

# 제 출 문

본 보고서를 「전자기장의 인체노출 측정기술 개발 연구」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2002 . 12 . 31 .

연구책임자 : 백정기 (충남대학교)

연구 원 : 김윤명 (단국대학교)

: 원충연 (성균관대학교)

: 김 남 (충북대학교)

: 최형도 (ETRI)

: 강찬구 (SK텔레콤)

: 염규덕 (서티텍)

: 박찬원 (삼성전자)

: 안홍렬 (LG전자)

: 노재영 (현대큐리텔)

연구보조원 : 정남호 (충남대학교)

: 류혜훈 (충남대학교)

: 김봉석 (충남대학교)

## 요 약 문

1. 과 제 명 : 전자기장의 인체노출 측정기술 개발 연구
2. 연 구 기 간 : 2002. 02. 01 ~ 2002. 12. 31
3. 연구책임자 : 백 정 기
4. 계획 대 진도

가. 월별 추진내용

세부내용	연구자	월별 추진계획												비 고
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
○ 국제표준화활동 참여 - IEC/TC106 WG5 참여 - IEC/TC106 전체회의 참가  ○ 표준화 문서 번역, 검토 및 배포 - 2002년 상반기 IEC에서 발간 심 의 문 서 ( 1 0 6 / 2 4 / C D , 106/25/NP, 106/26/CD, 106/27/CD) 및 추후 발간될 IEC의 관련문서 번역, 검토 및 배포  ○ IEC 심의문서에 대한 검토의 견서 제출 - 심의문서에 대한 검토의견서 제출	연 구 책 임 자 외 8명													계획 진도
분기별 수행진도(%)		20%		30%			30%			20%				

## 나. 세부 과제별 추진사항

- 국제표준화활동 참여
  - IEC/TC106 WG5 회의 참석
  - IEC/TC106 회의 참석
- 표준화 문서 번역, 검토 및 배포
  - 2002년 상반기 IEC에서 발간 심의문서(106/24/CD, 106/25/NP, 106/26/CD, 106/27/CD) 및 추후 발간될 IEC의 관련문서 번역, 검토 및 배포
    - 300MHz ~ 3GHz 주파수범위의 휴대폰에 대한 SAR측정 절차 (106/24/CD)
    - 저주파 및 중간 주파수 범위에서의 전기장 또는 자기장에 의한 인체에서의 유도 전류 밀도 및 전기장의 계산 방법 Part 1: 범위, 참고용어 및 용어정의(106/26/CD)
    - 저주파 및 중간 주파수 범위에서의 전기장 또는 자기장에 의한 인체에서의 유도 전류 밀도 및 전기장의 계산 방법 Part 2: 자기장에 대한 노출 Section 1: 2D 모델 (106/27/CD)
- IEC 심의문서에 대한 검토의견서 제출
  - 심의문서에 대한 검토의견서 제출
    - 106/24/CD 의견서 제출
    - 106/25/NP 투표 제출
    - 106/27/CD 의견서 제출

## 5. 연구 결과

가. IEC 심의 문서 검토 및 의견서 제출

- (1) 300MHz ~ 3GHz 주파수범위의 휴대폰에 대한 SAR측정 절차 (106/24/CD) - 7건에 대한 검토의견서 제출
- (2) 인체노출과 관련된 고주파(9kHz - 300GHz) 전자기장의 측정 및 평가 (106/25/NP) - 신규 연구과제 제안은 동의하지만 이 문서의 CD나 CDV로 추진하는 것에 대하여 동의하지 않는 것으로 투표함.
- (3) 저주파 및 중간 주파수 범위에서의 전기장 또는 자기장에 의한 인체에서의 유도 전류 밀도 및 전기장의 계산 방법 Part 2: 자기장에 대한 노출 Section 1: 2D 모델(106/27/CD) - 5건에 대한 검토의견서 제출

나. IEC TC106의 기술문서 번역을 위한 용어집 작성

- (1) 106/24/CD 기술문서 용어
- (2) 106/27/CD 기술문서 용어
- (3) 106/41/NP 기술문서 용어

다. IEC의 표준화 연구과제 결과물 번역, 검토, 인쇄 및 배포

- (1) 300MHz ~ 3GHz 주파수범위의 휴대폰에 대한 SAR측정 절차 (106/24/CD)
- (2) 저주파 및 중간 주파수 범위에서의 전기장 또는 자기장에 의한 인체에서의 유도 전류 밀도 및 전기장의 계산 방법 Part 1: 범위, 참고용어 및 용어정의(106/26/CD)
- (3) 저주파 및 중간 주파수 범위에서의 전기장 또는 자기장에 의한 인체에서의 유도 전류 밀도 및 전기장의 계산 방법 Part 2: 자기장에 대한 노출 Section 1: 2D 모델(106/27/CD)
- (4) 전자 물류(EAS), 무선 식별(RFID) 및 유사 응용 시스템에서 사용되는 기기로부터의 전자기장에 대한 인체 노출 평가 (106/41/NP)

라. IEC/TC106 WG5 회의 참석

- (1) 기 간 : 2002. 2. 28 ~ 3. 1
- (2) 장 소 : 덴마크 코펜하겐
- (3) 회의 내용
  - 1) WG의 title 수정
  - 2) 작업일정
  - 3) 작업내용 및 업무분담

마. IEC/TC106 회의 참석

- (1) 기 간 : 2002. 11.18 - 11.20
- (2) 장 소 : 미국 뉴저지 피스카타웨이
- (3) 회의 내용
  - 1) WG별 프로젝트의 추진현황 등 보고
  - 2) CENELEC 및 IEEE 협력방안 등 논의

## 6. 기대효과

- 가. 전자기장 인체 노출량 측정기술 확보를 통한 국민건강보호 방안 제시
- 나. 전자기장의 인체영향 관련 정책지원 및 산업체 기술지원

## 7. 기자재 사용 내역

시설·장비명	규격	수량	용도	보유현황	확보방안	비고
PC	Pentium III	4	자료정리 및 분석			
노트북 PC	Pentium III	1				

# 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 the document under review process. In addition, we also studied the policies and recent activities of IEC/TC 106.

More specifically, regarding the measurement standard in low frequency range(power line frequency) measurement methods for magnetic and electric fields of domestic appliances with regards to human exposure have been investigated.

In the low and intermediate frequency range (up to 100 kHz), calculation methods of induced currents in human body by electric or magnetic fields in low and intermediate frequency range have also been studied, which are based on very simple analytical models of coupling between external fields and body.

For high frequency electromagnetic fields(9 kHz ~ 300 GHz), we studied measurement and evaluation method of EMF with regards to human exposure, including a number of representative cases.

The results of our research would lead to development of EMF measurement technology, protection of people from EMF exposure, and more strong international competitiveness of domestic industry.

# 목 차

표 목 차 .....	viii
그림 목 차 .....	ix
제 1 장 서 론 .....	1
제 2 장 IEC TC106의 동향 .....	3
제 1 절 IEC TC106의 연구동향 .....	3
제 2 절 2002 IEC TC106 WG5의 회의 결과 .....	7
제 3 절 2002 IEC TC106의 회의 결과 .....	12
제 3 장 저주파 전자기장 인체노출량의 측정 및 평가 .....	22
제 1 절 해석적 모델 .....	22
제 2 절 수치 모델 .....	24
제 3 절 2D 모델 - 계산 가설 및 계산결과 .....	27
제 4 절 모델의 타당 검증 .....	57
제 4 장 고주파 전자기장 인체노출량의 측정 및 평가 .....	59
제 1 절 측정시스템 규격 .....	59
제 2 절 SAR 평가 프로토콜 .....	80
제 3 절 불확정도 평가 .....	107
제 4 절 측정보고서 .....	136
제 5 장 저·고주파수 전자기장 인체 노출량의 측정 및 평가 ...	138
제 1 절 범위 .....	138

제 2 절 전자 물류 감시, 무선 식별 시스템 특성 .....	139
제 3 절 기기 적합성에 대한 측정 및 계산 .....	154
제4절 전자기장 감시(monitoring)를 위한 측정 .....	179
제5절 다중 주파수나 복잡한 파형을 지닌 소스로부터의 노출	181
제6절 불확정도 .....	182
제 6 장 기술문서 심의 .....	185
제 1 절 106/24/CD의 기술문서 심의 .....	185
제 2 절 106/25/NP의 기술문서 심의 .....	189
제 3 절 106/27/CD의 기술문서 심의 .....	190
제 4 절 106 WG5 회의 기고문 제출 .....	194
제 7 장 결 론 .....	195
참고문헌 .....	196

# 표 목 차

표 2.1	CENELEC과 IEC의 과제간 관련성 .....	21
표 3.1	한개의 무한 전선에서 K 값( $R=100\text{mm}$ , $0<d<300\text{mm}$ ) ...	34
표 3.2	한개의 무한 전선에서 K 값( $R=100\text{mm}$ , $0<d<1900\text{mm}$ ) ...	35
표 3.3	한개의 무한 전선에서 K 값( $R=200\text{mm}$ , $0<d<300\text{mm}$ ) ...	36
표 3.4	한개의 무한 전선에서 K 값( $R=200\text{mm}$ , $0<d<1900\text{mm}$ ) ...	37
표 3.5	두개의 무한 전선에서 K 값( $R=100\text{mm}$ , $0<d<300\text{mm}$ ) ...	41
표 3.6	두개의 무한 전선에서 K 값( $R=100\text{mm}$ , $0<d<1900\text{mm}$ ) ...	42
표 3.7	두개의 무한 전선에서 K 값( $R=200\text{mm}$ , $0<d<300\text{mm}$ ) ...	44
표 3.8	두개의 무한 전선에서 K 값( $R=200\text{mm}$ , $0<d<1900\text{mm}$ ) ...	45
표 3.9	원형 코일에서 K 값( $R=100\text{mm}$ , $0<d<300\text{mm}$ ) .....	50
표 3.10	원형 코일에서 K 값( $R=100\text{mm}$ , $0<d<1900\text{mm}$ ) .....	52
표 3.11	원형 코일에서 K 값( $R=200\text{mm}$ , $0<d<300\text{mm}$ ) .....	53
표 3.12	원형 코일에서 K 값( $R=200\text{mm}$ , $0<d<1900\text{mm}$ ) .....	55
표 4.1	모의인체 외형과 관련된 머리 치수 .....	63
표 4.2	SAM 모의 인체와 CAD 파일의 설계를 위한 특정 지침 .....	64
표 4.3	액체 재료의 유전 특성 .....	69
표 4.4	기준 다이폴의 기계적 치수 .....	87
표 4.5	기준 다이폴 및 평면 모의인체를 위한 수치적 기준 SAR 값 .....	91
표 4.6	표 D.1에서 기준SAR 값의 교정을 위해 이용되는 파라미터 .....	92
표 4.7	온도프로브를 이용한 전달 교정에 대한 불확정도 분석 .....	112
표 4.8	도파관 내부의 분석적 전자기장 분포를 이용한 기법에 대한 불확정도 분석 .....	115
표 4.9	기준 안테나 이득 평가에 대한 불확정도 분석 .....	116
표 4.10	기준 안테나를 이용한 기법에 대한 불확정도 분석 .....	118

표 4.11	노출 평가의 측정 불확정도 문서화 .....	134
표 5.1	EAS 시스템의 유형 .....	141
표 5.2	주파수 대역 및 애플리케이션 .....	148
표 5.3	주파수 대역 및 애플리케이션 .....	149
표 5.4	기기의 유형에 따른 인체의 치수 및 거리 .....	157
표 5.5	길쭉한 회전 타원체의 치수 .....	164
표 5.6	조직 유형의 도전율 .....	172
표 5.7	조직 유형의 상대 유전율 .....	173
표 5.8	회전타원체의 크기에 따른 전자기장 .....	177
표 5.9	평가 불확정도 .....	184
표 6.1	인체 모의 조직 도전율 .....	193

## 그 립 목 차

그림 2.1	body mounted devices에 대한 전신모델.....	21
그림 3.1	디스크에서의 전류 밀도선 $J$ 와 $J$ 의 분포 .....	28
그림 3.2	$J=f[r]$ :디스크의 직경에서 계산한 유도 전류 밀도의 스폿(spot)분포( $H=Cte$ ). 가장자리에 $J_{max}=0.390*10^{-5}A/m^2$ . .....	29
그림 3.3	$J_i=f[r]$ :디스크의 직경에서 계산한 유도 전류 밀도의 적분 분포( $H=Cte$ ). $J_{imax}=0.375*10^{-5}A/m^2$ . .....	30
그림 3.4	무한 직선 전선에 의해 생성되는 자기장에서의 디스크 .....	31
그림 3.5	전류밀도 선 $J$ 와 디스크에서의 $J$ 의 분포 .....	32
그림 3.6	디스크의 직경에 따라 유도 전류 밀도의 스폿 분포 (왼쪽) 및 적분분포(오른쪽) .....	32
그림 3.7	전류 밀도 선 $J$ 와 디스크에서의 $J$ 의 분포 .....	33
그림 3.8	디스크의 직경에 따라 계산된 유도 전류 밀도의 적분분포 .....	33
그림 3.9	한개의 무한 전선에서 $K$ 값( $R=100mm, 0<d<300mm$ ) ...	34
그림 3.10	한개의 무한 전선에서 $K$ 값( $R=100mm, 0<d<1900mm$ ) ...	35
그림 3.11	한개의 무한 전선에서 $K$ 값( $R=200mm, 0<d<300mm$ ) ...	36
그림 3.12	한개의 무한 전선에서 $K$ 값( $R=200mm, 0<d<1900mm$ ) ...	37
그림 3.13	두 개의 무한 길이 전선에 의해 생성되는 자기장에서의 도전성 디스크 .....	38
그림 3.14	디스크 내에서의 전류 밀도 선 $J$ 와 $J$ 의 분포 .....	39
그림 3.15	$J_i=f[r]$ :디스크의 직경상에서 계산한 유도 전류 밀도의 적분 분포 .....	39
그림 3.16	디스크 내에서의 전류 밀도 선 $J$ 와 $J$ 의 분포 .....	39
그림 3.17	$J_i=f[r]$ :디스크의 직경에서 계산한 유도 전류 밀도의 적분 분포 .....	40

그림 3.18	두개의 무한 전선에서 K 값( $R=100\text{mm}$ , $0<d<300\text{mm}$ )	...	40
그림 3.19	두개의 무한 전선에서 K 값( $R=100\text{mm}$ , $0<d<1900\text{mm}$ )	...	42
그림 3.20	두개의 무한 전선에서 K 값( $R=200\text{mm}$ , $0<d<300\text{mm}$ )	...	44
그림 3.21	두개의 무한 전선에서 K 값( $R=200\text{mm}$ , $0<d<1900\text{mm}$ )	...	45
그림 3.22	코일에 의해 생성되는 자기장내에서의 도전성 디스크(코일반경 50mm)	.....	47
그림 3.23	전류 밀도 라인 J와 디스크 내의 J의 분포 (코일반경 50mm, 거리 5mm)	.....	48
그림 3.24	$J_i=f[r]$ :디스크의 직경에서 계산한 유도 전류 밀도의 적분 분포(코일반경 50mm)	.....	48
그림 3.25	전류 밀도 라인 J와 디스크 내의 J의 분포 (코일반경 200mm, 거리 5mm)	.....	49
그림 3.26	$J_i=f[r]$ :디스크의 직경에서 계산한 유도 전류 밀도의 적분 분포(코일반경 200mm)	.....	49
그림 3.27	전류 밀도 라인 J와 디스크 내의 J의 분포 (코일반경 10mm, 거리 115mm)	.....	49
그림 3.28	$J_i=f[r]$ :디스크의 직경에서 계산한 유도 전류 밀도의 적분 분포(코일반경 10mm)	.....	50
그림 3.29	원형 코일에서 K 값( $R=100\text{mm}$ , $0<d<300\text{mm}$ )	.....	50
그림 3.30	원형 코일에서 K 값( $R=100\text{mm}$ , $0<d<1900\text{mm}$ )	.....	51
그림 3.31	원형 코일에서 K 값( $R=200\text{mm}$ , $0<d<300\text{mm}$ )	.....	53
그림 3.32	원형 코일에서 K 값( $R=200\text{mm}$ , $0<d<1900\text{mm}$ )	.....	54
그림 3.33	균일 자속 밀도에서의 도전성 디스크	.....	57
그림 3.34	디스크의 유한 요소 메쉬(2차원 삼각형) 및 세부 내용	.....	57
그림 3.35	연구된 시스템	.....	58
그림 3.36	여러 다른자기장 소스에 대해서 결합 계수 K값과 소스 와의 거리의 파라미터 곡선	.....	58

그림 4.1	표 4.1의 치수에 대한 설명 .....	62
그림 4.2	귀 부근을 보여주는 모의인체 측면의 확대도 .....	64
그림 4.3	관련 기호를 보여주는 모의인체의 측면도 .....	65
그림 4.4	확장된 경계를 가진 사상봉합을 따라 (sagittally) 이등분된 모의 인체 .....	66
그림 4.5	귀 기준점, 입 기준점 및 중앙 스트립을 보여주는 모의인체의 그림 .....	67
그림 4.6	관련 기호를 보여주는 모의인체의 측면도 .....	67
그림 4.7	기준면 B에서 M까지의 SAM 횡단면도 .....	68
그림 4.8	시스캠 성능 검사용 장치 .....	83
그림 4.9	기준 다이폴의 기계적 세부 내용 .....	86
그림 4.10	장치에서의 기준선 및 기준면의 정의 - 고정된경우 ...	93
그림 4.11	장치에서의 기준선 및 기준면의 정의 - 폴더형 .....	94
그림 4.12	두부 왼쪽에서 무선 기기의 “접촉” 위치 .....	94
그림 4.13	두부 왼쪽에서 무선 기기의 “경사” 위치 .....	95
그림 4.14	시험 절차도 .....	96
그림 4.15	3점법 .....	101
그림 4.16	접선 표면 방법 .....	101
그림 4.17	평균화 방법 .....	102
그림 4.18	평균화의 도출 방법 .....	103
그림 4.19	SAR 데이터 외삽 .....	105
그림 4.20	수직적으로 구형 도파관을 이용할 때의 변환 인자의 평가를 위한 실험장치 .....	113
그림 4.21	장치의 설명 .....	115
그림 4.22	액체 모의 조직에서 구면 등방성으로부터의 편차를 평가하는데 이용되는 장치 .....	119
그림 4.23	기준 안테나를 이용한 축 등방성 측정 .....	120
그림 4.24	기준 안테나를 이용한 반구 등방성 측정 .....	121

그림 5.1 탐지 범위를 보여주는 출구 실장 기기의 예	143
그림 5.2 복도 실장 기기의 예	147
그림 5.3 유도성 결합	147
그림 5.4 전자기 결합	147
그림 5.5 용량성 결합	150
그림 5.6 RFID 시스템의 개관	158
그림 5.7 몸통 측정 격자	158
그림 5.8 머리 측정 격자	158
그림 5.9 단일 입식 안테나	158
그림 5.10 이중 바닥 입식 안테나	159
그림 5.11 단일 바닥 안테나	159
그림 5.12 단일 천장 안테나	159
그림 5.13 바닥 & 천장 조합 안테나	160
그림 5.14 "통과" 루프 안테나	160
그림 5.15 책상이나 카운터 꼭대기와 수평으로 장착된 안테나	160
그림 5.16 벽이나 프레임과 수직으로 실장된 안테나	161
그림 5.17 휴대용 안테나	161
그림 5.18 길쭉한 회전 타원체 치수	165
그림 5.19 길쭉한 회전 타원체 도전을	165
그림 5.20 Helmholtz 코일과 길쭉한 회전 타원체	174
그림 5.21 자기장(60cm×30cm)	175
그림 5.22 유도 전류 밀도(60cm×30cm)	175
그림 5.23 자기장(120cm×60cm)	175
그림 5.24 유도 전류 밀도(120cm×60cm)	176
그림 5.25 자기장(160cm×80cm)	176
그림 5.26 유도 전류 밀도(160cm×80cm)	176

# 제 1 장 서 론

최근 무선통신의 급격한 발달로 인하여 시간과 장소의 제약을 받지 않고 무선통신을 가능케 하는 가장 유용한 수단으로 보급되고 있으며 또한 전자·전기기기의 사용증가로 인하여 의도적이든 비의도적이든 전자파에 대한 인체 노출이 증대되고 있다. 고주파대의 전자파를 이용하는 휴대폰의 경우 극도로 근접하여 사용하므로 그 피해 가능성이 더욱 크다고 볼수 있으며, 각종 무선통신·방송을 위한 송신소 주변에는 고출력 전자파 방사로 인한 피해를 예상할 수 있다. 또한 변전소·고압선 주변의 주민들은 60Hz 전자파에 장기간 노출되어 신체적 이상을 일으킬 가능성이 있기 때문에 전자파에 대해 무지한 송신소 및 변전소·고압선 주변 거주민들에 의한 민원이 끊임없이 발생하고 그 빈도도 급격히 증가하고 있다. 이와 같이 사람들은 현대 정보화사회의 필수요소인 전자파에 대한 막연한 불안감 때문에 통신기기 혹은 가전기기 등을 안심하고 사용할 수 없는 상황에 처해 있다.

이에 세계보건기구(WHO)에서는 2005년까지 어떤 주파수의 전자파가 어느 정도로 인체에 흡수되면 어떤 반응이 발생하는가에 대한 정량적인 분석기법을 개발하여 유해 전자파로부터 사람들을 보호하기 위하여 통일된 기준(노출에 대한 기본한계 및 기준레벨)을 제정하고자 국제 EMF 프로젝트를 수행하고 있다. 국제전기기술위원회(IEC)는 TC85/WG15의 하나의 작업반에서 소극적으로 추진하고 있던 전자기장 인체노출량을 평가하기 위한 측정방법 및 계산방법의 국제표준화 작업을 1999년 10월에 새로운 기술위원회로 독립시켜 TC106을 설립하였으며, 0 ~ 300GHz의 주파수범위에서 기본한계 및 기준레벨에 적용하여 인체노출과 관련된 전자기장 환경의 특성 묘사, 전자기장의 측정방법, 특정한 전자기장 발생원에 의해 발생하는 노출을 계산하여 평가하는 방법 등을 연구하고 있다.

IEC/TC 106에서는 전자기장의 인체노출량 평가와 관련한 측정과 해석에 대한 국제적인 표준을 제정하며, 기기간의 간섭을 다루는 CISPR와는 달리 건강과 밀접한 관계가 있어 전세계적으로 관심이 집중되고 있는 분야이다. 또한 0 - 300 GHz 대역의 모든 전자파 방출기기를 포함하고 있어 다루는 범위가 매우 방대하고, 기술적이 전문성을 요구하며, 대상기기별로 별도의 측정표준이 있어야 하는 특이성을 가지고 있다. 그리고 대상기기가 매우 다

양하여 그 시장규모가 방대하며 또한 관련산업에 미치는 파급효과도 매우 클 것으로 예상된다.

따라서 본 연구는 IEC/TC106에서 전자기장 인체 노출량 평가를 위한 측정 방법 및 계산방법에 대한 국제표준화 작업에 심의 안전 검토 의견서를 제안 하고, 저주파·고주파 전자기장 인체노출량의 측정 및 평가 연구 등에 능동 적으로 참여하여 국내 전자기장 측정기술의 발전을 도모함과 동시에 국민건강 보호 및 국내산업의 경쟁력 확보에 크게 기여할 것이다.

## 제 2 장 IEC TC106의 동향

### 제 1 절 IEC TC106의 연구동향

#### 1. IEC/TC 106 개요

##### (1) 개괄

IEC/TC 106은 전자파 인체노출과 관련된 노출량 평가방법에 대한 국제 표준을 제정하는 위원회로서, 1997년 7월에 제안되어 동년 10월 회의에서 그 필요성이 인정되어 새로운 기술위원회로 만들어졌으며, 2000년 10월에 몬트리올에서 첫 회의가 개최되었다.

##### (2) 목적

0 ~ 300 GHz 주파수 대역 전기장, 자기장, 전자기장의 인체 노출량 평가를 위한 측정 및 계산 방법에 대한 국제표준을 준비하는데 그 목적이 있으며, 인체보호기준은 다루지 않는다.

##### (3) 참여국가

우리나라를 포함하여 오스트레일리아, 오스트리아, 벨기에, 캐나다, 중국, 일본, 덴마크, 핀란드, 프랑스, 독일, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 멕시코, 네덜란드, 노르웨이, 폴란드, 스페인, 스웨덴, 스위스, 타일랜드, 영국, 미국의 총 24개국이 참가하고 있다.

##### (4) 조직

IEC/TC 106의 의장은 Mr. Ronald C. Petersen이고, 간사는 Mr. Michel Bourdages, 보조간사는 Mr. Herman A.W. Leenders로 총 5개의 WG으로 구성하여 운영하고 있다.

#### 2. WG의 연구과제별 동향

IEC/TC 106에는 현재 진행중인 과제 6개와 신규과제 1개가 있으며 CD(Committee Draft) 준비 단계의 과제가 5건, CC(Committee Comments) 단계의 과제가 2건이 있다. 세부사항은 다음과 같다.

(1) WG 1 : 저주파수(0~100 kHz) 전기장 및 자기장, 유도전류의 측정, 계산

방법. - Horizontal standards (basic standards)

- Project 62226-1 : 저주파수 및 중간주파수 영역 전기장 또는 자기장에 의해 인체에 유도되는 전류의 계산방법. - Part 1: 범위, 참고용어 및 용어정의.

- Project Leader : M. F. Deschamps

- HISTORY OF THE PROJECT

· Stage	Document	Date	Target Date
· PNW	106/5/NP	24 March 2000	
· ANW	106/12/RVN	25 August 2000	15 August 2000
· 1CD	106/26/CD	25 January 2002	30 June 2002
· A2CD			31 May 2002

- Project 62226-2-1 : 저주파수 및 중간주파수 영역 전기장 또는 자기장에 의해 인체에 유도되는 전류의 계산방법. - Part 2: 자기장에 대한 노출 Section 1: 2D 모델

- Project Leader : M. F. Deschamps

- HISTORY OF THE PROJECT

· Stage	Document	Date	Target Date
· PNW	106/5/NP	24 March 2000	
· ANW	106/12/RVN	25 August 2000	15 August 2000
· 1CD	106/27/CD	8 February 2002	
· A2CD			31 July 2002

- (2) WG 2 : 특정 소스에 의해 발생하는 저주파수 전기장 및 자기장의 특성 묘사 - Vertical standards or Technical Specification (product and product family standards)

- Project 62233 : 인체노출 관련, 가전기기에서 발생하는 저주파수 자기장 및 전기장의 측정방법.

- Project Leader : M. Alain Roux

- HISTORY OF THE PROJECT

· Stage	Document	Date	Target Date
· PNW	106/4/NP	21 January 2000	

- ANW 106/16/RVN 15 September 2000 15 June 2000
- 1CD 106/34/CD 19 July 2002 30 June 2002
- A2CD 31 December 2002

(3) WG 3 : 고주파 전자기장(100 kHz~300 GHz) 및 SAR의 측정, 계산방법  
 - Horizontal standards (basic standards)

- Project 62334 : 인체노출과 관련된 고주파(9kHz ~ 300GHz) 전자기장의 측정 및 평가.

- Project Leader : David Baron

- HISTORY OF THE PROJECT

· Stage	Document	Date	Target Date
· PNW	106/25/NP	25 January 2002	
· ANW	106/30/RVN	7 June 2002	15 June 2002
· 1CD			31 December 2003

(4) WG 4 : 특정 소스에 의해 발생하는 전자기장 및 SAR의 특성 묘사 -  
 Vertical standards or Technical Specification(product and product family standards)

- Project 62209 : 300MHz ~ 3GHz 주파수범위의 휴대폰에 대한 SAR측정 절차

- Project Leader : Matthias Meyer

- HISTORY OF THE PROJECT

· Stage	Document	Date	Target Date
· PNW	106/2/NP	24 December 1999	
· ANW	106/9/RVN	26 May 2000	15 May 2000
· 1CD	106/24/CD	14 December 2001	30 June 2001
· A2CD	106/31/CC	14 June 2002	31 May 2002
· 2CD			30 September 2002

- Project 62232 : 이동전화 기지국에서 발생하는 전자기장.

- Project Leader : Mr. B. Eicher

- HISTORY OF THE PROJECT

· Stage	Document	Date	Target Date
· PNW	106/7/NP	5 May	2000
· ANW	106/14/RVN	15 September	2000 30 September 2000
· 1CD			30 September 2002

- Project(프로젝트명 없음) : 보안, 도난 방지, 전자 물류(EAS), 무선 식별(RFID), 자산/품목 추적 및 감시, 원격 지령, 제어, 원격 측정을 위하여 사용되는 장치, 유사한 단거리 및/또는 저 전력 무선 기기, 0 ~ 300 GHz 주파수 범위 상에서의 유사한 응용장치 보안 등으로부터의 전자기장에 대한 인체 노출 평가 (Evaluation of human exposure to electromagnetic fields from devices used for Security, Anti-Theft, Electronic Article Surveillance (EAS), Radio Frequency Identification (RFID), Asset/Item tracking and monitoring, Telecommand, Control, Telemetry, and similar Short Range and/or Low Power Radio Devices, in similar applications over the frequency range 0 ~ 300 GHz)
  - 관련문서: 106/41/NP
  - 다음단계: NP에 대한 voting 마감일 2003년 1월

(5) WG 5 : 일반표준

- Project 62311 : 인체노출 관련, 전자기장(0 Hz ~ 300 GHz)의 전기 및 전자제품 적합성평가 승인을 위한 판정기준
  - Project Leader : Ch. Verholt
  - HISTORY OF THE PROJECT
 

· Stage	Document	Date	Target Date
· PNW	106/20/NP	16 March	2001
· ANW	106/23/RVN	30 November	2001 31 July 2001
· 1CD			30 June 2003

## 제 2 절 2002 IEC TC106 WG5의 회의 결과

1. 회의일자 : 2002. 2. 28 ~ 3. 1

2. 장 소 : 덴마크 코펜하겐

3. 회의결과

○ 문서검토(106/20/NP, 106/23/RVN)

- 제목 : Assessment criteria to permit evaluation of compatibility of electrical and electronic apparatus with standards for human exposure to electromagnetic fields (0 Hz - 300 GHz)

“인체노출 관련, 전자기장(0 Hz ~ 300 GHz)의 전기 및 전자제품 적합성평가 승인을 위한 판정기준”

○ WG5의 목적 정의

- 제품 또는 제품군 표준에 포함되어 있지 않은 모든 제품에 해당하는 제조업체를 위한 제품 표준 제정.

○ 유럽 CENELEC version과 IEC version이 함께 발간될 것임.

○ CENELEC의 의도

- 수정된 현(안)을 UAP로 여섯달동안 회람시킨 후, 나머지 작업은 IEC에서 하도록 함.

※ UAP(Unified Approval Procedure)유럽전기통신표준기구(ETSI : European Telecommunications Standards Institute)에서 채택하는 표준 승인절차인 NAP(Normal Approval Procedure), UAP(Unified Approval Procedure) 및 AUAP(Accelerated Unified Approval Procedure) 중의 하나임.

표준(ETS와 I-ETS 등)의 채택이 긴급한 경우 공개조사와 공식투표가 하나로 통합된 승인절차로서, 관련 TC에서 합의에 의해 승인된 ETS와 I-ETS 초안이 긴급하게 결정되어야 할 경우에 적용됨.

○ WG5의 title의 수정

- "standard"라는 표현을 좀 더 포괄적인 의미를 가진 기본적인 표현으로 바꾸어야 함.
  - 예 : guide, guidelines, publication, document
- "standard"는 본 회의에서 변경하여, TC106에 통보하여야 함.
- "Emission"과 "exposure"에 관한 논의
  - "Emission"만이 product standards에서 규제될 수 있음.
- "SAR value"에 관한 논의
  - 회의 참석자 모두가 SAR test 경험이 있음.
    - 같은 cell phone에서도 각기 다른 결과가 도출.
    - 즉, EMF standard에서 uncertainty가 30% (EMC standard에서는 10dB)
- CLC(CENELEC) report, R 106X-001 Guidelines
  - 전자기장으로부터의 인체노출과 관련
- IEC에 대한 권고사항
  - 하나의 기술문서에 대한 배경으로서 세 가지 종류의 같은 급의 표준 즉, basic, product, generic standard를 선택하도록 권고함.
  - 차기 TC meeting에서 제안하기로 함.
- 작업일정
  - 2002년 5월에 CENELEC TC 211 document가 완성되면
    - 2개월간 작업하여 7월말까지 분담작업분을 위원장에게 보낼 것.
  - 2002년 10월의 북경회의시 이번 회의내용(작업일정/방향 등)을 위원장이 TC106 회의에서 보고.
    - 원고는 제출전 WG member에게 회람.
  - 2003년 3월까지 CD 초안을 WG에서 작성하여 회람.
    - Target date : 2003년 6월
- 작업내용 및 분담(106/20/NP, 106/23/RVN)
  - 참고문헌은 CLC(CENELEC) document
  - Scope, Normative reference, terms/definition, 평가방법 등은
    - 106/23/RVN과 동일.
  - Compliance criteria
    - 일반적인 기준 내용을 언급하고 일반화시키는 것으로 수정



to 10 kHz).

- ENV50166-2
  - Human exposure to EMF - High frequency (10 kHz to 300 GHz).
- EN50360
  - Product standard to demonstrate the compliance of mobile telephones with the restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (300 MHz - 3 GHz).
- EN50364
  - Limitations 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.
- EN50366
  - Measuring methods for determining the magnetic flux density in the space around household and similar appliances with particular regard to human exposure.
- ES59005(첼회)
  - Considerations for the evaluation of human exposure to EMFs from MTS in the frequency range 30 MHz - 6 GHz.
- EN50357
  - Evaluation of human exposure to EMF from devices used in EAS, RFID and similar applications.
- EN50361
  - Basic standards for the measurement of Specific Absorption Rate related to human exposure to EMF from mobile phones (300 MHz - 3 GHz).
- IEEE Standard for Safety levels with respect to human exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz.
- EN50371
  - 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

- 61786
  - Measurement of low frequency magnetic and electric fields with regard to exposure of human beings - Special requirements for instruments and guidance for measurements
- ITU COM-5-35-E
  - Draft new recommendation K 52 - Guidance on complying with limits for human exposure to EMF.
- ICNIRP Guidelines
- IEC/CISPR 11, IEC/CISPR 14-1, IEC/CISPR 15, IEC/CISPR 22,
- ETSI Guideline TR 101-870 V1.1.1, 2001-11
- CEN/EN 12198-1, CEN/EN 12198-2

### 제 3 절 2002 IEC TC106 회의 결과

1. 회의일자 : 2002. 11. 18 ~ 20
2. 장 소 : 미국 뉴저지 피스카타웨이
3. 회의결과

#### 가. 2002 IEC/TC106 회의 주요사항

금번 2002년 11월 18일부터 11월 20일까지 미국 뉴저지주 피스카타웨이 소재 IEEE Center에서 개최된 2002 IEC/TC106 국제표준회의에서는 한국, 미국, 일본, 독일, 스위스 등 10 개국에서 25명이 참석하여 WG1, WG2, WG3, WG4, WG5의 표준화 문서작업에 대한 논의를 하였다.

IEC/TC106 회의는 전자파 인체노출에 대한 노출량 평가방법에 대한 국제표준을 다루고 있다. 회의 기간 중 11월 18일에는 WG4와 WG3의 Project Team Meeting이 있었고, 11월 19일에는 IEC/TC106의 전체 회의가 열렸으며 진행중인 과제 6개와 신규과제 1개에 대한 발표와 논의가 있었다. 11월 20일에는 본인이 작업반 위원으로 소속된 WG5의 회의가 있었다.

금번 IEC/TC106 전체 회의에서는 특히 IEC와 CENELEC의 협조방안에 대한 심도 있는 논의가 있었고, 2002년 11월 14일 체결된 IEC와 IEEE의 Dual logo 협정에 대한 소개가 있었다. IEC와 IEEE 두 기관의 협정은 그동안 유럽 중심으로 운영되던 IEC에 대해 미국의 영향력을 표준화 초기화 초기부터 행사할 수 있는 방안을 마련한 것으로 볼 수 있으며, 앞으로 두 기관의 취약 부분을 상호 보완하여 공동 표준을 제정함으로써 국제적인 표준 조화에 많은 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 나. 주요 논의 및 결정사항

이번 회의에서는 WG Membership(역할과 임무)에 대한 논의가 있었으며, 각 WG별 프로젝트에 대한 보고와 논의가 있었다. 각 WG 별 주요 논

의 및 결정사항은 다음과 같다.

WG1에서는 측정에 대한 중요성이 부각되었으며, 측정프로토콜을 어떻게 할 것인가에 대해 많은 논의가 있었다. 저주파 대역 유도전류 계산 방법과 관련하여 coupling factor K를 결정하는 방법과 특히 현 모델의 타당성에 대한 논란이 있었는데, 미국 측에서는 기준레벨에 대한 적합성이 우선이 되어야 하는데 K의 개념은 기본한계가 우선시 된다는 점에 근본적인 문제가 있다는 것을 제기하였다.

WG 2와 WG 3에서는 현재 과제 진행상황에 대한보고가 있었으며 별다른 논의는 없었다. 한편, WG 4에서는 근거리장 저전력 전자기장 방출기기에 대한 신규 프로젝트의 작업일정에 대한 발표가 있었고, 프로젝트 팀 구성과 관련하여 한국 측에도 위원 추천을 제의하여 적극 참여하기로 하였다.

WG 5에서는 현장에서 문서 검토 작업을 하였으며, 현재 CD 작업중인 Generic standard to demonstrate the compliance of electronic and electrical apparatus with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields(0 Hz 300 GHz) 문서 중 본인이 검토를 담당하고 있는 Evaluation of compliance to limit 부분에 대한 기고문을 제출하였고, 기고 내용은 green sheet로 작성하여 참여국에 배포하였다.

다. TC106 회의 세부 내용

#### 1) 표준화회의 참석 개요

본인은 2002년 11월 18일부터 11월 20일까지 미국 뉴저지주 피스카타웨이 소재 IEEE Center에서 개최된 2002 IEC/TC106 국제표준회의에 참석하여 관련분야의 국제 표준화 동향을 파악하고, 전문가들과 현안문제에 대해 논의하였다. IEC/TC106 회의는 전자파 인체노출과 관련된 노출량 평가방법에 대한 국제표준을 제정하는 위원회로서, 1997년 7월에 제안되어 동년 10월 회의에서 그 필요성이 인정되어 새로운 기술위원회로 만들어졌으며, 2000년 10월에 몬트리올에서 첫 회의가 개최되었다.

IEC/TC106에는 5개의 WG가 있으며 WG1에서는 저주파수 대역(0 Hz ~ 100 kHz) 전기장, 자기장 및 유도전류의 측정 및 계산 방법에 대한 Basic Standard를 다루며, WG2에서는 특정 전자파 발생원에 의한 저주파수 전기장 및 자기장 측정 방법에 대한 표준(Product 및 Product Family Standard)을 다루고 있다. WG3와 WG4에서는 각각 고주파수 대역(100 kHz ~ 300 GHz) 전자기장 및 SAR(전자파흡수율)의 측정 및 평가 방법에 대한 Basic Standard와 Product 및 Product Family Standard를 연구하고 있고, WG5에서는 전 주파수 대역의 노출량 평가 방법에 대한 일반표준(Generic Standard) 제정을 담당하고 있다

이번 회의에는 한국, 미국, 일본, 독일, 스위스 등 10 개국에서 25명이 참석하여 WG1, WG2, WG3, WG4, WG5의 표준화 문서작업에 대한 논의를 하였다. 11월 18일에는 WG4와 WG3의 Project Team Meeting이 있었고, 11월 19일에는 IEC/TC106의 전체 회의가 열렸으며 진행중인 과제 6개와 신규과제 1개에 대한 발표와 논의가 있었다. 11월 20일에는 본인이 작업반 위원으로 소속된 WG5의 회의가 있었다. 금번 IEC/TC106 전체 회의에서는 특히 IEC와 CENELEC의 협조방안에 대한 심도 있는 논의가 있었고, 2002년 11월 14일 체결된 IEC와 IEEE의 Dual logo 협정에 대한 소개가 있었다. IEC와 IEEE 두 기관의 협정은 그 동안 유럽 중심으로 운영되던 IEC에 대해 미국의 영향력을 표준화 초기화 초기부터 행사할 수 있는 방안을 마련한 것으로 볼 수 있으며, 앞으로 두 기관의 취약 부분을 상호 보완하여 공동 표준을 제정함으로써 국제적인 표준 조화에 많은 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

우리나라에서는 충남대학교, ETRI, 전파연구소에서 총 4명이 참석하였으며, 전체회의에서 한국의 각 표준에 대한 한국의 의견을 개진하였으며, WG5 회의에서는 현재 CD 작업중인 Generic standard to demonstrate the compliance of electronic and electrical apparatus with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields(0 Hz ~ 300 GHz) 문서 중 본인이 검토를 담당하고 있는 Evaluation of compliance to limit 부분에 대한 기고문을 제출하였고, 기고 내용은 green sheet로 작성하여 참여국에 배포하였다. 또한 현재 한국측 소속위원이 없는WG4의 Project 팀 회의에는 observer 자격으로 참

여하여 진행중인 2개의 과제에 대한 보고를 들었으며, 신규 과제로 추진 중인 근거리장 영역의 저전력기기에 대한 노출량 평가팀에 한국위원 추천을 제안 받았다.

## 2) 표준화회의에서의 쟁점사항 및 결과

### 가) WG 1

- o Status에 대한 보고 중 측정에 대한 중요성이 부각되었으며, 측정 방법에 대해 어떻게 할 것인가에 대한 질문이 많았음. 측정프로토콜을 어떻게 할 것인가가 issue임.
- o safety limit에 적합성 여부를 평가하는 일반적인 절차에 대해 part1에서 다루고 있으며, 작업에 대한 추진일정에 대해 설명하고 document에 대한 유럽에서는 많은 comment가 있었으며, 미국에서는 document를 기술보고서로 change하는 것을 제안하였으나 고려하지 않았다고 보고함. 대부분이 편집에 대한 의견이 많았고, sophisticated human model사용이 가장 중요한 comment임.
- o Part 2(fundamental standard)
  - coupling factor k설명
  - 측정과 simple calculation과의 비교
  - coupling factor k를 결정하는 방법에 따라 신중히 고려해야 할 것이라 하고 이에 대한 논의가 활발히 진행됨.
    - finding method
    - model에 대한 타당성 등(USA에서 제기)
    - 가능한 일반적인 사항에 대해서 고려할 것임.
  - 106/27을 회람하고 있고 CDV로 제안할 것임.
  - meeting : 10/12/02
- o Part3 : 전기장 노출의 analytical model에 대해 논의. 12월 meeting에서 보다 상세히 논의될 것임. Analytical model에 대한 CD기대.

나) WG 2

- o Magnetic field measurement method 설명
  - 고조파에 대해 무시하지 않음.
  - Broad band meas.
  - Line spectrum meas.
  - Simplified broad band meas.
- o test condition과 coupling factor에 대해 보고 및 논의
  - ICNIRP limit를 사용한 coupling factor 예 설명
- o 1 level 에서 Meas. of Magnetic flux density (Broad band meas., Line spectrum meas., Simplified broad band meas.) 결과 얻어 level 2단계에서 coupling factor와 보정함.
- o Milestone
  - 2002 7월 CD, 9월 comment closing, 12월 Next meeting
  - 2003년 1월 CDV or 2nd CD

다) WG 3

- o 현재 과제 진행상황에 대한 보고가 있었으며 별다른 논의 없음

라) WG 4

- (1) WG 4의장 : Kathy MacLean
  - (2) 미국, 일본, 독일 등15명 National Committee 참석, 위원 소개
  - (3) WG 4 Membership과 조직에 대해 검토
- : WG 과 프로젝트 팀의 역할에 대한 논의가 있었으며, WG에는 프로젝트 팀의 작업을 위한 운영위원회가 있음. 현재 WG4에는 2개의 프로젝트팀이 있고, 3개가 NP단계에 있음. 프로젝트 팀의 멤버는 기술적인 전문가로 구성되며, 각 국의 National Committee에 의한 WG 멤버로 지명되거나 그렇지 않을 수도 있음. 반면, WG 멤버는 모두 각국의 National Committee에서 지명된 사람들임. 따라서 이들 역시 프로젝트 팀의 멤버일 수도 아닐 수 있음. 이러한 각각의 역할에 따라 WG Membership list 를 개정할 수 있음.

(4) WG4는 각종 문서와 WG모임날짜, 프로젝트팀의 meeting등을 올려 놓은 IEC web site의 FTP site에 대한 잇점에 동의함.

: 독일에서 WG4 FTP 운영 관련 다른 WG에서도 볼 수 있도록 하고, 다른 WG과 연계될 수 있도록 하면 좋겠다고 제안함

(5) WG의 high frequency 경계인 100 kHz이상에 대해 논의가 있었는데 100 kHz경계로 하여 도난방지기기 등과 같은 제품 등에 대해서는 WG 4의 scope에 포함. 이런 분야와 future work을 위한 전문가를 찾기 위해 WG 멤버들과 접촉할 것임. 위아래 경계에 있는 주파수 영역에 대해 프로젝트 팀에서는 저주파수 대역의 그룹으로부터 전문가를 필요로 함.

(6) PT 62209 보고 및 논의(M. Meier)

o 목적

- 무선통신기기로부터의 전자기장(Radio fields)에 대한 인체 노출 평가(인체모델, 시험도구, 절차)

- 30 MHz에서 6 GHz 주파수 대역에서 이동단말기에 대한 SAR 측정 절차

o 2002년에 프로젝트 팀은 12개국, 20명이 참석하여 3차례 회의를 가졌으며, 20개의 문서를 작성하였음.

o Part 1에 대해 12개국에서 comment를 하였는데 일반적인 사항이 32개이고, editorial 것이 105개 이며, 한국을 포함하여 5개국에서 기술적인 부분에서 104개 comment 를 하였음.

- 주요 comment 내용

· IEEE p1528과 조화를 이루어야 할 것

· 팬텀 specification

· 후처리(post processing), 문서화에 대한 불확실성 등

o Part 2

- 3 MHz에서 6 GHz영역에서 Two way radio, Wireless palmtop terminal, Wireless desktop terminal, Wireless body mounted devices에 대한 SAR 평가 절차

- Technical import : multi mode transmitter, multiband

simultaneous transmitter, palmtop with integrated radio,  
wrist-mounted devices

- 유효성 검사시 팬텀 정수에 대한 타당성

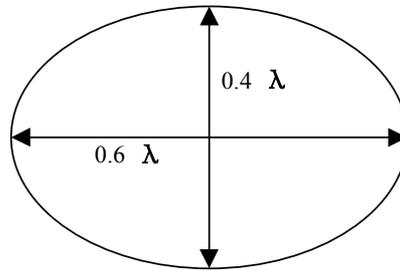


그림 2.1 body mounted devices에 대한 전신모델

- 30 MHz 이하의 주파수에 대한 조직의 파라미터 타당성
- 900, 1800 MHz에서 face의 front에 사용될 body liquid 파라미터 타당성
- 손이 없는 model이 최악의 조건임(ex. 무전기 등)  
: Dr. Chou가 전파연구소에서 손에 대한 영향 연구가 수행되었으며 KEES에서 발표되었음을 공지함.

- Part2의 Timeline 언급

- 3-6 GHz, 30-300 MHz spec작업을 2003년 3월까지 수행
- 낙관적으로 볼 경우 Part 2의 첫 CD 문서를 2003년 CDV를 2004년으로 보고 있으며, 비관적일 경우는 2003년 CD, 2004년 2CD, 2005년 CDV가 나올 것으로 예측함.

(7) PT62233 보고 (B. Eicher)

- o WG은 기지국 방출 측정 프로젝트가 진전이 있기를 바라며, Task force를 구성하고, CENELEC과 Canada의 관련된 문서가 있다는 점을 지적함.
- o EN 50383 : 무선통신시스템에 대한 기지국과 고정국으로부터의 인체노출과 관련한 전자기장 세기와 SAR의 계산과 측정을 위한 basic standard.
- o EN 50384 : 무선통신시스템에 대한 기지국과 고정국의 적합성

을 설명하는 product standard (110 MHz ~ 40 GHz).

- o 상기 두 문서에 대한 자료를 요청, 독일의 Meier가 문서를 가지고는 있었으나 현재 CENELEC에서 검토 중에 있는 문서로써 제공하는데 난색을 표명하여 전체 문서를 확보하지는 못하고 scope 가 있는 앞 부분만 받았음.
- o 본 문서에서는 기지국 측정용 rectangular box phantom(800 mm x 500 mm) 대해 언급.

(8) 새로운 연구 과제

- o 106/41 NP (2003년 1월 투표마감)
  - stage 1 : 도난방지시스템(EAS), 무선 식별 시스템(RFID) 및 유사한 시스템 (EN 50357)
  - stage 2 : Short range/low power devices (Telecommand, Telemetry 등)
  - 일반인과 직업인에 대해 평가방법을 포함하여야 할 것임.
  - 특정 제품형태에 따라 시리즈 형태로 위원회 안을 마련하고 이작업을 1 - 2년 계획하고 있음

(9) 향후 작업

- o 우선순위를 정하는 부분에 대한 논의가 있었으며, 방송 송신장치, 레이다, 고정 무선통신 시스템 등에 대한 신규 프로젝트 팀 구성의 필요성을 논의함

마) WG 5

(1) prEN50392 검토하고 현장에서 수정하였음

- o 전문은 IEC format으로 변경하기로 하고, 적용범위 및 용어는 106/23/RVN을 참고하기로 하였으며, 정의 부분은 IEC web site에서 확인 과정을 거치기로 결정.

(2) compliance criteria 부분은 상당한 논의와 논란이 있었음.

- o 모든 limit나 criteria를 cover 할 수 있도록 문장을 수정

(Compliance criteria are one or more criteria that can be used to show compliance with a defined limit).

- o 또한 한국과 같이 basic restriction compliance criteria에 포함시키지 않는 경우를 고려하여 다음과 같은 문장을 추가하였음 (National regulatory authorities may state different requirement).
- o Low power device에 대한 예외규정과 관련하여, prEN 문서의 1/2 limit value에 대해 캐나다에서는 실제 수치를 명기하는 것은 위험할 수 있고 1/2의 수치도 너무 높다는 반대의견을 제기하였는데 의장은 수치를 명기해야 한다는 고수, 의견의 차이를 나타내었으며, 이는 다시 논의하기로 함. 우리의 의견은 캐나다의 문제제기가 동의하나 추가 의사 진행이 이루어 지지 않아 CD 문서가 회람될 때 이에 대한 의견을 개진할 것임.

(3) Evaluation of compliance to limit에 한 기고문 제출

- o 한국에서 이 부분의 검토를 담당하였으며, 첨부한 기고문을 제출하고, 기고 내용은 green sheet로 작성하여 참여국에 배포하였음.

바) CENELEC 과 TC 106과의 협조

Dresden 협정에 의하면 서로 중복 작업을 피하고, 작업이 종료된 문서를IEC로 전달하기로 되어 있기 때문에 향후 적극 협조하기로 하고, 협조가능한 분야에 대한 검토가 있었음. 현재 CENELEC과 IEC의 과제간 관련성은 표2-1과 같음.

사) IEEE와 IEC와의 공동 로고 협정

- o IEEE 측에서 2002년 11월 14일 체결된 IEEE/IEC간의 공동 로고 협정의 의의를 설명하고, 앞으로 하나의 국제표준이 되도록 서로 공동 노력할 것임.
- o IEEE와 IEC간의 협정은 그 동안 유럽 중심으로 운영되는 IEC에 대해 미국의 영향력을 표준화 초기에 행사할 수 있는 방안을 마

련한 것으로 볼 수 있으며, 상호 두 기관의 취약했던 부분을 서로 보완하고, 조화를 이루며, 하나의 국제적인 표준제정을 위해 협조함으로써 표준의 국제적 조화에 상당한 영향이 있을 것으로 예상된다.

표 2.1 CENELEC과 IEC의 과제간 관련성

	IEC	CENELEC	비고
Low Frequency	<ul style="list-style-type: none"> <li>o WG1               <ul style="list-style-type: none"> <li>- PT62226, body current 26/CD, 27CD</li> </ul> </li> <li>o WG2, LF specification source               <ul style="list-style-type: none"> <li>- PT62233, domestic 34/CD</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o <u>WG3, LF+HF assessment</u></li> </ul> <p>J E G / T C 6 1 , domesticPrEN50366 .</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Many common member.</li> <li>-Document aligned.</li> <li>-Future split of EN into 2 documents (product &amp; basic standard)</li> </ul>
High Frequency	<ul style="list-style-type: none"> <li>o WG3, HF assessment               <ul style="list-style-type: none"> <li>- PT62334, Tech. report TC85CD</li> </ul> </li> <li>o WG4, HF specification source               <ul style="list-style-type: none"> <li>- PT62209, Phone &amp; Wireless, 34/CD</li> <li>- PT62232, base station</li> </ul> </li> <li>-41/NP antitheft</li> <li>-WG 4에는 없음 새로운 activity가 필요</li> <li>o IEC TC27</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o WG3, LF &amp; HF assessment</li> <li>o WG1, Mobile Telecom.               <ul style="list-style-type: none"> <li>-<u>EN50360 phone product</u></li> <li>-EN50361 basic standard</li> <li>-EN50383 base Stati. Basic</li> <li>-<u>EN50384 Product Occ</u></li> <li>-<u>EN50385 Product GP</u></li> </ul> </li> <li>o WG2 antitheft               <ul style="list-style-type: none"> <li>-<u>EN50364 RFID &amp; EAS product</u></li> <li>-EN50357 basic</li> </ul> </li> <li>o WG7 <u>Broadcast</u></li> <li>o WG9, <u>industrial, heating</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Documents exchanged, some common member</li> <li>-Different weight of Doc's. Future senario.</li> <li>-EN offered to IEC.</li> <li>-Good alignment &amp; Cooperation. Convenor meeting</li> </ul>
Generic standard	<ul style="list-style-type: none"> <li>o WG 5 Generic Standard Assessment Criteria               <ul style="list-style-type: none"> <li>-PT62311</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o WG4 Generic S.               <ul style="list-style-type: none"> <li>-EN50371, Low power</li> <li>-prEN50392, G. GP-Guide R106X .</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Good alignment &amp; cooperation. EN50371 offered to IEC. Guide offered to IEC</li> </ul>

※ 밑줄 친 부분은 현재 대응되는 과제가 없음

# 제 3 장 저주파 전자기장에 대한 인체노출에 대한 측정 및 평가

본 장은 "저주파수 및 중간주파수 범위에서의 전기장 또는 자기장에 의한 인체에서의 유도 전류 밀도 및 전기장의 계산 방법"에서 자기장에 대한 노출의 2D 모델-106/27/CD에 대하여 언급하고자 한다.

## 제 1 절 해석적 모델

### 1.1 개요

자기장에 대한 인체 노출에 관한 지침은 일반적으로 유도 전류 밀도 또는 내부 전기장으로 표시된다. 이런 전기적 양은 직접 측정될 수 없으며, 본 문서의 목적은 외부 자기장으로부터 이러한 양을 평가하는 방법에 관한 지침을 제공하는 것이다.

유도 전류 밀도  $J$ 와 내부 전기장  $E_i$ 는 간단한 관계로 밀접하게 연결되어 있다:

$$J = \sigma E_i$$

여기서  $\sigma$ 은 도전율이다.

간소화를 위해, 본 표준의 내용은 유도 전류 밀도를  $J$ 로 표시하는 바, 내부 전기장의 값은  $J$ 로부터 앞의 공식을 이용하여 쉽게 도출될 수 있다.

해석적 모델은 단순 사례의 계산을 위해 또는 수치 계산을 검증하는데 이용될 수 있다.

일반적으로, 유도 전류, 내부 및 외부 전자기장 사이의 관계를 정량화하기 위해 해석적 모델을 이용하는 것은 몇 가지 이유로 비판을 받게 될 것이다:

- 인체는 비균질적인 구조이다.
- 관계는 전기 도전율과 평균 반경의 값에 직접적으로 의존한다.
- 자기장의 실제 분포는 소스가 코일과 자기 코어로 구성되거나 전류가

도전성 물질에서 유도될 경우 간단하게 계산될 수 없다.

## 1.2 균일 전자기장에 대한 기본 해석적 모델

가장 단순한 모델은 고려 대상 인체의 일부를 모델화하는데 이용되는 주어진 도전율의 균질적인 디스크 및 균일하고 단일 주파수에 있는 외부 자기장 사이의 결합이라는 가설에 기초한다. 그러한 모델은 예를 들면, ICNIRP 건강 물리학(vol. 74, n 4, 1998, 4, pp 496-522) 및 NRPB NRPB, 1993, 정전자기장 및 시변 전자기장 및 복사에 대한 인체 노출 제한치에 대한 위원회 보고서, Volume 4, No 5, 1 지침에서 이용된다.

이러한 모델링의 목표는 유도 전류와 내부 전자기장을 평가하기 위한 단순한 방법을 제안하는 것이다. 이러한 첫번째 접근법은 간단하며, 계산해야 하는 전기적 양의 엄격한 값을 제공한다.

교류 자기장에 대해서, 계산은 노출된 인체나 인체의 일부가 반경 인 원형 단면이며, 도전율을 갖는다고 가정한다. 계산은 최대 결합 조건 즉, 균일 자기장이 이 디스크에 수직인 상태에서 이루어진다. 이 경우, 반경에서의 유도 전류 밀도는 다음에 의해서 주어진다:

$$J(r) = \frac{r\sigma}{2} \frac{dB}{dt}$$

여기서  $B$ 는 자속 밀도이다.

주파수의 단일 주파수 자기장을 고려하면 다음과 같다:

$$J(r) = \sigma\pi r f B$$

## 제 2 절 수치 모델

### 2.1 수치 모델에 관한 개요

전자기장 특성을 고려한 단순 모델은 균일 전자기장(해석적인 것)만을 고려하는 것보다 더 현실적이다.

알려진 바와 같이 전자기장은 맥스웰의 방정식에 의해 결정된다. 이러한 수식은 다음과 같은 다양한 수치 방법을 이용하여 2차원 또는 3 차원 구조로 정확하게 해결될 수 있다(2D 또는 3D 계산):

- 유한요소법(FEM)
- 경계 적분 방정식법(BIE 또는 BEM) 또는 모멘트법
- 차분법(FD)
- 임피던스법(IM)

다른 방법은 이것들로부터 도출된다. 예를 들면, 다음 방법은 차분법으로부터 도출된다:

- 시간 영역 차분법(FDTD)
- 주파수 의존 시간 영역 차분법((FD)2 TD)
- 스칼라 전위 차분법(SFPD)
- 혼성 방법 또한 모델링 향상을 위해서 개발되었다(예: FE+BIE).

이러한 방법은 전자기장 계산을 위한 업계 및 대학의 계획에 의해 타당성이 검증되었다. 상업적으로 이용할 수 있는 소프트웨어는 정상 상태 또는 과도 전류원 조건에서 뿐만 아니라 물질의 실제적인 기하학적 구조와 물리적인 특성을 감안함으로써 맥스웰 방정식을 정확하게 풀 수 있다.

수치법의 선택은 다음과 같은 많은 파라미터에 의존하는 정확성, 계산 효율성, 메모리 요구 사항 사이의 절충에 의해 이루어진다:

- 모의 전자기장 노출
- 모델화될 인체의 크기 및 외형
- 인체의 묘사 수준(voxel의 크기) 또는 메쉬의 세밀함
- 맥스웰 관계식의 일부를 무시하기 위한 주파수 범위(예: 저주파수에 대

한 변위 전류 항)

- 전기적 공급 신호(정현파적, 주기적 또는 과도)
- 분해능의 유형(2D 또는 3D)
- 수학 공식
- 선형 또는 비선형 물리 파라메타(도전율,·)
- 수치법의 성능 등

따라서, CPU 시간 계산은 상당히 달라질 수 있다.

모든 전자기장 값은 수치적으로 획득되며 다른 형태로 이용할 수 있다:

- 현상 및 가능한 핫 포인트의 시각적인 평가를 가능케 하는, 색 등방값 (color iso-value) 직선 또는 곡선의 형식으로 이루어진 자기장 H, 자속 밀도 B, 전기장 E, 전류 밀도 J의 분포.

H, B, E, J의 국부 또는 공간 평균 적분 값

- 전역 크기값: 활성 전력
- 이러한 방법은 특정 문제 해결에 많은 도움이 된다; 그러나, 그것은 일반적인 문제의 연구에는 편리하게 이용될 수 없다.

## 2.2 2D 모델 개요

전자기 현상을 이해하고 인체의 유도 전류에 관한 수치 정보를 신속하게 얻기 위해서는 자기장 분포를 갖는 단순한 인체(디스크)에 대해 2D 시뮬레이션이 실시될 수 있다.

맥스웰의 관계식(저주파 근사)으로부터 시작하여 한 수식만이 특정 수학 공식으로 얻어질 수 있다

$$\frac{1}{\sigma} \nabla^2 \bar{H}_r - \mu_0 \frac{\partial \bar{H}_r}{\partial t} = \mu_0 \frac{\partial \bar{H}_{ex}}{\partial t} \quad (4)$$

여기서

$H_{ex}$ 는 하나의 인덕터(전선, 코일)에 의해 생성되는 여기 전자기장

$H_r$ 은 다음에 의해 맴돌이 전류가 계산될 수 있는 유도 전자기장:

$$\vec{J} = \text{Curl}(\vec{H}_r) \quad (5)$$

수식 (4)는 그림 2에서 설명한 유한 요소법에 의해 해석되는 2D가 될 수 있다.

여기 자기장  $H_{ex}$ 는 단순 전자기장 소스에 대해 해석적 관계로부터 계산된다(직접 계산 또는 수치 적분).

X, Y, Z 좌표가 이용된다. XY면은 유도 전류가 발생하는 디스크의 연구대상면이다.  $H_{ex}$ 가 상수인 특별한 경우를 제외하고는 인덕터 코일은 동일한 면에 있다. Z축을 따라서는  $H_{ex}$ 의 한 구성요소만을 감안한다. 디스크의 유도 전류는 두 구성요소  $J_x, J_y$ 를 갖는다.

전형적인 수치 결과는 RMS 전류 밀도, 전류 밀도 분포, 디스크의 직경에 대해 계산된 전류 밀도의 국부 분포 및 적분 분포로 제시된다.

### 2.3 생체 조직의 도전율

인체 모델링에 이용될 전기적 파라미터의 값은 계산 결과와 관련하여 아주 중요하다. 이런 파라미터의 직접적인 평가는 특히 저주파수 범위에 있어서 매우 민감하다. 나중에 본 문서에서 주어지는 모든 다른 수치 결과는 도전율에 선형적으로 의존하므로 필요한 경우 간단한 교정을 할 수 있다.

인체에 대한 도전율의 평균값은 일반적으로  $\sigma = 0.2$  S/m이다. 보다 최근의 실험 데이터에 기초하여 어떤 전문가들은  $\sigma = 0.22$  S/m를 제안하였다.

기존의 참고 문헌과 일치하도록 하기 위하여 본 문서에서는  $\sigma = 0.2$  S/m의 값을 선택하였다.

### 제 3 절 2D 모델 - 계산 가설 및 계산 결과

장의 비균일성을 감안하기 위해, 기본 해석적 모델은 다음과 같이 정의된 결합 계수  $K$ 인 추가 파라미터를 수식(3)에 도입함으로써 조정될 수 있다:

$$K = \frac{J_{nonuniform}}{J_{uniform}}$$

여기서

$J_{nonuniform}$ 은 비균일 자기장에 노출된 디스크에서의 최대 유도 전류 밀도이다.

$J_{uniform}$ 은 균일 자기장에 노출된 디스크에서의 최대 유도 전류 밀도이다.

$J_{uniform}$ 은 수식(3)으로부터 도출된다:

$$J_{uniform} = J(r = R) = \sigma\pi RfB$$

균일 전자기장에 대해서  $K = 1$ 임을 주목하여야 한다. 자기장의 몇몇 특정 공간적인 배열에 대해서는 수치법으로써 결합 계수  $K$ 를 계산할 수 있다.

실제 경우에 있어서, 전자기장의 공간 배열은 수식으로 쉽게 설명할 수 없으며, 결합 계수  $K$ 는 추정만 할 수 있을 뿐이다.

주 1 계산된 유도 전류 밀도의 한 지점에서의 값은 본 문서에서 평균화되었다. 따라서, 위에 주어진  $J_{uniform}$ 과  $J_{nonuniform}$ 의 값은 전류 방향에 수직인  $1\text{cm}^2$ 의 횡단면에서 평균화된 값이다.

주 2  $K$ 의 값은 50 Hz의 주파수에서 계산된다. 이 값은 60 Hz의 주파수에 대해서도 유효하다.

### 3.1 균일 전자기장에서의 디스크

유도 전류는 도전율이 균일한 디스크에서 계산된다. 여러 가지 전자기장 소스 배치 사이의 비교(소스의 기하학적 배치 및 디스크와의 거리에 의존)를 위해 다음과 같은 표준 값을 선택하였다:

- $f$ , 주파수 = 50 Hz
- $B$ , 균일 자기장 = 1.25 T
- $R$ , 도전성 디스크의 반경 = 10 mm
- $\sigma$ , 도전율(균일) = 0.2 S/m

수식(3)의 값을 이용하면 디스크 가장자리에서는 다음과 같다.

$$J_{\max} = 0.395 \cdot 10^{-5} \text{ A/m}^2 \quad (\text{해석적 계산})$$

유한 요소법을 이용한 수치 계산의 결과를 아래에 나타내었다:

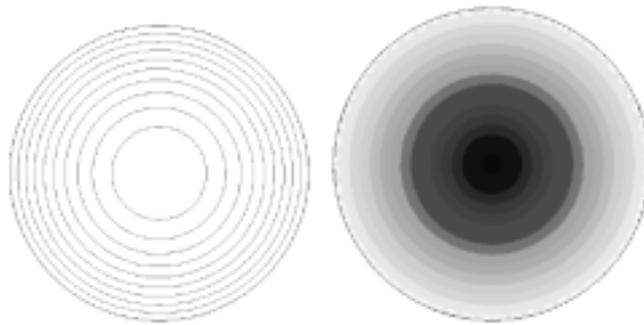


그림 3.1 디스크에서의 전류 밀도 선  $J$ 와  $J$ 의 분포

이 계산 결과, 디스크의 가장자리에서의 값은 다음과 같다:

$$J_{\max} = 0.390 \cdot 10^{-5} \text{ A/m}^2$$

$J_{\max}$ 의 이러한 수치 값은 해석 값과 같은 것으로 간주될 수 있다(수치 모델의 매칭 효과를 고려하여). 따라서 해석적 접근법 및 수치 접근법은 이런 단

순 사례에 유사한 결과를 제공한다.

유도 전류 밀도의 재분할은 디스크의 직경을 따르는 계산점 위치의 선형 함수이다.

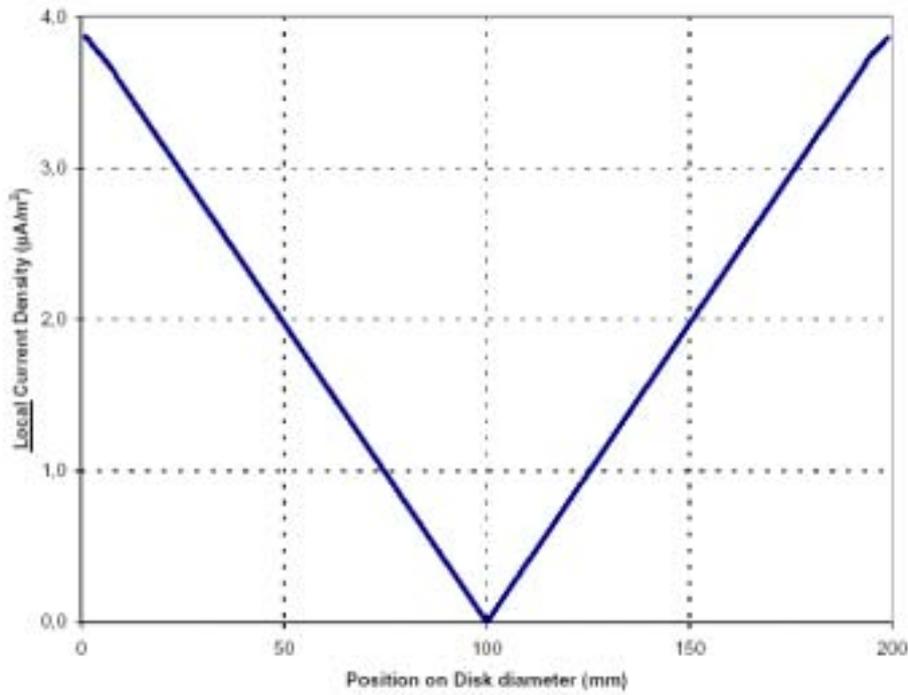


그림 3.2  $J = f[r]$ : 디스크의 직경에서 계산한 유도 전류 밀도의 스폿(spot) 분포( $H = Cte$ ), 가장자리에서  $J_{max} = 0.390 \cdot 10^{-5} \text{ A/m}^2$ .

수치 매칭으로 인한 어떤 바이어스를 피하기 위해서는 계산된 스폿 값이 평균화되어야 한다. 본 문서에 포함된 계산에서, 전류 방향에 수직인  $1 \text{ cm}^2$ 의 정사각형 단면이 이용되었다.

대응하는 해석적 공식은 수식(3)의 적분이다:

$$J_i(r) = 1/r_m \int_{r-r_m/2}^{r+r_m/2} \sigma \pi f \alpha B d \alpha$$

여기서  $m$ 은  $1 \text{ cm}$ 와 같은 적분의 길이이다.

앞서 정의된 수치 값을 이용하면, 수식의 해석적 해는 다음과 같다:

$$J_{i_{\max}} = 0.375 \cdot 10^{-5} \text{ A/m}^2$$

이것은 수치 값:  $J_{i_{\max}} = 0.374 \cdot 10^{-5} \text{ A/m}^2$ 와 매우 유사하다. 적분으로 인해, 이 값은 스폿 값보다 더 낮다.

수치 적분 유도 전류 밀도 분포는 또한 특성이 같은 디스크의 직경에서의 계산점의 반경 위치의 선형 함수이기도 하다.

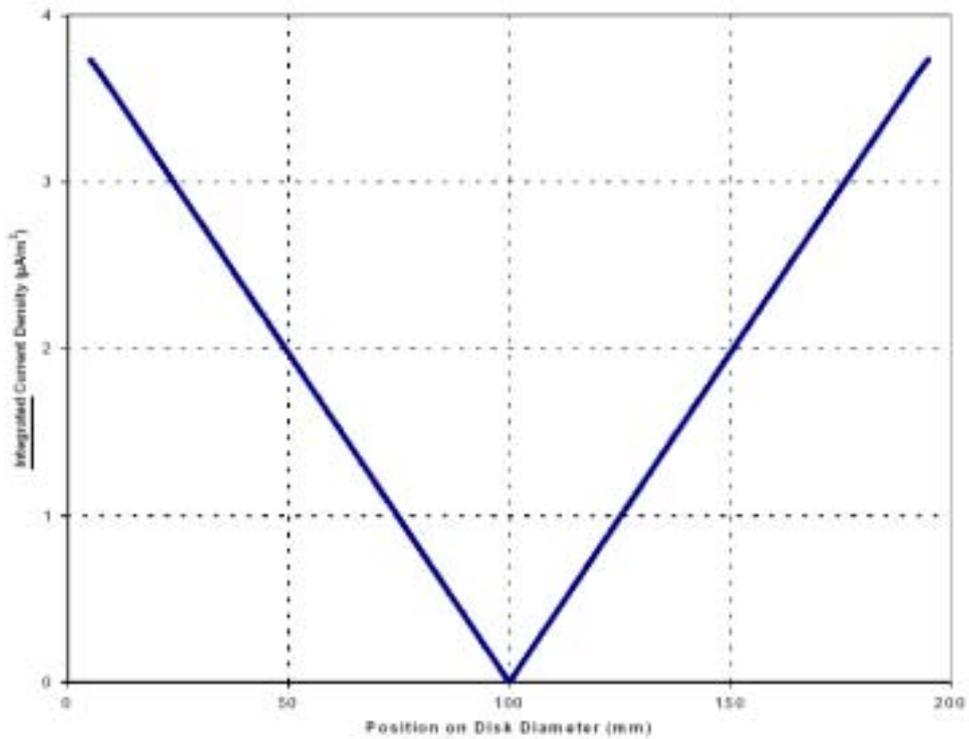


그림 3.3  $J_i = f[r]$ : 디스크의 직경에서 계산한 유도 전류 밀도의 적분 분포 ( $H = Cte$ ),  $J_{i_{\max}} = 0.375 \cdot 10^{-5} \text{ A/m}^2$ .

### 3.2 무한 길이 전선에 의해 생성되는 전자기장 내의 디스크

유도 전류는 도전율이 상수인 디스크에서 계산된다. 여러 다른 전자기장 소스 구성 사이의 비교(소스 대 디스크의 거리 기하학에 의존)를 가능케 하기 위해 다음과 같은 표준 값이 선택되었다:

- $f$ , 주파수 = 50 Hz
- $B$ , 균일 자기장 = 1.25 T
- $R$ , 도전성 디스크의 반경  $R = 100$  mm 또는  $200$  mm
- $\sigma$ , 도전율(균일) = 0.2 S/m

여기에서 전자기장 소스는 무한 직선 전선이다. 도전성 디스크와 전자기장 소스는 거리  $d$ 에서 동일한 면에 위치한다. 50 Hz 주파수 교류 전류는 전선을 통해 흐른다.

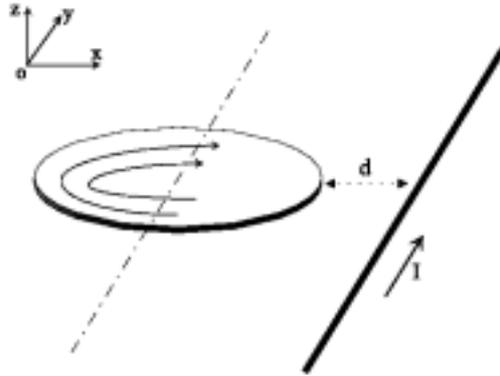


그림 3.4 무한 직선 전선에 의해 생성되는 자기장에서의 디스크

거리  $d$ 는 디스크의 가장자리와 소스의 더 가까운 부분 사이의 최소 거리이다. 계수  $K$ 의 전개는 다음에 대해서 거리  $d$ 와 비교하여 연구되었다:

- 소스에 가까운 노출:  $0 < d < 300$  mm
- 더 먼 거리에서의 노출:  $0 < d < 1900$  mm

유도 전류 계산의 결과를 위해 예에 대해서는  $d = 10$  mm,  $100$  mm,  $1000$  mm 3개의 거리에서 연구되었다.

### 3.2.1 R = 100 mm, $\sigma = 0.2$ S/m일때의 계산

#### 3.2.1.1. 계산결과 예

##### 3.2.1.1.1. 거리 d = 10 mm

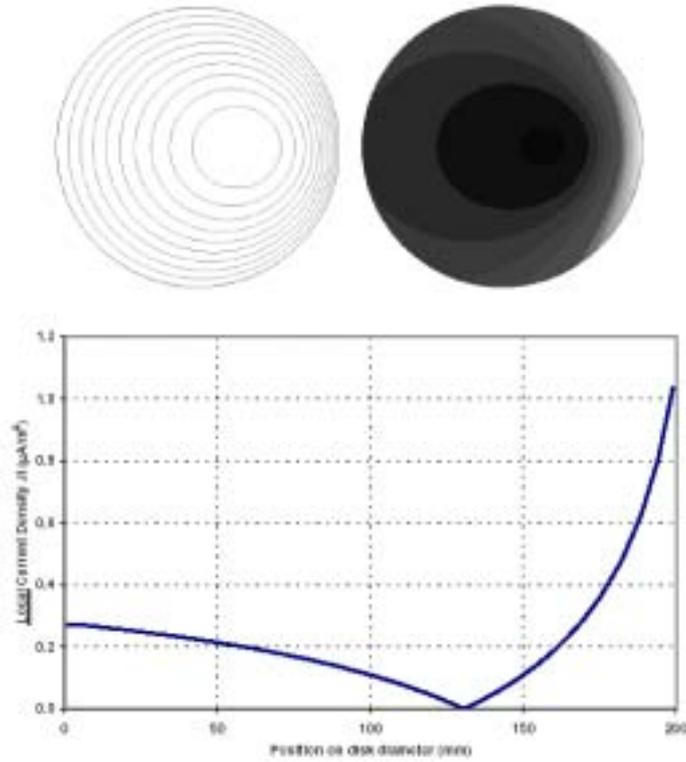


그림 3.5 - 전류 밀도 선 J와 디스크에서의 J의 분포  
(1개의 전선,  $d = 10$  mm)

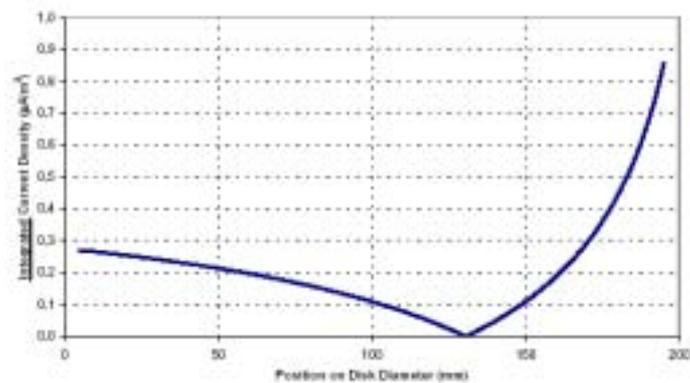


그림 3.6 - 디스크의 직경을 따라 계산된 유도 전류 밀도의 스폿 분포(왼쪽)

및 적분 분포(오른쪽) (1개의 전선,  $d = 10 \text{ mm}$ )

### 3.2.1.1.1. 거리 $d = 100 \text{ mm}$

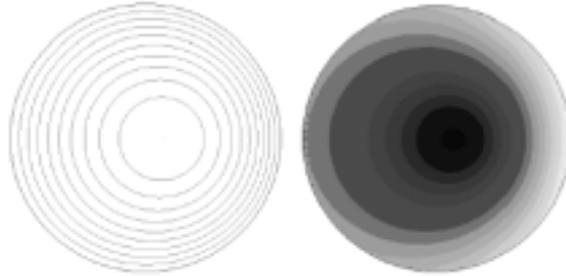


그림 3.7 - 전류 밀도 선 J와 디스크에서의 J의 분포  
(1개의 전선,  $d = 100 \text{ mm}$ )

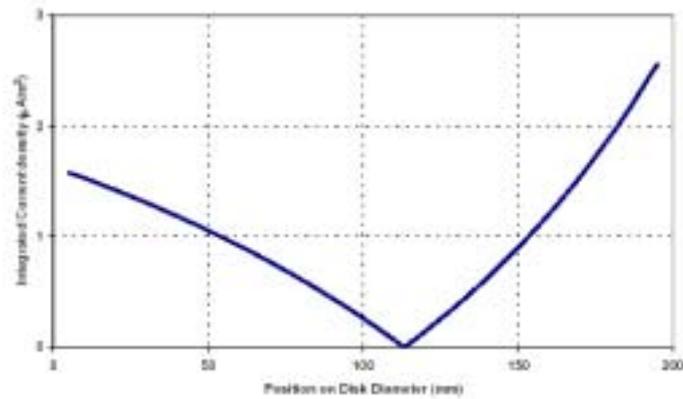


그림 3.8 - 디스크의 직경을 따라 계산된 유도 전류 밀도의 적분 분포  
(1개의 전선,  $d = 100 \text{ mm}$ )

### 3.2.1.1.1. 거리 $d = 1000 \text{ mm}$

디스크의 직경상에서 계산된 유도 전류 밀도의 분포와 디스크에서의 전류 밀도 라인 J, J의 분포는 균일 장의 경우에 계산된 것과 유사하다.

소스와 디스크 사이의 거리  $d$ 가 멀면 멀수록 균일 장의 가설과의 차이점이 더 낮다:  $J_{i \max} = 0.353 \cdot 10^{-5} \text{ A/m}^2$

### 3.2.1.2. 결합 계수 K의 계산된 값

#### 3.2.1.2.1. 소스까지의 최단거리: $0 < d < 300$ mm

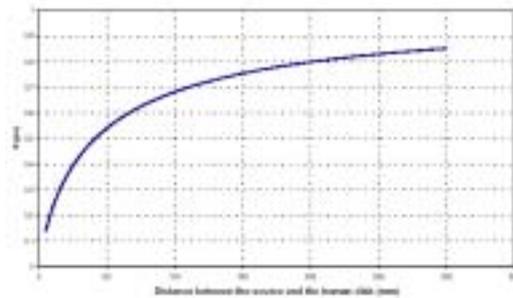


그림 3.9 한개의 무한 전선에서 K 값( $R=100$ mm,  $0 < d < 300$ mm)

표 3.1 한개의 무한 전선에서 K 값( $R=100$ mm,  $0 < d < 300$ mm)

disk까지 거리(mm)	K	disk까지 거리(mm)	K	disk까지 거리(mm)	K
10	0.229	110	0.700	210	0.806
20	0.350	120	0.716	220	0.813
30	0.432	130	0.730	230	0.819
40	0.492	140	0.743	240	0.824
50	0.540	150	0.754	250	0.830
60	0.579	160	0.765	260	0.835
70	0.611	170	0.775	270	0.839
80	0.638	180	0.783	280	0.844
90	0.661	190	0.792	290	0.848
100	0.682	200	0.799	300	0.852

3.2.1.2.1. 더 먼 거리에서의 노출:  $0 < d < 1900 \text{ mm}$

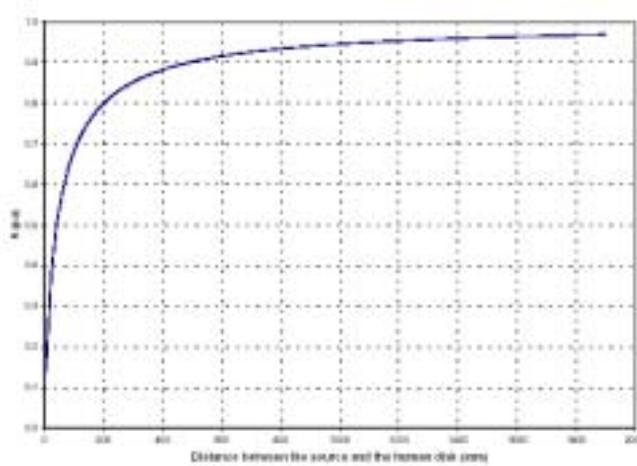


그림 3.10 한개의 무한 전선에서 K 값( $R=100\text{mm}$ ,  $0 < d < 1900\text{mm}$ )

표 3.2 한개의 무한 전선에서 K 값( $R=100\text{mm}$ ,  $0 < d < 1900\text{mm}$ )

disk까지 거리(mm)	K	disk까지 거리(mm)	K	disk까지 거리(mm)	K
5	0.139	656	0.922	1307	0.957
43	0.509	694	0.926	1345	0.958
82	0.642	732	0.929	1383	0.959
120	0.715	771	0.932	1421	0.960
158	0.763	809	0.935	1460	0.961
196	0.797	847	0.938	1498	0.962
235	0.821	886	0.940	1536	0.963
273	0.841	924	0.942	1575	0.964
311	0.856	962	0.944	1613	0.964
350	0.869	1000	0.946	1651	0.965
388	0.879	1039	0.948	1689	0.966
426	0.888	1077	0.949	1728	0.966
464	0.896	1115	0.951	1766	0.967
503	0.903	1153	0.952	1804	0.968
541	0.908	1192	0.954	1843	0.968
579	0.914	1230	0.955	1881	0.969
618	0.918	1268	0.956		

### 3.2.2 R = 200 mm, $\sigma = 0.2$ S/m일때의 계산

#### 3.2.2.1. 소스에 가까운 노출 : $0 < d < 300$ mm

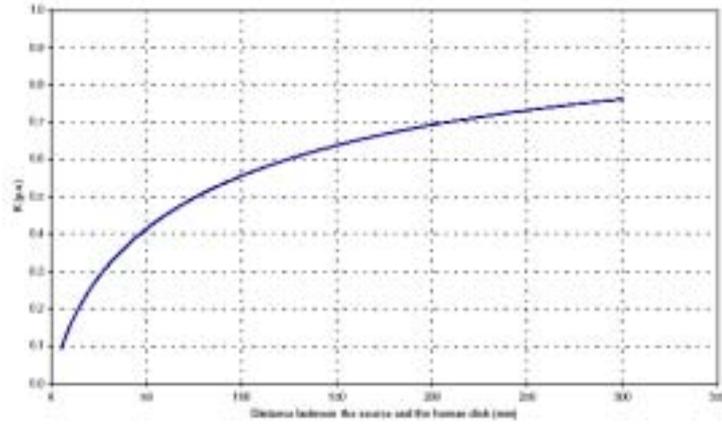


그림 3.11 한개의 무한 전선에서 K 값(R=200mm,  $0 < d < 300$ mm)

표 3.3 한개의 무한 전선에서 K 값(R=200mm,  $0 < d < 300$ mm)

disk까지 거리(mm)	K	disk까지 거리(mm)	K	disk까지 거리(mm)	K
10	0.158	110	0.576	210	0.701
20	0.250	120	0.594	220	0.710
30	0.318	130	0.610	230	0.718
40	0.371	140	0.625	240	0.725
50	0.415	150	0.638	250	0.732
60	0.451	160	0.651	260	0.739
70	0.483	180	0.673	270	0.745
80	0.510	190	0.683	280	0.751
90	0.535	200	0.693	290	0.757
100	0.556			300	0.762

3.2.2.1. 더 먼 거리에서의 노출:  $0 < d < 1900 \text{ mm}$

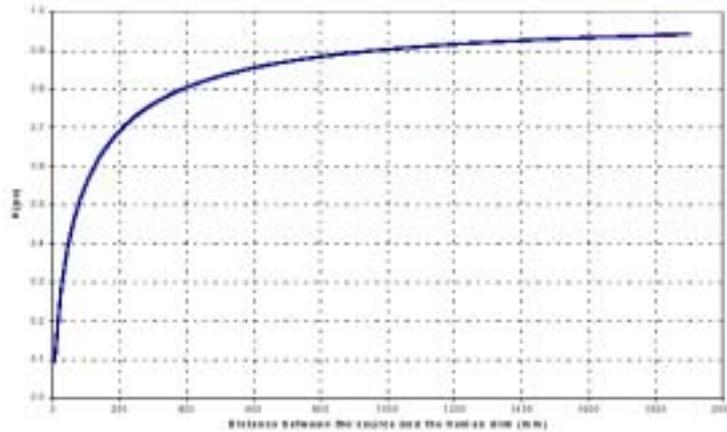


그림 3.12 한개의 무한 전선에서 K 값( $R=200\text{mm}$ ,  $0 < d < 300\text{mm}$ )

표 3.4 한개의 무한 전선에서 K 값( $R=200\text{mm}$ ,  $0 < d < 1900\text{mm}$ )

disk까지 거리(mm)	K	disk까지 거리(mm)	K	disk까지 거리(mm)	K
43	0.386	771	0.881	1345	0.924
120	0.593	809	0.885	1383	0.925
196	0.689	847	0.889	1421	0.927
273	0.747	886	0.893	1460	0.929
330	0.777	924	0.897	1498	0.930
350	0.785	962	0.900	1536	0.931
369	0.793	1000	0.903	1575	0.933
388	0.800	1039	0.906	1594	0.933
426	0.813	1077	0.909	1651	0.935
464	0.825	1115	0.911	1689	0.937
503	0.835	1153	0.914	1709	0.937
541	0.843	1192	0.916	1766	0.939
579	0.851	1211	0.917	1804	0.940
618	0.858	1230	0.918	1843	0.941
656	0.865	1249	0.919	1881	0.942
694	0.871	1268	0.920		
732	0.876	1307	0.922		

### 3.3 평형 전류를 가진 서로 가까운 두개의 무한 길이 평행 전선에 의해 생성되는 전자기장 내의 디스크

유도 전류는 도전율이 일정한 디스크에서 계산된다. 여러 다른 전자기장 소스 구성 간의 비교(소스의 기하학적 구조와 디스크까지의 거리에 의존)를 가능케 하기 위해 다음과 같은 표준 값이 선택되었다:

- $f$ , 주파수 = 50 Hz
- $B$ , 균일 자기장 = 1.25 T, 전자기장 소스에 더 가까운 디스크의 가장 자리에서
- $R$ , 도전성 디스크의 반경  $R = 100$  mm 또는  $200$  mm
- $\sigma$ , 도전율(균일) = 0.2 S/m

여기에서 자기장은 평형 전류를 갖는 두개의 무한 직선 평행 전선 세트(전기 송배전 전선의 간략화된 표현)에 의해 생성된다. 도전성 디스크와 전자기장 소스는 거리  $d$ 에서 동일한 면에 위치하며, 두 개의 전선은 거리  $e$ 만큼 떨어져 있다(그림 C.1 참조). 50 Hz 교류 평형 전류가 전선을 통해 흐른다.

결합 계수  $K$ 의 전개는 다음의 거리  $d$ 에 따라 연구되었다:

- 소스에 가까운 노출:  $0 < d < 300$  mm
- 더 먼 거리에서의 노출:  $0 < d < 1900$  mm

거리  $d = 5, 10, 20, 40, 80$  mm 각각에 대해서 계수  $K$ 는 두 전선 사이의 다른 거리  $e$ 에 대해 계산되었다. 이 계산결과 중, 다음 세 개의 거리에 대해서만 나타낸다:  $e = 5$  mm 인 7.5 mm, 97.5 mm, 900 mm.

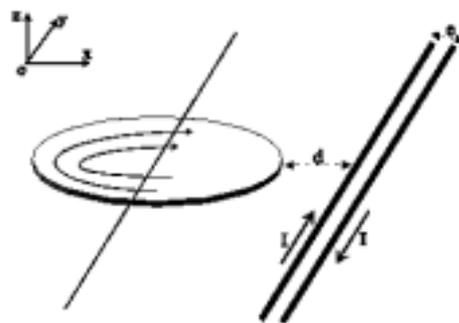


그림 3.13 두개의 무한 길이 전선에 의해 생성되는 자기장에서의 도전성 디스크

### 3.3.1 R = 100 mm, $\sigma = 0.2$ S/m일때의 계산

#### 3.3.1.1. 계산결과 예

##### 3.3.1.1.1. 소스와의 거리 d = 7.5 mm

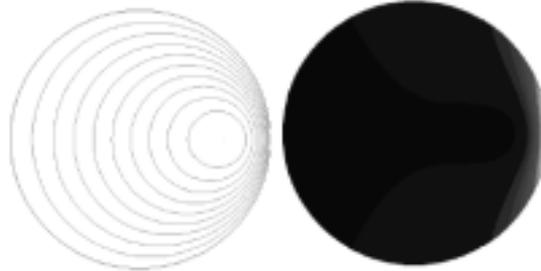


그림 3.14 디스크 내에서의 전류 밀도 선 J와 J의 분포  
(2개 전선, d = 7.5 mm)

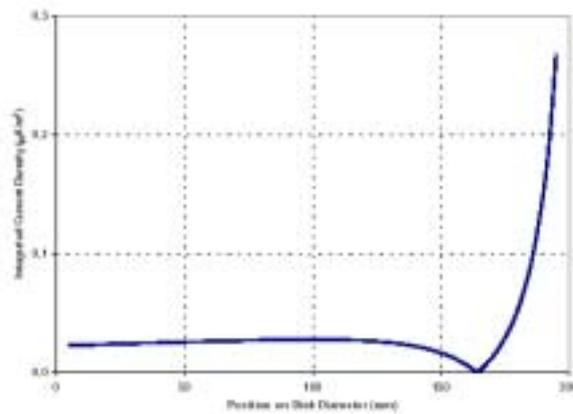


그림 3.15  $J_i = f[r]$ : 디스크의 직경상에서 계산한 유도 전류 밀도의 적분  
분포(2개 전선, d = 7.5 mm)

##### 3.3.1.1.2. 소스와의 거리 d = 97.5 mm

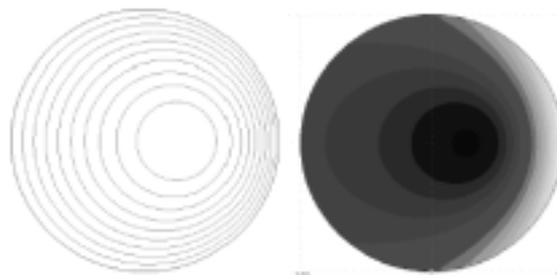


그림 3.16 - 디스크 내에서의 전류 밀도 선 J와 J의 분포  
(2개 전선, d = 97.5 mm)

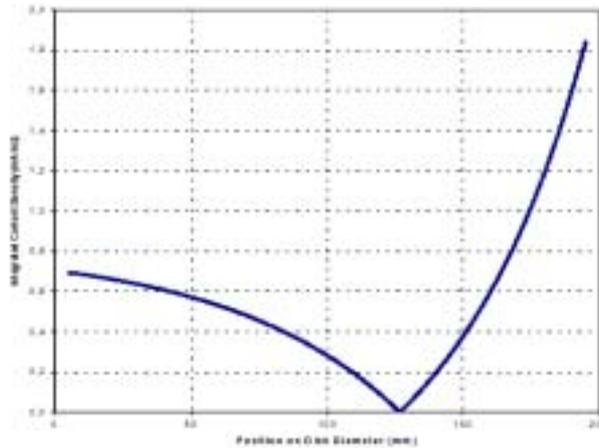


그림 3.17  $J_i = f[r]$ : 디스크의 직경에서 계산한 유도 전류 밀도의 적분 분포(2개 전선,  $d = 97.5$  mm)

### 3.3.1.1.3. 소스와 의 거리 $d = 900$ mm

3.2.1.1.3(한 개 전선 구성)에서 주어진 경우와 유사한 계산 결과

### 3.3.1.2. 결합 계수 K의 계산 값

#### 3.3.1.2.1. 소스와 가까운 거리: $0 < d < 300$ mm

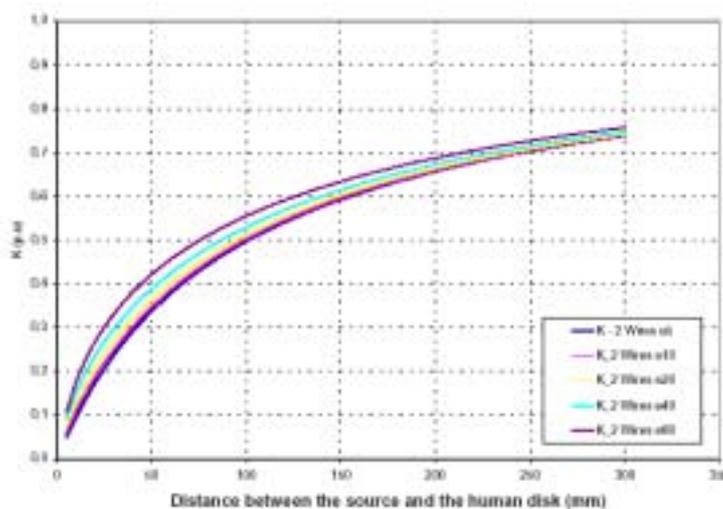


그림 3.18 두개의 무한 전선에서 K 값( $R=100$ mm,  $0 < d < 300$ mm)

표 3.5 두개의 무한 전선에서 K 값( $R=100\text{mm}$ ,  $0 < d < 300\text{mm}$ )

disk까지 거리(mm)	소스: 거리 e만큼 분리된 2개의 평행 전선				
	e = 5 mm	e = 10 mm	e = 20 mm	e = 40 mm	e = 80 mm
10	0.094	0.108	0.127	0.151	0.175
20	0.172	0.186	0.207	0.235	0.267
30	0.237	0.249	0.269	0.297	0.331
40	0.291	0.302	0.320	0.347	0.381
50	0.337	0.347	0.363	0.388	0.421
60	0.378	0.386	0.401	0.424	0.456
70	0.413	0.420	0.434	0.455	0.485
80	0.444	0.451	0.463	0.483	0.511
90	0.472	0.478	0.489	0.507	0.534
100	0.497	0.502	0.513	0.530	0.555
110	0.520	0.525	0.534	0.550	0.574
120	0.540	0.545	0.553	0.568	0.591
130	0.559	0.563	0.571	0.585	0.606
140	0.576	0.580	0.588	0.600	0.620
150	0.592	0.596	0.603	0.615	0.634
160	0.607	0.610	0.617	0.628	0.646
170	0.621	0.624	0.630	0.640	0.657
180	0.634	0.636	0.642	0.652	0.668
190	0.645	0.648	0.653	0.663	0.678
200	0.657	0.659	0.664	0.673	0.687
210	0.667	0.669	0.674	0.682	0.696
220	0.677	0.679	0.683	0.691	0.704
230	0.686	0.688	0.692	0.700	0.712
240	0.695	0.697	0.701	0.708	0.720
250	0.703	0.705	0.708	0.715	0.727
260	0.711	0.712	0.716	0.722	0.733
270	0.718	0.720	0.723	0.729	0.740
280	0.725	0.727	0.730	0.736	0.746
290	0.732	0.733	0.736	0.742	0.751
300	0.738	0.739	0.742	0.748	0.757

3.3.1.2.2. 소스와 원거리 :  $0 < d < 1900 \text{ mm}$

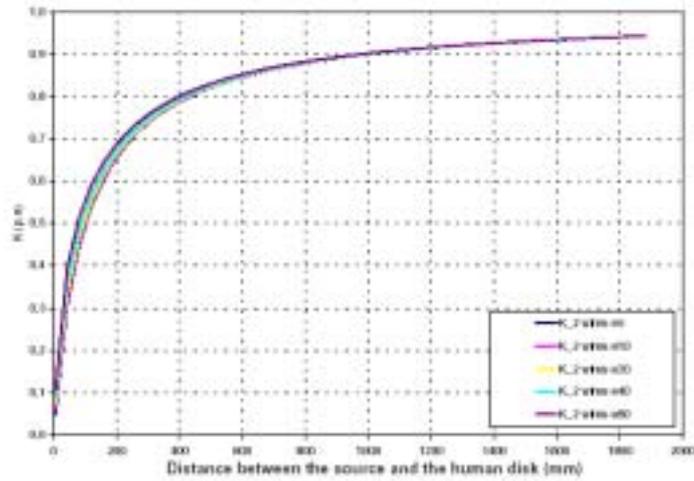


그림 3.19 두개의 무한 전선에서 K 값( $R=100\text{mm}$ ,  $0 < d < 1900\text{mm}$ )

표 3.6 두개의 무한 전선에서 K 값( $R=100\text{mm}$ ,  $0 < d < 1900\text{mm}$ )

disk까지 거리(mm)	소스: 거리 e만큼 분리된 평행 전선				
	e = 5 mm	e = 10 mm	e = 20 mm	e = 40 mm	e = 80 mm
5	0.049	0.060	0.075	0.091	0.107
43	0.307	0.317	0.335	0.361	0.395
82	0.449	0.455	0.467	0.487	0.515
120	0.540	0.545	0.553	0.568	0.590
158	0.604	0.608	0.614	0.626	0.644
196	0.653	0.655	0.660	0.669	0.684
235	0.690	0.692	0.696	0.703	0.716
273	0.720	0.722	0.725	0.731	0.741
311	0.745	0.746	0.749	0.754	0.763
350	0.765	0.766	0.769	0.773	0.781
388	0.783	0.784	0.786	0.789	0.796
426	0.798	0.799	0.800	0.804	0.809
464	0.811	0.811	0.813	0.816	0.821

503	0.822	0.823	0.824	0.827	0.831
541	0.832	0.833	0.834	0.836	0.840
579	0.841	0.842	0.843	0.845	0.848
618	0.849	0.850	0.851	0.852	0.856
656	0.856	0.857	0.858	0.859	0.862
694	0.863	0.863	0.864	0.866	0.868
732	0.869	0.869	0.870	0.871	0.874
771	0.874	0.875	0.875	0.877	0.879
809	0.879	0.880	0.880	0.881	0.884
847	0.884	0.884	0.885	0.886	0.888
886	0.888	0.889	0.889	0.890	0.892
924	0.892	0.892	0.893	0.894	0.896
962	0.896	0.896	0.897	0.897	0.899
1000	0.899	0.900	0.900	0.901	0.902
1039	0.903	0.903	0.903	0.904	0.905
1077	0.906	0.906	0.906	0.907	0.908
1115	0.908	0.909	0.909	0.910	0.911
1153	0.911	0.911	0.911	0.912	0.913
1192	0.913	0.914	0.914	0.915	0.916
1230	0.916	0.916	0.916	0.917	0.918
1268	0.918	0.918	0.918	0.919	0.920
1307	0.920	0.920	0.921	0.921	0.922
1345	0.922	0.922	0.923	0.923	0.924
1383	0.924	0.924	0.924	0.925	0.926
1421	0.926	0.926	0.926	0.927	0.927
1460	0.928	0.928	0.928	0.928	0.929
1498	0.929	0.929	0.929	0.930	0.931
1536	0.931	0.931	0.931	0.931	0.932
1575	0.932	0.932	0.932	0.933	0.934
1613	0.934	0.934	0.934	0.934	0.935
1651	0.935	0.935	0.935	0.936	0.936
1689	0.936	0.936	0.937	0.937	0.937
1728	0.938	0.938	0.938	0.938	0.939
1766	0.939	0.939	0.939	0.939	0.940
1804	0.940	0.940	0.940	0.940	0.941
1843	0.941	0.941	0.941	0.941	0.942
1881	0.942	0.942	0.942	0.942	0.943

### 3.3.2. R = 200 mm, $\sigma = 0.2$ S/m에 대한 계산

#### 3.3.2.1. 소스와 가까운 거리: $0 < d < 300$ mm

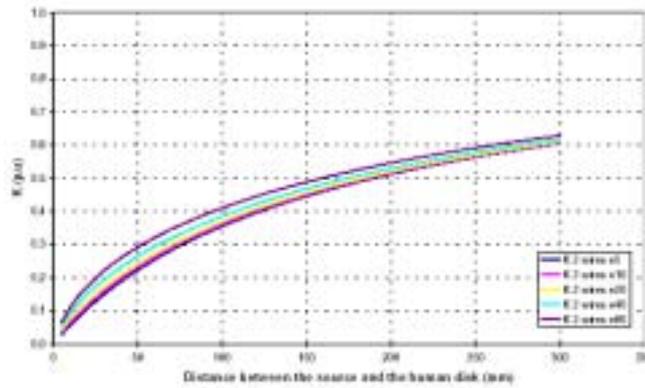


그림 3.20 두개의 무한 전선에서 K 값(R=200mm,  $0 < d < 300$ mm)

표 3.7 두개의 무한 전선에서 K 값(R=200mm,  $0 < d < 300$ mm)

disk까지 거리(mm)	소스: 거리 e만큼 분리된 평행 전선				
	e = 5 mm	e = 10 mm	e = 20 mm	e = 40 mm	e = 80 mm
10	0.056	0.065	0.078	0.093	0.111
20	0.106	0.115	0.130	0.150	0.174
30	0.150	0.159	0.173	0.194	0.221
40	0.189	0.197	0.211	0.232	0.260
50	0.224	0.231	0.244	0.264	0.293
60	0.255	0.262	0.274	0.294	0.321
70	0.284	0.290	0.301	0.320	0.347
80	0.310	0.316	0.326	0.344	0.370
90	0.334	0.339	0.349	0.366	0.391
100	0.356	0.361	0.370	0.386	0.411
110	0.377	0.381	0.390	0.405	0.428
120	0.396	0.400	0.408	0.423	0.445
130	0.414	0.418	0.425	0.439	0.461
140	0.430	0.434	0.442	0.454	0.475
150	0.446	0.450	0.457	0.469	0.489
160	0.461	0.465	0.471	0.483	0.502
170	0.475	0.478	0.485	0.496	0.514
180	0.488	0.491	0.497	0.508	0.526
190	0.501	0.504	0.509	0.520	0.537
200	0.513	0.516	0.521	0.531	0.547
210	0.524	0.527	0.532	0.541	0.557
220	0.535	0.537	0.542	0.551	0.566

230	0.545	0.548	0.552	0.561	0.575
240	0.555	0.557	0.562	0.570	0.584
250	0.564	0.566	0.571	0.579	0.592
260	0.573	0.575	0.579	0.587	0.600
270	0.582	0.584	0.588	0.595	0.608
280	0.590	0.592	0.596	0.603	0.615
290	0.598	0.600	0.603	0.610	0.622
300	0.605	0.607	0.611	0.617	0.629

3.3.2.2. 소스와 원거리 :  $0 < d < 1900 \text{ mm}$

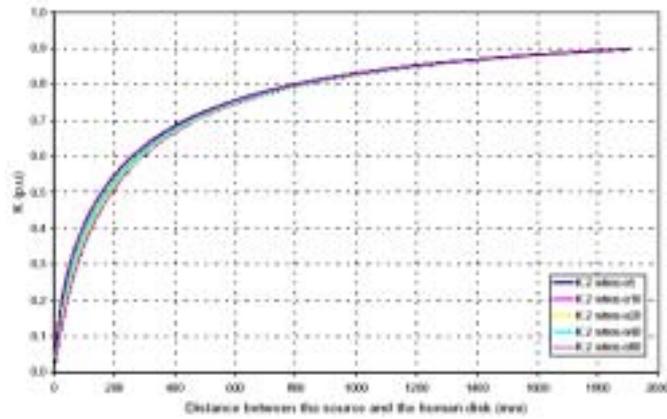


그림 3.21 두개의 무한 전선에서 K 값( $R=200\text{mm}$ ,  $0 < d < 1900\text{mm}$ )

표 3.8 두개의 무한 전선에서 K 값( $R=200\text{mm}$ ,  $0 < d < 1900\text{mm}$ )

disk까지 거리(mm)	소스: 거리 e만큼 분리된 평행 전선				
	e = 5 mm	e = 10 mm	e = 20 mm	e = 40 mm	e = 80 mm
5	0.029	0.036	0.045	0.056	0.066
43	0.201	0.209	0.222	0.243	0.271
82	0.314	0.319	0.330	0.347	0.373
120	0.395	0.400	0.408	0.422	0.445
158	0.458	0.462	0.468	0.480	0.499
196	0.509	0.511	0.517	0.527	0.543
235	0.550	0.552	0.557	0.565	0.579
273	0.584	0.586	0.590	0.597	0.610
311	0.614	0.615	0.619	0.625	0.636
350	0.639	0.640	0.643	0.649	0.659
388	0.661	0.662	0.665	0.670	0.678
426	0.680	0.682	0.684	0.688	0.696

464	0.698	0.699	0.701	0.705	0.712
503	0.713	0.714	0.716	0.719	0.726
522	0.720	0.721	0.723	0.726	0.732
541	0.727	0.728	0.729	0.733	0.738
579	0.739	0.740	0.742	0.745	0.750
618	0.751	0.751	0.753	0.756	0.760
656	0.761	0.762	0.763	0.766	0.770
694	0.771	0.771	0.772	0.775	0.779
732	0.780	0.780	0.781	0.783	0.787
771	0.788	0.788	0.789	0.791	0.795
790	0.791	0.792	0.793	0.795	0.798
809	0.795	0.796	0.796	0.798	0.802
847	0.802	0.803	0.803	0.805	0.808
886	0.809	0.809	0.810	0.811	0.814
924	0.815	0.815	0.816	0.817	0.820
962	0.820	0.821	0.821	0.823	0.825
1000	0.826	0.826	0.827	0.828	0.830
1039	0.831	0.831	0.832	0.833	0.835
1077	0.835	0.836	0.836	0.837	0.840
1115	0.840	0.840	0.841	0.842	0.844
1153	0.844	0.844	0.845	0.846	0.848
1192	0.848	0.848	0.849	0.850	0.852
1230	0.852	0.852	0.852	0.853	0.855
1268	0.855	0.856	0.856	0.857	0.859
1307	0.859	0.859	0.859	0.860	0.862
1345	0.862	0.862	0.863	0.863	0.865
1383	0.865	0.865	0.866	0.866	0.868
1421	0.868	0.868	0.869	0.869	0.871
1460	0.871	0.871	0.871	0.872	0.873
1498	0.873	0.874	0.874	0.875	0.876
1536	0.876	0.876	0.876	0.877	0.878
1575	0.878	0.879	0.879	0.880	0.881
1613	0.881	0.881	0.881	0.882	0.883
1651	0.883	0.883	0.884	0.884	0.885
1689	0.885	0.885	0.886	0.886	0.887
1709	0.886	0.886	0.887	0.887	0.888
1728	0.887	0.887	0.888	0.888	0.889
1766	0.889	0.889	0.890	0.890	0.891
1804	0.891	0.891	0.892	0.892	0.893
1843	0.893	0.893	0.894	0.894	0.895
1881	0.895	0.895	0.895	0.896	0.897

### 3.4. 원형 코일에 의해 생성되는 자기장 내의 디스크

유도 전류는 도전율이 일정한 디스크에서 계산된다. 서로 다른 전자기장 소스 구성 사이의 비교(소스의 기하학적 측면과 디스크의 거리에 의존하는)를 가능케 하기 위해 다음과 같은 표준 값이 선택되었다:

- $f$ , 주파수 = 50 Hz
- $B$ , 균일 자기장 = 1.25 T, 전자기장 소스에 더 가까운 디스크의 가장 자리에서의 자기장
- $R$ , 도전성 디스크의 반경  $R = 100$  mm 또는  $200$  mm
- $\sigma$ , 도전율(균일) = 0.2 S/m

여기에서 자기장은 원형 코일(국부화된 소스중 단순화된 대표 소스)에 의해 발생된다. 도전성 디스크와 코일은  $d$ 만큼 떨어진 거리의 동일면에 위치한다(그림 D.1 참조). 50 Hz 교류 전류가 코일을 통해서 흐른다.

거리  $d$ 는 디스크의 가장자리와 소스에 보다 근접한 부분 사이의 최단 거리이다.

결합 계수  $K$ 는 다음에 대해 거리  $d$ 에 따라서 연구된다:

- 소스에 가까운 노출:  $0 < d < 300$  mm
- 더 먼 거리에서의 노출:  $0 < d < 1900$  mm

계수  $K$ 는 각 거리  $d$ 에 대해서, 여러 다른 소스에 대해 계산된다(즉, 여러 다른 코일 반경:  $r = 5, 10, 20, 40, 80, 160$  mm). 유도전류를 설명하기 위해서는 코일 반경 값이 5 mm와 850 mm인 서로 다른 단 두 거리에서만 연구되어졌다.

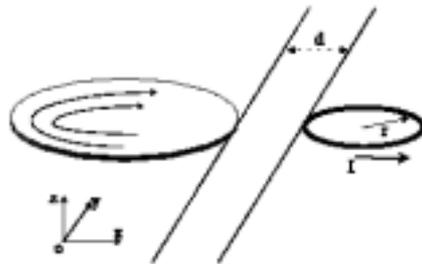


그림 3.22 코일에 의해 생성되는 자기장내에서의 도전성 디스크

### 3.4.1. $R = 100 \text{ mm}$ 및 $\sigma = 0.2 \text{ S/m}$ 에 대한 계산

#### 3.4.1.1. 계산결과

##### 3.4.1.1.1 코일 반경 = 50 mm, 거리 = 5 mm

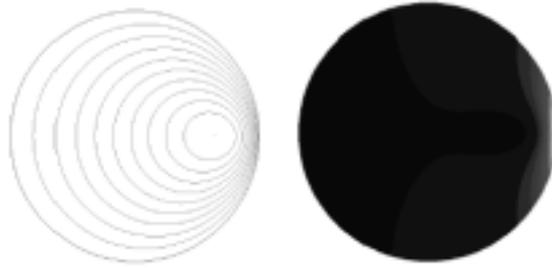


그림 3.23 전류 밀도 라인 J와 디스크 내의 J의 분포  
(코일 반경 = 50 mm, 거리 = 5 mm)

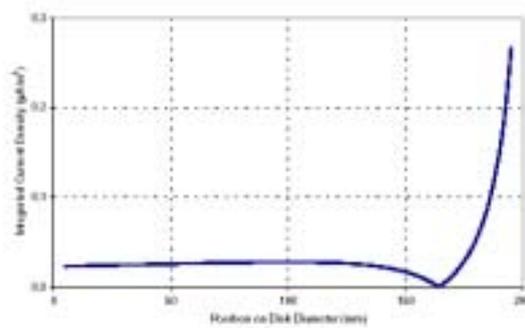


그림 3.24  $J_i = f[r]$ : 디스크의 직경에서 계산된 유도 전류 밀도의 적분  
분포(코일 반경 = 50 mm, 거리 = 5 mm)

##### 3.4.1.1.2 코일 반경 = 50 mm, 거리 = 850 mm

동일한 거리  $d$ 에 대해 1개 전선 또는 2개 전선에서의 동일한 결과: 균일 전자기장의 경우와 유사한 결과.

3.4.1.1.3 코일 반경 = 200 mm, 거리 = 5 mm

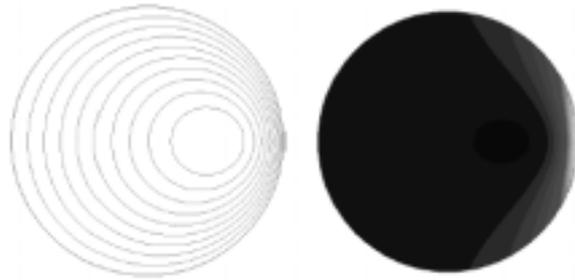


그림 3.25 전류 밀도 라인 J와 디스크내 J의 분포  
(코일 반경 = 200 mm, 거리 = 5 mm)

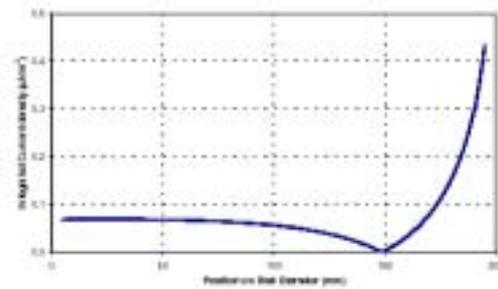


그림 3.26  $J_i = f[r]$ : 디스크의 직경에서 계산된 유도 전류 밀도의 적분  
분포(코일 반경 = 200 mm, 거리 = 5 mm)

3.4.1.1.4. 코일 반경 = 10 mm, 거리 = 115 mm

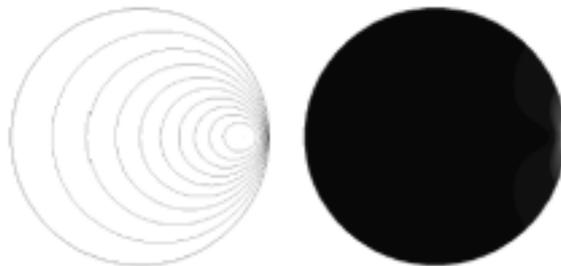


그림 3.27 전류 밀도 라인 J와 디스크내 J의 분포  
(코일 반경 = 10 mm, 거리 = 115 mm)

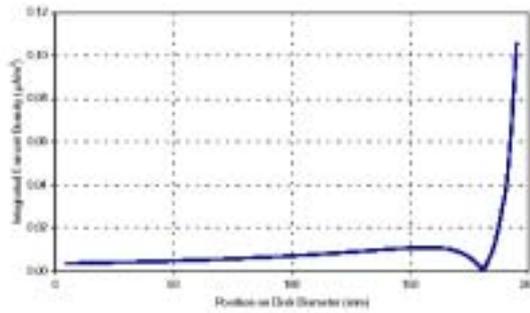


그림 3.28  $J_i = f[r]$ : 디스크의 직경에서 계산된 유도 전류 밀도의 적분 분포(코일 반경 = 10 mm, 거리 = 115 mm)

### 3.4.1.2 결합 계수 K의 계산 값

#### 3.4.1.2.1. 소스 근처에서의 노출: $0 < d < 300$ mm

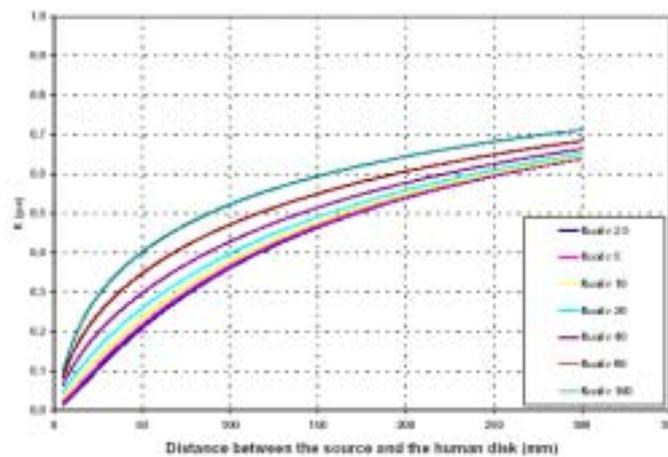


그림 3.29 원형 코일에서 K 값( $R=100\text{mm}$ ,  $0 < d < 300\text{mm}$ )

표 3.9 원형 코일에서 K 값( $R=100\text{mm}$ ,  $0 < d < 300\text{mm}$ )

디스크까지 거리(mm)	코일 반경(mm)						
	2.5	5	10	20	40	80	100
70	0.277	0.285	0.298	0.322	0.358	0.405	0.460
80	0.308	0.315	0.327	0.349	0.383	0.430	0.483

90	0.336	0.342	0.354	0.374	0.407	0.452	0.504
100	0.361	0.367	0.378	0.397	0.428	0.472	0.523
50	0.208	0.217	0.233	0.259	0.297	0.347	0.401
60	0.244	0.252	0.267	0.292	0.329	0.378	0.433
70	0.277	0.285	0.298	0.322	0.358	0.405	0.460
80	0.308	0.315	0.327	0.349	0.383	0.430	0.483
90	0.336	0.342	0.354	0.374	0.407	0.452	0.504
100	0.361	0.367	0.378	0.397	0.428	0.472	0.523
110	0.385	0.391	0.401	0.419	0.448	0.490	0.540
120	0.407	0.412	0.422	0.439	0.467	0.507	0.555
130	0.428	0.433	0.442	0.458	0.484	0.523	0.570
140	0.447	0.451	0.460	0.475	0.500	0.537	0.583
150	0.465	0.469	0.477	0.491	0.515	0.551	0.595
160	0.482	0.486	0.493	0.507	0.529	0.563	0.606
170	0.497	0.501	0.508	0.521	0.543	0.575	0.617
180	0.512	0.516	0.522	0.534	0.555	0.586	0.627
190	0.526	0.529	0.536	0.547	0.567	0.597	0.636
200	0.539	0.542	0.548	0.559	0.578	0.607	0.645
210	0.552	0.555	0.560	0.571	0.589	0.617	0.654
220	0.563	0.566	0.572	0.582	0.599	0.626	0.662
230	0.575	0.577	0.582	0.592	0.608	0.634	0.669
240	0.585	0.588	0.593	0.602	0.617	0.642	0.676
250	0.595	0.598	0.602	0.611	0.626	0.650	0.683
260	0.605	0.607	0.612	0.620	0.634	0.658	0.689
270	0.614	0.616	0.620	0.628	0.642	0.665	0.696
280	0.623	0.625	0.629	0.636	0.650	0.671	0.702
290	0.631	0.633	0.637	0.644	0.657	0.678	0.707
300	0.639	0.641	0.645	0.652	0.664	0.684	0.713

### 3.4.1.2.2. 원거리에서의 노출: $0 < d < 1900 \text{ mm}$

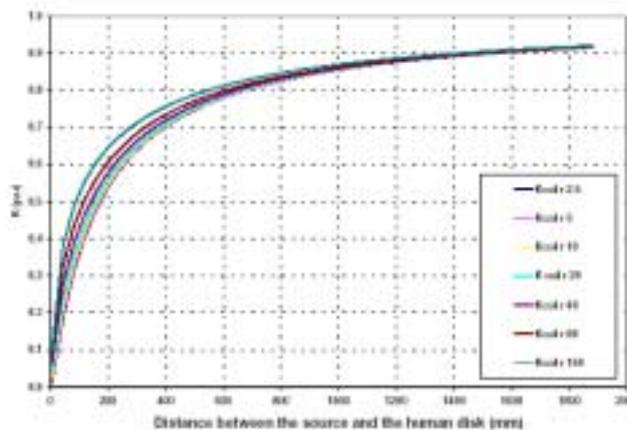


그림 3.30 원형 코일에서 K 값( $R=100\text{mm}$ ,  $0 < d < 1900\text{mm}$ )

표 3.10 원형 코일에서 K 값( $R=100\text{mm}$ ,  $0 < d < 1900\text{mm}$ )

디스크까지 거리(mm)	코일 반경(mm)						
	2.5	5	10	20	40	80	100
5	0.013	0.019	0.029	0.044	0.064	0.083	0.096
43	0.182	0.191	0.208	0.234	0.274	0.324	0.377
82	0.312	0.319	0.331	0.353	0.387	0.433	0.487
120	0.407	0.412	0.422	0.439	0.467	0.507	0.555
158	0.479	0.483	0.490	0.504	0.527	0.561	0.604
196	0.535	0.538	0.544	0.555	0.574	0.604	0.642
235	0.580	0.582	0.587	0.597	0.613	0.638	0.672
273	0.617	0.619	0.623	0.631	0.645	0.667	0.697
311	0.648	0.650	0.653	0.660	0.672	0.691	0.719
350	0.674	0.676	0.679	0.684	0.695	0.712	0.737
388	0.697	0.698	0.701	0.706	0.715	0.730	0.752
426	0.716	0.717	0.720	0.724	0.732	0.746	0.766
464	0.733	0.734	0.737	0.740	0.748	0.760	0.778
503	0.749	0.750	0.751	0.755	0.761	0.772	0.789
541	0.762	0.763	0.765	0.768	0.774	0.784	0.799
579	0.774	0.775	0.777	0.779	0.785	0.794	0.808
618	0.785	0.786	0.787	0.790	0.795	0.803	0.816
656	0.795	0.796	0.797	0.799	0.804	0.811	0.824
694	0.804	0.805	0.806	0.808	0.812	0.819	0.831
732	0.812	0.813	0.814	0.816	0.820	0.826	0.837
771	0.820	0.821	0.821	0.823	0.827	0.833	0.843
809	0.827	0.827	0.828	0.830	0.833	0.839	0.848
847	0.834	0.834	0.835	0.836	0.839	0.844	0.853
886	0.839	0.840	0.841	0.842	0.845	0.850	0.858
924	0.845	0.845	0.846	0.847	0.850	0.855	0.862
962	0.850	0.850	0.851	0.852	0.855	0.859	0.867
1000	0.855	0.855	0.856	0.857	0.859	0.863	0.870
1039	0.860	0.860	0.860	0.861	0.864	0.867	0.874
1077	0.864	0.864	0.865	0.866	0.868	0.871	0.878
1115	0.868	0.868	0.869	0.869	0.871	0.875	0.881
1153	0.872	0.872	0.872	0.873	0.875	0.878	0.884
1192	0.875	0.875	0.876	0.877	0.878	0.881	0.887
1230	0.878	0.879	0.879	0.880	0.881	0.884	0.890
1268	0.882	0.882	0.882	0.883	0.884	0.887	0.892
1307	0.885	0.885	0.885	0.886	0.887	0.890	0.895
1345	0.887	0.888	0.888	0.889	0.890	0.893	0.897
1383	0.890	0.890	0.891	0.891	0.893	0.895	0.899
1421	0.893	0.893	0.893	0.894	0.895	0.897	0.901
1460	0.895	0.895	0.896	0.896	0.897	0.900	0.904
1498	0.898	0.898	0.898	0.899	0.900	0.902	0.906
1536	0.900	0.900	0.900	0.901	0.902	0.904	0.907
1575	0.902	0.902	0.902	0.903	0.904	0.906	0.909
1613	0.904	0.904	0.904	0.905	0.906	0.908	0.911
1651	0.906	0.906	0.906	0.907	0.908	0.909	0.913

1689	0.908	0.908	0.908	0.909	0.910	0.911	0.914
1728	0.910	0.910	0.910	0.910	0.911	0.913	0.916
1766	0.911	0.911	0.912	0.912	0.913	0.914	0.917
1804	0.913	0.913	0.913	0.914	0.914	0.916	0.919
1843	0.914	0.915	0.915	0.915	0.916	0.918	0.920
1881	0.916	0.916	0.916	0.917	0.918	0.919	0.922

### 3.4.2. R = 200 mm 및 $\sigma = 0.2 \text{ S/m}$ 에 대한 계산

#### 3.4.2.1. 소스와 가까운 노출: $0 < d < 300 \text{ mm}$

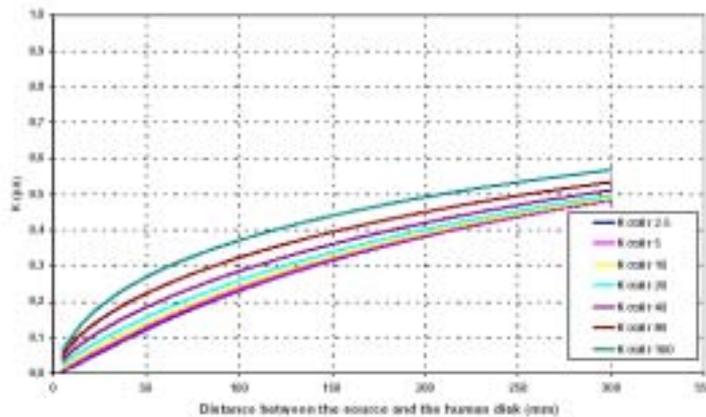


그림 3.31 원형 코일에서 K 값( $R=200\text{mm}$ ,  $0 < d < 300\text{mm}$ )

표 3.11 원형 코일에서 K 값( $R=200\text{mm}$ ,  $0 < d < 300\text{mm}$ )

디스크까지 의 거리(mm)	코일 반경(mm)						
	2.5	5	10	20	40	80	100
10	0.018	0.023	0.031	0.043	0.060	0.082	0.102
20	0.044	0.050	0.060	0.076	0.099	0.129	0.163
30	0.071	0.077	0.087	0.105	0.131	0.165	0.205
40	0.097	0.103	0.113	0.131	0.159	0.196	0.239
50	0.122	0.128	0.138	0.156	0.184	0.222	0.268
60	0.146	0.151	0.161	0.179	0.207	0.246	0.293
70	0.169	0.174	0.183	0.201	0.228	0.267	0.315
80	0.190	0.195	0.204	0.221	0.248	0.287	0.336
90	0.211	0.215	0.224	0.240	0.267	0.305	0.354
100	0.230	0.235	0.243	0.259	0.284	0.322	0.371

110	0.249	0.253	0.261	0.276	0.301	0.338	0.386
120	0.266	0.270	0.278	0.293	0.317	0.353	0.401
130	0.283	0.287	0.295	0.308	0.332	0.368	0.415
140	0.299	0.303	0.310	0.323	0.346	0.381	0.427
150	0.315	0.318	0.325	0.338	0.360	0.394	0.440
160	0.329	0.333	0.339	0.352	0.373	0.406	0.451
170	0.343	0.347	0.353	0.365	0.385	0.418	0.462
180	0.357	0.360	0.366	0.377	0.397	0.429	0.472
190	0.370	0.373	0.379	0.390	0.409	0.440	0.482
200	0.382	0.385	0.391	0.401	0.420	0.450	0.491
210	0.394	0.397	0.402	0.412	0.430	0.460	0.500
220	0.405	0.408	0.413	0.423	0.441	0.469	0.509
230	0.416	0.419	0.424	0.434	0.451	0.478	0.517
250	0.437	0.439	0.444	0.453	0.469	0.495	0.533
240	0.427	0.429	0.434	0.444	0.460	0.487	0.525
260	0.447	0.449	0.454	0.462	0.478	0.503	0.540
270	0.456	0.459	0.463	0.471	0.486	0.511	0.547
280	0.465	0.468	0.472	0.480	0.495	0.519	0.554
290	0.474	0.476	0.481	0.488	0.503	0.526	0.561
300	0.483	0.485	0.489	0.497	0.510	0.533	0.567

### 3.4.2.2. 먼 거리에서의 노출: $0 < d < 1900$ mm

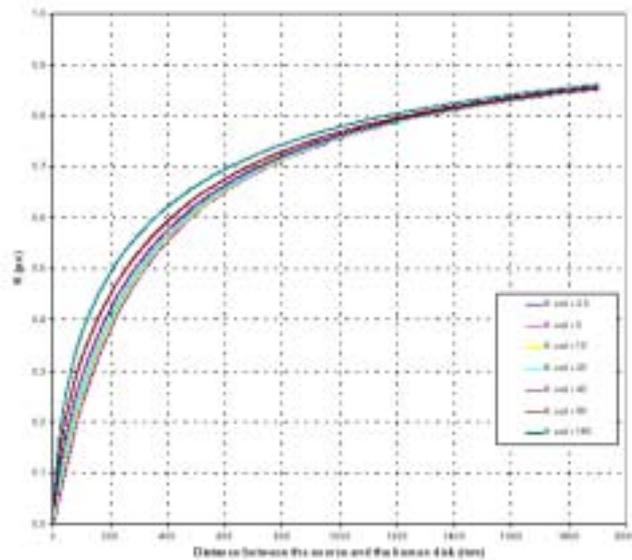


그림 3.32 원형 코일에서 K 값( $R=200\text{mm}$ ,  $0 < d < 1900\text{mm}$ )

표 3.12 원형 코일에서 K 값( $R=200\text{mm}$ ,  $0 < d < 1900\text{mm}$ )

disk까지의 거리(mm)	코일 반경(mm)						
	2.5	5	10	20	40	80	100
5	0.006	0.010	0.015	0.024	0.036	0.048	0.062
43	0.105	0.111	0.122	0.139	0.167	0.205	0.249
82	0.193	0.198	0.208	0.224	0.251	0.290	0.339
101	0.232	0.236	0.245	0.260	0.286	0.323	0.372
139	0.298	0.301	0.309	0.322	0.345	0.380	0.426
158	0.327	0.330	0.337	0.349	0.370	0.404	0.449
196	0.378	0.381	0.386	0.397	0.416	0.446	0.488
235	0.421	0.424	0.429	0.438	0.455	0.482	0.521
273	0.459	0.461	0.466	0.474	0.489	0.514	0.550
311	0.492	0.494	0.498	0.505	0.519	0.541	0.574
350	0.521	0.523	0.527	0.533	0.545	0.565	0.596
388	0.547	0.549	0.552	0.558	0.569	0.587	0.616
426	0.570	0.572	0.575	0.580	0.590	0.607	0.633
464	0.591	0.593	0.595	0.600	0.609	0.625	0.649
503	0.610	0.611	0.614	0.618	0.626	0.641	0.664
541	0.628	0.629	0.631	0.635	0.642	0.655	0.677
579	0.643	0.644	0.646	0.650	0.657	0.669	0.689
618	0.658	0.659	0.660	0.664	0.670	0.682	0.700
656	0.671	0.672	0.673	0.677	0.682	0.693	0.711
694	0.683	0.684	0.685	0.688	0.694	0.704	0.720
732	0.695	0.695	0.697	0.699	0.704	0.714	0.729
771	0.705	0.706	0.707	0.710	0.714	0.723	0.738
809	0.715	0.715	0.717	0.719	0.724	0.732	0.746
847	0.724	0.725	0.726	0.728	0.732	0.740	0.753
886	0.733	0.733	0.734	0.736	0.740	0.748	0.760
924	0.741	0.741	0.742	0.744	0.748	0.755	0.767
962	0.748	0.749	0.750	0.752	0.755	0.762	0.773
1000	0.755	0.756	0.757	0.758	0.762	0.768	0.779
1039	0.762	0.763	0.763	0.765	0.768	0.774	0.784
1077	0.768	0.769	0.770	0.771	0.774	0.780	0.789
1115	0.774	0.775	0.776	0.777	0.780	0.785	0.794
1153	0.780	0.781	0.781	0.783	0.785	0.790	0.799
1192	0.786	0.786	0.787	0.788	0.790	0.795	0.804
1230	0.791	0.791	0.792	0.793	0.795	0.800	0.808
1268	0.796	0.796	0.796	0.798	0.800	0.804	0.812
1307	0.800	0.801	0.801	0.802	0.804	0.809	0.816
1345	0.805	0.805	0.806	0.807	0.809	0.813	0.820
1383	0.809	0.809	0.810	0.811	0.813	0.817	0.823
1421	0.813	0.813	0.814	0.815	0.817	0.820	0.827
1460	0.817	0.817	0.818	0.819	0.820	0.824	0.830
1498	0.821	0.821	0.821	0.822	0.824	0.827	0.833
1536	0.824	0.824	0.825	0.826	0.827	0.831	0.837
1575	0.828	0.828	0.828	0.829	0.831	0.834	0.839
1613	0.831	0.831	0.831	0.832	0.834	0.837	0.842

1651	0.834	0.834	0.835	0.835	0.837	0.840	0.845
1689	0.837	0.837	0.838	0.838	0.840	0.843	0.848
1728	0.840	0.840	0.840	0.841	0.843	0.845	0.850
1766	0.843	0.843	0.843	0.844	0.845	0.848	0.853
1804	0.845	0.846	0.846	0.847	0.848	0.850	0.855
1843	0.848	0.848	0.849	0.849	0.850	0.853	0.857
1881	0.851	0.851	0.851	0.852	0.853	0.855	0.860

## 제 4 절 모델의 타당성 검증

유도 전류 밀도의 계산에 이용되는 수치 툴의 타당성 검증은 3장에 주어진 결과와의 비교를 통해 이루어져야 한다. 이러한 결과는 국제적인 수준에서 타당성이 검증되었다.

수치 계산의 타당성 검증에 이용되는 소프트웨어에 관한 추가 정보는 본 표준의 Part 1의 참고 문헌에서 찾을 수 있다.

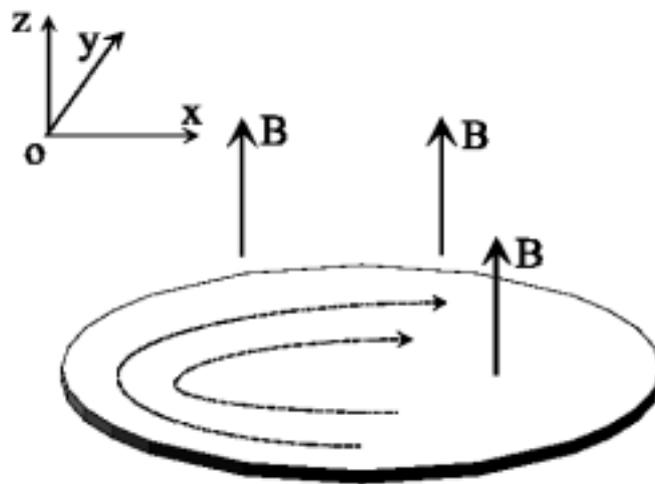


그림 3.33 균일 자속 밀도에서의 도전성 디스크

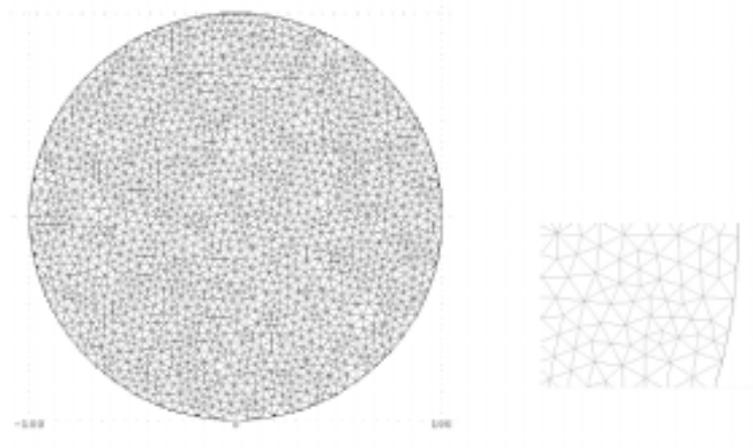


그림 3.34 디스크의 유한 요소 메쉬(2차원 삼각형) 및 세부 내용

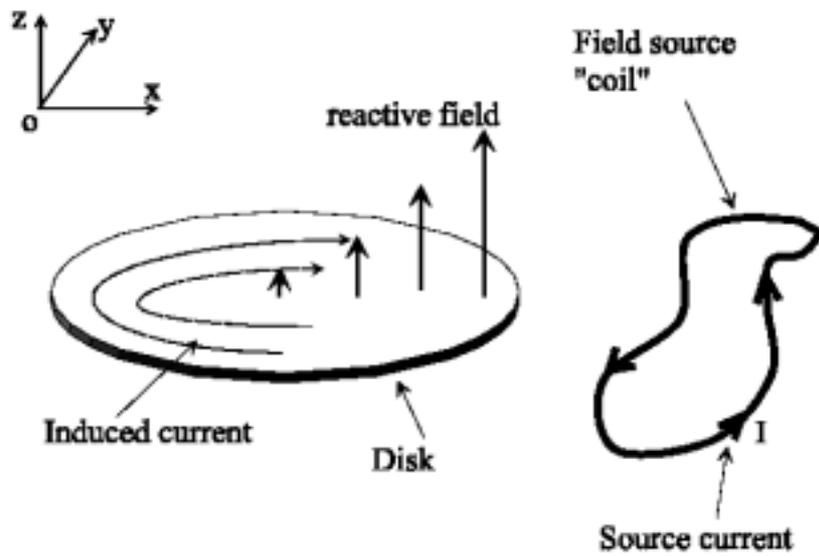


그림 3.35 연구된 시스템

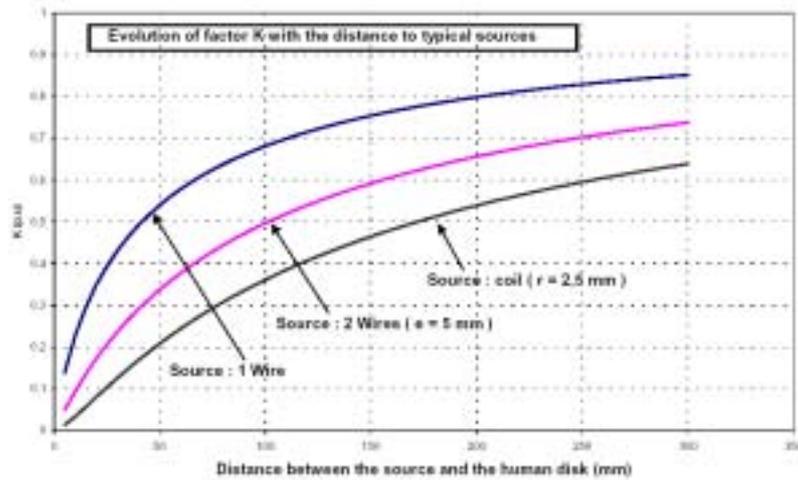


그림 3.36 여러 다른 자기장 소스에 대해서, 결합 계수 K값과 소스와의 거리의 파라미터 곡선

## 제 4 장 고주파 전자기장에 대한 인체노출에 대한 측정 및 평가

본 장은 “300 MHz에서 3 GHz 주파수 범위의 휴대용 이동 전화에 대하여 전자파 흡수율(SAR) 결정 절차 - 106/24/CD”에 대하여 언급하고자 한다.

### 제 1 절 측정 시스템 규격

휴대폰 전자파의 인체 유해 여부는 아직 입증되지 않았지만 사회적인 관심 사항으로 대두됨에 따라 실제 인체와 유사한 전기정수를 갖는 모의인체를 이용하여 휴대폰으로부터 방출된 전자파가 실제로 인체에 흡수되는 정도를 평가하는 방법으로 전자파흡수율(SAR)을 측정한다.

전자파흡수율(Specific Absorption Rate : SAR)은 단위 질량에 흡수되는 전력(W/Kg)으로 표시되는 양이다.

SAR은 질량 증분(dm)에 의해 흡수되는 에너지증분(dW)의 시간 미분에 대한 식과 질량밀도( $\rho$ )인 미소체적(dV)에서 에너지증분(dW)의 시간 미분에 대한 식은 다음과 같이 표현된다.

$$SAR = \frac{d}{dt} \left( \frac{dW}{dm} \right) = \frac{d}{dt} \left( \frac{dW}{\rho dV} \right)$$

온도변화에 대한 SAR의 관계와 전기장과 SAR과의 관계는 다음 식으로 표현된다.

$$SAR = c \frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{\sigma |E|^2}{\rho} [W/Kg]$$

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

다.

위 식에서, 휴대폰 전자파에 의한 영향은 모의인체의 전기장  $E[V/m]$ 를 측정하여 SAR을 측정하는 방법을 사용하고 있다. 이러한 방법으로 측정하기 위하여 시스템은 모의인체, SAR 측정 기기, 주사 시스템 및 무선 장치 홀더로 구성되어 있다.

## 1.1 일반 요구 사항

무선 기기에 의해서 발생하는 전자기장에 노출되는 사람의 머리를 나타내는 모의인체 모델에서의 내부 전기장 분포를 측정하기 위해 자동적으로 위치 제어되는 축소형 프로브를 이용하여 시험을 실행하여야 한다. 측정된 전기장 값으로부터 SAR 분포 및 최대질량 평균 SAR 값을 계산하여야 한다. 시험은 다음과 같은 환경 조건을 만족하는 시험실에서 수행하여야 한다:

- 주위 온도는  $18^{\circ}C$  에서  $25^{\circ}C$  범위에 있어야 하며, 시험 중의 온도 변화는  $\pm 2^{\circ}C$ 를 초과해서는 안된다.
- 무선 장치는 구내 이동망과 상호 작용하여서는 안된다.
- 주위의 전자기 발생원이 SAR 측정에 심각한 영향을 미치지 않도록 주의하여야 한다.
- 환경(바닥, 장치 홀더, 액체의 표면 등)으로부터의 반사가 SAR 측정에 심각한 영향을 미치지 않도록 주의하여야 한다.

## 1.2 모의인체 규격(외피 및 액체)

### 1.2.1 모의인체 외형에 대한 이론적 근거

모의인체 몸통 부분은 전자기 노출량 측정의 필수 구성 요소이다. 그것이 나타내는 몸통 부분의 해부학적인 세부 사항을 모방하는 것이 바람직하지만, 그렇게 하는 것이 항상 필요하거나 실용적인 것은 아니다. 그러므로, SAR 측정에 영향을 미치는 관련 특징, 치수 및 재료적 특성을 정의하고 표준화하는 것이 중요하다.

귀 뒤 돌출부는 머리에 대한 이동기와 안테나의 근접성을 결정하는데

직접적인 영향을 미치며, SAR 결정에 있어서 중요한 파라미터이다. 귀의 돌출부는 귀에 대한 기기의 눌림을 모의하기 위해 조정되어야 한다. 귀의 모양은 이동기기 위치 결정에 한 인자이며 정확하고 위치가 재현 가능하도록 설계되어야 한다.

해부학적인 외형과 크기의 통계적인 분석은 현실적인 모의인체 외형 규격의 기준이 되기 위한 인간 집단에 대한 인체 측정 연구로부터 얻을 수 있다. 1988년 미 육군 군인을 대상으로 한 인체 측정 연구는 혼합된 연령, 인종 및 민족 동질성의 한 샘플에 기초한 데이터를 제공한다. 머리의 외형은 그림 4.1에 설명한 바와 같이 다수의 선과 곡선으로 정해진다.

노출량 연구는 비교적 큰 머리(성인, 남성 사용자)는 보다 많은 에너지를 결합하고 비교적 작은 머리(여성과 어린이)에 비해 최악의 노출 시나리오를 나타낸다는 사실을 암시한다[2]. 90 백분위수 크기(성인 남성)의 머리 치수는 모든 사용자의 90% 이상이 더 작은 머리를 가지고 있고, 따라서 이것이 더 낮은 노출을 유지한다는 것을 보증하는데 이용되어야 한다.

손 모델링에 관해서는 모든 이동기기에 적용할 수 있는 독특한 손 홀딩 위치를 명시하는데 실질적인 어려움이 있다. 더욱이, 노출량 연구에 따르면 손을 모델링하지 않는 것이 두부에서의 SAR에 대한 보수적인 사례 시나리오를 구성한다는 사실을 암시한다[3]. 이런 이유로 본 표준에서 이동기기는 손으로 잡지 않는다.

### 1.2.2 SAM 모의인체 규격

Gordon 보고서로부터 치수를 도출하였다. 그것은 그림 4.1에 나타내었으며 표 4.1에 보고되어 있다. 귀와 볼 가까이에서 이동기기를 사용하는 특별한 조건을 고려하기 위해, 특정 기준을 추가하였다. 그것은 표 4.1에 보고되어 있다. 특히 귀 기준점(ERP)에서 2mm 외피를 포함하는 6mm의 두께는 외이(外耳, 귓바퀴)를 모델화 하기 위해 고려된 것이다.

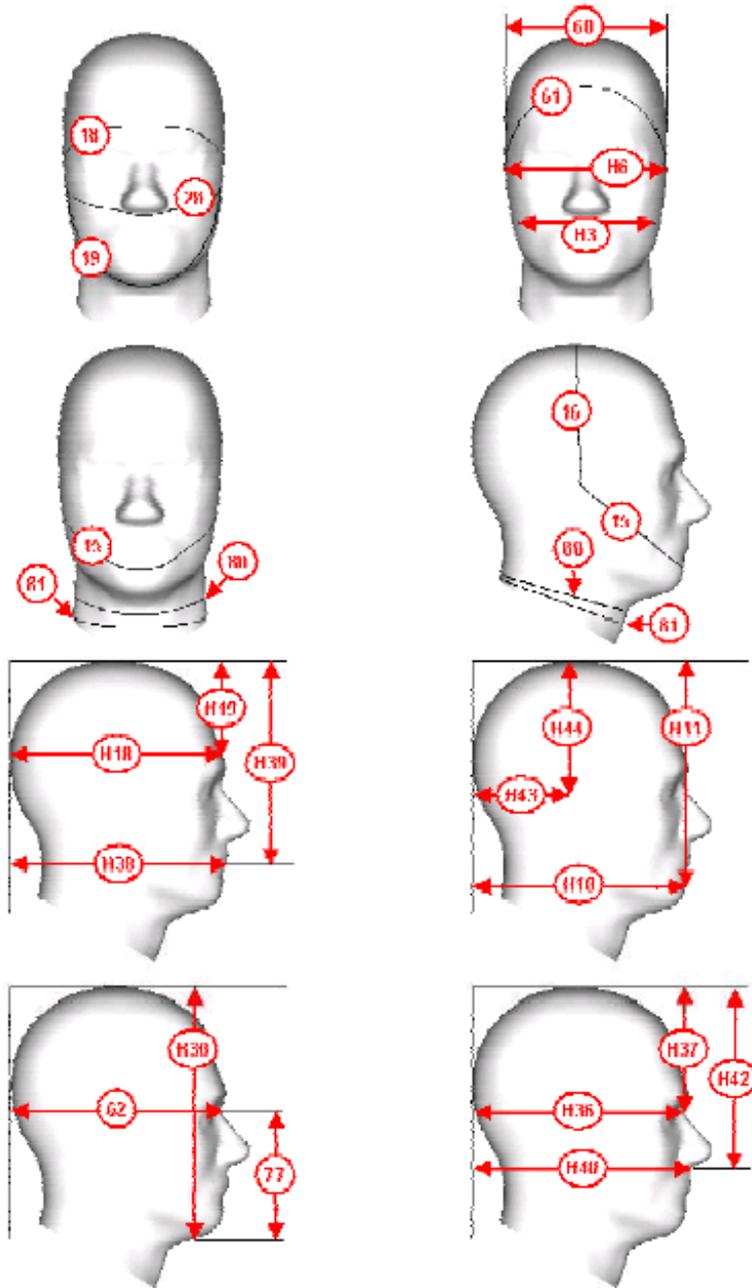


그림 4.1 - 표 4.1의 치수에 대한 설명

표 4.1 - 모의인체 외형과 관련된 머리 치수: Gordon 보고서로부터의 성인 남성 머리의 90 백분위수 크기와 SAM 치수의 비교

참고 번호	해부학	Gordon 보고서(mm)			SAM (mm)	차이 (%)
		중앙값	표준편차	90 백분위수		
H3	Bigonial Breadth	118.9	7.9	129.2	130.0	0.6
H6	Bitracion Breadth	144.8	6.0	152.3	152.7	0.2
H10	Chin-Back of Head	194.2	10.3	207.3	206.5	-0.4
H11	Chin-Top of Head	216.8	8.9	228.3	220.4	-3.5
H18	Glabella-Back of Head	199.7	7.2	208.5	209.2	0.3
H19	Glabella-Top of Head	96.2	7.3	105.6	104.4	-1.1
H36	Sellion-Back of Head	197.0	7.1	205.9	205.3	-0.3
H3	Sellion-Top of Head	112.0	6.9	120.9	121.7	0.7
H38	Stomion-Back of Head	199.4	9.6	211.9	211.4	-0.2
H39	Stomion-Top of Head	186.3	7.8	196.3	196.3	0.0
H40	Subnasale-Back of Head	203.5	8.3	213.6	213.0	-0.3
H42	Subnasale-Top of Head	161.9	7.7	171.8	177.6	3.4
H43	Tragion-Back of Head	98.9	8.5	106.4	106.4	0.0
H44	Tragion-Top of Head	131.0	5.7	138.2	138.2	0.0
15	Bitracion Chin Arc	325.8	13.4	343.1	329.3	-4.0
16	Bitracion Coronal Arc	353.3	12.9	369.7	367.3	-0.6
18	Bitracion Frontal Arc	304.3	10.6	318.2	314.1	-1.3
19	Bitracion Submandibular Arc	304.2	14.5	323.2	333.5	3.2
20	Bitracion Subnasale Arc	292.0	11.1	306.3	305.3	-0.3
60	Head Breadth	151.7	5.4	158.6	158.4	-0.1
61	Head Circumference	567.7	15.4	587.3	594.8	1.3
62	Head Length	197.1	7.1	206.0	206.0	0.0
77	Menton-Sellion Length	121.9	6.5	130.4	125.0	-4.1
80	Neck Circumference	379.6	19.7	405.3	395.4	-2.5
81	Neck Circumference Base	408.4	20.5	434.9	455.7	4.8

표 4.2 SAM 모의인체와 CAD 파일의 설계를 위한 특정 지침

참조	SAM 지침
SG1	기준면은 Stomion(입) 뿐만 아니라 왼쪽과 오른쪽 Tragion으로 정해진다.
SG2	ERP는 Tragion으로부터 15 mm의 거리에 있는 기준면에 있다.
SG3	ERP의 위치에서의 외피의 두께는 6 mm이다.
SG4	외부 표면상의 NF 선은 60 mm 길이의 직선이며 기준면에 직각을 이루는 면에 포함된다.
SG5	외부 표면상의 NF 선은 기준면에 직각을 이루는 면에서 기울어져 있으므로 평면 장치와 외부 표면 사이의 볼 위치에 있는 접촉점은 기준선상에 있다.
SG6	외부 표면상의 MB 선은 ERP로부터 귀의 상위 부분까지 직선이고 이 선을 따르는 외피 두께는 6 mm 미만이다.
SG7	귀의 외부 표면은 평면이며 NF 선으로 정해지며 외피의 MB 선 총 두께는 귀 부위를 제외하고 2 mm이다.
SG8	H-30 mm에서 H+30 mm까지의 기준면에 평행한 절단면의 볼 부위에는 S-모양이 없어야 한다.
SG9	외피의 두께는 내부 표면과 수직인 거리로 측정하여야 한다.
SG9	외피의 두께는 내부 표면과 수직인 거리로 측정하여야 한다.

기준점과 기준선의 시스템은 위치 결정 시스템을 모의인체와 상호 관련시키는데 이용되어야 한다(그림 4.2). M 점은 입의 중앙에 대한 기준점이며 LE는 왼쪽 귀 기준점(ERP)이고 RE는 오른쪽 귀 기준점이다. ERP는 B-M 선(후면-입)을 따르는 귀구멍(EEC)으로 들어가는 입구의 15 mm 후부이다(그림 4.2).

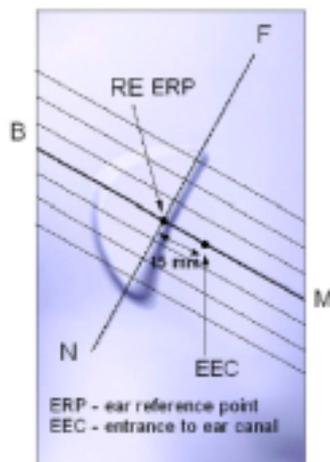


그림 4.2 - 귀 부근을 보여주는 모의인체 측면의 확대도

두개의 귀구멍과 M을 통과하는 면은 기준면으로 정의된다. 기준면과 직각을 이루고 RE(또는 LE)를 통과하는 N-F(목-전면)선은 기준 회전축 선이라 불린다. B-M 선은 N-F 선에 직각을 이룬다. N-F와 B M 선은 모두 휴대단말기 위치 결정을 용이하게 하기 위해 외부의 모의인체 외피에 표시하여야 한다. N-F 선의 후면에서 귀의 모양을 가진 모의인체 외피의 두께는 ERP에서 6 mm 두께의 편평한 표면이다. N-F 선 전면에서 귀는 그림 4.2에서 설명한대로 끝이 절단되어 있다. 귀 끝을 절단하는 이유는 장치가 귓볼에 닿지 않도록 하기 위해서 도입되는데, 장치가 귓볼에 닿으면 볼에서 장치 위치 결정의 불안정을 야기할 수 있다.

기준선 MB와 기준선 NF의 돌출부는 모의인체에 그려져야 한다. 추가 선은 편의에 따라 선택할 수 있다. 추가 선은 선택적이다.

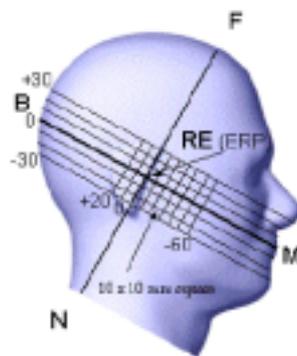


그림 4.3 - 관련 기호를 보여주는 모의인체의 측면도(단위: mm)

그림 4.3에서의 선택적인 기호는 규격에 영향을 주지 않으며, 모의인체의 외부 표면으로 선명하게 그려 넣을 수 있다.

### 1.2.3 모의인체 외피의 특성

모의인체 모델의 물리적 특성(크기 및 외형)은 외형이 노출을 위한 우세한 파라미터이므로 사용자의 머리를 시뮬레이션한다. 모의인체는 두부 조직의 특성과 유사한 유전 특성이 있는 재료로 만들어져야 한다. 모의인체 내의 전자기장 주사를 가능케 하기 위해서는 그 재료가 두부 모양의 외피 모델에

들어있는 액체가 되어야 한다. 외피 모델은 외형을 갖춘 용기의 역할을 하며, 아래에 설명한 바와 같이 가능한 한 조심스럽게 다루어야 한다. 손은 모델화해서는 안된다

모의인체 외피는 본 문서에 명시된 조직 구성에 있는 모든 성분에 내성이 있어야 한다. 귀 공간 이격자를 포함하는 모의인체의 외피는 저 유전율과 저 손실 재료로 만들어져야 하며, 상대 유전율 5 이하이고 손실 탄젠트가 0.05 이하이어야 한다. 모의인체 외피 외형은 SAM의 CAD 파일에 대해  $\pm 0.2$  mm 미만의 허용 오차를 가져야 한다. 휴대단말기의 돌출부 내의 어떤 부분에서도 외피 두께는 귀와 확장된 돌출부를 제외하고  $2\pm 0.2$  mm가 되어야 한다. 저 손실(두부 외피와 같은 재료) 귀 공간 이격자는  $\pm 0.2$  mm 미만의 허용 오차 내에서 귀 기준점(ERP)에서 조직 경계로부터 6 mm의 이격 거리를 제공하여야 한다. 중심 시상 봉합면의  $\pm 1.0$  cm 이내의 중앙 스트립에서 허용 오차는  $\pm 1.0$  mm가 되어야 한다(그림 4.4).

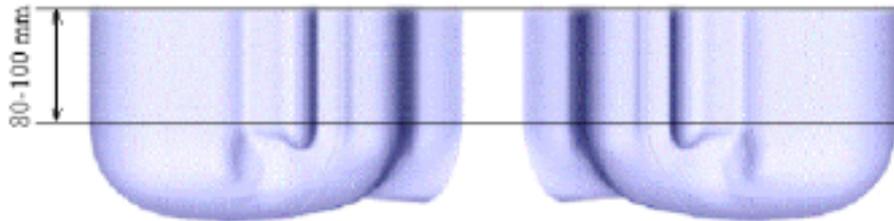


그림 4.4 - 확장된 경계를 가진 사상봉합을 따라 (sagittally) 이등분된 모의인체 (SAR 측정을 위해 그 측면에서 본 그림)

모의인체에서의 기준점은 최소한 모의인체의 3개 점이 위치 결정 시스템을 모의인체와 상호 관련시키는데 이용되어야 한다.

입에 대해서는 점 M, 왼쪽 귀 기준점 ERP에 대해서는 LE, 오른쪽 ERP에 대해서는 RE가 모의인체에서 정의되어야 한다(그림 4.5 참조). 이런 점들은 모의인체와 관련하여 무선 기기의 재현성 있는 위치 결정을 가능케 하는데 이용되어야 한다.

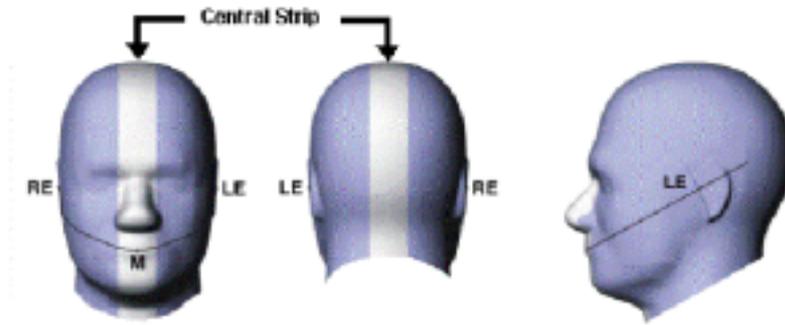


그림 4.5 - 귀 기준점, 입 기준점 및 중앙 스트립을 보여주는 모의인체의 그림(기준선 추가)

선 NF는 휴대단말기의 배치를 용이하게 하기 위하여 기준면에 수직으로 정의된 ERP를 통해 그린 직선이 되어야 한다. 기준선 MB와 기준선 NF의 돌출부는 모의인체에 표시하여야 한다. 휴대단말기의 음성 출력측의 중심 레벨은 모의인체의 ERP에 반대가 되도록 위치를 결정하여야 한다(그림 4.6). 기준면 MB에 대한 횡단면은 그림 4.7에 나타내었다.

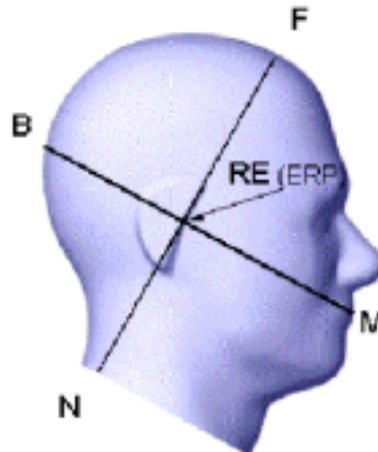


그림 4.6 - 관련 기호를 보여주는 모의인체의 측면도

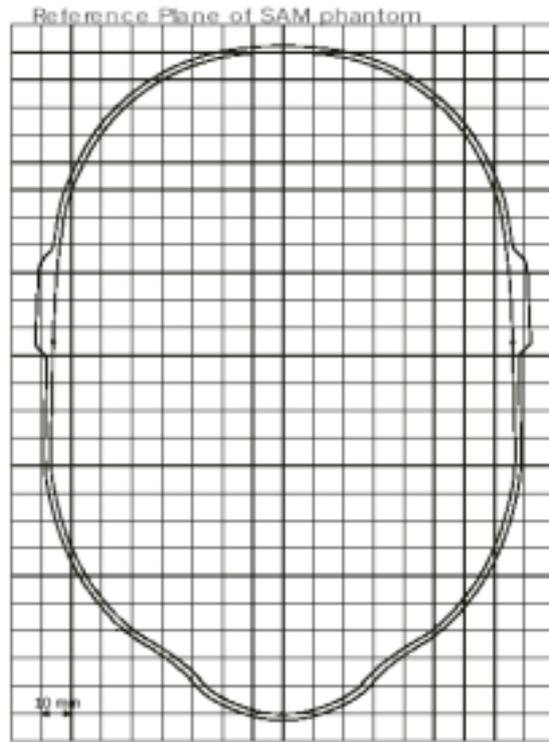


그림 4.7 - 기준면 B에서 M까지의 SAM 횡단면도

#### 1.2.4 액체 재료 특성

일차적인 연구로서 평면파에 노출되는 무한한 반공간 계층 조직 모델의 간단한 분석적 모델은 공간 침투 SAR 에 미치는 임피던스 정합, 정재파 등의 영향을 조사하기 위해 활용되었다. 조직 계층은 성인과 어린이(10번째와 90번째 백분위수 사이)를 포함하는 사용자 집단을 포함하여 노출된 머리 부위의 해부학적인 변화를 표시하기 위해서 구성 성분과 두께에 있어서 변화를 주었다. 각 주파수에서의 흡수율에 관한 최악의 조직 계층 구성 성분에 기초하여, 동질적인 모델링을 위한 두부 조직 등가 유전 파라미터가 도출되어 동일한(또는 약간 더 높은) 공간 침투 흡수율을 도출하였다. Cole-Cole의 해석적인 유전 특성 데이터가 이용되었고 Gabriel의 데이터로부터 얻을 수 있다. 근거리장 노출에 대한 이런 접근법의 타당성은 문헌으로부터의 성인과 어린이의 MRI에 기초한 비균질한 인간 두부 모델로부터의 결과와의 비교뿐만 아니라 계층 구조에 가장 가깝게 근접한 곳에 평면파를 반파장 다이폴과

1/4 과장 단극 소스로 교체하는 것에 의해서 증명되었다.

표 4.3은 Drossos et al. 에 발표된 등가 두부 조직의 유전 상수와 도전율을 보여준다. 주파수 범위 내의 다른 주파수에서의 등가 두부 조직의 유전 특성에 대해서는 선형 내삽법이 이용되어야 한다.

표 4.3 - 액체 재료의 유전 특성

주파수 (MHz)	상대 유전율 ( $\epsilon_r$ )	도전율 ( $\sigma$ ) (S/m)
300	45.3	0.87
450	43.5	0.87
835	41.5	0.90
900	41.5	0.97
1450	40.5	1.20
1800	40.5	1.40
1900	40.0	1.40
2000	40.0	1.40
2450	39.2	1.80
3000	38.5	2.40

### 1.2.5 조직 등가 재료의 준비

다음 조성은 중량 비율로 주어진다. ( $\epsilon_r$  : 비 유전율,  $\sigma$ : 전도도)은 조성은 중량 비율로 주어진다.

#### 300 MHz:

목표:  $\epsilon_r = 45.3 / \sigma = 0.87$  S/m

시험결과:  $\epsilon_r = 46.0 / \sigma = 0.86$  S/m

55.32% 설탕

37.56% 증류수

5.95% NaCl (소금)

0.98% Hydroxyethyl Cellulose (HEC)

0.19% 방부제

#### 450 MHz:

목표:  $\epsilon_r = 43.5 / \sigma = 0.87 \text{ S/m}$

시험결과:  $\epsilon_r = 43.4 / \sigma = 0.85 \text{ S/m}$

56.32 % 설탕

38.56 % 증류수

3.95 NaCl (소금)

0.98 % Hydroxyethyl Cellulose (HEC)

0.19 % 방부제

#### 835 MHz:

목표:  $\epsilon_r = 41.5 / \sigma = 0.90 \text{ S/m}$

시험결과:  $\epsilon_r = 41.6 / \sigma = 0.90 \text{ S/m}$

57.0% 설탕

40.45% 증류수

1.45% NaCl (소금)

1.0% Hydroxyethyl Cellulose (HEC)

0.1% 방부제

#### 900 MHz:

목표:  $\epsilon_r = 41.5 / \sigma = 0.97 \text{ S/m}$

시험결과:  $\epsilon_r = 41.2 / \sigma = 0.98 \text{ S/m}$

56.65 % 설탕

40.92% 증류수

1.48% NaCl (소금)

1.0% Hydroxyethyl Cellulose (HEC)

0.1% 방부제

#### 1450 MHz:

목표:  $\epsilon_r = 41 / \sigma = 1.20 \text{ S/m}$

시험결과:  $\epsilon_r = 40.9 / \sigma = 1.21 \text{ S/m}$

45.51% Diethylene Glycol Butyl Ether (DGBE)

53.82% 증류수  
0.67% NaCl (소금)

### 1800 MHz:

목표:  $\epsilon_r = 40.0$  /  $\sigma = 1.40$  S/m  
시험결과: (T=21°C)  $\epsilon_r = 41.61$  /  $\sigma = 1.33$  S/m  
65.30% 증류수  
16.33% Diethylene Glycol Butyl Ether (DGBE)  
17.96% Triton X 100 (ultra pure)  
0.41% NaCl (소금)

또는

목표:  $\epsilon_r = 40.0$  /  $\sigma = 1.40$  S/m  
시험결과:  $\epsilon_r = 39.3$  /  $\sigma = 1.39$  S/m  
52.64% 증류수  
47.00% Diethylene Glycol Butyl Ether (DGBE)  
0.36% NaCl (소금)

### 1900 MHz

목표:  $\epsilon_r = 40.0$  /  $\sigma = 1.40$  S/m  
시험결과:  $\epsilon_r = 39.9$  /  $\sigma = 1.42$  S/m  
54.90% 증류수  
42.92% Diethylene Glycol Butyl Ether (DGBE)  
0.18% NaCl (소금)

### 2000 MHz

목표:  $\epsilon_r = 40.0$  /  $\sigma = 1.40$  S/m  
시험결과:  $\epsilon_r = 37.0$  /  $\sigma = 1.40$  S/m  
50.00% 증류수  
50.00% Diethylene Glycol Butyl Ether (DGBE)

## 2100 MHz

목표:  $\epsilon_r = 39.8$  /  $\sigma = 1.49$  S/m

시험결과:  $\epsilon_r = 35.1$  /  $\sigma = 1.49$  S/m

51.00% Diethylene Glycol Butyl Ether (DGBE)

49.00% 증류수

## 2450 MHz

목표:  $\epsilon_r = 39.2$  /  $\sigma = 1.80$  S/m

시험결과: (T=21°C)  $\epsilon_r = 40.7$  /  $\sigma = 1.87$  S/m

71.89 % 증류수

7.99 % Diethylene Glycol Butyl Ether (DGBE)

19.97 % Triton X 100 (ultra pure)

0.15 % NaCl (소금)

## 3000 MHz

목표:  $\epsilon_r = 38.5$  /  $\sigma = 2.40$  S/m

시험결과: (T=21°C)  $\epsilon_r = 38.57$  /  $\sigma = 2.4$  S/m

71.89 % 증류수

7.99 % Diethylene Glycol Butyl Ether (DGBE)

19.97 % Triton X 100 (ultra pure)

0.15 % NaCl (소금)

### 1.2.6 액체의 유전 특성 측정 방법

본 단원은 SAR 특성 측정 절차의 일부로서 조직 등가 재료의 유전 특성 측정을 다룬다.

#### 1.2.6.1 측정 기법

모의조직의 전기적 특성은 유전율  $\epsilon'$ 과 도전율  $\sigma$ 을 측정함으로써 실험적으로 결정된다. 유전 파라미터는 온도와 주파수에 따라서 변화한다. 조직 등가 재료의 유전 특성 측정은 몇 가지 잘 확립된 기법 중 하나를 이용하여 실시할 수 있다.

다음 또는 등가 계측기기가 요구된다:

- (a) 벡터 망 분석기와 S-파라미터 시험 세트
- (b) 샘플 홀더
- (c) 측정 결과를 샘플의 유전 특성으로 변환하기 위한 특별한 방법론과 응용 소프트웨어.

액체 재료에 적합한 세가지 유형의 샘플 홀더를 설명한다.

### 1.2.6.2 슬롯 선로

이동하는 프로브와 함께 제공되는 중단된 동축 슬롯 선로는 샘플 홀더로 이용될 수 있다. 회로망 분석기는 슬롯 선로를 따르는 함수(function) 위치로서, 슬롯 선로의 입력에 RF 소스를 제공하며, 이동하는 프로브를 통해, 샘플에서 송신되는 신호의 크기와 위상을 기록되게 해준다.

회로망 분석기 교정 및 설정은 요구되는 주파수 범위, 시작 측정 위치, 슬롯을 따르는 단계 크기 및 후속적인 측정의 총수에 대한 측정방법에서 명시하여야 한다. 해석 소프트웨어는 샘플의 유전 특성을 산출하기 위한 측정 결과를 해석하여야 한다.

일반 예방 조치(측정 실시 전):

- 슬롯 선로의 내외부가 깨끗하도록 하고 필요하다면 압축공기를 사용하라.
- 프로브가 깨끗하고 손상되지 않도록 하라.
- 슬롯 선로를 공기 방울이 없이 액체 샘플로 완전히 채우기 위한 절차를 고안하라. 그렇게 하는 한가지 방법은 유연한 튜브와 꼭 끼는 큰 주사기를 사용하는 것이다. 공기 방울은 선로 바닥에서 선로를 천천히 튜브로 채우기 전에 쉽게 제거될 수 있다.

- 슬롯 선로의 눈금 크기는 첫번째 정확한 측정 점의 위치와 단계별 크기를 고려하는 방법론이 되어야 한다.
- 샘플의 온도를 기록하고 유전 특성이 이 온도에서 적용될 수 있다는 것을 유의하라.
- 시험을 실시하는 사람이 측정의 성격과 각 단계에서 무엇이 기대되는지 잘 아는 것은 필수적이다. 장치가 작동하는 것을 보증하기 위해서 샘플 측정 이전에 기준 액체를 측정하는 것은 좋은 관행이다.

장점 : 실험 절차가 아주 엄격하다면, 높은 정확성( $\pm 2\%$ )을 얻을 수 있다.

단점 : 샘플 취급이 복잡하다. 상업적으로 이용 가능한 방법론과 소프트웨어 패키지가 없다.

### 1.2.6.3 접촉 프로브

접촉 프로브는 임피던스 정합에 의한 무 손실 면과 접지면에 의해 개방중단의 전송선로 구역으로 중단되었다. 프로브가 샘플과 접촉하도록 위치시키고, 회로망 분석기나 등가 계측기기를 이용하여 그 반사 계수를 측정함으로써 측정이 이루어진다. 액체 샘플은 적절한 크기의 비금속 컨테이너에 올려 놓는다.

특별한 방법론과 소프트웨어는 요구되는 주파수 범위에 대해서 프로브 치수, 샘플 양, 회로망 분석기 교정 및 설정을 명시하고 주파수의 함수로서 샘플의 유전 특성을 산출하기 위한 측정 결과를 해석한다.

이런 기술을 이용하기 위해서는 회로망 분석기에 대한 프로브/소프트웨어 패키지를 취득하여 샘플의 유전 특성을 구하기 위한 절차를 따르도록 하라.

일반 예방 조치(측정 실시 전):

- 프로브가 깨끗하고 손상되지 않게 하라.
- 프로브 아래에 공기 방울이 있지 않게 하라. 유리 용기를 이용하는 경우, 육안 검사로도 충분하다.
- 샘플의 온도를 기록하고 유전 특성이 이 온도에서 적용될 수 있다는

점을 유의하라.

- 시험을 실시하는 사람이 측정의 성격과 각 단계에서 무엇이 기대되는지 잘 아는 것은 필수적이다. 장치가 작동하도록 보증하기 위해 샘플 측정 이전에 기준 액체(시스템 교정에 이용되는 것)를 측정하는 것은 좋은 습관이다.

장점:

- 최소한의 샘플 취급  $\pm 2$
- 샘플 온도 조절 가능
- 이론적인 구현과 실험적 절차가 아주 엄격하다면, 높은 정확성(에서  $\pm 3\%$ , 에서  $\pm 8\%$ )을 얻을 수 있다.
- 프로브와 소프트웨어를 구성하는 패키지는 망 분석기와 함께 상업적으로 이용 가능하다.

단점:

- 교정 절차와 측정 절차가 서로 독립적이지 않다.
- 알려진 유전 특성 중 최소한 한가지 기준 액체가 교정을 위해 요구된다. 기준 액체의 유전 특성이 불확정도의 시스템적인 원인이 되는 것을 피하기 위해, 기준 액체의 선택은 잘 정의된 온도에서의 증류수로 제한되어야 한다.

#### 1.2.6.4 TEM 선로

이 방법은 액체로 채워진 TEM 선로의 복소 전송 계수(Complex Transmission Coefficient) 측정에 기초한다. 전송 측정은 회로망 분석기(VNA)를 이용하고, 산란 계수  $S_{21}$ 의 크기와 위상을 기록하여 행한다. 액체의 복소 유전율은 신호 흐름 그래프 기법에 의해 도출되는 전송 계수의 수치 해법으로 풀어서  $S_{21}$ 의 크기와 위상으로 부터 계산한다.

$$S_{21} = \frac{(1 - \Gamma^2) \exp(-jkd)}{1 - \Gamma^2 \exp(-j2kd)}$$

$$\Gamma = \frac{1 - \sqrt{\epsilon_r}}{1 + \sqrt{\epsilon_r}}$$

$$k = \frac{2\pi f}{c_0} \sqrt{\epsilon_r}$$

여기서  $\Gamma$ 는 액체 표면에서의 반사 계수이고,  $k$ 는 액체에서의 전파 상수이며,  $d$ 는 샘플의 길이이고,  $f$ 는 주파수이며,  $\epsilon_r = \epsilon_r' - j\epsilon_r''$ 는 샘플의 상대 복소 유전율이다.

전송 센서는 한 개의 원형의 중심 전도체, 두 개의 평면 접지 전도체, 한 개의 투명한 플라스틱 벽 및 온도 센서로 구성되는 스트립 선로이다.

길이  $d$ 는 일정 주파수 범위에 대해 조정되기 때문에

- (1) 센서내의 다수의 반사의 영향이 작으며
- (2) 센서의 총 감쇠는 회로망 분석기(VNA)의 동작 범위를 초과하지 않는다.

중심과 접지 전도체  $D$ ,  $b$ 의 치수를 선택하기 때문에

- (1) 센서의 임피던스가 50 이고
- (2) 이 구조는 원하는 측정 주파수 범위에서 스퓨리어스 전파 모드를 지원하지 않는다.

장점:

- 높은 정확성(95% 신뢰 수준에서,  $U(\epsilon) = \pm 1.4\%$  이고  $U(\sigma) = \pm 2.0\%$ )
- 이 방법은 위에서 검토한 기존의 방법들보다 VNA 측정의 불확정도에 덜 민감한 것으로 입증되었다.
- 측정은 폭 넓은 주파수 범위에 걸쳐서 자동적으로 실시될 수 있다.
- 센서로의 삽입 후, 액체를 완전히 볼 수 있도록 구조가 개방되어 있어, 거품이 완전히 제거될 수 있다.
- 이 구조는 제조하기가 간단하고 용이하다.
- 측정량/샘플량 비율이 크다.

- 도파관 모드의 차단 주파수가 높으며, 측정 중에 액체의 온도를 계속적으로 감시할 수 있다.

단점:

- 상업적으로 이용 가능한 방법론과 소프트웨어 패키지가 없다.

### 1.3 SAR 측정 기기의 규격

측정 기기는 하나의 전체 시스템으로서 교정되어야 한다. 프로브는 증폭기, 측정 장치 및 데이터 취득 시스템과 함께 교정되어야 한다. 측정 기기는 부록 B에 정의된 방법론에 따라 적절한 운용 주파수와 온도에서 각각의 조직 등가 액체에서 교정되어야 한다.

최소 검출 제한치는 0.02 W/kg보다 낮아야 하며, 최대 검출 제한치는 100 W/kg보다 높아야 한다. 선형성은 0.02 에서 100 W/kg의 SAR 범위에서  $\pm 0.5$  dB내에 있어야 한다. 등방성은  $\pm 1$ dB내에 있어야 한다. 민감도, 선형성 및 등방성은 조직 등가 액체에서 결정되어야 한다. 반응 시간이 명시되어야 한다.

이런 요구 사항에 맞추기 위해, 전기장 프로브에서의 각각의 센서 전극의 길이는 3 mm를 초과해서는 안된다는 것과, 보호 덮개의 외부 치수가 8 mm를 초과해서는 안된다는 것을 권고한다.

측정된 신호가 펄스 신호 예를 들면, 디지털 프레임인 경우 SAR 측정 기기의 통합 및 평균하는 시간(rms 검출에 기초함)은  $\pm 5\%$ 내로 재현성 있는 결과를 산출할 수 있어야 한다.

### 1.4 주사 시스템 규격

#### 1.4.1 일반 요구 사항

프로브를 수용하고 있는 주사 시스템은 3차원 SAR 분포를 평가하기 위해 모의인체의 노출된 전체 부피를 주사할 수 있어야 한다. 그것은 상단에 구멍이 있는 모의인체나 절개된 모의인체에 의해 달성될 수 있다. 주사 시스템의 기계적 구조는 SAR 측정을 방해하여서는 안된다.

#### 1.4.2 기술 요구 사항

##### 1.4.2.1 정확성

측정 부위에서의 프로브 끝 위치 결정의 정확성은  $\pm 0.2$  mm 이상이 되어야

한다.

#### 1.4.2.2 위치 제어 분해능

위치 제어 분해능은 측정 시스템이 측정을 수행할 수 있는 정도이다. 위치 제어 분해능은 1 mm나 그 미만이 되어야 한다.

### 1.5 무선 기기 홀더 규칙

환경(바닥, 기기 홀더, 액체의 표면)으로부터의 어떤 반사와 흡수가 SAR 측정에 심각한 영향을 무치지 않도록 주의하여야 한다.

무선 기기 홀더는 경사각  $\pm 1^\circ$ 의 허용오차로 기기가 위치 제어되도록 하여야 한다. 그것은 저손실 및 저 유전율 재료로 이루어져야 한다: 손실 탄젠트는 0.05 이하, 유전율은 5 이하이어야 한다.

SAR이 홀더에 의해서 교란되지 않는다는 것을 입증하기 위해서 홀더를 저밀도의 상대 유전 폼(foam) 블록으로 교체하거나, 테잎이나 실 등을 이용하여 휴대단말기를 모의인체에 부착시킴으로써 시험을 대체하여야 한다.

## 제 2 절 SAR 평가 프로토콜

### 2.1 측정 준비

#### 2.1.1 일반적인 준비

조직 등가 재료의 유전 특성은 SAR 측정 이전에  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 의 허용 오차를 갖는 동일한 온도에서 측정하여야 한다. 측정된 값은 상대 유전율 및 도전율에 대해  $\pm 5\%$ 의 허용 오차 내에서 5.2.4에 정의된 값을 따라야 한다. 측정 절차는 부록 A에 설명되어 있다. 모의인체 외피는 요구 사항을 만족시키기 위해서 조직 등가 액체로 채워져야 한다. 액체 모의 조직의 두께는 본 표준에 명시된 대로 모의 인체 구성의 ERP 이상 최소한 15 cm이어야 한다. 액체는 측정 전에 조심스럽게 교반하여야 하며 공기 방울이 없어야 한다.

액체 표면으로부터의 반사를 피하기 위해서 주의하여야 한다. 이 조건은 주파수 범위 300 MHz 에서 3 GHz까지 15 cm 두께로 달성된다.

액체의 점도는 움직이는 프로브에 기계적으로 영향을 주어서는 안된다.

#### 2.1.2 SAR 측정 시스템의 타당성 검증

##### 2.1.2.1 서 론

본 절은 다음과 같은 두 레벨의 SAR 측정 시스템 타당성 검증을 위한 절차를 제공한다:

- 시스템 성능 검사
- 시스템 타당성 검증

이러한 여러 다른 레벨의 타당성 검증 절차의 목적과 적용은 다음과 같다: 시스템 성능 검사(시스템 검사)는 일상적으로 또는 모든 SAR 측정 전에 실시할 수 있는 빠르고 신뢰할 수 있는 시험 방법을 제공한다. 여기서의 목표는 장치 구성 요소가 편이 효과를 포함하여 시험기관 교정 제한치 내에 있다는 것을 확인하는 것이다. 이런 시험은 반과장 다이폴 등의 평면 모의인체

및 표준 소스를 필요로 한다.

시스템 타당성 검증은 시스템 레벨의 타당성 검증 수단을 제공한다. 이 장치는 평면 모의인체와 기준 다이폴을 활용한다. 그러므로 시스템 타당성 검증은 해부학적인 두부 모의인체의 이용으로 인한 불확정도를 포함하지도 않고 장치 위치 결정 가변성으로 인한 불확정도도 포함하지 않는다. 이런 시험은 매년(예를 들면 프로브 교정 후에) 시험 기관간의 비교와 관련된 측정 전에, 또한 한 개 이상의 구성 요소를 교체하는 것과 같은 장치 변경이 발생할 때 마다 실시된다.

시험 기관간의 비교는 기준 휴대단말기와 표준 해부학적인 모의인체를 이용하여 시험기관의 자격을 부여한다. 이런 자격 부여는 인간과 같은 모의인체로 인한, 또한 장치 위치 결정 효과로 인한 데이터 분산을 포함한다. 이런 시험은 다양한 시험기관의 정확성과 정밀한 성능 비교에 이용된다.

## 2.1.2.2 시스템 성능 검사

### 2.1.2.2.1 목 적

시스템 성능 검사(시스템 검사)의 목적은 시스템이 그 규격 내에서 동작한다는 것을 입증하는 것이다. 시스템 검사는 시스템이 적합성 시험 시 정확히 동작한다는 것을 확인하기 위한 재현성 검사이다. 그것은 외부 표준에 대한 시스템의 타당성 검증이 아니다.

시스템 검사는 다음과 같은 시스템에서의 가능한 단시간 편이와 불확정도를 검출한다:

- a) 액체 파라미터에서의 변화(예를들면 물 증발이나 온도변화로 인한 것)
- b) 부품 고장
- c) 부품 편이
- d) 장치나 소프트웨어 파라미터에서의 운용자 불확정도
- e) 시스템에서의 악조건 예를 들면 RF 간섭

시스템 검사는 표준 소스 있는 간략화된 장치에서의 완전한 1 g 또는 10 g 평균 SAR 측정이다. 시스템 검사에서의 측정기와 절차는 적합성 시험

에 이용되는 것과 같다. 시스템 검사는 적합성 시험 중간 대역 주파수의  $\pm 10\%$ 내에 있는 선택된 고정 주파수에서 적합성 시험에서와 같은 액체를 이용하여 실시하여야 한다. 시스템 검사는 적합성 시험 전에 실시하며 결과는 항상 이용되는 소스와 시험 주파수에 상응하는 목표값의  $\pm 10\%$ 내에 있어야 한다. 목표값은 시스템 검사 장치를 이용하여 시스템 타당성 검증이 실시되었던 시스템에 의해 측정된 1 g 또는 10 g 평균 SAR이다. 이 목표값은 제어된 표준 소스를 이용하여 결정하여야 한다.

#### 2.1.2.2.2 모의인체 장치

평면 모의인체는 시스템 성능 검사와 시스템 타당성 검증 목적으로만(7항 참조) 권고하는 조직 등가 재료와 함께 이용되어야 한다. 최소의 횡축 치수(폭과 길이)는 SAR 측정이 1.0% 이상 영향을 받지 않도록 되어야 한다. 반파장 다이폴 소스에 대해서는 길이와 폭이 최소한 파장의 0.6배가 되어야 한다. 모의인체 플라스틱 재료의 상대 투자율은 5이하가 되어야 하며, 손실 탄젠트는 0.05이하가 되어야 한다. 이 재료는 화학 모의 조직으로의 반응이나 손상에 저항력이 있어야 한다.

평면 모의인체 바닥의 두께는 800 MHz 에서 3000 MHz까지의 주파수 범위에서 2 mm가 되어야 하며, 800 MHz 이하의 주파수에 대해서는 6.5 mm이하가 되어야 한다. 두께는  $\pm 0.2$  mm의 허용 오차 내에서 일정하여야 한다. 15 cm의 최소 두께까지 액체로 채워질 때 액체 인터페이스에서 소스(예를 들면 다이폴) 바로 위에 있는 바닥의 내부 표면 일부의 처짐은 800 MHz 에서 3000 MHz까지의 주파수 범위에서 파장의 1% 이하가 되어야 하며, 800 MHz 이하의 주파수에서는 파장의 0.5% 이하가 되어야 한다.

#### 2.1.2.2.3 표준 소스

모의인체는 요구되는 주파수에 대한 표준 소스(예를 들면 반파장 다이폴이나 패치 안테나)를 이용하여 조사하여야 한다. 시스템 타당성 검증에 이용되는 기준 다이폴은 시스템 검사에도 이용될 수 있지만 요구되는 것은 아니다. 표준 소스는 양호한 위치 결정 재현성, 기계적 안정성 및 임피던스 정합 특

성을 가진 것으로 선택하여야 한다. 다음의 위치 결정 지시사항에서 반파장 다이폴은 표준 소스의 한 예로서 이용된다.

반파장 다이폴은 모의인체의 바닥 아래에 위치하고 모의인체의 가장 긴 축과 평행한 축을 중심으로 하여야 한다. 액체로 채워진 모의인체 바닥 표면과 다이폴 중심 s 사이의 거리는 각 시험 주파수에 대해 명시되어야 한다. 저손실 및 저 유전 상수 공간이격자는 다이폴의 상단 표면과 모의인체의 바닥 표면 사이의 정확한 거리를 설정하는데 이용되어야 한다. 다이폴은 전력 측정에서의 불확정도를 줄이기 위해서 공진 주파수에서 20 dB(장치에서 측정)보다 반사 손실이 좋아야 한다.

양호한 재현성을 보증하기 위해서는 동일한 다이폴(또는 기타 제어되는 소스) 및 공간이격자가 항상 시스템 검사에 이용되어야 한다. 거리 s의 수용 가능한 허용 오차는  $\pm 0.2$  mm내에 있어야 한다.

#### 2.1.2.2.4 표준 소스 입력 전력 측정

전원의 불확정도는 가능한 한 작아야 한다. 그것은 시스템 검사 중에 방향성 결합기와 전력 측정기기가 있는 시험 장치 이용을 요구한다. 권장하는 장치는 그림 4.8에 나와있다(그것은 표준 소스의 한 예로서 반파장 다이폴을 이용한다).

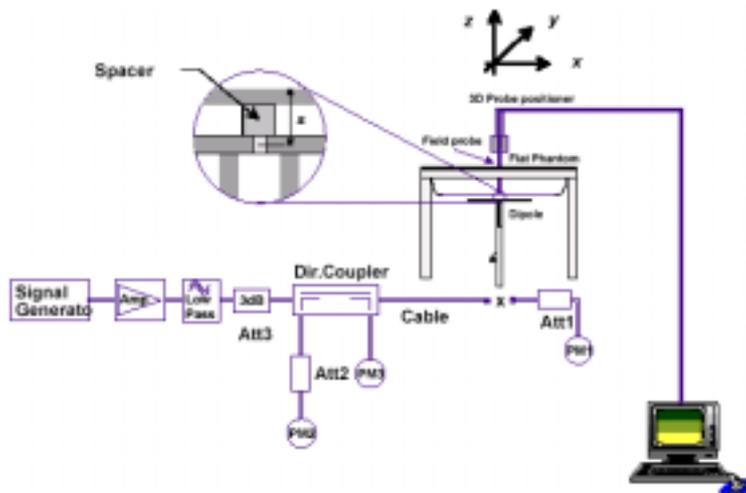


그림 4.8 - 시스템 성능 검사용 장치

먼저 전력 측정기기 PM1(감쇠기 Att1 포함)은 다이폴 커넥터(X)의 위치에서 순방향 전력을 측정하기 위해 케이블에 접속된다. 신호 발생기는 전력 측정기기 PM2에 의해 읽혀진 다이폴 커넥터에서의 원하는 순방향 전력에 대해 조정된다(Att1의 감쇠를 감안하여). 신호 발생기는 케이블을 다이폴에 접속한 후 전력 측정기기 PM2에서의 같은 관독값에 대해서 재조정된다. 신호 발생기가 0.01 dB 간격에서의 조정을 허용하지 않으면 PM2에서의 나머지 차이를 고려하여야 한다. 값이 이전의 값으로부터 변경되지 않도록 보증하기 위해 PM3는 다이폴로부터의 반사된 전력을 기록한다. 반사된 전력은 순방향 전력보다 최소한 20 dB 낮아야 한다.

구성 요소 및 측정기 요구 사항은 다음과 같다:

- (a) 신호 발생기와 증폭기는 안정적이어야 한다(워밍업 후에). 다이폴로의 순방향 전력은 프로브 시스템(부록 B5 참조)의 검출 하한치를 초과하는 SAR을 산출할 만큼 충분히 높아야 한다. 신호 발생기가 15 dBm이나 그 이상을 전달할 수 있는 경우, 증폭기는 일반적으로 필요하지 않다. 어떤 고전력 증폭기는 최대 출력 전력보다 훨씬 낮은 레벨에서 작동되어서는 안된다. 예를 들면 250 mW 출력 전력에서 작동되는 100 W 전력 증폭기는 잡음이 매우 심할 수 있다. 신호 발생기와 증폭기 사이의 감쇠기는 증폭기 입력을 보호하기 위해 권장한다.
- (b) 증폭기 이후에 삽입되는 저역 필터는 증폭기로부터의 잡음과 고조파의 효과를 감소시킨다. 정상 작동하는 대부분의 증폭기에 대해서는 필터가 필요하지 않다.
- (c) 증폭기 이후의 감쇠기는 소스 정합과 전력 센서의 정확성을 향상시킨다(전력 측정기기 설명서 참조).
- (d) 방향성 결합기(권장하는 20 dB 결합 계수)는 순방향 전력을 감시하고 불변의 순방향 전력에 대한 신호 발생기 출력을 조정하는데 이용된다. 중간 품질 결합기는 부하(다이폴과 전력 헤드)가 모두 잘 맞기 때문에 충분하다.
- (e) 전력 측정기기 PM2와 PM3는 낮은 편이와 0.01 dBm의 분해능을 가져야 하지만, 그렇지 않다 하더라도 정확성은 전력 장치에 미미한

영향을 미친다(절대 교정은 요구되지 않는다).

- (f) 전력 측정기기 PM1과 감쇠기 Att1은 고품질 구성 요소가 되어야 한다. 이런 것들은 이왕이면 함께 교정하여야 한다. 감쇠기(-10 dB)는 전력 판독값의 정확성을 향상시킨다. (어떤 고전력 헤드는 내장된 교정 감쇠기와 함께 있다). 시험 주파수에서의 감쇠기의 정확한 감쇠를 알아야 한다. 대부분의 감쇠기가 명시된 값으로부터 0.2 dB까지 변화한다.
- (g) 전력 측정기기 PM2와 PM3에서의 선형성 및 범위 전환 불확정도를 피하기 위해서 실제 측정에 이용되는 것과 같은 전력 레벨을 PM1 시험에 이용한다. 전력 레벨이 변경되면 전력 레벨 설정 절차를 반복하여야 한다.
- (h) 다이폴은 위치 X에서 케이블에 직접 접속되어야 한다. 전력 측정기가 다른 커넥터 시스템을 가지면 고품질 어댑터를 이용한다.

#### 2.1.2.2.5 시스템 검사 절차

시스템 검사는 완전한 1 g 또는 10 g 평균 SAR 측정이다. 측정된 1 g 또는 10 g 평균 SAR 값은 표준 소스의 목표 입력 전력으로 표준화되며 측정 주파수와 표준 소스에 해당하는 이전에 기록된 목표 1 g이나 10 g 값과 비교된다. 수용 가능한 허용 오차는 각 시스템 검사에 대해 결정되어야 하며, 이전에 기록된 시스템 검사 목표값의  $\pm 10\%$ 내에 있어야 한다.

#### 2.1.2.2.6 유효성검사 다이폴

##### 가. 기계적 세부 내용

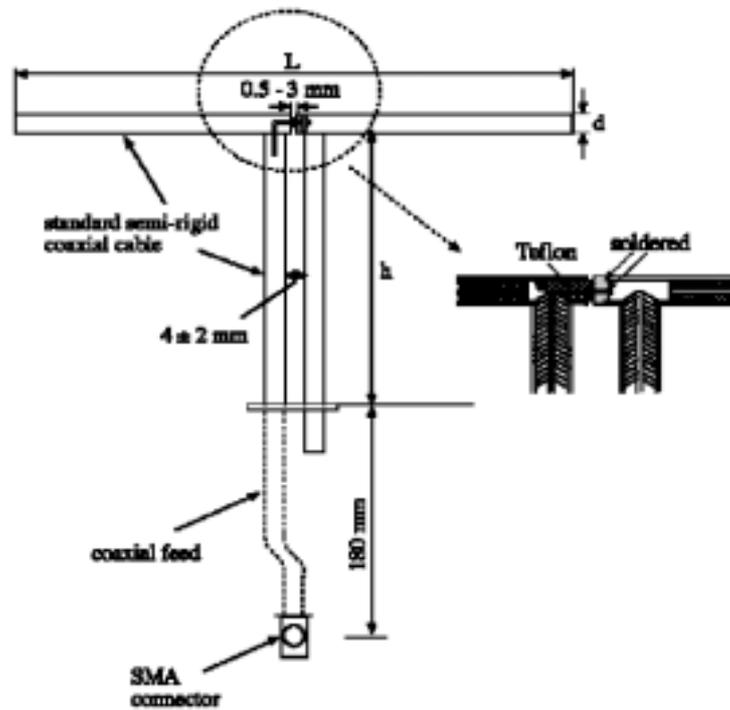


그림 4.9 - 기준 다이폴의 기계적 세부 내용

#### 나. 기계적 치수

기준 다이폴의 기계적 치수는 표 4.4에 나타내었다. 이 때 300 MHz와 450 MHz 에 대한 값은 6.3 mm의 모의인체 표피 두께에 대해 유효하다; 835 MHz 내지 3000 MHz 에 대한 값은 2 mm의 모의인체 표피 두께에 대해 유효하다.  $L$ ,  $h$ ,  $d$ 의 허용 오차는  $\pm 1\%$  이내여야 한다.

표 4.4 기준 다이폴의 기계적 치수

주파수(MHz)	L (mm)	h (mm)	d (mm)
300	396.0	250.0	6.0
450	270.0	166.7	6.0
835	161.0	89.8	3.6
900	149.0	83.3	3.6
1450	89.1	51.7	3.6
1800	72.0	41.7	3.6
1900	68.0	39.5	3.6
2000	64.5	37.5	3.6
2450	51.5	30.4	3.6
3000	41.5	25.0	3.6

### 2.1.2.3 시스템 타당성 검증

#### 2.1.2.3.1 목적

시스템 타당성 검증 절차는 기준 SAR 값에 대한 시스템, 프로브의 성능, 판독 전자 및 소프트웨어를 시험한다. 그것은 외부 표준에 관한 시스템의 타당성 검증이다. 이 장치는 평면 모의인체와 기준 다이폴을 활용한다. 그러므로 이런 타당성 검증 프로세스는 해부학적인 모의인체의 이용으로 인한 데이터 분산이나 장치 위치 결정 가변성으로 인한 불확정도를 포함하지 않는다.

시스템 타당성 검증은 새로운 시스템이 작동될 때 또는 새로운 소프트웨어 출시, 다른 판독 전자 또는 다른 유형의 프로브와 같은 시스템 변경이 이루어질 때마다 매년 실시된다. 시스템 타당성 검증은 프로브 교정이 발생한 후 행하여져야 한다.

본 단원의 목적은 SAR 측정 타당성 검증에 대한 방법론을 제공하는 것이다. SAR 측정 기기, 교정 기술, 모의인체 및 두부 조직 등가 액체는 다양한 시험 기관 사이에서 폭 넓게 변화할 수 있기 때문에 타당성 검증 방법론은 적당한 측정 불확정도내에서 일정한 결과가 얻어진다는 것을 확인하는데 필요하다.

### 2.1.2.3.2 모의인체 장치

시스템 성능 검사를 위해 설명하는 평면 모의인체 장치는 시스템 타당성 검증 시험에도 이용된다. 시스템 타당성 검증은 유전 특성을 가지는 두부 조직 등가 액체를 이용하여 실시하여야 한다.

### 2.1.2.3.3 기준 다이폴 소스

모의인체는 요구되는 주파수에 대해서 기준 다이폴을 이용하여 주사되어야 한다. 기준 다이폴은 모의인체의 바닥 아래에 위치하고 모의인체의 가장 긴 측면과 평행한 축을 중심으로 하여야 한다. 저손실 및 저 유전 상수 공간 이격자는 기준 다이폴의 상단 표면과 모의인체의 바닥 표면 사이의 정확한 거리를 확립하는데 이용될 수 있다.

액체로 채워진 모의인체 바닥 표면과 기준 다이폴 중심( $s$ 로 지정됨) 사이의 거리는 각 시험 주파수에 대해 0.2 mm내에 명시된다. 기준 다이폴은 전력 측정에서의 불확정도를 줄이기 위해서 공진 주파수에서 20 dB(장치에서 측정됨)보다 나은 반사 손실이 있어야 한다.

기준 다이폴에 대해서는 이격 거리  $s$ 는 다음에 의해서 주어진다:

a)  $300\text{MHz} \leq f \leq 1000\text{MHz}$  에서  $s = 15\text{mm} \pm 0.2\text{mm}$

b)  $1000\text{MHz} < f \leq 3000\text{MHz}$  에서  $s = 10\text{mm} \pm 0.2\text{mm}$

기준 다이폴 압은  $\pm 2^\circ$ 나 그 미만의 허용 오차 내에서 모의인체의 평평한 표면과 평행하여야 한다

### 2.1.2.3.4 기준 다이폴 입력 전력 측정

시스템 성능 검사를 위해 기술하는 입력 전력 측정 장치는 시스템 타당성 검증 시험에도 이용된다.

### 2.1.2.3.5 시스템 타당성 검증 절차

시스템 타당성 검증은 소프트웨어의 성능과 완전한 측정 시스템의 정확성 입증에 이용된다. 장치 위치 결정과 두부 모의인체 외형 불확정도는 고려하지 않는다.

시스템 타당성 검증 절차는 6단계로 구성된다. 단계(a)는 시스템 타당성 검증 절차의 가장 중요한 부분이며 매년 행해져야 한다. 단계(b)-(f)(권장함)는 프로브, 판독 전자 및 소프트웨어 성능의 신속하고 간단한 타당성 검증을 위한 수단을 제공한다. 이런 추가 시험은 시스템 구성 요소가 변경될 때 (예를 들면 새로운 소프트웨어 출시, 새로운 판독 전자, 새로운 프로브 유형 등) 언제든지 행하여져야 하지만 한 시험 기관에 의해서 (예를 들면 교정 시험 기관에 의해 또는 SAR 측정 시스템 최종사용자 시험 기관에 의해) 동일한 시스템 버전에 대해서만 실시될 필요가 있다.

시스템 타당성 검증 절차는 다음과 같다:

- a) SAR 평가: 완전한 1 g 또는 10 g 평균 SAR 측정이 실시된다. 기준 다이폴 입력 전력은 0.4 W/kg - 10 W/kg의 범위에 해당하는 1 g 또는 10 g 평균 SAR 값을 산출하도록 조정된다. 1 g이나 10 g 평균 SAR은 적합 시험에 이용될 범위 내에서 측정된다. 결과는 1W 순방향 입력 전력으로 표준화되며 기준 다이폴과 평면 모의인체에 대해서 기준 SAR 값과 비교된다. 기준 값으로부터의 차이는 표준 불확정도보다 작아야 한다.
- b) 외삽 루틴: 국부 SAR 값은 공간 평균 침투 SAR의 평가에 이용되는 것과 같은 점 간격을 이용하여 기준 다이폴 급전점 바로 위의 수직축을 따라서 측정된다. 이런 측정은 기준 다이폴 급전점으로부터 2 cm 수평 오프셋이 있는 다른 수직 축을 따라서 반복된다. 모의인체 표면에서의 SAR 값은 외삽되며 주어진 수치와 비교된다. 주어진 기준 값과의 차이는 외삽 표준 불확정도 항목보다 작아야 한다.
- c) 프로브 선형성: 단계(a)의 측정은 다른 기준 다이폴 입력 전력 레벨을 이용하여 반복된다. 전력 레벨은 각 주파수에 대해서 선택되고 약 10 W/kg, 8 W/kg, 2 W/kg, 1.6 W/kg 및 0.4 W/kg의 1 g 또는 10

g 평균 SAR 값을 산출하도록 선택된다. 측정된 SAR 값은 1 W 순방향 입력 전력으로 표준화되고 단계(a)로부터 1 W 표준화된 값과 비교된다. 이 값의 차이는 표2에 있는 프로브 선형성 표준 불확정도 항목보다 작아야 한다.

- d) 변조 반응: 단계(a)의 측정은 10 Hz의 펄스 반복율과 0.1의 듀티 인자를 갖는 펄스 변조 신호로 반복된다. 전력은 CW 신호로 대략 8 W/kg의 질량 평균 SAR을 산출하도록 조정된다. 측정된 SAR 값은 1 W 순방향 입력 전력과 1이라는 듀티 인자로 표준화되며 단계(a)의 1 W 표준화 값과 비교된다. 이런 값의 차이는 표2에 있는 선형성 표준 불확정도 항목보다 작아야 한다.
- e) 시스템 오프셋: 단계(a)의 측정은 대략 0.05 W/kg의 1 g 또는 10 g 평균 SAR을 산출하는 기준 다이폴 입력 순방향 전력으로 반복된다. 측정된 SAR 값은 1 W 순방향 입력 전력으로 표준화되며 단계(a)의 1 W 표준화 값과 비교된다. 이런 값의 차이는 표2에 있는 프로브 선형성 표준 불확정도 항목보다 작아야 한다.
- f) 프로브 축 등방성: 프로브는 모의인체 내부 표면으로부터 5 mm의 측정 거리에서 기준 다이폴 중심 바로 위에 위치한다. 프로브(또는 기준 프로브)는 15도보다 크지 않은 단계에서 최소한 180도 축을 중심으로 회전하여야 한다. 최대와 최소 SAR 판독값이 기록된다. 이런 값의 차이는 표2에 있는 프로브 축 등방성 표준 불확정도 항목보다 작아야 한다.

주 시스템 타당성 검증은 프로브 교정을 위한 선택적 절차도 아니며 7항의 불확정도 평가를 위한 선택적 절차도 아니다. 프로브와 판독 전자는 부록 B에 주어진 절차에 따라서 규칙적으로 교정되어야 한다. 프로브 반구 등방성은 시스템 타당성 검증을 위한 장치에서 고려하지 않는다.

#### 2.1.2.3.6 기준 SAR 값

시스템 타당성 검증 시험에서 주파수  $f_i$ 에 대해서 구성된 기준 다이폴은 시스템의 불확정도 내에서 기준 공간 평균 침투 SAR 값을 산출하여야 한다.

표 4.5의 3과 4행은 2.1.2.3.5에 설명한대로 시스템 외삽 루틴을 타당성 검증하는데 이용된다.

기준 SAR 값은 유한한 차이 시간 영역 방법을 이용하여 계산되었다. 800에서 3000 MHz의 주파수에 대한 값은 4번째 순서 다항식 외삽을 이용함으로써 실험적으로 입증되었다. 300과 450 MHz 사이의 주파수에 대한 값은 표준의 다음 개정판에서 실험적으로 입증될 것이다. 시뮬레이션에 이용되는 무손실 모의인체 모델에 대한 파라미터(치수, 외피 두께 및 투자율) 및 기준 다이폴과 액체 사이의 거리  $s$ 는 표 4.6에 주어져있다.

**표 4.5 - 기준 다이폴 및 평면 모의인체를 위한 수치적 기준 SAR 값.**  
모든 값은 1 W의 순방향 전력으로 정규화 된다.

주파수 (MHz)	1g SAR	10g SAR	표면에서의 국부 SAR(급전점 위)	표면에서의 국부 SAR (급전점으로부터 $y=2\text{cm}$ 오프셋)
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
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

표 4.6 - 표 D.1에서 기준 SAR 값의 교정을 위해 이용되는 파라미터

주파수 (MHz)	모의인체 표피 두께(mm)	모의인체 표피 투사율	모의인체 크기(mm) x, y, z	액체로부터의 기준 다이폴 거리 s(mm)
300	6.3	3.7	1000,800,170	15
450	6.3	3.7	700,600,170	15
835	2.0	3.7	360,300,150	15
900	2.0	3.7	360,300,150	15
1450	2.0	3.7	340,200,150	10
1800	2.0	3.7	220,160,150	10
1900	2.0	3.7	220,160,150	10
2000	2.0	3.7	160,140,150	10
2450	2.0	3.7	180,120,150	10
3000	2.0	3.7	220,160,150	10

### 2.1.3 시험대상 무선 기기의 준비

피시험 무선 기기는 그 내부 소신기를 이용하여야 한다. 안테나, 전지 및 액세서리는 제조자가 명시한 것이어야 한다. 전자는 각 측정 전에 충분히 충전되어야 하며 외부 접촉이 없어야 한다.

출력 전력과 주파수(채널)는 내부 시험 프로그램을 이용하거나 적절한 시험기기(기지국 시뮬레이터)를 이용함으로써 제어되어야 한다. 무선 기기는 그것을 귀 가까이에서 이용할 때 최고 출력 첨부 전력 레벨에서 송신하도록 설정되어야 한다. 무선 링크가 이용되는 경우, 안테나는 기지국 에뮬레이터의 출력으로 접속되어야 한다. 안테나는 무선기기로부터 최소한 50 cm 이격하여 배치하여야 한다. 안테나 급전점에서 에뮬레이터에 의해 복사되는 신호는 무선기기의 출력 레벨보다 최소한 30 dB가 더 낮아야 한다.

### 2.1.4 모의인체에 대한 무선 기기의 위치

무선 기기는 모의인체의 오른쪽과 왼쪽에서 접촉(Cheek) 및 경사(Tilt) 위치에서 시험하여야 한다.

### 2.1.4.1 접촉(Cheek) 위치의 정의

- a) 필요하다면, 토크(talk) 동작을 위한 휴대단말기를 준비하라. 예를 들면, 덮개가 있는 휴대 단말기에 대해서는 덮개를 열어라.(덮개가 닫혀진 상태에서도 기기가 이용 가능한 경우 두 구성 모두 시험하여야 한다.)
- b) 수직적으로 위치 결정된 휴대단말기에 두개의 가상 선 즉, 수직 중앙선과 수평선의 경계를 정하라. 수직 중앙선은 휴대단말기의 전면에 있는 두 점을 통과한다. 즉, 음성 출력 위치에서의 휴대단말기의 폭  $W_t$ 의 중간점과 휴대단말기의 바닥의 폭  $W_b$ 의 중간점. 수평선은 수직의 중앙선과 직각을 이루며 음성 출력의 중앙을 통과한다

두 선은 점 A에서 교차한다. 대부분의 휴대단말기에 대해서 점 A는 음성 출력의 중앙과 일치한다는 점을 주의하라. 그러나 음성 출력은 수평선의 다른 곳에 위치할 수 있다. 또한 수직 중앙선은 특히 폴더형 휴대단말기, 플립형 휴대단말기 및 기타 불규칙한 모양의 휴대단말기에 있어서는 휴대단말기의 전면과 반드시 평행한 것은 아니라는 점을 주의하라.

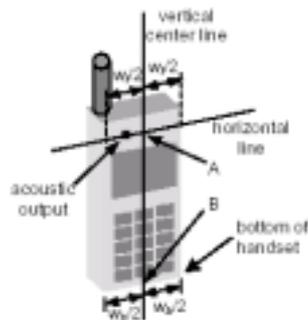


그림 4.10 장치에서의 기준선 및 기준면의 정의 - 고정된 경우

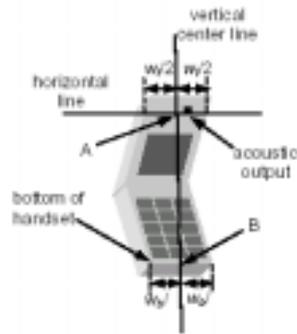


그림 4.11 장치에서의 기준선 및 기준면의 정의 - 폴더형

- c) 점 A가 모의인체의 RE와 LE 점을 통과하는 확장선 (가상)상에 있고 장치의 수직 중앙선 및 수평선으로 경계가 정해진 면이 모의인체의 시상 봉합면과 대략적으로 평행하도록 휴대단말기를 모의인체의 표면에 가깝게 위치하도록 하라.
- d) 휴대단말기가 귀에 닿을 때까지 RE와 LE를 통과하는 선을 따라 모의인체 쪽으로 휴대단말기를 이동하라.
- e) 휴대단말기를 이 면에 있도록 유지시키면서 수직 중앙선이 MB 선을 포함하는 MB-NF에 직각인 면(기준면이라 불림)에 들어갈 때까지 LE-RE 선 주위로 휴대단말기를 회전시켜라.
- f) 무선 기기(수평선)가 NF 선에 대하여 대칭적이 될 때까지 수직 중앙선 주위로 그 장치를 회전시켜라.

휴대단말기의 중앙선이 기준 MB 선과 일직선이 되도록 정렬상태를 유지하고, 점 A가 ERP와 일직선이 되도록 하며, 장치와 NF 선과의 접촉을 유지하면서 장치가 귀(볼) 아래의 모의 인체와 접촉하는 곳으로 장치를 이동시킨다. 그림 4.12 참조.

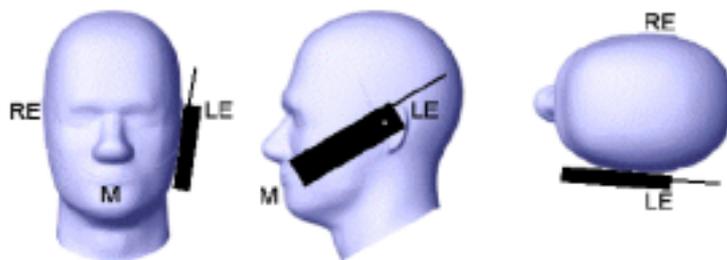


그림 4.12 두부 왼쪽에서 무선 기기의 "접촉" 위치

#### 2.1.4.2 경사(Tilt) 위치의 정의

- a) 2.1.4.1의 a에서 f까지의 단계를 반복하면서 기기를 볼 위치에 놓는다.
- b) 기기의 방위를 유지하면서 15도 정도의 기기 회전이 충분히 가능하도록 기기를 기준면과 평행하게 집어넣는다.
- c) 기기를 수평선 주변으로 15도 정도 회전시킨다.

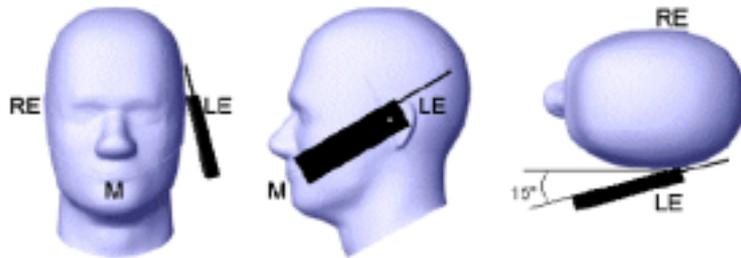


그림 4.13 두부 왼쪽에서 무선 기기의 "경사" 위치

- d) 기기 위치의 방위를 유지하면서 기기를 모의인체 쪽으로 이동시키고 기기의 어떤 부분이 모의인체 표면에 닿을 때까지 기기의 중앙선과 수평선을 각각 모의인체 선 MB와 NF와 일직선을 유지시킨다. 안테나가 먼저 모의인체와 접촉하게 되면 기기가 귀와 접촉하고 안테나가 모의인체와 접촉할 때까지 각도가 줄어들어야 한다.

## 2.2 실시할 시험

두 기기의 위치가 2.1.4에 설명한대로 두부의 왼쪽과 오른쪽에 놓이고, 각 운용 대역의 중심 주파수를 이용하여 시험을 실시하여야 한다. 최대의 질량 평균 SAR을 발생시키는 구성(즉, 최대 값을 1 dB 내의 모든 구성)이 송신 대역의 하한 및 상한 주파수를 시험하는데 이용되어야 한다. 무선 기기가 수납형 안테나를 가지는 경우, 위에서 설명한 모든 시험은 안테나를 뺀 상태와 수납한 상태 두 가지로 실시하여야 한다. 다중 모드 및 다중 대역 무선 기기를 고려할 경우, 위의 시험 모두는 해당하는 최대 침투 전력 레벨로 귀에 가깝게 대고 이용하기 위한 각각의 분리된 송신 모드/대역에서 실시하여야 한

다.

### 2.3 측정 절차

다음 절차(그림 4.14 참조)를 2.2에서 설명하는 시험 조건 각각에 대해 실시하여야 한다:

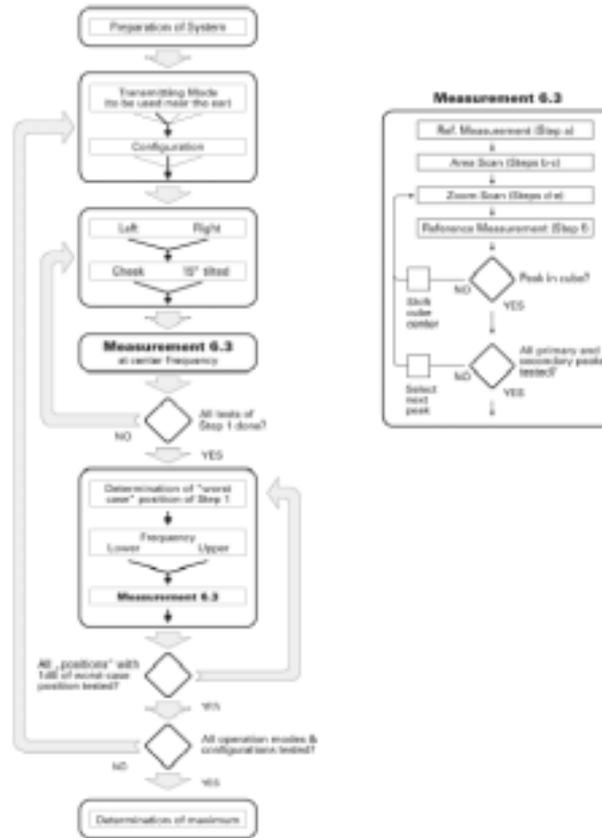


그림 4.14 시험 절차도

- a) 모의인체의 내부 표면 10 mm내의 시험 점에서 국부 SAR을 측정하라. 시험점은 귀에서 가까워야 한다.
- b) 공간 격자 간격은 20 mm 또는 매질내에서 한 파장 또는 그 이하 중에서 가장 작은 값이어야 한다. 표면분포측정(coarse scan)의 경우, 프로브 검출기의 기하학적 중심과 모의인체의 내부 표면 사이의 거리는  $\pm 0.5$  mm의 허용오차로서 8 mm 이내이어야 한다. 체적분포측정(fine scan)의 경우, 주사하는 체적은 모의인체의 내부 표면에 가능한 한 가까워야 하며(8 mm), 수직 격자(혹은 측정) 간격은 5 mm 이하로서 25

mm 깊이까지 측정된 다음 e)절로 진행하여야 한다.

- c) 주사된 SAR 분포로부터 최대 값의 60% 이상의 SAR 값을 갖는 어떤 국부적 최대 위치 뿐만 아니라 최대 SAR 값의 위치도 확인하라.
- d) 최소한 30 mm 30 mm 30 mm의 체적내에서 8 mm나 그 이하의 격자간격으로 SAR을 측정하라.
- c) 질량 평균 계산에 필요한 공간 분해능에서 국부 SAR 값을 결정하기 위해, 부록 C에 정의된 내삽 및 외삽 절차를 이용하라.
- f) a)절에서 이용된 최초의 시험점에서 SAR 측정을 반복하라. 두 결과가 b)절에서 얻은 최종 값과 5% 이상 차이가 나는 경우, 측정을 완전히 충전된 전지로 반복하여 하거나 실제 편이가 불확정도를 평가에 포함되어야 한다.

## 2.4 후처리 기술 및 불확정도 평가

### 2.4.1 외삽 및 내삽 기법

#### 2.4.1.1 서론

모의인체 내의 국부 SAR은 프로브 본체나 합체 내의 작은 다이폴 감지 요소를 이용하여 측정된다. 프로브 교정과 그에 따르는 전기장 측정은 보통 내부의 프로브 세트의 기하학적 중심에 대하여 행해진다. 측정 위치를 정할 때 다이폴가 프로브의 물리적인 끝으로부터 몇 mm 떨어져있다는 사실을 설명하는 것이 필요하다.

프로브 끝은 측정 불확정도를 최소화하기 위해 모의인체 표면과 접촉하여서는 안되지만, 최고 국부 SAR은 보통 모의인체의 표면에서 발생한다. 이런 최고의 국부 SAR 값은 공간 평균 침투 SAR을 결정하는데 필수적이며 외피로부터 떨어진 몇몇 거리에서의 측정으로부터 외삽으로 얻어져야 한다.

공간 평균 침투 SAR의 정확한 평가는 3차원의 주사 데이터 배열에서 매우 미세한 분해능을 요구한다. 측정은 전지 수명 지속 시간 등으로 인해 제한된 시간 주기에서 실시되어야 하기 때문에 측정된 데이터는 충분한 분해능을 배열에 제공하도록 보간되어야 한다.

내삽, 외삽, 통합 및 평균화 절차로부터 비롯되는 불확정도는 측정 지점의 위치에서의 불확정도를 가정하지 않고 도출된다.

#### 2.4.1.2 내삽 기법

내삽은 통계, 기초 함수 곡선피팅, 푸리에 분석 및 웨이브렛 또는 다항식이나 스플라인 피팅 등과 같은 다양한 수학적 기술을 이용하여 실시할 수 있다. 다양한 수치 해석 교과서는 이런 방법을 구현하는 방법을 설명한다.

#### 2.4.1.3 외삽 기법

외삽은 스플라인, 바이하모닉 스플라인, 웨이브렛, 다항식 또는 유리 함수를 이용하여 실시할 수 있다. 계산 수학 서적은 이런 방법을 구현하는 방법을 설명한다.

외삽의 정확성이 거리 및 외삽 중인 전자기장 분포에 의존하기 때문에 외삽과 관련된 불확정도는 신중하게 추정하여야 한다.

#### 2.4.1.4 외삽 및 내삽 불확정도 평가

첨두 SAR 위치에서의 실제 SAR 분포는 휴대단말기의 운용 주파수와 설계, 휴대단말기 위치 및 액체 모의 조직에 대한 근접성에 크게 의존한다. SAR 분포는 저주파 소스가 멀리 떨어져 있을 때 매우 완만한 기울기를 가지거나, 나선과 같은 작은 고주파 소스가 조직 옆에 놓여져 있을 때 매우 가파른 기울기를 가질 수 있다. 경우에 따라서는 최대의 SAR은 모의인체 표면에서의 자기장 상쇄로 인해 모의인체의 표면에 있지 않다. 아래에 제시되는 해석적 분포 함수는 이런 조건을 시뮬레이션하기 위한 것이다. 공간적으로 가파른 분포는 f1으로 표시된다. 모의인체 외피 옆에 있는 조직 표면에 위치한 최대 SAR이 있는 분포는 f2로 표시된다. 모의인체 체적은  $z > 0$ 에 있고 평면 표면은 두 함수에 대해서  $z = 0$ 에 있다. 구현된 외삽과 보간 루틴은 정밀 주사(표면 위치)의 중심이  $x, y, z = (0, 0, 0)$ 에 놓인 상태에서 정밀 주사 중에 측정될 모든 지점에서 이런 함수의 값을 이용함으로써 시험하여야 한다.

3D 기준 데이터의 네 가지 세트(본 표준에 첨부된 CD-ROM에서 공개적으로 이용할 수 있음)를 이용하여야 한다. 이 중 두 가지 데이터 세트는 계산 방법에 의해 추정된 대로 SAM 모의인체 옆에 있는 두개의 일반 휴대단말기에 의해 유도되는 SAR을 나타낸다. 다른 두개의 데이터 세트는 본 표준에 있어서 도출된 다음과 같은 해석적 함수  $f_1$ ,  $f_2$ 에서 나온다:

$$f_1(x, y, z) = A \frac{a^2}{a^2 + x'^2} \cos^2 \left( \frac{\pi y'}{2 \cdot 3a} \right) e^{-\frac{z}{a}} \left( 3 - e^{-\frac{2z}{a}} \right)$$

$$f_2(x, y, z) = A \frac{a^2}{\frac{a^2}{4} + x'^2 + y'^2} \left( e^{-\frac{2z}{a}} + \frac{a^2}{2(a+2z)^2} \right)$$

$$x' = x + 2mm$$

$$y' = y + 3mm$$

$$a = 20mm$$

$$A = 1W / kg$$

외삽, 내삽의 불확정도는 다음과 같이 결정되어야 한다. 정밀주사의 중심이  $[0,0,0]$ 에 있다고 가정하여 입력은 측정 지점에서의 기준 데이터 세트의 국부 SAR 값이다. 이 값을 이용하면 공간 침투 SAR 값은 측정 과정에서 이용되는 것과 같은 외삽 및 보간 루틴을 이용함으로써 평가된다. 그 다음으로 이런 값은 해석적인 값과 비교된다:

$$SAR(f_1)_{1g} = 1.796W / kg, \quad SAR(f_1)_{10g} = 1.383W / kg$$

$$SAR(f_2)_{1g} = 3.048W / kg, \quad SAR(f_2)_{10g} = 1.391W / kg$$

네 개의 데이터 세트 각각에 대한 불확정도는 다음과 같이 결정된다:

$$U_{\text{extra/int erpol}} \% = 100 \cdot \frac{|SAR_{\text{extrap/int erp}} - SAR_{\text{ref}}|}{SAR_{\text{ref}}}$$

불확정도는 네 가지 평가의 최고 값을 택하고, 사각분포를 취함으로써 결정된다. 보간과 외삽 루틴의 불확정도를 평가하기 위한 이런 접근방법이 적용 가능한 이유는 각각의 주어진 분포 함수가 휴대단말기로부터의 가능한 SAR 분포 범위 내의 예상된 최고 편차를 나타내기 위해 선택되었기 때문이다. 그것은 또한 평균 기법과 최대 조사 결과의 불확정도도 포함한다.

## 2.4.2 부피 평균의 정의

평균하는 부피는 입방체 형태로 되어 있어야 하며, 1 g이나 10 g의 질량의 측정 치수는 노출 질량 표준에 따른 조직을 나타내는 액체의 밀도에 달려있다. 1000 kg/m<sup>3</sup>의 밀도는 액체의 유전 특성의 정의와 일치하기 위해서 모의 인체 액체 밀도가 아니라 두부 조직 밀도를 나타내는데 이용되어야 한다. 즉, 1 g 입방체의 측면 길이는 10 mm이어야 하며, 10 g 입방체의 측정 길이는 21.5 mm이어야 한다.

입방체가 모의인체의 표면과 교차하는 경우 그것은 3개의 정점이 외피의 표면에 닿거나 한 면의 중심이 표면에 접하도록 방위가 정해져야 한다. 표면에 가장 가까운 입방체의 면은 표면과 일치하도록 수정되어야 하며 추가된 부피는 입방체의 반대면으로부터 제거되어야 한다.

## 2.4.3 평균화 기법과 최대값 찾기

### 2.4.3.1 서론

외삽과 내삽 후에 점 SAR 측정이 평균되는 입방체 체적은 국부 SAR의 최고 값을 포함하기 위해 모의인체 표면에 가까워야 한다. 그러므로 입방체는 표면과 일치할 때까지 회전시켜야 한다.

### 2.4.3.2 입방체의 선택

#### 2.4.3.2.1 3점법



그림 4.15 3점법

입방체의 면은 그 꼭지점 중 세 개가 표면과 일치하도록 방위를 정함으로써 모의인체 표면에 맞출 수 있다. 입방체의 나머지 5개 꼭지점의 위치는 그 다음에 식별할 수 있다.

입방체와 모의인체 표면 사이의 공간은 그것이 국부화된 높은 SAR의 영역이 될 가능성이 있기 때문에 평균 체적에 포함되어야 한다. 그것은 모의인체의 오목한 내부 표면과 일치하도록 입방의 표면을 조정함으로써 얻어질 수 있다. 그 다음으로 입방체의 깊이를 줄이기 위해 입방체의 반대 표면을 조정함으로써 입방체의 체적을 바로잡고 1 또는 10 g의 평균 질량을 복원할 수 있다.

세 개의 배치 점은 1 또는 10 g의 입방체에서 발생하는 최대 SAR의 값을 구하기 위해 모의인체 표면에서 주사하여야 한다.

#### 2.4.3.2.2 접선 표면 방법



그림 4.16 접선 표면 방법

또 다른 방법은 모의인체 표면상의 한 점을 선택하여 이것이 한 입방면의 중심과 일치하도록 정하는 것이다. 그에 따라 두 개의 접선 벡터 값이 구하여지고, 이것들은 모의인체 표면의 접선에서 입방의 표면을 정하는데 이용될 수 있다. 그 다음으로 평균이 구해진 최대 질량 SAR의 값을 구하기 위해 모의인체 표면에 수직인 벡터를 중심으로 입방체를 회전시키기 전에 입방체의

나머지 면들을 회전시킨다.

이전의 방법에서처럼 모의인체 외피와 접촉하는 입방체의 표면은 최고 국부 SAR 영역을 완전히 포함시키기 위해 등각으로 만들어져야 한다. 그 다음으로 입방체의 반대면은 1 또는 10 g의 평균 질량을 유지하기 위해 확장되거나 수축된다.

1 또는 10 g 입방체에서 최대 SAR을 리턴하기 위해 모의인체의 표면상의 점에서 입방체를 주사하고 회전시켜야 한다.

#### 2.4.3.2.3 평균화 방법

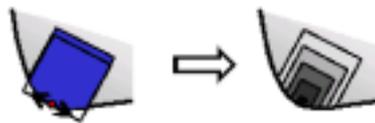


그림 4.17 평균화 방법

주요 목표는 1 또는 10 g의 평균화 질량을 얻는 것이다. 그 목표를 달성하기 위해 입방체의 질량이 1 또는 10 g을 초과할 때까지 입방체가 커지도록 하기 위하여 SAR 점은 계층마다 추가할 수 있다. 그 다음으로 흡수된 해당 전력은 선형 보간에 의해 추론 가능하다.

주 보통 측정점이 보간된 격자로 인해 평균화 입방체는 계단 형태로 묘사된다. 특히 고려한 입방체에 대해서 내삽을 할 수는 있지만 그런 방법은 내삽이 각 평균화 입방체에 대해서 다르기 때문에 시간을 낭비하는 방법이다.

### 2.4.3.3 평균화의 도출 방법

체적의 주사는 모의인체의 표면과 평행하게 행해질 수 있다. 이 방법에서 평균화를 위한 가장 쉬운 방법은 215 mm의 두께에서 모의인체의 표면을 도출시키는 하는 것이다. 그러면 확실히 도출된 체적은 외형에 있어서 입방체에 가깝고 표면과 일치하게 된다.

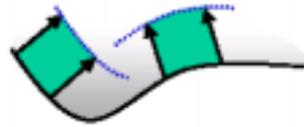


그림 4.18 평균화의 도출 방법

평균화 방법은 입방체가 본질적으로 측정 격자와 일치하거나 최소한 외삽되고 내삽된 데이터 격자와 일치하기 때문에 본질적으로 간단하다. 평균화된 최대 질량 SAR은 선택된 영역, 예를 들면 어떤 기준을 넘어서는 국부 SAR이 있는 영역에서 평균화 입방체를 이동시킴으로써 찾을 수 있다.

### 2.4.3.4 평균화 기법 및 최대값 찾기의 불확정도 평가

국부화된 침투 SAR은 모의인체의 내부 표면에서 발생하므로 최대 공간 평균 SAR은 모의인체의 표면에서 입방체 조직 체적내에서 발생하여야 한다. 그러므로, 높은 분해능 측정 주사는 모의인체 내부 표면의 주사로부터 결정되는 국부 침투 SAR을 중심으로 수행되어야 한다. 이러한 주사 표면은 질량 평균화에 이용되는 조직 입방체의 선형 치수의 최소한 두 배 만큼 후방으로 확장되어야 한다. 컴퓨터 제어 알고리즘이 질량 평균화 입방체의 국부 SAR 변화율에 따라 최고 SAR을 결정하는데 이용되어야 한다.

평균화 기법 및 최대값 찾기의 불확정도 기여는 이미 2.4.1.4의 평가에 포함되어 있는데 그 이유는 그것이 외삽과 내삽뿐만 아니라 평균화 및 최대값 찾기 기법도 벤치마킹하기 때문이다.

## 2.4.4 주사 및 데이터 평가 구현을 위한 예

### 2.4.4.1 서론

다음의 예는 SAR 주사 및 데이터 평가 절차가 구현될 수 있는 방법을 설명한다. 그것은 한가지 특별한 구현만을 설명하기 위한 것이며 다른 구현도 가능하다.

### 2.4.4.2 최대를 검색하기 위한 영역 주사

균질의 두부 모델로 평가되는 300 MHz 이상에서 동작하는 휴대단말기에 대해서, SAR 분포는 모의인체 외피의 표면으로부터 8 mm 미만의 고정된 이격 거리에서 2차원의 거친 격자에서 측정된다. 주사 지역은 휴대단말기의 돌출부까지 노출되고 둘러싼 모든 영역을 포함하여야 한다.

측정 프로토콜이 요구하는 대로  $\pm 5\%$  mm 이내로 표면으로부터 8 mm 미만의 고정된 거리를 유지하기 위해서는, 모의인체 내부 표면의 정확한 외형과 치수를 알아야 하며, 사전에 교정하거나 또는 SAR 측정 중에 프로브 위치 결정 요구 사항에 맞는 기계적 또는 광학적 표면 검출 메커니즘을 사용하여 검출하여야 한다. 이러한 평가 기술은 격자점 사이의 최대 간격을 결정한다. 즉, 두 개의 엇갈린 1차원 입방체 스플라인[20]이 최대 SAR 위치를 찾는 데 이용되는 경우 20 mm 20 mm 격자는 요구되는 정확성을 얻기에 보통 충분하다는 사실을 발견하였다.

### 2.4.4.3 정밀 주사

최대 국부 SAR은 정밀 주사 중에 1 mm에서 2 mm의 분해능에서 내삽된 격자에서 값을 구한다. 영역 주사 중에 결정되는 침투 SAR 위치에 중심을 둔 557개의 점으로 구성되는 32 mm 32 mm 30 mm의 정밀 주사 체적이 선택될 수 있다. 8 mm의 주사 분해능은 표면에 평행한 방향에서는 충분하지만 요구되는 외삽 정확성을 얻기 위해서는 모의인체의 표면과 수직인 방향에 5 mm가 필요하다.

#### 2.4.4.4 외삽

전자기장 프로브의 실제 측정 위치가 프로브의 끝에서 변위된, 다이폴 센서의 기하학적인 중심과 일치하기 때문에 모의인체의 표면과 가장 가까운 측정 가능한 점 사이의 1 g 또는 10 g SAR를 계산하는데 요구되는 SAR 값은 외삽으로 결정하여야 한다. 기본적인 지수함수 피팅이 휴대단말기 평가에서 발생하는 많은 전형적인 SAR 분포를 외삽하는데 적합하지는 않지만, 측정된 데이터의 4차 최소 차승 다항식 피팅은 보통 만족스런 결과를 제공한다. 그림 4.19에 나와있는 삼각점은 측정할 수 없는 모의인체 표면 옆에 있는 점에 대해서 1 mm 단계에서 외삽된 SAR 값을 나타낸다.

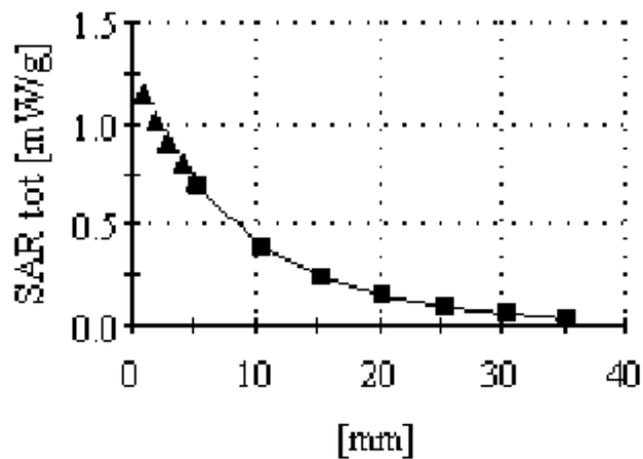


그림 4.19 SAR 데이터 외삽.

#### 2.4.4.5 내삽

정밀 주사 영역내에서 측정되고 외삽된 SAR 값은 예를 들면 세개의 엇갈린 1차원 입방체 스플라인에 의해 1 또는 10 g 체적 평균 SAR를 결정하기 위해 1 mm 격자에서 내삽된다.

#### 2.4.4.6 통합

1 g이나 10 g 입방체에서 SAR을 적분하기 위한 한가지 방법은 일반적인 사다리꼴 알고리즘에 의한 것이다. 최대 공간 평균 침투 SAR은 정밀 주사 체적내의 가능한 모든 1 g 또는 10 g 입방체의 수적인 적분 또는 더욱 복잡한 검색 알고리즘 적용으로 값을 구할 수 있다.

1g이나 10 g 입방체의 표면이 정밀 주사 지역의 경계에 닿으면 전체 정밀 주사는 이전의 1 g 또는 10 g 공간 침투 측정으로 표시된 최대 SAR 위치에 서 그것의 새로운 중심이 위치한 상태에서 반복되어야 한다.

## 제 3 절 불확정도 평가

### 3.1 일반 요구 사항

무선 기기에 의해서 발생하는 SAR 값의 측정의 불확정도 평가는 IEC 측정에서의 불확정도의 표현 가이드, Ed.1, 1995에서 명시된 일반 규칙에 기초하여야 한다.

표  $a = (a_+ - a_-)/2$ 을 정의하는 분포법에 따라 문제가 되는 수량의 상한치  $a_+$ 와 하한치  $a_-$ 로부터 나온다. 그때에는준 불확정도의 B형 뿐만 아니라 A형 평가도 이용되어야 한다. A형 분석이 실시될 경우, 표준 불확정도  $u_i$ 는 통계 관찰 결과로부터의 추정치로부터 도출되어야 한다. B형 분석이 실시될 경우,  $u_i$ 는

사  $u_i = a/\sqrt{3}$  각법:

삼각법:  $u_i = a/\sqrt{6}$

범선법(Normal law):  $u_i = a/k$  여기서  $k$ 는 포함 인자이다.

U형(비대칭):  $u_i = a/\sqrt{2}$

## 3.2 불확정도에 기여하는 구성 요소

### 3.2.1 측정 시스템의 기여

#### 3.2.1.1 서론

측정 기기는 프로브, 증폭기 및 측정 장치로 구성되어 있다. 현재 이용할 수 있는 프로브는 Schottky 다이오드 검출기에 기초한다. 측정된 신호, 프로브의 출력은 RF 노출 수준에 따라 다른 E 또는 E2에 비례하는 전압이다. 대부분의 등방성 프로브는 센서 간격에 직교하는 지향성 패턴과 검출기 다이오드가 있는 세 개의 작은 센서로 구성된다. 그에 따라 전체 전기장이 세 개의 전기장 구성 요소의 RSS(Root Sum Square)로서 값을 구할 수 있다. 다이오드 특성의 자승 법칙 영역에서 센서 출력 전압은 상응하는 전자기장 구성 요소의 평균 제곱과 비례한다. 그 범위를 넘어서서는 출력 전압이 압축되므로 동작 범위의 선형화를 필요로 한다. 센서와 다이오드 사이의 제조 허용 오차는 각 센서에 대해 다른 민감도를 생성한다.

#### 3.2.1.2 다이폴 센서의 민감도 평가

민감도 인자는 두 단계 절차를 적용하거나 한 단계 절차를 이용함으로써 결정될 수 있다.

##### 3.2.1.2.1 두 단계 절차

총 전기장은 다음에 따라서 값을 구하여야 한다:

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

여기서  $f_i(v_i)$ 은 정류된 센서 신호  $V_i$ 의 선형 함수이고,  $n_i$ 는 자유 공간에서의 다이폴 센서의 절대민감도  $[\mu V/(V/m)^2]$ 이며,  $\gamma_i$ 는 자유 공간에서의 프로

브 센서의 민감도에 대한 매질에서의 프로브 센서의 민감도의 비율이다.

두 인자( $n_i$ 와  $y_i$ )에서의 프로브 민감도를 분리함으로써, 표준화된 절차의 부분적 이용이 가능하고, 프로브 성능과 교정 장치의 추가적인 타당성 검증이 가능하다. 이런 교정은 매질의 경계로부터 충분히 멀리 떨어져야만 유효하다. 아주 가까운 거리에서는 민감도가 변화할 수 있다. 이런 효과는 경계 효과로 불리며, 등방성과 같이 별도로 평가하여야 한다.

### 3.2.1.2.1.1 자유 공간에서의 민감도(첫번째 단계)

자유 공간에서의 잘 정의된 표준 전자기장의 생성에 이용되는 가장 정확한 장치는 도파관이다. 이유는 다음과 같다:

- 도파관 장치는 그리 크지 않은 전력만 있으면 되고, 원거리장 교정 장치보다 적은 공간을 요한다.
- 전력 관독값에 따라 갈 수 있는 가장 정확한 전자기장의 생성이 가능하다.
- 작은 근거리장 프로브에 대하여, 도파관의 치수가 프로브의 치수보다 상당히 더 클 때 프로브 삽입으로 인한 전자기장 교란에 의해 발생하는 불확정도는 미미하다.
- 이 장치에서는, 장치 내의 전자기장 편파에 수직이거나 평행하도록 프로브 축 방위를 용이하도록 놓을 수 있다.
- 그 밖에도 동작 주파수가 겹치는 도파관 세트를 사용하여 전자기장 세기 측정치의 검정이 가능하다.

비교적 높은 주파수(3000 MHz 초과)에서는 프로브의 존재로 인한 도파관에서의 전자기장 교란이 중요하게 되며, 자유 공간 표준 전자기장 방법이 교정에 이용되어야 한다. 비교적 낮은 주파수(750 MHz 미만)에서는 도파관이 너무 커지게 되어 쉽게 이용할 수 없으므로, TEM 셀이 대신에 이용될 수 있다. 그러나 셀 내 전자기장의 균일분포가 덜 좋다. 즉, 예상된 균일한 전자기장 분포로부터 꽤 큰 편차가 있다.

예를 들어, 어떤 시판되는 TEM 셀에서는 전자기장이 격벽으로부터 외부 벽까지의 중심축을 따라서 이동할 때,  $\pm 6\%$ 만큼 변화한다. 그러나 TEM 셀 내부와 도파관 내부에서의 프로브 반응 사이의 비교를 통해 TEM 셀 내 특정 측정 위치의 교정이 가능하다.

프로브는 일반적으로 각 장치의 벽에 있는 작은 구멍을 통해 삽입되며, 전자기장이 프로브 전체 크기에 걸쳐 거의 균일한 그런 중앙에 배치된다. 각 센서는, 센서와 평행한 전기장 성분에 대하여 평가된다.

주 - 각 센서는 입사 전자기장에 따라 최대 결합을 가진다는 점을 주의하여야 한다. 예를 들면, 프로브 좌표계와 나란한 센서를 가진 프로브에 대해서는 프로브 축에 관한 입사 전자기장의 두 편파가 이용되어야 한다.

프로브의 저항선이 다이폴 안테나 - 다이오드의 결합된 센서의 부하로 작용하지 않고, 프로브가 파장에 비해 작은 한은 민감도는 주파수와 독립적이다. 이런 점은 교정 장치의 추가적인 타당성 검증을 제공하고, 프로브에 의한 결과적인 전자기장 교란을 검사한다. 고품질의 도파관 결합기 및 매칭된 소스가 이용되면 입사 전력에 미치는 영향이 미미하다. 도파관 장치에서의 추가적인 불확정도 소스는 종단부의 부하로부터 반사되어 나오는 것인데, 그것은 장치 내의 정재파 패턴을 가져올 수 있다. 고품질의 도파관 로드가 이용되면 반사는 1% 이하로 유지될 수 있다. 더욱이  $\lambda/4$  변이부하로 보충 측정을 실시하고 두 판독값을 평균함으로써 불확정도를 보상할 수 있다.

### 3.2.1.2.1.2 매질에서의 민감도(두 번째 단계)

매질에서의 민감도는 매질 내에서 국부적으로 알려진 전자기장 값을 생성함으로써 결정된다. 두 가지 방법이 이용될 수 있다:

- 온도 프로브를 이용한 전달 교정
- 분석적 전자기장을 이용한 교정

#### 가. 온도 프로브를 이용한 전달 교정

손실있는 액체에서 SAR은 액체의 전기장(E)과 온도 변화율 모두와 관련된다. 따라서, 이 관계에 기초하여:

$$SAR = \sigma \frac{E^2}{\rho} = c \left. \frac{dT}{dt} \right|_{t=0}$$

손실있는 액체에서의 전기장은 액체의 온도 변화율을 측정함으로써 간접적으로 측정할 수 있다. 높은 공간 분해능(1 - 2mm 미만)과 빠른 반응 시간(1초 미만)을 가진 교란하지 않는 온도 프로브(저항선이 있는 서미스터 프로브나 광 프로브)를 이용할 수 있고 높은 정확성으로 쉽게 교정할 수 있다.

장치 및 여기 소스는 교정에 아무런 영향을 미치지 않는다. 교정할 전기장 프로브와 표준 온도 프로브의 상대적인 위치 결정 불확정도만 고려하여야 한다. 그러나, 온도 프로브를 이용한 프로브 교정의 정확성을 몇 가지 문제가 제한한다:

- 온도 변화율은 직접 측정할 수 없고 여러 시간 단계에서 온도 측정으로부터 값을 구하여야 한다. 액체에서의 에너지 等化 효과나 액체의 대류로 인한 온도 변화율에 의해서 야기되는 측정 불확정도를 피하기 위해서는 특별한 사전 조치가 필요하다. 그런 효과는 완전히 피할 수 없는데 측정된 전자기장 자체가 액체에서의 온도 평형 상태를 파괴하기 때문이다. 신중한 설정을 통해 이런 불확정도는 작게 유지될 수 있다.
- 온도 프로브 주위의 측정된 부피는 잘 정의되지 않는다. 주위의 傾渡(경도)된 장으로부터 온도 프로브로의 에너지 전달을 계산하기 어렵다. 온도 프로브가 균일한 온도를 가진 액체에서 교정되기 때문에, 이런 효과를 고려하여야 한다.
- 교정은 매질의 비중, 열 용량 및 도전율의 평가치에 의존한다. 비중과 열 용량은 표준화된 절차로 정확히 측정될 수 있지만(열용량은  $\sim \pm 2\%$ , 비중은 더 정확히 측정됨) 도전율의 측정을 위한 표준은 없다. 방법과 액체에 따라서 불확정도는  $\pm 5\%$ 를 초과할 수도 있다.

- 온도 상승 측정은 민감하지 않기 때문에 전기장 측정보다 높은 전력 레벨에서 종종 실시된다. 시스템의 비선형성(예를 들면 전력 측정, 여러 다른 구성 요소 등)을 고려하여야 한다.

이런 문제를 고려하여 신중하게 설계된 장치에서의 온도 변화율 측정을 이용한 전기장 프로브의 교정의 정확성은 약  $\pm 10\%$  로 가능하다(표준 불확정도). 최근에 도파관 기술과 온도 측정을 결합한 장치가 제시되었다. 이 장치의 추정된 표준 불확정도는, 동일한 액체가 교정과 실제 측정에 이용될 때  $\pm 5\%$ 이고, 그렇지 않을 때  $\pm 7-9\%$ 인데 그것은 추정치와 잘 일치한다.

온도 프로브를 이용하여 전달 교정의 불확정도 분석을 실시할 경우, 최소한 표 4.7에 포함된 파라미터를 고려하여야 한다.

**표 4.7 온도 프로브를 이용한 전달 교정에 대한 불확정도 분석**

불확정도 소스	불확정도 값 $\pm\%$	확률 분포	계수	cI	표준 불확정도 $U_i \pm\%$	$v_i$ 또는 $v_{eff}$
전기장 프로브의 위치 결정		정규	1	1		$\infty$
온도 프로브의 위치 결정		정규	1	1		$\infty$
액체 도전성		4角	$\sqrt{3}$	1		$\infty$
액체의 비열		4角	$\sqrt{3}$	1		$\infty$
전자기장 프로브 선형성		4角	$\sqrt{3}$	1		$\infty$
온도 프로브 정확도		4角	$\sqrt{3}$	1		$\infty$

주1 ci는 민감도 계수이다.

주 2  $v_i$  는 각각  $tp(v_{eff})$ 를 얻기 위해 이용된, 입력 추정치( $x_i$ )에 대한 표준 불확정도  $u(x_i)$ 에서의 자유도이고 결합된 표준 불확정도  $u_c(x_i)$ 에서의 사실상의 자유도이다.

#### 나. 해석적 전자기장을 이용한 교정(도파관)

이 방법에서 다른 물리적인 크기(예를 들면 입력 전력)의 측정으로부터 전자기장을 분석적으로 계산할 수 있는 기술 장치가 이용된다. 그것은 공기중

에서의 프로브 교정을 위한 표준 전자기장 방법에 일치한다. 그러나, 손실있는 액체에서의 전자기장에 대해 정의된 표준은 없다.

프로브 교정을 위해 손실있는 액체에서의 계산된 전자기장을 이용할 때 불확정도의 평가에서 몇 가지 요점을 고려하여야 한다:

- 장치는 입사 전력의 정확한 결정을 가능케 하여야 한다.
- 계산된 전자기장 세기의 정확성은 액체의 유전 파라미터 값에 의존한다.
- 유전율이 높은 액체에서는 파장이 짧기 때문에 작은 장치라 하더라도 공진 차단 주파수 이상이 될 것이다. 이 장치에서의 전자기장 분포가 이론적인 전자기장 분포와 일치하는지 신중하게 검사하여야 한다.

구형 도파관은 횡단면의 전자기장 분포가 반사에 의존하지 않는 자체적 시스템이다. 그것은 액체 모의 조직, 예를 들면 장치 내에서 해석적으로 알려진 전자기장 생성에 활용될 수 있다. 이 장치(그림 4.20 참조)에서 서 있는 개방된 도파관의 상위 부분은 액체로 채워져 있다. 급전 결합기로부터의 한 파장( $\lambda$ ) 이상 떨어져 있는 유전 박판(dielectric slab)은 공기와 액체 사이의 임피던스 정합을 (반사 손실 10 dB 이상)을 제공한다. 대칭적 구조와 액체에서의 높은 손실에 의하여 모의 액체 조직 내의 전자기장 분포가 TE<sub>10</sub> 패턴을 따르도록 해주지만 고차 모드도 이론적으로는 존재 할 수 있다. 그것은 Kuster 및 Balzano 및 Eds.의 “이동통신의 안전“이라는 책에서 액체 체적내를 완전히 스캔하여 엄밀하게 타당성 검증을 받았는데, 그것은 이론적인 TE<sub>10</sub> 패턴으로부터  $<\pm 1-2\%$ 만의 편차를 보여주었다.

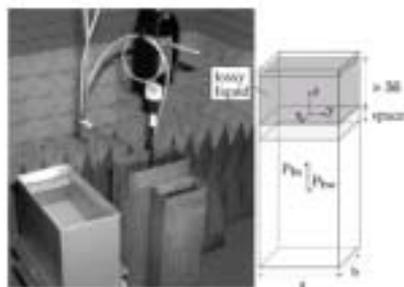


그림 4.20 수직적으로 구형 도파관을 이용할 때의 변환 인자의 평가를 위한 실험 장치

액체 내에서, 낮은 차단 주파수로 인해 장은 거의 TEM 파처럼 전파된다. 액체의 상위 표면에서의 반사가 미미하도록 매질 깊이(표피 두께의 3배 이상)가 선택되었다. 액체에 흡수된 전력은 도파관 내의 순방향 전력과 반사 전력을 측정함으로써 평가된다.

$$SAR^V = \frac{4(P_{fw} - P_{bw})}{ab\delta} \cos^2\left[\pi \frac{y}{a}\right] e^{-(2z/\delta)}$$

여기서  $ab$ 는 도파관의 횡단면 영역,  $P_{fw}$ 와  $P_{bw}$ 는 도파관 내의 순방향 및 역방향 전력,  $\delta$ 는 손실있는 액체 내의 표피 두께이다.

이 기법은 주파수와 매질에 따라서  $\pm 3.6\%$  미만의 표준 불확정도로서 우수한 정확성을 제공한다. 교정 그 자체는 표준 교정 절차로 재현이 가능한 전력 측정으로 단순화된다. 800 이상 2500 MHz 사이의 주파수 범위에서, 도파관 크기 때문에 주어지는 실제적 한계는 적합성 시험의 상황에서는 심하다고 할 수 없는데, 그 이유는 이동 통신 시스템에 대한 운용 주파수 대부분이 포함되기 때문이다. 800 MHz 미만의 주파수에 대해서는 온도 프로브에 의한 전달 교정은 그런대로의 정확성을 가진 교정을 얻기 위한 가장 실제적인 방법으로 남아있다.

해석적 전자기장을 이용하여 교정의 불확정도 분석을 실시할 경우, 최소한 표 4.8에 포함된 파라미터를 고려하여야 한다.

표 4.8 도파관 내부의 분석적 전자기장 분포를 이용한 기법에 대한 불확정도 분석

불확정도 소스	불확정도 값 ±%	확률 분포	계수	cI	표준 불확정도 $U_i \pm \%$	$v_i$ 또는 $v_{eff}$
입사 전력		사각	$\sqrt{3}$	1		$\infty$
부정합의 불확도		사각	$\sqrt{3}$	1		$\infty$
액체 도전성		사각	$\sqrt{3}$	1		$\infty$
프로브 위치 결정		정규	1	1		$\infty$
전자기장 균일성		사각	$\sqrt{3}$	1		$\infty$
결합된 표준 불확정도		RSS				

### 3.2.1.2.2 한 단계 절차

전체 전자기장은 다음에 따라 평가하여야 한다:

$$|E|^2 = \sum_{i=1}^3 |E_i|^2 = \sum_{i=1}^3 \frac{V_i}{K_i}$$

여기서  $K_i$ 는 매질에서의 다이폴 센서의 절대 민감도이다.

기준 안테나는 적절한 조직 등가 액체와 함께 작동하기 위해 설계된 소형 안테나이다. 900 에서 1800 MHz 범위에서 개발된 안테나는 그림 4.21과 같이 제시되었다.

최소한 두개의 동일한 안테나가 기준 안테나의 主葉(주엽) 이득을 평가하는데 필요하다.

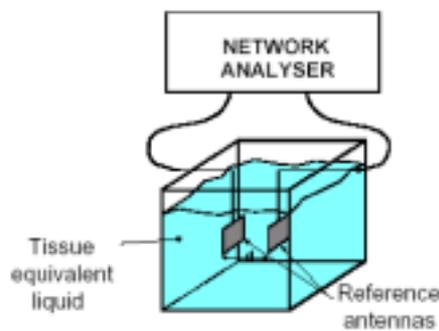


그림 4.21 장치의 설명

이득 평가는 다음 절차에 따라 실시된다:

- a) 안테나들의 수직 축들이 잘 맞게하고 잘 정의된 거리  $d$ 만큼 떨어진 곳에 두 안테나를 설치한다. 여기서  $d \geq 2D^{3/4}/\lambda$ 이다.  $D$ 는 기준 안테나의 최대 크기이면,  $e$  은 액체내에서의 파장이다. 안테나는 액체 컨테이너의 벽으로부터 최소한 10 cm 의 거리에 떨어져 있어야 한다.
- b) 각 안테나의 입력 포트에서 반사 계수  $\rho_1$ 과  $\rho_2$ 를 측정한다.
- c) 동일한 포트에서 두 안테나  $S_{21}$ 을 측정한다.

d) 이득은  $G = |S_{21}(d)| \times e^{\alpha} \frac{4\pi d}{\lambda_1 \sqrt{(1-|\rho_1|^2)(1-|\rho_2|^2)}}$  이다..

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

기준 안테나 이득 평가에 대한 불확정도 분석을 실시할 때, 최소한 표 4.9에 기재된 파라미터를 고려하여야 한다.

표 4.9 기준 안테나 이득 평가에 대한 불확정도 분석

불확정도 소스	설 명	불확정도 값 ±%	확률 분포	계수	cI	표준 불확정도 $U_i \pm \%$
입사 전력			사각	$\sqrt{3}$	1	
반사 계수			사각	$\sqrt{3}$	1	
거리			사각	$\sqrt{3}$	1	
액체 유전율			사각	$\sqrt{3}$	1	
표준 불확정도의 총합						
확장된 불확정도 (95%의 신뢰 구간)						

프로브의 민감도 계수 평가에는 다음 프로토콜이 될 것이다:

- a) 조직 등가 액체에 한 안테나를 배치한다. 안테나는 액체 컨테이너의 벽으로부터 10 cm의 최소 거리에 있어야 한다;
- b) 기준 안테나의 입력 포트에 전원을 연결한다.  $P_{in}$ 은 입력 전력이고  $\rho$ 는 안테나의 반사 계수이다. 안테나로부터 거리  $d$ 에서 전기장  $E_{th}$

는:

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

여기서  $d \geq 2D^2 / \lambda_l$  이  $E_{th}$  가  $30V.m^{-1}$  가 되도록 입력 전력을 조정한다; 약고, D는 기준 안테나의 최대 치수이며, l은 액체에서의 파장이다. 입력 전력을 제어하기 위해서 양방향성 결합기를 접속할 것을 권고한다.

- c) 검출기의 중심이 안테나로부터 거리 d 에 있도록 액체에 프로브를 배치한다;
- d) 다이폴의 방향을 기준 안테나의 편파와 맞추기 위해서 프로브의 방향을 맞춘다;
- e) 노출된 다이폴에 관련된 프로브의 포트에서 전압 신호  $V_{1mes}$ 를 측정한다;
- f) 이 다이폴에 대한 민감도  $K_1 = \frac{V_{1mes}}{E_{th}^2}$  이다. 계수 K1은
- g) 다른 두 다이폴에 대해 단계 4-6을 반복하고 K2와 K3의 값을 구한다.

프로브의 민감도 계수를 이용하면 그것은  $SAR = \frac{\sigma}{\rho_l} \left( \frac{V_1}{K_1} + \frac{V_2}{K_2} + \frac{V_3}{K_3} \right)$  이 된다.

여기서  $\rho_l$  은 밀도(1000 kg/m<sup>3</sup>)이다.

기준 안테나를 이용하여 교정의 불확정도 분석을 실시할 때, 최소한 표 4.10에 포함된 파라미터를 고려하여야 한다.

표 4.10 기준 안테나를 이용한 기법에 대한 불확정도 분석

불확정도 소스	설 명	불확정 도 값 ±%	확률 분포	계수	cI	표준 불확정도 U <sub>i</sub> ±%
입사 전력			사각	√3	1	
반사 계수			사각	√3	1	
안테나 이득			정규	1 또는 k	1	
액체 투자율			사각	√3	0	
프로브 위치 결정			사각	√3	1	
결합된 표준 불확정도						
노출된 불확정도 (95%의 신뢰 간격)						

### 3.2.1.3 등방성

#### 축 등방성

프로브는 프로브의 축에 대해 정상 입사각을 가진 기준파에 노출되어야 한다. 축 등방성은 15도 미만의 단계로 0도에서 360도까지 주축을 따라서 프로브를 회전시킴으로써 결정된다.

#### 반구 등방성

프로브는 입사각이 변화하는 기준파에 노출되어야 한다. 반구 등방성은 기준 파장의 편파나 프로브를 회전시킴으로써 결정되어야 한다. 입사각은 30도 미만의 단계로 90도(축)에서 0도(수직)까지 변화하여야 한다. 각 입사각에 대해 프로브는 360도의 범위와 15도 미만의 단계로 회전되어야 한다.

다음과 같은 두 프로토콜이 이용될 수 있다:

- 평면 모의인체가 있는 다이폴
- 기준 안테나

#### 3.2.1.3.1 다이폴과 평면 모의인체를 이용한 등방성

장치는 시험 주파수에서 작동하는 반파장 공진 다이폴에 노출된 액체 모

의 조직으로 채워진 얇은 플라스틱 상자로 구성된다.

프로브의 구면 등방성의 평가에는 다음과 같은 프로토콜이 이용되어야 한다.

- a) 턴테이블에 다이폴 안테나를 장착하고 그것을 평면 모의인체와 평행하게 배치한다(그림 4.22 참조). 안테나는 액체 컨테이너의 근접한 벽으로부터  $e=10$ 의 최대 거리에 배치되어야 한다.
- b) 세 개의 프로브 센서의 중심이 다이폴 축의 연장선에 위치하도록 프로브를 액체에 수직으로 삽입한다.
- c) 프로브의 수평 위치는 가능한 한 모의인체/액체 인터페이스로부터의 거리  $d$ 에서 상자의 뒤쪽에 가까운 최대 정재파에 있어야 하는데 여기서 전기장은 부분적으로 균일하며 자기장은 최소에 이다. 측정은 기울기가 있는 전자기장에서 실시할 수도 있다(최대 전기장은  $x$  방향에서 라인 주사를 실시함으로써 평가될 수 있다).
- d) 다이폴은 30도 이하의 증가 단계로 최소한 0도에서 90도까지 그 축 모양 주위에서 회전되어야 한다.
- e) 프로브는 각 단계에서 로봇에 의해 0도에서 360도까지 그 축상에서 회전되며, 측정 데이터는 15도 이하의 단계로 기록된다.
- f) 그러면 구면 등방성으로부터의 편차는 측정된 모든 프로브 위치 중에서 평균 값으로부터의 최대 SAR 편차로 표시된다.

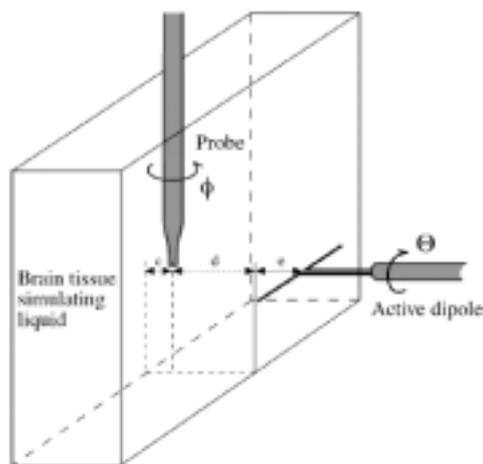


그림 4.22 액체 모의 조직에서 구면 등방성으로부터의 편차를 평가하는데 이용되는 장치

### 3.2.1.3.2 기준 안테나를 이용한 등방성

프로브의 등방성 평가에는 다음의 프로토콜을 사용하여야 한다:

- a) 한 안테나를 조직 등가 액체에 배치한다. 안테나는 액체 컨테이너의 벽으로부터 최소한 10 cm의 거리에 있어야 한다.
- b) 검출기의 중심이 안테나로부터  $d \geq 2D^2 / \lambda_{media}$  의 조건을 만족시키는 거리 d에 있도록 액체에 프로브를 배치한다. 여기서 D는 기준 안테나의 최대 치수이고 media는 액체에서의 파장이다. SAR 값이 이 위치에서 0.5와 1 W/kg 사이에 있을 것을 권고한다.
- c) 주축이 안테나로부터의 노출 방향과 직교하도록 프로브 축의 방위를 맞춘다(그림 4.23 참조).
- d) 15도 이하의 단계로 0도에서 360도까지 그 주축을 따라 프로브를 회전시킨다. SAR 값을 기록한다. 축 등방성은 rms 값으로부터의 SAR 편차로 정의된다.
- e) 15도 또는 30도의 단계로 0도에서 90도까지 프로브 축(그림 4.24 참조)이나 기준 안테나를 회전시킴으로써 기준 신호의 입사각을 변경한다.
- f) 각 입사각에 대해서 15도 이하의 단계로 0도에서 360도까지 그 주축을 따라서 프로브를 회전시킨다.
- g) 반구 등방성은 프로브의 비수직적 노출 가운데에서 rms 값으로부터의 SAR 편차로 정의된다.

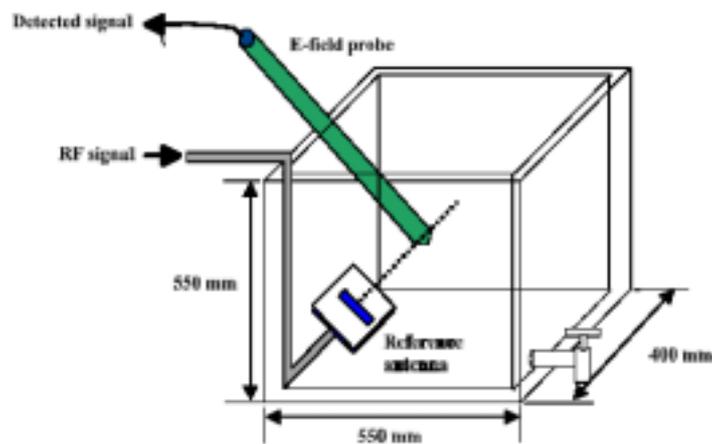


그림 4.23 기준 안테나를 이용한 축 등방성 측정

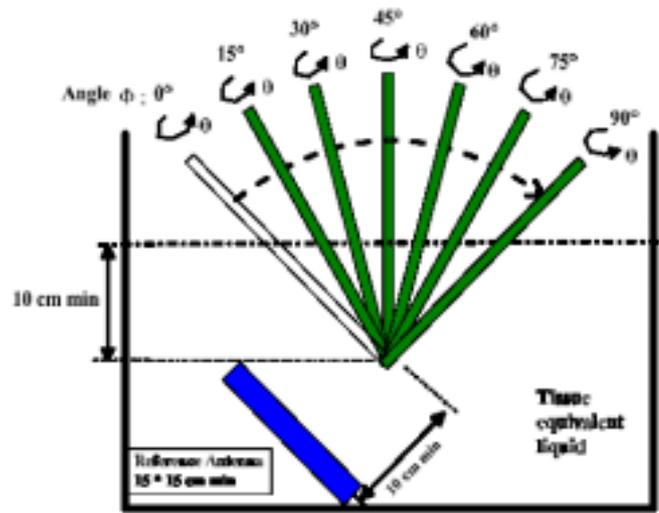


그림 4.24 기준 안테나를 이용한 반구 등방성 측정

#### 3.2.1.4 선형성

프로브의 비선형 반응이 다이폴의 특성에만 의존하기 때문에 선형화 함수의 평가는 자유 공간이나 조직 등 액체에서 행해질 수 있다. 그것은 요청된 검출 범위를 포함하는 전력 소인(sweep)으로 실시한다. 소형 TEM 셀, 도파관 또는 기준 안테나가 이용될 수 있는데 높은 전자기장 세기가 중간 전력 증폭기에 의해 생겨날 수 있기 때문이다.

선형성은 0.02 W/kg ~ 100 W/kg 간격에서 정의된 가장 가까운 선형 기준 곡선으로부터 측정된 수량의 측정 범위에서의 최대 편차로 정해진다. B.2나 D.1에 설명한 장치 중 하나를 이용함으로써 평가를 실시할 수 있다. 전력은 0.01 ~ 100 W/kg 간격에서 1 dB이하의 단계로 증가시켜야 한다.

#### 3.2.1.5 검출 제한치

국부 측정치가 이러한 제한치를 벗어나는 경우, 불확정도가 개입될 수 있다. 측정치가 검출 하한치보다도 낮은 경우 검출 제한치의 값을 이용하여야 한다. 측정치가 검출 상한치보다 높은 경우 측정치는 널(null)로 간주되어야 한다.

검출 제한치로 인한 불확정도는 0.1이라는 최대 듀티 인자를 가정하여 0.4 W/kg 내지 10 W/kg의 범위에 대해서 평가하여야 한다. 특정한 불확정도 추정은 국부 SAR 측정치가 이런 범위를 벗어나고, 비교적 작은 듀티 인자인 것으로 발견되는 경우 이루어져야 한다. 검출 제한치로 인한 불확정도는 그것이 사각 확률 분포를 갖는다고 가정하고 평가하여야 한다.

#### 3.2.1.6 경계 효과

프로브 경계 효과는 외피와 프로브에서의 중간 경계 사이의 결합 효과로 인해 경계 부근에서 발생한다. 이 효과는 본 문서의 부록 B에서 설명한 도파관 장치를 이용하여 결정할 수 있다. 프로브 경계 효과 불확정도는 경계 효과를 나타내는 선형 함수와 결합된 지수 감쇠의 일차 근사로부터 도출되며 다음과 같이 결정된다:

$$(d_{be} + d_{step}) < SAR_{tolerance} [\%] = \delta SAR_{bound\ effect} \frac{(d_{be} + d_{step})^2}{2d_{step}} \frac{(e^{-d_{be}/(\delta/2)})}{\delta/2} \quad 0 \text{ mm에 대해}$$

여기서

$d_{be}$ 는 mm로 표시되는 입방체 평균화 과정에 이용되는 표면과 가장 가까운 측정점 사이의 거리이다.

$d_{step}$ 은 두 번째 위치에서의 경계 효과가 미미하다고 가정할 때, mm로 표시되는 모의인체 표면에 가장 가까운 첫번째와 두 번째 측정점 사이의 이격 거리이다.

$\delta$ 는 본 표준에 정의된 두부 조직 등가 액체의 mm로 표시되는 최소의 침투 깊이이다. 예를 들면 3 GHz에서  $\delta = 14 \text{ mm}$

SAR의  $\delta \% SAR_{boundary\ effect}$ 는 경계로부터의 거리  $d_{be}$ 에서 측정된 SAR 값과 해석적인 SAR 값 사이의 편차이다.로 표시되는

불확정도 표의 적절한 열과 행에 프로브 경계 효과의 허용 오차를 입력하라.

### 3.2.1.7 판독 전자기기(readout electronic)

프로브와 평가 알고리즘 불확정도의 증폭, 선형성, 장하를 포함하는 전자기장 프로브 판독 전자기기의 불확정도 구성 요소는 최악의 상황에서 평가하여야 한다. 판독 전자 구성 요소가 동일한 크기의 허용 오차를 갖는 경우, 각 허용 오차는 정규 확률 분포를 이용하여 불확정으로 전환되어야 한다. 그 다음으로 이런 불확정도의 RSS 값을 구하여 종합적인 판독 전자기기의 불확정도를 얻어야 한다.

### 3.2.1.8 반응 시간

프로브는 조직 매질의 표면에서 2 W/kg보다 큰 잘 제어된 전기장 생성에 노출되어야 한다. 신호 반응 시간은 전원의 스위치 on/off나 한 단계 변화 이후에 예상되는 최종 값의 90%에 도달하기 위해 측정 기기(프로브 및 판독 전자기기)에 의해서 요구되는 시간으로 평가된다. 이런 반응 시간에서 비롯

되는 SAR 불확정도는 SAR 값이 측정되기 전에 반응 시간의 두 배보다 큰 시간 동안 프로브가 공간적으로 정지되어있는 경우 무시될 수 있다. 이 경우 표 2의 3행에 0을 입력하라. 프로브가 반응 시간의 두 배 이상 동안 공간적으로 정지되어있지 않은 경우, 3행에 반응 시간의 실제 허용 오차를 입력하라.

### 3.2.1.9 적분 시간

특정 점에서의 전기장을 측정하는데 적용되는 적분 시간은 휴대단말기가 연속파(CW) 신호를 복사하지 않거나 관독 시스템이 신호로 로킹되지 않는 경우 개별성으로 인한 추가적인 불확정도를 가져올 수 있다. 이런 불확정도는 신호 특성에 의존하며 모든 SAR 측정 이전에 평가되어야 한다. 비연속파 신호가 이용되는 경우, 적분 시간 불확정도로 인한 불확정도는 총 불확정도 평가에서 감안하여야 한다. 적분 시간 불확정도를 평가하기 위해서 사각 확률 분포를 가정한다.

주 - TDMA 신호( $t_{frame}$ =프레임 기간)에 대해서는 정의된 적분 시간( $t_{int}$ )에 대한 최대 허용 오차가 다음 식에 의해 주어진다:

$$SAR_{tolerance} [\%] = \frac{t_{frame}}{t_{int}} \cdot (0.5 + n) \cdot 100, t_{int} > t_{frame}$$

$n$ 은 유휴 프레임, 예를 들면 GSM 다중 프레임의 26번째 프레임의 수와 동등하다. 불확정도 표에 이 값을 입력하라. 여기서 사각 분포가 가정될 수 있다.

## 3.2.2 기계적 제약의 기여

### 3.2.2.1 주사 시스템

전자기장 프로브 위치 제어기의 기계적 제약은 프로브 위치 결정의 정확성과 재현성의 편차를 가져올 수 있고 그것은 측정된 SAR의 불확정에 기여한다. 불확정도는 전자기장 프로브 센서의 기하학적인 중심에 의해 정의된

실제 측정 위치에 의해 요구되는 위치에 상대적인 프로브 위치 제어기의 규격에 대해 평가할 수 있으며, 최대 편차  $d_{ss}$ 로 표시된다. 프로브 위치 제어기의 기계적 제약으로 인한 공간 평균 침투 SAR 불확정도 기여  $d_{ss}$ 는 사각 확률 분포를 가정함으로써 일차 근사를 이용하여 계산할 수 있다:

$$SAR_{tolerance} [\%] = \frac{d_{ss}}{\delta/2} \times 100$$

여기서,

$d_{ss}$  는 귀 기준점에 대한 실제 위치와 프로브 센서 중심의 계산된 위치 사이의 최대 위치 허용 오차이다.

$\delta$  는 본 표준에서 정의된 두부 조직 등가 액체의 최소 침투 깊이이다. 예를 들면 3 GHz 에서  $\delta = 14$  mm.

위치 제어기의 제작자가 프로브 위치 제어기의 기계적 제약을 명시하지 않은 경우, 기계적 제약은 SAR 측정 불확정도에 대한 기여를 결정하기 위해 평가되어야 한다. 이것은 단순히 표면분호 측정 영역에서의 이동의 상대적인 정확성을 평가하고 소프트웨어에 의해 명시된 위치의 차이를 실제로 허용 오차까지 얻어진 차이로 전환함으로써 실시할 수 있다.

SAR 허용 오차는 가정된 사각분포를 이용하여 불확정도 표의 3행에 입력하여야 한다.

### 3.2.2.2 모의인체 외피

모의인체 불확정도는 프로토콜에 의해 요구되는 모의인체내에 있는 조직 등가 액체의 목표 유전 파라미터로부터의 모의인체 제작 허용 오차와 편차로 인해 유도된 공간 평균 침투 SAR의 불확정도로 정의된다. 모의인체 제작 허용 오차는 다음을 포함한다:

- 모의인체 외피의 내부 및 외부 모형에 있어서 본 표준에 이용되는 CAD 파일에 의해서 정의된 것과의 편차
- 모의인체 외피 두께에 있어서 이 CAD 파일에 의해 정의된 것과의

## 편차

불확정도는 거리에 대한 최악 의존도, 즉, 거리의 제곱에 대한 의존도에 따라, 두부 액체 모의 조직 및 등가 필라멘트 전류 밀도의 위치 사이의  $a = 10$  mm의 거리를 가정하여 평가한다(등가 전류의 밀도는 가장 가까운 전류 원이 아니라 국부 자기장 분포를 개선하는 전류 밀도와 일치한다).

$$SAR_{tolerance} [\%] = 100 \times \left( \frac{(a+d)^2}{a^2} - 1 \right)$$

$$SAR_{tolerance} [\%] = 100 \times \frac{2d}{a}$$

여기서

$d$ 는 외피 두께와 모의인체 모양의 최대 허용 오차이다.

불확정도 표의 해당 열에 허용 오차 값을 입력하라.

### 3.2.2.3 모의인체 외피 표면에 대한 프로브 위치

모의인체 외피의 모양 및 두께는 적절한 표준에서 명시된다. 모의인체 외피  $d_{ph}$ 에 대한 프로브 위치 제어기의 불확정도를 계산하는데 이용되는 사각 확률 분포를 결정하여야 한다. 사각 확률 분포를 가정함으로써 공간 평균 침투 SAR 불확정도 기여는 본 표준에 정의된 두부 조직 등가 액체의 최소 침투 깊이를 적용함으로써 일차 근사를 이용하여 계산한다. 예를 들면 3 GHz에서  $\delta = 14$  mm:

$$SAR_{tolerance} [\%] = \frac{d_{ph}}{\delta/2} \times 100$$

여기서

$d_{ph}$ 은 프로브 끝과 모의인체 외피 사이의 거리를 결정하는 허용 오차, 즉, 프로브 끝에 대한 모의인체 위치를 결정하는 허용 오차이다.

$\delta$ 는 본 표준에 정의된 두부 조직 등가 액체의 최소 침투 깊이이다. 예를 들면 3 GHz에서  $\delta = 14$  mm

SAR의 사각분포를 가정하여 불확정도 표의 3행에 SAR 허용 오차를 입력하여야 한다.

### 3.2.2.4 피 시험기기의 위치 결정

#### 3.2.2.4.1 피 시험기기 지지대로 인한 소스 교란의 불확정도

피시험기기 지지대는 5 미만의 유전 상수와 0.05 미만의 손실 탄젠트( $\delta/2\pi f \epsilon$ ) (이 파라미터는 오픈 동축 방식(open coaxial method)으로 결정될 수 있다)가 있는 저손실 유전 재료로 이루어져야 한다. 그럼에도 불구하고, 홀더는 소스에 영향을 미칠 수 있기 때문에 홀더로부터 비롯되는 불확정도는 (즉 홀더가 없는 상황과의 편차) 5.3.1.1에 설명한 방법에 따라서 결정되어야 하는데, 그것은 각 휴대전화기에 대해 실시할 B형 방법이다. 5.3.1.2에 설명한 방법은 휴대전화기의 전체 범위에 대한 불확정도를 평가하기 위한 A형 방법을 제공한다.

#### 가. 피 시험기기 지지대의 특정 휴대단말기 구성 불확정도

시험을 위한 특정 작동 상태에서 작동하는 특정 휴대단말기에 대한 불확정도는 평면 모의인체를 이용하여 다음과 같은 두 가지 시험을 실시함으로써 평가하여야 한다.

- 1) 사용자 매뉴얼에 따라서 지지대에 휴대전화기를 실장하고 평면 모의인체와 직접 접촉하도록 휴대전화기를 위치시킴 (평면 모의인체의 바닥에 평행한 휴대전화기의 수평, 수직 중앙선) 으로서 공간 침투 SAR을 평가함
- 2) 휴대전화기를 동일한 위치에 위치시키지만 폼(foam) 또는 동등한 등가 저손실 및 비반사 재료를 이용함으로써 공간 침투 SAR을 평가함

불확정도 표에서 이용할 SAR 허용 오차는:

$$SAR_{tolerance} [\%] = \left( \frac{SAR_{w/holder} - SAR_{woholder}}{SAR_{woholder}} \right) \times 100$$

## 나. 피 시험기기 지지대의 전체 불확정도

SAR에 미치는 피 시험기기 지지대의 효과에 관한 충분한 데이터를 얻을 수 있는 경우, 불확정도는 A형과 같이 결정될 수 있고 7.2.2.4.1.1에 설명한 추가 시험을 피할 수 있다. 상이한 구성을 갖는 N개의 상이한 휴대단말기 모델에 대한 지지대의 효과는 평면 모의인체에서 다음과 같은 시험을 실시함으로써 평가해야 한다(N은 가능한 한 커야 하며 최대한 다양한 휴대전화기를 포함하여야 한다) .

- 1) 사용자 매뉴얼에 따라 지지대에 휴대전화를 실장하고, 평면 모의인체와 직접 접촉하도록 위치 시킴(평면 모의인체의 바닥과 평행한 휴대전화기의 수평, 수직 중앙선)으로써 공간 침투 SAR을 평가함
- 2) 휴대전화를 동일한 위치에 위치시키지만 폼(foam) 또는 동등한 저손실 및 비반사 재료를 이용함으로써 공간 침투 SAR을 평가함

각각의 시험에 대해 SAR에 미치는 효과는 다음과 같이 계산한다.

$$SAR_{tolerance} [\%] = \left( \frac{SAR_{holder} - SAR_{w/holder}}{SAR_{w/holder}} \right) \times 100$$

해당 불확정도는 적절한 데이터 분석을 적용함으로써(즉, 탐구 데이터 분석을 적용함으로써) 결정되어야 한다. 그것은 참고절에 있어야 한다. 불확정도 표에 채워질 값은 상응하는 95% 신뢰성 레벨을 2로 나눈 것보다 작아서는 안된다. 휴대단말기의 설계 변경을 설명하기 위해 데이터베이스가 매년 확장될 것을 권고한다.

### 3.2.2.4.2 모의인체에 대한 휴대단말기 위치 결정 불확정도의 평가

표준에 설명한 위치와 실제 휴대단말기 위치의 편차는 시험을 수행하는 사람의 해석과 취급 뿐만 아니라 배치된 휴대전화기의 정확성에도 의존한다. 더욱이 공간 침투 SAR 값에 대한 이런 편차의 크기는 휴대전화기 구조에

의존한다. 이런 파라미터는 분리될 수 없기 때문에 다음과 같은 A형 시험이 실시되어야 한다.

#### 가. 특정 휴대단말기 구성에 대한 휴대단말기 위치 결정의 불확정도

최대 공간 침투 SAR 값에 대한 평가는 평가되는 장치 구성 및 위치에 대해 표준화된 프로토콜에 따라 M번 평가를 실시하는 K개의 다른 사용자에 의해서 반복되어야 하는데 여기서 KM은 최소한 10이 되어야 한다.

평균 값의 %로 표시되는 표준 편차를 계산하여야 하는데, 여기서 자유도는  $KM-1$ 인 것으로 추정된다. 이 참고는 수로만 인용하는 참고절에 있을 필요가 있다.

#### 나. 휴대단말기 위치 결정의 전체 불확정도

공간 침투 SAR 위치에 있어서 상당히 다른 SAR 분포를 제공하는 N개의 장치 구성을 이 시험에 이용하여야 한다. 이 분포는 안테나, 표시 영역 및 표시 영역 아래에서 최고의 침투 SAR을 생성하는 휴대전화기를 포함하는 것이 바람직하다. N은 5보다 커야 한다. 휴대전화기가 표준 프로토콜에서 정의된 대로 위치가 결정될 때, 평면 모의인체에서 표면분포 주사를 실시함으로써 분포의 범위를 입증하고 문서화할 것을 권고한다.

시험은 표준 프로토콜에서 정의된 절차를 M번 실시하는 K명의 다른 사용자가 실시하여야 하는데, 여기서 KM은 최소한  $10(K \geq 3, M \geq 1)$ 이 되어야 한다. 각 값은 동일한 시험 위치에서 동일한 장치 구성으로 KM번 측정에 의해 얻어지는 평균 값으로 정규화 되어야 한다.

해당 불확정도는 KN개의 측정으로 4N개 집단에 대한 적절한 데이터 분석(변화의 분석 ANOVA)을 적용함으로써(예를 들면 탐구 데이터 분석을 적용함으로써) 결정되어야 한다. 불확정도 표에 채워질 값은 상응하는 95% 신뢰성 레벨을 2로 나눈 것보다 더 작아서는 안된다.

휴대단말기의 설계 변화를 설명하기 위해 데이터베이스를 매년 확장할 것을 권고한다.

### 3.2.3 물리적 파라미터의 기여

#### 3.2.3.1 액체 밀도

조직 등가 액체의 전자기적 파라미터는 그것이 1000 kg/m<sup>3</sup>의 밀도를 갖는다고 추정하여 평가되었다. 이 밀도가 SAR 평가에 이용되어야 하며, 가정에 의해서 도입된 불확정도는 무시해도 좋은 것으로 간주되어야 한다.

#### 3.2.3.2 액체 도전율

액체 도전율로 인한 불확정도는 두개의 다른 소스로부터 발생한다. 불확정도의 첫번째 소스는 그 목표값(최대 ±5%)으로부터의 액체 도전율의 편차이며 불확정도의 두 번째 소스는 도전율 평가에 이용되는 측정 절차에서 발생한다. 불확정도는 사각 확률 분포를 이용하여 평가하여야 한다.

#### 3.2.3.3 액체 유전율

액체 유전율로 인한 불확정도는 두개의 다른 소스로부터 발생한다. 불확정도의 첫번째 소스는 그 목표값(최대 ±5%)으로부터의 액체 유전율의 편차이며 불확정도의 두 번째 소스는 유전율 평가에 이용되는 측정 절차에서 발생한다. 불확정도는 사각 확률 분포를 이용하여 평가하여야 한다.

### 3.2.3.4 장치, 프로브, 온도 및 습도의 출력 전력에서의 편이

온도와 습도 뿐만 아니라 측정 기기 및 장치의 전자로 인한 편이는 6.3에 정의된 측정 과정의 처음 단계와 마지막 단계에 의해서 제어되며, 결과적인 불확정도는  $\pm 5\%$  미만이다. 불확정도는 사각 확률 분포를 가정하여 평가되어야 한다.

### 3.2.4 후처리의 기여

본 절은 1 g 또는 10 g 체적 평균 SAR을 결정하는데 있어서 위치 제어 전자 기기와 위치 제어기 자체의 제조자에 의해서 제공되는 소프트웨어 프로그램을 이용하여 계산되는 내삽, 외삽, 적분 및 평균 절차로부터 비롯되는 SAR 불확정도를 설명한다. 평가는 본 문서에 있어서 개발되는 해석적 전자 기장 분포에 기초한다. 소프트웨어에 대한 입력 값은 모의인체 내의 평가 격자에 프로브를 정확하게 위치시키는 것에 대한 지식과 0 %의 측정 허용 오차를 가정하여 측정 위치에서의 SAR 값이 되어야 한다.

휴대단말기에 있어서 예상되는 가능한 SAR 분포의 전체 범위에 대해 수행된 외삽, 내삽, 적분 및 평균 절차(위치 결정 시스템의 제조자에 의해서 공급되는 소프트웨어에 의해서 제공됨)의 불확정도를 확실하게 평가하기 위해, 세가지 해석적 SAR 분포가 SAR 분포의 예상되는 범위를 나타내기 위한 이 기준의 목적을 위해 도출되었다. 공간적 평면인 분포는  $f_1$ 으로 표시된다. 모의인체 외피 옆에 있는 조직 표면에 위치한 최대 SAR이 있는 분포는  $f_2$ 로 표시된다. 공간적으로 가파른 분포는  $f_3$ 으로 표시된다. 모의인체 부피는 모든 세가지 함수에 대해  $z=0$ 일 때를 표면으로 하여  $z>0$  위치를 기준으로 추정된다.

$$f_1(x, y, z) = A \cos^2 \left( \frac{\pi}{2} \cdot \frac{\sqrt{y^2 + x^2}}{5a} \right) e^{-\frac{z}{2a}}$$

$$f_2(x, y, z) = A \frac{a^2}{a^2 + x^2} \cdot \cos^2 \left( \frac{\pi}{2} \cdot \frac{y'}{3a} \right) e^{-\frac{z}{a}} \cdot \left( 3 - e^{-\frac{2z}{a}} \right)$$

$$f_3(x, y, z) = A \frac{a^2}{\frac{a^2}{4} + x^2 + y^2} \cdot \left( e^{-\frac{2z}{a}} + \frac{a^2}{2(a+2z)^2} \right)$$

$$x^i = x + 3 \text{ mm}$$

$$y^i = y + 3 \text{ mm}$$

$$a = 20 \text{ mm}$$

$$A = 1 \text{ W/kg}$$

여기서 위의 파라미터  $a$ 와  $A$ 는 적절한 SAR 분포에서 발생하는 것 이외에는 어떤 특별한 물리적 의미도 갖지 않는다.

최대 공간 침투 SAR을 검색하기 위한 알고리즘을 시험하기 위해 중앙으로부터의 3 mm 변이가 도입되었다. 함수가 평면인 표면에 기초한다는 사실은 그 절차가 표면으로부터의 격자의 등가 거리에 근거한다면 시험에 대한 적용 가능성에 대해 어떤 제한도 제공하지 않는다. 이것은 그림 9에 설명한 입방체를 낳는다.

수치적 계산(불확정도  $\ll 104$ )을 통해 얻어진 위의 세 함수의 공간 침투 전차와 흡수율(SAR<sub>ref</sub>)의 기준 값은 다음과 같으며 더 이상의 연구 없이도 이용된다.

$$SAR_{ref}(f_1)_{1g} = SAR_{ref}(f_1)_{10g} = 0.764 \text{ W/kg} \quad 0.881 \text{ W/kg} ;$$

$$SAR_{ref}(f_2)_{1g} = SAR_{ref}(f_2)_{10g} = 1.383 \text{ W/kg} \quad 1.796 \text{ W/kg} ;$$

$$SAR_{ref}(f_3)_{1g} = SAR_{ref}(f_3)_{10g} = 1.391 \text{ W/kg} \quad 3.048 \text{ W/kg} ;$$

수행된 외삽, 내삽 및 최대값을 찾는 일련의 과정에 의해 도입된 불확정도는 다음과 같은 방식으로 시험한다:

- 1) 표면분포 측정은  $x, y, z = (0,0,0)$ 에서 최대 SAR 값의 위치에서 초래된 것으로 추정된다.
- 2) 소프트웨어의 입력값(측정값)은 미세 분포 측정의 격자 점에서 위의 함수의 값이다.
- 3) 세 가지 함수  $f_1, f_2, f_3$  각각에 대해 1g 및 10g에 대한 공간 침투 SAR 값을 초래하는 구현된 소프트웨어를 이용하여 데이터를 평가한

다(이미 계산한 위의 값 참조).

4) 각 함수에 대한 SAR 허용 오차는 다음에 따라서 계산한다.

$$SAR_{tolerance} [\%] = \left| \frac{SAR_{evaluated} - SAR_{ref}}{SAR_{ref}} \right| \times 100$$

세 가지 값 중 최고 값은 사각 분포를 가정한 불확정도 표에 입력하는데 이용된다.

### 3.3 불확정도 평가

#### 3.3.1 합성 불확정도와 확장 불확정도

불확정도의 각 구성 요소의 기여분은 그 명칭, 확률 분포, 민감도 계수 및 불확정도 값과 함께 등록되어야 한다. 그 결과는 다음과 같은 서식의 표에 결과를 기록하여야 한다. 그 다음으로 합성 불확정도를 다음 공식에 따라 평가하여야 한다:

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^m c_i^2 \cdot u_i^2}$$

여기서  $c_i$ 는 가중 계수이다.

확장 불확정도는 95%의 신뢰 구간을 이용하여 평가하여야 한다.

표 4.11 노출 평가의 측정 불확정도 문서화

불확정도 소스	불확정 도 값 ±%	확률 분포	계수	cI (1g)	cI (10 g)	표준 불확정도 ±%,(1g)	표준 불확정도 ±%,(10g)	$v_i$ 또는 $v_{eff}$
<b>측정 시스템</b>								
프로브 교정		정규	1	1	1			∞
등방성		사각	√3	1	1			∞
경계 효과		사각	√3	1	1			∞
선형성		사각	√3	1	1			∞
검출 제한치		사각	√3	1	1			∞
판독 전자		정규	1	1	1			∞
반응 시간		사각	√3	1	1			∞
적분 시간		사각	√3	1	1			∞
환경의 섭동	3	사각	√3	1	1	1.7	1.7	∞
프로브 위치제어 기의 기계적 제약		사각	√3	1	1			∞
모의인체 외피에 대한 프로브 위치 결정		사각	√3	1	1			∞
후처리		사각	√3	1	1			∞
<b>시험 샘플 관련</b>								
시험 샘플 위치 결정		정규	d(n)	1	1			N

피시험기기 출력 불확정도		정규	d(n)	1	1			N
출력 전력의 편이	5	사각	$\sqrt{3}$	1	1	3	3	$\infty$
<b>모의인체 및 설정</b>								
모의인체 불확정성(외형 및 두께 허용 오차)		사각	$\sqrt{3}$	1	1			$\infty$
액체 도전율(목표)	5	사각	$\sqrt{3}$	0.6	0.5	1.7	1.4	$\infty$
액체 도전율(측정)		사각	$\sqrt{3}$	0.6	0.5			$\infty$
액체 비유전율(목표)	5	사각	$\sqrt{3}$	0.6	0.5	1.5	1.5	$\infty$
액체 비유전율(측정)		사각	$\sqrt{3}$	0.6	0.5			$\infty$
합성 표준 불확정도		RSS						
확장 불확정도 (포함인자 = 2)		정규 (k=2)						

주 1  $c_i$ : 는 민감도 계수이다: 0.6은 1g 평균에 대한 최대 민감도이다; 0.5는 액체 도전율과 액체 투자율 모두에 대해 10g에 대한 최대 민감도이다.

주 2  $v_i$ ,  $v_{eff}$ 는 각각 입력 추정치( $x_i$ )에 대한 표준 불확정도  $u(x_i)$ 에서의 자유도이며  $tp(v_{eff})$ 를 얻는데 이용되는 합성 표준 불확정도  $u_c(x_i)$ 에서의 유효 자유도( $n$ )의 정도이다.  $n < 4$ 에 대해서는 포함 인자의 반대가 되는  $t$  분포에 의해 제수  $d(n)$ 을 얻을 수 있다.

### 3.3.2 최대 확장 불확정도

95 %의 신뢰구간을 갖는 확장 불확정도는 0.4 내지 10 W/kg의 범위에서 질량 평균 SAR 값에 대해서 30 %를 초과해서는 안된다.

## 제 4 절 측정 보고서

### 4.1 개요

결과는 일반적으로 시험 보고서에 기록하여야 하며, 사용하는 방법이 요구하는 모든 정보와 시험 또는 측정 결과의 해석에 필요한 모든 정보를 포함하여야 한다.

요구되는 측정 및 불확정도 제한치 내의 결과를 제공하는 재현 가능한 시험, 계산 또는 측정을 실시하는데 필요한 모든 정보를 기록하여야 한다. 8.2 참조.

시험 보고서에 관한 더 상세한 지침은 ISO/IEC 17025의 5.10에서 찾을 수 있다.

### 4.2 시험 보고서에 기록할 항목

#### 4.2.1 일반적 개요

- EUT 에 대한 설명
- 요구 사항
- 사용된 표준

#### 4.2.2 측정 시스템

- 측정 시스템
- 위치 제어기
- 내압/외압 기법에 대한 설명

#### 4.2.3 불확정도 평가

3.3.1에 제시된 표2의 보고서

#### 4.2.4 결과

- 장치/일련번호에 대한 설명, 예를들면 IMEI(국제 이동기기 식별정보)
- 시험 조건(온도 등)
- 사용 액체 및 그 특성
- 시스템 타당성 검증 검사 결과
- 실시한 시험의 결과(각 시험에 대한 공간 평균 침투 SAR 값 및 각 모드의 최대 SAR 값에 대한 장치에 관한 표면분포 측정과 체적 분포 측정의 그래픽 표시)

#### 4.2.5 보고서 요약

- 시험 위치, 대역, 모드 및 안테나 구성에 대한 SAR 값
- 해당하는 경우 제한 권고 및 적합성에 대한 진술서 등 관련 참고문헌

## 제 5 장 저·고주파수 전자기장 인체 노출량의 측정 및 평가

본 장은 “보안, 도난 방지, 전자 물류 감시(EAS), 무선 식별(RFID), 자산/품목 추적 및 감시, 원격 지령, 제어, 원격 측정을 위하여 사용되는 장치, 유사한 단거리 및/또는 저 전력 무선 기기, 0 ~ 300 GHz 주파수 범위 상에서의 유사한 응용장치 보안 등으로부터의 전자기장에 대한 인체 노출량 평가 - 106/41/NP”에 대하여 언급하고자 한다.

### 제 1 절 범위

일반적으로 기준 레벨은 특정 주파수에서의 수학적 모델링과 실험실에서 생체실험에 의하여 기본 한계로부터 얻어진다. 이 기준 레벨은 전자기장에 노출된 인체에 대하여 전자기장의 최대 결합을 반영하며, 그에 따라 최대 보호를 규정한다. 기준 레벨의 준수 이와 관련된 기본 한계의 준수를 보증할 것이다. 측정된 값이 기준 레벨을 초과하는 경우, 기본 한계를 반드시 초과하는 것은 아니다. 이러한 환경 하에서는 특정 기기 및 노출의 유형에 대해 더 세부적인 평가 기술이 필요할 것이다.

본 문서는 인체의 전자기장 적합성 평가에 대하여 단계적인 접근법을 채택한다. 첫 번째 단계는 적절하게 유도된 기준 레벨에 대한 단순한 측정이기이다. 장치가 이것을 만족시키는 경우, 추가적인 평가 요구 사항은 없다. 두 번째 단계는 수학적 해석 기술과 결합 되어있는, 약간 더 복잡한 일련의 측정이다. 여기에서도, 장치가 적절한 레벨을 만족시키는 경우, 추가적인 평가 요구 사항이 없다. 세 번째 단계는 기본 한계의 준수를 나타내기 위하여 세부적인 모델링과 수학적 해석을 필요로 한다. 장치 적합성은 세가지 단계 중 어느 하나를 이용하여 나타낼 수 있다; 단계 1이나 2를 이용한 평가가 적합성을 실증하는 데 실패하지 않는 한 더 이상의 단계를 이용할 필요는 없다.

본 표준은 전자 물류 감시(EAS), 무선 식별(RFID) 및 유사 응용시스템에서 사용되는 장치에 적용된다. 이 표준의 목적은 그러한 기기에 대하여 전자기장에 대한 인체 노출과 관련된 기본 한계나 기준 레벨의 적합성 실증을 위한 방법을 명시하는 것이다

## 제 2 절 전자 물류 감시(EAS), 무선 식별(RFID) 시스템 특성

EAS 및 RFID 시스템은 공공 구성원에 의한 간단하고 일시적인 사용을 의도한 것이다. 시스템 내에서 사람이 지체되는 경우, 그 사람들은 대개 통로를 차단할 것이며, 이로 인해 다른 사용자나 보안 감시자가 계속 나아가도록 할 것이다. 시스템을 통과하는 정상적인 보폭은 대략  $1\text{ms}^{-1}$  (약 3.6 kph 나 2 mph)이며, 탐지 구역은 기껏해야 1 m 길이다(시스템을 통과하는 경로를 따라). 그러므로 노출 지속 기간은 일반적으로 대략 1 초이다.

고객이나 사용자가 시스템을 통과하는 데 있어 느리거나 머뭇거리는 경우, 노출 지속 기간은 약 10초까지 연장될 수 있다. 예외적인 상황에서는 고객이나 사용자가 시스템 내부의 대기열에 걸리게 될 수도 있다. 그러한 경우라 하더라도 노출 지속 기간은 채 몇 분도 되지 않을 것이며, 따라서, 그러한 시스템에서의 최장 노출은 일반적으로 잠깐인 것으로 간주된다.

### 1. EAS 기기

#### 가. 일반적인 기술

전자 물류 감시 시스템(EAS)은 품목의 인가되지 않은 이동을 방지하기 위하여 전자기장을 이용한다. EAS 시스템은 도난을 방지하기 위하여 상점, 슈퍼마켓 및 부티크에서 가장 일반적으로 사용된다. 이 시스템은 도서관에서 서적의 이동을 감시하고, 병원에서는 유아의 납치를 방지하기 위해서도 사용된다.

EAS 시스템은 두 가지 주요 부분으로 구성된다; 탐지 시스템과 탐지되는 태그나 꼬리표이다. 탐지 시스템은 일반적으로 두 가지 하위 요소로 구성된다; 전류 생성 및 전자 프로세싱과 장 생성 및 탐지 패널. 탐지 시스템 패널은 전자기장의 가장 현저한 소스이다.

이 패널은 대개 평면 패널, 루프, 또는 상점 출구에 또는 그 근처에 있는 기둥으로써 눈으로 볼 수 있으며 인식할 수 있다. "탐지 구역"에서의 주 자기장은 패널들 사이에 존재한다. 탐지 전자 장비는 대개 천장 내나 상점 내의 간판 뒤 또는 계산대 뒤에 숨겨져 있으며, 패널에 통합될 수도

있다. 태그는 항상 물품에 부착되어 상점 전체에 분포된다.

태그나 꼬리표는 탐지 시스템 내 장의 약간의 섭동을 일으키는 데에만 기여한다. 태그나 꼬리표가 다이오드 등과 같은 소수의 전자 컴포넌트를 포함할 수도 있지만 전력원은 포함하지 않는다는 의미에서 이들은 대개 "수동적(passive)"이다. 대부분의 태그는 일회용이다; 즉 태그는 이것들이 보호하는 상품과 함께 상점을 떠난다. 태그의 이러한 유형은 종이 꼬리표와 다소 비슷하다. 몇몇 태그는 더 높은 원가와 더 내구적인 성격을 가진다; 이 태그들은 편으로 상품에 부착되어 있는 부피가 큰 보호용 플라스틱 캡슐에 넣어지며, 구매 시 계산 직원에 의하여 제거된다.

태그에 의하여 발생한 자기장 섭동은 매우 작으며(minuscule)(주 탐지 장의 크기보다 낮은  $10^4$  에서  $10^5$  정도의 크기), 또한 키, 안경테, 벨트 버클 및 강통 등의 일반 물체에 의하여 발생한 자기장 섭동과 크기 면에서 유사하다.

소수의 재사용 가능 태그는 내장 배터리를 지니고 있으며, "능동(active)" 신호를 생성한다; 그러나 태그의 자기장은 대개 여전히 주 탐지 장의 크기보다 낮은  $10^2$ 나  $10^3$ 의 정도 크기이다. 능동 태그 및 꼬리표는 그것들이 탐지 구역나 해제 구역의 영역을 벗어날 때에는 태그로부터 출력이 없어지도록 설계된다.

일반적으로 시스템에는 사용자가 변경할 수 있는(user-changeable) 설정은 없다. 일반적으로 시스템 전자기장은 제조 동안에, 또는 설치 및 서비스 시기에 숙달된 설치 기술자에 의하여 공칭 크기로 설정된다(장이나 전기 전류 또는 구동 코일로의 전압을 측정하기 위한 계기를 사용하여). 몇몇 시스템이 패널에 근접하게 배치되어 있는 커다란 금속 물체에 의해 디튜닝(de-tuning)되어 업셋(upset) 상태가 된다면, 그들은 시스템 내의 장을 자동적으로 재 최적화하는 전자 장비를 가지고 있다. 일부 시스템은 탐지 사이클 동안에 장 패턴을 바꿀 수 있다.

EAS 시스템은 탐지 원칙에 대한 장 섭동에 의존하기 때문에, 대역 외 방출은 설계에 의해 강력하게 통제된다. 따라서, 제조 사업자에 의하여 명시된 주파수 운용 대역을 벗어난 장은 노출에 매우 적은 기여를 하기 때문에, 이것을 측정하는 것은 필요하지 않다.

EAS 시스템은 주로 데이터의 오직 한 "비트"(즉, 신호의 존재나 부재)

를 이용하여 작동하므로 밀접하게 관련된 식별 시스템(예를 들면, 입장 허가 시스템)과는 다르다. 그렇지 않으면 기초 기술이 간혹 관련된다.

#### 나. EAS 시스템의 유형과 운용 원칙

EAS 시스템에는 특성이 다른 네 가지 주요 유형이 있다:

표 5.1 EAS 시스템의 유형

시스템 유형	기본 장	대표 주파수
비선형 자기	자기장(H)	10Hz-20kHz
공진 유도(전기나 자기)	자기장(H)	20-135kHz
공진 무선 주파수 유도	자기장(H)	1-20MHz
비선형 마이크로파	-	0.8-2.5GHz

위에 열거된 첫 번째 세 가지 시스템 유형은 유도 장을 이용한다: 즉, 운용 구역이 전자기 복사의 파장보다 훨씬 작기 때문에 장은 성질상 거의 완전히 자기장이며, 전파 장(propagating field)을 무시할 수 있다. 장 생성 요소는 탐지 패널에 내장된 전류 전달 루프이다.

마이크로파 시스템은 주로 단거리 전파 마이크로파 장(short range propagating microwave field)을 이용하며, 전자기장 생성 요소는 나선형 코일 안테나 또는 유사 전자기장 발생기이다. 장 전력 레벨은 낮기 때문에, 전파된다고 하더라도 안테나 지향성에 의하여 영역 내로 억제된다.

요약하면, 시스템의 네 가지 유형은 아래에 기술된 바와 같이 운용된다.  
**비선형 자기:** 태그는 자기적으로 매우 "부드러운(soft)"(즉, 쉽게 포화되는) 자기 요소를 포함한다. 태그가 탐지 구역 내에서 AC 장에 의하여 자화될 때, 그 결과 자화는 선형 자화 장이 될 수 없다(포화 영향 때문에). 따라서, 자화는 구동 장의 고조파를 생성한다. 이러한 고조파는 탐지 시스템에 의하여 포착되고, 인지된다.

**공진 유도:** 태그는 탐지 구역의 자기장의 특정 주파수가 있는 곳에서 공진하는 요소를 포함한다. 탐지 장은 정밀한 주파수에 있고, 펄스 지속 기간에 있어서 매우 짧으며, 태그 자기장의 "링잉(ringing)"은 그 이후의 "오프(off)" 기간

동안 탐지된다. 태그는 자기 변형 요소(magnetostrictive element)나 전기 튜닝 된 회로를 지니고 있기 때문에 공진은 태그의 기계적인 진동일 수 있다: 그러나 그 두가지 경우에 있어서 탐지되는 것은 공진기의 자기장이다.

**공진 무선 주파수 유도:** 원칙의 특정 주파수에서 유도 공진기가 탐지된다 는 위 내용과 유사하다. 그러나, 구현과 탐지는 상이하다. 공진기는 태그 상의 유도자 콘덴서 회로이며, 탐지는 대개 장에서의 위상 섭동을 탐지함으로써 수행된다. 장은 공진 주파수를 거쳐 소인된다.

**비선형 마이크로파:** 태그는 통합된 소형 다이오드를 이용하는 마이크로파 안테나를 가진다. 이것은 비선형성으로 인한 구동 주파수의 초고조파나 저조파, 또는 그 혼합을 생성한다. 매우 상이한 측정 원칙들이 다른 주요 기술 유형의 유도장을 위해서 보다는 장을 전파하기 위하여 필요하기 때문에 마이크로파 시스템은 이 부록에서는 더 이상 다루어지지 않는다.

#### 다. 입장이나 퇴장 보호를 위하여 사용되는 EAS 탐지기 시스템

이 탐지기는 영역으로의 입장이나 영역으로부터의 퇴장을 보호하기 위하여 구성되었다.

유도장을 이용하는 시스템의 유형들은 일부 특징에 있어서 유사한 장을 보유하기 때문에 우선 함께 기술된다. 전류 전달 코일이 장을 구동하게 하며, 코일 치수는 대개 다음과 같다:

높이: 0.5 m 2m

폭: AM 및 RF 시스템에 대하여 0.3 m에서 1 m까지  
EM 시스템에 대하여 0.5 m에서 1m까지

깊이: 1 cm 3 cm

방위: 상점 출구 상의 보행선과 평행한 수직 평판 상의 코일

대개 0.7 m에서 3 m까지의 간격을 두고 두 패널이 서로 마주보고 있다. 몇몇 설치의 경우에는 매우 넓은 출구를 커버하기 위하여 규칙적인 간격으로 배치된 둘 이상의 패널이 있을 수도 있다. 가끔 단지 한 개의 패널이 자기장 송신기인 경우도 있지만, 간혹 두(모든) 패널이 전류 생성 코일(수신 코일 뿐만 아니라 송신 코일도)을 포함한다. 두 패널 모두가 자기장을 생성할 때, 그 패널은 대개 Helmholtz 형 구성이며, 따라서 패널 사이의

장은 반대되는 방향에 있기보다는 방향에 있어서 함께 합쳐진다. 이 때문에 주요 자기장 컴포넌트는 대략적으로 시스템을 통과하는 고객의 경로에 대하여 수직 방향에 있게 된다.

장 생성 코일이 2 m 이상의 높이와 수 미터의 폭을 갖는 보행 통과 코일의 설치는 거의 없다. 이러한 설치에 있어서는 주요 장 컴포넌트는 상점 출입구의 경로를 따라 있게 된다.

EAS 제품의 사용 방법 때문에, 일반인 및 직업인 구성원들은 특정한 상황으로 노출을 받게 될 것이다. 일반인 구성원들은 주요 식별 장애에 대해 과도하게 노출되는 한편, 직업인들은 시스템의 후면 및 측면에 위치한 더 낮은 진폭의 장애에 더 오랫동안 노출될 것이다.

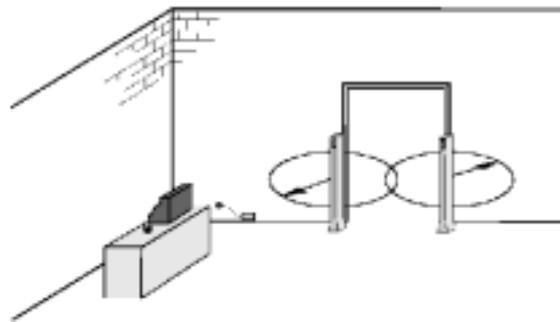


그림 5.1 탐지 범위를 보여주는 출구 실장 기기의 예

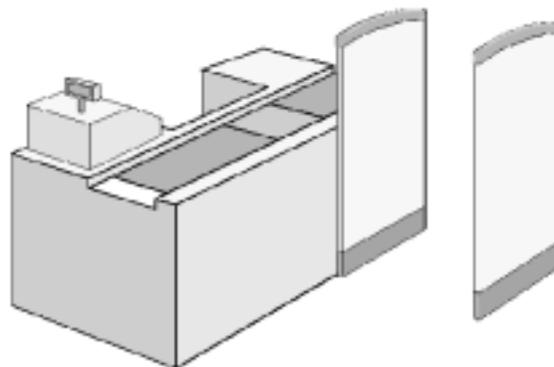


그림 5.2 복도 실장 기기의 예

#### 라. 일반인의 노출

EAS 시스템은 일반 구성원의 일시적인 사용만을 위해 고안되었다. 시스템 내에 사람이 지체되는 경우에는 그 사람은 대개 통로를 차단할 것이며, 따라서 다른 사용자나 보안 감시자가 계속 나아가도록 할 것이다. 시스템을 통과하는 정상 보폭은 대략  $1\text{ms}^{-1}$  (약 3.6 kph나 2 mph)이며, 탐지 구역은 기껏해야 1 m 길이이다(시스템을 통과하는 경로를 따라).

게다가, 시스템 내의 자기장은 크기나 방향성에 있어서 일정하지 않다. 이것은 전형적으로 자기장의 세기는 패널상에서 전류전달코일이 근접되어 있는 아주 작은 지역에서 가장 강하며, 패널로부터 가장 먼 지점(예를 들면 패널들 사이의 중앙 통로)이 가장 약하다. 고객들이 경험한 대부분의 자기장은 가장 약한 자기장에 가까우며, 본질적으로 비교적 균일한 장에서 전신 노출이 있을 것이다(이것은 탐지기로부터 2 m 이상의 떨어진 거리에서 효과적으로 측정될 수 있다).

#### 마. 직업인 노출

운용자는 주요 탐지 구역 바깥에 위치한다. 패널은 대개 불투명하고 높기 때문에 운용자들은 패널의 후면 가까이 자리하지 않으며, 이로 인하여 그들은 일반인을 볼 수 없고 그들과 상호 접촉할 수 없을 것이다.

운용자가 사용중인 책상 및 의자에 금속부가 있다면 이는 시스템 운용을 마비(disrupt)시킬 수 있다.

계산대에 근접시켜 EAS를 설치할 경우에는 계산대 직원을 시스템 후면이나 측면에 앉게한다(대개 약 0.5 m 후면이나 중앙축으로부터 1 m). 전자기장의 진폭은 시스템 중앙 진폭의 0.1과 0.5 사이값을 갖고 거리의 2에서 2.5승에 역비례로 감소하며 인체 상에서 대략 균일하다. 대부분의 경우에 시스템은 탐지 패널 측면 계산대쪽에 차폐물이 설치되어 있으므로 이 해 전자기장을 한층 감소시킨다.

## 2. EAS 데스크탑 및 활성화/비활성화 장치

EAS 시스템의 또 다른 구성품은 구매 지점에서의 태그들에 대한 활성화

및 비활성화를 위한 것이다. 비활성화 장치의 대부분은 영구 자석(DC 장)이나 시변 장을 이용한다. 장은 대개 비활성화장치 근처의 작은 공간(그리고 대개 매우 짧은 지속 기간 동안)에 한정될 필요가 있다 하더라도 주 탐지 장보다 절대 진폭에 있어서 더 높다. 전자기장은 그렇게 하지 않으면 도난 상품 상의 은닉 태그를 비활성화 시킴으로써 그 상품이 도난 당 할 수 있기 때문에 의도적으로 한정되도록 한다.

일반적으로 비활성화 장치는 일반인으로부터 합리적인 거리(30 cm 이상)에 실장된다. 직업인 노출은 더 근접될 수도 있지만 보통은 유사한 거리일 것이다(팔 길이). 책상이나 계산대 높이는 대개 70 cm 90 cm 범위이다.

### 가. 비활성화 장치로부터의 자기장(description)

비활성화 장치는 영구 자석 및 전자석 등 두 가지 주요 유형이 있다. 일부 시스템(대부분 마이크로파)은 장을 포함하지 않는 세 번째 유형을 사용한다(태그 상에 "푸즈"의 접촉 전류 블로잉(blowing)).

영구 자석 비활성화 장치는 보통 패드나 기타 홀더에 내장된 고분자, 금속 또는 세라믹 자석의 배열을 이용한다. 전자석은 비활성 장이 지속적으로 존재할 필요가 없는 경우에 사용된다. 전자석으로부터의 장은 필수적으로 계산대 표면에 근접한 작은 공간(통상 2 cm 5 cm 높이)에 포함된다. 이러한 장치는 태그나 레이블의 자기극 구조를 변경하기에 충분한 하나 또는 그 이상의 짧은 자기 펄스를 생성한다.

"요구가 있는 즉시(on demand)" 운용자가 버튼을 누르거나, 자동적으로 바코드 스캐너에 연결되거나, 유사 장치가 이것을 수행한다. 몇몇 비활성화 장치는 자동적으로 비활성 신호를 시작하는 내장형 회로 감지 태그/레이블(본질적으로 탐지기 패널보다 더 낮은 전력)을 가진다.

RF 비활성화 장치는 전자기 버전과 유사하게 운용되지만 비활성 펄스는 태그/레이블 주파수에 있다. RF 비활성화 장치는 위에서처럼 "요구가 있는 즉시(on Demand)" 될 수 있거나, 짧은 펄스가 될 수 있지만 태그/레이블 존재와는 상관없이 동작된다.

## 3. RFID 장치

## 가. 제품 소개

RFID(무선 주파수 식별) 시스템은 송신기, 수신기(대부분 결합되어, 송수신기, 질문기(interrogator) 또는 판독기로 불린다), 안테나 및 태그 또는 트랜스폰더로 구성되어 있다. 송신기는 안테나를 이용하여 어떤 주파수 상에 무선 신호를 보낸다. 이 신호는 송신기의 판독 범위 내에 있는 경우 태그에 의하여 인식된다. 그 다음으로 태그는 수신기에 의하여 인식되는 신호를 통하여 응답한다. 태그 내의 데이터는 제조 업체의 품목, 운송 중인 상품, 위치, 차량 식별, 동물, 개인 등에 대한 식별 정보를 제공할 수도 있다.

추가적인 데이터를 포함함으로써 태그를 판독하는 즉시 가용한 품목 고유 정보나 명령어에 의한 애플리케이션을 지원하는 것이 가능하다. 어떤 프로토콜은 판독기와 호스트 컴퓨터 간의 통신을 처리한다.

RFID의 능력을 이해하기 위해서는 데이터 흐름 체인 내에서 시스템 컴포넌트 및 그 기능을 고려하는 것이 필요하다. 그러나, 포함된 기술이 시스템 컴포넌트의 설계에 있어서 중요한 관계를 가지기 때문에 무선 통신이 달성되는 방법을 간략하게 고려하는 것으로 시작하는 것이 유용하다.

## 나. 무선 통신

### 1) 무선 인터페이스

태그들과 판독기 간의 데이터 통신은 무선 통신을 이용한 것이다. 다음과 같은 세 가지 기술이 가장 자주 사용된다:

- (1) 자기장에 의한 유도 결합(그림 5.3 참조)
- (2) 전자기파 전파(propagating)(그림 5.4 참조)
- (3) 전기장에 의한 이용한 정전 결합(그림 5.5 참조)

태그들과 판독기들 모두에 있어서 결합은 안테나 구조 형태를 경유하는 하나의 필수 형태이다. 안테나라는 것이 일반적으로는 전파(propagating) 시스템에 더 적절하다라고 여겨지지만, 유도 시스템에서도 느슨하게 적용된다.

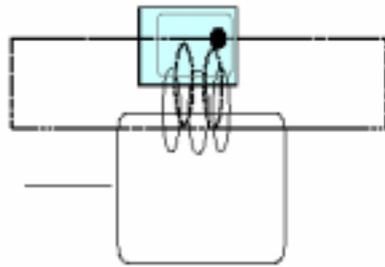


그림 5.3 유도성 결합

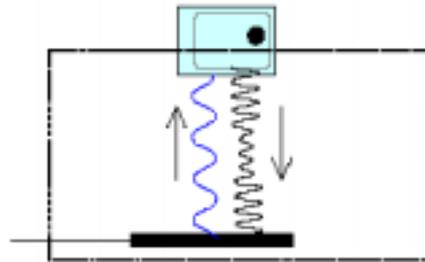


그림 5.4 전자기 결합

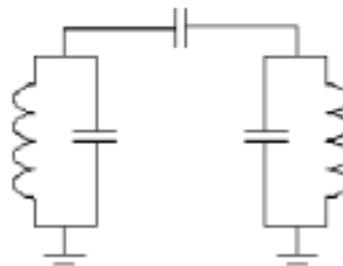


그림 5.5 용량성 결합

두 통신 장치를 분리하는 공간을 통한 효율적인 데이터 전송은 데이터를 반송파에 중첩시켜야 한다. 이 프로세스는 변조를 말하는 것이다. 이를 위한 다양한 방식이 가용한 바, 각 방식은 사용을 선호하는 특정 속성을 가지고 있다. 방식들은 본질적으로 데이터 전달 비트열을 따르는 정현파적인 소스, 그 진폭, 주파수 또는 위상의 주요 특징 중 한 가지 값을 변경하는 것을 기반으로 한다. 방식은 기반으로 하는 것에 따라 진폭 편이 방식(ASK), 주파수 편이 방식(FSK), 위상 편이 방식(PSK)으로 나누어볼 수 있다.

## 2) 반송파 주파수

일반적으로 무선 주파수 통신 채널용으로 채택하고 있는 접근방법은 주파수 분배기준에 근거하여 구분하는 것이다. 이는 서로 다른 목적이 부여되어 있는 전자기 스펙트럼상의 다른 부분들을 필요로 하며, 일반적으로 정부 법령에 의하여 다루어진다. 주파수 분배는 서로 다른 국가들 내에서 RFID 애플리케이션을 고려하는 문제에 있어서 신중을 기하려는 정부들의 이해관계에 의해 달라 질 수 있다. 일반적으로 세 가지 주파수 대역이 RFID 시스템용으로 구별되어 있다. 저주파, 중간 주파, 고주파. 표 5.2은 전형적인 시스템 특성과 대표적인 애플리케이션 예를 이용하여 세 가지 주파수 범위를 요약하고 있다.

표 5.2 주파수 대역 및 애플리케이션

주파수대역	특성	대표적인 애플리케이션
저주파 1 Hz-500kHz	짧은 읽기 범위에서 중간 읽기 범위까지 낮은 읽기 속도	액세스 제어, 동물 식별, 재고 통제, 차량이동방지기 (immobiliser)
중간주파수 2-30MHz	짧은 읽기 범위에서 중간 읽기 범위까지 잠재적으로, 중간 읽기 속도	액세스 제어, 스마트 카드
고주파 850-950MHz 2.45, 5.8GHz	긴 읽기 범위, 높은 읽기 속도 가시 거리 필요	궤도 차량 감시 통행료 징수 시스템

반송파 주파수 이용에 대하여 ITU(국제 통신 연합)가 조정을 통한 어느 정도의 균일성을 추구하고 있다. ITU는 세계를 유럽 및 아프리카(제1구역), 북미 및 남미 (제2구역), 극동 및 호주(제3구역)등 3개 구역으로 나누었다. 각 국가는 ITU에 의하여 공표된 지침 내에서 주파수 분배를 관리한다.

저주파, 중간 주파수, 고주파 대역을 각각 대표하는 3개 반송파 주파수는 135 kHz 이하, 13.56 MHz, 그리고 2.45 GHz이다. 그러나, RFID 애플리케이션을 위하여 전세계에 걸쳐 사용 중인 많은 다른 주파수 대역이 있다. 이러한 주파수 대역을 사용하는 애플리케이션은 표 5.3에 나타내었다.

표 5.3 주파수 대역 및 애플리케이션

주파수 범위	애플리케이션 및 해설
135kHz 이하	동물 태그 부착, 액세스 제어, 추적 및 추적성을 포함한 애플리케이션의 범위에 적합하게 가용한 광범위한 제품
6.78MHz-13.56MHz	EAS 및 RFID 시스템과 ISM(산업, 과학 및 의료)
27.12MHz	ISM 애플리케이션 및 RFID
433MHz-459MHz	특히 지역 1 에서의 ISM 및 RFID 애플리케이션
868MHz-870MHz	CEPT(유럽우편전기통신 주관청 회의) 국가에서의 RFID
902MHz-916MHz	지역 2 에서의 ISM 및 RFIDM 애플리케이션
918MHz-926MHz	1 와트 이하의 EIRPF를 통한 손시기를 위한 호주에서의 RFID
2400MHz-2500MHz	RFID 및 세계적 ISM 대역
5400MHz-6800MHz	미래 사용(RFID를 위한 것을 포함)을 위하여 할당된 대역

### 3) 데이터 전송율 및 대역폭

반송파 주파수의 선택은 데이터 전송율을 판단하는 데 있어서 가장 중요하다. 일반적으로 말하면, 주파수가 높을수록 달성될 수 있는 데이터 전송율이나 처리율은 높아진다. 이것은 대역폭(또는 통신 프로세스를 위하여 주파수 스펙트럼 내에 점유된 공간)과 직접적으로 연계된다.

### 4) 범위 및 전력 레벨

RFID 시스템에서 달성될 수 있는 범위는 본질적으로 다음에 의하여 결정된다:

- 태그와 통신하기 위해 판독기/질문기에서 가용한 전력;
- 응답을 위해 태그 내에서 가용한 전력;
- 환경적 조건 및 구조.

가용한 전력의 레벨이 범위의 주요 결정 요소라 하더라도 전력이 배치되는 방법 및 효율성도 범위에 영향을 미친다. 안테나로부터 전달된 장이나 전파는 안테나를 둘러싼 공간으로 확장하며, 그 강도는 거리에 따라 감소한다. 안테나 설계는 전달된 장이나 전파 전파(propagation wave)의 모양을 결정지을 것이므로, 그 범위도 태그와 안테나 사이에 대응된 각에 의하여 영향 받을 것이다.

태그로부터의 응답은 판독기에 의하여 생성된 장보다 훨씬 더 낮은 레벨에 있다. 이것은 수신된 신호를 처리하기 위해 판독기 내에 민감한 탐지 회로를 포함하는 것을 필요로 할 수도 있다.

## 다. RFID 시스템

### 1) RFID 시스템 컴포넌트

위에서 언급된 바와 같이 RFID 시스템은 송신기, 수신기(결합되어 송수신기, 질문기 또는 판독기라 불림) 및 안테나로 구성된다(그림 A.3 참조). 이들 세가지 구성품에 대한 세부적인 내용은 아래 조항에서 기술하고 있다.

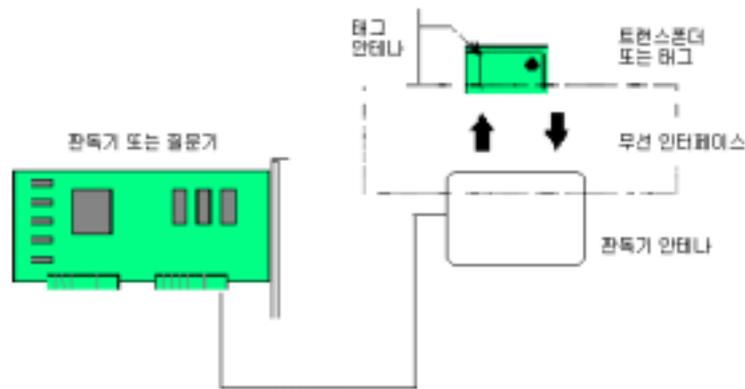


그림 5.6 RFID 시스템의 개관

### 2) 판독기/질문기

판독기/질문기는 지원되고 있는 태그의 유형과 충족되는 기능에 따라 복잡성에 있어서 상당히 다를 수 있다. 그러나, 전체적인 기능은 태그들과의 통신 및 데이터 전송을 촉진하기 위한 수단을 제공하는 것이다. 판독기에 의하여 수행되는 기능들에는 매우 정교한 신호 조절, 패리티 오류 검사 및 정정 등이 포함될 수도 있다. 일단 트랜스폰더로부터의 신호가 정확하게 수신되고 디코딩되고 나면, 알고리즘은 신호가 반복 송신인지를 결정하기 위하여 적용될 수도 있다. 반복 송신인 경우 판독기/질문기는 트랜스폰더에게 송신을 중단하도록 지시할 것이다.

### 3) 안테나

30 MHz 이하 주파수 범위에 있어서 안테나는 대부분 코일 안테나이고, 외관상 평면(또는 원형이나 직사각형)이며, 하나 이상의 금속 권선으로 구성되어 있다. 이러한 안테나는 전형적으로 20 cm × 20 cm, 1 m

× 2 m(통행), 어쩌면 2 m × 10 m , 또는 심지어 더 클 수도 있는 치수 등을 가질 것이다.

400 MHz 이상 주파수에 있어서의 안테나는 대부분 다이폴 안테나이거나 패치형 안테나이다.

#### 4) 트랜스폰더/태그

TRANSmitter/resPONDER에서 유래된 트랜스폰더라는 단어는 장치의 기능을 나타낸다. 태그는 전달하는 데이터에 대해 송신되었거나 통신된 요구에 대하여 응답한다. 비록 전력 레벨이 매우 작기는 하지만(uW에서 mW 정도) 태그가 동작되기 위해서는 전력을 필요로 한다.

태그는 수동 태그와 능동 태그의 두 범주로 나뉠 수 있다.

- 배터리에 의해 전력이 공급되는 능동 태그는 전형적으로 읽기/쓰기 장치이다. 수명이 긴 배터리를 사용하는 보증된 능동 트랜스폰더는 운용 온도, 읽기/쓰기 사이클 및 용도에 따라 10년이 이상의 기간 동안 기능할 수 있다. 능동 배터리에 의해 전력이 공급되는 트랜스폰더는 수동 장치에 대해 기대할 수 있는 것보다 더 큰 통신 범위가 가능하게 한다.
- 수동 태그는 내부 배터리 전원 없이, 관독기에 의하여 생성된 장로부터 파생된 전력으로 운용된다. 수동 태그는 능동 태그에 비해 더 짧은 읽기 범위를 지닌다. 또한, 수동 태그는 데이터를 저장하는 용량과 잡음이 심한 전자기 환경에서 잘 수행될 수 있는 능력이 제한된다. 또한, 수동 태그에 쓰는 것은 일반적으로 매우 근접한 범위에서만 가능하다. 수동 태그는 거의 무한한 전기 수명을 가진다.

RFID 태그는 물리적 형태, 외형, 크기 및 보호 하우징에 있어서 광범위한 다양성을 갖는다. 피하 조직에 삽입되는 동물 추적 태그는 지름이 연필 심, 길이가 10 mm 정도로 작을 수 있다. 태그는 나무나 목재 품목을 식별하기 위하여 나사 모양이거나, 액세스 제어용 애플리케이션(출입 통제)에서의 사용을 위하여 신용 카드 형태일 수 있다. 유지 보수 및 추적 애플리케이션을 위한 복합 운송 컨테이너, 무거운 기계, 트럭 및 철로 차량을 추적하기 위하여 사용되는 아주 튼튼한(heavy-duty) 120 mm × 100mm × 50mm 구형 트랜스폰더가 있다.

## 라. RFID 기능성

### 1) RFID 시스템 범주

RFID 시스템은 대략 다음과 같은 세 가지 범주로 나뉠 수 있다:

#### a) 휴대형 데이터 포착 시스템

휴대형 데이터 포착 시스템은 필수 RFID 판독기를 가진 휴대형 데이터 단말을 사용한다는 특징을 가지며, 태그가 부착된 품목(주로 이동하지 않는), 태그가 부착된 동물 등으로부터의 정보가 요구되는 애플리케이션에서 사용된다.

그 다음으로 휴대용 판독기/휴대형 데이터 단말은 무선 주파수 데이터 통신(RFDC) 링크를 경유하여 호스트 정보 관리 시스템으로 직접 송신되었거나, 회선 연결에 의하여 배치 프로세싱 기반 상에서 호스트로 전달하기 위하여 보유하고 있는 데이터를 캡처한다.

#### b) 네트워크화된 시스템

일반적으로 네트워크화 된 시스템 애플리케이션은 일정 사이트 내에 배치되고 네트워크화 된 정보 관리 시스템에 직접적으로 접속된 고정 위치 판독기라는 특징을 갖는다. 트랜스폰더는 애플리케이션에 따라 이동하거나 이동 가능한 품목이나 사람에게 고정된다.

#### c) 위치 확인 시스템

RFID는 트랜스폰더가 바로 몇 센티미터의 정확도까지 차량을 안내하기 위하여 자동화된 위치 및 네비게이션 지원을 제공하는 위치 확인 시스템으로서 사용될 수도 있다. 판독기는 차량 상에 위치하게 되며, 탑재 컴퓨터 및 RFDC 링크를 경유하여 주 정보 관리 시스템에 연결된다. 트랜스폰더는 운용 환경의 바닥에 내장되며, 적절한 식별 정보 및 위치 데이터가 프로그래밍된다. 판독기 안테나는 일반적으로 내장된 트랜스폰더로의 더 밀접한 근접성을 가능하게 하기 위하여 차량 바로 아래에 위치된다.

## 2) 응용 분야

RFID에 대한 잠재적인 응용은 데이터가 수집되는 산업, 상업 및 서비스의 사실상 모든 분야에서 식별될 수 있다. 대표적인 애플리케이션으로는 다음과 같은 것이 있다:

- 폐기물 관리
- 우편 추적
- 항공 수하물 조정 등

### 제 3 절 기기 적합성에 대한 측정 및 계산

본 조항에서는 3 단계의 방출 평가 방법을 제공한다. 세 단계(1에서 3까지) 중 하나를 사용 하여 기기 적합성을 실증할 수 있다. 단계들은 복잡하게 변화하며, 관련 기기에 대하여 가장 적절한 한 단계를 사용한다.

평가는 기본 한계나 파생 기준 레벨과의 대비를 통해 이루어진다. 기준 레벨 파라미터는 직접적으로 측정 가능하며, 따라서 1에서의 가장 단순한 평가 방법을 위하여 사용된다. 기본 한계 파라미터는 더 기본적인 노출 평가를 제공하지만, 직접적으로 측정하는 것이 어렵거나 불가능하기 때문에 계산 및 수치 모델링 기술이 필요하다. 기본 한계에 대비한 평가는 증가하는 정교화와 복잡도의 레벨과 함께 2와 3에서 제공된다. 2에서의 모델링은 인체 조직이 아닌 장의 비균일성을 고려한다. 또한 3에서의 모델링은 인체 조직 및 조직 특성의 비균일성을 고려한다.

세부 조항 4는 접촉 전류 및 사지 전류(limb current)에 대한 적합성을 실증하기 위한 방법을 포함하고 있다. 이것은 모든 경우에 사용되어야 한다. 평가 보고서는 아래의 것을 포함한 모든 관련 파라미터를 상세하게 다루어야 한다:

- 주위 온도 및 습도,
- 측정 점의 도표,
- 측정 레벨, 측정 빈도,
- 전력 조정(조절 가능한 경우),
- 측정 불확실성,
- 변조 유형, 보조 기기, 측정 계측 기기, 모델링 파라미터.

"공유 오류 총체(shared error budget)"의 개념이 측정 및 계산에 적용되어야 한다. 이것은 모든 경우에 있어서, 실제 측정되었거나 계산된 값이 적절한 노출 지침과의 비교를 위해 사용되어야 함을 의미한다. 불확실성 값은 기록되어야 하지만, 비교에 포함되어서는 안된다.

이 표준에서의 측정 프로토콜은 서 있는 표준 인간의 규모로 한정된다. 인구의 부분 집합에 대한 측정 프로토콜은 적합성 실증의 복잡도를 현저하게 증가시키기 때문에 정의되지 않는다. 또한, 이미 많은 지침들이 집단 중 더 민감한 구성원들과 연관된 변화도를 고려함으로써 최악의 노출 조건 하에서

모든 집단 구성원에 대한 충분한 보호를 제공한다.

## 1. 파생 기준 레벨과의 적합성을 나타내기 위한 단순 측정

본 세부 조항은 전자기장 세기 기준 레벨에 대한 시스템의 적합성을 판단하기 위한 방법을 기술한다.

노출 레벨을 측정하기 위하여 사용된 계측 기기는 가능한 한 IEC 61786(0-9 kHz)와 IEC 61983(9 kHz 이상)에 의하여 정의된 계측 기기와 유사하거나 동일한 것을 사용한다. 측정 계측 기기는 시험중인 장치로부터의 방출 주파수 범위를 다루며, 광대역 계측 기기가 사용된 경우 그 계측 기기의 대역폭은 방출된 주파수 범위를 다루어야 한다. 측정 계측 기기는 한계와 상관 관계를 갖는 주파수 의존 응답을 가질 수 있다.

노출 조건을 완전하게 파악하기 위해서는 광대역 측정기, 오실로스코프 또는 스펙트럼 분석기를 포함한 여러 계측 기기를 사용하는 것이 필요한데, 하나 이상의 계측 기기가 사용되는 경우에는 계측 기기의 범위가 레벨의 전체적인 평가에서의 결과와 중복되지 않도록 주의를 기울여야 한다.

스펙트럼 정보는 주파수 의존 레벨과의 적합성을 판단하기 위하여 필요하다. 측정은 신호의 관련 주파수 영역 및 시간 영역 특성을 측정할 수 있는 계측 기기를 사용하여 수행한다. 시간 영역 측정의 경우에는 관련 레벨과 비교하기 위하여 주파수 성분을 판단하는 것이 필요할 수 있다.

방출 주파수 범위와 시변 변조(time varying modulation)를 고려할 필요가 있는데, 이러한 것들은 노출의 시평균이 허용되는 경우에 고려해야 한다. 펄스화된 소스에 대한 한계와 비교하기 위하여 순간 최대 장 세기를 계산하는 것이 필요할 수 있다. 적절한 노출 지침에 따라 각 주파수에서의 장 레벨을 합산하는 것이 필요할 수도 있다.

별도의 전기장 및 자기장 측정이 필요한가를 판단하기 위하여 사람의 위치에서 방출 과장을 고려하는 것이 중요하다. 예를 들면, 근거리장에서는 자기장만을 측정하는 것이 필요하다.

측정은 비섭동 장 세기를 판단하기 위하여 수행된다. 전기장 측정에 있어서 인체의 존재는 장에 상당한 영향을 미칠 수 있기 때문에, 계측 기기는 비도전성 지지물 위에 실장 되어져야 한다. 일부 전기장 측정을 위해서는 원격

판독 장치(또는 운용자의 신체와 거리가 떨어진 유사한 계측 기기)와 결합된 광섬유를 사용하는 것이 적절하다.

시험 중인 장치 상에서 가용한 경우에, 전력 조정은 제조 사업자의 설정 명령어에 따라 최대로 설정되거나 조정된다. 시험 중인 장치는 장이 섭동 되지 않도록 하기 위하여 근처의 물체로부터 상당한 거리가 떨어진 곳에 위치시킨다.

#### 가. 파생 기준 레벨과의 적합성을 나타내기 위한 직접 측정

장 세기는 시험 중인 장치의 모든 주변에 대하여 표 1에서 정의된 거리 X에서 측정된다. 이 거리에서의 최대 전자기장의 위치를 판단하기 위하여 예비 스캔을 할 수 있다. 장 세기는 세 가지 직교 측정 축 상의 벡터 합계에 의해, 또는 최대 판독값을 제공하기 위하여 정렬된 단일 측정으로부터의 크기를 측정함으로써 판단되며, 최대 전자기장이 기록된다.

시험 중인 장치로부터의 방출이 모든 위치에서 파생 기준 레벨을 만족하여야만 대상 기기는 적합한 것이며, 4에서의 것 이외의 다른 추가적인 시험이나 평가가 필요하지 않게 된다.

#### 나. 파생 기준 레벨과의 적합성을 나타내기 위한 공간 평균 측정

몇몇 지침에서, 파생 기준 레벨은 노출된 개인의 전신에 걸친 공간 평균 값을 기반으로 한다. 다음 세부 조항은 그러한 레벨에 대한 비교를 위하여 등가 값을 도출하는 방법을 기술한다.

본 문서에서 다루는 기기의 유형에 대해서는, 평가되어야 하는 신체 중 가장 적절한 영역은 몸통으로서, 그림 5.7에서 격자가 사용된 부분이다. 시험 중 장치와 관련된 격자의 위치는 장치의 대표적인 용도에 따라 바뀔 수 있다. 격자의 레이아웃과 면적은 동일하게 유지되어야 한다. 노출이 머리에서 매우 예외적인 경우에는 그림 5.8에서의 격자를 사용하게 되며, 이것으로 보다 보수적인 결과가 얻어지게 된다.

측정 방법은 이전 세부 조항에서 정의된 대로 적용되어야 하며, 그림 5.7 -그림 5.17에서 정의된 격자 패턴에 걸쳐 측정이 이루어지게 된다. 시

힘 중인 장치와 관련하여 실제 사용된 격자 위치는 대표적인 기기 구성을 따른다. 기술된 위치와 다른 격자 위치는 사용된 위치가 장치의 정상적인 사용을 대표한다는 것을 전제로 하여 사용할 수 있다.

각 격자점에서 측정된 값을 기록한 후, 측정된 값의 산술 평균을 계산하여 적절한 도출 기준 레벨과 비교하여야 하고, 그 결과를 기록한다.

300 MHz 이상의 주파수에서, 측정이 실질적으로 원거리장에서 이루어질 경우, 위 전기장의 측정 방법이 사용된다.

마이크로파 주파수의 근거리장과 원거리장 모두에 대한 평가에서 기준 레벨과의 비교를 위해 계산된 장을 이용하는 것이 가능하다. 여러 적합한 상용 패키지를 통해 장 패턴 모델링을 할 수 있는데, 모델은 초기에 하나 이상의 비교 장 측정에 의하여 확인되어야 하며, 적절한 측정 및 모델링 불확실성 이내에서 비교되어야 한다.

표 5.4 기기의 유형에 따른 인체의 치수 및 거리

	그룹	표준치수(cm)			정보적 치수(cm) <sup>(1)</sup>		
		a/b/c	X	Z	높이	너비	깊이
전체 몸통 격자	5.7	15	-	85	-	-	-
전체 머리 격자	5.8	10	-	145	-	-	-
단일 입식 장치	5.9	15	20	85	120-160	-	40-80
이중 입식 장치	5.10	15	20	85	120-160	70-200	40-80
바닥의 단일 장치 <sup>(6)</sup>	5.11	15	-	85	-	60-100	40-80
천장의 단일 장치	5.12	15	-	85	210-250	60-100	40-80
이중 바닥/천장 장치 <sup>(6)</sup>	5.13	15	-	85	210-250	60-100	40-80
“통과” 장치 <sup>(6)</sup>	5.14	15	20	85	210-300	70-300	0.5-50
카운터 실장 장치 <sup>(3)</sup>	5.15	15	30	85	70-90	20-40	20-40
벽 실장 장치	5.16	15	20	-	60-160	20-100	20-50
휴대용 장치 <sup>(4)</sup>	5.17	15	10	-	70-140	영역 : 100-200cm <sup>2</sup>	

- (1) 이 치수들은 대부분의 기기가 놓인 범위를 나타낸다. 일부는 이 범위를 벗어날 수도 있다.
- (2) 머리 격자, 몸통 격자의 크기와 Z 치수의 총 합계는 175 cm로서, 대략 표준인의 키이다.
- (3) X 거리는 카운터 위에 도달했을 때의 대표적인 거리를 나타낸다. 더 근접한 거리에서 운용되는 경우, 직업상의 레벨이 가장 적용 가능성이 높다.
- (4) X 거리는 휴대 장치가 인체를 스캔하기 위하여 사용될 수 있는 가능성을 고려한 것이다.
- (5) 기기와 위 범주에 들지 않는 경우, 가장 근접한 적절한 범주를 이용하거나 위의 범주와 유사한 원칙을 사용한 새로운 구성을 사용하는 것이 허용 가능하다.
- (6) 몇몇 장치는 바닥의 맨 위 표면 아래의 최소 거리에 붙는다. 이 거리는 그 요구가 설치 문서에 분명히 표명되어 있다는 것을 전제로 Z 치수에 부가될 수 있다.
- (7) 격자 위치 및 치수는 프로브의 중앙 위치를 반영한다. 회색 원은 격자에 대한 프로브 위치의 예를 나타낸다.
- (8) 일부 장치는 원형이거나 타원형이지만, 대략적인 치수는 일정한 직사각형 크기를 반영할 것이다.

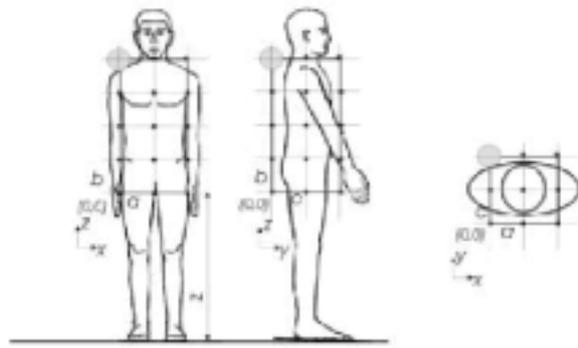


그림 5.7 몸통 측정 격자

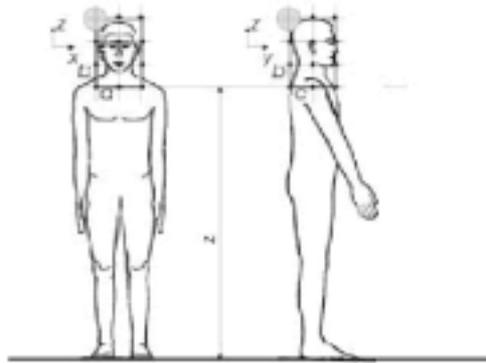


그림 5.8 머리 측정 격자

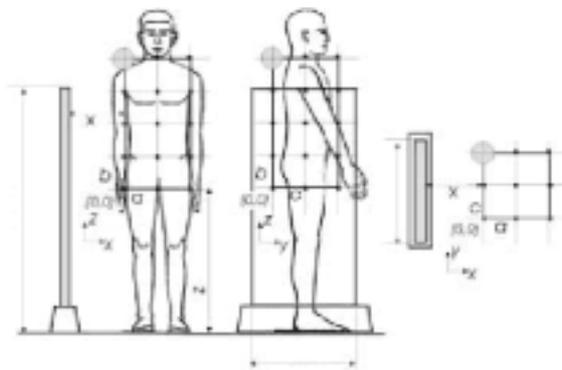


그림 5.9 단일 입식 안테나

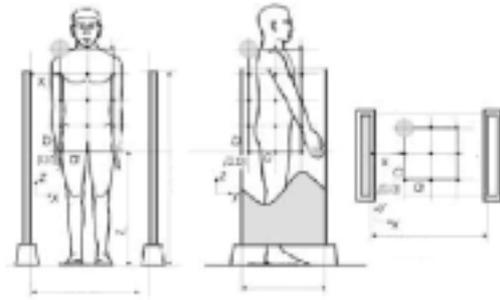


그림 5.10 이중 바닥 입식 안테나

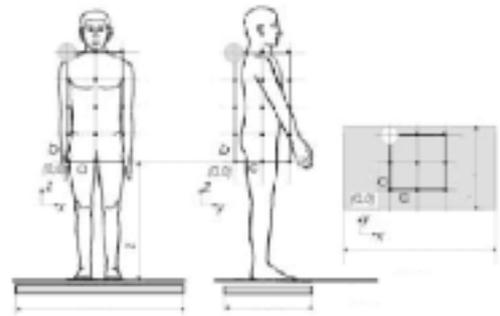


그림 5.11 단일 바닥 안테나

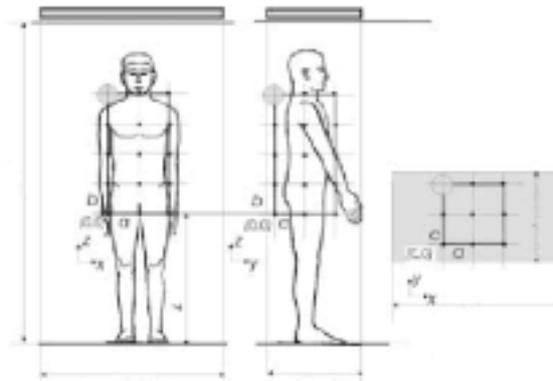


그림 5.12 단일 천장 안테나

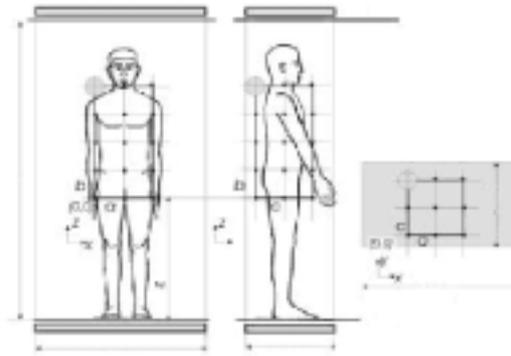


그림 5.13 바닥 & 천장 조합 안테나

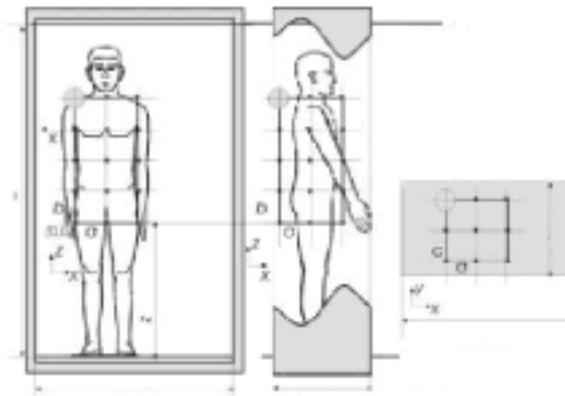


그림 5.14 "통과" 루프 안테나

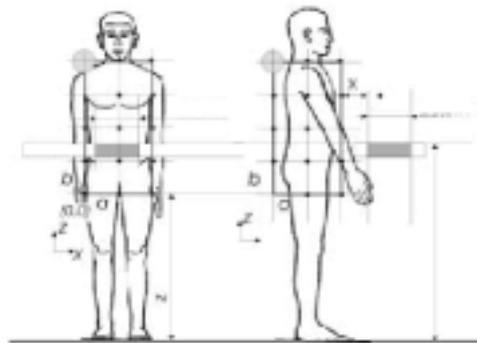


그림 5.15 책상이나 카운터 꼭대기와 수평으로 장착된 안테나

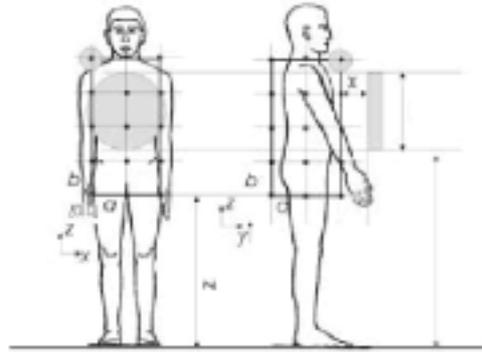


그림 5.16 벽이나 프레임과 수직으로 실장된 안테나

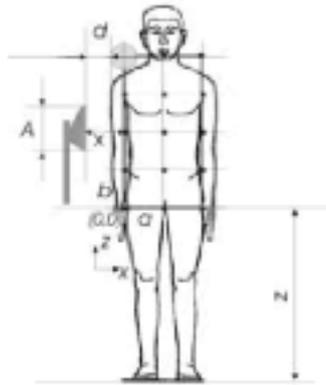


그림 5.17 휴대용 안테나

## 2. 기본 한계와의 적합성을 나타내기 위한 측정 및 분석

측정된 값이 유도된 기준 레벨을 초과하는 경우, 적합성은 기본 한계와의 비교를 통하여 실증될 수도 있다. 이것은 아래 세부 조항에서 요약된 대로 간단한 분석 모델링이나 수치 모델링을 통하여 달성될 수 있다.

적합성을 평가하는 데 있어서, 자기장의 공간적 비 균일성과, 노출이 근거리장에서 있는지 아니면 원거리장에서 있는지를 고려하는 것이 중요하다.

### 가. 30 MHz까지의 장 비균일성 모델링 및 분석

본 세부 조항은 이러한 주파수에서 본 문서에서 다른 기기의 유형에 대하여 정상적인 비균일 장을 고려한다. 근거리장은 장치로부터 약 수 미터까지 이르기 때문에 모든 평가는 근거리장에서 이루어진다.

장은 1에서 사용된 격자보다 더 미세한 격자를 사용하여 측정될 수 있다. 격자 크기는 장의 공간적 편차와 크기와 같아야 하며, 이로 인하여 측정 점들 간의 실제적인 내삽이 가능하다.

장 모델링(Field modeling)도 복합 장 패턴을 판단하기 위하여 수용 가능한 방법이다. 이를 위하여 몇 가지 적합한 상용 패키지가 이용 가능하다. 모델은 초기에 하나 이상의 비교 장(comparative field) 측정에 의하여 검증되어야 하며, 비교는 합리적인 측정 및 모델링 불확정도 이내에서 이루어져야 한다

유도 전류 밀도를 모델링하기 위하여 균일 도전율을 갖는 단순화된 인체모형이 사용된다. 적절한 인체 모델은 원반이나 길쭉한 회전 타원체다. 원반 모형이 사용되는 경우 원반 지름은 40 cm가 되어야 한다. 길쭉한 회전 타원체가 사용되는 경우 치수는 표 2와 같아야 한다. 길쭉한 회전 타원체의 가장자리는 평가 대상 장치와 관련하여, 격자에 대하여 나.에서 사용된 치수와 유사한 높이(Z) 및 거리(X)에 위치되어야 한다. 장치 부품의 전형적인 사용방법(normal method)에 대해서는 그러한 치수가 적절하지 않을 가능성이 있다. 그러한 경우에는 정당하다고 인정되는 다른 치수가 사용될 수도 있다. 모델에서 사용된 장 값은 측정된 것이거나 모델링 된 것일 수 있다(위에서처럼). 사용된 조직 도전율은 그림 3에 기술된 것과 같

아야 한다.

ICNIRP는 최소한 높이 120 × 너비 60인 상당히 큰 회전 타원체를 사용할 것을 권고하고 있다. 회전 타원체가 더 클수록, 동일하다고 가정된 조직 도전율에서 여기에 명시된 회전 타원체에 대해서 보다, 계산된 전류가 더 클 것이다. 이 방법에서는 회전 타원체가 더 클수록 더 엄격한 (conservative) 평가가 된다. 일반적으로 사용된 또 다른 크기는 높이 160 × 너비 80이며, 이것은 더욱 더 엄격한(conservative) 것이다. 이러한 더 큰 크기는 이 표준에서 언급된 평가 방법 및 거리와 관련하여 사용하기에는 적절하지 않다. 유사하게 엄격한 평가를 보증하기 위하여, 보다 작은 회전 타원체에서 얻어진 결과에 비례인자(scaling factor)를 적용할 수 있다.

ICNIRP 지침, 또는 ICNIRP 정보로부터 도출된 지침 및 권고에 따른 기기의 평가를 위하여, 본 세부 조항에서 언급된 60 × 30의 길쭉한 회전 타원체를 사용하여 얻은 결과에는 비례인자 2(120 × 60의 회전 타원체를 기반으로)를 곱해야 한다. 160 × 80의 회전 타원체를 기반으로 한 비교를 위하여 본 세부 조항의 결과에는 비례인자 2.67을 곱해야 한다.

일반 변환 인자(general conversion factor) P는 새로운 회전 타원체의 최대 단면적을 기반으로 한 타원 영역의 제공된 비율을 취함으로써 얻어질 수 있다

$$P = \frac{\sqrt{rab}}{\sqrt{rhd}}$$

여기에서

$h$ 는 이 표준에서 사용된 회전 타원체/타원의 높이이다;

$d$ 는 이 표준에서 사용된 회전 타원체/타원의 너비이다;

$a$ 는 비교를 위해 필요한 회전 타원체/타원의 높이이다;

$b$ 는 비교를 위해 필요한 회전 타원체/타원의 너비이다.

이 수식은 2:1의 가로 세로비(aspect ratio)의 사용에 적절하다. 이것은 2:1 보다 더 큰 가로 세로비에 사용되었을 때에는 전류를 과대 평가한다. 2:1 보다 적은 가로 세로비를 취하는 것은 과소 평가의 결과가 나올 수 있

으므로 유의하여야 한다.

비균일 장의 모델링을 위해서는 차분법, 유한 요소법이나 경계 요소법을 사용하는 몇가지 형태의 물리적인 모델링이 가능한 계산용 소프트웨어 패키지가 필요할 것으로 보인다. 또한, 적절한 상용 소프트웨어 모델도 이용 가능하다; 흔히 이러한 소프트웨어는 장과 유도 전류 모두를 동일한 패키지에서 모델링 될 수 있도록 한다. 그러한 상용 소프트웨어는 기본 한계에 관한 적합성을 점검하는 데 적절하여야 한다. 패키지와 그 사용 방법은 균일 자기장내에서, 균일 도전율을 갖는 원반이나 각 층(layer)에 대하여 균일 도전율을 갖는 층이 진(layered) 실린더 또는 구체 등과 같은 간단한 경우에 있어서의 해석적 솔루션과의 비교를 통하여 시험될 수 있다. 그 모델의 관련 셀들에 대한 평균을 구한 다음, 수치적으로 계산된 전류 밀도는 해석적으로 도출된 값과 20% 이내로 일치하여야 한다: 이것은 계산에 사용된 소프트웨어에 대한 타당성 검사에 이용한다.

대개 모델에 대한 한 번의 확인은 필요하다. 사용할 때마다 모델을 재확인하는 것은 필요하지 않다. 그러한 확인은 소프트웨어 공급자에 의하여 제공될 수 있다.

원형 대칭 장과 같이 매우 간단한 경우에 있어서의 해석적 표현의 수치적 통합은 덜 복잡하고 원가가 더 낮은 소프트웨어 패키지를 사용하는 것이 가능할 수도 있다

모델링의 결과는 국부 또는 전신 평가에 대하여 적절한 평균 크기에 걸쳐 정의된 유도 전류 밀도나 SAR로 명시되어야 한다. 모델링 된 공간 상의 피크 값(적절하게 평균을 낸)은 적절한 기본 한계와 비교되어야 한다.

이러한 비교를 한 결과, 기본 한계가 초과된 경우에는 3에서 개략적으로 설명한 대로 노출량 계산방법을 사용하여 조직 비균일성 및 모양을 고려함으로써 적합성을 실증하는 것이 가능할 수도 있다.

표 5.5 길쭉한 회전 타원체의 치수

	신체	머리
h	60cm	30cm
d	30cm	20cm

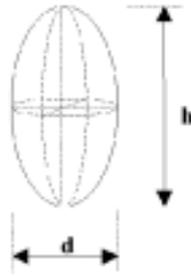


그림 5.18 길쭉한 회전 타원체 치수

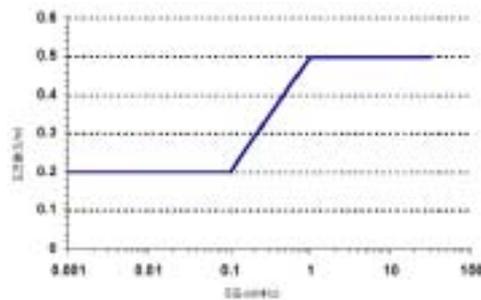


그림 5.19 길쭉한 회전 타원체 도전율

#### 나. 100 kHz에서 30 MHz까지 유도 근거리장 노출의 특별한 경우

이것은 100 kHz에서 30 MHz까지 에서의 소스에 대한 근거리장 노출(균일 장의 가정 하에서라도)에 대한 특별한 경우이다.

100 kHz 이하 주파수에서는 유도 전류 밀도가 노출량이다. 10 MHz 이상 주파수에서, 노출량은 SAR이며, 일반적으로 자기장은 신체와의 상호 작용에 있어서 평면 전자파의 한 성분인 것처럼 생각된다. 100 kHz 이상 인 소스의 유도 근거리장에서 비균일 노출이 발생할 때, 전기장 성분은 평면형태로 전파하는(propagating) 전자파에 대하여 가정된 것보다 훨씬 작기 때문에 이 접근법은 SAR을 과대 평가할 수도 있다. 유도 근거리장 노출의 환경에서는 단지 자기장과 인체와의 상호 작용에 기반을 둔 노출량 모델을 이용하여 기본 한계와의 적합성을 평가하는 것이 더 적절하다. 100 kHz 미만에서 사용된 유도 전류 밀도에 대한 모델은 50 MHz까지의 주파수로 확대될 수 있다. 50 MHz에서 근거리장은 약 1 m까지 확장되며, 이

거리 내에서는 자기장이 지배적인 장 성분이다. 이 표준을 목적으로 이 모델은 30 MHz까지 사용된다.

SAR은 여전히 노출량으로서 사용될 수 있기 때문에, 적합성은 유도 전류 밀도뿐만 아니라 SAR의 기본 한계에 대하여도 시험된다. 심지어 유도 전류 밀도에 대한 기본 한계가 없는 경우의 주파수에서라 하더라도 유도 전류 밀도는 여전히 다음과 같은 관계로부터 국부적인 SAR을 계산하기 위하여 사용될 수 있다.

$$SAR = \frac{|J|^2}{\sigma \rho}$$

여기에서  $J$ 는 유도 전류 밀도의 rms 값이고,  $\rho$ 는 전기 도전율이며,  $\sigma$ 는 신체 조직의 밀도이다. 이것은 순환 맴돌이 전류의 가열 효과를 기술한다.

SAR과 자기장 간의 관계는  $J$ 와  $H$ 를 연결하는 단순 균일 고리형 장 모델(simple uniform-field-in-a-ring model)을 사용하여 계산될 수 있다. 예를 들면, 이것은  $J$ 에 대한 기본 한계로부터  $H$ 의 기준 레벨을 도출하기 위하여 ICNIRP에 의해 사용된 것과 동일한 모델이다. 이것은 근거리 자기장 노출의 특별한 경우에 대한 주파수 내 기준 레벨 이상의 확장이다.

그 모델은 예로서  $J$ 와 SAR 에서의 ICNIRP의 기본 한계를 취하여 아래에서 설명하였다.

전신에 대한 0.08 W/kg의 기본 한계가 사용되는 경우, 그 해석은 관련 자기장이 다음과 같이 주어진다는 것을 보여준다:

$$H = \frac{23}{f} \text{ Am}^{-1}$$

여기에서 주파수  $f$ 의 단위는 MHz 이다.

따라서, 100 kHz 초과 및 30 MHz 미만의 이 근거리장 예의 가정을 사용하는 경우, 몸통에 있어서의 자기장 세기가  $23/f \text{ Am}^{-1}$ 을 초과하지 않는 경우에 전신 평균 SAR에 대한 ICNIRP 기본 한계가 만족될 것이다. 여기에서 주파수  $f$ 의 단위는 MHz 이다. 이것은 전력 밀도나 장 세기 제공 원칙 위에서 시간 평균 될 수 있다.

10 MHz까지의 주파수에서 유도 전류 밀도  $J$ 의 기본 한계가 있기 때문에, SAR 시간 평균이 적용될 때에는, 순간 장은 전류 밀도 기본 한계를

초과하는  $J$ 를 일으키기에는 충분하지 않다.

ICNIRP 일반인 노출 지침의 특정한 경우에 대하여, 이것은 10 MHz 미만인 주파수에서 자기장 세기가  $5 \text{ Am}^{-1}$ 을 초과하지 않는 경우에 확실하게 될 것이다. 직업상의 노출에 대하여 해당 자기장 세기는  $25 \text{ Am}^{-1} \text{ rms}$ 가 된다.

#### 다. 30 MHz 이상 주파수

근거리장에 있어서는 현재 이용 가능한 단순화된 모델링 기술이 없다. 원거리장에 대해서는 유도된 기준 레벨과 비교될 장을 결정하기 위하여 상용 소프트웨어가 사용될 수 있다.

만일 원거리장에서 기준 레벨이 초과되는 경우에는 해석적 기술이 국부 SAR을 계산하기 위하여 사용될 수도 있다. 만일 근거리장에서 기준 레벨이 초과되는 경우에는 직접 기본 한계에 대한 적합성을 평가하여야 한다. 이를 위해서는 간단한 해석적 접근법이 있을 수도 있지만, 사람이나 신체 일부(즉, 머리)의 존재가 안테나의 복사 특성에 영향을 미칠 것으로 보인다. 이러한 상황에서는 안테나와 신체가 결합된 시스템의 일부로서 다루어지는 수치 모델링을 사용하는 것이 통상적이다(3 참조).

#### 라. 국부 SAR(10 MHz에서 10 GHz까지)

몇몇 지침은 최대 SAR의 국부 값을 명시한다. 예를 들면, ICNIRP 지침은 연속 조직 10 g 상의 국부 SAR을 정의한다. 계산은 국부 조직 체적으로 유효 전력으로 이루어질 수 있다.

아래에 조직 10 g에 대한 ICNIRP의 계산 예를 나타내었다.

이것의 가장 간단한 형식은 모든 송신 전력이 0.01 kg으로 들어간다고 가정하는 것이다. 기본 한계는  $2 \text{ W/kg}$ 이므로 6분에 걸쳐 평균을 구하여 안테나 포트로부터  $20 \text{ mW}(= 2/100 \text{ W})$  보다 적게 공급하는 모든 장치는 기본 한계를 충족시킬 것이다.

이것은 조직 0.01 kg으로 들어가는 최대 전력비율을 모델링 함으로써 확대될 수 있다. 앞 세부 조항에서와 같이, 모델은 비교 측정에 의해 확인되어야 한다.

### 3. 기본 한계와의 적합성을 나타내기 위한 수치 모델링

노출량 계산을 통하여 적합성을 나타낼 수 있다. 노출량 계산은 정교한 밀리미터 해상도를 갖는 인체 모델(대략 2-6 mm인 복셀 해상도를 갖는)을 이용한다. 이러한 모델은 종종 MRI 데이터로부터 또는 해부 단면도의 사진으로부터 도출되며, 뇌 및 척수 등의 CNS 조직에 대한 것을 포함한 정확한 조직 도전을 포함한다. 본 세부 조항은 여러 가지가 동등하게 적용 가능하고 정확하기 때문에, 어떤 하나의 개별적인 방법, 모델 또는 기술을 명시하지 않는다. 이 영역에 있어서의 연구가 계속되고 있으며, 새로운 방법 및 정보의 이용이 가능해 질 것이다. 이러한 것들은 본 세부 조항에서 정한 기준을 만족한다는 것을 전제로 하여 사용될 수 있다.

유도 전류 및 SAR 분포는 사용된 모델의 해상도에서 계산된다. 사용된 모델은 해부학적 기초 위에서 이루어진 것이기 때문에, 고려 중인 노출 유형에 대하여 적절하다면, 뇌 및/또는 척수 등의 중추신경계(CNS)에서의 결과를 명시적으로 얻는 것이 가능하다.

그러한 모델링 기술이 사용되는 경우, 적절한 타당성 검증이 필요하다. 타당성 검증은 전문가 검토(peer-reviewed), 적절한 공표 참조 인용 또는 기타 검토되었거나 참조된 모델과의 비교를 통하여 가능하다.

#### 가. 해부학적 인체 모델

국제 방사능 방호 위원회(International Commission for Radiological Protection)는 "표준 남성(standard man)"을 키 1.76 m, 몸무게 73 kg으로 정의하였다. 이에 입각하여 다음과 같은 기준을 충족하는 모델이 사용하기에 적절하다:

- 키: 1.76 m 5%;, 몸무게: 73 kg 5%;, 대표적인 인간 외형;
- 인체의 비균질 구조의 표본;
- 조직의 실제적인 유전특성(dielectric properties);
- 10 mm 이상의 data 해상도.

많은 해부학적 인체 모델이 이용되고 있다. 이 모델들은 의학 영상 데이

터나 해부 단면 도형/그림을 기반으로 하며, 남성의 표본이다. 실제 데이터 세트는 위 기준에 부합하도록 크기가 조정될 수도 있다. 국부 노출 상황에 있어서, 이것은 명확하게 영향 받는 신체의 일부만을 이용하는 모델에 대해서도 수용 가능하다.

대부분의 모델들은 특정한 관련 기관이나 저자의 것이지만, 위 기준이 충족되는 경우, 이 모델을 사용하는 것은 여전히 적절하다. 더 공개적으로 이용 가능한 예는 미국 메릴랜드 베데스다의 국립 의학 도서관으로부터의 Visible Human Project이다. Visible Human 정보를 기반으로 한 상용 데이터 세트가 있다.

모델링 프로세스의 또 다른 중요한 부분은 다양한 조직 유형의 전기적 특성을 규정짓는(characterize) 것이다. 인체 모델에서의 각 조직 유형은 전체 모델에 포함된 각 조직 유형과 연관된 전기적/유전적(dielectric) 특성을 가져야 한다. 전기적 특성은 보통 주파수 의존적이기 때문에 그 특성도 고려되어야 한다. 이러한 특성에 대한 공표된 정보를 이용할 수 있다.

동일한 복셀 내에 여러 조직 유형들이 있을 경우에는 조직 특성의 평균을 사용하여 모델링하는 것이 전형적인 방법이다.

평균을 계산하는 대신 최악의 경우에 해당하는 조직 유형이나 관심 대상인 조직 유형(tissue type of concern)을 사용해도 좋다. 복셀이나 평균 영역이 CNS 조직을 포함하는 경우, 모델링을 할 때 복셀이나 평균 영역이 CNS 조직만을 포함한다고 가정할 수도 있다.

### 1) 해부학적 모델의 종류

해부학적 모델에 대한 참조나 그 모델에 대해 책임을 지고 있는 기관은 그 모델들이 다른 모델들보다 어떻게 더 적합하거나 더 정확하다고 표시하지 않는다. 모델의 파라미터 및 복셀 크기는 대부분의 모델이 ICRP 표준 남자에 일치하도록 하기 위하여 환산되어야 하는 이유인 상당한 불확실성에 기여할 수 있다.

#### 가) Visible Human Project

Visible Man 데이터 집합은 미국 메릴랜드 베네스다 8600 Rockville Pike에 있는 국가 의학 도서관의 Visible Human Project의 첫 번째

결과이다. 이것은 완전한 인간 남성의 디지털 영상 데이터 집합이며, 사이로섹션(cyrosection) 영상뿐만 아니라 계산된 X선 단층 촬영 사진 및 자기 공명 스캔으로 구성된다.

나) "MEET Man"

이것은 이후에 40개의 상이한 조직 유형들로 단편화 되고 분류된 복셀 표현 내 체적 데이터를 얻기 위한 Visible Man 데이터 집합의 조작된(processed) 버전이다. 이 작업은 독일 Kaiserstrasse 12, D-76128 Karlsruhe의 Karlsruhe 대학 생물 의학 공학 연구소에 의하여 수행되었다.

다) "Hugo"

이 해부 3D 체적 및 표면 데이터 집합도 Visible Man 정보를 기반으로 한다. 현재 그 데이터는 조직의 40 가지 유형으로 분류되었다. 그 데이터는 노출량을 위하여 유용한 복셀 집합을 포함한 상이한 형식으로 생성되었다. ViewTec, Schaffhauserstrasse, CH-8052 취리히, 스위스.

라) "Norman"

이 모델은 각각 분리된 조직 유형(또는 공간)에 대한 정보를 담고 있는 복셀들의 3D 정렬이다. 이것은 의학 영상 데이터를 기반으로 하며, 37 가지의 상이한 조직 유형으로 분류되었으며, ICRP66 표준 남자에 일치하도록 하기 위하여 환산되었다. 이 작업은 영국 옥스포드셔 디드코트 칠튼의 국가방사능보호위원회(NRPB)에 의하여 수행되었다.

마) 유타 대학

이 해부적으로 기반을 둔 인체의 복셀 모델은 남성 지원자의 MRI 스캔으로부터 얻어졌다. 이것은 31 가지의 조직 유형으로 분류되었으며, ICRP66 표준 남자에 일치하도록 하기 위하여 환산되었다.

바) 빅토리아 대학

이것은 최대 128 가지 상이한 조직들로 분류된 복셀 기반 모델이다. 이 작업은 V8W 3P6 캐나다 빅토리아 B.C.의 빅토리아 대학 전기 컴퓨터 공학 부문인 전파 공학 그룹에 의하여 수행되었다.

## 2) 해부학적 모델링을 위한 조직의 전기적 속성

다양한 조직 유형의 전기적 특성에 대한 몇 가지 조사가 있었다. 대부분의 경우, 조사는 특정 주파수나 주파수 범위에 대하여 공표되었다. 이것은 이러한 속성이 주파수에 따라 변하며, 값은 주파수와 조직 유형이 모델링 될 때 그 사이에 보간되었다는 것을 보여준다. 특정 해부학적 모델의 정확한 조직 특성에 정합하도록 하기 위해서는 속성 값의 추가적인 보간 및/또는 평균이 요구될 가능성도 있다.

Gabriel 등은 1995/6년 동안에 발표된 논문 및 보고서에서 이것에 대한 광범위한 평가를 수행하였다. 작업은 광범위한 주파수를 망라하여 속성을 계산하기 위하여 새로운 측정법, 기존 논문과 알고리즘의 비교를 포함하였다. 이 표준 발행일 당시 이것은 일반적으로 그 주제에 대한 가장 포괄적인 작업인 것으로 인정되었다. 현재의 모델링 작업의 상당 부분이 적절한 경우 이전 작업으로부터의 정보를 통하여 보완하는 기반으로서 이러한 값을 사용한다. 불확실성은 주파수 범위의 끝에서 더 크게 증가므로, 이것은 고려되어야 한다.

그러나 이 분야에서 작업은 계속 진행되고 있는 바, 미래에 새로운 결과를 생성할 수도 있다.

일부 조직 유형은 이방성(즉, 상이한 방향에서 상이한 속성을 지님)이라는 것을 유의하여야 한다. 그러나 이 효과를 모델링하는 것이 항상 가능한 것은 아니므로, 이 모델에서는 평균(또는 유사) 값이 사용된다.

Brooks AFB에 대한 Gabriel 보고서에서 제공된 알고리즘을 기반으로 하여 여기에서 제공된 값의 표는 이탈리아 국가 연구 위원회(Italian National Research Council)의 전자파 연구소(Electromagnetic Wave Research Institute)에 의하여 수행된 계산으로부터 획득되었다. 이러한 표는 수치 모델링 목적을 위하여 사용되거나 보간될 수도 있는 예시 값이다. 특정 주파수에서의 더 정확한 값도 유사한 성격의 인용된 참조나 작업으로부터 획득될 수도 있다.

표 5.6 조직 유형의 도전율

주파수 조직유형	도전율(S/m)									
	10Hz	100Hz	1kHz	10kHz	100kHz	1MHz	10MHz	100MHz	1GHz	10GHz
공기	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
대동맥	0.25	0.28	0.31	0.31	0.32	0.33	0.34	0.46	0.73	9.13
방광	0.20	0.21	0.21	0.21	0.22	0.24	0.27	0.29	0.40	3.78
혈액	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.82	1.10	1.23	1.58	13.13
뼈(망상조직)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.12	0.17	0.36	3.86
뼈(피질)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.06	0.16	2.14
뼈(골수)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.58
뇌(회백질)	0.03	0.09	0.10	0.11	0.13	0.16	0.29	0.56	0.99	10.31
뇌(백색질)	0.03	0.06	0.06	0.07	0.08	0.10	0.16	0.32	0.62	7.30
가슴 지방	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.74
연골	0.16	0.17	0.17	0.18	0.18	0.23	0.37	0.47	0.83	9.02
소뇌	0.05	0.11	0.12	0.13	0.15	0.19	0.38	0.79	1.31	9.77
뇌척수액	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.11	2.46	15.38
후부	0.30	0.41	0.52	0.54	0.55	0.56	0.63	0.74	0.99	10.05
결장	0.01	0.12	0.23	0.24	0.25	0.31	0.49	0.68	1.13	11.49
각막	0.41	0.42	0.42	0.44	0.50	0.66	0.87	1.04	1.44	11.33
십이지장	0.51	0.52	0.52	0.53	0.54	0.58	0.78	0.90	1.23	13.31
경뇌막	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.54	0.74	0.99	8.58
안공막	0.50	0.50	0.50	0.51	0.52	0.62	0.80	0.90	1.21	11.31
지방	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.59
쓸개	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	1.01	1.29	12.53
쓸개즙	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.54	1.88	15.36
심장	0.05	0.09	0.11	0.15	0.22	0.33	0.50	0.73	1.28	11.84
신장	0.05	0.10	0.11	0.14	0.17	0.28	0.51	0.81	1.45	11.57
수정체	0.26	0.26	0.26	0.27	0.28	0.30	0.43	0.56	0.83	8.53
간	0.03	0.04	0.04	0.05	0.08	0.19	0.32	0.49	0.90	9.39
폐(수축)	0.20	0.21	0.22	0.24	0.27	0.33	0.44	0.56	0.90	10.12
폐(팽창)	0.04	0.07	0.08	0.09	0.11	0.14	0.23	0.31	0.47	4.21
점막	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.22	0.37	0.52	0.88	8.95
근육	0.20	0.27	0.32	0.34	0.36	0.50	0.62	0.71	0.98	10.63
신경	0.02	0.03	0.03	0.04	0.08	0.13	0.22	0.34	0.60	6.03
식도	0.51	0.52	0.52	0.53	0.54	0.58	0.78	0.90	1.23	13.31
난소	0.31	0.32	0.32	0.33	0.34	0.36	0.46	0.75	1.34	9.82
췌장	0.05	0.10	0.11	0.14	0.17	0.28	0.51	0.81	1.45	11.57
전립선	0.41	0.42	0.42	0.43	0.44	0.56	0.78	0.91	1.25	12.38
피부(건성)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.20	0.49	0.90	8.01
피부(습성)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.22	0.37	0.52	0.88	8.95
소장	0.51	0.52	0.53	0.56	0.59	0.86	1.34	1.66	2.22	12.69
척추	0.02	0.03	0.03	0.04	0.08	0.13	0.22	0.34	0.60	6.03
비장	0.04	0.10	0.10	0.11	0.12	0.18	0.51	0.08	1.32	11.38
위	0.51	0.52	0.52	0.53	0.54	0.58	0.78	0.90	1.23	13.31
건	0.25	0.30	0.38	0.39	0.39	0.39	0.41	0.49	0.76	10.34
고환	0.41	0.42	0.42	0.43	0.44	0.56	0.78	0.91	1.25	12.38
흉선	0.51	0.52	0.52	0.53	0.54	0.60	0.72	0.79	1.08	12.13
갑상선	0.51	0.52	0.52	0.53	0.54	0.60	0.72	0.79	1.08	12.13
혀	0.26	0.27	0.27	0.28	0.29	0.39	0.57	0.67	0.98	11.08
기관지	0.30	0.30	0.30	0.31	0.34	0.37	0.46	0.55	0.80	8.54
자궁	0.20	0.29	0.49	0.51	0.53	0.56	0.75	0.94	1.31	12.49
진공	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
유리체액	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.67	15.13

표 5.7 조직 유형의 상대 유전율

주파수 조직유형	유전율					
	100 kHz	1MHz	10MHz	100MHz	1GHz	10GHz
공기	1	1	1.0	1.0	1.0	1.0
대동맥	930	218	109.5	59.8	44.6	32.7
방광	1231	343	51.5	22.7	18.9	14.0
혈액	5120	3026	280.0	76.8	61.1	45.1
뼈(망상 조직)	472	249	70.8	27.6	20.6	12.7
뼈(피질)	228	145	36.8	15.3	12.4	8.1
뼈(골수)	111	40	19.3	6.5	5.5	4.6
뇌(회백질)	3222	860	319.7	80.1	52.3	38.1
뇌(백색질)	2108	480	175.7	56.8	38.6	28.4
가슴 지방	71	24	7.9	5.7	5.4	3.9
연골	2572	1391	179.3	55.8	42.3	25.6
소뇌	3515	1141	464.7	89.8	48.9	34.6
뇌척수액	109	109	108.6	88.9	68.4	52.4
후부	1751	448	179.7	60.3	49.6	37.7
결장	3722	1679	271.5	81.8	57.5	41.9
각막	10567	2878	259.4	76.0	54.8	40.3
십이지장	2861	1678	246.4	77.9	64.8	48.9
경뇌막	326	253	194.9	60.5	44.2	33.0
안공막	4745	2178	208.3	67.9	55.0	41.5
지방	93	27	13.8	6.1	5.4	4.6
쓸개	107	100	98.8	79.0	59.0	47.2
쓸개즙	120	120	119.5	95.0	70.0	55.9
심장	9846	1967	293.5	90.8	59.3	42.2
신장	7652	2251	371.2	98.1	57.9	40.3
수정체	1704	829	212.5	55.8	41.8	30.7
간	7499	1536	223.1	69.0	46.4	32.5
폐(수축)	5145	1171	180.3	67.1	51.1	38.0
폐(팽창)	2581	733	123.7	31.6	21.8	16.1
점막	15357	1833	221.8	66.0	45.7	33.5
근육	8089	1836	170.7	66.0	54.8	42.8
신경	5133	926	155.1	47.3	32.3	23.8
식도	2861	1678	246.4	77.9	64.8	48.9
난소	1942	678	293.6	87.2	49.8	32.8
췌장	7652	2251	371.2	98.1	57.9	40.3
전립선	5717	2683	246.9	75.6	60.3	45.2
피부(건성)	1119	991	361.7	72.9	40.9	31.3
피부(습성)	15357	1833	221.8	66.0	45.7	33.5
소장	13847	5676	488.5	96.5	58.9	42.0
척추	5133	926	155.1	47.3	32.3	23.8
비장	4222	2290	440.5	90.7	56.6	40.6
위	2861	1678	246.4	77.9	64.8	48.9
건	472	160	103.2	53.9	45.6	29.3
고환	5717	2683	246.9	75.6	60.3	45.2
흉선	3301	1433	162.7	68.8	59.5	45.2
갑상선	3301	1433	162.7	68.8	59.5	45.2
혀	4746	2178	208.3	67.9	55.0	41.5
기관지	3735	775	146.1	53.0	41.8	31.1
자궁	3411	1168	321.6	80.0	60.8	45.3
진공	1	1	1.0	1.0	1.0	1.0
유리체액	98	84	70.0	69.1	68.9	57.9

### 3) 길쭉한 회전 타원체의 상이한 크기를 이용하여 모델링된 유도 전류의 비교

여기에서는 세 가지 상이한 크기의 길쭉한 회전 타원체 입체에서의 유도 전류 평가를 실었다: 모든 최대 폭과 높이 치수에 있어서 60 cm × 30 cm, 120 cm × 60 cm, 160 cm × 80 cm. 모델링은 상업적으로 가용한 FEM 소프트웨어를 사용하여 수행되었다.

균일 장은 고찰된 길쭉한 회전 타원체와 관련하여 큰 코일을 사용하여 실험되었다. 결과는 0.2 mS 도전율을 사용하여 생성된 자기장과 그 결과인 유도 전류 밀도 모두에 대하여 나타내었다. 그 값은 어느 한 대의 기기나 어느 특정 지침용은 아니다.

결과들 간의 비율은 회전 타원체의 한 가지 크기를 사용하여 모델링이 어떻게 이루어지고, 배수(multiplying factor)를 사용하여 다른 크기로 전환될 수 있는가를 나타낸다.

#### 가) 균일 자기장 소스

58 kHz 주파수에서 균일 자기장을 제공하기 위하여 5 평방 미터로서 매우 큰 Helmholtz 코일 집합이 사용되었다. 자기장의 균일 정도는 1 % 이내였다. 그림 B.1은 이 Helmholtz 코일과 길쭉한 회전 타원체의 기하학적 배열을 나타낸다.

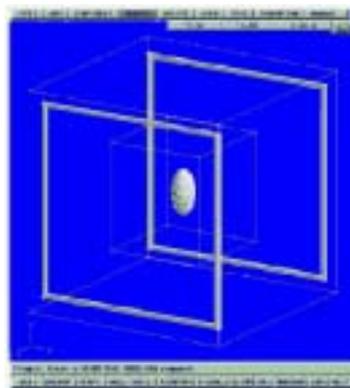


그림 5.20 Helmholtz 코일과 길쭉한 회전 타원체

나) 60 cm × 30cm 길쭉한 회전 타원체에 대한 모델링 결과

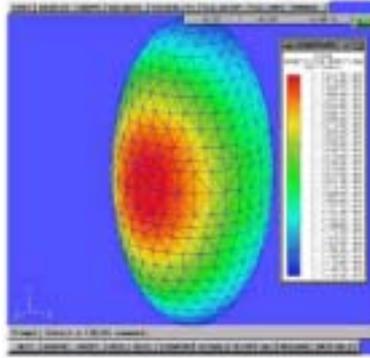


그림 5.21 자기장(60cm×30cm)

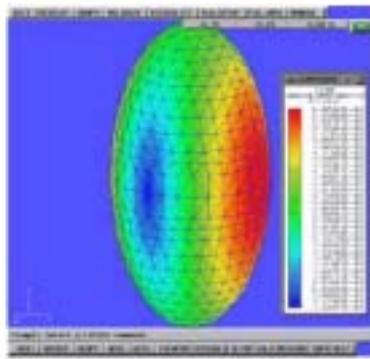


그림 5.22 유도 전류 밀도(60cm×30cm)

다) 120 cm × 60 cm 길쭉한 회전 타원체에 대한 모델링 결과

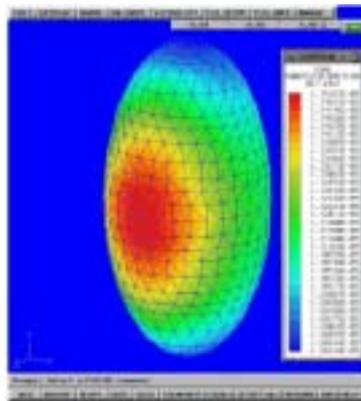


그림 5.23 자기장(120cm×60cm)

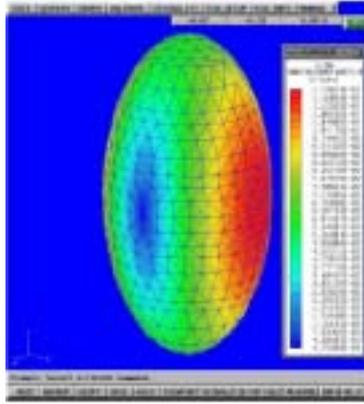


그림 5.24 유도 전류 밀도(120cm×60cm)

라) 160 cm × 80 cm 길쭉한 회전 타원체에 대한 모델링 결과

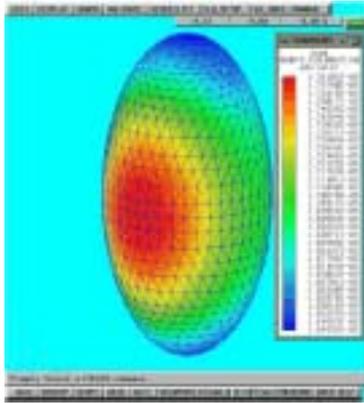


그림 5.25 자기장(160cm×80cm)

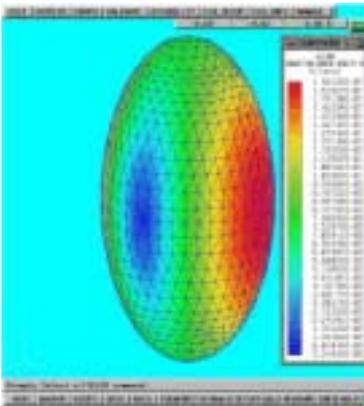


그림 5.26 유도 전류 밀도(160cm×80cm)

표 5.8 회전타원체의 크기에 따른 전자기장

길쭉한 회전타원체 크기	최대자기장 (모델에서 사용된)	최대 유도 전류 밀도	60cm × 30cm 대비 비율
60cm × 30cm	17.3 $\mu T$	60.0 $\text{mA}\cdot\text{m}^{-2}$	1.0
120cm × 60cm	17.5 $\mu T$	119.8 $\text{mA}\cdot\text{m}^{-2}$	2.0
160cm × 80cm	17.6 $\mu T$	156.7 $\text{mA}\cdot\text{m}^{-2}$	2.6

#### 나. 계산/모델링 방법

수년에 걸쳐 인체의 비균질 해부학적 기반 모델에서의 유도 전류 밀도 및 SAR 분포의 계산을 위하여 여러 계산 방법이 제안되었다. 이 방법들은 유한 요소법(FEM), 유한 적분법(FIT), 임피던스법, 환산 주파수 시간영역 유한차분법(FDTD), 스칼라 전위 유한차분법(SPF)이다.

모든 방법이 균일 장 노출 조건에 대하여 사용될 수 있다. 준-정적방법(Quasi-static method)은(입사 장의 위상이 모델링 된 인체에 걸쳐 일정하다고 가정되는 경우) 인체 치수가 파장(약 30 MHz까지)에 비해 작은 경우, 더 낮은 주파수에서 적절하다. 맥스웰 방정식의 해법을 기반으로 한 방법(예를 들면, FDTD법)은 더 높은 주파수에서 선호된다.

보다 낮은 주파수의 기본 자기장을 사용하는 EAS/RFID 장치의 비균일 벡터 자기장 특성을 모델링하는 경우에는 특별한 주의를 기울여야 한다. 현재 임피던스법 및 SPFD법이 이 목적을 위하여 사용될 수 있다; 다른 방법들도 장의 비균일성이 적절히 다루어진다는 것을 전제로 사용될 수도 있다.

전형적인 해상도는 전신 모델의 낮은 해상도에 대해서는 6-10 mm 정도, CNS 조직을 포함한 특정 부분의 더 세밀한 모델링에 대해서는 2-4 mm 정도가 사용된다. 그 다음으로 필요한 경우 더 낮은 해상도에서의 평균 값을 계산하기 위하여 이러한 결과를 사용하는 것도 가능하다. 예를 들면, ICNIRP는  $1 \text{ cm}^2$  에서의 평균을 명시하였다.

#### 다. 평가대상 장치와 관련된 인체의 위치

평가 대상 장치와 관련된 인체의 위치는 4.1.2에서 정의된 원칙을 반영

하여야 한다. 이용 가능한 인체 모델들에는 차이점이 있기 때문에, 정확한 위치 정합은 가능하지 않을 수도 있지만, 표 1에서 제공된 치수들은  $\pm 10\%$  이내에 들어가야 한다.

이 이외의 위치를 사용하는 것도 가능하지만, 다른 위치의 사용은 장치의 실제 사용의 대표적인 것이어야 하며, 평가 보고서에 명확하게 언급되어야 한다.

#### 라. 평가 보고서

평가 보고서는 다음과 같은 최소한의 정보를 포함하거나 부록으로 첨부하여야 한다:

- 평가된 장치의 상품명이나 제품에 대한 언급;
- 보고서를 제출한 조직이나 사람에 대한 세부 연락처;
- 평가한 전문가 및/또는 조직에 대한 세부 연락처;
- 사용된 모델링/계산 방법에 대한 설명(적절한 경우 공표된 참조를 포함);
- 사용된 인체 모델 및 조직 파라미터의 요약(적절한 경우 공표된 참조나 데이터 출처를 포함);
- 평가된 장치와 관련된 인체 및/또는 CNS 위치의 요약;
- 평가된 장치의 외형 및 방출을 나타내는 모델의 설명;
- 결과 요약 및 설명;

#### 4. 사지 전류 및 접촉 전류 측정

사지 전류와 접촉 전류 모두는 팔이나 다리에서의 계기용 변류기 상의 클램프를 사용하여 측정되어야 한다. 이 측정 방법은 IEC 61983에 기술되어 있다. 다리를 통과하는 전류에 대하여, 스탠드-온 전류계도 클램프-온 변류기 대신 사용될 수도 있다. 측정 값은 적합성 평가에 대한 적절한 지침과 비교되어야 한다.

## 제4절 전자기장 감시(monitoring)를 위한 측정

본 조항은 설치된 기기 상에서 방출되는 장을 평가하기 위한 방법을 제공한다. 이러한 유형의 평가를 수행할 때에는 다음과 같은 사항을 고려할 필요가 있다:

- 평가 대상 기기는 이것이 기본 한계를 충족시킨다는 것을 전제로 하여 관련 권고 및 지침으로부터의 기준 레벨을 초과하는 장을 생성할 수 있다. 일반적으로 기본 한계를 직접적으로 측정하는 것은 불가능하다.
- 환경 내의 배경 잡음과 기타 소스로 인한 현저한 영향이 있다.
- 전체 측정 값에 기여하는 여러 대의 기기(이 표준에서 다루어진 모든 것은 아닌)가 있을 수도 있다. 이 표준에서 다루어진 기기로 인한 노출은 그 레벨 이하인 반면, 이것은 적절한 지침에서의 레벨 이상의 전체적인 노출을 유발할 수 있다.

### 1. 전자기장 측정

#### 가. 일반인이 상당한 시간을 보내는 곳에 대한 측정

본 세부 조항은 노출 지침이나 권고가 명시된 일반인이 상당한 시간을 보내는 영역에 대하여 이용되어야 한다. 이 표준에 의하여 다루어진 기기로부터의 노출은 일시적인 성격을 지니며, 따라서 일반인은 일반적으로 짧은 기간 동안만 노출될 것이다. 이것이 명시되지 않은 경우 5.1.2가 이용되어야 한다.

레벨은 기기 주변 2 m의 최소 거리에서 직접 방법을 사용하여 측정되어야 한다. 측정 값이 비교를 위하여 사용된 기준 레벨을 초과하는 경우, 추가적인 평가가 필요할 수도 있다.

#### 나. 일시적이지 않은 노출에 대한 세부적인 측정

레벨은 앞에서 정의된 방법 및 거리를 사용하여 측정되어야 한다. 측정 값이 기준 레벨보다 클 경우에는 4의 2)에서 정의된 방법이 그 세부 조항

에서 정해진 최소 거리, 또는 측정 값이 더 클 경우에는 대개 일반인에 의하여 점유된 위치에서 사용되어야 한다. 측정 값이 비교를 위하여 사용된 기준 레벨을 초과하는 경우, 추가적인 평가가 필요할 수도 있다.

#### 다. 직업인 노출에 대한 측정

레벨은 앞에서 정의된 방법을 사용하여 그 세부 조항에서 정해진 최소 거리에서, 또는 측정 값이 더 클 경우에는 일반적으로 직업인에 의하여 점유된 위치에서 측정되어야 한다. 측정 값이 비교를 위하여 사용된 기준 레벨을 초과하는 경우, 추가적인 평가가 필요할 수도 있다.

## 2. 추가 평가

기준 레벨이 초과되었다면, 이것은 기기의 한 부분에 기인된 것이 아니라, 그 위치에서의 소스의 전체 조합으로 인한 것일 수도 있다. 대신에, 기기의 한 부분으로 기인한 것일 수 있다면, 그것은 여전히 기본 한계를 만족한다. 이러한 경우에는 다음과 같이 세부적으로 노출에 기여한 모든 기기에 대한 추가 평가가 이루어질 수 있다:

- 가능한 경우 전체 노출을 최소화하기 위하여 기기의 몇몇 부분의 위치를 조정.
- 통제된 시험 환경에서 기기(또는 유사기기)의 개별적인 부분에 대해 반복 시험.
- 기기에 대한 사용자 지침이나 설치 안내에서 제공된 정보를 이용한 기기 설정(전류, 전압 등) 비교.
- 이 표준에 의하여 다루어진 평가 결과를 포함한 기술 문서와 기기의 비교.
- 기기의 개별적인 부분에 대해 완전한 평가.
- 평가에 요구되는 기술 세부 사항 때문에, 제조 사업자나 원래 기기 공급 사업자와는 평가를 수행하는 동안 자문이 이루어져야 한다.

## 제5절 다중 주파수나 복잡한 파형을 지닌 소스로부터의 노출

본 문서에서 다루어진 장치의 운용 성격은, 이 장치들이 30 dB 이상까지 억제된 다른 주파수와 하나 이상 분리된 주파수 상에서 운용된다는 것이다. 이러한 경우 노출 평가는 평가되어야 하는 모든 다른 주파수들을 필요로 하지 않고 신고된 운용 주파수나 주파수들에서 이루어질 수 있다. 그렇지 않은 경우, 노출 평가는 이것이 적용되지 않는 모든 주파수들에서 이루어져야 한다.

다중 주파수에서 운용되는 장치는 동시에 그 모든 주파수를 사용하지 않을 수도 있다. 동시적이지 않은 운용의 영향은 동시에 사용되지 않은 각 주파수나 주파수들에 대하여 별도의 평가가 수행될 수도 있을 만큼 부가적이지 않다. 시평균이 사용되는 경우에는 평균하는 기간 동안 전송된 모든 주파수가 고려되어야 한다.

동시 노출이 상이한 주파수의 장에 대하여 발생한 상황에 있어서는, 이러한 노출이 그 영향에 부가될 가능성이 고려되어야 한다. 복잡하고, 비 정현 파적인 파형을 방출하는 장치를 효과적으로 평가하는 것도 불가능 할 수 있다. 그러한 경우 파형은 영향에 부가되는 관련 주파수의 푸리에 유형 시리즈로서 고려될 수도 있다.

그러한 가산성(additivity)에 기반을 둔 계산은 각 영향에 대하여 별도로 수행되어야 한다; 그러므로, 별도의 평가가 인체에 대한 온도 및 전기 자극 영향에 대하여 이루어져야 한다. 지침과 권고에 따라서는 부가되는 여러 장들에 대하여 약간 상이한 계산 방법들을 가지고 있다. 지침 및 권고에 기술된 방법들은 이에 대한 적합성을 평가할 때 사용되어야 한다.

단기 펄스는 이것을 유효 주파수로 변환함으로써 평가될 수 있다. 다양한 지침이 유효 주파수의 계산이나 푸리에 기술을 포함한 펄스에 대한 상이하고, 명시적인 접근법을 채택한다. 이것은 개발 중인 영역이다. 적합성 평가를 위하여 사용되는 지침에 대하여 적절한 기술이 사용되어야 한다.

## 제6절 불확정도

본 항은 상이한 평가 방법들의 불확정도에 대한 지침을 제공한다. 또한 기기를 평가할 때 합리적으로 고려될 수 있고, 공유된 불확정도 총체(uncertainty budget)가 적용될 수 있는 불확정도의 전체 레벨을 제공한다. 모든 경우에 있어 평가는 기기의 대표적인 샘플을 기반으로 하여 이루어져야 한다. 생산 변동은 평가에 포함되지 않는다.

### 1. 불확정도 평가

평가 방법에 있어서의 불확정도는 측정에서의 불확정도의 표현에 대한 ISO 가이드에 기술된 방법에 따라 평가되어야 한다. 이것에 대한 충분한 전체적인 해설은 EMC 측정에 대한 NIS 81에 의하여 제공되며, 이러한 기본 원칙은 불확정도 측정 및 모델링 모두를 위하여 사용될 수 있다. 이동 무선 기기에 대한 유사 문서는 ETR 028이며, 두 문서를 사용함으로써 발생하는 모든 사소한 차이는 중요한 것으로 고려되지 않는다.

#### 가. 개별 불확정도

개별 불확정도가 평가되어야 하며, 평가 결과에 대한 등가 표준 편차로서 기술되어야 한다. 개별 불확정도 값이 최종 결과에 어떤 영향을 미칠 것인가(모든 불확정도가 정비례하지는 않을 것이다)와, 결과에 대하여 야기된 유효한 불확정도가 가능한 경우마다 어떻게 사용되어야 하는가에 대한 판단이 이루어져야 한다.

#### 나. 결합 불확정도

누적 표준 편차의 계산은 전체 불확정도에 대한 개별 기여 요소들의 표준 편차를 결합 함으로써 획득된다. 누적 불확정도의 RSS 법을 이용하여 개별적이고 상호 관련되지 않은 표준 편차들을 결합함으로써 획득될 수 있다.

불확정도는 95%의 신뢰 수준을 얻기 위하여 1.96 까지 확장된 누적 표준 편차를 기반으로 하여 평가되어야 한다.

## 2. 전형적인 불확정도의 예

아래의 전형적인 불확정도는 단지 예일 뿐이다. 열거되지 않은 다른 불확정도가 있을 수도 있으며, 열거된 불확정도 중 일부는 존재하지 않을 수도 있거나 전체 평가에 있어서 중요할 수도 있다.

### 가. 측정

- 측정 프로브의 크기 및 모양(관련 코일 위치를 포함하여);
- 계획된 측정 점과 관련된 프로브의 실제 위치;
- 측정 계측 기기의 교정 및 공표된 정확도;
- 평가되는 기기와 측정 시스템 간의 상호 작용;
- 재현성;
- 측정 동안 환경의 영향.

### 나. 수치 계산

- 해부학적 모델 크기 및 체중의 표준 남자로부터의 편차;
- 조직 전기 특성에서의 불확정도;
- 복셀 크기 및 모양;
- 계산 방법 불확정도;
- 평가 중인 기기의 모델화 된 파라미터의 정확도.

## 3. 총 불확정도

표 3에서 정해진 총 최대 불확정도가 합리적이다.

표 5.9 평가 불확정도

주파수	측정	수치모델링
10 kHz 이하	+58%, -37%(+/-4dB)	+/-50%
10 kHz - 1 MHz	+41%, -30%(+/-3dB)	+/-50%
1 MHz - 30 MHz	+41%, -30%(+/-3dB)	+/-40%
30MHz - 1 GHz	+100%, -50%(+/-6dB)	+/-40%
1 GHz - 30 GHz	+100%, -50%(+/-6dB)	+/-50%

## 제 6 장 기술문서 심의

### 제 1 절 106/24/CD 기술문서 심의

#### 1. 106/24/CD의 개요

106/24/CD의 제목은 “300MHz ~ 3GHz 주파수범위의 휴대폰에 대한 SAR측정 절차”이며 이 제품 및 제품군 표준(product and product family standards)은 0Hz - 300 GHz 주파수범위에서 이동 전화, 코드리스 전화 등을 포함하여 인체의 두부에 근접한 위치에서 작동하는 기기와 같이 의도적으로 전자기장 (EMF)을 방사하는 모든 송신 장치에 적용되며, 본 표준의 목적은 이러한 기기가 SAR 제한치를 만족하고 있다는 것을 증명하기 위한 방법에 관하여 설명하고 있다.

#### 2. 심의결과

106/24/CD 기술문서는 IEEE Std 1528-200X Draft 6.5 - August 20, 2001의 내용과 매우 유사하고 추가적으로 부록 C의 후처리 기술 및 불확정도 평가 부분은 외삽 및 내삽 기법, 평균화 기법과 최대값 찾기, 주사 및 데이터 평가 구현을 위한 예의 내용이다.

이 기술문서의 심의를 위하여 EMF인체노출위원회 회의를 개최하였으며 그 결과 용어정의, 수식 등 7건에 대한 기고문을 최종 작성하였으며 그 내용은 아래와 같다.

##### 가. 제1장의 연구범위에서 용어정의

In the document title, the terminology, hand-held mobile phone, is used, and according to the scope, this document is supposed to apply to hand-held mobile telephone, which includes phone, cordless phone, etc.

Does this document apply to PDA or other similar wireless phones

used in close proximity to the human head? It seems that the definition of hand-held mobile phone and the scope of this document need to be stated more clearly.

#### 나. 제 6.1.2절의 간략화된 성능 검사에서 용어정의

Different terminologies are used for performance check, for example, simplified performance check(the title of 6.1.2), system performance checking(the 3rd line of D.1), system performance check(the title of D.2), etc. It seems that the same terminology must be used for this test.

#### 다. 제 6.1.2절의 간이 성능 검사에서 허용오차

It is stated in the 3rd paragraph of 6.1.2(Simplified Performance Check) that ... the result shall be within  $\pm 10\%$  of the target. The target values shall be given in table D.1. According to the document, the table D.1 represents target values for system validation, even though it could be used as target values for system performance check when the reference dipole is used for a standard source. This can cause confusion.

In D2.5(System Check Procedure), however, it is stated that ... compared with the previously recorded target  $1g$  and/or  $10g$  value..(the 3rd line), .. shall be within  $\pm 10\%$  of previously recorded system check target values.(the 6th line).

So, the target values for system performance check is unclear. In addition, if the meaning of previously recorded system check target values is just the SAR values measured in the previous performance check, errors could be accumulated.

라. 제 7.2.2.4절 피시험기기의 위치결정에서 기기의 용어정의

In the document, the terminologies, both handset(e.g., the titles of section 7.2.2.4.1 and 7.2.2.4.2) and phone(e.g., the 6th and 7th lines in 7.2.2.4.1 and the 4th line in 7.2.2.4.2) are used. Handset is defined in 3.14 as hand-held device consisting of an earphone and a microphone intended to be operated close to the side of the head that includes a radio transmitter and receiver, but a clear definition of phone is not defined.

Could it be any type of mobile phones, coreless phones, PDAs, or possibly others? It seems that well defined terminologies must be used in this document.

마. 제 7.2.4절 후처리의 기여에서 수식

$x' = x + 2 \text{ mm}$  in the equation on page 58 is different from the equation on page 25(  $x' = x + 3 \text{ mm}$ ).

Number is missing in the expression, for  $n <$  (Note2 on page 27).

바. 부록 A.1 모의인체 외형에 대한 이론적 근거에서 최악조건

More elaboration seems to be needed for the expression in the 4th paragraph on page 36.

For a larger head, larger energy is absorbed and also the maximum local SAR values averaged over 1g or 10g of tissues becomes larger. The whole-head averaged SAR, however, gets smaller for a larger head, and thus the averaged temperature rise in the head would be lowered. Therefore, the SAM model represents the worst case(for 90 %), only for the case in which a compliance test for handset like a cellular phone is performed in terms of the maximum local SAR In addition, our study shows that local SAR values for different head

sizes are almost the same in higher frequency band like for PCS phones[1, 2].

- [1] Ae-Kyoung Lee and Jeong-Ki Pack, "Effect of head size for cellular telephone exposure on EM absorption," IEICE Trans. On Commun., vol.E85-B, no. 3, pp 698-701, Mar. 2002.
- [2] A.K. Lee, H.D. Choi, H.S. Lee, and J.K. Pack, "Human head size and SAR characteristics for handset exposure," ETRI Jour. vol. 24, no. 2, pp 176-179, Apr. 2002.

#### 사. 부록 A.4의 조직 등가 재료의 준비에서 인체무해 재료 요구

The tissue simulating liquid recommended in the document has very bad smell, which causes a big problem during testing. So, a study for better substitutes needs to be performed.

## 제 2 절 106/25/NP 기술문서 심의

### 1. 106/25/NP의 개요

106/25/NP의 제목은 “인체노출과 관련된 고주파(9kHz ~ 300GHz) 전자기장의 측정 및 평가”이며 이 고주파수의 기본적인 표준(basic standards)은 9kHz ~ 300GHz 주파수범위에서 전자기장의 인간 노출량을 측정 및 평가하기 위하여 전자기장의 노출의 특성 및 개념, 측정장비의 일반적인 요구사항과 전기장 및 자기장 측정장비의 특별한 요구사항, 측정장비의 교정, 인체노출의 측정 및 평가방법에 대하여 설명하고 있다.

### 2. 심의결과

106/25/NP 기술문서는 2001년 10월 19일 미국에서 제안되었다. 이에 각 회원국의 투표마감일을 2002년 4월 26일로 정하여 2002년 1월 25일 기술문서를 배포하였다. 위원장은 캐나다의 Michel Bourdages로 결정되었다.

기술문서는 목차만 있을뿐 이에 대한 내용은 없어 상세한 검토는 할 수 없으므로

이 기술문서의 심의를 위하여 EMF인체노출위원회 회의를 개최하였으며 그 결과 위원들의 의견은 기술문서가 국제표준으로 연구가 수행되기에 타당한 제안인가에 대한 의견은 모두 타당하다고 의견을 제시하였고 추가적으로 의견을 받기 위한 위원회안(CD) 또는 투표를 위한 위원회안(CDV)으로 진행하는 것에 대하여서는 기술문서가 내용은 없고 목차만 있으므로 추가적인 검토후 진행하는 것이 바람직하다는 결론이 도출되어 이 의견을 반영하여 투표하였다.

## 제 3 절 106/27/CD 기술문서 심의

### 1. 106/27/CD의 개요

“저주파수 및 중간주파수 범위에서의 전기장 또는 자기장에 의한 인체에서의 유도 전류 밀도 및 전기장의 계산 방법”에 대한 표준화 구조로 발행될 국제 표준 및 기술 보고서는 네 개의 Part로 나누어진다:

Part 1 : 범위, 참고문서 및 정의(인체 내 유도 전류 및 내부 전기장의 계산에서 단순 모델 및 복잡한 모델을 이용하기 위한 일반 과정 포함).

Part 2 : 자기장에 대한 노출

1절 : 2D 모델

2절 : 3D 모델

Part 3 : 전기장에 대한 노출

1절 : 해석적 2D 모델

2절 : 3D 모델

Part 4 : 인간 생체 조직의 전기적 파라미터(기술 보고서)

106/27/CD 기술문서는 이 일반 구조의 Part 2 - Section 1 에 해당하며 이 저주파수의 기본적인 표준(basic standards)은 자기장에 대한 인체 노출에 관한 지침은 일반적으로 유도 전류 밀도 또는 내부 전기장으로 표시된다. 이런 전기적 양은 직접 측정될 수 없지만 본 문서의 목적은 외부 자기장으로부터 이러한 양을 평가하는 방법에 관한 지침에 관하여 설명하고 있다.

이러한 국제 표준 및 기술 보고서는, 전자기장에 노출될 때 인체에서의 전압이나 전류의 유도에 대한 노출 제한치의 기반이 되는 주파수 범위에 적용된다

## 2. 심의결과

106/27/CD 기술문서는 106/5/NP 기술문서에서 자기장에 대한 노출의 2D 모델에 대한 내용만 따로 정리된 기술문서이다.

이 기술문서의 심의를 위하여 EMF인체노출위원회 회의를 개최하였으며 그 결과 106/27/CD 기술문서의 주파수범위, 생체조직의 평균 도전율, 해석적 모델의 결합계수(K)의 값 등 5건에 대한 기고문을 최종 작성하였으며 그 내용은 아래와 같다.

### 가. 제 1장 서론에서 주파수 범위

According to the last paragraph of Introduction, the frequency range covered by this document is up to 100 kHz. In the ICNIRP guideline, for example, basic restrictions on current density are given for frequencies up to 10 MHz. What is the rationale for the frequency limit 100 kHz in this document?

### 나. 제 2.3절 생체조직의 도전율에서 평균 도전율

In this document, the average value of conductivity is given as 0.2 S/m. Proper reference should be mentioned, together with the reference for experimental study, where 0.22 S/m is proposed.

### 다. 제 2.4절 2D 모델- 계산 가설에서 K 값

According to the data from U. S. Air Force Research Laboratory[See the supplementary material], the conductivities of human tissues are quite dependent on frequency, even below 100 kHz.

One could possibly misunderstand that the values of K given in this document could be used for all frequencies up to 100 kHz with negligible errors.

So, the frequency dependency of the K values should be mentioned clearly, and a definite notice for carefulness when using the K values must be made, in some part of this document.

#### 라. 제 2.4절과 2.5절 2D 모델에서 Homogeneous 모델

In this document, the K values are calculated for homogeneous model with the average conductivity of 0.2 S/m.

It is possible, however, that one could use more accurate heterogeneous model to compute the coupling factor K[See the supplementary material]. So, it seems to be better that a heterogeneous model and some computed results are included in this document, together with the difference between the homogeneous model and the heterogeneous model.

#### 마. 부록 G에서 수식기호의 정의

The terminologies for the symbols H, B, E below the equation (G-4) seems to be inappropriate. It seems to be better to use more common and clear terminologies: magnetic field intensity for H, magnetic flux density for B, electric field intensity for E.

The terminologies for the symbols  $\sigma$ ,  $\mu$  below the equation (G-6) seems to be inappropriate. It seems to be better to use more common and clear terminologies: conductivity or electric conductivity for  $\sigma$ , permeability or magnetic permeability for  $\mu$ .

표 6.1 인체 모의 조직 도전율

**Conductivities(S/m) of Human Tissues**

(Note) Data are obtained from United States Air Force Research Laboratory

Freq. Tissue	Lower Freq.	50 Hz	10 kHz	100 kHz
Aorta	100 Hz		0.24	0.24
	0.19			
Breast fat	10 Hz	0.02	0.023	0.024
	0.016			
Cervic	10 Hz	0.22	0.39	0.397
	0.2			
Colon	22 Hz	0.045	0.15	0.175
	0.02			
Fat	10 Hz	0.02	0.026	0.026
	0.015			
Grey Matter	10 Hz	0.075	0.12	0.134
	0.034			
Heart	10 Hz	0.076	0.14	0.22
	0.055			
Kidney	10 Hz	0.09	0.14	0.185
	0.065			
Liver	10 Hz	0.03	0.048	0.092
	0.024			
Lung Inflated	10 Hz	0.044	0.064	0.079
	0.026			
Muscle parallel	10 Hz	0.27	0.55	0.56
	0.24			
Muscle Trans	10 Hz	0.23	0.36	0.39
	0.22			
Skin dry	100 Hz		$2.5 \times 10^{-4}$	$8.9 \times 10^{-4}$
	$1.8 \times 10^{-4}$			
Skin wet	20 Hz	$3.1 \times 10^{-4}$	$4.5 \times 10^{-3}$	0.06
	$2.9 \times 10^{-4}$			
Spleen	10 Hz	0.08	0.11	0.12
	0.045			
Tendon	10 Hz	0.28	0.397	0.4
	0.3			
White Matter	10 Hz	0.05	0.066	0.076
	0.025			

## 제 4 절 106 WG5 회의 기고문 제출

### Proposal for a modification for the chapter 6 in IEC 62311 Draft(WG5)

Nov. 20, 2002

#### 6. Evaluation of compliance to limits

The equipment is deemed to fulfill the requirements of this standard if the measured values are less than or equal to the limit and the assessment method(s).

If the assessment uncertainty is larger than the maximum allowed measurement uncertainty, the extra assessment uncertainty of the applied assessment method(s) shall be added to the assessment result before comparison with the limit. The formula for the condition is given below.

$$(1-p)L_m + U(L_m) \leq L_{lim} \quad (\text{Eqn. 1})$$

where

$L_m$  = the measured value

$L_{lim}$  = the exposure limit

$U(L_{lim})$  = the expanded uncertainty

In Eqn. 1,  $p(\%)$  is the maximum allowed measurement uncertainty of the applied assessment method(s). If this value is not specified, then a default value of 30% shall be used.

## 제 6 장 결 론

본 연구에서는 IEC/TC106에서 전자기장 인체 노출량 평가를 위한 측정방법 및 계산방법에 대한 국제표준화 작업과 관련하여 관련 문서들을 분석, 검토하고 심의 안전에 대한 검토 의견서를 제출하였다.

IEC/TC106의 전략적인 정책, 즉 설립 배경과 기술위원회의 환경, 업무계획 등과 2001 IEC/TC106의 국제회의 결과와 같은 IEC/TC106의 동향에 대해 살펴보고, 저주파수 대역 및 고주파수 대역(9 kHz ~ 300 GHz) 전자기장에 대한 인체노출의 측정 및 평가 방법에 대해 연구하였다. 그리고, 106/20/NP을 심의 하였으며, 심의 결과 5개의 사항이 지적되어 이를 제출하였다.

저주파수 대역의 인체 노출에 관한 측정 규격에서는 인체 노출과 관련된 가전제품의 저주파수 자기장 및 전기장 측정 방법과 저주파수 및 중간 주파수 범위의 전자기장에 의한 인체에서의 유도 전류 계산 방법에 대해 연구하였다.

고주파(9 kHz ~ 300 GHz) 전자기장에 대한 인체 노출의 측정 및 평가 방법에서는 인체노출 평가방법 및 측정기기의 특성과 고주파 전자기장 측정 방법에 대해 연구하였다. 고주파 전자기장 측정방법은 다수의 대표적인 사례를 포함하고 있다.

이러한 국제 동향 파악 및 전자파에 대한 인체 노출에 대해 연구를 바탕으로 IEC의 표준화 활동에 적극적으로 참여함으로써 국내 전자기장 측정기술의 발전과 국민건강 보호 및 국내 산업의 경쟁력 강화를 위한 방안을 마련하여야 하겠다.

## 참고 문헌

- [1] F.Schoenborn,M.Burkhardt,and N.Kuster,The difference of EM energy absorption between adults and children, *Health Physics*, vol.74, no.2, Feb.1998, pp.160--168.
- [2] N.Kuster,R.Kaestle,and T.Schmid,Dosimetric evaluation of mobile communications equipment with known precision (invited paper), *IEICE Transactions on Communications* vol. E80-B,no.5,May 1997, pp.645-652
- [3] Ae-Kyoung Lee and Jeong-Ki Pack, "Effect of head size for cellular telephone exposure on EM absorption," *IEICE Trans. On Commun.*, vol.E85-B, no. 3, pp 698-701, Mar. 2002.
- [4] A.K. Lee, H.D. Choi, H.S. Lee, and J.K. Pack, "Human head size and SAR characteristics for handset exposure," *ETRI Jour.* vol. 24, no. 2, pp 176-179, Apr. 2002.
- [5] Drossos, A, V.Santomaa, and N.Kuster, The dependence of electromagnetic energy absorption upon human head tissue composition in the frequency range of 300-3000 MHz, *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* vol.48, no.11, pp.1988-1995, Nov.2000.
- [6] Gabriel,S.,R.W.Lau and C.Gabriel, The dielectric properties of biological tissues:3. Parametric models for the dielectric spectrum of tissues, *Physics in Medicine and Biology* vol.41, no.11, pp.2271-2293, 1996.
- [7] N.S.Nahman,M.Kanda,E.B.Larsen,and M.L.Crawford,"Methodology for standard electromagnetic field measurements",*IEEE Transactions on Instrumentation and Measurements* vol.IM-34, no.4, pp.490-503, Dec.1985.
- [8] Christ,A.,N.Chavannes,K.Pokovic,H.-U.Gerber and N.Kuster, "Numerical and Experimental Comparison of Human Head Models for SAR Assessment,"in *Proceedings of Millenium Workshop on*

Biological Effects of Electromagnetic Fields, pp.234-240, Heraklion, Kreta, Greece, October 2000.

- [9] Dawson, Stuchly, High Resolution organ dosimetry for human exposure to low frequency magnetic fields , IEEE Magnetism, vol. 34, n° 3, p. 708-718, 1998.
- [10] Mouchawar, Nyenhuis,..., Magnetic stimulation of excitable tissue : calculation of induced eddy-currents with a three dimensional finite element model , IEEE Magnetism, vol. 29, n° 6, p. 3355-3357, 1993.
- [11] Nyenhuis, Mouchawar,..., Energy considerations in the magnetic (eddy current) stimulation of tissues , IEEE Magnetism, vol. 27, n° 1, p. 680-687, 1991.
- [12] Renhart, Magale,..., Modelling and calculation of influences of RF fields on the human body using finite elements method , IEEE Magnetism, vol. 30, n° 5, p. 3092-3095, 1994.
- [13] IEC/TC 106, "106/24/CD"
- [14] IEC/TC 106, "106/31/CC"
- [15] IEC/TC 106, "106/25/NP"
- [16] IEC/TC 106, "106/30/RVN"
- [17] IEC/TC 106, "106/26/CD"
- [18] IEC/TC 106, "106/27/CD"
- [19] IEC/TC 106, "106/41/NP"