

EMI, EMC, EMP 차폐가 가능한 시설물 건설기술 개발 기획 최종보고서

2017. 5.

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 한국건설기술연구원
공동연구기관 / 온유 특허법률사무소

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원



제 출 문

국토교통부 장관 귀하

이 보고서를 “EMI, EMC, EMP 차폐가 가능한 시설물 건설기술 개발 기획 최종보고서” 과제의 보고서로 제출합니다.

2017년 5월 29일

주관연구기관 한국건설기술연구원
원 장 이 태 식

-
• 주관연구책임자	/ 김성욱 선임연구위원	한국건설기술연구원
• 주관연구기관	/ 이세현 선임연구위원	
	/ 송태협 연구위원	
	/ 곽임중 수석연구원	
	/ 박정준 수석연구원	
	/ 문재흠 수석연구원	
	/ 박지선 수석연구원	
	/ 박기준 연구원	
	/ 김성준 연구원	
• 공동연구책임자	/ 안병규 대표변리사	온유특허법률사무소
• 공동연구기관	/ 정샛별 선임연구원	
	/ 김정민 선임연구원	
-





보 고 서 요 약 서

과제고유번호	16RDPP- C123746-01	해 당 단 계 연 구 기 간	2016.12.30~ 2017.05.29	단 계 구 분	1 / 1
연 구 사 업 명	국토교통연구기획사업				
연 구 과 제 명	EMI , EMC, EMP 차폐가 가능한 시설물 건설기술 개발 기획				
연 구 책 임 자	김 성 욱	해당단계 참 여 연구원 수	총: 12 명 내부: 12 명 외부: 0 명	해당단계 연 구 비	정부: 70,000천원 민간: 0천원 계: 70,000천원
		총 연구기간 참 여 연구원 수	총: 12 명 내부: 12 명 외부: 0 명	총 연구비	정부: 70,000천원 민간: 0천원 계: 70,000천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	한국건설기술연구원 구조융합연구소				
공동연구	연구기관명: 온유 특허법률사무소			상대국 연구기관명:	
				연구책임자:	
요 약				보고서 면수	420쪽

이 기획연구는 국내 Hot-Issue인 전자파 차폐 및 EMP 방호 기술을 개발하기 위한 기획을 수행하였음. 연구개발 목적을 달성하는 수단으로써 콘크리트계 소재, 재료 및 구조체를 개발하고 이들 성과물을 대상으로 전자파 차폐 성능을 평가할 수 있는 구체적인 시험 및 실험 기술을 개발하여 전자파 차폐 또는 EMP 방호가 되면서 동시에 물리적 방탄·방폭이 가능한 구조물 설계 및 시공기술을 완성할 수 있는 내용을 기획 범위로 설정하였음. 기획의 과정과 절차는 다음과 같이 수행하였음.

1) 기술개발 동향조사 분석 → 중점추진분야 도출, 2) 기술수요 및 수준·예측조사 → 비전, 목표 및 연구개발 후보과제 구성, 3) 후보과제 우선순위 평가 → 후보과제 우선순위 도출, 4) 연구개발과제 구성 → 연구내용 및 성과지표 설정, 5) 연구개발 인력 및 예산 산정, 6) 사전타당성 분석을 수행하였음.

그 결과, 기술로드맵과 과제제안 요구서를 작성하고 과제공모 방안을 제안하였으며, 과제제안 요구서에는 ① EMP 차폐 콘크리트계 소재, 재료 및 구조체 개발, ② EMP 차폐 건축자재 및 부속자재 개발, ③ EMP 차폐 환경 설계 및 성능평가 기술 개발, 이상의 3개 세부과제를 구성하였음.

사전타당성 분석 결과 기술개발 계획 우수성 및 성공 가능성, 국가 전략적 중요성 및 상위계획과의 부합성, 그리고 비용 편익 및 파급효과 등, 기술적, 정책적, 경제적 타당성이 높은 것을 확인하였음.

색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	전자파, 고출력 전자기파, EMC, EMP 방호, 방호구조물
	영 어	Electro Wave, EMP, EMC, Shielding of EMP, Protective Structure





요 약 문

제 목

: EMI, EMC, EMP 차폐가 가능한 시설물 건설기술 개발 기획

I. 기술의 정의 및 필요성

1. 기술의 정의

『전자파 차폐가 가능한 시설물 건설기술 개발』은 적의 전술핵 및 E-Bomb의 공격과 국제 불온세력에 의한 EMP Generator 테러 등으로부터 국가 전략자산을 보호하고 모바일 전자파 발생기기의 생산 및 사용 확대에 따른 EMI, EMC 전자파 제어 시설물을 구축하여 쾌적하고 안전한 생활환경을 조성하는 기술임.

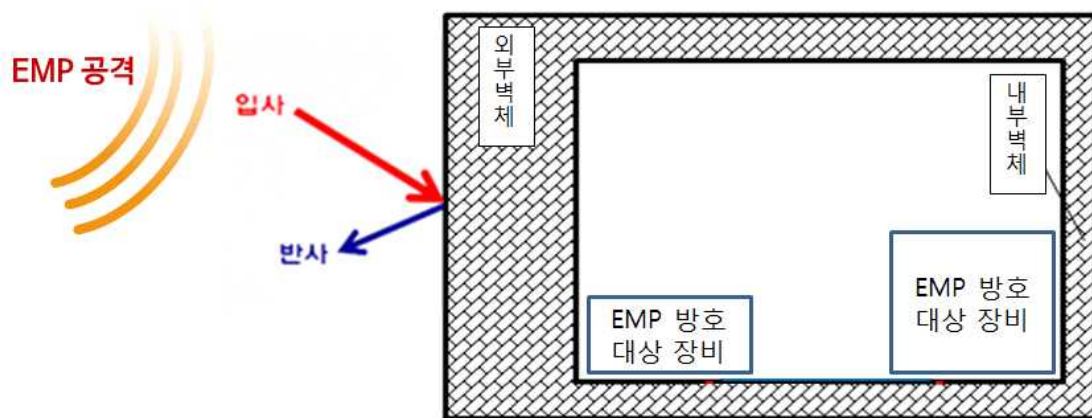
기술적 접근은 첨단 나노탄소소재를 전자파 차폐용 재료로 개발하고 섬유보강 재료와 함께 시멘트·콘크리트 구조체와 혼합하는 기술을 개발하여 콘크리트 구조체로서 전자파를 차폐하는 기술을 개발하고, 구조체의 개구부(PoE) 차폐기술을 개발하여 시설물 또는 구조물 단위의 전자파 차폐기술을 개발함. 또한 차폐 성능을 정량적으로 평가할 수 있는 시험 및 평가기술을 개발하여 유효성을 입증하는 기술을 개발함.

전자파 차폐 기술은 국가 주요시설에 해당하는 공공 건축물, SOC 기반시설의 통제실, 방송 및 이동전화 기지 등, 민수 전자파 차폐 요구시설과 군사 전략 작전에 필요한 특급, 1급 및 2급 방호시설 등에 적용함으로써 EMP 공격으로부터 예상되는 막대한 피해를 방지함. 또한 의료시설, 극장, 항공우주 및 스마트 빌딩 등에서 전자파 보안과 외부 불필요한 전자파 노이즈를 차폐하는 수단으로 적용함.

- 외부로부터 고출력 전자기파(EMP)를 비롯한 전자파의 침투로 인해 정보통신 기기 및 장치의 손과 오작동을 방지
 - 특히 본 기획에서는 콘크리트 구조체를 활용하여 전자파를 차폐하는 기술에 중점을 둠



- 즉, 방사성 전자파의 경우 철근콘크리트 또는 시멘트 복합재료로 기본적인 구조적 성능과 함께 전기전도성을 확보하여 차폐 성능을 발휘 기술
- 전도성 전자파의 경우는 기존 필터를 개량하여 콘크리트 구조물의 특성에 적합하게 개발하여 차폐 성능을 발휘



철근콘크리트 EMP 방호구조물 개념도

2. 연구개발의 필요성

○ EMP 공격 위협의 심각성

- 최근 북한에서는 기존의 열, 폭발, 방사능 피해를 목적으로 하는 핵무기 개발 뿐만 아니라, 고고도 전자기 펄스(High-altitude Electromagnetic Pulse) 무기를 이용하여 우리의 전자기기를 무력화하려는 위협 가속화함
- 한 국가의 인프라망은 전력망, 통신망, 금융망, 도로망 등이 있으며 EMP 공격은 인프라망에 고장을 발생하게 하여 국가 기반시설과 사회적 혼란을 매우 크게 발생시킴
- 국가 안보와 관련해서는 유사 시 군사지휘통제(C4I)시설은 대부분 정보통신 장치와 시설로 운영됨. 이 군사지휘통제 시설과 체계가 EMP 공격으로 무력화 될 경우 국가 안보는 커다란 위기에 직면함
- 2012년 10월 국방부가 국회 국방위에 제출한 ‘전자파 차폐 대상부대 및 전자파 방호능력 구비현황’ 자료에 따르면 EMP탄 방호능력이 필요한 시설 221곳 중 합동참모본부 신청사와 계룡대 등 3곳만 방호능력을 확보. 우리 군의 전자파 차폐능력 구비율은 1.4%에 불과, 군 지휘소 99%가 EMP탄에 사실상 무방비인 것으로 나타남(출처 : 월간조선 2017.5월호)



- 국정감사 자료에 따르면 2010년과 2011년, 2012년, 2016년 등 4차례에 이뤄진 북한의 전파교란 기간에 GPS가 교란되었으며 항공기 2,143대, 교란신호 발신지역도 2016년에 개성, 해주, 연안, 평강 및 금강산 등 다양함



EMP 공격의 주요 대상 사회기간시설

○ EMP 피해 상황 예측

- 군 지휘통제체계(C4I)가 컴퓨터 시스템에 기반을 두고 있는 점으로 볼 때, EMP 방호 조치가 되어 있지 않을 경우 EMP 공격을 받게 되면 금속산화반도체로 구성된 기기 등 전자 인프라스트럭처 전반이 무력화될 수 있음
- 미국의 경우, EMP 공격을 받을 시에는 미국전역 전력공급체계의 70%가 붕괴 될 것으로 보고 있고, 이의 복구 시간도 몇 주일 이상이 소요 될 것으로 예상함 (Dr. John S. Foster, Jr, 2004.6)
- 만약 국내에 운영 중인 28기의 원자력 발전소가 예상치 못한 EMP 공격을 받아 전기 공급 중단으로 발전소 내 주제어실의 컴퓨터, 각종 스위치, 장치 등 전력생산 조절 및 관리를 하는 안전시스템 마비로 발전소 블랙아웃 현상이 발생할 우려가 있음
- 육상 · 해상 · 공중 수송체계의 마비는 사회 전반의 혈관을 응고시키는 결과를 초래할 것이며 인명피해를 동반할 수 있음. 육상교통신호체계의 기능 마비는 기동중인 차량의 교통사고와 정체를 일으킬 수 있음



- 금융위원회는 금융감독원, 한국거래소, 증권, 은행 등 40여 곳을 점검하였으나 EMP 공격에 대한 피해 파악이 어렵고 방어 대책에 대한 필요성을 인지하지만 방법적으로 뚜렷한 대책을 마련하지 못하고 있는 것으로 파악됨 (2016.6, 미래부 조사, 연합뉴스 2016.6.7.)
- 2007년 9월 볼티모어 세이지 정책 그룹과 IAN 연구소는 볼티모어, 워싱턴, 리치먼드가 EMP 공격을 받은 것으로 가정해 피해를 추계한 결과, 전력 및 통신망은 최대 50%가 파괴되고 경제는 25% 위축, 피해 금액은 7700억 달러로 2007년 미국 연간 국내총생산(GDP)의 7%에 해당할 것으로 파악 (2008.7, 미국하원 군사위원회 “EMP 소위원회” 의회보고서, CRS Report)

○ 정보통신의 무선화에 따라 전자파 유해 환경 노출

- 전자파의 유해성에 대한 관심과 이에 대한 논란이 우리나라에서 뿐만 아니라 전 세계적으로 고조
- 두통, 암, 백혈병 등 질병의 원인이 될 수 있다는 주장이 끊이지 않으며 그 규제는 지속적으로 강화되는 추세
- 전자파 인체유해성 논란과 함께 노이즈 발생, 간섭/장애, 기기 오작동 및 정보보안 문제 등을 일으켜 피해가 발생하며, 이러한 전자파 차폐환경을 고려한 시설물의 구축이 필요

II. 국내외 동향 및 환경 분석

1. 정책 동향 분석

○ 정보통신기반 보호법

- "전자적 침해행위"라 함은 정보통신기반시설을 대상으로 해킹, 컴퓨터바이러스, 논리·메일폭탄, 서비스거부 또는 고출력 전자기파 등에 의하여 정보통신기반시설을 공격하는 행위로 규정
- 주요정보통신기반시설을 아래와 같이 규정하고 취약점 분석·평가의 결과에 따라 소관 주요정보통신기반시설 및 관리 정보를 안전하게 보호하기 위한 예방, 백업, 복구 등 물리적·기술적 대책을 포함한 관리대책 수립·시행하여야 한다고 규정

1. 도로·철도·지하철·공항·항만 등 주요 교통시설

2. 전력, 가스, 석유 등 에너지·수자원 시설



3. 방송중계 · 국가지도통신망 시설

4. 원자력 · 국방과학 · 첨단방위산업관련 정부출연연구기관의 연구시설

- 정부는 정보통신기반시설을 보호하기 위하여 필요한 기술의 개발 및 전문인력 양성에 관한 시책을 강구하도록 규정

○ 정보통신망 이용촉진 및 정보보호 등에 관한 법률

- 해킹, 컴퓨터바이러스, 논리폭탄, 메일폭탄, 서비스 거부 또는 **고출력 전자파** 등의 방법으로 정보통신망 또는 이와 관련된 정보시스템을 공격하는 행위를 하여 발생한 사태를 “침해사고”로 규정
- 고출력 전자파의 위험성이나 관련 대책의 필요성은 위에서 언급한 바와 같이 법률로 제시되고 있었으나, 관련 방호시설 구축 시 방호성능을 확인하기 위한 기준 및 절차가 규정되어 있지 않음
- 이에 따라 “전파법”의 개정에 따라 제56조에 “고출력 · 누설 전자파 안전성 평가”는 고출력 전자파에 대한 방호 또는 누설 전자파로 인한 정보누출 위험을 차단하기 위한 시설을 설치를 규정

○ 전파진흥기본계획(‘14~’18, 미래창조과학부)

- 통신, 금융, 교통 등을 교란 파괴하는 전자파 침해(GPS/EMP 공격)는 국가보안 및 국민안전에 저해하는 심각한 위협으로 부상
- EMP(Electro-Magnetic Pulse) : 전자장비를 파괴·오동작 시킬 정도의 강력한 전자기파로서 이와 관련하여 ‘10년 이후 3차례 GPS 전파교란 발생(’10.8월 4일간, ’11.3월 11일간, ’12.4~5월 16일간)
- 이에 따라 GPS 전파교란에 대응하여 감시시스템 운영 및 기술 개발 등을 추진 중이며, EMP 공격 위협에 대비한 제도 도입 중
- 특히 국방부는 군 시설에, 안행부는 정부통합백업전산센터에 EMP 방호시설 계획 중이나, 민간부분 EMP 대비책은 부재함을 파악함

○ 건축물 테러예방 설계가이드라인(국토교통부, ’10.7)

- 건축물 설계 단계부터 테러로 인한 피해의 예방 및 최소화 고려
- 최근 국제 테러의 방식이 개인화기, 폭발물에 의한 물리적인 공격 위주에서 EMP Generator 등의 개발로 인해서 Soft terror 형태인 전자파 공격이 발생되고 있음
- 주요정보통신기반시설인 도로 · 철도 · 지하철 · 공항 · 항만 등 주요 교통시설에 대한 전자파 공격에 대비하는 기술개발이 필요함



2. 시장 동향 분석

○ 전자파 차폐 흡수용 건축 자재 시장

- 국내의 전자파 차폐 및 흡수용 단열재에 대한 연구 및 제조/생산은 매우 미비한 것으로 파악되어지며 일부 특수한 용도(시험 시설, 통신 시설 등)로의 제품개발에 국한 되어있는 것으로 파악됨
- EMP 방호설비와 통합경계감시시스템은 2015년 미국으로부터의 전시작전권 환수 이후 국내 국방시설의 강화 추세에 맞춰 향후 수요가 늘어날 것으로 기대함 (출처: 건설경제신문, 2012년)
- 본 기획연구의 저비용 광촉매 생산 기술 개발과 재료 상용화가 이루어질 경우 국내시장뿐 아니라 해외시장 진출과 활성화 예측됨

○ 전자파 차폐 흡수 재료 및 기기 전체 시장

- 국내 전자파 차폐 시장은 연평균 10% 이상 성장 기대되고 있음. IT가전시장, 노트북, PC 및 모바일 기기의 급속한 시장 성장 지속에 따른 전자파차폐 소재 시장은 2011년 331억 원에서 2019년 650억 원으로 성장할 것으로 예상됨 (출처: 한국산업기술진흥원, 2011)
- 국내의 전자파 차폐 도료는 대부분 국산화되어 금액 기준 90% 이상의 자급도를 보이고 있으나, 전자파 차폐 도료는 수입 의존도가 높은 편이며, 국내 시장 규모는 전체 600억 원 규모로서 국내 생산이 180억 원, 수입품이 420억 원임
- 건축물 전자파 제어에 관한 국내 시장은 방송시설, 의료시설, 전산실 등 일부분에 적용되고 있는 상황으로 본격적인 시장 형성이 되어 있지 않은 것으로 판단됨

3. 기술 동향 분석

○ 전자파 차폐 적용 가능 원천 신소재 기술

- 국내의 경우 그래핀 및 탄소나노튜브와 같은 나노탄소소재 기반 EMP 방호와 물리적 방호를 동시에 달성할 수 있는 구조재료에 대한 연구가 전무한 실정임
- 전자파 차폐필름, 차폐시트 등이 주요 차폐재로 쓰이고 있으며 최근에는 실리콘의 첨가량이 탄소나노튜브 보강 시멘트 복합체의 차폐성능에 미치는 영향이 연구되었고 탄소계 및 금속계 재료를 혼입한 시멘트 복합물에 관련된



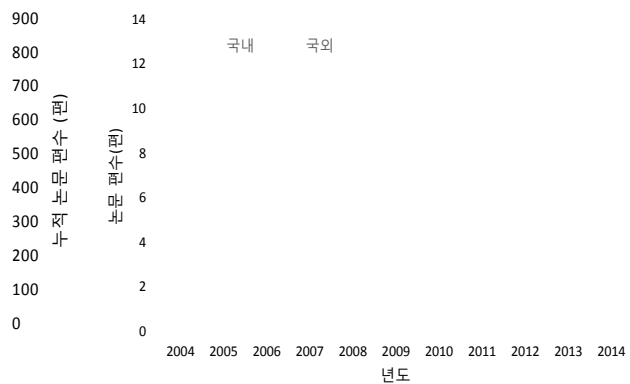
연구도 진행되고 있음 (출처: Nam, I.W. et al Construction and Building Materials 30 (2012): 480-487)

○ 전자파 차폐 건설재료 및 자재 개발

- 철근콘크리트 구조물은 콘크리트가 전자파를 반사하고, 격자를 이루는 철근이 전자파를 차폐하며, 이 두 가지 요소가 복합적으로 작용할 때 EMP를 차폐할 수 있음
- 80~120 dB의 차폐효과가 있는 금속 차폐벽에 비해 철근콘크리트의 차폐 효과는 매우 작지만, 철근콘크리트 구조물을 단독으로 설계하지 않고 금속 차폐판과 같이 사용하는 등의 응용이 가능함
- 전자파 차폐와 관련한 논문검색에서는 전자파 차폐 콘크리트 국외-142건, 국내-5건, 전자파 차폐 시멘트 국외-126건 국내-1건, 전자파 차폐 섬유 국외-741건 국내-17건으로 주로 국외에서 연구가 다수 진행 중인 것으로 나타났으며, 특히 국내 시멘트 콘크리트 분야에서 연구는 매우 부족한 것으로 나타남



전자파 차폐 논문 동향



전자파차폐 콘크리트 국내·외 논문수

○ 전자파 차폐 부속자재 개발

- 전자파 차폐용 도어 기술을 국내에서 어느 정도 개발되어 있으며, 차폐 원도우의 경우 의료시설인 MRI 차폐원도우(128 MHz 100 dB / 투시도 46%)가 부착되어 운용되고 있음
- 국내에서는 2~3개 업체에 의해 EMP 방호용 랙을 개발하기 위해 노력하고 있으나 랙 내부에 향온향습기 또는 에어컨을 부착시켜 강제 냉각방식을 적용하고 있는 실정임
- 2012년 ADD에서 HEMP 방호장치 국산화 개발 과제를 통해서 국내 HEMP



필터 개발기술 및 생산기술은 확보되어 있으나 양산 실적 저조

- 최근 전자파 차폐 소재 연구로는 광대역 주파수에서 사용가능한 전자파 흡수체 제조 기술, 다중경계면을 가지는 편상 분말을 이용하여 전자파흡수율을 향상 기술, 금속막형성법에 의한 신소재 및 나노소재로의 제조기술 등이 수행되고 있음

○ 전자파 차폐 성능평가 기술

- 2011년, 국내에서는 KTR에서 EMP 방어시설 이상 유무를 파악하는 시스템이 처음 구축되어 방호시설 및 방호필터에 본격적인 인증시험 및 평가업무가 시작되었음
- 전자통신(연) 및 전파연을 중심으로 전자파양립성 연구가 지속적으로 이루어져 왔으며, 전자 및 자동차 업계에서는 자사 생산제품의 국내, 외 유통을 위한 인증 및 대책 수립에 적극적으로 대처하고 있음
- 그러나 고출력 전자기파 방호의 경우, 국방과학(연)에서 공격용 발생장치를 중심으로 진행되고 있는 것을 제외하고 민간 분야에서 이루어진 연구는 거의 없는 것으로 판단됨
- 구조물에 대한 EMP 차폐효과는 SE Test를 이용하여 시험평가를 수행하고 있으나 차폐벽으로부터 최고 2.2m의 공간을 이격해야 하는 불합리성이 존재 함



4. 기획과제 1차 중점연구분야 도출

- 정책, 시장 및 기술 동향을 분석하여 ISSUE 별로 검토한 각각의 연구 분야를 유사기술 군으로 정리하여 다음의 중분류 단계의 중점 연구분야를 도출

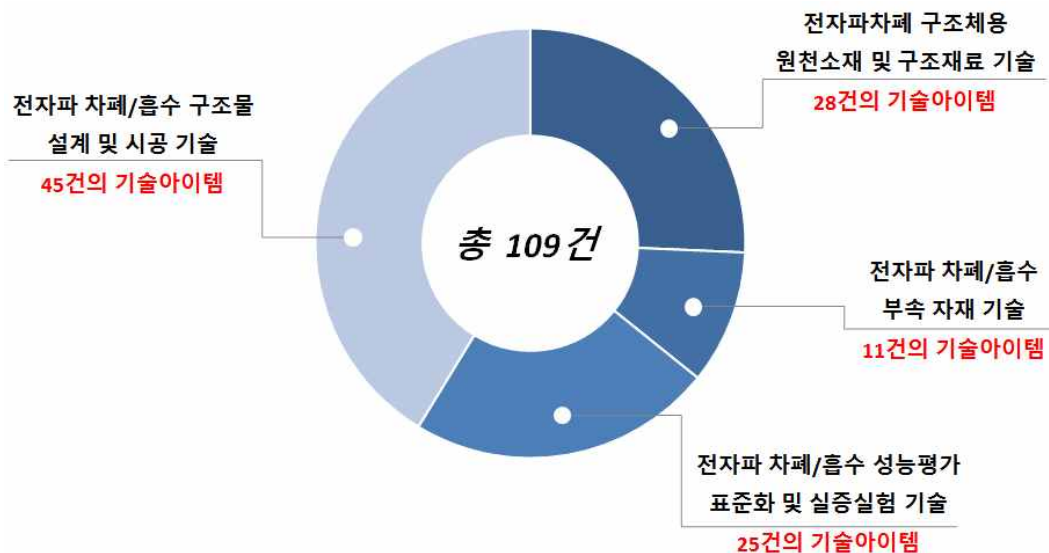
중점 연구 분야	포함 기술
전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술	- 전자파 차폐 첨단 나노탄소소재 기술 - 전자파 차폐 시멘트 복합재료 구성 및 제조 기술 - 전자파 차폐 콘크리트 재료 구성 및 제조 기술 - 전자파 차폐 Hybrid Shielding 콘크리트 구조체 구성 기술
전자파 차폐 부속자재 기술	- 전자파 차폐 도어 및 창호 기술 - 전자파 차폐 Rack 자재 기술 - 전자파 차폐 필터 및 개스킷 자재 기술
전자파 차폐 성능평가 및 실증실험 기술	- 건설재료 및 장치 단위 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술 - 자재 및 부재 단위 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술 - 구조물 단위 전자파 차폐 실증실험 기술
전자파 차폐 구조물 설계/시공 기술과 관련된 중점 연구 분야	- 전자파 특성 해석 및 설계 기술 - 전자파와 건설자재 상대 특성 해석 기술 - 전자파 차폐 구조물 설계 기술 - 기존 콘크리트 구조물 전자파 차폐 설계 기술
전자파 차폐 구조물 인증시스템 및 Test Bed 구축 기술	- 전자파 차폐 구조물 인증시스템 기술 - 전자파 차폐 콘크리트 구조물 Test Bed 적용 기술



Ⅲ. 기술수요 및 수준·예측 조사

1. 기술수요조사 분석결과

- 기술수요조사에는 산, 학, 연 전문가 56명이 참여함
 - 산업계 17명, 학계 16명, 연구소 전문가 16, 공공기관 전문가 7, 총 56명 참여
 - 이들은 각각 1~3건의 기술수요조사를 작성, 총 153건의 기술아이템 제안함
 - 기획 연구진에서는 회신된 기술수요조사 중에서 본 기획과제와 일부 기술아이템 중에서 본 기획과제와 관련성이 매우 낮은 내용은 삭제
 - 최종 115건의 기술아이템을 정리하였음
- 정리된 총 기술아이템 115건 중에서 4개 기술 분야별로 구분할 경우 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술 분야에서 가장 많은 45건의 기술아이템을 제안 받음
 - 기술 분야별로 기술아이템은 각각 전자파차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 28건, 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술 17건, 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술 25건, 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술 45건을 제안 받음



기술 분야별 기술수요조사 회신결과



2. 기술수준 및 예측 분석결과

- 기술수준/예측조사는 기술의 실현시기, 기술수준 등 기술혁신 동향을 정량적으로 평가하여 과제우선순위평가를 위한 기초자료로 활용하는 것을 목적으로 함
 - 조사는 기술개발 추진방향 설정에 시사점을 줄 수 있는 항목으로 설계
 - 세부기술 분야별 최고기술보유국과 국내의 기술적/사회경제적 기술실현시기, 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준, 기술격차, 격차년도, TRL, 인프라 성숙도, 기술적 중요도, 기술획득방식, 정부우선 시행방안 등
 - 2 Round 조사는 1 Round 전체 응답 통계자료를 제공하여 조사참여자가 1 Round 응답결과를 수정, 조사항목별로 전문가의 합의를 유도
- 국내·외 기술 실현시기 및 기술격차
 - 최고기술국의 기술적 실현시기는 평균적으로 약 3년 이후에 도래할 것으로 예측되며 이는 국내보다 약 2년 앞서는 것임
 - 최고기술국의 사회경제적 실현시기는 '20년 전후, 국내는 '23년 전후로 예측되며 기술적 실현 이후 상용화까지는 국내·외 모두 약 2년 정도 소요되는 것으로 예측됨
- 기술 성숙도 (TRL)
 - 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 및 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 TRL은 국내 4단계로 상대적으로 낮은 편이고, 국내외 TRL 격차가 가장 큰 기술은 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술임
- 최고기술보유국 (TRL)
 - 최고기술보유국은 미국(59.14%), 유럽(35.48%), 한국(2.69%), 일본(2.15%), 중국(0.54%) 순으로 조사되었으며, 이를 동향 및 환경분석 대상국가로 고려할 수 있음
- 기술기반(인프라) 성숙도
 - EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술은 인프라(산업기술, 연구인력, 장비 등) 성숙도 조사결과 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 경우 자체적인 연구수행에 있어 우수한 수준에 근접하는 인프라를 가진 것으로 나타남



○ 기술획득 방식

- MP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술은 기술획득 방식에 있어서 정부-민간 공동추진(56.63%) 형태가 가장 적합할 것으로 나타남

○ 정부우선 시행방안

- EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 분야의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 연구비 확대(36.4%)인 것으로 나타남. 연구비 확대에 이어 인프라 구축(18.9%), 협력교류(15.4%), 제도개선(15.0%), 인력양성(14.3%) 순으로 조사됨

○ 기술수준-중요도 포트폴리오 분석

- 기획 연구개발 분야는 중점추진분야 별로 다소 차이가 있지만 전체적으로 적극적인 투자로 기술수준을 향상(Ⅰ영역)과 기술혁신을 통해 더 넓은 시장창출이 가능한 유망(Ⅱ영역)한 기술개발 분야 및 다른 핵심 기술과 연계성 전략으로 고려해야 하는 영역(Ⅳ영역)으로 판단됨

○ 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석

- 기술격차가 확대되는 이유를 조기에 파악하여 이에 대한 대응이 필요하고(Ⅰ영역), 효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야(Ⅱ영역) 하는 영역의 기술임

○ 기술기반성숙도-기술 중요도 포트폴리오 분석

- 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대해 나아갈 필요가 있는 영역(Ⅱ영역)과 기술기반 확보가 시급한 영역(Ⅳ영역)의 기술임



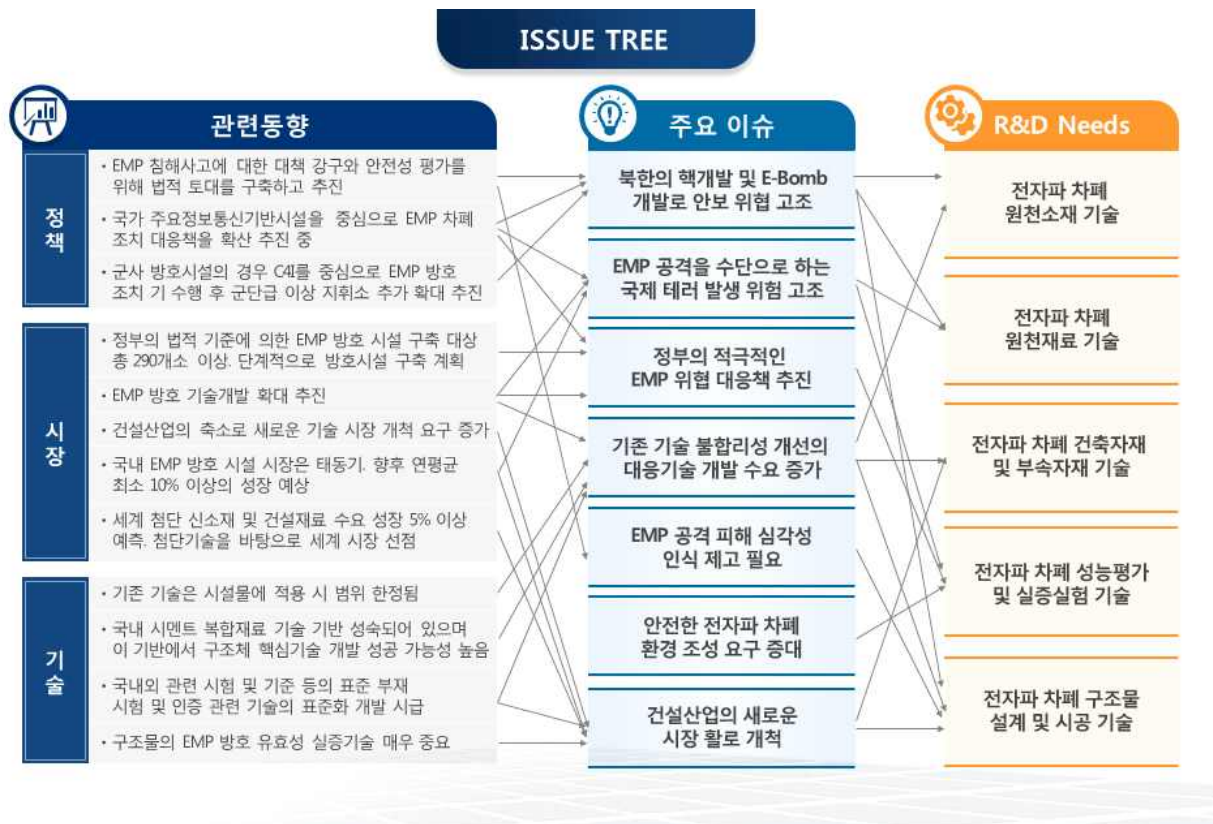
3. SWOT 분석

내부 환경 분석	【 강 점(S) 】 - 북한의 핵개발과 E-Bomb 개발 지정 사실로 국가 안보 심각한 사회 현안 - 국제 테러의 EMP 공격 가능성 고조 - 국가 주요정보통신기반시설의 EMP 방호 조치에 대한 법적 추진 기반 확고	【 약 점(W) 】 - 구체적인 피해 사례가 발생하지 않아 EMP 방호 조치에 대한 필요성 인식 낮음 - 교통체계, 에너지 및 통신 등 기반시설 다양하고 피해 체감 다름 - 기존 EMP 방호 방식에 대한 고정관념과 신뢰도 높아 신개념 기술 도입에 소극적
	【 기 회(O) 】 - 기존 EMP 방호기술 비경제, 비효율성 - 국내외적 안보 위협 가중, EMP 방호시설 확대 시행 계획 수립 - 구조체 EMP 방호기술 기반 기술 기 확보로 개발 성공 가능성 높음	【 위 험(T) 】 - 선행 연구개발 거의 없어 개발 대상 기술에 대한 성공 가능성 의혹 제기 - 국내 EMP 방호 관련 관심 최근에 시작. 미국을 중심으로 한 선진기술에 의존도 높음 - 기존 건설시장의 가격 경쟁력 우선에 따라 개발 후 실용화 장벽 해소 위협

SO 전략	- 사회적 ISSUE를 시급히 해결하기 위한 기술개발 가속화 - 시멘트 복합재료 기반 기술을 바탕으로 새로운 개념의 구조체 EMP 방호 기술 개발, EMP 방호 기술 및 시장 선도	WO 전략	- 시멘트 복합재료를 중심으로 한 구조체 EMP 방호 기술 개발과 성능 평가 기술 확보로 방호 성능 신뢰성 확보 - 신 개념 EMP 방호 기술의 입증으로 구조체 방호 기술 도입 및 실시 계획 및 시행 기회 부여
ST 전략	- 국가 안보와 관련하여 EMP 방호 조치 실시에 대한 정부 의지 시행 Solution 제공 - 기술 개발 난이도 고,중,저 해당하는 기술을 동시에 연구개발 방안 마련하여 성공 확률 높임	WT 전략	- 기술 개발과 과정에서 수요처 중심으로 간접적인 연구참여를 유도하여 기술 개념의 인식 약점 극복 - 구체적인 Test Bed 적용과 기술 검증을 통해 가시적인 성과를 제시. 개발 대상 기술에 대한 신뢰 증진



4. ISSUE TREE





IV. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1. 비전 및 목표

○ 비 전

**EMP 공격으로부터 국가 주요정보통신기반시설을 보호하고,
유사 시 방위 작전의 Black Out을 방지하며, 평상 시
전자파 피해로부터 안전하고 쾌적한 근무환경 조성**



EMP 방호 개요도

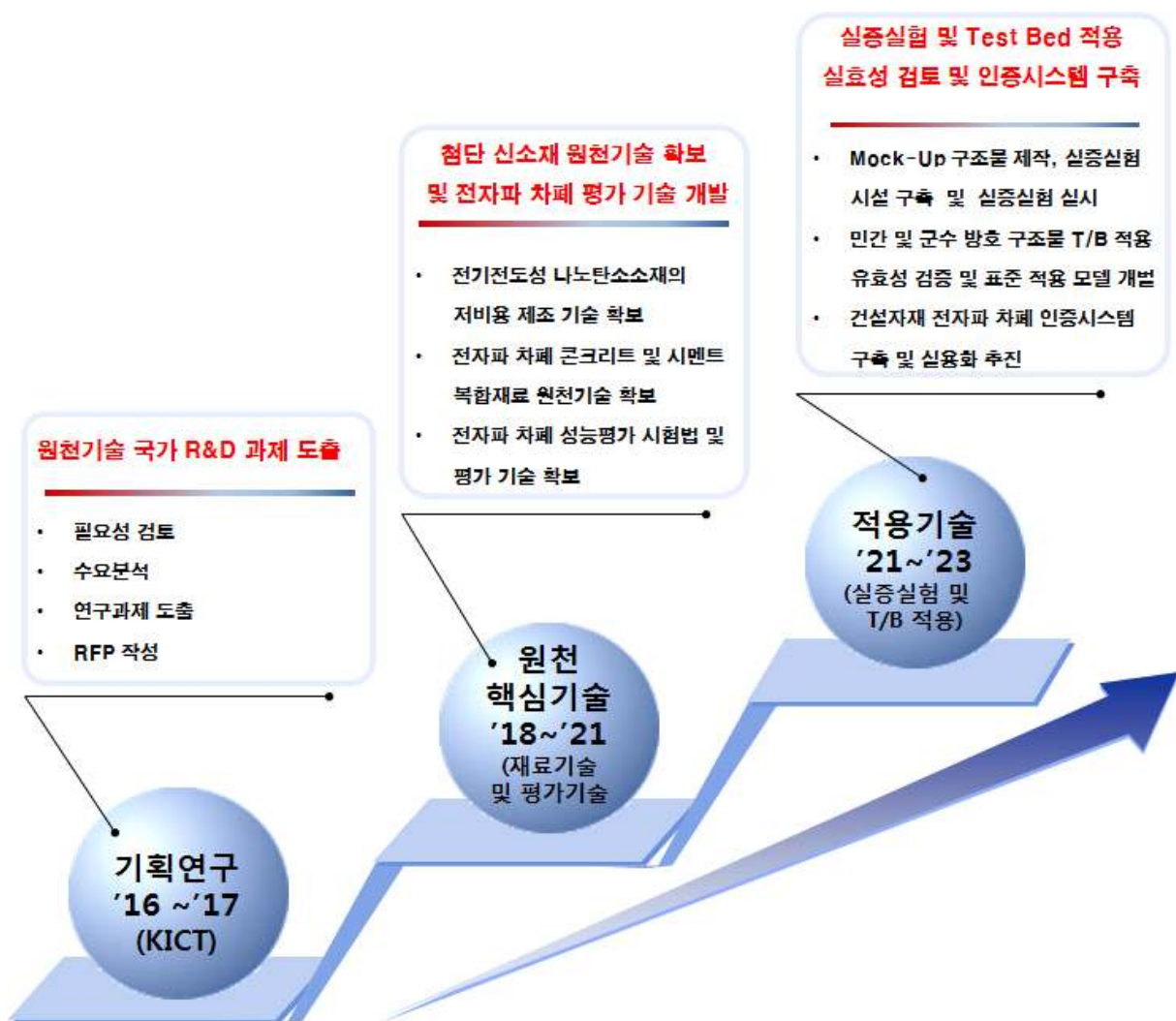
○ 연구목표

- 저비용 전기전도성 구조체용 첨단 신소재 및 이를 활용한 EMP 차폐 구조체 개발
- EMP 차폐율 20~80 dB의 콘크리트계 구조체* 개발
- EMP 차폐율 40~80 부속자재 및 건축자재 개발
- EMP 특성 해석 및 콘크리트 구조체 침투 모델 개발
- EMP 차폐 성능평가 표준화 기술 개발



- EMP 차폐 콘크리트계 구조물 구조설계 및 시공지침 개발
- 콘크리트계 EMP 차폐 구조물 실증실험 및 Test Bed 적용
- 민수부분 주요정보통신기반시설 및 군사지휘체계(C4I) 보안시설의 EMP 침해 방어 대책 제공
- 전자파 환경으로부터 국민의 건강과 편의성 확보

○ 단계별 개발 목표



2. 후보과제 Pool 구성 및 우선순위 평가

- 기획위원, 자문위원 및 외부 산학연 전문가를 중심으로 기술 수요조사를 실시하고 수집된 기술수요조사서를 연구 비전과 목표에 맞는 후보과제들을 선별



- 연구개발 목표에 해당하는 기술을 보유한 기업들에게 연구기획 의도를 설명하고 목표를 달성하기 위한 추가 후보과제 대상 의뢰
- 부족한 기술 분류 부분의 후보과제는 주관연구기관 주도로 관련 전문가에게 2차 후보과제 조사를 추가 실시하여 보완함
- 산·학·연 전문가를 대상으로 저비용 광촉매 재료, 건설자재 개발 및 적용기술 기획에서 도출된 후보과제의 기술적 중요도, 기술개발 실현가능성, 사회경제적 파급효과, 정부지원 필요성 등에 대한 평가를 수행하여 우선순위를 결정



중점추진분야	우선순위	후보과제명
중점추진분야 I	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	강섬유 및 Hybrid 보강기술을 이용한 전자파 차폐 시멘트 복합재료개발 전자파 차폐 보강 철근배근 상세 및 접지 기술 개발 강재mesh와 보강섬유를 이용한Hybrid Shielding 콘크리트 개발 그래핀을 혼입한 시멘트 복합재료 개발 고순도 친환경 산화 그래핀 및 플레이크 소재 개발 고농도 그래핀 분산액 및 분산체 소재 및 그래핀 기능 향상 기술 개발 저순도 천연흑연을 이용한 저비용 산화/환원 그래핀 소재 개발 전자파 차폐 용사소재 및 용사코팅 콘크리트 구체 개발 전자파 차폐 보강 구조체용 강섬유보강 시멘트 슬러리 복합재료개발 전기전도성 플라스틱 복합재료 개발 강재 스크랩 보강 시멘트 슬러리 복합재료 개발 차폐용 박판 metal carbides 소재 개발
중점추진분야 II	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	평면 차폐 도어 및 기밀장치 개발 전자파 차폐 유리 및 창호 시스템 개발 냉각성능 개선된 EMP 방호용 차폐 Rack 기술 EMP 방호용 코일 개스킷 자재 개발 아노다이징 기술 활용 복합 금속패널 개발 전원용 HEMP 필터 장치 개량 기술 개발 신호용 HEMP 필터 장치 개량 기술 개발 화학결합형 전자파 차폐 세라믹 도료 개발 곡면부용 전자파 환경 제어 시트 개발 기밀 차폐용 도어 Rack 장치 개발
중점추진분야 III	1 2 3 4 5 6 7	콘크리트 및 시멘트 복합재료의 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술 개발 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조체 EMP 차폐 시험 및 평가 기술 개발 도어 및 Rack 차폐 성능 시험 및평가 기술 개발 전자파 차폐 구조물 실증실험 및 평가 방안 개발 유리창 및 창호시스템 차폐 성능시험 및 평가 기술 개발 콘크리트 구조체와 부속자재 연결부 EMP 차폐 시험 및 평가 기술 개발 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료의 전자파 인증시스템 구축
중점추진분야 IV	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14	나노탄소소재 및 강섬유 혼입 시멘트 복합재료의 전자파 차폐 특성 분석 및 해석 철근콘크리트 구조체의 전자파 차폐 특성 분석 및 해석 전자파 차폐 및 구조역학적 성능을 고려한 시멘트 복합재료 의 구조설계 기술 개발 콘크리트 내 보강섬유와 철근의 전도성 연결 설계 및 시공 기술 개발 건물에서의 등전위 접지 및 과도전류 대책 기술 전자파 차폐 및 구조역학적 성능을 고려한 철근콘크리트 구조 설계 기술 개발 개구부(창,공조구,도파관등)의 전자파 투과 특성 해석 Good EMC Engineering Practices 지침 및 EMP 방호 매뉴얼 개발 최적 EMC/EMP 방호를 위한 zoning 및 전기·전자장치 배치설계 기술 개발 기존 콘크리트 구조물 전자파 차폐 보강 설계 및 시공 기술 개발 다중 다층구조 재료 적용 구조부재의 전자파 투과 특성 해석 건물 구조 형태별 전자파 침투 및 분포 특성 해석 전기설비 및 EMT를 활용한 시스템-레벨 EMC/EMP 취약성 및 방호능력 분석 전자파 차폐룸의 건축 환경 설계 기술 개발



3. 중점추진분야 재조정 및 연구개발 추진과제 구성

- 도출된 후보과제의 우선순위를 바탕으로 연구개발 추진과제를 선정
 - 연구개발 추진과제는 국토교통 R&D 연구개발사업 특성 중점적으로 검토하고 1,2차 기획타당성 중간평가를 통하여 결정
 - 특히 의료시설과 축산산업 시설물의 후보과제 우선순위에서 상대적으로 낮은 순위로 선정되었으며 국토교통 R&D 연구개발사업 추진 목적과의 상관성이 낮아 제외하였음
 - 또한 중간평가회의를 통하여 유사과제의 경우는 통합하는 과정을 거침
- 4차에 걸친 기획타당성회의 과정에서 “전자파 차폐”라 함은 EMI, EMC 및 EMP를 모두 포함하는 차폐로 해석됨. 따라서 “EMP 차폐” 또는 “EMP 방호”에 집중이 필요함
 - 본 연구사업의 연구기간 및 연구예산을 고려할 경우 연구목표와 범위를 **EMP 차폐 중심으로 구성할 필요 있음**
 - 단, 방탄·방폭의 물리적 방호와 결합된 복합방호를 위해 개발된 재료와 구조체의 성능 시험평가가 별도로 수행될 필요 있음
- 한편, 4차에 걸친 기획타당성회의에서 검토위원 및 전문기관에서 아래와 같은 의견을 제시하였으며, 기획연구진에서 이에 대한 수정·보완을 검토함
 - 중점추진분야 별로 상호 유기적인 관계가 있는데 기술군 위주로 분류됨. 이 경우 연구개발의 단락과 연계성 부족이 우려됨. 즉, 재료, 자재 및 구조체 개발팀과 구조설계가 분리됨으로써 연속성 확보가 어려움
 - 따라서 현재의 「중점추진분야Ⅰ」과 「중점추진분야ⅣⅠ」의 구조체 설계분야를 통합, 조정하는 방안도 고려해 볼 필요 있음
 - 연구사업의 성과물을 신규 전자파 차폐 구조물 건설에 적용할 분야와 기존 전자파 차폐 대상 구조물에 적용할 부분을 구분하는 것에 대한 고려 필요
 - Test Bed 적용의 경우 재료 및 구조체 개발팀에서 주도하는 것이 바람직
- 이러한 과정을 통하여 중점추진분야를 3 개군으로 조정하고 연구추진 과제를 재조정하여 정리함



가. 중점추진분야 I : EMP 차폐 콘크리트계 소재, 재료 및 구조체 개발

세부과제 목표	◦ 콘크리트계 구조체 첨가용 저비용 전기전도성 첨단 신소재 개발 ◦ EMP 차폐율 20~80 dB의 콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조체 개발 ◦ EMP 차폐 콘크리트계 구조물 구조설계 및 시공지침 개발
연구개발 추진 과제	◦ 저비용 산화·환원 나노탄소소재 제조 기술 개발 ◦ 나노탄소소재를 활용한 EMP 차폐 시멘트 복합재료 개발 ◦ EMP 차폐 철근콘크리트 구조체 개발 ◦ EMP 차폐 시멘트 복합재료 구조체 개발 ◦ EMP 차폐 Hybrid 복합 구조체 개발 ◦ 물리적 방호 및 EMP 방호의 복합 성능 설계기술 개발 ◦ 방탄·방폭 물리적 방호성능 시험평가 ◦ EMP 차폐 콘크리트계 구조물의 구조설계 및 시공기술 개발 ◦ EMP 차폐 시멘트 복합재료 구조체 보강 설계 및 시공기술 개발 ◦ EMP 차폐 실증실험용 콘크리트계 Mock-Up 구조물 설계 및 제작 ◦ EMP 차폐 콘크리트계 구조물 Test-Bed 적용 및 기술 보완

나. 중점추진분야 II : EMP 차폐 건축자재 및 부속자재 개발

세부과제 목표	◦ EMP 차폐율 40~80 dB 건축자재 및 부속 자재 개발 ◦ EMP 차폐 보강용 표면 코팅 재료 개발 및 적용 기술 개발
연구개발 추진 과제	◦ 평면 차폐 도어 및 연결부 기밀장치 개발 ◦ 전원 및 신호용 EMP 필터 장치 개량 기술 개발 ◦ 기밀성능 및 편의성 향상 개스킷 개발 ◦ EMP 차폐 고기능성 도장재 개발 ◦ EMP 차폐 용사소재 및 용사코팅 기술 개발 ◦ 고기능성 EMP 차폐 부가 재료 개발



다. 중점추진분야Ⅲ : EMP 차폐 환경 설계 및 성능평가 기술 개발

세부과제 목표	◦ 콘크리트계 구조물에서 EMP 침투, 흡수 및 차폐 특성 규명 ◦ 콘크리트계 재료, 구조체 및 구조물 단위의 EMP 차폐 성능평가 기술 확보 및 표준화
연구개발 추진 과제	◦ 콘크리트계 구조체의 EMP 입사, 반사, 투과 및 흡수 특성 해석 기술 개발 ◦ 최적 EMP 방호를 위한 zoning 및 전기·전자장치 배치설계 기술 개발 ◦ EMP 차폐룸 내 건축 환경 및 설비 설계 기술 개발 ◦ 콘크리트 및 시멘트 복합재료 재료단위 EMP 차폐 시험법 및 시험장치 개발 ◦ 콘크리트계 구조체단위 EMP 차폐 시험법 및 시험장치 개발 ◦ 콘크리트계 구조체 표면 보강 재료의 EMP 차폐 시험법 및 시험장치 개발 ◦ 콘크리트계 구조체와 부속자재 연결부 EMP 차폐 시험평가 기술 개발 ◦ 콘크리트계 Mock-Up 구조물 EMP 차폐 실증실험 기술 개발 ◦ 콘크리트 구조물 EMP 차폐 인증프로세스 개발



4. 주요 성과물 및 성과지표

세부과제	성과물	성과물 유형	성과지표
EMP 차폐 콘크리트계 소재, 재료 및 구조체 개발	EMP 차폐 구조체용 나노탄소소재 첨가 소재 시제품	특허, 시제품	- 전하이동도 : 150,000 $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ 이상 - 기계적 인장강도 1,000 GPa
	EMP 차폐 철근콘크리트 구조체 시제품	특허, 시제품	- 철근콘크리트 구조 만 (EMP 차폐율 20 dB) - 철근콘크리트 구조 + 그리드 보강 (EMP 차폐율 40 dB) - 구조체 두께 30 cm 기준
	EMP 차폐 시멘트 복합재료 구조체 시제품	특허, 시제품	- 단일 강섬유 보강 시멘트 복합재료(EMP 차폐율 40 dB) - 복합 섬유 보강 시멘트 복합재료(EMP 차폐율 60 dB) - 물리적 방호력, 기존 철근콘크리트 구조체 대비 1.5배 증가 - 구조체 두께 30 cm 기준
	EMP 차폐 Hybrid 복합 구조체 시제품	특허, 시제품	- EMP 차폐율 80 dB - 구조체 두께 30 cm 기준 - 보강용의 경우 EMP 차폐율 40 dB (두께 10cm 이내)
	EMP 차폐 콘크리트계 구조물 구조설계지침	지침	- 차폐율 40, 60 및 80 dB 수준별 EMP 차폐 설계 지침 제시 - 물리적 방호와 전자파 방호 통합 구조물의 경우, 방탄·방폭 설계 방안 제시
	EMP 차폐 콘크리트계 구조물 시공지침	지침	- 시설물 전체 EMP 차폐 시공 지침 - 시설물 중 일부 차폐를 시공 지침 구분



세부과제	성과물	성과물 유형	성과지표
EMP 차폐 건축자재 및 부속자재 개발	EMP 차폐 도어 제품	특허, 시제품	- EMP 차폐율 80 dB - 도어와 구조체 접합부 기밀 유지 확보 - 군사시설용의 경우 GP550 탄에 대한 방폭 성능 확보
	전원용 및 신호용 EMP 필터 개량형 제품	시제품	- EMP 차폐율 80 dB - 대칭형 필터 - 차폐 성능 인증 획득
	고효율 개스킷 제품	시제품	- EMP 차폐율 80 dB - 기밀 성능 확보 - 차폐 성능 인증 획득
	EMP 차폐 도장재 자재	시제품	- EMP 차폐율 20 dB 이상 - 난연 등 건축자재 친환경 인증 획득
	EMP 차폐 금속 용사 등 표면 코팅제	시제품	- EMP 차폐율 40 dB 이상 - 코팅 장치가 실내 작업이 가능한 장치



세부과제	성과물	성과물 유형	성과지표
EMP 차폐 환경 설계 및 성능평가 기술 개발	콘크리트 구조물에서의 EMP 침투 특성 모델	보고서	- 차폐 재료 및 구조체의 물리적 특성, 기하학적 특성 반영 - EMP의 주파수 영역별 특성 반영
	EMP 방호 zoning 및 전기·전자장치 배치설계 가이드라인(안)	기준	- 차폐룸의 형상과 규모를 고려 - 전기·전자 장치의 배치 모듈을 설정 - 이에 따른 EMP 방호 최적화 가이드라인
	EMP 차폐 콘크리트 구조물의 건축 환경 및 설비 설계 가이드라인(안)	기준	- 실내 공기, 상하수도 및 기타 Supplies의 공급과 함께 EMP 차폐 특성을 반영
	철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 EMP 차폐 시험규격(안)	기준	- 1단계 : 학회 및 협회 규격화 - 2단계 : KS 표준 추진
	철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 재료의 EMP 차폐 성능 시험장치	장비	- 주파수 대역 조절 가능 시험장치 - 재료 및 구조체 시편 단위의 실내 시험용 장치
	콘크리트계 구조물 EMP 차폐 성능평가 가이드라인(안)	기준	- 폐합형 콘크리트 구조물 - 도어, 창호 및 개구부 필터 등이 배치된 완성형 Mock-Up 구조물



5. 기술개발 로드맵

EMP 차폐 및 물리적 방호의 복합 방호구조물 건설기술 개발					
과제 목표	EMP 차폐와 물리적 방호가 가능한 콘크리트계 구조재료 및 부속자재 개발과 차폐율 80 dB의 구조물 건설 기술 개발				
단계별 목표	재료, 자재 및 EMP 차폐 성능 시험평가 핵심기술 개발			EMP 차폐 구조물 실용화 기술 개발	
주요 기술	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
나노탄소 원천소재 및 합성기술	나노탄소소재 산화환원 기술 개발	나노탄소소재 제조 기술 개발 (그래핀 중심)		나노탄소소재 Pilot 생산 기술 개발	
EMP 차폐 콘크리트 및 시멘트 복합재료 기술	EMP 차폐 콘크리트 및 시멘트 복합재료 재료 구성	EMP 차폐용 콘크리트/시멘트 복합재료 제조 기술 및 전기전도성 보강 기술 개발		콘크리트/시멘트복합재료 EMP 차폐 성능평가	Test-bed 설계 및 적용 차폐 기술 보완 및 매뉴얼 작성
EMP 차폐 성능 보강 구조재용 Hybrid 기술	전기전도성 보강 Hybrid 재료구성	전기전도성 보강 Hybrid 재료 결합 EMP 차폐 구조재 개발		Hybrid 보강 구조재 EMP 차폐 성능평가	
EMP 차폐 건축자재 및 부속자재 기술	EMP 차폐 자재 설계 및 재료 구성	EMP 차폐 건축자재 및 부속 자재 개발		건축자재 및 부속자재 EMP 차폐 성능평가	
EMP 차폐 구조물 설계/시공 기술	전자파 주파수 대역별 및 구조재 특성별 침투/차폐 특성 해석		전자파 특성 모델 개발	EMP 차폐 구조물 설계/시공 기술 개발	EMP 차폐 구조물 설계/시공지침 개발
EMP 차폐 성능평가 및 실증실험	콘크리트/시멘트 복합재료 및 구조재 EMP 차폐 시험법 및 시험장치 개발		EMP 차폐 예비시험 및 보완	EMP 차폐 콘크리트계 Mock-Up 구조물 제작	Mock-Up 구조물 EMP 차폐 실증실험 (방폭실험 포함)
			내충격 및 방폭 성능시험평가		



V. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1. 인력투입계획

(단위 : 명)

분류		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
총괄		28	87	91	105	89	400
중점 추진 분야 1	1세부기술	3	6	6	8	-	23
	2세부기술	2	8	7	8	-	25
	3세부기술	2	4	4	4	4	18
	4세부기술	2	4	4	4	3	17
	5세부기술	3	10	8	12	15	48
	6세부기술	-	4	4	4	4	16
	7세부기술	-	4	4	4	-	12
	8세부기술	2	4	4	4	5	19
	9세부기술	-	-	3	5	5	13
	소계	14	44	44	53	36	191
중점 추진 분야 2	1세부기술	3	7	7	8	7	32
	2세부기술	-	3	3	4	3	13
	3세부기술	-	3	3	4	3	13
	4세부기술	-	3	4	4	3	14
	5세부기술	2	4	4	4	3	17
	소계	5	20	21	24	19	89
중점 추진 분야 3	1세부기술	2	4	4	3	3	16
	2세부기술	2	3	3	-	-	8
	3세부기술	3	7	8	8	11	37
	4세부기술	-	3	4	8	11	26
	5세부기술	-	3	4	6	3	16
	6세부기술	2	3	3	3	6	17
	소계	9	23	26	28	34	120

- 연구인력 투입 단위는 기본으로 참여율 평균 50%를 기준으로 설정
- 즉, 참여율 50 %를 1인 투입 인력으로 산정함
- 각 세부기술별로 다소 차이는 있으나 전체 연구비 중에서 인건비 비율을 35~45% 사이로 설정한 후 이에 적합하게 투입 인원을 산정함
- 인건비 기준은 2016년 학술연구용역 표준단가를 기준으로 작성함



2. 소요예산

(단위: 백만 원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도		5차년도		합계	
	정부	정부	정부	정부	민간	정부	민간	정부	민간
총괄	1,000	4,200	4,500	3,800	1,335	3,500	1,230	17,000	2,565
중점추진분야 1	530	2,200	2,170	2,000	703	1,800	632	8,700	1,335
1세부기술	100	300	300	300	105	-	-	1,000	105
2세부기술	80	400	350	300	105	400	141	1,530	246
3세부기술	70	200	200	150	53	150	53	770	105
4세부기술	70	200	170	150	53	100	35	690	88
5세부기술	150	500	400	450	158	600	211	2,100	369
6세부기술	-	200	200	150	53	150	53	700	105
7세부기술	-	200	200	150	53	-	-	550	53
8세부기술	60	200	200	150	53	200	70	810	123
9세부기술	-	-	150	200	70	200	70	550	141
중점추진분야 2	180	900	1,020	800	281	500	176	3,400	457
1세부기술	120	310	340	280	98	250	88	1,300	186
2세부기술	-	120	150	120	42	50	18	440	60
3세부기술	-	120	150	120	42	50	18	440	60
4세부기술	-	150	180	130	46	50	18	510	63
5세부기술	60	200	200	150	53	100	35	710	88
중점추진분야 3	290	1,100	1,310	1,000	351	1,200	422	4,900	773
1세부기술	80	200	200	100	35	100	35	680	70
2세부기술	60	150	150	-	-	-	-	360	-
3세부기술	120	350	400	300	105	400	141	1,570	246
4세부기술	-	150	200	300	105	400	141	1,050	246
5세부기술	-	150	200	200	70	100	35	650	105
6세부기술	30	100	160	100	35	200	70	590	105



Ⅵ. 사전타당성 검토

1. 정책적 타당성

가. 국가전략의 부합성

- EMP 방호를 비롯한 전자파 차폐 정책은 국가 안보와 관련된 사안이며, 동시에 일반에 공포가 어려운 보안 사안임. 따라서 「국가전략 프로젝트」와 같이 공개 여젠다로 다룰 수 없는 특징이 있음. 반면 전자파 차폐의 중요성은 관련 법령을 통하여 공포되어 있음

나. 관련 법률 이행 대책 부합성

- 전파법, 시행령 및 시행규칙
 - 제44조의3(안전한 전파환경 기반 조성) 5.항 전자파 차폐·차단 및 저감(低減) 기술 등 전자파 역기능 해소를 위한 기반기술 연구 수행 근거 제시
 - 제56조(고출력·누설 전자파 안전성 평가 등)에서 고출력 전자파로 인한 피해와 누설 전자파에 의한 정보유출을 방지하기 위하여 **방호차폐시설 또는 장비 보호시설 등을 구축하고 안전성 평가를 수행하며**, 기준에 부적합한 경우 대책 마련할 것을 권고
- 정보통신기반 보호법, 시행령 및 시행규칙
 - 제7조(주요정보통신기반시설의 보호지원) 국가안전보장에 중대한 영향을 미치는 다음 각 호의 주요정보통신기반시설에 보호조치를 하여야 함
 1. 도로·철도·지하철·공항·항만 등 주요 교통시설
 2. 전력, 가스, 석유 등 에너지·수자원 시설
 3. 방송중계·국가지도통신망 시설
 4. 원자력·국방과학·첨단방위산업관련 정부출연연구기관의 연구시설
 - 제24조(기술개발 등) 정부는 정보통신기반시설의 보호에 필요한 기술개발을 효율적으로 추진하기 위하여 필요한 때에는 정보보호 기술개발과 관련된 연구기관 및 민간단체로 하여금 이를 대행하게 할 수 있고 소요되는 비용의 전부 또는 일부를 지원할 수 있음
- 정보통신망 이용촉진 및 정보보호 등에 관한 법률
 - 해킹, 컴퓨터바이러스, 논리폭탄, 메일폭탄, 서비스 거부 또는 **고출력 전자파**



등의 방법으로 정보통신망 또는 이와 관련된 정보시스템을 공격하는 행위를 하여 발생한 사태를 “침해사고”로 규정

- 고출력 전자파의 위험성이나 관련 대책의 필요성은 법률로 제시되고 있었으나, 관련 방호시설의 구축 및 성능기준과 절차가 규정되어 있지 않음. 따라서 연구개발을 통하여 구체적으로 전자파 차폐 방호기술의 구축 방안 제시가 필요

- 2014년 6월 「전파법」 개정을 통해 미래창조과학부에서 고출력 전자파에 대한 안전성 평가를 수행할 수 있도록 체계를 확립

이상과 같이 주요정보통신기반시설에 대한 규정과 보호대책을 수립과 이행 여부를 확인토록 법으로 규정하고 있으며, 이러한 정보통신기반시설을 보호하기 위한 기술개발을 지원토록 명시, 기반시설 구조물의 전자파 차폐를 위한 건설기술 연구 개발 근거를 제공하고 있음

다. 부처별 연구개발 정책과의 부합성

- 국토교통 R&D 정책

- 건설교통 R&D 중장기계획 (2013~2017, 국토해양부) 4대 전략 중 산업 경쟁력 강화의 일환으로써 사회기간시설물, 국가 중요방호시설물, 공공기관 건축물 및 다중이용시설물 등에 EMP 및 물리적 통합 방호 설계 및 시공 기술을 확보하여 건설산업의 신시장 개척
- 나노탄소소재와 초고성능 시멘트계를 기반으로 하는 첨단 건설재료, 이를 바탕으로 전자파 차폐가 가능한 방호시설물 설계 및 시공의 건설기술 개발
- EMP 공격 시 방송, 통신, 교통 및 금융 등의 사회인프라 마비를 방지하여 사회안전망 구축의 일환에 기여

- 미래창조과학부 R&D 정책

- 2014년 1월에 발표한 「전파진흥기본계획」에 따르면 전파 정책 중에서 “3-1 국민중심의 안전하고 쾌적한 전자파 환경 조성”계획을 발표하여 전자파로부터의 국민의 보건과 EMP를 비롯한 전자파 침해 대책 마련의 근거를 제시
- GPS 전파교란에 대응하여 감시시스템 운영 및 기술 개발 등을 추진 중이며, EMP 공격 위협에 대비한 제도 도입 중. 이에 따른 국가연구개발사업을 통해 구체적인 혁신적인 전자파 방호 대책을 마련할 필요 있음



- 전파교란 대응 종합계획(2016.10)에 따라 전파교란 분야별 감시시스템 구축 및 방호 고도화를 위한 기술개발 필요성 제기

○ 국방부 시행 정책 및 연구개발 정책

- 현대 군사 전술의 시행은 C4I_{command · control · communication · computer · intelligence}를 관련 시설을 기반으로 한 합동지휘통제본부가 중심이 되어 실시함. 이 C4I 시설은 EMP 공격으로부터 방어하기 위하여 여러 방안을 강구함
- 미래부와 함께 국방 분야에서의 정보통신기술(ICT)융합을 통한 시너지 창출을 위해 미래부와 제2차 실장급 고위 정책협의회를 개최 (출처 : NEWSIS, 2017.1.16.)
- 이를 통해 제대 등급별 EMP 방어 시스템 구축을 준비 중. 이 일환으로 육군 사관학교에 “국방방호연구센터”를 창설하고 구체적인 EMP 방호 전략과 기술개발 계획을 수립 중

2. 기술적 타당성

가. 기술개발 계획의 적절성

○ 본 연구 비전 및 목표를 구체적으로 제시

- 본 연구의 비전은 “EMP 공격으로부터 국가 주요정보통신기반시설을 보호하고, 유사 시 방위 작전의 Black Out을 방지하며, 평상 시 전자파 피해로부터 안전하고 쾌적한 근무환경 조성”임

○ 비전과 목표 달성을 위한 단계별 연구사업 구성

- 1단계 (원천 · 핵심기술 개발) ;
 - 전기전도성 나노탄소소재의 저비용 제조기술 개발
 - EMP 차폐 콘크리트 및 시멘트 복합재료 원천기술 개발
 - EMP 차폐 성능평가 시험법 및 평가기술 개발
- 2단계 (적용기술 개발)
 - EMP 차폐 Mock-Up 시멘트 콘크리트 구조물 제작
 - EMP 차폐 구조물 차폐 실증실험
 - 민간 및 군수 EMP 차폐 방호구조물 T/B 적용 및 유효성 검증
 - 건설자재 EMP 차폐 인증시스템 구축 및 실용화 기반 구축



○ 정량적 성과목표 설정

- EMP 차폐가 가능하면서 기존 대비 50% 가격의 나노탄소소재
- EMP 차폐율 20~80 dB 수준의 단계별 시멘트 콘크리트 구조체
- EMP 차폐 및 물리적 방호가 가능한 통합 방호 구조체
(방폭성능: 기존 RC 대비 1/2 두께, EMP 방호성능: 60~80 dB)
- EMP 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재
(차폐 도어·필터·개스킷 : 80 dB, 차폐 창호 : 40 dB, 기타 건축자재 : 30 dB)
- 차폐 구조체 및 자재 EMP 차폐 성능 평가 기술 구축
- EMP 차폐 및 통합 방호 구조물 설계 및 시공 기술 구축

○ 이상의 전체 목표 설정은 정책, 기술, 시장동향 등의 분석결과로부터 도출되었으며, 연구개발 수행 시 달성 가능한 것으로 판단됨

나. 기술수준 및 성공가능성

- 기술개발을 위한 전문인력 보유 정도, 기술 구축정도, 연구시설 및 설비, 기술 투자 지원 등은 선진국에 비교하여 다소 부족하지만 5년의 연구기간이면 개발 가능함
 - 각 세부과제 관련 전문인력은 선진국 대비 부족하지만 대부분의 분야에서는 국내 연구진들로 기술개발이 가능
 - 연구시설 인프라 관련하여서는 전자파 차폐 재료, 자재 및 구조체 건설기술과 실험실 내 성능평가와 실 Mock-Up 구조물을 통한 실증시험 관련된 시설 인프라는 작은 노력으로 구축이 가능함
 - 현장 실증시험 인프라 및 파일럿 생산 설비의 구축은 기술 선진국에서는 보유하고 있지 않으며, 연구개발 기간 동안 구축할 경우 기술적 우위를 점유할 수 있는 기반 인프라를 제공

다. 기존 사업과의 중복성 검토

- 본 기획과제에서는 기획과정과 자문위원회 검토를 통해 기존 연구와의 중복성을 검토하였으며, 기존 연구와 연계, 활용, 차별화 전략을 제시하여 중복성을 최소화하였음
- 중복성 조사는 1차적으로 NTIS 자료 및 각 부처 R&D 계획 자료를 이용하여 중복가능성이 있는 사업과 과제들을 스크리닝 하였음
- 기획과정에서 전문가 워크숍을 추진하여, 1차 스크리닝 결과에 대해 검토를 하였으며, 기획 타당성 검토 시 제기된 중복과제에 대해 면밀한 검토를 하였음



3. 경제적 타당성

가. 비용-편익분석 결과

- 비용-편익 분석에서 일반적으로 편익-비용 비율>1일 경우 경제적 타당성이 있는 것으로 판단됨
 - 가장 보수적으로 추정했을 때, 본 사업의 경우 순현재가치는 47.49억 원으로서 0보다 크며, 편익/비용 비율이 1.95으로서 1.0을 상회하고, 내부수익률은 10.7%로서 사회적 할인율 5.5%를 상회함
 - 따라서 본 사업은 경제적 타당성을 확보하는 것으로 평가됨

○ 비용-편익분석 결과

경제성 분석	순현재가치	편익/비용 비율	내부수익률
	47.49억 원	1.95	10.7%



○ 비용 및 편익의 흐름은 다음 표와 같음

[단위 : 억 원]

년도	비용 (연구개발투자)	국내시장	해외시장	총시장	편익	비용과 편익의 현가
2018	19.24	1,548	14,355	15,903		-17.18
2019	46.87	1,641	15,072	16,713		-39.55
2020	58.68	1,740	15,826	17,566		-46.80
2021	75.95	1,844	16,617	18,461		-60.57
2022	58.26	1,955	17,448	19,403		-41.49
2023		2,072	18,320	20,392	35.36	23.80
2024		2,196	19,236	21,433	37.16	23.63
2025		2,328	20,198	22,526	39.06	23.47
2026		2,468	21,208	23,676	41.05	23.32
2027		2,616	22,269	24,884	43.15	23.16
2028		2,773	23,382	26,155	45.35	23.00
2029		2,939	24,551	27,490	47.67	22.85
2030		3,116	25,779	28,894	50.10	22.69
2031		3,302	27,068	30,370	52.66	22.54
2032		3,501	28,421	31,922	55.35	22.39
2033		3,711	29,842	33,553	58.18	22.24
					B-C	47.49
					B/C	1.95
					IRR	10.7%

나. 민감도 분석

- 타당성을 평가하기 위해서는 사용되는 경제성 평가의 편익과 비용의 계산에는 많은 불확실성이 내포되어 있음
- 불확실성에 대처하기 위해서는 민감도 분석 (sensitivity analysis)을 많이 시행하는데, 민감도 분석은 투자비나 경제성에 영향을 미칠 수 있는 중요한 변수, 예를 들어서 비용, 편익, 할인율 등에 대해서 각 변수가 일정량만큼 변화되었을 경우 경제성이 어떻게 변화하는지 파악하는 방법임
- 1) 시장규모 예측치의 변화, 2) 시장점유율의 변화, 3) 기타 지표의 변화 등에 따라 NPV 값의 변화를 추적해 볼 수 있음. 기본적으로 본 연구에서는 대체로 가장 보수적인 증가치를 사용하였기 때문에, 시장점유율 10% 초과 적용 시, 시장규모의 10% 이상 성장 시 NPV 값은 크게 향상될 것임
 - 물론 반대로 시장 침체 시, 점유율 하락 시 NPV값은 음으로 나올 수 있음





제 목 목 차

제1장 기술의 정의 및 필요성 1

1절 기술의 정의 및 분류체계 1

1. 기술의 정의	1
가. 전자파 (Electromagnetic Wave)	1
나. EMP (ElectroMagnetic Pulse)	2
다. 전자파 차폐	4
라. EMP 방호 대상 시설	5
마. EMP 방호 대상 요소	7
바. EMI/EMC 차폐 및 제어	9
2. 기술의 분류	9
가. 전도성 나노탄소소재 기술	9
나. 전자파 차폐 시멘트 복합재료 기술	11
다. 전자파 차폐 콘크리트 기술	12
라. 기존 콘크리트 구조체 전자파 차폐 보강 자재 기술	12
마. 전자파 차폐 개구부 부속자재 기술	13
바. 전자파 차폐 건축 자재 기술	13
사. 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술	14
아. 전자파 특성 해석 및 설계 기술	15
자. 전자파 차폐 구조물 설계 및 시공 기술	16

2절 연구개발의 필요성 18

1. 기술개발의 시급성 및 중요도	18
가. EMP 공격 위협의 심각성	18
나. EMP 피해 상황 예측	23
다. 정보통신의 광대역화 및 무선화에 따른 전자파 환경 노출	27
2. 국가 안보 및 사회 이슈 해결 방안 시급	31
가. EMP 위협의 증가	31
나. SOC 시설물의 전자파 사고 사례	33
다. 전자파 환경 제어 요구 증대	34



제2장 국내외 동향 및 환경 분석 37

1절 국내외 정책동향 37

1. 국내 정책동향 37

가. 정보통신기반시설 EMP 보호 정책 37

나. 전파진흥기본계획 38

다. 국방부-미래부 고위 정책협의회 41

라. 전자파 영향 및 차폐 관련 법령 42

마. 국토부 정책 45

바. 국토교통 R&D 중장기 4대 전략과의 부합성 46

사. 미래창조과학부 관련 정책 48

아. 국가 관련 정책 (기타) 48

2. 국외 정책동향 49

가. 미국의 EMP 대응 정책 49

나. 유럽의 EMP 대응 정책 51

다. 전자파 인체 보호 및 장애 대응 정책 53

2절 국내외 시장현황 및 전망 55

1. 국내 산업 및 시장 동향 55

2. 국외 산업 및 시장 동향 56

3. 향후 산업 및 시장 전망 61

3절 연구개발 및 기술 동향 63

1. 연구개발 동향 63

가. 국내 연구개발 동향 63

나. 국외 연구개발 동향 73

다. 향후 연구개발 전망 81

2. 기술 동향 84

가. 국내 기술 동향 84

나. 국외 기술 동향 91

다. 향후 기술 전망 98

4절 중점 연구분야 도출 100

가. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 재료 기술 100

나. 전자파 차폐 건축 자재 및 부속자재 기술 101

다. 전자파 차폐 성능평가 및 실증실험 기술 102

라. 전자파 차폐 구조물 설계 및 시공 기술 104

마. 전자파 차폐 구조물 인증시스템 및 Test Bed 구축 기술 105



바. 기획과제 중점 연구 분야 도출	105
5절 특허 및 논문 분석	107
1. 특허 동향 분석	107
가. 분석 배경 및 목적	107
나. 분석 범위	107
다. 특허기술 Landscape 분석 정리	116
라. 심층 분석	135
마. 종합 결론	149
2. 논문 동향 분석	151
가. 논문동향 분석을 위한 키워드 도출	151
나. EMP 특성 및 대책 관련 논문 분석	151
다. EMP 차폐 기술 및 구조물 적용 기술 논문 분석	153
라. EMP 기술 관련 국외 논문 분석	157
6절 국내 연구개발 인프라 분석	158
1. 관련분야 연구기관 현황	158
2. 관련분야 기업 및 산업체 현황	160
3. 연구 실험시설 인프라	164
가. 건설연구 인프라 운영원 실험센터 실험시설 현황	164
나. 한국건설기술연구원 실험시설 인프라 현황	168
다. 국·공립 및 전문 연구소 인프라 현황	169
라. 대학 및 부설 연구소 인프라 현황	174
 제3장 기술수요 및 수준 · 예측조사	 183
1절 기술수요조사	183
1. 기술수요조사	183
가. 개요	183
나. 기술수요조사 분석결과	184
2절 기술수준 및 예측조사	190
1. 개요	190
가. 기술수준/예측조사 결과	197
나. 기술수준/예측분석 결과	201
3절 기술개발 추진방향 정립	247
1. SWOT 분석	247
가. 내외부 요인 분석	247



나. 포지션별 전략 수립	249
2. Issue Tree	252
가. 정책·기술·시장 동향 핵심 Keyword	252
나. 핵심 이슈	255
다. R&D Needs	256

제4장 연구개발과제 구성 및 추진전략 259

1절 비전 및 목표 259

1. 비전 및 핵심기술	259
가. 비 전	259
나. 연구목표	259
2. 단계별 개발 목표	264
3. 기술개발에 따른 미래상	266
가. 민간 국가 중요정보통신기반시설의 전자파 차폐	266
나. EMP 방호 및 방폭 통합 군사 방호시설물	266

2절 중점추진 분야 및 연구개발과제 구성 267

1. 중점추진 분야 구성	267
2. 중점추진 분야 구성 배경	268
가. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 분야	268
나. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술 분야	270
다. 전자파 차폐 성능평가 및 실증실험 기술 분야	271
라. 전자파 차폐 구조물 설계 및 시공 기술 분야	271
3. 후보과제 Pool 구성	272
가. 후보과제 Pool 구성 방법	272
나. 후보과제 Pool 중복성·유사성·위계 검토	272
다. 후보과제 Pool list	273
4. 유사과제 중복성 검토	280
가. 주요 유사과제 현황	280
나. 유사과제 검토 및 활용 방안	281
5. 후보과제 우선순위 평가	283
가. 개요	283
나. 후보과제 우선순위 평가결과	286

3절 중점분야별 주요내용 294

1. 중점추진분야 I : 전자파 차폐 원천소재 및 재료 기술	294
2. 중점추진분야 II : 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술	295



3. 중점추진분야 III : 전자파 차폐 성능평가 및 실증실험 기술	296
4. 중점추진분야 IV : 전자파 차폐 구조물 설계 및 시공 기술	297
4절 중점추진분야 및 주요내용 재구성	298
1. 중점추진분야 I : EMP 차폐 콘크리트계 소재, 재료 및 구조체 개발	299
2. 중점추진분야 II : EMP 차폐 건축자재 및 부속자재 개발	300
3. 중점추진분야 III : EMP 차폐 환경 설계 및 성능평가 기술 개발	301
5절 주요 성과지표	302
1. 중점추진분야 I : EMP 차폐 콘크리트계 소재, 재료 및 구조체 개발	302
2. 중점추진분야 II : EMP 차폐 건축자재 및 부속자재 개발	303
3. 중점추진분야 III : EMP 차폐 환경 설계 및 성능평가 기술 개발	304
6절 기술개발 로드맵	305
1. 전자파 차폐 구조물 기술 총괄 로드맵	305
2. EMP 차폐 콘크리트 구조물 총괄 로드맵	306
3. 중점추진분야별 기술/성과 로드맵	307
7절 연구개발 추진 전략	309
1. 연구개발 전략	309
2. 기술성숙도(TRL) 단계별 목표	310
3. 단계별 연구개발 전략	311
가. 핵심기술 개발 (1단계, 연구개발 연차 1~3차년)	311
나. 실용화 기술 개발 (2단계, 연구개발 연차 4~5차년)	317
8절 실용화 추진 전략	321
1. 적용 대상 시설물	321
2. 신규 및 기존 구조물별 구분 적용	322
3. 개발기술 수요처 발굴 전략	324
4. 시장 진입 전략	325
5. 중소기업 중심의 실용화 추진체계	325
9절 연구추진체계	326
1. 연구수행체계 정립	326
2. 연구추진체계	326
10절 기술개발의 파급효과	328
1. 경제적 파급효과	328
2. 기술적 파급효과	329
3. 사회적 파급효과	330



제5장 인력투입 계획 및 소요예산 산정 331

1절 인력투입계획	331
1. 연차별 투입 연구인력	331
2. 상세 투입 연구인력	332
2절 소요예산 투입계획	336
1. 산정 개요	336
2. 연구비 총괄	337

제6장 사전타당성 검토 341

1절 정책적 타당성	341
1. 국가전략의 중요성	341
가. 전파법, 시행령 및 시행규칙	341
나. 정보통신기반 보호법, 시행령 및 시행규칙	341
다. 정보통신망 이용촉진 및 정보보호 등에 관한 법률	342
라. 전자법	342
2. 상위계획 부합성	343
가. 국토교통 R&D 정책	343
나. 미래창조과학부 R&D 정책	344
다. 국방부 EMP 방호 정책	346
3. 사업추진의 의지 및 관련 기관 협조 체계	347
가. 연구개발 참여기관 참여 의지	347
나. 관련 기관 협조 체계	348
2절 기술적 타당성	350
1. 기술개발 계획의 적절성	350
가. 기획연구 목표의 적절성	350
나. 연구내용의 논리성 및 적절성	352
다. 추진전략의 적절성	352
라. 추진체계의 적절성	353
마. 사업기간 및 연구개발비의 합리적 편성	354
바. 성과목표 및 지표 설정의 적절성	354
사. 기술로드맵의 우수성	355
2. 기술수준 및 성공가능성	355
가. 기술개발 역량 및 잠재력	355



나. 기술개발의 위험요인	356
다. 기술개발 성공가능성	357
3. 기존 사업과의 중복성 검토	357
3절 경제적 타당성	360
1. 경제적 타당성 분석의 전제 조건	360
가. 사회적 할인율 (social discount rate)	360
나. 분석 기간 (planning horizon)	360
2. 비용 추정	362
3. 편익 추정	362
가. 편익 추정의 전제조건	362
나. 편익 추정의 원칙	364
다. 편익 추정방법	365
라. 편익의 구체적 추정	365
마. 편익 계산	368
4. 비용-편익 분석	370
가. 비용-편익분석의 개요	370
나. 비용-편익분석 기법	370
다. 분석 시 전제 사항	371
라. 비용-편익분석 결과	372
마. 민감도 분석	374
 제7장 과제공모 방안	 375
1절 과제제안 요구서	375
1. 총괄과제 제안 요구서	375
2. 세부과제 제안 요구서	388
가. 1 세부과제	388
나. 2 세부과제	397
다. 3 세부과제	404
2절 선정평가 방법	411
1. 평가항목	411
가. 연구개발 목표	411
나. 연구개발 내용	412
다. 추진전략 및 계획	412
라. 개발기술의 실용성 및 경제성	413
마. 연구책임자의 전문성 및 관리능력	413



2. 가점 및 감점 기준	414
가. 연구수행 형태에 따른 가점	414
나. 총연구개발비에 대한 연구신청기관의 연구개발비 부담비율에 따른 가점	414
다. 추적평가결과에 따른 가점	414
라. 보안과제 등과 관련된 가점 및 감점	414
마. 기타	415

제8장 참고문헌 417



표 목 차

표 1. 전자파 차폐 대상부대 및 구비 부대 현황	22
표 2. 가전제품의 전자파 측정 결과	36
표 3. 미국 정부 부처별 담당 핵심 국가기반시설 정부부처 담당 핵심기반 및 자원	49
표 4. EC Directive 2008/114/EC 핵심기반시설 분류	52
표 5. EMI 차폐 방법에 따른 전 세계시장 규모	58
표 6. 일본의 전자파 흡수체 제조업체 현황	59
표 7. 일본의 전자파 흡수체 제조사별 시장 점유 현황	61
표 8. 건물 내 공간을 구성하는 여러 구성물의 전자파 성능	64
표 9. 주요 건축용 전자파 차폐 소재 관련 R&D 과제 수행 현황	66
표 10. 차폐도어 관련 국내외 주요 생산기업 비교	67
표 11. 고출력 전자기파 관련 주요 연구 프로젝트	79
표 12. 국내 EMP 방호 기술기준	86
표 13. 메시검수에 따른 차폐윈도우 성능 비교	88
표 14. 차폐 챔버 및 시설물에 대한 성능평가 기준	90
표 15. 차폐효과 시험 표준 비교	91
표 16. 전파 흡수체의 주요 기술 현황	97
표 17. 기획과제 중점 연구 분야 도출	106
표 18. 검색 DB 및 검색범위	107
표 19. 분석대상 기술의 기술분류체계	108
표 20. 분석대상 기술의 기술분류 기준	109
표 21. 기술분류 체계에 따른 검색식	112



표 22. 유효특허 선별 결과	114
표 23. 각 중분류의 핵심요소기술 항목별 집계 결과	140
표 24. EMP 특성 및 대책 관련 논문	152
표 25. EMP 차폐 구조물(시설물) 관련 논문	154
표 26. EMP 차폐 기술 관련 국외 논문	157
표 27. EMP 차폐 및 방호 관련 국내 수행 가능 연구기관 현황	158
표 28. 국내 EMC 및 EMP 차폐(방호) 관련 기업 및 산업체 현황	160
표 29. 첨단건설재료 실험센터 연구 인프라 조사 현황	165
표 30. 기후변화 대응 다환경 실험시설 연구 인프라 조사 현황	167
표 31. 한국건설기술연구원 연구 인프라 조사 현황	168
표 32. 국립전파연구원 연구 인프라 조사 현황	169
표 33. 한국전자통신연구원 연구 인프라 조사 현황	170
표 34. 한국산업기술시험원 연구 인프라 조사 현황	171
표 35. 한국화학시험융합연구원 연구 인프라 조사 현황	172
표 36. KAIST 연구 인프라 조사 현황	174
표 37. 서경대학교 연구 인프라 조사 현황	175
표 38. 성균관대학교 연구 인프라 조사 현황	176
표 39. 한양대학교 연구 인프라 조사 현황	176
표 40. 강원대학교 연구 인프라 조사 현황	178
표 41. 충남대학교 연구 인프라 조사 현황	180
표 42. 가천대학교 연구 인프라 조사 현황	181
표 43. 기술수요조사 발송 및 응답개요	184
표 44. 기술 분야별 기술아이템	185
표 45. 기술수준/예측조사 발송 및 응답개요	191
표 46. 기술수준 평가 기준	192



표 47. 기술격차추세 평가 기준	193
표 48. 기술성숙도(TRL) 평가 기준	193
표 49. 기술기반 성숙도 평가 기준	194
표 50. 기술 핵심성 평가 기준	194
표 51. 시급성 평가 기준	195
표 52. 과학기술적 파급효과 평가 기준	195
표 53. 기술획득방식 조사 항목	195
표 54. 정부우선 시행방안 조사 항목	196
표 55. 전자파차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 실현시기	203
표 56. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 실현시기	205
표 57. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 실현시기	207
표 58. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술	209
표 59. 전자파차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 최고기술보유국 조사결과	220
표 60. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 최고기술보유국 조사결과	220
표 61. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 최고기술보유국 조사결과	221
표 62. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 최고기술보유국 조사결과	222
표 63. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 기술획득 방식 조사결과	225
표 64. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 기술획득 방식 조사결과	225
표 65. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 기술획득 방식 조사결과	226
표 66. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 기술획득 방식 조사결과	227
표 67. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 정부우선 시행방안 조사결과	229
표 68. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 정부우선 시행방안 조사결과	229
표 69. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 정부우선 시행방안 조사결과	230
표 70. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 정부우선 시행방안 조사결과	231
표 71. 단계별 개발 목표	265



표 72. 우선순위평가서 발송 및 응답개요	284
표 73. 편익 추정의 전제조건 결정 내용	364
표 74. 국내 전자파 차폐 재료 및 구조물 시장 규모 예측	367
표 75. 해외 전자파 차폐 재료 및 구조물 시장 규모 예측	368
표 76. 도출 편익	369
표 77. 비용-편익분석 결과	373
표 78. 비용과 편익의 흐름	373



그림 목차

그림 1. 전자파의 파동 개념도	1
그림 2. HEMP의 발생 및 영향 범위	2
그림 3. 이라크 전에 사용된 E-Bomb EMP 공격 개요도	3
그림 4. 고출력 전자기파 공격 시나리오	4
그림 5. 전자파 차폐 개념도	4
그림 6. 철근콘크리트 EMP 방호구조물 개념도	7
그림 7. 고정형 방호시설 및 이동형 방호 Rack	8
그림 8. 전도성 EMP 방호 필터 예	8
그림 9. 그래핀-시멘트 복합재료 합성 개념도	10
그림 10. 시멘트 복합재료 구성 및 섬유 종류	11
그림 11. 일반적인 철근콘크리트 구조	12
그림 12. 전자파 차폐 도어 및 필터 제품 예	14
그림 13. 기존 SE Test 구성도	15
그림 14. 구조물의 전자파 차폐 단위 설계 개념	17
그림 15. EMP 공격에 따른 주요 피해 사회기간망 예	18
그림 16. 전력시설 (울진원전)	19
그림 17. 교통시설	19
그림 18. 초고층 빌딩 (제2롯데월드타워)	19
그림 19. 방송, 통신 시설	19
그림 20. EMP 폭탄 가상 시나리오	20
그림 21. HEMP 차폐 시설의 사공 단면도	22
그림 22. 국방 전술 데이터 링크 통합 구축 체계 모형도	24



그림 23. 미 국가항공작전센터의 EMP 피해실험 예	25
그림 24. 전자파의 주파수 분류	29
그림 25. 전자파의 인체영향	29
그림 26. 전자파 사고의 구성요소	30
그림 27. 국가기반시설의 상호 연계성	30
그림 28. 시설별 발생 테러사건 및 테러사건 추이 (테러정보종합센터)	31
그림 29. EMP 폭탄	32
그림 30. 북한의 핵개발 및 EMP탄 공격에 대한 위협의 증대 및 피해 시나리오	33
그림 31. EMC-불필요한 전파와의 공존	35
그림 32. 건축물 자기(磁氣) 차폐 개념도	35
그림 33. 전자파 차폐/흡수재 시장동향	57
그림 34. 해외 EMC 차폐 시장 전망	58
그림 35. 탄소기반 다기능 탄소 복합소재 시장	59
그림 36. 전자파 차폐 측정 장비 및 실험 결과	65
그림 37. 전자파 차폐 논문 동향	66
그림 38. 전자파차폐 콘크리트 국내·외 논문수	66
그림 39. 건축물 FSS 활용 개념도	68
그림 40. 전자파 차폐 소재 평가 장치 및 제작 시편	68
그림 41. 충격흡수구조를 적용한 발포알루미늄 방폭 및 EMP차폐 패널	69
그림 42. 정방 주름 형상인 경우	73
그림 43. 강화콘크리트 슬랩에 금속망을 매설한 경우	74
그림 44. 주파수 선택 전자실드 필름 및 필름사공 상황	74
그림 45. 일본 건축학회 전자파 연구WG	75
그림 46. 무선LAN 전파 발신점에서의 전파환경시뮬레이션	76
그림 47. 간이전자차폐 TSS-E	76



그림 48. 수차해석에 사용된 콘크리트 블록	77
그림 49. HIPOW 프로젝트의 구성도	79
그림 50. SECRET 철도시스템의 탄력적 통신 구성요소	80
그림 51. STRUCTURES 프로젝트의 구성도	81
그림 52. 현행 정보통신기반보호법 추진체계	84
그림 53. 현행 국내 EMP 관련 법·제도	85
그림 54. 전자파차폐 특허 동향	87
그림 55. 전자파차폐 시멘트 콘크리트분야	87
그림 56. 고성능 전자파 흡수·조절 기술에 관한 특허 동향	87
그림 57. 생산 차폐 도어 (대한실드엔지니어링(주))	88
그림 58. 생산 차폐 윈도우 (대한실드엔지니어링(주))	88
그림 59. 미국 국토안보부 산하 FEMA 방호 가이드라인	92
그림 60. 차폐효과 시험 표준	93
그림 61. 핵심기반시설의 취약성 평가 방법론	94
그림 62. 핵심 기반 시설에 대한 위험성과 취약성 평가	94
그림 63. 독일 FID 사의 고출력 펄스 발생 모듈을 이용한 고출력 전자기파 발생장치	95
그림 64. 일본 전파흡수체 재료계별 구성비 및 기업 점유율	97
그림 65. 기존 EMP 방호시설 모식도	98
그림 66. 미래 첨단 EMP 방호시설 모식도	98
그림 67. 전체 연도별 출원동향	116
그림 68. 각 국가 연도별 출원동향	117
그림 69. 각 국가 연도별 출원동향 (출원인 개인 제외시)	117
그림 70. 각 국가 연도별 출원동향 (등록특허만 포함)	118
그림 71. 국가별 내·외국인 출원동향	120
그림 72. 기술성장단계 그래프 개요	121



그림 73. 통합 기술 성장단계 (전체)	122
그림 74. 국가별 기술 성장단계	123
그림 75. 중분류 연도별 출원동향	124
그림 76. 중분류 구간별 출원동향	125
그림 77. 중분류 A 국가별 출원동향	126
그림 78. 중분류 B 국가별 출원동향	127
그림 79. 중분류 C 국가별 출원동향	128
그림 80. 중분류 D 국가별 출원동향	129
그림 81. 전체 주요출원인 Top 15 국가별 출원동향 및 주요 IP시장국	131
그림 82. 중분류별 주요 출원인 동향	132
그림 83. SHIMIZU CORP의 IP History	135
그림 84. 재단법인 포항산업과학연구원의 IP History	137
그림 85. KUMAGAI GUMI CO LTD의 IP History	138
그림 86. 건설연구 인프라 운영원 실험센터 현황	164
그림 87. 기술수요조사 프로세스	184
그림 88. 기술 분야별 기술수요조사 회신결과	185
그림 89. 기술수준/예측조사 프로세스	191
그림 90. EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술의 기술적 실현시기 예측 결과	201
그림 91. EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술의 사회경제적 실현시기 예측 결과	201
그림 92. 전자파차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 기술적 실현시기 예측 결과	202
그림 93. 전자파차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 사회경제적 실현시기 예측 결과	202
그림 94. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 기술적 실현시기 예측 결과	204
그림 95. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 사회경제적 실현시기 예측 결과	204
그림 96. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 기술적 실현시기 예측 결과	206
그림 97. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 사회경제적 실현시기 예측 결과	206



그림 98. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 기술적 실현시기 예측 결과	208
그림 99. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 사회경제적 실현시기 예측 결과	208
그림 100. EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술의 기술수준 및 기술격차	210
그림 101. EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술의 기술격차추세	210
그림 102. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 기술수준 및 기술격차	211
그림 103. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 기술격차 추세	211
그림 104. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 기술수준 및 기술격차	212
그림 105. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 기술격차 추세	212
그림 106. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 기술수준 및 기술격차	213
그림 107. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 기술격차 추세	213
그림 108. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 기술수준 및 기술격차	214
그림 109. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 기술격차 추세	214
그림 110. EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술의 기술성숙도	215
그림 111. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 기술성숙도	216
그림 112. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 기술성숙도	217
그림 113. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 기술성숙도	217
그림 114. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 기술성숙도	218
그림 115. EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 최고기술보유국 비중	219
그림 116. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 최고기술보유국 비중	219
그림 117. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술 최고기술보유국 비중	220
그림 118. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술 최고기술보유국 비중	221
그림 119. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술 최고기술보유국 비중	222
그림 120. EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 기술기반(인프라) 성숙도	223
그림 121. (중분류 단위) EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 기술기반(인프라) 성숙도	223
그림 122. EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술의 기술획득 방식 비중	224



그림 123. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 기술획득 방식 비중	224
그림 124. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 기술획득 방식 비중	225
그림 125. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 기술획득 방식 비중	226
그림 126. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 기술획득 방식 비중	227
그림 127. EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술의 정부우선 시행방안 비중	228
그림 128. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 정부우선 시행방안 비중	228
그림 129. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 정부우선 시행방안 비중	229
그림 130. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 정부우선 시행방안 비중	230
그림 131. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 정부우선 시행방안 비중	231
그림 132. 기술수준-중요도 포트폴리오 영역구분	232
그림 133. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 분야 기술수준-중요도 포트폴리오 ..	233
그림 134. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술 분야 기술수준-중요도 포트폴리오	234
그림 135. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술 분야 기술수준-중요도 포트폴리오 ..	235
그림 136. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술 분야 기술수준-중요도 포트폴리오	236
그림 137. 기술격차-격차추세 포트폴리오 영역구분	237
그림 138. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 분야 기술격차-격차추세 포트폴리오	238
그림 139. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술 분야 기술격차-격차추세 포트폴리오	239
그림 140. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술 분야 기술격차-격차추세 포트폴리오 ..	240
그림 141. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술 분야 기술격차-격차추세 포트폴리오	241
그림 142. 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 영역구분	242
그림 143. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 ..	243
그림 144. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 ·	244
그림 145. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 ·	245
그림 146. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 ·	246
그림 147. Issue-Tree 분석	256



그림 148. 연구개발 목표 - EMP 방호 개요도	259
그림 149. 전자파 차폐 핵심 연구목표	263
그림 150. EMP 차폐 건설기술 개발 단계별 목표	264
그림 151. 우선순위 평가 진행 절차	284
그림 152. 연구개발 추진 전략	309
그림 153. 연구개발 단계별 기술 성숙도 설정	310
그림 154. 그래핀의 화학적 박리법의 모형도	311
그림 155. 그래핀-시멘트 복합체 합성	311
그림 156. 콘크리트 및 시멘트 복합재료 구성도	312
그림 157. 철근콘크리트 구조 기본 구성	313
그림 158. 금속망을 이용한 전자파 차폐 콘크리트 예	313
그림 159. 전자파 차폐용 도어 및 필터 제품 예	314
그림 160. 구조체 EMP 차폐 특성 기본 개념	316
그림 161. Pilot 생산 그래핀 가상도	317
그림 162. 전자파 흡수 금속 패널 개발 개념도	319
그림 163. 신규 시설물 EMP 차폐 형식 적용 개념도	322
그림 164. 기존 시설물 EMP 차폐 보강 개념도	323
그림 165. 원천기술 개발과 실용화 기술 개발이 구분된 산학연 협동연구 체계	327



제1장 기술의 정의 및 필요성

1절 기술의 정의 및 분류체계

1. 기술의 정의

『전자파 차폐가 가능한 시설물 건설기술 개발』은 적의 전술핵 및 E-Bomb의 공격과 국제 불온세력에 의한 EMP Generator 테러 등으로부터 국가 전략자산을 보호하고 모바일 전자파 발생기기의 생산 및 사용 확대에 따른 EMI, EMC 전자파 제어 시설물을 구축하여 쾌적하고 안전한 생활환경을 조성하는 기술임.

기술적 접근은 첨단 나노탄소소재를 전자파 차폐용 재료로 개발하고 섬유보강 재료와 함께 시멘트·콘크리트 구조체와 혼합하는 기술을 개발하여 콘크리트 구조체로서 전자파를 차폐하는 기술을 개발하고, 구조체의 개구부(PoE) 차폐기술을 개발하여 시설물 또는 구조물 단위의 전자파 차폐기술을 개발함. 또한 차폐 성능을 정량적으로 평가할 수 있는 시험 및 평가기술을 개발하여 유효성을 입증하는 기술을 개발함.

전자파 차폐 기술은 국가 주요시설에 해당하는 공공 건축물, SOC 기반시설의 통제실, 방송 및 이동전화 기지 등, 민수 전자파 차폐 요구시설과 군사 전략 작전에 필요한 특급, 1급 및 2급 방호시설 등에 적용함으로써 EMP 공격으로부터 예상되는 막대한 피해를 방지함. 또한 의료시설, 극장, 항공우주 및 스마트 빌딩 등에서 전자파 보안과 외부 불필요한 전자파 노이즈를 차폐하는 수단으로 적용함.

가. 전자파 (Electromagnetic Wave)

- 전자파 정의 : 전기 및 자기의 흐름에서 발생하는 일종의 전자기 에너지로서 전기(電界)와 자기(磁界)가 서로 공존하며 공간속을 진동하여 전파하는 파동

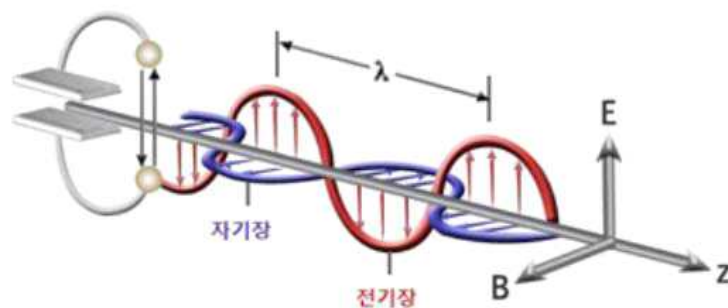


그림 1. 전자파의 파동 개념도



- Near field(근거리장) : 발생원에서 $\lambda/2\pi$ 보다 가까운 경우로써 전기장과 자기장의 특성이 다름
- Far field(원거리장) : 발생원에서 $\lambda/2\pi$ 보다 먼 경우로써 전기장과 자기장의 특성이 같음(평면파)

나. EMP (ElectroMagnetic Pulse) : 고출력 전자기 펄스

- 100 V/m 이상 전계강도를 가진 고출력 전자기 펄스로서 주로 High Power Electromagnetics를 말함
- EMP의 범주에는 많은 구분이 있으나 본 과업에서는 HEMP, IEMI 및 EMP Generator에서 발생하는 고출력 전자기 펄스를 대상으로 함

(1) HEMP(High-altitude ElectroMagnetic Pulse)

- 핵폭탄의 공중 폭발에 의해 발생하며 광범위한 피해를 주는 강력한 EMP로서 전략핵 및 전술핵의 폭발에 의해 발생할 수 있음
 - 전계강도 : 50 kV/m
 - 피해범위 : 반경 수백 km 이내
 - 주파수 범위 : 10 kHz ~ 1 GHz

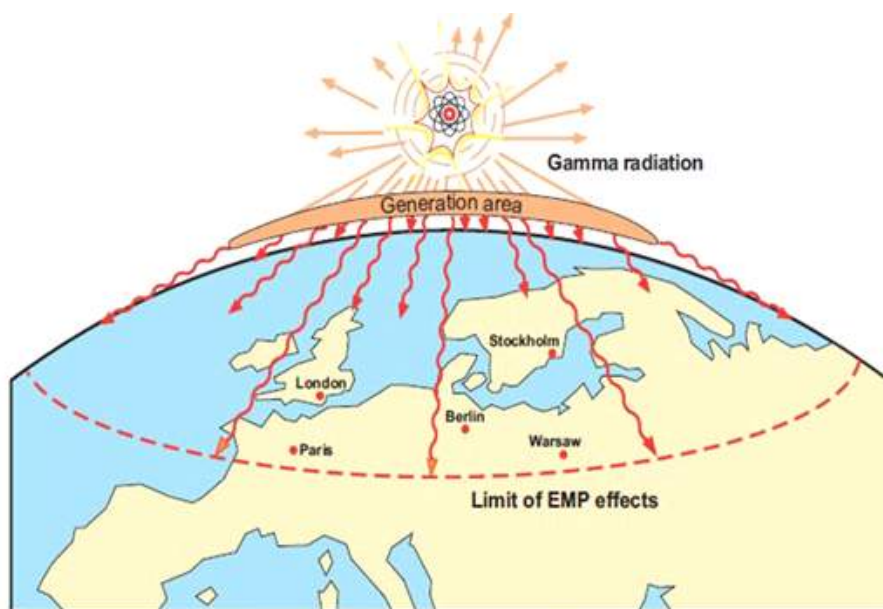


그림 2. HEMP의 발생 및 영향 범위

(출처 : 강호재 , EMP 방호시설의 직사각형 슬롯에 대한 전기적 차폐 특성 연구, 2015)



(2) IEMI(Intentional ElectroMagnetic Interference)

- 전자폭탄(E-Bomb)에 의해 발생하는 EMP로서 최근 북한에서 이미 전자폭탄이 개발된 것으로 알려져 있으며, 이에 따라 국지전 및 테러 등을 통하여 공격이 예상될 수 있는 위협
 - 전계강도 : 수 ~ 수십 kV/m
 - 피해범위 : 반경 수십 km 이내
 - 주파수 범위 : 수백 MHz ~ 수십 GHz



그림 3. 이라크 전에 사용된 E-Bomb EMP 공격 개요도

(출처: M. Backstrom and K. Lovstrand, "Susceptibility of electronic systems to high-power microwaves: Summary of test experience", IEEE Trans. on EMC, vol. 46, no. 3, pp. 396-403)

- 이동식 고출력 전자파 무기에 의해 발생하는 EMP로서 테러 집단에서 비교적 쉽게 Generator 장치를 통하여 EMP를 발생시킬 수 있으며, 주파수 대역을 다양하게 설정할 수 있는 특징이 있는 위협
 - 전계강도 : 수 ~ 수 kV/m
 - 피해범위 : 반경 수백 m 이내
 - 주파수 범위 : 수백 KHz ~ 수십 GHz, 다양한 범위 가능

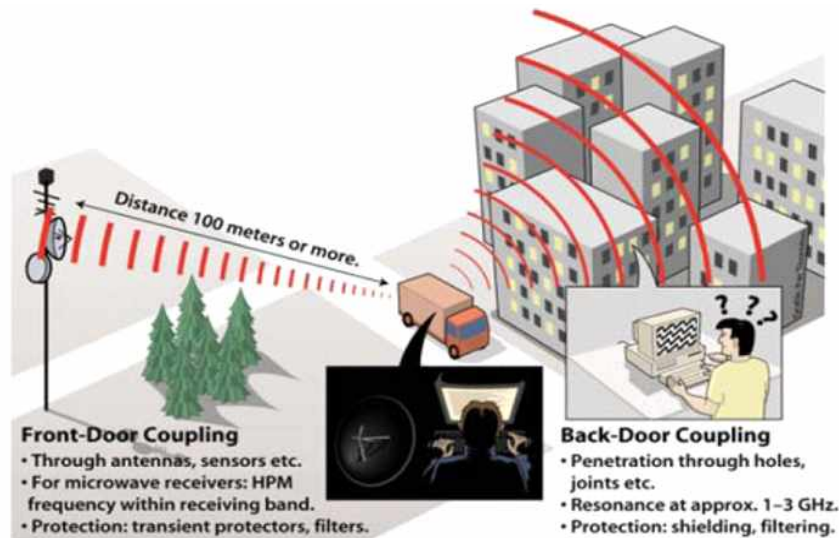


그림 4. 고출력 전자기와 공격 시나리오

(출처: M. Backstrom and K. Lovstrand, "Susceptibility of electronic systems to high-power microwaves: Summary of test experience," IEEE Trans. on EMC, vol. 46, no. 3, pp. 396-403)

다. 전자파 차폐

- 전자기 펄스가 공기 속으로 파장으로 진행하다 차폐물을 만나 반사, 흡수 과정을 거친 후 전계강도가 손실되는 효과를 말함

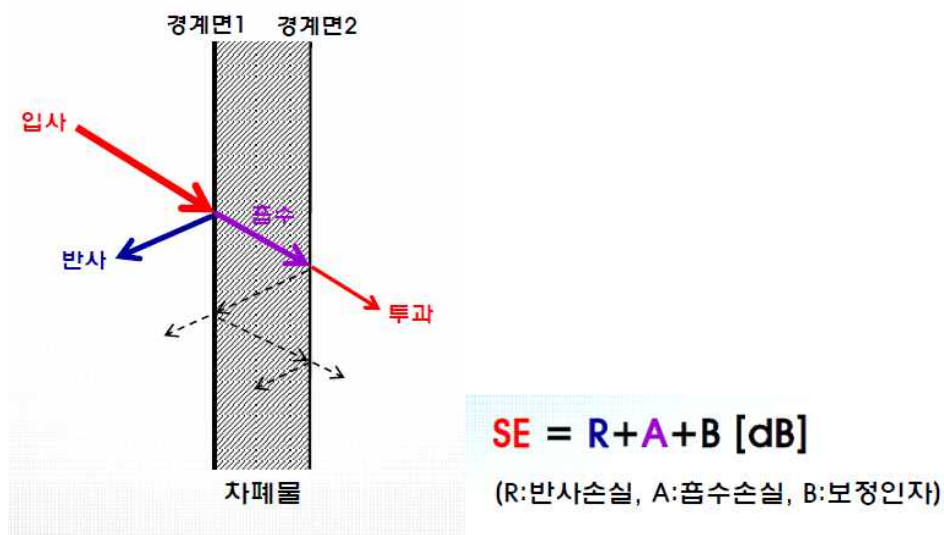


그림 5. 전자파 차폐 개념도

(출처 : EMP 차폐와 성능평가, 한국화학융합시험연구원, 2015)



○ 반사손실(Reflection loss)

- 두 매질(공기, 차폐물)의 특성 임피던스 차이와 관련
- 전기장은 경계면 1, 자기장은 경계면 2에서 반사
- 입사주파수가 낮을수록 반사가 큼
- 단, 발생원이 $\lambda/2\pi$ 거리보다 가까운 경우(근거리장)의 저주파 자기장에서는 반사가 작음
- 차폐물의 전도율이 높고, 투자율이 낮을수록 커짐

○ 흡수손실(Absorption loss)

- 차폐물 내부에 유기된 전류에 의해 열로 손실
- 표피깊이(δ) : 입사량의 37 %로 감소되는 거리
- 차폐물질의 두께가 δ 이면 흡수손실은 약 9 dB
- 입사주파수가 높을수록 흡수가 큼
- 차폐물의 전도율/투자율이 높을수록 커짐

○ 보정인자

- 차폐물이 표피깊이(δ) 보다 두꺼우면 무시
- 얇으면 자기장의 경우만 다중반사 영향을 고려

라. EMP 방호 대상 시설

- EMP 방호 대상 시설이라 함은 고출력 전자기 펄스의 공격으로부터 통신 장비, ICT 정보시스템 및 Data Server 등이 들어 있는 시설을 차폐하는 조치를 말함

- EMP 방호 적용 대상은 민간 영역과 군사 방호 영역으로 나눌 수 있음

(1) 민간 EMP 방호 대상 시설

- 민간 영역에서 우선적으로 EMP 방호 시설을 적용하여야 할 대상 시설로는 「정보통신기반 보호법」을 바탕으로 “정보통신기반시설”에 해당하는 국가안 정보장·행정·국방·치안·금융·통신·운송·에너지 등의 업무와 관련된 전자적 제어·관리시스템 등의 정보통신망을 구성하는 전기 및 전자 장비가 들어 있는 시설물을 보호 대상으로 함



- 주요정보통신기반 대상 시설 ;
 1. 도로·철도·지하철·공항·항만 등 주요 교통시설
 2. 전력, 가스, 석유 등 에너지·수자원 시설
 3. 방송중계·국가지도통신망 시설
 4. 원자력·국방과학·첨단방위산업관련 정부출연연구기관의 연구시설
- EMP 보호대상 세부시설 ;
 - 주 대상 세부시설은 통제 관제 센터 룸을 중심으로 보호
 - 예를 들면, KORAIL의 철도교통관제센터, 원자력발전소 중앙관제센터 등
 - 정보통신 장치 및 서버가 단위 건물에 넓게 분포된 경우 - 건물 전체 방호
 - 일부 룸에 한정된 경우 - 단위 룸만 방호

(2) 군사 EMP 방호 대상 시설

- 군사 EMP 방호 시설로는 「국방·군사시설기준-전자파 방호시설 설계기준」에 제시된 전기 및 전자 장비의 보호를 대상으로 하며, 아래의 시설을 주요 방호 대상 시설로 함
 - C4I(전술지휘통제시설) : 지휘(command), 통제(control), 통신(commu-nication), 컴퓨터(computer), 정보(intelligence) 시설

(가) 우선 1순위

- 작전사령부 이상 지휘시설 : 유사 시 이전 배치 없이 고정 지휘시설의 정보·통신 통제실

(나) 우선 2순위

- 군단급 이상 지휘시설 : 고정 지휘시설이지만 현재는 예산 상 이유로 시행을 연기하고 있음. 작전사령부 이상의 지휘시설 후순위로 EMP 방호가 필요한 대상 시설
- ※ 군사 방호시설은 위협 특성상 물리적 공격과 동시에 EMP 공격이 위협으로 작용하기 때문에 통합 방호 개념의 적용이 필요함



마. EMP 방호 대상 요소

(1) EMP 방호구조물

- 외부로부터 EMP 공격이 있을 경우 고출력 전자기 펄스가 최초로 닿는 건축물 또는 방호구조물을 말하며, 구조물의 구조형식은 여러 가지가 있으나 본 기획에서는 철근콘크리트(프리스트레스트 포함) 구조물을 대상으로 함
 - 철골구조 및 커튼월 형식의 건축물의 경우 고출력 전자기 펄스에 대한 치밀한 방호가 거의 불가능하므로 대상에서 제외 함

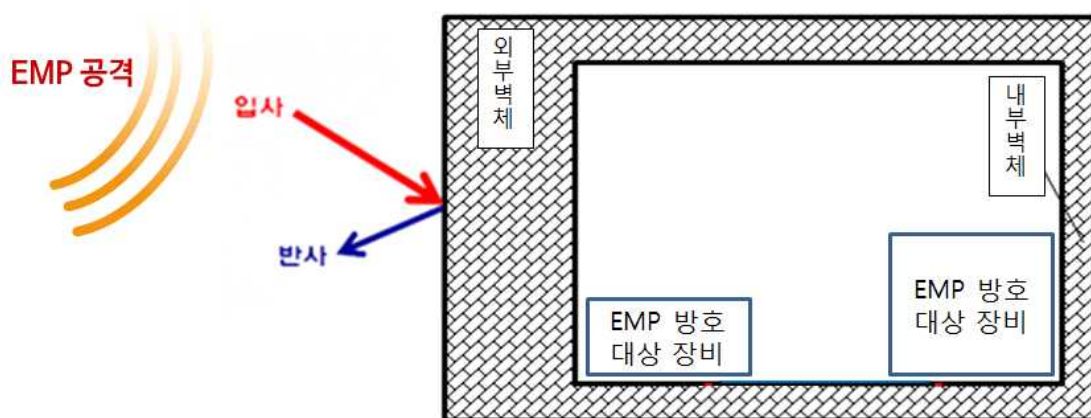


그림 6. 철근콘크리트 EMP 방호구조물 개념도

(2) 방사성 EMP 방호

- 공간으로 전파되어 침투하는 방사성 EMP를 차단하기 위한 것으로, 보호하고자 하는 장비 또는 시스템을 도전체로 밀폐시키는 방호 형태
- 방사성 EMP 방호에는 고정형 EMP 방호시설과 이동형 EMP 방호 장치가 있음
 - 본 기획에서는 철근콘크리트 구조물을 EMP 방호 대상 구조물을 선정하여 시설물 내부에 별도의 고정형 방호시설을 고려하지 않음
 - 단, 철근콘크리트 구조체가 목표 차폐율을 달성하지 못할 경우를 고려하여 추가적인 방호 Rack 장치에 대한 기술 개발을 검토함



그림 7. 고정형 방호시설 및 이동형 방호 Rack

(3) 전도성 EMP 방호

- 방사성 EMP에 의해 선로에 유기된 높은 전류의 유입을 차단하기 위한 것으로써 선로의 차폐벽 인입부 외벽에 EMP 필터를 설치하는 방호 수단
 - 대표적으로 전원용 필터와 신호형 필터를 들 수 있음
 - 필터의 경우 상당한 부분이 개발되어 있으나 대부분 HEMP의 주파수 대역에 적합한 경우가 많음
 - 따라서 본 기획에서는 기존 기술 및 제품의 수준을 파악하고 필요에 따라 추가 연구개발 범위를 검토함



그림 8. 전도성 EMP 방호 필터 예



바. EMI/EMC 차폐 및 제어

- EMI/EMC 차폐 및 제어가 가능한 건축물을 구현하기 위한 핵심 기술은 전자파 환경의 분석, 요건에 맞는 설계, 자재 및 시공 기술 전반을 말함
- 전자파 차폐 설계에 따라 적용할 수 있는 자재 및 소재, 개구부 및 조인트 부분의 제어기술, 설계를 완벽하게 구현할 수 있는 시공기술, 차폐성능의 신뢰성 있는 평가기술
- 이러한 기술을 지속적이고 효과적으로 유지할 수 있는 시방서 및 표준화 마련

(1) 전자파 적합성 (EMC)

- 의도하지 않은 전자파 장애로 인해 저하되거나 저하를 일으키지 않고 설계된 수준의 효율로 의도한 운영 환경에서 운영되어야 하는 장비 또는 시스템의 기능
- 전자기기가 다른 전자기기에 전자파 방해를 주고받는 것을 방지하는 전자적 양립성

(2) 전자파 장애 (EMI)

- 전자 장비에 필요한 성능을 저하, 방해하거나 반복적으로 중단시키는 전도, 복사, 유도 전압'으로 전자기기에서 발생하는 Noise로 의해 다른 전자기기를 방해하는 상태

2. 기술의 분류

가. 전도성 나노탄소소재 기술

- 본 기획에서는 나노탄소소재를 시멘트·콘크리트용 혼입재료로 개발하는 것을 검토함. 즉, 나노탄소소재를 전자파 차폐를 위한 구조체의 구성 재료로 개발하고자 함
- 그래핀을 중심으로 한 나노탄소소재는 다음과 같은 전자파 차폐 물성이 기대
 - 전기적 성질
 - 전하이동도 : $200,000 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ (구리의 150 배)
 - 최대허용 전류밀도 : $\sim 5.0 \times 10^8 \text{ A/cm}^2$ (구리의 100 배)
 - 면 저항 : $\Omega\text{sq.} < 50$ (구리의 35% 미만)



- 밴드 갭 : 0 ~ 0.3 eV (실리콘은 1.11)
- 기계적 성질
 - 강도 : 1,100 GPa, (강철의 200 배. 다이아몬드의 2 배)
 - 유연성/신축성 : 원면적의 20% 정도
 - 투명도 : 98%/layer
- 앞에서 나타낸 나노탄소소재의 전기적, 기계적 성질을 기반으로 시멘트 복합재료의 구성재료로 활용할 경우, 시멘트 복합재료는 전기전도성을 발휘하여 차폐 구조체를 형성할 수 있을 것으로 기대
- 시멘트 복합재료에 혼입된 나노탄소소재는 각 단위 소재 간 간격이 매우 작아 (수 nm 이하) 시멘트 복합재료 구조체 전체가 전기전도성을 띌 수 있을 것으로 기대
- 지금까지 개발된 나노탄소소재는 고가의 소재임. 나노탄소소재는 지금까지 반도체인 성질을 활용하여 디스플레이, wearable device 등의 고부가 가치 전자 기기 제조의 소재로 활용
- 본 기획에서는 나노탄소소재의 전기전도성과 역학적 강도 특성에 집중한 저비용의 나노탄소소재 제조 및 생산 기술 개발의 가능성을 검토하고, 연구개발 대상 기술로 선정하고자 함

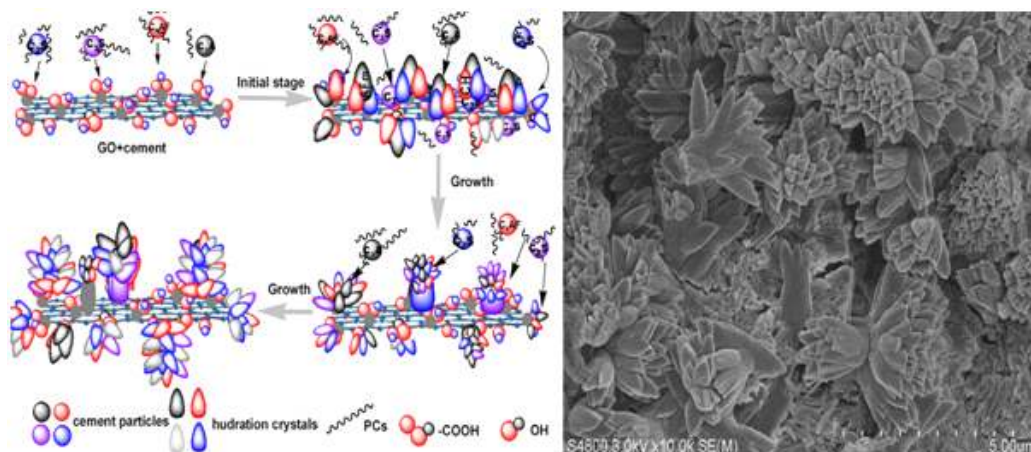


그림 9. 그래핀-시멘트 복합재료 합성 개념도



나. 전자파 차폐 시멘트 복합재료 기술

- 본 기획에서는 시멘트 복합재료가 전기전도성을 지니며, 이로 인해 전자파 차폐 성능을 발휘할 수 있는 기술을 개발하고자 함
- 시멘트 복합재료란 건설 기본 자재인 콘크리트 대체 재료임. 콘크리트와 비교하여 고강도, 고유동 및 고내구성을 지닌 고성능의 콘크리트 대체 재료임
- 최근에는 여기에 강재 및 유기 섬유를 추가하여 취성적 파괴를 방지하고 인장(tension) 및 인성(toughness)을 증가시킴. 시멘트 복합재료의 일반적인 구성은 다음과 같음
 - 결합재 구성(Binding Constituents)
 - 시멘트, 혼화재료(실리카퐁, 고로슬래그, 플라이애시 등)
 - 충전재 구성(Filling Components)
 - 실리카 파우더, 기타 실리카 충전재
 - 골재(Aggregates)
 - 1 mm 내외의 fine sand 중심으로 구성
 - 혼화제(Chemical admixture)
 - 고성능 감수제, 특수 혼화제 등으로 비빔 성능을 최대화
- 전기전도성을 확보하기 위해서 혼입되는 섬유는 강섬유를 사용하며, 강섬유의 종류는 여러 가지 형태가 있음
- 시멘트 복합재료의 전기전도성은 사용하는 섬유의 종류 및 혼입률(Volume Friction of Fiber, Vf)에 따라 달라질 것으로 예상됨



그림 10. 시멘트 복합재료 구성 및 섬유 종류



다. 전자파 차폐 콘크리트 기술

- 시설물 중 철근콘크리트 구조물이 거의 80%를 차지하고 있으나, 콘크리트는 전기전도성이 없으며 전자파 차폐 성능이 없는 것으로 알려져 있음
- 한편, 철근콘크리트에 포함된 철근은 전기전도 망을 형성하고 있으며, 이 철근은 일정 주파수 대역에서는 낮은 수준의 전자파 차폐가 가능한 것으로 알려져 있음
- 본 기획에서는 철근콘크리트 구조에서 철근의 배근 상세를 비롯한 아래의 기술적 접근에 따른 전자파 차폐 가능성을 검토하고자 함
 - 철근 배근 상세에 따른 전자파 차폐 기술
 - 콘크리트 구조체 표면 처리에 따른 전자파 차폐 기술
 - 철근의 접지 기술
 - 콘크리트 구조체에 강재 mesh를 결합한 전자파 차폐 기술
 - 콘크리트에 강섬유 혼입과 철근이 결합된 전자파 차폐 기술

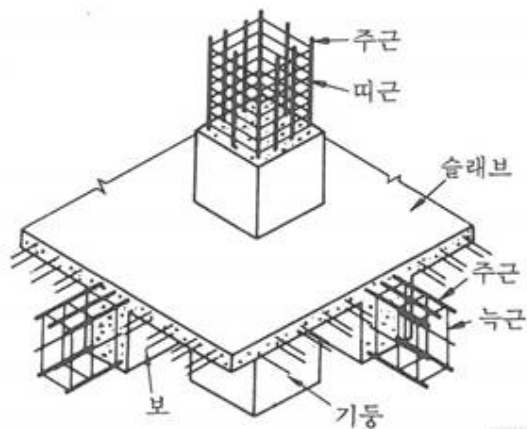


그림 11. 일반적인 철근콘크리트 구조

라. 기존 콘크리트 구조체 전자파 차폐 보강 자재 기술

- 상기 구조체 재료 기술은 대부분 신규 구조물을 건설할 때 적용이 가능한 시멘트 콘크리트 구조체 형태의 전자파 차폐 재료 및 자재 기술임
- 기존 주요정보통신기반시설물의 경우 정보통신 서버를 비롯한 장치와 장비들이 상시 가동 중에 있으며 이들 장치와 장치의 가동을 중단하고 이전 설치 후 EMP 방호 시설을 보강하는 것은 거의 불가능함
- 단, 정보통신 서비스의 유지관리를 위해서 일시적인 차단은 일상적으로 발생하



는 경우로서 이 유지관리의 행위 시 EMP 방호 보강 조치를 할 수 있는 자재 기술의 개발 필요함

- 이러한 단 시간에 작업이 가능하고 시설물의 구조체의 원형을 거의 변형을 시키지 않으면서 전자파 차폐 효과를 기대할 수 있는 재료나 자재들이 산업 제품을 중심으로 개발되고 있음. 단 이 재료 및 자재 기술은 단위 단가가 높은 단점을 지니고 있음
- 본 기획에서는 이러한 기술을 시설물의 구조체에 응용개발하여 기존 콘크리트 구조체에 EMP 방호 보강 기술로 활용할 수 있는 기술개발을 검토하고자 하며, 기술개발 대상과 범위는 다음과 같음
 - 금속용사 코팅 전자파 차폐 기술
 - 금속도금 중공입자 코팅 전자파 차폐 기술
 - 금속 및 고분자 합성 물질 코팅 전자파 차폐 기술

마. 전자파 차폐 개구부 부착자재 기술

- 철근콘크리트 구조체로 구성된 전자파 차폐 대상 시설물 또는 차폐룸 내부로 전기, 상하수도 및 공기조화 덕트 등이 통과하는 개구부(PoE) 존재함
- 전자파 차폐는 구조체뿐 아니라 이러한 개구부의 차폐가 이루어져야 요구 차폐 성능을 발휘할 수 있음
- 본 기획에서는 개구부의 전자파 차폐를 위하여 아래의 부착자재 기술 및 제품의 수준을 파악하고, 기술개발 대상과 범위를 검토하고자 함
 - 전자파 차폐 개스킷 기술
 - 전자파 차폐 필터 기술
 - 덕트 전자파 차폐용 허니콤 기술
 - 전자파 차폐 Rack 기술

바. 전자파 차폐 건축 자재 기술

- 건축물은 구조부재로 기본 구조 형태를 구성하고 생활 및 업무 환경을 조성하기 위하여 창호, 도어, 조명 및 통신 장치를 설치함



- 여기에 더하여 내부 공간의 편리함과 안락함을 구성하기 위해서 각종 건축자재를 이용하여 내부 인테리어를 조성함
- 본 기획에서는 이중에서 창호, 도어 및 건축내장재에 전자파 차폐 기능을 부여하여 구조체의 전자파 차폐 성능을 보완하는 기능을 발휘할 수 있는 건축자재 기술 수준을 파악하고자 하며, 아래 기술 분류에 대하여 추가 기술개발 대상과 범위를 검토하고자 함
 - 전자파 차폐 도어 기술
 - 전자파 차폐 유리창 및 창호시스템 기술
 - 전자파 차폐 건축자재 모듈 기술
 - 전자파 제어 유무기 소재, 고분자 및 금속 소재 건축자재 기술



그림 12. 전자파 차폐 도어 및 필터 제품 예

사. 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술

- 시설물의 외부 공간에서 침투하는 전자파 차폐 성능을 시험 방법은 지금까지는 SE(Shielding Effectiveness) Test가 대표적으로 수행되었음
- 본 기획에서는 우선 콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조체를 차폐물로 활용하는 기술을 개발하고자 함. 이에 따라 지금까지 개발되지 못한 시멘트 및 콘크리트 구조체 재료의 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술을 검토하고자 함
- 또한 창 및 도어 자재와 개구부의 차폐용 부속자재에 대한 차폐 성능을 시험 및 평가할 수 있는 기술을 검토하고자 함
- 다음으로는 구조물 단위의 전자파 차폐 성능을 시험 및 평가할 수 있는 기술을 검토하고자 함. 기존 SE Test는 많은 시간과 공간을 필요로 하는 시험평가 방법으로서 개선이 필요함



- 마지막으로 개구부를 포함하거나 또는 폐합형 EMP 방호구조물(또는 Room) 전체를 대상으로 전자파 차폐를 실증할 수 있는 실증실험 방법 및 시설에 대하여 기술적 가능성을 검토하고자 함

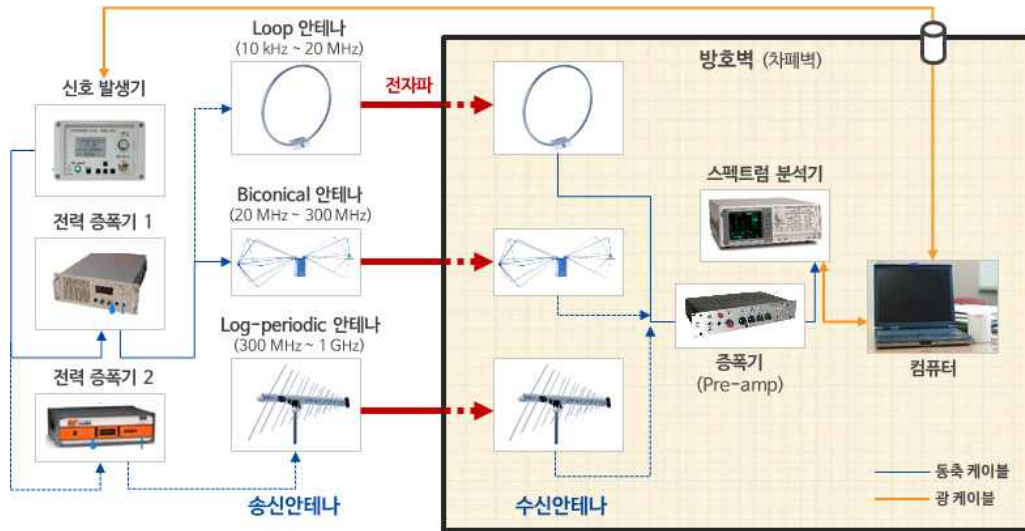


그림 13. 기존 SE Test 구성도

아. 전자파 특성 해석 및 설계 기술

- 차폐 대상인 EMP를 비롯한 전자파 자체의 특성과 해석적 접근법은 비교적 상세히 알려져 있음. 그러나 이것은 주로 금속 차폐 자재와 전자장비 상호간의 전자기적 특성에 대한 것이 대부분 임
- 본 기획에서는 실내에 있는 전자장비 및 장치에 대한 전자파 차폐가 아닌 구조물 내부 공간 전체를 차폐 하는 기술개발을 검토하고자 함
- 따라서 주 구조체를 구성하는 콘크리트 및 시멘트 복합재료를 매질로 하는 전자파의 특성을 분석하는 기술과 대상 매질에 대하여 전자파의 입사, 반사 및 흡수 특성을 해석할 수 있는 기술에 대하여 검토하고자 함
- 또한 구조물 내·외부의 전자파 환경 대하여 검토하며, 전기전도성 구조체를 개발 적용할 경우 구조체의 등전위 접지 및 과도전류 대책 등의 안전성에 대한 부분도 기획 단계에서 간략히 검토하고자 함
- 한편, 시스템 레벨의 EMC, EMP 취약성 분석과 최적 EMP 방호를 위한 zoning 및 배치에 대한 설계 기술 등도 사전에 검토하고자 함



자. 전자파 차폐 구조물 설계 및 시공 기술

- 전자파 차폐 구조물의 설계에 앞서 우선 검토가 되어야 할 내용은 EMP 공격 및 실내외 전자파 환경에 대한 시나리오 설정. 본 기획에서는 가상의 EMP 공격 수단과 영향 정도를 우선 검토함
- 또한 전자파 차폐 대상 category를 나누고, 이에 대한 적용 대상 수준을 검토함. 이 검토는 전자파 방호와 전자파 환경에 관련된 관계 법령과 제도를 기준으로 설정함
- 본 기획에서 대상으로 하는 전자파 차폐 구조물은 아래와 같은 두 가지의 기본 요건을 만족하여야 함
 - 구조적 기능 : 건축물이나 방호시설물 고유의 Structure Mechanics
 - 전자파 차폐 기능 : 외부에서 투과되는 EMP Shielding
- 전자파 차폐 구조물의 설계 및 시공 기술의 분류는 재료구성에 따라 아래와 같이 두 가지의 구조체 형식에 대하여 설계 및 시공 기술을 검토함
 - 철근콘크리트(RC) 구조체 : 일반 강도의 콘크리트 철근 배근을 기본 구성
 - 기존의 철근콘크리트 구조설계와 시공 기술을 따름
 - 철근 배근을 전자파 차폐에 적합하게 구성
 - 전자파 차폐 성능이 낮을 것으로 예상, 콘크리트 내 차폐 재료를 추가
 - 철근에 더하여 강재 mesh 보강을 통한 차폐 성능 향상 설계
 - 철근과 mesh 및 기타 보조 재료를 통해 구조적 성능과 차폐 성능의 양립성을 유지하는 설계
 - 차폐 성능 부족 시 별도의 추가 차폐 layer를 두는 설계
 - 고성능 시멘트 복합재료(HPFRCC) 구조체 : 고강도, 고밀도의 시멘트 matrix를 기본 구조체로 구성, 철근의 배근의 부재 역할(압축재, 인장재 등)에 따라 배치 여부 결정
 - 별도의 HPFRCC 구조설계 및 시공 기술을 따름
 - 시멘트 matrix 내, 나노탄소소재 및 강섬유 등을 혼입
 - 전자파 차폐 성능이 상대적으로 높을 것으로 예상
 - 높은 목표 차폐율(80 dB 이상) 요구 시 보강재 추가 여부 설계
 - HPFRCC 자체의 구조적 성능과 차폐 성능의 양립성을 유지하는 설계



· 차폐 성능 부족 시 차폐 성능 향상 표면 처리 설계

- 구조체 이외 창, 도어 및 개구부 등의 설치 여부는 목표 차폐율에 따라 결정하고 이에 대한 사전 검토를 수행
- 또한 창, 도어 및 개구부의 경우 각 부속자재 및 시스템의 차폐 한계를 검토하고 이를 반영하여 전자파 차폐 구조물 시스템 구성에 검토 후 설계 방향을 기획 단계에서 설정

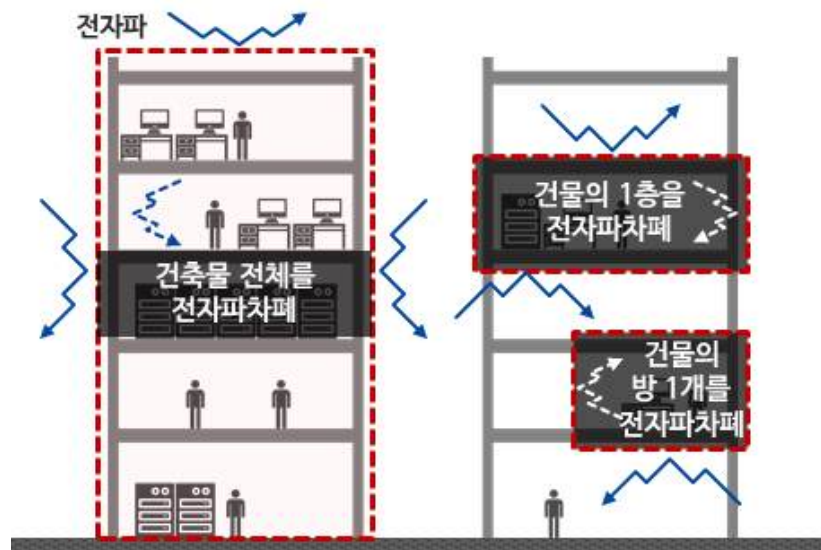


그림 14. 구조물의 전자파 차폐 단위 설계 개념

- 추가적으로 전자파 차폐 구조물 또는 룸의 경우 일반 업무 공간과 마찬가지로 사람들이 근무하는 것을 기본 조건으로 함. 이에 따라 쾌적한 근무 환경을 조성할 수 있는 건축 환경설계도 검토함



2절 연구개발의 필요성

1. 기술개발의 시급성 및 중요도

가. EMP 공격 위협의 심각성

- 최근 북한에서는 기존의 열, 폭발, 방사능 피해를 목적으로 하는 핵무기 개발 뿐만 아니라, 고고도 전자기 펄스(High-altitude Electromagnetic Pulse) 발생에 의한 전자기기 무력화하려는 위협이 증가되고 있음
- 한 국가의 인프라망은 전력망, 통신망, 금융망, 도로망 등이 있고, 군에서도 전술지휘통신망을 운용하고 있으며, 선진국일수록 인프라망을 효율적으로 제어하기 위해서 정보통신망과 융합하여 전국 규모의 망으로 운용하고 있음
- 컴퓨터, 비행기, 자동차 등의 인단이 사용하는 모든 기기들은 전자부품을 내장하고 있어, HEMP의 영향을 받을 경우 동적 불능 상태가 됨
- EMP는 이러한 인프라망에 피해를 줄 수 있으며, 인프라망에 고장이 발생할 경우, 전력망 제어는 불가능하게 되고, 대정전과 같은 혼란이 야기됨



그림 15. EMP 공격에 따른 주요 피해 사회기간망 예

(출처: 김석봉 외 4인, 화생방 시설의 EMP 방호체계 연구, 화랑대연구소, 2011. 5)



- 한편, 전기전자 부품 산업의 눈부신 발전으로 산업(가정)현장이나, 군 무기체계에 많은 기여를 하고 있으며, 이러한 전기전자 부품들은 소형화, 저 전력화, 고집적화 되면서 전자파에 대한 내성 약화로 인한 장비 오동작 및 기능저하가 많이 발생되고 있음
- 또한 국가 안보에 관련된 지휘통제(C4I)시설의 EMP로부터 보호하기 위한 방호 시설에 대한 연구 및 국가 차원에서의 투자가 중장기적으로 필요함
- EMP가 전자회로에 침투할 경우 강력한 유도 작용에 의한 과전류를 발생시켜 전자회로를 망가뜨리기 때문에 반도체로 작동하는 모든 전자기기 즉, 통신장비, 컴퓨터, 이동수단, 전상망, 군사용 장비 등이 EMP 공격으로 마비
- EMP의 영향이 도시중심지에서 발생하게 되면 전력, 통신, 금융 네트워크 등 사회 기간망이 복합해지고, EMP 폭탄 등 신종 첨단 무기에 의해 전력망, 통신망 국가 기간시설들이 한순간에 마비될 우려가 상존
- 최근 사회기반시설들의 대형화, 자동화되고 전산화됨에 따라 국가 운영에 관련된 모든 정보가 전자장비에 보관됨. 전자파에 의한 공격 피해가 발생할 경우 국가적인 대혼란이 야기 될 수 있음. 이러한 우려가 있는 사회기반시설들은 아래와 같음



그림 16. 전력시설 (울진원전)



그림 17. 교통시설



그림 18. 초고층 빌딩 (제2롯데월드타워)



그림 19. 방송, 통신 시설



- 고출력 전자기파가 국가기반시설에 결합되는 시나리오는 다음의 2가지 경우가 있음. 하나는 시설 구조물의 틈새와 접합부를 통해 고출력 전자기파가 침입해 들어오는 경우의 후방 결합(back-door coupling)이고, 다른 하나는 시설 외부에 노출되어 있는 안테나 또는 센서부를 통해 고출력 전자기파가 침입해 들어오는 경우의 전방 결합(front-door coupling)임
 - 미국의 태평양 실험과 같이 동해 상공 40~60km에서 핵 EMP탄을 터뜨릴 경우 한반도 전체가 EMP탄의 영향권 안에 놓일 수 있음. 단 한 개의 EMP탄으로 모든 군사용 전자, 통신시스템을 파괴할 뿐 아니라 인명까지 살상할 수 있음
 - HEMP(High-altitude EMP)는 고도 40 km 이상의 상공에서 핵폭발로 인해 발생되는 높은 전자파 에너지로써, 반경 수십에서 수백 km에 걸쳐 인체에는 무해하지만, 금속성 물질에는 유기되어 빠른 속도로 전자기기를 파괴하거나 무력화
- 이로 인해 전력, 통신, 금융 네트워크 등 사회기간망의 마비를 가져올 수 있으며 기간의 중요 전기전자 설비들이 EMP 공격에 의해 손상이 발생, 엄청난 피해와 혼란을 야기할 수 있음
- (출처: IEC-61000-1-3, "Electromagnetic compatibility(EMC) - Part 1-3: General - The effects of high-altitude EMP (HEMP) on civil equipment and systems", Jun. 2002)
- 북한 위성항법장치(GPS) 전파교란이 지속되면서 EMP탄도 다시 주목되고 있음. EMP탄은 고출력 마이크로웨이브 에너지를 순간 발생시켜 적의 지휘통제 체계와 방공망 등 모든 전자기기를 무력화시키며, 통신과 전기가 마비되기 때문에 민간시설도 큰 타격을 받음



그림 20. EMP 폭탄 가상 시나리오

(출처 : <http://www.etnews.com/20160405000107>)



- 2010년 이후 국방 및 국가의 주요시설에 대한 EMP 방호시설 구축을 추진하고 있으며 최근에는 공공기관 및 민간시설에까지 EMP 방호대책을 강구하고 있음
- 또한 국방 및 국가기관에서 각종 EMP 관련 연구용역을 통하여 일반적인 EMP 방호 기준을 제시하고 있으나 EMP 차폐대책에 대한 구체적인 지침은 명시하지 못하고 있음
- 국정감사 자료에 따르면 2010년과 2011년, 2012년, 2016년 등 4차례에 이뤄진 북한의 전파교란 기간에 GPS가 교란되었으며 항공기 2,143대, 교란신호 발신지역도 2016년에 개성, 해주, 연안, 평강 및 금강산 등 다양함
- 최근 북한은 탄도 미사일을 특정 고고도(성층권 이상)에서 핵탄두를 폭발시키는 사격 방법을 검토하는 등, 핵 EMP 실험 가능성을 시사하여 안보에 심각한 위협을 가하고 있음
- 현 정부청사 건물 중 가장 최근에 지어진 세종청사(2014완공)를 제외한 서울 등 나머지 청사 9곳에는 북한의 포격이나 화생방 및 EMP공격에 대비되지 않음 (출처: 조선일보, 2016. 10. 10)
- 2012년 8월 말 국방부의 ‘전자파 차폐 대상부대 및 전자파 방호능력 구비 현황’ 보고서에 따르면 군은 EMP방호능력이 필요한 시설 221개소 중 단 3개소에 대해서만 EMP 방호능력을 확보한 것으로 나타남
- 북한의 연이은 핵실험 이후, 북한의 EMP공격에 대한 군의 방호 능력 확보의 시급성이 지속적으로 요구되었지만 현실은 아직까지도 군의 EMP방호능력 확보 수준이 미비하다는 것을 나타냄
- 군은 첨단화, 효율화를 위해 네트워크 중심전(NCW : Network Centric Warfare)을 추구하고 있지만 IT기술을 기반으로 한 네트워크 중심전은 북한의 EMP공격에 매우 치명적임
- 국방부의 ‘항전자 관련 북한 동향’보고서에 따르면 군 정보당국도 북한의 EMP탄 개발 가능성을 인정하고 있는 것으로 확인되었고 이에 군의 EMP방호능력 확보는 매우 시급한 과제임
- 2012년 10월 국방부가 국회 국방위에 제출한 ‘전자파 차폐 대상부대 및 전자파 방호능력 구비현황’ 자료에 따르면 EMP탄 방호능력이 필요한 시설 221곳 중 합동참모본부 신청사와 계룡대 등 3곳만 방호능력을 확보. 우리 군의 전자파 차폐능력 구비율은 1.4%에 불과, 군 지휘소 99%가 EMP탄에 사실상 무방비인 것으로 나타남(출처 : 월간조선 2017.5월호)



표 1. 전자파 차폐 대상부대 및 구비 부대 현황

단위 : 개소

구 분	대상 부대	구비	진행/예정	미구비
계	221	3	32	186
육 군	143	1	2	140
해 군	31	-	1	30
공 군	39	-	26	13
국 직	8	2	3	3

(출처: 전파진흥기본계획 요약, 미래창조과학부, 2014. 1)

- 국내 공공기관 및 주요 사회기간시설물은 테러나 국지도발로 인한 물리적인 공격과 EMP 공격에 대한 대비가 전혀 갖추어져 있지 못하며 이에 대한 대책 또한 미흡
- 시설물 단위의 EMP 방호에 대한 민간의 인식이 낮지만 사고가 발생할 경우 피해 규모는 매우 큼. 따라서 위협에 대비하기 위해 국내 EMP 방호기술 전반에 걸친 기술개발로드맵을 마련하고 소재/재료 기술개발, 성능평가, 설계 및 시공 기술을 개발할 필요가 있음

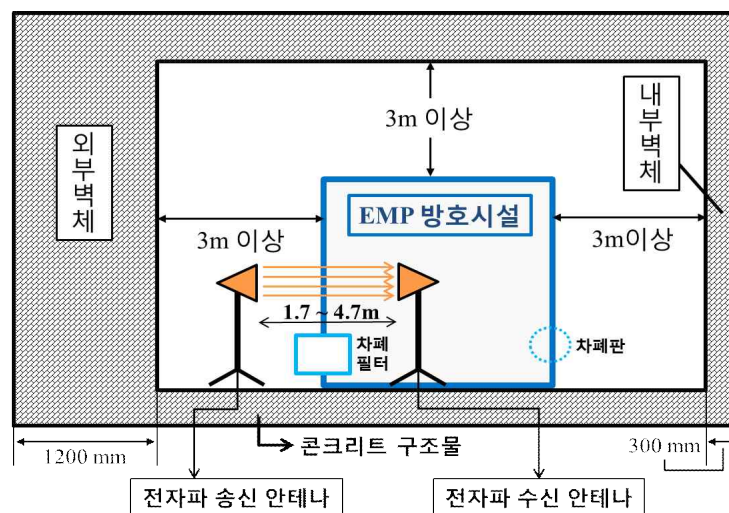


그림 21. HEMP 차폐 시설의 시공 단면도

- 현재 방폭, 화생방 및 EMP 방호를 동시에 고려한 군사시설물의 통합 방호 개념도는 아래 그림과 같음. 특징은 방폭을 위해서 매우 두꺼운 콘크리트 구조를 시공 후 벽체로부터 최소 3 m 이상 이격시켜 HEMP 방호시설을 구축하고 있음. 이에 따라 건축 공간의 비효율성 및 건축 비용 상승을 유발



- 이러한 방호시설물은 EMP 방호 성능의 측정과 Guarantee를 위한 것으로서 SE Test와 유지보수 공간의 확보를 위한 것임. 따라서 건설 구조재료이면서 동시에 EMP 차폐가 가능한 기술 개발이 필요함
- ‘재난이 발생하면 구호 및 복구비용 뿐 아니라 경제활동 둔화, 에너지서비스공급 차질 등 간접비용도 증가함. 글로벌 생산소비 체제로 한 지역에서 발생한 재난의 영향이 다른 지역으로까지 확대될 수 있음. 따라서 국가적 차원의 재난 위험관리시스템이 요구됨. 이와 같이 국가 재난관리 강화 기반 기술을 제공 (출처: 2013.10.07 국무총리실 - 총체적인 국가재난관리 강화)’

나. EMP 피해 상황 예측¹⁾

(1) 군사체계 피해

- 군 지휘통제체계(C4I)가 컴퓨터 시스템에 기반을 두고 있는 점으로 볼 때, EMP 방호 조치가 되어 있지 않을 경우 EMP 공격을 받게 되면 금속산화반도체로 구성된 기기 등 전자 인프라스트럭처 전반이 무력화될 수 있음
- 움직이는 목표물 일지라도 EMP탄에 통신과 정보신호센서 탐지용 전자 지원 계측(ESM : Electronic Support Measures) 체계를 갖추게 되면 포착이 가능. 이 경우 EMP탄의 공격에 의해 전투기 및 함대 등의 제어기능이 상실되어 추락 및 침몰 우려가 있음
- 컴퓨터와 전자·통신 기술에 크게 의존하는 최첨단 C4I SR체계, 정밀유도무기, 탄도미사일방어시스템, GPS, 항공기 시스템, 인터넷망 등을 가동 중단과 오작동을 유발시킬 우려가 있음

(2) 발전소 및 국가 전력체계 피해

- 국가경제와 사회기능은 전력의존도가 높아 전력체계에 대한 파괴가 있을 경우에는 심각한 경제적 피해와 사회 기능마비가 발생 될 것으로 예측됨
- 미국의 경우에도 EMP 공격을 받을 시에는 미국전역 전력공급체계의 70%가 붕괴 될 것으로 보고 있고, 이의 복구 시간도 몇 주일 이상이 소요 될 것으로 예상함 (Dr. John S. Foster, Jr, 2004.6)

1) 정주섭, 국가원수 경호적 측면에서의 EMP 방호시스템에 대한 고찰, 한국경비학회, 제41호, 2014.12



그림 22. 국방 전술 데이터 링크 통합 구축 체계 모형도
(출처 : tnrc.ajou.ac.kr)

- EMP 공격으로 도체(전력선) 내부에 유도전류가 발생하여 변압기와 같은 송전 장비 성능 저하 및 전력공급 중단으로 국가 비상체계 마비와 경제적 피해뿐만 아니라 원전사고가 커다란 문제가 될 수 있음
- 만약 국내에 운영 중인 28기의 원자력 발전소가 예상치 못한 EMP 공격을 받아 전기 공급 중단으로 발전소 내 주제어실의 컴퓨터, 각종 스위치, 장치 등 전력생산 조절 및 관리를 하는 안전시스템 마비로 발전소 블랙아웃 현상이 발생한다면 후쿠시마 원전사고가 남의 일이 아닐 수 있음

(3) 수송체계에 대한 피해

- 육상·해상·공중 수송체계의 마비는 사회 전반의 혈관을 응고시키는 결과를 초래할 것이며 인명피해를 동반할 수 있음. 육상교통신호체계의 기능 마비는 기동중인 차량의 교통사고와 정체를 일으킬 수 있음
- 철도 시스템 또한 철도통신센터와 철도신호 마비 등으로 인하여 열차 운행이 전면 중단될 것이고 심하면 선행 후행 열차 간 추돌 사고도 발생할 수 있음
- 해상에서의 선박 등의 통신장비, GPS 교란 등으로 운항향로 및 선박가동의 중지, 민간 및 군용 항공기와 관제시스템의 마비는 더욱 심각할 것으로 예상



그림 23. 미 국가항공작전센터의 EMP 피해실험 예

(출처) Electromagnetic Pulse, Wikipedia, the free encyclopedia.

http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_pulse, 2014. 1. 30.

(4) 금융기관의 피해

- 경제활동의 중추가 되는 통신체계 연계산업(은행 및 금융 등)이 EMP 공격에 노출 될 경우, 기능 마비 및 복구 지연 시 경제적 혼란이 유발
- 2016년 6월 미래부는 북한의 EMP 공격을 가상하여 금융기관에 대한 대비태세를 점검(연합뉴스 2016.6.7.)
 - 금융위원회는 금융감독원, 한국거래소, 증권, 은행 등 40여 곳을 점검
 - 각 기관의 보안 담당자들을 대상으로 EMP 공격으로부터 보호해야할 시설물에 대해 어떤 것이 있는지 조사
 - EMP 공격에 대하여 얼마나 알고 있는지, 방어 대책이 필요하다고 생각하는지에 대한 설문조사 시행, 조사결과를 미래부에 전달
 - 미래부는 혹시 있을지 모를 북한의 EMP 공격 관련 대책을 수립하기 위해 금융기관뿐만 아니라 다른 행정기관들을 모두 포함하여 조사했다고 밝힘
 - 현재 자료를 취합 분석 중에 있으나 결과는 비공개로 정부 내 대책 마련 자료로 사용할 계획



- 설문조사에 참여한 금융기관은 ‘EMP 공격에 대해 개념 정도만 알고 있다’거나 ‘잘 모른다’는 대답이 다수이며 EMP 공격에 대한 대비 필요성에 대해서는 ‘필요하다’는 대답이 주류를 이룸

(5) 병원, 경찰서, 소방서 등 국가 비상체계에 대한 피해

- 자체발전기가 없는 작은 병원들은 환자관리가 어렵고, 큰 병원일지라도 주 사용되는 의료장비가 EMP 영향으로 작동되지 않거나 오작동으로 인해 중환자실, 수술실 등에서 환자들의 생명이 위협 받게 됨
- 경찰서와 소방서는 자체발전설비가 없어 위급 시 구급체계, 피해복구 지연에 어려움이 발생하게 되는 등의 2차 피해가 예상되므로 이에 대한 방호 체계를 갖추는 것이 중요한 과제

(6) 인명 피해

- 고출력 전자파는 개인화기, 폭탄 등의 물리적인 공격과 달리 사람에게 직접적인 피해를 유발하지 않지만 정보통신 및 기기의 손상으로 인해 아래와 같은 간접적인 피해를 유발함
 - ① HEMP에 노출 시, 폭발 진원지의 1000마일(대략 1609Km)내에서 체내에 이식된 인공 심장박동기, 이식형 제세동기3)등 이식형 의료기기들의 오작동으로 국내 이식 환자 약 1,7000여명(2009년 기준)이 생명에 위협
 - ② 남캘리포니아 대학에서 가정용 전기제품의 전자파 노출이 많은 어린이가 백혈병에 걸릴 가능성이 2~2.5배 높다는 결과가 나왔으며 국내에서도 전자파와 인체 내 질병유발의 상관관계에 대한 연구결과가 있음(경제신문 2011.6.2.)
 - ③ 인슐린펌프는 체장과 같은 리듬으로 인슐린을 공급하는 주입장치로 전자칩이 내장되어 있어 EMP영향을 받음. 장기노출 시 인슐린의 형태 변형을 일으켜 인슐린과 인슐린 친화력을 감소시킴(T. Kjeldsen, 2000)
 - ④ 200~400펄스 또는 200kV/m 노출 시 BBB (Brain Blood Barrier : 혈뇌장벽) 교란을 일으켜 산화스트레스가 지속적으로 축적되면 세포의 유전자에 영향을 미치고 면역 체계를 약화시켜 암과 같은 질병과 노화를 유발



(7) 경제적 피해 규모

- EMP 피해의 규모는 예측 불가하지만 크게 군사적 피해와 사회·경제적 피해 그리고 인명 피해상황으로 구분해 보았을 때 통신 시스템 및 위성장비의 마비를 시작으로 군사안보시스템과 수송, 금융, 국가비상체계 등 여러 부문으로 피해가 나타남
- 미 의회에서는 북한 및 이란의 EMP 공격을 상정해 분석한 결과, 400 km 상공에서 1~2 메가톤급 이상의 EMP탄이 터질 시 미 대륙 절반에 걸쳐 전자 장비가 파괴되고 수조 달러의 경제적 피해가 발생할 것으로 예상
- 2007년 9월 볼티모어 세이지 정책 그룹과 IAN 연구소는 볼티모어, 워싱턴, 리치먼드가 EMP 공격을 받은 것으로 가정해 피해를 추계한 결과 심각한 것으로 밝혀졌다고 미국의회보고서가 공개(2008.7, 미국하원 군사위원회 “EMP 소위원회” 의회보고서, CRS Report)
 - ① 40~100 km 상공에서 폭발하면 피해 반경이 800km에 달함
 - ② 전력 및 통신망은 최대 50%가 파괴되고 경제는 25% 위축, 피해 금액은 7700억 달러로 2007년 미국 연간 국내총생산(GDP)의 7%에 해당

다. 정보통신의 광대역화 및 무선화에 따른 전자파 환경 노출

- 최근 IT기술의 발전과 브로드-밴드화 등의 정보통신의 광대역화, 무선화가 발전하는 가운데 정보와 에너지를 가지고 있는 전자파는 보이지 않지만 공기와 같이 하나의 환경인자가 됨
- 선진국에서는 이미 오래 전부터 각종 전자기기에 대한 전자파 환경의 악화방지 및 악화된 전자파 환경에서의 신뢰성 보장을 위하여 자국산 및 수입품에 대하여 국가 차원의 엄격한 시험절차를 통한 전자파 복사 규제를 적용, 시행하고 있음
 - 점차 증가하는 전자화에 대처하기 위해서 규제 수준을 강화하고 있음 (출처: EMI/EMC 기술 동향 분석, KISTI, 2003)
 - 전자파장해 문제는 유럽, 미국, 일본과 같은 선진국에서는 국가적 차원의 관심이 되어 전자파장해를 방지하기 위하여 규제를 강화하고 각종 법규로 강력하게 대처할 전망이며, 비관세 무역장벽의 수단으로 활용, 상품의 판매 및 수출입 규제에 이용하고 있음



- 전자기기 및 전자통신 산업의 급속한 발달로 디지털기기, 통신기기의 사용 증대되고 다양화 되고 있으며. 산업 및 일상생활 전반적으로 Wireless 산업으로의 전환
 - 전자장비와 통신장비가 소형화, 경량화, 고기능화 됨에 따라 높은 주파수에서 사용되는 기기의 종류가 증가되고 있는 추세
 - 즉, 최근 225 MHz, 400 MHz, 900 MHz, 2.5 GHz, 19 GHz, 60 GHz 등에서 쓰이는 가전기기와 무선기기, 무선 LAN 등의 사용이 증가
 - 특히, 무선 랜에 의한 사무자동화, 스마트시티, 스마트 빌딩 구축 증가
- 전자파의 유해성에 대한 관심과 이에 대한 논란이 우리나라에서 뿐만 아니라 전 세계적으로 고조
 - 두통, 암, 백혈병등 질병의 원인이 될 수 있다는 주장이 끊이지 않으며 그 규제는 지속적으로 강화되는 추세
 - 이 영향으로 전자파 차단 및 흡수 분야의 국내 잠재시장 규모는 이미 3조원대에 달하는 것으로 추산. 이와 관련된 전자파 적합성 시장도 급속도로 성장
- 사물인터넷에 기반 한 고도정보화사회가 진행됨에 따라 사무실 등의 오피스 공간부터 일반가정 등의 사적공간에 이르기까지 사회 모든 분야에서 전자기기의 이용이 급증
- 스마트폰 보급 확대, LTE 등 신규 무선서비스 이용 증가, 웨어러블 기기 출현 등으로 일상생활의 전파 이용이 급증하고 있는 실정임
 - 향후, 사물인터넷(IoT, Internet of Things)의 확산으로 각종 신규 스마트 기기와 서비스가 확대되어 국민의 생활전자파 노출이 더욱 심화될 것으로 전망됨(출처: 전자파인체보호 종합대책, 미래창조과학부, 2014)

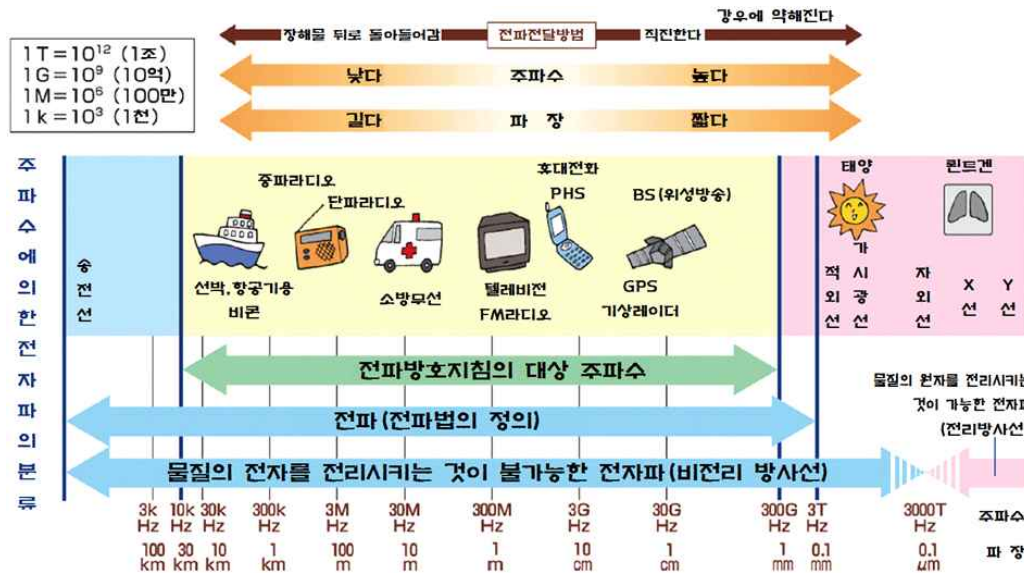


그림 24. 전자파의 주파수 분류

- 전자파 인체유해성 논란과 함께 노이즈 발생, 간섭/장애, 기기 오작동 및 정보보안 문제 등을 일으켜 피해가 발생하며, 이러한 전자파 차폐환경을 고려한 시설물의 구축이 필요



그림 25. 전자파의 인체영향

- 전자파 사고는 아래의 그림과 같이 사고를 일으키는 요인(source)과 피해기기(victim), 그리고 그들 둘의 결합경로(coupling path)가 동시에 존재할 때 발생한다. 전자파양립성(EMC: electromagnetic Compatibility) 측면에서는 원천으로부터 비의도적으로 발생하는 전자파방출을 줄이고, 또한 피해기기의 과도한 민감도를 억제시키는 방향으로 규제가 이루어지며, 대책기술은 대개 두 가지



요소의 결합경로를 차단하는 형태로 이루어짐



그림 26. 전자파 사고의 구성요소

(출처: Clayton R. Paul, Introduction to Electromagnetic Compatibility, 2nd ed. Wiley-Interscience, 2006)

- 핵심 국가기반시설의 무선채널을 통한 고출력 비핵 전자기파 및 대역 내 간섭 (in-band interference) 위험은 무선채널에 접속된 정보통신설비의 심각한 손상을 초래하여 국가사회 전반에 악 영향을 끼칠 수 있음
- 특히, 오늘날의 사회는 초연결사회로서 사회 각 분야의 국가기반시설이 서로 밀접하게 연계되어 있으며, 따라서 어느 한 국가기반시설이 오동작 또는 손상을 입으면 국가 사회 전반에 걸쳐 막대한 피해를 유발할 수 있음
- 이러한 국가기반시설에 널리 적용되고 있는 정보통신설비는 전자파에 매우 취약하며, 따라서 이에 대한 대비가 매우 중요한 것으로 인식됨

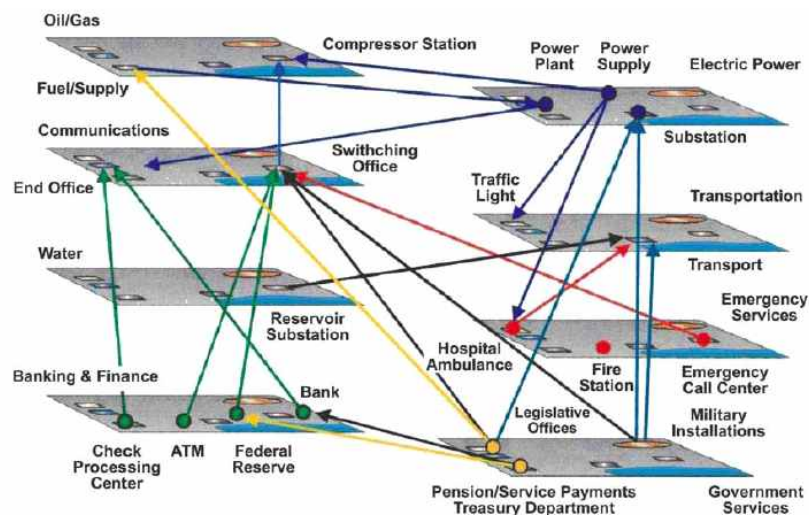


그림 27. 국가기반시설의 상호 연계성

(출처: U.S. EMP Commission Report, "Report of the Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack, Volume 1: Executive Report", 2004)

- 불특정 다수를 대상으로 하거나 또는 공격 목표물의 구체적인 전자기적 특성을 모를 경우, 후방 결합(back door coupling) 공격 방식이 불가피하게 사용되지



만, 공격 목표물의 전자기적 특성(특히, 사용주파수 대역 및 내성 레벨, 변조 방식 등)을 구체적으로 알고 있는 경우, 전방 결합(front door coupling)이 매우 효과적인 공격 방식으로 인식되고 있음

- 특히, 민간 분야에서 관심을 갖고 있는 전자파 테러는 전방결합을 통한 무선채널의 의도성 간섭(intentional EMI)가 가장 효과적인 것으로 알려짐

2. 국가 안보 및 사회 이슈 해결 방안 시급

가. EMP 위협의 증가

- 1962년 7월 9일 태평양 미국령 Johnston 섬 상공에서 TNT 140만톤의 위력을 가진 핵실험을 진행하였는데 이때 폭발장소에서 1,300 km나 떨어진 곳에 위치한 미군 전자통신 감시지휘시스템이 파괴되고 1,500 km 떨어진 하와이의 신호등, 라디오, TV 등 전자기계와 관련된 모든 제품이 고장 난 피해가 발생함
- 인위적 테러에 의한 사고는 사전에 예측이 불가능하며, 발생하지 않도록 사전에 대비하는 것 외에는 막을 수 없음. 또한, 발생 시 국민적인 불안은 큰 혼돈을 야기할 수 있음. 테러의 효과가 미비하다면 발생 확률이 줄어들 수 있음
- 지금까지의 테러 형태는 개인화기 및 폭발물 등에 의한 물리적인 공격이 주를 이루었으나, 소형 EMP탄의 개발에 따라 고출력 전자기파의 공격이 새로운 테러 수단으로 활용될 가능성이 높음
- 국외의 경우 IS(이슬람국가)의 자폭테러, 미국 9·11 항공기 충돌에 의한 WTC 빌딩의 붕괴 등, 인적 물적 피해의 규모는 상상을 초월하였으며 2013년 국가정보원에서 발표한 그림과 같이 약 10년 사이 국가중요시설물에서 55% 이상의 테러사고가 발생하고 있음

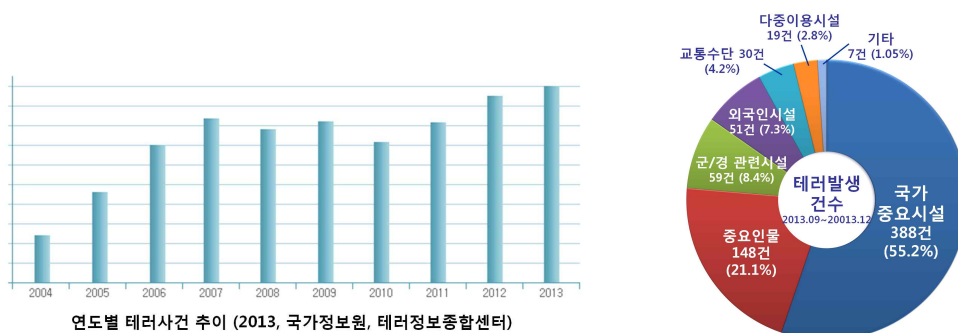


그림 28. 시설별 발생 테러사건 및 테러사건 추이 (테러정보종합센터)



- 2003년 3월 26일, 이라크전에서 미연합군이 EMP탄의 한 종류인 고출력 극초단파(High-Power Microwave)탄을 이라크 TV 방송국 공격에 사용한 것으로 알려져 있으며, 이 EMP탄은 폭발과 함께 1초 내에 20억 와트(W)의 전력을 발산해 반경 1 km 내의 모든 전자 장비를 파괴하였음
- 2013년 2월 18일 KBS는 “북핵의 또 다른 위협”이란 제목으로 북한이 한국에 대해 EMP 공격에 나설 가능성을 분석하며, 북한이 인명살상이 아닌 변형된 핵공격을 가해올 경우 EMP 공격일 가능성이 높다고 보도
- 2011년 CIA출신 핵무기 전문가 프라이 박사는 미국의 소리(VOA)와 인터뷰에서 북한이 단 한 번의 공격으로 통신망과 전력망을 무력화시킬 수 있는 슈퍼전자기파(EMP)폭탄을 개발했을 수 있다고 밝혔으며, EMP 폭탄을 개발한 러시아 과학자의 EMP 디자인 정보가 북한에 유출되었다고 밝힘 (출처: 미국의 소리(VOA) 인터뷰 중, 2011.06.24)
- 대한민국은 북한과의 대치 상황으로 인해 군사적 위협에 철저하게 대비해야 하는 시기에 놓여 있음. 특히, 최근 북한에서 개발 중인 핵무기는 기존의 열, 폭발, 방사능피해를 목적으로 하는 개발이 아니라, 고고도 전자기 펄스(High-altitude Electromagnetic Pulse : HEMP) 발생에 의한 전자기기 무력화를 목표로 개발하는 것으로 예측되고 있음

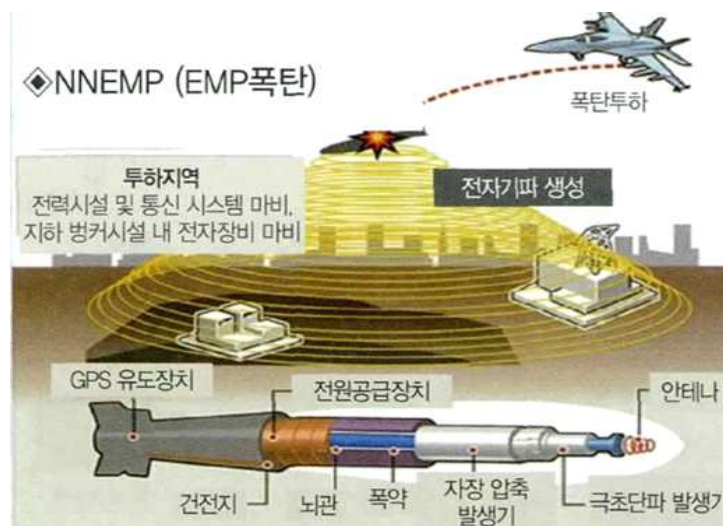


그림 29. EMP 폭탄

(출처: EMP 위협의 실상과 발전방안, 김홍일, 국방과 기술 제414호, 2013.08)

- 정부는 금융기관(금융감독원과 한국거래소, 증권사, 은행 등 40여곳을 대상) 등을 상대로 고출력 EMP 공격이 있을 경우의 대비 태 점검 및 방어체계를 조사함



(2016년, 8월 주간조선)

- 국내에서 발생한 대표적인 피해사례로는 2010년 11월 23일, 연평도 포격사건 당시 우리 군의 레이더를 무력화시키는 전법을 구사하였고, 북한군의 강력한 방해 전파 교란으로 인해 대포병 레이더가 정상적으로 작동하지 못한 것으로 알려졌다
- 최근 국내외적으로 EMP탄과 관련한 각국의 개발 추세를 고려할 때, 대부분의 전문가들은 북한이 곧 중국과 러시아를 추월할 것이라 예측함 (YTN 보도, 2014년 7월)



그림 30. 북한의 핵개발 및 EMP탄 공격에 대한 위협의 증대 및 피해 시나리오

나. SOC 시설물의 전자파 사고 사례

- 2004년 한국고속철도(KTX) 개통 시, 20건의 지연운행 사고 중 6건이 전자파로 인해 보조전원장치의 반도체가 파열돼 전원 스위치가 꺼지면서 발생
- 이와 유사한 사례로 1984년 일본 지하철역사에서 20m 떨어진 전자오락실에서 발생한 전자파로 인해 신호가 교란돼 열차끼리 충돌한 사례가 발생
- 그러나, 실제 전자파에 의해 발생하는 철도 사고의 경우에는 지속적인 신호교란이 아닌 일시적인 신호교란에 의해 발생하기 때문에, 사고가 발생한 후에도 이를 규명하기가 실질적으로 어려운 상황임 (출처: 한국철도기술연구원(2004), 고속열차 안전운행 확보를 위한 장애(고장)안전진단 연구, 철도청 연구보고서)
- 국토교통부에서는 신규 노선용 통신망 및 기존 노후 통신망을 LTE통신 방식을 사용하는 철도통합무선망(LTE-R)을 사용하기로 결정하였으며, LTE방식의 고속열차제어 등에 적용하는 후속연구를 진행하고 있음
- 실제 부산교통공사는 2015년부터 LTE-R 무선 설비 구축을 수행하고 있으며, LTE-R 통신망은 국가재난안전통신망과 연동을 추진하고 있음. 그러나, EMP에 의한 테러 및 기존 철도 무선통신시스템과의 주파수 간섭과 혼신 등에 따른 철도 운행 중단 및 사고 발생 위험이 존재하고 있음 (출처: 김사혁(2013), 철도



무선통신망 구축 국내외 현황 및 시사점, 정보통신방송정책 25권 9호, pp.1-44)

- 철도 시설 중, 차량의 경우에는 EMI 및 EMC의 영향을 줄이기 위해 강재를 차량 하부에 설치하기도 하나, 이는 중량의 문제로 인해 한계가 있으므로 EMI, EMC, EMP까지 차단할 수 있는 차량 내장재의 전자파 차폐재료 및 설계가 필요함
- 철도 전력시설의 배전반의 경우에는 일반적으로 사용하는 허니컴형의 차폐패널을 적용하고 있으나, 선로변 신호시설(분기기 등) 및 교통관제센터의 경우 별도의 차폐시설을 적용하고 있지 않은 실정임으로, 이에 대한 연구가 필요한 실정임

다. 전자파 환경 제어 요구 증대

- 전자파 차폐에 따른 건축물의 안정적 사용 환경 조성
 - 빌딩 내부에 사용된 공조, 조명 등의 설비기기의 인버터 제어 시스템 채용 증가에 따라 불필요 복사파나 전원 회로에서 누설 잡음이 관련 기기를 오작동 시킴. 빌딩에 전자차폐 성능을 부여하여 외래 잡음 전파가 빌딩 내에 침입하는 수준을 저하시킬 수 있음
 - 정보 Security 확보 필요성이 증가하고 있음. 빌딩 내부의 전파가 빌딩 외부에 누설하는 레벨을 저하시켜 정보 Security의 능력을 향상 요구
 - 대도시의 빌딩 밀집 지역은 무선전파가 교착하기 쉬우며, 결국 간섭구역을 발생시킴. 따라서 유효한 전자차폐성능 확보를 통한 통신 셀의 확보가 필요
 - 사무실의 컴퓨터 및 전산기기의 오동작 방지와 병원 수술실 등의 정밀 기기 오동작 방지효과 필요



그림 31. EMC-불필요한 전파와의 공존

- 오피스 공간에서의 전자기기·정보통신기기의 이용은 급속히 확대에 따른 전자 차폐빌딩(Electromagnetic Shielding Building)이 필요성 제기
 - 건축물 내외의 전자(電磁)환경은 더욱 악화되어 전자파가 일으키는 기기의 오작동이나 장애도 증가하는 등 전자파가 새로운 환경문제로 대두
 - 전자파 차폐 필요성 주요 요인
 - 1) 컴퓨터·무선마이크 등에서의 기밀정보 누설방지
 - 2) 건축물 내부 각종 기기의 오작동 방지
 - 3) 휴대전화, RFID, 무선LAN 등의 전파간섭방지와 할당주파수의 유효이용

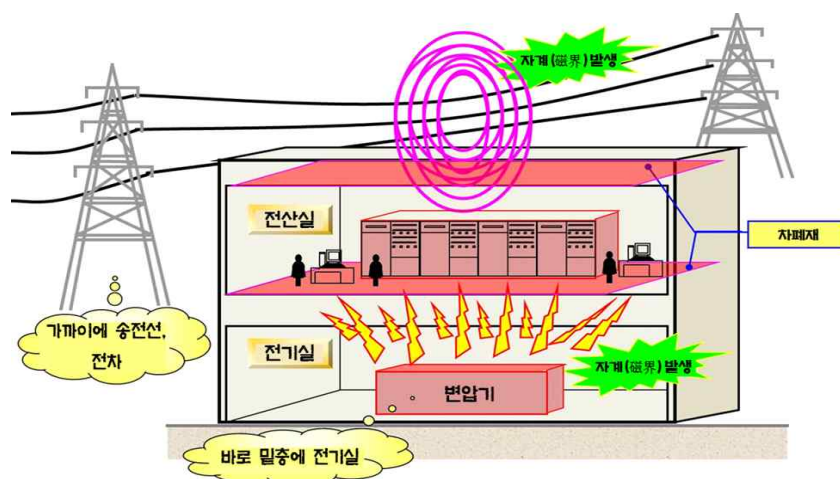


그림 32. 건축물 자기(磁氣) 차폐 개념도



- 가정에서 사용하는 전자기기 및 제품 별로 전자파의 발생 정도를 보면 아래 표와 같이 높은 전기장 강도와 자기장 강도를 나타내는 기기가 많음. 따라서 생활환경에서 전자파의 발생을 최소화하고 발생된 전자파를 흡수하여 전자파 환경을 개선할 필요성 높음

표 2. 가전제품의 전자파 측정 결과 (측정기관 : 연세대학교)

방사원	항 목	측 정 치		
		전기장 강도 (V/m)		자기장 강도 (A/m)
		ON	OFF	
TV (1m 측정)	평 균	50.9	17.1	0.056
	최 대 값	182.6	32.7	0.199
	최 소 값	1.0	0.8	0.008
냉 장 고 (밀착 측정)	평 균	979.7		0.83
	최 대 값	3,775.0		2.08
	최 소 값	59.5		0.024
전자레인지 (30 cm)	평 균	21.2	19.5	0.76
	최 대 값	54.0	53.3	1.456
	최 소 값	0.4	0.2	0.016
모 니 터 (50cm 측정)	평 균	16.2	24.3	0.019
	최 대 값	97.2	155.8	0.066
	최 소 값	0.1	0.0	0.0004
가 습 기 (50cm 측정)	평 균	26.5	26.7	0.121
	최 대 값	38.8	53.8	0.255
	최 소 값	5.3	1.5	0
전기 히터 (50cm 위치)	평 균	46.5	55.5	0.045
	최 대 값	48.2	65.9	0.109
	최 소 값	44.7	49.5	0.0004
전기매트 (밀착 측정)	평 균	168.9	150.5	4.224
	최 대 값	254.6	230.6	7.558
	최 소 값	97.7	84.7	2.068

(출처: 생활환경에서의 전자파 에너지 분포 측정 결과 보고서, pp.25-34, 1994, 한국전자파학회)



제2장 국내외 동향 및 환경 분석

1절 국내외 정책동향

1. 국내 정책동향

가. 정보통신기반시설 EMP 방호 정책

- 국내에는 전자적 침해행위에 대비하여 주요정보통신기반시설의 보호 및 안정적인 운용을 위해 「정보통신기반보호법」을 제정 할 당시 (2001. 1. 26)부터 고출력 전자파에 의해 통신기반시설을 공격하는 행위를 “전자적 침해행위”로 규정하고 대상 법률의 범위에 포함
- 또한 국가·사회적 중요도, 다른 정보통신기반시설과의 상호연계성 및 국가 안전보장과 경제사회에 미치는 피해규모와 범위 등을 고려하여 주요정보통신 기반시설을 공공 및 민간 분야로 나누어 지정
 - 현재 290 여개의 시설이 지정되어 관리되고 있음
- 이 법에 의해 실제로 관리되고 있는 “전자적 침해행위”는 해킹, 컴퓨터바이러스, 메일폭탄 등 사이버 침해에 한하고 있으며, 고출력 전자파에 대해서는 시설의 취약점 분석 및 평가를 위한 세부 기준이 아직 마련되어 있지 않은 실정
- 「정보통신망 이용촉진 및 정보보호 등에 관한 법률」(2004. 1 개정)시 해킹, 컴퓨터바이러스, 논리폭탄, 메일폭탄, 서비스 거부 또는 **고출력 전자파 등의 방법**으로 정보통신망 또는 이와 관련된 정보시스템을 공격하는 행위를 하여 발생한 사태를 “침해사고”로 규정
 - 침해사고가 발생하여 집적된 정보통신시설에 심각한 장애가 발생할 우려가 있는 경우에 집적 정보통신시설 사업자는 당해 서비스 제공의 전부 또는 일부를 중단하는 긴급조치를 할 수 있도록 조항을 신설
 - 주요정보통신 서비스 제공자에게 정보통신망에 중대한 침해사고가 발생하여 정보통신망 등에 심각한 장애가 발생할 가능성이 높은 경우, 이용자에게 보호조치를 권고할 수 있도록 규정
 - 침해사고에 관한 정보의 수집·전파, 침해사고의 예·경보, 긴급조치 등의 침해사고 대응을 수행하도록 규정
- 미래창조과학부에서는 집적 정보통신시설에 대한 보호조치 세부기준을 마련하여



훈령(집적정보통신시설보호지침)으로 공포

- 보호조치 내용을 접근제어 및 감시, 가용성, 방호성, 방재성, 보호관리 체계화의 6개 분류 24개 항목으로 제시하고 있으나 고출력 전자파 방호에 대한 항목은 포함하고 있지 않은 실정
 - 고출력 전자파의 위험성이나 관련 대책의 필요성은 위에서 언급한 바와 같이 법률로 제시되고 있었으나, 관련 방호시설 구축 시 방호성능을 확인하기 위한 기준 및 절차가 규정되어 있지 않음
 - 2014년 6월 「전파법」 개정을 통해 미래창조과학부에서 고출력 전자파에 대한 안전성 평가를 수행할 수 있도록 체계를 확립
 - 「전파법」제56조로 신설된 “고출력·누설 전자파 안전성 평가”는 고출력 전자파에 대한 방호 또는 누설 전자파로 인한 정보누출 위험을 차단하기 위한 시설을 설치한 자가 관련 평가를 신청하는 경우 미래창조과학부에서 안전성 평가를 수행하는 내용을 규정
 - 관련 안전성 평가는 동법 시행령에 의해 국립전자파연구원에 위임
- (이상 출처 : 정보통신기반시설 고출력 전자파 영향 및 대책 연구)

나. 전파진흥기본계획(‘14~’18, 미래창조과학부)

- 2014년 1월에 발표한 「전파진흥기본계획」에 따르면 전파 정책 중에서 “3-1 국민중심의 안전하고 쾌적한 전자파 환경 조성”계획을 발표하여 전자파로부터의 국민의 보건과 EMP를 비롯한 전자파 침해 대책 마련의 근거를 제시

(1) 추진 배경

- 통신, 금융, 교통 등을 교란 파괴하는 전자파 침해(GPS/EMP 공격)는 국가보안 및 국민안전에 저해하는 심각한 위협으로 부상
 - EMP(Electro-Magnetic Pulse) : 전자장비를 파괴·오동작 시킬 정도의 강력한 전자기파
 - ‘10년 이후 3차례 GPS 전파교란 발생(’10.8월 4일간, ’11.3월 11일간, ’12.4~5월 16일간)
- 국민안전 및 국가보안 등에 치명적 영향을 주는 전자파 안전 및 침해이슈에 대한 선제적 대응을 위해 다양한 대책 마련 필요



(2) 국내 현황

- **(전자파 인체보호)** 전자파 인체보호 규제 확대, 전자파 안전 관련 대국민 홍보 등을 위한 다양한 정책을 추진 중
 - 휴대전화 전자파흡수율 규제('02년), 기지국 등 무선국 전자파강도 측정의무 보고('07년), 노트북 등 인체근접기기 전자파흡수율 적용('12년), 전자파 등 급기준, 표시대상 및 표시방법고시 제정('13년)
 - 다만 전자파 인체보호 규제가 휴대전화 등 방송통신 기기에 한정되어 있어 생활 가전기기에 대한 전자파 규제 확대 필요성 제기
 - 아울러 전자파 인체영향 관련 소통노력은 웹사이트(www.emf.or.kr) 운영, 홍보책자 배포 등을 추진 중이나 국민 인지도가 낮은 실정
- **(전자파 장애)** 전자파·전기안전 인증규제 분리로 전자파 장애 분야 총괄을 미래 부가 수행하나 기술·시장 현황에 맞게 제도 정비 요구
 - 현재 전자파적합성(EMC) 기준은 150kHz~6GHz 이하에 적용되나 이를 넘어선 스마트그리드 등의 출현으로 관련 대응방안 마련 시급
- **(전자파 교란)** GPS 전파교란에 대응하여 감시시스템 운영 및 기술 개발 등을 추진 중이며, EMP 공격 위협에 대비한 제도 도입 중
 - 특히 국방부는 군 시설에, 안행부는 정부통합백업전산센터에 EMP 방호시설 계획 중이나, 민간부분 EMP 대비책은 부재

(3) 추진 내용

- 국민들이 안심하고 방송통신서비스를 이용할 수 있도록 전자파 인체 안전 및 전자파 장애 등에 대한 체계적 대응기반 구축
 - (가) 전자파 인체안전 관련 법제도 정비
- 전자파인체안전 제도를 전기장판 등 생활속 장시간 근접 사용하는 가전제품 (60Hz) 및 가정 내 스마트 기기 등으로 점진적 확대('14년 ~)
 - 전자파강도 및 전자파흡수율 측정대상 기기 등에 포함 추진
- 일상생활 주변에 다양한 종류의 무선국 확산 및 신규 무선기기 출현 등을 고려하여 전자파 노출량 평가 강화('14년 ~)
 - 무선국 전자파 강도 측정기준을 강화하고, 무선충전 전기자동차와 같은 신규



서비스에 대한 전자파 노출량 평가방법 마련

- 미래부와 관련 부처(산업통상부, 환경부, 고용노동부, 보건복지부 등)가 협력하여 전자파 취약지역 및 밀집지역에 대한 예방정책 추진
 - 지하철 등 전자파 밀집지역에 대한 전자파환경영향 평가 도입('15년)
 - 학교, 병원 등 전자파 취약지역에 엄격한 전자파허용기준 적용('16년)

(나) 전자파 대국민 인식제고를 위한 의사소통 및 위험관리

- 전자파 인체안전에 대한 막연할 불안감을 해소하고 정확한 이해를 돕기 위하여 의사소통(Risk communication) 채널 활성화
 - 「전자파 민원 기동팀」을 구성·운영하여 전자파 우려가 제기되는 기기, 시설 및 지역에 대한 현장측정 실시 및 결과 공개 즉시 이행
 - 3 Any(anybody, anywhere, anytime) 국민 참여 순회 세미나 개최 및 상시 노출량 정보 등 전자파 노출량 알림 프로그램 운영
 - 연령별·직업별 전자파 인체영향 눈높이 프로그램 및 가이드라인 마련
- 이해당사자간 전자파 갈등 해소를 위하여 산업계·학계·연구기관·시민단체 등으로 전자파이해소통협의체 구성·운영('14년 ~)

(다) 전자파 적합성 관련 법제도 정비

- 관련 부처(안행부, 식약처 등)와 협의를 통해 전기, 소방, 의료, 안전 분야의 전자파 적합성 기준 마련('14~'16년)
 - 특히 무선전력전송, 스마트그리드 등 새로운 기기로부터 30MHz이하 대역 전파 자원 보호를 위한 기준 정비방안 수립
- 전광판 등 복합적으로 설치되는 고정설비의 전자파 영향을 최소화하기 위하여 전자파 안전관리 제도 도입('14~'17년)
 - 전파법에 전자파 안전관리 근거를 반영하고 기준 및 평가방법 마련

(라) 범국가적 전자파 침해 대응체계 마련

- 전파법령 등 법제도 정비를 통해 체계적인 EMP 대응기반 마련('14년)



- EMP 방어 장치 시설에 대한 안전성 평가체계 구축 및 인증제 도입, 주요 정보통신 기반시설의 EMP 취약점 분석·평가 추진
- 사회기반시설 정보통신망 등에 대한 전자파 침해방지 기술기준 고시
- 실시간으로 전파 교란을 검출 분석할 수 있는 GPS 교란 전국단위 감시시스템 구축 및 EMP 공격 감시 시스템 개발·구축('14년 ~)
 - ※ EMP 공격은 GPS 전파교란과 달리 수초 이내로 종료되므로 기존 중앙전파관리소에서 운용 중인 저전력 연속 전파신호 수신 장비로는 검출 분석 불가
- 검출된 전자파 침해관련 정보를 가공·분석하여 피해유형, 범위 및 규모 등을 알리는 '전자파 침해 예·경보 감시센터'(가칭) 구축('18년)

(마) 전자파 인체안전 및 침해대응 연구개발 강화

- 휴대전화 사용의 어린이·청소년 중추신경계 발암관련 영향 역학 연구 및 전자파 노출의 퇴행성질환 영향 동물실험 연구('14년 ~)
- 전자파 발생기기 및 시설 등에 대한 저감 기반기술 연구('14년 ~)
- EMP 공격 방어기술, 이동환경 GPS 교란 방어기술 및 다중위성항법 수신기술* 등 전자파 공격 대응관련 기술개발 강화('14 ~ '17년)
 - * GPS 교란 대응을 위해 GPS, GLONASS, COMPASS 신호를 복합 처리 가능한 기술

다. 국방부-미래부 고위 정책협의회 ('17.1)

- 국방부는 2017년 1월 16일 정부과천청사 내 미래부에서 국방 분야에서의 정보통신기술(ICT)융합을 통한 시너지 창출을 위해 미래부와 제2차 실장급 고위 정책협의회를 개최 (출처 : NEWSIS, 2017.1.16)
 - 그동안 미래부가 주관으로 추진해왔던 고출력 전자파(EMP) 방호 관련 기술 개발을 국방부와 미래부가 함께 완료키로 함
 - 이 정책협의회에서는 EMP탄에 의한 고출력 마이크로웨이브 에너지의 방호와 관련된 내용이 논의되었음
 - EMP 공격은 군의 지휘통제 체제와 방공망 등 모든 전자기기를 무력화시킬 수 있고, 지하 벙커라 하더라도 환기구나 안테나를 통해 컴퓨터와 통신을 마비시킬 수 있다는데 의견을 같이 함



- 북한의 EMP탄의 위협이 증가됨에 따라 군도 방호시설을 갖추는 데 초점을 맞춰 왔으며 합동참모본부 등 일부 군 시설에는 방호시설이 갖춰져 있지만 중요 시설로 지정된 수백여 개의 군 시설에는 EMP 공격에 무방비 상태
 - 군사방호시설의 등급은 특급, 1급, 2급 및 3급 방호시설로 구분하고 있으며 이중에서는 특급에 해당되는 방호시설은 EMP 방호 조치 대부분 되어 있는 것으로 알려져 있음
 - 1급의 일부는 EMP 방호 조치가 일부 되어 있으나 그 이하에는 거의 되어 있지 않음
 - 이에 따라 국방부는 '방호 대상을 고려한 효율적 EMP 방호시설 연구용역'을 추진해 오고 있고, 미래부는 EMP 방호와 관련한 방안도출의 역할을 맡고 있음
 - 국방부와 미래부는 EMP 방호시설 성능평가 및 방호기준 등 법제 정비도 함께 협력해 나간다는 방침
- 이와 같이 국방부와 미래부는 EMP 방호시설의 구축이 시급한 문제임을 인지하고 고위급 정책협의회를 통하여 단계적으로 EMP 방호시설 구축에 노력하기로 함
- 그러나 실제 방호시설 측면에서 EMP 방호기술은 별도의 공간에 강판으로 EMP Shielding 룸을 마련하는 기술에서 진보되지 못하고 있는 실정임
- 미래부 방송통신위원회는 2010년부터 EMP방호시설 기본조사용역을 실시하였으며, 이를 통하여 국가지도통신 구축 및 운영에 활용하고자 하였음. 세부 내용은 비공개로 진행되어 알려져 있지 않으나 EMP방호가 필요한 시설과 구축 여부가 조사되었으며, 추후 EMP 방호시설 구축 계획의 기본 자료 활용한 예정임

라. 전자파 영향 및 차폐 관련 법령

(1) 전파법, 시행령 및 시행규칙

- 제2조(정의) 14.항 "전자파장해"란 전자파를 발생시키는 기자재로부터 전자파가 방사(放射: 전자파에너지가 공간으로 퍼져나가는 것을 말한다) 또는 전도[전도: 전자파에너지가 전원선(電源線)을 통하여 흐르는 것을 말한다]되어 다른 기자재의 성능에 장애를 주는 것을 말함
- 제44조의3(안전한 전파환경 기반 조성) 5.항 전자파 차폐·차단 및 저감(低減) 기술 등 전자파 역기능 해소를 위한 기반기술 연구



○ 제56조(고출력·누설 전자파 안전성 평가 등)

- ① 고출력 전자파로 인한 피해와 누설 전자파에 의한 정보유출을 방지하기 위하여 방호차폐시설 또는 장비보호시설 등을 구축한 자는 미래창조과학부장관에게 그 시설 등의 안전성 평가를 의뢰할 수 있다.
- ② 미래창조과학부장관은 제1항에 따라 안전성 평가를 의뢰받은 경우에는 안전성을 평가하고 그 결과를 통지하여야 한다. 다만, 평가결과가 안전성 평가기준에 맞지 아니하는 경우에는 이에 대한 대책을 마련하도록 권고할 수 있다.
- ③ 제1항 및 제2항에 따른 안전성 평가기준 및 방법 등에 관하여 필요한 세부사항은 미래창조과학부장관이 정하여 고시한다. [본조신설 2014.6.3.]

○ 이상과 같이 전파법에서는 전자파 방사와 전도에 대한 피해를 정의하고 있으며 전자파 차폐에 대한 기술 개발과 고출력 전자파 EMP에 대한 안전성 평가에 대하여 규정하고 있음

(2) 정보통신기반 보호법, 시행령 및 시행규칙

○ 제1조(목적) 이 법은 전자적 침해행위에 대비하여 주요정보통신기반시설의 보호에 관한 대책을 수립·시행함으로써 동 시설을 안정적으로 운용하도록 하여 국가의 안전과 국민생활의 안정을 보장하는 것을 목적으로 함

○ 제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 정의 <개정 2007.12.21>

1. "정보통신기반시설"이라 함은 국가안전보장·행정·국방·치안·금융·통신·운송·에너지 등의 업무와 관련된 전자적 제어·관리시스템 및 「정보통신망 이용촉진 및 정보보호 등에 관한 법률」 제2조 제1항 제1호의 규정에 의한 정보통신망을 말한다.
2. "전자적 침해행위"라 함은 정보통신기반시설을 대상으로 해킹, 컴퓨터바이러스, 논리·메일폭탄, 서비스거부 또는 고출력 전자기파 등에 의하여 정보통신기반시설을 공격하는 행위를 말한다.
3. "침해사고"란 전자적 침해행위로 인하여 발생한 사태를 말한다.

○ 제5조(주요정보통신기반시설보호대책의 수립 등)

- ① 주요정보통신기반시설을 관리하는 기관(이하 "관리기관"이라 한다)의 장은 제9조제1항의 규정에 의한 취약점 분석·평가의 결과에 따라 소관 주요정보통신기반시설 및 관리 정보를 안전하게 보호하기 위한 예방, 백업, 복구



등 물리적·기술적 대책을 포함한 관리대책(이하 "주요정보통신기반시설보호대책"이라 한다)을 수립·시행하여야 한다. <개정 2015.1.20.>

- ② 관리기관의 장은 제1항의 규정에 의하여 주요정보통신기반시설보호대책을 수립한 때에는 이를 주요정보통신기반시설을 관할하는 중앙행정기관(이하 "관계중앙행정기관"이라 한다)의 장에게 제출하여야 한다. 다만, 관리기관의 장이 관계중앙행정기관의 장인 경우에는 그러하지 아니하다.

○ 제5조의2(주요정보통신기반시설보호대책 이행 여부의 확인)

- ① 미래창조과학부장관과 국가정보원장 등 대통령령으로 정하는 국가기관의 장(이하 "국가정보원장등"이라 한다)은 관리기관에 대하여 주요정보통신기반시설보호대책의 이행 여부를 확인할 수 있다. <개정 2013.3.23.>

○ 제6조(주요정보통신기반시설보호계획의 수립 등)

- ① 관계중앙행정기관의 장은 제5조제2항의 규정에 의하여 제출받은 주요정보통신기반시설보호대책을 종합·조정하여 소관분야에 대한 주요정보통신기반시설에 관한 보호계획(이하 "주요정보통신기반시설보호계획"이라 한다)을 수립·시행하여야 한다.
- ③ 주요정보통신기반시설보호계획에는 다음 각호의 사항이 포함되어야 한다. <개정 2015.1.20>
 - 1. 주요정보통신기반시설의 취약점 분석·평가에 관한 사항
 - 2. 주요정보통신기반시설 및 관리 정보의 침해사고에 대한 예방, 백업, 복구대책에 관한 사항
 - 3. 그 밖에 주요정보통신기반시설의 보호에 관하여 필요한 사항

○ 제7조(주요정보통신기반시설의 보호지원)

- ① 관리기관의 장이 필요하다고 인정하거나 위원회의 위원장이 특정 관리기관의 주요정보통신기반시설보호대책의 미흡으로 국가안전보장이나 경제사회전반에 피해가 우려된다고 판단하여 그 보완을 명하는 경우 해당 관리기관의 장은 미래창조과학부장관과 국가정보원장등 또는 필요한 경우 대통령령이 정하는 전문기관의 장에게 다음 각 호의 업무에 대한 기술적 지원을 요청할 수 있다. <개정 2013.3.23>
 - 1. 주요정보통신기반시설보호대책의 수립
 - 2. 주요정보통신기반시설의 침해사고 예방 및 복구
 - 3. 제11조에 따른 보호조치 명령·권고의 이행



- ② 국가안전보장에 중대한 영향을 미치는 다음 각 호의 주요정보통신기반시설에 대한 관리기관의 장이 제1항에 따라 기술적 지원을 요청하는 경우 국가정보원장에게 우선적으로 그 지원을 요청하여야 한다. 다만, 국가안전보장에 현저하고 급박한 위험이 있고, 관리기관의 장이 요청할 때까지 기다릴 경우 그 피해를 회복할 수 없을 때에는 국가정보원장은 관계중앙행정기관의 장과 협의하여 그 지원을 할 수 있다. <개정 2007.12.21>

1. 도로·철도·지하철·공항·항만 등 주요 교통시설

2. 전력, 가스, 석유 등 에너지·수자원 시설
3. 방송중계·국가지도통신망 시설
4. 원자력·국방과학·첨단방위산업관련 정부출연연구기관의 연구시설

○ **제24조(기술개발 등)**

- ① 정부는 정보통신기반시설을 보호하기 위하여 필요한 기술의 개발 및 전문인력 양성에 관한 시책을 강구할 수 있다.
 - ② 정부는 정보통신기반시설의 보호에 필요한 기술개발을 효율적으로 추진하기 위하여 필요한 때에는 정보보호 기술개발과 관련된 연구기관 및 민간단체로 하여금 이를 대행하게 할 수 있다. 이 경우 이에 소요되는 비용의 전부 또는 일부를 지원할 수 있다.
- 이상과 같이 정보통신기반 보호법에서는 전자파 보호가 되어야 하는 주요정보통신기반시설에 대한 규정과 보호대책을 수립과 이행 여부를 확인토록 법으로 규정하고 있음
- 특히 국토교통부 관리 하의 주요정보통신기반시설인 **도로·철도·지하철·공항·항만 등 주요 교통시설**에 대한 보호를 법적으로 지원토록 적시하고 있음
- 한편, 이러한 정보통신기반시설을 보호하기 위한 기술개발을 지원토록 명시하고 있으며, 이에 따라 기반시설의 전자파 차폐를 위한 건설기술 연구개발 근거를 제공하고 있음

마. 국토부 정책

- 건축물 테러예방 설계가이드라인(국토교통부, '10.7)
- 건축물 설계 단계부터 테러로 인한 피해의 예방 및 최소화 고려
 - 최근 국제 테러의 방식이 개인화기, 폭발물에 의한 물리적인 공격 위주에서 EMP



Generator 등의 개발로 인해서 Soft terror 형태인 전자파 공격이 발생되고 있음

- 전자파 공격에 의한 테러의 경우, 사회적 파장과 기관 및 회사의 이미지 실추에 따른 손실을 피하기 위해서 숨기는 경향이 있어서 테러 사건이 구체적인 알려지지 않는 특성이 있음
- 따라서 상위법에서 지정하고 있는 주요정보통신기반시설인 도로·철도·지하철·공항·항만 등 주요 교통시설에 대한 전자파 공격에 대비하는 기술개발이 필요함

○ 건설교통 중장기 계획('13~17)중 「융·복합 첨단기술 확보」 및 「위험으로부터 안전하고 편안한 사회 실현」에 부합

- 전자파 차폐 및 흡수 기술은 전통적인 건설기술에 첨단 소재, 전자파, 물리 및 기계적인 요소가 결합된 융·복합 기술개발에 해당하며 건설기술의 새로운 영역을 개척하는 기술임
- 최근 새로운 위협으로 등장한 EMP 공격은 극단적인 사회 혼란을 야기할 수 있으며 주요사회기반시설의 운용 중단을 유발할 수 있는 커다란 위험
- 건축물 내 전자파 환경을 개선하여 국민의 건강 보호와 이러한 기능을 건설기술로 해결함으로써 위험으로부터 안전하고 편안한 사회를 실현하는 첨단기술로 자리매김할 수 있음

바. 국토교통 R&D 중장기 4대 전략과의 부합성

(1) 산업 경쟁력 강화

- 테러 대응 EMP 방호가 필요한 사회기간시설물, 국가 중요방호시설물, 공공기관 건축물 및 다중이용시설물 등에 통합 방호 설계 및 시공 기술을 확보하여 건설산업의 신시장 개척
- 군수분야 개인 대피시설, 장비 대피시설, 지하벙커, 지휘시설, 탄약고 및 격납고 등의 군사시설물에 대한 첨단 통합 방호구조물 건설기술 보급과 민간 건설사의 군수 방호시설물 건설시장 확대

(2) 첨단기술 융·복합

- 나노탄소소재와 초고성능 시멘트계를 기반으로 하는 첨단 건설재료, 이를 바탕으로 EMP 방호 및 EMI/EMC 전자파 차폐 성능평가기술과 방호시설물 설계 및



시공의 종합 건설기술 개발

- 최근 민간 및 국방 방호 분야에서 관심을 모으고 있는 EMP 방호는 전기 및 전자, 소재 및 금속, 그리고 기계 장치 분야 최신 기술들이 시설물 건설기술에 녹여드는 융합기술
- EMP 방호와 물리적 방호를 동시에 수행할 수 있는 통합 방호구조물 건설기술은 세계적으로도 시도된 바 없음. 제안과제의 수행을 통해 WFT 및 WBT 기술을 달성, 국제 경쟁력 강화

(3) 국민안전 실현

- 최근 북한은 4차 핵실험과 탄도미사일 발사실험을 수행, 무력 과시에 따른 국지도발 및 테러 감행 위협 높아짐. 동시에 우리나라도 IS 등의 국제 테러에 더 이상 안전 국가가 아님(2016.1 대통령 담화)
- EMP 공격이 발생할 경우 군사작전의 무력화는 물론 방송, 통신, 교통 및 금융 등, 국민의 생활과 직접적인 연관이 있는 사회 인프라가 완전 마비되는 있을 수 없는 피해 예상
- 비록 지금까지 불순세력에 의한 EMP 공격이 국내에서 발생한 사례는 없지만 EMP 공격이 발생할 경우 이로 인한 피해 규모는 상상을 초월할 것으로 예상되나 이에 대한 대비 태세는 극히 일부 시설에 국한
- 국민 생활과 밀접한 관련이 있는 SOC 시설물과 다중이용시설물의 첨단화와 안전 확보는 국토교통R&D의 정체성을 부여하는 길

(4) 국토교통 R&D 사업·관리체계 개편과 연계성

- 이 기획은 「민·군기술협력사업 촉진법」에 따라 국토교통 R&D 사업 중 민군기술협력 과제로 연계하여 추진하는 것을 검토할 필요 있음
- 한편, 국토교통부가 해당 중앙행정부처에 해당하는 「민·군 기술협력 사업 촉진법 및 시행령」에서 요구하는 군사 부문과 비군사 부문 간의 민·군기술협력사업의 대표성을 부여할 수 있는 부처연계 협력사업의 국토교통 R&D 모델을 제공
- 현재 추진 중인 국토교통 R&D 사업 체계 개선에서는 본 브랜드 과제는 특수구조물(방호시설물) 분야에 해당할 것으로 판단됨



사. 미래창조과학부 관련 정책

- EMP 침해 방지 대책 가이드라인 (2016.10)
 - 최근 북한의 5차 핵실험 실시 등으로 대내외적 안보 리스크가 높아지고 있는 가운데 정부가 북한의 핵 EMP 공격에 대비한 대응에 착수함
 - 2016년 연말까지 전국 단위의 EMP 공격 감시 시스템 구축 계획 예정이며 구조물의 구체의 EMP 방호 기술 개발 추진 중
- 전파교란 대응 종합계획 (2016.10)
 - 전파교란 분야별 감시시스템 구축 및 고도화
 - 위기단계별 대응 매뉴얼 수립 및 모의훈련 실시
 - 대응력 강화를 위한 기술개발
- 19대 미래성장동력-산업엔진 종합실천계획(2015. 7)
 - 그래핀 사업화촉진 기술 로드맵 마련
 - 미래소재 기술 4대 강국과 소재산업 선도국으로 도약

아. 국가 관련 정책 (기타)

- 국정 과제
 - (83. 총체적인 국가재난관리체계 강화) 재난·안전 관리체계 강화 및 안전문화운동 확산
- 창조경제 실현과제
 - (3. 신산업·신시장 개척을 위한 성장동력 창출) 재난·범죄 등의 위험으로부터 안심할 수 있는 사회실현
- 법정계획
 - 제3차 과학기술기본계획('13~'17) ;
(6. 걱정없는 안전사회 구축) 사회적 재난 대응체계 확보
 - 제5차 건설기술진흥기본계획('13~'17) ;
추격형 R&D가 아닌 시장 선도형 고부가 기술 개발



2. 국외 정책동향

가. 미국의 EMP 대응 정책

(1) 법·제도

- 미국은 핵심 기반시설(critical infrastructure)을 포함한 심각한 사고의 대비와 대응과 관련한 개념을 CIP(Critical Infrastructure Protection)라 부르며, 국가의 중요 책무로 여김
- 핵심 기반시설은 고도로 상호 의존적으로 함께 작동하는 인적 자산, 물리적 시스템, 사이버 시스템을 포함
 - 2007년 5월에 국토안보부는 HSPD-7에 따라 국가의 핵심기반과 주요자원(CIKR: Critical Infrastructure and Key Resource)에 대한 국가기반시설 보증 계획(NIPP: National Infrastructure Assurance Plan)을 수립
 - 미국은 13개 부처 18개 부문에서 수행할 특별방호 계획(SSP: sector specific plan)을 각각 제정하여 시행하고 있음

표 3. 미국 정부 부처별 담당 핵심 국가기반시설 정부부처 담당 핵심기반 및 자원

정부부처	담당 핵심기반 및 자원
농무부/식품의약청	· 농업 및 식품(육류, 가금류, 난제품 포함/제외)
국방부	· 방위산업기지
에너지부	· 에너지(석유 및 가스 생산, 정유, 저장, 유통 포함) 및 전력(상업용 핵 전력설비 제외)
보건사회복지부	· 의료 및 공중보건
내무부	· 국가 기념물 및 상징물
재무부	· 은행 및 재정
환경보호청	· 음용수 및 정수처리체계
기반시설보호사무국	· 상업시설 · 응급서비스 · 원자로, 핵연료, 핵폐기물 · 화학 · 기반제조시설 · 댐
수송안전관리청 및 연안경비대	· 우편 및 해운 · 수송체계
사이버보안 및 통신사무국	· 정보기술 · 통신
연방방호서비스국	· 정부시설

(출처 : 전력·가스·원유시설에 대한 EMP 위협대응 정책방안 연구, 서경대 산학협력단, 산업자원통상부, 2016.3)



- 미국은 국가 핵심 기반시설 방호에 관한 대통령자문위원회 보고서에서 네트워크로 연동된 정보시스템(networked information systems)에 대한 위협으로 물리적 위협과 사이버 위협으로 구분 규정
 - 물리적 위협을 폭발물과 전자적 무기로 세분
 - 전자적 무기에 고출력 전자기파와 누설 전자파(TEMPEST)를 규정
- 국립소방협회(NFPA: National Fire Protection Association) 재난관리표준인 NFPA 1600에서는 고출력 전자기파와 지자기 폭풍을 인적 재난 및 자연재난으로 분류
- 국토안보부 산하 연방위기관리청(FEMA: Federal Emergency Management Agency)은 고출력 전자기파로부터 중요 인프라 시설을 보호하는 업무를 담당
 - 방어 가이드라인(CPG 2-17: Electromagnetic Pulse Protection Guidance, 비공개)을 제정, 운영
 - 2012년 8월에 국토안보부 산하의 재난통신사무국(Office of Emergency Communications)이 고출력 전자기파를 포함한 전자파 보안 업무 수행
- 전자기파 관련 CIPA(Critical Infrastructure Protection Act) 법안
 - 국토안보 법령(Homeland Security Act)에 국가 핵심기반시설에 대한 전자파 펄스(EMP)의 위협 조항을 포함시키는 개정안을 추진 중
 - 용어 정의에 “EMP” 용어를 추가, “테러 행위를 포함하여 의도적인 수단에 의해 야기되는 전자기펄스”와 “태양 폭풍(solar storm)과 자연적으로 일어나는 현상에 의해 야기되는 전자기펄스”를 모두 포함
 - 동 법령 526절(NATIONAL PLANNING SCENARIOS AND EDUCATION)에 국토안보부가 주관하는 NIPP에 EMP 사건의 위협시나리오를 반영
 - 국가 핵심기반시설의 소유자 및 운영자, 재난관리 기획자(emergency planners), EMP 사건의 위협과 관련한 모든 수준의 정부 대응자(emergency responders)에게 사전 대책을 강구하도록 교육하는 캠페인을 수행도록 요구
 - 동 법령 318절(EMP RESEARCH AND DEVELOPMENT)에서 핵심기반시설의 소유자 및 운영자, 연방정부의 관계기관 등이 협력하여 EMP 위협에 대한 대비와 대응에 필요한 연구개발을 추진하도록 명기
 - EMP에 공격으로부터의 핵심기반시설의 위험성(risk) 분석 기술
 - EMP 공격 방호 대사 국가 핵심 보안자산 및 민간 설비 결정



- EMP 재난 관리 기획 및 대응 기법을 평가하는 기술
 - EMP 공격 이후 핵심기반시설의 복구, 가용 기술
 - 다양한 EMP 공격 수준으로부터 손상 및 파괴 핵심기반시설의 복구 및 회복
- SHIELD(Secure High-voltage Infrastructure for Electricity from Lethal Damage) Act 관련 법안
- (114th-HR2402 Protecting Critical Infrastructure Act): 2015년 5월에 하원에 제출되어 병합 심의 중인 법안으로 연방 전력법을 개정하여 주요기반시설에 대한 방호를 강화하자는 내용을 담고 있음
- 미국은 위와 같이 하원에 EMP Commission을 설치하여 운영하고 있으며, FEMA에서는 EMP 대응 매뉴얼을 작성하여 민간의 피해 최소화를 위해 노력하고 있음. 또한 국가기반시설의 시범 사업을 통해 관련 대응 기술이 타 분야로 확대되도록 유도하고 있음 (출처: Gorge H. Baker, “EMP: A National-Scale Threat to the U.S. Infrastructure,” Selected Works, Apr. 2007)
- 이미 미국을 비롯한 선진국은 EMP 피해에 대한 충분한 인식을 갖고 EMP 방호를 위한 연구개발 및 산업 활성화를 독려하고 있음. 우리나라도 지층학적 요인으로 인해 상존 위협에 대한 대응기술 개발이 시급히 요구됨
- 또한 미국은 GPS 전파교란 감시시스템(IDM, JLOC)을 운용 중이며 핵심 기반 보호에 EMP 방어를 포함하도록 제도화(방패법, Shield Act)추진
- IDM : Interference Detection & Mitigation / JLOC : GPS Jamming Location
- ※ IDM : Interference Detection & Mitigation / JLOC : GPS Jamming Location
- 미국에서는 이러한 다양한 제도 외에도 다음과 같은 기타 추진 프로그램을 시행
- 정부(연방재난관리청) 및 주 정부, 시민단체의 교육 및 홍보
 - 위험성이 큰 전력망과 정보통신시설에 대한 시범 프로그램 추진
 - 성공적인 시범 프로그램의 추진을 통해 고출력 전자기파 방호의 광범위한 적용을 위한 분위기를 조성하고, 시행 타당성을 확보하며, 기술 지침서를 확립
 - 이러한 프로그램의 성공을 위해서는 공공-민간분야의 파트너쉽과 핵심기반 시설 부문 협력위원회를 구성하여 서로 협력

나. 유럽의 EMP 대응 정책

- 유럽연합은 유럽연합 역내 국가 간에 비핵 전자기파에 의한 전자파 테러 위협



이 증대되고 있다고 인식하고 있으며, 2012년부터 대규모의 유럽 공동 프로젝트를 추진

- 전자파 테러에 대한 규제를 제도화한 나라는 노르웨이와 스위스이고, 다른 나라는 위원회 지침(Council Directive) 2008/114/EC와 스펙트럼 관리 규제로만 관리되고 있음
- EC 2008/114/EC 지침 (2008. 12) : “Council Directive on the identification and designation of European critical infrastructures and the assessment of the need to improve their protection”. 이 지침에서 다루는 유럽연합의 핵심기반시설은 아래 표와 같음

표 4. EC Directive 2008/114/EC 핵심기반시설 분류

Sector	Subsector	
I Energy	1. Electricity	Infrastructures and facilities for generation and transmission of electricity in respect of supply electricity
	2. Oil	Oil production, refining, treatment, storage and transmission by pipelines
	3. Gas	Gas production, refining, treatment, storage and transmission by pipelines LNG terminals
II Transport	4. Road transport 5. Rail transport 6. Air transport 7. Inland waterways transport 8. Ocean and short-sea shipping and ports	

- EU COM (2006) 786에 따라 핵심 기반시설 방호를 위한 유럽 프로그램 (EPCIP: European Program for Critical InfrastructureProtection)을 회원국의 법령으로 채택하도록 요청
 - “New European Approaches to Counter Terrorism” 보고서를 통해 **대테러 방안에 고출력 전자기파 방호를 포함시킴**
- 유럽연합 중에서 일부 국가(스웨덴, 스위스, 러시아)를 제외하고 대부분의 국가에서는 개별 기반시설 또는 전자장비에 적용하는 방호 기준을 규정 있지 않음
 - 대신 2008/114/EC 지침과 전통적인 전자파적 합성 지침 2004/108/EC에서 규정하고 있는 고정설비(fixedinstallations)에 대한 Good EMC Practices를 적용하도록 함으로써 방호가 가능한 것으로 판단



- 영국에서는 2012년 2월에 하원 국방위원회에서 “Developing Threats: Electro-Magnetic Pulses (EMP)”라는 제목의 보고서, HC 1552를 출간
 - 고 고도 핵 전자기파와 고출력 비핵 전자기파, 지자기 폭풍에 대한 위협이 대두되고 있으며, 국가 핵심 기반시설에 대한 방호, 특히 전력망에 대한 고출력 전자기파 방호를 강조
 - 2012년 12월에 재무부에서 국가 기반시설 방호 계획을 보완하여 발간
- 영국은 GPS 전파교란 감시시스템(GAARDIAN, SENTINEL)을 공항, 고속도로 등 주요시설 주변에 구축 운용 중
 - ※ GAARDIAN : GNSS Availability, Accuracy, Reliability and Integrity Assessment for Timing and Navigation
 - ※ SENTINEL : GNSS Services Needing Trust in Navigation, Electronics, Location
- 러시아에서는 2007년에 기존 정보보호 관련 규정, GOST R 50922 및 51275 규격에 추가하여 고출력 비핵 전자기파(의도성 전자파장해)에 대한 자동화 시스템의 보호를 위해 GOST R 52863 규격을 발표
- 노르웨이는 NORFO SL 238 & 239 규격을 적용

다. 전자파 인체 보호 및 장해 대응 정책

- 미국, 일본, 유럽 등 주요 선진국은 전자파 인체 보호를 위한 기준 정립, 각종 연구 및 대국민 홍보 등 추진
 - 미국('96년), 일본('00년) 등은 IEEE, ICNIRP 표준을 반영하여 기준 마련
 - ※ 전기전자기술협의회(IEEE : Institute Electrical and Electronics Engineers), 국제비전리복사방호위원회(ICNIRP : International Commission on Non-ionizing Radiation Protection)
 - ICNIRP는 동물 및 세포 등에 대한 역학연구 및 공학적 연구결과를 바탕으로 '14년 RF에 대한 인체보호기준을 현행화 할 예정
- 프랑스, 네덜란드, 일본 등은 정부, 산업체, 소비단체가 참여하여 전자파 역기능에 대한 사회적 문제를 해결하는 독립 전문기구 운영
 - 프랑스 : 전자파 민관 공동협의회(COMOP:Comite Operationnel / Operational Committee) 운영
 - 네덜란드 : 정부 전액출자 전문기관을 설립하여 산업체, 소비자 단체에 영향을 받지 않는 독립적인 전자파 담당기관 운영



- 일본 : 전자파 의사소통을 위한 JEIC(Japan EMF Information Center) 운영
- WHO를 포함, 미국·유럽 등 세계 각국에서 전자파 인체영향 연구를 수행 중이며 특히 EU는 16개국 공동으로 ‘mobi-kids study*’ 실시
 - * 휴대전화사용과 어린이의 중추신경계 발암 영향 평가에 대한 역학연구
 - ※ 휴대전화 노출에 대해 질병 관련성에 대한 역학연구의 경우 유럽을 중심으로 아시아를 포함한 대규모 연구체계를 구축(Interphone study, COSMOS Study 등)
- 전자파 장애의 경우 국제전기기술위원회(IEC)를 중심으로 무선전력전송, 스마트 그리드 등 신규 융합서비스에 대한 전자파적합성 표준화를 추진하여 무선서비스 및 기기보호 도모



2절 국내외 시장현황 및 전망

1. 국내 산업 및 시장 동향

- 국내의 전자파 차폐 및 흡수용 단열재에 대한 연구 및 제조/생산은 매우 미비한 것으로 파악되어지며 일부 특수한 용도(시험 시설, 통신 시설 등)로의 제품 개발에 국한 되어있는 것으로 파악됨
- 특히, EMP 방호설비와 통합경계감시시스템은 2015년 미국으로부터의 전시작전권 환수 이후 국내 국방시설의 강화 추세에 맞춰 향후 수요가 늘어날 것으로 기대함 (출처: 건설경제신문, 2012년)
- 탄소나노튜브를 이용한 ‘스텔스 펜스’, ‘전이금속 카바이트를 이용한 차폐 소재’ 등의 신소재 산업이 활성화되고 있음. 탄소나노튜브의 경우 이를 전자파 차폐와 관련 하여 산업화 되진 않았지만, 향후 산업화 가능한 첨단 소재임 (출처 : etnnews, 2016.10.17 / 머니투데이, 2016.09.09)
- 국내 전자파 차폐 시장은 연평균 10% 이상 성장 기대되고 있음. IT가전시장, 노트북, PC 및 모바일 기기의 급속한 시장 성장 지속에 따른 전자파차폐 소재 시장은 2011년 331억 원에서 2019년 650억 원으로 성장할 것으로 예상됨 (출처: 한국산업기술진흥원, 2011)
- 국내의 범용 도료는 대부분 국산화되어 금액 기준 90% 이상의 자급도를 보이고 있으나, 전자파 차폐 도료는 수입 의존도가 높은 편이며, 국내 시장 규모는 전체 600억 원 규모로서 국내 생산이 180억 원, 수입품이 420억 원임
- 국내의 정보통신기기 전자파 차폐 관련 시장은 2009년 약 17억 원에서 2013년 132억 원 규모로 성장하고 있음
- 페라이트 시트 등 NFC 안테나용 전파흡수체 국내 시장은 2014년 기준 약 4000억 원 규모로 추산되며 NFC채택 스마트폰 모델이 늘어나고 MST, 무선충전 등, 적용 분야가 추가돼 지속적인 시장 성장이 전망됨 (출처 : 전자신문, 2015.03.19. <http://www.etnews.com/20150318000087>)
- 건축 내장재 중에서 단열재는 전자파 차폐 기능을 부여하기가 비교적 용이한 건축자재임. 현재 건축자재 중 단열재 시장 현황은 다음과 같음
 - 단열재의 유기계 단열재의 시장 점유율이 72%로 압도적이며, 특히 EPS와 PU로 만들어진 단열재가 시장의 60%를 차지했고, 글라스울이 16%내외를 점유



- 유기계 단열재는 지난 2014년 46만 톤에서 2020년에는 62만 톤으로 수요가 증가할 것으로 전망
 - 유기계 수요 중 약 80%가 건축용으로 적용되고 있어 건설경기과 규제에 특히 민감한 특성을 보임
 - 유기계 시장은 EPS계 단열재가 시장 성장을 견인하고 있는데 특히 난연3급 제품과 비드 2종이 주축인 상황
 - 우레탄계 단열재 중에서는 PIR폼 보드 시장이 최근 6년 사이 6배 규모로 성장하며 시장을 견인하고 있음
 - 무기계 단열재 시장은 2014년 18만 톤 규모이며 향후 1.4%의 상대적으로 저성장이 예상됨 (출처 : http://m.blog.naver.com/iu_news/220355878931)
- 건축물 전자파 제어에 관한 국내 시장은 방송시설, 의료시설, 전산실 등 일부분에 적용되고 있는 상황으로 본격적인 시장 형성이 되어 있지 않은 것으로 판단됨
- 전자파 차폐산업은 건설시장 이외에 자동차 전자설비 등 다양한 분야에 사용되고 있으며, 국내 시장은 아직까지 건설산업 이외의 분야에서 발생하고 있으나 향후 스마트빌딩, 스마트도시, IoT 환경 구축 등이 증가함에 따라 건축 분야에서 관련 시장을 선도할 수 있을 것으로 예측
 - 국내에는 정확한 통계가 없으나 일본의 예를 빌리면 건축물 사용 분야는 전체 시장의 10% 수준이 전체 시장 규모 일 것으로 판단됨

2. 국외 산업 및 시장 동향

- 전자파 차폐/흡수재료의 세계시장은 2015년 6조 2천억 원 규모에서 2019년 7조 3천억 원 규모로 성장할 것으로 전망
- 연평균 성장률은 2014~2019년도 사이에 4.4 %에 이르며, 공공 전기/전자 시설의 전자파 간섭 방지 대책이 국가적 차원에서 계획되고 있음을 고려할 때, 전자파 차폐/흡수재료 시장의 성장률은 이보다 더 증가할 것으로 예상됨
 - 전체 전자파 차폐/흡수 시장에서 전자파 차폐재의 적용형태는 전도성 코팅재(36%)가 많았으며 전도성 플라스틱(12%)도 큰 비중을 차지하고 있음
 - 그러나 전자파 차폐 건설재료 및 자재 산업의 경우 초기 단계임을 고려하면 향후 위협의 증가에 따라 연구개발이 활성화되고 이로 인해 건설재료 및 자재의 전자파 차폐 시장은 발전가능성이 매우 높을 것으로 예상됨 (출처:



KIMS 재료연구소)

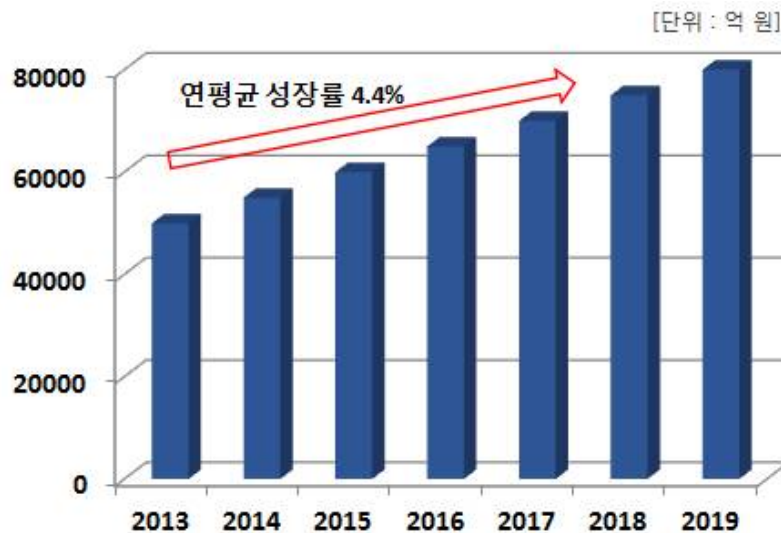


그림 33. 전자파 차폐/흡수재 시장동향

(출처: KIMS 출품기술 설명자료, 재료연구소, 이진우)

- 전자파 흡수자재는 스마트폰이나 이동통신, 그리고 IT분야에서 많이 사용되고 있으며 전자재료 및 소재에 대해서 원천기술을 보유하고 있는 국가의 기업들이 강세를 보이고 있음
 - 전 세계 정보통신기기 전자파 차폐관련 시장은 2009년 약 1,2억 달러에서 2013년 약 120억 달러에 이름 (출처: 한국과학기술정보연구원, 2012)
- 세계적으로 EMC 차폐 시장은 2014년에 35억 달러를 기록하였으며, 2020년까지 약 50억 달러로 연평균 약 6%이상 성장할 것으로 예측됨 (출처: Marketsand Markets, 2015)
- BBC 리서치 보고서에 따르면 지난해 글로벌 전자파 차폐(EMI) 시장의 규모가 6조 2천억 원에서 연 평균 4.4%씩 성장하여, 오는 2019년에 7조 3천억 원 규모로 성장할 것으로 전망하고 있음 (출처: 한국경제 2016.11.08)

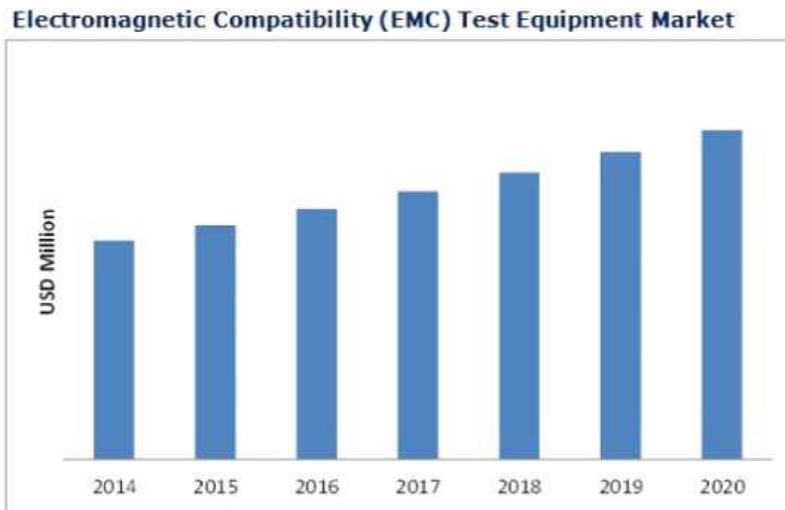


그림 34. 해외 EMC 차폐 시장 전망

- 건축물 차폐와 관련한 시장 규모는 잘 알려져 있지 않으나 전기전자장비의 EMI/ EMC 대책에 사용되는 전자파차폐 재료 및 부품 시장은 아래 표와 같음

표 5. EMI 차폐 방법에 따른 전 세계시장 규모 (단위: \$ Millions)

EMI/RFI Shielding Method	2015	2016	2021	CAGR% 2016-2021
Conductive coatings	2,070.0	2,166.5	2,726.9	4.7
Metal cabinets	840.0	884.8	1,169.9	5.7
Conductive plastics	565.0	598.7	783.7	5.5
Laminates/tapes/foils	250.0	267.0	360.2	6.2
Miscellaneous*	1,915.0	2,039.6	2,797.5	6.5
Total	5,640.0	5,956.6	7,838.2	5.6

(출처: BCC Research, EMI/RFI: MATERIALS AND TECHNOLOGIES, ISBN: 1-62296-337-7, Wellesley, MA 02481 USA, Aug. 2016)

- 첨단 전자파 차폐 소재로 고려되는 탄소기반 다기능 복합소재의 경우 소재 자체의 세계시장은 2015년 33조 원에서 2025년 약 60조 원으로 10년 동안 약 두 배 정도로 그 시장규모가 급속히 성장하리라 예측됨
- 전도성 코팅재·금속 캐비닛·전도성 플라스틱 등 세계 전자파 차폐재·흡수재 시장 규모는 2014년 54억 달러를 형성했으며 오는 2019년까지 66억달러로 연평균 4.4% 성장할 것으로 예상되고 있음 (출처: <http://www.amenews.kr/atc/n.view.asp?ik=25191>)



(단위: 억 원)

기능	시장	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
경량 고강도	자동차용 플라스틱 시장	49,247.5	53,075.3	57,200.5	61,646.4	66,437.9	71,601.8	77,167.0
경량 Barrier ESD	고기능 필름	171,160.0	177,430.0	183,810.0	190,520.0	197,340.0	204,490.0	211,970.0
	포장재(배리어) 필름	25,598.0	26,750.0	27,953.0	29,211.0	30,526.0	31,900.0	33,335.0
경량 전자파 차폐 방열	전자부품 나노코팅	1,760.0	2,420.0	3,410.0	4,730.0	6,600.0	9,240.0	12,980.0
	EMI/RFI	62,260.0	64,020.0	65,890.0	67,760.0	69,630.0	71,610.0	73,700.0
방청 ESD	고내식 강판코팅	109,370.3	118,742.8	128,918.4	139,966.0	151,960.3	164,982.5	179,120.6
전체		419,395.8	442,438.1	467,181.9	493,833.4	522,494.2	553,824.3	588,272.6

그림 35. 탄소기반 다기능 탄소 복합소재 시장 (2025년 약 60조원)

(출처 : 산업부 전략기획단, 2012, <http://www.dvnnews.com/news/articleView.html?idxno=14144>)

- 전체 전자파 차폐/ 흡수 시장에서 전자파 차폐재의 적용형태는 전도성 코팅재 (36%)가 많았으며, 전도성 플라스틱(12%)도 큰 비중을 차지하고 있음 (출처: KIMS 재료연구소, http://www.2bpartner.net/bbs/board.php?bo_table=tech&wr_id=319&ho_id=2016kims)
- 일본은 전자파 흡수소재 부분에서 산업화가 매우 활성화되어 있으며 관련 제조업체현황과 제조업체별 시장점유율은 아래 표와 같음

표 6. 일본의 전자파 흡수체 제조업체 현황

업체명	상품명	재 료	용 도
일 청방(清紡) 텐퍼센트	페라이트 전파흡수체	Ni-Zn 페라이트	전파암실
	전파흡수체	폴리우레탄 폼 실리콘 폼	전파암실
FDK	페라이트 시트	Mn-Zn 페라이트	디지털 카메라 디지털 비디오 TV게임기
	마이크로파 EMI 실드	자성분말	AHS 시스템, UTS 시스템, 광통신소자
리켄(Riken)	피라미드 형 페라이트 흡수체	페라이트 분말 수지	EMI/EMS 안테나 평가
	전도성 발포 흡수체	카본 분말 수지	EMI/EMS 안테나 평가



동양유리	전자파 흡수 내장재	발포 다공질 유리 유리카렛 85%	전자파 차폐시 반사파 흡수
	전자파 흡수 패널	발포 다공질 유리 유리카렛 85%	ITS용 경량, 단열, 흡음 효과
NEC 토크	노이즈 제어 시트	연성자재 전도체	전자기기 플렉시블
三波電線공업	전자파 흡수체	고분자 섬유 매트	파라볼라 안테나의 지향성 개선 ETC, DSRC, 무선 LAN
	투명 흡수체	아크릴판 폴리카보네이트	ETC, DSRC
Laird Technologies	전자파 흡수체	실리콘 자성체 충전제	휴대전화, PDA, 무선 LAN
	전자파 흡수 폼	발포체 자성체 충전제	ETC 기지국 파라볼라 안테나
北川공업	필름/시트	연자성 페라이트 +수지 금속자성체 + 수지	CPU
	튜브	연자성 페라이트 +수지	케이블
Cumig	액상식 흡수체	에폭시 수지	코팅용
	폼 흡수체	단일층, 다층 발포체	RCS 축소, 간섭제거, 전파암실

- 일본의 전자파 흡수체 제조사의 시장 점유율 현황과 전자파 흡수체 분야별 점유현황은 다음 표 및 그림과 같음



표 7. 일본의 전자파 흡수체 제조사별 시장 점유 현황

전자파 흡수체 제조사	시장 점유율(%)	용 도
TDK	30	전파암실용, 노이즈 억제 시트
NEC 토킨	7	노이즈 억제 시트
리켄	11	전파암실용
히타치금속	10	TV 고스트용
토호쿠화공	8	우레탄 피라미드형 전파흡수체
E&C 엔지니어링	9	전파암실용
미츠비시 전선	7	ITS 관련
닛신보 엔지니어링	2	전파암실용

3. 향후 산업 및 시장 전망

- 전자파 차폐/흡수재료의 세계시장은 연평균 5% 성장률을 최근 나타내고 있으며 공공시설의 전자파 간섭 방지 대책이 국가적 차원에서 추진되고 있는 상황을 고려하면 관련 시장 성장률은 급속히 증가할 것으로 예상됨 (출처: KIMS 재료연구소, 2014)
- 탄소 기반 복합소재는 탄소 고유의 특성인 금속대비 경량화 특성 외에 전기전도성, 열전도성, 고강도, 난연성, 물질차단성(barrier 특성), 내화학적, 투명성, 친환경성 등이 다기능 특성을 구현할 수 있는 원천재료이기 때문에 전자파 차폐용 건설자재의 개발 소재로서 시장이 점차 확대될 것으로 예상됨
- 향후 고성능 섬유보강 복합재료의 경우 물리적인 방호에 전자파 방호 기능을 추가할 경우 통합 방호시장을 창출하고 이에 따라 건설재료 새로운 시장 개척이 용이할 것으로 예측됨
- 최근 수차례에 달하는 북한의 GPS 교란 전파 위협에 대한 국민들의 인식이 증가하면서 전자파 차폐에 관한 중요성 또한 증대되고 있는 실정이며 이에 민간 시장 및 군 시설에 적용될 수 있는 전자파 차폐 시장 또한 규모가 커질 것으로 예상됨



- 단열재의 시장 성장률은 저조하지만 연간 생산량이 약 46만톤 이상으로 전자파 차폐/흡수기능이 있는 단열재의 시장진입도 가능하리라 판단됨
- 스마트시티 및 사물인터넷(IoT) 환경이 생활화 되고 각종 전자기기의 무선 LAN화 등을 통하여 EMI/EMC 제어 환경의 필요성이 증가할 것으로 예상
 - 현재는 전자기기 개별 전자파 간섭 차단에 대한 시장이 주를 이루고 있으나 향후 건축물 중심 EMI/EMC 산업 발전이 이루어지고 시장을 주도할 것으로 예측
- EMP 방호는 북한의 핵위협 및 EMP 탄 개발의 진전에 따라 국내 대응 환경이 증가할 것으로 예측됨에 따라 연구개발 후 제품화와 시장 창출이 가능함



3절 연구개발 및 기술 동향

1. 연구개발 동향

가. 국내 연구개발 동향

(1) 원천 소재 개발 동향

- 본 기획에서는 현재까지 개발되어 있는 건설재료 활용이 가능한 원천소재 이외에도 첨단 신소재를 활용하여 구조체 또는 건설자재로 제조하는 기술도 검토하여 신재료 신형식의 전자파 차폐 기술 개발을 검토하고자 함
- 국내의 경우 그래핀 및 탄소나노튜브와 같은 나노탄소소재 기반 EMP 방호와 물리적 방호를 동시에 달성할 수 있는 구조재료에 대한 연구가 전무한 실정임
- 전자파 차폐필름, 차폐시트 등이 주요 차폐재로 쓰이고 있으며 최근에는 실리카폼의 첨가량이 탄소나노튜브 보강 시멘트 복합체의 차폐성능에 미치는 영향이 연구되었고 탄소계 및 금속계 재료를 혼입한 시멘트 복합물에 관련된 연구도 진행되고 있음 (출처: Nam, I.W. et al Construction and Building Materials 30 (2012): 480-487)

(2) 전자파 차폐 건설재료 및 자재 개발 동향

- 철근콘크리트 구조물은 콘크리트가 전자파를 반사하고, 격자를 이루는 철근이 전자파를 차폐하며, 이 두가지 요소가 복합적으로 작용할 때 EMP를 차폐할 수 있음
- 3 m 두께의 콘크리트에, 3 cm 이상의 굵은 철근을 15 cm 간격으로 4겹으로 배치해도 40~50 dB 정도의 차폐효과가 있음을 확인하였음
- 80~120 dB의 차폐효과가 있는 금속 차폐벽에 비해 철근콘크리트의 차폐 효과는 매우 작지만, 철근콘크리트 구조물을 단독으로 설계하지 않고 금속 차폐판과 같이 사용하는 등의 응용이 가능함 (출처: 인하대학교 김외득 석사학위논문, 철근콘크리트건물의 EMP 차폐성능 시험을 통한 방호설계 개선방안 연구, 2016)
- 일반적으로 콘크리트는 200 mm 두께에서 10 dB(90%) 수준 의 전자파 차폐 성능을 보유하고 있으며, 석고보드에 의한 내장재와 중간층, 단열재 등을 시공한다고 가정하였을 때 기존 재료에 약 5~10 dB(주파수 대역 2~3 GHz 기준)



의 차폐능이 추가적으로 발생함 (출처: 김형기 외 1, 전자파 차폐 건설 재료의 개발, 콘크리트학회지 20권 6호, 2008)

- 전도성 재료(금속 섬유(혼입율 0.3%), 동슬래그)를 혼입한 시멘트 모르타르의 전자파 차폐 성능에 있어서, Fe 성분이 함유량이 많아 전도성이 높은 강섬유를 사용할수록 전자파의 차폐 성능이 향상되지만, 차폐 재료의 연속성이 떨어지기 때문에 10 dB 이상의 차폐 성능을 기대하기 어려움 (출처: 김영준 외 1, 전도성 재료 혼입 모르타르의 UHF파 차폐효과, 대한건축학회 논문집-구조계, 2015.04)

표 8. 건물 내 공간을 구성하는 여러 구성물의 전자파 성능(차폐 손실량)

		Drywall	Office whiteboard	Clear glass	Mech glass	Clutter
재료 두께 (cm)		2.5	1.9	0.3	0.3	-
2.5 GHz	평균 감소량 (dB)	5.4	0.5	6.4	7.7	2.5
	두께당 감소량 (dB/cm)	2.1	0.3	20.0	24.1	-
60 GHz	평균 감소량 (dB)	6.0	9.6	3.6	10.2	1.2
	두께당 감소량 (dB/cm)	2.4	5.0	11.3	31.9	-

- 한국건설기술연구원에서는 고성능 세그먼트 라이닝 개발 연구의 일환으로 지중 송전선로 구간에서의 전자파 차폐를 위한 강섬유 보강 콘크리트 사용에 대한 연구를 수행한 바 있음. 하지만 사용된 강섬유의 혼입률이 낮아 ($20\text{--}40\text{ kg/m}^3$) 전자파 차폐 성능 향상에 대한 결과는 도출하지 못함 (이규필 등 2015)
- 김형기 등(2011)은 바륨페라이트 혼입 시멘트 페이스트의 전자파 차폐 및 흡수 성능 평가에 대한 연구를 수행하여 전자파 차폐 가능성에 대해서 예측한바 있음
- 박계환(2013)은 탄소나노튜브를 활용한 시멘트 보드를 제작하고 전자파 차폐 성능 평가 실험을 수행하였으며, 상업용 주파수 대역에서 약 10 dB의 전자파 차폐 성능을 확보 할 수 있음을 확인하였음
- 김영준 등(2014)은 일반 후크형 강섬유를 활용하여 전자파 차폐성능에 대한 연구를 수행하였음. 섬유 혼입률이 증가함에 따라 차폐성능이 증가함을 확인하였지만, EMP 차폐 요구수준인 80 dB에는 크게 미치지 못하는 것으로 나타남

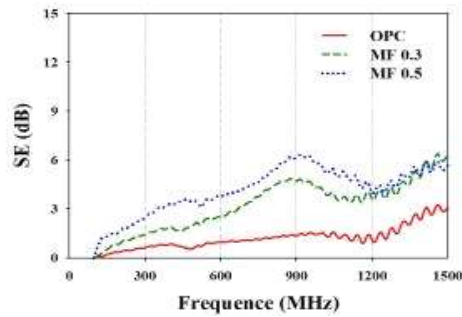


그림 36. 전자파 차폐 측정 장비 및 실험 결과(MF = 강섬유, 0.3/0.5 = 혼입률)

(출처: 김영준 등, 2014)

- 국내에서는 전자기기의 EMI/EMC 차폐 재료 기술은 2000년대 초반부터 산업체를 중심으로 개발되어 세계적 수준에 근접하고 있으나, 건축물에 적용하기 위한 기술은 건설사, 건축자재 제조회사 등의 관련 연구부족 및 시장 접근 노력 부족으로 인하여 연구가 거의 이루어지지 않고 있는 상황임
- 영남방직의 전자파 차폐소재인 「EWSY」는 원사로서 동선(Copper Wire)을심으로 하고 면섬유로써 피복한 코어 방적사이고, 피복률은 99.99% 이상이며 우수한 차폐효과를 지님
- 인트켄은 한국건설기술연구원 및 요업기술원과 공동으로 건축용 무기질계 전자파 차폐도료(이엠코트)를 개발하여 실용화한 사례가 있음
 - 반영구적 내구성과 시공 시 휘발성 유기물질 발생이 없는 제품으로 건물 벽면, 바닥, 천장에 도포하여 시공함으로써 시공이 간편하고 비용도 저렴
- 최근 10년간 논문을 대상으로 전자파차폐 콘크리트 (Electromagnetic Wave Shielding Concrete), 전자파차폐시멘트 (Electromagnetic Wave Shielding Cement), 전자파차폐 섬유 (Electromagnetic Wave Shielding Fiber) 키워드 검색을 통하여 논문 분석을 수행하였음
 - 전자파 차폐와 관련한 논문검색에서는 전자파 차폐 콘크리트 국외-142건, 국내-5건, 전자파 차폐 시멘트 국외-126건 국내-1건, 전자파 차폐 섬유 국외-741건 국내-17건으로 주로 국외에서 연구가 다수 진행 중인 것으로 나타났다으며, 특히 국내 시멘트 콘크리트 분야에서 연구는 매우 부족한 것으로 나타남



그림 37. 전자파 차폐 논문 동향

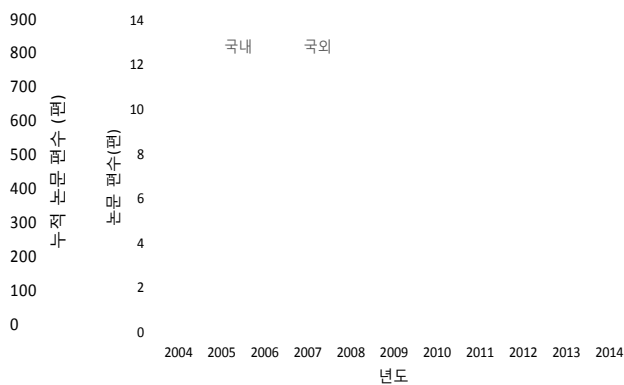


그림 38. 전자파차폐 콘크리트 국내·외 논문수

표 9. 주요 건축용 전자파 차폐 소재 관련 R&D 과제 수행 현황

연도	연구과제명	주관기관	지원기관
2001	불소화 탄소계 나노물질 및 복합체를 이용한 고성능 전자파 차폐재 개발	충남대	중소기업청
2004	미이용 자철광을 활용한 전자파 차폐 몰탈 및 적용기술개발	인트켄/한국건설기술연구원	산업자원부
2007	복합 자성재료를 이용한 전자파 흡수체 개발	명지대	중소기업청
2007	전자파 저감 소재 기술 개발	한국전자통신연구원	정보통신부
2008	전자파 차폐 향상을 위한 투명 유무기 복합체 소재 기술 개발	전자부품연구원	중소기업청
2011	전자파 흡수용 고투자율 자성 Sheet 개발	충북대	중소기업청
2013	전자파 차폐용 도전성 수지 조성물	파낙스이엠	중소기업청

- 한양대학교에서는 2016년 고고도 전자기 펄스 차폐를 위한 전자파 차폐 콘크리트 벽체 개발에 대한 연구를 수행한바 있으며, 아크금속용사 피막을 적용할 경우 최대 1 GHz에서 약 130 dB의 전자파 차폐효과가 있음을 확인하였음(이한승 외, 고고도 전자기 펄스(HEMP)차폐를 위한 전자파 차폐 콘크리트 벽체 개발에 관한 실험적 연구, 한국콘크리트학회 논문집, 2017.4)
- 국내에서는 전자기기의 EMI/EMC 차폐 재료 기술은 2000년대 초반부터 산업체를 중심으로 개발되어 세계적 수준에 근접하고 있으나, 건축물에 적용하기 위한 기술은 건설사, 건축자재 제조회사 등의 관련 연구부족 및 시장 접근 노력부족으로 인하여 연구가 거의 이루어지지 않고 있는 상황임



(3) 전자파 차폐 부속자재 개발 동향

- 전자파 차폐용 도어 기술을 국내에서 어느 정도 개발되어 있으며 국내와 외국의 차폐용 도어 제조사는 다음과 같음
- 현재 MRI 차폐 구축시 차폐원도우(128 MHz 100 dB / 투시도 46%)가 부착되어 운용되고 있으며 국내에서는 유일하게 대한실드엔지니어링에서만 생산 제작되고 있는 실정임
- EMP 방호시설 구축시 차폐원도우 적용은 주파수 특성에 따른 미미한 차폐효과로 인하여 제한이 되고 있음

표 10. 차폐도어 관련 국내외 주요 생산기업 비교

구분	구분	생산기업	점유율	차폐시험	내구성 시험	신뢰성 시험
EMP 차폐도어	국내	대한실드	10%	○	○	○
		대호테크	10%	○		
		월텍	5%	○		
		기타	5%	○		
		소계	30%			
	국외	ETS-LINDGREN	30%	○	○	○
		Franconia	15%	○	○	○
		Euroshield	15%	○	(미확인)	(미확인)
		TDK	5%	○	(미확인)	(미확인)
		기타	5%	○	(미확인)	(미확인)
		소계	70%			

(출처: EMP방호용 및 MRI용 전자파 차폐도어 신뢰성 확보 최종보고서 / 2015. 8 / 산업통상자원부)

- 현재 국내에서는 2~3개 업체에 의해 EMP 방호용 랙을 개발하기 위해 노력하고 있으나 랙 내부에 향온향습기 또는 에어컨을 부착시켜 강제 냉각방식을 적용하고 있는 실정임. 이는 랙 내부의 공간 활용성 저하 및 별도의 전원인입 등 불필요 요소가 발생되고 있음
- 2012년 ADD에서 HEMP 방호장치 국산화 개발 과제를 통해서 국내 HEMP 필터 개발기술 및 생산기술은 확보되어 있으나 양산 실적 저조



- 국가과학기술지식정보(NTIS)에 따르면 2000년 이후 약 250건의 EMI, EMC 차폐에 대한 연구개발이 수행되었거나 수행되고 있으며, 주로 전자기기 및 자동차 등에 적용하기 위한 연구가 주를 이루고 있으며, 건축용 전자파 차폐 소재 연구는 2000년 이후로 약 30여건에 이르고 있음
- 최근의 전자파 차폐 소재 연구로는 광대역 주파수에서 사용가능한 전자파 흡수체 제조 기술, 다중경계면을 가지는 편상 분말을 이용하여 전자파흡수율을 향상 기술, 금속막형성법에 의한 신소재 및 나노소재로의 제조기술 등이 수행되고 있으며, FSS 적용 전자파 차폐 설계 기술과 Meta-material(MTM) 기술을 활용한 전자파 저장 기술 등이 소재와 전자파 주파수 특성을 활용한 융합연구로서 진행됨

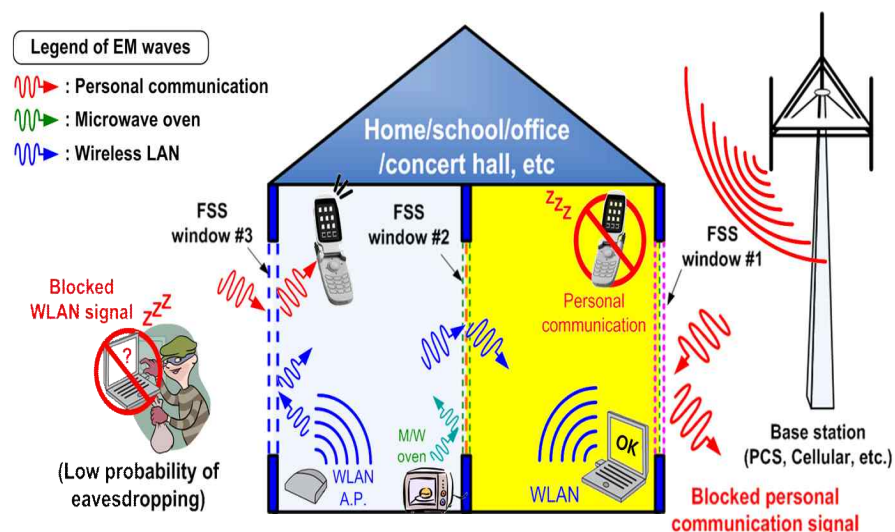


그림 39. 건축물 FSS 활용 개념도



그림 40. 전자파 차폐 소재 평가 장치(좌) 및 제작 시편(우)



(4) 전자파 차폐 성능평가 및 인증 기술 개발 동향

- 2011년, 국내에서는 KTR에서 EMP 방어시설 이상 유무를 파악하는 시스템이 처음 구축되어 방호시설 및 방호필터에 본격적인 인증시험 및 평가업무가 시작되었음
 - 미국 및 스위스 등의 일부국가에서만 가능하던 EMP 방호시설 성능평가를 자체적으로 해결하고 있음
- 국내에서 전자통신(연) 및 전파연을 중심으로 전자파양립성 연구가 지속적으로 이루어져 왔으며, 전자 및 자동차 업계에서는 자사 생산제품의 국내, 외 유통을 위한 인증 및 대책 수립에 적극적으로 대처하고 있음. 그러나 고출력 전자기파 방호의 경우, 국방과학(연)에서 공격용 발생장치를 중심으로 진행되고 있는 것을 제외하고 민간 분야에서 이루어진 연구는 거의 없는 것으로 판단됨



그림 41. 충격흡수구조를 적용한 발포알루미늄 방폭 및 EMP차폐 패널

- 국내에서 EMP 분야 연구가 본격적으로 진행된 것은 수년에 불과하지만 2012년 합참청사 신축 이후 학계와 업계에서 많은 관심을 가짐
- KTR에서 EMP 차폐효과 발휘를 위해 성능시험 시 차폐벽으로부터 최고 2.2m의 공간을 이격해야 하는 불합리성을 개선하기 위한 연구를 진행하였음
- EMP 평가 또한 현재는 군이 선도하여 SE(Shield Effectiveness), PCI(Pulse Current Injection), CWI(Continuous Wave Immersion), SELDS(Shielded Enclosure Leak Detection System) 시험절차를 수립하여 운용 중에 있음



(5) 국내 관련 연구개발 현황 정리

과제명	연구기관	연구내용 및 결과	비고
방호방폭용 고성능 섬유보강시멘트 복합재료 개발 및 성능평가 (‘13.11~’17.2)	한국건설 기술연구원	- 강섬유보강 시멘트 복합재료 개발 및 이를 이용한 전자파 차폐 콘크리트 구체 개발 - 개발된 구체로 전자파 차폐 성능평가, 전자파 대역별로 성능평가 - 평가결과 100 mm 구체 두께에서 약 30 db의 차폐효과 확인	국토교통부
미이용 자철광을 활용한 전자파 차폐 몰탈 및 적용기술개발	인트켄/한국 건설기술 연구원	- 건축용 전자파 차폐 재료 개발을 위한 최적 소재 기술개발 - 전자파 차폐 몰탈 개발 및 성능 평가 기술 - 자철광을 이용한 차폐 몰탈의 건축물 전자파 차폐 효과 분석	산업자원부
탄소계 도전성 재료를 이용한 전자파 흡수·차폐형 무기도료의 물리적 특성 평가	한국건설기술 연구원/인트 켄/현대산업 개발	- 무기질계 전자파 흡수차폐형 무기도료의 분석 - 탄소계 도전성 재료를 이용한 무기도료의 전자파 차폐성능 평가 - Mock-Up을 이용한 건축물 실내의 전자파 흡수·차폐율 측정	산업자원부
HEMP 방호용 필터와 국소 방호용 시설 개발 (‘14.02~’15.01)	한국전자파 연구소	국가 핵심시설 및 기반시설에 대한 EMP 방호 목적으로 HEMP 방호용 필터와 국소방호용 시설(컨테이너)을 개발	중소기업청
EMP 방호시설의 전자파 차폐효과 측정방법 (‘12.06~’14.05)	한국화학융합 시험연구원	송·수신 안테나의 설치 위치에 따른 차폐효과 영향 비교 및 측정 시험방법 등을 개발하여 EMP 방호시설의 건축 비용을 절감하고 공간이 협소한 방호시설에서 측정이 가능하도록 함	산업통상자원부
EMP 방호용 및 MRI용 전자파 차폐도어 신뢰성 확보 (‘13.07~’15.06)	대한실드 엔지니어링	군사, 의료, 통신 등 다양한 분야에서 사용되는 Shield Room의 주요 구성품으로 전자파 차폐도어의 신뢰성 향상 및 관련 규격 제정으로 인한 기술력 향상	산업통상자원부
EMP 대응 건축설비시스템 요소 개발 (‘15.06~’17.06)	대한실드 엔지니어링	EMP 차폐 일체형 배관의 용도별 설계 및 제작 기술, 차폐성능 평가 등 가이드라인 제시	국토교통부
EMP 방호대책 제도화방안 연구 (‘13.3~’13.11)	한국전자파 학회	- 국내의 EMP 방호대책 관련 제도 현황 및 활동 분석해외 EMP 방호대책 관련 제도 및 기술현황, 활동 분석 - EMP 방호대책 제도화를 위한 전략 제언	국가보안 기술(연)



전자파잔향실 기반 고출력 전자파 내성 평가방안 기반 연구 (‘15.11~’16.4)	서경대학교 산학협력단	• HEMP, IEMI 등 고출력 전자파 관련 기술 개발 동향 조사·분석 • 전자파잔향실 기반 고출력 전자파 내성 평가방안 연구 • HEMP, IEMI 등 고출력 전자파 관련 기술 로드맵	전자통신(연)
원편파를 이용한 차폐성능 간소화 방안 연구 (‘15.4~’15.11)	서경대학교 산학협력단	• 전자파 차폐성능 측정에 적합한 원 편파 안테나 설계·제작 • 기존 시험방법과의 비교 시험을 통한 효율성 검토 • 원 편파 안테나를 이용한 차폐성능 측정절차 표준(안) 마련	국립전파 연구원
전력·가스·원유시설 에 대한 EMP 위험 대응 정책방안 연구 (‘15.12~’16.3)	서경대학교 산학협력단	• 전력·가스·원유시설에 대한 EMP 위협의 외국의 정책 동향 분석 • 전력·가스·원유시설에 대한 EMP 위협 대책 기본 정책방향 검토 • 비핵 EMP 위협에 대한 경제성 있는 효과적 대책방안 검토	산업통상 자원부
고출력 전자기파 위험에 대한 취약점 분석·평가 방안 연구 (‘16.4~’16.11)	서경대학교 산학협력단	• 무선 채널 보안 강화 필요 기반 시설 식별(에너지, 정보통신, 운송 및 교통 등) • 세부 분야별 시스템 운용 체계 및 현황 분석 • 세부 분야별 보안 취약성 동향 파악 및 예상 취약성 분석 • 정책적, 기술적 대안 제언	국가보안 기술(연)
고속틸팅열차의 유도장애 시험평가 및 대책기술연구 (‘02.11~’03.07)	한국철도기술 연구원	• 고속틸팅 차량의 개발에 따른 유도장애 시험방법 개발 및 평가방법 제시 및 개발된 차량에서 발생하는 유도장애 대책에 관한 연구 수행	철도청 (現 한국철도공사, 한국철도시설공 단)
인천공항철도 유도장애 시험 및 분석 (‘05.07~’06.09)	한국철도기술 연구원	• (주)로템에서 제작된 인천공항철도 및 대전도시철도 1호선의 전동차의 실 계통에서 운행될 대의 전력변환기의 고조파/고주파 전류 및 차량 내외의 전자계 등과 같은 전동차의 EMI에 관련된 항목을 측정 및 분석 수행 • 전동차 운행시 철도 기반시설 및 선로에 인접한 주변 환경과 공존할 수 있음을 현장시험을 통해 검증	(주)로템
비정질 강섬유 보강 콘크리트의 고속 충격 저항성 평가 (‘12.06~’12.12)	충남대학교	• 비정질 강섬유보강 시멘트 복합재료 개발 및 내충격 성능 평가 • 타설 방향에 따른 박판형 비정질 강섬유의 배향에 따른 충격 성능 평가 • 경량의 박판형 섬유의 다수의 혼입개체수에 의한 매트릭스 내부에서의 섬유의 연속성능 향상 가능성 확인	(주) 포스코



내외조 이중 콘크리트 LNG 저장탱크용 자기치유 UHP-FRC 개발 (‘16.09~’17.08)	한양대학교	• LNG 저장탱크의 내조 9% 니켈형 강을 대체하기 위한 재료로써 최근 개발된 초고성능 섬유보강 콘크리트를 활용하고, 초저온 이후 발생하는 미세 균열에 대한 자기치유 성능을 확보할 수 있는 최적 섬유 종류 및 혼입률 제안	한국가스공사
40GHz 대역 100dB 이상에서 차폐 가능한 EMP DOOR 개발 (‘12.10~’13.10)	(주)대호테크	• 40 GHz 대역 100 dB 이상에서 차폐 가능한 군수 및 산업분야에서의 EMP DOOR 개발	중소기업청
나노 카본과 화합물을 이용한 옥외용 광대역 전자파 흡수체 개발 (‘13.06~’15.05)	한국전자파연 구소	• EPP를 이용한 광대역 전자파 흡수체 개발 • 평가결과 1~18 GHz에서 45 dB이상 흡수 효과 확인	중소기업청
EMC/EMP 방호를 위한 이동형 시설 및 필터 개발 (‘14.04~’14.08)	한국전자파 연구소	• EMP방호용 Rack 및 컨테이너 개발 : 평가결과 80 dB이상 차폐효과 확인, • 누설전류감지방지용 전력용 필터 개발 : 평가 결과 누전 차단기 오작동 방지 확인 및 삽입손실 10 kHz에서 80 dB이상 확인, MIL-STD-188-125-1&2 PCI시험 만족 • 50옴 임피던스 매칭 장치 개발 : 검/교정결과 MIL-STD-461 규격 만족	대전테크노파크
고출력전자기파 (HPEM) 방호용 주파수 선택적 전파투과(FSS) 보합재를 이용한 GPS 모듈 개발 (‘14.10~’15.02)	한국전자파 연구소	• GPS안테나 Radome용 FSS개발 • 평가결과 1.575 GHz 대역 이외 30 dB 이상 감쇄 확인, EMP시험(MIL-STD-461F, RS105) 만족 • RF(GPS 대역)용 HEMP프로텍터 개발 • 평가결과 MIL-STD-188-125-1&2 PCI시험 만족	대전테크노파크
전자파필스 차단용 300A급 대용량 필터 개발사업 (‘12.7~’14.6)	(주)아이스픽	• AC 380V 3상 4선식 300A EMP 필터 • AC 220V 단상 30A TEM-PEST 용 필터 • DC 100V, 1A Signal line 필터(16채널)	중소기업청
나노다공성 무기질 및 공중합체를 이용한 고효율 하이브리드 태양전지 (‘10.09~’13.08)	강릉원주 대학교	• 비표면적이 증대된 나노튜브 및 나노화이버 제조기술 개발 • 금속 표면특성을 개선할 수 있는 표면개질공정 기술 개발 • 금속 및 고분자의 계면 분석	미래창조과학부
전자파 차폐물질의응용분야 에서의 차폐효과 평가방법 개발	산업기술 시험원	• 전자파 차폐재료의 최적의 차폐효과측정방법 및 차폐재료의 적용상태에서 차폐효과 측정 방법 개발 • 차폐재료 및 측정자에 따른 측정 방법 정립 • 금속망의 차폐효과 이론 및 실험적 분석	유니테크



나. 국외 연구개발 동향

- 현재 전자파 차폐/흡수 시멘트 모르타르 및 콘크리트에 대한 국외 연구는 기존의 시멘트 모르타르나 콘크리트에 전도성 물질을 혼입하여, 전도성 물질의 형상, 크기, 종류에 따른 전자파 차폐/흡수 특성에 대한 연구가 중심임
 - 주로 전도성이 큰 카본계 물질(carbon fiber, graphite, Coke)을 사용하여 그 기하학적 형상(aspect ratio) 및 크기를 주로 변수로 하여 전자파에 대한 특성을 실험적으로 산정하거나, 반사성이 큰 메탈계 물질(metal fiber, metal power, silver)를 이용하여 그 특성을 실험적으로 검증함
 - 또한, 시멘트 모르타르에 페라이트(ferrite)를 함유하여 전자파 흡수 성능에 대한 연구가 많이 이루어 졌으며 그 밖에 전도성 고분자, 플라이 애쉬 및 고분말 시멘트를 이용한 연구가 수행되었으나, 이러한 연구는 주로 투과반사 측정법과 동축관(coaxial line)방법을 이용하여 주파수대에 걸친 재료 상수 측정함

(1) 일본

- 일본 Musashi 기술연구소와 Tokyu 건설회사에서 수행한 연구로, 철근이 매립된 콘크리트 벽과 외벽 형상이 그림 43과 같이 정방 주름 형상인 경우의 1 GHz에서 5 GHz 전자파 전달, 반사, 흡수 특성을 연구함

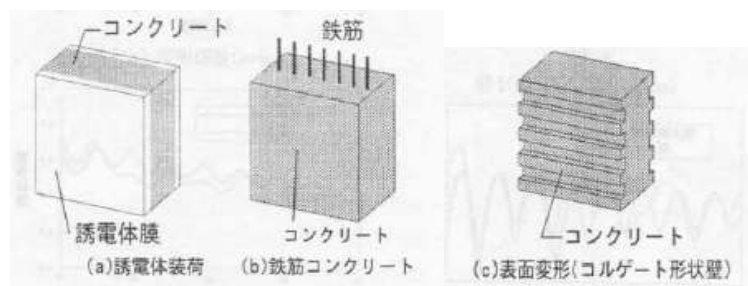


그림 42. 정방 주름 형상인 경우

- 일본 Shimizu 건설에선는 강화콘크리트 슬랩에 금속망을 매설한 경우에 전자파 반사, 전달특성을 scale model 로 시뮬레이션하고 측정을 수행함

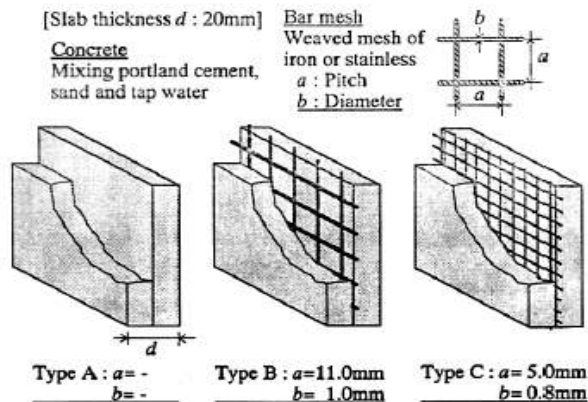


그림 43. 강화콘크리트 슬랩에 금속망을 매설한 경우

- 콘크리트 재료에 대한 시험적인 연구가 부족하고(일본 Kajima 건설에서 일부 수행), 전자파 차폐/흡수 특성만을 수행하고 혼합재료에 따른 재료 및 역학적 특성 및 내구성 시험이 이루어지지 않아 그 실용적인 측면에서 한계를 지님
- 카지마건설은 기존 동박(銅薄)과 석고보드를 활용한 차폐공법 대신 IT화 시대의 사무실에서 필요한 30 dB 정도의 전자차폐 성능을 가지면서도 종래 공법과 비교해 저비용의 전자파 차폐벽지를 개발
- TDK, Nippon Paint, Nittobo 등의 일본 업체가 전자파 흡수 재료와 공법에 관하여 1990년대 후반부터 연구개발 수행, 2000년대 초반부터 카지마건설, 다이세이건설 등에서 전자파 환경 제어형 건축물에 대한 개발, 설계, 시공 실시
- 일본에서는 유리나 내장재 등의 표면에 일정 주파수(FSS)의 전파만을 반사할 수 있는 안테나를 배치하여 특정의 전파만을 선택해서 차폐할 수 있는 ‘주파수 선택 전자차폐 필름’을 개발하여 기존 유리면이나 벽지 등에 사용 가능한 필름 타입 개발



그림 44. 주파수 선택 전자설투 필름 및 필름시공 상황



- 전자파 차폐 건축물 구축을 위한 자재의 개발, 건축물의 설계, 평가에 대한 기술 선진국은 일본임. 건축물의 경우 일본 건축학회를 중심으로 관련 연구를 1990년대에 심도 있는 연구를 진행하여 현재는 전자파차폐 건축물 기술을 일반화 한 상태임

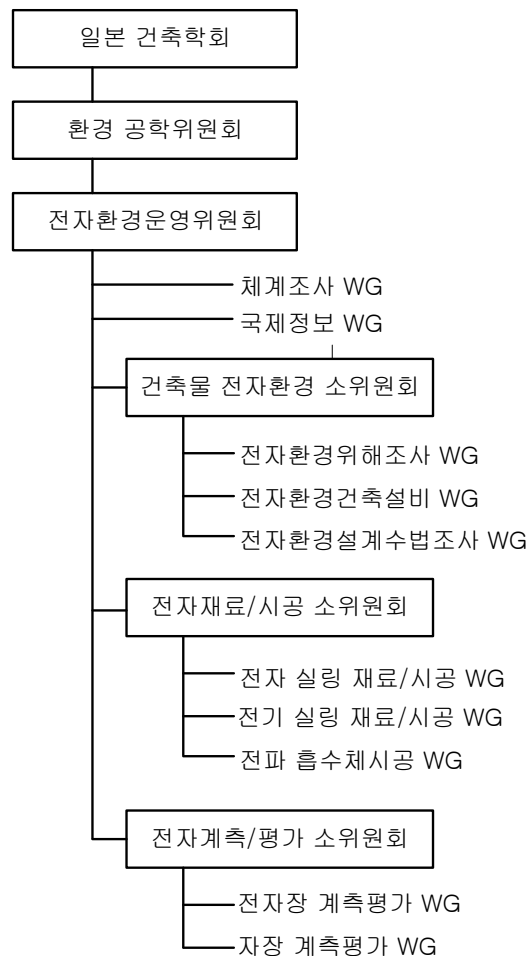


그림 45. 일본 건축학회 전자파 연구WG

- 오바야시건설은 탄소섬유를 모르타르에 혼입시킨 PCa판을 개발하여 그 전자기적 특성과 전자차폐성능(목표차폐성능 30 dB)을 확인하였음(작업공정 감소 및 경제성 확보)
- 다이세이건설은 건설예정지의 전자파환경을 측정하여 전자기의 강도, 주파수 특성을 확인후 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 건물 외부의 전자차폐, 자기차폐 효과를 평가하여 적절한 설계, 차폐재료 선정, 시공관리를 하고 있음. 또한 페라이트모르타르 전파흡수체, 페라이트코어 전파흡수체 등 독자의 전파흡수체 기술에 따라 각종 형상, 성능에 대응하고 있음

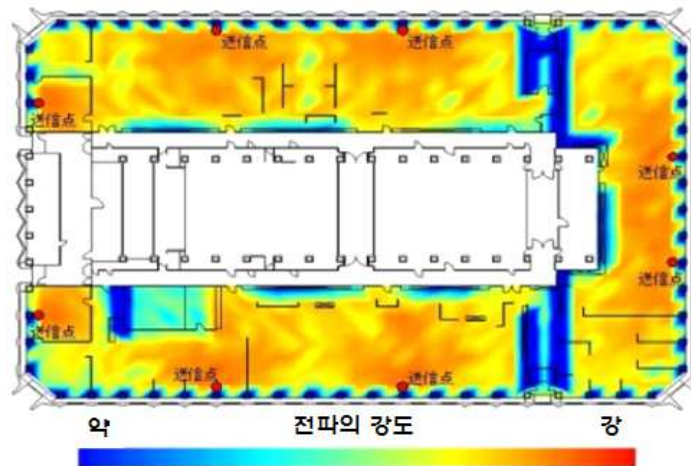


그림 46. 무선LAN 전파 수신점에서의
전파환경시뮬레이션

- 시미즈건설은 통상의 건축재료와 시공방법으로 무선LAN, PHS 등의 무선시스템에 유효한 15 dB정도의 차폐성능을 가지는 간이전자차폐 기술을 개발함

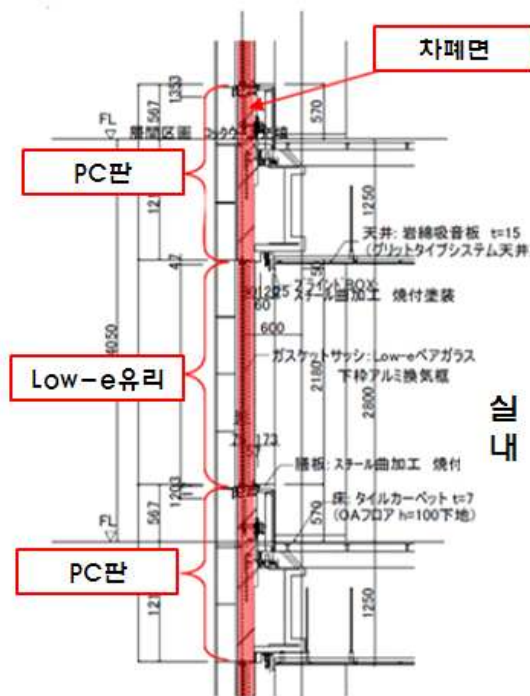


그림 47. 간이전자차폐 TSS-E



(2) 미국

- 미국 Syracuse 대학과 Polytechnic 대학의 연구로, 콘크리트 블록으로 이루어진 건물실내에서의 1.8 GHz PCS 주파수대역에서 전자파분포 특성을 해석하였음
 - 특히 콘크리트 블록을 다음 그림과 같이 모형화하여 FDTD(Finite Difference Time Domain)법으로 수치해석하여 전자파 전달 및 반사 특성에 대한 연구 수행

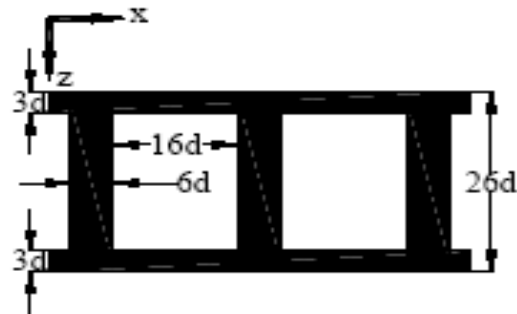


그림 48. 수치해석에 사용된 콘크리트 블록

- 미국의 State University of New York에서는 여러 형태의 탄소, 니켈, 철강 등을 이용하여 전자파 차폐 모르타르에 대한 연구를 진행하였으며, 전자파 차폐 모르타르의 보강재 혼입비에 따른 차폐율에 대한 기술 확보
- 국외에서 콘크리트에 혼화재를 첨가한 전자파 차폐/흡수에 대한 연구는 현재 까지 진행된 바 없으며, 플라스틱에 전자파 차폐성을 부가하여 콘크리트 외벽에 코팅하기 위한 페인트 소재 개발을 위한 연구가 주를 이루고 있는 실정
 - 미국의 Compact 사에서는 Metal Coated Graphite Fiber의 경우 섬유직경이 약 $8\ \mu\text{m}$ 이고, 약 6 mm 길이로 chopping한 소재를 개발하여 낮은 충전율에 높은 도전성 네트워크를 구성하는 방식을 제안함
- 미국은 탄소나노튜브를 이용한 전자파 차폐연구가 매우 활발하게 진행되고 있으며 콘크리트와 같은 건축 재료에 적용하여 차폐성능을 평가하는 연구도 진행되고 있다. 또한 탄소섬유에 그래핀 재료를 전기적으로 코팅함으로써 기존의 방식을 응용하여 차폐성능을 향상시키는 연구도 진행되는 추세임 (출처: Micheli,D et al. Materials Science and Engineering: B 188 (2014): 119–129, Chen,J et al. Construction and Building materials 84 (2015): 66–72)
- 탄소나노튜브 복합체를 EMI 차폐 재료로서의 차폐성능을 평가하였으며, 기존의 알루미늄과 비교 평가하였음. 그 결과로 탄소나노 튜브가 알루미늄에 비해 더 효과적인 차폐성능을 발휘하는 것으로 나타남 (출처: Leila. P et al. Cleaner Production 16 (2017))



- 탄소나노튜브가 코팅된 탄소섬유와 유리섬유 복합체의 차폐성능 평가결과, 유리섬유가 탄소섬유에 비해 차폐성능 강화효과가 크게 되는 것으로 연구됨 (출처: Gnidakoung, J.R.N et al. Composite: Part A 50 (2013): 73-80)
- 미국 SUNY Buffalo의 Wen 등(2004)은 0.72%의 강섬유 혼입 시멘트 활용하여 1.5 GHz 주파수 영역에서 70 dB의 전자파 차폐 성능을 확보할 수 있는 건설 재료를 개발한 바 있음
- 미국 University of Nebraska-Lincoln의 Krause (2012)는 전자파 차폐를 목적으로 한 전도성 콘크리트 개발에 대한 연구를 수행한 바 있음. 강섬유와 탄소분말 혼입을 통해서 주파수 영역대가 100 MHz 이상일 경우 전자파 차폐 성능이 80 dB을 달성한 바 있음

(3) 유럽

- 철도시스템의 전자파 공격에 대한 유럽 SECRET 프로젝트의 경우에도, 주로 열차제어를 위한 신호시설 및 차량제어 인프라에 대한 연구만이 이뤄지고 있으며, 물리적 방호까지 포함된 통합적 방호설비 시설에 대한 연구는 미흡한 실정임
- 영국 University of Nottingham의 Wong 등(2010)은 탄소 섬유보강 폴리머 복합재료를 전자파 차폐 목적으로 사용하기 위한 연구를 수행한 바 있으며, 80 g/m²의 탄소 섬유를 혼입하여 40 dB의 차폐 성능을 확보한 바 있음
- 특히, 유럽연합에서는 NNEMP/HPM(Non-Nuclear EMP/High Power Microwave)로부터의 유럽연합의 핵심기반시설에 대한 위험성 제고를 위해 역내의 여러 국가의 산학연간 컨소시엄을 구성하여 공동 연구를 수행하고 있으며, 대표적인 공동 프로젝트로는 HIPOW, STRUCTURE, SECRET가 있음



표 11. 고출력 전자기파 관련 주요 연구 프로젝트

프로젝트명	주요 대상 기기 및 시설	연구기간 및 연구비	Web Site
HIPOW	- 전자파 위협으로부터 주요 인프라 보호를 위한 포괄적인 제도 개발 - 주요 기반시설보호에 관한 유럽 정책 지원 - EMP/HPM 위협에 대한 주요 인프라의 취약성 개선	2012.6.1 ~ 2016.1.31 4.5 M€ (EU: 3.37 M€)	www.hipow-project.eu
STRUCTURES	- EMI 검출용 '필드 프로브' 개발 - EMI 위협의 발생 이전에 위협을 검출하는 방법	2012.7.1 ~ 2015.10.30 4,797,531€ (EU: 3,497,673€)	www.structures-project.eu
SECRET	- 철도 시스템 - GSM-R 철도시스템에 대한 방해 위협에 대응	2012. 8 ~ 2015. 11 26 M€	www.secret-project.eu

※ HIPOW: Protection of critical Infrastructure against high power microwave threats

STRUCTURES: Strategies for The improvement of critical infrastructure resilience to electromagnetic attack

SECRET: Security of railways against electromagnetic attacks

○ 유럽에서는 전자파에 의한 주요 인프라 시설의 보호를 위해 HIPOW, SECRET, STRUCTURES의 기획프로젝트를 2012년부터 2015년까지 수행하였으며, 이에 대한 내용은 다음과 같음

- HIPOW : 전자파에 의한 주요 인프라시설물의 보호를 위한 전체적인 가이드 라인 및 기준과 같은 제도 및 정책을 개발하고자 하였으며, EMP/HPM에 취약한 주요 시설물을 선정하고자 하였음 (출처: <http://www.hipow-project.eu/>)

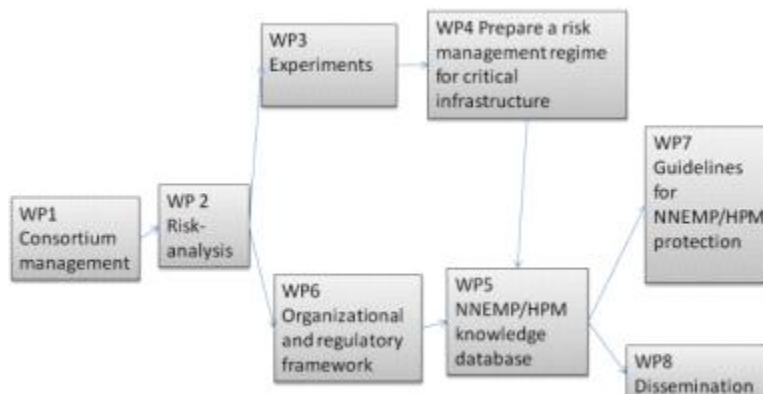


그림 49. HIPOW 프로젝트의 구성도

(출처: Beek and Leferink (2014))

- SECRET : 의도적 전자기파 간섭에 의한 시나리오에 따른 철도 신호 및 차량 제어 인프라의 실험적 위험분석 평가 수행 및 통신제어에 대한 보호장비 및 명령제어 아키텍처의 개발, 철도 인프라를 강화하기 위한 기술권장사항에 대하여 연구하였음 (출처: <http://www.secret-project.eu/>)

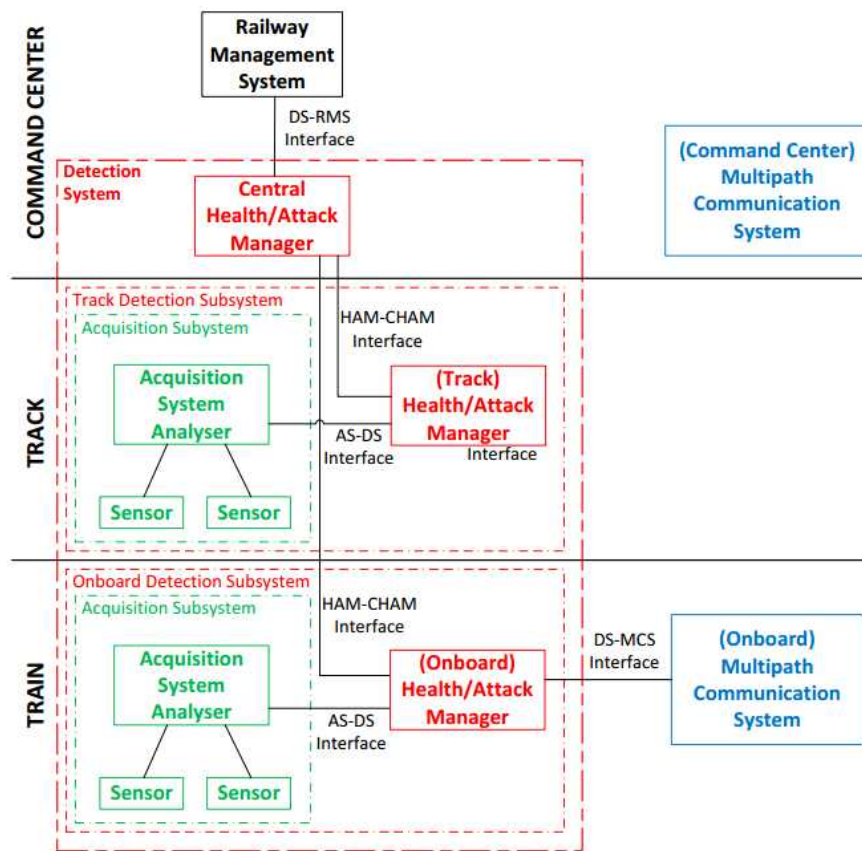


Figure 6: Secret resilience components

그림 50. SECRET 철도시스템의 탄력적 통신 구성요소

(출처: UIC-ETF, SECRET white paper (2015))

- STRUCTURES : 주요시설물(전력시설, ICT시스템, 교통 등)에 전자파 공격에 의한 발생 가능한 영향분석 및 전자파 공격의 사전 탐사 및 방호 전략, 시설물에 대한 주요 정책안에 대해 연구를 수행하였음 (출처: <http://www.structures-project.eu>)

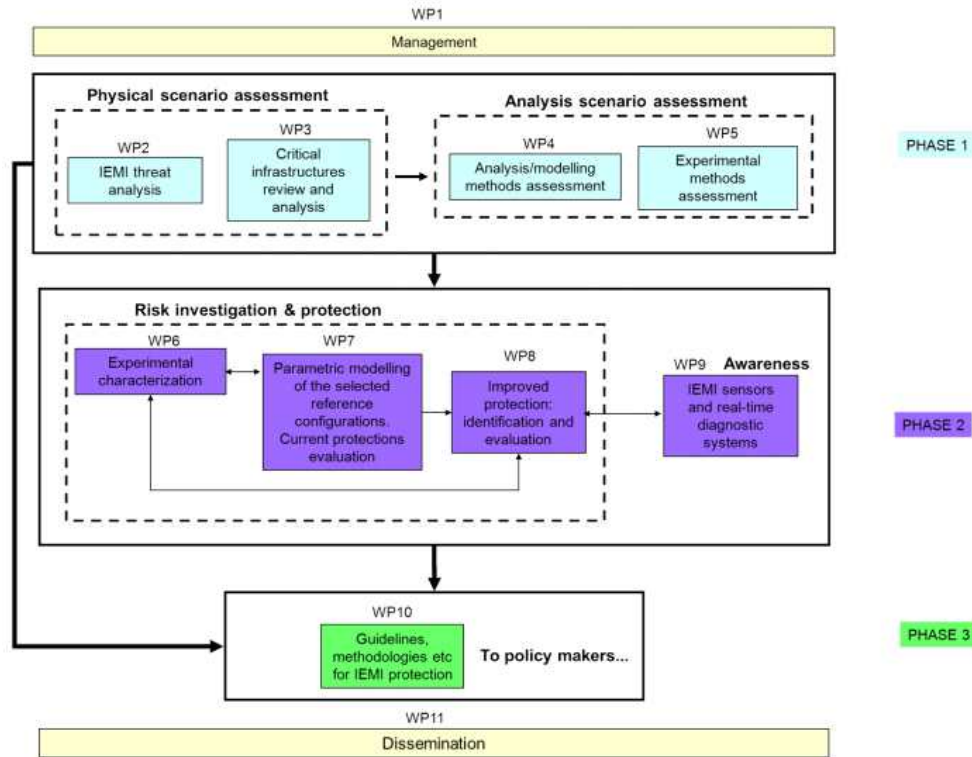


그림 51. STRUCTURES 프로젝트의 구성도

(출처: Beek and Leferink (2014))

(4) 기타 국가

- 최근 들어 중국에서는 대련공대(Dalian University of Technology) 등 대학을 중심으로 multi-walled 탄소 나노 튜브 및 그래핀 옥사이드를 활용한 전자파 차폐용 시멘트 복합재료 개발에 대한 연구를 다수 진행하고 있음

다. 향후 연구개발 전망

- 첨단 의료기기, 군사시설 및 국가 중요시설물의 보호를 위한 전자파 방해율을 저감하기 위하여, 첨단 유무기 복합 건설재료의 기술개발의 활용을 통한 전자파 원천 차단에 따른 EMI 및 EMC 차폐성능 향상에 대한 연구가 필수적임
- 향후 중요시설물과 군사방호시설물은 전자파 방호뿐만 아니라 방탄, 방폭, 화생방을 부분적으로 포함하는 방향의 통합 방호 기술개발이 필요하며, 민간시설물에서는 원 계획 건축공간을 충분히 활용하면 EMP 차폐가 가능한 통합 방호 구조물의 개발이 필요할 것으로 판단됨



- 예를 들면, 철도교통관제센터 및 도시철도 관제센터 구조물의 EMP 차폐 및 물리적 방호성능에 대한 검토 및 설계를 통해 테러범죄조직의 주요 대상이 될 수 있는 철도시설물의 방호체계 구축 기술 개발
- EMP 방호 건설재료 및 자재 부분에서는 우선 콘크리트 및 시멘트 복합재료와 첨단 신소재를 활용한 연구개발이 필요하며 동시에 기존 콘크리트 구체에 전자파 흡수 성능을 부가할 기술개발이 필요함
- 이를 위해서 시멘트계 재료의 차폐성능을 향상시키기 위하여 시멘트계 재료에 전도성 물질을 혼합하는 방법으로서, 신소재 및 재료의 개발이 수행될 것으로 전망되며, 적용 가능한 소재는 다음과 같음
 - 탄소 섬유/필라멘트/분말(carbon fiber/filament/powder): 대표적인 탄소계 재료로서 탄소 필라멘트의 경우 두께의 직경이 $0.1\ \mu\text{m}$ 이하, 탄소 섬유는 직경 $0.1\ \mu\text{m}$ 이상의 섬유
 - 니켈 섬유/필라멘트/분말/도금(nickel fiber/filament/powder/plating): 탄소계보다 더 높은 차폐성능을 가지며 항산화성이 우수하고 안정성이 높음
 - 강섬유/스틸 파우더(steel fiber/powder): 전형적인 전자파 반사체로서 높은 차폐율을 보임. 분산성을 확보할 경우 성능이 우수하며 다른 재료에 비해 저가이며, 물리적인 강도 증진 효과 기대
 - 카본 블랙(carbon black): 탄소 함유율이 99.5%에 이르는 고순도의 다공질성 물질로서 수용액화도 가능하며 여러 형태로 가공되며 시멘트계 재료와 혼합 시 유동성을 해결해야 할 것으로 판단
 - 그라파이트(graphite): 안정성이 낮아서 전도성 재료로 사용된 지 오래 되지 일반적으로 분말 혼입재의 형태로 사용됨. 그러나 시중에서 구입이 어렵고, 탄소 그라파이트의 경우 제품의 제조 부산물로서 소량 입수할 수 있음
 - 페라이트(ferrite): 철에 합금원소가 녹아서 된 고용체(solid solution)며, 자화(magnetization)하였을 시, 강한 전자파 자성손실을 일으키는 소재임. 콘크리트에 함유 할 경우에는 자화 하는 것이 어려움
 - 발포 알루미늄(foam aluminum): 금속 분말을 소결하는 과정에서 발포제를 첨가하여 형성하며 전도성이 우수함. 가격이 높은 흠이 있음
 - GO(Graphene oxide):시멘트와 혼합될 경우 전자장 차폐효과를 만들 수 있으며 표면 분극화와 이방성 에너지가 전자장 차폐효과를 향상시킬 수 있음



- EMP 부속 시설은 점차 성능이 향상되며 특화된 기술이 적용된 자재의 개발로 발전될 것으로 전망됨
 - 차폐도어의 기술개발은 공압 특성을 이용한 인터라킹 및 가스켓 기술 개발
 - 저수준의 EMP 방호성능이 요구될 경우는 문턱없는 차폐도어 및 회전문과 같이 기본 기능을 충실히 반영하면서 전자파 차폐 성능을 탑재하는 기술 개발
 - 차폐 윈도우는 차폐도와 투과율을 향상시키는 소재와 접합 적용기술을 통하여 EMP 방호시설에도 윈도우를 설치하는 기술 개발
- 한편, 전자파의 반사, 흡수, 다중산란 메커니즘별 전자파 차폐 최적 소재 선정 연구가 필요하며 콘크리트와 같은 복합 물질의 경우 그 특성이 일정하지 않으므로 변화되는 특성에 관한 차폐효과를 예측할 수 있는 물리적 모델 개발이 필요
- 유효 주파수 대역이 광대역화 됨에 따라 EMI/EMC/EMP용 소재를 고도화하는 방향과 기존 소재를 활용하여 전자파 차폐 제어 기술을 활용한 복합 소재화 또는 모듈화하는 방향으로의 상용 연구개발 또한 필요함
- EMI, EMC, RFI 차폐 소재는 전도성 소재, 유전율 및 투자율 제어 소재 등을 활용한 필름, 시트, 도료 형태의 연구가 주로 수행되었지만, 향후에는 건축자재에 전자파 차폐 기능을 복합화하는 기술개발이 필요하며 효율성을 높일 수 있을 것으로 판단됨
- 전자파 환경 제어형 건축물 연구는 전자파가 생활 전반에 걸쳐 영향을 미치는 현상은 지속되리라고 예상하고 있기 때문에, 전자파가 필수불가결한 존재 하에서 문제점을 해결하는 관점으로 전자파 환경 제어형 건축물 연구가 진행될 것으로 전망함
- 전자파 환경 제어가 필요한 건축물로는 오피스빌딩, 전산실, 공연장, 방송국, 의료시설 등의 정보 흐름이나 오작동을 제어하기 위한 건축물, 의료시설이나 방송국 등을 들 수 있으며 이러한 시설물의 전자파 환경 제어 성능 부여 및 평가 기술 개발이 필요함
- EMP 방호 기술은 현재는 주로 군사 방호시설에 국한되나 향후 공공기관 및 주요 사회기간시설물에 반드시 구축되어야 하는 기술임. 한편 EMP 방호기술을 보안기술로서 선진 기술의 도입이 용이하지 않아 자체 기술개발이 수요가 높음



2. 기술 동향

가. 국내 기술 동향

(1) 전자파 차폐 기술 및 기준

- 고출력 전자기파 위협에 대한 국가 중요시설의 방호 대책과 관련된 주요 법률 체계로는 “국가정보원법” 근거 법령과 “정보통신기반보호법” 근거 법령, “전자파법” 근거법령 및 기타로 분류 가능하지만 대부분 사이버 위협에 초점
- “고출력 전자기파 침해 방지” 규정은 명시적으로 표현만 되어 있고 실제적 시행에 필요한 세부 규정은 마련되어 있지 않음
- 현행 정보통신기반보호법의 추진체계는 아래 그림과 같으며, 주요정보통신기반시설을 관리하는 기관(“관리기관”이라 부른다)의 장은 소관 주요정보통신기반시설 및 관리 정보를 안전하게 보호하기 위한 예방, 백업, 복구 등 물리적·관리적 대책을 포함한 관리대책(“주요정보통신기반시설보호대책”이라 부름)을 수립·시행하여야 하고, 관계 중앙행정기관은 보호계획을 수립 시행하고, 예방 및 복구 지원을 실시하도록 규정하고 있음

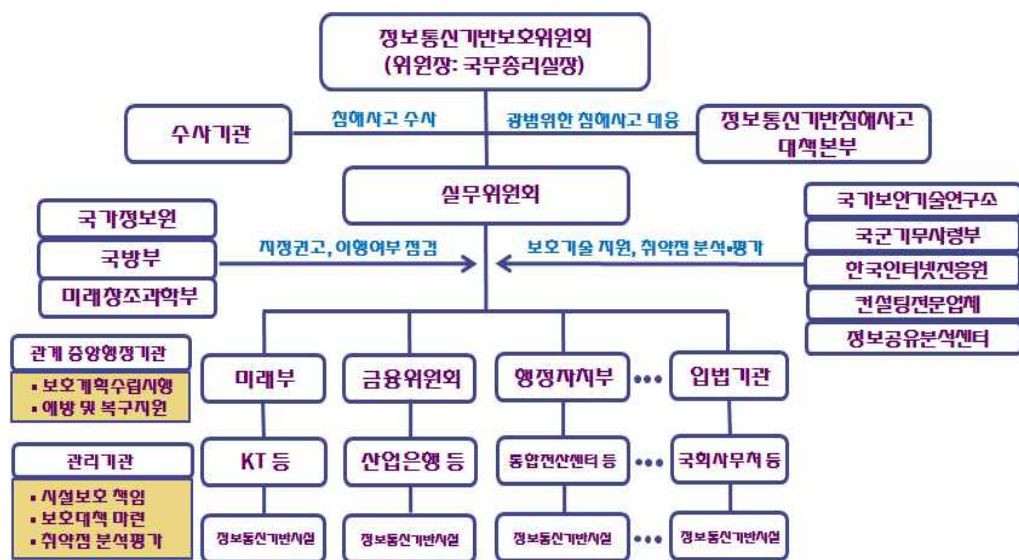


그림 52. 현행 정보통신기반보호법 추진체계

(출처: 정보통신기반보호법, 국가법령정보센터, 2016)

- 현재 국내에서 시행되고 있는 고출력 전자기파 관련 법·제도는 국가정보원 국가사이버안전센터가 작성한 “EMP 침해방지 대책 기술기준”과 국방부가 작성한 “전자파 방호시설 설계기준”이 있음



- “EMP 침해방지 대책 기술기준”은 EMP 개념, 방호기준, 구축방법, 시험평가 방법 등을 포괄적으로 규정하고 있는 대외비 자료로서 2016년 1월에 83개의 중앙행정 기관 등에 배포되어 시행되고 있으며, “전자파 방호시설 설계기준”은 우리나라 군 에서 시행되고 있는 EMP 방호시설 구축사업에 현재 적용되고 있음
- 상기 규정은 모두 미국의 군사규격 MIL-STD-188-125-1/2에 근거하여 작성 된 것으로서 지상의 C4 쉼터(shelter)에 대한 고 고도 핵 전자기파(HEMP) 방 호에 적합한 내용을 포함하고 있음
 - 따라서 지하 또는 콘크리트 건물 내부에 설치되는 (다른 종류의) 체계에 대 해서는 부적합할 뿐만 아니라 유사한 방호기법이 적용되는 고출력 비핵 전자 기파(HPEM 또는 IEMI라고도 부름), 누설전자파(TEMPEST)에 의한 정보 유 출 방지에 관한 내용을 포함하고 있지 않아 포괄적인 방호에 분명한 한계를 지니고 있음
- 국방부와 국정원에서는 EMP 대책 기술 및 시설 기준은 마련

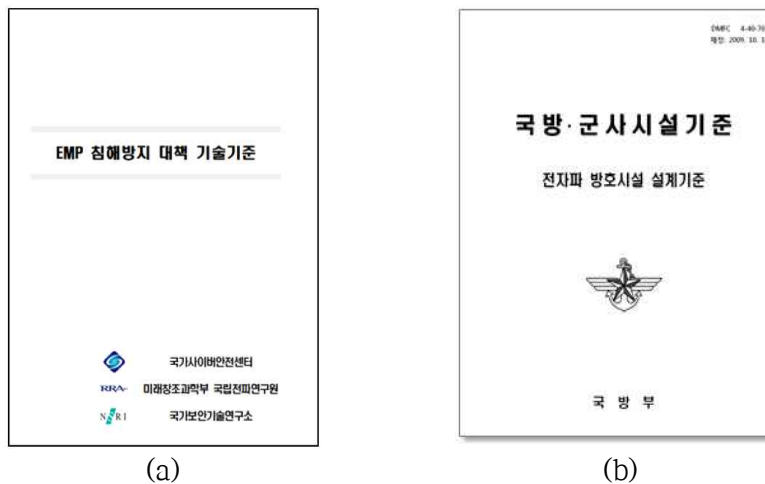


그림 53. 현행 국내 EMP 관련 법·제도: (a) 국가정보원 “EMP 침해방지 대책 기술기준”, (b) 국방부 “전자파방호시설 설계기준”



표 12. 국내 EMP 방호 기술기준

항 목	적용 범위	전자파 차폐효과	과도전류 억제	장비 기준	비고
국가 정보원 규정	EMP 방호가 요구되는 시설 및 정보기기	2개 등급 10 kHz ~ 18 GHz	전원선, 통신선 PCI 및 서지	있음	HPEM(IEMI) 및 TEPEST, 통합방호 규정 없음
국방부 규정	육해공군 및 국직부대 EMP 방호시설 증·개축 사업	1개 등급 10 kHz ~ 1 GHz	전원선, 통신선, 신호선 PCI	없음	"

- 한국전자파학회를 중심으로 EMI, EMC, EMP 연구가 수행되고 있으나, 건축물 적용에 관련해서는 건축에 대한 인식이 부족하여 거의 진척이 없으며, 2013년부터 EMP 방호내용을 주로 하는 전자파 보안워크숍을 해마다 진행하고 있음
- EMP와 관련된 연구개발은 최근 2010년 이후 국방을 중심으로 전략 전자기기의 보호 측면에서 연구개발이 10여건 이내로 진행되었으며, 대부분 강재를 이용한 차폐 방식의 적용과 평가에 초점이 맞추어져 있음
 - 주한미군의 EMP 차폐시설은 80dB의 방호성능 기준으로 설정하고 있으며, 국방부 청사 및 일부 지휘시설에도 이를 준용하여 80dB EMP 방호성능을 적용하고 있음

(2) 전자파 차폐 자재 기술

- 전자파 차폐 특허 검색에서는 전자파차폐 시멘트 72건, 전자파차폐 콘크리트 52건, 전자파차폐 섬유 792건이 출원되었으며 시멘트 콘크리트분야에서 꾸준한 기술개발이 진행되고 있음
- 전자파 차폐와 관련 국가별 특허 동향 분석에서 일본, 미국, 유럽 순으로 연구가 많이 진행되고 있고, 특히 일본이 주도적 연구를 진행 중이며 국내 시멘트 콘크리트 분야에서는 특허 개발이 아직 미흡한 것으로 분석됨



그림 54. 전자파차폐 특허 동향

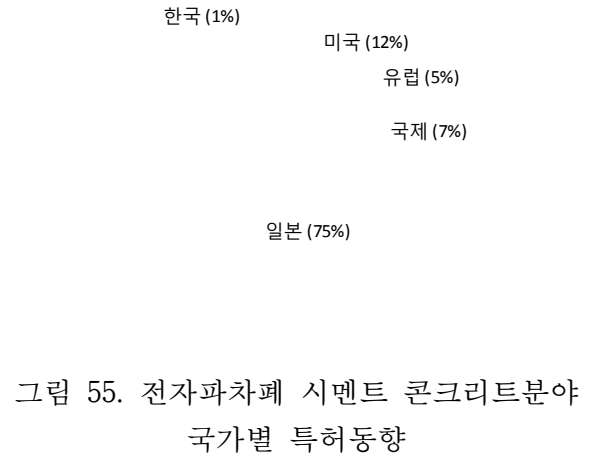


그림 55. 전자파차폐 시멘트 콘크리트분야 국가별 특허동향

- 국내의 경우 전자파 흡수 및 조절 관련 기술에 관한 특허가 2000년대 초반까지 특허출원 건수가 완만하게 증가하다가 2005년 이후 급격하게 증가하고 있으며 미국의 경우 2002년이후 다소 높은 증가율을 보이고 있음

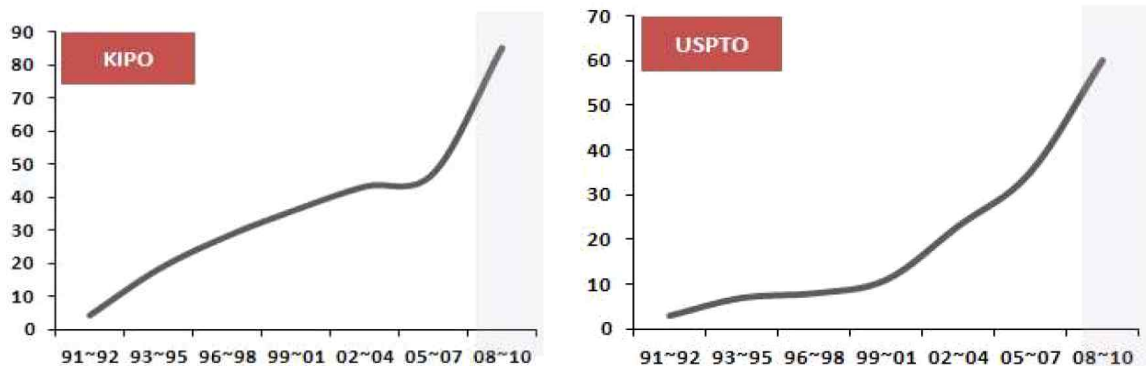


그림 56. 고성능 전자파 흡수·조절 기술에 관한 특허 동향
(출처 : 특허청)

- 건물 내부에 있어서의 정보기기의 오동작, 무선 시스템간의 전파 상호간섭, 고속 무선 랜에 있어서 실내 전파 반사에 의한 통신 에러, 컴퓨터 등의 고주파 발진 등이 있으며, 이런 문제 해결을 위해서 전자파 차폐 및 흡수 재료들이 사용되고 있음
 - 천장, 벽, 바닥에는 Fe, Cu, Al 등 금속재료나 비금속 재료를 도전처리한 도전성의 판자재, 판재, sheet재를 사용하고 있으며 문에는 금속소재, 창문에는 도전화 된 금속 mesh 유리 혹은 코팅유리나 sheet 소재를 사용하고 있음
- 차폐도어 자체의 차폐성과 관련된 연구는 업체별 진행되어 있어 3~4개 업체에서는 도어를 생산하고 있으나 차폐도어의 구조적 기술 개발은 아직 초보 단계임



- 일부 MRI 분야에서 문턱 없는 차폐도어를 개발했으나 EMP 단계의 차폐도어 수준에는 미치지 못하는 수준임

대한실드엔지니어링(주)
MRI Shield Room Solutions

실드산업의 세계적 선도기업
고객과 함께하는 휴먼기업

- 세미오토도어 (Semi-Auto Door)
- 투명차폐창 (Transparent Window)
- HD Zoom CCTV System
- Visual Therapy (Sky/Well View)

대한실드엔지니어링(주) DAEHAN SHIELD ENGINEERING CO., LTD. Tel: +82-32-819-1171 | www.dhse.co.kr

세미오토도어 SEMI AUTO DOOR

탁월한 방음차폐로 소음을 획기적으로 줄여서 근무환경이 훨씬 좋아 집니다.
문턱이 없어서 환자 이동시에 충격없이 부드럽게 휠체어나 카를 이동 시킬 수 있습니다.
특히, 혼자 근무할 때 환자 이동이 용이합니다.

[주요 특성]

- 문턱이 없게 시공가능 중환자의 출입시 충격을 받지 않음
- 버튼을 이용한 간편한 조작, 탁월한 방음 및 차음효과

제품 신뢰성 확보

대한실드엔지니어링(주)이 특허제품으로 국가공인시험기관인 (한국기계연구원)의 엄격한 시험기준을 통과하여 신뢰성 인증마크(Mark)를 획득 (2014년은 최초로) 유망한 MR자폐 도어입니다.

기존 수동도어(문턱있음) 세미오토도어(문턱없음)

국립공인 신뢰성 인증 R-Mark
KIMM KOREA INSTITUTE OF
MECHANICAL & MATERIALS

그림 57. 생산 차폐 도어 (대한실드엔지니어링(주))

- 차폐윈도우는 의료분야 차폐실 위주 기본적으로 강화유리와 메시 접합기술을 이용하여 128 MHz 대의 저주파에서만 적용하고 있는 실정임

표 13. 메시접수에 따른 차폐윈도우 성능 비교

차폐메시	주파수대	차폐성능	투과율
1겹	128 MHz	60 dB	72%
2겹	128 MHz	100 dB	46%

대한실드엔지니어링(주)
MRI Shield Room Solutions

실드산업의 세계적 선도기업
고객과 함께하는 휴먼기업

- 세미오토도어 (Semi-Auto Door)
- 투명차폐창 (Transparent Window)
- HD Zoom CCTV System
- Visual Therapy (Sky/Well View)

대한실드엔지니어링(주) DAEHAN SHIELD ENGINEERING CO., LTD. Tel: +82-32-819-1171 | www.dhse.co.kr

투명차폐창 Transparent Window / Wall

기존 MRI실 전자파 차폐창은 내부에 그 물량이 보여서 시야를 방해하고 소음에 취약하였으나 투명차폐창(Transparent Window)은 기존의 전자파차폐창과는 달리 그물망이 보이지 않아 더 밝고 투명하며 방음에 탁월한 기능까지 갖춘 특허품입니다.

[주요 특성]

- 내부에 그물망이 없음
- 기존 전자파 차폐창에 비해 투과율과 시야각이 좋음
- MRI실의 폐쇄성과 공포심을 없애 줌
- 자연채광을 이용하여 환자에게 편안함을 제공
- 벽면전체 시공 가능
- 탁월한 방음효과

[Size]

- 투명차폐창(Transparent Window)
 - 일반형 : 900mm × 1800mm
 - 슈퍼형 : 1200mm × 2000mm
- Transparent Wall :
 - 800mm × 2400mm, 확장 가능

그림 58. 생산 차폐 윈도우 (대한실드엔지니어링(주))



- 차폐 랙은 3~4개 업체에서 자체 기준에 의한 랙을 개발하려는 시도는 있으나 19인치 표준 랙 크기를 맞추지 못하고 있음. 또한 랙 내부 냉각을 위해 항온항습기 및 에어컨 부착 등으로 기존의 랙을 대체하지 못하는 실정임
- 군사적 목적을 위한 HEMP 차폐 시설의 핵심 설비 구성은 차폐실을 구성하는 차폐 판과 차폐 문, 관통 도체에 대한 전기적 방호 장치인 EMP 필터, 환기구 방호 장치인 허니컴(Honeycomb) 등이 대표적 기술로써 적용되고 있음 (출처: 백인영, 고고도 전자기 펄스 (HEMP) 차폐재로써 아크 금속용사 피막의 전자파 차폐 성능에 대한 실험적 연구, 한양대학교 공학대학원 석사학위논문, 2015년)
- 건설재료가 아닌 기본적인 전자파 차폐 섬유소재 및 제품에 대한 수요는 급증하고 있으며 전자파 차폐섬유와 이를 응용한 제품에 관련된 특허 출원이 90년대 후반 이후 큰 폭으로 늘기 시작하여 2000년대 초반에 들어서 263건으로 증가함 (출처: 전자파차폐 섬유소재, 섬유기술과 산업, 제7권 1호, 2003)
- 이중 차폐 판의 경우, 전자파 차폐 성능이 우수한 금속 판 (아연 도금 판, 구리 판, 강판 등)을 제작 및 가공 후 용접이나 볼트 조립을 통해 적용하고 있으나 이는 제작 시 가공의 어려움, 용접 및 볼트 조립 부위에서의 전자파 유입 가능성, 높은 시공비용 등이 문제가 되고 있으며 이를 개선하기 위한 차폐 공법 및 차폐재 개발을 위한 연구가 부족한 실정임 (출처: 백인영, 고고도 전자기 펄스 (HEMP) 차폐재로써 아크 금속용사 피막의 전자파 차폐 성능에 대한 실험적 연구, 한양대학교 공학대학원 석사학위논문, 2015년)

(3) 전자파 차폐 성능평가 기술

- 현재 전자파 차폐 효과 측정을 위하여 국제적으로 합의된 기술표준은 없으며, IEC/CISPR, IEEE를 비롯한 여러 국제기구에서는 몇 가지 대안을 제시하고 있으나 아직 제안 단계에 머무르고 있음
- 미국의 ANSI, MIL(United State Mi)에서는 독자적인 기술 표준을 보유하고 있으나 이들 표준도 국제적으로 합의된 표준(안)이라고 볼 수는 없음(KS C 0304: 2014)
 - 현재 KS C 0304:2014에서는 측정 주파수 범위 30 MHz~1 GHz에서의 평면형 재료의 전자파 차폐 효과를 측정하는 절차를 제공하고 있음



- 초저주파 영역의 자기장 차폐율 시험방법(KS C 0304-1:2009)에서는 파의 개념으로 차폐효과를 측정하는 KS C 0304(평면 재료의 전자파 차폐 효과 측정 방법)와는 구별되는 초저주파 영역에서의 자기장 차폐율을 측정하기 위한 표준으로 IEC 60404 및 IEC 60050을 인용하고 있음
- 국내의 ECMpro(주)에서는 자체의 기술과 시설을 통해 차폐 챔버와 시설물에 대하여 다음과 같은 성능평가 기준을 만들어 적용하고 있음

표 14. 차폐 챔버 및 시설물에 대한 성능평가 기준(ECMpro(주))

CISPR 16-1-4 (30 MHz ~ 1 GHz)에 부합되는 Normalized Site Attenuation
CISPR 16-1-4 (1 GHz ~ 18 GHz)에 부합되는 Site VSWR
IEC 61000-4-3 (26 MHz ~ 18 GHz)에 부합되는 Field Uniformity
CISPR 16-1-4에 부합되는 Transmission Loss
CISPR 16-1-4에 부합되는 Free Space Normalized Site Attenuation

- 국내에서는 삼성전자의 전자제품 시험용 EMP 차폐실(2002년), 쌍용자동차의 차량용 전자파 측정시설(2003년) 및 전파연구원의 전파측정시설(2006년) 등은 미국의 국방기준상 EMP 방호 최소성능은 기준을 적용하였음
- 국내에서는 전자파 관련 문제에 대한 인식이 낮으며, 특히 전자파 차폐용 건설 재료에 관한 연구는 기초적인 범위에 머무르고 있음
- 국가과학기술지식정보(NTIS)에 따르면 2000년 이후 약 250건의 EMI, EMC 차폐에 대한 연구개발이 수행되었거나 수행되고 있음. 또한 전자기기 및 자동차 등의 산업체는 전자파 교란에 의한 오작동을 방지하기 위한 전자파 차폐 소재와 공정 기술을 확보
- 전자파 환경 제어를 위한 차폐 소재의 평가를 주로 한국전자통신연구원, 한국 산업기술시험원, 표준과학연구원 등에서 주로 이루어지고 있음
 - 전자파 차폐 및 흡수 소재의 평가를 위하여는 고가의 측정장비 및 측정실을 구비하여야 하기 때문에, 주로 전자기기나 자동차 관련한 측정들이 이루어졌으며, 건축물에 사용하기 위한 전자파 차폐 소재를 평가하는 데는 시료 처리 등이 매우 난해하기 때문에, 연구에 제약요인으로 작용하고 있음
 - 측정기관에서의 건축 및 건축재료에 대한 인식이 부족하여 성능 평가 및 공동 추진에 따른 어려움이 있음



표 15. 차폐효과 시험 표준 비교

구 분	IEC 61000-4-23	MIL-STD-188-125-1	IEEE-STD-299
발행년도	2000년	2005년	2006년
적용분야	민간시설(EMP)	민간시설(HEMP)	민간시설(EMC)
시험주파수	15 kHz~30 kHz: 1개 300 kHz~500 kHz: 1개 1 MHz~20 MHz: 1개 50 MHz~200 kHz: 3개	10 kHz~100 kHz: 20개 100 kHz~1 MHz: 20개 1 MHz~10 MHz: 40개 10 MHz~100 MHz: 150개 100 MHz~1 GHz: 150개	9 kHz~300 kHz: 수개 300 kHz~600 kHz: 1개 600 kHz~1 GHz: 1개 1 GHz~2 GHz: 1개 2 GHz~4 GHz: 1개 4 GHz~8 GHz: 1개 8 GHz~18 GHz: 1개
송·수신 안테나 거리	Loop Ant. - 송신 : 0.955 m - 수신 : 5~60 cm Dipole Ant. - 송신 : 4.7 m - 수신 : 5~60 cm	Loop/Bi-conical/LP Ant. - 송신 : 0.3 m - 수신 : 0.3 m	Loop Ant. - 송신 : 0.3 m - 수신 : 0.3 m Bi-conical/Dipole/Horn Ant. - 송신 : 1.7 m - 수신 : 0.3 m
송신안테나 위치	시설 외부	시설 외부	시설 외부
단위 시험능력	2.5 m×2.5 m	3.05 m×3.05 m	2.6 m×1.5 m

(출처: EMP 방호시설의 전자파 차폐효과 측정, 한국전자파 학회, 2014)

나. 국외 기술 동향

(1) 미국

- 연방법규 47 CFR 215, “Federal Government focal point for electromagnetic pulse (EMP) information”에 근거하여 National Communications System(NCS)에서 NS(National Security) 및 EP(Emergency Preparedness)를 위한 정보통신 EMP 방호대책을 강구해 왔으며, 2012년 7월 6일부터는 국토안보부 재난통신사무소로 업무가 이관되어 진행되고 있음
- 국토안보부 산하 FEMA(Federal Emergency Management Agency)에서 민간에 대한 방호 가이드라인과 위험도 분석 평가방법을 제시하고 있으며, CPG 2-17 Feb-91 Electromagnetic Pulse Protection Guidance Volume 1/2/3 는 비밀문서로 분류되어 운영되고 있음. 특히, 건물에 대한 물리적 위협의 위험성



분석을 위해 “FEMA 452, Risk Assessment: A How-To Guide To Mitigate Potential Terrorist Attacks”가 활용되고 있음(그림 60. 참조)

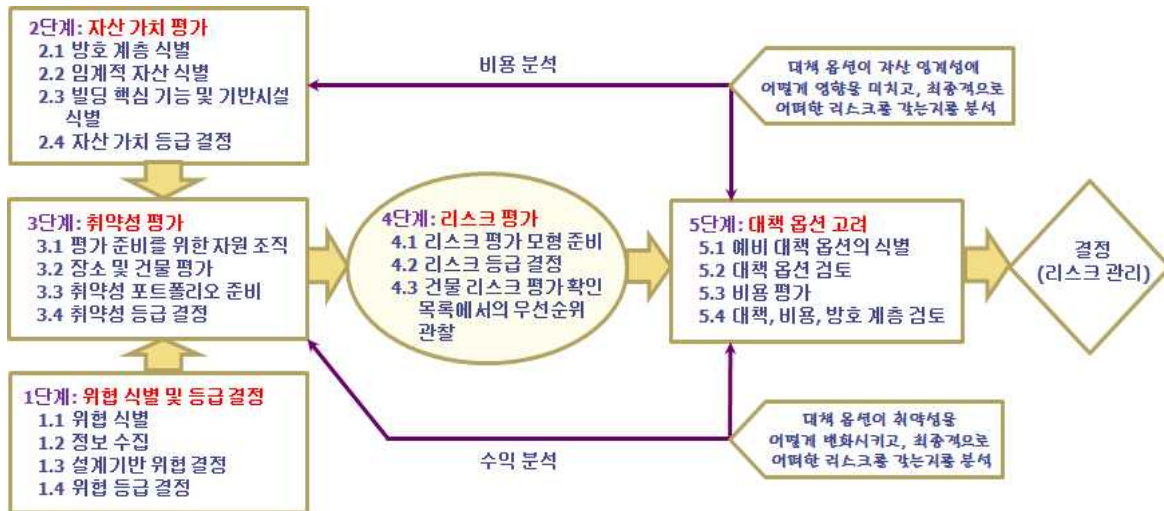


그림 59. 미국 국토안보부 산하 FEMA 방호 가이드라인

(출처: FEMA 452, Risk Assessment: A How-To Guide to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings, Jan. 2005)

- 성능평가에 있어서 방폭은 미국의 경우 군은 UFC 상의 기준을 적용하고 있으며, 민간의 경우 ASCE에서 제시한 기준을 적용하고 있으나, 내용과 수준면에서는 큰 차이가 없음. EMP방호의 경우, 군용과 상용으로 구분하고 성능평가 기준을 적용하고 있음
- 일반적으로 군용의 요구성능 수준이 높음. 군용의 경우는 MIL-STD-461F, MIL-STD-464, MIL-STD-188-125-1/2, TM 5-690, EP 1110-3-2, ETL 91-2, MIL-HDBK-419A 상의 기준을, 상용의 경우는 IEC/TR 61000-1-3, IEC 61000-2-10, IEC 61000-2-11, IEC 61000-4-23, IEC 61000-4-24, IEC 61000-4-25, IEC/TS 61000-5-4, IEC 61000-5-5 상의 기준을 적용하고 있음
- 차폐효과 시험 표준은 대표적으로 주요 군사시설의 평가를 위한 MIL-STD-188-125-2 미군사 규격과 일반 전자파 차폐를 평가하기 위한 IEE-STD-299, 그리고 EMP를 방어 목적으로 하는 민간시설의 평가를 위한 IEC61000423-4-23 세 가지의 표준이 있음



그림 60. 차폐효과 시험 표준

○ 전자파 침해에 대한 위험성(risk) 분석과 취약성(vulnerability) 분석·평가 미국을 중심으로 전개되었음

- 위험성 분석에 널리 적용되는 ISO 31000 규격과 건물의 물리적 위협에 대한 위험성 분석에 사용되는 FEMA 452와 유사한 절차를 포함
- 고출력 전자기파에 의한 위험성을 정량화하기 위해 다음의 공식이 사용될 수 있음

$$Risk = E \times V \times C \quad (\text{식})$$

※ 여기서, E는 노출성 인자(exposure factor), V는 취약성 인자(vulnerability factor), C는 임계성(criticality factor)

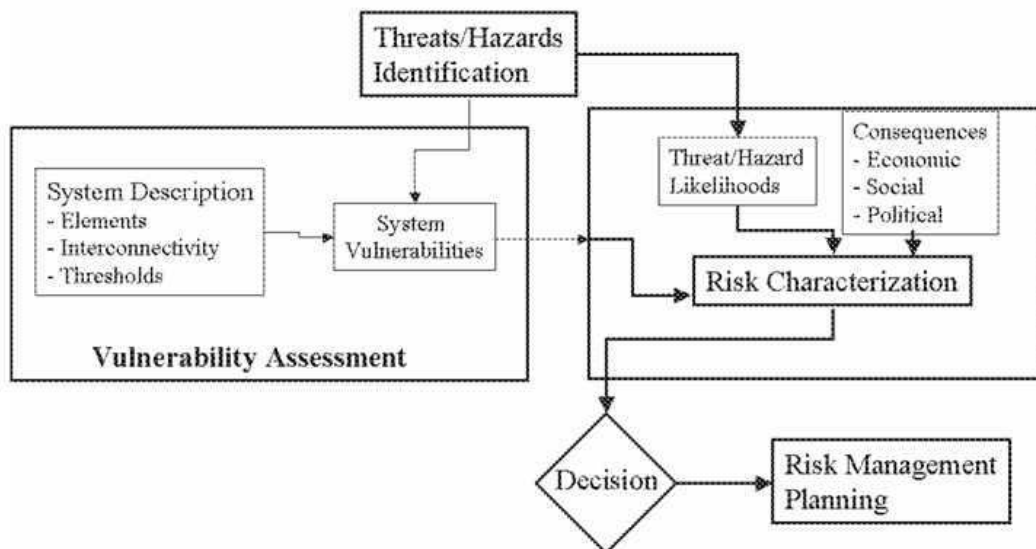


그림 61. 핵심기반시설의 취약성 평가 방법론 (George H. Baker)

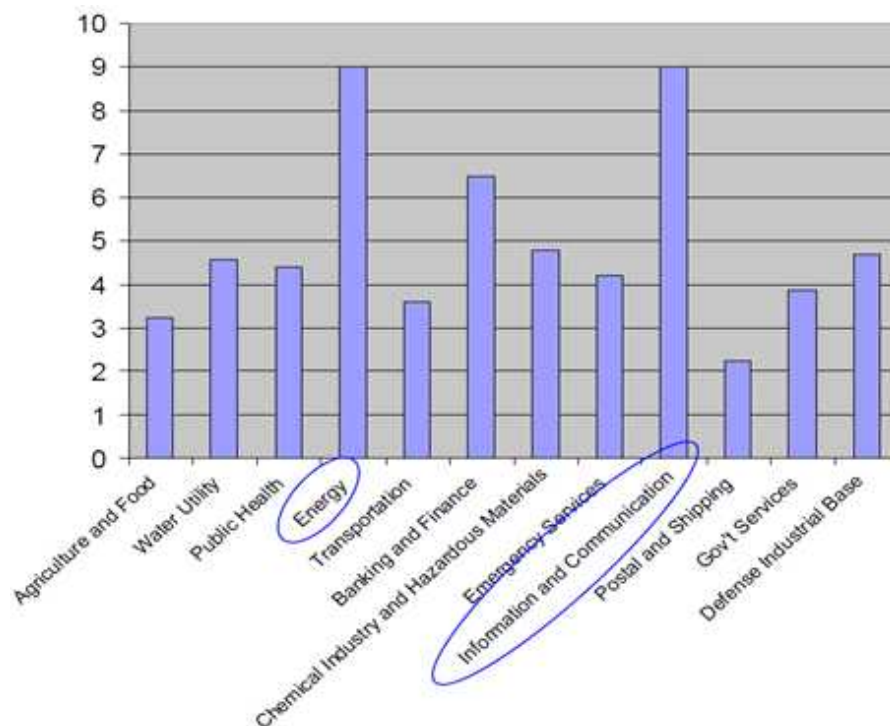


그림 62. 핵심 기반 시설에 대한 위험성과 취약성 평가

(출처: Gorge H. Baker, "Risk-Based Critical Infrastructure Priorities for EMP and Solar Storms," Selected Works, Oct. 2011.)

- 미국, 일본, EU 등 선진국과 세계보건기구(WHO)에서는 전자파에 의한 인체영향연구를 통해 전자파에 대한 규정을 법제화 하고 강화하기 시작했으며 우리나라는 1996년부터 본격적으로 논의를 시작하여 2000년 12월 “전자파 인체보호기준”을 제정하여 2001년 11월부터 시행함



- 현재 전자파 차폐 효과 측정을 위하여 국제적으로 합의된 기술표준은 없으며, IEC/CISPR, IEEE를 비롯한 여러 국제기구에서는 몇 가지 대안을 제시하고 있으나 아직 제안 단계에 머무르고 있음
- 미국의 ANSI, MIL(United State Mi)에서는 독자적인 기술 표준을 보유하고 있으나 이들 표준도 국제적으로 합의된 표준(안)이라고 볼 수는 없음(KS C 0304: 2014)

(2) 유럽

- 영국에서는 House of Commons 산하 Defence Committee에서 2012년 2월 8일에 “Developing Threats: Electro-Magnetic Pulses(EMP)”라는 제목의 보고서를 출간하였는데, 핵 EMP와 비핵 EMP 위협을 분석하고 국가 핵심 기반시설, 특히 전력망에 대한 EMP 방호를 강조
- 2008년부터 2010년까지 의도성 전자파 간섭에 의한 대규모 전력망의 제어 센터를 무력화시킬 수 있는 위험성의 평가와 대책에 관한 유럽 공동 프로젝트, SafePowNet을 수행한 바 있으며, 또한 노르웨이는 NORFO SL 238 & 239 규격을 적용하고 있음
- 최근의 반도체 기술 발전에 따라 독일의 FID Technology(사) 등에서 소형 고출력 전자기파 발생장치가 생산, 판매되고 있음. 이 회사에서는 20 ps ~ 1 ns의 상승시간(rise time)과 0.20 ~ 3 ns의 지속시간(duration), 그리고 2 ~ 200 kV의 출력전압을 갖는 다양한 종류의 고출력 전자기파 발생장치를 생산
- 고출력 전자기파 발생장치 모듈의 동작을 적절히 동기화시켜 100 MW ~ 10 GW의 출력을 갖는 발생장치를 만들 수 있음. 따라서 이러한 소형 고출력 발생장치의 유통은 전자파 보안 측면에서 대단한 위협이 되고 있음

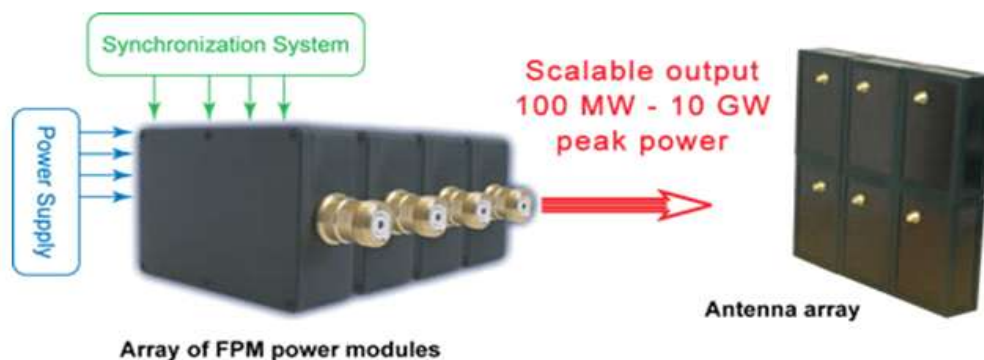


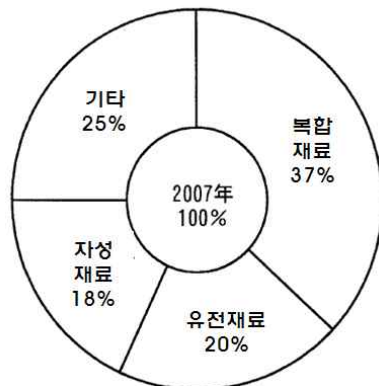
그림 63. 독일 FID 사의 고출력 펄스 발생 모듈을 이용한 고출력 전자기파 발생장치

(출처: <http://www.fidtechnology.com/>)

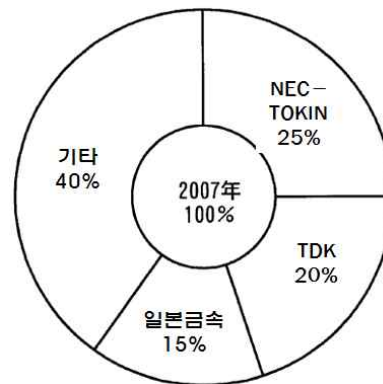


(3) 일본

- 일본에서는 신정보시큐리티기술연구회(IST: Information Security Technology study group)에서 독립행정법인 정보통신연구기구(NICT)의 협력을 얻어 “전자파 시큐리티 가이드라인”을 작성하여 적용하고 있음
- 한편, TDK, NIPPON PAINT, NITTOBO 등의 일본 업체가 전자파 흡수 재료와 공법을 1997년부터 연구개발을 진행하여, 2003년부터는 가시마건설, 다이세이건설 등에서 전자파환경 제어형 시설물에 대한 기술을 개발하고 설계 및 시공기술로 적용하고 있음
- NEC-Tokin에서는 박막형태의 Sheet 전파 흡수체를 생산하고 있다. 상대 투자율을 100까지 높인 전파 흡수체가 있으며, 방열과 노이즈 억제를 동시에 실시할 수 있도록 열전도율을 높인 전파 흡수체가 있음
- TDK 다양한 외형과 우수한 성능의 암실용 흡수체와 ETC용 레이더 허상방지, TV ghost 방지에 사용될 수 있는 다양한 흡수체들을 생산함
- 히타치 금속 노이즈 억제 sheet를 개발하여 노트북 PC, 휴대전화, 캠코더, 디지털카메라 등에 적용, 또한 고투자율을 갖는 나노 결정 형태의 연자성 재료인 파인멧트 R 분말과 수지를 복합한 노이즈 억제 sheet를 개발함. 100 MHz~10 GHz 대의 주파수 대역에서 뛰어난 효과를 발휘
- 시설물에서의 전자파 환경 제어 및 설계 기술은 일본이 세계 기술을 선도하고 있으며, 특히 전자파 차폐재료/시스템, 측정시설, 솔루션 기술 등의 분야에서 앞서 있음
- TDK, Nippon paint, Nittobo 등의 일본 업체가 전자파 흡수 재료와 공법을 1997년부터 연구개발을 진행하여, 2003년부터는 카지마건설, 시미즈건설, 다이세이건설 등에서 전자파 환경 제어형 시설물 적용 기술을 개발하고 동경도청 등의 실현장에 적용하였음
- 일본의 경우, 최근에는 금속계 전도성 소재 기술보다는 전자파 흡수 소재에 대한 연구를 주로 하고 있으며, 시트형, 도료형, 테이프형, 타일형, 보드형, 패널형, 단열재 복합형 등 다양한 형태의 전자파 차폐 소재가 상용화되고 있어 전자파 차폐 설계를 하는데 있어 매우 유용하게 적용하고 있음



(a) 재료계별 구성비



(b) 전파흡수체 재료기업의 점유율

그림 64. 일본 전파흡수체 재료계별 구성비 및 기업 점유율

(출처: https://www.yano.co.jp/market_reports/C58107900)

표 16. 전파 흡수체의 주요 기술 현황 (일본)

개발 주체	기술 분야	기술 내용
Daido Steel	자성 입자	1 um 이상의 입자 크기, 각형비 ~10, 편평형 금속입자 개발
Sumitomo	자성 입자	1~150 um 입자 크기, 자성나노입자 제조
NEC-TOKIN	근접장 흡수체	0.05~1 mm 두께, 자성 폴리머 복합재 5~10 dB (10 MHz~ 5 GHz)
Hitachi metals	근접장 흡수체	0.13~0.5 mm 두께, 자성 폴리머 복합재, 10~30 % 노이즈 감쇠율 (10 MHz~10 GHz)
TDK	근접장 흡수체	0.05~1 mm 두께, 2.5~4.5 dB 노이즈 감쇠율 (100 MHz~10 GHz)
Intermark	근접장 흡수체	0.4 mm 두께, 연자성 폴리머 시트(soft ferrite+resin)
Cuming Microwave	원역장 흡수체	1 mm 이상 두께, 다양한 주파수 대역별 흡수체
Laird Tech	원역장 흡수체	0.9~12.7 mm 두께, CIP, FeSi등의 연자성 금속 +silicon, Rubber, Polymer
Martin Marietta	원역장 흡수체	흑연 필라멘트 또는 금속이 코팅된 흑연 필라멘트+수지(resin)
Lockheed Martin	원역장 흡수체	Fe-Cr-Ni-Al+water miscible polysilicate or cement



다. 향후 기술 전망

- 향후, EMI/EMC/EMP에 대한 차폐 성능 향상을 위해 신소재를 적용한 건설 재료·자재 및 이를 적용한 시설물의 개발이 활발히 이루어질 것으로 예상되며, 이에 따라 재료·자재 및 시설물에 대한 신뢰성 있는 성능평가 방안과 시험법 개발을 통한 표준화 기술 및 인증시스템 구축이 절대적으로 필요함
- 차폐도어의 차폐재료의 개발 및 구조개발 등을 통하여 도어의 자체성능을 향상시킬 수 있으며 공압적용 가스켓 차폐기술, 문턱 없는 구조차폐 기술 등 차폐도어의 기술 개발 활용성을 접목시키는 기술 등이 전망됨
- EMP 주파수특성에 따른 차폐도를 충족시키는 윈도우 차폐 개발 기술로 EMP 차폐실 환경 개선이 전망되며 강화유리와 차폐 메시와의 접합기술의 개발, 유리창과 틈과의 부착기술 등이 핵심사항이 될 것으로 판단됨
- EMP 차폐 랙은 EMP 방호를 제공받지 못하는 공간에서의 전자기기를 보호하기 위한 수단으로 EMP 방호시설 내 또는 일반시설에서도 운용할 수 있는 제품임. 기존의 표준랙을 대체할 수 있도록 차폐효과를 보장하면서 내부 장비의 열을 자연 냉각시킬 수 있도록 열흐름 제어기술 및 차폐기술 등이 활용될 것으로 전망됨
- 공간의 효율성 및 경제성을 고려하여 구조체내 별도 전자파차폐 공간 구성에서, 구조체 자체 전자파 차폐 기술 발전이 예상되며, 구조체 및 내장재에 첨단 소재의 융합기술이 개발될 것으로 판단됨
- 이러한 융합 기술을 개발을 통하여 신축구조물뿐만이 아니라 기존 구조물에 용이하게 전자파차폐를 할 수 있는 시공기술의 출현이 예상됨

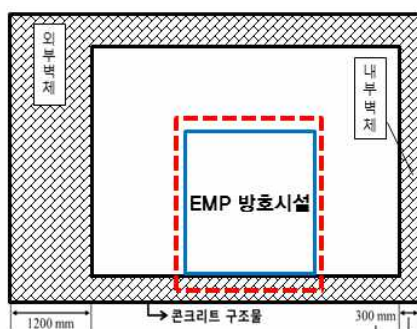


그림 65. 기존 EMP 방호시설
모식도



그림 66. 미래 첨단 EMP 방호시설
모식도



- 향후 전자파 차폐/흡수 단열재를 이용한 건설분야 활용기술은 무선 통신 및 외부 전자파 유입을 차단하고 흡수하면서 원래 계획된 건축구조물의 활용도를 그대로 유지할 수 있는 기술이 필요할 것으로 판단됨
- 지금까지 주로 군사 방호시설에만 적용되던 전자파 차폐 기술은 공공기관 및 주요 사회기간시설물에 대한 적용 요구가 증가할 것이며 이를 위해서 민간 시설물 특성을 반영한 기술의 정립이 필요함



4절 중점 연구분야 도출

- 정책, 시장 및 기술 동향을 분석하여 ISSUE에 기반하여 중점 연구분야를 도출하면 다음과 같음

가. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 재료 기술

- 최근 국내에서는 나노탄소소재에 대한 연구개발이 급속히 진행되고 있으며, 특히 원천 소재의 개발과 함께 ICT를 중심으로 한 응용기술 개발이 활발히 진행되고 있음
- 이와 함께 나노탄소소재의 기계적 강도 및 전기적 특성을 이용하여 시멘트 복합재료로 개발하는 연구도 활발히 진행되고 있음. 선행 연구결과에 따르면 나노탄소소재를 시멘트 재료에 혼합하였을 경우 일정한 수준의 전기전도성을 띠는 것으로 나타남
- 지금까지 전자파 차폐를 위한 건설자재 기술은 도료를 중심으로 한 코팅재료, 필름 및 건축 내장재 등이 주류를 이루었음. 콘크리트 구조체 자체는 전자파 차폐 또는 흡수 기능을 발휘하지 못하는 것으로 알려져 있었음
- 최근 연구에서 구조체에 포함되어 있는 철근이 전기전도성을 나타내면서 이 철근을 이용하여 일부 전자파 차폐가 가능한 것으로 알려짐. 그러나 아직까지 명확히 밝혀진 것은 아니며, 차폐가 되는 주파수 대역도 일부에 한정되는 것으로 나타남
- 시멘트 복합재료의 경우 2000년대 초부터 꾸준히 연구개발이 진행되면서 일반 콘크리트를 대체하여 고성능, 고기능성 구조물 건설에 적용하기 시작함
 - 역학적 측면에서는 고강도 및 초고강도 특성을 지니면서 강섬유 및 유기섬유 등과 결합하여 높은 인장강도와 휨 및 인성 증가 특성을 지님
 - 내구성 측면에서는 각종 유해물질의 침투 및 확산 저항능력이 증가되어 초내구적인 특성으로 100년 또는 200년 내구성능을 지님
- 최근에는 직경이 작고 길이가 긴(세장비 60 이상) 강섬유(Micro steel Fiber)를 적용한 섬유보강 시멘트 복합재료가 시멘트 매트릭스에 분산되어 전기전도성을 일부 나타내는 것이 확인되어 전자파 차폐의 가능성이 검토되고 있음
 - 그 예로써 실리카폼의 첨가량이 탄소나노튜브 보강 시멘트 복합체의 차폐 성능에 미치는 영향이 연구되었고 탄소계 및 금속계 재료를 혼입한 시멘트 복



합물에 관련된 연구도 진행되고 있음 (출처: Nam, I.W. et al Construction and Building Materials 30 (2012): 480-487)

- 한편, 기술동향에서 살펴 본 바와 같이 현재까지 개발되어 있는 건설재료 활용이 가능한 원천소재 이외에도 첨단 신소재를 활용하여 구조체 또는 건설자재로 제조하는 기술도 검토하여 신재료 신형식의 전자파 차폐 기술 개발을 검토하고자 함
 - 최근 그래핀 및 탄소나노튜브와 같은 나노탄소소재 기반 소재를 이용하여 시멘트 복합재료를 구성하고자 하는 연구가 대동되고 있음
 - 탄소나노튜브를 시멘트 복합재료에 혼입한 경우 전기전도성에 대한 일부 확인이 되면서 이를 이용한 전자파 차폐의 가능성을 검토할 필요가 있음
 - 또한 탄소나노튜브보다 전기전도적인 네트워크의 연결 가능성이 높을 것으로 추정되는 그래핀의 적용 여부도 검토할 필요할 있음
- 또한 아크금속용사 코팅 공법을 이용하여 콘크리트 표면에서 전기전도성 나타내는 피막을 구성하여 특정 주파수 영역에서 전자파 차폐가 가능한 것을 확인하였음
- 이상과 같이 본 기획에서는 기존 철근콘크리트 구조체를 대신하여 구조물 고유의 역학적 요구 성능을 만족하면서 동시에 전자파 차폐가 가능한 원천소재 및 재료 기술을 다양하게 검토하고자 함
- 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 재료 기술과 관련된 중점 연구 분야
 - 전자파 차폐 첨단 나노탄소소재 기술
 - 전자파 차폐 시멘트 복합재료 구성 및 제조 기술
 - 전자파 차폐 콘크리트 재료 구성 및 제조 기술
 - 전자파 차폐 Hybrid Shielding 콘크리트 구조체 구성 기술

나. 전자파 차폐 건축 자재 및 부속자재 기술

- 전자파 차폐용 도어 기술과 부속자재는 국내외에서 어느 정도 개발되어 있음. 그러나 전자파 차폐 도어의 경우 별도의 보조 장치를 이용하여 전자파 차폐 기능을 보조하고 있고 평면 도어와 같이 도어 자체로 전자파 차폐 기능을 완전히 수행하는 기술은 부족한 실정
- 전자파 차폐용 유리창의 경우 전자파 차폐 투시도를 40% 대 정도인 것은 개발되어 있으나 특정 주파수 대역에서는 성능을 발휘할 수 있도록 한정된 수준임



- 예를 들면 국내 D회사는 수백 MHz 대역인 MRI 등의 의료장비에서 발생하는 전자파의 투시도를 약 46% 정도 가능하도록 한 차폐 윈도우 시스템을 상용화 함
- 전자파 방호용 랙(Rack)의 경우는 내부에 보호되는 장치나 장비의 안정성을 위해서 공조 장치를 부가적으로 도입해야 하기 때문에 별도의 전원인입 등으로 인해 전자파 차폐에 어려움을 겪고 있으며 기술적 보완이 필요한 상태임
- EMP 방호용 필터의 경우 HEMP 방호장치의 일환으로 국산화 개발을 하였으나 실제 적용성에 성능 검증에 어려움을 겪고 있어 양산 및 보급이 어려움. 따라서 외국 제품을 수입 대체 할 수 있는 추가 기술 개발이 필요함
- 공기조화 장치와 각종 인입구에 설치되는 허니콤과 개스킷은 국내 기술 개발을 통하여 상용화 제품이 출시되어 있음. 반면에 국외에서 우수한 성능의 제품들이 병용 사용되고 있음. 그러나 이들 부속자재의 작용 원리나 성능평가가 체계적이지 못하여 본 기획에서 추가 연구개발 여부를 검토할 필요가 있음
- 전자파 차폐용 건축자재 기술은 구조체의 전자파 차폐 기능 보완 강화하는 수단으로써 30dB 정도의 전자파 흡수가 가능한 건축 내외장재이며 바닥, 천장, 개구부 차단 재료 등을 개발하는 것임
- 개발 대상 재료는 금속, 유무기 소재 및 고분자 소재 등의 복합소재를 활용하며, 사용하여 다양한 범위의 전자파 제어가 가능한 재료의 개발을 목표로 하고 있으며 건축물의 사용 효율을 높이기 위하여 가변형 공간의 전자파 제어가 가능함
- 전자파 차폐 건축 자재 및 부속자재 기술과 관련된 중점 연구 분야
 - 전자파 차폐 도어 및 창호 기술
 - 전자파 차폐 Rack 자재 기술
 - 전자파 차폐 필터 및 개스킷 자재 기술
 - 전자파 차폐 금속, 유무기 복합 패널 건축 자재 기술
 - 전자파 차폐 도료 및 세라믹 자재 기술

다. 전자파 차폐 성능평가 및 실증실험 기술

- 현재 전자파 차폐 효과 측정을 위하여 국제적으로 합의된 기술표준은 없으며, IEC/CISPR, IEEE를 비롯한 여러 국제기구에서는 몇 가지 대안을 제시하고 있으나 아직 제안 단계에 머무르고 있음



- 한국산업표준(KS)에서는 일부 차폐용 재료에 대하여 차폐 성능을 평가할 수 있는 시험방법과 절차를 규정하고 있음
 - KS C 0304(2014) : 평면 재료의 전자파 차폐 효과 측정방법
 - 측정 주파수 범위 30 MHz~1GHz에서의 평면형 재료의 전자파 차폐 효과를 측정하는 절차를 제공
 - KS C 0304-1(2009) : 초저주파 영역의 자기장 차폐율 시험방법
 - 초저주파 영역에서의 자기장 차폐율을 측정하는 절차를 제공. IEC 60404 및 IEC 60050을 인용하고 있음
- EMP 방호시설을 구축 운영하고 있는 군사 방호시설에 대해서 군에서는 미국의 Mil 기준을 활용하여 SE(Shield Effectiveness), PCI(Pulse Current Injection), CWI(Continuous Wave Immersion), SELDS(Shielded Enclosure Leak Detection System) 시험절차를 수립하여 운용 중에 있음
 - 단, 이 기준들은 구체에 대하여 전자파 차폐를 시험 및 평가하는 기준에 대한 내용은 없으며 장치 단위 및 EMP Shielding Cabinet의 EMP 방호 성능평가에 집중
- 최근 국내 전자파 차폐 시험 및 평가기관에서 SE Test의 불합리성을 지적
 - 즉, 발신 안테나와 수신 안테나 사이 측정 공간이 필요하며 이를 위해서 약 3m의 측정 공간을 마련해야 하는 공간 손실에 대하여 문제 제기
- 국내 공공 및 민간 시험기관에서 IEC와 MIL-STD에 따라 차폐 챔버와 측정시설을 마련하고 이를 통하여 전자파 차폐 성능을 시험 및 평가함. 그러나 일관된 객관성을 확보하기에는 아직 부족한 실정임
- 필터 및 개스킷 등의 부속자재에 대해서도 EMP 차폐 성능을 시험 및 평가하고 있으나 시험 절차 및 평가 프로세스에 대한 객관성 확보가 시급함
- 전자파 환경 제어(EMI, EMC)를 위한 차폐 소재의 평가를 주로 한국전자통신연구원, 한국산업기술시험원, 표준과학연구원 등에서 주로 시행
 - 전자기기나 자동차 등에 대해서는 전자파 차폐 및 흡수 소재의 평가를 위해서 최적화된 측정장비 및 측정실을 구비하여 운영
 - 그러나 이것은 주로 소재 및 제품에 대한 전자파 차폐 및 흡수 평가에 적용
 - 건축물 및 구조물에 대한 전자파 차폐에 대한 시험방법과 평가 방안은 앞의 제품에 대한 전자파 환경 평가와 달라서 그 시험방법과 평가방법을 적용하는데 어려움 있음



- 따라서, 건설자재 및 구조물에 대한 전자파 차폐 및 방호 성능을 시험평가하기 위해서는 기존 시험평가 방법에 대하여 검토하고 적합한 시험 및 평가방법을 개발할 필요 있음
- 전자파 차폐 성능평가 및 실증실험 기술과 관련된 중점 연구 분야
 - 건설자재 및 장치 단위 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술
 - 자재 및 부재 단위 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술
 - 구조물 단위 전자파 차폐 실증실험 기술

라. 전자파 차폐 구조물 설계 및 시공 기술

- 국내에서 건축물과 같은 구조물에 대한 전자파 차폐 설계 기술을 체계적으로 연구개발한 사례는 거의 없으며, 일단 구조물 자체의 차폐 기능은 거의 고려하지 않고 별도의 Shielding Room을 구성하는 것을 기본하고 있음
 - 정책적 측면에서 EMP 위협 취약점 분석·평가 방안에 대한 연구는 일부 수행
 - 기술적 측면에서 EMP 차폐효과 측정 방법 등에 대한 연구도 일부 수행
- 구조물의 실내 공간에서 EMC(전자파 양립성)를 중심으로 한 환경조사는 실시된 바 있으나 이를 이용하여 전자파 차폐 설계 기술에 대한 접근은 거의 없는 실정임
- 이러한 연구개발 및 시행이 부족한 이유는 전자파 차폐 또는 방호는 구조물과 별도 시행하는 것을 원칙으로 삼았기 때문으로 판단됨
- 연구개발 및 기술동향에서 살펴본 바에 따르면 구조물을 구성하는 구조체에서부터 전자파 흡수 내장재까지를 포함하는 전자파 차폐 설계 및 시공기술을 확보하기 위해서는 아래와 같은 중점 추진 분야의 개발이 필요할 것으로 판단됨
- 전자파 차폐 구조물 설계/시공 기술과 관련된 중점 연구 분야
 - 전자파 특성 해석 및 설계 기술
 - 전자파와 건설자재 상대 특성 해석 기술
 - 전자파 차폐 구조물 설계 기술
 - 기존 콘크리트 구조물 전자파 차폐 설계 기술



마. 전자파 차폐 구조물 인증시스템 및 Test Bed 구축 기술

- 2011년부터 국내에서 EMP 방호시설에 대하여 시험평가를 인증하는 시스템을 도입하기 시작함. 그러나 실제 인증 범위는 필터 및 Shielding Steel plate Room에 국한되고, 이 또한 유효성에 대한 논란이 있음
- 본 기획에서는 건설자재 및 구조물 단위의 전자파 차폐에 대한 성능을 인증할 수 있는 체계를 구축하기 위한 검토를 수행하고자 함. 이 중점 연구 분야는 향후 전자파 차폐 자재 및 구조물 설계 기술이 구축될 경우 객관성을 확보하고 관련 산업의 활성화를 위한 토대를 마련하는데 목적이 있음
- 또한 기획 단계에서 미리 전자파 차폐 구조물 구축의 선행 검토사항을 도출하기 위해서 민간 및 군사 시설물로 구분하여 Test Bed 개발 방향성을 검토하고자 함
- 전자파 차폐 구조물 인증시스템 및 Test Bed 구축 기술과 관련된 중점 연구 분야
 - 전자파 차폐 구조물 인증시스템 기술
 - 전자파 차폐 콘크리트 구조물 Test Bed 적용 기술

바. 기획과제 중점 연구 분야 도출

- 정책, 시장 및 기술 동향을 분석하여 ISSUE 별로 검토한 각각의 연구 분야를 유사기술 군으로 정리하여 다음의 중분류 단계의 중점 연구분야를 도출



표 17. 기획과제 중점 연구 분야 도출

중점 연구 분야	포함 기술
전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술	- 전자파 차폐 첨단 나노탄소소재 기술 - 전자파 차폐 시멘트 복합재료 구성 및 제조 기술 - 전자파 차폐 콘크리트 재료 구성 및 제조 기술 - 전자파 차폐 Hybrid Shielding 콘크리트 구조체 구성 기술
전자파 차폐 부속자재 기술	- 전자파 차폐 도어 및 창호 기술 - 전자파 차폐 Rack 자재 기술 - 전자파 차폐 필터 및 개스킷 자재 기술
전자파 차폐 성능평가 및 실증실험 기술	- 건설재료 및 장치 단위 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술 - 자재 및 부재 단위 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술 - 구조물 단위 전자파 차폐 실증실험 기술
전자파 차폐 구조물 설계/시공 기술과 관련된 중점 연구 분야	- 전자파 특성 해석 및 설계 기술 - 전자파와 건설자재 상대 특성 해석 기술 - 전자파 차폐 구조물 설계 기술 - 기존 콘크리트 구조물 전자파 차폐 설계 기술
전자파 차폐 구조물 인증시스템 및 Test Bed 구축 기술	- 전자파 차폐 구조물 인증시스템 기술 - 전자파 차폐 콘크리트 구조물 Test Bed 적용 기술



5절 특허 및 논문 분석

1. 특허 동향 분석

가. 분석 배경 및 목적

- EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술을 개발하기 위한 전략적인 기획을 보다 효율적으로 수행하기 위해 특허 동향 분석이 수반 될 필요가 있음
- 연구개발 목표 및 범위(EMP, EMI 및 EMC를 차폐/흡수하는 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술, EMP, EMI 및 EMC를 차폐/흡수하는 건축 자재 기술, EMP, EMI 및 EMC를 차폐/흡수하는 부속자재 기술, EMP, EMI 및 EMC를 차폐/흡수 성능을 평가 및 실험하는 기술)와 관련한 특허동향분석을 수행하여 현 시점에서의 기술개발 추이를 확인하고, 기술개발 초기 단계에서 활용 가능할 만한 아이디어 시드로서 눈여겨 볼만한 특허들을 선별함으로써 실제 연구개발에 도움이 될 수 있는 특허 사전검토 자료를 제공하고자 함

나. 분석 범위

(1) 분석대상 특허 검색 DB 및 검색범위²⁾

표 18. 검색 DB 및 검색범위

국 가	검색 DB	검색범위	검색구간
한국(KIPO)	WIPS DB	공개 및 등록 특허	모든 기간
미국(USPTO)	WIPS DB	공개 및 등록 특허	
일본(JPO)	WIPS DB	공개 및 등록 특허	
유럽(EPO)	WIPS DB	공개 및 등록 특허	

※ 정량분석구간: 한국, 미국, 일본, 유럽 - ~ 2015. 08(출원년도 기준)

※ 정성분석구간: 한국, 미국, 일본, 유럽 - ~ 2017. 02(공개·등록년도 기준)

- 2) 출원일 기준으로 분석하며, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있음. 따라서 아직 미공개 상태의 데이터가 존재하는 2015년 8월 이후 출원된 특허는 그 정량적 의미가 유효하지 않으므로 정량분석은 ~ 2015년 8월까지 한정하고, 2015년의 경우 8월까지만 유의미한 집계가 가능하므로 연도별 분석시에는 정량분석을 2014년까지로 한정함



(2) 분석대상 기술 및 검색식 도출

(가) 기술분류 체계

- 본 분석에서는 EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 개발 기획에 대한 연구개발계획서를 기초로 하여, “EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술”을 대분류로 설정
- “A. EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술”, “B. EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술”, “C. EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 부속자재 기술”, “D. EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 성능평가, 실증실험 및 구조물 설계/시공 기술”을 중분류로 설정한 후, 이러한 기술 분류를 기초로 아래 표 19의 핵심요소기술 항목을 키워드 및 유효데이터 추출 기준으로 반영하여 특허 검색을 실시하였음

표 19. 분석대상 기술의 기술분류체계

대분류	중분류	핵심요소기술
EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술	EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 (A)	○ 전자파 차폐/흡수 첨단 나노탄소소재 기술 ○ 전자파 차폐/흡수 시멘트 복합재료 구성 및 제조 기술 ○ 전자파 차폐/흡수 콘크리트 재료 구성 및 제조 기술 ○ 전자파 차폐/흡수 Hybrid Shielding 콘크리트 구조체 구성 기술 ○ 붕소 및 폴리머 등 특수재료 혼입 차폐 콘크리트 기술
	EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술 (B)	○ EMI/EMC/EMP 차폐용 건축재료 기술(EMI/EMC/EMP building materials) ○ EMI/EMC/EMP 제어 자재 설계 기술(EMI/EMC/EMP control materials module design)
	EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 부속자재 기술 (C)	○ 전자파 차폐/흡수 도어 및 창호 기술 ○ 전자파 차폐/흡수 필터 및 개스킷 창호 자재 기술
	EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 성능평가, 실증실험 및 구조물 설계 기술 (D)	○ 건설재료 및 장치 단위 EMP 차폐 성능 시험 및 평가 기술 ○ 자재 및 부재 단위 EMP 차폐 성능 시험 및 평가 기술 ○ 전자파 특성 해석 및 설계 기술 ○ 전자파와 건설자재 상대 특성 해석 기술 ○ 전자파 차폐 구조물 설계 기술 ○ 기존 콘크리트 구조물 전자파 차폐 설계 기술

- 본 분석에서는 EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 개발 기획에 대한 연구개발계획서를 기초로 하여, “EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술”을 대분류로 설정



(나) 기술분류 기준

표 20. 분석대상 기술의 기술분류 기준

대분류	중분류	검색개요 (기술범위)
EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술	EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 (A)	○ 전자파 차폐/흡수 첨단 나노탄소소재 기술 - 저비용 고전도성 나노탄소 원천소재 기술(저비용 고전도성 Graphene 소재 개발, 박판 차폐 metal carbides 소재 개발) - 나노탄소소재 분산 및 성능 가공(처리) 기술(Graphene의 친수성 처리 공정 기술 개발) ○ 전자파 차폐/흡수 시멘트 복합재료 구성 및 제조 기술 - 나노탄소소재 결합 시멘트 복합재료 제조 기술(Graphene을 혼입한 시멘트 복합재료 개발, 전기전도성 Grid 보강 시멘트 복합 구조체 개발, 전자파 차폐 metal carbides 개발) - 비정질 강섬유 보강 시멘트 복합재료 제조 기술(전도성 향상 비정질 강섬유 재료 개발) - 강섬유 고훈입 시멘트 슬러리 복합재료 제조 기술(강재 스크랩 혼입 전자파 차폐 복합재료 개발) - 전기전도성 플라스터 복합재료 제조 기술(전기전도성 충전 재료 구성 및 혼입기술 개발, 전기전도성 플라스터 복합재료 개발) ○ 전자파 차폐/흡수 콘크리트 재료 구성 및 제조 기술 - 전자파 차폐 콘크리트 제조기술(전자파 차폐 콘크리트용 혼입 재료 개발, 전자파 차폐 콘크리트 구성 및 제조 기술 개발) - 전자파 차폐 용사 소재 및 콘크리트 부착 기술(전자파 차폐 용사 소재 개발, 용사 코팅 전자파 차폐 콘크리트 개발) ○ 전자파 차폐/흡수 Hybrid Shielding 콘크리트 구조체 구성 기술 - 신규 콘크리트 구조물 전자파 차폐/흡수 Hybrid Shielding 기술(보강철근 전기적 연결 기술 개발, 전기적 연결을 위한 철재 mesh network 구성 기술, 보강철재와 보강섬유 전기적 network 구성 기술) - 기존 콘크리트 구조물 전자파 차폐/흡수 Hybrid Shielding 기술(기존 콘크리트 구조물 표면 전자파 차폐/흡수 재료 개발) ○ 봉소 및 폴리머 등 특수재료 혼입 차폐 콘크리트 기술
	EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술 (B)	○ EMI/EMC/EMP 차폐용 건축재료 기술(EMI/EMC/EMP building materials) - EMI/EMC/EMP 차폐/흡수용 단열재 재료 기술 - 건축물 EMI/EMC/EMP 환경 제어형 무기질계 소재 개발 ○ EMI/EMC/EMP 제어 자재 설계 기술(EMI/EMC/EMP control materials module design) - 스마트 건축물용 EMI/EMC/EMP 흡수용 내장재 개발 - EMI/EMC/EMP 차폐용 무기 및 금속 보강 패널 자재
	EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 부속자재 기술 (C)	○ 전자파 차폐/흡수 도어 및 창호 기술 - 전자파 차폐 도어 자재 기술(평면 차폐 도어 및 기밀 장치 개발, 인트로킹(회전문) 도어 및 기밀 장치 개발) - 전자파 차폐 Rack 자재 기술(냉각성능 개선된 EMP 방호용 차폐 Rack 기술, 기밀 차폐용 도어 Rack 장치 개발)



대분류	중분류	검색개요 (기술범위)
		- 전자파 차폐 유리창 자재 기술(전자파 차폐 유리 자재 개발, 전자파 차폐 창호를 자재 개발) ○ <u>전자파 차폐/흡수 필터 및 개스킷 창호 자재 기술</u> - 전자파 차폐 개스킷 기술(EMP 방호용 코일 개스킷 자재 개발, 테이프형 개스킷 자재 개발, 공압 방식 도어용 개스킷 적용 기술) - 전자파 차폐 필터 자재 기술(전원용 HEMP 필터 장치 개발, 신호용 HEMP 필터 장치 개발)
	EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 성능평가, 실증실험 및 구조물 설계/시공 기술 (D)	○ <u>건설재료 및 장치 단위 EMP 차폐 성능 시험 및 평가 기술</u> - 건설재료 차폐성능 시험 및 평가 기술(시멘트 복합재료 차폐성능 시험장치 및 평가 기술 개발) - 부속 장치 차폐성능 시험 및 평가 기술(개스킷 자재 차폐 성능시험 및 평가 기술 개발, 필터 장치 차폐성능 시험 및 평가 기술 개발) ○ <u>자재 및 부재 단위 EMP 차폐 성능 시험 및 평가 기술</u> - 콘크리트(시멘트 복합재료) 구조부재 EMP 차폐성능 시험 및 평가 기술(구조부재 EMP 차폐 성능시험시설 개발, 구조부재 EMP 차폐 성능시험법 및 시험절차 개발) - 콘크리트(시멘트 복합재료) 보강 강재 연결 Unit 전자파 차폐성능 시험 및 평가 기술(보강 강재 전기적 연결 성능평가 기술 개발, 콘크리트[시멘트 복합재료] 및 보강 강재 연결 Unit 전자파 차폐 성능시험법 및 시험절차 개발) - 구조부재 SE Test 시험 표준화 기술(구조부재 구성요소 설계 및 제작 요령(안) 개발, 구조부재 전자파 차폐 실증실험 절차 개발, 구조부재 전자파 차폐 평가 요령(안) 개발) ○ <u>전자파 특성 해석 및 설계 기술</u> - 전자파 주파수 대역별 침투/차폐/흡수 특성 해석 기술(콘크리트 구조물 차폐 적용 주파수 대역 설정 연구) - 다중 다층구조 복합체의 전자파 특성 해석 기술 - 선택적 주파수 제어방식(FSS) 고려 전자파 차폐 설계 기술 ○ <u>전자파와 건설자재 상대 특성 해석 기술</u> - 콘크리트(시멘트 복합재료) 구체와 전자파 차폐 특성 해석 기술(나노탄소소재의 전자파 차폐 특성 해석, 시멘트 및 콘크리트 구조체의 전자파 차폐 특성 해석, 철근콘크리트 구조체의 전자파 차폐 특성 해석, 강섬유보강 시멘트 복합재료의 전자파 특성 해석) - 유리창과 전자파 차폐 특성 해석 기술(SiO₂ 기반 유리 재료의 전자파 차폐 특성 해석, 마이크로 금속 삽입 유리창의 전자파 특성 해석, 나노탄소소재 삽입 유리창의 전자파 특성 해석) - 플라스틱 및 비구조체 건축자재와 전자파 차폐 특성 해석 기술 (플라스틱 기반 건설자재 전자파 특성 해석, 금속재 기반 건설자재 전자파 특성 해석, 목재 기반 건설자재 전자파 특성 해석) ○ <u>전자파 차폐 구조물 설계 기술</u> - 콘크리트 구조체 전자파 차폐 설계 기술(전자파 차폐 구체용 콘크리트 구조역학 설계 기술, 전자파 차폐를 감안한 보강철근 상세 설계 기술 개발, 전자파 차폐 보강섬유 및 구체 전도성 연결 설계 기술 개발)



대분류	중분류	검색개요 (기술범위)
		- 시멘트 복합재료 구조체 전자파 차폐 설계 기술(전자파 차폐 구체용 시멘트 복합재료 구조역학 설계 기술, 전자파 차폐를 감안한 차폐소재 전도성 연결 설계 기술, 전자파 차폐 시멘트 복합재료 층과 비차폐 콘크리트층의 연결 설계 기술 개발) - Supplies 관통부(PoE) 차폐 설계 기술(Supplies 관통부와 콘크리트 구체 연결부 차폐 설계 기술, Supplies 관통부 전원 및 신호 필터 설계 기술) - 도어 및 창호 차폐 설계 기술(도어부 전자파 차폐 설계 기술, 유리창 및 창틀 차폐 설계 기술) ○ 기존 콘크리트 구조물 전자파 차폐 설계 기술 - 기존 콘크리트 구조물 전자파 차폐 환경 분석 기술(기존 콘크리트 구조물 전자파 차폐 대상 선정 및 등급화 기술, 기존 콘크리트 구조물 전자파 노출 환경 분석 기술) - 기존 콘크리트 구조체 전자파 차폐 설계 기술(콘크리트 구체 전자파 차폐 적용 가능 기술 분석 기술, 콘크리트 구체 전자파 차폐 기술 선정 및 적용 설계 기술) - 기존 콘크리트 구조물 부속 도어, 창호 및 Supplies PoE 전자파 차폐 보강 설계 기술(기존 콘크리트 구조물 Supplies 관통부(PoE) 특성 분석, 기존 콘크리트 구조물 도어 및 방호 전자파 차폐 설계 기술, 기존 콘크리트 구조물 Supplies 관통부(PoE) 전자파 차폐 보강 설계 기술)

(다) 핵심 키워드 도출

- 연구개발계획서, 기술체계도, 상기 표 20에 기재된 검색개요 등을 종합적으로 반영하여 최종 키워드를 도출함

(라) 검색식

- 사용된 검색식은 상기에서 도출된 키워드를 바탕으로, EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 개발에 관한 것이라는 대분류 상의 전제 하에, 기술 테마가 크게 나뉘는 중분류(A. EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술, B. EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술, C. EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 부속자재 기술, D. EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 성능평가, 실증실험 및 구조물 설계/시공 기술) 각각의 키워드를 포괄하여 포함하도록 설정하였음



표 21. 기술분류 체계에 따른 검색식

대분류	중분류	검색식	검색건수				
			한국 KIPO	미국 USPTO	일본 JPO	유럽 EPO	합계
EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술	EMI/EMC/E MP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 (A)	(EMI EMP HEMP EMC 이엠아이 이엠펜 이엠펜 전자파* 전자기파* 전기자기파* ((electromagnet* electro-magnet* (electro* adj magnet*)) and (wave interface pulse compat*)) 전자간섭* 전자방해* 전자파간섭* 전자기웨이브* 전자파장애* electrowave 전기파 자기파 electromagnetic-wave 전자파장해 electron-wave eletronwave electromagneticwave electro-wave (electro* adj2 wave*)) AND (차폐* 실드* 실딩* 쉴드* 쉴딩* against shield* 보호* 프로텍* 방호* protect* 흡수* absorb* 차단* block* cut* 필터* filter* ((electr* 전기*) near3 (conduct* 전도*)) electroconduct* 전기전도* electro-conduct* 도전성* 전도성*) AND (건설* 시공* construct* 건축* architect* 토목* civil* 시설* facilit* 설비* installation 콘크리트 concrete 시멘트 cement 몰탈 모르타르 mortar 빌딩* 건물* building 골재 aggregate 철근 rebar 벽 벽체 wall 도어 문 door 차폐문 차폐도어 창문 원도우 window 창틀 창문틀 유리창) AND (구조* structure 시설* facilit* 재료* 차폐재* 소재* 신소재* material* 콘크리트 concrete 시멘트 cement 몰탈 모르타르 mortar 섬유* fiber CNT 탄소* carbon* 카본* 그래핀* 그래핀* graphen* 페라이트 ferrite 분산* dispers* 플라스터 플래스터 plaster 플레스터 용사 용사코팅 ((용사 세라믹 thermal ceramic) near2 (코트 코팅 coat*)) 메시 메쉬 망 mesh 와이어메시 와이어메쉬 붕소 boron 폴리머 polymer)	624	1,289	655	394	2,962
	EMI/EMC/E MP 차폐/흡수 건축 자재 기술 (B)	(EMI EMP HEMP EMC 이엠아이 이엠펜 이엠펜 전자파* 전자기파* 전기자기파* ((electromagnet* electro-magnet* (electro* adj magnet*)) and (wave interface pulse compat*)) 전자간섭* 전자방해* 전자파간섭* 전자기웨이브* 전자파장애* electrowave 전기파 자기파 electromagnetic-wave 전자파장해 electron-wave eletronwave electromagneticwave electro-wave (electro* adj2 wave*)) AND (차폐* 실드* 실딩* 쉴드* 쉴딩* against shield* 보호* 프로텍* 방호* protect* 흡수* absorb* 차단* block* cut* 필터* filter* ((electr* 전기*) near3 (conduct* 전도*)) electroconduct* 전기전도* electro-conduct* 도전성* 전도성*) AND (건설* 시공* construct* 건축* architect* 토목* civil* 시설* facilit* 설비* installation 콘크리트 concrete 시멘트 cement 몰탈 모르타르 mortar 빌딩* 건물* building 골재 aggregate 철근 rebar 벽 벽체 wall 도어 문 door 차폐문 차폐도어 창문 원도우 window 창	806	1,805	832	571	4,014



대분류	중분류	검색식	검색건수				
			한국 KIPO	미국 USPTO	일본 JPO	유럽 EPO	합계
		틀 창문틀 유리창) AND (구조* structure 시설* facilit* 자재* element* 빌딩* 건물* building 패널* 판넬* panel pannel 보드 board 시트 쉬트 sheet 벽 벽체 wall 환경 environment* 룸 room 내장재* interior 도장* 코팅* coating* 단열* (heat and insulat*) 세라믹 ceramic*)					
	EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 부속자재 기술 (C)	(EMI EMP HEMP EMC 이엠아이 이엠포 이엠씨 전자파* 전자기파* 전자기파* ((electromagnet* electro-magnet* (electro* adj magnet*)) and (wave interface pulse compat*)) 전자간섭* 전자방해* 전자파간섭* 전자기웨이브* 전자파장애* electrowave 전기파 자기파 electromagnetic-wave 전자파장해 electron-wave eletronwave electromagneticwave electro-wave (electro* adj2 wave*)) AND (차폐* 실드* 실딩* 쉴드* 쉴딩* against shield* 보호* 프로텍* 방호* protect* 흡수* absorb* 차단* block* cut* 필터* filter* ((electr* 전기*) near3 (conduct* 전도*)) electroconduct* 전기전도* electro-conduct* 도전성* 전도성*) AND (건설* 시공* construct* 건축* architect* 토목* civil* 시설* facilit* 설비* installation 콘크리트 concrete 시멘트 cement 몰탈 모르타르 mortar 빌딩* 건물* building 골재 aggregate 철근 rebar 벽 벽체 wall 도어 문 door 차폐문 차폐도어 창문 원도우 window 창틀 창문틀 유리창) AND (구조* structure 시설* facilit* 자재* element* 벽 벽체 wall 환경 environment* 룸 room 내장재* interior 도어 문 door 차폐문 차폐도어 창문 원도우 window 창틀 창문틀 유리창 유리 글래스 글라스 glass 랙 랙 rack 개스킷 가스켓 개스킷 가스킷 gasket 필터 filter)	819	1,916	844	613	4,192
	EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 성능평가, 실증실험 및 구조물 설계/시공 기술 (D)	(EMI EMP HEMP EMC 이엠아이 이엠포 이엠씨 전자파* 전자기파* 전자기파* ((electromagnet* electro-magnet* (electro* adj magnet*)) and (wave interface pulse compat*)) 전자간섭* 전자방해* 전자파간섭* 전자기웨이브* 전자파장애* electrowave 전기파 자기파 electromagnetic-wave 전자파장해 electron-wave eletronwave electromagneticwave electro-wave (electro* adj2 wave*)) AND (차폐* 실드* 실딩* 쉴드* 쉴딩* against shield* 보호* 프로텍* 방호* protect* 흡수* absorb* 차단* block* cut* 필터* filter* ((electr* 전기*) near3 (conduct* 전도*)) electroconduct* 전기전도* electro-conduct* 도전성* 전도성*) AND (건설* 시공* construct* 건축* architect* 토목* civil* 시설* facilit* 설비* installation 콘크리트 concrete 시멘트 cement 몰탈 모르타르 mortar 빌딩* 건물*	598	1,715	546	568	3,427



대분류	중분류	검색식	검색건수				
			한국 KIPO	미국 USPTO	일본 JPO	유럽 EPO	합계
		building 골재 aggregate 철근 rebar 벽 벽체 wall 도 어 문 door 차폐문 차폐도어 창문 원도우 window 창 틀 창문틀 유리창) AND (성능 퍼포먼* performan* 평가* estimat* evaluat* 검증* 입증* certif* proof* prov* verif* prov분석* analy* 실험* 시험* 테스트* test* 감시 observ* 모니터* monitor* 측정* measur* 설계* design* 시공* 건설* construct* 방 법* method* 공법*)					
총 계			2,847	6,725	2,877	2,146	14,595

(3) 유효특허 선별 결과

- 상기 14,595건의 Raw Data(검색건수)에 대하여, 표 21에 나타난 각 중분류별 검색개요를 유효특허 선별 기준으로 하여 유효특허(유효데이터)를 선별한 결과, 표 22에 나타난 바와 같이 783건의 유효특허가 선별됨

표 22. 유효특허 선별 결과

대분류	중분류	특허 유효데이터 건수				
		한국 KIPO	미국 USPTO	일본 JPO	유럽 EPO	합계
EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술	EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 (A)	82	11	54	4	151
	EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술 (B)	145	30	155	20	350
	EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 부속자재 기술 (C)	51	34	84	13	182
	EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 성능평가, 실증실험 및 구조물 설계/시공 기술 (D)	33	7	55	5	100
총 계		311	82	348	42	783

(4) 분석방법

- 본 분석은 EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 분야의 특허기술 Landscape 분석(정량 분석), 그리고 심층 분석(정성 분석)으로 나누어 진행됨



(가) 특허기술 Landscape (정량 분석)

- 먼저, 기본적으로 연도별, 국가별(한국, 미국, 일본, 유럽) 특허 출원 현황을 파악하고, 나아가 국가별 개인을 제외한 법인 특허 출원 현황 및 국가별 등록 특허 출원 현황을 파악하였으며, 아울러 내외국인별로 특허출원 현황을 파악하고, 구간별 출원인수와 출원건수의 증감 정도의 분석을 통한 기술시장 성장단계를 파악하는 국가 Landscape 분석이 이루어짐
- 또한, 세부기술별(중분류별)로 연도별 특허출원 동향, 구간별 특허출원 증감 및 출원점유율 변동 현황, 국가별 특허출원 동향, 국가별&세부기술별(중분류별) 특허출원 동향을 살펴봄으로써, 세부기술 Landscape 분석이 이루어짐
- 다음으로, 전체 다출원인 Top 15를 도출하여 주요 경쟁자 현황 및 IP로 본 주요 시장국을 분석하고, 각 중분류별 다출원인 또한 Top 5를 도출하여 중분류별로 상위에 랭크되어 있는 주요 출원인들을 파악 및 분석하는 경쟁자 Landscape 분석이 이루어짐

(나) 심층 분석 (정성 분석)

- 먼저, 경쟁자 Landscape를 통해 정량적으로 파악되었던 주요출원인들 중, 전체 Top 1에 랭크된 SHIMIZU CORP, Top 2에 랭크된 재단법인 포항산업과학연구원 및 Top 3에 랭크된 KUMAGAI GUMI CO LTD의 주요 기술흐름을 분석하는 주요출원인별 IP History 분석이 이루어짐
- 다음으로, 각 중분류(EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 부속자재 기술, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 성능평가, 실증실험 및 구조물 설계/시공 기술)에 포함되는 유효데이터들을 정성적으로 살펴보고 대응하는 요소기술 별로 분류하여 집계하고 종합적으로 분석한 결과를 제공함으로써, 각 요소기술 별로 현재까지의 기술개발현황과 공백기술 영역을 파악하고 향후 연구개발 방향 정립 및 미래 R&D 과제 도출에 있어서의 기초 자료로 활용할 수 있도록 함
- 다음으로, 각 중분류(EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 부속자재 기술, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 성능평가, 실증실험 및 구조물 설계/시공 기술)에서 파악된 요소기술들 중 관련 특허들이 다수 발견되는 대표적인



핵심요소기술을 선정하고 각 핵심요소기술 별로 향후 R&D 기획에 참고할만한 것으로 파악되는 관련 특허들을 주요특허로 소개하고 분석하는 세부기술별 주요특허 분석이 이루어짐

다. 특허기술 Landscape 분석 정리

(1) 국가별 Landscape

(가) 전체 연도별 출원동향

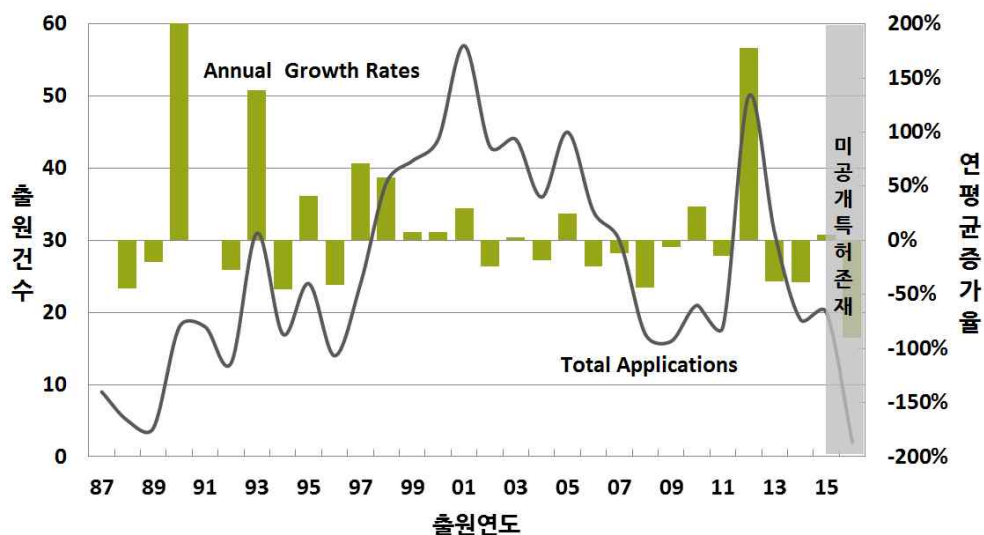


그림 67. 전체 연도별 출원동향

- 전체 연도별 출원동향을 먼저 살펴보면, 거시적인 관점에서 1980년대 후반을 기점으로 하는 특허출원 동향은 1990년대 중반까지는 다소간의 등락을 거듭하는 완만한 증가세를 보이다가, 1997년을 기점으로 급격한 증가세를 보인 바 있으며, 이후 2007년까지 30건 이상의 특허출원을 지속적으로 유지하였고, 금융위기 이후인 2008년부터는 특허출원이 20건 내외로 다소 주춤하였으나, 2012년에는 다시 50건 가량의 특허출원이 이루어진 바 있으며, 다시 2013년부터는 다소 감소하는 추세를 보이고 있음. 2012년의 경우를 보다 상세히 살펴보면, 한국의 한신공영 주식회사와 미국의 3M社가 일시적으로 다수의 특허출원을 진행한 영향 그래프 상에 피크로 나타난 것으로 분석됨. 2015년 특허출원의 경우 아직 미공개되어 집계되지 않는 데이터가 있으므로, 이후의 출원경향에 대해서는 추후 지속적인 모니터링을 통해 확인하여 볼 필요가 있음



(나) 국가별 연도별 출원동향

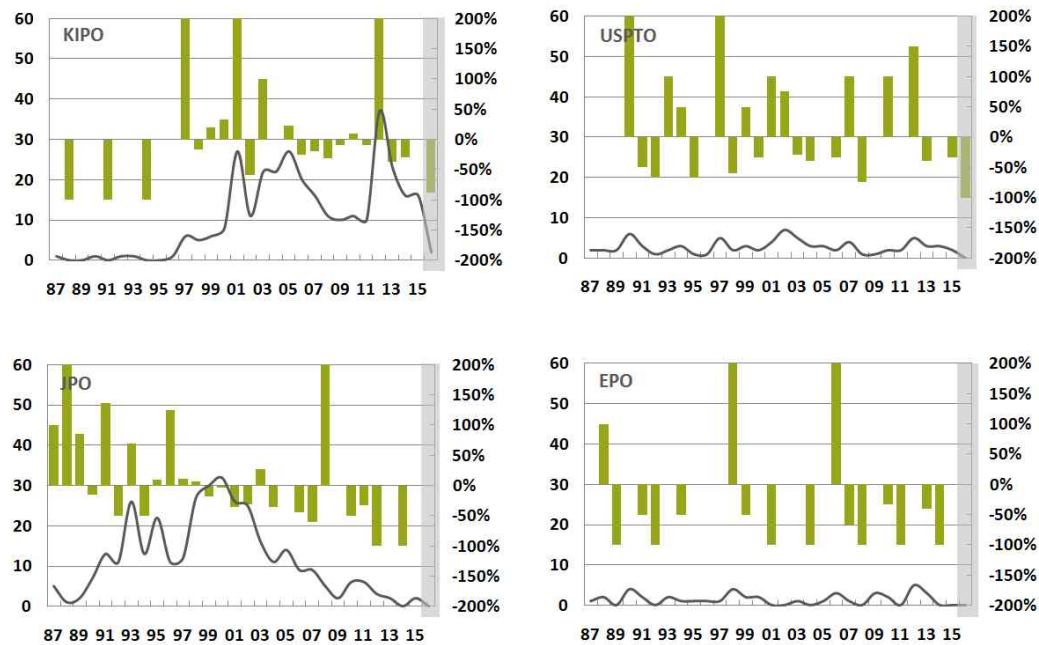


그림 68. 각 국가 연도별 출원동향

(출원인에 개인 및 법인 모두 포함 & 등록특허, 미등록특허 및 소멸특허 모두 포함)

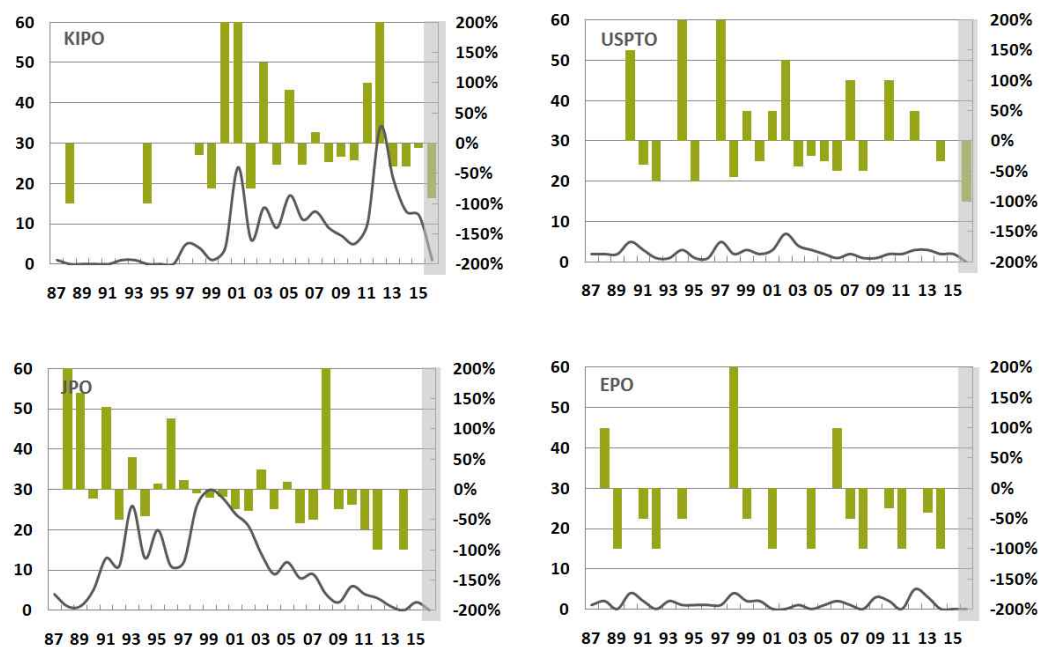


그림 69. 각 국가 연도별 출원동향 (출원인 개인 제외시)

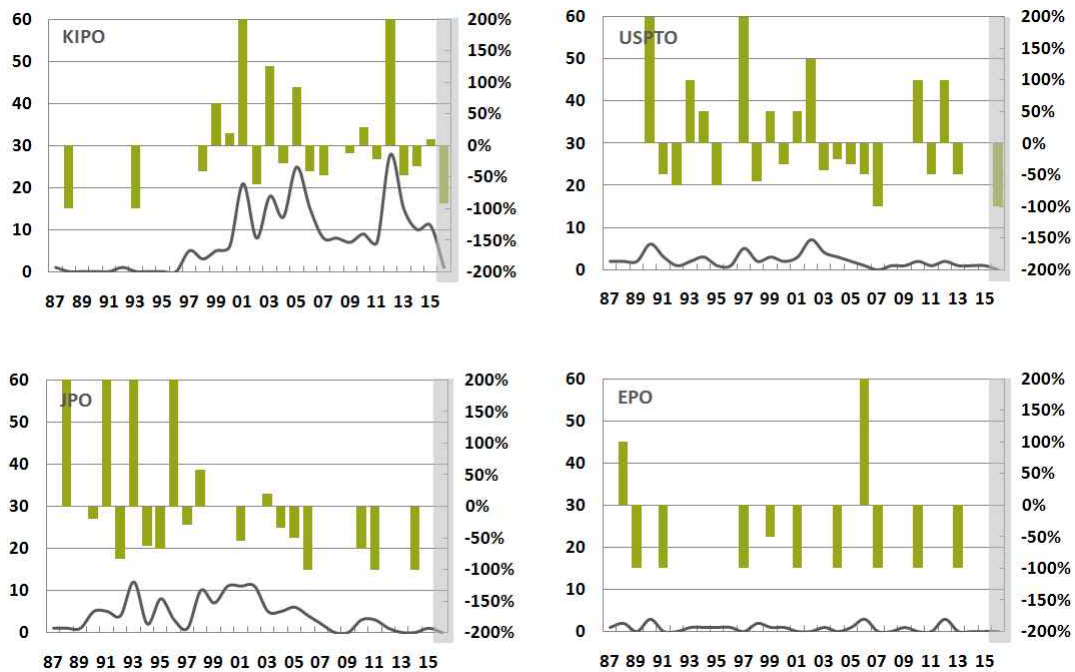


그림 70. 각 국가 연도별 출원동향 (등록특허만 포함)

- 국가별 연도별 출원동향(그림 69 참조)을 살펴보면, 일본의 경우, 한국 대비 아주 이른 시기인 1990년대 초반부터 EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술에 대한 연구개발이 활발히 이루어져 1990년대 전반에 걸쳐 특허출원이 급격히 증가하는 경향을 보였음
- 이후 일본에서는 2000년대 초반까지 EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술에 대한 다양한 연구개발이 활발하게 진행되어 왔던 것으로 사료되나, 2000년을 정점으로 특허출원이 감소세에 들어선 것으로 파악됨
- 일본이 EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 개발과 관련하여 1990년대 초부터 10년 이상의 장기간의 활발한 연구개발 결과 당시 기술수준으로는 연구개발에 가속이 붙기 어려운 성숙기에 접어들었음을 나타내고 있는 것으로 파악됨. 즉, 일본의 경우, EMP, EMI, EMC 차폐와 관련하여 전자기기 전자파 차폐 등 타 분야 기술과의 접목, 시설물 건설기술 분야 자체적인 기술적 발전 요소 등을 종합적, 다각적으로 고려한 새로운 관점에서의 기술 개발을 통해 과거 성장기에 연구개발되었던 EMP, EMI 및 EMC 차폐 건설기술의 한계를 넘어서는 기술 개발 가능성이 새롭게 부각되는 시점에 특허출원의 감소 추세가 다시 상승 추세로 전환될 수 있을 것으로 사료됨



- 한국의 경우, 일본보다 다소 늦은 1990년대 중후반부터 관련 특허출원이 이루어지기 시작하여, 2000년대 접어들면서 대폭 증가하는 추세를 나타냄. 2000년대 후반 세계적 금융위기 등의 여파로 특허출원이 다소 주춤하는 모습을 나타내나, 2012년대에는 다시한번 피크를 기록하고 있어 향후 특허출원 추이를 지속적으로 모니터링하여 볼 필요가 있을 것으로 사료됨. 이처럼 한국의 경우, 90년대 초반부터 EMP, EMI 및 EMC 차폐 건설기술 관련 연구개발이 이루어진 일본보다 5년 내지 10년 가량 늦게 연구개발이 본격화되었고, 일본과 달리 최근까지도 특허출원이 소정 이상 유지되는 경향을 보이고 있음. 이에 따르면, 기술개발이 어느 정도 무르익은 일본과 달리, 한국의 경우 EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술에 대한 연구개발이 여전히 소정 이상 이루어지고 있는 상태인 것으로 사료됨
- 미국 및 유럽의 경우, 1980년대 후반 내지 1990년 초반부터 EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 관련 특허출원이 이루어져 왔으나, 연도별로 10건을 초과하는 집계가 이루어진 적은 없어, 특허출원건수는 일본이나 한국에 비해 많지 않은 것으로 조사되는바, EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술에 대한 연구개발이 지속적이기는 하나, 일본이나 한국과 같이 활발히 이루어지지는 않았던 것으로 파악됨
- **국가별로 법인(개인 제외) Landscape(그림 70 참조)를 살펴보면**, 그림 70은 출원인들 중 개인 출원인을 제외하고 법인 출원인들(기업, 연구원, 대학 등)의 출원동향만을 별도로 집계한 국가별 Landscape로서, 일본, 미국, 유럽은 그림 69(출원인에 개인 및 법인 모두 포함시)에 비하여 그래프 모양에 큰 변화가 없음을 확인할 수 있는 반면, 한국은 그림 69(출원인에 개인 및 법인 모두 포함시)에 대비하여 특허출원 건수가 전체 연도에 걸쳐(특히 2000년대) 전반적으로 줄어든 모양새를 보이고 있음
- 한국의 경우, 타국들에 비하여 EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술과 관련된 개인 출원인들의 출원 비중이 높았던 영향이 반영된 결과인 것으로 분석됨. 반면에, 일본, 미국, 유럽은 EMP, EMI 및 EMC 차폐 건설기술 개발과 관련하여 개인 출원인의 출원 비중보다 법인 출원인의 출원 비중이 상당히 높은 것으로 파악됨. 이러한 분석 결과에 따르면, 한국의 경우에도 2000년대에 다수의 특허출원이 이루어진 것으로 파악되기는 하나, 법인, 즉 기업이나 연구원 차원 또는 범국가적인 차원에서 대대적이고 고도한 연구개발 및 전략적인 특허 포트폴리오 구축이 아직 본격적으로 이루어지지는 않았을 가능성이 있을 것으로 예상됨



- 등록특허와 관련하여 국가별 Landscape(그림 71 참조)를 살펴보면, 그림 71은 등록특허의 출원동향만을 별도로 집계한 국가별 Landscape로서, 그림 69(등록특허, 미등록특허 및 소멸특허 모두 포함)과 그림 71(등록특허만 포함)을 비교하여 보면, 한국, 미국 및 유럽에 비해, 일본은 전반적으로 특허출원 건수가 정량적으로 크게(거의 절반 이상) 줄어듦을 확인할 수 있음. 즉, 일본의 경우, 등록에 이르는 진보성 있는 특허발명에 대한 출원보다는, 특허출원 후 심사 청구를 하지 않아 취하되거나 심사를 받더라도 거절 결정되어 등록에 이르지 못하는 미등록특허의 비중이 상당히 높은 편인 것으로 파악됨. 이에 따르면, 일본은 유효성 및 독점성 있는 실질적인 특허권(등록특허) 확보 측면의 특허출원 진행보다는, 타 경쟁사의 특허권 확보를 저지하는 방어적인 측면의 특허출원으로서 고도성 내지 진보성이 상대적으로 낮은 특허출원의 진행에 상당부분 집중한 것으로 사료됨. 이러한 측면을 고려하였을 때, 향후 고도한 연구개발을 진행하여 본다면 상대적으로 고도성 내지 진보성이 낮은 일본의 미등록특허를 뛰어넘는 양질의 특허 확보 및 전략적인 특허 포트폴리오 구축이 가능할 것으로 예상됨

(다) 국가별 내·외국인 출원동향

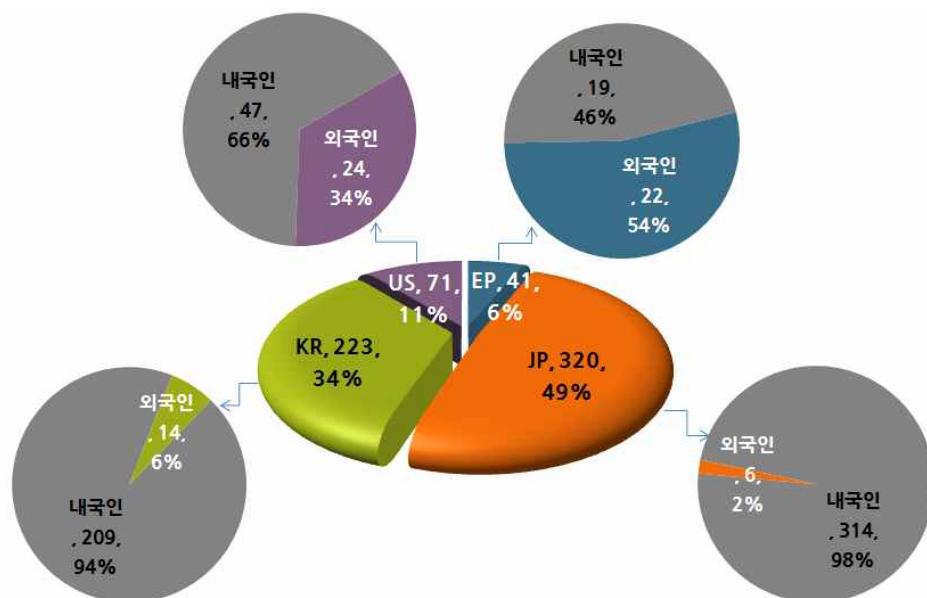


그림 71. 국가별 내·외국인 출원동향



- 국가별 내·외국인 출원동향을 살펴보면, 일본이 전체 분석대상 국가 출원 규모의 절반 이상인 49%를 차지하는 것으로 나타났으며, 이는 EMP, EMI 및 EMC 차폐 건설기술과 관련한 연구개발이 그간 일본에서 주도하였음을 나타내는 결과라 할 수 있음. 일본의 경우, 내외국인 비중을 살펴보아도 내국인에 의한 자국 특허출원이 98%로 압도적으로 높은 편임
- 일본 다음으로는 한국의 점유율이 34%로 높았으며, 한국의 경우 내외국인 비중은 일본과 유사하게 내국인 출원이 94%로 압도적으로 높은 편임
- 미국과 유럽은 각각 11%와 6%로 낮은 점유율을 보였으며, 각각의 외국인의 출원비중이 34% 및 54%로 나타나는데, 이러한 외국인 출원 비중이 미국이 상대적으로 더 작은 점, 내국인 출원 건수가 미국이 정량적으로 더 많은 점을 함께 고려하면, 유럽보다는 미국에서 EMP, EMI 및 EMC 차폐 건설기술과 관련한 특허출원이 상대적으로 보다 활발한 편인 것으로 예상되며, 유럽의 경우 일본 기업이나 미국 기업의 유럽 시장을 고려한 특허출원이 내국 출원보다 많이 이루어져 외국인 출원 비중이 오히려 50%를 초과하는 것으로 분석됨

(라) 기술 성장단계 파악



그림 72. 기술성장단계 그래프 개요

- 기술 성장단계를 파악하여 보면, 기술 성장단계를 표시하는 본 그래프는 해당 분야에 대한 기술 성장단계를 파악하기 위한 그래프로서, 전체 출원 중 과거 1990년부터 최근 2014년까지의 출원을 1구간(1990년~1994년), 2구간(1995년~1999년), 3구간(2000년~2004년), 4구간(2005년~2009년), 5구간(2010



년~2014년) 총 5개의 구간으로 나누어 각각의 구간별로 특허 출원인수에 대한 출원건수의 관계를 표시하고 시계열적으로 연결하여 살펴봄으로써 해당 분야의 현재 기술 위치를 파악하여 볼 수 있음

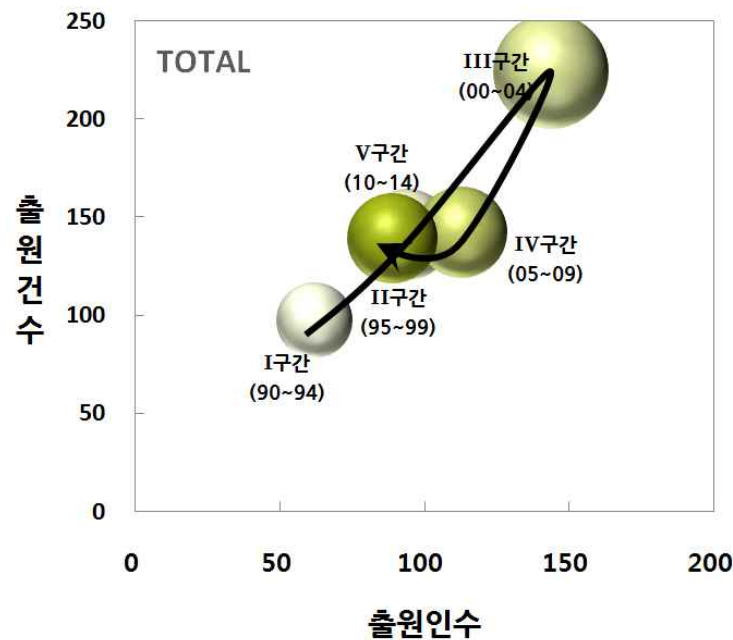


그림 73. 통합 기술 성장단계 (전체)

- 위 그래프에서는 1구간(1990~1994년)에서 3구간(2000년~2004년)까지의 기술개발이 급격하게 성장하는 성장기를 지나 4구간(2005년~2009년) 및 5구간(2010년~2014년)에서는 성숙기 국면을 보이고 있는 것으로 파악됨
- 이는 위 그래프에서도 확인할 수 있는 바와 같이, 1구간(1990년~1994년)에서 2구간(1995년~1999년)은 출원건수와 출원인수 모두 증가하는 성장기였으며, 이러한 10년에 가까운 성장 기간 동안 일본의 주도하에 EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 관련 다양한 연구개발이 이루어졌고, 2구간(1995년~1999년)에서 3구간(2000년~2004년)은 출원건수와 출원인수 모두 급격히 증가하는 급성장기였으며, 이 구간의 경우 일본의 성장과 한국의 성장이 중첩되어 더욱 가속된 성장 속도를 나타낸 고속 성장 구간이라 분석될 수 있음
- 또한, 4구간(2005년~2009년)과 5구간(2010년~2014년)을 살펴보면, 출원건수는 동등 수준으로 유지되지만 출원인수는 감소한 것을 확인할 수 있는데, 이는 기술의 성숙기에 접어들면서 주도권을 쥐지 못하거나 도태되는 일부 경쟁자가 이탈하는 결과가 발생되면서 핵심적인 주요 출원인으로 연구개발 역량이 다소 집중되는 경향을 보인 것으로 사료됨

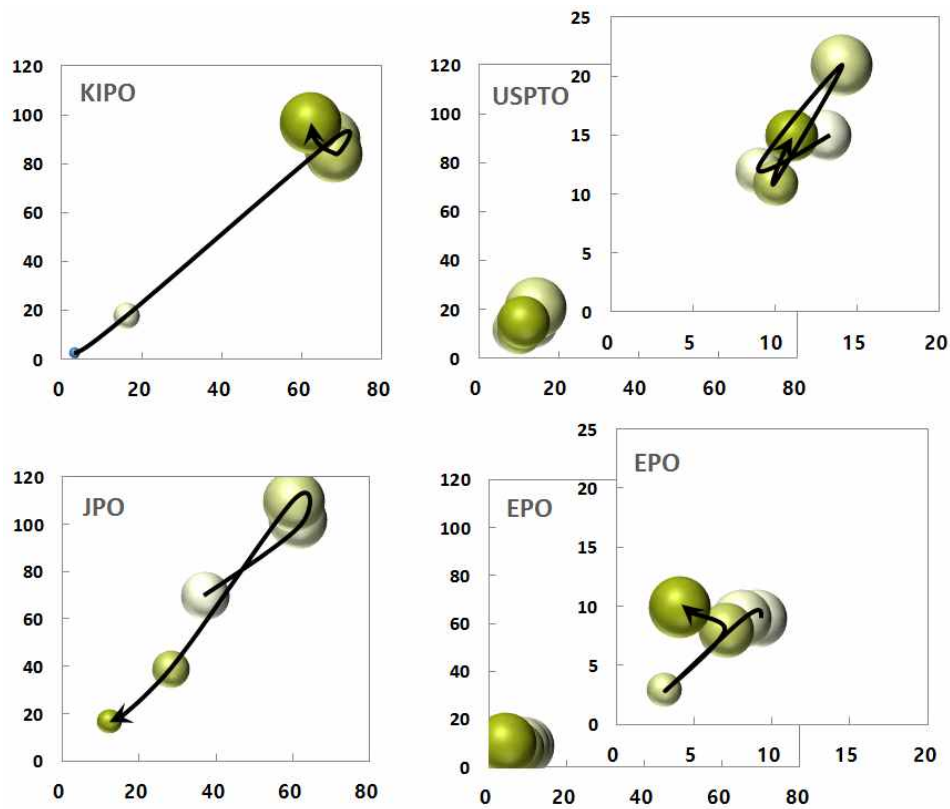


그림 74. 국가별 기술 성장단계

- 국가별로 기술성장 단계를 살펴보면, 일본의 기술 위치는, 한국보다 한 구간 앞선 1구간(1990년~1994년)부터 2구간(1995년~1999년)까지 출원 건수와 출원인의 수가 모두 매우 빠른 속도로 증가하는 급격한 성장기의 단계를 거쳐, 성장 속도가 점차 느려지면서 성숙기에 접어들기 시작하는 구간인 3구간(2000년~2004년)을 거쳐, 4구간(2005년~2009년)부터 5구간(2010년~2014년)에서는 연구개발이 다소 정체되기 시작한 것으로 파악됨
- 특허출원인수와 특허출원건수와의 상관관계를 통해 살펴본 한국의 기술위치는 2구간(1994년~1998년)부터 3구간(2000년~2004년)까지의 급격한 성장기를 지나 4구간(2005년~2009년) 및 5구간(2010년~2014년)에서는 성숙기에 접어든 것으로 파악되고, 5구간(2010년~2014년)이 4구간(2005년~2009년) 대비 출원인은 감소하였지만 출원건수는 증가한 것을 보면, 5구간(2010년~2004년)에서는 EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 관련 출원인 중 일부는 연구개발을 중단하거나 축소하였지만, 주요 출원인 위주의 연구개발은 지속적으로 이루어지고 있는 것으로 사료됨



- 미국의 경우, 그 출원건수나 출원인수가 일본이나 한국에 비해 상대적으로 적어, 별도로 일부 영역을 확대한 그래프를 배치하였으며, 이를 참조하면, 미국의 기술 위치는 2구간(1995년~1999년)에서 한차례 성장 정체가 있었으나, 정량적으로 데이터 수가 적어 의미를 부여할만한 성장 정체로 보기는 어려울 것으로 사료되고, 3구간(2000년~2004년) 내지 5구간(2010년~2014년) 또한 유의미한 경향성을 분석하기에는 데이터 수가 충분하지 못한 것으로 사료됨. 즉, 미국의 경우, 지속적인 연구개발이 뚜렷한 경향성 없이 계속하여 이루어지고 있다는 정도로 이해할 수 있음
- 유럽의 경우에도 그 출원건수나 출원인수가 일본이나 한국에 비해 상대적으로 적어, 별도로 일부 영역을 확대한 그래프를 배치하였으며, 이를 참조하면, 유럽의 기술 위치는 3구간(2000년~2004년)에 한차례 성장 정체가 있었으나, 정량적으로 데이터 수가 적어 의미를 부여할만한 성장 정체로 보기는 어려울 것으로 사료되며, 거시적으로 보았을 때 1구간(1990년~1994년)부터 4구간(2005년~2009년)까지의 성장기를 지나 5구간(2010년~2014년)에서는 성숙 단계에 진입한 것으로 파악됨

(2) 세부기술 Landscape

(가) 중분류 연도별(구간별) 출원동향

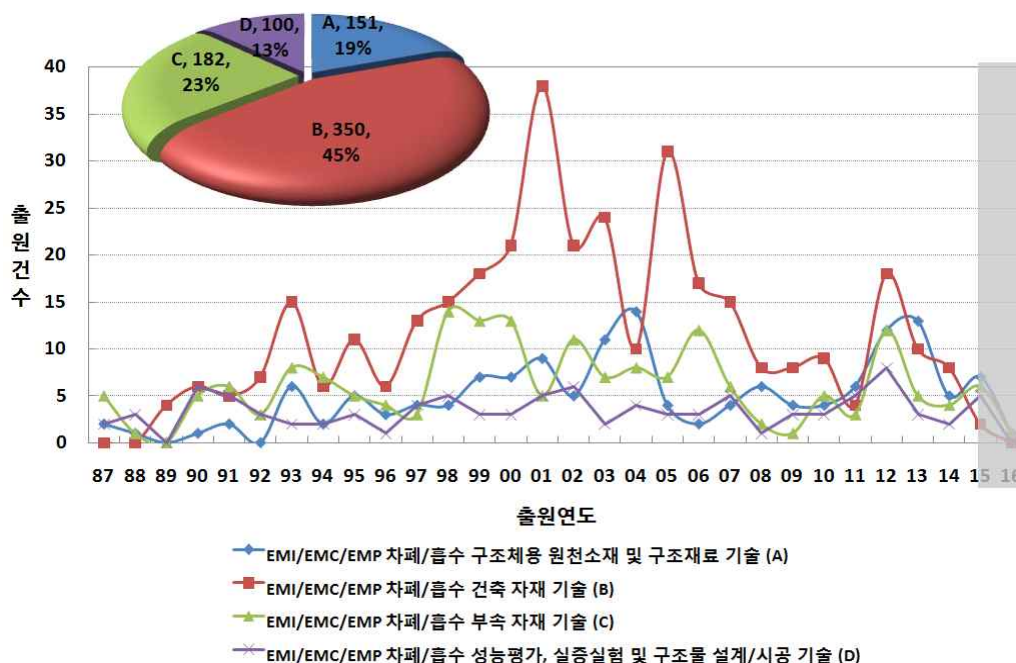


그림 75. 중분류 연도별 출원동향

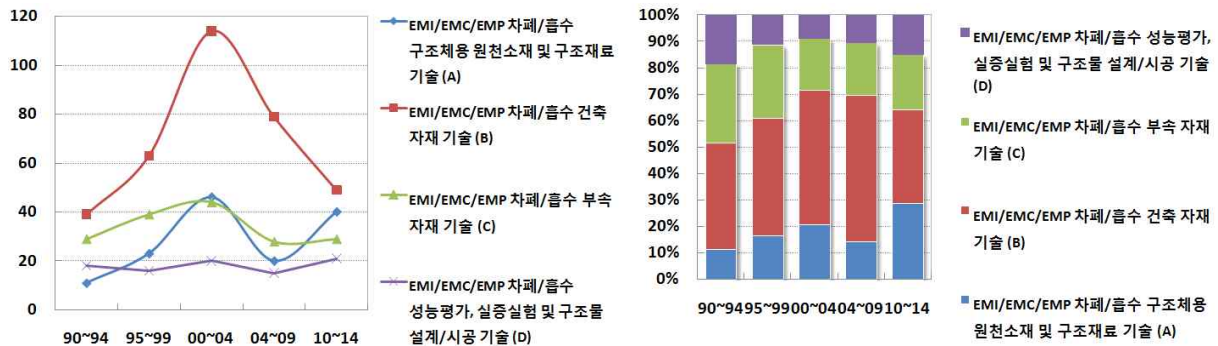


그림 76. 중분류 구간별 출원동향

- 세부기술 Landscape를 살펴보면, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술 (B) 분야의 점유율(45%)이 가장 높아 연구개발 정도가 정략적으로 가장 높은 것으로 나타났고, 다음으로는 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 부속자재 기술(C) 분야의 점유율이 23%로 나타났으며, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술(A) 분야의 점유율은 19%로 나타났고, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 성능평가, 실증실험 및 구조물 설계/시공 기술(D) 분야는 13%의 점유율을 보여 이 분야에 대한 연구개발이 가장 저조한 것으로 파악되었음. 다만, 일반적으로 평가, 실험, 설계 등과 관련한 특허출원은 상대적으로 많지 않음을 고려하였을 때에는 13% 수준의 점유율에도 상당한 의미 부여가 가능할 것으로 사료됨
- 각 중분류 별로 보다 구체적으로 살펴보면, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술(A) 분야의 경우 1987년을 시작으로 지속적인 특허출원이 이루어지고 있으며, 특히 2004년과 2013년에 피크를 형성하고 있음. 구간별 점유율 측면에서 살펴보면, 5구간(2010년~2014년)에서 30% 가까이 되는 가장 높은 점유율을 보이고 있음
- 또한, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술(B) 분야의 경우, 단열재, 금속 보강 패널 자재, 내장재 등과 같은 건축 자재 및 재료 분야에 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 기술을 적용하는 것과 관련된 다양한 연구개발을 일찍이 주도하여 왔던 일본의 영향으로 1990년대 중반부터 급격한 특허출원 증가세가 나타나며, 이후 2001년을 피크로 특허출원이 감소세를 보이다가 2006년 및 2012년에 일시적으로 특허출원이 증가되었고, 최근에는 2013년 이후부터 특허출원이 감소되는 추세를 보이고 있음. 구간별 점유율 측면에서 살펴보면 1구간 내지 4구간(1990년~2009년)에서 가장 높은 점유율을 보이다가 5구간(2010년~2014년)에서는 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술(A) 분야와 유사한 30% 가량의 점유율을 보이고 있음



- EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 부속자재 기술(C) 분야의 경우, 1987년에 5건을 시작으로 지소적인 특허출원이 이루어졌으며, 특히 1998년, 1999년 및 2000년에 14건, 13건 및 13건의 특허출원이 이루어지며 피크를 형성하였음. 구간별 점유율 측면에서 살펴보면, 5구간(2010년~2014년)에서 점유율이 다소 회복되는 경향을 나타내고 있음
- EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 성능평가, 실증실험 및 구조물 설계/시공 기술(D) 분야의 경우, 1987년에 2건의 특허출원이 이루어진 이후 5건 내외의 지속적인 특허출원이 매년 이루어지고 있음을 확인할 수 있고, 구간별 점유율 측면에서 살펴보면, 1구간에서 20%에 육박했던 점유율이 3구간(2000년~2004년)에서 가장 낮아졌다가 4구간(1995년~2009년)과 5구간(2010~2014년)을 거치면서 다시 회복하는 형세를 보이고 있음

(나) 중분류별 국가별 출원동향

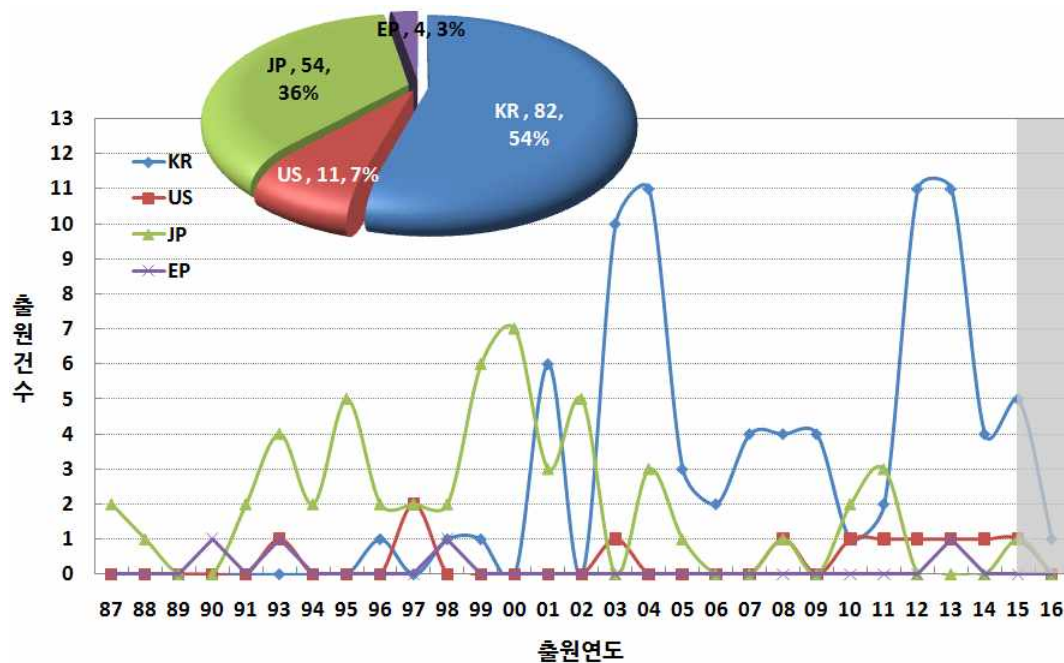


그림 77. 중분류 A 국가별 출원동향

- 중분류 A(EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술)의 국가별 출원동향을 살펴보면, 한국이 54%, 일본이 36%, 미국이 11%, 유럽이 4.3%를 점유하고 있음



- 구체적으로, 중분류 A와 관련하여, 한국은 일본보다 10년 가량 늦은 2000년대 초반부터 본격적인 특허출원이 진행되었으며, 이후 소정의 특허출원이 지속적으로 유지되는 가운데 2003년, 2004년, 2012년 및 2013년에 10건 이상의 다량의 특허출원이 이루어지며 피크를 형성함. 특히, 2000년 전후를 정점으로 점차 특허출원 감소세를 보였던 일본과 달리, 2013년까지도 특허출원이 다소 증가되는 모습을 보였기에 향후 특허출원이 본격적인 성장기에 진입할지 여부에 대한 모니터링이 필요할 것으로 사료됨. 중분류 A의 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술에 대하여 최신의 전자기기에 대한 차폐 기술이나 IT 기술들을 맞춤형으로 변형하여 접목시키는 시도, 또는 범국가적인 차원의 큰 규모의 연구개발이 진행될 수 있다면, 2020년대에는 2차 성장기에 돌입할 수도 있을 것으로 사료됨
- 일본의 경우, 1987년에 2건의 특허출원이 이루어진 이후, 타국에서는 특허출원이 활발하지 않은 1990년대 초부터 다량의 특허출원을 진행함. 즉, 일본의 경우 1990년대 초부터 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료에 대한 본격적인 연구개발이 이루어져 그러한 기술개발 선도적인 측면이 특허동향에도 반영된 결과인 것으로 사료됨. 다만, 2000년대 이후부터는 일본의 경기 침체와 더불어 특허출원 또한 감소세를 보임
- 미국 및 유럽은 3건 이하의 소량의 특허출원이 간격을 두고 다소 불연속적으로 집계됨. 다만, 미국의 경우, 2010년 이후에는 매년 지속적으로 특허출원이 이루어지고 있기 때문에, 향후 특허출원이 증가할지 여부에 대한 모니터링이 필요할 것으로 사료됨

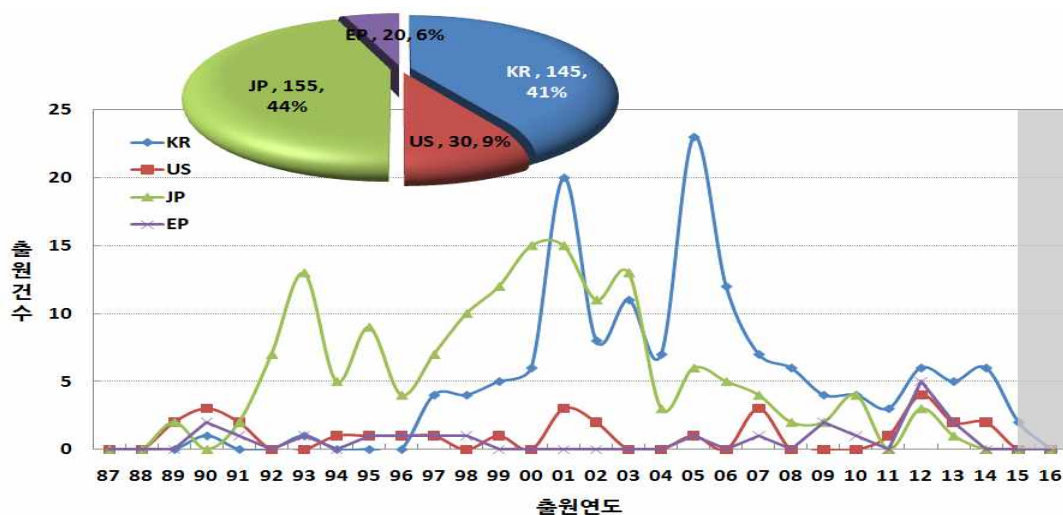


그림 78. 중분류 B 국가별 출원동향



- 중분류 B(EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술)의 국가별 출원동향을 살펴보면, 일본이 44%, 한국이 41%, 미국이 9%, 유럽이 6%를 점유하고 있음
- 구체적으로, 중분류 B와 관련하여, 일본의 경우, 1989년에 2 건의 특허출원이 이루어진 이후, 1991년부터 특허출원이 증가세를 보이고, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술(A) 분야와 유사하게 2000년대 이후부터는 특허출원이 감소세를 보이나, 2000년대 후반까지도 소량이지만 지속적으로 특허출원이 이루어져 왔음
- 한국은 일본보다 다소 늦은 1997년을 기점으로 특허출원건수가 증가하기 시작하였으나, 2006년을 정점으로 특허출원이 하락세를 보임. 다만, 2000년 전후를 정점으로 점차 특허출원 감소세를 보였던 일본과 달리, 2008년 이후에도 매년 5건 내외의 특허출원이 지속적으로 이루어지고 있기에 향후 특허출원이 다시 회복되고 재성장이 이루어질지 여부에 대한 모니터링이 필요할 것으로 사료됨
- 미국 및 유럽은 3건 이하의 소량의 특허출원이 간격을 두고 불연속적으로 집계되는 것이어서 정량적으로 큰 의미를 부여한 분석이 이루어지기 어려운 측면이 있음

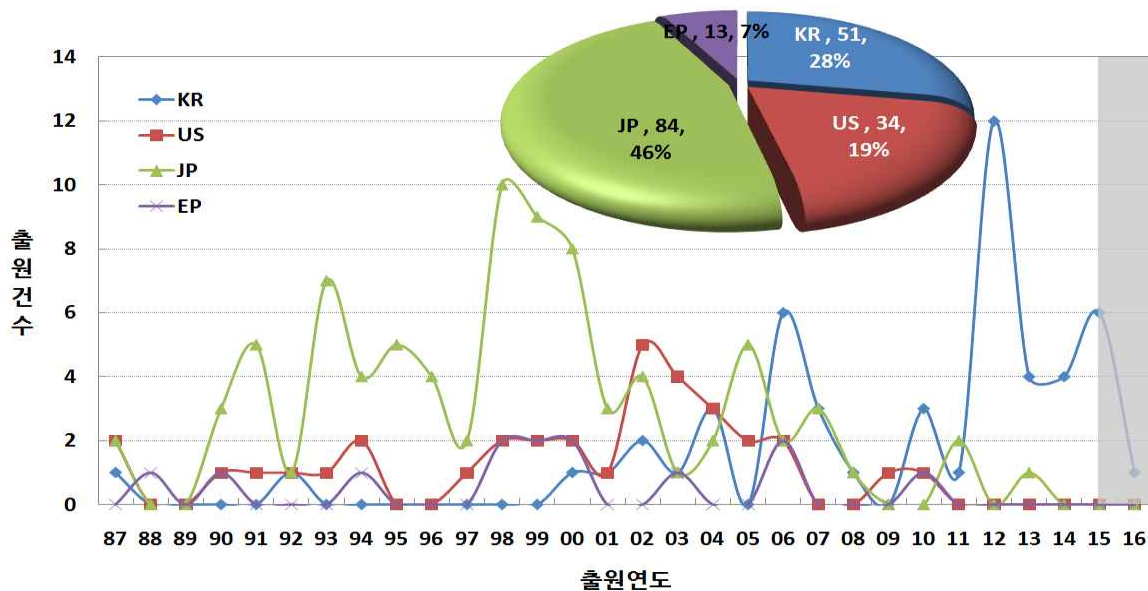


그림 79. 중분류 C 국가별 출원동향

- 중분류 C(EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 부속자재 기술)의 국가별 출원동향을 살펴보면, 일본이 46%, 한국이 28%, 미국이 19%, 유럽이 7%를 점유하고 있음



- 구체적으로, 중분류 C와 관련하여, 일본의 경우, 1987년에 특허출원이 이루어진 이후, 1989년부터 2000년대 초반 사이에 활발한 특허출원이 이루어졌고, 1998년을 피크로 특허출원이 감소세를 보이거나, 2000년대 후반까지도 지속적인 특허출원이 이루어졌음
- 한국은 일본보다 10년 가량 늦은 2000년부터 특허출원이 활발히 이루어지기 시작하였고, 일본, 미국 및 유럽의 특허출원이 감소세인 2012년에 12건의 다량의 특허출원이 이루어졌으며, 이후에도 지속적인 특허출원이 이루어졌음. 이것을 보면, 향후 특허출원이 다시 증가세로 돌아설지 여부에 대한 모니터링이 필요할 것으로 사료됨
- 미국은 1987년에 2건의 특허출원이 이루어진 이후 지속적으로 특허출원이 이루어져왔고, 2002년에 5건의 특허출원으로 정점에 도달한 후 점차 감소세를 보임
- 유럽은 1988년 특허출원이 이루어진 이후 지속적으로 특허출원이 이루어졌으나, 가끔 3건 이하의 소량의 특허출원이 이루어지는 것으로 집계되어서, 정량적으로 큰 의미를 부여한 분석이 이루어지기 어려운 측면이 있음

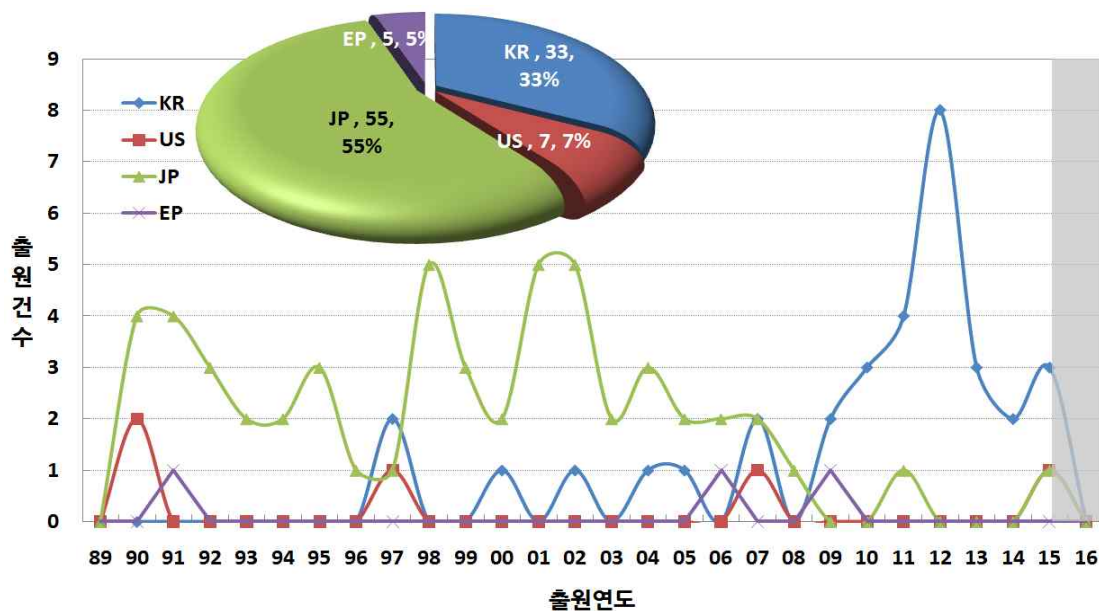


그림 80. 중분류 D 국가별 출원동향

- 중분류 D(EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 성능평가, 실증실험 및 구조물 설계/시공 기술)의 국가별 출원동향을 살펴보면, 일본이 55%, 한국이 33%, 미국이 7%, 유럽이 5%를 점유하고 있음



- 구체적으로, 중분류 D와 관련하여, 일본의 경우, 1987년부터 2000년대 후반까지 특허출원이 지속적으로 이루어져왔음. 구체적으로, 이 기간 동안 1990년, 1991년 각각에는 4 건의 특허출원이 이루어졌고, 1998년, 2001년 및 2002년 각각에 5건의 특허출원 등이 이루어졌음
- 한국은 일본보다 늦은 1997년에 특허출원이 이루어지기 시작하였고, 이후, 2008년부터 지속적인 특허출원이 집계된 것으로 사료됨
- 미국의 경우에는, 1988년 및 1990년 각각에 2건의 특허출원이 조사되었고, 이후 1997년, 2007년 및 2015년에 각각 1건씩의 특허출원이 이루어져 온 것으로 파악됨
- 유럽의 경우에는 1987년, 1988년, 1991년, 2006년 및 2009년에 각각 1건씩의 특허출원이 이루어져온 것으로 파악됨
- 이상에서 살펴본 바와 같이, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 성능평가, 실증실험 및 구조물 설계/시공 기술(D) 분야에서는 다른 중분류 기술 분야들에 비해 상대적으로 소량의 특허출원이 진행되어 온 상태이나, 일반적으로 평가, 실험, 설계 등과 관련한 특허출원은 상대적으로 많지 않음을 고려하면 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 성능평가, 실증실험 및 구조물 설계/시공 기술(D) 분야에 대한 연구개발이 끊이지 않고 꾸준히 지속적으로 이루어졌다는 점에 소정의 의미 부여가 가능할 것으로 사료됨. 아울러, EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설 기술에 대하여 향후 본격적인 기술개발이 이루어지게 되면, MI/EMC/EMP 차폐/흡수 성능평가, 실증실험 및 구조물 설계/시공 기술(D) 분야에 대한 연구개발 또한 더불어 이루어져야 할 것이므로, 향후 다른 중분류 기술 분야들의 성장과 함께 성장될 수 있는 기술 분야일 것으로 판단됨

(3) 경쟁자 Landscape

(가) 전체 주요출원인 동향



출원인	출원인 국적	주요IP시장국(건수,%)				주요 IP시장국
		유럽	일본	한국	미국	
		EP	JP	KR	US	
SHIMIZU CORP	JP	2 (6%)	29 (81%)	0 (0%)	5 (14%)	일본
재단법인 포항산업과학연구원	KR	0 (0%)	0 (0%)	14 (100%)	0 (0%)	한국
KUMAGAI GUMI CO LTD	JP	0 (0%)	14 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	일본
TAKENAKA KOMUTEN CO LTD	JP	0 (0%)	12 (92%)	0 (0%)	1 (8%)	일본
한신공영 주식회사	KR	0 (0%)	0 (0%)	13 (100%)	0 (0%)	한국
TOMOE CORP	JP	0 (0%)	12 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	일본
주식회사 인트캠	KR	0 (0%)	0 (0%)	12 (100%)	0 (0%)	한국
OH BAYASHI CORP	JP	0 (0%)	11 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	일본
KAJIMA CORP	JP	0 (0%)	11 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	일본
DAINIPPON PRINTING CO LTD	JP	0 (0%)	10 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	일본
TOKYU CONSTRUCTION CO LTD	JP	0 (0%)	7 (88%)	0 (0%)	1 (13%)	일본
한국과학기술원	KR	0 (0%)	0 (0%)	7 (100%)	0 (0%)	한국
TOPPAN PRINTING CO LTD	JP	0 (0%)	6 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	일본
TAISEI CORP	JP	0 (0%)	6 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	일본
OSAKA GAS CO LTD	JP	0 (0%)	6 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	일본

그림 81. 전체 주요출원인 Top 15 국가별 출원동향 및 주요 IP시장국

- 경쟁자 Landscape를 살펴보면, 전체 출원인 동향과 관련하여, 일본의 SHIMIZU CORP가 전체 다출원인 1위로 나타났으며, 그 뒤를 이어 한국의 재단법인 포항 산업과학연구원, 일본의 KUMAGAI GUMI CO LTD, 일본의 TAKENAKA KOMUTEN CO LTD, 한국의 한신공영 주식회사 등이 EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 분야 전반에서 다수의 특허를 출원하고 있는 것으로 나타남



(나) 중분류 주요출원인 동향

	EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 (A)	EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술 (B)	EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 부속 자재 기술 (C)	EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 성능평가, 실증실험 및 구조를 설계/시공 기술 (D)
1	SHIMIZU CORP (JP) 7건	재단법인 포항산업과학연구원 (KR) 9건	SHIMIZU CORP (JP) 14건	SHIMIZU CORP (JP) 8건
2	주식회사 인트켄 (KR) 6건	KUMAGAI GUMI CO LTD (JP) 8건	한신공영 주식회사 (KR) 5건	TOMOE CORP (JP) 8건
3	재단법인 포항산업과학연구원 (KR) 5건	SHIMIZU CORP (JP) 7건	ASAHI GLASS CO LTD (JP) 4건	한신공영 주식회사 (KR) 7건
4	한국과학기술원 (KR) 5건	TOPPAN PRINTING CO LTD (JP) 6건	DAINIPPON PRINTING CO LTD (JP) 4건	주식회사 누리플랜 (KR) 5건
5	TOKYU CONSTRUCTION CO LTD (JP) 4건	DAINIPPON PRINTING CO LTD (JP) 5건	KUMAGAI GUMI CO LTD (JP) 4건	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD (JP) 5건

그림 82. 중분류별 주요 출원인 동향

- 중분류별로 주요출원인 동향을 나누어 살펴보면, 구체적으로, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술(A) 분야에서는 전체 분야에서도 1위를 차지한 일본의 SHIMIZU CORP가 7건으로 1위에 랭크되었음. 이를 통해, SHIMIZU CORP가 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술(A) 분야에 대하여 다른 출원인 대비 상대적으로 많은 연구역량을 집중하여 온 것으로 사료됨. 한편, 한국 출원인으로 주식회사 인트켄, 재단법인 포항산업과학연구원, 및 한국과학기술원이 각각 2위 내지 4위에 랭크된 것이 눈에 띈다. 이를 통해, 한국에서는 몇몇 소수의 출원인(기업 및 연구원)들을 중심으로 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술(A)과 관련된 연구가 이루어져왔음을 짐작할 수 있음
- EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술(B) 분야에서는 한국의 재단법인 포항산업과학연구원이 1위에 랭크되었고, 이어서 일본의 출원인이 2위부터 5위에 랭크된 것으로 파악되었음. 이를 통해, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술(B)과 관련하여 일본에서 선도하는 연구개발이 이루어져 왔고, 한국에서는 재단법인 포항산업과학연구원 등 몇몇 소수의 출원인들을 중심으로 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술(B)과 관련된 연구가 이루어져왔음을 짐작할 수 있음. 특히 소수의 출원인들 중 재단법인 포항산업과학연구원은 분야 1위에 랭크되어 두각을 나타내었음



- EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 부속자재 기술(C) 분야에서는 전체 분야 및 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술(A) 분야에서 1위를 차지한 일본의 SHIMIZU CORP가 14건으로 1위에 랭크되었음. 이어서 한국의 한신공영 주식회사가 5건으로 2위를 차지하였고, 이외에는 일본 출원인이 Top 5 내에 랭크되었음. 이와 같이, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 부속자재 기술(C) 분야에서도 일본의 SHIMIZU CORP를 비롯한 일본 기업들이 연구역량을 집중하여 온 것으로 파악됨
- EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 성능평가, 실증실험 및 구조물 설계/시공 기술(D) 분야에서도 일본의 SHIMIZU CORP가 일본의 TOMOE CORP와 함께 공동 1위에 랭크되었고, 이어서 한국의 한신공영 주식회사와 주식회사 누리플랜이 3위 및 4위에 랭크되었음. EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 성능평가, 실증실험 및 구조물 설계/시공 기술(D) 분야에서도 일본이 주도하는 연구개발이 이루어져 온 것으로 파악되나, 한국 또한 소정 이상의 연구개발을 진행하여 온 것으로 조사됨

(4) 소결 (특허기술 Landscape 분석)

- **국가별 Landscape**를 살펴보면, 일본 특허의 경우, 1990년대 초반부터 타국들에 비하여 가장 먼저 특허출원이 급격히 증가하는 경향을 띄기 시작하였으며, 이후 2000년대 초반까지 10여년간 EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술에 대한 다양한 연구개발이 활발하게 진행되어 왔던 것으로 사료되나, 2000년대 초반 이후에는 특허출원이 감소세에 들어선 것으로 파악되며, 2000년대 초반 이후에는 오히려 한국 특허 출원이 최근까지 보다 주도적으로 이루어져 온 것으로 파악됨. 이에 따라, 일본과 한국의 특허출원이 전체 대비 상당히 높은 점유율을 차지하고 있어, 전체 연도별 특허동향은 일본의 출원이 감소세에 들어서기 이전 시기이면서, 한국의 출원이 증가세를 보이기 시작하는 시기이기도 한 2000년 전후에서 피크를 보임
- 전반적으로 나타나는 2000년대 중반 이후의 특허출원 감소 추세는, EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술에 대한 연구개발이 장기간에 걸쳐 다양하게 진행되어 왔기에 성숙기에 접어들었고, 전자기기에 대한 전자파 차폐기술 등 타 분야 기술과의 융합을 통한 연구개발에 대한 수요가 시기적으로나 정책적으로 맞지 않는 측면이 있었기에 급격한 진전을 보이는 연구결과가 소정 기간 이상 나타나지 않았고, 2000년대 후반 이후 세계적인 금융위기와 건설경기 침체, 일본 경제 침체, 한국 경제 성장 속도 둔화 등의 요인들이 겹치면서 점차 기술개발 정체 국면에 접어들게 된 것으로 예측됨



- 다음으로 **세부기술 Landscape**를 살펴보면, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술(B) 분야의 점유율(45%)이 가장 높아 연구개발 정도가 정략적으로 가장 높은 것으로 나타났고, 다음으로는 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 부속자재 기술(C) 분야의 점유율이 23%로 나타났으며, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천 소재 및 구조재료 기술(A) 분야의 점유율은 19%로 나타났고, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 성능평가, 실증실험 및 구조물 설계/시공 기술(D) 분야는 13%의 점유율을 보여 이 분야에 대한 연구개발이 가장 저조한 것으로 파악되었음. 다만, 일반적으로 평가, 실험, 설계 등과 관련한 특허출원은 상대적으로 많지 않음을 고려하였을 때에는 13% 수준의 점유율에도 상당한 의미 부여가 가능할 것으로 사료됨
- 마지막으로, **경쟁자 Landscape**를 살펴보면, 일본의 SHIMIZU CORP가 전체 다출원인 1위로 나타났으며, 그 뒤를 이어 한국의 재단법인 포항산업과학연구원, 일본의 KUMAGAI GUMI CO LTD, 일본의 TAKENAKA KOMUTEN CO LTD, 한국의 한신공영 주식회사 등이 EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 분야 전반에서 다수의 특허를 출원하고 있는 것으로 나타남. 전반적으로 일본 기업들이 특허출원 및 연구개발을 주도하고 있는 것으로 파악되나, 다만 일본은 유효성 및 독점성 있는 실질적인 특허권(등록특허) 확보 측면의 특허출원 진행보다는, 타 경쟁사의 특허권 확보를 저지하는 방어적인 측면의 특허출원으로서 고도성 내지 진보성이 상대적으로 낮은 특허출원의 진행에 상당 부분 집중한 것으로 파악되므로, 주식회사 인트켄, 한국과학기술원 등의 한국 출원인들이 연구개발에 보다 많은 역량을 투입하고 집중하여 본 다음, 향후 EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 개발과 관련하여 본격적으로 형성될 시장에서의 우월적 지위를 선점할 수 있는 가능성이 있을 것으로 예상됨
- 이상과 같이 특허출원을 통해 파악한 기술개발동향을 고려하였을 때, EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술에 대한 연구개발을 보다 심도있게 진행하여 현 시점에서 접목할 수 있는 타 분야 최신 기술들을 다양하게 유기적으로 결합, 접목, 변형하여 본다면, 기존 공개된 특허기술들, 특히 일본에서 방어적으로 출원하여 상대적으로 낮은 고도성을 갖는 특허기술들과 대비하여 차별적인 독자 기술을 개발 가능할 것으로 사료되며, 자국의 국익을 우선시하는 자국우선주의가 점차 팽배되고 있는 국제 정세상 시기적 측면과 정책적 측면이 함께 맞물려 조화롭게 고려되는 상태에서 연구개발에 보다 추진력을 더할 수 있다면 EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 분야는 조만간 본격적인 성장기에 진입할 수 있을 것으로 사료됨



라. 심층 분석

(1) 주요출원인 IP History 분석

(가) SHIMIZU CORP의 IP History 분석

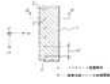
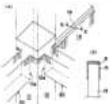
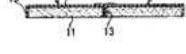
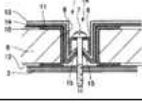
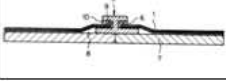
SHIMIZU CORP의 주요 기술흐름				
1987	1988	1991	1996	
US 4894489 A [출] 1987.05.20 Electromagnetic shield-type doorway for buildings and electromagnetic shielding system therefor 전자기파를 차단하는 회전문, 전자기 차폐 효과가 통로와 도어 사이에 형성되도록 회전문에 설치되는 전도성 브러시를 포함함 	US 4758686 A [출] 1987.05.20 Electromagnetic shield structure for building windows 창문에 적용 가능한 전자기 차폐 구조에 관한 것으로서, 전자기 차폐 부재가 사시 프레임과 식별 사이에 구비되는 구성을 개시함 	US 4814694 A [출] 1988.05.17 System for detecting and processing abnormality in electromagnetic shielding of intelligent buildings 전자파 차폐재를 사용하여 구성되는 자동화 빌딩 내에서 전자파 검출 수단을 통해 전자파 안에서의 전자파를 모니터링함 	JP 1993-267880 A [출] 1991.02.28 전파 흡수벽 콘크리트제 벽부재 내에 콘크리트제 벽부재의 외면과 평행하게 복수 개의 도전체선을 등간격으로 매설함 	JP 1997-283961 A [출] 1996.04.12 전자 차폐 필름 건물의 내부 공간 전면용 전자 차폐재로 용접 전기적으로 접속시켜, 건물의 개구부에 전자 차폐 성능을 갖는 폐쇄부재를 구비하고, 개구부의 틈새에 도전성 부재를 구비해 도전성 부재와 전자 차폐재를 전기적으로 연결함 
1997	1998	1999		
JP 1999-006225 A [출] 1997.09.09 전자파 차폐 필름 키스트 플레이트가 채용된 거푸집 간의 접합부에 전자파 차폐재를 배설한 전자파 차폐 필름에 관한 것임 	JP 1999-261287 A [출] 1998.03.10 광 발전형 전자파 실드 유리 투광성 태양전지가 전자파 실드 유리의 표면에 배치된 유리부재를 도전성 층과 합체시키고 태양전지의 전극 단자는 도전성 층에 배치된 전자파 실드 유리와 도전성 층을 전기적으로 접속하는 실드 유리를 개시함 	JP 3629675 B2 [출] 1998.09.16 전자 실드 시스템 건물의 문이나 벽 등의 개구부에 휴대전화 등과 동일 주파수의 전자파를 부분적으로 발생시켜 방해 전자 장치를 설치하는 구성을 개시함 	JP 4055098 B2 [출] 1999.06.14 전파 흡수 프리캐스트 콘크리트 판 및 그 제조 방법 콘크리트 내부에 윤장할 수 있는 전파 흡수제를 배설한 전파 흡수 프리캐스트 콘크리트 판 및 그 제조 방법을 개시함 	JP 4286391 B2 [출] 1999.07.19 전자파 실드벽 하늘레일과 땅레일에 벽패널의 수평면을 기워넣고, 벽패널을 구성하는 물의 가장자리에 도전성 가스켓을 접착함으로써, 벽패널의 상하 부분에 대한 전자파 실드성을 확보함 
2000				
JP 2001-336235 A [출] 2000.05.26 전자파 실드재의 접합부 전자파 실드 공간을 구성하는 건축재료의 표면에 전자파 실드재를 접합함으로써 일체의 도전 상태에 접합하는 전자파 실드재의 접합부로서, 도전성 재료의 단부를 접합하고, 접합의 표면을 도전성 테이프로 마감함 	JP 2001-336247 A [출] 2000.05.26 전자파 실드 전장과 리튬 이온 배터리를 포함하는 구조 기초 보드의 하면에 부설한 도전성 직조, 도전성 직조에 접설해 설치 개구를 경유시켜 기초 보드의 상면에 신장시킨 도전성 테이프, 도전성 직조의 하면에 부설한 마무리재 및 마무리재의 하면에 접설해 도전성 테이프를 구성하는 설치 개구, 도전성 테이프와 장착하는 금속제 설치기 사이에 도전성 가스켓을 개재시킴 	JP 2001-336237 A [출] 2000.05.29 건축물을 전자 흡수체 및 전자파 반사판, 전자파 반사판 위에 패라이트 자성체가 배치되어 구성되는 전자 흡수체, 전자 흡수체의 표면에 형성되는 보호층, 전자파 반사판과 전자 흡수체 사이에 개재되는 임피던스 정합층을 포함함 	JP 4496449 B2 [출] 2000.08.07 전자파 실드면의 구성 방법 건축 부재의 표면에 도전부재를 접설하고, 도전부재간의 접촉이 이루어지도록 건축 부재를 접합시켜 전자파 실드면을 구성함 	JP 4403527 B2 [출] 2000.09.04 전자파 흡수 프리캐스트 콘크리트 판 및 그 제조 방법 패라이트 자성체와 전자파 반사체를 포함하는 윤장할 수 있는 전자 흡수체 내부에 구비된 콘크리트 구조부 및 콘크리트 구조부의 전면을 이루는 압출성형 판을 포함함 
2000	2001	2005		
JP 4423631 B2 [출] 2000.10.06 전자파 실드벽의 연속 구조 스트립형 패라이트 자성체 판과 반사 절근으로 구성되는 전자파 흡수체와 일체로 형성되는 콘크리트 구조부 및 콘크리트 구조부의 전면을 이루는 압출성형판을 포함함 	JP 4419038 B2 [출] 2000.12.04 전파 흡수 프리캐스트 콘크리트 판 및 패라이트 고정재 패라이트 자성체와 전자파 반사체를 포함하는 윤장할 수 있는 전자 흡수체 내부에 구비된 콘크리트 구조부 및 콘크리트 구조부의 전면을 이루는 압출성형판을 포함함 	JP 4356235 B2 [출] 2000.12.07 전자파 실드벽의 연속 구조 패널 기재와 마무리 부재 사이에 도전 부재를 부설해 전자파 실드가 이루어질 수 있는 전자파 실드벽을 구성함 	JP 3825287 B2 [출] 2001.08.09 사회적 전자파 환경보전 시스템 외벽을 전자파의 반사, 흡수 등에 의해 전자파를 차폐하는 전자파 실드층 내지 특정 주파수 선택 실드층으로 감쌈 	JP 2006-336206 [출] 2005.05.31 전자파 실드 공법 전자파 실드 벽지의 이음매 부분에는 도전 재료제를 설치하고, 도전 재료제의 오목부에 이음매부가 되는 전자파 실드 벽지의 단부를 수용시키도록 구성함 

그림 83. SHIMIZU CORP의 IP History



- 전체 분야 다출원 1위에 랭크된 일본의 SHIMIZU CORP의 주요한 특허출원들을 통한 IP 기술 흐름을 살펴보면, 1980년대 후반부터 중분류 A 내지 D와 관련한 특허 출원을 고르게 진행하였음
- 구체적으로, 1987년에는 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 부속자재 기술(C) 분야에서 도어, 창호 등과 관련된 기술에 대한 특허출원을 진행하였고, 1988년에는 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 성능평가, 실증실험 및 구조물 설계/시공 기술(D) 분야와 관련하여 전자파 차폐 효과를 평가하는 기술과 관련된 특허출원을 진행하였으며, 그 뒤로 1998년까지는 이러한 중분류 C 및 D를 중심으로 특허출원을 진행함
- 이후, 1999년부터 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술(A) 및 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술(B)과 관련한 특허출원 비중이 커지기 시작함. 특히, 2000년에는 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술(A) 및 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술(B)과 관련하여, i) 건축물용 전파 흡수체, 전파 흡수 프리캐스트 콘크리트판, 전자파 실드 벽 등과 같은 전자파 차폐 기능을 갖는 건축 자재, ii) 전자파 차폐 기능을 구현하는 연결부 등 당시 전자파 차폐가 적용될 수 있다고 판단한 건축 재료 제품군들에 대하여 기술아이디어가 동일 내지 유사한 다수의 특허출원을 일거에 진행하였음
- 이를 종합적으로 살펴보면, 1980년대 후반에 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수와 관련된 연구개발 역량 투입의 필요성이 제기되면서, 부속자재의 제품군들에 대하여 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 기능을 적용한 기술 및 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 성능 평가 기술을 위주로 특허출원을 진행하였고, 1990년대 후반에 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 기술 적용 범위를 확장하여 원천소재, 구조재료 및 건축 자재 기술에 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 기능을 적용하는 기술을 위주로 특허출원을 진행하였음. 다만, 기술흐름을 살펴보면, 등록에 이르지 못한 특허출원도 상당 비중을 차지하고 있어, 고도한 연구개발에만 순수하게 집중하기 보다는 타경쟁업체의 독점적 특허 확보를 저지하기 위한 측면의 방어적 목적의 특허출원에도 어느 정도의 비중을 할당하고 있었던 것으로 파악됨



(나) 재단법인 포항산업과학연구원의 IP History 분석

재단법인 포항산업과학연구원의 주요 기술흐름

2001

KR 0584730 B1

[출] 2001.03.29

전자파 차폐 냉연강판 및 그 제조방법

탄소(C): 0.03~0.06중량%를 함유하며, 60Hz에서 시변 자기(time varying magnetic wave)에 의한 최대 투자율이 2000이상이고, 항복강도가 25Kg/mm² 이상인 전자파 차폐 냉연강판

대표도면이
합송합니다.

KR 0554150 B1

[출] 2001.12.20

전자파 차폐용 보드 및 그 제조방법

제강공정에서 발생하는 200 μm 이하의 크기를 갖는 페슬레그를 매트릭스로 사용하고 여기에 50μm 이하의 크기를 가진 샌다스트(Fe-Si-Al)와 탄소편으로서 크기가 2μm~5mm인 탄소를 통상의 소석고 및 경화제로 결합하여 성형함

대표도면이
합송합니다.

KR 0544536 B1

[출] 2001.12.21

시변 전자장 전자기장 차폐성이 우수한 강판

중량%로, C: 0.0030%이하, N: 0.0030%이하, S: 0.0090%이하, C+N+S: 0.0150%이하, Mn: 0.1~1.0%, Si: 0.5%이하, Al: 1.0%이하, P: 0.06%이하, 잔부 철 및 불가피한 불순물을 포함하여 조성되는 강판

대표도면이
합송합니다.

KR 0544583 B1

[출] 2001.12.22

전자기장 차폐성이 우수한 고강도 강판

C+N: 0.012%이하, Mn: 0.1~1.0%, Si: 0.2~1.0%, Si+Al: 0.2~1.2%, 잔부 Fe 및 불순물로 조성되고, 그 표면에 원적외선 방사효율이 0.9이상인 원적외선 방사분말 코팅층이 15~60μm의 두께로 형성

대표도면이
합송합니다.

2003

KR 0544666 B1

[출] 2003.12.24

전자파 차폐 보드의 제조 방법

건축용 보드에 80 ~ 50wt%의 Ni와 20 ~ 50wt%의 Fe를 포함하는 조성으로 이루어진 퍼멀로이를 50 ~ 200μm 입도로 분쇄물로 조성되고 그 표면에 원적외선 방사효율이 0.9이상인 원적외선 방사분말 코팅층이 15~60μm의 두께로 형성하는 공정에 관한 것임

대표도면이
합송합니다.

2004

KR 0691520 B1

[출] 2004.12.22

전자파 차폐강판을 이용한 벽체용 거푸집

외측패널 한 쌍 및 양측 외측패널에 내설되고 콘크리트 구조를 거푸집용 전자기파 차폐강판으로서, 양측 강판면에서 외측으로 돌출된 돌기부가 복수개 형성된 전자기파 차폐강판을 포함함

2009

KR 1118310 B1

[출] 2009.12.24

고주파용 전자파 흡수체 및 이의 제조 방법

Fe: 92~96%, C: 3.5~4.5%, Si: 0.3~0.9%, P: 0.1~0.2%, Mn: 0.10~0.15%와 기타 불가피 불순물로 구성되는 금속분말 및 수지, 에폭시 수지, 폴리이미드 수지, 불소계 열가소성 열라스터머, 글유리, 시멘트로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나가 포함된 바인더를 포함하는 전자파 흡수체

2012

KR 1362026 B1

[출] 2012.03.19

탄소나노튜브/탄소섬유 하이브리드 필러의 제조방법

열처리된 금속 코팅 탄소섬유를 900°C의 튜브형 파니스의 아르곤 분위기 하에서 에틸렌으로 탄소나노튜브를 성장시키는 성장단계를 포함함

그림 84. 재단법인 포항산업과학연구원의 IP History

- 전체 분야 다출원 2위에 랭크된 한국의 재단법인 포항산업과학연구원의 주요한 특허출원들을 통한 IP 기술 흐름을 살펴보면, 2000년대 초반부터 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술(A) 및 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술(B)과 관련한 특허출원을 지속적으로 진행하여 왔고, 주로 콘크리트/시멘트 소재, 도전성(탄소) 소재의 재료적인 측면 및 거푸집, 강판 등과 같은 건축자재 측면의 연구개발을 진행하여 온 것으로 사료됨
- 구체적으로, 2001년에는 탄소를 함유하는 전자파 차폐 냉연 강판, 샌다스트와 탄소를 함유하는 전자파 차폐 보드 등 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 기능을 갖는 강판을 위주로 특허출원을 진행였고, 2003년까지 이러한 연구개발을 진행하였음. 2004년부터 연구개발 범위를 확장하여, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술(A)과 관련된 특허출원도 하기 시작하였는데, 예를 들어, 2004년에는 전자기파 차폐 기능을 갖는 건축 구조물, 전자파 차폐 기능을 갖는 거푸집과 관련된 특허출원을 진행하였고, 종전에 연구개발해온 전자파 차폐 기능을 갖는 강판을 이용하여 이를 거푸집 적용한 기술에 대해서도 특허출원을 하였음



- 종합적으로 살펴보면, 2001년부터 2003년까지는 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술(B)에 대해 연구개발을 진행하여 특허출원을 한 것을 확인 할 수 있고, 2004년 이후부터는 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조 재료 기술(A)을 중심으로 연구개발 및 특허출원을 진행한 것을 확인할 수 있음

(다) KUMAGAI GUMI CO LTD의 IP History 분석

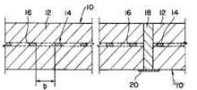
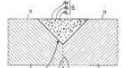
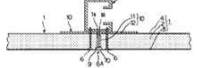
KUMAGAI GUMI CO LTD의 주요 기술흐름				
1994	2000	2001	2002	
JP 1996-035265 A [출] 1994.07.22 콘크리트용 패널 직사각형 형상의 판형 주체, 판형 주체에 매입되는 서로 간격을 두고 배치되는 복수의 판형 또는 시트형의 도전성 부재를 포함함 	JP 2001-271439 A [출] 2000.03.27 전자파 차폐 성능을 갖는 건축 재료 전기적으로 중성의 퍼티재, 혹은 모르타르재, 혹은 실링재 등의 기재에 대해서 도전성 분자와 도전성 선재가 혼입되어 구성됨 	JP 2001-280032 A [출] 2000.03.30 형의 전자 실드 구조 전자파 차폐층을 갖는 전자 실드 유리를 도전성 세시 틀에 설치하고, 전자파 차폐 석고보드를 세시 틀과 동전되도록 연결함 	JP 2002-054249 A [출] 2001.03.02 전자파 차폐 건축 재료 및 제조 방법 패널의 주성분과 도전성 물질과의 혼합 재료로 형성되는 패널부 중 적어도 한쪽에 도전성 잉크층이 인쇄된 기재 시트로 이루어진 전자파 차폐 시트를 적용한 구성 	KR 2003-184204 A [출] 2001.12.21 전자 실드 구조 각판형 건축재료의 심재의 노출부에 도전성판을 설치하고 도전성판을 통해 각 판형 건축재료를 전기적으로 접속 시킴 
2002	2004			
JP 413302 B2 [출] 2002.06.26 전자파 실드창 구조 알루미늄 세시의 홈내면과 전자파 실드 유리의 유리 표면 사이에 전자파 실드 유리의 실드재가 노출된 단자부를 밀러 들게 하는 도전성 가스켓을 삽입하고, 구체의 표면의 전자파 실드층에 일부분을 접속시켜 알루미늄 세시의 표면상에 스테인리스 덧댐판을 부설함	JP 4476734 B2 [출] 2004.07.30 내장 구조 및 내장 시공 방법 내장 하지와 내장 하지의 하지면에 설치된 평판재와 평판형 스페이서와 그 스페이서의 한쪽의 면에 설치된 금속층과 그 스페이서의 다른 한쪽의 면에 설치된 저항층이 구비된 전자파 반사 흡수 부재 복수층을 포함하고 이들 복수층류의 전자파 반사 흡수 부재의 저항층의 표면에 형성된 평탄한 내장면을 포함함	JP 2006-049354 B1 [출] 2004.07.30 전자파 흡수체 및 건물 내장 구조 방법 제1 석고보드부, 제1 석고보드부의 전방에 배치되며 저항층이 전방을 향하게 형성되는 제2 석고보드부, 제1 및 제2 석고보드부의 사이 및 제1 석고보드부의 후측 각각에 배치되는 두 개의 금속 층을 갖는 전자파 흡수체를 포함하되, 각 금속층은 제1 및 제2 석고보드부를 통과한 전자파를 반사 시킴		

그림 85. KUMAGAI GUMI CO LTD의 IP History

- 전체 분야 다출원 3위에 랭크된 일본의 KUMAGAI GUMI CO LTD의 주요한 특허출원들을 통한 IP 기술 흐름을 살펴보면, 1990년대 중반부터 2000년대 중반까지 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술(B) 분야를 중심으로 특허출원을 진행하였음
- 구체적으로, 1994년에는 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술(B) 분야와 관련하여 패널 및 패널의 접합 기술에 대한 특허출원을 진행하였고, 2000년에는 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술(B) 분야 및 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 부속자재 기술(C) 분야와 관련하여 전자파 차폐 건축 재료의 제조 방법, 창문의 전자 실드 구조 기술 등에 대한 특허출원을 진행하였으며, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술(A) 분야와 관련하여 도전성(탄소) 재료



기술에 대한 특허출원 또한 진행하였음. 이후, 2002년부터는 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술(B) 분야와 관련하여, 건물 내장 구축 방법, 내장 구조의 시공 방법, 전자파 흡수체 및 건물 내장 구축 방법 등에 대한 특허출원을 진행하였음

(2) 각 중분류 핵심요소기술별 특허 종합 분석

- 본 절에서는 각 중분류(EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 부속자재 기술, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 성능평가, 실증실험 및 구조물 설계/시공 기술)에 포함되는 특허(유효데이터)들을 정성적으로 살펴보고 대응되는 핵심요소기술 별로 분류하여 집계하고 종합적으로 분석한 결과를 제공함으로써, 각 요소기술 별로 현재까지의 기술개발현황과 공백기술 영역을 파악하고 효율적인 특허 확보를 위한 R&D 진행 방향을 가이드하고자 함

(가) 핵심요소기술별 특허 분류 및 집계 기준

- 각 중분류 핵심요소기술별 특허 집계 및 종합 분석에서는 각 중분류 별로 표 23(분석대상 기술의 기술분류 기준)에 기재된 핵심요소기술들을 참조하여 2개 이상의 대표적인 핵심요소기술 항목을 설정하고, 선별된 전체 유효데이터(783건, 표 22 참조) 각각을 상기 설정된 핵심요소기술 항목별로 할당하여 분류하고, 각 핵심요소기술 항목별로 분류된 유효데이터(특허)를 집계하였음
- 유효데이터(특허) 각각에 할당된 핵심요소기술 항목은, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술(중분류 A) 분야의 경우 (a) 나노탄소소재 등 도전성 소재 기술, (b) 콘크리트/시멘트 재료 구성 및 제조 기술, (c) Hybrid Shielding 콘크리트 구조체 구성 기술, (d) 전자파 차폐 용사 소재 및 콘크리트 부착 기술, 4가지로 핵심요소기술 항목이 구분 설정되었고, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술(중분류 B) 분야의 경우 (a) 건축재료(단열재, 무기질계 소재 등) 기술, (b) 건축자재(내장재, 무기 및 금속 보강패널 등) 기술, 2가지로 핵심요소기술 항목이 설정되었으며, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 부속자재 기술(중분류 C) 분야의 경우 (a) 도어(평면 차폐 도어, 회전문 등) 기술, (b) 창호(유리 자재, 창호틀 자재 등) 기술, (c) 개스킷 및 필터 기술, (d) 부재간 연결부 차폐 구성 기술, 4가지로 핵심요소기술 항목이 구분 설정되었고, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 성능평가, 실증실험 및 구조물 설계/시



공 기술(중분류 D) 분야의 경우 (a) 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술, (b) 전자파 차폐 구조물 설계/시공 기술, (c) 선택적 주파수 제어(FSS) 고려 전자파 차폐 설계 기술, 3가지로 핵심요소기술 항목이 설정되었음

(나) 각 중분류 핵심요소기술별 특허 집계 결과 및 분석

표 23. 각 중분류의 핵심요소기술 항목별 집계 결과

중분류	핵심요소기술 항목	국내/국외출원		합계	이전구간/최근구간 출원	
		국내	국외		'05~'09	'10~'14
EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 (A)	나노탄소소재 등 도전성 소재 기술	54	27	81	12	29
	콘크리트/시멘트 재료 구성 및 제조 기술	21	19	40	8	6
	Hybrid Shielding 콘크리트 구조체 구성 기술	5	16	21	-	5
	전자파 차폐 용사 소재 및 콘크리트 부착 기술	2	7	9	-	-
EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술 (B)	건축재료(단열재, 무기질계 소재 등) 기술	47	52	99	20	27
	건축자재(내장재, 무기 및 금속 보강 패널 등) 기술	98	153	251	59	22
EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 부속자재 기술 (C)	도어(평면 차폐 도어, 회전문 등) 기술	9	7	16	4	5
	창호(유리 자재, 창호틀 자재 등) 기술	14	62	76	6	13
	개스킷 및 필터 기술	20	33	53	13	8
	부재간 연결부 차폐 구성 기술	1	26	27	4	1
EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 성능평가, 실증실험 및 구조물 설계/시공 기술 (D)	전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술	13	20	33	3	9
	전자파 차폐 구조물 설계/시공 기술	17	38	55	8	11
	선택적 주파수 제어(FSS) 고려 전자파 차폐 설계 기술	3	9	12	4	1



- 위 표에 따르면, 각 중분류마다 설정한 핵심요소기술 항목별로 특허(유효데이터)를 분류하였을 때, Hybrid Shielding 콘크리트 구조체 구성 기술(21건), 전자파 차폐 용사 소재 및 콘크리트 부착 기술(9건), 도어(평면 차폐 도어, 회전문 등) 기술(16건), 부재간 연결부 차폐 구성 기술(27건), 선택적 주파수 제어(FSS) 고려 전자파 차폐 설계 기술(12건) 영역의 경우, 연구개발이 아직 본격적으로 진행되지 않은 블루영역(상대적인 공백영역)에 속한 것으로 파악됨. 따라서, 상기와 같은 블루영역(상대적인 공백영역) 기술에 대한 연구개발 및 특허 포트폴리오 구축을 전략적으로 진행하여 본다면, 향후 EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술에 대한 핵심기술을 선점하고 시장에서 기술적 우위를 확보할 수 있을 것으로 사료됨
- 또한, 2005년부터 2009년까지의 이전 5개년간 특허출원(이전 출원)과 2010년부터 2014년까지의 최근 5개년간 특허출원(최근 출원)을 구분하여 보았을 때, 나노탄소소재 등 도전성 소재 기술(12건에서 29건으로 증가), Hybrid Shielding 콘크리트 구조체 구성 기술(0건에서 5건으로 증가), 및 창호(유리 자재, 창호틀 자재 등) 기술(6건에서 13건으로 증가) 영역의 경우, 이전 구간에 비해 최근 구간의 특허 출원이 상대적으로 크게 증가하는 경향을 보임. 상기와 같은 최근 특허출원 증가 경향을 보이는 기술의 경우, 성숙기를 거쳐 현 시점에서 다시 재조명되거나 새롭게 부각되는 성장성 내지 시장성을 가진 핵심 기술 분야일 가능성이 있으므로, 이러한 최근 특허출원 증가 기술에 대하여 연구개발 역량을 집중하여 본다면, 향후 EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 전반에서 중요한 비중을 차지하는 핵심요소기술 분야에 대한 가치 있는 특허를 선점하여 국내외 타기업 또는 타연구원 대비 우월한 특허 포트폴리오 구축 및 시장 선점이 가능할 것으로 사료됨
- 또한, 국내/국외 출원으로 주요특허들을 구분하여 보았을 때, 국외출원에 비해 국내출원의 비중이 크게 낮은 편은 아니나, 앞서 살펴본 바와 같이 국내의 경우 기업이나 연구원 차원의 양질의 특허 포트폴리어 구축을 위한 다수의 특허출원보다는 개인 차원의 개별적인 특허출원이 다소 많은 비중을 차지하고 있는 측면이 있어, 향후 보다 역량이 집중된 고도한 연구개발이 이루어져야 할 필요가 있을 것으로 사료됨
- 한편, 건축자재(내장재, 무기 및 금속 보강 패널 등) 기술(251건) 영역은 연구개발이 가장 지속적이고 활발하게 이루어지고 있는 레드영역인 것으로 파악되었으며, 건축재료(단열재, 무기질계 소재 등) 기술(99건), 나노탄소소재 등 도전성 소재 기술(81건), 및 창호(유리 자재, 창호틀 자재 등) 기술(76건) 영역이



그 뒤를 이어 레드영역에 속하는 것으로 분류되었음. 이러한 레드영역은 현재 까지 연구개발 역량이 상대적으로 타 영역에 비하여 높게 집중되어 온 주요 영역이라 할 것이나, 앞서 살펴본 바와 같이 일본의 경우 등록에 이른 실효성 있는 특허보다 심사 미청구로 취하되거나 거절된 특허 또는 등록되었으나 등록료 미납으로 소멸된 특허가 다수 발견되었으므로, 정성적으로 보았을 때 특허 장벽도가 크게 높은 편은 아닐 것으로 예상되며, 이에 따라 레드영역에 있어서도 기존에 공개된 기술들을 참작하여 이들을 개선하거나 유기적으로 조합하는 형태의 연구개발을 심도 있게 진행하여 본다면, 상기와 같은 기술 진입 장벽을 회피한 진보성을 갖춘 특허 확보가 가능할 것으로 사료됨

(4) 세부기술별(중분류별) 주요특허 분석

- 세부기술별 핵심특허 분석에서는, 각 중분류(EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 부속자재 기술, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 성능평가, 실증실험 및 구조물 설계/시공 기술)에서 파악된 요소기술들 중 관련 특허들이 다수 발견되는 대표적인 핵심요소기술을 선정하고 각 핵심요소기술 별로 향후 R&D 기획에 참고할만한 것으로 파악되는 관련 특허들을 주요특허로 선별하여 분석함
- 각 중분류 핵심요소기술별 특허 종합 분석에 기반하여, 주요특허에 할당된 핵심요소기술 항목은, (가) 나노탄소소재 등 도전성 소재 기술, (나) Hybrid Shielding 콘크리트 구조체 구성 기술, (다) 건축자재(내장재, 무기 및 금속 보강 패널 등) 기술, (라) 도어(평면 차폐 도어, 회전문 등) 기술, (마) 창호(유리 자재, 창호틀 자재 등) 기술, (바) 선택적 주파수 제어(FSS) 고려 전자파 차폐 설계 기술로 핵심요소기술 항목이 설정되었음

(가) “나노탄소소재 등 도전성 소재 기술” 관련 주요특허 분석

- 핵심요소기술 중 나노탄소소재 등 도전성 소재 기술 영역에서, 고로에서 출선되는 용선을 분말화하여 제조된 금속 분말과 바인더를 포함하는 고주파용 전자파 흡수체, 철을 함유하는 슬래그 입상물 또는 파쇄물을 산소부화 상태에서 가열 교반함으로써 FeO가 산화되어 페라이트 함유율이 향상되는 충전재, 탄소분말인 도전성 물질과 Mn-Zn 페라이트 자성물질을 포함하는 건축물 전자파



흡수용 무기질계 도료 조성물, 열전도성 EMI 흡착제가 EMI 흡수 재료(예를 들어 페라이트 입자) 및 열전도성 재료(예를 들어 세라믹 입자)와 함께 엘라스토머 매트릭스(예를 들어 실리콘)에 현탁됨으로써 제조되는 전자파 차폐재, 탄소 수용액으로 코팅된 마그네타이트를 포함하는 건축물의 전자파 차폐용 무기질계 도료 조성물, 폐전선 피복물을 기본수지로 함유하고 전도성 재료로서 폐전선 피복물 중에 잔류하는 전도성 금속을 이용한 전기전도성 조성물, 탄소계섬유 및 마그네타이트를 포함하는 건축물의 전자파 차폐용 무기질계 도료 조성물, 입자형 탄소재료 및 섬유형 탄소재료를 적절한 배합비로 혼합한 도전성 복합물, 저도전율의 생지 안에 코일형 탄소섬유편이 서로 얹히며 분산 담지된 전자파 실드 복합 재료 등에 관한 주요특허들 9건이 추출되었음

- 추출된 주요특허들을 분석한 결과, 핵심요소기술 중 나노탄소소재 등 도전성 소재 기술 영역과 관련하여, 저비용 고전도성 Graphene 소재 개발, 박판 차폐 metal carbides 소재 개발, 나노탄소소재 분산 및 성능 가공(처리) 기술 개발 (Graphene의 친수성 처리 공정 기술 개발) 등과 같은 기술 개발이 이루어진다면 적절한 권리 확보가 가능할 것으로 예상됨

(나) “Hybrid Shielding 콘크리트 구조체 구성 기술” 관련 주요특허 분석

- 핵심요소기술 중 Hybrid Shielding 콘크리트 구조체 구성 기술 영역에서, 전도성 카본 재료와 자성 물질과 금속 도전성 재료를 포함하는 전도성 콘크리트 내에서 외부 표면에 근접하여 위치되는 제1 전도성 스크린 및 이와 전기적으로 접촉하는 제2 전도성 스크린을 포함하는 콘크리트 구조, 콘크리트부 내에 전측(앞쪽) 철근 격자와 후측(뒤쪽) 철근 격자와 그 사이에 배설되는 용접 철망을 포함하고 각 구성간 간격 및 격자 간격을 주파수에 대응하여 설정하는 철근 콘크리트 칸막이체, 문창상형 페라이트 자성체와 문창살형 전파 흡수체를 포함하는 전파 흡수 프리캐스트 콘크리트판, 스트립형 페라이트 자성판과 반사 철근을 포함하는 전파 흡수 프리캐스트 콘크리트판, 페라이트를 포함하는 제1층 및 고유전상수 물질을 포함하는 제2층을 포함하는 전자파 흡수 패널 등에 관한 주요특허들 9건이 추출되었음
- 추출된 주요특허들을 분석한 결과, 핵심요소기술 중 Hybrid Shielding 콘크리트 구조체 구성 기술 영역과 관련하여, 신규 콘크리트 구조물 전자파 차폐/흡수 Hybrid Shielding에 있어서 보강철근 전기적 연결 기술, 전기적 연결을 위한 철재 mesh network 구성 기술, 보고, 보강철재와 보강섬유 전기적



network 구성 기술 등을 보다 심도 있게 개발하여 보고, 나아가 기존 콘크리트 구조물에 대한 전자파 차폐/흡수 Hybrid Shielding 기술(기존 콘크리트 구조물 표면 전자파 차폐/흡수 재료)에 대한 개발을 진행하되, 앞서 살펴본 나노 탄소소재 등 도전성 소재 기술 영역의 기술 개발(저비용 고전도성 Graphene 소재 개발, 박판 차폐 metal carbides 소재 개발, 나노탄소소재 분산 및 성능 가공(처리) 기술 개발(Graphene의 친수성 처리 공정 기술 개발) 등)과 유기적인 조합이 이루어진다면 개발기술에 대한 특허성(진보성) 확보가 보다 용이할 것으로 예상됨

(다) “건축자재(내장재, 무기 및 금속 보강 패널 등) 기술” 관련 주요특허 분석

- 핵심요소기술 중 건축자재(내장재, 무기 및 금속 보강 패널 등) 기술 영역에서, 페라이트와 저유전율 무기 성분을 포함하는 복수의 세라믹 원료를 적층시켜서 이루어지는 적층체를 소결시킴으로써 형성되는 세라믹체, 제1 및 제2 판재 사이에 스페이스재를 개재하고 제2 판재의 배면에 전자파 반사재를 설치하여 구비되는 전자파 흡수 패널, 바닥재 이면처리층을 전도성층으로 함으로써 시공 바닥면과 접지 효과를 갖게 하여 흡수된 전자파가 효과적으로 방출될 수 있도록 한 바닥재, 전파 흡수체의 편면에 전파 반사체를 설치하고 전파 흡수체의 전파 입사면 측에 복수개의 요철부를 형성한 전자파 실드재 등에 관한 주요특허들 4건이 추출되었음
- 추출된 주요특허들을 분석한 결과, 핵심요소기술 중 건축자재(내장재, 무기 및 금속 보강 패널 등) 기술 영역과 관련하여, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수용 단열재 재료 기술, 건축물 EMI/EMC/EMP 환경 제어형 무기질계 소재 개발, 스마트 건축물용 EMI/EMC/EMP 흡수용 내장재 개발 및 EMI/EMC/EMP 차폐용 무기 및 금속 보강 패널 자재 개발 등을 상호 유기적으로 연계하여 고도한 연구개발이 진행하여 봄이 바람직할 것으로 사료됨

(라) “도어(평면 차폐 도어, 회전문 등) 기술” 관련 주요특허 분석

- 핵심요소기술 중 도어(평면 차폐 도어, 회전문 등) 기술 영역에서, 도어프레임의 모서리부에는 각각 교호부를 갖는 내외측 탄성면이 더 구비되어 종전 모서리부에서 발생하는 이격 틈을 원천적으로 차단하는 모서리용 핑거 가스켓, 틀 부재에는 판재의 양단부가 이간한 상태에 절곡됨으로써 상하방향으로 연장되



는 개구부가 형성되어 있고 별도의 도전성을 갖는 커버 부재는 개구부를 막도록 틀 부재에 설치된 전자파 실드 도어의 문틀, 통로와 도어 사이에 형성되도록 회전문에 설치되는 전도성 브러시 등에 관한 주요특허들 3건이 추출되었음

- 추출된 주요특허들을 분석한 결과, 핵심요소기술 중 도어(평면 차폐 도어, 회전문 등) 기술 영역과 관련하여, 전자파 차폐 도어 자재 기술(평면 차폐 도어 및 기밀 장치 개발, 인터로킹(회전문) 도어 및 기밀 장치 개발)과 관련하여 타 영역에 비하여 상대적으로 고도성 있는 다수의 특허가 추출되지는 아니하였으므로, 문틀, 도어 자체의 차폐, 문틀 사이의 차폐 등 다양한 적용대상(application)을 고려하고 최적의 구조 및 소재를 유기적으로 조합하여 연구개발을 진행하여 본다면 실효성 있는 적절한 권리 확보가 가능할 것으로 사료됨

(마) “창호(유리 자재, 창호틀 자재 등) 기술” 관련 주요특허 분석

- 핵심요소기술 중 창호(유리 자재, 창호틀 자재 등) 기술 영역에서, 트랜스퍼런트 윈도우에 비동일 각도 접합식 2중 실드메쉬를 적용하여 윈도우의 투시성(번짐 방지)을 현저하게 높이고, 글라스의 굴절율과 동일하게 접촉하는 실드메쉬의 접착방법, CNT 분말이 수지에 혼합되고 분산되어 박막형태로 만들어진 CNT 전자파 차폐 필름이 상기 유리판의 내면에 부착되어 전자파 차폐 및 결로 방지 기능이 구현되는 복층 유리 창호, 과몰딩 전기 전도성의 플라스틱 베젤 및 와이어 메쉬와 베젤사이에 전기적 전도성을 제공해 와이어 메쉬와 베젤과 접촉하는 전력 모선을 포함하는 구성, 알루미늄 새시의 홈내면과 전자파 실드 유리의 유리 표면 사이에 전자파 실드 유리의 실드재가 돌출된 단자부를 말려 들게 하는 도전성 가스켓을 삽입한 전자파 실드창 구조, 도전성 실드층과 창틀재 사이에 정전 용량성 결합을 일으켜 도전성 실드층을 직접 전기적 접속하지 않아도 전자파 실드 효과를 얻을 수 있는 전자파 실드창, 전도성 금속으로 도금처리된 섬유 또는 금속으로 이루어진 와이어 코어인 리드 와이어로 형성되는 차폐 네트의 와이어가 윈도우의 금속 프레임과 접촉되는 패널, 여러 장의 금속 박판을 지지 수단을 통해 각 박판의 면에 직각 방향으로 소정 간극 D를 사이에 두고 평행하게 겹치도록 지지하는 블라인드, 내식성 및 도통성을 가지는 크로메이트 처리의 피막 처리층을 형성하는 전자파 실드용 창틀 등에 관한 주요특허들 10건이 추출되었음
- 추출된 주요특허들을 분석한 결과, 핵심요소기술 중 창호(유리 자재, 창호틀 자재 등) 기술 영역과 관련하여, 유리창의 창틀이나 유리창 둘레의 벽체 부분



등에 대한 기술개발은 다수 존재하는 반면, 전자파 차폐 유리창 자재 자체에 대한 개량 기술은 상대적으로 적은 것으로 판단되므로, 유리창 자재 자체에 대한 기술 개발 및 이러한 유리창 자재를 창호틀이나 돌레 벽체 부분과 연계하는 기술 개발을 진행하고, 유리창과 창호틀 사이의 틈새를 보완하는 개스킷(EMP 방호용 코일 개스킷 자재 개발, 테이프형 개스킷 자재 개발, 공압 방식 도어용 개스킷 적용 기술) 관련 기술 및 광투과성이 있는 유리창에 적용될 수 있는 시트형 또는 코팅형 필터 기술 등을 보다 고도성 있게 개발하여 본다면, 실효성 있는 적절한 특허권을 확보할 수 있을 것으로 판단됨

(바) “선택적 주파수 제어(FSS) 고려 전자파 차폐 설계 기술” 관련 주요특허 분석

- 핵심요소기술 중 선택적 주파수 제어(FSS) 고려 전자파 차폐 설계 기술 영역에서, 크로스 다이폴(cross-dipole) 형태 또는 원형 링(circular ring) 형태의 주파수 선택표면 패턴을 포함하여 구성되고 블라인드의 각도를 변화시킴에 따라 상기 주파수 선택표면의 반사 대역 및 주파수 특성을 선택적으로 변화시킬 수 있도록 구성되는 블라인드 시스템, 불연성 면재의 한쪽 면 위에 복수의 도전부를 통해 적어도 1개 주파수대의 전자파를 선택적으로 차폐하는 주파수선택층을 형성해 특정 주파수대의 전자파만을 차폐하고 그 외 주파수의 전자파에 대해서는 투과시키는 전자파 차폐재, 투명한 고체 유전체로 구성되는 중간 기재층의 양단면에 유전체로 구성되는 투명 기재가 적층되되, 투명 기재의 한쪽의 표면에는 전자파 차폐용 FSS 소자로 구성되는 가는선 패턴이 배설되는 주파수 선택 차폐형 전자파 실드 적층체, 정위치의 FSS 소자와 역위치의 FSS 소자를 교대로 배열함으로써 각 FSS 소자의 산란 개구면이 겹쳐지게 하여 커튼의 전면이 선택성 전자 차폐 기능을 갖는 선택성 전자 차폐 스크린, 특정 범위 주파수의 전자파에 대해 공진하는 도전성 루프 패턴을 갖는 주파수 선택성 전자파 실드재 등에 관한 주요특허들 6건이 추출되었음
- 추출된 주요특허들을 분석한 결과, 핵심요소기술 중 선택적 주파수 제어(FSS) 고려 전자파 차폐 설계 기술 영역과 관련하여, 선택적 주파수 제어방식(FSS)을 고려한 전자파 차폐 방식은 다양하게 시도되어 왔던 것으로 파악되나, 타 영역에 비하여 상대적으로 고도성 있는 다수의 특허가 추출되지는 아니한 것으로 사료되므로, 보다 효과적인 FSS를 위한 패턴, 스펙 설정 등의 유기적이 조합에 대한 다양한 시도, 개량 및 개선이 이루어지는 심도 있는 연구개발에 역량을 집중하여 본다면 실효성 있는 적절한 권리 확보가 가능할 것으로 사료됨



(4) 소결 (심층 분석)

- **주요출원인 IP History 분석 결과**, 전체 분야 다출원 1위에 랭크된 일본의 SHIMIZU CORP의 경우, 1980년대 후반부터 일본 전반에 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수와 관련된 연구개발 역량 투입의 필요성이 제기되면서, 부속자재의 제품 군들에 대하여 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 기능을 적용한 기술 및 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 성능 평가 기술을 위주로 특허출원을 진행하였고, 1990년대 후반에 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 기술 적용 범위를 확장하여 원천 소재, 구조재료 및 건축 자재 기술에 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 기능을 적용하는 기술을 위주로 특허출원을 진행한 것으로 파악되나, 기술흐름상 등록에 이르지 못한 특허출원이 상당한 비중을 차지하고 있어, 고도한 연구개발에만 순수하게 집중하기보다는 타경쟁업체의 독점적 특허 확보를 저지하기 위한 측면의 방어적 목적의 특허출원에도 어느 정도의 비중을 할당하고 있었던 것으로 파악됨 전체 분야 다출원 2위에 랭크된 한국의 재단법인 포항산업과학연구원의 경우, 2001년부터 2003년까지는 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술(B)에 대해 연구개발을 진행하여 특허출원을 한 것을 확인할 수 있고, 2004년 이후부터는 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술(A)을 중심으로 연구개발 및 특허출원을 진행한 것을 확인할 수 있으며, 전체 분야 다출원 3위에 랭크된 일본의 KUMAGAI GUMI CO LTD의 경우, 1990년대 중반부터 2000년대 중반까지 EMI/EMC/EMP 차폐/흡수 건축 자재 기술(B) 분야를 중심으로 특허출원을 진행하였음을 확인할 수 있음. 다만, KUMAGAI GUMI CO LTD의 경우에도 SHIMIZU CORP와 유사하게 등록에 이르지 못한 방어 목적의 특허출원이 상당한 비중을 차지하고 있어, 고도한 연구개발이 효과적으로 이루어졌다고 보기 어려운 측면이 있음
- **각 중분류 핵심요소기술별 특허 종합 분석 결과**, Hybrid Shielding 콘크리트 구조체 구성 기술, 전자파 차폐 용사 소재 및 콘크리트 부착 기술, 도어(평면 차폐 도어, 회전문 등) 기술, 부재간 연결부 차폐 구성 기술, 선택적 주파수 제어(FSS) 고려 전자파 차폐 설계 기술 영역의 경우, 연구개발이 아직 본격적으로 진행되지 않은 **블루영역(상대적인 공백영역)**에 속한 것으로 파악되고, 나노 탄소소재 등 도전성 소재 기술, Hybrid Shielding 콘크리트 구조체 구성 기술, 및 창호(유리 자재, 창호틀 자재 등) 기술 영역의 경우, **최근 특허 출원이 상대적으로 크게 증가하는 경향**을 보이는바, 상기와 같은 블루영역(상대적인 공백영역) 기술 또는 최근 특허출원 증가 경향을 보이는 기술에 대한 연구개발 및 특허 포트폴리오 구축을 전략적으로 진행하여 본다면, 향후 EMP, EMI, EMC



차폐가 가능한 시설물 건설기술 전반에서 중요한 비중을 차지하는 핵심요소기술 분야에 대한 가치 있는 특허를 선점하여 국내외 타기업 또는 타연구원 대비 우월한 특허 포트폴리오 구축 및 시장 선점이 가능할 것으로 사료됨

- 세부기술별 핵심특허 분석 결과, 핵심요소기술 중 나노탄소소재 등 도전성 소재 기술 영역과 관련하여, 저비용 고전도성 Graphene 소재 개발, 박판 차폐 metal carbides 소재 개발, 나노탄소소재 분산 및 성능 가공(처리) 기술 개발 (Graphene의 친수성 처리 공정 기술 개발) 등과 같은 기술 개발이 이루어진다면 적절한 권리 확보가 가능할 것으로 예상되고, 핵심요소기술 중 **Hybrid Shielding 콘크리트 구조체 구성 기술** 영역과 관련하여, 신규 콘크리트 구조물 전자파 차폐/흡수 Hybrid Shielding에 있어서 보강철근 전기적 연결 기술, 전기적 연결을 위한 철재 mesh network 구성 기술, 보고, 보강철재와 보강섬유 전기적 network 구성 기술 등을 보다 심도 있게 개발하여 보고, 나아가 기존 콘크리트 구조물에 대한 전자파 차폐/흡수 Hybrid Shielding 기술(기존 콘크리트 구조물 표면 전자파 차폐/흡수 재료)에 대한 개발을 진행하되, 나노탄소소재 등 도전성 소재 기술 영역의 기술 개발과 유기적인 조합이 이루어진다면 개발기술에 대한 특허성(진보성) 확보가 보다 용이할 것으로 예상됨
- 아울러, 핵심요소기술 중 **건축자재(내장재, 무기 및 금속 보강 패널 등) 기술** 영역과 관련하여, EMI/EMC/EMP 차폐/흡수용 단열재 재료 기술, 건축물 EMI/EMC/EMP 환경 제어형 무기질계 소재 개발, 스마트 건축물용 EMI/EMC/EMP 흡수용 내장재 개발 및 EMI/EMC/EMP 차폐용 무기 및 금속 보강 패널 자재 개발 등을 상호 유기적으로 연계하여 고도한 연구개발이 진행하여 봄이 바람직할 것으로 사료됨
- 또한, 핵심요소기술 중 **도어(평면 차폐 도어, 회전문 등) 기술** 영역과 관련하여, 전자파 차폐 도어 자재 기술(평면 차폐 도어 및 기밀 장치 개발, 인터로킹(회전문) 도어 및 기밀 장치 개발)과 관련하여 타 영역에 비하여 상대적으로 고도성 있는 다수의 특허가 추출되지는 아니하였으므로, 문틀, 도어 자체의 차폐, 문틀 사이의 차폐 등 다양한 적용대상(application)을 고려하고 최적의 구조 및 소재를 유기적으로 조합하여 연구개발을 진행하여 본다면 실효성 있는 적절한 권리 확보가 가능할 것으로 사료되고, 핵심요소기술 중 창호(유리 자재, 창호틀 자재 등) 기술 영역과 관련하여, 유리창의 창틀이나 유리창 둘레의 벽체 부분 등에 대한 기술개발은 다수 존재하는 반면, 전자파 차폐 유리창 자재 자체에 대한 개량 기술은 상대적으로 적은 것으로 판단되므로, 유리창 자재 자체에 대한 기술 개발 및 이러한 유리창 자재를 창호틀이나 둘레 벽체 부분과



연계하는 기술 개발을 진행하고, 유리창과 창호틀 사이의 틈새를 보완하는 개스킷(EMP 방호용 코일 개스킷 자재 개발, 테이프형 개스킷 자재 개발, 공압 방식 도어용 개스킷 적용 기술) 관련 기술 및 광투과성이 있는 유리창에 적용될 수 있는 시트형 또는 코팅형 필터 기술 등을 보다 고도성 있게 개발하여 본다면, 실효성 있는 적절한 특허권을 확보할 수 있을 것으로 판단됨

- 아울러, 핵심요소기술 중 **선택적 주파수 제어(FSS) 고려 전자파 차폐 설계 기술 영역**과 관련하여, 선택적 주파수 제어방식(FSS)을 고려한 전자파 차폐 방식은 다양하게 시도되어 왔던 것으로 파악되나, 타 영역에 비하여 상대적으로 고도성 있는 다수의 특허가 추출되지는 아니한 것으로 사료되므로, 보다 효과적인 FSS를 위한 패턴, 스펙 설정 등의 유기적이 조합에 대한 다양한 시도, 개량 및 개선이 이루어지는 심도 있는 연구개발에 역량을 집중하여 본다면 실효성 있는 적절한 권리 확보가 가능할 것으로 사료됨

마. 종합 결론

- 일본의 주요출원인들은 EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 전반과 관련한 특허출원을 1990년대부터 진행하여 온 것으로 파악되나, 정량 및 심층(정성) 분석 결과, 등록에는 이르지 아니한 **방어적 성격의 낮은 고도성을 갖는 특허출원이 상당한 비중을 차지하는 것으로 파악되며, 전체적인 양적 관점에서 보더라도 소정 이상의 관련성 내지 유효성을 갖는 특허는 그 양(등록특허 426건 검색)이 많지 않은 것으로 파악됨**. 또한, 한국의 경우, 일본보다 뒤늦은 2000년대부터 EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 전반과 관련한 특허출원이 본격화되었으나, 개인들의 소수 출원이 많은 편이고 기업이나 연구소 단위의 **활발한 연구개발에 따른 특허출원은 상대적으로 소수(한국 법인출원 223건 검색)인 것으로 파악됨**
- 이에 따라, 상대적 공백영역 또는 최근 출원 증가 추세 영역에 해당하는 **Hybrid Shielding 콘크리트 구조체 구성 기술, 전자파 차폐 용사 소재 및 콘크리트 부착 기술, 도어 기술, 부재간 연결부 차폐 기술, FSS 고려 전자파 차폐 설계 기술, 탄소소재 등 도전성 소재 기술 및 창호 기술 영역에 대한 연구개발이 기업이나 연구소 단위로 보다 심층적이고 규모 있게 진행될 필요가 있음**
- 최근 북한에서는 고고도 전자기 펄스(High-altitude Electromagnetic Pulse) 발생에 의한 전자기기 무력화를 목표로 하는 연구개발이 진행되는 것으로 예측된다는 점, 2000년대 이후 사회기반시설들(원전 등 전력시설, 방송·통신시



설, 교통시설, 은행 등 금융시설, 초고층빌딩 등)이 대형화·자동화·전산화됨에 따라 전자파 공격으로 인한 피해 규모가 상상을 초월할 것으로 예상된다는 점, 최근 국제 정세가 자국 우선주의로 흐르는 등 불안정하다는 점 등을 종합적으로 고려하면, 군사 시설물 뿐만 아니라 주요 민간시설물에 대해서도 소정 이상의 전자파 차단 성능을 확보할 수 있는 체계를 구축하기 위한 연구개발이 시급히 이루어져야 하는 시점에 다다른 것으로 판단됨

- 따라서, 저비용 고전도성 소재 개발, Hybrid Shielding 콘크리트 구조체 구성 기술 등과 같이 과거 특허기술들과 대비하여 차별화 가능한 기술 영역을 다양한 관점에서 선별하고 조합하는 연구개발을 조속히 진행하여, EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 전반에서 중요한 비중을 차지하는 핵심 요소기술 분야에 대한 가치 있는 특허를 선점함으로써 국내외 타경쟁업체 또는 타경쟁국가 대비 우월한 특허 포트폴리오 구축을 신속히 이루어야 할 것으로 사료됨



2. 논문 동향 분석

가. 논문동향 분석을 위한 키워드 도출

- 논문동향 분석에서는 특허분석과 달리 전자파 차폐 원천소재 및 구조재료, 성능평가 및 설계 기술 등으로 구분하여 분류하기는 어렵고 EMP 특성 및 대책과 EMP 재료, 구조물 및 시설물 관련된 논문으로 구분하여 조사함
- 이종에서 전자 환경 및 전자 기기와 관련된 EMI 및 EMC 분야 논문은 제외하였고 주로 EMP와 관련된 논문을 중심으로 조사·분석하였음
- 논문 분석은 KICT 전자도서관, KAIA 논문·특허·보고서·동향 정보, 국가과학기술정보 NDSL, 국회도서관과 함께 건설분야 전문 전자도서관인 CERIC, 건축·도시연구정보센터 AURIC, 학술논문 지식베이스 DBpia, Science Direct 등을 통해 국내와 국외로 구분하여 논문을 검색하였음

나. EMP 특성 및 대책 관련 논문 분석

- 고출력 전자기파의 전도성 및 복사성 특성에 대한 연구를 통하여 EMP의 침투와 방어 특성을 분석하고 이를 이용하여 EMP 차폐와 관련된 전자파 특성들을 연구
- 또한 와 GPS 수신기의 EMP 취약성 연구, 해군 함정, 전투기 및 공격용 무기체계에서의 EMP 공격에 대한 방호 대책에 대한 연구가 주류를 이룸. 이러한 무기체계와 관련된 연구는 주로 국방부를 중심으로 군 관련 기관에서 발주한 용역성 연구임
- EMP 대책에 있어서 수준별 경제성 분석과 EMP 차폐 성능 시험평가에 있어서의 국제 기준의 변화에 대한 개론 등을 논문으로 발표함
- 또한 EMP 방호와 관련된 제도에 대한 내용들을 정리하여 논문으로 발표하거나 EMP 방호 전략적 특성에 대한 내용들도 일부 논문에서 보임
- 그러나 구조물에서 EMP 방호를 수행하는 기술이나 방법에 대해 발표된 논문은 거의 보이지 않음. 이것은 Steel Shielding Room에 의한 EMP 방호 대책 이외 다른 방향으로 연구개발이 거의 이루어지지 않음을 나타냄



표 24. EMP 특성 및 대책 관련 논문

제 목	저자	핵심 내용
고출력 전자기파 방호를 위한 GPS 시스템 연구	진정희	GPS 수신기를 고출력 전자기파(HEMP)로부터 보호하기 위하여 GPS 수신기에서 취약한 핵심 구성품인 안테나부, RF 수신기, 신호 처리 및 전원공급기의 각 구성품별 고출력 전자기파 방호 대책 설계 및 성능 시험을 수행
EMP 파원에 의한 도체 평판 개구의 침투전자계 특성 해석	임병진	HEMP 입사시 무한 도체 평판의 개구를 통해 침투하는 침투전자계의 특성 및 차폐효과, 침투전자파의 저감에 관해 검토하였음. 이론해석을 위해 도체 평판 개구면 전개분포에 관한 적분방정식을 유도하고 모멘트 법으로 해석함
고고도 전자기 펄스 환경에서의 전도성 및 복사성 결합 해석	조제훈	HEMP와 같은 외부전자파 환경에 위치하고 있는 전송선로 및 건물간의 전자파 결합에 대한 연구를 수행함. 전자파 결합 현상을 전송선로와 건물로 해석환경을 구분하여 전도성 결합과 복사성 결합으로 분류하였으며, 각각의 전자파 결합 해석을 수행할 수 있는 방법을 제안하고 이를 응용하여 다양한 구조에 대한 모의실험을 수행 및 분석함
전자기 펄스에 대한 반복적 물리 광학법 및 활용	진희철	공동 구조에 의해 산란된 전자파를 해석하는 반복적 물리 광학법의 성능 향상을 위한 알고리즘 개선을 제안하여 임의의 공동 구조 내에 유입되는 필드를 예측하는 용도로 활용하고자 함
해군함정으로의 고고도 전자기파(HEMP) 커플링 현상에 대한 전자기적 모델링 및 대책	양진호	HEMP 기준 중 함정으로의 침투전자계가 상대적으로 크게 나타나는 IEC 61000-2-9 기준을 해군의 HEMP 기준으로 제시하였으며, 두 경로를 통해 침투하는 HEMP 중 복사성 결합(Coupling)은 차폐 코팅, Honeycomb 통풍관을 이용해 차폐효율(SE) 73 db 이상을 만족시켰고, 전도성 결합은 TVS 소자를 회로에 삽입하여 내부 잔류전류 0.8A로 기준에 충족하는 방호대책을 수립
Chain Matrix를 이용한 Twisted Cable의 EMP(Electromagnetic Pulse) 결합 해석	조제훈 외 2명	HEMP가 전기·전자 기기의 개구로 침투하는 전자파 침투 문제 및 저감하는 방법에 대하여 검토하였으며, 개구면 전개분포에 관한 적분방정식을 유도하여 Galekin의 모멘트 법으로 해석 수행 및 실험결과와의 비교 검토를 수행함
EMP간섭 영향에 의한 FH/DPSK 시스템의 오율 특성	장은영 외 2명	핵폭발시 발생하는 EMP 의해 유기되는 간섭신호가 FH/DPSK 신호의 수신 오율에 미치는 영향을 해석함. EMP에 의해 수신단에 유기된 간섭신호를 시간에 따라 지수함수적으로 감소하는 정현파형으로 가정하여 오율식을 구해 시간 경과에 따른 EMP의 영향을 분석 검토함
EMP 방호대책 적용의 경제적 타당성 분석 방법	육종관 외 2명	EMP 공격에 대비하기 위한 방호대책을 고려하는 과정에서 경제적 타당성을 분석하는 방안에 대하여 설명함



EMP 표준화 동향	장태현	EMP 국제 표준화 예상 방안 및 IEC 국제 표준화 동향을 소개하고, IEC SC77C와 연관성을 가지는 국제통신연합의 ITU-T SG5 EMP 표준화에 대해 설명
결합 마이크로스트립 선로상의 EMP 신호의 전파 및 누화 특성 해석	박순근 외 2명	EMP 신호가 갖는 주파수 범위, 정확도 및 결합 마이크로스트립 선로의 기하구조 등을 고려하여 Kirschning과 Jansen의 모델을 이용한 결합 마이크로스트립 선로상의 EMP 신호의 전파특성 및 누화특성을 해석함
고고도핵폭발 전자기펄스 피해 분석을 위한 전산모사 연구	가동하, 심우섭	핵폭발로 인해 발생하는 전자기펄스를 계산하기 위한 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램 개발
고출력 전자기파 방호 제도 도입에 관한 연구	정연춘	고출력 전자기파 관련 제도의 국내·외 동향을 소개하고, 우리나라 현행 관련 법령의 개정 방향 및 법령에 포함되어야 할 내용에 대해 제안함
고출력 전자파 대책 기술 연구 동향	권중화, 정연춘	유럽에서 진행되었거나 현재 진행중인 고출력 전자기파 관련 연구 프로젝트에 대해 기술
국가원수 경호적 측면에서의 EMP(Electro Magnetic Pulse) 방호 시스템에 대한 고찰	정주섭	EMP 발생에 따른 군사체계 및 국가중요시설, 수송체계 등 사회 경제적 피해와 민간인에 발생하는 피해를 분석하고, 국내 EMP 방호실태와 EMP 방호체계구축 및 절차에 대해 설명함
북한의 전자기파(EMP) 위협에 대한 검토	이대성, 신성식	북한이 보유한 핵폭탄의 폭발시 발생할 현상과 전자기파(EMP)에 대한 개념 및 특징, 사례 등에 대해 분석하고, 법률적 측면과 정책적 측면에서의 방향에 대해 설명함
해군 함정에서의 EMP 영향 및 대책	양진호, 남상욱	IEC 61000-2-9 기준에 제시된 HEMP 파형이 해군 함정의 복사성 결합 통로와 전도성 결합 통로를 통해 입사할 때 침투하는 침투 전계 특성을 비교 검토함
핵 전자파 펄스(EMP) 대책	최태인, 조웅희	EMP에 관한 외국의 전문서적 및 군사기술 자료를 기초로 EMP 현상, 파괴효과 및 방어대책에 관해 분석함
EMP 공격에 따른 전력제어시스템의 경제적 피해분석모델	박상미	고출력 전자기파장치로 인해 전력제어시스템에 발생하는 경제적 피해분석모델을 연구함

다. EMP 차폐 기술 및 구조물 적용 기술 논문 분석

- 방호시설의 공간 배치 특성과 안테나의 설계 등과 관련하여 EMP 전자파의 위치별 세기 및 방향성 등에 연구를 통하여 EMP 방호 최적화를 위한 전자파 이론의 배경을 구성하는 논문
- EMP 방호시설에 대한 등급 분류와 EMP 성능평가 항목 등에 대한 논문 게재된 바 있으며 방호시설의 세부 장치에 대한 기술들에 대한 성능평가 위주의 연구 개발이 수행된 바 있음



- EMP 방호시설의 덕트 및 배관 최적 설계 방안
- EMP 방호시설의 전기 설계 주요 사항
- EMP 차폐 도파관의 형상 결정 가이드라인 작성
- EMP 필터 제작 및 성능시험

- 한편, 철근콘크리트 구조체를 대상으로 한 EMP 차폐 기술과 관련된 내용으로 구성된 논문들이 많은 숫자는 아니지만 일부 게재된 바 있음. 이것은 구조체에서 전기전도성을 확보할 경우 EMP 차폐 성능을 확보할 가능성을 주목한 것임
- 그러나 게재된 논문 분석에 따르면 구조체를 이용한 EMP 차폐 기술 수준은 아직 낮은 것으로 판단됨. 그 이유는 구조체에서 전기전도성 또는 EMP 차폐 성능을 정량적으로 분석할 수 있는 기술적 수단을 확보하지 못했기 때문

표 25. EMP 차폐 구조물(시설물) 관련 논문

제 목	저자	핵심 내용
EMP 공격에 따른 전력제어시스템의 경제적 피해분석모델	박상미	고출력 전자기파장치로 인해 전력제어시스템에 발생하는 경제적 피해분석모델을 연구함
EMP 방호시설의 직사각형 슬롯에 대한 전기적 차폐특성 연구	강호재	송수신 안테나의 위치에 따른 차폐효과 측정여부를 분석하여 EMP 방호시설 외부 공간의 협소로 인한 차폐효과 측정의 어려움을 해소할 수 있는 방법을 제시
EMP 위협으로부터 Ku 밴드 위성 통신 시스템 보호회로 개발	김기호	Ku-Band 위성 통신 시스템에 사용되는 새로운 도파관 구조의 대역통과 필터와 리미터를 제안함. 주파수 선택성 표면 기술을 바탕으로 하여 낮은 신호 레벨에 대해서는 대역 통과 필터로 동작하지만 -3 dbm 보다 높은 신호레벨에서 Schottky 다이오드가 동작하도록 함
HEMP 보호 전용 전원선 필터 구현 필요성에 관한 연구	김근남	고고도 핵폭발에 기인한 HEMP(High Altitude EMP)의 영향으로부터 전원 관련 시스템 보호를 위한 HEMP 보호 전용 전원선 필터의 필요성을 다루고자 HEMP 관련 국방 규격 및 주요 소자들에 대한 분석을 수행하고, 이를 기반으로 HEMP용 전원선 필터를 제작함
군 방호시설 성능평가(EMP 부문) 및 유지관리체계 정립방안 연구	김인호	EMP 성능평가 항목과 EMP 방호시설 등급 분류 체계를 제시하였고, 항목별 성능평가 및 결과를 분석함
방호시설용 EMP 필터의 성능평가 및 분석	김영진	방호시설용 EMP 필터에 대하여 9가지의 성능평가 방법을 제시하고, 국내·외 EMP 필터의 성능 분석을 통해 EMP 필터의 성능평가 기준 방안을 제시함



철근콘크리트건물의 EMP 차폐성능 시험을 통한 방호설계 개선방안 연구	김외득	방호건축물의 외벽과 내벽에 SE(Shielding effectiveness) 테스트를 수행하여 철근콘크리트 구조물의 두께 및 철근 배근 형식등에 따른 전자파 차폐성능을 비교 분석함
Bounded-wave EMP Simulator 안테나의 설계	선다영 외 5명	EMP에 대한 전자파 보안 기술 개발을 목적으로 EUT(equipment under test)의 EMP 내성을 시험할 수 있는 bounded-wave EMP simulator의 기본 형태인 평행판 simulator 안테나를 설계함
EMP 방호 대책 기술(방호 시설 정비 유지 기법)	이원길	EMP 방호 시설 건설 후 방호 시설의 전수명 주기 동안 EMP 방호 성능을 계속 유지하기 위해 요구되는 체계적인 정비 유지 기법을 제시함
EMP 방호시설의 덕트 및 배관 최적 설계 방안	방승기	전산유체역학(CFD)을 이용하여 EMP 방호를 위한 honeycomb과 도파관이 설치된 덕트, 급수관 및 유류관을 대상으로 입출구 유속, honeycomb 및 도파관의 입출구와 길이방향 중앙부분의 유속을 해석하였으며, 이를 통해 EMP 방호시설에서 외기도입을 위한 덕트의 크기를 결정하고 급수관 및 유류관에 도파관이 설치되는 부분의 최적 관경을 제시함
EMP 방호시설의 전기 설계 주요 사항	허창수	IEC 및 MIL 규격을 통해 EMP 방호시설의 전력선 및 전선관, 전기적 POEs, 접지 등 전기 설계 주요사항에 대하여 분석함
EMP 방호시설의 전자파 차폐효과 측정 방법	서만중 외 5명	기존 차폐효과 측정방법(SE Test)의 경우 방호시설과 외부 콘크리트 구조물 사이 공간 확보 문제가 발생하여, 이를 해결하기 위해 송수신 안테나의 배치 위치에 따른 차폐효과의 오차 발생 원인을 분석함
EMP 방호용 차폐실 설계 및 구축에 대한 고찰	장태현	무선 주파수(RF) 차폐의 필요성과 차폐 이론 등을 분석하고, 모듈형 차폐실 및 용접형 차폐실 등 EMP 방호용 구조물 설계를 위한 전반적인 정보를 제공함
EMP 차폐 도파관의 형상 결정 가이드라인 작성	방승기 외 4명	원형 도파관의 지름 및 사각형 도파관에서 가장 긴 한변의 길이, 육각형 도파관에서 장축의 길이 등을 이용하여 간단하게 도파관 배열의 길이를 결정할 수 있는 가이드라인을 제시함
EMP 차폐를 위한 도파관 형상과 SE에 따른 유동 특성 평가	방승기 외 2명	도파관을 구성하는 철판의 두께 및 도파관 모듈의 크기에 따라 SE 80 및 SE 100의 성능을 갖는 사각형, 육각형 및 다층구조 도파관 배열을 대상으로 공기유동을 평가함
EMP 차폐를 위한 비상발전기 연도의 최적 형상 결정	방승기	도파관 배열을 구성하는 외부 관경 크기, 배기속도의 최대 및 평균값을 이용하여 비상발전기 연도의 최적 형상에 대해 검증함
EMP 측정 시스템용 센서의 설계	유제연 외 3명	EMP에 전기·전자장비가 노출될 경우 피해 효과를 조사하기 위하여 인위적인 전자기 환경인 HPEM 환경에서 반도체의 오동작 및 파괴를 일으키는 피해 전계강도를 측정하기 위한 센서의 설계를 검토함



EMP 필터 제작 및 성능시험	최효열 외 3명	전력소 전자파 측정 데이터를 기초로 하여 한전현장 실정에 맞는 전원필터를 설계 및 제작하고, 특성시험 및 실증시험을 통해 적용가능성을 제시함
HEMP 방호용 차폐실 최적설계를 위한 시뮬레이터 개발	민경찬, 김동일	기존 이론식을 개선하여 경제적이고 효과적으로 HEMP 방호용 차폐실을 건설할 수 있는 시뮬레이터를 개발함
HEMP 분석과 방호 효율성	이선의 외 2명	HEMP의 개념을 소개하고, 안테나 요소의 배치 변화에 따른 방호 효율성을 분석함
HEMP를 대상으로 한 도전성 재료 혼입 콘크리트 전자파 차폐 벽체 시스템 개발에 관한 실험적 연구	최현준 외 4명	콘크리트에 Fe가 다량 포함된 강섬유, 자철광 및 자철광 미분 등을 혼입하여 콘크리트의 전자파 차폐 성능을 평가함
군용차량에 대한 EMC / EMP 규격 동향 및 적용방안 연구	진정희 외 2명	국내외 자동차 분야에서 적용하는 전자파적합성 규격에 대해 상용 규격과 방산 규격을 조사 비교하고, 군용차량에서 적용되고 있는 MIL 규격을 분석하여 향후 개발되는 군 차량에 대한 EMC/EMP분야의 적용규격과 고전압을 이용하여 구동하는 특수차량의 전자파적합성에 대한 가이드를 제시
다중벽탄소노노튜브를 활용하여 전자파 차단 콘크리트에 관한 기초연구	조병완 외 3명	전자기 펄스를 방호하기 위해 다중벽 탄소노노튜브(MWCNT)를 혼합한 모르타르 시험체의 전자파 차폐 효과 및 강도를 측정하였으며, MWCNT의 함량이 전자기 펄스 차단에 효과적이란 것을 확인함
전자파 차폐 도어용 핑거 스트립의 가속수명시험 및 유효성 평가	이주홍 외 3명	전자파를 흡수하여 열로 변환시키는 핑거 스트립의 수명을 예측하기 위해 주 고장모드에 영향을 주는 가속인자로 하중을 선택하여 가속수명시험을 수행하였고 이에 대한 유효성을 평가함
전자파 차폐용 콘크리트 개발에 관한 문헌조사 및 기초물성 연구	최현준 외 3명	전자파 차폐에 관해 콘크리트 주요 혼입재료에 따른 결과 및 특이점을 정리함
지휘소 작전지속성 보장을 위한 도파관의 전자기파 차폐성능 향상방안	윤상호 외 3명	유사시 외부로부터 수자원 및 에너지자원 공급이 차단되는 군 지휘시설에서 작전지속성 보장을 위해 충분한 급수/급유가 가능하도록 도파관 직경 및 유전체 종류에 따른 EMP 방호성능을 실험적으로 분석함
차량 이동형 Shelter에 대한 HEMP 방호 방안 및 성능 검증 연구	진정희 외 2명	고고도전자기파펄스(HEMP)에 대한 차량 이동형 컨테이너와 통신, 전자장비 보호용 쉘터(Shelter)의 HEMP 방호를 위한 설계 방법과 전기적 성능 검증 방안에 대해 연구
항공용 EMP 보호기 개발에 관한 개념설계	정도희 외 2명	EMP 무기의 출현과 전자기파의 초고속화 등에 대응하고 전자기파를 효과적으로 차단하기 위해 항공용 EMP 보호기 개발을 위한 개념설계에 관해 연구



라. EMP 기술 관련 국외 논문 분석

- EMP 기술과 관련하여 국외에서는 우선 전자기 펄스의 차폐 효과 개선을 위한 이론적 분석과 구조물 형상에 따른 시뮬레이션 연구결과가 게재됨
- 케이블 브리지, EMP 차폐용 창문, 얇은 금속 박판 및 차폐 접지 어댑터 등의 장치를 이용하여 EMP 차폐를 효과적으로 수행할 수 있는 기술에 대한 논문 게재되고 이에 대한 분석을 수행함
- 또한 EMP 보호를 위한 유전체 복합 재료의 차폐효과와 낙뢰 및 다른 이유의 EMP 공격에 대한 전자기파 차폐 효과를 평가할 수 있는 기술에 대한 논문들이 게재됨

표 26. EMP 차폐 기술 관련 국외 논문

제 목	저자	핵심내용
Reduction of EMI/EMP Shield Currents Using an Improved Shield Ground Adapter	David S. Dixon et al.	차폐 접지 어댑터를 사용하여 EMI/EMP 방호구조물 내 전자파 차폐 성능을 향상시킴
Study of shielding properties of cylindrical enclosures illuminated by EMP	Tao Hu et al.	전자기 펄스의 차폐 효과 개선을 위한 이론적 분석과 구조물 형상에 따른 시뮬레이션 결과를 비교 검토함
Comparison of the shielding effectiveness between two methods of cable bridge EMP protection	Su Liyuan et al.	케이블 브리지의 EMP 보호를 위해 전자기 경화 기술을 접합부에 적용하고 이에 대한 차폐 효과를 측정함
Simulation of shielding characteristic of a typical decay waveguide window for EMP	ChongHua Fang et al.	EMP 차폐용 창문의 차폐 특성에 대해 시뮬레이션 결과를 분석함
shielding Effectiveness of Metal Door in Circular Tunnel to Non-unclear EMP	Duan Yantao et al.	EMP에 대한 순환터널 내 금속용 도어의 차폐 효과 분석
The analysis of shielding effectiveness of negative permittivity composite materials to different EMP	Bao Young-fang et al.	유전체 복합 재료의 EMP 차폐 효과 분석
The definition of EMP shielding effectiveness	Zhou Bihua et al.	컴퓨터 및 제어 장치에 EMP 자기장으로 인해 발생하는 손상효과를 분석
Evaluation of the EMP shielding effectiveness for the thin metallic shells	Jun Zou et al.	얇은 금속 박판의 EMP 차폐 효과 분석
Designing building structures for protection against EMP and lightning	David Johns	EMP와 낙뢰를 보호하기 위한 방호구조물의 설계



6절 국내 연구개발 인프라 분석

1. 관련분야 연구기관 현황

- EMP 차폐 또는 방호 기술 관련 연구기관은 민간 분야 EMP 차폐를 연구하는 기관과 국방 분야의 EMP 방호 기술을 연구하는 기관으로 분류할 수 있음

표 27. EMP 차폐 및 방호 관련 국내 수행 가능 연구기관 현황

기술분야	기관명	연구인력	주요 연구활동
전자파 차폐용 나노탄소 원천 소재 기술	성균관대	박사: 6 명 석사: 15 명 학사: 20 명	- 탄소나노튜브 소재 개발 - 탄소나노 소재의 화학적 전도 특성 - 탄소나노 소재의 전기적 특성 해석
	SAINT	박사 : 20명 석사 : 20명	- 대학 내 별도의 과학원 개설 - 나노소재 관련 다학제 전공 교수 80 명으로 구성 - 이종에서 나노탄소소재 관련 집중 연구인원 약 50 명 - CNT 및 그래핀 등, 나노탄소 신소재 개발 - Metal Carbides를 비롯한 나노소재 개발
	카이스트	박사 : 7 명 석사 : 6 명	- 건설 재료용 CNT 연구개발 - CNT 소재와 시멘트 무기질 소재의 혼입 특성 연구 - 탄소나노소재를 혼입 시멘트 복합재료의 열적, 전기적 특성연구
전자파 차폐용 시멘트 복합재료 기술	한국건설기술 연구원	박사: 15 명 석사: 7 명	- 초고성능 섬유보강 시멘트 복합재료 개발 - 방탄·방폭용 고성능 섬유보강 시멘트 복합재료 개발 - 전기전도성 콘크리트 복합재료 개발
	강원대학교	박사: 5 명 석사: 7 명 학사: 6 명	- FRP 외피형 섬유보강 시멘트 복합재료 개발 - 다량 섬유혼입 콘크리트의 전기전도성 특성 연구 - Fiber Reinforced Polymer 구조재료 개발
	충남대학교	박사: 4 명 석사: 5 명 학사: 3 명	- 비정질 강섬유 혼입 섬유보강 시멘트 복합재료 개발 - 시멘트 복합재료의 물리적 충격 특성 분석 - 강섬유 혼입 시멘트 복합재료 활용 발열 콘크리트 개발
	한양대학교	박사: 4 명 석사: 5 명 학사: 8 명	- 아크금속용사 전자파 차폐 기술 개발 - 금속용사의 콘크리트 구조물 적용성 기술 개발 - 전자파 차폐 구조물의 구조재료 해석 연구
	KCL	박사: 5 명 석사: 8 명 학사: 2 명	- 전기전도성 시멘트 복합재료 개발 - 건설재료의 전자파 차폐 특성 시험 기술 개발 - 전기전도성 플라스터 재료 개발



기술분야	기관명	연구인력	주요 연구활동
전자파 차폐 부속자재 기술	대한철드 엔지니어링	박사: 1 명 석사: 2 명 학사: 5 명	- 전자파 차폐 도어 시스템 개발 - 전자파 차폐 유리창 및 창호 시스템 개발
	아이스펙	박사: 1 명 석사: 4 명 학사: 5 명	- 전자파 차폐 전원용 필터 개발 - 전자파 차폐 신호용 필터 개발 - 공기 Duct용 Honeycom 필터 개발
	위드앰텍	박사: 1 명 석사: 2 명 학사: 3 명	- 전자파 최적 흡수 재료 개발 - 전자파 차폐 신호 흡수 재료 개발
전자파 차폐 건축 내외장재 기술	(주)벽산	박사 : 3 명 석사 : 5 명 학사 : 2 명	- 전자파 차폐 건축 내장재 제품 개발 - EMP 차폐 구조체 성능 평가 및 인증 기술 개발
	세라믹 연구원	박사 : 3 명 석사 : 5 명 학사 : 2 명	- 전자파 차폐 기술 적용 제도 개발 - 전자파 차폐 시멘트 및 콘크리트 기술 연구
	강릉원주대	박사 : 1 명 석사 : 2 명 학사 : 3 명	- 전자파 차폐 금속재료 개발 - 전자파 차폐 내장재 합성 제품 개발
전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술	KTR	박사 : 3 명 석사 : 5 명 학사 : 2 명	- SE Test 및 평가 기술 - EMP 차폐 구조체 성능 평가 및 인증 기술 개발
	KTL	박사 : 3 명 석사 : 5 명 학사 : 2 명	- 전자파 차폐 기술 적용 제도 개발 - 전자파 차폐 시멘트 및 콘크리트 기술 연구
	한국전자파 연구소	박사 : 2 명 석사 : 4 명 학사 : 4 명	- 전자파 차폐 시험 및 평가 기술 개발 - 구조물 형식별 전자파 차폐 특성 기술
전자파 차폐 구조물 설계 기술	서경대학교	박사 : 2 명 석사 : 4 명 학사 : 4 명	- 전자파 특성 및 해석 연구 - 건설자재의 전자파 차폐 및 투과 특성 해석 - 철근콘크리트 구조물의 전자파 차폐 특성 설계
	육군사관학교	박사 : 2 명 석사 : 2 명	- 군사시설물 EMP 방호 특성 및 소요 환경 연구 - EMP 공격 및 방호 시나리오 개발 - 방탄, 방폭 및 EMP 통합 방호 시스템 연구
	한국철도기술 연구원	박사 : 3 명 석사 : 5 명 학사 : 2 명	- 철도 신호 제어 계통 전자파 차폐 시스템 설계 - 철도 신호 제어 전자파 차폐 기술 개발 개발
	해안건축	박사 : 2 명 석사 : 10 명 학사 : 10 명	- 전자파 차폐실 건축 환경 설계 기술 연구 - EMP 방호시설의 전자파 차폐 및 건축 환경 설계



2. 관련분야 기업 및 산업체 현황

- 현재 시점에서 전자파 차폐와 관련된 기업은 대부분 EMC를 중심으로 한 전자파 양립성 차폐 제품과 적용 기술로 사업화 함
- 최근 군사시설물을 중심으로 EMP 방호시설에 대한 설계, 조달(제품 및 자재) 및 시공과 함께 EMP 차폐 시험 및 평가 엔지니어링 사업이 발주됨. 이에 따라 관련 기업들은 EMP 방호 사업에 대한 관심이 고조되고 있음
- EMC와 EMP 차폐를 중심으로 한 국내 기업 및 산업체를 대략 파악하면 아래 표와 같음

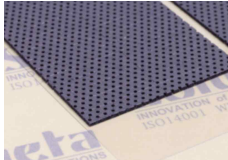
표 28. 국내 EMC 및 EMP 차폐(방호) 관련 기업 및 산업체 현황

연번	기업명	주요 분야
1	 대한실드엔지니어링(주) DAEHAN SHIELD ENGINEERING Co., Ltd. 대한실드엔지니어링(주)	 - RF Shield Door와 RF Shield Box 등 제품 설계 및 생산, 시공
2	 EMI/EMC Total Solution (주)아이스팩	 - 전자파(EMI/EMC) 감소대책 기술과 장치 부품(Filter 및 전원공급기)을 개발하여 전자파 분야 Total Solution 제공
3	 EMC/EMP (주)한국전자파연구소 Korea Electromagnetic Research (주)한국전자파연구소	- EMC & HEMP 필터 개발 및 생산 - 전자파 차폐용 복합 소재 개발 - 광대역 전자파 흡수체 개발 - 고출력 전자파 방호용 CCTV 및 GPS 시스템 개발 - 전자파 방호 시설 및 수중음파 시험시설 개발 - EMC 및 RF 특성 시험 인증 업체

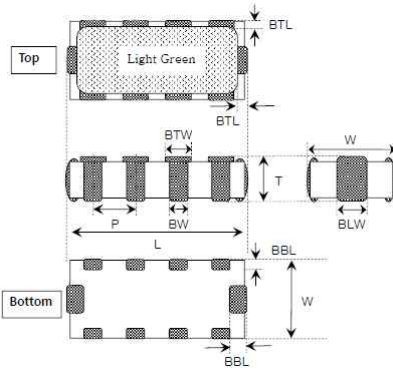
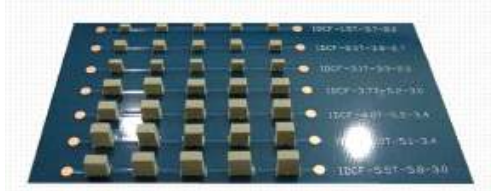


4	 한국기술연구소 Korea Technology Institute (주)한국기술연구소	- EMP/EMC 방호실 설계 및 시공 - EMP 방호실 성능 감시장치 개발 - EMP 발생 방향 탐지기 개발 - 지능형 EMP 전원/신호용 필터 개발 - EMP 분야 교정 시험기관
5	 DYMSTEC (주)담스테크	  - 전자파 차폐 토탈 솔루션, RF 쉴드룸, EMC 챔버, EMP 방호 솔루션 제공 - 전자파 흡수율 측정 시스템 및 RF 증폭기 시스템 개발
6	 부설연구소 에스이엠피연구소 에스이엠피연구소(주)	- 전자파에 의한 도청방지 시설(TEMPEST Shielded Facility) - 항파장 방호 시설(HEMP Protection Facility) - 전자파 측정 시설(ANECHOIC CHAMBER) - EMP 방호용 쉘타(전술차량용) - EMP 방호체계 시스템 엔지니어링 및 Integration
7	 전자파환경 파트너 EMCpro (주) EMCpro(주)	    - 전자파 관련 시험장(Shielded Enclosure, Anechoic Chamber)에 대한 System Engineering 업무 및 전자파 차단 및 흡수소재 생산 및 공급



8	 (주)토탈실드솔루션	  - MRI 차폐, 실드룸, EMP 차폐, 동차폐 등 전자파 차폐 공사 전문업체 - 전자파, 방사선, 자기장 차폐공사 등 고충량 차폐도어 시공
9	 (주)삼훈	  - 전자파차단문, 실드룸, 챔버 등 EMP 시설 관련 부자재 제공 및 전문시공 업체
10	 (주)솔루에타	   - 스마트 기기 대상 전자파 차폐 소재 개발(도금, 코팅, 다이 컷 공정 포함)
11	 (주)제이에스기술	  - EMP 방호실, EMC 챔버, RF실드룸, MRI실드, 안테나 챔버, 자기장차폐, PDF차폐실 등 개발 및 제공
12	 (주)이엠씨솔루션	  - EMC 측정 시스템 및 RF Power Amplifier, Antenna, Probe, LISN 제공



13	 (주)시원인터내셔널	 - EMC, RF 관련 분야 전문 업체로 안테나 마스트, 턴테이블, 계측기 등 주요품목 공급
14	 (주)모다이노칩	 - EMI 노이즈와 정전기 방어기능을 합친 복합 세라믹 필터 개발
15	 두성산업(주)	 - 전자파 차폐 및 발열문제 해결을 위한 IT 소재(전자파 흡수체, 가스켓 등) 생산 및 제공



3. 연구 실험시설 인프라

가. 건설연구 인프라 운영원 실험센터 실험시설 현황

- 국내 분산공유시설인 건설연구 인프라 운영원이 보유한 실험센터는 아래 그림과 같이 전국에 걸쳐 1단계 실험시설(6종) 6개소로 나누어 구축되어 있음
- 또한 현재 추가로 인프라 운영원에서 구축 중인 실험센터는 2단계 실험시설(6종)으로 총 6개소가 전국에 걸쳐 구축 중임
- 이 기획과제와 연관된 분야는 계명대의 첨단건설재료실험센터와 KCL의 기후 변화 대응 다환경 실험센터 2개소로 구분할 수 있으며 이 2개 실험센터가 보유한 실험장비 현황을 조사하여 활용 가능 여부를 파악하였음



그림 86. 건설연구 인프라 운영원 실험센터 현황



(1) 첨단건설재료 실험센터

- 첨단건설재료 실험센터는 건설재료의 내구성능, 화학성능 및 미세구조 분석 실험뿐만 아니라 구조부재 및 콘크리트, 암석 포장재료의 성능평가를 실시할 수 있는 곳임
- 이 기획과제의 특성상 재료개발에 따른 평가를 위한 일부 분야에서 활용성을 가질 수 있으며 전자파 차폐 콘크리트 및 건설자재의 강도와 내구성 평가에 유효하게 활용이 가능할 것으로 판단됨

표 29. 첨단건설재료 실험센터 연구 인프라 조사 현황

주요시설/장비		제원 및 특징	활용도
장기거동 실험실	 항온항습실	- 다양한 시편에 대한 온도, 습도, 온습도 조건으로 극한상태의 조건 - 대형크기 - 온도조건(3 Type) · +80℃~-50℃ · +80℃~+20℃ · +26℃~-20℃	△
	 동결융해시험기	• 3면 반력벽을 갖춘 장비로 대형구조재료의 휨, 압축, 전단 실험 • 장비사양 - Capacity : 2,000kN - Main Size : 7,850 12,080 7,050 - Column to Column : 3,000mm - 휨 압축 시험 높이: 4,000mm - Bending Span : 6,000mm - Actuator Stroke : 400mm - 제작사 : 삼연기술	×
	 중성화속진시험기	• 5MN 용량의 콘크리트 및 암석 등의 재료특성 실험 • 장비사양 - Capacity : 5MN - Pressure plates : 380x520mm - Actuator Stroke : 100mm - Load measuring range : 100 ~ 5,000kN - Piston stroke : 100mm - Deformation at max.load : 1.2mm - 제작사 : SHIMADZU	×
구조실험실	 5MN 구조재료시험기	- Capacity : 5MN - Force range : 6steps(x1, x2, x5, x10, x20, x50) - Main Size : 8,200(H:Max) - Column to Column : 3,000mm - 휨 압축 시험 높이: 5,000mm - Bending Span : 23,000mm - Actuator Stroke : 500mm - Frequency : 3Hz - 제작사 : SHIMADZU	△



		3면 반력벽을 갖춘 장비로 대형구조재료의 휨, 압축, 전단 실험 - 장비사양 - Capacity : 2,000kN - Main Size : 7,850 12,080 7,050 - Column to Column : 3,000mm - 휨 압축 시험 높이: 4,000mm - Bending Span : 6,000mm - Actuator Stroke : 400mm - 제작사 : 삼연기술	×
5MN 압축시험기		5MN 용량의 콘크리트 및 암석 등의 재료특성 실험 - 장비사양 - Capacity : 5MN - Pressure plates : 380x520mm - Actuator Stroke : 100mm - Load measuring range : 100 ~ 5,000kN - Piston stroke : 100mm - Deformation at max.load : 1.2mm - 제작사 : SHIMADZU	△
강재피로 시험기 (500,250kN)		- capacity : 500, 250kN - Stroke between grips : 950mm - Load Accuracy : 6kN to 600kN - Strain measurement accuracy : $\pm 0.5\%$ of indicated value - Test space : Width Between Columns - 762mm - Maximum Vertical Test Space - 2,057mm - Overall height : 3,677mm - Positon Transducer stroke : 250mm - Maximum operating pressure : 21MPa - 제작사 : MTS	△
미세구조 분석실		- 장비사양 - 4kw X-Ray Tube, Rh target - 4 analyzing crystals, LiF(200), PET, TAP, Ge - Automatic On-Off control - Mask diameter : 10, 30mm dia - Materials : SUS, Al, Ni, Cu - 제작사 : SHIMADZU	△
		- 장비사양 - X-Ray Tube : Type - Sealed type, Anode - Cu / Rating - 3.0kW - Scan range : $-6 \sim +163^{\circ}(2\theta)$ / $-180 \sim +180^{\circ}(\theta)$ - Chamber for High Temperature : 1,500°C (in air) or higher - Sample atmosphere : Air, Vacuum - Heating Filament : Pt or equivalent - Reproducibility : $\pm 0.002^{\circ}$ or better - 2θ range : -3 to $+154^{\circ}$ or wider - Scan speed : 50°/min or faster - Slew speed : 700°/min or faster - 제작사 : SHIMADZU	△
		- 장비사양 - Vicatronic Automatic Computerised vicat recording apparatus : 400x200mm - Thermostatically controlled Heating/cooling system : 615x375x400mm - The unit is manufactured with anticorrosion and tropicalised components to be used in places with humidity not below 90% and 20°C - Resolution : 0.1mm - Timer : 0 ~ 999minutes - 제작사 : MTS	×



(2) 극한 환경 기후 실험센터

- 국내 기후변화 대응 요구 및 다양한 기후환경 (고온다습, 고온건조, 한랭건조, 극냉, 극서등)의 해외 건설 시장 진출 필요성이 급증함에 따라, 실물 규모 시설의 종합 성능(Overall Performance) 평가, Mock-up 시험체 규모 시설 및 부재 단위(Component scale) 성능 평가, 자재/건축설비/기기의 특정 환경성능 평가 실험이 이루어 질 수 있도록 구축된 실험시설
- 이 기획과제의 특성상 개발한 전자파 차폐 건설자재 및 부속자재가 기후를 비롯한 환경조건에 따라 차폐 성능이 변하는 특성을 시험 및 분석할 수 있는 시설이 될 것으로 판단됨

표 30. 기후변화 대응 다환경 실험시설 연구 인프라 조사 현황

대형 기후환경 실험실		
규 모	• 20 m(L) × 25 m(D) × 20 m(H)	
온/습도	• 온도 : -10 ~ +60℃ • 습도 : 10 ~ +98%	
일사	• 일사 : 800 W/m² ~ 1,200 W/m² • 조사 면적 : 10 m(L) X 10 m(W)	
강우	• 강우 : 150 mm/h 이상	
강설	• 강설 : 최대 50 mm/h	
중형 기후환경 실험실		
규 모	• 10 m(L) × 10 m(D) × 4.5 m(H) - 2개실	
온/습도	• 온도 : -30 ~ +80℃ • 습도 : 10 ~ +98%	
일사	• 일사 : 800 W/m² ~ 1,200 W/m² • 조사 면적 : 2 m(L) X 2 m(W)	
강우	• 강우 : 150 mm/h 이상	
강설	• 강설 : 최대 50 mm/h	
소형 기후환경 실험실		
규 모	• 5 m(L) × 5 m(D) × 3.5 m(H) - 2개실	
온/습도	• 온도 : -40 ~ +80℃ • 습도 : 10 ~ +98%	
일사	• 일사 : 800 W/m² ~ 1,200 W/m² • 조사 면적 : 1.5 m(L) X 1.5 m(W)	
강우	• 강우 : 150 mm/h 이상	
강설	• 강설 : 최대 50 mm/h	



60 m 개방형 고층타워		
규 모	• 높이 60 m	
온/습도	• 고층 환경 모사	
일사	• 고층 환경 모사	
강우	• 고층 환경 모사	
강설	• 고층 환경 모사	

나. 한국건설기술연구원 실험시설 인프라 현황

- 한국건설기술연구원은 국내 최고의 건설 재료 및 건설재료에 대한 구조실험 인프라시설을 갖추고 있음. 그 중에서 이 기획과제와 관련된 분야의 실험 인프라시설은 4개의 실험동 및 관련 장비가 구축되어 있음
- 특히 물리적 방호 및 전자파 차폐 건설자재의 재료적 특성과 건축환경적 특성과 관련된 실험시설을 갖추고 있음. 이 실험시설은 전반적인 전자파 차폐 건설재료의 개발에 활용도가 매우 높음
- 한국건설기술연구원은 2013년부터 수행한 “방호방폭연구단” 주관연구사업을 시행하면 방탄 및 방폭의 물리적 방호를 위한 기술개발을 위해서 각종 시험장비와 시설을 확보함

표 31. 한국건설기술연구원 연구 인프라 조사 현황

주요시설		장비명	활용도
구조실험동		- 하중재하프레임 - 정적계측기 및 센서 - 동적계측기 및 센서 - TILTMETER 4set - 레이저 동정적변위측정기 - 메가닥 콘솔박스 - 350톤 정적엑추에이터 - 구조실험유압장치 - 가속도계 - 정적 데이터로거 및 스위칭 박스 - 만능시험기(100, 200ton) - 교량받침 대형시험장치 - 400KN 동적엑추에이터	○



윤하중실험동		- 동적 액츄에이터(static actuator) - 동적 데이터로거(UCAM 500-A) - 데이터로거	×
고성능 콘크리트 실험동		- 초고성능 콘크리트 믹서기(1.5m³, 2대) - 집진장치 - 트윈샤프트형 콘크리트 믹서기(0.08m³) - 고인성 전용 콘크리트 믹서기(0.12m³)	○
재료실험동		- 탄소함유량계 - 동결융해시험기 - 압축강도 시험기(200ton) - 압축인장시험기 - 콘크리트 내구력 측정기 - 철근부식도 측정기 - 중성화축진 시험장치 - 건설재료 공극 구조 측정 장치 - 데이터 로거 및 스위칭박스 - 만능재료시험기(300ton) - 광학현미경 - 소성점도 측정기 - 콘크리트 고온양생기	○
내충격 실험동		- 고속충격 파괴유발 시스템(사용압 최대 2,000psi, projectile 속도 최대 400m/s 이상 부여가능) - 콘크리트 충격실험장치(최대 공기압 7 Bar, Strain rate 최대 10⁻⁴/sec) - 초고속 영상 촬영장비(1.280x800메가 픽셀 기준 7.500pps) - 동적 데이터로거(500kHz/sec, 16채널)	

다. 국·공립 및 전문 연구소 인프라 현황

(1) 국립전파연구원

표 32. 국립전파연구원 연구 인프라 조사 현황

주요시설		장비명	활용도
전자파장해시험시설 (EMI Measuring Unit)		- 전계강도 측정기(EMI Test Receiver) - 10 m 야외시험장(10 m Open Site) - 전자파 무반사실(Semi Anechoic Chamber) - 턴테이블(Turn Table) - 선로안정화회로망(LISN) - 플로터 및 안테나 등(Plotter, Antenna)	○



전자파내성시험시설 (EMS Measuring Equipments)		- 정전기방전내성시험기기 - 전자파방사내성시험기기(전자파무반사실, 전자파차폐실) - 전기적빠른과도현상내성시험기기 - 서지내성시험기기 - 전자파전도내성시험기기 - 전원주파수자계내성시험기기 - 전압강하/순시정전내성시험기기	○
전자파무반사실 (10 m SAC)		- 10 m Semi Anechoic chamber - Dual Antenna Master - 전자파방사장해시험시스템(30 MHz~18 GHz) - 대형기기 전자파방사내성시험시스템(26 MHz~18 GHz) - Auto Lift System, CCTV(Monitoring) System	○
복사성전력 측정실 (3 m FAC)		- 3 m Fully Anechoic Chamber - 복사성전력(EIRP) 측정시스템 - RSE(Radiated Spurious Emission) 측정시스템 - 전자파방사내성(RS) 시험시스템 - RF AMP, CCTV(Monitoring) 시스템	○
시험과 EMC담당		- 전자파차폐실 2기 - 전자파내성시험시스템 - 전자파전도장해(CE) 측정시스템	○

(2) 한국전자통신연구원

표 33. 한국전자통신연구원 연구 인프라 조사 현황

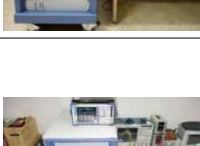
주요시설	장비명	활용도
한국전자통신 연구원 대전본원	 - 고속 Microwave Tomography 영상복원 소프트웨어 개발용 서버	○
	 - EMI Test Receiver	○
	 - Radio Communication Analyzer	○
	 - 아날로그 신호발생기	○



		- 전자 현미경(SEM system)	×
		- 네트워크 어널라이저(Network analyzer)	○
		- 스펙트럼 전자파 측정기	○

(3) 한국산업기술시험원

표 34. 한국산업기술시험원 연구 인프라 조사 현황

주요시설		장비명	활용도
한국산업기술 시험원 경기지역본부		- System-Multi Aircon Calorimeter (전자파 장애 측정용)	○
		- 무선인식 태그 시뮬레이션 톨 검증용 챔버 - 전자파 차폐실(Podular Panel Type) - 전자파 흡수체 : 측정 주파수 대역의 확보가 가능한 흡수체 사용, Receive wall (3 m × 3 m)에 부착됨	○
		- 버스트 신호발생기	○
		- EMI Test receiver - 노치필터 - 소프트웨어(RSE test and EMC test)	○
		- RF Power Meter - RF Power Sensor - Load resistor - Amplifier - Dual directional coupler - Software : system controller - 24U rack, control cable	○



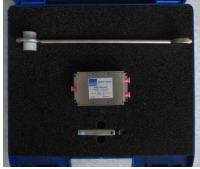
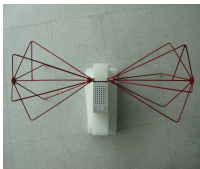
한국산업기술 시험원 진주본원		- 벡터스펙트럼아날라이저(EMI TEST RECEIVER)	○
한국산업기술 시험원 서울지역본부		- 전자파 잔향실 차폐효과 송신용 안테나	○
		- RF 전력 증폭기 및 트랜스미터	○
		- Magnetic Field Immunity / Hoping Test System	○
		- 향온향습 전자파 차폐실(Shield Room)	○

(4) 한국화학시험융합연구원

표 35. 한국화학시험융합연구원 연구 인프라 조사 현황

주요시설		장비명	활용도
한국화학융합 시험연구원		- 스펙트럼 분석기	○
		- 전자파 전력 증폭기	○
		- 전자파실 차폐효과 송·수신용 센서	○
		- 전자파실 차폐효과 송·수신용 센서	○



	- 전자파실 차폐효과 송·수신용 센서	○
	- 전자파실 차폐효과 송·수신용 안테나	○
	- 전자파실 차폐효과 송·수신용 안테나	○
	- 전자파실 차폐효과 송·수신용 안테나	○
	- EMP 차폐효과 측정장비 시스템	○
	- 전자파 차폐재료(소재) 측정시스템	○
	- SELDS 장비 (전자파 차폐효과 계측장비)	○
	- 네트워크 분석기	○
	- 전자파 신호발생기	○



		- EMP 챔버 - (차폐효과 시험 및 EMP 펄스주입시험가능)	○
		- EMP 차폐랙 (18 GHz : 100 dB)	○

라. 대학 및 부설 연구소 인프라 현황

(1) KAIST 건설 및 환경공학과 실험인프라

- KAIST에는 본 기획과제와 관련하여 건설 재료의 특성과 구조 특성을 분석할 수 있는 인프라 시설이 구축되어 있음
- 이 실험시설은 전자파 차폐용 구조재료의 강도 및 내구성 평가에 유효하게 활용 가능할 것으로 판단됨

표 36. KAIST 연구 인프라 조사 현황

주요시설		장비명	활용도
콘크리트 구조실험동		- 시편연마기 - 콘크리트 Creep 시험기 - 정적계측기 - 공기량측정기 - 항온&항습 챔버 - 동결융해시험기 - 슈미트햄머 - 데이터로거 - 콘크리트 믹서(HOBART) - 아폴러형 믹서기 - 콘크리트 팬믹서 - 굵은골재 비중측정장치 - 체가름시험기 - 만능재료시험기(300 ton) - 누설저항시험기	○

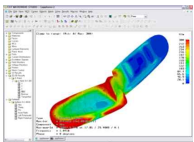


재료실험동		- LVDT - 데이터로거 - 가열형 진공 함침기 - 디지털 멀티미터 - 잔류염소 측정기 - 몰탈관입 시험기 - 굽은골재 체가름 시험기 - 골재 볼밀 분쇄기 - 버티칼믹서 - 고온가압로(Autoclave) - 인발시험기 - 그라우트팽창률시험기 - 소형분쇄기 - 골재건조기 - 초음파 처리장치 - 중성화속진시험기	○

(2) 서경대학교

- 서경대학교에서는 본 기획과제와 관련하여 신호발생기, 스펙트럼/네트워크 분석기, 각종 안테나 등 전자파 차폐효과를 측정할 수 있는 시스템과 전자파 차폐 수치해석 S/W를 보유하고 있음

표 37. 서경대학교 연구 인프라 조사 현황

주요시설	장비명	활용도
전자파 차폐 수치해석 S/W	 - CST-MWS - ANSYS-HFSS - EM Topology Tool (EMEC)	○
전자파 차폐효과 측정시스템	 - 신호발생기 - 스펙트럼분석기 - 네트워크 분석기 - 각종 안테나 - ASTM jig	○

(3) 성균관대학교

- 성균관대학교에는 본 기획과제와 관련하여 다양한 나노소재의 특성과 구조 특성을 분석할 수 있는 인프라 시설이 구축되어 있음
- 이 실험시설은 탄소나노소재 기반 이종접합물질의 분산성과 전기적 및 기계적 성질 연구에 유효하게 활용 가능할 것으로 판단됨



표 38. 성균관대학교 연구 인프라 조사 현황

주요시설		장비명	활용도
나노소재 합성실		- 상압 화학증기증착 장치 (AP-CVD) - 저압 화학증기증착 장치 (LP-CVD) - 플라즈마 화학증기증착 장치 (PE-CVD)	○
나노소재 분석실	  	- 전계방사형 주사형 전자현미경 (FE-SEM with EDX & Metal Coater) - 소각 X 레이 회절 측정 장치 (Small Angle X-Ray Diffractometer) - 저온 주사형 터널링 현미경 (LT STM) - 원자힘 현미경 (AFM) - 라만분광 측정 장치 (Raman Spectroscopy, 633 & 532 nm 파장) - 라만분광 측정 장치 (Raman Spectroscopy, 755 nm 파장) - 원자힘현미경 및 라만분광 동시 측정 장치 (AFM+Raman) - 자외선-가시광선 흡수 분광 장치 (UV-Vis Absorption Spectroscopy) - 장파장 자외선-가시광선 흡수 분광 장치 (UV-Vis Absorption Spectroscopy)	○
나노소재 공정실		- 플라즈마 에칭 장치 (ICP, RIE) - 접촉각 측정 장치 (Contact Angle Measurement) - 전자빔 증착 장치 (E-beam Evaporator) - 이온건 증착 장치 (Ion gun assisted evaporator)	○

(4) 한양대학교

- 한양대학교에는 본 기획과제와 관련하여 건설 재료의 물리적, 화학적 특성과 구조 특성을 분석할 수 있는 인프라 시설이 구성되어 있음

표 39. 한양대학교 연구 인프라 조사 현황

주요시설		장비명	활용도
재료실험실		- 시편연마기 - 공기량측정기 - 항온&항습 챔버 - CO2 챔버 - 염수분무기 - 콘크리트 트윈 믹서 - 콘크리트 투수 시험기 - 모르타르 믹서기	○



		- 콘크리트 공기량 측정기 - 길이 변화 시험기 - 체가름시험기 - 오토클레이브 양생기 - 절단기	
미세화학분석실		- 염화물량 측정기 - MIP - Fume Hood - PH meter - RCPT 시험기 - TG-DTA - 건조로 - 교반기 - 미소수화열량계 - 동탄성계수 측정기 - 휨크리프 측정기 - 길이변화 시험기 - 컴프레셔 미터 - CO2 교반기 - Potentio stat - 데시케이터 - 브룩필드 점도계 - 질산은 전위차 측정기 - 갈모어 침 시험기 - 바카트 침 시험기	○
구조실험동		- 동결융해시험기 - 항온&항습 챔버 - 데이터로거 - 슈미트햄머 - 만능재료시험기(200 ton) - 만능재료시험기(30 ton) - 만능재료시험기(5 ton) - LVDT	○

(5) 강원대학교 건설시스템공학과 연구인프라

- 강원대학교에서는 본 기획과제와 관련하여 건설재료의 기초물성평가를 비롯하여 구조적 역학적 특성을 분석할 수 있는 연구 인프라 시설이 구축되어 있음
- 또한 차폐용 콘크리트의 물리적 특성 및 내구성 평가가 가능한 연구 인프라를 구축하고 있음



표 40. 강원대학교 연구 인프라 조사 현황

주요시설	장비명	활용도
콘크리트 구조실험실    	- 낙하충격시험기 - 동적데이터로거(16채널) - 레이저 변위계 - LVDT - 횡거동 재하시험기 - 항온항습챔버	○
건설재료실험실 	- Industrial MegaScope(IMS) 미세구조분석기 - 만능재료시험기(200 ton) - LVDT - 정적 데이터로거(30채널) - 장기거동 크리프시험기 - 항온항습실(10×5×3 m) - 로드셀(100 ton) - Compressor Meter - 동결융해시험기 - 연소이온 침투시험기 - 염소이온 확산계수 측정기 - 동탄성계수 측정기 - 슈미트해머 - 시편연마기 - 콘크리트 믹서(강제식, 100리터 및 300리터) - 콘크리트 믹서(상하교반식, 200리터) - 모르타르 믹서(50리터) - 체가름시험기	○



		- 골재마모시험기 - 골재비중시험기 - 비표면적/분말도 측정기 - 단위수량 측정기 - 철근 및 FRP 바 부착인발시험기 - 항온수조 - 콘크리트 코어채취기(HILTI DD200) - 공기량 측정기	
극한환경노출 실험실		- 극고온노출시험기(최대 600℃) - 극저온노출시험기(-40℃~80℃) - 중성화촉진시험기(최대 100,000 ppm) - 압축강도 측정 시험기(100 ton)	○
공동실험실습관		- 고분해편광현미경 - 공초점레이저현미경 - 전계방사형주사전자현미경 - 고분해능 엑스선회절분석기 - 고해상엑스선허광분석기 - 엑스선허광분석기 - 원자흡광분광광도계 - 유도결합플라즈마 원자방출분광기 - 유도결합플라즈마 질량분석기 - 고성능액체크로마토그래피 - 시차열중량 질량분석기 - 원소분석기 - 동적열기계분석기 - 동적재료시험기 - 시차열중량/열량분석기 - 전기로 및 열처리	○

(6) 충남대학교 건축공학과 실험 인프라

- 충남대학교에는 본 기획과제와 관련하여 건설재료의 특성을 평가하고, 분석할 수 있는 인프라 시설과 100, 200, 300 mm의 두께의 실험 물드를 사용한 실제 벽체 두께의 전자파 차폐 성능을 측정할 수 있는 인프라 시설이 구성되어 있음
- 이 실험시설은 전자파 차폐용 구조재료의 역학특성, 내충격 성능에 대해서 활용도가 높을 것으로 판단됨



표 41. 충남대학교 연구 인프라 조사 현황

주요시설		장비명	활용도
재료실험동		- 공기량측정기 - 만능재료시험기(200 ton) - 만능재료시험기(300 ton) - 250 kN 휨인장시험기 - 휨강도 시험용 지그 - 직접인장 시험용 지그 - 고속 비상체의 충돌에 의한 내충격 성능 시험장치 - 콘크리트 정적·동적 재료특성 평가용 복합 시험장치 (500 ton) - 300 ton급 충격재하시험기 - 재하·가열 시험장치 - 데이터로거 - LVDT - 가열 실험로 - 항온&항습 챔버 - 동결융해시험기 - 슈미트햄머 - 체가름시험기 - 중성화속진시험기 - 콘크리트 믹서 - 인발시험기	○
			
			
안테나 연구실	 	- Vector Network Analyzer (Advantest R3767CG) - Vector Network Analyzer (Anritus 37369D lighting) - Handheld Spectrum Analyzer - Spectrum Analyzer - waveguide 전자파 차폐 측정 - Standard Horn Antenna set - Double ridge 광대역 혼 안테나 - Vector signal generator 4438C ESG - Analog signal generator (8257D PSG) - Anechoic chamber	○

(7) 가천대학교

- 가천대학교는 콘크리트 구조물의 구조적인 성능 평가뿐만 아니라 구성 재료의 물성을 정량적으로 분석할 수 있는 인프라 시설이 구축되어 있음
- 기 구축되어 있는 실험시설을 활용하면, EMP관련 구성 재료의 특성 뿐만 아니라, 구조적인 평가도 동시에 가능할 것으로 판단됨



표 42. 가천대학교 연구 인프라 조사 현황

주요시설	장비명	활용도
콘크리트 구조실험실		- 부재용 정적강도 시험 시험기 : KS-B200 200 ton - 시편용 만능 재료시험기 : KS-U200 200 ton - 정적변형률 측정기(data logger) - 대형 콘크리트 믹서 : 2 m³ - 콘크리트 팬믹서 : 60 liter - HOBART 모르타르 믹서기 - LVDT - 시편연마기 - 공기량측정기 - 동결융해시험기 - 슈미트해머 - 굵은골재 비중측정장치 - 체가름시험기
콘크리트 재료실험실		- 시료 분쇄기 - 자기수축 측정기 - 화학수축 측정기 - 건조기 - 탄산화 챔버 - 적외선 온도계 - 항온수조(water bath) - 염소이온 확산계수 시험기 - 비카침 시험기 - 정밀 저울 - 수조 - 수조용 히터 - 체가름 시험기 - 시멘트 믹서기 - 초음파 처리장치





제3장 기술수요 및 수준 · 예측조사

1절 기술수요조사

1. 기술수요조사

가. 개요

(1) 기술수요조사의 목적

- 동 기술수요조사는 EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 확보를 위해 기술개발이 필요한 기술아이템 도출을 목적으로 함
 - 산·학·연 전문가를 대상으로 세계적 수준의 EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 확보를 위해 기술개발이 필요한 기술아이템에 대한 기술수요를 조사함
 - 기술수요조사는 기술개발 우선순위를 파악하고 기술개발 과제간의 효율적인 자원배분 방안을 마련하기 위한 사전 조사에 해당됨
 - EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술의 분류체계를 제시하고 수요조사를 실시하였으며, 기술 분류체계 상 연구개발 아이템이 많이 제안된 기술 분야는 기술개발 니즈가 높은 기술 분야로 볼 수 있음
 - 연구개발 아이템이 제안되지 않은 기술 분야는 기술개발 니즈가 없는 기술 분야로 볼 수 있음

(2) 기술수요조사의 절차

- 기술수요조사는 기술수요조사 설계, 기술수요조사 수행, 기술수요조사 결과분석, 기술수요조사 결과 활용 순으로 추진함
 - 기술수요조사 설계단계에서는 기술수요조사서 항목을 결정하고 기술수요조사 대상자를 설정함
 - 기술수요조사 수행단계에서는 기술수요조사 대상자에게 조사서를 발송하고 회신함
 - 기술수요조사 결과분석단계에선 기술 분류체계와 회신된 기술아이템을 매칭하고, 응답현황 및 기술 분류체계별 기술수요를 분석함
 - 기술수요조사 결과활용단계에서는 회신 조사서 내용으로 동향 및 환경분석 내용을 보완하고, 기술아이템은 중점분야별 후보과제 구성에 활용함



조사 절차



그림 87. 기술수요조사 프로세스

(3) 기술수요조사 발송 및 응답개요

○ 기술수요조사는 내부 기획연구진 및 외부전문가를 대상으로 E-mail을 통해 조사함

표 43. 기술수요조사 발송 및 응답개요

구분	내용
조사기간	2017년 3월 2일 ~ 3월 30일(4주간)
조사대상	내부 기획연구진, 외부 건설기술 및 전자파 분야 기획/자문위원
조사방법	E-mail을 통한 설문조사

나. 기술수요조사 분석결과

- 동 기술수요조사에는 산, 학, 연 전문가 56명이 참여함
 - 산업계 17명, 학계 16명, 연구소 전문가 16, 공공기관 전문가 7, 총 56명 참여
 - 이들은 각각 1~3건의 기술수요조사를 작성, 총 153건의 기술아이템 제안함
 - 기획 연구진에서는 회신된 기술수요조사 중에서 본 기획과제와 일부 기술아이템 중에서 본 기획과제와 관련성이 매우 낮은 내용은 삭제
 - 최종 115건의 기술아이템을 정리하였음



- 정리된 총 기술아이템 115건 중에서 4개 기술 분야별로 구분할 경우 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술 분야에서 가장 많은 45건의 기술아이템을 제안 받음
- 기술 분야별로 기술아이템은 각각 전자파차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 28건, 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술 17건, 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술 25건, 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술 45건을 제안 받음

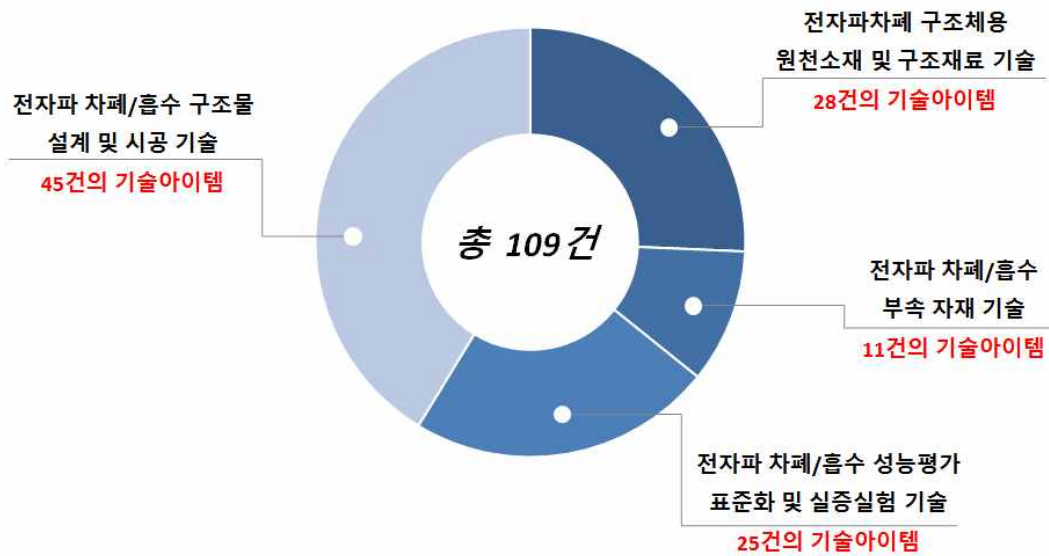


그림 88. 기술 분야별 기술수요조사 회신결과

표 44. 기술 분야별 기술아이템

대분류	중분류	소분류	기술 개발 아이템
1. 전자파차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술	1.1 전자파 차폐용 첨단 나노탄소소재 기술	1.1.1 저비용 고전도성 나노탄소 원천소재 기술	저순도 천연흑연을 이용한 저비용 산화/환원 그래핀 소재 개발
			고순도 친환경 산화 그래핀 제조기술 개발
			차폐용 박판 metal carbides 소재 개발
			시멘트 혼합용 그래핀 플레이크 제조 기술 개발
		1.1.2 나노탄소소재 분산 및 차폐 성능 향상 기술	그래핀의 친수성 처리 공정 기술 개발
			고농도 그래핀 분산액 및 분산체 소재 개발
	1.2	1.2.1	기능화 그래핀을 이용한 복합화 특성 향상기술 개발
			강자성 기능기를 도입한 산화 그래핀 전자파 차폐 성능 향상 기술 개발
			그래핀을 혼입한 시멘트 복합재료 개발



대분류	중분류	소분류	기술 개발 아이템
	전자파 차폐용 시멘트 복합재료 기술	전기전도성 나노탄소소재 결합 시멘트 복합재료 기술	전기전도성 Grid 보강 시멘트 복합 구조체 개발
			그래핀 기반 시멘트 도막재료 개발
			metal carbides를 혼입한 시멘트 복합재료 개발
		1.2.2 전기전도성 섬유보강 시멘트 복합재료 기술 (내충격 및 방폭성능 강화형)	Thin Straight 강섬유 보강 시멘트 복합재료 개발
			Hooked 강섬유 보강 시멘트 슬러리 복합재료 개발
			비정질 강섬유 보강 시멘트 복합재료 개발
			강재 스크랩 보강 시멘트 슬러리 복합재료 개발
			강재 mesh를 이용한 전자파 차폐 시멘트 복합재료 개발
		1.2.3 전기전도성 플라스터 복합재료 기술	전기전도성 충전 재료 구성 및 혼입기술 개발
			전기전도성 플라스터 복합재료 개발
			강섬유 혼입 시멘트 복합재료의 전기전도성 향상 기술개발
	1.3 전자파 차폐용 콘크리트 재료 기술	1.3.1 전기전도성 콘크리트 재료 기술	전기전도성 콘크리트용 혼화재 기술 개발
			전자파 차폐 콘크리트 구성 및 제조 기술 개발
		1.3.2 콘크리트 표면 전자파 차폐 기술	전자파 차폐 용사 소재 및 용사 코팅 콘크리트 개발
			콘크리트 표면 전자파 차폐 도막 기술 개발
		1.3.3 전자파 차폐 콘크리트 철근 배치 및 Hybrid Shielding 기술	전자파 차폐 보강철근 배근 상세 기술 개발
			보강철근 접지 기술 개발
2. 전자파 차폐/흡수 건축 자재 및 부속자재 기술	2.1 전자파 차폐 도어 및 창호 기술	2.1.1 전자파 차폐 도어 자재 기술	평면 차폐 도어 및 기밀장치 개발
			인터로킹(회전문) 도어 및 기밀장치 개발
		2.1.2 전자파 차폐 Rack 자재 기술	냉각성능 개선된 EMP 방호용 차폐 Rack 기술
			기밀 차폐용 도어 Rack 장치 개발
	2.2 전자파 차폐/흡수 필터 및 개스킷 자재 기술	2.1.3 전자파 차폐 유리창 자재 기술	전자파 차폐 유리 자재 개발
			전자파 차폐 창호를 시스템 자재 개발
		2.2.1 전자파 차폐 개스킷 기술	EMP 방호용 코일 개스킷 자재 개발
			테이프형 개스킷 자재 개발
			공압 방식 도어용 개스킷 적용 기술
		2.2.2 전자파 차폐 필터 자재 기술	전원용 HEMP 필터 장치 개량 기술 개발
			신호용 HEMP 필터 장치 개량 기술 개발



대분류	중분류	소분류	기술 개발 아이템
3. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술	2.3 전자파 차폐/흡수 건축 내외장재 기술	2.3.1 전자파 차폐 패널 자재 기술	아노다이징 기술 활용 복합 금속패널 개발
			전자파 차폐 가능한 단열재 및 모듈 개발
			전자파 차폐 경량 칸막이 벽 개발
		2.3.2 전자파 차폐 기타 건축자재 기술	곡면부용 전자파 환경 제어 시트 개발
			화학결합형 전자파 차폐 세라믹 도료 개발
			전자파 차폐 복합 건축 내장재 개발
	3.1 건설재료 및 부속자재 단위 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술	3.1.1 건설재료 차폐 성능 시험 및 평가 기술	시멘트 복합재료 전자파 차폐 성능 시험장치 및 시험평가 기술 개발
			콘크리트 전자파 차폐 성능 시험장치 및 시험평가 기술 개발
		3.1.2 부속자재 차폐 성능 시험 및 평가 기술	개스킷 자재 차폐 성능 시험 및 평가 기술 개발
			필터 장치 차폐 성능 시험 및 평가 기술 개발
			유리창 및 창호시스템 차폐 성능 시험 및 평가 기술 개발
			도어 및 Rack 차폐 성능 시험 및 평가 기술 개발
		3.2.1 콘크리트/시멘트 복합재료 구조부재 EMP 차폐성능 시험 및 평가 기술	구조부재 EMP 차폐 성능 시험장치 개발
			구조부재 EMP 차폐 성능 시험법 및 시험절차 개발
			구조부재 EMP 차폐 성능 해석 기술 개발
	3.2 자재 및 부재 단위 EMP 차폐 성능 시험 및 평가 기술	3.2.2 콘크리트/시멘트 복합재료 구조부재 전자파 차폐 연결 성능 시험 및 평가 기술	철근의 전기적 연결 성능 평가 기술 개발
			구조부재 연결부 EMP 차폐 성능 시험법 및 시험절차 개발
		3.2.3 콘크리트/시멘트 구조부재와 부속자재 연결부 차폐 성능 시험 및 평가 기술	구조부재 연결부 EMP 차폐 성능 해석 기술 개발
			구조부재와 부속자재 차폐 성능 시험 연결 UNIT 개발
			구조부재와 부속자재 차폐 성능 시험법 및 시험절차 개발
			구조부재와 부속자재 연결 차폐 성능 해석 기술 개발
	3.3 전자파 차폐 구조물 실증실험	3.3.1 전자파 차폐 실증실험시설 구성 기술	전자파 차폐 실증실험시설 기본 설계
			전자파 차폐 및 물리적 방폭 실증실험 경용 시설 기본 설계
			Mock-Up 구조물 구성요소 설계 및 제작 요령(안) 개발
		3.3.2 전자파 차폐 실증실험용 Mock-Up 제작 및 실증실험 표준화 기술	Mock-Up 구조물 전자파 차폐 실증실험 절차 개발
			전자파 차폐 Mock-Up 구조물 제작 기술 개발
			Mock-Up 구조물 전자파 차폐 평가 요령(안) 개발
	3.4	3.4.1	콘크리트용 혼입 자재 전자파 차폐



대분류	중분류	소분류	기술 개발 아이템
4. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술	전자파 차폐/흡수 건설자재 인증시스템 구축	콘크리트 및 시멘트 복합재료 전자파 차폐/흡수 인증시스템 구축	인증시스템 구축 콘크리트 자재 전자파 인증시스템 구축
		3.4.2 전자파 차폐 부속자재 인증시스템 구축	도어 및 창호 자재 전자파 차폐 인증시스템 구축
			필터 및 개스킷 전자파 차폐 인증시스템 구축
	4.1 전자파 특성 해석 기술	4.1.1 건설재료의 전자파 차폐/흡수 특성 해석 기술	철근콘크리트 구조체의 전자파 차폐 특성 분석 및 해석
			나노탄소소재 혼입 시멘트 복합재료의 전자파 차폐 특성 분석 및 해석
			강성유보강 시멘트 복합재료의 전자파 차폐 특성 분석 및 해석
			건축 내외장재의 전자파 차폐 특성 분석 및 해석
			선택적 주파수 제어방식(FSS) 고려 전자파 차폐 해석
	4.1.2 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 적용 구조물의 전자파 투과 해석 및 설계 기술	다중 다층구조 재료 적용 구조부재의 전자파 투과 특성 해석	
		개구부(창, 공조구, 파이프 도관 등)의 전자파 투과 특성 해석	
		건물 구조 형태별 전자파 침투 및 분포 특성 해석	
	4.2 전자파 방호를 위한 기능 안전 설계 기술	4.2.1 EMC를 위한 기능 안전 설계 기술	건물 내·외부에서의 전자파 환경(전도성 및 방사성) 조사 및 분석
			건물에서의 등전위 접지 및 과도전류 대책 기술
			Good EMC Engineering Practices 지침 개발
		4.2.2 시스템-레벨 EMC/EMP 설계 기술	전기설비를 통한 EMC/EMP 방호능력 분석
			EMT 기법을 활용한 시스템-레벨 EMC/EMP 취약성 분석
최적 EMC/EMP 방호를 위한 zoning 및 배치(전기장치, 케이블 등) 설계 기술			
효과적인 EMC/EMP 방호 매뉴얼 개발			
4.3 전자파 차폐 구조물 설계 및 시공 기술	4.3.1 철근콘크리트 구조체 전자파 차폐 설계 및 시공 기술	전자파 차폐 구체용 콘크리트 구조역학 설계 기술	
		전자파 차폐를 감안한 보강철근 상세 설계 기술 개발	
		전자파 차폐 보강성유 및 구체 전도성 연결 설계 및 시공 기술 개발	
		선택적 주파수대역별 차폐성능 구조체의 설계 및 시공 기술 개발	
	4.3.2 시멘트 복합재료 구조체 전자파 차폐 설계 및 시공 기술	전자파 차폐 구체용 시멘트 복합재료 구조역학 설계 기술	
		전자파 차폐를 감안한 차폐소재 전도성	



대분류	중분류	소분류	기술 개발 아이템
			연결 설계 및 시공 기술
			전자파 차폐 시멘트 복합재료 층과 비차폐 콘크리트 층 의 연결 설계 및 시공 기술 개발
		4.3.3 개구부 (PoE) 전자파 차폐 설계 기술	Supplies 관통부와 콘크리트 구체 연결부 차폐 설계 기술
			Supplies 관통부 전원 및 신호 필터 설계 기술
		4.3.4 도어 및 창호 전자파 차폐 설계 기술	도어부 전자파 차폐 설계 기술
			유리창 및 창틀 차폐 설계 기술
		4.3.5 기존 철근콘크리트 구조물의 전자파 차폐 보강 설계 및 시공 기술	기존 구조물 전자파 차폐 대상 선정 및 등급화 기술
			기존 구조물 전자파 차폐 적용 기술 선정 및 설계 및 시공 기술 개발
			기존 구조물 개구부(PoE) 전자파 차폐 보강 설계 및 시공 기술 개발
			기존 구조물 도어 및 방호 전자파 차폐 설계 및 시공 기술 개발
	4.4 제어 계통 전자파 차폐 설계 및 시공 기술	4.4.1 철도, 항공 및 항만 선로/전력/궤도화로 체계의 전자파 차폐 설계 및 시공 기술	철도 제어 계통 전자파 차폐 등급 체계 개발
			궤도화로 및 신호설비의 전자파 노출 환경 분석 기술
			철도 제어 계통 전자파 차폐 설계 및 시공 기술 개발
		4.4.2 원전 제어 및 통제 센터 전자파 차폐 설계 및 시공 기술	발전 제어 계통 전자파 차폐 등급 체계 개발
			발전 회로 및 신호설비의 전자파 노출 환경 분석 기술
			발전 제어실 전자파 차폐 설계 및 시공 기술 개발
		4.4.3 방송 및 이동통신 관제/DB 센터 전자파 차폐 설계 및 시공 기술	방송 제어 계통 전자파 차폐 등급 체계 개발
			방송 회로 및 신호설비의 전자파 노출 환경 분석 기술
			방송 및 이동통신 DB room 전자파 차폐 설계 및 시공 기술 개발
	4.5 EMP 방호 등급 체계 기술	4.5.1 EMP 방호 대상 시설물 등급 체계 개발	공공 건축물 및 SOC 시설물 EMP 방호 등급 체계 기술 개발
			산업시설물 EMP 방호 등급 체계 기술 개발
			군사 방호시설물 EMP 방호 등급 체계 기술 개발
		4.5.2 EMP 공격 및 방호 시나리오 개발	HEMP 공격 대비 방호 시나리오 개발
			EMI 공격 대비 방호 시나리오 개발
			운반체 EMP Generator 공격 대비 방호 시나리오 개발



2절 기술수준 및 예측조사

1. 개요

(1) 기술수준/예측조사의 목적

- ‘EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 개발 기획’ 연구의 기술수준/예측조사는 관련 기술의 실현시기, 기술수준 등 기술혁신 동향을 정량적으로 평가하여 과제우선순위평가를 위한 기초자료로 활용하는 것을 목적으로 함
 - 산·학·연 전문가를 대상으로 EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술의 실현시기, 기술수준, TRL단계, 중요도 등을 조사함
 - 연구개발 사업 계획과 전략 수립에 활용하기 위해 적합한 자료와 다양한 예측방법을 사용하여 미래의 기술변화 파악에 필요한 정보를 수집함
 - 현재 기술의 수준을 살펴봄으로써 기술변화를 예측하고, 이를 기반으로 기술개발의 방향을 설정함

(2) 기술수준/예측조사의 절차

- 기술수준/예측조사는 기술수준/예측조사 설계, 기술수준/예측조사 수행, 기술수준/예측조사 결과분석, 기술수준/예측조사 결과 활용 순으로 추진함
 - 기술수준/예측조사 설계단계에서는 기술수준/예측조사서 항목을 결정하고 기술수준/예측조사 대상자를 설정함
 - 조사항목은 기술수준/예측조사를 수행한 선행연구의 기술수준/예측조사 항목을 검토하여 기술개발 추진방향 설정에 시사점을 줄 수 있는 항목으로 구성함
 - 세부 기술 분야별 최고기술보유국과 국내의 기술적/사회경제적 기술실현시기, 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준, 기술격차, 격차년도, TRL, 인프라 성숙도, 기술적 중요도, 기술획득방식, 정부우선시행방안 등을 조사항목으로 설정함
 - 기술수준/예측조사 수행단계에서는 기술수준/예측조사 대상자에게 조사서를 발송하고 회신하며, 2 Round에 걸친 Mini-델파이 방법을 활용함
 - 2 Round 조사에서는 응답자별로 본인의 1 Round 응답결과와 전체 조사대상자 응답 통계자료를 함께 제공하고 통계자료를 확인 후 1 Round 응답결과를 수정할 수 있도록 하여 조사항목별로 전문가의 합의를 유도함
 - 기술수준/예측조사 결과분석단계에선 기술 분류체계별 조사 결과에 대한 통계분석과 기술수준-중요도, 기술격차-격차추세, 기술기반 성숙도-중요도의 포트폴리오 분석을 수행함



- 기술수준/예측조사 결과활용단계에서는 분석결과를 기반으로 세부과제기획 또는 RFP 작성 시 연구개발추진전략 설정에 활용하고 사전타당성(기술수준 및 성공가능성, 사업추진의 시급성, 기술개발 계획의 적절성) 작성 시 근거자료로 활용함

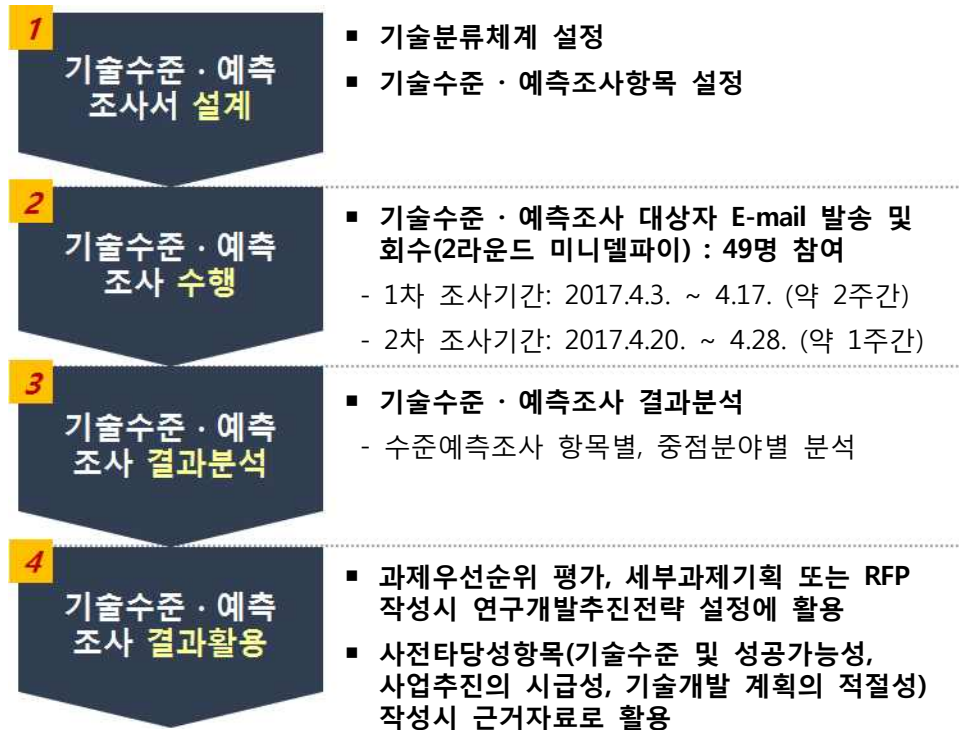


그림 89. 기술수준/예측조사 프로세스

(3) 기술수준/예측조사 발송 및 응답개요

- 기술수준/예측조사는 내부 기획연구진 및 외부전문가들을 대상으로 E-mail을 발송하여 조사함

표 45. 기술수준/예측조사 발송 및 응답개요

구분	내용
조사기간	- 1차 조사기간 : 2017년 4월 3일 ~ 4월 17일 (2주간) - 2차 조사기간 : 2016년 4월 20일 ~ 4월 28일 (1주간)
조사대상	- 내부 기획연구진, 외부 건설기술 전문가 및 차폐분야 전문가
조사방법	- E-mail을 통한 설문조사



(4) 기술수준/예측조사 항목 설정

(가) 기술 실현시기

- ‘기술적 실현시기’는 해당기술의 기술적인 문제가 해결되어 기술이 적용된 최초의 시작품 등이 실험실 수준에서 완료되는 예상시점(Single Point Time)임
- ‘사회경제적 실현시기’는 해당기술의 경제성이 확보되어 기술을 적용한 제품 등이 상업화되거나 해당기술이 사회적으로 널리 활용되는 예상시점(Single Point Time)임

(나) 국내 기술수준 및 기술격차

- ‘국내 기술수준’은 `17년 현재 시점에서 해당기술의 최고기술보유국 대비 국내 기술수준임
 - 기술수준의 평가 기준은 다음과 같음

표 46. 기술수준 평가 기준

기술수준	설명
100%	- 독보적 세계최고
81% ~ 99%	- 기술 분야를 선도
61% ~ 80%	- 선진기술의 모방개량이 가능
41% ~ 60%	- 선진기술의 도입적용이 가능
1% ~ 40%	- 연구개발능력이 취약
0%	- 우리나라에서 관련 연구가 전혀 진행되고 있지 않음

- ‘기술격차’는 국내 기술수준이 세계최고 기술에 도달하기까지 소요되는 시간 (단위:년)임
- ‘기술격차추세’는 세계최고 기술과 국내 기술수준 격차가 어떻게 변화하고 있는지를 나타내는 지표로 5점 척도로 평가함
 - 기술격차추세의 평가 기준은 다음과 같음



표 47. 기술격차추세 평가 기준

구분	설명
5	- 최고기술과 기술격차가 “빠르게 확대 중”
4	- 최고기술과 기술격차가 “확대 중”
3	- 최고기술과 기술격차가 “유지되고 있음”
2	- 최고기술과 기술격차가 “축소 중”
1	- 최고기술과 기술격차가 “빠르게 축소 중”

(다) 기술성숙도(TRL)

- ‘기술성숙도(TRL)’는 해당기술의 국내외 기술성숙도를 나타내는 지표임
- 기술성숙도(TRL)의 평가 기준은 다음과 같음

표 48. 기술성숙도(TRL) 평가 기준

기술성숙도 단계	설명
1단계	- 기초이론/실험 등 기초연구가 시작되고 응용연구로 전환되기 시작하는 단계
2단계	- 실용목적의 아이디어, 특허 등 개념이 정립되는 단계
3단계	- 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되는 단계
4단계	- 실험실 규모의 핵심성능평가가 수행되는 단계
5단계	- 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계
6단계	- 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계
7단계	- 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이뤄지는 단계
8단계	- 시제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되는 단계
9단계	- 사업화가 완료된 단계

(라) 최고기술 보유국

- ‘최고기술 보유국’은 `16년 현재 시점에서 해당기술의 최고기술을 보유한 국가임

(마) 기술기반 성숙도

- ‘기술기반 성숙도’는 `16년 현재 시점에서 해당 기술과 관련된 국내 산업/기술 연구인력, 장비 등 인프라 수준을 나타내는 지표로 5점 척도로 제시함



- 기술기반 성숙도의 평가 기준은 다음과 같음

표 49. 기술기반 성숙도 평가 기준

구분	설명
5	- 세계선도 연구인력 및 장비 등 확보
4	- 최고기술보유국과 동등한 수준
3	- 최고기술보유국보다 낮지만 자체연구개발 수행가능 인력 장비 확보
2	- 국내 관련 연구인력, 장비가 매우적어 해외협력연구가 필요한 수준
1	- 국내 관련 연구인력, 장비 인프라 전무

(바) 기술적 중요도

- ‘기술 핵심성’은 해당기술이 ‘EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술’ 내에서 차지하는 상대적인 중요도를 나타내는 지표로 5점 척도로 제시함
- 기술 핵심성의 평가 기준은 다음과 같음

표 50. 기술 핵심성 평가 기준

구분	설명
5	- 해당기술이 ‘EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술’내에서 차지하는 상대적인 중요도가 매우 높음
4	- 해당기술이 ‘EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술’내에서 차지하는 상대적인 중요도가 높음
3	- 해당기술이 ‘EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술’내에서 차지하는 상대적인 중요도가 보통임
2	- 해당기술이 ‘EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술’내에서 차지하는 상대적인 중요도가 낮음
1	- 해당기술이 ‘EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술’내에서 차지하는 상대적인 중요도가 매우 낮음

- ‘시급성’은 해당 기술이 적정 수준을 구현해야 하는 시기를 고려하여 기술개발이 시급한 정도를 나타내는 지표로 5점 척도로 제시함
- 시급성의 평가 기준은 다음과 같음



표 51. 시급성 평가 기준

구분	설명
5	- 걱정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 매우 시급함
4	- 걱정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 시급함
3	- 걱정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 시급한 정도가 보통임
2	- 걱정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 시급하지 않음
1	- 걱정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 전혀 시급하지 않음

- ‘과학기술적 파급효과’는 해당 기술이 타 요소기술 개발에 미치는 영향력을 나타내는 지표로 5점 척도로 제시함
- 과학기술적 파급효과의 평가 기준은 다음과 같음

표 52. 과학기술적 파급효과 평가 기준

구분	설명
5	- 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 매우 높음
4	- 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 높음
3	- 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 보통임
2	- 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 낮음
1	- 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 매우 낮음

(사) 기술획득방식

- ‘기술획득방식’은 해당 기술의 기술개발을 위해 적합한 연구 주체를 나타냄
- 기술획득방식은 아래 4개 항목 중 하나를 선택하여 조사함

표 53. 기술획득방식 조사 항목

구분	설명
자체 개발	민간 - 기술이 사업에 직접 적용될 수 있거나 민간의 역량이 우수하여 민간이 주도하는 것이 바람직함
	정부 - 기술의 공공성이 강하거나 민간의 역량이 부족하고 기초 단계 연구개발이 필요하여 정부출연연구소 또는 기관을 중심으로 정부가 주도하는 것이 바람직함
	공동 - 정부와 민간이 매칭펀드 또는 역할분담을 통하여 공동으로 개발을 추진하는 것이 바람직함
기술도입 및 국제공동연구	- 국내 개발 역량이 미흡하거나 해외 우수 기술의 도입을 통하여 비용을 크게 절감할 수 있어 독자적 개발보다는 국제공동개발 또는 해외 기술을 도입하는 것이 바람직함



(아) 정부우선 시행방안

- ‘정부우선 시행방안’은 해당 기술의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 정책을 의미함
 - 정부우선 시행방안은 아래 5개 항목의 중요도 비중을 조사함

표 54. 정부우선 시행방안 조사 항목

구분	설명
인력양성	- 해당기술에 인력이 절실히 부족하여 인력양성을 위한 정책적 지원 필요
협력교류 활성화	- 기술의 성격상 다학제적 연구 또는 산학연 및 국제공동연구가 필요하며 협력교류 활성화를 위한 정책적 지원 필요
인프라구축	- 기술 개발을 위해 설비투자 등의 인프라구축이 필요
연구비확대	- 기술 개발을 위해 연구개발비 확대 및 신규 투자가 필요
제도개선	- 규제 완화/정책 수립/법규 제정/표준화 지원 등 연구개발을 촉진하기 위한 제도의 수립 또는 개선이 필요



가. 기술수준/예측조사 결과

(1) 전자파차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술

구분		1. 전자파차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술		
		1.1 전자파 차폐용 첨단 나노탄소소재 기술	1.2 전자파 차폐용 시멘트 복합재료 기술	1.3 전자파 차폐용 콘크리트 재료 기술
국내기술수준(%)		65.00	65.36	55.00
기술격차(년)		2.89	3.07	5.43
기술적중요도(5점척도)		4.22	3.71	4.57
시급성(5점척도)		4.11	3.79	4.71
파급효과(5점척도)		4.56	4.07	4.71
기술적 실현시기 (년)	최고기술국	`20	`21	`20
	국내	`22	`22	`22
사회경제적 보급시기 (년)	최고기술국	`21	`23	`21
	국내	`23	`25	`24
기술획득 방식 (%)	민간	18.2%	5.6%	27.3%
	정부	27.3%	27.8%	0.0%
	정부/민간 공동	54.5%	55.6%	63.6%
	기술도입 및 국제공동연구	0.0%	11.1%	9.1%
정부우선 시행방안 (%)	인력양성	18.2%	18.3%	17.1%
	협력교류 활성화	11.8%	16.9%	17.1%
	인프라구축	23.6%	19.2%	16.6%
	연구비 확대	34.5%	33.1%	36.2%
	제도개선	11.8%	12.5%	13.0%



(2) 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술

구분		2. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술	
		2.1 전자파 차폐 도어 및 창호 기술	2.2 전자파 차폐/흡수 필터 및 개스킷 자재 기술
기술수준(%)		75.25	76.64
기술격차(년)		2.30	3.43
기술적중요도(5점척도)		4.10	3.86
시급성(5점척도)		3.65	3.57
파급효과(5점척도)		3.75	3.57
기술적 실현시기 (년)	최고기술국	`18	`17
	국내	`20	`18
사회경제적 보급시기 (년)	최고기술국	`19	`18
	국내	`21	`20
기술획득 방식 (%)	민간	47.6%	42.9%
	정부	9.5%	0.0%
	정부/민간 공동	38.1%	42.9%
	기술도입 및 국제공동연구	4.8%	14.3%
정부우선 시행방안 (%)	인력양성	14.8%	15.1%
	협력교류 활성화	12.6%	15.5%
	인프라구축	17.6%	14.8%
	연구비 확대	39.5%	39.1%
	제도개선	15.5%	15.5%



(3) 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술

구분		3. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술			
		3.1 건설재료 및 부속자재 단위 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술	3.2 자재 및 부재 단위 EMP 차폐 성능 시험 및 평가 기술	3.3 전자파 차폐 구조물 실증실험	3.4 전자파 차폐/흡수 건설자재 인증시스템 구축
기술수준(%)		80.00	74.23	70.56	75.71
기술격차(년)		4.12	4.54	5.22	5.43
기술적중요도(5점척도)		4.45	4.31	4.22	4.29
시급성(5점척도)		4.27	4.23	4.22	4.29
파급효과(5점척도)		4.36	4.38	4.11	4.14
기술적 실현시기 (년)	최고기술품	'18	'17	'18	'17
	국내	'20	'20	'21	'21
사회경제적 보급시기 (년)	최고기술품	'19	'19	'19	'20
	국내	'21	'22	'23	'23
기술획득 방식 (%)	민간	33.3%	8.3%	20.0%	0.0%
	정부	0.0%	0.0%	10.0%	11.1%
	정부/민간 공동	66.7%	75.0%	70.0%	88.9%
	기술도입 및 국제공동연구	0.0%	16.7%	0.0%	0.0%
정부우선 시행방안 (%)	인력양성	12.5%	11.3%	13.2%	11.3%
	협력교류 활성화	17.5%	22.1%	21.2%	21.3%
	인프라구축	15.0%	12.5%	15.2%	14.7%
	연구비 확대	39.0%	37.9%	35.2%	35.8%
	제도개선	16.0%	16.3%	15.2%	16.9%



(4) 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술

구분		4. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술				
		4.1 전자파 특성 해석 기술	4.2 전자파 방호를 위한 기능 안전 설계 기술	4.3 전자파 차폐 구조물 설계 및 시공 기술	4.4 제어 계통 전자파 차폐 설계 및 시공 기술	4.5 EMP 방호 등급 체계 기술
기술수준(%)		64.33	66.54	67.00	68.00	62.86
기술격차(년)		4.17	3.92	3.44	4.30	4.07
기술적중요도(5점척도)		4.17	4.23	3.75	3.95	4.14
시급성(5점척도)		4.00	4.31	3.96	4.15	4.07
파급효과(5점척도)		4.20	4.55	3.75	3.95	4.00
기술적 실현시기 (년)	최고기술품	`18	`19	`18	`18	`18
	국내	`22	`22	`22	`22	`21
사회경제적 보급시기 (년)	최고기술품	`20	`20	`21	`20	`20
	국내	`25	`24	`24	`24	`22
기술획득 방식 (%)	민간	30.0%	15.4%	34.5%	5.6%	0.0%
	정부	0.0%	30.8%	10.3%	27.8%	50.0%
	정부/민간 공동	70.0%	53.8%	48.3%	55.6%	50.0%
	기술도입 및 국제공동연구	0.0%	0.0%	6.9%	11.1%	0.0%
정부우선 시행방안 (%)	인력양성	13.0%	13.3%	12.3%	15.0%	14.2%
	협력교류 활성화	13.5%	12.5%	13.0%	13.6%	15.0%
	인프라구축	16.5%	17.5%	19.2%	28.9%	26.7%
	연구비 확대	44.0%	39.2%	42.1%	25.8%	25.8%
	제도개선	13.0%	17.5%	13.3%	16.7%	18.3%



나. 기술수준/예측분석 결과

(1) 국내·외 기술 실현시기

○ 전체 기술 관점에서 최고기술보유국은 국내보다 약 2~3년 앞서 기술이 실현될 것으로 보이며, 이후 약 3년 정도의 격차를 두고 사회경제적으로 실현될 것으로 예측됨

－ 최고기술국의 기술적 실현시기는 평균적으로 약 3년 이후에 도래할 것으로 예측되며 이는 국내보다 약 2년 앞서는 것임

• 향후 국내에서는 이를 고려하여 기술 개발 추진계획(기술로드맵) 수립이 필요함

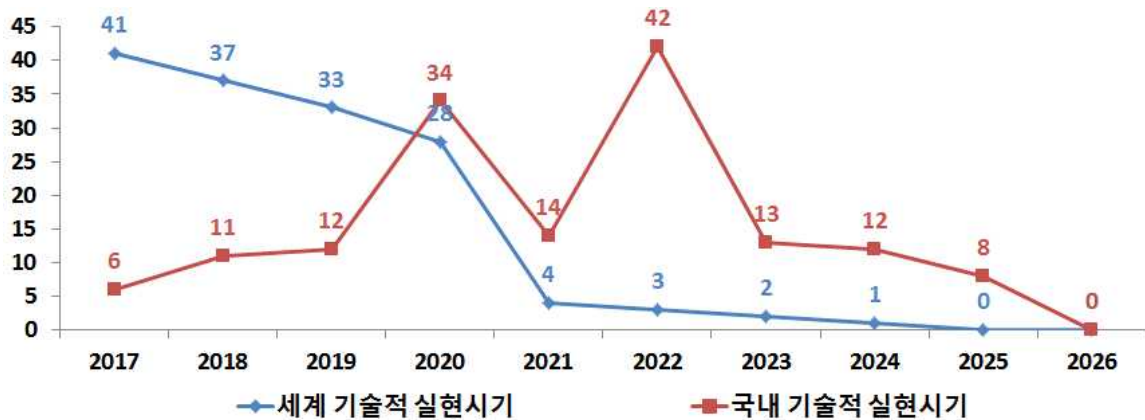


그림 90. EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술의 기술적 실현시기 예측 결과

－ 최고기술국의 사회경제적 실현시기는 '20년 전후, 국내는 '23년 전후로 예측되며 기술적 실현 이후 상용화까지는 국내·외 모두 약 2년 정도 소요되는 것으로 예측됨

• 상용화를 고려한 계획수립을 통해 국내·외 격차를 줄일 수 있을 것으로 판단됨

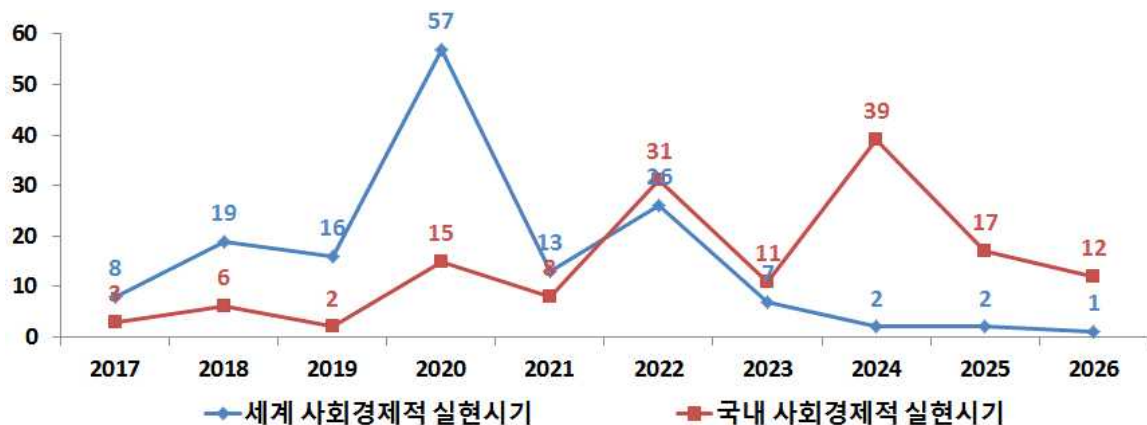


그림 91. EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술의 사회경제적 실현시기 예측 결과



(가) 전자파차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술

- 전자파차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 경우 최고기술보유국은 국내보다 약 2년 앞서 기술이 실현될 것으로 보이며, 이후 약 2년 정도의 격차를 두고 사회경제적으로 실현될 것으로 예측됨
- 최고기술국의 기술적 실현시기는 평균 '20년경으로서, 이는 국내보다 약 2년 앞서는 것임(국내 기술적 실현시기는 평균 '22년경)

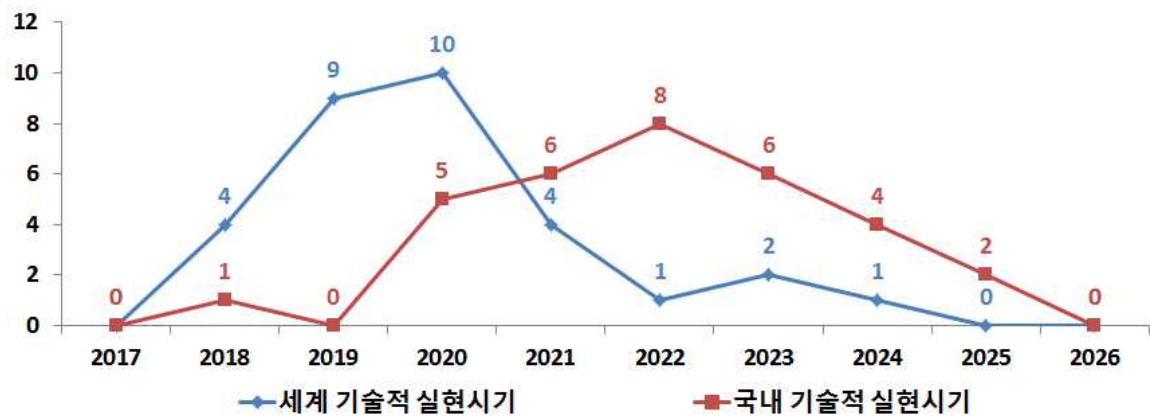


그림 92. 전자파차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 기술적 실현시기 예측 결과

- 최고기술국의 사회경제적 실현시기는 평균 '22년경으로서, 상용화까지 대략 2년이 소요될 것으로 예측되고, 국내의 경우 평균 '24년경으로서 상용화까지 약 2년 소요될 것으로 예측됨

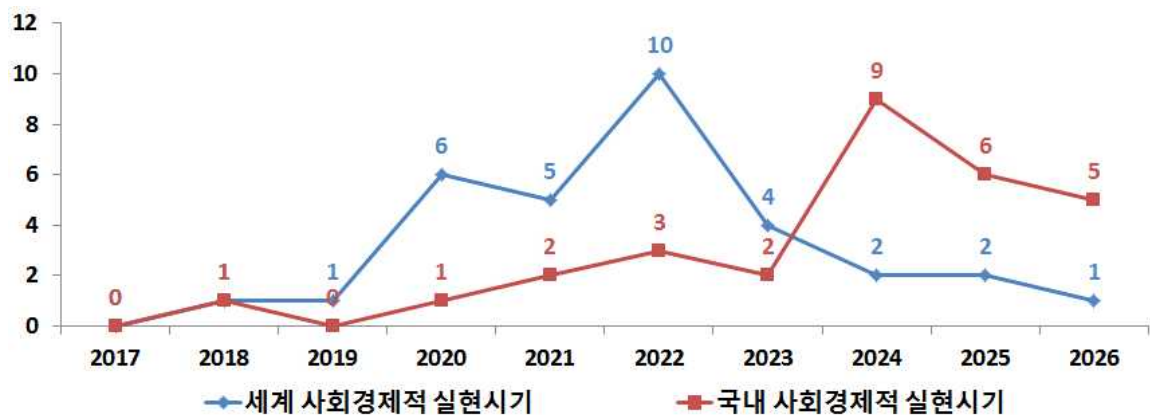


그림 93. 전자파차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 사회경제적 실현시기 예측 결과



표 55. 전자파차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 실현시기

기술 분류체계		기술적 실현시기(년)		사회경제적 실현시기(년)	
중분류	소분류	세계	국내	세계	국내
1.1 전자파 차폐용 첨단 나노탄소 소재 기술	1.1.1 저비용 고전도성 나노 탄소 원천소재 기술	'19	'22	'22	'24
	1.1.2 나노탄소소재 분산 및 차폐 성능 향상 기술	'20	'22	'21	'23
1.2 전자파 차폐용 시멘트 복합재료 기술	1.2.1 전기전도성 나노탄소소재 결합 시멘트 복합재료 기술	'21	'23	'23	'25
	1.2.2 전기전도성 섬유보강 시멘트 복합재료 기술 (내충격 및 방폭성능 강화형)	'20	'22	'22	'25
	1.2.3 전기전도성 플라스터 복합재료 기술	'19	'22	'21	'26
1.3 전자파 차폐용 콘크리트 재료 기술	1.3.1 전기전도성 콘크리트 재료 기술	'19	'23	'21	'27
	1.3.2 콘크리트 표면 전자파 차폐 기술	'20	'21	'22	'22
	1.3.3 전자파 차폐 콘크리트 철근 배치 및 Hybrid Shielding 기술	'18	'18	'18	'18



(나) 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술

- 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 경우 최고기술보유국은 국내보다 약 1~2년 앞서 기술이 실현될 것으로 보이며, 이후 약 2년 정도의 격차를 두고 사회경제적으로 실현될 것으로 예측됨
 - 최고기술국의 기술적 실현시기는 평균 '18년경으로서, 이는 국내보다 약 1~2년 앞서는 것임(국내 기술적 실현시기는 평균 '19~20년경)

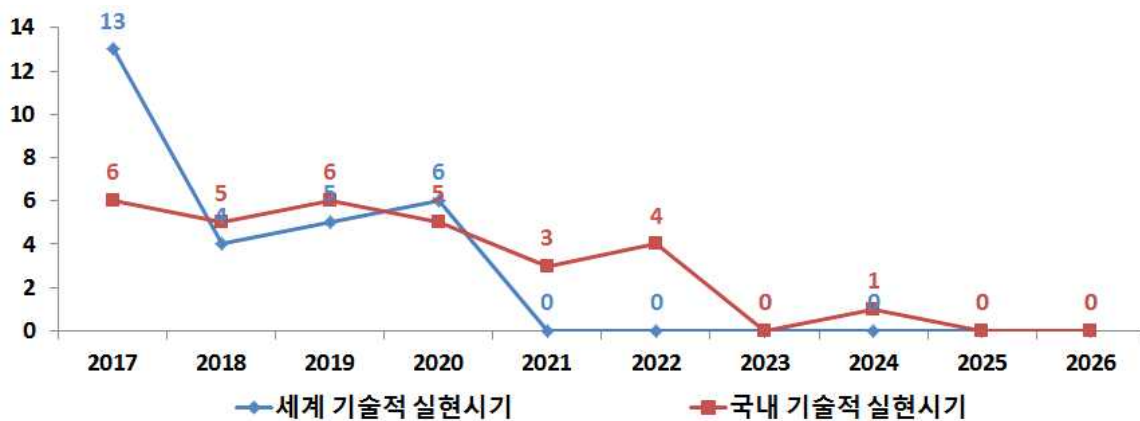


그림 94. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 기술적 실현시기 예측 결과

- 최고기술국의 사회경제적 실현시기는 평균 '19년경으로서, 상용화까지 대략 1년이 소요될 것으로 예측되고, 국내의 경우 평균 '21년경으로서 상용화까지 약 1~2년 소요될 것으로 예측됨

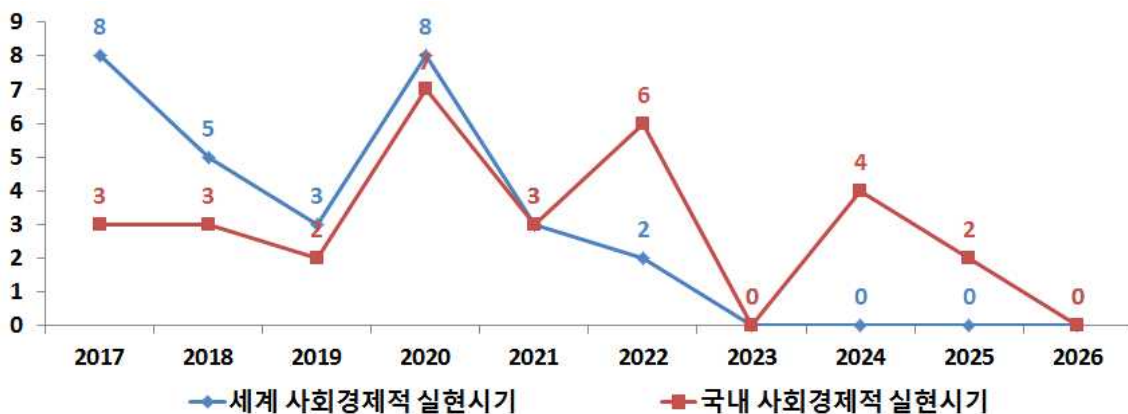


그림 95. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 사회경제적 실현시기 예측 결과



표 56. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 실현시기

기술 분류체계		기술적 실현시기(년)		사회경제적 실현시기(년)	
중분류	소분류	세계	국내	세계	국내
2.1 전자파 차폐도어 및 창호 기술	2.1.1 전자파 차폐도어 자재 기술	'18	'19	'19	'21
	2.1.2 전자파 차폐 Rack 자재 기술	'19	'21	'20	'22
	2.1.3 전자파 차폐 유리창 자재 기술	'17	'20	'19	'22
2.2 전자파 차폐/흡수 필터 및 개스킷 자재 기술	2.2.1 전자파 차폐 개스킷 기술	'18	'19	'19	'20
	2.2.2 전자파 차폐 필터 자재 기술	'17	'18	'18	'20



(다) 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술

- 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 경우 최고기술보유국은 국내보다 약 2~3년 앞서 기술이 실현될 것으로 보이며, 이후 약 3년 정도의 격차를 두고 사회경제적으로 실현될 것으로 예측됨
 - 최고기술국의 기술적 실현시기는 평균 '18년경으로서, 이는 국내보다 약 2~3년 앞서는 것임(국내 기술적 실현시기는 평균 '20~21년경)

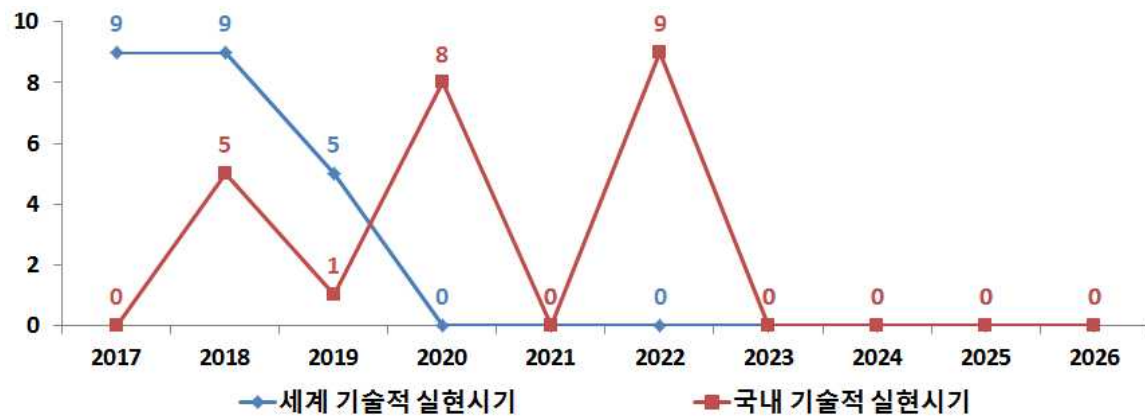


그림 96. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 기술적 실현시기 예측 결과

- 최고기술국의 사회경제적 실현시기는 평균 '19년경으로서, 상용화까지 대략 1년이 소요될 것으로 예측되고, 국내의 경우 평균 '22년경으로서 상용화까지 약 1~2년 소요될 것으로 예측됨

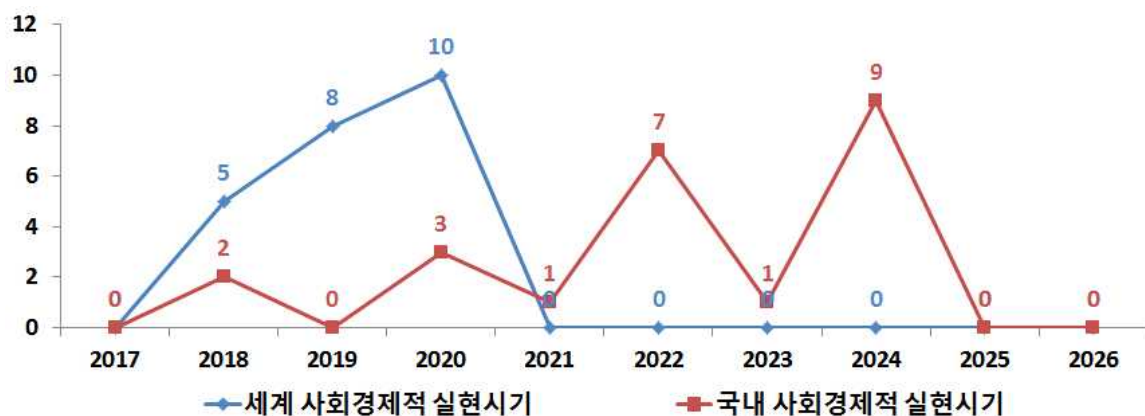


그림 97. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 사회경제적 실현시기 예측 결과



표 57. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 실현시기

기술 분류체계		기술적 실현시기(년)		사회경제적 실현시기(년)	
중분류	소분류	세계	국내	세계	국내
3.1 건설재료 및 부속자재 단위 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술	3.1.1 건설재료 차폐 성능 시험 및 평가 기술	'17	'20	'19	'21
	3.1.2 부속자재 차폐 성능 시험 및 평가 기술	'18	'20	'19	'21
3.2 자재 및 부재 단위 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술	3.2.1 콘크리트/시멘트 복합재료 구조부재 전자파 차폐성능 시험 및 평가 기술	'18	'20	'19	'22
	3.2.2 콘크리트/시멘트 복합재료 구조부재 전자파 차폐 연결 성능 시험 및 평가 기술	'17	'20	'19	'22
	3.2.3 콘크리트/시멘트 구조부재와 부속자재 연결부 차폐 성능 시험 및 평가 기술	'18	'20	'19	'22
3.3 전자파 차폐 구조물 실증실험	3.3.1 전자파 차폐 실증실험시설 구성 기술	'17	'21	'19	'23
	3.3.2 전자파 차폐 실증실험용 Mock-Up 제작 및 실증실험 표준화 기술	'18	'21	'19	'23
3.4 전자파 차폐/흡수 건설자재 인증시스템 구축	3.4.1 콘크리트 및 시멘트 복합 재료 전자파 차폐/흡수 인증시스템 구축	'17	'21	'20	'23
	3.4.2 전자파 차폐 부속자재 인증시스템 구축	'18	'21	'20	'23



(라) 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술

- 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 경우 최고기술보유국은 국내보다 약 3~4년 앞서 기술이 실현될 것으로 보이며, 이후 약 3~4년 정도의 격차를 두고 사회경제적으로 실현될 것으로 예측됨
 - 최고기술국의 기술적 실현시기는 평균 '18~19년경으로서, 이는 국내보다 약 3~4년 앞서는 것임(국내 기술적 실현시기는 평균 '22년경)

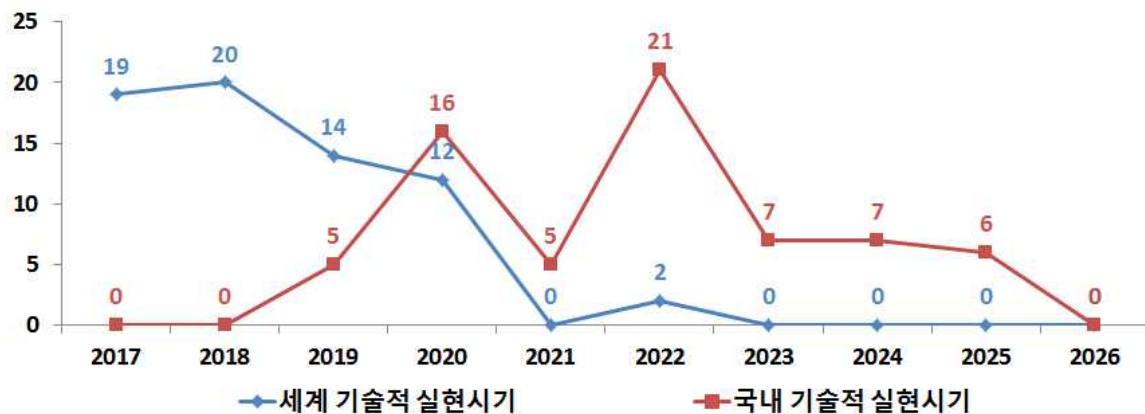


그림 98. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 기술적 실현시기 예측 결과

- 최고기술국의 사회경제적 실현시기는 평균 '20~21년경으로서, 상용화까지 대략 3~4년이 소요될 것으로 예측되고, 국내의 경우 평균 '24년경으로서 상용화까지 약 2년 소요될 것으로 예측됨

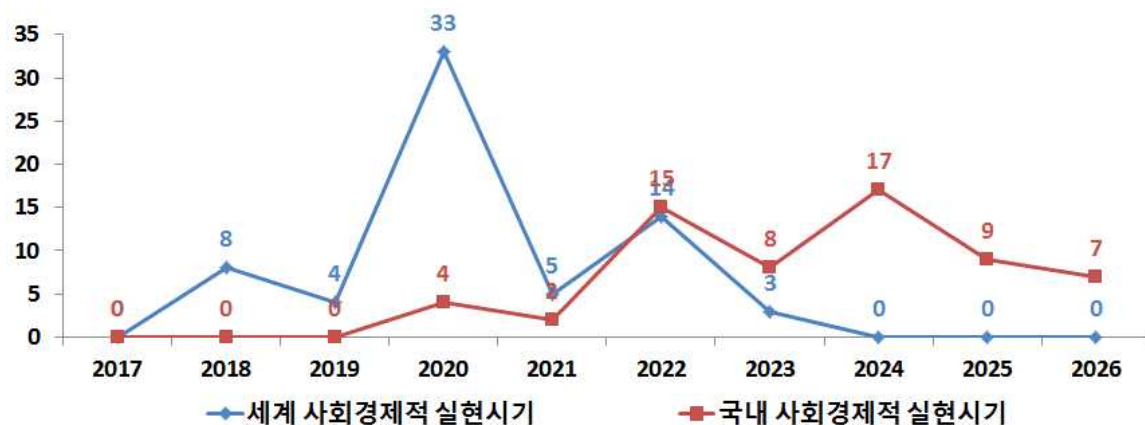


그림 99. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 사회경제적 실현시기 예측 결과



표 58. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술

기술 분류체계		기술적 실현시기(년)		사회경제적 실현시기(년)	
중분류	소분류	세계	국내	세계	국내
4.1 전자파 특성 해석 기술	4.1.1 건설재료의 전자파 차폐/흡수 특성 해석 기술	'18	'23	'20	'26
	4.1.2 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 적용 구조물의 전자파 투과 해석 및 설계 기술	'18	'22	'20	'25
4.2 전자파 방호를 위한 기능 안전 설계 기술	4.2.1 EMC를 위한 기능 안전 설계 기술	'18	'22	'20	'24
	4.2.2 시스템-레벨 EMC/EMP 설계 기술	'19	'23	'20	'24
4.3 전자파 차폐 구조물 설계 및 시공 기술	4.3.1 철근콘크리트 구조체 전자파 차폐 설계 및 시공 기술	'18	'23	'0	'25
	4.3.2 시멘트 복합재료 구조체 전자파 차폐 설계 및 시공 기술	'18	'23	'22	'25
	4.3.3 개구부 (PoE) 전자파 차폐 설계 기술	'18	'21	'21	'23
	4.3.4 도어 및 창호 전자파 차폐 설계 기술	'18	'21	'20	'23
	4.3.5 기존 철근콘크리트 구조물의 전자파 차폐 보강 설계 및 시공 기술	'19	'23	'21	'25
4.4 제어 계통 전자파 차폐 설계 및 시공 기술	4.4.1 철도, 항공 및 항만 선로/전력/계도회로 체계의 전자파 차폐 설계 및 시공 기술	'18	'22	'20	'24
	4.4.2 원전 통 제어 통제 센터 전자파 차폐 설계 및 시공 기술	'18	'22	'20	'24
	4.4.3 방송 및 이동통신 관제/DB 센터 전자파 차폐 설계 및 시공 기술	'18	'22	'20	'23
4.5 EMP방호 등급 체계 기술	4.5.1 EMP방호 대상 시설물 등급 체계 개발	'18	'21	'20	'22
	4.5.2 EMP공격 및 방호 시나리오 개발	'18	'20	'20	'22



(2) 기술수준 및 기술격차

- 전체 기술 관점에서 기술수준 평균은 70.00%, 기술격차는 3.75년으로 조사됨
 - 기술수준이 상대적으로 낮은 분야는 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 및 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술 분야로서, 향후 기술수준을 향상시키기 위한 전략적인 R&D 기획이 필요할 것으로 사료됨
 - 기술격차가 상대적으로 가장 작은 분야는 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술(2.76년)이고, 가장 큰 분야는 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술(4.73년)임

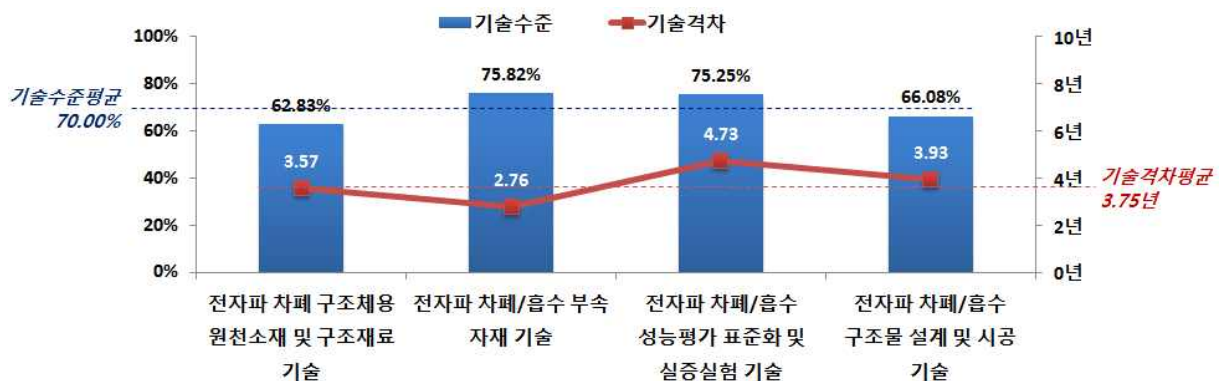


그림 100. EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술의 기술수준 및 기술격차

- 전체 기술 관점에서 기술격차는 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술을 제외하고 조금씩 확대중인 것으로 나타남
 - 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술은 기술격차가 상대적으로 가장 빠른 속도로 확대되고 있으며, 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술 또한 기술격차가 점차 확대되고 있는 것으로 나타나, 이러한 기술 분야들에 대한 R&D 필요성이 있을 것으로 사료됨

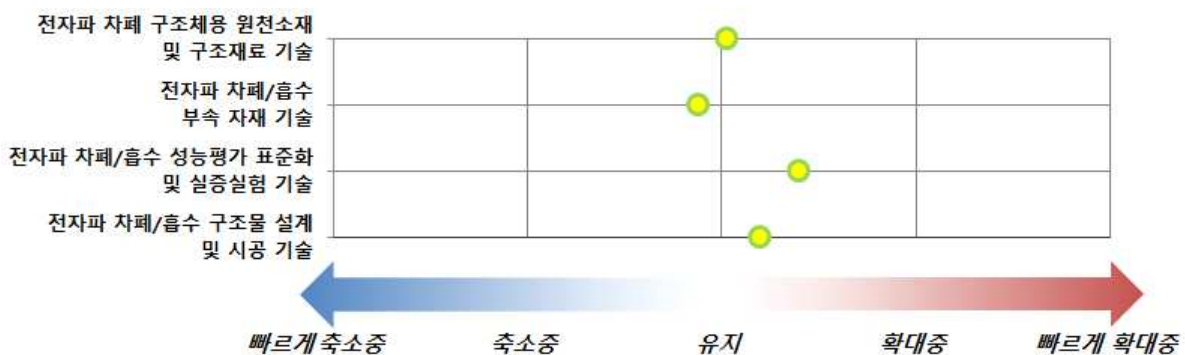


그림 101. EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술의 기술격차추세



(가) 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술

○ 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 기술수준은 평균 61.79%, 기술격차는 평균 3.80년임

- 전자파 차폐용 첨단 나노탄소소재 기술은 타 중분류 기술 대비 상대적으로 기술수준이 65.00%로 가장 높으며, 기술격차는 2.89년으로 가장 좁은 것으로 나타남. 반면, 전자파 차폐용 콘크리트 재료 기술은 상대적으로 기술수준이 가장 낮고(55.00%), 기술격차도 5년 이상(5.43년) 있는 것으로 나타남

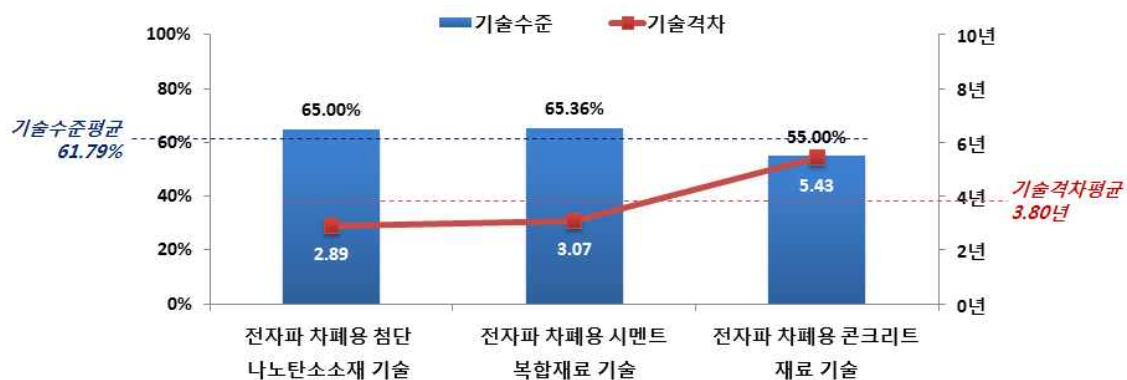


그림 102. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 기술수준 및 기술격차

○ 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술은 전자파 차폐용 콘크리트 재료 기술을 제외하고는 기술격차가 어느 정도 축소되고 있는 것으로 나타남

- 전자파 차폐용 콘크리트 재료 기술의 경우 기술격차가 확대중인 것으로 나타나 기술기술격차 축소를 위해 R&D 역량을 집중할 필요가 있을 것으로 사료됨. 또한, 전자파 차폐용 첨단 나노탄소소재 기술 및 시멘트 복합재료 기술 개발과 유기적으로 연계한 연구개발이 이루어져야 할 것으로 사료됨

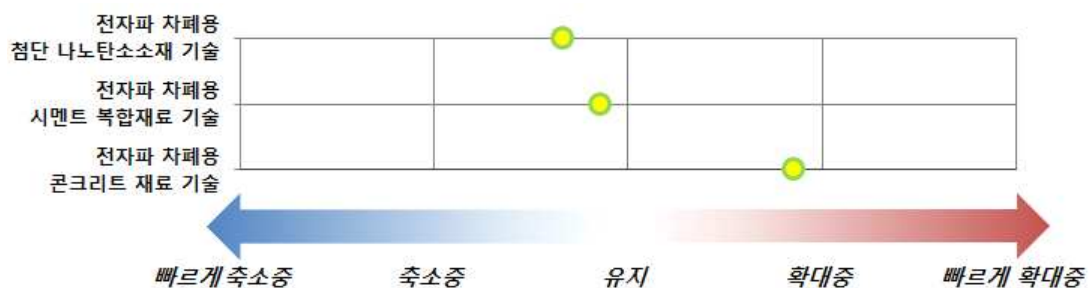


그림 103. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 기술격차 추세



(나) 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술

- 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 기술수준은 평균 75.95%, 기술격차는 평균 2.86년임
 - 2개 중분류 기술은 상호 동등 내지 유사한 수준의 기술수준(75.25%, 76.64%)을 나타내나, 기술격차에 있어서는 전자파 차폐 도어 및 창호 기술(2.30년)보다 전자파 차폐/흡수 필터 및 개스킷 자재 기술(3.43년)의 기술격차가 큰 것으로 나타남

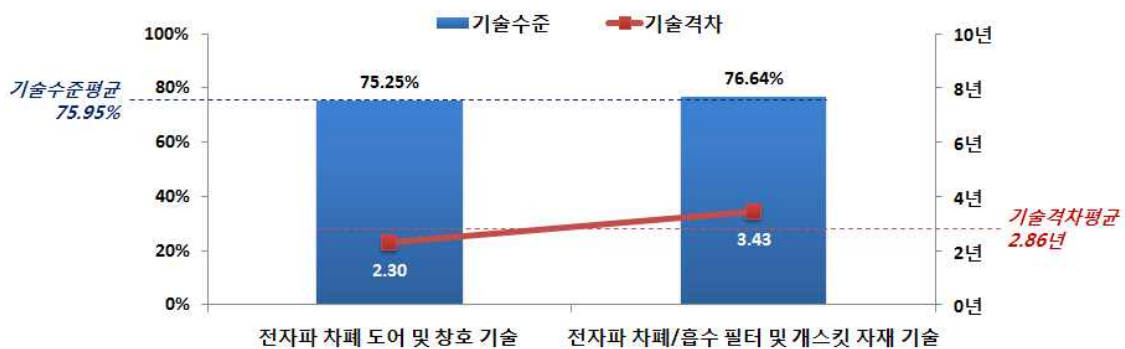


그림 104. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 기술수준 및 기술격차

- 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술은 전반적으로 기술격차가 더욱 벌어지지 않는다고 유지되거나 조금씩 축소중인 것으로 나타남
 - 전자파 차폐 도어 및 창호 기술은 국외 기술과 격차는 점차적으로 좁혀나가는 것으로 나타내나, 전자파 차폐/흡수 필터 및 개스킷 자재 기술은 소정의 기술격차가 좁혀지지 아니하고 유지 내지 다소 확대 중인 것으로 나타남

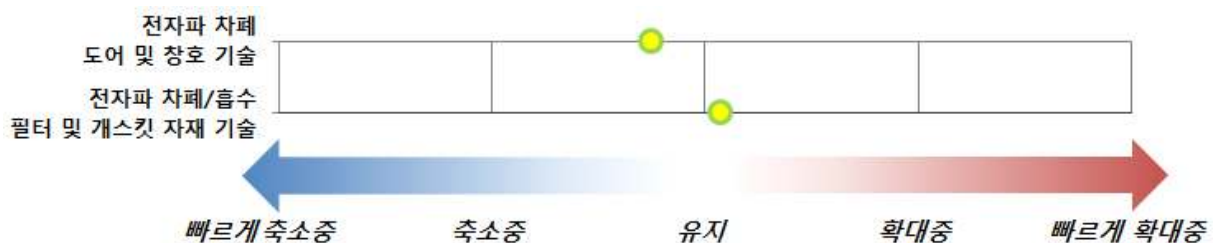


그림 105. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 기술격차 추세

(다) 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술



- 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 기술수준은 평균 75.13%, 기술격차는 평균 4.83년임
 - 건설재료 및 부속자재 단위 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술의 기술수준이 80.00%로 상대적으로 가장 높으며, 기술격차도 가장 작은 것으로 나타남
 - 기술수준이 상대적으로 낮게 나타난 전자파 차폐구조물 실증실험 분야 및 기술격차가 상대적으로 크게 나타난 전자파 차폐/흡수 건설자재 인증시스템 구축 분야에 대한 R&D에 조금 더 비중을 둘 필요가 있을 것으로 사료됨

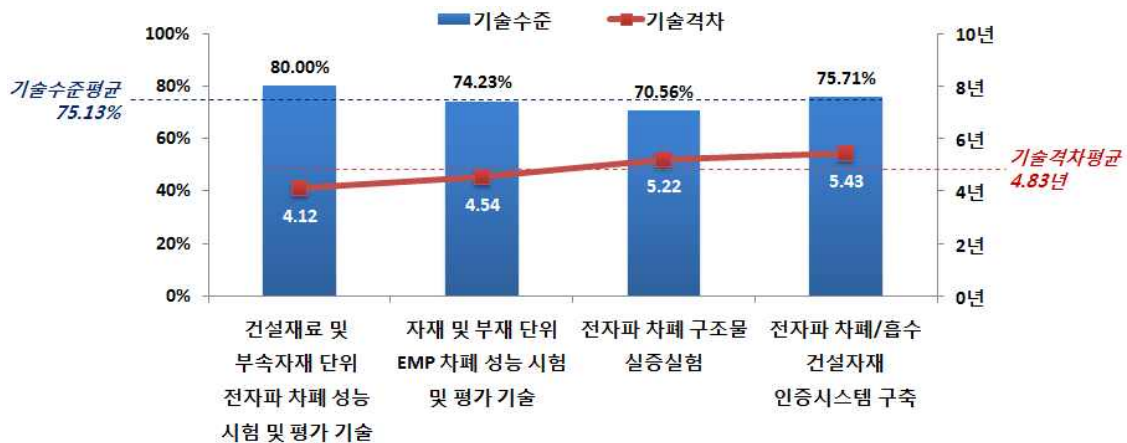


그림 106. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 기술수준 및 기술격차

- 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술 중 건설재료 및 부속자재 단위 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술을 제외하고는 모두 기술격차가 점차 확대되고 있는 것으로 나타남
 - 전자파 차폐 구조물 실증실험 분야에 대한 기술격차가 상대적으로 가장 빠르게 확대되고 있으므로, 이를 고려한 R&D 기획을 수립할 필요가 있음

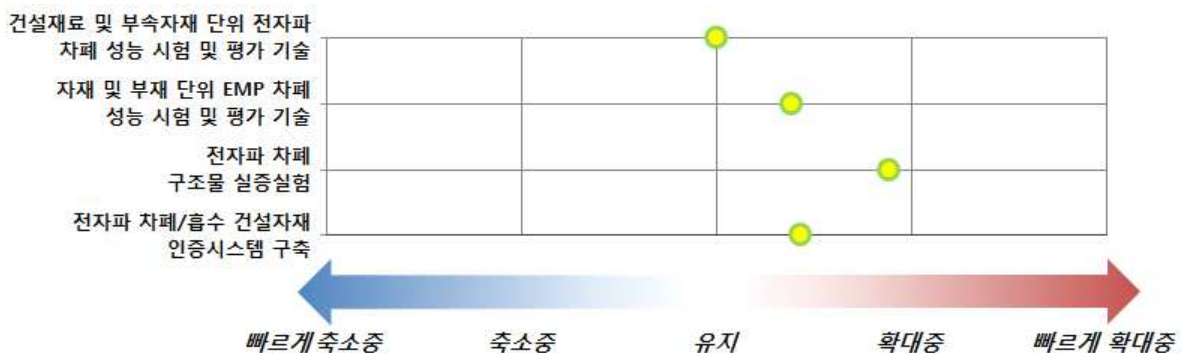


그림 107. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 기술격차 추세



(라) 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술

○ 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 기술수준은 평균 65.75%, 기술격차는 평균 3.98년임

- EMP 방호 등급 체계 기술의 기술수준이 상대적으로 낮으나, 전반적으로 평균 기술수준에 근접하는 동등 내지 유사한 기술수준을 나타내고 있음
- 제어 계통 전자파 차폐 설계 및 시공 기술의 경우, 기술수준은 상대적으로 높으나 기술격차는 상대적으로 가장 큰 것으로 나타남

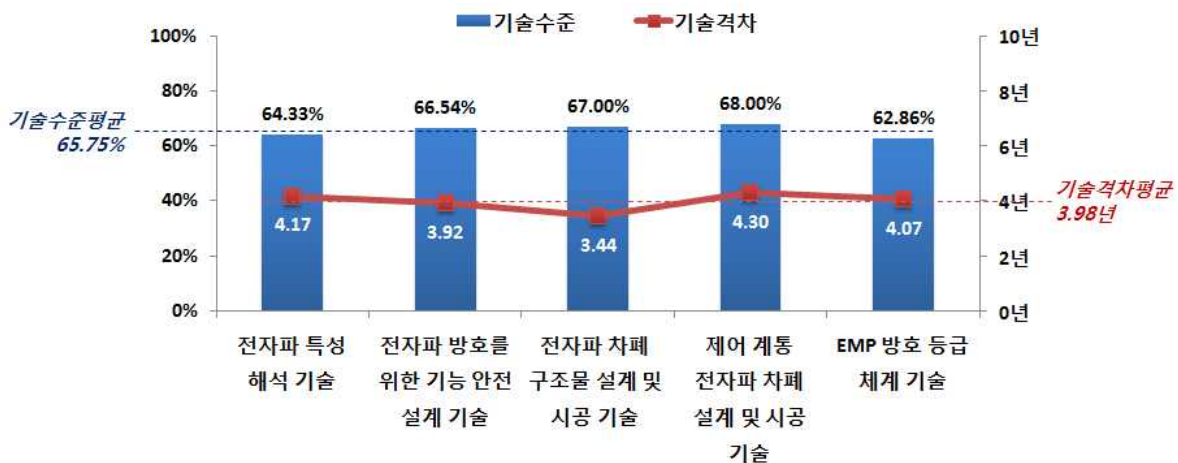


그림 108. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 기술수준 및 기술격차

○ 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술 중 전자파 방호를 위한 기능 안전 설계 기술과 EMP 방호 등급 체계 기술은 기술격차 확대중인 것으로 나타남

- 전자파 방호를 위한 기능 안전 설계 기술과 EMP 방호 등급 체계 기술 분야의 기술격차 확대 해소를 위한 전략적인 R&D 기획이 필요한 것으로 사료됨

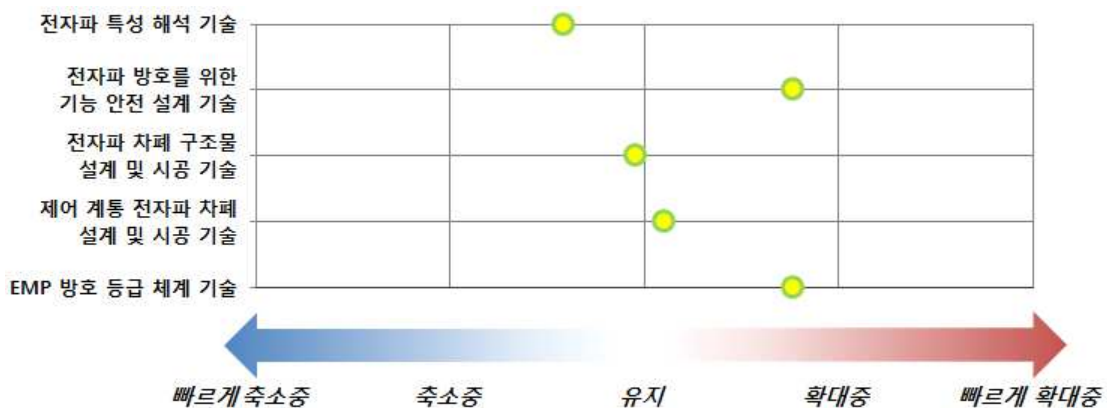


그림 109. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 기술격차 추세



(3) 기술성숙도(TRL)

- 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 및 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 TRL은 국내 4단계로 상대적으로 낮은 편이고, 국내외 TRL 격차가 가장 큰 기술은 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술임
 - 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술은 국내 TRL 4단계, 해외 TRL 5단계이므로, R&D가 신속하고 효율적으로 이루어진다면 국외에 대등한 수준의 사업화 진행 및 실용화 측면에서의 원천 기술 확보가 이루어질 가능성이 있을 것으로 예상됨
 - 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술 및 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술은 국내 TRL이 6단계 정도로 나타나고 해외 TRL은 8단계에 진입한 것으로 나타남
 - 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술은 국내 TRL 4단계, 해외 TRL 7단계로 국내외 격차가 큰 편이므로, 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술, 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술 등과 유기적으로 연계한 R&D 기획 전략이 서둘러 수립될 필요가 있을 것으로 사료됨

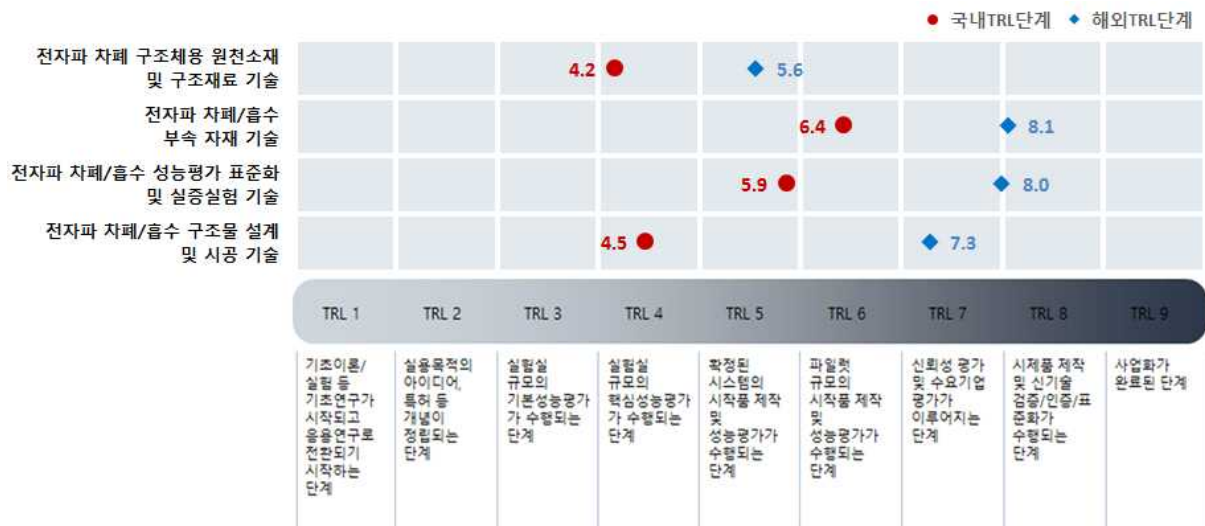


그림 110. EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술의 기술성숙도

(가) 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술

- 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 국내 TRL은 3~4단계, 국외 TRL은 4~6단계에 있는 것으로 나타남



- 전자파 차폐용 시멘트 복합재료 기술의 경우 국내 TRL 단계(3단계) 및 해외 TRL 단계(4단계)가 상대적으로 가장 낮은 것으로 나타나 보다 원천성 있는 기술 확보 가능성은 높은 편일 것으로 사료됨
- 전자파 차폐용 콘크리트 재료 기술은 국내외 TRL 단계의 격차가 가장 큰 편으로서, 향후 사업화에 있어서 국내외 경쟁력을 확보하고 유리한 영역을 선점하기 위해서는 보다 적극적인 R&D 기획이 이루어질 필요가 있을 것으로 사료됨

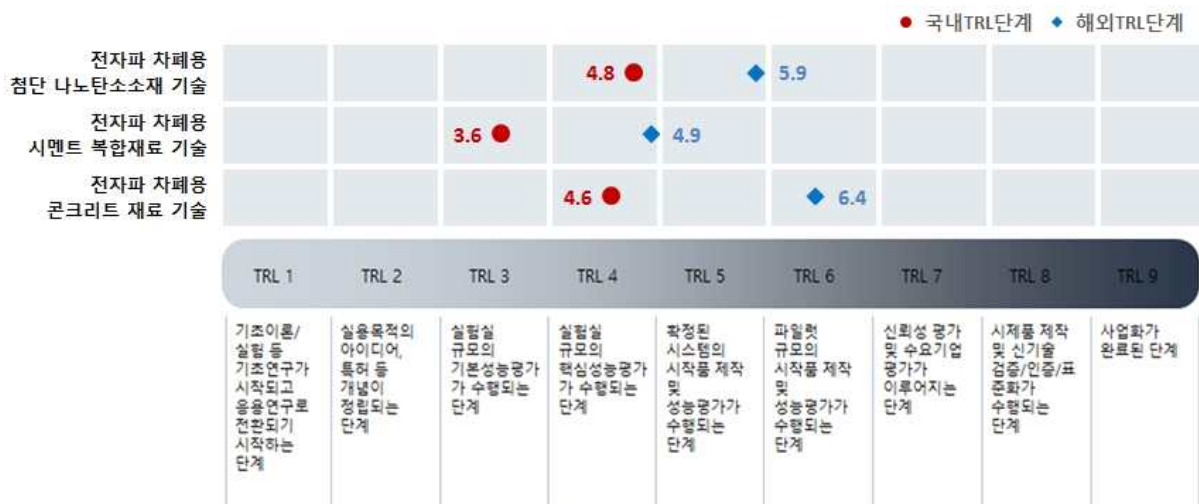


그림 111. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 기술성숙도

(나) 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술

○ 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 국내 TRL은 6단계, 해외 TRL은 7~8단계에 있는 것으로 나타남

- 국내 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 경우 파일럿 규모의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계에 있는 것으로 나타남
- 해외 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 경우 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계 내지 시제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되는 후반 단계가 진행 중인 것으로 나타남



그림 112. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 기술성숙도

(다) 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술

○ 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 국내 TRL은 5~6단계, 국외 TRL은 7~8단계에 있는 것으로 나타남

- 국내 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술은 전반적으로 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계를 거쳐 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계에 진입 중인 것으로 나타남
- 국외 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술은 전반적으로 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계를 거쳐 시제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되는 단계에 진입 중에 있는 것으로 나타남



그림 113. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 기술성숙도



(라) 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술

○ 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 국내 TRL은 4단계, 해외 TRL은 7단계에 있는 것으로 나타남

- 국내 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술은 전반적으로 실험실 규모의 핵심성능평가가 수행되는 단계에 있으며, 해외의 경우 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계에 있어, 아직 시제품 제작 및 본격적인 기술 검증/인증/표준화가 수행되는 단계에 진입하지는 않은 것으로 나타남
- 따라서, 국내의 경우에도 시제품 제작 및 성능평가를 수반하면서 그에 기반한 원천기술 및 응용기술의 확보를 서두를 수 있는 효과적인 R&D 기획이 이루어질 필요성이 있는 것으로 사료됨



그림 114. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 기술성숙도



(4) 최고기술보유국

- EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술의 최고기술보유국을 조사한 결과 미국이 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남
- 최고기술보유국은 미국(59.14%), 유럽(35.48%), 한국(2.69%), 일본(2.15%), 중국(0.54%) 순으로 조사되었으며, 이를 동향 및 환경분석 대상국가로 고려할 수 있음

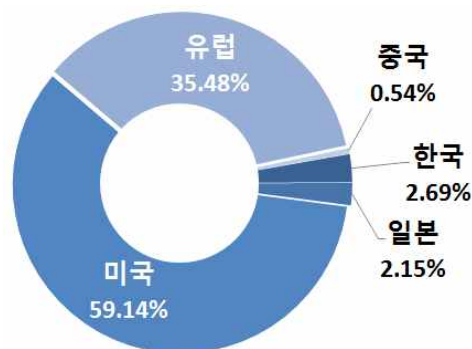


그림 115. EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 최고기술보유국 비중

* 유럽은 영국, 스위스, 스웨덴, 스페인, 프랑스, 이탈리아, 독일, 네덜란드, 핀란드를 포함함

(가) 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술

- 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 최고기술보유국을 조사한 결과 미국이 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남
- 최고기술보유국은 미국(51.85%), 유럽(29.63%), 일본(7.41%)과 한국(7.41%) 순으로 조사됨

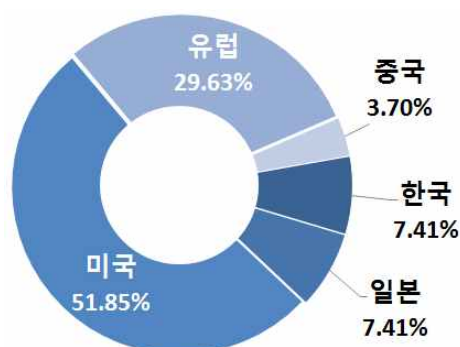


그림 116. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 최고기술보유국 비중

* 유럽은 스페인, 이탈리아, 영국, 프랑스, 스웨덴을 포함함



표 59. 전자파차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 최고기술보유국 조사결과

중분류	최고기술보유국(비중,(%))				
	한국	일본	미국	유럽	중국
1.1 전자파 차폐용 첨단 나노탄소 소재 기술	11.11%	11.11%	77.78%	0.00%	0.00%
1.2 전자파 차폐용 시멘트 복합재료 기술	0.00%	0.00%	30.77%	61.54%	7.69%
1.3 전자파 차폐용 콘크리트 재료 기술	20.00%	20.00%	60.00%	0.00%	0.00%

(나) 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술

- 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 최고기술보유국을 조사한 결과 이탈리아가 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남
- 최고기술보유국은 미국(55.00%), 유럽(35.00%), 한국(7.50%), 일본(2.50%) 순으로 조사됨

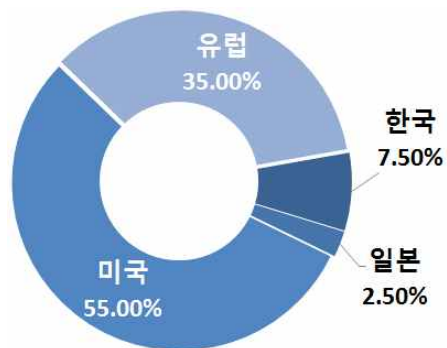


그림 117. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술 최고기술보유국 비중

* 유럽은 영국, 프랑스, 네덜란드, 스위스, 핀란드를 포함함

표 60. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 최고기술보유국 조사결과

중분류	최고기술보유국(비중,(%))				
	한국	일본	미국	유럽	중국
2.1 전자파 차폐도어 및 창호 기술	10.00%	5.00%	70.00%	15.00%	0.00%
2.2 전자파 차폐/흡수 필터 및 개스킷 자재 기술	5.00%	0.00%	40.00%	55.00%	0.00%



(다) 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술

- 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 최고기술보유국을 조사한 결과 일본이 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남
- 최고기술보유국은 미국(80.95%), 유럽(16.67%), 일본(2.38%) 순으로 조사됨

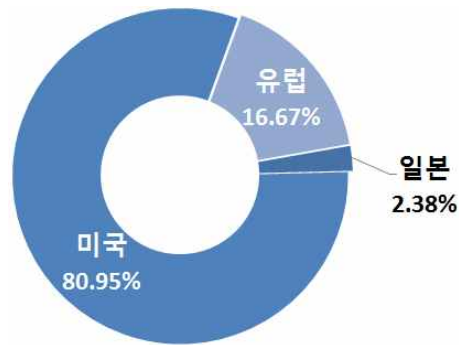


그림 118. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술 최고기술보유국 비중

* 유럽은 독일, 영국, 스위스를 포함함

표 61. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 최고기술보유국 조사결과

중분류	최고기술보유국(비중, (%))				
	한국	일본	미국	유럽	중국
3.1 건설재료 및 부속자재 단위 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술	0.00%	0.00%	90.91%	9.09%	0.00%
3.2 자재 및 부재 단위 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술	0.00%	7.14%	85.71%	7.14%	0.00%
3.3 전자파 차폐 구조물 실증실험	0.00%	0.00%	54.55%	45.45%	0.00%
3.4 전자파 차폐/흡수 건설자재 인증시스템 구축	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%

(라) 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술

- 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 최고기술보유국을 조사한 결과 일본이 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남
- 최고기술보유국은 미국(51.95%), 유럽(48.05%) 순으로 조사됨

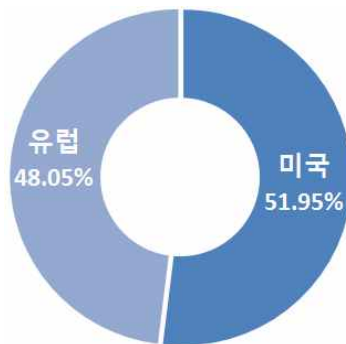


그림 119. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술 최고기술보유국 비중
* 유럽은 영국, 스위스, 스웨덴, 독일을 포함함

표 62. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 최고기술보유국 조사결과

중분류	최고기술보유국(비중, (%))				
	한국	일본	미국	유럽	중국
4.1 전자파 특성 해석 기술	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%
4.2 전자파 방호를 위한 기능 안전 설계 기술	0.00%	0.00%	33.33%	66.67%	0.00%
4.3 전자파 차폐 구조물 설계 및 시공 기술	0.00%	0.00%	42.86%	57.14%	0.00%
4.4 제어 계통 전자파 차폐 설계 및 시공 기술	0.00%	0.00%	58.82%	41.18%	0.00%
4.5 EMP 방호 등급 체계 기술	0.00%	0.00%	42.86%	57.14%	0.00%

(5) 기술기반(인프라) 성숙도

- EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술은 인프라(산업기술, 연구인력, 장비 등) 성숙도 조사결과 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 경우 자체적인 연구수행에 있어 우수한 수준에 근접하는 인프라를 가진 것으로 나타남
 - 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 및 전자파 차폐/흡수 성능 평가 표준화 및 실증실험 기술의 경우, 자체적인 연구개발 수행이 가능한 인프라를 갖춘 것으로 나타나므로, 전략적인 R&D 기획이 이루어진다면 신속하고 효과적인 연구개발 진척이 가능할 것으로 예상됨



- 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 경우 현재로서는 자체연구개발 수행가능 인프라 수준에 다소 못미치는 인프라인 것으로 나타나므로 R&D 초기에는 해외협력연구를 통해 연구개발을 진행함과 동시에, 자체연구개발 가능한 수준의 인프라를 확충하는 노력을 기울여야 할 필요가 있을 것으로 사료됨

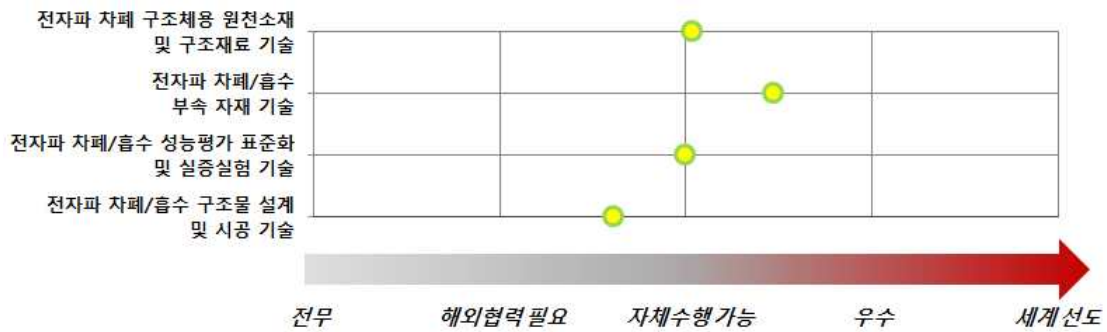


그림 120. EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 기술기반(인프라) 성숙도

- 중분류 수준에서는 “1.3 전자파 차폐용 콘크리트 재료 기술”의 인프라 수준이 가장 높은 것으로 나타나, 해당 중분류 분야에 대한 능동적이고 전략적인 R&D 기획이 이루어진다면 국내외의 기술격차, TRL 단계 격차 등의 해소가 빠른 시일 내에 이루어질 가능성이 높은 편일 것으로 예상됨

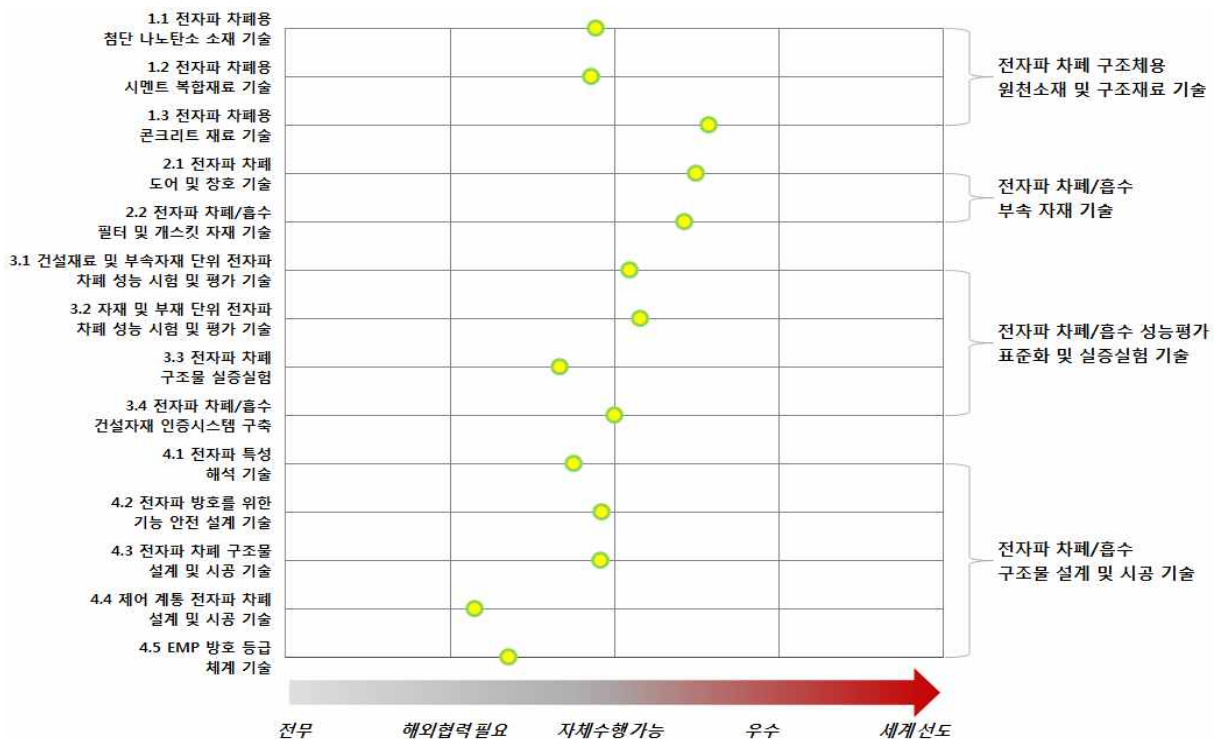


그림 121. (중분류 단위) EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 기술기반(인프라) 성숙도



(6) 기술획득 방식

- EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술은 기술획득 방식에 있어서 정부-민간 공동추진(56.63%) 형태가 가장 적합할 것으로 나타남

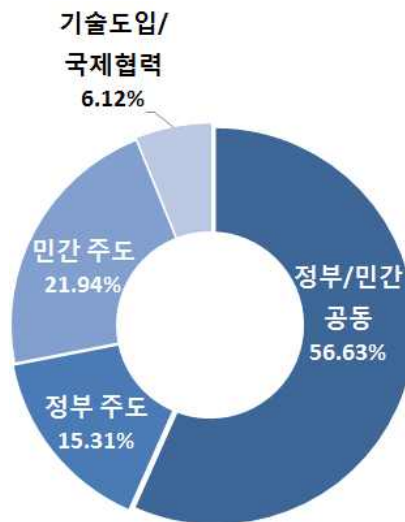


그림 122. EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술의 기술획득 방식 비중

(가) 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술

- 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 기술획득 방식은 대체적으로 정부-민간 공동추진(57.50%) 방식이 가장 적합할 것으로 나타났으며, 다음으로는 정부 주도하에 추진되는 방식(20.00%)이 적합한 것으로 나타남

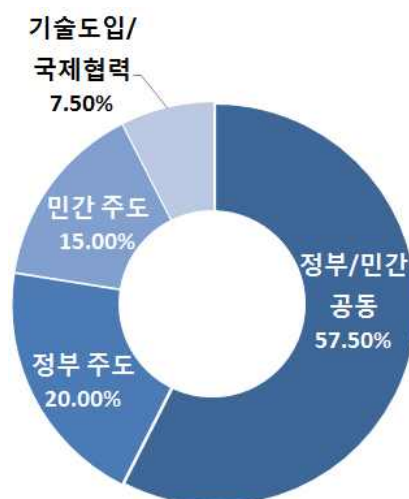


그림 123. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 기술획득 방식 비중



표 63. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 기술획득 방식 조사결과

중분류	기술획득방식(%)			
	민간주도	정부주도	정부-민간 공동	기술도입 및 국제공동연구
1.1 전자파 차폐용 첨단 나노탄소 소재 기술	18.2%	27.3%	54.5%	0.0%
1.2 전자파 차폐용 시멘트 복합재료 기술	5.6%	27.8%	55.6%	11.1%
1.3 전자파 차폐용 콘크리트 재료 기술	27.3%	0.0%	63.6%	9.1%

(나) 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술

- 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 경우, 정부-민간 공동추진 방식보다 민간 주도 방식(45.71%)이 적합한 것으로 나타남. 부속자재 연구개발의 경우, 민간 단위 R&D가 기술획득에 있어서 효과적인 측면이 있을 것으로 사료됨

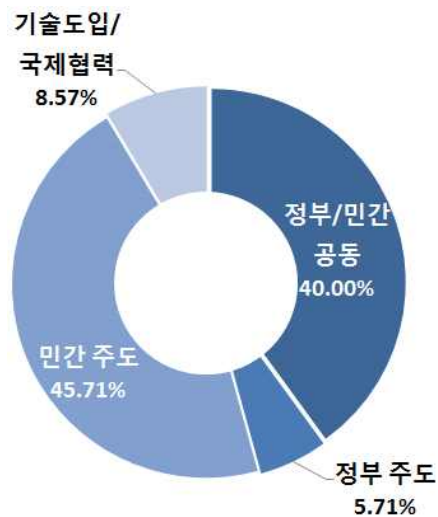


그림 124. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 기술획득 방식 비중

표 64. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 기술획득 방식 조사결과

중분류	기술획득방식(%)			
	민간주도	정부주도	정부-민간 공동	기술도입 및 국제공동연구
2.1 전자파 차폐도어 및 창호 기술	47.6%	9.5%	38.1%	4.8%
2.2 전자파 차폐/흡수 필터 및 개스킷 자재 기술	42.9%	0.0%	42.9%	14.3%



(다) 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술

- 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 기술획득 방식은 정부-민간 공동추진 방식(75.00%)이 가장 적합할 것으로 나타남

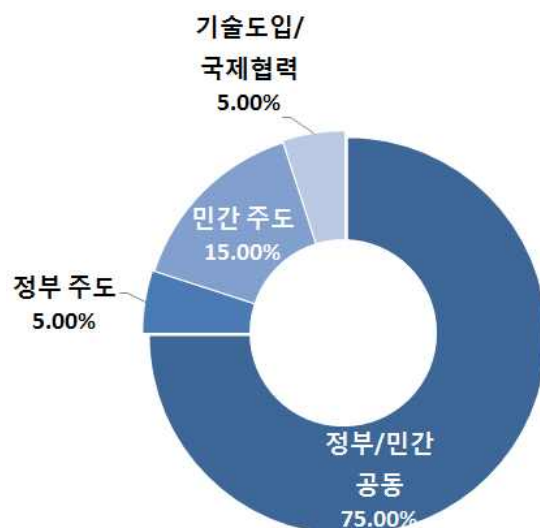


그림 125. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 기술획득 방식 비중

표 65. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 기술획득 방식 조사결과

중분류	기술획득방식(%)			
	민간주도	정부주도	정부-민간 공동	기술도입 및 국제공동연구
3.1 건설재료 및 부속자재 단위 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술	33.3%	0.0%	66.7%	0.0%
3.2 자재 및 부재 단위 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술	8.3%	0.0%	75.0%	16.7%
3.3 전자파 차폐 구조물 실증실험	20.0%	10.0%	70.0%	0.0%
3.4 전자파 차폐/흡수 건설자재 인증시스템 구축	0.0%	11.1%	88.9%	0.0%



(라) 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술

- 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 기술획득 방식은 정부-민간 공동추진 방식(54.32%)이 가장 합리적일 것으로 나타남

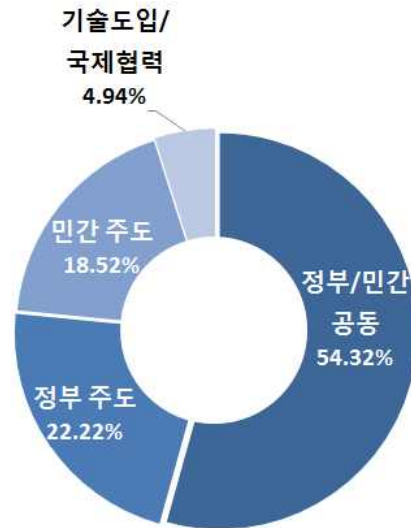


그림 126. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 기술획득 방식 비중

표 66. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 기술획득 방식 조사결과

중분류	기술획득방식(%)			
	민간주도	정부주도	정부-민간 공동	기술도입 및 국제공동연구
4.1 전자파 특성 해석 기술	30.0%	0.0%	70.0%	0.0%
4.2 전자파 방호를 위한 기능 안전 설계 기술	15.4%	30.8%	53.8%	0.0%
4.3 전자파 차폐 구조물 설계 및 시공 기술	34.5%	10.3%	48.3%	6.9%
4.4 제어 계통 전자파 차폐 설계 및 시공 기술	5.6%	27.8%	55.6%	11.1%
4.5 EMP 방호 등급 체계 기술	0.0%	50.0%	50.0%	0.0%



(7) 정부우선 시행방안

- EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술 분야의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 연구비 확대(36.4%)인 것으로 나타남
 - 연구비 확대에 이어 인프라 구축(18.9%), 협력교류(15.4%), 제도개선(15.0%), 인력양성(14.3%) 순으로 조사됨

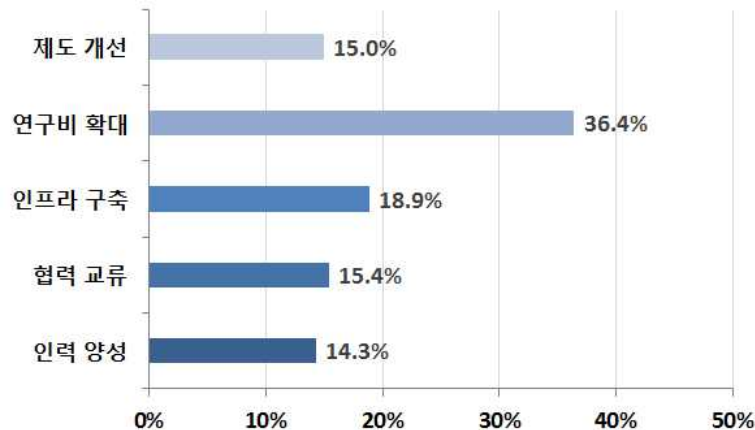


그림 127. EMP, EMI, EMC 차폐가 가능한 시설물 건설기술의 정부우선 시행방안 비중

(가) 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술

- 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 분야의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 연구비 확대인 것으로 나타남
 - 아래 표를 참조하면, 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 하위기술 단계 있어서 모두 연구비 확대가 가장 시급한 것으로 나타남

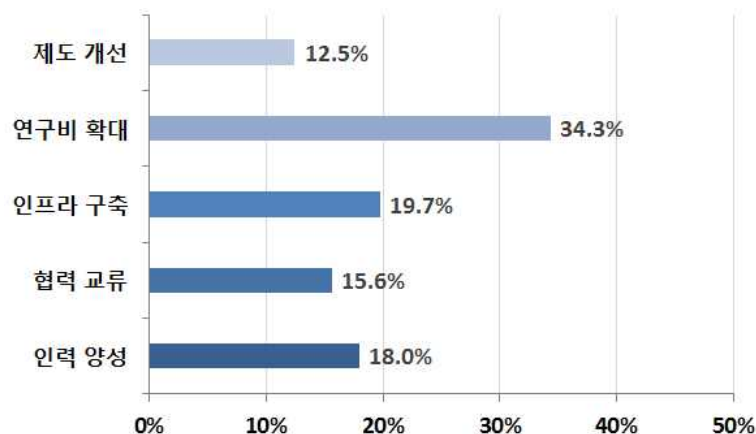


그림 128. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 정부우선 시행방안 비중



표 67. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술의 정부우선 시행방안 조사결과

중분류	정부 우선 시행방안(%)				
	인력 양성	협력 교류 활성화	인프라 구축	연구비 확대	제도 개선
1.1 전자파 차폐용 첨단 나노탄소 소재 기술	18.2%	11.8%	23.6%	34.5%	11.8%
1.2 전자파 차폐용 시멘트 복합재료 기술	18.3%	16.9%	19.2%	33.1%	12.5%
1.3 전자파 차폐용 콘크리트 재료 기술	17.1%	17.1%	16.6%	36.2%	13.0%

(나) 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술

- 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술 분야의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 연구비 확대인 것으로 나타남
- 아래 표를 참조하면, 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술 분야 하위기술 단계에 있어서 모두 연구비 확대가 가장 시급한 것으로 나타남

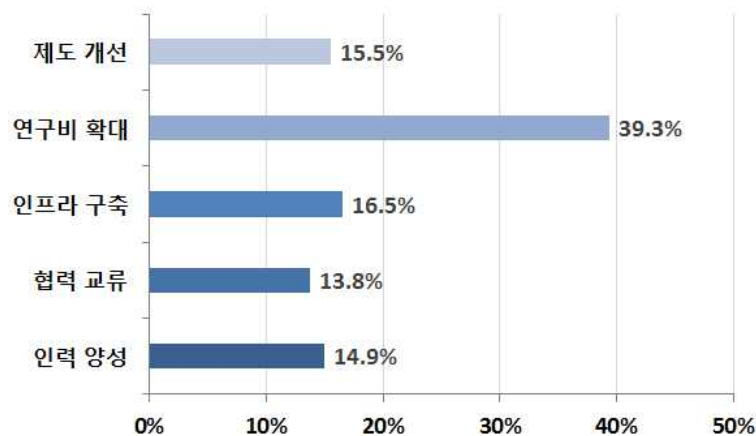


그림 129. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 정부우선 시행방안 비중

표 68. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술의 정부우선 시행방안 조사결과

중분류	정부 우선 시행방안(%)				
	인력 양성	협력 교류 활성화	인프라 구축	연구비 확대	제도 개선
2.1 전자파 차폐도어 및 창호 기술	14.8%	12.6%	17.6%	39.5%	15.5%
2.2 전자파 차폐/흡수 필터 및 개스킷 자재 기술	15.1%	15.5%	14.8%	39.1%	15.5%



(다) 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술

- 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술 분야의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 연구비 확대인 것으로 나타남
- 아래 표를 참조하면, 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술 분야 하위기술 모두가 연구비 확대가 가장 시급한 것으로 나타남

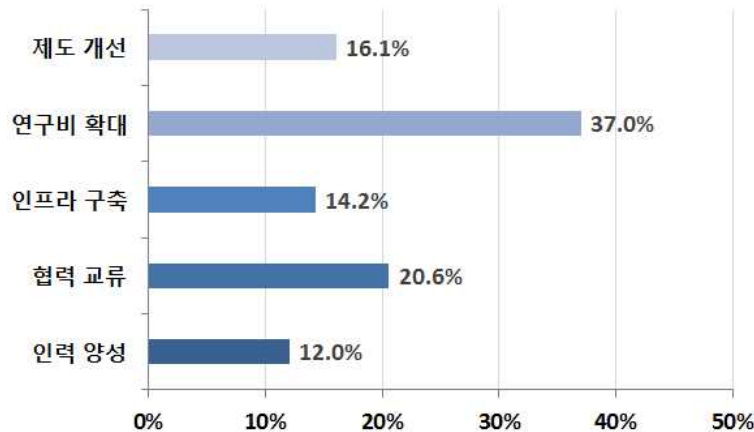


그림 130. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 정부우선 시행방안 비중

표 69. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술의 정부우선 시행방안 조사결과

중분류	정부 우선 시행방안(%)				
	인력 양성	협력 교류 활성화	인프라 구축	연구비 확대	제도 개선
3.1 건설재료 및 부속자재 단위 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술	12.5%	17.5%	15.0%	39.0%	16.0%
3.2 자재 및 부재 단위 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술	11.3%	22.1%	12.5%	37.9%	16.3%
3.3 전자파 차폐 구조물 실증실험	13.2%	21.2%	15.2%	35.2%	15.2%
3.4 전자파 차폐/흡수 건설자재 인증시스템 구축	11.3%	21.3%	14.7%	35.8%	16.9%



(라) 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술

○ 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술 분야의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 연구비 확대인 것으로 나타남

- 아래 표를 참조하면, 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술 분야의 하위기술 중 전자파 특성 해석 기술, 전자파 방호를 위한 기능 안전 설계 기술, 전자파 차폐 구조물 설계 및 시공 기술은 연구비 확대가 가장 시급한 것으로 나타났으나, 제어 계통 전자파 차폐 설계 및 시공 기술과 EMP 방호 등급 체계 기술의 경우 연구비 확대도 중요(2위)하지만, 인프라 구축이 더욱 중요(1위)한 사안에 해당하는 것으로 나타남

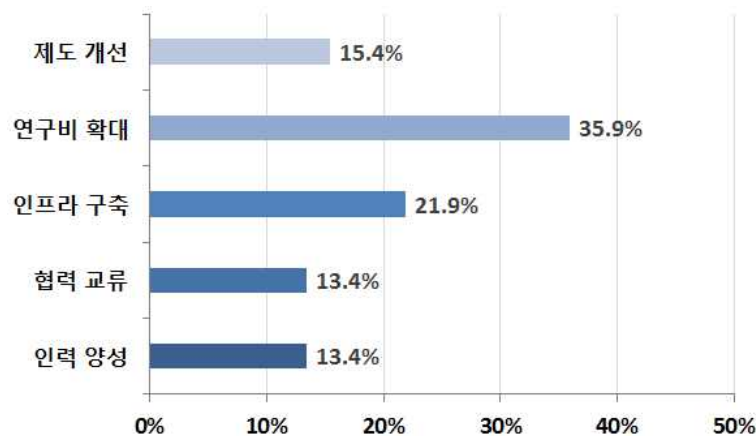


그림 131. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 정부우선 시행방안 비중

표 70. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술의 정부우선 시행방안 조사결과

중분류	정부 우선 시행방안(%)				
	인력 양성	협력 교류 활성화	인프라 구축	연구비 확대	제도 개선
4.1 전자파 특성 해석 기술	13.0%	13.5%	16.5%	44.0%	13.0%
4.2 전자파 방호를 위한 기능 안전 설계 기술	13.3%	12.5%	17.5%	39.2%	17.5%
4.3 전자파 차폐 구조물 설계 및 시공 기술	12.3%	13.0%	19.2%	42.1%	13.3%
4.4 제어 계통 전자파 차폐 설계 및 시공 기술	15.0%	13.6%	28.9%	25.8%	16.7%
4.5 EMP 방호 등급 체계 기술	14.2%	15.0%	26.7%	25.8%	18.3%



(8) 기술수준-중요도 포트폴리오 분석

○ 4분면별 전략은 기술 수준과 기술의 중요도를 축으로 함

- I : 재원에 따라 적극적인 투자로 기술수준향상을 추구해야 하는 영역
- II : 기술혁신을 통해 더 넓은 시장창출이 가능한 유망한 영역
- III : 기술 및 시장변화에 따른 대응이 필요한 영역
- IV : 기술시급성이나 파급효과는 높지 않으나 수익성이 양호하여 다른 핵심 기술과 연계성을 전략적으로 고려해야 하는 영역

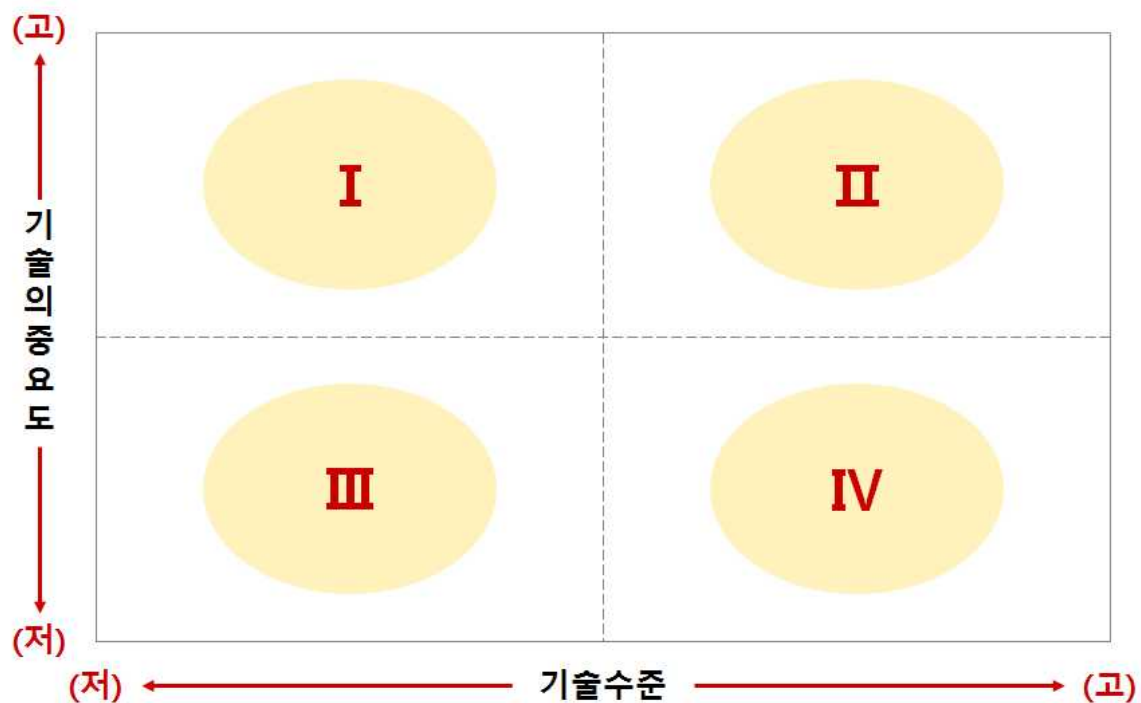


그림 132. 기술수준-중요도 포트폴리오 영역구분



(가) 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술

○ 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 분야의 기술수준-중요도 포트폴리오 분석 결과 주로 I, IV 영역에 해당되는 것으로 분석됨

- A11(저비용 고전도성 나노탄소 원천소재 기술), A31(전기전도성 콘크리트 재료 기술), A32(콘크리트 표면 전자파 차폐 기술)는 I 영역에 포함되어 적극적 투자로 기술수준 향상을 추구해야 할 것으로 분석됨
- IV 영역에 포함된 A12(나노탄소소재 분산 및 차폐 성능 향상 기술), A22(전기전도성 섬유보강 시멘트 복합재료 기술), A23(전기전도성 플라스틱 복합재료 기술)은 기술시급성이나 파급효과는 높지 않으나 수익성이 양호하여 다른 핵심기술과 연계성을 전략적으로 고려해야 할 것으로 분석됨
- 한편, A21(전기전도성 나노탄소소재 결합 시멘트 복합재료 기술)은 III 영역에 포함되어 기술 및 시장변화에 따른 대응이 필요하고, A33(전자파 차폐 콘크리트 철근 배치 및 Hybrid Shielding 기술)은 II 영역에 포함되어 더 넓은 시장창출이 가능할 것으로 분석됨

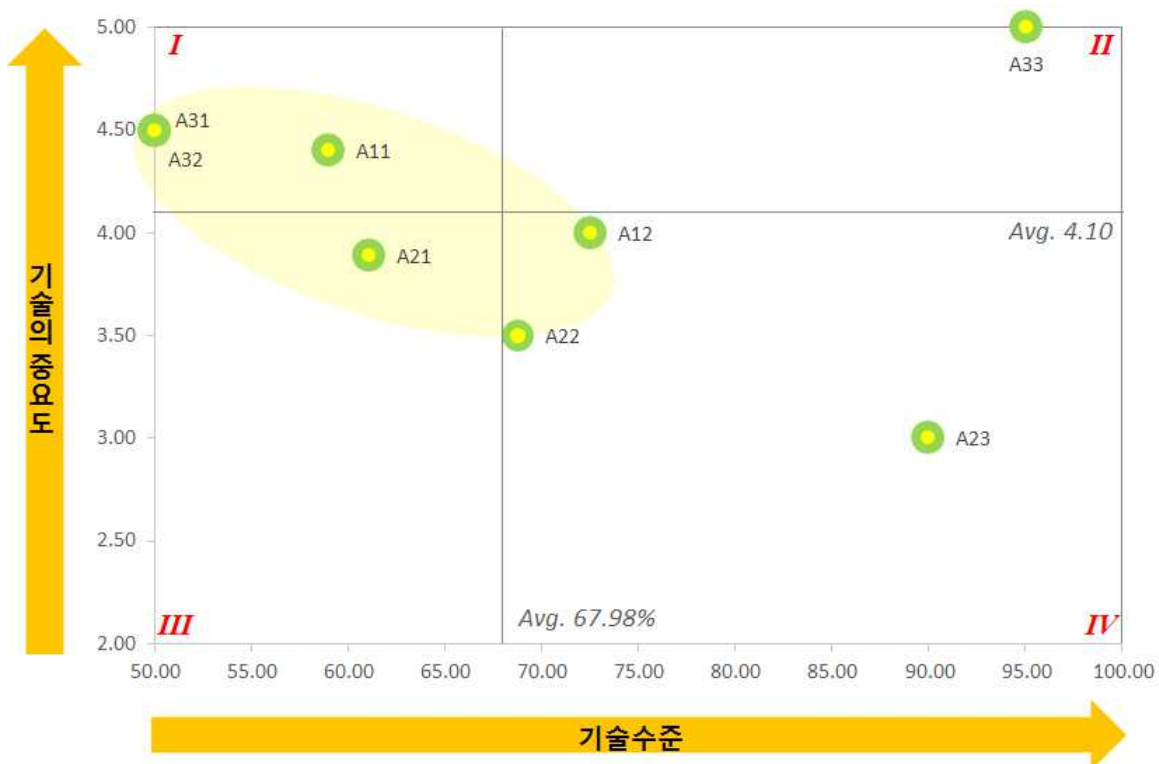


그림 133. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 분야 기술수준-중요도 포트폴리오



(나) 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술

○ 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술 분야의 기술수준-중요도 포트폴리오 분석 결과 주로 II 영역에 해당되는 것으로 분석됨

- B11(전자파 차폐 도어 자재 기술), B12(전자파 차폐 Rack 자재 기술), B22(전자파 차폐 필터 자재 기술)는 II 영역에 포함되어 기술혁신을 통해 더 넓은 시장창출이 가능한 유망성이 있는 것으로 분석됨
- 한편, III 영역에 포함된 B21(전자파 차폐 개스킷 기술)은 기술 및 시장변화에 따른 대응이 필요한 것으로 분석되고, I 영역에 포함된 B13(전자파 차폐 유리창 자재 기술)은 적극적 투자로 기술수준향상을 추구해야 할 것으로 분석됨



그림 134. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술 분야 기술수준-중요도 포트폴리오



(다) 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술

- 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술 분야의 기술수준-중요도 포트폴리오 분석 결과 주로 II, III 영역에 해당되는 것으로 분석됨
 - C11(건설재료 차폐 성능 시험 및 평가 기술), C12(부속자재 차폐 성능 시험 및 평가 기술), C23(콘크리트/시멘트 구조부재와 부속자재 연결부 차폐 성능 시험 및 평가 기술), C32(전자파 차폐 실증실험용 Mock-Up 제작 및 실증실험 표준화 기술), C42(전자파 차폐 부속자재 인증시스템 구축)는 II 영역에 포함되어 기술혁신을 통해 더 넓은 시장창출이 가능할 것으로 분석됨
 - III 영역에 포함된 C22(콘크리트/시멘트 복합재료 구조부재 전자파 차폐 연결 성능 시험 및 평가 기술), C31(전자파 차폐 실증실험시설 구성 기술), C41(콘크리트 및 시멘트 복합재료 전자파 차폐/흡수 인증시스템 구축)은 기술 및 시장변화에 따른 대응이 필요할 것으로 분석됨
 - 한편, C21(콘크리트/시멘트 복합재료 구조부재 EMP 차폐성능 시험 및 평가 기술)은 IV 영역에 포함되어 기술시급성이나 파급효과는 높지 않으나 수익성이 양호하여 다른 핵심기술과 연계성을 전략적으로 고려하여야 할 것으로 분석됨

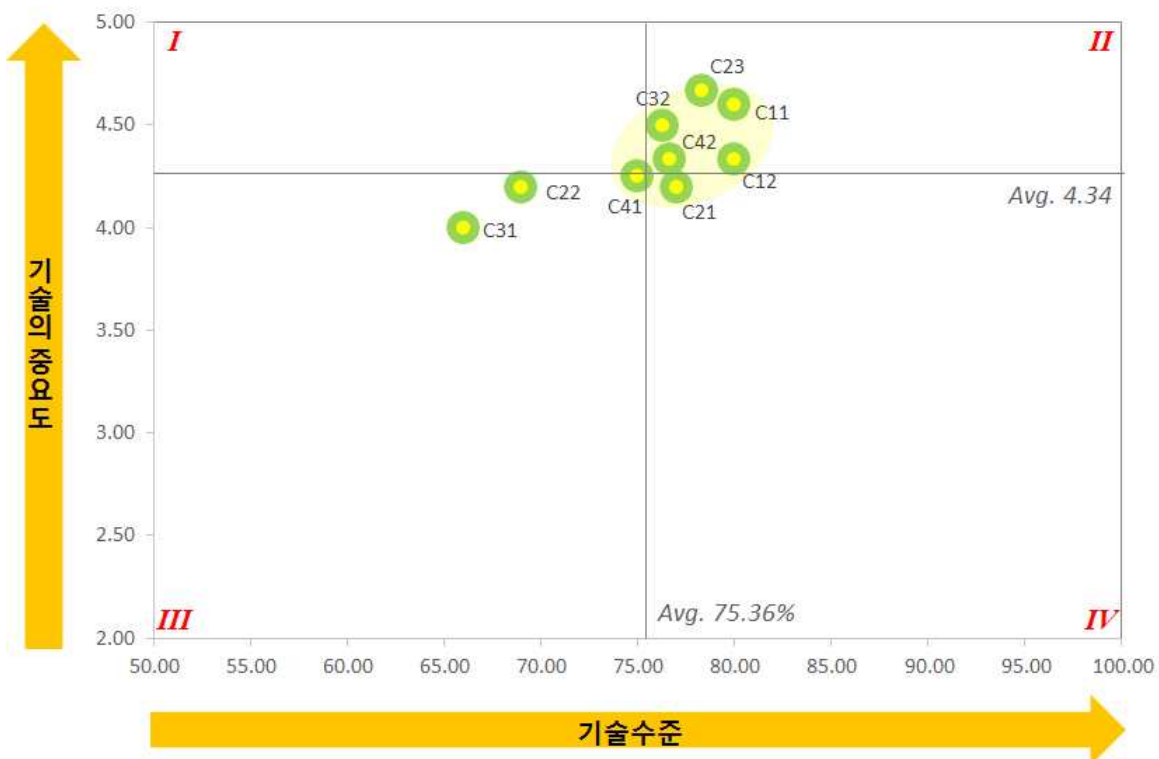


그림 135. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술 분야 기술수준-중요도 포트폴리오



(라) 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술

○ 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술 분야의 기술수준-중요도 포트폴리오 분석 결과 주로 I, II, IV 영역에 해당되는 것으로 분석됨

- D11(건설재료의 전자파 차폐/흡수 특성 해석 기술), D21(EMC를 위한 기능 안전 설계 기술), D34(도어 및 창호 전자파 차폐 설계 기술), D51(EMP 방호 대상 시설물 등급 체계 개발), D52(EMP 공격 및 방호 시나리오 개발)는 I 영역에 포함되어 적극적 투자로 기술수준향상을 추구해야 할 것으로 분석됨
- II 영역에 포함된 D12(철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 적용 구조물의 전자파 투과 해석 및 설계 기술), D22(시스템-레벨 EMC/EMP 설계 기술), D41(철도, 항공 및 항만 선로/전력/궤도회로 체계의 전자파 차폐 설계 및 시공 기술), D42(원전 통 제어 통제 센터 전자파 차폐 설계 및 시공 기술)는 더 넓은 시장창출이 가능할 것으로 분석됨
- D33(개구부 (PoE) 전자파 차폐 설계 기술), D35(기존 철근콘크리트 구조물의 전자파 차폐 보강 설계 및 시공 기술), D43(방송 및 이동통신 관제/DB 센터 전자파 차폐 설계 및 시공 기술)은 IV 영역에 포함되어 기술시급성이나 파급효과는 높지 않으나 수익성이 양호하여 다른 핵심기술과 연계성을 전략적으로 고려해야 할 것으로 분석됨
- 한편, D31(철근콘크리트 구조체 전자파 차폐 설계 및 시공 기술), D32(시멘트 복합재료 구조체 전자파 차폐 설계 및 시공 기술)는 III 영역에 포함되어 기술 및 시장변화에 따른 대응이 필요할 것으로 분석됨

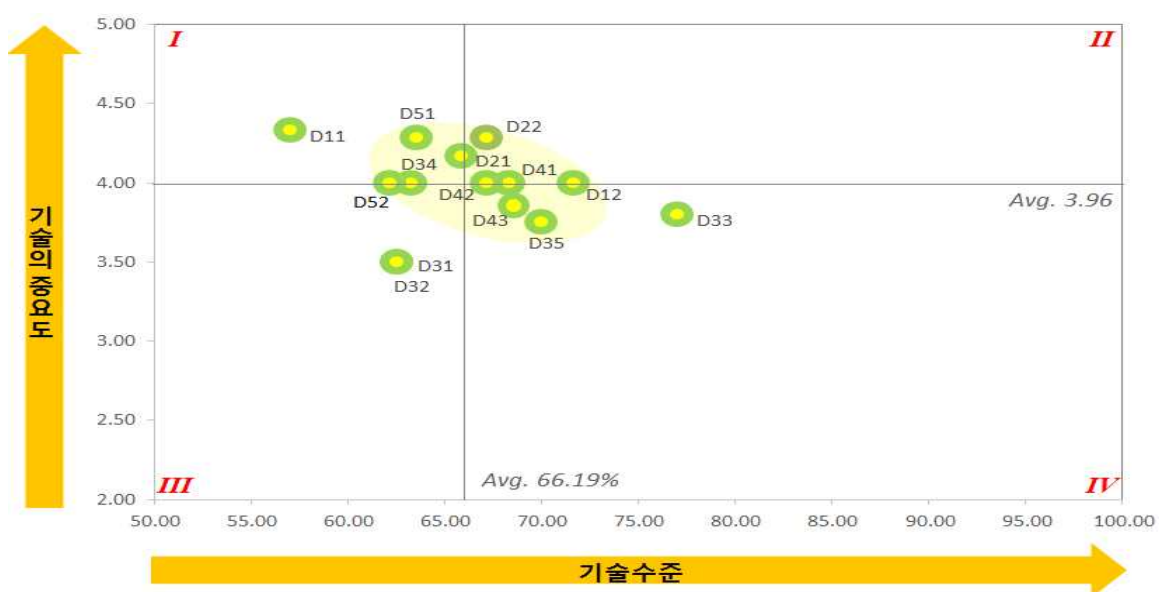


그림 136. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술 분야 기술수준-중요도 포트폴리오



(9) 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석

○ 4분면별 전략은 기술격차추세와 기술격차를 축으로 함

- I : 기술격차가 확대되는 이유를 조기에 파악하여 이에 대한 대응이 필요한 영역
- II : 효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야 하는 영역
- III : 지속적인 모니터링 및 관리-유지하거나 최고 기술수준에 이르기 위한 기술개발을 고려하는 영역
- IV : 기술개발을 가속화할 필요가 있는 영역

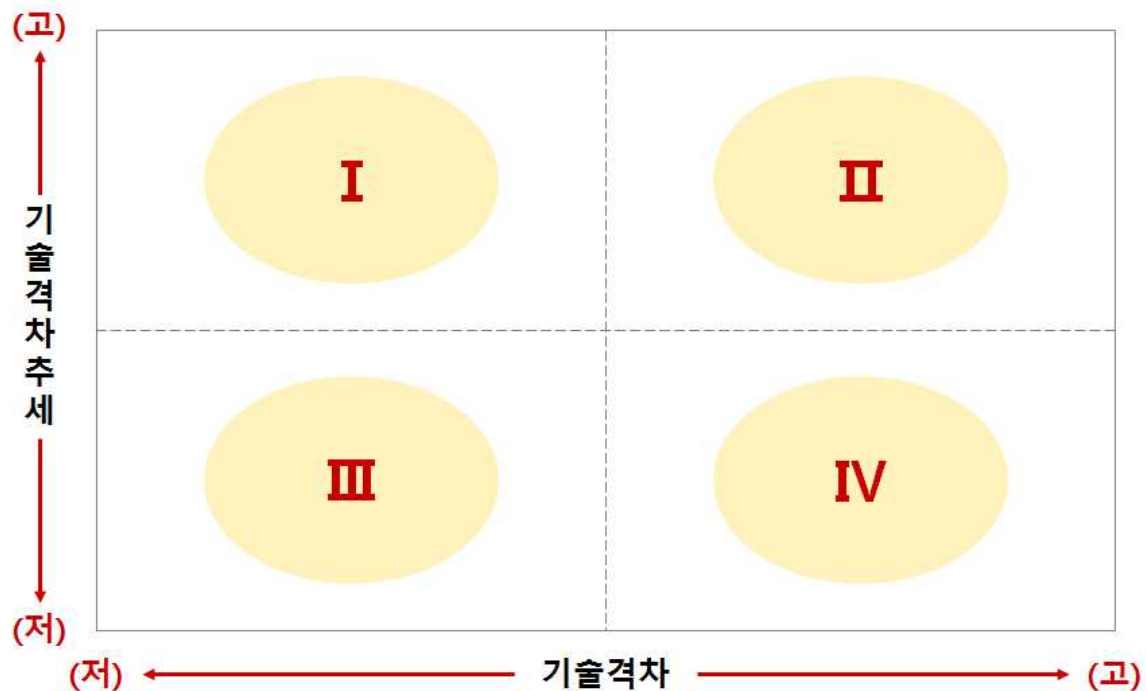


그림 137. 기술격차-격차추세 포트폴리오 영역구분



(가) 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술

- 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 분야의 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석 결과 주로 I, II, III 영역에 해당되는 것으로 분석됨
 - A11(저비용 고전도성 나노탄소 원천소재 기술), A23(전기전도성 플라스틱 복합재료 기술), A33(전자파 차폐 콘크리트 철근 배치 및 Hybrid Shielding 기술)은 I 영역에 속하여 기술격차가 확대되는 이유를 조기에 파악하여 이에 대한 대응이 필요할 것으로 분석됨
 - II 영역에 포함되는 A22(전기전도성 섬유보강 시멘트 복합재료 기술), A31(전기전도성 콘크리트 재료 기술), A32(콘크리트 표면 전자파 차폐 기술)는 효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략이 필요할 것으로 분석됨
 - A12(나노탄소소재 분산 및 차폐 성능 향상 기술), A21(전기전도성 나노탄소 소재 결합 시멘트 복합재료 기술)은 III 영역에 포함되어 지속적인 모니터링 및 관리-유지하거나 최고 기술수준에 이르기 위한 기술개발을 고려해야 할 것으로 분석됨



그림 138. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 분야 기술격차-격차추세 포트폴리오



(나) 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술

○ 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술 분야의 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석 결과 주로 I, III 영역에 해당되는 것으로 분석됨

- B13(전자파 차폐 유리창 자재 기술), B21(전자파 차폐 개스킷 기술)은 I 영역에 속하여 기술격차가 확대되는 이유를 조기에 파악하여 이에 대한 대응이 필요할 것으로 분석됨
- III 영역에 속하는 B11(전자파 차폐 도어 자재 기술), B12(전자파 차폐 Rack 자재 기술)는 지속적인 모니터링 및 관리-유지하거나 최고 기술 수준에 이르기 위한 기술개발 고려가 필요할 것으로 분석됨
- 한편, IV 영역에 속하는 B22(전자파 차폐 필터 자재 기술)는 기술개발을 가속화할 필요가 있을 것으로 분석됨



그림 139. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술 분야 기술격차-격차추세 포트폴리오



(다) 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술

- 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술 분야의 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석 결과 주로 II, I 영역에 해당되는 것으로 분석됨
 - C23(콘크리트/시멘트 구조부재와 부속자재 연결부 차폐 성능 시험 및 평가 기술), C31(전자파 차폐 실증실험시설 구성 기술), C32(전자파 차폐 실증실험용 Mock-Up 제작 및 실증실험 표준화 기술), C42(전자파 차폐 부속자재 인증시스템 구축)는 II 영역에 속하여 기술개발을 가속화할 필요가 있는 것으로 분석됨
 - I 영역에 속하는 C11(건설재료 차폐 성능 시험 및 평가 기술), C21(콘크리트/시멘트 복합재료 구조부재 EMP 차폐성능 시험 및 평가 기술), C22(콘크리트/시멘트 복합재료 구조부재 전자파 차폐 연결 성능 시험 및 평가 기술)는 기술격차가 확대되는 이유를 조기에 파악하여 이에 대한 대응이 필요할 것으로 분석됨
 - 한편, III 영역에 속하는 C12(부속자재 차폐 성능 시험 및 평가 기술)는 지속적인 모니터링 및 관리-유지하거나 최고 기술 수준에 이르기 위한 기술개발 고려가 필요할 것으로 분석됨



그림 140. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술 분야 기술격차-격차추세 포트폴리오



(라) 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술

○ 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술 분야의 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석 결과 주로 II, I, IV 영역에 해당되는 것으로 분석됨

- D22(시스템-레벨 EMC/EMP 설계 기술), D35(기존 철근콘크리트 구조물의 전자파 차폐 보강 설계 및 시공 기술), D41(철도, 항공 및 항만 선로/전력/궤도회로 체계의 전자파 차폐 설계 및 시공 기술), D51(EMP 방호 대상 시설물 등급 체계 개발), D52(EMP 공격 및 방호 시나리오 개발)는 II 영역에 속하여 기술개발을 가속화할 필요가 있는 것으로 분석됨
- I 영역에 속하는 D21(EMC를 위한 기능 안전 설계 기술), D33(개구부 (PoE) 전자파 차폐 설계 기술), D34(도어 및 창호 전자파 차폐 설계 기술), D43(방송 및 이동통신 관제/DB 센터 전자파 차폐 설계 및 시공 기술)은 기술격차가 확대되는 이유를 조기에 파악하여 이에 대한 대응이 필요할 것으로 분석됨
- D11(건설재료의 전자파 차폐/흡수 특성 해석 기술), D31(철근콘크리트 구조체 전자파 차폐 설계 및 시공 기술), D32(시멘트 복합재료 구조체 전자파 차폐 설계 및 시공 기술), D42(원전 통 제어 통제 센터 전자파 차폐 설계 및 시공 기술)는 IV 영역에 속하여 기술개발을 가속화할 필요가 있을 것으로 분석됨
- 한편, III 영역에 속하는 D12(철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 적용 구조물의 전자파 투과 해석 및 설계 기술)는 지속적인 모니터링 및 관리-유지하거나 최고 기술 수준에 이르기 위한 기술개발 고려가 필요할 것으로 분석됨

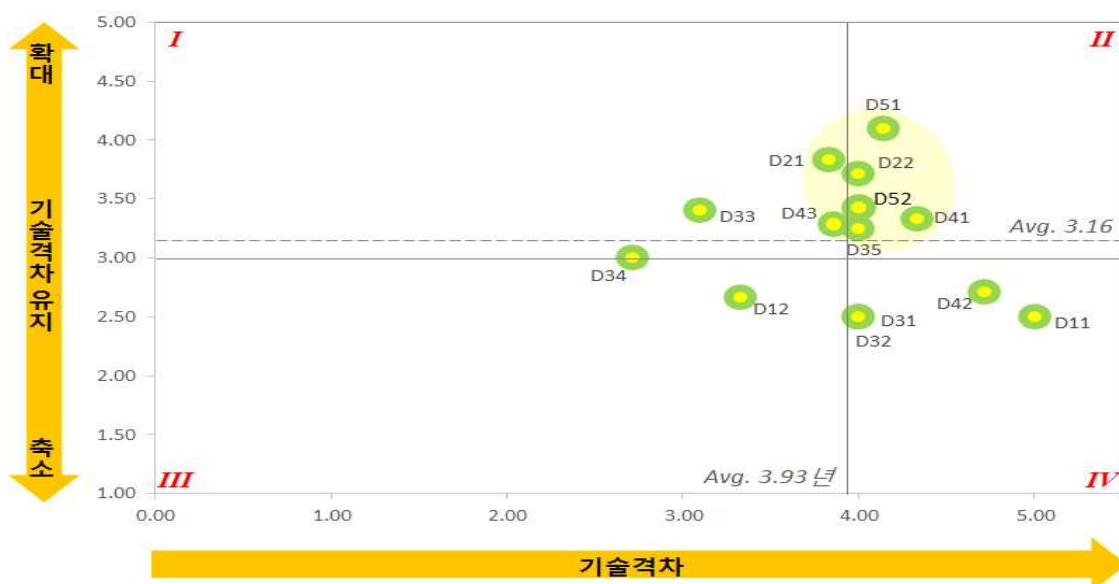


그림 141. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술 분야 기술격차-격차추세 포트폴리오



(10) 기술기반성숙도-기술 중요도 포트폴리오 분석

○ 4분면별 전략은 기술기반성숙도와 평균 중요도를 축으로 함

- I : 기술기반 관리-유지 영역
- II : 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대해 나아갈 필요가 있는 영역
- III : 점진적으로 기술기반을 확보해 나아가야 할 영역
- IV : 기술기반 확보가 시급한 영역

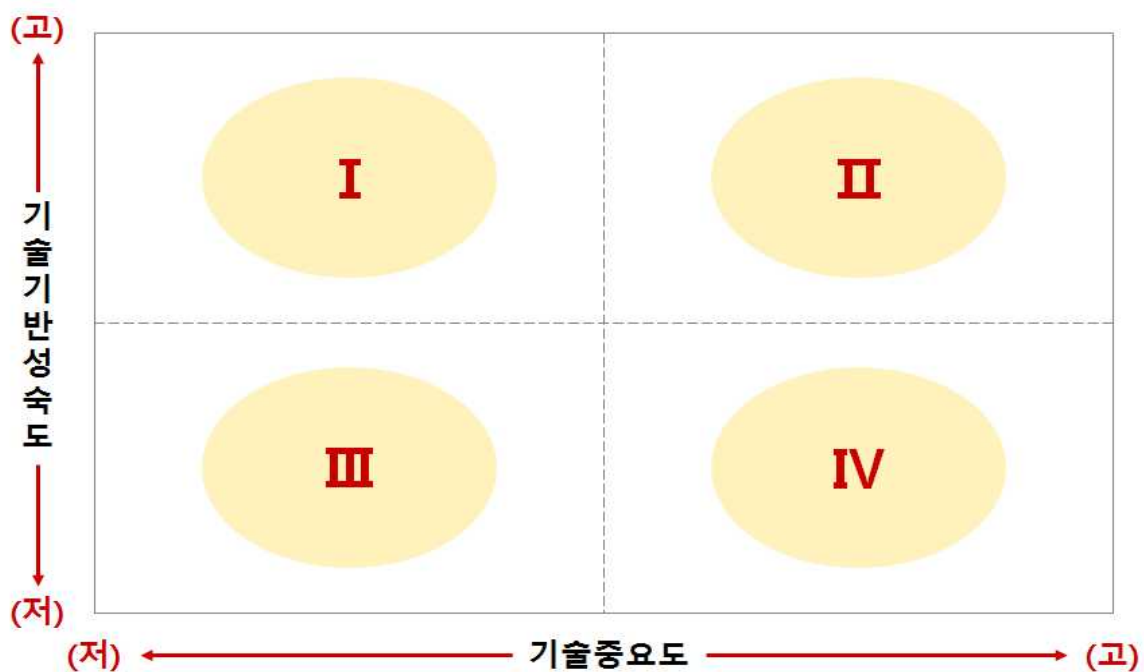


그림 142. 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 영역구분



(가) 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술

- 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 분석 결과 주로 II, III 영역에 해당되는 것으로 분석됨
 - A31(전기전도성 콘크리트 재료 기술), A32(콘크리트 표면 전자파 차폐 기술), A33(전자파 차폐 콘크리트 철근 배치 및 Hybrid Shielding 기술)은 II 영역에 포함되어 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대할 필요가 있을 것으로 분석됨
 - III 영역에 속하는 A12(나노탄소소재 분산 및 차폐 성능 향상 기술), A21(전기전도성 나노탄소소재 결합 시멘트 복합재료 기술), A22(전기전도성 섬유 보강 시멘트 복합재료 기술)는 점진적으로 기술기반을 확보해 나아가야 할 것으로 분석됨
 - 한편, I 영역에 속하는 A23(전기전도성 플라스터 복합재료 기술)은 기술기반을 관리 및 유지해야 할 필요가 있을 것으로 분석되고, IV 영역에 포함되는 A11(저비용 고전도성 나노탄소 원천소재 기술)은 기술기반 확보가 시급할 것으로 분석됨



그림 143. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오



(나) 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술

○ 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 분석 결과 주로 II 영역에 해당되는 것으로 분석됨

- B11(전자파 차폐 도어 자재 기술), B12(전자파 차폐 Rack 자재 기술), B13(전자파 차폐 유리창 자재 기술), B22(전자파 차폐 필터 자재 기술)는 II 영역에 포함되어 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대해 나아갈 필요가 있을 것으로 분석됨
- 한편, I 영역에 속하는 B21(전자파 차폐 개스킷 기술)은 기술기반을 관리 및 유지해야 할 필요가 있을 것으로 분석됨



그림 144. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오



(다) 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술

- 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 분석 결과 주로 I, II 영역에 해당되는 것으로 분석됨
 - C12(부속자재 차폐 성능 시험 및 평가 기술), C21(콘크리트/시멘트 복합재료 구조부재 EMP 차폐성능 시험 및 평가 기술), C22(콘크리트/시멘트 복합재료 구조부재 전자파 차폐 연결 성능 시험 및 평가 기술), C41(콘크리트 및 시멘트 복합재료 전자파 차폐/흡수 인증시스템 구축), C42(전자파 차폐 부속자재 인증시스템 구축)는 I 영역에 포함되어 기술기반을 관리 및 유지할 필요가 있을 것으로 분석됨
 - II 영역에 속하는 C11(건설재료 차폐 성능 시험 및 평가 기술), C23(콘크리트/시멘트 구조부재와 부속자재 연결부 차폐 성능 시험 및 평가 기술)은 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대해 나아갈 필요가 있을 것으로 분석됨
 - 한편, III 영역에 속하는 C31(전자파 차폐 실증실험시설 구성 기술)은 점진적으로 기술기반을 확보해야 나아갈 필요가 있고, IV 영역에 속하는 C32(전자파 차폐 실증실험용 Mock-Up 제작 및 실증실험 표준화 기술)는 기술기반 확보가 시급할 것으로 분석됨

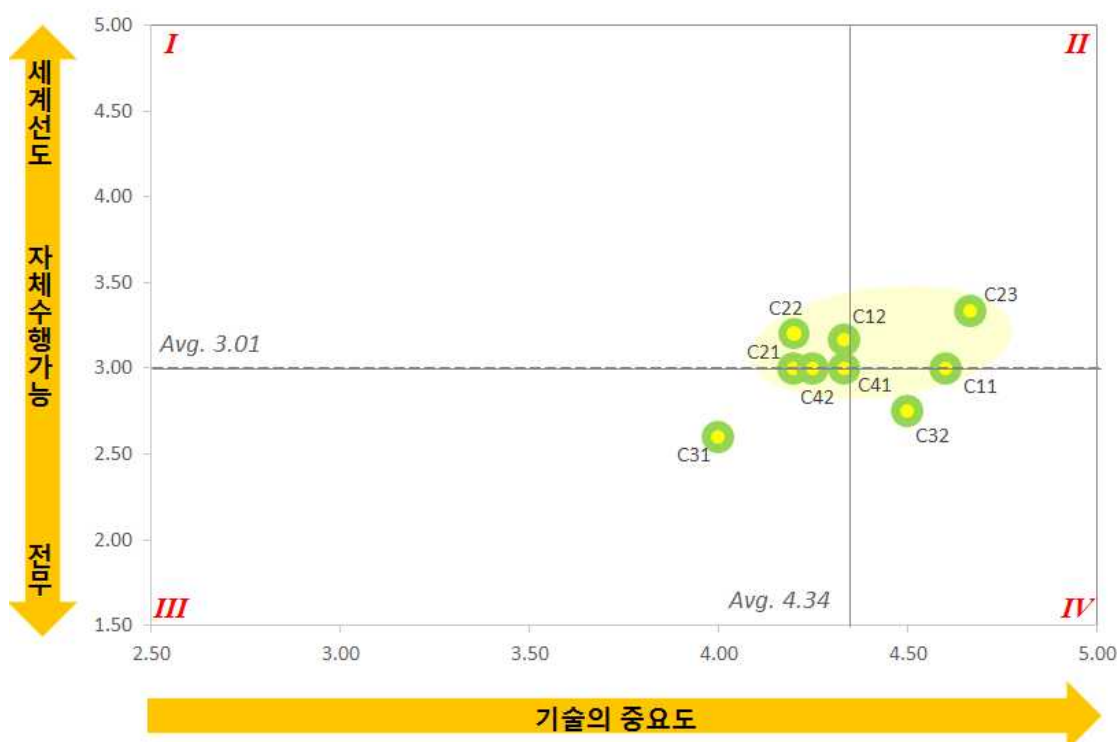


그림 145. 전자파 차폐/흡수 성능평가 표준화 및 실증실험 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오



(라) 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술

○ 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 분석 결과 주로 IV 영역에 해당되는 것으로 분석됨

- D11(건설재료의 전자파 차폐/흡수 특성 해석 기술), D21(EMC를 위한 기능 안전 설계 기술), D41(철도, 항공 및 항만 선로/전력/궤도회로 체계의 전자파 차폐 설계 및 시공 기술), D42(원전 통 제어 통제 센터 전자파 차폐 설계 및 시공 기술), D51(EMP 방호 대상 시설물 등급 체계 개발), D52(EMP 공격 및 방호 시나리오 개발)는 IV 영역에 포함되어 기술기반 확보가 시급할 것으로 분석됨
- I 영역에 속하는 D33(개구부 (PoE) 전자파 차폐 설계 기술), D35(기존 철근 콘크리트 구조물의 전자파 차폐 보강 설계 및 시공 기술)는 기술기반 관리 및 유지가 필요하고, II 영역에 속하는 D12(철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 적용 구조물의 전자파 투과 해석 및 설계 기술), D22(시스템-레벨 EMC/EMP 설계 기술), D34(도어 및 창호 전자파 차폐 설계 기술)는 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대해 나아갈 필요가 있으며, III 영역에 속하는 D31(철근콘크리트 구조체 전자파 차폐 설계 및 시공 기술), D32(시멘트 복합재료 구조체 전자파 차폐 설계 및 시공 기술), D43(방송 및 이동통신 관제/DB 센터 전자파 차폐 설계 및 시공 기술)은 점진적으로 기술기반을 확보해 나아가야 할 것으로 분석됨



그림 146. 전자파 차폐/흡수 구조물 설계 및 시공 기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오



3절 기술개발 추진방향 정립

1. SWOT 분석

가. 내외부 요인 분석

(1) 강점(Strength) 및 약점(Weakness) 분석

- 적의 전략핵 및 전술핵 개발이 급속히 진행되고, 국제 사회의 테러 수단이 다양화 되면서 EMP 위협은 점차 증가하고 있음
 - 최근 북한에서는 기존의 열, 폭발, 방사능 피해를 목적으로 하는 핵무기 개발 뿐만 아니라, 고고도 전자기 펄스(High-altitude Electromagnetic Pulse) 발생에 의한 전자기기 무력화하려는 위협이 증가되고 있음
 - 최근 북한은 탄도 미사일을 특정 고고도(성층권 이상)에서 핵탄두를 폭발시키는 사격 방법을 검토하는 등, 핵 EMP 실험 가능성을 시사하여 안보에 심각한 위협을 가하고 있음
 - 북한의 연이은 핵실험 이후, 북한의 EMP공격에 대한 군의 방호 능력 확보의 시급성이 지속적으로 요구되었지만 현실은 아직까지도 군의 EMP방호능력 확보 수준이 미비하다는 것을 나타냄
 - 지금까지의 테러 형태는 개인화기 및 폭발물 등에 의한 물리적인 공격이 주를 이루었으나, 소형 EMP탄의 개발에 따라 고출력 전자기파의 공격이 새로운 테러 수단으로 활용될 가능성이 높음
 - 국외의 경우 IS(이슬람국가)의 자폭테러, 미국 9·11 항공기 충돌에 의한 WTC 빌딩의 붕괴 등, 인적 물적 피해의 규모는 상상을 초월하였으며 2013년 국가정보원에서 발표 자료에 따르면 약 10년 사이 국가중요시설물에서 55% 이상의 테러사고가 발생하고 있음
- 국내외적으로 EMP 위협은 증가하고 있는 데 비해 국내 C4I를 중심으로 한 군사 방호시설을 제외하고 국가 주요정보통신기반시설에 대하여는 아직 EMP 방호 대책을 갖추지 못함
 - 군 지휘통제체계(C4I)가 컴퓨터 시스템에 기반을 두고 있는 점으로 볼 때, EMP 방호 조치가 되어 있지 않을 경우 EMP 공격을 받게 되면 금속산화반도체로 구성된 기기 등 전자 인프라스트럭처 전반이 무력화될 수 있음
 - 만약 국내에 운영 중인 30기의 원자력 발전소가 예상치 못한 EMP 공격을 받아 전기 공급 중단으로 발전소 내 주제어실의 컴퓨터, 각종 스위치, 장치 등



전력생산 조절 및 관리를 하는 안전시스템 마비로 발전소 블랙아웃 현상이 발생한다면 후쿠시마 원전사고가 남의 일이 아닐 수 있음

- 육상·해상·공중 수송체계의 마비는 사회 전반의 혈관을 응고시키는 결과를 초래할 것이며 인명피해를 동반할 수 있음. 육상교통신호체계의 기능 마비는 기동중인 차량의 교통사고와 정체를 일으킬 수 있음
- 2016년 6월 미래부는 북한의 EMP 공격을 가상하여 금융기관에 대한 대비태세를 점검한 결과 EMP 공격으로부터 보호해야 할 시설물에 보호 대책이 강구되어 있지 않고 금융기관 정보관리자는 ‘EMP 공격에 대해 개념 정도만 알고 있다’거나 ‘잘 모른다’는 대답이 다수이며 EMP 공격에 대한 대비 필요성에 대해서는 ‘필요하다’는 대답이 주류를 이룸

(2) 기회(Opportunity) 및 위협(Threat) 요인 분석

- 지금까지 시설물에서 EMP 방호 대책은 강판을 이용하여 별도의 Shielding Room을 설치하는 방식으로 진행. 이 방식은 공간활용, 설치비용 및 유지관리 비용이 높아 이를 해소할 첨단, 경제적인 기술 개발 기회가 있음
 - 본 기획에서 주요 핵심기술 개발 대상인 철근콘크리트 또는 시멘트 복합재료를 이용한 구조체를 통하여 EMP 방호 대책을 수립한다면 민간시설에 적극적으로 EMP 방호 대책을 강구할 수 있을 것으로 기대
 - 기술동향 조사에 따르면 세계적으로 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조체를 EMP 방호 수단으로 직접 사용하는 기술을 아직 개발한 적이 없음. 이에 따라 본 기획을 통하여 구조체를 직접 EMP 방호 수단으로 활용하는 기술을 개발 기회가 있음
 - 기술수준 및 예측 조사에서 본 바와 같이 국내 시멘트 콘크리트 복합재료 기술은 국제 수준에 근접한 기술력을 보유하고 있으며 기반 기술을 바탕으로 전자파 차폐 기술을 집중 개발할 경우 기술 세계 수준의 기술 선도가 가능함
 - 한편, 기존 시멘트 복합재료 기술 이외에 국내에서는 나노탄소소재 제조 기술은 세계 상위 수준의 연구개발 인력과 인프라를 갖추고 있음. 이를 이용하여 첨단의 나노탄소소재 합성 시멘트 복합재료를 개발할 경우 고성능의 전자파 차폐 기능을 갖춘 건설재료 기술을 완성할 수 있는 기회가 있음
 - 또한 개구부의 도어, 창, 필터 및 개스킷에 대한 기반 기술은 있으나 제조 및 생산되는 제품의 성능이 국제적 수준에 미치지 못하여 이를 개선하는 연구개발 수행으로 국제적 수준의 품질을 갖춘 국산 제품 개발이 가능함



- 구조체를 이용한 EMP 방호기술은 선행 연구개발이 거의 없음. 이로 인해 이 방식의 EMP 방호 기술에 대한 개발 성공 가능성에 대한 의문이 남아 있음
 - 국내 EMP 정책 및 관리자들은 EMP 방호 기술과 성능 기준 등에 대하여 미국을 중심으로 한 관련 선진국의 기준을 신뢰하고 있음
 - 이로 인해 새로운 기술개발 접근에 대하여 의문과 기대가 교차되고 있는 상황이며 일부 기술적 접근은 부정적인 측면이 부각됨
 - 본 기획에서는 구조체의 EMP 방호 기술을 3 가지 수준으로 구분하여 접근하고자 함
 - High Risk, High Return Technology : 나노탄소소재를 합성한 시멘트 복합재료를 활용하여 EMP 방호 구조체를 개발하는 기술로서 저비용의 나노탄소소재의 개발 가능성과 나노탄소소재와 시멘트 재료의 합성 기술 Solution의 도출에 대한 RISK가 비교적 높은 편. 단, 성공 시 80 dB 이상의 차폐율 기대
 - Middle Risk, Middle Return Technology : 기반 기술을 보유하고 있는 강섬유 합성 시멘트 복합재료를 활용하여 EMP 방호 구조체를 개발하는 기술로서 기술개발 가능성은 중간 정도이며 성공 시 60 dB 이하 정도의 차폐율 기대
 - Low Risk, Low Return Technology : 기존 철근콘크리트 구조체에서 철근 배근과 접지 기술 개발을 통하여 EMP 방호 구조체를 개발하는 기술로서 기술개발 가능성은 매우 높으나 20 dB 내외의 차폐율 밖에 기대하지 못함
 - 이외 같이 새로운 기술적 접근을 통한 EMP 방호기술 개발 성공에 대한 의구심과 기술 개발에 대한 RISK를 극복하는 노력이 필요함

나. 포지션별 전략 수립

- EMP 공격의 위협이 고조되는 시점에서 EMP 방호 대책의 수립 필요성 인식은 매우 높음. 현재 시설물 환경에 적합한 첨단 EMP 방호 건설기술의 수요에 대응
 - 정부에서는 정보통신기반 보호법, 전자파법 및 전파진흥기본계획 등을 통하여 국가 주요정보통신기반시설에 대하여 EMP 방호 대책 수립에 노력을 기울이고 있음
 - 이에 부응하는 기술적 Solution을 조기에 개발하여 적용 및 실용화를 추진할 필요가 있으며 이를 통해 EMP 방호 정책을 완성함
- 기 확보된 특허 기술을 기반으로 그 영역을 점차 확장하여 향후 EMP 방호 기술에 영향을 미치는 IP 전략 필요



- 현재 확보된 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 제조 기술과 관련된 특허 범위를 보호 및 확장하여 기술 선점을 강화하고 신규 나노탄소소재 합성 시멘트 복합재료에 대한 응용기술을 확보하기 위한 기반을 마련
 - 도어, 창호시스템, 필터 및 개스킷 등 부속자재의 경우 추격형 기술을 개발하고 성능 개선점을 핵심으로 기술을 선점할 기회를 마련
 - 시멘트에 대한 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기준은 국제적으로도 미흡한 실정. 따라서 기술개발을 통하여 이 분야의 시험기준 표준화를 선도하여 전자파 차폐 재료 및 자재 개발 제품과 기술을 선점할 수 있는 계기를 마련
- 기존 구조물의 설계와 시공 형식을 변화시키지 않은 채 EMP 방호 기능을 탑재함으로써 기술의 시장 진입 거부감 해소
- 건설 분야의 새로운 구조설계 및 시공 기술에 대하여는 국가기준을 비롯한 단체 기준을 극복해야 하는 어려움 있음. 이것은 신기술의 시장 진입을 방해하는 요인으로 작용
- 신 개념의 EMP 방호기술을 개발하여 추격형 기술 개발 수준을 넘어서 선도형 기술을 개발하고 이를 이용하여 국가 보안 해결 과제인 EMP 보안을 튼튼히 하면서 동시에 해외 시장 진출의 기회를 확보
- 미국은 전통적으로 테러 위협이 높은 국가로서 최근 테러에 대한 사회적 우려가 영화를 통하여 등장하는 등, EMP 방호 시장은 지속적으로 증가할 것으로 예측됨
 - 유럽은 최근 주 테러 대상국으로 부각되면서 유럽 각국 정부는 테러 방지 정책을 국가 최우선 정책으로 설정하고 있음. 지금은 Soft Target을 대상으로 하는 총격과 폭발의 물리적 테러가 주를 이루지만, 테러 단체의 기술 고도화에 따라 EMP 공격 위협이 증가함
 - 이러한 점에서 유럽은 향후 EMP 방호 시장이 급속히 증가할 수 있는 지역으로서 기술 선점의 효과를 기대할 수 있는 시장이 될 것임
 - 중동, 아프리카 지역은 늘상 테러와 내란이 끊이지 않는 지역으로서 물리적 방호와 동시 전자전 방호 수요는 증가할 것으로 판단됨



내부 환경 분석	【 강 점(S) 】 • 북한의 핵개발과 E-Bomb 개발 기정 사실로 국가 안보 심각한 사회 현안 • 국제 테러의 EMP 공격 가능성 고조 • 국가 주요정보통신기반시설의 EMP 방호 조치에 대한 법적 추진 기반 확고	【 약 점(W) 】 • 구체적인 피해 사례가 발생하지 않아 EMP 방호 조치에 대한 필요성 인식 낮음 • 교통체계, 에너지 및 통신 등 기반시설 다양하고 피해 체감 다름 • 기존 EMP 방호 방식에 대한 고정관념과 신뢰도 높아 신개념 기술 도입에 소극적
외부 환경 분석	【 기 회(O) 】 • 기존 EMP 방호기술 비경제, 비효율성 • 국내외적 안보 위협 가중, EMP 방호시설 확대 시행 계획 수립 • 구조체 EMP 방호기술 기반 기술 기 확보로 개발 성공 가능성 높음	【 위 험(T) 】 • 선행 연구개발 거의 없어 개발 대상 기술에 대한 성공 가능성 의혹 제기 • 국내 EMP 방호 관련 관심 최근에 시작. 미국을 중심으로 한 선진기술에 의존도 높음 • 기존 건설시장의 가격 경쟁력 우선에 따라 개발 후 실용화 장벽 해소 위험

SO 전략	▪ 사회적 ISSUE를 시급히 해결하기 위한 기술개발 가속화 ▪ 시멘트 복합재료 기반 기술을 바탕으로 새로운 개념의 구조체 EMP 방호 기술 개발, EMP 방호 기술 및 시장 선도	WO 전략	▪ 시멘트 복합재료를 중심으로 한 구조체 EMP 방호 기술 개발과 성능 평가 기술 확보로 방호 성능 신뢰성 확보 ▪ 신 개념 EMP 방호 기술의 입증으로 구조체 방호 기술 도입 및 실시 계획 및 시행 기회 부여
ST 전략	▪ 국가 안보와 관련하여 EMP 방호 조치 실시에 대한 정부 의지 시행 Solution 제공 ▪ 기술 개발 난이도 고,중,저 해당하는 기술을 동시에 연구개발 방안 마련하여 성공 확률 높임	WT 전략	▪ 기술 개발과 과정에서 수요처 중심으로 간접적인 연구참여를 유도하여 기술 개념의 인식 약점 극복 ▪ 구체적인 Test Bed 적용과 기술 검증을 통해 가시적인 성과를 제시. 개발 대상 기술에 대한 신뢰 증진



2. Issue Tree

가. 정책·기술·시장 동향 핵심 Keyword

(1) 정책동향 핵심 Keyword

- 고출력 전자파(EMP) 등의 방법으로 정보통신망 또는 이와 관련된 정보시스템을 공격하는 행위를 하여 발생한 사태를 “침해사고”로 규정
- “고출력·누설 전자파 안전성 평가”는 고출력 전자파에 대한 방호 또는 누설 전자파로 인한 정보누출 위험을 차단하기 위한 시설을 설치하여 미래창조과학부가 중심이 되어 안전성 평가를 수행
- 「전파진흥기본계획」에 따라 국민중심의 안전하고 쾌적한 전자파 환경 조성계획을 발표하여 EMP를 비롯한 전자파 침해 대책 마련의 근거를 제시
- 전파법령 등 법제도 정비를 통해 체계적인 EMP 대응기반 마련
 - EMP 방어 장치 시설에 대한 안전성 평가체계 구축 및 인증제 도입, 주요 정보통신 기반시설의 EMP 취약점 분석·평가 추진
 - 사회기반시설 정보통신망 등에 대한 전자파 침해방지 기술기준 고시
- GPS 전파교란에 대응하여 감시시스템 운영 및 기술 개발 등을 추진과 함께 EMP 공격 위협에 대비한 제도 도입 중
 - 실시간으로 전파 교란을 검출 분석할 수 있는 GPS 교란 전국단위 감시시스템 구축 및 EMP 공격 감시 시스템 개발·구축
 - 특히 국방부는 군 시설에, 안행부는 정부통합백업전산센터에 EMP 방호시설 계획 중이나, 민간부분 EMP 대비책은 부재
 - EMP 공격 방어기술, 이동환경 GPS 교란 방어기술 및 다중위성항법 수신기술 등, 전자파 공격 대응관련 기술개발 강화
- 군사방호시설의 EMP 방호 조치 강화 및 확대 추진
 - 군사 방호 등급은 특급, 1급, 2급 및 3급 방호시설로 구분하고 있으며 이 중에서는 특급에 해당되는 방호시설은 EMP 방호 조치 대부분 되어 있는 것으로 알려져 있음
 - 1급의 일부는 EMP 방호 조치가 일부 되어 있으나 그 이하에는 거의 되어 있지 않음. 이에 따라 국방부는 방호 대상을 고려한 효율적 EMP 방호시설 구축을 위해 미래부와 협력 추진



- 전자파 차폐·차단 및 저감(低減) 기술 등 전자파 역기능 해소를 위한 기반기술 연구 개발 촉진
 - 고출력 전자파로 인한 피해와 누설 전자파에 의한 정보유출을 방지하기 위하여 방호차폐시설 또는 장비보호시설 등을 구축 및 안전성 평가 관련 연구개발 지속
- 정부는 정보통신기반시설을 보호하기 위하여 필요한 기술의 개발 및 전문인력 양성에 관한 시책을 강구
- EMP 침해 방지 대책 가이드라인을 발간하여 북한의 핵 EMP 공격에 대비한 대응에 착수
 - 전국 단위의 EMP 공격 감시 시스템 구축 계획 수립
 - 구조물의 구체의 EMP 방호 기술 개발 추진 중
- 미국을 중심으로 서방 국가에서는 EMP 공격에 대비하여 구체적인 대응 기술을 개발하여 시행하고 있음
 - EMP에 공격으로부터의 핵심기반시설의 위험성(risk) 분석 기술
 - EMP 공격 방호 대사 국가 핵심 보안자산 및 민간 설비 결정
 - EMP 재난 관리 기획 및 대응 기법을 평가하는 기술
 - EMP 공격 이후 핵심기반시설의 복구, 가용 기술
 - 다양한 EMP 공격 수준으로부터 손상 및 파괴 핵심기반시설의 복구 및 회복

(2) 시장동향 핵심 Keyword

- 국내 전자파 차폐 시장은 연평균 10% 이상 성장 기대
 - 전자파 차폐 건설시장은 아직까지 시장이 크게 형성되어 있지 않음. 그러나 국가 주요정보통신기반시설뿐만 아니라 스마트빌딩, 스마트도시, IoT 환경 구축 등이 증가함에 따라 관련 시장은 급속한 성장을 기대
- EMP 방호설비와 통합경계감시시스템은 2015년 미국으로부터의 전시작전권 환수 이후 국내 국방시설의 강화 추세에 맞춰 향후 수요가 늘어날 것으로 기대
- 전자파 차폐/흡수재료의 세계시장은 지속적으로 성장
 - 최근 연평균 5% 성장률을 최근 나타냄
 - 공공시설의 전자파 간섭 방지 대책이 국가적 차원에서 추진되고 있는 상황을 고려하면 관련 시장 성장률은 급속히 증가할 것으로 예상



- 탄소 기반 복합소재 세계 시장은 급속한 성장세를 나타낼 것으로 판단
 - 탄소 기반 복합소재는 전기전도성, 열전도성, 고강도, 난연성, 물질차단성 (barrier 특성), 내화학적, 투명성, 친환경성 등이 다기능 특성을 구현
 - 이러한 성질을 이용할 경우 전자파 차폐용 건설자재의 개발 소재로서 시장이 점차 확대될 것으로 예상됨
- 향후 고성능 섬유보강 복합재료의 경우 물리적인 방호에 전자파 방호 기능을 추가할 경우 통합 방호시장을 창출하고 이에 따라 건설재료 새로운 시장 개척이 용이할 것으로 예측됨
- 최근 수차례에 달하는 북한의 GPS 교란 전파 위협에 대한 국민들의 인식이 증가하면서 전자파 차폐에 관한 중요성 또한 증대되면서 민간 수요의 EMP tlwk 방호시설 시장 규모 급성장 예상

(3) 기술동향 핵심 Keyword

- 전자파 차폐 성능 향상을 위해 신소재를 적용한 건설 재료·자재 및 이를 적용한 시설물의 개발이 활발히 이루어질 것으로 예상되며, 이에 따라 재료·자재 및 시설물에 대한 신뢰성 있는 성능평가 방안과 시험법 개발을 통한 표준화 기술 및 인증시스템 구축이 절대적으로 필요함
- 개구부 차폐 부속자재의 개발은 공압 적용 가스켓 차폐기술, 문턱 없는 구조차폐 기술 등 차폐도어의 기술 개발 활용성을 점목시키는 기술 등이 전망됨
- EMP 주파수특성에 따른 차폐도를 충족시키는 윈도우 차폐 개발 기술로 EMP 차폐실 환경 개선이 전망되며 강화유리와 차폐 메시와의 접합기술의 개발, 유리창과 틀과의 부착기술 등이 핵심사항이 될 것으로 판단됨
- 공간의 효율성 및 경제성을 고려하여 구조체내 별도 전자파차폐 공간 구성에서, 구조체 자체 전자파 차폐 기술 발전이 예상되며, 구조체 및 내장재에 첨단 소재의 융합기술이 개발될 것으로 판단됨
- 이러한 융합 기술을 개발을 통하여 신축구조물뿐만이 아니라 기존 구조물에 용이하게 전자파차폐를 할 수 있는 시공기술의 출현이 예상됨
- 향후 전자파 차폐/흡수 단열재를 이용한 건설분야 활용기술은 무선 통신 및 외부 전자파 유입을 차단하고 흡수하면서 원래 계획된 건축구조물의 활용도를 그대로 유지할 수 있는 기술이 필요할 것으로 판단됨



- 지금까지 주로 군사 방호시설에만 적용되던 전자파 차폐 기술은 공공기관 및 주요 사회기간시설물에 대한 적용 요구가 증가할 것이며 이를 위해서 민간 시설물 특성을 반영한 기술의 정립이 필요함

나. 핵심 이슈

- 북한의 핵개발 및 E-Bomb 개발로 안보 위협 고조
 - 5차에 걸쳐 핵실험과 20회 이상의 미사일 발사 등으로 안보위협이 고조
 - 최근 북한은 E-Bomb의 개발을 완료하고 소형 미사일을 통해 국지적인 도발을 자행할 가능성 높아짐
- EMP 공격을 수단으로 하는 국제 테러 발생 위험 고조
 - 국제 테러 집단의 E-Bomb 보유로 EMP 공격의 위험성 고조
 - 테러의 전략이 물리적 테러에서 사이버 테러 및 EMP 테러 등 다양화
- 정부 정책에서 EMP 위협에 대한 적극적 대응 수립
 - 전국 단위의 EMP 공격 감시 시스템 구축 계획 수립
 - 구조물의 구체의 EMP 방호 기술 개발 추진
- EMP 대응 기술 수요 증가
 - 현재의 Shielding Room 방식과 Rack을 이용한 방식의 기술로는 증가하는 수요의 편익성 충족 어려움
 - 기존 시설물 구조형식에 적합한 신 개념 EMP 대응 기술 수요 충족 요구
- 국민들의 EMP 공격 피해에 대한 심각성 인식 제고 필요
 - EMP 공격의 피해 범위는 사회 인프라의 마비를 초래
 - 물적 피해 규모는 수조원에 이르게 되고 사회적 혼란은 상상을 초월
- 안전한 전자파 차폐 환경 요구 증대
 - 국가 차원의 인프라뿐만 아니라 개인의 생활 환경이 정보통신으로 집약
 - EMP 공격에 의한 정보통신의 마비는 물적, 정신적 국민 생활을 패닉 상태로 표출될 가능성 높음



다. R&D Needs

○ 전자파 차폐 원천소재 및 원천재료 기술

- EMP 차폐를 수단으로 가장 효율적인 방식으로 검토되는 구조체 차폐 기술을 개발하기 위해서 첨단 나노탄소소재 기술을 개발. 기술 선점이 중요함
- 기존 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 기반 기술을 바탕으로 전자파 차폐와 관련된 핵심기술을 개발함으로써 연구개발 기간 내 TRL 8단계 수준의 실용화 기술 개발

○ 전자파 차폐 부속자재 기술

- 개구부를 통해 침투하는 전자파를 차폐하기 위한 부속자재 제품은 현재 어느 정도 개발되어 있으나 성능에 대한 보증이 다소 부족함
- 기존 부속자재 기술을 바탕으로 성능 측면의 개선점을 중심으로 집중 연구개발하여 구조체에서 목표로 하는 차폐율 이상의 부속자재 차폐 성능 확보

○ 전자파 차폐 성능평가 및 실증실험 기술

- 시멘트 콘크리트 복합재료에 대한 전자파 차폐 성능 시험 기술 부재
- 이 재료에 대한 실내 실험으로 가능한 전자파 차폐 시험법과 장치를 개발
- 이어 구조체 단위의 전자파 차폐 시험법과 장치를 개발
- 최종적으로 시멘트 콘크리트 구조물의 전자파 차폐 성능을 실증실험할 수 있는 기술과 시험시설을 개발

○ 전자파 차폐 구조물 설계 및 시공 기술 개발

- 구조물과 관련한 전자파 특성 및 차폐 특성에 대한 해석 모델 개발
- 특히 시멘트 콘크리트 재료로 구성된 구조체에 대한 전자파 침투 특성은 분석하고 이를 외부 작용력으로 가정한 방호 구조설계 기술을 개발
- 이에 적용하는 재료 특성을 감안한 시공 기술을 개발

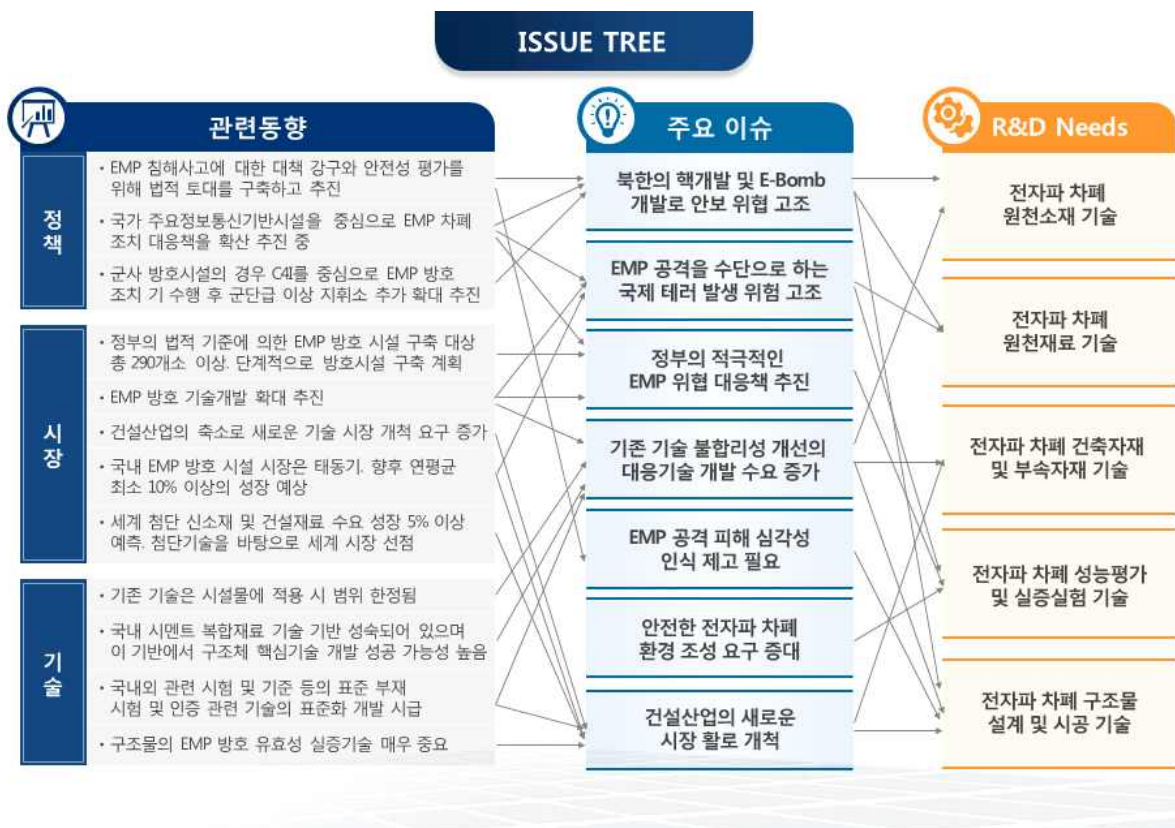


그림 147. Issue-Tree 분석





제4장 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절 비전 및 목표

1. 비전 및 핵심기술

가. 비 전 ;

**EMP 공격으로부터 국가 주요정보통신기반시설을 보호하고,
유사 시 방위 작전의 Black Out을 방지하며, 평상 시
전자파 피해로부터 안전하고 쾌적한 근무환경 조성**



그림 148. 연구개발 목표 - EMP 방호 개요도

나. 연구목표

(1) 나노탄소소재 원천소재 기술 개발

○ EMP 차폐 시멘트 콘크리트 복합재료 구성용 나노탄소 원천소재 개발



- 기존 가격 50% 절감 가능한 그래핀 제조 기술 개발
- 시멘트 콘크리트 복합재료용 그래핀 플레이크 대량 생산 기술 개발

(2) EMP 차폐 시멘트 콘크리트 구조체 개발

○ EMP 차폐 철근콘크리트 구조체 개발

- 목표 차폐율 20 dB의 「**철근콘크리트**」 구조체
- 철근콘크리트 중 EMP 차폐를 위한 철근배근 및 접지 기술 개발
- 구조체 기준 두께는 300 mm (이하 동일)

○ EMP 차폐 시멘트 복합재료 구조체 개발

- 목표 차폐율 60 dB의 「**시멘트 복합재료 + 철근배근**」 구조체 개발
- 나노탄소소재, 강섬유 혼입 시멘트 복합재료 개발

○ EMP 차폐 Hybrid 시멘트 복합재료 구조체 개발

- 목표 차폐율 80 dB의 「**시멘트 복합재료 + 철근배근 + Hybrid**」 구조체 개발
- 시멘트 복합재료 구조체 내·외부 추가 보강 Hybrid 구조체 구성
- ※ 구조체의 물리적 강도는 EMP 차폐 성능 발현에 맞춤

(3) 물리적 방호 및 EMP 차폐가 가능한 통합 방호 구조체 개발

○ 통합 방호 대상

- 군사 방호시설물
- 지상 2급 이하 방호시설물 : GP 550 포탄(TNT 등가량 125 kg) 이격거리 10m, 구조체 두께 30 cm 기준
- 1급 이상 방호시설물 : 군사 방호시설기준(보안사항)에서 정하는 별도의 방호 시나리오에 대응, 즉 구조체 두께는 가변적
- 기존 철근콘크리트 방호 구조체 대비 단면 두께 1/2 저감

○ EMP 방호 목표

- 60, 80 dB 이원화

○ 물리적 방호 및 EMP 차폐 통합 기능 시멘트 복합재료 구조체 개발



- 목표 차폐율 60 dB의 「시멘트 복합재료 + 철근배근」 구조체 개발
- 나노탄소소재, 강섬유 혼입 시멘트 복합재료 개발
- 동적충격인장강도 30 MPa 이상
- EMP 차폐 Hybrid 시멘트 복합재료 구조체 개발
 - 목표 차폐율 80 dB의 「시멘트 복합재료 + 철근배근 + Hybrid」 구조체 개발
 - 시멘트 복합재료 구조체 내·외부 추가 보강 Hybrid 구조체 구성
 - 동적충격인장강도 30 MPa 이상

(4) 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 개발

- EMP 차폐율 80 dB 도어 시스템 개발
 - EMP 차폐 도어 기능 내구성 향상 기술 개발
 - 도어 및 도어 접합면 차폐 성능 유지 기술 개발
 - 외부 1차 도어의 경우 방폭 성능 동시 보유
- EMP 차폐율 80 dB 필터 제품 및 연결 시스템 개발
 - EMP 차폐 전원용 필터 개발 및 성능 인증 기술 개발
 - EMP 차폐 신호용 필터 개발 및 성능 인증 기술 개발
- EMP 차폐율 40 dB 창호 시스템 개발
 - 나노탄소소재 결합 EMP 차폐 Glass 개발
 - 40 dB 차폐 가능한 창틀 및 창틀과 구조체 연결 기술 개발
- EMP 차폐용 기타 부속자재 개발
 - 개스킷, 허니콤 등, 개구부 차폐용 기타 부속자재 개발
- 전자파 흡수율 30 dB 건축자재 개발
 - 금속자재 패널, 곡면부용 전자파 흡수 시트 등 건축자재 개발

(5) 전자파 차폐 성능평가 및 실증실험 기술 개발

- 건설자재 전자파 차폐 시험법 및 평가기준 개발
 - 콘크리트 및 시멘트 복합재료의 재료 단위 차폐 시험법 및 평가기준



- 콘크리트 표면 처리 재료의 차폐 시험법 및 평가기준
- 구조체(구조부재) 전자파 차폐 시험법 및 평가기준 개발
 - 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조체 차폐 시험법 및 평가기준
 - 구조체와 부속자재 결합부 전자파 차폐 시험법 및 평가기준
- 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조물 전자파 차폐 실증실험 기술 개발
 - 전자파 차폐 실증실험용 Mock-Up 제작 표준화 기술
 - 구조물의 전자파 차폐 실증실험시설 구축
 - 전자파 차폐 Mock-Up 구조물 실증실험 절차 개발

(6) EMP 차폐 구조물 설계 및 시공 기술 개발

- EMP 특성 해석 및 콘크리트 구조체 침투 모델 개발
 - 전자파 주파수 대역별 침투/차폐 특성 해석 기술
 - 다중 다층구조 콘크리트 복합체의 전자파 특성 해석 기술
- EMP 차폐 구조물 설계 및 시공 기술 개발
 - 80 dB 수준의 EMP 방호 구조체 설계 및 시공 기술 개발
 - 창, 도어 및 개구부 EMP 차폐 설계 및 시공 기술 개발

(7) EMP 방호 및 전자파 차폐/제어형 시설물 Test Bed 개발

- 민간 수요 Test Bed
 - 국가 주요정보통신기반시설 대상
 - 이중에서 도로, 철도 및 항공 등 국토교통 통제센터 중심
 - EMP 방호 Mock-Up 구조물 설계 및 제작
 - Mock-Up 구조물 EMP 차폐 실증실험 후 본 구조물 T/B 적용
- 군사 방호시설물 Test Bed
 - 2급 이상의 방호시설 신설 사업과 연계
 - EMP 및 방폭 통합 방호 Mock-Up 구조물 설계 및 제작
 - Mock-Up 구조물 EMP 차폐 실증실험 후 본 구조물 T/B 적용



그림 149. 전자파 차폐 핵심 연구목표



2. 단계별 개발 목표

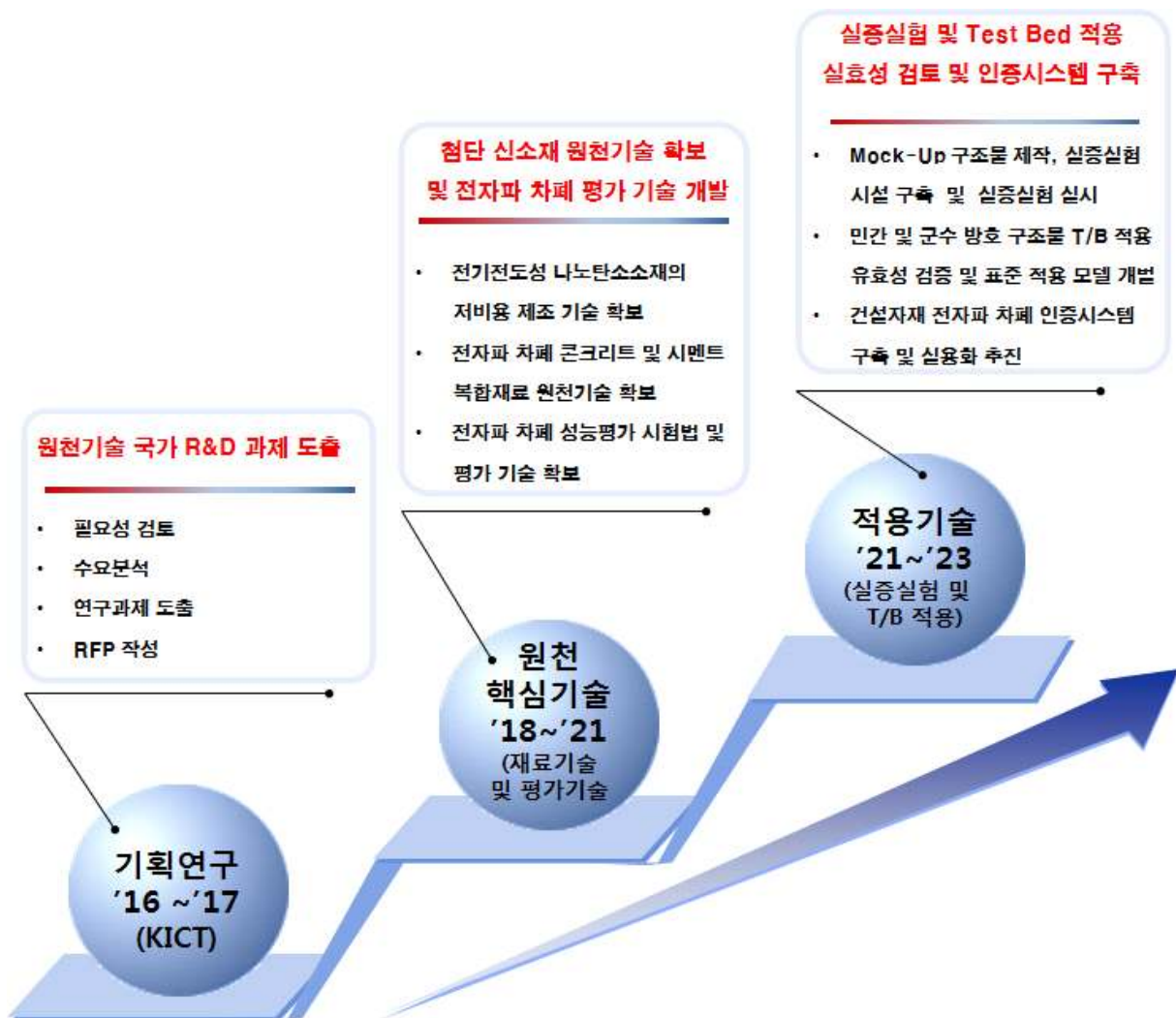


그림 150. EMP 차폐 건설기술 개발 단계별 목표

- 연구목표 달성을 위해 연구추진 단계를 기획연구 단계와 핵심기술 개발 단계 및 실용화기술 개발 단계로 구분
 - 기획연구 단계('16~'17): 필요성 검토, 수요분석, 연구과제 도출, RFP 작성
 - 원천·핵심기술 개발 단계('18~'21): 전기전도성 나노탄소소재 원천소재 개발, 전자파 차폐 콘크리트 및 시멘트 복합재료 등 원천 재료 개발, 재료와 자재 단위 및 구조체 단위의 전자파 차폐 성능평가 기술 개발
 - 적용기술 개발 단계('21~'23): 전자파 차폐 Mock-Up 구조물 제작, Mock-Up 구조물을 통한 전자파 차폐 실증실험, 민수 및 군수 EMP 방호 Test Bed 적용 후 실용화 추진



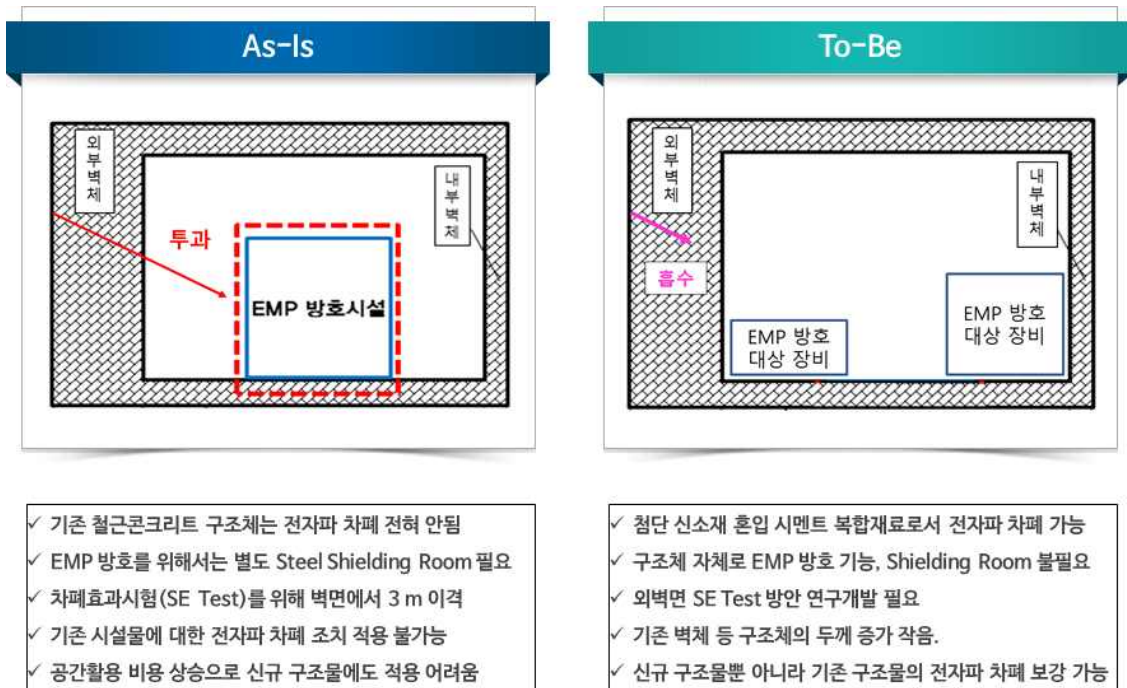
표 71. 단계별 개발 목표

단 계	연구 목표	주요 연구내용
기획 연구 단계	• 동향 분석 및 기술수요조사를 통한 중점연구분야 도출 • 비전 및 목표 설정 • 세부 실행계획 수립 • 기획타당성분석 • 본 연구사업 RFP 작성	- 시장/기술/특허 동향 분석 - 기술수요 및 예측 조사 - SWOT 분석 및 Vision 설정 - 과제도출 및 목표 수립 - 기획타당성 분석 - 실용화 및 사업화 방안 수립 - R&D 수행 전략 수립 - RFP 작성
핵심 기술 개발 단계	• 저비용 나노탄소소재 개발 (기존 대비 가격 50% 절감) • 전자파 차폐 콘크리트 및 시멘트 복합재료 원천기술 개발 (20~80 dB) • 전자파 차폐 도어, 창 및 필터 등 부속자재 제품 개발 (40~80 dB) • 건설재료 및 자재 단위 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술 개발	- 저비용 그래핀(플레이크) 제조 기술 개발 - 전자파 차폐 철근콘크리트 구조체 개발 - 전자파 차폐 시멘트 복합재료 구조체 개발 - 전자파 차폐 콘크리트, 시멘트 복합재료 및 추가 차폐 Hybrid 구조체 개발 - 전자파 차폐 도어시스템, 창호시스템 및 필터 등, 부속자재 제품 개선 개발 - 콘크리트 및 시멘트 복합재료의 전자파 차폐 성능 시험법 및 평가 방안 개발 - 구조체 및 부속자재 연결부의 전자파 차폐 성능 시험법 및 평가 방안 개발
적용 기술 개발 단계	• 전자파 차폐 철근콘크리트 Mock-Up 구조물 개발 (1/2~1/4 Scale) • 전자파 차폐 실증실험 기술 개발 (적용 대상 구조물 차폐 유효성 입증방안) • 나노탄소소재 및 시멘트 복합재료 대량 생산 기술 개발 • 전자파 차폐 구조물 Test Bed 적용 및 시공 기술 개발 • 전자파 차폐 건설재료 인증체계 구축	- 전자파 차폐 철근콘크리트 Mock-Up 구조물 설계 및 제작(개구부 포함) - 전자파 차폐 실증실험 장치 구축 - 구조물 전자파 차폐 실증실험 방안 개발 - 구조물 전자파 차폐 실증실험 및 유효성 평가 - 전기전도성 나노탄소소재 대량 생산 프로세스 개발 - 전자파 차폐 콘크리트 및 시멘트 복합재료 시공 기술 개발 - 국가 중요정보통신시설을 대상으로 한 민수 전자파 차폐 Test Bed 선정 및 적용 - EMP 군사 방호구조물 Test Bed 선정 및 적용 - 건설재료의 전자파 차폐 인증체계 구축

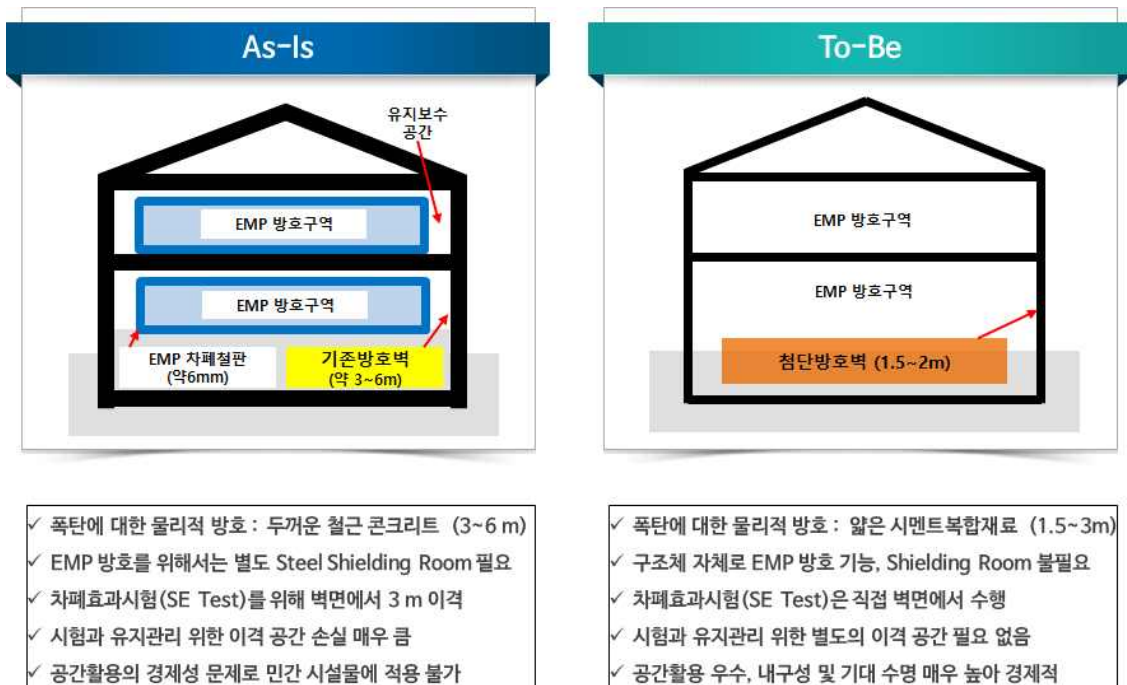


3. 기술개발에 따른 미래상

가. 민간 국가 중요정보통신기반시설의 전자파 차폐



나. EMP 방호 및 방폭 통합 군사 방호시설물





2절 중점추진 분야 및 연구개발과제 구성

1. 중점추진 분야 구성

- 본 연구의 중점추진 분야는 비전과 목표를 달성할 수 있는 유사 기술 분야로 분류하고 해당 기술 분야에서 수행 가능한 세부 요소기술을 도출
- 중점추진 분야는 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술, 부속자재 기술, 성능평가 및 실증실험 기술 및 전자파 차폐 구조물 설계 및 시공 기술로 분류하고 해당 분야에 요구되는 기술 개념을 중점추진분야로 설정
- 분류한 기술 분야를 토대로 연구에서 지향하는 중점추진 분야는 아래와 같음
 - 저비용 나노탄소소재 제조 및 생산 기술 분야
 - 전자파 차폐 콘크리트 및 시멘트 복합재료 기술 분야
 - 개구부 전자파 차폐 부속자재 기술 분야
 - 건설재료 및 자재의 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술 분야
 - 전자파 차폐 구조물 설계 및 시공 기술 분야
- ‘저비용 나노탄소소재 제조 및 생산 기술’ 분야는 나노탄소소재 중 전기전도성과 역학적 강도 특성만 지니는 재료를 특화하여 제조 및 생산 비용을 낮게 한 소재를 개발하는 것으로서 그래핀 또는 이와 유사한 나노탄소소재가 개발 대상임
- ‘전자파 차폐 콘크리트 및 시멘트 복합재료 기술’ 분야는 나노탄소소재 또는 강섬유 등의 전도성 재료를 콘크리트 또는 시멘트 복합재료와 합성하여 구조체를 개발하는 분야로 설정
 - 구조체는 구조역학적인 소요 성능을 지니면서,
 - 동시에 전자파 차폐에 필요한 전지전도성을 띠는 구조체로 개발
- ‘개구부 전자파 차폐 부속자재 기술’ 분야는 전자파 차폐 또는 방호 대상 구조물에서 창호, 도어, 도파관 및 필터 등의 개구부 구성요소에 대한 전자파 차폐 기술 분야로서
 - 개구부 요소 자체의 제품 및 시스템을 개발하는 부분,
 - 구조체와 개구부 구성 제품 및 시스템을 연결부의 기밀성을 확보하는 기술
- ‘건설재료 및 자재의 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술’ 분야는 무기질 바탕의 콘크리트 및 시멘트 복합재료에 대한 전자파 차폐 성능을 시험 및 평가하는 기술 분야임



- 실내 실험실에서 가능한 소재 및 재료 단위의 차폐 시험
- 별도의 실험설비가 필요한 구조체(부재) 및 연결부에 대한 차폐 시험
- 최종 차폐(방호) 구조물의 차원의 실증실험으로 나누어 연구개발이 필요
- ‘전자파 차폐 구조물 설계 기술 분야’ 는 차폐(방호) 대상 구조물의 구조적 요건 및 EMP 공격 시나리오 등에 대한 연구와 이를 바탕으로 구조역학적 및 전자파 차폐 측면의 설계 기술을 개발하는 분야임
 - 전자파 공격(위협 대상)의 시나리오 연구
 - 전자파 방호 등급 체계 연구
 - 전자파 방호 및 물리적 방호 구조 설계
 - 차폐(방호)룸 건축 환경 설계
- 중점추진 분야를 근거로 연구개발과제 구성을 추진하며 연구의 비전과 목표를 달성할 수 있도록 관련 연구개발의 우선순위 설정 가이드를 제시함

2. 중점추진 분야 구성 배경

- EMP 공격으로부터 국가 주요정보통신기반시설을 보호하고 안전하고 쾌적한 국민 전자파 생활환경을 조성하기 위해서, 그리고 연구목표를 효율적으로 달성하기 위해서 아래와 같이 세부과제를 구성

가. 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술 분야

- 전기전도성과 전자파 차폐 성능이 우수한 첨단 나노탄소소재의 개발과 이를 이용한 시멘트 복합재료 구조체의 개발이 필요함
- 그래핀을 중심으로 한 나노탄소소재의 경우 반도체 성질 이외 디스플레이 소재로 주목을 받고 있으나 이를 위해서는 여러 처리 공정이 필요하며, 이로 인해 소재의 제조 및 생산 단가가 급격히 증가
- 전자파 차폐를 위한 구조체 구성재료로서의 나노탄소소재는 전기전도성이 가장 중요한 성질이며, 여기에 시멘트 매트릭스와 합성되어 구조역학적 성질을 확보하는 것이 중요함
- 이 경우 그래핀을 비롯한 유사 성질의 나노탄소소재는 흑연으로부터 기본 구조층의 분리 공정만으로도 제조가 가능하여 생산 단가를 낮출 수 있을 것으로 기대



- 반면, 그래핀과 같은 나노탄소소재를 시멘트 복합재료와 합성하여 시멘트 복합재료의 구조역학적 인장강도 및 휨거동 특성을 높일 수 있고, 시멘트 복합재료 내에 전기적 흐름을 유도할 수 있도록 그래핀 섬유 연결을 기대함
- 그러나 2010년 이후 그래핀을 연구개발이 시작된 이후 시멘트 복합재료와 합성되어 분산성(Dispersion)과 결합성(Orientation)을 성공적으로 개발한 적이 없음. 따라서 나노탄소소재가 합성된 시멘트 복합재료의 성공적인 개발은 High Risk, High Return의 특성을 지님
- 반면, 강섬유 보강 시멘트 복합재료(Steel Fiber Reinforced Cement Composite, 이하 SFRC)의 경우 구조역학적 필요성에 따라 2000년대부터 활발히 개발되었으며, 콘크리트를 대체한 구조물에 활용하고 있음
- SFRC에 사용되는 강섬유는 여러 가지 형상이 사용됨. 전자파 차폐 시멘트 복합재료와 관련지어 보면, 각 섬유의 전기적 연결 특성이 가장 중요하며 동일 체적 중 개체의 가닥 수가 많은 것이 전기적으로 유리할 것으로 판단됨
- SFRC를 전기전도성 시멘트 복합재료 구성하기 위해서 전기적 연결 혼입 기술과 섬유 연결할 수 있는 원천기술을 개발할 필요가 있음
- SFRC 전자파 차폐 시멘트 복합재료의 경우 선행 연구³⁾에서 검토해볼 때 고주파수 영역에서 차폐효과를 나타내는 것을 볼 때 전자파 차폐 시멘트 복합재료로 개발 가능성이 충분함
- SFRC 전자파 차폐 시멘트 복합재료 원천기술의 개발 가능성 높으며 Middle Risk, Middle Benefits을 기대할 수 있는 연구개발 아이템
- 한편 일반 콘크리트는 전기전도성이 전혀 없는 부도체로 알려져 있음. 그러나 철근콘크리트 구조체에 합성된 철근은 도체이며, 철근의 배근 상태에 따라 전자파 차폐 효과가 있다는 연구결과⁴⁾가 있음
- 따라서, 철근콘크리트 구조체에서 철근 배근 상태에 대한 연구와 철근을 전기전도성 기본 네트워크 구성함. 여기에 보조적으로 전기 흐름을 구성할 수 있는 기술을 개발할 경우 철근콘크리트 구조체로도 저준위 전자파 차폐가 가능할 것으로 판단됨
- 이러한 내용들을 중심으로 전자파 차폐 원천소재 및 구조재료 기술을 심도 있게 연구개발하기 위해 세부과제로 구성

3) 방호·방폭용 고성능 섬유보강 시멘트 복합재료 개발 및 실용화, 한국건설기술연구원, 2015.12.

4) 김 외득, “철근콘크리트건물의 EMP 차폐성능 시험을 통한 방호설계 개선방안 연구”, 인하대학교, 석사학위논문



나. 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술 분야

- 전자파 차폐 또는 방호 대상 구조물의 경우 보호하고자 하는 전자장치 및 통신 장비 등에 전원공급, 신호전달 등의 공급망(Supplies Chain)의 설치가 필요함
- 이러한 개구부(PoE)는 전자파의 침투에 취약부가 됨. 개구부를 통해 침투하는 전자파를 차폐하기 위해서 도파관, 필터, 허니콤 및 개스킷 등을 적용함
- 이러한 개구부의 전자파 차폐 제품과 시공 기술은 어느 정도 개발되어 있으나 성능의 개선이 필요하며, 외국산의 수입에 대응하기 위해서 국산화 기술 개발이 필요함
- 한편, EMP 공격으로부터 방호를 위해서 현재 기준은 80 dB의 차폐율을 요구되어 있는데 이에 따라 창호의 설치는 창호 주변으로 침투하는 전자파를 80 dB 이상을 차폐율을 갖기 어려움
- 그러나 반드시 창호의 설치가 필요한 방호시설의 경우 특수 원천소재를 활용하여 Glass를 차폐 소재로 구성할 경우 가능성이 전혀 없는 것으로 아닐 것으로 추정함. 따라서 고차폐율 창 및 창호시스템의 개발이 필요함
- 전자파 차폐 도어의 경우 상당한 수준의 기술이 개발되어 있음. 그러나 가장 상용화된 경우는 의료용 방사선 장치의 차폐용으로 개발되어 있고, EMP 방호용으로 개발된 도어의 경우 턱 높임 등의 보조적 수단을 동반하고 있음.
- 이 보조적 수단은 도어의 여닫이 기능을 어렵게 하고 도어의 장기 변형에 대응하기는 부족함. 따라서 여닫이 기능이 수월하면서 동시에 장기 변형을 최소화할 수 있는 전자파 차폐 도어시스템의 개발이 필요함
- 개스킷의 경우 장기 성능의 저감이 기술적 해결 과제이며 국산화와 인증체계 구성 또는 편입 문제를 해결할 필요가 있음
- 한편 구조체와 결합된 개구부의 차폐 기술 및 제품 개발과 함께 보호 대상 전자장비의 별도 차폐 보관 장치인 Rack 개발은 경제성 측면에서 고려
 - 「높은수준의 구조체+개구부 차폐」 방식과 「낮은 수준의 구조체+개구부와 함께 Rack 적용」 방식에 대한 효과와 경제성을 비교 검토
- 또한 시멘트 콘크리트 구조체로 구성되는 전자파 차폐 기본 구성을 보조하는 수단으로 건축 내장재를 중심으로 하는 건축자재에 전자파 차폐/흡수 기능을 부여할 경우 80 dB 이상의 높은 차폐율을 확보할 수 있는 가능성을 높임



다. 전자파 차폐 성능평가 및 실증실험 기술 분야

- 전자파 간섭(EMI)와 전자파 양립성(EMC)과 관련된 전자기기 및 장비에 대한 전자파 차폐 시험 및 평가기준은 ISO 및 KS 표준에 정해져 있으며 이에 따라 출시되는 제품의 인증기준으로 적용함
- 한국산업표준(KS)에서는 [KS C 0304(2014) : 평면 재료의 전자파 차폐 효과 측정방법]과 [KS C 0304-1(2009) : 초저주파 영역의 자기장 차폐율 시험방법]을 제정하여 재료의 전자파 차폐 효과를 측정함
- 그러나 평면 재료의 대부분은 금속 또는 고분자 유기 화합물로 구성된 재료들이 대부분이며 시멘트 및 콘크리트와 같은 무기질 합성 재료에 대한 전자파 차폐를 측정하는 표준 시험법은 전무함
- 본 기획에서는 전자파 차폐 또는 EMP 방호를 위해서 시멘트 또는 콘크리트를 기반 개발 구성재료로 고려함. 이에 따라 우선 무기질인 시멘트 재료와 나노탄소소재 및 강섬유 등의 전기전도성 재료가 합성된 복합재료의 전기전도성 및 전자파 차폐 성능을 시험 및 평가할 수 있는 방안의 개발이 필요함
- 앞의 시멘트 및 콘크리트와 전기전도성 재료가 합쳐진 복합재료의 전자파 차폐 성능이 시험평가 되어도 구조물 단위의 전자파 차폐가 검증되기 위해서는 구조체와 구조체 및 부속자재가 결합된 연결부의 차폐성능이 시험평가 되어야 함
- 최종으로 차폐 및 방호 구조물에서 전자파 차폐 성능이 확인되기 위해서는 구조물 전체 단위의 차폐 성능이 확인되어야 함. 이에 따라 구조물 단위의 차폐 성능을 시험평가하는 수준을 실증실험으로 정의하고 이 실증실험을 수행하기 위한 시설과 절차를 개발할 필요가 있음

라. 전자파 차폐 구조물 설계 및 시공 기술 분야

- 전자파 차폐 성능을 갖춘 구조물을 건설하기 위해서는 우선 구조물로 침투하는 전자파의 특성을 해석하는 기술을 개발할 필요가 있음
- EMI 및 EMC 차원에서 전자장비 및 기기에 대하여 간섭과 차폐 관계를 검토한 것과 달리 구조물 차원의 전자파 차폐 설계는 매우 다양한 부분을 검토해야 함
- 먼저 구조물을 구성하는 주 구조체가 시멘트 또는 콘크리트 무기질 구조체이며 이와 관련된 전자파의 입사, 반사, 침투, 흡수 및 회절 특성에 대한 연구가 필요함
- 다음으로 콘크리트와 시멘트 복합재료에 매설되는 철근(망)이 전자파에 미치는



영향을 해석하고 이를 모델링하는 것이 전자파 차폐 특성을 해석하는 기초가 될 것임

- 방호 구조물에 창호 및 도어 등의 개구부들이 있을 수 있으며 이러한 개구부들의 전자파 차폐 목적과 사람의 동선 및 건축 환경 공급과 제어와 관련된 사항들을 고려하여 설계하여함. 이러한 점들을 고려하기 위해서는 심도있는 연구가 필요할 것을 판단됨

3. 후보과제 Pool 구성

가. 후보과제 Pool 구성 방법

- 기획위원, 자문위원 및 외부 산학연 전문가를 중심으로 기술 수요조사를 실시하고 수집된 기술수요 조사서를 연구 비전과 목표에 맞는 후보과제들을 선별
- 연구개발 목표에 해당하는 기술을 보유한 기업들에게 연구기획 의도를 설명하고 목표를 달성하기 위한 추가 후보과제 대상 의뢰
- 연구목표 별 기술분류 체계를 제시하고 소분류에 해당하는 예상 주요기술 목록을 제시함으로써 연구기획의 의도를 정확히 전달하도록 노력
- 수집된 기술 수요조사서를 주요기술별로 분류하여 기획한 기술 분야에 충분한 후보과제 Pool이 구성될 수 있도록 하였으며 부족한 기술 분류 부분은 주관연구기관 주도로 관련 전문가에게 2차 후보과제 조사를 추가 실시하여 보완함

나. 후보과제 Pool 중복성·유사성·위계 검토

- 중복성 검토는 후보과제 Pool의 개별 과제들을 대상으로 NTIS에 등재된 국가 R&D 데이터를 활용하여 중복과제 유무를 확인하고 중복과제로 판정될 경우, 후보과제 Pool에서 제외함
- 과제 중복여부는 추진 준비 중인 국가 과제를 포함하며 수행중이거나 기 개발이 완료된 과제 또는 기술이 존재하는 경우로 판단
- 중복성과 유사성을 기준으로 수요 조사된 기술들을 분류하고 본 연구기획에 적합한 후보과제 Pool을 확보함
- 수집된 수요조사 과제들 중 유사기술로 대상된 기술의 경우 면밀한 검토를 통하여 1가지로 통합 취급



다. 후보과제 Pool list

- 중복성, 유사성 검토를 마친 수요조사 기술들의 예상 과제명을 기준으로 연구 개발 과제를 정의하고 기획에서 설정한 중점추진분야별로 과제들을 분류
- 분류된 후보과제들의 연구목표와 기간, 소요 예산들을 설정하고 우선순위 평가 수행할 수 있도록 관련 근거 자료들을 수집

(1) 중점추진분야 I : 전자파 차폐 구조체용 원천소재 및 구조재료 기술

연번	후보과제명	후보과제 정의
1	저순도 천연흑연을 이용한 저비용 산화/환원 그래핀 소재 개발	저순도의 탄소로 이루어진 천연 흑연을 산화/환원 공정을 통하여 고순도의 그래핀 소재로서 다른 방식의 그래핀 소재 제조 공정보다 경제적인
2	고순도 친환경 산화 그래핀 및 플레이크 소재 개발	그래핀을 건설재료인 평면 섬유 형태로 제조하는 기술로서 가능한 장 방향으로 길이가 긴 플레이크 단독 소재로 제조하는 기술
3	차폐용 박판 metal carbides 소재 개발	여러 겹의 카본과 금속 이온을 결합하여 형상과 기능이 그래핀과 유사한 형태의 소재를 제조하는 기술로서 최근 개념만 정립된 소재임
4	고농도 그래핀 분산액 및 분산체 소재 및 그래핀 기능 향상 기술 개발	그래핀 등의 나노탄소소재는 전기전 반발력과 표면 비친수성으로 인하여 시멘트 재료와 결합이 어려운 단점을 극복하기 위해서 화학적 처리제를 개발
5	강자성 기능기를 도입한 산화 그래핀 전자파 차폐 성능 향상 기술 개발	강한 자성의 기능기를 이용하여 전기전도성을 높이며 동시에 전자파 반사력을 높여서 전자파 차폐에 유리한 소재로 변화시키는 기술
6	그래핀을 혼입한 시멘트 복합재료 개발	그래핀과 시멘트 재료를 혼입하여 복합재료를 제조하는 기술을 개발함. 나노탄소소재인 그래핀과 시멘트 재료의 물리화학적 결합 및 균등 분산이 기술의 핵심임
7	그래핀 기반 시멘트 도막재료 개발	페인트에 나노 그래핀과 무기질이 시멘트 페이스트를 혼입하여 콘크리트 구조체 표면에 전기전도성 도막을 형성하는 기술을 개발
8	Metal Carbides를 혼입한 시멘트 복합재료 개발	복층 구조의 금속 나노탄소소재인 metal carbides를 시멘트 재료와 합성하여 전자파 차폐가 가능한 복합재료를 개발
9	강섬유 및 Hybrid 보강 기술을 이용한 전자파 차폐 시멘트 복합 재료 개발	강섬유를 혼입한 시멘트 복합재료를 제조하여 1차 구조체의 전기전도성을 확보하고 보다 높은 차폐율을 확보하기 위해서 전기전도성 네트워크를 구성하는 재료 기술을 개발



연번	후보과제명	후보과제 정의
10	전자파 차폐 보강 구조체용 강섬유 보강 시멘트 슬러리 복합재료 개발	강섬유 또는 강스크랩 등을 이용하여 전기전도성과 전자파 차폐 기본 망을 구성하고 이후 슬러리 형태의 시멘트 재료를 충전하여 구조체를 구성하는 재료 기술을 개발
11	전자파 차폐 비정질 강섬유 보강 시멘트 복합재료 개발	시멘트 복합재료를 구성하는 섬유의 일종인 비정질 강섬유를 혼입하여 시멘트 복합재료를 구성하는 재료 기술로서 동일 체적조건에서 일반 강섬유보가 비표면적인 크게 되어 전기전도성 측면에서 유리할 것으로 기대
12	강재 스크랩 보강 시멘트 슬러리 복합재료 개발	강재를 프레스 및 절단 가공 이후 발생하는 폐기물인 스크랩을 이용하여 전기전도성 망을 형성하고 이후 시멘트계 재료를 합성하여 전자파 차폐가 가능한 복합재료를 제조하는 기술
13	전기전도성 플라스터 복합재료 개발	마감재의 일종인 플라스터에 전기전도성 물체를 혼입하여 프리팩 형태의 전자파 차폐 기능을 기대하는 재료를 개발
14	강섬유 혼입 시멘트 복합재료의 전기전도성 향상 기술개발	강섬유 시멘트 복합재료의 혼입섬유 개선에 따른 전기전도성 향상 기술 개발
15	전자파 차폐 콘크리트용 혼화재 구성 및 제조 기술 개발	콘크리트에 사용되는 분체형 혼화재를 일반적인 비도전성 무기재료가 아닌 전도성 재료를 혼입하여 결합재 구성. 이에 따라 복합 구조체가 전자파 차폐가 가능토를 개발
16	전자파 차폐 용사 소재 및 용사 코팅 콘크리트 구체 개발	콘크리트 구조체 표면에 얇은 금속 용사막을 구성하는 기술이며, 이 용사막을 이용하여 전자파 반사 및 흡수 기능을 기대하는 재료를 개발
17	전자파 차폐 보강철근 배근 상세 및 접지 기술 개발	철근콘크리트 구조물을 구성하는 철근을 이용하여 전자파 차폐 성능 기대. 구조역학적 성능을 유지하면 전자파 차폐에 적합한 철근 배근 상세와 전기적 네트워크 구성 및 접지 기술을 개발
18	강재 mesh와 보강 섬유를 이용한 Hybrid Shielding 콘크리트 개발	시멘트 복합재료를 구성하는 강섬유 또는 그래핀과 Meso Level의 전기적 연결을 위해서 금속 Mesh 망을 형성하여 콘크리트 구조체의 전자파 차폐 성능을 극대화하는 콘크리트 재료 기술을 개발



(2) 중점추진분야 II : 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술

연번	후보과제명	후보과제 정의
1	평면 차폐 도어 및 기밀장치 개발	기존 전자파 차폐 도어는 도어틀에 턱을 두어 전자파의 차폐 효과를 높이는 구조임. 이 구조의 경우 사용상 불편을 초래하고 있어 이를 해소한 평면 closing 차폐 도어 및 부속 기밀장치를 개발
2	인터로킹(회전문) 도어 및 기밀장치 개발	전자파 차폐를 위해서 출입문 상시 닫힌 상태를 유지해야함. 이를 위해서 회전식 도어를 이용하여 일면은 항상 닫힌 상태를 유지할 수 있는 제품을 개발
3	냉각성능 개선된 EMP 방호용 차폐 Rack 기술	EMP 공격으로부터 전자장비를 보호하는 방법으로 Rack을 사용함. 기존 Rack과 달리 전자장비를 보호하면서 동시에 내부 온도 상승도 방지할 수 있는 Rack을 개발
4	기밀 차폐용 도어 Rack 장치 개발	차폐룸에서 도어는 항상 오픈 동작이 발생하며 이로 인해 전자파 차폐에 취약한 부위임. 도어를 하나의 Rack과 같이 기밀이 유지되는 시스템을 개발함
5	전자파 차폐 유리 및 창호 시스템 개발	고밀도 차폐 및 투명성이 확보되는 첨단 소재를 이용하여 전자파 차폐 유리창을 개발하고 구조체와 연결되는 부위의 차폐 창호시스템을 개발함
6	EMP 방호용 코일 개스킷 자재 개발	일반 개스킷과 달리 고출력 전자기파를 흡수할 수 있는 코일형 개스킷을 개발하고 그 성능을 확보함
7	테이프형 개스킷 자재 개발	일반 개스킷과 달리 설치가 편리하고 기하학적 적응성이 우수한 테이프형 개스킷을 개발
8	공압 방식 도어용 개스킷 적용 기술	도어와 도어틀이 연결되는 부분에 기밀성을 향상시키기 위해서 공압공간을 설치하는데 이 부분에 적합한 개스킷을 개발
9	전원용 HEMP 필터 장치 개량 기술 개발	기존 전원용 필터의 성능을 개선하여 방호 전계강도를 극대화 시킬 수 있는 전원용 필터를 개발
10	신호용 HEMP 필터 장치 개량 기술 개발	기존 신호용 필터보다 다양한 주파수 대역에서 발생하는 신호 침투를 차폐할 수 있는 신호용 필터를 개발



연번	후보과제명	후보과제 정의
11	아노다이징 기술 활용 복합 금속패널 개발	아노다이징 기술을 이용한 나노구조체를 전자파 제어가 가능한 복합구조층으로 형성, 이를 이용한 전자파 환경제어형 건축용 복합금속패널을 개발
12	전자파 차폐 가능한 단열재 및 모듈 개발	효율적인 공간 활용도와 추가적인 시공 작업의 번거로움을 제거하면서 전자파 차폐 성능을 보완하는 단열재 건축자재를 개발
13	전자파 차폐 경량 칸막이 벽 개발	경량 칸막이를 접합부에 틈새 손실을 방지할 수 기술을 더하여 구조체와의 접합부 처리 및 벽체 내 전자파 관통 성능을 보완하는 건축 자재 기술
14	곡면부용 전자파 환경 제어 시트 개발	접착시트를 기본구조로 하여 전자파 차폐 및 흡수 성능을 선택적으로 제어 가능한 Multi-layer 전자파 환경제어 시트를 개발
15	화학결합형 전자파 차폐 세라믹 도료 개발	불연 및 친환경이 가능한 화학결합형 세라믹을 바인더로 한 전자파 차폐 및 흡수도료 제조 기술 개발
16	전자파 차폐 복합 건축 내장재 개발	전자파 흡수 및 차폐 성능을 목적으로 하는 경우 전자파 흡수 및 차폐 공사와 같은 접합부 처리 및 개구부 처리 등에 대한 복합 건축 내장재 개발



(3) 중점추진분야 III : 전자파 차폐 성능평가 및 실증실험 기술

연번	후보과제명	후보과제 정의
1	콘크리트 및 시멘트 복합재료의 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술 개발	무기질 기반의 콘크리트 및 시멘트 복합재료에 대한 전자파 차폐 성능을 시험할 수 있는 시험법의 개발과 평가 기술을 개발. 시험법의 개발과 함께 실험실에서 시험이 가능한 시험장치의 개발도 병행함
2	개스킷 및 필터 자재 차폐 성능 시험 및 평가 기술 개발	개스킷 및 필터 자재 자재에 대한 차폐 성능을 시험하는 시험법과 평가 기술을 개발. 이 기술은 향후 자재 인증시스템 구축과 연관성을 가짐
3	유리창 및 창호시스템 차폐 성능 시험 및 평가 기술 개발	유리창과 창호시스템에 대한 차폐 성능을 시험할 수 있는 시험법과 평가 기술을 개발하며, 시험법의 규격화도 수행
4	도어 및 Rack 차폐 성능 시험 및 평가 기술 개발	도어 및 Rack에 대한 차폐 성능을 시험하는 시험법과 평가 기술을 개발. 이 기술은 향후 자재 인증시스템 구축과 연관성을 가짐
5	철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조체 EMP 차폐 시험 및 평가 기술 개발	철근이 배근된 철근콘크리트 구조체와 나노탄소소재 및 강섬유 등이 합성된 시멘트 복합재료로 제작된 구조체에 대한 전자파 차폐 시험방법, 시험장비 및 평가 기술을 개발
6	철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조체와 부속자재 연결부 EMP 차폐 시험 및 평가 기술 개발	철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조체와 창호시스템, 도어 및 도파관 등의 관통부 처리부분의 결함 부위에 대한 전자파 차폐 성능을 시험 및 평가 기술을 개발
7	철근의 전기적 연결 성능 평가 기술 개발	철근콘크리트에 포함된 철근의 연결 상태에 따른 전자파 차폐 성능을 평가할 수 있는 기술을 개발
8	전자파 차폐 실증실험 및 평가 방안 개발	철근콘크리트 또는 시멘트 복합재료로 건설된 차폐(방호) 건물 또는 룸에 대하여 전자파 차폐(방호) 성능을 평가할 수 있는 실증실험 방안을 개발. 최신 여러 타 분야의 과학기술적 성과를 접목 개발
9	전자파 차폐 실험용 Mock-Up 구조물 제작 기술 및 평가 방안 개발	전자파 차폐(방호) 구조물의 규모가 큰 경우 전자파 차폐 성능평가를 전면적에 대하여 수행하는 것은 불가능. 따라서 구조적 요소와 전자파적 특성을 고려한 전자파 차폐 성능평가용 Mock-Up 구조물을 제작하는 기술을 개발
10	철근콘크리트 및 시멘트 복합재료의 전자파 인증시스템 구축	철근콘크리트 및 시멘트 복합재료에 대한 전자파 차폐 성능 인증시스템을 구성하는 요건 및 절차를 연구개발. 이 인증시스템을 통해 관련 기술의 실용화를 촉진함
11	도어 및 창호 시스템 전자파 차폐 인증시스템 구축	도어 및 창호 시스템에 대한 차폐 성능 인증시스템을 구성하는 요건 및 절차를 연구개발. 이 인증시스템을 통해 관련 기술의 실용화를 촉진함
12	필터 및 개스킷 전자파 차폐 인증시스템 구축	필터 및 개스킷에 대한 차폐 성능 인증시스템을 구성하는 요건 및 절차를 연구개발. 이 인증시스템을 통해 관련 기술의 실용화를 촉진함



(4) 중점추진분야 IV : 전자파 차폐 구조물 설계 및 시공 기술

연번	후보과제명	후보과제 정의
1	철근콘크리트 구조체의 전자파 차폐 특성 분석 및 해석	철근콘크리트 구조체에 입사되는 전자파 차폐 반사, 흡수 및 침투 특성을 분석, 주파수 대역별 특성 및 구조체 parameters에 대한 전자파 특성 분석 및 해석 연구
2	나노탄소소재 및 강섬유 혼입 시멘트 복합재료의 전자파 차폐 특성 분석 및 해석	나노탄소소재 및 강섬유 등이 혼입, 합성된 시멘트 복합재료 구조체에 입사되는 전자파 차폐 반사, 흡수 및 침투 특성을 분석, 주파수 대역별 특성 및 구조체 parameters에 대한 전자파 특성 분석 및 해석 연구
3	다중 다층구조 재료 적용 구조부재의 전자파 투과 특성 해석	철근콘크리트 또는 시멘트 복합재료 이외 다른 전자파 차폐 기능을 부가한 Hybrid 다층구조에서 전자파 투과 특성을 연구
4	개구부(창, 공조구, 도파관 등)의 전자파 투과 특성 해석	구조체와 개구부가 연결된 부근의 전자파 투과 및 환경 특성을 해석하는 연구로서 다양한 parameters별로 다양한 시뮬레이션이 필요한 연구
5	건물 구조 형태별 전자파 침투 및 분포 특성 해석	구조물에 대한 전자파 차폐 범위(건물 전체, 한 층 또는 1 개 룸)에 대한 검토와 차폐 대상 공간의 기하학적 특성, 공간의 크기 및 차폐 방향성 등에 따른 전자파 침투 및 분포 특성을 연구
6	건물에서의 등전위 접지 및 과도전류 대책 기술	철근콘크리트 또는 시멘트 복합재료가 전기전도성을 띠 때 구조체에 발생하는
7	Good EMC Engineering Practices 지침 및 EMP 방호 매뉴얼 개발	전자파 양립성 상호성을 유지하기 위해서 전자장비의 위치와 각 장비의 전자파 차폐 특성을 연결할 수 있는 지침을 개발하고 EMP 방호에 대응하는 매뉴얼을 개발
8	전기설비 및 EMT 활용한 시스템-레벨 EMC/EMP 취약성 및 방호능력 분석	전자설비 및 EMT 기술을 활용하여 단위 장비가 아닌 시스템 구성 레벨에서 전자파 양립성과 고출력 전자기파의 방호능력을 분석하고 대응하는 기술을 개발
9	최적 EMC/EMP 방호를 위한 zoning 및 전기·전자 장치 배치 설계 기술 개발	전자파 양립성의 호환성을 확보하고 EMP 공격으로부터 가장 방호에 유리한 차폐룸의 평면 zoning 및 배치와 관련된 설계 기술을 개발
10	전자파 차폐 및 구조역학적 성능을 고려한 철근콘크리트 구조 설계 기술 개발	철근콘크리트 구조물의 기존 설계는 구조역학적 성능에 국한하여 상세 설계를 수행하였음. 반면 철근의 전자파 차폐 효과를 기대하기 위해서 철근의 배근 상세와 접지 상세 등에 대한 설계기술을 개발
11	콘크리트 내 보강섬유와 철근의 전도성 연결 설계 및 시공 기술 개발	철근과 콘크리트에 포함된 섬유 사이의 전기적 연결 네트워크를 구성하여 전자파 차폐 구조물 형태가 구성될 수 있는 기술을 개발



연번	후보과제명	후보과제 정의
12	전자파 차폐 및 구조역학적 성능을 고려한 시멘트 복합재료의 구조설계 기술 개발	시멘트 복합재료의 구조역학적 성능뿐만 아니라 전자파 차폐 효과를 고려한 구조부재 연결부와 철근의 연결 등에 상세에 대한 기술을 개발
13	시멘트 복합재료 내 보강섬유, 금속 mesh 및 철근의 전도성 연결 설계 및 시공 기술 개발	전자파 차폐 효과를 극대화하기 위해서 시멘트 복합재료 내 금속 mesh 등의 보조 연결재료를 선정 및 설계하고 이를 유효성이 확보될 수 있도록 시공하는 기술을 개발
14	도어 및 창호 시스템 전자파 차폐 설계 및 시공 기술 개발	요구 차폐 수준에 따라 도어 및 창호 시스템의 설치 유무, 크기 및 위치와 구조체와 연결 상세 등에 대한 설계 및 시공 기술을 개발
15	Supplies 관통부와 구조체 연결부 차폐 설계 기술 개발	외부로부터 전기, 통신, 상하수도관 등의 개구부의 전자파 차폐를 위해서 부속자재의 선정, 설치 상세 등에 관한 설계와 시공기술을 개발
16	기존 콘크리트 구조물 전자파 차폐 보강 설계 및 시공 기술 개발	기존 철근콘크리트 구조물에 전자파 차폐 또는 EMP 방호 필요성을 대비한 기술로서 기존 구조부재의 두께 증가분 및 공간 축소를 최소화하여 효과적인 전자파 차폐 및 방호 성능을 확보하는 설계 및 시공 기술 개발
17	전자파 차폐룸의 건축 환경 설계 기술 개발	전자파 차폐 및 EMP 방호가 필요한 건물 또는 룸에 사람이 근무할 수 있는 건축 환경을 설계하는 기술을 개발
18	철도 제어 회로 및 설비 계통 전자파 노출 환경 분석 및 차폐 등급 체계 개발	철도 교통을 통제하는 제어 계통에 필요한 회로와 전자설비에 대하여 전자파에 노출되는 환경과 EMP 공격 차폐 환경을 분석. 한편으로 이러한 분석을 통하여 전자파 차폐 요구 등급 체계를 개발
19	철도 제어 계통 전자파 차폐 기법 설계 기술 개발	철도 제어 계통에 대하여 전자파 차폐 및 EMP 공격에 대하여 구조물 차원의 차폐가 필요한 설계 기술을 개발
20	방송 및 이동통신 차폐룸의 전자파 차폐 설계 및 시공 기술 개발	방송 및 이동통신 등 모바일 전파 송수신 장치가 연결된 차폐 room의 전자파 차폐 설계 기술을 개발
21	공공 건축물, SOC기간시설물 및 산업시설물의 EMP 방호 등급 체계 기술 개발	정보통신보호법에서 규정하고 있는 국가주요정보통신기반시설에 대한 기술적 요건에 따른 EMP 방호 등급 체계를 개발
22	군사 방호시설물 EMP 방호 등급 체계 기술 개발	방폭과 EMP 방호를 포함한 군사 방호시설의 등급 체계를 개발
23	EMP 공격과 방호 시나리오 개발	EMP 공격의 수단 종류와 방호시설의 종류 및 지리적 조건들의 검토와 방호시설의 방호 시설 수준 등을 고려하여 가상의 EMP 공격 시나리오를 개발하고 이에 대한 방호 시나리오를 개발



- 최종 확정된 후보과제 Pool을 대상으로 전문가 그룹에게 과제카드 작성을 의뢰하여 최근 기술 수준에서 달성 가능한 연구목표를 설정함
- 과제카드는 연구개발 목표, 필요성, 연구 주요 내용, 관련기술/산업/시장동향, 최종성과물, 기존기술 활용방안 등으로 설정함
- 과제카드는 후보과제의 우선순위 평가 시, 평가자의 판단을 돕기 위한 것으로 향후 RFP 작성의 근거자료로 활용함

4. 유사과제 중복성 검토

가. 주요 유사과제 현황

기술 분야	유사 과제명	활용 · 고도화 · 차별화 방안		
전자파 차폐 원천소재 및 재료 기술	부처명: 국토교통부 과제명: 방호방폭용 고성능 섬유보강시멘트 복합재료 개발 및 성능평가	활용		· 강섬유보강 시멘트 복합재료 개발 및 이를 이용한 전자파 차폐 구체 예비 시험체 개발
		고도화	●	· 개발된 재료를 전자파 차폐 성능 고도화에 초점을 두고 개발할 필요 있음
		차별화		· 선행 연구에서는 100mm 두께 약 30db의 차폐효과 확인
	부처명: 산업자원부 과제명: 미이용 자철광을 활용한 전자파 차폐 몰탈 및 적용 기술 개발	활용	●	· 밀도가 높은 자철광을 이용하여 전자파 차폐 재료를 개발
		고도화		· 전자파 차폐 섬유와 전기적 연결을 위해 복합재료 충전재로 활용 가능
		차별화		
	부처명: 중소기업청 과제명: 나노 카본과 화합물을 이용한 옥외용 광대역 전자파 흡수체 개발	활용	●	· EPP를 이용한 광대역 전자파 흡수체 개발, 1~18 GHz에서 45 dB 이상 흡수 효과 확인
		고도화		· 나노카본 화합물을 전자파 차폐 보조 재료로서 시멘트 복합재료의 충전재로 활용 검토
		차별화		
전자파 차폐 부속 자재 기술	부처명: 중소기업청 과제명: HEMP 방호용 필터와 국소 방호용 시설 개발	활용		· HEMP 방호용 필터와 국소방호용 시설(컨테이너)을 개발
		고도화	●	· 초기 기술 수준의 필터로서 성능을 고도화하는 기술을 개발하고 Rack도 같이 고도화함
		차별화		
	부처명: 산업통상자원부 과제명: EMP 방호용 및 MRI용 전자파 차폐도어 신뢰성 확보	활용	●	· 군사, 의료, 통신 등 다양한 분야에서 사용되는 Shield Room의 주요 구성품으로 전자파 차폐도어의 신뢰성 향상 및 관련 규격 제정으로 인한 기술력 향상
		고도화		
		차별화		
	부처명: 국토교통부 과제명: EMP 대응 건축설비시스템 요소 개발	활용	●	· EMP 차폐 일체형 배관의 용도별 설계 및 제작기술, 차폐성능 평가 등 가이드라인 제시
		고도화		
		차별화		
	부처명: 중소기업청 과제명: 40GHz 대역 100 dB 이상에서 차폐 가능한 EMP DOOR 개발	활용		· 40 GHz 대역 100 dB 이상에서 차폐 가능한 군수 및 산업분야에서의 EMP DOOR 개발
		고도화	●	· 특정 주파수 대역에서 만족하는 EMP Door 기술을 전 주파수 대역으로 확대 개발
		차별화		



	부처명: 대전테크노파크 과제명: EMC/EMP 방호를 위한 이동형 시설 및 필터 개발	활용	●	- EMP 방호용 Rack 및 컨테이너 개발 : 평가 결과 80 dB 이상 차폐효과 확인 - 특정 주파수 대역에서 성능이 확보된 필터를 전체 주파수 대역으로 확장 적용
		고도화		
		차별화		
	부처명: 중소기업청 과제명: 전자파필스 차단용 300A급 대용량 필터 개발사업	활용		- AC 380V 3상 4선식 300A EMP 필터 - AC 220V 단상 30A TEM-PEST 용 필터 등, - 전원용 필터의 고도화 개발 기반으로 활용
		고도화	●	
		차별화		
전자파 차폐 성능 평가 및 실증 실험 기술	부처명: 산업통상자원부 과제명: EMP 방호시설의 전자파 차폐효과 측정방법	활용		- 송·수신 안테나의 설치 위치에 따른 차폐효과 영향 비교 및 측정 시험방법 등을 개발 - 기존 SE 시험법을 근간으로 하면서 송·수신 안테나의 설치 방법을 고도화하여 보다 효과적인 전자파 차폐 성능 시험법을 개발
		고도화	●	
		차별화		
	부처명: 전자통신(연) 과제명: 전자파 잔향실 기반 고출력 전자파 내성 평가방안 기반 연구	활용	●	- 전자파 잔향실 기반의 전자장비에 대한 고출력 전자파 내성 평가방안 연구 - HEMP, IEMI 등 고출력 전자파 차폐 성능평가 기술 개발의 참고자료로 활용
		고도화		
		차별화		
전자파 차폐 구조물 설계 및 제도 관련 기술	부처명: 국립전파연구원 과제명: 원 편파를 이용한 차폐성능 간소화 방안 연구	활용		- 전자파 차폐 성능 측정에 적합한 원 편파 안테나 설계·제작, 측정절차 표준(안) 마련 - 전자파 차폐 성능 시험법 개발과 표준화를 위해 원 편파 측정법을 검토하고 객관성을 추가 입증하는 연구가 필요함
		고도화	●	
		차별화		
	부처명: 산업통상자원부 과제명: 전력·가스·원유시설에 대한 EMP 위험 대응 정책방안 연구	활용	●	- 전력·가스·원유시설에 대한 EMP 위험 대책 기본 정책방향 검토 - EMP 방호 연구개발 대상 시설의 선정과 시나리오 설정에 활용
		고도화		
		차별화		
	부처명: 국가보안 기술(연) 과제명: 고출력 전자기파 위협에 대한 취약점 분석·평가 방안 연구	활용		- 무선 채널 보안 강화 필요 기반 시설 식별(에너지, 정보통신, 운송 및 교통 등) - EMP 방호 연구개발 대상 시설의 선정과 시나리오 설정에 활용
		고도화		
		차별화	●	

나. 유사과제 검토 및 활용 방안

○ 전자파 차폐 원천소재 및 재료 기술 관련 연구사업 검토

- 관련 선행 연구과제로는 “방호방폭용 고성능 섬유보강시멘트 복합재료 개발”과 “미이용 자철광을 활용한 전자파 차폐 몰탈 및 적용 기술 개발” 및 “나노 카본과 화합물을 이용한 옥외용 광대역 전자파 흡수체 개발” 등이 있음
- 이들 연구과제는 본 기획에서 이미 선행 확보기술로 강섬유 보강 시멘트 복합재료에 대한 원천기술의 기반이 되고, 시멘트 매트릭스 내에서 전기전도성을 부여하는 방법 중 하나로서 나노탄소 화합물(카본 블랙 등)을 첨가하는 방안으로 제시한 과제임



- 본 기획에서는 이 원천기술인 전기전도성 섬유 혼입 시멘트 복합재료 기술의 바탕에서 강섬유의 간의 전기적 연결을 극대화할 수 있는 시멘트 복합재료를 배합하는 기술 개발을 고도화할 필요 있음
- 나노탄소 원천소재의 경우 선행 연구과제에서 살펴본 바와 같이 본 기획과제에서 처음 제시하는 원천소재 기술임을 확인함

○ 전자파 차폐 성능 평가 및 실증 실험 기술 관련 연구사업 검토

- 관련 선행 연구과제로는 “EMP 방호시설의 전자파 차폐효과 측정방법”과 “전자파 잔향실 기반 고출력 전자파 내성 평가방안 기반 연구”가 있음
- 이들 연구과제는 기존 SE 차폐 효과 유효성 시험방법을 준용하면서 SE test의 비효율적인 부분을 개선하는 연구를 주로 수행하였음. 그러나 전자파 차폐 성능을 평가하는 시험방법인 SE test의 경우 측정에 필요한 공간을 확보해야 하는 단점을 지니고 있음
- 기존 SE test는 전체 차폐 영역을 일정한 Section으로 나누어 일일이 모든 영역의 주파수 대역에 대하여 시험을 수행하여야 함. 그러한 이유로 시험에 소요되는 비용이 증가하고 기간 또한 증가하는 단점을 지님
- 본 기획에서는 이러한 SE test와 다른 차폐 성능 평가를 위한 기존 시험법보다 시험이 간편하면서 신뢰성도 확보할 수 있는 방안의 개발 가능성을 검토함
- 따라서, 기존 전자파 차폐 시험 및 평가 방안 연구개발 내용을 바탕으로 혁신적인 시험 및 평가 방안을 도출할 수 있는 것이 중요함

○ 전자파 차폐 구조물 설계 및 제도 관련 기술 관련 연구사업 검토

- 관련 선행 연구과제로는 “원 편파를 이용한 차폐성능 간소화 방안 연구”, “전력·가스·원유시설에 대한 EMP 위험 대응 정책방안 연구”와 “고출력 전자기파 위협에 대한 취약점 분석·평가 방안 연구”가 있음
- 선행 연구들에서 구조물에 대한 전자파 차폐 설계 기술을 개발한 것은 한 건도 없음. 그것은 전자파 차폐에 방안으로는 기본적으로 별도의 Shielding Room을 구성하는 것이 고정 관행으로 자리 잡고 있기 때문임
- 본 기획에서는 콘크리트 구조체로 구성된 외벽 구체에서부터 전자파를 차폐하는 기술을 개발하는 것을 검토하며, 접근 가능한 구법의 설계 기술을 여러 가지 형태로 검토하고자 함
- 또한 EMP 방호의 실효성을 확보하고 개발할 기술의 실용화를 촉진하기 위해서 제도적으로 갖춰져야 하는 요건들은 무엇인지를 고민할 필요가 있음



- 선행 연구인 “고출력 전자기파 위험에 대한 취약점 분석·평가 방안 연구”는 이러한 점에 대한 본 과제를 수행할 경우 집중적으로 검토할 내용이 무엇인지를 잘 가르쳐주고 있음

5. 후보과제 우선순위 평가

가. 개요

(1) 우선순위 평가의 목적

- EMI, EMC, EMP 차폐가 가능한 시설물 건설기술 개발 기획연구에서 도출된 후보과제 중 본 연구사업 수행에 필요한 과제를 선정하고, 추진 우선순위를 설정하는 데 목적이 있음
- 산·학·연 전문가를 대상으로 전자파 차폐가 가능한 시설물 건설기술 개발 기획에서 도출된 후보과제의 기술적 중요도, 기술개발 실현가능성, 사회경제적 파급효과, 정부지원 필요성 등에 대한 평가를 수행함

(2) 우선순위 평가의 절차

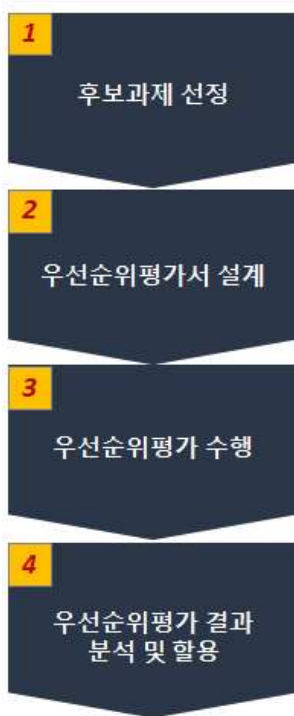
- 우선순위 평가는 후보과제 선정, 우선순위평가서 설계, 우선순위평가 수행, 기술수요조사 결과분석 및 활용 순으로 추진함
- 후보과제 선정단계에서는 기술수요조사 결과를 바탕으로 중복성 검토, 유사성 및 위계 검토를 통해 후보과제 pool을 설정, 과제카드를 작성하고, 기술분류체계에 매칭함
- ▶ 후보과제 카드는 우선순위 평가 시 평가자의 판단을 돕기 위해 참고자료로 활용함
- 우선순위 평가서 설계단계에서는 우선순위평가 항목을 결정하고 평가 대상을 설정함
- ▶ 기술적 중요도, 시급성, 파급효과, 기술개발 실현가능성, 사회경제적 파급효과, 정부지원 필요성을 평가항목으로 설정함
- ▶ 기술적 중요도, 시급성, 과학기술적 파급효과는 후보과제에 매칭되는 기술분류 체계 중분류의 기술수준/예측조사 결과를 활용함
- ▶ 우선순위 평가 시 참고자료로 후보과제에 해당하는 중분류의 수준-중요도,



기술격차-격차추세. 기술격차-기술수준, 기술기반 성숙도-중요도 포트폴리오 결과를 제공하여 우선순위평가자의 객관성을 도모함

- 우선순위평가 수행단계에서는 기술수준/예측조사 대상자에게 조사서를 발송하고 회신함
- 우선순위평가 결과분석 및 활용단계에서는 평가결과를 통해 사업 추진과제를 선정하고 과제추진 우선순위 선정에 활용함

우선순위평가 절차



세부내용

- 기술수요조사 결과를 바탕으로 후보과제 선정
- 후보과제의 기술분류체계 매칭
- 후보과제의 우선순위 평가항목 설정
 - 기술적 중요도(기술의 핵심성, 기술개발 시급성, 과학기술적 파급효과), 기술개발 실현가능성, 사회경제적 파급효과, 정부지원 필요성
 - 기술적 중요도 평가는 후보과제에 매칭되는 기술분류체계 소분류의 기술수준/예측조사 결과를 활용
- 우선순위평가 대상자 메일발송 및 회수
- 사업 추진과제 선정
- 과제 추진 우선순위 선정에 활용

그림 151. 우선순위 평가 진행 절차

(3) 우선순위평가서 발송 및 응답개요

- 우선순위평가는 내부 기획연구진, 자문위원 및 외부전문가들을 대상으로 메일을 발송하여 조사함

표 72. 우선순위평가서 발송 및 응답개요

구분	내용
조사기간	- 2017년 4월 17일 ~ 5월 1일 (2주간)
조사대상	- 내부 기획연구진, 자문위원 및 외부 전문가 15인
조사방법	- E-mail을 통한 설문조사



(4) 우선순위평가 항목 설정

- ‘기술적 중요도’, ‘기술개발 시급성’, ‘과학기술적 파급효과’는 기술수준/예측조사 결과를 활용함
 - ‘기술적 중요도’는 해당기술이 ‘전자파 차폐 기술’내에서 차지하는 상대적인 중요도를 5점 척도로 평가함
 - ‘기술개발 시급성’은 적정 수준을 구현해야할 시기를 고려하여 기술개발이 시급한 정도를 5점 척도로 평가함
 - ‘과학기술적 파급효과’는 해당기술이 과학기술 발전에 미치는 영향력을 5점 척도로 평가함
- ‘기술개발 실현가능성’항목은 연구개발 사업 추진 시 과제카드 목표 수준까지 실현 가능한지 여부를 5점 척도로 평가함
 - 해당항목은 후보과제가 속한 소분류 기술 분야의 수준-중요도, 기술격차-격차추세, 기술기반 성숙도-중요도 포트폴리오 분석결과 및 후보과제카드를 참조하여 평가함

참 고 자 료						후보과제 우선순위 평가	
소분류	포트폴리오분석결과					후보과제	평가 항목
	수준-중요도	기술격차-격차추세	기술격차-기술수준	기술기반 성숙도-중요도	기술중요도 평가결과		기술개발 실현 가능성
○○○	기술혁신을 통한 파급효과가 큰 유망한 영역	효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야 하는 영역	세계 최고 수준의 기술을 확보하기 위한 민간의 역할 증대가 필요한 영역	기술기반 확보가 시급한 영역	4.0	1 ○○○	4
						2 ○○○	3
						3 ○○○	3

- ‘사회경제적 파급효과’항목은 목표수준까지 기술개발 완료 시 사회경제적으로 미치는 파급효과를 5점 척도로 평가함
 - 해당항목은 후보과제가 속한 소분류 기술 분야의 수준-중요도 포트폴리오 분석결과 및 후보과제카드를 참조하여 평가함

참 고 자 료						후보과제 우선순위 평가	
소분류	포트폴리오분석결과					후보과제	평가 항목
	수준-중요도	기술격차-격차추세	기술격차-기술수준	기술기반 성숙도-중요도	기술중요도 평가결과		사회경제적 파급효과
○○○	기술혁신을 통한 파급효과가 큰 유망한 영역	효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야 하는 영역	세계 최고 수준의 기술을 확보하기 위한 민간의 역할 증대가 필요한 영역	기술기반 확보가 시급한 영역	4.0	1 ○○○	4
						2 ○○○	3
						3 ○○○	3



○ ‘정부지원 필요성’항목은 기술개발 사업을 통해 기술을 획득하는 데에 정부지원이 필요한 정도를 5점 척도로 평가함

- 해당항목은 후보과제가 속한 소분류 기술 분야의 수준-중요도, 기술격차-기술수준 포트폴리오 분석결과 및 후보과제카드를 참조하여 평가함

참 고 자 료						후보과제 우선순위 평가	
소분류	포트폴리오분석결과				기술중요도 평가결과	후보과제	평가 항목
	수준-중요도	기술격차-격차추세	기술격차-기술수준	기술기반 성숙도-중요도			정부지원 필요성
○○○	기술혁신을 통한 파급효과가 큰 유망한 영역	효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야 하는 영역	세계 최고 수준의 기술을 확보하기 위한 민간의 역할 증대가 필요한 영역	기술기반 확보가 시급한 영역	4.0	1 ○○○	4
						2 ○○○	4
						3 ○○○	5

나. 후보과제 우선순위 평가결과

(1) 전자파 차폐 원천소재 및 재료 기술

후보과제명	기술 개발 실현 가능성	사회 경제적 파급 효과	정부 지원 필요성	기술적 중요성	기술 개발 시급성	과학 기술적 파급 효과	총합	순위
강섬유 및 Hybrid 보강기술을 이용한 전자파 차폐 시멘트 복합재료 개발	4.8	4.6	4.7	4.7	4.6	4.5	27.9	1
전자파 차폐 보강 철근배근 상세 및 접지 기술 개발	4.8	4.6	4.6	4.5	4.7	4.5	27.7	2
강재mesh와 보강섬유를 이용한 Hybrid Shielding 콘크리트 개발	4.7	4.5	4.5	4.7	4.6	4.6	27.6	3
그래핀을 혼입한 시멘트 복합재료 개발	4.6	4.6	4.6	4.7	4.6	4.5	27.6	4
고순도 친환경 산화 그래핀 및 플레이크 소재 개발	4.6	4.5	4.6	4.5	4.6	4.7	27.5	5
고농도 그래핀 분산액 및 분산체 소재 및 그래핀 기능 향상 기술 개발	4.7	4.3	4.5	4.7	4.7	4.6	27.5	6
저순도 천연흑연을 이용한 저비용 산화/환원 그래핀 소재 개발	4.5	4.8	4.6	4.6	4.4	4.5	27.4	7
전자파 차폐 용사소재 및 용사코팅 콘크리트 구체 개발	4.8	4.5	4.5	4.4	4.5	4.6	27.3	8
전자파 차폐 보강 구조체용 강섬유보강 시멘트 슬러리 복합재료 개발	4.8	4.4	4.6	4.5	4.3	4.5	27.1	9
전기전도성 플라스터 복합재료 개발	4.6	4.6	4.5	4.5	4.4	4.4	27.0	10



후보과제명	기술 개발 실현 가능성	사회 경제적 파급 효과	정부 지원 필요성	기술적 중요성	기술 개발 시급성	과학 기술적 파급 효과	총합	순위
강재 스크랩 보강 시멘트 슬러리 복합재료 개발	4.7	4.7	4.7	4.1	4.1	4.3	26.6	11
차폐용 박판 metal carbides 소 재 개발	4.3	4.3	4.5	4.6	4.3	4.3	26.3	12
강자성 기능을 도입한 산화 그 래핀 전자파 차폐 성능 향상 기 술 개발	4.5	4.3	4.4	4.1	4.1	4.1	25.5	13
Metal Carbides를 혼입한 시멘트 복합재료 개발	4.4	4.2	4.3	4.2	4.1	4.1	25.3	14
전자파 차폐 비정질 강섬유 보강 시멘트 복합재료 개발	4.8	4.0	4.1	4.0	4.1	4.3	25.3	15
그래핀 기반 시멘트 도막재료 개발	4.3	4.1	4.1	4.2	4.0	3.8	24.5	16
봉소 및 폴리머 등 특수재료 혼 입 차폐 콘크리트 기술	4.6	4.0	4.0	3.8	4.0	3.8	24.2	17
전자파 차폐 콘크리트용 혼화재 구성 및 제조 기술 개발	4.7	4.0	4.0	3.8	3.8	3.8	24.1	18

- 전자파 차폐 원천소재 및 재료 기술은 전체 과업에서 원천소재 및 구조체 재료 기술에 해당함. 도출된 점수는 연구개발 필요성의 가이드라인 점수에 해당하는 26점 이상 받은 과제는 전체 18개 과제 중 2/3에 해당하는 12개 과제
- 기획된 연구개발 분야는 이 전자파 차폐 원천소재 및 재료 기술을 개발하고 이를 바탕으로 구조재료화 하는 응용기술을 개발하여 전자파 차폐 및 EMP 방호가 필요한 구조물의 건설 구조체 기술로 활용할 수 있음
- 우선순위 도출 결과 26점 이상 득한 후보과제의 경우 추후 기획타당성 검토회의와 RFP 작성 단계의 심층 검토를 통하여 일부 과제의 통합 및 조정을 통하여 선정함
- 우선순위 도출 결과 26점 이하를 득한 후보과제에 포함된 핵심기술의 경우 내부 기획회의와 기획타당성 검토회의를 통하여 우선순위 상위 과제의 통합 및 조정 과정에 반영함
- 최종 수행할 세세부과제의 개수와 내용은 중점추진 기술의 우선순위 결과를 고려하고 전체 연구사업의 구성을 고려하여 내부 기획회의에서 선정하고 기획타당성 검토회의 과정을 거쳐서 최종 선정함



(2) 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술

후보과제명	기술 개발 실현 가능성	사회 경제적 파급 효과	정부 지원 필요성	기술적 중요성	기술 개발 시급성	과학 기술적 파급 효과	총합	순위
평면 차폐 도어 및 기밀장치 개발	4.8	4.7	4.5	4.6	4.7	4.2	27.5	1
전자파 차폐 유리 및 창호 시스템 개발	4.5	4.7	4.3	4.8	4.5	4.4	27.2	2
냉각성능 개선된 EMP 방호용 차폐 Rack 기술	4.7	4.5	4.5	4.4	4.6	4.4	27.1	3
EMP 방호용 코일 개스킷 자재 개발	4.7	4.5	4.4	4.5	4.5	4.4	27.0	4
아노다이징 기술 활용 복합 금속 패널 개발	4.5	4.5	4.4	4.5	4.5	4.4	26.8	5
전원용 HEMP 필터 장치 개량 기술 개발	4.8	4.4	4.4	4.4	4.3	4.3	26.7	6
신호용 HEMP 필터 장치 개량 기술 개발	4.6	4.6	4.3	4.4	4.3	4.3	26.6	7
화학결합형 전자파 차폐 세라믹 도료 개발	4.7	4.4	4.4	4.3	4.3	4.3	26.5	8
곡면부용 전자파 환경 제어 시트 개발	4.6	4.3	4.3	4.4	4.4	4.3	26.3	9
기밀 차폐용 도어 Rack 장치 개발	4.7	4.3	4.1	4.4	4.2	4.2	25.9	10
인터로킹(회전문) 도어 및 기밀 장치 개발	4.6	4.3	4.3	4.2	4.3	4.1	25.8	11
전자파 차폐 경량 칸막이 벽 개발	4.5	4.3	4.2	4.2	4.3	4.1	25.6	12
전자파 차폐 가능한 단열재 및 모듈 개발	4.5	4.2	4.2	4.2	4.2	4.1	25.5	13
테이프형 개스킷 자재 개발	4.4	4.1	4.2	4.1	4.3	4.3	25.4	14
공압 방식 도어용 개스킷 적용 기술	4.4	4.2	4.1	4.1	4.3	4.1	25.2	15
전자파 차폐 복합 건축 내장재 개발	4.2	4.2	4.1	4.2	4.3	4.0	25.0	16

○ 전자파 차폐 부속자재 기술에서는 차폐 도어와 유리창 및 창호시스템의 자재 기술 개발의 우선순위가 높게 나타남. 이것은 전자파 차폐 도어 및 창호 부분



이 기존 기술에 비해 성능을 개선할 수 있는 기술 개발 기회가 높은 것을 반영하고 있음

- 그러나 유리창 및 창호 시스템의 경우 기획회의 타당성 과정에서 80dB 이상의 차폐율을 요구하는 EMP 방호의 경우 창호가 설치되지 않는 폐쇄형의 방호룸을 기본 대상으로 검토되어야 한다는 의견이 많음
- 다음으로는 침투하는 전자파가 구조체와 개구부를 통해서 일부 차폐가 되고 난 뒤 전계강도가 감소된 이후 전자장비와 장치를 보호할 수 있는 장치인 Rack의 개발이 필요한 것으로 평가되었음
- 그러나 우선순위 3위에 해당하는 「냉각성능 개선된 EMP 방호용 차폐 Rack 기술」은 기획타당성 회의결과 전자적 기계 기술영역에 속하기 때문에 본 연구사업에 대한 포함 여부는 검토가 필요함
- 전원용 및 신호용 필터는 제품화되어 상용화된 것으로 파악되지만 현재는 수입 외국산과 국내산이 경쟁하고 있으며, 외국산이 국내산과 비교하여 상대적으로 기술적 신뢰도가 높은 상태임. 따라서 추진 과제의 선정 가이드 점수인 26점 이상을 획득하여 과제 수행을 고려함이 적합함
- 최종 수행할 세세부과제의 개수와 내용은 중점추진 기술의 우선순위 결과를 고려하고 전체 연구사업의 구성을 고려하여 내부 기획회의에서 선정하고 기획타당성 검토회의 과정을 거쳐서 최종 선정함

(3) 전자파 차폐 성능평가 및 실증실험 기술

후보과제명	기술 개발 실현 가능성	사회 경제적 파급 효과	정부 지원 필요성	기술적 중요성	기술 개발 시급성	과학 기술적 파급 효과	총합	순위
콘크리트 및 시멘트 복합재료의 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술 개발	4.7	4.7	4.8	4.8	4.7	4.6	28.3	1
철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조체 EMP 차폐 시험 및 평가 기술 개발	4.7	4.5	4.6	4.7	4.6	4.7	27.8	2
도어 및 Rack 차폐 성능 시험 및 평가 기술 개발	4.6	4.6	4.6	4.7	4.6	4.5	27.6	3
전자파 차폐 구조물 실증실험 및 평가 방안 개발	4.8	4.5	4.5	4.4	4.5	4.6	27.3	4



후보과제명	기술 개발 실행 가능성	사회 경제적 파급 효과	정부 지원 필요성	기술적 중요성	기술 개발 시급성	과학 기술적 파급 효과	총합	순위
유리창 및 창호시스템 차폐 성능 시험 및 평가 기술 개발	4.8	4.5	4.2	4.7	4.6	4.4	27.2	5
철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조체와 부속자재 연결부 EMP 차폐 시험 및 평가 기술 개발	4.6	4.3	4.5	4.5	4.5	4.6	27.0	6
철근콘크리트 및 시멘트 복합재료의 전자파 인증시스템 구축	4.2	4.8	4.5	4.5	4.2	4.2	26.4	7
개스킷 및 필터 자재 차폐 성능 시험 및 평가 기술 개발	4.6	4.3	4.5	4.2	4.1	4.2	25.9	8
전자파 차폐 실험용 Mock-Up 구조물 제작 기술 및 평가 방안 개발	4.5	4.2	4.4	4.2	4.3	4.2	25.8	8
필터 및 개스킷 전자파 차폐 인증시스템 구축	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	25.8	10
철근의 전기적 연결 성능 평가기술 개발	4.3	4.2	4.4	4.3	4.3	4.2	25.7	11
도어 및 창호 시스템 전자파 차폐 인증시스템 구축	4.7	4.2	4.3	4.1	4.1	4.3	25.7	12

- 전자파 차폐 성능평가 및 실증실험 기술 개발 분야는 6개 과제 이상이 27점 이상으로 높은 점수를 획득함. 이것은 전자파 차폐를 위해서 재료 및 자재의 개발도 중요하지만 그 성능을 평가하는 기술이 아직 확립되지 못하였음을 입증함
- 특히 콘크리트 및 시멘트 복합재료 자체에 대한 전자파 차폐 성능을 시험 및 평가하는 기술 개발은 세계적으로 시도된 바가 드문 기술 분야임. 이에 따라 우선 콘크리트 재료 단위에서 전자파 차폐 성능 시험 및 평가 기술 개발이 시급한 것으로 알 수 있음
- 다음으로는 구조체 면에서의 전자파 차폐 성능을 시험 및 평가할 수 있는 기술 개발이 필요한 것을 보이며, 또한 개구부 부속자재의 연결부에서의 전자파 차폐 성능을 시험 및 평가하는 기술 개발도 시급함
- 한편, 인증시스템 구축 기술의 개발은 필요성은 비교적 높지만 성공 가능성은 대체로 낮게 평가됨. 그 이유는 인증시스템의 구축의 경우 기술적 이유 이외 제도와 기업의 이해관계를 고려하여야 하기 때문에 연구개발 기간 내 공인된 인증시스템이 구축될 수 있는가에 대한 의문이 작용한 것으로 보임
- 이 기술 분야도 마찬가지로 유사 과제에 대한 통합과 26점 이하를 취득한 제안



과제에 대하여 부분적인 수행 내용을 포함할 것인지를 검토위원회를 통하여 재검토하여 세세부 추진과제를 최종 확정함

- 단, 전자파 차폐 콘크리트 구조물 및 시멘트 복합재료 구조물의 경우 강재판으로 구성된 기존 Shielding Room과 달리 SE Test를 위한 관리 공간을 마련하지 않는 구조로 구성됨
- 이에 따라 단층 구조의 경우 기존 SE Test 방식을 이용하여 전자파 차폐 성능을 측정할 수 있으나 2층 이상의 경우 기존 SE Test를 적용하기 어려움
- 따라서 이 경우에는 구조체의 차폐성능을 시험할 수 있는 새로운 방식의 고안이 필요하며, 본 과제의 제안 시 해결방안이 제시되어야 함

(4) 전자파 차폐 구조물 설계 및 시공 기술

후보과제명	기술 개발 실현 가능성	사회 경제적 파급 효과	정부 지원 필요성	기술적 중요성	기술 개발 시급성	과학 기술적 파급 효과	총합	순위
나노탄소소재 및 강섬유 혼입 시멘트 복합재료의 전자파 차폐 특성 분석 및 해석	4.8	4.6	4.6	4.7	4.7	4.7	28.1	1
철근콘크리트 구조체의 전자파 차폐 특성 분석 및 해석	4.8	4.6	4.8	4.6	4.6	4.5	27.9	2
전자파 차폐 및 구조역학적 성능을 고려한 시멘트 복합재료의 구조설계 기술 개발	4.6	4.6	4.7	4.5	4.7	4.7	27.8	3
콘크리트 내 보강섬유와 철근의 전도성 연결 설계 및 시공 기술 개발	4.7	4.7	4.7	4.5	4.6	4.5	27.7	3
건물에서의 등전위 접지 및 과도 전류 대책 기술	4.7	4.5	4.5	4.7	4.7	4.6	27.7	5
전자파 차폐 및 구조역학적 성능을 고려한 철근콘크리트 구조 설계 기술 개발	4.6	4.6	4.7	4.5	4.4	4.7	27.5	6
개구부(창, 공조구, 도파관 등)의 전자파 투과 특성 해석	4.6	4.6	4.4	4.7	4.6	4.5	27.4	7
Good EMC Engineering Practices 지침 및 EMP 방호 매뉴얼 개발	4.5	4.8	4.6	4.6	4.3	4.5	27.3	8
최적 EMC/EMP 방호를 위한 zoning 및 전기·전자장치 배치 설계 기술 개발	4.8	4.4	4.6	4.5	4.5	4.5	27.3	9
기존 콘크리트 구조물 전자파 차폐 보강 설계 및 시공 기술 개발	4.5	4.6	4.4	4.5	4.5	4.4	26.9	10



후보과제명	기술 개발 실현 가능성	사회 경제적 파급 효과	정부 지원 필요성	기술적 중요성	기술 개발 시급성	과학 기술적 파급 효과	총합	순위
다중 다층구조 재료 적용 구조부재의 전자파 투과 특성 해석	4.5	4.5	4.5	4.4	4.6	4.3	26.8	11
건물 구조 형태별 전자파 침투 및 분포 특성 해석	4.5	4.5	4.6	4.5	4.2	4.5	26.8	12
전기설비 및 EMT를 활용한 시스템-레벨 EMC/EMP 취약성 및 방호 능력 분석	4.6	4.5	4.5	4.2	4.5	4.3	26.6	13
전자파 차폐룸의 건축 환경 설계 기술 개발	4.4	4.3	4.3	4.6	4.5	4.3	26.4	14
Supplies 관통부와 구조체 연결부 차폐 설계 및 시공 기술 개발	4.4	4.2	4.3	4.6	4.5	4.3	26.3	15
도어 및 창호시스템 전자파 차폐 설계 및 시공 기술 개발	4.4	4.2	4.3	4.5	4.5	4.3	26.2	16
시멘트 복합재료 내 보강섬유, 금속mesh 및 철근의 전도성 연결 설계 및 시공 기술 개발	4.5	4.3	4.4	4.5	4.1	4.1	25.9	17
EMP 공격과 방호 시나리오 개발	4.5	4.0	4.2	4.2	4.3	4.4	25.6	18
공공건축물, SOC기간시설물 및 산업시설물의 EMP 방호 등급체계 기술 개발	4.7	4.0	4.5	3.8	4.2	4.2	25.4	19
철도 제어 계통 전자파 차폐 기법 설계 기술 개발	4.7	4.0	4.5	3.8	4.2	4.0	25.2	20
군사 방호시설물의 EMP 방호등급 체계 기술 개발	4.2	4.0	4.2	4.2	4.5	4.0	25.1	21
철도 제어 회로 및 설비 계통 전자파 노출 환경 분석 및 차폐 등급 체계 개발	4.7	4.0	4.0	3.8	3.8	3.8	24.1	22
방송 및 이동통신 차폐룸의 전자파 차폐 설계 및 시공 기술 개발	4.7	4.0	4.0	3.8	3.8	3.8	24.1	23

- 27점 이상 득한 제안과제가 9개 이상을 반영하여 전자파 차폐 특성을 해석 및 설계하는 기술 개발의 중요성이 부각됨. 한편, 구조물 자체의 구조역학적 조건을 만족하면서 동시에 전자파 차폐 기능을 보유하기 위한 구조물 설계 기술은 다소 복잡한 테크닉을 요구하는 개발 분야로 판단됨
- 한편, 고려 대상 획득 점수인 26점 이상의 제안과제 수는 총 16개 과제로서 다른 기술 분야와 비교하여 매우 많은 수를 나타냄. 따라서 유사 과제끼리는 통합과 내용이 조정이 필요한 것으로 판단됨



- EMP 위협에 대한 시나리오와 EMP 방호등급 체계 등의 기술 개발은 이 연구단이 독자적으로 수행이 가능한지에 대한 의구심으로 인해 높은 점수를 취득하지 못한 것으로 판단됨
- 또한 철도 제어 계통의 전자파 차폐 기술 분야는 본 기획에서 의도하는 구조물 단위의 전자파 차폐라기보다는 제어 장치 계통에 대한 전자파 차폐에 대한 기술 영역이기 때문에 기술적 중요성에서 매우 낮은 평가를 받은 것으로 판단됨
- 이 기술 분야는 다른 기술 분야와 마찬가지로 전체 세부 기술 분야와 균형을 고려하고 유사과제의 통합 및 조정 등을 감안하여 최종 수행대상 세부 과제를 선정하고자 함
- 한편 전자파 차폐에 대한 설계 기술 개발도 중요하지만, 전자파 차폐에 대한 적용 환경을 조성하기 위해서 법·제도·정책에 대한 정비와 제안이 중요함. 기술분야에 포함되지 않아 우선순위 선정을 위한 과제 pool에 없지만 별도의 과제 수행이 필요함
- 즉, 기획자문회의를 통하여 건축물의 전자파 차폐 법·제도·정책 제안과 관련된 정비 과제의 구성이 필요한 것으로 제기되어 해당 과제를 별도 추진하는 것으로 설정함
- 또한 Test-Bed의 적용은 별도의 기술 분야로 제안된 과제가 없지만 과업의 완성을 위해서는 반드시 필요한 과제임. 따라서 설계 및 시공 기술 분야에 Test-Bed 수행 Mission을 포함



3절 중점분야별 주요내용

1. 중점추진분야 I : 전자파 차폐 원천소재 및 재료 기술

과제명	전자파 차폐 원천소재 및 구조체용 재료 개발
과제목표	◦ 기존 가격 50% 절감 가능한 나노탄소소재 개발 ◦ 전자파 차폐율 20~80 dB의 콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조체 개발 - 목표 차폐율 20 dB 철근콘크리트 구조체 - 목표 차폐율 60 dB 시멘트 복합재료 구조체 - 목표 차폐율 80 dB 시멘트 복합재료 + Hybrid 구조체 - 목표 차폐율 80 dB 및 물리적 방호 가능 통합 방호 구조체
주요내용	◦ 저비용 산화·환원 나노탄소소재 제조 기술 개발 ◦ 나노탄소소재와 시멘트 재료 합성 성능 개선 기술 개발 ◦ 나노탄소소재를 활용한 전자파 차폐 시멘트 복합재료 개발 ◦ 전자파 차폐 성능 보강 철근콘크리트 구조체 개발 ◦ 전자파 차폐 성능 보강 강섬유 보강 시멘트 복합 구조체 개발 ◦ 전자파 차폐 성능 Hybrid 보강 시멘트 복합 구조체 개발 ◦ 전자파 차폐 용사소재 및 용사코팅 콘크리트 구체 개발
주요성과	◦ 전자파 차폐 성능 확보 나노탄소소재 시제품 ◦ 전자파 차폐 성능 확보 시멘트 복합재료 시제품 ◦ 시멘트 복합재료 내 나노탄소소재 분산성 및 물리화학적 합성 기술 확보 ◦ 구조적 성능과 전자파 차폐 성능을 동시에 지닌 철근콘크리트 구조체 기술 확보 및 시작품 ◦ 전자파 차폐 철근콘크리트 구조체 시작품 ◦ 전자파 차폐 성능을 향상시킬 수 있는 Hybrid 보강 기술 확보
활용방안	◦ 시멘트 복합재료의 전자파 차폐 기능부여 나노탄소소재 원천소재로 활용 ◦ 전자파 차폐 철근콘크리트 구조체로 활용 ◦ 전자파 차폐 시멘트 복합재료 구조체로 활용 ◦ 전자파 차폐 성능 및 물리적 방호 동시 가능한 구조체로 활용



2. 중점추진분야 II : 전자파 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재 기술

과제명	전자파 차폐 부속자재 개발
과제목표	◦ 전자파 차폐율 80 dB 도어 시스템 개발 ◦ 전자파 차폐율 80 dB 필터 제품 및 연결 시스템 개발 ◦ 전자파 차폐용 개스킷, Rack 등, 개구부 차폐용 기타 부속자재 개발 ◦ 전자파 흡수율 20 dB 이상의 도장재 및 패널 내장재 등 건축자재 개발
주요내용	◦ 평면 차폐 도어 및 연결부 기밀장치 개발 ◦ 전원 및 신호용 EMP 필터 장치 개량 기술 개발 ◦ 냉각 성능이 개선된 EMP 방호용 차폐 Rack 개발 ◦ 기밀성능 및 편의성 향상 개스킷 개발 ◦ 전자파 차폐/흡수 복합패널 건축자재 개발 ◦ 전자파 차폐 고기능성 도료 개발
주요성과	◦ 전자파 차폐 80 dB 가능한 평면 차폐 도어 및 연결 기밀장치 시제품 ◦ 전자파 차폐 40 dB 가능한 유리창 및 창호시스템 시제품 ◦ 냉각성능 개선 차폐 Rack 시제품 ◦ 전원용 및 신호용 EMP 필터 개량형 시제품 ◦ 보호 대상 장치 형태별 방호 Rack 시제품 ◦ 저비용 고효율 전자파 누설 방지용 개스킷 시제품
활용방안	◦ 구체를 제외한 건축 구성 자재의 전자파 차폐 제품으로 활용 ◦ 구체를 통과하는 개구부(PoE)의 전자파 차폐 자재로 활용 ◦ 실내 유입되는 전자파를 흡수하는 건축내장재로 활용



3. 중점추진분야 III : 전자파 차폐 성능평가 및 실증실험 기술

과제명	건설자재 및 구조물 전자파 차폐 성능평가 및 실증실험 기술 개발
과제목표	◦ 건설자재 전자파 차폐 시험법 및 시험장치 개발 ◦ 구조체(구조부재) 전자파 차폐 시험법 및 시험장치 개발 ◦ 건설자재 및 구조체 전자파 차폐 성능평가 지침 개발 ◦ 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조물 전자파 차폐 실증실험 기술 개발
주요내용	◦ 콘크리트 및 시멘트 복합재료 전자파 차폐 시험법 및 시험장치 개발 ◦ 철근콘크리트 구조체 전자파 차폐 시험법 및 시험장치 개발 ◦ 시멘트 복합재료 구조체 전자파 차폐 시험법 및 시험장치 개발 ◦ 구조체와 부속자재 연결부 전자파 차폐 시험법 개발 ◦ 전자파 차폐 실증실험용 Mock-Up 구조물 제작 표준화 기술 ◦ 전자파 차폐 Mock-Up 구조물 실증실험 및 절차 개발
주요성과	◦ 철근콘크리트 재료 전자파 차폐 시험규격 (학회 규격 or KS 표준) ◦ 시멘트 복합재료 전자파 차폐 시험규격 (학회 규격 or KS 표준) ◦ 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 전자파 차폐 시험장치 시작품 ◦ 전자파 차폐 실증실험용 Mock-Up 구조물 시작품 ◦ 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조물 전자파 차폐 인증시스템(안)
활용방안	◦ 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 전자파 차폐 시험규격으로 활용 ◦ 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조물 전자파 차폐 시험 표준 구조물로 활용 ◦ 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조물 전자파 차폐 인증 체계로 활용



4. 중점추진분야 IV : 전자파 차폐 구조물 설계 및 시공 기술

과제명	전자파 차폐 콘크리트 구조물의 설계 및 시공 기술 개발
과제목표	◦ 전자파 특성 해석 및 콘크리트 구조체 침투 모델 개발 ◦ 전자파 차폐 콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조설계지침 개발 ◦ 전자파 차폐 콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조물 시공지침 개발
주요내용	◦ 전자파 주파수 대역별 침투 및 차폐 특성 해석 기술 개발 ◦ 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조체의 전자파 입사, 반사, 투과 및 흡수 특성 해석 기술 개발 ◦ 최적 EMP 방호를 위한 zoning 및 전기·전자장치 배치설계 기술 개발 ◦ 신규구조물 전자파 차폐 구조설계 기술 개발 ◦ 신규구조물 전자파 차폐 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 시공기술 개발 ◦ 신규구조물의 전자파 차폐룸 내 근무환경 설계 기술 개발 ◦ 기존구조물의 시멘트 복합재료 활용 전자파 차폐 설계기술 개발 ◦ 기존구조물의 시멘트 복합재료 활용 전자파 차폐 구조체 시공기술 개발 ◦ 전자파 차폐를 고려한 구조체 연결 확보 시공기술 개발 및 Test-Bed
주요성과	◦ 전자파의 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조물 특성 모델 ◦ 전자파 차폐 콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조물 설계 지침 ◦ 전자파 차폐 콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조물 시공 지침 ◦ 전자파 차폐 콘크리트 구조물 건축환경 설계 가이드라인
활용방안	◦ 콘크리트 구조물에서 EMP 특성 해석 자료로 활용 ◦ 전자파 차폐 콘크리트 구조물 설계 지침으로 활용 ◦ 전자파 차폐 콘크리트 구조물 시공 지침으로 활용 ◦ 전자파 차폐 콘크리트 구조물 건축환경 설계 가이드라인으로 활용 ◦ 전자파 차폐 콘크리트 구조물 Test-Bed 적용



4절 중점추진분야 및 주요내용 재구성

- 정책, 시장 및 기술 동향을 분석하고, 이를 기반으로 ISSUE를 도출하였으며, ISSUE의 해결을 위해서 중점추진 연구분야를 3절에서 도출하였음
- 4차에 걸친 기획타당성회의 과정에서 “전자파 차폐”라 함은 EMI, EMC 및 EMP를 모두 포함하는 차폐로 해석됨. 따라서 “EMP 차폐” 또는 “EMP 방호”에 집중이 필요함
 - 본 연구사업의 연구기간 및 연구예산을 고려할 경우 연구목표와 범위를 **EMP 차폐 중심으로** 구성할 필요 있음
 - 단, 방탄·방폭의 물리적 방호와 결합된 복합방호를 위해 개발된 재료와 구조체의 성능 시험평가가 별도로 수행될 필요 있음
- 한편, 4차에 걸친 기획타당성회의에서 검토위원 및 전문기관에서 아래와 같은 의견을 제시하였으며, 기획연구진에서 이에 대한 수정·보완을 검토함
 - 중점추진분야 별로 상호 유기적인 관계가 있는데 기술군 위주로 분류됨. 이 경우 연구개발의 단락과 연계성 부족이 우려됨. 즉, 재료, 자재 및 구조체 개발팀과 구조설계가 분리됨으로써 연속성 확보가 어려움
 - 따라서 현재의 「중점추진분야Ⅰ」과 「중점추진분야ⅣⅠ」의 구조체 설계분야를 통합, 조정하는 방안도 고려해 볼 필요 있음
 - 연구사업의 성과물을 신규 전자파 차폐 구조물 건설에 적용할 분야와 기존 전자파 차폐 대상 구조물에 적용할 부분을 구분하는 것에 대한 고려 필요
 - Test Bed 적용의 경우 재료 및 구조체 개발팀에서 주도하는 것이 바람직
- 도출된 중점추진분야를 세부과제로 구성하여 본 연구사업을 추진할 수도 있으나 본 연구사업의 수행 체계를 바탕으로 한 세부과제 구성에 있어서 아래의 사항들을 검토할 필요 있음
 - 성공적인 연구성과 도출을 위한 효율성
 - 단계별, 연차별 연구수행의 연계성 확보
 - 연구수행기관의 연구 연속성을 고려한 세부과제 구성
 - 세부과제 간 독립성과 연계성을 동시에 확보할 수 있는 세부과제 구성
- 이와 같이 4 차에 걸친 기획타당성회의 결과를 바탕으로 기획연구진은 중점추진분야를 3 개로 통합, 조정하여 3 개의 세부과제를 구성함



1. 중점추진분야 I : EMP 차폐 콘크리트계 소재, 재료 및 구조체 개발

세부과제명	EMP 차폐 콘크리트계 소재, 재료 및 구조체 개발
과제목표	○ 콘크리트계 구조체 첨가용 저비용 전기전도성 첨단 신소재 개발 ○ EMP 차폐율 20~80 dB의 콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조체 개발 - 목표 차폐율 20~40 dB의 철근콘크리트 구조체 - 목표 차폐율 40~60 dB의 시멘트 복합재료 구조체 - 목표 차폐율 80 dB의 시멘트 복합재료 + Hybrid 구조체 - EMP 차폐와 물리적 방호가 가능한 복합 방호 구조체 ○ EMP 차폐 콘크리트계 구조물⁵⁾ 구조설계지침 개발 ○ EMP 차폐 콘크리트계 구조물 시공지침 개발
주요내용	○ 저비용 산화·환원 나노탄소소재 제조 기술 개발 ○ 나노탄소소재를 활용한 EMP 차폐 시멘트 복합재료 개발 ○ EMP 차폐 철근콘크리트 구조체 개발 ○ EMP 차폐 시멘트 복합재료 구조체 개발 ○ EMP 차폐 Hybrid 복합 구조체 개발 ○ 물리적 방호 및 EMP 방호의 복합 성능 설계기술 개발 ○ 방탄·방폭 물리적 방호성능 시험평가 ○ EMP 차폐 콘크리트계 구조물의 구조설계 및 시공기술 개발 ○ EMP 차폐 시멘트 복합재료 구조체 보강 설계 및 시공기술 개발 ○ EMP 차폐 실증실험용 콘크리트계 Mock-Up 구조물 설계 및 제작 ○ EMP 차폐 콘크리트계 구조물 Test-Bed 적용 및 기술 보완
주요성과	○ EMP 차폐 구조체용 나노탄소소재 첨가 소재 시제품 ○ EMP 차폐 철근콘크리트 구조체 시제품 ○ EMP 차폐 시멘트 복합재료 구조체 시제품 ○ EMP 차폐 Hybrid 복합 구조체 시제품 ○ EMP 차폐 실증실험용 Mock-Up 구조물 시제품 ○ EMP 차폐 콘크리트계 구조물 구조설계지침(안) ○ EMP 차폐 콘크리트계 구조물 시공지침(안)
활용방안	○ EMP 차폐 시멘트 복합재료용 첨가 나노탄소소재 원천소재로 활용 ○ EMP 차폐 신규 구조물 건설 철근콘크리트 구조체로 활용 ○ EMP 차폐 신규 건설 및 기존 구조물 보강 구조체로 활용 ○ EMP 차폐 성능 및 물리적 방호 동시 가능한 구조체로 활용 ○ EMP 차폐 콘크리트계 구조물의 설계 및 시공 지침으로 활용

5) 여기서, 콘크리트계 구조체 및 구조물은 철근콘크리트와 시멘트 복합재료로 구성된 구조체와 이들이 결합된 구조물을 모두 포함하는 용어로 정의함. 이하 마찬가지



2. 중점추진분야 II : EMP 차폐 건축자재 및 부속자재 개발

세부과제명	EMP 차폐 건축자재 및 부속자재 개발
과제목표	◦ EMP 차폐율 80 dB 도어 시스템 개발 ◦ EMP 차폐율 80 dB 필터 제품 및 연결 시스템 개발 ◦ EMP 차폐용 개스킷 등, 기타 부속자재 개발 ◦ 전자파 흡수율 40 dB 이상의 도장재 등, 건축자재 개발 ◦ 금속용사 등, EMP 차폐 부가 자재 개발
주요내용	◦ 평면 차폐 도어 및 연결부 기밀장치 개발 ◦ 전원 및 신호용 EMP 필터 장치 개량 기술 개발 ◦ 기밀성능 및 편의성 향상 개스킷 개발 ◦ EMP 차폐 고기능성 도장재 개발 ◦ EMP 차폐 용사소재 및 용사코팅 기술 개발 ◦ 고기능성 EMP 차폐 부가 재료 개발
주요성과	◦ EMP 차폐 80 dB 가능한 평면 차폐 도어 및 연결 기밀장치 시제품 ◦ 전원용 및 신호용 EMP 필터 개량형 시제품 ◦ 저비용 고효율 개스킷 EMP 차폐 부속자재 시제품 ◦ EMP 차폐 도료, 용사코팅 시제품 ◦ 고기능성 EMP 차폐 부가 재료 시제품
활용방안	◦ EMP 차폐율 요구 수준별 차폐 성능 부가 기술로 활용 ◦ 신규구조물뿐만 아니라 기존 구조물의 EMP 차폐 성능 부여 자재로 활용 ◦ 구체를 통과하는 개구부의 EMP 차폐 자재로 활용 ◦ 전도성 EMP 침투 차폐용 자재로 활용



3. 중점추진분야 III : EMP 차폐 환경 설계 및 성능평가 기술 개발

세부과제명	EMP 차폐 환경 설계 및 성능평가 기술 개발
과제목표	◦ EMP 특성 해석 및 콘크리트 구조체 침투 모델 개발 ◦ 적용 대상 구조물(민수, 군수)별 EMP 차폐 환경 설계 기술 개발 ◦ 콘크리트 및 시멘트 복합재료 재료단위 및 구조체단위 EMP 차폐 성능 시험평가 표준화 ◦ 콘크리트계 구조체 표면 보강 재료의 EMP 차폐 성능 시험평가 표준화 ◦ 콘크리트계 구조물의 EMP 차폐 성능 평가 프로세스 정립
주요내용	◦ 콘크리트계 구조체의 EMP 입사, 반사, 투과 및 흡수 특성 해석 기술 개발 ◦ 최적 EMP 방호를 위한 zoning 및 전기·전자장치 배치설계 기술 개발 ◦ EMP 차폐룸 내 건축 환경 및 설비 설계 기술 개발 ◦ 콘크리트 및 시멘트 복합재료 재료단위 EMP 차폐 시험법 및 시험장치 개발 ◦ 콘크리트계 구조체단위 EMP 차폐 시험법 및 시험장치 개발 ◦ 콘크리트계 구조체 표면 보강 재료의 EMP 차폐 시험법 및 시험장치 개발 ◦ 콘크리트계 구조체와 부속자재 연결부 EMP 차폐 시험평가 기술 개발 ◦ 콘크리트계 Mock-Up 구조물 EMP 차폐 실증실험 기술 개발 ◦ 콘크리트 구조물 EMP 차폐 인증프로세스 개발
주요성과	◦ 콘크리트계 구조물의 EMP 침투 특성 모델 ◦ EMP 방호 zoning 및 전기·전자장치 배치설계 가이드라인(안) ◦ EMP 차폐 콘크리트 구조물 건축 환경 및 설비 설계 가이드라인(안) ◦ 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 EMP 차폐 시험규격(안) ◦ 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 EMP 차폐 시험장치 시작품 ◦ 콘크리트계 구조물 EMP 차폐 성능평가 가이드라인(안) ◦ 콘크리트계 구조물 EMP 차폐 인증절차(안)
활용방안	◦ 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 재료, 구조체 및 구조물의 EMP 차폐 성능시험 표준으로 활용 ◦ 콘크리트 구조물에 대한 EMP 특성 해석 자료로 활용 ◦ EMP 방호 zoning 및 전기·전자장치 배치설계 가이드라인으로 활용 ◦ EMP 차폐 콘크리트 구조물 건축 환경 설계, 설비 설계 가이드라인으로 활용



5절 주요 성과지표

1. 중점추진분야 I : EMP 차폐 콘크리트계 소재, 재료 및 구조체 개발

성과물	성과물 내용	성과물 유형	성과지표
EMP 차폐 구조체용 나노탄소소재 첨가 소재 시제품	저비용의 산화·환원 공정을 활용한 나노탄소 원천 소재	특허, 시제품	- 전하이동도 : 150,000 $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ 이상 - 기계적 인장강도 1,000 GPa
EMP 차폐 철근콘크리트 구조체 시제품	철근콘크리트의 철근 배근과 EMP 차폐용 그리드를 배치한 구조체 시제품	특허, 시제품	- 철근콘크리트 구조 만 (EMP 차폐율 20 dB) - 철근콘크리트 구조 + 그리드 보강 (EMP 차폐율 40 dB) - 구조체 두께 30 cm 기준
EMP 차폐 시멘트 복합재료 구조체 시제품	다양한 강섬유와 matrix 구성 개발을 통해 목표 EMP 차폐율을 지니는 구조체. 군수 분야 적용 구조체는 물리적 방호 가능한 구조체	특허, 시제품	- 단일 강섬유 보강 시멘트 복합재료(EMP 차폐율 40 dB) - 복합 섬유 보강 시멘트 복합재료(EMP 차폐율 60 dB) - 물리적 방호력, 기존 철근콘크리트 구조체 대비 1.5배 증가 - 구조체 두께 30 cm 기준
EMP 차폐 Hybrid 복합 구조체 시제품	시멘트 복합재료에 추가하여 전기전도성 향상 메시 또는 구조체 전기적 연결 자재 등을 적용, EMP 차폐율을 극대화한 구조체	특허, 시제품	- EMP 차폐율 80 dB - 구조체 두께 30 cm 기준 - 보강용의 경우 EMP 차폐율 40 dB (두께 10cm 이내)
EMP 차폐 콘크리트계 구조물 구조설계지침	철근콘크리트 및 시멘트 복합 재료로 구성되는 구조물의 구조설계 및 EMP 차폐 설계 지침	지침	- 차폐율 40, 60 및 80 dB 수준별 EMP 차폐 설계 지침 제시 - 물리적 방호와 전자파 방호 통합 구조물의 경우, 방탄·방폭 설계 방안 제시
EMP 차폐 콘크리트계 구조물 시공지침	철근콘크리트 및 시멘트 복합 재료로 구성되는 구조물의 구조체 시공 및 EMP 차폐 성능 확보 시공 지침	지침	- 시설물 전체 EMP 차폐 시공 지침 - 시설물 중 일부 차폐룸 시공 지침 구분



2. 중점추진분야 II : EMP 차폐 건축자재 및 부속자재 개발

성과물	성과물 내용	성과물 유형	성과지표
EMP 차폐 도어 제품	EMP 차폐룸 출입 도어 건축자재 시제품	특허, 시제품	- EMP 차폐율 80 dB - 도어와 구조체 접합부 기밀 유지 확보 - 군사시설용의 경우 GP550 탄에 대한 방폭 성능 확보
전원용 및 신호용 EMP 필터 개량형 제품	EMP 차폐룸 내부로 인입되는 전자장치의 개구부 보호를 위한 필터 국산화 시제품	시제품	- EMP 차폐율 80 dB - 대칭형 필터 - 차폐 성능 인증 획득
고효율 개스킷 제품	구체와 개구부 자재 사이의 EMP 차폐를 위해 형상 및 재질이 향상된 개스킷 시제품	시제품	- EMP 차폐율 80 dB - 기밀 성능 확보 - 차폐 성능 인증 획득
EMP 차폐 도장재 자재	EMP 차폐 기능을 보강하기 위해서 콘크리트 구조체 재료 특성에 적합한 차폐용 도료	시제품	- EMP 차폐율 20 dB 이상 - 난연 등 건축자재 친환경 인증 획득
EMP 차폐 금속 용사 등 표면 코팅제	EMP 차폐 기능을 보강하기 위해서 콘크리트 구조체 표면에 코팅하는 금속 용사 또는 고분자 재료와 코팅 장비	시제품	- EMP 차폐율 40 dB 이상 - 코팅 장치가 실내 작업이 가능한 장치



3. 중점추진분야 III : EMP 차폐 환경 설계 및 성능평가 기술 개발

성과물	성과물 내용	성과물 유형	성과지표
콘크리트 구조물에서의 EMP 침투 특성 모델	콘크리트 및 시멘트 복합재료 특성과 주파수 영역 및 방호구조물의 형태에 따른 EMP의 침투 모델과 해석적 고찰	보고서	- 차폐 재료 및 구조체의 물리적 특성, 기하학적 특성 반영 - EMP의 주파수 영역별 특성 반영
EMP 방호 zoning 및 전기·전자장치 배치설계 가이드라인(안)	구조물과 차폐룸의 형상과 크기를 고려하여 차폐룸에 배치되는 전기·전자 장치의 배치를 최적화할 수 있는 가이드라인	기준	- 차폐룸의 형상과 규모를 고려 - 전기·전자 장치의 배치 모듈을 설정 - 이에 따른 EMP 방호 최적화 가이드라인
EMP 차폐 콘크리트 구조물의 건축 환경 및 설비 설계 가이드라인(안)	차폐룸의 경우 EMP 차폐 기능과 함께 근무자의 근무환경이 확보되어야 함. 이에 대한 설계 가이드라인	기준	- 실내 공기, 상하수도 및 기타 Supplies의 공급과 함께 EMP 차폐 특성을 반영
철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 EMP 차폐 시험규격(안)	콘크리트 재료와 구조체의 EMP 차폐 성능을 시험 및 평가하는 규격	기준	- 1단계 : 학회 및 협회 규격화 - 2단계 : KS 표준 추진
철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 재료의 EMP 차폐 성능 시험장치	철근콘크리트 및 시멘트 복합 재료와 구조체의 EMP 차폐 성능을 시험할 수 있는 장치	장비	- 주파수 대역 조절 가능 시험장치 - 재료 및 구조체 시편 단위의 실내 시험용 장치
콘크리트계 구조물 EMP 차폐 성능평가 가이드라인(안)	콘크리트형 구조물의 EMP 차폐 성능을 평가할 수 있는 Mock-Up 구조물 시제품	기준	- 폐합형 콘크리트 구조물 - 도어, 창호 및 개구부 필터 등이 배치된 완성형 Mock-Up 구조물



6절 기술개발 로드맵

1. 전자파 차폐 구조물 기술 총괄 로드맵



- EMI, EMC 및 EMP를 모두 포함하는 전자파 차폐 기술의 개발은 전체적으로는 약 10년 정도의 연구개발 기간이 필요한 것으로 판단됨
- 최근 북한의 핵 및 미사일 개발과 국제 테러의 Soft Target 및 EMP 수단의 사용 가능성이 높게 대두되면서 우선 구조물 분야의 전자파 차폐 기술 개발은 “EMP 차폐” 또는 “EMP 방호”에 집중이 필요함
- 위 그림에 제시된 “전자파 차폐가 가능한 콘크리트계 구조물 건설기술 개발”은 EMP 차폐 기술을 5개년으로 걸쳐 연구개발 로드맵을 제시함
- 다음으로 EMP 차폐 기술 개발을 바탕으로 전자파 환경에 노출된 국민의 생활 환경을 개선하고 전자기기 간 간섭을 최소화 할 수 있는 “Smart Electric Environment” 조성 기술은 이후 연구개발을 수행하는 것이 효율적임



2. EMP 차폐 콘크리트 구조물 총괄 로드맵

EMP 차폐 및 물리적 방호의 복합 방호구조물 건설기술 개발					
과제 목표	EMP 차폐와 물리적 방호가 가능한 콘크리트계 구조재료 및 부속자재 개발과 차폐율 80 dB의 구조물 건설 기술 개발				
단계별 목표	재료, 자재 및 EMP 차폐 성능 시험평가 핵심기술 개발			EMP 차폐 구조물 실용화 기술 개발	
주요 기술	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
나노탄소 원천소재 및 합성기술	나노탄소소재 산화환원 기술 개발	나노탄소소재 제조 기술 개발 (그래핀 중심)		나노탄소소재 Pilot 생산 기술 개발	
EMP 차폐 콘크리트 및 시멘트 복합재료 기술	EMP 차폐 콘크리트 및 시멘트 복합재료 재료 구성	EMP 차폐용 콘크리트/시멘트 복합재료 제조 기술 및 전기전도성 보강 기술 개발		콘크리트/시멘트복합재료 EMP 차폐 성능평가	Test-bed 설계 및 적용 차폐 기술 보완 및 매뉴얼 작성
EMP 차폐 성능 보강 구조재용 Hybrid 기술	전기전도성 보강 Hybrid 재료구성	전기전도성 보강 Hybrid 재료 결합 EMP 차폐 구조재 개발		Hybrid 보강 구조재 EMP 차폐 성능평가	
EMP 차폐 건축자재 및 부속자재 기술	EMP 차폐 자재 설계 및 재료 구성	EMP 차폐 건축자재 및 부속 자재 개발		건축자재 및 부속자재 EMP 차폐 성능평가	
EMP 차폐 구조물 설계/시공 기술	전자파 주파수 대역별 및 구조재 특성별 침투/차폐 특성 해석		전자파 특성 모델 개발	EMP 차폐 구조물 설계/시공 기술 개발	EMP 차폐 구조물 설계/시공지침 개발
EMP 차폐 성능평가 및 실증실험	콘크리트/시멘트 복합재료 및 구조재 EMP 차폐 시험법 및 시험장치 개발		EMP 차폐 예비시험 및 보완 내충격 및 방폭 성능시험평가	EMP 차폐 콘크리트계 Mock-Up 구조물 제작	Mock-Up 구조물 EMP 차폐 실증실험 (방폭실험 포함)



3. 중점추진분야별 기술/성과 로드맵

가. 중점추진분야 I

1 세부	EMP 차폐 콘크리트계 소재, 재료 및 구조체 개발				
세부과제 목표	EMP 차폐율 20~80 dB의 콘크리트/시멘트 복합재료 및 구조체 개발				
세부과제 단계별 목표	원천소재 및 구조체 재료구성	EMP 차폐용 콘크리트/시멘트 복합재료 구조체 핵심기술 개발		성능평가 및 시제품 개발	T/B 적용 및 실용화
구성 기술	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
나노탄소 원천소재 및 합성기술	나노탄소소재 산화환원 기술 개발	나노탄소소재 제조 기술 개발 (그래핀 중심) 나노탄소소재 친수성 및 결합력 향상 화학적 처리 기술 개발		나노탄소소재 Pilot 생산 기술 개발	
EMP 차폐 나노탄소소재 복합재료 배합기술	기존 고가 나노탄소소재 복합재료 배합기술 개발	저비용 나노탄소소재 복합재료 배합기술 개발	나노탄소소재 복합 구조체 EMP 차폐 성능평가	EMP 차폐 콘크리트계 구조체를 설계 및 시공기술 개발 Test-bed 설계 및 적용 차폐 기술 보완 및 매뉴얼 작성	
EMP 차폐 콘크리트 구조체 기술	EMP 차폐 철근 배근 기술 개발	전기전도성 보강재 선정 및 EMP 차폐 콘크리트 구조체 개발	철근콘크리트 구조체 EMP 차폐 성능평가		
EMP 차폐 섬유보강 시멘트 복합재료 구조체 기술	EMP 차폐용 시멘트 복합재료 구성	EMP 차폐용 시멘트 복합재료 배합기술 및 전기전도성 보강 기술 개발	시멘트 복합재료 구조체 EMP 차폐 성능평가		
EMP 차폐 성능 보강 구조체용 Hybrid 기술	전도성 Hybrid 보강자재 선정 및 개발	콘크리트/시멘트 복합재료와 Hybrid 보강자재 연결기술 개발	Hybrid 보강 구조체 EMP 차폐 성능평가		
연차별 목표성과물		나노탄소소재 시작품	EMP 차폐 콘크리트 구조체, 시멘트 복합재료, Hybrid보강재 시작품	나노탄소소재 시제품, EMP 차폐 콘크리트 및 시멘트 복합재료 시제품	Test-bed 2건

나. 중점추진분야 II

2 세부	EMP 차폐 건축자재 및 부속자재 개발				
세부과제 목표	EMP 차폐율 40~80 dB의 건축자재 및 부속자재 개발				
세부과제 단계별 목표	자재 재료 구성 및 설계	EMP 차폐용 건축자재 및 부속자재 핵심기술 개발		시제품 및 적용기술 개발	T/B 적용 및 실용화
구성 기술	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
EMP 차폐 도어 시스템		EMP 차폐 개량 도어 설계	EMP 차폐 개량 도어 제작 기술 개발 및 차폐 성능 검증	도어 및 구조체 연결상세 개발	Test-bed 적용 및 보완, 사용 매뉴얼 작성
EMP 필터 부속자재		필터 개량 설계	개량형 필터 개발 및 차폐 성능 검증	필터 설치 및 연결상세 개발	
EMP 차폐용 개스킷 및 기타 부속자재		개스킷 개량 설계	개량형 개스킷 개발 및 차폐 성능 검증	개스킷 매입 및 연결상세 개발	
금속용사 등, EMP 차폐 부가 자재 개발	금속용사 등 부가 자재 재료 구성	금속용사 등 부가 자재 개발 및 전차과 차폐 성능 평가			
EMP 차폐 도로 및 기타 건축자재	EMP 차폐 도로 재료 구성	차폐용 도로 혼합물 개발	도로 시제품 개발 및 차폐 성능 평가		
연차별 목표성과물		차폐용 도로 시작품	차폐용 도로 시제품, 금속 용사 시제품	도어 시스템, 필터 및 개스킷 시제품	Test-bed 2건 (1세부 공동)



다. 중점추진분야 III

3 세부	EMP 차폐 환경 설계 및 성능평가 기술 개발				
세부과제 목표	콘크리트계 구조물의 EMP 차폐 환경 설계 및 EMP 차폐 성능평가 기술 표준화				
세부과제 단계별 목표	콘크리트계 재료, 구조체 및 구조물 단위의 EMP 차폐 성능 시험기준 개발		콘크리트계 구조물의 EMP 차폐 실증실험 및 인증절차 개발		
구성 기술	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
EMP 특성 해석 및 콘크리트 구조체 침투 모델 개발	구조체의 재료 특성에 따른 EMP 침투/차폐 특성 해석		구조체 재료별 EMP 특성 모델 개발		
EMP 차폐를 건축환경 설계			EMP 차폐를 환경분석	EMP 차폐를 환경설계	환경설계 가이드라인 개발
콘크리트계 재료 및 구조체 EMP 차폐 성능 시험기술	콘크리트계 재료 및 구조체 EMP 차폐 시험장치 개발		예비시험 및 시험법 개발		
콘크리트계 Mock-Up 구조물 EMP 차폐 실증실험			구조물 단위 EMP 차폐 성능 시험 설계	구조물 단위 EMP 차폐 성능 시험법 개발	Mock-Up 구조물 EMP 차폐 실증실험
EMP 차폐 인증시스템 구축				EMP 차폐 인증절차 설계 및 절차서 개발	인증시스템 가상 운영 및 미비점 보완
연차별 목표성과물		EMP 차폐 성능 시험장치 시작품 2건	EMP 침투 특성 모델, EMP 차폐 시험규격 (안) 2건	EMP 방호 전자장치 배치 설계 가이드라인(안)	건축 환경설계 가이드라인(안) 1건, 실증실험 1건



7절 연구개발 추진 전략

1. 연구개발 전략



그림 152. 연구개발 추진 전략

- 경제성이 확보되는 저비용 나노탄소소재 및 전기전도성 콘크리트 원천재료 개발
 - 기존 대비 50% 이하 가격의 나노탄소 원천소재를 개발하고 이를 이용하여 전기전도성을 띌 수 있는 시멘트 콘크리트 복합재료 개발 추진
 - 요구 EMP 차폐율 성능 목표에 적합한 시멘트 콘크리트 복합재료 개발 추진
 - 개구부 부속자재는 기존 성능 개선에 연구개발 초점을 두고, 개발 결과는 상 시제품 및 상용 제품화로 연결
- 기존 기술과 연관 기술의 상호 연계성 강화를 통한 연구개발 실용화 증대
 - 기존 철근콘크리트 구조체의 전기전도성 확보 방안 연구개발을 통한 최소 EMP 차폐 성능 확보 기술 개발
 - 방탄·방폭용 고성능 섬유보강 시멘트 복합재료 기존 기술을 기반으로 재료구성 및 EMP 차폐 요구성능 개선형 건설재료 개발
 - 이를 통해 연구 수행기간에 TRL 8단계 이상의 재료 기술 확보



- 콘크리트와 같은 건설재료 및 구조체에 대한 EMP 차폐 성능 시험기술 부재. 이에 따라 재료 개발과 동시에 성능평가 기술 개발로 재료 및 구법의 EMP 차폐 성능 유효성 확보 (Parrel-Fast Track 개발)
- 실용화의 전제 조건인 시험규격화, 구조설계 지침화 및 실증실험을 통한 EMP 차폐 실용화 기반 조성
- 민수 및 군수 Test Bed 적용을 통한 실용화 기반 완성

○ 공공 및 민간의 전문 연구 인력 역량과 전문가 활용

- 각 연구내용별 최적의 컨소시엄 및 인력 구성방안을 마련
- 직접 연구개발에 참여가 어려운 군사 방호 전문 인력은 전문가 그룹을 구성하여 연구개발 방향 적합성 검증에 활용
- 산학연 협동연구, 국제공동연구 등 역량강화 및 결집방안 마련
- 기관별 전문성을 살려서 최선의 연구결과 도출이 가능하도록 유도

○ 국내 연구 인프라의 적극 활용 추진

- 건설, 전자, 화학 분야의 시험시설 연구 인프라를 최대한 활용
- 부족한 실내 시험시설은 연구개발 기간 중 구축
- 실증실험을 위한 대형 시설 구축은 본 기획에서 제안(안) 마련, 이후 본 과제 주관연구기관 주도로 별도의 실증실험시설 구축 추진

2. 기술성숙도(TRL) 단계별 목표

- 연구단계는 기획연구 → 핵심기술개발 연구 → 실용화(응용) 연구 분야로 구분하였으며, 핵심기술 개발을 통하여 TRL 1,2,3인 기술을 5,6으로 상승시키며 실용화 연구를 통하여 TRL을 7,8까지 상승

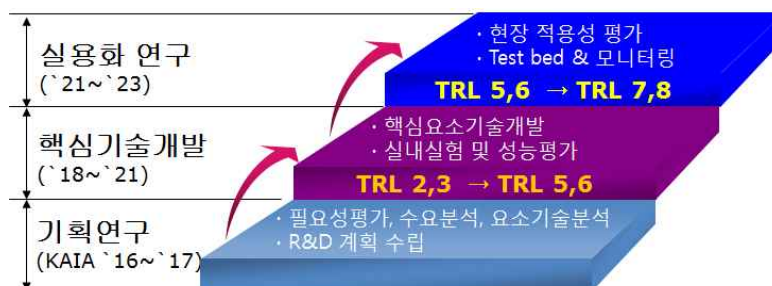


그림 153. 연구개발 단계별 기술 성숙도 설정



3. 단계별 연구개발 전략

가. 핵심기술 개발 (1단계, 연구개발 연차 1~3차년)

- 1단계의 핵심기술 개발 과업의 구성과 핵심 전략목표를 이행하기 위하여 아래와 같은 연구개발 분야를 수행

(1) EMP 차폐 원천소재 및 구조재료 핵심기술 개발

- 전기전도성 시멘트 복합재료 구성 나노탄소 원천소재 개발

** 화학적 산화환원

흑연을 산성용액을 이용하여 그래핀산화물로 박리후 환원

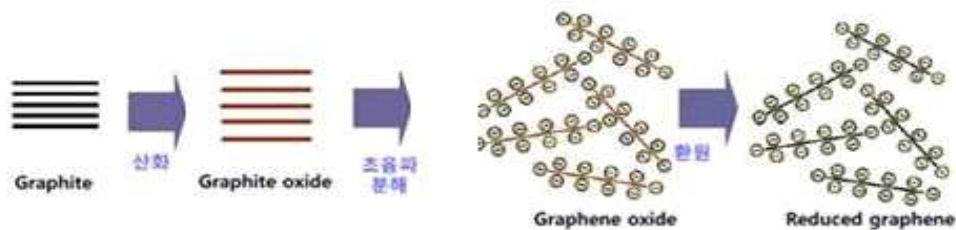


그림 154. 그래핀의 화학적 박리법의 모형도

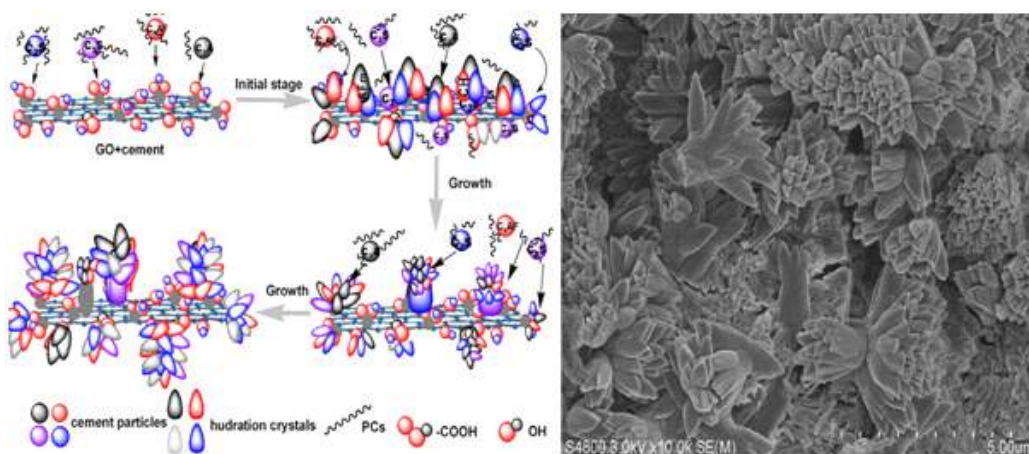


그림 155. 그래핀-시멘트 복합체 합성

(이상 출처 : 성균관대학교 투자연구회 리서치 3팀, 2013)

- 흑연을 기본 재료로 하여 산화, 환원 과정을 통하여 그래핀을 합성. 본 기획에서 제시하는 그래핀은 전기전도성을 띠면서 구조용 소재로 개발하고자 함
- 그래핀 제조 기술에서는 결정성 계면의 결함을 최소화하는 것이 중요하며 이를 시멘트 재료와 합성에 유리한 화학적 처리 공정이 필요할 것으로 판단됨



- 원 재료는 흑연이나 다른 탄소 소재가 될 것이며 여러 가지 형식의 처리과정을 거쳐 그래핀 결정을 추출하는 기술이 될 것으로 판단됨
- 본 기획에서 주 개발 대상으로 설정하는 그래핀-시멘트 복합재료 결합의 원리와 합성된 형상은 위 그림과 같이 무기질 시멘트계 재료와의 결합력을 높이고 이로 인해 인장강도 등의 기계적 특성을 높일 수 있음

○ EMP 차폐 콘크리트 및 시멘트 복합재료 재료 구성 및 제조 기술 개발

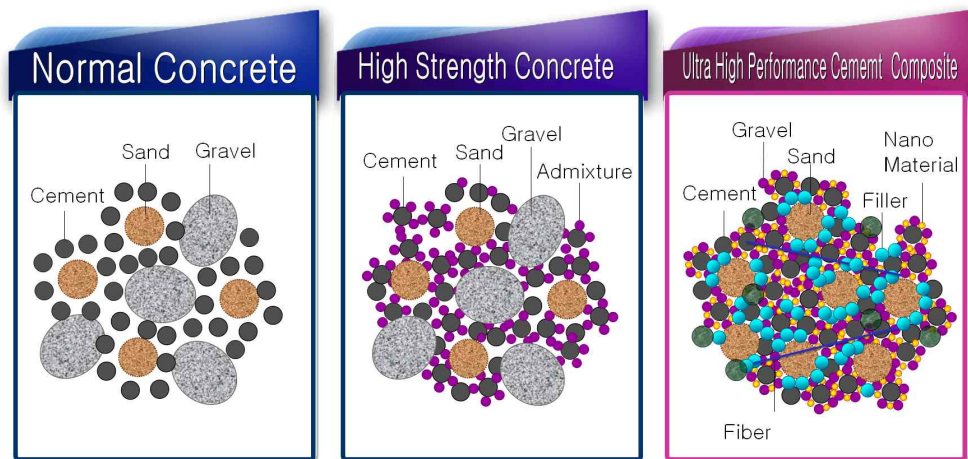


그림 156. 콘크리트 및 시멘트 복합재료 구성도

- 시멘트 복합재료 기술은 최밀충전이론(Packing Density Theory)에 근거하여 구성 재료 간의 빈 공간을 최소화하고 빈공간은 시멘트계 재료가 수화반응(Hydration)을 통하여 형성된 수화결정체(Hydrated Crystalline Paste)의 단단한 물리화학적 결합을 유도하는 기술
- 이 시멘트 복합재료 기술은 현재까지 개발 및 사용 중인 콘크리트형 재료 중에서 최고의 강도 및 내구성 특성을 지닌 건설용 구조재료
- 여기에 전기전도성과 EMP 차폐 성질을 부여하기 위해서 강섬유를 위주로 하는 첨가 재료로 합성하는 기술을 개발. 이 기술은 강섬유의 분산과 배열 상태가 EMP 차폐 성질을 좌우할 것으로 판단됨
- 반면 콘크리트의 경우 일반적으로 섬유를 보강할 경우 강도를 중심으로 하는 기계적 성질은 크게 향상되지 않는 것으로 알려져 있음. 그러나 다양한 형태의 강섬유를 적용할 경우 전기전도성 향상 효과를 기대할 수 있음

○ EMP 차폐 철근콘크리트 철근배근 및 접지 기술 개발

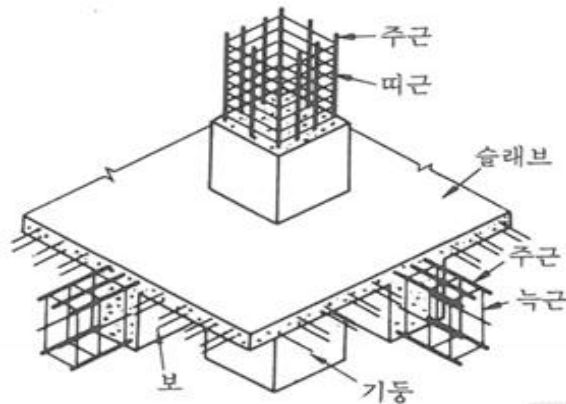


그림 157. 철근콘크리트 구조 기본 구성

- 철근콘크리트 구조물은 철근으로 구조물의 인장, 휨 및 인성 등의 구조적 거동을 향상시켜 구조체를 구성함. 이 철근은 네트워크를 기본적으로 구성함
- 그러나 일반적인 용도의 철근콘크리트 구조물은 부분적으로 철근망의 단락이 있음. 이것은 부분적인 단락이 있어도 구조적 거동은 크게 변하지 않기 때문
- 철근콘크리트가 EMP 차폐 성능을 지니기 위해서는 철근망이 단락없이 완전한 네트워크로 연결되어야 함
- 이 철근의 연결망을 완성하기 위해서는 기존 철근 배근 상세를 재구성하여야 하며, 이를 위해서 구조역학적 및 전기전도성을 만족할 수 있는 배근 기술과 이에 대한 콘크리트 타설 기술의 개발이 필요함

○ EMP 차폐 Hybrid 보강 기술 개발

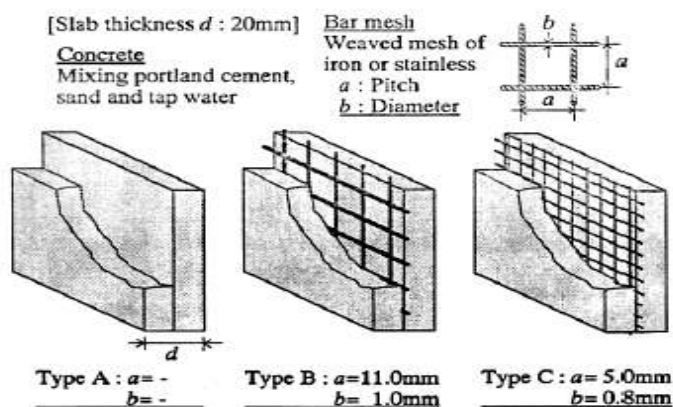


그림 158. 금속망을 이용한 전자파 차폐 콘크리트 예

(출처 : 일본 Shimizu 건설)

- 철근콘크리트의 철근망의 연결은 구조역학적 측면에서 배치할 경우 배근 간격이 넓어서 전자파 차폐 기능을 충분히 발휘하기 어려울 것으로 예측됨



- 시멘트 복합재료의 경우는 철근콘크리트 구조체와 달리 전도성 물체인 보강 섬유와 나노탄소소재의 간격이 좁지만 전체적으로 네트워크를 구성할 보조재가 필요할 수 있음
- 이를 위해서 금속망과 같은 재료를 철근콘크리트 또는 시멘트 복합재료에 삽입할 경우 전도성은 크게 향상될 것으로 추정됨
- 이와 같이 철근콘크리트와 시멘트 복합재료에서 EMP 차폐 성능을 극대화하기 위해서 Hybrid 보강기술을 개발하는 것이 필요할 것으로 판단됨

(2) EMP 차폐 건축자재 및 부속자재 핵심기술 개발

○ EMP 차폐 건축자재 및 부속자재 시제품 개발



그림 159. 전자파 차폐용 도어 및 필터 제품 예

- 전자파 차폐 도어 및 유리창 등은 일부 개발이 되어 있음. 선행 연구개발 동향에 의하면 이들 전자파 차폐 부속자재의 경우 국산화가 되어 있음에도 불구하고 성능이 다소 부족한 것으로 파악됨
- 전체 EMP 차폐 방호구조물의 구성함에 있어서 개구부를 중심으로 사용하게 될 부속자재에 대한 성능개선 연구개발이 필요함
- 이 분야는 기존 기술을 바탕으로 1단계에 국산화된 시제품 개발을 완성하는 단계까지 기술 개발이 필요함
- EMP 공격의 경우 요구 차폐율은 80 dB가 기준임. 이 경우 구조체로만 요구 차폐율을 달성하기 어려울 수 있음. 이에 따라 건축내장 재료에 차폐 기능을 부여할 수 있는 기술을 개발하고자함
- EMP 차폐가 가능한 대표적인 건축자재로서 칸막이 패널을 들 수 있음. 패널에 적용되는 재료로는 금속, 탄소소재 및 유·무기 재료 등이 가능함
- 그 외 도장재료, 단열재 및 필름 등, 다양한 종류의 건축 내장재에 전자파를



흡수할 수 있는 기능을 부여할 수 있을 것임. 1단계에서는 이들 재료의 시제품을 제작하여 자재 단위에서 EMP 차폐 성능을 검증하고자 함

(3) EMP 차폐 성능평가 기술 개발

○ 시멘트 콘크리트 복합재료의 EMP 차폐 시험 및 평가 기술 개발

- 선행 연구동향 조사에 따르면 현재까지 철근콘크리트와 시멘트 복합재료에 대한 EMP 차폐 성능을 시험할 수 있는 시험법과 시험장치는 개발된 적이 없음
- 이것은 지금까지 EMP를 비롯한 EMP 차폐 기술 개발이 별도의 Shielding Room을 두는 방향으로 발전해왔기 때문인 것으로 파악됨
- 본 기획에서는 EMP 차폐 재료의 개발과 동시에 이 재료의 EMP 차폐 유효성을 검증하기 위해서 우선 재료 레벨에서의 시험 및 평가가 필요한 것으로 판단하였음
- 이를 위해서 콘크리트 및 시멘트 복합재료 단위에서 EMP 차폐 성능을 시험할 수 있는 장치와 시험법을 1단계에서 개발하고자 함
- 이것은 재료 개발을 마치고 난 뒤 자재 단위의 EMP 차폐 유효성 시험으로 갈 경우 개발 대상 재료의 EMP 차폐 성능 모르고 개발을 진행한 후 유효성이 없을 경우 시간과 비용의 낭비가 우려되기 때문임

○ 시멘트 콘크리트 복합재료 구조체 EMP 차폐 시험 및 평가 기술 개발

- 재료 단위의 EMP 차폐 성능 시험기술 개발 후 이들 재료로 제작된 구조체에 대하여 EMP 차폐 유효성을 평가할 수 있는 시험 기술을 개발하고자 함
- 이 기술은 기존 SE Test 시험법을 기반으로 할 수도 있음. 그러나 현재 통용되고 있는 SE Test는 구조체에 대한 시험이라기보다는 구조물에 대한 시험에 가까워 시험의 균질성과 유효성의 입증에 부족한 면이 있음

○ 구조물 단위 EMP 차폐 성능평가 기술 개발

- 기존 구조물 단위의 EMP 차폐 성능평가에는 SE Test 방식이 보편적으로 적용되고 있음
- SE Test는 가장 신뢰도가 있는 방법으로 여겨지지만, 일정한 면적을 sector로 나누고 이를 다시 세부 단위를 나누어서 다양한 주파수 범위에서 일일이 측정하여 평가함
- 이로 인해 인력과 시험비용이 매우 증가하는 경향이 있으며, 일정한 주기로



운영중 검사를 실시하여야 하는 현행 제도는 효율이 매우 낮은 방식임

- 이를 개선하기 위해서 1단계에서는 기존 SE Test의 문제점을 해결하기 위해서 대안을 검토하고 이를 초기 Demo를 통해서 개발 가능성을 알아볼 필요가 있음
- 이와 함께 기존 SE Test와 비교하여 효율을 극대화할 수 있는 구조물 단위의 EMP 차폐 성능을 평가할 수 있는 장치와 방법을 1단계에 개발함

(4) EMP 차폐 구조물 설계 및 시공 기술 개발

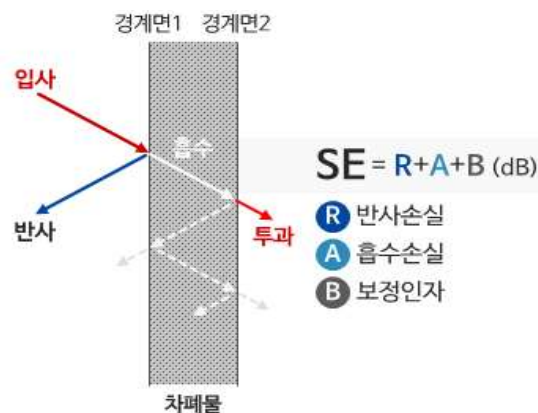


그림 160. 구조체 EMP 차폐 특성 기본 개념

- 시멘트 콘크리트 복합재료 구조물 환경 하의 전자파 특성 및 해석 모델 개발
 - 무기질 재료인 콘크리트의 경우 지금까지는 EMP 차폐 성능이 없는 것으로 알려져 있음. 이로 인해 콘크리트 매질을 통과하는 전자파의 특성에 대해 구체적인 연구가 없었음
 - 즉, 전자파가 콘크리트 구조체를 입사, 반사, 흡수 및 투과하는 특성에 대해서는 알려진 바가 없음
 - 따라서 본격적인 EMP 차폐 콘크리트 구조물의 설계 기술을 2단계에 들어가기 전에 1단계에서 우선 콘크리트 구조물 환경에서는 전자파 특성에 대한 연구를 추진할 예정임
 - 그 외 EMP를 비롯한 EMC 차폐 엔지니어링 기술을 개발하기 위해서 선행적으로 연구되어야 할 전자파 특성에 대한 이론과 모델도 재정립할 필요가 있음
- 물리적 공격과 전자파 공격을 동시에 고려하는 통합 방호구조물 설계 기술
 - 1단계에서는 EMP 차폐 재료 및 평가 기술이 완성되는 단계임. 따라서 EMP



차폐에 대한 설계를 바로 수행하기에는 선행 연구의 결과가 필요함

- 따라서 1단계에서는 물리적 방호를 위해서 기존 선행연구사업으로 수행된 결과 또는 방폭 구조설계 기준을 검토함
- 검토내용은 통합 방호구조물 개발을 위해서 단위 재료 및 구조체의 변경된 정역학적 및 동적충격 특성이 선행연구사업에서 대상으로 삼았던 재료 및 구조체와 달라진 특성을 실험적, 해석적으로 먼저 검토함
- 검토결과 변경된 특성값과 상수, 변수 등의 수정하고 설계기준에서 고려사항을 정리함

나. 실용화 기술 개발 (2단계, 연구개발 연차 4~5차년)

- 2단계의 실용화 기술 개발 과업의 구성과 핵심 전략목표를 이행하기 위하여 다음과 같은 연구개발 분야(시제품, 설계 및 시공기술과 실증실험 기술)를 도출함

(1) EMP 차폐 원천소재 및 구조재료 실용화 기술 개발

- EMP 차폐용 나노탄소소재 실용화 기술 개발
 - 1단계에서 화학적 산화환원 반응으로 개발한 나노탄소소재 기술을 시멘트 구조체와 합성하는 기술을 개발하기 위해서 우선 pilot 수준의 시범 생산 기술을 개발하여야 함
 - 이를 위해서는 나노탄소소재 생산 기본 설비와 경험이 있는 기업과 협업을 수행하는 것이 필요함

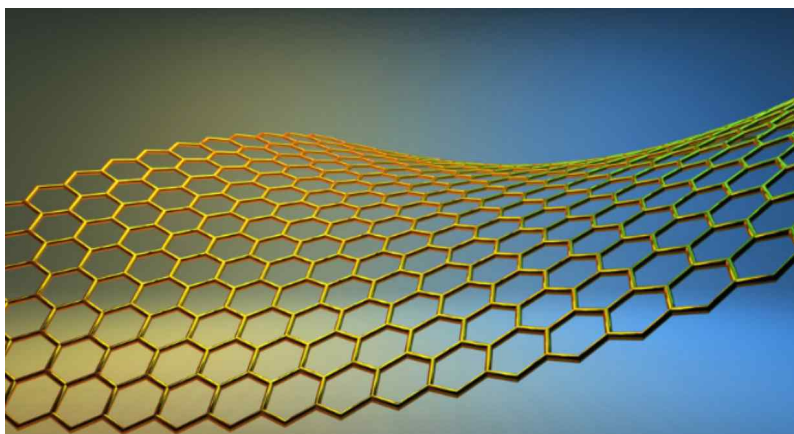


그림 161. Pilot 생산 그래핀 가상도

(출처: <http://www.extremetech.com>)



- 또한 2단계에서는 1단계에서 산화그래핀에 친수성을 띌 수 있는 성질을 대량으로 처리 하는 공정을 개발하여야 함. 이를 통하여 시멘트 콘크리트 구성 재료와 결합하여 구조적 물성 및 전기전도성을 확보할 필요가 있음
- 이를 통하여 산화그래핀과 시멘트의 혼합물이 전자장 차폐효과를 만들 수 있음. 또한 여기에 추가하여 산화그래핀과 강자성 유체와 시멘트가 결합된 구조체는 표면 분극화와 이방성 에너지를 발휘, EMP 차폐 효과를 기대함

○ EMP 차폐 콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조체 개발

- 한편, 철근의 배근 기본 모델과 Hybrid 보강 방법으로 구성된 콘크리트의 EMP 차폐 효과를 구조체 단위에서 검증하고 이를 효과적으로 구조체를 구성하는 제작 방안을 개발하는 것이 필요함
- 콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조체가 소요 EMP 차폐율을 확보하더라도 최대 차폐율 목표 80 dB를 확실히 달성하기 위해서는 1단계에서 개발한 금속 용사 피막 기술을 구조체에 효과적으로 적용할 수 있는 응용 기술을 개발할 필요가 있음

(2) EMP 차폐 건축자재 및 부속자재 실용화 기술 개발

- 본 기획에서는 EMP 차폐 기능을 1차적으로 시멘트 콘크리트 구조체를 통하여 달성하고자 함. 그러나 EMP 차폐 대상 시설물의 구조체를 투과하는 일부 전자파는 실내에서 흡수하는 개념을 도입
- 즉, 건축 내장재 또는 인테리어 재료로 사용되는 대표적인 것이 패널임. 이 패널에 전자파 흡수 기능을 부여할 경우 EMP 차폐 성능은 확실히 보장될 수 있을 것으로 판단됨
- 아래의 그림은 금속소재를 기반으로 EMP 차폐가 가능한 건축 내장재 패널의 예시임. 1단계에서 기본 재료의 구성과 패널 시작품을 제작하는 데 패널은 단위 모듈로 구성됨. 이에 따라 패널과 패널 모듈이 전기적으로 연결되어야 함



그림 162. 전자파 흡수 금속 패널 개발 개념도

- 2단계에서는 이와 같이 패널의 모듈 간 연결 상세기술을 개발하고 구조공간의 형상에 따라 단위 모듈화를 할 수 있는 실용화 기술을 개발하고자 함
 - 따라서 패널 건축자재를 생산하는 설비와 기술을 갖춘 기업과 협업할 수 있는 연구개발 체계를 구성하고 이를 통하여 전자파 흡수 패널을 생산할 수 있는 기반을 구축
- EMP 차폐 도어의 경우 1단계에는 도어 자체의 차폐 성능을 확보할 수 있는 핵심기술을 개발하고 2단계에서는 구조물의 구조 배치에 따른 가변성을 확보할 수 있는 상세 기술의 개발이 필요함
- 즉, 차폐 도어와 구조체의 연결점인 도어 프레임의 개발이 필요함. 도어 프레임은 구조체와 접하기 때문에 여기에 전기적 연결과 분리 기술이 필요함
 - 또한, 기존 방폭문에서 많이 발생한 문제점인 정첩의 위치와 배치에 대한 상세한 기술 개발이 필요함
 - 이것은 중량물인 차폐 도어가 운영 중 시간이 지남에 따라 정첩 부분에서 크립 변형에 따라 여닫이 기능이 수월하지 않게 되어 추가 보수가 필요하기 때문임

(3) EMP 차폐 성능평가 기술 개발

- 1단계에서는 시멘트 콘크리트를 중심으로 한 재료 및 자재 또는 구조체 단위의 EMP 차폐 성능 시험 및 평가 기술을 개발함
- 2단계에서는 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료를 기본 구조 재료로 제작되는 구조물 단위의 EMP 차폐 성능을 평가하는 실증실험 기술을 개발
 - EMP 차폐 성능을 재료 단위, 부재 단위에서 시험할 수 있는 기술을 1단계에 개발을 완료함
 - 2단계에서는 구조체뿐만 아니라 개구부 부속자재와 실내 건축내장재가 배치



된 상태의 EMP 차폐 성능을 평가할 수 있는 기술을 개발함

- 이 기술은 기존 SE Test와 같이 시간과 인력이 매우 많이 소요되는 방식이 아닌, 효율화된 실증실험이 되어야 함
- 필요에 따라서는 타 국가연구개발사업과 연계하여 대용량의 전자파 측정 장치를 개발하는 방안도 고려할 필요가 있음
- 그러나 이 추진 방법이 여의치 않을 경우 재료, 자재 및 구조체 단위의 시험 평가 방안과 구조물 단위의 시험평가 방안의 상사성과 해석적 방안을 개발하여 기존 SE Test 방법을 최대한 효율화 하는 방안도 대안이 될 수 있음

(4) EMP 차폐 구조물 설계 및 시공 기술 개발

- 1단계에서 개발한 재료, 자재 기술과 성능평가 시험 기술 그리고 전자파 특성 해석 기술 개발이 어느 정도 개발되면 설계 기술을 본격적으로 개발함
- EMP 방호를 설계기준에는 우선 구조체의 설계요건과 설계 절차를 개발하고, 별도로 도어, 창호 및 개구부에 대한 설계기준을 마련함
- 설계기준을 개발하면서 동시에 EMP 방호 구조물에 대한 Test Bed를 개발하고 이 T/B 대상 구조물에 대하여 설계예제를 개발함
- 한편, 2단계 초에 별도의 Mock-Up 구조물 설계 및 제작함으로써 T/B와 설계기준 개발의 선행 문제점을 파악함
- 본 연구사업의 실용화 기술 개발이 성공적으로 수행되기 위해서는 재료 단위, 자재 단위 및 구조체 단위에서 개발된 차폐 성능이 구조물 단위로 결합되었을 때 결함이 발생할 수 있는 여지를 사전에 차단하는 것임
- 이를 위해서는 콘크리트 구조물의 시공 상 특징인 Construction Joint 및 Cold Joint에 대한 시공기술 상세를 개발하여야 함
- 또한 도어, 창 및 개구부 연결 부위의 전자파 누설에 대한 우려를 불식할 수 있는 상세 시공 기술의 개발도 동반되어야 함
- 한편, 1단계에서 EMP 차폐 보강이 필요한 기존 차폐 대상 구조물의 특성을 파악하고 2단계에서는 이를 근거로 기존 구조물의 EMP 차폐 보강 설계 및 시공 기술을 완성하여야 함



8절 실용화 추진 전략

1. 적용 대상 시설물

(1) 정보통신기반 보호법에 따른 EMP 보호 대상 시설물

○ 도로·철도·지하철·공항·항만 등 주요 교통시설

- 국가 통합 교통정보센터 통제실(상황실)
- 도로공사 교통정보센터 및 국고 ITS 센터 통제실(상황실)
- 철도 및 지하철 교통관제센터 제어통제실
- 공항 및 항만 관제센터

○ 전력, 가스, 석유 등 에너지·수자원 시설

- 송·배전 관제실, 가스 저장기지 및 송유기지 관제실
- 댐 및 홍수통제센터 통제실 등

○ 방송중계·국가지도통신망 시설

- 방송중계 통신망 관리실, 송출 및 수신 관제실
- 국가지도통신망 관제실

(2) 국방부 EMP 방호시설 설계기준에 따른 방호시설

○ C4I : 합동지휘통제시설

- 지휘(command)·통제(control)·통신(communication)·컴퓨터(computer)
·정보(intelligence) 관련 시설

○ 작전사령부 이상 지휘시설

- 유사 시 이전 배치 없이 고정 지휘시설의 정보·통신 통제실

○ 군단급 이상 지휘시설

- 고정 지휘시설이지만 현재는 예산 상 이유로 시행을 연기하고 있음
- 작전사 및 군단급 지휘시설 이상으로 확대할 경우 수백 개소에 달할 수 있음

(3) 대상 시설물별 EMP 차폐 등급 설정

- 적용 대상 시설물별 EMP 차폐 등급은 보안사항으로서 추후 관련 부처 협력이 필요한 사항함. 본 과제 추진 시 긴밀한 협력을 통하여 설정함



2. 신규 및 기존 구조물별 구분 적용

(1) 신규 민간 정보통신기반 시설물

○ 시설물 전체 공간을 EMP 차폐 ;

- 단위 시설물의 규모가 작은 경우 (연면적 2,000 m² 이내) 적용 가능
- 구조물의 외벽을 EMP 차폐 콘크리트 또는 시멘트 복합재료로 구성
- 구조물 외벽은 구조성능 요건과 EMP 방호 요건을 만족 (철근보강 포함)
- 외벽 구조체의 EMP 차폐 요구 수준이 40 dB 이하의 경우 창호 설치 가능
- 그 이상의 EMP 차폐 요구 수준에서는 창호 없는 폐쇄형 구조형식을 적용

○ 특정 공간 또는 일부 룸을 EMP 차폐 ;

- 적용 대상 시설물에서 EMP 차폐가 일부 공간에 설치가 필요한 경우
- 시설물의 기본 구조형식을 준수하면서 EMP 차폐 요구 공간을 EMP 차폐 콘크리트 또는 시멘트 복합재료로 구성
 - EMP 차폐 공간 또는 룸을 내력구조 구성
 - 구조부재의 단면 치수 유지 및 철근 등의 연결로 연속성 확보
- EMP 차폐 요구 수준은 80 dB로 설정, 창호 없는 폐쇄형 구조형식을 적용

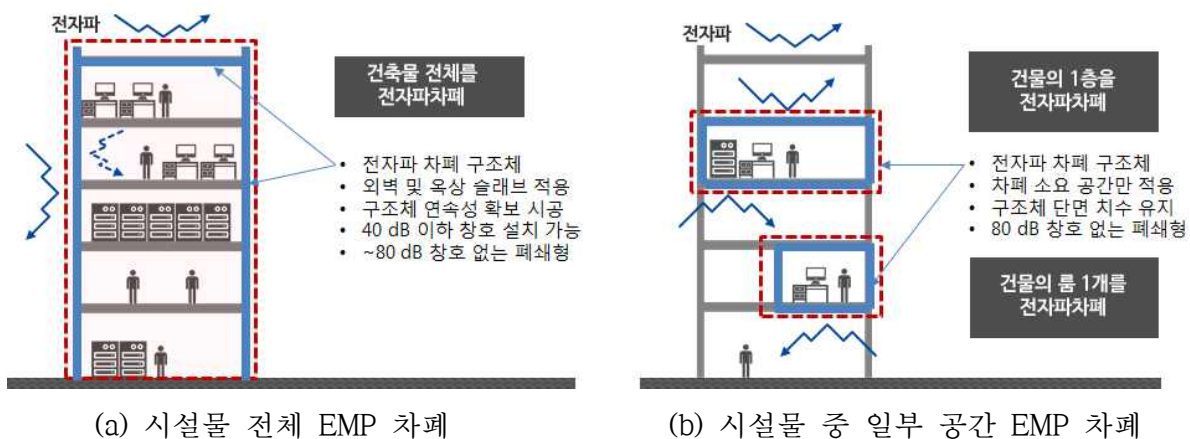


그림 163. 신규 시설물 EMP 차폐 형식 적용 개념도

(2) 신규 군사 방호시설물

○ 시설물 전체 공간을 EMP 차폐 ;

- 시설물의 규모와 적용 범위는 군사 방호시설 기준에 따름



- 구조물의 외벽을 EMP 차폐 콘크리트 또는 시멘트 복합재료로 구성
- 동시에 방탄 및 방폭의 물리적 방호 성능을 확보
- 구조물에 속한 구조부재의 위치에 따라 방호 목표 설정
 - 외벽 : 물리적 방호 및 EMP 방호 성능 확보 구조부재
 - 내부 구조부재 : 물리적 방호 및 연쇄 붕괴 방지 구조부재
- 외벽 구조체의 EMP 차폐 요구 수준이 80 dB, 폐쇄형 구조형식을 적용
- 물리적 방호 및 EMP 방호의 통합 방호 구조, EMP 단독 방호, 물리적 단독 방호 등 방호 종류에 따라 각각 다른 구조부재 재료 및 구법 설계, 적용

(3) 기존 민간 정보통신기반 시설물

○ 특정 공간 또는 일부 룸을 EMP 차폐 ;

- 기존 시설물 전체에 대한 EMP 차폐 적용은 불가능
- 기존에 활용하던 건축공간의 감소를 최소화할 수 있는 재료 및 공법 적용
 - 구조체의 단면 확대를 최소화
 - 전기전도성 시멘트 복합재료를 적용할 경우, 최대 100 mm 두께 증가
 - 금속 용사 코팅을 통한 EMP 차폐와 추가 건축내장재를 통한 EMP 차폐
- EMP 차폐룸 내부 구체의 목표 차폐율 최대 60 dB
- 80 dB의 EMP 차폐가 필요할 경우, 추가 건축내장재로 20 dB 보강

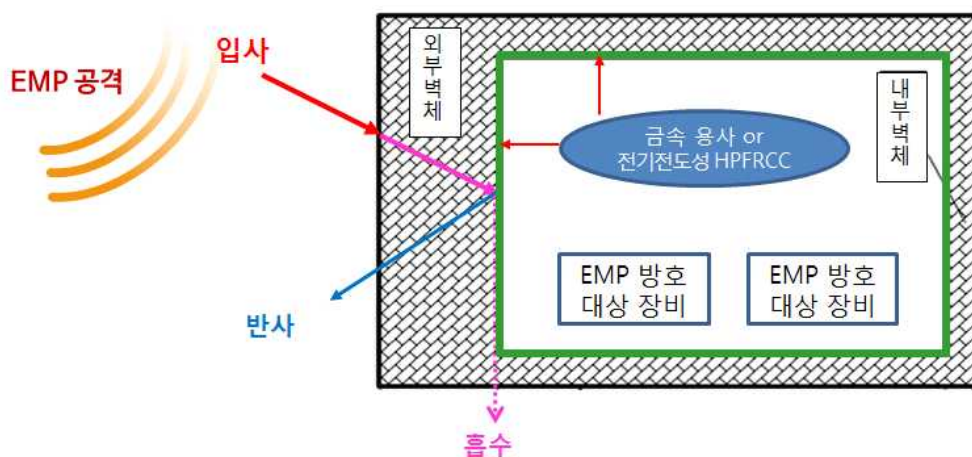


그림 164. 기존 시설물 EMP 차폐 보강 개념도



(4) 기존 군사 방호시설물

- 기존 군사 방호시설물의 현재 시점 방호시설물 특성
 - 1970년대 및 80년대 건설된 방호시설물 매우 많음
 - 이후 적의 재래식 화력의 증가와 전술핵 및 E-Bomb 개발, 배치
 - 방호시설물의 노후화로 내구성 향상 수요 많음
 - 동시에 화력 증가에 대한 물리적 방호력 및 EMP 차폐의 신수요 증가
- 물리적 방호력 증가와 동시에 EMP 차폐 가능한 재료 및 공법 필요
 - 고밀도 전기전도성 시멘트 복합재료를 기본 적용 재료로 개발
 - 고밀도 시멘트 복합재료의 동적충격 저항 물성 극대화 재료 구성
 - 단, 기존 방호 건축공간의 감소 동반, 그러나 공간 감소 최소화 기술 적용

3. 개발기술 수요처 발굴 전략

- 기술 적용 대상기관 : 개발된 기술을 이용하여 첨단 EMP 방호시설 설치 기관
 - 정보통신기반 보호법에 따른 EMP 보호 대상시설 관리기관의 기존 시설물 중 EMP 방호시설이 필요한 시설 중 미 시행 개소 파악
 - 기존 EMP Shielding Room 방식이 적합하지 않아 시행 계획을 세우지 못한 경우 개발 대상 기술의 적합성을 제시
 - 신규 시설물의 경우 유효성과 효율성을 제시하여 개발 대상 기술 적용을 유도
- 기술 실시기관 : 기술 개발 연구기관 또는 개발 기술을 실시하는 기업
 - 국공립 연구기관 및 대학과 참여기업 자격으로 연구개발을 수행하거나, 기술 이전을 받아 개발기술을 기술 적용 대상기관에 설계 또는 시공을 실시하는 기업
 - 재료 또는 자재의 개발에 참여하거나 기술이전을 받아 관련 제품 또는 재료를 생산 판매하는 기업
- 시험 평가기관 : 기술개발에 참여하거나 개발된 시험평가 기술을 적용하여 소재, 재료 및 자재의 EMP 차폐 성능을 시험평가하는 기관
 - 국공립 시험기관, 공인시험기관(사립 법인)에서 이 연구과제를 통하여 생산된 시험법 및 시험규격과 추가 기존 시험규격을 적용하여 재료 및 자재의 EMP 차폐 성능을 시험 및 평가



4. 시장 진입 전략

- EMP 차폐 구조체 적용 기술의 유효성을 우선 입증하고 Test Bed를 통하여 적용성 제시
- 기술개발 단계에서부터 새로운 기술의 우수성과 개발 가능성에 대한 홍보와 수요 대상 기관의 관심을 유도하기 위한 기술 세미나 및 포럼 개최
- 정부 보안유지 정책 관련 계획 수립 단계에 국가 안보 역점 사업 중 일환으로 검토 대상이 될 수 있는 자료 제공
- EMP 방호는 국가 보안과 밀접한 관련이 있는 정책과 연관되어 있음. 이에 따라 제도적 지원책의 마련이 필요함
- 연구 단계에서 기업과의 협의를 통해 실제 시공현장에서 부분 Test Bed를 적용하고 현장에서 평가 가능한 기술을 지원, 향후 신규 사업에 검토대상 기술로서 사전 정보를 제공
- EMP 방호 기술은 단순 경제적 논리로 대체 기술을 적용할 수 없으며 기술의 유효성과 국가 보안과 관련된 경제적 이득 이외 안보적 가치를 부여하는 기술이라는 인식을 확산시킴

5. 중소기업 중심의 실용화 추진체계

- 정부에서는 「정부3.0 추진계획」을 통하여 중소기업 지원이력의 체계적 관리와 중소기업 기업활동 원스톱 지원을 위한 통합지원시스템을 구축 ('13.12) (출처: 2014년도 정부 3.0 추진계획, 관계부처 합동, 2014.2)
- 본 연구개발 사업을 통하여 국내 수요뿐 아니라 해외 건설사업의 진출 시 보안 기술로 동반 진출 추진
 - EMP 차폐 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 재료 기술 중소기업 사업군임
 - 개구부를 중심으로 한 EMP 차폐 부속자재 제품이 중소기업 사업영역에 해당
 - 따라서 연구개발 단계에서부터 중소기업을 공동연구기관으로 적극 참여할 수 있는 추진체계를 구성하는 것이 효과적임
 - 이러한 건설자재의 개발도 핵심기술 개발 단계에서부터 중소기업의 직접적인 연구개발 참여를 유도하는 추진체계를 구축함



9절 연구추진체계

1. 연구수행체계 정립

- “EMP 차폐가 가능한 시설물 건설기술 개발” 과제는 전폐가 가능한 시설물 중 콘크리트 구조로 건설되는 구조물에 대한 건설기술로서, 첨단 나노탄소소재 및 콘크리트 구체 개발, 전폐 부속자재 개발, 재료 및 구조물 단위의 전폐 성능 시험 및 평가 기술 및 구조적 요건 만족 범위의 전폐 성능 확보 구조설계 기술과 실증실험 및 Test Bed 추진이 연계된 패키지화된 기술 개발 과제
- 따라서 전문연구 참여기관이 포함된 컨소시엄을 이루는 연구단 과제로 수행되는 것이 적절함
- 산학연 각각의 특성에 맞는 역할분담 및 수행이 필요하며 유기적인 세부 기술 간 유기적인 연계가 필요함

2. 연구추진체계

- 연구단과 각 세부과제들이 산·학·연 협동연구체계를 구축하여 수행함
 - 기존의 연구과제 수행으로 이미 갖추어진 연구기반을 효과적으로 활용하기 위해 세부과제들 간의 연구내용 및 범위를 상호 조율하고, 필요에 따라 연구 장비 및 인프라를 공유함으로써 우수한 연구개발 성과를 도출하는 방안을 마련토록 함
 - 연구 참여 주체들 간의 원활한 소통을 바탕으로 연구개발사업을 합리적으로 운영함
 - 연구비의 중복투자를 배제하여 연구개발비 투자 효율성을 제고함
- 연구단내 세부과제 사이의 상호 정보 교류를 위한 정기적인 교류회 및 워크숍 개최를 추진하고, 세부과제별로 독자적인 워크숍과 소연구모임을 활성화하여 세부전략을 시의 적절하게 수립·운영함으로써 연구 추진의 효율성을 높임
- 연구개발 최종 성과의 성공률과 실용화율을 제고하기 위해 유사한 목표를 갖는 세부 기술들 사이의 상호 접근방법을 다양하게 함으로써 부분적인 경쟁 체계 도입 유도
- 연구참여 주체들에게 산·학·연 각각의 특성에 맞도록 담당 연구분야를 설정하고, 연구단을 중심으로 각 주체들의 연구성과를 유기적으로 묶어 보다 거시적인



성으로 유도함으로써 연구효율을 극대화

- 특히 연구참여 주체 중에서 화학공학, 촉매공학 등, 건설 관련 전문 연구분야 이외 다학제적인 기술 분야의 연구인력이 참여하여 융합기술이 개발 및 도출될 수 있는 방안을 마련

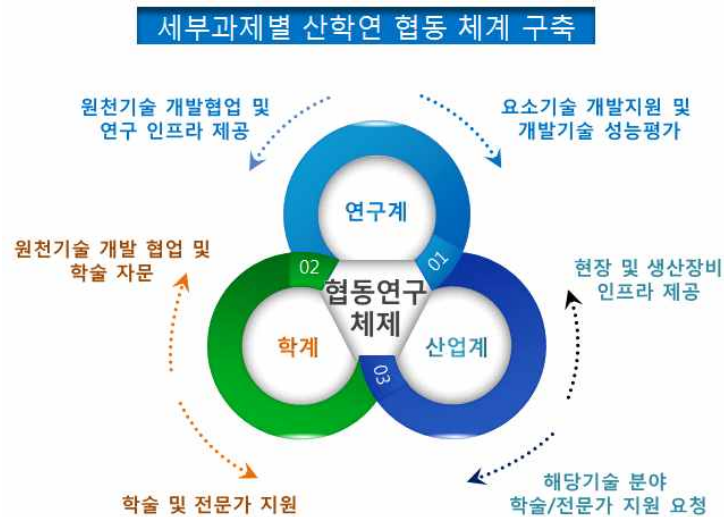


그림 165. 원천기술 개발과 실용화 기술 개발이 구분된 산학연 협동연구 체계

- 단계별 연구개발 체계의 유연성 확보

- 국내외 시장 및 기술동향의 변화에 따른 기술개발 방향에 대한 수정이 필요할 경우 단계별로 연구개발 방향과 추진체계의 변경
- 핵심기술 개발 중 원천기술에 해당하는 나노탄소소재와 EMP 차폐 콘크리트 및 시멘트 복합재료 개발은 원 계획대로 진행하는 것이 연구성과 도출에 효과적임
- 그러나 핵심기술 개발 분야 중 응용기술에 해당하는 건축자재 및 부속자재 개발 부분은 효과적인 EMP 차폐 기술 수요도와 산업 환경의 변화에 따라 주력 개발 응용 제품군의 변경이 가능함
- 따라서 시장과 기술 동향의 변화, 특히 실용화 연구개발사업 임을 고려할 경우 시장 환경 변화에 따라 주력 연구개발 응용기술의 변화는 연차별로도 가능하며, 실용화 기술 개발 단계에서는 정리 및 집중화가 필요함
- 이에 따라 연구개발 추진체계의 변화와 연구개발 주체의 변경도 가능함



10절 기술개발의 파급효과

1. 경제적 파급효과

- 이미 2011년 연평도 피격사건으로 60여명의 사상자와 재산 피해 122억원과 후속 조치로 서해 5도에 1,100억원 대피시설 구축의 사회비용이 발생한 바 있음
- 2016년 우리나라 국방예산은 38조8천억 원, 이중에서 군사시설 신설 및 유지 관리 비용이 약 4.5조 원, 여기에서 방호시설물의 신설과 유지관리 예산은 25%인 1.2조원 규모임. 즉, 군수요 방호시설물 국내시장은 연간 1조원 이상으로 예상
- 북한의 고고도(지상 40km 성층권) 핵실험 가상 시나리오 시, 비 국방부분의 원자력시설 피해 5조 3,747억원, 통신서비스 산업 9조 8,016억원 등의 피해가 예상. 방호시설물 첨단화 시 피해 50% 저감 예상 (출처 : 신용도, 초국가적 테러의 경제적 영향, 「한국테러학회보」 제6권 제3호, 2013)
- 2015년 국방 예산 중 시설사업비 4조원 규모 이중에서 방호분야 사업비는 총 1.2억원 규모, 그러나 현재는 기존 건설기술로 개별 방호 체계의 비효율적 예산 집행. 국방 방호시설의 현대화 기술 기반 구축에 기여
- 2020년까지 EMP 방호필터 국내시장은 1조937억 원, 세계시장은 13조 원 규모가 예상(한국디지털 뉴스, 2009.09.29.)
- EMP 필터는 80% 정도 수입에 의존, 연구개발을 통해 국산화 할 경우 2020년 이후 연간 약 5,000억 원의 수입대체 효과가 예상
- EMP 차폐 재료 세계시장은 연평균 5% 성장률을 최근 나타내고 있으며 공공시설의 전자파 간섭 방지 대책이 국가적 차원에서 추진되고 있는 상황을 고려하면 관련 시장 성장률은 급속히 증가할 것으로 예상됨
- 탄소 기반 복합소재는 탄소 고유의 특성인 금속대비 경량화 특성 외에 전기전도성, 열전도성, 고강도, 난연성, 물질차단성(barrier 특성), 내화학적, 투명성, 친환경성 등이 다기능 특성을 구현할 수 있는 원천재료이기 때문에 EMP 차폐용 건설자재의 개발 소재로서 시장이 점차 확대될 것으로 예상됨
- 향후 고성능 섬유보강 복합재료의 경우 물리적인 방호에 전자파 방호 기능을 추가할 경우 통합 방호시장을 창출하고 이에 따라 건설재료 새로운 시장 개척



이 용이할 것으로 예측됨

- 최근 수차례에 달하는 북한의 GPS 교란 전파 위협에 대한 국민들의 인식이 증가하면서 EMP 차폐에 관한 중요성 또한 증대되고 있는 실정이며 이에 민간 시장 및 군 시설에 적용될 수 있는 EMP 차폐 시장 또한 규모가 커질 것으로 예상됨
- EMP 방호는 북한의 핵위협 및 EMP 탄 개발의 진전에 따라 국내 대응 환경이 증가할 것으로 예측됨에 따라 연구개발 후 제품화와 시장 창출이 가능함

2. 기술적 파급효과

- 최근 국내외 이슈화 되고 있는 스마트 시티 건설에서 전자파 침해의 환경을 건설 단계에서 제거할 수 있는 기술적 수단을 제공
- 우리나라는 적의 국지도발과 테러로부터 국민의 생명과 자산을 보호하는 방호 시설에 대한 기술개발과 투자가 거의 이루어지지 않고 있다고 해도 과언이 아님
- 점차 증가하는 테러의 위협으로부터 공학적, 기술적 수단을 통한 사회 안전망을 확보할 수 있는 체계적인 기술 확보 가능
- 세계 최초로 EMP 방호와 동시에 방탄·방폭 등의 물리적 방호를 동시에 수행할 수 있는 첨단 건설재료의 개발과 이를 통한 통합 방호시설물 건설기술을 확보하여 기술을 선도할 수 있음
- 국토교통 R&D의 수행을 통해 사회기반시설과 국가주요시설 및 국방 방호시설 등에 EMI, EMC, EMP 차폐 기술을 제공함으로써 사회 이슈형 현안 문제를 해결할 수 있는 기술적 대안을 제시
- 이 연구개발사업은 현재 추진 중인 국토교통 R&D 사업체계 개선과 맞물려 「민·군기술협력사업 촉진법」에 따라 민군기술협력사업으로 추진할 필요성이 있으며, 국방부와 함께 부처연계기술개발사업으로 추진하는 것도 고려할 필요 있음



3. 사회적 파급효과

- 국가 통신망 및 민간 통신(이동통신 포함)시설, 방송국 등의 중요 서브 시설을 보호하여 국가 정보 차단에 따른 피해를 방지, 철도 및 지하철 등의 지상 수송 체계의 운영통제실 및 시스템, 항공 관제시설 및 시스템 등의 국가 서비스 인프라에 대해 안정적인 운영 기반을 조성
- 국민 경제 활동과 밀접한 금융기관의 금융정보 서브, 의료장비 오작동에 의한 국민 건강 손상 위험성 차단
- 전자파 환경에 노출되어 있는 국민들의 사무, 주거 공간의 전자파 흡수를 건설 기술로 저감함으로써 쾌적하고 안전한 정보 생활환경 조성
- 북한의 국지도발 및 국제 테러 집단의 테러와 EMP 공격으로부터 국민의 생명과 재산을 보호하고 국가안보와 사회 안전의 확고한 우산을 제공할 수 있는 첨단 통합 방호구조물 건설기술을 제공
- 특히 국내에는 ‘정보통신기반보호법’에 따라 지정된 주요정보통신기반보호시설은 약 400 여개에 이르고 이중 13 여개의 시설만 EMP 방호체계가 구축되어 있음
- 나머지 주요통신기반보호시설의 경우 적으로부터 EMP 공격을 당할 경우 그 피해는 예측이 어려울 정도임
- 민간시설물의 경우 기존 고유 기능을 유지하면서 추가적으로 EMP 방호 대책을 강구하여야 함
- 본 기획에서 설정한 기존시설물의 EMP 방호 성능 부여 기술은 기존시설물의 형태 및 구성을 최대한 변형시키지 않는 범위에서 EMP 방호성능을 부여함으로써 최소 40 dB에서 80 dB 이상의 차폐율을 확보할 것으로 판단됨



제5장 인력투입 계획 및 소요예산 산정

1절 인력투입계획

1. 연차별 투입 연구인력

(단위 : 명)

분류		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
총괄		28	87	91	105	89	400
중점 추진 분야 1	1세부기술	3	6	6	8	-	23
	2세부기술	2	8	7	8	-	25
	3세부기술	2	4	4	4	4	18
	4세부기술	2	4	4	4	3	17
	5세부기술	3	10	8	12	15	48
	6세부기술	-	4	4	4	4	16
	7세부기술	-	4	4	4	-	12
	8세부기술	2	4	4	4	5	19
	9세부기술	-	-	3	5	5	13
	소계	14	44	44	53	36	191
중점 추진 분야 2	1세부기술	3	7	7	8	7	32
	2세부기술	-	3	3	4	3	13
	3세부기술	-	3	3	4	3	13
	4세부기술	-	3	4	4	3	14
	5세부기술	2	4	4	4	3	17
	소계	5	20	21	24	19	89
중점 추진 분야 3	1세부기술	2	4	4	3	3	16
	2세부기술	2	3	3	-	-	8
	3세부기술	3	7	8	8	11	37
	4세부기술	-	3	4	8	11	26
	5세부기술	-	3	4	6	3	16
	6세부기술	2	3	3	3	6	17
	소계	9	23	26	28	34	120



- 연구인력 투입 단위는 기본으로 참여율 평균 50%를 기준으로 설정
- 즉, 참여율 50%를 1인 투입 인력으로 산정함
- 각 세부기술별로 다소 차이는 있으나 전체 연구비 중에서 인건비 비율을 35~45% 사이로 설정한 후 이에 적합하게 투입 인원을 산정함
- 인건비 기준은 2017년 학술연구용역 표준단가를 기준으로 작성함

2. 상세 투입 연구인력

(1) 총괄 투입연구인력

분류	총 개발인력(명)						비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
책임연구원	12	19	20	19	17	87	
연구원	12	26	26	33	30	127	
연구보조원	1	22	26	28	20	97	
보조원	3	20	19	25	22	89	
합계	28	87	91	105	89	400	



(2) 중점추진분야별 투입연구인력

① 중점추진분야 1

분류		총 개발인력(명)						비고
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
계	책임연구원	6	8	9	9	7	39	
	연구원	6	13	13	17	12	61	
	연구보조원	1	12	12	14	9	48	
	보조원	1	11	10	13	8	43	
	합계	14	44	44	53	36	191	
1 세부 기술	책임연구원	1	1	1	1	—	4	
	연구원	1	2	2	3	—	8	
	연구보조원	—	2	2	2	—	6	
	보조원	1	1	1	2	—	5	
	소계	3	6	6	8	—	23	
2 세부 기술	책임연구원	1	1	1	1	—	4	
	연구원	1	3	2	3	—	9	
	연구보조원	—	2	2	2	—	6	
	보조원	—	2	2	2	—	6	
	소계	2	8	7	8	—	25	
3 세부 기술	책임연구원	1	1	1	1	1	5	
	연구원	1	1	1	1	1	5	
	연구보조원	—	1	1	1	1	4	
	보조원	—	1	1	1	1	4	
	소계	2	4	4	4	4	18	
4 세부 기술	책임연구원	1	1	1	1	1	5	
	연구원	1	1	1	1	1	5	
	연구보조원	—	1	1	1	1	4	
	보조원	—	1	1	1	—	3	
	소계	2	4	4	4	3	17	
5 세부 기술	책임연구원	1	1	1	1	2	6	
	연구원	1	3	3	4	5	16	
	연구보조원	1	3	2	4	4	14	
	보조원	—	3	2	3	4	12	
	소계	3	10	8	12	15	48	
6 세부 기술	책임연구원	—	1	1	1	1	4	
	연구원	—	1	1	1	1	4	
	연구보조원	—	1	1	1	1	4	
	보조원	—	1	1	1	1	4	
	소계	—	4	4	4	4	16	
7 세부 기술	책임연구원	—	1	1	1	—	3	
	연구원	—	1	1	1	—	3	
	연구보조원	—	1	1	1	—	3	
	보조원	—	1	1	1	—	3	
	소계	—	4	4	4	—	12	



8 세부 기술	책임연구원	1	1	1	1	1	5	
	연구원	1	1	1	1	2	6	
	연구보조원	-	1	1	1	1	4	
	보조원	-	1	1	1	1	4	
	소계	2	4	4	4	5	19	
9 세부 기술	책임연구원	-	-	1	1	1	3	
	연구원	-	-	1	2	2	5	
	연구보조원	-	-	1	1	1	3	
	보조원	-	-	-	1	1	2	
	소계	-	-	3	5	5	13	

② 중점추진분야 2

분류		총 개발인력(명)						비고
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
계	책임연구원	2	5	5	5	5	22	
	연구원	2	6	6	7	6	27	
	연구보조원	-	4	6	6	2	18	
	보조원	1	5	4	6	6	22	
	합계	5	20	21	24	19	89	
1 세부 기술	책임연구원	1	1	1	1	1	5	
	연구원	1	2	2	3	2	10	
	연구보조원	-	2	2	2	2	8	
	보조원	1	2	2	2	2	9	
	소계	3	7	7	8	7	32	
2 세부 기술	책임연구원	-	1	1	1	1	4	
	연구원	-	1	1	1	1	4	
	연구보조원	-	-	1	1	-	2	
	보조원	-	1	-	1	1	3	
	소계	-	3	3	4	3	13	
3 세부 기술	책임연구원	-	1	1	1	1	4	
	연구원	-	1	1	1	1	4	
	연구보조원	-	-	1	1	-	2	
	보조원	-	1	-	1	1	3	
	소계	-	3	3	4	3	13	
4 세부 기술	책임연구원	-	1	1	1	1	4	
	연구원	-	1	1	1	1	4	
	연구보조원	-	1	1	1	-	3	
	보조원	-	-	1	1	1	3	
	소계	-	3	4	4	3	14	
5 세부 기술	책임연구원	1	1	1	1	1	5	
	연구원	1	1	1	1	1	5	
	연구보조원	-	1	1	1	-	3	
	보조원	-	1	1	1	1	4	
	소계	2	4	4	4	3	17	



③ 중점추진분야 3

분류		총 개발인력(명)						비고
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
계	책임연구원	4	6	6	5	5	26	
	연구원	4	7	7	9	12	39	
	연구보조원	-	6	8	8	9	31	
	보조원	1	4	5	6	8	24	
	합계	9	23	26	28	34	120	
1 세부 기술	책임연구원	1	1	1	1	1	5	
	연구원	1	1	1	1	1	5	
	연구보조원	-	1	1	1	1	4	
	보조원	-	1	1	-	-	2	
	소계	2	4	4	3	3	16	
2 세부 기술	책임연구원	1	1	1	-	-	3	
	연구원	1	1	1	-	-	3	
	연구보조원	-	1	1	-	-	2	
	보조원	-	-	-	-	-	-	
	소계	2	3	3	-	-	8	
3 세부 기술	책임연구원	1	1	1	1	1	5	
	연구원	1	2	2	2	4	11	
	연구보조원	-	2	3	3	3	11	
	보조원	1	2	2	2	3	10	
	소계	3	7	8	8	11	37	
4 세부 기술	책임연구원	-	1	1	1	1	4	
	연구원	-	1	1	3	4	9	
	연구보조원	-	1	1	2	3	7	
	보조원	-	-	1	2	3	6	
	소계	-	3	4	8	11	26	
5 세부 기술	책임연구원	-	1	1	1	1	4	
	연구원	-	1	1	2	1	5	
	연구보조원	-	1	1	1	1	4	
	보조원	-	-	1	2	-	3	
	소계	-	3	4	6	3	16	
6 세부 기술	책임연구원	1	1	1	1	1	5	
	연구원	1	1	1	1	2	6	
	연구보조원	-	-	1	1	1	3	
	보조원	-	1	-	-	2	3	
	소계	2	3	3	3	6	17	



2절 소요예산 투입계획

1. 산정 개요

- 세부과제별 상향식(Bottom up) 방법으로 전체사업 소요예산 산출
- 최소 연구단위인 세부기술과제를 수행하는데 소요되는 적정 연구비를 산정하고, 이를 토대로 세부과제의 투입 연구비를 산정하여 총 소요연구비 규모를 확정함
- 항목별 예산은 ‘국토교통부 소관 연구개발사업 운영규정’의 ‘별표 2 연구개발비 비목별 계상기준’을 작성기준에 따라 아래와 같이 산정함(기업부담금은 추정치임)
- 인건비 기준은 2017년 학술연구용역 표준단가를 기준으로 작성함
 - 2017년 학술연구용역 인건비 기준단가의 참여율 100% 기준으로 연봉을 계산한 후 인건비 단가를 예산 작성에 적용
 - 책임연구원 73,906천 원, 연구원 56,670천 원, 연구보조원 37,882천 원, 보조원 28,412천 원을 적용함
- 세부기술 분야 중 장비개발 또는 확보, 현장적용과 같은 직접비가 많이 소요되는 과제는 이에 적합하게 예산을 산정함
- 간접비는 기관과 학교의 참여를 고려하여 전체예산대비 평균 15%를 기준으로 작성함
- 본 연구사업은 1단계 3차년은 원천기술 개발 단계로서 정부출연금으로 연구개발 예산을 총당하고, 2단계 2차년은 실용화 사업을 전제하여 기업의 참여를 유도하며 기업부담금을 계상하는 2원화 사업을 추진하는 것이 적합함
- 소요예산은 정부출연금을 대상으로 작성하였으며 기업부담금은 참여기업 2개 이상 중소기업 비율 3분의 2이상 참여를 고려하여 총 연구개발비의 25% 이상을 기업부담금으로 계상함
- 민간부담금은 전체 소요예산을 책정하는 데에만 활용하고 항목별 소요예산에서는 고려하지 않음



2. 연구비 총괄

(1) 연차별 소요예산

(단위: 백만 원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도		5차년도		합계	
	정부	정부	정부	정부	민간	정부	민간	정부	민간
총괄	1,000	4,200	4,500	3,800	1,335	3,500	1,230	17,000	2,565
중점추진분야 1	530	2,200	2,170	2,000	703	1,800	632	8,700	1,335
1세부기술	100	300	300	300	105	-	-	1,000	105
2세부기술	80	400	350	300	105	400	141	1,530	246
3세부기술	70	200	200	150	53	150	53	770	105
4세부기술	70	200	170	150	53	100	35	690	88
5세부기술	150	500	400	450	158	600	211	2,100	369
6세부기술	-	200	200	150	53	150	53	700	105
7세부기술	-	200	200	150	53	-	-	550	53
8세부기술	60	200	200	150	53	200	70	810	123
9세부기술	-	-	150	200	70	200	70	550	141
중점추진분야 2	180	900	1,020	800	281	500	176	3,400	457
1세부기술	120	310	340	280	98	250	88	1,300	186
2세부기술	-	120	150	120	42	50	18	440	60
3세부기술	-	120	150	120	42	50	18	440	60
4세부기술	-	150	180	130	46	50	18	510	63
5세부기술	60	200	200	150	53	100	35	710	88
중점추진분야 3	290	1,100	1,310	1,000	351	1,200	422	4,900	773
1세부기술	80	200	200	100	35	100	35	680	70
2세부기술	60	150	150	-	-	-	-	360	-
3세부기술	120	350	400	300	105	400	141	1,570	246
4세부기술	-	150	200	300	105	400	141	1,050	246
5세부기술	-	150	200	200	70	100	35	650	105
6세부기술	30	100	160	100	35	200	70	590	105



(2) 예산항목별 소요예산

(가) 총괄예산

(단위: 백만 원)

비 목		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계	구성비
인건비		408	1,718	1,844	1,554	1,427	6,951	40.9%
직접비	연구 장비/ 재료비	255	1,063	1,140	962	894	4,314	25.4%
	연구 활동비	108	453	480	410	374	1,825	10.7%
	연구 수당	79	336	361	304	280	1,360	8%
	소계	442	1,852	1,981	1,676	1,548	7,499	44.1%
간접비		150	630	675	570	525	2,550	15%
합계		1,000	4,200	4,500	3,800	3,500	17,000	100%

(나) 중점추진분야 1

(단위: 백만 원)

비 목		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계	구성비
인건비		212	880	868	800	720	3,480	40%
직접비	연구 장비/ 재료비	132	550	543	500	450	2,175	25%
	연구 활동비	64	264	260	240	216	1,044	12%
	연구 수당	42	176	174	160	144	696	8%
	소계	238	990	977	900	810	3,915	45%
간접비		80	330	325	300	270	1,305	15%
합계		530	2,200	2,170	2,000	1,800	8,700	100%



(다) 중점추진분야 2

(단위: 백만 원)

비 목		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계	구성비
인건비		77	387	439	344	215	1,462	43%
직접비	연구 장비/ 재료비	44	216	244	192	120	816	24%
	연구 활동비	18	90	102	80	50	340	10%
	연구 수당	14	72	82	64	40	272	8%
	소계	76	378	428	336	210	1,428	42%
간접비		27	135	153	120	75	510	15%
합계		180	900	1,020	800	500	3,400	100%

(라) 중점추진분야 3

(단위: 백만 원)

비 목		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계	구성비
인건비		119	451	537	410	492	2,009	41%
직접비	연구 장비/ 재료비	79	297	353	270	324	1,323	27%
	연구 활동비	26	99	118	90	108	441	9%
	연구 수당	23	88	105	80	96	392	8%
	소계	128	484	576	440	528	2,156	44%
간접비		43	165	197	150	180	735	15%
합계		290	1,100	1,310	1,000	1,200	4,900	100%





제6장 사전타당성 검토

1절 정책적 타당성

1. 국가전략의 중요성

EMP 방호를 비롯한 전자파 차폐 정책은 국가 안보와 관련된 사안이며, 동시에 일반에 공포가 어려운 보안 사안임. 따라서 「국가전략 프로젝트」와 같이 공개 여젠 다로 다룰 수 없는 특징이 있음. 반면 전자파 차폐의 중요성은 관련 법령을 통하여 공포되어 있음

가. 전파법, 시행령 및 시행규칙

- 제2조(정의) 14.항 "전자파장해"란 전자파를 발생시키는 기자재로부터 전자파가 방사 또는 전도되어 다른 기자재의 성능에 장애를 주는 것을 말함
- 제44조의3(안전한 전파환경 기반 조성) 5.항 **전자파 차폐·차단 및 저감(低減) 기술 등 전자파 역기능 해소를 위한 기반기술 연구 수행 근거 제시**
- 제56조(고출력·누설 전자파 안전성 평가 등)에서 고출력 전자파로 인한 피해와 누설 전자파에 의한 정보유출을 방지하기 위하여 **방호차폐시설 또는 장비보호 시설 등을 구축하고 안전성 평가를 수행**하며, 기준에 부적합한 경우 대책 마련할 것을 권고

나. 정보통신기반 보호법, 시행령 및 시행규칙

- 제1조(목적) 이 법은 전자적 침해행위에 대비하여 주요정보통신기반시설의 보호에 관한 대책을 수립·시행함으로써 동 시설을 안정적으로 운용하도록 하여 국가의 안전과 국민생활의 안정을 보장하는 것을 목적으로 함
- 제5조(주요정보통신기반시설보호대책의 수립 등) 주요정보통신기반시설을 관리하는 기관의 장은 소관 주요정보통신기반시설 및 관리 정보를 안전하게 보호하기 위하여 물리적·기술적 관리 대책을 수립·시행하여야 함
- 제7조(주요정보통신기반시설의 보호지원) 국가안전보장에 중대한 영향을 미치는 다음 각 호의 주요정보통신기반시설에 보호조치를 하여야 함



1. 도로·철도·지하철·공항·항만 등 주요 교통시설
 2. 전력, 가스, 석유 등 에너지·수자원 시설
 3. 방송중계·국가지도통신망 시설
 4. 원자력·국방과학·첨단방위산업관련 정부출연연구기관의 연구시설
- 제24조(기술개발 등) 정부는 정보통신기반시설의 보호에 필요한 기술개발을 효율적으로 추진하기 위하여 필요한 때에는 정보보호 기술개발과 관련된 연구기관 및 민간단체로 하여금 이를 대행하게 할 수 있고 소요되는 비용의 전부 또는 일부를 지원할 수 있음
 - 특히 국토교통부 관리 하의 주요정보통신기반시설인 도로·철도·지하철·공항·항만 등 주요 교통시설에 대한 보호를 법적으로 지원토록 적시하고 있음

다. 정보통신망 이용촉진 및 정보보호 등에 관한 법률

- 해킹, 컴퓨터바이러스, 논리폭탄, 메일폭탄, 서비스 거부 또는 고출력 전자파 등의 방법으로 정보통신망 또는 이와 관련된 정보시스템을 공격하는 행위를 하여 발생한 사태를 “침해사고”로 규정
- 미래창조과학부에서는 집적 정보통신시설에 대한 보호조치 세부기준을 마련하여 훈령(집적정보통신시설보호지침)으로 공포, 그러나 고출력 전자파 방호에 대한 항목은 포함하고 있지 않은 실정
- 고출력 전자파의 위험성이나 관련 대책의 필요성은 법률로 제시되고 있었으나, 관련 방호시설의 구축 및 성능기준과 절차가 규정되어 있지 않음. 따라서 연구개발을 통하여 구체적으로 전자파 차폐 방호기술의 구축 방안 제시가 필요

라. 전자법

- 2014년 6월 「전파법」 개정을 통해 미래창조과학부에서 고출력 전자파에 대한 안전성 평가를 수행할 수 있도록 체계를 확립
 - 제56조로 신설된 “고출력·누설 전자파 안전성 평가”는 고출력 전자파에 대한 방호 또는 누설 전자파로 인한 정보누출 위험을 차단하기 위한 시설을 설치한 자는 미래창조과학부 장관의 위임을 받은 국립전파연구원에 의해 평가를 받음
- 이상과 같이 정보통신기반 보호법에서는 전자파 보호가 되어야 하는 주요정보통



신기반시설에 대한 규정과 보호대책을 수립과 이행 여부를 확인토록 법으로 규정하고 있으며, 이러한 정보통신기반시설을 보호하기 위한 기술개발을 지원토록 명시, 기반시설 구조물의 전자파 차폐를 위한 건설기술 연구개발 근거를 제공하고 있음

2. 상위계획 부합성

가. 국토교통 R&D 정책

(1) 건설교통 R&D 중장기계획 (2013~2017, 국토해양부) 4대 전략

(가) 산업 경쟁력 강화

- 테러 대응 EMP 방호가 필요한 사회기간시설물, 국가 중요방호시설물, 공공기관 건축물 및 다중이용시설물 등에 통합 방호 설계 및 시공 기술을 확보하여 건설산업의 신시장 개척
- 군수분야 개인 대피시설, 장비 대피시설, 지하벙커, 지휘시설, 탄약고 및 격납고 등의 군사시설물에 대한 첨단 통합 방호구조물 건설기술 보급과 민간 건설사의 군수 방호시설물 건설시장 확대

(나) 첨단기술 융·복합

- 나노탄소소재와 초고성능 시멘트계를 기반으로 하는 첨단 건설재료, 이를 바탕으로 전자파 차폐가 가능한 방호시설물 설계 및 시공의 건설기술 개발
- EMP 방호는 전기 및 전자, 소재 및 금속, 그리고 기계 장치 분야 최신 기술들이 시설물 건설기술에 녹여드는 융합기술임. EMP 방호와 물리적 방호를 동시에 수행할 수 있는 통합 방호구조물 건설기술은 세계적으로도 시도된 바 없음

(다) 국민안전 실현

- 최근 북한은 6차 핵실험과 탄도미사일 발사실험을 수행, 무력시위로 안보 위협 고조되고 IS 등의 국제 테러에 더 이상 안전 국가가 아님(2016.1 대통령 담화)
- EMP 공격이 발생할 경우 군사작전의 무력화는 물론 방송, 통신, 교통 및 금융



등, 국민의 생활과 직접적인 연관이 있는 사회 인프라가 완전 마비되는, 있을 수 없는 피해 예상

- 국민 생활과 밀접한 관련이 있는 SOC 시설물과 다중이용시설물의 첨단화와 안전 확보는 국토교통R&D의 정체성을 부여

(2) 국토교통 R&D 사업·관리체계 개편과 연계성

- 이 기획은 「민·군기술협력사업 촉진법」에 따라 국토교통 R&D 사업 중 민군 기술협력 과제와 연계되며 시행령에서 요구하는 군사 부문과 비군사 부문 간의 민·군기술협력사업의 대표성을 부여할 수 있는 연구사업임
- 현재 추진 중인 국토교통 R&D 사업 체계 개선에서는 본 브랜드 과제는 특수구조물(방호시설물) 분야에 해당할 것으로 판단됨

이상과 같이 국토교통 R&D에서 건설 산업의 경쟁력 강화, 첨단 융·복합 기술의 개발 및 국민안전 실현을 위해 연구개발이 필요한 사업임을 알 수 있음

나. 미래창조과학부 R&D 정책

(1) 전파진흥기본계획('14~'18, 미래창조과학부)

2014년 1월에 발표한 「전파진흥기본계획」에 따르면 전파 정책 중에서 “3-1 국민중심의 안전하고 쾌적한 전자파 환경 조성”계획을 발표하여 전자파로부터의 국민의 보건과 EMP를 비롯한 전자파 침해 대책 마련의 근거를 제시

(가) 추진 배경

- 통신, 금융, 교통 등을 교란 파괴하는 전자파 침해(GPS/EMP 공격)는 국가보안 및 국민안전에 저해하는 심각한 위협으로 부상
 - '10년 이후 3차례 GPS 전파교란 발생('10.8월 4일간, '11.3월 11일간, '12.4~5월 16일간)
- 국민안전 및 국가보안 등에 치명적 영향을 주는 전자파 안전 및 침해이슈에 대한 선제적 대응을 위해 다양한 대책 마련 필요



(나) 국내 현황

- **(전자파 인체보호)** 전자파 인체보호 규제 확대, 전자파 안전 관련 대국민 홍보 등을 위한 다양한 정책을 추진 중
 - 휴대전화 전자파흡수율 규제('02년), 기지국 등 무선국 전자파강도 측정의무 보고('07년), 노트북 등 인체근접기기 전자파흡수율 적용('12년), 전자파 등 급기준, 표시대상 및 표시방법고시 제정('13년)
- **(전자파 장애)** 전자파·전기안전 인증규제 분리로 전자파 장애 분야 총괄을 미래부가 수행하나 기술·시장 현황에 맞게 제도 정비 요구
 - 현재 전자파적합성(EMC) 기준은 150kHz~6GHz 이하에 적용되나 이를 넘어선 스마트그리드 등의 출현으로 관련 대응방안 마련 시급
- **(전자파 교란)** GPS 전파교란에 대응하여 감시시스템 운영 및 기술 개발 등을 추진 중이며, EMP 공격 위협에 대비한 제도 도입 중
 - 특히 국방부는 군 시설에, 안행부는 정부통합백업전산센터에 EMP 방호시설 계획 중이나, 민간부분 EMP 대비책은 부재

(다) 연구개발 추진 내용

- 실시간으로 전파 교란을 검출 분석할 수 있는 GPS 교란 전국단위 감시시스템 구축 및 EMP 공격 감시 시스템 개발·구축('14년~)
- 전자파 발생기기 및 시설 등에 대한 저감 기반기술 연구('14년~)
- **EMP 공격 방어기술, 이동환경 GPS 교란 방어기술 및 다중위성항법 수신기술*** 등 전자파 공격 대응관련 기술개발 강화('14~'17년)

(2) 미래창조과학부 EMP 방호 정책

- 미래창조과학부는 GPS 교란과 EMP 방호 정책을 수립 및 시행하기 위해서 별도 조직을 가동 중
- 최근 국토교통 R&D 전문기관인 국토교통과학기술진흥원과 미래부 전파교란대응팀은 실무 협의를 통하여 시설물의 EMP 방호 기술은 국토교통 R&D를 통하여 개발될 성과를 활용하는 방안을 협의 ('16.11)



○ EMP 침해 방지 대책 가이드라인 (2016.10)

- 최근 북한의 5차 핵실험 실시 등으로 대내외적 안보 리스크가 높아지고 있는 가운데 정부가 북한의 핵 EMP 공격에 대비한 대응에 착수함
- 2016년 연말까지 전국 단위의 EMP 공격 감시 시스템 구축 계획 예정이며 구조물의 구체의 EMP 방호 기술 개발 추진 중

○ 전파교란 대응 종합계획 (2016.10)

- 전파교란 분야별 감시시스템 구축 및 고도화
- 위기단계별 대응 매뉴얼 수립 및 모의훈련 실시
- 대응력 강화를 위한 기술개발

이상과 같이 미래창조과학부는 전파진흥기본계획에서 제시한 EMP 공격 방어 기술개발을 강화하고 있음. 그 중에서 시설물에 대한 EMP 방호 기술이 국토교통 R&D를 통하여 도출되기를 추천함. 즉, 본 연구개발사업은 국가 정책의 타당성이 충분함을 알 수 있음

다. 국방부 EMP 방호 정책

현대 군사 전술의 시행은 C4I_{command • control • communication • computer • intelligence}를 관련 시설을 기반으로 한 합동지휘통제본부가 중심이 되어 실시함. 이 C4I 시설은 EMP 공격으로부터 방어하기 위하여 여러 방안을 강구함

(1) 국방부-미래부 고위 정책협의회 ('17.1)

- 국방부는 2017년 1월 16일 정부과천청사 내 미래부에서 국방 분야에서의 정보통신기술(ICT)융합을 통한 시너지 창출을 위해 미래부와 제2차 실장급 고위 정책협의회를 개최 (출처 : NEWSIS, 2017.1.16.)
 - 그동안 미래부가 주관으로 추진해왔던 고출력 전자파(EMP) 방호 관련 기술 개발을 국방부와 미래부가 함께 완료기로 함
 - 이 정책협의회에서는 EMP탄에 의한 고출력 마이크로웨이브 에너지의 방호와 관련된 내용이 논의되었음
 - EMP 공격은 군의 지휘통제 체제와 방공망 등 모든 전자기기를 무력화시킬 수 있고, 지하 벙커라 하더라도 환기구나 안테나를 통해 컴퓨터와 통신을 마



비시킬 수 있다는 데 의견을 같이 함

- 이와 같이 국방부와 미래부는 EMP 방호시설의 구축이 시급한 문제임을 인지하고 고위급 정책협의회를 통하여 단계적으로 EMP 방호시설 구축에 노력하기로 함

(2) 군사방호시설 EMP 방호 현황

- 북한의 EMP탄의 위협이 증가됨에 따라 군도 방호시설을 갖추는 데 초점을 맞춰 왔으며 합동참모본부 등 일부 군 시설에는 방호시설이 갖춰져 있지만 중요 시설로 지정된 수백여 개의 군 시설에는 EMP 공격에 무방비 상태
 - 군사방호시설의 등급은 특급, 1급, 2급 및 3급 방호시설로 구분하고 있으며 이중에서는 특급에 해당되는 방호시설은 EMP 방호 조치 대부분 되어 있는 것으로 알려져 있음
 - 1급의 일부는 EMP 방호 조치가 일부 되어 있으나 그 이하에는 거의 되어 있지 않음

- 그러나 실제 방호시설 측면에서 EMP 방호기술은 별도의 공간에 강판으로 EMP Shielding 룸을 마련하는 기술에서 진보되지 못하고 있는 실정임

국방 분야의 EMP 방호 정책은 군사 보안사항으로써 구체적인 내용은 위의 보도 자료와 국방전문기자들의 칼럼을 제외하고는 알려져 있지 않음. 그러나 본 기획을 진행하면서 많은 국방 시설분야 전문가들의 의견을 청취한 결과, 군사 정책면에서 EMP 방호는 전략·전술 측면에서 매우 중요한 사안이며, 시설물 자체의 방호 성능을 확보할 경우 효과적인 전술을 확보할 수 있을 것으로 판단됨

3. 사업추진의 의지 및 관련 기관 협조 체계

가. 연구개발 참여기관 참여 의지

- 정부출연연구기관에서는 인체보호 및 주요정보통신기반시설의 보호대책을 위하여 EMC 및 EMP 관련 기술개발을 전자통신, 전기 및 건설 등 각 전문분야 별로 연구개발 주제 선정과 세부기술 개발을 위해 노력하고 있음
- 특히 EMP 방호 기술은 기존 Shielding Cabinet Room 방식의 불합리, 비경제적인 방식을 극복하기 위해 다양한 개선 기술을 개발하기 위해서 노력하고 있으며, 본 기획에서 시설물을 구성하는 구조부재에 차폐 기능을 부여하여 낮은



수준의 20 dB에서부터 80dB의 높은 차폐율을 달성할 수 있는 기술개발 방향을 제시하고 있음

- 한편, 국립전파연구원을 비롯한 시험평가 전문 연구기관에서는 국가 중요 안보 어젠다 솔루션을 도출하기 위해 국가표준 및 관련 시험기준의 정비를 위한 조사연구를 진행하는 등, 전자파 차폐 효과를 높이기 위한 연구개발 기반을 조성
- 민간업체에서 전자장치의 전자파 누설을 차단하기 위한 재료 및 제품 개발이 활발히 진행되고 있음. 전자파 차폐 재료로써 PCB_{Printed Circuit Board} Shielding, 개스킷, 전도성 코팅 페인트, 필터 및 테이프 등이 개발되어 있고 시장 점유를 위한 품질 경쟁을 벌이고 있음
- 비록 이와 같은 차폐 재료 및 자재가 주로 전자 및 기계 장치의 EMC 차폐를 위한 것이지만 기존 전자파 차폐 핵심기술을 기반으로 EMP 환경의 조건 변수에 적응하는 응용기술 개발에 대한 의지는 강함
- 또한 대학연구소에서는 전자파 차폐가 가능한 첨단 신소재에 대한 원천기술 개발 기반을 구축하고 있으며, 이 원천소재를 활용하여 시멘트 복합재료로 전환하는 메커니즘의 규명과 시멘트 콘크리트 재료 환경에서의 전자파 특성에 대한 해석에 대한 학술적 관심이 매우 높음

나. 관련 기관 협조 체계

- 본 기획에서는 연구개발의 필요성과 연구성과물의 활용성을 사전에 확보하기 위해 관련 부처의 담당자와 주요정보통신기반시설 관리주체 기관을 대상으로 연구개발과 개발 후 활용 시범사업 가능성을 사전에 검토함
 - 시멘트 콘크리트 구조체를 활용한 EMP 방호 기술 개발 검토
(미래창조과학부 전파교란대응팀, 2016년 11월 18일)
 - EMP 방호 기술 발전 간담회
(한국EMP방호협회, 민군사업센터, 민군협력진흥원, 2017년 3월 8일)
 - 군사 방호시설물의 EMP 방호기술 연구개발 추진 방향 검토
(국방부 시설제도기술과, 국방시설본부 기술기준과, 육군사관학교, 2017년 4월 14일)
 - 철도교통통제센터 및 제어계통 전자파 차폐 기술 적용성 검토
(한국철도기술연구원, 2017년 5월 9일)



- 이러한 협의는 민간의 주요정보통신기반시설과 군사방호시설의 콘크리트 구조물에 전자파 차폐 성능을 부여하는 기술 개발 수요 타당성과 개발 후 성과물의 적용 가능성에 대한 사전 검토를 수행하는데 목적이 있었음
- 사전 검토와 제안을 통하여 필요성과 상용화 성공가능성을 타진하였으며 향후 본 과제 연구개발을 통하여 수요자 입장에서 주요 정보통신기반시설물의 전자파 차폐 기술의 성공적인 실용화를 검토함



2절 기술적 타당성

1. 기술개발 계획의 적절성

가. 기획연구 목표의 적절성

○ 본 연구 비전 및 목표를 구체적으로 제시

- 본 연구의 비전은 “EMP 공격으로부터 국가 주요정보통신기반시설을 보호하고, 유사 시 방위 작전의 Black Out을 방지하며, 평상 시 전자파 피해로부터 안전하고 쾌적한 근무환경 조성”임

○ 비전과 목표 달성을 위한 단계별 연구사업 구성

- 1단계 (원천·핵심기술 개발) ;
 - 전기전도성 나노탄소소재의 저비용 제조기술 개발
 - EMP 차폐 콘크리트 및 시멘트 복합재료 원천기술 개발
 - EMP 차폐 성능평가 시험법 및 평가기술 개발
- 2단계 (적용기술 개발)
 - EMP 차폐 Mock-Up 시멘트 콘크리트 구조물 제작
 - EMP 차폐 구조물 차폐 실증실험
 - 민간 및 군수 EMP 차폐 방호구조물 T/B 적용 및 유효성 검증
 - 건설자재 EMP 차폐 인증시스템 구축 및 실용화 기반 구축

○ 정량적 성과목표 설정

- EMP 차폐가 가능하면서 기존 대비 50% 가격의 나노탄소소재
- EMP 차폐율 20~80 dB 수준의 단계별 시멘트 콘크리트 구조체
- EMP 차폐 및 물리적 방호가 가능한 통합 방호 구조체
(방폭성능: 기존 RC 대비 1/2 두께, EMP 방호성능: 60~80 dB)
- EMP 차폐/흡수 건축자재 및 부속자재
(차폐 도어·필터·개스킷 : 80 dB, 차폐 창호 : 40 dB, 기타 건축자재 : 30 dB)
- 차폐 구조체 및 자재 EMP 차폐 성능 평가 기술 구축
- EMP 차폐 및 통합 방호 구조물 설계 및 시공 기술 구축

○ 이상의 전체 목표 설정은 정책, 기술, 시장동향 등의 분석결과로부터 도출되었으며, 연구개발 수행 시 달성 가능한 것으로 판단됨



- 국내 나노탄소소재 원천기술은 ICT Hardware 제조 기술의 발달에 따라 전자 제품 부품용 소재 기술이 세계적 수준으로 발전되어 있음
 - 또한 고성능 섬유보강 시멘트 복합재료에 대한 핵심기술은 국내에서 이미 확보하고 있으며, 기술 수준 또한 국제적인 수준임
 - 이러한 원천·핵심기술을 기반으로 나노탄소소재와 시멘트 콘크리트 매트릭스가 결합하는 핵심기술을 개발할 경우 EMP 차폐 성능을 발휘할 수 있는 구조체 기술 개발이 가능
 - 개발 대상 기술은 아직까지 국제적으로 핵심기술을 완성하지 못한 기술로서 본 연구사업을 통하여 개발할 경우 국제적으로 선도 핵심기술을 확보할 수 있을 것으로 예측됨
 - EMP를 비롯한 EMP 차폐를 시멘트 콘크리트 구조체를 활용하여 방호체계를 구성하려는 시도는 외국에서 있었으나 기술성숙도 낮아 기술 개발 정체 상태이며, 본 기획에서 제시한 첨단 신소재와 구조체 구성 요소의 결합을 통한 EMP 차폐 구조체를 개발 방안은 아직 제시되고 있지 않음
 - 기획과정에서 기획·자문위원과 심층 논의한 결과, 전도성 시멘트 콘크리트를 개발하고 이를 활용하여 전자파의 반사 및 흡수할 수 있는 성능을 확보하는 것은 이론적으로 가능한 것을 확인함
 - 또한 본 기획을 수행하기 전, 기획연구진이 선행 실험연구를 통하여 강섬유보강 시멘트 복합재료를 활용한 경우 일부 주파수 대역에서 EMP 차폐 성능을 확인하였음
 - 전자파는 방사형으로 퍼져나가 아주 작은 틈과 취약한 매질이 있는 경우 투과하게 됨. 구조체 이외 전자파가 방사 또는 전도 형태로 투과할 수 있는 개구부(PoE)는 필터, 개스킷, 차폐 도어 및 창호 등으로 차폐가 가능함
 - 이러한 개구부 차폐 자재의 경우, 외국의 선진 기술이 성능이 앞서 있음. 국내에도 관련 제품의 생산과 함께 상용화되어 있으나 연구개발을 통하여 기술 추격이 가능한 영역임
 - 또한 개발 기술의 실용화를 활성화하기 위해서는 성능 시험방법의 표준화와 재료 및 자재의 인증시스템 구축으로 수요자의 신뢰도를 높이는 기술 개발이 반드시 필요함
- 중점추진분야 및 세부과제는 총괄목표를 달성하기 위해 적절하게 도출되었으며, 세부과제의 연구목표 달성 시 총괄목표 달성이 가능할 것으로 판단됨
- 중점추진분야 및 세부과제는 국내외 기술동향 조사, 논문 및 특허분석, 기술



수요조사를 통하여 후보과제 pool을 구성하고 전자파공학, 재료공학, 구조공학, 콘크리트공학, 나노소재공학, 전자파 자재 및 장치 산업 및 R&D정책 전문가의 기술예측조사, 기술수준조사 등을 통하여 세부과제를 도출함

- 총괄목표를 달성하는데 필요한 세부과제 정의 및 범위, 요소기술을 명확하게 제시하였으며, 본 과제 수행 시 세부과제별 연구개발 내용, 추진방법 및 전략의 보완이 필요할 것으로 판단됨

나. 연구내용의 논리성 및 적절성

- 단계별 세부과제를 도출하기 위하여 국내외 시장/기술 동향, 인프라 분석, 선행 사업 분석을 실시하였고, 비전 및 목표를 달성하기 위한 연구개발 과제들로 구성되어 있음
- 세부별 기술개발 구성
 - 1단계 세부별 핵심기술 구성
 - 1세부 : EMP 차폐 원천소재, 재료 및 구조체 개발
 - 2세부 : EMP 차폐 건축자재 및 부속자재 개발
 - 3세부 : EMP 차폐 환경 설계 및 재료 및 구조체 단위 성능평가 기술 개발
 - 2단계 세부별 실용화기술 구성
 - 1세부 : EMP 차폐 원천소재 생산기술 개발, 구조체 설계 및 시공 기술 개발 및 EMP 차폐 실증실험용 Mock-Up 제작과 Test Bed 구조물 제작
 - 2세부 : EMP 차폐 건축자재 및 부속자재와 구조체 연결 상세 기술 개발
 - 3세부 : EMP 차폐 구조물 단위의 성능평가 기술 개발 및 실증실험
- 세부과제의 구성기술은 기술수요조사, 기술예측조사 및 전문가 자문회의 등을 통해 기술개발 필요 분야에 대해 논리적이며 타당하게 도출되었음
 - 후보과제 도출, 중복성 검토, 우선순위 도출 등의 과정을 통해 세부과제 및 구성기술을 설정하여 절차의 타당성을 높였음

다. 추진전략의 적절성

- 본 기획연구의 추진전략은 외부전문가 활용, 산·학·연 협력조직체 구성 및 활용, 기술 및 시장동향 파악을 통한 요구사항 도출 등을 기반으로 추진전략의 적절성을 높임



- 관련 분야 연구진의 네트워크 구성 추진과 외부 전문가의 자문 등을 통해 기술 개발의 전문성을 높임
 - 산·학·연 협력조직체 구성을 통해 각 분야의 의견을 수렴하여 사업추진 시 위험요소 설정과 이에 대한 극복 방안을 제시함으로써 연구개발의 성공 가능성을 높이도록 유도함
- 국내외 기술/시장 분석과 수요처 및 수요자의 의견을 청취함으로써 연구개발 성과물의 실용화 가능성을 높임

라. 추진체계의 적절성

- 본 사업은 원천·핵심기술 개발 단계, 실용화 기술 개발 등, 단계별로 다양한 연구개발 특성을 지니고 있으며 세부 간의 연계 방안이 강구되어야 하는 등, 산학연관 간의 유연한 조직체계 및 객관적 관리가 가능한 연구기관의 구성이 필요함
- 특히 연구참여 주체 중에서 전자파공학, 재료공학, 나노소재공학 및 전자파 자재/장치 산업 등, 건설 관련 전문 연구분야 이외 다학제적인 기술 분야의 연구 인력이 참여하여 융합기술이 개발 및 도출될 수 있는 방안을 마련
- 관련 부처 및 유관기관과의 지속적인 의견수렴 및 협력체계 구축
- 관련 부처와의 지속적이고 상시적인 의견수렴 및 검증체계 구축을 통한 정책 및 제도 제안의 법제화 실현
 - 특히 국토교통부 이외 미래부와 국방부 등, 개발 기술 소요 부처의 의견을 수렴하여 실용화 기반 구축을 위한 정책 및 제도의 제안 근거를 마련할 필요 있음
 - 국내외 기술인프라 현황 및 연구개발 수행현황을 지속적으로 파악하고 관련 세부 기술별로 역량을 보유한 기관과의 협력 및 차별화 방안을 모색
 - 연구성과물의 사업 수요처는 국가중요정보통신기반시설이 관리책임이 있는 관련 부처와 운영기관(공공기관)의 의견을 핵심기술 연구개발 단계에서부터 수렴할 수 있도록 자문 체계를 구성함
 - 한편, 또 다른 사업 수요처인 국방 방호시설의 경우 전술적 측면에서 물리적 공격 동반 또는 이후 EMP 공격이 예상되는 만큼, 전자파 방호와 함께 물리적 방호가 가능한 통합 방호 개념의 기술 개발이 필요한 점을 반영하여 연구 개발 범위를 구성하였음



마. 사업기간 및 연구개발비의 합리적 편성

- 본 사업은 국민의 안전한 전자파 생활환경을 조성하고 EMP 공격으로부터 국가중요정보통신기반시설과 국방 방호시설의 보호를 통해 국가적 재난을 방지하기 위한 기술 개발을 목표로 2단계 총 4개 세부과제로 이루어진 연구단 사업으로 추진
 - 단계별 기간 및 사업비
 - 총사업 : 사업기간 5년, 정부출연금 17,000 백만원, 기업부담금 3,100 백만원
 - 1단계 : 사업기간 3년, 정부출연금 9,700 백만원,
 - 2단계 : 사업기간 2년, 정부출연금 7,600 백만원, 기업부담금 3,100 백만원
 - 연구기간 및 연구사업비 구성 특성
 - 연구사업은 총괄 5년을 협약 진행하나, 1단계에서는 원천·핵심기술을 개발하는 단계로서 전문연구기관 중심의 연구개발을 수행
 - 따라서, 정부출연금 중심의 연구사업비로 편성되는 것이 적합함, 단 기업의 Know-How와 강점이 반영되어야 하는 핵심기술 개발 분야의 경우 기업부담금이 포함되는 것이 합당할 것으로 판단됨
 - 2단계는 실용화 기반 구축 기술 개발 단계로서 핵심기술의 실용화 성숙기술 개발과 Test-Bed 추진 등을 전문연구기관과 기업연구소가 공동 참여하여 연구개발을 추진함

바. 성과목표 및 지표 설정의 적절성

- 연구개발 성과를 중간 단계 및 최종 단계에서 정량적으로 평가하기 위해 성과목표 및 성과지표를 정량적으로 설정하고 측정방법을 세부과제 수준에서 평가가능하도록 제시함
 - 각 세부과제에서는 학술적 성과와 지식재산권을 공통지표로 설정하고 각 세부과제의 특성에 맞는 지표를 설정하여 세부목표에 부합하도록 지표를 설정하고 이에 따른 설정 근거를 제시하였음
 - 세부과제별로 성과물의 형태를 분명히 설정하고 세부과제의 성과물이 전체 연구단에 대하여 활용방안을 제시함
- 연구개발 성과물의 산출 단계를 세분화하고 연구개발 기간 동안 조기에 현장



적용의 수요가 발생할 경우, 신규 또는 기존 시설물의 EMP 차폐 구조체 및 자재 기술로 적용할 수 있는 중단 단계 실용화 기술이 산출될 수 있게 구성함

- 기대되는 성과의 활용도와 활용계획이 적절하게 설정되어 있어, 향후 본 연구단의 성과물들이 기술을 필요로 하는 현장 및 수요처에서 적극적으로 활용될 수 있을 것으로 판단됨

사. 기술로드맵의 우수성

- 제시한 기술개발 로드맵은 각 세부기술의 구성기술 수준에서 연도별로 성과물이 구체적으로 제시되어 있으며 연구개발 단계별의 연구개발의 진도와 완성을 측정할 수 있는 근거를 마련함
 - 기술개발 로드맵은 세부과제의 목표, 세부과제의 단계별 목표, 세부과제의 단계별 성과물, 각 구성기술의 연관 관계 등이 명확히 제시됨
- 구성기술 수준의 연도별 성과물은 단계별 세부목표 및 세부과제의 성과목표를 토대로 작성되어 있음
- 본 기술로드맵은 1단계 핵심기술 개발, 2단계 실용화기술 개발로 이루어 졌으며, 각 핵심기술이 성공적으로 개발 될 수 있도록 세부 및 세세부가 구성되어 있음

2. 기술수준 및 성공가능성

가. 기술개발 역량 및 잠재력

- 기술개발을 위한 전문인력 보유 정도, 기술 구축정도, 연구시설 및 설비, 기술 투자지원 등에 대하여 국내와 선진국과의 인프라 수준을 비교 분석하였음
 - 각 세부과제 관련 전문인력은 선진국 대비 부족하지만 대부분의 분야에서는 국내 연구진들로 기술개발이 가능하다고 판단됨
 - 구조체 제조와 건축자재 및 부속자재의 제조를 위한 연구시설 인프라는 충분히 갖추어져 있으며, 본 사업을 수행할 경우 필요한 추가 연구시설의 일부만 보강하면 될 것으로 파악됨
 - EMP 차폐 성능을 시험 및 평가할 수 있는 기반시설은 현재는 챔버 형태 실험시설들을 구축하고 있음. 본 사업 수행 시 재료 및 소재 단위의 EMP 차폐



성능을 검증할 수 있는 시설 인프라는 추가 구축이 필요하며, 기술적 접근을 통해 구축이 가능할 것으로 판단됨

- 그러나 현장 실증성능시험을 위해서는 현재 구축된 기술 없음. 이 부분은 관련 선진 기술국에서 조차 시도된 바가 없으므로 선도기술 개발 차원에서 주도적인 개발이 필요한 부분임

나. 기술개발의 위험요인

- 본 사업의 성공적인 수행을 위해 기술개발의 위험요인 검토
 - 현재까지 세계적으로 구조체를 중심으로 한 EMP 차폐 기술이 실용화에 성공하지 못한 가장 구조체의 구성 성분이 무기질의 시멘트 콘크리트의 전기 전도성을 확보하지 못한데 있음
 - 본 연구개발 사업은 기술수준조사에서 시멘트 콘크리트 및 시멘트 복합재료 기술이 국제적 수준의 원천 기술이 존재함
 - 따라서 국제적 수준에서 상대적 우위의 시멘트 복합재료 기술과 최근 연구개발이 활발한 나노탄소 소재 기술을 바탕으로 EMP 차폐 소재 및 재료 기술을 가속화할 경우 선도 기술을 확보할 수 있음
 - 단, 나노탄소 소재와 시멘트 계 소재의 합성과 전기전도성을 나타내는 나노탄소소재의 마이크로 단위의 전기적 연속성 확보가 관건임. 이 연속성 확보에 있어서 기획 단계에서 검토한 결과 성공 가능성에 대한 주장과 불가의 주장이 맞서고 있어서 연구개발 과정의 위험요인을 선결하는 것이 중요함
- 적용 대상 차폐 또는 방호시설물의 신규 건설 계획이 불투명한 상황에서 개발 기술의 적용성을 높이기 위해서는 기존 시설물에 대한 세부 실용화 적용기술 부분도 본 과제 연구개발 계획 단계에서는 정밀히 검토되어야 함
- 모바일 장치들의 수요가 급증하고 향후 4차산업의 핵심인 ICT 기반 기술의 현실 적용이 급증할 것으로 예측되지만, 전자파 위협에 대한 구체적인 피해 사례가 공개 또는 부각되지 않아 본 사업 추진의 동력이 낮아질 우려 있음
- EMP 차폐 또는 EMP 방호 기술은 현장에 적용하는 단계에서는 보안이 필요한 사안일 수 있음. 따라서 시장과 기술 동향 관련 자료가 폐쇄적으로 한정될 수 있어서 개발 환경의 변화에 대응하기 어려운 점이 있을 수 있음



다. 기술개발 성공가능성

- 본 기획연구를 통하여 기술개발의 성공가능성을 구체적으로 검토하였음
 - 원천소재 기술과 관련된 국내 연구개발 기반이 충분히 확보되어 있음. 즉, 그래핀을 중심으로 한 나노탄소소재의 경우 최근 2010년에 유럽에서 발견되었으나, 이를 원천소재의 응용기술개발은 우리나라가 선도
 - 구조체 물리적 방호성능을 증가하는 첨단 건설재료인 HPFRCC는 국제적 수준의 기술은 보유하고 있음. 다만, 방호 대상이 방탄 및 방폭과 같은 물리적 공격이 아닌 EMP와 같은 전자파가 대상인 점이 다름
 - 기본 구성재료 기술과 합성 기술에 전기전도성과 전기적 방사 성능을 향상시킬 수 있는 기술 개발이 관건임. 국내에서 발달된 EMP 차폐와 관련된 기술을 접목할 경우 구조체를 활용한 EMP 차폐 및 방호 구조체의 개발 성공가능성은 매우 높은 것으로 판단됨
 - 전자파 성능 평가기술은 국제적으로도 규격 또는 표준이 정해져 있지 않음. 단, 미국을 중심으로 전자파 방호와 관련된 Mil Standard 기준을 국제적으로 활용하고 있음. 국내에서는 이 규격에 대한 이해가 높고 적용 가능한 기술에 대한 접근이 가능하기 때문에 성공가능성이 높음
 - 기술적인 요인 이외에도 인력과 시설 등의 인프라도 상당한 수준으로 구축되어 있기 때문에 연구개발의 성공가능성은 매우 높음
- 이상의 연구개발 파급효과를 달성하기 위한 구체적인 기술개발 계획과 수행추진체계를 제안함으로써 기술개발 성공가능성을 높임

3. 기존 사업과의 중복성 검토

- 본 기획과제에서는 기획과정과 자문위원회 검토를 통해 기존 연구와의 중복성을 검토하였으며, 기존 연구와 연계, 활용, 차별화 전략을 제시하여 중복성을 최소화하였음
- 중복성 조사는 1차적으로 NTIS 자료 및 각 부처 R&D 계획 자료를 이용하여 중복가능성이 있는 사업과 과제들을 검토하였음
- 기획과정에서 전문가 워크숍을 통하여 1차 검토 하였으며, 별도로 전문가 개별 검토를 통하여 중복과제에 대해 면밀한 검토를 하였음



- 기획 3차에 걸친 기획 타당성 검토회의에서 기존 유사연구 및 이에 대한 연계, 활용, 차별화 전략을 수립하였음
- EMP 차폐 원천소재 및 구조체용 재료 기술 관련 연구사업 검토
 - 관련 선행 연구과제로는 “방호방폭용 고성능 섬유보강시멘트 복합재료 개발 및 성능평가”와 “미이용 자철광을 활용한 EMP 차폐 몰탈 및 적용기술개발”이 있음
 - 이들 과제는 물리적 방호 성능 향상시키기 위한 초고강도 및 고인성의 시멘트 복합재료를 개발한 과제로서 본 기획에서 개발 대상으로 하는 콘크리트 및 시멘트 복합재료와 물리적 특성은 일부 공유할 수 있으나 전기전도성을 중심으로 하는 EMP 차폐 시멘트 복합재료와는 재료구성 및 전기적 특성이 매우 다른 과제임
 - 한편, 본 기획에서는 원천소재인 나노탄소소재를 EMP 차폐 성능을 나타낼 수 있도록 직접 개발하고자 하며, 콘크리트 구조체 내부의 구조 구성도 EMP 차폐가 가능한 layer를 두는 구조를 개발하고자 함
 - 이와 같이 적접 EMP 차폐용으로 개발한 적이 없으며, 콘크리트 구조체의 내부 구조 구성에 있어서도 EMP 차폐를 위한 전기전도체 기술을 추가 하는 등, 상기 선행과제와는 연구개발 목표가 매우 상이함
- EMP 차폐 건축자재 및 부속자재 기술 관련 연구사업 검토
 - 관련 선행 연구과제로는 “탄소계 도전성 재료를 이용한 전자파 흡수·차폐형 무기도료의 물리적 특성 평가”와 “HEMP 방호용 필터와 국소 방호용 시설 개발”이 있음
 - 이들 연구과제 중 전자파 흡수·차폐형 무기도료의 경우 도료의 전기전도성을 확보하는 기술을 일부 확보하였으나 중간 도체의 단락 등의 실용적 연구가 진행되지 못하였음. 또한 HEMP 방호용 필터의 경우 유사 기술들이 많이 개발되었지만 실제 EMP 차폐 성능을 완전히 확보하지 못하여 성능이 미흡한 상태임
 - 한편, 상기 선행 과제들은 적용 대상 구조물의 형식에 최적화된 기술이나 자재가 아니어서 실효성이 다소 미흡한 한계를 나타냄
 - 본 기획에서는 EMP 차폐를 콘크리트 및 시멘트 복합재료를 바탕으로 이 구조체의 특성에 적합한 전자파 흡수·차폐 성능을 보조할 수 있는 건축자재 및 부속자재를 특화하여 개발하고자 함. 이들 선행과제에서 수행한 연구개발 과정을 분석하고 성능과 성과물의 고도화를 위한 자료로 활용 가능함



○ EMP 차폐 성능평가 및 실증실험 기술 관련 연구사업 검토

- 관련 선행 연구과제로는 “EMP 방호시설의 EMP 차폐 효과 측정방법”과 “EMP 차폐물질의 응용분야에서의 차폐효과 평가방법 개발”이 있음
- 선행 과제에서 개발한 EMP 차폐 효과 측정방법은 강재 판으로 shielding 구조체를 구성한 차폐 cabinet 방식에 대한 EMP 차폐 측정방법을 개발한 것으로서 콘크리트 계열의 구조체 대한 EMP 차폐 효과를 측정하기에 부적합 방법임
- 응용 차폐 물질의 차폐 효과 평가 방법의 경우는 금속망의 차폐 효과에 대한 이론과 실험적 분석을 수행한 것으로 비금속재 또는 콘크리트 계열의 구조체에 대한 EMP 차폐 효과를 측정하기에 부적합한 방법임
- 이상에서 살펴본 바와 같이 전기전도성을 띠는 콘크리트 계열의 구조체에 e 대한 EMP 차폐 효과 측정방법은 현재까지 없음
- 이 기획에서는 콘크리트 계열의 구조체를 EMP 차폐 구조체로 적용하고자 기술을 개발하고 이를 대상으로 EMP 차폐 효과를 검증할 수 있는 별도의 측정 방법 및 성능평가 방안을 개발할 필요가 있음

○ EMP 차폐 구조물 설계 및 시공 기술 관련 연구사업 검토

- 관련 선행 연구과제로는 “전자파 잔향실 기반 고출력 전자파 내성 평가방안 기반 연구”와 “고출력 전자기파 방호용 주파수 선택적 전파투과 보합재를 이용한 GPS 모듈 개발”이 있음
- 선행 과제에서 개발한 고출력 전자파 내성 평가 기술은 건축공간 내에서 전자파 잔향에 대한 정의와 평가 방안을 기반으로 고출력 전자파에 대한 전자장치의 내성을 최대화하기 위한 기술개발임
- 고출력 전자기파 방호용 주파수 선택적 GPS 모듈 개발 과제에서 개발한 고출력 전자기파의 특성에 대한 부분은 주파수 대역별 고출력 전자파의 특성을 이해하는데 도움이 될 수 있음. 따라서 이 고출력 전자기파가 콘크리트 계열의 구조체에서의 특성을 분석하는 데 활용이 가능함
- 이 기획에서는 콘크리트 계열의 구조체를 기본 차폐 구조체로 하는 방호시설에 대한 고출력 전자파의 특성을 분석하고 이를 바탕으로 최적화된 EMP 차폐 콘크리트 구조물의 설계와 시공 기술을 개발하고자 함



3절 경제적 타당성

1. 경제적 타당성 분석의 전제 조건

가. 사회적 할인율 (social discount rate)

- 연구개발사업수행의 비용과 편익은 어느 한 시점에만 발생하는 것이 아니라 보통 수년 혹은 수십 년에 걸쳐 발생하므로, 사업수행에 대한 경제성 분석은 시점을 일정하게 놓고 이루어져야 함. 그런데 통상 경제적 타당성 분석은 현재 시점에서 평가함
- 적정 사회적 할인율을 추정하는 작업은 매우 복잡하므로 굳이 새롭게 추정하는 것보다는 한국개발연구원 (KDI)에서 제시하고 있는 사회적 할인율 (2013년 12월 현재 5.5%)을 이용하는 것이 효과적임
 - 따라서 본 기획연구에서는 KDI에서 사용하고 있는 5.5%의 사회적 할인율을 적용하였음

나. 분석 기간 (planning horizon)

- 연구개발 사업의 경제적 타당성을 평가하기 위해서는 사업수행기간이 아니라 해당 사업의 효과가 몇 년이나 지속될 것인지를 의미하는 분석기간, 즉 비용편익 분석의 대상 기간을 결정해야 함. 또한 분석 기간에 걸쳐 균일하게 효과가 발생하기도 하고 균일하게 않게 효과가 발생하기도 함
 - 이러한 부분에 대해서는 적절한 가정을 토대로 모형을 설계해야 함
- 분석 기간을 너무 짧게 잡으면 사업의 효과가 제대로 반영되지 못하는 문제점이 발생하고, 반대로 너무 길게 잡으면 비용 또는 편익 측정에서의 불확실성 (Uncertainty)이 너무 커져 결과 자체를 신뢰하기 어렵게 됨
 - 분석 기간에 대하여 최적으로 설정하는 것 역시 연구의 중요한 이슈임
 - 해당 기술 분야의 R&D 전문가, 사업전문가 등의 의견을 토대로 적절하게 분석 기간을 설정해야 함

(1) 편익회임기간

- 합리적인 범위 내에서 분석기간을 적절하게 설정하는 것이 중요한 문제로 연구개발 사업 기간과 연구개발 사업 기간이 종료된 후 편익이 발생하는 기간으



로 구분하여 설정함

- 연구개발사업에 대한 투자가 이루어진 후, 경제적인 편익 또는 효과가 발생하기 전까지의 시간적 지연을 편익 회임기간이라고 정의
- 일반적으로 연구개발 활동으로 인한 경제적 효과가 발생하기 위해서는 기술개발의 사업화 등의 과정을 거쳐야하기 때문에 상당한 시간이 소요되며, 연구개발 부문 사전 타당성조사에서는 이 편익 회임기간 동안에는 경제적 편익이 발생하지 않는 것으로 간주
- 즉, 연구개발투자 이후 편익 회임기간을 지난 시점을 최초 편익 발생 시점으로 정의
- 본 기획과제와 같이 나노탄소소재 원천기술 개발이 있고, 이를 이용하여 전다파 구조체를 개발하는 응용기술 개발이 있는 경우 KISTEP의 표준 지침에 따라 평균 6.4년이 걸리는 것으로 나타남⁶⁾
- 한국개발연구원에서는 사업추진 측이 사업계획(안)에서 편익 회임기간을 제시하는 경우 이를 준용하는 것을 원칙으로 하되, 별도의 언급이 없을 경우 기초연구는 5년, 개발·응용연구는 3년을 기본으로 사업특성을 고려하여 반영

(2) 편익기간

- Mansfield (1991)는 편익기간과 관련한 기존 연구결과에 따라 투자시점을 기준으로 8년 후에는 사회적 편익이 더 이상 발생하지 않는다는 가정을 세운 바 있음
- 기술수명주기 (Technology Life Cycle, Technology Cycle Time)는 특허의 서지정보를 이용해 정량적으로 산출되는 지표 중 하나로서, 인용된 특허들의 발행연도와 인용한 특허의 발행연도 차이값들의 중간값 (Median age), 즉 인용-피인용 시차의 중앙값으로 정의
 - 특허를 이용해 세부분야별로 산출된 기술수명기간은 관련분야의 기술을 개발하는 연구개발사업의 편익기간으로 이용됨

(3) 기준년도 (base year)

- 경제적 타당성 평가에서 편익과 비용이 제각기 다른 시점에서 발생되므로, 사회적 할인율을 이용하여 비교 가능한 동일시점의 가치로 일치시켜야 함
- 본 연구에서는 비용-편익분석의 기준 시점을 본보고서 작성 시점의 전년도 말

6) 한국과학기술기획평가원, 2014.11. 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 (제 2판).



에 해당하는 2016년 12월말 기준으로 통일하여 평가함

2. 비용 추정

- 본 기획에서 수행한 전자파 차폐 시설물 연구개발사업의 연차별 소요예산과 세부과제별 소요예산은 제5장 연구비 산정 부분과 같음
 - 정부출연금과 기업부담금의 매칭으로 연구사업을 운영하며, 4개의 세부과제 사업으로 구성되어 있음
- 연구개발사업 기간은 2018년~2023년의 5년간으로 설정
 - 정부출연금의 경우 5개년에 걸쳐 Inverse U shape 형태로 연구비를 투자할 예정
 - 이는 3년차에 가장 왕성한 투자가 이루어지고, 5년차 실용화 시점에서는 정부출연금을 상대적으로 줄이고 민간의 투자를 장려하는 것으로 가정함

3. 편익 추정

가. 편익 추정의 전제조건

- KISTEP (2011) 「예비타당성조사를 위한 지식기반 및 분석시스템 구축」에서는 2000년부터 2009년까지 미국등록 특허 155만여 건의 인용정보를 이용해 국제특허분류 (IPC; International Patent Classification) 클래스별 기술 수명주기 중위수 (median)를 산정하여 제시한 바, 이에 근거하여 편익 발생기간을 결정하는 것이 논리적으로 근거를 가짐 (이하 별책 경제성 평가 보고서 참조)
- 전자파 차폐 구조물 기술은 IPC 분류 중 “섹션 E의 고정구조물”로 분류
 - 세부분야는 “E04/건축물”로 분류하는 것이 타당
 - TCT 값 11을 수용하며, 본 기술의 수명주기를 11년으로 설정
 - 이는 동 분야의 기술혁신의 빈도수와 기술혁신의 임팩트 등을 고려할 때, 비교적 합리적인 값으로 사료됨
- 고정구조물 중에서 전자파 차폐와 관련된 특허건수 14,595건을 분석했을 때, TCT (중위수)는 11, TCT (평균값)은 13.52가 도출됨 (기술가치평가 실무가이드, 산업통상자원부, 2014)
 - 본 연구에서는 보다 보수적인 추정을 위해서, 고정구조물 분야의 TCT (중위



수) 값 11을 기술수명주기로 설정

- 따라서 본 연구에서는 사업완료 후, 2023년~2034년 동안, 즉 11년간 편익이 발생한다고 가정함
- 경제성 분석 대상기간은 사업기간과 기술수명주기를 합친 2018년부터 2034년까지의 17년간임
- R&D 기여도의 경우, 현재 사용하고 있는 28.1% (신태영, 2004), 10.9% (하준경, 2005) 등의 수치는 최근의 변화를 반영하지 못하는 등 여러 한계점을 갖고 있어, 이에 대한 대안 마련이 지속적으로 요구되고 있는 상황임. 여기서는 KISTEP의 최근 평균적용 기여도인 35.4%를 적용
- R&D 사업화성공률은 연구개발사업의 결과물이 시장에서의 편익으로 이어지는 과정에서 발생할 수 있는 불확실성을 어느 정도 반영한다는 의미를 가지지만, 연구개발사업의 다양한 특성으로 인해 일관되게 적용되기 힘들다는 한계점이 존재
 - 여기서는 국가 연구개발사업의 평균 사업화 성공률인 39.7%를 사용하기로 함
- 편익은 사업수행으로 창출된 매출액 전체가 아닌 부가가치를 기준으로 산정되기 때문에 부가가치율을 고려할 필요가 있음
 - 여기에서는 고정구조물 부문의 부가가치율은 건설산업 전반과 동일한 것으로 판단하여 32.9%로 사용하기로 결정함(산업연구원, 주요산업동향지표, 2015)



표 73. 편익 추정치 전제조건 결정 내용

구분	적용하는 값	근거
편익 발생기간	11년	고정구조물 중 전자파 차폐 구조물의 기술수명주는 11년의 평균 수명을 적용
사회적 할인율	5.5%	KDI에서 발간한 예비타당성조사 일반지침 (제5판)에 따라 5.5%를 적용
R&D 기여도	35.4%	R&D 사업에 대한 KISTEP 예비타당성조사에서 널리 통용되고 있는 35.4% 적용
기술개발(사업화) 성공률	39.7%	국가연구개발사업의 기술사업화 성공률 평균치를 적용함
본 사업기여율	25%	전자파 차폐 구조물 R&D 관련 본 사업의 기여율은 경제적으로 다소 낮은 것을 감안하여 대략 25% 정도로 가정함
부가가치율	32.9%	한국은행 산업연관표 (2015년)의 산업별 부가가치율을 적용하여 건설의 32.9%를 적용함

나. 편익 추정치 원칙

- 본 사업의 수행을 통한 결과물은 1) 전자파 차폐로 인한 정보통신 정보 보호 편익 (정보사회 안전망 구축), 2) EMP 차폐로 인한 정보통신 기기의 손실 방지 편익 (정보통신 장비 손상 방지), 그리고 본 제품의 판매에서 발생하는 시장별 편익, 보다 구체적으로 a) 나노탄소 원천 소재 시장, b) 전자파 차폐 시멘트 콘크리트 계 재료 활용 시장, c) 전자파 차폐 구조물 설계 및 시공 활용 시장 d) 기타 전자파 차폐 활용 시장 등의 시장에서 발생하는 편익 등이 있을 수 있음
- 본 연구에서 다루어야 할, 1) 전자파 차폐로 인한 정보통신 정보 보호 편익, 2) EMP 차폐로 인한 정보통신 기기의 손실 방지 편익의 경우, 본 연구사업에 따라 정보통신 정보 손실 방지 정도와 정보통신 기기의 손실 저감 정도를 계량적으로 측정하기가 어려움
- 또한 정보통신 기기가 전자파 공격으로부터 피해를 입었을 때 해당 기기가 가지고 있는 정보의 가치를 추정하는 것이 큰 이슈이며, 정보통신 정보의 손실로 인해 발생하는 사회적 혼란이 야기하는 2차적인 손실의 추정은 추후에 심도있게 다루어져야 할 것임
- 대신 본 연구에서는 개발하는 원천소재 및 제품과 평가 비용, 그리고 설계



및 시공 등 엔지니어링 서비스를 통해서, 국내외의 위 시장들에서 제품과 기술용역의 판매를 통해 얻는 편익을 더욱 구체적으로 추정해보고자 함

- 본 연구를 통해서 발생하는 시장 편익은 국내시장에서 발생 가능한 편익과 해외시장에 진출하여 발생할 수 있는 편익으로 구분
 - 본 연구에서는 이 부분을 상당히 보수적으로 추정하여, 국내·외 시장에서 발생하는 편익을 추정하고자 함
 - 소위 시장수요 접근법을 적용하여 편익을 추정하되 부가가치 (value-added) 창출의 관점에서 경제적 편익을 평가하고자 함
- 편익 추정에 있어서 무엇보다도 중요한 것은 편익의 개념이 예비타당성조사 일반지침 제 5판에 부합해야 하는 것이며, 편익 항목 간 이중계산의 문제가 없어야 한다는 것이므로, 편익 추정에 있어서 이 원칙을 견지하여 추정함

다. 편익 추정방법

- 편익이 발생하는 각 시장의 성장 규모를 예측하여 추정하는 것이 바람직하나, 데이터 구득의 어려움이 존재
 - 또한 위에서 언급한 세부 시장 이외에의 영역에서 많은 편익이 발생하나, 데이터 구득이 난망함
 - 따라서, 각각의 세부 시장에서 발생하는 편익을 중복되지 않게 추정하여 계산함
- 위와 같이 편익추정을 추생하더라도, 편익이 발생하는 사업 후 미래 11년간의 예측 데이터를 무리한 가정으로 추정하기 보다는, 수치의 신뢰성 확보를 위해서는 지속적인 시장데이터 업데이트에 기반한 경제성평가 보완이 필요할 것임
 - 본 연구에서는 편익을 최대한 보수적으로 추정하기 위하여, 시장의 성장률도 보수적으로 가정하여 수행함
 - 전문가 설문에 의거하여 미래 시장규모 등이 예측·계상되어 논리적 설득력을 갖추기 위해서는 AHP 등 비교적 널리 통용되는 의사결정기법을 사용하여 로직을 갖추는 것이 매우 긴요함

라. 편익의 구체적 추정

- 본 사업의 편익은 아래와 같음



- 1) 전자파 차폐로 인한 정보통신 정보 보호 편익 (정보사회 안전망 구축)
 - 2) EMP 차폐로 인한 정보통신 기기의 손실 방지 편익 (정보통신 장비 손상 방지)
 - 3) 국내시장 편익, 즉 본 제품 및 서비스의 판매에서 발생하는 국내 시장별 편익, 보다 구체적으로 a) 나노탄소 원천 소재 시장, b) 전자파 차폐 시멘트 콘크리트 계 재료 활용 시장, c) 전자파 차폐 구조물 설계 및 시공 활용 시장, d) 기타 전자파 차폐 활용 시장 e) 기타 등의 시장에서 발생하는 편익 등임
 - 4) 국외시장 편익, 세부시장은 국내시장과 유사하게 구성
- 그러나 본 연구에서 구체적으로 추정하는 편익은, 추정노력이 광범위하게 진행되어, 별도의 노력을 필요로 하는 1)과 2)를 제외하고 (본 사업의 심층타당성 분석에서는 반드시 수행되어야 할 것임), 3)과 4)의 편익 부분을 추정하는데 중점을 둠
- 본 연구를 통해서 발생하는 시장 편익은 국내 시장에서 발생 가능한 편익과 해외 시장에 진출하여 발생할 수 있는 편익으로 구분됨
- 국내시장 편익 추정을 위한 국내시장 추정
- 국내시장의 편익은 전자파 차폐 구조물 관련 국내시장의 규모로부터 도출할 수 있음
 - 국내시장 규모는 정확한 예측이 되지 않고 있음. 그 이유는 전자파 차폐 구조물 시장의 경우 군수용이 많은 부분을 차지하고 있으나 대부분 보안 사업으로 진행함으로써 통계치를 잡기 어려움
 - 그러나 시설물을 중심으로 한 전자파 차폐 재료 및 구조물 시장은 최근 EMP 방호의 필요성이 대두되면서 약 6% 정도의 성장률이 예측(조선일보, 16, 7.12), 따라서 여기서 국내시장은 이 성장률을 적용하기로 함
 - 전자파 차폐 재료 및 흡수재 세계 시장은 2015년 전체 약 6 조 2,000 억 원 규모이며, 시설물 보다는 장치 산업이 많은 부분을 차지하고 있으며, 시설물은 이중에서 약 20% 정도를 차지하고 있는 것으로 알려져 있음
 - 장치 부분에서는 성장률은 약 4.4% 정도의 선형적 성장하고 있으나 시설물 부분에서는 약 8%의 가파른 성장세를 보이고 있음. 여기서는 낮은 초기값과 높은 성장률의 현실을 반영함 (2장 시장동향 분석)
 - 실제로 a) 나노탄소 원천 소재 시장, b) 전자파 차폐 시멘트 콘크리트 계 재



료 활용 시장, c) 전자파 차폐 구조물 설계 및 시공 활용 시장, d) 기타 전자파 차폐 활용 시장 e) 기타 등의 시장 규모는 이보다 훨씬 크게 추정될 수 있으나, 여기서는 보수적 추정을 하였음

표 74. 국내 전자파 차폐 재료 및 구조물 시장 규모 예측
(단위 : 억 원)

년도	국내시장 규모
2015	1,300
2016	1,378
2017	1,461
2018	1,548
2019	1,641
2020	1,740
2021	1,844
2022	1,955
2023	2,072
2024	2,196
2025	2,328
2026	2,468
2027	2,616
2028	2,773
2029	2,939
2030	3,116
2031	3,302
2032	3,501
2033	3,711

○ 해외시장 편익을 추정을 위한 해외시장 규모 추정

- 해외시장의 편익은 전자파 차폐 관련 해외시장의 규모로부터 도출할 수 있음
- 해외시장규모는 해외시장 동향조사 등의 예측에 근거하여, 2015년 시장규모로부터 5%씩 성장한다고 보수적으로 가정
- 실제 전자파 차폐 구조물 시장 국제 태러의 증가로 급속히 증가하고 있지만 보안사항이기 때문에 정확한 값을 알 수 없음. 따라서 전자파 차폐 재료 시장에 대해 알려진 5%를 가정함



표 75. 해외 전자파 차폐 재료 및 구조물 시장 규모 예측
(단위 : 억 원)

년도	해외시장 규모
2015	12,400
2016	13,020
2017	13,671
2018	14,355
2019	15,072
2020	15,826
2021	16,617
2022	17,448
2023	18,320
2024	19,236
2025	20,198
2026	21,208
2027	22,269
2028	23,382
2029	24,551
2030	25,779
2031	27,068
2032	28,421
2033	29,842

마. 편익 계산

○ 시장수요 접근법은 다음과 같이 적용됨

연간 경제적 편익 = 미래 시장 규모

- × 예상 시장 점유율 (국내 15%)
- × 사업기여율 (25.0%)
- × R&D 기여율 (35.4%)
- × R&D 사업화 성공률 (39.7%)
- × 부가가치율 (32.9%)



○ 도출되는 편익은 아래와 같음

표 76. 도출 편익

(단위 : 억 원)

년도	국내시장	해외시장	국내시장+ 해외시장	도출편익	편익의 현재가 (2016년 말 기준)
2015	1,300	12,400	13,700		
2016	1,378	13,020	14,398		
2017	1,461	13,671	15,132		
2018	1,548	14,355	15,903		
2019	1,641	15,072	16,713		
2020	1,740	15,826	17,566		
2021	1,844	16,617	18,461		
2022	1,955	17,448	19,403		
2023	2,072	18,320	20,392	35.36	23.80
2024	2,196	19,236	21,433	37.16	23.63
2025	2,328	20,198	22,526	39.06	23.47
2026	2,468	21,208	23,676	41.05	23.32
2027	2,616	22,269	24,884	43.15	23.16
2028	2,773	23,382	26,155	45.35	23.00
2029	2,939	24,551	27,490	47.67	22.85
2030	3,116	25,779	28,894	50.10	22.69
2031	3,302	27,068	30,370	52.66	22.54
2032	3,501	28,421	31,922	55.35	22.39
2033	3,711	29,842	33,553	58.18	22.24



4. 비용-편익 분석

가. 비용-편익분석의 개요

- 경제성 분석은 편익/비용 비율 (B/C ratio), 순현재가치 (NPV), 내부수익률 (IRR) 등의 계산을 통하여 사업의 경제성을 파악하는 과정이며, 경제성 분석에 사용된 각종 추정치의 오차를 보완하기 위하여 주요 변수의 변화가 경제성에 미치는 영향에 대한 민감도 분석을 수행함

나. 비용-편익분석 기법

- 편익/비용 비율(B/C ratio)은 개별 대안사업별로 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 값이 가장 큰 대안을 선택하는 방법임
 - 사업의 비용, 편익은 장시간에 걸쳐 투입되거나 발생하기 때문에 할인율을 적용하여 이를 특정기간 (일반적으로 현재년도)에 발생하는 것으로 환산하여 비교하게 되는데 이를 ‘현재 가치화’라고 함
 - 각 사업의 편익-비용비는 현재 가치로 환산된 편익과 비용으로 나타내는 것이 일반적이며 일반적으로 편익/비용 비율이 1.0보다 크면 경제성이 있다고 판단

$$B/C \text{ ratio} = PV \text{ of } B / PV \text{ of } C_t$$

- 그러나 위 식에서 보듯이 편익/비용비율(B/C ratio)은 사업의 비용 1단위당 편익이 얼마인가를 보여주는 것이므로 자연히 소규모 사업이 상대적으로 높은 편익/비용 비율을 갖게 되는 경우가 많으며 비용과 편익을 명확히 구분하기 어려울 때가 많음
 - 따라서 사업의 우선순위를 결정하는 데 있어 편익/비용 비율기준만으로 큰 의미가 있다 할 수 없음
- 순현재가치 (Net Present Value: NPV)는 현재가치로 환산된 장래의 연차별 순편익의 합계에서 초기 투자비용 및 현재가치로 환산된 장래의 연차별 비용의 합계를 뺀 값을 의미함. $NPV > 0$ 이면 경제성이 있다고 판단함

$$NPV = -I_o + \sum_{n=1}^N \frac{NB_n}{(1+r)^n} \quad n = 1, 2, \dots, N$$

여기서, I : 투자액, NB : 순편익, r : 사회적 할인율, N : 경제성 분석 기간



○ 내부수익률 (Internal Rate of Return: IRR)은 편익과 비용의 합계가 동일하게 되는 수준의 현재가치 할인율을 의미함.

- 즉, 어떤 사업의 순현재가치의 값을 '0'으로 하는 특정한 값의 할인율을 의미함. 내부수익률이 시장이자율보다 높은 경우 혹은 공공사업에 대해 사회적으로 용인할 수 있는 이자율보다 높게 나타나면 그 사업은 타당성이 있다고 평가할 함

$$0 = -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{NB_n}{(1+\Pi)^n}$$

여기서, I : 투자액, NB : 순편익, Π : 내부수익률, N : 경제성 분석 기간

○ 각 방안별 문제점을 간략하게 지적하면 우선, B/C ratio와 IRR을 사용함에 있어 애매한 경우가 다소 있음

- 구체적으로 B/C ratio는 재투자 비용이 드는 사업을 평가함에 있어 재투자 비용을 비용으로 산정할 것인지 혹은 음의 수익으로 산정할 것인지에 따라 다른 값을 가짐
- IRR은 사업규모가 다른 경우 IRR만으로는 우열을 가리기 힘들다는 문제가 있으며 사업간 상호 독립적이란 가정 하에 도출하는데, 만약 사업간 상호배타적인 경우, 즉 경쟁적 관계의 사업에서 다수의 IRR을 가지는 경우가 발생할 수 있는 문제점이 있음
- IRR 및 B/C ratio의 문제점으로 인해 일반적으로 NPV가 우월하다고 알려져 있지만, NPV 또한 예산상 제약이 있는 경우 한계가 있음
- 대규모사업이 소규모사업에 비해 큰 순현재가치가 발생하게 되어 대규모사업이 통상 유리하게 평가되는데, 예산제약으로 인해 하나의 대규모 사업과 여러 개의 소규모 사업 중 선택해야 하는 경우가 있는데, 이 경우 NPV는 올바른 평가를 수행할 수 없음

○ 결국 어떤 사업의 경제적 타당성의 유무판단기준으로서 어느 한 기준에 전적으로 의존하는 것은 문제가 있음을 인식해야 하며, 결론적으로 순현재가치, 내부수익률 및 편익/비용 비율 세 가지를 모두 적절하게 고려한 후 의사결정을 내리는 것이 타당함

다. 분석 시 전제 사항

○ 경제성 분석에 있어 비용과 편익은 모두 사회적 비용 및 편익으로 간주할 수



있는데, 일반적으로 공공 투자시설의 경우 비용은 실질적으로 투자되어 사용된 비용을 계상하는 반면 편익은 회수 방법을 통한 실제 수익이 아닌 사회적 편익을 기준으로 함

○ 본 연구에서도 먼저 비용 및 편익을 산정하고 이로부터 사업의 경제성을 분석함

- 본 사업의 투자기간은 2018년부터 2023년까지이며, 편익은 2023년부터 2034년까지 발생하여, 2018년부터 2030년까지가 경제성 분석 대상 기간임
- 현재가격은 2016년 12월을 기준으로 사업의 비용 및 편익에 적용하고 본 사업은 그 성격상 비용이 초기에 집중 발생하는 반면, 편익은 건설 후 장기간 동안 발생하기 때문에 분석기간 동안 예상되는 비용과 편익에 사회적 할인율을 적용하여 현재가치로 환산하여 평가함

○ 사회적 할인율

- 비용과 편익의 미래 흐름을 비교하기 위하여 사용되는 할인율은 자원의 기회 비용, 즉 투자 사업에 사용된 자본이 다른 투자 사업에 사용되었을 경우 얻을 수 있는 수익을 추정하게 할 뿐 아니라 사람에 따라 혹은 사회에 따라 그리고 시대에 따라 다를 수 있는 시간의 객관적인 가치를 나타냄
- 할인율 개념의 적용에 있어서는 많은 이견이 있으나 특정 투자 사업이 정부에 의해 주도되는 경우에는 사회적 할인율의 개념을 적용하고, 민간자본에 의해 추진되는 경우에는 시장이자율에 근거한 재무적 할인율을 적용하는 것이 일반적임
- 사회적 할인율은 통상 시장이자율보다 낮은 수준으로 책정되는데 그 이유는 사회적 할인율을 사용하여 사업타당성을 평가하는 주체가 주로 정부이며 정부로서는 미래사업의 중요성이 더 높게 평가되어야 하기 때문임
- 대부분의 국가는 투자사업의 특성에 따른 할인율을 자국의 경제성장률, 물가상승률, 경제적 잠재능력 등을 고려하여 개괄적인 방법으로 정부가 추정하여 사용하고 있는데 일반적으로 개발도상국 사회간접자본의 경우는 7~8% 이상, 선진국의 경우는 보통 5~6% 수준을 적용하고 있음
- 본 연구에서는 KDI의 『예비타당성조사 수행을 위한 일반지침』(제5판)에 의거하여 5.5%를 적용

라. 비용-편익분석 결과

○ 비용-편익 분석에서 일반적으로 편익-비용 비율>1일 경우 경제적 타당성이



있는 것으로 판단됨

- 가장 보수적으로 추정했을 때, 본 사업의 경우 순현재가치는 47.49억 원으로서 0보다 크며, 편익/비용 비율이 1.95으로서 1.0을 상회하고, 내부수익률은 10.7%로서 사회적 할인율 5.5%를 상회함
- 따라서 본 사업은 경제적 타당성을 확보하는 것으로 평가됨

표 77. 비용-편익분석 결과

경제성 분석	순현재가치	편익/비용 비율	내부수익률
	47.49억 원	1.95	10.7%

○ 비용 및 편익의 흐름은 다음 표와 같음

표 78. 비용과 편익의 흐름

(단위 : 억 원)

년도	비용 (연구개발 투자)	국내시장	해외시장	총시장	편익	비용과 편익의 현가
2018	19.24	1,548	14,355	15,903		-17.18
2019	46.87	1,641	15,072	16,713		-39.55
2020	58.68	1,740	15,826	17,566		-46.80
2021	75.95	1,844	16,617	18,461		-60.57
2022	58.26	1,955	17,448	19,403		-41.49
2023		2,072	18,320	20,392	35.36	23.80
2024		2,196	19,236	21,433	37.16	23.63
2025		2,328	20,198	22,526	39.06	23.47
2026		2,468	21,208	23,676	41.05	23.32
2027		2,616	22,269	24,884	43.15	23.16
2028		2,773	23,382	26,155	45.35	23.00
2029		2,939	24,551	27,490	47.67	22.85
2030		3,116	25,779	28,894	50.10	22.69
2031		3,302	27,068	30,370	52.66	22.54
2032		3,501	28,421	31,922	55.35	22.39
2033		3,711	29,842	33,553	58.18	22.24
					B-C	47.49
					B/C	1.95
					IRR	10.7%



마. 민감도 분석

- 타당성을 평가하기 위해서는 사용되는 경제성 평가의 편익과 비용의 계산에는 많은 불확실성이 내포되어 있음
- 불확실성에 대처하기 위해서는 민감도 분석 (sensitivity analysis)을 많이 시행하는데, 민감도 분석은 투자비나 경제성에 영향을 미칠 수 있는 중요한 변수, 예를 들어서 비용, 편익, 할인율 등에 대해서 각 변수가 일정량만큼 변화되었을 경우 경제성이 어떻게 변화하는지 파악하는 방법임
- 1) 시장규모 예측치의 변화, 2) 시장점유율의 변화, 3) 기타 지표의 변화 등에 따라 NPV 값의 변화를 추적해 볼 수 있음. 기본적으로 본 연구에서는 대체로 가장 보수적인 증가치를 사용하였기 때문에, 시장점유율 10% 초과 적용 시, 시장규모의 10% 이상 성장 시 NPV 값은 크게 향상될 것임
 - 물론 반대로 시장 침체 시, 점유율 하락 시 NPV값은 음으로 나올 수 있음



제7장 과제공모 방안

1절 과제제안 요구서

1. 총괄과제 제안 요구서

연구개발과제명	EMP 차폐 및 물리적 방호의 복합 방호구조물 건설기술 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 저비용 전기전도성 구조체용 첨단 신소재 및 이를 활용한 EMP 차폐 구조체 개발 ○ EMP 차폐율 20~80 dB의 콘크리트계 구조체* 개발 - 목표 차폐율 20~40 dB의 철근콘크리트 구조체 - 목표 차폐율 40~60 dB의 시멘트 복합재료 구조체 - 목표 차폐율 80 dB의 시멘트 복합재료 + Hybrid 구조체 ○ EMP 차폐율 40~80 부속자재 및 건축자재 개발 - 도어·필터·개스킷(80 dB), 도장재(40 dB) 및 금속용사 등 ○ EMP 특성 해석 및 콘크리트 구조체 침투 모델 개발 ○ EMP 차폐 성능평가 표준화 기술 개발 - 콘크리트계 재료 및 구조체 성능평가 기술 표준화 - 콘크리트계 구조물 EMP 차폐 성능평가 기술 개발 ○ EMP 차폐 콘크리트계 구조물 구조설계 및 시공지침 개발 - EMP 차폐 및 물리적 방호(방탄·방폭)를 고려한 복합방호 ○ 콘크리트계 EMP 차폐 구조물 실증실험 및 Test Bed 적용 - 콘크리트계 EMP 차폐 Mock-Up 구조물 제작 및 실증실험 - 콘크리트계 EMP 차폐 구조물 Test Bed 적용 및 보완 ※ 콘크리트계 구조체는 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료로 구성되는 구조체를 말하며, EMP 차폐 성능을 위해서 다양한 첨가 재료 적용 가능
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 필요성	○ 북한은 2006년 장거리 미사일과 1차 핵실험을 실시한 이후 2017년 현재까지 6차에 걸친 핵실험과 대륙간 탄도미사일 및 SLBM(잠대지 미사일)의 개발을 추진하는 등, 국내 안보 위협은 날로 증가



	○ 최근 북한은 탄도 미사일을 특정 고고도(성층권 이상)에서 핵탄두를 폭발시키는 사격 방법을 검토하는 등, 핵 EMP 실험 가능성을 시사하여 안보에 심각한 위협을 가하고 있음 ○ 제임스 울시 전 미 CIA 국장은 지난 2014년 미 의회에 제출한 답변서에서“ 러시아인들이 2004년 ‘두뇌 유출’로 북한의 EMP 무기 개발을 도왔다고 말했다”고 밝힘 (이상, 2016. 06. 29, 조선일보 전문기자 칼럼) ○ 국내 공공기관 및 주요 사회 기간시설물 재래식 무기 및 EMP 공격에 대한 방호시설을 거의 갖추지 못하고 있으며, 국방 방호시설물은 방탄·방폭 및 EMP 방호를 따로 고려하는 비효율적인 방호체계를 구성 ○ 2016년 6월 금융위원회는 금융감독원, 한국거래소 및 증권·은행사 등 40 여곳을 대상으로 EMP 방어체계를 조사. 설문조사에 따르면 EMP 공격에 대한 방호 대비가 취약한 것으로 알려짐 (이상, 2016.6.7., 연합뉴스) ○ 한편, 콘크리트는 일반적으로 전자파 차폐 기능이 없는 것으로 알려져 있음. EMP 방호를 위해 구조체에서 일정한 이격 거리에 전도성 강판을 이용한 EMP 방호 Shield를 별도 설치함으로써 공간 활용이 매우 축소됨 ※ 공간 활용 감소율 : 건축면적 100㎡(44%), 500㎡(21%), 1,000㎡(15%) ○ 민간시설물에서는 테러에 대응하여 EMP 방호와 물리적인 방폭을 동시에 수행하면서 공간 활용에 전혀 저해되지 않는 방호시설의 Slim화 기술 개발 필요 ○ 군사시설물에서는 적의 도발에 종합적으로 대응하기 위해서는 EMP 방호와 동시에 탄(알)의 공격에 대한 방탄 및 포탄의 공격에 대응하는 방폭의 복합 방호구조물 최적화를 위한 기술 개발이 필요 ○ 이 기술은 민수와 군수에 모두 필요한 방호기술로서 민간에는 테러 대응 사회 안전 강화를, 국방에는 전투인력 및 전력 무기의 방어를 위한 최적의 방호 솔루션을 제공 ○ 한편, 다양하고 효율적인 방호용 재료 및 자재의 개발과 현장 적용을 위해서는 EMP 방호와 물리적 방호 효과를 동시에 실증적으로 검증할 수 있는 복합 방호 실증실험시설의 구축이 반드시 필요함



	○ 전자법, 전자진흥기본계획('14~'18, 미래창조과학부) 및 정보통신기반 보호법 등에서는 전자적 침해행위에 대비하여 주요정보통신기반시설의 보호에 관한 대책을 수립·시행하도록 규정하고 있음 - 이에 따라 정보통신 당국이나 관련 기관에서 EMP를 비롯한 전자적 침해행위로부터 정보통신시설 보호하기 위해서 전자파 차폐 방안을 강구하고 있음 - 여러 방안 중에서 시설물의 기본 단위인 구조체, 특히 콘크리트 구조체의 전자파 차폐 성능을 부여할 수 있는 방안이 대두되고 있으나 기술적 이해와 접근이 매우 부족한 상태임 ○ 전자파 차폐 또는 EMP 방호를 위해서 콘크리트 및 시멘트 복합재료로 구성된 구조체 및 구조물의 전기전도성 및 전자파 차폐 성능을 시험 및 평가할 수 있는 방안의 개발이 필요함 ○ 콘크리트 또는 시멘트 복합재료로 구성되는 주요정보통신기반시설과 군사 방호시설에 해당하는 C4I 시설물들의 전자파 차폐를 감안한 설계와 시공 기술의 개발도 필요함
□ 기술동향	<국내 기술동향> ○ 나노탄소소재의 경우 CNT, 그래핀을 중심으로 ICT 산업용 소재로 개발되고 이를 이용한 2차 제품의 개발이 활발히 진행 중 ○ CNT의 경우 시멘트계 재료와 혼합하는 연구가 일부 진행되었으나 CNT의 분산과 이 원천소재가 포함된 복합재료의 역학적 물성을 충분히 확보하지 못하고 있는 실정임 ○ 이들 복합재료의 전기전도성에 대한 기본 물성 시험평가를 중심으로 한 기초 연구가 일부 수행되고 있으나 이 복합재료의 전자파 차폐 유효성을 충분히 확보하지 못함 ○ 한편, 철근콘크리트 구조물을 중심으로 전자파 차폐를 위한 연구가 일부 수행된 있음. 이 연구에서는 철근 배근이 일부 주파수 대역에서 낮은 차폐율의 효과를 시험 ○ 콘크리트 표면에 위한 금속용사를 코팅하여 표면에서 전기전도 특성과 전자파 반사 효과를 통하여 전자파 차폐 효과를 입증한 연구가 수행된 바 있음



	○ 방호방폭연구단에서는 고성능 섬유보강 시멘트 복합재료 (HPFRCC)를 활용하여 물리적 충격 및 폭발에 매우 유리한 재료를 개발한 바 있으며, 이 복합재료가 일부 주파수 대역에서 20~30 dB의 전자파 차폐 효과를 확인 ○ 출연연구기관에서는 관련 산업계와 공동으로 건축용 무기질계 전자파 차폐도료를 개발한 바 있으나 전자파 차폐·흡수 성능의 입증에 어려워 활성화되지 못하고 있음 ○ 대한실드엔지니어링 및 대호테크 등, 국내 기업에서는 전자파 차폐 도어를 개발하여 MRI 차폐원도우(128 MHz 100 dB/투시도 46%) 등에 적용한 적이 있음 ○ 전자파 차폐 부속자재와 전자파 흡수 건축자재의 경우 국내 기술을 일부 확보하고 관련 제품을 생산하고 있으나 아직까지는 외국산 자재와 제품에 비해 다소 성능이 미흡한 점이 있어 개선 기술의 개발이 필요한 실정임 ○ 현재 전자파 차폐 효과 측정을 위하여 국제적으로 합의된 기술표준은 없으며, IEC/CISPR, IEEE를 비롯한 여러 국제기구에서는 몇 가지 대안을 제시하고 있는 수준임. 따라서 국내에서도 시험방법에 대한 표준은 부재 상태임 ○ 전자파 차폐 및 흡수 소재의 평가는 주로 전자기기나 자동차에서 발생하는 전자파에 대한 측정들이 수행되었으며 건축자재에 대한 평가는 거의 이루어지지 못하고 있음 ○ 한국전자파학회를 중심으로 EMI, EMC, EMP 연구가 수행되고 있으나, 건축물 적용에 관련해서는 건축에 대한 인식이 부족하여 거의 진척이 없음 - 전자파의 기본 특성에 대하여는 이론적으로 정립이 어느 정도 구축되어 있음 - EMP 방호 측면에서는 지금까지 대부분은 방호 구조체를 금속재로 설정하여 전자파의 입사, 반사, 침투, 흡수 및 회절 특성에 대하여 연구가 진행되었음 - 그러나 콘크리트 및 시멘트 복합재료를 차폐 수단으로 설정한 경우에 대한 연구는 거의 진행된 바 없음 ○ 국내 전자파 차폐 또는 방호에 대한 기술기준으로는 국가정보원 국가사이버안전센터의 “EMP 침해방지 대책 기술기준”과 국방부의 “군사시설 전자파 방호시설 설계기준”이 있음



	- “EMP 침해방지 대책 기술기준”은 EMP 개념, 방호기준, 구축방법, 시험평가 방법 등을 포괄적으로 규정하고 있는 대외비 자료로서 2016년 1월에 83개의 중앙행정기관 등에 배포되어 시행 - “군사시설 전자파 방호시설 설계기준”은 군에서 시행되고 있는 EMP 방호시설 구축사업에 현재 적용 ○ 이들 기준은 미국의 군사규격 MIL-STD-188-125-1/2에 근거하여 작성된 것으로서 지상의 C4I Shelter에 대한 고고도 핵 전자기파(HEMP) 방호에 적합한 내용을 포함 - 따라서 지하 또는 콘크리트 건물 내부에 설치되는 (다른 종류의) 체계에 대해서는 부적합 - 고출력 비핵 전자기파(HPHEM 또는 IEMI), 누설전자파(TEMPEST)에 의한 정보 유출 방지에 관한 내용을 포함하고 있지 않아 포괄적인 방호에 분명한 한계를 지님 <국외 기술동향> ○ 전자파 차폐를 위한 콘크리트 및 시멘트 복합재료의 개발은 세계 각국에서 부분적으로 수행한 바 있으나 실제 구조물에 적용할 정도의 성과를 도출하지 못하고 있음 - 일본 Musashi 기술연구소, Tokyu 건설 및 Shimizu 건설은 철근이 매립된 콘크리트 벽과 외벽 형상 및 슬랩 금속망을 보강한 구조체의 전자파 전달, 반사 및 흡수 특성을 연구 - 미국의 State University of New York에서는 여러 형태의 탄소, 니켈, 철강 등을 이용하여 이들 보강재 혼입비에 따른 전자파 차폐 모르타르에 대하여 연구 - Compact 사에서는 직경 8 μm, 약 6 mm 길이의 Metal Coated Graphite Fiber를 개발하여 높은 도전성 네트워크를 구성하는 방식의 복합재료를 제안 - University of Nebraska-Lincoln의 Krause (2012)는 전자파 차폐를 목적으로 강섬유와 탄소분말을 혼입한 전도성 콘크리트 개발, 주파수 영역대가 100 MHz 이상일 경우 전자파 차폐 성능이 80 dB을 달성한 바 있음 - 영국 University of Nottingham의 Wong 등(2010)은 탄소



	섬유보강 폴리머 복합재료를 전자파 차폐 목적으로 사용하기 위한 연구를 수행한 바 있으며, 80 g/m²의 탄소 섬유를 혼입하여 40 dB의 차폐 성능을 확보한 바 있음 - 이상과 같이 콘크리트 및 시멘트 복합재료와 첨단 신소재를 활용한 전자파 차폐 구조체에 대한 연구들이 태동 단계이며 기존 콘크리트 구체에 전자파 흡수 성능을 부가할 기술개발이 시작되고 있음 ○ 전자파 흡수를 위한 건축자재와 부속자재는 2000년대 초부터 일본을 중심으로 꾸준히 개발되고 있으며 부분적으로 적용되고 있음 - 유리나 내장재 등의 표면에 일정 주파수(FSS)의 전파만을 반사할 수 있는 안테나를 배치하여 특정의 전파만을 선택해서 차폐할 수 있는 ‘주파수 선택 전자차폐 필름’을 개발 - 카지마건설은 기존 동박(銅薄)과 석고보드에 대신하여 30 dB 정도의 전자차폐 성능을 가진 전자파 차폐벽지를 개발 - 시미즈건설은 통상의 PC 패널을 이용하여 무선LAN, PHS 등의 무선시스템에 유효한 15 dB정도의 차폐성능을 가지는 간이전자차폐 기술을 개발 ○ 전자장치 및 통신기기에 대한 EMI 차폐 및 흡수재료에 대한 시장은 세계적으로 2023년도에 약 2.2 billion US \$로 예측되는 등, 급성장하고 있지만, 시설물의 전자파 차폐를 위한 건축자재 및 부속자재의 개발은 활발하지 못한 실정임 ○ 미국은 전자파 차폐에 대하여 ANSI, MIL 등의 독자적인 기술 표준을 보유하고 있으나 국제적으로 합의된 표준은 아직까지 정립되지 못하고 있음 - 미국의 전자파 차폐 효과 시험 표준으로서 군사시설의 평가는 MIL-STD-188-125-2 규격과 민간의 전자파 차폐룸의 평가를 위해서 IEE-STD-299가 있고, EMP를 방어 시설에 대한 평가를 위한 IEC61000423-4-23 등이 있음 ○ 전자파 침해에 대한 위험성(risk) 분석과 취약성(vulnerability) 분석·평가 미국을 중심으로 전개되었음 - 위험성 분석에 널리 적용되는 ISO 31000 규격과 건물의 물리적 위협에 대한 위험성 분석에 사용되는 FEMA 452와 유사한 절차를 포함



	○ 미국에서는 MIL-STD-188-125-1,2에서 고정형 지상기지 C4I 시설의 최소 HEMP 방호시설 성능 요구조건을 규정하고 있으며, MIL-HDBK-1195에서 RF 차폐 구조물 가이드를 제시하고 있음 ○ 민간시설을 대상으로 기술문서로서 EP 1110-3-2에서 전자파 펄스와 도청방지 대책을 위한 시설물 설계 기술을 제시하고 있음 ○ 영국의 House of Commons 산하 Defence Committee에서 “Developing Threats: Electro-Magnetic Pulses(EMP)” (2012.2) 보고서를 출간 - 핵 EMP와 비핵 EMP 위협을 분석하고 국가 핵심 기반시설, 특히 전력망에 대한 EMP 방호를 강조 ○ 유럽에서는 2008년부터 2010년까지 유럽 공동 프로젝트, SafePowNet을 수행한 바 있음 - 여기서는 의도성 전자파 간섭에 의한 대규모 전력망의 제어 센터를 무력화시킬 수 있는 위험성의 평가와 대책에 관한 내용을 다루고 있음
3. 연구개발 내용	
	<EMP 차폐 원천소재, 재료 및 구조체 개발> ○ 저비용 산화·환원 나노탄소소재 제조 기술 개발 ○ 나노탄소소재를 활용한 EMP 차폐 시멘트 복합재료 개발 ○ EMP 차폐 철근콘크리트 구조체 개발 ○ EMP 차폐 시멘트 복합재료 구조체 개발 ○ EMP 차폐 Hybrid 복합 구조체 개발 ○ EMP 차폐 콘크리트계 구조물 Test-Bed 적용 및 기술 보완 <EMP 차폐 구조물 설계 및 시공 기술 개발> ○ 콘크리트계 구조체의 EMP 입사, 반사, 투과 및 흡수 특성 해석 기술 개발 ○ 최적 EMP 방호를 위한 zoning 및 전기·전자장치 배치설계 기술 개발 ○ EMP 차폐룸 내 건축 환경 및 설비 설계 기술 개발



	○ 물리적 방호 및 EMP 방호의 복합 성능 설계기술 개발 ○ EMP 차폐 콘크리트 구조물의 구조설계 및 시공기술 개발 ○ EMP 차폐 시멘트 복합재료 구조체 보강 설계 및 시공기술 개발 <EMP 차폐·흡수 건축자재 및 부속자재 개발> ○ 평면 차폐 도어 및 연결부 기밀장치 개발 ○ 전원 및 신호용 EMP 필터 장치 개량 기술 개발 ○ 기밀성능 및 편의성 향상 개스킷 개발 ○ EMP 차폐 고기능성 도장재 개발 ○ EMP 차폐 용사소재 및 용사코팅 기술 개발 ○ 고기능성 EMP 차폐 부가 재료 개발 <EMP 차폐 성능평가 및 실증실험 기술 개발> ○ 콘크리트 및 시멘트 복합재료 재료단위 EMP 차폐 시험법 및 시험장치 개발 ○ 콘크리트계 구조체단위 EMP 차폐 시험법 및 시험장치 개발 ○ 콘크리트계 구조체 표면 보강 재료의 EMP 차폐 시험법 및 시험장치 개발 ○ 콘크리트계 구조체와 부속자재 연결부 EMP 차폐 시험평가 기술 개발 ○ 방탄·방폭 물리적 방호성능 시험평가 ○ EMP 차폐 실증실험용 콘크리트계 Mock-Up 구조물 설계 및 제작 ○ 콘크리트계 Mock-Up 구조물 EMP 차폐 실증실험 기술 개발 ○ 콘크리트 구조물 EMP 차폐 인증프로세스 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 핵심기술의 연차별 목표 및 성능 수준 등 제시 - 핵심기술과 연차별 목표를 수립, 이에 따른 연차별 세부 연구내용과 추진전략 및 일정계획, 핵심성과 로드맵(TRL 반영) 제시 - 연차별 달성목표(마일스톤)을 구체적으로 제시하고 정량적



	핵심 성과 목표를 제시 ※ 예) 기존 나노탄소소재 대비 전기전도성 00%, 생산 단가 절감 00%, 나노탄소소재 분산성 00% 향상 등 ○ 연구개발내용, 성과물 간 연계가 표출되도록 기술개발·성과 로드맵 및 연차별 성과 평가지표와 평가 방안 제시 - 연구개발 성과목표·지표 등을 구체적으로 제시 ○ 성과물의 실용화로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급 효과 및 산출근거 제시 - 수요자가 활용 가능한 성과물 형태 제시 ○ 기존에 수행되었거나 국외 및 국내에서 현재 수행 중에 있는 관련 연구개발결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용방안을 연구계획에 포함 ○ 전자파 차폐 구조체의 물리적 특성 분석 및 평가 관련 전문가 및 장비/시설 인프라 보유 기관의 활용 방안 제시 ○ 나노탄소소재, 콘크리트 및 시멘트 복합재료 등, 각 소재 및 재료 분야의 전문가 소속기관의 융·복합 연구개발 방안 제시 ○ Cabinet Shielding 방식의 EMP 차폐 시설에 적용된 기존 부속자재와의 차별성 제시 ○ 성과물의 실용화를 위해 객관적인 검토 과정 제시 - 시험법, 표준 또는 기준의 검증 절차 제시 ○ 각 지침의 경우 관련 학회 및 기술자의 객관적 검토 과정 수행 계획 제시 ○ Test Bed의 경우 연구 초기 단계에서 구체적인 실시 계획을 제시
□ 추진체계	○ 핵심기술 개발 단계는 학·연 또는 산·학·연 공동연구로 구성, 응용기술 개발 단계는 반드시 산업체를 포함한 연구체계를 구성 ○ 개발될 원천소재와 재료 및 자재 제품 등은 연구개발 단계에서 시작품 및 시제품의 제작이 가능한 참여기관이 필요함 ○ 세부과제 컨소시엄 구성 시 협동연구기관은 과제시점부터 종료까지 동일 기관으로 구성하고 연차별 연구수행내용에



	따라 공동 또는 위탁 등 참여기업의 구성은 변화 가능 ○ 세세부 과제 간 연차별 개발 시기가 연계될 경우 각 세세부 간 참여기간의 연계성을 명확히 제시 ○ 개발하는 원천소재, 콘크리트, 시멘트 복합재료 및 건축자재·부속자재의 전자파 차폐 성능평가 수행 세부과제와 연계 연계 수행 방안을 제시 ○ 국가표준이 미흡한 성능평가 분야는 민간시험기관에서 보유한 기술을 객관화하는 과정이 필요할 수 있음. 따라서 시험평가기관의 참여도가 높일 수 있는 방안이 필요 ○ 소재, 재료 및 자재 개발 세부과제와 전자파 차폐 구조물 설계 및 시공 기술이 유기적으로 연계될 수 있도록 연구 추진체계를 구성 ○ Test Bed의 추진을 위해서 주요정보통신기반시설 관리 주체 및 군사 C4I 방호시설 운영 부대와와의 협력체계를 구축 방안을 제시
5. 최종성과물	
	<EMP 차폐 원천소재, 재료 및 구조체> ○ EMP 차폐 구조체용 나노탄소소재 첨가 소재 시제품 ○ EMP 차폐 철근콘크리트 구조체 시제품 ○ EMP 차폐 시멘트 복합재료 구조체 시제품 ○ EMP 차폐 Hybrid 복합 구조체 시제품 ○ EMP 차폐 실증실험용 Mock-Up 구조물 시제품 ○ EMP 차폐 구조물 Test Bed 적용 <EMP 차폐 콘크리트계 구조물 설계/시공 지침 및 가이드라인> ○ 콘크리트계 구조물의 EMP 침투 특성 모델 ○ EMP 방호 zoning 및 전기·전자장치 배치설계 가이드라인(안) ○ EMP 차폐 콘크리트 구조물 건축 환경 및 설비 설계 가이드라인(안) ○ EMP 차폐 콘크리트계 구조물 구조설계지침(안) ○ EMP 차폐 콘크리트계 구조물 시공지침(안)



	<EMP 차폐 건축자재 및 부속자재> ○ EMP 차폐 80 dB 가능한 평면 차폐 도어 및 연결 기밀장치 시제품 ○ 전원용 및 신호용 EMP 필터 개량형 시제품 ○ 저비용 고효율 개스킷 EMP 차폐 부속자재 시제품 ○ EMP 차폐 도료, 용사코팅 시제품 ○ 고기능성 EMP 차폐 부가 재료 시제품 <EMP 차폐 성능평가 시험기준 및 장치> ○ 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 EMP 차폐 시험규격(안) ○ 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 EMP 차폐 시험장치 시제품 ○ 콘크리트계 구조물 EMP 차폐 성능평가 가이드라인(안) ○ 콘크리트계 구조물 EMP 차폐 인증절차(안)
6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 2018.04 ~ 2023.03 (5년) - 1차년도 연구기간 : 2018.04 ~ 2018.12 (9개월) ○ 총 정부출연금 : 17,000 백만 원 이내 - 1차년도 정부출연금 : 1,000 백만 원 이내 ※ 정부출연금은 선정평가 결과, 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음 ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능 ※ 세부과제별로 기업부담금 비율 준수
7. 기 타	
	○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임 - 단, 부분적으로 보안이 필요한 사항은 전문기관과 협의하여 일반에 공개하지 않을 수 있음 ○ 연구개발계획서는 과제제안요구서에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함



	○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 － 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함 ※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조 － 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함 ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음 ○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시 ○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시 － 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시 ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성 － 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시 ○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시 － 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시 ※ 과제선정 후 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용 － 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능 ○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또



	는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구 개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함 ○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함 ○ 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음 - 전문기관은 필요시 선정된 주관연구기관(주관연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음 ○ 본 연구사업은 민·군 및 타부처 협력 과제로서 본 사업 추진 시 과학기술정보통신부, 국방부 등 관련 부처의 의견을 수렴할 수 있도록 추진전략에 명기하여야 함



2. 세부과제 제안 요구서

가. 1 세부과제

연구개발과제명	EMP 차폐 콘크리트계 소재, 재료 및 구조체 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 콘크리트 구체 첨가용 저비용 전기전도성 첨단 신소재 개발 ○ EMP 차폐율 20~80 dB의 콘크리트 및 시멘트 복합재료 구조체 개발 - 목표 차폐율 20~40 dB의 철근콘크리트 구조체 - 목표 차폐율 40~60 dB의 시멘트 복합재료 구조체 - 목표 차폐율 80 dB 시멘트 복합재료 + Hybrid 구조체 - EMP 차폐와 물리적 방호가 가능한 복합 방호 구조체 ○ EMP 차폐 콘크리트계 구조물* 구조설계지침 개발 ○ EMP 차폐 콘크리트계 구조물 시공지침 개발 ※ 여기서, 콘크리트계 구조물은 철근콘크리트 구조물과 시멘트 복합재료 구조물을 모두 포함
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 필요성	○ 주요정보통신기반시설을 비롯한 공공시설물의 80% 이상 철근콘크리트 구조형식으로 건설되어 있음 ○ 2012년에 완공된 합참지휘부 신청사에 EMP 방호 차폐 시설이 구축되었으며 군사령부급의 군사방호시설에도 일부 EMP 방호시설이 구축됨 - 그러나 이들 방호시설은 강판을 이용한 별도의 Cabinet 방식의 EMP 방호시설을 설치함 - 이 Cabinet 방식의 EMP 방호시설은 관리 상당한 면적의 관리 공간을 뒤편으로써 건축공간의 활용을 감소시키고 별도의 방호시설 설치비용이 필요하는 등, 비효율적 방식임 ○ 대부분의 EMP 방호시설은 창호 및 환기구 등을 최소화하고 폐쇄형으로 구성된 철근콘크리트 구조형식을 사용함 ○ 콘크리트 구조의 경우 전자파 차폐 기능이 거의 없는 것으로 알려져 있어 별도의 EMP 방호를 위한 조치가 필요함 ○ 전자법, 전자진흥기본계획('14~'18, 미래창조과학부) 및 정



	보통신기반 보호법 등에서는 전자적 침해행위에 대비하여 주요정보통신기반시설의 보호에 관한 대책을 수립·시행하도록 규정하고 있음 - 이에 따라 정보통신 당국이나 관련 기관에서 EMP를 비롯한 전자적 침해행위로부터 정보통신시설 보호하기 위해서 전자파 차폐 방안을 강구하고 있음 - 여러 방안 중에서 시설물의 기본 단위인 구조체, 특히 콘크리트 구조체의 EMP 차폐 성능을 부여할 수 있는 방안이 대두되고 있으나 기술적 이해와 접근이 매우 부족한 상태임 ○ 이 세부과제를 통해서 구조적 성능만을 위해서 사용되는 철근콘크리트 구조체에 전자파 차폐 기능을 부가할 수 있는 다기능 콘크리트 기술을 개발할 필요 있음 ○ 특히 국토교통부의 주요 연구개발 대상 기술인 건설재료의 첨단화의 일환인 콘크리트 또는 시멘트 복합재료 기술에서 EMP를 차폐할 수 있는 기술 개발 필요성은 매우 높음 ○ 최근 ICT 산업의 혁신을 견인한 나노탄소 원천소재를 건설재료로 활용하는 기술을 개발하여 지금까지 시멘트 복합재료가 구현하지 못한 전자파 차폐 기능을 획기적으로 확보 ○ 군사방호시설에서는 방탄·방폭의 물리적 방호와 EMP 방호가 동시에 필요하며, 이를 위해 내충격 구조체이면서 동시에 고전기전도성 복합 기능의 시멘트 콘크리트 구조체 개발이 반드시 필요함 ○ 재료, 구조체의 개발과 함께 일반 구조, 방폭 구조 및 EMP 방호 구조에 대한 설계 및 시공 기술의 개발도 병행되어야 함 ○ 지금까지 세계적으로도 시멘트 콘크리트 기반의 구조물로서 전자파 차폐와 물리적 방호를 동시에 수행할 수 있는 재료 및 구조기술이 개발된 적이 없으며, 이 연구사업을 통하여 세계 선도 기술을 확보할 필요 있음
□ 기술동향	<국내 기술동향> ○ 나노탄소소재의 경우 CNT, 그래핀을 중심으로 ICT 산업용 소재로 개발되고 이를 이용한 2차 제품의 개발이 활발히 진행 중 ○ 최근 국내 관련 전문연구기관에서는 나노탄소소재와 시멘트계 재료의 복합화를 위한 개발 모델을 정립한 바 있으나 시



	험개발은 아직 진행되지 않음 ○ CNT의 경우 시멘트계 재료와 혼합하는 연구가 일부 진행되었으나 CNT의 분산과 이 원천소재가 포함된 복합재료의 역학적 물성을 충분히 확보하지 못하고 있는 실정임 ○ 이들 복합재료의 전기전도성에 대한 기본 물성 시험평가를 중심으로 한 기초 연구가 일부 수행되고 있으나 이 복합재료의 전자파 차폐 유효성을 충분히 확보하지 못함 ○ 한편, 철근콘크리트 구조물을 중심으로 전자파 차폐를 위한 연구가 일부 수행된 있음. 이 연구에서는 철근 배근이 일부 주파수 대역에서 낮은 차폐율의 효과를 시험 ○ 그러나 다양한 주파수 대역을 상대로 한 전자파 차폐 철근콘크리트에 대한 연구개발은 거의 수행되지 않고 있는 실정 ○ 콘크리트 표면에 위한 금속용사를 코팅하여 표면에서 전기전도 특성과 전자파 반사 효과를 통하여 전자파 차폐 효과를 입증한 연구가 수행된 바 있음 ○ 방호방폭연구단에서는 고성능 섬유보강 시멘트 복합재료(HPFRCC)를 활용하여 물리적 충격 및 폭발에 매우 유리한 재료를 개발한 바 있음 ○ 동시에 이 복합재료를 활용하여 전자파 차폐에 대한 선행 연구를 수행한 바 있으며, 이 연구에서는 특정 강섬유를 혼입한 복합재료에서 일부 주파수 대역에서 20~30 dB의 전자파 차폐 효과를 확인 ○ 국내 나노탄소소재 원천기술은 국제적으로 높은 수준에 있으나 주로 ICT 산업에 필요한 고기능의 고가 소재 응용개발에 집중되고 있음 ○ 따라서, 본 연구개발에서 물리적 강도 및 전기전도성을 주요 요구 성능으로 하는 저비용의 전자파 차폐용 나노탄소소재의 개발 노력이 필요함 ○ 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료를 전자파 차폐 구조체로 활용하는 연구개발이 수행된 바 없으며, 이에 필요한 원천소재, 재료 및 구조체 구성 기술이 필요함 <국외 기술동향> ○ 일본 Musashi 기술연구소, Tokyu 건설 및 Shimizu 건설은



	철근이 매립된 콘크리트 벽과 외벽 형상 및 슬랩 금속망을 보강한 구조체의 전자파 전달, 반사 및 흡수 특성을 연구한 바 있음 ○ TDK, Nippon Paint, Nittobo 등의 일본 업체가 전자파 흡수 재료와 공법에 관하여 연구개발을 수행한 바 있고 최근에는 전자파 환경 제어형 건축물에 대한 개발, 설계, 시공을 부분적으로 실시 ○ 미국의 State University of New York에서는 여러 형태의 탄소, 니켈, 철강 등을 이용하여 이들 보강재 혼입비에 따른 전자파 차폐 모르타르에 대한 연구를 진행한 바 있음 ○ Compact 사에서는 직경 8 μm, 약 6 mm 길이의 Metal Coated Graphite Fiber를 개발하여 높은 도전성 네트워크를 구성하는 방식의 복합재료를 제안한 바 있음 ○ University of Nebraska-Lincoln의 Krause (2012)는 전자파 차폐를 목적으로 강섬유와 탄소분말을 혼입한 전도성 콘크리트 개발, 주파수 영역대가 100 MHz 이상일 경우 전자파 차폐 성능이 80 dB을 달성한 바 있음 ○ 미국은 탄소나노튜브를 이용한 전자파 차폐연구가 통신 기기를 중심으로 매우 활발하게 진행되고 있으며 최근 콘크리트와 같은 건축 재료에 적용하기 위한 연구도 진행되고 있음 ○ 영국 University of Nottingham의 Wong 등(2010)은 탄소섬유보강 폴리머 복합재료를 전자파 차폐 목적으로 사용하기 위한 연구를 수행한 바 있으며, 80 g/m²의 탄소 섬유를 혼입하여 40 dB의 차폐 성능을 확보한 바 있음 ○ 최근 중국 대련공대(Dalian University of Technology) 등 대학을 중심으로 muti-walled 탄소나노튜브 및 그래핀 옥사이드를 활용한 전자파 차폐용 시멘트 복합재료 개발에 대한 연구를 다수 진행하고 있음 ○ 이상과 같이 콘크리트 및 시멘트 복합재료와 첨단 신소재를 활용한 전자파 차폐 구조체에 대한 연구들이 태동 단계이며 기존 콘크리트 구체에 전자파 흡수 성능을 부가할 기술개발이 시작되고 있음
3. 연구개발 내용	
	○ 저비용 전기전도성 구조체용 첨단 신소재 개발



	- 저비용 전기전도성 나노탄소소재 제조 및 생산 기술 개발 - 나노탄소소재의 친수성 성질 개발 기술 개발 - 나노탄소소재와 시멘트 재료 간 결합 성능 개선 기술 개발 - 기타 전기전도성 첨단신소재 개발 ○ 나노탄소소재를 활용한 EMP 차폐 시멘트 복합 재료 개발 - 나노탄소소재 분산 및 배열 성능 향상 기술 개발 - 나노탄소소재 혼입 시멘트 복합재료 배합 기술 개발 ○ EMP 차폐 철근콘크리트 구조체 개발 - EMP 차폐 활성화 철근 배근 기술 개발 - 철근콘크리트의 전기전도성 연결 기술 개발 - 철근콘크리트 구조체 내 EMP 차폐 부가 성능 기술 개발 ○ EMP 차폐 시멘트 복합재료 구조체 개발 - EMP 차폐 시멘트 매트릭스 재구성 및 첨가 재료 개발 - EMP 차폐 강섬유보강 시멘트 복합재료 구성 및 제조 기술 - EMP 차폐 강섬유 및 나노탄소소재 복합재료 제조 기술 개발 ○ EMP 차폐 Hybrid 복합 구조체 개발 - 그리드형 전도성 보강자재 선정 및 복합 구조체 제작 기술 개발 - EMP 차폐 성능 향상 시멘트 복합재료와 그리드 연결기술 개발 ○ 물리적 방호 및 EMP 방호의 복합 성능 설계기술 개발 ○ 방탄·방폭 물리적 방호성능 시험평가 ○ EMP 차폐 콘크리트계 구조물의 구조설계 및 시공기술 개발 ○ EMP 차폐 시멘트 복합재료 구조체 보강 설계 및 시공기술 개발 ○ EMP 차폐 실증실험용 콘크리트계 Mock-Up 구조물 설계 및 제작 ○ EMP 차폐 구조물 Test-Bed 적용 및 기술 보완 - 적용 대상 및 규모 선정 - 신규 EMP 방호구조물 및 기존 구조물 EMP 차폐 보강
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 핵심기술의 연차별 목표 및 성능 수준 등 제시 - 핵심기술과 연차별 목표를 수립, 이에 따른 연차별 세부 연구내용과 추진전략 및 일정계획, 핵심성과 로드맵(TRL 반



	영) 제시 - 연차별 달성목표(마일스톤)을 구체적으로 제시하고 정량적 핵심 성과 목표를 제시 ※ 예) 기존 나노탄소소재 대비 전기전도성 00%, 생산 단가 절감 00%, 나노탄소소재 분산성 00% 향상 등 ○ 연구개발내용, 성과물 간 연계가 표출되도록 기술개발·성과 로드맵 및 연차별 성과 평가지표와 평가 방안 제시 - 연구개발 성과목표·지표 등을 구체적으로 제시 ○ 성과물의 실용화로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급 효과 및 산출근거 제시 - 수요자가 활용 가능한 성과물 형태 제시 ○ 기존에 수행되었거나 국외 및 국내에서 현재 수행 중에 있는 관련 연구개발결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용방안을 연구계획에 포함 ○ 전자파 차폐 구조체의 물리적 특성 분석 및 평가 관련 전문가 및 장비/시설 인프라 보유 기관의 활용 방안 제시 ○ 나노탄소소재, 콘크리트 및 시멘트 복합재료 등, 각 소재 및 재료 분야의 전문가 소속기관의 융·복합 연구개발 방안 제시 ○ 단, 본 연구사업에서는 EMP 차폐 분야를 집중적으로 개발하나 군사 방호시설에는 방탄·방폭의 물리적 방호와 EMP 차폐를 동시에 만족하여야 함 ○ 이에 따라 물리적 방호 기술의 경우 선행 연구에 대한 구체적인 활용방안을 제시하고 본 연구사업에서 반드시 수행하여야 하는 물리적 방호 기술을 연구내용에 포함하여야 함
□ 추진체계	○ 핵심기술 개발 단계는 학·연 또는 산·학·연 공동연구로 구성, 응용기술 개발 단계는 반드시 산업체를 포함한 연구체계를 구성 ○ 개발될 전자파 차폐용 나노탄소소재의 경우 타 세부과제와 연계성이 높으므로 연구개발 단계에서 Pilot 생산이 가능하여야 함 ○ 세부과제 컨소시엄 구성 시 협동연구기관은 과제시점부터 종료까지 동일 기관으로 구성하고 연차별 연구수행내용에



	따라 공동 또는 위탁 등 참여기업의 구성은 변화 가능 ○ EMP 차폐 재료 및 구조체 개발과 EMP 차폐 구조물의 설계 및 시공 기술은 상호 연계성이 확보되어야 함. 이를 효율적으로 수행할 수 있는 연구체계를 구성하여야 함 ○ 개발하는 나노탄소소재와 시멘트 콘크리트 구조체의 전파 차폐 성능평가는 3세부와 연계하여 수행함. 따라서 연구개발 계획 제안 시 3세부와 연계 방안을 제시
5. 최종성과물	
	○ EMP 차폐 구조체용 나노탄소소재 첨가 소재 시제품 ○ EMP 차폐 철근콘크리트 구조체 시제품 ○ EMP 차폐 시멘트 복합재료 구조체 시제품 ○ EMP 차폐 Hybrid 복합 구조체 시제품 ○ EMP 차폐 콘크리트계 구조물 구조설계지침(안) ○ EMP 차폐 콘크리트계 구조물 시공지침(안)
6. 연구기간 및 지원예산	
☐ 전 체	○ 총 연구기간 : 2018.04 ~ 2023.03 (5년) - 1차년도 연구기간 : 2018.04 ~ 2018.12 (9 개월) ○ 총 정부출연금 : 8,700 백만 원 이내 - 1차년도 정부출연금 : 530 백만 원 이내 ※ 정부출연금은 선정평가 결과, 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음 ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능 ※ 세부과제별로 기업부담금 비율 준수
7. 기 타	
	○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임 - 단, 부분적으로 보안이 필요한 사항은 전문기관과 협의하여 일반에 공개하지 않을 수 있음 ○ 연구개발계획서는 과제제안요구서에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있음



	나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 – 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함 ※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조 – 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함 ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음 ○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시 ○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시 – 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시 ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성 – 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시 ○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시 – 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시 ※ 과제선정 후 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용 – 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능 ○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사



	업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구 개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함 ○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함 ○ 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음 - 전문기관은 필요시 선정된 주관연구기관(주관연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음



나. 2 세부과제

연구개발과제명	EMP 차폐 건축자재 및 부속자재 개발
1. 연구개발 목표	
	○ EMP 차폐율 80 dB 도어 시스템 개발 ○ EMP 차폐율 80 dB 필터 제품 및 연결 시스템 개발 ○ EMP 차폐용 개스킷 등, 기타 부속자재 개발 ○ 전자파 흡수율 40 dB 이상의 차폐도장재 등, 건축자재 개발 ○ 금속용사 등, EMP 차폐 부가 자재 개발 ※ EMP 차폐용 부속자재는 차폐 대상 시설물의 개구부(PoE)를 통하여 침투되는 전자파를 차폐하는 자재로서 시설물 구조체와 동일한 EMP 차폐율 80 dB를 목표로 함 ※ 시설물 추가로 적용하는 도장재 및 금속용사 등의 부가 재료는 구조체를 침투하는 일부 전자파를 추가 차폐하는 기능을 하며, 차폐율은 최소 40 dB를 목표로 개발함
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 필요성	○ 전자파는 특정한 방향으로 침투하는 것이 아니고 다방향을 전파되고 침투하므로 시설물의 모든 요소가 차폐되어야 함 ○ 전자파 차폐가 필요한 모든 시설물에는 도어, 전기, 통신, 상하수도 및 환기구 등의 구조체 관통 부분이 설치됨 ○ 전자파는 이들 인입 Supply Line을 통하여 충분히 침투될 수 있으며 EMP와 같은 고출력 전자기파를 차폐하기 위해서는 이들 개구부에 대한 차폐 자재 또는 장치의 설치가 필요함 ○ 이들 개구부에 대하여 대표적인 전자파 차폐 자재 또는 제품이 필터, 허니콤 및 개스킷 등을 들 수 있으며, 이들 자재 및 제품은 일부 개발되어 사용되고 있음 ○ 그러나 이들 자재 및 제품은 대부분 강판 Cabinet 방식의 Shielding Room용으로 개발되어 있어서 본 연구에서 개발하고자 하는 콘크리트 형태의 구조체에 적합할지 여부는 의문이 있음 ○ 따라서 기존 자재 및 제품 기술을 바탕으로 하면서 콘크리트 형태의 전자파 구조체에 적합한 부속자재의 개발이 필요함 ○ 또한 전자파 차폐 Shielding Room 내부에 전자통신 장비 간의 간섭과 상호성을 차단하고 누설되는 전자파를 일부 흡수



	하기 위해서 건축내장재를 중심으로 전자파 흡수 기능을 부여할 수 있는 건축자재를 개발할 필요가 있음 ○ 주요정보통신기반시설과 군사 작전시설을 중심으로 소요 목표의 전자파 차폐율을 확보하기 위해서는 주 구조체뿐만 아니라 부속장치에 대한 전자파 차폐도 매우 중요하므로 부속자재 및 건축자재의 성능향상 기술을 개발하는 것도 매우 중요함
□ 기술동향	<국내 기술동향> ○ 전자파 차폐 재료의 경우 자계차폐, 전계차폐 및 복합체차폐 형태로 분류가 가능하며 대부분 전자장비 및 전자소재 등의 EMI, EMC 차폐 성능을 확보하기 위하여 개발 ○ 이중에서 시설물의 전자파 차폐를 위해서 가용한 재료는 주로 복합체 차폐인 도전성 도료를 들 수 있으며, 최근 나노탄소소재가 결합된 도장재료의 개발에 관심이 높아지고 있음 ○ 출연연구기관에서는 관련 산업계와 공동으로 건축용 무기질계 전자파 차폐도료를 개발한 바 있으나 전자파 차폐·흡수 성능의 입증에 어려워 활성화되지 못하고 있음 ○ 대한실드엔지니어링 및 대호테크 등, 국내 기업에서는 전자파 차폐 도어를 개발하여 MRI 차폐원도우(128 MHz 100 dB/투시도 46%) 등에 적용한 적이 있음 ○ 최근 특급 군사 C4I시설의 EMP 방호시설이 구축되면서 전자파 차폐 도어에 대한 관심이 고조된 바 있으나 국내 기술로 개발된 차폐 도어에 대한 신뢰도가 높지 않은 실정임 ○ 현재 국내에서는 2~3개 업체에 의해 EMP 방호용 랙을 개발하기 위해 노력하고 있으나 냉각방식의 획기적인 기술 개발이 필요한 상황임 ○ 2012년 HEMP 방호장치 국산화 개발을 통하여 HEMP 필터 기술을 국산화하고 생산기술을 개발하였으나 신뢰도와 인증과정의 부족으로 활용성이 높지 않음 ○ 전자파 차폐 부속자재와 전자파 흡수 건축자재의 경우 국내 기술을 일부 확보하고 관련 제품을 생산하고 있으나 아직까지는 외국산 자재와 제품에 비해 다소 성능이 미흡한 점이 있어 개선 기술의 개발이 필요한 실정임



	<국외 기술동향> ○ 일본에서는 유리나 내장재 등의 표면에 일정 주파수(FSS)의 전파만을 반사할 수 있는 안테나를 배치하여 특정의 전파만을 선택해서 차폐할 수 있는 ‘주파수 선택 전자차폐 필름’을 개발하여 기존 유리면이나 벽지 등에 사용 가능한 필름타입 개발 ○ 카지마건설은 기존 동박(銅薄)과 석고보드에 대신하여 30 dB 정도의 전자차폐 성능을 가지면서도 종래 공법과 비교해 저비용의 전자파 차폐벽지를 개발 ○ NEC-Tokin에서는 박막형태의 Sheet 전파 흡수체를 생산, 상대 투자율을 100까지 높인 전파 흡수체를 개발하였으며 방열과 노이즈 억제를 동시에 실시할 수 있도록 열전도율을 높였음 ○ 시미즈건설은 통상의 PC 패널을 이용하여 무선LAN, PHS 등의 무선시스템에 유효한 15 dB정도의 차폐성능을 가지는 간이전자차폐 기술을 개발함 ○ 일본의 경우, 최근 전자파 흡수 소재에 대한 연구개발이 이루어지고 있으며, 시트형, 도료형, 테이프형, 타일형, 보드형, 패널형, 단열재 복합형 등 다양한 형태의 전자파 차폐 소재가 상용화되고 있음 ○ 미국의 경우 탄소나노튜브 복합체를 EMI 차폐 재료로서의 차폐성능을 평가하였으며, 기존의 알루미늄과 비교 평가하여 탄소나노튜브가 알루미늄에 비해 더 효과적인 차폐성능을 발휘하는 것을 입증함 ○ 전자장치 및 통신기기에 대한 EMI 차폐 및 흡수재료에 대한 시장은 세계적으로 2023년도에 약 2.2 billion US \$로 예측되는 등, 급성장하고 있지만, 시설물의 저자파 차폐를 위한 건축자재 및 부속자재의 개발은 활발하지 못한 실정임
3. 연구개발 내용	
	○ 평면 차폐 도어 및 연결부 기밀장치 개발 - 경량 고효율 전자파 차폐 도어 구조체 개발 - 평면형 차폐 도어 형상 개발



	- 도어 및 도어를 연결부 기밀장치 개발 ○ 전원 및 신호용 EMP 필터 장치 개량 기술 개발 - 전원용 EMP 필터 효율 개량 기술 개발 - 신호용 EMP 필터 효율 개량 기술 개발 ○ 기밀성능 및 편의성 향상 개스킷 개발 - 변단면 대응형 개스킷 개발 - 개구부 밀착형 개스킷 개발 ○ EMP 차폐 고기능성 도장재 개발 - EMP 차폐 첨가 재료 선정 및 혼합기술 개발 - 전기전도성 연결 도장재 시공 기술 개발 ○ EMP 차폐 용사소재 및 용사코팅 기술 개발 - 저비용 금속용사코팅 소재 개발 - 금속용사 코팅 장비 및 시공기술 개발 ○ 고기능성 EMP 차폐 부가 재료 개발 - 표면 코팅용 전기전도성 신소재 개발 - 신소재의 콘크리트 표면 부착 기술 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 핵심기술의 연차별 목표 및 성능 수준 등 제시 - 핵심기술과 연차별 목표를 수립, 이에 따른 연차별 세부 연구내용과 추진전략 및 일정계획, 핵심성과 로드맵(TRL 반영) 제시 - 연차별 달성목표(마일스톤)을 구체적으로 제시하고 정량적 핵심 성과 목표를 제시 * 예) 평면 차폐 도어 EMP 차폐율 80 dB, 전자파 차폐 도장재 차폐율 40 dB 등, ○ 연구개발내용, 성과물 간 연계가 표출되도록 기술개발·성과 로드맵 및 연차별 성과 평가지표와 평가 방안 제시 - 연구개발 성과목표·지표 등을 구체적으로 제시 ○ 성과물의 실용화로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급 효과 및 산출근거 제시 - 수요자가 활용 가능한 성과물 형태 제시 ○ 기존에 수행되었거나 국외 및 국내에서 현재 수행 중에 있



	는 관련 연구개발결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용방안을 연구계획에 포함 ○ 전자파 차폐 부속자재 및 건축자재 전문가 및 장비/시설 인프라 보유 기관의 활용 방안 제시 ○ Cabinet Shielding 방식의 EMP 차폐 시설에 적용된 기존 부속자재와의 차별성 제시 ○ 건축내장재의 적용방안을 고려한 자재의 구성방안 제시
□ 추진체계	○ 산·학·연 공동연구를 원칙으로 하며 전자파 차폐 부속자재 및 제품을 생산할 수 있는 산업체의 참여 필수 ○ 세세부 과제 간 연차별 개발 시기가 연계될 경우 각 세세부 간 참여기간의 연계성을 명확히 제시 ○ 세부과제 컨소시엄 구성 시 협동연구기관은 과제시점부터 종료까지 동일 기관으로 구성하고 연차별 연구수행내용에 따라 공동 또는 위탁 등 참여기업의 구성은 변화 가능 ○ 개발하는 전자파 차폐 부속자재 및 건축자재의 성능평가는 3세부와 연계하여 수행함. 단, 3세부에서 수행이 어려운 부분은 이 세부과제에서 수행하도록 수행체계를 구성할 수 있음 ○ 일부 구성과제는 분리과제로 수행, 특히 부속자재의 신형식 개발이 필요한 경우 연구내용에서 제시한 자재 예시 이외 다른 제품을 개발할 수 있음
5. 최종성과물	
	○ EMP 차폐 80 dB 가능한 평면 차폐 도어 및 연결 기밀장치 시제품 ○ 전원용 및 신호용 EMP 필터 개량형 시제품 ○ 저비용 고효율 개스킷 EMP 차폐 부속자재 시제품 ○ EMP 차폐 도료, 용사코팅 시제품 개발 ○ 고기능성 EMP 차폐 부가 재료 시제품
6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 2018.04 ~ 2023.03 (5년) - 1차년도 연구기간 : 2018.04 ~ 2018.12 (9개월)



	○ 총 정부출연금 : 3,400 백만 원 이내 – 1차년도 정부출연금 : 180 백만 원 이내 ※ 정부출연금은 선정평가 결과, 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음 ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능 ※ 세부과제별로 기업부담금 비율 준수
7. 기 타	
	○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임 ○ 연구개발계획서는 과제제안요구서에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 – 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함 ※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조 – 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함 ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음 ○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시 ○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시 – 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시 ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성



	- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시 ○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시 ※ 과제선정 후 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용 - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능 ○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진 시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함 ○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함 ○ 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음 - 전문기관은 필요시 선정된 주관연구기관(주관연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음



다. 3 세부과제

연구개발과제명	EMP 차폐 환경 설계 및 성능평가 기술 개발
1. 연구개발 목표	
	○ EMP 특성 해석 및 콘크리트 구조체 침투 모델 개발 - EMP 주파수 대역을 고려한 구조체 구성 형태 선정 근거 제공 ○ 적용 대상 구조물(민수, 군수)별 EMP 차폐 환경 설계 기술 개발 - 군수는 군사 방호시설을, 민수는 공공 및 민간 시설을 말함 ○ EMP 차폐 재료 및 구조체 성능평가 기술 표준화 - 콘크리트계 재료 및 구조체 단위의 EMP 차폐 성능평가 - EMP 차폐 성능평가 규격화 (단체표준 또는 KS 표준) - 단위별 시험법(안)과 시험장치 기준을 제시 ※ 필요 시 콘크리트계 구조체 표면 보강재료에 대한 EMP 차폐 성능 시험 평가 방안을 별도 제시 ○ 콘크리트계 구조물 EMP 차폐 성능평가 기술 개발 - Mock-Up 구조물을 통한 EMP 차폐 성능평가 기술 검증 - 콘크리트계 구조물의 EMP 차폐 시험평가 절차 확보 ※ 현재 기술은 금속재 Shielding Cabinet에 대한 SE Test 방식 적용. 이 방식의 비효율성 개선과 콘크리트계 구조체 특성에 적합하게 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 필요성	○ 전자파 간섭(EMI)와 전자파 양립성(EMC)과 관련된 전자기 기 및 장비에 대한 전자파 차폐 시험 및 평가기준은 ISO 및 KS 표준에 정해져 있으며 이에 따라 출시되는 제품의 인증 기준으로 적용함 ○ 한국산업표준(KS)에서는 [KS C 0304(2014) : 평면 재료의 전자파 차폐 효과 측정방법]과 [KS C 0304-1(2009) : 초저주파 영역의 자기장 차폐율 시험방법]을 제정하여 재료의 전자파 차폐 효과를 측정함 ○ 전자파 차폐 평가 대상 재료는 금속 또는 고분자 유기 화합물로 구성된 재료들이 대부분이며 시멘트 및 콘크리트와 같은 무기질 합성 재료에 대한 전자파 차폐를 측정하는 표준 시험법은 전무함 ○ 전자파 차폐 또는 EMP 방호를 위해서 시멘트 또는 콘크리트



	를 기반 개발 구성재료로 고려함. 이에 따라 우선 무기질인 시멘트 재료와 나노탄소소재 및 강섬유 등의 전기전도성 재료가 합성된 복합재료의 전기전도성 및 전자파 차폐 성능을 시험 및 평가할 수 있는 방안의 개발이 필요함 ○ 앞의 시멘트 및 콘크리트와 전기전도성 재료가 합쳐진 복합재료의 전자파 차폐 성능이 시험평가 되어도 구조물 단위의 전자파 차폐가 검증되기 위해서는 구조체와 구조체 및 부속 자재가 결합된 연결부의 차폐성능이 시험평가 되어야 함 ○ 최종으로 차폐 및 방호 구조물에서 전자파 차폐 성능이 확인되기 위해서는 구조물 전체 단위의 차폐 성능이 확인되어야 함. 이에 따라 구조물 단위의 차폐 성능을 시험평가하는 수준을 실증실험으로 정의하고 이 실증실험을 수행하기 위한 시설과 절차를 개발할 필요가 있음
□ 기술동향	<국내 기술동향> ○ 2011년, 국내에서는 KTR에서 EMP 방어시설 이상 유무를 파악하는 시스템이 처음 구축되어 방호시설 및 방호필터에 본격적인 인증시험 및 평가업무가 시작되었음 ○ 국내에서 전자통신(연) 및 전파연을 중심으로 전자파양립성 연구가 지속적으로 이루어져 왔으며, 전자 및 자동차 제조업을 중심으로 EMI, EMC 인증에 적극적으로 대처 ○ 군사시설물에 대한 EMP 방호 성능은 SE, PCI, CWI 및 SELDS 시험절차를 수립하여 운용 중에 있음 ○ 현재 전자파 차폐 효과 측정을 위하여 국제적으로 합의된 기술표준은 없으며, IEC/CISPR, IEEE를 비롯한 여러 국제기구에서는 몇 가지 대안을 제시하고 있는 수준임. 따라서 국내에서도 시험방법에 대한 표준은 부재 상태임 ○ 국내의 ECMpro(주)에서는 자체의 기술과 시설을 통해 차폐 챔버와 시설물에 대하여 전자파 차폐 기준을 만들어 적용하고 있음 ○ 전파연구원의 전파측정시설(2006년)은 미국의 국방기준상에 있는 EMP 방호 최소성능 기준을 적용하였음 ○ 전자파 차폐 및 흡수 소재의 평가는 주로 전자기기나 자동차에서 발생하는 전자파에 대한 측정들이 수행되었으며 건축



	자재에 대한 평가는 거의 이루어지지 못하고 있음 <국외 기술동향> ○ 미국은 전자파 차폐에 대하여 ANSI, MIL 등의 독자적인 기술 표준을 보유하고 있으나 국제적으로 합의된 표준으로 볼 수는 없음 ○ 미국의 전자파 차폐 효과 시험 표준으로서 군사시설의 평가는 MIL-STD-188-125-2 규격과 민간의 전자파 차폐룸의 평가를 위해서 IEE-STD-299가 있고, EMP를 방어 시설에 대한 평가를 위한 IEC61000423-4-23 등이 있음 ○ 일본은 전자파 차폐 건축물 구축을 위한 자재의 개발, 건축물의 설계, 평가에 대한 연구 개발을 일본건축학회를 중심으로 지속하고 있지만, 독자적인 시험평가 기준은 없음 ○ 유럽에서는 전자파에 의한 주요 인프라 시설의 보호를 위해 HIPOW, SECRET, STRUCTURES의 기획프로젝트를 2012년부터 2015년까지 수행하였음 - HIPOW : 전자파에 의한 주요 인프라시설물의 보호를 위한 전체적인 가이드라인 및 기준과 같은 제도 및 정책을 개발 - SECRET : 의도적 전자기파 간섭에 의한 시나리오에 따른 철도 신호 및 차량제어 등, 인프라의 실험적 위험분석 평가 수행 및 통신제어에 대한 보호장비 및 명령제어 체계를 개발 중
3. 연구개발 내용	
	○ 콘크리트계 구조체의 EMP 입사, 반사, 투과 및 흡수 특성 해석 기술 개발 - 콘크리트계 구조물에 대한 EMP 위협 설정 및 영향 분석 - 콘크리트계 구조물의 EMP 입사, 반사, 투과 및 흡수 특성 해석 모델 개발 - 콘크리트계 구조체의 전기적 접지 기술 개발 - 콘크리트계 구조체 잔류 전류 분산 기술 개발 ○ 최적 EMP 방호를 위한 zoning 및 전기·전자장치 배치설계 기술 개발 ○ EMP 차폐룸 내 건축 환경 설계 기술 개발



	- EMP 차폐룸 공기조화 설계 - EMP 차폐룸 공간 설계 ○ 콘크리트 및 시멘트 복합재료 단위의 EMP 차폐 성능평가 기술 개발 - 재료 단위의 EMP 차폐 성능 시험법 개발 - 재료 단위의 EMP 차폐 시험장치 개발 ○ 콘크리트계 구조체단위 EMP 차폐 성능평가 기술 개발 - 구조체 단위의 EMP 차폐 시험법 개발 - 구조체 단위의 EMP 전자파 차폐 시험법 개발 ※ 필요 시 콘크리트계 구조체 표면 보강재료에 대한 EMP 차폐 성능 시험평가 방안을 별도 개발 가능 ○ 콘크리트계 구조체와 부속자재 연결부 EMP 차폐 시험평가 기술 개발 - 시멘트 콘크리트 구조체와 연결부 차폐 구현 모듈 개발 - 구조체와 부속자재 연결부 전자파 차폐 시험법 개발 ○ 콘크리트계 Mock-Up 구조물 EMP 차폐 실증실험 기술 개발 - Mock-UP 구조물의 EMP 차폐 성능 실증실험 방안 개발 - EMP 차폐 실증실험 및 실험방안 개선 ○ 콘크리트계 구조물 EMP 차폐 인증프로세스 개발 - 구조물 단위 EMP 차폐 요건 설정 - 구조물 단위 EMP 차폐 성능 시험법 및 장치 개발 - 인증 구성 요소 및 절차 수립 - 인증 절차 시범 적용 및 수행 체계 제안
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 핵심기술의 연차별 목표 및 성능 수준 등 제시 - 핵심기술과 연차별 목표를 수립, 이에 따른 연차별 세부 연구내용과 추진전략 및 일정계획, 핵심성과 로드맵(TRL 반영) 제시 - 연차별 달성목표(마일스톤)을 구체적으로 제시하고 정량적 핵심 성과의 수준 설정 ※ 예) 단체 표준, 학회 기준, 국가표준 및 국가기준 등 ○ 연구개발내용, 성과물 간 연계가 표출되도록 기술개발·성



	과 로드맵 및 연차별 성과 평가지표와 평가 방안 제시 - 연구개발 성과목표·지표 등을 구체적으로 제시 ○ 성과물의 실용화를 위해 객관적인 검토 과정 제시 - 시험법, 표준 또는 기준의 검증 절차 제시 ○ 기존에 수행되었거나 국외 및 국내에서 현재 수행 중에 있는 관련 연구개발결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용방안을 연구계획에 포함 ○ 이 세부과제는 연구개발 초기에 방향성 설정이 중요하므로 연구수행 초기의 자료조사를 통한 구체적인 방향 설정에 대한 결과 제시가 반드시 필요함
□ 추진체계	○ 학·연 공동연구를 원칙으로 하며 필요에 따라 전자파 시험평가 정책 담당 (연구)기관의 참여에 대한 적극적인 검토가 필요함 ○ 국가표준이 미흡한 분야로서 민간 시험기관에서 보유한 기술을 객관화하는 과정이 필요할 수 있음. 따라서 시험평가 기업의 참여도가 높일 수 있는 방안이 필요 ○ 세부과제 컨소시엄 구성 시 협동연구기관은 과제시점부터 종료까지 동일 기관으로 구성하고 연차별 연구수행내용에 따라 공동 또는 위탁 등 참여기업의 구성은 변화 가능 ○ 전자파 차폐 성능시험 및 평가는 구조물 및 시설물 단위와 이를 구성하는 재료와 자재 단위 건설재료에 국한되는 것으로서 일반적인 전자장치 또는 제품의 전자파 차폐 시험평가는 배제함 ○ 일부 구성과제는 분리과제로 수행이 가능하나 전체 시험평가 구성 요소가 구축되어야 함
5. 최종성과물	
	○ 콘크리트계 구조물의 EMP 침투 특성 모델 ○ EMP 방호 zoning 및 전기·전자장치 배치설계 가이드라인(안) ○ EMP 차폐 콘크리트 구조물 건축 환경 및 설비 설계 가이드라인(안) ○ 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 EMP 차폐 시험규격(안) ○ 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료 EMP 차폐 시험장치 시작품



	○ 콘크리트계 구조물 EMP 차폐 성능평가 가이드라인(안) ○ 콘크리트계 구조물 EMP 차폐 인증절차(안)
6. 연구기간 및 지원 예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 2018.04 ~ 2023.03 (5년) - 1차년도 연구기간 : 2018.04 ~ 2018.12 (9개월) ○ 총 정부출연금 : 4,900 백만 원 이내 - 1차년도 정부출연금 : 290 백만 원 이내 ※ 정부출연금은 선정평가 결과, 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음 ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능 ※ 세부과제별로 기업부담금 비율 준수
7. 기 타	
	○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임 ○ 연구개발계획서는 과제제안요구서에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함 ※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함 ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음 ○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록



	세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시 ○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시 - 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시 ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시 ○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시 ※ 과제선정 후 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용 - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능 ○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함 ○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함 ○ 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음 - 전문기관은 필요시 선정된 주관연구기관(주관연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음



2절 선정평가 방법

1. 평가항목

기준항목	세 부 항 목
연구개발목표 (10점)	최종목표 및 연차별 달성목표의 적절성·타당성(5점)
	성과지표 설정의 명확성 및 적정성(5점)
연구개발내용 (20점)	RFP와의 적합성(5점)
	과제목표달성을 위한 세부과제 구성 및 상호연계성(5점)
	연구개발내용의 완성도 및 실현가능성(5점)
	연차별 연구내용의 차별성 및 창의성(5점)
추진전략 및 계획 (20점)	연구수행체계 적정성 및 연구진 전문성(5점)
	연구추진 전략의 구체성 및 타당성(5점)
	연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성(5점)
	연구기간 및 연구개발비 편성의 적절성(5점)
개발기술의 실용성 및 경제성 (40점)	개발기술의 혁신성 및 차별성(10점)
	활용방안의 적절성 및 구체성(10점)
	개발기술의 실용성 및 사업성(10점)
	개발기술의 경제적 기대성과(투자 및 파급효과 등)(10점)
연구책임자의 전문성 및 관리능력 (10점)	연구전문성 및 해당분야 실적(5점)
	연구과제 관리 및 운영 능력(5점)

※ 총점은 100점이며, 총점의 60% 미만인 경우에는 탈락

부합성 평가	평가위원 과반수 이상이 연구개발계획서가 과제제안요구서(RFP)와 부합되지 않는다고 판정시 탈락 조치
중복성 평가	평가위원 과반수 이상이 기 수행되었거나, 수행중인 과제와 중복되는 것으로 판정시 탈락 조치

가. 연구개발 목표

- EMP 공격으로부터 국가 주요정보통신기반시설을 보호하고, 유사 시 방위 작전의 Black Out을 방지하며, 평상 시 전자파 피해로부터 안전하고 쾌적한 근무환경 조성하고자 하는 최종 연구목표에 부합되도록 각 과제의 구성과 연차



별 목표 및 최종목표를 설정하여 제시

- 연차별 목표 및 최종목표의 달성에 대한 정량적인 평가를 위하여 국토해양부의 '건설교통 R&D 성과지표'에 따라 명확한 성과지표 설정과 평가기준 제시

나. 연구개발 내용

- 전자파 차폐 또는 방호를 위한 콘크리트 및 시멘트 복합재료와 전기전도성 보강 Hybrid 재료가 보강된 구조체를 개발하고 이를 이용하여 전자파 차폐 구조물을 개발하고 실용화가 가능하도록 체계적이고 실천적인 과제 구성이 필요함
- 기획과제에서 제시한 연구목표 및 기술개발 요청사항에 대하여 제안과제의 적정성, 상향된 목표 제시여부 평가
- 기획보고서에 작성된 연구내용은 과제 구성에 필요한 개념을 제공하는 내용으로 구성됨. 연구개발제안서 제출 시는 제시된 연구내용을 기반으로 구체적인 목표를 나타내는 과제로 구성
- 최종목표 달성을 위한 각 과제간 연계 여부 및 과제간 개발사항의 중복 여부 및 차별성, 적정성 평가

다. 추진전략 및 계획

- 연구개발 성과목표·지표체계, 실용성 검증 및 사업화 추진계획 등을 연구개발 계획서에 필히 제시하며 이를 통해 향후 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 지원한 기관 및 연구진은 기초/원천기술, 응용기술, 실용화기술 등 과제성격에 따른 성과물을 얻을 수 있는 기관 및 연구진 판단
- 전자파 차폐 및 방호 기술은 주요정보통신기반시설과 같은 공공 시설물과 대표적인 군사 방호시설인 C4I 시설물을 대상으로 하므로 연구개발 성과의 실용화를 활성화하기 위해서는 산, 학, 연, 군의 기관구성의 적정성 및 연계성
- 과제의 단계별 추진사항이 연구목표 달성을 위해 타당한가를 평가하고 연구개발 사항과 이를 위한 구체적 추진방안 수립 여부
- 과제의 목표달성을 위한 연구기간의 단계설정과 연구개발비의 적정하게 편성 여부



라. 개발기술의 실용성 및 경제성

- 기관선정의 우선순위는 전자파 차폐용 원천소재 기술, 전자파 차폐 콘크리트 또는 물리적 방호 성능이 우수한 시멘트 복합재료 기반기술을 확보하고 있거나, 전자파 특성과 차폐 성능평가 기반기술 및 인프라를 부분적으로 구축한 연구기관이 구성되어 있는지에 초점을 두어 선정함
- 현재 기술수준과 비교하여 목표한 개발기술의 향상 정도, 기술선도국 대비 예상수준, 기술의 경쟁력 수준 등에 대하여 정성적 또는 정량적 평가 여부
- 주요정보통신기반시설 또는 군사 C4I 방호시설에 대한 전자파 차폐 정책적 근거를 마련할 수 있는 연구개발 추진 전략을 제시하여 연구성과의 실용화 가능성을 극대화할 수 있는 연구계획의 수립 여부
- 개발되는 과제 결과는 실험실 내의 제한된 범위와 조건과는 달리 현장의 여건과 환경을 고려한 실질적이고 실현가능한 기술 여부
- 개발기술의 경제적 기대성과 뿐 아니라 사회적 파급효과 등에 대한 평가방안이 구체적으로 제시 여부

마. 연구책임자의 전문성 및 관리능력

- 연구책임자는 과제 내의 세부과제 및 세세부과제 간에 유기적인 결합이 원활하게 추진되도록 할 필요가 있음
- 연구책임자는 각 과제의 연구기관과의 협조체제구축은 물론 과제 내에서 진행되는 과제 관리, 대외기술협력 등 해당 사업의 원활한 추진을 위한 역할을 수행해야 함
- 연구책임자는 국토해양부에서 실시하는 해당분야의 산업육성, 발전정책 및 종합계획 수립 등 관련 업무 추진 시, 기술자문 및 적극적인 업무협조 역할을 수행해야 함
- 연구책임자는 본 과업의 특성 상, 관련 정부부처 및 전문연구기관과 공고한 협력체계를 구성할 수 있는 역할을 수행해야 함



2. 가점 및 감점 기준

가. 연구수행 형태에 따른 가점

(1안) 일반적인 기준

- 본 과업은 과업 특성 상 기업이 주관연구기관일 경우 별도의 가점을 부여하지 않음.

(단, 국토해양기술 연구개발 관리지침의 준수 여부는 전문기관에서 별도로 정한다.)

나. 총연구개발비에 대한 연구신청기관의 연구개발비 부담비율에 따른 가점

- 총연구개발비에 대한 연구신청기관이 부담하는 연구개발비(현금)의 비율에 따라 신청기관 별로 가점 부여(단, 경쟁응모인 경우에 한함)
 - 신청기관 중 연구개발비(현금) 부담비율이 가장 높은 기관 : 1.0점
 - 그 외 기관은 최대 연구개발비(현금) 부담비율을 기준으로 연구개발비(현금) 부담비율에 따른 가점 부여

$$\text{부여가점} = 1.0 \times \frac{\text{해당 기관 연구개발비 부담비율}}{\text{신청기관 중 최대 연구개발비 부담비율}}$$

다. 추적평가결과에 따른 가점

- 국토해양부기술 연구개발사업 관리지침의 가점 및 감점 기준에 따르되, 이 지침 시행 이전에 협약체결된 과제의 추적평가결과에 따른 가점 및 감점은 종전 지침에 의함

라. 보안과제 등과 관련된 가점 및 감점

- 현재 개정 작업중에 있는 「국토해양부소관 연구개발사업 관리지침」이 신청서 접수전에 완료될 경우에 한하여 반영하되, 이 경우 가점 및 감점기준은 별도 공지 예정

※『국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정(‘11.3.28)』제7조 4항 1호 및 [별표 1의3] 관련



마. 기타

- 기획과제에 대한 과제제안자가 본 과제의 주관(공동)연구책임자로 참여시 : 가점 2점(기입 여부)
- 여성연구자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시 : 가점 1점
- 최근 3년 이내에 우수 논문(임팩트팩터 15 이상) 실적이 있는 연구책임자가 신규과제를 신청할 경우 : 가점 1점
- 연구개발과제 선정 후 협약포기 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우(「국토해양기술 연구개발사업 관리지침」 제정('09. 6. 30) 이후 협약과제 대상) : 3점 감점
- 연구개발과제의 연구수행 도중 연구를 포기한 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우(「국토해양기술 연구개발사업 관리지침」 제정('09. 6. 30) 이후 협약과제 대상) : 3점 감점





제8장 참고문헌

1. 강호재, EMP 방호시설의 직사각형 슬롯에 대한 전기적 차폐 특성 연구, 2015
2. 건설경제신문, <http://www.cnews.co.kr/uhtml/read.jsp?idxno=201208171110237520852>
3. 국가법령정보센터, 정보통신기반보호법, 2016
4. 국립전파연구원, 정보통신기반시설 고출력 전자파 영향 및 대책 연구, 2014.12
5. 국무총리실, 총체적인 국가재난관리 강화, 2013. 10. 7
6. 김사혁, 철도무선통신망 구축 국내외 현황 및 시사점, 정보통신방송정책 25권 9호, pp.1-44, 2013
7. 김석봉 외 4인, 화생방 시설의 EMP 방호체계 연구, 화랑대연구소, 2011. 5
8. 김영준 외 1인, 전도성 재료 혼입 모르타르의 UHF파 차폐효과, 대한건축학회 논문집-구조계, 2015.04
9. 김외득, 철근콘크리트건물의 EMP 차폐성능 시험을 통한 방호설계 개선방안 연구, 2016
10. 김형기 외 1인, 전자파 차폐 건설 재료의 개발, 콘크리트학회지 20권 6호, 2008
11. 김홍일, EMP 위협의 실상과 발전방안, 국방과 기술 제414호, 2013.08
12. 관계부처 합동, 2014년도 정부 3.0 추진계획, 2014.2
13. 미래창조과학부, 전자파인체보호 종합대책, 2014
14. 미래창조과학부, 전파진흥기본계획 요약, 2014. 1
15. 백인영, 고고도 전자기 펄스 (HEMP) 차폐재로써 아크 금속용사 피막의 전자파 차폐 성능에 대한 실험적 연구, 한양대학교 공학대학원 석사학위논문, 2015
16. 산업부 전략기획단, <http://www.dvnnews.com/news/articleView.html?idxno=14144>



17. 산업통상자원부, EMP방호용 및 MRI용 전자파 차폐도어 신뢰성 확보 최종보고서, 2015. 8
18. 서경대 산학협력단, 전력.가스.원유시설에 대한 EMP 위협대응 정책방안 연구, 2016.3
19. 신소재경제, <http://www.amenews.kr/atc/n.view.asp?ik=25191>
20. 신용도, 초국가적 테러의 경제적 영향, 「한국테러학회보」 제6권 제3호, 2013
21. 아이유뉴스(주), http://m.blog.naver.com/iu_news/220355878931
22. 아주대학교 미래전투체계 네트워크기술 특화연구센터, tnrc.ajou.ac.kr
23. 이진영, 주진수, 전자파차폐 섬유소재, 섬유기술과 산업, 제7권 1호, 2003
24. 월간조선, [http://pub.chosun.com/client/news/viw.asp?cate=C01&mcate=M1006&nNewsNumb= 20170424393& nidx=24394](http://pub.chosun.com/client/news/viw.asp?cate=C01&mcate=M1006&nNewsNumb=20170424393&nidx=24394)
25. 조선일보, http://news.chosun.com/site/data/html_dir/2016/10/10/2016101000179.html
26. 중앙일보, <http://news.joins.com/article/5688726>
27. 재료연구소(KIMS), [http://www.2bpartner.net/bbs/board.php?bo_table=tech&wr_id=319
&ho_id=2016kims](http://www.2bpartner.net/bbs/board.php?bo_table=tech&wr_id=319&ho_id=2016kims)
28. 한국과학기술정보연구원, EMI/EMC 기술 동향 분석, 2003
29. 한국경제, <http://news.hankyung.com/article/201611081017a>
30. 한국전자파학회, 생활환경에서의 전자파 에너지 분포 측정 결과 보고서, pp.25-34, 1994
31. 한국전자파학회, EMP 방호시설의 전자파 차폐효과 측정, 2014
32. 한국철도기술연구원, 고속열차 안전운행 확보를 위한 장애(고장)안전진단 연구, 철도청 연구보고서, 2004
33. 한국화학융합시험연구원, EMP 차폐와 성능평가, 2015



34. BCC Research, EMI/RFI: MATERIALS AND TECHNOLOGIES, ISBN: 1-62296-337-7,
Wellesley, MA 02481 USA, Aug. 2016
35. Chen,J et al. Construction and Building materials 84 pp. 66-72, 2015
36. Clayton R. Paul, Introduction to Electromagnetic Compatibility, 2nd ed.
Wiley-Interscience, 2006
37. etnews, <http://www.etnews.com/20150318000087>
38. etnews, <http://www.etnews.com/20160405000107>
39. etnnews, <http://www.etnews.com/20161017000109?SNS=00002>
40. EXTREME TECH, <http://www.extremetech.com>
41. FEMA 452, Risk Assessment: A How-To Guide to Mitigate Potential Terrorist
Attacks Against Buildings, Jan. 2005
42. FID GmbH, <http://www.fidtechnology.com/>
43. Gnidakouong, J.R.N et al. Composite: Part A 50, pp. 73-80, 2013
44. Gorge H. Baker, "EMP: A National-Scale Threat to the U.S. Infrastructure," Selected
Works, Apr. 2007
45. Gorge H. Baker, "Risk-Based Critical Infrastructure Priorities for EMP and Solar
Storms," Selected Works, Oct. 2011
46. IEC-61000-1-3, "Electromagnetic compatibility(EMC) - Part 1-3: General - The
effects of high-altitude EMP (HEMP) on civil equipment and systems", Jun. 2002
47. Leila. P et al. Cleaner Production 16, 2017



48. M. Backstrom and K. Lovstrand, "Susceptibility of electronic systems to high-power microwaves: Summary of test experience", IEEE Trans. on EMC, vol. 46, no. 3, pp. 396-403
49. Micheli,D et al. Materials Science and Engineering: B 188, pp. 119-129, 2014
50. Nam, I.W. et al Construction and Building Materials 30 pp. 480-487, 2012
51. NEWSIS, http://www.newsis.com/view/?id=NISX20170116_0014643195&dID=10301&pID=10300
52. SECRET PROJECT, <http://www.secret-project.eu/>
53. UIC-ETF, SECRET white paper, 2015
54. U.S. EMP Commission Report, "Report of the Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack, Volume 1: Executive Report", 2004
55. Wikipedia, Electromagnetic Pulse, http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_pulse
56. WINDOW STORY, <http://blog.naver.com/co-up/220643656068>