

|            |                      |
|------------|----------------------|
| 연구원 관리번호   | RRA-2025-HT-401      |
| 국가기록원 등록번호 | 11-1721137-100030-01 |

# 2025년도 EMF 표준화 동향보고서



국립전파연구원



RAPA 한국전파진흥협회

# CONTENTS

발간사

머리말

제1장 IEC/TC106(전자파 인체노출 측정방법) 국제총회 개최 결과 ..... 3

오택규 책임(한국정보통신기술협회)

제2장 5G NR 기지국의 실제 운영 최대노출 출력 규제 동향 ..... 8

문성원 대표(㈜휴먼아고스)

제3장 휴대 단말의 전자파 규제 동향 ..... 13

권혁춘 수석(삼성전자)

제4장 TAS 해외 규제 동향 보고서 워크숍(EMF 분야) ..... 17

허윤정 부장(㈜에이치시티)

제5장 전자파흡수율 측정기준 고시 개정 및 세부 측정방법 개선 ..... 25

유병규 주무관(국립전자파연구원)

**제6장 제30차 WHO IAC(국제자문위원회) 회의 ..... 30**

최형도 연구전문위원(한국전자통신연구원), 백정기 명예교수(충남대학교)

**제7장 2025년 대국민 전자파 소통 활동 ..... 36**

안준오 소장(미래전자공학연구소), 최진규 팀장(한국광기술원),  
김찬우 대리((주)이지엠휴먼월드), 백기정 주무관(국립전자파연구원)

**제8장 2025 BioEM 참관기 ..... 43**

주영준 연구소장(주)이레테크 기업부설연구소)

**제9장 휴대기기 동시노출 조건의 전자파 인체영향 평가기술 연구동향 · 47**

방진규 선임(한국해양과학기술원)

# 발간사

디지털 기술이 국가 경쟁력의 핵심 요소로 자리 잡은 오늘날, 인공지능과 초연결 통신기술을 기반으로 한 사회의 전환 속도는 더욱 빨라지고 있습니다. 5G의 본격적인 확산과 함께 6G, 위성통신, 무선전력전송, 사물인터넷 등 새로운 전파 이용 환경이 다가오면서, 전파는 산업과 일상의 혁신을 가능하게 하는 필수 자원이자 국가 전략 자산으로써 중요성이 한층 두드러지고 있습니다. 이러한 기술 발전의 이면에서 전자파 인체보호에 대한 과학적 검증과 제도적 신뢰 확보는 디지털 사회의 지속가능성을 뒷받침하는 핵심 과제입니다.

정부는 「제4차 전파진흥기본계획(2024~2028)」을 통해 전파를 기반으로 한 디지털 혁신과 산업 경쟁력 강화를 추진하는 한편, 국민이 안심하고 전파를 이용할 수 있는 환경 조성을 주요 정책 방향으로 제시하였습니다. 이는 전파 이용의 확대와 더불어 전자파 안전에 대한 과학적·합리적 관리가 병행되어야 한다는 사회적 요구를 반영한 것으로, 국제 기준과 조화를 이루는 제도 운영과 실효성 있는 기술 기반 마련의 중요성을 강조하고 있습니다.

이러한 정책 기조 속에서 국립전파연구원은 2025년 한 해 동안 전자파 인체보호 분야의 국제표준화 대응, 국내 제도 개선, 연구 기반 확충 및 대국민 소통 강화를 중심으로 다양한 활동을 추진하였습니다. 특히 국제전기기술위원회(IEC) TC106 국제총회를 국내에서 개최하여, 5G·6G, 무선전력전송(WPT) 등 최신 기술 환경에 부합하는 전자파 인체노출 평가방법에 대한 논의를 주도하였으며, 다수의 기술 기고 및 표준 반영을 통해 국제표준화에 실질적으로 기여하는 성과를 거두었습니다. 이는 전자파 측정·평가 분야에서 우리나라의 기술적 위상과 표준화 대응역량을 국제사회에 명확히 보여준 계기가 되었습니다.

아울러, 이동통신 기지국과 휴대 단말을 중심으로 실제 운용 환경을 반영한 전자파 평가에 대한 논의가 이루어졌습니다. 5G 기지국의 경우, 이론적 최댓값에 기반한 기존 평가 방식에서 나아가 실제 운용 조건을 고려한 노출 평가 접근이 국제적으로 검토되고 있으며, 휴대 단말 분야에서는 시간 평균 SAR(TAS), 동시노출, 6GHz 이상 고주파 대역에 대한 새로운 평가방법 등 기술 변화에 대응한 연구결과가 공유 및 검토되었습니다. 이러한 흐름은 보다 현실적이고 신뢰도 있도록 전자파를 평가하면서도, 인체 안전을 과학적으로 확보하기 위한 국제사회의 공통된 인식을 반영한 결과라 할 수 있습니다.

국내적으로는 국제표준인 IEC/IEEE 62209-1528을 기반으로 제정된 전자파흡수율 측정방법 국가표준(KS C 3350)을 적합성평가에 적용하기 위해 전자파흡수율 측정기준 고시를 개정함으로써 국민이 전자파를 안심하고 사용할 수 있는 기반을 한층 강화하였습니다. 이는 급속히 변화하는 무선통신 기술 환경 속에서 국제 기준과의 조화를 유지하면서도, 국내 산업과 시험·인증 환경의 현실을 반영하고자 한 노력의 결실입니다.

한편, 과학적 평가와 제도 개선과 더불어 국민과의 소통 역시 중요한 정책 과제로 인식되고 있습니다. 2025년에는 생활속 전자파 측정·공개, 전자파 안전포럼, 어린이 대상 교육 프로그램, 온라인 콘텐츠 제작 등 다양한 대국민 소통 활동을 통해 전자파에 대한 올바른 정보를 제공하고 사회적 불안을 완화하기 위한 노력을 지속하였습니다. 이러한 활동은 국민의 알 권리를 충족하는 동시에, 전자파 정책 전반에 대한 신뢰를 높이는 기반으로 작용하고 있습니다.

국제적으로도 WHO 국제자문위원회(IAC) 회의, BioEM 학술대회 등 주요 국제 논의의 장에서 전자파 인체영향 연구에 대한 최신 동향이 공유되었으며, 우리나라 역시 활발히 참여하여 과학적 근거 축적과 국제 협력에 이바지하였습니다. 이를 통해 전자파 인체보호 정책이 단일 국가 차원의 문제가 아니라, 과학과 신뢰를 바탕으로 한 글로벌 협력 과제임을 다시 한번 확인하였습니다.

이번 「2025년도 EMF 표준화 동향보고서」는 이러한 국내외 정책·기술·표준화 동향과 2025년 한 해 동안의 주요 성과를 종합적으로 정리한 자료입니다. 본 보고서가 전자파 인체보호 분야의 국제적 흐름을 이해하고, 향후 정책 수립과 연구, 산업 현장에서 실질적인 참고 자료로 활용되기를 기대합니다.

국립전파연구원은 앞으로도 전자파가 국민의 안전과 신뢰를 기반으로 디지털 혁신과 산업 발전을 뒷받침할 수 있도록, 과학적 근거에 기반한 전자파 관련 제도 개선과 국제표준화 대응, 그리고 국민과의 소통을 지속적으로 강화해 나가겠습니다.

끝으로, 본 보고서 발간을 위해 소중한 연구 성과와 의견을 공유해 주신 산·학·연 전문가 여러분께 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

2025년 12월

과학기술정보통신부 국립전파연구원장 정 창 립

# 머리말

디지털 생태계는 이제 단순한 기술 확산을 넘어, 사회 전반의 운영 방식 자체를 재정의하는 단계로 접어들고 있습니다. 네트워크 인프라의 고도화, 지능형 서비스의 확장, 일상 공간으로 스며드는 다중 무선기술은 생활 편의와 산업 효율을 동시에 끌어올리고 있습니다. 이동통신, 사물인터넷(IoT), 스마트 모빌리티, 무선전력전송(WPT) 등 다양한 기술이 중첩되면서 전자파 환경은 더욱 복합적 양상을 보이고 있으며, 이에 따라 인체노출과 안전성에 대한 사회적 요구 또한 이전보다 한층 체계적이고 구체적인 방향으로 확대되고 있습니다. 이러한 변화 속에서 과학적 분석에 기반한 전자파 안전관리 체계 구축은 국가적 기반 과제로 자리 잡았고, 전자파인체보호위원회는 이를 실현하기 위한 정책·기술적 대응에 지속적으로 힘써 왔습니다.

전자파인체보호위원회는 2001년 출범 이후 IEC TC106 대응을 중심으로 한 국제 표준화 활동, WHO 국제자문위원회(IAC) 참여, BioEM 등 글로벌 학술·연구 네트워크와의 교류를 통해 세계적 흐름을 면밀히 파악하고, EMF 측정·평가기법 개선과 신기술 분야 인체노출 평가 기반 마련에 역량을 집중해 왔습니다. 현재는 표준협력, 정책제도, EMF 측정지침, 생활 속 전자파, 무선국, WPT-EV, 휴대기기, EMF 용어사전편찬 등 8개 분과를 중심으로 전문적인 활동을 수행하며, 국민이 신뢰할 수 있는 안전 기준 마련에 힘쓰고 있습니다.

2025년 표준화 동향보고서에는 지난 한 해의 성과뿐 아니라, 최신 국제 동향과 국내 제도 변화, 그리고 새롭게 부상한 이슈들을 폭넓게 담았습니다. 특히 올해는 IEC TC106 국제총회 결과를 통해 확인된 최신 전자파 인체노출 측정기준 논의, 5G NR 기지국 실제 운영환경에서의 최대노출 출력 규제 동향, 휴대 단말 및 TAS 관련 해외 규제 변화, 전자파흡수율 측정기준 고시 개정 및 세부 측정방법 개선 등 산업·정책·표준의 연계가 중요한 주제들을 다루었습니다.

더불어, 다중전자파 동시노출 평가방법, 전기자동차·무선전력전송 분야 인체노출 연구, 국민 대상 전자파 소통활동 기획(2025년 대국민 소통 프로그램) 등 신기술 확산에 따라 새롭게 요구되는 안전 기준과 평가체계 역시 상세히 담았습니다. 올해 WHO IAC 회의와 BioEM 참관을 통해 파악된 국제적 협력 현황과 연구 흐름도 체계적으로 소개하여, 글로벌 EMF 정책·연구 동향을 폭넓게 이해할 수 있도록 구성했습니다.

전자파인체보호위원회는 앞으로도 국내외 연구 협력을 강화하고, 국제표준화 활동에 적극 참여하며, 혁신적인 측정기술 개발과 정책·제도 개선을 지속해 안전한 전자파 환경 조성에 최선을 다하겠습니다. 국민이 안심하고 첨단 디지털 기술을 활용할 수 있도록 투명한 정보 제공과 소통을 이어가며, 동시에 국내 산업 경쟁력 강화에도 기여해 나가겠습니다.

본 보고서 발간을 위해 귀한 전문지식과 경험을 나누어 주신 산·학·연·관 관계자 여러분께 깊은 감사를 전합니다. 앞으로도 많은 관심과 성원 부탁드립니다.

2025년 12월

전자파인체보호위원회 위원장 **김 남**



# EMF(전자파인체보호)

---

제1장 IEC/TC106(전자파 인체노출 측정방법) 국제총회 개최 결과

제2장 5G NR 기지국의 실제 운영 최대노출 출력 규제 동향

제3장 휴대 단말의 전자파 규제 동향

제4장 TAS 해외 규제 동향 보고서 워크숍(EMF 분야)

제5장 전자파흡수율 측정기준 고시 개정 및 세부 측정방법 개선

제6장 제30차 WHO IAC(국제자문위원회) 회의

제7장 2025년 대국민 전자파 소통 활동

제8장 2025 BioEM 참관기

제9장 휴대기기 동시노출 조건의 전자파 인체영향 평가기술 연구동향



# 제1장

오택규 책임  
(한국정보통신기술협회)

## IEC/TC106(전자파 인체노출 측정방법) 국제총회 개최 결과

- 제1절 서론
- 제2절 주요 결과 및 표준 개정 현황
- 제3절 회의 세부 결과
- 제4절 결론

### 제1절 서론

전자기장의 인체노출 분야 측정방법에 대한 국제표준을 개발 중인 국제전기기술위원회(IEC) 산하 기술위원회 TC106의 국제총회 및 산하 작업반 회의가 2025년 10월 27일(월)부터 10월 31일(금) 까지 우리나라 부산 파크하얏트 호텔에서 개최되었다.

본 회의는 국립전파연구원(RRA) 주최, 한국정보통신기술협회(TTA) 주관으로 진행되었으며, 한국, 미국, 일본, 프랑스, 스위스, 중국 등 14개국의 70여 명이 참석하였다. 이번 회의에서는 0 Hz~300 GHz 대역에서 사용되는 기기(휴대폰, 전기차, WPT 등)의 고도화에 따라, 이에 발맞춰 전자파 인체노출 평가방법에 대한 국제표준을 제·개정하기 위한 활발한 논의를 진행하였다.

### 제2절 주요 결과 및 표준 개정 현황

이번 총회에서는 5G/6G, WPT, WiFi와 같이

발전된 통신기술 및 주파수 환경에 맞춰 정밀한 측정방법을 도입하기 위한 표준 제·개정이 진행되었다. 특히 우리나라는 5건의 기고를 제출하여 국제표준에 반영하는 성과를 거두었다.

| 기고 내용     | 주요 제안 사항                            | 회의 결과          |
|-----------|-------------------------------------|----------------|
| WPT       | '3-point' 방식 보완 '6-point 제어 측정법' 제안 | 차기 회의 논의       |
| 동시 전송 SAR | 2D 가우시안 분포 모델 기반 면적 기준 수립 방안        | 추가 데이터 검증 추진   |
| 노출 제어     | 동적 전력 제어 알고리즘 TR 개발                 | 신규 작업 아이템 추진검토 |
| mmWave    | 6GHz 이상 E-field 프로브 교정을 위한 3단계 절차   | 부속서(Annex) 신설  |
|           | 시뮬레이션, 다이폴, EO-probe 간 IPD 측정 비교    | 차기 회의 발표       |

현재 진행 중인 국제표준의 주요 개정 목표는 5G 등 고주파 대역의 피부 집중 특성의 반영이며, 이를 위해 6 GHz 이상 주파수 대역의 평가지표를 기존 전자파흡수율(SAR)에서 흡수전력밀도(APD, Absorbed Power Density)로 변경하기 위한 검증·측정 결과를 검토하고 있다.

또한, 실제 사용 환경을 반영하기 위해 최대

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

출력이 아닌 시간 평균 전자파 흡수율(TAS, Time Average SAR)을 도입하고, 인종·나이 등을 고려한 인체모델을 적용하여 평가의 정밀성을 높이는 방안도 함께 논의하였다.

또한, EMF 노출 평가(센서 반응, 결과 추정 등)에 AI를 활용하기 위한 신규 Ad-Hoc 그룹(AHG) 설립이 공식 제안되었으며, 이 그룹은 2026년 차기 총회에 활동 결과를 보고할 예정이다. 컨비너(Convener)는 TC106 의장(Onishi)이 담당하기로 했다.

### 제3절 회의 세부 결과

#### 1. TC106 총회 주요 결과

AI(인공지능) 기술을 EMF 적합성 시험에 활용하기 위한 신규 Ad-Hoc 그룹(AHG) 설립이 공식 제안되었다. 이 그룹은 표준 개발 시 사용되는 AI 사용에 따른 이점과 위험(보안, 거짓 정보 등)을 식별하는 역할을 맡게 되며, TC106 의장(Onishi)이 컨비너를 맡아 TC106 한정으로 AI 기술을 표준화 도입에 활용하기 위해 2026년 차기 총회에 활동 결과를 보고하기로 하였다.

#### 2. 무선전력전송(WPT) 관련 회의 결과

IEC 63480 (WPT 표준)의 PAS 전환 검토: WPT 등 신기술 분야는 표준화 초기 단계이며 기술이 빠르게 변하고 있어, 표준 개발의 유연성 확보가 필요하다는 의견이 제기됨. 이에 국제표준(IS) 대신 기술적 합의가 더 빠른 잠정표준(PAS, 공개 사양서)으로 표준을 발간하는 방안이 논의됨. 기존 IEC 63184 표준도 개발 후반 단계에서 PAS로 전환한 선례가 있음. 2027년 10월 최종 발간을 목표로

PAS로 변경을 고려하기로 함.

(한국 기고) EV 충전 3-point 측정법 개정: 우리나라는 현행 IEC 63184의 '3-point 공간 평균 측정법'이 '최댓값이 발생하는 측정 위치'를 찾는 명확한 절차적 가이드라인이 부재하여, 측정 기관 및 환경에 따라 일관성 있는 결과를 도출하기 어려운 문제가 있음을 지적함. 이에 대한 보완책으로 측정의 신뢰성·일관성을 확보하기 위해 '6-point 제어 평균 측정법'을 신규 절차로 제안함. 미국/캐나다에서는 해당 접근법이 자국 내 절차와 일관성이 있으며, 측정 포인트를 줄인 개선점을 고려하여 기술 도입 필요성에 찬성함. 해당 기술 세부 사항은 차기 작업반 회의(1월 28일 예정)에서 추가 논의를 진행하기로 함.

동적 WPT(Dynamic WPT) 반영: 최근 전기차(EV) 기술 동향이 주행 중 충전 등 '동적 WPT'로 확장됨에 따라 이를 표준에 반영할 필요성이 제기됨. 실제 측정이 어려운 동적 시나리오를 시뮬레이션(계산)으로 검증하고 그 결과를 표준 적합성 판단에 활용할 수 있도록, 수치해석 방법(computational method) 요구사항을 추가할 것을 제안함. 이는 표준의 차기 버전 개발을 위한 주요 기술 검토 항목으로 채택됨.

#### 3. SAR 측정방법(JMT14) 회의 결과

IEC/IEEE 62209-1528 (Dual Logo) 표준 개정: IEC와 IEEE가 공동으로 발행하는 듀얼로고 표준의 개정 일정 동기화가 논의됨. IEEE는 10월 31일 마감인 Recirculation ballot을 진행하여 12월 RevCom(표준 검토 위원회) 승인을 목표로 했으나, IEC는 FDIS 제출 후 편집 및 투표에 18주 이상 소요될 것으로 예상됨. IEC FDIS 투표 과정에서 나오는 기술적 코멘트로 인해 IEEE가 이미 승인한 버전과 불일치가 발생할 위험을 방지하기 위해, IEEE 측이 12월 RevCom 승인 안건 상정을 연기하기로 최종

합의함. 최종 발행은 2026년 중반으로 예상됨.

표준 재구조화: 기존에 승인된 4-Part 구조(Part 1: 절차, Part 2: 장비, Part 3: 검증, Part 4: 부록)로의 개편 작업이 논의됨. 기술 항목을 먼저 완료한 후 재구조화를 진행하는 '순차 방식' 대신, 기술 검토와 재구조화를 위한 신규 작업 아이템 제안(NWIP) 절차를 동시에 진행하는 '하이브리드 방식'을 채택하기로 합의함. 작업반 임무는 Part 1(절차)은 현 JMT 14, Part 2(장비)는 신규 작업반(JWG) 구성, Part 3(검증)은 기존 검증 그룹(MT5)이 담당하기로 함.

(한국 기고) 동시(Simultaneous) 전송 SAR 평가: 현재 표준은 4가지 대안(단순 합산, 최고값 선택 등)을 제시하며, 이 중 '순수 용적 스캐닝(Pure Volumetric Scanning)'이 가장 정확하지만 시간이 매우 많이 소요되는 문제가 있음. 우리나라는 측정 시간을 줄이기 위해, 측정된 SAR 분포를 2D Gaussian 분포로 모델링하는 방식을 제안함. 이 모델을 사용하면 SAR 분포를 분석적으로 구성할 수 있으며, 두 송신기 간의 이격거리에 따른 합산 SAR 값을 히트맵 형태로 예측 가능함.

(스위스 기고) 'Smart Scan' 기술: 스위스는 각 송신기의 공간적 SAR 분포(Spatial SAR distribution)와 감쇠 특성을 직접 측정하는 'Smart Scan' 기술을 제안함. 소프트웨어상에서 두 분포를 '지점별'로 더하여 최종 합산 SAR 값을 도출하며, 가장 정확한 '전체 볼륨 스캔' 방식과 동일한 결과를 제공하지만, 훨씬 빠르고 비용 효율적이라고 보고함. 추가되는 불확도는 1g SAR 기준 0.2dB, 10g SAR 기준 0.4dB로 매우 낮음.

#### 4. 기지국(MT3) 회의 결과

6G (ISAC) 기술 영향 분석: 6G 핵심 기술인 ISAC(통합 센싱 및 통신)이 EMF 노출에 미치는 영향이 예비 분석됨. ISAC은 통신 심볼과 센싱 심볼을

병렬로 전송하며, 예비 전력 분석 결과 센싱 심볼의 에너지가 통신 심볼보다 낮을 것으로 예상됨. 3GPP 표준이 미확정된 상태이나 현행 6분 평균 노출 기준을 준수할 것으로 예상됨.

'Actual Maximum Approach' 도입 현황 (일본): 일본은 5G 환경에서 기지국이 100% 모든 시간, 모든 방향으로 최대 전력을 방사한다고 가정하는 현행 방식이 비현실적이며 과도하게 보수적이라고 지적함. 200개 이상의 5G FR2 기지국을 대상으로 1개월간 실제 최대 전송 전력을 측정한 현장 연구 결과, 최대 전력 감소 계수(FPR)는 -1.87dB로 관측됨. 트래픽이 매우 적고(사용자 2명 미만) 특정 빔에 집중되는 최악의 조건에서도, 실제 최대 전력은 이론상 최대치보다 1.87dB 낮았음. 일본은 해당 결과를 바탕으로 향후 자국 내 규제 도입 검토를 추진할 계획임.

5G 기지국 카운터 데이터 vs 실측값 (NextGen 프로젝트): 4G(LTE)의 경우 기지국이 보고하는 전력 '카운터 데이터'와 '실측값' 간의 상관관계가 0.87로 매우 높게 나타남. 하지만 5G(NR)의 경우, 전력이 특정 사용자에게 집중되는 빔포밍으로 인해 상관관계가 매우 낮고 변동성이 컸음. 강제 트래픽(Forced Traffic)을 유발하여 측정한 '실제 최대값'과 일반 환경의 '실측값' 사이에는 최대 30배의 큰 차이가 발생함. 결론적으로 5G 환경에서 기지국 카운터 데이터는 실제 노출량을 보증하지 못하므로 추가 연구가 필요함.

#### 5. mmWave(JWG11/JWG12) 회의 결과

(한국 제안) 노출 제어 알고리즘 기술보고서 개발: '정적 전력 예산' 기반의 IEC TR 63424-1에 이어, '동적 전력 제어' 알고리즘을 다루는 IEC TR 63424-2 기술보고서 개발이 승인됨 (우리나라 제안). 신규 표준의 범위는 SAR(6 GHz 이하)뿐만

아니라 고주파수 대역의 IPD(입사전력밀도) 및 APD(흡수전력밀도) 평가를 포함함. 또한, 기존 셀룰러 외 WLAN, Bluetooth 등 다양한 무선 기술 구현 사례를 포함하며, SAR, IPD, APD 등 다중 지표(Multiple Metrics)를 고려한 총 노출비(Total Exposure Ratio) 평가 방안을 포함함. Part 2는 IEC/IEEE 듀얼 로고(Dual Logo) TR로 추진하기 위해 IEEE의 검토를 요청함.

(한국 기고) E-field 프로브 교정 방법: GHz 이상 고주파 대역에서 사용되는 E-field 프로브를 정확하고 실용적으로 교정할 수 있는 새로운 3단계 절차를 제안함. 고주파 대역에서는 E-field 프로브의 물리적 크기가 교정에 사용되는 도파관(waveguide)의 개구부보다 커서 직접 삽입이 불가능한 기존 방식의 한계가 있었음. 우리나라가 제안한 방식은 특별한 이견이 없어 차기 개정판의 부속서로 포함될 예정임.

(한국 기고) IPD 측정장비 비교 검증: 10GHz 주파수 대역에서 표준 혼 안테나를 이용하여 시뮬레이션, 다이폴 프로브, EO-probe 간의 IPD 측정 결과를 비교 평가함. 이는 다양한 측정 방식의 신뢰도를 검증하여 표준 채택 방식과 허용 오차 설정을 위한 자료로 활용하기 위함임. 다이폴 프로브는  $1\text{cm}^2$ 와  $4\text{cm}^2$  평균 전력 밀도에서 시뮬레이션 값이나 EO-프로브 값보다 약 7~10% 더 높게 측정됨. 광학식(EO) 프로브는  $4\text{cm}^2$  평균값에서 시뮬레이션 값( $39.05\text{ W/m}^2$ )과 매우 근접한 결과( $38.6\text{ W/m}^2$ )를 보임.

APD 팬텀 요구사항 정의: APD 평가를 위한 참조(Reference) 팬텀 모델 정의가 논의됨. 단순한 단일층 균일 팬텀과 복잡한 2-Layer 팬텀 간의 APD 차이( $0.1\text{--}0.2\text{dB}$ )는 이격거리에 따른 민감도( $3\text{--}5\text{dB}$ )에 비해 무시할 수준으로 미미함이 확인됨. 논의 결과, 실험실의 '물리적 팬텀'(단일층 액체 등)과 표준이 정의하는 '참조 모델'을 분리하여 접근하기로 함.

물리적으로 가장 정확한 2-Layer 모델을 표준의 '단일 참조 모델'로 채택함. 모든 물리적 팬텀은 '참조 모델의 반사 계수 (주파수, 입사각, 편파의 함수) 특성을 규정된 불확도 내에서 동등하게 재현해야 함'을 요구사항으로 규정하기로 함.

## 제4절 결론

금번 IEC/TC106 총회는 5G 상용화 확산 및 6G 예비 기술이 논의되는 중요한 시점에서 개최되어, 차세대 통신기술의 전자파 인체노출 평가방법 표준 체계를 정립하는 핵심적인 논의가 진행되었다.

특히, 한국이 제안한 4건의 기고(WPT 6-point 측정법, 동시전송 SAR 평가법, E-field 프로브 교정법, 동적 전력 제어 TR 등)가 표준 개정 및 신규 개발 항목으로 채택되는 성과를 거두었다. 이는 향후 글로벌 강제 인증 표준 활용 시 국내 산업계의 기술 경쟁력을 강화하고, 관련 기술 장벽을 선제적으로 해소하는 계기가 될 것으로 평가할 수 있다.

다만, 본 총회 결과의 실질적인 성과 확보를 위해 다음과 같은 후속 조치 및 과제 추진이 필요하다.

### 1. 후속 표준화 활동 및 검증 (향후 과제)

금번에 제안되어 채택된 주요 기술(WPT 6-point 측정법, 동시전송 2D 가우시안 모델 등)의 국제표준 반영을 위해서는, 제안 내용의 기술적 완성도를 높이고 신뢰성을 입증할 수 있는 추가 검증 데이터 확보 및 차기 작업반 회의에서의 적극적인 후속 논의가 필요하다. 또한, 신규 설립이 공식 제안된 'AI Ad-Hoc 그룹(AHG)'의 활동에 국내 전문가들이 적극 참여하여 EMF 평가 분야의 AI 활용 기반을 마련하고 관련 표준화를 주도할 필요성도 대두되고

있다. 5G 기지국 카운터 데이터의 불확실성 문제, 6G ISAC 기술 등 신규 기술의 노출 평가 방법론에 대한 지속적인 연구 역시 필수적으로 병행되어야 우리나라의 글로벌 인증 경쟁력을 지속적으로 유지 및 확보할 수 있다.

## 2. 국내 제도 및 인프라 정비 (필요 사항)

6 GHz 이상 고주파 대역의 평가지표가 기존 SAR에서 APD/IPD로 전환되고, 평가 방식이 최대출력에서 TAS(시간 평균)로 변화함에 따라, 이에 대응하는 국내 전자파 인체보호기준 및 관련 고시, 인증시험 절차 등 국내 제도의 정비가 필요함. 또한, APD/IPD 등 새로운 지표를 정확히 측정하고 교정할 수 있는 국가표준측정 인프라 및 상용 계측 시스템의 확보를 늦지 않게 준비할 필요성이 있다.

## 3. 기대 효과 (전망)

본 총회 결과를 바탕으로 상기 후속 표준화 활동을 성공적으로 추진하고 국내 제도 및 인프라를 적시에 정비할 경우, 5G/6G 차세대 통신 기술의 안전성 확보는 물론, 관련 국내 산업(단말기, 기지국, WPT 등)의 글로벌 시장 진출 시 인증 부담을 획기적으로 경감시키고 국제 표준을 주도하는 실질적인 성과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

## 제2장

문성원 대표  
(주)휴먼아고스

# 5G NR 기지국의 실제 운영 최대노출 출력 규제 동향

제1절 서론

제2절 국내·외 5G 기지국 평가 표준화 현황

제3절 Actual Maximum Approach에 대한 고찰

제4절 결론

### 제1절 서론

LTE 및 5G 등 이동통신 서비스 확장으로 점차 증가하는 전자파 인체 영향에 대한 불안감과 중요성이 높아지고 있다. 이에 따라 2007년 이후로 전자파 강도 의무측정 활동을 전파법에 따라 수행해오고 있다.

특히 5G NR 기지국 전자파 강도 평가는 광대역 고속데이터 속도를 추구하는 통신 서비스로 전송량의 속도와 집중 사용 시간대에 따라 전자파 강도의 세기가 크게 달라진다.

이와 관련하여 국내 전자파 강도 측정은 5G 기지국에 대한 최대 전자파 노출량에 대해 평가를 하고자 외삽법을 사용하는 경향으로 발전하고 있다. 이에 대한 초기의 규제 제도와 그 장단점을 분석하고 국제 표준화 권고안인 IEC 62232를 참고하여 전송량 적용에 따른 외삽결과의 변화를 알아보하고자 한다.

### 제2절 국내·외 5G 기지국 평가 표준화 현황

전자파 인체 영향 평가 국내 측정 기준은 IEC TC106 MT3에서 발간하는 IEC 62232와 기본적으로 같은 외삽 기준을 가지고 있다. 즉 KS C 3367:2022의 부속서 A 5G 환산계수 값 예시를 참고하면 식 1)과 같다.

$$\begin{aligned} E_{asmt} &= E_{SSB} \times \sqrt{F_{extSSB}} \\ &= E_{SSB} \times \sqrt{F_{BW} \times F_{TDC} \times F_{PR} \times F_{extBeam}} \end{aligned}$$

식 1)

IEC 62232의 E8.2.1.2의 식 2)를 보면 유사함을 알 수 있다.

$$\begin{aligned} E_{asmt} &= E_{SSB} \times \sqrt{F_{extSSB}} \\ &= E_{SSB} \times \sqrt{F_{BW} \times F_{TDC} \times F_{PR} \times F_B} \end{aligned}$$

식 2)

여기에서  $F_{extBeam}$ 와  $F_B$ 는 동일한 인자이며 표기만

다르며 의미는 같다. 외삽의 결과는  $F_{PR}$ 과  $F_{extBeam}$ 의

결과에 따라 크게 달라질 수 있음을 알 수 있다.

따라서 5G NR 기지국의 실제 최대 전력 방사에 따른 평가 방식에 대한 국제 표준화 기구에서 방법들이 제시되고 이에 따른 적용 방법들이 논의되고 있다.

### 제3절 Actual Maximum Approach에 대한 고찰

5G NR 기지국의 EMF 평가에서 "Actual Maximum Approach"(이하 AMA)는 Maximum Approach(이하 MA)의 보수적인 특성을 유지하면서도, 실제 운용 조건을 일부 반영하여 더 현실성 있는 전자기장 노출 수준을 추정하는 방식이다.

즉, 이론적으로 가능한 한 절대 최댓값(Maximum approach)이 아닌, 기지국이 실제 환경에서 발산할 수 있는 "실질적인" 최대 EMF 수준을 평가한다. 주요 특징은 표 4-1과 같다.

〈표 2-1〉 AMA vs MA의 주요 특징 비교

| 항목        | AMA                                          | MA                     |
|-----------|----------------------------------------------|------------------------|
| 송신전력      | 실제 최대 동작 전력<br>(Measured or configured max.) | 허용된 최대 전력              |
| 듀티 사이클    | 트래픽 기반 최대 사용률 반영 (e.g. 80%)                  | 100% (Full duty cycle) |
| 빔포밍       | 최대 빔 이득 + 실제 사용 가능한 빔                        | 최악의 빔포밍 가정             |
| 안테나 포트 사용 | 실제 활성화된 포트 기준                                | 모든 포트 동시 송신 가정         |
| 거리        | 최소 보장 거리                                     | 동일                     |
| 목적        | 현실성 있는 Worst-case 평가                         | 극단적인 보수 조건             |

결과적으로, EMF 세기(V/m)는 Maximum Approach보다 낮지만, 여전히 "실제 최악 조건"을 반영하므로 안전 기준에 대한 확실한 검증이

가능하다. 세 가지 평가 접근 방법에 대한 것을 정리하자면 표 4-2와 같다.

- Maximum Approach: 이론적 최댓값/가장 보수적
- Actual Maximum Approach: 실질적인 최대치/운영 기반 보수적
- Realistic Approach: 평균 운용 조건 기반/일반 사용자 노출평가

〈표 2-2〉 AMA vs MA vs Realistic 비교

| 항목    | AMA               | MA        | Realistic   |
|-------|-------------------|-----------|-------------|
| 개념    | 실제 운용에서 가능한 최대    | 기술적 절대 최대 | 평균 운용 조건    |
| 보수성   | 높음                | 매우 높음     | 중간          |
| 현실반영  | 있음                | 없음        | 높음          |
| 사용 목적 | 현실적 Worst-case 분석 | 규제 상한 확인  | 일반 사용자 노출평가 |

## 1. AMA 평가 방법에 대한 기술적 내용

5G NR EMF Actual Maximum (실제 최대) 접근법은 최근 표준(IEC/ITU 등)에서 명확히 다뤄지며, 측정값 → 이론적 최댓값으로 외삽(extrapolation)한 뒤 실제 작동 조건(beam 스캐닝·스케줄링·TDD 등에 따른 전력 저감(Power Reduction Factor, PRF)을 반영해 최종 '실제 최대' 값을 얻는 방식으로 구현된다. 아래에 실무적으로 바로 적용할 수 있도록 단계별 절차, 핵심 식, 권장값(문헌 근거)과 체크리스트를 정리했다.

측정 → 외삽 → 보정 흐름 :

- 현장(in-situ)에서 시간평균(예: 6분)으로 전계(E) 또는 전력밀도(PD)를 측정.
- 측정값을 IEC 62232의 외삽계수( $F_{ext}$ )로 이론적(최대)값으로 외삽.
- 이 이론적 최대값에 Power Reduction Factor

(PRF, F\_PR) 를 곱해 'Actual Maximum' (예: 95th percentile 기반)으로 결정.

- 측정이 전력밀도(PD)로 되어 있을 때

$$PD_{actual-max} = PD_{meas} \times F_{ext} \times F_{PR}$$

- 측정이 전력밀도(PD)로 되어 있을 때

$$E_{actual-max} = E_{meas} \times \sqrt{F_{ext}} \times \sqrt{F_{PR}}$$

여기서,

$F_{ext}$ : IEC 62232에 정의된 외삽계수 (측정 설정, 주파수, 빔방향성, 거리, 안테나 패턴 등을 고려해 산출)

$F_{PR}$ : Power Reduction Factor (실제 운용에서 이론최대 대비 평균적으로 얼마만큼 전송되는지를 나타내는 계수; 0-1). PRF는 통계(예: 95th percentile)로 정의하는 경우가 많다.

단계별 워크 플로우:

#### ① 준비(사이트/제품 데이터 수집)

- 안테나(빔패턴, 타 수신섹터 수, 최대 EIRP/패턴), TRP/TRX 구성, TDD/DL duty, 구성 가능한 동시빔 수, 설치고도/지상거리 등.

#### ② 현장 측정

- 주파수별/대역별로 시간평균(보통 ICNIRP 기준 6분) 측정.
- 측정 장비: broadband(수평적) 또는 주파수/코드선택(스펙트럼/채널선택) 방식. (방법에 따라  $F_{ext}$  계산법이 달라짐 — IEC B.8 참조).

#### ③ 외삽계수( $F_{ext}$ ) 산출

- IEC 62232 Annex B 절차에 따라 측정 설정(안테나 이득, 거리, 빔너지 등)과 측정 대역폭 보정을 반영해  $F_{ext}$  산출. (보통 문헌/도구에서 제공되는 계산법을 사용).

#### ④ Power Reduction Factor( $F_{PR}$ ) 결정

- 방법1: 통계적 방법 — 실측된 시간분해 TX 전력/빔 에너지 분포에서 95th percentile 을 채택 (IEC TR 62669 / ITU 보조문서에서 권장

사례).

- 방법2: 문헌·규제 권장값 사용 — 실무에서는 TRX 타입과 안테나 규모에 따라 0.1-0.5 범위(보통 0.25~0.32 권장)가 자주 사용됨.

#### ⑤ 계산 및 보고

- 측정값  $\times F_{ext} \times F_{PR} \rightarrow PD_{actual-max}$  를 ICNIRP/국가한계와 비교.
- 불확실성(측정오차, 모델링 가정) 추정 및 보고(IEC 62232 권장).

문헌을 근거로하여 대표적 권장 및 참고값은 아래와 같다.

- PRF( $F_{PR}$ ) 권장 예시

- ✓ 0.25 (업체/제조사 권장: 대형 mMIMO 구성에서의 실무 권장값 — Ericsson/GSMA 언급).
- ✓ 0.32 (많은 초기 사례/레저시 권장치; IEC TR 62669 사례에서 자주 인용).
- ✓ 0.19 (ARPANSA/ACMA 실제측정 분석에서 95% 커버를 확인한 사례값 — 보수적 또는 지역특화 선택지).
- ✓ 일반적 범위: 0.1 - 0.5 (문헌·측정 결과 기반).

요약하자면 PRF는 장비·환경·운용(traffic load)에 민감하여 가능하면 현장 로그/트래픽 데이터로 직접 산정하거나, 지역 규제·표준에서 요구하는 값을 따르는 게 안전하다.

## 2. 실제 측정기반 PRF 산출 및 분석 사례

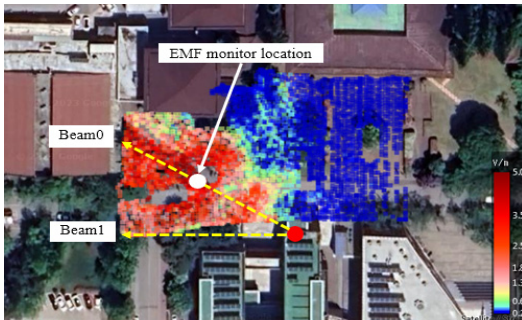
측정은 ITU-T K.83의 제7조에 따라 1.5m의 일반 높이에서 수행되었으며, 데이터 수집은 총 1주일 동안 1분 간격으로 연속적으로 수행되었습니다. 측정

사이트는 그림 4-1과 같이 대학 건물에 설치된 기지국의 LOS 환경 내 화단에 설치되었다.



[그림 2-1] EMF 측정 장소 및 환경

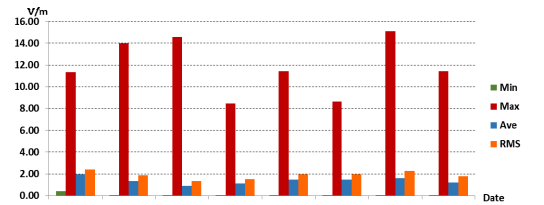
기지국에서 EMF 모니터링 장비까지의 거리는 약 46m이며 5G NR 기지국(네트워크 사업자: 한국통신)의 셀 ID 697을 테스트 대상으로 했다. EMF 모니터의 장비는 AGOS 필드 미터(모델 AGES-F)를 사용하였다.



[그림 2-2] GIS 기반 EMF 외삽 결과

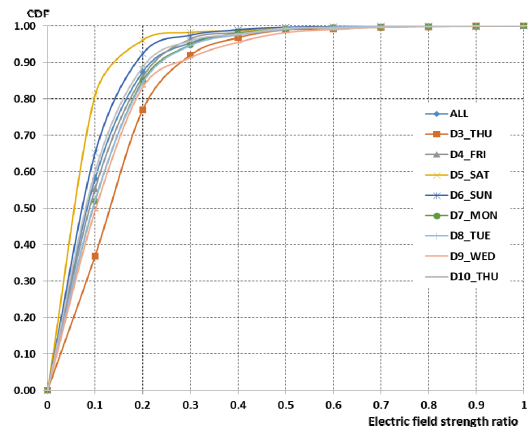
그림 4-2는 측정 지점의 측정 환경과 SSB 신호 측정에 기반한 외삽 결과이다. 측정은 총 2,889개의 지점을 측정했으며, 하나의 셀 ID 697이 방사하고 있으며, SSB 방송 빔은 빔 ID 0과 1을 가지고 있다. 외삽된 최대 전계 강도는 빔 0에서 8.53 V/m, 빔 1에서 6.51 V/m였으며, 각각 FPR 0.45가

적용되었다. 이 시점의 실제 방사 전력 값을 알 수 없었기 때문에, 최악의 경우를 고려하여 계수를 추정하였다.



[그림 2-3] 1주일 정규화된 측정 데이터

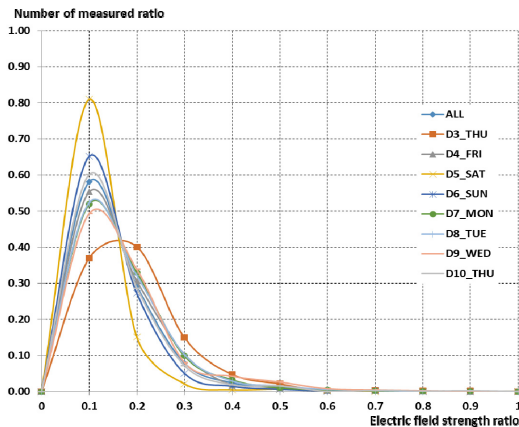
그림 4-3은 1주일간 채널 파워 기반 측정된 전자파 강도 데이터이다 (Min, Max, Ave, RMS값 표시).



[그림 2-4] CDF vs EMF 비율

그림 4-4는 일주일 동안 측정된 데이터를 보여주는 CDF (Cumulative Distribution Function) 그래프로, 일일 측정값을 전체 측정 횟수에 대한 백분율로 나타낸 것이다. 측정된 전계 강도의 누적 분포 그래프가 요일별 단말기의 트래픽 사용량에 따라 기지국 출력이 달라지기 때문에 다른 것을 알 수 있다. 이는 전체기간의 전계 강도의 누적 분포이다. 각 요일은 트래픽과 데이터 샘플 수에 따라 곡선

적합의 차이를 보여준다. 기지국의 실제 전송 전력의 대부분은 누적 데이터 95%에서 25% 범위에 있다.



[그림 2-5] 전자파 강도 분포도

그림 5-5는 측정 데이터 분포 그래프를 보여주는데, 최대 측정 횟수가 10%이고 실제 최대 전송 전력에 대한 BS 제어가 50% 이내에서 작동하고 있음을 알 수 있다. D3\_THU의 그래프는 오후 3시부터 측정을 시작하여 다른 요일보다 데이터가 적기 때문에 다른 모양을 보인다.

그림 4-2에서 적용한 FPR 0.45보다는 실제 측정된 계수는 대부분 0.25를 넘지 않는다.

## 제4절 결론

그러므로 외삽법을 위해서는 FPR 계수의 실제 기지국 방사 전력을 고려하는 수치에 따라 외삽의 결과가 크게 달라질 수 있다. 시간 변화에 대한 실제 기지국 출력은 지속해서 모니터링하는 방식으로 데이터를 얻을 수 있으며, 이러한 방법이 제한적이라면 기지국 LOS 환경 및 단말 사용량이

많은 것으로 예상되는 위치에서 실제 장기 측정을 수행하고 그 결과로 FPR 계수를 결정하는 할 수 있다. 그러나 여기에서 추가로 고려되어야 할 사항은 Broadcast beam에 대한 외삽과정이므로 전력감소 계수를 적용함과 동시에 Traffic beam으로 변환할 수 있는 변환계수를 구하여 적용해야 할 것이다. 이러한 계수의 산출은 좀 더 많은 연구와 정보가 필요하게 된다.

앞으로는 이러한 측정된 원시 값으로 변화량 패턴을 생성하고 이를 통해 인공지능을 이용하여 학습하는 방법을 고려할 수 있다. 그러나 이러한 경우에도 정확한 기지국 구분이 불가능하므로 어느 정도 불확실성이 존재할 수 있다. 다만 실질적인 기지국 전력 변화량을 통한 전자파 노출 예측의 정확성을 한층 높일 수 있으며 지역에 따른 전력감소 계수 적용을 할 수 있게 된다.

따라서 앞으로도 더욱 신뢰할 수 있는 방법론에 관한 연구가 계속될 것으로 기대된다.

## 참고문헌

- [1] IEC 62232 (2022): in-situ 측정·외삽·Actual maximum 구현 지침(Annex B 등)
- [2] IEC TR 62669 (2019, 사례집) — mMIMO·실제 최대 산정 사례와 PRF 산정 시범
- [3] ITU-T K.Sup16 / K.100 (보완문서) — 5G 관점의 컴플라이언스 적용
- [4] 업계 백서: Ericsson, GSMA 보고서(실무 권장치·사례)
- [5] 규제/연구: ARPANSA, ANFR, Ofcom 측정보고서(지역 사례·실측치)

# 제3장

# 휴대 단말의 전자파 규제 동향

권혁춘 수석  
(삼성전자)

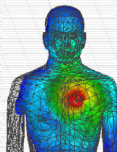
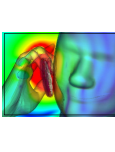
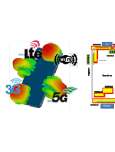
제1절 서론  
제2절 본론  
제3절 결론

## 제1절 서론

5G 이동통신 시대의 도래 및 비면허 주파수 대역의 사용이 확대되면서 휴대 단말은 더욱 복잡하고 다양한 통신 기능을 동시에 지원하고 있다. 이런 기술적 환경 변화는 휴대 단말 내 다중 RF 송신 (5G NR, Wi-Fi 7, Bluetooth 등) 사용을 증가시키며 동시 노출에 따른 전자파 인체 노출 시나리오를 고려한 전자파 인체영향 평가를 점점 복잡하게 하고 있다. 한편 휴대 단말이 다양한 RF 주파수를 사용하면서 각국 규제기관들은 전자파 안전성 규제 또한 강화하고 있는 것이 현실이다.

본 보고서는 휴대 단말의 전자파 인체영향 평가 관련 안전성 확보를 위해 최근 이슈가 되고 있는 주요 규제인 Body SAR (Specific Absorption Rate, 전자파 인체흡수율) 강화 규제, Hand SAR 도입, 다중 RF 송신에 대한 전자파 평가 및 6 GHz 이상의 전자파 신규 규제에 대한 최신 동향에 대해 알아보고자 한다.

〈표 3-1〉 휴대 단말 전자파 주요 규제 이슈

| Body SAR<br>평가                                                                    | Hand SAR<br>평가                                                                    | 다중 RF 송신<br>노출 평가                                                                   | 6GHz 이상<br>전자파 평가                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |
| 평가 이격<br>거리 강화<br>(5mm to 0mm)                                                    | 통화 모드 시,<br>Hand SAR<br>평가 도입<br>(핸드그립)                                           | 다중 RF 동시<br>노출 평가<br><br>캐나다/미국<br>규정 시행<br>중이며,<br>글로벌 확대<br>예상                    | ICNIRP,<br>APD 평가<br>기준 권고<br>시행<br><br>IEC,<br>평가방법<br>표준화 中                       |

## 제2절 본론

### 2.1 Body SAR 강화 규제

Body SAR은 몸통에 대한 전자파 인체흡수율 평가로 휴대 단말 전자파 인증의 필수 사항이며 규제 대상이 된 지 오래다. 스마트폰이나 태블릿 등의 사용성 특성상 유튜브 시청이나 게임 활용 등으로 인체의 몸통에 대한 전자파 인체영향 평가는 유럽을 중심으로 점점 강화되는 추세이다. 특히 수년 전부터

유럽에서 이슈 제기된 Body SAR 시험의 이격거리가 0 mm 밀착 조건으로 규제 강화되고 있다.

〈표 3-2〉 국가별 Body SAR 규제 동향

| 국가       | 현재 이격거리         | 변경 이격거리             | 표준 및 규제                   | 예상 시행 시점        |
|----------|-----------------|---------------------|---------------------------|-----------------|
| 유럽 (EU)  | 5 mm            | 0 mm                | EN 50566:2017 /FprA2:2024 | '27년 하반기 (예상)   |
| 대한민국     | 25 mm 이내        | 5 mm 이하             | KS C 3350 개정 고시           | '26년 4월         |
| 미국 (FCC) | 10 mm (Hotspot) | 5 mm (Hotspot/UMPC) | KDB 648474, 941225        | 시행 및 확대 중       |
| 중국       | 5 mm            | 0 mm 논의 중           | GB 표준 개정                  | '24년 부터 5 mm 적용 |

한편, 국가들의 Body SAR 규제 강화 추세에 따라 산업계 등을 중심으로 근접 센서 시나리오 적용, TAS (Time Averaging SAR, 시간 평균 SAR) 알고리즘 최적화 도입에 대해 표준화가 진행되어 현재는 단말의 실사용 조건을 고려한 6분 평균 시간 기반의 SAR 평가가 허용되고 있다. 최근에는 TAS 알고리즘 기술의 적용 주파수 대역 (6 GHz 이하 → 6 GHz 이상) 확대 및 적용 기술 확장 (LTE, 5G NR → WLAN, BT 등)을 위해 IEC (국제전기기술위원회) TC 106에서 표준화가 진행 중이다.

## 2.2 Hand SAR 도입

Hand SAR은 손에 대한 전자파 인체흡수율 평가로 휴대 단말의 음성 통화 사용성에 기인하여 캐나다 규제기관 (ISED)을 중심으로 규제가 시행 중이며 다른 국가들도 도입을 검토하고 있다. 특히 ISED는 지난 '21년부터 단말 음성 통화 사용 시에 Hand SAR 평가값이 규제 적용 중인 Head SAR 평가값보다

높은 경우가 발생함에 따라 Hand SAR 평가를 규제에 적용하여 아래의 내용으로 고시를 공표한 바 있다.

〈표 3-3〉 ISED의 Hand SAR 평가 규제

| 규제 항목 | 세부 내용                                                                    |
|-------|--------------------------------------------------------------------------|
| 대상기기  | 음성 통화를 지원하고 단말 하단에 장착된 안테나를 사용하는 기기                                      |
| 평가범위  | 단말의 좌/우측면 및 하단에 대해 평가 (0 mm 이격거리 평가)<br>손바닥을 고려하여 후면은 10 mm 이격거리 적용하여 평가 |
| 요구사항  | 단말 출력 적용은 최대 출력으로 100% Duty cycle 적용 가정                                  |

ISED의 Hand SAR 평가 규제와 함께 글로벌 규제 적용을 대비한 표준화의 필요성에 따라 현재 IEC TC 106에서는 휴대 단말의 실 사용 조건, 핸드그립 조건에 따른 휴대 단말 사이즈별 평가, 그리고 Head 및 Hand SAR 중복 평가 제외 등을 요구사항으로 하는 표준화가 진행 중이다. 또한, 앞서 언급한 Body SAR 시험 이격거리가 0 mm로 도입될 경우를 고려하여 Body SAR와 Hand SAR의 시험 인증의 중복성 회피 및 간소화 차원에서 Head, Body 및 Hand SAR 구분이 불필요해지는 노출 부위별 평가 인증 통합 방안이 논의되었으며 현재 표준화가 마무리 중이다.

## 2.3 다중 RF 송신에 대한 동시 노출 평가

다중 RF 무선 기능을 지원하는 휴대 단말이 증가하면서 전자파 안전성 평가 관점에서 다중 송신에 대한 TER (Total Exposure Ratio, 통합 동시 노출) 평가가 미국과 캐나다를 중심으로 강화되고 있다.

ICNIRP (국제 비전리 복사 방호위원회)는 휴대 단말의 복수의 다중 RF 송신 조건에 대해 각각의 전자파 인체 노출량을 기준으로 정규화하여 합산하는 방식을 제시하고 있다.

$$TER = \sum \frac{SAR_1}{SAR_{BR}} + \sum \frac{SAR_2}{SAR_{BR}} + \sum \frac{PD_1}{PD_{BR}} + \sum \frac{PD_2}{PD_{BR}} + \sum \frac{E_1}{E_{BR}} + \sum \frac{E_2}{E_{BR}} \dots \leq 1$$

\* SARBR은 SAR의 기본한계값이며, SAR1 및 SAR2는 SAR의 측정값. PDBR은 PD의 기본한계값이며, PD1 및 PD2는 PD의 측정값. EBR은 E의 기본한계값이며, E1 및 E2는 E의 측정값

특히 SAR 시험 평가 간소화 차원에서 휴대 단말과 같은 소형 기기에서 ICNIRP가 제시한 TER 평가의 보수성을 해결하기 위해 미국 규제기관 (FCC)을 위주로 다중 RF 송신기 간의 방사 분포 거리가 충분히 멀어 독립적으로 작용한다고 가정하여 통합 동시 노출 평가의 예외를 인정해 주는 SPLSR (SAR to Peak Location Separation Ratio) 규정을 적용하고 있다.

$$SPLSR = \frac{(SAR_1 + SAR_2)^{1.5}}{R_i} < 0.04$$

\* Ri는 측정된 SAR1과 SAR2의 SAR 최댓값의 거리

최근에는 ISED에서도 위 FCC의 SPLSR 규정과는 다른 수정된 SPLSR을 확대 적용하여 TER 평가 간소화를 진행 중이다.

$$SPLSR = \frac{\left( \max \left[ \frac{SAR_1}{SAR_{limit}}, \frac{APD_1}{APD_{limit}} \right] + \max \left[ \frac{SAR_2}{SAR_{limit}}, \frac{APD_2}{APD_{limit}} \right] \right)^{1.5}}{Distance} < 0.04$$

\* Distance는 측정된 SAR1 및 APD1과 SAR2 및 APD2의 SAR 및 APD 최댓값의 거리

추가로 무선통신 외에 10 MHz 이하를 사용하는 무선전력전송도 동시 노출 조건에 포함하여 규제를 적용 중이다.

〈표 3-4〉 다중 RF 송신 동시 노출 평가 동향

| 항목           | 목적                 | 평가 기준        | 적용 기준                                         | 표준 및 규제 기관        |
|--------------|--------------------|--------------|-----------------------------------------------|-------------------|
| TER          | 다중 송신원의 합산 노출 검증   | SAR 및 APD    | 모든 노출량의 정규화 합산을 통한 보수적 평가                     | ICNIRP, FCC, ISED |
| SPLSR        | 노출 독립성 판단 및 평가 간소화 | SAR          | SAR 피크 간 거리를 활용한 합산 평가 및 면제 조건 결정             | FCC, ISED         |
| WPT 동시 노출 평가 | 저주파 복합 노출 평가       | 유도 자기장 및 전기장 | 10 MHz 이하 대역 포함, '23년 FCC KDB 680106 D01로 공식화 | ISED, IEC TC 106  |

한편 현재 IEC TC 106 표준에서는 동시 노출 평가에 대해 실질적인 평가 자체는 선택적 옵션만이 제시된 상황으로 시·공간적으로 다중 노출이 독립적인 동작으로 충분히 이격되었을 경우를 고려한 표준화는 별도로 규정하고 있지 않고 있으며, SPLSR 같은 규정의 평가방법에 대한 본격적인 논의가 필요해 보인다. 또한 표준화 진행 시작과 함께 이미 미국 및 캐나다 등 각국 규제 기관이 규제를 제정한바 한국, 중국, 유럽 등에서도 SPLSR과 같은 규정의 도입과 활용 등에 대한 상세한 검토가 필요할 것이다.

## 2.4. 6 GHz 이상 주파수의 전자파 평가

5G NR과 Wi-Fi 6E/7의 도입으로 6 GHz를 초과하는 주파수 대역의 활용이 가속화되고 있다. 6 GHz 이상의 경우는 고주파 대역의 특성상 기존 SAR 평가방식으로는 인체 노출을 적절히 평가하기가 어려운 상황이다. SAR은 인체 조직에 흡수되는 에너지를 측정하는 데 적합한 반면, 주파수가 6 GHz를 초과하게 되면 전자파의 피부 침투 깊이가 급격히 감소하여 대부분의 에너지가 피부 표면에 흡수되는

표피 효과 (Skin Effect)가 발생하게 된다. 이로 인해 6 GHz 초과 대역에서는 인체 노출의 물리적 메커니즘을 더 정확하게 반영하는 새로운 평가 기준인 APD (Absorbed Power Density, 전자파 흡수 전력밀도)로 전환되고 있다.

현재 APD 평가 기준은 ICNIRP로부터 국제적으로 권고되고 있으며 각국 규제기관들이 이를 채택하고 있다. APD 평가 기준에 대한 세부적인 평가를 위해 IEC TC 106은 6 GHz 이상 고주파 대역에서의 빔포밍과 같은 고주파 기술의 특성을 반영하여 6GHz 이상 대역을 지원하는 모의인체의 요구사항 및 정확한 APD 평가 측정 절차, 그리고 인체 노출을 측정할 평면 및 거리 설정 등에 대해 '27년 완료를 목표로 표준화를 진행 중이다.

궁극적으로 미래 6G 통신 환경에서는 6 GHz 이하 대역 (SAR 평가 적용)과 6 GHz 이상 대역 (APD 평가 적용)이 단일 단말에 동시에 사용될 것으로 예상된다. 따라서 APD 표준화 완료와 함께 위에서 설명한 SAR과 APD 평가를 모두 포함하는 확장된 TER 평가 확립이 필요하며 이를 통해 휴대 단말의 광대역 주파수 노출에 대해 시·공간에 대해 합리적으로 통합 평가할 수 있을 것이다.

기구에서는 실제 단말 사용 환경을 고려한 평가를 위해 휴대 단말의 실제 출력 운용을 고려한 TAS 평가 방법, 다중 RF 송신에 따른 TER 동시 노출 평가 방법, 그리고 향후 6G를 고려한 SAR 및 APD 통합 TER 평가 방법 등의 표준화가 활발히 진행 중이다.

## 참고문헌

- [1] IEC TC 106 표준회의 자료
- [2] EU, FCC, 한국 등 주요 국가 전자파인체영향 규제 고시 자료

## 제3절 결론

앞서 휴대 단말의 전자파 인체영향 평가 관련 안전성 확보를 위해 최근 이슈가 되고 있는 4가지 주요 사항인, Body SAR 규제 강화, Hand SAR 규제의 시행, 다중 RF 송신 동시 노출 평가, 그리고 6 GHz 이상 대역의 APD 평가에 대해 살펴보았다. 이런 규제 움직임에 따라 규제 시행 시기에 맞춰 단말 인증에 적용할 수 있도록 IEC TC 106 등 표준화

## 제4장

# TAS 해외 규제 동향 보고서 워크숍(EMF 분야)

허윤정 부장  
(주)에이치시티

제1절 서론

제2절 시간 평균 SAR(TAS) 알고리즘의 동작 원리

제3절 주요국의 시간 평균 SAR 규제 현황 및 분석

제4절 결론

### 제1절 서론

5G를 비롯한 최첨단 무선통신 기술의 확산은 기기 성능 최적화와 인체 안전 보장이라는 두 가지 과제를 동시에 안겨주고 있다. 특히 SAR (Specific Absorption Rate)은 인체에 흡수되는 무선 주파수 에너지의 양을 정량화하는 중요한 지표로서, 동적인 5G 환경에 맞는 새로운 규제 접근 방식이 요구되고 있다. 기존의 정적인 SAR 평가방식은 기기가 항상 최대 전력으로 송신한다는 가정에 기반하여, 실제 사용 환경에서의 RF 노출을 과대평가할 수 있다는 한계가 드러났다. 이러한 배경에서 시간 평균 SAR (Time-Averaged SAR, TAS) 알고리즘은 규제 한도를 준수하면서도 기기의 성능을 최적화할 수 있는 필수적인 기술로 부상했다. 그래서 적극적으로 TAS 규제 정책을 펼치는 미국, 캐나다의 TAS 규제 현황을 심층 분석하고, 국내 시험 방법의 보완 방안을 제시하며, 향후 규제 및 기술 발전에 대한 통찰력을 제공하고자 한다.

### 제2절 시간 평균 SAR(TAS) 알고리즘의 동작 원리

스마트폰의 고속 데이터 통신(LTE/5G NR, Wi-Fi 6/7) 확산과 다중 안테나·다중 대역 동시 사용(EN-DC, CA 등) 증가로, 순간 최대 출력(instantaneous power) 기반의 보수적 SAR 평가만으로는 실제 사용 조건을 과도하게 보수적으로 평가할 수 있다는 문제가 제기되었다. 이에 따라 단말이 일정 시간 창(time window)에서 평균화된 송신 전력(P\_Limit)을 제어하여 SAR을 관리하는 Time-Averaged SAR(TAS) 알고리즘이 2018년 6월 12일에 최초로 주요 칩셋 제조사인 Qualcomm에 의해 TAS와 같은 동적 SAR 관리 솔루션인 Smart Transmit으로 등장했다.

TAS 알고리즘은 미리 정의된 시간 창(예: 6분) 동안의 평균 RF 에너지 흡수량을 기준으로 규제 준수 여부를 판단하는 방식이며, 이 알고리즘은 기기가 단기간 동안 고전력으로 전송할 수 있도록 허용하면서도, 장기적인 평균 전력을 규제 한도 내로 유지하도록 송신 전력을 동적으로 관리하는 것이 특징이다.

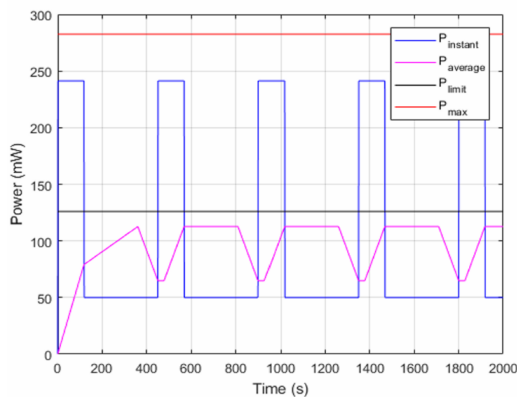
TAS 알고리즘의 핵심 원리는 다음과 같이 요약될 수 있다.

1. 실시간 작동: TAS 알고리즘은 실시간으로 작동하며, 과거 송신기 전력 수준을 기반으로 시간 평균 SAR을 연속적으로 계산하고 미래 송신 전력을 동적으로 조정한다.

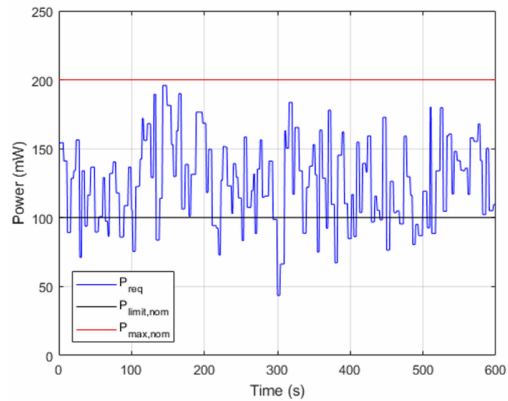
2. 시간 평균 창: SAR이 평균화되는 "미리 정의된 시간 창"이 핵심 요소이며, 가장 일반적으로 언급되는 창은 6분(또는 규제기관에 따라 다를 수 있음)이다. 예를 들어 적용되는 모델의 특성에 따라 2.4 GHz WLAN 작동의 경우 60초, 5GHz WLAN의 경우 30초의 시간 창이 적용되기도 한다.

3. 예비 전력 수준(Reserved Power level): 알고리즘은 SAR 마진이 낮을 때에도 기본 무선 연결이 유지되도록 최소 "예비 전력" 수준을 가정한다. 시간 평균 SAR이 한계에 접근하면, 알고리즘은 송신 전력을 예비 수준으로 낮춰 SAR 마진을 보존하고 통화 끊김을 방지한다.

4. 다중 송신기 관리: TAS 알고리즘은 여러 동시 송신기(예: 셀룰러, Wi-Fi, Bluetooth 또는 4G 및 5G 신호를 결합하는 EN-DC와 같은 기술)의 에너지 기여도를 추적하고 합산하여 결합된 출력이 전체 SAR 규제 한계 내에 있도록 보장할 수 있다.



[그림 4-1] TAS의 출력 제어 특성



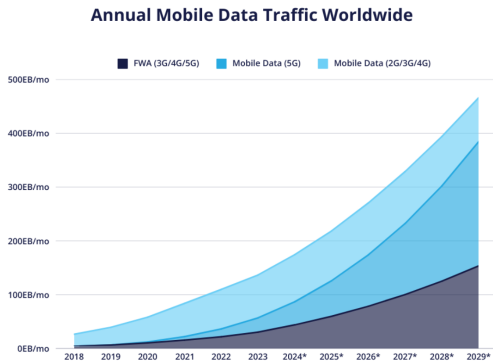
[그림 4-2] TAS의 Requested Power 예시  
(평균 출력 100mW, 최대 출력 200mW)

TAS의 본질적 이해는 단순한 평균 화가 아닌 동적 전력 관리가 핵심이라는 것이다.

TAS는 단순히 특정 시간 동안의 SAR 값을 평균화하는 것을 넘어서 기기가 실시간으로 RF 환경 변화와 사용자 상황을 인지하여 송신 전력을 능동적으로 조절하는, 고도의 동적 전력 관리(Dynamic Power Management) 알고리즘이다.

5G와 같은 시변(time-varying) 통신 환경에서 정적 SAR 평가의 한계를 극복하고 실제 인체 노출을 더욱 정확히 반영하기 위한 필연적인 진화이며, 이를 통해 기기 성능 저하 없이 안전 기준을 준수할 수 있도록 하는 혁신적인 접근 방식이다. 낮은 전송 기간 동안 '에너지 예산'을 비축하고, 필요시 고전력 버스트를 허용하는 '에너지 은행' 개념으로 접근해야 한다.

모바일 데이터의 트래픽은 5G의 급속한 확장, 사용자의 콘텐츠 수요 증가하여 날로 통신 환경은 고도화되고 있어 TAS를 통한 출력의 효율적인 동적인 관리와 통신 품질의 향상에 대한 요구는 더욱 가속화되고 있다.



[그림 4-3] 연간 세계 모바일 데이터 사용량

## 통신 모뎀의 TAS 알고리즘 기술

고성능 스마트폰에 실제로 탑재되는 이동통신 모뎀 칩은 대부분 TAS 알고리즘이 개발 적용하여 스마트폰의 성능을 극대화 시킨다. 스마트폰에 적용되는 주요 이동통신 모뎀 칩셋의 TAS 알고리즘의 특징은 다음과 같다.

퀄컴(Qualcomm): 전 세계적으로 가장 널리 사용되는 스마트폰 모뎀 공급업체이다. 많은 플래그십 및 보급형 안드로이드 스마트폰과 애플 아이폰 일부 모델에 퀄컴의 스냅드래곤(Snapdragon) 모뎀 솔루션이 탑재된다.

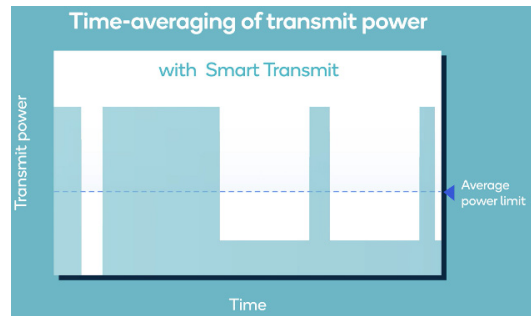


[그림 4-4] 퀄컴 칩셋의 TAS기술

퀄컴의 TAS 알고리즘인 스마트 트랜스미트(Smart Transmit)은 모바일 기기(주로 스마트폰)의 무선

전송 성능을 최적화하는 데 사용되는 시스템 레벨의 전송 전력 관리 기술이다. 특히 5G 환경에서 사용자와 규제 요구사항을 모두 만족시키기 위해 개발되었다.

SAR (전자파 인체 흡수율) 규정 준수와 2G, 3G, 4G, 5G, WLAN, Bluetooth, NTN 등 다중 전송 시스템에서 발생하는 RF 노출을 종합적으로 계산하고 관리하는 전송 전력의 지능적인 실시간 관리와 업링크 속도 개선과 작은 지연 속도(Low latency)와 커버리지 확장을 통해 향상된 5G 성능 및 커버리지를 제공한다.

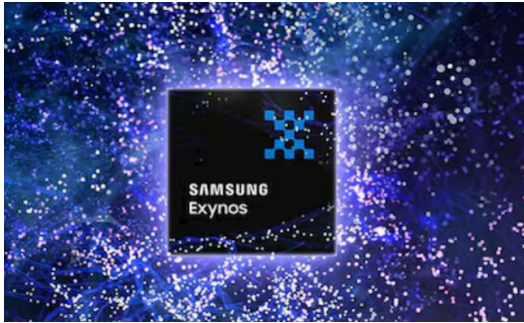


[그림 4-5] 퀄컴 칩셋의 TAS기술

삼성전자(Samsung Electronics): 자체 모바일 AP(애플리케이션 프로세서)인 엑시노스(Exynos)와 함께 엑시노스 모뎀을 설계하고 생산한다.

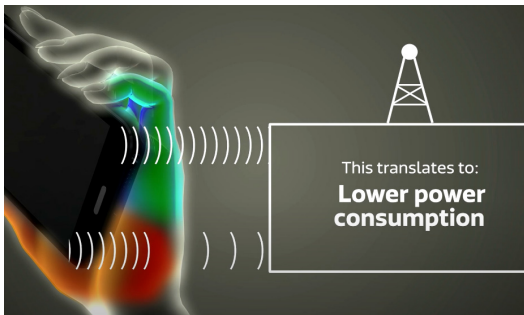
삼성 갤럭시 시리즈 중 일부 모델에 이 모뎀이 사용되며, 5G 및 위성 통신용 모뎀 기술을 지속적으로 개발하고 있다. 독자적인 TAS 알고리즘과 더불어, 흡수된 에너지의 공간적 분포까지 고려하는 '공간 시간 평균 SAR (S-TAS)'을 독자적으로 도입하여 차별점을 둔다. 이는 SAR 관리의 정밀도를 한 차원 높이는 시도로 평가된다.

또한, 비정상 네트워크(NTN) 지원을 통해 위성통신과 같은 새로운 연결 패러다임에 선제적으로 대응하고 있다.



[그림 4-6] 삼성전자 Exynos

미디어텍(MediaTek): 주로 중저가형 스마트폰 시장에서 높은 점유율을 차지하고 있으며, 다양한 5G 통합 SoC(System on Chip)를 공급한다.



[그림 4-7] 미디어텍 칩셋의 TAS기술

성능 최적화를 위한 전력 제어 메커니즘과 다중 시스템 및 사용 시나리오 통합 관리를 위한 TAS 알고리즘이 적용되고 있다.

이처럼 최근 출시되는 거의 모든 스마트 폰에 탑재되는 TAS 알고리즘이 실사용 조건에서 출력이 동적으로 제어되어 SAR 한계를 초과하지 않도록 규제되어야 한다.

### 제3절 주요국의 시간 평균 SAR 규제 현황 및 분석

#### FCC의 TAS 규제 동향

FCC는 TAS의 핵심 목적이 통신 성능을 위해 순간 전력(Inst. Tx Power)을 높이는 동시에, 규제 시간 창(Time Window) T<sub>SAR</sub> 내에서 평균 전력(Avg. Tx Power)이 SAR 한도에 상응하는 P<sub>Limit</sub>를 절대로 초과하지 않도록 보장하는 해야 하며 이를 규제하기 위해 FCC는 주파수 대역에 따라 Time Window를 2018년에 제시하여 엄격히 규제하고 있으며 FCC TCBC Workshop 문서를 통해 측정 지침을 제공하고 있다.

| Interim Guidance for Time Averaging |                 |                              |
|-------------------------------------|-----------------|------------------------------|
| Interim Guidance                    | Frequency (GHz) | Maximum Averaging Time (sec) |
| SAR                                 | < 3             | 100                          |
|                                     | 3 - 6           | 60                           |
|                                     | 6 - 10          | 30                           |
|                                     | 10 - 16         | 14                           |
|                                     | 16 - 24         | 8                            |
| MPE                                 | 24 - 42         | 4                            |
|                                     | 42 - 95         | 2                            |

[그림 4-8] Time Window (2018)

승인 시험 절차가 명확하지 않은 새로운 기술의 적용 경우 FCC는 Inquiry 절차나 Pre-Approval Guidance (PAG)절차에 따라 승인받도록 지침하고 있으며, TAS 알고리즘 또한 Inquiry 또는 PAG 승인 절차를 통과해야 한다.

새로운 TAS 버전이나 복잡성이 높은 RF 환경(예: 폴더블 기기의 힌지부 근접 RF) 노출 또는 NTN(위성통신과의 통합)에 TAS를 적용하는 경우, TCB는

장비 인증(Equipment Authorization)에 앞서 OET의 사전 승인 및 검증을 위해 PAG (Pre-Approval Guidance) 절차를 의무적으로 거쳐야 한다. 모뎀 칩 셋의 제조사는 새로운 TAS 알고리즘을 개발하여 제품에 적용할 때 FCC의 Inquiry를 통해 승인 후 제품에 적용됨이 허용된다.

## FCC TAS 규제 준수 검증 시험

FCC는 TAS 알고리즘의 작동 및 규제 준수가 SAR 보고서에 포함되어야 하며 Time-Averaged SAR 검증 테스트를 통해 반드시 FCC Limit을 준수함이 입증되어야 함을 요구하고 있다. 이는 TAS가 P\_Limit(평균 전력) 내에서 동적 전력 제어를 수행하고 규제 한도를 초과하지 않음을 확인하기 위함이다.

TAS 검증은 다음의 핵심 항목에 대한 테스트가 필요하다.

1. 시간 평균 안정성 (Time-Averaging Stability): T\_SAR 기간 동안 평균 전력이 P\_Limit 이하로 유지되는지 실시간으로 입증해야 한다.
2. 전력 트래킹 (Power Tracking) 및 백오프: TAS가 높은 순간 전력을 사용한 후, P\_Limit에 근접하면 전력을 성공적으로 낮추는 전력 백오프 (Power Back-off) 기능을 검증한다. 이는 알고리즘이 SAR 초과를 예측하고 사전에 제어하는 능력을 보여준다.
3. 상태 변화 응답 (DSI Response): 기기 사용 조건 변화(DSI, Device State Identifier)에 따라 SAR 노출 환경이 바뀔 때 TAS 알고리즘이 RF 전력을 즉각적으로, 그리고 정확하게 재조정하는 능력을 검증해야 한다.

이외에도 안테나 간의 통신 모드의 스위치와 주파수별 Time Window가 다른 통신 모드의 전환

등 다양한 실제 통신 환경 조건에서 동작 검증으로 SAR 한계가 준수되는 지를 검증을 규제하고 있다.

## 캐나다 (ISED) TAS 규제 동향

ISED 캐나다의 시간 평균 참조 기간 및 동적 관리의 근거로 SAR 한계는 시간적으로 균일하지 않은 RF 노출을 평균하기 위한 기준 시간으로 6분 (360초)의 참조 기간을 사용하도록 정의된다. 이는 순간적인 노출 피크는 허용하되, 장시간에 걸친 누적 평균 노출이 Safety Code 6 한계를 초과하지 않도록 보장하는 유연성을 제공한다.

이 360초 참조 기간은 Time-Averaged SAR (TAS)와 같은 동적 전력 관리 기술의 규제적 근거가 된다. TAS 알고리즘을 구현하는 장치는 360초 롤링 시간 평균 창(rolling time averaging window)을 통해 출력 전력을 연속적으로 모니터링하고 제한함으로써, 장치가 실제 사용 조건에서 최대 성능을 유지하면서도 규제 한계를 준수할 수 있도록 한다.

Time-Averaged SAR (TAS)는 RSS-102.SAR. MEAS Issue 2의 Annex G에 상세히 설명되어 있으며, 무선 통신 장비가 실제 사용 조건에서 SAR 한계를 동적으로 관리하는 방식을 규정하고 있다.

TAS는 장치가 6분(360초)의 참조기간 동안 시간 평균 출력 전력을 연속적으로 계산하고 P\_limit 이하로 제한함으로써 SAR 준수를 달성하는 기술이다. 이 기술은 배터리 수명을 최적화하고 네트워크 성능을 극대화하는 동시에, 규제 한계를 만족시키는 데 필수적이다.

ISED는 TAS 알고리즘을 사용하는 장치에 대해 엄격한 통제 시스템을 운영한다. 장치 제조사는 ISED가 사전에 승인한 TAS 알고리즘 목록에 등재된 알고리즘만을 구현해야 합니다 (예: Qualcomm

Smart Transmit™ Plus, Samsung S.LSI TAS v6). 이는 RF 노출 규제의 초점이 단순한 하드웨어 테스트를 넘어 장치의 운영 펌웨어 및 동적 전력 관리 소프트웨어의 신뢰성으로 확장되었음을 의미한다.

승인된 알고리즘을 사용하더라도, 상세한 절차가 아직 마련되지 않은 특정 기술(예: NTN(Non-Terrestrial Network) 데이터 전송)에 사용되는 모듈 또는 최종 제품은 ISED의 인증 및 엔지니어링 국에 문의하여 사례별 검토 및 승인을 받아야 한다.

| Wireless Network                  | Manufacturer  | Algorithm Name                                                          | Approval Date  |
|-----------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Wireless Wide Area Network (WWAN) | Qualcomm      | Smart Transmit™ Plus                                                    | August 2025    |
|                                   | Samsung S.LSI | Time Average SAR (TAS) algorithm v6                                     | July 2025      |
|                                   | Samsung S.LSI | Time Average SAR (TAS) algorithm v5                                     | May 2025       |
|                                   | Samsung S.LSI | Spatial Time Average SAR (S-TAS) with Non-Terrestrial Networks (NTN) v2 | February 2025  |
|                                   | Mediatek Inc. | Time Average SAR (TA-SAR) Gen2 algorithm                                | November 2024  |
|                                   | Qualcomm      | Smart Transmit™ 5.0                                                     | July 2024      |
|                                   | Samsung S.LSI | Spatial Time Average SAR (S-TAS) with Non-Terrestrial Networks (NTN)    | June 2024      |
|                                   | Qualcomm      | Smart Transmit™ 4.0                                                     | October 2023   |
|                                   | Samsung S.LSI | Spatial Time Average SAR (S-TAS)                                        | May 2023       |
|                                   | Qualcomm      | Smart Transmit™ 3.0                                                     | November 2022  |
|                                   | Mediatek Inc. | Time Average SAR (TA-SAR) algorithm                                     | September 2022 |
|                                   | Qualcomm      | Smart Transmit GEN2                                                     | June 2021      |
|                                   | Samsung S.LSI | Time Average SAR (TAS) algorithm                                        | April 2021     |
|                                   | Intel         | Time Average SAR (TAS) algorithm                                        | September 2020 |
|                                   | Qualcomm      | Smart Transmit                                                          | January 2020   |

[그림 4-9] ISED approved TAS algorithms list

ISED는 상세한 검증 절차 Flowchart를 RSS-102. SAR.meas에서 제시하면서 상세히 준수를 규제하고 있다.

TAS 알고리즘이 구현된 장치의 경우, Annex G에 따른 검증 외에도 다음 내용이 필수적으로 요구된다.

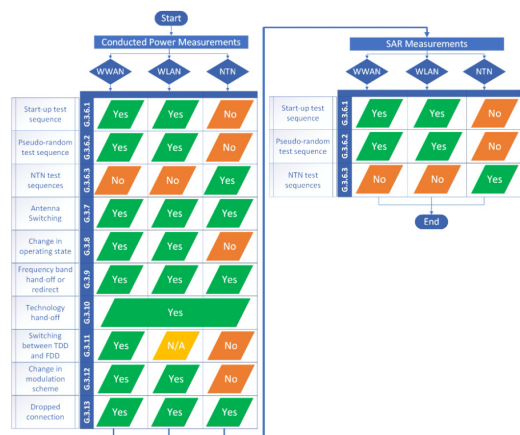
- 알고리즘 기능 설명: 알고리즘이  $P_{avg}$ 를  $P_{limit}$  이하로 일관되게 모니터링하고 제어하는 방식에 대한 상세한 설명을 제공해야 한다.
- 전력 값 및 테스트 계획: 모든 작동 모드에 대한

$P_{limit}$  및  $P_{max}$  값의 결정 방법과  $P_{inst}$  및  $P_{avg}$ 와의 관계에 대한 자세한 설명이 요구된다.

- 검증 플롯: 시작 시퀀스, 핸드오프, 안테나 스위칭 등 각 검증 기준에 대한 테스트 플롯을 포함해야 한다.

이 플롯에는 다음 사항들이 명확하게 표시되어야 한다:

- 360초 롤링 시간 평균 전도성 전력 및 SAR
- 순간 전도성 전력 및 SAR
- 네트워크 시뮬레이터가 요청한 전력
- $P_{limit}$  및  $P_{max}$ 에 해당하는 모든 참조선



[그림 4-10] TAS algorithms Flowchart

이러한 상세한 문서화 요구사항은 ISED 엔지니어가 장치의 동적 전력 관리 논리를 완벽하게 이해하고, 장치가 실제 환경에서 규제 한계를 연속적으로 준수함을 검증할 수 있도록 하기 위함이다. 불충분하거나 불명확한 문서는 인증 지연을 초래할 수 있으므로, 제조사는 설계 논리 및 테스트 결과를 투명하게 제공하도록 엄격하게 규정하고 있다.

## 한국 TAS 규제 현황과 보안

현재 한국의 SAR 표준은 머리/몸통에 대해 1g 조직 평균 1.6 W/kg, 사지에 대해 10g 조직 평균 4 W/kg 으로 미국 FCC와 동일한 표준을 적용하고 있으며, 일반 인구 노출에 대한 시간 평균 차는 최대 6분으로 지정되어 있다. 이는 국제 권고 표준(10g당 2W/kg)보다 엄격한 수준이다. 이러한 국내 규제 기준을 만족시키면서 5G와 같은 동적 통신 환경에 적합한 TAS 알고리즘을 규제하는 것은 매우 중요하다.

국내 시험방법은 단순히 SAR 제한치 준수 여부만을 확인하는 것을 넘어, TAS 알고리즘의 동적 특성과 AI 기반 최적화 기능을 충분히 검증할 수 있도록 보완이 필요하다.

실제 사용 환경을 반영한 시험 시나리오 개발이 필수적이다. 예를 들어, 짧은 시간 동안의 고전력 데이터 전송(예: 대용량 파일 다운로드, 비디오 스트리밍) 이후 저전력 대기 모드로 전환되는 상황, 잦은 송신 모드 변경(셀룰러-Wi-Fi 핸드오버), 다중 송신기 동시 작동(음성 통화 중 데이터 사용) 등의 복합적인 상황을 시험 항목의 고려도 필요하며, 이를 통해 TAS 알고리즘이 다양한 환경에서 어떻게 전력을 동적으로 관리되며 SAR 한도가 준수되는지 정확한 평가가 가능하다.

시간 흐름에 따른 전력 제어 메커니즘의 작동 방식(예: 전력 감소/증가 패턴, 복구 시간)을 시각화하고 분석할 수 있는 도구 및 절차 또한 필요하다. 이는 실제 사용자 환경에서의 안전성을 확보하고, 동시에 기기 제조사의 기술 혁신을 저해하지 않는 균형 잡힌 접근이 필요함을 의미한다. 그래서 현실적인 산업계의 환경을 고려하여 핵심적인 TAS 알고리즘의 특성을 검증할 수 있는 한국형 TAS 검증 방법의 개발이 필요한 상황이다.

## 제4절 결론

시간 평균 SAR (TAS) 알고리즘은 5G 시대의 동적 통신 환경에서 인체 안전을 확보하면서 기기의 성능을 극대화할 수 있는 필수적인 기술이다. 주요 국가들의 규제 동향을 분석한 결과, 각국은 자국의 특성을 반영하여 TAS 규제 및 시험 방안을 수립하고 있음을 확인했다.

국내 규제는 미국 FCC 모델을 따르며 엄격한 기준을 유지하고 있으나, 동적이고 복합적인 5G 환경에 최적화된 TAS 알고리즘의 완벽한 검증을 위해 현행 시험방법의 보완이 필요하다. 아울러, 한국 통신 생태계에 적합한 구체적인 TAS 시험 절차 개발과 정밀한 데이터 기록 및 분석은 국내 SAR 시험의 신뢰성과 효율성을 높이는 데 기여할 것이다.

AI 통합과 새로운 통신 패러다임에 대한 선제적 대응을 위하여 TAS 기술은 단순히 SAR 규제 준수를 넘어, AI와의 통합을 통해 더욱 지능적이고 상황 인식적인 전력 관리를 지향하고 있다. 특히 비지상 네트워크(NTN)와 같은 새로운 통신 패러다임의 등장은 SAR 관리의 중요성을 더욱 증대시킬 것이다.

결론적으로, 이러한 최신 기술 발전을 지속적으로 모니터링하고 관련 규제 가이드라인 및 시험 절차를 국내 상황에 맞게 신속히 정비함으로써, 국민의 안전을 확보함과 동시에 국내 무선통신 산업의 지속적인 발전에 크게 기여할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- [1] KSDB(F)제26호 전자파흡수율 분야 (시간평균 알고리즘이 적용된 휴대용 무선설비의 SAR 시험 방법)
- [2] KSDB(F)제22호 전자파흡수율 분야(시간평균 알고리즘이 적용된 휴대용 무선설비의 동작 주기)
- [3] FCC 447498 D01 General RF Exposure Guidance v06
- [4] IEC TR 63424-1:2024 Validation of dynamic power control and exposure time-averaging algorithms - Part 1: Cellular network implementations for SAR at frequencies up to 6 GHz
- [5] ISED RSS-102 Issue 6
- [6] ISED RSS-102.SAR.MEAS RSS-102
- [7] Monthly fixed wireless access (FWA) and mobile data traffic worldwide from 2018 to 2030 <https://www.statista.com/statistics/1365869/monthly-global-fwa-5g-data-traffic/>
- [8] What's Next in 5G: Smart Transmit <https://www.qualcomm.com/videos/whats-next-5g-smart-transmit>
- [9] <https://semiconductor.samsung.com/kr/processor/mobile-processor/>
- [10] Symmetry Electronics in Blogs on July 24, 2018 "From MediaTek: "MediaTek TAS 2.0 Smart Antenna in action"

## 제5장

전자파흡수율 측정기준 고시  
개정 및 세부 측정방법 개선

유병규 주무관  
(국립전파연구원)

## 제1절 서론

## 제2절 통합된 전자파흡수율 측정방법 제정

## 제3절 전자파흡수율 측정기준 고시 개정

## 제4절 전자파흡수율 세부 측정방법 개선

## 제5절 결론

## ▶ 제1절 서론

국제적으로 저주파·고주파 대역(0 Hz ~ 300 GHz)의 전자·전기 제품의 전자파 인체노출량 측정방법 표준 개발을 목적으로 설립된 기술위원회인 IEC TC106에서는 기존의 머리 및 몸통 근접 무선통신기기에 대해 두 종류로 구분되었던 전자파흡수율 측정방법을 통합한 국제표준(IEC/IEEE 62209-1528)을 2020년 발간하였다. 이에 대응하여 국립전파연구원에서는 국내 전자파흡수율 분야 적합성평가에 적용하기 위해 개선된 측정방법을 제정하고 규제에 반영하였다.

한편, 표준 제·개정에는 연구, 의견수렴 및 위원회 검토 등 오랜 시간이 소요되므로 5G, 6G 등 급속히 발전되는 모든 통신기술 및 관련 연구를 세부적으로 표준에 적시 포괄하는 것은 현실적으로 쉽지 않은 측면이 있다. 따라서 국립전파연구원에서는 세부 신기술 측정에 대해서는 별도 지침(KSDB\*) 등을 통해 적시 대응하면서 표준을 보완하고 있다.

\* KSDB : 적합성평가 지식공유시스템, Know-ledge Share Data Base

## ▶ 제2절 통합된 전자파흡수율 측정방법 제정

국내 전자파흡수율 측정방법은 기존 국가표준(KS C 3370-1, 2), 측정기준 적용지침 및 KSDB가 있으며, 시험기관은 이와 같은 측정방법들을 적용하여 적합성평가를 수행하고 있다. 2020년 IEC TC106에서는 전자파 인체노출량 중 하나인 전자파흡수율에 대해 새로운 평가기술을 추가하고 기존 측정방법을 통합한, IEC/IEEE 62209-1528 국제표준을 발간하였다.

국립전파연구원은 상기 국제표준을 기반으로 하여 기존 KSDB를 반영하는 등 국내 무선통신 환경에 대응하기 위해 전자파흡수율 측정방법 국가표준을 개선하는 작업을 진행하였다. 국가표준 마련을 위해 관련 산·학·연 전문가로 구성된 TF팀을 구성하여 국제표준 번역, 분석을 수행하고 제조사, 시험기관 등의 의견수렴을 거쳐 2024년 7월 국가표준(안)을 마련하였다.

| 구분              | 기존 표준                                                        | 신규 표준                                            |
|-----------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 표준번호            | KS C 3370-1, 3370-2                                          | KS C 3350                                        |
| 대상기기            | 머리 근접<br>무선통신기기(KS C 3370-1)<br>몸통 근접<br>무선통신기기(KS C 3370-2) | 인체 근접<br>무선통신기기                                  |
| 측정<br>대상주파수     | 300 MHz~6GHz (KS C 3370-1)<br>30 MHz~6GHz (KS C 3370-2)      | 4 MHz ~ 10 GHz                                   |
| 몸통 측정<br>이격거리   | 제조사 선언<br>(≤ 25 mm)                                          | ≤ 5 mm                                           |
| 근접센서            | 해당 없음                                                        | 센서 작동 조건에 따라<br>서로 다른 출력 조건<br>적용                |
| 시간-주기<br>평균 SAR | 해당 없음                                                        | TX 계수 및 불확정도<br>개념 명시<br>※ 세부 측정방법은<br>KSDB로 규정  |
| 간소화<br>측정방법     | Wi-Fi 일부, LTE                                                | Wi-Fi*, LTE, 5G<br>* Wi-Fi7 등에 대한<br>간소화 측정방법 추가 |
| 제정일             | 2017.10.20.                                                  | 2024.12.16.                                      |

[그림 5-1] 전자파흡수율 측정방법 관련  
신규 국가표준 주요 특징 비교

이후 국가표준(안)에 대한 국민들의 의견수렴을 위한 행정예고를 실시하였고, 개선된 전자파흡수율 측정방법 국가표준인 KS C 3350\*을 2024년 12월 16일 제정하였다.

\* 표준명 : 인체에 근접하여 사용하는 무선 통신기기의 전자파흡수율(SAR) 평가를 위한 측정 절차

전자파흡수율 측정방법 관련 기존 국가표준과 비교한 KS C 3350의 주요 특징을 아래 표에 나타내었다.

### 제3절 전자파흡수율 측정기준 고시 개정

KS C 3350은 IEC/IEEE 62209-1528 국제표준을 기반으로 하여 국내 무선통신 환경을 고려한 간소화된 전자파흡수율 측정절차를 반영하는 등 측정방법에 대한 국제 조화 및 국내 통신기술에 대응하고자 하였다. 다만, 기존 「전자파흡수율 측정기준(국립전파연구원 고시 제2018-18호)」에서는 기존 국가표준(KS C 3370-1, 2)을 적합성평가에 적용하는 측정방법으로 규정하고 있으므로, 기존 고시에 따르면 KS C 3350은 적합성평가에 적용될 수 없다.

이에 따라 국립전파연구원은 KS C 3350을 전자파흡수율 측정방법으로 적용하도록 「전자파흡수율 측정기준」 고시 개정을 추진하였다. 2025년 2월 고시 개정 초안 마련 후, 행정예고를 6월부터 60일 동안 실시하였으며 최종적으로 2025년 12월 5일 개정하였다. 개정 고시에서는 고시 시행일을 2026년 4월 1일로 함으로써, 제조사 및 시험기관 등에서 적합성평가에 대응하기 위한 유예기간도 3개월 부여하였다.

참고로 「방송통신기자재등의 적합성평가에 관한 고시(국립전파연구원고시 제2025-7호)」에 따르면, 적합성평가 대상기자재는 「전자파흡수율 측정기준」 고시에 적합하여야 함을 규정하고 있다.

## ● 국립전파연구원 고시 제2025-9호

「전파법」 제47조의2제1항과 같은 법 시행령 제123조제1항제2호의 규정에 의하여 전자파흡수율 측정기준(국립전파연구원 고시 제2018-18호, 2018.12.7.)을 다음과 같이 개정하여 고시합니다.

2025년 12월 5일  
국립전파연구원장

## 「전자파흡수율 측정기준」

**제1조(목적)** 이 고시는 전파법 제47조의2제1항의 규정에 의하여 무선설비 등에서 발생하는 전자파의 인체 흡수율 측정을 위한 전자파흡수율 측정기준에 관하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

**제2조(적용범위)** 이 고시는 과학기술정보통신부장관이 정하여 고시한 「전자파 인체보호기준」 제4조에 따른 전자파흡수율기준 측정에 적용한다.

**제3조(측정방법)** ① 전자파흡수율 측정에 관한 세부사항은 KS C 3330 「인체에 근접하여 사용하는 무선 통신기기의 전자파흡수율(SAR) 평가를 위한 측정절차」를 적용한다.

② 제1항에서 규정하는 측정방법을 적용하는 것이 어려운 경우 한국정보통신기술협회 단체표준, 국제전기기술위원회(IEC), 미국전기전자학회(IEEE) 등 표준화 기구에서 규정한 측정방법을 준용할 수 있다.

**제4조(제정도 기한)** 국립전파연구원장은 「행정규제기본법」 및 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 이 고시에 대하여 2019년 1월 1일 기준으로 3년이 되는 시점(매3년째)의 12월 31일까지를 말한다)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

부칙 < 제2025-9호, 2025.12.5 >

**제1조(시행일)** 이 고시는 2026년 4월 1일부터 시행한다.

**제2조(경과조치)** 이 고시 시행 당시 종전의 규정에 따라 적용한 무선설비 등에 대하여는 이 고시의 규정에 적합한 것으로 본다.

## [그림 5-2] 개정된 전자파흡수율 측정기준 고시 전문

## ● 국립전파연구원 고시 제2025-7호

「전파법」 제58조의2부터 제58조의4, 제58조의11, 제58조의13 및 같은 법 시행령 제77조의2부터 제77조의8, 제77조의14에 따른 「방송통신기자재등의 적합성평가에 관한 고시」를 다음과 같이 개정하여 고시합니다.

2025년 8월 29일  
국립전파연구원장

## 방송통신기자재등의 적합성평가에 관한 고시

**제4조(적합성평가기준의 적용)** ① 제3조에 따른 적합성평가 대상기자재는 다음 각 호의 적합성평가기준에 적합하여야 한다.

1. 공통 적용기준 : 법 제47조의3제1항에 따른 전자파적합성(EMC)기준
2. 개별 적용기준
  - 가. 무선분야 : 법 제37조, 제45조에 따른 세부 기술기준
  - 나. 유선분야 : 「방송통신발전 기본법」 제28조, 「방송법」 제79조, 「인터넷 멀티미디어 방송사업법」 제14조의2 또는 「전기통신사업법」 제61조·제68조·제69조에 따른 세부 기술기준
  - 다. 전자파인체보호분야 : 법 제47조의2에 따른 전자파흡수율 측정기준 또는 전자파강도 측정기준

## [그림 5-3] 방송통신기자재등의 적합성평가에 관한 고시 일부 발췌

## 제4절 전자파흡수율 세부 측정방법 개선

전자파로부터 인체노출을 측정하기 위해 여러 국제표준 및 국가표준이 마련되어 있으나, 이러한 표준들이 통신기술 및 관련 연구를 개별적이고 세부적으로 모두 포괄하는 것은 현실적으로 쉽지 않다.

그 이유는 기술 발전 속도에서 볼 수 있다. 5G/6G 및 인공지능 등 신기술은 빠르게 발전하지만, 표준을 개정하거나 제정하는 과정은 연구, 의견수렴 및 위원회 검토 등이 수반되어 오랜 시간이 소요된다.

따라서 전자파 인체노출량 측정에 있어서도 표준은 기본적인 방향과 절차를 제공하되, 세부 기술들의 측정에 대해서는 별도의 지침 등을 통해 적시에 대응하면서 표준을 보완하는 방안이 적절하다고 판단된다. 물론 범용적인 신기술에 대해서는 장기적으로 표준에 반영할 필요가 있다고 보인다.

2025년 국립전파연구원에서 새로운 기술에 대해 전자파 인체노출량 세부 측정방법을 개선한 주요 내용에 대해 살펴보도록 하겠다.

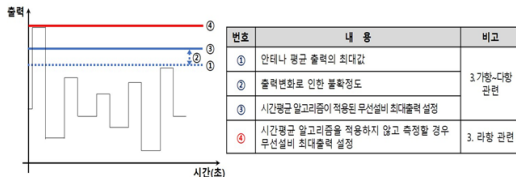
## 1. TPA 휴대용 무선설비 측정방법 개선

TPA는 시간 평균 알고리즘(Time-Period-Average)의 약자로, 휴대용 무선설비에 내장되는 안테나의 출력을 가변시켜 전파 음영지역을 최소화하는 기술로 임의의 시간 동안의 평균 출력에서 전자파 인체보호기준을 만족하도록 제어하는 기술을 의미한다.

기준에 KSDB로 마련된 TPA 적용된 휴대용 무선설비에 대한 전자파 인체노출량 측정방법에서는

최대 출력 설정방법 등에 대해 규정되어 있었다. 그러나 최대 출력 설정을 위한 정보 제공의 주체가 명확히 제시되어 있지 않아서 시험기관에서 측정을 위한 자료 확보에 불편한 점이 있었다.

이에 따라 시험기관은 DUT 제조사로부터 제공받은 출력 정보를 적용하여 안테나 평균 출력의 최대값과 불확정도를 고려한 최대 출력으로 측정하도록 2025년 6월 10일 KSDB를 개선하였다. 또한 TPA 적용된 휴대용 무선설비에 대한 전자파 인체노출량 측정시 최대출력 설정에 대한 예시 도표를 제시하여 시험의 혼선을 최소화하고자 하였다.



[그림 5-4] TPA 무선기기 측정시 최대출력 설정 예시

### 3. 전자파 인체노출량 측정 및 검증방법

가. 시간평균 알고리즘이 적용된 휴대용 무선설비의 최대 출력의 설정은 “일반사항”의 주파수별 동작주기 동안 계산된 안테나의 평균 출력의 최대값으로 정하되 출력변화로 인한 불확정도를 더한 값으로 한다.

나. 시험성적서에는 “가항”의 최대 출력 설정 값의 근거와 불확정도가 주파수 대역별로 제시되어야 한다.

다. 시험기관은 DUT 제조사로부터 제공받은 출력 정보를 적용하여 안테나 평균 출력의 최대값과 불확정도를 고려한 최대출력으로 측정한다.

라. 시간평균 알고리즘을 적용하지 않고 측정할 경우에는 휴대용 무선설비의 출력은 최대출력으로 설정하여야 한다.

[그림 7-5] TPA 무선기기 전자파 인체노출량 측정방법 일부 발췌

## 2. LTE 핫스팟 기능 포함한 USB 형태 무선기기의 SAR 대상기기 여부 검토

해당 기기는 USB 단자가 케이블로 연결되어 외부 소형 배터리를 통해 전원 공급받아 LTE 핫스팟으로 무선통신기능을 수행할 수 있는 휴대용 송신

무선기기이다.

「전자파강도 및 전자파흡수율 측정대상 기자재」 고시에 따르면, 전자파흡수율 측정대상 기자재는 통상 이용 상태에서 전파 발사 중심점이 인체로부터 20cm 이내에 위치하여야 한다. 해당 기기는 케이블 길이가 30cm 이상으로 되어 있으나 케이블을 접거나 구부러서 사용한다면 인체에 근접할 수 있으므로 전자파흡수율 측정대상 여부에 대한 명확한 판단이 필요하였다.

● 국립전파연구원 고시 제2023-12호

전파법 제47조의2제1항과 동법시행령 제123조제1항제2호의 규정에 의하여 전자파강도 및 전자파흡수율 측정대상 기자재(과학기술정보통신부 고시 제2021-16호, 2021.10.12.)을 다음과 같이 개정·고시합니다.

2023년 6월 30일

국립전파연구원장

### 전자파강도 및 전자파흡수율 측정대상 기자재

제2조(전자파흡수율 측정대상 기자재) 전자파흡수율 기준은 10.0MHz 이하의 주파수를 사용하는 무선설비 중 안테나공급전력이 20.0mW를 초과하고 통상 이용 상태에서 전파 발사 중심점이 인체로부터 20.0cm 이내에 위치하는 다음 각 호에 해당하는 휴대용 송신 무선설비(무선설비를 내장한 방송통신기자재를 포함한다)에 적용한다.

[그림 5-6] 전자파강도 및 전자파흡수율 측정대상 기자재 고시 일부 발췌

이에 대해 일반적으로 사용할 경우 소형 배터리 등을 연결하여 사용 시 외부 주머니에 넣고 사용할 수 있는 등 인체에 20cm 이내 근접하여 위치하는 것이 가능하므로 전자파흡수율 측정대상 기자재로 검토하였다. 추가로 측정면의 경우, 통상적으로 무선통신기기는 6면(상하좌우 및 위아래)을 측정하는데 반해, USB 케이블 부착면은 제외하도록 함으로써 실질적으로 사용되는 면에 대해 측정하도록 하였다.

|         |                                                                                                                                                                                                |                               |           |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------|
| 8. 최신내용 | <b>[국립전파연구원 검토 결과]</b>                                                                                                                                                                         |                               |           |
|         | 2025-2-17, 유병규 주무관                                                                                                                                                                             |                               |           |
|         | <ul style="list-style-type: none"> <li>해당 기지대는 일반적으로 사용할 경우 소형 배터리 등을 연결하여 휴대 사용이 가능한 점을 고려하여 전자파흡수율 측정대상 기지대로 판단됨</li> <li>USB 형태를 고려하여 해당 기지대에 대해서는 KS C 3370-2 부속서 K 측정 방법 적용 가능</li> </ul> |                               |           |
|         | <b>&lt; 세부 측정조건 &gt;</b>                                                                                                                                                                       |                               |           |
|         | <b>항목</b>                                                                                                                                                                                      | <b>내용</b>                     | <b>비고</b> |
| 인체 보호기준 | 용량 SAR 기준                                                                                                                                                                                      |                               | 1.6 W/kg  |
| 측정 이격거리 | 25mm                                                                                                                                                                                           | 일반적 사용 조건에 따라 측정 시 최소 25mm 이격 |           |
| 측정 면    | 4면                                                                                                                                                                                             | 통상 측정면(6면) 중 케이블 부착면(2면) 제외   |           |

[그림 5-6] LTE 핫스팟 기능 포함한 USB 형태 무선기기의 SAR 대상기기 여부 검토 결과

- [3] KS C 3370-1:2017
- [4] KS C 3370-2:2017
- [5] KS C 3350:2024
- [6] KSDB(F) 제27호(시간평균 알고리즘이 적용된 휴대용 무선설비의 전자파 인체노출량 평가방법)
- [7] KSDB(F)제25호(LTE 핫스팟 기능을 포함한 USB-C 케이블 및 충전 케이블 겸용기기의 전자파흡수율(SAR) 대상기지대 문의 기술검토)

## 제5절 결론

국립전파연구원에서는 KS C 3350이 전자파 흡수율 측정기준에 적용되도록 고시를 개정하였다. KS C 3350은 IEC/IEEE 62209-1528 국제표준을 기반으로 국내 무선통신 환경을 고려하여 마련된 전자파흡수율 분야 최신 측정방법으로써 이번 고시 개정을 통해 해당 국가표준이 적합성평가에 활용될 예정이다.

또한 새로운 기술에 대한 전자파흡수율 세부 측정방법을 개선하기 위해 KSDB도 마련하였다. 이를 통해 빠르게 발전하는 기술에 대한 측정방법의 적합성평가 적용에 적시에 대응하였다.

앞으로도 국립전파연구원에서는 전자파로부터 국민의 안전을 확보하기 위해 관련 측정방법 및 규정 등을 지속적으로 개선하고자 노력할 것이다.

## 참고문헌

- [1] 전자파흡수율 측정기준(국립전파연구원 고시 제 2025-9호)
- [2] IEC/IEEE 62209-1528:2020

## 제6장

## 제30차 WHO

## IAC(국제자문위원회) 회의

최형도 연구전문위원  
(한국전자통신연구원)

백정기 명예교수  
(충남대학교)

### 1. 개요

금년 WHO IAC 회의는 제30차로 모든 참여자들에게는 의미있는 회의가 될 것이라 생각하고 기대를 많이 하고 있었다. 뜻밖에 트럼프의 폭탄이 WHO에도 떨어져 전 부서가 긴축재정에 들어가 회의 개최가 어렵다는 연락을 받았다. 6월 17일부터 19일까지 3일간 코로나 팬데믹 때와 같이 온라인 회의로 진행되었으며, 참석자들은 지역별로 60% 이상이 유럽, 북남미 12%, 남동아시아 13%, 서태평양 8% 등이다. 첫날은 optical radiation 세션이어서 둘째날 EMF 세션 회의부터 참석하였다.

18일 EMF 회의는 먼저 2024년 회의록에 대한 위원들의 승인이 있었으며, IARC의 연구 활동, 호라이즌 유럽 EMF-related projects인 CLUE-H와 독일 Bfs 활동이 발표되었다. E. van Deventer의 WHO International EMF Project 업데이트와 더불어, WHO의 RF EHC 발간을 위한 RF scientific review 및 risk communication을 위한 WHO의 EMF Dialogue handbook 개정 진행사항에 대한 발표가 있었다. 오픈 마이크 시간에는 전기차에 대한 전자파 노출량, 이동기지의 노출량 맵, 그리고 과학 커뮤니케이터의 EMF와 건강에 대한 이해를

촉진하는 게임에 대한 발표가 진행되었다.

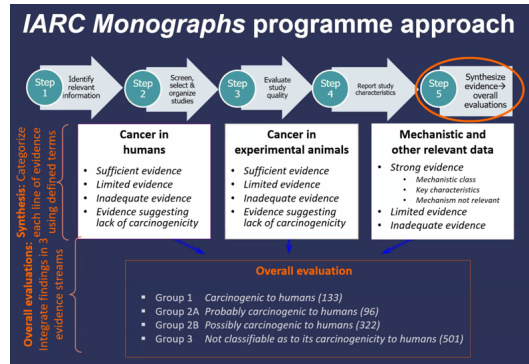
마지막 날은 NIR(비전리복사) 전체 세션으로 WHO의 NIR 방호에 대한 프레임워크를 발표하고, WHO와 공식적 관계가 있는 NGO들인 ISR(International Society of Radiology), IOMP(International Organization for Medical Physics), WFUMB(World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology), ICNIRP(International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection), ICOH(International Commission on Occupational Health)의 견해를 듣는 시간을 가졌다. 끝으로 WHO의 radiation 프로그램의 미래 전략에 대한 간단한 논의로 전체 회의가 마무리 되었다.

### 2. IARC EMF 활동

IARC는 EU의 EMF 연구 프로젝트인 NextGEM과 SEAWave에 참여하여 환경 및 라이프 스타일에 대한 역학연구를 수행하였다. NextGEM에서는 RF 전자파 노출과 암의 위험성에 대한 체계적 역학연구, 메타분석 등 위해성과 위험성 평가를 포괄적으로 검토하여 RF-EMF 근거리장과 원거리장 노출에 대한 암 발생의 위험성 증거를 체계적으로 분석하였다.

SEAWave에서는 어린이부터 고령자에 대해 RF와 밀리미터파 전자파에 대한 과학적 기반의 노출과 위험성 평가를 진행하였다. 즉 FR1(0.41~7.125GHz), FR2(24.25~52.60GHz)에 대한 위험성 평가와 과학적 문헌과 SEAWave 프로젝트 자체의 통합적 결과를 종합하여 수행하고 있다고 보고하였다. 또한 Cosmos-France 역학연구를 수행하였는데, 이는 프랑스의 국가 코호트인 “Constances” 기반으로 18,502명을 대상으로 2019년도 다루지 못한 추가적인 생활방식 용인 및 결과, 휴대전화 사용과 다른 기타 RF 노출과 구별된 설문지로 조사한 스마트폰 사용 수준의 재평가를 실시하였다. 새로운 스마트폰 사용방식, 즉 VoIP 앱을 사용, 화상통화, 통화 외 다른 활동에 스마트폰 사용 등에 관심을 갖고 조사하였다. 이 결과는 International Journal of Environmental Research and Public Health에 게재되었다. 2022년부터 2023년 프랑스의 자원봉사자들의 일상생활에서 app과 exposimeter를 사용하여 스마트폰의 수신신호와 방출 전력에 대한 객관적 데이터를 수집하였다. 참가자들의 스마트폰에 수신된 4G 신호의 특성 및 전력을 분석하고, 도심/비도심의 거주 특성, 4G 기지국까지의 거리, 기지국 밀도, 수신 시간대 등이 작지만 노출에 상당한 영향이 미친다는 점을 설명하였다. 현재 휴대전화 네트워크를 통해 스마트폰에서 방출되는 전력 분석이 진행 중에 있다고 보고하였다.

IARC 모노그래프에 따른 RF-EMF 재평가 우선순위에 대해 2024년 우선순위 자문그룹(2025~2029)은 2011년 RF-EMF를 2B 등급으로 평가한 이후 새로운 고품질 연구가 있었다는 점, 즉 실험동물에서 발암성에 대한 새로운 증거가 있다는 것을 고려했다.



노출된 인간을 대상으로 한 유전독성 연구는 일관되지 않은 결과가 나왔으며 기전적 증거도 결정적이지 않다고 보고 있다. 전반적으로 인간과 실험 동물의 암에 대한 새로운 증거는 재평가의 필요성을 뒷받침하지만, RF-EMF의 발암성에 대한 현재의 분류 등급에 대한 변화는 불확실하다는 입장이다. 따라서 자문그룹은 RF-EMF에 대한 IARC 모노그래프 평가는 타당하다고 판단하지만, 추가적인 기전적 증거를 제공할 수 있는 진행 중인 cancer-bioassay 결과를 기다려 향후 5년 후반기에 평가하는 것을 제안하였다. 이에 따라 NTP Study와 더불어 한국과 일본이 공동으로 진행 중인 NTP+국제공동 동물실험 연구결과가 IARC의 2025~2029년 발암 등급 재평가에 반영될 것이라 기대한다.

### 3. European Cluster of EMF and Health

이 클러스터는 유럽 연합의 Horizon Europe 연구 프로젝트 프로그램에서 지원을 받은 4개 프로젝트 GOLiAT(101057262), ETAIN(101057216), SEA Wave(101057622), NextGEM(101057527)로 구성되어 있다.

### ○ GOLiAT (5G exposure, causal effects, and risk perception through citizen engagement)

GOLiAT의 연구목표는 5G에 대한 RF-EMF 노출 특성 및 모니터링, 신경정신적, 생물학적 영향의 잠재적 인과관계에 대한 새로운 통찰, 시민 참여를 통한 위험성 인식과 이해소통에 대한 이해증진, 그리고 범 유럽적 초학제간 통합 연구이다. ETRI, 단국대를 포함한 24개 기관이 참여하고 있다. 현재까지의 주요 조사 결과는 환경노출 값이 기준치보다는 훨씬 낮다는 점과 농촌지역이 낮고 도시가 높다는 결과, 그리고 조사 대상국 중 스위스, 이탈리아, 벨기에가 가장 낮은 수준이라고 발표하였다.

### ○ ETAIN (Exposure to electromagnetic fields and planetary health)

ETAIN은 노출 수준 관련 위험 가능성에 대한 대중 및 이해당사자간 소통 및 노출 감소 모색과 지구 건강 관점에서 기존 및 신기술 영향 평가방법을 개발하는 것을 목표로 한다. App을 사용하여 공간적 개인노출량 수집, 피부, 눈, 과일 등에 대한 실험실 연구, 곤충의 노출량 평가 등을 통해 지구 건강에 대해 전망한다. 주요 결과로는 시민과 공동 제작한 5G 과학자 앱(안드로이드 플레이 스토어에서 무료로 이용 가능) 개발과 유럽의 주간 노출 맵 제공으로 향후 더 많은 지역으로 확대될 예정이다. 7개국 12개 기관이 참여하고 있고, 연구비는 5년에 6.6 million EURO이다.

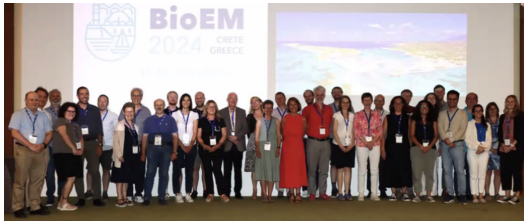
### ○ SEAWave (Scientific-based exposure and risk assessment of radiofrequency and mm-wave systems from children to elderly)

SEAWave는 ① 5G vs 2G~4G 이통통신 네트워크로부터 노출량 평가, ② 작업장에서의 새로운 5G local network으로부터의 노출량 평가, ③ 5G MaMIMO 기지국으로부터 노출 모니터링, ④ 사용자 단말의 노출량 평가, ⑤ 인체 피부의 Macro/Micro dosimetry, ⑥ 5G FR2로부터의 피부 압 및 피부 질병, ⑦ 시민들의 인지된 노출에 대한 영향을 규명하는 것을 목표로 한다. 주요 결과는 인공지능 방법을 이용한 EMF 노출 예측과 주파수 선택적 모니터링, 센서 데이터를 이용한 그리스의 3.6 GHz 5G EMF 노출 결과이다.

### ○ NextGEM (Next generation integrated sensing and analytical system for monitoring and assessing radiofrequency EMF and Health)

NextGEM은 주거, 공공 및 직업 환경에서 EMF 노출에 대한 관련 지식을 생성하여 EU 시민의 안전을 보장하는 것을 목표로 한다. 연구 내용은 첫째, 혁신적인 모니터링 기반 RF 소스의 측정 및 모델링, 둘째, EMF 노출의 건강 영향 및 작용 기전에 대한 실험 및 자원자 연구, 셋째, EMF 노출과 가능한 건강 영향에 대한 인과 관계 및 위험성 평가, 넷째, NextGEM의 혁신적인 Knowledge Hub인 NIKH를 개발하고 실제 사례 연구를 통한 검증, 다섯째, 광범위한 보급, 활용 및 클러스터링 활동을 통해 프로젝트 영향 극대화이다. 주요 결과는 FR1, FR2 5G 대역에 대한 EMF 노출 측정을 위한 새로운 센서와 NIKH 개발 등이다.

CLUE-H는 ‘정책과 실무에 대한 과학적 해석, 데이터 관리 및 교환, 이해소통 및 확산, 실험적 연구, 노출량 평가’의 5개 Working group으로 나누어 운영되고 있다.

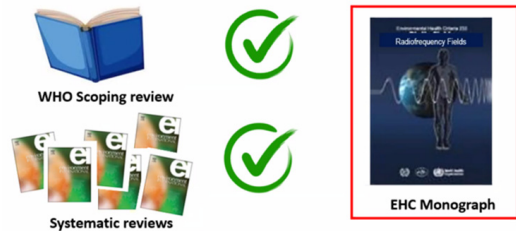


#### 4. WHO International EMF Project 업데이트

WHO의 Dr. Emilie는 업데이트된 WHO의 활동을 보고하였다. WHO EMF 프로젝트는 1996년 발족하여 EMF 노출이 건강에 미치는 영향에 대한 과학 문헌을 검토하고 건강위험을 공식적으로 평가하는 것을 목적으로 한다. 현재 약 60여개국 이상이 참여하고, 관련 국제기구, 공동협력기관, NGO 등과 네트워크를 이루고 있다. IAC는 프로젝트 수행을 조언하며, 건강염려를 다루는 전문가 논의의 장을 제공하고 있다. 호주의 ARPANSA(2024~2028), 영국의 HSA(2024~2028), 독일의 BfS(2022~2026), 스위스 FOPH(2022 ~2026), 이탈리아의 ISS(2022~2026)가 EMF 협력센터로 지정되어 있다. '24년 ~'25년 NIR에 대한 주요 업무계획으로는 먼저, RF Monograph (Monograph, Scoping report), NIR protection 프레임워크, EMF Dialogue handbook의 업데이트, 그리고 NIR에 대한 research agenda 도출이다. 둘째, 복사방호 분야의 글로벌 파트너십을 구축하며, NIR Networks에 대한 사무국 운영이다.

EHC Monograph 개발에 있어서 scoping

review와 systematic review가 진행되었다. systematic review는 과학적 증거를 검토하고, 자체 결론을 도출한 독립적인 전문가팀에 의해 수행되었으며, Environmental International에 게재되었다. WHO는 무선주파수 노출로 인한 건강 위험을 평가할 때 systematic review의 결론과 scoping review의 내용을 고려하는 전문가 데스크 그룹을 소집하였다. 전문가 데스크 그룹들은 인간 관찰 및 실험 연구, 동물 연구, 및 기전 연구를 포함한 모든 이용 가능한 증거를 기반으로 인간에 대한 건강 위험 평가를 진행하고 있다.



EMF Dialogue handbook 개정은 2024년 IAC 검토 이후 전반적인 작업은 내용, 대상 독자와의 관련성, 소통 목표, 문구, 장 순서 등에 대한 위원들의 피드백을 받아 현재 WHO 이해소통 담당자가 검토 중에 있다. 대상 그룹에 대해서는 일반인 관점을 채택하였는데, 예를 들어 EMF와 관련이 없는 전문지식이 없는 지방공무원을 들 수 있다. 제1장은 전자기장과 공중보건으로 물리학적 및 생물학적 내용의 미세한 조정과 전자기장의 기초라는 제목의 새로운 정보 상자를 넣었다. 제2장은 EMF 위험소통으로 대중인식에 대한 대처 내용을 담았고, IARC 분류 해석 방법에 대한 WHO 그래픽을 포함시켰는데, 이것은 EMF가 ‘발암 가능성’이 있다는 것이 지난 20년 이상 주요 소통 과제 중 하나였다는 피드백에 따라 추가되었으며, 또한 새로운 하위 장인 2.3절 ‘EMF 이해소통 에필로그’를

추가하였다. 제3장은 전자기장 노출 지침 및 정책에 대한 것으로 2024년 초안에는 ‘science-based approaches’와 ‘precautionary approaches’이 구분되어 있으며, ‘precautionary approaches’은 항상 ‘비과학적 기반’이라고 하였다. 전자의 경우를 ‘preventive approaches’로 명칭을 변경하였다. 최근 이탈리아에서 발생했듯이 현재 기술과 호환되는 최소 수준으로 노출을 줄이기 위한 예방적 노출 한도를 시행할 경우의 결과가 마지막 단락에 새롭게 추가되었는데, 예를 들어 기술 발전을 방해하지 않도록 나중에 완화할 경우 대중의 우려를 더욱 증가시킬 수 있다는 것이다. 현재 용어집과 추가 자료를 작업하고 있으며, 그림, 그래픽 디자인 등을 수정하고 있다. 향후 EU의 CLUE-H 위험소통 결과를 고려하고, 회원국과 최종 초안에 대해 논의할 계획이다.

## 5. 관련 기관 활동 업데이트

ITU-T SG5는 환경, EMF, 기후변화 및 순환경제에 관한 ITU 결의안을 발표하였다. EMF와 관련해서는 ITU-T Resolution 72 ‘전자기장에 대한 인체 노출과 관련된 측정 및 평가 (New Delhi, 2024)’이다. 이는 통신/ITC 장비 사용의 급속한 증가로 인해 여러 소스의 동시 노출을 포함하여 EMF방출 소스가 증가에 따른 노출 수준이 인체에 잠재적 영향을 미칠 수 있음을 고려했다. 또한 측정 및 표준화된 방법론을 통해 과학적이고 객관적인 방식으로 다양한 RF 소스의 EMF 노출 수준과 노출의 잠재적 영향을 대중에게 알릴 필요가 있다는 점을 고려하였다. 따라서 EMF 노출에 대한 표준화된 측정 필요의 시급성과 AI 및 기타 신기술이 인체 EMF 노출의 모델링 및 평가를 촉진할 수 있다는 점을 반영하였다. 따라서 EMF 노출에 관한 지침을 수립하는데 있어 기술보고서 및 권장 사항을

개발·배포하고, 개발도상국의 접근성과 비용 효율성을 높이기 위해 전자파 노출 측정 및 평가를 위한 테스트 절차 간소화하는 분야에서 SDOs와 협력을 장려한다는 것을 결의하였다. ①KAI&EMF, ②K.calibr, ③K.devices, ④K.reflection, ⑤K.suppl. MethdataEMF, 5개 연구가 진행 중이다.

ICNIRP는 EMF와 관련하여 1개 SC와 5개 PGs이 활동 중이다. SC 커뮤니케이션과 Static 및 Low frequency 가이드라인 업데이트, LF에 대한 노출량 평가, WHO와 복사방호시스템, SubTHz Gap, 그리고 환경과 EMF에 대해 검토 중에 있다.

특히, RF와 optical radiation 가이드라인 간의 차이에 대한 논의가 진행 중이며, PG에 안영환 교수님이 참여 중이다. 2030년경에 300 GHz 주변의 주파수 대역이 사용될 것으로 전망하고 이 주파수에 대해 두 가이드라인 간의 상당한 차이가 관찰된다. 따라서 RF (2020), 레이저 (2013), 비간섭성 광 (2013)의 세가지 지침간의 차이점과 유사점을 조사하고, 필요시 LF 지침에 사용된 데이터 갭 식별 프로세스를 300 GHz 주변의 주파수에 대한 향후 지침 개정에 활용하는 것을 검토한다.

## 6. 맺음말

제30차 회의가 온라인으로 진행됨에 따라 전 세계에서 동시 접속 참여를 위해 주어진 시간 내에 회의를 진행해야 했기 때문에 추진 경과에 대한 개략적인 보고가 주로 이루어졌다.

IARC 자문그룹의 발암 등급에 대한 재평가를 2029년에 실시하는 것을 권고한 부분 한국의 연구결과를 반영할 수 있다는 점에서 상당히 고무적이라 할 수 있다.

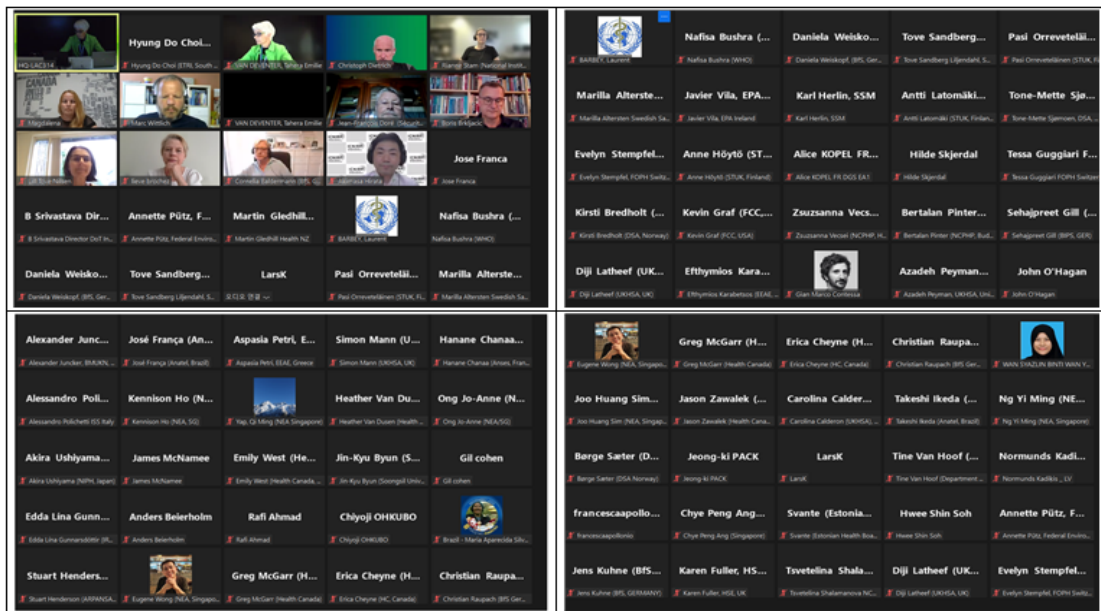
한편, EU의 CLUE-H 연구 프로젝트가 중반기에 접어들었고, SEAWave는 금년이 종료되는 시점이며 연구 결과뿐만 아니라 향후 추진 방향에 대해서도

지속적인 모니터링이 필요하다. 현재 우리나라는 Associated partner로서 두 개의 프로젝트에 참여하고 있고, 내년에 환경 노출량에 대한 한국 데이터를 중심으로 몇 개국 데이터 비교 분석 결과를 발표할 예정이다.

특히, EMF 측정 및 평가에 AI 기술을 접목한 시도가 각국에서 진행되고 있으며, 한국의 국립전파연구원에서도 이동통신기지의 노출 환경 평가를 위한 AI 예측 기술을 개발하고 있으며, ITU-T SG5 study에 참여하고 있다. AI 기술은 EMF 노출량 평가뿐 아니라 잠재적 위험성 평가 및 RF-EMF에 대한 모노그래프에 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

이들간 2시간이라는 제약된 시간 내의 회의지만, 국제적인 EMF 활동에 대한 전반적인 업데이트 상황을 파악할 수 있어서 다소의 궁금증을 해소할 수 있었다. 금년에 발표된 내용들은 향후 EMF 연구와 정책 지원에 참고가 될 것이라 기대한다.

참석자 모두는 비대면회의로 인한 아쉬움을 남기고 내년에는 대면 회의를 기약하며 회의를 마쳤다.



이 보고서는 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 [No.RS-2024-0046966, 전파서비스 진화에 따른 전자파 인체위험성 체계적 규명]

## 제7장

# 2025년 대국민 전자파 소통 활동

**안준오 소장**  
(미래전파공학연구소)

**최진규 팀장**  
(한국광기술원)

**김찬우 대리**  
((주)이지엠휴먼월드)

**백기정 주무관**  
(국립전파연구원)

### 1. 서 론

최근 인공지능과 디지털 기술의 확산으로 전파를 활용하는 기기의 사용이 증가하고 있다. 특히 전기사용 제품군의 증가와 5G, 전기차의 보급 확산 등에 따라 일반인들의 전자파 인체안전에 대한 불안감도 동시에 증가하고 있는 상황이다. 전자파에 대한 막연한 불안감은 잘못된 언론보도나 자극적인 인터넷 동영상 유포 등이 주요 원인 중 하나로 지적되고 있다. 일반인들의 전자파에 대한 위험 인식은 기지국 철폐 요구나 데이터센터의 건설 반대 등 사회적 갈등까지 초래하고 있으며 전자파로 인한 신체 이상을 호소하는 민원 또한 지속적으로 제기되고 있는 게 현실이다.

따라서 전자파에 대해 잘못되거나 부정적인 정보의 확산을 막고 올바른 정보를 제공하기 위한 다양한 정책적 노력을 기울일 필요가 있다. 이러한 노력의 일환으로 국립전파연구원에서는 전자파 인체안전에 대한 대국민 소통 활동을 다양하게 전개하고 있다.

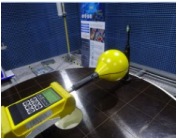
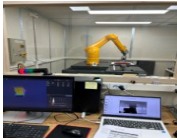
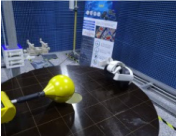
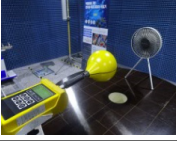
본 고에서는 이러한 대국민 전자파 인체안전 소통의 일환으로 2025년도에 수행된 활동에 대해 간단히 소개한다. 올해는 크게 3가지 부문으로 소통 활동을 전개하였는데, 우선 생활 주변에서 전자파를 발생하는 제품들에 대한 노출량을 측정하고 이를 공개하는 활동을 수행하였다. 다음으로는 전자파 안전포럼 개최와 어린이 전자파 안전교실 등을 통해 대국민 직접 소통 활동을 진행하였으며, 마지막으로 전자파에 대한 올바른 정보를 재미있고 알기 쉽게 담은 쇼츠나 애니메이션 제작 등 전자파에 대한 유익한 콘텐츠의 생산과 확산 활동을 통해 올바른 정보 제공을 위해 노력하였다.

### 2. 생활속 전자파 측정 및 분석

2025년 생활제품에서 발생하는 전자파에 대한 국민의 궁금증과 우려를 해소하기 위하여 국민신청제품 및 생활속전자파위원회 검토를 통해 대상을 선정하였다.

〈표 7-1〉 상반기 측정대상에 대한 유형 분류

| 구분                        | 측정대상                                                  |
|---------------------------|-------------------------------------------------------|
| 국민 신청제품<br>(7종, 15개)      | 중계기, 전기인덕션, 태양광설비, 온수매트, 카본매트, 냉장고, 피부 미용기기           |
| 측정이력이 없는 제품<br>(6종, 15개)  | 전자필기패드, 전자칠판, 전자담배, 차량용블랙박스, 스마트도어락, 보안카메라            |
| 측정이력이 오래된 제품<br>(4종, 12개) | 전동칫솔, 전기면도기, 세탁기, 건조기                                 |
| 사회적이슈 제품<br>(1종, 3개)      | 블루투스이어폰                                               |
| 신기술·신제품<br>(7종, 14개)      | VR헤드셋, AR안경, AI스피커, 스마트TV, 스마트거울, 탄산가스발생기, 농업용Lora통신기 |
| 생활환경시설<br>(3종, 9개)        | 스마트도서관무인반납기, 키오스크, 자동음식물처리기                           |
| 계절(하계)제품<br>(5종, 15개)     | 탁상형선풍기, 미스트형선풍기, 휴대용선풍기, 차량용 음료냉각홀더, 제빙기              |

|                                                                                     |                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|   |   |
| 중계기                                                                                 | 전자필기패드                                                                              |
|  |  |
| 전동칫솔                                                                                | 블루투스이어폰                                                                             |
|  |  |
| VR헤드셋                                                                               | 스마트도서관 무인반납기                                                                        |
|  |  |
| 탁상형 선풍기                                                                             | 제빙기                                                                                 |

[그림 7-1] 상반기 측정대상

〈표 7-2〉 하반기 측정대상에 대한 유형 분류

| 구분                               | 측정대상                                                                                                |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 전파응용설비류<br>(1종, 1개)              | 무선충전기                                                                                               |
| 생활가전기기류<br>(14종, 14개)            | 휴대용선풍기, 목걸이형 선풍기, 전기밥솥, 전기주전자, 멀티쿠커, 휴대용커피머신, 달걀찜기, 에어프라이어, 드라이기, 신발 건조기, 휴대용 스텐다리미, 마사지건, 스텐드형 선풍기 |
| 가전기기류<br>(특정소출력무선기기)             | 로봇 청소기                                                                                              |
| 전기·전동공구류<br>(2종, 2개)             | 전동드릴, 미니전동드릴                                                                                        |
| 조명기기류<br>(2종, 2개)                | 탁상용 스탠드, 모션 센서등                                                                                     |
| 멀티미디어기기류<br>(1종, 1개)             | 노트북                                                                                                 |
| 방송제작 및 공연지원<br>무선설비 기기(1종, 1개)   | 방송·공연용 마이크                                                                                          |
| 현대역 사물인터넷<br>무선설비 기기<br>(1종, 1개) | 홈 IoT 스마트 도어락                                                                                       |
| 특정소출력무선기기<br>(6종, 6개)            | 아이패드 블루투스 키보드, 블루투스 마우스, 블루투스 이어폰, 목걸이 무선 스피커, 홈 CCTV(무선네트워크 연동형)                                   |
| 단말기기류<br>(1종, 1개)                | CCTV(네트워크 연동형)                                                                                      |
| 계절(동계)제품<br>(4종, 8개)             | 선풍기형 히터, 전기히터, 리그형 전기매트, 라디에이터 발난로 착용형                                                              |

2025년 상반기에는 생활제품 및 계절(하계) 제품을 중심으로 총 33 종, 83 개 모델을 선정하여 전자파 노출량을 측정하였고, 측정 결과를 검토·분석하여 공개하였다. 선풍기류, 미스트형 팬, 차량용 냉각홀더 등 여름철 집중 사용제품이 다수 포함되었으며, 생활제품군도 소비 요구 기반으로 폭넓게 선정되었다.

전자파 노출량 측정 결과, 83개 전체 제품이 인체보호 기준 대비 20 % 이내에서 전자파가 노출되는 것으로 확인되었다. 상반기 측정 대상 중 가장 높은 노출량을 보인 제품은 전기인덕션, 카본매트 순이었으나, 모두 국제 기준(ICNIRP)의 20 % 미만으로 안전 기준을 만족하였다.

2025년 하반기에는 해외직구 제품의 안전성 점검을 위해 해외직구 제품군과 계절(동계) 제품군을 중심으로 총 10종 30개 제품, 5종 8개 제품을 선정하여 전자파 노출량을 측정하였고, 측정 결과를 검토하여 공개하였다.

전자파 노출량 측정 결과, 해외직구 제품군은 인체보호 기준 대비 18 % 범위에서 전자파가 노출되는 것으로 확인되었다. 알리·테무 등 해외 플랫폼에서 실제 소비자가 많이 구매하는 생활밀착형 제품을 중심으로 측정이 진행되었으며, 마사지건(밀착 사용 시), 목걸이형 선풍기에서 상대적으로 높은 노출량이 확인되었다. 이는 모터 코일 구조 및 신체 근접 사용 특성이 반영된 결과로 분석된다.

겨울철에 집중 사용되는 계절(동계) 제품군은 인체보호 기준 대비 2.95 % 범위의 전자파 노출량이 나타났으며, 하반기 전체 측정 대상 제품 중 가장 낮은 전자파 수치를 보였다. 특히 송풍식 난방기에서 가장 높은 값이 기록되었으나, 국제기준(ICNIRP)의 10% 이하로 매우 낮은 수준이었다.

생활속전자파위원회에서는 ‘생활속 전자파’ 홈페이지, 소비자원 연계 요청 등으로 접수된 제품 중 중복성·대표성·소비자 관심도를 고려하여 하반기 측정 대상을 확정하였다. 선정된 해외직구 제품 및 계절제품에 대해 전자파 강도 측정을 실시하고 결과를 검토하여 홈페이지 및 보도자료 등을 통해 국민들에게 투명하게 공개하였다.

하반기 측정 결과, 해외직구 10종 30개 중 29개 제품, 계절(동계) 5종 8개 제품 모두 전자파

인체보호기준을 만족하는 것으로 나타났으며, 대부분의 생활가전 및 휴대형 제품에서 전자파 발생량은 인체보호 기준 대비 충분히 낮은 수준으로 확인되었다.

상기와 같이 2025년 상·하반기 생활제품 및 계절제품의 전자파 세기를 측정하고 그 결과를 분석하였는데, 상반기에는 33종 83개 제품, 하반기에는 해외직구 10종 30개, 동계계절제품 5종 8개를 대상으로 측정을 진행하였으며, 모든 제품이 인체보호기준을 충족하는 것으로 나타났다.

대부분의 생활가전은 인체보호기준을 충분히 만족하지만, 모터·열선·고주파(유전자열, 코일 구동) 구조의 제품은 사용 시 30cm 이상의 거리 유지, 마사지건 등 밀착형 기기 사용 시는 사용시간 준수를 권장한다.

이번 2025년 측정결과는 국민의 전자파 불안 해소와 생활제품 안전성 검증을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 뿐만 아니라, 향후 해외직구 제품 및 계절제품에 대한 상시 모니터링 체계 구축에도 기여할 것으로 기대된다.

### 3. 대국민 양방향 소통 프로그램 운영

대국민 전자파 인체안전 양방향 소통 활성화를 위한 주요 활동으로는 관련 전문가 및 일반인이 참석한 ‘전자파 안전 포럼’, 대상자 맞춤형 ‘전자파 안전 교육’ 프로그램을 수행하였다.

전자파 안전 포럼의 경우 최근 10년간 전자파 민원 이슈 분석, 생활속 전자파 이슈사항 Fact Check, 청소년 전자제품 사용에 대한 역학 연구 결과 등의 주제로 전문가 발표를 실시하였다. 또한 참석자들에 대해 전자파에 대한 궁금한 사항들을 조사하여 이를 기반으로 한 패넌토론을 실시하여 전자파에 대한 정확한 정보를 전달하는 시간을 마련하였다.



[그림 7-3] 전자파 안전포럼 운영사진

전자파 안전 교육 프로그램으로서는 ‘찾아가는 어린이 전자파 안전교육’ 3회, 과학관 협력 전자파 교육 2회, 전력거래소 협력 강사교육 1회 등을 수행하였다.

특히 어린이 전자파 안전교육은 일상생활에서 전자기기 사용이 크게 늘어난 추세를 반영하여 스마트폰, 태블릿, 무선 통신기기 등을 사용할 때 발생하는 전자파에 대한 노출을 이해하고 안전한 사용습관을 익히도록 도왔다. 이를 통해 전자파에 대한 과도한 불안이나 오해를 줄이고, 과학적 사실에 기반한 균형 잡힌 시각을 형성할 수 있을 것으로 기대된다.



[그림 7-4] 전자파 안전교육 운영사진

한편, 전자파 과민증 민원응대 가이드라인은 전자파와 관련된 민원이 증가하면서, 이를 체계적으로 관리하고 공공기관의 일관된 대응을 돕기 위해 기획되었다. 일부 시민들이 두통·피로·집중력 저하

등 다양한 증상을 전자파 때문이라고 생각하며 민원을 제기하곤 한다. 이러한 상황에서 공공기관 및 관련 민원 응대자 들은 과학적 근거와 시민의 불안을 동시에 고려해야 하는 어려움을 겪었고, 민원을 응대하는 과정에서 혼란이나 불필요한 갈등이 발생하기도 했다.

이에 따라 객관적인 정보를 기반으로 민원응대자들의 전자파 과민증에 대한 이해를 증진시키기 위해 가이드라인을 마련하였다. 가이드라인에는 전자파 과민증의 역사부터 증상 등 정확한 근거를 보유하고 있는 내용으로 구성되었고, 원활한 민원 응대를 위해 전자파 과민증을 총 3가지의 유형으로 분류하였다. 뿐만 아니라 분류된 유형을 기반으로 민원 응대에 대한 기관 업무, 응대 흐름도, 민원 유형에 따른 응대 스크립트, 민원사례집 부록을 제공함으로써 민원인과 민원 응대인에게 모두 편의성을 제공할 수 있었다.

본 가이드라인은 시민 보호와 공공기관의 업무 효율성을 동시에 높일 수 있는 자료로서 활용할 수 있을 것으로 기대된다.



[그림 7-5] 전자파 과민증 민원응대 가이드라인

#### 4. 전자파 리스크 커뮤니케이션 활동

앞선 장에서 생활제품 전자파 측정과 포럼 및 교육 프로그램 등 오프라인 중심의 활동을 살펴본 데 이어, 2025년에는 온라인 채널과 디지털 콘텐츠를 기반으로 한 전자파 리스크 커뮤니케이션이 더욱 체계적으로 강화되었다. 블로그, 유튜브, 인스타그램 등 다양한 플랫폼을 연계하여 과학적 근거에 기반한 정보를 지속적으로 제공하였고, 참여형 이벤트와 교육용 콘텐츠를 통해 국민의 이해와 공감을 높일 수 있는 소통 체계를 구축하였다.

첫째로, 국립전파연구원 블로그 '생활 속 전자파' 채널을 전면 개편하여 온라인 정보 전달 기반을 정비하였다. 블로그 스킨과 시각 디자인을 새롭게 구성하고, 콘텐츠를 다섯 개 카테고리로 재분류하여 이용자가 주제별 정보를 보다 쉽게 탐색할 수 있도록 개선하였다. 기존 게시물 139건을 전면 재배포치하고 화면 구성과 탐색 구조를 조정함으로써 가독성과 접근성을 동시에 높였다. 카드뉴스, 글기사, 숏폼 영상 등 다양한 형식의 콘텐츠에 동일한 편집 기준을 적용하여 채널 전반의 신뢰성과 일관성을 확보하였다.

둘째로, 생활 속에서 자주 접하는 주제를 기반으로 한 정보전달형 콘텐츠 제작이 활발하게 이루어졌다. 찾아가는 어린이 전자파 안전교육과 전자파 안전 포럼에서 다뤄진 주요 내용을 기반으로 블로그 기사와 SNS용 숏폼 콘텐츠를 제작하여 해당 정보를 국민에게 효과적으로 확산하였다. 또한 생활가전, 공공장소 스마트기기, 여름철 휴대용 전자제품 측정 결과를 시각화한 콘텐츠와 전파 및 전자파의 기초 원리를 알기 쉽게 설명한 콘텐츠 등 총 여덟 건의 카드뉴스를 발행하였다. 전자파 차단 필름과 차폐 원단 등의 성능을 실험으로 검증한 콘텐츠는 허위와 과장 광고에 대한 경각심을 높이는 데 기여하였다.



[그림 7-6] SNS 콘텐츠 제작

셋째로, 짧고 직관적인 영상 시청이 증가하는 소비 환경에 대응하여 숏폼 영상 제작을 대폭 확대하였다. 무선 이어폰 전자파 논란을 다룬 팩트체크 영상, 가전제품과 스마트기기의 측정 결과, 여름철 휴대용 기기 측정 결과 등 다양한 주제를 실제 데이터를 기반으로 설명하였다. 또한, 전자파 차단 제품 실험과 전자파 안전 포럼 요약 영상은 핵심 정보를 간결하게 전달할 수 있도록 구성하여 온라인 소통 효과를 높였다.

넷째로, 참여형 온라인 이벤트 운영을 통해 국민과의 양방향 소통을 강화하였다. 전자파 측정 영상과 카드뉴스를 확인한 후 퀴즈에 참여하는 방식으로 운영된 월별 이벤트는 회당 천여 명 이상이

참여하였으며, 신규 방문자 증가와 채널 재방문 유도, 팔로워 확대 등 온라인 채널 활성화에 기여하였다. 단순 조회수 증가에 그치지 않고, 콘텐츠 이해 후 참여가 이루어지는 학습 구조를 형성하여 전자파 정보에 대한 국민의 인지적 수용을 높였다.

다섯째로, 교육과 체험 중심의 디지털 콘텐츠 제작을 통해 장기적 리스크 커뮤니케이션 기반을 마련하였다. 초등학생 눈높이에 맞춘 약 10분 분량의 애니메이션은 전자파의 개념과 특성, 생활 속 활용 사례, 안전수칙 등을 스토리 구조로 제시하여 과도한 불안이나 오해를 낮추는 데 도움을 주었다. 이를 바탕으로 강의용 교안이 함께 개발되어 학교, 과학관, 지역 교육기관 등에서 후속 교육자료로 활용이 가능해졌다. 웹 기반 전자파 사이버 실험실 또한 청소년 대상 과학 교육과 자율 학습을 지원하는 도구로 확장될 수 있는 기반을 마련하였다.



[그림 7-기] 교육 콘텐츠 제작

이러한 온라인 기반 리스크 커뮤니케이션 활동은 성과 지표에서도 뚜렷한 변화를 보였다. 2025년 3월 대비 10월 기준 블로그 방문자 수와 조회수는 각각 여섯 배 이상 증가하였으며, 유튜브 쏘츠는 누적 수만 회의 조회수와 높은 시청 시간을 기록하였다.

인스타그램 카드뉴스는 비팔로워 유입과 저장, 반응 지표에서 유의미한 성장을 보이며 생활밀착형 콘텐츠의 높은 수용성을 확인하였다. 이러한 결과는 2025년 대국민 전자파 소통 활동이 단순한 정보 제공 수준을 넘어, 실측 데이터 기반의 설명과 시각화 콘텐츠, 참여형 학습 방식을 결합한 종합적 리스크 커뮤니케이션으로 발전했음을 보여준다.

## 5. 결론

정보통신기기의 개발과 사용이 지속적으로 증가하고 생활 주변 전기기기의 종류도 다양해지고 있다. 이러한 전파 활용 기기의 사용 확대는 자연스럽게 전자파에 대한 노출로 연결되고 있으며, 일반인들은 전자파 노출로 인한 인체영향에 대한 관심도 증가하는 추세이다.

전자파와 인체영향이라는 주제는 현재 다양한 과학적 연구가 진행되고 있으며 또한 인체 유해성에 대한 명확한 결론이 나지 않은 상태이다. 전자파가 인체에 무해하다는 주장과 유해하다는 주장이 공존하고 있는 현 상황과 전자파 발생 기기의 사용을 중단할 수 없는 현실에 비추어 전자파에 대한 정확한 상황을 이해시키는 대국민 소통 활동이 과거 어느 때보다 중요한 시점이라 생각한다. 이러한 활동은 전자파에 대한 잘못된 정보의 유통으로부터 일반인들이 가질 수 있는 부정적인 인식의 확산을 막고, 일반인들이 전자파 인체영향에 대해 올바른 판단을 하는데 도움을 줄 것이다.

이러한 맥락에서 올해도 다양한 전자파 소통활동을 전개하였다. 생활 속 제품에 대한 전자파 노출량 측정값의 공개, 포럼 등을 통한 직접적 소통 진행, 애니메이션 및 쇼츠 등의 콘텐츠 제작을 통한 온라인 소통 활동의 확대를 이루어냈다. 특히, 올해는 단순한 정보 제공 수준을 넘어 시각화 콘텐츠 생산과 확대, 참여형 학습 방식을 결합한 종합적 리스크

커뮤니케이션으로 발전시킨 것이 큰 성과였다. 향후에도 다양한 채널을 통한 전자파 인체안전 소통 활동을 지속적으로 확대하여 국민들이 가전제품과 정보통신기기를 안심하고 사용할 수 있는 기반을 마련하여야 할 것이다.

## 참고문헌

- [1] 2021 전자파(EMF EMC) 표준화 동향보고서 생  
활속 가전제품 전자파 측정 및 분석
- [2] 강승택 외 5명, '5G 이동통신기기의 전자파 인체  
노출 환경 예측 분석 연구', 2018
- [3] 권용기 외 4명, '전자파 인체영향 환경 대응 및  
역량강화 연구' 국립전파연구원, 2017
- [4] 신영진 외 2명 '전자파 인체안전 이슈 조사에  
관한 연구' 국립전파연구원, 2016
- [5] IEC 62233, 'Measurement methods for  
electromagnetic fields of household  
appliances and similar apparatus with  
regard to human exposure', 2005.
- [6] 국립전파연구원고시, 2023-11호, '전자파강도  
측정기준', 2023.
- [7] 과학기술정보통신부고시, 제2019-4호, '전자파  
인체보호기준', 2019.

주영준 연구소장

(주)이레테크 기업부설  
연구소

BioEM에서 매년 개최하는 BioEM Annual Conference는 생체전자기장 분야에서 가장 크고 권위 있는 학술 행사 중 하나로, 최신 연구결과 발표, 워크숍, 튜토리얼, 포스터 및 구두 발표, 네트워킹 등을 통해 연구자들의 지식 공유와 협업을 촉진하고 있으며, BioEM2025는 두 학회가 통합한 이후 제4회 학술대회로, 프랑스 북서부 브르타뉴(Bretagne) 지방의 중심 도시인 렌(Rennes)에서 2025년 6월 22일에서 27일까지 개최되었다.

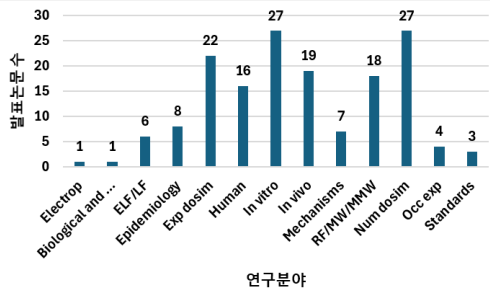
BioEM는 전자기장과 생체와의 상호작용을 연구하는 세계적으로 가장 권위 있는 국제 학술 단체로 1978년 미국에서 설립된 Bioelectromagnetics Society(BEMS)와 1989년 스위스의 마드리드에서 설립되어 유럽을 중심으로 생체전자기장을 연구하던 European BioElectromagnetics Association (EBEA)가 2005년부터 연례 회의를 함께 시작하다가 2021년 9월에 벨기에 겐트에서 열린 마지막 공동 회의에서 두 학회의 통합을 승인하고 10월에 통합 출범하였다. 본 기고에서는 BioEM2025에서 발표되었던 최신 연구와 연구 동향을 소개한다.

## 1. BioEM2025 발표 논문 소개

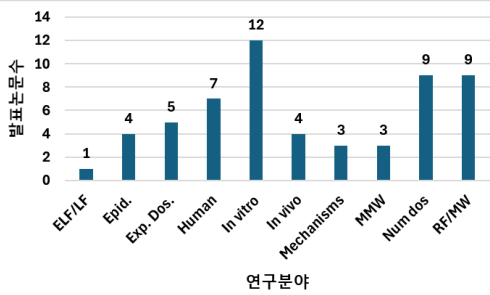
올해 BioEM2025에는 전세계 25개국에서 약 300명의 전문가 및 학생 연구자가 참석하였으며,

250여 편의 논문이 발표되어 생체전자기장 분야의 최신 연구 동향을 파악할 수 있는 자리였다. 전문가 발표 논문의 경우 그림 1에서와 같이 In vitro와 Numerical dosimetry 분야의 연구가 가장 발표되었고, 학생 논문의 경우 그림 2에서 In vitro 연구와 RF/MW/MMW분야의 연구 논문이 가장 많이 발표되었다. In vitro 연구가 전문가와 학생 연구에서 가장 많이 발표되었다는 것은 공학, 의학, 생물학 등 다학제 연구가 활발하게 이루어지고 있음을 보여준다. 국내에서도 18명의 연구자가 참석하여 13편의 논문을 발표하고 국내의 연구결과 및 동향을 공유하였다.

BioEM2025의 주요 일정으로는 첫째 날에는 3D 세포배양, ELF Dosimetry 튜토리얼, 5G 세포 실험 발표, WHO EMF 프로젝트 30주년 워크숍, AI-과학 협업 연구결과가 발표되었고, 둘째 날에는 Young Scientist Award 발표, EMF 역학 최신 연구, 전기천공(Electroporation) 기반 생의학 응용 연구결과가 발표되었고, 셋째 날에는 WHO 주관 RF-EMF 노출과 암 메타분석 연구결과 발표, Dosimetry 평가 기법 논의, 신경 임상 EM 자극 연구가 발표되었으며, 넷째 날에는 D'Arsonval Award Keynote 발표, mmWave·APD 평가·조직 모델링에 대한 연구가 발표되었으며, 마지막 날에는 5G 환경 인체노출 평가, 젊은 연구자 논문 발표와 시상식으로 마무리되었다.



[그림 8-1] 전문가 그룹의 연구 논문 분야



[그림 8-2] 학생 연구자 연구 논문 분야

| 6.23.(월)                              | 6.24.(화)                      | 6.25.(수)                           | 6.26.(목)                           | 6.27.(금)                           |
|---------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| ELF축적기법/<br>SG 세포 기술 I/<br>WHO BMF로젝트 | EMF역학/<br>성능의응용/<br>생태전기 안전관리 | 국경간 기술/<br>SG 모델 실험 II/<br>RF노출과 암 | 전지리노출평가/<br>RFEMF노출효과/<br>직업인의 전기장 | EMF역학노출계산/<br>EMF역학효과/<br>SG 노출 평가 |



BioEMF Conference 22-27 June 2008

|              | SUN 22 JUNE                | MON 23 JUNE                         | TUE 24 JUNE                         | WED 25 JUNE                              | THU 26 JUNE                              | FRI 27 JUNE                               |
|--------------|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 08:00-09:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | WELCOME<br>Registration                   |
| 09:00-09:30  |                            | Tutorial 1<br>La Nord               | Health Effects: B<br>La Nord        | Chall. Studies: S<br>La Nord & Dordrecht | Chall. Studies: L<br>La Nord & Dordrecht | WELCOME<br>Registration                   |
| 09:30-10:00  |                            | Coffee break - Hotel 1              | Coffee break - Hotel 1              | Coffee break - Hotel 1                   | Coffee break - Hotel 1                   | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 10:00-10:30  | Boarded Meeting<br>Hall 13 | Coffee break - Hotel 1              | Coffee break - Hotel 1              | Coffee break - Hotel 1                   | Coffee break - Hotel 1                   | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 10:30-11:00  |                            | Plenary 1: A<br>La Nord & Dordrecht | Plenary 2: B<br>La Nord & Dordrecht | Plenary 3: C<br>La Nord & Dordrecht      | Plenary 4: D<br>La Nord & Dordrecht      | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 11:00-11:30  |                            | Coffee break - Hotel 1              | Coffee break - Hotel 1              | Coffee break - Hotel 1                   | Coffee break - Hotel 1                   | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 11:30-12:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 12:00-13:00  |                            | Lunch<br>Hotel 1                    | Lunch<br>Hotel 1                    | Lunch<br>Hotel 1                         | Lunch<br>Hotel 1                         | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 13:00-13:30  |                            |                                     |                                     | General Assembly<br>La Nord              |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 13:30-14:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 14:00-14:30  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 14:30-15:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 15:00-15:30  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 15:30-16:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 16:00-16:30  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 16:30-17:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 17:00-17:30  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 17:30-18:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 18:00-19:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 19:00-20:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 20:00-21:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 21:00-22:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 22:00-23:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 23:00-24:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 24:00-25:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 25:00-26:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 26:00-27:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 27:00-28:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 28:00-29:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 29:00-30:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 30:00-31:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 31:00-32:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 32:00-33:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 33:00-34:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 34:00-35:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 35:00-36:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 36:00-37:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 37:00-38:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 38:00-39:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 39:00-40:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 40:00-41:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 41:00-42:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 42:00-43:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 43:00-44:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 44:00-45:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 45:00-46:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 46:00-47:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 47:00-48:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 48:00-49:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 49:00-50:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 50:00-51:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 51:00-52:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 52:00-53:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 53:00-54:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 54:00-55:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 55:00-56:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 56:00-57:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 57:00-58:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 58:00-59:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 59:00-60:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 60:00-61:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 61:00-62:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 62:00-63:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 63:00-64:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 64:00-65:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 65:00-66:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 66:00-67:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 67:00-68:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 68:00-69:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 69:00-70:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 70:00-71:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 71:00-72:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 72:00-73:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 73:00-74:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 74:00-75:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 75:00-76:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 76:00-77:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 77:00-78:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 78:00-79:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 79:00-80:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 80:00-81:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 81:00-82:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 82:00-83:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 83:00-84:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 84:00-85:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 85:00-86:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 86:00-87:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 87:00-88:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 88:00-89:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 89:00-90:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 90:00-91:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 91:00-92:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 92:00-93:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 93:00-94:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 94:00-95:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 95:00-96:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 96:00-97:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 97:00-98:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 98:00-99:00  |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |
| 99:00-100:00 |                            |                                     |                                     |                                          |                                          | Breakfast 10:15 AM<br>La Nord & Dordrecht |

WELCOME  
REGISTRATION  
Participants & Visitors

LA NORD  
Plenary 1: A  
Plenary 2: B  
Plenary 3: C  
Plenary 4: D

LA NORD  
Health Effects: B  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
General Assembly  
3rd Annual Meeting

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

LA NORD  
Chall. Studies: S  
Chall. Studies: L  
Chall. Studies: L

[그림 8-3] BioEM 주요 일정 표

## II. BioEM2025 주요 연구 동향

## 2-1 전자파 측정 및 노출 평가 연구

EMF 측정 분야에서는 5G 기지국 전자파 인체노출량 측정(GOLiAT), 6 GHz 이상에서의 휴대단말기 전자파 인체노출량 측정(프랑스, 스위스, 일본), 무선전력전송(WPT) 및 전기차 인체노출량 측정(독일, 일본) 등에 관한 연구가 발표되었다. 우리나라의 ETRI를 포함하여 10여개국이 참여하는 GOLiAT 프로젝트에서는 공원, 대중교통, 도심, 산업지역, 도심 등 인구 밀도가 다른 100가지 지형 유형에서 측정 장비를 매고 4G와 5G 전자파를 모니터링한 결과를 발표하였다. 그 결과 기지국의 밀도가 높은 지역에서는 휴대 전화 데이터를 전송하는데, 더 적은 전력을 사용하기 때문에 사용자의 노출이 낮게 나타났으며, 5G가 4G 보다 송신 출력이 낮게 나타났다.



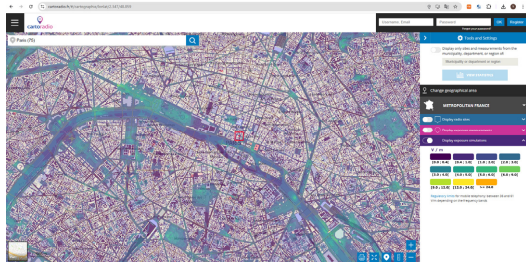
[그림 8-4] 휴대용 5G 노출 측정기

스위스에서는 장기 모니터링(2021~2023) 측정 결과를 발표하였으며, 일본의 NICT에서는 2006년 보다 2022년에 RF-EMF 노출 3배 증가하였다고 발표하였지만, 일본의 인체노출량 기준치의 1/1,000 이하로 안전하다고 발표하였다.

5G(mmWave) 대역에서의 휴대 단말기에 의한 전자파 노출 측정시스템 연구에서는 흡수전력밀도

(APD) 측정을 위한 고체형(프랑스, 일본) 및 액체형(스위스) 모의 인체 팬텀 연구결과가 발표되었다. 기존 SAR 측정 모의 인체의 높은 손실을 보완하는 연구를 발표하였다.

프랑스에서는 AI 기술을 적용한 기지국 전자파 예측 결과를 홈페이지에 공개하고 있음을 발표하였다. 중국에서는 AI기술을 이용하여 휴대전화에서 발생하는 전자파의 입사전력밀도를 예측하는 연구를 발표하였다. 이처럼 AI기술이 발전함에 따라서 AI를 활용한 기지국 및 휴대단말기에 의한 전자파 인체노출량을 예측하고 이를 대국민 인식 개선에 활용하려는 연구가 활발하게 진행되고 있다.



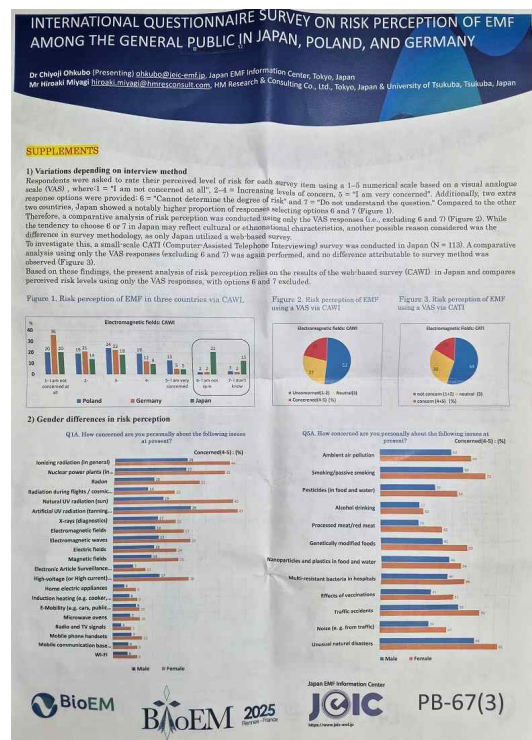
[그림 8-5] 기지국 전자파 노출 예측 홈페이지(프랑스)

## 2-2 EMF 생체 영향 연구

EMF 생체 영향 연구 분야에서는 5G 및 mmWave 전자파 노출에 의한 자율신경계의 변화(프랑스), 5G(3.5 GHz) 신호에 대한 반복적인 머리 노출이 쥐의 행동에 미치는 영향(프랑스), 쥐에게 1.95 GHz 전신 노출에 따른 영향(호주), 허리 아래 휴대폰 소지와 대장암 발견의 연관성(미국) 등 다양한 Invitro 연구 결과들이 발표되었으며, RF 노출에 따른 파리 등 곤충의 대사, 인지 기능에 미치는 영향에 관한 연구(벨기에)가 발표되었다. 또한 풍력발전기의 해저케이블에 의한 해양 동물에 미치는 영향(EPR)에 대한 연구가 발표되었다.

## 2-3 전자파 RC(Risk Communication)

전자파 RC 분야에서는 전자파에 건강 영향에 대한 위험 인식을 파악하고, 소통 방안을 마련하기 위해 일본, 폴란드 독일이 공동으로 자국민 1,000명에 대하여 전자파 인식 설문조사 결과를 발표하였다. 조사 결과 컴퓨터, TV, 고압 송전선, 통신기지국 등이 주요 원인으로 지목되었고, 두통, 불면증, 뇌암 등의 건강 문제가 EMF와 관련 있다고 인식하고 있었다. 일본은 EMF에 대한 우려는 대체로 크지 않았으며, WHO, 공공기관, 과학자 등에 대한 신뢰성이 높게 나타났다. 폴란드와 독일은 두통, 불면증, 집중력 저하 등이 EMF와 관련성이 있다고 인식하고 있었다.



[그림 8-6] 일본, 독인, 폴란드 공동연구 결과

일본에서는 EMF 정보센터(JEIC, Japan EMF Information Center)를 2008년 설립하여 운영하고

있으며, 자체 웹사이트를 통해 전자기장 노출과 관련된 건강 영향에 대한 정확한 정보를 전달하고, 필요시 학교와 지자체에 강사를 파견하여 전자파 건강 영향에 대한 인식을 개선하고 Risk Communication을 촉진하고 있다. 유럽에서는 EMF 및 건강에 관한 유럽연구 클러스터(CLue-H, CLUster Emf-Health)를 설립하여 무선 주파수 전자기장 노출 및 5G 등 신기술로 인한 건강과 환경에 미치는 영향을 조사하고 지식 격차를 해소함으로써 미래 무선 네트워크를 안전하게 사용하고자 하고 있다. 이를 위하여 SEAWave, GOLIA, ETAIN, NEXTGEM 연구를 진행하고 있다. SEAWave 연구에서는 어린이, 노인 등 취약계층 노출을 평가하고 과학적이고 정확한 정보제공을 통한 소통을 하려고 하고 있으며, GOLIA에서는 활동 기반의 5G RF-EMF 노출 조사를 수행하고 있으며, ETAIN에서는 스마트폰용 RF-EMF 노출 앱을 개발하고, '전자파 노출량 계산기'를 통해 휴대전화 사용시간, 전자제품 사용량, 거주 위치 등을 입력하면 전자파흡수율 정도와 평균값 대비 비율을 파악할 수 있도록 하고 있으며, 게임 기반 위험소통 플랫폼을 개발하여 단순 정보 전달이 아닌 참여형, 체험형 소통으로 전환하려고 하고 있으며, NEXTGEM에서는 RF-EMF 노출과 건강 영향 모니터링을 통한 통합 감지 및 분석시스템을 개발하고 있다.

### III. BioEM2025 시사점

이번 BioEM2025에서는 공학적으로는 5G 상용화에 따라서 6 GHz 이상의 주파수에서 휴대 단말기에서 발생하는 전자파의 인체노출량 측정을 위한 측정 시스템 연구와 AI 기반의 기지국 노출량 예측 연구 등이 활발하게 이루어지고 있음을 확인하였고, 전기차 보급과 무선전력전송 기술의 개발로 인한 인체노출량 평가 연구도 활발하게

진행되고 있음을 확인하였다. EMF 인체영향 분야에서는 국제 공동 연구를 통한 인체 영향 규명 노력이 확대되고 있음을 확인하였다. 또한, EMF 관련 민원 증가에 따라서 정확한 정보 기반의 소통이 필요하다는 것을 확인하였고, 국내에서도 일본의 JEIC, 독일의 BfS와 같은 RC(Risk Communication) 전담 기관의 설치가 필요함을 느끼게 되었고, 스위스처럼 전자파 측정 공개 설명회를 정례화할 필요성도 있음을 확인하였다. 이런 국제적인 연구 동향의 흐름에 따라서 국내에서도 5G 및 6G 대비 인체 영향 연구 강화가 필요해 보인다.

올해 국내에서는 18명의 연구자가 참석하였고 13편의 우수한 논문을 투고하고 발표하였다. 내년 BioEM2026은 호주의 케언즈에서 6월 21일~26일까지 개최될 예정이다. 내년에는 더 많은 한국 연구자가 더 좋은 연구결과를 가지고 참석하여 생체전자기장 연구 분야를 선도해 나가길 기대한다.



[그림 8-7] 렌 전통 나무집 앞에서 한국 참가자들과 함께

## 제9장

# 휴대기기 동시노출 조건의 전자파 인체영향 평가기술 연구동향

방진규 선임  
(한국해양과학기술원)

제1절 서론

제2절 IEC/IEEE 62209-1528 동시노출 평가방법

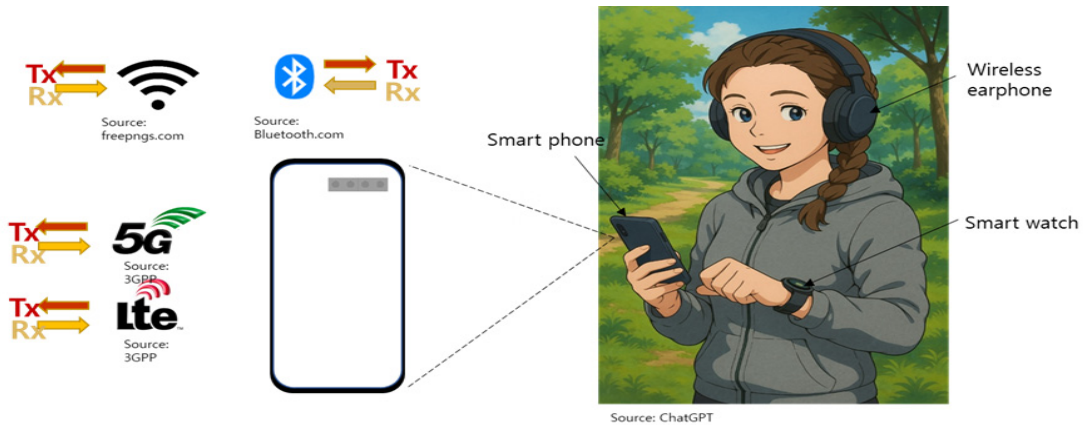
제3절 가우시안 모델링 기반 동시노출 평가기술

제4절 결론

### 제1절 서론

모바일 기기 기술의 고도화는 인간 생활 전반에 혁신을 가져왔다. 스마트폰을 비롯한 다양한 휴대기기는 단순한 통신도구를 넘어 정보 처리, 금융 결제 등 다양한 기능을 수행하고 있다. 이러한 기능 확장은 곧 여러 통신 기술이 하나의 단말기 안에서 동시에 운영되는 환경을 의미하며, 사용자는 일상적인 상황에서 다수의 RF 송신 신호에 동시에 노출된다. 스마트폰과 같은 무선통신용 휴대기기는

LTE·5G (Sub-6, mmWave), Wi-Fi, Bluetooth, GPS, NFC, FM Radio, 무선충전 등 다수의 무선 프로토콜을 포함하며, 그림 11-1과 같이 사용자는 스마트폰으로 영상을 시청하며 블루투스 이어폰을 사용하고, 스마트워치를 착용한 상태에서 무선통신이 지속적으로 활성화되는 등 다중 송신환경에 상시적으로 노출된다. 그러나 인체 전자파 노출 평가의 대표 지표인 전자파흡수율 (SAR, Specific Absorption Rate) 측정 시스템은 주파수 영역 측정 시스템으로 대부분 단일 주파수, 단일 송신 조건을 가정한 측정에 기반하고 있다. 이로 인해 실제



[그림 9-1] 무선 이동통신 기기의 전자파 동시노출 조건 예시

사용환경을 충분히 반영하지 못하거나, 반대로 과도하게 보수적인 기준을 적용함으로써 실제 단말기 개발단계에서 전자파 흡수율의 정밀 측정으로 시간 및 비용 부담을 초래하는 이슈가 일부 발생하고 있다. 이처럼 현실적인 사용환경과 기존 표준 간에는 여러 차이가 존재하며, 동시노출 조건에서의 전자파 인체영향 평가방법에 대한 다양한 논의가 지속되고 있고, 새로운 평가기술에 대한 필요성이 제기되고 있다.[1][2]

본 기고문에서는 현재 휴대기기 동시노출 조건에서의 전자파 인체영향 평가방법에 대한 연구동향을 살펴보고자 한다.

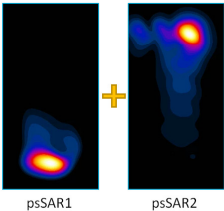
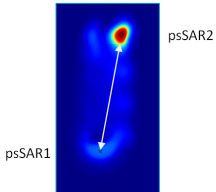
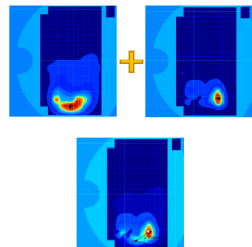
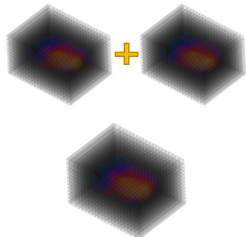
## 제2절 IEC/IEEE 62209-1528 동시노출 평가방법

그림 11-2와 같이 IEC/IEEE 62209-1528 표준은 여러 송신기가 동시에 동작하는 최신 모바일 기기 환경을 반영하기 위해 네 가지 대안적인 동시 노출 평가방법을 제시하고 있다. 이 네 가지 방법은 측정의 정확성과 보수성, 그리고 실무적 적용 가능성 사이의 균형을 고려하여 마련된 것으로, 각 방법은 특정

조건에서는 유용하지만 다른 조건에서는 적용이 어려운 특성을 갖는다. 따라서 제조사와 시험기관은 단말기의 안테나 배치, 주파수 구성, 송신 조합의 특성 등을 고려하여 가장 적합한 평가방법을 선택해야 한다.

첫 번째 방법인 Alternative 1 (단순 psSAR 합산법)은 각 송신기에서 개별적으로 측정된 psSAR 값을 단순히 더하여 동시노출 SAR을 산출하는 방식이다. 계산 방식은 매우 간단하고 모든 장비에 일괄 적용할 수 있다는 점에서 실무 적용이 용이하지만, 서로 다른 SAR 분포의 공간적 중첩 정도를 고려하지 않기 때문에 실제보다 과도하게 보수적인 값을 산출하는 경향이 있다. 이로 인해 제품 설계와 출력 설정 과정에서 불필요한 제한을 초래할 가능성이 크다는 점이 단점으로 지적된다.

두 번째 평가방법인 Alternative 2 (최대 psSAR 선택법)은 여러 송신기 중 가장 큰 psSAR 하나만을 동시노출 SAR로 사용하는 방식이다. 이 방법은 분포 중첩이 없을 경우 과도한 보수성을 피하면서도 평가 절차를 간소화할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 두 송신기의 SAR 분포가 서로 중첩되거나 공간적으로 근접한 경우에는 동시노출의 누적 영향을 반영하지 못해 적용할 수 없다는 근본적 한계를 가진다.

| Alternative 1                                                                                                     | Alternative 2                                                                                                | Alternative 3                                                                                                   | Alternative 4                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Summation of psSAR values                                                                                         | Selection of highest assessed psSAR value                                                                    | Calculation of combined volumetric SAR from existing scans                                                      | Volumetric scanning                                                                                              |
| Combined SAR=psSAR1+psSAR2<br> | Combined SAR ≈ psSAR2<br> | Combined SAR ≈ psSAR_max<br> | Combined SAR ≈ psSAR_max<br> |

[그림 9-2] IEC/IEEE 62209-1528 동시노출 평가방법 [1][2]

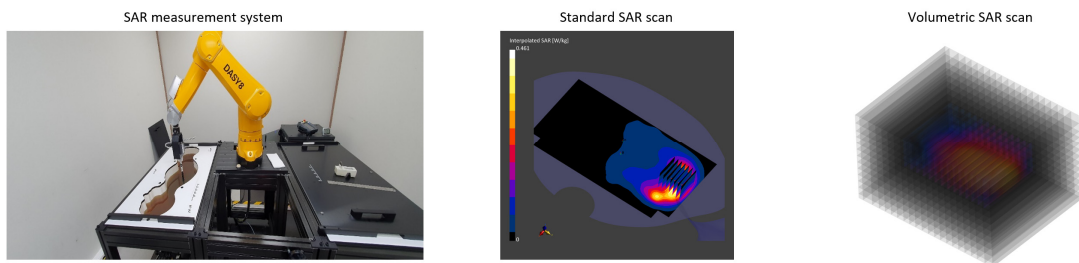
세 번째 방법인 Alternative 3 (기존 스캔 데이터를 활용한 3D SAR 재구성)은 각 송신기에서 수행된 area scan 및 zoom scan 데이터를 이용해 3차원 SAR 분포를 재구성하고 이를 합산함으로써 동시 노출 조건의 SAR을 산정하는 방식이다. 이 방법은 앞선 두 방법에 비해 실제 분포의 공간적 형태를 고려한다는 점에서 정확성이 높으며, 동시에 실제 동시 송신 측정에 비해 시간과 비용을 절감할 수 있어 실무 적용성이 높다. 다만 정밀한 보간 기법과 불확도 관리가 필수적이며, 데이터 처리량이 많다는 점에서 전문적인 분석 역량이 요구된다.

마지막으로 Alternative 4 (세트 전체의 볼륨 스캔)은 단말기 세트 전체 위치에서 3차원 볼륨 SAR을 직접 측정하는 방식이다. 네 가지 대안 중 가장 정확성이 높고 실제 동시노출 동작 조건을 가장 충실하게 반영할 수 있다는 장점을 갖는다. 그러나 그림 11-3에서 알 수 있는 바와 같이 볼륨 스캔의 경우 측정 포인트가 증가하여 표준 SAR 스캔보다 4~6배 많은 시간이 소요되며, 스마트폰처럼 수십 개의 주파수 밴드를 지원하는 기기에 대해 모든 송신 조합을 이 방식으로 측정하는 것은 사실상 불가능하다. 특히 5G, Wi-Fi, Bluetooth 등이 다양한 조합으로 활성화되는 상황에서는 측정 횟수가 폭발적으로 증가하기 때문에 측정 시간 및 비용이 기하급수적으로 증가한다는 단점이 가장 큰 제약으로 지적된다.

종합하면, IEC/IEEE 62209-1528에서 제시하는 네 가지 동시노출 평가방법은 각각 장점과 한계를 명확히 가지고 있으며, 단일 방법만으로는 현대 모바일 기기의 복잡한 송신 환경을 충분히 다루기 어렵다. 특히 Alternative 4는 가장 정확하지만 현실 적용이 극히 제한적이며, Alternative 1은 과도한 보수성으로 인해 실제 기기의 출력을 의도적으로 줄여야 하는 환경이 발생할 수 있다. 이러한 이유로 표준 관련 단체 및 연구기관에서는 측정 효율성과 정확성을 동시에 확보할 수 있는 다양한 방법에 대한 논의가 지속적으로 진행되고 있다.

### ▶ 제3절 가우시안 모델링 기반 동시노출 평가기술

가우시안(Gaussian) 기반 SAR 분포 모델링은 다양한 주파수 환경에서 관측되는 SAR 패턴이 공통적으로 중앙에 단일 피크가 존재하고 주변으로 갈수록 완만하게 감쇠하는 형태를 갖는다는 점에 착안하여 제안된 방법이다 [4-6]. 실제로 SAR은 인체 조직 내부에서 전자기 에너지가 흡수되는 정도를 나타내는 물리량이며, 송신 안테나에서 방사된 전자기장이 피부와 조직을 통과하면서 지수적으로 감소하는 특성을 보인다. 이러한 감쇠 방식은 공간적으로 매끄럽게 퍼지는 종 모양 형태를 보이며,



[그림 9-3] 정규 SAR 스캔 영역과 볼륨 스캔 영역 [3]

이는 통계학에서 널리 사용되는 2차원 가우시안 분포의 형태와 매우 유사하다.

이러한 점 때문에 SAR 분포를 가우시안 함수로 근사하는 방식은 이론적 타당성과 실제적 실용성을 동시에 확보할 수 있는 접근법으로 고려할 수 있다. 특히 스마트폰과 같은 모바일 기기의 SAR 분포는 안테나가 배치된 위치와 주파수 대역에 따라 모양이 다소 달라지긴 하지만, 기본적으로 하나의 두드러진 중심 피크 주변으로 서서히 감소하는 구조를 유지하는 경향이 있다. 이러한 분포 특성은 가우시안 모델이 SAR을 단순한 곡선이 아닌 실제 전파 특성과 조직 흡수 특성을 반영한 형태로 재현할 수 있음을 의미한다.

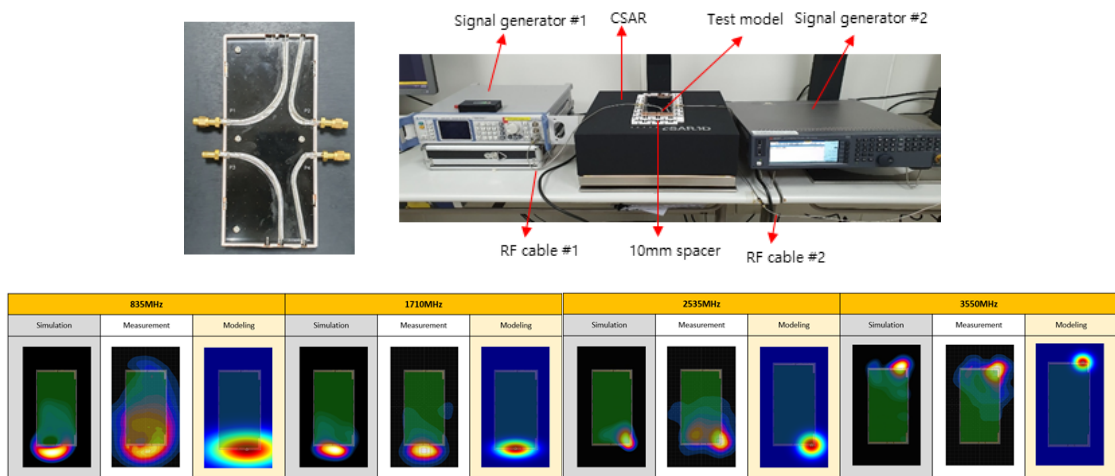
식 (1)은 가우시안 기반 SAR 분포의 수학적 구조를 표현한 것이다 [5][6].

$$SAR(x, \mu, \Sigma) = psSAR \cdot \exp\left[-\frac{1}{2}(x-\mu)\Sigma^{-1}(x-\mu)^T\right] \quad (1)$$

식 (1)에서  $psSAR$ 은 peak spatial SAR 값으로 정규 SAR 측정시스템에서 도출한 특정공간에서의 SAR값 중 최대값을 나타내며,  $\mu$  는  $psSAR$ 이 위치하는 좌표 벡터,  $\Sigma$  는 분포의 확산 정도를 나타내는 공분산 행렬을 나타낸다 [2][3].

그림 11-4는 다양한 주파수에 대한 단말기 형상의 구조의 SAR 측정 시스템과 단말기 구조에 대한 각각 안테나별 SAR 측정 결과와 전자파수치해석 시뮬레이션 및 가우시안 모델링 결과를 나타낸다. 835 MHz, 1710 MHz, 2535 MHz, 3550 MHz 등 다양한 주파수 대역에서 얻어진 SAR 데이터를 비교해 보면, 가우시안 기반 모델링은 실제 측정된 SAR 분포의 형태, 피크의 위치, 신호 확산 경향을 유사하게 재현할 수 있다. 가우시안 모델 기반 SAR 분포는 단순히 유사한 기하학적 구조를 모사할 뿐 아니라 SAR 분포의 전자기학적 동시노출 조건에 대해 해석적인 방법으로 합성할 수 있는 근사적인 방법을 제시할 수 있다.

동시노출 SAR 평가에서 핵심적으로 다루어야 할 사항은 두 송신기가 동시에 동작할 때, 한 송신기의 SAR 분포가 다른 송신기의 피크 값에 얼마나 영향을



[그림 9-4] 테스트용 구조형상 및 SAR 시뮬레이션, 측정, 가우시안 모델링 결과비교 [2]

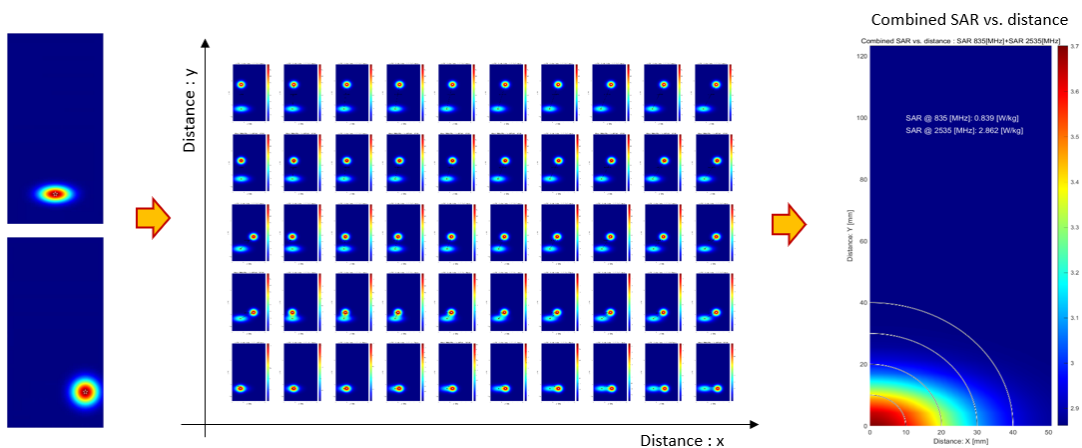
미치는지 여부이다. 실제 사용 환경에서는 두 SAR 분포가 서로 중첩되거나 가까이 위치할 수 있으며, 이 경우 두 분포의 합성으로 인해 특정 지점의 SAR 값이 증가하게 된다. 그러나 두 송신기의 안테나가 충분히 떨어져 있거나 분포의 확산 폭이 작다면, 서로의 영향은 미미한 수준에 그치며 별도의 동시 송신 측정 없이도 안전성 평가가 가능하다. 이러한 관점이 바로 면제 기준(exemption criterion) 개념의 기반이 될 수 있다.

가우시안 기반 SAR 모델링은 이러한 면제거리 산정을 해석적으로 분석하는데 적합할 수 있다. SAR 분포는 대부분 중심에서 완만하게 감소하는 가우시안 분포의 형태를 가지므로, 두 분포 간의 중첩 정도는 분포의 크기(피크 값), 확산 폭, 방향성, 그리고 중심 간 거리의 조합으로 결정된다. 따라서 두 SAR 분포의 확산 특성과 피크 강도를 파악하면, 어느 정도 거리에서 두 분포가 서로 의미 있는 영향을 주지 않는지를 수학적으로 파악할 수 있다.

그림 11-5는 이러한 개념을 실제 예시를 통해 분명하게 보여준다. 두 개의 SAR 분포를 x축 또는 y축 방향으로 점진적으로 이동시키면서 합성 SAR 값을 계산하면, 분포 간 거리가 증가함에 따라 피크

SAR의 증가량이 빠르게 감소하는 경향을 확인할 수 있다. 분포가 서로 가까울 때에는 합성 SAR이 크게 증가하지만, 일정 수준 이상 이격되면 추가적인 증가량은 특정 기준 이내로 수렴한다면 이 지점을 면제거리로 정의할 수 있다. 특히 가우시안 기반 분석의 장점은 SAR 분포의 확산 형태가 다르거나 피크 값이 크게 차이 나는 경우에도 객관적 기준을 적용할 수 있다는 점이다. 예를 들어 두 송신기의 SAR 크기가 많이 차이 나면 SAR가 큰 송신기의 영향이 지배적이 되고, 반대로 두 송신기의 분포가 넓게 퍼져 있을수록 보다 큰 이격거리가 필요하게 된다. 이러한 구조적 특성 때문에 면제거리는 단순한 경험적 수치가 아니라 분포의 물리적 특성에 의해 자연스럽게 결정될 수 있다.

그림 11-6은 실제 단말기 형태 구조의 SAR 측정결과와 가우시안 분포 모델 기반 합성결과를 기반으로 한 면제조건 분석 결과를 나타낸다. 1920 MHz 송신기와 2570 MHz 송신기가 동시에 동작하는 조건에서 가우시안 기반 면제거리 산정 기법의 타당성을 검증하기 위해 수행되었고, 단일 송신 조건에서 측정된 psSAR은 1920 MHz 송신기가 P3 위치에서 1.01 W/kg, 2570 MHz 송신기가 P4



[그림 9-5] 가우시안 모델 기반 SAR 위치 이동에 따른 합성결과 [2]

위치에서 1.824 W/kg으로 나타났다. 두 송신기의 피크는 서로 다른 위치에 존재하며, 상대적으로 높은 psSAR 값을 가진 2570 MHz 송신기가 전체 분포에 더 큰 영향을 미칠 가능성이 있다. 가우시안 기반 모델을 바탕으로 두 분포의 확산 특성과 크기를 분석한 결과, 두 SAR 분포가 서로의 피크 값을 5% 이상 증가시키지 않기 위해 필요한 이격거리는 약 42.8 mm로 산정되었다. 이 값은 두 송신기의 분포 중첩에 따른 SAR 증가량이 임계 수준 아래로 유지되기 위한 물리적 조건을 의미한다. 즉, 두 송신기의 중심 간 거리가 약 43 mm 이상이면 실제 합성 SAR이 단일 송신 SAR에 비해 의미 있게 증가하지 않는 것으로 판단된다. 실제 측정을 통해 모델의 예측 정확성을 검증하였고, 측정 결과 두 송신기의 피크 위치가 약 37.5 mm 떨어져 있는 조건에서도 합성 SAR 값은 1.459 W/kg으로 나타났으며, 이는 규제 기준인 1.6 W/kg을 충분히 만족한다. 특히 모델이 제시한 면제거리(42.8 mm)보다 더 작은 거리에서도 기준 이하의 SAR이 관측되었다는 점은 가우시안 기반 모델이 실제 상황을 과도하게 단순화하거나 낮게 예측하지 않고, 안전 측면에서 다소 보수적인 판단을 제공하고 있음을 보여준다. 이 사례는 가우시안 모델이 서로 다른 주파수와 안테나 배치를 가진 복합 노출 조건에서도 SAR 분포의 중첩 효과를 신뢰도 있게 예측할 수 있으며, 모델 기반 면제거리와 실측 결과 사이의 차이가 크지 않다는 점을 입증한다. 이를 통해 해당 모델이 동시노출 SAR 평가의 효율성을 높이기 위한 실용적인 도구로 활용될 수 있음을 확인할 수 있다.

## 제4절 결론

일반적으로 모바일 기기는 여러 송신기가 동시에

동작하는 구조를 갖기 때문에, 단일 송신 기반의 기존 SAR 평가만으로는 실제 사용 환경을 충분히 설명하기 어렵다. IEC/IEEE 62209-1528 표준은 네 가지 동시노출 평가방법을 제시하고 있으나, 가장 정확한 볼륨스캔 기반 측정은 시간과 비용이 상당하며, 다른 방법들은 보수성 또는 적용 범위 측면에서 한계를 가진다. 이에 따라 측정 부담을 줄이면서도 신뢰할 수 있는 평가방식에 대한 필요성이 지속적으로 제기되어 왔다.

본 기고문에서 살펴본 가우시안 기반 SAR 분포 모델링은 이러한 요구에 부합하는 대안이 될 수 있으며, SAR 분포가 주파수와 안테나 구조에 관계없이 가우시안 형태와 높은 유사성을 보인다는 점은, 두 송신기의 중첩 효과를 정량적으로 분석하고 면제거리를 산정하는 데 매우 유효한 기반이 될 수 있다. 본 접근법은 다양한 송신 조합을 빠르게 평가할 수 있어, 스마트폰과 같이 복합 송신 구조를 갖는 기기에서 측정 부담을 줄일 수 있을 것으로 예상되며, 향후 5G, 6G 시대의 다중 주파수, 다중 안테나 환경에서 적용 가능할 수 있도록 추가적인 연구가 필요하다.

## 참고문헌

- [1] IEC/IEEE 62209-1528, Measurement procedure for the assessment of specific absorption rate of human exposure to radio frequency fields from hand-held and body - worn wireless communication devices - Human models, instrumentation and procedures (Frequency range of 4 MHz to 10 GHz), 2020
- [2] 국립전파연구원, 고주파대역 신규전자파 흡수전력 밀도(APD) 등 전자파 인체영향 평가기술연구, 2025

- [3] Schmid & Partner Engineering AG (SPEAG)  
<https://speag.swiss/>
- [4] 국립전파연구원, 전자파 흡수전력밀도 등 전자파 인체노출량 평가기술연구, 2024
- [5] Bishop, C. M., Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2006
- [6] P.A. Zyla et al. (Particle Data Group), “Probability”, Progress of Theoretical and Experimental Physics, 2020

## 편집위원

김남(충북대학교)  
오택규(한국정보통신기술협회)  
문성원(휴먼아고스)  
권혁춘(삼성전자)  
허윤정(에이치시티)  
최형도(한국전자통신연구원)  
백정기(충남대학교)  
안준오(미래공학전파연구소)  
최진규(한국광기술원)  
김찬우(이지엔휴먼월드)  
주영준(이레테크)  
방진규(한국해양과학기술원)  
유병규(과학기술정보통신부 국립전파연구원)  
백기정(과학기술정보통신부 국립전파연구원)

## 편 집

유병규 주무관(과학기술정보통신부 국립전파연구원)  
진용화 책임(한국전파진흥협회 전파통신기술원)

## 2025년도 EMF 표준화 동향 보고서



과학기술정보통신부  
국립전파연구원

58323 전남 나주시 빗가람로 767

발 행 일 : 2025. 12

발 행 인 : 정창립

발 행 처 : 과학기술정보통신부 국립전파연구원

전 화 : 061) 338-4567

인 쇄 : 경성문화사 02) 786-2999

I S B N : 979-11-5820-286-6 93560 <비 매 품>



### | 주 의 |

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



# 2025년도 EMF 표준화 동향보고서



국립전파연구원

주소 우)58323 전라남도 나주시 빛가람로 767 | 홈페이지 [www.rra.go.kr](http://www.rra.go.kr)



한국전파진흥협회

주소 우)07969 서울특별시 양천구 목동중앙로13나길 3 | 홈페이지 [www.rapa.or.kr](http://www.rapa.or.kr)

