

제 출 문

본 보고서를 「EMF(전자기장) 인체노출량 평가방법 표준화 연구」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2006. 11. 30.

연구책임자 : 백 정 기 (충남대학교)

연 구 원 : 김 윤 명 (단국대학교)

육 종 관 (연세대학교)

김 남 (충북대학교)

최 형 도 (ETRI)

이 애 경 (ETRI)

명 성 호 (한국전기연구원)

연구보조원 : 김 정 란 (충남대학교)

정 명 원 (충남대학교)

한 일 탁 (충남대학교)

요약문

1. 과 제 명 : EMF(전자기장) 인체노출량 평가방법 표준화 연구
2. 연 구 기 간 : 2006. 4. 21 ~ 2006. 11. 30
3. 연구책임자 : 백 정 기
4. 계획 대 진도

가. 월별 추진내용

세부연구내용	연구자	월별 추진일정												비 고
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
o 국제 표준화 동향 조사 및 보고서 발간 - ITU-T : 전자기장 인체 노출 제한치에 대한 적합 성 평가 지침 - CELENLEC : 전자기장 세기 및 SAR의 계산 및 측정 기준 - WHO, ICNIRP, IEEE 및 각국의 최신 연구 및 표 준화 동향 분석	백 정 기 외 8명				<>							>>		
o 국제 표준화 활동 및 전문 가 활용 - IEC/TC106 작업반(WG) 및 프로젝트 멤버로 참여 를 통한 표준화 작업 - 전자기장의 인체 노출량 측정방법에 대한 국제 표 준화 기술문서(WG1 ~ WG5) 검토, 의견서 제출 및 투표					<>							>>		

- 전문분야에 대한 의견수렴 등 * 현재 진행 중인 프로젝트 현황 • Project 62209-2 • Project 62226-3-1 • Project 62232 • Project 62311 • Project 62110 • Project 62334 • Project 62369-1, 2															
분기별 수행진도 (%)					35 %			35 %				30 %			

(\longleftrightarrow 계획, \longleftrightarrow 진도)

나. 세부 과제별 추진사항

1) 국제표준에 대한 동향 파악 및 동향보고서 발간

- 가) 국제표준(IEC/TC106, ITU-T, CENELEC, IEEE 등) 동향 파악
- 나) 동향보고서(통권 3호) 발간

2) 국제 표준화 활동 수행

- 가) 국제 표준 문서 검토 : 5건
- 나) 의견서와 기고서 제출 및 투표 : 투표 4건, 의견서 5건 제출
 - o 106/102/CDV : 투표 찬성, 총 16건 의견 제출
 - o 106/104/FDIS : 투표 찬성, 총 4건 의견 제출
 - o 106/106/NP : 투표 찬성, 총 1건 의견 제출
 - o 106/108/CD : 투표 찬성, 총 12건 의견 제출
 - o 106/111/CDV : 투표 반대, 총 12건 의견 제출
- 다) EMF인체노출표준위원회 운영
 - o 위원회 전체 및 연구반 회의 개최

3) 국제 표준화 활동 참여

가) WHO IAC(국제자문위원회) 회의 참석

- o 회의 장소 : 스위스 제네바(2006년 6월 7일 ~ 9일)

나) BioEM 2006 (Bioelectromagnetics Society 2006)

- o 회의 장소 : 멕시코 칸쿤(2006년 6월 11일 ~ 15일)

다) IEC TC106 WG 회의

- o 회의 장소 : 미국 플로리다(2006년 10월 31일 ~ 11월 2일)

5. 연구 결과

1) 국제표준에 대한 동향 파악

가) 국제표준(IEC/TC106) 동향 파악

- o 각 Working Group별 표준 문서 제·개정 변화 동향 조사
- o EMF인체노출위원회 회의 및 작업반 회의를 통하여 국제기준 동향을 전달

2) 국제 표준화 활동 수행

가) 국제 표준 문서 검토 : 5건

- o 기술문서 3건에 대하여 검토

나) 의견서와 기고서 제출 및 투표 : 투표 3건, 의견서 3건 제출

o 106/102/CDV

- 과제명 : 50Hz(60Hz) 송전선로에 의해 인체에 유도되는 전류밀도 및 전기장 계산 방법
- 의견서 : 일반사항 2건, 기술적 사항 1건 및 편집사항 13건

o 106/104/FDIS

- 과제명 : 전기 및 전자 장치에서 발생하는 전자기장의 인체노출량 적합성 평가
- 의견 : 찬성, 의견서 : 일반사항 4건

o 106/106/NP

- 과제명 : 10 MHz ~ 300 GHz 대역에서 소출력임을 보이는 전자·전기 기기의 전자파 인체노출량 적합성 평가에 대한 일반

표준

- 의견 : 찬성, 의견서 : 일반사항 1건
 - o 106/108/CD1
 - 과제명 : 교류 전력선에서 발생하는 전자기장의 인체노출량 측정 절차
 - 의견서 : 일반사항 2건, 기술적 사항 3건 및 편집사항 7건
 - o 106/111/CDV 기술문서 의견수렴 및 의견서 제출
 - 과제명 : 전자 물류 감시 시스템(EAS), 무선 식별(RFID), 유사한 시스템에서 발생하는 전자기장의 인체노출량 측정 절차
 - 의견 : 반대, 의견 : 12건
- 다) EMF인체노출표준위원회 운영
- o 위원회 전체 및 작업반 회의 개최

3) 국제 표준화 활동 참여

가) WHO 제11차 IAC(국제자문위원회) 회의 참석

- o 일 시 : 2006년 6월7일 ~ 6월 9일
- o 장 소 : 스위스 제네바
- o 참가국 : 32개국 53명(바레인, 그리스, 스웨덴, 스위스, 영국, 독일, 캐나다, 싱가포르, 페루, 브라질, 이탈리아, 프랑스, 룩셈부르크, 슬로베니아, 이스라엘, 러시아 연방, 벨기에, 불가리아, 미국, 말레이시아, 오스트리아, 호주, 아일랜드, 한국, 체코, 뉴질랜드, 폴란드, 터키, 크로아티아, 헝가리, 네덜란드)
- o 주요내용
 - 전자파에 의한 건강보호 정책 안내 지침(Framework) 논의

나) BioEM 2006 (Bioelectromagnetics Society 2006)

- o 회의 장소 : 멕시코 칸쿤(2006년 6월 11일 ~ 15일)
- o 참가국 : 우리나라, 일본, 미국, EU, 유럽 등 약 500명
- o 주요내용
 - WG1 ~ WG5의 프로젝트별 진행 현황 및 주요 쟁점 논의

다) IEC TC106 WG 회의

- 회의 장소 : 미국 플로리다(2006 10월 31일 ~ 11월 2일)
- 주요내용
 - 7개 분야(세포실험, 동물실험, 노출량 평가, 역학, 자원자 실험, 원리, 의료 응용) 연구결과 발표
 - 국내 7명 참가하여 논문 발표

4) 연구동향보고서(통권 3호) 발간

- IEC/TC106 표준화 동향
- 국내 기준 동향
- 배포처 : 산·학·연·관 배포

5) 국제 기술문서 번역

- 106/111/CD : 0 ~ 300 GHz 주파수 범위에서 다양하게 응용되는 근거리용 무선기기로부터 발생하는 전자기장에 대한 인체노출량 평가 - Part 1 : 전자 물류 감시 시스템(EAS), 무선 식별(RFID), 유사한 시스템에서 발생하는 장 - 국제 표준문서 번역
- 62209-2의 버전 0.8 : 주파수 범위 30 MHz ~ 6 GHz에서 손에 들고 쓰거나 몸에 휴대하는 무선 통신 장치로부터 무선 주파수계에 대한 인간 노출의 평가: 인간 모형, 계기, 및 절차 - Part 2: "양방향 무선, 무선 손에 드는 단말기, 무선 몸에 휴대하며, 부속품 및 다중 송수신기를 포함하는 휴대형 기기에 대한 비흡수율(SAR)의 측정 절차"

6) 논문 발표

- 전파연구발표회(2006년 11월 20일)

6. 기대효과

- 전자기장 인체 노출량 측정기술 관련 연구 활성화
- 전자기장의 인체 노출 기준정립에 의한 국민 건강 보호
- 산업체의 국제 경쟁력 강화

7. 기자재 사용 내역

시설·장비명	규격	수량	용도	보유현황	확보방안	비고
PC 노트북 PC	Pentium IV Pentium III	6 1	자료정리 및 분석	보유		

SUMMARY

In this study, we analyzed and investigated the IEC/TC106 documents relevant to measurement and calculation methods for assessing human exposure to EMF in the low and high frequency range, and suggested our opinion for documents under review process. In addition, we also studied the policies and recent activities of IEC/TC 106.

We reviewed 5 documents: 106/102/CDV, 106/104/FDIS, 106/106/NP, 106/108/CD1, 106/111/CDV. The titles of these documents include "Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range - Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body - Part 3-1: Exposure to electric fields - Analytical and 2D numerical models", "Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz - 300 GHz)", "Generic standard to demonstrate the compliance of low power electronic and electrical apparatus with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (10 MHz - 300 GHz) - General public", "Measurement Procedures of Electric and Magnetic Field levels Generated by AC Power Systems with Regard to Human Exposure", "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".

We also translated two relevant documents for distributing to experts and persons working in the related area, who might not be familiar with English. This year, we published "Report for trends in standardization of evaluation methods for EMF exposure (No. 3)". These reports have been distributed to relevant organizations.

We hope that the results of our research would lead to promoting development of EMF measurement technology and enhancing the level of protecting people from EMF exposure.

목 차

제 1 장 서론	1
제 2 장 국제 표준화 활동	3
제 1 절 EMF인체노출표준위원회 운영	3
제 2 절 IEC/TC 106 표준화 동향	6
제 3 절 연구 동향보고서	17
제 3 장 국내 표준화 활동	18
제 1 절 ITU-T 인체의 전자기장 노출 기준 준수 지침 요약	18
제 2 절 국내 이동통신기지국 주변 전기장 강도 측정 표준화	46
제 4 장 국제 표준화 활동	54
제 1 절 기술문서 검토 현황	54
제 2 절 기술문서 번역 및 요약	64
제 5 장 국제회의의 참가	78
제 1 절 IEC/TC 106 표준화 회의	78
제 2 절 WHO IAC(국제자문위원회) 회의	86
제 3 절 2006 Bioelectromagnetics Society 회의	89
참고문헌	96

표 목 차

표 2-1	IEC/TC106 WG의 우리나라 참여위원	4
표 3-1	접근성 범주	26
표 3-2	안테나 지향성 범주	30
표 3-3	수평 포괄범위의 함수로서 배제구역	31
표 3-4	ICNIRP의 일반인과 직업인에 대한 전력밀도 노출 기준	35
표 3-5	주파수 범위 100~400 MHz 의 ICNIRP 기준치에 기초한 설비의 일반 준수 조건	36
표 3-6	주파수 범위 400~2000 MHz 의 ICNIRP 기준치에 기초한 설비의 일반 준수 조건	38
표 3-7	주파수 범위 2000~300000 MHz 의 ICNIRP 기준치에 기초한 설비 의 일반 준수 조건	41
표 3-8	각국 혹은 표준화 기구의 측정 영역 및 측정점 개수	47
표 3-9	기지국별 공간변화율	49
표 3-10	측정점 개수에 따른 평균값이 차이	49
표 4-1	그림 4-1~4-11에 대한 차원과 거리	66
표 4-2	단순화된 신체 형상에 대한 치수 및 거리	73

그림 목 차

그림 2-1	EMF인체노출표준위원회 조직 구성도	3
그림 2-2	IEC TC 106의 작업반 구성도	6
그림 3-1	그림을 이용한 노출 구역 묘사	19
그림 3-2	거리와 수직 각도에 대한 정의	23
그림 3-3	EMC 방출 장치의 노출 평가 흐름도	25
그림 3-4	접근성 범주 1	27
그림 3-5	접근성 범주 2	28
그림 3-6	접근성 범주 3	28
그림 3-7	접근성 범주 4, 원형 배제 구역	29
그림 3-8	접근성 범주 4, 직사각형 배제 구역	29
그림 3-9	수직 분극 시의 반파장 다이폴의 수직 패턴	30
그림 3-10	안테나 패턴 관련 용어 도해	31
그림 3-11	지상의 노출 계산을 위한 구성의 예	32
그림 3-12	그림 3-11 예를 위해 계산된 지상 전력 밀도 대 탑과의 거리	33
그림 3-13	인접 건물에서의 노출을 계산하기 위한 구성의 예	34
그림 3-14	그림 3-14의 예를 위해 계산된 지상 전력 밀도 대 탑과의 거리	35
그림 3-15	공간 변화율 관측을 위한 전기장 강도 측정위치	48
그림 3-16	기본측정 및 정밀측정일 경우의 측정 위치	50
그림 3-17	측정 장면	50
그림 3-18	측정 주차수대역의 스펙트럼	50
그림 3-19	시간에 따른 측정데이터	51
그림 3-20	9개 측정위치에서 측정한 1분 평균값 (단위 : V/m)	51
그림 4-1	몸체 측정 그리드	67
그림 4-2	머리 측정 그리드	67
그림 4-3	단일 바닥 지지 안테나	68

그림 4-4	이중 바닥 지지 안테나	68
그림 4-5	단일 마루 설치 안테나	69
그림 4-6	단일 천장 설치 안테나	69
그림 4-7	마루 & 천장 복합 안테나	70
그림 4-8	투시 안테나	70
그림 4-9	계산대 또는 데스크 설치 안테나	71
그림 4-10	수직, 벽 또는 프레임 설치 안테나	71
그림 4-11	휴대용 안테나	72
그림 4-12	원판 모델	73
그림 4-13	직육면체 모델	73
그림 4-14	회전 타원체 모델	73
그림 5-1	위험성 처리 : 위험성 분석 과정	87
그림 5-2	SAR 2-D 스캔 실험장비 구성 및 SAR 계산값과 측정값의 비교	90
그림 5-3	인체모의매질에 담긴 센서 어레이에 기반을 두고 있는 iSAR 고속 노출량 스캐너의 개념도	91
그림 5-4	300 MHz (왼쪽)와 6 GHz (오른쪽) 에서 유전율과 전도도의 변화에 따른 SAR 값의 분포	92
그림 5-5	용접기를 이용하는 직업인 모델 (왼쪽) 과 유도전류분포해석결 과 (오른쪽)	94

제 1 장 서 론

1999년 국제전기표준위원회(IEC)는 TC106 전문기술위원회를 설립하여 전자파의 인체 노출량 평가 표준화 작업을 수행해오고 있다. TC106은 현재 5개의 WG(작업반)으로 구성되어 운영중에 있으며, 각 작업반에서는 0 ~ 300 GHz 대역의 의 전력선과 가전기기를 비롯하여 정보통신기기 등에 대한 전자파 인체 노출량 평가 방법 표준화 프로젝트를 수행하고 있다. 특히, 2005에는 휴대폰에서 발생하는 전자파에 대해서는 이미 “전자파 흡수율(Specific Absorption Rate; SAR)”을 인체영향 평가를 위한 물리량으로 결정하여 인체 머리부위에 대한 SAR 측정과 계산방법에 관한 표준화가 마무리되어 국제표준(IS; International Standard)으로 공포하였다. 그러나 PDA, 무선 랜 등 휴대폰 이외의 무선통신기기가 다양화되고, 그 사용방법 또한 단순히 머리 가까이에서 사용하지 않고 다양해짐에 따라 몸통 및 인체 사지(팔다리)부분에 대한 SAR 측정방법에 대해서도 표준화가 진행되고 있으며, RFID와 EAS 등의 근거리 통신기기에 대한 전자파 인체 노출량 평가방법에 대한 표준화도 활발히 진행되고 있다.

본 연구를 통하여 IEC의 국제 표준화에 작업에 직접 참여하고, 국제 기술문서를 검토·분석하여 우리나라의 의견을 제출하고 있다. 현재 IEC의 TC106 작업반에서 추진되고 있는 프로젝트는 9개이며, 각 프로젝트의 기술문서의 분석, 검토 및 투표를 위하여 산·학·연·관 전문가로 구성된 “EMF인체노출표준위원회”를 구성하여 국제 표준화에 대응하고 있다.

EMF인체노출표준위원회는 주요 안전에 대한 의결권을 갖는 상위위원회와 기술문서를 검토하는 연구반으로 구성되어있다. 위원회는 IEC/TC106 이외의 ITU-T, WHO, 및 CENELEC 등 국제기구에서 논의되는 주요 표준이나 이슈에 대해서도 검토·분석하고 있으며, 국내에서 진행되는 표준화 문서에 대하여도 검토하고 있다. 올해 위원회에서 다루는 주요 안전중에 하나는 이동통신기지국에서 발생하는 전자파 노출량 평가에 대한 것이다. 이동통신기지국 전자파는 사용자가 기기를 사용할 때에만 전자파에 노출되는 휴대폰과는 달리 기지국 주변에서 거주하는 주민들에게 24시간 일정하게 장기간 노출될 수 있기 때문에 일반인들의 불안감이 가중되고 있다. 따라서 기지국 전자파의 인체보호기준에 대한 적합성을 확인하기 위해서는 기지국 주변의 임의 지역에서의 전자파 세기를 합리적으로 측정하는 방법이 필요하며 이 부분에 대한 국제 표준화도 진행되고 있다.

본 보고서에서는 ITU-T(국제전기통신연합) SG5에서 진행되고 있는 “기지국 전자

파의 인체 노출량 평가방법”에 관한 기술문서를 살펴보고 국내에서 추진하고 있는 표준화 동향에 대하여 진행 상황 등에 대하여 기술하였다.

제 2 장 IEC/TC106 국제 표준화 활동

제 1 절 EMF 인체노출표준위원회 운영

정보통신부 전파연구소의 『EMF인체노출표준위원회』는 2000년 12월에 구성되어 올해로 6년째를 맞이하였으며, 그동안 국내는 물론 국외 표준화 활동을 통해 많은 업무를 수행해오고 있다. 특히 올해는 IEC TC106의 EMF인체 노출량 평가 표준화에 대한 효율적 대처를 위하여 위원회의 조직을 개편하였다. 주요 안건에 대한 심의·의결 권한을 갖는 상위 위원회와 국내·외 표준화 기술문서에 대한 평가 및 검토 등 실무를 담당하는 연구반으로 구성하였으며 연구반은 다루는 안건에 따라 4개의 연구반으로 나누었다. 특히 상위위원회는 보다 폭넓은 의견 수렴 및 검토를 위해 의학 분야 전문가를 추가하여 총 16명의 위원(산업체 : 7명, 대학(공학) : 3명, 의학계 : 2명, 연구소 : 1명, 정부 : 3명)으로 구성하였다.

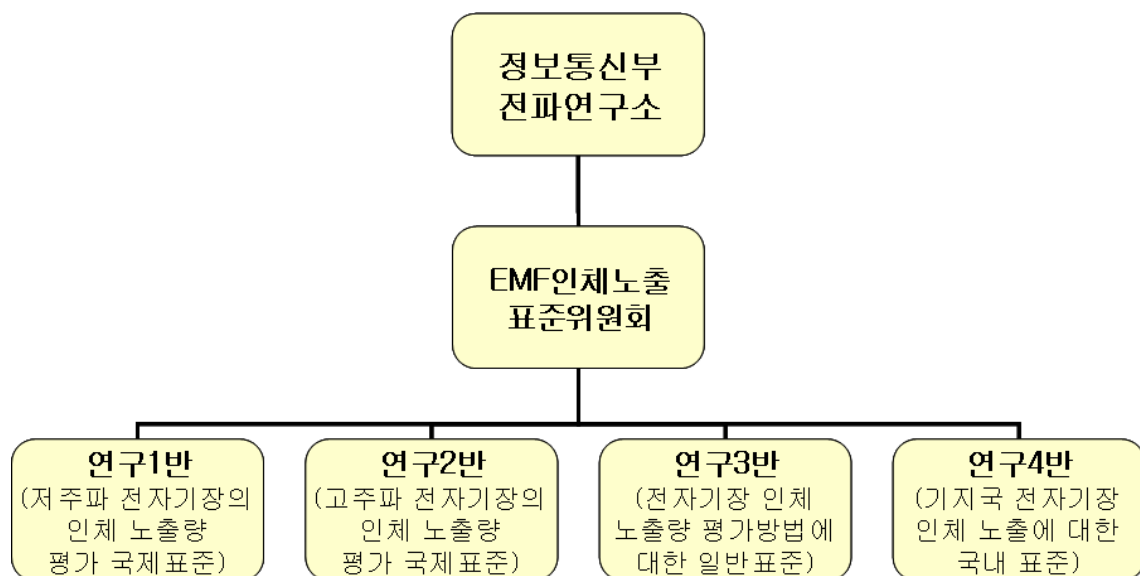


그림 2-1. EMF인체노출표준위원회 조직 구성도

또한 위원회는 국제전기기술위원회(IEC)의 국제 표준화 활동을 보다 적극적으로 수행하고 대처하기 위하여 표 1과 같이 우리나라의 TC106 참여 member를 WG별로 구성하였다. 참여위원은 실질적으로 참여할 수 있는 위원을 위주로 구성하여 2007년에는 보다 활발한 활동을 기대해본다.

표 2-1. IEC/TC106 WG의 우리나라 참여위원

Working Group	수행 업무	우리나라 참여 위원	비고
WG1	저주파수 전자기장, 유도전류의 측정, 계산 방법		
WG2	특정 소스에 의해 발생하는 저주파수 전자기장의 특성 평가	명성호(전기연구원)	
WG3	고주파 전자기장의 인체노출에 대한 측정 및 평가	김윤명(단국대)	
WG4	특정소스에 의한 고주파수 전자기장 및 SAR의 특성 평가	백정기(충남대) 김기회(RRL) 여경진(RRL) 이애경(ETRI) 김병찬(ETRI)	
WG5	일반표준	백정기(충남대) 오학태(RRL) 변진규(ETRI)	

2006 IEC/TC106 회의는 지난 10월 31일부터 11월2일까지 미국 플로리다에서 개최되었으며 전파연구소의 오학태연구관을 비롯한 4명의 우리나라 위원이 참석하였다. 이 회의에서는 현재까지 작성된 기술문서의 내용에 대한 검토 및 계획을 논의하였다. 특히 국제표준으로 발간된 62209-1에 대해서는 현재의 주파수 범위를 300MHz ~ 3GHz에서 30MHz ~ 6GHz 범위로 확대하고 IEEE 1528, IEC 62209-1, 62209-2와 결합 연계하여 dual-logo standard로 발전시킬 계획을 갖고 있으며 2008년에 CD 단계까지 진행 예정이다. Project 62209-2의 주요 이슈 사항은 모의인체 fat layer로 인한 정현파 영향, 측정 대상기기의 위치, 프로브 크기, 팬텀 모델, high frequency에서의 과대평가(overestimation) 문제, 인체조직 특성, 스캔 절차 및 유효성 검사 절차 등이며 2007년도에 CD/CDV 단계, 2008년도에는 FDIS/IS 단계로 추진 예정이다.

WG4의 SPS(Strategic Policy Statement)에 특정소스 전자기장 및 SAR 측정 신규 대상 기기로 레이더를 제외한 smart card 리더기, 방송송신소, 고정형 무선 액세스, LMDS(무선케이블TV 전송망시스템, Local Multipoint Distribution Services)를 추가하기로 결정하였으며, IEC/TC106 2007년 차기 회의는 10월 덴마크의 코펜하겐에서 개최하기로 하였다.

EMF인체노출표준위원회 회의는 주로 위원회의 활동내역에 대한 결과보고와 향후 기술문서의 검토 계획 수립 등 위원회의 운영과 관련된 전반적인 사항에 대하여 논의한다.

연구반 회의는 “EMF 인체노출량 평가”의 국제표준 문서 내용을 검토한 결과에 대하여 의견서를 작성하거나 투표를 하기 위해 개최되었으며 5건의 국제 표준화 문서에 대하여 국내 의견을 작성하여 통보하였다. 또한 국내 표준화 활동으로는 기지국 전자파에 대한 인체노출량 평가 방법(안)을 마련하고, 기지국 주변 원거리장에서 인체노출에 대한 전자파 강도 측정을 위한 표준 절차서 작성 시의 주요 고려 사항과 표준 절차서에 의한 현장 측정 결과를 검토하였다.

현재까지 수행된 표준화 기술문서에 대한 의견서 및 투표 내용은 다음과 같다.

o 106/102/CDV

- 과제명 : 50Hz(60Hz) 송전선로에 의해 인체에 유도되는 전류밀도 및 전기장 계산 방법
- 의견서 : 일반사항 2건, 기술적 사항 1건 및 편집사항 13건

o 106/104/FDIS

- 과제명 : 전기 및 전자 장치에서 발생하는 전자기장의 인체노출량 적합성 평가
- 의견 : 찬성, 의견서 : 일반사항 4건

o 106/106/NP

- 과제명 : 10 MHz ~ 300 GHz 대역에서 소출력임을 보이는 전자·전기 기기의 전자파 인체노출량 적합성 평가에 대한 일반 표준
- 의견 : 찬성, 의견서 : 일반사항 1건

o 106/108/CD1

- 과제명 : 교류 전력선에서 발생하는 전자기장의 인체노출량 측정 절차
- 의견서 : 일반사항 2건, 기술적 사항 3건 및 편집사항 7건

o 106/111/CDV 기술문서 의견수렴 및 의견서 제출

- 과제명 : 전자 물류 감시 시스템(EAS), 무선 식별(RFID), 유사한 시스템에서 발생하는 전자기장의 인체노출량 측정 절차
- 의견 : 반대, 의견 : 12건

제 2 절 IEC/TC 106 표준화 동향

IEC/TC106의 목적은 0 ~ 300 GHz 주파수 대역에서 전기장, 자기장, 전자기장의 인체 노출량 평가를 위한 측정 및 계산 방법에 대하여 국제표준을 제정하는 것이며, 연구내용은 인체 노출과 관련된 전자기 환경의 특성, 노출량 측정방법, 계산방법, 특정한 소스에 의해 발생하는 노출량 평가방법, 불확정도 평가 등이 포함된다. 그러나 전자파인체보호기준은 다루지 않는다. 다음은 TC106의 조직 구성도이다.

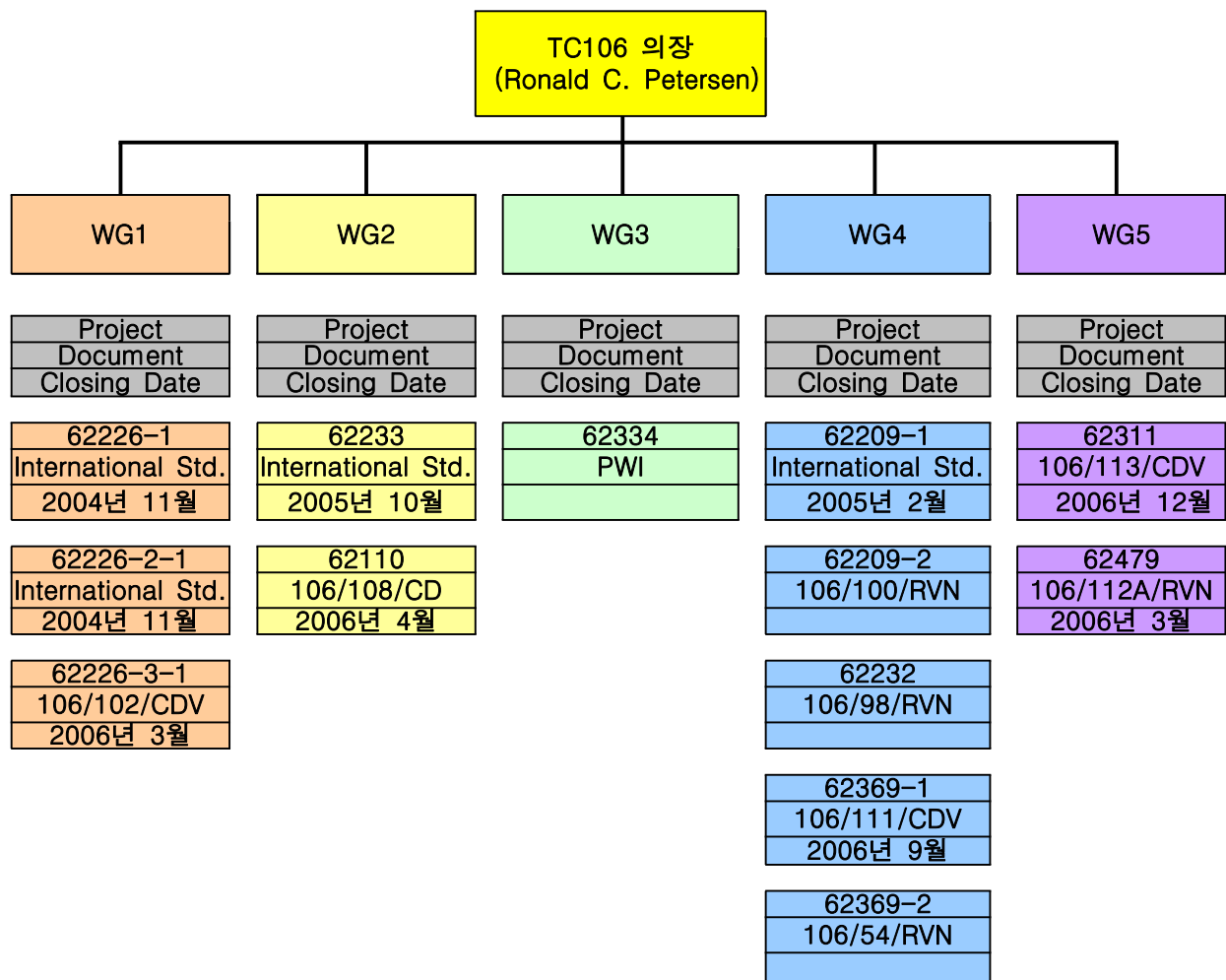


그림 2-2. IEC TC 106의 작업반 구성도

1. WG 프로젝트 진행 현황

가. WG 1

: 저주파수(0 ~ 100 kHz) 전기장 및 자기장, 유도전류의 측정, 계산방법. - Horizontal standards (basic standards)

(1) 임무

- o 저주파수 전기장과 자기장 측정에 대한 표준을 개발
- o 유도전류에 대한 계산방법에 대한 표준을 개발
- o 저주파수 유도전류에 대한 측정방법과 도구에 대한 표준을 개발

(2) 간사국 : 캐나다

(3) Project 현황

: Project 62226-1, Project 62226-2-1, Project 62226-3-1

(가) Project 62226-1 : 국제 표준 공표

- o 제목 : 저주파수 및 중간주파수 영역 전기장 또는 자기장에 의해 인체에 유도되는 전류의 계산방법. - Part 1: 범위, 참고용어 및 용어정의. [Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range - Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body - Part 1: General]

(나) Project 62226-2-1 : 국제 표준 공표

- o 제목 : 저주파수 및 중간주파수 영역 전기장 또는 자기장에 의해 인체에 유도되는 전류의 계산방법. - Part 2: 자기장에 대한 노출 Section 1: 2D 모델 [Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body by electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range. Part 2 : Exposure to magnetic fields - section 1 : 2D models.]

(다) Project 62226-3-1 : IEC 106/102/CDV

o 제목 : 저주파수 및 중간주파수 영역 전기장 또는 자기장에 의한 노출량 - 인체에 유도되는 전류밀도 및 인체 내부 전기장의 계산방법 - Part 3-1: 전기장에 대한 노출 - 해석 및 2D 수치해석 모델 [Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range - Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body - Part 3-1 : Exposure to electric fields - Analytical and 2D numerical models]

o 프로젝트 표준문서의 심의단계

: 106/72/NP → 106/86/RVN → 106/102/CDV

o 적용범위:

본 표준은 100 kHz 이하의 주파수 범위에서 외부의 전기장에 의하여 인체내부에 유도된 전류밀도를 계산하고 측정하는 것에 적용할 수 있다. 본 표준의 주요내용은 다음과 같다.

생체조직의 전기적 특성(유전율, 전도율, 비균질 전도율)에 의한 유도전류의 영향을 언급하고 인체내부의 유도전류를 계산하기 위한 표면적 인체모형, 반타구 인체모형 및 축대칭형 인체모형을 제안한다. 또한 이 모형들에서 인체 내의 유도전류와 외부 전기장 사이의 관계를 수량화하기 위한 해석 모형을 토대로 수치해석하기 위한 방법을 제안한다.

나. WG 2

: 특정 소스에 의해 발생하는 저주파수 전기장 및 자기장의 특성 측정

- Vertical standards or Technical Specification (product and product family standards)

(1) 임무

o 가정용 기기, 전력선, 산업용 전력기기, 철도 등 특정한 소스에 의해 발생하는 저주파수 전기장 자기장 측정에 대한 시험 도구와 방법의 표준을 개발

(2) 간사국 : 캐나다

(3) Project 현황 : Project 62233, Project 62110

(가) Project 62233 : 국제표준 공표

- o 제목 : 인체노출 관련 가전제품 및 유사한 기구의 전자기장 측정방법
[Measurement methods for electromagnetic fields of household appliances and similar apparatus with regard to human exposure]

o 적용범위:

본 문서에서는 300 GHz 이하의 전자기장을 다루며, 측정 거리 및 위치뿐만 아니라 시험 동안의 조건을 비롯하여 가정용 기구 및 이와 유사한 전기 기구 주변의 전기장 세기(electric field strength)와 자속밀도(magnetic flux density)를 평가하는 방법을 정의한다.

전기 기구에는 모터, 발열체(heating element) 또는 이러한 것들의 조합이 포함될 수도 있고, 전기 또는 전자 회로가 포함할 수도 있으며, 이러한 기구는 주전원, 배터리 또는 기타 전원에 의해 전력이 공급될 수도 있다. 전기 기구에는 가정용 전기기구, 전동공구, 전동 장난감이 포함된다. 본 표준의 적용범위는 전기 기구, 기타 상점, 경공업 및 농장에서 일반인이 이용할 수 있는 장치 등과 같은 기기가 포함된다.

본 표준은 다음과 같은 기구에는 적용되지 않는다.

- 중공업 목적으로만 설계된 장치
- 고정 건축 전기 설비의 일부가 되는 장치(퓨즈 회로 차단기 케이블 스위치 등)
- 라디오 및 텔레비전 수신기, 오디오 및 비디오 기기, 전자 악기
- 의료용 전기 기구
- 개인용 컴퓨터 및 이와 유사한 기기
- 무선 송신기
- 차량에만 이용되도록 설계된 장치

본 표준 및/또는 기타 표준의 상이한 조항에 동시에 적용 대상이 되는 다기능 기기는 동작 중에 관련 기능에 대한 각 조항/표준 규정을 이용하여 평가되어야 한다.

기구의 이상 동작(abnormal operation)은 고려되지 않는다. 본 표준에는 인

체 노출을 평가하기 위한 다음과 같은 구체적인 요소가 포함된다.

- 센서의 정의
- 측정 방법의 정의
- 시험 대상 기구의 동작 방식에 대한 정의
- 측정 거리 및 위치의 정의.

측정은 10 Hz 내지 400 kHz에서 실시되어야 한다. 400 kHz를 초과하는 주파수 및 10 Hz 미만의 주파수 범위에서, 본 표준의 적용 범위에 속하는 기구는 국제 전기 기술 위원회 60335 시리즈(IEC 60335 series)에 달리 명시되지 않은 한 시험이 없이도 적합하다고 간주된다.

(나) Project 62110 : 106/108/CD

o 제목 : 교류 전력선에서 발생하는 전자기장의 인체노출량 측정 절차
[Measurement procedures for electric and magnetic fields generated by AC power lines with regard to human exposure]

o 프로젝트 표준문서의 심의단계
: 106/75/NP → 106/85/RVN → 106/108/CD

o 적용 범위

이 표준은 인체에 전자기장이 노출되는 수준을 평가하기 위하여 교류 전력선에서 발생하는 전기장 및 자기장의 측정절차를 제정하며, 일반적인 공공장소에서 적용한다. 단, 작업자가 비교적 높은 수준에서 자기장이 노출되는 업무시간은 제외한다.

많은 국가에서 송전을 위한 상용주파수로 사용하는 50 Hz와 60 Hz 주파수의 전기장 및 자기장에 적용하며 지상과 지하의 송전선로 및 배전선로, 전력 분배 장치, 변전소 등을 포함한다. 이 표준안은 직업상태에서는 적용하지 않는다.

다. WG 3

: 고주파 전자기장(100 kHz ~ 300 GHz) 및 SAR의 측정, 계산방법 - Horizontal standards (basic standards)

(1) 임무

- o 고주파수(9 kHz ~ 300 GHz) 전자기장에 대한 인체 노출량 측정과 평가에 대한 기술적 보고서를 마련

(2) 간사국 : 캐나다

(3) Project 현황: Project 62334

(가) Project 62334 : 106/25/NP

- o 제목 : 인체노출과 관련된 고주파(9 kHz ~ 300 GHz) 전자기장의 측정 및 평가 [Measurement and Assessment of Human Exposure to High Frequency (9 kHz to 300 GHz) Electromagnetic Fields]

- o 프로젝트 표준문서의 심의단계
: 106/25/NP → 106/30/RVN → SMB/292/DL

- o 적용범위

본 문서는 9 kHz에서 300 GHz 주파수 영역의 전기장과 자기장 노출 평가와 관련된 물리량의 측정 및 추정에 대한 기법을 기술한 것이다. 특히 본 문서에서는 인체보호기준의 기본 물리량(기본한계치)에 해당되는 전류의 측정 및 인체내부의 노출량 평가를 포함하여, 전기장과 자기장 세기와 같은 직접 측정될 수 있는 물리량을 주로 다루고 있다.

라. WG 4

- : 특정 소스에 의해 발생하는 전자기장 및 SAR의 특성 측정 - Vertical standards or Technical Specification(product and product family standards)

(1) 임무

- o 무선통신기기, 기지국, 방송국 송신소 등 특정 전자기장 소스를 평가하기 위한 product와 product family 표준을 개발

(2) 간사국 : 미국

(3) Project 현황

: Project 62209-1, 62209-2, Project 62232, Project 62369-1, Project 62369-2

(가) Project 62209-1 : 국제 표준 공표

- o 제목 : 휴대용 및 몸에 부착된 무선통신기기에서 발생하는 무선주파수 전자파에 대한 인체노출 - 인체 모델, 계측기 및 절차 - Part 1 : 귀 근처에서 사용하는 휴대용 기기의 SAR 측정절차(300 MHz ~ 3 GHz 주파수범위) [Human Exposure to Radio Frequency Fields from Handheld 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)]

(나) Project 62209-2 : 106/90/NP

- o 제목 : 휴대용 및 몸에 부착된 무선통신기기에서 발생하는 무선주파수 전자파에 대한 인체노출 - 인체 모델, 계측기 및 절차 - Part2 : 신체에 근접하여 사용하는 휴대용 및 신체 부착용 기기의 SAR 측정절차(30 MHz ~ 6 GHz 주파수범위) [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) in the head and body for 30 MHz to 6 GHz Handheld and Body - Mounted Devices used in close proximity to the Body]

- o 프로젝트 표준문서의 심의단계

: 106/90/NP → 106/100/RVN

- o 적용 범위

30 MHz에서 6 GHz까지 주파수 범위의 무전기, 컴퓨터(팜탑, 랩탑, 데스크

크탑) 및 몸에 부착된 무선기기와 유사한 통신기기가 신체에서 20 cm 이내에서 사용하는 경우, 즉 의복에 내장, 송신 액세스리, 단독으로 몸에 부착, 얼굴 전면, 손으로 잡는 경우에 모두 적용된다.

본 표준의 목적은 그러한 기기가 SAR 제한치를 준수하고 있다는 것을 증명하기 위한 방법을 명시하는 것이다.

(다) Project 62232 : 106/87/NP

o 제목 : 이동통신기지국 주변에서 인체 노출량을 평가하기 위한 RF 전자기장의 측정 [Determination of RF fields in the vicinity of mobile communication base stations for the purpose of evaluating human exposure]

o 프로젝트 표준문서의 심의단계
: 106/87/NP → 106/98/RVN

o 적용 범위
300 MHz ~ 6 GHz 주파수범위의 이동통신기지국 주변에서 인체노출량을 평가하기 위한 전자파 계산 및 측정방법에 적용된다.

(라) Project 62369-1 : 106/111/CDV

o 제목 : 0 ~ 300 GHz 주파수 범위에서 다양하게 응용되는 근거리용 무선기로부터 발생하는 전자기장에 대한 인체노출량 평가 - Part 1 : 전자 물류 감시 시스템(EAS), 무선 식별(RFID), 유사한 시스템에서 발생하는 장 [Evaluation of human exposure to electromagnetic fields from Short Range Devices (SRDs) in various applications over the frequency rang 0 ~ 300 GHz - Part 1 : Fields produced by devices used for Electronic Article Surveillance, Radio Frequency Identification and similar systems]

o 프로젝트 표준문서의 심의단계
: 106/41/NP → 106/54/RVN → 106/80/CD → 106/105/CC → 106/111/CDV

o 적용 범위 :

이 문서는 여러 분야의 표준중 첫 번째 부분이고, 0 ~ 300 GHz 주파수 범위에서 보안, 도난 방지, 전자 물류 감시 시스템(EAS), 무선 식별(RFID), 유사 응용에 사용되는 기기의 전자기장에서 인체 노출량 평가를 위한 절차를 언급한다. 그것은 복잡한 평가에 단계적인 접근을 채택한다. 단계 1은 기준치에 적합하기 위한 단순 측정이다. 단계 2는 해석 기술들이 결합된 측정의 더 복잡한 시리즈이다. 3 단계는 기본 한계에 적합하다는 것을 보여주기 위한 상세한 모델링과 해석을 요구한다. 어떤 기기를 평가할 때, 노출 환경을 위하여 최상의 조건이 사용되어야 한다.

일반적으로 이 문서에 의해서 다루어지는 기기들은 비균일한 장의 형태를 가진다. 종종 이러한 기기는 거리에 반대로 장의 강도가 매우 급격히 감소하거나 전기장과 자기장사이의 관계는 일정하지 않은 근거리장 조건에서 동작한다.

(마) Project 62369-2 : 106/41/NP

- o 제목 : Project 62369-2 : 0 ~ 300 GHz 주파수 범위의 전자기장에 대한 인체 노출량 평가 - Part 2 : 경보, 자산/추적, 감시 및 방호, 탐지, 보안, 원격 지령 및 제어, 원격 측정을 위하여 사용되는 장치, 유사한 단거리 및/또는 저 전력 무선 기기에서 발생하는 장 [Assessment of human exposure to electromagnetic fields in the frequency range 0 ~ 300 GHz - Part 2 : Fields produced by devices used for Alarms, Alert, Asset tracking, monitoring and protection, Detection, Security, Telecommand and control, Telemetry and similar Short Range and/or Low Power Radio Devices]

- o 프로젝트 표준문서의 심의단계
: 106/41/NP → 106/54/RVN

o 적용 범위

이 문서는 여러 분야의 표준 중에서 두 번째 부분이고, 0 ~ 300 GHz 주파수 범위에서 보안, 자산/품목 추적 및 감시, 원격 지령, 제어, 원격 측정을 위하여 사용되는 장치, 유사한 단거리 및/또는 저 전력 무선에 사용

되는 기기의 전자기장에서 인체 노출량 평가를 위한 절차를 언급한다.

마. WG 5

: 일반표준 (generic standard)

(1) 임무 :

- o 제품군 표준(product family standard)이 적용되지 않는 전자·전기 기기 (apparatus)에 적용할 일반 표준을 개발.
- o 일반 표준에는 전기장, 자기장, 전자기장과 유도 및 접촉전류에 관한 일반인 노출 기본한계 또는 기준레벨과 적합성 시험방법 등이 포함.

(2) 간사국 : 미국

(3) Project 현황 : Project 62311, 62479

(가) Project 62311 : 106/113/CDV

- o 제목 : Project 62311 : 전기 및 전자 장치에서 발생하는 전자기장의 인체노출량 적합성 평가(0 Hz ~ 300 GHz) [Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz ~ 300 GHz)]

o 프로젝트 표준문서의 심의단계

: 106/20/NP → 106/23/RVN → 106/55/CD → 106/69/CC → 106/70/CDV
→ 106/92/RVC → 106/104/FDIS → 106/107/RVD → 106/113/CDV

o 적용 범위

본 일반 표준은 0 ~ 300 GHz 주파수 범위에서 전자기장에 대한 인체 노출에 관한 어떤 전용 제품 표준 또는 제품군 표준도 적용되지 않는 전기 전자 기기에 적용된다.

본 표준의 목적은 전기장, 자기장, 전자기장, 유도 전류, 접촉 전류 등과 관련된 일반인의 노출에 관한 기본 한계 또는 기준 레벨을 이용하여 해당 기기의 적합성을 입증하는 것이다.

(나) Project 62479 : 106/106/NP

o 제목 : Project 62479 : 0 Hz ~ 300 GHz 대역의 전자기장 인체노출에 관한 기본적인 한계에 전자 및 전기 장치의 적합성을 입증하기 위한 일반 표준
[Generic standard to demonstrate the compliance of low power electronic and electrical apparatus with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (10 MHz - 300 GHz) - General public]

o 프로젝트 표준문서의 심의단계
: 106/106/NP

o 적용 범위

본 일반 표준은 0 ~ 300 GHz 주파수 범위에서 전자기장에 대한 인체 노출에 관한 어떤 전용 제품 표준 또는 제품군 표준도 적용되지 않는 저전력 전기 전자 기기에 적용된다.

본 표준의 목적은 전기장, 자기장, 전자기장, 유도 전류, 접촉 전류 등과 관련된 일반인의 노출에 관한 기본 한계 또는 기준 레벨을 이용하여 해당 기기의 적합성을 입증하는 것이다.

※ 기술문서 단계 약호에 대한 설명

Stage Code	Meaning
PWI	Potential new Work Item
PNW	Proposed New Work
ANW	Approved New Work
1CD	1st Committee Draft
A2CD	Approved for 2nd Committee Draft
2CD	2nd Committee Draft
A3CD	Approved for 3rd Committee Draft
ACDV	Draft approved for Committee Draft with Vote
CCDV	Draft circulated as Committee Draft with Vote
ADIS	Approved for FDIS circulation
DEC	Draft at Editing Check
RDIS	Text for FDIS received and registered
CDIS	Draft circulated as FDIS
APUB	Draft approved for publication
BPUB	Publication being printed
PPUB	Publication issued

제 3 절 연구 동향보고서

전파연구소의 지원으로 설립된 『EMF 인체노출표준위원회』에서는 EMF 인체노출량 평가와 관련된 국내외 표준화 동향 및 관련 연구결과들을 산업체 및 관련 기관에 적기에 전달하기 위해 2004년부터 동향보고서를 발간, 배포해 오고 있다.

그간 IEC TC106에서는 전자파 노출량 평가와 관련하여 5개의 WG을 중심으로 표준 작업을 활발히 진행하여, 2004년부터는 국제 표준문서들이 발간되고 있고, 대부분의 기존 프로젝트들이 현재 CD 또는 CVD 단계에 있다. 최근에는 신규 프로젝트들도 추가되었고, 앞으로 IEC TC106의 product 또는 product family standard의 표준화 대상은 기존의 근거리 저전력 시스템(RFID, EAS, 보안, 정보, 원격탐지 장치 등), 기지국 등에 이어 방송국과 다양한 전자파 발생원으로 확대될 전망이다. 국내에서도 산·학·연·관 전문가들로 구성된 『EMF 인체노출표준위원회』를 중심으로 관련 연구를 활발히 진행하고 있고, 이를 토대로 관련 문서 검토 및 표준화 활동 참여를 적극적으로 추진해오고 있다. 금년에는 위원회를 확대 개편하였고, 2007년부터는 표준화 관련 연구를 보다 체계적으로 수행할 수 있는 기틀을 마련할 계획이다.

이미 언론에 보도된 바와 같이 최근 전자파 방출시설 주변의 전자파 노출량 측정을 의무화하는 법안이 국회에서 발의, 상정되어 금년말경에 법안이 통과될 것으로 예상되며, 정부에서도 이의 시행을 위한 준비 작업을 전문가들의 도움을 받아 진행하고 있다. 이러한 노출량 측정의 의무화는 외국에 비해서도 앞선 조치이기 때문에 사회적으로 상당한 파장이 예상된다. 특히, 2005년부터 서울지역을 중심으로 기지국에 대한 민원이 급증하고 있고, 해외에서 노출량 평가(수치적 계산 또는 측정) 의무화 제도를 실시한 이후에 민원이 더 증가한 사례가 많아서 여러 가지 사회적 비용의 증가가 우려된다. 따라서 금번호의 hot issue 코너에서는 통신사업자 및 일반 국민들이 많은 관심을 가질 것으로 예상되는 기지국 주변 전자파 노출량 측정절차에 관한 내용을 주제로 선정하였다.

이제 국내의 전자파 노출량 평가와 관련된 연구는 국제적 수준에 도달하였고, 관련 표준화 활동도 미국, 유럽, 일본, 한국이 주도적으로 참여하고 있다. 앞으로 『EMF 인체노출표준위원회』에서는 IEC를 중심으로 IEEE, ITU-T 등 관련 국제 표준화 동향과 국내 기준의 제정 및 개정에 대한 내용을 본 동향보고서 또는 별도의 간행물을 통해 산업체와 관련기관에 신속하고 소상히 알리기 위한 노력을 배가할 계획이다.

제 3 장 국내 표준화 활동

전파연구소고시 제2004-66호인 전자파 강도 측정기준은 0 ~ 300 GHz 주파수 대역에 대한 전자기장 강도 측정 기준으로 일반적이고 기본적인 측정방법과 절차를 기술하고 있다. 그러나 특정 대상기기에 대해 전자파의 실제 노출 환경에 적용시에는 세부적인 측정방법이 필요하다. EMF 인체노출표준위원회는 현재 현장에서 이동통신 기지국의 전자파 인체 노출량 측정방법에 대한 표준화를 진행하고 있다. 본 장에서는 국내 표준화를 진행하면서 검토한 ITU-T SG5의 전자기장 인체노출 제한치에 대한 적합성 평가 지침과, 현재 위원회에서 논의되고 있는 표준 측정방법(안)을 소개하고자 한다.

제 1 절 ITU-T 인체의 전자기장 노출 기준 준수 지침 요약

ITU-T K52의 인체의 전자기장 노출 기준 준수 지침은 권고 기준으로서, 9 kHz ~ 300 GHz 대역의 통신 장비에 의해 생성되는 전자기장(EMF)에 대한 인체의 노출량 평가를 위한 기준으로 측정 기법과 절차를 제공한다.

1. EMF 노출 평가 절차

의도적 이미터가 있어서 EMF 노출 평가가 필요하다고 판단될 경우, 사람들이 EMF에 노출될 수 있는 모든 장소에 대해 노출 평가를 실시해야 한다. 평가의 의도는 EMF에 대한 잠재적 노출을 다음 세 가지 구역 가운데 하나에 속하는 것으로 분류하는 것이다.

- 준수 구역: 준수 구역에서는 EMF에 대한 잠재적 노출은 통제형/직업적 노출과 비통제형/일반 대중 노출 모두에 적용될 수 있는 기준 미만이다.
- 직업적 노출 구역: 직업적 노출 구역에서는 EMF에 대한 잠재적 노출은 통제형/직업적 노출에 적용될 수 있는 기준보다 낮지만 비통제형/일반 대중 노출에 적용될 수 있는 기준을 초과한다.
- 초과 구역: 초과 구역에서는 EMF에 대한 잠재적 노출이 통제형/직업적 노출과 비통제형/일반 대중 노출 모두에 적용될 수 있는 기준을 초과한다.

많은 설비들의 경우 초과 구역과 직업적 노출 구역은 사람이 접근할 수 없거나 안테

나 바로 앞에 서 있는 사람과 같이 특수한 상황에서만 접근할 수 있다. 이 권고에 제시된 위험 평가 절차는 주로 일반 대중의 노출과 일상 활동을 수행하는 근로자의 노출과 관련되어 있다.

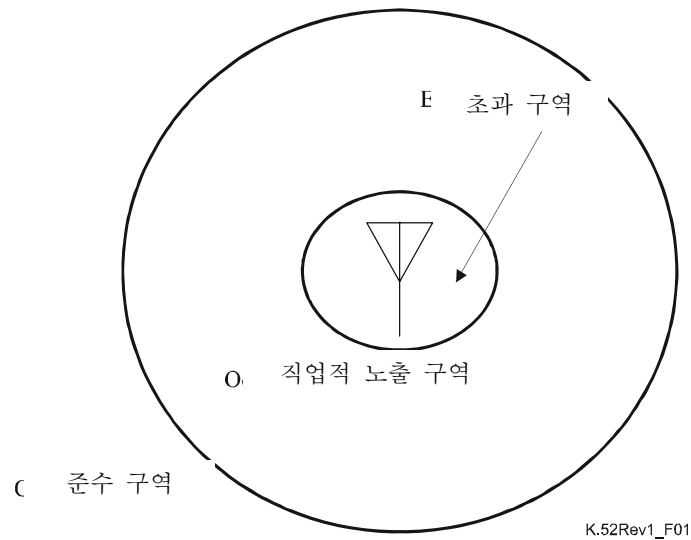


그림 3-1. 그림을 이용한 노출 구역 묘사

2. 노출 레벨 평가 절차

노출 레벨 평가는 최악의 방출 조건과 주파수가 서로 다른 여러 EMF 복사 장치의 동시적 존재 여부를 고려해야 한다.

평가에 고려하여야 할 파라미터들은 다음과 같다.

- 안테나 시스템의 최대 EIRP
- 최대 이득과 빔폭을 포함하는 안테나 이득 G 또는 상대적 수치 이득 F
- 동작 주파수
- 안테나 위치, 빔 방향, 빔 기울기, EMF에 대한 인체 노출의 확률 평가와 같은 설비의 여러 특성

평가 절차와 이러한 파라미터들을 관리하기 위해 다음 분류 방법이 도입된다.

가. 설비 분류 방법

개별 이미터 설비는 다음 세 가지 범주로 구분되어야 한다.

- 기본적 준수 설비: 기본적으로 안전한 복사 장치는 관련 노출 기준을 준수하는 전자기장을 복사 장치에서 몇 센티미터 떨어진 거리에 생성한다.
- 일반적 준수 설비: 일반적 준수 설비에는 관련 노출 기준을 초과할 수 있는

EMF를 생성하는 복사 장치가 포함된다. 그러나 일반적 설치 관행, 복사 장치가 일반적으로 통신 용도로 사용된다는 사실 때문에 복사 장치의 초과 구역은 보통 조건에서는 사람이 접근할 수 없다. 충분히 높은 탑이나 위성을 향하고 있는 협역 빔 지구국에 장착된 안테나를 예로 들 수 있다. 일부 일반적 준수 설비의 이미터에 가깝게 접근하는 유지보수 요원은 주의할 필요가 있다.

- 잠정적 준수 설비: 잠정적 준수 설비는 기준 준수를 위한 특수한 조치가 필요하다. 이것은 9항에 제시된 노출 구역과 척도들에 대한 판정을 포함한다.

나. 설비 범주 판정 절차

특정 통신 서비스를 제공하는 사업자들은 특성이 좋은 제한된 수의 안테나와 관련 장비를 사용할 것이다. 또한 많은 이미터 설치 장소의 설치 및 노출 조건은 비슷할 것이다. 따라서 장소들을 편리하게 구분하게 할 수 있는 기준 구성, 기준 노출 조건, 해당 중요 파라미터를 정의할 수 있다.

유용한 절차는 다음과 같다.

- 기준 안테나 파라미터 또는 안테나 유형을 정의한다. 이 범주들은 특정 용도에 사용되는 이미터의 유형에 맞게 설정할 수 있다.
- 접근성 조건을 정의한다. 이 범주들은 이미터 주변의 여러 장소에서 사람의 접근성에 좌우된다. 이 범주들은 특정 서비스 또는 응용 분야의 가장 일반적인 설치 환경에 맞게 설정할 수 있다.
- 기준 안테나 파라미터와 접근성 조건의 개별 조합의 경우, 임계 EIRP를 정의한다. $EIRP_{th}$ 로 표기되는 이 임계 ERP는 접근성 조건과 관련하여 기준 안테나에서 발생하는 전력 밀도 또는 전자기장의 노출 한계에 대응하는 값이다.
- 설비는 이미터가 기본적 준수 설비(위에 정의된)일 경우 기본적 준수 범주에 속한다. 다른 설비 측면들을 고려할 필요가 없다.
- 개별 설치 장소의 경우 설비는 다음 조건이 충족되는 경우 일반적 준수 설비에 속한다.

$$\sum_i \frac{EIRP_i}{EIRP_{th,i}} \leq 1$$

여기서 $EIRP_i$ 는 특정 주파수 i 에서 안테나의 임시 평균 복사 전력이며, $EIRP_{th,i}$ 는 특정 안테나 파라미터와 접근성 조건에 관련된 EIRP 임계값이다. 다중 안테나 설비의 경우 다음 두 가지 조건을 구분할 필요가 있다.

- 일반적 준수 장소로 분류되기 위한 조건을 충족하지 못하는 장소는 잠정적 준수 장소로 분류된다.

(1) EIRPth의 계산

계산 절차는 다음과 같다.

- 특정 안테나의 노출 발생 가능 지점 O의 전자기장 또는 전력 밀도를 계산한다.
- 이 값에서 노출 영역 내의 최대 전력 밀도 S_{max} 를 구한다.
- 조건 $S_{max} = S_{lim}$ 이 되면 EIRP_{th}가 도출되며 여기서 S_{lim} 은 해당 주파수에서 EMF 노출 기준에 의해 제시되는 해당 기준치이다.

이 절차는 좀 더 정확한 계산 방법 또는 측정을 통해 수행될 수 있다. 측정이 사용되는 경우 개별 접근성 구성 및 안테나 유형에 대해 여러 대표 장소에서 측정을 실시할 필요가 있다.

3. EMF 평가 기법

가. 계산 방법

여기에 기술된 기본적 분석 방법 이외에도, ITU T 권고 K.61은 여러 상황에서 EMF 노출 예측에 적합한 수치 해석법들을 선택하는 것에 대한 지침을 제공한다.

(1) 반응성 근거리장 영역

반응성 근거리장 영역에서 전자기장을 별도로 고려해야 한다. 전자기장 왜곡 물체가 없을 때, 전자기장은 전류 분포를 아는 경우 유사 정지 공식을 이용하여 계산할 수 있다.

(2) 원거리장 영역

다음 자료는 자계 강도와 전력 밀도 레벨을 보수적으로 추정하기 위한 방법을 제공한다.

단일 복사 안테나의 경우 각도 θ (양각에 보조적인)와 ϕ (방위각)에 의해 기술된 방향으로 복사되는 전력 밀도 근사치는 다음 식으로 평가할 수 있다.

$$S(R, \theta, \phi) = \frac{EIRP}{4\pi} \left[f(\theta, \phi) \frac{1}{R} + \rho f(\theta', \phi') \frac{1}{R'} \right]^2$$

여기서

$S(R, \theta, \phi)$: 전력 밀도(W/m²)

$f(\theta, \phi)$: 안테나의 상대적 전자기장 패턴(0과 1 사이의 양수)

EIRP : 안테나의 EIRP(W)

ρ : 반사 계수의 절대값(계수)이며 접지에 의해 반사되는 파를 고려한다. 일부의 경우 반사파에 대한 노출이 차단될 수 있으므로 ρ 는 0으로 설정되어야 한다.

R : 복사 장비의 중심점과 노출된 것으로 추정되는 사람 사이의 거리

R' : 복사 장치의 이미지의 중심점과 노출된 것으로 추정되는 사람 사이의 거리
 근접지 레벨에서 프라임 변수의 값은 비프라임 변수의 값과 대체로 같기 때문에 전력을 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$S_{gl}(R, \theta, \phi) = (1 + \rho)^2 \frac{EIRP}{4\pi R^2} F(\theta, \phi)$$

여기서

$F(\theta, \phi)$: 등방성 복사기에 대한 안테나의 상대적 수치 이득(0과 1 사이의 양수)
 전도율 σ , 유전율 $\epsilon = \kappa \epsilon_0$ (ϵ_0 = 진공 유전율, κ = 상대 유전율) 접지각 Ψ 인 접지의 반사 계수 ρ 는 다음과 같다.

$$\rho = \frac{(\kappa - j\chi)\sin\psi - \sqrt{(\kappa - j\chi) - \cos^2\psi}}{(\kappa - j\chi)\sin\psi + \sqrt{(\kappa - j\chi) - \cos^2\psi}} \quad \text{수직 분극}$$

$$\rho = \frac{\sin\psi - \sqrt{(\kappa - j\chi) - \cos^2\psi}}{\sin\psi + \sqrt{(\kappa - j\chi) - \cos^2\psi}} \quad \text{수평 분극}$$

여기서

$$\chi = \frac{\sigma}{\omega \epsilon_0}$$

일반적으로 반사파에는 입사각에 따라 변화하는 수평 및 수직 분극의 요소들을 포함하고 있다. 그러나 많은 응용 부문의 경우, 반사 계수를 계산할 때 입사파의 일차적 극화만을 고려하는 것으로 충분하다.

거리와 각도는 그림 3에 있다. 노출은 지점 O에서 평가되고 있는 것으로 가정되어 있다.

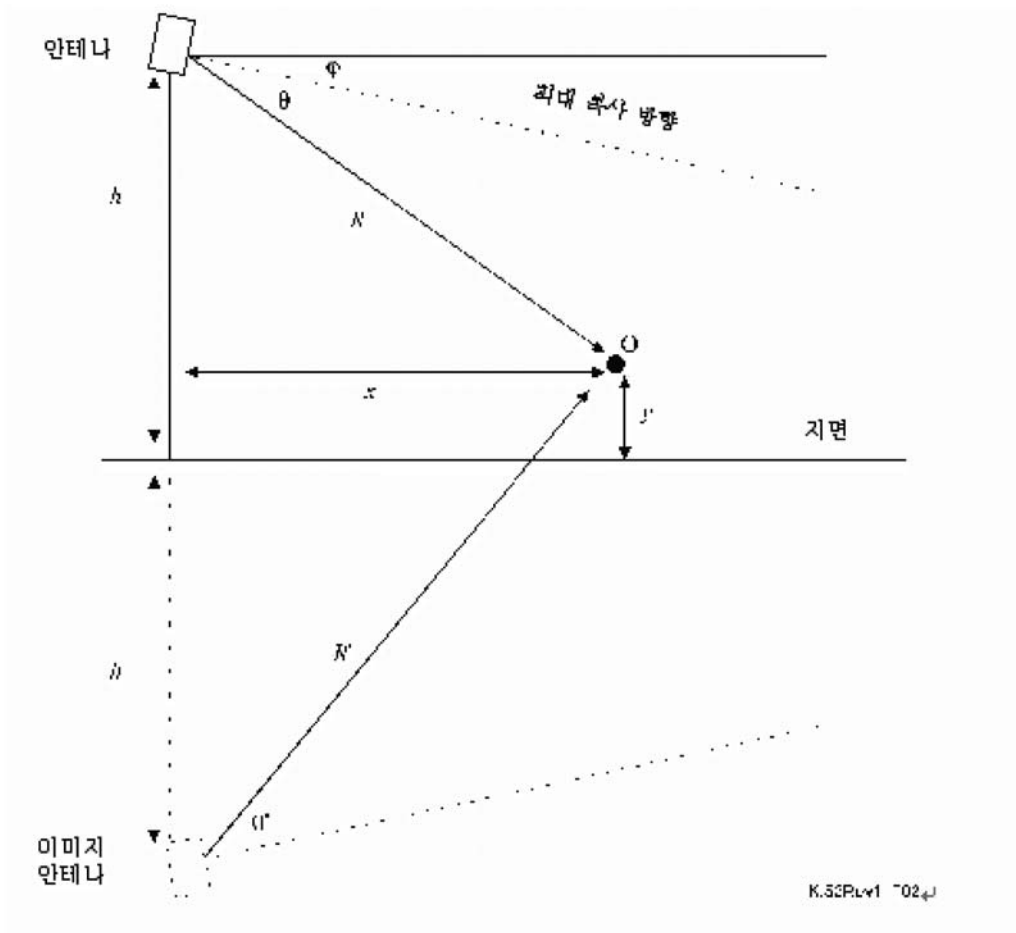


그림 3-2. 거리와 수직 각도에 대한 정의

옥상의 경우, 벽과 지붕의 건축 자재에 의한 감쇄가 건물 내의 노출을 최소 10 ~ 20 dB 정도 줄일 수 있다.

전자기장은 다음 식을 이용하여 계산한다.

$$E = \sqrt{S \eta_0}$$

$$H = \sqrt{S / \eta_0}$$

여기서 $\eta_0 = 377 \Omega$ 은 자유 공간의 고유 임피던스이다.

상기 등식들은 원거리장 영역에 대해 유효하다. 근거리장 영역에서 상기 등식들을 사용하면 부정확한(과도하게 보수적인) 결과가 나올 수 있다. 따라서 상기 등식들은 EMF 노출 기준 준수 여부를 판단하는 데 사용될 수 있다.

나. 측정 절차

측정은 전자기장을 계산하기 어렵고 계산이 노출 기준 임계값에 가까운 값들을 도출할 경우 유용하다. ITU T 권고 K.61은 EMF 노출 표준 준수를 확인하는 데 사용될 수

있는 측정 방법에 대한 지침을 제공한다. 또한, 2항에 열거된 자료들과 적용 가능한 국가 표준을 참조하여 EMF 측정 정보를 확인해야 한다. 또한 참고 자료에 열거된 많은 문서들은 여러 주파수의 EMF 전자기장 측정에 대한 정보를 제공한다.

4. 완화 기법

EMF가 인체의 EMF 노출 기준을 초과하고 사람이 접근할 수 있는 장소의 EMF 노출을 통제할 필요가 있다. 다른 설비 특성을 변경할 수 없는 경우 노출을 통제하는 효과적인 방법은 노출 기준을 초과하는 장소에 대한 접근을 제한하는 것이다.

가. 직업적 노출 구역

EMF가 비통제/일반 대중 노출 기준치를 초과하지만 직업적 노출 구역의 기준치를 초과하지 않을 경우 일반 대중의 접근을 제한해야 한다. 그러나 근로자는 해당 장소에 들어가는 것이 허가될 수 있다. 물리적 장벽, 잠금 절차 또는 적절한 표지판을 이용하면 접근을 제한할 수 있다. 직업적 노출 구역에 들어가는 근로자에게는 노출 문제를 알려줘야 한다.

직업적 노출 구역 내에 상주 작업장을 두지 않을 것을 권고한다.

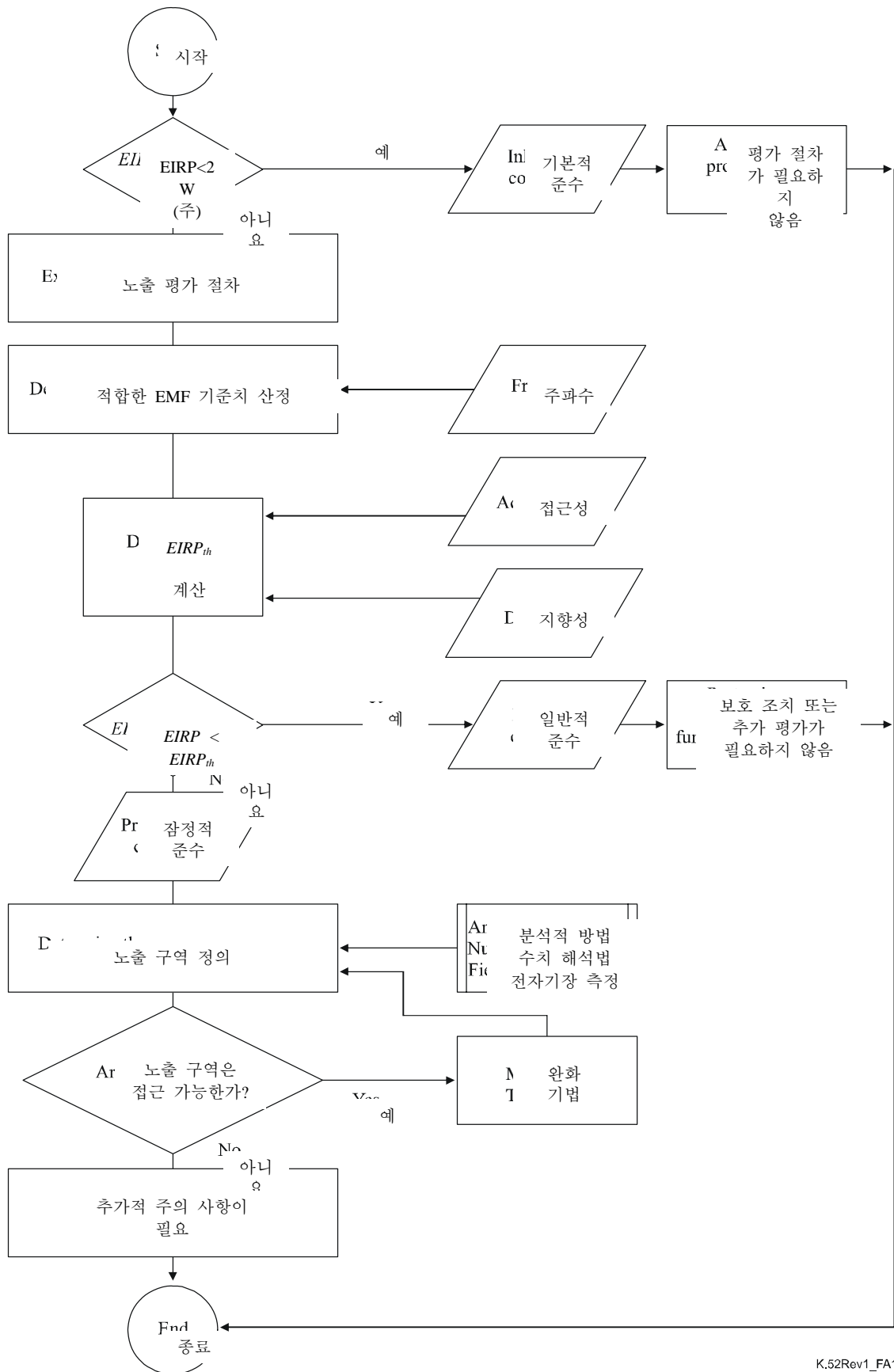
나. 초과 구역

EMF가 직업적 노출 기준치를 초과하는 경우 근로자와 일반 대중의 접근이 제한되어야 한다. 근로자가 초과 구역에 들어갈 필요가 있을 경우, 노출 통제 조치를 취해야 한다. 그러한 조치에는 다음 조치가 포함된다.

- 이미터 전력의 일시적 감소
- 시간 평균화 노출이 안전 기준 범위 내에 있도록 노출 지속 시간 통제
- 차폐 또는 보호 의류의 사용

5. 적용 흐름도

다음 흐름도는 단일 EMF 방출 장치의 노출 평가 흐름도를 보여 준다. 이 흐름도는 기지국 또는 지구국과 같은 통신 기반 구조 장비에만 사용된다.



K.52Rev1_FA1

NOTE 2 See Appendix IV

그림 3-3. EMF 방출 장치의 노출 평가 흐름도

6. 설비를 분류하기 위한 기본 기준

이 기준은 아래에 기술된 여러 상황에서 예상되는 EMF 노출에 대한 보수적 추정에 기초해 있다.

가. 기본적 준수 설비

최대 EIRP가 2W 이하인 이미터는 기본적 준수 설비로 분류된다. 추가적 조치는 필요하지 않은 것으로 보인다.

총 복사 전력이 100 mW 이하이고 안테나가 저 이득 소구경 마이크로파 또는 밀리미터파 안테나일 경우 이미터는 기본적 준수 설비로 간주될 수 있다. 추가적 조치는 필요하지 않은 것으로 보인다.

또한 이미터가 노출 기준이 초과될 수 있는 장소 접근이 복사 장치 구축에 의해 배제 되도록 구축될 경우 기본 준수 설비로 간주된다.

나. 일반적 준수 설비

설비가 일반적 준수 설비인지 판단하기 위해 제시된 기준은 세 가지 설비 특성, 즉 접근성, 안테나의 지향성, 복사장의 주파수로 구성되어 있다.

설비의 EIRP와 비교할 $EIRP_{th}$ 값은 위의 특성들을 고려하여 산정할 수 있다.

(1) 접근성 범주

여기에서는 접근성 범주를 정의한다. 설비 조건에 좌우되는 접근성 범주는 개인이 이미터의 초과 구역에 접근할 수 있는 가능성을 평가한다.

표 3-1. 접근성 범주

접근성 범주	해당 설치 조건	그림 참조
1	안테나는 접근 불가능한 탑에 설치된다 - 복사의 중심은 지상 높이 h 에 있다. 제한 높이는 $h > 3m$ 이다. 안테나는 공개적으로 접근할 수 있는 구조물(옥상 같은)에 설치된다 - 복사 중심은 구조물 위 높이 h 에 있다.	그림 5
2	안테나는 지상에 설치된다 - 복사의 중심은 지상 높이 h 에 있다. 주변에 일반 대중이 접근할 수 있고 전파 방향을 따라 안테나로부터 d 거리에 대략 h 높이를 가진 건물 또는 구조물이 있다. 제한 높이는	그림 6

	$h > 3\text{m}$ 이다.	
3	안테나는 지상에 설치된다 - 복사의 중심은 지상 높이 $h(h > 3\text{m})$ 에 있다. 주변에 일반 대중이 접근할 수 있고 전파 방향을 따라 안테나로부터 d 거리에 대략 h' 높이를 가진 건물 또는 구조물이 있다.	그림 7
4	안테나는 높이 $h(h > 3\text{m})$ 의 구조물에 설치된다. 안테나와 연관된 배제 구역이 있다. 배제 구역은 다음 두 가지이다. - 안테나 주변의 반경 a 의 원형 구역 - 안테나 앞의 크기 $a \times b$ 의 직사각형 구역	그림 8 그림 9

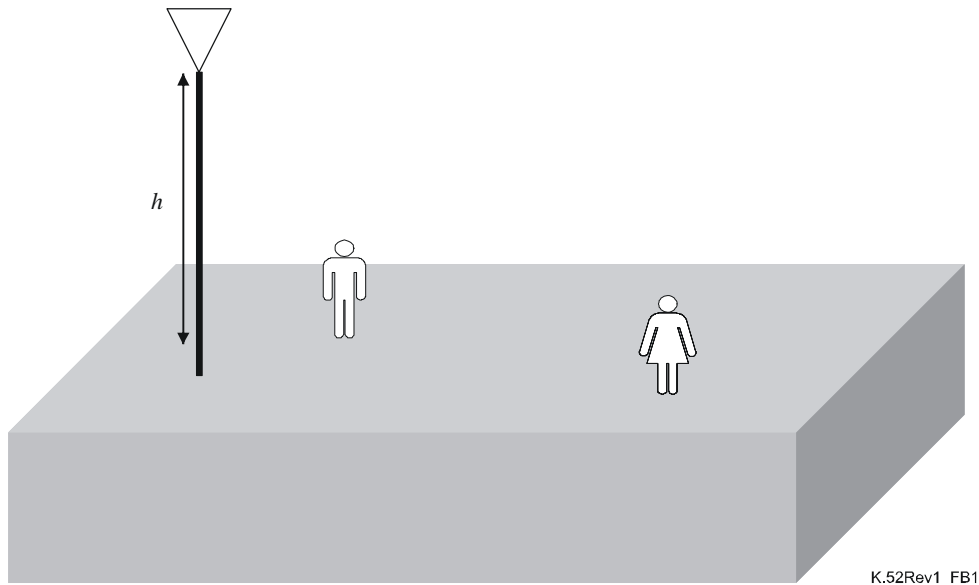


그림 3-4. 접근성 범주 1

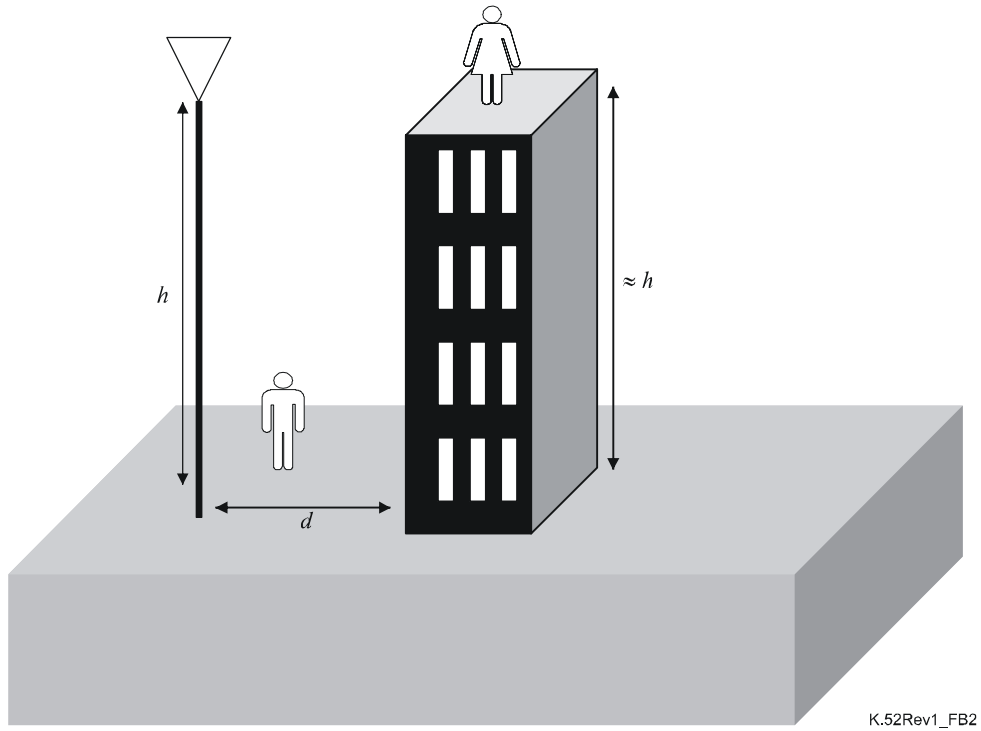


그림 3-5. 접근성 범주 2

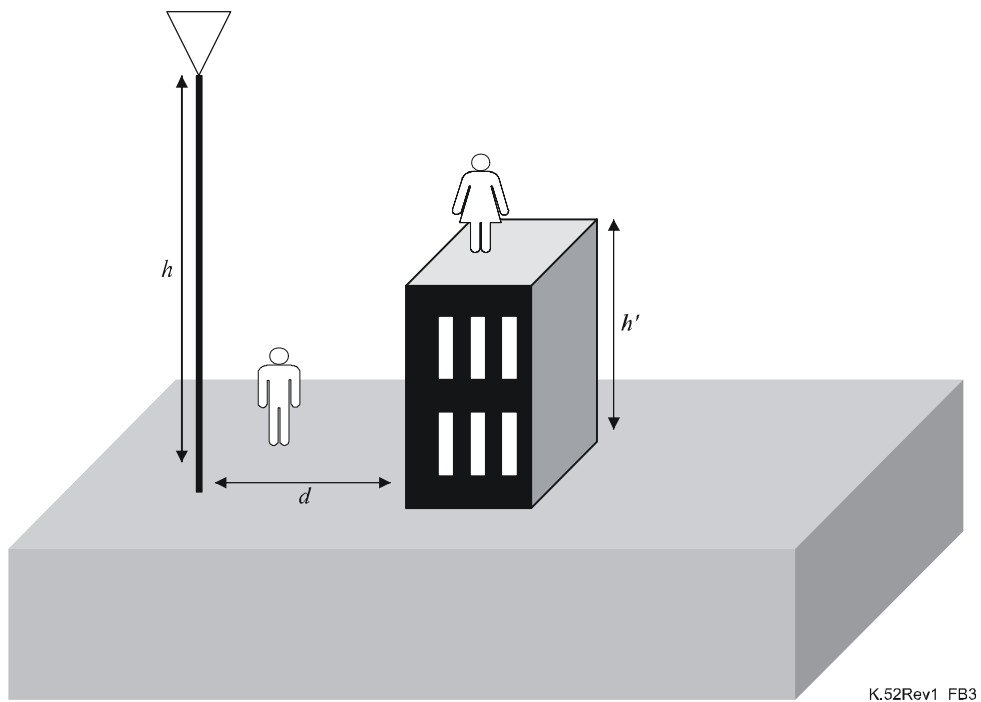


그림 3-6. 접근성 범주 3

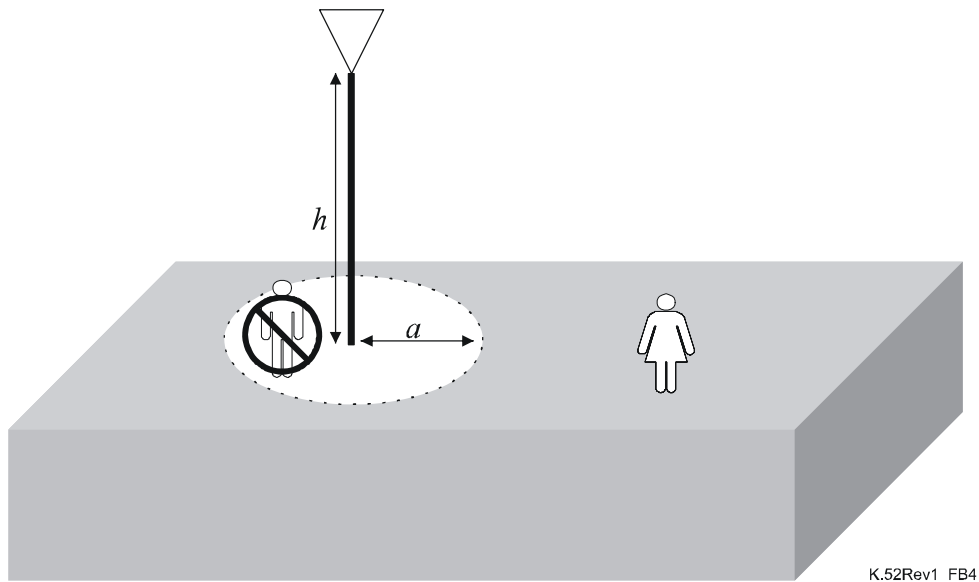


그림 3-7. 접근성 범주 4, 원형 배제 구역

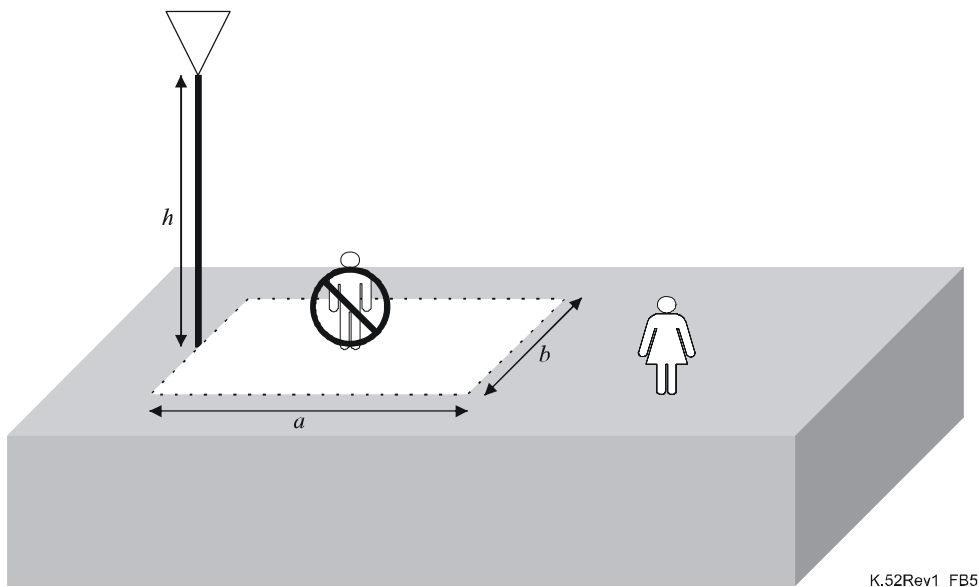


그림 3-8. 접근성 범주 4, 직사각형 배제 구역

(2) 주파수 범위

사업자 주파수는 전자기장 노출 표준에 보고된 복사 전력 밀도의 노출 기준치 $S_{lim}(f)$ 를 결정한다.

(3) 안테나 지향성 범주

안테나 지향성은 잠재적 노출의 패턴을 결정하기 때문에 중요하다. 고지향성은 대부분의 복사 전력이 노출 구역 장소를 효과적으로 통제하게 할 수 있는 협대역 빔에 집중되어 있다는 것을 뜻한다.

안테나 패턴은 주요 결정 요소이며 전자기장 계산 시에 자주 변동하는 요소이다. 표 2는 안테나를 고유 범주로 좀더 쉽게 분류하게 하기 위한 설명을 제공한다. 수직 안테나로 인한 노출을 계산하기 위한 가장 중요한 파라미터는 수직(앙각) 안테나 패턴이다. 수평(방위각) 패턴은 노출 평가가 수평면의 최대 복사 방향을 따라 노출이 이루어진다고 가정하기 때문에 적합성이 없다.

그러나 수직 패턴과 수평 패턴은 안테나 이득을 결정하며, 수평 패턴은 접근성 범주 4의 배제 구역을 결정한다.

표 3-2. 안테나 지향성 범주

지향성 범주	안테나 설명	관련 파라미터
1	반파장 다이폴	없음 그림 10 참조
2	무선 통신 또는 방송에 사용되는 안테나와 같은 광폭 안테나(무지향 또는 단면)	- 수직 반전력 빔폭: θ_{bw} - 최대치에 대한 최대 사이드로브 크기: A_{sl} - 빔 기울기: α 그림 11 참조.
3	점대점 통신 또는 지구국에 사용되는 안테나와 같은 “펜슬”(원형대칭 빔)을 생성하는 고이득 안테나	- 수직 반전력 빔폭: θ_{bw} - 최대치에 대한 최대 사이드로브 크기: A_{sl} - 빔 기울기: α 그림 11

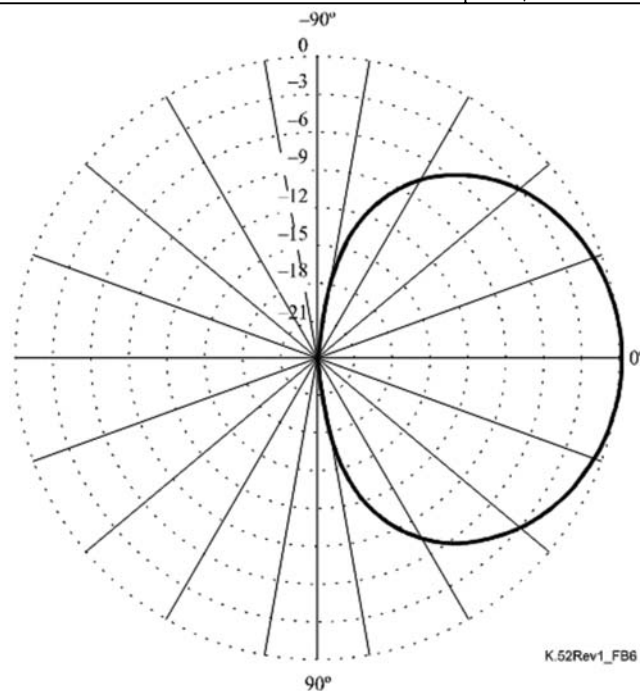


그림 3-9. 수직 분극 시의 반파장 다이폴의 수직 패턴

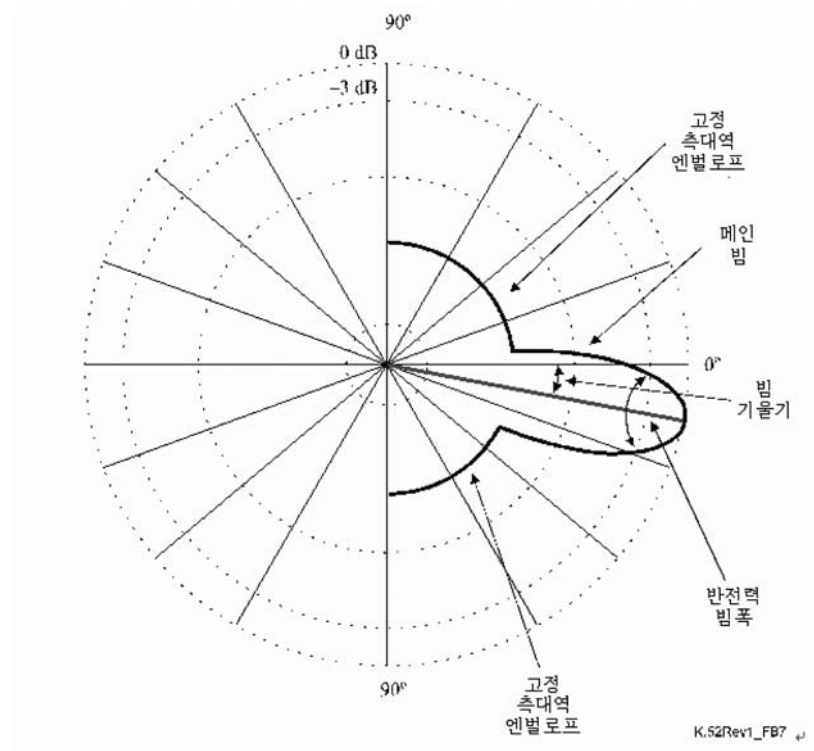


그림 3-10. 안테나 패턴 관련 용어 도해

(4) 배제 구역

여기에서는 접근성 범주 4의 배제 구역을 기술하고 있다. 배제 구역은 안테나의 수평 패턴에 좌우된다. 관련 파라미터는 안테나의 수평 포괄범위이다. 표 3은 무지향성, 단면 또는 협역 빔 안테나의 일부 일반적인 값들과 관련한 배제 구역을 제시하고 있다.

표 3-3. 수평 포괄범위의 함수로서 배제 구역

수평 포괄범위	배제 구역
무지향성	원형 구역(그림 B.4)
120°	직사각형 구역(그림 B.5) $b = 0.866a$
90°	직사각형 구역(그림 B.5) $b = 0.707a$
60°	직사각형 구역(그림 B.5) $b = 0.5a$
30°	직사각형 구역(그림 B.5) $b = 0.259a$
5° 미만	직사각형 구역(그림 B.5) $b = 0.09a$

7. EMF 노출에 대한 간단한 평가의 예

다음은 간단한 예측 방법을 이용하여 EMF 노출을 평가하는 예를 나타낸 것이다.

가. 지상 노출

수직 안테나로 인한 지상의 노출 계산 모형은 그림 12에 나와 있다.

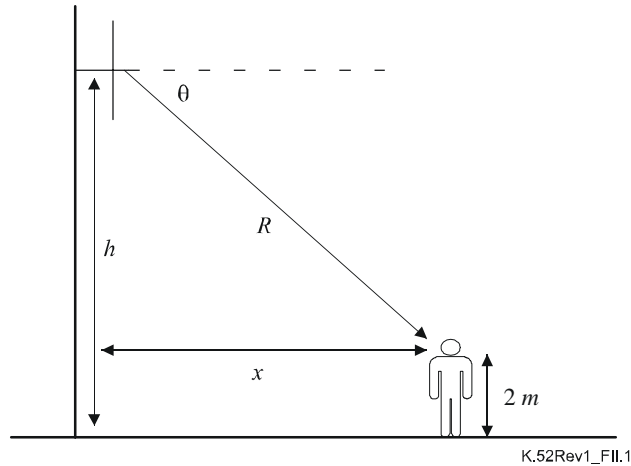


그림 3-11. 지상의 노출 계산을 위한 구성의 예

안테나는 복사 중심이 지상 높이 h 에 있도록 설치된다. 계산의 목적은 탑에서 x 거리에 있는 지상 2 m(대체로 머리 높이) 지점의 전력 밀도를 평가하는 것이다. 이 예에서 메인 빔은 지면과 평행하고 안테나 이득은 축대칭이다(무지향성).

상기 계산을 단순화하기 위해 $h' = h - 2[m]$ 라고 정의한다. 삼각법을 이용하면

$$R^2 = h'^2 + x^2$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{h'}{x}\right)$$

지면의 반사를 고려하면 전력 밀도는 다음과 같다.

$$S = \frac{2.56}{4\pi} F(\theta) \frac{EIRP}{x^2 + h'^2}$$

주) 계수 2.56은 좀 더 심각한 접근이 필요한 경우 4로 교체될 수 있다(즉 반사 계수 1을 고려할 때).

예를 들어 안테나가 반파장 다이폴인 경우, 상대적 수치 이득은 다음 형태를 갖는다.

$$F(\theta, \phi) = \left[\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \sin \theta\right)}{\cos \theta} \right]^2$$

따라서 EIRP가 1000 W인 복사 장치의 경우 x의 함수로서 노출 전력은 세 가지 서로 다른 높이의 경우 그림 13과 같다.

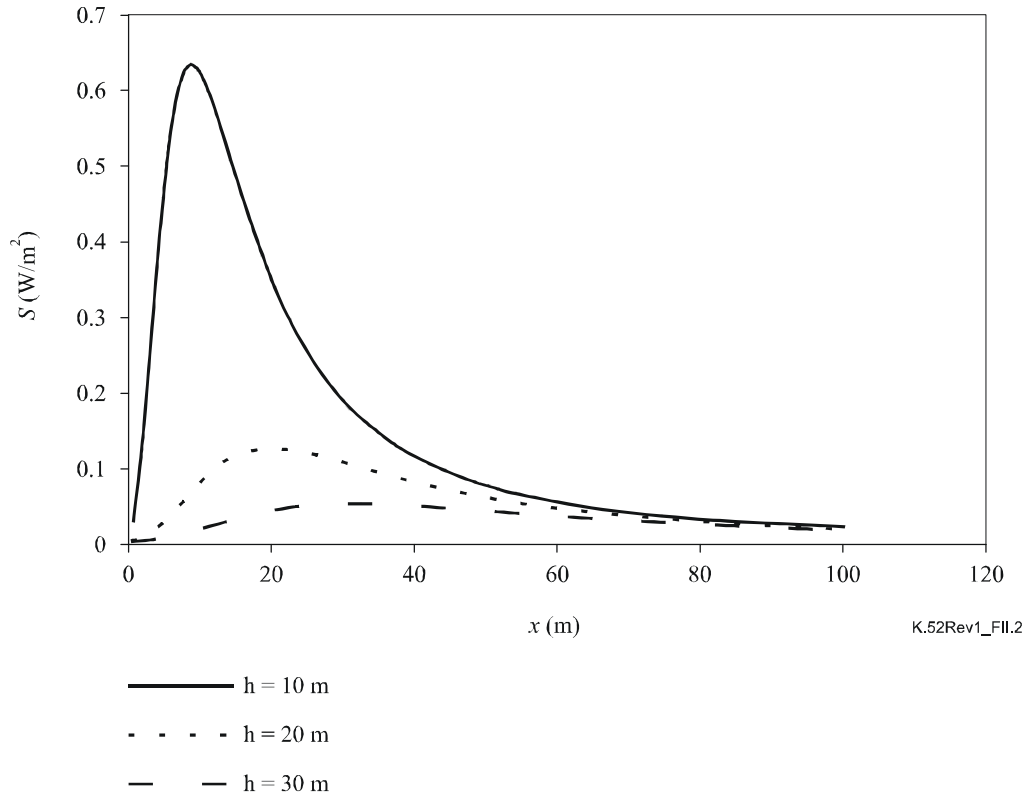


그림 3-12. 그림 12의 예를 위해 계산된 지상 전력 밀도 대 탑과의 거리

나. 인접 건물에서의 노출

안테나 탑에 인접한 건물에서의 노출을 계산하는 모형은 그림 14에 나와 있다.

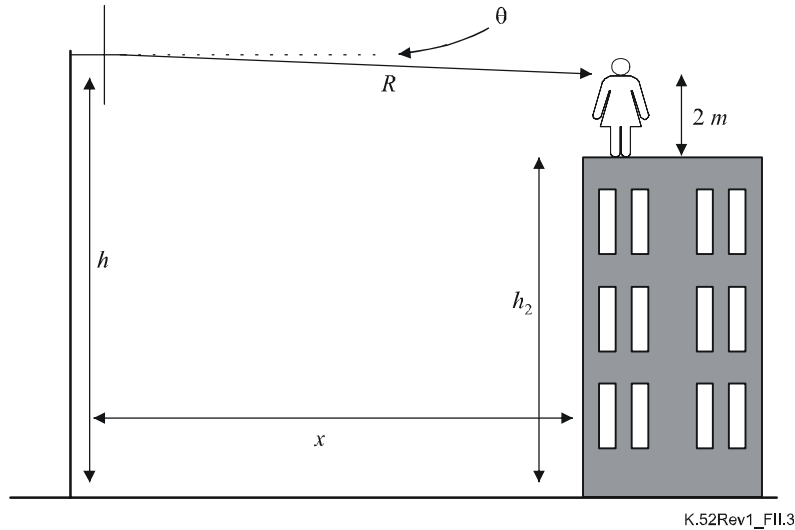


그림 3-13. 인접 건물에서의 노출을 계산하기 위한 구성의 예

안테나는 복사 중심이 지상 높이 h 에 있도록 설치되나, 계산의 목적은 인접 건물의 옥상 위 2m 지점(대체로 머리 높이)의 전력 밀도를 평가하는 것이다. 가장 심각한 노출은 안테나와 가장 가까운 옥상 가장자리에서 발생할 것이다. 메인 빔은 지면과 평행하며 안테나 이득은 축대칭(무지향성)이라고 가정된다.

상기 계산을 단순화하기 위해 $h' = h - h_2 - 2$ 라고 정의한다. 삼각법을 사용하면

$$R^2 = h'^2 + x^2$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{h'}{x}\right)$$

이러한 상황에서 지면의 반사는 반사파가 건물에 의해 감쇄될 것이므로 무시될 수 있으며 따라서 전력 밀도는 다음과 같다.

$$S = \frac{F(\theta)}{4\pi} \frac{EIRP}{x^2 + h'^2}$$

예를 들어 안테나가 반파장 다이폴인 경우 상대적 수치 이득은 다음 형태를 취한다.

$$F(\theta, \phi) = \left[\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \sin \theta\right)}{\cos \theta} \right]^2$$

따라서 EIRP가 1000 W인 복사 장치의 경우 x 의 함수로서 노출 전력은 세 가지 서로 다른 상대적 높이 $D_h = (h - h_2)$ 의 경우 그림 15와 같다.

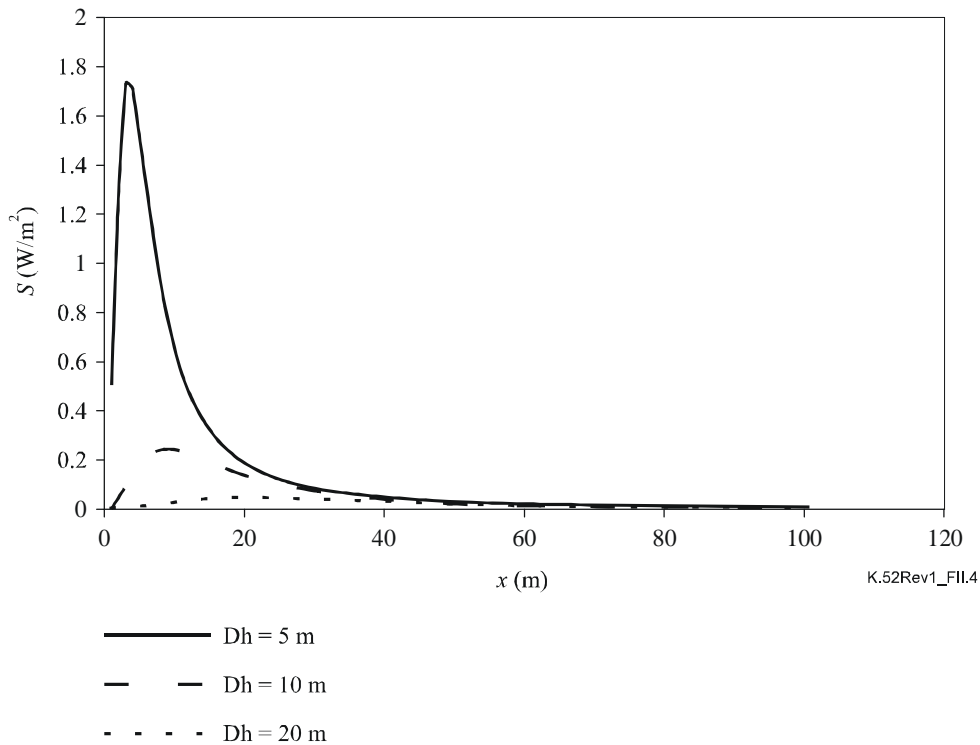


그림 3-14. 그림 14의 예를 위해 계산된 지상 전력 밀도 대 탑과의 거리

8. EIRP_{th} 계산 예제

가. EIRP_{th} 값

표 5 ~ 7은 여러 주파수 범위, 접근성 조건, 안테나 지향성 범주들에 대한 ICNIRP 기준치에 기초한 EIRP_{th}값의 계산식을 보여 준다.

복사 전력 밀도는 전자기장을 나타내는 경우 원거리장 조건에서만 사용될 수 있음을 지적할 필요가 있다. 이것은 일반 준수 설비에 대해 제안된 평가 절차의 유효성의 한계를 보여 준다. 평가 절차를 적용할 수 없을 경우(예를 들어 저주파 또는 근거리장 조건에서의 노출), 설비는 잠정적 준수 설비로 간주되어야 한다.

ICNIRP 기준은 등평면파 전력 밀도의 여러 기준값과 대응되는 세 개의 주파수 범위를 정의한다. 100 MHz 보다 높은 주파수의 경우 기준치는 다음과 같다.

표 3-4. ICNIRP의 일반인과 직업인에 대한 전력밀도 노출 기준

f(MHz)	S _{lim} (f)(W/m ²)	
	일반 대중 노출	직업적 노출
100 ~ 400	2	10
400 ~ 2 000	f/200	f/40
2 · 10 ³ ~ 300 · 10 ³	10	50

EIRP_{th}값은 안테나 높이와 부록 B에 정의된 기타 관련 파라미터들(접근성, 지향성, 주파수)의 함수로서 제시된다.

표 3-5. 주파수 범위 100~400 MHz의 ICNIRP 기준치에 기초한 설비의 일반 준수 조건

지향성 범주	접근성 범주	EIRP _{th} (W)	
		일반 대중 노출	직업적 노출
1	1	$8\pi(h-2)^2$	$40\pi(h-2)^2$
	2	다음 두 값 가운데 작은 값: $8\pi(h-2)^2$ 또는 $2\pi d^2$	다음 두 값 가운데 작은 값: $40\pi(h-2)^2$ 또는 $10\pi d^2$
	3	다음 두 값 가운데 작은 값: $8\pi(h-2)^2$ 또는 $2\pi \left[\frac{d^2 + (h-h')^2}{d} \right]^2$	다음 두 값 가운데 작은 값: $40\pi(h-2)^2$ 또는 $10\pi \left[\frac{d^2 + (h-h')^2}{d} \right]^2$
1	4	다음 두 값 가운데 작은 값: $8\pi(h-2)^2$ {If $a < (h-2)$ } 또는 $2\pi \left[\frac{a^2 + (h-2)^2}{a} \right]^2$	다음 두 값 가운데 작은 값: $40\pi(h-2)^2$ {If $a < (h-2)$ } 또는 $10\pi \left[\frac{a^2 + (h-2)^2}{a} \right]^2$
2	1	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{2\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ 또는 $2\pi \left[\frac{h-2}{\sin(\alpha + 1.129\theta_{bw})} \right]^2$	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{10\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ 또는 $10\pi \left[\frac{h-2}{\sin(\alpha + 1.129\theta_{bw})} \right]^2$
	2 (다음에 의해 계산: $h' > h - d \tan(\alpha + 1.129\theta_{bw})$)	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{2\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ 또는 $2\pi d^2$	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{10\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ 또는 $10\pi d^2$
	3 (다음에 의해 계산: $h' < h - d \tan(\alpha + 1.129\theta_{bw})$)	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{2\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ 또는	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{10\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ 또는

)	$\frac{2\pi}{A_{sl}} \left[\frac{d^2 + (h-h')^2}{d} \right]^2$	$\frac{10\pi}{A_{sl}} \left[\frac{d^2 + (h-h')^2}{d} \right]^2$
	4	<p>다음 두 값 가운데 작은 값:</p> $\frac{2\pi}{A_{sl}} \left[\frac{a^2 + (h-2)^2}{a} \right]^2$ <p>또는</p> $2\pi \left[\frac{h-2}{\sin(\alpha + 1.129\theta_{bw})} \right]^2$	<p>다음 두 값 가운데 작은 값:</p> $\frac{10\pi}{A_{sl}} \left[\frac{a^2 + (h-2)^2}{a} \right]^2$ <p>또는</p> $10\pi \left[\frac{h-2}{\sin(\alpha + 1.129\theta_{bw})} \right]^2$
3	1	<p>다음 두 값 가운데 작은 값:</p> $\frac{2\pi}{A_{sl}} (h-2)^2$ <p>또는</p> $2\pi \left[\frac{h-2}{\sin(\alpha + 1.129\theta_{bw})} \right]^2$	<p>다음 두 값 가운데 작은 값:</p> $\frac{10\pi}{A_{sl}} (h-2)^2$ <p>또는</p> $10\pi \left[\frac{h-2}{\sin(\alpha + 1.129\theta_{bw})} \right]^2$
3	2	N/A (대체로 시각선이 요구됨)	N/A (대체로 시각선이 요구됨)
	3 (다음에 의해 계산: $h' < h - d \tan(\alpha + 1.129\theta_{bw})$)	<p>다음 두 값 가운데 작은 값:</p> $\frac{2\pi}{A_{sl}} (h-2)^2$ <p>또는</p> $\frac{\pi}{2A_{sl}} \left[\frac{d^2 + (h-h')^2}{d} \right]^2$	<p>다음 두 값 가운데 작은 값:</p> $\frac{10\pi}{A_{sl}} (h-2)^2$ <p>또는</p> $\frac{2.5\pi}{A_{sl}} \left[\frac{d^2 + (h-h')^2}{d} \right]^2$
	4	<p>다음 두 값 가운데 작은 값:</p> $\frac{2\pi}{A_{sl}} \left[\frac{a^2 + (h-2)^2}{a} \right]^2$ <p>또는</p> $2\pi \left[\frac{h-2}{\sin(\alpha + 1.129\theta_{bw})} \right]^2$	<p>다음 두 값 가운데 작은 값:</p> $\frac{10\pi}{A_{sl}} \left[\frac{a^2 + (h-2)^2}{a} \right]^2$ <p>또는</p> $10\pi \left[\frac{h-2}{\sin(\alpha + 1.129\theta_{bw})} \right]^2$

표 3-6. 주파수 범위 400~2000 MHz의 ICNIRP 기준치에 기초한 설비의 일반 준수 조건

지향성 범주	접근성 범주	EIRP _{th} (W)	
		일반 대중 노출	직업적 노출
1	1	$\frac{f\pi}{50}(h-2)^2$	$\frac{f\pi}{10}(h-2)^2$
	2	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{f\pi}{50}(h-2)^2$ 또는 $\frac{f\pi}{200}d^2$	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{f\pi}{10}(h-2)^2$ 또는 $\frac{f\pi}{40}d^2$
	3	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{f\pi}{50}(h-2)^2$ 또는 $\frac{f\pi}{200}\left[\frac{d^2+(h-h')^2}{d}\right]^2$	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{f\pi}{10}(h-2)^2$ 또는 $\frac{f\pi}{40}\left[\frac{d^2+(h-h')^2}{d}\right]^2$
1	4	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{f\pi}{50}(h-2)^2$ {If $a < (h-2)$ } 또는 $\frac{f\pi}{200}\left[\frac{a^2+(h-2)^2}{a}\right]^2$	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{f\pi}{10}(h-2)^2$ {If $a < (h-2)$ } 또는 $\frac{f\pi}{40}\left[\frac{a^2+(h-2)^2}{a}\right]^2$
2	1	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{f\pi}{200A_{sl}}(h-2)^2$ 또는 $\frac{f\pi}{200}\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{f\pi}{40A_{sl}}(h-2)^2$ 또는 $\frac{f\pi}{40}\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$
	2 (다음에 의해 계산: $h' > h-d \tan(\alpha+1.129\theta_{bw})$)	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{f\pi}{200A_{sl}}(h-2)^2$	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{f\pi}{40A_{sl}}(h-2)^2$

		또는 $\frac{f\pi}{200}d^2$	또는 $\frac{f\pi}{40}d^2$
	3 (다음에 의해 계산: $h' < h - d \tan(\alpha + 1.129\theta_{bw})$)	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{f\pi}{200A_{sl}}(h-2)^2$ 또는 $\frac{f\pi}{200A_{sl}}\left[\frac{d^2 + (h-h')^2}{d}\right]^2$	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{f\pi}{40A_{sl}}(h-2)^2$ 또는 $\frac{f\pi}{40A_{sl}}\left[\frac{d^2 + (h-h')^2}{d}\right]^2$
	4	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{f\pi}{200A_{sl}}\left[\frac{a^2 + (h-2)^2}{a}\right]^2$ 또는 $\frac{f\pi}{200}\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha + 1.129\theta_{bw})}\right]^2$	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{f\pi}{40A_{sl}}\left[\frac{a^2 + (h-2)^2}{a}\right]^2$ 또는 $\frac{f\pi}{40}\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha + 1.129\theta_{bw})}\right]^2$
3	1	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{f\pi}{200A_{sl}}(h-2)^2$ 또는 $\frac{f\pi}{200}\left[\frac{h}{\sin(\alpha + 1.129\theta_{bw})}\right]^2$	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{f\pi}{40A_{sl}}(h-2)^2$ 또는 $\frac{f\pi}{40}\left[\frac{h}{\sin(\alpha + 1.129\theta_{bw})}\right]^2$
3	2	N/A (대체로 시각선이 요구됨)	N/A (대체로 시각선이 요구됨)
	3 (다음에 의해 계산: $h' < h - d \tan(\alpha + 1.129\theta_{bw})$)	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{f\pi}{200A_{sl}}(h-2)^2$ 또는 $\frac{f\pi}{50A_{sl}}\left[\frac{d^2 + (h-h')^2}{d}\right]^2$	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{f\pi}{40A_{sl}}(h-2)^2$ 또는 $\frac{f\pi}{10A_{sl}}\left[\frac{d^2 + (h-h')^2}{d}\right]^2$
	4	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{f\pi}{200A_{sl}}\left[\frac{a^2 + (h-2)^2}{a}\right]^2$ 또는	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{f\pi}{40A_{sl}}\left[\frac{a^2 + (h-2)^2}{a}\right]^2$ 또는

		$\frac{f\pi}{200} \left[\frac{h-2}{\sin(\alpha + 1.129\theta_{bw})} \right]^2$	$\frac{f\pi}{40} \left[\frac{h-2}{\sin(\alpha + 1.129\theta_{bw})} \right]^2$
--	--	---	--

표 3-7. 주파수 범위 2000~300000 MHz의 ICNIRP 기준치에 기초한 설비의 일반 준수 조건

지향성 범주	접근성 범주	EIRP _{th} (W)	
		일반 대중 노출	직업적 노출
1	1	$40\pi(h-2)^2$	$200\pi(h-2)^2$
	2	다음 두 값 가운데 작은 값: $40\pi(h-2)^2$ 또는 $10\pi d^2$	다음 두 값 가운데 작은 값: $200\pi(h-2)^2$ 또는 $50\pi d^2$
	3	다음 두 값 가운데 작은 값: $40\pi(h-2)^2$ 또는 $10\pi \left[\frac{d^2 + (h-h')^2}{d} \right]^2$	다음 두 값 가운데 작은 값: $200\pi(h-2)^2$ 또는 $50\pi \left[\frac{d^2 + (h-h')^2}{d} \right]^2$
1	4	다음 두 값 가운데 작은 값: $40\pi(h-2)^2$ {If $a < (h-2)$ } 또는 $10\pi \left[\frac{a^2 + (h-2)^2}{a} \right]^2$	다음 두 값 가운데 작은 값: $200\pi(h-2)^2$ {If $a < (h-2)$ } 또는 $50\pi \left[\frac{a^2 + (h-2)^2}{a} \right]^2$
2	1	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{10\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ 또는 $10\pi \left[\frac{h-2}{\sin(\alpha + 1.129\theta_{bw})} \right]^2$	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{50\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ 또는 $50\pi \left[\frac{h-2}{\sin(\alpha + 1.129\theta_{bw})} \right]^2$
	2 (다음에 의해 계산: $h' > h - d \tan(\alpha + 1.129\theta_{bw})$)	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{10\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ 또는 $10\pi d^2$	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{50\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ 또는 $50\pi d^2$
	3	다음 두 값 가운데 작은 값:	다음 두 값 가운데 작은 값:

		값: $\frac{10\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ 또는 $\frac{10\pi}{A_{sl}}\left[\frac{d^2+(h-h')^2}{d}\right]^2$	값: $\frac{50\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ 또는 $\frac{50\pi}{A_{sl}}\left[\frac{d^2+(h-h')^2}{d}\right]^2$
		다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{10\pi}{A_{sl}}\left[\frac{a^2+(h-2)^2}{a}\right]^2$ 또는 $10\pi\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{50\pi}{A_{sl}}\left[\frac{a^2+(h-2)^2}{a}\right]^2$ 또는 $50\pi\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$
3	1	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{10\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ 또는 $10\pi\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{50\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ 또는 $50\pi\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$
3	2	N/A (대체로 시각선이 요구됨)	N/A (대체로 시각선이 요구됨)
	3 (다음에 의해 계산: $h' < h-d \tan(\alpha+1.129\theta_{bw})$)	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{10\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ 또는 $\frac{2.5\pi}{A_{sl}}\left[\frac{d^2+(h-h')^2}{d}\right]^2$	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{50\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ 또는 $\frac{12.5\pi}{A_{sl}}\left[\frac{d^2+(h-h')^2}{d}\right]^2$
	4	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{10\pi}{A_{sl}}\left[\frac{a^2+(h-2)^2}{a}\right]^2$ 또는 $10\pi\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$	다음 두 값 가운데 작은 값: $\frac{50\pi}{A_{sl}}\left[\frac{a^2+(h-2)^2}{a}\right]^2$ 또는 $50\pi\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$
주 1 - f는 MHz 단위. 주 2 - 모든 각도는 라디안 단위로 표시.			

주 3 - A_{sl} 는 숫자 계수로서 표시되어야 한다. 그러나 그것은 대체로 최대치와 관련하여 dB 단위로 표시된다. 변환 방법: $A_{sl} = 10^{A_{sl}[dB]/10}$.

9. EIRP_{th}값들의 근거

EIRP_{th}값들의 근거는 모든 경우에 원거리장 계산식을 이용한 계산에 기초해 있다. 따라서 이 근거가 적용되는 주파수 범위는 100 MHz 보다 높은 주파수에 한정된다.

가. 기본 준수 설비

기본 준수 설비의 기준은 100 mW 이하의 총복사 전력의 기본 준수 범주로 간주될 수 있는 경우 저이득 소구경 마이크로파 또는 밀리미터파 안테나를 제외하고 2 W 이하의 EIRP이다. 이 EIRP는 1 m 거리에서의 전력 밀도 0.16 W/m²에 대응되며 일반 대중 노출의 경우 최저 ICNIRP 전력 밀도 기준치는 2 W/m²이다.

나. 일반 준수 설비

일반 준수 설비의 기준은 지상과 인접 건물 또는 구조물의 노출을 고려하여 도출된다. 기본적 계산 절차는 9.1.2에 나와 있다. 두 가지 결정 요소는 안테나 패턴과 접근성 조건이다. 분류 기준을 도출하기 위해 다음과 같은 추가적인 보수적 가정이 제시된다.

- 지상 노출의 경우 반사 계수 1이 가정된다.
- 모든 노출은 수평면의 안테나 패턴 최대치를 따라 발생하는 것으로 가정된다.

다음은 여러 안테나 지향성 범주에 대한 기준 도출을 보여 준다.

(1) 지향성 범주 1

미소 다이폴의 상대적 수치 이득을 이용하여 안테나 이득 함수의 근사치를 구한다.

$$F(\theta, \phi) = \left[\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \sin \theta\right)}{\cos \theta} \right]^2 \approx \cos^2 \theta$$

미소 다이폴은 무지향성 설비의 가장 광범위한 수직 이득 함수를 갖는다. 따라서 이것은 메인 빔 축의 높이가 지면과 같거나 그보다 높은 상태에서 지상의 가장 심각한 노출 조건을 나타낸다.

이 이득을 이용하면 노출 전력은 다음과 같이 수치 해석을 통해 x 의 함수로서 구할 수 있다.

$$S(x) = \frac{EIRP}{4\pi} \left(\frac{x}{x^2 + h_d^2} + \frac{x}{x^2 + h_s^2} \right)^2$$

여기서 h_d 는 안테나 위상 중심 높이 h 와 관찰점의 높이 사이의 차이이며 h_s 는 양들의 합이다. 관찰점의 높이는 지상 노출의 경우 2 m이고 인접 구조물에서의 노출의 경우 h' 이다. 최대 노출치 계산은 복잡하지만 $h_s = h_d$ 라고 가정하면 보수적 추정이 가능하다. 이러한 근사치는 지면 가까이에서는 비교적 정확해야 하지만 지면에서 상당히 높은 지점에서는 상당한 과대 추정을 낳는다. 이러한 근사치로 인해 최대 노출은 $x = h_d$ 일 때 발생하며 다음 값과 동일하다.

$$S_{max}(h) = \frac{1}{4\pi} \frac{EIRP}{h_d^2}$$

특정 기준치, 등평면과 전력 밀도의 값 S_{lim} , 특정 안테나 높이의 경우 기준 준수를 보장해야 하는 최대 EIRP값을 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$EIRP_{th} = 4\pi h_d^2 S_{lim}$$

(2) 지향성 범주 2

이 경우 잠정적 안테나 패턴은 두 가지 요소, 즉 메인 빔과 고정 진폭 사이드슬로브 엔벨로프로 구성되어 있다. 안테나 패턴은 다음과 같은 식으로 구할 수 있다.

$$F(\theta) = \begin{cases} \left[\frac{\sin[c \sin(\theta - \alpha)]}{c \sin(\theta - \alpha)} \right]^2 & \text{메인 빔} \\ A_{sl} & \text{사이드 슬로브 엔벨로프} \end{cases}$$

파라미터 c 는 반전력 빔폭을 다음과 같이 결정한다.

$$c = \frac{1.392}{\sin(\theta_{bw}/2)}$$

메인 빔에서 사이드 슬로브 영역까지의 크로스오버는 분석적으로 평가하기 어렵지만 메인 빔 함수의 첫번째 0으로서 근사치를 구할 수 있다. 첫번째 0은 다음과 같은 경우에 발생한다.

$$\theta_{n1,n2} = \alpha \pm \sin^{-1} \left[\frac{\pi}{1.392} \sin \left(\frac{\theta_{bw}}{2} \right) \right] \approx \alpha \pm 2.257 \frac{\theta_{bw}}{2}$$

메인 빔 외부에서 노출은 고정 엔벨로프를 이용하여 계산되며 따라서 최대 노출은 안테나 바로 밑에서 발생한다. 많은 경우 이것은 안테나 패턴이 이 지점에서 0을 가질 수 있기 때문에 보수적 가정이다. 그러나 추가적 패턴 정보가 없으면 가장 보수적인 가정이 사용된다. 사이드 슬로브 노출이 안테나 베이스에서 멀리 떨어진 곳에서 발생하는

경우 고정 엔벨로프가 다이폴 계수($\cos\theta$)에 의해 변조될 수 있는 경우도 있다.

또한 계산을 단순화하기 위해 메인 빔의 고정 전력이 가정된다($F(\theta) = 1$). 점(x,y)이 빔 내부에 위치하기 위한 조건은 다음과 같다.

$$h - x \tan \theta_{n1} \leq y \leq h - x \tan \theta_{n2}$$

(3) 지향성 빔주 3

지향성 빔주 2와 비교하여 지향성 빔주 3의 노출 계산 사이의 주된 차이는 반사장에 대한 처리와 관련되어 있다. 지향성 빔주 3의 안테나들은 점대점 연결에 사용되기 때문에 메인 빔 내의 노출용 반사파를 고려할 필요가 없다.

제 2 절 국내 이동통신기지국 주변 전기장 강도 측정 표준화

1. 개요

휴대전화 사용, 이동통신 기지국 설치 등이 증가함에 따라 전자파에 의한 인체 유해성 여부가 사회적 이슈화 되고 있고 과장되거나 왜곡된 언론 보도 등으로 말미암아 전자파에 대한 국민들의 막연한 불안감 및 전자파 관련 민원이 급증하고 있다. 이에 고출력 무선설비 주변의 전자파 환경을 측정하여 국민 불안감 및 사회적 갈등요인을 해소해야 할 필요성이 요구되어 2006년 하반기에 이동통신 기지국 주변의 전자파환경에 대한 시범 측정을 실시하기로 하였다. 이에 공신력있는 측정 절차서의 필요성이 대두되어 정보통신부, 전파연구소, 전자통신연구원, 이동통신서비스 관련 산업체 및 학계 등이 주축이 되어 국내 표준 측정방법(안)을 작성하였다. 본 장에서는 기지국 주변 원거리장에서 인체노출에 대한 전자파 강도 측정을 위한 표준 절차서 작성 시의 주요 고려 사항과 표준 절차서에 의한 현장 측정의 결과를 다루고자 한다.

2. 표준 절차서 작성 시 주요 고려 사항

2001년에 제정된 국내 인체보호기준(전파연구소 고시 제 2001-88호)은 ICNIRP(International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) 기준을 준용한 것으로써 원거리장(far-field)에서 인체의 전자파 노출량을 측정할 때에는 전신 노출(whole body exposure)을 기준하여 인체가 노출되는 공간에서 전자파강도의 공간 평균값(spatial averaging)을 취하도록 되어 있다. 평균값은 그 계산에 사용되는 샘플(sample)의 개수에 따라 그 값이 달라질 수 있으므로 평균값 계산 시 사용한 샘플 개수의 결정이 매우 중요하며 또한 적절한 측정 영역을 정하는 것도 중요한 문제가 된다. 인체가 점유하는 영역을 의미하는 측정 영역의 경우 무선국 주변에서의 현장 측정(*in-situ* measurement)방법에 관한 가장 앞선 연구를 하고 있는 CENELEC(European Committee for Electrotechnical Standardization)에서는 높이 1.1 m, 1.5 m, 1.7 m와 폭 0.4 m (0.6 m * 0.4)로 표준화를 진행하고 있다. 그러나 아직까지는 국제적으로 공통으로 적용되는 표준화된 방법이 없으며 각 국가 혹은 국제 표준기구에서 각기 다양한 측정 프로토콜을 적용하면서 표준의 조화(harmonization)을 위해 노력하고 있다. 표 1에

각국 및 표준화 기구의 전신 노출에 대한 전자파강도 측정 시 사용하는 계산 영역 및 측정점 개수가 정리되어 있다.

표 3-8. 각국 혹은 표준화 기구의 측정 영역 및 측정점 개수

	호주	프랑스	이탈리아	EN50383	IEC61566	ITU-T	EN50400	prEN50492
기준높이[m]	1.5	0.75	1.1,1.5,1.9	-	1.0~2.0	-	1.1,1.5,1.7	1.1,1.5,1.7
측정점개수[개]	5	9	3	-	0.5 λ	9	3	6
측정 영역[m] (높이*폭*깊이)	1.0	1.0*0.5	-	0.7*0.4	인체가 점유하는 공간	1.0*1.0*1.0	-	0.6*0.4
측정 혹은 산출값	최대값	평균값	평균값	평균값	평균값	최대 및 평균값	최대값	평균값

3. 접근 방법

원거리장에서 전신 노출에 대한 인체 노출량의 평균값을 산출하기 위한 적절한 측정점의 개수를 결정하기 위해 5개 기지국 주변에서 현장 측정을 실시하였다. 각 기지국에서 그림 1과 같이 27개의 위치에서 전기장 강도를 측정하여 6, 9, 27개에 대한 평균값을 구해 비교하여 가장 적절한 측정점 개수를 정하였다. 측정 영역은 높이가 1.1 m, 1.5 m, 1.7 m 이며 폭은 0.4 m 이다. 측정의 목적이 주변 환경에 따른 공간 변화율을 관측하는 것이기 때문에 기지국과 측정 지점간이 거리는 임의로 정하였으며 주변 환경에 따른 전자파 강도의 변화를 관측하기 위해 측정지점을 도심과 부도심 혹은 개활지(농촌)로 구분하여 선정하였다.

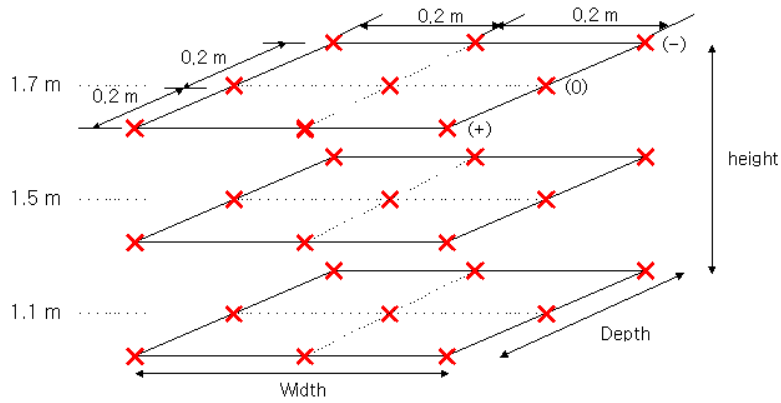


그림 3-15. 공간 변화율 관측을 위한 전기장 강도 측정위치

4. 측정점 개수의 결정

측정점 개수에 따른 평균값의 변화를 관측하기 위해 등방성 프로브와 스펙트럼 분석기를 사용하여 특정 주파수 대역에서의 노출량을 측정하는 협대역 측정을 실시하였다. 기지국과 측정 지점간의 거리는 GPS를 사용하여 측정하였으며 50 ~ 450 m 정도이내의 거리에서 측정이 이루어졌다. 측정 지점은 모두 가시거리(LOS, line of site) 이내에 있고 프로브의 높이는 1.1 m, 1.5 m, 1.7 m 로 두고 각 높이에서 9개 위치에서 측정하였다. 측정 모드는 ICNIRP 기준을 준용하여 실효값(rms, root mean square)로 두고 6분간 측정하였다. 단, 1분 이상 6분미만으로 6분간의 평균값을 얻을 수 있을 겨우 측정시간을 1분으로 단축하여 측정하였다. 또한 각 채널(channel)의 전력차이가 거의 없어 1개의 채널만을 측정한 후 총합(rss, root square sum)을 구하는 방법을 취하였다.

상기의 방법으로 측정을 수행하여 분석한 결과 표 2와 같이 공간 변화율은 non-open site (NOS)에서의 변화율 값이 open site(OS)보다 크며, NOS의 경우 최대 편차가 7.9502 dB (BS5) 정도이고 OS인 BS2의 경우 변화율이 0.0575 dB로써 NOS에 비해 매우 작은 값이 관측되었다. 이 차이는 측정 지점 주변 환경 예를 들어, 반사체의 존재에 의한 것이다. 표 2의 공간 변화율로 볼 때 인체가 점유하는 공간인 측정영역에서 전자파 강도의 변화율이 거의 없는 OS의 경우 각 높이당 1개 위치에서 측정하여 총 3개 위치에서 측정해도 충분하며 NOS의 경우 좀 더 많은 측정 위치에서 정밀 측정이 필요함을 알 수 있다.

표 3-9. 기지국별 공간변화율

		BS1	BS2	BS3	BS4	BS5
Base station Location		Urban	Sub-center	Sub-center	Sub-center	Sub-center
Characteristic of Investigation location		LOS, OS	LOS, OS	LOS, OS	LOS, NOS	LOS, NOS
Maximum variation (dB, V/m)	width	0.5326,	0.0725,	0.3978,	2.4579,	4.7576,
		0.0177	0.0220	0.0110	0.1123	0.004
		@ 1.8 m	@ 1.5 m	@ 1.8 m	@ 1.8 m	@ 1.5 m
	depth	0.4272,	0.0575,	0.2462,	3.7914,	3.5434,
		0.0140	0.0017	0.0068	0.1612	0.001
		@ 1.8m	@ 1.5 m	@ 1.8 m	@1.8 m	@ 1.5 m
height	0.5605,	0.1236,	0.8590,	3.5057,	7.9502,	
	0.0186	0.0037	0.0232	0.1514	0.023	

정밀 측정이 필요한 NOS일 경우의 측정점 개수를 결정하기 위해 공간 변화율이 상대적으로 큰 BS4 및 BS5에 대해 측정점의 개수를 6, 9, 27개로 두도 평균값을 관측한 결과[표 3] 인체의 점유 공간을 고려할 때 높이당 3개를 측정하여 총 9개 위치에서 측정하는 것이 적절하다는 결론을 얻었다.

표 3-10. 측정점 개수에 따른 평균값의 차이

		BS4	BS5
27 points	Total sum of 27 points	3.3340	0.0242
	Average	0.3514	0.0299
9 points	Total sum of 9 points at (-)	1.1773	0.0067
	Average	0.3616	0.0274
	Total sum of 9 points at (0)	1.1095	0.0098
	Average	0.3511	0.0331
	Total sum of 9 points at (+)	1.1773	0.0067
	Average	0.3616	0.0274
6 points	Total sum of 6 points (-)	0.7171	0.0054
	Average	0.3457	0.0300
	Total sum of 6 points (0)	0.7734	0.0059
	Average	0.3590	0.0315
	Total sum of 9 points (+)	0.8827	0.0045
	Average	0.3835	0.0275
Number of points that maximum mean value occurs		6	9

즉, 그림 2와 같이 기지국 주변 원거리장에서 인체노출에 대한 전자파강도 측정 시 인체가 놓일 공간에서 인체가 점유하는 공간을 기준으로 기본 측정일 경우 3개 위치, 정밀 측정일 경우 9개 위치에서 측정하도록 하였다.

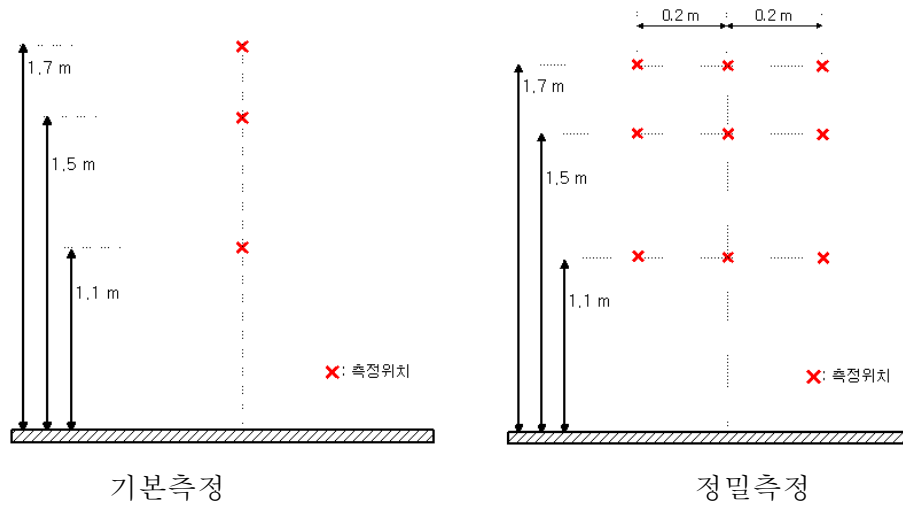


그림 3-16. 기본측정 및 정밀측정일 경우의 측정 위치

5. 표준 절차서에 의한 현장 측정 및 적합성 여부 판단

본 절에서는 기지국 주변의 인체노출에 대한 전자파 강도 측정기준에 의해 실시한 현장 측정의 과정과 결과에 대해 기술한다.

측정대상 기지국은 주파수대역이 869 ~ 894 MHz (대역폭 25 MHz)인 CDMA 방식의 기지국이며 주변엔 다른 기지국이 없으며 또한, 공용화 기지국이 아닌 단독 기지국이다. 특정지역에 대하여 노출량을 측정할 경우 기지국과의 가시경로, 거리, 사람이 빈번히 머무르는 곳 등을 고려하여 프로브의 높이는 1.5 m로 두고 측정대상 지역에서 측정신호 하한 주파수 파장의 3배 (1.0 m) 정도의 영역 내에서 전기장강도가 최대인 지점을 찾아 프로브를 설치한다. 측정 지점이 선정되면 그 지점에서 해당 주파수 스펙트럼을 확인한다.



그림 3-17. 측정 장면

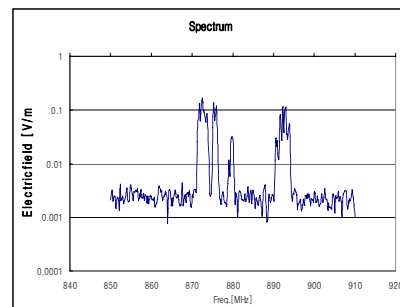


그림 3-18. 측정 주파수대역의 스펙트럼

본격적인 측정에 앞서 측정 시간 단축 가능 여부를 판단하기 위해 분해능 대역폭

(RBW)을 측정 주파수 대역과 동일한 25 MHz로 두고 1.5 m 높이에서 6분간 측정하여 6분 평균값(0.170 V/m) 및 1분 평균값(0.173 V/m) 비교한 결과 두 값 차이가 무시할 정도로 작아 평균측정시간을 1분으로 하였다.

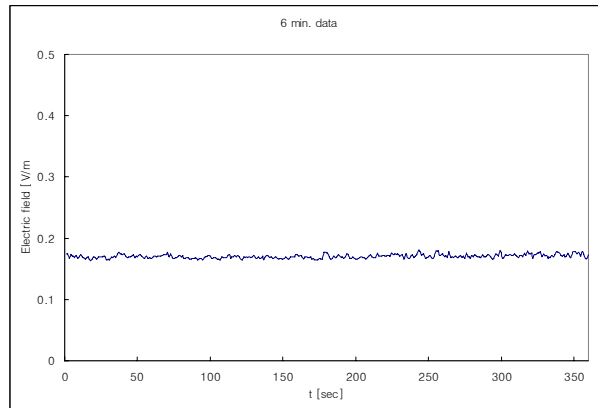


그림 3-19. 시간에 따른 측정데이터

측정 지점에서 9개 측정위치에서의 1분 측정값을 측정하는 정밀 측정을 수행하여 그림 6과 같은 결과를 얻었다.

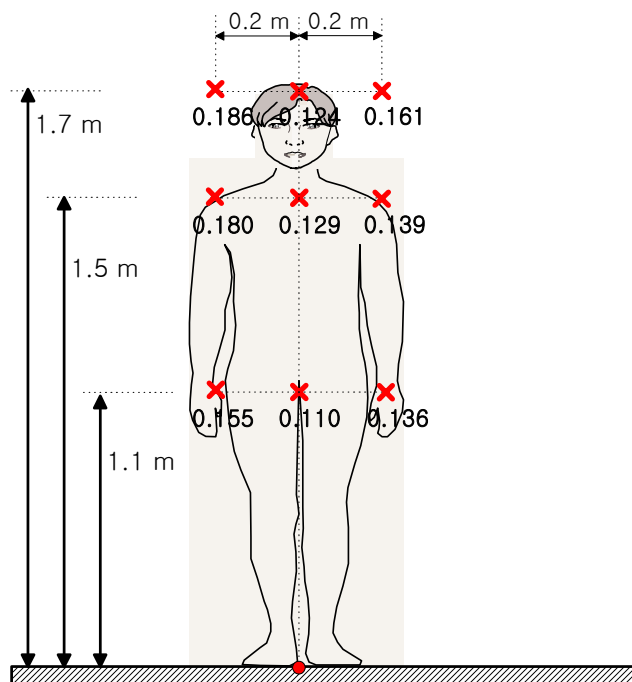


그림 3-20. 9개 측정위치에서 측정한 1분 평균값 (단위 : V/m)

측정값으로부터 공간 평균값을 산출하기 위해 아래의 수식을 이용하여 계산하였으며

공간 평균값은 0.149 V/m 였다.

$$\begin{aligned}
 \text{공간평균값} &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (E_i \text{ or } H_i)^2}{N}} \\
 &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N E_i^2}{N}} \quad (\text{전기장강도를 측정하였으므로}) \\
 &= \sqrt{\frac{0.186^2 + 0.124^2 + 0.161^2 + 0.180^2 + 0.129^2 + 0.139^2 + 0.155^2 + 0.110^2 + 0.136^2}{9}} \\
 &= \sqrt{\frac{0.199}{9}} \\
 &= 0.149 \text{ [V/m]}
 \end{aligned}$$

측정값으로부터 산출한 공간 평균값과 인체 보호기준과의 비교를 위해 다음의 과정을 수행한다. 즉, 측정 주파수대역인 869 ~ 894 MHz에서 전기장강도 기준값을 구하는 식은 $1.375 \cdot \sqrt{f}$ 로 표현된다. 따라서 기준값은 40.533 ~ 41.112 [V/m] 이다. 측정주파수 범위에서 가장 작은 값은 40.533 [V/m] 이므로 기준주파수는 869 MHz가 되며, 노출지수는 $\left(\frac{\text{공간 평균값}}{\text{기준값}}\right)^2 = \left(\frac{0.149}{40.533}\right)^2 = 0.00001351$ 이 된다. 이 값은 1.0보다 작은 값이므로 전기장강도 기준을 만족하는 것으로 결론을 내릴 수 있다.

6. 결론

기지국 주변 원거리장에서 인체 노출에 대한 전자파 강도를 측정할 때에는 전신 노출을 기준하여 인체가 점유하는 공간에서 전자파 강도의 평균값을 산출하여야 평균값은 그 계산에 사용되는 샘플의 숫자에 따라 그 값이 달라질 수 있으므로 측정 영역과 측정점의 개수가 매우 중요하다. 측정 영역 및 측정점 개수에 관한 다양한 프로토콜이 존재하나 국내표준 측정 방법은 높이 1.1 m, 1.5 m, 1.7 m에서 기본 측정일 경우 3개

점, 정밀 측정일 경우 9개점에서 측정하여 산출한 평균값과 인체노출 기준값과의 비교를 통해 적합성 여부를 판단하도록 하고 있다.

제 4 장 국제 표준화 활동

2006년도 EMF 인체노출표준위원회에서 검토한 IEC국제 기술문서는 총 5건이며 이에 대한 의견서 제출과 및 투표 결과에 대한 내용은 다음과 같다.

제 1 절 기술문서 검토 현황

가. IEC 106/102/CDV 기술문서 심의

1) WG 1 Project 62226-3-1 개요

- 제목 : 저주파수 및 중간주파수 영역 전기장 또는 자기장에 의한 노출량 - 인체에 유도되는 전류밀도 및 인체 내부 전기장의 계산방법 - Part 3-1: 전기장에 대한 노출 - 해석 및 2D 수치해석 모델 [Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range - Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body - Part 3-1 : Exposure to electric fields - Analytical and 2D numerical models]

○ 프로젝트 표준문서의 심의단계

: 106/72/NP → 106/86/RVN → 106/102/CDV

○ 적용범위:

본 표준은 100 kHz 이하의 주파수 범위에서 외부의 전기장에 의하여 인체내부에 유도된 전류밀도를 계산하고 측정하는 것에 적용할 수 있다. 본 표준의 주요내용은 다음과 같다.

생체조직의 전기적 특성(유전율, 전도율, 비균질 전도율)에 의한 유도전류의 영향을 언급하고 인체내부의 유도전류를 계산하기 위한 표면적 인체모형, 반타구 인체모형 및 축대칭형 인체모형을 제안한다. 또한 이 모형들에서 인체 내의 유도전류와 외부 전기장 사이의 관계를 수량화하기 위한 해석 모형을 토대로 수치해석하기 위한 방법을 제안한다.

○ 문서목차 :

1. 전기장에서의 노출

2. 일반적 절차
 - 2.1 전기장에 의한 형태 인자 (shape factor)
 - 2.2 절차
3. 인체 모델들
 - 3.1 표면 면적
 - 3.2 반타구체(半橢球體) 모델
 - 3.3 축 대칭 인체 모델
4. 유도 전류의 계산
 - 4.1 반타구(半橢球)
 - 4.2 축대칭 모델
 - 4.3 해석적 모델과 수치 계산 모델의 비교
5. 전기적 파라미터들의 영향
 - 5.1 유전율의 영향
 - 5.2 전도율의 영향
 - 5.3 비균질 전도율
6. 전기장에 의하여 유도된 전류의 측정
 - 6.1 일반사항
 - 6.2 대지(大地)로의 전류의 흐름
- 부록 A (표준) 균일 전기장에서의 橢球體의 해석적 해(解)
- 부록 B (표준) 인체 축 대칭 모델
 - B.1 축대칭 모델의 개발
 - B.2 축대칭 인체 모델의 적용
- 부록 C (표준) 어린이 모델
 - C.1 기준 어린이 모델
 - C.2 결과
- 부록 D (참고) 수치 계산 방법
 - D.1 타구체 모델
 - D.2 공간 포텐셜 방법
 - D.3 등가 전하 방법
 - D.4 가상 전하 적분 방정식 방법
 - D.5 유한 요소법
 - D.6 임피던스 방법
 - D.7 혼합 방법

D.8 FDTD

부록 F (참고) 참고문헌

2) 심의결과

- o 회람일 : 2005년 10월 7일
- o 마감일 : 2006년 3월 10일
- o 위원회(안)이 최종표준(안) 단계로 진행되는 것에 찬성
- o 단, 기술문서에 일반사항 2건, 기술적 사항 1건 및 편집사항 13건을 수정하는 의견 제시

나. IEC 106/104/FDIS 기술문서 심의

1) WG 5 Project 62311

- o 제목 : Project 62311 : 전기 및 전자 장치에서 발생하는 전자기장의 인체노출량 적합성 평가(0 Hz ~ 300 GHz) [Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz ~ 300 GHz)]

- o 프로젝트 표준문서의 심의단계

: 106/20/NP → 106/23/RVN → 106/55/CD → 106/69/CC → 106/70/CDV
→ 106/92/RVC → 106/104/FDIS

- o 적용 범위

본 일반 표준은 0 ~ 300 GHz 주파수 범위에서 전자기장에 대한 인체 노출에 관한 어떤 전용 제품 표준 또는 제품군 표준도 적용되지 않는 전기 전자 기기에 적용된다.

본 표준의 목적은 전기장, 자기장, 전자기장, 유도 전류, 접촉 전류 등과 관련된 일반인의 노출에 관한 기본 한계 또는 기준 레벨을 이용하여 해당 기기의 적합성을 입증하는 것이다.

- o 문서 목차

- 1. 범위 및 제목

2. 필수 참고 문헌
 3. 용어, 약어 및 정의
 4. 적합 기준
 5. 평가방법
 6. 제한치에 대한 적합성 평가
 7. 적합성 평가방법의 적절성
 - 7.1 가능한 평가 방법 목록
 - 7.2 결정 트리
 8. 다중 주파수를 가진 발생원
 - 8.1 서론
 - 8.2 1 Hz ~ 110 MHz 주파수 범위 (ICNIRP 근거)
 - 8.3 100 kHz ~ 300 GHz 주파수 범위 (ICNIRP 근거)
 - 8.4 0 kHz ~ 5 MHz 주파수 범위 (IEEE 근거)
 - 8.5 3 kHz ~ 300 GHz 주파수 범위 (IEEE 근거)
 9. 평가 보고서
 - 9.1 개요
 - 9.2 평가보고서에 기록되는 항목
 10. 장치와 함께 제공되는 정보
- 부록 A (정보적) 장 계산
- A.1 목적
 - A.2 원거리장 영역
 - A.3 복사 근거리장 영역
 - A.4 리액티브 근거리장 영역
 - A.5 900 MHz 장 영역 내에서의 계산 예
- 부록 B (정보적) SAR 적합성 평가
- B.1 전신 SAR
 - B.2 국부 SAR
 - B.3 참고문헌
- 부록 C (정보적) 수치해석 모델링 정보
- C.1 서론
 - C.2 해부학적 모델
 - C.3 더 단순하고 균일한 인체 모델
 - C.4 조직의 전기적 특성

C.5 수치해석 소스 모델

C.6 수치해석 모델링 방법

C.7 계산 예

C.8 참고문헌

부록 D (정보적) 물리적 특성 및 생체 전류의 측정

D.1 생체 전류 측정

D.2 유도 생체 전류 측정

D.3 접촉 전류 측정

D.4 접촉 전압

부록 E (정보적) 전자파 흡수율

E.1 전자파흡수율 측정 절차

부록 F (정보적) 전기장 및 자기장 측정

F.1 외부 전자기장 측정

부록 G (정보적) 전자파 발생원 모델링

G.1 수치해석 모델

G.2 전자기장 세기 계산

G.3 전자파흡수율 계산

G.4 참고 문헌

2) 심의결과

o 회람일 : 2005년 10월 21일

o 마감일 : 2006년 1월 6일

o 위 규격은 NP(106/20/NP), CD(106/55/CD)단계에서 각국의 많은 의견을 반영하였으며 마지막으로 투표를 위한 위원회안인 106/70/CDV에서 의견을 받아 최종국제 규격안 과정인 FDIS(Final Draft International Standard)단계에 있으며, 내용의 IS로 타당성을 묻는 투표로 편집사항 4건을 수정하는 의견을 제시하며 본 안에 찬성함

2) 심의결과

o 회람일 : 2005년 10월 21일

o 마감일 : 2006년 1월 6일

o 위 규격은 NP(106/20/NP), CD(106/55/CD)단계에서 각국의 많은 의견을 반영하였으며 마지막으로 투표를 위한 위원회안인 106/70/CDV에서 의견을

받아 최종국제 규격안 과정인 FDIS(Final Draft International Standard)단계에 있으며, 내용의 IS로 타당성을 묻는 투표로 편집사항 4건을 수정하는 의견을 제시하며 본 안에 찬성함

다. IEC 106/106/NP 기술문서 심의

1) WG 5 Project 62479

o 제목 : Project 62479 : 0 Hz ~ 300 GHz 대역의 전자기장 인체노출에 관한 기본한계에 전자 및 전기 장치의 적합성을 입증하기 위한 일반 표준
[Generic standard to demonstrate the compliance of low power electronic and electrical apparatus with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (10 MHz - 300 GHz) - General public]

o 프로젝트 표준문서의 심의단계
: 106/106/NP

o 적용 범위

본 일반 표준은 0 ~ 300 GHz 주파수 범위에서 전자기장에 대한 인체 노출에 관한 어떤 전용 제품 표준 또는 제품군 표준도 적용되지 않는 저전력 전기 전자 기기에 적용된다.

본 표준의 목적은 전기장, 자기장, 전자기장, 유도 전류, 접촉 전류 등과 관련된 일반인의 노출에 관한 기본 한계 또는 기준 레벨을 이용하여 해당 기기의 적합성을 입증하는 것이다.

2) 심의결과

o 회람일 : 2005년 12월 23일

o 마감일 : 2006년 3월 24일

o 본 문서(106/106/NP)는 IEC TC106에 신규로 제안된 문서로 신규 프로젝트로의 진행 여부에 대한 찬반을 묻는 것으로, 일반사항 1건의 의견을 제출하면서 찬성함

라. IEC 106/108/CD 기술문서 심의

1) WG 2 Project 62110

- 제목 : 교류 전력선에서 발생하는 전자기장의 인체노출량 측정 절차
[Measurement procedures for electric and magnetic fields generated by AC power lines with regard to human exposure]

- 프로젝트 표준문서의 심의단계

: 106/75/NP → 106/85/RVN → 106/108/CD

- 적용 범위

이 표준은 인체에 전자기장이 노출되는 수준을 평가하기 위하여 교류 전력선에서 발생하는 전기장 및 자기장의 측정절차를 제정하며, 일반적인 공공장소에서 적용한다. 단, 작업자가 비교적 높은 수준에서 자기장이 노출되는 업무시간은 제외한다.

많은 국가에서 송전을 위한 상용주파수로 사용하는 50 Hz와 60 Hz 주파수의 전기장 및 자기장에 적용하며 지상과 지하의 송전선로 및 배전선로, 전력분배 장치, 변전소 등을 포함한다. 이 표준안은 직업상태에서는 적용하지 않는다.

- 문서 목차

1. 적용범위
2. 참고문헌
3. 용어정의
4. 자기장 인체노출량 측정방법
 - 4.1 측정기구
 - 4.2 주변 환경 조건
 - 4.3 측정위치
 - 4.3.1 기본적인 규칙
 - 4.3.2 극단적인 비균일 자기장
 - 4.3.3 대체로 균일 자기장
 - 4.4 보고서의 요구조건
5. 전기장 인체노출량 측정방법
 - 5.1 측정기구

- 5.2 주변환경 조건
- 5.3 측정위치
- 5.4 보고서의 요구조건
- 6. 자기장 계산을 위한 지침
 - 6.1 전력선에서 발생하는 자기장
 - 6.2 계산하기 위한 조건
- 7. 전기장 계산을 위한 지침
- 부록 A (정보적) 교류 전력선에서 발생하는 자기장의 특성
 - A.1 서론
 - A.2 교류 전력선에서 발생하는 자기장의 공간적인 이익
 - A.2.1 공중 송전선로
 - A.2.2 공중 배전선로
 - A.2.3 지하에 매설된 송전선로
 - A.2.4 지하에 매설된 배전선로
 - A.3 시간에 따라 전력선에서 발생하는 자기장의 파동
- 부록 B (정보적) 교류 전력선에서 발생하는 전기장의 특성
- 부록 C (정보적) 자기장 계산을 위한 기초적인 방정식
 - C.1 Biot- Savart 법칙
 - C.2 교류 자기장의 일반적인 방정식
 - C.3 합성된 자기장
 - C.4 교류 자기장의 최대 최소
 - C.5 공중 송전선로에서 발생하는 자기장의 계산 예제
- 부록 D (정보적) 전기장 계산을 위한 기초적인 방정식
- 부록 E (정보적) 측정지점 주변 전력선의 이론적 원리
- 부록 F (정보적) 서지

2) 심의결과

- o 회람일 : 2006년 1월 20일
- o 마감일 : 2006년 4월 21일
- o 본 문서는 IEC TC106의 62110 프로젝트의 위원회 안인 106/108/CD에 대하여 찬반 투표와 의견을 묻는 것으로 일반사항, 기술적 사항을 포함하여 의견 12건을 제출하면서 찬성함.

마. IEC 106/111/CDV 기술문서 심의

1) WG 4 Project 62369

- o 제목 : 0 ~ 300 GHz 주파수 범위에서 다양하게 응용되는 근거리용 무선기기로부터 발생하는 전자기장에 대한 인체노출량 평가 - Part 1 : 전자 물류 감시 시스템(EAS), 무선 식별(RFID), 유사한 시스템에서 발생하는 장 [Evaluation of human exposure to electromagnetic fields from Short Range Devices (SRDs) in various applications over the frequency rang 0 ~ 300 GHz - Part 1 : Fields produced by devices used for Electronic Article Surveillance, Radio Frequency Identification and similar systems]

- o 프로젝트 표준문서의 심의단계

: 106/41/NP → 106/54/RVN → 106/80/CD → 106/105/CC → 106/111/CDV

- o 적용 범위 :

이 문서는 여러 분야의 표준중 첫 번째 부분이고, 0 ~ 300 GHz 주파수 범위에서 보안, 도난 방지, 전자 물류 감시 시스템(EAS), 무선 식별(RFID), 유사 응용에 사용되는 기기의 전자기장에서 인체 노출량 평가를 위한 절차를 언급한다. 그것은 복잡한 평가에 단계적인 접근을 채택한다. 단계 1은 기준치에 적합하기 위한 단순 측정이다. 단계 2는 해석 기술들이 결합된 측정의 더 복잡한 시리즈이다. 3 단계는 기본 한계에 적합하다는 것을 보여주기 위한 상세한 모델링과 해석을 요구한다. 어떤 기기를 평가할 때, 노출 환경을 위하여 최상의 조건이 사용되어야 한다.

일반적으로 이 문서에 의해서 다루어지는 기기들은 비균일한 장의 형태를 가진다. 종종 이러한 기기는 거리에 반대로 장의 강도가 매우 급격히 감소하거나 전기장과 자기장사이의 관계는 일정하지 않은 근거리장 조건에서 동작한다.

- o 문서 목차

머리말

서문

1. 범위

2. 물리량, 단위 및 상수

3. 용어 및 정의
4. 기기 적합성에 대한 측정 및 계산
 - 4.1 기준 레벨에 대하여 비교하기 위한 단순 측정
 - 4.2 기본 한계에 대하여 비교하기 위한 측정 및 분석
 - 4.3 기본한계에 대하여 비교하기 위한 수치 모델링
 - 4.4 사지 전류 및 접촉 전류 측정
5. 전자기장 감시(monitors)를 위한 측정
 - 5.1 전자기장 측정
 - 5.2 추가 평가
6. 다중 주파수나 복잡한 파형을 지닌 소스로부터의 노출
7. 불확정도
 - 7.1 불확정도 평가
 - 7.2 전형적인 불확정도의 예
 - 7.3 총 불확정도
- 참고 문헌
- 부록 A (정보적) 기기 특성
 - A.1 EAS 기기
 - A.2 EAS 데스크탑 및 활성화/비활성화 장치
 - A.3 RFID 장치

2) 심의결과

- o 회람일 : 2006년 4월 28일
- o 마감일 : 2006년 9월 29일
- o 본 문서는 IEC TC106의 62369-1 프로젝트의 위원회 안인 106/111/CDV에 대하여 찬반 투표와 의견을 묻는 것으로, 일반사항, 기술적 사항을 포함하여 의견 12건을 제출하면서 반대함.
- o 반대 이유 : 측정방법에 대한 세부 측정절차 및 전신 팬텀에 대한 규격 필요

제 2 절 기술문서 번역 및 요약

2006년도에 IEC/TC106의 WG4는 RFID/EAS에 대한 전자파 노출량평가 방법에 대한 위원회 안 작성하고 이에 대한 투표를 진행하였다. 본고에서는 새로운 이동통신 대상 기기에 대한 CD 기술문서 106/111/CDV를 전체 번역하였으며, 몸통 전자파흡수율 측정방법에 대한 기술적 검토 진행 상황을 분석하기위하여 62209-2의 0.8 버전에 대하여 일부 번역하였다.

본 절에서는 106/111/CDV 기술문서 번역한 내용에 대하여 주요내용을 요약하여 소개하고자 한다.

가. 제목

전자 물류 감시 시스템(EAS), 무선 식별(RFID), 유사한 시스템에서 발생하는 전자기장에 대한 인체노출량 평가

나. 적용범위

전자 물체 감시(EAS), 무선 주파수 식별(RFID) 및 이와 유사한 응용에 이용되는 장치로부터 방출되는 전자기장(EMF)에 대한 인체 노출을 평가에 적용

다. 인체 노출량 평가 방법

평가는 간단한 평가를 이용하되 직접 측정이 어렵거나 불가능할 경우는 계산 및 수치 모델 기법을 이용한다. 이 방법 이외에도 접촉 전류와 사지 전류의 준수 여부로 평가할 수도 있다.

평가 보고서는 다음을 포함하는 모든 관련 파라미터에 관한 세부사항을 기술해야한다:

- 주변 온도와 습도
- 측정 부위 그림
- 측정된 값
- 측정된 주파수
- 전력 조절(적용되는 경우)
- 변조 형식
- 부대 장비
- 측정 장치

- 모델링 파라미터
- 불확정도

이 표준의 측정 프로토콜은 직립 자세에 있는 사람 사람의 치수로 정의한다.

가. 기준값과 비교를 위한 간단한 측정방법

(1) 기준 값과 비교를 위한 직접적인 측정

장의 세기는 표 1에 주어진 바와 같이 거리 X에서 피 시험 기기 주변에서 측정해야 한다. 이 거리에서 전자기장이 최대인 지점을 결정하기 위해 예비 스캐닝을 실시할 수도 있다. 장세기는 세 직교 측정 축에 대한 벡터 합 또는 최대값을 가지도록 배열된 상태에서 크기를 측정하여 결정해야 한다.

(2) 기준 값과 비교를 위한 공간 평균 측정

어떤 노출 요구사항에서 기준값은 노출된 사람의 전신에 대한 공간 평균에 따른다. 이 문서에서 다루는 모든 종류의 장비에 대해 가장 적절한 인체 부위는 몸체이며 그림 1에 나타낸 그리드(grid)를 적용한다. 주로 머리가 노출되는 예외적인 경우에는 그림 2에 나타낸 그리드를 적용해야 한다. 측정은 그림 1~11과 표 1에 정의한 그리드 패턴에 따라 측정한다. 각 그리드 위치에서 측정한 값을 기록하고 측정치의 산술 평균을 계산하여 적절한 기준 값과 비교하고 결과를 기록한다. 300 MHz 이상의 주파수에서 주로 원거리장에서 측정하는 경우 위에서 설명한 바와 같이 전기장을 측정할 수 있다. 마이크로웨이브 주파수에서 근거리장과 원거리장을 모두 평가하는 경우 기준 값과 비교하기 위해 계산된 장을 적용할 수 있다. 수치해석모델에 대해서는 측정치와의 비교를 통해 타당성을 검증해야 한다.

표 4-1. 그림 4-1 ~ 4-11에 대한 차원과 거리

	그림 ⁷⁾	규격 치수(cm) ⁵⁾			참조 치수 ^{1), 8)}		
		a/b/c	x	z	높이	너비	폭
일반적인 몸체 그리드	1	15	-	85	-	-	-
일반적인 머리 그리드 ²⁾	2	10	-	145	-	-	-
단일 바닥 지지 장치	3	15	20	85	120-160	-	40-80
이중 바닥 지지 장치	4	15	20	85	120-160	70-200	40-80
바닥에 설치된 단일 장치 ⁶⁾	5	15	-	85	-	60-100	40-80
천장에 설치된 단일 장치	6	15	-	85	210-300	60-100	40-80
이중 바닥/천장 장치 ⁶⁾	7	15	-	85	210-300	60-100	40-80
“투시(walk-through)” 장치 ⁶⁾	8	15	20	85	210-300	70-300	0,5-50
계산대 설치 장치 ³⁾	9	15	30	85	70-90	20-40	20-40
벽에 설치된 장치	10	15	20	-	60-160	20-100	20-50
휴대용 장치 ⁴⁾	11	15	10	-	70-140	범위:100 ~ 200cm ²	

주)

1. 이러한 치수는 장비의 대부분을 포함하는 범위를 나타낸다. 장비의 일부는 이 범위 밖에 있을 수도 있다.
2. 머리 그리드 크기와 Z 치수의 전체 합은 175cm로써 서 있는 사람의 신장에 해당한다.
3. 거리 X는 계산대에 설치될 때 통상적인 거리를 나타낸다. 더 가까운 거리에서 작동하는 경우에는 대부분 직업적인 수준을 적용한다.
4. 휴대 장치를 이용하여 인체를 스캔하는 경우 적절한 X 거리를 적용해야 한다. X가 3cm 미만인 근거리 스캔 장비가 적합하다.
5. 위 범주에 속하지 않는 장비의 경우 가장 근접한 범주를 적용하거나 위와 유사한 원칙을 적용하여 새롭게 구성을 할 수 있다.
6. 어떤 장치는 마루 표면에서 최소 거리로 매설된다. 설치 문서에 이러한 요구사항을 명시하는 경우 매설 거리를 Z 치수에 합산할 수 있다.
7. 그리드 위치와 치수는 프로브 중심의 위치를 반영한다. 회색 원은 그리드에 대한 프로브 위치의 예를 보여준다.
8. 어떤 장치는 원형이거나 타원형이지만 개략적인 치수는 직교 치수를 반영한다.

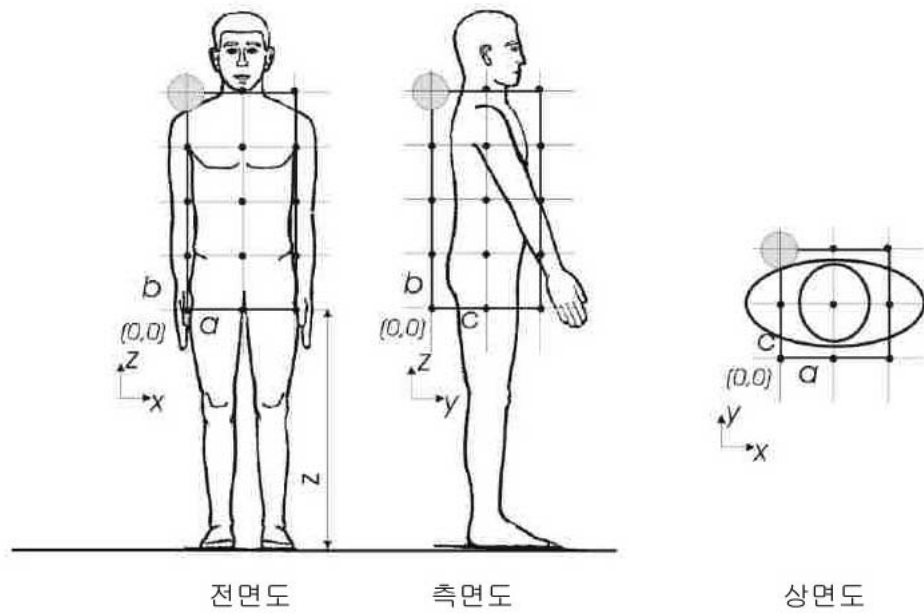


그림 4-1. 몸체 측정 그리드

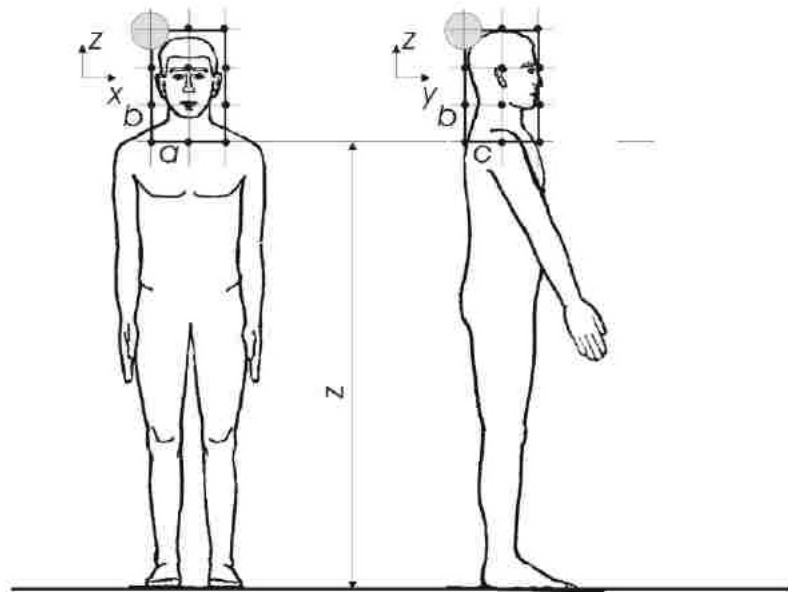


그림 4-2. 머리 측정 그리드

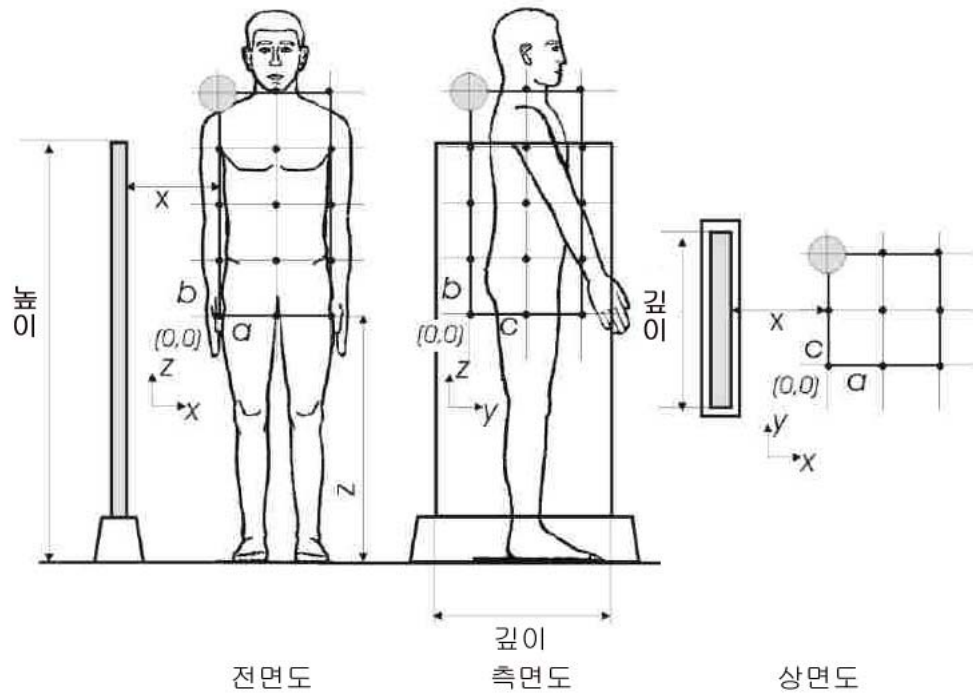


그림 4-3. 단일 바닥 지지 안테나

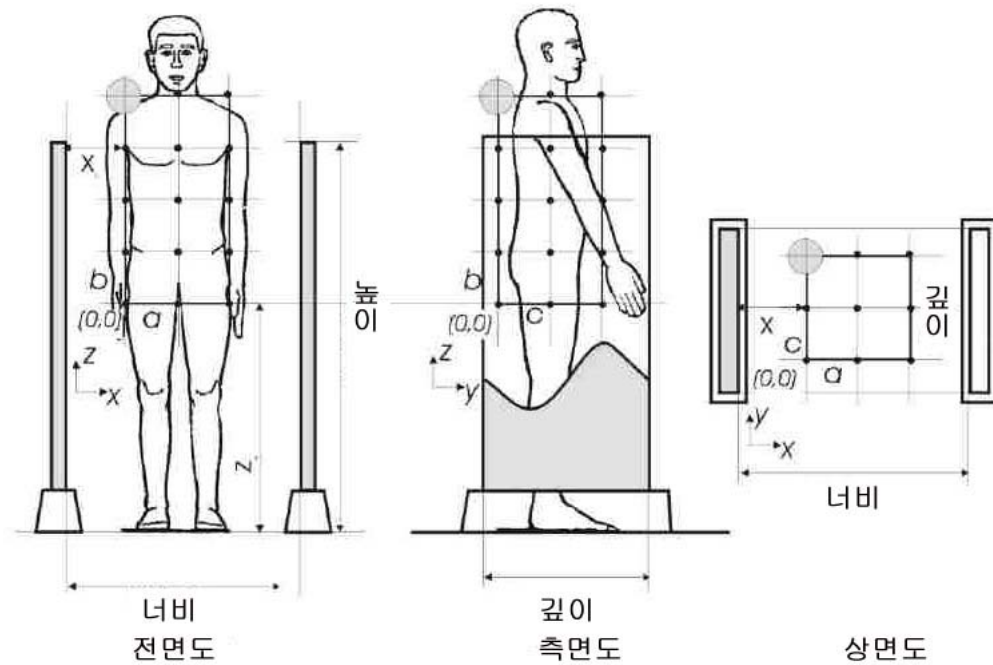


그림 4-4. 이중 바닥 지지 안테나

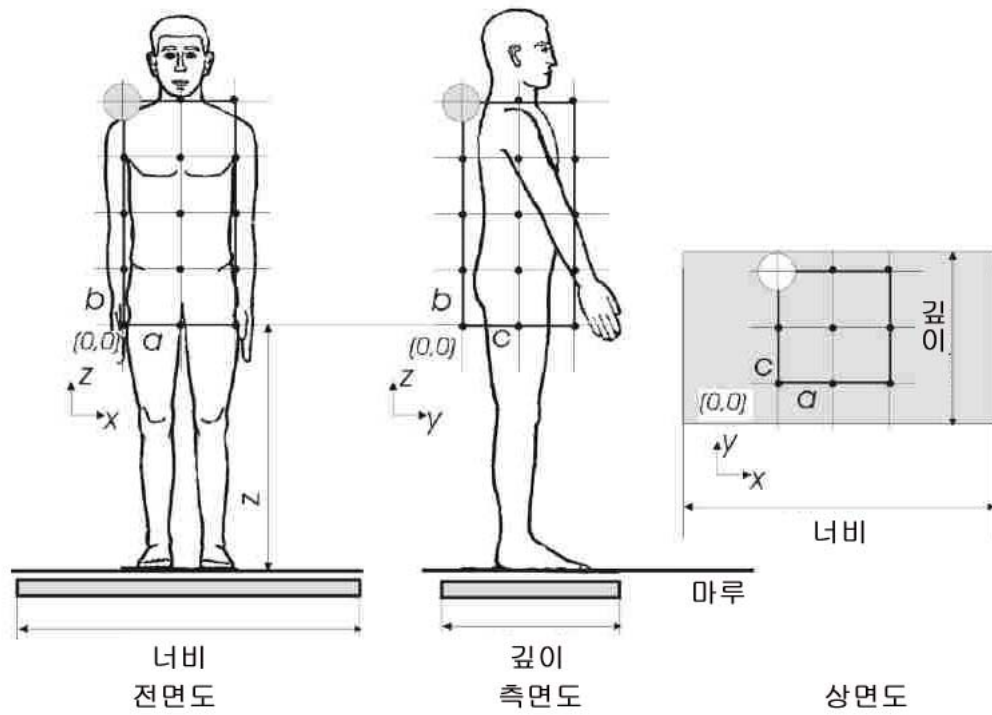


그림 4-5. 단일 마루 설치 안테나

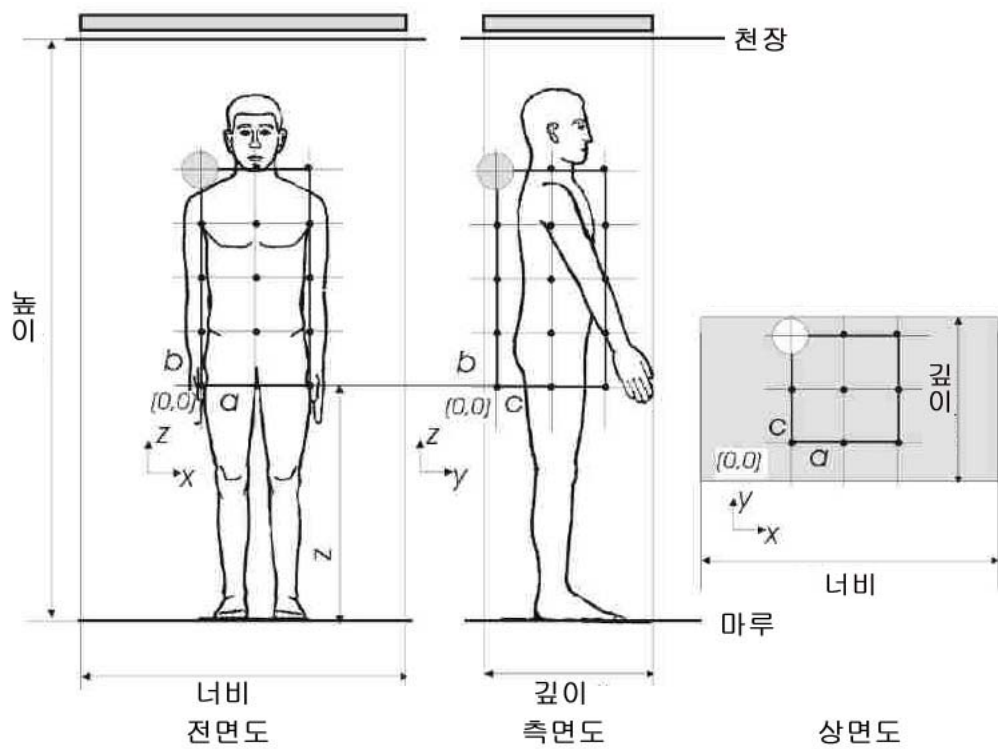


그림 4-6. 단일 천장 설치 안테나

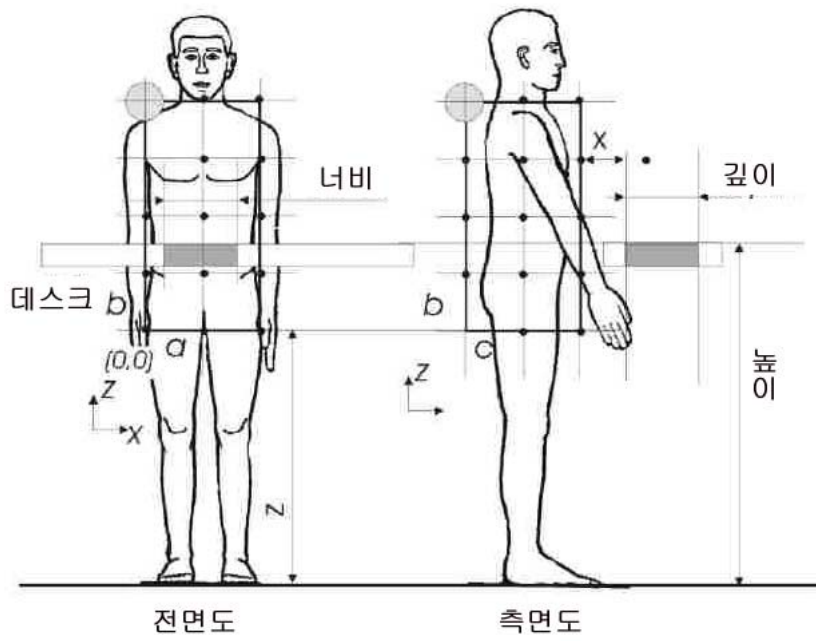


그림 4-9. 계산대 또는 데스크 설치 안테나

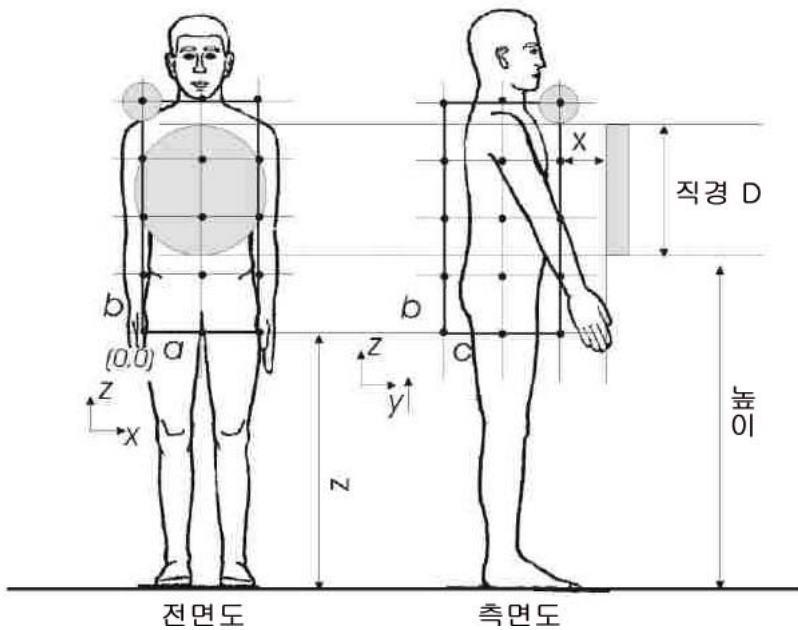
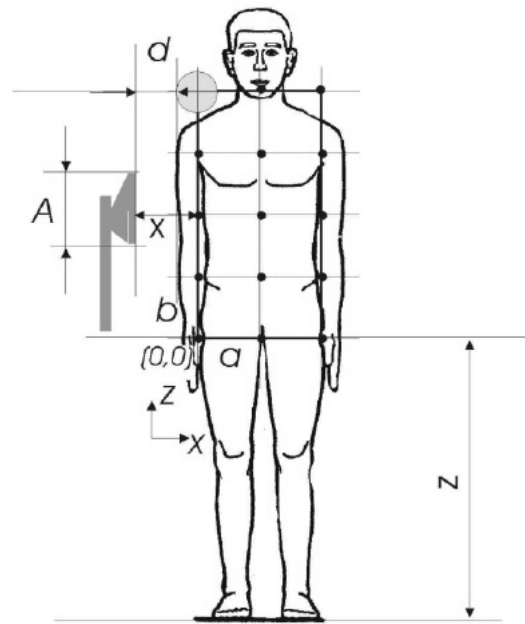


그림 4-10. 수직, 벽 또는 프레임 설치 안테나



전면도

그림 4-11. 휴대용 안테나

나. 전자파흡수율(SAR) 측정

인체 모델 내 SAR을 직접 측정하는 주요 방법으로는 세 가지가 있다:

- 국부 SAR 평가를 위한 내부 전기장 세기 측정;
- SAR 평가를 위한 내부 온도 측정;
- 전신 평균 SAR을 평가하기 위해 전달된 열량 측정

내부 전기장 세기 측정과 온도 측정은 IEC 62209, part1과 part2의 SAR 평가를 위한 이론과 방법에 관한 내용을 참고한다.

다. 기본 한계와 비교를 위한 수치 평가

(1) 균질 모델을 이용한 평가

적절한 인체 모델은 원판, 직육면체, 장형 회전 타원체 또는 단순화된 균질 인체 형상을 포함한다.

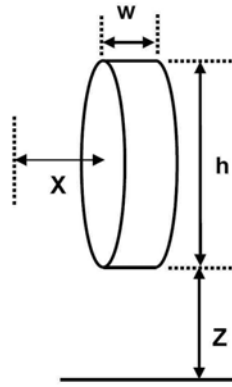


그림 4-12. 원판 모델

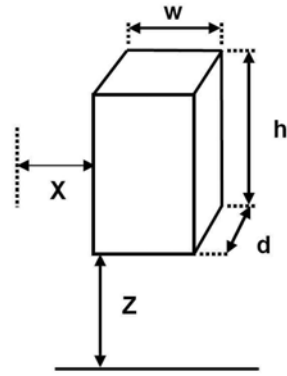


그림 4-13. 직육면체 모델

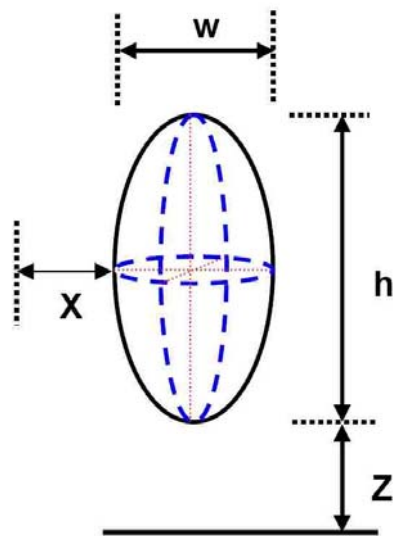


그림 4-14. 회전 타원체 모델

표 4-2. 단순화된 신체 형상에 대한 치수 및 거리

	전신/몸체			머리		
	h	w	d	h	w	d
원판	60	4	–	30	4	–
직육면체	60	30	30	30	20	20
회전 타원체	60	30	–	30	20	–
인체	부록 A 참조					
X와 Z의 거리는 표 1에 나타난 수치에 해당한다.						

모델링 결과는 국부 또는 전신 평가를 위해 적절한 평균 크기에 대해 정의된 유도 전류밀도, 실제 전기장 또는 SAR로 나타낼 수 있다.

(2) 100 kHz ~ 50 MHz 대역에서 유도 근거리장에 노출되는 특수한 경우

100 kHz 이하의 주파수에서는 선량 측정량으로 유도 전류 밀도 또는 실제 자기장을 나타낸다. 100 kHz 이상의 주파수에서 선량 측정량은 SAR로 나타내며 자기장은 평면 전자기파의 성분이 되므로 신체와의 상호작용에 고려한다. 100 kHz 이상 전자기파의 유도 근거리장에서 비균질 노출이 발생하는 경우 평면 전달 전자기파에 대해 가정한 값보다 전기장 성분이 훨씬 작으므로 이러한 접근 방식은 SAR을 과대평가할 수 있다.

유도 근거리장 노출 조건에서는 자기장과 인체의 상호 작용을 바탕으로 하는 선량 모델을 이용하여 기본 한계의 준수여부를 평가하는 것이 더 적절하다. 100 kHz 이하에서 적용되는 선량 측정량에 대한 모델은 50 MHz 이상 주파수까지 확장할 수 있다. 50 MHz에서는 근거리장이 1 m까지 연장되며 이 거리 내에서는 자기장이 우세한 장 성분이 된다.

SAR은 선량 측정량으로 이용될 수도 있으므로 유도 전류 밀도뿐만 아니라 SAR의 기본 한계에 대한 적합성을 시험할 수 있다.

(3) 50 MHz 이상 주파수

원거리장에서 기준 값을 초과하는 경우 해석적 기법을 적용하여 국소 SAR을 계산할 수 있다. 근거리장에서 기준 값을 초과하는 경우 기본 한계 준수 여부를 직접 평가해야 한다.

(4) 국부 SAR(100 kHz ~ 10 GHz.)

어떤 노출 요구사항은 국부 SAR의 최대값을 명시한다. 예를 들면 노출 요구사항은 접촉하는 직육면체 또는 형태를 정의하지 않은 조직 10g 또는 1g에 대한 국소 SAR을 정의한다. 유효 전력은 국소화된 조직 부피로 계산할 수 있다. 가장 간단한 형태는 전송된 모든 전력이 조직의 평균 질량에 전달된다고 가정하는 것이다.

$$P_{\text{Max}} = \text{SAR}_{\text{Max}} \times M_{\text{Tissue}}$$

여기서

SAR_{Max} : 국소 노출에 대한 기본 제한 또는 한계

M_{Tissue} : 평균 계산에 적용되는 피부의 질량

P_{Max} : 형태와 무관하게 접촉하는 조직의 질량에 모든 전력이 흡수된다고 가정할 때 안테나에 전달되는 최대 전력

라. 기본 한계 비교를 위해 비균질 모델을 이용한 평가

(1) 해부학적 신체 모델

- 신장 (정수리부터 발바닥까지): $1,76 \text{ m} \pm 8 \%$;
- 대표적인 체형;
- 인체의 대표적인 비균질 조직;
- 조직의 실제 유전 특성;
- 10 mm와 같거나 그 이상의 데이터 분해능

(2) 계산/모델링 방법

준정적(Quasi-static) 방법(인체 모델에 대해 입사장의 위상이 일정하다고 가정)은 파장에 비해 신체 치수가 작은 저주파수(약 30 MHz 까지)에 적합하다. 고주파수에서는 맥스웰 방정식의 해를 기반으로 하는 방법 FDTD 방법이 더 적합하다.

(3) 평가 장치에 대한 신체 위치

평가 장치에 대한 신체의 위치는 4.1.2항에서 정의한 원칙을 반영해야 한다. 이용 가능한 신체 모델에는 차이가 있으므로 위치를 정확하게 일치시키지 못할 수도 있으나 $\pm 10 \%$ 이내에서 표 1에 주어진 치수를 준수해야 한다. 그 외의 위치를 적용할 수도 있으나 장치의 실제 사용을 반영해야 하며 평가 보고서에 명시해야 한다.

(4) 평가 보고서

평가 보고서는 최소한 다음 정보를 포함하거나 첨부해야 한다:

- 평가 장치의 상호 또는 제품 정보
- 제출 기관 또는 사람의 연락처
- 평가 전문가 및/또는 기관의 연락처
- 적용된 모델링/계산 방법 설명(필요한 경우 참조 문서 포함)
- 적용된 인체 모델 및 조직 파라미터 요약
- 평가 장치와 관련하여 인체 모델 위치 또는 특정 조직의 위치에 관한 요약
- 평가 장치의 형상과 방출을 나타내는 모델 설명
- 결과 요약 및 설명

마. 말단 전류 및 접촉 전류 측정

말단 전류와 접촉 전류는 전류 변압기에 클램프를 이용하여 팔 또는 다리에서 측정할

수 있다. 다리에 통하는 전류는 클램프 형 전류 변압기 대신에 스탠드 형 전류계를 이용하여 측정할 수 있다.

라. 복수 주파수 또는 복합 파형을 가진 소스로부터 노출

이 표준이 적용되는 장치의 동작 특성은 30 dB 이상으로 다른 주파수와 중첩된 한 개 이상의 개별 주파수에서 동작한다. 이러한 경우 모든 주파수를 평가할 필요 없이 명시된 동작 주파수에서 노출 평가를 실시할 수 있다. 그렇지 않은 경우에는 모든 주파수에서 노출 평가를 실시해야 한다.

복수 주파수에서 동작하는 장치는 모든 주파수를 동시에 이용하지 않을 수도 있다. 비동시 동작의 효과는 누적되지 않으므로 동시에 이용되지 않는 각 주파수에 대해 별도로 평가를 실시할 수 있다. 시간에 대해 평균하는 경우 평균 기간 동안에 전송된 모든 주파수를 고려해야 한다.

여러 주파수의 장에 동시에 노출되는 경우에는 이러한 노출의 영향이 중첩될 가능성을 고려해야 한다.

저주파수에서 생물학적 영향과 건강 영향은 고주파수에서 영향과 다르게 나타난다. 낮은 주파수에서 생물학적 영향은 전기 자극에 기인하며 높은 주파수에서는 열 효과를 바탕으로 한다. 합산을 기반으로 하는 계산은 각 영향에 대해 별도로 실시해야 하므로 신체에 대한 열 영향과 전기 자극 영향에 대해 평가를 별도로 실시해야 한다. 여러 가지 노출 요구사항은 복수 장 합산을 위해 약간 다른 계산 방법을 규정한다. 기술된 방법은 준수 여부를 평가할 때 적용해야 한다.

마. 복수 소스로부터의 노출

가. 전기자극 영향(저주파수)

노출을 기준 한계의 비율로 평가하는 n 개의 소스와 기준 값의 비율로 평가하는 $(m-n)$ 개의 소스에 대한 합은 아래와 같이 구할 수 있다:

$$\sum_{n=1}^N \text{EXP}_{\text{BR},n} + \sum_{m=N+1}^M \text{EXP}_{\text{RV},m}$$

여기서

$\text{EXP}_{\text{BR},n}$: 기본 한계에 대해 평가된 소스 n 의 전체 노출

$\text{EXP}_{\text{RV},m}$: 기준 값에 대해 평가된 소스 m 의 전체 노출

노출의 비율은 평가되는 소스 거리에서 알려진 또는 계산된 노출을 이용하여 각 소스에 대해 계산해야 한다. 더 가까운 거리(더 보존적)에 관한 자료만 주어지는 경우 이러한 값을 적용할 수도 있다.

필요한 경우 환경적인 배경 수준도 기준 값의 비율로 추가할 수 있다. 이 표준이 적용되는 대부분의 경우 배경 수준은 소스에 비해 낮다.

나. 열영향(고주파수)

노출을 기준 한계의 비율로 평가하는 n 개의 소스와 기준 값의 비율로 평가하는 $(m-n)$ 개의 소스에 대한 합은 아래와 같이 구할 수 있다:

$$\sum_{n=1}^N EXP_{BR,n} + \sqrt{\sum_{m=N+1}^M (EXP_{RV,m})^2}$$

여기서

$EXP_{BR,n}$: 기본 한계에 대해 평가된 소스 n 의 전체 노출

$EXP_{RV,m}$: 기준 값에 대해 평가된 소스 m 의 전체 노출

노출의 비율은 평가되는 소스 거리에서 알려진 또는 계산된 노출을 이용하여 각 소스에 대해 계산해야 한다. 더 가까운 거리(더 보존적)에 관한 자료만 주어지는 경우 이러한 값을 적용할 수도 있다.

필요한 경우 환경적인 배경 수준도 기준 값의 비율 또는 기본 한계의 비율로 추가할 수 있다.

제 5 장 국제회의 참가

제 1 절 IEC/TC 106 표준화 회의

IEC TC 106은 전기장, 자기장, 전자기장의 인체노출에 대한 평가 방법을 위해 1999년 7월에 제안되어 10월 회의에서 IEC의 새로운 기술위원회로 만들어졌으며, 2000년 10월 몬트리올에서 첫 전체회의가 개최되었고 이번이 7번째 회의이다. 이번 TC 106 회의는 2006년 10월 31일부터 11월 2일까지 3일간 미국의 Fort Lauderdale에서 열렸으며 회의의 주요 내용은 다음과 같다.

1. 각 WG별 보고내용 요약

가) WG 1: Measurement and calculation methods for low and intermediate frequency (0 to 100 kHz) electric and magnetic fields and induced quantities - Project 62226 (Convenor: Mr. Francois Dechamps)

o WG 1는 100 kHz 이하의 저주파수 대역에서 전자기장과 유도전류 측정 및 평가방법에 관한 일반적이고 기본적인 표준(Generic, Basic Standard)을 담당함.

o Convenor가 WG 1 산하 PT 62226의 구성과 진행상황 보고

Part 1: General (완료, IS)

Part 2: Exposure to magnetic fields

Part 2-1 : 2D models (완료, IS)

Part 2-2 : 3D models (작업중지)

Part 2-3 : Guide for practical use of coupling factors (작업중지)

Part 3: Exposure to electric fields

Part 3-1: Analytical and 2D numerical models (FDIS 제안)

Part 3-2: 3D numerical models (작업중지)

Part 4: Electrical parameters of human living tissues (Technical Report) (작업중지)

o Convenor 는 PT 62226 part 2-2, 2-3, 3-2, 4 이 작업중지된 이유로 저주파영역에서 3D 인체모델을 해석할 수 있는 소프트웨어가 부족하고 일부 존재하는 소

소프트웨어도 인체노출량 평가에는 적합하지 않으며 전 세계적으로 이 분야의 전문연구팀이 부족하여 국제표준으로 발행하기에는 적합하지 않다는 관점을 제시함.

- o 위의 발언에 대해 아일랜드의 Ian Brooker는 강하게 반발하며 저수파수 대역의 해석을 위한 상용 소프트웨어가 상당수 존재하며 연구결과도 충분하다고 반박함. 또한 현재 PT에서 3D 모델에 관한 표준작업을 수행할 의지가 없다면 현재 PT에서 이 작업을 중지하겠다는 것을 공식적으로 확정하고 새로운 PT에서 이 작업을 진행할 수 있도록 할 것을 요구. WG 1 Convenor도 이에 동의함.
- o 위와 같은 토론으로 보아 현재 PT 62369의 작업은 현재까지 진행된 2D 모델 표준으로 거의 마무리된 것으로 보이며 3D 모델의 표준화는 새로운 PT에서 진행될 것으로 전망되나 현재 자원자가 없는 상황에서 향후 진행 여부가 불투명한 상태

나) WG 2: Characterization of low frequency electric and magnetic fields produced by specific sources (Convenor: Dr. Duc Hai Nguyen)

- o WG 2는 가전제품, 전송선, 산업용 전력기기, 전기철도 등 특정한 발생원에 의한 저주파 대역 전자기장의 측정방법, 측정기기 교정 등에 관한 표준화를 담당함. 이번 회의에서는 Convenor 발표 없이 PT 62110의 프로젝트팀 리더 발표만 있었음.

a) PT 62110: Measurement procedures of electric and magnetic fields generated by AC power systems with regard to human exposure (Project Leader: Yukio Mizuno)

- o WG 2 산하 PT 62110는 교류 전력 시스템에서 발생하는 전기장과 자기장의 인체노출량 측정 방법 표준을 담당한다.
- o 2006년 9월까지 3번의 PT meeting을 가졌으며 2006년 1월 첫번째 CD (committee draft) 문서를 제출함. 현재 CD에 대한 코멘트를 분석하고 두번째 CD 문서 준비중.
- o 적용범위는 일반인으로 제한하며 비균일장에서 노출량의 공간평균을 평가하는 간편한 Protocol을 제공하는 것이 목표.
- o 기본측정위치는 지상 0.5m, 1.0m, 1.5m 이나 임의의 위치 추가 가능. 전력시스템

으로부터 수평거리는 일반인이 걸어서 전력 시스템을 지나갈 경우를 고려하여 0.3 m로함. 이는 IEC 62233 표준과 일치함.

- o 유사한 표준이 존재하는 IEC TC17C WG23과 조율이 필요함. (측정 위치 등이 다름)
- o 2006년 12월 두번째 CD를 제출하고 2007년 7월경 CDV를 제출할 예정.

다) WG 3: Measurement and Calculation Method for High Frequency (approximately 100 kHz to 300 GHz) Electromagnetic Fields and SAR (Convenor: Mr. Dave Baron)

- o WG 3는 100 kHz-300 GHz 고주파수 대역에서 전자기장과 유도전류 측정 및 평가방법에 관한 일반적이고 기본적인 표준(Generic, Basic Standard)을 담당함.
- o 핀란드에서 열린 WG 3 회의에서 WG 3는 IEEE의 고주파 측정 및 평가 기준인 IEEE C95.3을 IEC/IEEE dual-logo 표준으로 채택할 것을 건의함. 그러나 IEC 표준화 운영 위원회 (SMB, Standardization Management Board) 에서는 이 제안을 부결하였으며 현재 WG 3 내부의 활동은 없는 상태임.
- o 따라서 WG 3 에서 RF 대역 측정/평가를 위한 기본 표준을 위한 NP (New Project)를 제출하는 것에 대한 논의가 있었으며 Convenor는 새 문서를 기술 보고서(Technical Report)의 형식으로 하자고 제안했으나 3명의 위원은 표준문서를 지지했음.
- o 향후 각국 National Committee와 상의하여 RF 측정 관련 NP 제출 여부를 결정할 예정임.

라) WG 4: Characterization of high frequency electromagnetic fields and SAR produced by specific sources (Convenor: Ms. Kathy Maclean)

- o WG 4는 RF 대역에서 특정한 소스에 의해 발생하는 전자기장과 SAR에 대한 측정/평가 방법에 대한 표준을 담당.
- o 이번 총회에서는 WG4의 전략적 정책 선언(SPS, Strategic Policy Statement)의 업데이트 (106/15/INF 문서, 2005년 12월)에 관한 보고가 있었음. 최근 SPS상의 향후 과제 대상으로 스마트 카드 리더(Smart card reader), 방송 송출기, 레이더, 고정 무선 액세스 및 LMDS(Local Multipoint Distribution System) 등의 평가가 추가되었으나 미국의 Donald Heirman 등은 레이더 등을 IEC TC 106 에서

평가할 전망은 희박하다는 의견을 피력

- o 영국의 Phil Chadwick은 향후 과제 대상은 일부 위원이 회의중 즉석에서 생각나는 대로 추가하는 것이 아니라 National Committee가 각국의 산업체나 사회적 여론을 충분히 수렴하여 표준화 수요가 높은 대상을 선정할 필요가 있다고 주장함. 또한 IEC와 CENELEC간의 드레스덴 협약에 의해 CENELEC 표준을 IEC에서 자동으로 과제로 검토하도록 되어있으나 현재 이 프로세스에 절차적 문제점이 있어서 CENELEC의 표준들이 검토과제로 선정되고 있지 못하다고 지적함. 따라서 현재 광범위하게 진행되어 있는 CENELEC의 표준화 현황 목록만 검토하더라도 IEC TC 106의 향후과제 대상의 선정에 도움이 될 것이라고 주장함.
- o 다른 안건으로 WG 4의 멤버 정리와 새로운 Convenor 선출 문제 제안. 현재 Convenor가 개인 사정으로 활동을 못하고 있어 Antonio Faraone (Motorola)를 새로운 WG 4 Convenor 후보로 추천함. 각국의 승인을 얻기 위해 질의서를 보낼 예정.

a) PT 62209: Handheld and body mounted wireless communication devices
(Project Leader: Mr. M. Meier)

- o 핸드폰(62209-1)과 신체착용형 기기(62209-2)의 전자파 측정 및 해석을 담당하는 WG 4 산하 PT 62209의 프로젝트 리더가 밝힌 새로운 이슈들은 다음과 같다:
 - 지방층에서의 standing wave
 - 장비의 위치
 - 프로브 크기의 선택
 - 팬텀 모델의 선택
 - 고주파에서 SAR의 over-estimation
 - 스캐닝 과정 (scanning procedure)
- o 이중에서 특히 IT 기기를 신체에 밀접하게 착용했을 때 지방층에서의 standing wave 효과로 인해 피부층과 지방층에서 높은 온도가 발생하는 skin enhancement 효과를 정확히 평가할 수 있는 방법에 대해 많은 연구가 진행되고 있으나 아직까지 정확한 해답을 얻고 있지 못하는 상태임.
- o 이 문제에 관해 현재 ICNIRP와 ICES로부터 자문을 구하고 있으며 2007년 2월 경 62209-2(신체착용형 기기)의 CD를 제출할 예정. FDIS/IS는 2008년 예정.

- o 차후 2008년경 62209-1 (핸드폰) 표준을 보수할 경우 주파수를 30 MHz-6 GHz로 확장하고 새로운 기술을 포함하여 IEEE 1528, IEC 62209-1, 62209-2를 모두 통일하는 dual-logo 표준으로 개정할 예정임.

- b) PT 62232: Determination of RF fields in the vicinity of mobile communication base stations for the purpose of evaluating human exposure (Project Leader: Mr. Peter Zollman)

- o PT 62232는 이동통신 기지국 주변의 RF 인체노출량 평가를 위한 표준을 담당. 2005년 4월 프로젝트가 시작되어 현재 2007년 후반기를 목표로 첫번째 CD 작업을 하고 있음.
 - 주요 "cellular" 기술을 대상에 포함
 - 기지국이 신체에서 20 cm 이상 떨어진 경우에 해당
 - Ambient EMF는 노출원이 이동통신 기지국이 아닌 경우 고려하지 않음
 - 인체 노출량 중심 (사람이 접근할 수 있는 위치 고려)
 - Compliance boundary 평가, 인체보호기준과의 비교, 대국민 홍보등을 목적으로 하는 측정에 적용
 - 광범위한 불확정도 평가 (Uncertainty evaluation)
- o PT 리더가 밝힌 주요 이슈는 다음과 같다.
 - 인체보호기준은 SAR과 평면파에 근거를 두고 있으나 기지국 주위에서는 비균일장이 일반적임
 - 공간 평균과 공간 침투치를 어떻게 해석할 것인지의 문제
 - 여러 방향에서 전자파가 입사할 경우 프로브가 표시하는 값의 정확한 의미 해석
 - 측정방법, 측정기기, 측정자, 측정위치 등에 따른 불확정도가 높을 경우 결과 값을 어떻게 보고할 것인지에 대한 문제
- o 회의 안건으로는 PT 62232를 직접 IS로 추진할 것인지, PAS(Publicly Available Standard)로 추진해 측정업체들의 feedback을 받을 수 있는 기간을 둘 것인지 논의했으나 결론은 얻지 못함. 또 다른 안건으로 측정대상원이 아닌 다른 소스에서 나오는 전자파를 어떻게 해석할 것인지에 대한 IEC TC 106 전체의 의견을 물었으나 결론을 얻지 못하고 각국의 National Committee에 질의서를 보내기로 함.

c) PT 62369: Evaluation of human exposure to electromagnetic fields from Short Range Devices (SRDs) in various applications over the frequency range 0-300 GHz (Project Leader: Mr. Ian Brooker)

- o PT 62369는 EAS, RFID(62369-1) 및 기타 SRD(62369-2)의 전자파 인체노출평가에 관한 표준을 담당함.
- o 62369-1은 현재 CDV가 배포되어 투표결과와 comment를 기다리고 있으며 투표에 통과할 경우 2007년 FDIS로 추진할 계획.
- o 기타 SRD 장비를 다루는 62369-2의 경우 대부분의 장비가 자동차 경보장치, 차고문 개폐장치등의 저가, 저출력의 장비이며 62369-1의 기법을 그대로 응용할 수 있기 때문에 표준 수요가 활발하게 제기될 때까지는 진행하지 않는 것이 바람직하다고 PT 리더가 발표함.

마) WG 5: Generic standards: general application and common practices (Convenor: Mr. Christian M. Verholt)

a) PT 62479: Determination of the conformity of low power electronic and electrical apparatus with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (10 MHz - 300 GHz) - General public (Project Leader: Mr. Christian M. Verholt)

- o WG 5에서는 특정 제품군으로 분류하기 어려운 전기전자 제품에 대한 general standard를 담당하나 현재는 소출력기기의 인체보호기준 만족여부 판정법에 관한 프로젝트인 PT 62479만 활동을 하고 있다.
- o PT 62479는 이번 IEC TC 106 회의에서 유일하게 별도의 프로젝트 팀 실무회의가 있었으며 그 주요내용은 다음과 같다.
 - 현재 CD 초안은 목차와 용어설명, 본문의 중요 조항과 부록 일부가 등 기본적인 구성만 갖추어진 상태임. 이번 회의에서 본문 중요 조항과 전체적인 구성을 점검하고 일부 문구를 수정하였음.
 - 본 표준의 주요 내용은 소출력기기의 정확한 전자파 방출량을 평가하지 않더라도 다음 방법들을 이용하여 기기의 출력이 인체보호기준을 초과하지 않는다는 것을 보이는 것임.
- ① 전자파 방사부의 입력 전력을 측정하거나 계산

- ② 소출력 기기의 제약 (최대 입력 전력의 한계등)으로 인체보호기준에 근접하는 전자파를 방사하지 못하는 것을 증명
- ③ 기기가 출력 전력을 제한하는 다른 표준(EMC 표준등)을 만족함
- ④ 출력 전력을 계산하거나 측정
- ⑤ 기타 다른 방법 (논의중)
 - 일본의 Yokoda는 작성해온 부록의 일부에서 EMI/EMC 테스트를 통과한 소출력 기기의 SAR을 추정하는 방법을 소개함. 미국의 Mark Douglas (Motorola)는 이 방법은 신체에서 20 cm 이내 거리에서 쓰이는 장비에는 부적합하다고 comment 함.
 - 독일의 Klamm은 신체에 근접한 위치(2mm, 4mm)에서 저전력 모노폴 안테나, 다이폴 안테나, square 루프 안테나 등의 수치해석을 통해 SAR이 기준치에 미달하는 것을 확인함. 비의도적인 방사기 (unintentional radiator)의 경우 입력전력 20 mW, 안테나등의 의도적인 방사기 (radio transmitting device)의 경우 입력전력 500 mW 미만인 경우 ICNIRP의 SAR 기준을 넘지 않았음.
 - 영국의 P. Chadwick은 원역장 EMC 측정은 근역장 SAR 만족을 보장하지 않는다고 comment 하고 부록에 EMC 측정을 인체보호기준 만족여부로 사용할 경우 예외조항과 불확정도 등의 조항을 삽입할 것을 요구.
 - 미국의 Mark Douglas는 수치해석과 Linear Square Curve Fit을 이용하여 Canonical Antenna의 SAR이 ICNIRP 기준을 초과하지 않는 최대전력을 계산하기 위한 식을 제시함. 주어진 식은 파장과 거리의 함수로 표현되며 오차는 6.7 %임. Convenor는 이 기법을 초안에 포함시키기로 결정

2. 기타 안전

기타 안전으로 IEEE, CENELEC, CISPR 등 유관기관의 coordination 발표가 있었으며 특히 CENELEC의 발표에서는 전자파 인체영향의 상당히 많은 분야에 대해 표준화가 진행된 유럽의 현황을 확인할 수 있었다. 또한 CENELEC과 IEC간 표준 상호채택에 합의했던 드레스덴 조약의 성실 이행 여부에 대해 CENELEC 측에서 불만의 표현이 있었으며, IEC TC 106 의장은 IEC 본부에 무엇이 문제인지 확인해 보기로 약속하였다. 마지막으로 차기 IEC TC 106 회의는 2007.10.30-2007.11.1 덴마크에서 개최하기로 잠정 합의되었다.

3. 결론

이번 2006 IEC TC 106 회의에서 활발한 논의가 이루어지고 많은 사람들이 관심을 가지고 있는 분야는 여전히 WG 4와 WG 5였다.

WG 4에서는 휴대폰의 SAR 평가 표준화에 이어 현재 신체 착용형 기기의 SAR 평가 표준을 진행하고 있으며 skin enhancement 효과의 고려와 낮은 주파수에 사용 가능한 phantom 개발등이 이슈로 부각되고 있다. 또한 RFID 표준화, 기지국 EMF 측정 표준화등 국내 상황과 밀접한 관련성이 있는 분야도 WG 4에서 표준화가 진행 중이다. 기지국 측정의 경우 측정의 불확정도평가가 가장 큰 이슈로 떠오르고 있으며 RFID 표준은 어느정도 마무리되어 현재 National Committee의 투표 결과를 기다리고 있다.

WG 5에서는 소출력 기기의 간단한 EMF compliance 평가를 위한 표준의 초안이 마련중이며 표준의 기본 전제는 기기의 입력 전력이 20 mW 미만(수치는 차후 수정 가능)일 경우 인체보호기준을 만족한다는 것이다.

이러한 WG 4과 WG 5의 활발한 활동의 배경에는 그 표준화의 결과가 IT 기기의 생산 및 수출과 직결되는 Motorola, Vodafone, Sony등 IT 업체의 활발한 지원이 있는 것으로 파악된다. 한편 특정기기와 직접적인 연관이 없는 general/basic standard를 담당하는 WG1과 WG3는 활동이 거의 없거나 미진한 모습을 보였으며 특히 WG 3는 몇 년째 활동이 거의 전무한 것으로 파악되었다.

회의를 전체적으로 지켜본 결과 IEC의 표준화 과정은 EU와 미국이 서로 견제를 하며 균형을 이루고 있는 것으로 파악되며, 일본도 일부 PT와 WG에서 활동이 계속되고 있었다. 특히 유럽은 CENELEC의 한발 앞선 표준화를 내세워 다양한 분야에서 IEC TC 106의 표준화를 주도하고 있었으며 그중에서도 영국, 독일의 활동이 눈에 띄었다.

우리나라는 National Committee로 보내지는 문서에 관해서 활발한 의견을 보내고 있지만 IEC TC 106의 PT에 전문가로 참가해 직접 표준작성에 참여하는 경우는 많지 않다. 앞에서 살펴본 바와 같이 전자파 인체영향 관련 국제표준화는 유럽과 미국을 중심으로 진행되고 있으며 이는 우리 IT 제품의 수출에도 직결되므로, 삼성, LG등 국내 IT 업체도 IEC TC 106에 대해 소극적인 자세에서 벗어나 보다 높은 관심을 가질 필요가 있다고 생각된다. 특히 향후 국내에서 RFID와 소출력기기 등의 표준화를 추진할 경우 IEC TC 106과 CENELEC의 표준화 현황을 주의깊게 고려해야 할 것으로 보인다.

제 2 절 WHO IAC(국제자문위원회) 회의

2006년 6월 스위스 제네바에서는 제11차 WHO IAC(국제자문위원회) 회의가 열렸다. 본 회의는 32개국 53명이 참가하였으며, 현재까지 진행된 각국의 연구 결과, 정책 및 기준에 대한 발표와 토의가 있었다. 본 장에서는 IAC 발표 내용중 전자파에 의한 건강보호 정책 안내 지침(Framework)에 관하여 소개하고자 한다.

국제 공중 보건 단체인 WHO는 안전보건 문제에 관한 결론에는 항상 신중한 자세를 취해왔으며 합리적이고 입증된 과학적 증거에 대한 권고를 토대로 하였다. 1999년도 유럽 보건 장관 회의 http://www.euro.who.int/eehc/conferences/20021010_2에서 WHO는 "이 분야에서 해당 국제 연구와 관련하여 위험 전달에 대한 지침을 설명하고 위험성 평가에 사전예방 원칙을 엄격하게 적용하고 유해성에 대한 예방적 사전대처 방식 채택의 필요성을 고려해 달라"는 요청을 받았다. 부다페스트에서 개최된 제4차 환경 및 조건에 관한 각료회의(2004) <http://www.euro.who.int/budapest2004>에서, 각료 선언문은 다음과 같이 명시하고 있다: "우리는 WHO에게 다음과 같이 요구하는 바이다: WHO는 환경 보건 대책의 이점과 비용 분배의 균형을 달성하고 보건 개선 및 예상되는 비용에 대비하여 발생하는 기타 다른 이점을 고찰할 목적에 따라 지침을 개발해야 한다..." 유럽적 차원의 이러한 조치와 병행하여, WHO의 국제 EMF 프로젝트는 EMF의 특별한 배경에서 프레임워크를 개발하였다.

프레임워크는 전자파로 인한 인체영향이 과학적으로 규명될 때까지 예방적 차원의 정책을 체계적이고 과학적으로 수립하기 위한 건강보호 정책 안내 지침이다. 이는 전자파 인체영향과 관련된 정책, 전략, 규정 및 운영 절차의 개발을 담당하는 국가, 지역 정부기관 및 기타 이해 관계자가 이용할 수 있다.

프레임워크는 전자파 위험성을 판단, 평가 및 관리하기 위하여 다음과 같이 6단계 분석절차 제시하였다.

o 1단계 : 전자파 건강 위험성 분석

- 전자파 건강 위험성 분석 초기에 전자파 노출로 인한 잠재적 위험성과 실제 노출 고려
- 사회적·정치적 상황도 위험성 분석을 위한 고려 대상에 포함

o 2단계 : 위험성 평가

- 전자파 위험성은 전문 학술지에 발표된 연구결과를 근거로 평가
- 위험성 평가시 과학적으로 불확실함이 존재하므로 이를 파악하고 명시하여야함
- 위험성 평가에 필요한 가정을 정의하고 명시

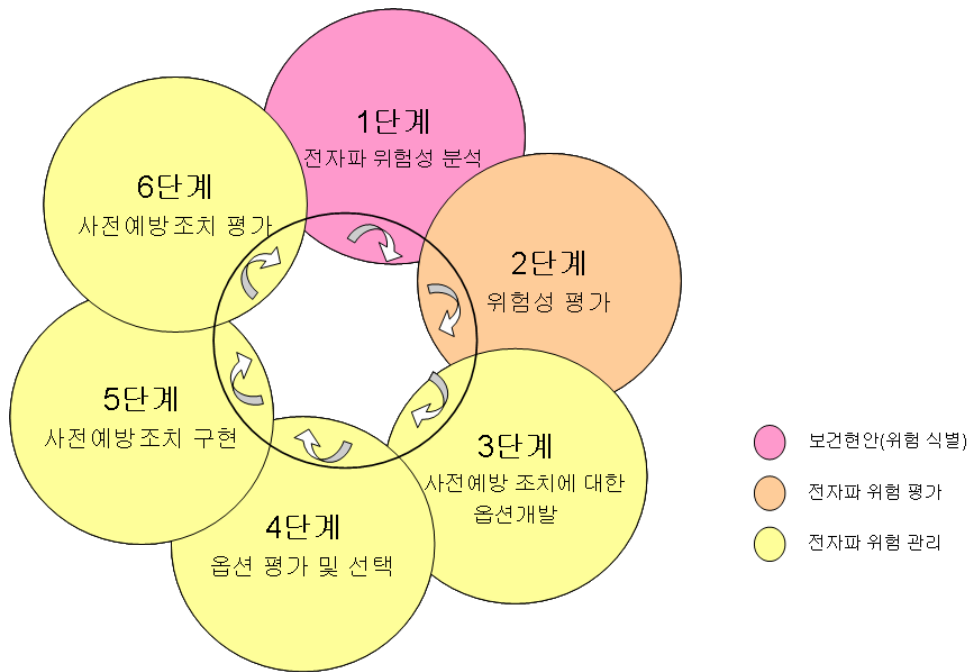


그림 5-1. 위험성 처리: 위험성 분석 과정

o 3단계 : 사전예방 조치에 대한 옵션 개발

- 노출량 표시, 사용제한, 기지국 설치 제한 및 노출기준 조정 등 사전예방 조치를 위해 선택할 수 있는 정책 옵션 개발

o 4단계 : 옵션 평가 및 선택

- 3단계의 각 옵션에 대한 위험방지 수준과 비용을 평가하여 적절한 옵션을 선택함
- 과학적 근거, 비용발생, 사회에서 요구하는 전자파 보호수준 등 의 기준을 이용하여 적절한 정책을 선택

o 5단계 : 사전예방조치 구현

- 선택된 옵션을 적용한 사전예방조치 마련

o 6단계 : 사전예방조치 평가

- 사전예방조치 시행 결과를 평가하고 새로운 문제점 발생시 1단계로 피드백

또한 사전예방 조치를 위해 노출량 표시, 사용제한, 기지국 설치 제한 및 노출기준 조정 등 선택할 수 있는 정책 옵션 제시하였다. 이러한 정책 옵션의 선택 기준은 과학적 근거, 비용발생, 사회에서 요구하는 전자파 보호수준 등을 고려하여야 한다.

제 3 절 2006 Bioelectromagnetics Society 참가

BEMS(The Bioelectromagnetics Society)는 1978년 비전리복사와 생체시스템과의 상호관계를 연구하기 위해 생물학자, 물리학자, 의사, 그리고 엔지니어들이 설립한 독립기구이다. BEMS는 비영리법인으로 미국 워싱턴 D.C.에 위치하고 있으며 세계 39개국 약 572명의 회원을 갖고 있는 국제학회이다. 매년 개최되는 BEMS의 Annual Meeting은 전세계적으로 전자파 생체영향에 대해 전문적으로 다루고 있는 학술대회 중 그 규모와 내용면에서 최고 수준이다. 이번 2006년 BEMS 28th Annual Meeting은 멕시코 칸쿤에서 6월11일부터 6월15일까지 개최되었으며, 각 분야의 전문가가 두루 모여 Platform(Oral) Session, 초청강연회, Poster Session 등에서 다양한 토론의 장을 가졌다. 2006년도 BEMS 28th Annual Meeting에서 주요 관심사가 되었던 주제들은 다음과 같다.

- SAR 측정방법과 교정 기술
- 이동통신 기지국 주변의 전자기장 측정 기술
- 전자기장 인체보호기준의 국제 표준화 현황
- 전자파 생체영향에 관한 동물실험(In Vivo)과 유전자 실험(In Vitro)
- 생체온도변화 해석 및 평가
- 기타

Technical Session 중에서 본 전자파환경연구팀의 연구분야와 많은 관련을 갖고 있으며 전기전자 엔지니어들의 발표가 집중된 Dosimetry I, II (노출량 평가) 세션을 중심으로 이번 학회의 전체적인 동향을 살펴보면 다음과 같다.

노출량 평가 부분에서는 수년전부터 주요 이슈가 되어온 SAR 평가에 관한 내용이 여전히 대부분을 차지하고 있었다. 세부내용을 살펴보면 과거부터 많은 연구가 되어 왔던 휴대폰에 의한 두부 SAR 평가에 관한 내용이 다수를 차지 하였으며 몸통 SAR 평가나 SAR 측정용 probe의 교정기법에 관한 논문도 늘어나는 경향을 보였다. 또한 SAR 해석과 열해석을 병행한 논문도 상당수 찾을 수 있었다. 그리고 최근 국내에서도 많은 관심을 가지고 있는 이동통신 기지국 주변의 전자기장 평가에 관련된 논문들도 눈에 띄었으며, 소수이지만 인체유도전류의 평가에 관한 논문도 찾을수 있었다.

인체보호기준의 국제표준화와 관련해서는 새로 개정된 IEEE C95.1-2005 안전기준을 설명하는 논문이 많은 관심을 끌었으며 EU의직업인 전자파 인체보호 훈령 (EU Directive 40/2004/EC)을 네덜란드에서 적용하고 있는 현황에 관한 논문도 흥미로웠다.

본 학술대회에서 발표된 주요 논문에 대해 간단히 소개하고자 한다.

1. SAR 측정 및 평가방법과 교정 기술

매년 BEMS Annual Meeting에서 다루어지는 주요 주제 중 하나는 휴대폰과 기타 IT 장비와 연관된 SAR 측정과 평가에 관한 문제이다. 현재 IEEE와 CENELEC의 표준에는 휴대폰 SAR의 측정 절차가 상세히 명시되어 있으나 3차원적으로 SAR을 스캔하는데 너무 많은 시간이 소요되는 단점이 있다. 따라서 빠른 시간내에 주어진 오차범위 내로 SAR을 측정/평가할 수 있는 기법과 관련된 논문이 다수 발표되었다. 프랑스의 Monebhurrin et al. 이 발표한 "Rapid SAR Estimation Using Radiated Power Measurements" 논문에서는 anechoic chamber에서 팬텀에 흡수된 전력 P_{diss} 을 측정하여 10g 평균 SAR을 예측하는 기법을 소개하였다. 이 방법은 여러 개의 핸드폰에 대해 실제 측정된 P_{diss} 와 SAR_{10g} 의 비를 계산하여 유효질량값 M_{eff} 의 평균값을 계산하고, 설계를 약간 변경한 새로운 휴대폰의 경우 P_{diss} 만을 측정하고, 앞에서 구한 평균 M_{eff} 을 이용해 SAR_{10g} 을 유추하는 기법이다. 토론과정에서 이 기법의 정확도에 관한 의문이 제기됐지만 휴대폰의 설계과정에서 조금씩 변형된 다수의 휴대폰에 대해 SAR의 범위를 빠르게 예측하고자 할 때에는 유용할 것으로 생각된다.

일본의 Onishi et al. 이 발표한 "Efficient SAR Estimation Method Using Surface Scanned Electric Field" 논문에서는 팬텀의 표면에서 2-D 스캔을통해 측정된 전기장 데이터를 이용해 3-D SAR 분포를 계산하는 방법을 제시하였다. 이 방법은 먼저 Maxwell 방정식과 측정된 전기장을 이용해 자기장을 계산하고 equivalence theorem을 적용해 3-D SAR 분포를 계산한다. 그림 1에 측정장비의 구성이 나와있으며 실제 측정값과 계산값의 오차는 약 1% 였다.

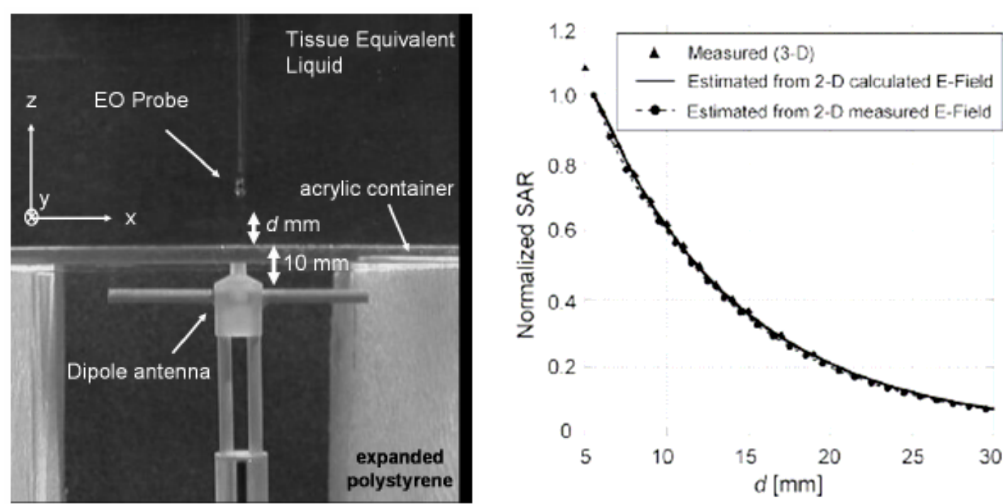


그림 5-2. SAR 2-D 스캔 실험장비 구성 및 SAR 계산값과 측정값의 비교.

Kuster et al.은 256개의 dipole 센서 어레이를 이용해 빠른 시간에 SAR 사전평가를 가능하게 하는 iSAR 시스템을 제안하였다 (그림 2). 이 방법은 기존 스캔에 비해 측정시간을 1% 이내로 단축시켜주지만 센서간의 간섭과 다수의 센서에 의한 전자기파의 간섭을 어떻게 해결하느냐가 문제점으로 지적되었다.

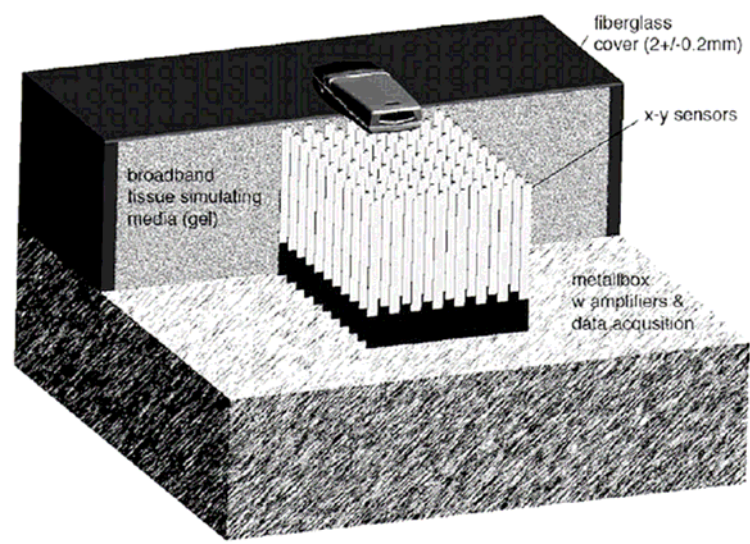


그림 5-3. 인체모의매질에 담긴 센서 어레이에 기반을 두고 있는 iSAR 고속 노출량 스캐너의 개념도.

이외에도 측정에 따르는 다양한 불확정도를 고려해 SAR 값을 교정하는 기법에 관한 논문도 다수 발표되었다. 미국 Motorola 사의 Douglas et al. 이 발표한 "SAR Correction for Deviations in Complex Permittivity of Tissue Equivalent Liquids" 논문은 조직모의 용액의 유전율과 전도도의 편차가 SAR 값 변화에 주는 영향을 분석하고 300 MHz~6 GHz 범위에서 SAR 값을 교정하기 위한 간단한 공식을 제시하고 있다. 그림 3에 300 MHz와 6 GHz 에서 유전율과 전도도의 변화에 따른 10g 평균 SAR의 분포가 나와있다. 그림에서 주파수가 높아짐에 따라 물질상수의 변화가 SAR에 큰 영향을 주지 못하는 것을 알 수 있다. SAR 교정식의 계수들은 least square fit을 이용해 계산하였으며 주파수에 대한 다항식의 형태로 표현된다. 교정식을 이용해 예측한 SAR 값과 실제 계산값의 편차는 1.4% 이하였다. 일본의 NICT(National Inst of Information and Communications Tech)에서도 SAR 측정용 프로브의 교정과 SAR 측정의 불확정성 평가에 관한 많은 논문을 발표하였다.

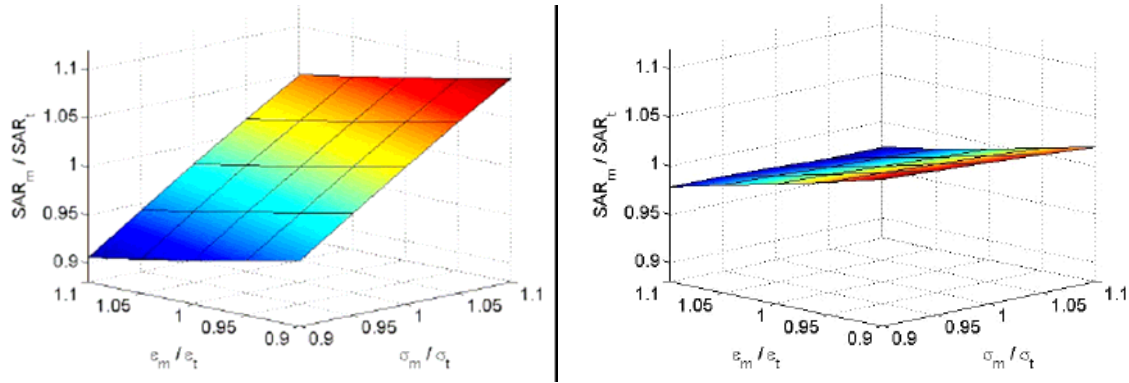


그림 5-4. 300 MHz (왼쪽) 와 6 GHz (오른쪽) 에서 유전율과 전도도의 변화에 따른 SAR 값의 분포.

이밖에도 몸통 SAR의 평가, SAR과 온도의 영향에 대한 분석, 귓바(Pinna) 부분의 SAR 해석, 이동통신 기지국 주변의 SAR 평가에 관한 논문들이 발표되었다.

2. 이동통신 기지국 주변 전자파 평가 기술

최근 이슈가 되고 있는 기지국 주변 전자기장과 관련하여 다수의 논문이 발표되었다. 기지국 주변 거주민의 불안감을 해소하고 민원등을 해결하기 위해 현재 우리나라, EU 등에서 기지국 주변 전자기장 측정 표준절차안을 마련중이다. 기지국 주변에서 전자기장의 공간적 평균값을 신뢰도 높게 구하는 방법에 관한 논문, 프로브에 의한 전자기장의 disturbance를 줄이기 위한 논문, 기지국 전자기장이 인체에 미치는 영향을 실험한 논문등이 있었다. 생체영향 실험과 관련된 논문들은 현재 노출장치를 제작하고 실험이 진행중이거나 결과가 불완전하여 기지국 전자기장의 생체영향을 여부를 확정적으로 토론하기는 어려운 상태였다.

3. 전자기장 인체보호기준의 국제 표준화 현황

M. Swicord가 발표한 "Should Future International RF Safety Standards Include Temperature as a Basic Restriction?" 논문은 앞으로의 국제기준에서 생체영향에 가장 직접적인 영향을 미치는 조직과 인체의 온도 상승 측정치가 기본한계치로 쓰여야 할 필요성에 대해 설명하였다. 그러나 개개인의 온도생리 반응의 차이를 고려하기 어렵고 인체온도의 변화에 영향을 미치는 RF 이외의 다른 요인들을 제어할 뚜렷한 방법이 없다는 반응이 대부분이었다.

C-K. Chou는 "New IEEE C95.1-2005 RF Safety Standard" 논문을 발표하며 새로운 IEEE C95.1-2005 기준이 ICNIRP 기준과의 조화에 중점을 두고 개정되었음을 강

조했다. 이번에 개정된 IEEE 기준의 주요 내용은 다음과 같다. 1) 30 MHz~100GHz 대역에서 일반인 대상 노출기준이 ICNIRP기준과 같아졌다. 2) 전신 SAR이 기본적인 계치로 적용되는 상한주파수가 6 GHz에서 3 GHz로 줄어들었다. 3) 국부 SAR 기본적인 계치 일반인과 직업인 기준이 1.6 W/kg과 8 W/kg에서 2 W/kg과 10 W/kg으로 각각 바뀌었으며 평균질량이 1g 조직에서 정육면체 형태의 10g 조직으로 바뀌었다. 4) 최대 유도전류와 접촉전류가 규정된 상한주파수가 100 MHz에서 110 MHz로 바뀌었다. 이 밖에도 세부적인 변화가 있었으나 ICNIRP 기준과 아직 차이가 있는 부분도 상당수 존재한다. Chou는 국제적으로 통일된 보호기준의 제정을 위한 지속적인 국제협력의 필요성을 역설하였다.

4. 전자파 생체영향에 관한 동물실험(In Vivo)과 유전자 실험(In Vitro)

동물실험과 유전자 실험 등 생물학에 관련된 대다수의 session은 노출량 평가(dosimetry) 세션과 같은 시간, 다른 장소에서 열려 많은 세션에 참가할 수 없었다. 이 중 일부의 내용만 요약하면 다음과 같다. 이번에 발표된 대다수의 논문은 RF 전자파가 생체에 미치는 영향이 없다는 결론을 내고 있다. 생체영향이 없다는 결론을 내린 논문을 열거하면 다음과 같다. C. Marino의 "Immune System and Cancer Systems in Mice", M. Scarfi의 "Apoptosis in Human Peripheral Blood Lymphocytes", Veyret et al.의 "Dark Neurons and the BBB", G. Oftedal의 "Hypersensitive Persons", 그리고 A. Barker의 "Human Blood Pressure"이다. Laclau와 Billaudel이 발표한 "Effects on the Brains of Wistar-Han Rats Exposed Head-Only to GSM-1800 or UMTS Signals: Preliminary Results"에서는 RF 전자파가 미세아교세포(microglia)와 열충격단백질(heat shock protein)에 미치는 영향을 실험의 초기단계에서 발견했다고 보고하고 있으나 이 미세한 영향이 건강에 어떤 영향을 미치는지는 규명되지 않았으며 반복된 실험을 통해 결과를 확인할 필요가 있다는 의견이 대부분이었다. Q. Balzano는 "High Q Doubly Resonant Cavity to Detect Nonlinear RF Demodulation in Biological Cells"에서 세포에 의해 RF가 흡수되는지 여부를 확인할 수 있는 chamber를 제안하였다. 생물실험 파트는 아직 진행되지 않았지만 이 chamber는 반사된 신호의 변화를 민감하게 감지할 수 있는 것으로 확인되었다. 한가지 아쉬웠던 점은 일부 토론과 mini-symposium에서 일부 발표자 사이에 논문의 내용과 무관하게 감정에 치우친 언쟁이 있었던 점이다. 이것은 향후 BEMS 회의에서 개선되어야 할 점으로 지적되었다. 동물실험과 유전자 실험에 관한 논문의 목록은 그 분량 관계로 생략한다.

5. 생체온도변화 해석 및 평가

Niels Kuster의 그룹은 blood flow를 새롭게 모델링하여 온도분포해석의 정확성을 높이는 논문과 Nokia 6110 휴대폰에 의한 인체온도변화를 심도깊게 분석한 논문을 발표하였다. Babik et al.은 조직의 RF흡수에 의한 온도 변화를 계산하기 위한 단순화된 공식을 발표하여 관심을 끌었다. 이탈리아의 Santis et al.은 안구를 정확히 수치해석적으로 모델링하여 다양한 RF 노출에 의한 안구의 온도변화 여부와 정도를 해석하는 논문을 발표했으며, Hirata et al.은 일본의 해부학적 남녀 voxel 모델을 이용해 원거리장에 의한 안구의 온도변화를 해석하였다.

6. 기타

이 밖에 기타 분야를 살펴보면, 먼저 전자기장을 이용한 치료 분야에서 Nanosecond 전기장 펄스를 이용하여 피부암의 일종인 흑색종(Melanomas)을 파괴하는 연구와 관련된 논문이 다수 발표되었다. 또 유도전류해석과 관련해서는 오스트리아의 Cecil et al.이 RF 용접기를 사용할 때 직업인에 유도되는 전류를 해석한 논문을 발표하였다 (그림 4). 새로운 수치해석 기법으로는 Kuster가 발표한 공간적 모델링의 유연성과 time-step을 자유롭게 조절할 수 있는 장점을 가진 3차원 Conformal ADI-FDTD (C-ADI-FDTD)가 관심을 끌었으며, 일본에서는 NICT의 Watanabe의 그룹과 Taki의 그룹등이 과민감성(hypersensitivity)에 관련된 몇 편의 논문을 발표하였다.

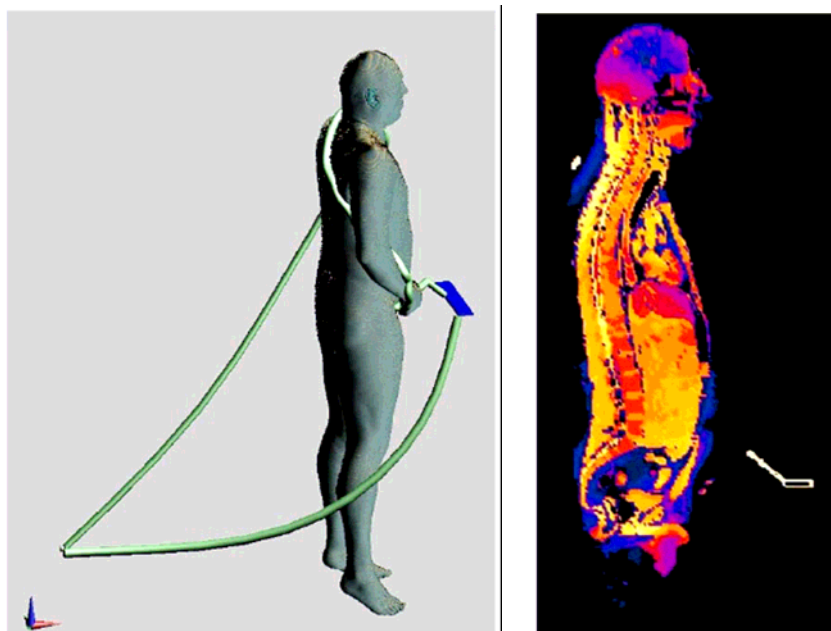


그림 5-5. 용접기를 이용하는 직업인 모델 (왼쪽)과 유도전류분포해석결과 (오른쪽).

7. 참석소감

BEMS 28th Annual Meeting은 2006년 6월 11일부터 15일까지 멕시코의 칸쿤에서 개최되었으며 모두 327명이 참가하여 성황을 이루었다. 이번 학회에 발표된 논문의 주제와 참가자들의 관심 정도로 현재 전자기장 생체영향연구 분야와 노출량 평가분야에 대한 Trend를 확인 할 수 있었으며 각국의 인체보호기준 표준화 현황도 파악할 수 있었다. 또한 전세계 전문가들과 토론과 social program을 통해 국제교류의 기틀을 다지는 기회가 되었다.

Platform과 포스터 세션에서 발표된 논문을 토대로 주요 연구 동향을 살펴보면 노출량 평가부분에서는 현재 보급된 SAR 측정 시스템의 성능개선과 교정등에 관한 연구가 집중 되었으며 최근 이슈가 되고 있는 기지국 주변 전자기장 평가, 인체에 미치는 열적효과와 직접 관련되는 RF에 의한 인체온도변화의 해석과 측정, 신체착용형 IT기기의 증가에 따른 몸통 SAR 평가 등에 관한 논문을 다수 찾아볼 수 있었다.

전자파 생체영향에 대한 연구는 일부 논문의 경우 실험결과의 재현성 가능 여부에 대해 논란이 있고, 역학연구의 경우 오랜 노출기간이 필요한 특성이 있어서 현재 진행중인 연구도 많기 때문에 인체영향에 관한 최종결론을 내리지는 못하고 있는 상황이다. 단 논문편수의 비중으로 보았을 때는 인체영향이 없거나 아주 작다는 쪽이 더 많았다. 전자파가 유전자 발현과 변형에 미치는 영향에 관한 연구에서는 일부 유전자의 발현이 건강에 실제로 어떠한 관계가 있는지 규명하는 것이 과제로 부각되었다.

금년도 BEMS 학회에는 한국에서 충남대(백정기 교수), ETRI, 한양대 등에서 9편의 논문이 발표되었으며, ETRI, 한전, 충북대, 충남대, 한양대, 고려대, 인제대 등에서 약 10명 정도가 참가하였다.

이번 모임에서는 특히 충북대의 김남 교수가 BEMS Board Member로 선임되어 전자파 생체영향 연구분야에서 우리나라의 위상을 높였고 인체보호기준 국제표준화 등에서 우리의 영향력을 향상시킬 수 있는 계기를 마련하였다.

이상에서 살펴본 것처럼 이번 BEMS 참가를 통해 세계 각국에서 전자파 생체영향연구, 표준화연구, 노출량평가와 관련된 연구가 활발히 진행되고 있음을 알 수 있었으며, 국내에서도 생체영향과 노출량평가 분야에 대한 지속적인 투자와 연구가 필요한 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] IEC/TC 106, "106/102/CDV"
- [2] IEC/TC 106, "106/104/FDIS"
- [3] IEC/TC 106, "106/106/NP"
- [4] IEC/TC 106, "106/108/CD1"
- [5] IEC/TC 106, "106/111/CDV"
- [6] ITU-T SG5, "K.52"

주 의

1. 이 연구보고서는 전파연구소의 연구개발사업비 재정 지원으로 이루어진 연구결과입니다.
2. 이 보고서의 내용을 인용하거나 발표할 때에는 반드시 전파연구소 연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다