

전자파 노출 환경평가 기준 연구

2009. 12.

제 출 문

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

2009. 12. 31.

연구책임자 : 오학태(전파환경연구과 전파환경담당)
연구 원 : 권용기(전파환경연구과 전파환경담당)
 최동근(전파환경연구과 전파환경담당)
 박종열(전파환경연구과 전파환경담당)

요 약 문

무선통신기술이 급격히 발전함에 따라, 휴대폰, Wibro, 무선랜, 블루투스과 같은 무선통신기기는 이제 우리 생활에서 보편적으로 이용되고 있다. 무선통신기기는 우리 생활의 일부분으로 자리 잡았으며, 무선통신기기 없이 살아간다는 것은 이제 상상할 수도 없는 시대가 되었다. 그러나 무선통신기기는 전파를 이용하기 때문에 해당 기기에서 발생하는 전자파로 인한 인체영향 문제가 발생한다. 따라서 세계 각 국에서는 대규모의 인력과 연구비를 투입하여 이 문제를 해결하기 위하여 노력하고 있다.

본 연구에서는 RFID, AM송신국 전자파의 인체노출량 평가방법을 연구하여 측정기준(안)을 마련하였고, 최근 새롭게 이슈가 되고 있는 무선통신기기 전자파가 보청기에 미치는 영향문제를 국내 기준에 반영할지 여부를 판단하기 위한 선행연구를 수행하였다. 또한, 휴대폰과 같이 인체에 밀착하여 사용하는 단말기의 전자파 인체 흡수율을 측정하기 위한 SAR 측정시스템에서 가장 중요한 요소 중의 하나인 프로브의 교정을 위한 범용 시스템의 개발 가능성을 점검해 보았다.

RFID 시스템은 리더와 태그로 구성되며, 태그에 저장된 정보를 전파를 이용하여 읽어 들인다. 따라서 RFID는 다양한 산업 및 서비스 분야에서 응용될 수 있으며, 교통카드, 우편물 추적, 제품 및 유통망 관리, 출입통제시스템 등에서 광범위하게 응용된다. 앞으로 RFID 시스템 이용이 점차 확대될 것으로 예상됨으로 RFID 전자파의 인체노출량을 평가하기 위한 방법을 연구하여 기준(안)을 제안 하였다.

수천 km 까지 신호를 전달할 수 있는 AM 방송국은 일반 대중에게 보편적 정보를 전달하는 중요한 매스미디어 중의 하나로 지금까지 인식되고 있다. 과거 방송국은 도시외곽 지역에 설치되었으나, 도시 팽창과 신도시 개발 등으로 이제 일부 AM 방송국중은 공공 주거지 근처에 위치하게 되었다. 따라서 AM 방송국 주변에서 전자파의 인체영향에 대한 민원이 점차 증가하고 있다. 따라서 우리는 전자파에 대한 국민의 불안감을 해소하고 안전한 전파이용 환경을 마련하기 위하여 AM 방송국 주변의 전자파강도를 측정하는 방법을 연구하였다.

한편, 무선통신기기의 전자파는 보청기에 전파간섭을 야기할 수 있다. 전체

세계인구의 약 10%가 보청기 사용이 필요한 것으로 추정되며, 우리나라에서도 난청인구가 약 50만명에 이르고, 매년 그 수도 점차 증가하고 있는 것으로 추정된다. 이에 따라, 미국에서는 시장에 출시되는 일부 휴대폰에 대하여 보청기와 양립 가능하도록 강제하고 있다. 이는 청각장애의 권익을 보호하기 위한 규정이다. 따라서 우리나라에서도 청각장애인을 위한 강제 규정 도입여부를 검토하기 위하여 휴대폰과 보청기간 호환성에 관한 선행 연구를 수행하였다.

SAR 측정 시스템을 이용하여 휴대전화에 대한 SAR값을 측정할 때, SAR 측정시스템에서 가장 중요한 요소는 근거리장에서 전기장을 측정하는 프로브이다. 현재 SAR 측정용 프로브 교정은 시스템 제조업체에서만 하게 되어 있어, 외국 제조사에서 만든 SAR 브로브를 교정하기 위해서는 많은 시간과 경비가 소요된다. 따라서 우리는 국내 산업체의 경제적 시간적 손실을 줄이기 위하여 다양한 프로브에 대한 표준교정시스템 개발에 관한 선행연구를 수행하였다.

SUMMARY

As wireless communications technologies have evolved rapidly, wireless communication devices, such as Mobile phones, Wibro, Bluetooth, wireless LAN, etc. are now widely used in our life. Nowadays, wireless communication devices have become part of our life, and we can not think that we would live without them. However, since wireless communication devices use radio waves, electromagnetic waves generated by the devices can adversely affect the human body. Thus, many countries of the world have been trying to solve the problem with investment of large-scale manpower and money.

In this study, we discussed evaluation methods for human exposure to electromagnetic fields from radio frequency identification (RFID) devices and AM broadcast stations, and proposed drafts on the assessment procedure for them. In addition, we conducted a precedent study on the effect of electromagnetic fields on hearing aid devices, in order to consider whether the mandatory regulations for the hearing-impaired would be introduced or not.

On the other hand, mobile phone, which is designed to be used with any part of the radiating structure of the device in direct contact with the body of the user, should meet the mandatory requirements stipulated by the Specific Absorption Rate (SAR). One of the most important elements in SAR measurement system is a probe. Thus, we studied the possibility of developing a standard calibration system for the various types of probes.

RFID systems are composed of two parts; reader and tags. The reader can read and collect the data stored in tags, using electromagnetic fields. Potential applications for RFID system may be identified in virtually every sector of industry, commerce and services where data is to be collected.

Typical applications include as follows: electronic payment system for public transportation, postal tracking, electronic product tracking and supply chain management, entrance checking system for a certain place, etc. Since the use of RFID systems is expected to expand in the future, we studied and proposed the evaluation methods for human exposure to electromagnetic fields from RFID devices.

AM broadcast stations which can transmit the signal up to thousands of km have been recognized as one of important media for disseminating common information to the public until now.

The AM broadcast stations were initially installed at the outskirts of the city in the past, but today some stations have been located near the public residence due to urban expansion and development of new cities. Therefore, public complaints on the health effect of electromagnetic field near AM broadcast station are increasing today. So, we studied the methods for measuring electromagnetic field strengths in the vicinity of the AM broadcast stations in order to reduce the public concerns for electromagnetic field and create safe environments for electromagnetic field.

On the other hand, electromagnetic field created by wireless communications devices can cause electromagnetic interference problems to hearing aid devices. It is estimated that approximately 10% of world population will need to use the hearing aid devices. In case of Korea, the hearing-impaired is estimated to be about 500 thousands and increasing every year.

Accordingly, some mobile phones manufactured or imported for use in the U.S. are required to be hearing aid compatible. The purpose of regulations are to protect the rights of persons with hearing disabilities.

Thus, we conducted a precedent study on hearing aid compatible with mobile phone in order to consider whether the mandatory regulations for

the hearing-impaired would be introduced or not.

When we measure SAR values for mobile phone using the SAR measurement system, one of the most important elements in the system is a probe. The probe measures electric field strengths in near field region.

At present, since SAR probe system should be calibrated by the manufacturer of the system, lots of time and money are required to calibrate the SAR probe system made by foreign manufacturer. Thus, we conducted the precedent study on development of a standard calibration system for the various types of probes in order to reduce losses of time and money for the domestic companies that use SAR probe system made by foreign manufacturer.

목 차

제1장 서론	17
제2장 전자파 인체영향 연구 및 표준화 동향	19
제1절 IEC(국제전기기술위원회) TC106	9
제2절 ITU-T SG5	8
제3장 RFID 기기의 전자기장 인체노출량 평가방법 연구	35
제1절 개요	35
제2절 RFID 기술 및 국내외 산업 동향	36
제3절 RFID 각국 규제현황 및 국제 표준화 동향	43
제4절 RFID 기기의 전자파 인체노출량 평가방법 검토	55
제5절 RFID 기기의 전자파 인체노출량 평가방법(안)	6
제4장 고출력 AM송신국 전자파노출량 측정방법 연구	67
제1절 중파의 전파전파(電波傳播) 특성	67
제2절 AM송신국의 전자파강도 측정	68
제3절 AM송신국의 전기장강도 측정결과	72
제4절 AM송신국 전기장강도 측정결과 분석	78
제5절 전자파강도 측정기준 개정을 위한 연구반 운영	85
제5장 휴대전화 전자파가 보청기에 미치는 영향 선행 연구	88
제1절 국내의 보청기 보급 현황	88
제2절 HAC의 국외(미국) 기술기준	9
제3절 HAC 측정 및 시뮬레이션 방법론	96
제4절 HAC 측정 및 시뮬레이션 결과	101
제5절 결론	110
제6장 SAR 측정용 프로브 교정방법 선행 연구	112

제1절 SAR 측정용 전기장 프로브의 교정	112
제2절 SAR 측정 프로브 교정용 표준 어댑터 시제품 제작	124
제3절 표준어댑터를 적용한 프로브 교정 및 분석	128
제4절 결론	138
 제7장 결론	 140
 참고문헌	 143
 [부록 1] RFID용 무선기기의 전자파 인체노출량 측정기준(안)	 16
 [부록 2] AM송신국에 대한 전자파강도 측정기준 개정(안)	 18
 [부록 3] 전자파강도 측정기준 신·구 조문 대비표	 182

표 목 차

[표 2-1] IEC TC106의 위원국(member) 현황	0 2
[표 2-2] IEC TC106의 의장단	02
[표 2-3] IEC TC106에서 수행중인 프로젝트 현황	02
[표 2-4] IEC TC106에서 발간한 표준과 Maintenance cycle 현황 ..	1 2
[표 2-5] IEC 62110 프로젝트 개요	32
[표 2-6] IEC 62110 프로젝트 진행상황 및 관련문서	32
[표 2-7] IEC 62334 프로젝트 개요	42
[표 2-8] IEC 62334 프로젝트 진행상황 및 관련문서	42
[표 2-9] IEC 62209-2 프로젝트 개요	5 2
[표 2-10] IEC 62209-2 프로젝트 진행상황 및 관련문서	5· 2
[표 2-11] IEC 62232 프로젝트 개요	6 2
[표 2-12] IEC 62232 프로젝트 진행상황 및 관련문서	6 2
[표 2-13] IEC 62577 프로젝트 개요	6 2
[표 2-14] IEC 62577 프로젝트 진행상황 및 관련문서	7 2
[표 2-15] IEC 62479 프로젝트 개요	7 2
[표 2-16] IEC 62479 프로젝트 진행상황 및 관련문서	7 2
[표 2-17] IEC 62479 프로젝트 개요	8 2
[표 2-18] IEC 62479 프로젝트 진행상황 및 관련문서	8 2
[표 2-19] ITU-T 연구반(SG) 구성 및 주요 임무	9· 2
[표 2-20] 2009년도 기고서 제출현황 및 결과	23
[표 3-1] 국내 RFID 공급업체 기술 보유도 현황	14
[표 3-2] 미국 전자파강도 인체보호기준	4
[표 3-3] 미국 전자파강도 적용대상 이동용 무선기기(mobile device)	44
[표 3-4] 미국 전자파흡수율(SAR) 기준	44
[표 3-5] 국내 RFID 기술기준 및 용용 분야	74
[표 3-6] IEC의 RFID기기에 대한 노출량 평가 표준화 진행 현황	84

[표 3-7] 공간평균 측정지점 단축방안 검토(안) 측정결과	36
[표 3-8] 측정시간(6분) 단축방안 검토를 위한 실험결과	56
[표 3-9] RFID용 무선기기의 적합성 평가방법(안) 주요내용	66
[표 4-1] 전자파강도 측정 국내 AM송신국 분류	07
[표 4-2] 측정간격($d/40 : \lambda/40$)에 따른 전기장강도 최대지점 비교	87
[표 4-3] 중출력 송신국의 전기장강도 최대값 측정지점	8
[표 4-4] 소출력 송신국의 전기장강도 최대값 측정지점	8
[표 4-5] 안테나 최근접 지점보다 더 먼 지점에서 전기장강도의 최대값이 측정된 송신국의 주파수별 비율	84
[표 4-6] 전기장강도 측정 시 펜스로부터 이격 거리	8
[표 4-7] 무선국 송신주파수별 측정간격	6
[표 5-1] 형태별 보청기의 분류	8
[표 5-2] 용도별 보청기의 분류	9
[표 5-3] 실제 등록 장애인 수	9
[표 5-4] 국내 보청기의 시장 규모	9
[표 5-5] 시스템 성능 분류표	9
[표 5-6] RF 방사(Emission)에 대한 규제 기준	59
[표 5-7] 835 MHz와 1.765 GHz 대역과의 시뮬레이션 및 측정결과 비교	109
[표 6-1] 시스템 성능 검사의 기준 SAR값	12
[표 6-2] 제조사별 프로브의 특성	15
[표 6-3] 제조사별 프로브의 핀(Pin) 구성 및 배열 순서	18
[표 6-4] 프로브 교정용 표준 어댑터의 연결도	16
[표 6-5] 1.8 GHz 대역의 모의조직 유사 액체의 전기적 특성	14
[표 6-6] SAR 시스템 성능 검사 결과	17

그 립 목 차

[그림 2-1] ITU-T SG5 연구 조직	0 3
[그림 2-2] 전위전극 위치에 따른 오차율 현장 실험	3
[그림 3-1] RFID 응용 분야	53
[그림 3-2] RFID 시스템 구성 및 동작 개요(수동형)	73
[그림 3-3] RFID 국제시장 전망(2008~2018)	8 3
[그림 3-4] 국내 RFID 제조업체 매출 규모변화 (2007~2009)	9 3
[그림 3-5] 국내 RFID 기술분야별 성장 전망(2008~2012)	0 4
[그림 3-6] RFID 관련 응용서비스 활성화 예상 분야	21
[그림 3-7] 몸통 및 머리에 대한 측정 간격과 측정 지점	6
[그림 3-8] 바닥 지지형 안테나로부터 전자기장 측정	5
[그림 3-9] 마루 및 천장 설치형 안테나로부터 전자기장 측정	8
[그림 3-10] 천정 및 마루 설치, 터널형 설치 안테나로부터 전자기장 측정	53
[그림 3-11] 테이블 설치형 안테나로부터 전자기장 측정	4
[그림 3-12] 벽면 설치형 안테나로부터 전자기장 측정	4
[그림 3-13] 손에 들고 사용하는 RFID 기기로부터 전자기장 측정	55
[그림 3-14] 2009년 연구용 RFID 시스템	65
[그림 3-15] 유도전류 측정기	8
[그림 3-16] 근거리장/원거리장 구분 및 공간 임피던스 특성 변화	9
[그림 3-17] 공간평균 측정지점 단축방안 검토(안)	36
[그림 4-1] AM송신국 전기장강도 측정모습	17
[그림 4-2] BR송신국의 전기장강도	2
[그림 4-3] AM송신국 37국 측정결과	3-77
[그림 4-4] 대출력 송신국의 거리별 전기장강도 변화 및 핫 스팟 현상	79
[그림 4-5] CH송신국의 거리별 전기장강도 변화	8

[그림 4-6] 중출력 송신국의 전기장강도	8
[그림 4-7] 소출력 송신국의 전기장강도	8
[그림 4-8] 펜스영역의 전기장강도	8
[그림 5-1] WD와 HA의 시험 적용 범위	29
[그림 5-2] 휴대전화 전자파(RF) 방사 및 보청기의 내성에 대한 규제 기준	93
[그림 5-3] HAC 측정결과와 측정 이격거리	59
[그림 5-4] HAC 측정시스템의 구성도	79
[그림 5-5] HAC 유효성 검사(Validation)의 구성도	89
[그림 5-6] 피시험기와 측정 프로브와의 이격거리와 HAC 측정영역	99
[그림 5-7] HAC 측정절차 흐름도	10
[그림 5-8] HAC 시뮬레이션 절차	11
[그림 5-9] 직접 제작한 시험용 휴대전화	12
[그림 5-10] 시험용 휴대전화의 반사손실(Return loss)	31
[그림 5-11] 조건(Case)별 시뮬레이션 조건	4
[그림 5-12] 조건(Case)별 반사손실	4
[그림 5-13] RF 신호시스템 및 HAC 측정시스템	6
[그림 5-14] 조건(Case)별 측정조건	4
[그림 5-15] 조건(Case)별 시뮬레이션 결과(835 MHz)	701
[그림 5-16] 조건(Case)별 시뮬레이션 결과(1.765 GHz)	701
[그림 5-17] 조건(Case)별 측정결과(835 MHz)	801
[그림 5-18] 조건(Case)별 측정결과(1.765 GHz)	801
[그림 5-19] 835 MHz 대역의 시뮬레이션 및 측정결과 비교	9
[그림 5-20] 1.765 GHz 대역의 시뮬레이션 및 측정결과 비교	4
[그림 6-1] 프로브의 내부 구성도	15
[그림 6-2] 일반적인 전기장 프로브의 구성도	16
[그림 6-3] DCP와 보상값과의 관계도	17
[그림 6-4] 수직 개방형 구형 도파관을 이용한 민감도 평가 장치	10

[그림 6-5] 프로브를 수직으로 삽입한 축 등방성 평가를 위한 장비 구성도	121
[그림 6-6] 프로브를 54.7도 기울어 삽입한 축 등방성 평가를 위한 장비 구성도	122
[그림 6-7] 시스템 성능 검사를 위한 구성도	123
[그림 6-8] 프로브의 내부 구성도 및 제조사별 프로브	124
[그림 6-9] 제작된 표준 어댑터(A사 SAR 측정시스템에 B사 프로브를 적용)	126
[그림 6-10] 표준 어댑터의 완성품 모습(A사 SAR 측정시스템에 B사 프로브를 적용)	127
[그림 6-11] 제작된 표준 어댑터(B사 SAR 측정시스템에 A사 프로브를 적용)	127
[그림 6-12] 표준 어댑터의 완성품 모습(B사 SAR 측정 시스템에 A사 프로브를 적용)	127
[그림 6-13] A사 SAR 측정 시스템에 B사 프로브를 적용한 모습	128
[그림 6-14] DCP 측정을 위한 측정장비의 구성도	129
[그림 6-15] DCP 측정결과(DCP=93 mV)	131
[그림 6-16] 프로브의 민감도 및 등방성 측정장비의 구성도	132
[그림 6-17] 프로브의 축 등방성 측정결과($f=1.8$ GHz)	131
[그림 6-18] 직립개방형 도파관을 이용한 교정시스템의 구성도	134
[그림 6-19] CF를 적용한 매질 내의 SAR 해석치와 측정치 결과	135
[그림 6-20] 시스템 성능 검사의 구성도	137
[그림 6-21] 시스템 성능 검사의 결과에 대한 SAR 분포도	138
[그림 6-22] 입력 전력 250 mW일 때의 SAR 측정 보고서(Report)	131

제1장 서론

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

본 연구에서는 RFID, AM송신국 전자파의 인체노출량 평가방법을 연구하여 측정기준(안)을 마련하였고, 최근 새롭게 이슈가 되고 있는 무선통신기기 전자파가 보청기에 미치는 영향문제를 국내 기준에 반영할지 여부를 판단하기 위한 선행연구를 수행하였다. 또한 휴대폰과 같이 인체에 밀착하여 사용하는 단말기의 전자파 인체 흡수율을 측정하기 위한 SAR 측정시스템에서 가장 중요한 요소 중의 하나인 프로브의 교정을 위한 범용 시스템의 개발 가능성을 점검해 보았다.

RFID는 비접촉식으로 비금속 장애물을 투과하고, 데이터의 읽기·쓰기가 가능하여 반영구적으로 사용할 수 있으며, 여러 개의 태그를 동시에 인식할 수 있고, 이동 중에도 인식이 가능하다는 특징이 있다. 현재, 교통카드, 주차 관리, 도서관리, 출입통제용 카드, 동물식별, 하이패스용 카드, 창고관리, 항공 물류, 유통 구매, 우편물 운송 등 다양한 분야에서 응용이 급속히 확대될 것으로 예상됨과 동시에 RFID에서 발생하는 전자파에 노출될 경우의 인체 영향의 우려도 있으므로 RFID 전자파의 인체노출량을 평가하기 위한 기준(안)을 마련하였다.

보편적인 정보와 문화의 전달 수단인 AM송신국은 낮은 언덕 및 평야지대에 위치하여 고출력으로 수 천 킬로미터까지 전파를 송신하고 있으나, 도심의 팽창 및 신도시의 개발 등으로 인하여 송신국 주변에 아파트 및 주택들이 들어서면서 전자파와 관련된 민원의 주요 요인으로 인식되고 있으며, 전자파

노출로 인한 국민의 막연한 불안감 해소와 안전한 전파이용 환경 마련을 위한 전자파노출량의 정확한 측정방법 필요성이 요구되고 있다. 본 연구에서는 AM송신소 주변의 정확한 전자파강도를 측정하는 방법에 대하여 집중 분석하였다.

무선통신기기에서 방출되는 전자파는 전혀 다른 측면에서 문제가 되고 있는데 그것은 보청기 착용자들이 휴대폰을 사용할 경우, 보청기에 간섭을 발생시킬 수도 있다는 것이다. 미국의 경우, 전체인구의 약 10%, 전 세계적으로 약 5억명 가량이 보청기 사용이 필요한 것으로 추정되며, 우리나라에서도 난청인구가 약 50만명에 이르고 있고, 그 수도 점차 증가하고 있다. 이에 따라 미국에서는 시장에 출시되는 휴대폰 중, 일부는 보청기에 미치는 영향 여부를 시험하여 합격된 제품만 출시하도록 허용하고 있다. 이는 소수의 사용자 또는 장애인에 대한 권익보호측면에서 필요한 조치이며, 필요한 경우 우리나라도 이 제도를 도입해야 한다고 생각되므로 그 타당성을 판단하기 위한 선행연구를 수행하였다.

휴대전화 등 무선통신기기의 전자파흡수율(SAR) 측정에서 가장 중요한 요소는 근거리 전기장 측정용 프로브이다. 현재 SAR 측정용 프로브 교정은 반드시 해당 시스템 제조업체에서만 하게 되어 있으며, 대부분 수입 장비인 SAR 프로브의 교정을 위해 고비용 및 장기간이 소요됨으로써 SAR 측정 시스템을 이용하는 많은 국내 산업체에 경제적 손실뿐만 아니라 시간적 손실, 기타 다른 요소들에 대해서도 부담이 되고 있는 실정이다. 따라서 국가 기관에서 다양한 SAR 프로브를 통합적으로 교정할 수 있는 표준 시험방법을 마련하여 교정 서비스를 국내 산업체에 제공할 필요성이 대두되어 이와 관련한 선행 연구를 수행하였다.

제2장 전자파 인체영향 연구 및 표준화 동향

제1절 IEC¹⁾(국제전기기술위원회) TC106

1. IEC TC106 개요

국제적으로 다양한 정보통신기의 출현으로 이 기기들로부터 발생하는 전자파에 대한 인체노출에 대한 관심과 우려가 증대됨에 따라 1999년 7월 IEC의 ACEC²⁾ TF(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, 금년에 개최된 10차 회의는 10월 6일부터 8일까지 삼일간 일본 도쿄에서 작업반 회의, 총회 및 PT 62232 회의가 개최되었다.

현재, IEC TC106 표준화에 참여하고 있는 국가는 우리나라를 비롯하여 총 34개국으로, 직접 표준화 작업에 참여할 수 있는 정식대표(P-member) 26개국, 단순 참가만 하는 참관자(O-member) 8개국으로 구성되어 있다(표 1 참조). TC106의 간사국은 캐나다이며, 간사는 캐나다의 Michel Bourdages이다. 그리고 의장은 미국의 Mr. Ronald C. Petersen가 맡고 있으며, 임기는 2012년 5월까지이다. 자세한 의장단 현황은 표 2에 기술하였다.

IEC TC106은 5개 작업반(working group)으로 구성되어 있으며, 현재까지 7개의 표준화 프로젝트가 진행되다가 2개의 표준화가 완료되었다. 표준화가 진행되고 있는 프로젝트를 살펴보면 현재 2개의 위원회 투표안 문서, 1개의 위원회안 문서, 1개의 초안 문서, 1개의 기술보고서 초안 문서가 있다. 표 3은 IEC TC106에서 수행하고 있는 표준화 프로젝트 현황을 보여주고 있다. 이외에도 규격으로 발간된 국제 표준 2건에 대하여 MT(maintenance) 기간이

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.

도래함에 따라 개정을 준비하고 있다. 현재까지 TC106에서는 9개의 표준을 발간하였으며, 그 현황은 표 4에 기술되어 있다.

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

표 2-1. IEC TC106의 위원국(member) 현황

구 분	위원국 현황	비 고
P-Member	Australia, Austria, Belgium, Canada, China, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Ireland, Italy, Japan, Republic of Korea , 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	Mr. Ronald C. Petersen	미국	2012년 5월까지 임기
간사	Mr. Michel Bourdages	캐나다	
보조간사	Thomas Fischer	독일	
IEC 기술자문관	Remy Baillif		

표 2-3. IEC TC106에서 수행중인 프로젝트 현황

프로젝트 번호 (책임자)	제 목	진행 단계
Project 62209-2 (Antonio Faraone)	Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices - Human models, instrumentation, and procedures Part 2: Procedure to determine the Specific Absorption Rate (SAR) for mobile wireless communication devices used in close proximity to the human body(frequency 30 MHz to 6 GHz)	CDV ³⁾
Project 62479 (Phil Chadwick)	Assessment of the compliance of low power electronic and electrical apparatus with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (10 MHz - 300 GHz)	CDV
Project 62232 (Peter Zollman)	Determination of RF fields in the vicinity of mobile communication base stations for the purpose of evaluating human exposure	CD ⁴⁾
Project 62630 (Antonio Faraone)	Guidance for evaluating exposure from multiple EM source	DTR ⁵⁾
Project 62334 (David Baron)	Measurement and Assessment of Human Exposure to High Frequency (9 kHz to 300 GHz) Electromagnetic Field	NP ⁶⁾

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

규격번호	제 목	발간일	MT기간	비고
IEC 62110	Measurement procedures of electric and magnetic fields generated by AC power systems with regard to human exposure	2009. 8.	2014	
IEC 62209-1	Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices - Human models, instrumentation, and procedures - Part 1: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the ear (frequency range of 300 MHz to 3 GHz)	2005. 2.	2010	MT1
IEC 62226-1	Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range - Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body - Part 1: Genera	2004. 11.	2010	
IEC 62226-2-1	Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range - Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body - Part 2-1: Exposure to magnetic fields - 2D model	2004. 11.	2010	
IEC 62226-3-1	Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range - Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body - Part 3-1: Exposure to electric fields - Analytical and 2D numerical model	2007. 5.	2011	
IEC 62233	Measurement methods for electromagnetic fields of household appliances and similar apparatus with regard to human exposure	2005. 10.	2010	
IEC 62311	Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz - 300 GHz)	2007. 8.	2010	
IEC 62369-1	Evaluation of human exposure to electromagnetic fields from short range devices(SRDs) in various applications over the frequency range 0 GHz to 300 GHz - Part 1 : Fields produced by devices used for electronic article surveillance, radio frequency identification and similar systems	2008. 8.	2010	
IEC 62577	Evaluation of human exposure to electromagnetic fields from a stand alone broadcast transmitter (30 MHz - 40 GHz)	2009. 8.	2012	

3) CDV : Committee Draft for Vote

4) CD : Committee Draft

5) DTR : Draft Technical Report

6) NP : New work item Proposal

2. 각 작업반(Working Group)별 표준화 진행상황

가. Working Group 1

WG1은 저주파수 대역(0 Hz - 100 kHz)의 전기장 및 자기장, 유도전류의 측정과 계산방법에 대한 일반 표준을 제정하고 있으며, 주요 역할은 저주파수 대역의 전기장과 자기장의 측정에 대한 표준 개발, 인체 내의 유도전류 계산 및 측정방법, 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 현행화 작업 여부가 2007년 3월, IEC TC106에 질의되어 각 국의 회람(106/126/DC) 후 각 국가 위원회의 의견을 106/141/INF(2007년 10월 19일) 문서로 취합하였다. 그 결과 새로운 MT2(maintenance team)가 TC106 내에 설치되었으며, 프로젝트 작업에 독일, 이탈리아, 프랑스, 영국 등 4개국이 참여하기로 하였다. 2009년 9월 25일에 IEC 61786과 EN 50413 규격을 통합하여 0~300 GHz 주파수 대역을 포함하는 새로운 기준을 제정하거나 다른 선택 사항으로 주파수를 저주파수와 고주파수대역으로 구분하여 기준을 제정하는 것이 어떤지에 대한 의견을 묻는 문서를 회람하였다. 그 결과, 3개국 찬성(AU, KR, US), 6개국 반대(FR, GB, GR, IT, JP, NL), 중립(DE)이라는 의견이 있었다. 최종적으로 2009년 10월 일본에서 개최한 TC106회의에서 MT2는 통합하지 않고 저주파수 대역 작업만 하기로 결정되었다. 이렇게 결정된 이유를 살펴보면, IEC 61876은 저주파수대역(15 Hz~9 kHz)에 대하여 전기장, 자기장의 측정장비, 측정방법, 불확정도 등 평가방법 관련 정보를 자세하게 다루고 있으나, EN 50413 규격은 광범위한 주파수대역(0~300 GHz)을 다루고 있고, 저, 고주파수대역에 대한 측정 및 계산 등 평가방법에 대하여 기본적인 방법만 다루고 있기 때문에 저주파수에 대한 평가방법에는 적합하지 않다는 결론을 내렸다. 그리고 2010년 1월 파리 회의에서 첫 번째 초안을 작성하기로 하였다.

나. Working Group 2

WG2는 저주파수 대역의 특정 소스에 의해 발생하는 전기장 및 자기장 특성 평가방법에 대한 국제 표준을 담당하고 있으며, 주요 역할은 가정용 기기, 전력선, 산업용 전력기기, 철도 등 특정 소스에 의해 발생하는 저주파수 범위의 전기장 및 자기장 측정에 대한 측정 장비와 방법의 표준을 개발하고 있다. WG2에서는 올해 표준화가 추진 중에 있던 IEC 62110가 2009년 8월 31일로 국제 표준으로 발간되었다. 주요 추진내용은 표 2-5와 표 2-6에서 자세히 기술하였다.

표 2-5. IEC 62110 프로젝트 개요

프로젝트 제목	AC 전력선에서 발생하는 전기장 및 자기장에 대한 인체 노출량 측정 절차 (Measurement procedures for electric and magnetic fields generated by AC power lines with regard to human exposure)
프로젝트 책임자	Yukio Mizuno (Nagoya Institute of technology)

표 2-6. IEC 62110 프로젝트 진행상황 및 관련문서

문서번호	회람일	단계	비고
106/75/NP	2004. 7. 16 - 2004. 10. 22	PNW ⁷⁾	새로운 표준으로 제안(일본)
106/85/RVN	2004. 12. 10	ANW ⁸⁾	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 ⁹⁾	위원회 두 번째 초안에 대한 각국의 의견 수렴
106/154/CDV	2008. 5. 30 - 2008. 10. 31	CDV	위원회 투표 문서
106/170/RVC	2009. 3. 6		위원회 투표안에 대한 투표 및 의견서
106/177/FDIS	2009. 5. 29 - 2009. 7. 31		국제 표준 최종안
IS	2009. 8. 31		국제 표준 발간

다. Working Group 3

WG3은 고주파 대역(100 kHz - 300 GHz)의 전자기장, 전자파흡수율(SAR) 측정 및 계산방법에 대한 국제 표준을 담당하고 있으며, 주요역할은 고주파수 범위의 전자기장에 대한 인체노출량 측정과 평가방법 표준화를 추진하는 것이다. WG3에서는 IEC 62334에 대한 표준화를 추진하고 있다. 주요 추진 내용은 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/DL	2004. 10.22.		
※ SMB/2924/DL에 의해 Preliminary 단계로 조정			

라. Working Group 4

WG4는 고주파수 대역의 특정 신호원에 의해 발생하는 전자기장 및 전자파 흡수율(SAR) 특성 평가방법에 대한 국제 표준을 담당하고 있으며, 주요 역할은 무선 통신기기, 기지국, 방송국 송신소 등 특정 전자기장 소스를 평가하기 위한 제품표준(product standard)을 개발하고 있다. 현재 WG4에서 추진

7) PNW : Proposed New Work

8) ANW : Approved New Work

9) ACDV : Draft approved for Committee Draft with Vote

되고 있는 프로젝트는 IEC 62209-2, IEC 62232, IEC 62577 등이 있으며, 이 중에서 IEC 62577은 2009년 8월 28일에 국제 표준(IS)으로 발간되었다. 자세한 내용은 표 2-9~16에서 기술하였다. 이 외에도 IEC 62209-1 표준에 대한 MT(maintenance) 기간이 도래하여 현행화 작업을 추진하기 위하여 TC106 내에 MT1을 신설하고 개정 작업을 수행하고 있다.

표 2-9. IEC 62209-2 프로젝트 개요

프로젝트 제목	30 MHz - 6 GHz 주파수 범위에서 전자파흡수율 측정 절차(Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices - Human models, instrumentation, and procedures Part 2: Procedure to determine the Specific Absorption Rate (SAR) for mobile wireless communication devices used in close proximity to the human body(frequency 30 MHz to 6 GHz)) Part 2: 인체에 근접하여 사용하는 휴대용 및 신체 부착용 기기의 SAR 측정 절차
프로젝트 책임자	Antonio Faraone
표준화 작업 추진일정	- 2009년 6월 30일 : FDIS 초안 발간 - 2009년 10월 31일 : 최종 검토 - 2009년 11월 1일 ~ 12월 31일 : NC 회람 - 2010년 1월 31일(예정) : 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
106/174/RVC	2009. 9. 18		위원회 투표안에 대한 투표 및 의견서

표 2-11. IEC 62232 프로젝트 개요

프로젝트 제목	이동통신기지국 주변에서 인체노출량을 평가하기 위한 RF 전자기장 측정 (Determination of RF fields in the vicinity of mobile communication base stations for the purpose of evaluating human exposure)
프로젝트 책임자	Peter Zollman
표준화 작업 추진일정	<ul style="list-style-type: none"> - 2009년 12월말 : CDV 회람 시작 - 2010년 5월말 : CDV 회람 마감 - 2010년 6월 ~ 9월 : FDIS를 위한 PT 미팅 - 2010년 10월 : FDIS 발간 예정

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	1CD	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
106/175/CC	2009. 5. 15		위원회안에 대한 의견서

표 2-13. IEC 62577 프로젝트 개요

프로젝트 제목	30 MHz - 40 GHz 주파수 범위에서 방송 송신기로부터 발생하는 전자기장에 대한 인체노출량 평가(Evaluation of human exposure to electromagnetic fields from a stand alone broadcast transmitter (30 MHz - 40 GHz))
----------------	--

표 2-14. IEC 62577 프로젝트 진행상황 및 관련문서

문서번호	희람일	단계	비고
106/148/CDV	2002. 10. 4 - 2003. 1. 10	CDV	위원회 투표안 무서
106/172/RVC	2009. 4. 3		위원회 투표안에 대한 투표 및 의견서
106/176/FDIS	2009. 5. 22 - 2009. 7. 24		국제 표준 최종안
IS	2009. 8. 28		국제 표준 발간

표 2-15. IEC 62630 프로젝트 개요

프로젝트 제목	다중 전자파 소스에 대한 인체노출량 평가 지침(Guidance for evaluating exposure from multiple EM source)
프로젝트 책임자	Antonio Faraone

표 2-16. IEC 62630 프로젝트 진행상황 및 관련문서

문서번호	희람일	단계	비고
106/173/DTR	2009. 5. 8 - 2009. 7. 10		기술 보고서 초안

마. Working Group 5

WG5는 일반 표준(generic standard)을 제정하고 있으며, 주요 역할은 제품군 표준이 적용되지 않는 전기·전자기기에 적용할 수 있는 일반 표준을 개발하는 것이다. 일반 표준에는 전기장, 자기장, 전자기장 등의 물리량으로 규정되는 기준레벨과 유도전류, 접촉전류 등의 물리량으로 규정되는 기본한계에 대한 만족여부를 판단하기 위한 적합성 시험방법 등이 포함된다. 현재 IEC 62479 프로젝트에 대하여 표준화를 추진하고 있다. 자세한 표준화 추진 현황은 표 2-17과 표 2-18에 기술하였다.

표 2-17. IEC 62479 프로젝트 개요

프로젝트 제목	10 MHz에서 300 GHz 주파수 범위에서 저전력 전기·전자기기에 대한 전자기장 인체노출과 관련하여 기본한계의 적합성 평가(Assessment of the compliance of low power electronic and electrical apparatus with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (10 MHz - 300 GHz))
프로젝트 책임자	Philip Chadwick

표 2-18. 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
106/189/RVC	2009. 9. 25	CDV	위원회 투표안에 대한 투표 및 의견서

제2절 ITU-T SG5

1. ITU-T SG5 개요

ITU(International Telecommunication Union, 국제전기통신연합)는 유선통신, 무선통신, 방송 및 위성통신 등과 관련한 국제표준 개발과 국가간 표준업무 조정을 목적으로 하는 UN 산하 국제기구로서 1865년 5월 17일 창설되어 지금까지 통신과 관련한 국제 표준화 활동을 활발히 수행하고 있다. ITU는 유선 전기통신 분야를 대상으로 하는 ITU-T, 무선통신분야를 총괄하는 ITU-R 그리고 개발도상국에 대한 협력과 기술지원 등을 목적으로 하는 ITU-D로 3개 분야로 나누어져 있다.

ITU-T 최상위 결정기구는 WTSA(World Telecommunication Standardization

Assembly : 세계 전기통신 표준화 회의)이다. WTSA 회의는 4년마다 개최되며 여기서는 당 회기동안 각 연구반(SG)으로부터 제출된 연구 보고서, 권고안 등을 검토하고 권고 및 연구과제에 대한 최종 승인 또는 유지, 종료 여부 등을 결정한다. ITU-T 산하의 TSAG(Telecommunication Standardization Advisory Group : 전기통신자문그룹)은 매년 1회씩 개최되며 전기통신 표준화 분야에 대한 우선순위 과제 검토 및 ITU 외부기구와의 연락 업무 등을 수행한다. 한편 ITU-T 산하 국제 표준화 활동을 실질적으로 수행하는 조직은 SG(Study Group :연구반)이다. 현재 ITU-T 산하에는 10개 연구반이 구성되어 있으며 각 연구반의 주요 임무는 표2-19와 같다. 따라서 여기서는 전자파 인체보호 임무를 다루는 ITU-T SG5의 활동 상황을 간단히 요약하여 기술한다.

표 2-19. ITU-T 연구반(SG) 구성 및 주요 임무

연구반	주요 임무
SG2 (서비스제공, 망운영)	국제번호, 어드레스 자원, 코드의 할당 및 관리 절차를 포함한 서비스 제공, 네트워크와 성능 등의 표준을 개발
SG3 (과금, 회계원칙)	국제 통신 서비스, 전기통신 관련 경제 및 정책적 이슈에 대한 과금 및 회계원칙을 연구하고 관련 표준을 개발
SG5 (전자파 환경 및 기후변화)	전자파 영향으로부터 안체 보호 및 통신망, 통신시스템 보호. 정보통신기술과 기후변화 관련 의제 연구 및 국제 표준 개발
SG9 (케이블망)	통합 광대역 케이블망, 텔레비전, 음성전송 분야에 대한 연구를 수행하는 그룹으로써 케이블 모뎀, 셋톱박스 등과 같은 유선 가입자망과 관련된 표준을 개발
SG11 (신호방식)	지능망, 시그널링 규격, 시그널링 프로토콜 분야 등 차세대 네트워크 개발을 담당
SG12 (QoS)	통신 서비스 품질 및 완결성 등에 대한 관련 연구 및 표준 개발
SG12/13 (차세대네트워크)	FGNGN(NGN Focus Group)을 중심으로 NGN 관련 연구
SG15 (광 전송)	광 가입자망, 광통신 기술 표준 및 xDSL 등과 같은 표준을 개발
SG16 (멀티미디어단말)	멀티미디어 서비스 및 응용 분야의 적합성 관련 연구를 수행
SG17 (보안)	정보보안, 언어 및 정보통신 소프트웨어 데이터통신에 대한 국제표준화 추진

가. ITU-T SG5 조직 구성

ITU-T SG5는 기존 정보통신시스템과 연계된 전자기 등의 관련 환경으로 통신망 및 통신설비, 인체안전 문제를 다루는 ITU 산하 연구반이었다. 그러나 2009년 5월 국제회의(2009.5.25~5.29, 스위스 제네바)에서 정보통신기술(ICT) 환경과 기후변화 관련 의제가 SG5 임무로 새로이 추가됨에 따라 SG5 연구조직이 확대 개편되었다. ITU-T SG5는 본회의 외에 아래 그림 2-1과 같이 3개 작업반(WP1, WP2, WP3)으로 구성되어 총 19개의 세분화 의제(Question)를 다루고 있다.

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

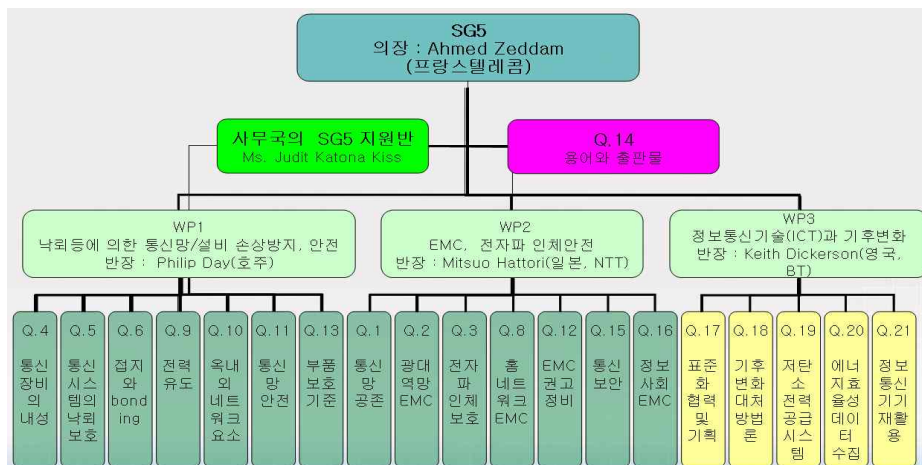


그림 2-1. ITU-T SG5 연구 조직

ITU-T SG5 의장은 프랑스 텔레콤의 Mr. Ahmed Zeddam이 맡고 있으며 현재 WP1 의장은 호주의 Mr. Philip Day, WP2 의장은 일본 NTT의 Mr. Mitsuo Hattori, 그리고 새로이 신설된 WP3 의장은 영국 BT의 Keith Dickerson이 맡고 있다.

2. ITU-T SG5 대응 국내 연구반 활동

국제 ITU-T SG5 활동과 관련한 국내 연구반은 현재 한국ITU연구위원회 산하 ITU-T SG5 연구분과와 기후변화 대응 연구분과로 이원화되어 운영되고 있다. 이는 기후변화 관련 의제가 SG5로 흡수되기 전에 각 의제에 대한 국제적 활동을 효율적으로 수행하기 위하여 국내 연구반을 이원화하여 운영되었으나, 금년 5월 국제회의에서 양 조직이 합병되어 기후변화관련 의제가 SG5내 WP3로 신설됨에 따라, 2010년 초에는 한국 ITU연구위원회 산하 ITU-T SG5 연구분과와 기후변화 대응 연구분과 간의 조정이 있을 것으로 예상된다.

한국 ITU 연구위원회 산하 ITU-T SG5 연구분과는 정보통신기기 전기안전 분야 및 전자파 환경 분야 산업체, 정보통신 지정시험기관, 연구소 등의 참여로 관련 분야에 대한 기고서 검토, 국가 기고서 제출 및 의제 분석 연구를 추진 중에 있다. 또한, 국내 관련 연구반 및 기관들과의 협력을 통해 ITU-T SG5 국제회의에서 우리나라 입장을 기고하고, ITU-T SG5에서 수집된 정보가 우리나라 기술기준, 표준 등의 제도에 반영될 수 있도록 노력하고 있다.

2009년도 2차례 개최된 ITU-T SG5 국제회의(5.25~29 제네바, 10.12~16 제네바)에서 우리나라는 총 20건의 기고서를 제출하여 반영함으로써 ITU-T SG5 연구 그룹에서 우리나라의 입지를 굳건히 하였다.

표 2-20. 2009년도 기고서 제출현황 및 결과

	제출 기고서 제목	결 과
5월 국제회의	노출량 평가 시간 단축을 위한 제안	차기 회의에서 조건을 부고하는 방안에 대한 기고서 검토후 논의
	교류전기철도 인근 통신선에서 유도전압을 측정할 때 도전성결합 영향에 대한 시험 결과	추가보완후 차기회의에 전력유도관련 핸드북에 반영 예정
	전위강하법에 의한 접지저항 측정의 전위전극 위치에 따른 오차를 현장 실험	접지관련 핸드북 개정에 반영 예정
	기후변화 이슈에 대한 새로운 WP 구조 제안	WP3 구조에 반영
10월 국제회의	ICT 온실가스 인벤토리 시스템 표준의 아이템 제안	표준화 제안이 통과됨
	ITU 기후변화 심포지엄 개최 결과	정보 제공으로서 발표됨
	ICT 제품에 대한 탄소발자국 계량화 방법론 개발 제안	표준화 제안이 통과됨
	ICT 제품에 대한 환경성 평가표지 개발 제안	추가적인 기고 및 관련 분석 활동을 통해 추후 표준화 추진 여부를 결정
	ICT 프로젝트에 대한 온실가스 산정 방법론 개발 제안	표준화 제안이 통과됨
	그린 데이터센터를 위한 지침 개발 제안	추가적인 기고 및 관련 분석 활동을 통해 추후 표준화 추진 여부를 결정
	ICT 제품에 포함되어 있는 희유금속의 재활용 정보 제공 방법	표준화 제안이 통과 되었으며, 다음 회의에 신규 표준초안 기고 예정
	한국 핸드폰 외부단자의 표준화	L1000 표준 초안에 반영
	금속성 재료를 포함한 광케이블 사용 현황	정보제공으로 발표됨
	인재 노출량 평가를 위한 평균 시간 감축을 위한 제안(2)	차기 회의에서 worst case 고려하여 반영
	ICT 기술이 다른 분야에 미치는 영향 평가의 중요성	표준화 제안이 통과됨
	ICT&CC 표준화를 위한 ISO TC207과의 협력	표준화 협력이 필요한 것으로 합의 다음회의에서 LS를 보내기로 함
	ICT&CC 표준화를 위한 ISO/IEC JTC 1과의 협력	표준화 협력이 필요한 것으로 합의됨. 다음 회의에서 적절한 협력문서(LS)를 보내기로 함
	데이터 센터의 에너지 효율에 대한 ISO/IEC JTC 1 스터디 그룹과의 협력	표준화 협력이 필요한 것으로 합의됨. 다음 회의에서 적절한 협력문서(LS)를 보내기로 함
	에너지 효율적인 ICT 인프라 서비스 메카니즘과 같은 유틸리티 컴퓨팅 서비스의 표준화 제안	표준화 필요성 공감대가 형성됨. 후속분석의 필요로 추가 연구 및 기고 요청
	소비자ICT 장비의 에코 관리 가이드에 대한 작업 아이템 제안	기고 내용에 대해서는 공감대가 형성. 권고 개발여부에 대한 추가기고 요청

3. 국제회의의 주요결과

가. WP3 신설 및 국내 대표단의 적극적 참여

2009년 5월 회의에서 ICT와 기후변화관련 의제가 ITU-T SG5 임무로 추가됨에 따라 SG5 내 새로운 작업반(WP3)이 신설되었고 작업반 내 5개 분야의 의제연구(Question)분야가 추가로 신설되었다.

이와 관련하여 ICT와 기후변화 관련 의제를 논의하는 WP3 부의장으로 국내

대표단의 김은숙 박사가 진출하였으며, 2009년 9월 우리나라는 ICT와 기후 변화에 관한 ITU 온라인 국제 심포지움을 개최하고 그 결과를 2009년 10월 국제회의에서 그 결과를 발표하는 등 신설된 WP3 작업반 활동에 적극적으로 참여하여 주도함으로서 국내 대표단의 입지를 강화하였다.

나. 전자파 노출량 평가방법 개정 추진

현재 ITU-T K.61 권고나 ICNIRP guideline에서는 전자파 인체노출량 평가를 위한 전자파강도 측정시간을 각 측정 지점에서 6분간 측정하여 그 평균값을 취하도록 규정하고 있다. 이러한 경우, 측정지점이 지나치게 많은 시간이 소요되는 어려움이 있다. 그러나 많은 무선국은 거의 일정한 출력으로 전파를 발사하고 있어 한 지점에서 6분간 측정한 평균값이나 이보다 적은 시간동안 측정하여 평균한 값 사이에는 큰 차이가 없다. 따라서 국내에서는 전자파 강도 측정기준(전파연구소고시 제2008-17호)에서 전자파 강도 측정은 특정 지점에서 6분간 측정하여 평균값을 취함을 원칙으로 규정함과 동시에 1분 이상 6분 미만으로 측정하여 6분 평균값을 얻을 수 있는 경우, 측정시간을 단축하여 측정할 수 있도록 규정하고 있다. 이와 같이 무선국 전자파 측정시간을 단축할 수 있는 국내 기준이 국제표준으로 반영되도록 하기 위하여 우리나라는 실제 국내 무선국 7개소에서 10초, 20초, 30초, 40초, 50초, 1분, 2분, 3분, 6분간 측정하여 평균한 값 사이에 차이가 얼마나 발생하는지를 살펴보았으며 그 결과 1분 측정 평균값과 6분 측정 평균값 사이에는 차이가 거의 없음(0.5dB 이하)을 확인하였다. 따라서 그 결과를 ITU-T 국제회의에 측정시간을 단축하여 측정할 수 있도록 기고서로 제안하였다.

그러나 특수한 일부 무선국의 경우 측정시간 축소는 6분 평균값과 차이가 있을 수 있음을 우려하여 측정시간 단축을 적용할 수 있는 조건을 명시하기로 하였으며 2010년도에서 worst case에 대한 각국의 기고서를 검토하여 관련 내용을 현재 신규권고 제정 작업 중에 있는 K.guide에 반영할 예정으로 있다.

다. 접지관련 핸드북 개정

안전한 통신망 구축을 위해 ITU가 발행하는 접지와 bonding 핸드북은 접지 저항 측정법을 제시하고 계속적인 수정을 실시하고 있으며 이에 우리나라는 전위강하법에 의한 접지저항 측정시 전위전극 위치에 따른 오차율 현장 실험결과를 제출하여 ITU 접지와 bonding 핸드북에 해당정보를 기재하도록 기고하였다. 이번에 기고한 내용은 3점 전위강하법에 의해 접지저항을 측정할 때, 접지전극과 전류전극 사이에 전위전극을 위치하여 측정할 때, 전위전극 위치에 따른 측정오차범위를 현장실험에 기초하여 제시함으로써 접지관련 핸드북 이용자에게 정보를 제공하기 위함이다. 접지저항 측정에 대한 우리나라의 제안이 측정결과에 바탕을 둔 제안이므로 다른 국가의 이의 없이 접지와 bonding 핸드북에 반영하기로 결정하였다.

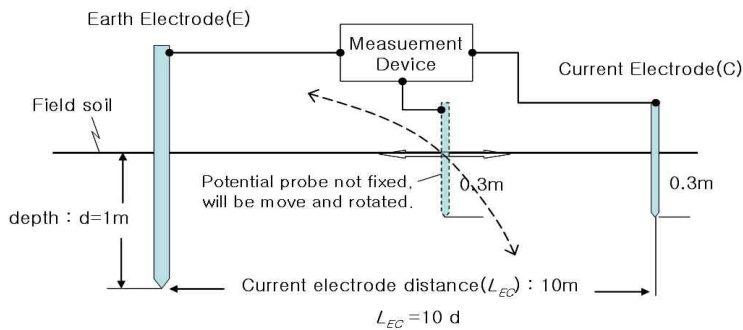


그림 2-2. 접지저항 측정시 전위전극 위치에 따른 오차율 현장 실험

라. 국내 휴대폰 충전단자 표준 ITU 표준 초안으로 채택

2009년 10월 국제회의에서는 휴대폰 단자에 대한 국제 표준이 논의 되었으며 휴대폰 충전단자에 대한 표준으로 GSMA의 마이크로 USB와 중국의 Mini-USB 및 우리나라의 20핀 충전단자를 국제표준에 반영하여 L.1000 국제표준 초안으로 승인되었다. 국내 휴대폰 제조회사에서 주로 이용하는 충전단자를 국제 표준으로 반영함으로써 우리나라의 휴대폰 충전단자를 제조하는 중소 산업체 입지를 강화하였다.

제3장 RFID 기기의 전자기장 인체노출량 평가방법 연구

제1절 개 요

RFID는 Radio Frequency IDentification의 약자로서, 전파를 이용하여 사물(물건, 사람 등)의 정보를 비접촉식으로 인식, 처리, 활용하는 기술을 말한다. 즉 정보를 기록한 RFID 태그(tag)를 사물에 부착하고 태그의 안테나와 리더의 안테나가 약속된 주파수의 전파를 이용하여 통신을 함으로써 정보를 주고 받게 된다. 이러한 RFID 기술은 저주파(LF), 고주파(HF), 초고주파(UHF) 및 마이크로파(M/W) 등 다양한 주파수 대역의 전파를 이용한다.

RFID 기술은 1930년대 아군기와 적군기를 식별하기 위하여 미 해군 연구소(Naval Research Laboratory : NRL)에서 개발한 아군기/적군기 식별(Identification Friend-or-Foe) 시스템이 시초로 알려져 있으며, 이제 이러한 RFID 기술은 언제, 어디서나, 누구와도 의사소통을 할 수 있는 유비쿼터스(Ubiquitous) 전파환경의 핵심 단말기술로서 우리 인류의 삶의 질을 한 단계 높여줄 수 있는 기반기술로 인식되고 있다.

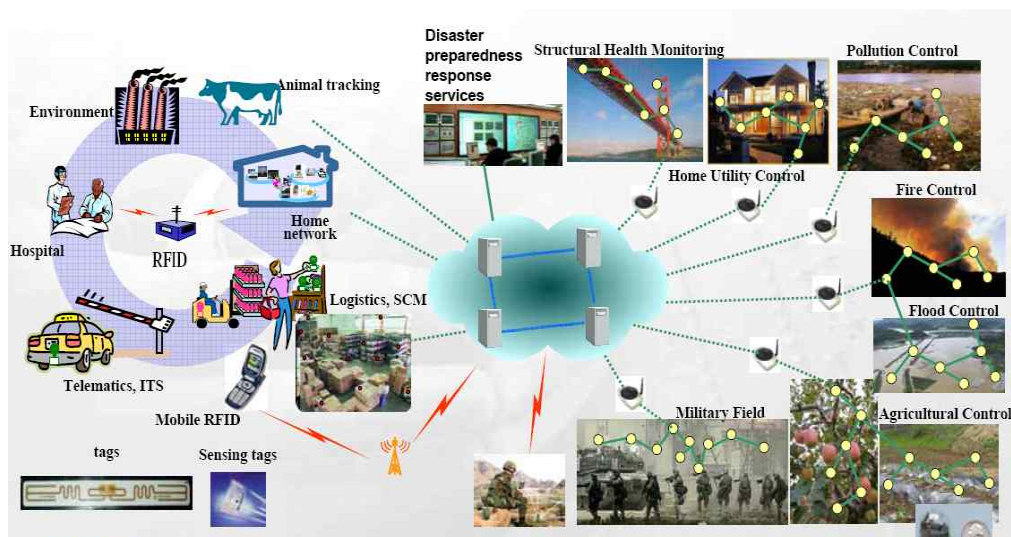


그림 3-1. RFID 응용 분야

RFID 기술은 비접촉식으로 비금속 장애물을 투과하고, 데이터의 읽기·쓰기가 가능하여 반영구적으로 사용할 수 있으며, 여러 개의 태그를 동시에 인식할 수 있고, 이동 중에도 인식이 가능하다는 특징 때문에 현재, 교통카드, 주차관리, 도서관리, 출입통제용 카드, 동물식별, 하이패스용 카드 등에 응용되고 있으며, 이 밖에도 창고관리, 항공물류, 유통 구매, 우편물 운송 등 다양한 분야에서 응용이 급속히 확대될 것으로 예상된다.

전파를 이용한 다양한 종류의 무선기기와 무선 서비스의 등장은 우리의 삶을 보다 편리하게 만드는 반면, 이러한 무선기기 이용으로 인하여 우리는 생활공간 어디에서나 전자파에 노출된 채 살아가야 하는 문제점이 발생한다. 즉 RFID란 무선기술 발전이 우리의 생활을 편리하고 풍요롭게 만들어 주지만, 이러한 무선기기에서 발생하는 전자파로 인하여 일반 국민들의 막연한 불안감은 점차 증대되고 있다.

현재 국내 기준으로 볼 때, RFID용 무선기기는 인체보호기준을 반드시 준수해야하는 대상기기가 아니다. 따라서 인체보호기준 준수여부를 평가할 방법이나 절차 등에 대한 규정이나 기준이 없다. 여기서는 RFID용 무선기기에 대한 인체보호기준 평가방법(안)을 마련함으로써 향후 전자파 인체보호기준 적용 대상기기 확대에 대비하고 RFID 기술을 기반으로 하는 본격적인 유비쿼터스 시대의 진입에 대비하고자 한다.

제2절 RFID 기술 및 국내외 산업 동향

1. RFID 시스템 개요

RFID 시스템은 일반적으로 그림 3-2에서처럼 리더와 태그로 구성된 시스템을 말한다. 이 시스템은 통신망 또는 인터넷 망을 통해 서버(미들웨어) 등과 연결되어 다양한 응용 서비스를 제공할 수 있다. 태그를 부착한 물체가 리더의 인식 범위에 위치하게 되면 리더는 태그에 질문(interrogation)을 보내고, 태그는 리더의 질문에 응답하면서 태그의 정보를 리더에게 전달하게 된다. 이때 수동형 RFID의 경우, 리더로부터 송출된 전자파를 후방산란변조(back-scattering modulation)시켜 리더에게 되돌려 보내는 방식으로 정보를 전달하게 된다. 태그에 의해 후방산란된 전자파는 태그의 정보에 따라 리더

에서 송신된 전파의 진폭이나 위상을 변화시키며 이렇게 변조된 전파를 리더가 다시 수신하여 해독함으로써 태그가 가진 정보를 인식하게 된다. 수동형 태그는 별도의 전원을 가지지 않으며, 단순히 리더에서 송신한 전파를 반사하거나 혹은 자신의 구동 전력을 얻기 위하여 리더로부터 송출되는 전자파를 정류하여 자신의 전원으로 이용하는 방식으로 운용된다. 따라서 수동형 RFID는 태그의 소형화나 경량화, 반영구적인 사용이 가능한 반면, 미약한 세기로 후방산란되는 전파를 이용하므로 태그의 인식 범위가 짧은 거리로 제한되는 한계가 있다.

한편 능동형 RFID는 태그가 자체 전원을 가진다. RFID 시스템의 리더 신호에 의해 태그가 활성화되면 태그는 자체 전원을 이용하여 자신이 가지고 있는 정보를 리더에게 전달한다. 따라서 능동형 RFID 제품은 수동형에 비해 보다 먼 거리까지 정보를 전달할 수 있다.

한편, RFID 시스템은 무선접속 방식에 따라 상호유도(Inductive coupling) 방식과 전자기파(Electromagnetic wave) 방식으로 나뉘어진다. 상호유도 방식의 RFID 제품은 대부분 근거리(1m 이내)용으로 이용되며 주로 루프형 안테나를 이용하여 구현된다. 반면, 전자기파 방식의 RFID 제품은 중장거리용으로 이용되며, 대부분 LP 안테나와 같이 막대형 안테나를 이용하여 구현된다.

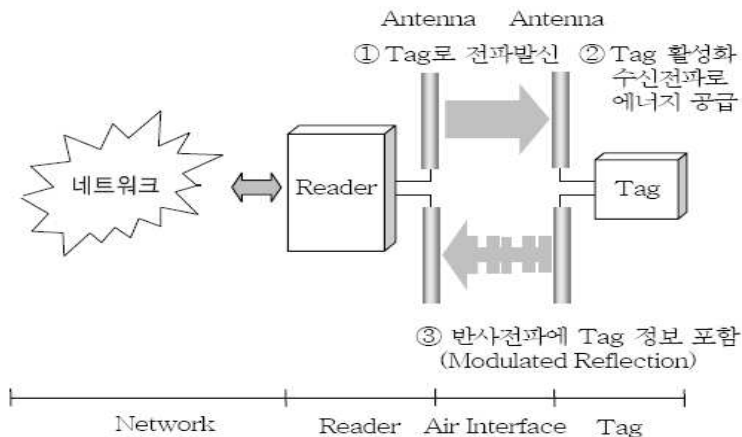
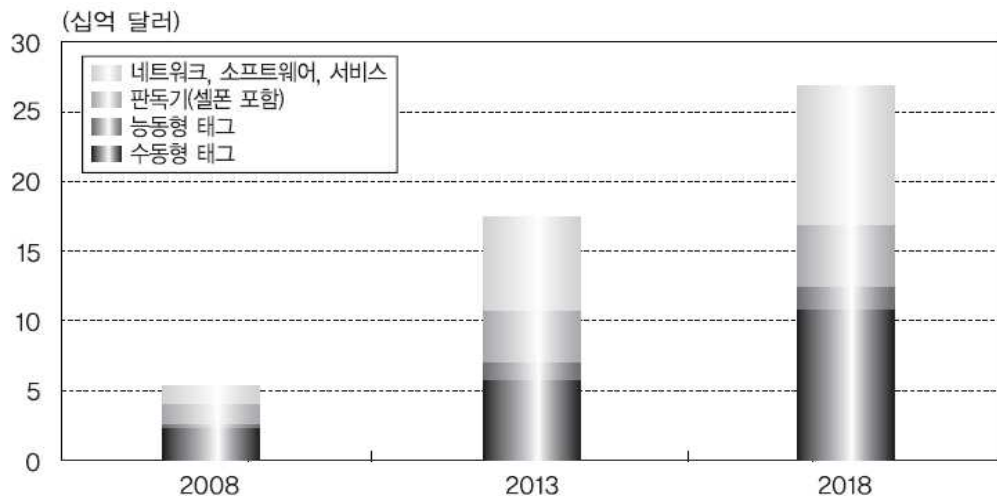


그림 3-2. RFID 시스템 구성 및 동작 개요(수동형)

2. RFID 국제시장 동향 및 전망

RFID 시장 규모와 관련하여 IDTechEx사의 RFID 시장 전망자료를 참조하여 ETRI에서 예상하는 RFID 세계 시장 규모는 2008년 50억 달러에 이르고 2013년에는 170억 달러, 2018년에는 260억 달러 이상에 이를 것으로 예상하고 있다. 2008년 현재 RFID 시장은 태그와 리더를 포함한 하드웨어 제품이 RFID 시장의 대부분을 차지하고 있으나 향후 RFID 소프트웨어 및 서비스 부문의 비중이 큰 폭으로 증가할 것으로 전망하고 있다.

2008년 현재 RFID 국제시장은 한국, 일본, 중국을 포함한 동아시아 시장이 전 세계 RFID 시장의 52.8%를 차지하여 가장 큰 비중을 차지하고 있으며 2013년 36.3%, 2018년에는 40.6%로 그 비중이 다소 감소할 것으로 예상하나 여전히 가장 높은 세계시장 점유율을 유지할 것으로 전망하였다. 2008년 현재 국가별 RFID 시장 규모로는 미국과 중국 시장이 가장 큰 비중을 차지하고 있으며 다음으로는 일본, 영국, 한국, 독일 순으로 나타났다. 한국의 경우 유무선 통신 네트워크 및 IT 산업의 발전에 힘입어 다양한 종류의 RFID 서비스 산업이 발전할 수 있을 것으로 예상된다.



[출처 : IDTechEx사의 RFID 국제시장 전망 자료를 참고한 ETRI 예상자료]

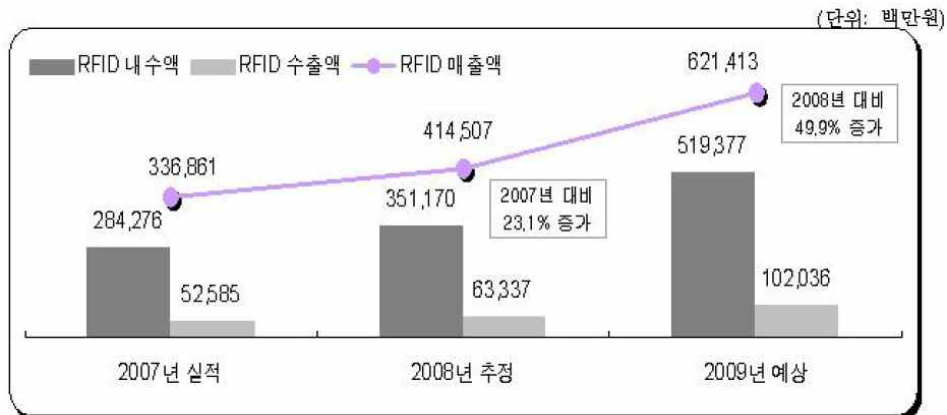
그림 3-3. RFID 국제시장 전망(2008~2018)

3. RFID 국내시장 동향 및 전망

국내 RFID/USN 협회에서는 2008년 12월 보고서에서 국내 RFID 시장 규모를 다음과 같이 예측하였다. 2007년 국내 RFID 제품 관련 국내 시장 규모는 총 매출액 규모로 336,861백만원이었으며 2008년 414,507백만원, 2009년도에는 621,413백만원으로 2008년도 대비 2009년에는 49.9% 증가할 것으로 예상하였다.

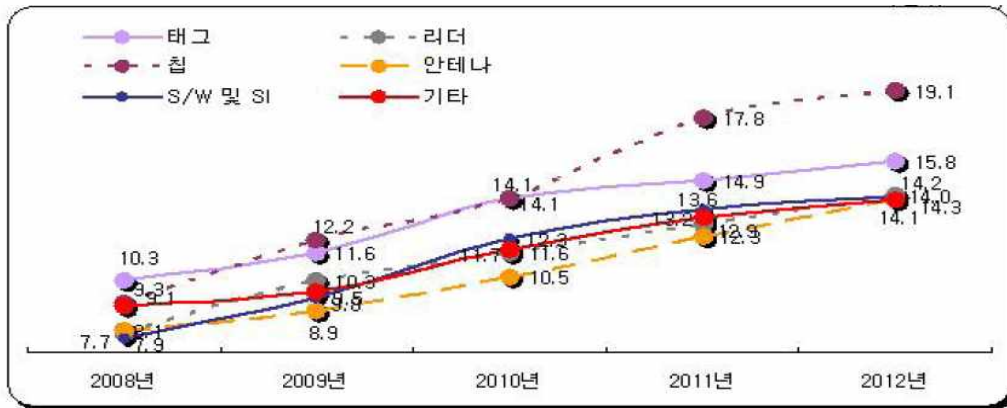
국내 RFID 제조업체에서는 아직까지 수출보다는 내수의 비중(약 80%)이 상대적으로 크며 당분간은 국내 수요를 중심으로 RFID 산업이 발전할 것으로 예상하였다. 이는 RFID 제품 및 서비스 이용에 대한 국내외 시장은 아직은 활성화 되지 않은 초기 단계에 머물고 있으나, 국내의 경우 상대적으로 외국에 비해 우수한 유무선 통신 인프라를 갖추고 있어 RFID를 이용한 다양한 서비스 구현이 가능하기 때문에 수출보다는 상대적으로 내수 수요가 아직은 큰 비중을 차지하면서 국내 RFID 산업이 발전해 갈 것으로 예상된다.

한편, 국내 RFID/USN 협회에서는 국내 제조업체에서 RFID 기술 분야별 성장 전망을 그림 3-5와 같이 예측하였다. 2008년에는 RFID 태그 관련 산업이 가장 큰 비중을 차지하였으나 향후 3~4년 후에는 RFID 칩 분야가 가장 크게 성장할 것으로 예상하였다.



[※ RFID/USN 협회 자료 참조]

그림 3-4. 국내 RFID 제조업체 매출 규모변화 (2007~2009)



[※ RFID/USN 협회 자료 참조]

그림 3-5. 국내 RFID 기술 분야별 성장 전망 (2008~2012)

이는 그림 3-3에서 살펴본 것과 같이 IDTechEx사에서 예측한 RFID 국제 시장 전망과 다소 차이가 있다. 즉 IDTechEx사는 RFID 관련 산업 중 소프트웨어 및 서비스 관련 분야가 향후 가장 크게 성장할 것으로 예상한 반면, 국내 RFID/USN 협회에서는 소프트웨어 및 서비스 관련 분야 성장을 다소 낮게 예상하였다. 이는 국내 RFID/USN 협회에서 2008년 12월 발표한 산업 실태 보고서는 국내 RFID 관련 하드웨어 제조업체를 중심으로 설문을 통하여 관련 산업 성장을 예상하였기 때문에 서비스 산업 분야의 발전을 상대적으로 간과하여 나타난 결과로 보인다. 향후 RFID 국제시장에서 소프트웨어 및 서비스 관련 산업이 크게 성장할 것이라는 전망은 국내 RFID 관련 산업체 입장에서는 긍정적인 요인으로 작용할 것으로 보인다. 아래의 표 3-1에서 보듯이 국내 RFID 관련 산업 분야중 현재 국내 기술 자립도가 가장 높은 분야는 RFID 관련 소프트웨어 산업 분야이므로 소프트웨어를 중심으로 한 다양한 RFID 관련 서비스를 개발함으로써 국제 시장에서 경쟁력을 갖춘 산업으로 발전할 수 있을 것으로 예상되기 때문이다.

4. 국내 RFID 기술보유 현황

RFID 시스템을 구성하는 핵심 기술 분야는 태그, 리더, 안테나 및 S/W로 나누어 볼 수 있다. 이와 같은 기술 요소들에 대하여 국내 RFID/USN 협회

에서 자체 분석한 산업 실태 조사보고서에 따르면 현재 우리나라의 RFID 기술수준은 선진국에 비해 전반적으로 1~2년 정도 기술격차를 보이는 것으로 조사되었으며 RFID 태그와 리더, 칩 등 RFID를 위한 주요 핵심부품들은 아직까지 상당 부분 수입에 의존하고 있는 것으로 조사되었다. 표 3-1에 따르면 국내 RFID 공급기업의 자체 기술 개발율은 응용 소프트웨어 분야가 73.1%, 미들웨어 62.3%로 상당히 높은 반면 하드웨어 분야의 태그와 리더는 각각 34.7%, 47%로 분석되었으며 안테나는 자체기술 개발율이 47.1%로 정도로 조사되었다.

다른 주파수 대역과는 달리, 433 Mhz 대역 RFID 제품의 경우 태그와 리더의 자체기술 개발율이 96.7%와 100%로 상당히 높게 나타나는데 이는 국내에서 433 Mhz 대역 RFID 제품을 공항, 항구 등과 같이 컨테이너 집하장 용도에서만 쓸 수 있도록 제한하였기 때문에 범용적인 목적의 외국산 RFID 제품이 국내에 수입되지 못해 나타난 결과로 보인다. 433 Mhz 대역을 제외한 RFID 태그 및 리더 제품의 경우, 외국산을 수입하여 판매하는 율이 약 30% 정도에 이르는 것으로 조사되었다.

표 3-1. 국내 RFID 공급업체 기술 보유도 현황

제품분류		응답수	자체개발	국내산 도입	외국산 도입	공동개발
H/W 분야	태그	계	34.7	31.3	27.5	6.5
		(131)				
		135kHz이하	44.7	16.7	35.3	3.3
		(15)				
		13.56MHz	37.5	30.9	23.7	7.9
		(43)				
	리더	433MHz	96.7	0	0	3.3
		(3)				
		900MHz	31.8	30.5	31.3	6.4
		(55)				
		2.45GHz	58	4	33.3	4.7
		(15)				
	안테나	계	47	25.1	22	5.9
		(143)				
		135kHz이하	66	0	25.5	7.5
		(20)				
		13.56MHz	62.8	19.8	11.7	5.7
		(46)				
S/W 분야	응용 S/W	미들웨어	73.1	13.4	46	8.9
		(57)				
기타 분야	기타	기타	75.5	4.4	15	5.1
		(55)				

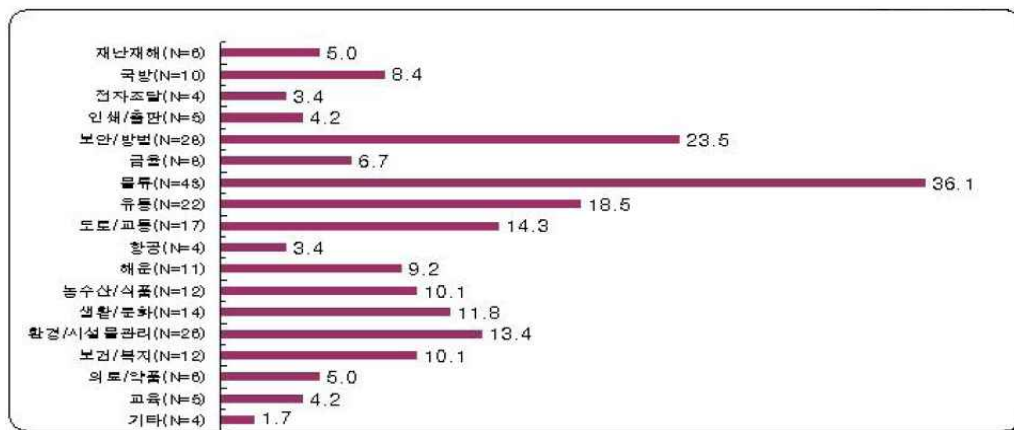
[※ RFID/USN 협회 자료 참조]

5. 응용 서비스별 시장 전망

국내 RFID 제조업체에서 예상하는 RFID 관련 응용서비스 활성화 예상 분야는 물류 및 유통 분야에서 가장 높게 나타났으며, 보안 및 방법 분야, 도로/교통 분야에서의 활용이 향후 높을 것으로 예상하고 있다.

RFID가 물류산업에 응용될 경우, 부품조달 과정은 물론, 제조 및 생산, 공급망 관리, 창고 관리, 판매 관리, 배송 관리, 운송 관리, 반품 및 회수 관리, 폐기물 처리 관리 등 물류과정 전반에 활용될 것으로 예상된다. 실제로 물류 부문은 상품의 포장 관리, 그리고 표준 팔레트와 컨테이너의 사용으로 RFID 태그의 부착 이용이 용이하기 때문에 현재 RFID의 기술혁명이 가장 활발히 이루어지고 있는 부문이며 RFID를 이용한 물류 산업은 원가절감 및 물류정보의 실시간 제공, 물품·자산의 가시성 확보, 데이터의 정확성 증가, 생산 능력 확대와 작업효율성 증대, 계획·수요예측·자원 할당 능력 증가 등의 효과를 기대할 수 있다.

한편 지금도 많은 기관에서 이용하고 있는 방문자 출입 통제와 같은 보안/방법 분야는 공공기관 및 일반 기업뿐만 아니라 향후 가정까지 확대 도입됨으로써 지속적으로 성장할 것으로 예상되며, 차량의 위치추적 서비스나 도로 및 교통정보 제공 등 도로/교통 분야에서의 RFID 이용이 지금보다 큰 폭으로 증가할 것으로 예상된다.



[※ RFID/USN 협회 자료 참조]

그림 3-6. RFID 관련 응용서비스 활성화 예상 분야

제3절 RFID 각국 규제현황 및 국제 표준화 동향

1. RFID 각국 규제현황

미국 FCC는 1997년 무선기기 전자파로부터 인체 안전을 위하여 OET Bulletin 65 “Evaluating Compliance with FCC Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields”로 제정, 공포하였으며 그 내용은 현재, 미국 법령 47 CFR 2.1091, 47 CFR 2.1093, 47 CFR 1.1306, 47 CFR 1.1307, 47 CFR 1.1310조 등에 규정되어 있다. 미국도 우리나라와 유사하게 무선기기 전자파로부터 인체 보호를 위한 규정을 표3-2과 표3-4와 같이 전자파 강도와 전자파인체흡수율(SAR)로 각각 구분하여 규정하고 있으며 모든 고정 무선국이나 무선기기는 표 3-2에서 규정한 전자파 강도 기준을 만족하도록 규정하고 있다. 한편 휴대 또는 이동이 가능한 무선기기는 해당 기기를 이용할 때 인체와 이격되는 거리에 따라 SAR 기준 또는 전자파 강도 기준을 적용하도록 규정하고 있다. 즉 인체에 밀착하여 사용하거나 혹은 인체와 20 cm 이내의 거리에서 이용하는 무선기기는 휴대용 무선기기(portable device)로 분류하고 있으며 이러한 무선기기는 SAR 기준을 만족하도록 규정하고 있다.

반면 이동 가능한 무선기기중 인체와 20 cm 이상 이격되어 이용되는 무선기기는 이동형 무선기기(mobile device)로 정의하고 있으며, 이러한 무선기기는 전자파강도 기준이나 SAR 기준중 편리한 기준을 적용할 수 있도록 규정하고 있다. 그러나 SAR 보다는 전자파 강도를 측정하는 것이 보다 간편하기 때문에 FCC는 이동형 무선기기에 대하여 전자파 강도 측정방법을 이용하기를 권고하고 있다. 그리고 필요하다면 인체안전 이격거리를 명시한 라벨을 해당 기기나 이용자 매뉴얼 등에 부착하도록 규정하고 있다.

한편 미국 FCC에서는 이동형 무선기기(mobile device)중 일정한 출력 이상의 무선기기만을 인체보호기준 적용 대상기기로 정하고 있다. 즉 1.5 GHz 이하 주파수를 이용하는 이동형 무선기기는 유효복사전력(ERP) 1.5 W 이상의 무선기기만을 인체보호기준 적용 대상기기로 규정하고 있으며, 1.5 GHz 이상 주파수를 이용하는 이동형 무선기기는 유효복사전력(ERP) 3 W 이상의 무선기기만 인체보호기준 적용 대상으로 하고 있다.

표 3-2. 미국 전자파강도 인체보호기준

Frequency Range (MHz)	Electric Field Strength (E) (V/m)	Magnetic Field Strength (H) (A/m)	Power Density (S) (mW/cm ²)	Averaging Time E ² , H ² or S (minutes)
0.3-3.0	614	1.63	(100)*	6
3.0-30	1842/f	4.89/f	(900/f ²)*	6
30-300	61.4	0.163	1.0	6
300-1500	--	--	f/300	6
1500-100,000	--	--	5	6

(a) 직업인 대상

Frequency Range (MHz)	Electric Field Strength (E) (V/m)	Magnetic Field Strength (H) (A/m)	Power Density (S) (mW/cm ²)	Averaging Time E ² , H ² or S (minutes)
0.3-1.34	614	1.63	(100)*	30
1.34-30	824/f	2.19/f	(180/f ²)*	30
30-300	27.5	0.073	0.2	30
300-1500	--	--	f/1500	30
1500-100,000	--	--	1.0	30

(b) 일반인 대상

표 3-3. 미국 전자파강도 적용대상 이동용 무선기기(mobile device)

구분	적용 대상 기기
1.5 GHz 이하 이동용 무선기기	출력 1.5 W (ERP) 이상
1.5 GHz 이하 이동용 무선기기	출력 3 W (ERP) 이상

표 3-4. 미국 전자파흡수율(SAR) 기준

구분	전신 (W/kg)	국부(W/kg)	사지(W/kg)
일반인	0.08	1.6	4.0
직업인	0.4	8.0	20.0

- ※ 주 1) 국부 SAR값은 조직 1g에 대한 평균이며 사지의 경우는 10g 평균임
 주 2) SAR 기준은 100 kHz ~ 6 GHz 대역 휴대용 무선기기(portable device)에만 적용함
 주 3) 6 GHz 이상 휴대용 무선기기(portable device)는 전자파 강도 기준을 적용함
 (5cm 이상의 이격거리에서 측정)

이와 같이 미국에서 해당기기가 운용되는 상태에서 통상 인체와의 이격거리가 20 cm를 초과하는지에 따라 휴대용 무선기기(portable device)와 이동형 무선기기(mobile device)로 구분하고 있으며, 휴대용 무선기기(portable device)는 SAR 기준 만을, 이동형 무선기기(mobile device)는 SAR 기준 또는

전자파강도기준을 적용할 수 있도록 하고 있다. 이처럼 이격거리 20 cm를 기준으로 SAR 기준과 전자파강도 기준을 각각 구분하여 적용하는 이유는 6 GHz 이하의 주파수를 이용하는 무선기기에서 신뢰할 수 있는 전자파 강도를 측정할 수 있는 최소 거리가 20 cm 정도라고 FCC는 판단하기 때문이다. 그리고 6 GHz 이상의 주파수에서는 파장이 더 짧아지기 때문에 이격거리 5 cm에서도 신뢰할 수 있는 전자파 강도를 측정할 수 있다고 판단하고 있다.

이러한 미국의 규정에 따르면 RFID 제품의 경우, 해당 기기가 통상 이용 환경에서 인체와의 이격거리가 얼마인가에 따라 인체안전을 위한 적용 기준이 달라짐을 의미한다. 이와 같은 20cm 이격거리를 기준으로 휴대용 무선기기(portable device)와 이동형 무선기기(mobile device)를 구분하고 SAR 기준과 전자파강도 기준을 각각 달리 적용하는 미국의 규정은 모든 무선 기기에 대하여 일원화된 원칙을 제시하는 긍정적인 측면이 있으나, 한편으로는 해당 규정을 적용하는 데는 다소 어려움이 따를 것으로 예상된다. 즉 무선기기의 통상 운영 상태에서 인체와의 이격거리가 20 cm 이내인지 또는 20 cm를 초과하는지 여부는 이를 판단하는 개개인의 주관에 따라 다르게 판단할 수 있기 때문이다. 미국 FCC 홈페이지를 참조해 보면 휴대전화의 경우, 전자파인체흡수율(SAR) 기준을 적용함을 명확하게 알 수 있으나 이를 제외한 많은 다양한 종류의 소출력 무선기기에 대하여는 어떠한 기준을 적용하는지에 대한 명확한 설명이나 실제로 인증된 예제 등에 대한 정보를 찾을 수 없다. 현재 유통되는 RFID 기기 대부분은 출력이 낮은 소출력 기기(Short Range Device)의 범주에 속해 미국 내에서 전자파 인체보호기준을 적용받지 않거나 혹은 인체와 일정한 이격거리를 두고 운용되는 기기로 간주하여 전자파강도 측정대상기기로 분류하면서 인체안전 이격거리를 라벨로 명시한 형태로 하여 제품이 인증되는 것으로 추정된다.

한편 일본이나 유럽에서 RFID 기기는 출력, 주파수, 발사율 등과 같이 무선 기기간 전파간섭 발생을 방지하기 위한 규정(즉 국내의 경우 “무선설비규칙”에 해당)을 강제로 적용할 뿐, 전자파 인체보호기준은 적용하지 않고 있다.

현재 국제 시장에서 유통되는 RFID 기기는 제품 유통이나 물류 관리를 목적으로 하는 제품이 가장 큰 비중을 차지하는데 이 경우 일반인은 일정한 이격거리에서 RFID 시스템에 노출될 뿐만 아니라 노출되는 시간도 단시간에 불과하여 전자파에 의한 인체안전을 염려할 수준은 아닌 것으로 판단된다. 한편 교통카드나 건물 출입통제, 주차관리 등과 같은 목적의 RFID 제품은

일반인이 가까운 위치에서 전자파에 노출되는 형태이기는 하나, 해당 제품은 출력이 상대적으로 낮을 뿐만 아니라 일반인은 전파를 발사하지 않는 수동형 태그만을 몸이 지니고 있으므로 RFID 기기 이용으로 인한 전자파의 인체 영향은 걱정할 필요가 없다.

한편, 심장질환자중 일부는 MICS(Medical Implant Communication System)와 같은 인체이식형 의료기기를 심장 근처에 이식한 상태로 평생을 살아간다. 이러한 인체이식형 의료기기는 심장내 정보를 전파를 통해 외부로 전달하며, 의사는 외부 송신기를 이용하여 인공 심장 박동수 등의 명령을 인체내 이식형 의료기기에 전달한다. 따라서 이러한 인체이식형 의료기기는 강한 외부 전자파에 순간적으로 노출되더라도 기기의 오동작이 발생할 수 있다. 인체 이식형 의료기기에서 오동작이 발생한다는 것은 환자에게 치명적인 영향을 줄 있다. 따라서 RFID를 포함한 다양한 전파발생기기로부터 인체 이식형 의료기기의 오작동이나 장애를 최소화하기 위하여 일부 국가에서는 다양한 대책을 강구하고 있다. 미국의 경우, 미식품의약청(FDA)에서는 심장 박동기 등 이식형 의료기기와 EAS 등 보안 시스템과의 장애 현상이 일어날 수 있다는 보고서를 통하여 이러한 영향을 최소화하기 위하여 RFID나 EAS를 이용하는 위치에는 “EAS 시스템 사용 중”이라는 경고 라벨을 부착하도록 권고하고 있으며, 일본 무선인식 협회(JAISA)에서도 RFID 기기로부터 인체이식형 의료기기 사용자를 보호하기 위하여 RFID 기기를 설치한 장소에는 RFID 기기가 동작중임을 알려주는 라벨을 일반인이 쉽게 볼 수 있는 곳에 부착하도록 권고하고 있다.

2. 국내 기술기준 현황

현재 우리나라에서 RFID용 무선기기는 전자파 인체보호기준 적용 대상기기가 아니다. 따라서 RFID용 무선기기는 국내 인체보호기준에서 정하는 전자파 강도나 전자파 흡수율을 강제로 적용할 수 없다.

한편 국내 무선설비규칙(방송통신위원회고시 제2008-137호, 2008.12.31)에서는 전파 자원의 효율적 이용과 관리를 위하여 모든 무선기기에 대하여 강제 기술기준을 정하고 있으며, 무선설비규칙에서 정하는 RFID 기술기준은 표 3-5와 같다.

동물관리나 수도관 위치 확인과 같은 분야에서 많이 이용되는 125 kHz와 133 kHz 대역 RFID는 외국과 유사하게 국내에서도 별도의 주파수분배 없이 미약전계강도 기준 범위 내에서 RFID 제품을 이용할 수 있도록 하고 있다.

국내에서 13.56 MHz, 433 MHz, 910 MHz 주파수 대역은 RFID/USN용으로 주파수를 분배하고 있으며 특히 433 MHz 주파수 대역은 항만, 내륙 컨테이너 집하장 등에서 컨테이너 집하-관리용으로만 쓸 수 있도록 세부 용도를 제한하고 있다. 한편, 국내외적으로 가장 광범위하게 사용되는 910 MHz 대역 RFID는 국내 주파수 정비계획과 RFID/USN 산업계의 요청에 따라 기존 908.5~914 MHz 대역에서 917~923.5 MHz 대역으로 주파수를 이전하였으며, 해당 주파수 대역에서 200 kHz 주파수 간격으로 총 32개 RFID 채널을 이용할 수 있도록 정하고 있다. 910 MHz 대역 RFID 제품은 채널에 따라 최대 3 mW에서 4 W 까지 출력을 이용할 수 있으며 모든 RFID 제품은 주파수 호핑방식(HFSS)이나 송신전 감지 방식(LBT), 또는 2% 이하의 듀티사이클을 가지도록 제한함으로써 채널간 전파 간섭을 예방할 수 있도록 규정하고 있다.

표 3-5. 국내 RFID 기술기준 및 응용 분야

주파수 범위	응용 분야	출력	대역폭	용 도 (주파수 분배표)
125 kHz 133 kHz	가축관리, 출입통제	0.075 μ W [500 μ V/m@3m]	제한없음	미약전계강도 무선기기
13.56 MHz	교통카드, 출입통제	7.5 mW [47.544 mV/m@10m]	16 kHz	RFID/USN용
433.67 - 434.17 MHz	컨테이너 집하 관리	3.6 mW	리더 500 kHz 태그 200 kHz	RFID/USN용 (컨테이너 관리 장소에 한함)
917 - 923.5 MHz (FHSS, LBT, or 2% 듀티 적용)	물류/유통 관리	3mW ~ 4 W (EIRP)	200 kHz	RFID/USN용
2.427 - 2.453 GHz 2.434 - 2.465 GHz 2.439 - 2.470 GHz	이동체 식별, 위치 추적	EIRP 30 W 안테나 20 dB+300 mW	26 MHz 31 MHz 31 MHz	이동체 식별용

한편 2.45 GHz 대역은 국제 주파수 분배표상 산업·과학·의료용(ISM) 주파수 대역으로 분배되어 있어 국제적으로 RFID/USN용 제품이 많이 이용되고 있다. 그러나 국내의 경우 2.45 GHz 대역은 RFID/USN용이 아닌 이동식별체용

으로 분배되어 있다. 따라서 국내에서 이용되는 2.45 GHz 대역 RFID 제품은 무선설비규칙에서 정한 이동체 식별용 국내 기술기준을 만족하여야 하며 주로 주차관리나 물체의 위치추적 등에 이용되고 있다.

3. 국제전기기술위원회(IEC) 표준화 동향

국제전기기술위원회(IEC)에서는 근거리 무선통신기기의 전자파 인체 노출량 평가방법과 관련한 표준을 제정하고 있으며, RFID기기에서 발생하는 전자파 노출량 평가방법은 IEC 62369-1에서 규정하고 있다.

해당 국제표준(IEC 62369-1)은 아일랜드 국가위원회에서 제안하여 2002년부터 제정 작업이 시작되었으며 2008년 8월에 국제표준으로 발간되었다.

표 3-6. IEC의 RFID기기에 대한 노출량 평가 표준화 진행 현황

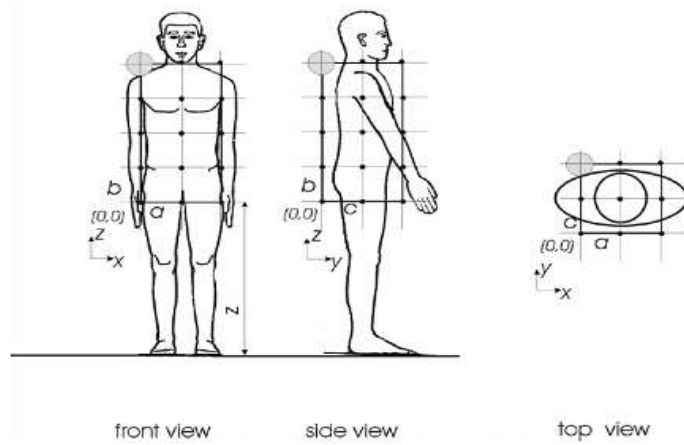
문서번호	회람일	단 계	비 고
106/41/NP	2002. 10. 4 - 2003. 1. 10	PNW	새로운 표준으로 제안(아일랜드 국가위원회)
106/54/RVN	2003. 3. 14	ANW	프로젝트 번호 부여 프로젝트 승인
106/80/CD	2004. 9. 3 - 2004. 12. 3	1CD	위원회 초안
106/105/CC	2005. 10. 14	ACDV	위원회 초안에 대한 의견 수렴 CDV 문서 발간 승인
106/111/CDV	2006. 4. 28 - 2006. 9. 29	CCDV	위원회안에 대한 투표 문서
106/147/RVC	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

IEC 표준에서 제시하는 RFID에 대한 평가방법을 간략히 살펴보면, 전자파 인체노출량 평가방법을 3단계로 제시하고 있다. 먼저, 1단계에서는 기준레벨과의 비교를 위한 직접 측정방법을 제시하고 있으며, 2단계에서는 좀 더

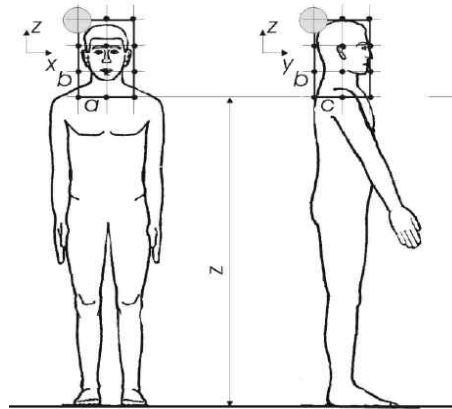
복잡한 측정이나 계산 방법, 그리고 3단계에서는 기본 한계와 비교를 위한 상세한 모델링과 해석 기술을 제시하고 있다. 하지만, 이러한 모든 상황은 피시험기기의 사용 환경에 따라 적절히 적용할 것을 권고하고 있다.

본 표준 문서에서 제시하고 있는 세부적인 전자기장 노출량 평가방법은 전자파 인체보호와 관련하여 일반적으로 알려진 모든 평가방법들을 나열하고 있는 수준이다. 여기서 나열하고 있는 평가방법들을 살펴보면 먼저, 전자파인체보호기준에 대한 적합성 확인을 위한 전자파 측정방법을 기술하고 있으며, 이 측정방법은 직접측정과 공간평균측정으로 세분화하여 규정하고 있다. 두 번째 제시되는 측정방법은 SAR 측정방법이다. 이 방법은 국부 SAR 평가, 전신 평균 SAR 평가방법이 제시되고 있다. 이외에도 기본 한계(Basic Restriction)와의 비교를 위한 수치해석적 평가, 비균질 모델을 이용한 평가, 사지 및 접촉전류 측정을 제시하고 있다. 그러나 여기서는 전자파 측정방법과 관련하여 공간평균 측정방법에 대하여는 상세히 기술하고 있는 반면, SAR 측정방법, 수치해석적 평가방법, 비균질 모델을 이용한 평가방법, 사지 및 접촉전류 측정방법 등은 원론적인 이야기만 간단히 기술하고 있을 뿐, 상세한 방법이나 절차 등은 별도로 설명하지 않고 있다. IEC 62369-1에서는 RFID 무선기기의 다양한 이용형태를 상세히 열거하면서, 각각의 이용형태에 따라 인체가 노출되는 부분(몸통, 머리)에 대해 전자기장의 공간 평균값을 어떤 위치에서 측정해야 하는지에 대하여 상세히 설명하고 있다. IEC 62369-1에서 규정하고 있는 공간평균 측정방법을 요약하면 다음과 같다.

그림 3-7은 IEC 62369-1에서 제시하고 있는 공간 평균측정을 위한 몸통과 머리의 측정간격 및 측정 지점을 보여준다. 그림에서와 같이 몸통은 85 cm 높이에서 15 cm 간격으로 45 지점에서 측정하도록 하고 있으며 머리는 145 cm 높이에서 10 cm 간격으로 36 지점에서 측정하도록 규정하고 있다. 이렇게 측정지점에서 측정된 전자기장의 세기를 산술평균하여 전자기장의 공간 평균을 구하도록 하고 있다.



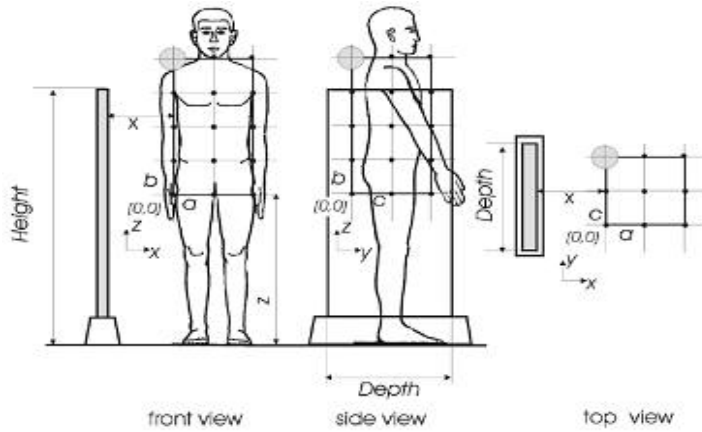
(a) 몸통 측정 간격 및 측정 지점



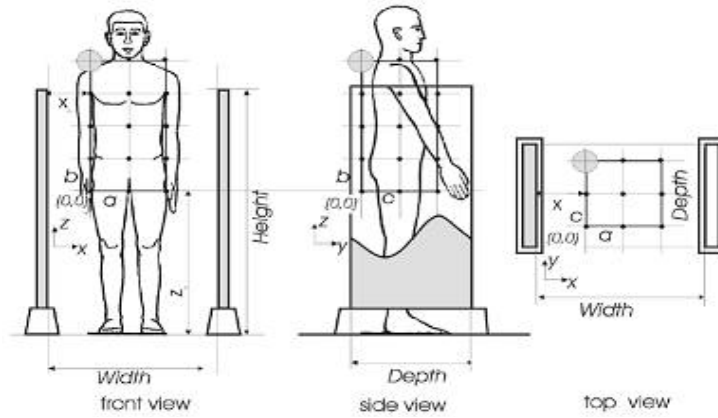
(b) 머리 측정 간격 및 측정 지점

그림 3-7. 몸통 및 머리에 대한 측정 간격과 측정 지점

또한, IEC 표준 문서에서는 몇 가지 기기의 형태별 공간 평균 측정방법을 제시하고 있는데, 그림 3-8에 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 제시하고 있다.



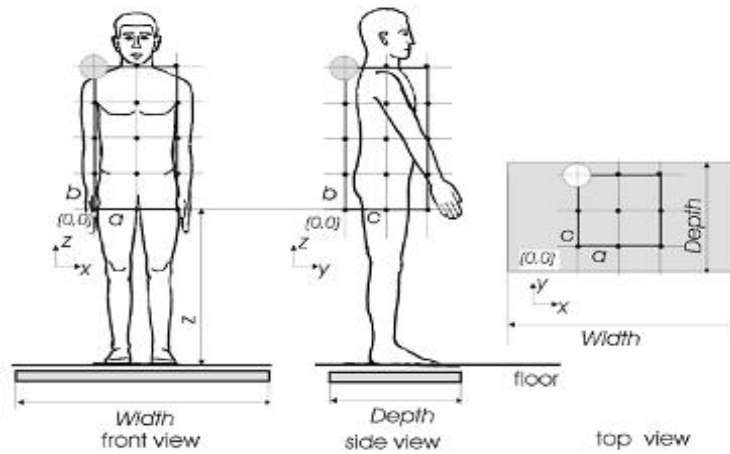
(a) 단일 바닥지지 안테나



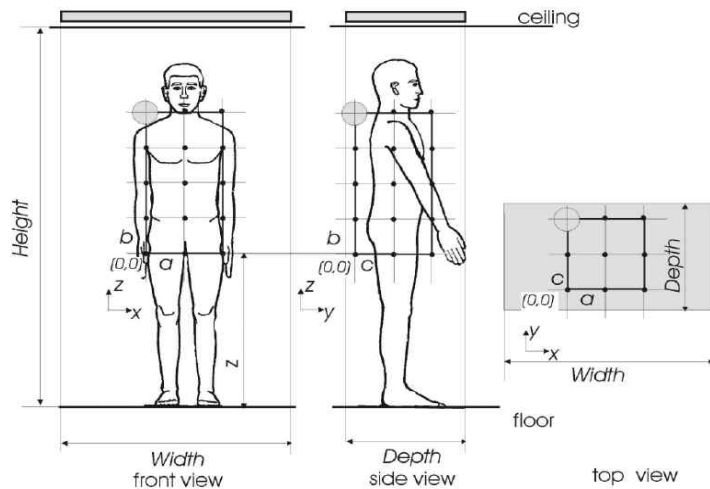
(b) 이중 바닥지지 안테나

그림 3-8. 바닥 지지형 안테나로부터 전자기장 측정

그림 3-9는 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 제시하고 있다.



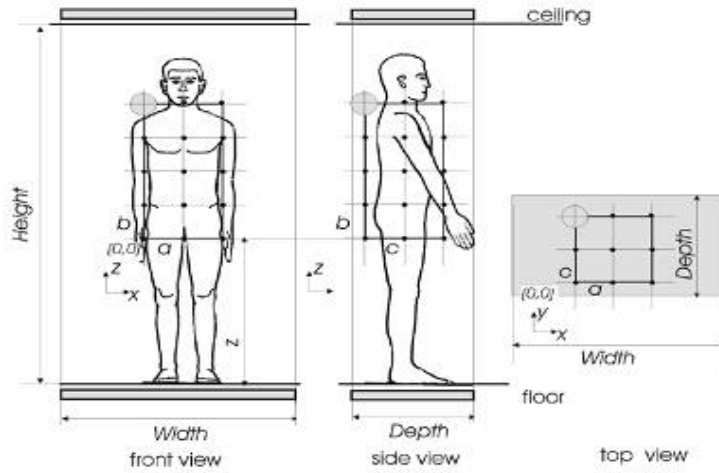
(a) 단일 마루 설치형 안테나



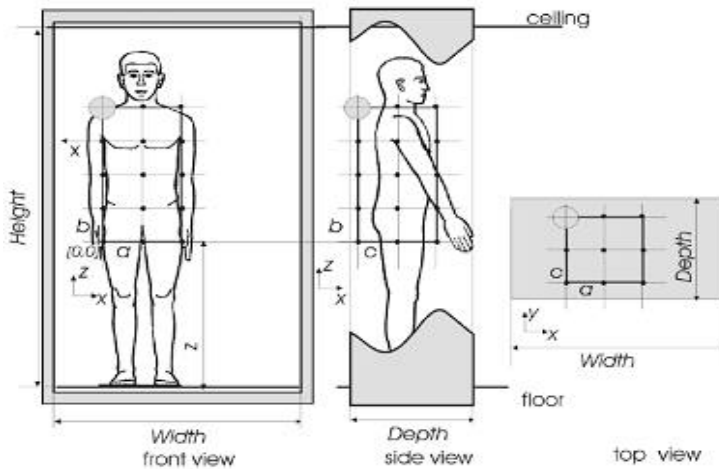
(b) 천장 설치형 안테나

그림 3-9. 마루 및 천장 설치형 안테나로부터 전자기장 측정

그림 3-10은 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.



(a) 천정 및 마루 설치형 안테나



(b) 터널 설치형 안테나

그림 3-10. 천정 및 마루 설치, 터널형 설치 안테나로부터 전자기장 측정

그림 3-11과 그림 3-12는 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 3-12는 벽면 설치형 안테나의 경우로서 앞서 제시된 측정간격과 동일하다.

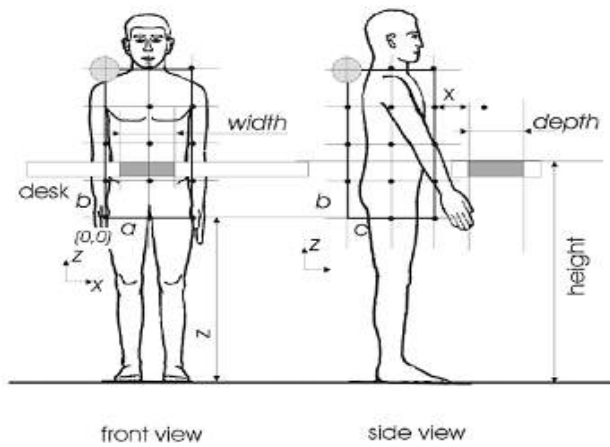


그림 3-11. 테이블 설치형 안테나로부터 전자기장 측정

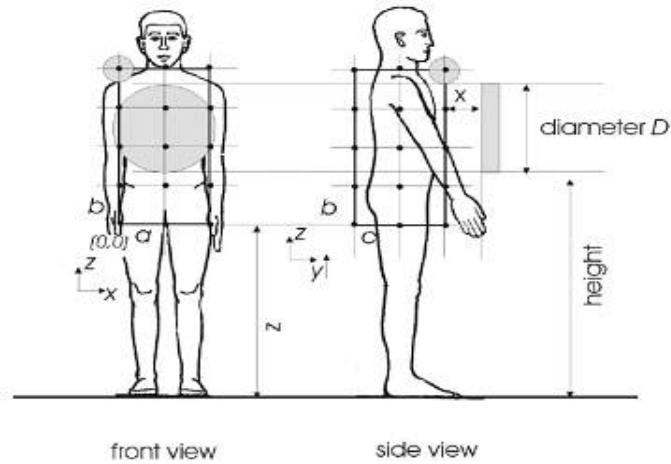


그림 3-12. 벽면 설치형 안테나로부터 전자기장 측정

마지막으로 제시된 기기의 형태는 손에 들고 사용하는 형태(hand-held device)이다. 그림 3-13과 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.

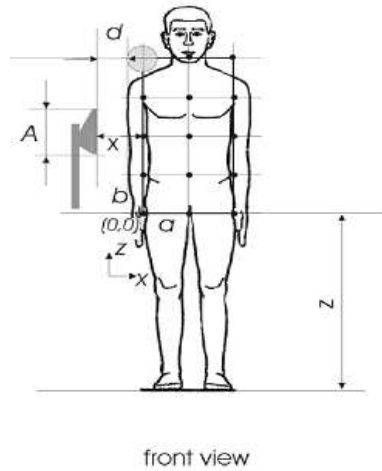


그림 3-13. 손에 들고 사용하는 RFID 기기로부터 전자기장 측정

제4절 RFID 기기의 전자파 인체노출량 평가방법 검토

1. RFID 시스템 구축

RFID 기기의 전자파 인체노출량 평가방법을 마련하기 위하여 그림 3-14 (a) ~ (e)와 같이 국내에서 유통 중인 5개 주파수 대역의 RFID 제품을 구매하여 IEC에서 제시하는 이격거리와 공간상의 지점에서 전기장 및 자기장 강도 등을 측정하였다. 한편, 실험을 완료한 후 이번 연구를 위하여 구매한 RFID 제품을 실험실에 전시하여 RFID 제품이 우리 생활 속에서 실제로 어떻게 이용되고 있는지를 일반인이 쉽게 이해하고 체험할 수 있도록 하였다.



(a) 125 kHz RFID 시스템
출입통제용($11 \times 11 \times 2 \text{ cm}^3$)



(b) 13.56 MHz RFID 시스템
전자지불시스템($7 \times 11 \times 1 \text{ cm}^3$)



(c) 433 MHz RFID 시스템
컨테이너 관리용($30 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$)



(d) 910 MHz RFID 시스템
제품, 물류 관리용($30 \times 20 \times 6 \text{ cm}^3$)



(e) 2.45 GHz RFID 시스템
물류 관리용($50 \times 50 \times 1 \text{ cm}^3$)

그림 3-14. 2009년 연구용 RFID 시스템

2. 적합성 평가방법 세부 검토

가. 측정 물리량

무선기기의 전자파로부터 인체 영향을 평가할 수 있는 물리량으로는 전기장, 자기장, 전자파인체흡수율(SAR), 유도전류 등을 들 수 있다. 이와 같이 다양한 물리량에 대하여 인체보호기준을 적용하는 원칙은 다음 3가지 관점으로 나누어 살펴볼 수 있다.

먼저 주파수에 따라 전자파 인체영향은 다르게 나타나며 이로 인해 인체 영향 평가를 위해 측정하는 물리량이 달라질 수 있다. 낮은 주파수의 전자파는 인체 전신, 또는 인체 신체 일부와 공진하는 등 거시적인 신체 부분과

직접 반응하는 효과를 낳는 반면, 높은 주파수의 전자파는 인체를 구성하는 원자나 분자 레벨에서의 분극과 같은 미시적인 효과를 통해 인체에 영향을 준다. 즉 낮은 주파수의 전자파는 인체 전신 또는 인체 일부와 공진함으로써 인체 내부에 유도전류를 생성하는 효과를 낳는 반면, 높은 주파수의 전자파는 인체를 구성하는 원자나 분자 레벨에서의 공진을 야기하여 인체 내 특정 부위의 온도를 상승시키는 효과를 야기한다. 따라서 낮은 주파수의 전자파는 인체 내 유도전류나 자기장을 측정하여 인체영향 정도를 평가하는 반면, 높은 주파수의 전자파는 인체 내 특정부위의 온도 상승을 측정함으로써 전자파 인체영향 정도를 평가한다. 인체 내부온도 상승은 주로 인체 내 전기장 강도를 측정(SAR 값)한 후 이를 환산하여 구한다. 여기서 유도전류 또는 인체내부 온도상승을 측정하는 기준 주파수에 대한 명확한 기준은 없다. 다만 IEC 등에서는 통상 100 kHz 이하의 주파수에 대하여 유도전류나 자기장을 측정하도록 권고하고 있으며 300 MHz 이상의 주파수에서는 전기장을 측정하도록 권고하고 있다. 그러나 IEC 62369-1에서는 50 MHz에서 약 1 m 거리까지를 유도형 근거리장 노출 환경(inductive near-field exposure)으로 간주하며, 유도형 근거리장에서는 자기장을 이용하여 측정하도록 제안하고 있다. 즉 전자파 인체노출환경이 1 m 이하인 RFID 시스템의 경우, 50 MHz까지도 자기장을 측정 물리량으로 할 수 있도록 권고하고 있는 것이다. 이는 125 kHz나 13.56 MHz RFID 시스템의 경우, 전자파 인체노출량 평가기준으로 유도전류나 자기장을 이용할 수 있음을 의미한다.

저주파수 전자파에 의한 인체영향은 주로 유도전류 형태로 나타난다는 것은 일반적으로 알려진 원칙이기는 하나, 아직까지 대부분의 국가에서는 실제 인체보호기준으로 유도전류를 규정하지는 않고 있다. 이는 전자파에 의해 인체 내부에 유도되는 유도전류의 세기가 작을 뿐 아니라, 이 작은 세기의 유도전류를 측정하는데 많은 오차가 수반되어 유도전류를 정확히 측정할 수 없기 때문이다.

그림 3-14 (a)와 (b)에서 주어진 125 kHz, 13.56 MHz RFID 시스템의 전자파가 실제 인체에 얼마만한 크기의 유도전류를 생성하는지 알아보기 위하여 그림 3-15에 주어진 클램프형(HI-3702, HOLIDAY) 및 스탠드형(8850B, NARDA) 유도전류 측정기를 이용하여 유도전류를 측정하였다. 그러나 RFID 시스템에 의해 인체에 유도된 유도전류를 어떠한 측정기에서도 측정할 수 없었다. 측정대상

FRID 제품을 인체에 밀착한 경우, 0.01 mA 이하의 작은 전류 변화는 감지되었으나 클램프형과 스탠드형 유도전류 측정기 모두에서 측정기 최대감도 이하의 크기변화 정도만 보였을 뿐, 측정기 감도를 초과하는 유도전류는 관측되지 않았다. 따라서 125 kHz 및 13.56 MHz RFID 시스템에 대하여 인체보호기준으로 유도전류 기준을 적용하는 것은 현실적으로 불가능하다.



(a) 클램프형 (HI-3702, HOLIDAY)



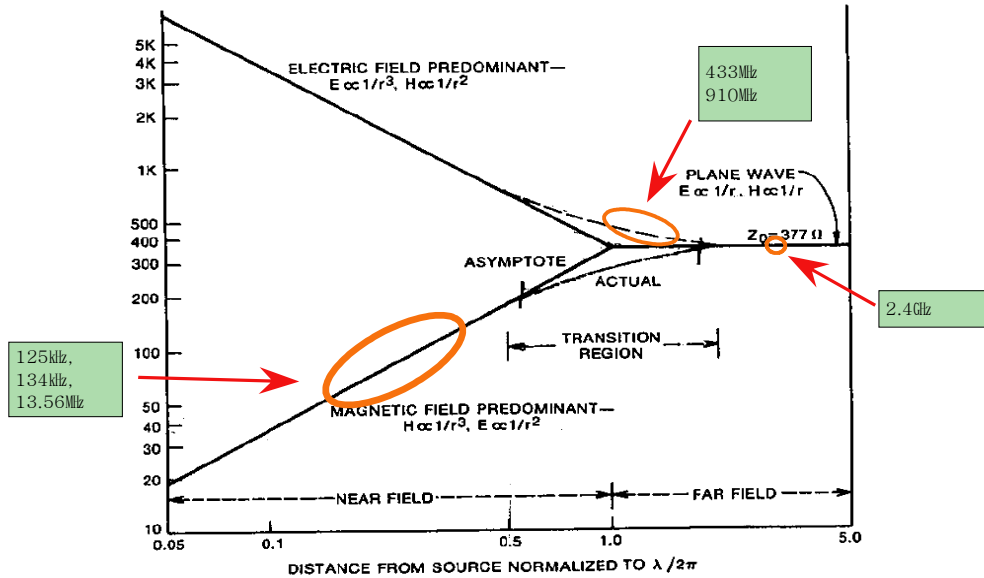
(b) 스탠드형 (8850B, NARDA)

그림 3-15. 유도전류 측정기

한편, 또 다른 관점에서 살펴볼 수 있는 것은 안테나의 출력원이 주로 어떠한 요소에 의존하는가 하는 점이다. 그림 3-16과 같이 안테나 출력원이 전압원에 의존하는가 아니면 전류원에 의존하는가에 따라 근거리장(near field) 영역에서는 측정 물리량이 달라져야 한다. 일반적으로 원거리장(far field) 영역에서는 전기장(E) 이나 자기장(H) 세기가 모두 이격거리(r)에 반비례하여 감소하며, 공간 임피던스는 377Ω 으로 일정하므로 전기장이나 자기장중 어떠한 물리량을 측정하여도 무방하다. 전기장이나 자기장 세기중 어떤 하나의 물리량을 안다면, 다른 물리량은 $E/H=377\Omega$ 의 관계식을 이용하여 쉽게 구할 수 있기 때문이다. 그러나 지금까지 관례상 통상적으로 원거리장에서는 자기장보다는 전기장을 우선하여 측정해 오고 있다.

한편, 근거리장과 원거리장을 구분하는 기준은 학자나 서적마다 일부 다르게 정의하기는 하나, 일반적으로 그림 3-16과 같이 $\lambda/(2\pi)$ 를 기준으로 근거리장과 원거리장을 구분한다. 그리고 그림과 같이 $\lambda/(2\pi)$ 지점을 중심으로 일정한 간격을 전이 영역(Transition region)으로 정의한다. 그리고 근거리장 영역중 전이영역보다 안쪽의 영역을 반응성 근거리장(reactive near field) 영역이라

하는데 이 영역에서의 전자파는 안테나에서 외부로 전파(propagation)하기보다는 대부분 안테나와 다시 결합한다.



※ 출처 : Noise reduction techniques in electronic systems, Henry W. Ott, Wiley

그림 3-16. 근거리장/원거리장 구분 및 공간 임피던스 특성 변화

따라서 이 공간에서의 전기장이나 자기장 세기는 거리 r 에 반비례하는 것이 아니라 r^2 이나 r^3 에 반비례하는 특성을 나타내며 전기장 또는 자기장에 따라 거리에 반비례하는 특성이 다르게 나타난다. 따라서 반응성 근거리장 영역에서는 공간 임피던스가 일정한 값(377Ω)이 아니며 안테나 출력원의 특성에 따라 377Ω 보다 크거나 혹은 377Ω 보다 작게 나타나게 된다. 즉 안테나 출력원이 주로 전압에 의존하는 경우, 반응성 근거리장 영역에서는 전기장이 자기장보다 상대적으로 높은 값을 가지며 공간 임피던스는 377Ω 보다 크게 나타난다. 이와 같이 안테나 출력원이 주로 전압에 의존하는 경우는 다이폴 안테나와 같이 막대형 안테나에서 주로 나타난다. 반면, 루프 안테나와 같은 형태의 안테나는 안테나 출력원 소스로 주로 전류를 이용한다. 따라서 반응성 근거리장 영역에서 전기장 보다는 자기장이 더 높은 값을 가지며 공간 임피던스는 377Ω 보다 작은 값을 가지게 된다. RFID 무선기기는 제품 종류나 응용 형태 등에 따라 인체가 노출되는 이격거리가 각각 달라 근거리장 영역인지

또는 원거리장 영역인지를 확일적으로 구분하여 말할 수는 없다. 그러나 국내에서 유통되는 5개 주파수의 RFID 제품이 인체와 20 cm 이격거리에서 운용된다고 가정할 때, 125 kHz (또는 134 kHz) 및 13.56 MHz RFID 제품은 반응성 근거리장(reactive near field) 영역에 속하며 433 MHz와 910 MHz 대역 RFID 제품은 근거리장과 원거리장을 구분하는 전이 영역(Transition region) 정도에 해당한다. 그리고 2.4 GHz RFID 기기는 원거리장 영역이라 간주할 수 있다.

한편, 125 kHz (또는 134 kHz) 및 13.56 MHz RFID 제품은 주로 루프형 안테나를 이용하는 반면, 433 MHz, 910 MHz 및 2.4 GHz RFID 기기는 대부분 막대형 안테나를 이용하고 있다. 따라서 125 kHz (또는 134 kHz) 및 13.56 MHz RFID 제품은 안테나 출력원이 주로 전류이며 반응성 근거리장 내에 위치하므로 측정 물리량 중 자기장 강도를 측정하는 것이 적합하다.

반면, 433 MHz, 910 MHz 및 2.4 GHz RFID 기기는 막대형 안테나를 이용하므로 전압이 안테나 출력원으로 작용한다. 그리고 20 cm 이격거리는 근거리장과 원거리장을 구분 짓는 전이영역이거나 혹은 원거리장 영역에 해당하므로 전기장을 측정하는 것이 적절하다.

마지막으로 RFID 무선기기가 인체와 얼마나 밀착되어 이용되는가에 따라 인체보호기준을 측정하는 물리량이 달라질 수 있다. 일반적으로 인체에 밀착하여 이용하는 무선기기, 즉 휴대전화와 같은 무선기기는 전자파 인체흡수율(SAR)을 측정하는 반면, 인체와 일정한 거리를 유지한 채 이용하는 무선기기는 전기장이나 자기장을 측정하여 전자파 인체보호기준 준수여부를 평가한다. 이와 같은 관점에서 볼 때 RFID 시스템은 대부분 인체와 일정한 이격거리를 유지한 채 운용되므로 전기장이나 자기장을 측정하는 것이 적절하다.

위에서 RFID 무선기기의 전자파로부터 인체 영향을 평가하는 기준으로 어떤 물리량을 측정해야 하는지를 결정하기 위하여 3가지 관점으로 나누어 살펴보았다. 시중에 유통되는 RFID 제품은 대부분 일반인이 일정한 이격 거리를 유지한 채 전자파에 노출되는 형태로 운용되므로 SAR 측정방법의 적용을 배제하였으며, RFID 기기에 의해 생성되는 인체 내 유도전류 세기는 너무 약해 측정이 불가능하여 이에 대한 측정물리량 적용도 배제하였다.

125 kHz (또는 134 kHz) 및 13.56 MHz RFID 무선기기는 루프형 안테나를 이용하고(안테나 출력원이 전류임) 인체가 근거리장에 노출되는 형태로 운용되므로 인체보호기준 평가를 위한 측정물리량으로 자기장 강도를 측정하도록 규정

하였다. 한편, 433 MHz, 910 MHz 및 2.4 GHz RFID 무선기기는 대부분 다이폴형 안테나를 이용하고(안테나 출력원이 전압임) 근거리장과 원거리장이 구분되는 경계지점이나 전이영역 혹은 원거리장에서 인체가 노출되는 형태이므로 전기장을 측정하도록 규정하였다.

나. 적합성 평가 절차

앞에서 살펴본바와 같이 RFID 무선기기의 경우, 해당 무선기기와 일정한 이격 거리에서 전기장이나 자기장 강도를 측정하여 전자파 인체보호기준 준수 여부를 평가할 수 있다. 그러나 일정한 이격거리의 1 개 지점에서 측정한 값을 적용(단일 측정)해야 하는지, 아니면 여러 지점에서 측정한 전자기장 값을 평균하여 적용(공간평균 측정)해야 하는지에 대하여는 좀 더 검토되어야 한다. 이와 관련하여 IEC 62369-1에서는 단일 측정 방식과 공간평균 측정 방식 모두를 기술하고 있다. 이때 1개 지점에서 측정하는 단일측정 방식은 그림 3-8 ~그림 3-13에서와 같이 RFID가 이용되는 형태에 따라 10 cm ~ 30 cm 이격거리에서 측정하도록 규정하고 있다. 한편 그림 3-8 그림 3-13에서는 여러 지점에서의 전기장 또는 자기장 강도를 측정하여 평균한 값을 취하는 공간평균 측정의 경우, 측정 지점의 개수 및 위치 등을 어떻게 정해야 하는지를 규정하고 있다. 여기서 단일측정 지점은 공간평균 측정지점 중 RFID 시스템으로부터 가장 가까운 거리에 위치한다. 따라서 단일측정 값은 공간평균 측정한 값보다 항상 높은 값을 나타낸다. 이는 단일 측정으로 구한 전기장 또는 자기장 세기가 인체보호기준을 만족한다면, 공간평균 측정한 값은 언제나 인체보호기준을 만족함을 의미한다.

따라서 RFID 무선기기의 전자파에 의한 인체보호기준 준수여부는 먼저 단일측정으로 확인하고, 만일 단일 측정값이 인체보호기준을 초과하는 경우에는 공간평균 측정을 실시하여 인체보호기준 준수여부를 최종적으로 판단하도록 규정하였다.

다. 공간평균 측정지점 수 단축방안

국제표준(IEC 62369-1)에서는 RFID 무선기기의 전자파 강도에 대한 공간평균 측정 시 전자파가 노출되는 인체의 부위에 따라 36개 지점(머리) 또는 45개 지점(몸통)에서 전자파 강도를 측정하여 평균한 값이 인체보호기준을 만족하는지를

평가하도록 규정하고 있다. 이때 각 측정지점에서의 전자파 강도는 6분간 측정한 평균값을 취하도록 규정하고 있다. 이와 같은 원칙에 따라 단축 프로브를 이용하여 45개 지점에서 전기장 또는 자기장을 측정할 때, 측정에 소요되는 시간을 계산해 보면 13시간 30분 (즉 810분 = 45지점 × 6분 × 3축)이라는 매우 긴 시간이 필요하다. 이는 순수하게 측정에만 소요되는 시간만을 계산한 것이며, 실제 프로브를 측정 위치로 이동하고 설치하는 시간 등을 감안하면 하나의 RFID 제품을 측정하는데 20여 시간 이상이 소요될 것으로 예상되므로 규정된 원칙에 따라 측정한다는 것이 거의 불가능함을 알 수 있다. 따라서 RFID 무선 기기에 대한 전자파 강도를 공간평균 측정할 때, 측정지점 수를 줄이거나 또는 각 측정 지점에서의 평균 측정시간 (6분)을 줄이는 방법을 검토할 필요가 있다. 개별 측정 지점에서의 평균 측정시간(6분)을 단축하는 문제는 다음 “라”항에서 다루고, 여기서는 공간평균 측정시 측정지점 수를 줄일 수 있는지에 대하여만 검토한다.

이를 위하여 본 연구에서는 그림 3-17과 같이 측정지점 수를 줄일 수 있는 5가지 방법을 검토하였으며 이를 국제표준(IEC 62369-1)에서 제안하는 45개 지점 공간평균 측정방식과 비교하였다. 그림 3-17의 검토안 (a), (b)는 국제표준(IEC 62369-1)에서 제안하는 45개 측정 지점중 중앙 수직평면 상의 15개 지점에서 측정한 것을 의미하며, 검토안 (c)는 중앙 수평 평면의 9개 지점, 검토안 (d)는 모서리의 8개 지점, 그리고 검토안 (e)는 중앙 수직평면 25개 지점에서 측정한 평균값을 의미한다. 이와 같이 공간 평균 측정지점 수를 단축하기 위한 5개 검토(안)에 대하여 측정한 결과와 국제표준(IEC 62369-1)에서 제안하는 45 지점 공간평균 측정방식에 따라 측정한 결과를 비교하여 표 3-7에 정리하였다. 여기서 RFID와 인체와의 최소 이격거리는 그림3-8 (a)와 같이 20 cm로 하여 측정한 결과이다. 한편, 433 MHz 및 2.4 GHz RFID 시스템은 연속적인 전자파 송신이 불가능하여 측정에서 제외하였으며, 125 kHz, 13.56 MHz 및 910 MHz RFID 시스템만을 대상으로 공간평균 측정지점 단축방안을 검토하였다.

표 3-7의 측정 결과를 살펴보면, 검토안 (a), (b), (c), (d)는 모두 IEC 공간평균 측정값과 상당한 차이를 보였으며, 특히 출력이 낮은 125 kHz RFID 시스템은 IEC 공간평균 측정값과 큰 차이를 보였다. 한편, 중앙 수직평면 25개 지점에서 측정한 검토안 (e)는 IEC에서 제안한 45개 지점 공간평균 측정값과 거의 동일한 결과를 보였으며, 최대 차이는 1% 이내로 나타났다.

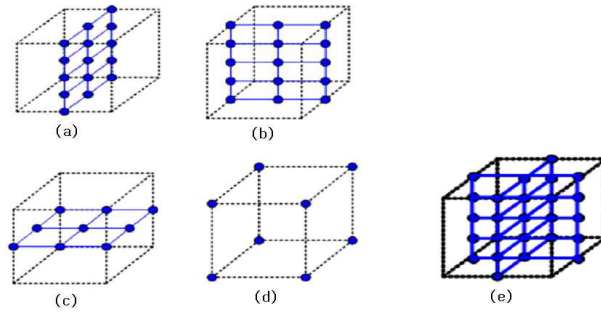


그림 3-17. 공간평균 측정지점 단축방안 검토(안)

따라서 그림 3-7 (a)와 같이 인체의 몸통 부분이 RFID 시스템에 노출되는 상황인 경우, IEC에서 제안하는 45개 지점 공간평균 측정방식을 적용하여 측정하는 것을 원칙으로 하면서, 필요시 측정시간을 단축하기 위하여 검토안 (e)와 같이 중앙 수직평면 25개 지점에서 전자파 강도를 측정하여 평균하는 것도 가능하도록 규정하였다. 그리고 인체의 머리 부분이 RFID 시스템에 노출되는 상황을 고려하여, 그림 3-7 (b)와 같이 IEC에서 제안하는 36개 지점 공간평균 방식을 적용하여 측정하는 방식과 함께, 검토안 (e)와 유사한 방식으로 중앙 수직평면 20개 지점에서 전자파 강도를 측정하여 평균하는 것도 가능하도록 규정하였다. 따라서 위에 제안한 검토안 (e)에 따라 전자파강도 공간평균값을 구하는 경우, 국제표준(IEC 62369-1)에서 제안하는 공간평균 측정 방식에 비해 측정시간을 대략 1/2 정도 줄일 수 있는 효과가 있을 것으로 예상된다.

표 3-7. 공간평균 측정지점 단축방안 검토(안) 측정결과

제품	125kHz	13.56MHz	13.56MHz	910MHz
측정 물리량	자기장[mA/m]	자기장[mA/m]	전기장[V/m]	전기장[V/m]
IEC공간평균(45지점)	46.66	3.89	0.93	15.70
(a) 수직중앙(15지점)	56.89(21.9%)	4.71(21.0%)	1.03(10.8%)	15.80(0.6%)
(b) 수직중앙(15지점)	32.31(30.7%)	2.78(28.8%)	0.87(6.5%)	15.30(2.5%)
(c) 수평중앙 (9지점)	80.38(72.3%)	5.61(44.0%)	0.62(33.3%)	21.10(34.4%)
(d) 모서리 (8지점)	22.31(52.2%)	1.89(51.5%)	1.36(46.2%)	11.60(26.1%)
(e) 중앙수직(25지점)	46.47(0.4%)	3.90(0.1%)	-	15.55(1.0%)

※ () : 국제표준(IEC 62369-1) 45지점 공간평균값 대비 차이

라. 측정시간 단축방안

국내 전자파강도 측정기준 및 국제표준 등에서는 전자파 인체보호기준을 평가하기 위하여 전자파강도를 측정할 때, 6분간 측정한 평균값을 취하도록 규정하고 있다. 이와 같이 전기장 강도 또는 자기장 강도를 6분간 측정하여 평균값을 취하는 것은 단일측정의 경우 별다른 문제가 없으나, RFID 무선기기에 대한 공간평균 측정과 같이 여러 지점(예: 몸통 45개 지점)에서 측정해야하는 경우에는 측정시간이 지나치게 길어지는 문제점이 있어 이에 대한 개선이 필요하다.

한편, 일정한 출력을 송신하는 무선국 또는 무선기기의 경우, 해당 무선기기의 전자파강도를 알기위하여 6분간 측정한 평균값을 취해야할 필요가 없다. 왜냐하면 거의 일정한 출력을 송신하는 무선기기의 경우, 6분 평균값이나 이보다 짧은 시간(예: 5분, 4분, 3분, 2분, 1분, 30초)동안 측정하여 평균한 값 사이에는 별다른 차이가 없기 때문이다.

따라서 이와 같이 전자파강도 측정시간(6분)을 단축하여 적용할 수 있는지를 검토하기 위하여 그림 3-14에 주어진 125 kHz, 13.56 MHz, 433 MHz 및 910 MHz RFID 시스템에 대하여 외부 전자파가 차폐된 무반사실에서 30초, 1분, 2분, 3분, 4분, 5분 및 6분간 측정한 평균값 사이의 차이를 비교하였다. 표 3-8에서 보듯이 6분 평균 측정값과 이보다 단축된 시간 평균 측정값 사이에는 최대 2.6% 이내의 차이가 발생했을 뿐, 대부분 거의 동일한 값을 보임을 알 수 있다. 실제 외부 전자파나 지형지물 등의 영향을 직접 받는 실제 무선국 주변에서 전자파 강도를 측정할 경우, 측정자나 측정위치, 측정시간 등에 따라 2~3dB 정도의 차이는 언제나 발생한다. 이 차이는 전기장이나 자기장 세기의 25% ~ 42% 정도의 차이에 해당한다. 따라서 위의 측정결과와 실제 전파환경에서 발생하는 전자파강도 변화를 비교해 볼 때, 표 3-8에서 나타난 전자파 강도 변화(최대 2.6%)는 거의 동일한 세기의 전자파 강도로 간주할 수 있음을 알 수 있다.

표 3-8의 측정결과를 참조할 때, 우리는 전자파강도 측정시간(6분)을 단축하여 적용할 수 있음을 알 수 있다. 그러나 얼마나 단축된 시간을 적용할 수 있는지는 측정결과나 관련법령 등을 검토하여 결정하여야 한다.

표 3-8. 측정시간(6분) 단축방안 검토를 위한 실험결과

제 품	125kHz	13.36MHz	125kHz	13.36MHz	433MHz	910MHz
측정량	자기장[A/m]	자기장[A/m]	전기장[V/m]	전기장[mV/m]	전기장[mV/m]	전기장[V/m]
30초	0.1654 (0.7%)	15.7(0.6%)	1.1311(0.1%)	207(1.5%)	1250(1.7%)	18.02(0.0%)
1분	0.1641(0.1%)	15.8(1.3%)	1.127(0.4%)	204.7(0.3%)	1250(1.7%)	17.99(0.2%)
2분	0.1641(0.1%)	16(2.6%)	1.123(0.8%)	198.8(2.6%)	1254(2.0%)	18.06(0.2%)
3분	0.1648(0.4%)	15.8(1.3%)	1.1228(0.8%)	200.2(1.9%)	1236(0.6%)	18.01(0.1%)
4분	0.1647(0.3%)	15.9(1.9%)	1.1221(0.9%)	199.7(2.1%)	1228(0.1%)	18.02(0.0%)
5분	0.164(0.1%)	15.9(1.9%)	1.1224(0.8%)	202(1.0%)	1233(0.3%)	18.06(0.2%)
6분	0.1642	15.6	1.1317	204	1229	18.02

단순히 그림 3-8에 주어진 측정결과만을 가지고 살펴보면, 6분 측정 평균값 규정을 30초 측정 평균값으로 변형하여 적용하여도 별다른 문제가 없어 보인다. 그러나, 현행 전자파강도 측정기준(전파연구소고시 제2008-17호)에서는 전자파강도 측정시간을 단축하여 적용하여도 문제가 없는 경우, 1분 이상 6분미만의 평균값을 적용할 수 있도록 규정하고 있다. 따라서 우리는 RFID 무선기기에 대하여 전자파강도 공간평균 측정값을 구할 때, 1분간 측정된 평균값을 적용할 수 있도록 규정하였다. 이와 같이 전자파강도 측정 시간을 단축하여 적용함으로써 공간평균 측정 시 측정시간을 1/6로 줄일 수 있다.

제5절 RFID 기기의 전자파 인체노출량 평가방법(안)

본 장에서는 국내에서 이용되는 125 kHz (혹은 134 kHz), 13.56 MHz, 433 MHz, 910 MHz 및 2.45 GHz RFID 무선기기에 대하여 전자파 인체노출량 평가방법(안)을 마련하는 것을 목적으로 한다.

위의 제4절에서는 전자파 인체노출량 평가방법을 마련하기 위하여 세부 항목 즉 측정 물리량 선정, 적합성 평가 절차, 공간평균 측정지점 수 단축방안 및 측정시간 단축방안 등을 검토 하였으며, 그 결과를 바탕으로 “RFID용 무선기기의 전자파 인체노출량 측정기준(안)”을 마련하였다(붙임1).

붙임1의 “RFID용 무선기기의 전자파 인체노출량 측정기준(안)”은 표 3-9와 같이 요약할 수 있다. 전자파 인체보호기준 평가와 관련한 전기장, 자기장, 유도전류, SAR 등과 같은 측정 물리량 중에서 125 kHz (또는 134 kHz)

및 13.56 MHz RFID 무선기기에 대하여는 자기장 강도를 측정하도록 규정하였으며, 433 MHz, 910 MHz 및 2.4 GHz RFID 무선기기는 전기장을 측정하도록 규정하였다.

한편 전자파 인체보호기준을 평가하는 절차는 필요에 따라 단일 측정과 공간평균 측정을 순차적으로 적용할 수 있도록 규정하였다. 즉 RFID 무선기기에서 발생하는 전기장 또는 자기장 세기를 측정하여 전자파 인체보호기준 준수여부를 평가할 때, 먼저 규정된 이격거리(통상 20 cm, 그림 3-8 ~ 그림 3-13 참조)의 1개 지점에서 전기장 또는 자기장 세기를 측정(즉 단일 측정)하여 인체보호기준 준수여부를 평가하도록 규정하였다. 이때 단일 측정 결과가 전자파 인체보호기준을 초과한다면 그림 3-8 ~ 그림 3-13에서 규정한 45개 지점(몸통) 또는 36개 지점(머리)에서 공간평균측정을 실시하여 전자파 인체보호기준 준수여부를 최종적으로 평가하도록 규정하였다. 이때 공간평균 측정 시 지나치게 시간이 많이 소요되는 문제점을 해소하기 위하여 공간평균 측정 지점을 그림 3-17 (e)와 같이 중앙평면상의 25개 지점(몸통) 또는 20개 지점(머리)에서 측정할 수 있도록 규정하였으며, 공간평균시 각 지점에서의 측정시간을 1분간 측정한 평균값으로 계산할 수 있도록 규정하였다.

RFID 무선기기에 대한 전자파 인체노출량 평가방법에 관한 세부 내용은 부록1 “RFID용 무선기기의 전자파 인체노출량 측정기준(안)”을 참고하기 바란다.

표 3-9. RFID용 무선기기의 적합성 평가방법(안) 주요내용

주파수	주 용 용 분야	적합성 평가 측정 물리량	인체보호기준 적합성 평가 절차
125,134 kHz	동물관리, 출입관리	자기장 강도	① 단일측정 실시 : 인체보호기준 준수여부 평가 ② 단일측정값이 기준초과시 공간평균 측정을 실시하여 인체보호기준 준수여부 최종 평가 ※ 단일 측정 - 측정거리 : 그림 3-8 ~ 13참조 - 측정 지점 : 1개 지점 - 측정 시간 : 6분 평균 ※ 공간평균 측정 - 측정거리/측정위치 : 그림 3-8 ~ 13참조 - 측정 지점 : 45(몸통)/36(두부) 개 지점 또는 25(몸통)20(두부) 개 지점 - 측정 시간 : 6분 평균 또는 1분 평균
13.56 MHz	교통카드, 출입관리	자기장 강도	
433 MHz	컨테이너 집하용 (공항, 항만 등)	전기장 강도	
910 MHz	제품 및 물류 유통관리	전기장 강도	
2.45 GHz	위치식별, 이동체식별	전기장 강도	

제4장 고출력 AM송신국 전자파노출량 측정방법 연구

보편적인 정보와 문화의 전달 수단인 AM송신국은 낮은 언덕 및 평야지대에 위치하여 고출력으로 수 천 킬로미터까지 전파를 송신하고 있으나, 도심의 팽창 및 신도시의 개발 등으로 인하여 송신국 주변에 아파트 및 주택들이 들어서면서 전자파와 관련된 민원의 주요 요인으로 인식되고 있으며, 전자파 노출로 인한 국민의 막연한 불안감 해소와 안전한 전파이용 환경 마련을 위한 전자파노출량의 정확한 측정방법 필요성이 요구되고 있다. 또한 전파법 제47조의2(전자파인체보호기준 등)제1항에 전자파가 인체에 미치는 영향을 고려하여 전자파 인체보호기준 및 측정대상 기기와 측정방법 등에 관하여 고시할 것을 명시하고 있다. 그러나, 본 연구에서는 전자파 인체보호기준의 관점 보다는 AM송신소 주변의 정확한 전자파 측정방법에 대하여 논하고자 한다.

따라서 본 장에서는 전자파 인체보호기준에 대한 측정방법과 절차를 규정한 전자파강도 측정기준의 개정을 위하여 국내 AM송신국 96개국 중 송신국 유형별로 출력(대, 중, 소), 지형(도심, 평야, 산악), 안테나 종류(삼각지선식, 사각지선식, 사각자립식), 전파의 편파(수평편파, 수직편파, 원형편파) 등 37 개국을 측정하였으며, 이를 토대로 각 유형별로 분석하여 전자파강도 측정 기준 개정 초(안)을 마련하였다.

제1절 중파의 전파전파(電波傳播) 특성

1. 중파의 전파전파 특성

중파는 지표면을 따라 전파하는 지표파와 전리층 반사파 중 스포라딕 E층 반사파에 의해 전파된다. 파장이 길어 지형 및 건물에 의한 영향을 비교적 받지 않으며 대지의 도전율이 크고 유전율이 적을수록 감쇠가 적어 해상, 해안, 평야, 구릉, 산악, 사막, 시가지 순으로 잘 전파 된다. 주간에는 D층에 의해서 심한 감쇠를 받아 전리층 반사파는 존재하지 않아 수신 전기장은 지표파에 의한 것 뿐이며, 야간에는 D층이 없어지고 스포라딕 E층의 반사로 수신 전기장이 커진다. 주파수가 낮을수록 감쇠가 적고 전리층의 전파는

스포라딕 E층의 반사로 전파되기 때문에 수천 km 까지 수신이 가능하여 국내방송은 물론 국제방송에도 쓰이고 있어 중파송신국은 낮 시간대의 출력과 밤 시간대의 출력을 달리 지정하기도 한다.

중파방송은 AM변조방식을 사용하기 때문에 FM방송에 비해 음질이 떨어져 인기가 줄어들고 있으나 전송거리 상의 이점이 남아있어 송출망 발달이 미약한 개도국이나 국토가 넓은 일부 국가에서는 여전히 중요한 매체이다.

2. AM방송 주파수 및 특징

라디오 방송의 역사는 맥스웰이 1871년 전자파의 존재를 예측한 이후 1888년 헤르쯔가 전파의 존재를 실증하였고 1896년 마르코니가 처음으로 무선전신 실험에 성공하였다. 이를 기반으로 1906년 세계 최초의 라디오 방송이 시작되었으며 1920년 최초의 라디오 송신국이 미국에서 개국되었다. 우리나라 방송의 시초는 1927년 중파(AM : Amplitude Modulation)라디오 방송으로 시작되었다.

중파(AM)방송은 526.5 kHz ~ 1606.5 kHz 중파대역의 전파로 이용 대역은 1080 kHz 이고, 9 kHz 간격으로 총 120개의 채널을 사용하여 반송파를 음성신호로 진폭변조(DSB-LC : Double Side Band-Large Carrier)하여 전파를 1 kW ~ 1500 kW의 고출력으로 FM방송, TV방송 등 타 송신국보다 출력이 크다.

또한 AM방송은 방송영역이 수천 km 가 되어 국제적인 혼신이 증대하고 있어 국제전기통신연합(ITU)에 등록하여 사용하고 있으며, 송신국을 이전하는 경우 ITU의 전파규칙(Radio Regulation)에 따라 주변국의 동의를 받아야 하므로 이전이 쉽지 않은 측면이 있다.

제2절 AM송신국의 전자파강도 측정

1. 국내 AM송신국 현황

국내의 AM송신국은 2009년 2월 현재 96개국이 있으며, ITU(International Telecommunication Union)에서 526.5 kHz ~ 1606.5 kHz 중파대역의 주파수를 분배하고 있다. 이를 파장(λ)으로 환산하면 188 m ~ 566 m 이다.

국내의 AM송신국 주파수는 540 kHz ~ 1584 kHz(중심주파수 기준) 대역에서 분포하고 있으며, 파장(λ)은 189 m ~ 556 m 이다. 출력은 1 kW ~ 1500 kW로 전파를 송신하고 있다.

2. 측정대상 송신국 선정

국내 96개 AM송신국의 안테나는 모두 $\lambda/4$ 수직접지 안테나를 사용하고 있으나 다음과 같은 요소로 인해 AM송신국의 전기장강도 변화와 관련 있는지 여부를 확인하기 위해 표 4-1과 같이 안테나 유형, 출력, 주파수, 송신국 주변 환경, 편파 등을 고려하여 AM 송신국을 Grouping 하였다.

안테나 유형에 따라 삼각지선식, 사각지선식, 사각자립식으로 구분하였고, 출력은 100 kW ~ 1500 kW는 대출력, 10 kW ~ 99 kW는 중출력, 1 kW ~ 9 kW는 소출력으로 구분하였으며 전파의 편파에 따라 수직편파, 수평편파, 원형편파로 송신국 주변 환경 즉 지형에 따라 도심지형, 평야지형, 산악지형으로, 파장 즉 주파수에 따라 525 kHz ~ 900 kHz, 901 kHz ~ 1200 kHz, 1201 kHz ~ 1600 kHz로 구분하여 측정대상 송신국을 선정하였다.

3. 전기장강도 측정기기

전기장강도 측정기기는 전기장과 자기장 측정이 가능한 NARDA사의 EHP-200 프로브를 사용하였고 전자파 유도의 영향이 없는 광케이블을 사용하였으며, 노트북을 이용하여 원격으로 전기장강도를 측정하였다.

EHP-200의 주요 제원으로는 전기장 및 자기장의 측정가능 주파수는 100 kHz ~ 30 MHz 이고 X, Y, Z 3축으로 측정할 수 있는 등방성 프로브로 분해능 대역폭은 1 kHz ~ 1 MHz 이며, 측정 지지대는 목재로 제작된 삼각대를 사용하여 삼각대에 의한 전자파의 영향이 없도록 하였다.

표 4-1. 전자파강도 측정 국내 AM송신국 분류

출력(kW)	편파	공중선종류	주파수(MHz)	주변환경	국수	측정국수	측정 송신국
소출력 (1-9)	수직	사각지선식	500-900	평야	3	1	AA
			1201-	산	1		
		삼각지선식	1201-	평야	1	1	AB
				산	1	1	AC
	수평	사각지선식	500-900	평야	1		
			1201-	도심	3		
				산	1	1	AE
		삼각지선식	500-900	산	2		
			1201-	산	1		
				도심	1		
	원형	사각지선식	900-1199	평야	1	1	AF
			1201-	산	1		
		삼각지선식	1201-	평야	1	1	AG
				평야	1	1	AH
중출력 (10-99)	수직	사각자립식	500-900	도심	1		
				평야	2		
			900-1199	평야	1		
			1201-	평야	1		
		사각지선식	500-900	산	2	1	BA
				도심	1	1	BB
				평야	5	1	BC
			900-1199	산	3	1	BD
				평야	6	1	BE
			1201-	산	1		
				도심	1		
				평야	5	1	BF
		삼각지선식	500-900	평야	2	1	BG
			900-1199	평야	1		
				산	1		
			1201-	도심	1	1	BH
				평야	1		
	수평	사각자립식	500-900	평야	1		
			900-1199	산	1	1	BI
			1201-	도심	1		
		사각지선식	500-900	산	1	1	BJ
				평야	3	2	BK, BL
				산	2	1	BM
			900-1199	도심	1		
				평야	5		
			1201-	평야	2	1	BN
		삼각지선식	500-900	도심	1	1	BO
			1201-	도심	2	1	BP
				평야	1	1	BQ
	원형	사각지선식	900-1199	평야	1	1	BR
		삼각지선식	900-1199	산	2	2	BS, BT
대출력 (100-)	수직	사각자립식	500-900	산	1	1	CA
				평야	2	1	CB
		사각지선식	500-900	산	1	1	CC
				평야	2	1	CD
			900-1199	평야	1	1	CE
			500-900	평야	2	1	CF
		삼각지선식	900-1199	평야	5	2	CG, CH
			1201-	산	1	1	CI
	수평	사각지선식	500-900	산	1		
총합계					95	37	

4. 전기장강도 측정방법

AM송신국의 전기장강도 측정은 그림 4-1과 같이 전기장강도 측정기와 제어용 노트북의 거리를 1 m 이상 이격 하여 사람 신체에 의한 전자기장의 유도를 피하도록 하였고 측정용 프로브는 1.5 m 높이에서 6분 및 1분간의 평균을 하여 측정하였다.

측정간격은 송신안테나를 기준으로 “전자파강도측정기준” 별표 1의 표1 (전파연구소 고시 제2008-17호)의 송신주파수 80 MHz 미만에 나와 있는 측정 간격 d (공중선에서 측정시작지점¹⁰⁾)까지의 거리를 40 등분하였고, 파장(λ)도 40 등분하고 측정간격을 세분화하여 전기장강도를 측정하였다.



그림 4-1. AM송신국 전기장강도 측정모습

10) 전자파강도 측정을 위한 시작 지점으로 공중선이 설치된 하단의 지표면으로부터 계산안전경계까지 거리(R)의 5배되는 거리에 있는 지상의 지점을 말한다.

제3절 AM송신국의 전기장강도 측정결과

1. 측정 AM송신국 전기장강도 측정 값

국내 AM송신국 96개국 중 37개국을 표 4-1과 같이 약 3 개월 동안 측정을 하였다. 주야간 출력이 다른 송신국은 출력이 높은 위주로 야간에 주로 측정하였고 비가 오는 경우는 측정을 하지 않았다. 파장 및 측정시작지점을 40등분 하여 송신안테나에 최대한로 접근 가능한 지점까지 측정을 하였다. 따라서 전기장강도 측정값은 일반인의 출입을 제한하기 위한 안전시설(펜스)까지 측정한 결과가 아니고 측정시작지점에서 송신안테나까지의 측정값으로 전자파인체보호기준과 관련이 없다는 것을 밝히는 바이다. 측정결과는 표 4-3과 같다.

2. AM송신국 전기장강도 측정결과 그래프

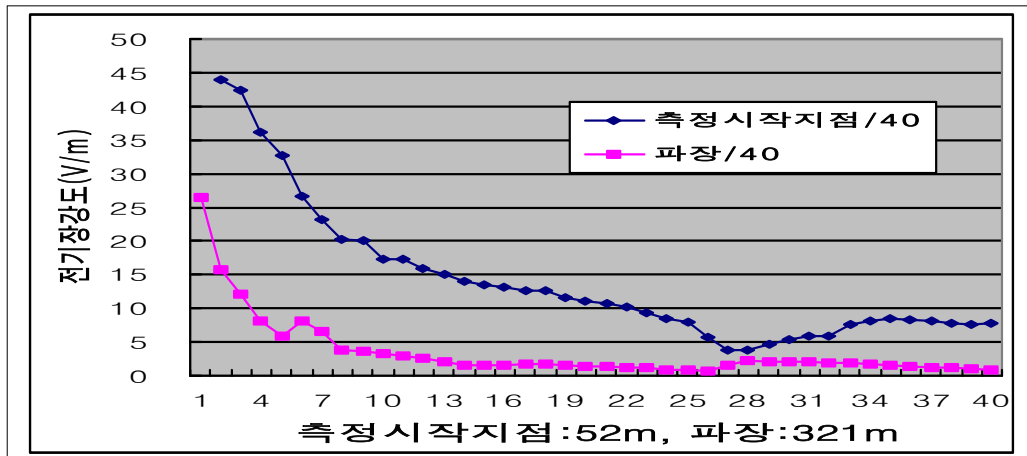
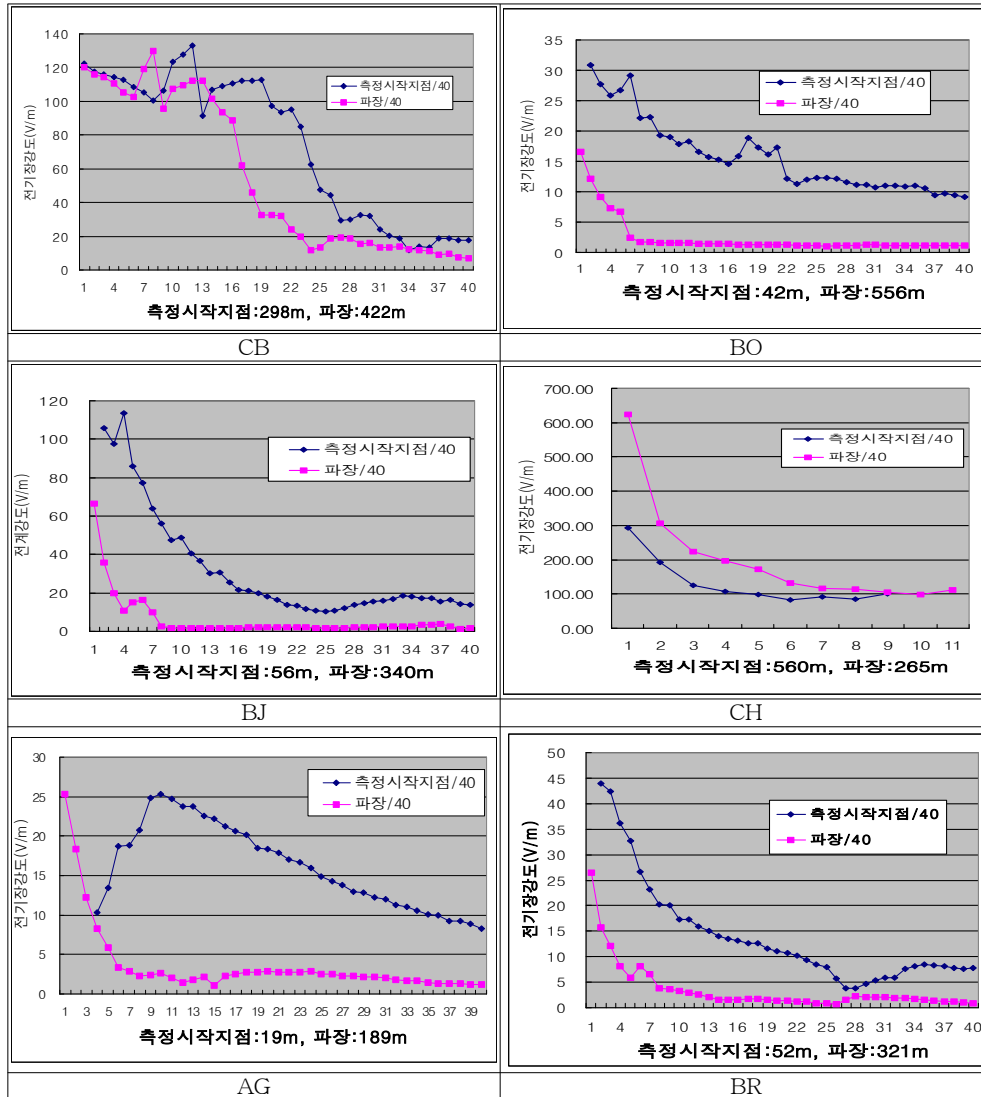
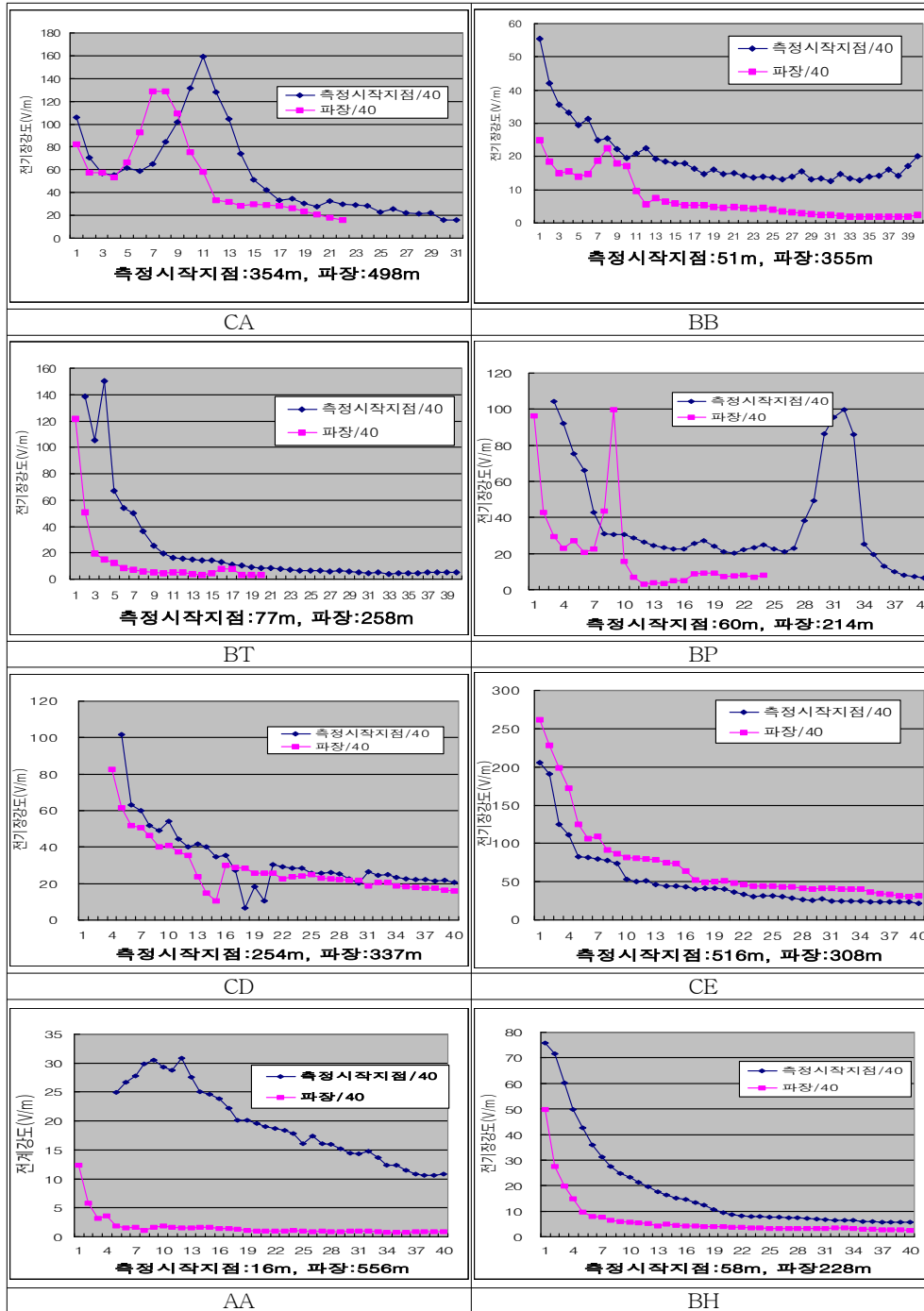


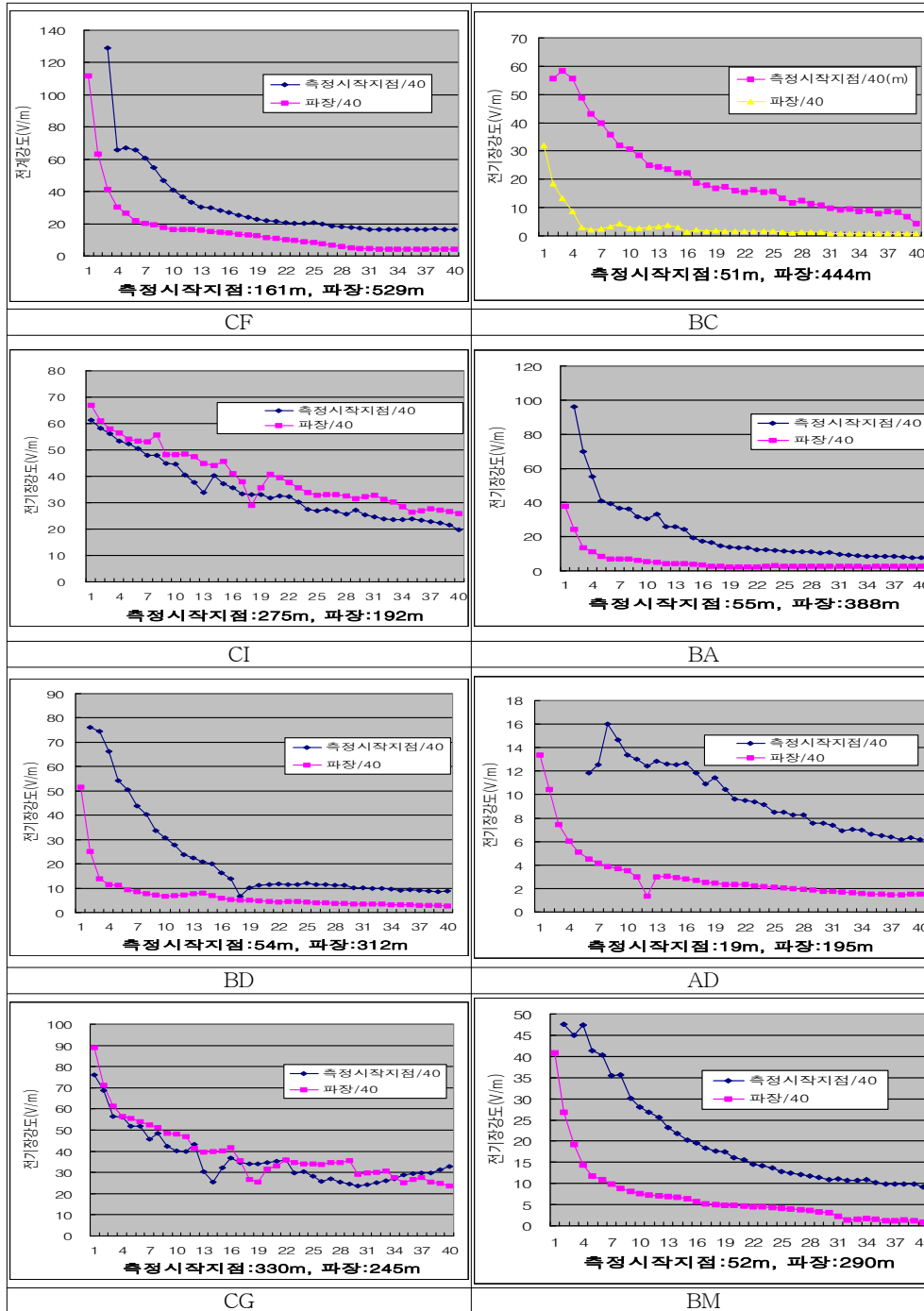
그림 4-2. BR송신국의 전기장강도

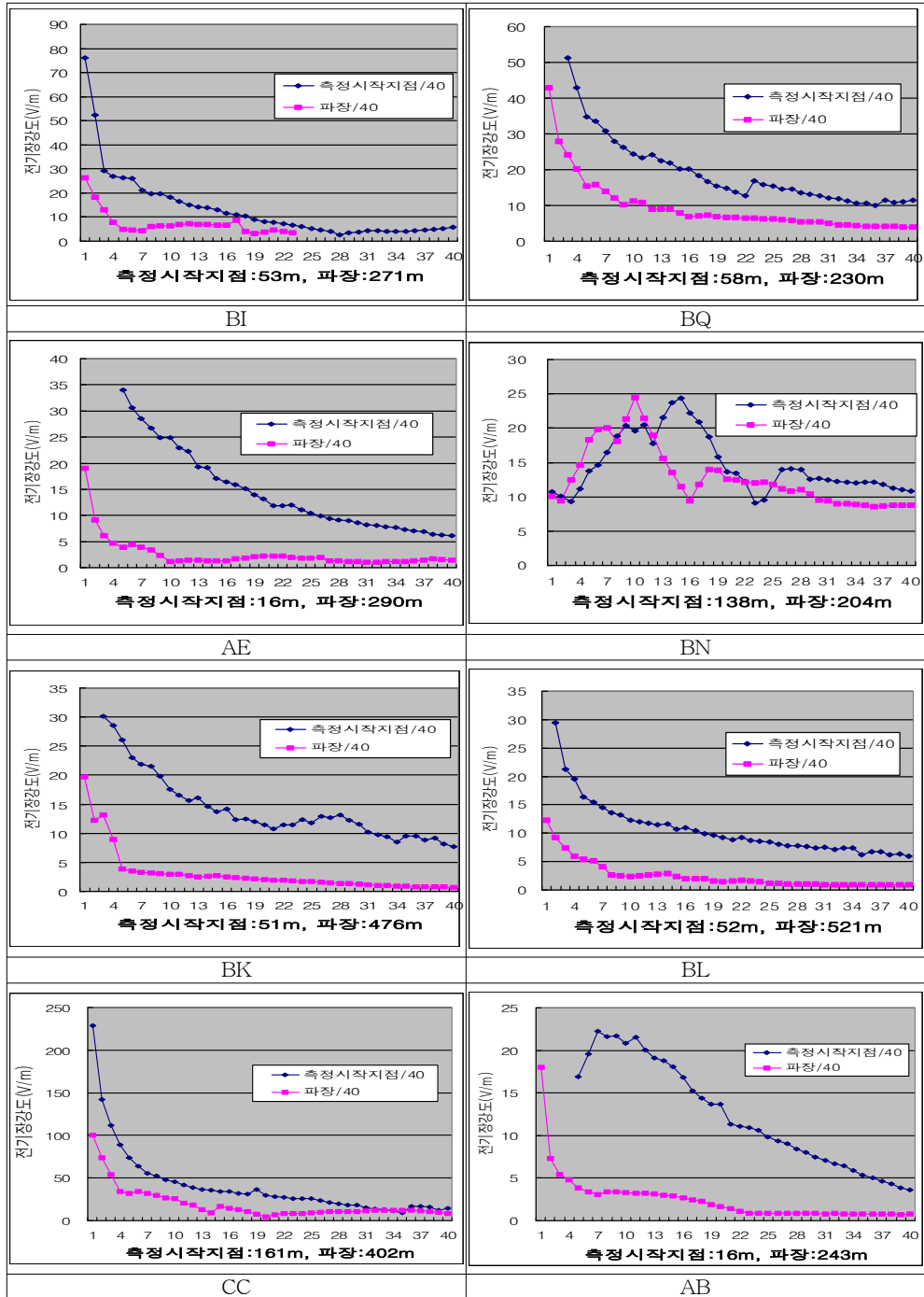
위의 그림 4-2는 BR송신국의 전기장강도를 측정한 그래프이다. 세로 축은 전기장강도(V/m) 이고, 가로 축은 측정지점으로서 측정시작지점의 측정간격은 52 m/40으로 안테나로부터 1.3 m 간격으로 측정을 하였다는 의미이며, 파장의 측정간격은 321 m/40으로 안테나로부터 8.0 m 간격으로 측정한 것을 뜻한다.

예를 들어 BR송신국 측정시작지점의 경우 안테나로부터 7번째 측정지점의 거리는 $52\text{ m} \times 7/40$ 로 9.1 m가 된다. 파장도 이와 같이 안테나로부터 7번째 지점의 거리는 파장(321 m) $\times 7/40$ 을 하면 56.2 m가 된다.









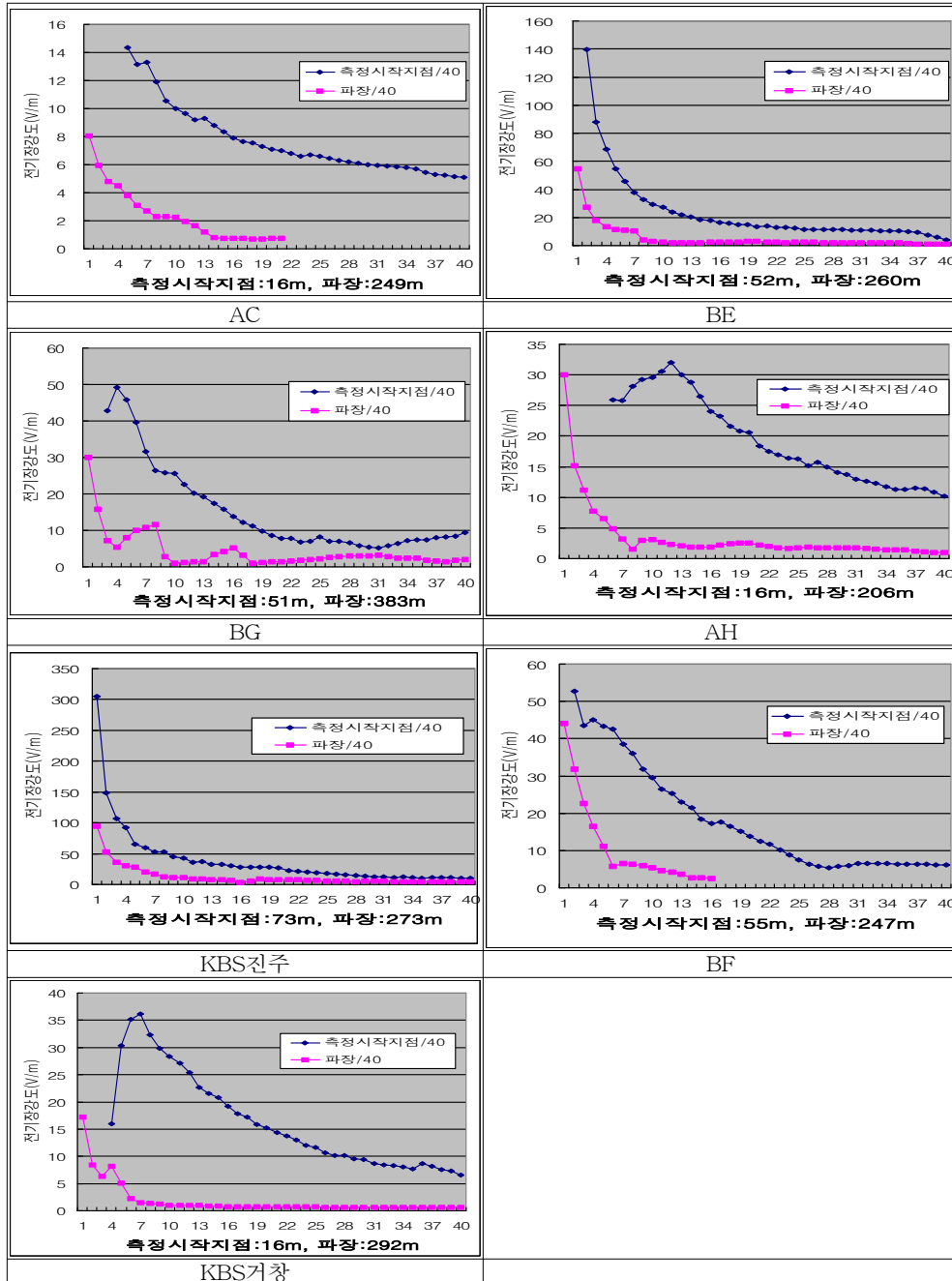


그림 4-3. AM송신국 37국 측정결과

제4절 AM송신국 전기장강도 측정결과 분석

측정한 AM송신국 37국 중 11국의 전기장강도 최대값은 송신안테나로부터 접근 가능한 최근접 지점보다 더 떨어진 지점에서 표 4-2와 같이 측정되었으며, BN과 CB를 제외하면 2.8 m ~ 7.7 m 이내에서 측정되었다.

표 4-2에서 d (측정시작지점)/40 및 λ (파장)/40의 전기장강도 최대값을 비교하면 $d/40$ 으로 측정하였을 때 전기장강도가 더 큰 값이 측정되고 있다. 이것은 측정간격이 조밀하면 할수록 좀 더 정확한 전기장강도 값을 찾을 수 있다는 것을 보여주고 있다.

BN의 경우 특정방향에 대하여 전파발사를 억압하도록 부가장치를 하여 최대값이 약 52 m에서 측정되었고, CB의 경우는 송신기 건물 및 급전선 근처에서 측정하여 약 90 m에서 최대값이 측정되었다.

전기장강도의 최대값은 안테나로부터 접근 가능한 최근접 지점이 아닌 조금 떨어진 지점인 2.8 ~ 7.7 m 사이에서 측정되었다.

표 4-2. 측정간격($d/40$: $\lambda/40$)에 따른 전기장강도 최대지점 비교

국명	d (측정시작지점)/40		λ (파장)/40		출력(kW)
	측정 간격(m)	측정거리(m)/전기장강도최대값(V/m)	측정 간격(m)	측정거리(m)/전기장강도최대값(V/m)	
AA	0.4	3.6/30.54	13.9	13.9/12.35	1
AB	0.4	2.8/22.26	6.1	6.1/18.03	1
AD	0.48	3.8/16.03	4.9	4.9/13.37	1
AF	0.4	2.8/36.18	7.3	7.3/17.21	1
AG	0.48	4.8/25.38	4.7	4.7/25.38	1
BC	1.3	3.8/58.44	11.1	11.1/31.99	10
BG	1.3	5.1/49.26	9.6	9.6/30.06	10
BJ	1.4	5.6/113.41	8.5	8.5/66.64	20
BT	1.9	7.7/150.29	8.4	8.4/121.65	20
BN	3.5	51.8/24.52	5.1	51.8/24.52	50
CB	7.5	89.4/132.89	10.5	84.4/129.64	500

1. 출력별 측정결과 분석

가. 100 kW 이상의 대출력 전기장강도 측정결과 분석

전기장강도를 측정한 100 kW 이상의 대출력 AM송신국은 CA, CB, 등 9개국을 측정하였다.

측정결과 대부분 송신국은 그림 4-4와 같이 거리가 멀어짐에 따라 전기장강도가 낮아지는 일반적인 현상을 보이고 있다. 출력이 250 kW 이상인 송신국은 측정시작지점의 거리가 파장보다 더 먼 경우도 있다. 측정시작지점이 161 m ~ 622 m 로 CE, CG, CI 송신국은 파장보다 측정시작지점이 더 거리가 멀다.

CA송신국은 지향성을 주기 위하여 $\lambda/4$ 수직접지 안테나를 일정간격 사이로 주 안테나와 리플렉터 안테나로 구성되어 있다. 리플렉터는 주 안테나에서 나오는 전자파를 그대로 반사시켜 주는 역할을 한다. 리플렉터의 영향으로 그림 4-4와 같이 핫 스팟 현상이 나타나고 있다.

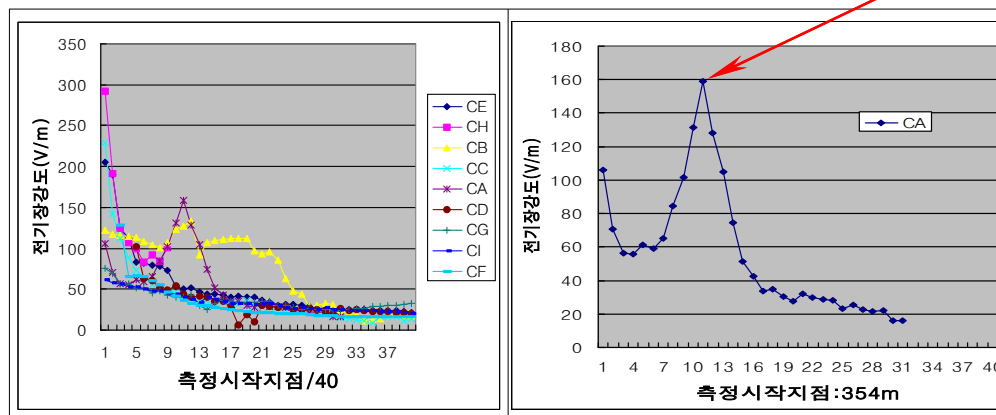


그림 4-4. 대출력 송신국의 거리별 전기장강도 변화 및 핫 스팟 현상

측정결과, 측정간격이 조밀 할수록 전기장강도의 최대값을 찾을 수 있으며, 대출력의 경우 측정시작지점 거리가 161 ~ 622 m 로 이를 40등분 하면 4~14 m 간격으로 측정하게 되어 측정간격이 큰 경우 최대값을 찾기가 어려울 수 있다.

그림 4-5는 전기장강도의 최대값이 송신안테나 최근접 지점이 아니라 송신안테나에서 최근접 지점보다 더 떨어진 지점에서 측정된다는 점과 측정간격이 조밀하면 송신안테나에서 이격된 곳에서 최대값이 측정된다는 것이다. CH송신국의 측정시작지점 측정간격은 14 m 이나 3.4 m 간격으로 조밀하게 측정하면 안테나로부터 최근접 지점이 아니고 최근접 지점보다 더 떨어진 지점에서 전기장강도의 최대값을 찾을 수 있었다.

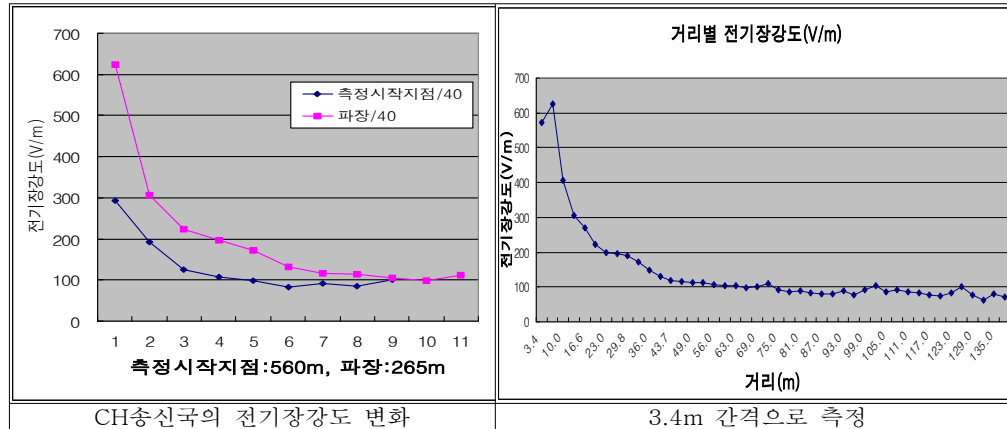


그림 4-5. CH송신국의 거리별 전기장강도 변화

나. 10 ~ 99 kW의 중출력 송신국의 전기장강도 측정결과 분석

측정한 AM송신국은 BA, BE 등 20국으로 대출력의 경우와 같이 송신안테나로부터 거리가 멀어짐에 따라 전기장강도가 약해지나 BN을 제외한 BJ, BP 등 5국은 송신안테나로부터 3.8 ~ 7.7 m 거리에서 최대값이 나타났다.

그림 4-6 및 표 4-3과 같이 측정간격이 조밀한 경우 송신안테나로부터 최근접 지점보다 더 떨어진 지점에서 전기장강도 최대값이 측정되었다. BN은 안테나 방사특성 조정을 위하여 지선과 지면 사이에 리플렉터를 설치한 경우로 51 m 지점에서 전기장강도 최대값이 측정되었다.

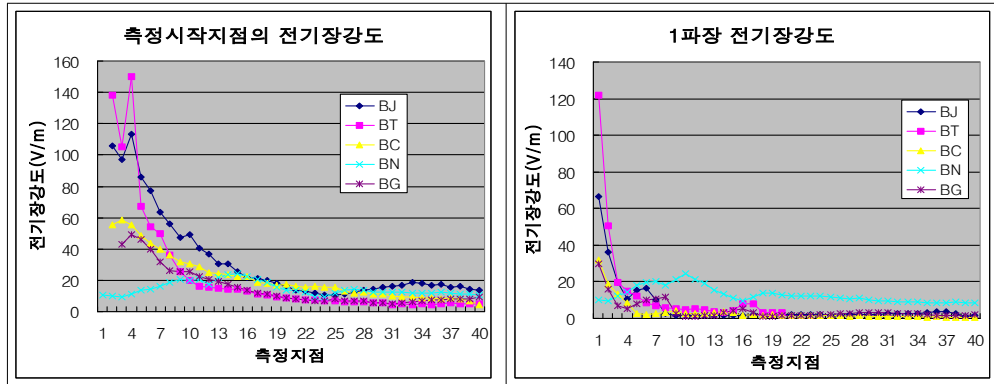


그림 4-6. 중출력 송신국의 전기장강도

표 4-3. 중출력 송신국의 전기장강도 최대값 측정지점

국명	측정간격(m)		전기장강도 최대값 측정지점(m)	
	d/40	$\lambda/40$	d/40 거리(m) / 전기장강도(V/m)	$\lambda/40$ 거리(m) / 전기장강도(V/m)
BJ	1.4	8.5	5.6 / 113.41	8.5 / 66.64
BT	1.9	6.5	7.7 / 150.29	8.4 / 121.65
BC	1.3	11.1	3.8 / 58.44	11.1 / 31.99
BG	1.3	9.6	5.1 / 49.26	9.6 / 30.06
BN	3.4	5.1	51.8 / 24.52	51.5 / 24.52

다. 10 kW 미만의 소출력 측정결과 분석

측정한 AM송신국은 AG, AA 등 8국으로 거리가 멀어짐에 따라 전기장강도가 약해지나 5국은 5 m 이내에서 전기장강도의 최대값이 나타난다.

그림 4-7 및 표 4-4와 같이 측정시작지점/40으로 측정한 값과 1파장/40을 측정한 전기장강도의 최대값을 비교하면 측정간격이 조밀한 측정시작지점에서는 송신안테나의 최근접 지점보다 더 떨어진 곳에서 전기장강도 최대값이 측정되었다.

파장/40으로 측정 시 측정간격은 4.7 ~ 13.9 m로 측정간격이 넓어지며, 대부분 안테나로부터 가장 가까운 측정지점에서 전기장강도의 가장 큰 값이 측정되었다.

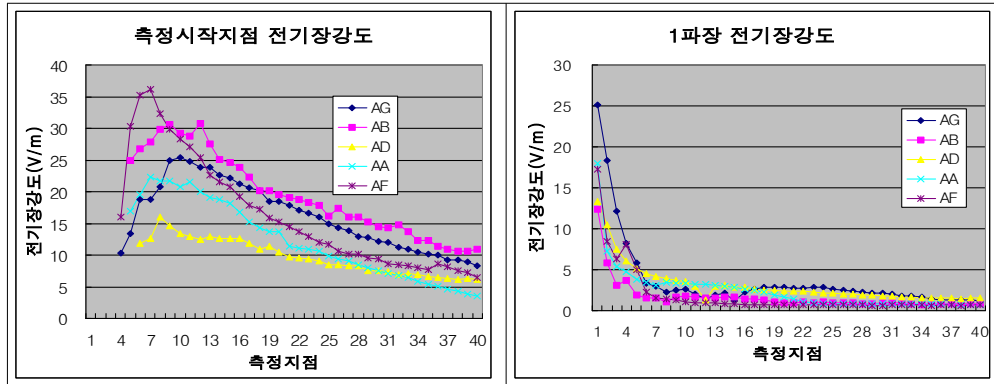


그림 4-7. 소출력 송신국의 전기장강도

표 4-4. 소출력 송신국의 전기장강도 최대값 측정지점

국명	측정간격(m)		전기장강도 최대값 측정지점(m)	
	d/40	$\lambda/40$	d/40의 거리(m) / 전기장강도(V/m)	$\lambda/40$ 의 거리(m) / 전기장강도(V/m)
AA	0.4	13.9	3.6 / 30.54	13.9 / 12.35
AB	0.4	6.1	2.8 / 22.26	6.1 / 18.03
AD	0.48	4.9	3.8 / 16.03	4.9 / 13.37
AF	0.4	7.3	2.8 / 36.18	7.3 / 17.21
AG	0.48	4.7	4.8 / 25.38	4.7 / 25.38

2. 안테나 유형별 전기장강도 측정결과 분석

국내의 AM송신국은 삼각지선식, 사각지선식 및 사각자립식 세종류의 안테나 유형이 있으며 전자파강도를 측정한 37국중 삼각지선식은 13국, 사각지선식은 21국, 사각자립식은 3국 이었다.

안테나 유형별로 송신안테나로부터 최근접점 보다 이격된 지점에서 전기장강도의 최대값이 나오는 분포는 삼각지선식 23 %, 사각지선식은 33 %, 사각자립식은 33 % 로 안테나 유형과는 특별한 상관관계가 없는 것으로 확인되었으며, 안테나 유형은 송신안테나를 안정되게 지지하기 위한 것으로 송신안테나로부터 이격된 지점에서 전기장강도의 최대값이 나오는 것과는 무관한 것으로 확인되었다.

3. 전파의 편파별 측정결과 분석

측정한 AM송신국 37국의 경우 조사한 자료와 달리 전파의 편파는 모두 수직편파를 송신하고 있어 편파별 분석이 의미가 없었다.

4. 주변 지형별 측정결과 분석

AM송신국의 주변지형별 분류에서 정의할 것은 AM송신국으로부터 반경 1 km 내의 지형이 어떠냐에 따라 분류하였다.

도심지형은 AM송신국 37국 중 4국을 측정하였으나 송신안테나로부터 이격된 지점에서 전기장강도의 최대값이 나오는 곳은 없었다. 따라서, 도심지형과 이격된 지점에서 전기장강도의 최대값을 찾는 것과는 무관하였다.

평야지형은 37국 중 20국을 측정하였으며, 송신안테나로부터 이격된 지점에서 전기장강도의 최대값이 나오는 곳은 8개국 이었다. 평야지형에서 많이 측정된 원인은 도전율이 크고 유전율이 작을수록 감쇠가 적어 해상, 평야, 산악 시가지 순으로 전파가 잘되는 중파의 특성과 밀접한 상관관계가 있다고 판단된다.

산악지형은 37국 중 13국을 측정하였으며, 안테나와 이격된 지점에서 전기장강도의 최대값이 나오는 곳은 3개국 이었다. AM전파의 파장이 길어 산악 지형 임에도 불구하고 반사파가 거의 없고 전파의 전파 특성상 큰 영향이 없는 것으로 판단된다.

5. 주파수(파장:λ)에 따른 측정결과 분석

파장을 525 ~ 900 kHz, 901 ~ 1200 kHz, 1201 ~ 1605 kHz 3등급으로 분류하고 파장을 40등분하여 측정하였으며, 국내 AM송신국은 540 ~ 1584 kHz 대역에서 분포하며, 파장(λ)은 189 ~ 556 m 사이에 분포하고 있다.

측정한 AM송신국 중 전기장강도의 최대값이 안테나로부터 최근접지점이 아닌 좀 더 떨어진 지점에서 발생하는 이유가 주파수/파장과 관련성이 있는지의 여부를 분석해 보았다. 안테나로부터 일정거리 떨어진 지점에서 전기장강도의 최대값이 측정된 송신국 비율은 표 4-5와 같으며 주파수/파장과 상관관계는 없는 것으로 판단된다.

표 4-5. 안테나 최근접 지점보다 더 먼 지점에서 전기장강도의 최대값이 측정된 송신국의 주파수별 비율

주파수	측정송신국 수	안테나 최근접 지점보다 먼 지점에서 전기장강도 최대값이 측정된 송신국 수	비율(%)
525~900 kHz	14	5	36
901~1200 kHz	11	2	18
1201~1605 kHz	12	4	33

6. 펜스영역의 전기장강도

37국의 AM송신국을 측정한 결과 일반인의 출입을 제한하기 위하여 설치된 펜스에서의 전기장강도 감쇠가 많이 있었다. 송신안테나로부터 펜스까지는 전기장강도의 감쇠가 선형적으로 약해지다가 펜스 밖에서는 갑자기 약해지는 현상이 나타났다. 전기장강도는 일반적으로 거리에 반비례하여 감쇠하나 펜스에서의 전기장강도의 감쇠가 선형적으로 감쇠하지 않고 그림 4-8과 같이 철제 펜스의 영향으로 펜스에서 떨어진 지점에서 전기장강도가 더 많이 측정되었다.

현행 전자파강도측정기준은 일반인이 접근 가능하며, 펜스에서 1 m 떨어진 지점에서 측정하게 되어 있으나 그림 4-8과 같이 측정결과 더 먼 지점에서 측정하여야 되는 것으로 확인되었다.

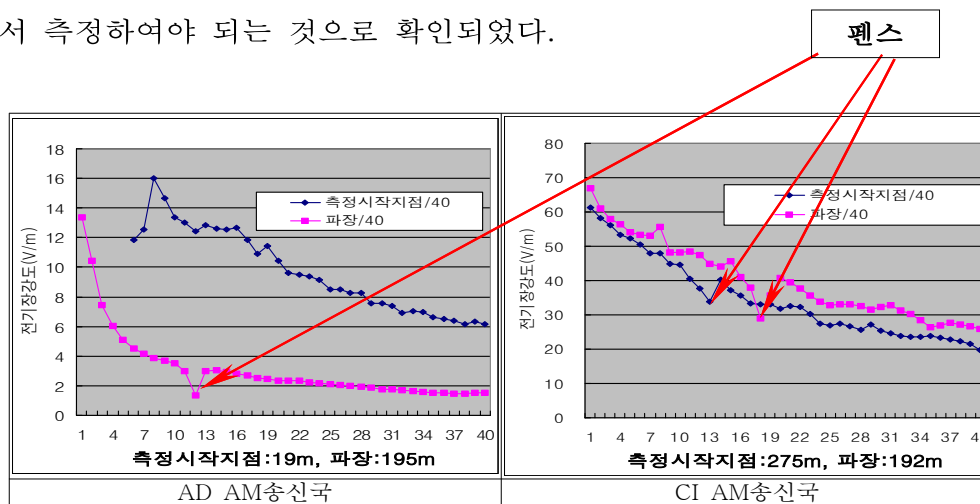


그림 4-8. 펜스영역의 전기장강도

펜스영역의 효과에 대하여 얼마나 더 떨어져야 하는지 4개국을 추가로 보완측정을 한 결과 표 4-6과 같이 7 ~ 14 m 에서 전기장강도의 최대값이 측정되었다. 따라서 최소 7 m 이상 이격해야 되는 것을 확인하였다.

이런 현상이 발생하는 원인은 안전경계시설의 재료가 대부분 철 구조물로 되어 있기 때문인 것으로 추정되며, 펜스 주변에서 전기장강도의 감쇠가 발생하는 펜스효과가 없어지는 위치는 송신안테나의 실효고¹¹⁾, 펜스 높이 및 측정프로브의 각도와 관계가 있는 것으로 판단된다.

표 4-6. 전기장강도 측정 시 펜스로부터 이격 거리

AM송신소	펜스로부터 전기장강도 최대값이 측정된 거리(m)	펜스 높이(m)	안테나 높이(m)	안테나에서 펜스까지 거리(m)
CB	14.0	3.0	135	270
DA	7.0	2.5	80	40
DB	7.5	2.5	80	38
DC	8.5	2.5	80	50

제5절 전자파강도 측정기준 개정을 위한 연구반 운영

1. EMF인체노출표준위원회 특별 연구1반 회의

전자파강도 측정기준 개정(안)을 작성하기 위하여 학계 및 이해당사자로 구성된 EMF인체노출표준위원회 특별 연구1반 회의를 개최하여 의견수렴을 하였으며, 회의 내용은 다음과 같다.

첫째로 우리 소의 의견은 전자파강도 측정간격을 측정시작지점에서 λ 간격으로 측정하고 일반인이 접근 가능한 최근접 영역까지 전자파강도를 측정 후 최대값이 측정된 영역의 전·후 10 m 구간에서는 1 m 간격으로 측정하는 정밀측정 개념을 도입할 것을 제안 하였으나, 전자파강도 측정기준의 전체적인 골격이 등(等) 간격 측정기준이기 때문에 AM 주파수 대역에만 측정간격을 세밀하게 하는 것은 측정기준의 틀에 맞지 않으므로 등 간격으로

11) 장·중파대에서 사용하는 $\lambda/4$ 수직접지 안테나를 전류분포가 균일한 안테나로 가정할 때의 안테나 높이

측정해야 한다는 의견에 위원들 모두가 동의하였다.

둘째로 전자파강도 측정기준 중 별표 1의 표 1의 송신주파수 기준이 현재 유럽의 서비스 기준으로 되어 있으므로 우리나라 현실에 맞게 표 4-7과 같이 수정할 것을 제안하였으며 위원들 모두 동의하였다.

표 4-7. 무선국 송신주파수별 측정간격

현 행					수 정			
송신 주파 수	80 MHz 미만	80 MHz 이상에서 900 MHz 미만	900 MHz 이상에서 3000 MHz 이하	3 GHz 초과	50 MHz 미만	50 MHz 이상에서 800 MHz 미만	800 MHz 이상에서 3000 MHz 이하	3 GHz 초과
측정 간격	$\text{Max}(\lambda, d/40)$	$\text{Max}(2 \text{ m}, d/40)$	1 m	0.5 m	$\text{Max}(\lambda/3, d/40)$	$\text{Max}(2 \text{ m}, d/40)$	1 m	0.5 m

※ 우리나라에서는 54 MHz ~ 88 MHz의 주파수 대역은 TV지상파, 806 MHz 이상은 이동통신용 주파수로 분배하고 있음

※ 50 MHz 미만에서 $\lambda/3$ 으로 한 사유 : 파장은 3등분하면 파장이 2 m가 되어 50 ~ 800 MHz의 측정간격 2 m와 관련성이 있음

셋째로 전자파강도 측정기준 별표 1의 표2 중 무선국의 송신주파수와 분해능대역폭(RBW) 중 분해능대역폭(RBW)을 측정대역폭으로 수정하고 송신주파수 대역과 측정대역폭의 내용 중 AM라디오의 주파수 531~1602 kHz를 526.5~1606.5 kHz로, 대역폭 8 kHz를 9 kHz로 또한, FM라디오의 주파수는 87~108 MHz를 88~108 MHz로, 대역폭은 150 kHz를 200 kHz로 수정할 것을 우리 소에서 제안하였고 위원들 모두 동의하였다.

※ 분해능대역폭(RBW)을 측정대역폭으로 수정 이유는 현재 표2의 주파수 기준이 서비스 사업자 기준으로 되어 있으므로 일원화 시키고자 함

※ 송신주파수와 측정대역폭은 우리나라 주파수 분배 및 무선설비규칙에 AM라디오 및 FM라디오의 각 채널 간격이 9 kHz 및 200 kHz로 되어 있음

넷째로 일반인의 출입이 통제된 안전시설의 경우 전기장강도 측정에 대하여 근거 데이터가 부족하므로 보완하여 안전시설로부터 측정 이격거리를 결정할 것을 제안하였으며, 위원들 모두 동의하였다. 그리고 보완 측정한 결과는 펜스영역의 전기장강도에 기술하였다.

위와 같이 우리 소의 연구 결과를 연구반 회의를 통하여 의견을 수렴하고 내용을 검증하는 절차를 거쳐 전자파강도 측정기준 개정(안)을 마련하였다. 이와 관련한 세부 내용은 부록 2의 AM송신국에 대한 전자파강도 측정기준 개정(안)과 부록 3의 전자파강도 측정기준 신·구문 대비표를 참조하길 바란다.

제5장 휴대전화 전자파가 보청기에 미치는 영향 선행 연구

최근, 고령화 사회의 진입과 각종 과도한 소음으로 인하여 난청인구의 증가와 더불어 보청기의 사용자가 증가하고 있는 추세이다. 언론에 따르면 MP3, DMB 등의 보편화와 이어폰 사용 등으로 인한 소음성 난청으로 젊은 층에서도 보청기의 사용자가 증가하고 있다고 한다. 그리고 한국보청기협회(KHAA)에 따르면, 우리나라의 난청 인구는 전체 인구의 10%정도이며, 50(∼100)만명 정도가 보청기를 사용하는 것으로 추정하고 있다. 그리고 현재, 미국에서 휴대전화의 전자파가 보청기의 성능에 영향을 주지 않도록 규제하므로 인하여 국내 휴대전화 제조업체에 타격이 되고 실정이다. 따라서 이에 대한 연구를 통하여 국내 산업체에 관련 기술을 지원하고, 국내 보청기 사용자의 권익을 보호할 필요성이 요구되고 있다.

본 장에서는 보청기의 보급 현황 및 국외 기술기준을 조사하여 분석하였으며, HAC 측정 및 전자기장 수치해석기법을 이용한 휴대전화와 보청기의 전자파 영향을 분석하였다. 이번 연구에서는 국내 HAC¹²⁾ 기술기준 도입 검토를 위한 본 연구를 수행하기 전, HAC 규제 기준의 타당성을 검증하고자 하였다.

제1절 국내의 보청기 보급 현황

1. 보청기의 정의

보청기는 소리를 잘 듣지 못하는 사람에게 소리를 크게 하여 듣게 해 주는 기계이다. 보청기의 원리는 음파(음향 신호)를 마이크로폰(송화기)으로 받아 전기신호로 바꾸어서 이것을 증폭기로 확대하여 다시 이어폰(수화기)으로 음파를 만들어 귀에 들리게 하는 것이다.

2. 보청기의 종류

보청기는 아날로그, 디지털, 프로그램형 보청기가 있다. 아날로그 보청기는

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

말 그대로 물리적인 조절기나 음향 성분을 원음 그대로 증폭하여 소리를 전달하는 장치이다. 이는 회로 구조가 간단하고 가격은 저렴하지만 청력의 형태에 완전히 접목하기가 어렵다는 단점을 가지고 있다. 그리고 디지털 보청기는 아날로그적인 음향신호를 디지털적인 신호로 바꾸어 청력 형태에 가장 완벽하게 맞춤으로서 가장 이상적으로 청력을 보완시킬 수 있는 장치이다. 이는 어떠한 청력에도 완벽하게 대응할 수 있고, 디지털적으로 소음을 감소시킬 수 있는 기술, 피드백 제거 기술들을 접목할 수 있는 보청기이다. 프로그램형 보청기는 증폭 방식이 아날로그 방식이지만 증폭 조절과 필터 조절이 컴퓨터로 제어되는 보청기이다. 이는 보청기 안에 컴퓨터 칩이 장착되므로 가격이 비싸지만 어려운 청력 형태에도 적용할 수 있게 조절이 가능하다.

또한 보청기는 형태에 따라 귀걸이형, 귓속형, 귀걸이형 등이 있으며, 귓속형은 고막형(CIC), 귓속형(ITC), 소형귓속형(MITC), 외이도형(ITE) 등이 있다. 그리고 보청기의 가격은 크기가 작은 순서(출력(소리 크기)에 따라 크기가 다름)에 따라 100~500만원 정도이며, 아날로그 타입은 20~ 80만원 정도, 디지털 타입은 100 ~ 1000만원 정도이다.

표 5-1. 형태별 보청기의 분류

형태	외관 모습	제품 특성
고막형		외관상 눈에 띄지 않아 학생 및 직장인이 많이 사용
소형 귓속형		외관상 눈에 띄지 않으며, 착용이 편안함
귓속형		외관상 눈에 띄지 않으며, 조작이 간편해 노인들이 많이 사용
외이도형		조작이 서툰 아동이나 노인이 적합하고 착용이 편함
귀걸이형		편안한 착용감과 최대 출력으로 다양한 청력에 적합하며, 청력 훈련기기, 적외선 청취 장치 또는 TV 수상기와 호환되어 여러 형태로 사용될 수 있음

표 5-2. 용도별 보청기의 분류

형태	외관 모습	제품 특성
안경형		일반 보청기의 소리 전달 방식(공기전도)과는 다르게 골 전도(유양돌기 : 귀 뒤의 뼈 부분) 방식으로 소리를 전달, 귀에 염증이 있어 일반 보청기를 착용하기 어려울 경우 사용
이식형		귀 뒤쪽의 연골과 외이도관 사이에 길을 내어 그 안에 보청기를 고정하여 고막에 바로 소리를 전달하는 것으로 고주파수에만 청력 손실이 있는 경우와 기존 보청기 착용에서 답답함이나 울림현상으로 불편을 겪는 경우에 사용
인공와우		보청기로도 도움을 받지 못하는 고심도 난청의 경우 수술을 통해 고성능 전기장치를 달팽이관에 이식하여 소리를 듣게 해주는 첨단 시술 장치

3. 보청기의 보급현황

표 5-3은 국내의 실제 등록 장애인 수를 나타내며, 이 통계 자료에 따르면 국내 난청 인구는 국내 인구의 10%로 추정할 수 있고, 보청기의 사용률은 10%로 추정할 수 있다. 또한 고령화 사회로 진입하면서 매년 10%이상의 증가율을 보이고 있다. 그리고 중소기업청 신기술아이디어 보고서에 따르면 2009년도 국내 보청기의 시장 규모는 약 1,670억원선이지만, 실제로는 2,000억 ~ 3,000억원 규모로 추정하고 있다(표 5-4). 그리고 한국보청기협회의 통계 자료에 따르면 1년 동안에 국내에서 판매되고 있는 보청기의 수는 10만개 정도로 예상하고 있지만 실제로는 그 이상일 것으로 추정된다. 보청기의 배터리는 일년에 1,000만개 정도가 사용된다고 추정되는데, 이때 실제 배터리의 수명은 1 ~ 2개월이므로 이를 계산하면 약 50 ~ 100만명의 보청기 사용자를 추정할 수 있다. 미국과 유럽에 비해 약 6분의 1의 보청기 사용율(난청 인구대비)인 셈이지만 상당히 많은 수라고 할 수 있다.

표 5-3. 실제 등록 장애인 수

구분	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년
청각 장애인수	87,387	105,711	123,823	139,325	155,382	174,302	198,563	204,231
증가율(%)	29%	21%	17%	13%	12%	12%	14%	3%

※ 자료출처 : 한국보청기협회 (KHAA), 2007년 상반기까지의 자료

표 5-4. 국내 보청기의 시장 규모

구분	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년
시장 규모	1,232억원	1,440억원	1,677억원	1,948억원	2,254억원

※ 자료출처 : 2005년 중소기업청 신기술아이디어 보고서의 자료

제2절 HAC의 국외(미국) 기술기준

1. 미국의 기술기준

HAC 규격은 기존의 유선전화기 시절부터 T-coil(음성신호)에 대한 규격이 존재해 왔다. 이는 유선전화기와 보청기의 Tele-coil과의 호환성 여부에 대하여 확인하는 것이었다. 최근 유선전화기에서 무선전화기로 전환됨에 따라 무선전화기와 호환성 문제에 대한 확인이 필요하게 되었다. 그래서 기존의 T-coil 시험외 무선전화기의 사용주파수 대역의 장(Field) 성분에 대한 조사를 시작하게 되었으며, 이러한 부분들을 모두 고려하여 2001년에 최초의 규격(Revision)이 수립되었다. 현재 ANSI C63.19-2007 버전까지 개정이 된 상태이다. HAC 규격에 대하여 살펴보면, 시험(Test) 범위는 WD¹³⁾와 HA¹⁴⁾에 대하여 모두 시험해야 한다. WD인 경우는 RF 방사(emission) 시험과 음성신호(T-coil) 시험을 해야 하며, HA는 RF 내성(Susceptibility) 시험만 하면 된다(그림 5-1). 적용 주파수로는 800 ~ 3000 MHz대역이며, 향후에는 귀 근처에 사용되는 4G, WiFi 등 다양한 단말기에 대해서도 확대 적용될 것으로 예상된다.

13) WD(Wireless Communications Device) : 무선통신장비

14) HA(Hearing Aid) : 보청기

< HAC 관련 규격 시행령 >

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

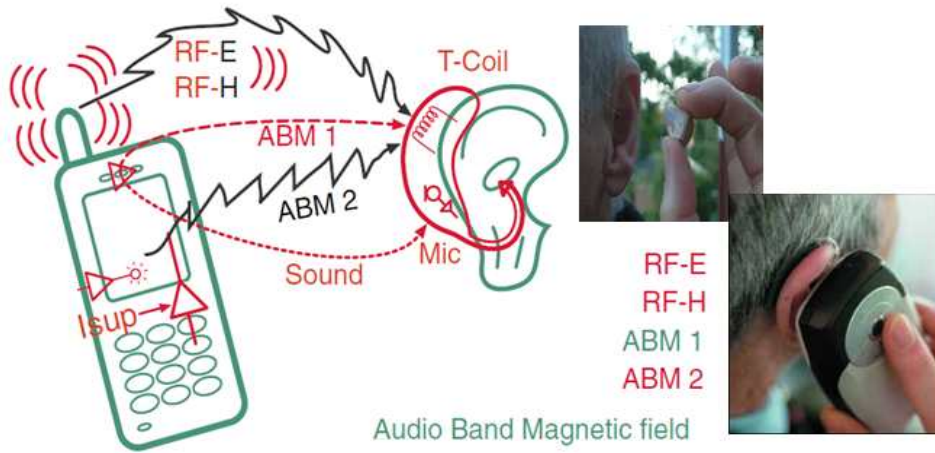


그림 5-1. WD와 HA의 시험 적용 범위

HAC 규격은 궁극적으로 보청기와 WD와의 호환성을 알기 위한 것으로서 보청기와 WD간의 등급을 부여하고 관련 종사자나 보청기 사용자에게 정보를 제공하는 것을 목적으로 하고 있다. 그림 5-2는 휴대전화 전자파(RF) 방사 및 보청기의 내성에 대한 규제 기준을 나타낸다. 여기서, HAC 규제 기준은 휴대전화에서 발생하는 전자기장(E/H)의 RF 성분과 T-coil과의 상호 연관성 및 HA의 내성 부분으로 크게 2가지로 구분되며, HA와 WD의 각 등급별 표시 및 의미를 표현하고 있다. HA(보청기)의 경우, M1~M4의 네 등급(rating)으로 분류하고 있다. 그 의미는 HA가 외부 전자기장에 민감한 정도를 나타내며 등급이 높을수록 덜 민감함을 나타낸다. 외부 전자기장에 덜 민감할수록 HA는 잡음 없이 좋은 성능을 낸다. WD(무선통신기기)의 경우, 크게 M 등급과 T 등급 두 가지로 구분하고 있다. 두 등급 역시 모두 각각 4개 등급으로 나누어 성능을 표시한다. 먼저, M 등급은 휴대전화의 Ear point 부근에서 발생하는 전자기장의 세기를 등급을 나누어 구분한다. 등급이 높을수록 휴대전화에서 발생하는 전자기장의 세기가 적다는 의미이며,

이는 WD가 HA에 미칠 수 있는 영향이 상대적으로 적다는 것을 의미한다. T 등급의 경우, 가청 주파수대역에서의 자기장의 세기를 구분한 것으로, 본 자기장은 휴대전화에서 전달하는 음성신호를 HA에 전달하는 역할을 한다. 자기장의 세기가 높을수록 HA에 보다 좋은 품질의 음성 신호를 전달한다. T 등급은 이러한 자기장의 세기를 구분하며, 세기가 높을수록 높은 등급을 갖는다. 종합적으로 판단했을 때 M 등급과 T 등급 모두 높은 이동통신 기기가 보청기 사용자에게 유리한 기기이다. 표 5-5는 시스템 성능 분류표로서 일반인들이 등급만 보고 성능을 판단하기가 어렵기 때문에 HA와 WD와의 등급에 대하여 좋은 제품인지 아닌지를 판단하고 선택할 수 있는 지표이다.

ANSI-PC 63.19-2001 Draft3.x		HAC Classes	
HA		WD	
Susceptibility E Susceptibility H		Emission E Emission H (T-Level x,y,z) (T-Freq Res) Signal / Noise	
robust	M4 M3 M2 sensitive M1	M4 (low rad.) M3 M2 M1 (high rad.)	T4 (low noise/disturbance) T3 T2 T1 (high noise/disturbance)

그림 5-2. 휴대전화 전자파(RF) 방사 및 보청기의 내성에 대한 규제 기준

표 5-5. 시스템 성능 분류표

SYSTEM CLASSIFICATION		
System Classification	Articulation Index	Category Sum
	AI	Sum of Hearing Aid Category + Telephone Category
Usable	0.3	Hearing Aid Category + Telephone Category = 4
Normal Use	0.5	Hearing Aid Category + Telephone Category = 5
Excellent Performance	0.7	Hearing Aid Category + Telephone Category ≥ 6

표 5-6은 HAC 규격 중 RF 방사에 대한 규제 기준을 보여주고 있다. 이번 연구에서는 WD의 RF 방사 부분만 다루어졌기 때문에 이 기준에 대해서만

살펴보도록 하겠다. 이 표는 현재 2007년 버전(Version)의 RF 방사 부분의 기준치이다. 이 기준은 크게 저주파수와 고주파수 대역으로 나누어져 있으며, 전기장 및 자기장으로 구분된다. 여기서, AWF(Articulation weighting factor)는 하나의 가중치로서 측정에 사용되지 않고 마지막 평가 과정에만 적용되는 파라미터(Parameter)이다. 예를 들면, GSM 프로토콜(Protocol)과 같이 변조 주파수(Modulation frequency)가 217 Hz인 프로토콜은 측정결과에 5 dB 만큼의 가중치를 부과(CDMA, TDMA, UMTS의 AWF는 0이다.)한다는 의미이다. 이로 인해 GSM의 경우 규격 수치상으로는 좀 더 엄격해 진다고 볼 수 있다. 이는 변조 주파수 자체가 음성 대역 주파수 범위에 가까운 관계로 보청기 관련 부품에 보다 많은 영향을 줄 수 있다는 뜻이다. 그리고 주파수 대역을 구분하는 기준이 960 MHz인 것은 IEC 60118-13(2004)¹⁵⁾에서의 시험 연구에서 보청기 자체가 가지고 있는 내성이 960 MHz 이하의 주파수 대역에서는 내성이 강하여 WD의 RF 방사 부분은 좀 더 엄격하게 적용을 하고 960 MHz 이상의 주파수 대역에서는 내성을 약하게 적용하고 있다. 이는 시험 결과를 바탕으로 기준을 정하고 있다.

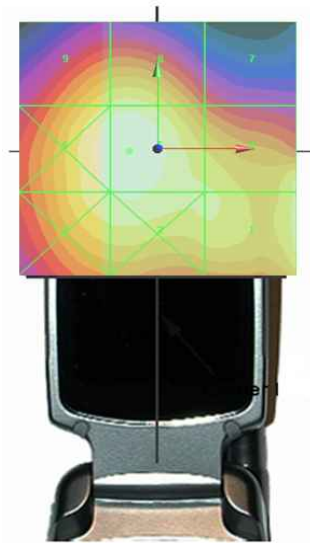
그림 5-3은 HAC 측정시 프로브와 휴대전화와의 이격거리와 측정결과를 보여주고 있다. 그림 5-3(a)에서 보는 것과 같이 HAC 측정은 휴대전화의 귀 기준점 또는 수신점(Ear point or Receiver point)을 중심으로 5 x 5 (cm) 범위를 평면적으로 스캔(Scan)하여 측정한다. 측정대상기기(DUT¹⁶⁾)와 측정 프로브(Sensor)간의 이격거리는 규격 변경(Revision)에 따라 변화를 거듭해 왔는데, 2007년도 버전(version)의 경우 1.5 cm로 규정하고 있다(그림 5-3(b)). HAC 측정값의 결정은 5 x 5 cm 측정범위에서 총 9개의 하위 그리드(Sub-grid)로 나누어서 측정한 후 최종 레포터(Report) 단계에서 최대 수치를 가지는 각 그리드들 중에서 가장 높은 값들을 가지는 3개의 값을 제외하고 나머지 그리드 중 가장 높은 값을 최종 결과값으로 결정한다.

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

16) DUT(Device under Test) : 측정대상기기

표 5-6. RF 방사(Emission)에 대한 규제 기준

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



(a) HAC 측정결과



(b) HAC 측정 이격거리

그림 5-3. HAC 측정결과와 측정 이격거리

2. 미국의 FCC에서 요구하는 HAC의 요구 사항

현재 FCC에서 요구하는 사항들을 살펴보면, 일반적으로 HAC 규제는 미주 시장에 공급되는 모델의 50%에 적용되고 있으며, 등급(Category)은 모델에 부착되어 있어야 한다. 그리고 규격 적용 범위 설정 제조사는 공급 모델 1/3 이상이 규격에 적합해야 하며, 무선 서비스 공급자는 무선기기의 최소 50% 또는 8개 이상의 모델이 규격에 적합해야 한다. Wi-Fi 헤드셋(Headset)에는 규격이 적용되지 않고 있으며 제조사와 서비스 공급자는 Wi-Fi 등급을 표시하지 않는다는 점을 명확히 공개해야 한다. 그리고 FCC에서 새 기술 규격(2007년 버전) 적용에 대해서는 규격의 많은 부분이 수정되었으므로 과도기적으로 제조사가 2009년까지 2006년 버전과 2007년 버전을 동시에 적용하는 것을 승인하고 있다. 그리고 신기능(Wi-Fi 등) 및 다중 대역(Multi-Band) 관련하여 규격의 제·개정 작업이 진행 중에 있으며, 향후 지속적으로 규격의 많은 부분들이 개정될 것으로 예상된다. 그리고 FCC에서는 HAC 결과보고서(Status Report)에 대한 제출을 FCC에 직접하거나 TCB를 통하여 FCC에 제출하도록 하고 있다. 또한, HAC 적용 모델에 대한 현황이 기재된 웹사이트(Website)를 관리·운영하고 있으며, 지속적인 모델 정보도 업데이트하고 있다.

제3절 HAC 측정 및 시뮬레이션 방법론

이번 절에서는 HAC 측정방법과 전자기장 수치해석적 기법을 이용하는 시뮬레이션(Simulation) 방법에 대하여 설명하고자 한다. 먼저, 측정조건, 측정절차 등 전자파 방사 부분의 HAC 측정방법과 측정장비에 대한 소개를 하고, 다음으로 HAC 시뮬레이션 방법에 대하여 소개하도록 하겠다. HAC 측정방법에는 크게 전자파 방사 및 T-coil(음성신호) 부분으로 나누어지는데, 올해는 전자파 방사 부분에 대한 연구만 수행하였기 때문에 이 부분에 대해서만 설명하도록 하겠다.

1. HAC 측정 관련 전반적인 사항

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

2. HAC 측정을 위한 시스템 구성

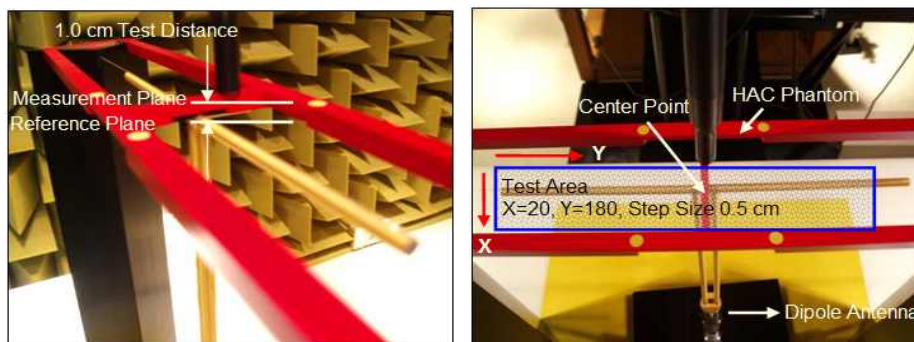
측정장비의 구성은 크게 5개 부분으로 나눌 수 있는데, 이는 전기장 및 자기장 프로브, HAC 팬텀, 피시험기기 지지대, 로봇 및 로봇 제어기, 제어용 컴퓨터 등으로 이루어져 있다. 그림 5-4는 HAC 시스템의 구성도를 보여주고 있다.



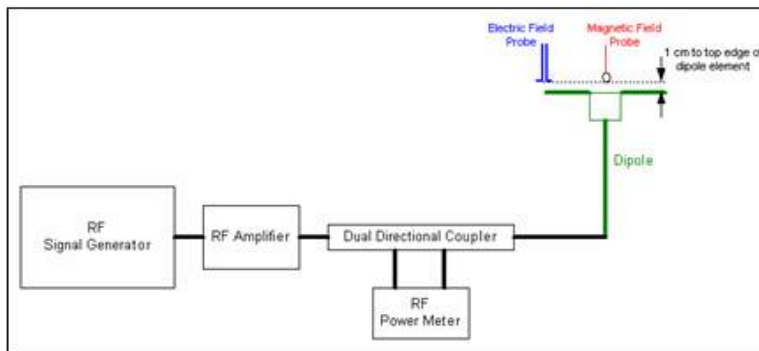
그림 5-4. HAC 측정시스템의 구성도

3. HAC 측정절차

먼저, HAC 측정전에 유효성 검사(Validation)를 실시한다. 그림 5-5(a)와 같이 표준 다이폴 안테나와 측정 프로브와의 이격거리를 1 cm로 하고, 등방성 다이폴 안테나에 일정한 출력($100 \text{ mW} = 20 \text{ dBm}$)을 인가하여 HAC 팬텀(Phantom)에 정위치 시켜서 전기장 및 자기장(E/H field) 측정 후 시험결과를 분석하여 시스템에 대한 유효성을 판단한다. 측정방법은 SAR 유효성 검사와 동일한 방법을 사용하며, 시스템의 유효성 검증을 위한 목표값(Target value)과의 오차는 $\pm 25\%$ 이내(편차 12%, 측정 불확정도 13%)로서 불확정도가 다소 큰 편이다. 그림 5-5(b)는 HAC 유효성 검사의 구성도이다.



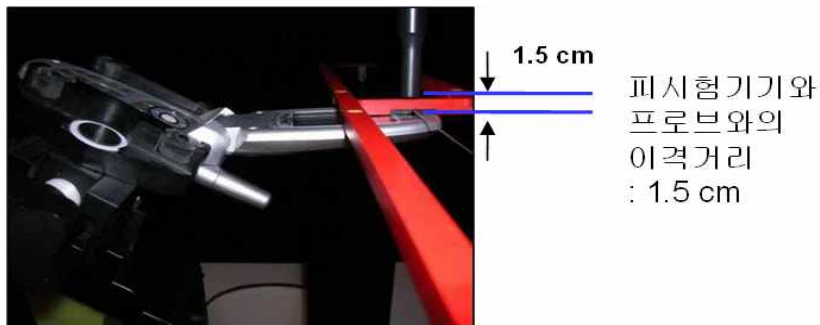
(a) 표준 다이폴 안테나와 측정 프로브와의 이격거리



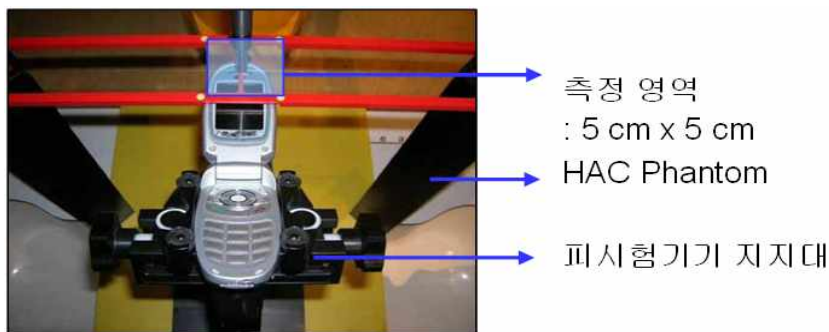
(b) HAC 유효성 검사 구성도

그림 5-5. HAC 유효성 검사(Validation)의 구성도

측정조건을 살펴보면, 먼저 피시험기와 측정 프로브와의 이격을 1.5 cm로 하여 시험하여야 하고, HAC 팬텀을 사용하여 팬텀의 기준점과 피시험기의 기준점과 정확하게 일치하여 거치를 시켜야 한다(그림 5-6(a)). 그리고 그림 5-6(b)에서 보는 바와 같이 5×5 cm의 측정 영역 범위 내에서 측정을 한다.



(a) 피시험기와 측정 프로브와의 이격거리

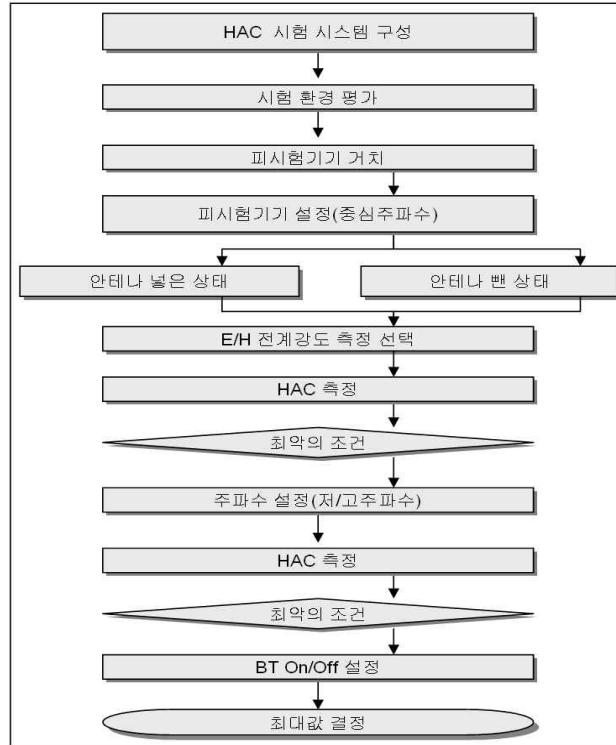


(b) 피시험기의 HAC 측정영역

그림 5-6. 피시험기와 측정 프로브와의 이격거리와 HAC 측정영역

그림 5-7은 HAC 측정절차에 대한 흐름도이다. 먼저, 그림 5-6과 같이 시스템을 구성하고, 피시험기를 HAC 팬텀에 거치한다. 피시험기를 중간 주파수로 설정하고, 안테나 넣은 상태/뺀 상태를 설정한 다음 최악의 조건에서 전기장 또는 자기장을 측정한다. 그리고 나머지 주파수(저/고주파수)에

대해서도 측정을 한다. 이 때 측정된 값들 중에서 최대값을 HAC 측정값으로 결정한다. 만약에 블루투스(Bluetooth) 모드가 있을 경우 최악의 조건에서 한번더 On/OFF에 대하여 시험을 진행하고 그 값들 중에서 최대값을 결정하고 RF 방사(Emission)의 등급(Category)을 결정하게 된다.



※ 전기장, 자기장에 대하여 모두 시험하고 최악의 조건을 최종 결과로 결정

그림 5-7. HAC 측정절차 흐름도

그림 5-8은 시뮬레이션의 절차를 나타낸다. 먼저, 원하는 CAD 자료를 불러(import)오거나 시뮬레이션 툴(Tool)을 사용하여 직접 설계(design)한다. 그리고 휴대전화의 형상에 따라 필요한 구조로 리모델링하거나 간략화시킨다. 그런 다음 해석 속도를 고려하여 메쉬(mesh)를 생성하고 소스 영역을 설계한 다음 시뮬레이션 한다. 시뮬레이션을 이용한 전자파 영향 분석은 자유공간에서의 근거리장 및 원거리장의 방사패턴, SAR 및 HAC 등에 대한 수치해석 결과를 바탕으로 분석할 수 있다.

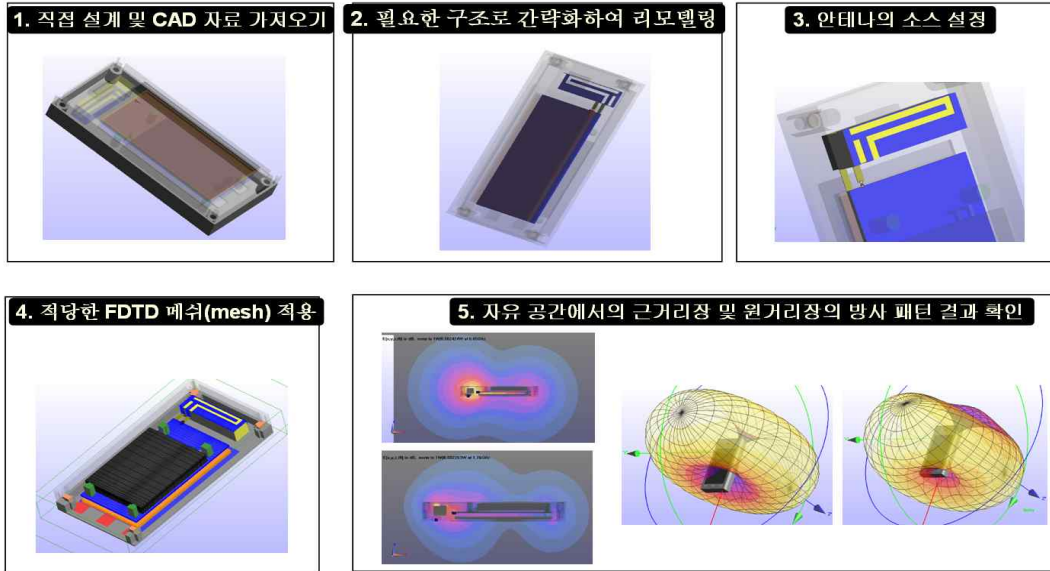
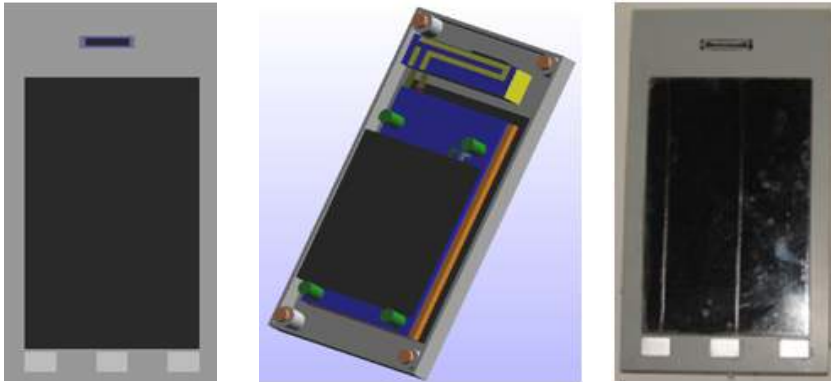


그림 5-8. HAC 시뮬레이션 절차

제4절 HAC 측정 및 시뮬레이션 결과

HAC 측정 및 시뮬레이션, HAC에 대한 손의 영향 분석을 위하여 직접 제작한 835 MHz와 1.765 GHz 대역의 휴대전화를 이용하였다.

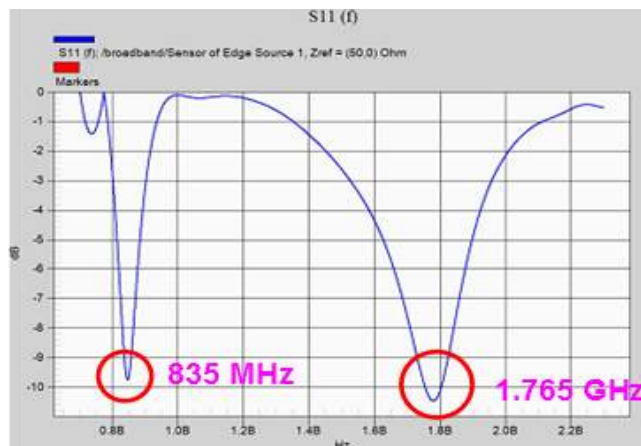
그림 5-9는 직접 제작한 휴대전화의 형상이다. 제작된 휴대전화는 시뮬레이션 속도에 영향을 줄 수 있는 요소(factor)를 줄이기 위하여 내부 구성 소자들을 최대한 단순화하여 제작하였다(그림 5-9(c)). 그리고 HAC에 대한 분석의 관점에서는 안정된 소스가 필요한데, 상용 휴대전화에는 많은 Active 소자로 이루어져 있어서 소스(feeding)를 안정화하는데 어려움이 있기 때문에 꼭 필요한 소자들만으로 구성하여 시험용 휴대전화를 제작하였다. 휴대전화의 설계에는 상용 시뮬레이션 툴을 이용하였다(그림 5-9(a)). 그림 5-9(b)는 휴대전화의 내부 구성도이다.



(a) 설계된 휴대전화 (b) 휴대전화의 내부 구성도 (c) 제작된 휴대전화

그림 5-9. 직접 제작한 시험용 휴대전화

그림 5-10은 시험용 휴대전화에 대하여 시뮬레이션 및 측정한 반사손실 (Return loss(S11)) 패턴이다. 측정결과를 살펴보면, 공진점이 정확하게 835 MHz의 CDMA 대역과 1.765 GHz의 PCS 대역에 떨어짐을 확인하였으며, 시뮬레이션 및 측정 결과(이득(Gain))값도 유사하게 나타남을 확인하였다 (그림 5-10). 그리고 835 MHz 대역에서는 협대역의 특성을 보였고 1.765 GHz 대역에서는 광대역의 특성을 보였다.



(a) 시뮬레이션 결과



(b) 측정결과

그림 5-10. 시험용 휴대전화의 반사손실(Return loss)

이번 연구에서는 시험용 휴대전화의 기본 조건 및 3가지 타입의 손 접촉 조건에 대하여 분석하였다. 손가락 접촉조건에서는, 그림 5-11과 같이 4가지의 형태로 조건(Case)을 구분하여 시뮬레이션을 하였다. Case0은 휴대전화에 손이 없는 경우이고(그림 5-11(a)), Case1은 손가락의 위치가 휴대전화 뒤쪽 윗 부분의 중간 부분에 위치한 경우(그림 5-11(b)), Case2는 손가락의 위치가 휴대전화 뒤쪽 윗 부분의 왼쪽 부분에 위치한 경우(그림 5-11(c)), Case3은 손가락의 위치가 휴대전화 뒤쪽 윗 부분의 오른쪽 부분에 위치한 경우이다(그림 5-11(d)). 그림 5-12는 조건(Case)별 반사손실(Return loss)에 대한 패턴이다. 이 결과는 손의 접촉 위치에 따라 공진점이 변한다는 것을 확인할 수 있었는데, 공진점의 위치가 손이 없는 경우에서 손가락 위치가 왼쪽에서 오른쪽으로 움직이면서 왼쪽에서 오른쪽으로 이동하는 것을 확인하였다. 이는 손의 접촉 위치에 따라 HAC의 결과에도 영향을 줄 수 있다는 것을 예상할 수 있었다.

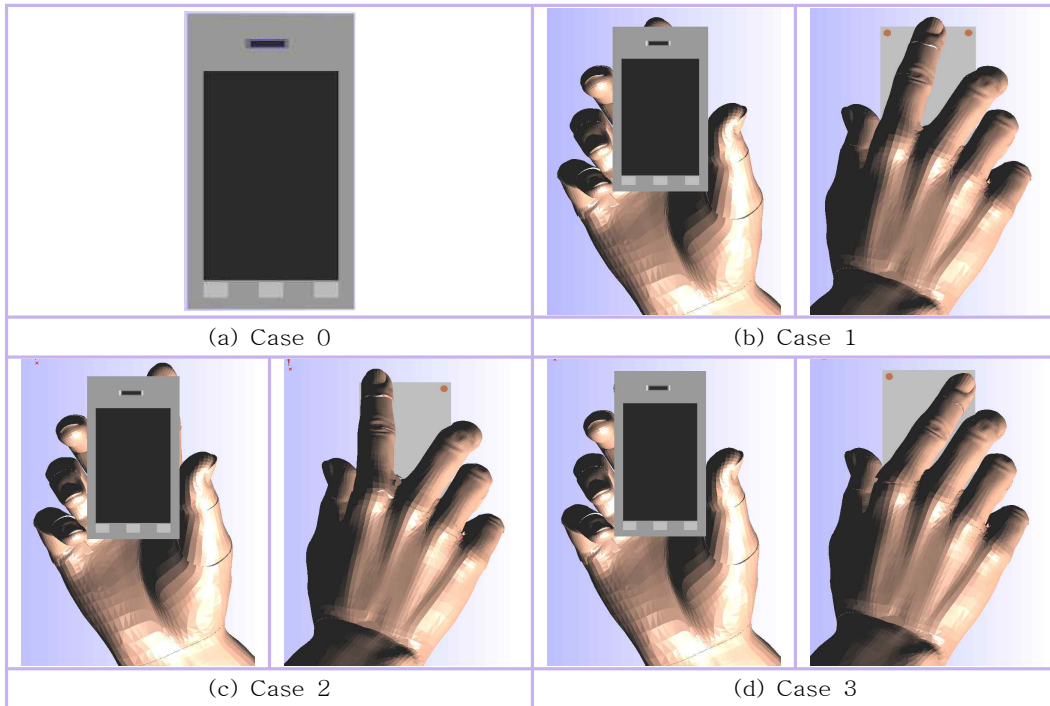


그림 5-11. 조건(Case)별 시뮬레이션 조건

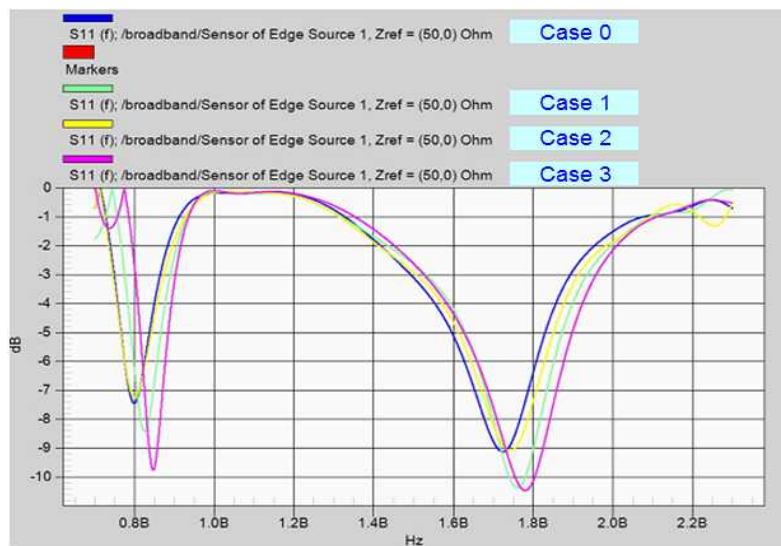


그림 5-12. 조건(Case)별 반사손실

그림 5-13은 3절에서 설명한 RF 신호시스템 및 HAC 측정시스템이다.



(a) RF 신호시스템 (b) HAC 측정시스템

그림 5-13. RF 신호시스템 및 HAC 측정시스템

그림 5-14는 측정시 조건(Case)별 측정조건을 보여주고 있다. HAC 측정은 그림 5-11에서 언급한 조건(Case)별 시뮬레이션 조건과 동일하게 시험하였으며, 손에 대한 영향 부분은 실제 사람의 손을 이용하여 측정조건별 측정을 실시하였다. 그리고 시뮬레이션은 그림 5-11과 동일한 조건에서 실시하였다.

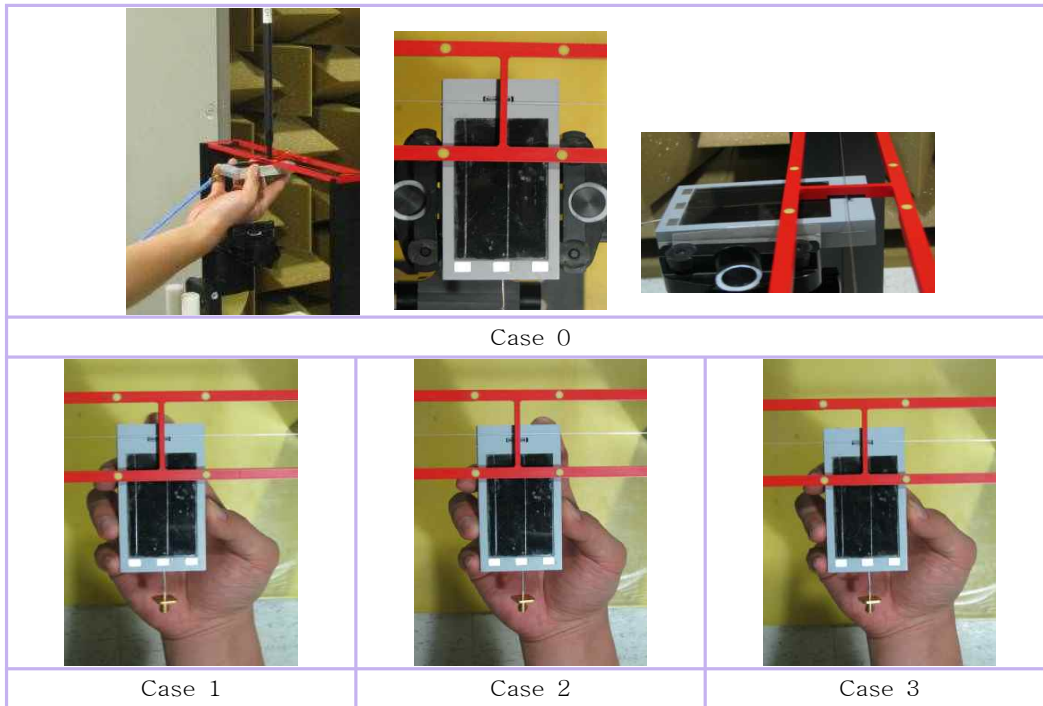


그림 5-14. 조건(Case)별 측정조건

그림 5-15 ~ 5-18은 835 MHz 및 1.765 GHz 대역의 HAC 시뮬레이션 및 측정결과이다. 표 5-7은 835 MHz와 1.765 GHz 대역의 시뮬레이션 및 측정결과 비교표이다. 전기장 분포는 모든 조건에서 시뮬레이션 및 측정결과가 유사하게 나타났으며, 저주파수대역(835 MHz)에서는 모든 조건에서 HAC 요구규격에 모두 만족하는 M 등급이 나왔지만, 고주파수대역(1.765 GHz)에서는 HAC 요구규격을 만족하지 않는 몇몇 조건들도 있음을 확인하였다. 그리고 835 MHz 대역에서 실제 HAC 측정값이 시뮬레이션 결과값보다 50% 수준으로 효율이 2배(3 dB)정도의 차이가 있음을 확인하였다(표 5-6). 이는 835 MHz 대역이 협대역이라서 손의 영향에 좀 더 민감하였고 실제 사람의 손을 사용하여 측정했기 때문에 휴대전화의 안정성 문제로 인하여 이러한 결과가 나타난 것으로 판단된다. 그림 5-19 ~ 5-20은 835 MHz와 1.765 GHz 대역의 시뮬레이션 및 측정결과를 비교한 그래프이다.

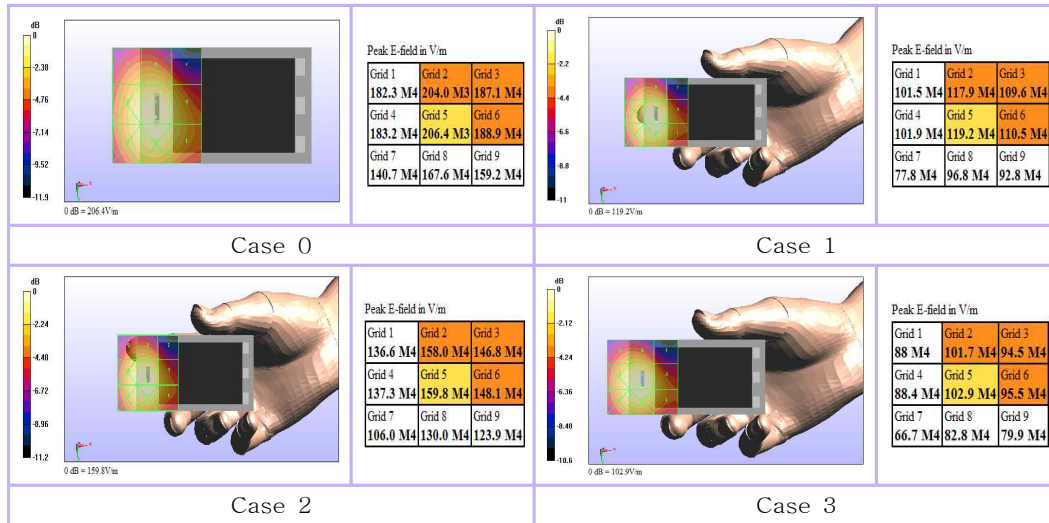


그림 5-15. 조건(Case)별 시뮬레이션 결과(835 MHz)

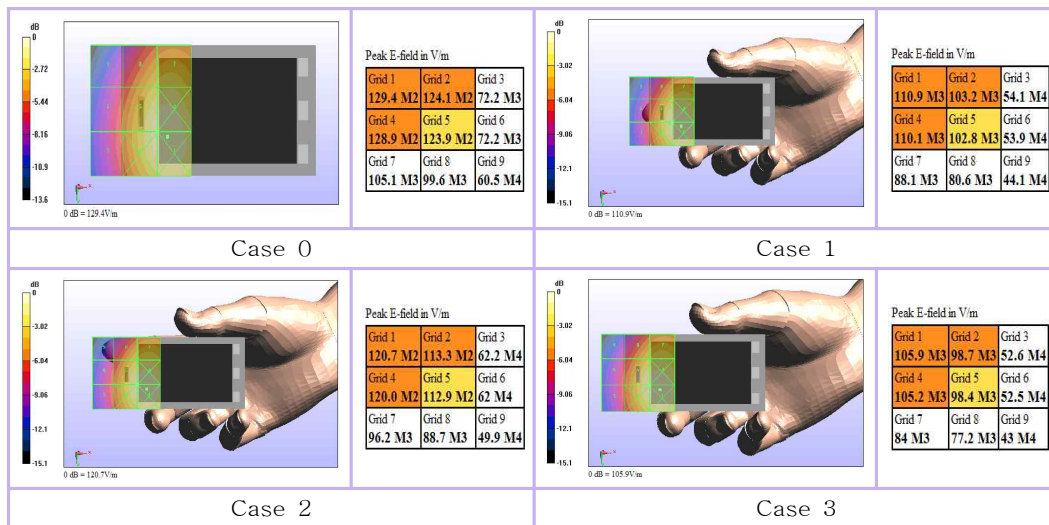


그림 5-16. 조건(Case)별 시뮬레이션 결과(1.765 GHz)

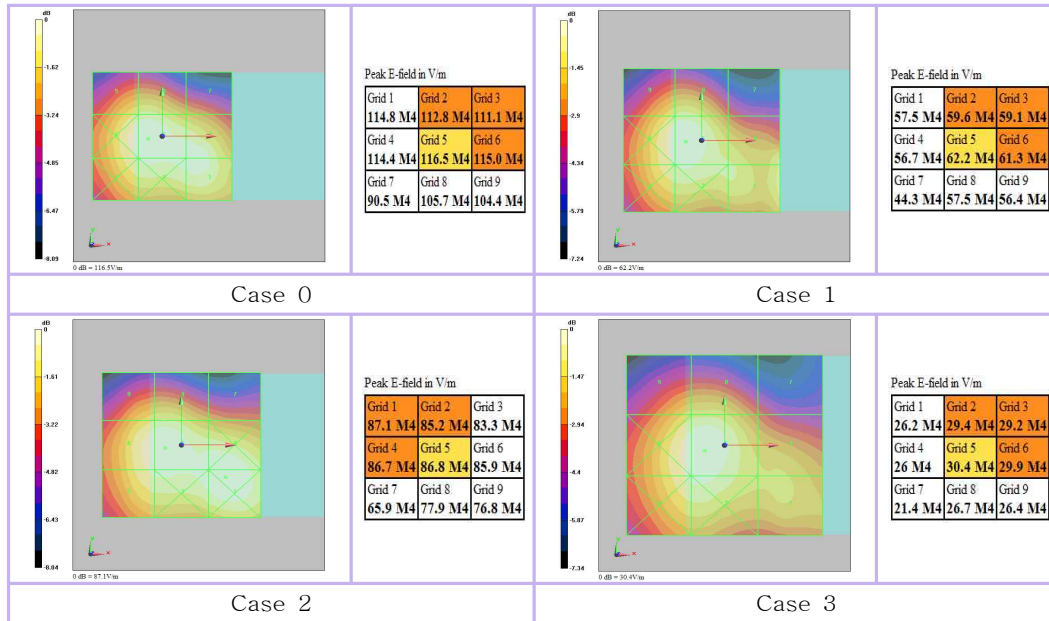


그림 5-17. 조건(Case)별 측정결과(835 MHz)

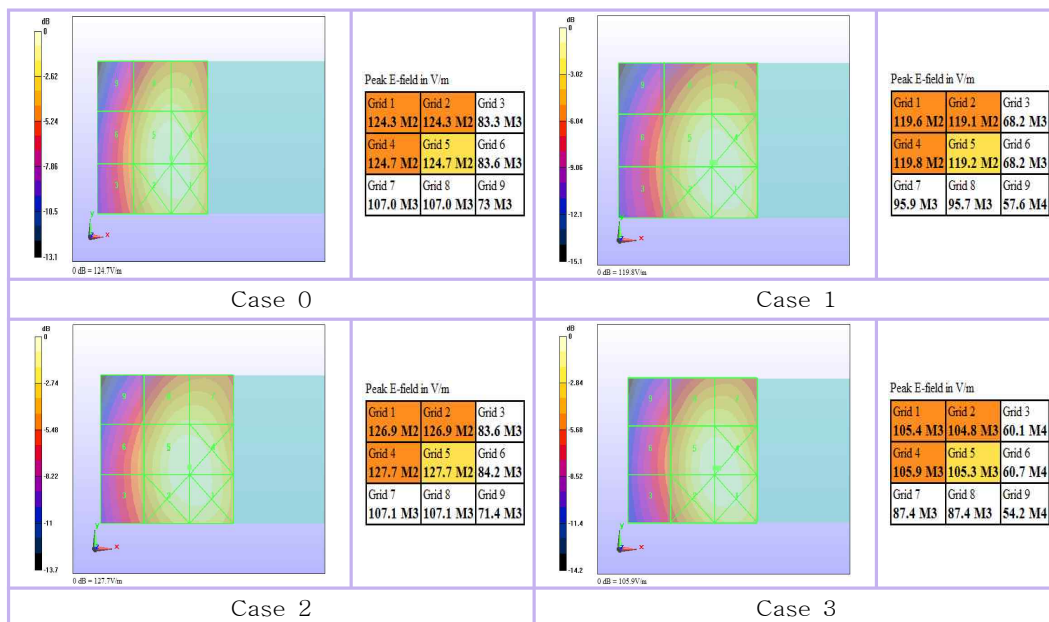


그림 5-18. 조건(Case)별 측정결과(1.765 GHz)

표 5-7. 835 MHz와 1.765 GHz 대역과의 시뮬레이션 및 측정결과 비교

구 분	시뮬레이션		측정	
	측정조건	등급(Category) 및 결과값 (V/m)	측정조건	등급(Category) 및 결과값 (V/m)
835 MHz	Case 0	M3, 206.4	Case 0	M4, 116.5
	Case 1	M4, 119.2	Case 1	M4, 62.2
	Case 2	M4, 159.8	Case 2	M4, 86.8
	Case 3	M4, 102.9	Case 3	M4, 30.4
1.765 GHz	Case 0	M2, 123.9	Case 0	M2, 124.7
	Case 1	M3, 102.8	Case 1	M2, 119.2
	Case 2	M2, 112.9	Case 2	M2, 127.7
	Case 3	M3, 98.4	Case 3	M3, 105.3

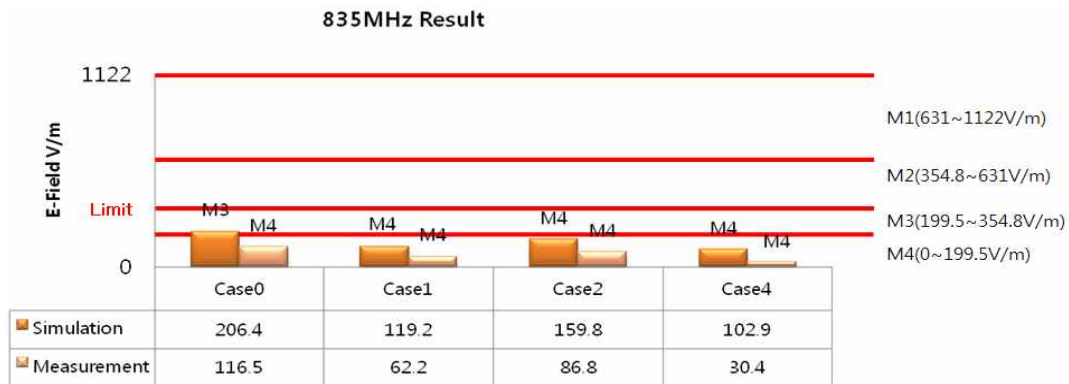


그림 5-19. 835 MHz 대역의 시뮬레이션 및 측정결과 비교

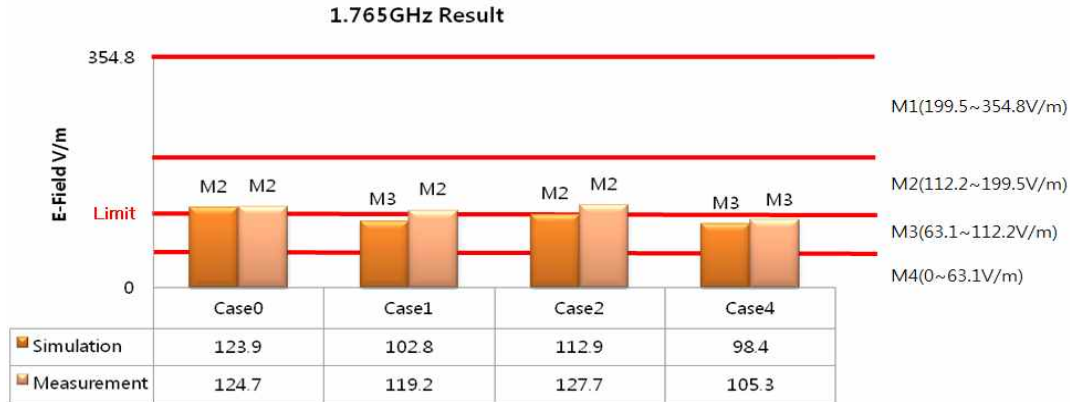


그림 5-20. 1.765 GHz 대역의 시뮬레이션 및 측정결과 비교

제5절 결론

본 장에서는 보청기의 보급 현황 및 국외 기술기준을 조사하여 분석하였으며, HAC 측정 및 수치해석기법을 이용하여 전자파 영향 분석을 하였다. 현재 국내의 난청 인구는 전체 인구의 10%정도이며, 보청기 사용자가 대략 50~100만명 정도이다. 그리고 고령화 사회로 진입하면서 난청 인구가 매년 10%이상의 증가율을 보이고 있다. 따라서 국내 보청기 사용자의 권익 보호가 필요하다고 판단된다.

국내 HAC 기술기준 도입을 위한 HAC 규제 기준의 타당성을 검증하기 위하여 직접 제작한 시험용 휴대전화의 기본 조건 및 손 영향에 대한 RF 방사 관련 시뮬레이션 및 측정 등의 전자파 영향 분석을 하였다. 데이터의 신뢰성을 검증하기 위하여 시뮬레이션과 측정 결과를 동시에 비교 분석하였다. 모든 조건에서 측정 및 시뮬레이션 결과값이 유사하게 나타났으며, 저주파수대역(835 MHz)에서는 모든 조건에서 HAC 요구규격에 모두 만족하였지만, 고주파수대역(1.765 GHz)에서는 HAC 요구규격을 만족하지 않는 몇몇 조건들도 있음을 확인하였다. 일반적으로 고주파수대역에서 손 영향에 아주 민감함을 보이는데 반해, 이번 연구결과에서는 저주파수대역에서 손 영향이 더 큰 것으로 나타났다. 실제로 835 MHz 대역에서 HAC 측정값이 시뮬레이션 결과값보다 50% 수준으로 효율이 2배 정도의 차이가 있었는데, 이는 협대역

특성을 가지는 835 MHz 대역에서 실제 사람의 손을 사용하여 측정했기 때문에 휴대전화의 안정성 문제 및 손 영향으로 인하여 주 공진점이 이동함으로써 이러한 결과가 나타난 것으로 판단된다. 이렇게 볼 때 손 영향에 대한 HAC 개선 방법으로는 1.765 GHz 대역과 같이 안테나의 설계시부터 광대역을 확보하는 것이 아주 중요함을 알 수 있었다.

따라서 현재 미국 규격에서 손 영향을 고려하지 않고 있는데, 향후 HAC 기술기준에 손의 영향도 검토하여 반영할 필요성이 있다고 판단된다. 2010년에는 국내의 HAC 기술기준 도입을 위한 추가적인 타당성 검증 연구를 위해 상용 휴대전화를 이용하여 T-coil(음성신호 전달매체)에서 발생하는 자기장의 HAC 영향 분석연구를 포함하여 HAC 관련 측정표준 연구를 추진할 예정이다.

제6장 SAR 측정용 프로브 교정방법 선행 연구

휴대전화 등 무선통신기기의 전자파흡수율(SAR) 측정에서 가장 중요한 요소는 근거리 전기장 측정용 프로브(이하 프로브)이다. 현재 SAR 측정용 프로브 교정은 반드시 해당 시스템 제조업체에서만 하게 되어 있으며, 대부분 수입 장비인 SAR 프로브의 교정을 위해 고비용 및 장기간이 소요됨으로써 SAR 측정시스템을 이용하는 많은 국내 산업체에 경제적 손실뿐만 아니라 시간적 손실, 기타 다른 요소들에 대해서도 부담이 되고 있는 실정이다. 따라서 국가 기관에서 다양한 SAR 프로브를 통합적으로 교정할 수 있는 표준 시험방법을 마련하여 교정 서비스를 국내 산업체에 제공할 필요성이 대두되어 올해 선행 연구를 수행하게 되었다.

본 연구에서는 도파관(Waveguide), TEM cell 등 다양한 교정방법을 분석하여 표준 교정방법을 도출하였다. 또한 특정 SAR 측정시스템을 이용하여 다른 측정시스템들의 프로브를 교정할 수 있는 가능성을 검토하기 위하여 표준 어댑터 시제품을 제작하였다.

제1절 SAR 측정용 전기장 프로브의 교정

SAR 측정시스템은 인체가 전자파에 노출되는 환경을 고려하여 인체의 단위 질량에 흡수되는 전자파의 에너지량을 측정하는 것으로서, 실제 사람을 대상으로 직접 측정하기가 어렵기 때문에 해당 시험 주파수에서 인체 조직과 유사한 전기적 특성을 가지는 인체조직 유사 액체와 모의인체(팬텀)를 가지고 실제 환경과 동일한 조건으로 SAR 측정을 한다. 이때 휴대전화 등 전자파원으로부터 모의인체에 흡수되는 전자파 에너지를 측정하는 것이 프로브(전기장 또는 자기장 센서)이다. 이와 같이 SAR 측정장비의 핵심 부품인 전기장 프로브는 시스템 성능에 매우 큰 영향을 끼치기 때문에 정기적인 교정이 필요하다. 전기장 프로브의 교정에 필요한 절차는 프로브의 비선형성 보상, 자유공간에서의 센서 민감도 평가, 매질 내에서의 민감도 평가 등이 있으며, 시스템 성능 검사를 통하여 프로브의 교정이 제대로 되었는지를 확인한다.

1. 전기장 프로브의 교정

가. 전자파흡수율(SAR : Specific Absorption Rate) 측정

이동통신기기로부터 방출되는 전자파가 인체에 흡수되는 에너지의 양은 SAR로 평가되며, 이때 SAM (Specific Anthropomorphic Mannequin)이라는 인체 유사 모델 즉, 모의인체(phantom)를 사용한다. SAR은 휴대전화의 전자파가 단위 시간당(/second) 인체의 단위 질량(/kg)에 흡수되는 에너지의 양(Joule)으로 정의되며, 단위는 $\frac{J}{s \cdot kg} = W/kg$ 이다. 그리고 SAR값은 식 (6-1)과 같이 조직 온도의 증가율을 측정하거나 식 (6-2)와 같이 전기장의 세기를 측정하여 구할 수 있다.

$$SAR = c_i \frac{dT}{dt} \quad [W/kg] \quad (6-1)$$

$$SAR = \frac{\sigma |E_i|^2}{\rho} \quad [W/kg] \quad (6-2)$$

여기서, c_i 는 비열 용량(Specific Heat Capacity), dT/dt 는 단위 시간당 온도 변화, σ 는 전기전도도(인체), E_i 는 조직 내의 전기장 세기, ρ 는 조직 밀도(인체)를 나타낸다.

인체 유사 액체는 실제 인체 조직의 전기적 특성과 동일하도록 제조하는데 주파수 및 사용 신체 부위에 따라 ρ 의 값이 서로 다르다. 따라서 머리 모의인체 내에서 측정된 SAR값을 실제 인체에서의 값으로 환산하기 위해 ρ 는 인체 머리의 밀도값(1,000 kg/m³)을 사용한다. 일반적으로 모의인체의 균질 매질에서의 체적 평균 SAR은 식 (6-3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$SAR|_{avg} = \frac{\int_V SAR dV}{V} \quad [W/kg] \quad (6-3)$$

여기서, V 는 인체 유사액체 내에서의 평균 SAR를 계산하기 위한 적분

체적값으로 1 cm³ 또는 10 cm³ 이다.

일반적으로 매질 내에서 저전력 기기를 포함한 무선통신기기의 전기장 범위는 3 V/m ~ 350 V/m이며, 이에 상응하는 SAR 범위는 10 mW/kg ~ 100 W/kg이다. 온도 증가율은 3 μ K/s ~ 40 mK/s이며, 전자파에 의한 모의 인체 조직 내의 온도 변화율은 매우 미약하여 이동통신 단말기의 SAR 측정에 있어서 식 (6-1)에 의한 온도 변화 측정법은 거의 사용되지 않고 있다.

나. 전기장 프로브의 분석

(1) 프로브의 정의 및 구성

프로브는 세 개의 서로 직교하는 다이폴로 구성된 소형의 등방성 안테나로서 무선주파수 신호를 직류 전압(또는 전류)으로 변환하여 모의인체 내에 흡수되는 전자파 에너지에 의해 형성되는 전기장 강도를 측정할 수 있다. 전기장 측정기기(프로브)의 주요 구성 요소로는 다이폴 센서, 검파 다이오드, 적절한 전기 회로 그리고 출력부이며, 세 개의 센서는 서로 직교하도록 연결하고 센서 사이를 근접시켜 등방성을 가지도록 한다. 검파된 신호는 고저항선을 통해서 전달되며, 다이폴 단자에 유도된 전압은 작은 다이폴의 유효 길이에 정비례한다.

(2) 프로브의 특성

전기장 프로브는 무선주파수 신호를 DC 신호로 정류하기 위하여 검파 다이오드를 사용하며, 주로 쇼트키(Schottky) 다이오드를 사용하는데, 프로브에 검파된 신호는 전기장의 세기에 따라 E 혹은 E²에 비례한다. 전기장 세기가 작을 때 출력 전압은 입력되는 전기장 세기의 제곱에 비례하고, 높은 전기장 세기에서의 출력 전압은 E²에 비례하지 않는 대신 E에 비례한다. 대부분의 등방성 전기장 프로브는 세 개의 작은 다이폴 센서로 구성되는데, 각 센서에는 검파 다이오드가 있으며, 센서의 지향 패턴은 서로 직각이고, 전기장의 전체 크기는 프로브의 직각 성분들의 RSS(Root Sum Square, 자승의 합의 제곱근)에 비례한다.

(3) 프로브의 구조

전기장 프로브의 일반적인 구조는 그림 6-1, 6-2에서와 같이 각각 3개의 다이폴 센서와 고저항선으로 구성되며 3개의 다이폴 센서는 서로 직교한다. 그리고 그림 6-2(a)와 같이 세 개의 miniature dipole antenna들이 프로브의 중심축에 대해 각각 54.73° 의 각으로 배열된 형태를 갖는다. 이 배열은 중심점에 대한 각 미소 다이폴의 상대 위치가 서로 동일하여 외부 전자기장에 대해 120° 의 위상차를 보이는 동일한 패턴을 갖게 된다. 고저항선 뒤의 프로브의 출력은 SAR 측정과정에서 보상이 된다. 그리고 센서에 입사하는 전기장의 제곱에 비례하는 출력을 산출하기 위해서 프로브의 센서 전압을 합성한다.

이상적인 다이오드 검파기의 응답은 프로브 교정을 통하여 보상된다. 그림 6-2(b)는 Δ -빔 (또는 삼각기둥)모양의 유전체를 사용하여 3개의 소형 다이폴 센서를 배열시킨 구조이다.

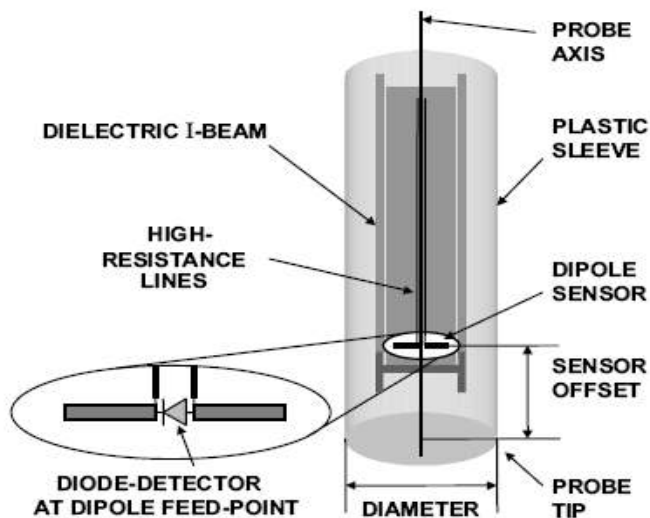
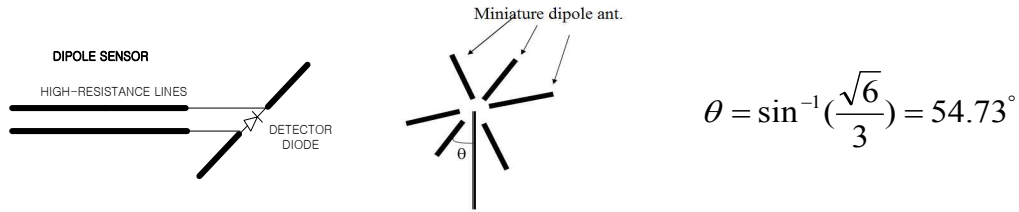
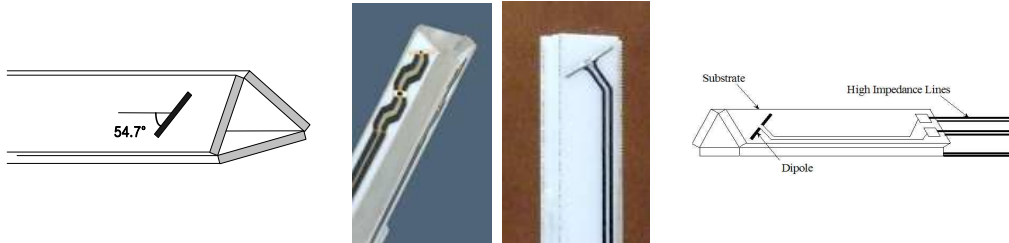


그림 6-1. 프로브의 내부 구성도



(a) 다이폴 센서 및 세 개의 다이폴이 직교하는 각도



(b) 3개의 소형 다이폴 센서가 서로 직교 배열

그림 6-2. 일반적인 전기장 프로브의 구성도

(4) 프로브의 비선형성 보상

그림 6-2(a)와 같이 다이폴 급전점에 있는 검파 다이오드(쇼트키 다이오드)는 센서의 출력 전압을 정류하고 정류된 신호는 고저항선을 통해 전압 측정시스템으로 전송된다. 그리고 다이오드 응답 특성의 제곱 법칙 영역에서, 센서 출력 전압은 상응하는 전기장 성분의 자승의 평균에 비례한다. 그 범위 이상에서는 출력 전압이 압축되므로 동작 범위의 선형화가 필요하다. 따라서 규정된 동작 범위를 얻기 위하여 프로브의 비선형성에 대한 보상 작업을 한다.

일반적으로 다이오드의 DC 전압은 식 (6-4)와 같이 제곱 항을 더해 보상한다.

$$V_{compensated} = V_{out} + \frac{V_{out}^2}{DCP} \quad (6-4)$$

DCP(Diode Compression Point : 다이오드의 압축점)는 다이오드로부터의

실제 출력전압 V_{out} 이 예상정류 DC 전압값인 V_{comp} 의 50 %가 되는 지점의 V_{out} 값을 DCP로 정한다. V_{out} 가 DCP와 같을 때의 보상값(기대값)은 V_{out} 의 두 배이다(그림 6-3).

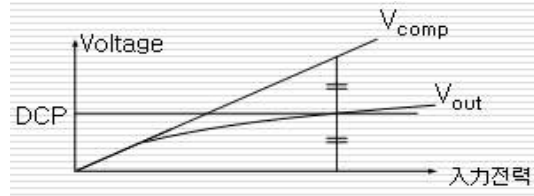


그림 6-3. DCP와 보상값과의 관계도

일반적으로 Low-barrier 실리콘 쇼트키 다이오드의 정류된 출력 전압인 DCP는 100 mV 정도이다. 이것으로서 전기장의 세기가 큰 조건에서 SAR값이 실제보다 적게 측정되는 것을 보상에 준다.

다. 전기장 프로브의 교정방법

전기장 프로브의 교정은 자유공간에서의 프로브의 민감도와 매질 내에서의 프로브의 민감도 (CF(Conversion Factor : 변환계수))를 구하는 두 가지 단계를 적용한다. 총 전기장은 아래의 식 (6-5)에서 도출한다.

$$|E|^2 = \sum_{i=1}^3 |E_i|^2 = \sum_{i=1}^3 \frac{f_i(V_i)}{\eta_i \gamma_i} \quad (6-5)$$

여기서, E_i 는 i 축 방향으로의 전기장 세기, V_i 는 정류 신호, $f_i(V_i)$ 은 정류된 센서 신호 V_i 의 선형 함수이고, η_i 는 자유 공간에서의 다이폴 센서의 절대 민감도 [$\mu V/(V/m)^2$]이며, γ_i 는 자유 공간에서의 프로브 센서의 민감도에 대한 매질내의 프로브 센서의 민감도 비라고 하며, 이를 흔히 변환계수(CF)라 한다.

(1) 자유 공간에서의 민감도 평가 (1단계)

자유 공간에서의 민감도 평가는 도파관을 이용하여 한다. 도파관(Waveguide)을 사용하는 이유는 다음과 같다.

- (가) 도파관을 사용하면 전력 소모가 적고, 원거리장 교정 장치보다 적은 공간을 사용한다.
- (나) 전자파를 측정할 수 있는 정확한 전자기장의 발생이 가능하다.
- (다) 도파관의 크기가 프로브의 치수보다 비교적 커서 프로브 삽입으로 인한 전자기장 교란에 의해 발생하는 에러를 무시할 수 있다.
- (라) 프로브 축 방향을 전자기장 편파에 수직 또는 평행하도록 용이하게 놓을 수 있다.
- (마) 그 밖에도 주파수가 겹치도록 도파관 2종을 사용하여 일반적인 전자기장 세기를 상호 비교하여 검증할 수 있다.

낮은 주파수(1 GHz 이하)에서는 도파관의 크기가 너무 크기 때문에 사용하기에 불편함이 있어서 이를 대신하여 TEM 셀을 이용하고 높은 주파수(1 GHz 이상)에서는 도파관 또는 혼 안테나(Horn antenna)를 이용한다. 프로브는 일반적으로 도파관(또는 TEM 셀)의 격벽에 있는 작은 구멍을 통해 삽입되며, 전기장이 가장 균일한 부분의 중심에 위치한다. 각 센서는 센서와 평행한 전기장 성분에 대하여 평가된다. 3 GHz 이상의 높은 주파수에서는 프로브의 존재로 인해 발생하는 도파관에서의 전자기장 교란이 측정 에러에 대하여 무시할 수 없는 요인이며, 이때 전자기장의 교란을 주지 않는 혼 안테나를 사용하게 된다.

(2) 매질 내에서의 민감도 평가 (2단계)

매질 내에서의 민감도는 매질 내에서 국부적으로 알려진 전자기장값을 생성함으로써 결정된다. 도파관을 이용한 교정방법과 온도 프로브를 이용한 교정방법으로 크게 두 가지로 분류하지만, 온도 프로브를 이용한 교정방법은 거의 사용하지 않기 때문에 언급하지 않겠다.

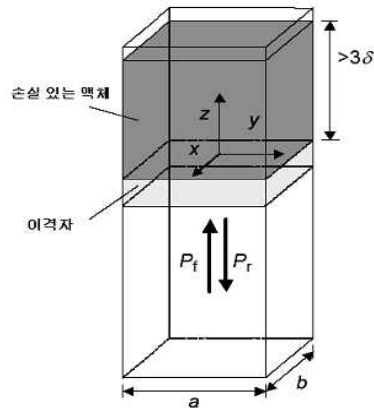
도파관(해석적 전자기장)을 이용한 교정방법에서는 다른 물리량(예, 입력

전력)을 측정하여 전자기장을 해석적으로 계산할 수 있는 시험장치를 이용한다. 이것은 공기 중에서 수행하는 프로브 교정을 위한 표준 전자기장 측정방법과 일치한다. 그러나 손실이 있는 액체에서의 전자기장에 대해 정의된 표준은 없다.

프로브 교정을 위해 손실이 있는 액체에서의 계산된 전자기장을 사용할 때 다음과 같이 몇 가지 사항들을 불확정도의 평가시 고려하여야 한다.

- (가) 장치는 입사 전력을 정확히 결정할 수 있어야 한다.
- (나) 계산된 전자기장 세기의 정확성은 액체의 유전 파라미터 값에 의존한다.
- (다) 유전율이 높은 액체에서는 파장이 짧기 때문에 물리적 크기가 작은 소형 장치라 하더라도 공진 모드의 차단 주파수 이상이 될 수도 있다. 이 장치에서 전자기장 분포가 이론적인 전자기장 분포와 일치하는지 주의 깊게 검사하여야 한다.

액체가 담긴 구형(사각형) 도파관은 횡단면의 전자기장 분포가 반사에 영향을 받지 않는 독립적인 시스템이다. 이것은 모의조직 유사 액체 내에서 해석적으로 알려진 전자기장 발생에 활용될 수 있다. 그림 6-4는 수직 개방형 구형 도파관(Open-ended Waveguide)을 이용한 민감도(변환 인자) 평가를 하기 위한 장치이다. 이 장치에서는 도파관의 위 부분이 액체로 채워진다. 그리고 급전점으로부터 한 파장(λ) 이상 떨어져 있는 유전체판(dielectric slab)은 공기와 액체 사이의 임피던스를 정합(반사 손실이 10 dB 보다 큼)시킨다. 대칭적 구조와 액체에서의 높은 손실에 의하여 인체 유사 액체 내의 전자기장 분포가 TE₁₀ 패턴을 따르도록 해주지만 고차 모드(higher-order modes)도 이론적으로는 존재 할 수 있다. 완벽한 체적 분포 측정을 통해 액체 내에 고차 모드가 존재하지 않는 것이 검증된 경우, 이론적인 TE₁₀ 분포의 편차는 $\pm 1\% \sim 2\%$ 미만이어야 한다.



- x, y, z : 좌표의 축
 3δ : 액체 깊이(침투 깊이의 3배 이상)
 a : 도파관 단면의 폭
 b : 도파관 단면의 높이
 P_f : 입사 전력
 P_r : 반사된 전력

그림 6-4. 수직 개방형 구형 도파관을 이용한 민감도 평가 장치

액체 내부에서는 차단 주파수가 낮아서 전자기장은 거의 TEM파처럼 전파된다. 인체 유사액체는 도파관에 액체 표면에서의 반사를 무시할 수 있을 정도의 깊이로 채운다(침투 깊이의 3배 이상). 액체에 흡수된 전력은 아래의 식 (6-6)과 같이 도파관 내의 순방향 전력과 반사 전력을 측정함으로써 평가된다.

$$SAR(z) = \frac{4(P_f - P_r)}{\rho ab\delta} e^{-2z/\delta} \quad (6-6)$$

여기서,

- ab 는 도파관의 단면적
 P_f 는 도파관의 순방향 전력
 P_r 는 도파관으로부터의 반사 전력
 z 는 다이폴 중심의 세로 축 좌표

ρ 는 액체 밀도

δ 는 손실이 있는 액체 내부에서의 침투 깊이이다.

주) 본 측정절차에서 밀도 ρ 는 1000 kg/m³으로 정의한다.

라. 축 등방성 평가

프로브는 프로브의 축에 대해 수직으로 입사하는 기준파에 노출되어야 한다. 축 등방성은 15°이하의 간격으로 0°에서 360°까지 주축을 따라서 프로브를 회전시켜 결정한다. 그림 6-5, 6-6은 각각 도파관 및 TEM 셀을 이용한 자유공간에서의 축 등방성 평가를 위한 장비 구성도를 보여주고 있다. 그리고 평가방법은 아래의 절차와 같다.

- (가) 프로브를 도파관 또는 TEM 셀의 벽에 있는 작은 구멍을 통하여 삽입한다.
- (나) 전기장이 프로브의 전체 크기에 걸쳐서 거의 균일한 부분에서의 중앙에 프로브의 센서부를 위치시킨다.
- (다) 프로브를 프로브의 회전축을 중심으로 15°이하의 간격으로 360°회전시킨다.
- (라) 각 센서는, 센서와 평행한 전기장 성분에 대하여 평가되며, 측정된 평균값으로부터 최대 편차로 표시한다.

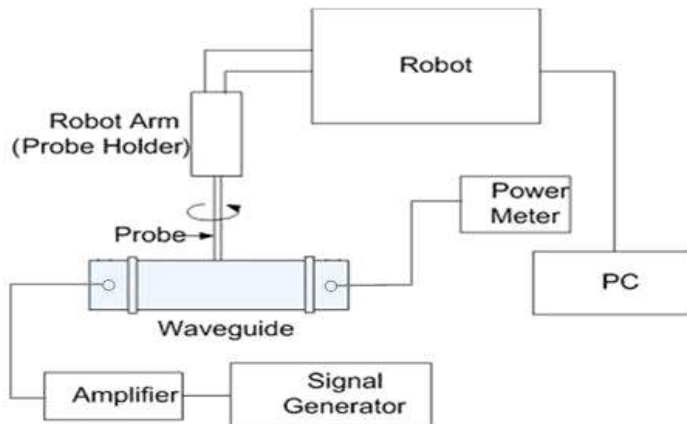


그림 6-5. 프로브를 수직으로 삽입한 축 등방성 평가를 위한 장비 구성도

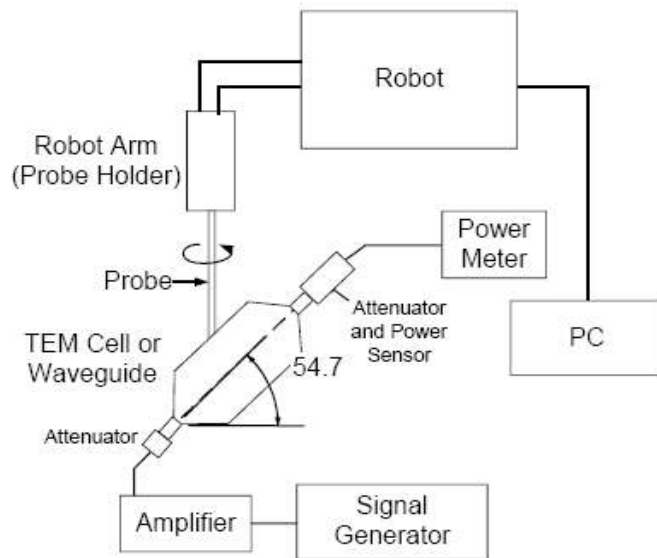


그림 6-6. 프로브를 54.7도 기울여 삽입한 축 등방성 평가를 위한 장비 구성도

마. 시스템 성능 검사

SAR 측정시스템은 고주파의 근거리장을 측정하기 때문에 측정오차가 매우 커질 수 있다. 따라서 프로브 교정을 실시한 후 SAR 측정시스템의 성능을 검증하기 위하여 그림 6-7과 같이 구성하여 시스템의 성능 검사를 한다. 이때 입력 전력 1 W로 정규화된 다이폴 안테나를 사용하여 1g 및 10g 평균 SAR값을 측정한다. 측정된 1g 또는 10g 평균 SAR 값은 시스템 성능 검사의 기준 SAR 값(목표값)의 $\pm 10\%$ 이내에 있어야 한다.

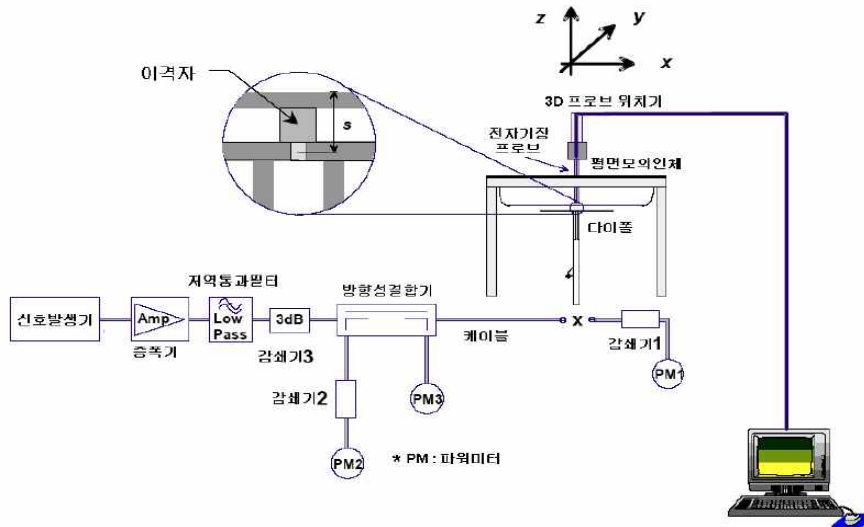


그림 6-7. 시스템 성능 검사를 위한 구성도

표 6-1은 기준 다이폴 및 평면형 모의인체에 대한 해석적인 (FDTD) 기준 SAR 값이며, 1 W 입사전력으로 정규화 (normalize)된 값이다.

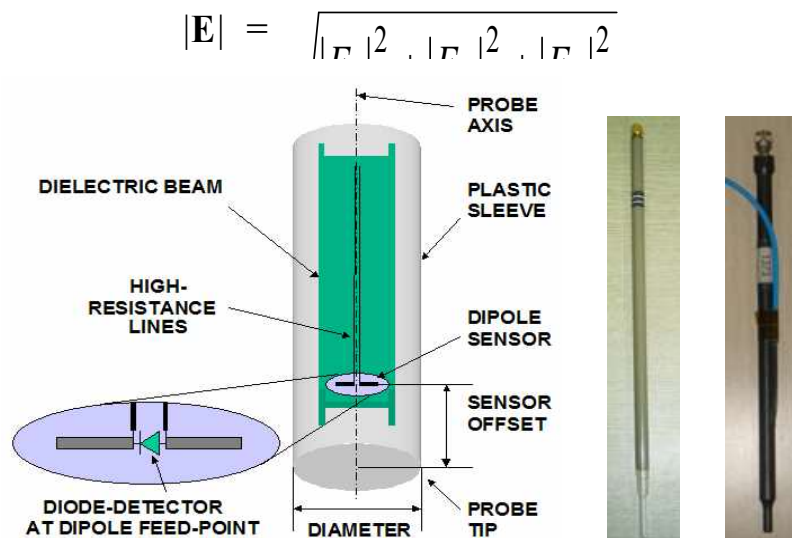
표 6-1. 시스템 성능 검사의 기준 SAR값

주파수 [MHz]	1 g SAR [W/kg]	10 g SAR [W/kg]	급전점 위 표면에서의 국부 SAR [W/kg]	급전점에서 $y = 2$ cm 떨어진 표면에서의 국부 SAR [W/kg]
300	3.0	2.0	4.4	2.1
450	4.9	3.3	7.2	3.2
835	9.5	6.2	14.1	4.9
900	10.8	6.9	16.4	5.4
1450	29.0	16.0	50.2	6.5
1800	38.1	19.8	69.5	6.8
1900	39.7	20.5	72.1	6.6
1950	40.5	20.9	72.7	6.6
2000	41.1	21.1	74.6	6.5
2450	52.4	24.0	104.2	7.7
3000	63.8	25.7	140.2	9.5

제2절 SAR 측정 프로브 교정용 표준 어댑터 시제품 제작

1. 표준 어댑터 시제품 제작에 사용된 프로브의 구성

이번 절에서는 제조사별 다양한 SAR 측정용 프로브들을 호환할 수 있는 표준 어댑터의 제작 관련 내용을 소개하도록 하겠다. 그림 6-8은 프로브의 내부 구성도 및 제조사별 프로브이다. 표준 어댑터를 제작할 때 가장 중요한 작업은 제조사별로 사용되는 프로브의 접촉 핀(Connector Pin) 구조와 배열이 상이하기 때문에 이를 호환 가능하게 연결하는 것이다. 이러한 연결도 부분을 잘 고려하여 A 제조사(그림 6-8(b), 우리소)와 B 제조사(그림 6-8(c))의 SAR 측정용 프로브가 서로 호환이 가능한 어댑터를 각각 1개씩 제작하였다(그림 6-10, 그림 6-12). 그리고 올해에는 A 제조사 SAR 측정시스템에 B 제조사의 SAR 측정용 프로브를 적용하여 프로브 교정을 실시하였다. 표 6-2는 제조사별 프로브의 특성을 나타낸다.



(a) 프로브의 내부 구성도 (b) A사 프로브 (c) B사 프로브

그림 6-8. 프로브의 내부 구성도 및 제조사별 프로브

표 6-2. 제조사별 프로브의 특성

구분	A사 프로브	B사 프로브
Dimensions	300 mm	330 mm
Tip diameter	4.8 mm	6.8 mm
Dipole sensor length	2.5 mm	3.0 mm
Sensor offset	2 mm	2.7 mm

2. 교정용 표준 어댑터 제작

표 6-3은 제조사별 프로브의 핀(Pin) 구성 및 배열 순서를 보여주고 있다. 어댑터 제작방법을 살펴보면, 핀 및 케이스(Case) 제작은 황동으로 NC(Numerical Control) 밀링 가공하여 니켈 도금을 하였으며, 절연체 제작은 테프론으로 NC 가공을 하였다. 제작된 어댑터들의 연결도는 표 6-4와 같다.

표 6-3. 제조사별 프로브의 핀(Pin) 구성 및 배열 순서

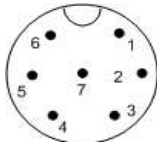
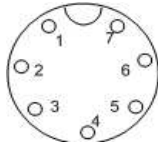
구 분	Pin 구조	Pin 배열	외경 크기
A 제조사	Male		9.5 mm
B 제조사	Female		14 mm

표 6-4. 프로브 교정용 표준 어댑터의 연결도

구 분	어댑터 연결도
A사 프로브를 B사 SAR 측정 장비에 적용	
B사 프로브를 A사 SAR 측정 장비에 적용	

그림 6-9는 A사 SAR 측정시스템에 B사 프로브를 적용할 수 있는 어댑터의 부품들이며, 그림 6-10은 실제 제작된 표준 어댑터의 완성품 모습이다. 그림 6-11은 B사 SAR 측정시스템에 A사 프로브를 적용할 수 있는 어댑터의 부품들이며, 그림 6-12는 실제 제작된 표준 어댑터의 완성품 모습이다.



그림 6-9. 제작된 표준 어댑터(A사 SAR 측정시스템에 B사 프로브를 적용)



그림 6-10. 표준 어댑터의 완성품 모습(A사 SAR 측정시스템에 B사 프로브를 적용)



(a) 어댑터 몸통의 일부



(b) 어댑터의 몸통

그림 6-11. 제작된 표준 어댑터(B사 SAR 측정시스템에 A사 프로브를 적용)



그림 6-12. 표준 어댑터의 완성품 모습(B사 SAR 측정 시스템에 A사 프로브를 적용)

제3절 표준 어댑터를 적용한 프로브 교정 및 분석

A사의 SAR 측정시스템에 B사 프로브가 호환이 가능하도록 표준 어댑터를 적용하여 프로브 교정을 실시하였다. 그리고 프로브 교정이 제대로 되었는지를 검증하기 위하여 시스템 성능 검사도 실시하였다. 그림 6-13은 A사 SAR 측정시스템에 B사 프로브를 적용한 모습이다. 교정 주파수 대역은 1.8 GHz 대역에서만 실시하였다. 표준 어댑터를 적용한 프로브 교정은 제1절에 기술한 표준 프로브 교정방법을 적용하였다. 그리고 교정의 적합 여부는 전자파흡수율 측정기준(전파연구소고시 제2008-16호)에서 권고하고 있는 기준 및 교정방법과 비교하였다.



그림 6-13. A사 SAR 측정 시스템에 B사 프로브를 적용한 모습

전기장 프로브는 쇼트키(Schottky) 다이오드 검출기를 기반으로 하며, 측정된 신호와 프로브의 출력은 RF 노출 수준에 의존하는 E 또는 E²에 비례하는 전압이다. 대부분의 등방성 프로브는 서로 직교하는 지향성 패턴을 가진 세 개의 소형 다이폴 센서들로 구성되어 있으며, 센서들 사이에는 다이오드 검출기가 있다. 총 전기장은 세 전기장 성분의 자승의 합의 제곱근

(RSS, Root Sum Square)으로 계산한다. 그리고 다이오드 응답 특성의 제곱 법칙 영역에서, 센서 출력 전압은 상응하는 전기장 성분의 자승의 평균에 비례한다. 그 범위 이상에서는 출력 전압이 압축되므로 동작 범위의 선형화가 필요하다. 또한 센서와 다이오드 사이의 제작상 오차 때문에 각 센서는 다른 민감도를 가지게 된다. 먼저, 자유공간에서의 다이오드의 압축점(DCP : Diode Compression Point)을 적용하여 프로브의 선형성을 측정한다. 다이오드의 압축점(DCP)을 결정하기 위한 측정방법을 살펴보면, 첫째, 그림 6-14와 같이 DCP 측정을 위한 장비를 구성한다. 둘째, 구성 장비의 전원을 켜고 충분히 예열을 시킨다. 셋째, 신호발생기(Signal Generator)의 주파수를 1.8 GHz로 설정하고, RF 출력을 조정하여 전력밀도(Power density)를 1 mW/cm²가 되도록 한다(파워미터(Power Meter)에 19.3 mW가 되도록 한다.).

이때 도파관 내에 1 mW/cm²의 전력밀도를 발생시키는 입력전력의 계산은 다음의 식 (6-7)을 이용하여 구한다.

$$P = \frac{ab}{2} \sqrt{1 - \left(\frac{c}{2af} \right)^2} P_d \quad (6-7)$$

여기서, ab는 도파관의 단면적
c는 광속, 즉 3×10^{10} cm/s
f는 주파수
Pd는 전력밀도

예를 들어, 실제 시험주파수(1.8 GHz)에 대한 입력전력을 계산해 보면, 해당 파라미터는 $a = 10.922$ cm, $b = 5.461$ cm, $c = 3 \times 10^{10}$ cm/s, $f = 1.8 \times 10^9$ Hz, $P_d = 1$ mW/cm²이다. 이 파라미터들을 식 (6-8)에 대입하면, 입력 전력은 19.3 mW가 된다. 그리고 시험하고자 하는 주파수대역에 따라 도파관의 크기가 다르기 때문에 시험주파수대역마다 입력전력을 다르게 적용한다.

넷째, 19.3 mW의 RF 출력을 기준으로 하여 낮은 출력에서부터 포화 상태(saturation)가 일어날 때까지 2 dBm씩 변환하면서 정류 전압을 측정하여 기록한다. 다섯째, 기대값의 절반이 측정된 정류전압값을 DCP값으로 결정한다. 결정된 DCP는 93 mV로서 DCP를 적용한 결과는 그림 6-15와 같다.

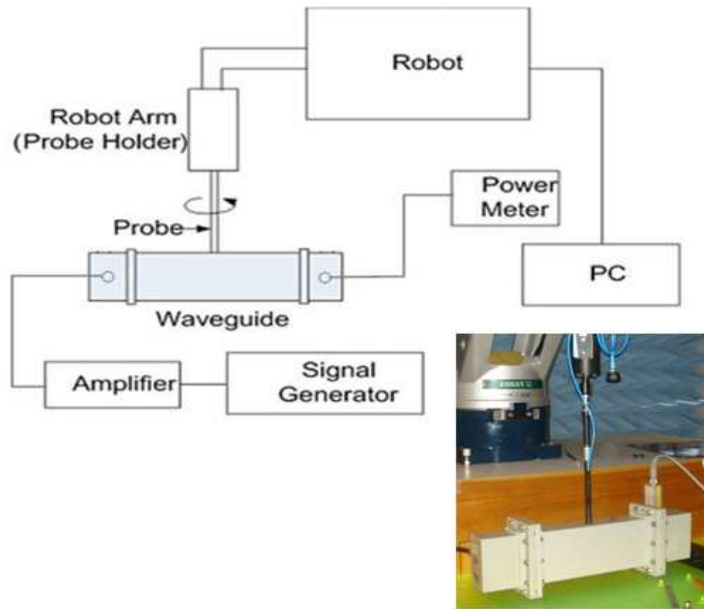


그림 6-14. DCP 측정을 위한 측정장비의 구성도

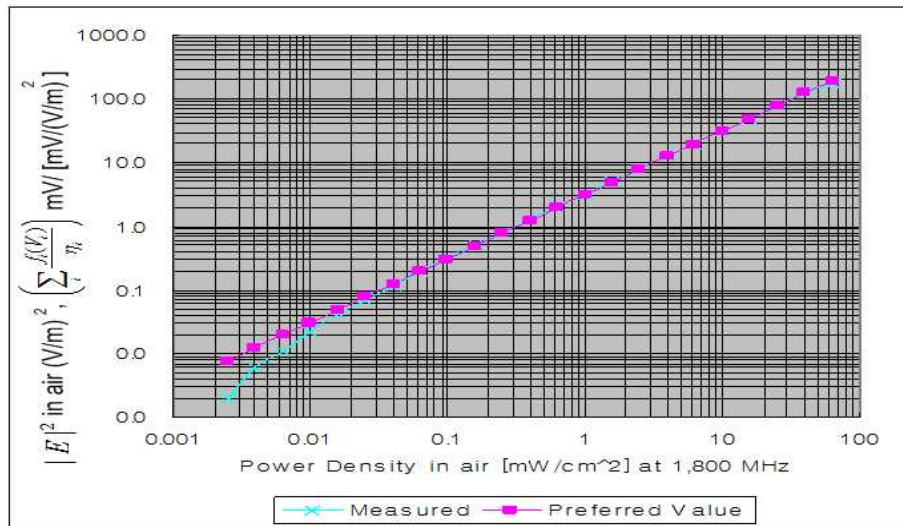


그림 6-15. DCP 측정결과(DCP=93 mV)

그리고 다이폴 센서의 민감도 측정은 식 (6-8)에서 프로브의 민감도를 두 인자 (η_i 와 γ_i)로 분리하여, 자유 공간에서의 다이폴 센서의 절대 민감도 측정과 자유공간에서의 프로브 센서의 민감도에 대한 매질 내의 프로브 센서의 민감도 비, 즉 변환계수(CF : Conversion Factor)를 구하기 위한 민감도 측정으로 2단계가 있다. 총 전기장은 아래의 식 (4-2)에서 도출한다.

$$|E|^2 = \sum_{i=1}^3 |E_i|^2 = \sum_{i=1}^3 \frac{f_i(V_i)}{\eta_i \gamma_i} \quad (6-8)$$

여기서, E_i 는 i 축 방향으로의 전기장 세기, V_i 는 정류 신호, $f_i(V_i)$ 은 정류된 센서 신호 V_i 의 선형 함수이다.

자유공간에서의 민감도 측정(1단계)은 표준 전자기장의 생성에 이용되는 장치(TEM Cell, Waveguide)를 이용하여, 전기장 프로브의 각각 3개의 채널에 대한 민감도를 측정한다. 본 연구에서는 1.8 GHz 대역에 대한 측정만 실시하였기 때문에 도파관(WR-430(EIA))을 사용하여 민감도를 측정하였다. 자유 공간에서의 민감도 측정절차는, 첫째, 그림 6-16과 같이 측정장비를 구성한다. 둘째, 장비의 전원을 켜고 충분히 예열시킨다. 셋째, 각 센서는 센서와 평행한 전기장 성분을 얻기 위해 도파관을 54.7° 기울기로 설치한다. 넷째, 프로브를 도파관의 벽에 있는 작은 구멍을 통하여 수직으로 삽입한다. 다섯째, 신호 발생기의 주파수를 1.8 GHz로 설정하고, RF 출력을 조정하여 도파관 내의 전력 밀도가 1 mW/cm²가 되도록 파워미터에 19.3 mW가 되게 맞춘다. 여섯째, 프로브를 5° 간격으로 365° 회전시키며 감지된(detected) 전압을 측정한다. 일곱번째, 측정된 값에서 각 채널별(3개의 채널) 가장 높게 측정된 값으로 계산하여 채널별 민감도값을 얻는다. 자유 공간에서의 프로브 민감도 측정결과는, 각 채널별 93 mV의 DCP값을 적용한 결과 CH1은 2.1619 [$\mu\text{V}/(\text{V}/\text{m})^2$], CH2는 2.271 [$\mu\text{V}/(\text{V}/\text{m})^2$], CH3은 2.4069 [$\mu\text{V}/(\text{V}/\text{m})^2$]를 얻었다.

자유 공간에서의 각 채널별 프로브의 민감도값을 적용하여 축 등방성 측정을 실시하였다. 측정절차를 살펴보면, 첫째, 그림 6-16과 같이 측정장비를 구성한다. 둘째, 구성장비의 전력을 켜고 충분히 예열시킨다. 셋째, 각 센서는 센서와 평행한 전기장 성분을 얻기 위해 도파관을 54.7° 기울기로 설치

한다. 넷째, 프로브를 도파관의 벽에 있는 작은 구멍을 통하여 수직으로 삽입한다. 다섯째, 신호 발생기의 주파수를 1.8 GHz로 설정하고, RF 출력을 조정하여 도파관 내의 전력 밀도가 1 mW/cm²가 되도록 파워미터에 19.3 mW가 되게 맞춘다. 여섯째, 프로브를 도파관 내부 중심에서 5° 간격으로 프로브의 축을 중심으로 360° 회전하면서 도파관 내부에 형성된 전기장의 세기를 측정한다. 그리고 프로브내의 서로 다른 직교하는 세 개의 미소 다이폴 안테나에서 측정된 전기장의 세기를 360° 회전하면서 측정하고 각 요소의 전기장의 세기의 합을 구한다. 이때 측정된 전기장의 세기의 합은 이론적으로 동심원을 이루어야 하며, 완전한 동심원과의 차이가 등방성 오차가 되어 프로브의 축 등방성을 확인할 수 있다. 축 등방성의 측정결과는 그림 6-17과 같이 세 개의 패턴이 120° 간격으로 동심원을 이루어 등방성을 나타냄을 확인하였다. 그리고 1.8 GHz의 경우 등방성 오차(isotropy error)는 ± 0.13 dB로 비교적 정확한 축 등방성을 가지고 있는 것을 알 수 있었다(일반적인 등방성 편차는 0.2 dB 이내).

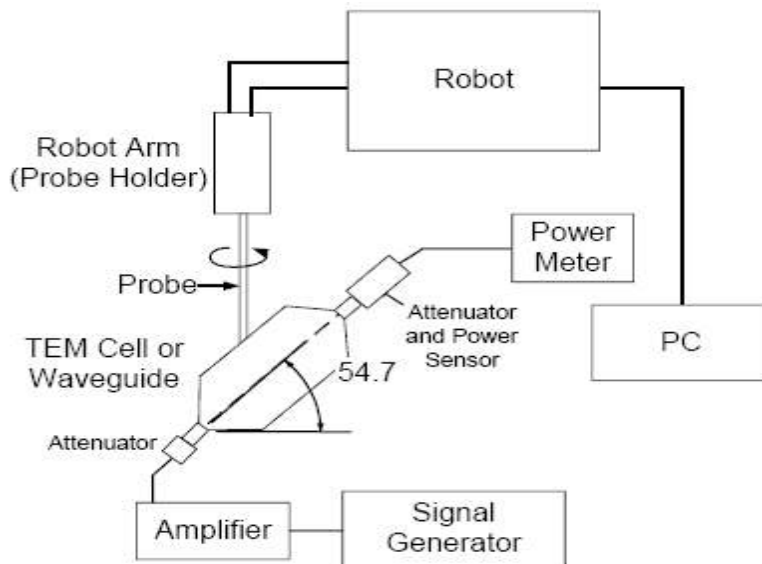


그림 6-16. 프로브의 민감도 및 등방성 측정장비의 구성도

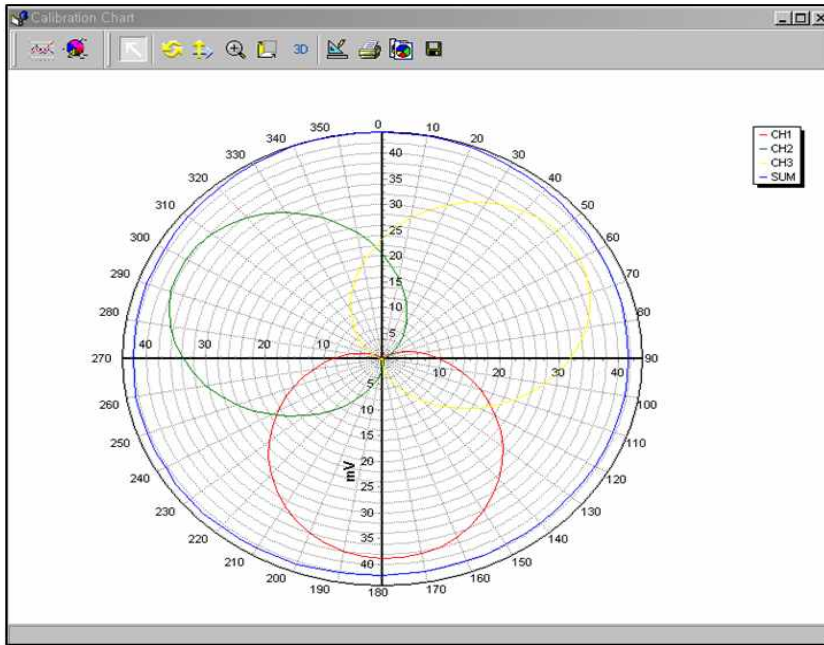


그림 6-17. 프로브의 축 등방성 측정결과($f=1.8$ GHz)

매질 내에서의 민감도 측정(2단계)은 평면형 모의인체 대신 균일한 전기장의 형성을 위하여 1.8 GHz 대역에 맞는 직립개방형 도파관(Upright-standing open waveguide)을 이용하였다. 직립개방형 도파관은 그림 6-20과 같이 도파관의 윗부분이 개방되어 있으며, 도파관 안에는 1.8 GHz 대역의 인체 머리조직의 전기정수를 가지는 액체로 채운다. 이때 인체 유사액체의 깊이는 침투 깊이(Skin depth, δ)의 3배 이상으로 하여 도파관으로 전달되는 전력이 액체 표면에서 반사되는 신호를 무시할 수 있게 한다.

$$\delta = [\operatorname{Re} \left[\sqrt{ \left(\frac{\pi}{a} \right)^2 + j\omega\mu_0(\sigma + \epsilon_0\epsilon_r) } \right]]^{-1} \quad (6-9)$$

1.8 GHz에 대한 침투 깊이는 약 28.7 mm이며, 도파관 내의 액체의 높이는 86.1 mm 이상으로 채워야 한다. 그리고 사용한 모의인체 액체의 전기적 특성을 보면, ϵ_r 는 40.3이고 σ 는 1.37(1.8 GHz)이다. 실제 1.8 GHz의 액체에 대한 전기적 특성의 목표값은 표 6-5와 같으며, 측정 오차는 $\pm 5\%$ 이내

이어야 한다. 여기서, ϵ_r 는 상대유전율(permittivity)이고, σ 는 전기전도도(conductivity)이며 μ 는 투자율(permeability)이다.

표 6-5. 1.8 GHz 대역의 모의조직 유사 액체의 전기적 특성

주파수[MHz]	상대 유전율(ϵ_r)	전기전도도(σ) [S/m]
1800	40.0	1.40

매질 내에서의 민감도 측정을 위한 시스템의 구성은 그림 6-18과 같다. 그림 6-18에서 시스템 구성도의 직립개방형 도파관에 사용되는 유전체판(dielectric slab)은 저유전 손실 매질로 유전율 5이하, 손실 탄젠트 0.05이하의 재질을 사용하여 도파관으로부터 전달되는 전력을 손실 없이 인체 유사 액체에 전달할 수 있도록 하여야 한다. 여기서 사용된 유전체판의 유전율은 3.3이며, 두께는 25 mm(1.8 GHz)이다.

도파관(1.8 GHz)의 단면적의 크기를 살펴보면, 가로가 109.2 mm, 세로가 54.7 mm이다. 또한 도파관의 입력 전력은 24 dBm으로 하였으며 반사손실은 -9.33 dB이다.

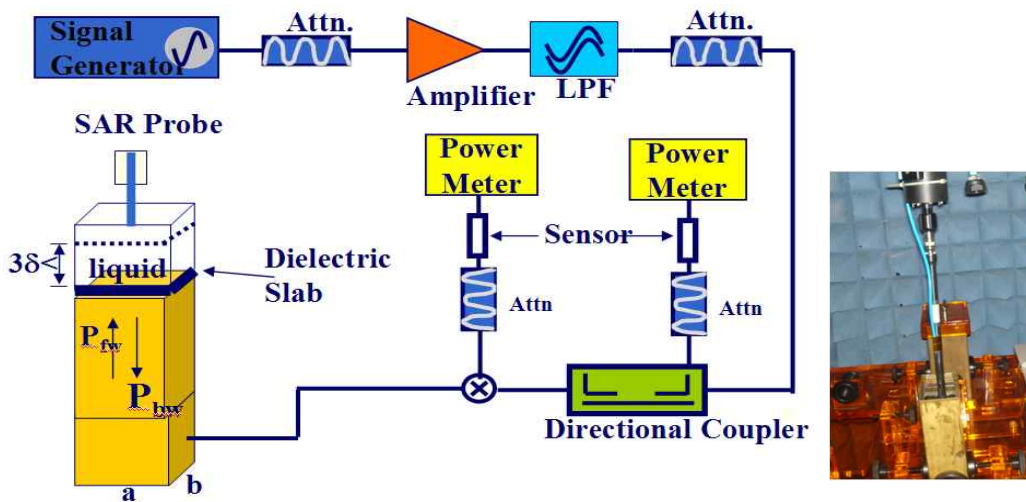


그림 6-18. 직립개방형 도파관을 이용한 교정시스템의 구성도

매질 내에서의 민감도 측정절차는, 첫째, 1.8 GHz 대역의 전기적 특성을 가지는 인체 유사액체를 도파관의 상단에 15 cm 이상이 되도록 채운다. 둘째, 프로브를 도파관의 중심 위치($x = y = 0$)에 놓는다. 셋째, 도파관에 입력되는 RF 출력을 24 dBm(=250 mW)이 되도록 한다. 넷째, 프로브가 도파관의 유전체판 윗면에서부터 z 축으로 1 mm 간격으로 60 mm까지 이동시키면서 각 채널 출력에서 측정한 값(mV)의 합을 기록한다. 측정 후 유전체판 윗면($z=0$)에서부터 프로브 센서의 중앙 지점까지의 구간(프로브 offset)은 외삽(Extrapolation)을 하여 $z=0$ 까지의 전압(mV)을 구한다. 다섯째, 측정된 결과를 이용하여 CF(Conversion Factor : 변환 계수) 값을 계산한다.

도파관 내에 구성되어 있는 매질 내에서의 SAR값은 아래의 식 (6-10)를 이용해서 구할 수 있다. 변환 계수 (Conversion Factor)는 식 (6-11)에 식 (6-10)를 대입하면 구할 수 있다(식 (6-12)).

$$SAR(z) = \frac{4(P_{fw} - P_{bw})}{\rho ab \delta} e^{-2z/\delta} \quad (6-10)$$

$$SAR(z) = \frac{\sigma B}{\rho \cdot CF} e^{-2z/\delta} \quad (6-11)$$

$$CF = \frac{\sigma ab \delta B}{4(P_{fw} - P_{bw})} \quad (6-12)$$

- $f_i(V_i)$ 는 정류 신호 V_i (채널 i 에서의 다이오드 검파 전압(mV))의 선형화 함수
- n_i 는 자유 공간에서의 다이폴 센서의 절대 감도 [$\mu V/(V/m)^2$]
- γ_i 는 자유 공간에서의 프로브 센서의 감도에 대한 매질 내에서의 프로브 센서의 감도 비
- ab 는 도파관의 단면적
- P_{fw} 는 도파관의 순방향 전력
- P_{bw} 는 도파관으로부터의 반사 전력
- δ 는 손실이 있는 액체 내부의 표피 두께(침투 깊이)
- $B = \sum_i \frac{f_i(V_i(0))}{n_i} \left[\frac{mV}{\mu V/(V/m)^2} \right]$ 또는 $[K(V/m)^2]$

- ρ 는 1000 kg/m^3
- CF 는 변환계수 (γ_i)

계산된 CF값은 3.1385이며, 그림 6-19는 프로브의 CF를 적용하였을 때의 SAR의 해석값과 측정값을 비교한 그림이다.

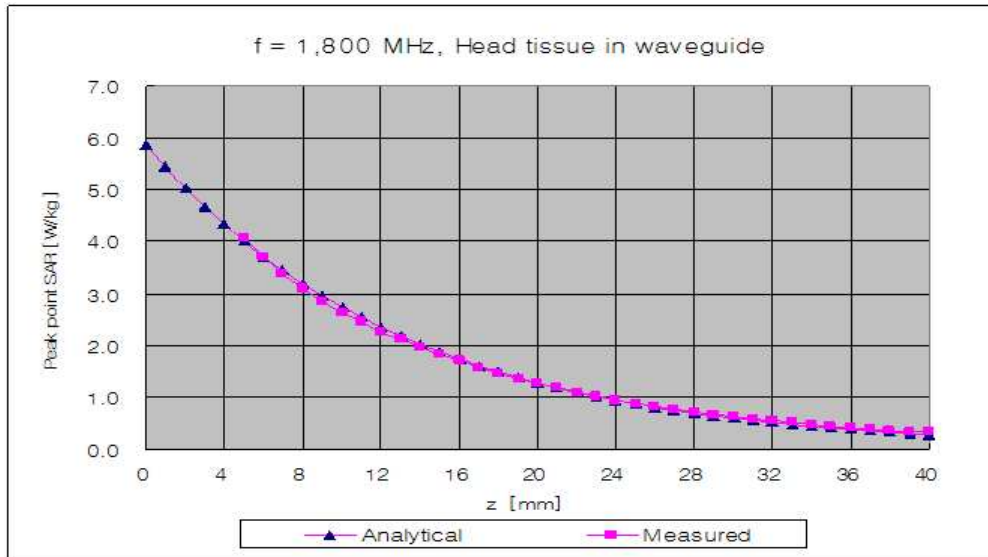


그림 6-19. CF를 적용한 매질 내의 SAR 해석치와 측정치 결과

그리고 최종 단계로, 프로브 교정이 잘 되었는지를 확인하기 위하여 SAR 측정시스템에 대한 시스템 성능 검사(System check)를 실시하였다. 시스템 성능 검사는 입력 전력 1 W로 정규화된 다이폴 안테나를 사용하여 1g 평균 SAR값을 측정하였다. 측정된 SAR 값은 목표값의 $\pm 10\%$ 이내에 있어야 한다. 시험조건을 살펴보면, 시험주파수는 1.8 GHz 대역만 실시하였으며, 인체 유사 액체는 머리 액체를 사용하였다. 평면형 모의인체의 크기 (W×L×H)는 140 mm × 200 mm × 180 mm이다. 그리고 표준 다이폴 안테나의 입사전력은 24 dBm이며, 1 W의 정규화를 위하여 측정된 값에 4배를 하여 시스템 성능 검사의 목표값과 비교를 하였다. 그림 6-20은 시스템 성능 검사를 위한 구성도이며, 표 6-6은 시스템 성능 검사의 결과이다.

결과값은 목표값 대비 측정오차가 0.99%로서 기준에 만족함을 확인하였다. 그리고 그림 6-21은 시스템 성능 검사의 결과에 대한 SAR 분포도이며, 그림 6-22는 입력 전력 250 mW일 때의 SAR 측정 보고서(Report) 이다.

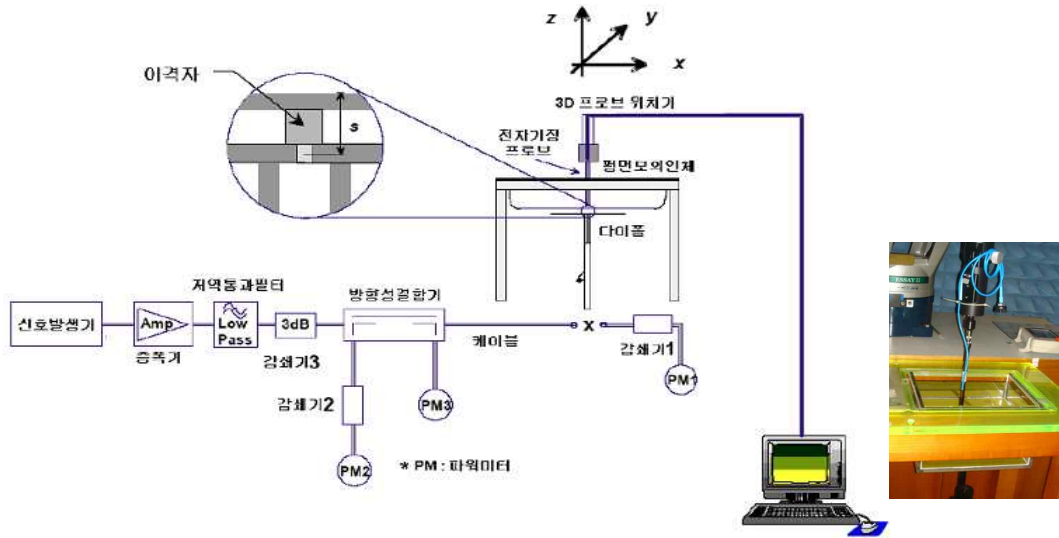


그림 6-20. 시스템 성능 검사의 구성도

표 6-6. SAR 시스템 성능 검사 결과

구분	목표값 [W/kg]	측정된 1g SAR값 [W/kg]	측정오차(%)
1.8 GHz	38.1	37.9	0.99

※ 모든 SAR값은 1 W 입사 전력으로 정규화(normalize) 됨.

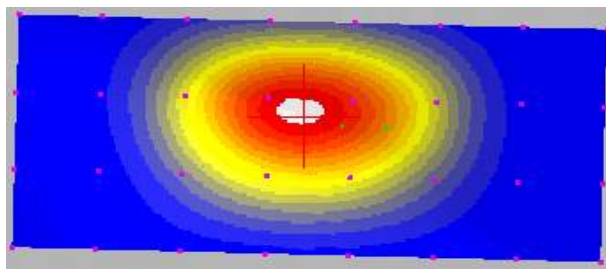


그림 6-21. 시스템 성능 검사의 결과에 대한 SAR 분포도

SAR TEST DATA SUMMARY

Simulant Liquid :	Head	Ambient Temperature (°C) :	21
Dielectric Constant :	40.1	Relative Humidity (%) :	
Conductivity (S/m) :	1.37		
Phantom Model :	Fiat	Place of Measurement :	RRL
Test Date :	25-Nov-09	Measuring Equipment :	ESSAY-III
DUT		Probe	
Model :	Dipole	Model :	ET3DV6
Power (dBm) :	24	Offset (mm) :	2
Frequency (MHz) :	1800	Conversion Factor :	3.14
Serial No. :		Duty Factor :	1

Reference Point SAR(W/kg) in Medium

Before Scanning :	9.17597	After Scanning :	9.17821	Drift :	+0.024 %
-------------------	---------	------------------	---------	---------	----------

Measurement Result (W/kg)

Averaged 1g SAR :	9.488	Averaged 10g SAR :	4.815
-------------------	-------	--------------------	-------

Notes :

그림 6-22. 입력 전력 250 mW일 때의 SAR 측정 보고서(Report)

제4절 결론

프로브의 정확한 특성을 결정짓는 요소 중의 하나는 바로 교정이다. 여기서 말하는 프로브의 교정은 하드웨어적인 교정이 아닌 소프트웨어적인 교정으로 교정을 통해 프로브의 변환계수(CF : Conversion Factor)를 구하는 것이다. CF는 자유 공간에서의 프로브 센서의 감도에 대한 매질 내에서의 프로브 센서의 감도비를 나타내며 이를 구하기 위해 사용되는 방법은 두가지가 있다. 첫 번째 방법은 직립개방형 도파관(Upright-standing open waveguide)을 이용한 도파관 교정방법이 있으며, 다른 하나는 매질 내에서 전기장 세기와 온도 상승 사이의 관계를 이용한 온도 프로브(temperature probe)를 이용하는 방법이 있다. 본 연구에서는 도파관을 이용한 프로브 교정방법을 사용하였으며, 다양한 SAR 측정용 프로브 교정에 적용할 수 있는

표준 어댑터 시제품을 제작하여 특정 SAR 측정시스템에 타사 프로브를 적용하여 프로브 교정 및 시스템 성능 검사를 실시하였다. 그 결과, 특정 SAR 측정시스템에 타사 SAR 프로브 적용이 가능함을 확인하였으며, 이러한 결과를 확장하면 특정 SAR 측정시스템에 다양한 시스템의 프로브도 적용이 가능할 것으로 판단된다. 2010년에는 SAR 측정용 프로브 표준 교정시스템을 구축하고, 금년에 교정연구에 활용한 SAR 측정시스템의 프로브를 다른 SAR 측정시스템에서 교정할 수 있는 어댑터를 개발하는 등 관련 연구를 추가적으로 수행할 계획이다. 본 연구를 통하여 궁극적으로는 특정 SAR 측정시스템에서 다양한 시스템의 프로브를 교정할 수 있는 프로그램 및 서비스를 개발하고자 한다.

제7장 결 론

유비쿼터스 전파환경 시대에 대비하여, 실제 우리 주변에서 흔히 사용하고 있는 RFID용 무선기기의 전자파 인체노출량을 평가하기 위한 측정기준(안)을 마련하였다. 마련된 측정기준(안)은 국제 표준을 가능한 준수하면서 동시에 측정 수행자의 어려움을 해소할 수 있는 방향으로 작성하였다. 국내에서 이용되는 RFID 제품 중 125 kHz (또는 134 kHz) 및 13.56 MHz 대역의 RFID 무선기기에 대해서는 자기장 강도를 측정하도록 규정하였으며, 433 MHz, 910 MHz 및 2.4 GHz RFID 무선기기는 전기장 강도를 측정하도록 규정하였다. 한편 국제 표준에 따라 RFID 제품에 대한 전자파 강도 측정을 공간 평균 측정방법으로 할 경우 지나치게 많은 시간이 소요되는 문제점이 있다. 그래서 측정지점 수와 시간을 단축할 수 있는 방법을 연구하여 국제 표준의 측정지점 수를 약 1/2 정도(20개 지점(머리), 25개 지점(몸통))로 줄여서 측정할 수 있도록 규정하였으며, 한 지점에서의 측정시간은 6분에서 1분으로 단축하여 평균 측정값을 계산할 수 있도록 규정하였다.

고출력 AM송신국 전자파 노출량 측정방법에 대한 연구는 AM송신국에 대한 전자파강도 측정기준의 개정을 위한 기초 자료로서 국내 AM송신국 96개국 중 37국을 측정하였다. 그리고 AM송신국 안전경계시설(펜스)의 영향에 따른 전자파 노출량을 보완 측정하여 측정시 펜스에서 이격해야 될 거리를 확인하였다. 또한 AM송신국의 전자파 노출량 측정방법(안)을 EMF인체노출 표준위원회의 연구반을 통하여 학계 및 관련 업계(이해 당사자)의 의견수렴을 거친 후 전자파강도 측정기준 개정(안)을 마련하였다. 이번 연구에서는 37국의 송신국에 대하여 측정지점을 파장 및 측정시작지점을 40 등분하여 전기장 강도를 측정한 결과와 그 결과를 분석한 내용을 다루었으며, AM송신국 주변의 안전경계시설(펜스) 영역의 전기장 강도 측정을 통하여 펜스로부터 얼마나 떨어진 거리에서 측정을 해야 최대값을 찾을 수 있는지를 확인하였다. 그 결과, 대부분의 펜스가 철 재질로 되어 있는데, 펜스 주변의 전기장 강도는 펜스의 영향으로 낮은 값의 전기장 강도가 분포함을 확인하였으며, 펜스로부터 일정 거리이상 떨어진 곳에서부터 펜스 주변의 전기장 강도보다 더 높은 값들이 측정된다는 것을 확인하였다. 실제로 측정해 본

결과, 펜스로부터 7 m 이상 떨어진 거리에서 최대값을 찾을 수 있다는 결론을 얻었다. 향후 주파수별로 무선국 송신 안테나 높이와 펜스의 재질에 따른 전자파 감쇠 현상을 확인하는 연구를 수행할 계획이다.

보청기의 전자파 장애 문제는 현재 국제적인 이슈사항이므로 이에 대한 기술기준 도입 및 대책이 필요한 실정이다. 이를 위하여 본 연구에서는 보청기의 보급 현황 및 국외 기술기준을 조사하여 분석하였으며, 직접 제작한 시험용 휴대전화의 기본 조건 및 손 영향에 대한 전자파(RF) 방사 관련 시뮬레이션 및 측정결과를 비교 분석하여 기술기준의 타당성을 검증하였다. 그리고 금년에 수행한 연구결과를 전자기장 생체영향 워크샵에 발표하여 대외 신인도 향상에도 기여하였다. 연구 결과, 모든 조건에서 측정 및 시뮬레이션 결과값이 유사하게 나타났으며, 저주파수대역(835 MHz)에서는 모든 조건에서 HAC 요구규격을 만족하였지만, 고주파수대역(1.765 GHz)에서는 HAC 요구규격을 만족하지 않는 몇몇 조건들도 있음을 확인하였다. 일반적으로 고주파수대역에서 손 영향에 아주 민감함을 보이는데 반해, 이번 연구 결과에서는 저주파수대역에서 손 영향이 더 큰 것으로 나타났다. 실제로 835 MHz 대역에서 HAC 측정값이 시뮬레이션 결과값보다 50% 수준으로 효율이 2배 정도의 차이가 있었는데, 이는 협대역 특성을 가지는 835 MHz 대역에서 실제 사람의 손을 사용하여 측정했기 때문에 휴대전화의 안정성 문제 및 손 영향으로 인하여 주 공진점이 이동함으로써 이러한 결과가 나타난 것으로 판단된다. 이렇게 볼 때 손 영향에 대한 HAC 개선 방법으로는 1.765 GHz 대역과 같이 안테나의 설계시부터 광대역을 확보하는 것이 아주 중요함을 알 수 있었다. 따라서 현재 미국 규격에서 손 영향을 고려하지 않고 있는데, 향후 HAC 기술기준에 손의 영향도 검토하여 반영할 필요성이 있다고 판단된다. 2010년에는 국내의 HAC 기술기준 도입을 위한 추가적인 타당성 검증 연구를 위해 상용 휴대전화를 이용하여 T-coil(음성신호 전달 매체)에서 발생하는 자기장의 HAC 영향 분석 연구를 포함하여 HAC 관련 측정 표준 연구를 추진할 예정이다.

프로브의 정확한 특성을 결정짓는 요소 중의 하나는 바로 교정이다. 여기서 말하는 프로브의 교정은 하드웨어적인 교정이 아닌 소프트웨어적인 교정으로

교정을 통해 프로브의 변환계수(CF : Conversion Factor)를 구하는 것이다. CF는 자유 공간에서의 프로브 센서의 감도에 대한 매질 내에서의 프로브 센서의 감도비라고 한다. 본 연구에서는 도파관을 이용한 프로브 교정방법을 사용하였으며, 다양한 SAR 측정용 프로브 교정에 적용할 수 있는 표준 어댑터 시제품을 제작하여 특정 SAR 측정시스템에 타사 프로브를 적용하여 프로브 교정 및 시스템 성능 검사를 실시하였다. 그 결과, 특정 SAR 측정시스템에 타사 SAR 프로브 적용이 가능함을 확인하였으며, 이러한 결과를 확장하면 특정 SAR 측정시스템에 다양한 시스템의 프로브도 적용이 가능할 것으로 판단된다. 2010년에는 SAR 측정용 프로브 표준 교정시스템을 구축하고, 금년에 교정 연구에 활용한 SAR 측정시스템의 프로브를 다른 SAR 측정시스템에서 교정할 수 있는 어댑터를 개발하는 등 관련 연구를 추가적으로 수행할 계획이다. 본 연구를 통하여 궁극적으로는 특정 SAR 측정시스템에서 다양한 시스템의 프로브를 교정할 수 있는 프로그램 및 서비스를 개발하고자 한다.

본 연구들을 통하여 RFID, AM 송신국 전자파의 인체노출량 평가방법(안)을 마련하였으며, 휴대전화 전자파가 보청기에 미치는 영향 문제를 국내 기술기준에 반영할지 여부를 판단하기 위한 선행 연구를 수행하였다. 그리고 SAR 측정시스템에서 가장 중요한 요소인 프로브 교정에 대한 선행 연구를 통하여 특정 SAR 측정시스템에 다양한 프로브가 적용 가능하다는 점도 확인하였다. 올해에는 이와 같은 다양한 연구결과 확보 및 대외 연구결과 발표 등 많은 성과를 거두었다. 앞으로도 새로운 무선통신기기들의 출현으로 전자파에 대한 국민들의 불안감은 계속 증가할 것이다. 따라서 정부에서는 이를 해소하여 무선통신기술의 발전을 촉진함과 동시에 국민의 건강도 보호할 의무가 있다. 이를 위하여 신규 무선통신기기에 대한 SAR 대상기기 확대 적용과 이 무선통신기기들에 대한 전자파 인체노출량 적합성 평가방법 개발, 기존 대상기기에 대한 측정방법 개선 등에 대한 연구를 지속적으로 수행해 나갈 것이다.

[참고문헌]

- [1] “전자파 인체보호기준”, 방통위고시 제2008-37호, 2008.05.19.
- [2] “전자파흡수율 측정기준”, 전파연구소고시 제2008-16호, 2008.06.02.
- [3] “전자파강도및전자파흡수율측정대상기가측정방법”, 전파연구소고시 제2008-18호, 2008.06.02.
- [4] “신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선기기”, 방송통신 위원회고시 제2008-74호, 2008.05.19.
- [5] 전파방송관리통합정보시스템(TRMS)(AM송신국 현황)
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] Kong S. et al, Evaluation of Human Exposure to Electromagnetic Fields from RFID Devices at 13.56 MHz, APMC, 2008. 12.
- [9] Byun J. et al, Analysis of EMF Distribution Around UHF RFID Reader, 2007 international Workshop on Biological Effects of EMF, 2007. 9.
- [10] 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.
- [11] 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.

- [12] 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.
- [13] Guidance for Industry Labeling for Electronic Anti-Theft Systems, Food and Drug Administration, August 15, 2000.
- [14] Guideline measures for preventing effects of RFID, JAISA, 2005. 8.
- [15] ICNIRP STATEMENT RELATED TO THE USE OF SECURITY AND SIMILAR DEVICES UTILIZING ELECTROMAGNETIC FIELDS, ICNIRP, Health Physics, Volume 87, Number 2, August 2004.
- [16] Estenberg U et al., Mapping of magnetic fields, surrounding EAS and RFID systems, SSI report, Swedish Radiation Protection Authority, 2006. 3.
- [17] RFI Assessment on Human Safety of RFID System at Hong Kong International Airport, 17th Zurich symposium on EMC, 2006.
- [18] SEMCAD ver.13.
- [19] Choi D. et al, "Investigating the effect of the electromagnetic field from a mobile phone on the hearing aid", 13th Workshop on Health Effects of EMF and Bioelectromagnetic Environment, 2009. 9.
- [20] IEEE 1528-2003, "IEEE Recommended practice for determining the peak spatial-average specific absorption rate(SAR) in the human head from wireless communications devices: measurement techniques", October 2001.
- [21] IEEE ANSI C63.19-2007, "American National Standard Method of Measurement of Compatibility between Wireless Communications Devices and Hearing Aids", June 2007.

- [22] Standard of Institute of Electrical and Electronics Engineers(IEEE) American National Standards Institute(ANSI), “American National Standard Method of Measurement of Compatibility between Wireless Communications Devices and Hearing Aids”, IEEE, NewYork,USA,C63.19–2007.
- [23] EN_50400 Basic Standard to demonstrate the compliance of fixed equipment for radio transmission(110Mhz–40GHz)(2006.08.)

RFID용 무선기기의 전자파 인체노출량 측정기준(안)

제1조(목적) 이 측정기준은 “전파법” 제47조의2제1항의 규정에 의하여 RFID용 무선기기의 전자파 인체노출량 측정을 위한 기준에 관하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조(적용범위) 이 측정기준은 RFID 기기에 대한 인증기관 및 시험기관 등에서의 기술기준 심사 및 시험업무에 적용한다.

제3조(정의) 이 측정기준에 사용하는 용어의 정의는 다음 각 호와 같다.

1. “측정기준”이라 함은 RFID용 무선기기에 대한 측정방법과 절차의 표준을 말한다.
2. “RFID용 무선기기”라 함은 전파신호를 통해 사물에 부착된 태그의 정보를 식별하여 전송하는 통신망용 무선기기를 말한다.
3. “미약 전계강도 무선기기”라 함은 “무선설비규칙”제97조에서 규정한 무선기기로서 당해 무선기기로부터 3미터 거리에서 측정한 전계강도 허용치를 만족하는 무선기기를 말한다.
4. “전자기장 강도 단일측정”이라 함은 RFID용 무선기기로부터 적절한 이격거리(통상 20 cm)에서 전기장 강도 또는 자기장 강도를 측정하는 것을 말한다.
5. “전자기장 강도 공간평균측정”이라 함은 RFID용 무선기기로부터 적절한 이격거리(통상 20 cm)에서 공간상의 여러 지점(몸통 25지점, 두부 20지점)에서 전기장 강도 또는 자기장 강도를 측정하여 각 측정지점에서의 측정값을 평균하는 측정을 말한다.
6. “전기장강도”라 함은 전기장 내의 한 점에 있는 단위 양전하에 작용하는 힘을 말한다.
7. “자기장강도”라 함은 선형적이고 등방성을 갖는 매질내의 자속밀도를 주어진 주파수에 대한 매질의 투자율로 나눈 것을 말한다.
8. “측정용 프로브”라 함은 공간상의 전자기장 강도를 직류 전압 또는 직류 전류 형태로 변환하여 전기장 강도 또는 자기장강도를 측정할 수 있게 하는 수신용 안테나를 말한다.
9. “3축 등방성 프로브”라 함은 전기장 강도 또는 자기장 강도를 측정하기 위하여

세 개의 서로 직교하는 다이폴로 구성된 등방성 안테나를 말한다.

10. “단축 프로브”라 함은 1개축 방향에의 전기장 강도 또는 자기장 강도를 측정할 수 있는 안테나를 말한다.

제4조(적합성평가 적용기준) RFID용 무선기기의 종류에 따라 전자파 인체노출량 평가를 위하여 적용하는 기술기준은 다음과 같다.

1. 13.56 MHz 주파수 대역을 이용하는 RFID용 무선기기는 “전자파인체보호기준” 별표1에서 정한 자기장 강도 기준을 적용한다.
2. 433 MHz 주파수 대역, 900 MHz 주파수 대역 또는 2.45 GHz 주파수 대역을 이용하는 RFID용 무선기기는 “전자파인체보호기준” 별표1에서 정한 전기장 강도 기준을 적용한다.
3. 미약전계강도 무선기기로서 50 MHz이하의 주파수 대역을 이용하는 RFID용 무선기기는 “전자파인체보호기준” 별표1에서 정한 자기장강도 기준을 적용한다. 다만, 미약전계강도 무선기기로서 50 MHz이상의 주파수 대역을 이용하는 RFID용 무선기기는 “전자파인체보호기준” 별표1에서 정한 전기장강도 기준을 적용한다.

제5조(시험장의 조건) 시험장의 측정환경은 다음 각호와 같아야 한다.

1. 시험장은 완전 무반사실, 바닥면에 접지면이 있는 반무반사실을 원칙으로 하되, 바닥면에 흡수체를 갖는 반무반사실, 야외 시험장 또는 이와 동등한 특성을 나타내는 다른 시험장에서 실시할 수 있다.
2. 완전 무반사실과 바닥면에 흡수체를 갖는 반무반사실에서는 수신용 공중선을 임의의 방향으로 10 cm 움직일 때 측정수신기의 출력 변화가 ± 1.5 dB 이내의 값을 가져야 하며, 반무반사실과 야외 시험장에서는 정규화 시험장 감쇄 특성 변화가 ± 4 dB 이내의 값을 가져야 한다.
3. 시험장의 수신 공중선 및 피시험기기 거치대는 상대 유전율이 1.5 미만인 물질을 사용하여야 한다.
4. 측정장 주변의 어떠한 물체나 무선기기도 측정에 영향을 주지 않아야 한다.

제6조(측정기기의 조건) 측정용 기기의 조건은 다음과 같다.

1. 전자기장 강도 측정은 전자파강도 측정기나 스펙트럼분석기를 이용하여 측정한다. 이때 측정기기는 다음과 같이 설정한다.

중심주파수	반송주파수
소인 주파수폭	필요주파수대폭의 2~3.5배
분해능 대역폭	필요주파수대폭의 1/3 이하
비디오 대역폭	자동
검출 모드	첨두검출(Peak Detect) 모드
표시 모드	평균치(average) 모드
소인횟수	연속소인

2. 측정용 프로브는 3축 등방성 프로브를 이용하거나 단축 프로브를 이용한다.

제7조(피 시험기기의 조건) 피 시험기기는 다음과 같은 조건으로 측정한다.

1. 피 시험기기의 전원전압은 규정된 전원전압의 최고 전압을 인가하여 시험한다. 다만, 전원으로 건전지만을 이용하는 기기의 경우에는 새 건전지를 이용하여 측정한다.
2. 피시험기기가 일정 주파수대역에서 다수의 채널을 이용하는 기기인 경우에는 상한, 중간, 하한 3개 주파수에 대하여 시험한다. 다만 일정 주파수 대역에서 2개 채널을 이용하는 기기의 경우는 2개 주파수에 대하여 시험한다.

제8조(측정 거리) 피시험기기의 측정거리는 RFID 이용형태에 따라 별표 1에서 정한 이격된 거리에서 측정한다. 다만, 해당기기의 사용자 설명서 등에서 기기와 사용자간 이격거리가 20 cm 보다 짧게 명시되어 있는 경우, 이를 측정 거리로 한다.

제9조(피 시험기기의 설치 높이) 피시험기기는 별표 1에서 정한 높이에 설치하여 시험한다. 다만, 해당기기의 사용자 설명서 등에서 기기와 설치높이가 명시되어 있는 경우, 이를 설치높이로 한다.

제10조(적합성 평가절차) RFID용 무선기기의 전자파 인체노출량 적합성 평가는 제11조에서 규정한 절차와 방법에 따라 전자기장 강도 단일측정을 실시한다. 이렇게 측정한 전기장강도 또는 자기장강도가 전자파 인체보호기준을 초과하는 경우, 제12조 및 제13조에서 규정한 절차와 방법에 따라 전자기장 강도 공간평균 측정을 실시하여 인체보호기준 준수여부를 최종 판단한다.

제11조(전자기장 강도 단일측정) 전자기장 강도는 다음과 같은 순서에 따라 측정한다.

1. 제5조 내지 제9조에 따라 측정기기, 피 시험기기 및 측정시스템을 설치한다.
2. 피 시험기기에 전원을 인가하여 안정된 출력이 나오는 것을 확인한 다음 시험을 실시한다.

3. 수신 안테나에 최대출력이 인가될 수 있도록 피 시험기기 방향을 조정한다.
4. 3축 등방성 프로브를 이용하여 규정된 이격거리에서 전자기장 강도를 6분간 측정하여 평균값을 구한다. 다만 단축 프로브를 이용한 경우에는 3축 방향에 대하여 각각 6분씩 측정하여 전자기장 강도를 구한다.
5. 측정한 전자기장 강도 단일측정 결과가 전자파인체보호기준을 만족하는지 여부를 평가한다.

제12조(공간평균 측정지점 선정) RFID 제품이 실제 이용되는 형태에 따라 별표1에서 규정한 공간평균 측정 방식중 한 가지 방식을 적용하여 전자기장 강도 공간평균을 측정한다. 이때 공간평균 측정 위치는 별표2과 같이 인체 몸통인 경우 25개 측정 지점으로, 인체 두부의 경우에는 20개 지점으로 단축하여 측정할 수 있다.

제13조(전자기장 강도 공간평균측정) 전자기장 강도 공간평균 측정은 다음과 같은 순서로 실시한다.

1. 제5조 내지 제9조에 따라 측정기기, 피 시험기기 및 측정시스템을 설치한다.
2. 피 시험기기에 전원을 인가하여 5분을 기다린 후, 안정된 출력이 나오는 것을 확인한 다음 시험을 실시한다.
3. 제13조에서 규정한 다수의 측정 지점 중 1 곳을 선정하여 수신용 공중선을 설치한다.
4. 3축 등방성 프로브를 이용하여 규정된 이격거리에서 전자기장 강도를 1분간 측정하여 평균값을 구한다. 다만 단축 프로브를 이용한 경우에는 3축 방향에 대하여 각각 1분씩 측정하여 전자기장 강도를 구한다.
5. 제13조에서 규정한 측정 지점중 인접한 지점으로 수신용 공중선을 이동하여 3~4 과정을 반복 측정한다. 제18조에서 규정한 모든 측정지점에서 전자기장 강도를 반복하여 측정한다.
6. 4~5 과정에 따라 모든 측정 지점에서 측정한 전자기장 강도를 평균한다.
7. 전자기장 강도 공간평균 측정 결과가 전자파인체보호기준을 만족하는지 여부를 평가한다.

[별표 1] RFID용 무선기기의 이용형태에 따른 측정방식 구분

(표 1). RFID용 무선기기의 이용형태에 따른 구분

	그림 ^g	정격 크기 cm ^e			정보 수치 cm ^{a,h}		
		a/b/c	X	Z	높이	폭	깊이
일반적인 몸통 격자	(1)	15	-	85	-	-	-
일반적인 머리 격자 ^b	(2)	10	-	145	-	-	-
단일 스탠드형 기기	(3)	15	20	85	120-160	-	40-80
이중 스탠드형 기기	(4)	15	20	85	120-160	70-200	40-80
단일 바닥 설치형 기기 ^f	(5)	15	-	85	-	60-100	40-80
단일 천정 설치형 기기	(6)	15	-	85	210-300	60-100	40-80
바닥/천정 설치형 기기 ^f	(7)	15	-	85	210-300	60-100	40-80
"터널형" 기기 ^f	(8)	15	20	85	210-300	70-300	0.5-50
카운터 장착 기기 ^c	(9)	15	30	85	70-90	20-40	20-40
벽 장착 기기	(10)	15	20	-	60-160	20-100	20-50
휴대용 기기 ^d	(11)	15	10	-	70-140	영역: 100-200cm ²	

a 이 수치는 대부분의 기기가 동작하는 영역을 나타낸다.

b 머리 격자 크기와 Z 크기의 총 합계는 175 cm 이며, 이것은 일반인 신장에 해당한다.

c 거리 X는 카운터 상단에 장착되었을 때의 일반 거리를 의미한다. 실제 더 가까운 거리에서 이용될 경우, 실제 거리를 거리 X로 한다.

d 휴대용 기기를 사용하여 인체를 스캔하는 경우에는, 적절한 거리 X를 사용해야 한다. 근접 스캔 기기의 경우에는 거리 X를 3 cm로 적용한다.

e 위 범주에 해당하지 않는 기기일 경우, 가장 근접한 적절한 범주를 활용하거나 위에 제시된 사항과 유사한 원칙에 따른 새로운 구성을 이용할 수 있다.

f 일부 기기는 바닥 표면 아래 최소 거리에 매설되기도 한다. 설치 문서에 관련 요건이 명확히 명시되어 있는 경우, 이 거리를 Z 크기에 더할 수 있다.

g 격자 위치 및 크기는 프로브 중심의 위치를 반영한다. 회색 원은 격자에 대한 프로브 위치의 예를 보여준다.

h 일부 기기는 원형 또는 타원형이지만 대략적인 수치는 제시된 직사각형 크기를 반영한다.

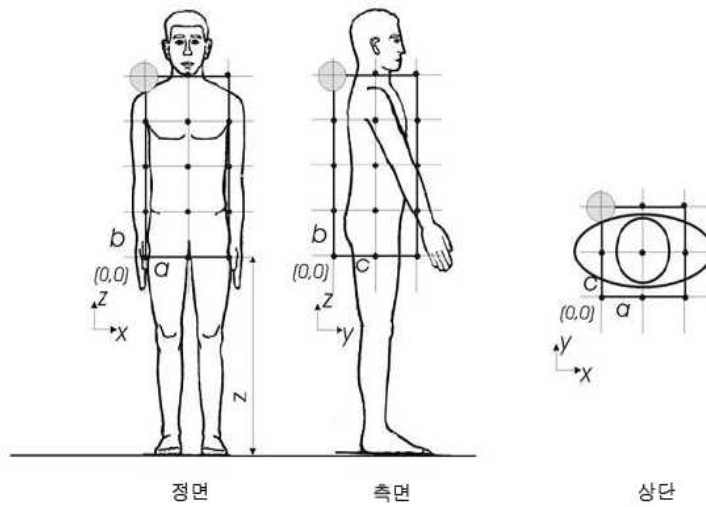


그림 (1) 일반적인 몸통 격자

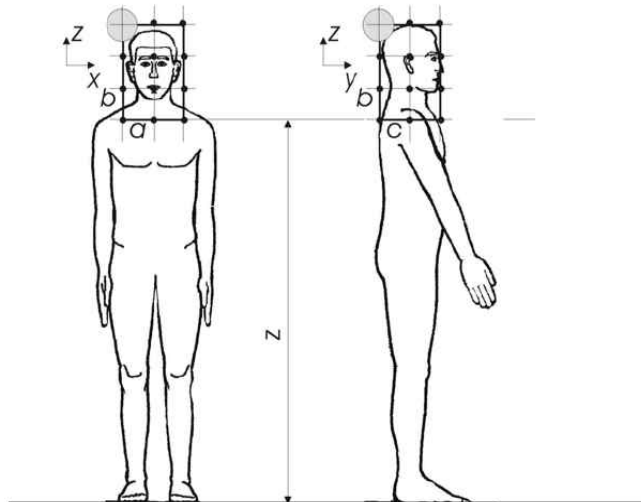


그림 (2) 일반적인 머리 격자

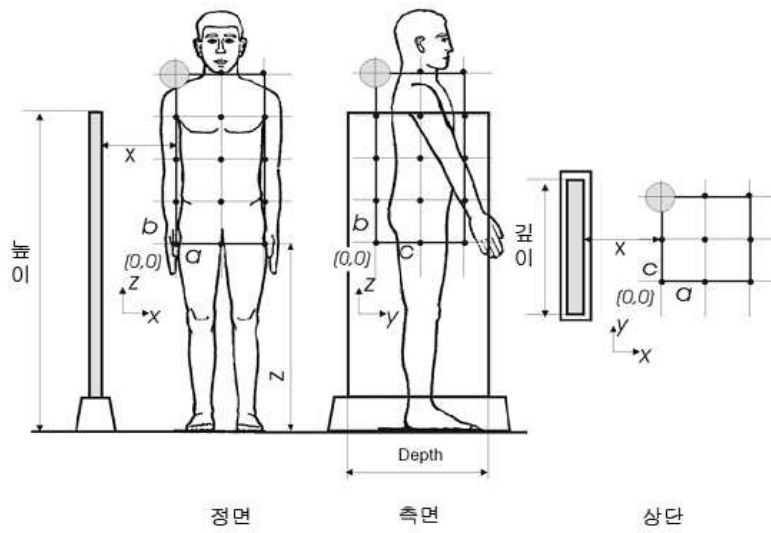


그림 (3) 단일 스탠드형 기기

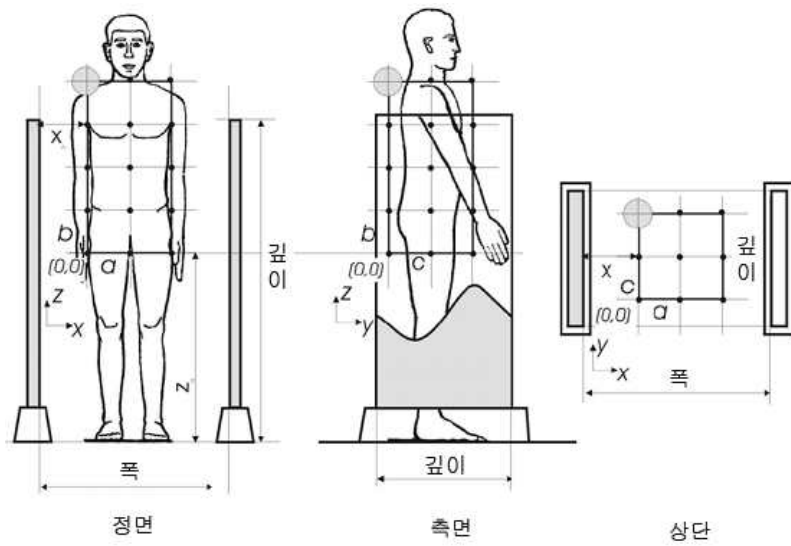


그림 (4) 이중 스탠드형 기기

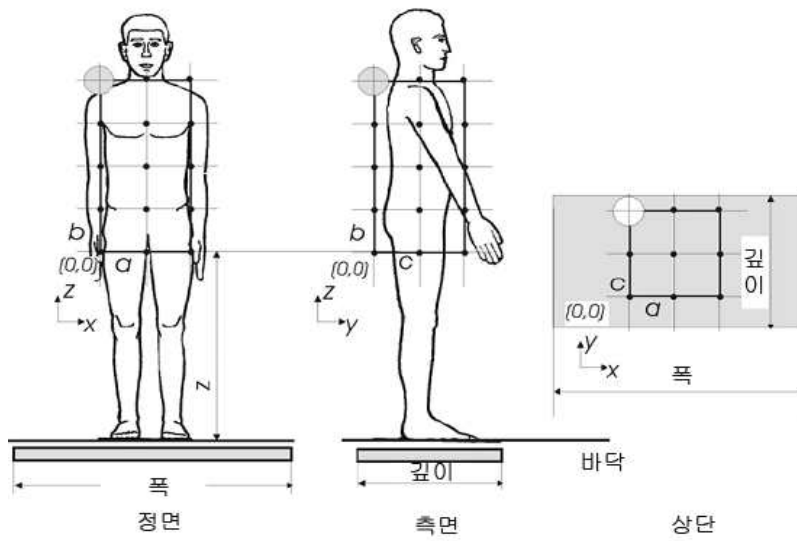


그림 (5) 단일 바닥 설치형 기기

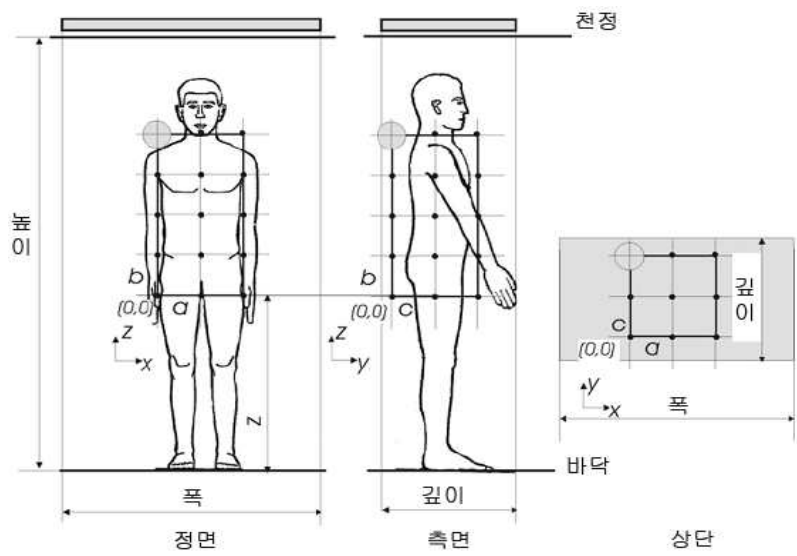


그림 (6) 단일 천정 설치형 기기

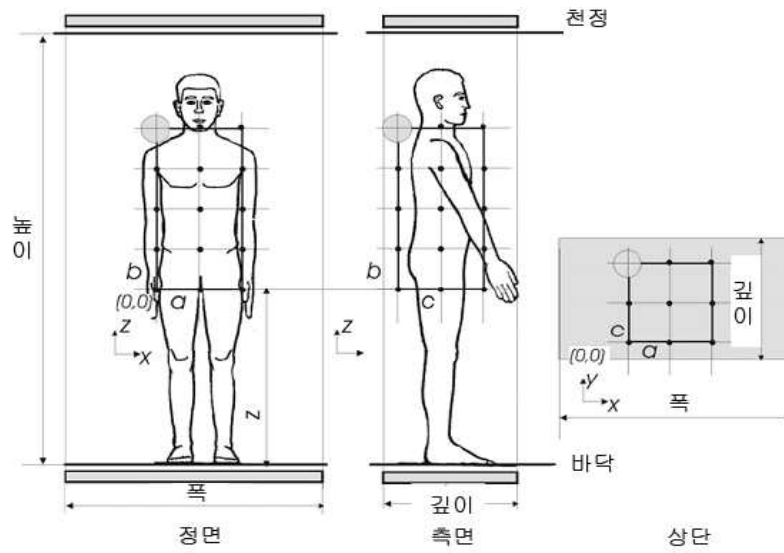


그림 (7) 바닥/천정 설치형 기기

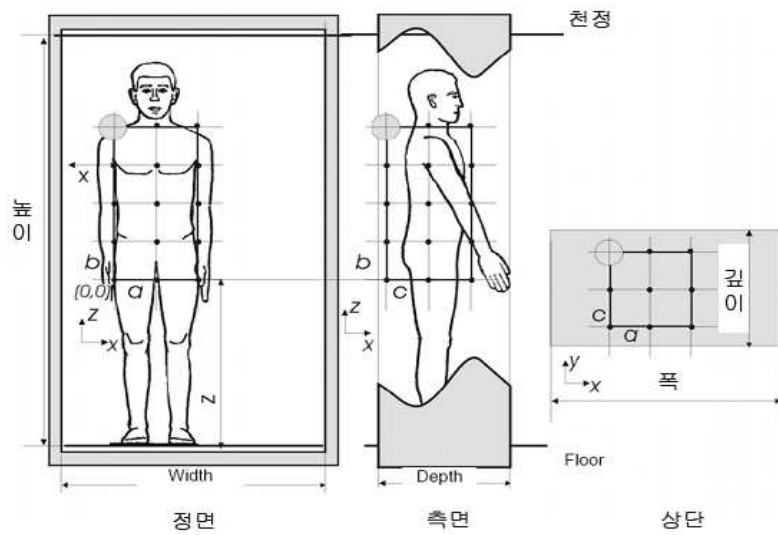


그림 (8) “터널형” 기기

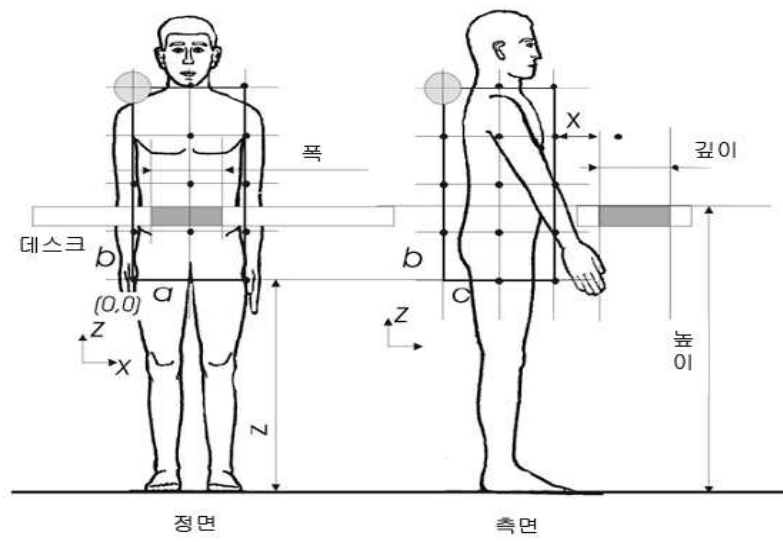


그림 (9) 카운터 장착 기기

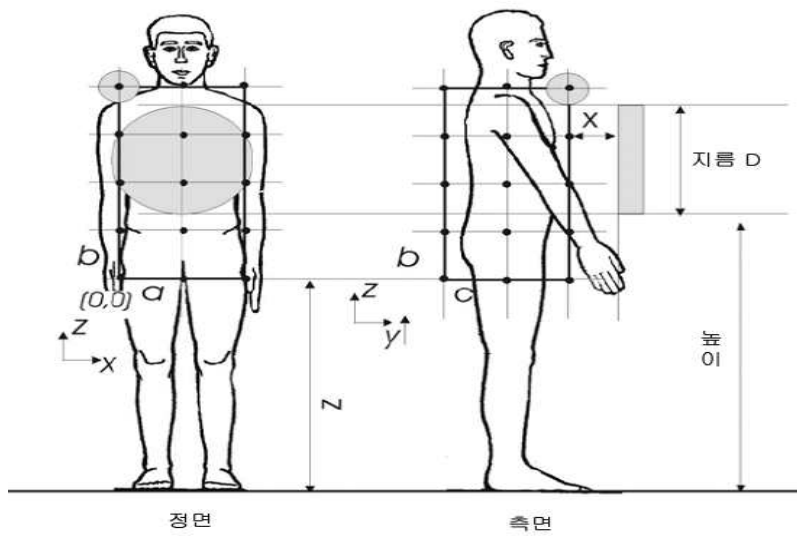


그림 (10) 벽 장착 기기

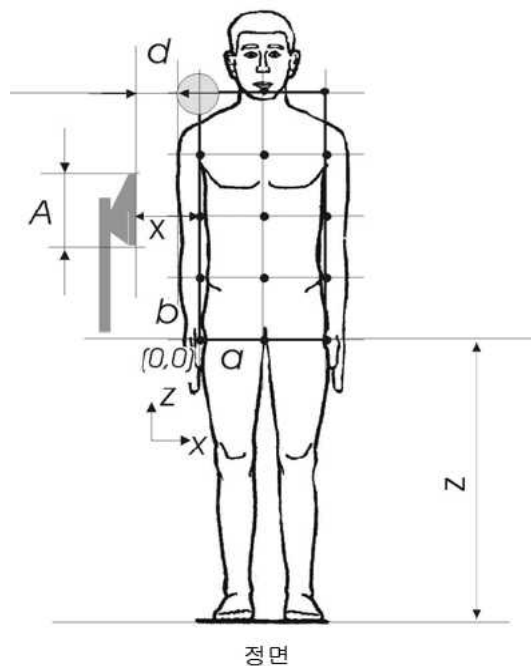
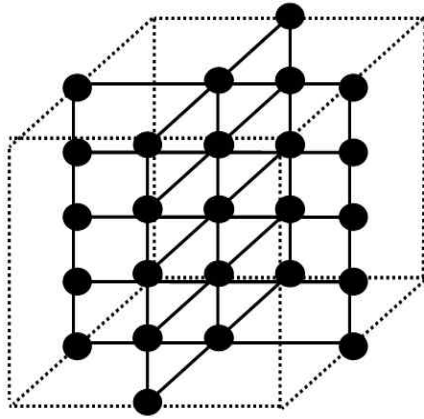
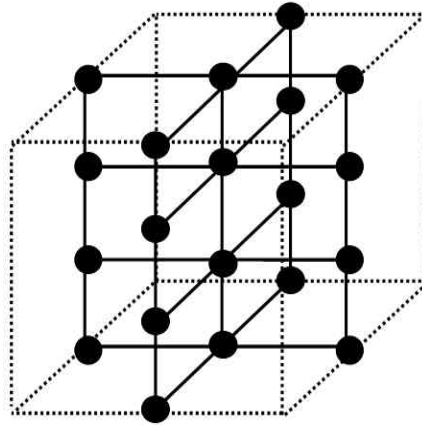


그림 (11) 휴대용 기기

[별표 2] 인체부위별 공간평균 측정 그리드



(a) 몸통 : 25개 지점



(b) 두부 : 20개 지점

※ 점간 간격, 이격거리, 높이 등에 대한 정보는 [별표 1]의 표 1을 적용함

[부록 2]

AM송신국에 대한 전자파강도 측정기준 개정(안)

●전파연구소고시 제0000-xx호

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

0000년 0월 0일

전파연구소장

전자파강도측정기준 개정(안)

제1조(목적) 이 고시는 전파법 제47조의2제1항의 규정에 의하여 전자파 강도측정기준(이하 “측정기준”이라 한다)에 관하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

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

1. “측정기준”이라 함은 측정방법과 그 절차의 표준을 말한다.
2. “전기장강도”라 함은 전기장 내의 한 점에 있는 단위 양전하에 작용하는 힘을 말한다.
3. “자기장강도”라 함은 선형적이고 등방성을 갖는 매질내의 자속밀도를 주어진 주파수에 대한 매질의 투자율로 나눈 것을 말한다.
4. “자속밀도”라 함은 운동하는 전하의 운동속도에 비례하는 힘을 유발하는 벡터량을 말한다.

5. “전력밀도”라 함은 전자파의 진행방향에 수직인 단위면적을 통과하는 전력을 말한다.
6. “저주파수대역”이라 함은 0Hz에서 10kHz 미만의 주파수 대역을 말한다.
7. “고주파수대역”이라 함은 10kHz 이상 300GHz 이하의 주파수 대역을 말한다.
8. “원거리장영역”이라 함은 전자기장 발생원으로부터의 거리가 충분히 멀어서, 전기장 및 자기장 성분과 그 진행방향이 서로 직각을 이루며, 전자기장의 형태가 일정하고 강도가 발생원으로부터의 거리에 근사적으로 반비례하게 되는 영역을 말한다.
9. “근거리장영역”이라 함은 전자기장 발생원 주변의, 원거리장 조건을 만족시키지 않는 영역을 말한다.
10. “자유공간조건”이라 함은 측정위치가 전자기장 발생원으로 부터 원거리장 영역에 위치하며 주변에 다른 장애물이 없는 조건을 말한다.
11. “편파”라 함은 전기장, 자기장 또는 전자기장 벡터의 시간에 따른 궤적을 말하며 그 궤적이 직선의 일부를 이루는 경우는 “선형편파”, 타원을 이루는 경우는 “타원편파”, 원을 이루는 경우는 “원편파”라고 말한다.
12. “다중복사원”이라 함은 서로 다른 곳에 위치한 주파수가 다른 복수의 전자기장 발생원을 말한다.
13. “프로브”라 함은 전기장 또는 자기장의 세기를 측정할 수 있는 감지소자를 말한다.
14. “실효값(rms)”라 함은 정현파 신호의 크기 제공의 시간에 따른 평균값의 평방근을 말한다.

15. “첨두값”라 함은 시간에 따른 최대 순시값을 말한다.
16. “합성전자기장”이라 함은 측정 위치에서 세 개의 서로 수직인 측 방향으로 측정된 전자기장 값의 제곱을 합한 값의 평방근 또는 타원편파(또는 원편파)인 경우 전자기장 타원(또는 원)을 포함하는 면에서 장축과 단축(또는 원의 경우 서로 수직인 임의의 두 축) 방향으로 측정된 전자기장 값의 제곱을 합한 값의 평방근을 말한다.
17. “측정불확정도”라 함은 측정기기의 교정오차, 측정 보조기기 및 연결케이블, 환경조건 등 측정과정 상의 여러 요인으로 인한 측정결과 값의 분산을 나타내는 백분율을 말한다.

제3조(적용범위) 동 기준은 방송통신위원회가 정하여 고시한 전자파인체 보호기준에서 규정한 전자파강도기준의 적합성 평가에 적용하며, 전파법 제47조의2제3항에서 규정한 전자파강도의 측정은 별표 1을 적용한다. 단, 전자파강도기준의 자속밀도는 측정된 자기장강도로부터, 전력밀도는 측정된 전자기장강도로부터 계산할 수 있다.

제4조(측정기기의 일반적 조건) ①측정기기는 다음 각 호의 조건을 만족해야 한다.

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

②측정프로브는 다음 각 호의 조건을 만족해야 한다.

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

③측정결과는 온도나 습도 등의 환경적인 조건, 측정을 위한 장비구성, 측정자에 의한 간섭, 전원선 및 연결 케이블에 의한 전자파유도 등과 같은 외부요인에 의해 영향을 받지 않아야 한다.

제5조(측정조건) ①전자기장 측정은 노출 대상자가 접근할 수 있는 모든 장소에서 행하여야 하며 여러 개의 노출 조건이 있는 경우는 최악의 노출 조건을 선택하여야 한다.

②직접적인 전자기 유도의 영향을 최소화하고 신뢰성 있는 측정을 위하여 주파수에 따라 프로브와 전자기장 발생원을 충분히 이격시켜야 한다.

③측정시에는 전자기장을 발생시키는 휴대기기는 전원을 차단하여야 한다.

④측정 프로브 주변에 측정자를 포함한 산란체가 없어야 한다. 단, 옥내와 같이 프로브 주변에 산란체가 불가피하게 존재하는 경우에는 그 이유와 산란체의 위치에 대한 상세한 정보를 측정결과서에 기록하여야 한다.

제6조(측정기기의 교정 및 불확정도) ①측정기기는 교정 유효기간 이내의 것을 사용하여야 하며 수리 후에는 바로 교정하여야 한다.

②저주파수대역에서 교정된 측정기기의 불확정도는 전기장의 경우 \pm (지시치의 10% + 2V/m), 자기장의 경우 \pm (지시치의 10% + 16mA/m) 이내이어야 한다.

③고주파수대역에서 교정된 측정기기의 불확정도는 $\pm 1\text{dB}$ 이내이어야 한다.

제7조(측정기기의 선택) ①측정기기는 전자기장 발생원의 주파수, 전자기장의 최대 강도 및 시변화율, 전자기장의 편파 등을 고려하여 적절히 선택하여야 한다.

②전자기장 발생원으로부터 기본 주파수 성분을 포함한 무시할 수 없는 모든 고조파 성분을 정확히 측정할 수 있도록 측정기기는 충분한 대역 특성을 가져야 한다.

제8조(저주파 전자기장 측정방법) ①전자기장강도 측정은 3축 등방성프로브를 사용하여 측정영역에서의 합성전자기장의 최대값을 측정하여야 한다. 단, 선형편파 전자기장을 측정하거나 타원편파 전자기장에서 전자기장이 이루는 타원의 모양을 알고자 하는 경우에는 단축프로브를 사용할 수 있다.

②고정시설물 등에서 방출되는 전자기장을 측정하고자 할 때에는 작업자가 주로 작업하는 곳 또는 주민이 주로 생활하는 곳에서 측정하고, 전기·전자기기 등에서 발생하는 전자기장은 통상의 사용거리에서 측정하여야 한다.

③전기장강도 측정시 프로브와 측정자 사이의 거리는 2.5m이상이어야 한다. 단, 자기장강도 측정시에는 프로브와 측정자 사이의 거리를 제한하지 아니한다.

④전력선 아래의 전자기장강도 측정은 다음 각호의 방법에 의한다.

1. 전자기장강도는 지표면 위 1m 높이에서 측정하여야 한다. 단, 그 외의 다른 높이에서 측정할 경우에는 측정위치를 명확하게 표시해야 한다.
2. 프로브는 전기장의 수직성분을 읽을 수 있도록 위치시켜야 한다.
3. 측정기기와 이동 가능한 물체 사이의 거리는 물체 높이의 3배 이상이어야 하며 측정기기와 지상 고정물체 사이의 거리는 1m 이상이어야 한다.

제9조(고주파 전자기장 측정방법) ①전자기장강도 측정은 3축 등방성프로브를 사용하여 합성전자기장을 측정하여야 하며 선형편파 전자기장을 측정하거나 타원편파 전자기장에서 전자기장이 이루는 타원의 모양을 알고자 하는 경우에는 단축프로브를 사용할 수 있다.

②원거리장 영역에서 단일복사원이 존재할 경우 다음 각호의 방법에 의해 측정한다.

1. 선형편파된 평면파의 전자기장은 전기장강도 측정기로 측정한다. 이 경우 자기장강도는 전기장강도 값으로부터 계산할 수 있다.
2. 금속물체 근처에서 측정할 경우 물체로부터 프로브 길이의 3배 이상의 거리를 유지하여야 한다.
3. 측정기기나 지지대 등의 금속 부분은 흡수체로 둘러싸야 하고, 유전체 구조물도 1/4 파장 이하가 되도록 함으로써 측정의 불확정도가 $\pm 2\text{dB}$ 이내이어야 한다.

③원거리장 영역에서 다중복사원이 존재할 경우 다음 각호의 방법에 의해 측정한다.

1. 복사원의 주파수를 알고 있으며 방송통신위원회가 정하여 고시한 전자파인체보호기준에 규정된 기준치가 측정주파수 범위에서 동일한 값인 경우에는 광대역 측정기기로 측정하여야 한다.

2. 복사원의 주파수를 알고 있으며 제1호의 기준치가 측정주파수 범위에서 동일하지 않은 값인 경우에는 주파수 선택적인 협대역 측정기로 각각의 주파수 성분에 대한 전자기장강도를 측정하여야 한다.

④근거리장 영역에서의 전자기장강도는 다음 각호에 의하여 측정한다.

1. 근거리장 영역의 전자기장강도는 급격한 공간적 변화를 측정할 수 있도록 측정 주파수의 파장에 비해 크기가 작은 프로브를 사용하여야 한다.

2. 300MHz를 초과하는 주파수영역의 전자기장강도는 파장에 비해 크기가 작은 3축다이폴을 가진 등방성프로브를 사용하여 전기장을 측정한다. 자기장강도는 측정된 전기장강도로부터 계산한다.

3. 300MHz 이하 주파수 영역의 전자기장 강도는 제2호의 프로브와 3축루프로 구성된 등방성프로브를 모두 사용하여 전기장과 자기장을 측정해야 한다.

4. 제2호 및 제3호에서 주파수와 편파를 모두 알고 있는 경우에는 협대역 단축프로브를 사용할 수 있다.

⑤프로브와 전자기장 복사원 및 산란체 사이의 최소 거리는 프로브 크기의 3배 또는 20cm 중 큰 값을 적용하여야 한다.

제10조(측정결과서 작성) 전자기장강도 측정을 완료한 후 저주파 측정결과는 별지 제1호서식, 고주파 측정결과는 별지 제2호서식에 의거하여 측정결과서를 작성하여야 한다.

부 칙(2004. 9. 22., 전파연구소고시 제2004-66호)

이 고시는 2004년 9월 22일부터 시행한다.

부 칙(2006. 12. 29., 전파연구소고시 제2006-125호)

이 고시는 고시한 날부터 시행한다.

부 칙(2008. 6. 2., 전파연구소고시 제2008-17호)

제1조 (시행일) 이 고시는 공포한 날부터 시행한다.

부 칙(0000. 0. 0., 전파연구소고시 제0000-xx호)

제1조 (시행일) 이 고시는 공포한 날부터 시행한다.

[별표 1] 무선국 전자파강도측정방법 (제3조 관련)

1. 이 별표는 전파법 제47조의2제3항에 따라 전자파강도를 측정하여 보고하여야 하는 무선국의 준공검사, 정기검사 및 변경검사 (전파법시행령 제51조제1항제3호·제6호·제7호·제9호의 사항에 대하여 변경이 있는 경우에 한 한다) 시의 전자파강도 측정절차를 규정하는 것을 목적으로 한다.

2. 이 별표에서 사용하는 용어의 정의는 다음 각 목과 같다.

가. “계산안전경계”라 함은 계산상으로 무선국의 전자파강도가 전자파인체보호기준 상의 기준값과 동일한 값을 갖는 지점들을 말한다. 공중선 중심으로부터 계산안전경계까지의 거리(R)는 다음 식에 의해 계산한다.

$$R = \sqrt{\frac{AP10^{G/10}}{4\pi E^2 / \eta_o}} \quad [m]$$

여기서, A : 지면반사를 고려한 상수(AM송신국의 경우 4.0, 그 외 2.56 적용)

P : 공중선 전력(시스템 손실 포함) [W]

G : 공중선 이득 [dBi]

E : 무선국 송신주파수대역의 전자파인체보호기준 일반인
전기장강도 기준값 [V/m]

η_0 : 자유공간의 파동 임피던스(377 Ω)

나. “측정시작지점”이라 함은 전자파강도측정을 위한 시작 지점으로
공중선이 설치된 하단의 지표면으로부터 계산안전경계까지
거리(R)의 5배되는 거리에 있는 지상의 지점을 말한다.

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

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

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

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

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

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

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

M : 각기 다른 주파수대역을 사용하는 무선국의 개수

마. “분해능 대역폭”이라 함은 전자파강도 측정기기의 중간주파수 필터의 대역폭을 말한다.

바. “기본측정”이라 함은 측정대상 무선국에 대한 전자파 노출지수를 결정하기 위한 측정을 말한다.

사. “정밀측정”이라 함은 기본측정에 의해 전자파인체보호기준을 초과할 가능성이 있는 경우 주변 무선국의 영향을 고려한 총 노출지수를 구하는 측정을 말한다.

3. 적용범위 : 이 별표는 전파법시행령 별표 6에서 정한 전자파강도 측정대상 무선국에 적용한다.

4. 측정기기

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

- 1) 측정기기는 기기의 교정 절차에 따라 적절히 교정되어야 하며, 교정 유효기간 이내의 것을 사용하여야 한다.
- 2) 수신기는 주파수 선택적인 협대역 측정이 가능하여야 한다.

- 3) 수신기는 전자파강도의 실효값을 환산과정 없이 직접 측정할 수 있어야 한다. 전자파강도의 직접적인 측정이 불가능한 수신기를 사용하여 측정한 경우에는 별지 제3호서식의 측정결과서에 전자파강도 환산에 사용된 수식을 기재하여야 한다.
- 4) 프로브와 수신기를 연결하는 케이블은 이중 차폐 등 적절히 차폐된 것을 사용하여 외부 전자파에 의한 영향을 받지 않도록 하여야 한다.

나. 프로브 : 측정 프로브는 다음 1세목부터 4세목의 조건을 만족하여야 한다.

- 1) 측정 프로브는 편파에 상관없이 측정이 가능한 등방성 프로브이어야 한다.
- 2) 프로브 동작영역의 최소값은 0.05 V/m 이하, 최대값이 100 V/m 이상이어야 한다.
- 3) 프로브의 등방성 특성은 ± 2.5 dB 이내이어야 한다.
- 4) 프로브 고정용 지지대는 낮은 손실 탄젠트($\tan\delta \leq 0.05$)와 낮은 상대 유전율($\epsilon_r \leq 5.0$) 값을 가져야 한다.

5. 측정환경

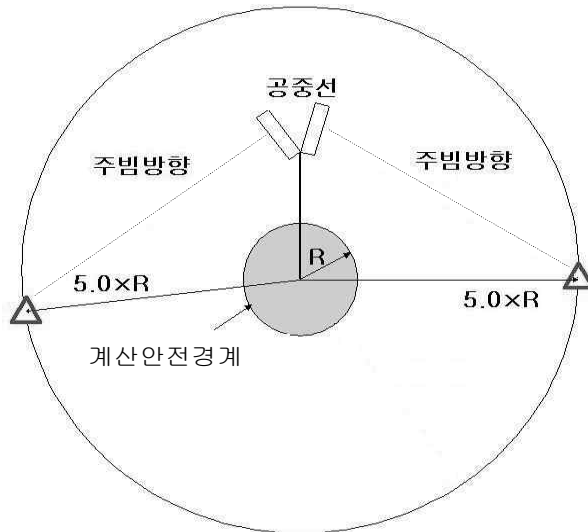
가. 측정자는 측정대상 무선국과 관련하여 다음 각 세목의 정보를 사전에 확인하여야 한다.

- 1) 무선국의 허가 정보
- 2) 무선국의 위·경도 정보
- 3) 공중선 전력의 시스템 손실
- 4) 공중선 이득
- 5) 공중선으로부터 계산안전경계까지의 거리

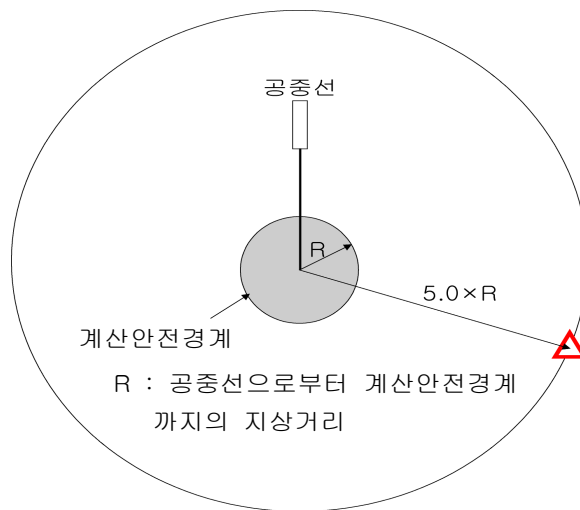
나. 측정 프로브 주변 1.0 m 이내에 측정자를 포함한 산란체가 없어야 한다. 단, 옥내와 같이 프로브 주변 1.0 m 이내에 산란체가 불가피하게 존재하는 경우에는 그 이유와 산란체의 위치에 대한 상세한 정보를 별지 제3호서식의 측정결과서에 기록하여야 한다.

6. 측정지점 등

가. 측정시작지점 : 측정대상 무선국의 각 섹터별로 그림 1과 같이 각 섹터의 주 빔 방향의 가시경로 상에 측정시작지점을 선정한다. 무지향 공중선의 경우 지형지물 등 주변 전파환경을 고려하여 최악의 조건이 나타나는 방향의 1개의 가시경로 상에서 측정시작지점을 선정한다.



(1) 섹터 공중선일 경우



(2) 무지향 공중선일 경우

그림 1. 측정시작지점

나. 측정지점 : 측정시작지점으로부터 가목에 따른 경로를 따라 지상의 계산안전경계까지 측정지점을 선정하고, 계산안전경계 내에 일반인이 접근할 수 있는 경우에는 최근접 영역까지 측정지점을 선정한다.

다. 측정경로 : 가목과 나목의 가시경로를 측정경로로 한다. 단, 이에 따라 측정지점을 선정할 수 없을 경우에는 측정 가능한 가장 가까운 가시경로 상의 지점을 측정경로로 선정하고, 가시경로가 없을 경우 최악의 조건에 해당되는 비 가시경로를 측정경로로 선정한다. 이 경우 선정 이유와 측정지점에 대한 상세한 정보를 별지 제3호서식의 측정결과서에 기록하여야 한다.

라. 측정위치 : 그림 2와 같이 프로브 중심 높이를 지면으로부터 1.1 m, 1.5 m, 1.7 m로 위치시켜 총 3개 위치에서 측정한다.

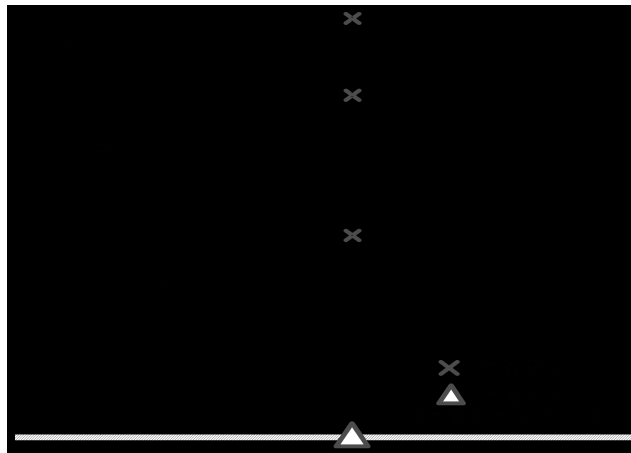


그림 2. 측정위치

7. 측정절차

가. 기본측정 : 기본측정의 절차는 다음 각 세목의 순서를 따른다.

- 1) 제4호에 따라 측정기기의 적합 여부를 확인한다.
- 2) 제5호에 따라 측정환경을 확인하고 기록한다.
- 3) 제6호가목에 따라 측정시작지점을 선정한다. 단, 측정시작지점이 안전시설 내에 있는 경우, 별도로 측정시작지점을 선정하지 않고 안전시설로부터 1 m 떨어진 지점을 측정지점으로 한다.
- 4) 프로브의 높이를 지면으로부터 1.5 m에 위치시킨다.
- 5) 측정기기를 그림 3에 따라 배치하고, 프로브와 수신기를 1.0 m 이상 이격시킨다.
- 6) 수신기를 다음과 같이 조정한다.

가) 분해능 대역폭은 측정대상 신호의 대역폭과 동일하게 조정한다.
현재 사용 중인 무선국의 송신 주파수는 표 2와 같다.

나) 검파 모드는 실효값을 측정할 수 있게 조정한다.

- 7) 제6호나목과 다목에 따라 측정경로 및 표 1의 측정간격으로 접근하면서 측정대상 무선국 주파수 범위내의 전자파강도를 측정한다. 단, 3세목 단서의 경우에는 표 1의 측정간격에도 불구하고 3세목 단서에서 정한 측정지점에서만 측정대상 무선국 주파수 범위내의 전자파강도를 측정한다.

- 8) 7세목에 따라 측정된 결과 중 가장 높은 측정지점에서 제6호라목의 측정위치에 대해 전자파강도를 6분간 측정하여 평균값을 산출하여 기록한다. 단, 1분 이상 6분미만으로 6분간의 평균값을 얻을 수 있는 경우 측정시간을 단축할 수 있다.
- 9) 8세목에 따라 측정된 3개의 값 중 최대값을 현 측정 지점에서의 측정값으로 하여 노출지수를 구하고 그 결과를 기록한다.
- 10) 노출지수가 0.2를 초과할 경우 8세목의 측정지점에서 나목의 정밀측정을 수행한다.

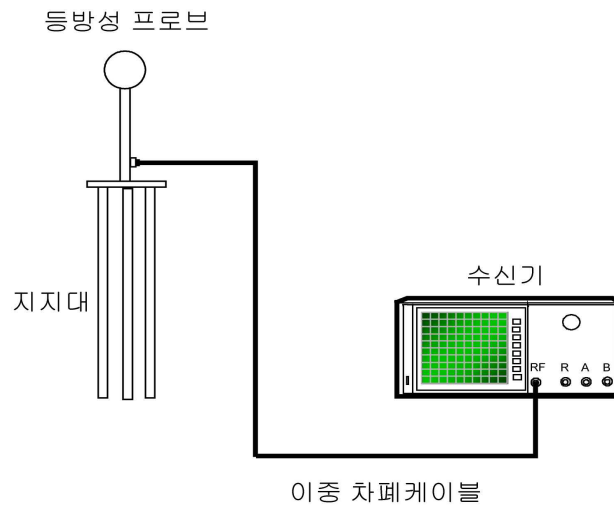


그림 3. 측정기기의 배치

표 1. 무선국 송신주파수별 측정간격

송신 주파수	50 MHz 미만	50 MHz 이상에서 800 MHz 미만	800 MHz 이상에서 3000 MHz 이하	3 GHz 초과
측정간격	$\text{Max}(\lambda/3, d/40)^{주1)}$	$\text{Max}(2 \text{ m}, d/40)$	1 m	0.5 m
비 고	※ d : 공중선에서 측정시작지점까지의 거리 λ : 무선국 송신 신호의 파장			

주1) AM송신국의 측정간격은 측정시작지점에서 $\lambda/20$ 간격으로 측정하고 일반인의 출입이 통제된 안전시설의 경우 안전시설로부터 최소 7 m 떨어진 지점까지 측정한다.

나. 정밀측정 : 정밀측정의 절차는 다음 각 세목을 따른다.

- 1) 제7호가목8세목의 측정지점에서 수신기의 주파수 범위를 조정하여 측정대상 무선국 신호 이외에 제3호에 따른 측정대상 무선국을 모두 포함하도록 하여 주변 무선국 신호를 확인한다.
- 2) 1세목에서 노출지수가 0.05 이상인 무선국의 모든 신호를 대상으로 다음 3세목과 4세목의 절차로 측정을 실시한다.
- 3) 수신기를 다음과 같이 조정한다.
 - 가) 분해능 대역폭은 측정대상 신호의 대역폭과 동일하게 조정한다.
 - 현재 사용 중인 무선국의 송신 주파수는 표 2와 같다.
 - 나) 검파 모드는 실효값을 측정할 수 있게 조정한다.
- 4) 제6호라목의 측정위치에 대해 전자파강도를 6분간 측정하여

평균값을 산출하여 기록한다. 단, 1분 이상 6분 미만으로 6분간의 평균값을 얻을 수 있는 경우 측정시간을 단축할 수 있다.

5) 3세목과 4세목의 절차로 측정된 3개의 값 중 최대값을 현 측정 지점에서의 측정값으로 하여 노출지수를 구하고 그 결과를 기록한다.

6) 5세목에서 계산된 노출지수를 모두 합하여 총 노출지수를 구하고 그 결과를 기록한다.

8. 측정결과서 작성 : 제6호와 제7호의 측정절차에 따라 측정한 결과를 별지 제3호서식의 측정결과서에 기록하여야 한다.

표 2. 무선국의 송신주파수와 측정 대역폭

무선국 구분	무선국 송신주파수 대역	측정 대역폭
이동전화(셀룰러)	869 ~ 894 MHz	25 MHz
개인휴대전화(PCS)	1840 ~ 1860 MHz	20 MHz
	1860 ~ 1870 MHz	10 MHz
이동통신(IMT-2000)	2110 ~ 2130 MHz	20 MHz
	2130 ~ 2150 MHz	20 MHz
휴대인터넷(WiBro)	2300 ~ 2327 MHz	27 MHz
	2331 ~ 2358 MHz	27 MHz
무선호출	317.9875 ~ 320.9875 MHz	3 MHz
TRS	390 ~ 400 MHz	10 MHz
	851 ~ 855 MHz	4 MHz
	856 ~ 867 MHz	11 MHz
위치기반서비스(LBS)	322 ~ 328.6 MHz	6.6 MHz
무선데이터	938 ~ 940 MHz	2 MHz
AM라디오	526.5 kHz ~ 1606.5 kHz	각 채널 9 kHz
FM라디오	88 MHz ~ 108 MHz	각 채널 200 kHz
TV	54 MHz ~ 88 MHz	각 채널 6 MHz
	174 MHz ~ 216 MHz	
	470 MHz ~ 806 MHz	

[별지 제1호서식]

전자기장 환경 측정결과서(저주파용)	
측정물리량	<input type="checkbox"/> 전기장 강도 (V/m) <input type="checkbox"/> 자기장 강도 (A/m)
측정장 편파	<input type="checkbox"/> 직선편파 <input type="checkbox"/> 원편파 <input type="checkbox"/> 타원편파 <input type="checkbox"/> 알 수 없음
측정프로브	<input type="checkbox"/> 단축 <input type="checkbox"/> 3축
측정장소	경도: 위도: 표고:
	도·시 시·군·구 로·구·읍·면 동 번지內 (세부장소 기술, 그림 또는 사진 첨부)
측정환경	(온도, 습도, 지표상태, 풍속, 날씨 등을 기술)
전자기장발생원	(선전압, 선전류, 전도체 구조나 기타 발생원 등을 기술)
측정주파수범위	3 dB 상하한 주파수
측정기기	(제조사, 모델명, 프로브 크기 및 형태, 최근교정일자)
측정시각	년 월 일 시 분 초 ~ 년 월 일 시 분 초
측정시간	분 초
측정거리1	(발생원과 프로브 사이의 거리) m
측정거리2	(측정기와 측정자 사이의 거리) m
참고사항1	(주변에 금속물체 등의 존재 유무, 크기, 측정지점과의 거리 등을 기술)
참고사항2	(측정환경에서 피노출자의 활동 상태)
측정 Data <input type="checkbox"/> 실효치 <input type="checkbox"/> 첨두치	시간 최대치____, 시간 최소치____, 시간 평균치____ 타원편파의 경우:최대場 강도 ____ 최소場 강도____
측정불확도	
<p>전파연구소고시 제2008- 호의 규정에 의하여 위의 측정 결과를 통보합니다.</p> <p style="text-align: center;">년 월 일</p> <p style="text-align: center;">측정자 소속부서 측정자 이름 (서명 또는 인)</p> <p style="text-align: center;">(측 정 기 관 명)</p>	

※측정결과 기재사항이 많을 경우 별도의 용지를 사용할 수 있습니다.

[별지 제2호서식]

전자기장 환경 측정결과서(고주파용)	
측정물리량	<input type="checkbox"/> 전기장 강도 (V/m) <input type="checkbox"/> 자기장 강도 (A/m)
측정조건	<input type="checkbox"/> 원거리장, 단일복사원 <input type="checkbox"/> 원거리장, 다중복사원 <input type="checkbox"/> 근거리장
측정장소	경도: 위도: 표고: 도·시 시·군·구 로·구·읍·면 동 번지內 (세부장소 기술, 그림 또는 사진 첨부)
측정환경	(온도, 습도, 지표상태 등을 기술)
전자기장 발생원	(발생원, 변조내용 등을 기술)
측정주파수범위	3 dB 상하한 주파수
측정기기	제조사, 모델명, 프로브 크기 및 형태, 최근교정일자
측정시각	년 월 일 시 분 초 ~ 년 월 일 시 분 초
측정시간	분 초
측정거리1	(복사원과 프로브 사이의 거리) m
측정거리2	(측정기와 측정자 사이의 거리) m
참고사항1	(주변에 금속물체 등의 존재 유무, 크기 및 측정지점과의 거리 등을 기술함)
참고사항2	(측정환경에서 피노출자의 활동 상태)
측정 Data	<input type="checkbox"/> 실효치 <input type="checkbox"/> 첨두치 시간 최대치____, 시간 최소치____, 시간 평균치____
측정불확도	
<p>전파연구소 고시 제2008- 호의 규정에 의하여 위의 측정 결과를 통보합니다.</p> <p style="text-align: center;">년 월 일</p> <p>측정자 소속부서 측정자 이름 (서명 또는 인)</p> <p style="text-align: center;">(측 정 기 관 명)</p>	

※측정결과 기재사항이 많을 경우 별도의 용지를 사용할 수 있습니다.

[별지 제3호서식]

무선국 전자파강도 측정결과서(기본측정)				
측정대상 무선국 정보	시설자명			
	호출명칭			
	위도 및 경도	/		
	공중선 형식			
	공중선 전력	W		
	공중선 이득	dBi		
	공중선 높이	(지면으로부터 공중선 설치높이까지의 거리) _____ m		
	계산안전경계	(공중선으로부터 계산안전경계까지의 거리) _____ m		
측정물리량	<input type="checkbox"/> 전기장강도 [V/m] <input type="checkbox"/> 자기장강도 [A/m] <input type="checkbox"/> 전력밀도 [W/m^2]			
측정지점 및 주변환경	무선국과의 거리	_____ m		
	참고사항	(주변 산란체의 크기, 재질, 측정지점과의 거리 등 측정관련 기타사항 기술. 그림 또는 사진은 첨부)		
측정일시	측정일	_____ 년	_____ 월	_____ 일
	측정시간	_____ 시	_____ 분	~ _____ 시 _____ 분
측정조건	온도/습도	_____ °C / _____ %		
	날씨			
측정기기		등방성 프로브		수신기
	모델명 / 제조사			
	주파수 대역	~		~
	교정일자	_____ 년	_____ 월	_____ 일
각 측정위치의 시간평균값 (3개)	높이	1.1 m	1.5 m	1.7 m
	시간평균값			
평균측정시간	_____ 분			
측정 최대값				
전자파강도 기준값과의 비교	기준값	기준주파수	노출지수 ¹⁾	
	~			
전력측정의 경우 사용한 환산식	(필요 시 별도의 용지를 사용)			
작성 일자 :	_____ 년 _____ 월 _____ 일			
측정 기관(주 소) :				
측 정 자 :	(서명 또는 인)			
작 성 자 :	(서명 또는 인)			

주1) 노출지수가 1.0 보다 적으면 기준 만족

※측정결과 기재사항이 많을 경우 별도의 용지를 사용할 수 있습니다.

무선국 전자파강도 측정결과서(정밀측정)									
측정대상 무선국 정보	시설자명								
	주파수대역		~						
	공중선 전력								
	설치장소		<input type="checkbox"/> 주거지역 <input type="checkbox"/> 상업지역 <input type="checkbox"/> 공업지역 <input type="checkbox"/> 관리지역						
측정물리량	<input type="checkbox"/> 전기장강도 [V/m] <input type="checkbox"/> 자기장강도 [A/m] <input type="checkbox"/> 전력밀도 [W/m ²]								
측정지점 및 주변환경	무선국과의 거리		m						
	참고사항		(주변 산란체의 크기, 재질, 측정지점과의 거리 등 측정관련 기타사항 기술. 그림 또는 사진은 첨부)						
측정일시	측정일		년 월 일						
	측정시간		시 분 ~ 시 분						
측정조건	온도/습도		°C / %						
	날씨								
측정기기	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"></div> <div style="width: 35%;">등방성 프로브</div> <div style="width: 35%;">수신기</div> </div>								
			모델명 / 제조사						
			주파수 대역		~				
			교정일자		년 월 일			년 월 일	
각 측정위치의 노출지수 및 노출지수의 합	높이	측정 무선국 ¹⁾	시간 평균값	기준값	기준 주파수	노출지수	노출지수의 합		
			1.1 m	1		~			
	1.5 m	2		~					
		1		~					
	2		~						
		1		~					
	1.7 m	2		~					
		1		~					
현 측정지점에서의 총 노출지수 ²⁾									
평균측정시간			분						
전력측정의 경우 사용한 환산식			(필요 시 별도의 용지를 사용)						
작성 일자 :			년 월 일						
측정 기관(주 소) :									
측 정 자 :			(서명 또는 인)						
작 성 자 :			(서명 또는 인)						

주1) 측정대상 무선국 및 주변 무선선국을 포함하며 무선국수가 많을 경우 추가

주2) 총 노출지수가 1.0 보다 적으면 기준 만족

※측정결과 기재사항이 많을 경우 별도의 용지를 사용할 수 있습니다.

[붙임 3]

전자파강도 측정기준 신·구 조문 대비표

현	행	개	정	안	사	유
	<u>전자파강도측정기준</u>			<u>전자파강도측정기준</u>		
	<u>[별표 1] 무선국 전자파강도측정방법 (제3조 관련)</u>			<u>[별표 1] 무선국 전자파강도측정방법 (제3조 관련)</u>		
	7. 측정절차			7. 측정절차		
	가. 기본측정 : 기본측정의 절차는 다음 각 세목의 순서를 따른다.			가. 기본측정 : 기본측정의 절차는 다음 각 세목의 순서를 따른다.		
	1) 제4호에 따라 측정기기의 적합 여부를 확인한다.			1) 좌 동		
	2) 제5호에 따라 측정환경을 확인하고 기록한다.			2) 좌 동		
	3) 제6호가목에 따라 측정시작지점을 선정한다. 단, 측정시작지점이 안전시설 내에 있는 경우, 별도로 측정시작지점을 선정하지 않고 안전시설로부터 무선국 방향으로 1 m 떨어진 지점을 측정지점으로 한다.			3) 제6호가목에 따라 측정시작지점을 선정한다. 단, 측정시작지점이 안전시설 내에 있는 경우, 별도로 측정시작지점을 선정하지 않고 안전시설로부터 1 m 떨어진 지점을 측정지점으로 한다.		o 문맥상 “무선국 방향으로”를 삭제

현행	개정안	사유																									
<p>표 1. 무선국 송신주파수별 측정간격</p> <table><tr><th>송신주파수</th><th>80 MHz 미만</th><th>80 MHz 이상에서 900 MHz 미만</th><th>900 MHz 이상에서 3000 MHz 이하</th><th>3 GHz 초과</th></tr><tr><td>측정간격</td><td>Max(λ, d/40)</td><td>Max(2 m, d/40)</td><td>1 m</td><td>0.5 m</td></tr></table> <p>※ d : 공중선에서 측정시작지점까지의 거리</p> <p>λ : 무선국 송신 신호의 파장</p>	송신주파수	80 MHz 미만	80 MHz 이상에서 900 MHz 미만	900 MHz 이상에서 3000 MHz 이하	3 GHz 초과	측정간격	Max(λ , d/40)	Max(2 m, d/40)	1 m	0.5 m	<p>표 1. 무선국 송신주파수별 측정간격</p> <table><tr><th>송신주파수</th><th>50 MHz 미만</th><th>50 MHz 이상에서 800 MHz 미만</th><th>800 MHz 이상에서 3000 MHz 이하</th><th>3 GHz 초과</th></tr><tr><td>측정간격</td><td>Max($\lambda/3$, d/40)^{주1)}</td><td>Max(2 m, d/40)</td><td>1 m</td><td>0.5 m</td></tr><tr><td>비고</td><td colspan="4">※ d : 공중선에서 측정시작지점까지의 거리 λ : 무선국 송신 신호의 파장</td></tr></table> <p>주1) AM송신국의 측정간격은 측정시작지점에서 $\lambda/20$간격으로 측정하고 일반인의 출입이 통제된 안전시설의 경우 안전시설로부터 최소 7 m 떨어진 지점까지 측정한다.</p>	송신주파수	50 MHz 미만	50 MHz 이상에서 800 MHz 미만	800 MHz 이상에서 3000 MHz 이하	3 GHz 초과	측정간격	Max($\lambda/3$, d/40) ^{주1)}	Max(2 m, d/40)	1 m	0.5 m	비고	※ d : 공중선에서 측정시작지점까지의 거리 λ : 무선국 송신 신호의 파장				<p>o 송신주파수가 유럽 서비스 기준이므로 우리나라 현실에 맞게 수정</p> <p>o 측정간격 50MHz 미만에서 $\lambda/3$ 하면 파장이 2m가 되어 50~800MHz의 측정간격 2m와 관련이 됨</p> <p>o $\lambda/20$ 간격으로 측정하고 안전시설 효과를 고려하여 7 m 떨어져서 측정</p> <p>o 무선설비규칙에 AM 및 FM송신국 채널은 9 kHz, 200kHz로 되어 있음</p>
송신주파수	80 MHz 미만	80 MHz 이상에서 900 MHz 미만	900 MHz 이상에서 3000 MHz 이하	3 GHz 초과																							
측정간격	Max(λ , d/40)	Max(2 m, d/40)	1 m	0.5 m																							
송신주파수	50 MHz 미만	50 MHz 이상에서 800 MHz 미만	800 MHz 이상에서 3000 MHz 이하	3 GHz 초과																							
측정간격	Max($\lambda/3$, d/40) ^{주1)}	Max(2 m, d/40)	1 m	0.5 m																							
비고	※ d : 공중선에서 측정시작지점까지의 거리 λ : 무선국 송신 신호의 파장																										
<p>표 2. 무선국의 송신주파수와 분해능 대역폭(RBW)</p> <table><tr><th>무선국 구분</th><th>무선국 송신주파수 대역</th><th>분해능 대역폭</th></tr><tr><td>AM 라디오</td><td>531 kHz ~ 1602 kHz</td><td>각 채널 8 kHz</td></tr><tr><td>FM 라디오</td><td>87 MHz ~ 108 MHz</td><td>각 채널 150 kHz</td></tr></table>	무선국 구분	무선국 송신주파수 대역	분해능 대역폭	AM 라디오	531 kHz ~ 1602 kHz	각 채널 8 kHz	FM 라디오	87 MHz ~ 108 MHz	각 채널 150 kHz	<p>표 2. 무선국의 송신주파수와 측정 대역폭</p> <table><tr><th>무선국 구분</th><th>무선국 송신주파수 대역</th><th>측정 대역폭</th></tr><tr><td>AM 라디오</td><td>526.5 kHz ~ 1606.5 kHz</td><td>각 채널 9 kHz</td></tr><tr><td>FM 라디오</td><td>88 MHz ~ 108 MHz</td><td>각 채널 200 kHz</td></tr></table>	무선국 구분	무선국 송신주파수 대역	측정 대역폭	AM 라디오	526.5 kHz ~ 1606.5 kHz	각 채널 9 kHz	FM 라디오	88 MHz ~ 108 MHz	각 채널 200 kHz								
무선국 구분	무선국 송신주파수 대역	분해능 대역폭																									
AM 라디오	531 kHz ~ 1602 kHz	각 채널 8 kHz																									
FM 라디오	87 MHz ~ 108 MHz	각 채널 150 kHz																									
무선국 구분	무선국 송신주파수 대역	측정 대역폭																									
AM 라디오	526.5 kHz ~ 1606.5 kHz	각 채널 9 kHz																									
FM 라디오	88 MHz ~ 108 MHz	각 채널 200 kHz																									

[주의 문구 삽입]

전자파 노출 환경평가 기준 연구



140-848 서울시 용산구 원효로 군자감길 46

발행일 : 2010. 2.

발행인 : 임 차 식

발행처 : 방송통신위원회 전파연구소

전화 : 02) 710-6454

인쇄 : 한국장애인이워크협회

Tel. 02) 2272-0307, 0313

ISBN : 978-89-93720-39-6-92560 < 비 매 품 >

주 의

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

※ 뒷표지 안쪽면 중간에 인쇄