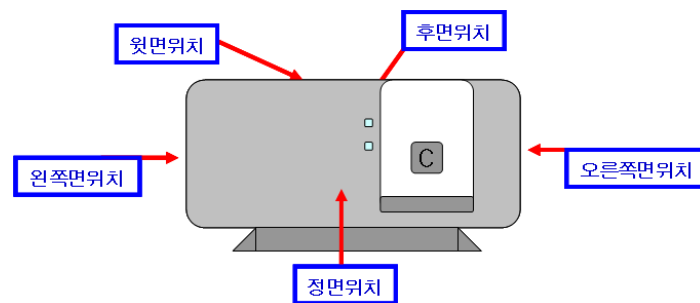
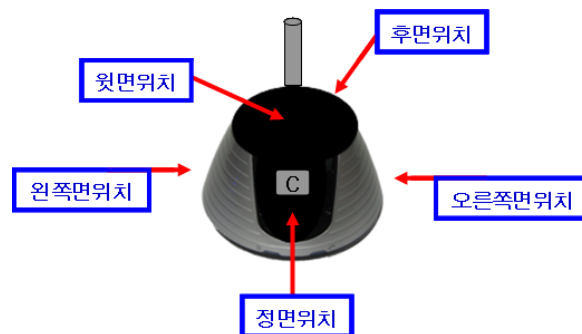


그림 3-17. 두부 모의인체에 대한 휴대장치의 설치방법

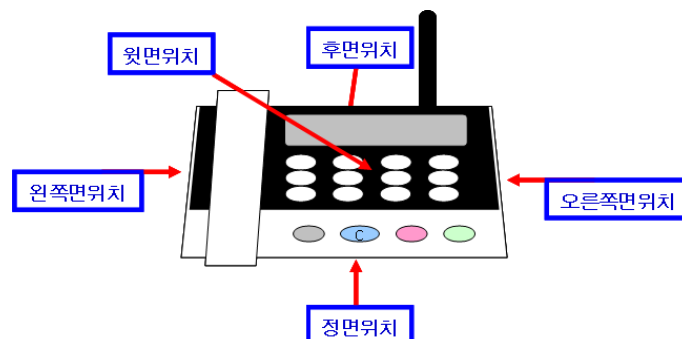
그리고 평면형 모의인체를 사용한 설치방법은 그림 3-21과 같이 고정장치의 중간점과 평면형 모의인체의 중간점을 일치시키고 고정장치의 수평선 또는 수직 중앙선을 평면형 모의인체의 수평선과 평행을 유지하며 접촉하도록 설치하였다. 여기서, 고정장치의 형태가 수직으로 길거나 둥근 모양의 특이한 구조는 수직 중앙선을, 수평으로 긴 구조는 수평선을 평면형 모의인체의 수평선과 평행을 유지하며 접촉하도록 설치하였다.



(a) 사각형 모양



(b) 둥근 모양의 특이한 구조



(c) 전화기능이 있는 구조

그림 3-18. 다양한 구조를 가지는 무선전화기의 부분별 위치 정의

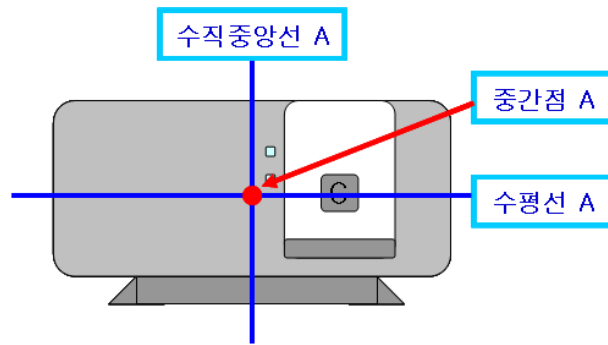
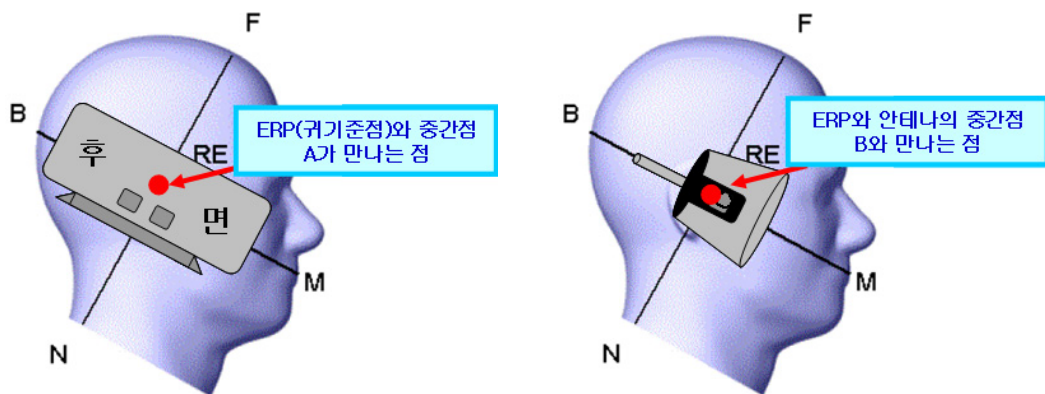
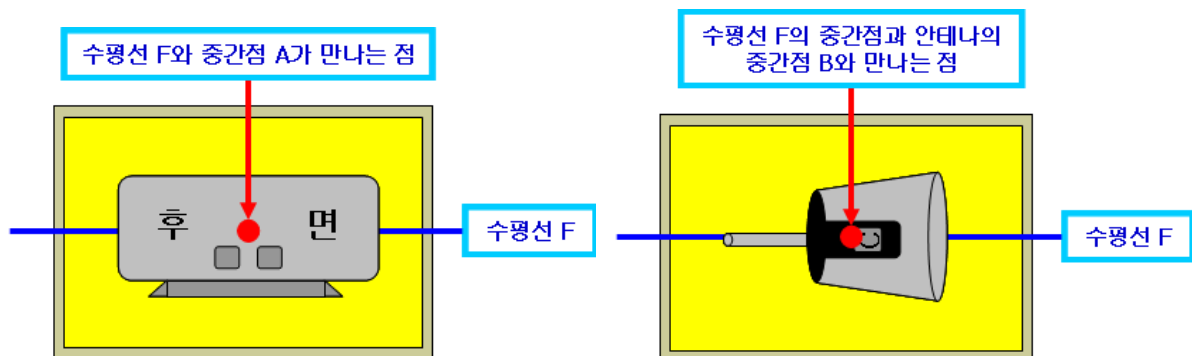


그림 3-19. 고정장치의 정면 위치에 대한 수직중앙선, 수평선, 중간점 설정



(a) 사각형 모양 (b) 둥근 모양의 특이한 구조

그림 3-20. 고정장치의 두부 모의인체에 대한 설치 조건



(a) 사각형 모양

(b) 둥근 모양의 특이한 구조

그림 3-21. 고정장치의 평면형 모의인체에 대한 설치 조건

라. 전자파흡수율 측정절차

무선전화기의 전자파흡수율 측정절차는 그림 3-22의 플로우차트에서 보인 바와 같이 중심주파수에서 먼저 측정을 수행한 다음에 낮은 주파수와 높은 주파수에 대한 전자파흡수율 측정값들 중 가장 큰 값을 해당 무선전화기에 대한 전자파흡수율 값으로 결정하도록 하였다.

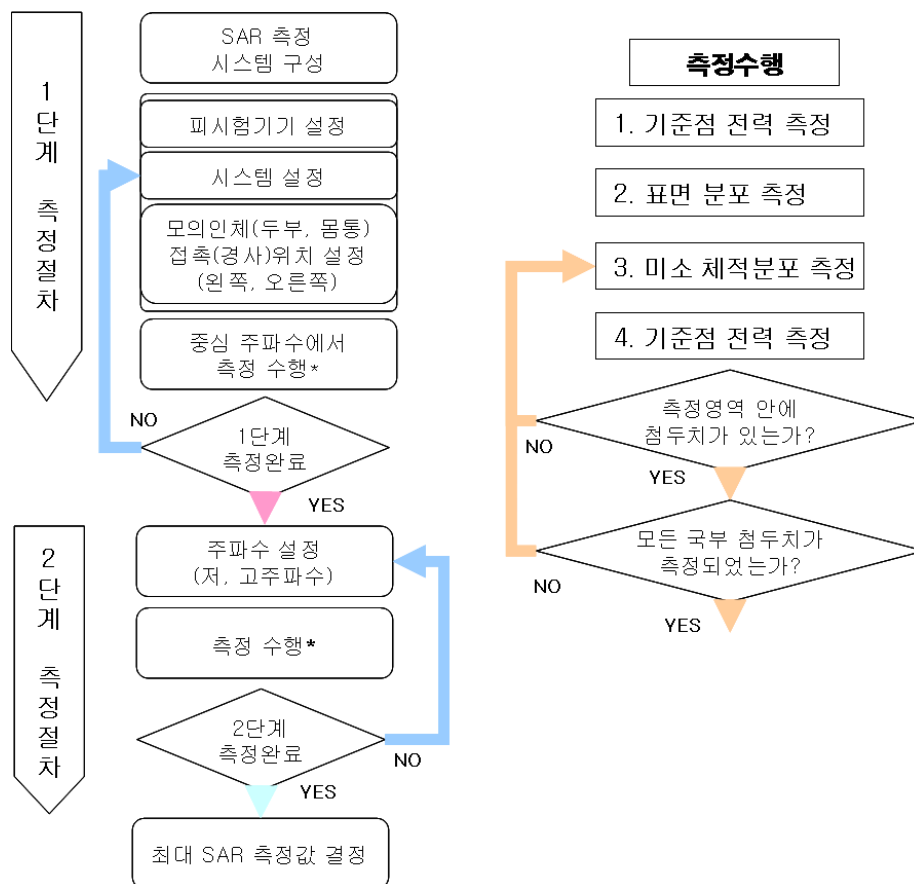


그림 3-22. 무선전화기의 전자파흡수율 측정절차

제4장 RFID 기기의 전자기장 인체노출량 평가

제1절 개요

RFID는 Radio Frequency Identification의 약자로서, 우리말로 무선인식 또는 무선식별이라고 한다. 이러한 RFID 기술은 언제, 어디서나, 누구와도 의사소통을 할 수 있는 유비쿼터스(Ubiquitous)의 핵심기술로 자리를 잡아 가고 있으며, 그림 4-1에서와 같이 RFID 기술은 IT 통신기술 뿐만 아니라 교육, 환경, 국방, 의료 등 다양한 분야의 우리 생활에서 밀접하게 활용되고 있다. 또한, RFID 칩의 형태도 소형화되어 인체에 이식하여 사용되기도 한다. RFID 시스템의 구성요소 중 실제로 전자파를 발생시키는 리더(reader)는 우리가 인식하지 못하는 주변 곳곳에 설치 및 운용되고 있다.

한편, 전자파를 사용하여 통신이 되는 이러한 기기들로 인하여 전자파에 대한 노출이 증가되고 있으며, 일반인의 경우 전자파가 발생하는 RFID 기기로부터 잠깐 스쳐 지나가는 정도의 짧은 시간 노출되지만, RFID 기기 근처에서 일을 하는 직업인의 경우 장시간 노출의 가능성이



그림 4-1. RFID 응용기술 및 활용 분야

있고, 일반인보다 기기에 더 가까이 접근하여야 하기 때문에 전자파의 노출 가능성이 크다고 할 수 있다. 비단, RFID 기기뿐만 아니라 모든 무선통신기기에서 발생하는 전자파로 인하여 일반 국민들의 막연한 불안감은 증가되고 있다. 그러한 측면에서 전자파의 노출량을 정량적으로 평가하고 기준대비 노출량을 제한할 수 있도록 조치를 취하는 것은 이러한 불안감을 조금이라도 감소시킬 수 있는 좋은 방법이라고 생각되어 본 연구의 필요성을 강조하고자 한다.

제2절 RFID 기술 표준화 동향

1. 국제 표준화 동향

RFID 기술표준은 ISO(International Standard Organization) 주도하에 이루어지고 있으며, 현재 모든 표준이 완성되어 국제규격으로 발간되어 있다. RFID 기술은 그림 4-2에 보인 바와 같이 5개의 주파수 대역에서 활용되고 있으며, 저주파 대역인 125 kHz, 134 kHz은 가축관리, 출입자 통제 보안 시스템에서 활용되고 있고, 13.56 MHz 주파수대역은 우리가 가장 흔하게 접할 수 있는 버스 또는 지하철의 교통카드, 도서관리 등에 활용되고 있다. 주파수가 높아지면서 응용 분야도 다양해지고, RFID 기술의 핵심인 인식거리도 확장되고 있다. 중간 주파수인 433 MHz는 컨테이너 관리 등 물류 관리

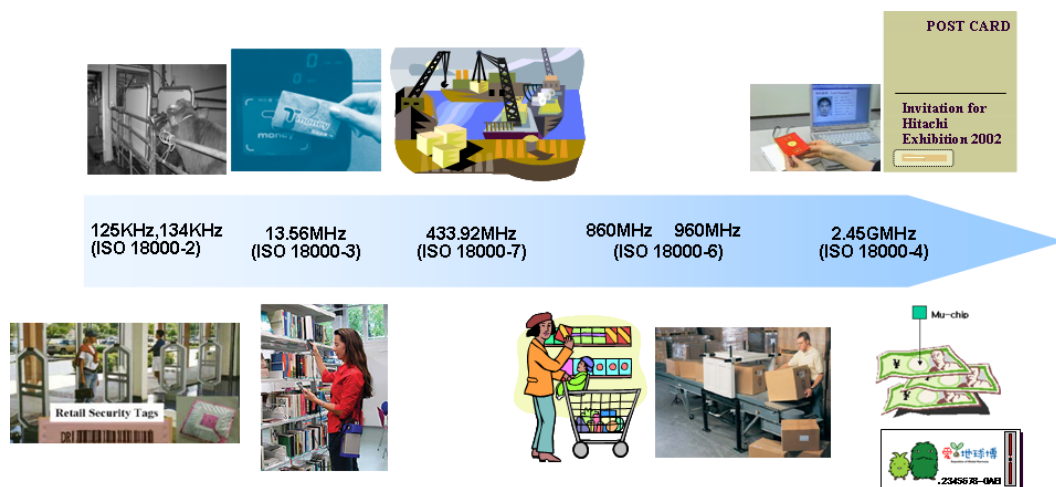


그림 4-2. RFID 기술 표준화 현황

시스템에 활용되고, 900 MHz는 물류창고, 대형 마트, 공항 등에서 물류관리에 적극적으로 도입 및 활용되고 있다. 그리고 가장 최근에 등장하고 있는 2.45 GHz 대역에서는 상품에 무칩(μ -chip)을 삽입하여 전자여권, 우편카드, 화폐, 입장권 등에 활용되고 있다.

2. 우리나라 기술기준 현황

우리나라 RFID 기술기준은 표 4-1에 기술된 바와 같이 국제표준과 동일하게 5개의 주파수 대역에서 적용되고 있으며, 관련 기술기준은 방송, 해상, 항공, 전기통신사업용외의 기타업무용 무선설비의 기술기준으로 전파연구소 고시 제2007-80호로 고시되어 있다.

먼저, 125 kHz와 133 kHz의 RFID 기술기준은 미약전계강도 무선기기로 분류되어있으며, 3 m에서 전계강도 500 μ V/m로 규제하고 있고, 사용 주파수 대역 제한이 없다. 그리고 13.56 MHz, 433 MHz, 910 MHz 주파수 대역은 RFID/USN용 무선설비로 분류하고 있으며, 13.56 MHz 주파수 대역은 10 m 측정거리에서 47.544 mV/m(93.5 dB μ V/m) 이하의 전계강도로 규정하고 대역폭은 13.552 MHz에서 13.568 MHz까지 16 kHz로 할당되어 있다.

표 4-1. 우리나라 RFID 기술기준 현황

주파수 범위	출력	대역폭
125 kHz 133 kHz	0.075 μ W [500 μ V/m@3m]	제한없음
13.56 MHz	7.5 mW [47.544 mV/m@10m]	16 kHz
433.67 - 434.17 MHz	3.6 mW	리더 500 kHz 태그 200 kHz
910 - 914 MHz (FHSS) 908.5 - 914 MHz (FHSS or LBT) 908.5 - 914 MHz (LBT)	EIRP 4 W 안테나 6 dBi + 1 W	200 kHz
2.427 - 2.453 GHz 2.434 - 2.465 GHz 2.439 - 2.470 GHz	EIRP 30 W 안테나 20 dBi + 300 mW	26 MHz 31 MHz 31 MHz

그리고 433 MHz 주파수 대역에서 사용되고 있는 RFID 기기의 출력은 3.6 mW로 리더에서 900 kHz, 태그에서 200 kHz 주파수 대역이 할당되어 사용되고 있다. 그리고 가장 광범위하게 사용되고 있는 910 MHz 대역에서는 입력전력 1 W에 안테나 이득이 6 dBi로 EIRP 4 W로 규정하고 있으며, 주파수 대역폭은 200 kHz로 할당되어 있다. 특히, 910 MHz 대역의 RFID 기술기준은 사용되는 통신방식에 따라 3개의 주파수 대역으로 분류하고 있다. 마지막으로 2.45 GHz 대역의 RFID 기술기준은 이동식별체용 특정 소출력 무선기기로 분류하고 있으며, 전파형식에 따라 3개의 주파수 대역으로 할당되어 있다. 2.45 GHz RFID 기기의 출력은 입력전력 300 mW, 안테나 이득 20 dBi로 EIRP 30 W 이하로 규정하고 있다.

제3절 RFID 기기의 전자기장 노출량 평가 표준화 동향

1. 국제전기기술위원회(IEC)

본 절에서는 국제전기기술위원회(IEC)에서 표준화 프로젝트로 수행되고 있는 근거리 무선통신기기의 전자파 인체 노출량 평가방법 표준화 동향과 주요내용을 기술하고자 한다.

먼저, RFID기기에서 발생하는 전자파 노출량 평가방법을 마련하기 위한 프로젝트의 번호는 IEC 62369-1이다. IEC 62369는 근거리 무선통신기기에 대한 노출량 평가방법이며, 그 중 Part 1은 RFID, EAS와 같은 기기에 대해 다루고 있다. 본 프로젝트는 아일랜드 국가위원회에서 제안되어 2002년부터 시작되었으며, 표준화 진행 현황은 표 4-2에 기술된 바와 같이 2008년 8월에 국제표준으로 발간되었다.

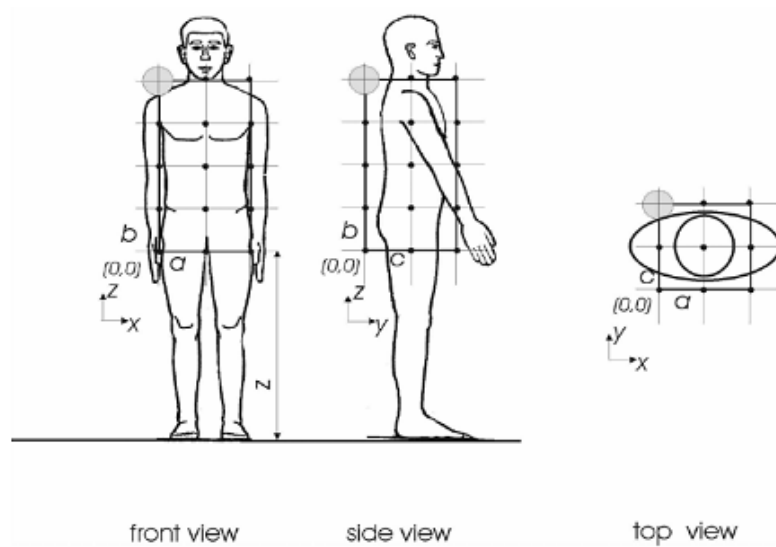
IEC 표준에서 제시하는 RFID 기기의 전자기장 인체노출량 평가방법을 우선 간략히 살펴보면, 노출량 평가방법을 3단계로 나누고 있다. 먼저, 1단계에서는 기준레벨과의 비교를 위한 직접 측정방법을 제시하고 있으며, 2단계에서는 좀 더 복잡한 측정이나 계산방법, 3단계에서는 기본 한계와 비교를 위한 상세한 모델링과 해석 기술을 요구하고 있다. 하지만, 이러한 모든 상황은 피시험기기의 사용 환경에 따라 평가할 것을 권고하고 있다.

표 4-2. IEC의 RFID기기에 대한 노출량 평가 표준화 진행 현황

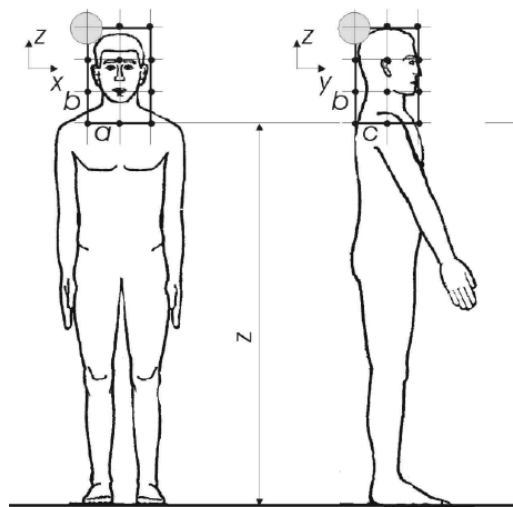
문서번호	회람일	단 계	비 고
106/41/NP	2002. 10. 4 - 2003. 1. 10	PNW	새로운 표준으로 제안(아일랜드 국가위원회)
106/54/RVN	2003. 3. 14	ANW	프로젝트 번호 부여 프로젝트 승인
106/80/CD	2004. 9. 3 - 2004. 12. 3	1CD	위원회 초안
106/105/CC	2005. 10. 14	ACDV	위원회 초안에 대한 의견 수렴 CDV 문서 발간 승인
106/111/CDV	2006. 4. 28 - 2006. 9. 29	CCDV	위원회안에 대한 투표 문서
106/147/RVC	2008. 2. 15	ADIS	위원회안에 대한 의견 수렴
106/156/FDIS	2008. 6. 6 - 2008. 8. 8	FDIS	위원회 최종안
106/159/RVD	2008. 8. 15		위원회 최종안에 대한 의견 수렴 및 투표 결과
IS	2008. 8.		국제표준으로 발간

본 표준 문서에서 제시하고 있는 세부적인 전자기장 노출량 평가방법으로 5가지가 제시되고 있다. 먼저, 전자파인체보호기준에 대한 적합성 확인을 위한 단순측정방법을 기술하고 있으며, 이 측정방법은 직접측정과 공간평균 측정으로 구분되며, 이번 연구에서 주로 다루어진 측정방법이다. 두 번째 제시되는 측정방법은 SAR 측정방법이다. 이 방법은 국부 SAR 평가, 전신 평균 SAR 평가방법이 제시되고 있다. 이외에도 기본 한계와의 비교를 위한 수치해석적 평가, 비균질 모델을 이용한 평가, 사지 및 접촉전류 측정이 제시되고 있다.

그림 4-3은 공간 평균측정을 위한 몸통과 머리의 측정간격 및 측정 지점을 나타내고 있다. 그림에서 보인 바와 같이 몸통은 85 cm 높이에서 15 cm 간격으로 45 포인트를 측정하고, 머리는 145 cm 높이에서 10 cm 간격으로 36 포인트를 측정하도록 규정하고 있다. 이렇게 측정지점에서 측정된 전자기장의 세기는 산술평균을 하여 공간평균을 도출하고 있다.



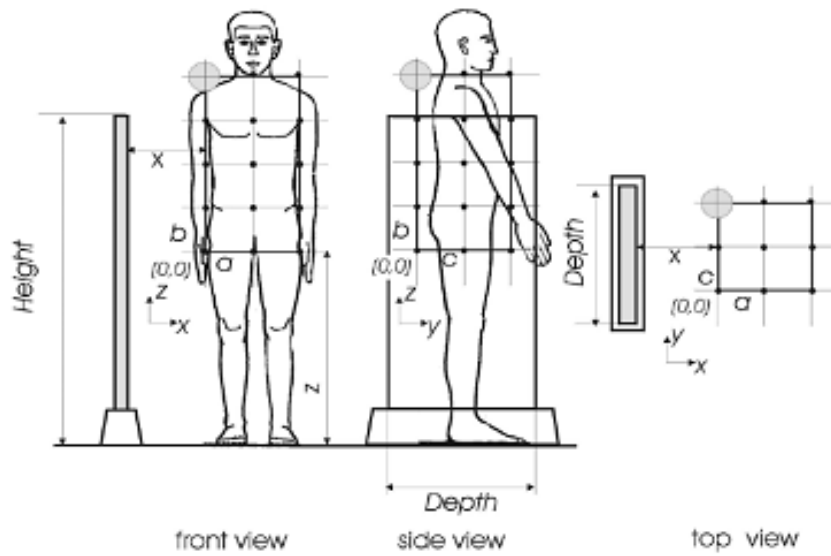
(1) 몸통 측정 간격 및 측정 지점



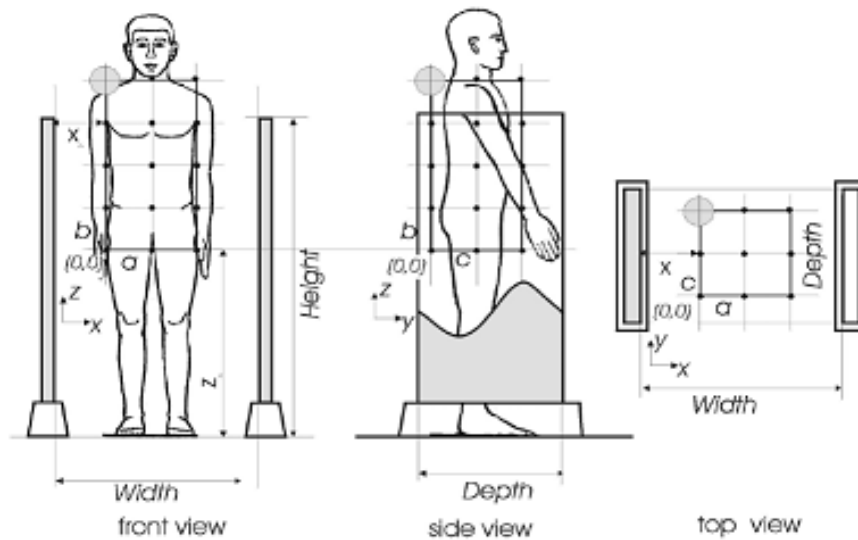
(2) 머리 측정 간격 및 측정 지점

그림 4-3. 몸통 및 머리에 대한 측정 간격과 측정 지점

또한, IEC 표준 문서에서는 몇 가지 기기의 형태별 공간 평균 측정방법을 제시하고 있는데, 그림 4-4에 보인 바와 같이 일반적으로 대형마트에서 흔히 볼 수 있는 단일 바닥지지 안테나와 이중 바닥지지 안테나로부터 발생하는 전자파 노출량을 공간 평균하는 측정간격을 나타내고 있다. single과 dual 모두 안테나로부터 20 cm 이격거리에서 15 cm 간격으로 측정하도록 제시되고 있다.



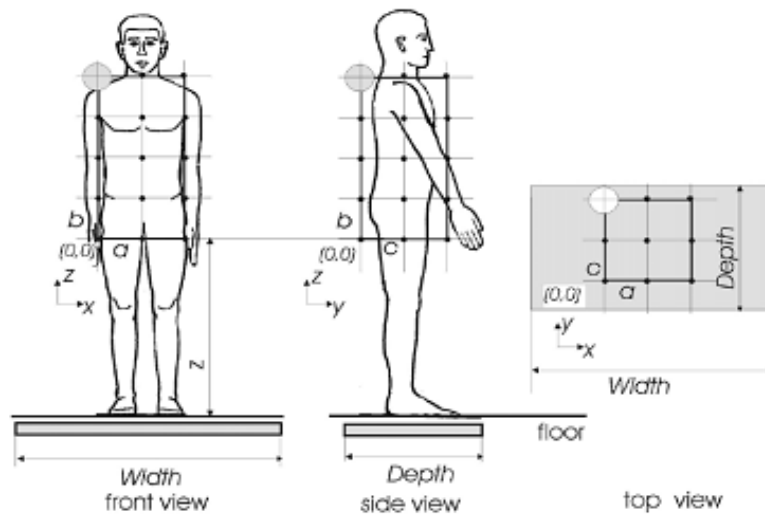
(1) 단일 바닥지지 안테나



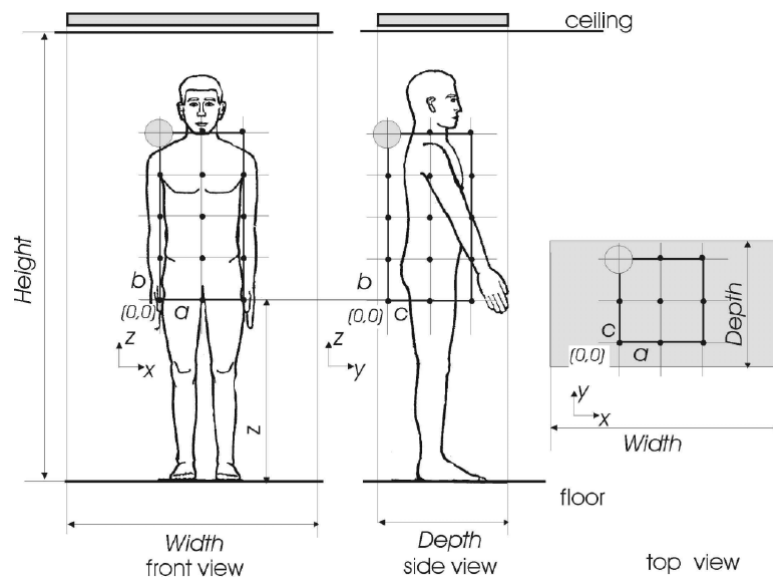
(2) 이중 바닥지지 안테나

그림 4-4. 바닥 지지형 안테나로부터 전자기장 측정

그림 4-5는 마루 또는 천장에 설치되어 있는 안테나로부터 몸통에 대한 공간평균을 도출하는 방법을 나타내고 있다. 앞서 설명된 바와 같이 측정 간격은 15 cm이며, 측정 최저 높이는 85 cm로 제시되고 있다.



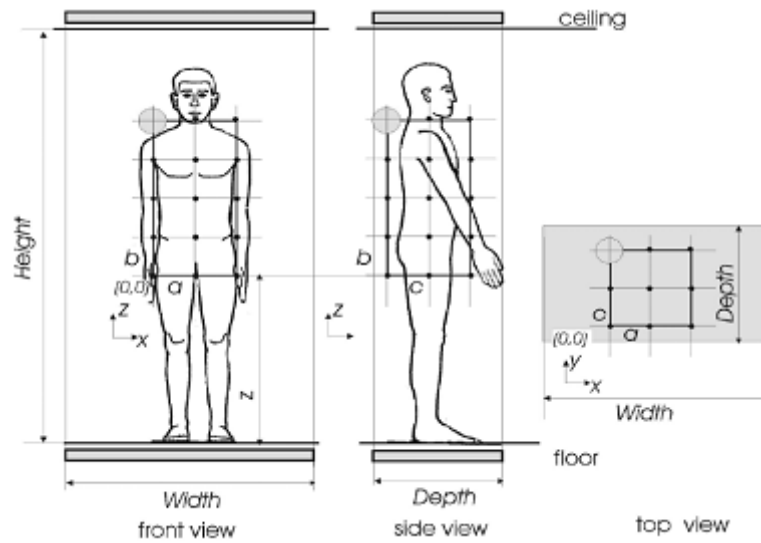
(1) 단일 마루 설치형 안테나



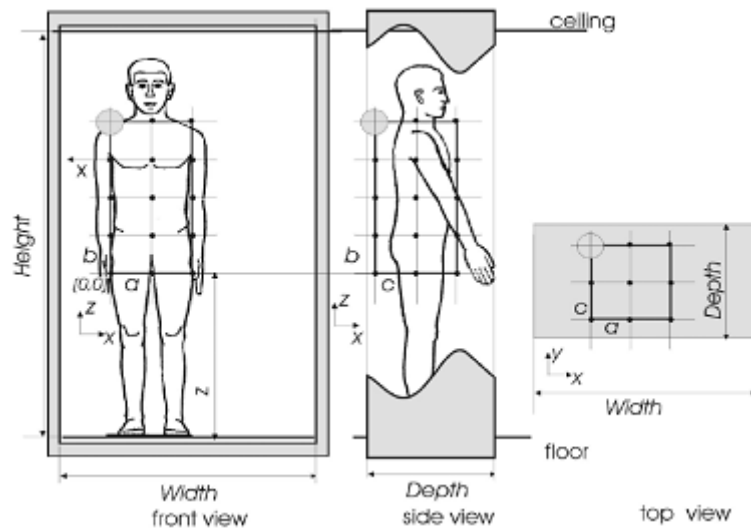
(2) 천장 설치형 안테나

그림 4-5. 마루 및 천장 설치형 안테나로부터 전자기장 측정

그림 4-6은 마루와 천장에 모두 안테나가 설치되어 있는 경우와 터널형 루프 안테나로부터 공간평균을 도출하기 위한 측정 포인트와 측정 간격으로 나타내고 있다. 이러한 경우는 기기로부터 가장 worst case로 노출되는 조건으로 고려될 수 있다.



(1) 천정 및 마루 설치형 안테나



(2) 터널 설치형 안테나

그림 4-6. 천정 및 마루 설치, 터널형 설치 안테나로부터 전자기장 측정

그림 4-7과 그림 4-8은 테이블 위에 RFID 안테나가 설치된 경우와 벽면에 수직으로 안테나가 설치된 경우의 측정간격으로 나타내고 있다. 테이블 위에 RFID 기기가 있는 경우 일반적으로 작업자의 위치를 고려하여 안테나로부터 30 cm 이격거리를 제시하고 있다. 그리고 그림 4-8은 벽면 설치형 안테나의 경우로서 앞서 제시된 측정간격과 동일하다.

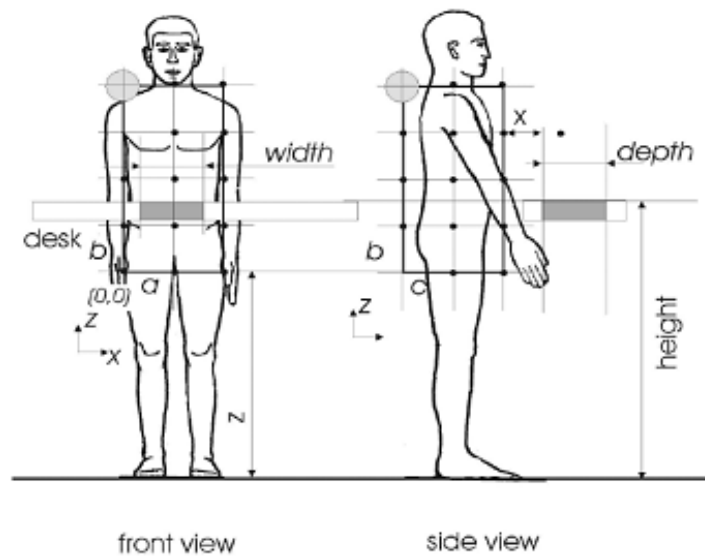


그림 4-7. 테이블 설치형 안테나로부터 전자기장 측정

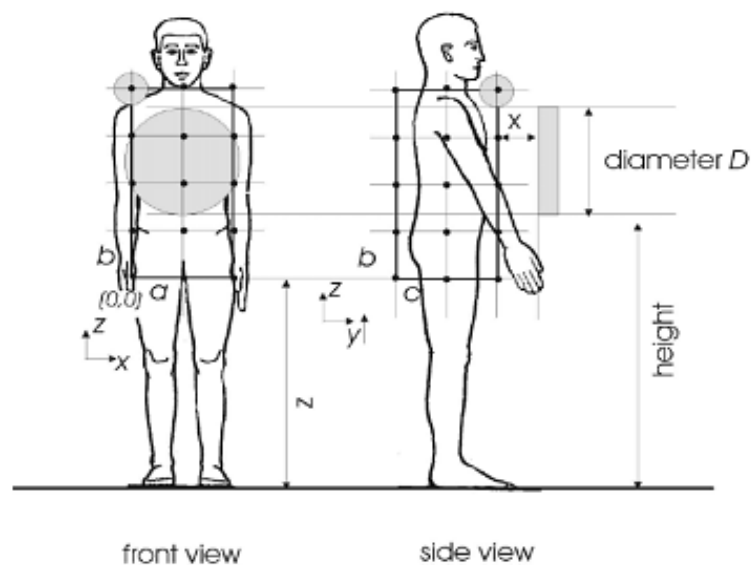


그림 4-8. 벽면 설치형 안테나로부터 전자기장 측정

마지막으로 제시된 기기의 형태는 손에 들고 사용하는 형태(hand-held device)이다. 그림 4-9와 같이 손에 들고 사용하는 RFID 기기의 경우, 인체에 더 근접하여 사용할 수 있기 때문에 안테나로부터 이격거리를 10 cm로 제시하고 있다. 물론 실제 상황에서는 사용조건에 따라서 이 보다 더 가까워질 수도 있고, 더 멀어질 수도 있다.

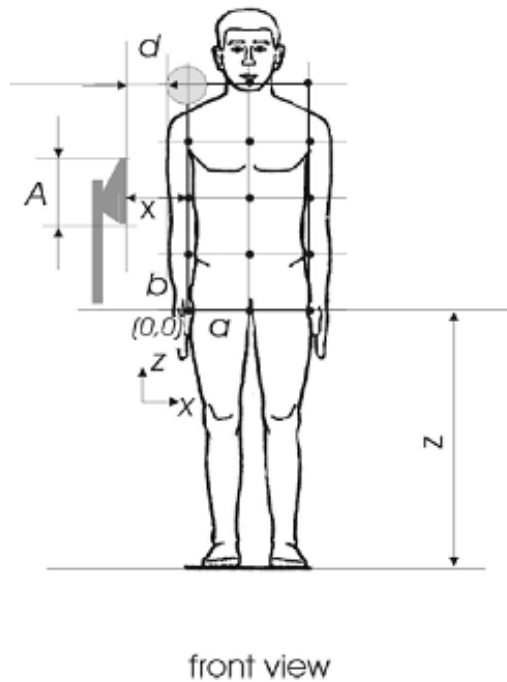


그림 4-9. 손에 들고 사용하는 RFID 기기로부터 전자기장 측정

IEC 62369-1 표준문서에서는 SAR 측정방법에 관한 사항으로 국부 SAR을 평가하기 위한 내부 전기장 세기 측정, 국부 SAR 평가를 위한 내부 온도 측정, 전신평균 SAR 평가를 위한 열량 측정 등 세 가지로 구분하고 있으며, 내부 전기장 세기 측정과 온도 측정은 IEC 62209의 part 1과 part 2의 SAR 평가를 위한 이론과 방법을 참고하고 있다. 여기서, part 1은 두부에 대한 SAR 측정방법, part 2는 몸통에 대한 SAR 측정방법을 제시하고 있다.

세 번째로 제시된 평가방법으로, 기본한계와의 비교를 위한 수치해석적 평가방법으로 균질모델과 비균질 모델을 이용한 평가방법을 제시하고 있다. 먼저, 균질 모델은 그림 4-10과 같이, 원판, 직육면체, 회전 타원체, 인체 모형 등 4가지 모델을 제시하고 있으며, 모의 인체 사이즈는 몸통과 머리로 구분하며, 몸통의 경우 높이가 60 cm이며, 머리는 30 cm로 제시되고 있다. 인체 모형의 사이즈는 표준 인체 모델을 근거로 다리의 일부를 제외하고 152.8 cm로 권고하고 있다.

표 4-3. 수치해석을 위한 모의인체 크기

모델 \ 크기	몸통 [cm]			머리 [cm]		
	h	w	d	h	w	D
원판	60	4	-	30	4	-
직육면체	60	30	30	30	20	20
회전 타원체	60	30	-	30	20	-

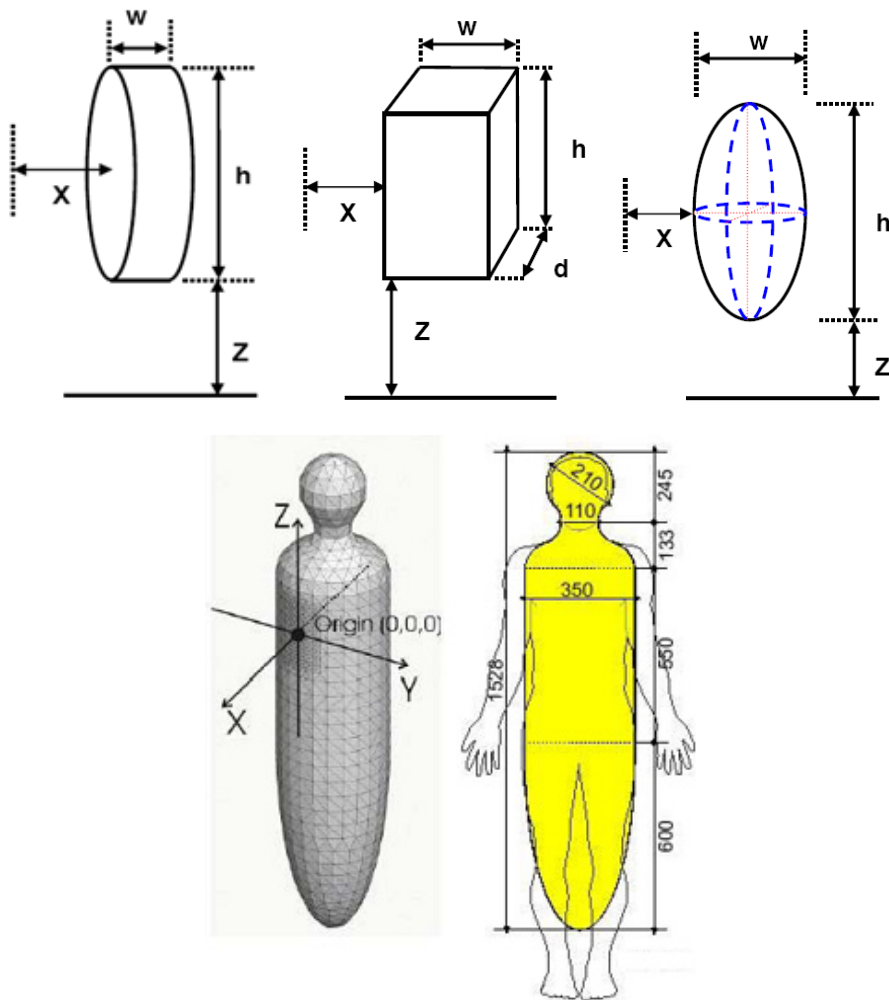


그림 4-10. 수치해석용 모의인체 형태와 크기

비균질 모델을 이용한 평가방법의 경우, 해부학적 인체모델로 신장 176 cm에서 $\pm 8\%$ 의 오차를 가지고 있는 크기를 제시하며, 각 국가에서 제시하고 있는 표준 모델을 활용할 수 있도록 하고 있다. 각 국가별 대표적인 표준 인체모델은 독일은 MEET man, 스위스는 Hugo, 영국은 Norman 등을 사용하고 있다.

표 4-4. 각 국가별 표준 인체 모델

모델명	국가	개발 및 관리 기관
Visible Man	미국	National Library of Medicine
Meet Man	독일	Institute of Biomedical Engineering University of Karlsruhe
Hugo	스위스	ViewTec
Norman	영국	Health Protection Agency
University of Utah	미국	University of Utah
University of Victoria	캐나다	University of Victoria
Japanese male and female models	일본	National Institute of Information and Telecommunications

마지막으로 제시되는 사지 및 접촉전류 측정방법은 그림 4-11에서 보인바와 같이 전류변환기의 클램프를 팔 또는 다리에 장착하여 측정하며, 다리로 흐르는 전류는 클램프형 전류 변환기 대신 스탠드형 전류계를 사용할 수 있도록 하고 있다.



그림 4-11. 유도전류 측정 장치 예

2. 유럽 전기기술표준위원회(CENELEC)

유럽의 전기기술표준화기구인 CENELEC에서 제시하고 있는 평가방법을 살펴본다. CENELEC의 RFID 전자파 노출량 평가에 대한 표준은 기본규격인 EN 50357과 제품규격인 EN 50364로 구분하고 있으며, 기본규격인 50357은 현재 IEC의 RFID 표준의 근간이 되고 있다. CENELEC의 RFID 표준은 2001년 발간되었다.

표 4-5. CENELEC의 표준 현황

표준번호	규격구분	제목	발간년도
EN 50357	기본규격	Evaluation of human exposure to electromagnetic fields from devices used in Electronic Article Surveillance (EAS), Radio Frequency Identification (RFID) and similar applications	2001. 10
EN 50364	제품규격	Limitation of human exposure to electromagnetic fields from devices operating in the frequency range 0 Hz to 10 GHz, used in Electronic Article Surveillance (EAS), Radio Frequency Identification (RFID) and similar applications	2001. 10

3. 국제비전리복사방호위원회(ICNIRP)

국제비전리복사방호위원회(ICNIRP)의 RFID 및 유사기기에 대한 전자파 인체노출량 적합성에 대한 권고사항은 2004년 health physics에 게재되었으며, RFID, EAS, 금속 탐지기에 대한 전자파 노출 상황을 언급하고 이에 대한 대책을 권고하고 있다. 당시 RFID 기기에 대한 노출량 평가 정보가 부족하여 더 많은 데이터 수집의 필요성을 강조하고 있으며, RFID 기기와 의료기기 간의 간섭에 대한 대책을 권고하고 있다. ICNIRP에서 제시하는 대책으로는 보안 시스템으로부터 발생하는 전자파로부터 EMI 위험성을 최소화하고 의료기기 사용자에게 사전에 정보를 충분히 제공함으로써 간섭 문제를 줄이고자 하였다.

4. RFID 노출량 평가 연구 동향

RFID 기기로부터 발생하는 전자기장 노출량을 연구한 결과를 살펴보면, 먼저 스웨덴 복사방호청에 의해 2006년 수행된 실제 사용되고 있는 EAS 기기에 대해 전자파 노출량 평가 결과가 있다. 이 연구의 목적은 실생활에서 사용되고 있는 상점이나 도서관에서의 EAS 기기 주변의 자기장 세기를 조사하기 위함이며, 측정된 EAS 시스템은 RF, AM, EM, RFID 형태의 기기이다. 측정 주파수는 이러한 기기들이 사용되고 있는 17 Hz에서 13.6 MHz 까지이다. 연구 결과를 간략히 요약하면, 표 4-6 및 그림 4-12에서 보인 바와 같이, ICNIRP의 일반인에 대한 기준에 대비하여 많은 기기들이 기준을 초과하고 있음을 확인할 수 있다. 특히, 200 Hz 주파수에서 사용되고 있는 EM 시스템의 경우 기준의 13배를 초과하고 있다. 이 연구에서 사용된 측정 방법은 CENELEC에서 제시하고 있는 직접측정방법을 사용하였으며, EAS 기기로부터 5 cm 이하로 기기에 근접하여 측정이 수행되었다.

표 4-6. EAS 시스템으로부터 전자기장 노출량 평가결과

EAS	Type	Frequency (kHz)	Variation of the 45 measurement points (A/m)	Arithmetic mean of the 45 points (A/m)	Exposure ratio ^a	Reference level ^b (A/m)	Measured maximum ^c (A/m)
1 ^d	EM	0.01	21–122	67	0.29	235	256
		6.25	7.1–55	26	5.3	5	>93
2 ^d	EM	0.01	22–75	55	0.23	235	262
		5 and 7.5	12–30	20	4.0	5	96
2 ^e	EM	0.01	27–198	98	0.42	235	—
		5 and 7.5	18–95	47	9.4	5	—
3 ^d	EM	0.22	72–246	138	7.5	18	536
3 ^e	EM	0.22	78–505	228	13	18	—
4 ^d	AM	58	4.7–31	14	2.9	5	87
5 ^d	AM	58	0.9–22	4.6	0.93	5	106
6 ^d	AM	58	5.6–35	17	3.4	5	118
7 ^d	RF	7600–8700	0.01–0.06	0.02	0.31	0.08	0.29
8 ^d	RF	7600–8700	<0.01–0.05	0.02	0.29	0.08	0.29
9 ^d	RF	7400–8600	<0.01–0.07	0.03	0.35	0.08	0.25
10 ^d	RF	7400–8600	0.01–0.06	0.02	0.34	0.08	0.25
11 ^d	RFID	13600	0.05–0.21	0.11	1.6	0.07	1.39
11 ^e	RFID	13600	0.06–0.78	0.25	3.5	0.07	—

^aArithmetic mean/reference level.

^bICNIRP's reference levels for general public exposure.

^cMeasured 5 cm from the post.

^dMeasured according to the CENELEC standard.

^eMeasured with the stand next to the post (the closest points were 5 cm from the post).

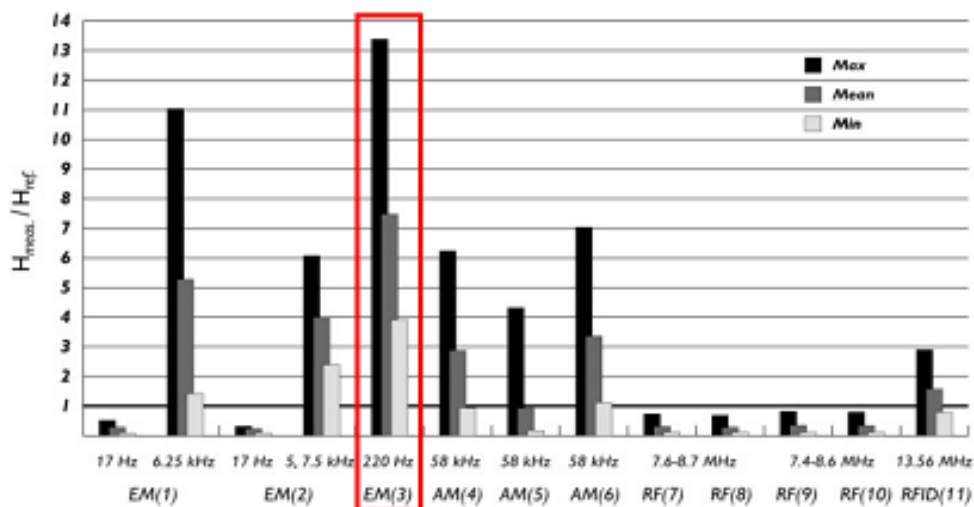


그림 4-12. EAS 시스템으로부터 전자기장 노출량 평가결과

또 다른 연구결과는 2006년 Zurich EMC에서 발표된 공항의 RFID 시스템에 대한 노출량 평가 결과이다. 측정장소는 lateral reader 등 5곳에서 측정이 수행되었으며, 측정결과는 모든 장소에서의 power density는 ICNIRP에서 제시하고 있는 전자파인체보호기준보다 훨씬 낮음을 확인할 수 있었다. 그림 4-13과 표 4-7은 manual coding system과 induction line에서의 측정 위치와 측정결과를 보여주고 있다.

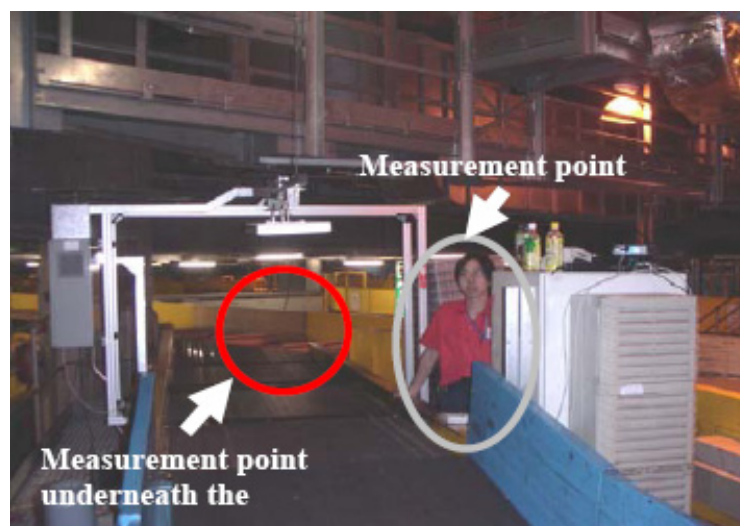


그림 4-13. manual coding system과 induction line에서의 측정 위치

표 4-7. manual coding system과 induction line에서의 측정 위치

안테나 높이	안테나 편파	주파수[MHz]	최대 전기장 측정값[V/m]
MCS			
1.7 m	수직편파	920.25	0.000830
	수평편파	913.20	0.000764
RFID 안테나 아래	수직편파	915.75	0.000835
	수평편파	907.73	0.000997
Induction Line			
RFID 안테나 아래	수직편파	921.83	0.00113
	수평편파	905.25	0.000967

4. 국외 RFID 규제현황

RFID 및 유사기기로부터 인체 이식형 의료기기의 장해를 최소화하기 위하여 일부 국가에서는 대책을 세우고 있으며, 여기서는 이러한 기술에 대해 살펴보고자 한다.

먼저, 미국 FDA에서 심장 박동기 등 이식형 의료기기와 EAS 등 보안 시스템과의 장해 현상이 일어날 수 있다는 보고서를 통하여 이러한 영향을 최소화하기 위하여 그림 4-14에서 보인 바와 같이 “EAS 시스템 사용중”이라는 경고 라벨을 부착하도록 권고하고 있다.

“ELECTRONIC ANTI-THEFT SYSTEM USE” or “ELECTRONIC SECURITY SYSTEM IN USE”

그림 4-14. FDA의 경고 라벨

일본에서는 그림 4-15와 같이 일본 무선인식 협회(JAISA)에서 이식형 의료기기 사용자 보호를 위하여 지침을 마련하고, RFID 기기가 사용되고 있음을 알려주는 정보를 제공하고 있다.



그림 4-15. JAISA의 경고 라벨

제4절 RFID 기기의 전자기장 노출량 시스템 구축

본 연구에서는 RFID 기기에서 발생하는 전자기장 노출량 평가를 위하여 13.56 MHz, 910 MHz 및 2.4 GHz 주파수 대역의 RFID 시스템을 구축하였다. 그림 4-16은 13.56 MHz 대역의 리더 및 리더 안테나, 태그 등을 보이고 있으며, 그림 4-17과 그림 4-18은 각각 910 MHz, 2.4 GHz 대역의 RFID 운용 시스템 및 간이 전자기장 인체노출량 평가 시스템이다.

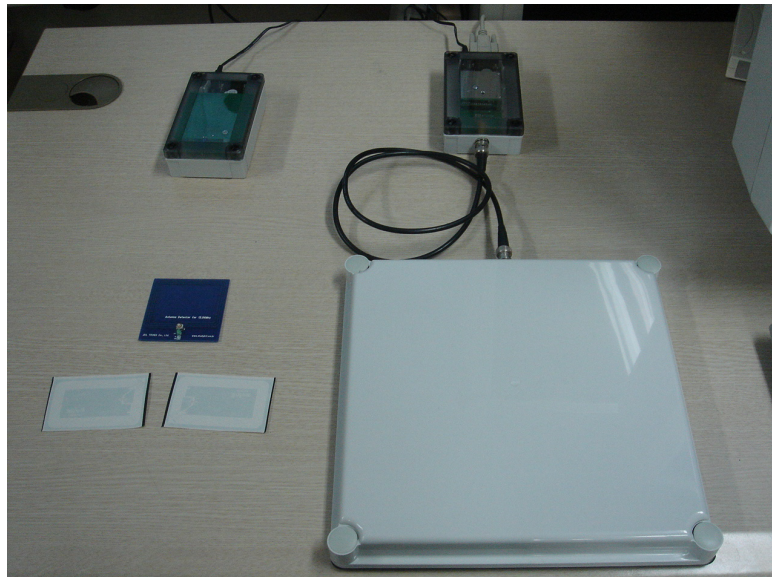
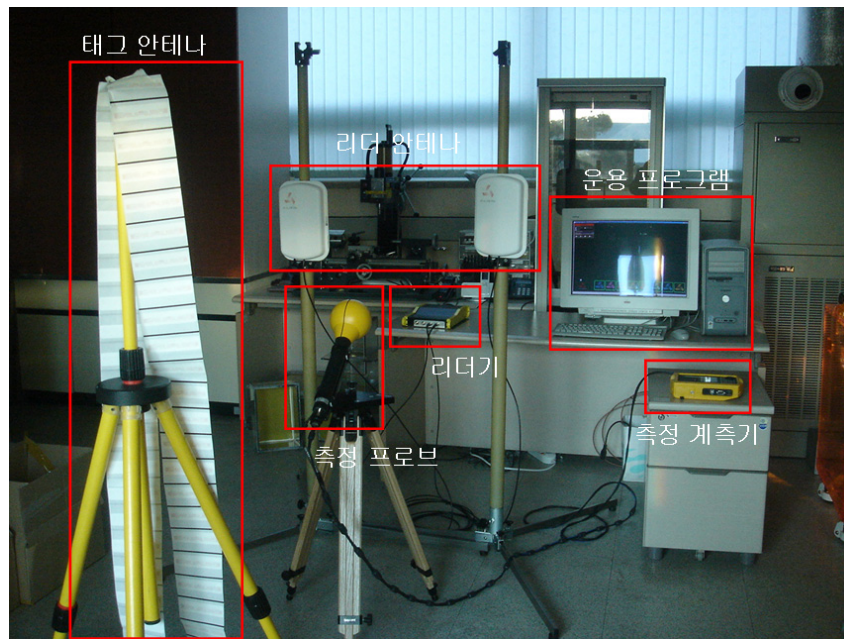


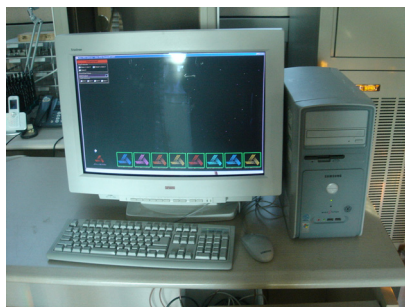
그림 4-16. 13.56 MHz RFID 시스템



(1) 측정 시스템



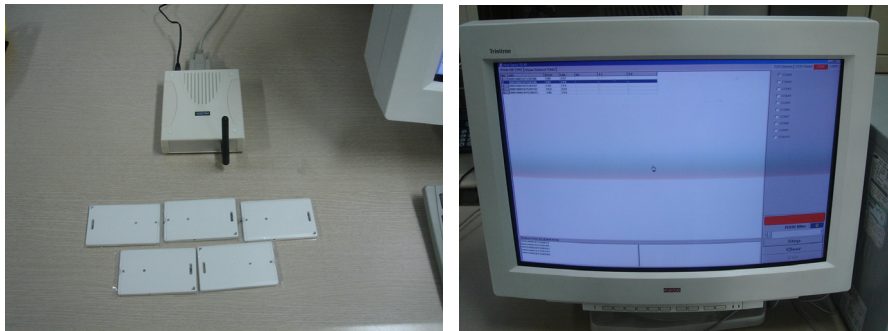
(2) 리더기 (3) 리더 안테나



(4) 운영 프로그램 (5) 태그 안테나
그림 4-17. 910 MHz RFID 시스템



(1) 측정 시스템

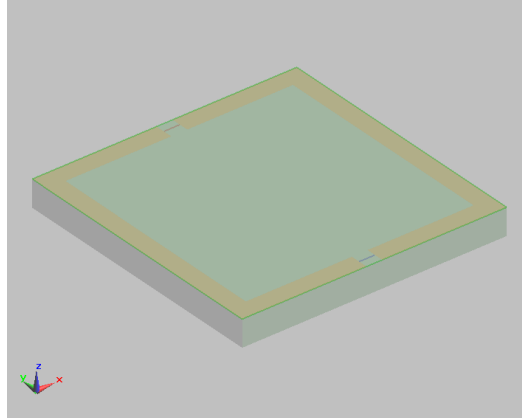


(2) 리더 및 태그 안테나 (3) 운용 프로그램

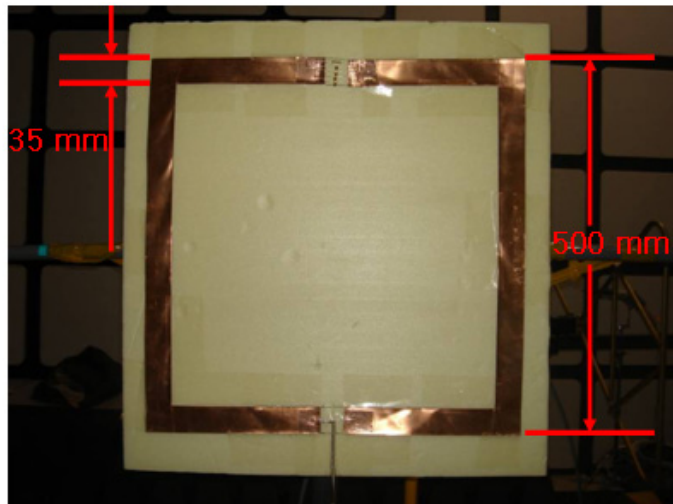
그림 4-18. 2.4 GHz RFID 시스템

제5절 RFID 리더 안테나 제작 및 특성 분석

본 연구에서는 IEC에서 제시하는 RFID 기기로부터 전자파 노출량을 실험실 공간에서 평가하기 위하여 13.56 MHz 주파수 대역의 RFID 안테나를 직접 제작하였다. 먼저 안테나의 제작과정과 특성에 대해 간략히 기술하면, 그림 4-19에 보인 안테나는 13.56 MHz에서 동작되는 rectangular loop type의 안테나로서 안테나의 크기는 50×50 cm로 일반적으로 사용되는 루프 안테나의 $\lambda/10$ 크기로 소형 안테나이다.



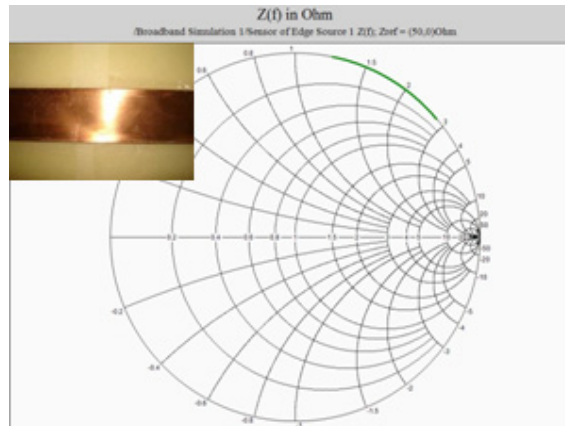
(1) 수치해석 프로그램을 이용하여 모델링된 RFID 안테나



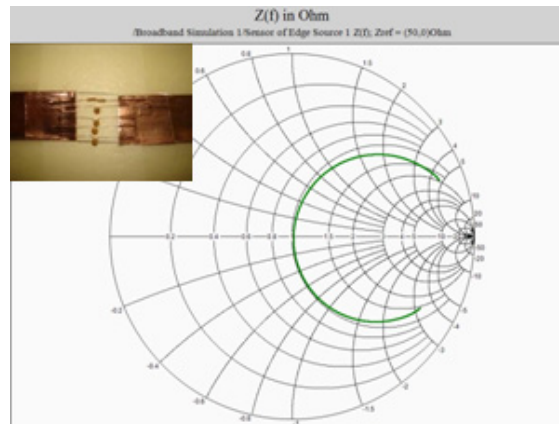
(2) 제작된 RFID 안테나

그림 4-19. 13.56 MHz RFID 안테나

안테나의 임피던스 매칭을 위하여 그림 4-20에서 보인 바와 같이 lumped element를 사용하였으며, 왼쪽 그림은 시뮬레이션된 임피던스 특성으로 그림 4-20(1)은 소자를 사용하지 않았을 때의 임피던스 특성이며, 그림 4-20(2)는 소자를 사용하여 완전 매칭된 상태에서의 특성을 보여주고 있다. 그림 4-21은 lumped element의 리드선 등의 영향으로 시뮬레이션과 측정 결과 사이에 오차가 발생하여 측정으로 13.56 MHz 주파수 대역으로 매칭되는 그래프를 보여주고 있다. 완전 매칭되었을 때 저항(R)은 300 Ω , 커패시터(C)는 111 pF으로 측정되었다.



(1) lumped element가 없을 경우 임피던스 특성



(2) lumped element가 있을 경우 임피던스 특성
그림 4-20. 임피던스 매칭과정

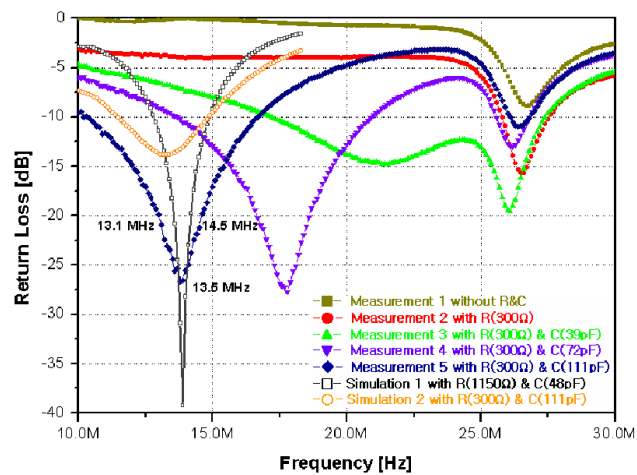
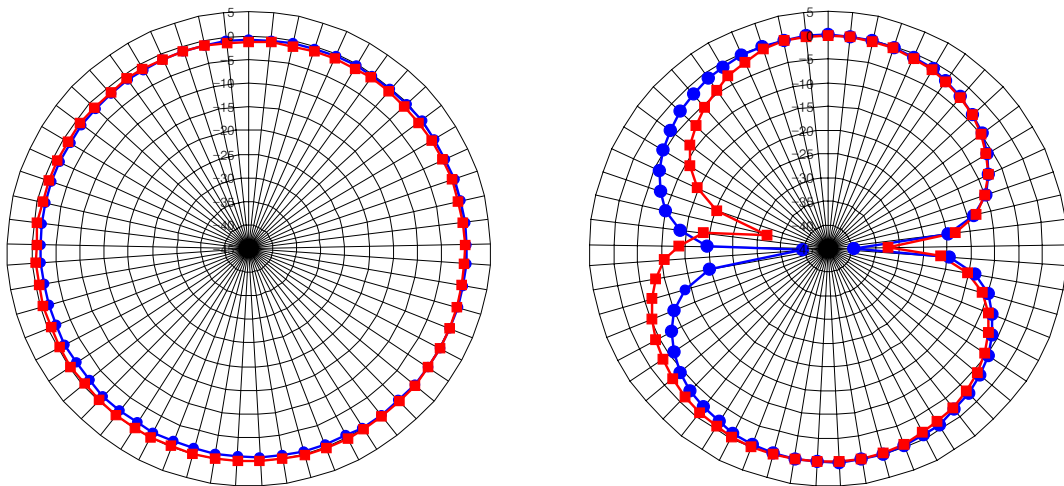


그림 4-21. 제작된 안테나의 임피던스 특성

그림 4-22는 제작된 안테나의 복사패턴 특성을 나타내고 있으며, 일반적으로 나타나는 루프 안테나의 전방향성 특성을 보였으며, 시뮬레이션과 측정 결과가 상당히 유사함을 확인 할 수 있었다.



(1) E-plane

(2) H-plane

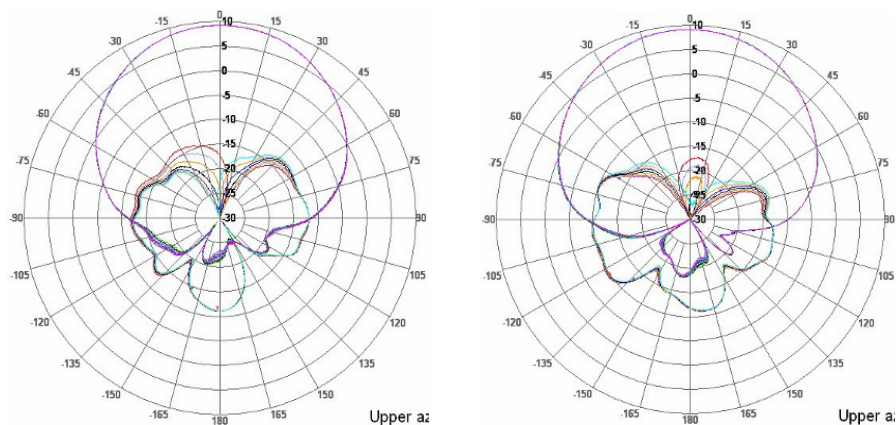
-●- Simulation -■- Measurement

그림 4-22. 제작된 안테나의 복사패턴 특성

그림 4-23과 그림 4-24는 본 실험에서 이용된 910 MHz 상용 RFID 안테나 사진과 복사패턴 특성을 보여주고 있다.



그림 4-23. 910 MHz RFID 안테나



(1) E-plane

(2) H-plane

그림 4-24. 910 MHz RFID 안테나의 복사패턴 특성

제6절 RFID 기기의 전자기장 노출량 평가 및 분석

여기서부터는 본 연구의 핵심이 되는 실험실에서 RFID 안테나로부터 전자파 노출량 평가 과정과 결과를 기술하고자 한다.

먼저, 신호원으로 910 MHz 대역에서는 6 dBi 이득의 원형편과 안테나와 리더기를 사용하였으며, 910 MHz의 또 다른 조건으로 인위적으로 RFID 신호를 발생시킬 수 있는 신호 발생기와 Emulator를 사용하였다. 이 때도 역시, 안테나는 6 dBi 이득 특성을 가지는 원형편과 안테나를 사용하였다. 그리고 13.56 MHz 대역에서는 개발된 루프 안테나와 Emulator를 사용하여 RFID 신호를 발생시켰다. 수신기는 전기장 측정용으로 NARDA의 SRM 3000이 이용되었으며, 자기장 측정용으로 Holaday의 HI-4460이 이용되었다. 또한, 측정용 프로브는 먼저, 910 MHz 주파수에서는 NARDA의 3축 등방성 전기장 측정용 프로브가 이용되었고, 13.56 MHz에서는 NARDA의 단축 전기장 측정용 프로브, Holaday의 3축 자기장 측정용 프로브, NARDA의 3축 자기장 측정용 프로브 등 3종이 이용되었다.

먼저, 그림 4-25는 13.56 MHz의 RFID 안테나에 대한 노출량을 평가하기 위한 set-up 조건을 보여주고 있다. 그림 4-25에서 보인 바와 같이 송신 장치로 신호 발생기, Emulator를 이용하였으며, 단축 전기장 측정용 프로브와 3축 자기장 측정용 프로브를 사용하여 측정을 수행하였다. 이 때, 안테나의

설치는 벽면에 수직으로 부착되어 있다고 가정하고 측정을 수행하였다. 그림 4-26은 910 MHz RFID 안테나로부터 노출량을 평가하기 위한 set-up 조건으로 안테나가 벽면에 설치된 경우와 천장에 설치된 경우에 대하여 측정이 수행되고 있음을 보여주고 있다.

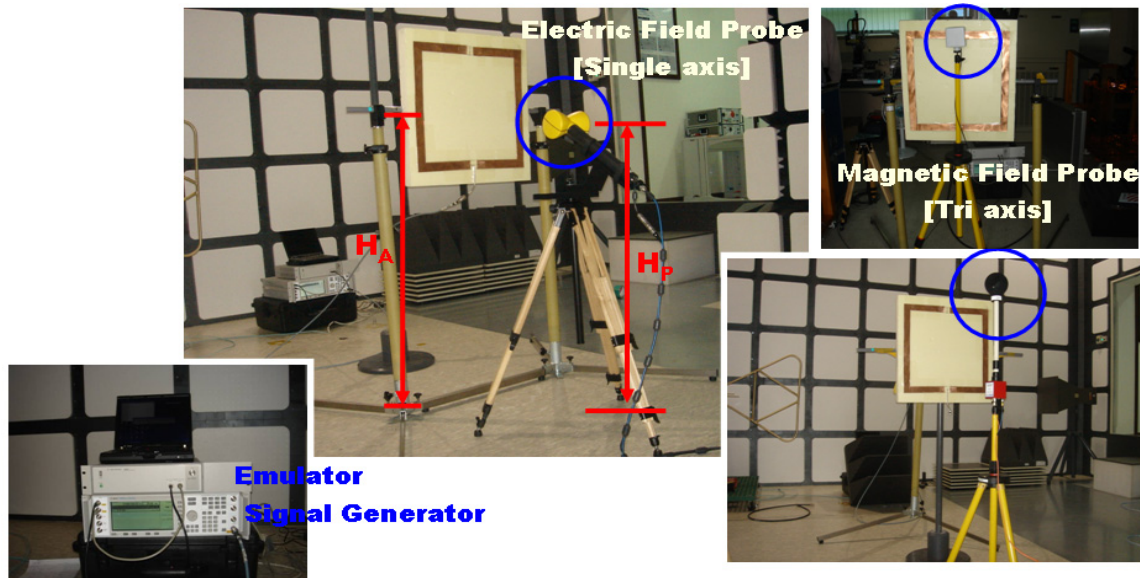
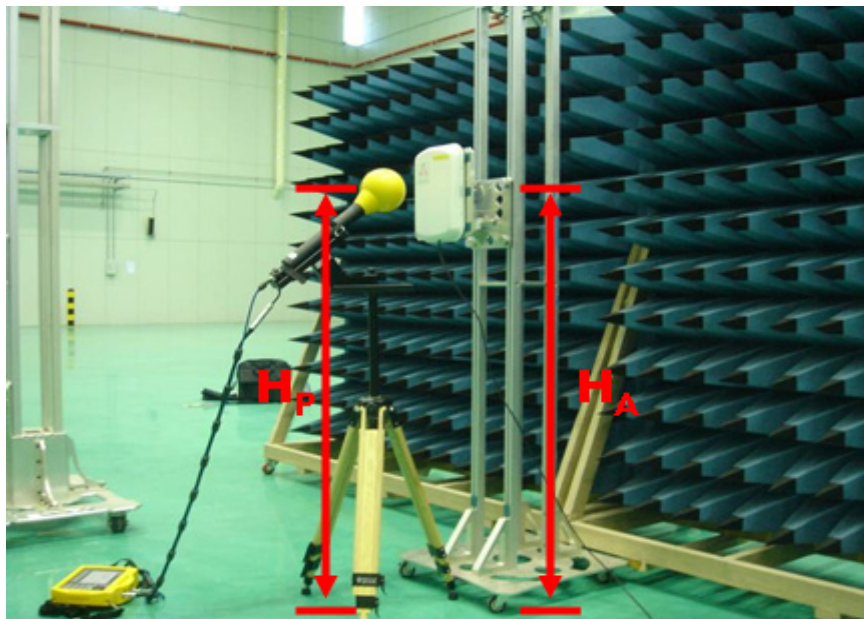
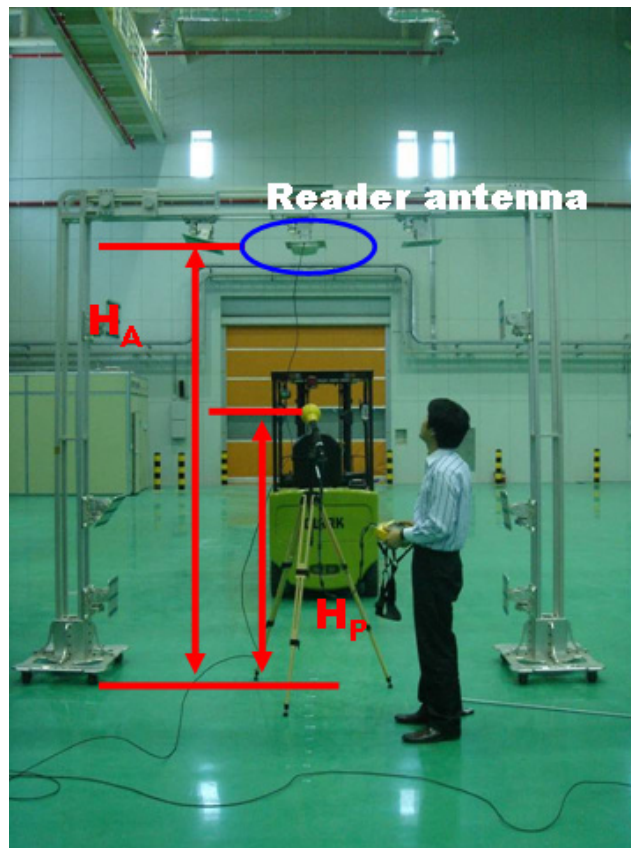


그림 4-25. 13.56 MHz 노출량 평가를 위한 set-up



(1) 벽면 설치형 안테나



(2) 천장 설치형 안테나

그림 4-26. 910 MHz RFID 안테나로부터 노출량 평가

앞서 기술된 측정조건으로 측정결과를 살펴보기에 앞서, 본 측정결과는 실험실에서 가상으로 시뮬레이션된 결과로서 실제 이용되는 RFID 기기에 대한 노출량과 측정 환경 등에 의하여 결과가 다를 수 있음을 미리 알려두고자 한다.

그림 4-27은 13.56 MHz 벽면 설치형 안테나로부터 전기장 강도의 거리 변화율을 보이고 있다. 이 주파수 대역에서 전기장 강도 기준은 28 V/m이므로 IEC에서 제시하는 20 cm 측정거리에서도 약한 전기장 강도가 측정되었다. 그래프에서 보인 바와 같이 안테나의 low, center, high 지점에서 측정이 되었다. 저주파 대역에서는 일반적으로 안테나의 크기가 크고, 근거리 영역장이기 때문에 측정위치에 따라 결과 값이 많이 차이가 날 수 있으므로 측정시 유의해야 할 것으로 보인다.

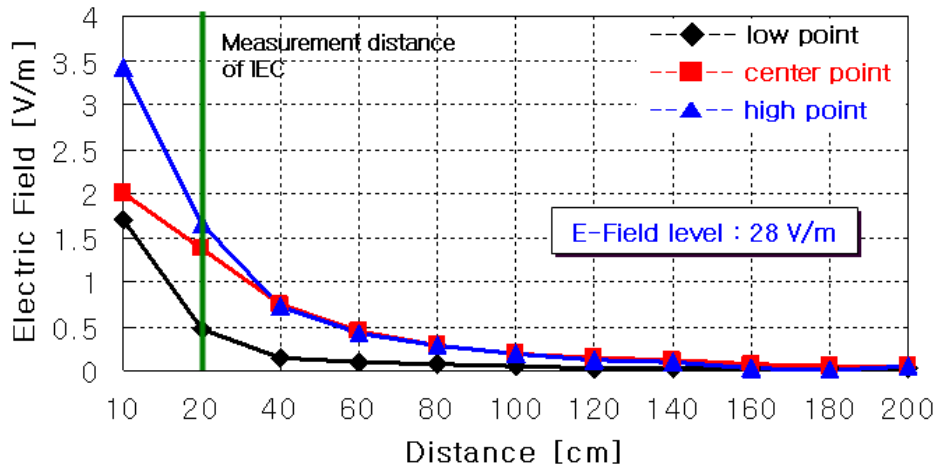


그림 4-27. 안테나의 위치에 따른 자기장 강도

그림 4-28은 13.56 MHz에서 자기장 강도에 대한 측정 프로브별 거리변화를 보여주고 있다. IEC 측정거리인 20 cm에서는 인체보호기준 0.073 A/m를 초과하지는 않지만, 안테나에 프로브를 근접시킬 경우 인체보호기준을 초과함을 확인할 수 있었다. 하지만, 이는 안테나의 케이스가 없는 상태로 측정되었기 때문에 실제 사용되는 상황에서는 노출량이 달라질 수 있을 것이다. 본 측정에 이용된 프로브는 Holaday와 NARDA의 자기장 측정용 3축 등방성 프로브가 이용되었으며, 프로브에 따라 측정값이 차이가 남을 확인 할 수 있었다. 기술기준 마련시 프로브의 특성을 명확히 하는 것이 측정상의 오차를 줄일 수 있는 방법으로 생각된다.

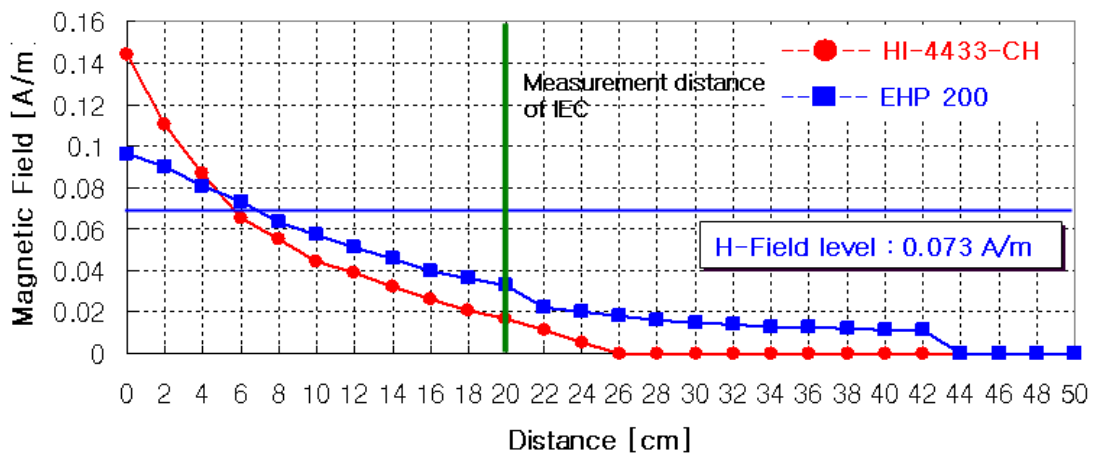


그림 4-28. 측정 프로브에 따른 자기장 강도

그림 4-29는 910 MHz 안테나가 벽면에 수직 설치되었을 경우를 가정하여 평가된 결과이다. 그림에서 보인 바와 같이 상용화된 리더와 emulator로 신호를 주입한 경우 동일한 전기장 강도 값을 얻을 수 있었으며, 향후 노출량 평가시 emulator의 활용 가능성을 확인할 수 있었다. 측정결과는 IEC 측정 거리인 안테나로부터 20 cm 거리에서 인체보호기준 41.48 V/m를 초과하지 않았지만, 15 cm 이하에서는 인체보호기준을 초과함을 확인할 수 있었다.

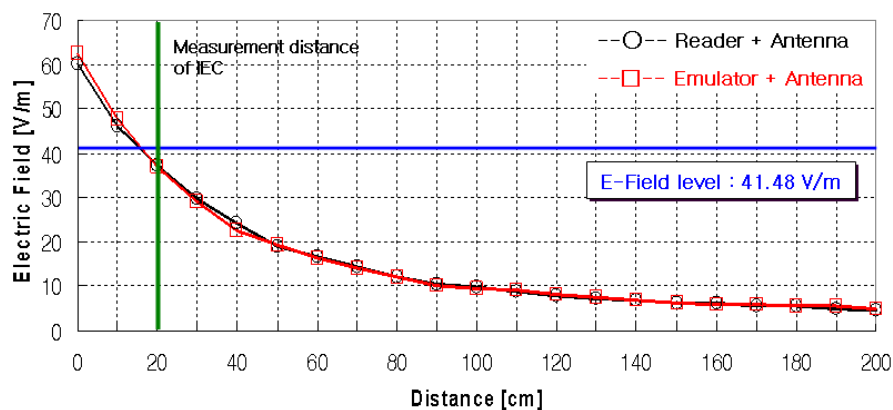


그림 4-29. 910 MHz RFID 안테나로부터의 전기장 강도

그림 4-30은 RFID 안테나가 천장과 마루에 설치되었을 경우 전기장 강도 측정값을 보여주고 있다. 천장과 마루에 설치된 경우, 안테나의 복사패턴, 측정거리 등으로 인하여 인체보호기준에 훨씬 미치지 못하는 결과를 얻을 수 있었다.

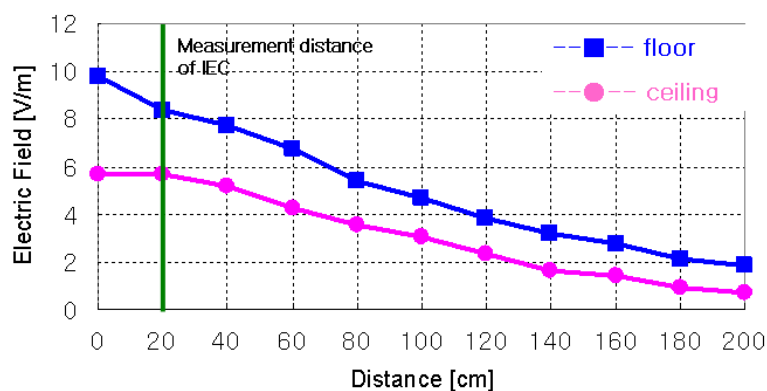


그림 4-30. 천장 및 마루 설치형 안테나로부터의 전기장 강도

그림 4-31은 910 MHz RFID 안테나로부터의 노출량을 복사패턴으로 표현한 것으로 안테나의 후방은 거의 노출되지 않았으며, 정면에서 최대 17 V/m 까지 증가함을 확인할 수 있었다. 또한, 그림 4-32는 13.56 MHz 주파수 대역에서의 노출량을 수직 및 수평 평면상에서 측정하여 그래프로 나타낸 것이다. 안테나의 실제 복사패턴과의 차이는 근거리 영역에서의 측정결과이기도 하고, 평가방법의 차이로 인한 것으로 판단된다.

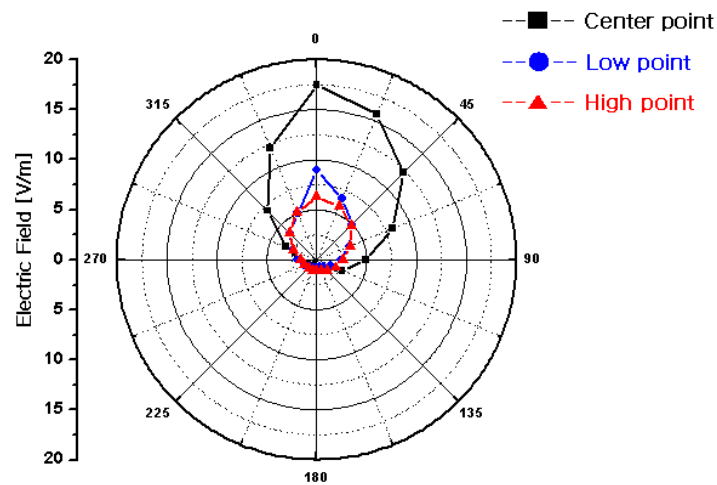


그림 4-31. 910 MHz 노출량 복사패턴

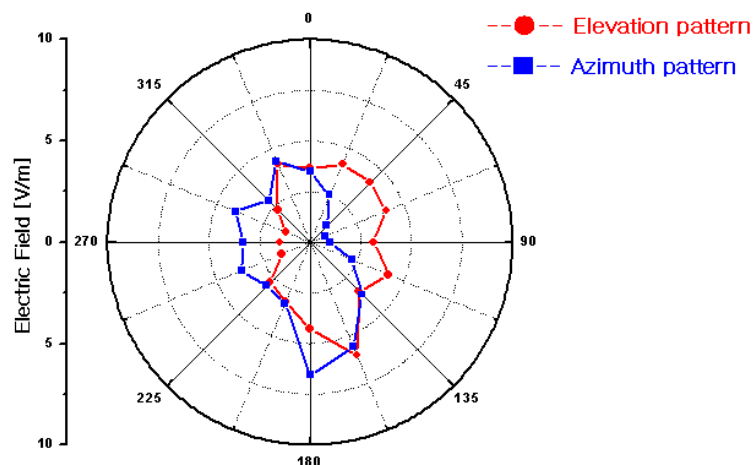


그림 4-32. 13.56 MHz 노출량 복사패턴

그림 4-33은 13.56 MHz RFID 안테나로부터 측정된 전기장 성분의 공간 평균을 도식화한 것으로 루프 안테나의 특성에 따라 위쪽, 아래쪽에서 노출이 많이 됨을 확인할 수 있었고, 측정된 값은 정면에서 1.55 V/m, 중심에서 0.77 V/m, 후방에서 0.47 V/m 이며, 총 공간평균량은 0.93 V/m로 인체 보호기준 28 V/m에 훨씬 미달함을 확인 할 수 있었다. 그리고 그림 4-34는 910 MHz RFID 안테나로부터 공간평균을 도출한 그래프로써 정면에서 17.1 V/m, 중심에서 16.3 V/m, 후방에서 13.6 V/m로 계산되었으며, 공간평균값은 15.7 V/m로 인체보호기준 41.48 V/m에 적합함을 확인할 수 있었다.

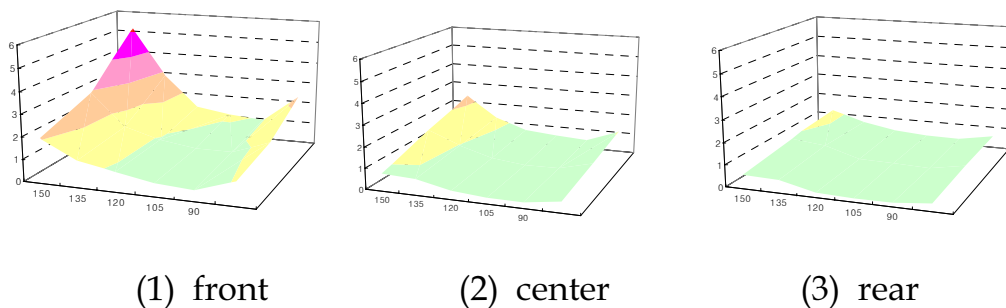


그림 4-33. 13.56 MHz 공간평균 측정

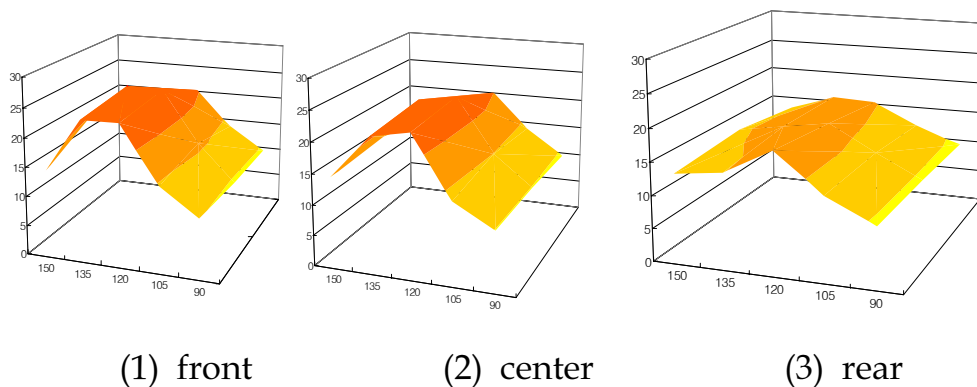


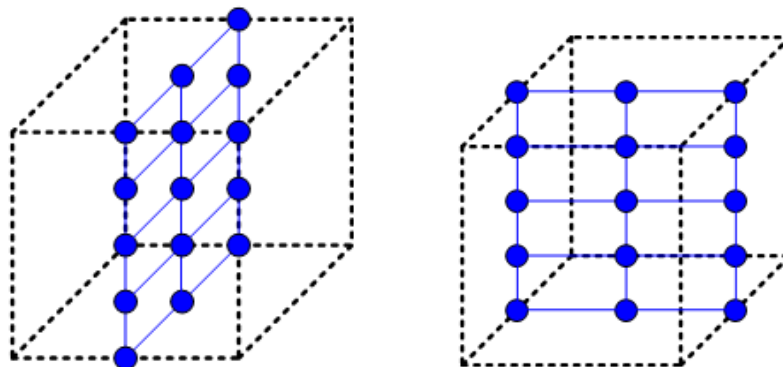
그림 4-34. 910 MHz 공간평균 측정

앞서 기술된 바와 같이 공간 평균 측정방법은 몸통에 대하여 45 포인트, 머리에 대하여 36 포인트를 측정하여 산술평균 하도록 되어있다. 하지만 IEC에서 제시하는 공간평균 측정방법은 표 4-8에 보인 바와 같이 측정에 상당한 시간이 소요되어 대체할 수 있는 방법 검토가 필요하다.

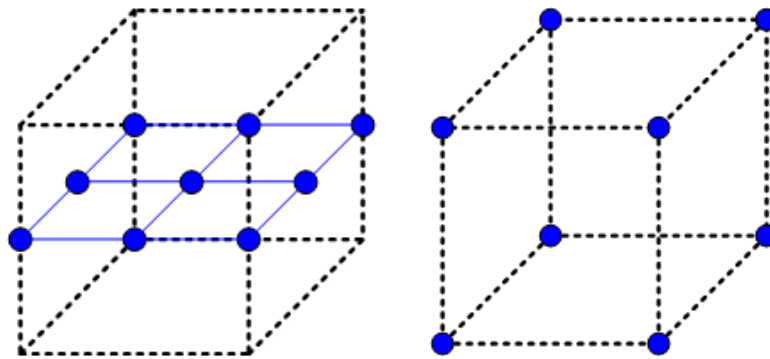
표 4-8. 공간평균 측정 소요시간

구 분	프로브	측정시간
몸통	단축 프로브	45 측정 지점 × 3 축 = 135 × 6 분 = 약 13.5 시간
	3축 프로브	4.5 시간
머리	단축 프로브	36 측정 지점 × 3 축 = 108 × 6 분 = 약 10.8시간
	3축 프로브	3.6 시간

앞선 측정결과에서 본 바와 같이 45 포인트를 측정하여 공간평균 하였을 때, 0.93 V/m로 계산되었으며, 이 값은 그림 4-35에서 두 개의 수직 면 평균값으로 대체 하였을 때 유사한 값을 얻을 수 있었다. 910 MHz 대역 역시 RFID 안테나로부터 45 포인트를 측정하여 공간평균 하였을 때, 15.7 V/m로 계산되었으며, 이 값은 그림의 수직 면 값으로 대체 하였을 때 유사한 값을 얻을 수 있었다. 본 실험에서 공간평균 측정방법은 13.56 MHz와 910 MHz 주파수대역의 벽면 설치형 안테나 형태에 한하여 적용된 경우이며, 게이트 형태의 안테나 또는 휴대용 소형 RFID 기기의 안테나의 경우 제시되는 측정방법이 적용되지 않을 수 있다. 하지만 RFID 시스템에서 사용되는 안테나의 설치형태가 IEC 국제 표준에서 제시된 바와 같이 벽면 설치, 게이트 설치, 천장 및 바닥형 설치 등 몇 가지로 한정되어 있으므로 안테나의 형태별로 적절하게 분류하여 측정방법을 적용한다면 공간평균 노출량 평가 시간을 단축할 수 있을 것으로 판단된다.



(1) 수직 측정



(2) 수평 및 가장자리 측정
그림 4-35. 공간평균 도출방법

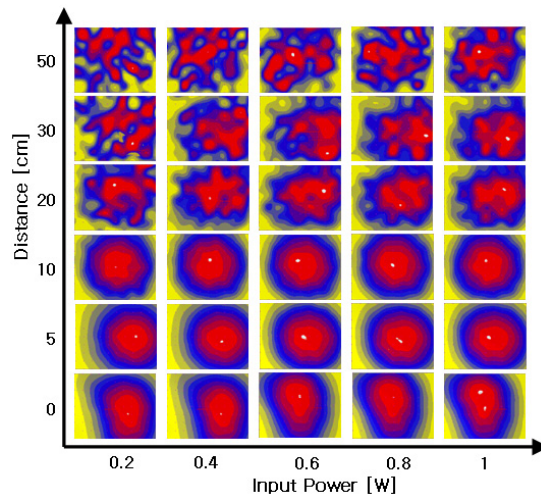
910 MHz 주파수 대역에서 검토되는 측정방법은 전자파 흡수율 측정방법이다. 그림 4-36에 보인 바와 같이 RFID 신호는 emulator를 사용하여 공급하였으며, 팬텀과 안테나 사이의 이격거리와 공급되는 출력에 따라 측정값을 분석하였다.



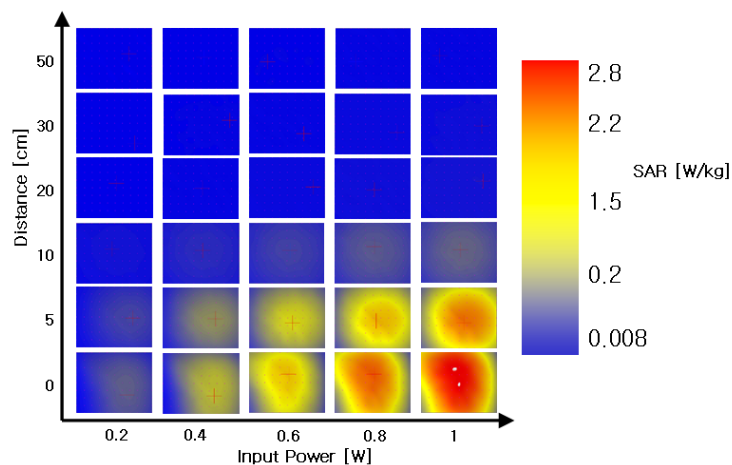
그림 4-36. SAR 측정 set-up

그림 4-37의 측정결과에서 보인 바와 같이 거리별 10 cm 이하에서는 출력에 관계없이 hot spot이 형성되어 SAR 평가가 가능하지만 그 이상에서는 패턴이 틀어져서 평가가 불가능함을 확인 할 수 있었다. SAR 측정방법은 신체에 부착하여 사용하는 기기에 대하여 평가할 수 있는 방법이라고 할 수 있겠다.

그림 4-37(2)는 그림 4-37(1)에서 보인 SAR 측정값을 동일한 스케일로 표현 한 것이다. 현재 국내 기준이 1.6 W/kg으로 되어 있는데, RFID 기술기준 1 W 로 입력 전력을 공급하였을 경우 2.8 W/kg으로 초과됨을 확인 할 수 있었다. 그리고 이 값은 10 cm 이상 떨어졌을 때 기준에 적합함을 확인 할 수 있었다.



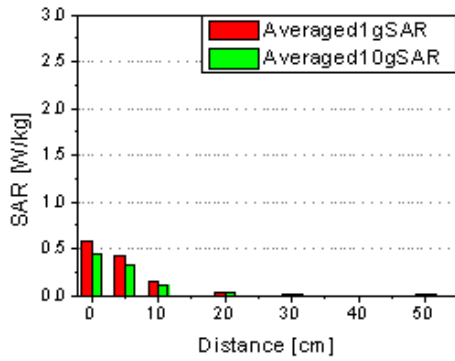
(1) 스케일이 다른 경우의 hot spot



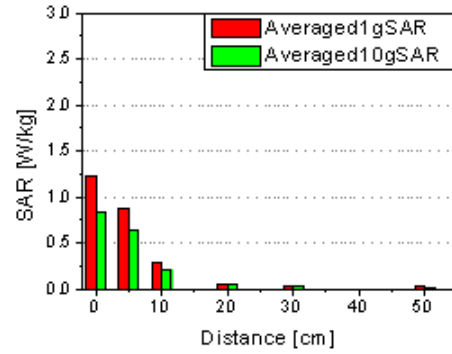
(2) 스케일이 같은 경우의 hot spot

그림 4-37. SAR 측정결과

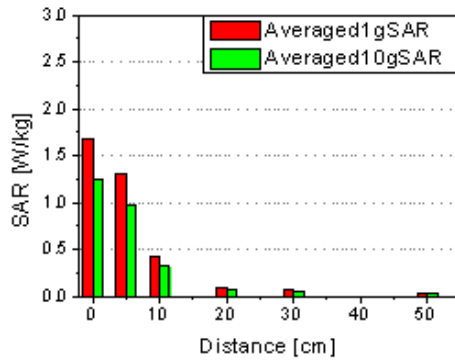
그림 4-38은 앞서 측정된 SAR 값을 입력 전력별로 그래프화하여 나타낸 것이다. 그림에서 보인 바와 같이 이격거리 10 cm 까지는 어느 정도 의미 있는 SAR 값을 보였으나, 20 cm부터는 평가의 의미가 없다고 판단된다.



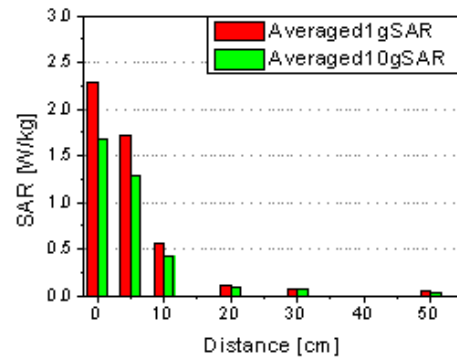
(1) 0.2 W 입력



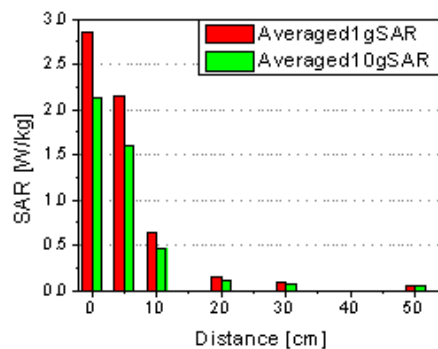
(2) 0.4 W 입력



(3) 0.6 W 입력



(4) 0.8 W 입력



(5) 1 W 입력

그림 4-38. 출력별 SAR 측정결과

다음으로 검토된 방법은 수치해석적 방법에 대해 몇 가지 검토 해 보았다. 실험결과는 참고용이며, 아직 우리나라에서 이 방법을 도입하기 위해서는 더 많은 연구결과가 필요할 것으로 판단된다. 먼저, IEC에서 제시하는 4가지 균질 모델(그림 4-39)에 대하여 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 4-40은 팬텀에 따라 다이폴 안테나의 반사손실 변화를 보인 그래프이며, 팬텀에 따라 공진 주파수가 차이가 남을 확인 할 수 있었다. 그리고 그림 4-41에서와 같이 복사패턴의 경우 E-plane에서 원판과 타원체가 유사하였으며, 인체모양(Human shape)모델과 직육면체가 유사한 특성을 보였다. 그리고 SAR 값(그림 4-42)은 4가지 팬텀이 유사하였으나, 원판의 경우 두께가 4 cm로 얇아서 중간에 튀는 특성이 나타났다.

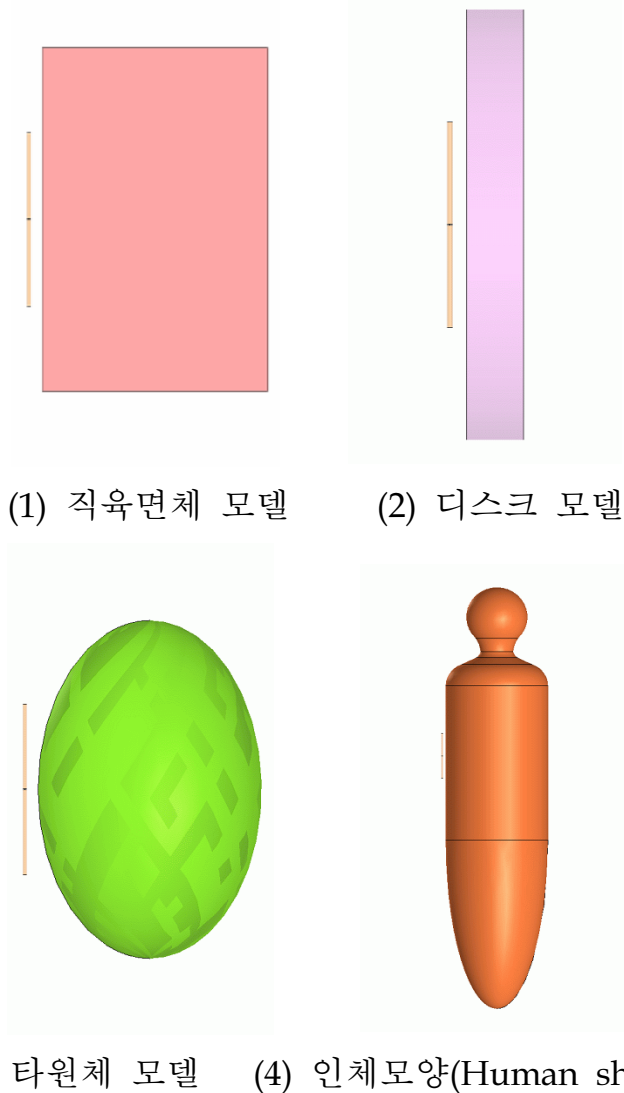


그림 4-39. 수치해석용 모의인체 모델

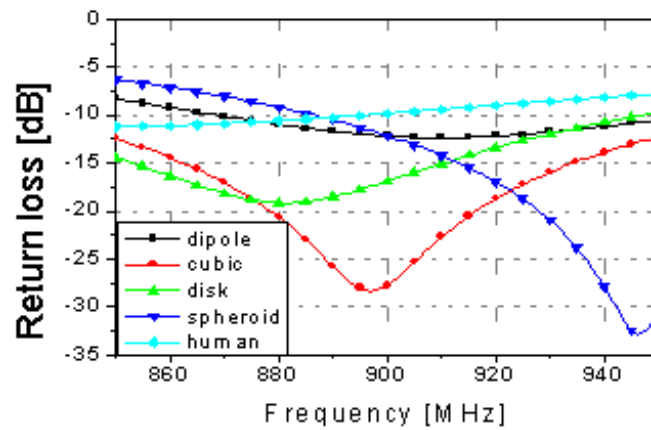
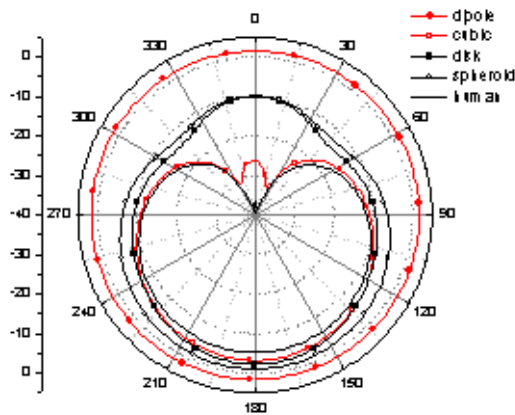
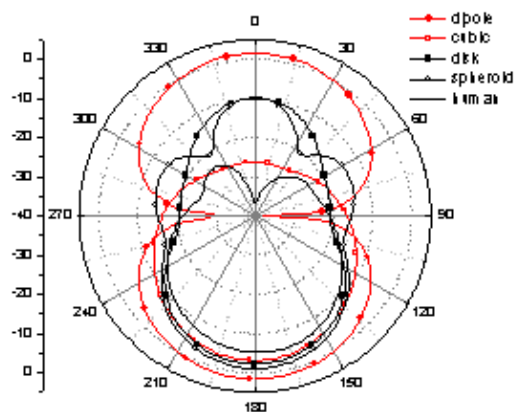


그림 4-40. 모델별 반사 손실



(1) H-plane



(2) E-plane

그림 4-41. 모델에 따른 복사패턴 특성

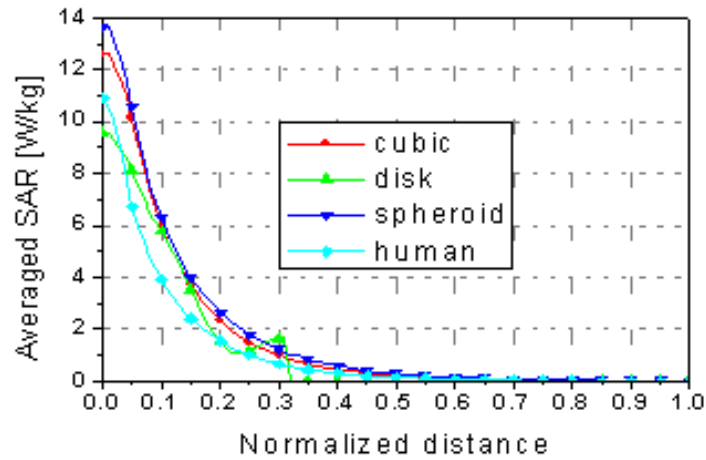


그림 4-42. 모델에 따른 SAR 값

원판의 두께에 따라 몇 가지 시뮬레이션을 수행하여 그 결과 값을 비교하여 보았다. 반사손실의 경우, 그림 4-43에서 보인 바와 같이 IEC에서 제시하는 4 cm 경우 6 cm 이상일 때와 차이가 있었으며, 복사패턴의 경우(그림 4-44)도 4 cm 일 때만 조금 차이가 남을 확인할 수 있었다. SAR 값의 경우(그림 4-45)에도 6 cm 이상일 경우 중간에서 튀는 부분이 감소되어, 디스크의 경우 균질모델로 활용할 경우 6 cm 이상이 되어야 할 것으로 판단된다.

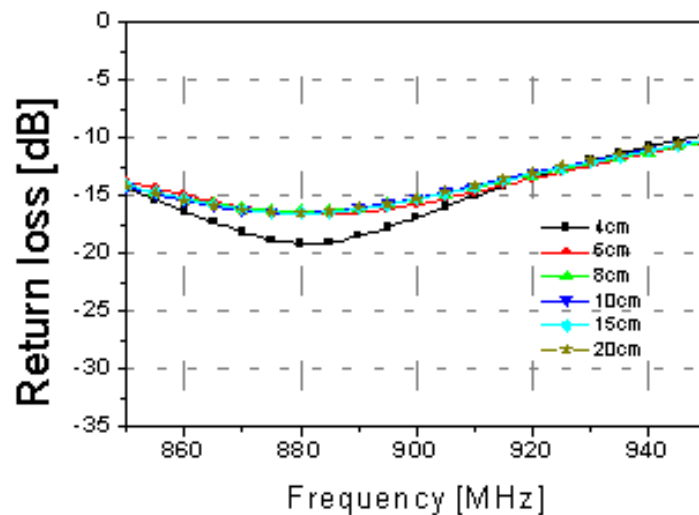
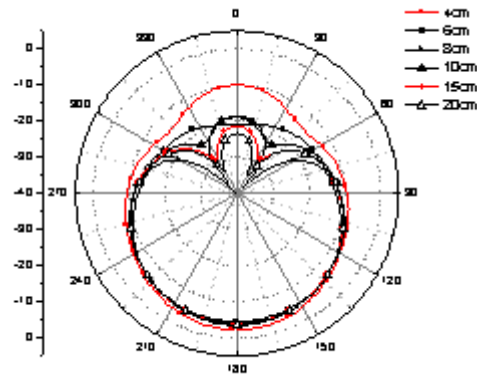
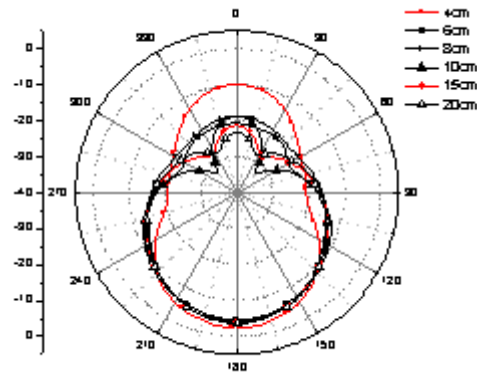


그림 4-43. 디스크 두께에 따른 반사손실 특성



(1) H-plane



(2) E-plane

그림 4-44. 디스크 두께에 따른 복사패턴 특성

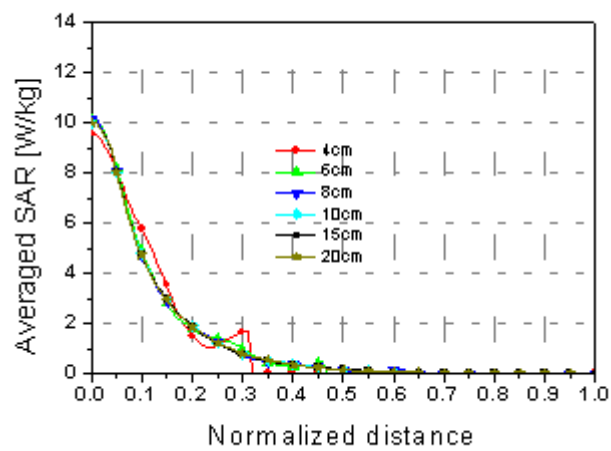


그림 4-45. 디스크 두께에 따른 SAR 특성

제7절 결론

본 장에서는 IEC를 비롯한 국제표준화 기구의 RFID 노출량 평가방법 표준화 동향과 연구결과를 기술하였다. RFID 보급에 비하여 이러한 기기들에 대한 연구결과가 없는 우리나라에서는 좀더 적극적으로 대응하여야 할 것으로 판단된다. 그리고 몇 가지 RFID 기기에 대하여 실험실 공간에서 노출량을 평가를 수행하였으며, 그 결과를 분석하였다. 평가결과를 간략히 요약하면, 13.56 MHz 벽면 설치형 안테나의 경우 IEC 측정거리인 20 cm에서는 인체보호기준을 초과하지 않았지만, 안테나에 6 cm 이하로 근접할 경우 인체보호기준을 초과할 수도 있음을 확인하였다. 910 MHz 벽면 설치형 RFID 안테나 역시 IEC 측정거리에서는 초과하지 않았지만 15 cm 이하의 측정거리에서는 초과됨을 확인할 수 있었다. 하지만, 공간평균 측정값은 두 종류의 RFID 안테나 모두 인체보호기준에 적합함을 확인 할 수 있었다.

본 연구에서 RFID에 대한 전자파 노출량 평가는 IEC에서 제시하는 측정방법을 준수하여 측정하였지만, 측정상의 몇 가지 문제점을 살펴보면, 먼저, 공간평균 측정시 측정 소요시간의 문제이다. 예를 들어 몸통에 대하여 단축프로브로 측정한다고 가정할 경우, 45 측정 포인트를 3축에 대하여 측정하면 135번 측정을 수행하여야 하고 6분 평균으로 측정한다면, 약 13시간 30분이 소요된다. 3축 프로브를 사용할 경우는 약 4시간 30분이 소요된다. 이는 측정시간만을 가정한 경우이고, 설치 등을 가정한다면 훨씬 많은 시간이 소요될 것으로 판단된다. 머리도 같은 방법으로 11시간이 소요되므로 하나의 RFID 기기를 측정하는데 하루 이상이 소요될 수 있다. 다음 문제점은 측정 불확도이다. 그리드의 간격이 몸통의 경우 15 cm, 머리의 경우 10 cm 설정되어 있는데, 앞서 측정결과에서 기술된 바와 같이 근거리 영역에서는 짧은 거리상에서도 측정값의 많은 변화가 발생한다. 정확한 측정을 위해서는 자동화 시스템이 필수적인 요소일 것으로 판단된다. 그리고 안테나 사이즈가 측정 그리드 보다 클 경우 최대 노출량은 그리드 외부 공간에서도 발생될 수 있는데 IEC에서 제시하는 측정방법으로는 이러한 문제를 해결하는데 어려움이 있는 것으로 판단된다.

향후 기술기준 마련시 이러한 문제점을 보완해야 할 것이며, RFID 기기가 이용되는 125 kHz, 433 MHz, 2.45 GHz 등 다른 주파수 대역에 대해서도

평가가 수행되어야 할 것이다. 또한, 상점, 공항, 도서관 등 실제 설치된 RFID 기기에 대해 평가를 수행하여 이러한 기기에서 발생하는 전자기장 노출 실태를 파악하고 대책을 마련할 필요가 있겠다.

제5장 무선기기 전자파흡수율(SAR) 대상기기 확대 방안 연구

새로운 무선통신기기(RFID, 간이무선국, 생활무선국 등) 및 서비스의 보급이 증가하는 등 다양한 전파이용환경의 변화로 인하여 전자파에 대한 인체 위해 여부와 관련하여 국민들의 관심과 우려가 급증하고 있다. 각종 무선통신기기의 이용확대에 따라 전자파 노출로 인한 국민의 막연한 불안감 해소와 안전한 전파이용 환경 마련을 위한 전자파흡수율 평가방법의 필요성이 요구되고 있다. 또한 전파법 제47조의2(전자파인체보호기준 등)제1항에 전자파가 인체에 미치는 영향을 고려하여 전자파 인체보호기준 및 측정대상기기 및 측정방법 등에 관하여 고시할 것을 명시하고 있다.

따라서 본 장에서는 상용 무선기기의 전자파흡수율 측정 및 분석을 수행하였으며, 외국(FCC 및 CENELEC)의 전자파흡수율 시험성적서를 참조하였고 국내의 무선기기 보급현황 및 시료의 전자파흡수율을 토대로 「무선기기 전자파흡수율(SAR) 대상기기 확대방안」을 마련하였다.

추진방법으로는 무선기기의 전자파 인체영향 우려를 없애기 위하여 형식등록 대상기기 중 휴대 가능한 무선기기 위주로 전자파흡수율 기준을 단계적으로 확대 적용하는 로드맵을 다음과 같은 절차를 통하여 마련하였다.

- 가. 전자파흡수율 측정 결과의 국내·외 비교 및 분석을 통한 우선순위 마련
- 나. 무선기기의 사용형태, 주파수 및 출력에 따라 전자파흡수율 측정
- 다. 국민 다수가 사용하는 무선기기, 실생활 사용형태 및 전자파흡수율 값이 높은 무선기기 위주로 로드맵 마련

제1절 외국의 SAR 대상 무선기기 측정결과 분석

1. 외국의 SAR 대상 무선기기

미국 FCC(Federal Communication Commission : 연방통신위원회) 및 유럽의 CENELEC(Comité Européen de Normalisation Électrotechnique)에서는 휴대폰 및 휴대 가능한 무선기기에 대한 SAR 적합성 평가를 하고 있다.

본 장에서는 FCC에서 제공하는 SAR 시험성적서 및 유럽의 EN50385 및 EN50383 규격을 근거로 하여 시험한 무선기기의 SAR 측정결과를 기술하였다.

외국의 대상 무선기기로서는 주로 GMRS¹⁴⁾/FMR¹⁵⁾, LMR¹⁶⁾ 등의 무전기와 블루투스 장비 및 무선모뎀 장치 등에 대하여 분석하였다.

2. 외국의 기기별 SAR 측정 값 분석

FCC의 시험성적서에 따르면, 무전기는 사용 상황별로 얼굴 전면 또는 몸통에서 사용하기 때문에 평면 모의인체를 사용하여 측정을 한다. 또한 무선기에 벨트클립(Belt-Clip) 목걸이 등의 기기부속물들을 장착하는지에 대한 여부를 측정에 고려하고 있다. 그리고 평면 모의인체와 시험기기와의 이격거리는 무전기인 경우 2.5 cm를 두고 측정을 한다. 반면 무선랜 사용 노트북 등 신체 밀착형 기기에는 SAR 적합성 시험을 위해 평면 모의인체와 시험기기의 뒷부분과의 이격거리를 1.5 cm로 권고하고 있다.

표 5-1. 외국의 SAR 측정값

주파수 및 대상기기	출력	SAR 측정 적용 부위	이격 거리	SAR 측정값(단위 : W/kg)	
				미국(1g 평균)	유럽(10g 평균)
400~467 MHz LMR 무전기	0.4 W	두부	2.5cm	2.19	
		몸통	밀착	3.95	
462~467 MHz GMRS/FMS 트랜시버	3.8 W	두부	2.5cm	2.57	
		몸통	밀착	5.05	
2402~2480 MHz 블루투스	0.063 W	몸통	밀착	0.52	
890 MHz PDA	1.95 W	두부	밀착		0.736
824~849 MHz 무선모뎀	0.225 W	몸통	밀착		1.19

※ LMR 무전기 및 GMRS/FMS 트랜시버는 PTT(Push To Talk) 방식으로 사용하므로 Duty Factor 50 %를 적용하여 시험한 값

14) GMRS(General Mobile Radio System) : 출력은 1~5W이며, 단거리 통신에 사용되는 무전기

15) FMR(Family Mobile Radio) : 출력은 0.5W이며, 우리나라의 생활무선국에 해당

16) LMR(Land Mobile Radio) : 육상이동 공중통신으로 지상의 기지국과 차량/휴대 장치를 이용한 통신망

무전기는 출력이 클수록 SAR 측정값이 높은 것을 알 수 있으며, 두부 측정 시에는 2.5 cm의 이격거리를 두고 측정하였으며, 주파수 대역은 우리나라와 같이 저(低), 중(中), 고(高)로 나누어 측정한다. 몸통 측정 시에는 밀착하여 측정한 결과이고, 블루투스 및 무선모뎀의 경우 SAR 측정 적용 부위는 몸통이며, 밀착하여 측정한 것으로 무전기와 출력을 비교 시 상대적으로 낮은 SAR 값을 나타내고 있다.

제2절 국내 형식등록 무선기기의 측정결과 분석

1. 국내의 형식등록 무선기기 중 전자파흡수율 측정대상 제외기기 및 사유

전자파흡수율 측정기준 중 국제전기기술위원회 국제표준[IEC62209-1]에서 정한 무선기기의 주파수 300 MHz ~ 3000 MHz 대역 외의 무선기기는 측정방법과 기준을 현재 논의 중 이므로 본 로드맵에서 제외되었으며, 또한, 출력이 10 mW 이하인 특정소출력기기는 전자기장 노출량이 극히 낮을 것으로 예상되어 제외를 하였으나 헤드셋이 포함된 2.4 GHz 대역의 블루투스(무선데이터 통신용 무선기기)는 인체에 아주 근접하여 사용되는 기기이므로 측정을 수행하였다. 그리고 무선통신기기는 사용자가 점차 줄어들고 있어 측정대상에 포함되지 않았으며, 체내이식 무선통신기기는 사용자가 많지 않고 기기가 고가이어서 예산상의 어려움으로 인하여 향후 연구과제로 추진할 예정이므로 이번 연구수행의 측정대상에서 제외 되었다. 마지막으로 RFID 기기는 400 MHz, 900 MHz, 및 2.4 GHz 대역 중 가장 많이 사용되고 또한 출력이 높은 900 MHz 대역의 무선기기를 측정하였다.

2. 미분석 무선기기 중 향후 연구 및 분석 후 재검토 필요기기

가. 국제적으로 국제표준[IEC62209-1]의 주파수 대역이 기존의 300 MHz ~ 3000 MHz에서 향후 30 MHz ~ 6000 MHz로 확대에 따른 무선기기 등이 있다.

- (1) 146 MHz, 222 MHz 대역의 간이무선국 단말기 등은 기술기준에서 출력을 5 W이하로 정하고 있어 향후 SAR 측정기준이 정해지면 SAR 값이 높게 나올 소지가 있다.

- (2) 27 MHz 대역의 생활무선국 단말기는 기술기준에서 출력을 3 W 이하로 정하고 있어 SAR 값을 측정할 필요성이 대두 되고 있다.
- (3) 5 GHz, 17GHz 대역의 무선랜 등 높은 주파수 대역은 연구할 만한 가치가 있다고 생각된다.

나. 체내에 이식되는 무선의료기기(MICS)로 심장박동기나 심장재세동기 등은 현재는 많이 사용되지 않지만 국민소득이 증가하고 복지 수준이 높아져 향후 사용이 많이 예상되는 기기에 대해서 국민들이 안심하고 사용할 수 있도록 전자파흡수율을 측정할 필요성이 있다고 판단된다.

3. 전자파흡수율 측정 무선기기

가. 8종의 무선기기 SAR 측정

- (1) 380 MHz 대역의 TRS 단말기
- (2) 900 MHz, 1700 MHz, 2400 MHz 대역의 무선전화기
- (3) 400 MHz 대역의 생활무선국
- (4) 444 MHz 대역의 간이무선국
- (5) 898 MHz 대역의 무선데이터통신용 단말기
- (6) 2400 MHz 대역의 무선데이터통신용(블루투스) 단말기
- (7) 900 MHz 대역의 RFID 무선기기
- (8) 2350 MHz 대역의 휴대인터넷(와이브로) 단말기

4. 형식등록 무선기기의 전자파흡수율 측정

가. 380 MHz 대역의 TRS 단말기

TRS 단말기는 소음이 심한 공사현장이나 큰 부품 등을 조립할 때와 같이 산업현장에 주로 사용 된다. TRS 단말기 2대를 이용하여 직접통신(DMO) 상태로 측정하였으며, TRS 단말기의 실제 사용상태에서 가장 최악의 조건은 그림 5-1 과 같이 두부에 해당되는 평면형 모의인체에 밀착된 수평방향

으로 사용할 때이므로 이 조건에 해당되도록 단말기를 설치하였다. TRS 단말기의 송신 신호 설정은 최대 출력을 유지하며 연속파(always-up)의 조건에서 SAR 측정을 하였다. 그리고 사용된 주파수는 380.0125 MHz 대역을 사용하였고 송신 최대출력은 1 W 이다. TRS 단말기는 직접통신 모드에서는 PTT(Push To Talk) 방식을 사용하므로 Duty Factor 50%를 적용하여 SAR 측정값을 도출하였으며, 모의인체 조직등가액체의 전기적 특성은 유전율이 43.5이고 도전율은 0.87이다.



그림 5-1. 380 MHz TRS 단말기 측정

나. 무선전화기 SAR 측정

900 MHz, 1.7 GHz, 2.4 GHz 대역의 무선전화기 전자파흡수율 측정방법은 3장에 자세히 설명되어 있으므로 본 절에서는 생략을 하였다.

다. 400 MHz 대역의 생활무선국 단말기 측정

생활무선국 단말기는 행사진행이나 레저용으로 주로 사용되는 무전기로 출력은 1 W 이하로 사용되고 있다. 생활무선국 단말기의 사용조건은 얼굴에

해당되기 때문에 두부에 대한 SAR 측정을 수행하였다. 생활무선국 단말기의 실제 사용상태에서 가장 최악의 조건은 그림 5-2 와 같이 두부에 해당되는 평면형 모의인체에 밀착된 수평방향으로 사용할 때이므로 이 조건에 해당되도록 무전기를 설치하였다. 생활무선국 단말기의 최대 출력은 0.5 W 이며, 신호 설정은 최대 출력을 유지하는 상태로 연속과(always-up)의 조건에서 SAR 측정을 하였다. 또한 생활무선국 단말기는 PTT(Push To Talk) 방식을 사용하므로 Duty Factor 50%를 적용하여 SAR 측정값을 도출하였으며, 모의인체 조직등가액체의 전기적 특성은 유전율이 43.5이고 도전율은 0.87이다.



그림 5-2. 생활무선국 단말기의 SAR 측정

라. 444 MHz 대역의 간이무선국 단말기 측정

간이무선국은 단말기는 TRS 단말기와 더불어 일반 건설현장이나 대규모 공단, 공장 및 건물관리 등의 용도로 주로 사용되고 있다. 간이무선국의 사용조건은 생활무선국 및 TRS 단말기와 같이 얼굴에 해당되기 때문에 두부에 대한 SAR 측정을 수행하였다. 실제 사용상태에서 최악의 조건은 그림 5-3과 같이 두부에 해당되는 평면형 모의인체에 밀착된 수평방향으로 사용할

때이므로 이 조건에 해당되도록 간이무선국 단말기를 설치하였다. 간이무선국 단말기의 최대 출력은 3.95 W 이며, 신호 설정은 최대 출력을 유지하는 상태에서 연속과(always-up)의 조건으로 SAR 측정을 하였다. 간이무선국 단말기는 PTT(Push To Talk) 방식을 사용하므로 Duty Factor 50%를 적용하여 SAR 측정값을 도출하였으며, 모의인체 조직등가액체의 전기적 특성은 유전율이 43.5이고 도전율은 0.87이다.

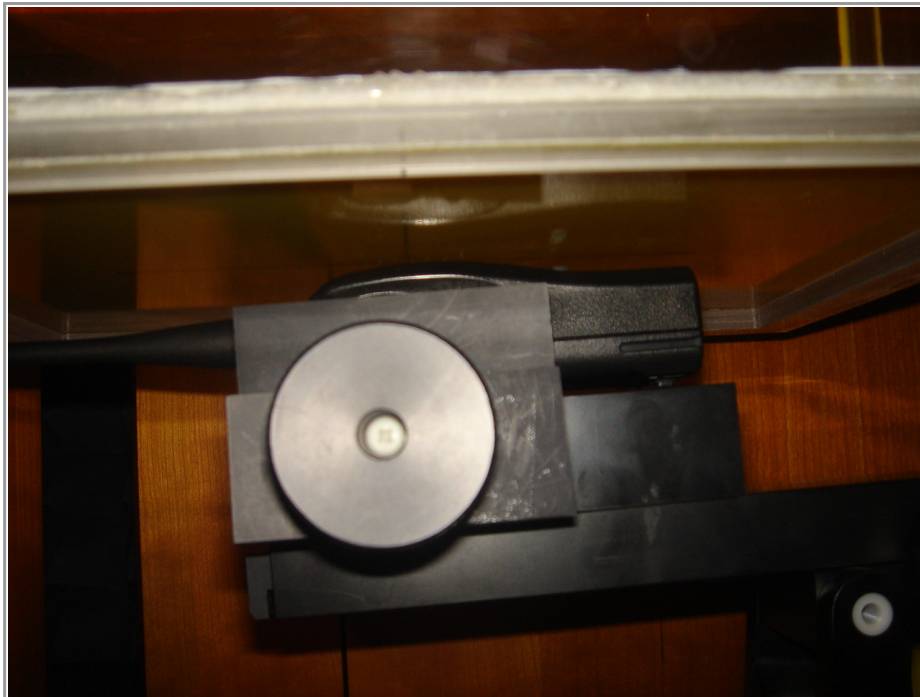


그림 5-3. 간이무선국 단말기의 SAR 측정

마. 898~900 MHz 무선데이터통신용 단말기 측정

898~900 MHz 무선데이터통신용 단말기는 증권, 날씨 교통정보 등의 데이터를 제공하는 용도로 주로 사용되고 있다. 무선데이터통신용 단말기의 사용 조건은 손으로 단말기의 터치패드를 접촉하여 정보를 주고받는 상태이나, 현재 국제표준이 신체의 사지에 해당되는 SAR 측정방법이 없는 상황이어서 몸에 휴대하는 상태로 가정하여 SAR 측정을 수행하였다. 최악의 조건은 그림 5-4와 같이 몸통에 해당되는 평면형 모의인체에 밀착된 수평방향으로 사용할 때이므로 이 조건에 해당되도록 단말기를 설치하였고 송신 신호는

최대 출력을 유지하는 상태에서 기지국과 신호를 주고받는 조건으로 SAR 측정을 하였다. 사용된 몸통 모의인체 조직등가액체의 전기적 특성은 유전율이 55.5이고 도전율은 0.98을 적용하여 SAR 측정값을 도출하였다.

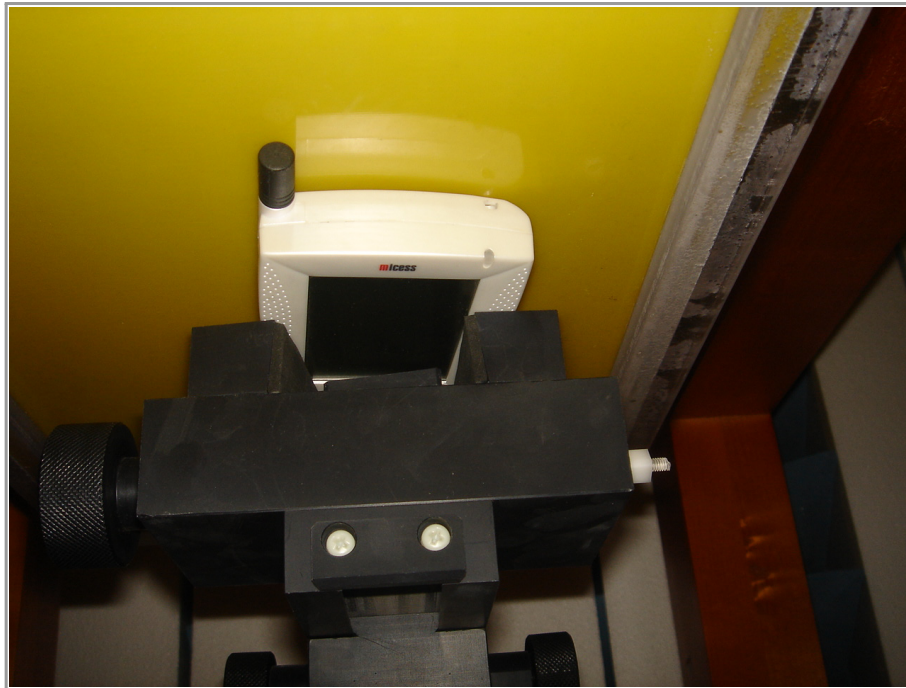


그림 5-4. 898~900 MHz 무선데이터통신용 단말기의 SAR 측정

바. 2.4 GHz ~ 2.48 GHz 무선데이터통신용(블루투스) 단말기 측정

2.4 GHz ~ 2.48 GHz 무선데이터통신용(블루투스) 단말기는 노트북, 핸드폰 및 MP3 등에 부착하는 동글형태의 단말기와 헤드셋으로 구성되어 사용되고 있다. 본 시험에서는 동글형태의 단말을 노트북에 부착한 상태로 음성파일을 재생시켜 동글을 통하여 데이터를 무선으로 송신하고 헤드셋에서는 송신된 데이터를 받는 형태와 헤드셋의 마이크를 통하여 음성파일을 동글 단말기에 전송하는 형태로 동글과 헤드셋 두가지 타입의 블루투스 단말기를 시험하였다.

첫 번째 동글형태 단말기의 경우 노트북에 부착한 상태에서 그림 5-5와 같이 몸통에 해당되는 평면형 모의인체에 밀착하여 동글형 단말기를 설치하였고 송신 신호는 최대 출력 0.15 W 를 유지하고 연속파(Continuous Wave)의 조건으로 측정을 하였고 측정방법은 동글을 수평과 수직 및 전과

후로 각각의 경우에 대하여 4번의 SAR 측정을 하였다. 이때의 몸통 모의인체 조직등가액체의 전기적 특성은 유전율이 49.5이고 도전율은 2.03을 적용하여 SAR 측정값을 도출하였다.

두 번째 헤드셋 단말기의 경우 두부에 해당되는 모의인체에 밀착하여 헤드셋을 설치하였고 송신 신호는 최대 출력 0.15 W 를 유지하고 연속파(Continuous Wave)의 조건으로 측정을 하였으며, 두부 모의인체 조직등가액체의 전기적 특성은 유전율이 38.88이고 도전율은 1.77을 적용하여 SAR 측정값을 도출하였다.



그림 5-5. 2.4 GHz ~ 2.48 GHz 무선데이터통신용(블루투스) 단말기의 SAR 측정

사. 900 MHz 대역 RFID 기기 측정

900 MHz 대역의 RFID 기기의 전자파흡수율 측정방법은 4장에 자세히 설명되어 있으므로 본 절에서는 생략을 하였다.

아. 2350 Mhz 휴대인터넷(Wi-Bro) 단말기

최근에 가입자가 증가하고 있는 서비스로서 이동하면서 인터넷을 사용하는 서비스를 말한다. 와이브로 단말기는 2008년 현재 데이터 전송용 형태가 출시되고 있는 상황으로 데이터 전송용 단말기는 최대출력이 0.2 W 이다. 향후에는 데이터와 음성 모두 서비스가 가능한 형태의 단말기가 출시되는 경우 최대출력이 2 W 이하가 될 것이다. 와이브로 단말기의 측정은 중계기와 동글형태의 와이브로 단말기 간의 통신을 설정한 상태에서 측정을 하였고, 이때 동글형태의 와이브로 단말기는 노트북에 부착하여 최대전력 0.2 W 로 데이터를 송신하고 있는 조건으로 그림 5-6과 같이 몸통에 해당되는 평면형 모의인체에 밀착하여 측정을 하였고 송신주파수는 2350 Mhz 이었으며, 측정방법은 동글을 수평과 수직 및 전과 후로 각각의 경우에 대하여 4번의 SAR 측정을 하였다. 이때의 몸통 모의인체 조직등가액체의 전기적 특성은 유전율이 49.5이고 도전율은 2.03을 적용하여 SAR 측정값을 도출하였다.

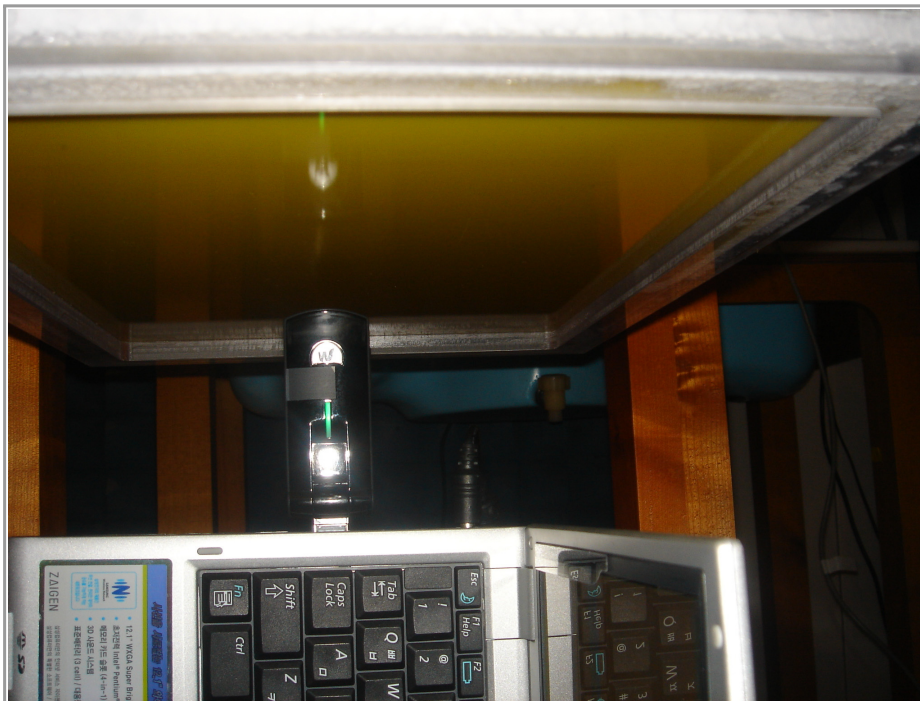


그림 5-6. 2350 Mhz 휴대인터넷(Wi-Bro) 단말기의 SAR 측정

5. 형식등록 무선기기의 SAR 측정 결과

아래의 표 5-2는 8종의 무선기기에 대하여 측정한 결과이다. 측정결과를 분석하면 대부분 출력이 높은 순서로 SAR 측정값도 높게 나오고 있다.

표 5-2 대상기기별 SAR 측정값

주파수 및 대상기기		출력(W)		SAR 측정 적용 부위	SAR 측정값(W/kg)
		기술기준	실제출력		
380~390MHz TRS 단말기		1	1	두부	0.709
400MHz 생활무선국		0.5	0.5	두부	1.172
444MHz 간이무선국		5	3.95	두부	10.618
900MHz 대역 무선전화기	고정장치	0.01	0.01	몸통	0.158
	이동장치	0.01	0.01	두부	0.057
1.7GHz 대역 무선전화기	고정장치	0.1	0.1	두부	0.122
	이동장치	0.1	0.1	두부	0.067
2.4GHz 대역 무선전화기	고정장치	0.15	0.15	두부	0.601
	이동장치	0.15	0.15	몸통	0.346
898~900MHz 무선데이터통신용단말기		3	0.1	몸통	0.016
908.5~914MHz RFID		1	1	몸통	2.800
2350MHz 휴대인터넷 단말기		2	0.2	몸통	1.715
2.4~2.48GHz 무선데이터통신용 단말기(블루투스)	부착용	0.02	0.015	몸통	0.608
	헤드셋			두부	0.050

※ 실제출력 : 시중에 유통되는 기기들의 실제 출력

※ 국제적으로 표준화된 측정방법이 없는 상태이므로 SAR 값에 대한 수치는 의미가 없으며, 대략적으로 SAR 값을 보기위해 가장 많이 나올 수 있는 최악의 조건을 설정하여 측정한 것임

가. TRS 단말기는 단말과 단말 간의 직접통신(DMO) 상태에서 측정하였으며, 통신방식은 TDMA(4:1)를 사용하므로 출력 1 W에 비하여 SAR 측정값이 적게 나온 것으로 판단된다.

- 나. 생활무선국 단말기는 두부 모의인체에 밀착하고 Duty Factor 50%를 적용하여 측정한 값이며, 간이무선국 단말기와 겸용으로 되어 있으나, 신고 없이 사용가능한 단말기로 간이무선국 채널을 사용하게 되면 출력이 3.95 W 로 커지면서 SAR 값이 더 많이 나올 수 있으니 사용시 주의가 필요하다.
- 다. 무선전화기는 고정장치 및 이동형 단말장치를 측정하였으며, SAR 측정값이 이동형 기기보다는 고정장치에서 더 많이 나오고 있으나, 보통 고정장치를 휴대하면서 통화하지는 않으므로 고정장치의 값은 고려하지 않아도 될 것으로 판단된다.
- 라. 900 MHz 대역의 무선데이터통신용 단말기는 접촉부위가 사지에 해당되며, 출력에 비하여 값이 적은 원인은 데이터 요청 시에만 전파를 발사 하므로 SAR 측정값이 적게 나오는 것으로 판단된다.
- 마. RFID 기기는 밀착한 경우 SAR 기준값 1.6을 초과하고 있으나 보통 기기에 접촉하여 사용을 하지 않으므로 큰 영향은 없다고 판단된다.
- 바. 휴대인터넷 단말기는 노트북을 이용하여 데이터를 송출하는 상태에서 측정하였으며, 출력은 0.2 W(최대출력 2 W 이하)로 측정 하였음에도 불구하고 SAR 기준값을 초과하고 있다.
- 사. 2.4 GHz 대역 무선데이터통신용 단말기는 휴대폰, MP3 및 노트북 등에 부착하는 기기와 헤드셋이 1 set 이며. 헤드셋 보다 부착용 단말기에서 SAR 측정값이 더 많이 나오고 있다.

제3절 국내 무선기기의 보급현황

1. 국내의 무선기기 보급 현황

TRS 단말기, 휴대인터넷(Wi-Bro) 및 간이무선국 단말기의 사용자는 증가

하고 있는 추세이며, 간이무선국 단말기는 중앙전파관리소에 신고 후 사용을 하고 있으나, 생활무선국 단말기와 겸용으로 되어 있는 무선기기가 있어 신고하지 않고 사용될 것을 고려하면 간이무선국의 숫자는 더욱 많을 것으로 추정되고 있다.

생활무선국 단말기, RFID 기기, 무선전화기 및 블루투스 기기는 정확한 통계가 없어 수량 기입이 불가 하였다. 표 5-3의 대상기기별 국내 보급현황은 2008년 10월 기준으로 발표한 방송통신위원회(KCC)의 유 · 무선 통신 서비스 가입자 현황과 2008년 11월 기준의 전파방송관리 통합정보시스템(TRMS)에서 발췌한 자료이다.

표 5-3. 대상기기별 국내 보급현황

주파수 및 대상기기		실제출력(W)	SAR 측정값(W/kg)	가입자수
TRS 단말기		1	0.709	427,213
400MHz 생활무선국		0.5	1.172	-
444MHz 간이무선국		3.95	10.618	369,058
898~900MHz 무선데이터통신용단말기		3	0.016	92,072
908.5~914MHz RFID		1	2.800	-
2.4GHz대역 무선전화기	고정장치	0.15	0.601	-
	이동장치		0.346	
2350MHz 휴대인터넷(Wi-Bro) 단말기		0.2	1.715	205,500
2.4~2.48GHz 무선데이터통신용 단말기(블루투스)	부착용	0.02	0.608	-
	헤드셋		0.050	-

제4절 SAR 우선 적용 대상기기

1. 인증대상 무선기기 중 SAR 측정값별 순위

국내 인증대상 무선기기 중 SAR 측정값에 따라 순위를 선정하였으며, SAR 측정값이 0.2 이하인 기기를 순위에 포함하는 것은 의미가 없으므로 제외 하였다. 표 5-4는 무선기기별 SAR 값 순위이다.

표 5-4. 무선기기별 SAR 값 순위

순위	SAR 대상 무선기기		SAR 측정값(W/kg)	외국의 SAR 측정값(W/kg)
1	444MHz 간이무선국		10.618	5.05
2	908.5~914MHz RFID		2.800	-
3	2350MHz 휴대인터넷(Wi-Bro) 단말기		1.715	-
4	400MHz 생활무선국		1.172	-
5	TRS 단말기		0.709	-
6	2.4~2.48GHz 무선데이터용 단말기(블루투스)	부착용	0.608	0.52
		헤드셋	0.050	-
7	2.4GHz대역 무선전화기	고정장치	0.601	-
		이동장치	0.346	-

2. 전자파흡수율(SAR) 우선 적용 대상기기 선정

SAR 측정값, 실제 생활에서 사용 빈도 및 보급현황 등을 종합적으로 고려하여 우선 적용 대상기기를 선정하였으며, 또 하나의 고려 요인은 향후 사용자가 많아질 것으로 예상되는 무선서비스 기기 위주로 대상기기를 선정하였다.

휴대인터넷(Wi-Bro), 2.45 GHz 무선데이터용 단말기 등은 현재 사용자가 늘어나고 있는 상태이며, 휴대인터넷의 경우 노트북에 부착하는 동글형태의 단말기만 출시되고 있으나, 향후 다양한 형태의 단말이 나올 것으로 예상되며, 이에 따라 사용자가 많이 늘어날 것이다. 표 5-5는 SAR 우선적용 대상기기를 순위별로 나열하였다.

가. 무선전화기의 주요 사용형태는 이동장치를 주로 사용하므로 고정장치는 SAR 우선적용 대상기기에서 제외하였고, 보급현황이 통계상 나타나지는 않지만 국민들이 가장 많이 사용될 것으로 예상 되고 무선기기 사용에 대한 불안감을 해소하기 위하여 적용 대상기기 1위로 선정하였다.

표 5-5. SAR 우선적용 대상기기

순위	SAR 대상 무선기기	보급현황	SAR 측정값(W/kg)	외국의 SAR 측정값(W/kg)
1	2.4 GHz대역 무선전화기(이동장치)	-	0.346	-
	1.7 GHz 대역 무선전화기(이동장치)	-	0.067	-
	900 MHz 대역 무선전화기(이동장치)	-	0.057	-
2	2350 MHz 휴대인터넷(Wi-Bro) 단말기	205,500	1.715	-
3	2.4~2.48 GHz 무선데이터용 단말기(블루투스)	-	0.608	0.52
4	908.5~914 MHz RFID	-	2.800 (10cm 이격 시 0.64)	-
5	TRS 단말기	427,213	0.709	-
6	444 MHz 간이무선국	369,058	10.618	5.05
7	400 MHz 생활무선국	-	1.172	-

※ 간이무선국과 생활무선국은 기기의 구조에 따라 입에 가까이 대고 사용하는 상태와 몸에 밀착하고 헤드셋을 사용하므로 측정값 차이가 있을 수 있음

나. RFID 기기는 직접 접촉을 하는 경우에 SAR 값이 크지만 타기기에 비해 사람이 전자파에 직접 노출되는 시간이 짧고, 거리 이격에 따라 전자파흡수율이 급격히 감소하는데 보통 10 cm 이상 이격되어 사용시 SAR 값은 0.64 정도 이므로 우선순위를 낮추었다.

다. 간이무선국과 생활무선국은 밀착한 상태로 측정한 결과이며, 실제 사용 빈도가 적으므로 우선순위를 낮추었다.

제5절 SAR 대상기기 확대 기대효과 및 향후계획

1. 전자파의 인체영향 논란의 최소화 및 산업체의 대책 수립

국민들의 무선기기 사용에 따른 전자파에 대한 인체영향 논란을 불식시키고 전자파흡수율 적용대상기기 확대에 따른 산업체의 대비로 무선기기에 대한 전자파의 인체영향을 최소화 할 수 있다.

국제적으로 미국과 유럽 등은 SAR 대상기기를 포괄적으로 적용하고 확대하는 추세에 있어 산업체에서 이에 대한 대응을 할 수 있도록 지원하고 SAR 대상기기의 단계적 확대에 따른 산업체의 대책 수립에 활용이 가능하다.

2. 향후 계획

가. 방송통신위원회(KCC)와 협의 후 국내의 산·학·연 관련 전문가의 의견을 수렴하고 대상기기 확대에 관한 산업계의 현황을 고려하여 대상기기를 단계적으로 확대할 필요가 있다. 또한 국민들의 여론 수렴을 위해 우리 소 홈페이지에 공지하고 전자공청회를 통하여 대상기기 확대에 관한 의견을 수렴할 계획이다.

나. 전자파흡수율 적용 대상기기 확대에 대하여 일정기간 예고 후에 시행하여 산업체에 미치는 영향을 최소화 할 수 있도록 전자파흡수율 적용을 일정기간 유예를 두어 단계적으로 시행하는 것이 좋다고 판단된다.

다. 전자파흡수율 적용 대상기기 확대에 대한 적극적인 홍보를 위하여 대상기기의 제조업체를 대상으로 SAR에 대한 교육 실시가 필요하다.

제6장 결 론

무선통신기기의 이용확대에 따라 전자파 노출로 인하여 국민건강에 영향을 줄 수 있는 가능성을 사전에 예방하고 국민들의 막연한 불안감을 해소할 수 있는 환경을 조성하기 위해 정부 차원에서 전자파에 대한 다양한 연구 및 많은 노력을 기울이고 있다. 그 예로 정부에서는 휴대용 기기, 무선국 등에서 발생하는 전자파 인체노출량 평가기술과 기준을 마련하여 전자파의 인체영향 최소화 및 예방 등의 노력을 하고 있다.

무선전화기의 출력은 휴대전화보다 작고 미약하지만 일반 국민들은 이 기기로부터 발생하는 전자파에 장시간 노출되는 환경에서 생활하고 있기 때문에 전자파의 인체영향에 대한 우려와 불안감을 늘 가지고 있다. 따라서 이를 해소할 수 있는 방법으로 무선전화기의 전자파 인체노출량을 정확하게 평가할 수 있는 평가방법 마련과 이를 전자파흡수율 적합성 평가 대상에 포함할지에 대한 논의가 계속 되어 왔다. 본 연구에서는 무선전화기의 사용 및 노출 형태를 조사하고 사용 조건별 SAR 측정 및 결과를 분석하였으며, 또한 EMF인체노출표준위원회 및 SAR 지정시험기관 관계자들의 의견수렴을 통하여 「무선전화기의 전자파흡수율 측정기준(안)」을 마련하였다.

측정결과를 살펴보면, 각 주파수대역(900 MHz, 1.7 GHz, 2.4 GHz)별 무선전화기의 휴대장치 중에서는 2.4 GHz 대역 무선전화기의 휴대장치에 대한 최대 SAR값이 가장 높게 나타났으며, 모든 주파수대역 무선전화기의 고정장치가 휴대장치의 최대 SAR값보다 높게 나타났다. 이는 다른 주파수에 비해 2.4 GHz 대역 무선전화기의 최대 출력이 150 mW(900 MHz(10 mW), 1.7 GHz(100 mW))로 가장 높기 때문에 SAR값이 가장 높게 나타난 것으로 판단된다. 실제로 SAR값의 변화에 가장 큰 영향을 미치는 것이 바로 출력이다. 또한 통신 방식뿐만 아니라 무선기기의 전자파 복사원(안테나)과 모의인체(SAR 측정지점)와의 이격거리도 SAR값 변화에 대한 중요한 요소가 된다. 1.7 GHz 대역 무선전화기의 C 모델(표 3.8과 표 3.9)인 경우는 예외로 단말기의 SAR값이 더 높게 나왔는데, 이는 고정장치의 기하학적 구조로 인하여 모의인체와 실제 접촉하는 복사원(안테나) 사이의 이격거리가 있어서 고정장치의 SAR값이 더 낮게 나타났다. 이는 특이한 구조로 인한 예상치

못한 결과가 나오는 한 예이다. 이와 같이 무선전화기는 사각 모양, 둥근 모양의 특이한 구조, 전화기능이 있는 구조 등 다양한 구조와 주파수대역마다 각기 다른 통신방식(900 MHz(FDMA), 1.7 GHz(TDMA), 2.4 GHz (OFDM(g), DSSS(b))을 가지는 등 매우 다양한 SAR값 변화 요소를 가지고 있다.

무선전화기의 휴대장치는 사용방법이 휴대전화와 동일하여 이와 동일한 측정조건에서 측정한 결과 측정조건별 상이한 결과가 나와서 휴대전화와 동일한 전자파흡수율 측정방법을 적용하였다. 그리고 고정장치는 일반적으로 어느 한 곳에 고정하여 사용하는 경우가 대부분이지만 상황에 따라 이동이 가능하기 때문에 일상생활에서 머리에 베거나 몸에 끼고 자는 경우도 발생할 수 있다. 그래서 이에 대한 부분까지 고려하여 측정방법을 만들다보니 측정조건 등 어려운 점이 많이 발생하였다. 또한 현재까지 국제적으로도 몸통에 대한 전자파흡수율 측정방법을 만들기 위한 국제 표준 활동이 활발히 진행되고 있으나 표준이 만들어지진 않은 상태라서 몸통 전자파흡수율 측정방법을 적용하는 것이 더더욱 쉽지는 않았지만 FCC에서 나오는 기존의 시험성적서와 그 동안 수행했던 휴대용 무선통신기기에 대한 전자파 인체노출량 평가 연구 등을 통한 오랜 경험을 바탕으로 고정장치의 두부 및 몸통 전자파흡수율 측정방법을 만들었다. 고정장치의 SAR 측정 필요성에 대한 문제는 향후 진행될 SAR 측정기준 제·개정시 추가 및 삭제에 대한 논의를 심도있게 진행할 계획이다.

실생활의 다양한 분야에 사용되고 있는 RFID기기의 전자파 인체노출량 평가방법에 대하여 현재 IEC를 비롯한 국제 표준화 기구에서 진행 중인 국제 표준화 동향을 입수하고 다양한 연구결과를 분석하였으며, 13.56 MHz, 910 MHz 대역의 상용 및 직접 제작된 RFID 기기에 대한 전자파 노출량 평가를 IEC 국제 표준 문서에서 제시하는 측정방법에 따라 수행하여 RFID 기기의 인체노출량을 평가할 수 있는 기반 확보 및 간이 평가 시스템을 구축하였다. RFID기기의 전자파 인체노출량 평가결과, 13.56 MHz 벽면 설치형 안테나의 경우 IEC 측정거리인 20 cm에서는 인체보호기준을 초과하지 않았지만, 안테나에 6 cm 이하로 근접할 경우 인체보호기준을 초과할 수도 있음을 확인하였다. 그리고 910 MHz 벽면 설치형 RFID 안테나 역시 IEC

에서 권고한 측정거리에서는 초과하지 않았지만 15 cm 이하의 측정거리에서는 초과됨을 확인할 수 있었다. 하지만, 공간평균 측정값은 두 종류의 RFID 안테나 모두 인체보호기준에 적합함을 확인할 수 있었다. 그리고 측정상의 문제점을 살펴보면, 공간 평균 측정시 측정 소요시간 및 인력 소모가 많이 든다는 단점과 근거리 영역에서는 짧은 거리에서도 측정값의 변화가 심하여 측정 불확정도에 대한 문제점이 있음을 확인하였다. 이에 대한 연구 결과를 국내외 학술대회에 발표하였으며, 향후에는 국제 표준화에 반영될 수 있도록 심도있는 검토를 통하여 IEC 등 국제 표준 기술문서에 대한 의견도 제출할 계획이다. 그리고 내년에는 올해에 구축한 RFID기기의 전자파 인체노출량 평가 시스템을 통한 추가적인 노출량 평가 및 수치해석 방법을 이용한 노출량 계산 분석을 통하여 「RFID의 전자파 인체노출량 평가방법(안)」을 마련할 계획이다.

국제적으로 전자파인체보호기준 적용을 머리, 몸통, 사지로 세분화하고 SAR 적용 대상기기를 확대 추진하고 있기 때문에 이에 대비하기 위하여 외국의 SAR 대상 무선기기의 전자파흡수율 시험성적서를 분석하고 국내 형식등록 무선기기 8종에 대한 SAR 측정 및 결과를 분석하였다. 또한 국내 무선기기의 보급 현황 및 사용빈도를 조사하였다. 이런 분석 결과들을 종합하여 국내 형식등록 대상기기 중 휴대 가능한 무선기기 위주로 전자파흡수율 기준을 단계적으로 확대 적용하기 위한 「무선기기 SAR 대상기기 확대 방안」을 마련하였다. 향후 이 결과를 바탕으로 SAR 적용 대상기기를 단계적으로 확대 추진한다면, 국민들의 무선기기 사용에 대한 전자파 인체영향의 논란이 줄어들 것이며 이에 따른 산업체의 대책 수립으로 무선기기에 대한 전자파의 인체영향을 최소화할 수 있을 것이라 기대한다. 그리고 미국과 유럽 등에서는 SAR 대상기기를 포괄적으로 적용하고 있는데 이에 대한 대응도 할 수 있을 것으로 판단된다.

앞에서 언급한 바와 같이, 본 연구를 통하여 무선전화기의 전자파흡수율 측정기준(안) 마련, RFID기기의 전자파 노출량 분석을 위한 평가 시스템 구축, 무선기기 전자파흡수율 대상기기 확대 방안 등 많은 성과를 거두었다. 그러나 지속적인 기술의 발전으로 전자파를 사용하거나 발생시키는 기기는

급격히 증가할 것이고 국민들은 불안감이 계속 증가할 것이다. 이를 해소하기 위하여 무선전화기 이외에도 다양해지는 신규 무선통신기기에 대한 SAR 대상기기 확대 적용과 이 무선통신기기들에 대한 전자파 인체영향 적합성 평가방법 개발, 기존 대상기기에 대한 측정방법 개선 등에 대한 연구가 앞으로도 계속적으로 이루어져야 할 것이다.

[참고문헌]

- [1] “전자파 인체보호기준”, 방통위고시 제2008-37호, 2008.05.19.
- [2] “전자파흡수율 측정기준”, 전파연구소고시 제2008-16호, 2008.06.02.
- [3] “전자파강도및전자파흡수율측정대상기기 · 측정방법”, 전파연구소고시 제2008-18호, 2008.06.02.
- [4] “신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선기기”, 방송통신 위원회고시 제2008-74호, 2008.05.19.
- [5] “유 · 무선 통신서비스 가입자 현황”, 방송통신위원회(KCC) 발표자료, 2008.10.
- [6] “444 MHz 간이무선국 가입 현황”, 전파방송관리통합정보시스템 (TRMS), 2008.05.19.
- [7] Kong S. et al, Study on the Evaluation Method of Human Exposure to Electromagnetic Fields from RFID Devices in Various Applications, The 6th International Symposium on Electromagnetic Environment Technology, 2008. 6.
- [8] Kong S. et al, Evaluation of the Human Exposure to Electromagnetic Fields from RFID Devices, 12th Workshop on Health Effects of EMF and Bioelectromagnetic Environment, 2008. 9.
- [9] Kong S. et al, Evaluation of Human Exposure to Electromagnetic Fields from RFID Devices at 13.56 MHz, APMC, 2008. 12.
- [10] Byun J. et al, Analysis of EMF Distribution Around UHF RFID Reader, 2007 international Workshop on Biological Effects of EMF, 2007. 9.
- [11] IEC 62369-1 Ed.1: Evaluation of human exposure to electromagnetic fields from Short Range Devices (SRDs) in various applications over the frequency range 0-300 GHz. Part 1: Fields produced by devices used for Electronic Article Surveillance, Radio Frequency Identification and similar systems, 2006. 4. 28.

- [12] EN 50357, Evaluation of human exposure to electromagnetic fields from devices used in Electronic Article Surveillance (EAS), Radio Frequency Identification (RFID) and similar applications, October 2001.
- [13] EN 50364, Limitation of human exposure to electromagnetic fields from devices operating in the frequency range 0 Hz to 10 GHz, used in Electronic Article Surveillance (EAS), Radio Frequency Identification (RFID) and similar applications, October 2001.
- [14] Guidance for Industry Labeling for Electronic Anti-Theft Systems, Food and Drug Administration, August 15, 2000.
- [15] Guideline measures for preventing effects of RFID, JAISA, 2005. 8.
- [16] ICNIRP STATEMENT RELATED TO THE USE OF SECURITY AND SIMILAR DEVICES UTILIZING ELECTROMAGNETIC FIELDS, ICNIRP, Health Physics, Volume 87, Number 2, August 2004.
- [17] Estenberg U et al., Mapping of magnetic fields, surrounding EAS and RFID systems, SSI report, Swedish Radiation Protection Authority, 2006. 3.
- [18] RFI Assessment on Human Safety of RFID System at Hong Kong International Airport, 17th Zurich symposium on EMC, 2006.
- [19] SEMCAD ver.13.

부록 1. 무선전화기의 전자파흡수율 측정기준(안)

제1조(목적) 이 측정기준은 전파법 제47조의2제1항의 규정에 의하여 무선전화기의 전자파흡수율 측정을 위한 기준 (이하 "측정기준"이라 한다)에 관하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 측정기준에 사용하는 용어의 정의는 다음 각호와 같다.

1. “측정기준”이라 함은 측정방법과 그 절차의 표준을 말한다.
2. “전자파흡수율(SAR, W/kg)”이라 함은 생체조직에 흡수되는 단위 질량당 에너지 율로서 다음 식으로 표현한다.

$$SAR = \frac{\sigma E^2}{\rho}$$

여기서 σ 는 조직의 전기전도도(S/m), ρ 는 조직의 밀도(kg/m³), E는 실효전기장강도(V/m)를 말한다.

3. “정면위치”는 피시험기기의 정면이 모의인체의 밀면을 바라보도록 배치한 위치를 말한다.
4. “후면위치”는 피시험기기의 뒷면이 모의인체의 밀면을 바라보도록 배치한 위치를 말한다.
5. “왼쪽면위치”는 피시험기기의 정면을 기준으로 왼쪽면이 모의인체의 밀면을 바라보도록 배치한 위치를 말한다.
6. “오른쪽면위치”는 피시험기기의 정면을 기준으로 오른쪽면이 모의인체의 밀면을 바라보도록 배치한 위치를 말한다.
7. “윗면위치”는 피시험기기의 정면을 기준으로 윗면이 모의인체의 밀면을 바라보도록 배치한 위치를 말한다.

8. “몸통”은 머리와 사지를 제외한 신체를 말한다.
9. “의도적 사용”은 제조자가 제공하는 설명서에 따르는 기기의 본래 목적을 위한 사용을 말한다.
10. “손실탄젠트”는 재료의 복소유전율에서 허수부와 실수부의 비를 말한다.
11. “모의인체”는 인체조직의 전기적 특성과 일치하는 모의조직과 모의조직을 담는 외피를 포함한 것을 말하며, 모의인체는 두부 및 평면형 모의인체로 2 종류가 있다.
12. “프로브위치제어기”는 특정한 위치에 프로브를 놓고 자동으로 위치를 조절할 수 있는 장치로서 로봇, 로봇제어기 및 제어 소프트웨어로 구성된 것을 말한다.
13. “프로브”는 무선주파수 신호를 직류 전류 또는 직류 전압으로 변환시켜 모의인체에서 흡수되는 전자파 에너지의 전기장 강도를 측정할 수 있는 세 개의 서로 직교하는 다이폴로 구성된 소형의 등방성 안테나를 말한다.
14. “모의인체 기준점”은 전자파흡수율 측정 전후의 전력변화를 조사하기 위해 모의인체의 바닥 중심점으로부터 10 mm 반경 이내에서 측정자가 정한 한 개 지점을 말한다.
15. “표면분포측정”은 모의인체 내에 공간평균침투 전자파흡수율 값의 위치를 대략적으로 찾기 위하여 모의인체 표면상에서 큰 간격으로 측정하는 것을 말한다.
16. “정밀체적분포측정”은 공간침투 전자파흡수율 값의 위치에서 표면분포측정 간격보다 미세한 간격으로 모의인체의 공간 내에서

전자파흡수율 분포를 측정하는 것을 말한다.

17. “공간평균침투 전자파흡수율”은 모의인체 내에 공간적으로 나타나는 최대 국부 전자파흡수율을 말한다.

제3조(측정환경) ① 측정시 주위온도는 18℃ 이상 25℃ 이하이어야 하며, 측정 중 온도변화는 ± 2 ℃를 초과하지 않아야 한다.

② 측정시 주변의 어떠한 전자기장 환경도 측정결과에 영향을 주어서는 아니 된다.

③ 시간에 따라 성능이 변화하는 프로브, 모의조직 및 측정장비들은 교정유효기간 이내의 것을 사용하여야 한다.

제4조(모의인체) 모의인체는 두부 및 평면형 모의인체를 사용하며, 모의인체 외피와 모의조직으로 구성된다.

① 모의인체 외피의 크기와 형상

1. 두부 모의인체 외피는 전파연구소장이 정하여 고시한 전자파흡수율 측정기준의 부록A(모의인체 규격)에서 제시하는 규격에 맞는 두부 모의인체를 사용한다.

2. 평면형 모의인체 외피는 측정 주파수의 자유공간 파장에 대해 밀면 내부의 가로와 세로의 길이가 각각 0.6λ 및 0.4λ 이상을 갖고 바닥면이 평평하고 윗면이 개방된 용기를 말한다. 단, 어떠한 경우에도 모의인체 밀면 내부는 장축과 단축의 길이가 별표 6과 같이 각각 0.6λ , 0.4λ 타원형 이상의 공간이 확보되어야 하고 안테나를 포함하는 피시험기기의 길이와 폭의 1.2 배 이상이 되어야 한다. 단, 주파수가 800 MHz 이상인 경우 모의인체의 밀면 내부 크기는 240 mm × 160 mm 이상이어야 한다.

3. 모의인체 바닥면의 처짐은 용기 내부 최대 치수의 1 % 이내이어야 한다.
4. 피시험기기가 위치한 지점에서 바닥면의 두께는 2 mm, 허용오차는 ± 0.2 mm 이내이어야 한다.
5. 모의인체 외피의 재질은 측정 주파수에서 손실탄젠트가 0.05 미만이고, 상대유전율이 5 미만의 것을 사용하여야 한다.

② 모의조직 액체

1. 모의조직 액체는 측정 주파수에 대해 두부는 별표 7, 몸통은 별표 8에 주어진 전기적 특성을 만족하는 균일한 용액을 이용한다.
2. 모의조직 액체의 전기적 특성 허용오차는 $\pm 5\%$ 이내이어야 한다.

제5조(프로브 및 프로브 위치제어기)

- ① 세 개의 서로 직교하는 미소 다이폴로 구성되는 프로브의 외부 직경은 8 mm 이하로 하며, 300 MHz 이상 3 GHz 이하의 측정 주파수 대역에서 0.02 W/kg 이상 100 W/kg 이하 범위의 전자파흡수율을 측정할 수 있어야 한다.
- ② 프로브의 성능 및 교정결과는 측정결과 보고서에 제시하여야 한다.
- ③ 프로브 위치제어기는 모의인체의 전 노출 영역에서 3 차원적으로 전기장 분포를 측정할 수 있도록 한다. 프로브 위치제어 정밀도는 1 mm 이하가 되어야 하고 프로브 끝의 위치 결정의 정확도는 ± 0.2 mm 보다 정확해야 한다.

제6조(피시험기기 거치대) 피시험기기 거치대의 전기적 특성은 측정

주파수에서 손실탄젠트 0.05 미만, 상대유전율 5 미만의 것을 사용 하여야 한다.

제7조(피시험기기 조건) ① 피시험기기는 완전히 충전시키고, 측정시간 동안 최대 출력 상태에서 측정해야 하며 측정전·후 출력의 변화는 5% 이내이어야 한다.

② 출력 전력과 측정 주파수는 내부 시험 프로그램이나 기지국 시뮬레이터와 같은 보조 측정 장비를 이용하여 설정한다.

1. 피시험기기는 모든 설치조건에서 최대 출력을 설정하고 송신하도록 하여야 한다.

③ 피시험기기 측정 신호는 다음 각호와 같다.

1. 아날로그, 주파수분할다중접속(FDMA) 모드를 사용하는 피시험기기는 연속파(CW)신호로 측정한다.

2. 시분할다중접속(TDMA) 모드로 동작하는 피시험기기는 연속파 신호나 변조 신호로 측정한다.

3. 부호분할다중접속(CDMA) 모드나 확산스펙트럼방식을 사용하는 피시험기기는 연속파 신호로 측정한다.

④ 외장형 안테나를 탑재한 피시험기기는 안테나를 수직 방향으로 세운 조건에서 측정하여야 한다.

⑤ 제조자에 의해 제공되는 안테나, 배터리 및 액세서리를 사용하여 측정하여야 한다.

⑥ 피시험기기는 파워라인과 연결되지 않는 상태로 일반적으로 사용되는 동작 상태에서 측정하여야 한다.

제8조(휴대장치의 설치)

① 휴대장치의 설치방법

1. 휴대장치는 전파연구소장이 정하여 고시한 전자파흡수율 측정기준의 6.1.4절(모의인체에 대한 무선 기기의 위치)에서 제시하는 설치방법에 따라 설치한다.

제9조(휴대장치의 전자파흡수율 측정절차) 두부 모의인체를 사용한 두부 전자파흡수율 측정은 다음 각 호에 따라 순차적으로 수행하여야 한다.

1. 프로브, 프로브 위치제어기, 모의인체, 피시험기기 거치대 등으로 측정시스템을 구성한다.
2. 별표 7의 전기적 특성을 만족하는 두부 모의조직 액체를 제작하여 두부 모의인체 내를 채운다.
단, 모의조직 액체의 깊이는 150 mm, 허용오차는 ± 5 mm이어야 한다.
3. 제3조의 측정환경 조건의 적합성 여부를 확인하고 별표 9의 측정결과서에 기록한다.
4. 두부 모의인체 내에 측정영역을 설정하고 프로브 등 모든 장비의 초기 값을 설정한다.
5. 피시험기기를 제8조에서 정한 바에 따라 설치 조건에 적합하도록 설치한다. 이때 피시험기기는 모의인체에 대하여 길이와 폭 방향으로 피시험기기 크기의 10% 이상의 여유 공간을 확보하도록 위치시킨다.
단, 슬라이드 타입인 경우 다운(Down)일 때 통화가 가능하면 업(Up),

다운 두 조건 모두 측정하여야 한다.

6. 피시험기기를 중심주파수에 맞추고, 최대 출력 전력으로 설정한다. 단, 저, 중, 고 주파수의 세 가지 주파수에서 피시험기기를 측정하여야 한다.
7. 프로브를 모의인체 내에 삽입한다.
8. 모의인체 기준점에서 전자파흡수율 값을 측정한다.
9. 모의인체에서 표면분포측정을 수행하여 전자파흡수율 값을 기록한다. 표면분포측정은 모의인체의 한 쪽 내부 표면을 따라 측정되며, 측정영역은 적어도 피시험기기와 안테나의 투사영역보다 커야한다. 공간 격자간격은 20 mm 보다 작아야 한다.
10. 모의인체에서 정밀체적분포측정을 수행하여 전자파흡수율 값을 기록한다. 정밀체적분포측정의 격자간격은 8 mm 이하이고, 최소한의 측정 부피는 30 mm × 30 mm × 30 mm 이다. 수직 방향의 격자간격은 5 mm 이하로 하여야 한다.
11. 제10호까지 측정한 후 프로브를 제8호의 기준점에 위치시킨 후 전자파흡수율 값을 측정하고 이 측정값을 제8호에서 측정한 값과 비교하여 5% 이상의 변화가 있으면 제9호에서 제10호까지 다시 측정한다.
12. 모든 설치 조건에서 상기 제8호에서 제11호까지를 반복하여 측정한다. 모든 설치 조건은 제8조와 상기 제5호에서 정한 조건들을 포함하며 접촉 위치, 경사 위치, 모의인체의 왼쪽과 오른쪽을 말한다.
13. 제12호의 결과 중 최대 전자파흡수율이 측정되는 조건에서

나머지 저, 고 주파수에서도 상기와 동일한 측정조건으로 전자파흡수율을 측정한다.

14. 제13호까지의 결과 중 가장 높은 전자파흡수율 값을 피시험기의 최대 전자파흡수율 값으로 결정한다.

제10조(고정장치의 설치)

① 두부 모의인체에 대한 설치방법

1. 두부 모의인체에 대한 고정장치의 설치는 접촉(cheek) 위치로 하며 모의인체의 왼쪽, 오른쪽 모두에서 측정하여야 한다.

가. 별표 1의 그림 2의 a에서 나타낸 바와 같이 고정장치의 정면에 두개의 가상선인 수직 중앙선 A와 수평선 A를 정한다. 수평선 A는 수직 중앙선 A와 직교하며 수직 중앙선 A의 중간점을 지난다. 두 선이 만나는 중간점 A는 별표 5에서 나타낸 두부 모의인체의 귀기준점(ERP)과 일치시키고 수평선 A와 B-M(Back-Mouth) 선은 평행을 유지하며 접촉하도록 위치시킨다. 설치 모습은 별표 3의 그림 1과 같다. 만일 고정장치 형태가 수직으로 길거나 둥근 모양의 특이한 구조는 수직 중앙선과 B-M 선을 평행하게 유지하며 접촉하도록 위치시킨다.

나. 고정장치의 후면, 왼쪽면, 오른쪽면, 윗면 위치에 대한 설치는 상기 가 세목과 동일하다.

다. 외장형 안테나가 탑재된 고정장치인 경우 상기 나목과 동일한 설치방법으로 설치하되 설치하는 면 중 안테나가 설치된 면은 별표 3의 그림 2와 같이 안테나의 중간점을 두부 모의인체의 귀 기준점에 일치시키고 각각의 수평선 A, B, C, D, E는 B-M

선과 평행을 유지하며 접촉하도록 위치시킨다.

② 평면형 모의인체에 대한 설치방법

1. 평면형 모의인체에 대한 고정장치의 설치는 접촉 위치로 규정한다.

가. 별표 2에서 나타낸 바와 같이 평면형 모의인체 바닥면에 두개의 가상선인 수직 중앙선 F와 수평선 F를 정한다. 수평선 F는 수직 중앙선 F와 직교하며 수직 중앙선 F의 중간점을 지난다. 두선이 만나는 중간점 F는 별표 1의 그림 2의 a에서 나타낸 중간점 A와 일치시키고 평면형 모의인체의 수평선 F와 고정장치 정면의 수평선 A는 평행을 유지하며 접촉하도록 위치시킨다. 설치 모습은 별표 4의 그림 1과 같다. 만일 고정장치 형태가 수직으로 길거나 둥근 모양의 특이한 구조는 수직 중앙선과 평면형 모의인체의 수평선을 평행하게 유지하며 접촉하도록 위치시킨다.

나. 고정장치의 후면, 왼쪽면, 오른쪽면, 윗면 위치에 대한 설치는 상기 가 세목과 동일하다.

다. 외장형 안테나가 탑재된 고정장치인 경우 상기 나목과 동일한 설치방법으로 설치하되 설치하는 면 중 안테나가 설치된 면은 별표 4의 그림 2와 같이 안테나의 중간점을 평면형 모의인체의 중간점 F에 일치시키고 각각의 수평선 A, B, C, D, E는 평면형 모의인체의 수평선 F와 평행을 유지하며 접촉하도록 위치시킨다.

제11조(고정장치의 전자파흡수율 측정절차) 두부 모의인체를 사용한

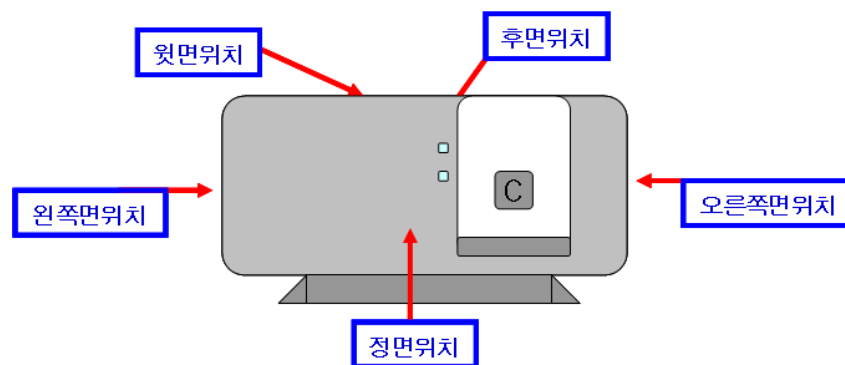
두부 전자파흡수율 측정은 다음 각 호에 따라 순차적으로 수행하여야 한다.

1. 프로브, 프로브 위치제어기, 모의인체, 피시험기기 거치대 등으로 측정시스템을 구성한다.
2. 별표 7의 전기적 특성을 만족하는 두부 모의조직 액체를 제작하여 두부 모의인체 내를 채운다.
단, 모의조직 액체의 깊이는 150 mm, 허용오차는 ± 5 mm이어야 한다.
3. 제3조의 측정환경 조건의 적합성 여부를 확인하고 별표 9의 측정결과서에 기록한다.
4. 두부 모의인체 내에 측정영역을 설정하고 프로브 등 모든 장비의 초기 값을 설정한다.
5. 피시험기기를 제10조제1항에서 정한 바에 따라 설치 조건에 적합하도록 설치한다. 이때 피시험기기는 모의인체에 대하여 길이와 폭 방향으로 피시험기기 크기의 10% 이상의 여유 공간을 확보하도록 위치시킨다. 그리고 고정장치의 정면, 후면, 왼쪽면, 오른쪽면, 윗면 위치에 대한 설치 조건도 적용하여 측정하여야 하며 윗면은 설치가 가능한 모델만 적용한다.
6. 피시험기기를 중심주파수에 맞추고, 최대 출력 전력을 조정한다.
단, 저, 중, 고 주파수의 세 가지 주파수에서 피시험기기를 측정하여야 한다.
7. 프로브를 모의인체 내에 삽입한다.
8. 모의인체 기준점에서 전자파흡수율 값을 측정한다.

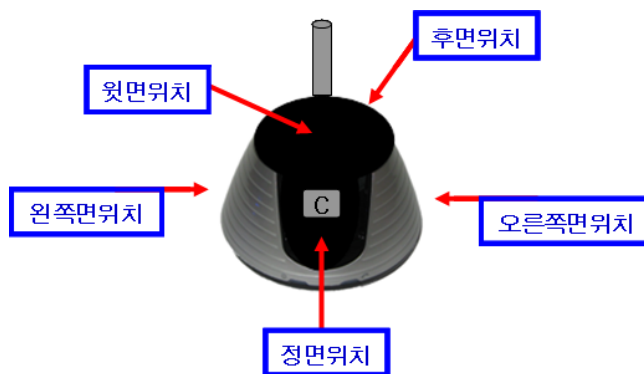
9. 모의인체에서 표면분포측정을 수행하여 전자파흡수율 값을 기록한다. 표면분포측정은 모의인체의 한 쪽 내부 표면을 따라 측정되며, 측정영역은 적어도 피시험기와 안테나의 투사영역보다 커야한다. 공간 격자간격은 20 mm 보다 작아야 한다.
10. 모의인체에서 정밀체적분포측정을 수행하여 전자파흡수율 값을 기록한다. 정밀체적분포측정의 격자간격은 8 mm 이하이고, 최소한의 측정 부피는 30 mm × 30 mm × 30 mm 이다. 수직 방향의 격자간격은 5 mm 이하로 하여야 한다.
11. 제10호까지 측정한 후 프로브를 제8호의 기준점에 위치시킨 후 전자파흡수율 값을 측정하고 이 측정값을 제8호에서 측정한 값과 비교하여 5% 이상의 변화가 있으면 제9호에서 제10호까지 다시 측정한다.
12. 제10조제1항에서 제시하는 모든 사용조건에서 상기 제8호에서 제11호까지를 반복하여 측정한다.
13. 제12호의 결과 중 최대 전자파흡수율이 측정되는 조건에서 나머지 저, 고 주파수에서도 상기와 동일한 측정조건으로 전자파흡수율을 측정한다.
14. 평면형 모의인체를 사용한 두부 전자파흡수율 측정은 평면형 모의인체에 두부 조직액체를 사용하여 측정한다. 이 측정방법은 상기 제2호에서 13호까지 동일하게 반복하여 측정이 진행되나 제2호, 제4호, 제5호, 제12호에 대한 조건들은 각각 제15호에서 제18호까지의 내용으로 적용하여 측정을 진행한다.
15. 제2호에서는 별표 7의 전기적 특성을 만족하는 두부 모의조직

- 액체를 제작하여 평면형 모의인체 내를 채운다.
16. 제4호에서는 평면형 모의인체 내에 측정영역을 설정하고 프로브 등 모든 장비의 초기 값을 설정한다.
17. 제5호에서는 피시험기기를 제10조제2항에서 정한 바에 따라 사용조건에 적합하도록 설치한다.
18. 제12호에서는 제10조제2항에서 제시하는 모든 설치 조건에서 상기 제8호에서 제11호까지를 반복하여 측정한다.
19. 평면형 모의인체를 사용한 몸통 전자파흡수율 측정은 평면형 모의인체에 몸통 모의조직 액체를 사용하여 측정한다. 이 측정 방법은 상기 제2호에서 13호까지 동일하게 반복하여 측정이 진행되나 제2호, 제4호, 제5호, 제12호에 대한 조건들은 각각 제15호에서 제18호까지의 내용으로 적용하여 측정을 진행한다.
20. 제2호에서는 별표 8의 전기적 특성을 만족하는 몸통 모의조직 액체를 제작하여 평면형 모의인체 내를 채운다.
21. 제4호에서는 평면형 모의인체 내에 측정영역을 설정하고 프로브 등 모든 장비의 초기 값을 설정한다.
22. 제5호에서는 피시험기기를 제10조제2항에서 정한 바에 따라 사용조건에 적합하도록 설치한다.
23. 제12호에서는 제10조제2항에서 제시하는 모든 사용조건에서 상기 제8호에서 제11호까지를 반복하여 측정한다.
24. 제23호까지의 결과 중 가장 높은 전자파흡수율 값을 피시험기의 최대 전자파흡수율 값으로 결정한다.

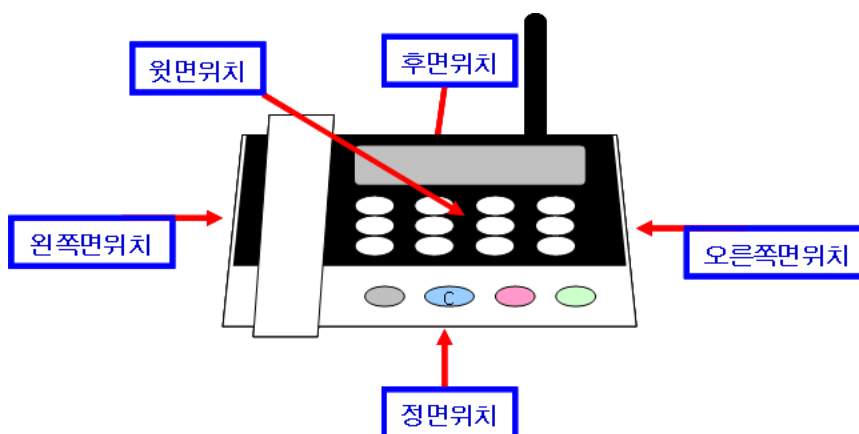
[별표 1] 고정장치의 위치 설정



(a) 사각형 모양에 대한 위치 설정

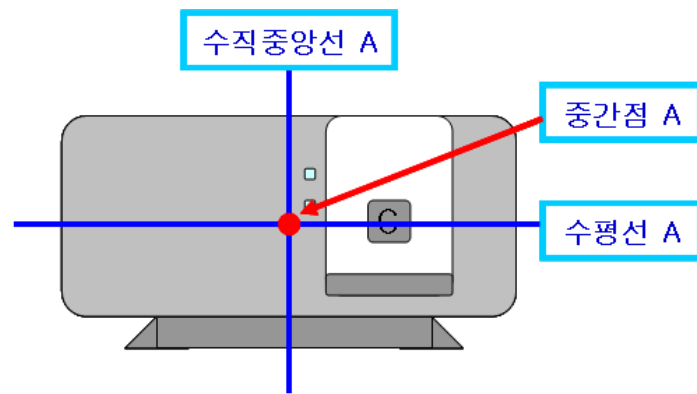


(b) 둥근 모양의 특이한 구조에 대한 위치 설정

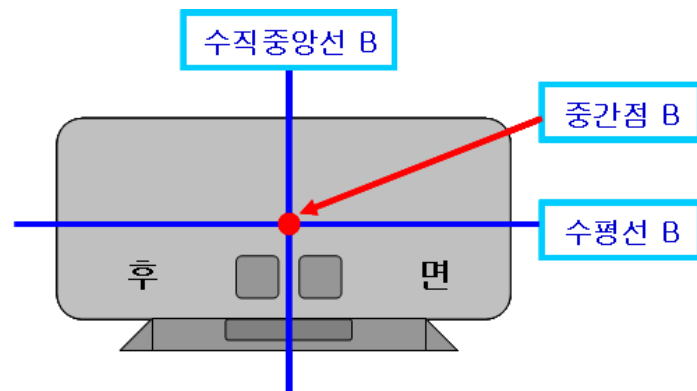


(c) 전화기능이 있는 구조에 대한 위치 설정

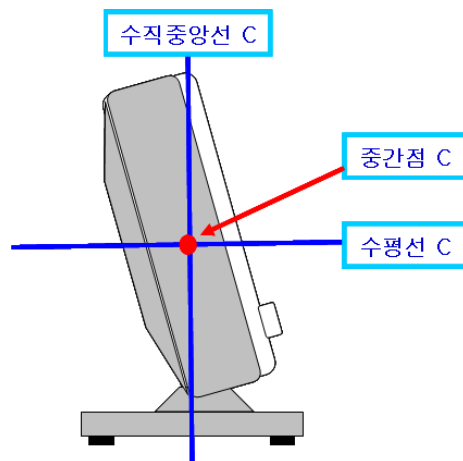
[그림 1] 다양한 구조에 대한 위치 설정



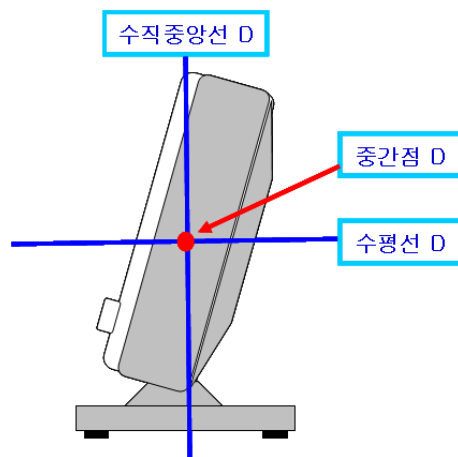
(a) 정면 위치



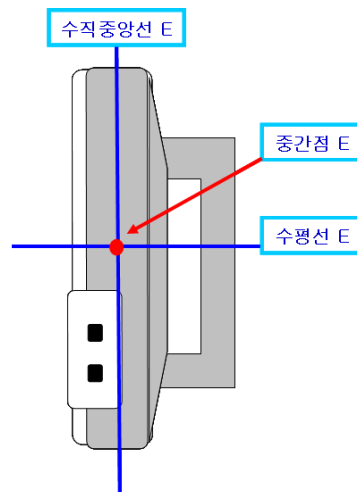
(b) 후면 위치



(c) 왼쪽면 위치



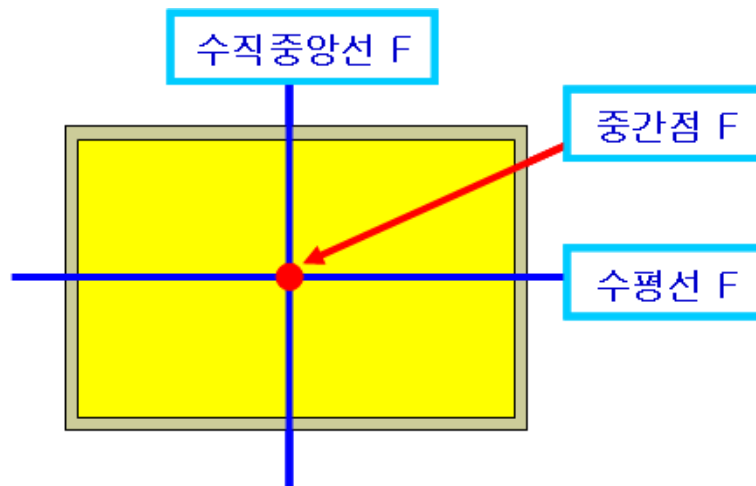
(d) 오른쪽면 위치



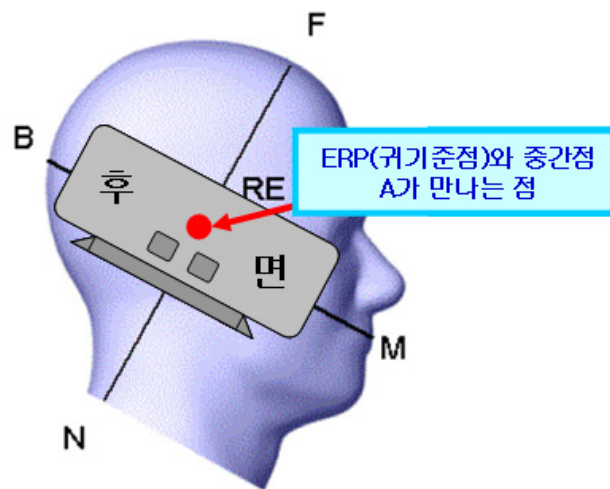
(e) 윗면 위치

[그림 2] 정면, 후면, 왼쪽면, 오른쪽면 위치에 대한 수직중앙선,
수평선, 중간점 설정

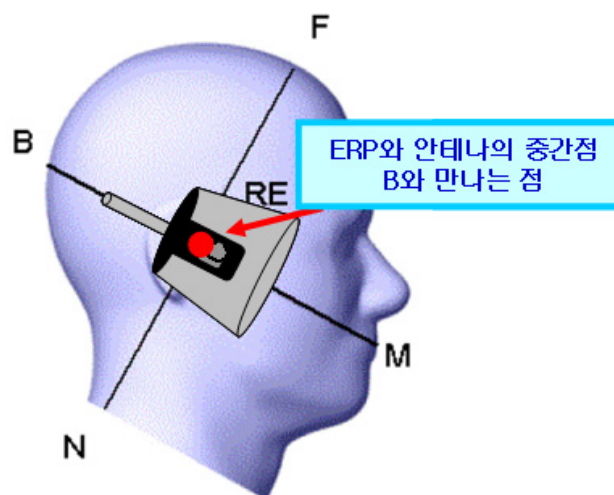
[별표 2] 평면형 모의인체 후면도(평면형 모의인체의 수직 중앙선, 수평선, 중간점 설정)



[별표 3] 두부 모의인체에 대한 설치 조건

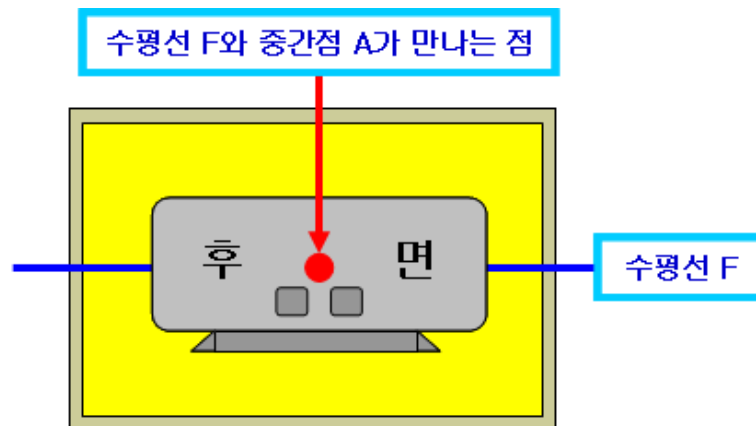


[그림 1] 사각형 모양에 대한 설치조건

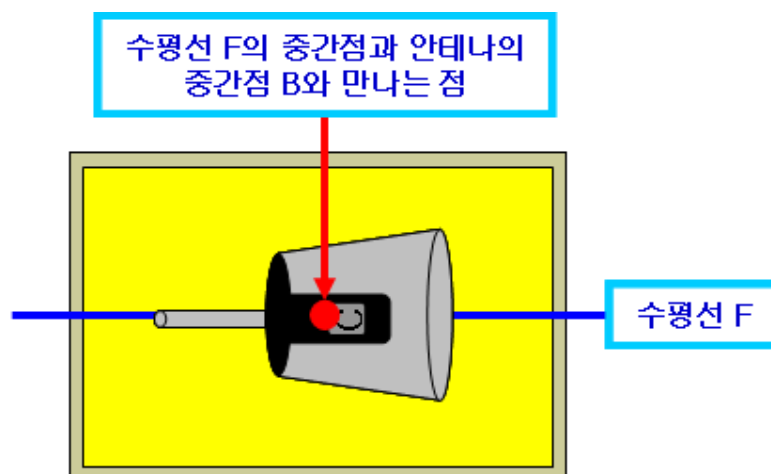


[그림 2] 둥근 모양의 특이한 구조에 대한 설치조건

[별표 4] 평면형 모의인체에 대한 설치 조건

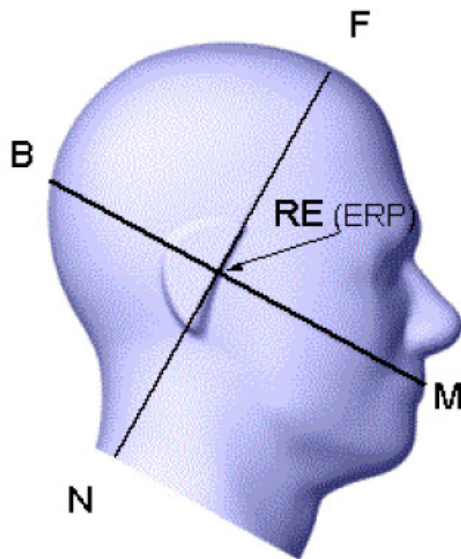


[그림 1] 사각형 모양에 대한 설치조건



[그림 2] 둥근 모양의 특이한 구조에 대한 설치조건

[별표 5] 두부 모형의 인체의 측면도



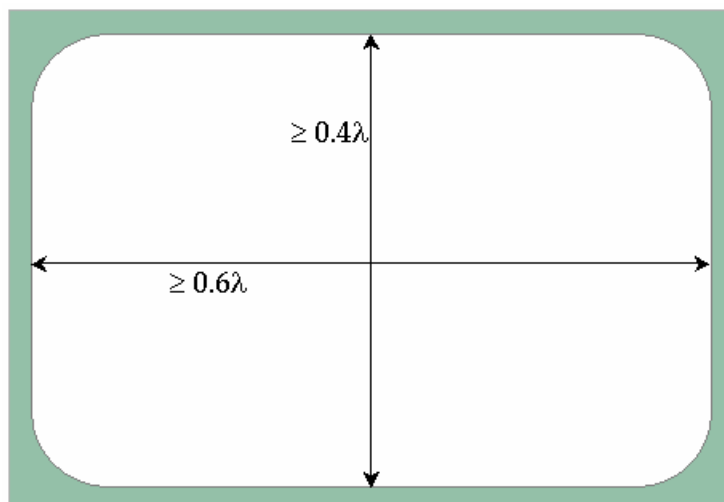
M : 입기준점

N-F 선 : N(Neck)과 F(Front)를 연결하는 선

B-M 선 : B(Back)와 M(Mouth)을 연결하는 선

RE (Right ear reference point) : 오른쪽 귀기준점

[별표 6] 평면형 모의인체 밀면의 최소 크기



[별표 7] 두부 모의조직의 전기적 특성

주파수[MHz]	전기적 특성	
	상대유전율	전기전도도[S/m]
300	45.3	0.87
450	43.5	0.87
835	41.5	0.90
900	41.5	0.97
1450	40.5	1.20
1800	40.0	1.40
1900	40.0	1.40
2000	40.0	1.40
2450	39.2	1.80
3000	38.5	2.40

[별표 8] 몸통 모의조직의 전기적 특성

주파수[MHz]	전기적 특성	
	상대유전율	전기전도도[S/m]
300	58.2	0.92
450	56.7	0.94
835	55.2	0.97
900	55.0	1.05
1450	54.0	1.30
1800	53.3	1.52
1900	53.3	1.52
2000	53.3	1.52
2450	52.7	1.95
3000	52.0	2.73

[별표 9] 무선전화기의 전자파흡수율 측정결과서

무선전화기의 전자파흡수율 측정결과서

■ 측정조건

측정일시	년 월 일 시			
측정환경	시험장 온도	℃		
	상대습도	%		
모의인체	크기	가로 : mm, 세로 : mm		
	상대유전율			
	전도도	S/m		
	밀도	Kg/m ³		
측정 프로브	성능 및 교정결과	성적서 별도첨부		
피시험기기	모델명			
	출력			
	신호형태			
	제품일련번호			
기타 (측정상의 특이사항, 불확실성 등)				

■ 측정결과

주파수		출력(dBm)	시험위치	안테나위치	전자파흡수율(W/kg)
MHz	채널				
노출기준 : W/kg			최대 전자파흡수율 : W/kg		
종합 판정 : 적합 / 부적합					

전파연구소고시 제2008- 호의 규정에 의하여 위의 측정결과를 통보합니다.

년 월 일
 측정자 (서명 또는 인)
 확인자 (서명 또는 인)

측 정 기 관 명

부록 2. 무선기기 전자파흡수율 대상기기 확대 방안

□ 배경

- 전파법 제47조의2(전자파인체보호기준 등)제1항에 전자파가 인체에 미치는 영향을 고려하여 전자파 인체보호기준 및 측정대상 기기와 측정 방법 등에 관하여 고시할 것을 명시
- 무선통신기기의 이용확대에 따라 전자파 노출로 인한 국민의 불안감 해소 및 안전한 전파이용 환경을 조성
- 전자파 인체보호기준 적용 신체부위를 머리, 몸통, 사지로 세분화하고 대상기기를 모든 휴대용 무선기기로 확대하는 국제 추세에 대비하기 위함

□ 추진 방법

가. 전자파흡수율(SAR) 무선기기 확대방안 개요

- 무선기기의 전자파 인체영향 우려를 없애기 위해 형식등록 대상기기 중 휴대 가능한 무선기기 위주로 전자파흡수율(SAR) 기준을 단계적으로 확대 적용하는 로드맵 마련
 - SAR 측정 결과의 국내·외 비교·분석을 통한 우선순위 마련
 - 무선기기의 사용형태, 주파수 및 출력에 따라 SAR 측정
 - 국민 다수가 사용하는 무선기기, 실생활 사용형태 및 SAR 값이 높은 무선기기 위주로 로드맵 마련

나. 외국의 SAR 대상 무선기기 측정결과 분석

- 외국의 SAR 대상 무선기기
 - 전자파인체영향 관련 미국(FCC) 및 유럽(CENELEC)의 무선기기별 SAR 값 조사·분석
 - 외국의 대상 무선기기는 주로 GSM¹⁷⁾/FMR¹⁸⁾, LMR¹⁹⁾ 등의 무전기과

17) GMRS(General Mobile Radio System) : 출력은 1~5W이며, 단거리 통신에 사용되는 무전기

18) FMR(Family Mobile Radio) : 출력은 0.5W이며, 우리나라의 생활무선국에 해당

블루투스 장비 및 무선모뎀 장치 등에 대하여 분석

o 외국의 기기별 SAR 측정 값 분석

- 무전기는 출력이 클수록 SAR 측정값이 높은 것을 알 수 있으며, 두부 측정 시에는 2.5 cm 이격거리를 두고 측정
- 블루투스 및 무선모뎀의 경우 무전기와 출력을 비교할 때 상대적으로 낮은 SAR 값을 나타내고 있음

< 외국의 SAR 대상기기 및 측정값 >

주파수 및 대상기기	출력	SAR 측정 적용 부위	이격 거리	SAR 측정값(단위 : W/kg)	
				미국(1g 평균)	유럽(10g 평균)
400~467 MHz LMR 무전기	0.4 W	두부	2.5cm	2.19	
		몸통	밀착	3.95	
462~467 MHz GMRS/FMS 트랜시버	3.8 W	두부	2.5cm	2.57	
		몸통	밀착	5.05	
2402~2480 MHz 블루투스	0.063 W	몸통	밀착	0.52	
890 MHz PDA	1.95 W	두부	밀착		0.736
824~849 MHz 무선모뎀	0.225 W	몸통	밀착		1.19

※ LMR 무전기 및 GMRS/FMS 트랜시버는 PTT(Push To Talk) 방식으로 사용하므로 Duty Factor 50 %를 적용하여 시험

다. 국내 형식등록 무선기기의 측정결과 분석

o 국내의 형식등록 무선기기 중 전자파흡수율 측정 대상 및 제외 사유

- 전자파흡수율측정기준 중 국제전기기술위원회 국제표준 [IEC62209-1]에서 정한 무선기기의 주파수 300 MHz ~ 3 GHz 대역 중 출력이 높은 기기 위주로 측정
- TRS단말기, 코드없는전화기, 간이무선국, 생활무선국, 무선데이터통신용 단말기, 2.4 GHz 대역 무선데이터용(블루투스) 단말기, RFID, 휴대인터넷 등 8종의 기기를 측정

19) LMR(Land Mobile Radio) : 육상이동 공중통신으로 지상의 기지국과 차량/휴대 장치를 이용한 통신망

- 전자파흡수율 측정 제외 대상 기기
 - 출력이 10 mW 이하인 특정소출력기기는 제외를 하였으나 헤드셋이 포함된 2.4 GHz 대역의 블루투스(무선데이터 통신용)기기는 측정
 - 무선통신기기는 사용자가 점차 줄어들고 있어 측정대상에서 제외
 - 체내이식 무선의료기기는 사용자가 많지 않고 기기가 고가이어서 예산상의 어려움으로 인하여 향후 연구과제로 추진 예정
 - RFID 기기는 400 MHz, 900 MHz 및 2.4 GHz 대역 중 가장 많이 사용되며, 출력이 높은 900 MHz 대역의 무선기기를 측정
- o 미분석 무선기기 중 향후 연구·분석 후 재검토 필요 기기
 - 국제적으로 국제표준의 주파수 대역이 기존의 300 MHz ~ 3 GHz에서 향후 30 MHz ~ 6 GHz로 확대에 따른 무선기기 등
예) 간이무선국(146 MHz, 222 MHz), 생활무선국(27 MHz), 무선랜(5 GHz, 17 GHz 대역) 등
 - 체내이식 무선의료기기 등과 같이 향후 사용이 많이 예상되는 기기
- o 형식등록 무선기기의 전자파흡수율(SAR) 측정값 분석
 - 형식등록 대상기기(첨부 1) 중 무선기기의 실사용 상태를 고려하여 전자파흡수율 측정

< 대상기기별 SAR 측정값 >

주파수 및 대상기기		출력(W)		SAR 측정 적용 부위	SAR 측정값(W/kg)
		기술기준	실제출력		
380~390MHz TRS 단말기		1	1	두부	0.709
400MHz 생활무선국		0.5	0.5	두부	1.172
444MHz 간이무선국		5	3.95	두부	10.618
900MHz 대역 무선전화기	고정장치	0.01	0.01	몸통	0.158
	이동장치	0.01	0.01	두부	0.057
1.7GHz 대역 무선전화기	고정장치	0.1	0.1	두부	0.122
	이동장치	0.1	0.1	두부	0.067
2.4GHz 대역 무선전화기	고정장치	0.15	0.15	두부	0.601
	이동장치	0.15	0.15	몸통	0.346
898~900MHz 무선데이터통신용단말기		3	0.1	몸통	0.016
908.5~914MHz RFID		1	1	몸통	2.800
2350MHz 휴대인터넷 단말기		2	0.2	몸통	1.715
2.4~2.48GHz 무선데이터용 단말기(블루투스)	부착용	0.02	0.015	몸통	0.608
	헤드셋			두부	0.050

※ 실제출력 : 시중에 유통되는 기기들의 실제 출력

- TRS 단말기는 단말과 단말간의 직접통신으로 측정하였고, TDMA(4:1)방식을 사용하므로 출력에 비하여 값이 적게 나옴
- 생활무선국은 밀착하여 Duty Factor 50%를 적용하여 측정한 값으로 기기에 따라 SAR 값이 더 높게 나올 개연성이 있음
- 간이무선국은 밀착하여 측정한 값으로 출력도 높으면서 SAR 값도 가장 높게 나옴
- 무선전화기는 고정장치 및 이동형 단말장치를 시험하였으나, SAR 값이 이동형 기기보다는 고정장치가 더 많이 나옴
- 900 MHz 대역의 무선데이터통신용 단말기는 접촉부위가 사지에 해당되며, 출력에 비하여 값이 적은 원인은 데이터 요청 시에만 전파를 발사하므로 SAR 값이 적음
- RFID는 밀착한 경우 SAR 기준치를 초과함
- 휴대인터넷 단말기는 노트북을 이용하여 데이터를 송출하는 상태에서 측정하였으며, 출력은 0.2 W(최대출력 2 W)로 시험했으나 SAR 기준값을 초과함
- 2.4 GHz 대역 무선데이터 통신용 단말기는 휴대폰, MP3 등에 부착하는 기기와 헤드셋이 1 set이고 부착용 기기가 SAR 측정값이 많이 나옴
- 대부분 측정 결과 출력이 높은 순서로 SAR 값이 높게 나옴

라. 국내 무선기기 보급현황

- o 국내의 무선기기 보급 현황, 측정결과 등을 고려하여 로드맵 마련
 - TRS, 휴대인터넷(Wi-Bro) 및 간이무선국은 사용자가 증가하는 추세
 - 간이무선국은 중앙전파관리소에 신고 후 사용하나, 생활무선국과 겸용으로 되어 있는 무선기기가 있어 신고하지 않고 사용될 것을 고려하면 숫자는 더욱 많을 것으로 추정됨
 - 생활무선국, RFID기기, 무선전화기 및 블루투스기기는 정확한 통계가 없어 수량 기입이 불가

< 대상기기별 국내 보급현황 >

주파수 및 대상기기		실제출력(W)	SAR 측정값(W/kg)	가입자수
TRS 단말기		1	0.709	427,213
400MHz 생활무선국		0.5	1.172	-
444MHz 간이무선국		3.95	10.618	369,058
898~900MHz 무선데이터통신용단말기		3	0.016	92,072
908.5~914MHz RFID		1	2.800	-
2.4GHz대역 무선전화기	고정장치	0.15	0.601	-
	이동장치		0.346	
2350MHz 휴대인터넷(Wi-Bro) 단말기		0.2	1.715	205,500
2.4~2.48GHz 무선데이터용 단말기(블루투스)	부착용	0.02	0.608	-
	헤드셋		0.050	-

※ KCC의 통계자료 및 전파방송관리 통합정보시스템(TRMS)에서 발췌

□ SAR 우선적용 대상기기

- 인증대상 무선기기 중 SAR 측정값별 순위
 - 국내 인증대상 무선기기 중 SAR 측정값에 따라 순위를 선정하였으며, SAR 측정값이 0.2 이하인 기기는 순위에서 제외하였음

< 무선기기별 SAR 값 순위 >

순위	SAR 대상 무선기기		SAR 측정값(W/kg)	외국의 SAR 측정값(W/kg)
1	444MHz 간이무선국		10.618	5.05
2	908.5~914MHz RFID		2.800	-
3	2350MHz 휴대인터넷(Wi-Bro) 단말기		1.715	-
4	400MHz 생활무선국		1.172	-
5	TRS 단말기		0.709	-
6	2.4~2.48GHz 무선데이터용 단말기(블루투스)	부착용	0.608	0.52
		헤드셋	0.050	-
7	2.4GHz대역 무선전화기	고정장치	0.601	-
		이동장치	0.346	-

o 전자파흡수율(SAR) 우선 적용 대상기기 선정

- ◇ SAR 측정값, 실생활 사용빈도 및 보급현황을 종합적으로 고려하여 우선적용 대상기기 선정
- ◇ 향후 많이 사용이 예상되는 무선기기 위주로 대상기기를 선정

- 휴대인터넷(Wi-Bro), 무선데이터용 단말기(블루투스) 등은 사용자가 늘어나고 있는 상태
 - 휴대인터넷은 단말기 형태는 노트북 부착용만 있으나, 향후 다양한 형태의 단말이 나올 것으로 예상됨

< SAR 우선적용 대상기기 >

순 위	SAR 대상 무선기기	보급현황	SAR 측정값(W/kg)	외국의 SAR 측정값(W/kg)
1	2.4 GHz대역 무선전화기(이동장치)	-	0.346	-
	1.7 GHz 대역 무선전화기(이동장치)	-	0.067	-
	900 MHz 대역 무선전화기(이동장치)	-	0.057	-
2	2350 MHz 휴대인터넷(Wi-Bro) 단말기	205,500	1.715	-
3	2.4~2.48 GHz 무선데이터용 단말기(블루투스)	-	0.608	0.52
4	908.5~914 MHz RFID	-	2.800 (10cm 이격 시 0.64)	-
5	TRS 단말기	427,213	0.709	-
6	444 MHz 간이무선국	369,058	10.618	5.05
7	400 MHz 생활무선국	-	1.172	-

※ 간이무선국과 생활무선국은 기기의 구조에 따라 입에 가까이 대고 사용하는 상태와 몸에 밀착하고 헤드셋으로 사용하므로 측정값 차이가 있을 수 있음

- 무선전화기의 주요 사용형태는 이동장치를 주로 사용하므로 고정장치는 대상에서 제외하였고, 보급현황이 통계상 나타나지는 않지만 가장

많이 사용될 것으로 예상 되며, 국민들의 무선기기 사용에 대한 불안감을 해소하기 위하여 적용대상기기 1위로 선정

- RFID는 직접 접촉을 하는 경우에 전자파흡수율(SAR) 값이 크지만 타 기기에 비해 사람이 전자파에 직접 노출되는 시간이 짧고, 거리 이격에 따라 전자파흡수율이 급격히 감소하는데 보통 10 cm 이상 이격되어 사용 시 SAR 값은 0.64 이므로 우선순위를 낮춤
- 간이무선국과 생활무선국은 밀착한 상태로 측정된 결과이며, 실제 사용빈도가 적으므로 우선순위를 낮춤

□ 전자파흡수율 대상기기 확대 기대효과

- 무선기기에서 발생하는 전자파의 인체영향 논란 최소화
 - 국민들의 무선기기 사용에 대한 전자파 인체영향 논란을 불식
 - 전자파흡수율 적용대상기기 확대에 따른 산업체의 대비로 무선기기에 대한 전자파의 인체영향을 최소화
- 국제적으로 SAR 대상기기를 확대하는 추세에 부응 및 대책 수립
 - 미국과 유럽 등은 SAR 대상기기를 포괄적으로 적용하므로 이에 대응
 - SAR 대상기기의 단계적 확대에 따른 산업체의 대책 수립에 활용

□ 향후 계획

- 본부와 협의 및 국내의 산·학·연 관련 전문가 의견수렴
 - 대상기기 확대에 관한 국내의 산업계 현황 및 대책 확인
 - 홈페이지 및 전자공청회를 통한 대상기기 확대에 관한 의견수렴
- 전자파흡수율 적용 대상기기 확대에 대하여 일정기간 예고 후 시행
 - 산업체에 미치는 영향을 최소화 할 수 있도록 전자파흡수율 적용을 일정기간 예고 후 단계적으로 시행
- 전자파흡수율 적용 대상기기 확대에 대한 적극 홍보
 - 대상기기 제조업체를 대상으로 전자파흡수율에 대한 교육 실시
 - 홈페이지에 게재 및 대상기기 제조업체에 안내공문 발송

붙임 국내 형식등록 대상기기

[붙임] 국내 형식등록 대상기기

국내 형식등록 대상기기

대상기기		주파수(MHz)	통신방식	출력	대역폭
TRS		380(자가) 806~811(자가), 811~820(사업)	기지국-단말(복신) 단말기간 통신(단신)	2W 1W	23kHz
코드없는전화기		46(이동용), 49(고정용) 914(이동용), 959(고정용) 1786.75~1791.95	복신, 반복신	3mW 10mW 100mW	16kHz 16kHz 1.728MHz
		2400~2483.5 (무선데이터 통신용과 동일)		10mW/MHz	0.5~26MHz
				5mW/MHz	26~40MHz
				0.1mW/MHz	40~60MHz
무전기	간이무선국	146, 222, 423, 444	단신	5W	8.5kHz
	생활무선국	27 400	단신 단신 또는 복신	3W 0.5W	6kHz 8.5kHz
무선데이터통신용		898~900, 938~940	복신	3W	10kHz
특정소출력	지상맞수상용	26~27, 40~41, 75~76	단신	10m에서 10mV/m 이하	50kHz(26~27MHz) 20kHz(40~75MHz)
	상공용	40~41, 72~73	단신		
	완구조정기 도난경보기 원격조정장치	13.552~13.568 26.958~27.282 40.656~40.704	단신		
	데이터전송용	173.0~173.3	복신, 반복신	5mW	8.5kHz
		173.6~173.8	복신, 반복신	10mW	
		219.0~219.125	복신, 반복신	10mW	16kHz
		219.15~219.225	복신, 반복신	10mW	16kHz
		311.0~311.125	복신, 반복신	5mW	8.5kHz
		424.7~424.95	복신, 반복신	10mW	8.5kHz
		433.795~434.045	복신, 반복신	3mW	250kHz
		447.6~447.85	복신, 반복신	5mW	8.5kHz
		447.8625~447.9875	복신, 반복신	10mW	8.5kHz
	시각장애인 유도장치	235.3~235.4(고정) 358.5~358.55(휴대)	단신	10mW	8.5kHz
	화재경보장치	447.26~447.56	단신	10mW	8.5kHz
	무선호출 (단항)	161~168, 219.15~219.225, 322~328.6	단신	10mW	16kHz
	무선마이크	72~73, 74~75, 173, 217~220, 223~225, 740~752, 928~930, 950~952	단신	10mW	60kHz(100MHz ↓) 200kHz(100MHz ↑)
	무선랜, WAS	5150~5250	반복신	25mW/MHz	40MHz
		5250~5350	반복신	10mW/MHz	0.5~20MHz
		5470~5650	반복신	5mW/MHz	20~40MHz
		17705~17715, 17725~17735 19265~19275, 19285~19295	반복신	10mW	20~40MHz
	무선데이터 통신용	2400~2483.5 5725~5825	반복신	10mW/MHz	0.5~26MHz
				5mW/MHz	26~40MHz
				0.1mW/MHz	40~60MHz
	이동체식별 용기기	2440, 2450, 2455	단신	300mW	26MHz

대상기기		주파수(MHz)	통신방식	출력	대역폭
특정 소출력	차량충돌방지용레이더	76~77GHz	단신	10mW	
RFID/USN		13.552~13.568MHz	단신	10m에서 935dB/m	
		433.670~434.170MHz		5.6dBm	200kHz
		908.5~914.0MHz		1W	200kHz
휴대인터넷 (WiBro)		2300~2327 2331.5~2358.5	복신	2W	9MHz
무선호출(양방향)		318~321(기지국) 923.5~924.45(이동국)	반복신	1W	16kHz
물체감지센서용 무선기기		24050~24250	단신	100mW	200MHz
체내이식무선의료기		402~405	단향	0.25μW	300kHz

전자파 노출 환경평가 기준 연구



140-848 서울시 용산구 원효로 군자감길 46

발 행 일 : 2009. 2

발 행 인 : 김 춘 희

발 행 처 : 방송통신위원회 전파연구소

전 화 : 02) 710-6452

인 쇄 : 한국장애인이워크협회

Tel. 02) 2272-0307

ISBN-978-89-93720-04-4

비매품

주 의

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