

제 출 문

본 보고서를 「ICT 융·복합 환경의 안전한 전자파 안전관리 방안 연구 용역」의 최종보고서로 제출합니다.

2025. 12. 10.

연구책임자 : 장 건 호(한국전파진흥협회)

공동연구원 : 김 홍 석(씨피에스테크)

연구원 : 임 재 훈(한국전파진흥협회)

진 동 수(한국전파진흥협회)

진 용 화(한국전파진흥협회)

김 노 경(한국전파진흥협회)

엄 호 경(한국전파진흥협회)

민 석 환(한국전파진흥협회)

서 용 훈(한국전파진흥협회)

지 민 구(한국전파진흥협회)

김 재 은(한국전파진흥협회)

고 윤 정(한국전파진흥협회)

조 성 민(한국전파진흥협회)

안 지 성(한국전파진흥협회)

조 성 민(씨피에스테크)

이 동 준(씨피에스테크)

김 대 호(씨피에스테크)

요약문

1. 과제명 : ICT 융·복합 환경의 안전한 전자파 안전관리 방안 연구
2. 연구 기간 : 2025. 04. 18 ~ 2025. 12. 10
3. 연구책임자 : 장 건 호
4. 계획 대비 진도

가. 월별 추진내용

(계획: 진도:)

[illegible]

세부내용	연구자	월별 추진계획										비고
		4	5	6	7	8	9	10	11	12		
4. 지능화 기기의 전자파 기준개발을 위한 국내·외 협업체계 구축 및 운영 • 전자파 분야(EMC/EMF) 기준전문위원회, 소위원회 및 특별연구반 등 운영 • 전자파인체보호 분야 제도·정책 개발 관련 전문위원회 구성·운영 지원 방안 마련 • 중장기 전자파분야 국제 공동 연구를 위한 아이템 발굴, 동향분석 회의 개최지원 • 전자파(EMF) 주요 전문 용어 분석 및 기술 설명서 마련	진동수 김노경 진용화 조성민											
5. 최종 연구결과보고서 작성	전체											
분기별 수행진도(%)		30			50			20				

나. 세부 과제별 추진사항

1) 생성형 AI를 활용한 맞춤형 EMC 정보제공 방안 마련 사전 연구

- 국내외 AI, ChatGPT 등 활용한 정보 번역·통합·분석·제공 시스템 개발·운용 사례 및 동향 조사
- 정보보안 대책, 시스템 구성도, 소요 예산 등 시스템 구현 체계 마련
- 개발 목적에 최적화된 시스템 구현 체계 연구
- 시범 운용을 위한 단독 서버 구축 및 테스트 실시

2) 복합설비 전자파 안전관리 체계 마련

- 설계·시공 단계 의료시설(혹은 스마트팜 등)에 대한 전자파 영향 분석 및 저감 대책 연구를 통한 복합설비 전자파 안전관리 가이드라인 실증
- ‘운용 단계 복합설비 전자파 안전관리 방안’ 추가를 통한 복합설비

전자파 안전관리 지침 보완

- 5G 광대역 전자파에 대한 전자파 측정·분석 및 광대역 방사내성 시험 방법 등의 연구를 통해 PSD 센서 내성기준·시험방법 및 PSD 전자파 안전관리 가이드라인 마련

3) 전자파 안전관리 교육·홍보 영상 제작

- 대국민의 전자파 안전관리 인식을 확산하고 전자파 안전성 제고를 위한 전자파 안전관리 교육·홍보 영상 제작

4) 전자파(EMC/EMF) 분야 산·학·연 전문가 협력체계 구축 및 운영

- 전자파 분야 기술기준 개발을 위한 관계부처, 이해관계들이 참여하는 EMC/EMF 분야 기준전문위원회, 소위원회, 특별연구반 등 운영·지원
- 전자파 인체보호 관련 제도, 정책 개발 및 연구 업무의 효율적 수행을 위한 전문위원회 구성·운영 지원 방안 마련
- 중장기 전자파 분야 국제 공동연구를 위한 아이템 발굴, 기술 동향 분석 및 관계 회의 개최지원
- 전자파(EMF 등) 주요 전문용어 분석 및 기술 설명서 마련

5. 기대효과

- 복잡·방대한 EMC 기준·시험방법, 적합성평가 정보 등을 사용자 맞춤형 정보로 가공, 신속 제공을 통해 국민이 신뢰할 수 있는 안전한 전자파 환경 조성
- ICT 융복합 시설에 대한 전자파 환경영향 평가분석을 통해 지능화기기 및 융복합 설비에 대한 전자파 안전 제고 및 관련 산업 활성화에 기여
- 신기술 적용 및 전자파 안전사고 대비를 위해 전자파 기준을 적시에 개발·보급하여 국민의 안전보호 및 산업 활성화에 기여

SUMMARY

본 연구는 급속한 디지털 전환과 ICT 융·복합 기기의 확산으로 인해 복잡해진 전자파 환경에 대응하기 위하여 생성형 AI 기반 EMC 정보제공 체계 구축, 복합설비전자파 안전관리 고도화, 전자파 안전관리 교육·홍보 제작, EMC·EMF 전문가 협업체계 강화 등 전자파 안전관리 전반의 체계를 마련하는 것을 목표로 수행되었다.

첫째, 생성형 AI를 활용한 맞춤형 EMC 정보제공 체계 마련을 위해 국내외 AI 기술 활용 사례를 조사하고 정보보안 대책·시스템 구성도·예산·로드맵을 마련하였다. 구체적으로는 표준·기술문서·민원자료 등을 통합·분석·번역하는 RAG 기반 서비스 구조를 설계하고, 온프레미스 시범 서버를 구축하여 문서 요약, 규제 비교, 전문용어 기반 번역 등에 대한 성능을 검증하였다. 또한 EMC 전문용어 사전과 문서 임베딩 DB 구축을 통해 신뢰도 높은 질의응답 기능과 정교한 정보 탐색 체계를 마련하였다.

둘째, 복합설비(스마트팜 등)에 대한 전자파 환경 측정 및 분석을 통해 설계·시공 단계에서의 전자파 안전관리 가이드라인을 실증하였다. 스마트팜 시설 시공 전·후 주요 장비·설비의 운전 조건에 따른 전자파 영향도를 분석하였으며, 이를 기반으로 기존 설계·시공 중심의 지침에 ‘운용 단계’ 안전관리 방안을 추가하여 KS C 9996 개정(안)을 마련하였다. 또한 5G 광대역 환경에서의 승강장안전문 센서 내성 기준 및 시험방법을 연구하여 전자파로 인한 오동작 방지를 위한 측정 구성, 세부 시험 절차 및 가이드라인을 제시하였다.

셋째, 전자파 안전관리 인식 제고를 위해 대국민 교육·홍보 영상을 제작하여 전자파 개념, 안전관리 필요성, 전자파 오동작 사례, 생활환경 전자파 관리 방법 등을 이해하기 쉽게 제공하였다.

넷째, EMC·EMF 전문가 협업체계 구축을 위해 기준전문위원회, 소위원회, 특별연구반을 운영하고, 신기술 제품(자율주행·로봇·차세대 통신 등)에 대한 기준·시험방법 마련을 지원하였다. 또한 국제표준 동향 분석, 기술 용어 정비, 공동 연구 아이템 발굴 등을 추진하여 국내 전자파 제도의 전문성과 국제적 정합성을 강화하였다.

목 차

제 1 장 서 론	6
제 1 절 연구의 목표	1
제 2 절 연구 사업의 필요성	2
제 2 장 생성형 AI를 활용한 맞춤형 EMC 정보제공 방안 마련 사전 연구 ..	7
제 1 절 국내·외 AI, ChatGPT 활용 시스템 개발·운용 사례 및 동향 조사	7
1. 국내·외 사례(정보번역·통합·분석·제공 등) 조사	7
제 2 절 정보보안 대책, 시스템 구성도, 소요 예산 등 시스템 구현 체계 마련	9
1. 정보보안 대책 수립	9
2. AI 시스템 구성도 제시	10
3. 소요 예산 조사	13
제 3 절 개발 목적에 최적화된 시스템 구현 체계 연구	15
1. 사용자 요구사항 분석	15
2. 모델 선정 및 품질 관리 방안 제시	15
3. AI 윤리 및 법적 이슈 고려	22
제 4 절 시범 운용을 위한 단독 서버 구축(대여) 및 테스트 실시	24
1. 시범 환경 구축 방안	24
2. 시범 테스트 계획	25
제 3 장 복합설비 전자파 안전관리 방안 연구	27

제 1 절 설계·시공 단계 복합시설(설비) 전자파 안전관리 가이드라인 실증	27
1. ICT 용·복합시설의 전자파 환경 영향 측정 및 분석	27
제 2 절 ‘운용 단계’ 추가한 복합설비 전자파 안전관리 지침 보완	35
1. 복합설비 전자파 안전관리 지침(KS C 9996) 개정(안) 마련	35
제 3 절 PSD 센서 내성기준·시험방법 및 전자파 안전관리 가이드라인 마련	38
1. 광대역 방사 내성 시험방법 검증	38
2. PSD 레이저 센서 전자파적합성 기준 개정(안) 마련	42
3. 전자파 안전관리 교육·홍보 영상 제작 및 배포	44
제 4 장 지능화 기기의 전자파 기준 개발을 위한 국내·외 협업체계 구축·운영	46
제 1 절 전자파 분야(EMC/EMF) 기술기준 개발을 위한 협의체 운영	46
1. EMC 기준전문위원회 및 산하 소위원회 운영	46
2. EMC 기준전문위원회 및 산하 소위원회 운영	50
3. 전자파인체보호위원회 및 산하 위원회의 구성	74
4. 전자파인체보호위원회 및 산하 상설, 특별 위원회 운영	77

표 목 차

<표 2-1> 국·내외 생성형 AI 활용 사례	7
<표 2-2> 아키텍처별 장단점 및 소요 예산	13
<표 2-3> 서버 1대 당 최대 사용자 수	14
<표 2-4> 데이터 구조화 절차	21
<표 2-5> 시범운용 워크스태이션 사양	24
<표 2-6> 클라우드 GPU 서버	25
<표 3-1> 측정 주파수 대역 및 측정 사진	29
<표 3-2> 측정 신호 분석	29
<표 3-3> 측정 사진	31
<표 3-4> 측정 신호 분석	32
<표 3-5> 운용 단계 복합설비 전자파 안전관리 방안 필요성	36
<표 3-6> 전자파 안전관리 지침(KS C 9996) 개정(안)	38
<표 3-7> 5G 송신신호 조건	39
<표 3-8> 5G 이동통신 기지국 출력별 전계강도 측정 결과	40
<표 3-9> PSD 기술기준 개정(안) 마련을 위한 시험구성	41
<표 3-10> PSD 기술기준 개정(안) 마련을 위한 시험방법 검증 결과	41
<표 3-11> 승장강안전문(PSD) 레이저 센서 전자파적합성 기준 개정(안) ...	43
<표 3-12> 멀티미디어 기기 전자파 내성 시험방법 개정(안)	43
<표 3-13> PSD 센서 설치 가이드라인	44

<표 3-14> 전자파 안전관리 홍보영상	44
<표 4-1> 기준전문위원회 주요 추진 사항	51
<표 4-2> A소위원회 주요 추진 내용	54
<표 4-3> B소위원회 주요 추진 내용	57
<표 4-4> 자동차 부품 시험장 평가방법 검증 시험결과	59
<표 4-5> 자동차 부품 시험장 평가방법 2차 검증 시험결과	60
<표 4-6> F소위원회 주요 추진 내용	62
<표 4-7> H소위원회 주요 추진 내용	65
<표 4-8> I소위원회 주요 추진 내용	67
<표 4-9> I소위원회 주요 추진 내용	68
<표 4-10> TA소위원회 주요 추진 내용	70
<표 4-11> TB소위원회 주요 추진 내용	71
<표 4-12> 2025년 전자파적합성(EMC) 합동 워크숍	73
<표 4-13> IEC TC106 산하 분과위원회 현황	86
<표 4-14> 주요국의 인체 팬텀 설계 및 평가기술 연구결과	87
<표 4-15> KS X 3099 및 KS C 3350 비	92
<표 4-16> ‘25년도 상반기 생활환경 및 차단제품 전자파 측정 선정 목록 ..	98
<표 4-17> ‘25년도 하반기 측정 대상 목록(총 35개)	99

그 립 목 차

[그림 1-1] AI 기반 민원 처리 서비스 도입 사례	2
[그림 1-2] AI 활용한 과학기술 연구개발 사업 관련 자료	3
[그림 1-3] 전파산업 성장의 메커니즘	4
[그림 1-4] 지능정보사회에서의 전자파 영향성 모식도	5
[그림 1-5] 복합시설(데이터센터) 전자파 민원 관련 보도자료	5
[그림 1-6] 연구사업 협업체계 구성도	6
[그림 2-1] 국내 생성형 AI 활용 대표사례	8
[그림 2-2] 해외 생성형 AI 활용 대표사례	8
[그림 2-3] 정보보안 대책 예시	9
[그림 2-4] AI 시스템 구성도	10
[그림 2-5] 용어집 및 표준 문서 텍스트/표/수식 전처리	11
[그림 2-6] 표준 문서 이미지 전처리	12
[그림 2-7] 임베딩 원리	12
[그림 2-8] 인프라스트럭처 아키텍처	13
[그림 2-9] 모델별 성능 평가	16
[그림 2-10] 각 모델의 번역 성능 결과	17
[그림 2-11] 각 모델의 두 문서 간 비교 성능 결과	17
[그림 2-12] 각 모델의 세 문서 간 비교 성능 결과	18
[그림 2-13] 파인튜닝된 GPT 4o 문서 비교 성능 결과	19
[그림 2-14] 사용된 파인튜닝 기법	20

[그림 2-15] EMC 전문용어/정의 사전 구축	20
[그림 2-16] 답변 생성 파이프라인	22
[그림 2-17] 시범 운용 환경 (온프레미스/클라우드)	24
[그림 2-18] 시범 운용 환경 - 응답 속도 테스트	25
[그림 3-1] ICT 융복합 기술이 집약된 스마트팜 예시	27
[그림 3-2] 육계 스마트팜 조감도 및 시설 주요 구성	28
[그림 4-1] EMC 기준전문위원회	46
[그림 4-2] 전자파인체보호위원회 구성도	74

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 목표

가. 생성형 AI를 활용하여 EMC 기준·시험방법, 적합성평가 정보 등을 번역·통합·분석·가공하여 사용자 맞춤형 정보를 신속하게 제공할 수 있는 시스템 개발 방안 마련

전자파적합성 기준 관련 정보를 보다 체계적으로 관리하고 활용하기 위한 기반 마련을 위해 국제표준의 통합·분석 및 번역 기능 개발을 비롯하여, 국제표준과 국가표준 간 비교·분석 기능 개발을 추진하였다. 또한, 산발적으로 규정되어 있는 23종의 전자파적합성 기준을 일관된 체계로 정비할 수 있는 방안을 마련하였으며, 국민신문고, KSDB¹⁾ 등에서 수집된 민원 답변 자료(PDF)와 적합성평가 관련 원 데이터를 통합·분석하고, 사용자 요청에 따라 맞춤형 정보를 제공할 수 있는 기능 개발 방안도 함께 제시하였다.

나. 복합설비 전자파 안전관리 체계 마련

복합설비의 전자파 안전관리 체계의 완결성을 확보하고 ICT 융·복합 환경에서의 전자파 안전성을 제고하기 위한 실증적 기반을 마련하는 데 중점을 두었다. 이를 위해 복합설비를 대상으로 한 전자파 안전관리 가이드라인의 실증을 통해 관리체계의 실효성을 높였으며, 기존 설계·시공 단계 중심의 전자파 안전관리 지침에 운용 단계에서의 관리 방안을 추가하여 전 주기적 안전관리 체계를 강화하였다. 아울러, 승강장안전문 센서의 전자파 내성기준과 시험방법, 안전관리 제도에 대한 연구를 수행함으로써 철도 승강장 내에서의 전자파 안전성을 확보하고자 하였다.

다. 전자파 안전관리 교육·홍보 영상 제작 및 배포

대국민 전자파 안전관리 인식 확산을 통한 전자파 안전성 제고를 위해 전자파 안전관리 교육·홍보 영상을 제작하고 배포하고자 한다.

1) 전자파적합성 평가와 관련된 다양한 기술 검토서, 인증 면제 대상, 평가 방법 등에 대한 정보를 체계적으로 관리하고 제공하는 데이터베이스(과학기술정보통신부 국립전파연구원)

라. 전자파(EMC/EMF) 분야 산·학·연 전문가 협력체계 구축 및 운영

국내 전자파적합성(EMC) 제도의 체계적 정비와 글로벌 경쟁력 강화를 목표로 추진되었다. 이를 위해 EMC 기준과 국가표준을 정비하고, 국내 기술 수준과 산업 현황을 분석하였으며, 신기술 제품에 적합한 EMC 기준 및 시험방법을 마련함으로써 제도의 실효성을 높이고자 하였다. 또한, 국제표준 동향을 지속적으로 분석하고, 주요 국제표준 이슈에 대한 전략적 대응 방안을 마련함으로써 우리 산업의 국제적 대응 역량을 강화하고 글로벌 시장에서의 경쟁력 확보 기반을 구축하였다.

제 2 절 연구 사업의 필요성

가. 디지털 혁명 가속화로 다양한 신기술기기 등이 개발되고 있으며 EMC 관련 규정이 복잡·방대해짐에 따라 이에 대한 관리 및 정보 접근에 어려움 발생

AI는 방대한 데이터를 기반으로 복잡한 작업을 높은 정확도와 빠른 속도로 처리함으로써 시간과 비용을 절감하고 전반적인 업무 효율성을 극대화할 수 있는 획기적인 기술로 부상하고 있다. 정부 또한 AI를 국가 경쟁력을 좌우할 핵심 기술, 즉 기술 패권의 핵심으로 인식하고 있으며, 초거대 생성형 AI의 도입 및 활용을 통해 행정의 효율성을 제고하고 대국민 서비스의 혁신을 이루는 등 공공분야 전반에서 인공지능의 일상화 확대를 적극적으로 추진하고 있다.



국민권익위원회
Anti-Corruption & Civil Rights Commission

보도자료

보도시점 : 2025. 6. 30.(월) 08:30 배포 : 2025. 6. 30.(월) 08:30

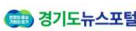
“국민신문고, 생성형 인공지능(AI) 도입”... AI 기반 민원 서비스 혁신 시동

- 국민권익위, 국산 대형언어모델 기반 생성형 AI 서비스 시범 개시
- 향후 다양한 민원 업무에 AI 기술을 접목하여 서비스 고도화 지속 추진

☐ 국민신문고 시스템에 생성형 인공지능(AI)을 도입하여 더욱 신속하고 효율적인 민원 처리가 이루어질 것으로 기대된다.

국민권익위원회(위원장 유철환, 이하 국민권익위)는 오늘(30일) 생성형 AI 기반으로 처리기관의 민원 답변문 작성 지원 서비스와 다국어 민원 번역 서비스를 개시했다고 밝혔다.

☐ 국민권익위는 국민이 행정기관을 직접 방문하지 않고 온라인에서 민원·국민제안 등을 신청해 그 결과를 누리집이나 이메일로 확인할 수 있는 국민신문고 시스템을 운영하고 있다.



경기도뉴스포털

보도자료 경기뉴스룸 소통참여마당

보도자료 보도자료

경기도, '홈페이지 AI 에이전트 기반 챗봇 서비스'로 도민의 정보 접근성과 AI 행정 서비스 향상 기대

○ 5일 '경기도 홈페이지 생성형 AI 챗봇 서비스 구축 사업' 착수보고회 개최
○ 이용률이 높고 파급효과가 큰 고사공고, 복지 서비스, 주요 정책, 채용 정보 우선 적용

담당부서 AI미래정책과 연락처 031-8008-3981 2025.06.05 07:00:00

이르면 오는 11월을 경기도 홈페이지에 AI 에이전트 기반 챗봇 서비스가 도입돼 도민들의 홈페이지 이용이 더 편리해진다.

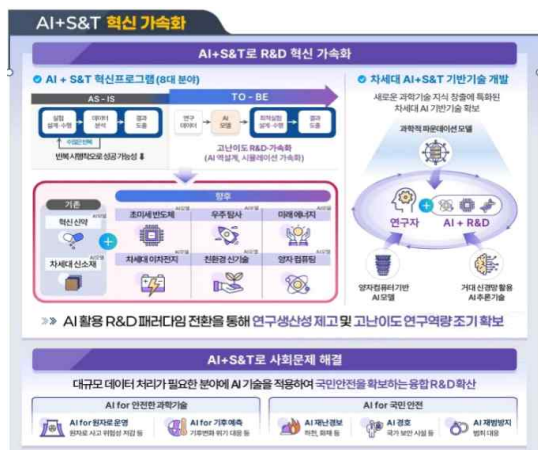
경기도는 5일 착수보고회를 열고 이런 내용을 담은 '경기도 홈페이지 생성형 AI 챗봇 서비스 구축 사업'의 시작을 알렸다.

AI 에이전트 기반 챗봇은 우선 이용 빈도가 높은 고사 공고, 복지 서비스, 도 주요 정책, 채용 정보 분야에 적용되며, 이후 사용자 반응과 성과를 바탕으로 분야를 확대해 나갈 계획이다.

기존 홈페이지는 원하는 정보를 검색하고 일일이 게시글을 열람·확인해야 하는 번거로움이 있었다. 또한 한국어 중심의 정보 제공에 따라 외국인의 접근이 제한됐다.

[그림 1-1] AI 기반 민원 처리 서비스 도입 사례(출처 : 권익위, 경기도뉴스포털)

국내외 표준화 활동과 신속한 정보제공 등 행정업무의 효율화와 대국민 서비스 품질 향상을 위해 AI 기반의 EMC 정보 관리 체계 마련이 요구되고 있다. 이에 국내외 주요국의 AI·ChatGPT 등을 활용한 정보 번역·통합·분석·제공 시스템 개발 사례 분석이 선행적으로 이루어져야 한다.



과기정통부, 민관협력을 기반으로 공공 분야 인공지능 도입·확산 가속화

- 2025년 「부처협업 기반 인공지능 확산 사업」 신규과제 착수보고회 개최 -

과학기술정보통신부(장관 유상엽, 이하 '과기정통부')는 정부 부처와 협력하여 공공 분야에 인공지능(AI)을 접목하는 「부처협업 기반 인공지능 확산 사업」의 신규과제 착수 보고회를 6월 18일(수) 정보통신산업진흥원(원장 박윤규, 이하 'NIPA')에서 개최하였다.

과기정통부는 2022년부터 국가 인공지능 대전환(AX)의 일환으로 다양한 공공 분야에 적용할 수 있는 인공지능 서비스를 개발·실증하는 '부처협업 기반 인공지능 확산 사업'을 추진 해왔다. 동 사업은 민간과 부처가 함께 협력하여 국민이 체감할 수 있는 혜택을 제공하고 공공 업무를 효율화할 수 있는 인공지능 서비스를 개발·실증하는 것을 목표로 한다. 부처는 서비스 개발에 필요한 데이터와 실증 환경을 제공하고, 기업은 인공지능 서비스를 개발하며, 현장 실증을 거쳐 서비스의 공공 분야 도입을 추진한다.

[그림 1-2] AI 활용한 과학기술 연구개발 사업 관련 자료(출처 : 과기정통부)

나. 디지털 대전환의 가속화, 전파 활용도 급증, 다양한 신기술 제품 출시 및 융·복합 기기의 밀집·설치·운용 등에 따라 새로운 전자파 환경에 적합한 안전관리 마련 필요

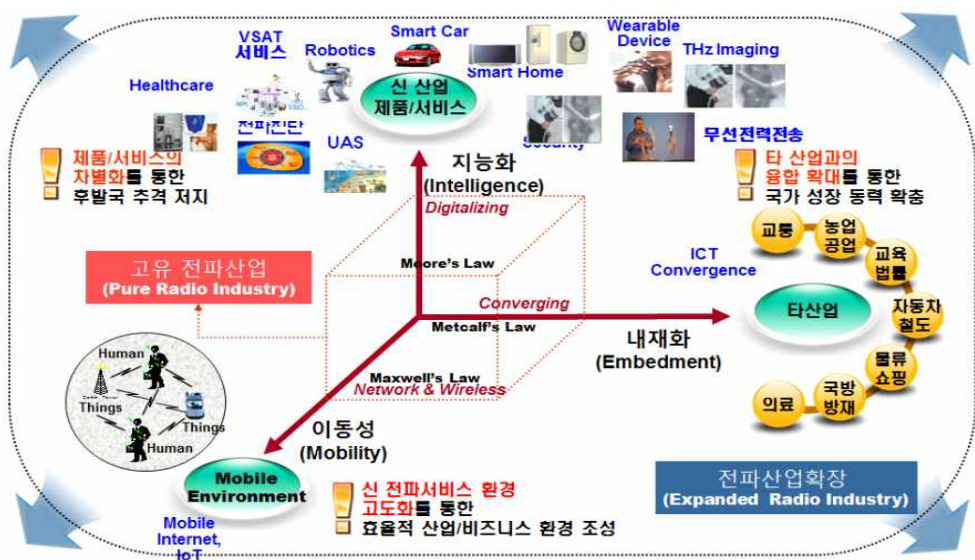
전자파 기준을 충족하는 개별 기기들이 복합적으로 설치·운용되는 환경에서는 예상치 못한 전자파 간섭으로 인한 기기 오동작이 발생할 수 있어, 이에 대한 새로운 전자파 안전성 확보 방안 마련이 필요하다.

과학기술정보통신부는 이러한 문제에 대응하기 위해 데이터센터, 대형전광판 등 대형설비를 대상으로 한 전자파 안전관리 가이드를 제4차 전파진흥기본계획(‘24.10)을 통해 발표하였으며, 이를 통해 대규모 전자파 발생 시설에서 주변 기기의 오작동을 방지하고 외부 전자파로 인한 기기 오동작 예방, 전자파 관리책임자 지정, 문서 기록·관리 방법 등을 구체적으로 제시하였다. 또한, 병원 내 무선제품(Bluetooth, Wi-Fi 등) 사용이 증가함에 따라 신의료기기에 미치는 전자파 영향 분석 및 맞춤형 안전관리 방안 마련도 함께 추진되고 있다.

아울러 과학기술정보통신부는 디지털 전환 시대를 대비하여 차세대 통신, 첨단로봇, 사이버보안 등 5대 분야에 대한 임무 중심 전략로드맵을 수립·의결하고, ICT

융·복합 기기의 확산에 따른 전파기기 이용 산업의 성장과 함께 다양한 주파수 대역에서의 전파 이용 수요 증가와 5G/6G·Wi-Fi 6E·사물인터넷 등 다양한 무선통신 기술의 도입으로 전파 밀집도가 높아지는 복잡한 전파 환경에서의 간섭 피해 예방을 위한 선제적 대응의 중요성을 강조하고 있다.

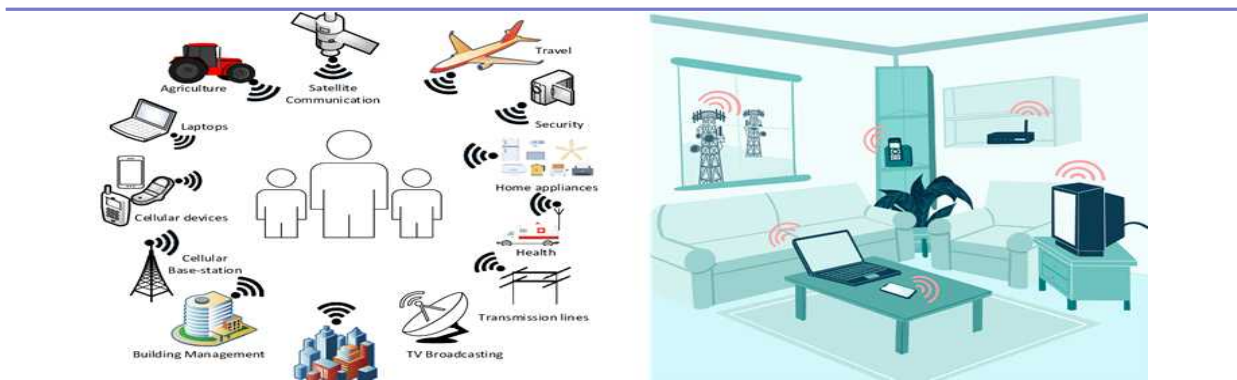
☞ 다양한 융복합 디바이스의 출현으로 전파의 이용 밀집도가 높아짐에 따라 제품이 실제 사용되는 복잡한 전파환경에서의 간섭영향 분석 및 제어기술 등 대책 마련 필요



[그림 1-3] 전파산업 성장의 메커니즘

전자파 안전관리 측면에서, 각종 전기·전자제품이 개별적으로 EMC 인증을 받았더라도 이들 제품이 시스템 단위로 구성되어 운용될 경우 전자파의 양상이 변화하게 되며, 단품으로는 적합성을 입증한 제품이라도 결합된 환경에서는 전자파 오동작이나 간섭 등 새로운 문제가 발생할 수 있다.

특히, 지능정보사회로의 진입과 함께 초공간·초연결 기반의 전파환경이 확산되면서, 다양한 기기 간의 혼선·간섭·교란 등으로 인한 전자파 피해 가능성이 증가하고 있어, 이러한 복합 전파환경에 대한 선제적 대응이 반드시 요구된다.



[그림 1-4] 지능정보사회에서의 전자파 영향성 모식도

국민이 신뢰할 수 있는 안전한 전자파 환경을 조성하기 위해서는 융·복합 시설을 대상으로 한 전자파(EMC/EMF) 환경영향 평가와 정밀한 분석이 필수적이다.

특히, 설계·시공 단계부터 복합시설 내부의 다양한 시스템에서 발생할 수 있는 전자파로 인한 기기 및 설비의 오동작을 방지하기 위해 전자파 대응 중심의 안전관리 체계를 강화할 필요가 있다. 이는 5G, IoT/USN, Wi-Fi 등 무선통신 기술과 각종 센서, 전자제품 등 다양한 유·무선 기반 시설이 복합적으로 설치되는 환경에서 시스템 간 전자파 간섭 문제가 안전사고로 이어질 수 있는 위험성을 내포하고 있기 때문에 복합적인 전자파 문제에 대한 사전 검증과 체계적인 안전성 확보 방안이 요구된다.

다. 새롭게 추가되는 EMC 기준·시험방법 및 복합시설의 전자파 안전관리 방안에 대한 교육·홍보를 통해 대국민 전자파 안전관리 인식 제고 필요



“전자파 맞으며 살라고?” 근거없는 괴담에 정치권도 가세, 데이터센터 공사 중단(25.2.25)

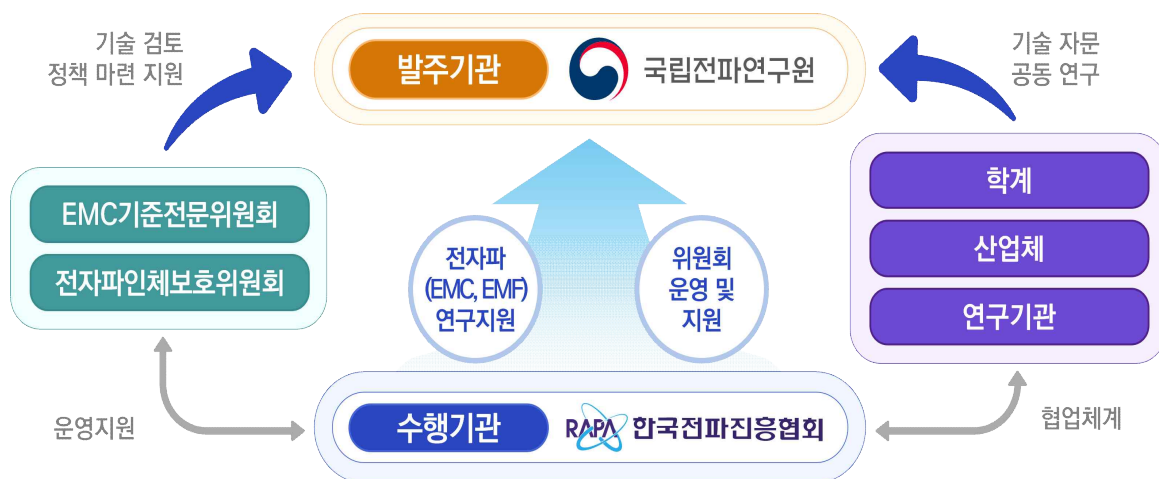
[그림 1-5] 복합시설(데이터센터) 전자파 민원 관련 보도자료(출처 : 매일경제)

라. 국제표준 선점을 위한 국가 간 기술패권 경쟁 심화 및 신기술 출현에 따라 EMC 기준 및 국가표준 전문성 고도화에 대비한 전문가 협업체계 마련

☞ 국내외 기술과 국제표준 동향을 파악하고 국제표준 부합화를 추진하기 위하여 국내 전자파적합성, 전자파인체보호 분야 산·학·연·관 전문가 협업체계 마련 필요

전자파 관련 주요 이슈에 효과적으로 대응하기 위해 전자파적합성(EMC)과 전자파 인체보호(EMF) 분야별 전문가로 구성된 위원회를 조직하여 주요 현안에 대한 의견을 수렴하고 이를 기반으로 대응 전략을 마련할 필요가 있다.

이를 위해 EMC 기준 및 국가표준의 정비, 국내 기술 현황 분석, 신기술 제품에 적용 가능한 EMC 기준과 측정방법 마련 등 산·학·연 전문가들의 자문과 협력이 필수적이며 국제표준 선점을 통한 글로벌 경쟁력 강화를 목표로 국제표준 동향을 면밀히 분석해야 한다. 이에 따른 국제표준화 활동을 위해 다양한 분야의 전문가들이 긴밀히 협력하는 한편 국내외 전자파 관련 주요 현안에 대한 이슈 대응 연구를 지속적으로 수행하여 안전하고 신뢰할 수 있는 전자파 환경 구축에 기여하고자 한다.



[그림 1-6] 연구사업 협업체계 구성도

제 2 장 생성형 AI를 활용한 맞춤형 EMC 정보제공 방안 마련 사전 연구

제 1 절 국내·외 AI, ChatGPT 활용 시스템 개발·운용 사례 및 동향 조사

1. 국내·외 사례(정보번역·통합·분석·제공 등) 조사

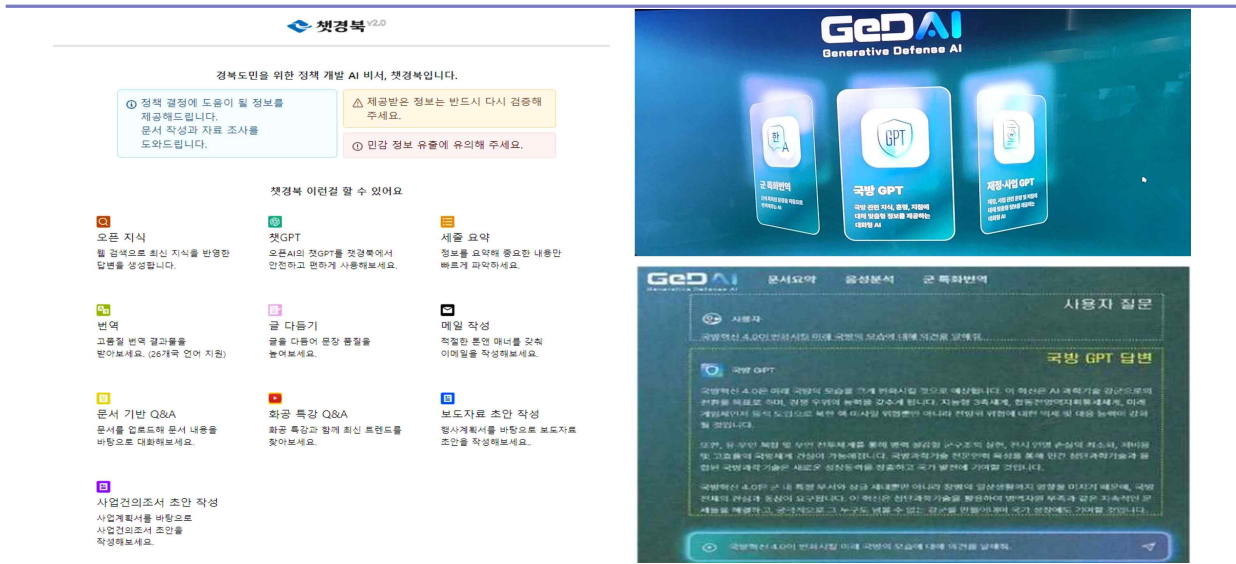
<표 2-1> 국·내외 생성형 AI 활용 사례

국내 사례	해외 사례
• 경찰청 AI 수사도우미· AI 조서 시스템 • 과기부 AI 법률 보조 서비스 • 문체부 생성형 AI 기반 i-세종학당 • 경상북도 챗경북 • 국방부 GeDAI • 특허청 상표 식별력 판단을 위한 AI 모델 • 관세청 생성형 AI 관세 행정 적용 방안 연구 • LG CNS 금융권 LLM • 울거나이즈 금융 LLM 리더보드 • 마인즈앤컴퍼니 보험 AI	• 미 육군 CamoGPT • 미 해군 Amelia & 미 공군 NIPRGPT • 미국 LawLLM • 싱가포르 PAIR 및 VICA • 인도 AI 챗봇 • UAE TelecomGPT • Will • TelcoGenAI • Compliance Gate AI • 일본 미쓰이스미토모 생명

가. 국내 대표 사례 및 운용 현황 조사를 통해 기술 동향 파악

경상북도 챗경북이라는 GPT 기반 LLM을 통해 생성형 AI기반 행정업무 지원 서비스(예 : 보도자료 및 사업건의조서 작성, 질의응답 서비스 등)를 제공한다.

국방부에서는 GeDAI이라는 오픈소스 sLLM에 방대한 국방 데이터를 학습시켜 우리 군에 적합한 정보로 가공(군 내부 규정, 훈련 지침, 문서 작성)하여 제공한다.

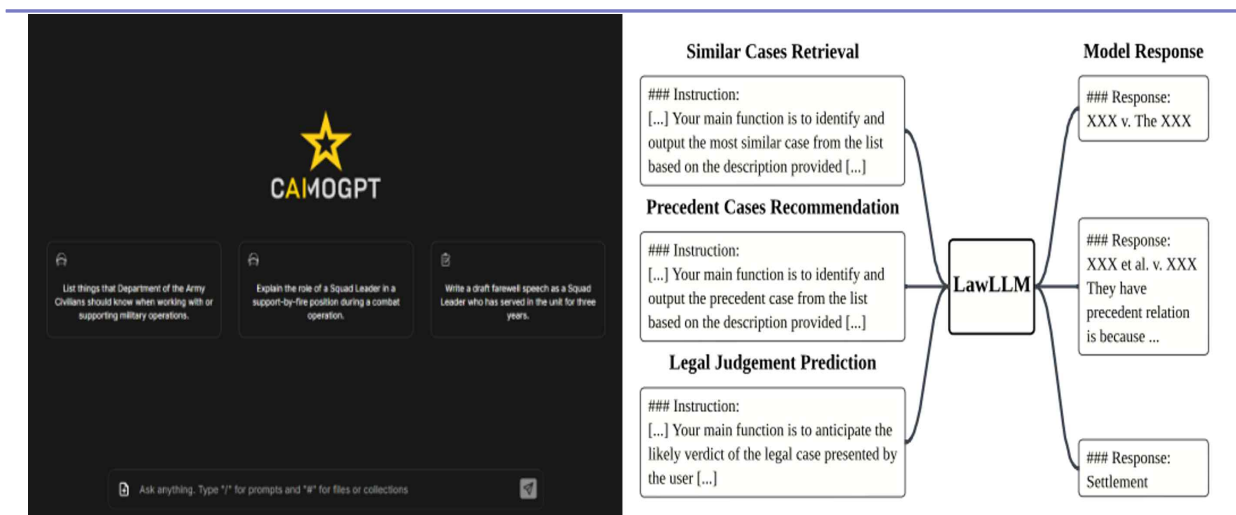


[그림 2-1] 국내 생성형 AI 활용 대표사례

나. 해외 대표 사례 및 운용 현황 조사를 통해 기술 동향 파악

미 육군의 CamoGPT는 GPT 기반 LLM을 통한 문서 요약·생성·번역, 기밀정보 처리 업무 지원하여 미 육군의 업무 생산성을 향상시키고 있다.

미국 LawLLM은 Gemma-7B 모델을 통해 전문용어와 판례 기반 복잡한 논리 구조를 학습시켜 판결 분석 자동화 등 미국 법률 시스템에 특화된 다중 업무 지원을 수행하고 있다.



[그림 2-2] 해외 생성형 AI 활용 대표사례

제 2 절 정보보안 대책, 시스템 구성도, 소요 예산 등 시스템 구현 체계 마련

1. 정보보안 대책 수립



[그림 2-3] 정보보안 대책 예시

가. 정보보안 예상 취약점

현재 시스템은 보안 관리 측면에서 여러 취약점을 내포하고 있다. 먼저, EMC 관련 기술 문서와 인증 데이터에 대한 무분별한 접근이 가능하고 사용자 및 관리자 권한 설정이 체계적으로 이루어지지 않아, 민감한 정보가 외부로 유출될 위험이 존재한다.

또한 개인정보와 인증 정보 등 민감 데이터가 암호화되지 않은 채 저장될 경우, 유출 시 심각한 피해가 발생할 수 있는 잠재적 위험이 크다. 더불어, 시스템 접근 이력과 AI 모델 활용 내역에 대한 실시간 로그 모니터링 체계가 미흡하여 이상 행위가 발생하더라도 신속한 대응과 추적이 어렵다. 마지막으로, 정기적인 보안 점검과 취약점 테스트(Penetration Test)가 이루어지지 않아 최신 공격 기법에 대한 사전 대응이 부족한 상황이다.

나. 대책방안

첫 번째로 접근 통제 및 계정 관리 측면에서는 사용자와 관리자 권한을 명확히 구분하여 민감 정보 접근을 제한하고, 로그인 기능을 도입해 인증 및 인가 체계를 확

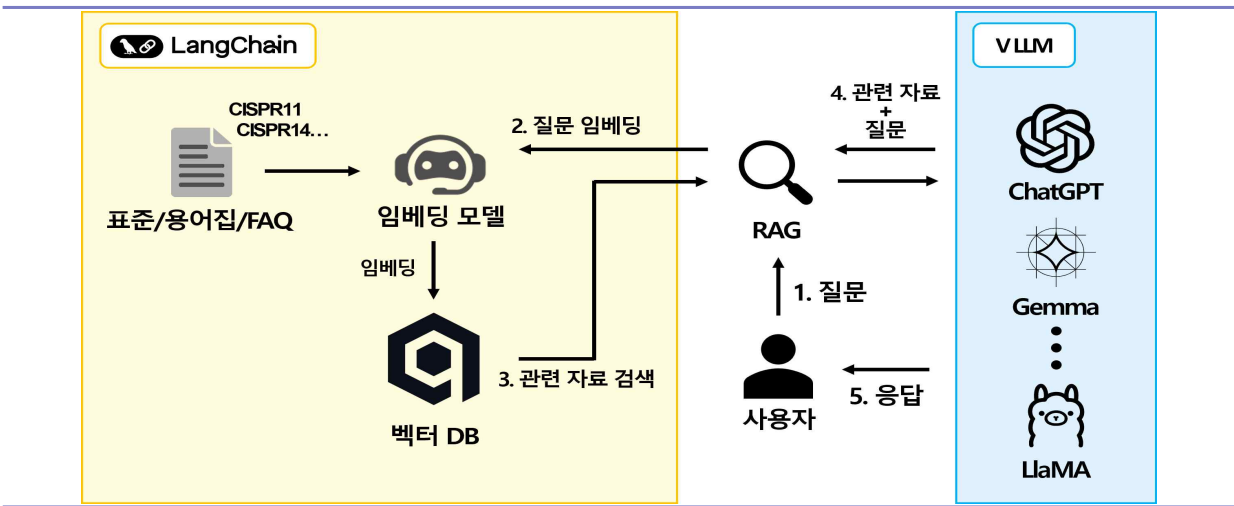
립할 수 있다. 또한 사용자별 접근 이력을 기록하여 사후 감사가 가능하도록 구현하였으며, 현재 로그인 인증·인가 기능 개발을 완료하여 적용을 하였다.

두 번째로 데이터 보안 강화를 위해 민감 정보는 저장 시 AES, RSA 등의 알고리즘을 활용해 암호화하고, 전송 구간에는 SSL/TLS 기반의 보안 통신을 적용하였다. 가입자 개인정보와 비밀번호는 해시(hash) 기반으로 안전하게 저장하며, 데이터베이스 암호화 기능도 구현을 완료하였다.

세 번째로 로그 모니터링 및 감사 체계 구축을 위해 시스템 접근 로그와 AI 모델 사용 로그를 중앙에서 통합 모니터링하고 이상 행위 탐지와 경고 기능을 포함하도록 하였다.

마지막으로, 보안 유지·강화를 위해 정기적인 보안 점검과 모의 해킹(PenTest)을 수행하고, 프롬프트 인젝션 등 최신 보안 위협을 반영한 시나리오 테스트를 실시하여 점검 결과를 토대로 보안 정책과 시스템을 지속적으로 보완할 예정이다.

2. AI 시스템 구성도 제시



[그림 2-4] AI 시스템 구성도

가. RAG

검색을 통해 신뢰할 수 있는 정보를 확보하고 이를 기반으로 답변을 보장함으로써 생성형 언어 모델에서 관측되는 환각(Hallucination)을 줄이고 특정 도메인에 대한 일관된 답변을 생성하게 하는 기법이다.

표준 및 용어집은 임베딩 모델을 거쳐 벡터 DB에 저장되기 전에 데이터 전처리 과정을 거치며, 이 과정에서 데이터는 분석 및 처리를 위한 최적의 형태로 변환된다. 특히, 국내외 전자파 표준 문서에 포함된 텍스트와 이미지는 RAG 시스템에 적합한 형태로 변환된다.

EMC 용어집의 경우 전문용어에 대한 차별화된 번역 성능을 확보하기 위해 각 용어와 해당 용어의 국문·영문 정의를 하나의 용어집 형태로 통합 구성한다. 문서 내 텍스트는 제목과 문단을 명확히 식별할 수 있도록 마크다운(markdown) 형태로 변환하며 표와 수식과 같은 복잡한 요소는 별도의 방식으로 처리한다. 표는 웹페이지 구조를 정의하는 마크업 언어인 HTML로 변환하고, 수식은 마크다운 형태로 작성하여 AI가 문맥을 정확하게 이해할 수 있도록 한다.

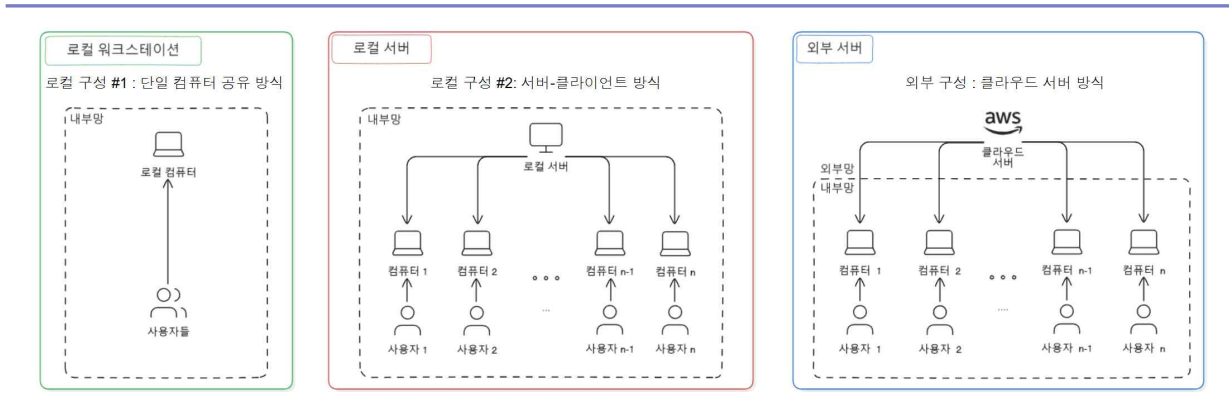
전문용어 영한 색인 **국문 및 영문 정의**

1) 운영 제한	한정된 공간으로 한정되는 포트	1) 운영제한	
2) a.c. power port: 교류전원 포트	전원 공급회로로 연결되는 포트	2) a.c. power port: 교류전원 포트	
absorber lined shielded enclosure: 전자기 흡수체가 부착된 차폐실	(내부 전자기 벽이 무선 차폐를 흡수하는 재료로 되어있는 차폐실)을 의미한다	absorber lined shielded enclosure: 전자기 흡수체가 부착된 차폐실	
absorber-lined OATS/SAC, 흡수체 배치가 있는 개방형/폐쇄형 안테나	흡수체와 포트에 흡수체 부착된 개방형/폐쇄형 안테나	absorber-lined OATS/SAC, 흡수체 배치가 있는 개방형/폐쇄형 안테나	
absorbing camp measurement method: 흡수 캠프 측정 방법	파장/주기 이하의 크기로 주파수 지수를 고려한 흡수 캠프 측정장치를 이용하여 시험(시뮬레이션 기법)을 행한 것을 지칭하는 방법	absorbing camp measurement method: 흡수 캠프 측정 방법	
absorbing camp test site: 흡수 캠프 시험장	시험장 측 측벽면의 흡수율에 영향을 받지 않는 시험장	absorbing camp test site: 흡수 캠프 시험장	
AC mains power port: 직류 전원 포트	주 전원 회로로 연결되는 포트	AC mains power port: 직류 전원 포트	
acoustic interface: 음향 접속	음향 인터페이스	acoustic interface: 음향 접속	
	변환 또는 고정		
	속도(스위칭/클럭주파수)에 따라 달라지는 전자 부품을 포함하는 전자회로		
active electronic circuit: 능동 전자회로	주 1. 능동 회로 또는 능동 전자회로이다. 주 2. 능동 회로 또는 능동 전자회로에 의해 생성된 전자 부속이 생성되는 능동 회로이다. 주 3. 능동 전자회로는 3.3.1에서 정의된 제 2 섹션 속도는 사용된다. 주 4. 능동 전자회로는 3.3.1에서 정의된 제 2 섹션 속도는 사용된다.	active electronic circuit: 능동 전자회로	

[그림 2-5] 용어집 및 표준 문서 텍스트/표/수식 전처리

또한, 문서 내의 이미지 위치를 알려주기 위한 데이터와 이미지에 대한 설명으로 표로 작성한다.

3. 소요 예산 조사



[그림 2-8] 인프라 스트럭처 아키텍처

가. 인프라 구성도 및 소요 예산

<표 2-2> 아키텍처별 장단점 및 소요 예산

	로컬 구성 #1	로컬 구성 #2	외부 구성
장점	- 데이터가 내부에 저장되어 보안 관리에 용이 - 초기 구축 및 운영 비용이 낮음	- 데이터가 내부에 저장되어 보안 관리에 용이함 - 여러 사용자가 동시에 사용 가능함 - 사용자가 장소에 관계없이 동시에 접속 가능함	- 여러 사용자가 동시에 사용 가능함 - 사용자가 장소에 관계없이 동시에 접속 가능함 - 로컬 구성 #2에 비해 초기 구축 및 운영 비용이 낮음
단점	- 한 명의 사용자만 사용 가능하여 사용자 간 일정 조율이 필요함	- 동시 접속 사용자 수 증가에 따라 시스템 구축 비용이 증가함	- 지속적인 이용 요금 발생 - 데이터가 외부 서버에 저장되어 보안 우려가 있을 수 있음
비용	- 초기 구축 비용 : 약 3089만원 (5090 x 4)	- 초기 구축 비용 : 약 5억원 (H100 x 8)	- 월 128만원 (A10G 24G x 4) ~ 1570만원 (H100 80G x 8) (평일 8시간 사용 기준)

※ 본 수치는 GPU VRAM 성능을 기반으로 한 추정치이며, 실제 서비스 환경(네트워크, CPU, 메모리 등)에 따라 달라질 수 있습니다.

나. 서버 1대 당 최대 사용자 수

KV 캐시가 GPU VRAM에서 차지하는 메모리 용량은 아래와 같다.

$$KV_{cache\ size} = size_{batch} \cdot l_{seq} \cdot \frac{d_{model}}{n_{heads}} \cdot n_{layer} \cdot 2 \cdot 2n_{kv\ heads}$$

KV 캐시는 자동완성 방식으로 텍스트를 생성하는 AI 모델(예 : GPT)이 매번 이전 내용을 처음부터 다시 계산하지 않고, 이미 계산한 중요한 정보(Key와 Value)를 저장해서 재사용하는 기법이다.

KV 캐시 크기를 통해 계산된 최대 접속자 수는 아래와 같다.

$$N = \frac{KV_{cache\ size}}{memory\ per\ token}$$

$size_{batch}$: Batch 크기
 l_{seq} : 시퀀스 길이
 d_{model} : 한 헤드의 벡터 차원
 n_{heads} : 레이어 수
 $n_{kv\ heads}$: GQA/MQA에서 실제로 저장되는 KV 헤드 수

<표 2-3> 서버 1대 당 최대 사용자 수

GPU	VRAM 수용 한계에 의한 최대 접속자 수 (12page-약 3,000단어, 일반 페이지 수)	VRAM 수용 한계에 의한 최대 접속자 수 (143page-약 34,000단어, 최대 페이지 수)
RTX 4090 24GB x 1 (Demo)	25명	3명
RTX 4090 24GB x 8	200명	22명
H100 80GB x 1	116명	13명
H100 80GB x 8	1034명	109명

* 페이지 및 단어 수는 토큰 수 4000을 기반으로 환산됨

※ 본 수치는 GPU VRAM 성능을 기반으로 한 추정치이며, 실제 서비스 환경(네트워크, CPU, 메모리 등)에 따라 달라질 수 있습니다.

제 3 절 개발 목적에 최적화된 시스템 구현 체계 연구

1. 사용자 요구사항 분석

EMC 전문가와 일반 사용자는 정보 활용 목적이 상이하므로 각 사용자 계층별 요구사항을 면밀히 분석하여 이에 따른 기능 우선순위를 설정한다. 이를 통해 사용자별 맞춤형 정보제공이 가능하도록 하고 자주 활용되는 인증 표준과 시험 절차 등 핵심 자료에 대해서는 신속하게 접근할 수 있는 기능을 제공한다.

또한, 국내외 규제 비교 기능을 추가하여 전문성이 요구되는 영역에 대해 심층적인 해설을 제공함으로써 사용자들이 보다 효율적이고 정확하게 정보를 활용할 수 있도록 지원한다.

2. 모델 선정 및 품질 관리 방안 제시

가. Gemma-3 선정 이유

본 연구에서는 EMC 정보 제공 서비스 구축을 위한 기반 모델로 Gemma-3를 선정하였다. 이는 EMC 관련 기술 문서의 특성과 사용자 요구사항을 종합적으로 고려한 결과로, 다음과 같은 네 가지 핵심 요인에 근거한다.

첫째, 텍스트-이미지 멀티모달 처리 능력이다. EMC 기술 문서에는 측정 그래프, 시험 구성도 등 다양한 형태의 이미지 자료를 포함하고 있어 단순 텍스트 처리만으로는 완전한 정보 추출이 불가능하다. Gemma-3는 텍스트와 이미지를 통합적으로 이해하고 처리할 수 있는 멀티모달 아키텍처를 제공함으로써, 기술 문서 내 도표와 설명을 함께 해석하여 사용자에게 포괄적인 답변을 제공할 수 있다.

둘째, 압도적인 추론 능력과 긴 문맥 처리 성능이다. EMC 인증 및 규제 문서는 복잡한 기술적 맥락과 다단계 논리 구조를 갖고 있으며, 국내외 규제를 비교 분석하기 위해서는 장문의 문서를 동시에 처리할 수 있는 능력이 필수적이다. Gemma-3는 최대 128K 토큰의 컨텍스트 윈도우를 지원하여 여러 표준 문서를 동시에 참조하면서도 일관된 추론이 가능하며, 수백 페이지에 달하는 표준 문서를 분할하지 않고 이해하고 요약할 수 있다.

셋째, 구글의 기술력 기반 신뢰성 및 다국어 지원이다. Gemma-3는 Google DeepMind의 최신 Gemini 연구 기술이 반영되어 높은 품질과 함수 호출(Function

Calling) 등 실용적 기능을 기본 탑재하고 있어. EMC 정보 제공 서비스에 필요한 구조화된 데이터 추출 및 외부 도구 연계가 용이하여 RAG 기법을 적용하기에 적합하다. 또한 140개 이상의 언어로 학습되어 별도의 한국어 튜닝 없이도 한국어 문서 요약, 번역, QA에서 자연스러운 성능을 발휘한다. 이는 한국어로 작성된 국내 규제 문서와 영어 등으로 작성된 국제 표준 문서를 동시에 처리해야 하는 요구사항을 충족시킨다.

넷째, 온프레미스 구축을 위한 최적의 효율성이다. 보안 및 데이터 주권 문제를 고려하면 온프레미스 환경에서의 구축은 필수적이다. Gemma-3의 27B 파라미터 규모는 성능 대비 자원 소모가 가장 합리적인 구간에 위치하며, 4비트 양자화(Quantization) 적용 시 고가의 H100 클러스터가 아닌 일반적인 기업용 GPU 환경(단일/듀얼 GPU)에서도 원활한 구동이 가능하여 초기 인프라 비용을 절감할 수 있다. 또한 vLLM 등 최신 프레임워크와 완벽 호환되며, 개방형 라이선스로 상업적 활용 자유도가 높아 장기적인 시스템 운영 및 확장에 유리하다.

모델	개발사	모델 크기	비전 지원	MMLU	MATH	License
Gemma-3-27B-it	Google	27B	Yes	67.5 (MMLU-Pro)	89.0	gemma
Llama-3.2-11B-Vision	Meta	11B	Yes	73.0	51.9	llama3.2
Llama-3.1-405B-Instruct	Meta	405B	No	87.3 (MMLU) / 73.3 (MMLU-Pro)	73.8	llama3.1
DeepSeek R1	DeepSeek AI	685B	No	90.8	97.3	MIT
Qwen2.5-32b	Alibaba cloud	32B	No	84.40	81.90	Apache-2.0
EXAONE-3.5-32b	LG	32B	No	78.30	76.80	Exaone
kanana-nano-2.1b-instruct	Kakao	2.1B	No	52.48	29.26	CC-BY-NC-4.0

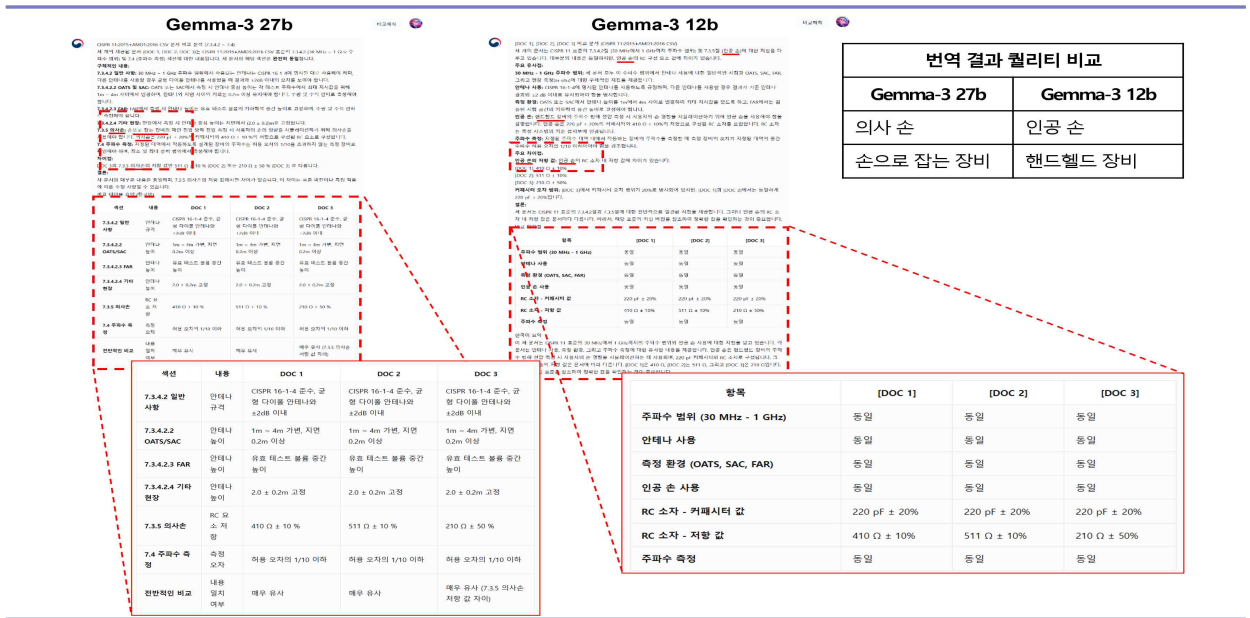
[그림 2-9] 모델별 성능 평가

Gemma-3는 모델 파라미터 수에 따라 27b와 12b 모델로 나뉘며, 그에 따른 문서 최대 수용량 및 답변 성능에 차이가 발생한다.

Gemma-3 12b

세 문서 간 비교 성능 분석에서는 동일한 내용의 문서에서 저항 값 표기만을 달리 한 세 가지 버전을 활용하여 각 모델이 이러한 차이를 인식하는지를 평가하였다. 그 결과, 두 모델 모두 저항값의 차이를 인식하는 데에는 문제가 없었으나, 12b 모델의 경우 용어집이 적용되지 않는 문제가 확인되었다.

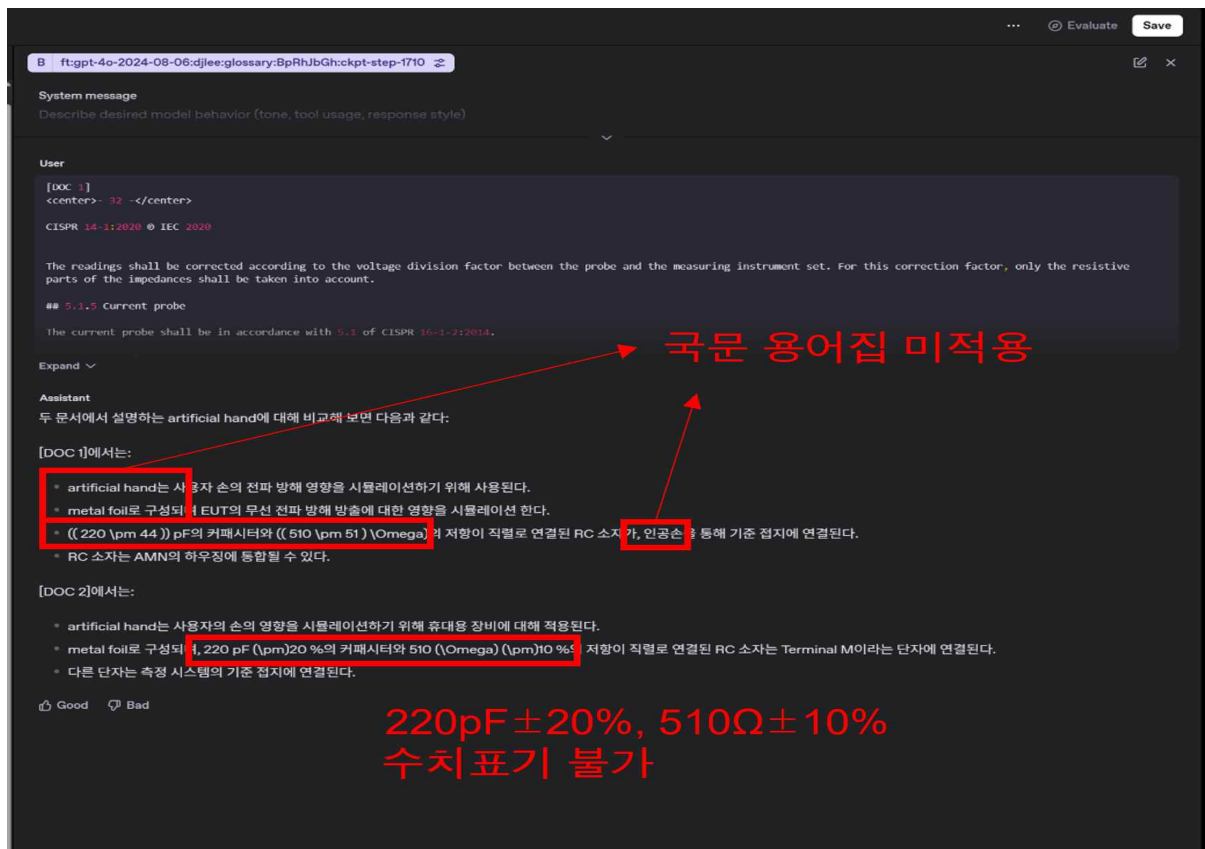
성능 평가 결론으로는 27b와 12b 모델 간의 수행 작업별 성능 차이는 전반적으로 미미했으나 12b 모델이 용어집 적용과 같이 시스템 프롬프트 처리 능력에서 상대적으로 낮은 성능을 보였다.



[그림 2-12] 각 모델의 세 문서 간 비교 성능 결과

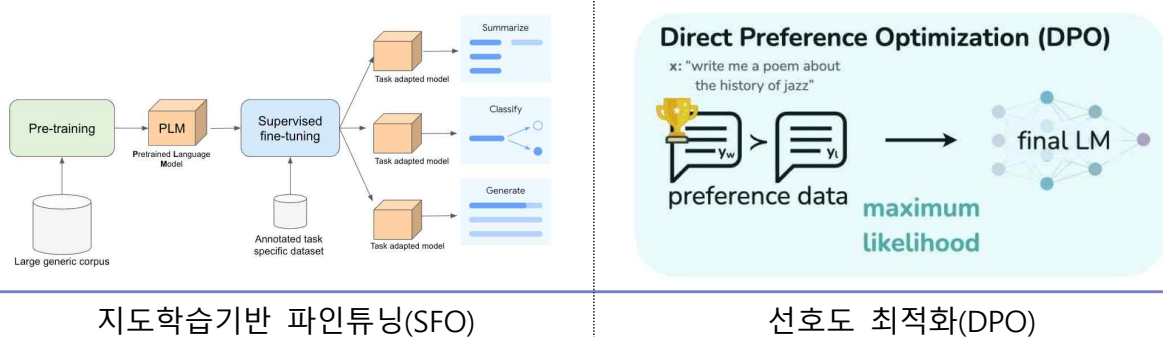
다. 파인튜닝 기법 적용

RAG+프롬프트 기법과 달리, 파인튜닝은 미리 학습된 대규모 언어 모델에 사람이 만든 입력-정답(출력) 쌍 데이터를 활용하여 지도 학습 방식으로 추가 학습을 수행하는 기법을 의미한다. 두 문서 간 비교 성능 분석에서는 GPT 4o를 파인튜닝한 모델을 활용하여 ‘의사 손’에 관한 언급 부분을 비교하였으며, 이 과정에서 수식 표현이 미흡하고 국문 전문용어가 적용되지 않는 오류가 확인되었다.



[그림 2-13] 파인튜닝된 GPT 4o 문서 비교 성능 결과

성능 평가 결과, 파인튜닝 모델은 용어집 적용과 같은 시스템 프롬프트 처리 능력이 상대적으로 저조한 것으로 나타났다. 이는 파인튜닝이 모델의 가중치를 미세 조정하는 방식이기 때문에 모델의 강건성(Robustness)과 반비례하는 특성을 가지기 때문이다. 현재로서는 검색 증강 생성(RAG)과 프롬프트 엔지니어링을 활용한 기법이 더 효과적인 것으로 평가된다.



[그림 2-14] 사용된 파인튜닝 기법

라. EMC 용어집

전문용어에 대한 차별화된 번역 성능을 위해 전문용어와 그에 대한 국문 및 영문 정의를 하나의 용어집으로 구성한다. 프롬프트에 해당 용어집을 함께 제공함으로써 언어 모델로 하여금 문맥에 맞는 정확한 용어 선택과 일관된 번역을 수행하도록 유도한다.

A		B		C		D	
1	a.c. power port: 교류전원 포트	1	영한 사전	1	한글정의	1	영어정의
2	absorber-lined OATS/SAC: 흡수재 배치 야외시험장/반무반사실	2	a.c. power port: 교류전원 포트	2	전용 공급회로망에 연결하는 포트	2	port of connection to power supply networks
3	AC mains power port: 직류 주전원 포트	3	absorber lined shielded enclosure: 전자파 흡수 재가 부착된 전자파 차폐실	3	내부 전압과 배기 유선 주파수를 흡수하는 소재로 되어있는 차폐된 공간이나 차단된 방	3	shielded enclosure/screened room with radio frequency-absorbing material on its internal ceiling and walls
4	ancillary equipment: 보조기기	4	absorber-lined OATS/SAC: 흡수재 배치 야외시험장/반무반사실	4	무선주파수 에너지 흡수제로 감지면의 일부를 덮은 야외시험장 또는 반무반사실	4	OATS or SAC with ground plane partially covered by RF-energy absorbing material
5	anechoic chamber: 무반사 챔버	5	absorbing clamp measurement method: 흡수 클램프 측정방법	5	과시탐지기용 리드선 주위를 피하여 고정시킨 흡수클램프기기를 사용하여 시험(과시탐지기)시 방해전파를 흡수할 수 있는 방법	5	method for measurement of disturbance power of an equipment under test (EUT) by using an absorbing clamp device that is clamped around the leads of the EUT
6	arc welding equipment: 아크 용접 기기	6	absorbing clamp test site: 흡수 클램프 시험장	6	주 전원 회로망에 연결하는 포트	6	test site that is validated to perform disturbance power measurements by using the absorbing clamp measurement method (ACMM)
7	artificial hand: 의사손	7	AC mains power port: 직류 주전원 포트	7	주, 특정 AC/DC 전원 컨버터의 의해 전원을 공급하는 DC 전원 포트를 갖는 장비는 AC 무반사 장비로 정의된다	7	port used to connect to the mains supply network
8	artificial mains network (AMN): 의사전원회로망	8	acoustic interface: 음향 접속	8	오디오 신호 발생 포트	8	NOTE Equipment with a DC power port which is powered by a dedicated AC/DC power converter is defined as AC mains powered equipment
9	artificial network (AN): line impedance stabilization network (LISN): 의사 전원 회로망					9	port at which audio signals emanate and/or originate
10	artificial network: 의사회로망						electronic circuit containing electronic components switching at a variable or fixed rate (switching/clock frequency)
11	asymmetric artificial network: 비대칭의사회로망						Note 1 to entry: Active electronic circuits comprise components such as transistors, thyristors, digital ICs, microprocessors, and oscillators. An LED display circuit connected to a battery is not an active electronic circuit if the current is limited only by a resistor or by a transistor operating linearly, but it is an active electronic circuit if the current is pulsed.
12	asymmetric voltage: 비대칭 전압						Note 2 to entry: According to the switching rate and to the measurement bandwidth, the spectral distribution of the disturbance generated by active electronic circuits appears as either broadband or narrowband.
13	asymmetrical (common mode) test circuit: 비대칭(공통모드) 시험 회로						Note 3 to entry: Active electronic circuits are used to control switching operations as defined in 3.3.1 (e.g. by a microcontroller) but the two switching rates are fundamentally different
14	attenuation: 감쇠						self-commutated electronic power converter of all technologies, topologies, voltages and sizes which are connected between the electrical a.c. power supply system (lines) and a d.c. side (current source or voltage source) and which can convert electrical power in both directions (generative or regenerative) and control the power factor of an applied voltage or current.
15	CISPR:국제무선장해특별위원회						NOTE Some of them can additionally control the harmonic distortion of an applied voltage or current. Basic topologies may be realized as a Voltage Source Converter (VSC) or a Current Source Converter (CSC).
16	common mode impedance: 공통모드 임피던스						
17	common mode voltage: 공통 모드 전압						
18	disturbance level: 방해 레벨						
19	disturbance voltage; interference voltage (deprecated in this sense): 방해 전압; 장애 전압						
20	DUT: 피시험기기						
21	electro-discharge machining (EDM) equipment: 전기방전가공(EDM) 기기						
22	electromagnetic radiation: 전자기 방사						
23	fully anechoic chamber (FAC) or fully anechoic room (FAR): 완전 무반사실						
24	equipment under test(EUT): 피시험기기						
25	quasi-peak detector: 준첨두값 검파기						
26	type test: 형식 시험						
27	disturbance level: 방해 레벨						
28	noise level: 노이즈 레벨						
29	test report: 시험성적서						
30	radiation measurement: 복사 측정						
31	polarization: 편파						
32	radiated disturbance: 복사성 방해						
33	table-top equipment: 탁상형 장비						
34	site attenuation: 시험장 감쇠량						
35	semi-anechoic chamber(SAC): 반무반사실						
36	Open-area test site(OATS): 야외시험장						

[그림 2-15] EMC 전문용어/정의 사전 구축

마. 지식 기반 생성

전문성과 신뢰성을 보장한 답변을 제공하기 위해 RAG와 프롬프트 엔지니어링 기법을 사용하여 보유하고 있는 DB에 기반한 답변을 생성하도록 한다.

바. 데이터 구조화

EMC 표준 문서의 특수성을 고려한 데이터 파이프라인 구축부터, RAG 기반 추론 로직 설계 및 고도화, 부가 기능 개발에 대해 기술한다.

<표 2-4> 데이터 구조화 절차

단계	작업 내용	세부 설명
1단계	환경 설정 및 로드	Jupyter 환경 구축, OCR 및 임베딩 모델 로드 8종 표준 문서 및 용어 사전 준비
2단계	데이터 추출 및 분할	OCR 기반 텍스트·표 추출 및 Markdown 변환 헤더 기준 섹션 단위 분할
3단계	메타데이터 저장	문서명, 페이지 번호, 섹션 제목 등 식별 정보 부여
4단계	벡터 변환 및 DB 구축	임베딩 모델 기반 벡터 변환 벡터 및 메타데이터 DB 저장

사. 지능형 질의 라우팅 및 검색 최적화 파이프라인

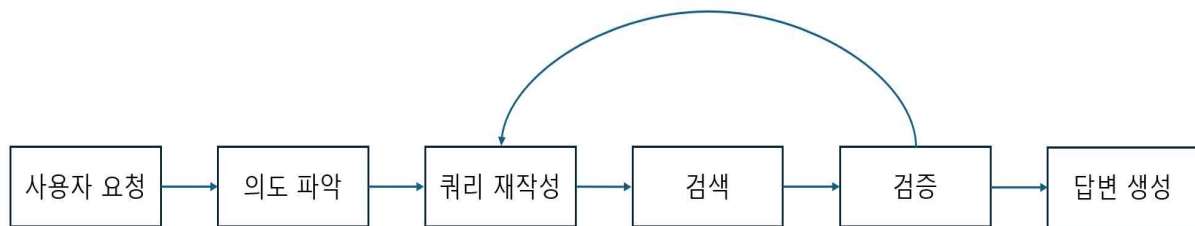
사용자의 다양한 질의 유형과 의도에 효과적으로 대응하기 위해 답변 생성 파이프라인을 설계하였다. 본 파이프라인은 사용자 의도 파악, 질의 재구성, 검색 품질 검증 및 적절한 생성 로직 선택의 단계로 구성된다.

먼저, 사용자 질의의 의도를 정확히 파악하고 최적의 처리 경로로 분기하기 위해 라우터(Router)를 도입하였다. 라우터는 사용자 질의를 분석하여 질문 의도를 세분화하고, 단순 정보 검색, 규제 비교 분석, 기술 문서 해석, 번역 등 각 의도에 맞는 특화된 처리 경로로 분기한다. 이를 통해 모든 질의에 동일한 처리 방식을 적용하는 비효율성을 제거하고, 각 질의 특성에 최적화된 답변을 생성할 수 있다.

또한, 사용자의 자연어 질문은 종종 모호하거나 검색에 부적합한 형태로 제시되는 경우가 많다. 이러한 문제를 해결하기 위해 쿼리 재작성(Query Rewrite) 단계를 파이프라인에 포함하였다. 이 단계에서는 원본 질의를 분석하여 핵심 검색 키워드를 추출하고, RAG 검색에 최적화된 명확하고 구체적인 질의문으로 변환한다. 예를 들어, "이 제품이 유럽에서 팔 수 있나요?"와 같은 모호한 질문을 "CE 마크 EMC 지침 적합성 요구사항"과 같이 구조화된 검색 질의로 재구성함으로써 검색 정확도를 크게 향상시킬 수 있다.

나아가 검색된 문서의 품질을 검증하고 재탐색하는 로직을 구현하였다. 검색된 문서가 사용자의 질문과 관련성이 낮은 경우, LLM이 이를 스스로 감지하고 쿼리 재작성 단계로 돌아가 확장된 쿼리로 벡터 DB를 다시 탐색하는 재검색(Re-search) 절차를 진행한다. 반복적인 검증 및 수정 메커니즘을 통해 검색 품질을 개선하고, 최종적으로 사용자 질의에 가장 적합한 문서를 기반으로 답변을 생성할 수 있다.

본 파이프라인의 구현에는 LangChain과 LangGraph 프레임워크를 활용하였다. LangChain은 언어 모델과 다양한 컴포넌트를 체계적으로 연결하는 데 사용되었으며, LangGraph는 라우터 기반의 조건부 분기, 검증 및 재탐색을 포함한 다단계 처리 흐름을 그래프 형태로 명확하게 정의하고 관리하는 데 활용되었다. 이를 통해 복잡한 의사결정 로직과 다양한 처리 경로를 유연하게 구성하면서도 코드의 가독성과 유지보수성을 확보할 수 있었다.



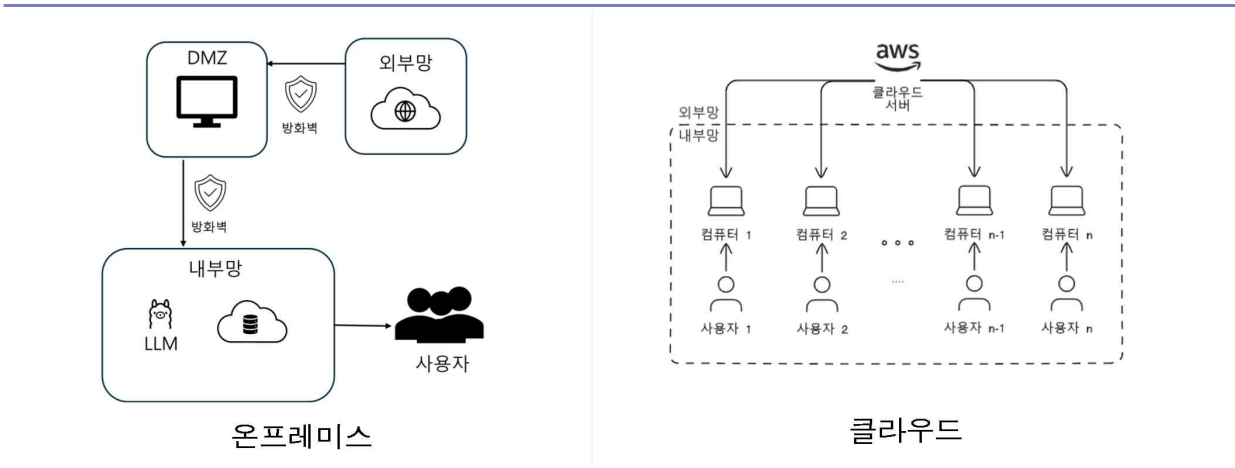
[그림 2-16] 답변 생성 파이프라인

3. AI 윤리 및 법적 이슈 고려

개인정보 또는 기밀정보가 생성형 AI 모델 학습에 활용되지 않도록 데이터에 대해 철저한 익명화 및 비식별화 조치를 시행한다. 또한, 국제적으로 제시된 AI 개발 가이드라인인 책임성, 투명성, 공정성 등의 원칙을 준수하며 기술 활용 과정에서 발생할 수 있는 저작권 및 라이선스 관련 이슈를 사전에 점검하여 법적·윤리적 위험을 최소화한다.

제 4 절 시범 운용을 위한 단독 서버 구축(대여) 및 테스트 실시

1. 시범 환경 구축 방안



[그림 2-17] 시범 운용 환경 (온프레미스/클라우드)

가. 온프레미스 서버 구축

보안 정책상 내부망 사용이 필수적인 경우, 물리 서버(전용 호스팅) 환경에서 시범 운영을 진행한다. 또한 GPU 등 고성능 연산 자원을 내부망에서 직접 운용함으로써 데이터 유출 위험을 최소화하고, 폐쇄망 내에서 AI 모델의 학습과 활용이 가능하도록 한다.

<표 2-5> 시범운용 워크스테이션 사양

구분	사양
CPU	Intel Core i7-13700KF (Raptor Lake, 3.40GHz, 30MB)
Mainboard	GIGABYTE B760 AORUS ELITE (Intel B760, ATX)
RAM	Samsung DDR5 PC5-44800 16GB × 4ea (총 64GB)
SSD	SK Hynix Gold P31 M.2 NVMe 2280 2TB
GPU	ZOTAC GeForce RTX 4090 GAMING AMP EXTREME AIRO D6X 24GB
PSU	마이크로닉스 Classic II 1050W 80PLUS GOLD 230V EU 풀모듈러

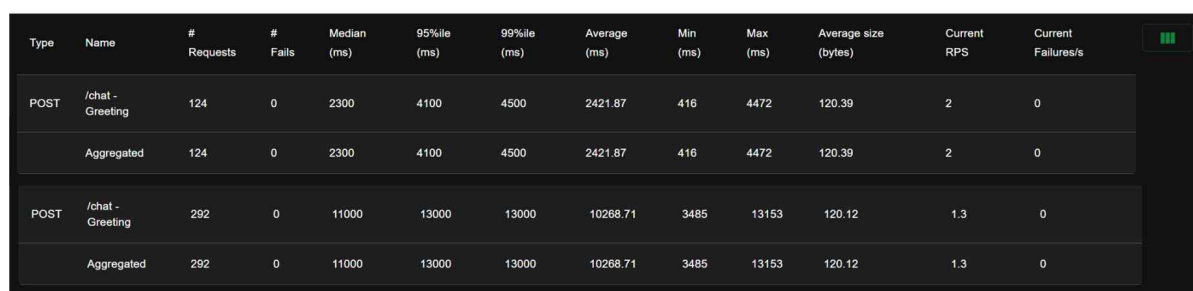
나. 클라우드 서버 대여

초기 투자 비용 절감과 확장성 확보를 위해 AWS, Azure, GCP 등 주요 클라우드 서비스를 활용하는 방안도 고려할 수 있다. 다만, 보안 정책상 외부망 사용이 제한되는 경우에는 사전 협의를 통해 전용 클라우드(VPC) 환경을 구성하거나, 제한적인 테스트 용도로 클라우드 서비스를 활용하는 방안을 적용한다.

<표 2-6> 클라우드 GPU 서버

구분	사양
CPU	AMD EPYC 9654 (2.40GHz, 96core/192thread, 384MB cache, Max 400W)
Mainboard	Single socket SP5 (LGA6096), 8 DIMM slots
RAM	Samsung DDR5 ECC REG 96GB 5600MHz × 4ea (총 384GB)
Storage	Samsung 9100 PRO 4TB (PCIe Gen5 ×4, M.2 2280, Read 14,800MB/s, Write 13,400MB/s)
GPU	NVIDIA RTX PRO 6000 Blackwell Max-Q × 2ea
Network	10Gb Broadcom BCM57416 (RJ45 2 ports)
Management	BMC AST2600, IPMI 지원
PSU	SuperFlower SF-2000F14HP LEADEx Platinum (DC 2000W)

2. 시범 테스트 계획



Type	Name	# Requests	# Fails	Median (ms)	95%ile (ms)	99%ile (ms)	Average (ms)	Min (ms)	Max (ms)	Average size (bytes)	Current RPS	Current Failures/s
POST	/chat - Greeting	124	0	2300	4100	4500	2421.87	416	4472	120.39	2	0
	Aggregated	124	0	2300	4100	4500	2421.87	416	4472	120.39	2	0
POST	/chat - Greeting	292	0	11000	13000	13000	10268.71	3485	13153	120.12	1.3	0
	Aggregated	292	0	11000	13000	13000	10268.71	3485	13153	120.12	1.3	0

[그림 2-18] 시범 운용 환경 - 응답 속도 테스트

※ 본 수치는 RTX 4090 24GB, Llama-cpp 환경 Gemma-3 12b 4bit 양자화 모델을 기준으로 측정한 응답 속도

- 테스트 범위 확정 및 시나리오 준비
- 번역 정확도 시간 측정
- EMC 시험보고서 표준 문서를 대상으로 요약 및 질의응답(QA) 수행
- 보안 기능(권한 제어, 접근기록 등) 정상 작동 여부 점검
- 사용자 피드백을 실시간으로 취합하고 개선점을 도출
- 성능 지표 정의
- 시스템 응답 속도, 번역 정확도(BLEU Score 등 외부 지표 적용 검토), 사용자 만족도, 오류 건수 등을 활용하여 종합적 평가

문서 최대 입력 수용량은 비디오 램(VRAM) 용량에 따라 증가하며, 입력 파라미터가 적은 경량화된 모델일수록 더 많은 문서를 수용할 수 있다.

예를 들어, RTX 4090의 24GB VRAM 기준으로 Gemma-3 27b 4bit 양자화 모델은 약 3페이지 분량을 처리할 수 있는 반면, Gemma-3 12b 4bit 양자화 모델은 최대 27페이지까지 수용 가능하다. 또한, 번역 성능 분석 결과, Gemma-3 27b와 12b 모델 모두 표와 수식이 포함된 복잡한 표준 문서 번역 시에도 오류 없이 수행되었으며 다만 EMC 전문용어가 포함되지 않은 페이지를 대상으로 하였다.

3. 시범운용 테스트 결과

가. 개요

- 목적: 실제 환경에서의 성능 평가 및 EMC 특화 sLLM 고도화를 위한 기초 데이터 수집
- 운영 기간: 2025.10.24. ~ 2025.11.30.
- 운영 환경: 씨피에스테크 클라우드 서버(Gemma-3 27B) 및 로컬 워크스테이션(Gemma-3 12B)
- 참여 인원: 전파환경안전과 및 기술기준과 20명

나. 결과(주요 사례 분석)

<표 2-7> 주요 사례

구분	주요 사례(프롬프트 및 답변)	평가 및 분석
우수 사례	(질문) KSC 9811의 적용범위는 어떤 장비를 대상으로 해? (답변) KSC 9811은 다음과 같은 장비를 대상으로 합니다. * **ISM 기기:** 산업, 과학, 의료 용도로 사용되는 기기 (예: 전자레인지, 고주파 가열 장치 등) * **국부적으로 전파 에너지를 발생시키거나 사용하는 가정용 및 유사 기기:** 전자기파를 발생시키거나 사용하는 모든 종류의 장비 구체적으로, 0 Hz ~ 400 GHz 주파수 범위로 동작되는 장비에 적용되며, 전자파 방출 시험에 대한 허용기준과 측정방법을 규정합니다. 또한, 1.2.3에 따라 기기는 **1종**과 **2종**으로 분류되며, **A급**과 **B급**으로도 분류됩니다. 이러한 분류에 따라 적용되는 허용기준이 달라집니다.	[우수 답변] KSC 9811의 내용을 잘 파악하여 대답함.
우수 사례	(질문) 시험환경(OATS와 SAC)의 차이는 뭐야? (답변) OATS(야외 시험장)와 SAC(반무반사실)의 차이는 다음과 같습니다. (KSC9811-2019, 8.3) * **OATS (Open Area Test Site, 야외 시험장):** * 개방지의 야외에 위치하며, 전자기장 측정에 사용되는 시설입니다. * 전기 전도성 접지면을 갖습니다. * 시험장의 물리적인 특성으로 인해 주변 환경의 영향을 더 많이 받습니다. * **SAC (Semi-Anechoic Chamber, 반무반사실):**	[우수 답변] 특정 표준문서를 입력하지 않아도 표준문서와 섹션을 포함하여 대답하고 내용을 잘 파악하여 대답함.

	* 6면 중 5면은 전자기파를 흡수하는 재료로 처리되어 있고, 바닥면은 전도성 접지면으로 구성됩니다. * 주변 환경의 영향을 줄여, 보다 정확한 측정을 수행할 수 있습니다. * OATS에 비해 외부 환경에 덜 민감합니다. 요약하자면, OATS는 개방된 공간에서 자연스러운 환경에서 측정을 수행하는 반면, SAC는 외부 환경의 영향을 최소화하여 보다 통제된 환경에서 측정을 수행합니다.	
우수 사례	(질문) 방사성 방해 측정 시 안테나 높이는 어떻게 조정해? (답변) 방사성 방해 측정 시 안테나 높이는 9.2에 규정되어 있습니다. * 안테나의 중심선은 각 시험 주파수에 대한 최대 표시를 위하여 피시험기기의 개략적인 방사 중심의 높이와 동일해야 합니다. * 수신 안테나와 피시험기기 사이의 거리는 3m를 유지해야 합니다. 또한, 9.4.3의 예비 측정 단계에서는 다음과 같은 과정을 거쳐 안테나 높이를 조정합니다. 1. 안테나를 수평 및 수직 편광으로 변경하면서 피시험기기의 방위각을 30°씩 변화시키며 측정합니다. (총 12개 위치) 2. 각 위치에서 최대 보류 모드로 20초 이상 측정한 후, 최대 방출이 발생한 방위각 위치를 확인합니다. 3. 확인된 방위각 위치에서 최종 측정을 수행합니다. 이처럼, 안테나 높이는 시험 주파수와 피시험기기의 방사 중심을 기준으로 초기 설정을 하고, 예비 측정 결과를 바탕으로 최대 방출을 얻을 수 있는 높이로 미세 조정해야 합니다.	[우수 답변] 섹션을 포함하여 대답하고 내용을 잘 파악하여 대답함.

우수 사례	(질문) eport of the activities of the Joint Working Group Reverberation Chamber Work in progress: Maintenance of IEC 61000-4-21 - last published edition 2.0 from 2011 - current stability date 2027 - compilation of proposed changes to: * annexes B and D, * updated annexes E on radiated emissions, * annex I on antenna efficiency and * annex H on shielding effectiveness of enclosures, 77B/906/INF (답변) 공동 작업 그룹 잔향실 활동 보고서 작업 진행 중: IEC 61000-4-21 유지 관리 - 마지막 발행 버전 2.0 (2011) - 현재 안정화 날짜 2027 - 다음 내용에 대한 제안 변경 사항 정리: * 부록 B 및 D, * 방사된 배출에 대한 업데이트된 부록 E, * 안테나 효율성에 대한 부록 I 및 * 인클로저의 차폐 효과에 대한 부록 H, 77B/906/INF	[번역 전문성] 'Reverberation Chamber'를 일반적인 '반향실'이 아닌 EMC 표준 용어인 '잔향실'로, 'Shielding effectiveness'를 '차폐 효과'로 정확히 번역
--------------	--	--

우수 사례	(질문) Given the <ENGLISH_TEXT>, translate it into korean. <ENGLISH_TEXT> ## 1 Scope This International Standard applies to industrial, scientific and medical electrical equipment operating in the frequency range 0 Hz to 400 GHz and to domestic and similar appliances designed to generate and/or use locally radio-frequency energy. This standard covers emission requirements related to radio-frequency (RF) disturbances in the frequency range of 9 kHz to 400 GHz. Measurements need only be performed in frequency ranges where limits are specified in Clause 6. For ISM RF applications in the meaning of the definition found in the ITU Radio Regulations (see Definition 3.13), this standard covers emission requirements related to radio-frequency disturbances in the frequency range of 9 kHz to 18 GHz. NOTE Emission requirements for induction cooking appliances are specified in CISPR 14-1 [1]1. Requirements for ISM RF lighting equipment and UV irradiators operating at frequencies within the ISM frequency bands defined by the ITU Radio Regulations are contained in this standard. Equipment covered by other CISPR product and product family emission standards are excluded from the scope of this standard. </ENGLISH_TEXT>	[번역 전문성] 'Induction cooking appliances'를 '인덕션 조리 기구'가 아닌 기술 표준상의 '조리 전자기기' 등의 용어로 매칭하여 전문성을 보여줌
--------------	--	---

(답변) ### 1 적용 범위

이 표준은 0 Hz~400 GHz 주파수 범위에서 동작하는 산업, 과학 및 의료용 전기 기기와 지역적으로 고주파 에너지를 발생시키거나 사용할 수 있도록 설계된 가정용 및 유사한 기기에 적용한다.

본 표준은 6.6.1.1에 정의된 허용기준의 주파수 범위와 관련된 전파 방해에 대한 방출 요구사항을 포함한다. 측정은 6에 규정된 허용기준의 주파수 범위 내에서만 수행해야 한다.

각 고유의 사용에서 발생하는 방해 정도와 관련하여 ITU 무선 통신 규칙에 정의된 의미에서의 ISM 전파 주파수 적용 부분에 대하여 이 표준에는 전자파 방해와 관련된 방출 요구사항이 포함되어 있다.

비고 조리 전자기기, 전자기기 조리장치 및 조리 기기에 대한 허용기준을 규정한다.

일반적으로 이러한 전자기기/시스템의 허용기준은 9 kHz ~ 400 GHz의 주파수 범위에서 전자파 방해와 관련된 일종의 방출 요구사항을 포함한다.

CISPR의 다른 제품 및 제품군 방출 표준에서 규정하는 기기는 이 표준의 적용 범위에서 제외한다.

우수 사례	(질문) 다음을 영어로 번역해줘 산업 및 기술 발전 지원 5G, Wi-Fi 6, 사물인터넷(IoT) 등 최신 무선 기술 검증 고주파 대역(밀리미터파 등)에서의 전자파 특성 분석 스마트폰, 자율주행차, 드론, 위성통신 시스템 등의 성능 평가 신소재 및 전자파 차폐 기술 개발 전자파 흡수 소재, 차폐 기술 연구를 통해 산업 경쟁력 강화 전자파 노출을 최소화하는 친환경 제품 개발 결론 전자파 측정기술은 안전한 무선 환경 조성, 전파 간섭 방지, 법적 규제 준수, 그리고 최신 기술 발전을 위한 필수 요소입니다. 특히, 5G-IoT 시대가 도래하면서 전자파 관리의 중요성은 더욱 커지고 있으며, 이를 위해 정밀한 측정기술이 지속적으로 발전하고 있습니다 (답변) Support for industrial and technological development, verification of the latest wireless technologies such as 5G, Wi-Fi 6, and the Internet of Things (IoT), analysis of electromagnetic wave characteristics in high-frequency bands (such as millimeter waves), performance evaluation of smartphones, autonomous vehicles, drones, and satellite communication systems, development of new materials and electromagnetic wave shielding technologies, and strengthening industrial competitiveness through research on electromagnetic wave absorbing materials and shielding technologies, development of eco-friendly products that minimize electromagnetic wave exposure. In conclusion, electromagnetic wave measurement technology is an essential element for creating a safe wireless environment, preventing radio interference, complying with legal regulations, and promoting the latest technological advancements. In particular, with the advent of the 5G and IoT era, the importance of electromagnetic wave management is increasing, and precise measurement technology is continuously being developed for this purpose.	[번역 전문성] '전자파 차폐 기술'을 **'Electromagnetic wave shielding technologies'**로, '밀리미터파'를 **'Millimeter waves'**로 번역하는 등 바로 활용 가능한 수준의 용어 선택
--------------	---	--

우수 사례	(질문) CMAD란 무엇인가? (답변) CMAD는 전류 클램프(Current Measurement and Absorbing Device)의 약자로, 시험 체적 외부에 있는 케이블이 방사성 방해 측정 결과에 미치는 영향을 줄이는데 사용되는 장치입니다. (KSC9816-2-3-2020, 7.3.6.3) CMAD는 케이블이 방사성 장애 측정에 영향을 주지 않도록, 케이블을 통해 흐르는 전류를 흡수하여 방해를 줄여줍니다. CMAD는 접지면에 평평하게 위치해야 하며, 케이블 부분은 최대한 짧게 유지해야 합니다. (KSC9816-2-3-2020, 7.3.6.3) 각 케이블은 별개의 CMAD로 처리해야 하며, 상용 CMAD의 케이블 개구부보다 지름이 큰 케이블은 CMAD로 처리하지 않아야 합니다. (KSC9816-2-3-2020, 7.3.6.3)	[우수 답변] 특정 표준문서를 입력하지 않아도 표준문서와 섹션을 포함하여 대답하고 내용을 잘 파악하여 대답함.
우수 사례	(질문) KSC 9832에서 기준을 A급과 B급으로 구분하는 이유는? (답변) KSC 9832에서 기준을 A급과 B급으로 구분하는 이유는 **전자파 환경에서 장비의 의도된 용도**에 따라 다릅니다. (KSC 9832:2024, 5.2항 참고) * **A급 기기:** 주거 환경 외의 장소와 주거용 건물에 직접 연결되지 않은 시설에서 사용하기에 적합한 기기입니다. 따라서, A급 기기는 상대적으로 높은 전자파 방출 허용 기준을 적용받습니다. * **B급 기기:** 주거 환경 내에서 사용하기에 적합한 기기입니다. 주거 환경에서는 전자파에 민감한 방송 수신 등의 기능에 영향을 미칠 수 있으므로, B급 기기는 A급 기기보다 엄격한 전자파 방출 허용 기준을 적용받습니다. 즉, A급과 B급의 구분은 사용 환경을 고려하여 전자파 간섭으로부터 보호 수준을 달리하기 위한 것입니다. 주거 환경에서는 전자파 방출을 엄격하게 제한하여 생활 환경을 보호하고, 산업 환경 등에서는 상대적으로 완화된	[우수 답변] 표준문서와 섹션을 포함하여 대답하고 내용을 잘 파악하여 대답함.

	기준을 적용하여 제품 개발의 유연성을 확보하는 것입니다. **참고:** 방송 수신 기기는 B급 기기로 분류되지만, 주 기능이 A급 기기인 경우에는 예외로 합니다. (KSC 9832:2024, 5.3항 참고)	
미흡 사례	(질문) 전자파장해 시험 시 EUT배치 관련 연결케이블이 길 경우 얼마의 길이로 다발을 만들어야 하나? (답변) 전자파장해 시험 시 EUT 배치 관련 연결 케이블이 길 경우, 케이블 다발을 만들어야 하는 특정 길이에 대한 명확한 규정은 없습니다.	[보완 필요] 문서 내에 있는 내용이지만 단발성 질의 환경에서는 모호한 질문에 대해 부정확한 답변을 내놓는 한계 확인.
개선 사례	(보완 질문) KSC 9816-2-3에서 전자파 장해 시험 시 EUT 배치할 때, 연결 케이블이 길 경우 얼마의 길이로 다발을 만들어야 하나? (답변) KSC 9816-2-3-2020 7.5.4 p.37-42에 따르면, 탁상 설치형 기기에서 케이블 길이가 1m를 초과하는 경우 초과분은 앞뒤로 접어 30cm~40cm 길이의 다발로 묶습니다.	[개선 사항] 표준 문서를 넣어 정확한 답변을 얻을 수 있음. (추후 질문자가 표준 문서를 모두 알 수 없으니, 멀티턴으로 IIm이 관련 표준문서 리스트 제공 예정)

미흡 사례	(질문) 시험 자동화 또는 FFT 기반 측정기 사용 시 추가 요구사항은 뭐야? (답변) KSC9811-2019 7.3.1에 따르면 스펙트럼 분석기를 사용할 때 요구되는 예방 조치는 부속서 B에 나와 있습니다. (추가 질문) 예방 조치에 대한 내용이 부속서 B에 있다고 했는데 정확히 무슨 내용이야? (답변) KSC9811-2019 부속서 B (p.50-52)에 따르면, 스펙트럼 분석기 사용 시 다음과 같은 사전주의 조치가 필요합니다. RF 선택도 부족: 대부분의 스펙트럼 분석기는 RF 선택도가 낮아 입력 신호가 광대역 복합기로 직접 인가되어 고조파 및 스퓨리어스 방출 성분을 발생시킬 수 있습니다. 입력 필터: 강한 신호가 있는 곳에서 약한 방해 신호를 측정할 때, 스펙트럼 분석기의 입력 회로를 보호하기 위해 강한 신호 주파수에서 최소 30dB 감소를 나타내는 필터를 설치해야 합니다. 스퓨리어스 신호: RF 프리셀렉터가 없는 경우, 스펙트럼 분석기는 스퓨리어스 신호와 고조파 신호를 출력하여 실제 측정 주파수를 식별하기 어렵게 만들 수 있습니다. 변조된 방출: 전자기레인지, 의학용 기기 등 마이크로파 ISM RF 장비는 진폭 변조와 주파수 변조가 동시에 발생하며, 회전판 움직임으로 인해 추가적인 변조가 발생할 수 있습니다. 이러한 경우, 스펙트럼 포락선을 출력하기 위해 분석기 대역폭을 주파수 간격보다 크게 설정해야 합니다. 대역폭: 상이한 분석기로 측정된 값을 비교하기 위해서는 정해진 대역폭을 사용해야 합니다. 스캐닝 속도: 방사의 검증을 위해 10초 이상의 스캐닝 시간을 사용하는 것이 적절하며, 낮은 스캐닝 속도는 시각적 관찰에 부적합할 수 있습니다. 전자기레인지의 회전판을 제거하거나 정지시켜 스캐닝 주파수를 높일 수 있지만, 스펙트럼의 진폭, 주파수 및 파형이 회전판 위치에 따라 변한다는 점을 고려해야 합니다.	[보완 필요] 문서 내에 있는 내용이지만 본 내용으로 답변하지 않고 위치에 대한 정보만 답변. [보완 방법] 후속 질문을 통해 문서 내용 검색
--------------	--	---

다. 개선 사항

- 멀티턴(Multi-turn) 기반의 질의 응답 최적화
 - 단발성 질의의 한계를 극복하기 위해, 사용자의 질문이 모호할 경우 역으로 질문을 던져 의도를 구체화하는 '멀티턴 유도 방식' 적용
 - 이전 대화의 문맥을 유지하여 추가 질문 시에도 일관성 있는 답변을 제공
- 전문 용어 최적화: '의사 손' 등 국제표준 문서에서 쓰이는 특수 용어에 대한 추가 미세 조정(Fine-tuning) 및 전용 용어 사전 반영
- 인터페이스 고도화: 사용자 만족도 및 피드백 입력창을 구현하여 데이터 수집 효율 증대

라. 향후 운용 시 고려사항

- 데이터 보안 유지: 외부망 차단 상태의 독립된 워크스테이션 환경을 유지하며, 로그 마스킹 및 민감 정보 암호화 체계 고도화
- 유지보수 체계 수립: 시범운용 중 수집된 로그 분석을 토대로 모델 업데이트 주기 및 긴급 대응 프로세스 매뉴얼화

제 3 장 복합설비 전자파 안전관리 방안 연구

제 1 절 설계·시공 단계 복합시설(설비) 전자파 안전관리 가이드라인 실증

1. ICT 융·복합시설의 전자파 환경 영향 측정 및 분석

가. 배경

최근 ICT 기술이 융합된 스마트팜 등 복합시설이 증가함에 따라, 다양한 전자기기 및 통신장비가 공간 내·외에 복합적으로 설치·운영되고 있으며, 이로 인해 시설 이용자 및 인근 설비에 대한 전자파 환경 영향 평가의 중요성이 커지고 있다. 본 사업은 이러한 복합시설의 설계 및 시공 초기 단계에서부터 전자파로 인한 잠재적 영향을 사전에 식별하고, 이를 기반으로 안전관리 가이드라인을 실증적으로 마련하기 위한 기초자료를 확보하는 것을 목적으로 한다.



[그림 3-1] ICT 융복합 기술이 집약된 스마트팜 예시(출처 : 스마트팜코리아)

이를 위해 스마트팜 시설이 설치되기 전과 설치 완료 후 동일 위치에서 전자파 환경 측정을 수행하며, 시설 내외부의 주요 장비의 가동 여부에 따른 전자파 환경의 변화를 정량적으로 비교·분석할 계획이다. 복합시설 내 각종 전자기기, 자동화 시스템, 무선통신 장비 등이 전자파 환경에 미치는 영향을 정밀하게 평가하고, 민감 장비 및 인체 노출 관점에서의 전자파 민감도 조사도 병행 추진함으로써 체계적인 전자파 안전관리 기준 도출의 기초자료를 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

나. 대상시설

대상시설은 ICT 융복합 기술을 적용한 스마트 육계농장으로, 충청남도 홍성군에 위치한 총 4동의 연면적 4,204 m² 규모로 조성된 시설이다. 각 동은 육계(닭)의 성장 환경을 정밀하게 제어할 수 있도록 다양한 센서와 자동화 시스템이 탑재되어 있으며, 이를 통해 사육 효율성과 환경 안정성을 확보하는 최첨단 시설이다.

환경 관리 측면에서는 온도, 습도, 조도 등을 실시간으로 감지하는 센서와 더불어, 이산화탄소(CO₂) 및 암모니아(NH₃) 농도를 측정하는 공기질 센서가 설치되며, 누전이나 정전 등 전기적 이상 상황을 즉시 감지할 수 있는 감지 센서도 함께 구성되어 있어, 비상 상황 시 자동으로 알람을 전달하고 대응할 수 있는 체계를 갖추고 있다. 또한, 환경 제어는 센서로 수집된 데이터를 기반으로 자동화되어 있으며 주요 제어 항목으로는 사료 공급, 환기, 온도 조절 등이 있다. 자동 급이기 및 사료빈 관리 시스템은 닭의 성장 단계에 맞춰 사료를 적절히 공급하며 환기 시스템은 팬, 커튼, 인넷 등을 통해 공기 흐름을 제어하고 히터 및 쿨링패드 등을 활용하여 계사 내 적정 온도를 유지한다. 조도 제어 시스템을 통해 계사 내부 조명을 자동으로 조절함으로써 닭의 생체리듬을 고려한 사육 환경을 구현하고 있다.



환경 관리	온도·습도·조도 센서류, 이산화탄소·암모니아 센서, 누전(정전) 감지 센서
환경 제어	자동 급이기, 사료빈 관리기, 환기(팬, 커튼, 인넷), 온도(팬, 히터, 쿨링패드)
기타	계사별 CCTV, 자동화시스템 패널, 퇴비사, 발전기, 소독조, 사무실 등

[그림 3-2] 육계 스마트팜 조감도 및 시설 주요 구성

기타 주요 설비로는 계사별 CCTV 시스템이 구축되어 있어 원격지에서도 농장 내 상황을 실시간으로 모니터링할 수 있으며 센서 및 제어 장치들의 상태를 통합적으로 관리할 수 있는 자동화시스템 패널이 설치되어 있다. 전력 공급 안정성을 위해 비상용 발전기가 구비되어 있고 질병 확산 방지를 위한 소독조, 가축 분뇨 처리를 위한 퇴비사, 그리고 운영 및 관제를 위한 사무실 등도 함께 구성되어 있다.

다. 전자파 환경 측정

본 연구의 주요 목적 중 하나는 복합시설의 시공 전과 후의 전자파 환경 측정을 통하여 시설 내·외부 장비 동작 여부에 따른 전자파 환경 변화도 비교 분석을 실시하기 위함이다. 스마트팜 건축주의 협조를 통해 시공 전(4월) 현장 측정을 측정하였으며 세부 조건은 아래와 같다.

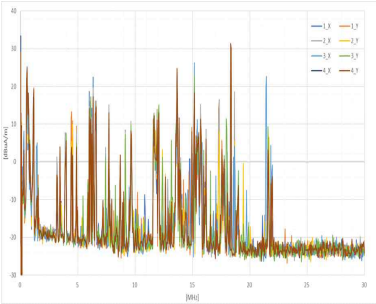
<표 3-1> 측정 주파수 대역 및 측정 사진

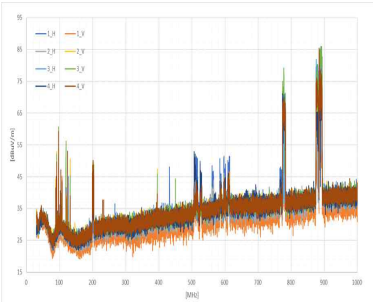
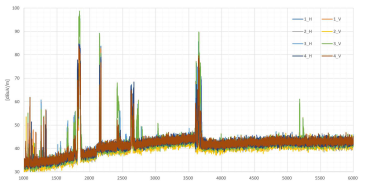
주파수 대역	측정 장비	관련 표준
9 kHz ~ 30 MHz	Loop 안테나, EMI Receiver	KS C 9816-1-1
30 MHz ~ 1 GHz	Bi-Log 안테나, EMI Receiver	KS C 9816-1-4
1 GHz ~ 6 GHz	Horn 안테나, EMI Receiver	KS C 9816-2-3



스마트팜 시설 설치 전 해당 현장의 이동통신, 방송, 라디오 등 공중파 신호 분포와 주변 잡음 등을 중점 분석하였다. 신호 분석 결과를 아래 표와 같다.

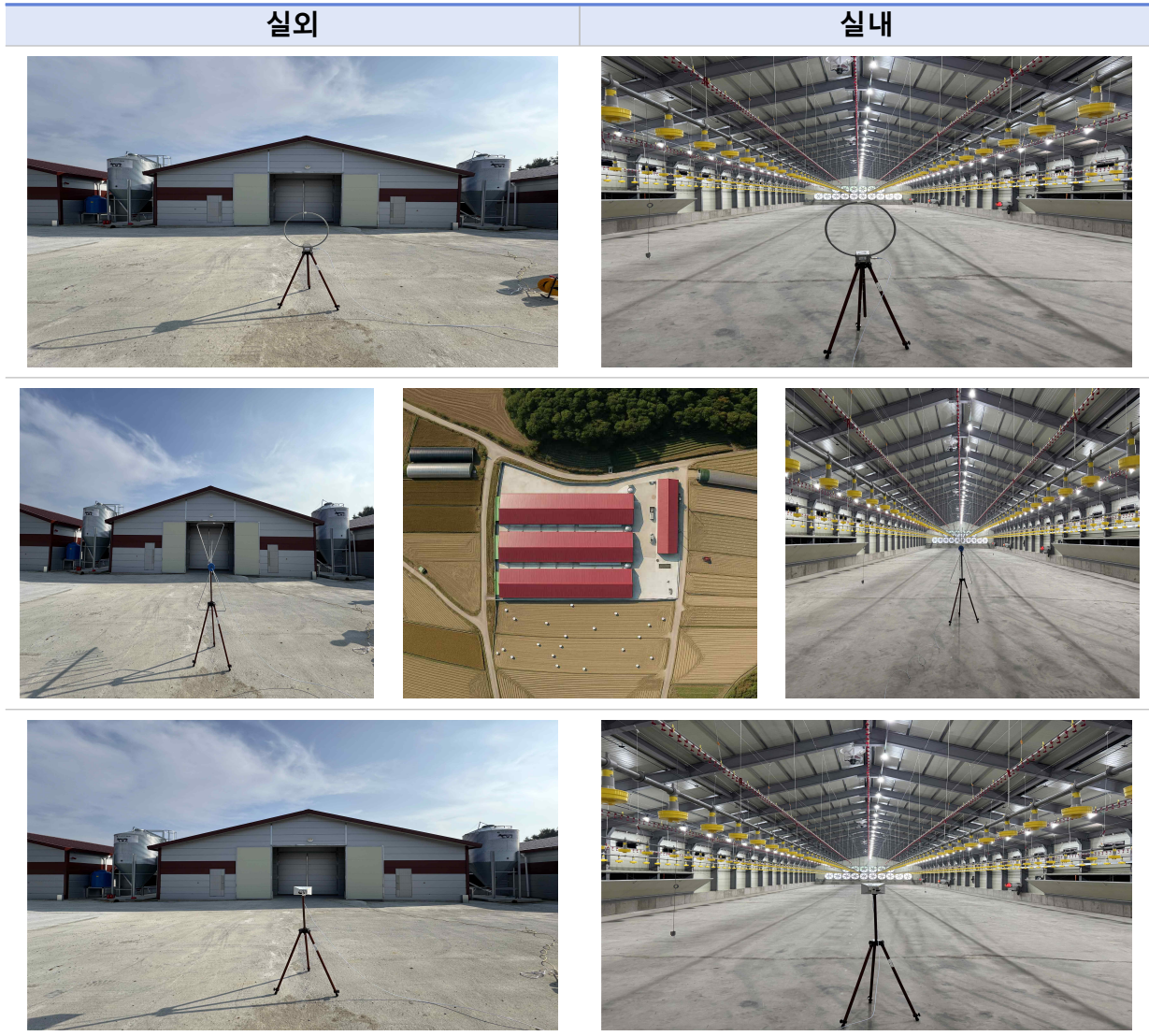
<표 3-2> 측정 신호 분석

측정결과	신호 분석
 < 9 kHz ~ 30 MHz >	○ 신호 분포 - 60 kHz 대역 : 표준 시간 방송(예: 일본 JJY, 영국 MSF) - 530 ~ 1.71 MHz 대역 : AM 라디오 방송 - 1.6 ~ 1.8 MHz 대역 : 해상 무선 통신, 항만/해운용 비상 주파수 - 2.1 MHz 대역 : 해상 조난 주파수 2182 kHz - 3 ~ 10 MHz 대역 : 단파 방송 및 아마추어 밴드 - 14 ~ 22 MHz 대역 : 단파 아마추어 무선 밴드 - 27 MHz 대역 : CB 라디오 대역 ○ 기본 노이즈 수준 - 전반적인 배경 노이즈 수준은 대부분의 구간에서 -20 ~ -25 dBμA/m 에서 형성됨

측정결과	신호 분석
 < 30 MHz ~ 1 GHz >	○ 신호 분포 - 470 ~ 600 MHz 대역 : 지상파 TV 방송 대역이며, 다수의 신호가 일정한 간격으로 관측됨(TV ATSC 또는 DVB-T 등) - 700 ~ 800 MHz : 일부 LTE 대역(Band 28, Band 26 등)으로 사용 - 14 ~ 22 MHz 대역 : 단파 아마추어 무선 밴드 - 900 MHz 대역 : 2G (GSM) 또는 일부 IoT용 통신망 (LTE-M, NB-IoT) ○ 기본 노이즈 수준 - 전반적인 배경 노이즈 수준은 25~35 dBμV/m 수준이며, 도심보다는 낮지만 일부 대역에서는 노이즈가 상승하는 경향이 보임 - 특히 수직 편파 측정값이 수평 편파보다 노이즈가 다소 높은 경향이 있음 → 수직 편파 수신이 간섭에 더 민감할 수 있음
 < 1 GHz ~ 6 GHz >	○ 신호 분포 - 특정 주파수 구간(약 1800 MHz, 2100 MHz, 2500 MHz, 3500 MHz)에서 환경잡음이 존재함. 이는 LTE, 5G 같은 이동통신 기지국의 신호일 가능성이 있으며, 특히 1800 MHz와 2100 MHz는 국내 이동통신사들이 주로 사용하는 LTE 대역이며, 3500 MHz는 5G 대역으로 사용 - 비면허 주파수 대역(예: 2400 MHz 근처의 Wi-Fi 주파수)에서도 신호가 비교적 강하게 나타남 ○ 기본 노이즈 수준 - 전체적으로 30~40 dBμV/m 수준의 배경 잡음 발생 - 시골 지역이라는 특성상 도심보다는 노이즈가 낮은 편이지만, 특정 대역에서 강한 전파 간섭이 존재함

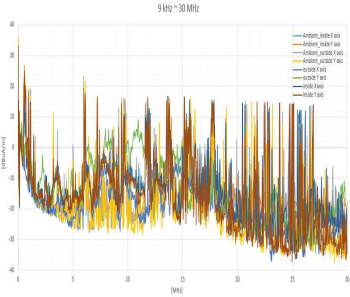
본 연구에서는 스마트육계 시설의 시공 前(4월) 최초 전자파 환경 진단 결과와 시공 完(11월) 이후 본 측정을 비교함으로써, ICT 복합설비 가동에 따른 전자파 (Electromagnetic Environment) 변화 추세와 잠재 리스크를 분석하였다.

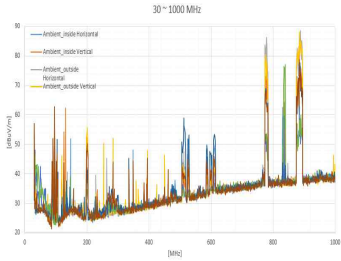
<표 3-3> 측정 사진

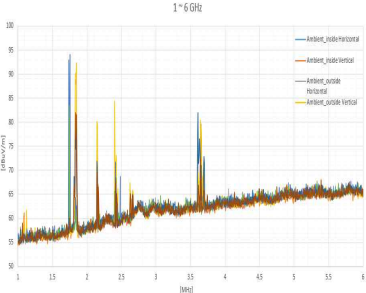


스마트팜 시설의 시공 前·後 전자파 환경 결과, 위험도 관점의 평가, 전자파 저감 (대응) 방안을 중점 검증 및 분석하였다.

<표 3-4> 측정 신호 분석

측정결과	신호 분석
 < 9 kHz ~ 30 MHz >	□ 주요 신호 특징 ○ 14 ~ 22 MHz 대역에서 국지 신호 - 국제 단파 방송 및 아마추어 무선(HF, HAM) 대역의 신호 관측 - 수직 편파에서 관측되는 경향이 있으며, 이는 HF 장파 전파 특성에 의해 설명 가능 ○ 전반적 노이즈 레벨 - 기본 노이즈 수준 -40 ~ -10 dBμA/m 수준 - Ambient(실내·실외) -40(최저) ~ 35(최대) dBμA/m 수준 - 스마트팜 내부·외부 비교 결과, 내부가 다소 더 균일하고 외부는 외란 신호 발생 □ 실내·실외 비교 ○ 외부(outside) 잡음성 신호 발생(주변 전기설비·통신설비 또는 송신기 영향) ○ 내부(inside) 실내 구조물 차폐 영향으로 전체적으로 노이즈 줄어듦 □ Ambient 대비 변화 ○ 장비 동작 여부에 따른 전계강도 변화는 특정 협대역에서만 국지적으로 발생하며, 넓은 대역에서의 증가(EMC 문제 유발)는 없음

측정결과	신호 분석
 < 30 MHz ~ 1 GHz >	□ 주요 신호 특징 ○ 470 ~ 600 MHz 지상파 TV 방송 대역 - 반복적이고 일정한 간격의 신호 발생 - ATSC/DVB-T 채널 구조와 일치 - 내부에서도 5~10 dB 감소 형태로 유지 ○ 700 ~ 800 MHz 대역 - LTE Band 28, Band 26 등 기지국 신호 - 770~790 MHz 근방에서 강한 신호 관측 ○ 900 MHz 부근 - GSM/IoT(LTE-M, NB-IoT) 신호로 판단 - 실내·실외 모두에서 관측되지만, 외부가 더 높은 경향 □ 기본 노이즈 수준 ○ 대역 전체 노이즈는 20 ~ 35 dBμV/m 수준 ○ 외부보다 내부가 3~5 dB 낮으며, 구조물 차폐 효과 □ Ambient 대비 변화 ○ 장비 OFF(Ambient)와 ON 상태 비교 시, 스마트폰 장비 추가로 인해 증가한 노이즈는 거의 없음 - 외부 환경 신호가 전체 스펙트럼의 대부분을 차지

측정결과	신호 분석
 < 1 GHz ~ 6 GHz >	□ 주요 신호 특징 ○ 1.7 ~ 2.2 GHz 대역 - 외부에서 발생하며, AM 방송 또는 특정 산업장 신호 가능 - 실내에서도 감쇠되었으나 유의미한 신호 지속 ○ 3.5 GHz 대역 - 5G Band 42(3.4~3.7 GHz) 또는 NR 5G 기지국 간섭 - 실내·외 모두 동일한 위치에서 신호 관측 → 현장 인근 기지국 영향 ○ 전체 노이즈 레벨 - Ambient 및 inside/outside 모두 55 ~ 65 dBμV/m 수준 - 고주파로 갈수록 상승 형태(안테나 보정 및 환경 특성) □ 실내·실외 비교 ○ 외부(outside) 방송·통신 신호가 직접 인입되므로 신호 관측 - 내부(inside) 구조물 차폐 효과로 피크 크기가 외부 대비 2~8 dB 감소. □ 편파 특성 ○ 수직편파(Vertical)가 수평편파(Horizontal)보다 전체적으로 1~3 dB 더 높음 - 지표면 반사 및 기지국 송신 편파 특성 때문

시공 전·후 전자파 환경 측정 결과, 11월 완공 후 본 측정에서는 환기팬, 열풍기, 인버터(Variable Frequency Drive, VFD), 모터류의 상시 운전 영향으로 30 ~ 300 MHz 구간의 방사성 노이즈가 소폭 증가하고 150 kHz ~ 1 MHz 구간의 저대역 노이즈가 모터·인버터 기인 특성으로 명확히 상승하였다. 전체 수준은 일반 산업환경 허용범위 내에 있으나 인버터·VFD 인근에서는 스위칭 특성에 따른 국지적 최대값 증가가 확인되었고, 전자파 발생 기여도가 높은 설비로는 환기팬 구동장치(VFD), 열풍기 모터, 자동급이기 모터 및 기어박스, 배전반 내부의 스위칭 전원부가 식별되었으며, CCTV·무선 공유기·영상저장장치 등 통신·영상 설비는 소규모 신호 증가만 관찰되었을 뿐 기능 영향은 없고 케이블 트레이 말단에서는 UTP와 전원선 근접 배치로 인한 국부적 공통모드 노이즈가 확인되었다. 또한, 구조적 취약지점(전

자과 집중 구간)은 환기팬 집합부, 열풍기 전면 및 후면 모터부, 배전반의 스위칭 전원부 영역으로 나타났고, 제안된 대응 방안인 접지·필터링·차폐·케이블 배선 개선 등은 실제 발생 패턴과 일치하여 실효성이 높으며 특히 인버터/VFD 입력부 필터, 모터 케이블 페라이트, 금속 케이블 덕트 적용과 통신선 차폐선(STP) 전환, 배전반 본딩 강화 및 접지저항 유지, 팬·열풍기 주변의 차폐 구조물 적용 시 노이즈 저감 효과가 기대된다.

제 2 절 ‘운용 단계’ 추가한 복합설비 전자파 안전관리 지침 보완

1. 복합설비 전자파 안전관리 지침(KS C 9996) 개정(안) 마련

가. 개요

스마트팜, 공장 자동화 시스템, 철도차량과 같은 복합설비는 다양한 전기·전자기기의 집합체로 구성되어 운영되고 있다. 정보통신기기, 전력기기, 센서, 제어시스템 등 여러 기술이 융합되어 있는 구조적 특성을 고려할 경우 이러한 설비들은 전자파 간섭(EMI, Electromagnetic Interference) 및 전자파 내성(EMS, Electromagnetic Susceptibility) 관련 이슈가 필연적으로 발생할 수밖에 없다. 특히 시스템 간 간섭 또는 외부 환경으로부터의 전자파 영향은 장비 오작동, 통신 오류, 제어 시스템 오류 등과 같은 안전성 저해 요소로 작용할 수 있어 운용 단계에서도 이에 대한 체계적인 관리가 필요하다.

현행 KS C 9996 「전자파 안전관리 지침」은 이러한 전자파 위험요소에 대한 안전관리 필요성을 인식하고, 전자파 안전관리 계획서에 대한 개념적인 설명을 제시하고 있다. 그러나 해당 지침은 계획서 구성 항목에 대한 원칙 수준의 내용만 포함하고 있어 실질적인 현장 적용을 위한 문서 작성 양식이나 구체적인 작성 절차, 검토 항목 등에 대한 안내는 부족한 실정이다.

이로 인해 실제 설비 운영자나 설계자는 전자파 안전관리 계획서를 작성하거나 점검할 때 일관된 기준 없이 대응하는 경우가 많으며, 이는 설비의 안정적인 운용에 있어 취약 요소로 작용할 수 있다. 특히, 운용 단계에서는 기기 노후화, 유지보수 작업, 장비 변경, 추가 설비 도입 등 다양한 변수로 인해 예측하지 못한 전자파 간섭이나 인체 노출 이슈가 발생할 수 있으며 이는 설비 성능 저하, 안전사고, 정보통신 장애 등으로 이어질 수 있다. 더욱이 복합설비의 경우 상호 연동되는 시스템 간

전자파 간섭 가능성이 높아 정기적인 감시 및 실시간 대응체계가 필수적이다.

이에 따라 운용 단계에서의 전자파 안전관리 업무를 보다 체계화하고, 현장에서 실질적으로 활용 가능한 전자파 안전관리 계획서 작성이 가능하도록 구체적인 부속서 양식을 마련하고자 한다. 이 부속서에는 설비 유형에 따른 맞춤형 점검 항목, 전자파 간섭·내성 평가 절차, 기록 및 검토 방식 등을 포함시켜 전자파 안전관리에 대한 실효성을 높이고자 한다. 나아가, 이러한 문서 양식은 스마트 설비의 확산에 따라 확대될 것으로 예상되는 전자파 관리 수요에 능동적으로 대응하는 기반이 되며, 기존 법령 및 기술기준과의 연계성 확보를 통해 현장 적용성과 실효성을 높이고 신기술 설비 확산 시 안정성 확보에 기여할 것으로 기대된다.

<표 3-5> 운용 단계 복합설비 전자파 안전관리 방안 필요성

구분	주요내용	비고
현행 지침 한계	- 설계·시공 단계 중심	- 운용 단계에서 발생 가능한 전자파 리스크에 대한 관리 체계 미비
운용 단계의 전자파 리스크	- 기기 노후화 - 유지보수 시 인접기기 간 간섭 - 설비 추가/변경 시 전자파적합성 미확인	- 장비 성능저하, 오작동, 인체노출 가능성 증가
복합설비 특성	- 다양한 시스템의 상호 연동	- 시스템 간 상호간섭 가능성 높아 실시간 모니터링 필요
기대효과	- 선제적 리스크 대응 - 정기적 감시체계 구축 - 이상 징후 대응 메뉴얼 마련 - 기기 교체 시 사전 검토 체계 강화	- 전자파로 인한 사고 예방 및 시스템 안정성 확보
지침 보완 필요성	- 전 생애주기 기반 안전관리 확보	- 운용 단계 포함 시 실효적이고 지속가능한 전자파 안전관리 가능
정책적 효과	- 국제표준 정합성 확보 - 신기술 설비의 안전한 확산 기반 마련	- 기술 변화에 유연한 대응 가능

나. 주요 내용

최근 구축되고 있는 스마트 공장, 양계장, 발전소, 철도설비 등과 같은 복합시스템은 다수의 전기·전자설비가 집약되어 운용되는 특성을 갖고 있다. 이러한 설비들은

고출력 장비, 통신기기, 제어시스템 등이 동시 다발적으로 운영되기 때문에 설비 간 전자파 간섭(EMI) 발생 가능성이 높으며, 외부 전자파 환경으로부터의 영향을 받는 내성(EMS) 확보 또한 중요한 이슈로 대두되고 있다. 하지만 현재까지의 전자파 안전관리 지침은 주로 설계 및 시공 단계 중심의 기술적 요구사항에 초점이 맞춰져 있으며, 운용 단계에서 발생할 수 있는 전자파 리스크에 대한 체계적 대응 방안은 미흡한 실정이다.

이러한 근거로 설비 운영 단계에서 발생할 수 있는 전자파 리스크를 사전에 평가하고 관리 방안을 마련하기 위한 실효성 있는 관리 수단으로서 ‘전자파 안전관리 계획서’의 필요성이 대두되고 있다. 현재 KS C 9996 「전자파 안전관리 지침」에서는 개념적 설명에 그치고 있어, 실무자가 현장에서 바로 활용하기에는 한계가 존재한다. 특히 설명 중심의 서술식 내용은 경험이 부족한 실무자에게는 이해 및 적용이 어려울 수 있으며, 현장 상황에 맞는 구체적인 문서 형태가 부재한 상태이다.

이에 따라 본 계획서 양식은 실무자가 직접 활용할 수 있도록 구성된 기본 포맷을 제공함으로써 전자파 안전관리 업무의 체계화와 문서화 수준을 제고하고자 한다.

본 전자파 안전관리 계획서는 ICT 융복합 시설, 특히 육계 스마트팜과 같은 복합 전기설비 환경에서의 전자파(EMC) 안전성 확보를 목적으로 작성되었다. 복잡하고 고도화된 시스템 내에서 발생할 수 있는 전자파 간섭 및 인체 유해 노출에 선제적으로 대응하고, 시스템의 기능 안정성과 인체 안전 확보를 위한 기준과 절차를 명확히 제시하는 것이 핵심 목적이다.

이 계획서는 사업 착수 시점부터 시스템 전체 생애주기에 걸쳐 EMC 관련 활동을 일관되고 체계적으로 관리할 수 있도록 전자파적합성과 인체보호 관점의 안전 요건을 통합 관리한다. 특히, 시스템 엔지니어링 부문에서 전자파 안전관리 계획 수립을 담당하는 EMC 관리자에게 실무적 기준과 판단의 근거를 제공하며, 관련 법령 및 국내외 표준(KS C 9996 등)에 기반한 관리체계를 정립하도록 유도하였다. 계획서에는 다음과 같은 사항이 포함되며 별도의 문서로 초안을 작성하였다.

<표 3-6> 전자파 안전관리 지침(KS C 9996) 개정(안)

전자파 안전관리 지침(KS C 9996) 개정(안)			
부속서 1: (선택) 전자파 안전관리 계획서 1.1 계획목적 이 계획은 1000 MHz 이하의 무선 통신기기를 사용하여 발생하는 전자기파(EMF) 및 전자기 유도장(ELF) 노출을 관리하여 인체에 미치는 영향을 최소화하고, 관련 법령(전자파 안전관리법 제10조 제1항)을 준수하기 위한 목적으로 수립한다. 1.2 계획범위 본 계획은 1000 MHz 이하의 무선 통신기기를 사용하여 발생하는 전자기파(EMF) 및 전자기 유도장(ELF) 노출을 관리하는 것을 목적으로 한다. 1.3 계획기간 본 계획은 2024년 1월 1일부터 2024년 12월 31일까지 시행한다. 1.4 계획책임자 본 계획은 2024년 1월 1일부터 2024년 12월 31일까지 시행한다.	부속서 2: (선택) 전자파 안전관리 계획서 2.1 계획목적 이 계획은 1000 MHz 이하의 무선 통신기기를 사용하여 발생하는 전자기파(EMF) 및 전자기 유도장(ELF) 노출을 관리하여 인체에 미치는 영향을 최소화하고, 관련 법령(전자파 안전관리법 제10조 제1항)을 준수하기 위한 목적으로 수립한다. 2.2 계획범위 본 계획은 1000 MHz 이하의 무선 통신기기를 사용하여 발생하는 전자기파(EMF) 및 전자기 유도장(ELF) 노출을 관리하는 것을 목적으로 한다. 2.3 계획기간 본 계획은 2024년 1월 1일부터 2024년 12월 31일까지 시행한다. 2.4 계획책임자 본 계획은 2024년 1월 1일부터 2024년 12월 31일까지 시행한다.	부속서 3: (선택) 전자파 안전관리 계획서 3.1 계획목적 이 계획은 1000 MHz 이하의 무선 통신기기를 사용하여 발생하는 전자기파(EMF) 및 전자기 유도장(ELF) 노출을 관리하여 인체에 미치는 영향을 최소화하고, 관련 법령(전자파 안전관리법 제10조 제1항)을 준수하기 위한 목적으로 수립한다. 3.2 계획범위 본 계획은 1000 MHz 이하의 무선 통신기기를 사용하여 발생하는 전자기파(EMF) 및 전자기 유도장(ELF) 노출을 관리하는 것을 목적으로 한다. 3.3 계획기간 본 계획은 2024년 1월 1일부터 2024년 12월 31일까지 시행한다. 3.4 계획책임자 본 계획은 2024년 1월 1일부터 2024년 12월 31일까지 시행한다.	

- 전자파 영향요인을 관리하기 위한 적용 범위 정의
- 전자파 적합성 확보를 위한 단계별 절차와 조직별 책임 체계 규정
- 관련 표준·규격을 기반으로 설비에 적용해야 할 전자파 요구조건 제시
- 전자파로 인한 위험 요소를 식별하고 이에 대한 최소화 방안 제시
- 전자파적합성을 입증하기 위한 최종 평가 결과와 제출 문서 정의

이러한 구성을 통해 실무자는 전자파 관련 관리 활동을 기준에 맞추어 일관성 있게 수행할 수 있으며, 계획서 작성 및 이력 관리를 명확히 할 수 있게 된다. 궁극적으로 전자파 안전관리의 실효성을 확보하고, 복합설비의 안정적인 운용을 위한 사전 대응체계를 마련하고자 한다.

제 3 절 PSD 센서 내성기준·시험방법 및 전자파 안전관리 가이드라인 마련

1. 광대역 방사 내성 시험방법 검증

가. 5G 이동통신 기지국 출력별 전계강도 측정

5G 이동통신 기지국의 출력에 따른 전계강도 측정은 5G 등 광대역 무선 신호에 대한 전자파 안전성 확보와 향후 방사 내성(EMS) 관련 기술기준 개정을 위한 기초

데이터를 확보하기 위한 목적으로 수행되었다.

국내 이동통신 3사(SKT, KT, LGU+)가 각각 사용하는 100 MHz 대역폭(3,400 ~ 3,700 MHz 대역)에 대해 기지국 송출 출력을 46 ~ 30 dBm 까지 1 dBm 단위로 점차 낮추며 전계강도를 측정하였으며, 송출 조건은 OCNS(Orthogonal Channel Noise Simulator) 방식으로 최대 수신 상태를 가정해 5G 신호 송출기의 최대 출력이 유지되도록 설정하였다. 세부 조건은 아래 표와 같다.

<표 3-7> 5G 송신신호 조건

통신사	주파수 대역	대역폭	방식
3사 통합	3,400 ~ 3,700 MHz	300 MHz	TDD ²⁾

※ <통신사별 사용 대역>

- ① SKT : 3600 MHz ~ 3700 MHz(100 MHz 대역폭), ② KT : 3500 MHz ~ 3600 MHz(100 MHz 대역폭),
③ LGU+ : 3400 MHz ~ 3500 MHz((100 MHz 대역폭)

빔 방향은 상하·좌우 평행으로 고정하고, 이격거리는 가로 1.5 m, 높이 3.8 m, 세로 2 m로 하여 대역폭 300 MHz 범위에 대한 측정을 수행하였다.

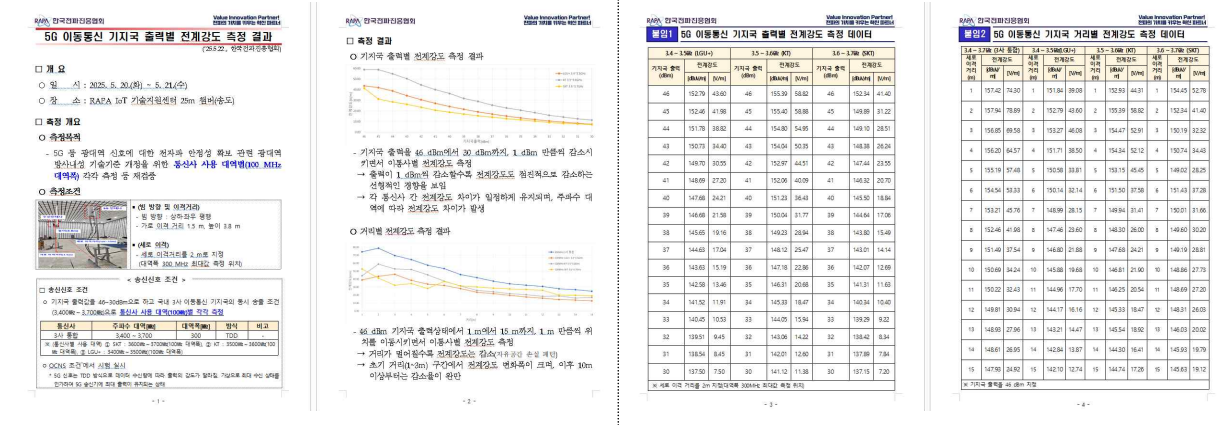
기지국 출력별 전계강도 측정 결과 기지국 출력이 1 dBm 씩 감소함에 따라 전계강도 또한 선형적으로 점진적으로 감소하는 경향을 보였으며, 통신사에 따라 전계강도 값에는 다소 차이를 보였지만 일정한 상대적 차이를 유지했다.

거리별 전계강도 측정 결과 출력값을 고정(46 dBm)한 상태에서 수신 측정 위치를 1 ~ 15 m까지 1 m 단위로 증가시키며 전계강도를 측정한 결과, 거리 증가에 따라 전계강도가 전형적인 자유공간 손실(Free-space path loss) 형태로 감소하는 것을 확인하였다. 초기 거리(1 ~ 3 m) 구간에서는 전계강도의 변화폭이 컸으며, 이후 거리 증가에 따른 감소율이 완만해짐을 확인할 수 있었다.

2) TDD(Time Division Duplexing)는 동일한 주파수 대역에서 시간적으로 상향, 하향을 교대로 배정하는 양방향 전송 방식으로 이론적으로 상향, 하향에 각기 다른 2개의 주파수를 배정하는 FDD 방식보다 전송 효율이 높은 것이 특징임

<표 3-8> 5G 이동통신 기지국 출력별 전계강도 측정 결과

5G 이동통신 기지국 출력별 전계강도 측정 결과



나. PSD 기술기준 개정(안) 마련을 위한 시험방법 검증 시험

5G 등 광대역 통신기기의 확산으로 인해 해당 장비의 전자파 방사 내성 확보가 중요해짐에 따라 광대역 방사 내성 시험에 적합한 새로운 시험방법의 필요성이 제기되었다. 이에, PSD 센서 등 광대역 노출에 민감한 장비에 대한 방사 내성 시험방법의 타당성과 실효성을 검증하기 위해 시험(한국로봇산업진흥원, '25.6.4 ~ 6.5)을 수행하였다.

시험신호는 5G 하향링크 TM3-1a³⁾ 모델을 기반으로 대역폭 100 MHz, 중심주파수 3.45/3.55/3.65 GHz의 총 3종을 구성하여 300 MHz 병합 대역까지 포함해 시험하였다. 시험은 IEC 61000-4-3 및 4-41 기준에 따라 균일장 확보, 스펙트럼 마스크, 파고율(CCDF) 등의 요구사항을 포함하였으며, 실제 PSD 센서(LiDAR) 2종에 대해 전자파 노출에 따른 성능평가기준도 검증하였다.

3) TM3-1a 모델 : 5G NR (New Radio) 통신 시스템에서 사용되는 시험모델 중 하나로 NR-FR1-TM3.1a 모델은 주파수 대역 1(FR1)에서 사용됨. 또한, 출력 전력 동특성, 총 전력 동적 범위, 변조 품질(EVM) 등을 측정하는데 사용되고 5G 기지국(BS)의 무선 주파수 성능을 검증하기 위한 시험 절차에 활용됨

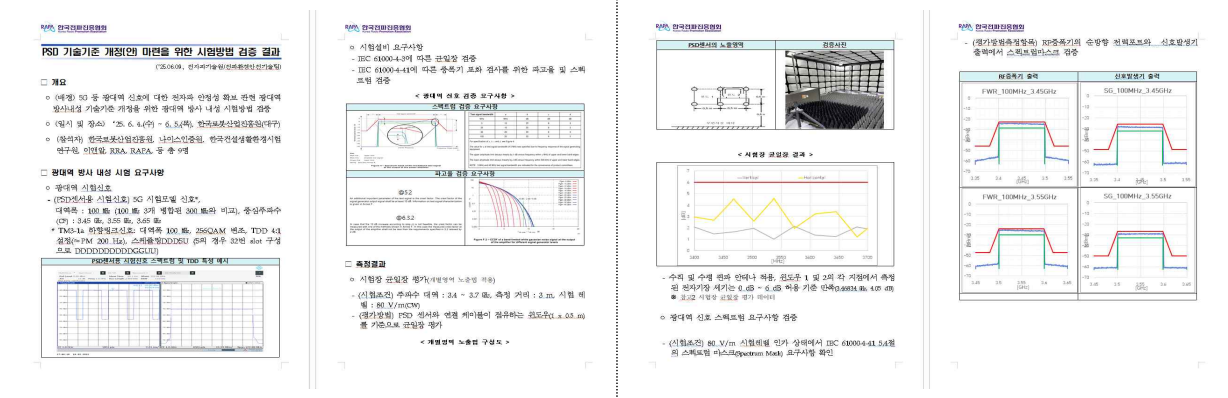
<표 3-9> PSD 기술기준 개정(안) 마련을 위한 시험구성



균일장 평가에서는 수직 및 수평 편파 모두에서 시험장 균일장이 IEC 61000-4-3 기준인 6 dB 범위 내로 만족하였다. 시험은 PSD 센서가 점유하는 1.0 m × 0.5 m의 노출 윈도우 내 각 지점에서 수행되었으며, 대표 주파수인 3.46834 GHz에서도 최대 편차는 4.05 dB로 기준을 충족하였다.

<표 3-10> PSD 기술기준 개정(안) 마련을 위한 시험방법 검증 결과

PSD 기술기준 개정(안) 마련을 위한 시험방법 검증 시험 결과



광대역 신호 스펙트럼 요구사항 검증에서는 100 MHz 및 300 MHz 시험신호 모두에서 중심주파수 전 영역(3.4 ~ 3.7 GHz)에 대해 스펙트럼 마스크 기준을 만족하였으며, RF 증폭기 출력 및 신호발생기 출력 모두에서 규격 요구사항을 만족하였다.

파고율(Crest Factor) 검증에서는 CCDF 기준을 기반으로, 100 MHz 신호는 모든 중심주파수에서 8 dB 이상의 파고율을 보여 증폭기 포화가 발생하지 않음을 확인하였다. 300 MHz 신호 역시 기준을 만족하였으나, 일부 구간에서 포화 경향이 나타났으며, 이에 따라 분석 대역폭이 300 MHz 이상인 고성능 신호 분석기를 사용해야 평가

의 정확성이 확보됨을 확인하였다.

PSD 센서 2종 시험 결과에서는 기존 모델(LSE 시리즈)이 특정 대역에서 오동작을 보인 반면, 개선 모델(LSE3 시리즈)은 모든 시험 조건(3개 대역 및 전체 300 MHz 병합)에 대해 정상 동작을 유지하였으며, 광대역 전자파 환경에서도 개선형 PSD 센서가 신뢰성 있게 작동할 수 있음을 의미함을 알 수 있다.

2. PSD 레이저 센서 전자파적합성 기준 개정(안) 마련

가. 전자파적합성 기술기준 개정(안) 마련

현행 「전자파적합성기준(고시)」 [별표 12]에서는 멀티미디어기기류의 전자파 내성 기준이 명시되어 있으나, PSD 레이저 센서와 같이 실외 고전계 환경에 노출되는 장비의 특성이 반영되지 못하고 있었다. 이에 개정안에서는 기존 항목에 더하여 ‘광대역 방사성 RF 전자기장(3.4 GHz ~ 3.7 GHz)’에 대한 시험 항목을 신설하였다.

시험은 IEC 61000-4-41(향후 KS C 9610-4-41 제정 시 적용 예정)에 따라 수행되며, 내성 기준은 5G 기지국의 출력 조건에 따라 20, 28, 38, 56, 80 V/m의 5단계 중 하나를 선택 적용할 수 있도록 구성되었다.

또한 제품 명세서에는 적용된 내성 기준을 의무적으로 명시하도록 하여, 사용자 및 설치자가 환경 조건에 따라 적절한 제품을 선택할 수 있도록 하였으며, 시험방법에 환경조건(이격거리, 빔 방향, 빔폭 등)과 설치 권고사항을 부속서에 추가하기로 하였다.

<표 3-11> 승강장안전문(PSD) 레이저 센서 전자파적합성 기준 개정(안)

승강장안전문(PSD)의 레이저 센서 전자파적합성 기준 개정(안)

□ 승강장안전문(PSD)의 레이저 센서의 전자파적합성 기준 개정안

○ 「전자파적합성 기준(고시)」 / 「별표 12 멀티미디어 기기의 전자파적합성 기준(제15조관련)」

2. 전자파 내성 기준 / 가. 합체 포트의 전자파 내성 (추가)

시험항목	시험조건	단위	시험방법	성능평가 기준	비고
전원주파수 자기장	60 1	Hz A/m	KS C 9610-4-8	A	(주1)
방사성 RF 전자기장	80 ~ 1000 3	MHz V/m		A	(주2), (주3), (주4), (주5)
방사성 RF 전자기장, Spot 시험	1 800, 2 600, 3 500, 5 000 3	MHz V/m	KS C 9610-4-3	A	(주3), (주4), (주5)
광대역 방사성 RF 전자기장	3 400 ~ 3 700 20 28 38 50 80	MHz V/m V/m V/m V/m		(주8)	A (주6), (주7)
정전기 방전	±4 (점속방전) ±8 (기중방전)	kV kV	KS C 9610-4-2	B	

(주1) 자기장에 영향을 받을 수 있는 장치(CRT 모니터, 홀 효과 소자, 전기 역학적 마이크로폰, 자기장 센서 또는 오디오 주파수 대역 스피커 등)가 포함된 기기에만 적용한다.

(주2) 규정한 주파수 대역 전체를 스캔하면서 시험한다. 그러나 전파 동선이 주요기능인 기기는 특정한 주파수에 대해서 추가적이고 포괄적 기능 시험이 수행되어야 한다. 방사성 RF 전자기장 시험을 위해 특정한 주파수는 다음과 같다: 80, 120, 145, 160, 230, 375, 435, 460, 600, 814, 835 MHz (±1 %).

(주3) 각각 주파수에서의 휴지시간은 시료(EUT)의 각 면, 안테나의 위치와 편파의 배치에 적응하여야 한다.

(주4) 방해 시험신호는 1 kHz 정현파를 사용해 80 % 인폭변조 신호를 적용한다.

(주5) 외부전원 또는 충전 능력이 없는 전자기 제거 부대형 음성방송 수신기 및 음악 재생기에는 적용하지 않는다.

(주6) 해당 기준은 승강장안전문(PSD)의 레이저 센서(또는 라이다 센서)에 한하여 적용하며, 5개 시험조건(기준) 중 한 개를 선택하여 적용한다.

(주7) 시험신호는 5G TM1.1 100 MHz 변조신호를 사용하며, 신호에 대한 자세한 내용은 KS C 9835 부속서 K를 참고한다.

(주8) 시험방법은 국가표준(KS C IEC 61000-4-41) 제정 시 해당 표준을 적용한다.

(비고)
1. 폐쇄회로 TV, 감시 카메라, 녹화기 등 감시기는 다음의 두 조건에서 실시되어야 하며, 만약 3 V/m 시험 조건에서 아무런 이상이 없을 경우 1 V/m 시험조건에서도 만족하는 것으로 간주한다.
가. 3 V/m에서는 화면에 최미한 편광이 가는 등 확률이 조금 떨어지는 것은 허용되나, 인식용 자체가 흔들리지 않고 인식률을 명확히 식별할 수 있어야 하며 시스템이 계속해서 동작되어야 한다.
나. 1 V/m에서는 식별 가능한 화질 손상이 없어야 한다.

○ 「멀티미디어 기기 전자파 내성 시험방법(KS C 9835)」

: 표 1 - 합체 포트에 대한 내성 허용기준 (추가)

표항	환경 현상	시험규격	단위	기본 시험방법	비고	성능평가 기준
1-1	전원주파수 자기장	주파수 자기장 세기	80 1	Hz A/m	KS C 9610-4-8	비고 1 A
1-2	방사성 RF 전자기장	주파수 범위 전자기장 세기	80 ~ 1000 3	MHz V/m		변조는 4.2.2.1 참조 A
1-3	방사성 RF 전자기장 Spot 시험	주파수(±1 %) 전자기장 세기	1 800, 2 600, 3 500, 5 000 3	MHz V/m	KS C 9610-4-3	변조는 4.2.2.1 참조 A
1-4	광대역 방사성 RF 전자기장	주파수 전자기장 세기	3 400 ~ 3 700 20 28 38 50 80	MHz V/m V/m V/m V/m	KS C IEC 61000-4-41	부속서 K 참조 A
1-5	정전기 방전	점속 방전 기준 방전	±4 ±8	kV kV	KS C 9610-4-2	B

비고1 본질적으로 자기장에 영향을 받을 수 있는 장치(CRT 모니터, 홀 효과 소자, 전기역학적 마이크로폰, 자기장 센서 또는 제추파 트랜스포머 등)가 포함된 기기에 적용한다. EUT가 CRT 모니터를 포함하고 있는 경우 시험레벨 결정은 D.3.2를 참조한다.

비고2 폐쇄회로 TV, 감시 카메라, 녹화기 등 감시 기기는 다음의 두 조건에서 실시되어야 하며, 만약 3 V/m 시험 조건에서 아무런 이상이 없을 경우 1 V/m 시험 조건에서도 만족하는 것으로 간주한다.
a) 3 V/m에서는 화면에 최미한 화질이 가는 등 확률이 조금 떨어지는 것은 허용되나, 인식용 자체가 흔들리지 않고 인식률을 명확히 식별할 수 있어야 하며 시스템이 계속해서 동작되어야 한다.
b) 1 V/m에서는 식별 가능한 화질 손상이 없어야 한다.

※ 「멀티미디어 기기 전자파 내성 시험방법(KS C 9835)」, 부속서 K 내성 기준 도출 환경 조건 등을 포함하여 승강장안전문(PSD)의 레이저 센서 (또는 라이다 센서) 기기의 광대역 방사 내성 시험방법 추가

KS C 9835 부속서 K에서는 PSD 레이저 센서를 대상으로 하는 광대역 방사성 RF 전자기장 내성 시험방법 개정안을 마련하였으며, 적용범위, 시험신호 요구사항(TN1.1·3.4~3.7 GHz·100 MHz), 균일장 영역 및 레벨 설정 절차, 기술기준 도출의 근거 등을 포함하여 시험방법을 구체화하였다.

<표 3-12> 멀티미디어 기기 전자파 내성 시험방법 개정(안)

멀티미디어 기기 전자파 내성 시험방법 개정(안)

부속서 K (규격)

승강장안전문 레이저 센서에 대한 광대역 방사성 RF 전자기장 내성 시험

K.1 적용범위

이 시험은 5G 이동통신 서비스의 광대역 전파에 의한 방사 내성을 시험하기 위한 것으로서, 승강장 안전문(PSD)의 레이저 센서에 대한 광대역 방사 내성 평가에 적용한다.

이 부속서에서 규정한 요구사항을 준수 적용하며, 언급하지 않은 사항은 KS C 9610-4-41 광대역 방사 내성 시험방법에 따른다.

K.2 시험 신호 요구사항

K.2.1 시험 레벨

시험 레벨은 제형 설정 과정과 일치하는 등가 방출과 전기장 세기와 시험 신호 대역폭으로 계산된 전기장 스펙트럼 밀도를 기준으로 규정한다.

K.1 - 시험 레벨

시험 레벨	등가 방출 전력 밀도 [dBm/100 MHz]	전기장 스펙트럼 밀도 [dB (μV/m, 100 MHz 대역폭(BW)=100 MHz)]
1	20	66.0
2	26	68.0
3	32	71.0
4	38	75.0
5	44	79.0

K.2.2 시험 신호

시험 신호는 5G 통신 표준에서 3GPP가 정의한 성능평가용으로 규정한 시험 신호 TM1.1을 사용한다.

TM1.1 신호 주요 인자는 대역폭 100 MHz, 부반송파간격(SCS) 30 MHz, GPRC 변조, TDD 구성 DCSSS(스케줄링 100 MHz 블록으로 변경)이다.

그림 K.1 - NR-FR1-TM1.1 시험신호의 시간영역 및 전력 변형 및 주파수 영역 스펙트럼 예시

Figure K.1 consists of three subplots illustrating the NR-FR1-TM1.1 test signal characteristics:

- (a) Time-domain waveform:** Shows a burst of data over time. The x-axis is labeled 'Time (ns)' and ranges from 0 to 100,000. The y-axis is labeled 'Amplitude (V)' and ranges from 0 to 1.0. The signal is a burst of data, with a peak amplitude of approximately 1.0 V.
- (b) Power spectrum:** Shows the power spectrum of the signal. The x-axis is labeled 'Frequency (MHz)' and ranges from 3.4 to 3.7. The y-axis is labeled 'Power (dBm)' and ranges from -100 to 0. The spectrum is a flat noise floor, with a peak power of approximately -100 dBm.
- (c) Frequency spectrum:** Shows the frequency spectrum of the signal. The x-axis is labeled 'Frequency (MHz)' and ranges from 3.4 to 3.7. The y-axis is labeled 'Power (dBm)' and ranges from -100 to 0. The spectrum is a rectangular band, with a peak power of approximately -100 dBm.

K.2.3 주파수 범위 및 시험 신호 대역폭

국내 이동통신 3사의 5G 이동통신 서비스를 고려하여, 시험 주파수 범위는 3.4 GHz에서 3.7 GHz로 적용하며, 시험 신호 대역폭은 100 MHz로 한다.

K.2 - 주파수 범위 및 시험 신호 대역폭

주파수 범위 [MHz]	시험 신호 대역폭 [MHz]
3 400 ~ 3 700	100

K.3 균일장 영역 및 레벨 설정 요구사항

K.3.1 균일장 영역

균일장 영역은 PSD 시험 배치를 포함하는 최소한의 개방영역으로 구성할 수 있다. 이 균일장 영역은 KS C 9610-4-3 제4항의 노출면적에 따라 등공적으로 유효성을 확인하여야 한다.

K.3.2 레벨 설정

기준편위전계 강도를 통해 내성 기준을 도출하였다.

이제 5G 이동통신 기기와 장비와 인터페이스를 이용한 측정 장비와 상호 조건은 다음과 같다.

Figure K.2 illustrates the measurement setup for the test. The image shows a laboratory setup with a large antenna array, a test subject, and measurement equipment. A diagram on the right shows the test setup with a 100 MHz spectrum, a 100 MHz antenna, and a 100 MHz antenna.

주변 최대 방출 범위 방향을 갖고 이의 거리를 증가시켜 전기장 세기를 측정하였다.

이격거리 [m]	1	1.5	2	3	4
전기장 세기 [V/m]	15.17	18.18	18.97	14.89	13.91

다음으로 최대 방출이 측정된 2 m 거리에서 기구 속력을 30 dBm에서 46 dBm으로 변경하여 전기장 세기를 측정하였다.

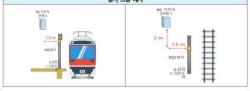
주파수 대역 [MHz]	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
전기장 세기 [V/m]	13	14	16	19	20	21	24	27	32	34	37	43	47	50	62	71	79

이 측정 결과를 바탕으로 5G 이동통신 기기와 용단 인터페이스 측정결과를 통해 구간으로 구분하고, 해당 구간별 최대전계 1 V/m 이하로 측정한다. 전계 PSD 한계는 비공식이다.

용단 인터페이스 측정결과	30 ~ 33	34 ~ 37	38 ~ 40	41 ~ 43	44 ~ 46
내공진 [V/m]	20	28	37	56	80

승강장안전전문(PSD) 레이저 센서 실측 결과를 기반으로 최소 이격거리, 설치 위치 기준, 전자파 내성 요구조건, 현장 실측·검증 절차 등을 포함한 ‘PSD 센서 설치 가이드라인’을 마련하였다.

<표 3-13> PSD 센서 설치 가이드라인

PSD 센서 설치 가이드라인							
승강장안전전문(PSD) 센서 설치 가이드라인(안) □ 개요 ○ (배경) 5G 이동통신 중대역 전파(24~37 GHz)에 의해 승강장안전전문(PSD)의 레이저 센서 작동에 장애가 발생할 수 있으며, 이는 승강장안전전문 비정상 작동, 열화 및 정지 지연 등 국민 안전에 직결되는 문제 발생 ○ 22년 국정감사에서 국회(당장수 의원)는 문제 해결을 위해 ‘국립과학기술원이 주도하여 기존 상황 및 현장 설치 가이드라인 마련 요청’ ○ 실측을 위한 전제조건: 주파수(24~37 GHz) 15m 이내를 통해 내성 기준 및 설치 요구사항 제시 ○ 가이드라인은 (PSD) 센서 설치 시, 5G 전파 영향 최소화, 센서 작동 및 열화, 측정 내성 수준 확보, 안전한 승객 승하차 환경 조성 목적 □ 설치 기본 원칙 ○ 5G 기지국 안테나와의 최소 이격거리 ○ 국립과학기술원 원측 기반으로 센서가 일제 전계장도 이하에서 동작하도록 한 최소 안전거리: <table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th><th>최소 이격거리</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>국립과학기술원(PSD) 원측 안전 거리</td><td>4.5m 이상</td></tr> <tr> <td>국립과학기술원(PSD) 원측 안전 거리</td><td>1.5m 이상</td></tr> </tbody> </table> □ 설치 기술 기준 ○ 센서 설치 위치 ○ PSD 광부 또는 브래킹 광속 측면 등 세로상 설치 위치 선정 ○ 센서 위치 선정과 관련하여 승객의 안전을 확보하기 위하여 승객의 안전을 확보 ○ 센서 위치 선정과 관련하여 승객의 안전을 확보하기 위하여 승객의 안전을 확보	구분	최소 이격거리	국립과학기술원(PSD) 원측 안전 거리	4.5m 이상	국립과학기술원(PSD) 원측 안전 거리	1.5m 이상	○ 전자파 내성(EMS) 기준기준 준수 ○ 5G 중대역 전파 내성 기준(국립과학기술원: 30~40 dBm 기준: 20~28~38~56~60 V/m 중 등급 전파 적용) ○ 설치되는 센서의 내성 등급을 제품 사양서에 첨부 표기 □ 설치 시 현장 실측 및 검증 절차 ○ 현장 전자파 환경 사전 조사 ○ 기지국 안테나 위치, 출력, 방사 패턴(Pattern) 및 패턴 확인 ○ PSD 센서 설치 예정 위치에서 전계장도 측정 ○ 기지국 출력 조정 또는 센서 등급 선택 ○ 전계장도 측정 시 ○ 기지국 출력 조정 또는 더 높은 내성 등급 센서 설치 검토 □ 설치 시 주요 주의사항 ○ PSD 안테나, 열원 등 안테나 및 열원 조사는 위치 선정 시 금지 ○ 금속 구조물 근접 설치 시 반사 문제(멀티패스가 증가함)도 고려 ○ 유리창, 벽, 천장 등에서 반사되는 전파 영향 고려 필요 ○ 센서 세팅은 전파와 인접성을 줄이기 위해 적체 케이블 및 접지(Cable) 강화 ○ 센서 브래킹 내부는 전파를 흡수 재료 또는 EMI Shield 적용 ○ 유지보수 시 센서 정렬(Alignment) 및 설치 거리 확인 필수 
구분	최소 이격거리						
국립과학기술원(PSD) 원측 안전 거리	4.5m 이상						
국립과학기술원(PSD) 원측 안전 거리	1.5m 이상						

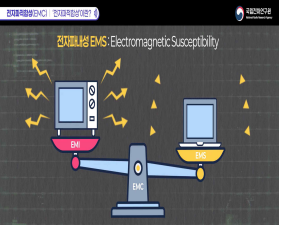
- 실환경 측정 기반 최소 이격거리 제시
- 센서 빔 정렬 및 간섭물 분석 기준 제시
- 5G 내성(EMS) 등급 적용 및 표기 의무화
- 설치 전 현장 조사 및 보정 절차 마련
- 설치 시 전파 영향 최소화 주의사항 제시

3. 전자파 안전관리 교육·홍보 영상 제작 및 배포

가. 전자파 안전관리 교육·홍보 영상 제작

‘25년 상반기에는 전자파 안전관리 인식 제고와 전자파적합성 제도의 이해 확산을 위해 교육·홍보용 영상을 제작하였다. 본 영상은 전자파 안전관리의 필요성과 EMC 시험·기준의 역할을 대국민·산업계에 이해시키기 위해 기획·정립하였다. 영상은 EMC 시험 현장, 실제 생활 속 전자파 사례 등을 포함하여 시청자가 쉽고 직관적으로 전자파 안전관리의 중요성을 이해할 수 있도록 구성하였다.

<표 3-14> 전자파 안전관리 홍보영상

전자파 안전관리 홍보영상			
			

나. 전자파 안전관리 교육·홍보 영상 배포

본 영상은 전자파 안전관리 제도와 EMC 시험·기준의 중요성을 널리 알리기 위해 다양한 공공기관·산업계·대국민 채널을 중심으로 체계적으로 배포할 계획이다. 우선 국가·공공기관 차원에서는 국립전파연구원(RRA)에 영상을 제공하여 공공 교육 행사 등에서 활용할 수 있도록 하며, RRA 공식 누리집과 유튜브 채널을 통해 상시 시청이 가능하도록 게시할 예정이다. 또한 한국전파진흥협회(RAPA)에서는 전자파 안전관리 교육 과정과 산업계 대상 세미나·워크숍에서 교육자료로 사용할 수 있도록 제공하여 실무자와 기술관리 담당자들이 EMC 제도를 보다 쉽게 이해하도록 지원할 수 있다.

아울러 산업계 및 EMC 시험기관 대상 홍보도 강화한다. KTR, KTL, KTC 등 주요 EMC 시험기관에 영상을 배포하여 신규 의뢰 기업 교육 시 기본 안내자료로 활용하고, 각 기관의 교육자료 플랫폼에도 게시함으로써 EMC 시험의 필요성과 절차가 산업 전반에 자연스럽게 확산됨을 목표로 한다.

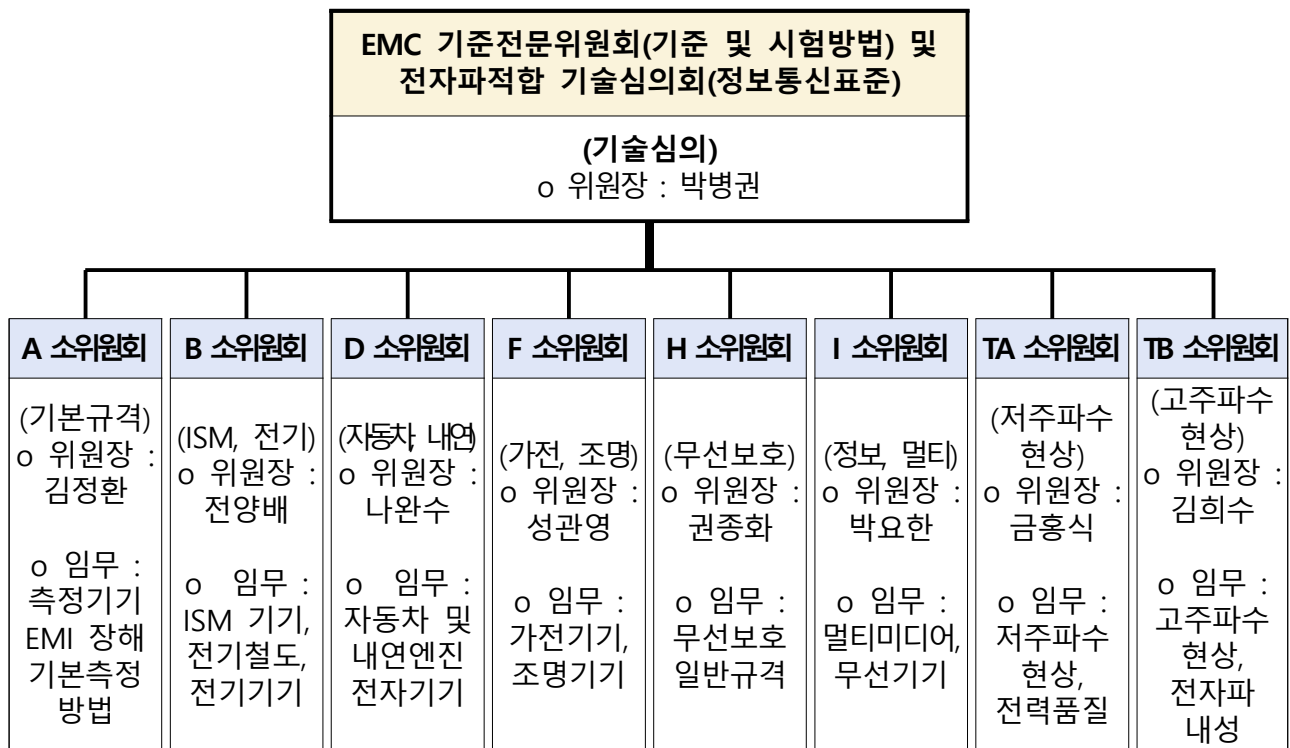
대국민 홍보 측면에서는 유튜브 및 SNS 채널을 활용하여 일반 시민을 대상으로 전자파 안전관리의 필요성과 오해를 해소하는 데 중점을 두며, 짧은 영상(Shorts) 형태로도 제공하여 접근성을 높인다. 또한 지자체 및 교육기관에도 영상을 공유하여 청소년 교육, 생활 속 전자파 이해 교육 등 다양한 지역 기반 프로그램에서 활용되도록 지원할 예정이다.

제 4 장 지능화 기기의 전자파 기준 개발을 위한 국내·외 협업체계 구축·운영

제 1 절 전자파 분야(EMC/EMF) 기술기준 개발을 위한 협의체 운영

1. EMC 기준전문위원회 및 산하 소위원회 운영

국립전파연구원의 2025년 EMC 기준전문위원회 운영계획에 따라 EMC 기술기준 및 시험방법 제·개정 심의, EMC 기술기준 및 시험방법 선행연구 등의 임무를 수행하기 위하여 관계부처와 산·학·연 전문가들로 EMC 기준전문위원회를 구성하고 산하에 산업 분야별 8개 소위원회를 구성하였다. 2025년도 EMC 기준전문위원회 구성은 아래 그림과 같다.



[그림 4-1] EMC 기준전문위원회

가. EMC 기준전문위원회

EMC 기준전문위원회는 EMC 기술기준, 시험방법의 제정·개정·폐지에 관한 사항 심의, EMC 기술기준·시험방법 선행연구, 이해당사자 의견수렴, 이견조정 등의 활동을 주요 임무로 하고 있다.

2025년도 EMC 기준전문위원회는 대림대학교 박병권 교수님을 위원장으로 하여 교정기술원, 성균관대학교, 한국화학융합시험원, 한국전자통신연구원, 이엔알, 한국스마트헬스케어협회, 충북대학교, 서경대학교, 군산대학교, 인하대학교, 한국전파진흥협회, 시스피아, 법무법인 이강, 한국과학기술원, 한국정보통신시험기관협회, 나이스인증원 총 17명으로 구성되었다.

나. EMC 기준전문위원회 A소위원회

EMC 기준전문위원회 A소위원회는 전자파장해의 기본 시험 분야를 담당하며 기본 시험방법 관련 기술기준(안) 마련, 적정성 검증, 이해당사자 이견조정 및 시험방법 선행연구 등을 수행한다.

2025년도 A소위원회는 교정기술원 김정환 위원장, 충북대학교, 한국건설생활환경시험연구원, 한국스마트헬스케어협회, 삼성전자, 한국산업기술시험원, 한국산업기술시험원, 비더블유에스텍, 로데슈바르츠, 에이치시티, 한국전파진흥협회, 한국전자기술연구원, 한국기계전기전자시험연구원, 충남대학교, 엘지전자, 공주대학교, 국립전파연구원 전파시험인증센터, 이엔알 총 18명의 관련 전문가 위원으로 구성되었다.

다. EMC 기준전문위원회 B소위원회

EMC 기준전문위원회 B소위원회는 산업·과학·의료용 기기 및 전기기기 시험 분야를 담당하며, 관련 제품 시험방법 기술 기준안 마련, 적정성 검증, 이해당사자 이견조정 및 시험방법 선행연구 등을 수행한다.

2025년도 B소위원회는 한국과학기술원 전양배 위원장, 씨엔티, 삼성전자, 한국화학융합시험연구원, 엘에스일렉트릭, 한국오존자외선협회, 에이치시티, 한국과학기술원, 엘지전자, 한국산업기술시험원, 한국자동차연구원, 현대모비스, 한국전기연구원, 한국전자기술연구원, 한국철도기술연구원, 현대로템, 한국기계전기전자시험연구원, 에타일렉트로닉스, 이엔알, 항공안전기술원 총 20명의 관련 전문가 위원으로 구성되었다.

라. EMC 기준전문위원회 D소위원회

EMC 기준전문위원회 D소위원회는 자동차 및 내연기관 구동기기, 자동차용 전기 전자 단위부품의 시험 분야를 담당하며, 관련 제품 시험방법 기술 기준안 마련, 적정성 검증, 이해당사자 이견조정 및 시험방법 선행연구 등을 수행한다.

2025년도 D소위원회는 성균관대학교 나완수 위원장, 부산테크노파크, 원제뉴인, 현대자동차, KG모빌리티, 에스엘, 엘지전자, 르노자동차, 한국기계전기전자시험연구원, 한국자동차안전연구원, 유로핀즈케이씨티엘, 로데슈바르츠, 에이치엘만도, 한국자동차연구원, 한국산업기술시험원, 현대모비스, 에이치시티 총 20명의 관련 전문가 위원으로 구성되었다.

마. EMC 기준전문위원회 F소위원회

EMC 기준전문위원회 F소위원회는 가전기기 및 전동기구, 조명기기 시험 분야를 담당하며, 관련 제품 시험방법 기술 기준안 마련, 적정성 검증, 이해당사자 이견조정 및 시험방법 선행연구 등을 수행한다.

2025년도 F소위원회는 한국화학융합시험연구원 성관영 위원장, 에이아이스마트광융복합협동조합, 한국산업기술시험원, 엘지전자, 한국조명공업협동조합, 유로핀즈 케이씨티엘, 계양전기, 삼성전자, 키엘연구원, 경기과학기술대학교 산학협력단, 현대모비스, 유씨에스, 한국전파진흥협회 시험인증원, 한국로봇산업진흥원, 씨티케이, 한국기계전기전자시험연구원, 에이치씨티, 한국스마트조명협동조합 총 19명의 관련 전문가 위원으로 구성되었다.

바. EMC 기준전문위원회 H소위원회

EMC 기준전문위원회 H소위원회는 확률적 전파간섭 모델링 표준, 일반 장애방지 기준 분야를 담당하며, 일반환경 장애방지 시험방법 기술 기준안 마련, 적정성 검증, 이해당사자 이견조정 및 장애방지 기준 선행연구 등을 수행한다.

2025년도 H소위원회는 한국전자통신연구원 권종화 위원장, 에스지에스코리아, 씨티케이, 삼성전자, 한국과학기술원, 시스피아, 한국정보통신기술협회, 에이치시티, 스페이스엔빈, 엘에스 일렉트릭, 수원대학교, 엘지전자, 이앤알 총 14명의 관련 전문가 위원으로 구성되었다.

사. EMC 기준전문위원회 I소위원회

EMC 기준전문위원회 I소위원회는 멀티미디어기기 분야를 담당하며, 관련 제품 시험방법 기술 기준안 마련, 적정성 검증, 이해당사자 이견조정 및 시험방법 선행연구 등을 수행한다.

2025년도 I소위원회는 나이스인증원 박요한 위원장, 에이아이스마트광융복합협동조합, 한국산업기술시험원, 씨티케이, 엔트리연구원, 엘지전자, 지씨에이코리아, 한국전자통신연구원, 한국로봇산업진흥원, 삼성전자, 에이치씨티, 상명대학교, 유로핀스케이씨티엘, 한국기계전기전자시험연구원, 유엘코리아, 한국화학융합시험연구원, 엔씨티 총 18명의 관련 전문가 위원으로 구성되었다.

아. EMC 기준전문위원회 TA소위원회

EMC 기준전문위원회 TA소위원회는 저주파수 대역(9 kHz 이하) 전자파 내성 분야를 담당하며, 관련 기본 내성 시험방법 기술 기준안 마련, 적정성 검증, 이해당사자 이견조정 및 시험방법 선행연구 등을 수행한다.

2025년도 TA소위원회는 이엔알 금홍식 위원장, 삼성전자, 한국화학융합시험연구원, 엘지전자, 한국전기연구원, 엘에스일렉트릭, 카페스, 한국기계전기전자시험연구원, 한국산업기술시험원, 한국전력공사, 유로핀스케이씨티엘, 한국전파진흥협회, 원택 총 13명의 관련 전문가 위원으로 구성되었다.

자. EMC 기준전문위원회 TB소위원회

EMC 기준전문위원회 TB소위원회는 고주파수 대역 전자파 내성 표준 분야를 담당하며, 관련 기본 내성 시험방법 기술 기준안 마련, 적정성 검증, 이해당사자 이견조정 및 시험방법 선행연구 등을 수행한다.

2025년도 TB소위원회는 한국스마트헬스케어협회 김희수 위원장, 한국전자통신연구원, 이엔알, 씨티케이, 엘에스일렉트릭, 한국산업기술시험원, 엘지전자, 한양대학교, 위니아대우, 한국표준과학연구원, 에이치시티, 한국전자기술연구원, 카페스, 유로핀스케이씨티엘, 대구경북첨단의료산업진흥재단, 삼성전자, 한국화학융합시험연구원, 한국전자기술연구원, 원택 총 18명의 관련 전문가 위원으로 구성되었다.

2. EMC 기준전문위원회 및 산하 소위원회 운영

가. EMC 기준전문위원회

1) '25년도 운영계획

EMC 기술기준 및 시험방법 제·개정 관련 계획은 아래와 같다.

○ 승강장안전문(PSD) 레이저 센서 전자파적합성 기준 개정(안) 마련

5G 광대역 전파의 실내 도입 확대에 따라 승강장안전문(PSD)의 레이저 센서가 주변 이동통신 고출력 신호 등 전자파 환경에 노출되면서 오동작하는 사례가 발생함에 따라 전자파 방사 내성 기준 강화 필요성이 대두되었다. 이에 대응하여 실환경 기반의 내성 시험을 실시하고, 국제표준 및 측정값 분석을 반영한 국내 기술기준 개정(안)을 마련하게 되었다.

이에 따라 전자파 내성 기준에 광대역 방사 내성 항목이 추가되었으며, 기존 고시 기준(KS C 9835, KS C 9610-4-3 등)을 기반으로 3.4 GHz ~ 3.7 GHz 대역의 5G TM1.14) 신호와 시험 레벨 등을 반영하여 검증 시험 및 기술기준 개정(안)을 마련하기로 하였다.

2) 주요 연구 내용

○ 승강장안전문(PSD) 레이저 센서 전자파적합성 기준 개정(안) 마련

기존의 전자파 내성 기준은 광대역 환경에서의 실질적인 내성 평가를 반영하지 못하고 있었으며, 이에 따라 실환경 조건을 고려한 전계강도 측정 시험이 진행하였다. 특히 철도 승강장 내 실제 5G 종단 안테나의 설치 위치, 안테나와 센서 간 이격 거리, 빔 방향 및 빔폭 반각 등을 고려한 실 전자파 환경을 재현하였고 이에 기반한 전계강도 실측 데이터를 통해 내성 기준을 산정하였다. 시험 결과에 따르면, 세로 이격거리 2 m, 가로 이격거리 1.5 m 조건에서의 최대 전계강도는 공급전력 46 dBm일 때 약 79 V/m에 달하는 것으로 분석되었으며, 이를 기준으로 오차 보정을 감안한 내성 기준값이 설정되었다.

이번 개정안에서는 3.45 GHz 대역의 광대역 5G 전파(TDD 방식, TM1.1 신호 형태)

4) 3GPP 표준에 정의된 테스트 신호(Test Model 1.1)로 단일 변조 및 단일 빔(송신 안테나 포트 : 1개, MIMO 미적용) 환경에서 발생하는 다운로드 기준 신호, 스펙트럼·EVM·인접 채널 누설 전력 등 각종 RF 특성의 검증에 참조 신호로 활용됨

〈표 4-1〉 기준전문위원회 주요 추진 사항

또한, 해당 기준은 승강장안전문에 설치된 레이저 센서 또는 라이다 센서에 한정하여 적용되며 제조사는 자사 제품에 적용된 내성 기준값을 제품설명서에 명시하도록 의무화하였다. 예를 들어 제품설명서에 “광대역 방사성 RF 전자기장 내성 기준 : 28 V/m”과 같이 명시해야 하며, 사용자는 이를 통해 제품의 적합성 정보를 확인할 수 있도록 하였다.

- 60 -

기기는 「방송통신기자재 등의 적합성평가에 관한 고시」의 적합성평가 대상기자재로 편입될 예정이며, 전자파 내성 대상기기로서 ‘승강장안전문(PSD)에 설치되어 일정 거리의 사물을 감지하는 레이저 센서 또는 라이다 센서’로 명시될 예정이다. 이와 같이 실환경 조건 기반의 내성 기준 마련과 법제도 개선은 고출력 5G 환경 속에서 PSD 센서의 안정적인 작동을 보장하고, 철도 등 공공시설에서의 이용자 안전 확보에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 이는 향후 기술심의회회의 심의를 거쳐 최종 고시 개정을 추진할 예정이다.

나. EMC 기준전문위원회 A소위원회

1) '25년도 활동계획

2025년도 EMC기준전문위원회 A소위원회 주요 활동계획은 다음과 같다.

○ 18 ~ 40 GHz 대역 시험장 검증법 개선방안 연구

무선 통신 기술의 급속한 발전에 따라 고주파수 대역의 사용이 증가하므로 IEC CISPR 국제표준화 기구에서는 18 ~ 40 GHz 이상 대역의 측정방법 및 시험장 검증법에 대한 작업반을 구성하여 연구가 진행되고 있어 선제적 대응 필요성이 제기되었다. 이에, CISPR/A/WG1(EMC 측정기기 규격)과 CISPR/A/AHG8(18 ~ 40 GHz 대역 측정방법 및 불확도) 작업반에서는 이러한 요구에 따라 18 GHz 이상 대역에 대한 시험조건, 측정 방법, 장비 요건 등에 대해 논의 중에 있다.

CISPR/A에서는 18 ~ 40 GHz 대역에 대한 전자파 방사 시험의 표준화 필요성이 제기됨에 따라 해당 주파수 대역에서의 측정 방법 및 조건을 정립하기 위한 논의가 활발히 진행되고 있다. 해당 주파수 대역은 전자파 전파 특성상 측정 결과의 민감도가 높아 정밀 측정이 요구되며, 이에 따라 시험 장비 및 환경 조건에 대한 기술적 사전 검토가 부각 되고 있다.

현재 국제표준화 논의에서는 시험 계측기, 시험장, 안테나, 턴테이블, 케이블, 앰프 등 다양한 시험 구성 요소에 대한 성능 요건과 함께, 측정 조건에 있어 턴테이블 회전 속도, 안테나 높이 스캔 속도, 수신기 스위치 속도 등의 최적값 및 허용오차 범위 설정이 주요 쟁점으로 논의되고 있으며, 국내에서도 국제 논의에 효과적으로 대응하기 위해 고주파 대역 시험조건에 대한 선행연구와 측정데이터 확보가 요구된다.

2) 주요 연구 내용

○ 18 ~ 40 GHz 대역 시험장 검증법 개선방안 연구

‘25년 상반기에는 18 ~ 40 GHz 대역 방사성 방해 시험에 대한 국제표준 동향을 체계적으로 분석하여, 향후 국내 시험장 검증법 개선을 위한 기초자료를 마련하였다. 이를 위해 CISPR/A/WG1 및 AHG8에서 논의 중인 18 ~ 40 GHz 대역 방사 측정 표준화 문서를 검토하고, 18 GHz 이상 대역에서 요구되는 시험조건·측정방법·장비 요구사항을 정리하였다. 특히 WG1에서 준비 중인 CISPR 16-1-1 개정 CDV(Committee Draft for Voting)와 18 ~ 40 GHz까지 확장 논의 내용을 토대로, EMI 수신기의 주파수 범위 확장, 검파기 및 대역폭 요구조건, 스윙 방식 등 핵심 변경 사항을 도출하였다.

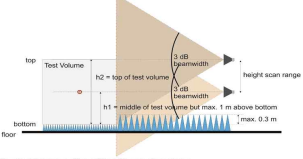
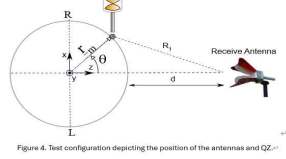
기본 표준 측면에서는 CISPR 16-1-1(시험 장비), 16-1-5·16-1-6(고주파 안테나 및 교정), 16-2-3(방사성 방해 측정방법), 16-4-2(측정 불확도)를 중심으로 18 GHz까지 규정된 현행 요구사항을 분석하고, 이를 18 ~ 40 GHz 대역으로 확장할 때 고려해야 할 항목을 분류하였다. 특히 국제표준(CISPR 16-2-3) 문서를 활용하여 야외 시험장(OATS, Open Area Test Site)/반무반사실(SAC(Semi-Anechoic Chambers)/완전무반사실(FAR, Fully Anechoic Room) 및 잔향실(RVC, Reverberation Chamber) 시험장에서의 측정 구성, 안테나 높이 및 시험거리 조건, 스캔·스윙 절차, 피시험기기(EUT) 부피 제한 등 주요 조항을 검토하고, 주파수 확장 시 유지해야 할 공통 조건과 추가 검토가 필요한 기술 요소를 정리하였다.

시험장 관점에서는 문헌 분석을 통해 SAC와 FAR의 구조적 차이, 케이블 배치 및 중단 규격, 턴테이블·마스트 구동 조건 등 고주파 대역에서 중요한 영향 인자를 도출하였다. 더불어 국제 논의에서 핵심 쟁점으로 다뤄지는 턴테이블 회전 속도, 안테나 높이 스캔 속도, 수신기 스윙 속도 등 측정 파라미터의 기술적 요구사항을 검토하여, 이러한 조건들이 고주파 대역 측정의 재현성과 신뢰도 확보에 중요한 요소임을 확인하였다.

또한 CISPR 16-4-2에 제시된 불확도 모델을 기반으로, 18 ~ 40 GHz 확장 시 고려해야 할 추가 입력량(고주파 안테나 교정 불확도, 케이블·커넥터 손실 변화, 시험장 산란·반사 특성 등)을 문헌 분석 수준에서 정리하였다. CISPR 32와의 부합 작업 동향을 검토하여, 향후 멀티미디어·통신기기 제품표준에 18 ~ 40 GHz 방사시험이 도입될 경우 요구될 시험장 성능 요건 및 시험 시나리오 변화 가능성을 분석하였다.

국제표준 검토 결과를 바탕으로, 18 ~ 40 GHz 대역 시험장 검증을 위한 국내 기준(안) 구성 항목, 시험장 유형(SAC/FAR/RVC)의 특성 반영 필요성, 필수 시험 파라미터 및 불확도 검토 요소 등을 도출하였으며, 향후 하반기에는 본 표준 분석 결과를 기반으로 국내 시험장에 적용 가능한 세부 검증 체계 마련을 추진할 수 있는 근거를 확보하였다.

<표 4-2> A소위원회 주요 추진 내용

전파 간섭 측정 및 통계적 방법	방사성 방해 측정(CISPR 16-2-3)	CMF SVSWR 순환(RRT) 시험
3. Conclusions / Proposals Issues solved / not solved by the proposal: A change in the existing S_{VSWR} procedure in CISPR 16-1-4 will be proposed, considering the range of height scan and orientation of the receiving antenna. Introduction Based on possible changes in CISPR 16-2-3, with the introduction of a scan of the receiving antenna in a specified height range, also based on discussions in JTPA3, investigations have shown that the existing site validation according to the current S_{VSWR} procedure in CISPR 16-1-4 is no longer optimally suited in all cases to show the influence of the test site in accordance with the new requirements in emission testing. Results / Analysis The actual proposal for emission testing ≥ 1 GHz requires a height scan in the range from middle level of the test volume (max. 1 m above bottom) to a maximum height of the receiving antenna, corresponding to the top of the defined test volume. Since the EUT must be kept within the 3 dB beamwidth of the receiving antenna during height scan, 2 scenarios will be possible, without impact on measurement uncertainty:  Figure 1: height scan without tilting of the receive antenna (required 3 dB beamwidth for 1.5 m test volume height = 53°)	CISPR 16-2-3 Edition 4.2, 2023-08 CONSOLIDATED VERSION INTERNATIONAL STANDARD NORME INTERNATIONALE INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES NORME INTERNATIONALE PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity – Radiated disturbance measurements Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 2-3: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité – Mesurages des perturbations rayonnées 	A Vector Network Analyzer (VNA) shall be used to measure the vector transmission response between the transmit and receive antennas (e.g., S21 or S12). To improve system sensitivity, a low-noise preamplifier may be employed.¹⁾ The response magnitude between the antennas shall meet the following requirement:²⁾ - It must be at least 20 dB above the noise floor of the VNA.³⁾ 5. Acceptance criterion for site validation⁴⁾ The acceptance criterion for 18 GHz to 40 GHz (maximum step size of 50 MHz) site validation is:⁵⁾ $SVSWR \leq 2.1, \text{ or equivalently, } SVSWR \leq 6.0 \text{ dB}^{6)}$ 6. Required positions for site validation testing⁷⁾ Site validation tests are performed for a cylindrical volume to assess the effectiveness of the Quiet Zone (QZ). The specifications are similar to those defined in CISPR 16-1-4. Figure 4 illustrates the test configuration.⁸⁾ d: Distance between the receive antenna and the front of the QZ.⁹⁾ h: Height of the antenna.¹⁰⁾ r_{QC}: Radius of the QZ.¹¹⁾ θ: angle of rotation from the front position, measured counterclockwise.¹²⁾  Figure 4: Test configuration depicting the position of the antennas and QZ.¹³⁾ 7. SVSWR standard test procedure¹⁴⁾ The acquisition and data processing involve the following steps:¹⁵⁾

다. EMC 기준전문위원회 B소위원회

1) '25년도 활동계획

2025년도 EMC기준전문위원회 B소위원회 주요 활동계획은 다음과 같다.

○ 전자파적합성 시험방법 및 기준 개정에 따른 기술 검증

전자파적합성(EMC)은 전자기기 및 시스템의 안전성과 신뢰성을 확보하기 위한 필수 요건으로, 다양한 전기·전자 장비의 동작 환경에서 적합성을 보장하기 위해 중요한 요소이다. 특히 승강기, 가변속 전력구동기기(PDS, Power Drive System), 무정전 전원장치(UPS, Uninterruptible Power Supply)는 주요 전력 장비로 사용 환경에서 발생할 수 있는 전자파 간섭으로부터 보호하고 적합성을 유지하기 위한 기준과 시험방법 마련이 필수적이다. 이에 따라 관련 기준 및 시험방법의 개정이 이루어졌으므로, 해당 기준의 실효성을 검증하기 위한 기술적 연구와 검증이 필요하다. 주요 현황은 아래와 같다.

① 무정전 전원장치(UPS)의 전자파적합성 기준 및 시험방법 기술검증

- 「제13조 무정전 전원장치의 전자파적합성 기준」 및 별표 10에 따라 EMC 기준 및 시험방법 개정
- UPS의 동작 특성과 비상 전력 공급 장치로서의 역할을 고려한 기술적 검증

② 가변속 전력구동기기(PDS)의 전자파적합성 기준 및 시험방법 기술검증

- 「제16조 가변속 전력구동기기(PDS)의 전자파적합성 기준」 및 별표 13에 따라 EMC 기준 및 시험방법 개정
- 가변속 전력구동기기의 특수한 전력 동작 특성을 고려한 기준 및 시험방법 검증

③ 승강기 전자파적합성 기준 및 시험방법 기술검증

- 「제17조 승강기의 전자파적합성 기준」 및 별표 14에 따라 승강기의 EMC 기준 및 시험방법 개정
- 기준 개정에 따른 기술적 타당성과 시험방법의 유효성 검증

2) 주요 연구 내용

○ 전자파적합성 시험방법 및 기준 개정에 따른 기준 검토

① 무정전 전원장치(UPS)의 전자파적합성 기준 검토

UPS는 국가표준 KS 9040-2-2017(IEC 62040-2:2012 부합)을 바탕으로 EMC 요구사항을 적용하며, 제1환경·제2환경 및 카테고리(C1~C4)로 분류된다. 이는 PDS와 동일한 환경구분 체계를 따르나, UPS의 특성상 교류 입력·출력 포트, 직류 출력 포트, 신호·제어 포트 등 다양한 포트 구조에 따른 EMC 항목 구성이 중요함이 확인되었다.

- 신호 및 통신 포트 시험항목 추가
- 직류 출력 포트 시험 신설
- 주전원 포트·출력 포트에 대한 버스트, 서지, 전도 등 내성 시험 구성 조정
- 제품 카테고리별(C1~C4) 전도·방사 장애 기준의 차등적용 명확화

표준 개정 사항에서는 기존 KS C 9832 적용 시 C1/B급, C2/A급 기준이었으나 개정 기준에서는 C3 등급이 완화(A급→B급 수준)되는 등 EMC 등급 적용의 재정비가 이루어진 점이 확인되었다. 이는 산업용 UPS의 실제 전자파 특성과 국제표준 조화 필요성에 따른 조치로 판단된다.

② 가변속 구동기기(PDS)의 전자파적합성 기준 검토

가변속 구동기기(PDS)의 전자파적합성 기준은 국가표준 KS에 IEC 61800-3(전력변환 장치 EMC) 시리즈가 반영되어 있으며, 제1환경·제2환경 및 카테고리(C1~C4) 체

제에 따라 적용된다. 환경 구분은 제1환경(주거·상업·경공업)과 제2환경(산업환경)의 구분, 그리고 정격 전압 및 전류(220V·380V 기준) 범주의 구분이 제시되어 있다.

- 주거·상업·경공업 환경(C1, C2)과 산업환경(C3, C4)의 적용 구분 명확화
- 피시험기기(EUT)의 운전 조건, 속도 설정, 제어 신호 환경 정의 개선
- 싸이리스터(Thyristor) 기반 장치의 예외 규정 삭제
- 신규·변경된 EMC 사양 반영(특히 고주파 스펙트럼 변화 대응)

시험 구성의 구조화, 측정 포트 구분(전원·제어·신호), 시험경로 명확화가 추가되어 국내 시험방법에도 동일한 반영이 필요함을 확인하였다.

③ 승강기 전자파적합성 기준 검토

승강기(엘리베이터·에스컬레이터·무빙워크)의 EMC 기준은 ‘24년 국가표준 제·개정을 통해 대폭 정비되었으며, 기존 KS B 6955(장해)/KS B 6945(내성)가 폐지되고, 국제표준 ISO 8102 시리즈를 기반으로 한 KS B ISO 8102-1:2020(방출), KS B ISO 8102-2:2021(내성)이 새롭게 제정되었다. 이에 따라 시험방법에서도 승강기 시험항목이 ISO 8102 기반으로 전면 전환되었다.

승강기 방사내성 시험의 이슈는 국내 주파수 사용환경과 국제 ISO 표준 간 차이였으며, 국내 이동통신 주파수(700 MHz ~ 3.7 GHz) 및 위성통신·엠펙 대역이 ISO 8102에서 제시하는 시험주파수와 불일치하는 점이 제시되어 있다. 이에 따라 국내 기준에서는 국내 주파수 환경을 반영한 시험대역 조정 필요성이 주요 검토사항으로 도출되었다.

- 국제표준 부합화에 따라 국내 기존 표준(KS B 6955/6945) 폐지 → ISO 기반 표준으로 전면 전환
- 방사내성 시험에서 국내 이동통신·위성통신 등 주파수 현실을 반영한 보완 검토 필요
- 시험항목 구성(정전기, 방사, 버스트, 서지 등)과 성능평가기준의 ISO 부합 필요
- 기계실·승강로 등 금속 구조물 환경에서의 실제 전자파 특성을 표준에 반영하기 위한 추가 기술검토 필요

<표 4-3> B소위원회 주요 추진 내용

UPS 기술기준 개정안

PDS 기술기준 개정안

승강기 기술기준 개정안

3. 전자파 장애방지 기준

가. 전도성 방해

1) 전원 포트 및 네트워크 포트 방해 전압의 허용기준

가) 카테고리 C1 UPS와 카테고리 C2 UPS 장치에 대한 전원 포트 및 네트워크 포트 전도성 방해 전압 허용기준

주파수 대역 (MHz)	허용기준 ((dBμV))			
	카테고리 C1 UPS		카테고리 C2 UPS	
	전원 포트	네트워크 포트	전원 포트	네트워크 포트
0.15 ~ 0.50 ^(주1)	55	45	55	45
0.50 ~ 5 ^(주2)	55	45	55	45
5 ~ 30	55	45	55	45
30 ~ 100	55	45	55	45

(주1) 측정기준은 주파수의 대수적 중가에 따라 선형적으로 감소한다.

(주2) 측정 주파수에서의 낮은 허용기준이 적용된다.

나) 카테고리 C3 UPS 장치에 대한 전원 포트 전도성 전압 허용기준

UPS 출력 전력 (VA)	주파수 대역 (MHz)	전원 포트		네트워크 포트	
		전원 포트	네트워크 포트	전원 포트	네트워크 포트
16 A에서 부하 100 A 이하	0.15 ~ 0.50 ^(주1)	100	90	110	84
	0.50 ~ 5.0 ^(주2)	100	90	110	84
	5.0 ~ 30.0	100	90	110	84
	30.0 ~ 100	100	90	110	84
100 A 초과	0.15 ~ 0.50 ^(주1)	130	120	140	115
	0.50 ~ 5.0 ^(주2)	130	120	140	115
	5.0 ~ 30.0	130	120	140	115
	30.0 ~ 100	130	120	140	115

(주1) 측정기준은 주파수의 대수적 중가에 따라 선형적으로 감소한다.

(주2) 측정 주파수에서의 낮은 허용기준이 적용된다.

2) 교류 출력 포트에서의 전도성 방해 전압 허용기준

이 발표 제3호 가목 1) 제4호 가) 및 나) 허용기준을 따른다. UPS 출력에서의 전도성 방해는 제3호 가목 1) 제4호 가) 및 나)에서의 규정된 값에 +14 dB 여유값을 더하여 허용하고 C3를 제외한 100 A를 넘는 UPS는 여유값을 더하는 것을 허용

3. 가변속 전동구동기기의 인터페이스와 포트

4. 전자파 장애방지 기준

가. 저주파수 방출 허용기준

1) 고조파 허용기준

가) 입력전류가 16 A 이하인 기기에 대한 전도성 고조파 전류 방해 허용기준

[별표 14] 승강기 전자파적합성 기준(제17조 관련)

1. 승강기의 인터페이스와 포트

2. 기기의 조합 구성

가. 엘리베이터용 기기의 조합

- 엘리베이터 주 제어단
- 엘리베이터 도어 관련 장치 및 카 내부 조작반
- 엘리베이터 승강장 관련 장치

나. 에스컬레이터와 수평 보행기를 기기의 조합

- 에스컬레이터와 수평 보행기의 주 제어단
- 에스컬레이터 또는 수평 보행기의 승강장 관련 장치

다. 가동과 나동 각각의 세로부의 조합과 세로부와 다른 기기들의 조합

3. 전자파 장애방지 기준

가. 전도성 전도 기준

1) 교류 주전원 포트에서의 전도성 방해 전압 허용기준

주파수 대역 (MHz)	허용기준 ((dBμV))			
	< 25 A	25 ~ 100 A	100 ~ 250 A	> 250 A
0.15 ~ 0.50	79	68	100	90
0.50 ~ 5.0	79	68	100	90
5.0 ~ 30.0	79	68	100	90
30.0 ~ 100	79	68	100	90

(주1) 측정 기준은 주파수의 대수적 중가에 따라 선형적으로 감소한다.

(주2) 측정 주파수에서의 낮은 허용기준이 적용된다.

라. EMC 기준전문위원회 D소위원회

1) '25년도 활동계획

2025년도 EMC기준전문위원회 D소위원회 주요 활동계획은 다음과 같다.

○ 자동차 부품 시험장 평가방법 검증 연구

자동차 완성품 및 자동차 전장부품 산업에서 전자파 간섭(EMI)의 관리는 차량 내 전자부품 간의 상호작용과 전체 시스템의 신뢰성을 확보하는 데 있어 핵심적인 요소이다. 차량 내 다양한 전자기기들은 높은 집적도와 복잡한 제어 알고리즘을 갖추고 있어, 이들 기기의 전자파 방출 특성과 외부 전자파에 대한 내성을 정량적으로 평가하는 시험방법 및 시험 환경의 적절성이 매우 중요하게 부각되고 있다. 이러한 측면에서 국제표준인 CISPR 25는 자동차 부품의 전자파 방출 특성과 차량 내 수신기의 보호를 목적으로 한 시험방법 및 허용기준을 명시하고 있다.

최근에는 CISPR 25에서 제안하는 시험장의 평가방법에 대한 신뢰성과 정합성을 높이기 위한 국제적인 논의가 활발히 진행되고 있으며, 이의 일환으로 여러 시험기관이 동일 시험조건 하에 측정값을 도출하고 비교 분석하는 라운드 로빈 테스트(Round Robin Test)를 진행하기로 하였다. 라운드 로빈 테스트는 여러 시험기관의 시험 환경 구성요소(안테나, 측정기기 및 흡수체 배치조건 등)에 따라 발생할 수 있는 측정 결과의 편차를 확인하고, 시험장 평가 기준의 일관성 및 신뢰성을 확보하

는 데 그 목적이 있다.

다양한 시험 환경에서 획득된 데이터를 기반으로 시험장 조건의 적합성(반사율, 흡수 특성 등)과 측정 방법의 재현성을 평가하고, 결과 간 변동성을 최소화할 수 있는 기술적 개선사항을 도출하는 것이 이번 연구의 핵심이라 할 수 있다.

자동차 관련 산업에서 전자파 간섭(EMI) 관리는 차량 내 전자부품 및 시스템 간의 신뢰성을 보장하기 위한 핵심 요소이며 특히, 차량 내 탑재된 전자기기의 전자파 방출과 내성을 평가하기 위한 시험방법 및 시험장의 적합성 확보는 국제적으로 중요한 과제로 부각되고 있다. 급속도로 성장하고 있는 자동차 관련 기술에 발맞춰 자동차 부품의 전자파 방해 시험에 관한 국제표준에 대응하고 시험장 평가방법의 신뢰성을 높이기 위한 라운드 로빈 테스트(Round Robin Test)를 포함한 검증 연구가 필요하다.

2) 주요 연구 내용

○ 자동차 부품 시험장 평가방법 검증 연구

CISPR 25에 따른 자동차 부품 시험장 평가방법 검증 시험을 '25년 7월 30일(수)부터 7월 31일(목)까지 한국기계전기전자시험연구원(KTC)에서 1 GHz 이상 대역에서 자동차 부품 환경을 모사한 ALSE(Absorber Lined Shielded Enclosure)에서 1 GHz ~ 6 GHz 주파수 대역에 시험장 평가방법 검증 시험을 실시하였으며 결과 및 분석 내용은 다음과 같다.

본 시험에는 안테나(BBHA9120E, Schwarzbeck), 0 dBm 입력의 신호발생기, 6.5 m RF 케이블, 10 dB 감쇄기 등을 사용하였고, 접지조건은 벽 접지(Ground Strap 사용), 흡수체(600 x 600 x 300 mm, RIKEN)를 적용하였다. 시험 대상은 송신 안테나(Long Wire, LW) 500 mm 구성으로 세팅되었으며, 측정 주파수 간격은 0.1 GHz로 설정하였다.

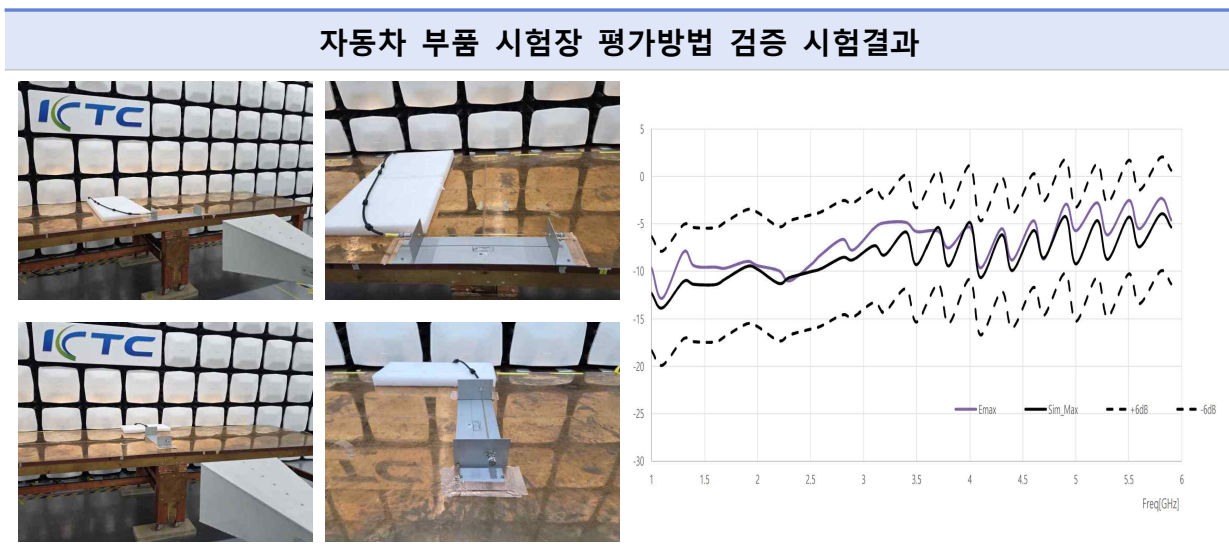
측정 결과 분석에 따르면, 평가 기준(± 6 dB 범위 내 유효성(E_{max}))에 따라 시험장에서도 대부분의 주파수 대역에서 허용오차 이내 결과를 만족하였다. 다만, 특정 주파수 대역(예 : 5.4 GHz 대역)에서는 LW 구조에 기인한 다중 공진(Multiple) 현상이 발생하는 것으로 확인되었고, 이에 따라 해당 구간에서의 데이터는 보정 및 추가 검토가 필요한 것으로 분석되었다.

또한, 본 시험에서는 0.1 GHz Step 간격으로 측정이 수행되었으나 시험을 통해 일부 구간에서 데이터의 분해능이 낮아 Under-Sampling 문제가 발생할 수 있음이 제기되었다. 스텝 간격이 넓을 경우 특정 간섭 또는 공진 피크를 포착하지 못해 실제

존재하는 방사 신호를 누락할 가능성이 존재하며, 이는 시험 신뢰성을 저해할 수 있는 중요한 요소이다.

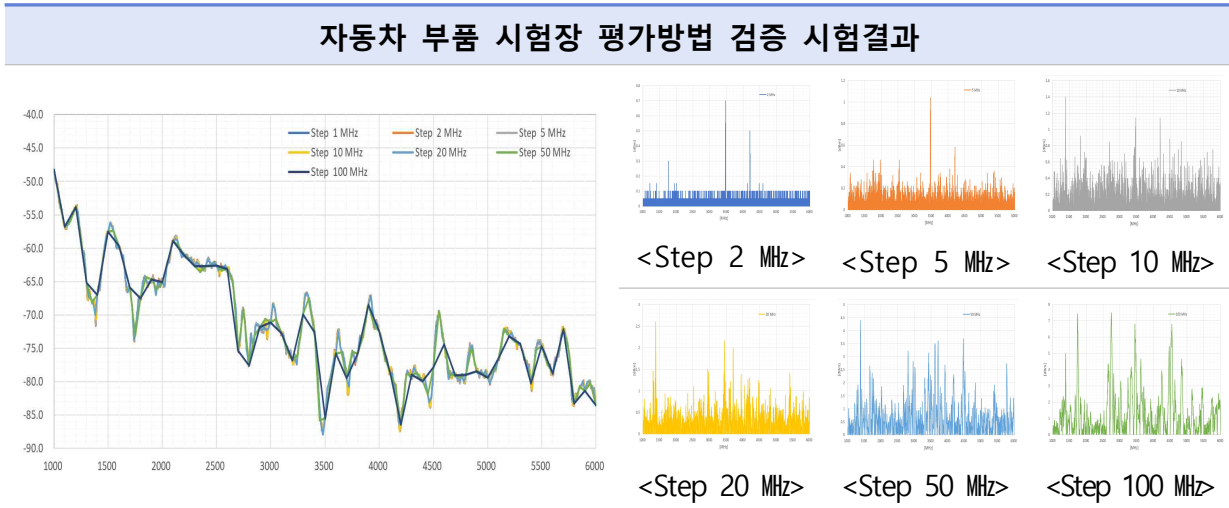
따라서, 향후에는 Step 간격을 보다 세밀하게 조정(예 : 0.01 GHz 단위 또는 필요 시 더 세밀하게)하여 측정 분해능을 향상시키고, 기존에 간과되었던 신호 영역까지 포함한 정밀한 데이터 확보를 위한 추가시험을 계획하고 있다. 이러한 보완 시험은 시험장의 재현성과 신뢰성을 보다 높은 수준으로 확보하는 데 기여할 것으로 판단되며 향후 CISPR 25 시험장 평가방법의 국제표준화 논의 시 실증 자료로 활용될 수 있을 것이다.

<표 4-4> 자동차 부품 시험장 평가방법 검증 시험결과



‘25년 상반기에는 자동차 부품 시험장 평가방법의 타당성과 재현성을 검증하기 위해 2차 측정 시험을 수행하였으며, 다양한 주파수 스텝(Step) 조건에서의 측정 편차 및 피크 미스 발생 여부를 분석하였다. 본 시험은 송신 안테나(Long Wire 500 mm), 수신 안테나, 신호발생기(0 dBm 입력), RF 케이블, 감쇄기, 접지(벽 접지, Ground Strap), 흡수체(600×600×300 mm) 등으로 구성하여 시험환경을 표준화하고, 주파수 스텝(1 MHz, 2 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 20 MHz, 50 MHz, 100 MHz)에 따른 정확도 변화를 비교·검토하였다.

<표 4-5> 자동차 부품 시험장 평가방법 2차 검증 시험결과



2차 검증 시험을 통해 자동차 부품 시험장에서 주파수 스텝 설정이 측정 정확도에 미치는 영향을 정량적으로 평가한 결과, 1 ~ 10 MHz 이하 스텝에서는 협대역 피크 검출이 안정적으로 이루어져 시험 목적에 적합한 수준의 정확도를 확보할 수 있음을 확인하였다. 특히 2 MHz, 5 MHz, 10 MHz 스텝에서는 평균 편차 및 95 % 값이 모두 낮게 유지되어, 실환경 평가에서도 충분한 신뢰도를 제공할 수 있는 것으로 판단된다.

20 MHz 이상의 스텝부터는 언더샘플링(Undersampling) 증가하여 3 dB 이상 편차 발생 구간이 급격히 확대되었으며, 50 MHz와 100 MHz 스텝에서는 각각 21%와 36% 구간에서 3 dB 이상의 편차가 나타나 실제 시험 적용이 불가능한 수준임이 확인되었다.

마. EMC 기준전문위원회 F소위원회

1) '25년도 활동계획

2025년도 EMC기준전문위원회 F소위원회 주요 활동계획은 다음과 같다.

○ 진폭확률분포(APD⁵⁾, Amplitude Probability Distribution) 측정방법 선행연구
전자파적합성(EMC) 시험에서 방사성 방해 측면을 보다 정량적이고 신뢰성 있게 평가하기 위한 새로운 측정 방법으로 진폭확률분포(APD) 측정 방법이 제안되고 있

5) 전자파 시험이나 내성 평가에서 특정 주파수 대역 내 전자파의 진폭 변화 확률을 분석하는 기법으로 APD는 진폭 값들이 시간에 따라 어떤 확률로 나타나는지를 표현하며, 이러한 분포를 측정하기 위해서는 주로 스펙트럼 분석기, 신호 분석기 등을 사용하여 시간 영역의 신호 데이터를 수집한 뒤 통계적으로 분석하는 과정이 필요함

다. 기존에는 첨두값(Peak) 검출기를 기반으로 한 평가가 주를 이루었으며, 이는 AM 라디오 수신 환경에 최적화된 방식으로 디지털 통신 환경이나 간헐적 간섭 상황에서는 한계를 드러내고 있다. 특히, 고주파 대역(1 GHz 이상)에서는 기존 방식으로는 불안정하고 순간적인 고진폭 간섭을 적절히 포착하기 어렵다는 점 등의 문제가 발생하기 때문에 이를 보완할 수 있는 측정기법으로 APD가 제안되었다.

국제표준화기구인 CISPR/F/WG1을 중심으로 APD 측정 방법을 시험절차에 반영하기 위한 논의가 활발히 진행 중이며, CISPR 11, 14-1, 16-1-1 등에서는 관련 시험조건 및 기술 요건이 논의되고 있다. 이에 따라 본 위원회에서도 기존 측정 방법과 기술의 적합성을 검토하고 검증하는 연구가 필요하다.

2) 주요 연구 내용

○ 진폭확률분포(APD, Amplitude Probability Distribution) 측정방법 선행연구

APD 측정의 이론적 배경을 기반으로 실제 시험을 통해 검출 방식에 따른 차이, 측정 신뢰성 및 간섭 유형별 민감도 등을 종합적으로 분석하였다. 우선, CW 신호(2.4 GHz, -10 dBm)를 기준으로 PK, Log Average, APD 10 % 방식 간의 측정 결과를 비교한 결과, 세 방식 간 편차가 거의 없이 안정적인 수준임을 확인하였다.

반면, 변조된 간헐성 간섭이 발생하는 전자레인지 방사 시험에서는 Peak 값이 순간적으로 매우 높고, APD 10 % 값이 Log Average 대비 크게 나타나 간헐적 고진폭 방해 신호에 대한 APD 방식의 민감도를 입증하였다. 특히 APD는 기존 방식으로는 놓치기 쉬운 일시적 고출력 신호도 검출이 가능하다는 점을 통해 간섭 특성 파악에 매우 유용하다는 결과를 도출할 수 있었다.

또한, Logarithmic Average 검출기의 응답 특성 결과 PRF(펄스 반복 주파수)에 따라 검출 민감도와 응답이 크게 달라지는 경향이 나타났으며, 특히 고주파 대역에서는 Logarithmic 방식이 정밀하고 반복 재현성이 높은 것으로 분석되었다. 이를 통해 APD 기반 평가 방법은 기존 PK/AV 방식의 한계를 보완하며, 디지털 및 변조 신호 간섭 평가에 보다 적합한 방식으로 판단할 수 있다.

따라서 다채널 측정이 가능한 APD 측정 장비를 활용하면 255개 채널을 동시에 스캔하여 간섭 신호의 주파수 분포, 강도, 지속시간 등을 종합적으로 분석할 수 있으며 이를 통해 EMC 시험의 정밀성과 신뢰성이 향상될 수 있다. 또한 APD 누적 데이터를 기반으로 간섭 마진 분석 및 한도 초과 여부를 시각적으로 판단할 수 있어, 실무 적용 가능성도 높은 것으로 평가된다.

KS C 9547 기준 개정에 따라 강화된 서지 내성 조건(선로 간 ± 1.0 kV, 선로와 접지 간 ± 2.0 kV)을 적용하여 기술기준 검증 시험을 진행하였다. 시험 대상인 25 W 이상 안정기 내장형 램프 10종을 대상으로 기존 시험 레벨(선로 간 ± 0.5 kV, 선로와 접지 간 ± 1.0 kV)과 강화된 시험 레벨을 적용하여 시험을 실시한 결과 10종 모두 성능평가 기준을 만족하였다.

[illegible]

- 71 -

보호 대상인 무선 서비스와 간섭 유발 가능성이 있는 장비 간의 전자파 간섭을 정량적으로 모델링하고, 그 결과를 기반으로 과학적이고 예측 가능한 간섭 허용기준을 수립해야 하는 상황이다. 이에 따라 국제표준화기구인 CISPR에서는 CISPR TR 16-4-4 문서를 통해 간섭 허용기준을 통계 기반으로 산정하기 위한 통계 기법과 모델링 접근법을 제시하고 있으며, 특히 6 GHz 이상 고주파 대역을 중심으로 새로운 허용기준을 수립하기 위한 국제표준 프로젝트가 현재 진행 중이다.

간섭 확률, 불확실성 요소, 무선 서비스의 민감도 등을 반영한 수학적 모델을 통해, 사용자의 실제 불만 수준과 무선 통신 품질 간의 상관관계를 고려한 간섭 기준을 설정하며 향후 보호 대상인 무선 서비스와 장비 간의 전자파 간섭 모델을 기반으로 한 새로운 허용기준의 재·개정이 요구되며 정량적이고 예측 가능한 간섭 관리 방안 마련이 필요하다.

2) 주요 연구 내용

○ 확률적 전자파 간섭 모델링 선행연구

확률적 전자파 간섭 모델링 선행연구는 국제표준 CISPR TR 16-4-4에 명확히 제시되어 있다. 이 문서는 “전자파 방해 및 면역 측정 장비와 방법 - 불확실성, 통계 및 허용기준 모델링”이라는 부제 아래 EMC 분야에서 간섭 허용기준을 설정하기 위한 통계적·수학적 접근방법을 다루고 있으며, 기존의 정성적·경험적 기준 설정 방식에서 정량적으로 제시하고 있다.

CISPR TR 16-4-4에서의 간섭 허용기준의 세 가지 주요 개념은 아래와 같다.

① 불만 통계(Statistics of Complaints)

실제 사용자들이 경험하는 간섭 민감도나 품질 저하에 대한 불만 사례를 데이터로 수집하고 이를 통계적으로 분석하는 접근을 제안한다. 즉, 특정 주파수 대역 또는 서비스 유형에서 발생하는 간섭으로 인해 서비스 품질이 저하되었을 때 이를 어느 수준까지 허용 가능한가에 대한 기준을 설정할 수 있도록 ‘불만 발생 확률’을 간섭 허용기준 산정의 정량적 척도로 사용한다.

이 방식은 기존의 “간섭이 발생했다/아니다”라는 이분법적 접근이 아닌, 간섭의 빈도와 강도에 따라 허용기준을 가변적으로 설정할 수 있게 해준다.

② 불확실성 고려(Uncertainty Consideration)

간섭 측정 및 모델링 과정에서 필연적으로 발생할 수밖에 없는 측정 오차, 환경

조건 변화, 장비 간 편차 등의 불확실성 요소들을 고려해야 한다는 점을 강조한다. 문서는 측정값의 신뢰도를 높이기 위해 확률분포, 신뢰구간, 표준편차 등의 통계 지표를 적용한 모델링을 제시하며, 이로 인해 간섭 기준이 더 보수적이거나 탄력적으로 적용될 수 있다.

③ 모델 기반 간섭 한계 산정(Model-based Limit Derivation)

‘25년 상반기에는 CISPR TR 16-4-4를 중심으로 모델 기반 간섭 한계 산정 기법을 검토하였으며, 간섭원의 방사 특성부터 수신기 민감도, 채널 여유도, 거리 감쇠, 안테나 이득 등 다양한 변수들을 통합하여 허용 가능한 간섭 한계를 수학적으로 도출하는 절차에 대해 상세히 분석하였다. 간섭 영향 예측 모델은 실제 서비스 품질 저하 가능성을 정량적으로 평가하기 위한 기반 기술임을 확인하였다.

간섭원의 종류에 따라 연속파(CW), 펄스 신호, 디지털 변조 신호 등 서로 다른 스펙트럼 특성과 시간적 특성이 존재하며, 이러한 특성 차이에 따라 간섭 한계 역시 동일하게 적용할 수 없음을 문서가 명확히 제시하고 있음을 확인하였다. 이를 통해 간섭 허용기준을 도출할 때에는 간섭원의 신호 형태를 구분하여 모델에 반영해야 하며, 단일 값 기준으로 간섭 허용치를 정의하는 기존 방식과의 차별성을 검증하였다.

또한 CISPR 16-1-1, 16-2-3, 16-3 등 관련 문서에서 제시하는 APD(Amplitude Probability Distribution) 기반 확률적 간섭 평가, 디지털 통신 시스템의 BER·SNR 등과 간섭 레벨의 상관관계 분석, 측정 장비의 불확실성 모델이 CISPR TR 16-4-4의 이론적 구성과 긴밀히 연계되어 있음을 확인하였다. 이러한 확률·통계 기반 접근법은 디지털 시대의 간섭 특성을 보다 현실적으로 반영하며, 허용기준 산정의 기술적 정합성과 측정 신뢰성을 확보하는 핵심 요소로 작용한다는 점을 분석을 통해 도출하였다.

모델 기반 간섭 한계를 국내 제도에 도입하기 위해서는 단순한 규정 해석을 넘어 서비스 품질 저하 사례 분석, 시뮬레이션 기반 간섭 영향 정량화, 주요 불확실성 요인 도출 및 가중치 검토 등이 필수적으로 병행되어야 함을 확인하였다. 또한 TR 16-4-4가 제시하는 모델과 절차가 국제표준 개발의 참고 문서로 기능하고 있음을 감안할 때, 향후 관련 국제 논의 대응 시 국내 연구결과와 실측 데이터의 축적이 중요한 근거로 활용될 수 있음을 재확인하였다.

CISPR TR 16-4-4는 간섭 허용기준 산정 시 물리적 모델, 확률적 모델, 통계 분석 기법을 통합적으로 고려해야 함을 명확히 제시하고 있으며, 이러한 접근법은 향후 국내 주파수 정책, 기술기준 개정, 장비 인증 기준 정립 시 실질적인 기술적 기반으

〈표 4-7〉 H소위원회 주요 추진 내용

모델 기반 간섭 한계 산정(CISPR TR 16-4-4)

TECHNICAL REPORT

CISPR TR 16-4-4

Edition 3.0 2025-10

INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE

Method for specific radio disturbance and immunity measuring protection and specifications
Part 4-4: The CISPR model for the calculation of limits for the generation of radio services

ICS 33.040.01, 33.040.20

ISBN 950-1-82017-001-2

CISPR TR 16-4-4:2025 © IEC 2025

NOTE 1: The factor k is the percentage of radio disturbance given by the percentage of those out of the total number of sources.

A value of overall k is selected between 0.8 and 0.96, depending on the type of the radio link (radio communication, or navigation, etc.).

EXAMPLE: For $k = 0.88$, $k_{min} = 0.88$, $k_{max} = 0.96$.

Note that as a very close value only (i.e., just, for a high reliability, see Figure 3) might result in an increased estimation error in the limit calculation. The difference of the probable distribution of the sum of the probable factors from a normal distribution can have a significant effect.

Figure 3 – k against confidence level k

When the normalized source value with the effective distance, $A_{eff} \cdot 10^{L_{eff}}$, is larger than 0.3 in interference scenario with densely distributed sources, it cannot be assumed that the related source is the most significant one. In this case, the source is considered as a non-dominant source and becomes a contributor of other probabilistic factors. It can be represented by an average situation of all neighbouring sources having a value smaller than a disturbance source (i.e., the permutation ratio is 100 %), and that the number uses a directive antenna. Even if one source at a frequency lower or at the main beam of the antenna, disturbance source at another frequency may have a significant influence on the total interference level. The method used in the mean value and the root sum square of the standard deviation tends to underestimate the interference level, and hence other method can be applied to factors.

The factor k is the sum of the probabilistic factors k_i above the location consideration (k_{loc} "not" is approximated by weight w_i , $w_1 + w_2 + \dots + w_n = 1$), additional driving factor F_{dr} representing the effect of each probabilistic location can be defined by using k_{loc} in Annex B.

CISPR TR 16-4-4:2025 © IEC 2025

Table 1 – Coupling scenarios and relevant systematic probabilistic factors

System probabilistic factors	Factor A	Factor B	Factor C	Factor D
4.6.2.1 Transmitting factor	X	N/A	X	X
4.6.2.2 Receiver antenna distance and gain using the antenna factor	X	N/A	X	X
4.6.2.3 Receiver antenna distance	X	X	X	X
4.6.2.4 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.5 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	N/A
4.6.2.6 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.7 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.8 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.9 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.10 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.11 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.12 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.13 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.14 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.15 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.16 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.17 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.18 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.19 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.20 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.21 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.22 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.23 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.24 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.25 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.26 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.27 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.28 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.29 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.30 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.31 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.32 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.33 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.34 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.35 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.36 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.37 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.38 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.39 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.40 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.41 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.42 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.43 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.44 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.45 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.46 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.47 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.48 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.49 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.50 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.51 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.52 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.53 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.54 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X
4.6.2.55 Receiver antenna directivity	X	N/A	X	X

1) '25년도 활동계획

○ 멀티미디어 기기 전자파 장해방지 시험방법 선행연구

현재 CISPR/I/MT7 작업반에서는 CISPR 32의 제3판(문서 번호 : CIS/I/671/CD) 개정을 진행 중이며, 주요 개정사항에는 무선통신 기능이 포함된 멀티미디어 기기
에 대한 EMC 시험방법의 확대, 현장 시험의 실용성 개선, 및 무선전력전송(WPT)
장비에 대한 새로운 허용기준 도입이 포함되어 있다. 특히, 직류(DC) 전원 포트를
통한 전도성 방해에 대한 규제 항목이 새롭게 추가됨에 따라, 국내에서도 이에 대
한 선행연구 및 적용 가능성에 대한 검토가 필요하다.

2) 주요 연구 내용

○ 멀티미디어 기기 전자파 장애방지 시험방법 선행연구

CISPR 32 개정안에 반영된 직류 전도 시험방법 및 허용기준에 대한 국내 적용 가능성과 기술적 타당성 확보를 위한 선행연구가 본격적으로 진행될 예정이다. 시험방법 및 허용기준 검토를 위해 관련 전문 위원을 선정하였으며 CISPR 32 제3판 개정안에 포함된 용어 정의, 시험 절차 및 허용기준 수치를 검토하였다. 개정안에서는 DC 네트워크 파워 포트를 ‘전력 분배망을 통해 다수의 장비에 전원을 공급 또는 수신하는 포트’로 정의하며, 일반적인 PoE(Power over Ethernet) 및 USB 포트는 제외하였다. DC 전도성 방해 시험은 시험 대상 케이블이 3 m 이상인 경우에만 적용되며 B급 기기에 적용되는 커플링 디바이스 설정에서 일부 오타 가능성이 제기되어 추가 정리가 필요하다.

시험절차는 기존의 AC 전도 시험방법(CISPR 32 4.16.21절)을 준용하되, DC 포트 특성을 반영한 별도 검토 및 검증 시험이 진행될 예정이다. DC 네트워크 파워 포트가 탑재된 서버 장비, 통신국사 내 네트워크 장비, 48 V/24 V/12 V DC 시스템 등 실제 시험 적용이 가능한 최소 3종의 제품을 확보하고 관련 산업체(다산네트웍스, 디라직 등)과 협력을 통해 장비를 지원받아 시험 계획을 수립할 예정이다. 시험결과는 향후 CISPR 32 및 국내 KS C 9832 표준 개정안에 활용될 것으로 기대한다.

① DC 네트워크 파워 포트 정의 검토 결과

CISPR 32 제3판 개정안에서는 DC 네트워크 파워 포트를 “전력 분배망(DC power distribution network)을 통해 다수의 장비에 전원을 공급 또는 수신하는 포트”로 명확히 정의하고 있으며, 일반적인 PoE(Power over Ethernet), USB, 외부 입력용 단독 DC 포트는 제외됨을 확인하였다.

첨부 배터리 구성 자료(DC 48/36 V 시스템)는 실제 산업 환경에서 널리 사용되고 있는 48 V 통신 전원망 및 36 V 배터리 기반 분배 구조를 보여주고 있으며, 이는 개정안에서 정의한 DC 네트워크 파워 포트 개념과 직접적으로 부합함을 확인하였다. 따라서 국내 통신국사·IDC·서버실 등에서 사용 중인 DC 인프라의 상당 부분이 시험 대상에 포함될 가능성이 높은 것으로 판단된다.

② 시험 적용 범위 및 허용기준 검토

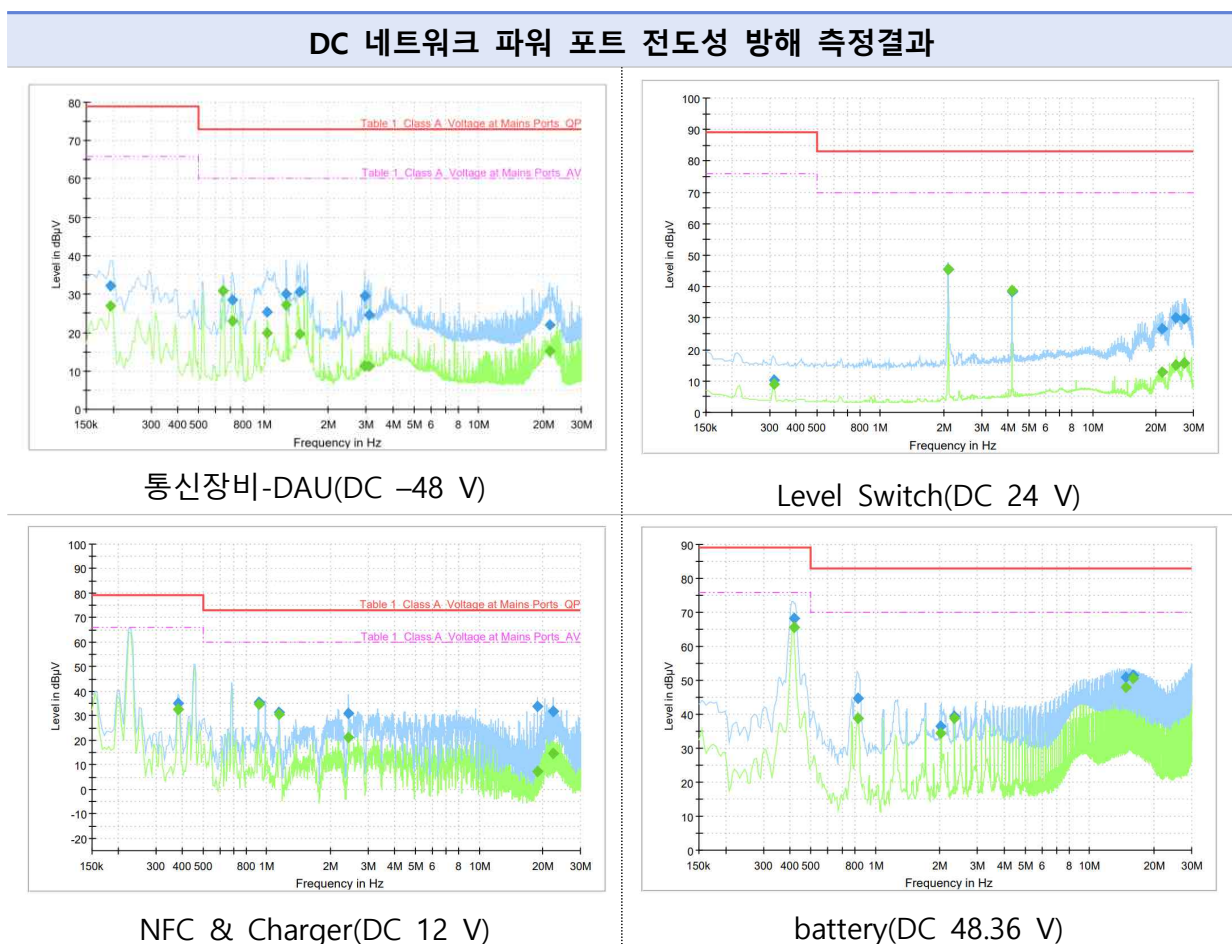
개정안에서는 DC 전도성 방해 시험을 케이블 길이 3 m 이상인 경우에만 적용하도록 규정하고 있으며, 이는 실제 네트워크 기반 DC 전원 분배 시스템의 물리적 구

성과 일치함을 확인하였다.

또한 B급 기기에 적용되는 커플링 디바이스 설정에 일부 표기 오류 가능성이 제기되고 있어, 향후 국제표준 논의 과정에서 정정이 필요한 항목으로 식별하였다.

허용기준은 AC 전도성 방해 기준과 유사한 형태로 제시되며, DC 시스템의 특성을 반영해 일부 주파수대의 한계치가 다르게 적용될 수 있음을 분석하였다. 국내 KS C 9832의 정비 과정에서도 해당 기준이 그대로 반영될 가능성이 있어 표준 조정 필요성이 제기되었다.

<표 4-8> I소위원회 주요 추진 내용



2025년 7월 25일, 국립전파연구원은 공고 제2025-52호에 따라 「방송통신표준화지침」 제9조의 규정에 의거하여 행정예고 절차를 진행하였다. 이와 관련하여 검토 대상이 된 표준은 총 2종으로, 초광대역(UWB) 무선기기 전자파적합성(EMC) 시험방법, 고정위성서비스 지구국 전자파적합성 시험방법이 포함되어 있다.

해당 2종 표준은 각기 다른 특성과 기술 수요에 따라 제정의 필요성이 제기되었고 기술 타당성 및 기존 표준 체계와의 정합성 여부를 중심으로 면밀한 검토가 이루어졌으며, 초광대역(UWB) 무선기기 EMC 시험방법과 고정위성서비스 지구국 EMC 시험방법의 경우에는 현행 국내 시험체계 내에 대응 가능한 세부 기준이 부재하거나 기술 환경 변화에 대응한 보완이 필요한 것으로 판단되어 방송통신표준 제정이 최종 확정되었다.

<표 4-9> I소위원회 주요 추진 내용

초광대역(UWB) 무선기기 전자파적합성 시험방법	고정위성업무 지구국 전자파적합성 시험방법
KS X NEW 2025 초광대역(UWB) 무선기기 전자파적합성 시험방법 KS X NEW 2025 (KSO ETR 201-489-2025)	KS X NEW 2025 고정위성업무 지구국 전자파적합성 시험방법 KS X NEW 2025 (KSO ETR 201-489-2025)

아. EMC 기준전문위원회 TA소위원회

1) '25년도 활동계획

2025년도 EMC기준전문위원회 TA소위원회 주요 활동계획은 다음과 같다.

○ 고조파 전류 시험방법(KS C 9610-3-2) 선행연구

고조파 전류는 전자기기의 비선형 부하에 의해 전력망에 유입되는 비정상 주파수 성분으로 전력 품질 저하와 다른 전기·전자기기에 대한 간섭의 주요 원인으로 꼽힌다. 이러한 고조파 전류를 효과적으로 제한하기 위해 국제표준 IEC 61000-3-2 및 이에 상응하는 국가표준 KS C 9610-3-2에서는 입력 전류가 16A 이하인 전자기기를 대상으로 고조파 전류 방출 허용기준 및 시험방법을 규정하고 있다.

국내에서는 2023년 12월, IEC 61000-3-2의 5.1판(2020년 개정)을 기반으로 KS C 9610-3-2를 개정하였으나, 이후 국제표준은 2024년 IEC 61000-3-2:2018+A1:2020+A2:2024로 추가 개정되면서 기술적 차이가 발생하여 최신 국제표준과의 정합성을 유지하고,

국내 제품에 적합한 시험방법과 허용기준의 기술적 검증 필요성이 제기되었다.

2) 주요 연구 내용

○ 고조파 전류 시험방법(KS C 9610-3-2) 선행연구

고조파 전류 시험과 관련된 국제표준 IEC 61000-3-12의 최신 개정 사항을 중심으로 고조파 허용기준의 적용 방식과 평가 체계를 명확히 하기 위한 기술적 해석과 논의를 담고 있다.

IEC 61000-3-2에서는 고조파 전류의 허용기준을 적용하는 방식으로 두 가지 방법을 명시하고 있다. 첫째는 각 고조파 전류의 평균값을 직접 기준치와 비교하는 방식이며, 둘째는 1.5초 스무딩(smoothing)된 실효값(r.m.s.)을 기준으로 하여 그 값이 기준치의 150 % 또는 20 0% 이내일 경우 허용하는 방식이다. 그러나 IEC 61000-3-12에는 이러한 적용 방식이 명확하게 기술되어 있지 않아, 유럽 자동차부품산업협회(European Association of Automotive Suppliers, CLEPA) 등에서는 동일한 적용 기준을 IEC 61000-3-12에도 명시적으로 도입할 것을 제안하고 있다.

기존에는 고조파 기준 산정을 위해 기본파 전류(I_1)를 사용하였으나, 최신 개정판에서는 제조자가 지정한 참조 전류(I_{ref})를 기준으로 삼도록 변경되었다. 이는 I_{ref} 가 일반적으로 I_1 보다 크기 때문에 결과적으로 제조자 입장에서는 더 엄격한 고조파 제한이 적용되는 구조로 해석된다. 평형 3상 장비에 대해서는 장비의 고조파 발생 특성에 따라 조건을 구분하고, 완화된 기준(Table 4) 또는 강화된 기준(Table 5)을 적용하도록 되어 있다. 예를 들어, 5차 및 7차 고조파 전류가 I_{ref} 의 5 % 미만인 경우에는 조건 a에 해당하여 Table 4의 기준을 적용할 수 있고, 3 % 미만일 경우에는 조건 d로 분류되어 더 엄격한 Table 5가 적용된다.

고조파 허용기준은 장비가 연결되는 전력계통의 단락비(R_{sce})를 고려하여 차등적으로 설정되도록 되어 있다. 예를 들어 R_{sce} 가 33 이상이면 고조파 감쇠장치 없이도 기준을 만족할 수 있으나, R_{sce} 가 120 또는 250 이상일 경우 고조파 저감 필터와 같은 추가 장치의 적용이 요구될 수 있다. 이는 실제 전력계통의 임피던스와 장비 간의 상호작용을 반영한 실용적인 규제 방식이다.

이러한 조건과 적용 기준을 정확히 판단할 수 있도록 국제표준은 고조파 허용기준 적용을 위한 시험 흐름도와 적용 시나리오를 제시하고 있으며, 제조자가 자신이 설정한 조건을 충족함을 명시적으로 선언해야만 해당 기준을 적용할 수 있다. 이는 시험기관 간 해석의 일관성과 시험 결과의 객관성을 확보하기 위한 것이다.

<표 4-10> TA소위원회 주요 추진 내용

Clarification of harmonics limits IEC 61000-3-12 : input current > 16 A and ≤ 75 A per phase

Proposals: Summary

Clarify the criteria for determining harmonics limits for Input current > 16 A and ≤ 75 A per phase and incorporate the updated reference standards.

1. Clarify the criteria for determining harmonics limits for Input current > 16 A and ≤ 75 A per phase

In R10.07, clarification was provided for the application of limits based on IEC 61000-3-2 (input current ≤ 16 A). Similarly, the same approach should be applied to clarify the limits for IEC 61000-3-12 (input current > 16 A and ≤ 75 A).

2. Revise the parameters in the limit table and include additional tables to address new conditions.

In the R10.07, the reference standard IEC 61000-3-12 has been updated.

- R10.06: IEC 61000-3-12 Edition 1.0 (2004)
- R10.07: IEC 61000-3-12 Edition 2.1 (2011) + AMD1:2021

The following significant technical changes were made when the standard was updated from the 1st to the 2nd edition.

- the reference fundamental current I_1 is replaced by the reference current I_{ref} for the calculation of emission limits;
- a new table of current emission limits (Table 5) is added;

Therefore, these changes should be incorporated accordingly.

Comparison of Standards

The reference fundamental current I_1 is replaced by the reference current I_{ref} for the calculation of emission limits

IEC 61000-3-12 Edition 1.0 - 2004										
Minimum R_{eff}	Admissible individual harmonic current $I_{h,n}$					Admissible harmonic current distortion factors				
	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_{THD}	I_{THD-L}	I_{THD-H}	I_{THD-L}	I_{THD-H}
33	27.4	10.7	7.2	5.8	5.1	25	25	25	25	25
66	24	13	8	5	4	26	26	26	26	26
100	27	15	10	6	5	26	26	26	26	26
200	30	20	13	8	6	40	40	40	40	40
≥ 250	41	24	15	12	10	47	47	47	47	47

The negative values of zero harmonics up to order 12 shall not exceed 10% I_{ref} . Even harmonics above order 12 are taken into account in THD and PWHD in the same way as odd order harmonics.

NOTE: Linear interpolation between successive R_{eff} values is permitted. See also Annex B.

* I_{ref} = reference fundamental current; $I_{h,n}$ = harmonic current component.

Source: IEC 61000-3-12 Edition 1.0 - 2004

✓ Admissible individual harmonic current

$I_h/I_1 \rightarrow I_h/I_{ref}$

THD

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} \left(\frac{I_h}{I_1} \right)^2}$

THC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^2}$

PWHD

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} \left(\frac{I_h}{I_1} \right)^4}$

PWTHC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^4}$

PWHEC

자. EMC 기준전문위원회 TB소위원회

1) '25년도 활동계획

2025년도 EMC기준전문위원회 TB소위원회 주요 활동계획은 다음과 같다.

○ 광대역 방사 내성 시험방법(IEC 61000-4-41) 기술검증

광대역 방사 내성 시험은 5G, LTE, Wi-Fi 등 고주파 대역의 무선통신 환경에서 전자기기의 내성 성능을 평가하는 데 필수적인 기술로 특히, 정밀한 센서를 사용하는 안전·산업기기에 대해 그 중요성이 점점 커지고 있다.

이에, 국제표준 IEC 61000-4-41(Ed.1.0)은 이러한 광대역 방사 내성 시험방법을 규정하고 있으며 2024년 11월 22일 발행된 최신판에서는 시험신호의 대역폭을 최대 100 MHz까지로 명시하고 있다.

그러나 국내에서는 특히, 승강장안전문(PSD) 시스템에 적용되는 라이다(LiDAR) 센서 등에서 5G 통신 환경과 같은 300 MHz 이상 광대역 신호에 대한 노출 가능성이 존재함에 따라 현행 국제표준보다 확장된 조건에 대한 기술 검증이 필요한 상황이다. 실제로 국제표준화기구(IEC/TC77/SC77B/WG10)에서도 시험신호 대역폭 확대에 대한 논의가 이루어지고 있으며, 국내에서도 이에 대응하여 기술기준 개정과 국제표준 연계 강화를 위한 시험 기반 마련이 필요하다.

2) 주요 연구 내용

○ 광대역 방사 내성 시험방법(IEC 61000-4-41) 기술검증

광대역 방사 내성 시험을 2025년 6월에 한국로봇산업진흥원에서 실시하였다. IEC

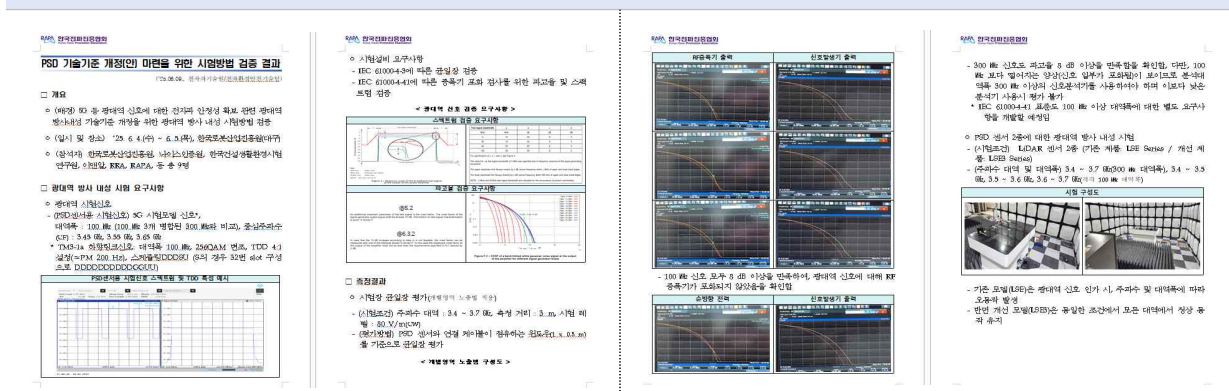
61000-4-41 기준의 적합성과 실효성을 검증하고 국내 PSD 센서에 대한 적용 가능성을 평가하는 데 목적을 두었다. 시험은 100 MHz 및 300 MHz 대역폭을 가지는 5G TM3-1a 시험모델 신호를 활용하여, 중심주파수 3.45 GHz, 3.55 GHz, 3.65 GHz에서 수행되었다.

세부 진행 내역으로 시험장에서는 IEC 61000-4-3 기준에 따른 균일장 평가와 함께, IEC 61000-4-41 기준의 핵심 항목인 스펙트럼 마스크와 파고율(Crest Factor) 검증이 진행되었다. 균일장 평가는 PSD 센서의 노출영역을 중심으로 수행되었으며, 수직 및 수평 편파 모두에서 허용 오차(0 ~ 6 dB) 이내로 만족하였다. 스펙트럼 마스크 검증에서는 신호발생기 및 RF 증폭기 출력에서 100 MHz 및 300 MHz 대역폭 모두 요구 마스크를 만족하여 신호 품질 측면에서의 기준 충족이 확인되었다. 파고율 검증에서도 모든 시험조건에서 8 dB 이상의 파고율을 확보하여, RF 증폭기가 포화되지 않고 정상 동작함을 입증하였다. 단, 300 MHz 신호의 경우 일부 신호 왜곡이 나타났으며, 이 경우에는 300 MHz 이상의 분석 대역폭을 가진 장비 사용이 필수임을 확인할 수 있었다.

시험 대상인 라이다(LiDAR) 센서 2종(LSE Series / LSE3 Series)에 대한 방사 내성 시험 결과, 기존 모델(LSE)은 특정 주파수·대역폭에서 오동작이 발생한 반면 개선 모델(LSE3)은 전 영역에서 정상적으로 동작함을 확인하였다. 이러한 결과는 100 MHz를 초과하는 광대역 신호에 대한 내성 평가의 필요성과 기술기준의 확장을 뒷받침하는 기술적 근거로 활용될 수 있으며, 향후 KS C 9835 부속서 개정 및 국제표준 대응 시험방법 마련에 실증 자료로 활용할 수 있을 것이다.

<표 4-11> TB소위원회 주요 추진 내용

PSD 기술기준 개정(안) 마련을 위한 시험방법 검증 결과



차. 2025년 전자파적합성(EMC) 합동 워크숍

EMC 분야 '25년도 국내·외 표준화 활동 결과 공유 및 차년도 표준화 활동 계획 수립 등을 위한 워크숍을 개최하였으며, 국립전파연구원, 대림대학교, 한국전파진흥협회, 한국과학기술원, 한국정보통신연구원 등 총 31개 기관에서 57명 참석하여 다음과 같은 발표 및 논의를 진행하였다.

○ 전자파적합성 기준 고시 일부개정 추진

국립전파연구원은 국제표준 변화와 5G·신기술 환경 확산에 대응한 EMC 기준 개정 방향을 설명하며 방사·내성 시험조건 조정, 시험모드 정의 정비 등 제도 개선 핵심사항을 발표하였다.

○ 전자파적합성 기준 검토 현황

기술기준 연구반은 CISPR A/B/D/F/H/I 분과별 검토 결과를 공유하며 주파수 확장, WPT 허용기준, TD·RVC 측정 등 국제표준 변화와 국내 기준 반영 시 고려해야 할 주요 쟁점을 설명하였다.

○ 25년 IEC/CISPR 국제회의 현황 보고

한국정보통신기술협회(TTA)에서는 '25년 9월 IEC/CISPR 총회에서 논의된 18~40 GHz 시험장 평가, 무선기능 장비 시험조건 정비, APD 기반 방출 분석, EV·ADAS 시험 고도화 등 국제 핵심 이슈를 보고하였다.

○ VSD 기기 Flicker 시험 조건 개정안

LG전자는 VSD 구동 특성이 기존 Flicker 규격에 충분히 반영되지 않는 문제를 제기하고 $d_{max} \cdot P_{st}/P_{lt}$ 측정 비교결과를 토대로 IEC 61000-3-3 개정 필요성을 설명하였다.

○ 18~40 GHz 대역 시험장 평가방법 국제표준 동향

한국전파진흥협회(RAPA)에서는 CISPR/A WG1·AHG8에서 논의 중인 고주파 시험장 요구조건, 스캔·스윙 속도, 안테나 특성 등 기술적 쟁점을 소개하며 국내 시험장 40 GHz 대응 필요성을 제기하였다.

○ 전자파 잔향실 국제표준 및 국내·외 기술도입 현황

원제뉴인에서는 EV·ADAS 확산에 대응해 ISO 11451-2·11452-11 등에서 잔향실(RVC) 시험방법 도입이 확대되는 추세를 설명하고, 모드밀도·필드균일도 확보 등 기술요소를 제시하였다.

○ 광대역 방사 내성 국제표준 현황

IEC 61000-4-41의 제정 내용을 바탕으로 OFDM 기반 광대역 내성 시험신호, 시험장 요구조건, 필드 균일도 관리, 산업계 적용 시 고려사항 등을 설명하였다.

○ 전문가 패널토론

40 GHz 시험환경 구축, RVC·TD 시험방법 도입 시기, APD 기반 방출평가 반영 가능성, WPT 간섭 대응, 시험기관 인프라 확충 등 EMC 기준·인증체계의 현안을 논의하였다.

<표 4-12> 2025년 전자파적합성(EMC) 합동 워크숍

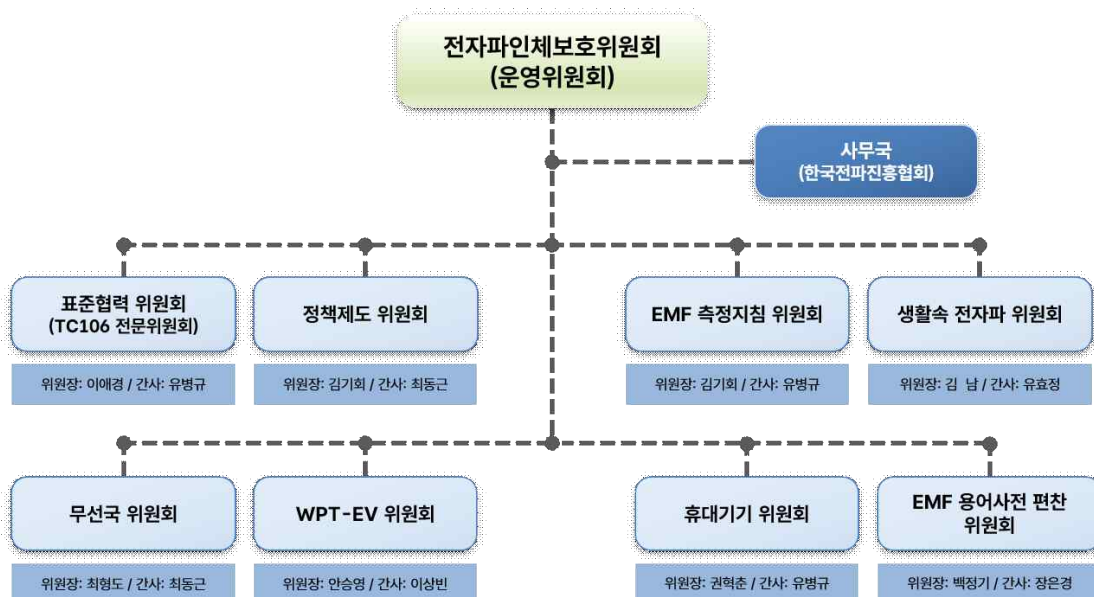


2025년 EMC 합동 워크숍을 통해 국내·외 표준화 동향, 기술기준 개정 방향, 고주파 시험환경 대응, 자동차·광대역 내성 시험기술 등 EMC 분야의 핵심 이슈를 기관·산업계·학계가 공유함으로써 향후 국가 EMC 규제와 시험체계의 발전 방향을 명확히 설정할 수 있었으며, 참석한 전문가들은 국제표준 변화(40 GHz 확장, RVC·TD 도입, APD 기반 평가 등)에 선제적으로 대응하기 위한 공동의 필요성을 확인하고, 국내 기준 개정·시험장 인프라 고도화·산업계 지원 강화 등 향후 협력하여 추진하기로 하였다.

3. 전자파인체보호위원회 및 산하 위원회의 구성

본 과제에서는 국립전파연구원의 「2025년도 전자파인체보호위원회 운영 계획」에 따라 전자파 인체보호 관련 정책, 제도 및 기술기준 개선에 대한 전문가 의견수렴과 국제표준화 대응 등 협력 활동을 원활히 수행하기 위하여 소비자 및 산·학·연·관 전문가가 참여하는 전자파인체보호위원회 및 산하 위원회를 구성·운영하였다.

2025년도 전자파인체보호위원회는 아래 그림 5-2와 같이 총 8개 위원회로 구성되었으며 각 위원회의 위원장 등으로 운영위원회를 구성하여 운영하였다. 각 위원회는 전자파 인체안전에 관한 고유한 주제를 바탕으로 제도개선, 국내외 표준화 대응, 대국민 서비스를 위한 활동을 수행하였다.



[그림 4-2] 전자파인체보호위원회 구성도

가. 전자파인체보호위원회 운영위원회

운영위원회는 전자파인체보호위원회 위원회 신설·폐지 여부 및 운영계획 검토, 각 위원회의 활동 및 연구실적 검토를 수행하며 국제표준화 대응방안 논의 및 자문 역할을 수행한다. 또한, 전자파 인체보호 관련 정책·제도·기술기준 개선 및 국제표준화 대응을 위한 우리나라 의견 도출을 목적으로 충북대학교 김남 위원장을 포함한 국립전파연구원, 충남대학교, 한국전자통신연구원, 한국전력공사, 한국전기연구원 등 산·학·연·관 전문가 19명으로 운영위원회를 구성하였다.

나. 정책제도위원회

정책제도위원회는 전자파인체보호기준, 전자파흡수율 및 전자파강도, 측정대상 기
자재 고시 등 전자파(EMF) 관련 제도 및 정책의 제·개정 사항을 검토하고 이에 대
한 논의와 제반 활동을 수행한다. 또한, WHO(World Health Organization, 세계보
건기구), ICNIRP(International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection,
국제 비전리 방사선 보호위원회), GLORE(Global Coordination of Research and
Health Policy on RF Electromagnetic Fields) 등 국제기구의 전자파인체보호기준
개정 추진에 대응하여 국내 인체보호기준 개정방안 검토와 전자파 인체 노출량 평
가 방법 개선방안 검토 등 국내·외 전자파인체보호기준 연구 및 전자파 인체 노출
량 측정방법에 대한 연구를 수행한다. 정책제도위원회는 국립전파연구원 김기희 위
원장을 포함한 충남대학교, 한국전자통신연구원 한국방송통신전파진흥원 등 해당
기관에 소속된 9명의 위원으로 구성되었다.

다. 표준협력(IEC TC106 전문) 위원회

표준협력위원회는 전자파 인체노출량 관련 IEC TC106 등 국제표준화 회의 대응
및 TC106 국제총회 국내 개최 대응 등을 담당한다. 그리고 각 위원회에서 개발된
전자파 인체노출량 평가방법 등 정보통신 국가표준(안)을 최종 검토하는 역할을 수
행한다. 표준협력위원회는 한국전자통신연구원 이해경 위원장을 포함한 국립전파연
구원, 충북대학교, 충남대학교, 삼성전자, 한국전자통신연구원 등 해당 기관에 소속
된 22명의 위원으로 구성되었다.

라. 무선국위원회

무선국위원회는 5G 무선국의 전자파강도 측정방법을 논의하고 새로운 전자파 계
산·예측 방법 및 실생활 환경에서의 무선국 전자파강도 측정방법을 검토한다. 또한,
국제표준화 활동에 대응하기 위한 IEC TC106 국제표준화 대응과 무선국 전자파강
도 계산방법에 대한 국외동향 조사를 수행한다. 무선국위원회는 한국전자통신연구
원 최형도 위원장을 포함한 충북대학교, 충남대학교, SK텔레콤, KT, LG유플러스,
한국방송통신전파진흥원 등 해당 기관에 소속된 14명의 위원으로 구성되었다.

마. 휴대기기위원회

휴대기기위원회는 휴대기기의 전자파흡수율 및 전력밀도 측정·평가방법을 검토한다. 특히, 휴대기기의 전자파흡수율(SAR) 측정방법과 관련한 측정기준 고시 개정(안)을 마련하기 위해 국제표준 문서를 검토함과 동시에 신기술이 적용된 무선기기의 전자파인체노출량 평가방법도 함께 검토한다. 휴대기기위원회는 삼성전자 권혁준 위원장을 비롯한 충북대학교, 충남대학교, 인천대학교, 삼성전자, HCT 등 해당 기관에 소속된 19명의 위원으로 구성되었다.

바. EMF 측정지침위원회

EMF 측정지침위원회는 전자파흡수율(SAR)과 전자파강도에 대한 2개 분과의 시험기관 및 전문가들로 구성되어 있으며 전자파흡수율 및 전자파강도와 관련한 고시나 표준에서 다루지 못하는 세부 측정방법을 검토하고 측정방법이 마련되지 않은 신제품에 대한 전자파 측정 가이드라인을 제안한다. EMF측정지침위원회는 국립전파연구원 김기회 위원장을 포함한 삼성전자, 유로핀즈KCTL, KCL 등 해당 기관에 소속된 17명의 위원으로 구성되었다.

사. EMF용어사전편찬위원회

EMF용어사전편찬위원회는 전자파 인체보호 및 인체영향 관련 공학 및 의학용어로 구성된 EMF 용어사전 개정안을 검토한다. 기존에 발간된 EMF용어사전을 기본으로 하여 새로운 용어 추가와 기존 용어 정의, 부록 등을 개정하는 역할을 수행한다. EMF용어사전편찬위원회는 충남대학교 백정기 위원장을 비롯한 한국전기연구원, 한국전자통신연구원, 한국방송통신전파진흥원, 한국과학기술원, 숭실대학교, 단국대학교 의과대학, 아주대학교 의과대학, 제주대학교 등 해당 기관에 소속된 12명의 위원으로 구성되었다.

아. WPT-EV위원회

WPT-EV위원회는 무선전력전송(WPT) 이용기기 및 전기자동차(EV)의 전자파 인체노출량 측정방법에 대한 검토를 담당한다. 또한, 무선전력전송(WPT) 및 전기자

동차(EV)에 대한 IEC TC 106 국제표준화 동향 분석에 대응하기 위해 국외동향 조사를 수행한다. WPT-EV위원회는 한국과학기술원 안승영 위원장을 비롯한 현대자동차, 충남대학교, 한국기술교육대학교, 한국전자통신연구원, RAPA 등 해당 기관에 소속된 26명의 위원으로 구성되었다.

자. 생활속전자파위원회

생활속전자파위원회는 생활제품에서 발생하는 전자파에 대한 국민들의 궁금증과 우려를 해소하기 위해 국립전파연구원이 운영 중인 「생활 속 전자파 홈페이지」를 통해 온라인 접수된 측정신청 제품에 대해 중복성 및 대표성 등을 고려하여 측정대상을 선정하고 전자파흡수율 및 전자파강도 측정결과를 검토하는 역할을 담당한다.

국립전파연구원 홈페이지, 보도자료 등을 통하여 국민들에게 그 측정결과를 공개하고 있으며 과대·과장 광고하고 있는 전자파 차폐 제품에 대한 모니터링 및 성능을 측정하여 결과를 검토한다. 생활속전자파위원회는 충북대학교 김남 위원장을 포함한 충남대학교, 한국전자통신연구원, 한국방송통신전파진흥원, 국립전파연구원, 녹색소비자연대 등 해당 기관에 소속된 16명의 위원으로 구성되었다.

4. 전자파인체보호위원회 및 산하 상설, 특별 위원회 운영

가. 전자파인체보호위원회 운영위원회

○ '25년 전자파인체보호위원회 운영계획 및 위원회별 주요 활동계획 검토

- 전자파인체보호기준, 전자파강도 및 전자파흡수율 **측정대상 기자재 고시** 개정 등 전자파 인체보호 관련 **정책·제도 개선사항 검토**
- **IEC TC106**(전자파 인체노출량 측정방법 분야) **국제 표준화 대응**
 - 휴대기기, 무선국 및 무선전력전송(WPT) 분야의 전자파 인체노출량 측정방법에 관한 국제표준 회람문서를 검토하고, 각 위원회별 연구결과를 바탕으로 **IEC TC106**에 기고서 제출 및 기술 제안을 수행

- 2025년도 IEC TC106 부산 국제회의 국내 개최 추진
- 전자파흡수율 및 전자파강도 측정 세부지침(안) 검토
 - 신기술 적용 제품에 대한 세부 측정지침과 및 전자파 흡수전력밀도 측정방법(안) 검토 등
- 전자파 인체보호 분야 **EMF용어사전**(‘09년 초판 발간) **개정(안) 검토**
- 전자파 인체보호와 관련된 **기초연구, 제도 개선, 국제표준화** 등의 중장기 **추진전략 수립**을 위한 이슈 발굴 및 협업을 수행

2025년도 전자파인체보호위원회는 전자파 인체보호와 관련된 제도·정책 개선과 국제표준화 대응을 중심으로 다양한 업무를 수행하였다.

우선, 전자파 인체보호기준과 전자파강도 및 전자파흡수율 측정 대상 기자재에 대한 고시 개정을 포함한 정책·제도 개선 사항을 중점적으로 검토하였다. 또한, 전자파 인체노출량 측정방법을 다루는 IEC TC106 국제표준화 회람문서를 바탕으로, 휴대기기, 무선국, 무선전력전송(WPT) 기기 등 각 분야별 측정기술과 연구 결과를 반영하여 우리나라의 의견을 도출하고, 이를 국제표준 기구에 기고 및 제안하는 작업을 추진하였다. 특히, 2025년에는 IEC TC106(전자파인체기술위원회) 국제회의가 국내에서 개최되었으며 이를 위한 준비와 협력도 적극적으로 추진하였다.

이와 함께, 인체 근접 무선기기의 전자파흡수율(SAR) 측정방법에 대한 국가표준(KS C 3350)의 적용을 위한 적합성 평가 기준을 마련하고, 해당 내용을 반영한 전자파흡수율 측정기준 고시 개정(안)을 검토한다. ICNIRP 가이드라인을 참조하여 저주파 및 고주파 대역의 전자기장 노출 제한에 관한 국가표준 제정도 함께 검토하였으며 신기술이 적용된 무선기기에 대한 전자파 인체노출량 측정을 위한 세부 측정지침과 전자파 흡수전력밀도(APD) 측정방법(안)을 마련하는 등 기술 발전에 대응하는 측정기준의 정비도 추진하였다.

이 외에도 2009년에 초판이 발간된 EMF 용어사전 대상으로 최신기술과 국제표준 용어를 반영하여 개정하고, 향후 전자파 인체보호와 관련된 기초연구, 제도 개선, 국제표준화 등을 지속적으로 추진하기 위한 중장기 전략과 핵심 이슈 발굴을 위한 협업 등을 추진하였다

- '25년도 전자파인체보호위원회 운영계획 주요 논의 내용

① 정책제도 위원회

최근 개정된 ICNIRP 국제 인체보호기준은 최신 과학적 근거를 반영하여 마련된 것으로 이에 부합하는 국내 인체보호기준 개정(안)을 검토하여 국제기준과의 정합성 확보를 검토하였다. 아울러 WHO 등 국제회의에 효과적으로 대응하고, 전자파 인체보호와 관련된 정책·제도·연구 분야의 국제협력 강화를 위한 기반 마련이 중요해지고 있다. 이를 위해 WHO IAC 등 주요 국제회의 대응을 위한 연구 아이템 도출과 국내 전문가들의 의견수렴이 병행되고 있으며, GLORE, ICNIRP 등 주요 국제기구의 정책 및 연구 동향에 대한 지속적인 분석을 통해 우리나라의 전자파 인체보호 정책 수립 및 연구 방향 설정에 반영하였다.

② 표준협력 위원회(IEC TC106 전문위원회)

IEC TC106 국제표준 회람문서를 관련 위원회와 공유, 논의한 후 국내 의견을 종합하여 IEC에 제출하고 각 분야별 IEC TC106 기고서(안)을 최종 검토한 후 IEC에 제출하였다.

2024년 12월에 제정된 전자파흡수율 측정방법 국가표준(KS C 3350)에 따라 기존 국가표준(KS C 3370-1, 3370-2) 폐지 여부를 심의하고, 저·고주파 대역의 전자기장 노출 제한 및 전자파 차단제품의 차단성능 측정방법에 대한 국가표준 제정에 대해 검토하였다. 또한, KS C IEC 62311(전기자기장의 인체 노출 제한에 관련한 전기전자기기의 평가)에 대한 적부확인 검토 및 심의를 진행하였으며 적부확인 결과 유지 의견으로 모아져 2025년 제3차 정보통신분야 전자파인체안전 기술심의회에 안전으로 상정되었다.

2025년 10월엔 IEC TC106(전자파 인체노출 측정방법) 국제총회가 우리나라 부산에서 개최되었으며 한국, 미국, 일본, 프랑스, 스위스 등 14개국 70명이 참석하였다. 주요 내용으로 5·6G, WPT, WiFi와 같이 발전된 통신 기술 및 주파수 환경에 맞춰 정밀한 측정방법 도입을 위한 표준 제·개정 4건이 진행되었고 EMF 노출 평가(센서 반응, 테스트 감지, 결과 추정 등)에 AI를 활용하기 위한 신규 Ad-Hoc 그룹(AHG) 설립을 공식적으로 제안하였으며 EMF 적합성 시험 지원을 위한 AI의 역할과 적용 시 이점 및 위험을 검토하되, 검토의 범위는 TC106 작업 범위 내로 한정되었다. 무선전력전송(WPT) 관련 회의에선 WPT 등 신기술 분야는 표준화 초기 단계로 기술 변화가 빠르기 때문에, 국제표준(IS)보다 유연한 PAS(잠정표준)로의 발간 방안을

논의하였으며, IEC 63184가 개발 후반에 PAS로 전환된 사례를 고려하여 IEC 63480도 '27년 10월 최종 발간을 목표로 PAS로의 전환을 추진하는 방안이 논의되었다. 우리나라에서도 총 4개의 기고를 진행하였고 6-point 제어 평균 측정법과 가우시안 분포 모델을 기반으로 SAR 분포를 분석적으로 구성하고, 이격 거리에 따른 면제 기준을 수립하는 방안, 마이크로 EO 프로브를 이용한 6 GHz 이상 E-field 프로브 교정 방법 및 IPD 측정을 위한 측정장비 비교 검증 결과를 기고하였다.

③ 무선국 위원회

5G 기지국의 전자파 특성에 대한 분석을 통해 안테나 패턴, 제원, 신호 특성 등 주요 요소들을 확인하고 이에 따른 개선사항을 도출하여 전자파 관리의 효율성을 높이기 위한 검토가 진행되었다. 또한 5G 무선국에서 측정된 전자파 데이터를 기반으로 한 인공지능(AI) 예측기술의 적용 가능성과 연구 방향에 대해 분석하고 해당 기술의 실효성과 정확도 향상을 위한 개선방안도 함께 검토되었다.

이와 더불어, 전자파 측정방법에 대한 국제표준인 IEC 62232 ED4 개정에 대응하기 위한 기술적 이슈 및 연구 아이টে를 발굴하고, 국제표준 제·개정 과정에서 반영할 수 있도록 국내 전문가들의 기고 내용에 대한 종합적인 검토가 이루어졌다.

④ 휴대기기위원회

2024년 12월에 제정된 KS C 3350(인체 근접 무선기기 전자파흡수율 측정방법)의 적합성 평가 적용을 위해 관련 고시 개정(안)을 마련하고 검토하는 작업이 진행되었다. 또한, 인체유사용액 기반의 신규 전자파 인체노출량(APD) 측정시스템에서 도출된 측정결과를 활용하여 전자파 인체영향 평가방법의 유효성을 면밀히 검토하였다. 상용 측정시스템인 SPEAG社 제품과 광센서 기반 측정시스템 간 전력밀도 측정값을 비교·검증하여, 특히 6G 주파수 대역에서의 전자파 평가방법에 대한 적절성을 평가하였다.

이와 함께 다중 송신 시스템 기기의 전자파 동시노출에 따른 상호 영향성을 수식화하여 효율적인 SAR 평가방식을 개발하는 방안도 검토하였다. 아울러 KS C 3350의 제정에 따라 기존 국가표준인 KS C 3370-1, KS C 3370-2, KS X 3099의 폐지를 검토하여 표준 체계의 일원화를 추진하였다.

IEC TC106 JWG11, JWG12(인체 근접 무선기기 전력밀도 수치해석 및 측정방법)

와 JMT14(SAR 측정방법) 국제표준 회람문서를 검토하고, 이에 대한 국내 의견(안)을 마련하여 국제표준 대응체계를 강화하였다.

Duty Cycle 적용 기기의 SAR 평가기준을 구체화하여 제조사 선언값을 반영하되, 미선언 시 최대출력 기준 적용 원칙을 명확히 하였고, TPAS 알고리즘 및 동시노출 평가의 해외 규제 강화 추세에 대응해 국내 평가체계 구축 필요성이 강조되었다. 또한 KS X 3147 국가표준의 유지 필요성과 KS C 3350의 오기정정 사항이 논의되었으며, 무선이러폰·Wi-Fi 등 신기술 기기의 인체영향 평가 강화를 위한 추가 검토 및 신규 위원 위촉이 추진되었다

⑤ EMF 측정지침 위원회

인체 근접 무선기기 전자파흡수율 측정에 관한 국가표준인 KS C 3350 도입에 따른 적합성 평가와 관련하여 다양한 의견을 수렴하고 이를 면밀히 검토하였다. 특히 출력제어 기능이 탑재된 무선기기와 USB 형태의 데이터 라우터 등 신기술이 적용된 제품들에 대해 세부적인 측정지침을 마련하고 검토하는 과정을 거쳤다. 더불어 미국 TCBC 워크숍에서 제시된 자료들을 분석하여 국내 실정에 맞는 측정방법 적용방안을 도출하고, 그 타당성을 평가하였다.

아울러 신기술 기반 제품에 대해 현행 측정방법이 가지는 적용 한계점을 파악하고, 불필요한 측정 항목들로 인한 문제점을 분석함으로써 보다 효율적이고 실용적인 측정방법(안)을 검토하였다.

미국 SAR 규제 강화 추세를 공유하고, 국내 적합성평가 체계에 이를 반영하기 위한 시험절차 보완 방향을 검토하였다. 외형변경·부속품 기준 명확화, 신기술(WPT, 동적제어 등) 대응 체계 구축, Duty Cycle 적용 기자재 혼선 해소 등이 논의되었으며, 최근 제정된 KS C 3350의 LTE·TPAS 관련 문구 정정과 향후 개정 방향도 함께 검토되었다. 또한 EMF 세부 측정방법 개발을 위한 위원회 구성안을 확정하여 향후 제도 안정성과 기술 신뢰성 제고 기반을 마련하였다.

⑥ EMF 용어사전 편찬위원회

전자파 인체보호 및 인체영향 분야에서 사용되는 공학·의학 용어를 체계적으로 정리한 EMF 용어사전(2009년 발간)의 개정(안)에 대해 검토가 이루어졌다. 기존 용

어사전에 수록된 용어뿐만 아니라 신규로 추가된 용어들의 정의와 부록 작성 방안도 함께 점검하였다. 특히 도식화가 필요하거나 용어 간 연계 설명이 요구되는 항목들을 부록으로 분류하여 해당 부분에 대해 각 위원별로 세부 작업을 진행하며 완성도를 높이하고자 하였으며, 올해는 신규용어 검토용어 274개를 검토 및 정의하였다.

⑦ WPT-EV 위원회

무선전력전송(WPT) 시스템의 적합성평가 제도 도입을 위해 WPT 기기 및 전기자동차(EV)의 전자파 인체노출량 평가법(안)을 심층적으로 검토하였다. 특히 WPT 신기술의 일상생활 확산과 산업 진흥을 위해, 다양한 WPT 기기에 대한 국제표준화 동향과 저감기술 개발 현황을 함께 파악하였다.

또한, 스마트폰 무선충전기·AGV·드론·의료기기·전기자동차 등 다양한 분야에서 활용되는 WPT 기술을 대상으로 국내외 연구결과 및 IEC 표준화 동향(IEC TR 62905, IEC/IEEE 63184, IEC/IEEE 63480 등)을 조사·분석하여, 무선전력전송기기와 EV의 전자파 강도 측정방법을 확대 적용할 수 있는 가능성과 향후 연구 아이টে를 검토하였다.

이 과정에서 전신·국부 노출 평가기준, 3포인트 평균 측정방법의 타당성, 주행 중 무선충전 환경의 노출특성 등 실증 기반 평가요소를 상세히 분석하였으며, WPT 기술 특성을 반영한 신규 평가절차의 필요성도 함께 도출하였다.

아울러 WPT 및 EV-WPT 관련 IEC 국제표준 회람문서를 정밀히 검토하고, 각 표준의 기술적 변경사항과 국내 적용 시 고려사항을 분석하여 국내 의견(안)을 마련함으로써, 향후 국제표준 대응체계 강화와 국내 적합성평가 제도 정비에 기여하였다.

⑧ 생활속 전자파 위원회

국민 신청 기기와 계절별 관심 제품, 언론 보도된 제품 등 국민의 관심이 높은 생활제품을 전자파 측정 대상으로 선정하였다. 선정된 제품은 시민단체, 학계, 전문가로 구성된 전문위원회의 엄격한 검토를 거쳐 전자파 인체노출량 측정 결과를 분석·평가하였다. 또한 시중에 유통 중인 전자파 차단제품 가운데 거짓 또는 과장 광고가 의심되는 제품을 성능검증 대상으로 선정하고, 이에 대한 검증 방법과 결과를 면밀히 검토하여 소비자 보호 및 올바른 정보 제공에 기여하고자 하였다.

나. 정책제도위원회

1) '25년도 운영계획

- 전자파 인체보호 관련 제도·정책 및 고시의 제·개정 사항 논의와 제반 활동 수행, WHO·ICNIRP·GLORE 등 국제협력 대응
- 전자파인체보호기준, 측정대상 기자재 고시 개정 등 전자파 인체보호 관련 정책·제도 개선사항 검토

개정된 ICNIRP(국제비전리복사방호위원회) 국제 인체보호기준과의 정합성을 확보하고 국제 기준과의 조화를 위해 국내 전자파 인체보호기준의 개정(안) 마련과 타당성을 검토한다.

- WHO 등 국제회의 및 전자파 인체보호 정책 제도·연구 관련 국제협력 및 전자파 인체보호 정책·연구 동향 분석

WHO IAC(국제자문위원회) 등 국제기구 회의에 대응하기 위해 전자파 인체영향 연구 아이টে를 사전 검토 후 이에 국내 전문가 의견을 수렴·정리하여 국제회의에 반영하고 GLORE, ICNIRP 등 전자파 인체보호 정책 및 연구 동향 분석을 수행한다.

2) 연구 내용

- 가) 전자파인체보호기준, 측정대상 기자재 고시 개정 등 전자파 인체보호 관련 정책·제도 개선사항 검토

과학기술정보통신부 및 국립전파연구원은 최신 과학적 근거에 기반한 전자파 인체보호기준 및 측정대상 기자재에 대한 고시 개정을 포함하여 인체보호 관련 제도에 대한 개선사항을 검토하였다. 특히, ICNIRP 국제기준과 국내 기준의 정합성을 고려하여 국내 인체보호기준 개정(안)에 대한 다양한 방안을 논의하였으며 타당성을 검토하였다. 국내 전자파인체보호 기준 개정의 기본 방향은 ICNIRP 2010과

2020 기준 반영하되, 전자파흡수율(Specific Absorption Rate, SAR)과 60 Hz 저주파수(Extremely Low Frequency, ELF) 기준에 대해서도 일반 국민의 건강과 안전한 전자파 환경을 고려하여 면밀한 검토를 진행하였고 전자파흡수율(SAR) 측정기준 일부 개정(안)을 발표하였다. 주요 개정내용으로 IEC TC 106 국제표준 IEEE 62209-1528:2020을 반영한 통합 제정된 국가표준 KS C 3350 적용과 전자파 인체보호 기준(고시)와의 조항 연계성을 명확히 하여 적용범위 불명확성 해소에 목적을 두었다.

과학기술정보통신부 및 관련 기관과 협의하여 인체 내 흡수전력밀도(APD : Absorbed Power Density) 기준 도입 여부를 포함한 새로운 평가기준의 반영 방안을 논의되고 있으며, 이 과정에서 ICNIRP의 2010년 및 2020년 기준을 국내 제도에 그대로 반영하는 한편, 6 GHz 이상 고주파수 국제표준은 APD와 TAS 중심으로 완전히 재편되고 있다. 기존 60 Hz 주파수 대역과 SAR(전자파흡수율) 기준은 유지하는 방안에 대해서도 함께 논의 중이다. 기존에 국내 제도에 반영되어 있는 ICNIRP 2010년 기준과 함께 2020년 기준을 그대로 수용하는 방안이 검토되었으며, 저주파수 대역인 60 Hz 이하 구간에 대해서는 기존의 SAR(Specific Absorption Rate, 전자파흡수율) 기준을 그대로 유지하는 방안을 병행하여 논의하였다.

이러한 평가 체계 개편에 대한 논의는 최근 국제표준화 기구(IEC TC106)에서 활발히 개발되고 있는 APD 측정 기술 표준화 흐름과도 맞물려 있으며, 실제 평가기술로는 SAR 기반 변환계수 활용 방식, 적외선 열반응 기반 측정법 및 OTA 증강 방식 등 다양한 접근이 연구되고 있다. 이를 통해 향후 고주파 및 6G 주파수 대역을 포괄하는 새로운 전자파 인체노출평가 기준의 국내 적용 가능성을 종합적으로 검토할 예정이다.

나) WHO 등 국제회의 및 전자파 인체보호 정책 제도·연구 관련 국제협력 및 전자파 인체보호 정책·연구 동향 분석

전자파 인체보호와 관련된 국제적 기준 정합성과 정책 연계를 강화하기 위해 WHO, ICNIRP, GLORE 등 주요 국제기구 및 회의체에 대한 협력과 연구 동향 분석이 함께 추진되고 있다.

우선 WHO(세계보건기구) 산하 IAC(International Advisory Committee) 및 관련 회의체에 대응하고 전자파 인체영향 및 노출 평가기준과 관련한 연구 아이템 및 국내 전문가 의견을 사전에 검토, 정리하여 국제 논의에 효과적으로 반영될 수 있도록 준비하고 있다. 이러한 국제협력 활동은 국내 기준과 정책의 정합성 확보는 물

론 국제표준화 과정에서의 기술 주도권 확보 측면에서도 매우 중요하다.

또한, ICNIRP 및 GLORE 등을 중심으로 발표되는 전자파 인체보호 관련 정책 및 제도, 기술기준, 건강 영향 관련 연구 동향을 지속적으로 분석하고 있으며 이를 토대로 국내 제도 개선 및 기술기준 개정의 근거 자료로 활용하고 있다. 이러한 분석 결과는 향후 전자파 인체보호 기준의 과학적 타당성과 국제적 정합성을 확보하는데 기여하며, 특히 6G 등 차세대 통신기술 적용 시 새로운 노출 평가 기준(APD 등)과의 연계성을 고려한 정책 방향 설정에도 활용될 예정이다.

다. 표준협력위원회

1) '25년도 운영계획

- IEC TC106 등 EMF 관련 국제표준화 대응 및 IEC TC106의 국제표준 회람 문서에 대하여 관련 위원회와 국내 의견 공유·논의 후 IEC 제출
- 2025년도 TC106 국제총회가 우리나라 부산에서 개최(10.27. ~ 10.31.)됨에 따라 원활한 회의 추진을 위한 세부 프로그램, 일정 검토 및 개최 준비 대응

2) 연구 내용

가) IEC TC106 등 EMF 관련 국제표준화 대응

표준협력위원회는 IEC TC106 등 전자파인체보호 관련 국제표준화 대응을 총괄하고 있으며 국제표준 회람문서에 대해 관련하여 각 위원회 위원들과 협력하여 국내 의견을 공유하고 IEC에 대응하고 있다. 각 분야별 IEC TC106 기고서에 대해 최종 검토하여 IEC에 제출할 계획이다.

<표 4-13> IEC TC106 산하 분과위원회 현황

구분	IEC 위원회	분야
1	WG8	전기, 자기 및 전자기장에 대한 전자파흡수율 측정방법
2	WG9	무선전력전송기기에 대한 전자파흡수율 측정방법
3	PT62209-3	고속 전자파흡수율 측정 방법
4	JWG 62209-5	SAR 측정방법 및 시스템에 대한 유효성 평가 방법 개발 작업반
5	PT62704-1	FDTD 방법에 대한 SAR 해석
6	PT62704-2	차량내장형 안테나의 방사량에 대한 FDTD 해석 방법
7	PT62704-3	휴대폰 SAR에 대한 FDTD 해석 방법
8	PT62704-4	FEM 방법에 대한 SAR 해석
9	JMT 14	IEC/IEEE 62209-1528(10GHz 이하 대역 SAR 측정방법) 유지 보수 (IEEE와 공동 작업)
10	JWG 11	5G mmWave에 대한 수치해석 작업반 (IEEE와 공동 작업)
11	JWG 12	5G mmWave에 대한 실측방법 작업반 (IEEE와 공동 작업)
12	MT 16	전자제품 감시, 무선 주파수 식별 및 유사 시스템에 사용되는 장치에서 생성되는 필드 측정
13	MT 62233	가전기기에 대한 인체전자파 노출에 대한 분석
14	MT 62226-3-1	2D모델링 수치해석
15	MT 62311	0 ~ 300 GHz 전자기장 범위에서의 인체 노출 제한값 분석
16	MT 2	접촉전류 관련 인체영향 측정방법
17	MT 3	기지국 관련 인체영향 측정방법(IEC 62232, IEC TR 62669)
18	JWG 63184	30 MHz 이하 WPT 관련 전자파 인체영향 측정방법 표준 개발 작업반
19	JWG 63480	30 MHz ~ 300 GHz 대역 WPT 관련 전자파 인체영향 측정방법 표준 개발 작업반

지난 2월, 개최된 IEC TC106 국제회의에서는 인체 전자파 노출 평가와 관련된 주요 표준화 이슈에 대해 집중적으로 논의되었다. 특히, JWG11, JWG12, JMT14 작업반과 공통된 내용으로 진행 중인 흡수전력밀도(APD : Absorbed Power Density) 평가에 대한 국제표준화 활동이 핵심 의제로 다루어졌다.

현재 TC106에서는 IEC/IEEE 63195-3 및 IEC/IEEE 63195-4 표준이 각각 시뮬레이션 기반 평가와 실측 기반 평가를 목적으로 별도로 개발 중이며, 두 문서 모두 2026년 12월 완료를 목표로 표준화가 진행되고 있다. 본 표준의 개발 과정에서는 목표 APD 기준값 설정을 위해 참여 연구기관 간 상호 검증 시험이 수행되고 있으며, 이에 기반한 인체 팬텀의 요구사항에 대한 정의도 병행하여 진행 중이다. 이와 관련하여, 인체 피부 및 조직의 고주파 투과 특성(특히 6 GHz 이상 주파수 대역)을 고려한 팬텀 모델의 두께 및 구조 설정에 대한 기술적 논의가 활발히 이루어지고 있다. 이에 대한 기술적 참고 자료로 IEC/IEEE TR 63572 기술보고서가 활용되고 있으며, 현재 검증 작업이 진행 중이다. 각국에서는 인체 팬텀 설계 및 평가기술에 대한 연구결과를 제안하고 있으며 그 주요 내용은 다음과 같다.

<표 4-14> 주요국의 인체 팬텀 설계 및 평가기술 연구결과

구분	주요내용
대한민국	음의 유전율을 가진 재료를 활용하 팬텀 셀의 영향을 최소화하고, APD 평가 시 측정 오차를 약 1/5 수준으로 감소시킬 수 있는 기술을 개발 중
일본	폴리페닐렌 에테르(PPE) 소재를 기반으로 한 저손실 고체형 팬텀의 측정 결과를 기고하였으며, 해당 소재는 70 GHz 대역까지 안정적인 유전특성을 유지하여 APD 평가에 적합한 것으로 보고
프랑스	인종별 피부 특성과 피부 두께 차이 등을 반영한 레퍼런스 스킨 모델을 제안 하고, 다양한 조건에서의 측정 방법론을 발표

또한, 2020년에 발행된 IEC 6209-1528 표준의 개정 논의도 병행되고 있다. 이번 개정에는 HAND SAR(손 사용 시 흡수율) 측정 항목, TAS 이격거리 기준 등이 포함될 예정이며 이에 대한 기술적 조율이 이뤄지고 있다.

나) 2025년도 TC106 국제총회 국내 개최 대응

2025년 10월 국내 부산에서 개최된 IEC TC106 국제총회는 행사 규모와 비용, 접근성 등을 고려하여 국내 개최 장소는 파크하얏트 부산 호텔로 결정하였으며, 전문 위원회를 통한 국내 연구결과 4종을 IEC TC106에 기고 하였다.

라. 무선국위원회

1) '25년도 운영계획

○ 5G 기지국의 전자파 측정방법 개선사항 검토

5G 기지국의 전자파 패턴 등 제원 및 신호특성 확인 결과 및 개선사항 등을 검토 하고, AI 기반 전자파 예측기술 개선을 위한 연구결과와 개선사항을 도출한다.

○ 무선국의 전자파 인체노출량 측정방법 IEC TC106 국제표준화 대응

IEC TC106 MT3의 국제표준 회람문서 검토 및 우리나라의 검토 의견(안) 마련

하고, IEC 62232 ED4(측정방법 표준) 등 국제표준 개정 대응을 위한 아이템 발굴과 우리나라의 기고 내용을 검토한다.

2) 연구 내용

○ 5G 기지국의 전자파 측정방법 개선사항 검토

5G 이동통신 기지국의 전자파 인체노출평가는 기존 LTE 기반 측정방식으로는 실제 노출량을 정확히 반영하기 어려운 것으로 나타났다. 원인은 5G 시스템의 빔포밍 (beamforming) 특성, 트래픽 기반 전력변동, FR2(24 - 40GHz) 고주파 특성 등으로 인해 기지국의 출력이 시간과 공간적으로 급격하게 변화하기 때문이다. 이에 따라 국제표준화기구 IEC TC106에서는 5G 및 향후 6G 시대를 대비하여 기지국 전자파 측정방법 전반의 개선 과제를 다각도로 논의하였으며, TC 106 국제회의 결과 일본이 제안한 Actual Maximum Approach는 기존의 기지국이 항상 최대출력을 낸다는 비현실적인 가정을 벗어나, 실제 운영환경에서 발생하는 최대 전송전력을 기반으로 노출을 평가하려는 시도로 주목받았다. 일본의 200여 개 FR2 기지국 장기 모니터링 결과, 실제 최대 출력은 이론적 최대치보다 평균 약 1.87 dB 낮은 상태에서 운용되고 있음이 확인되었다. 특히 5G 빔포밍 환경에서는 사용자가 거의 없거나 특정 빔에만 트래픽이 집중될 때도 이론적 최대치가 실제로는 거의 구현되지 않는다는 점이 밝혀졌다. 이 결과는 기지국 규제에 과도한 보수성이 존재한다는 것을 시사하며, 향후 보다 현실적인 전력 기반 평가가 필요함을 보여준다.

○ 무선국의 전자파 인체노출량 측정방법 IEC TC106 국제표준화 대응

국내에서는 5G·6G 등 차세대 무선국 환경에서 인체노출 평가기술의 국제적 정합성을 확보하기 위해 IEC TC106 국제표준화 논의에 적극적으로 참여하고 있다. 특히 무선국(기지국) 노출 평가기준이 빔포밍, 트래픽 기반 출력변동, 고주파수 특성 등으로 인해 큰 변화를 맞이하는 상황에서, 한국은 표준 개정 과정 초기에부터 기술자료와 기고문을 다수 제출하며 논의를 주도하고 있다.

국제회의에서 기지국 인체노출 평가가 기존의 최대출력 기반 방식으로는 현실을 충분히 반영할 수 없다는 점을 강조하였고, 실제 운용 조건에서의 출력변동을 고려하는 방향으로 표준이 개정되어야 한다는 의견을 제시하였다.

마. 휴대기기 위원회

1) '25년도 운영계획

○ 전자파흡수율 측정기준 고시 개정(안) 검토

기제정된 인체 근접 무선기기 전자파흡수율 측정방법(KS C 3350, 2024년 12월)의 적합성 평가 적용을 위해 관련 고시 개정(안)을 마련하고 이를 검토한다.

○ 신규 전자파 인체노출량 및 신기술 기반전력밀도 평가방법 등 검토

인체유사용액 기반 신규 전자파 인체노출량(APD) 측정시스템을 통한 측정결과 기반의 전자파 인체영향 평가방법 유효성을 검토한다.

○ 전자파흡수율 측정방법 국가표준 제정(KS C 3350, 2024년 12월)에 따른 기존 국가표준 3종 폐지 검토

KS C 3370-1(귀에 근접하여 사용하는 휴대용 무선설비의 전자파 흡수율 측정 절차), KS C 3370-2(인체에 근접하여 사용하는 휴대용 무선 설비의 전자파흡수율 측정 절차), KS X 3099(인체에 근접하여 사용하는 휴대용 무선 통신기기의 전자파 흡수율 측정 절차) 등 표준 3종에 대한 폐지 여부를 검토한다.

2) 연구 내용

○ 전자파흡수율 측정기준 고시 개정(안) 검토

인체에 근접하여 사용하는 무선통신기기의 SAR 측정절차(KS C 3350)가 국내 적합성 평가의 기준 적용되어, 국립전파연구원은 현행 「전자파흡수율 측정기준 고시」를 최신 표준 부합화 작업이 필요하였다. 고시에서는 머리용·몸통용 측정방법이 서로 분리된 형태로 규정되어 있었으나, 기기구조의 다양화와 국제 표준의 단일 절차 적용을 고려할 때, 측정체계의 효율성과 일관성을 높이기 위한 단일 평가절차 개정이 요구되었다.

휴대기기위원회 1차 회의에서는 「전자파흡수율 측정기준 고시」 제3조 제1항에 적용될 개정안을 중심으로 논의가 이루어졌으며, 기존에 분리되어 있던 두 가지 시험방법을 KS C 3350을 기준으로 한 단일 절차로 통합하는 방향이 제시되었다. 개정안은 향후 신기술 휴대기기, 근접센서 시스템, 고주파 기반 통신기기 등 다양한 기기의 측정 결과를 일관된 조건에서 비교·평가할 수 있게 되었다.

KS C 3350의 도입으로 기존 표준인 KS X 3099 및 KS C 3370-1/2가 사실상 활용되지 않게 되는 점을 고려하여, 개정 고시에 유예기간 부여 여부와 기존 표준의 폐지 시점을 함께 검토할 필요가 있다는 의견이 제기되었다. 국립전파연구원은 제조사 및 시험기관의 유예를 두는 방식을 검토하고, 최종 폐지 시점은 산업계 의견 수렴(LMO, 성능시험기관, 제조사 등)을 거쳐 확정하는 것으로 하였다.

고시 개정 논의는 단순 문구 변경을 넘어 실제 시험환경의 개선 요구와도 연계되었다. 예컨대, Drift 발생 시 재측정을 반복해야 하는 기존 측정 절차는 측정 기간이 과도하게 늘어나는 문제가 있었으며, 특히 저출력 기기와 전력 변동이 큰 기기에서 현실과 맞지 않는 재측정 요구가 지속적으로 제기되어 왔다. 이에 위원회는 Drift 5% 초과 시 보정식을 적용하는 방식을 고시에 연계할 필요성을 검토하였으며, 이는 KS C 3350 7.4.3의 규정과도 일치하는 방향이다.

2차 회의에서는 고시 개정과 직접적으로 연결되는 세부 기술 요소도 점검되었다. 특히 SAR 평가 시 최대 출력 수준에서의 평가라는 KS C 3350의 원칙을 유지하되, 듀티 사이클(Duty Cycle) 적용 기기의 경우 제조사 선언값을 반영하여 평가할 수 있도록 하여 평가 적용의 유연화와 고시 및 KSDB 반영 항목으로 검토되었다. 이는 SAR 시험방법이 실제 기기 동작조건과 부합하도록하여 과도한 평가를 방지하고 평가 현실성을 높이기 위한 목적이다.

전자파흡수율 측정기준 고시 개정(안) 검토는 단일 기준 적용, 국제표준과의 정합성 확보, 기존 표준의 단계적 정리, 시험기관 부담 완화, 신기술 기기 대응력 강화 등 복합적인 요소를 반영하여, 국내 전자파 인체보호 제도를 최신 기술환경에 적합한 형태로 재정비하기 위한 핵심 작업으로 추진되고 있다.

○ 신규 전자파 인체노출량 및 신기술 기반전력밀도 평가방법 등 검토

SAR 측정 과정에서 Drift가 5%를 초과하는 경우에 대한 현실적 개선 필요성이 위원회에서 제기되었다. 현행 KS C 3370-2 제5.3.1에서는 Drift가 5% 이내에 들 때까지 반복 재측정을 요구하고 있으나, 실제 시험 현장에서는 Drift가 안정적으로 수

럼하지 않는 사례가 자주 발생하여 전체 시험 기간이 길어지는 문제가 있었다. 일부 기기의 경우 최대 20회 이상 재측정이 필요해 시험기간이 2주 이상 소요되기도 하는 등, 적합성 평가에 큰 부담으로 작용하고 있다는 시험기관의 의견이 있었다.

전력 공급 변동이 발생하기 쉬운 기기나 저출력 기기 등 SAR 값이 낮게 나타나는 기기는 Drift가 쉽게 5%를 넘어가지만, 실제 인체보호기준을 초과할 가능성은 거의 없어 반복 측정의 실효성이 낮다는 지적이 있었다. 이러한 문제를 해소하기 위해 국립전파연구원은 DUT에 안정적인 전원이 공급되는 조건을 만족하는 경우, 최종 단계의 측정값 차이를 수학적으로 보정하여 SAR을 산출하는 방식의 도입을 검토하였다.

검토된 보정방안은 KS C 3350 7.4.3에서 규정하고 있는 보정식을 근거로 하며, 중간 단계와 최종 단계의 SAR 차이를 활용하여 Drift 5%를 초과하더라도 반복 재측정 없이 보정 SAR값을 도출할 수 있도록 하는 방식이다. 이 방식은 전원 변동에 민감한 저출력 기기나 SAR이 기준 대비 충분히 낮은 기기에 대해 시험 반복을 줄이고, 시험기관의 시간소모를 절감 할 수 있는 것으로 확인되었다.

- 전자파흡수율 측정방법 국가표준 제정(KS C 3350, 2024년 12월)에 따른 기존 국가표준 3종 폐지 검토

KS C 3350이 2024년 12월 새롭게 제정되면서 기존 SAR 측정 관련 국가표준에 대한 정비가 필요해짐에 따라, 이번 회의에서는 KS X 3099의 폐지 여부가 검토되었다. KS X 3099는 2011년에 제정된 몸통·사지 SAR 측정방법을 규정한 표준으로, 국립전파연구원 고시의 사전 대비 목적에서 마련된 것이나, 현재 적합성평가에서는 이미 KS C 3370-2가 이를 대체하고 있어 실질적 활용이 이루어지지 않고 있다.

위원회는 최신 표준인 KS C 3350이 머리·몸통·사지 측정절차를 모두 포괄하도록 마련됨에 따라 KS X 3099가 기능적으로 중복되고 활용 빈도 역시 매우 낮다는 점을 확인하였다. 이에 따라 해당 표준은 중복성·활용성 등을 종합적으로 고려하여 폐지하는 방향이 타당하다는 의견이 제시되었으며, 최종 폐지 시점은 향후 의견수렴 결과를 반영해 결정하기로 하였다.

<표 4-15> KS X 3099 및 KS C 3350 비교

구분	KS X 3099	KS C 3350
표준명	인체에 근접하여 사용하는 휴대용 무선통신기기의 전자파흡수율 측정절차 (30 MHz ~ 6 GHz의 주파수 범위)	인체에 근접하여 사용하는 무선통신기기의 전자파흡수율(SAR) 평가를 위한 측정절차
참고 표준	IEC 62209-2 Ed.1:2010	IEC/IEEE 62209-1528 Ed.1:2020
주요 내용	몸통 및 사지 SAR 측정방법 규정	머리, 몸통, 사지 SAR 측정방법 규정
차이점	1. IEC 62209-2:2010의 원문 해석 2. RRA고시[2012-13호]의 별표로 마련된 몸통·사지SAR 측정방법 사 전 대비3. 인체 착용형 이동 전화 기 이격거리 : 15mm	IEC/IEEE 62209-1528를 국내 환경에 맞게 일부 변경 - 측정환경 통합으로 측정 일관성 및 제도 관리 효율성 강화 - 측정 주파수 범위 확장으로 신기술 기기 측정 가능 - 무선랜 전도전력 개선방안 마련으로 국내 무선통신 환경 대응 - 근접센서, 몸통 측정 이격거리 5 mm 이내 측정으로 전자파 인체보호 강화 - 특정용도 모의인체 도입으로 다양한 형태 기기 측정 가능 등
현 활용도	없음 ※ KS C 3370-2로 대체	추후 활용 예정 ※ 고시 개정 후
마련 시기	2011.6.27.	2024.12.16

바. EMF 측정지침 위원회

1) '25년도 운영계획

○ 전자파 인체노출량 관련 측정방법 국가표준 및 고시에서 다루지 않는 세부 측정방법 검토·의견수렴

인체 근접 무선기기 전자파흡수율 측정에 대한 국가표준(KS C 3350) 도입 시 예상되는 적합성 평가 관련 의견수렴 및 검토를 수행한다. 또한, 출력제어 기능 무선기기 및 USB 형태의 데이터 라우터 기능 무선기기 등 신기술 적용제품에 대한 세부 측정지침을 검토한다.

○ 국내 전자파흡수율·전력밀도 측정방법의 개선사항 도출

미국 TCBC 워크숍 자료 검토를 통해 국내 측정방법 적용방안을 도출하고 타당성을 검토한다. 신기술 기반 제품에 대한 현재 측정방법 적용이 곤란하거나 불필요한 측정방법에 대한 문제점 및 효율적인 측정방법(안)을 검토한다.

2) 연구 내용

전자파 인체노출 평가와 관련하여, 현재 국가표준(KS C 3350 등)과 법령·고시에서 규정하지 않는 다양한 상황별 세부 측정방법에 대해 시험기관의 의견을 수렴하고 기술적 검토를 진행하기 위해 2025년도 EMF 측정지침위원회가 운영되었다. 특히 기존 시험표준의 미적용 영역인 제품 형태 변화로 인해 시험 해석이 불명확한 사례 등을 중심으로 세부 측정방법의 정합성·일관성 확보가 필요하다는 의견이 있었다.

기존 국가표준인 KS C 3370의 2025년 하반기 폐지를 앞두고, 해당 표준 부속서(I, J, K)에 포함되어 있던 무선마이크·RF모듈·USB형 무선랜기기 등 특수구조 장비의 SAR 측정방법이 제도적 공백으로 남지 않도록 KSDB를 기반으로 한 후속 관리체계 마련이 필요하다는 의견이 제기되었다. 이는 국가표준과 고시에서 포괄하지 못하는 실무형·제품군별 측정방법을 지속적으로 유지하기 위한 것으로, 향후 적합성평가에서 KSDB의 역할이 더욱 확대될 것으로 논의되었다.

시험현장에서 반복적으로 제기되던 외형변경 및 부속품 부착에 따른 SAR 시험 범위 결정, Duty cycle 적용 방식, 시간평균(TPA) 알고리즘 적용기기 평가, 부속품 장착 시 SAR 영향 검토 및 간소화 기준 등은 현행 국가표준에 직접적으로 규정되어 있지 않아, 각 시험기관이 개별 판단을 통해 시험을 수행함에 따라 결과 일관성 문제와 함께 시험기관의 질의 있었다. 국립전파연구원은 바코드 스캐너 일체형 PDA, 대용량 배터리 장착형 기기 등 구체적인 사례를 중심으로 외형변경/부속품 구분기준을 설정하고, 비전도성 부속품의 SAR 영향 여부 판단 기준, 간소화 조건 등을 검토하여 KSDB 반영 방안을 마련하기로 하였다.

아울러, 미국 FCC의 규제 변화로 몸통 5 mm 이격거리 강화, 단일 면제공식 도입, 동시노출 평가 공식화(SPLSR), WPT 및 동적제어 기기 시험절차 개선 등 국가표준과 고시에서 아직 직접 다루지 않는 영역이므로, 향후 국내 적용 시 세부 측정조건·대상 기준·간소화 절차를 KSDB 중심으로 검토할 필요성이 제기되었다. 특히 동시노출 SAR 평가, TPA 기반 측정, WPT 기기 특성에 따른 시험절차 등은 국내

규정 부재 상태이므로, 별도 세부지침 마련이 필요하다는 의견이 제기되었다.

KS C 3350 제정 과정에서 일부 편집 오류(LTE SAR 간소화 절차 위치, TPA 관련 조항 삭제 등) 역시 시험기관의 혼선을 초래할 것으로 판단되어, 국가표준 및 고시에 직접 포함되지 않은 국내 적용형 세부 측정지침을 KSDB 기술검토 형태로 보완하기로 하였다. 이를 통해 시험기관 간 해석 차이를 최소화하고, 표준과 시험현장의 연계성을 강화하고자 하였다.

2025년도 EMF 측정지침위원회는 국가표준 및 고시의 범위를 넘어서는 다양한 세부 측정상황과 신기술, 외형변경, 동시노출, TPA, Duty cycle 등 검토했던 의견수렴을 하는데 중점을 두었으며, 이를 KSDB 중심의 기술검토 과정을 통해 제도적으로 관리해 나갈 계획을 마련하였다. 이는 국가표준의 공백을 보완하고, 시험기관 간 적용의 일관성을 확보하며, 국제 규제 변화에 대응하는 국내 인체노출 평가체계의 실효성을 높일것으로 예상된다.

사. EMF 용어사전 편찬위원회

1) '25년도 운영계획

○ 기존 EMF 용어사전의 용어 및 신규용어에 대한 용어 정의·부록 작성 검토

2) 연구 내용

공학 용어와 의학 용어로 기술되어 있는 전자파 인체보호 및 인체영향 관련 정보 및 제도를 이해하기 위하여 공학과 의학 분야의 용어를 조사하고 검토한다. 신규 용어 조사와 기존 '09년도, '15년도 용어를 수합 및 검토한 바 있으며 기존 용어와 신규 용어의 최근 사용 빈도 및 활용도를 검토하여 중복성을 고려하고 표준용어, 용어정의 및 용어해설 파트로 구분하여 정리를 추진하고 있다.

아. WPT-EV 위원회

1) '25년도 운영계획

○ WPT 이용기기 전자파 인체노출량 평가방법(안) 검토

○ WPT-EV 관련 전자파 평가 연구 및 IEC 표준화 동향 분석

○ WPT-EV 관련 전자파 평가방법 IEC 국제표준화 대응

2) 연구 내용

2025년 8월 11일 개최된 제1차 WPT-EV 위원회에서는 전기자동차(EV)와 다양한 무선전력전송(WPT) 기기의 확산 속에서, 전자파 인체노출 평가방법의 표준화와 연구 동향을 종합적으로 점검하였다. 이번 회의는 국제표준화 기구 IEC TC106에서 추진 중인 WPT 평가기술 개발 현황을 공유하고, 국내에 필요한 평가기술 개선 방향을 모색하는 데 목적을 두고 진행되었다.

먼저 국제표준화 동향으로는 IEC TC106 산하의 세 개 워킹그룹(WG9, JWG 63184, JWG 63480)에서 추진 중인 WPT 관련 표준 개발 상황이 소개되었다. WG9에서는 10 MHz 이하 인덕티브 방식 WPT 기기의 측정방법을 다루는 TR 62905의 ED2 개정 논의가 이루어지고 있으나, IEC/IEEE 63184와 내용이 상당 부분 중복됨에 따라 전면 개정보다는 사례 연구 업데이트 중심의 개정이 진행되고 있다. JWG 63184는 올해 2월 IEC/IEEE 63184 ED1을 발행하였으나 문서의 미비한 부분을 보완하기 위해 ED2 버전을 회람 중이며, 방사형 WPT를 다루는 JWG 63480은 30 MHz ~ 300 GHz 범위를 대상으로 SAR, PD, APD 등 다양한 인체노출 평가절차를 포함하는 새로운 표준을 개발하고 있으나 아직 완성도는 낮은 상태라 추가 시간이 필요할 것으로 전망되었다.

이어 회의에서는 무선전력전송 기술이 스마트폰 무선충전기, 마우스 패드, 개인형 이동장치, AGV, 드론, 의료기기 등 다양한 영역으로 확산되는 상황 속에서, 기기의 크기와 구조, 동작 방식이 다양해 현재의 EMF 평가표준만으로는 충분한 대응이 어렵다는 점이 지적되었다. 이에 따라 WPT 적용 사례와 시뮬레이션 분석을 활용해 새로운 일반표준 마련의 필요성을 강조하였다. 특히 AGV를 대상으로 한 시뮬레이션에서는 기기 크기와 높이, 전류 변화가 인체 누적 자기장 분포에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었고, 인체 전신 기준 노출량의 약 80~90%가 전신의 절반 아래에서 발생한다는 결과도 도출되었다. 이는 향후 전신·국부 노출 평가 기준을 구분하는 데 실질적인 근거로 활용될 수 있는 연구결과로 평가되었다.

전기자동차용 WPT 평가방법 개선 연구에서는 여러 국제표준, ICNIRP 가이드라인, IEC 61980, SAE J2954, IEC/IEEE 63184 등이 최근 개정되면서 기준과 절차 간의

차이가 존재함이 확인되었다. 예를 들어 IEC 61980은 최대 자기장이 기준을 초과할 경우 공간 평균값을 활용하도록 하고, IEC/IEEE 63184는 최대값 또는 공간 평균 중 하나만 기준을 충족하면 적합으로 인정하는 방식을 택하고 있어, 평가 절차가 표준마다 일관되지 않다는 문제가 나타난다. 국내표준(KS C 3380)의 경우 차량 외곽 20cm 지점에서 높이 50cm에서의 3포인트 평균 측정을 요구하지만, 국제표준은 ‘3포인트를 어느 위치에서 잡아야 하는지’ 명확히 규정하지 않아 판단에 혼란이 생길 여지가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 연구팀은 시뮬레이션 기반으로 3포인트 평균 측정 위치를 과학적으로 산정하는 절차를 제안하였다. 먼저 차량 둘레에서 가장 강한 자기장이 나타나는 위치를 찾고, 이후 10cm부터 150cm까지 높이를 10cm 간격으로 분석하여 가장 유사한 결과를 주는 최적 높이를 선정하는 방식이다. 또한 각 면에서 측정된 최고 자기장값과 해당 지점의 3포인트 평균값을 비교해 더 높은 값을 대표값으로 정하고 기준 초과 여부를 판정하는 방식도 제시하였다. 이러한 검토 과정에서 3포인트 평균값이 실제 인체 내부 자기장 평균값과 비교했을 때 약 3.95%의 낮은 오차율을 보였다는 점도 확인되었으며, 이에 따라 3포인트 측정값을 인체노출량의 지표로 사용하는 것이 충분히 신뢰할 수 있음이 입증되었다.

그리고 주행 중 무선충전에 대한 평가 연구가 소개되었다. 기존 KS C 3380 표준은 정지 상태에서의 EV-WPT만을 다루고 있어 기술 발전을 고려하면 주행 중 충전환경에 대한 평가체계 마련이 필요하다. 차량이 정지, 20km/h, 40km/h, 60km/h로 주행하는 상황에서, 차량 내부(입석 및 좌석)와 외부(정류장)의 전자파 강도를 측정한 결과를 검토하였다. 그 결과 차량 내부의 전자파 강도는 속도 변화와 크게 연관되지 않았으며, 수신 패드에 가까운 좌석에서 가장 높은 수준이 나타났다. 또한 차량 외부의 전자파 강도는 주행 여부보다는 충전 슬롯 주변 환경에 따라 더 큰 영향을 받는 것으로 확인되었다. 이번 연구는 단일 시스템을 대상으로 한 초기 분석이지만, 향후 다양한 시스템과 시나리오를 반영한 추가 연구가 필요하다는 점이 강조되었다. 전체적으로 이번 회의는 WPT 기술이 생활 전반으로 빠르게 확산되는 가운데, 인체 안전 확보를 위한 평가표준의 정비가 중요하다는 공감대를 형성하였고, 국제표준화와 국내 연구가 긴밀히 연계되어야 한다는 점을 재확인하는 자리였다. 특히 EV WPT의 3포인트 평균 측정 개선, 다양한 WPT 기기군을 포괄하는 일반표준 개발, 주행 중 충전환경에 대한 신규 평가체계 마련 등은 향후 국내 표준과 정책 수립에 중요한 기반이 될 것으로 논의되었다.

자. 생활속 전자파 위원회

1) '25년도 운영계획

○ 생활제품 전자파에 대한 측정대상 선정 및 측정결과 검토

○ 전자파 차단제품 성능검증 대상 선정 및 측정결과 검토

2) 주요 내용

국립전파연구원은 일상 생활제품에서 발생하는 전자파에 대한 국민적 궁금증과 우려 해소를 목적으로 주요 측정대상을 선정하고 이에 대한 측정결과를 검토하고 있다. 또한, 소비자를 기만할 우려가 있는 거짓·과장 광고 전자파 차단제품에 대해서는 성능검증 대상 제품을 별도로 선정하여 그 측정결과를 함께 검토하였다.

○ 생활제품 전자파에 대한 측정대상 선정 및 측정결과 검토

2025년도 생활속 전자파위원회는 1년 동안 총 네 차례 회의를 통해 국민 생활환경에서의 전자파 노출 수준을 점검하고, 신기술 제품과 해외직구 제품에 대한 안전성 검증, 그리고 전자파 차단제품의 표준화 기반 마련이라는 세 가지 큰 축을 중심으로 활동을 이어갔다. 먼저 4월에 열린 제1차 회의에서는 올해 상반기에 측정할 생활환경 전자파 대상 제품을 정하는 데 초점을 두었다. 중계기, 인덕션, 온수매트 등 기존 생활제품 외에도 VR·AR 기기, AI 스피커, AI TV 등 신기술 기반의 제품과 스마트홈 보안카메라, 탄산가스 발생기, 농업용 LoRa 통신기 등 최근 사용량이 증가하는 품목이 포함되었다. 총 39종 95개 제품이 상반기 측정대상으로 확정되었으며, 특히 사회적 관심이 높은 블루투스 이어폰의 경우 정확한 정보를 알릴 수 있도록 별도의 영상 콘텐츠 제작 필요성이 제기될 만큼 주목도가 높았다.

또한 이 회의에서는 신기술 제품뿐 아니라 전자파 차단제품의 측정 신뢰성 확보를 위한 표준화 필요성이 강조되었다.

과장·허위 광고 문제가 반복적으로 제기되면서, 차단성능을 검증할 명확한 측정방법의 국가 표준 마련이 중요한 과제로 설정되었다. 이어 6월 열린 제2차 회의에서는 상반기에 실제로 측정한 생활제품의 전자파 결과를 어떻게 공개할지에 대한 자문이 이루어졌다. 태양광 설비나 온수매트처럼 부위별로 전자파 방출이 달라지는 제품의

경우 측정지점을 구체적으로 표기해야 한다는 의견이 나왔고, 인덕션처럼 여러 주파수를 사용하는 제품은 주파수별 측정값을 구분하여 표시하는 것이 필요하다는 방향이 제시되었다. 아울러 전자파 차단제품 측정방법 표준화 작업의 진행 상황도 공유되었는데, 60 Hz 소스 기준으로 60~100cm 구간에서 자기장 균일장이 형성됨을 확인하여 표준안의 기초 데이터가 보강되었다. 위원들은 표준안이 IEC TC106 국제 회의에서 논의가 시작된 만큼 국가표준으로의 발전 가능성도 높게 보았다.

<표 4-16> ‘25년도 상반기 생활환경 및 차단제품 전자파 측정 선정 목록(총 39종 95개)

구분		측정제품(개)
생활제품 · 생활시설 (25종/개)	국민신청 제품(7종)	중계기(2), 전기인덕션(2), 태양광설비(2), 온수매트(2), 카본매트(2), 냉장고(2), 피부미용기기(3)
	측정 이력이 없는 제품(6종)	전자필기패드(2), 전자칠판(2), 전자담배(3), 차량용블랙박스(3), 스마트도어락(3), 보안카메라(2)
	측정이력이 오래된 제품(4종)	전동칫솔(3), 전기면도기(3), 세탁기(3), 건조기(3)
	이슈가 되고 있는 제품(1종)	블루투스이어폰(3)
	신기술·신제품(7종)	VR헤드셋(3), AR안경(1), AI스피커(3), AI스마트TV(3), AI스마트거울(2), 탄산가스발생기(1), 농업용Lora통신기(1)
생활환경 시설(3종)		스마트도서관무인반납기(3), 키오스크(3), 자동음식물처리기(3)
하계 계절제품(5종)		탁상형 선풍기(3), 미스트형 선풍기(3), 휴대용 선풍기(3), 제빙기(3), 차량용 음료냉각홀더(3)
전자파 차단제품(6종)		전자파차폐원단(섬유)(2), 스마트폰용 전자파차단 필름(2), 전자파차단 모자(2), RFID차단파우치(2), 전자파차단 담요(2), 모니터용전자파차단필름(2)

9월에 개최된 제3차 회의에서는 하반기에 새롭게 측정할 제품 선정과 해외직구 제품의 전자파 방출량 결과를 중심으로 논의가 이루어졌다. 알리·테무·아마존 등 해외직구 제품 29개를 측정한 결과, 모든 제품이 0~18% 수준으로 기준치 이내로 확인되었다. 마사지건, 목걸이형 선풍기처럼 신체에 밀착하여 사용하는 제품들도 기준안쪽에 있었다. 하반기 측정대상 제품으로는 전기히터, 전기매트, 라디에이터 등 겨울철 사용빈도가 높은 동계 계절제품 5종, 8개 제품이 선정되었다. 이는 국민신청 제품, 사회적 이슈 제품, 계절별 사용량 등을 종합적으로 고려한 결과였다. 마지막으로 12월에 열린 제4차 회의에서는 하반기에 측정한 동계제품과 해외직구 제품의

전자파 인체노출량 결과가 최종 공유되었다.

계절제품 8개 제품은 모두 0.18~0.62% 수준, 해외직구 제품 30개는 0.17~3.99% 수준으로 모든 제품이 기준치를 충족했다. 측정 결과를 해석하는 과정에서는 실제 보고서에 포함되던 ‘환경값(챔버 배경값)’ 표시는 읽는 사람에게 혼란을 줄 수 있다는 의견이 제기되어, 향후 자료에서는 해당 항목을 삭제하기로 했다. 또한 무선충전기, 전동드릴, 주방용 블렌더 등 주파수가 일정하지 않은 제품은 측정 주파수를 명확하게 표기해야 한다는 의견이 나왔다. 과거 발표 제품과 최신 출시 제품 사이에 측정값 차이가 발생하는 사례의 가능성을 이야기하였으며 추후 이에 대한 조사와 결과에 따른 원인 분석 및 설명자료의 마련도 향후 과제로 정리되었다. 이렇게 네 차례에 걸친 회의를 통해 생활속 전자파위원회는 제품선정, 측정, 결과 논의, 개선의견도출이라는 연간 추진절차를 체계적으로 정립하였으며 생활속 전자파 노출에 대한 국민 우려를 줄이고 시장에서 유통되는 다양한 신기술 제품 및 해외직구 제품의 전자파 인체노출량 안전성을 확보하는 데 중요한 기반을 마련하였다.

<표 4-17> ‘25년도 하반기 측정 대상 목록(총 35개)

구분	측정제품(개)
하반기 계절(동계) 제품(5종)	선풍기형 히터(2)
	전기히터(2)
	러그형 전기매트(1)
	라디에이터(1)
	발난로(2)
해외 직구제품 30개	전기담요, 전기손난로, 남성용 아웃도어 보온조끼, 무선충전기, 휴대용 전기 가습기, 블루투스 이어폰, 미니벨트 센터, 스마트시계, 휴대용 코 클리너, 휴대용 용접용품, RC자동차, 보조배터리, 전기면도기, 전동칫솔, 주방용블렌더, 전기 주전자, 무선 청소기, 고데기, 전동드릴, 뷰티디바이스, 전기소금 및 후추 그라인더, 미니에어프라이어, 휴대용 전기 히터, 헤어드라이어, 휴대용공기청정기, 주얼리 클리너, 충전식 전등, 블루투스 헤드셋, 녹화용 마이크, 충전식 무선청소기

○ 전자파 차단제품 성능검증 대상 선정 및 측정결과 검토

최근 시중에 유통되는 전자파 차단제품이 빠르게 증가함에 따라, 과장·허위 광고로 인한 소비자 피해가 지속적으로 제기되고 있다. 특히 차단율을 임의 수치로

표기하거나, 검증되지 않은 방식을 근거로 홍보하는 사례가 많아 객관적이고 표준화된 성능 평가체계 마련이 필수적이다. 또한, 차단제품의 성능이 실제 전자파 환경에서 검증되지 않을 경우, 국민에게 잘못된 안전정보가 제공될 가능성이 있어 국가 차원의 신뢰성 있는 측정기준 확립이 필요하다. 이러한 배경에서 전자파 차단제품의 성능을 정량적으로 평가하기 위한 측정방법 개발과 검증이 필요하게 되었다.

전자파 차단제품의 성능을 정량적으로 평가하기 위한 전자파 강도 측정방법은 지난해 1차 표준(안) 마련 이후, 이를 기반으로 한 추가 실험과 검증이 올해 진행되었다. 올해 수행된 검증 측정은 60 Hz 저주파 대역에서 사용하는 기준 안테나의 성능 검증을 주요 목표로 하였으며, 국제 규격인 IEC 61000-4-3(방사 고주파 전자기장 내성 시험)을 참조하여 저주파 방사 루프 안테나(FESP-5132)에 대한 검증을 실시하였다. 해당 결과에 대해서는 전문가 자문이 추가로 필요한 상황이다.

검증 측정은 총 5회에 걸쳐 이루어졌으며, 자기장 방사 루프 안테나의 주파수 성분 분석, 자기장 측정 프로브(ELT-400)의 축별 특성 평가, 차단제품 위치 변화에 따른 측정값 비교, 안테나 윈도우 크기별 측정 영향, 출력 변화에 따른 안테나 선형성 검증 등 다양한 조건에 대한 실험이 포함되었다.

본 측정방법 표준(안)은 현재 IEC TC106 전문가 위원회에 상정되어 있으며, 국제 표준화 연계를 위한 국내 검증위원회 구성도 병행되고 있다.

특히, 신뢰도 높은 균일장(Uniform Field) 조건 확보의 필요성이 제기됨에 따라 관련 추가 측정을 수행한 결과, 60 Hz 주파수를 사용하는 안테나 환경에서 약 60 cm ~ 100 cm 구간에 자기장 균일장이 형성됨을 확인하였다.

<표 4-18> 전자파 차단제품의 차단성능 측정 방법 표준(안)

