

# 전자파 인체노출량 평가기술 개발 및 제도 개선 연구

2014. 12.



# 제 출 문

본 보고서를 「전자파 인체노출량 평가기술 개발 및 제도 개선 연구」과제의 최종보고서로 제출합니다.

2014. 12. 31.

연구책임자 : 정삼영(전파환경안전과 전자파안전담당)  
연구원 : 김기희(전파환경안전과 전자파안전담당)  
최동근(전파환경안전과 전자파안전담당)  
장주동(전파환경안전과 전자파안전담당)



## 요 약 문

우리나라는 2000년부터 전파법에 전자파로부터 인체의 건강을 보호하기 위한 제도가 마련되면서 휴대용 무선설비와 기지국 등에서 발생하는 전자파 노출량에 대한 규제를 통해 전자파의 안전이용환경을 조성해왔다. 또한 비의도적으로 전자파를 발생시키는 생활가전기기에 대해서는 주기적으로 전자파 노출량을 측정하여 국립전파연구원 홈페이지와 홍보책자를 통해 정보를 제공함으로써 일반인이 갖는 전자파에 대한 궁금증을 해소할 수 있도록 역할을 수행하고 있다. 최근에는 사람의 몸에 밀착하여 장시간 사용하는 가전기기의 경우 전자파 발생 정도가 제품의 선택기준이 될 정도로 전자파에 대한 관심과 민원은 증가하는 추세에 있으며 제조사들도 제품의 전자파를 확인해줄 수 있는 정부차원의 제도 도입의 필요성을 요구하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 가전기기에서 발생하는 전자파에 대하여 전자파인체보호기준을 적용하기 위한 제도 도입 방안과 이에 대한 전자파 노출량 평가방법을 마련하여 향후 제도로 도입에 대비하였으며, 가정집, 학교, PC방, 지하철 및 고속철도의 환경에서 전자파 노출량을 측정 조사하여 관련 정보를 국립전파연구원의 「생활속의 전자파」 홈페이지에 제공하였다.

휴대전화 무선설비의 전자파인체노출 측정연구 분야에서는 측정결과의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 전력제어 프로그램을 개발하여 특허 출원 및 국제표준화를 제안하였으며, 주파수 대역 300 MHz 이하의 전자파 흡수율 측정방법에 대해서도 그 동안의 연구결과를 바탕으로 IEC TC106의 표준에 제안하여 반영하기로 하였다. 전자파흡수율 측정에 관한 국제표준 분야에서 국내의 연구 결과가 반영되는 것은 처음 있는 일로서 국내의 동 분야의 측정 표준기술이 국제적 수준이라는 것을 반증하는 것이다.

또한 '13년부터 확대된 전자파흡수율 대상기기로서 적합성 평가 대상에 포함되는 키즈폰, 와치폰 등 새로운 형태의 기기에 대한 세부 측정지침을 마련하였으며, 이에 대한 측정 가이드라인을 지정시험기관 및 제조업체 등에 제공하여 제품의 출시 일정에 차질이 없이 적합성 인증 시험 및 인증 절차를 수행할 수 있도록 하였다.

미래부는 '14년 8월 전자파 인체보호 종합대책을 발표한 바 있으며, '14년

12월 29일, 무선설비에만 적용하던 전자파 인체보호기준을 전기·전자기기에도 적용하여 안전한 가전기기 사용 환경을 조성하도록 하는 전파법 개정안이 국회 본회의에서 가결되었다. 본 연구를 통해 법제도의 변화에 적시 대응이 가능할 수 있도록 결과물을 산출하였으며, 측정에서 불확정도의 개선과 국제표준화를 통한 국내 표준 측정기술의 선진화로 연구의 신뢰성이 더욱 높아질 수 있기를 기대한다.

# 목 차

|   |    |
|---|----|
| 제1장 서 론 .....   | 1  |
| 제2장 생활속 전자파 측정 조사 .....                                       | 3  |
| 제1절 개 요 .....   | 3  |
| 제2절 측정 장소 선정 및 측정 방법 .....                                    | 3  |
| 제3절 학교 및 가정집 측정 결과 .....                                      | 6  |
| 제4절 지하철 및 KTX 측정 결과 .....                                     | 12 |
| 제5절 PC방 측정 결과 .....   | 17 |
| 제6절 결론 .....  | 20 |
| 제3장 가전기기의 전자파 인체 노출량 평가방법 및 제도 도입<br>방안연구 .....               | 22 |
| 제1절 개 요 .....   | 22 |
| 제2절 국외 동향 .....   | 22 |
| 제3절 가전기기의 전자파강도 측정 방법 .....                                   | 23 |
| 제4절 결론 .....  | 29 |
| 제4장 SAR 측정 불확정도 개선 방법 연구 .....                                | 30 |
| 제1절 개 요 .....   | 30 |
| 제2절 표준입력 신호의 출력 특성 .....                                      | 30 |
| 제3절 전력 자동제어 프로그램 .....  | 32 |
| 제4절 불확정도 개선 결과 .....  | 34 |
| 제5절 결론 .....  | 36 |
| 제5장 150 MHz SAR 유효성 평가용 다이폴 안테나의 바닥 반사파<br>영향에 대한 검증 연구 ..... | 37 |
| 제1절 개 요 .....   | 37 |

|   |    |
|---|----|
| 제2절 SAR 유효성 평가시 다이폴 안테나의 반사손실 특성 조사 ..... | 37 |
| 제3절 결론 .....                              | 45 |
| 제6절 SAR 측정 기준 적용 지침 개정 연구 .....           | 46 |
| 제1절 개 요 .....                             | 46 |
| 제2절 주요 개정 내용 .....                        | 47 |
| 제3절 결론 .....                              | 50 |
| 제7장 맺음말 .....                             | 51 |
| 참고문헌 .....                                | 52 |



## 표 목 차

|   |    |
|---|----|
| [표 2-1] 생활속 전자파 노출량 측정 장소 및 측정 위치 .....                 | 4  |
| [표 2-2] 전자파강도 측정 장비 및 측정 방법 .....                       | 4  |
| [표 2-3] 학교 실내·외 전기장 측정 결과 .....                         | 7  |
| [표 2-4] 학교 실내·외 자기장 측정 결과 .....                         | 8  |
| [표 2-5] 가정집 내·외부 전기장 측정결과 .....                         | 10 |
| [표 2-6] 가정집 내·외부 자기장 측정결과 .....                         | 11 |
| [표 2-7] 지하철 승강장 및 객실 전기장 측정 결과 .....                    | 13 |
| [표 2-8] 지하철 객실 자기장 측정 결과 .....                          | 14 |
| [표 2-9] 지하철 승강장 자기장 측정 결과 .....                         | 14 |
| [표 2-10] KTX 승강장 및 객실 전기장 측정결과 .....                    | 16 |
| [표 2-11] KTX 객실 자기장 측정결과 (최대치 기준) .....                 | 17 |
| [표 2-12] PC방 내·외부 전기장 측정결과 .....                        | 91 |
| [표 2-13] PC방 내·외부 자기장 측정결과 (최대치 기준) .....               | 20 |
| [표 3-1] 주요 가전기기의 측정거리, 측정 프로브 위치 및 동작 조건 ....           | 27 |
| [표 5-1] 기준 다이폴 안테나의 크기 .....                            | 44 |
| [표 5-2] 평면형 모의인체의 크기 .....                              | 44 |
| [표 5-3] 기준 다이폴 안테나와 평면형 모의인체에 대한 수치해석<br>기준 SAR 값 ..... | 45 |
| [표 6-1] 다이폴 안테나의 크기 .....                               | 48 |
| [표 6-2] 수치해석 기준 SAR값 .....                              | 48 |
| [표 6-3] 인체조직 유사액체의 제조비율 .....                           | 48 |

## 그 립 목 차

|   |    |
|---|----|
| [그림 2-1] 학교 실내·외 측정 위치 .....                      | 6  |
| [그림 2-2] 가정집 실내·외 측정 위치 .....                     | 9  |
| [그림 2-3] 지하철 승강장/객실 구조와 주요 측정 지점 .....            | 12 |
| [그림 2-4] KTX 승강장과 객실의 측정 지점 .....                 | 15 |
| [그림 2-5] PC방 내부 구조와 측정위치 .....                    | 17 |
| [그림 3-1] 주파수 전달함수 .....                           | 25 |
| [그림 3-2] 시간영역 측정방법의 구성 .....                      | 26 |
| [그림 3-3] 측정위치(상단, 정면, 사방) .....                   | 26 |
| [그림 4-1] 전자파흡수율 측정시스템의 유효성 검사 구성도 .....           | 31 |
| [그림 4-2] 유효성 검사시 표준입력신호의 시간에 따른 출력변화 예 .....      | 32 |
| [그림 4-3] 전력 자동제어 구성도 .....                        | 33 |
| [그림 4-4] 전력 자동제어 프로그램 화면 .....                    | 34 |
| [그림 4-5] 전력 자동제어 프로그램 사용시 출력변화 .....              | 35 |
| [그림 4-6] SAR 프로브 교정시 전력신호의 변화 .....               | 35 |
| [그림 5-1] 150 MHz 대역의 다이폴 안테나 및 평면형 모의인체의 모습 ..... | 38 |
| [그림 5-2] 검증 측정에 사용된 전자파흡수체 .....                  | 39 |
| [그림 5-3] 바닥 반사파에 의한 반사손실 특성 확인 구성도 .....          | 40 |
| [그림 5-4] 전자파흡수체 유무에 따른 반사손실의 측정조건 .....           | 40 |
| [그림 5-5] 전자파흡수체 유무에 따른 반사손실 측정값 .....             | 40 |
| [그림 5-6] 전자파흡수체 유무에 따른 반사손실 측정값 비교 .....          | 41 |
| [그림 5-7] 바닥면의 전자파 흡수체 유무에 따른 모습 .....             | 42 |
| [그림 5-8] 전자파흡수체 유무에 따른 반사손실 측정값 .....             | 42 |
| [그림 5-9] 전자파흡수체 유무에 따른 다이폴 안테나 및 모의인체 모습 .....    | 43 |
| [그림 5-10] 전자파흡수체 유무에 따른 반사손실의 측정값 .....           | 43 |

## 제 1 장 서 론

최근에는 가정에서 사용하는 가전기기의 전자파에 대한 국민들의 관심이 높아지고 사회적으로 이슈화 되고 있다. 특히, 전기장판, 온수매트 등 장시간 밀착하여 사용하는 가전기기에 대해서는 전자파가 보다 낮게 나오는 제품으로 그 선택 기준이 달라질 정도로 일반 국민들의 관심은 증가하고 있다. 그리고 과학적인 근거가 없는 전자파 괴담 등이 대중매체 및 인터넷을 통하여 국민들에게 전달되면서 일상생활 환경속의 기지국, 중계기, 무선랜(WiFi) 등에서 나오는 전자파의 인체 유해성에 대한 우려도 증가하고 있는 추세이다. 또한, 삼성, LG, 애플 등에서 손목에 착용하는 와치폰을 출시하고 어린이용 키즈폰 등 새로운 제품들이 다양하게 개발됨에 따라 전자파가 노출되는 대상이나 환경이 어린이 등 취약 계층으로까지 확대되고 있고 다중 노출환경으로 바뀌고 있는 상황이다.

본 연구에서는 일상생활에서 사람에게 노출되는 낮은 레벨의 전자파에 대한 인체영향에 대하여 현시점에서 국제적으로도 명확한 근거를 밝히지는 못하고 있으나, 국민과 사회적 요구에 따라 가전기기의 전자파에 대한 인체보호기준 적용 제도 도입 방안 및 가전기기 전자파 노출량 평가기준을 마련하였다. 그리고 일반 주부들이 장시간 동안 생활하고 머물고 있는 가정집 및 어린이와 같은 전자파 취약 그룹이 장시간 머무르는 학교, PC방 그리고 지하철 승강장 및 지하철 내·외부, 기차 승강장과 KTX 내·외부 등 생활속 전자파 노출량을 조사·분석하여 그 결과를 공개함으로써 국민들의 불안감 해소에 도움을 주는 역할을 수행하였다.

또한, 신기술을 적용한 와치폰, 키즈폰, 무전기, 600 MHz 대역에 해당되는 측정대상 기자재 등의 SAR 세부 측정방법을 추가하여 SAR 측정기준 적용 지침(FAQ)을 개정하였다. 그리고 금년 연구 활동을 통하여 개발된 SAR 측정시스템의 유효성 검사와 교정시 표준 입력의 정밀 조정을 통하여 불확정도를 개선할 수 있는 프로그램과 국제 표준에서 제시하고 있지 않는 150 MHz 대역의 SAR 유효성 평가용 팩터들(SAR 수치해석 목표값과 측정에 필요한 기준 다이폴 안테나 및 평면형 모의인체의 크기)을 도출한 결과들을 IEC TC106 국제회의에서 발표하고 국제 표준으로 추진하고 있다.

앞으로도 일상 생활속의 전자파 노출량 조사 및 신기술 제품의 전자파 인체노출량 평가방법, 전자파 인체보호 제도 및 기준, 정책, 국제 표준 대응 등에 대하여 지속적인 연구와 홍보를 통하여 날로 증가하고 있는 전자파에 대한 국민들의 불안감을 해소하고 안전한 전자파 환경 조성을 위하여 꾸준히 노력해 나갈 것이다.

## 제 2 장 생활속 전자파 측정 조사

### 제1절 개요

최근, 밀양 송전탑 갈등과 근거 없는 전자파 괴담 등이 대중매체와 인터넷을 통하여 국민들에게 전달되면서 일상생활에서 사용하고 있는 가전제품, 기지국, WiFi, 지하철 등에서 나오는 전자파가 인체에 유해한 영향을 줄 수 있다는 우려가 제기되고 있다.

본 연구는 이러한 우려를 해소시키기 위해 가정집, 지하철, 학교, 기차 객실 및 기차 승강장 등 일반인이 자주 접하는 장소를 선정하고 이에 대한 전자파 인체 노출량을 측정·조사하였다. 국민들이 민감하게 느끼고 있는 생활속 전자파 노출량에 대한 정확한 정보를 제공함으로써 전자파에 대한 일반인의 올바른 이해를 돕고 불필요한 우려를 해소시키는데 도움이 되고자 한다.

### 제2절 측정 장소 선정 및 측정 방법

생활속 전자파 노출량 조사 대상 장소는 일반 가정집과 어린이가 장시간 이용하는 학교, 청소년이 이용하는 PC방, 지하철의 승강장과 객실 및 기차 승강장과 KTX 객실을 선정하였다. 학교는 교실, PC실, 복도 및 운동장 등 실내·외 30개 지점을 선정하여 측정하였으며, 주변 전자파 환경은 무선기지국이 설치된 7층 건물이 학교로부터 100m 이내에 인접하여 있으며 학교 내부의 복도 천장에는 외부로 돌출된 전원선이 배선되어 있다.

가정집은 현관 내·외부, 거실, 주방 및 침실 등 20개 지점을 선정하였으며 TV, 냉장고, 전자레인지 등 모든 가전제품을 동작시킨 상태에서 측정하였다. PC 방은 20개 지점에서 모든 컴퓨터를 동작시키고 측정하였다.


지하철 승강장과 객실은 45개 지점, KTX 승강장과 객실은 23개 지점을 선정하고 객실에 대해서는 2회씩 측정하여 결과를 분석하였다. 표 2-1은 각 대상별 측정 장소와 측정 위치를 보여주고 있다.


[표 2-1] 생활속 전자파 노출량 측정 장소 및 측정 위치

| 조사대상 | 선정지역              | 측정위치                               | 비고         |
|------|-------------------|------------------------------------|------------|
| 학교   | 목동, 월촌 초교         | 운동장, 교실, PC실 등                     | 실내/외       |
| 가정집  | 서초4동,<br>삼풍 아파트   | 현관(내/외), 거실, 주방, 침실,<br>무선랜 AP주변 등 |            |
| 지하철  | 2호선 강남<br>5호선 광화문 | 승강장, 객실내부 등                        | 승강장/<br>객실 |
| PC방  | 논현동,<br>W-PC방(지하) | 출입구, 좌석, 서버, 편의시설 주<br>변 등         |            |
| KTX  | 용산-전주<br>운행 열차    | 승강장, 객실내부 등                        | 승강장/<br>객실 |

측정 방법은 60 Hz 대역과 500 kHz ~ 3 GHz 대역까지 45개 주파수 대역으로 세분화하여 전기장과 자기장 세기를 측정하였다. 측정에 사용된 계측장비는 NARDA社의 EFA-300과 SRM-3000이며, EFA-300은 저주파수 대역인 32 kHz 이하의 전자파를 측정할 수 있으며, SRM-3000은 방송 및 이동통신 주파수 대역의 전자파를 측정할 수 있다. 이때 측정 높이는 어린이의 키를 고려하여 1.3 m 높이에서 측정하였다.

[표 2-2] 전자파강도 측정 장비 및 측정 방법

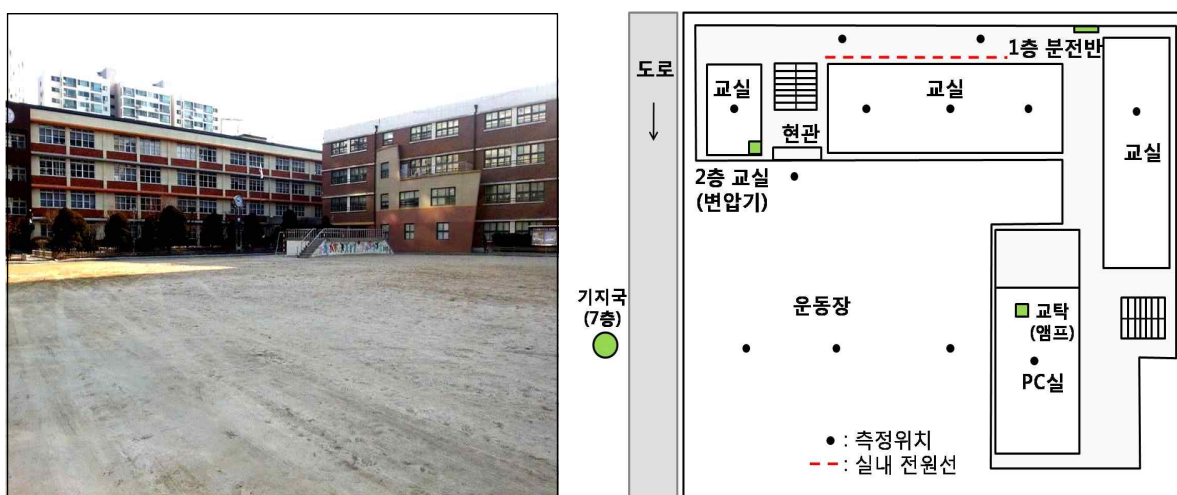
| 측정장비     | 주파수대역                             | 측정방법   | 비고  |
|----------|-----------------------------------|--|---|
| EFA-300  | 60 Hz                             | ① 측정높이 1.3 m<br>② 측정지점 별 측정값이 최대가 되는 프로브 위치선정<br>③ 6분이내의 최대값 측정<br>※장비설정<br>·측정범위: 최대 316 G<br>·데이터 형식: Max hold<br>·대역통과 주파수: 60 Hz | 자기장<br>(H-field),<br>1개 주파수<br>대역 측정<br> |
| SRM-3000 | 500 kHz<br>~300 MHz<br>(Low band) | ① 측정높이 1.3 m<br>② 측정지점 별 측정값이 최대가 되는 프로브 위치선정<br>(단, low band 경우 1축 지향성 프로브  | 전기장<br>(E-field),<br>45개 주파수<br>대역 측정   |

| 측정장비 | 주파수대역                           | 측정방법  | 비고  |
|------|---------------------------------|---|---|
|      | 75 MHz<br>~3 GHz<br>(High band) | <p>사용으로 인해 위치선정 시 프로브 방향성 고려)</p> <p>③ 6분이내의 최댓값 측정</p> <p>④ 45개 주파수 대역(표12 참조) 내 평균값과 최댓값으로 데이터 관리</p> <p>※ 장비설정</p> <p>· 주파수범위:<br/>100 kHz ~ 300 MHz (Low band),<br/>75 MHz ~ 3 GHz (High band)</p> <p>· 측정범위: 최대 200 V/m</p> <p>· 데이터 형식: (6분), Max Average</p> <p>· RBW: (장비 최대 해상도)<br/>100 kHz (Low band),<br/>1 MHz (High band)</p> |  |

## 제3절 학교 및 가정집 측정 결과

### 1. 학교 실내·외 전자파강도 측정 결과

학교의 주요 측정 위치는 운동장, 교실, 복도, pc실 등 실·내외 30개 지점이며, 학교의 실외와 실내로 구분하여 측정을 실시하였다. [그림 2-1은 학교 실내·외 주요 측정 지점이다.



[그림 2-1] 학교 실내·외 측정 위치

학교 실내 전기장 측정 결과, 최대 0.93 V/m로 인체보호기준 대비 1.5 % 수준이었으며, 전원 주파수인 60 Hz에 대한 자기장은 대부분 1 mG 이내로 측정되었다.

학교 시설 중 자기장 세기가 최대로 측정된 지점은 PC실의 방송용 마이크 앰프주변이며 인체보호기준 대비 0.26 % 수준인 2.3 mG이다. 표 2-3과 2-4에서는 학교의 실내·외 각 지점에 대한 측정 결과를 정리하였다.



[표 2-3] 학교 실내·외 전기장 측정 결과

| 주파수 대역              | 실내 전기장   |          | 실외 전기장   |          | 기준값<br>[V/m] |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|--------------|
|                     | 평균 [V/m] | 최대 [V/m] | 평균 [V/m] | 최대 [V/m] |              |
| 30 MHz under band 2 | 0.0530   | 0.0984   | 0.0526   | 0.0768   | 87           |
| AM                  | 0.0221   | 0.0279   | 0.0160   | 0.0229   | 84.2         |
| 30 MHz under band 3 | 0.0118   | 0.0275   | 0.0082   | 0.0185   | 28           |
| VHF band 1          | 0.0046   | 0.0056   | 0.0033   | 0.0037   | 28           |
| TV 1                | 0.0256   | 0.6903   | 0.0150   | 0.3907   | 28           |
| FM                  | 0.0514   | 0.6592   | 0.0289   | 0.3458   | 28           |
| VHF band 2          | 0.0422   | 0.5638   | 0.0238   | 0.2992   | 28           |
| T-DMB               | 0.0331   | 0.4014   | 0.0189   | 0.2171   | 28           |
| VHF band 3          | 0.0351   | 0.6270   | 0.0200   | 0.3629   | 28           |
| LBS                 | 0.2718   | 0.2948   | 0.1509   | 0.1649   | 28           |
| VHF band 4          | 0.2663   | 0.3040   | 0.1466   | 0.1594   | 28           |
| TRS 1               | 0.2626   | 0.2975   | 0.1452   | 0.1570   | 28           |
| VHF band 5          | 0.2563   | 0.3036   | 0.1421   | 0.1591   | 28.6         |
| TV 2                | 0.2378   | 0.2910   | 0.1437   | 0.1696   | 34.7         |
| UHF band 1          | 0.2200   | 0.26570  | 0.1430   | 0.1598   | 39.5         |
| TRS 2               | 0.2148   | 0.2380   | 0.1392   | 0.1506   | 40.2         |
| UHF band 2          | 0.2125   | 0.2157   | 0.1413   | 0.1437   | 40.5         |
| Cellular (SKT)      | 0.2172   | 0.2327   | 0.1473   | 0.1553   | 40.5         |
| LTE 1 (SKT)         | 0.2165   | 0.2359   | 0.1551   | 0.1662   | 40.7         |
| LTE 2 (LGU+)        | 0.2133   | 0.2368   | 0.1419   | 0.1543   | 40.9         |
| UHF band 3          | 0.2065   | 0.2316   | 0.1333   | 0.1436   | 41.6         |
| Wireless data       | 0.1895   | 0.1931   | 0.1263   | 0.1280   | 42.1         |
| UHF band 4          | 0.2042   | 0.2211   | 0.1313   | 0.1441   | 42.2         |
| LTE 3 (KT)          | 0.2051   | 0.2240   | 0.1295   | 0.1374   | 42.4         |
| UHF band 5          | 0.2038   | 0.2482   | 0.1309   | 0.1476   | 45.3         |
| UHF band 6          | 0.2499   | 0.3266   | 0.1602   | 0.1923   | 53.4         |
| LTE 4 (SKT)         | 0.2757   | 0.3210   | 0.1908   | 0.2058   | 58.6         |
| LTE 5 (KT)          | 0.2881   | 0.3285   | 0.1901   | 0.2038   | 58.9         |
| UHF band 7          | 0.2915   | 0.3261   | 0.1875   | 0.1993   | 59.2         |
| PCS (LGU+)          | 0.3036   | 0.3347   | 0.2073   | 0.2247   | 59.3         |
| UHF band 8          | 0.3524   | 0.4408   | 0.2242   | 0.2733   | 61.3         |
| LTE 6 (LGU+)        | 0.4198   | 0.4498   | 0.2681   | 0.2906   | 61           |
| 3G 1 (SKT)          | 0.4334   | 0.4763   | 0.2810   | 0.3095   | 61           |
| 3G 2 (KT)           | 0.4663   | 0.5171   | 0.3162   | 0.3413   | 61           |
| UHF band 9          | 0.5085   | 0.6647   | 0.3226   | 0.3878   | 61           |
| WiBro 1             | 0.5771   | 0.6605   | 0.3686   | 0.4065   | 61           |
| WiBro 2             | 0.5814   | 0.6801   | 0.3675   | 0.3952   | 61           |
| UHF band 10         | 0.5964   | 0.7166   | 0.3772   | 0.4099   | 61           |
| WLAN                | 0.6277   | 0.7305   | 0.3974   | 0.4346   | 61           |
| UHF band 11         | 0.6376   | 0.7322   | 0.4045   | 0.4426   | 61           |
| LTE 7 (LGU+)        | 0.6491   | 0.7147   | 0.4076   | 0.4334   | 61           |
| UHF band 12         | 0.6751   | 0.7674   | 0.4264   | 0.4684   | 61           |
| LTE 8 (LGU+)        | 0.6782   | 0.7408   | 0.4329   | 0.4593   | 61           |
| UHF band 13         | 0.6755   | 0.7521   | 0.4287   | 0.4651   | 61           |
| UHF band 14         | 0.6807   | 0.8084   | 0.4315   | 0.4889   | 61           |
| UHF band 15         | 0.7795   | 0.9311   | 0.4942   | 0.5564   | 61           |

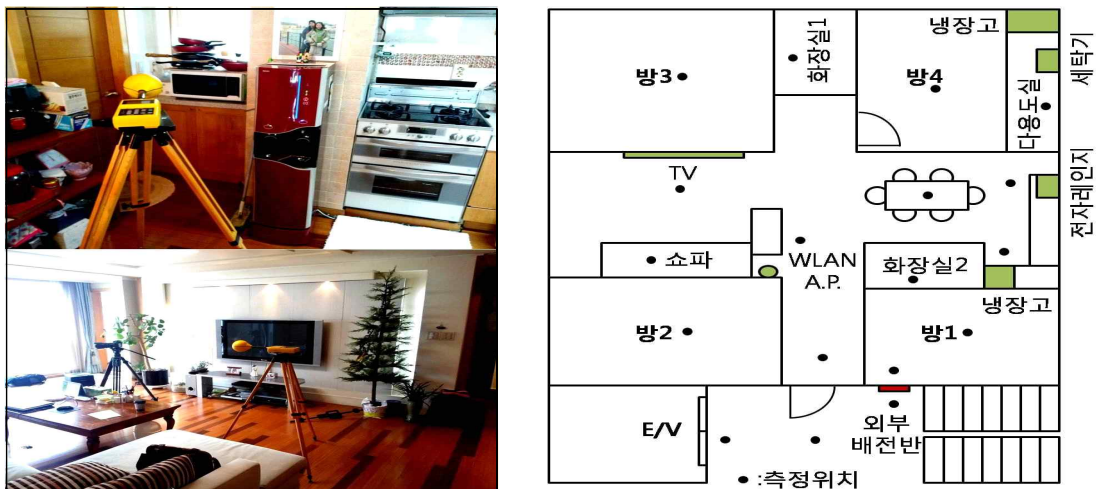
[표 2-4] 학교 실내·외 자기장 측정 결과

| 측정지점<br>(학교 내) |               | 측정값      | 기준대비    | 비고           |
|----------------|---------------|----------|---------|--------------|
|                |               | 자기장 [mG] | 자기장 [%] |              |
| 실외             | 중앙현관          | 0.082    | 0.009   |              |
|                | 운동장 1지점       | 0.053    | 0.006   |              |
|                | 운동장 2지점       | 0.051    | 0.006   |              |
|                | 운동장 3지점       | 0.076    | 0.009   |              |
|                | 평 균           | 0.066    | 0.007   |              |
| 실내             | 4층 1교실        | 0.142    | 0.017   |              |
|                | 4층 2교실        | 0.260    | 0.031   |              |
|                | 4층 3교실        | 0.300    | 0.036   |              |
|                | 4층 4교실        | 0.106    | 0.012   |              |
|                | 4층 5교실        | 0.293    | 0.035   |              |
|                | 3층 1교실        | 0.355    | 0.042   |              |
|                | 3층 2교실        | 0.407    | 0.048   |              |
|                | 3층 3교실        | 0.304    | 0.036   |              |
|                | 3층 4교실        | 0.206    | 0.024   |              |
|                | 3층 5교실        | 0.738    | 0.088   |              |
|                | 2층 1교실        | 1.964    | 0.235   | 교실내 정전압기 확인  |
|                | 2층 2교실        | 0.221    | 0.026   |              |
|                | 2층 3교실        | 0.166    | 0.019   |              |
|                | 2층 4교실        | 0.328    | 0.039   |              |
|                | 2층 5교실        | 0.217    | 0.026   |              |
|                | 1층 교무실        | 0.474    | 0.056   |              |
|                | 4층 복도         | 0.570    | 0.068   |              |
|                | 3층 복도         | 0.738    | 0.088   |              |
|                | 2층 복도         | 0.688    | 0.082   |              |
|                | 1층 복도         | 0.764    | 0.091   |              |
|                | PC실(전원off),교탁 | 1.527    | 0.183   | mic 앰프 주변 최대 |
|                | 좌석주변          | 0.177    | 0.021   |              |
|                | PC실(전원on),교탁  | 2.246    | 0.269   | mic 앰프 주변 최대 |
|                | 좌석주변          | 0.128    | 0.015   |              |
|                | 평 균           | 0.555    | 0.066   |              |
| 기타             | 1층 메인 분전반     | 3.847    | 0.461   | 전면부 30 cm 이격 |
|                | 2층 서브 분전반     | 2.69     | 0.323   | 전면부 30 cm 이격 |
|                | 아리수 음수대       | 0.808    | 0.096   | 수도꼭지주변       |
|                | 평 균           | 1.951    | 0.234   |              |
| 전체             | 평 균           | 0.675 mG | 0.081 % |              |

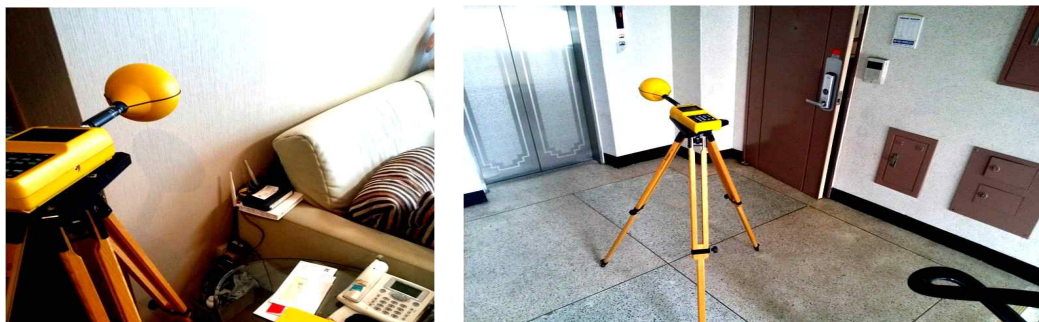
## 2. 가정집 전자파강도 측정 결과

가정집의 전기장 측정 결과, 인체보호기준을 초과하는 주파수대역은 없었으며, 최대 0.26 V/m로 기준 대비 1 % 이내의 매우 낮은 수치를 보였다. 자기장의 세기도 가정집 내부의 평균 자기장 세기 또한 인체보호기준 대비 0.093 % (0.766 mG)로 매우 낮은 수준이었다.

가정집에서 전자파의 세기가 가장 큰 지점은 부엌이며, 전자레인지 동작 상태에서 3.7 mG(인체보호기준 대비 0.44 %)로 측정되었다. [그림 2-2는 가정집의 실내·외 측정위치를 보여주고 있으며, 표 2-5와 2-6은 측정 위치별 세부 측정 결과이다.



(a) 가정집 내부 구조와 측정 위치



(b) WLAN AP 주변(왼쪽)과 현관 외부 구조

[그림 2-2] 가정집 실내·외 측정 위치

[표 2-5] 가정집 내·외부 전기장 측정결과

| 주파수 대역              | 가정 내<br>(거실, 주방, 침실) |          | 현관 밖 (계단) |          | 기준 [V/m] |
|---------------------|----------------------|----------|-----------|----------|----------|
|                     | 평균 [V/m]             | 최대 [V/m] | 평균 [V/m]  | 최대 [V/m] |          |
| 30 MHz under band 2 | 0.017                | 0.026    | 0.015     | 0.021    | 87       |
| AM                  | 0.008                | 0.011    | 0.008     | 0.011    | 84.2     |
| 30 MHz under band 3 | 0.004                | 0.010    | 0.004     | 0.010    | 28       |
| VHF band 1          | 0.002                | 0.002    | 0.002     | 0.002    | 28       |
| TV 1                | 0.009                | 0.226    | 0.002     | 0.033    | 28       |
| FM                  | 0.017                | 0.209    | 0.004     | 0.031    | 28       |
| VHF band 2          | 0.013                | 0.174    | 0.003     | 0.025    | 28       |
| T-DMB               | 0.010                | 0.123    | 0.003     | 0.018    | 28       |
| VHF band 3          | 0.010                | 0.211    | 0.003     | 0.024    | 28       |
| LBS                 | 0.047                | 0.088    | 0.011     | 0.012    | 28       |
| VHF band 4          | 0.045                | 0.091    | 0.010     | 0.013    | 28       |
| TRS 1               | 0.046                | 0.088    | 0.010     | 0.012    | 28       |
| VHF band 5          | 0.043                | 0.087    | 0.010     | 0.012    | 28.6     |
| TV 2                | 0.038                | 0.083    | 0.009     | 0.012    | 34.7     |
| UHF band 1          | 0.035                | 0.069    | 0.008     | 0.009    | 39.5     |
| TRS 2               | 0.034                | 0.065    | 0.008     | 0.009    | 40.2     |
| UHF band 2          | 0.037                | 0.064    | 0.008     | 0.009    | 40.5     |
| Cellular (SKT)      | 0.042                | 0.070    | 0.009     | 0.011    | 40.5     |
| LTE 1 (SKT)         | 0.064                | 0.110    | 0.016     | 0.024    | 40.7     |
| LTE 2 (LGU+)        | 0.043                | 0.074    | 0.013     | 0.016    | 40.9     |
| UHF band 3          | 0.032                | 0.062    | 0.007     | 0.008    | 41.6     |
| Wireless data       | 0.036                | 0.062    | 0.007     | 0.008    | 42.1     |
| UHF band 4          | 0.032                | 0.066    | 0.007     | 0.008    | 42.2     |
| LTE 3 (KT)          | 0.032                | 0.063    | 0.008     | 0.009    | 42.4     |
| UHF band 5          | 0.031                | 0.065    | 0.007     | 0.009    | 45.3     |
| UHF band 6          | 0.036                | 0.080    | 0.008     | 0.012    | 53.4     |
| LTE 4 (SKT)         | 0.062                | 0.116    | 0.011     | 0.014    | 58.6     |
| LTE 5 (KT)          | 0.049                | 0.085    | 0.009     | 0.011    | 58.9     |
| UHF band 7          | 0.042                | 0.078    | 0.009     | 0.011    | 59.2     |
| PCS (LGU+)          | 0.060                | 0.111    | 0.011     | 0.013    | 59.3     |
| UHF band 8          | 0.049                | 0.106    | 0.011     | 0.014    | 61.3     |
| LTE 6 (LGU+)        | 0.061                | 0.111    | 0.012     | 0.014    | 61       |
| 3G 1 (SKT)          | 0.069                | 0.154    | 0.014     | 0.016    | 61       |
| 3G 2 (KT)           | 0.094                | 0.210    | 0.014     | 0.017    | 61       |
| UHF band 9          | 0.068                | 0.144    | 0.015     | 0.018    | 61       |
| WiBro 1             | 0.080                | 0.157    | 0.017     | 0.031    | 61       |
| WiBro 2             | 0.079                | 0.151    | 0.016     | 0.020    | 61       |
| UHF band 10         | 0.079                | 0.156    | 0.016     | 0.019    | 61       |
| WLAN                | 0.128                | 0.252    | 0.017     | 0.020    | 61       |
| UHF band 11         | 0.084                | 0.164    | 0.017     | 0.021    | 61       |
| LTE 7 (LGU+)        | 0.085                | 0.168    | 0.018     | 0.020    | 61       |
| UHF band 12         | 0.088                | 0.180    | 0.019     | 0.023    | 61       |
| LTE 8 (LGU+)        | 0.091                | 0.176    | 0.019     | 0.023    | 61       |
| UHF band 13         | 0.089                | 0.171    | 0.019     | 0.023    | 61       |
| UHF band 14         | 0.088                | 0.181    | 0.019     | 0.024    | 61       |
| UHF band 15         | 0.100                | 0.209    | 0.022     | 0.026    | 61       |

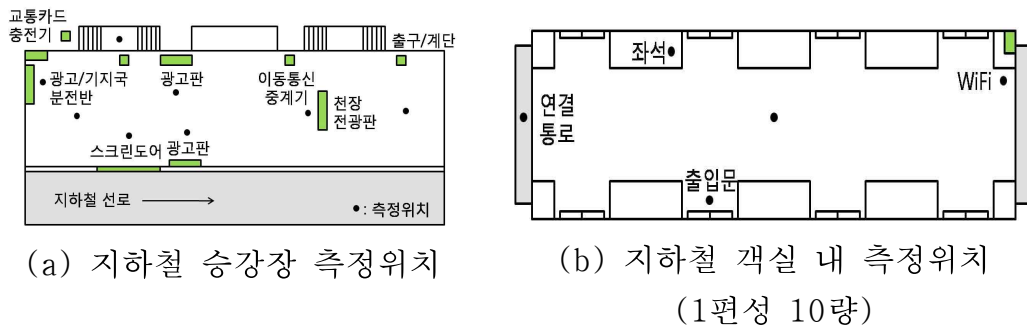
[표 2-6] 가정집 내·외부 자기장 측정결과

|            | 측정지점<br>(아파트) | 측정값             | 기준대비           | 비고            |
|------------|---------------|-----------------|----------------|---------------|
|            |               | 자기장 [mG]        | 자기장 [%]        |               |
| 외부<br>(복도) | 현관, 외부        | 1.201           | 0.144          |               |
|            | E/V 정면, 외부    | 0.133           | 0.016          | 30 cm이격 측정    |
|            | 배전반, 외부       | 3.220           | 0.387          | 30 cm이격 측정    |
|            | <b>평 균</b>    | <b>1.518</b>    | <b>0.182</b>   |               |
| 가정집<br>내부  | 현관, 내부        | 0.254           | 0.030          |               |
|            | 거실1           | 0.121           | 0.015          |               |
|            | 거실2           | 0.075           | 0.009          |               |
|            | 거실3           | 0.047           | 0.006          |               |
|            | 부엌1           | 0.195           | 0.023          |               |
|            | 부엌2           | 0.341           | 0.041          | 부엌 내 최대지점     |
|            | 부엌3           | 0.091           | 0.011          |               |
|            | 방1            | 0.123           | 0.015          |               |
|            | 방2            | 0.327           | 0.039          |               |
|            | 배전반 후면 벽      | 1.039           | 0.125          | 외부 배전반 영향 확인  |
|            | 방3            | 0.125           | 0.015          |               |
|            | 방4            | 0.086           | 0.010          |               |
|            | 다용도실          | 0.481           | 0.058          |               |
|            | 화장실1          | 0.758           | 0.091          | 비데, 환풍기 영향 확인 |
|            | 화장실2          | 1.651           | 0.198          |               |
|            | AP주변          | 0.842           | 0.101          |               |
|            | <b>평 균</b>    | <b>0.605</b>    | <b>0.073</b>   |               |
| 기타         | 전자레인지ON       | 3.728           | 0.448          | 부엌2, 최대조건     |
|            | 화장실 비데        | 2.703           | 0.324          | 커버밀착 측정       |
|            | 화장실 환풍구       | 1.781           | 0.214          | 30 cm 이격 측정   |
|            | E/V 정면, 1층    | 3.416           | 0.410          |               |
|            | 배전반, 1층       | 5.583           | 0.670          | 30 cm 이격 측정   |
| <b>전체</b>  | <b>평 균</b>    | <b>0.776 mG</b> | <b>0.093 %</b> |               |

## 제4절 지하철 및 KTX 측정 결과

### 1. 지하철 객실 내·외부 전자파강도 측정 결과

서울 지하철 2호선을 대상으로 전자파강도를 측정하였으며, 일반인들이 자주 이동하는 경로나 쉽게 접근 할 수 있는 위치 45개 지점을 선정하였다. 지하철 객실내 좌석과 객실간 연결 통로, 승강장 내 스크린도어 주변, 광고판, 중계기, 각종분전반 등 전자파가 방사될 수 있는 전기시설물을 고려하여 선정하였다. 그림 2-3은 지하철 승강장과 객실의 측정지점을 보여주고 있다.



[그림 2-3] 지하철 승강장/객실 구조와 주요 측정 지점

지하철 승강장 및 객실의 내·외부 전기장 측정 결과 인체보호기준을 초과하는 주파수 대역은 없었다. 주로 Cellular, LTE, 3G, PCS, WiBro, WLAN 등 이동통신 대역들이 다른 주파수 대역보다 상대적으로 높게 측정 되었으며, LTE 대역의 전기장이 인체보호기준 대비 2.2 % 수준인 1.1 V/m 정도로 다른 서비스 대역에 비해 상대적으로 높게 측정되었다. 지하철의 자기장 세기는 객실에서 인체보호기준 대비 0.2 % 정도인 평균 1.75 mG로 매우 낮은 값이 측정되었으며, 1호차 객실과 2호차 객실간 연결통로에서 가장 높은 13 mG(인체보호기준 대비 1.56 %)가 측정되었다. 표 2-7과 2-8, 2-9는 각각 서비스와 위치별 측정 결과이다.

[표 2-7] 지하철 승강장 및 객실 전기장 측정 결과

| 주파수 대역              | 지하철 승강장  |          | 지하철 객실   |          | 기준 [V/m] |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                     | 평균 [V/m] | 최대 [V/m] | 평균 [V/m] | 최대 [V/m] |          |
| 30 MHz under band 2 | 0.042    | 0.059    | 0.046    | 0.074    | 87       |
| AM                  | 0.023    | 0.030    | 0.022    | 0.027    | 84.2     |
| 30 MHz under band 3 | 0.012    | 0.029    | 0.012    | 0.027    | 28       |
| VHF band 1          | 0.005    | 0.006    | 0.005    | 0.006    | 28       |
| TV 1                | 0.007    | 0.089    | 0.007    | 0.087    | 28       |
| FM                  | 0.011    | 0.082    | 0.011    | 0.083    | 28       |
| VHF band 2          | 0.009    | 0.069    | 0.009    | 0.067    | 28       |
| T-DMB               | 0.008    | 0.075    | 0.009    | 0.102    | 28       |
| VHF band 3          | 0.007    | 0.089    | 0.007    | 0.081    | 28       |
| LBS                 | 0.032    | 0.034    | 0.030    | 0.033    | 28       |
| VHF band 4          | 0.031    | 0.035    | 0.030    | 0.033    | 28       |
| TRS 1               | 0.031    | 0.032    | 0.029    | 0.032    | 28       |
| VHF band 5          | 0.030    | 0.033    | 0.028    | 0.033    | 28.6     |
| TV 2                | 0.026    | 0.031    | 0.026    | 0.047    | 34.7     |
| UHF band 1          | 0.026    | 0.070    | 0.024    | 0.066    | 39.5     |
| TRS 2               | 0.058    | 0.209    | 0.034    | 0.095    | 40.2     |
| UHF band 2          | 0.084    | 0.181    | 0.032    | 0.053    | 40.5     |
| Cellular (SKT)      | 0.446    | 0.683    | 0.175    | 0.279    | 40.5     |
| LTE 1 (SKT)         | 0.508    | 1.126    | 0.258    | 0.401    | 40.7     |
| LTE 2 (LGU+)        | 0.270    | 0.433    | 0.209    | 0.309    | 40.9     |
| UHF band 3          | 0.021    | 0.029    | 0.020    | 0.025    | 41.6     |
| Wireless data       | 0.023    | 0.027    | 0.020    | 0.022    | 42.1     |
| UHF band 4          | 0.021    | 0.023    | 0.020    | 0.021    | 42.2     |
| LTE 3 (KT)          | 0.021    | 0.022    | 0.020    | 0.022    | 42.4     |
| UHF band 5          | 0.020    | 0.024    | 0.019    | 0.023    | 45.3     |
| UHF band 6          | 0.023    | 0.110    | 0.022    | 0.086    | 53.4     |
| LTE 4 (SKT)         | 0.409    | 0.878    | 0.275    | 0.570    | 58.6     |
| LTE 5 (KT)          | 0.375    | 0.618    | 0.220    | 0.377    | 58.9     |
| UHF band 7          | 0.027    | 0.029    | 0.025    | 0.028    | 59.2     |
| PCS (LGU+)          | 0.145    | 0.210    | 0.142    | 0.232    | 59.3     |
| UHF band 8          | 0.033    | 0.115    | 0.031    | 0.082    | 61.3     |
| LTE 6 (LGU+)        | 0.283    | 0.526    | 0.248    | 0.392    | 61       |
| 3G 1 (SKT)          | 0.275    | 0.658    | 0.158    | 0.387    | 61       |
| 3G 2 (KT)           | 0.325    | 0.603    | 0.195    | 0.336    | 61       |
| UHF band 9          | 0.042    | 0.058    | 0.040    | 0.049    | 61       |
| WiBro 1             | 0.093    | 0.208    | 0.108    | 0.356    | 61       |
| WiBro 2             | 0.108    | 0.221    | 0.125    | 0.394    | 61       |
| UHF band 10         | 0.048    | 0.053    | 0.046    | 0.052    | 61       |
| WLAN                | 0.073    | 0.242    | 0.099    | 0.453    | 61       |
| UHF band 11         | 0.051    | 0.055    | 0.049    | 0.055    | 61       |
| LTE 7 (LGU+)        | 0.052    | 0.059    | 0.050    | 0.058    | 61       |
| UHF band 12         | 0.054    | 0.063    | 0.050    | 0.059    | 61       |
| LTE 8 (LGU+)        | 0.055    | 0.062    | 0.055    | 0.067    | 61       |
| UHF band 13         | 0.054    | 0.060    | 0.051    | 0.056    | 61       |
| UHF band 14         | 0.054    | 0.061    | 0.051    | 0.059    | 61       |
| UHF band 15         | 0.060    | 0.070    | 0.057    | 0.066    | 61       |

[표 2-8] 지하철 객실 자기장 측정 결과

| 측정지점<br>(지하철) | 1 차 측정값 | 2 차 측정값 | 평균      | 기준대비  |
|---------------|---------|---------|---------|-------|
|               | 자계 [mG] | 자계 [mG] | 자계 [mG] | [ % ] |
| 1호차, 객실       | 1.690   | 2.530   | 2.110   | 0.253 |
| 2호차, 객실       | 1.780   | 1.480   | 1.630   | 0.196 |
| 3호차, 객실       | 1.010   | 0.780   | 0.895   | 0.107 |
| 4호차, 객실       | 0.300   | 0.890   | 0.595   | 0.071 |
| 5호차, 객실       | 0.600   | 0.990   | 0.795   | 0.095 |
| 6호차, 객실       | 0.500   | 0.360   | 0.430   | 0.052 |
| 7호차, 객실       | 0.200   | 0.360   | 0.280   | 0.034 |
| 8호차, 객실       | 0.300   | 0.420   | 0.360   | 0.043 |
| 9호차, 객실       | 0.200   | 1.530   | 0.865   | 0.104 |
| 10호차, 객실      | 0.300   | 0.480   | 0.390   | 0.047 |
| 연결통로1-2,운행    | 13.020  | —       | —       | 1.563 |
| 연결통로2-3,운행    | 6.812   | —       | —       | 0.818 |
| 연결통로3-4,운행    | 3.250   | —       | —       | 0.390 |
| 연결통로1-2,정차    | 1.635   | —       | —       | 0.196 |
| 연결통로2-3,정차    | 1.252   | —       | —       | 0.150 |
| 연결통로3-4,정차    | 0.408   | —       | —       | 0.049 |
| 출입구1,         | 5.765   | —       | —       | 0.692 |
| 출입구2,         | 0.657   | —       | —       | 0.079 |
| 좌석, 중앙        | 1.215   | —       | —       | 0.146 |
| 전체            | 평 균     | 1.749mG |         | 0.093 |

[표 2-9] 지하철 승강장 자기장 측정 결과

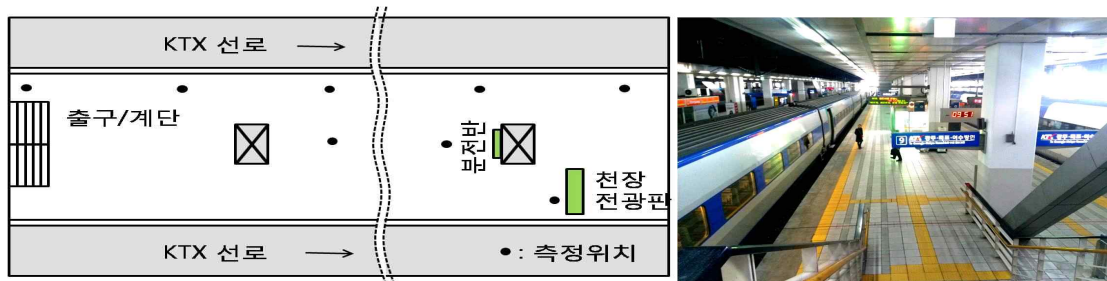
| 측정지점<br>(지하철) |          | 측정값      | 기준대비    | 비고           |
|---------------|----------|----------|---------|--------------|
|               |          | 자기장 [mG] | 자기장 [%] |              |
| 승강장           | 승강장1     | 0.980    | 0.118   | 승강장 중앙       |
|               | 승강장2     | 1.313    | 0.158   | 스크린도어 정면, 닫힘 |
|               | 승강장3     | 1.632    | 0.196   | 스크린도어 정면, 열림 |
|               | 승강장4     | 0.738    | 0.089   | 천정전광판 밑      |
|               | 승강장5     | 0.960    | 0.115   | 벽면 광고판       |
|               | 승강장6     | 2.089    | 0.251   | 스크린도어 광고판    |
|               | 개찰구      | 0.500    | 0.060   |              |
|               | 교통카드 충전기 | 0.140    | 0.017   |              |
|               | 평 균      | 1.044    | 0.122   |              |
| 기타            | 분전반 근처1  | 6.234    | 0.748   | 분전반, 광고용     |
|               | 분전반 근처1  | 2.038    | 0.245   | 분전반, 기지국용    |
| 전체            | 평 균      | 1.662 mG | 0.200 % |              |



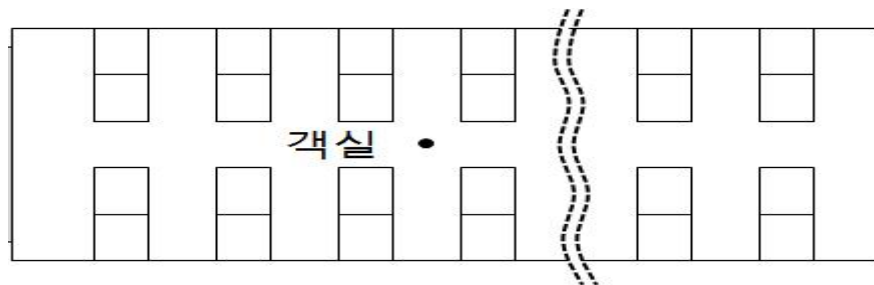
## 2. KTX 및 승강장에서의 전자파장도 측정 결과

측정 장소는 용산역과 KTX-산천 열차(용산발 전주행)를 대상으로 23개의 측정지점을 선정하였다. 그림 2-4는 KTX 승강장, KTX 객실내 주요 측정 위치를 나타내고 있다. 객실 내부에서의 측정지점은 고정 지점을 선정하지 않고 좌석과 중앙 통로를 이동하며 최대 측정된 전기장과 자기장 값을 기록하였다.

전기장은 모든 주파수 대역에서 인체보호기준에 비하여 매우 낮은 값이 측정되었다. 열차 내부의 객실에서는 최대 1.08 V/m(인체보호기준 대비 2.6 %), 승강장에서는 최대 0.36 V/m(인체보호기준 대비 0.58 %)가 측정되었다. 객실에서의 평균 자기장 값은 3.86 mG이며 최대는 9.68 mG(인체보호기준 대비 1.16 %)로 측정되었다.



(a) KTX 승강장 측정위치



(b) KTX 객실 내 측정위치 (1편성 8량)

[그림 2-4] KTX 승강장과 객실의 측정 지점

특히, 승강장에서 열차가 정지하고 있을 때 자기장 최댓값은 17.74 mG(인체보호기준 대비 2.13 %) 수준으로 나타났지만, 열차가 출발할 때는 최대 63.92 mG(인체보호기준 대비 7.67 %)가 측정되어 열차가 정지해 있을 때 보다 높게 측정되었다. 세부적인 측정 결과 값은 표 2-9와 2-10과 같다.

[표 2-10] KTX 승강장 및 객실 전기장 측정결과

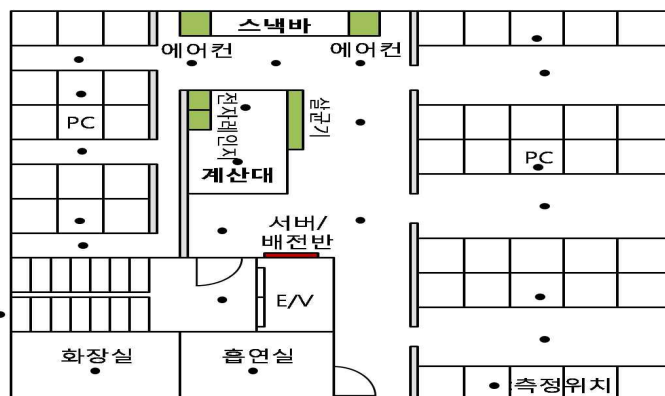
| 주파수 대역              | KTX 승강장  |          | KTX 객실   |          | 기준 [V/m] |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                     | 평균 [V/m] | 최대 [V/m] | 평균 [V/m] | 최대 [V/m] |          |
| 30 MHz under band 2 | 0.010    | 0.013    | 0.047    | 0.069    | 87       |
| AM                  | 0.002    | 0.004    | 0.018    | 0.029    | 84.2     |
| 30 MHz under band 3 | 0.001    | 0.002    | 0.005    | 0.025    | 28       |
| VHF band 1          | 0.000    | 0.000    | 0.002    | 0.003    | 28       |
| TV 1                | 0.002    | 0.069    | 0.004    | 0.069    | 28       |
| FM                  | 0.006    | 0.064    | 0.006    | 0.064    | 28       |
| VHF band 2          | 0.004    | 0.052    | 0.005    | 0.052    | 28       |
| T-DMB               | 0.003    | 0.037    | 0.004    | 0.037    | 28       |
| VHF band 3          | 0.003    | 0.065    | 0.004    | 0.060    | 28       |
| LBS                 | 0.024    | 0.027    | 0.023    | 0.026    | 28       |
| VHF band 4          | 0.023    | 0.027    | 0.023    | 0.026    | 28       |
| TRS 1               | 0.022    | 0.025    | 0.022    | 0.024    | 28       |
| VHF band 5          | 0.022    | 0.026    | 0.021    | 0.025    | 28.6     |
| TV 2                | 0.020    | 0.025    | 0.019    | 0.024    | 34.7     |
| UHF band 1          | 0.017    | 0.020    | 0.033    | 0.273    | 39.5     |
| TRS 2               | 0.032    | 0.149    | 0.017    | 0.031    | 40.2     |
| UHF band 2          | 0.016    | 0.018    | 0.022    | 0.034    | 40.5     |
| Cellular (SKT)      | 0.021    | 0.025    | 0.046    | 0.108    | 40.5     |
| LTE 1 (SKT)         | 0.067    | 0.088    | 0.636    | 1.087    | 40.7     |
| LTE 2 (LGU+)        | 0.026    | 0.033    | 0.070    | 0.143    | 40.9     |
| UHF band 3          | 0.016    | 0.019    | 0.015    | 0.025    | 41.6     |
| Wireless data       | 0.018    | 0.019    | 0.019    | 0.024    | 42.1     |
| UHF band 4          | 0.016    | 0.018    | 0.016    | 0.037    | 42.2     |
| LTE 3 (KT)          | 0.053    | 0.098    | 0.193    | 0.326    | 42.4     |
| UHF band 5          | 0.015    | 0.019    | 0.015    | 0.020    | 45.3     |
| UHF band 6          | 0.017    | 0.022    | 0.017    | 0.070    | 53.4     |
| LTE 4 (SKT)         | 0.207    | 0.290    | 0.212    | 0.319    | 58.6     |
| LTE 5 (KT)          | 0.102    | 0.134    | 0.094    | 0.156    | 58.9     |
| UHF band 7          | 0.020    | 0.023    | 0.019    | 0.022    | 59.2     |
| PCS (LGU+)          | 0.046    | 0.073    | 0.066    | 0.098    | 59.3     |
| UHF band 8          | 0.024    | 0.030    | 0.023    | 0.043    | 61.3     |
| LTE 6 (LGU+)        | 0.042    | 0.053    | 0.042    | 0.058    | 61       |
| 3G 1 (SKT)          | 0.187    | 0.359    | 0.062    | 0.148    | 61       |
| 3G 2 (KT)           | 0.068    | 0.110    | 0.104    | 0.196    | 61       |
| UHF band 9          | 0.033    | 0.040    | 0.032    | 0.040    | 61       |
| WiBro 1             | 0.077    | 0.233    | 0.044    | 0.094    | 61       |
| WiBro 2             | 0.037    | 0.043    | 0.036    | 0.041    | 61       |
| UHF band 10         | 0.037    | 0.046    | 0.036    | 0.044    | 61       |
| WLAN                | 0.039    | 0.046    | 0.039    | 0.066    | 61       |
| UHF band 11         | 0.040    | 0.047    | 0.039    | 0.045    | 61       |
| LTE 7 (LGU+)        | 0.041    | 0.049    | 0.040    | 0.046    | 61       |
| UHF band 12         | 0.042    | 0.049    | 0.041    | 0.049    | 61       |
| LTE 8 (LGU+)        | 0.051    | 0.075    | 0.043    | 0.050    | 61       |
| UHF band 13         | 0.043    | 0.049    | 0.041    | 0.048    | 61       |
| UHF band 14         | 0.043    | 0.052    | 0.041    | 0.050    | 61       |
| UHF band 15         | 0.049    | 0.062    | 0.045    | 0.054    | 61       |

[표 2-11] KTX 객실 자기장 측정결과 (최대치 기준)

| 측정지점<br>(KTX산천, 용산-전주) |     | 1차 측정값   | 2차 측정값   | 평균값      | 기준대비   |
|------------------------|-----|----------|----------|----------|--------|
|                        |     | 자기장 [mG] | 자기장 [mG] | 자기장 [mG] | [ % ]  |
| 객실                     | 1호차 | 1.673    | 1.721    | 1.697    | 0.204  |
|                        | 2호차 | 1.682    | 2.290    | 1.986    | 0.238  |
|                        | 3호차 | 0.882    | 2.985    | 1.934    | 0.232  |
|                        | 4호차 | 1.375    | 2.235    | 1.805    | 0.217  |
|                        | 5호차 | 2.782    | 3.740    | 3.261    | 0.391  |
|                        | 6호차 | 9.380    | 3.670    | 6.525    | 0.783  |
|                        | 7호차 | 2.980    | 5.883    | 4.432    | 0.532  |
|                        | 8호차 | 8.720    | 9.684    | 9.202    | 1.105  |
| 평 균                    |     |          |          | 3.86 mG  | 0.46 % |

## 제5절 PC방 측정 결과

PC방은 컴퓨터서버, 배전반, 스낵바, 흡연실, 자판기 등 전기전자시설의 위치와 이용자의 접근성을 고려하여 20개 측정지점을 선정하였다. PC방 내부 구조와 측정위치는 그림 2-5과 같다.



[그림 2-5] PC방 내부 구조와 측정위치

전기장은 LTE 주파수 대역에서 최대 1.74 V/m(인체보호기준 대비 4.25%)가 측정되었으며, 그 이외의 전자파 신호원은 Cellular, LTE, 3G, PCS, WLAN 등 주로 이동통신 주파수 대역이다.

자기장의 경우 평균 2.05 mG(인체보호기준 대비 0.24 %)로 낮은 값이 나타났으나 전자레인지가 작동중일 때 근처의 계산대에서 6.69 mG(인체보호기준 대비 0.8 %)로 측정되었다. 표 2-11과 2-12는 측정지점별 전기장과 자기장 측정결과이다.

[표 2-12] PC방 내·외부 전기장 측정결과

| 주파수 대역              | PC방 내부   |          | PC방 현관 외부 |          | 기준 [V/m] |
|---------------------|----------|----------|-----------|----------|----------|
|                     | 평균 [V/m] | 최대 [V/m] | 평균 [V/m]  | 최대 [V/m] |          |
| 30 MHz under band 2 | 0.048    | 0.060    | 0.022     | 0.032    | 87       |
| AM                  | 0.013    | 0.021    | 0.004     | 0.007    | 84.2     |
| 30 MHz under band 3 | 0.002    | 0.003    | 0.001     | 0.002    | 28       |
| VHF band 1          | 0.001    | 0.001    | 0.000     | 0.000    | 28       |
| TV 1                | 0.003    | 0.067    | 0.002     | 0.073    | 28       |
| FM                  | 0.005    | 0.063    | 0.005     | 0.060    | 28       |
| VHF band 2          | 0.004    | 0.056    | 0.004     | 0.054    | 28       |
| T-DMB               | 0.003    | 0.039    | 0.003     | 0.035    | 28       |
| VHF band 3          | 0.003    | 0.063    | 0.003     | 0.062    | 28       |
| LBS                 | 0.024    | 0.026    | 0.023     | 0.025    | 28       |
| VHF band 4          | 0.024    | 0.028    | 0.023     | 0.026    | 28       |
| TRS 1               | 0.023    | 0.025    | 0.022     | 0.026    | 28       |
| VHF band 5          | 0.022    | 0.026    | 0.021     | 0.024    | 28.6     |
| TV 2                | 0.020    | 0.024    | 0.019     | 0.024    | 34.7     |
| UHF band 1          | 0.018    | 0.027    | 0.016     | 0.019    | 39.5     |
| TRS 2               | 0.018    | 0.039    | 0.017     | 0.026    | 40.2     |
| UHF band 2          | 0.026    | 0.044    | 0.016     | 0.017    | 40.5     |
| Cellular (SKT)      | 0.137    | 0.179    | 0.025     | 0.031    | 40.5     |
| LTE 1 (SKT)         | 0.349    | 0.536    | 0.052     | 0.094    | 40.7     |
| LTE 2 (LGU+)        | 0.068    | 0.108    | 0.132     | 0.225    | 40.9     |
| UHF band 3          | 0.016    | 0.018    | 0.015     | 0.018    | 41.6     |
| Wireless data       | 0.015    | 0.015    | 0.015     | 0.015    | 42.1     |
| UHF band 4          | 0.015    | 0.017    | 0.015     | 0.018    | 42.2     |
| LTE 3 (KT)          | 0.016    | 0.017    | 0.015     | 0.016    | 42.4     |
| UHF band 5          | 0.015    | 0.018    | 0.015     | 0.018    | 45.3     |
| UHF band 6          | 0.018    | 0.022    | 0.017     | 0.022    | 53.4     |
| LTE 4 (SKT)         | 0.019    | 0.021    | 0.018     | 0.021    | 58.6     |
| LTE 5 (KT)          | 0.021    | 0.023    | 0.019     | 0.022    | 58.9     |
| UHF band 7          | 0.020    | 0.022    | 0.020     | 0.029    | 59.2     |
| PCS (LGU+)          | 0.152    | 0.207    | 0.446     | 0.811    | 59.3     |
| UHF band 8          | 0.024    | 0.047    | 0.022     | 0.029    | 61.3     |
| LTE 6 (LGU+)        | 0.027    | 0.032    | 0.026     | 0.030    | 61       |
| 3G 1 (SKT)          | 0.259    | 0.756    | 0.035     | 0.051    | 61       |
| 3G 2 (KT)           | 0.037    | 0.055    | 0.030     | 0.033    | 61       |
| UHF band 9          | 0.033    | 0.041    | 0.031     | 0.040    | 61       |
| WiBro 1             | 0.037    | 0.043    | 0.035     | 0.041    | 61       |
| WiBro 2             | 0.037    | 0.043    | 0.036     | 0.041    | 61       |
| UHF band 10         | 0.038    | 0.043    | 0.036     | 0.041    | 61       |
| WLAN                | 0.040    | 0.045    | 0.038     | 0.045    | 61       |
| UHF band 11         | 0.041    | 0.045    | 0.039     | 0.045    | 61       |
| LTE 7 (LGU+)        | 0.041    | 0.045    | 0.039     | 0.045    | 61       |
| UHF band 12         | 0.043    | 0.050    | 0.040     | 0.047    | 61       |
| LTE 8 (LGU+)        | 0.043    | 0.048    | 0.041     | 0.048    | 61       |
| UHF band 13         | 0.043    | 0.049    | 0.041     | 0.049    | 61       |
| UHF band 14         | 0.042    | 0.051    | 0.040     | 0.050    | 61       |
| UHF band 15         | 0.047    | 0.054    | 0.045     | 0.052    | 61       |

[표 2-13] PC방 내·외부 자기장 측정결과 (최대치 기준)

| 측정지점<br>(PC방) |       | 측정값      | 기준대비    | 비고                |
|---------------|-------|----------|---------|-------------------|
|               |       | 자기장 [mG] | 자기장 [%] |                   |
| PC방<br>내부     | 현관    | 1.265    | 0.152   |                   |
|               | 계산대1  | 3.008    | 0.361   |                   |
|               | 계산대2  | 4.303    | 0.517   | 전자레인지, 커피머신       |
|               | 계산대3  | 6.697    | 0.804   | 전자레인지 on          |
|               | 살균기   | 1.336    | 0.160   | 계산대 앞, 30cm 이격 측정 |
|               | 좌석통로1 | 4.670    | 0.561   | 중앙부분              |
|               | 좌석통로2 | 2.138    | 0.257   | 중앙부분              |
|               | 좌석통로3 | 0.287    | 0.034   | 중앙부분              |
|               | 좌석통로4 | 0.440    | 0.053   | 중앙부분              |
|               | 좌석통로5 | 0.746    | 0.090   | 중앙부분              |
|               | 좌석통로6 | 0.336    | 0.040   | 중앙부분              |
|               | 좌석1   | 2.528    | 0.303   | 좌석중앙, 사용자 높이      |
|               | 좌석2   | 1.185    | 0.142   | 좌석중앙, 사용자 높이      |
|               | 좌석3   | 0.732    | 0.088   | 좌석중앙, 사용자 높이      |
|               | 좌석4   | 1.120    | 0.134   | 좌석중앙, 사용자 높이      |
|               | 좌석5   | 1.260    | 0.151   | 좌석중앙, 사용자 높이      |
|               | 좌석6   | 0.902    | 0.108   | 좌석중앙, 사용자 높이      |
|               | 스แน마1 | 4.770    | 0.573   | 에어컨1 주변           |
|               | 스แน마2 | 2.060    | 0.247   | 정수기, 싱크대 주변       |
|               | 스แน마3 | 4.914    | 0.590   | 냉장고, 에어컨2 주변      |
| 전체            | 평 균   | 2.235 mG | 0.268 % |                   |

## 제6절 결론

생활속에서 사람에게 노출되는 전자파의 노출정도를 평가하기위해 가정집, 학교, 지하철, PC방, KTX 객실과 승강장 등 대표적인 장소 5개를 선정하고 이에 대한 전자파 노출량을 조사하였다. 전기장은 인체보호기준에 비해 5 % 미만의 낮은 분포를 보였으며, 자기장의 세기는 KTX 승강장을 제외한 장소에서 기준대비 0.3 % 미만의 매우 낮은 수치를 보였다. 그러나 KTX 승강장에서는 전력 공급 장치와 전기장치들로 인해 다른 조사 대상보

다 상대적으로 높은 수치가 측정되었다. 본 연구는 생활속의 다양한 환경에서 전자파가 사람에게 어느 정도 노출되는지를 확인하고 객관적인 전자파 정보를 알리고자 수행되었으며, 본 연구에서 수행된 측정 결과값과 동영상은 국립전파연구원의 '생활속의 전자파([www.emf.go.kr](http://www.emf.go.kr))' 홈페이지에서 제공하고 있다. 향후에는 일반인들이 관심을 가질 수 있는 다양한 생활환경의 전자파 노출 정보를 지속적으로 제공함으로써 전자파에 대한 궁금증 해소에 기여할 계획이다.

## 제 3 장 가전기기의 전자파 인체 노출량 평가방법 및 제도 도입 방안 연구

### 제1절 개요

전파법(제47조의2)에 전자파인체보호를 위한 제도 도입 근거가 2000년도에 마련된 이래 휴대전화, 무선국 및 휴대용 통신기기 등 의도적으로 전파를 이용하는 무선통신기기를 대상으로 전자파인체호보기준을 적용하여 왔으며, 2014년 12월 29일 생활 밀착형 전자제품에 대한 전자파를 규제할 수 있는 근거가 명시된 전파법 일부 개정법률안이 국회 본회의에서 통과되었다. 사회적으로는 일반 가정에서 사용하는 비의도적으로 발생하는 가전기기 전자파에 대한 국민의 관심이 높아지고 사회적 이슈가 제기되고 있다. 특히 전기장판, 온수매트 등 장시간 밀착하여 사용하는 가전기기에 대해서는 전자파가 보다 낮게 나오는 제품으로 그 선택 기준이 달라질 정도로 일반 국민의 관심은 증가되었다. 현재 일상생활에서 사람에게 노출되는 낮은 레벨의 전자파에 대한 인체영향 유무에 대해서는 국제적으로도 명확한 근거를 밝히지는 못하고 있으나, 국민의 건강에 대한 우려와 사회적 관심의 증가에 대응하여 사전주의 원칙(precautionary principle) 차원의 제도 도입 필요성이 제기되고 있다.

본 연구에서는 국민과 사회적 요구 및 제도의 변화에 따라 가전기기의 전자파에 대한 인체보호기준 적용에 대비하여 가전기기 전자파의 인체노출량에 대한 평가방법을 마련하였다.

### 제2절 국외 동향

가전기기의 전자파에 대해서는 현재 유럽과 홍콩에서만 인체보호기준을 적용하고 있다. 유럽은 EU Directive 2006/95/EC(LVD, Low Voltage Directive)에 의하여 전자파 인체노출을 규제하고 있으며 유럽 통합 인증



CE마크를 취득시 제조사는 적합성 선언(DoC, Declaration of Conformity)을 통해 적합여부를 선언하여야 한다. 가전기기의 전자파에 대한 인체노출량 측정은 국제전기기술위원회(IEC)에서 정한 가전기기 전자파 인체노출량 측정방법인 IEC 62233을 근거로 한 유럽의 EN 62233(2008)에 따라 평가하도록 정하고 있다.

홍콩의 경우는 2011년 1월 1일부터 EMSD(Electrical and Mechanical Services Department)에서 가전기기에 대한 전자파를 규제하고 있다. EMSD는 홍콩내 가정용 전기기기에 대하여 EMF 규제를 공포하고 IEC 62233 또는 EN 62233의 규격을 적용하도록 하고 있다.

### 제3절 가전기기의 전자파강도 측정방법

가전기기의 전자파 인체노출량은 인체에 직접적인 영향을 근거로 설정된 기본한계(Basic Restriction)로 측정할 수 없다. 기본한계에 해당하는 물리량은 고주파의 경우 인체 머리카나 몸통 등 체내에서 전자파로 인한 열적작용을 정량화한 전자파흡수율(SAR, Specific Absorption Rate)이며, 저주파의 경우 인체 내부의 전자기장이다. 그러나 인체내부에서의 측정이 어려운 경우 기본 한계값을 수치적으로 환산하여 정한 기준레벨(Reference Level)의 값으로 판단할 수 있다. 따라서 가전기기 전자파의 경우 사람이 접근할 수 있는 최근접 거리나 통상적인 사용 환경을 고려하여 전자파인체보호기준의 기준레벨인 전자파강도 값으로 평가하여야 한다. 따라서 이에 대한 측정방법은 국립전파연구원의 「전자파강도 측정기준」 고시로 규정할 수 있다. 전자파인체보호기준의 적합성 여부를 판단하기위한 가전기기의 전자파강도 측정방법은 IEC 62233을 바탕으로 가전제품의 사용조건을 반영하여 수정하였다. 국내 전자파 인체보호기준은 국제비전리복사방호위원회(ICNIRP)에서 권고하고 있는 기준을 따르고 있으나, 전자파흡수율(SAR) 기준 이외에는 기본한계(Basic Restriction)를 고려하지 않으므로 가전기기의 전자파강도 측정방법에서는 이에 대한 부분은 배제를 하였다.

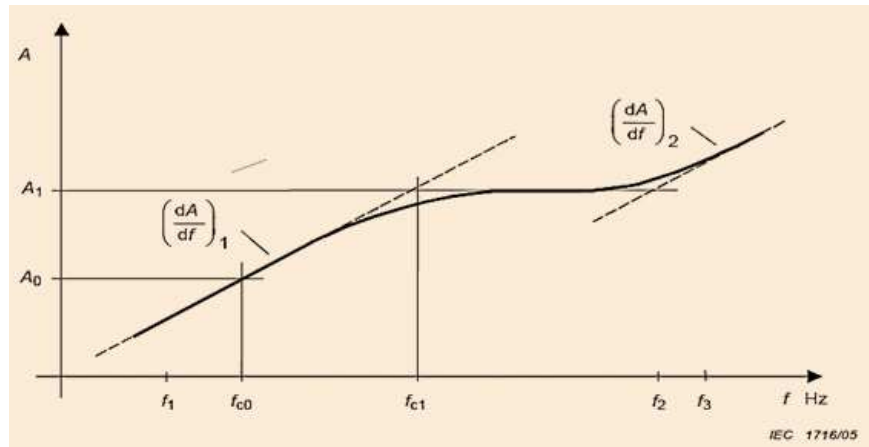
IEC의 62233에서 기술하고 있는 가전기기에 대한 전자파강도 측정방법은 시간영역평가, 선스펙트럼 평가 및 대체 시험방법 등 3가지 방법으로

기술하고 있다. 시간영역평가는 전자파의 신호 유형과 무관하게 측정할 수 있는 방법으로 대부분의 측정장비에서 구현하고 있는 방법이다. 여러 개의 주파수 성분을 갖는 전자파에 대하여 각 성분별로 전자파를 측정하고 각 측정값을 기준값에 대한 비로 산출하여 더한다. 여기서 측정결과의 총합이 1(또는 100 %) 이하일 경우 기준값을 만족한 것으로 판단할 수 있다. 각 주파수에 대한 인체보호기준값은 측정장비 내부 알고리즘에 함수 형태로 구현되어 있으며 이를 전달함수라 한다.

선스펙트럼 평가는 전자파 신호가 단일 주파수와 그 고조파 성분만이 존재하는 전자파에 대해서만 적용할 수 있다. 평가방법은 전자파 신호를 개별적으로 측정하고 인체보호기준값과의 비를 합하는 방법이다. 마지막으로 대체 시험방법은 전원주파수와 그 고조파 성분의 신호만 발생할 경우에 적용하는 방법으로 다음의 사항을 모두 만족할 때 기준에 적합한 것으로 판단하는 시험 면제 사항이다.

- 고조파를 포함하여 자기장을 발생시키는 신호원의 전류를 알 경우
- 전원 주파수 진폭의 10 % 보다 높은 모든 고조파 전류가 관심 주파수 범위에서 지속적으로 감소할 때
- 전원 주파수에서 자속밀도가 기준 레벨의 50 % 이하일 때
- 전원주파수를 억압한 상태에서 광대역으로 측정한 자속밀도가 전원주파수 기준레벨의 15 % 이하일 때

위에서 열거한 세가지 측정방법 중 시간영역 평가방법은 선스펙트럼 평가방법을 포괄하는 일반적인 방법이며, 시험 면제조건을 기술하고 있는 대체 시험방법의 경우 국내 적합성 평가시 적용하기 어려운 실정이다. 따라서, 측정방법에 대해서는 현행 고시체계를 고려하여 시간영역측정 한가지 방법으로 통일하여 규정하였으며, 이에 대한 실측 및 이론적 근거를 검토하여 타당성을 확보하였다. 예를 들어, 문서 세단기에 대한 각 모드별 측정결과 60 Hz 단일 주파수의 자속밀도는 인체보호기준 대비 1.59 %로 측정되었으며, 60 Hz와 이에 대한 고조파 성분만을 측정하는 Harmonic mode 측정에서는 1.72 %이었다.



[그림 3-1] 주파수 전달함수

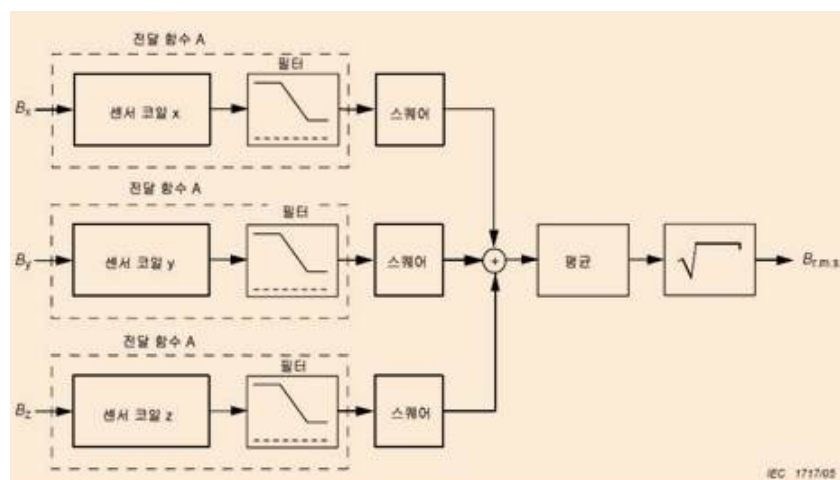
시간영역측정에서는 모든 주파수 성분에 대한 측정으로 기준대비 1.75%로 측정되었으며 그 외에 헤어드라이기와 커피포트의 전자파 노출량에 대한 각 모드별 측정에서 시간영역측정과 선스펙트럼 측정간의 데이터를 비교하여 시간영역측정방법이 가장 포괄적 측정방법임을 확인하였다.

시간영역평가(Time Domain Evaluation)는 신호의 형식과 무관하게 측정이 가능하며, 여러 주파수 성분을 갖는 경우 그림 3-1의 전달함수(전자파 인체보호기준값의 역수)를 사용하여 주파수 의존도를 고려한다. 주파수 의존도는 전자파인체보호기준이 주파수에 따라 다른 값을 가지므로 해당 주파수의 측정값에 대한 인체보호기준값의 비를 산출하기위해 사용되는 함수이다.

주파수 전달함수는 다음 식으로 정의되며,  $B_{RL}(f)$ 은 각 주파수에 대한 자속밀도 기준값(Reference Level)의 함수를 말한다.

$$A(f_{c0}) = A_0 = \frac{B_{RL}(f_{c0})}{B_0} = 1; \quad A(f_{c1}) = A_1 = \frac{B_{RL}(f_{c1})}{B_1}; \quad \left(\frac{dA}{df}\right)_n = \left[\left(\frac{dB}{df}\right)_n\right]^{-1}$$

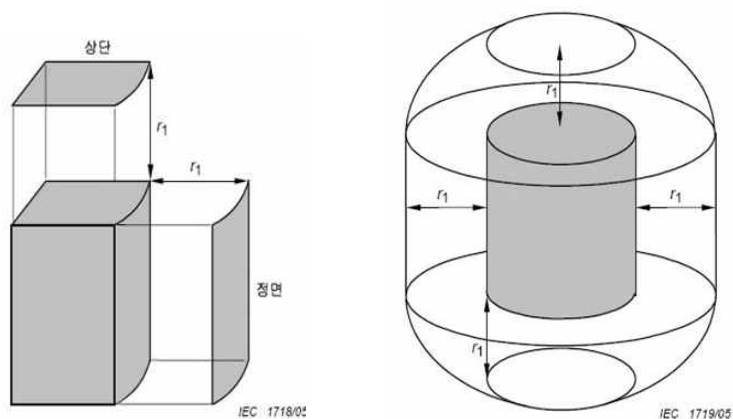
자속밀도의 가중 실효치는 측정 프로브의 각 센서의 신호를 개별적으로 측정하고 그림 3-1의 전달함수를 사용하여 가중치를 적용하여 제공한 후 합계하여 평균 제공근을 구하여 얻는다.(그림 3-2 참조)



[그림 3-2] 시간영역 측정방법의 구성

IEC 62233에서 기술하고 있는 대체시험방법의 경우도 60 Hz 주파수(고조파 포함)만을 대상으로 하고 있어 시간영역측정방법으로 대체 가능하다.

가전기기의 전자파 인체노출량 측정방법은 제품에 따라 사용방법이나 접근거리 등을 고려하여 정하여야 하며 이에 따른 전자파 측정위치도 다르다. 가전기기는 크게 정면, 측면, 상단 및 사방으로 측정위치를 정할 수 있으며, 측정거리는 사용방법에 따라 밀착, 10 cm 이격 및 30 cm 이격으로 정할 수 있다.



[그림 3-3] 측정위치(상단, 정면, 사방)

밀착으로 측정하는 대상기기는 전기담요류, 치위생기, 탈모기, 이발기, 안마기, 면도기, 어깨에 메는 진공청소기, 윌풀욕조가 해당되며 10 cm를

이격하여 측정하는 대상기기는 헤어드라이어가 대표적이다. 그 밖의 기기는 통상 30 cm의 이격거리를 두고 측정을 하여야한다.

[표 3-1] 주요 가전기기의 측정거리, 측정 프로브 위치 및 동작 조건

| 측정 대상기기                  |          | 측정 거리<br>r <sub>1</sub> | 측정 프로브<br>위치            | 동작 조건  |
|--------------------------|----------|-------------------------|-------------------------|--|
| 중분류                      | 소분류      |                         |                         |  |
| 라. 주방 용<br>전열기기          | 전기호브     | 30 cm                   | 사방<br>(하단 제외)           | ○ 조절장치를 최대조건으로 설정한다.<br>- 열판이 여러개 있는 경우 조절장치를<br>동시에 최대로 설정한다.<br>- 바닥이 평평한 알루미늄 재질의 용기<br>에 조리용 기름을 절반정도 채우고<br>열판위에 놓는다. 단, 용기 바닥의 크<br>기는 열판의 크기와 비슷하여야 한다. |
|                          | 전기레인지    |                         |                         |  |
|                          | 전기오븐기기   | 30 cm                   | 사방<br>(하단 제외)           | ○ 조절장치를 최대조건으로 설정한다.   |
|                          | 전기거치식식그릴 |                         |                         |  |
|                          | 전기곤로     |                         |                         |  |
|                          | 전기가열기    |                         |                         |  |
|                          | 전기토스터    |                         |                         |  |
|                          | 전기프라이팬   |                         |                         |  |
|                          | 전기휴대형그릴  |                         |                         |  |
|                          | 전기고기구이기  |                         |                         |  |
|                          | 와플기기     |                         |                         |  |
|                          | 핫플레이트    |                         |                         |  |
| 바.모발관리<br>기              | 모발건조기    | 10 cm                   | 사방                      | ○ 조절장치를 최대조건으로 설정한다.   |
|                          | 전기머리인두   |                         |                         |  |
|                          | 모발말개     |                         |                         |  |
| 차.전기담요<br>및 매트, 전<br>기침대 | 전기방석     | 매트<br>: 0 cm            | 매트<br>: 상단              | ○ 조절장치를 최대조건으로 설정한다.<br>- 조절장치가 매트가 연결된 선은 최대<br>한 곧게 편다.<br>- 단, 조절장치가 매트와 일체형인 제품<br>은 조절장치의 측정거리를 0 cm로<br>하고 상단 위치에서만 측정한다.                                |
|                          | 전기요      |                         |                         |  |
|                          | 전기매트     | 조절장치<br>: 30 cm         | 조절장치<br>: 사방<br>(하단 제외) |  |
|                          | 전기카펫     |                         |                         |  |
|                          | 전기장판     |                         |                         |  |
|                          | 전기침대     |                         |                         |  |
| 거.전자레인지                  |          | 30 cm                   | 사방<br>(하단 제외)           | ○ 조절장치를 최대조건으로 설정한다.<br>- 전자레인지용 용기에 수돗물 1리터를<br>채우고 선반 중심에 놓는다.   |
| 머.전열기구                   | 전기스토브    | 30 cm                   | 사방<br>(하단 제외)           | ○ 조절장치를 최대조건으로 설정한다.   |
|                          | 전열보드     |                         |                         |  |
|                          | 전기라디에이터  |                         |                         |  |

| 측정 대상기기      |                         | 측정 거리<br>$r_1$                      | 측정 프로브<br>위치                              | 동작 조건  |
|--------------|-------------------------|-------------------------------------|---|--|
| 중분류          | 소분류                     |                                     |   |  |
|              | 전기온풍기                   |                                     |   |  |
| 모.가습기        |                         | 30 cm                               | 사방<br>(하단 제외)                             | o 조절장치를 최대조건으로 설정한다.                                     |
| 누.이미용기       | 전기머리손질기                 | 10 cm                               | 사방  | o 조절장치를 최대조건으로 설정한다.                                     |
|              | 두피모발기                   |                                     |   |  |
|              | 샴푸기기                    |                                     |   |  |
|              | 모발가습기                   |                                     |   |  |
|              | 전기면도기                   | 0 cm                                | 면도날<br>가까이                                | o 조절장치를 최대조건으로 설정한다.                                     |
|              | 전기이발기                   | 0 cm                                | 이발기<br>가까이                                | o 조절장치를 최대조건으로 설정한다.                                     |
|              | 안면사우나기                  | 0 cm                                | 정면  | o 조절장치를 최대조건으로 설정한다.                                     |
| 우.전기온수<br>매트 | 전기온수 매트<br>및 전기온수침<br>대 | 매트<br>: 0 cm<br><br>조절장치<br>: 30 cm | 매트<br>: 상단<br><br>조절장치<br>: 사방<br>(하단 제외) | o 조절장치를 최대조건으로 설정한다.<br>- 조절장치가 매트가 연결된 선은 최대한<br>곧게 편다. |
| 주.구강 청<br>결기 | 전동칫솔                    | 0 cm                                | 사방  | o 조절장치를 최대조건으로 설정한다.                                     |
|              | 구강세척기                   | 0 cm                                | 사방  | o 조절장치를 최대조건으로 설정한다.<br>- 물탱크의 최대 수위까지 물을 채운다.           |

특히 유도식 주방용 전열기기의 경우 사면에서 30 cm를 이격하여 위아래 1 m에서 0.5 m 범위에서 최댓값을 측정하여야 하며, 이때 동작조건의 부하를 고려하여 기름을 반쯤 채운 알루미늄 재질의 열판과 크기가 비슷한 바닥 크기를 갖는 용기를 사용하여야 한다. 측정시 각 기기의 사용 조건은 전자파적합성 평가방법을 참조하였다.

각각의 기기에 대한 측정거리와 동작조건에 대해서는 IEC 62233의 규정을 유지하되 일부 내용을 단순화하였으며 동작 상태에 따라 측정값이 달라질 수 있으므로 가전기기가 안정화 된 상태에서 각각의 모드에서 측정하도록 하였다.

## 제4절 결론

가전기기는 일반적으로 휴대전화와 같이 의도적 전파발생 기기에 비하여 전자파 방출량이 상대적으로 낮고 추가 인증비용의 증가로 인한 제품의 가격 상승으로 국민의 부담이 가중될 수 있는 이유로 현재까지 제도적으로 규제할 필요성이 없었다. 그러나, 전자파에 대한 국민의 인식과 궁금증의 증가 및 보다 낮은 전자파 방출 레벨을 선택하려는 국민의 인식으로 밀착하여 장시간 사용하는 가전기기에 대한 제도 도입 필요성은 커지고 있다. 전자파인체보호위원회는 관련 산학연관 전문가로 연구반을 구성하여 국제기준과 국내 상용 가전기기 및 기술기준 등을 고려하여 가전기기의 전자파강도 측정기준을 마련하였다. 가전기기에 대한 전자파 인체노출량 측정방법은 10 Hz~400 kHz의 주파수 범위의 자기장을 발생시키는 가전기기의 적합성 평가에 적용되며 기기의 통상의 사용조건을 고려하여 측정거리를 규정하고 있다. 자기장 강도의 측정은 시간영역평가 방법에 따라 각 주파수에 해당하는 자기장강도 기준의 주파수 의존성을 고려하여 평가토록 하였다. 가전기기의 전자파 측정방법은 향후 가전기기의 전자파에 대한 인체보호기준 적용 제도 도입 시 전자파강도 측정기준 고시를 개정하여 적용할 예정이다.

## 제 4 장 SAR 측정 불확정도 개선 방법 연구

### 제1절 개요

휴대용 무선통신기기에 대한 전자파 인체노출량은 전자파흡수율(SAR, Specific Absorption Rate)로 평가하고 있다. 현재 대부분의 나라는 국제전기기술위원회(IEC)의 62209 part 1, part 2에서 정하는 휴대용 무선기기에 대한 SAR 평가방법 표준을 따르고 있다. 그러나, 인체의 내부에 흡수된 전자파양을 측정하기위해 모의인체와 인체 유사조직 액체 등을 이용해야 하는 특성 때문에 일반적으로 계측기만을 이용하여 측정하는 경우 불확정도의 요인이 많으며, 현 상용화 시스템의 경우 전체 불확정도는 대략 20% 내외의 수준이다.

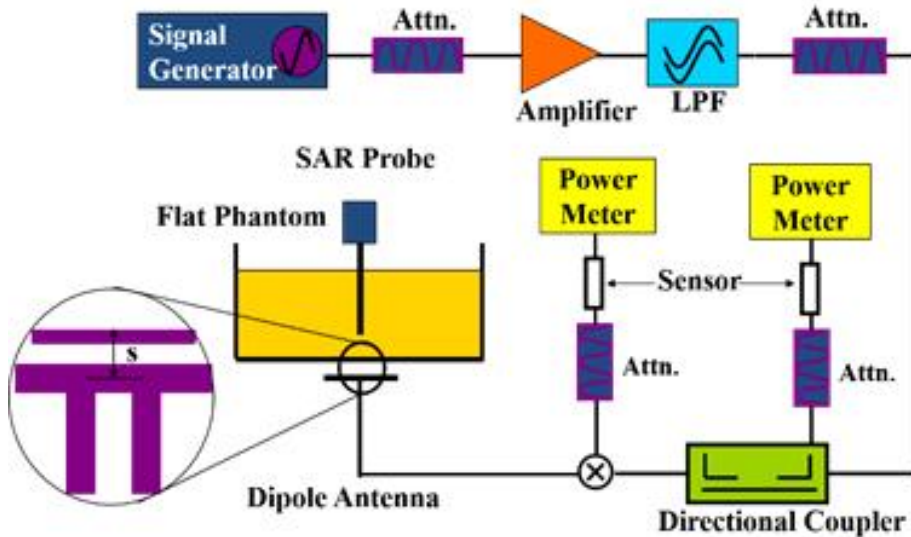
국제 표준문서(IEC 62209-1, -2)에서 규정하는 유효성 검사와 프로브 교정은 신호발생기와 증폭기 및 파워미터를 이용하여 만들어지는 표준입력 신호의 변화를  $\pm 5\%$  이하로 제한하고 있다. 본 연구를 통해 개발된 표준입력 신호 출력조정 프로그램이 전자파흡수율 측정시스템의 유효성 검사와 교정에 활용되어 출력변화에서 오는 불확정도를 개선하고 시스템의 측정결과에 대한 신뢰성을 확보하고자 한다.

### 제2절 표준입력 신호의 출력 특성

전자파흡수율 측정시스템은 인체 내부에 흡수된 전자파의 양을 측정하기 위해 사람의 머리카나 몸통의 모양을 형상화한 모의인체를 사용하며, 내부는 사람의 인체조직과 유사한 용액을 채워서 내부의 흡수된 전기장을 측정한다. 모의인체 내에 흡수된 전기장 측정은 프로브라고 하는 등방성 소형 안테나를 사용하며 이를 정밀하게 제어하기 위한 로봇 시스템 그리고 측정데이터를 처리하는 소프트웨어 등으로 구성되어 있다. 전자파흡수율 측정시스템의 정확성을 확인하기위해 측정전 전체시스템에 대한 신뢰도 검증 목적의 측정절차를 수행하며 이를 유효성 검사라고 한다. 유효성 검사



시스템은 그림 4-1과 같이 구성된다. 유효성 검사 시스템은 신호발생기, 증폭기, 방향성 커플러, 파워미터, 표준다이폴 안테나 등으로 구성되며 각각의 기기는 수동 제어된다.

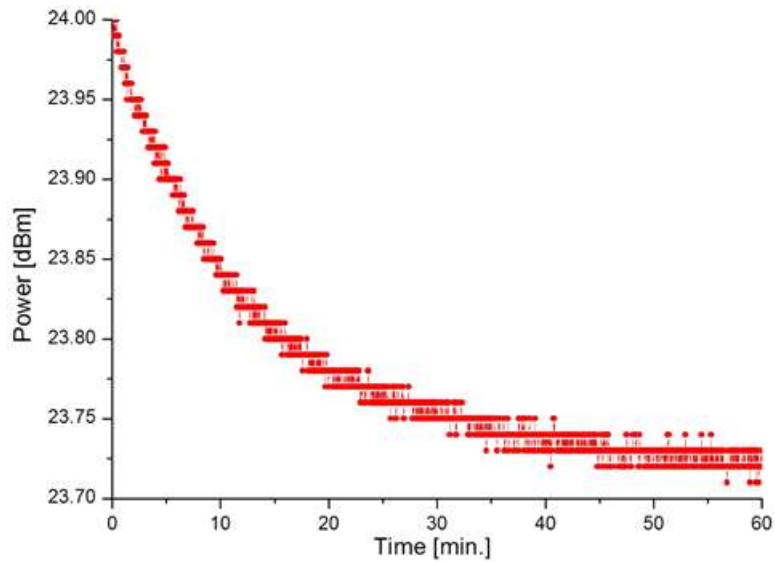


[그림 4-1] 전자파흡수율 측정시스템의 유효성 검사 구성도

현재 유효성 검사시 다이폴안테나에 입력하는 신호는 측정자가 수동으로 설정 및 조정하고 있으며 이때 사용하는 신호발생기와 증폭기의 출력 변화로 인해 다이폴안테나로 입력되는 신호는 불안정하여 그림 4-2와 같이 시간에 따른 출력 변화로 인한 오차가 발생한다.

그림 4-2는 유효성 검사 시스템에서 다이폴 안테나에 입력되는 신호가 시간에 따라 변화하는 특성을 보여주고 있다. 일반적으로 최초 표준 신호 설정후 출력값은 서서히 감소하게 되며 이로 인한 오차는 정확한 시스템의 유효성 검사의 결과에 상당한 오차를 준다. IEC 62209에서는 출력변화 오차를 5% 이하로 제한하고 있어 표준 신호가 안정화될 때까지 기다린 후 측정을 수행하고 있다. 그러나 일정기간이 지나 출력 변화의 안정화 이후에도 시스템 내의 출력수준은 서서히 저하되거나 변동되는 경향이 있어 전자파흡수율 측정의 정확도가 저하된다.

그림 4-2는 유효성 검사시 60분 동안의 출력변화에 대한 특성이며 약 16.8 mW로 8 % 수준의 오차를 보여준다.



[그림 4-2] 유효성 검사시 표준입력신호의 시간에 따른 출력변화 예

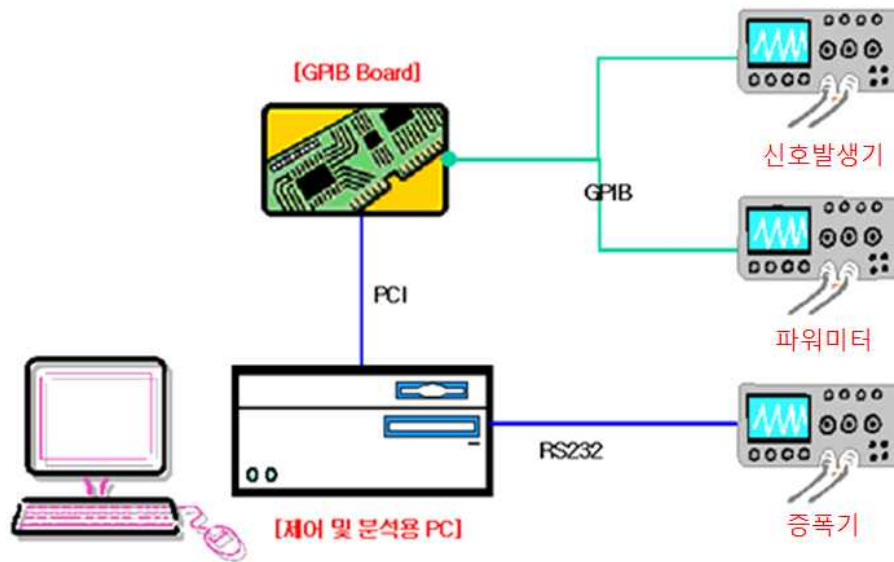
기존의 방식으로는 시험자가 유효성 검사 시스템의 출력 수준을 지속적으로 확인하고 조정할 수도 있지만 시험자의 수동 조작이 이루어지면 시험자의 숙련도나 조정 주기에 따라 값이 여전히 일정하지 않게 되고 이런 요소들이 유효성 검사 시스템과 연관되어 검사되는 전자파흡수율 측정시스템의 정확도를 떨어뜨리게 된다. 특히 교정 시스템의 경우 표준입력신호의 오차는 프로브의 교정인자에도 영향을 주어 실제 측정하고자하는 휴대용 통신기기의 전자파흡수율 측정값에 영향을 준다.

전자파흡수율 측정시스템의 확장 불확정도는 상하 20 % 수준이며, 불확정도에 상당한 영향을 끼치는 유효성 검사의 출력 오차와 교정을 위한 도파관의 입력 오차를 개선하여 이런 불확정도 범위를 줄이고 전자파흡수율 측정시스템의 정확도를 높일 필요가 있다.

### 제3절 전력 자동제어 프로그램

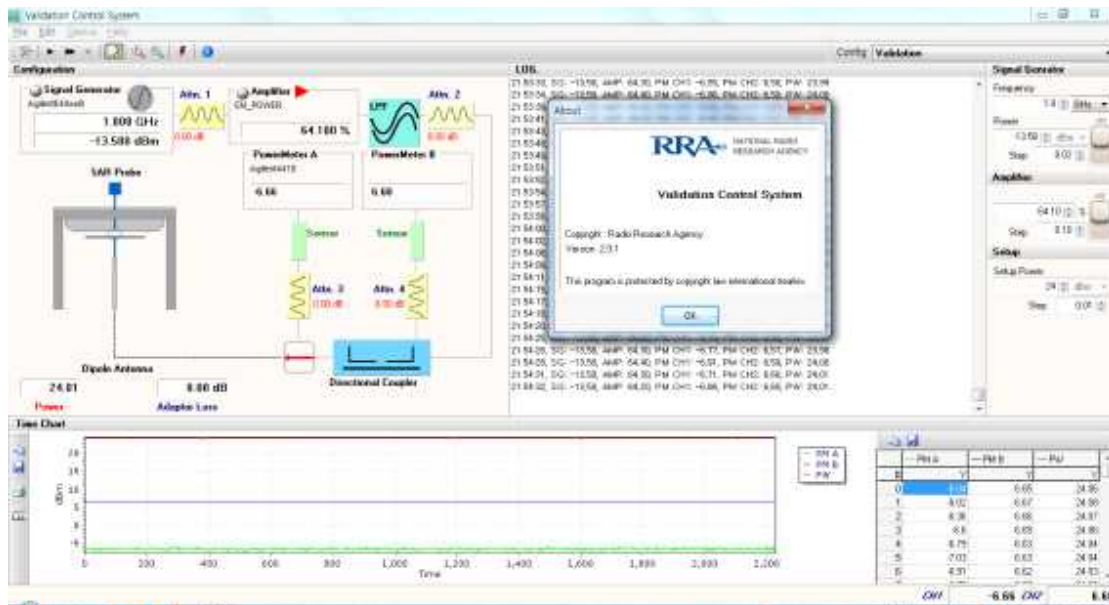
전력 자동제어 프로그램은 그림 4-3에서와 같이 정확한 유효성 검사와 프로브 교정시 다이폴안테나 또는 도파관에 입력되는 신호를 자동으로 제어하기위해 PC에서 신호발생기와 증폭기 및 파워미터의 제어와 모니터링이 가능하도록 구성하였다. 즉, 다이폴안테나의 입력신호를 모니터링 하여

계측기의 시간에 따른 출력변화가 발생할 경우 이를 감지하여 증폭기 또는 신호발생기의 출력 값을 자동 조절할 수 있도록 설계하였다.



[그림 4-3] 전력 자동제어 구성도

신호발생기와 파워미터는 GPIB로 제어와 모니터링이 가능하며, 증폭기는 RS232로 제어하여 그림 4-4와 같이 전체 시스템의 사용자 통합 화면에서 다이폴 안테나로 최종 공급되는 출력을 설정할 수 있도록 구현하였으며, 파워미터의 전력을 읽어 시스템으로 피드백하고 신호발생기와 증폭기를 제어함으로써 원하는 출력을 얻을 수 있는 알고리즘을 구현하였다. 이때 신호발생기는 0.02 dBm, 파워미터는 0.01 dB 그리고 증폭기는 1 %의 Gain으로 제어 정밀도를 제공한다.



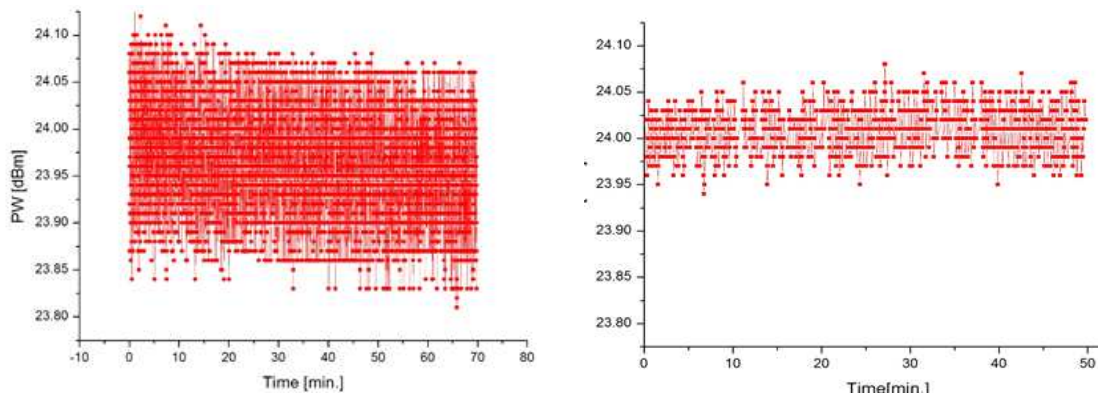
[그림 4-4] 전력 자동제어 프로그램 화면

제어모드는 유효성 검사 측정 모드와 프로브 교정 모드로 나누어 유효성 검사와 프로브 교정에 모두 활용할 있도록 하였으며, 미세조정은 신호발생기와 증폭기 중 하나를 선택할 수 있도록 하였다.

#### 제4절 불확정도 개선 결과

전자파흡수율의 유효성 검사시 전력 자동 제어 프로그램을 적용하였을 때의 표준 신호의 출력변화를 측정하였다. 최종단의 출력은 신호발생기의 출력과 증폭기의 Gain 두 가지를 조정할 수 있으며, 증폭기의 Gain을 조정할 경우 시간에 따라 출력은 0.1 dB의 범위 내에서 자동 조정이 됨을 확인하였다.

일반적으로 증폭기의 Gain 정밀도보다 신호발생기의 출력값의 정밀도가 높다. 따라서 증폭기의 출력을 조정하는 것보다는 신호발생기를 조정하도록 프로그램을 개선하고 출력변화를 측정한 결과 0.05 dB 이내의 출력변화 오차를 확인하였다. 이는 증폭기를 조정할 때보다 50 % 이상의 개선효과를 보여주었다.

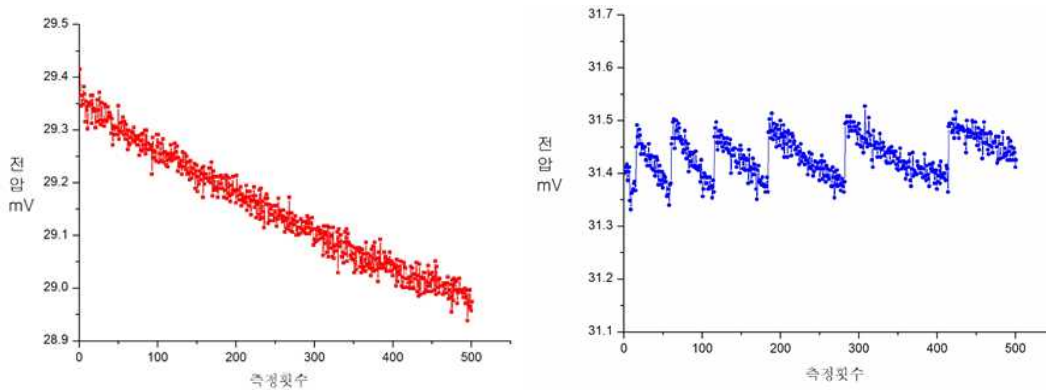


(a) 증폭기 제어시 출력변화

(b) 신호발생기 제어시 출력변화

[그림 4-5] 전력 자동제어 프로그램 사용시 출력변화

또한 전자파흡수율 측정용 프로브의 교정시 표준입력신호의 경우도 유효성 검사와 마찬가지로 시간에 따라 지속적으로 감소하고 있으며, 이는 프로브의 교정인자에 영향을 준다. SAR 측정용 프로브의 교정인자는 최종 SAR을 측정할 때의 신뢰성에 영향을 주는 요소이므로 프로브 교정시의 교정신호를 안정된 값으로 유지하는 것이 중요하다. 그림 4-6은 1950 MHz 주파수 대역에서 프로브 교정시 전력 자동제어 프로그램 사용여부에 따른 프로브의 입력 값에 대한 시간변화를 보여주고 있다.



(a) 전력 자동제어 사용전

(b) 전력 자동제어 사용후

[그림 4-6] SAR 프로브 교정시 전력신호의 변화

## 제5절 결론

전자파흡수율 측정을 위한 유효성 검사와 프로브 교정에서 전력 자동제어 프로그램을 사용할 경우 기존의 방법보다 안정된 입력신호를 공급함에 따라 불확정도가 개선될 수 있음을 확인하였다. 본 연구 결과는 '14년 10월 IEC TC106 MT1 회의에서 소개하였으며 IEC 62209 국제표준 문서에 반영하기로 하였다. 향후에는 유효성 검사와 프로브 교정시 개선된 불확정도를 수치화하고 지정시험기관에서 운영하고 있는 SAR 시스템에 적용하여 Round-Robin test로 검증할 계획이다.

## 제 5 장 150 MHz SAR 유효성 평가용 다이폴 안테나의 바닥 반사파 영향에 대한 검증 연구

### 제1절 개요

‘12년 이후로 SAR 측정대상 기자재로 150 MHz 대역의 무전기가 새롭게 포함되어 SAR 평가방법을 자체 개발하였다. 지난 ‘12~‘13년 동안 수행한 연구 결과로는 150 MHz 대역의 SAR 유효성 평가용 SAR 수치해석 목표값과 측정에 필요한 기준 다이폴 안테나 및 평면형 모의인체의 크기를 도출하였다. ‘14년에는 150 MHz 대역의 SAR 유효성 평가용 수치해석 목표값 등의 연구 결과들을 IEC 국제 표준에서 발표하고 제안하였다. 본 연구에서는 5월 IEC 표준화 대응 과정에서 논의되었던 바닥 반사파로 인한 기준 다이폴 안테나의 반사손실 특성 변화에 대한 검증 작업을 수행하였고 그 결과를 소개한다. 10월 IEC TC106 MT1 회의에서는 본 연구에서 소개되는 다이폴 안테나의 바닥 반사파 영향 문제는 검증 결과 발표로 해결되었으나, 바닥 반사파로 인한 SAR 기준 값에 영향을 줄 수 있다는 의견이 있어서 ‘15년도에 추가로 검증하여 그 결과를 발표하기로 하였다. 또한, 국립전파연구원에서 제시한 SAR 수치해석 목표값에 대한 신뢰성을 확보하기 위하여 일본 NICT에서 동일한 조건으로 수치해석 상호 검증 작업을 일차적으로 수행하였으나 수치해석 설정시 메쉬 조건 및 안테나의 발룬 설계 누락 등으로 인하여 수치해석 비교 검증 결과가 다르게 나타났다. 따라서 일본 NICT에서는 국립전파연구원의 의견을 반영하여 추가로 수치해석 검증 작업을 수행하여 ‘15년도 2월 회의에서 그 결과를 발표하기로 하였다. ‘15년 2월 IEC TC106 회의에서는 관련 검증 작업들을 통해 얻은 결과들을 발표하고 IEC 표준에 최종 반영할 계획이다.

### 제2절 SAR 유효성 평가시 다이폴 안테나의 반사손실 특성 조사

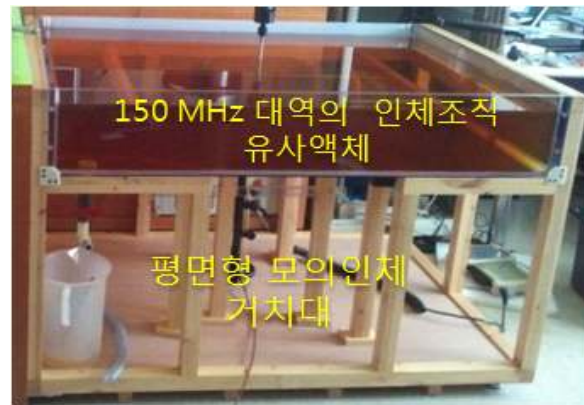
IEC TC106 회의에서 논의된 바닥 반사파에 의한 영향 여부를 확인하기



위하여 150 MHz 대역의 기준 다이폴 안테나 및 평면형 모의인체를 사용하였다(그림 5-1). 기준 다이폴 안테나의 복사체 길이는 760 mm이며, 반사손실은 27.57 dB이다. 그리고 평면형 모의인체의 크기는 1300 mm(L) × 900 mm(W) × 200 mm(H)이다. 바닥 반사파에 의한 기준 다이폴 안테나의 반사손실 영향을 조사하기 위하여 바닥에 전자파흡수체를 사용하였다. 전자파흡수체는 그림 5-2(b)와 같은 특성을 갖는 전자파흡수체를 사용하였다.

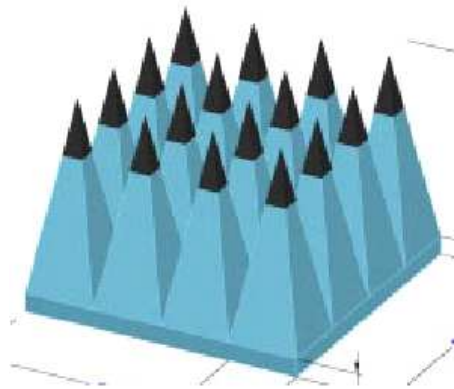


(a) 기준 다이폴 안테나



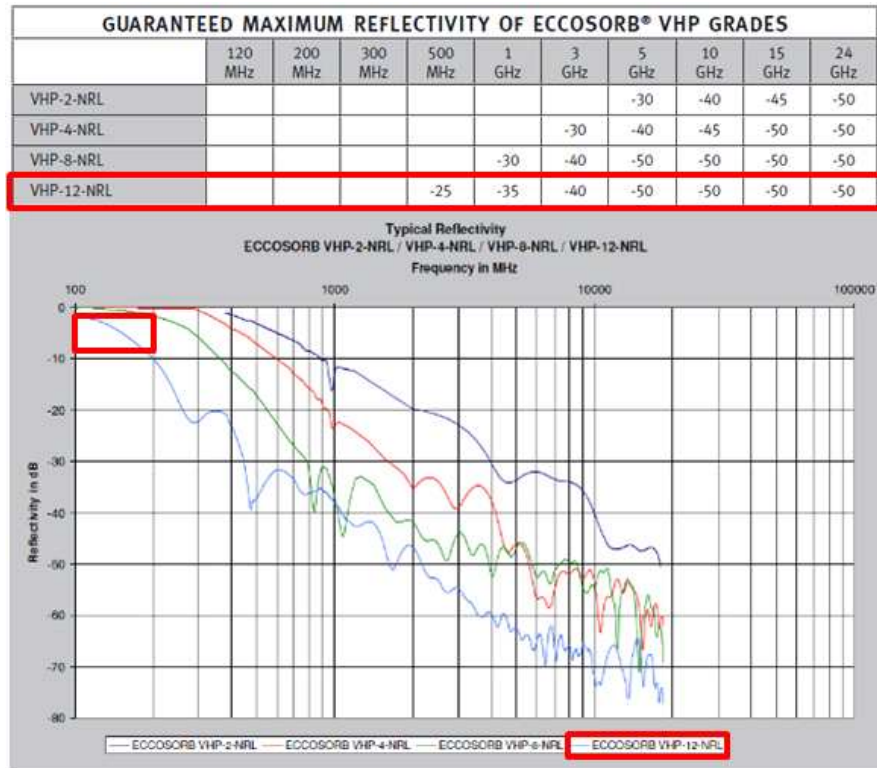
(b) 평면형 모의인체

[그림 5-1] 150 MHz 대역의 다이폴 안테나 및 평면형 모의인체의 모습



(a) 전자파흡수체의 모습

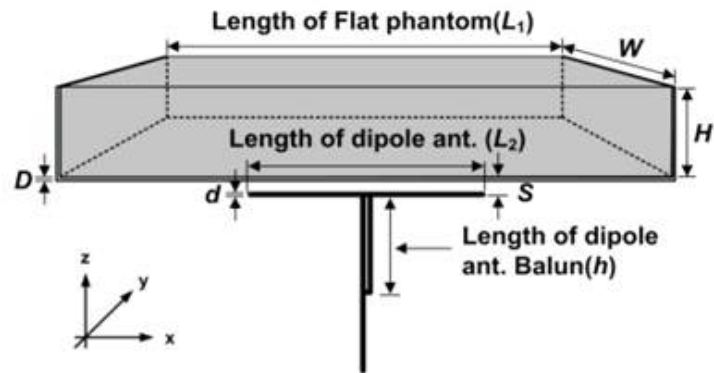




(b) 전자파흡수체의 특성

[그림 5-2] 검증 측정에 사용된 전자파흡수체

실험에 사용된 기준 다이폴 안테나, 평면형 모의인체 및 인체조직 유사액체는 150 MHz 대역에서 사용되는 크기 및 규격을 적용하였다. 측정조건은 평면형 모의인체에 인체조직 유사액체를 채운 다음 기준 다이폴 안테나와 평면형 모의인체의 바닥면 아랫부분과의 이격거리를 300 MHz에서 1 GHz 이하의 대역에서 제시하는 이격거리와 동일한 15 mm를 두고 설정하였다(그림 5-4). 그리고 바닥에 전자파흡수체가 있는 경우(그림 5-5)와 없는 경우(그림 5-6)에 대하여 네트워크 분석기를 이용하여 기준 다이폴 안테나의 반사손실을 각각 측정하였다. 반사손실을 측정한 결과, 전자파흡수체가 있는 경우는 23.663 dB(그림 5-7)이며, 전자파흡수체가 없는 경우는 23.375 dB(그림 5-8)로서 차이가 거의 없는 것으로 나타났다(그림 5-9). 따라서 전자파흡수체의 유무에 따른 기준 다이폴 안테나의 반사손실의 영향은 없는 것으로 확인되었다. 본 실험에 사용된 전자파흡수체는 크기 및 이용 가능성을 고려하여 사용된 것으로 150 MHz 대역에서의 특성은 명확하지 않기 때문에 실험 결과의 신뢰성은 높지 않다.

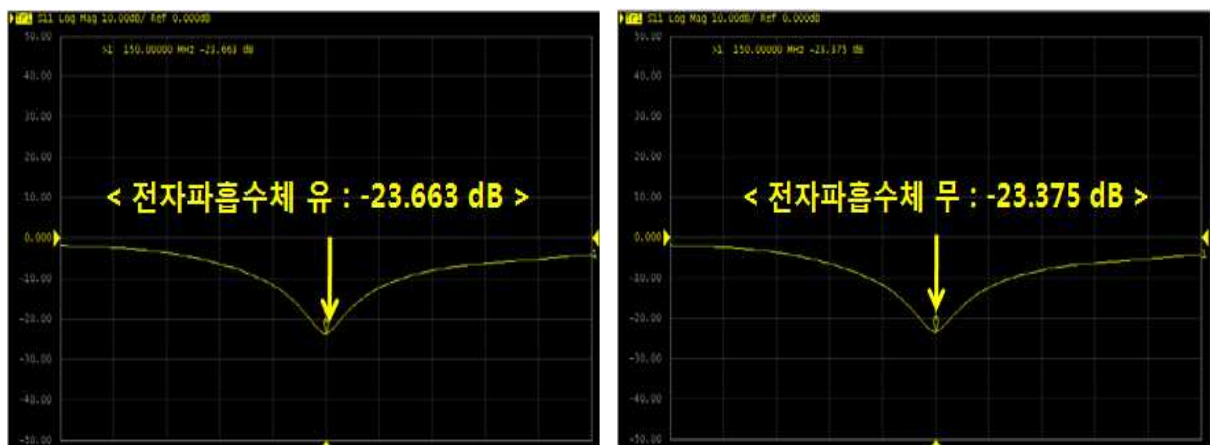


[그림 5-3] 바닥 반사파에 의한 반사손실 특성 확인 구성도



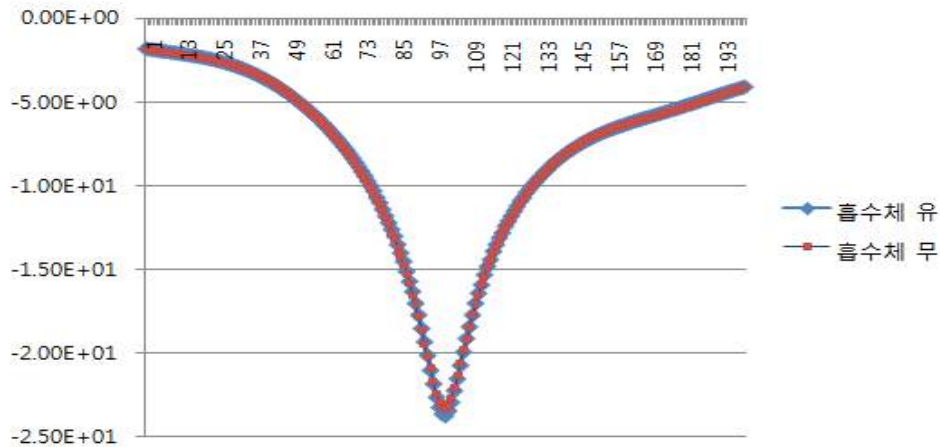
(a) 전자파흡수체가 있는 경우 (b) 전자파흡수체가 없는 경우

[그림 5-4] 전자파흡수체 유무에 따른 반사손실의 측정조건



(a) 전자파흡수체가 있는 경우 (b) 전자파흡수체가 없는 경우

[그림 5-5] 전자파흡수체 유무에 따른 반사손실 측정값



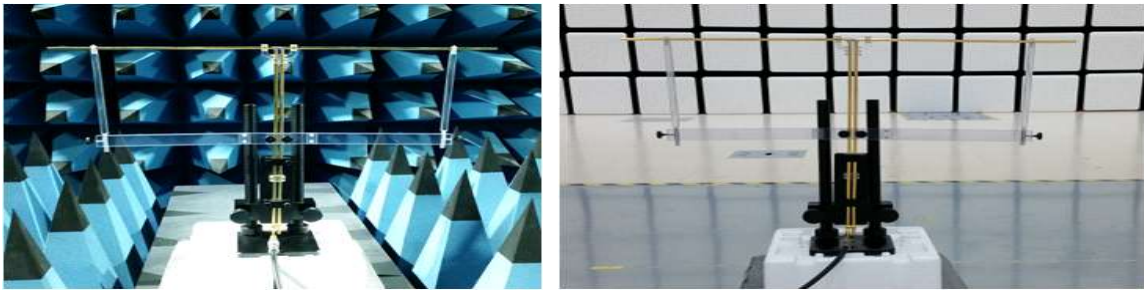
[그림 5-6] 전자파흡수체 유무에 따른 반사손실 측정값 비교

앞에서 언급한 낮은 주파수대역에서의 전자파흡수 특성에 대한 문제점을 해결하고자 150 MHz 대역에서 전자파흡수 특성을 갖고 있는 완전 전자파 무반사실에서 기준 다이폴 안테나의 반사손실 특성을 확인하였다. 전자파 반무반사실(10 m)의 크기는 22.15 m(L)\*16 m(W)\*11.55 m(H)이며, 시험 가능 주파수 범위는 26 MHz~18 GHz이다. 전자파 완전무반사실(3 m)의 크기는 10 m(L)\*5 m(W)\*5 m(H)이며, 시험 가능 주파수 범위는 80 MHz~18 GHz이다.

이 검증 시험은 150 MHz 대역의 기준 다이폴 안테나, 인체조직 유사액체와 300 MHz 이상의 대역에서 사용하는 평면형 모의인체를 사용하여 확인하였다. 300 MHz 대역의 평면형 모의인체를 사용한 이유는 전자파 무반사실의 측정 시료 설치 공간이 협소하여 경향성만 확인하기 위하여 사용하였다. 먼저 기준 다이폴 안테나만 있는 경우에 대하여 반사손실의 특성을 확인하였으며, 측정조건은 다이폴 안테나만 이용하여 전자파 반무반사실과 전자파 완전무반사실에서 각각 반사손실을 측정하였다(그림 5-7). 그 결과, 전자파흡수체가 있는 경우는 184 MHz 대역에서 23.663 dB이며, 전자파흡수체가 없는 경우는 190.6 MHz 대역에서 23.375 dB로서 전자파흡수체의 유무에 따라 공진 주파수가 대략 6 MHz 정도 이동하는 것을 확인하였다(그림 5-8).

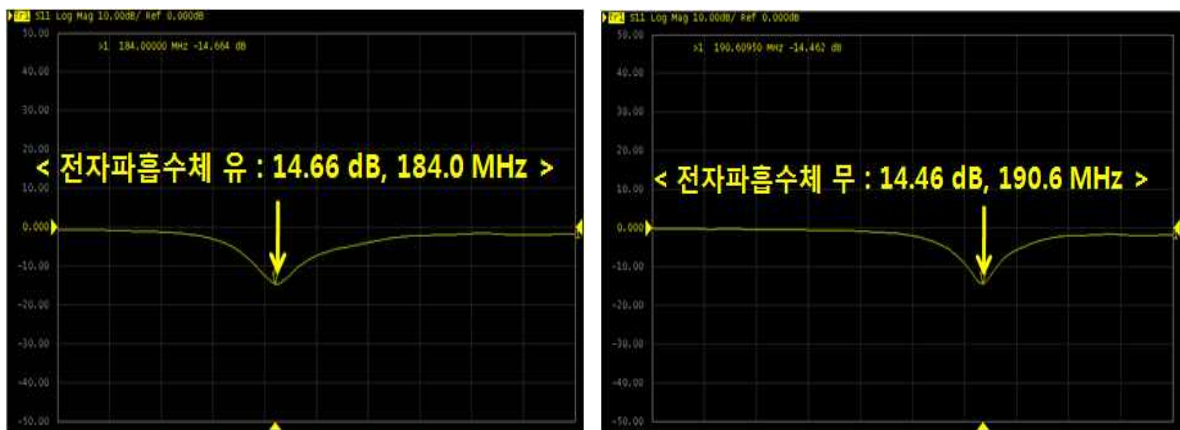
평면형 모의인체와 다이폴 안테나로 구성하여 전자파 반무반사실과 전자파 완전무반사실에서 각각 반사손실을 측정하였다(그림 5-9). 측정한 결과, 전자파흡수체가 있는 경우는 180 MHz 대역에서 24.1 dB이며, 전자파

흡수체가 없는 경우는 180.12 MHz 대역에서 23.7 dB이었다. 평면형 모의 인체와 다이폴 안테나와의 구성에서는 전자파흡수체의 유무에 따른 공진 주파수의 이동과 반사손실의 차이가 아주 작음을 확인하였다. 주파수가 180 MHz 대역으로 이동한 것은 300 MHz 대역의 평면형 모의인체를 사용하였기 때문에 공진 주파수가 이동한 것으로 판단된다. 결론적으로 평면형 모의인체와 다이폴 안테나의 구성에서는 바닥 반사파에 의한 다이폴 안테나의 반사손실의 특성 변화에는 영향이 없는 것으로 확인하였다(그림 5-10).



(a) 전자파흡수체가 있는 경우 (b) 전자파흡수체가 없는 경우

[그림 5-7] 바닥면의 전자파 흡수체 유무에 따른 모습



(a) 전자파흡수체가 있는 경우 (b) 전자파흡수체가 없는 경우

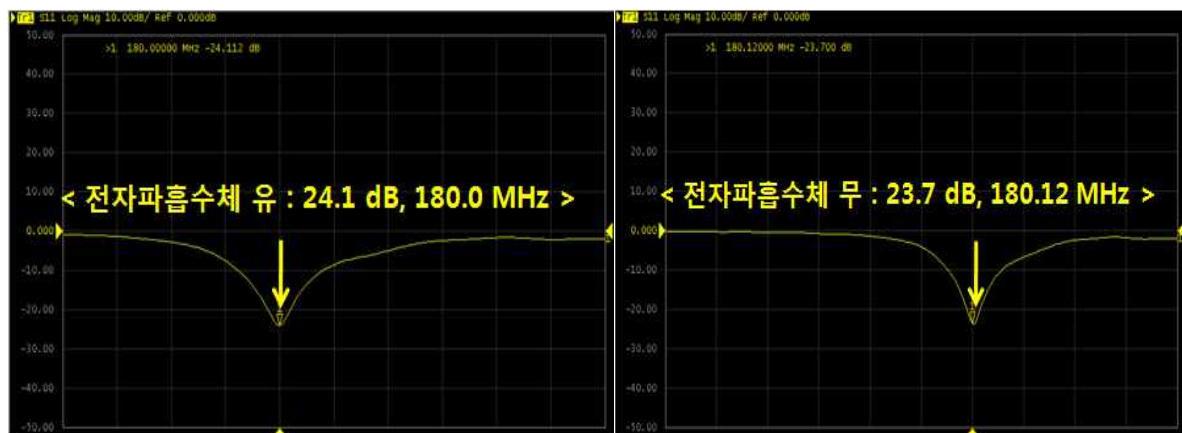
[그림 5-8] 전자파흡수체 유무에 따른 반사손실 측정값





(a) 전자파흡수체가 있는 경우 (b) 전자파흡수체가 없는 경우

[그림 5-9] 전자파흡수체 유무에 따른 다이폴 안테나 및 모의인체 모습



(a) 전자파흡수체가 있는 경우 (b) 전자파흡수체가 없는 경우

[그림 5-10] 전자파흡수체 유무에 따른 반사손실의 측정값

지난 10월 회의에서는 국립전파연구원에서 연구한 SAR 유효성 평가용 기준 다이폴 안테나 및 평면형 모의인체의 크기와 수치해석 기준 SAR값에 대한 결과를 IEC 표준에 제안하였다. IEC 표준 문서의 본문 내용과 부록에 제안된 내용을 살펴보면, 표 5-1은 기준 다이폴 안테나의 크기를 나타내며, 표 2는 평면형 모의인체의 크기를 나타낸다. 표 3은 기준 다이폴 안테나와 평면형 모의인체에 대한 수치해석 기준 SAR 값을 나타내며, 모든 값은 1 W의 순방향 전력으로 정규화된 값들이다.

[표 5-1] 기준 다이폴 안테나의 크기

| Frequency<br>(MHz) | Phantom shell<br>thickness<br>(mm) | Dipole antenna<br>length<br>$L_2$<br>(mm) | Balun length<br>$h$<br>(mm) | Dipole antenna<br>diameter<br>$d$<br>(mm) |
|--------------------|------------------------------------|---|-----------------------------|---|
| 150                | 6,0                                | 760,0                                     | 500,0                       | 6,35                                      |
| 300                | 6,3                                | 396,0                                     | 250,0                       | 6,35                                      |
| 300                | 2,0                                | 420,0                                     | 250,0                       | 6,35                                      |
| 450                | 6,3                                | 270,0                                     | 166,7                       | 6,35                                      |
| 450                | 2,0                                | 290,0                                     | 166,7                       | 6,35                                      |
| 750                | 2,0                                | 176,0                                     | 100,0                       | 6,35                                      |
| 835                | 2,0                                | 161,0                                     | 89,8                        | 3,6                                       |

[표 5-2] 평면형 모의인체의 크기

| Frequency<br>(MHz) | Phantom shell<br>thickness<br>(mm) | Phantom shell<br>permittivity | Phantom<br>dimensions used<br>for FDTD<br>models $L_1, W, H$<br>(mm) | Reference<br>dipole distance<br>s from the liquid<br>(mm) |
|--------------------|------------------------------------|-------------------------------|--|---|
| 150                | 6,0                                | 3,7                           | 1300, 900, 200   | 15  |
| 300                | 6,3                                | 3,7                           | 1000, 800, 170   | 15  |
| 450                | 6,3                                | 3,7                           | 700, 600, 170  | 15  |
| 750                | 2,0                                | 3,7                           | 700, 600, 170  | 15  |
| 835                | 2,0                                | 3,7                           | 360, 300, 150  | 15  |

[표 5-3] 기준 다이폴 안테나와 평면형 모의인체에 대한 수치해석 기준 SAR 값

| 1                  | 2                                     | 3                 | 4                  | 5  | 6   |
|--------------------|---------------------------------------|-------------------|--------------------|--|---|
| Frequency<br>(MHz) | Phantom<br>Shell<br>thickness<br>(mm) | 1 g SAR<br>(W/kg) | 10 g SAR<br>(W/kg) | Local SAR<br>at surface<br>(above feed<br>point)<br>(W/kg) | Local SAR<br>at surface<br>(y = 2 cm offset<br>from feed point)<br>(W/kg) |
| 150                | 6,0                                   | 1,08              | 0,77               | 1,39   | 0,78  |
| 300                | 6,3                                   | 3,02              | 2,04               | 4,40   | 2,10  |
| 300                | 2,0                                   | 2,85              | 1,94               | 4,14   | 2,00  |
| 450                | 6,3                                   | 4,92              | 3,28               | 7,20   | 3,20  |
| 450                | 2,0                                   | 4,58              | 3,06               | 6,75   | 2,98  |
| 750                | 2,0                                   | 8,49              | 5,55               | 12,6   | 4,59  |
| 835                | 2,0                                   | 9,56              | 6,22               | 14,1   | 4,90  |

### 제3절 결론

본 연구에서는 5월 IEC TC106 MT1 회의에서 논의된 바닥 반사파에 의한 기준 다이폴 안테나의 반사손실 특성 변화 여부에 대한 검증 작업 결과를 소개하였다. 바닥 반사파에 의한 영향을 확인하기 위해서 전자파 반무반사실과 전자파 완전무반사실에서 각각 반사손실을 측정하였다. 그 결과는 바닥 반사파의 유무에 따른 다이폴 안테나의 특성 변화는 없는 것으로 나타났다. 향후 '15년 2월 회의에서는 10월 IEC TC106 MT1 회의에서 논의되었던 바닥 반사파로 인한 SAR 기준 값의 영향에 대한 추가 검증 결과와 연구원에서 제안한 SAR 수치해석 목표값에 대하여 일본 NICT에서 상호 비교 검증한 결과를 소개할 계획이며, 최종적으로 연구원에서 제안한 SAR 유효성 평가용 팩터들을 IEC 표준에 최종 반영할 계획이다.

## 제6장 SAR 측정 기준 적용 지침 개정 연구

### 제1절 개요

SAR 측정기준 적용 지침의 구성은 SAR 측정대상 기자재 고시의 용어 정의, SAR 인증 분야, SAR 측정방법 분야, 기타사항 등 4개의 분야로 나누어져 있다. 용어 정의 분야는 해당 대상 기자재가 SAR 측정대상 기자재인지 여부를 판단하기 위하여 출력, 이격거리 기준, 휴대용의 정의 등을 소개하고 있다. SAR 인증 분야는 해당 대상 기자재가 인증 대상인지 여부를 판단하는 기준을 소개하고 있으며, 무전기, 노트북 등의 SAR 인증 대상 여부 등을 포함하고 있다. SAR 측정방법 분야는 무전기, 무선랜의 SAR 측정 간소화 방법, 무선랜을 사용하는 디지털 카메라의 SAR 측정방법 등을 소개하고 있다.

‘13년 1월 1일부터 전자파흡수율(SAR) 측정대상 기자재가 확대되면서 머리에만 적용하던 SAR 기준을 몸통 및 사지 SAR 기준까지 확대적용하게 되었다. 따라서 ‘13년에는 ‘12년에 제·개정된 SAR 측정기준 고시 및 SAR 측정방법에 관한 세부사항 공고로도 적용하기 힘든 신기술 신제품의 SAR 측정대상 기자재에 대하여 세부 측정방법인 SAR 측정기준 적용 지침(FAQ)을 제정하였다. 올해는 삼성, LG, 애플 등에서 손목에 착용하는 와치폰이 상용화 되고 어린이용 키즈폰 등이 출시됨에 따라 이에 대한 SAR 측정방법이 필요하게 되어 SAR 측정기준 적용 지침을 개정하게 되었다. 따라서 머리 및 사지 SAR 인증에 해당되는 와치폰, 키즈폰 등 관련 SAR 세부 측정방법을 추가하였고, 무전기, 600 MHz 대역에 해당되는 측정대상 기자재 등의 SAR 측정방법 및 간소화 방법을 수정 보완하여 추가하였다.

올해 주요 개정 내용을 살펴보면, SAR 인증 분야는 무선 엑스레이 검파기의 인증 대상 여부를 판단하는 기준에 대하여 추가하였다. SAR 측정방법 분야는 손목 착용형 휴대전화(와치폰, 키즈폰 등), 목걸이형 휴대전화(키즈폰 등), 600 MHz 대역에 해당되는 측정대상 기자재(무선마이크), 동일한 주파수대역의 두 개의 안테나를 사용하는 MIMO 기능을 가지는 측정대상 기자재의 SAR 측정방법과 무전기, 크기가 큰 몸통 SAR 측정대상



기자재(태블릿 PC 등), 노트북과 태블릿 PC가 겸용인 측정대상 기자재의 SAR 측정 간소화 방법에 대하여 추가하였다.

## 제2절 주요 개정내용

개정된 SAR 측정기준 적용 지침에 포함된 측정대상 기자재들에 대한 세부 측정방법들을 소개한다.

### 1) 손목 착용형 휴대전화의 SAR 측정방법

손목 착용형 휴대전화는 통상 이용 상태는 손목에 착용하고 스피커폰을 이용하여 음성통화를 하는 기기로서 머리 및 사지 SAR 인증 대상에 해당된다. SAR 시험은 머리와 몸통(사지)에 대하여 각각 SAR 측정을 수행해야 하며, 머리 SAR 기준( $1.6 \text{ W/kg}$ ,  $1\text{g}$ ) 및 사지 SAR 기준( $4 \text{ W/kg}$ ,  $10\text{g}$ )을 적용한다. 머리 SAR 측정방법은 얼굴 전면에서 사용하는 조건에 대한 평가로서 손목 착용형 휴대전화의 윗면과 평면형 모의인체와의 이격거리를  $1 \text{ cm}$ 를 유지하도록 설정하고 SAR 측정을 한다. 사지 SAR 측정방법은 평면형 모의인체와 손목 착용형 휴대전화의 바닥면을 밀착하여 SAR 측정을 한다.

### 2) 목걸이형 휴대전화의 SAR 측정방법

목걸이형 휴대전화는 통상 이용 상태는 평상시 목에 착용하고 있다가 통화시 스피커폰을 이용하여 입에 대고 음성 통화를 하거나 귀에 대고 통화하는 기기로서 머리 SAR 인증 대상에 해당된다. SAR 시험은 스피커폰을 사용하는 경우와 귀에 대고 사용하는 경우로 나누어서 머리 SAR 측정을 수행해야 하며, 머리 SAR 기준( $1.6 \text{ W/kg}$ ,  $1\text{g}$ )을 적용한다. 스피커폰을 사용하는 경우는 얼굴 전면에서 사용하는 조건에 대한 평가로서 목걸이형 휴대전화의 윗면과 평면형 모의인체와의 이격거리를  $1 \text{ cm}$ 를 유지하도록 설정하고 SAR 측정을 한다. 귀에 대고 사용하는 경우는 전자파흡수율 측

정기준 고시(국립전파연구원 고시 제2014-17호)의 별표 1(머리 SAR 측정 방법)에 따라 SAR 측정을 한다.

### 3) 600 MHz 대역에 해당되는 측정대상 기자의 SAR 측정방법

무선마이크에 해당되는 600 MHz 대역의 측정대상 기자재에 대한 기본적인 SAR 측정방법은 SAR 측정기준 고시(국립전파연구원 고시 제2014-17호)의 별표 2(몸통 SAR 측정방법)에 따르며, SAR 측정시 필요한 평면형 모의인체와 다이폴 안테나의 크기(표 6-1), 수치해석 기준 SAR값(표 6-2), 인체조직 유사액체의 제조방법(표 6-3) 등은 아래의 표에서 제시하는 값들로 제시한다. 평면형 모의인체의 크기는 600 mm × 400 mm × 170 mm 이상의 크기를 가져야 한다. 인체조직 유사액체의 전기적 특성을 살펴보면, 유전율은 42.7, 도전율은 0.88이어야 한다.

[표 6-1] 다이폴 안테나의 크기

| 주파수[MHz] | L[mm] | h[mm] | d[mm] |
|----------|-------|-------|-------|
| 600      | 218.0 | 125   | 6.35  |

[표 6-2] 수치해석 기준 SAR값

| 주파수[MHz] | 1g SAR [W/kg] | 10g SAR [W/kg] | 급전점 위 표면에서의 국부 SAR[W/kg] | 급전 점에서 y=2cm 떨어진 표면에서의 국부 SAR[W/kg] |
|----------|---------------|----------------|--------------------------|-------------------------------------|
| 600      | 6.61          | 4.37           | 9.45                     | 3.8                                 |

[표 6-3] 인체조직 유사액체의 제조비율

| 재료 | 증류수    | Tween 20 | 소금    |
|----|--------|----------|-------|
| 비율 | 50.84% | 47.61%   | 1.55% |

### 4) 동일한 주파수대역의 두 개의 안테나를 사용하는 MIMO 기능을 가지는 측정대상 기자의 SAR 측정방법

두 개의 안테나를 각각 최대의 출력으로 동시에 설정하고 SAR 측정을 수행하여 얻은 결과 값을 SAR값으로 결정한다.

#### 5) 무전기의 SAR 측정 간소화 방법

##### ① 무전기의 전파형식에 따른 SAR 측정 간소화 방법

무전기는 전파형식별 출력 값의 변화가 없기 때문에 다양한 전파형식을 갖는 무전기가 있다면 한 개의 전파형식에 대해서만 SAR 측정을 한다.

##### ② 무전기의 통신방식에 따른 SAR 측정방법

현재 무전기의 통신방식은 아날로그 방식과 디지털 FDMA(주파수분할접속)방식과 TDMA(시분할접속)방식 등이 있으며, 아날로그와 디지털 FDMA 방식은 옵션1을 선택하고 디지털 TDMA 방식은 옵션2를 선택하여 SAR 측정에 적용한다. 단, 통신방식 및 해당 옵션 적용에 대한 내용은 전자파흡수율 시험성적서에 문서화하여야 한다. 옵션1은 소프트웨어 적용 등 연속된 신호를 유지하고 SAR 측정을 수행한 다음 얻은 결과 값에 1/2를 적용한 값을 SAR값으로 정한다. 옵션2는 SAR 시험시 CF(Crest Factor) 2를 적용하여 SAR 측정을 수행한 다음 얻은 결과 값에 1/2를 적용한 값을 SAR값으로 정한다. 단, CF는 해당 대상기기의 듀티사이클(Duty Cycle)에 따라 해당 값을 적용하여야 한다.

#### 6) 크기가 큰 몸통 SAR 측정대상 기자의 SAR 측정 간소화 방법

태블릿 PC와 같이 크기가 큰 몸통 SAR 측정대상 기자의 경우는 다음과 같은 조건에 대해서는 측정을 면제한다. 측정대상 기자의 안테나 급전점 위치와 측정면의 거리가 2.5 cm 이상의 이격거리를 가지는 면의 경우 측정 조건에서 제외한다. 단, 이격거리를 나타내는 도면이나 관련 증빙 자료 등을 전자파흡수율 시험성적서에 문서화하여야 한다.

## 7) 노트북과 태블릿 PC가 겸용인 측정대상 기자의 SAR 측정 간소화 방법

해당 측정대상 기자는 노트북 또는 태블릿 PC로 사용이 가능한 기기로서 노트북인 경우 사지 SAR 인증 대상에, 태블릿 PC인 경우 몸통 SAR 인증 대상에 해당이 된다. 그러나 SAR 측정은 해당 측정대상 기자의 사용 조건 중 최악의 조건을 고려하면 되기 때문에 두 가지의 경우 중 최악의 조건을 가지는 태블릿 PC인 경우의 몸통 SAR 측정만 적용한다.

## 제3절 결론

전자파흡수율 측정기준 적용 지침 개정(안)은 새롭게 출시된 SAR 측정대상 기자에 대하여 세부 측정방법을 마련하여 추가 보완하였다. 이와 같은 세부 측정방법의 가이드라인을 지정시험기관 및 제조업체 등에 제공하여 제품의 출시 일정애 차질이 없도록 적합성 인증 시험 및 인증 절차를 수행할 수 있도록 하였다. 관련 SAR 측정방법들은 SAR 측정지침 기술위원회를 통해 측정조건 등 측정방법에 대한 검증을 통하여 측정방법에 대한 신뢰성을 확보하였고 기존의 방법보다 좀 더 간소화된 방법들도 제안하여 SAR 측정상의 효율성을 향상시켰다. 향후에도 SAR 측정기준 고시와 SAR 측정방법에 관한 세부사항 공고 적용이 어렵거나 특이한 구조나 복잡한 측정조건을 가지는 신규 측정대상 기자가 출현할 때마다 세부 측정방법에 대하여 추가 검증하여 SAR 측정기준 적용 지침을 지속적으로 개정해 나갈 계획이다.

## 제7장 맺음말

전자파 인체보호기준을 전기·전자기기에도 적용하기 위한 전파법의 개정과 함께 국민·사회적 요구에 따라 가전기기에서 전자파에 인체보호기준을 적용하기위한 관련 규정이 정비될 계획이다. 인체에 밀착하여 장시간 사용하는 가전기기 등이 대상기자재 고시에 반영되게 될 경우 본 연구에서도출한 가전기기의 전자파강도 측정기준이 적용될 수 있도록 고시를 개정할 계획이다.

최근 미래부를 중심으로 어린이집, 유치원 등의 전자파 취약계층을 보호하기위한 방안으로 “취약계층 전자파 인체안전성 평가제도”의 도입 타당성을 검토 중에 있다. 이에 대해 전파연구원은 본 제도의 철저한 검증을 통한 도입방안의 마련과 도입 시 평가를 위한 측정방법을 준비 할 계획이다. 또한 취약계층이 이용하는 시설에 대해 보다 엄격한 전자파인체보호기준의 관리로 사전주의 원칙을 적용하는 방안에 대한 검토와 연구를 추진할 계획이다.

미래 통신기술의 발달과 새로운 전파이용기기의 확대에 의한 신기술·신제품에서 발생하는 전자파에 대한 인체보호기준 적용의 필요성이 제기되고 있다. 특히 무선전력전송기술의 상용화(자동차, 무선충전기, 가전용), 전기자동차, 웨어러블 통신기기 등 새로운 전파이용 기기의 출현에 따라, 이들 제품에 대한 인체보호 제도 도입을 위해 적용기준, 대상기기 선정, 적용시기 등 제도의 적용 방안과 각 제품군에 대한 측정방법 설정을 위한 연구를 추진할 계획이다. 국제적으로도 새로운 전파이용기술의 상용화 속도에 비해 전자파인체보호 대책은 늦을 수밖에 없어 국제적으로 조화된 측정표준을 적용하기는 어려우나 제도적 관리방안을 도출하고 시의 적절한 평가방법 연구를 통해 안전한 전파이용 환경 조성을 위해 노력하고자 한다.

## [참고문헌]

- [1] “전자파 인체보호기준”, 미래창조과학부고시 제2013-118호, 2013.8.29.
- [2] “전자파강도 및 전자파흡수율 측정대상 기자재”, 미래창조과학부고시 제2013-119호, 2013.8.29.
- [3] “전자파 등급기준, 표시대상 및 표시방법”, 미래창조과학부고시 제2013-29호, 2013.8.29.
- [4] “전자파흡수율 측정기준”, 국립전파연구원고시 제2014-17호, 2014.11.11
- [5] “전자파흡수율 측정방법에 관한 세부사항”, 국립전파연구원공고 제2012-43호, 2012.12.6.
- [6] “전자파강도 측정기준”, 국립전파연구원고시 제2014-2호, 2014.2.4
- [7] IEC Std. 62233 " Measurement methods for electromagnetic fields of household appliances and similar apparatus with regard to human exposure", 2005.
- [8] IEC Std. 62209-1 "Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the ear (frequency range of 300 MHz to 3 GHz)", 2005.
- [9] IEC Std. 62209-2 "Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for wireless communication device used in close proximity to the human body(frequency range of 30 MHz to 6 GHz)", 2010.
- [10] IEEE Std. 1528 “IEEE Recommended Practice for Determining the Peak Spatial-Average Specific Absorption Rate (SAR) in the Human Head from Wireless Communications Devices : Measurement Techniques”, 2003.
- [11] FCC OET Bulletin 65 Supplement C, "Evaluating Compliance with FCC Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields", 2001.

- 
- [13] IEC 61786(1998) : Measurement of low frequency magnetic and electric fields with regard to exposure of human beings-Special requirements for instruments and guidance for measurements(15 Hz to 9 kHz)
  - [14] IEEE Std C 95.3(2005) : Recommend Practice for Measurements and Computations of Radio Frequency Electromagnetic fields with Respect to Human Exposure to Such Fields(100 kHz ~ 300 GHz)
  - [15] IEEE Std C95.3.1(2010) : Recommend Practice for Measurements and computations of Electric, Magnetic, and Electromagnetic fields with Respect to Human Exposure to such Fields(0 Hz to 100 kHz)
  - [16] IEEE Std C95.1.3.1(2010) : Recommend Practice for Measurements and computations of Electric, Magnetic, and Electromagnetic fields with Respect to Human Exposure to such Fields(0 Hz to 100 kHz)
  - [17] IEC 62577Ed.1 : Basic standard for the evaluation of human exposure to electromagnetic fields from a stand alone broadcast transmitter (30 MHz - 40 GHz)
  - [18] EN 50383(2002) : Basic standard for the calculation and measurement of electromagnetic field strength and SAR related to human exposure from radio base stations and fixed terminal stations for wireless telecommunication systems (110 MHz - 40 GHz)
  - [19] EN 50420 (2006.8.) Basic standard for the evaluation of human exposure to electromagnetic fields from stand alone broadcast transmitter (30 MHz - 40 GHz)
  - [20] Choi D. et al, "Investigating the effect of the electromagnetic field from a mobile phone on the hearing aid", Bioelectromagnetics Society 32nd Annual Meeting, 2010. 6.
  - [21] A. Kurs, A. Karalis, R. Moffatt, J.D. Joannopoulos, P. Fisher, M. Soljacic, Wireless Power Transfer via Strongly Coupled Magnetic Resonances, Science 317, 83, 2007.

- [22] Shinohara, N., T. Mitani, and H. Matsumoto, Development of High Power Rectenna for Ground Applications of Microwave Power Transmission, International Symposium on Radio System and Space Plasma, Bulgaria, Proceedings CD-ROM, Sep. 2-4, 2007.
- [23] Findlay R P and Dimbylow P J 2005 Effects of posture on FDTD calculations of specific absorption rate in a voxel model of the human body Phys. Med. Biol. 50 3825-35
- [24] Dimbylow P and Bolch W 2007 Whole-body averaged SAR from 50 MHz to 4 GHz in the University of Florida child voxel phantoms Phys. Med. Biol. 52 6639-49
- [25] Hirata A, Ito N, Fujiwara O, Nagaoka T and Watanabe S 2008 Conservative estimation of whole-body-averaged SARs in infants with homogeneous and simple-shaped phantom in the GHz region Phys. Med. Biol. 53 7215-23
- [26] Nagaoka T, Kunieda E and Watanabe S 2008 Proportion-corrected scaled voxel models for Japanese children and their application to the numerical dosimetry of specific absorption rate for frequencies from 30 MHz to 3 GHz Phys. Med. Biol. 53 6695-711
- [27] Conil E, Hadjem A, Lacroux F, Wong M F and Wiart J 2008 Variability analysis of SAR from 20 MHz to 2.4 GHz for different adult and child models using finite-difference time-domain Phys. Med. Biol. 53 1511-1525
- [28] Hirata A, Ito N, Fujiwara O, Nagaoka T and Watanabe S 2009 Influence of electromagnetic polarization on the whole-body averaged SAR in children for plane-wave exposures Phys. Med. Biol. 54 41-8
- [29] Findlay R P, Lee A-K and Dimbylow P J 2009 FDTD calculations of SAR for child voxel models in different postures between 10 MHz and 3 GHz Radiat. Prot. Dosim. 135 (4) 226-31



- [30] Bakker J F, Paulides M M, Christ A, Kuster N and Rhoon G C van  
2011 Assessment of induced SAR in children exposed to  
electromagnetic plane waves between 10 MHz and 5.6 GHz Phys.  
Med. Biol. 56 3115-3130



---

## 전자파 인체노출량 평가기술 개발 및 제도 개선 연구

---



520-350 전남 나주시 빛가람로 767

발 행 일 : 2014. 12.

발 행 인 : 최 영 진

발 행 처 : 미래창조과학부 국립전파연구원

전 화 : 061) 338-4416

인 쇄 : 리드릭

Tel. 02) 2269-1919

---

<비매품>

ISBN : 978-89-97525-97-3

### 주 의

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