국토교통연구기획사업 R&D-15RDPP-C102368-01

건축물 실시간 안전진단을 위한 ICT기반 핵심기술개발 기획연구 최종보고서

2016. 4. 1.

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / (사)건설기술정책연구원
공동연구기관 / 숭실대학교
한밭대학교
대구가톨릭대학교
한국교통대학교

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 귀하

이 보고서를 "건축물 실시간 안전진단을 위한 ICT기반 핵심기술기획연구" 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2016. 4. 1

주관연구기관명 : (사)건설기술정책연구원
주관연구책임자 : 하 기 주

공동연구기관명 : 숭실대학교 산학협력단
한밭대학교 산학협력단
대구가톨릭대학교 산학협력단
한국교통대학교 산학협력단

공동연구책임자 : 최 경 규
김 승 훈
최 세 운
서 수 연

보 고 서 요 약 서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>1615008144</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2015.09.02.
-2016.04.01</td><td>단 계 구 분</td><td>기획</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사 업 명</td><td>중 사 업 명</td><td colspan="4">국토교통연구기획사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4">국토교통연구기획</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4">건축물 실시간 안전진단을 위한 ICT기반 핵심기술개발 기획</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">하기주</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 16 명
내부 : 2 명
외부 :14 명</td><td>해당단계
연구비</td><td>정부 : 80,000 천원
기업 : 천원
계 : 80,000 천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 16 명
내부 : 2 명
외부 :14 명</td><td>총연구비</td><td>정부 : 80,000 천원
기업 : 천원
계 : 80,000 천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">(사)건설기술정책연구원
숭실대학교
한밭대학교
대구가톨릭대학교
한국교통대학교</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">해당사항 없음</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="2">상대국명 :</td><td colspan="3">상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="2">연구기관명 :</td><td colspan="3">연구책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서면수</td><td>316</td></tr>
</table>

1. 국내외 동향 및 환경분석

(1) 국내외 정책동향 및 이슈: 예방중심의 건축물 안전진단 및 유지관리 이루어지도록 공공/민간에 대한 시스템 지원방안과 건축물 안전 및 유지관리 통합법이 필요

(2) 국내외 시장현황 및 전망: 건축물 안전 및 유지관리 시장은 2020년 이후부터 증가세가 확대될 것으로 전망되며, 건축물을 대상으로 하는 안전진단기술 선점의 기회

(3) 기술동향 분석: 기개발 센서를 융합한 건축물 실시간 거동을 계측하는 평가기술을 개발하고 가격경쟁력을 확보한다면, 적용분야의 급속한 확대와 실용화가 예상

(4) 기술수준분석: 센서 네트워크를 건축물에 적용하는 기술개발은 상용화 가능성이 높고,세계적인 IT 강국으로써 한국의 기술강점에 부합하므로 미래가 유망

(5) 유사과제 및 인프라 분석: ICT를 활용한 건축물의 통합적인 연구개발 및 실용화 방안의 강구가 필요하며, 지진방재연구센터 등 국내 연구개발 인프라와 연계를 통한 기술검증 및 실증이 가능

2. 과제구성 및 추진체계

(1) 비전 및 목표

- 비전 : 안전하고, 지속가능하며, 스마트한 건물의 실현
- 연구목표 : 첨단 ICT기반 건축물 실시간 안전확보를 위한 안전진단 및 유지관리 핵심기술개발

(2) 과제구성

- 기술수요조사에 근거한 연구과제 도출
- 3개 세부과제로 구성

  1세부 : ICT 기반의 센서기술과 비파괴검사기술개발

  2세부 : ICT 기반의 안전진단-유지관리 통합시스템 구축

  3세부 : 테스트베드, 플랫폼 및 법·제도 구축

(3) 추진체계

-전체 연구단 사업을 총괄하는 조직을 구성하고, 안전진단, 유지관리 및 성능개선, 플랫폼 구축 및 실용화로 구분되는 3개의 세부과제 구성

3. 연구개발과제 소요예산

- 총 16개 세세부기술의 예산은 과제성격, 연구기간, 연구내용, 개발목표의 수준을 고려하여 배분
- 1세부과제는 장비 및 하드웨어 개발 등 ICT 요소기술 개발을 담당하므로 1~3차년도에 연구비를 집중배분
- 2,3세부과제는 구조물 레벨과 테스트베드로 성능검증 실험을 포함하므로 많은 예산을 배분함

색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	안전진단, 유지관리, ICT 기술, 센싱 기술, 테스트베드
	영 어	Structural safety inspection, Structural maintenance, ICT technologies, Sensing technologies, Test beds

요 약 문

Ⅰ. 제 목

: 건축물 실시간 안전진단을 위한 ICT기반 핵심기술기획

Ⅱ. 기술의 정의 및 필요성

1. 기술의 정의 및 분류체계

○ 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리를 위한 ICT기반 핵심기술 개발 및 실용화를 위한 연구의 목표, 내용, 추진체계를 명확히 기획함

- 건축안전 산업과 관련한 시장 및 기술 동향분석
- 건축물의 안전성 확보를 위한 안전진단기술 정의 및 세계수준대비 목표 설정
- ICT기반 건축물 실시간 안전진단을 위한 유지관리 및 모니터링 기술개발
- 기술 검증을 위한 테스트베드 선정 및 적합성·타당성 분석
- 건축물 구조 안전진단 분석시스템 관련 사업모델 검토

2. 연구개발 배경

○ 건축물 안전사고가 빈번하나 사전예방이 미흡함

- 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제정 이후 제 1,2종에 대한 안전관리 상태는 양호한 수준이나 종외의 시설물의 붕괴사고 등 안전사고는 지속적으로 증가하고 있음
- 안전사고를 사전에 예방하기 위해서는 전문가의 제한적 참여문제를 개선하고 실시간 모니터링을 접목한 유지관리체계를 개발하여 적용하는 것이 관건임

○ 국민행복을 위한 안전한 삶의 공간 마련을 위한 국가의 선도적 역할이 필요

- 건축물 안전강화 TF위원회에서 지난 10년간 37차례 건축물 안전강화대책발표에도 불구하고 안전사고가 지속적으로 증가함
- 국민의 안전을 중시하는 사회적 욕구증가와 건축제도간의 미스매칭 등의 문제로 야기되는 국민 안전 인식도를 개선하고, 국민행복을 위한 안전한 삶의 공간마련을 위한 국가의 선도적 역할이 필요

○ 기존 건축물 안전진단 체계는 인력기반으로 한계 봉착

- 시설물 점검 및 진단 업무는 업무과정에서 많은 시간과 노력이 소모되고 있으며 기술자의 전문성은 미흡한 수준
- 실시간 데이터 기반 건축물 안전진단 및 평가와 연구개발과 전문가의 역량강화를 위한 건축물 ICT기반 핵심기술개발 필요

○ ICT기반의 건축물 안전 및 유지관리 시장 빅뱅 전망

- 사물인터넷기술의 발달에 따라 2020년까지 모든 사물이 인터넷에 연결될 것으로 예측
- 건축물은 최대규모의 사물인터넷 대상으로 향후 실계측기반 안전진단/유지관리 산업은 세계 건설/운영시장의 선도자로 성장할 것으로 전망됨

○ 해외선진국은 국가주도로 ICT기반 연구 집중 육성

- 시장의 급격한 변화와 건축물 관리의 패러다임 변화에 대응하기 위해서 해외 각국에서는 ICT기반 건축물 안전진단/유지관리 분야의 연구를 집중 육성하고 있음
- 해외 선진국에서는 ICT기반 연구를 집중 육성하고 있으며, 제도구축과 보편화 단계에 진입하였음

3. 연구개발 필요성

○ **건축물 노후화로 유지관리 경제적 부담이 가중되므로 과학적 유지관리기법 개발이 필요**

- 국내 건축물은 유지관리가 체계적으로 이루어지지 않아 노후화가 심각하게 진행된 건축물이 많음
- 노후화 건축물의 건축생애주기비용이 증가하고 있어 ICT기반 핵심기술개발을 통하여 건축생애주기비용을 최소화할 수 있는 건축물 안전진단 기술 필요

○ **건축물 안전진단/유지관리 시장은 실시간 계측기반으로 확대 전망되나, 국내업체 기술력은 영세한 수준으로 기술의 첨단화가 필요**

- 국내에서는 건축물 안전점검 및 유지관리에 ICT 기술을 접목하는 기술개발이 시도되고 있으나 성과는 미흡한 수준이며, BIM 활용 유지관리 기술도 적극적으로 활용되지 못하고 있는 실정
- 급속하게 변화하는 건축물 안전진단/유지관리 시장의 요구에 즉각적으로 대응하기 위하여, 건축물의 품질이나 상태변화 정도를 빠르고 정확하게 평가하기 위한 ICT기반 안전진단/유지관리 기술개발과 첨단화가 필요함

○ **건축물 안전 및 유지관리를 위한 정부의 정책·제도 수립에 직접 기여하는 선제 대응형 기술개발의 추진이 필요**

- 기존 안전법/제도에도 불구하고 건축물 설계나 시공상 오류를 전문가가 감리하는 체계가 미진하고 인력기반의 전통적 유지관리의 한계로 인해 즉시대응이 불가능한 실정
- 건축물 안전사고의 선제 대응형 방안으로 ICT융합을 통한 사전 예방적 안전진단 및 유지관리 체제로 전환이 필수적임

○ **재난관리 특별법 수립으로 안전진단 기술력 뒷받침 필요**

- 2013년 초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법 수립으로 건축물에 계측설비가 설치되어 계측자료가 관리되고 있으나 초기단계
- 특별법의 실효성을 위해 계측시스템의 최적화, 빅데이터 관리기술 등 융합적 ICT에 의한 실시간 안전진단이 가능하도록 기술혁신 및 실용화가 필요

○ **첨단 ICT 융합 건축물 안전/유지관리 기술의 세계 최고 수준 실현을 통한 국제시장 선점 필요**

- 건축물의 대형화·고층화·복잡화·첨단화됨에 따라 건축분야에서 향후 하드웨어 기술뿐만 아니라 소프트웨어 기술 및 핵심장비 개발기술을 해외선진국의 기술력에 의존할 수 밖에 없음
- 미래전망 및 선진국의 연구동향을 고려할 때, ICT와 건축물 안전/유지관리 기술을 융합하는 연구는 반드시 필요하며 안전산업의 해외시장 진출을 위한 기술 경쟁력을 확보하기 위해서는 세계적 수준의 기술력을 지향해야 함

Ⅲ. 국내외 동향 및 환경분석

1. 국내외 정책동향

○ 국내외 정책동향

- 건축물 안전 및 유지관리 관련 법 · 제도 기준
  - 대지를 포함하여 건축물 전반에 대한 유지관리 기준을 규정하고 있는 법령은 건축법, 주택법, 시설물 안전관리에 관한 특별법이 있음
  - 건축법에서 유지관리 관계조항은 건축법 제35조(유지관리와) 제110조(벌칙)가 있음. 제35조에서는 유지관리주체 및 대상, 유지관리 정기점검, 기준 및 절차 등을 규정함
  · 10년 이상된 아파트(연면적 3,000㎡ 이상, 세대수 150미만), 다중이용건축물(연면적 5,000㎡ 이상, 16층 이상), 집합건축물(연면적 3,000㎡ 이상) 대상
  - 타 법령에 따른 건축물 관련 점검사항은 개별법의 기준에 따라 점검실시
  - 시설물안전관리에 관한 특별법에서는 안전점검 및 정밀안전 진단, 안전조치, 시설물의 유지관리방법, 한국시설안전공단 등에 대한 내용을 규정하고 있음
- 건축물 안전 및 유지관리 관련 정보화 시스템 현황
  - 건축물 안전 및 유지관리와 관련하여 개별 법령에 따라 기관별로 정보시스템을 구축·활용하고 있으나 실시간 건축물 안전 및 유지관리 시스템이 부재함
- ICT 기반 건축물 안전진단 관련 정책 동향
  - 초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법 및 시행령 (2013. 03. 23. 시행)
  · '초고층 건축물'50층 이상 또는 높이가 200미터 이상인 건축물
  · '지하연계 복합건축물'층수가 11층 이상이거나 1일 수용인원이 5천명 이상인 건축물로서 지하역사 또는 지하도 상가와 연결된 건축물
  · 내진설계 및 계측설비(사전재난영향성 검토 지침)
- 제 3차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획(2013~2017, 국토교통부)
  - 시설안전은 행복사회 구현을 위한 필수적 수단인 동시에 반드시 확보되어야함
  · 안전 위험성 증대(35%), 국민의 삶을 중시하는 복지사회(19%), 기후변화(18%), 기술의 융·복합화(15%), 양극화(12%) 등
  · 건축 및 시설 안전 메가 트렌드에 적극 대응하기 위해서는 안전한(Safety) 건축 및 시설물, 자연과 함께 하는(Sustainable) 시설물, 스마트(Smart) 건축 및 시설의 구현을 통한 종합적인 건축 및 시설안전이 필요로 하고 있음
- 미창부, 역동적 창조경제 구현을 위한 "2015년도 업무계획" 발표
  - '박근혜 정부' 출범 3년차이자 '경제혁신 3개년 계획'의 2년차인 2015년을 경제혁신을 위한 마지막 골든타임이라고 인식하고, 가시적 성과를 도출하기 위하여 미창부에서는 지난 1월 15일, 산업부・방통위・금융위・중기청 등과 협업하여, 새로운 기업, 새로운 산업, 새로운 시장을 창출하기 위한 '역동적 혁신경제(경제혁신 3개년 개획Ⅱ)'의 2015년도 업무계획을 발표하였으며, '과학기술・ICT 혁신을 통한 역동적 창조경제 실현'을 비전으로한 정책과제를 추진하고 있음
- 국외 ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 관련 법령 및 제도
  - 미국의 건축법(IBC, International Building Code)에서 건물의 유지관리와 관련된 IEBC, ICCPC, IPMC으로 구성되어 있으며, 건축물의 종합적인 평가항목 및 평가기준을 개발하여 건축물의 구조적 안정성, 설비노후도, 거주환경성능, 유지관리 적정성 등의 건축물의 종합적인 유지관리 성능을 평가하고자 하는 규정들이 만들어지고 있으며 이러한 미국의 건물

유지관리 관련 규정 검토는 사용자와 전문가들의 협력체계에 초점을 맞추고 있음

- 일본은 건축기준법 제8조(유지보전) 관련 시행령 및 시행규칙은 없으나, 건축물 유지보전 준칙(건설성 고시 제606호)과 건축물의 적정한 유지보전 추진(주택국 제17호)에서 건축물 의 유지관리 내용을 다루고 있음
- 독일은 연방법인 독일 건축법령에서는 건축물의 유지관리에 대한 기본방향을 제시하고 있으며, 연방정부의 각주에서는 각 항목에 대한 매우 세부적인 규정까지 정하고 있음

• 국외 ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 관련 정책 동향

- 미국은 건축물(시설물)의 안전/유지/재난 관리를 위하여 성능개념의 프로그램을 추진하고 있으며, 방재분야를 강화하기 위하여 연방정부 내 국가비상사태 관련 기관으로서 국토안보부와 자연재난 담당기구인 연방재난관리청이 운영하고 있음.
- 영국은 2009년 5월 NMO는 전략보고서 “국가 계측 시스템(NMS21)) 전략 2010-2014”을 발표해, 표준계측 분야의 경쟁력·우위성 향상을 향한 정부의 투자전략을 제시
- 독일은 연방교육연구부(BMBF22))을 중심으로 추진하는 ‘첨단기술전략’을 책정하고 있으며, 17의 ‘중점 분야’를 설정하고 고급 기술에 관한 7분야를 ‘주요 기술’이라고 평가하고 있으며, 계측분석기술은 이러한 ‘중점 분야’와 ‘핵심 기술’로 포함되진 않지만 ‘핵심 기술’에 대해 행동 계획에서 포함하여 추진
- 일본에서는 건축, 토목분야에서 활용되는 3차원 모델(Building Information Modeling (BIM), Construction Information Modeling(CIM))에 레이저스캐닝, 사진 측량기술, 토탈 스테이션 측정기술 등을 조합한 보전관리기술 확립

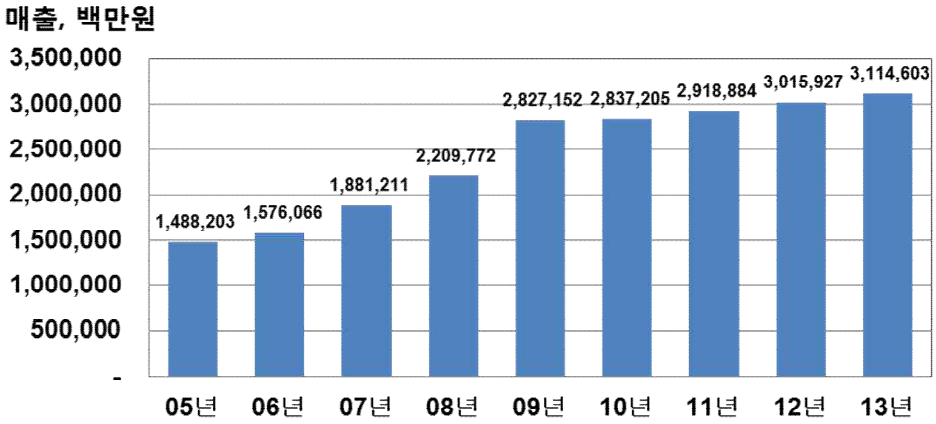
○ 시사점 및 전망

- 예방중심의 건축물 안전진단 및 유지관리 이루어지도록 능동적인 국가기반체계 구축이 필요하며, 이를 위해서는 공공/민간에 대한 시스템 지원방안과 건축물 안전 및 유지관리 통합법이 필요함
- 건축물 안전 및 유지관리와 관련하여 개별 법령에 따라 기관별로 정보시스템을 구축·활용하고 있으나 실시간 건축물 안전 및 유지관리 시스템이 부재함
- 미국, EU, 일본 등의 선진국의 경우 ICT를 융합한 건축물 안전진단 및 유지관리 분야에 국가차원의 관심과 투자를 추진하고 있으며, 센서 개발 및 사전감지 모델링 등의 기술개발 실시하고 있음
- 미국의 국토안보부, 연방재난관리청, 독일의 연방교육연구부, 일본의 과학기술진흥기구, 연구개발전략센터 등 선진국에서는 정부차원에서 기술개발과 전략수립의 원활화를 위하여 제도적인 지원과 투자가 잘 이루어질 수 있도록 투자전략 등을 제시가 필요함

2. 국내외 시장현황 및 전망

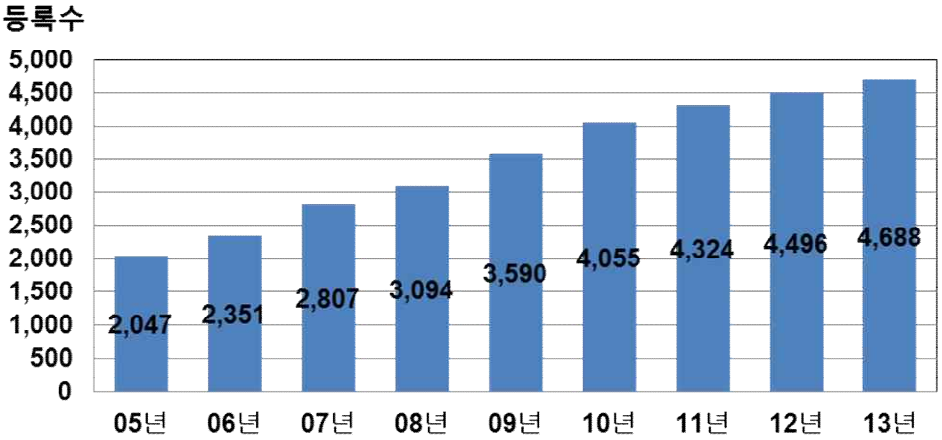
○ 국내외 시장동향

- 안전진단 및 유지관지 시장규모는 2005년 1조 5000억원에서 2013년 3조 1000억으로 약210% 증가한 것으로 나타났으며, 이후 성장이 장기간 지속될 것으로 전망



[그림 1] 시설물 유지·보수공사 연간 건수(건축물 포함)

- **유지관리 시장의 양적 성장에 비해 질적성장을 위한 노력 미흡:**
  유지관리 시장의 규모와 업체는 지속적으로 증가하고 있으나, 과학적 유지관리 기법의 적용, 관련 기술자 및 전문가의 양성 등 질적 성장을 위한 노력은 미흡한 실정



[그림 2] 시설물 유지관리업체 등록 수

- **선진국과 우리나라의 유지관리 투자비중 비교:**
  우리나라의 유지관리 투자는 신규건설의 약 8% 수준으로 신규건설 대비 유지관리 투자가 21.7%인 일본의 약 3분의1 수준에 불과, 신규건설 대비 유지관리 투자가 57%가 넘는 이탈리아의 7분의 1수준, 38%인 영국의 4분의 1 수준, 26%인 독일의 3분의 1수준임

[표 1] 주요국 건설투자 중 유지관리투자의 비중

국별	이탈리아	영국	독일	일본	미국	프랑스	한국	포르투갈
투자비율	57.2%	38.0%	26.0%	21.7%	15.8%	10.0%	8.0%	6.0%

- 선진국의 경우 원천기술, 자본, 설비, 인력 등 성장 인프라를 고루 갖추고 ICT기반 기술을 국가 핵심기술로 집중 육성하고 있음

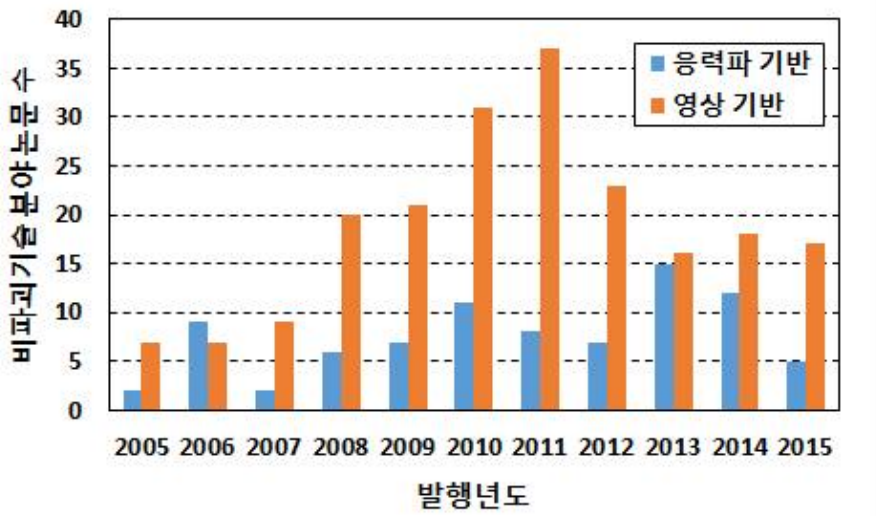
○ 시사점 및 전망

- 건축물 안전 및 유지관리 시장은 2010년대 중후반까지 현재의 증가율(연평균30%)이 유지되다가 2020년 이후부터 증가세가 확대될 것으로 전망됨
- BIM기반 유지관리에 ICT기술을 접목함으로써 노동력 절감과 기술적 효과의 유발이 가능하며, 유럽의 RFID/USN 기반'생활환경지능(Ambient intelligence)'비전 등 첨단 ICT분야를 선도하고 있는 선진국과의 기술 격차를 줄일 수 있을 것으로 판단
- ICT기반 건축물의 실시간 모니터링을 이용한 구조안전/진단기술 개발을 통하여 건축물의 효용성을 증대시킴으로써 공공의 안전을 확보하고 나아가 국민의 복리증진에 기여하고자 하는데 정부의 지원이 반드시 필요함
- 국내의 세계적인 IT기술을 통해 상용센서를 활용한 건축물 구조건전도 관리기술을 개발하는 것이 경쟁력이 있는 것으로 판단됨
- 센서 네트워크에 관한 구체적인 국내 연구는 아직 본격적으로 이루어지지 않고 있고, 또한 관련 연구의 종류도 다양하지 않으므로 건축물을 대상으로 응력파기반 비파괴검사법과 광센서의 적용을 통한 관련 기술 선점 적기라 판단됨

3. 기술동향분석

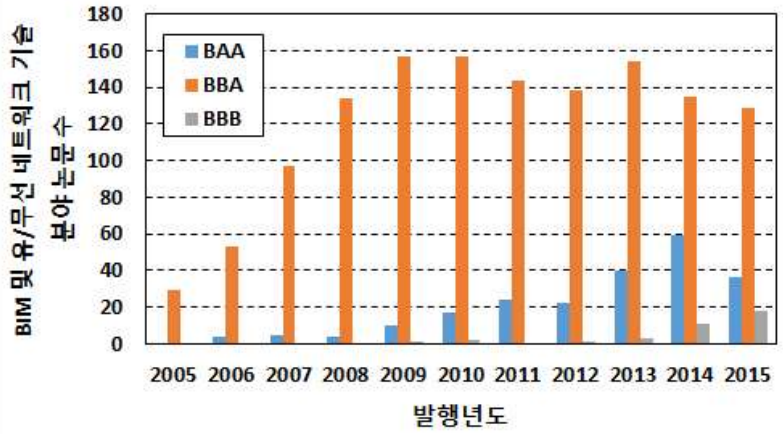
○ 국내외 기술동향

- 건축물 안전진단 센서기술관련 기술동향 분석결과 미국, 중국 등에서 실제구조물에 적용 및 검증되고 있으나, 국내의 경우 초기 단계이며 개별 센서의 계측값 단위로 관리 및 위험도를 평가하는 Stand-alone 형식으로 운영되고 있는 수준
- 건축물 안전진단 비파괴기술관련 기술동향 분석결과 디지털 영상처리 기술의 건축물 모니터링 적용은 현재 개척되는 분야이며, 비파괴검사법 또한 재료기반의 기존방식에서 부재 기반의 진단기법으로 연구분야가 확장되고 있음



[그림 3] 비파괴기술 관련 년도별 국외 논문 현황

- 건축물 유지관리 분야의 BIM적용 및 유/무선 네트워크 기술동향 분석결과 국내 연구개발은 활발한 수준이나, 건축물 유지관리와의 융합에 있어서는 연구개발이 미진한 실정



[그림 4] BIM 및 유/무선 네트워크 기술 관련 년도별 논문 현황

- 건축물 유지관리 분야의 성능개선관련 기술동향 분석결과 건축물 안전성/사용성 측면에서 모니터링 기술과의 연계기술은 현재 부족한 실정

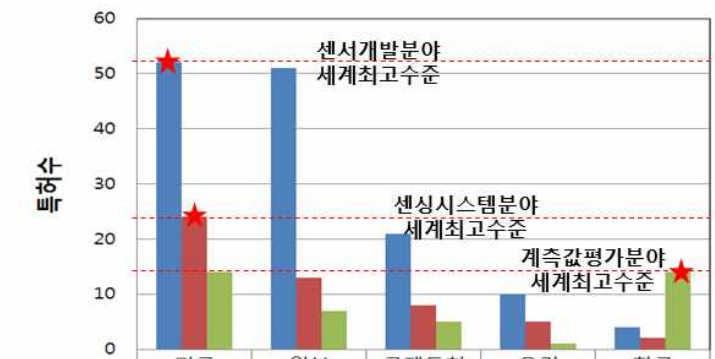
○ 시사점 및 전망

- 건축물의 안전진단 및 유지관리를 위하여 기개발 센서를 융합한 기술을 활용하여 건축물 실시간 거동을 계측하는 평가기술을 개발하고 가격경쟁력을 확보한다면, 적용분야의 급속한 확대와 실용화를 예상할 수 있음
- 안전모니터링 시스템의 경우 센서네트워크 기반 계측시스템의 활용과 더불어 디지털 영상처리 기법에 대한 연구의 필요성이 증대되고 있음
- 국내 BIM기술의 경우 시공 및 설계수준에 머물러 있고 유지관리 연구는 실무업체와 공동연구가 아닌 일방향적인 연구방식에 머물러 있어 현장적용가능한 BIM기반 최적 유지관리 통합시스템 기술 개발이 요구됨

4. 기술수준분석

○ 국내외 특허동향

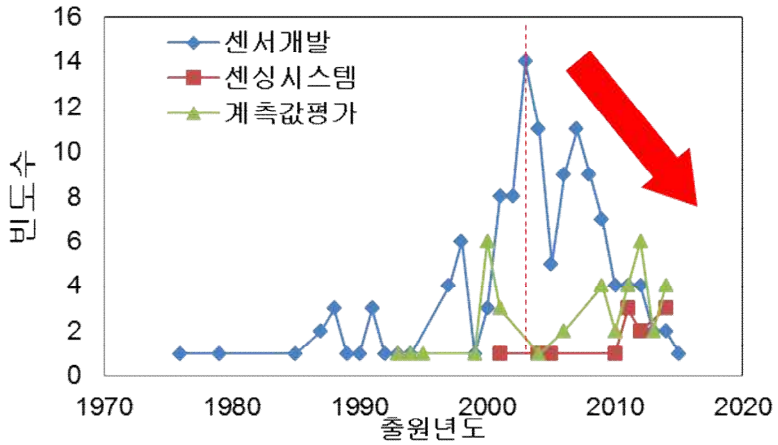
- 센서를 활용한 계측값 평가에 관한 기술수준은 세계적 수준으로 지속적인 연구개발을 통해 관련시장을 선도할 것으로 예측됨



	미국	일본	국제특허	유럽	한국
센서개발	52	51	21	10	4
센싱시스템	24	13	8	5	2
계측값평가	14	7	5	1	14

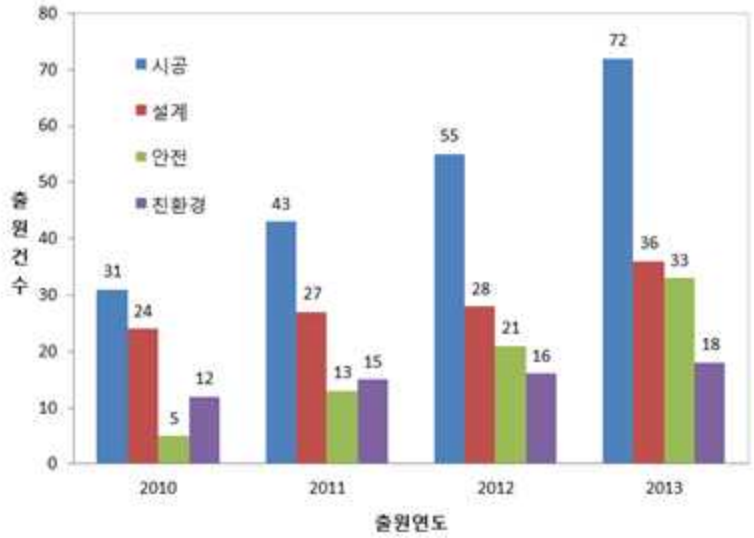
[그림 5] 센서기술 특허수-국가별

- 2003년 이후 센서개발분야의 특허수가 대체적으로 감소하는 추세로 센서개발기술이 성숙기에서 쇠퇴기단계로 접어드는 것으로 분석됨



[그림 6] 센서기술 특허수-연도별

- 다양한 비파괴 검사방법 중 초음파 탐상검사법은 가장 활발하게 관련 특허가 출원되는 방법 중에 하나이며, 최근에는 자동화 시스템 등을 중심으로 연구개발이 되고 있는 추세
- BIM 관련 특허 수는 2010년 이후로 증가하는 추세를 나타내며, BIM 활용 안전관리 특허수가 최근 큰 비중을 차지하고 있음



[그림 7] BIM기술 분야별 특허수-연도별

○ 시사점 및 전망

- 특허동향 분석결과 센서 네트워크 분야의 상용화 및 시장에 높은 가능성을 시사하며, 특히 세계적인 IT 강국인 한국의 기술강점과 가장 부합하는 분야로 미래가 매우 유망한 것으로 판단됨
- 센서개발에 관한 기술력 차이는 커서 선진국에 의존하지만, 센서개발의 기술단계는 쇠퇴기 단계로 나타남.

- 반면, 센서를 이용한 적용분야는 지속적으로 성장하고 있으며, 한국은 이에 대한 기술 경쟁력이 있는 것으로 판단됨. 따라서, IT 인프라 강점과 첨단센서를 융합 활용하여 건축물의 안전성확보를 위한 ICT 융합기술의 비교우위를 강화하고 안전 및 유지관리 분야의 국내외 시장을 선점할 필요가 있음
- 경제적 조건이 열악한 중소기업에서의 지속적 개발과 ICT기반 핵심기술의 성공적 개발을 위한 공동연구 환경을 제공하기 위해서는 국가적 차원의 지원이 필요함

5. 유사과제분석

○ 국내 국가R&D분석

- 국내에서는 안전진단 관련 계측시스템 R&D사업은 토목구조물을 대상으로 수행되고 있으며, 건축물에서는 안전진단/유지관리 업체에 의해 시공중 구조거동, 기둥축소량 자동계측 등 대규모 건축물을 대상으로 계측시스템이 설치되어 운영하고 있음
- 기존 연구와의 차별성으로 건물의 동적인 특성을 잘 인지할 수 있는 국산화된 하드웨어의 개발과 이를 응용한 손상인지 및 평가기술을 개발하는 것으로 진동 측정 시스템에 대한 연구로 건축물의 성능개선과 안전진단을 융합 등의 적용 및 실용화 측면에서 차이가 있음.
- 기존 교량 안전진단체계의 문제점 보완이 가능하고, 이론적으로 신뢰성 및 내구성이 우수한 광섬유센서를 이용하여 강재의 피로균열과 콘크리트 균열 탐사, 그리고 처짐 탐사 방안을 제시하고자 하였으며 적용 대상물이 교량이며 광섬유센서인 개별 센서 단위의 계측에 초점이 맞추어져 있음.
- 차세대 고감도/비접촉식/광역검사용/고온용/초소형 비파괴 센싱 요소기술과 산업체 현장 적용기술 개발로 센싱기술에 대한 연구로 건축물의 성능개선과 안전진단을 융합 등의 적용 및 실용화 측면에서 차별성을 가짐
- 실제 현장에서, 적용할 수 있는 매뉴얼개발로서, 현재까지 개발되어 현장에 적용되고 있는 시공단계 및 초보적인 기술수준에 대한 매뉴얼로서, 건물의 통합적인 모니터링 및 유지관리를 위한 실용화 기술개발이 목적인 본 연구와는 차별성이 있음. 건물의 유지관리 모니터링을 위한 실용화 기술이 구축된 이후에 새로이 개발될 필요가 있음.

○ 시사점 및 전망

- 국내 ICT관련 선행 국가R&D 및 건설분야 연구 인프라 분석결과, 안전진단 관련 R&D사업은 토목구조물에 국한되어 있으며 건축물 안전진단과 유지관리 모니터링을 위한 통합적인 연구개발은 이루어지고 있지 않음
- 다만, 일부 연구자들에 의해 ICT를 활용한 건축물 유지관리 방안의 연구가 진행되고 있는 상황으로 연구결과를 발전시키고 실용화하기 위해서는 ICT를 활용한 건축물의 통합적인 연구개발 및 실용화방안의 강구가 필요
- NDT기술의 경우 선진국에 대한 기술의존도가 높은 실정으로 향후 건축물 안전진단 분야에 적용이 확대될 추세이므로 고급 연구인력 육성 및 핵심기술개발이 필요
- ICT 기반 유지관리 분야는 BIM을 필두로 클라우드, 웹시스템 등을 활용한 설계자-시공자-관리자 간의 양방향 연계방안이 논의되고 있을 뿐 실질적인 시스템 및 핵심기술의 확보는 전무한 실정이며, BIM기반 유지관리 공법의 개발을 통한 역설계기법을 적용함으로써 설계단계에서부터 건축물전생애주기를 체계적으로 관리할 수 있는 통합 솔루션 개발이 필요함

Ⅳ. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1. 비전 및 목표

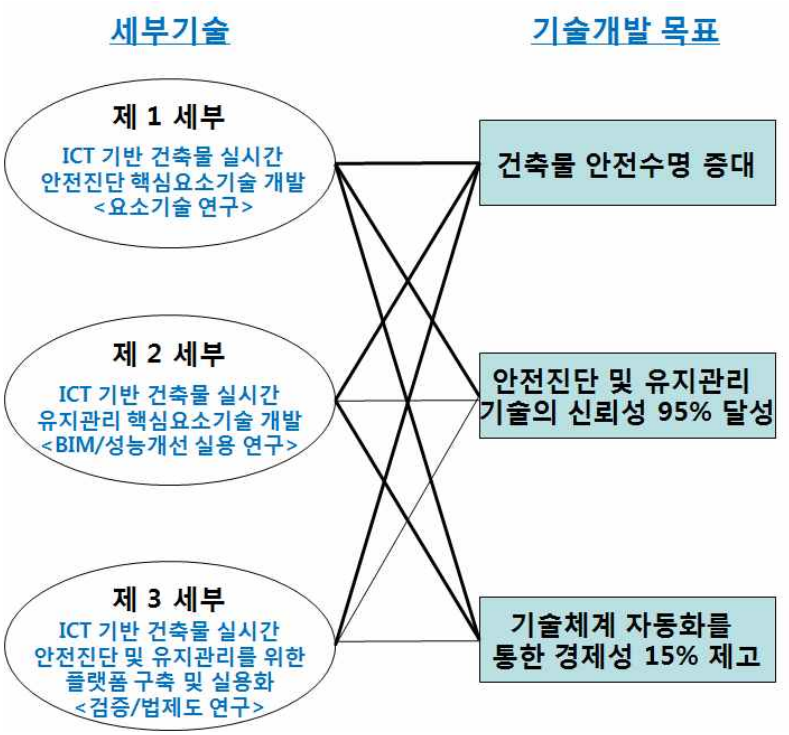
- 본 연구의 비전은 “안전하고(Safe), 지속가능하며(Sustainable), 스마트한(Smart) 건축물의 실현”으로 설정하고, 건축물에 대한 개인 및 국가의 안전수요(노후화, 자연적·사회적 재해)를 체계적·실효적으로 확보하기 위하여, 전통적 건축공학 기술에 정보기술(IT)과 통신기술(CT)을 융합하여 ICT기반 건축물 안전진단 및 유지관리 요소기술을 개발하는 것을 목표로 함
- 개발기술을 실현하기 위하여 실용적이고 합리적인 제도/정책을 구축하여 건축물의 장수명화, 안전사고 피해액 및 해외기술수입비용을 절감하는 것을 목표로 설정함. 이에 따른 연구분야를 1) 안전진단 2) 유지관리 및 성능개선 3) 플랫폼 구축 및 실용화 로 설정할 수 있음

○ 단계별 목표 및 기술실현 시기

- 본 연구는 단기간에 달성할 수 있는 목표가 아니므로 중장기적 접근이 필요함. 따라서 본 기획연구에서는 3단계의 장기적 목표를 설정하였음
- 1단계(과제 수행 종료시점)는 “실시간 안전진단 및 유지관리 기술 실용화 및 사업화”로 지진가속도계측기 설치계획 대상이 되는 건축물과 관리주체가 분명한 건축물 중 1종, 2종 시설물, 그리고 재난위험시설물로서 성능개선후 사용하는 건축물을 대상으로 개발기술을 적용함
- 2단계(과제 종료후 5년)는 “실시간 안전진단 및 유지관리 기술 활성화”로 법과 제도를 구축하여 관리주체가 명확한 민간 건축물로 확대 적용함
- 3단계(과제 종료후 10년)는 “안전진단 및 유지관리 기술 고도화/세계화” 로 설정하여 유지관리 자동화 미래기술 개발을 통한 기술의 고도화 및 기술 수출을 통한 국제화를 달성함

○ 연구최종목표와 정성적/정량적 목표

- 본 연구의 최종목표는 “첨단 ICT 기반 건축물 실시간 안전확보를 위한 안전진단 및 유지관리 핵심기술 개발”로 “건축물 안전수명 장수명화”의 정성적 목표와 “안전진단 및 유지관리 기술체계의 자동화를 통한 경제성 15% 제고” 및 “안전진단 평가 기술의 신뢰성 95% 달성”을 정량적 목표로 설정하였으며, 3가지 정성적·정량적 목표는 제안 세부기술과 직접적인 연관성을 가지고 있음
- 1세부는 모니터링 기술의 안전성 개선, 저가형 장비개발, 계측데이터 분석기술 개선 등의 연구를 중점적으로 추진하여 “건축물 안전수명 장수명화”, ”안전진단 및 유지관리 기술체계의 자동화를 통한 경제성 15% 제고“, ”안전진단 평가 기술의 신뢰성 95% 달성“, 의 3가지 목표에 직접적으로 연관됨
- 2세부는 BIM 기반 유지관리, 보강재 개발, 최적공법선정 등의 연구를 중점적으로 추진하여 “건축물 안전수명증대”, ”안전진단 및 유지관리 기술체계의 자동화를 통한 경제성 15% 제고“의 2가지 목표에 직접적으로 연관됨
- 3세부는 매뉴얼 개발, 통합솔루션 개발, 정책/제도 구축 등의 연구를 중점적으로 추진하여 “건축물 안전수명증대”의 1가지 목표에 직접적으로 연관됨



[그림 8] 세부과제와 기술개발 목표의 연관성

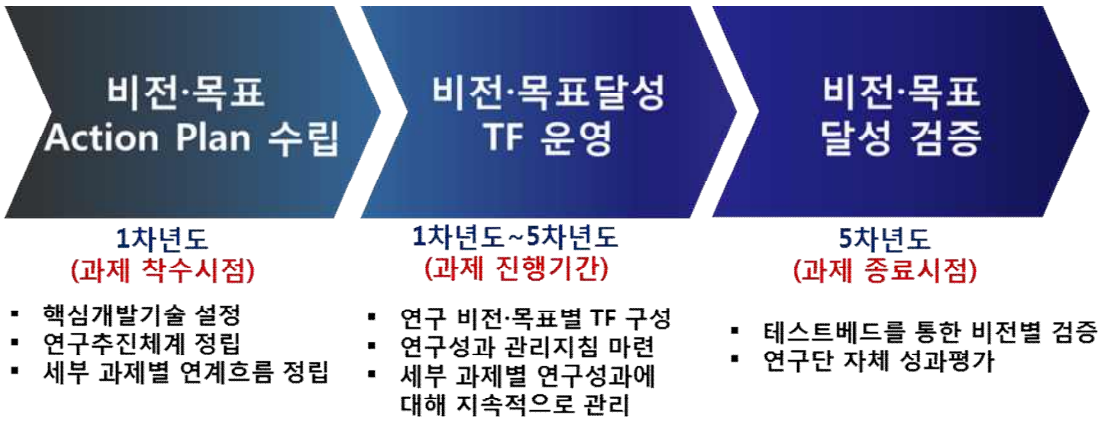
○ 비전·목표 달성을 위한 세세부과제별 주요 추진사항

- 본 연구에서 제시한 3가지 목표(건축물 안전수명 장수명화, 안전진단 및 유지관리 기술체계의 자동화를 통한 경제성 15% 제고, 안전진단 평가 기술의 신뢰성 95% 달성)의 실현을 위해 세세부기술 별로 구체적인 필요기술과 추진사항(예시)을 제시하였으며, 16개 세세부기술과 3가지 목표의 연관성을 매트릭스의 형태로 제시함

[표 2] 비전·목표 달성을 위한 세세부과제별 주요 필요기술 및 추진사항(예시)

성능목표 AS-IS	성능목표 TO-BE	세세부과제 \ 비전	건축물 안전수명 증대	안전진단 및 유지관리 기술의 신뢰성 95% 달성	기술체계 자동화를 통한 경제성 15% 제고
kHz급 계측 (수천만원대)	kHz급 장비개발 (천만원이하)	1-1. 저가형 고감도...		현장제어 프로토콜 작성을 통한 환경변화 대응성 개선	저가 대량 공정을 위한 광섬유-광도파 접속구조 설계
환경요인 오차10%	오차 5% 이하	1-2. 광섬유센서 기반...	푸시오버해석에 의한 건축물 실시간 리스크평가	건축물 특성을 고려한 계측시스템 구축으로 정밀도 향상	
전기저항식 센서 연계형 및 광섬유센서 연계형 개별 시스템	이종센서 동시 연계형 시스템	1-3. 이종 센서 호환형...		고정밀 광센서 및 전기저항식 센서 활용 계측 시스템 신뢰성 개선	기존 고가의 계측시스템을 대체하는 이종센서 계측시스템
유비쿼터스 기반 모니터링 시스템	사물인터넷 기반 모니터링 시스템	1-4. 사물인터넷 기반...	국가재난안전통신망 연동 건축물 붕괴방지 시스템 구축	산업용 표준 무선통신모듈 활용을 통해 계측 시스템 신뢰성 개선	
검사규준부재 건축물진단오차 15%	건축물진단오차 10%이내	1-5. 응력파멀티비파괴 검사법...	부재수준의 비파괴 진단기법 검증을 통하여 건축물 안전성 개선	멀티비파괴검사법을 활용한 진단오차율 감소	
장비 및 시스템 부재 데이터 오차범위 30%	국내최초 데이터 신뢰도 95%	1-6. 실시간 데이터 취득...		현장측정시험 적용성 검증과 목표 신뢰성 달성	통합모니터링 시스템 개발을 통한 현장측정시험 반자동화
센서 기반 유지관리 정보 관리 BIM 기술 부재	유지관리비용 50% 절감 운영효율성 50%개선	2-1. 건축물 유지관리를 위한...			건축물 안전점검 및 성능평가 유지관리 비용 절감
환경요인 오차 10% 센서간 상관관계분석을 통한 평가기술 부재	신뢰도 95% 이상 확보	2-2. 계측데이터의 이력...		센서 이력데이터를 활용한 시공중·후 구조안전 상관분석을 통한 성능개선	시공중 시나리오 선정 및 효율적 시공단계관리
건축용 웨어러블 센서부재	재료개발 및 국제특허등록 2건 이상	2-3. 나노급 첨단기초 소재 기반...	웨어러블 면 센싱을 통한 건축물 안전진단		마감재 표면 복구비용 저감을 위한 신재료적용 마감재 검증
센서-보강재 융합 신소재 상용품 부재	신소재 활용 구조성능 30%증대	2-4. ICT 기반 센서 융합 보강재...	센서융합 소재의 건축물 구조성능 보강 기술 검증		
단순한 부재보강 단계 보강부재 유지관리기술 부재	모듈화 고성능 보강기술개발 보강 후 건물의 ICT 유지관리	2-5. 모듈화된 센서 내장형...	센서 내장형 패널 활용 수직부재 보강장치 및 공법 적용성 검증		구조거동 예측모델의 최적화 및 실용화 연구
기술자 역량에 의존 비경제적 공법선정	최적공법선정으로 구조성능 20%개선	2-6. 빅데이터 딥러닝 기반...	최적구조 성능개선 기술 검증		최적화 기술 적용 전산 프로세스 제시
통합모니터링 시스템 적용 초기단계	실증	3-1. ICT...테스트베드...	ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술 적용을 위한 매뉴얼	ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 테스트베드 및 실증	
안전진단 및 유지관리 통합 플랫폼 부재	플랫폼 개발	3-2. ICT...플랫폼 구축	ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 통합 솔루션		실수요자를 위한 오픈소스 기반 플랫폼 구축
정부주도하 건설산업 ICT 융합 미흡	ICT기반 건축물 안전 및 유지관리 법규 및 제도 개선	3-3. ICT...관련법(통합법) 제정	건축물 구조안전성 향상을 위한 정책/제도		
국내 성능평가는 건축물 구조안전진단에 편향	성능평가 기준 및 성능평가 및 인증제도 도입	3-4. ICT...인증시스템 개발	ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 인증시스템 구축		

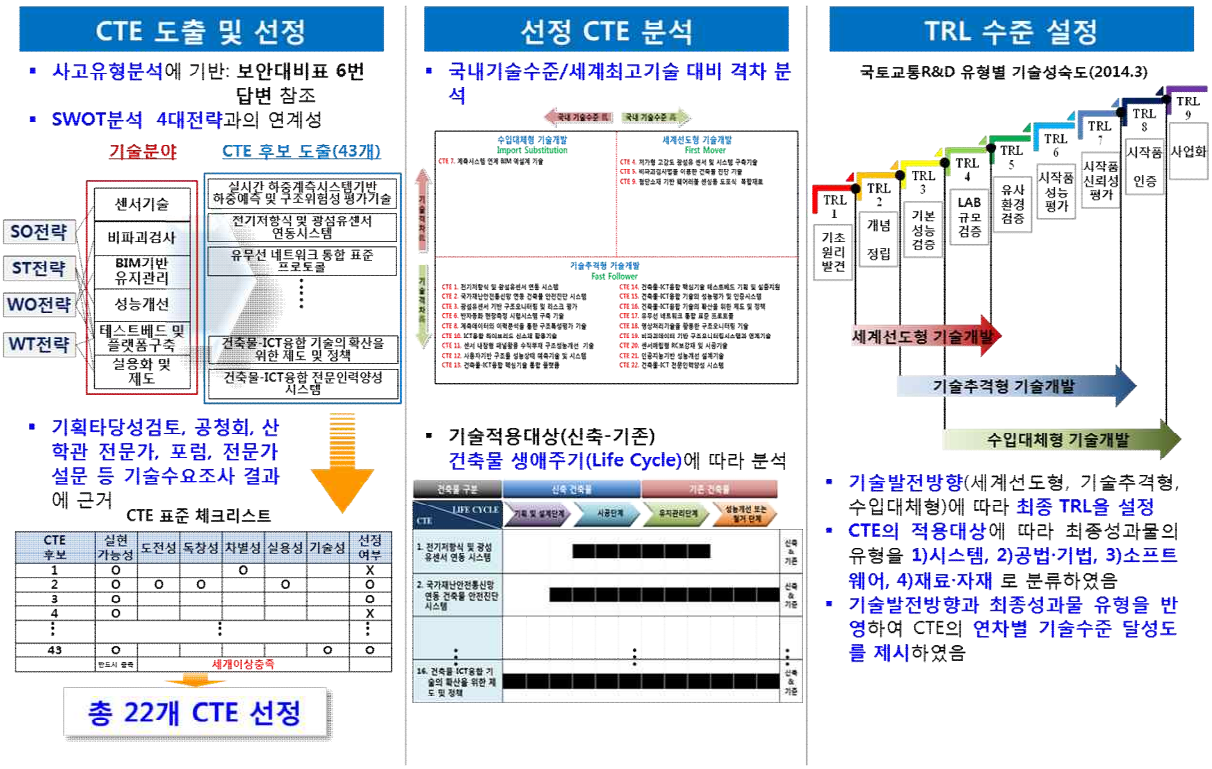
- 비전·목표를 달성하기 위해 제시된 세세부 기술별 추진사항의 원활한 수행을 위해서는 각 연차별 연구개발 진도에 대한 체계적 관리가 필요하며, 본 기획연구에서는 이를 위한 연구개발 추진방안을 제시하였음. 1차년도(과제 착수시점)에는 비전·목표 달성을 위한 핵심개발기술 및 추진체계의 정립과 세부과제별 연계흐름을 분석하는 비전·목표 달성 Action Plan을 수립하고, 1-5차년도(과제 진행기간)에는 비전·목표별 TF를 구성하여 운영하여 세부과제별 연구성과에 대해 지속적으로 관리하며, 5차년도(과제 종료시점)에는 테스트베드를 통한 비전·복표의 달성을 정량적·정성적으로 검증함



[그림 9] 비전·목표 달성을 위한 연구개발 추진방안

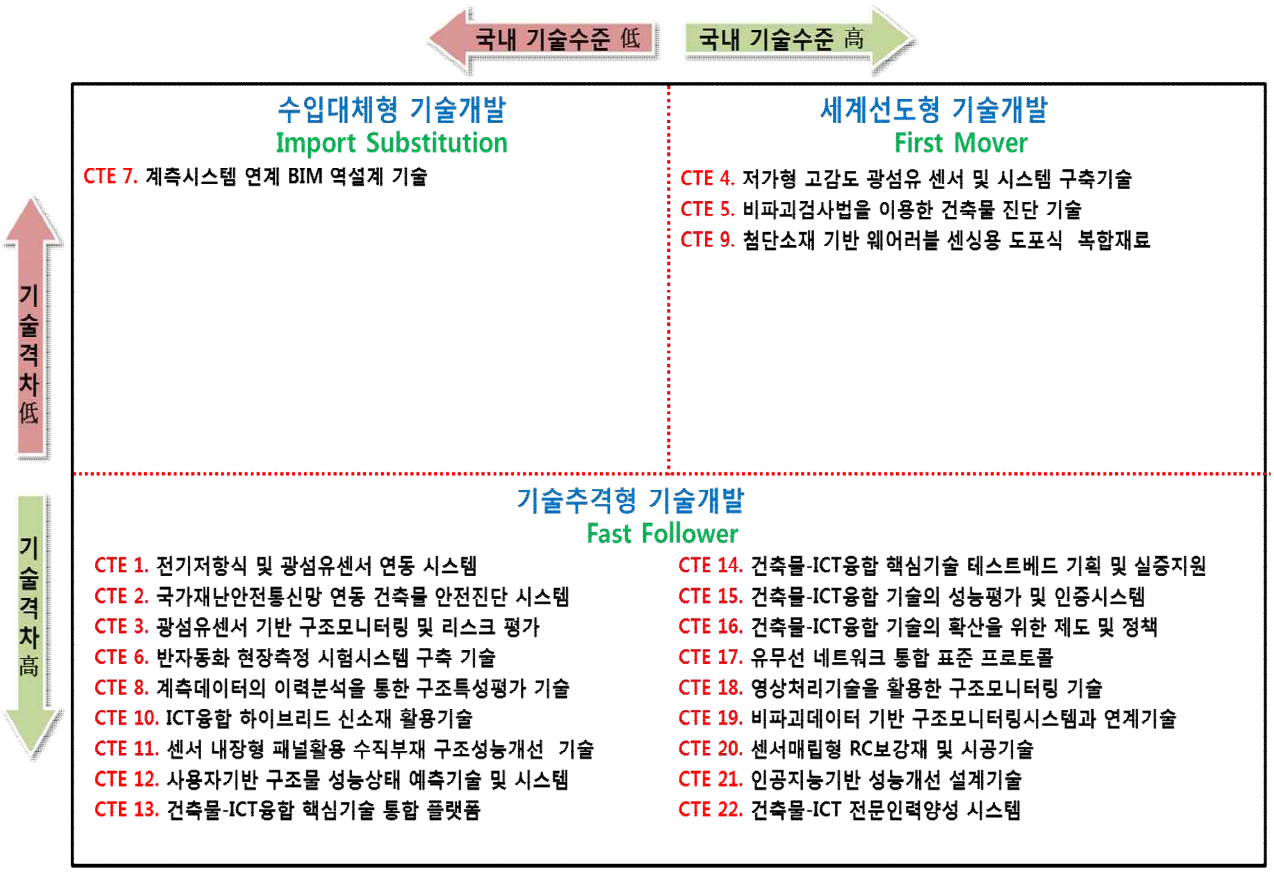
2. 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표

○ 핵심기술요소(CTE) 선정



[그림 10] CTE 선정과정 요약

- 본 기획연구에서는 국내외 기술동향 및 환경분석, SWOT분석, 기획타당성검토, 공청회, 산학관 전문가, 포럼, 전문가 설문 등 기술수요조사에 근거하여 4가지 전략(SO, ST, WO, WT)을 토대로 6대 기술분야-43개 CTE 후보를 도출하였음
- 도출된 CTE 후보를 대상으로 기획타당성검토, 공청회, 산학관 전문가, 포럼, 전문가 설문 등 기술수요조사에 근거하여 22개 CTE를 선정하였음
- 선정된 CTE를 대상으로 기술발전전략은 기술동향 분석과 기술수준분석 결과에 근거하여 3가지(세계선도형, 기술추격형, 수입대체형)로 분류하였고, 건축물의 적용범위는 신축과 기존 건축물을 건축물 생애주기를 4단계로 나누어서 CTE 적용가능 범위를 설정하였음



[그림 11] CTE의 기술발전전략 분류

○ 핵심기술요소(CTE)의 성과물유형 및 최종 TRL 수준

- 문헌조사, 시장조사, 전문가 자문 등에 근거하여 기술별 기술수준 및 성과수준을 정의하고 개발되는 기술의 성능목표를 설정함. 이 중 CTE의 기술수준별 정량적 성과수준은 다음과 같음

[표 3] 세부기술별 기술수준에 대한 AS-IS, TO-BE(기술수준별)와 달성전략

기술명	As-is	To-be	달성전략
저가형 고감도 광섬유 센서 및 시스템 구축 기술	▪ 8 Point/Ch 및 kHz 급 계측 (수천만원대)	▪ 100 Point 급 병렬 Ch 의 kHz급 다이나믹 측정 ▪ 장비는 천만원 이하 저가형 개발	▪ 신개념 Active Mode Locking 고속 레이저 엔진의 파장-시간 분할을 통한 병렬 스캔 시작품 제작 방법
광섬유센서 기반	▪ 국내 고층구조물 적	▪ 실구조물 계측결과	▪ Lab 기반 구조부재

구조모니터링 및 리스크 평가	용사례가 없음	신뢰도 95% 이상 확보	실험 또는 축소모형 실험을 통한 오차율 평가
전기저항식 및 광섬유센서 연동 시스템	▪ 전기저항식 센서 연계형 및 광섬유센서 연계형 개별 시스템 ▪ 상용화된 전기저항식 및 광섬유센서 연계형 시스템 제품이 국내에 없음	▪ 이종센서 동시 연계형 시스템 ▪ 전압 및 전류출력 센서 호환 ▪ OTDR 및 FBG 호환	▪ 시험기관 인증 수준의 신뢰성 확보 및 시작품 제작
국가재난안전통신망 연동 건축물 안전진단 시스템	▪ 유선/LAN 기반 모니터링 시스템 ▪ BLE, Zigbee 통신기반 무선계측모듈(MEMS 센서활용)	▪ 시설물 정기점검 및 정밀안전진단에 활용가능한 사물인터넷기반 모니터링 시스템 구축	▪ 공공연구기관(제도화), IoT 디바이스 및 통신 전문업체(제품구현) 협업 추진 ▪ IoT 신기술 적용 및 계측항목 추가가 용이한 Open Platform 기반 계측 시스템 개발
비파괴검사법을 이용한 건축물 진단 기술	▪ 국내 검사규준 부재 ▪ 부재기반의 비파괴 검사결과 신뢰도 부족	▪ 국내 비파괴 검사 규격 제시 ▪ 현행 국내외 비파괴 검사 기법 대비 30%이상 진단오차율 감소	▪ Lab 기반 비파괴실험을 통한 진단오차 10%이하의 진단기술 개발 및 지침서 작성
반자동화 현장측정 시험시스템 구축 기술	▪ 반자동화 비파괴 보조장비 부족 ▪ 실 현장 부재 측정 데이터 신뢰도 부족	▪ 국내 최초 응력파 진단 보조장비 개발 ▪ 데이터 신뢰도 95% 실현	▪ Lab 기반 비파괴실험을 통해 오차율을 검증하고, 데이터 신뢰도 95% 이상의 기술수준을 가지는 반자동화 현장측정 시험시스템 개발
계측시스템 연계 BIM역설계 기술	▪ 센서 기반 유지관리 정보 관리를 위한 BIM 기술 부재	▪ 센서 계측 정보 관리의 BIM 기반 자동화 프로그램 및 시스템 개발	▪ BIM 역설계 기술을 활용한 건축물 유지관리 기술 개발 및 검증
계측데이터의 이력분석을 통한 구조특성평가 기술	▪ 실제 건축물 대상 생애주기단계별 실시간 구조 안전성 평가 실용화 기술 미흡	▪ 하중 및 구조거동에 대한 불확실성이 높은 건축물의 생애주기단계별 (시공 중/후) 구조안전관리 실용화 기술 확보 ▪ 실험검증을 통한 오차율 5% 이하 확보	▪ 센서간의 구조반응 상관관계 및 이력 분석을 통한 구조안전성 평가기술 개발 및 지침서 작성 ▪ Lab 기반 구조부재 실험 또는 축소모형 실험을 통한 오차율 평가
첨단소재 기반 웨어러블 센싱용 도포식 복합재료	▪ 건축용 웨어러블 센서용 도포재료 부재	▪ 센싱용 도포식 복합재료 개발을 통한 면단위 센싱기술 확보 ▪ 국제적 수준의 기술 확보 (국제특허출원)	▪ 재료(시작품)성능검증시험 수행 ▪ 특허(국내 또는 국제)
ICT융합 하이브리드 신소재 활용 기술	▪ 센서와 보강재를 융합한 신소재 상용품 부재	▪ 센서 융합형 하이브리드 신소재 개발 및 실용화 ▪ 신소재 활용 구조성	▪ ICT 융합 신소재 활용 구조성능 개선 및 검증 ▪ Lab 기반 구조실험

		능 15% 증대 및 안전모니터링 시스템 구축	을 통한 구조성능(예, 강도, 연성 등) 평가 ▪ 검증실험보고서
센서 내장형 패널활용 수직부재 구조성능개선 기술	▪ 구조물 성능개선시 단순한 부재의 보강만을 실시화는 단계 ▪ 보강부재 유지관리 기술 부재	▪ 모듈화된 고성능 보강기술개발 ▪ 보강 후 건물의 ICT 유지관리	▪ ICT 기술을 접목한 제품개발 ▪ 개발제품의 성능검증 및 설계법 구축
사용자기반 구조물 성능상태 예측기술 및 시스템	▪ 성능개선공법 선정이 기술자 역량과 경험에 의존하므로 경제성이 낮음	▪ 건축물 잔존수명을 고려한 최적공법선정 ▪ 빅데이터 딥러닝 기반 성능개선공법선정으로 경제성 수준 15% 개선 (현재 대비)	▪ 기존 성능개선 공법 실험데이터의 디지털화 프로세스 개발 (DB 구축) ▪ 빅데이터 딥러닝 기반 성능개선 평가기술 ▪ 경제성 평가 수행
건축물-ICT융합 핵심기술 테스트베드기획 및 실증지원	▪ 초고층/초대형 구조물을 대상으로 한 단순 통합모니터링 시스템이 적용되는 초기 단계임 ▪ 안전진단과 유지관리가 연계된 ICT 융합 핵심기술 적용사례 부재	▪ 개발기술들의 실증을 통하여 실용성과 사업성 확보	▪ 대상 건물을 선정하여 개발기술들의 현장적용 ▪ 현장적용을 통한 기술의 검증
건축물-ICT융합 핵심기술 통합 플랫폼	▪ 안전진단 및 유지관리를 위한 통합 플랫폼 부재	▪ 핵심기술별 데이터를 고려한 오픈 Middleware 프로그램 개발 ▪ 웹기반 ICT 융합 통합 플랫폼 개발	▪ 오픈 Middleware 프로그램 및 ICT 융합 통합 플랫폼 검증 ▪ 플랫폼 개발 보고서
건축물-ICT융합 기술의 확산을 위한 제도 및 정책	▪ 선진국 대비 국내의 경우 정부주도하에 건설산업에 ICT융합 미흡	▪ ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 장기 액션 플랜 수립 ▪ ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 관련 법규 및 제도 개선(안) 제시	▪ 국내 건축 관련 학회 및 협회의 협의 ▪ ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 제도·정책에 대한 공청회 실시
건축물-ICT융합 기술의 성능평가 및 인증 시스템	▪ 선진국의 경우 성능지표를 활용하여 건축물의 성능을 평가 후 관리 운영 ▪ 국내는 건축물의 구조안전진단에 편향되어 실시되고 있으며 성능지표를 활용한 건축물의 유지관리 필요	▪ 성능평가 기준 및 성능평가 및 인증제도(안) 개발 ▪ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리의 개발 기술 및 한국형 성능지표 개발	▪ 전문가 자문단 운영 (ICT 요소기술 전문가, SHM 기술 전문가, 신기술 컨설팅 전문기업 등)을 통한 개발된 성능평가 및 인증시스템 도입 추진

○ TRL 목표 설정

- 선정된 CTE를 대상으로 기술개발성과를 객관적으로 평가하기 위한 최종성과물 유형과 최종 기술성숙도(TRL)를 “CTE의 기술수준별 정량적 성과수준”과 "기술성숙도(TRL) 수준별 정의"(기술성숙도평가(TRA) 업무지침, 방위사업청예규, 제 217호-별표 1)를 활용하여 TRL 목표를 설정하였음

[표 4] 선정 CTE의 최종성과물 유형 및 TRL수준

No.	기술명	최종성과물 유형	최종 TRL
CTE 1	전기저항식 및 광섬유센서 연동 시스템	장비/장치	TRL 7
CTE 2	국가재난안전통신망 연동 건축물 안전진단 시스템	장비/장치	TRL 7
CTE 3	광섬유센서 기반 구조모니터링 및 리스크 평가	소프트웨어, 제도/표준화	TRL 6
CTE 4	저가형 고감도 광섬유 센서 및 시스템 구축 기술	장비/장치	TRL 4
CTE 5	비파괴검사법을 이용한 건축물 진단 기술	공법/기법, 제도/표준화	TRL 5
CTE 6	반자동화 현장측정 시험시스템 구축 기술	장비/장치	TRL 6
CTE 7	계측시스템 연계 BIM역설계 기술	공법·기법	TRL 7
CTE 8	계측데이터의 이력분석을 통한 구조특성평가 기술	소프트웨어	TRL 6
CTE 9	첨단소재 기반 웨어러블 센싱용 도포식 복합재료	공법/기법	TRL 4
CTE 10	ICT융합 하이브리드 신소재 활용 기술	소프트웨어, 시스템	TRL 6
CTE 11	센서 내장형 패널활용 수직부재 구조성능개선 기술	공법/기법	TRL 7
CTE 12	사용자기반 구조물 성능상태 예측기술 및 시스템	소프트웨어	TRL 7
CTE 13	건축물-ICT융합 핵심기술 통합 플랫폼	시스템, 소프트웨어	TRL 7
CTE 14	건축물-ICT융합 핵심기술 테스트베드기획 및 실증지원	공법/기법	TRL 8
CTE 15	건축물-ICT융합 기술의 성능평가 및 인증 시스템	제도/표준화, 시스템	TRL 8
CTE 16	건축물-ICT융합 기술의 확산을 위한 제도 및 정책	제도/표준화	TRL 8
CTE 17	유무선 네트워크 통합 표준 프로토콜	시스템	TRL 7
CTE 18	영상처리기술을 활용한 구조모니터링 기술	시스템	TRL 6
CTE 19	비파괴데이터기반 구조모니터링시스템과 연계 기술	시스템	TRL 6
CTE 20	센서매립형 RC 보강재 및 시공기술	공법/기법	TRL 6
CTE 21	인공지능기반 성능개선 설계기술	공법/기법	TRL 6
CTE 22	건축물-ICT 융합 전문인력양성 시스템	시스템	TRL 7

○ 연구개발단계별 CTE 개발 추진계획

(1) 핵심기술요소(CTE) 후보 도출

- 기획메뉴얼 및 프로세스에 제시된 절차에 따라서 국내외 기술동향 및 환경분석에 근거하여 6개 기술분야에서 CTE 후보 43개를 도출함.

(2) 핵심기술요소(CTE) 선정

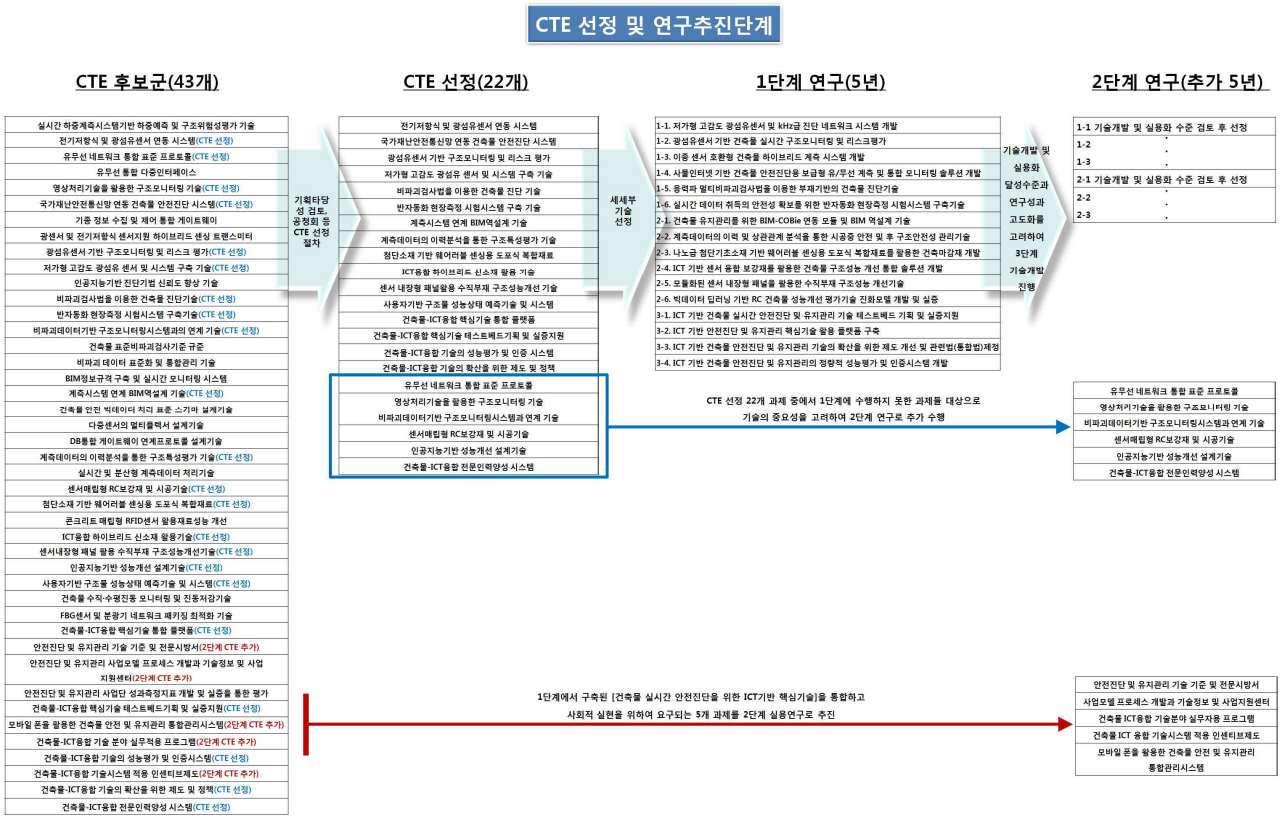
- SWOT분석, 기획타타당섬 검토, 공청회, 산관학 전문가, 포럼, 전문가 설문 등 기술 수요조사에 근거하여 22개 CTE를 선정함.

(3) 1단계 연구기간수행 세세부과제 선정

- 22개 CTE중 기술개발이 먼저 수행되어야 할 16개 CTE를 근거로 세세부 과제를 선정함.

(4) 2단계 장기 기술개발 계획

- 2단계 연구에서는 1단계 연구 성과, 실용화 수준, 연구성과 고도화를 고려하여 1단계 연구의 일부를 지속적으로 추진
- CTE 선정 22개과제 중에서 1단계에 수행하지 못한 과제를 대상으로 기술의 중요서이 높고, 1단계 기술성과의 고도화를 도모하는데 6개 과제를 2단계 과제로 추가 추질할 예정임.
- CTE 후보과제 중 1단계 연구로 선정되지 않은 과제중에서 1단계에서 구축된 “건축물 실시간 안전확보를 위한 ICT기반 안전진단 및 유지관리 핵심기술개발”을 통합화하고 사회적 실현을 위하여 요구되는 5개 과제를 2단계 과제로 추가 추진할 예정임.



[그림 12] 연구개발단계별 CTE 개발 추진계획

3. 연구개발과제의 구성 및 연계관계

○ 연구개발과제의 구성

- 연구개발과제는 센서기술과 비파괴검사기술로 구성되는 안전진단분야, BIM기반 유지관리와 성능개선으로 구성되는 유지관리 및 성능개선분야, 테스트베드 및 플랫폼 구축과 실용화 및 제도로 구성되는 플랫폼 구축 및 실용화 분야로 구성

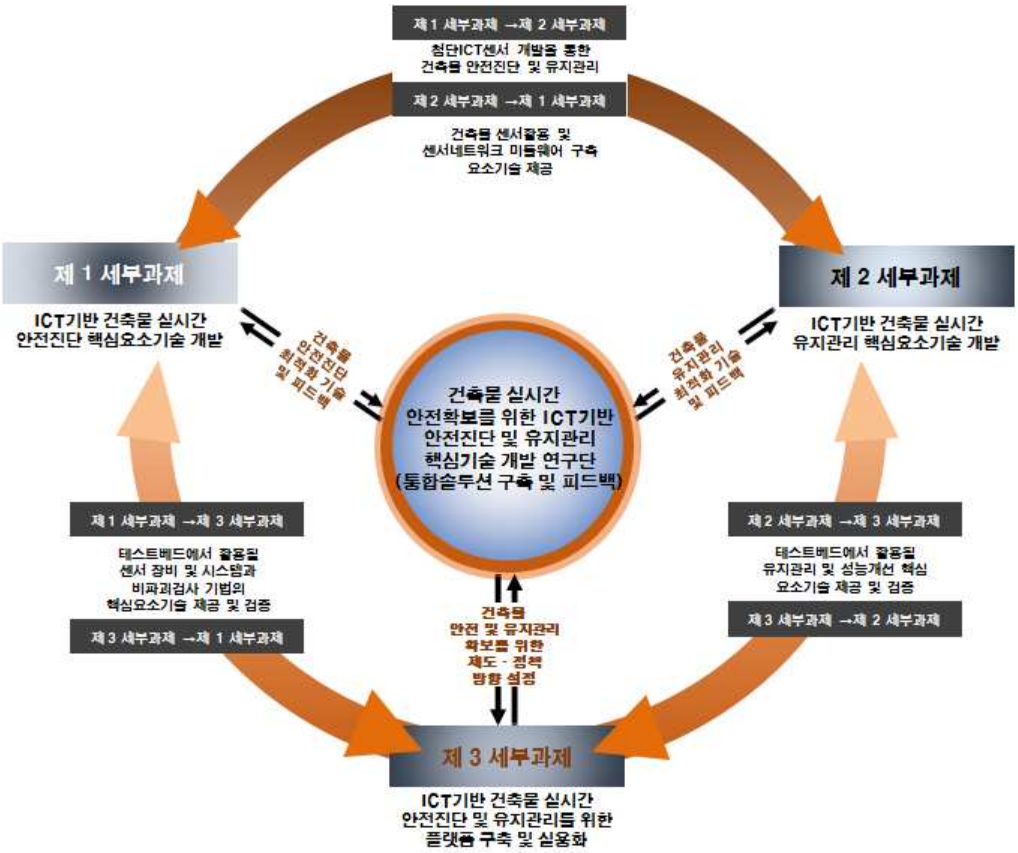
[표 5] 연구개발과제 구성

주제분야			제안 기술명
안전진단 분야	센서 기술	센서 개발	▪ 저가형 고감도 광섬유센서 및 kHz급 진단 네트워크 시스템 개발

		계측값 평가 및 모니터링	▪ 광섬유센서 기반 건축물 실시간 구조모니터링 및 리스크 평가
		센싱장비 및 시스템	▪ 이종 센서 호환형 건축물 하이브리드 계측 시스템 개발
			▪ 사물인터넷 기반 건축물 안전진단용 보급형 유/무선 계측 및 통합 모니터링 솔루션 개발
	비파괴검사 기술	복합진단 기법	▪ 응력파 멀티비파괴검사법을 이용한 부재기반의 건축물 진단기술
		현장적용 시스템	▪ 실시간 데이터 취득의 안전성 확보를 위한 반자동화 현장측정 시험시스템 구축기술
유지관리 및 성능개선 분야	BIM 기반 유지 관리 기술	건축물 상태관리	▪ 건축물 유지관리를 위한 BIM-COBie 연동 모듈 및 BIM 역설계 기술
		건축물 위험정보 처리	▪ 계측데이터의 이력 및 상관관계 분석을 통한 시공중 안전 및 후 구조안전성 관리기술
	성능 개선 기술	재료성능	▪ 나노급 첨단기초소재 기반 웨어러블 센싱용 도포식 복합재료를 활용한 건축마감재 개발
		구조성능	▪ ICT 기반 센서 융합 보강재를 활용한 건축물 구조성능 개선 통합 솔루션 개발
			▪ 모듈화된 센서 내장형 패널을 활용한 수직부재 구조성능 개선기술
			▪ 빅데이터 딥러닝 기반 건축물 성능개선 평가기술 진화모델 개발 및 실증
플랫폼 구축 및 실용화 분야	테스트베드 및 플랫폼 구축	테스트 베드 기획 및 실증	▪ ICT기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 기획 및 실증 지원
		플랫폼 구축	▪ ICT기반 안전진단 및 유지관리 핵심기술 활용 플랫폼 구축
	실용화 및 제도	기반구축	▪ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 확산을 위한 제도 개선 및 관련법(통합법) 제정
		수요확산	▪ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리의 정량적 성능평가 및 인증시스템 개발

○ 세부과제 간 연계관계

- 전체적인 연구기획은 1세부 안전진단 분야, 2세부 유지관리 및 성능개선 분야, 3세부 플랫폼 구축 및 실용화 분야로 구성되어 있음
- 1세부에서 개발될 첨단 ICT센서 시작품들은 2세부 건축물 유지관리 및 성능개선분야에서 연구활용 되며, 2세부에서 연구될 센서활용 기술 및 건축물내 센서네트워크 미들웨어 구축기술은 1세부 센서 시스템 개발에 활용됨
- 1,2세부에서 개발된 센서 장비 및 시스템, 유지관리에 관한 개별 요소기술은 3세부 플랫폼 구축 및 실용화를 위한 대상기술이 되며, 이를 위해 각 세부간의 지속적인 피드백을 통한 Pilot Testbed가 진행될 예정임



[그림 13] 세부과제 간 연계성

4. 성과의 활용방안

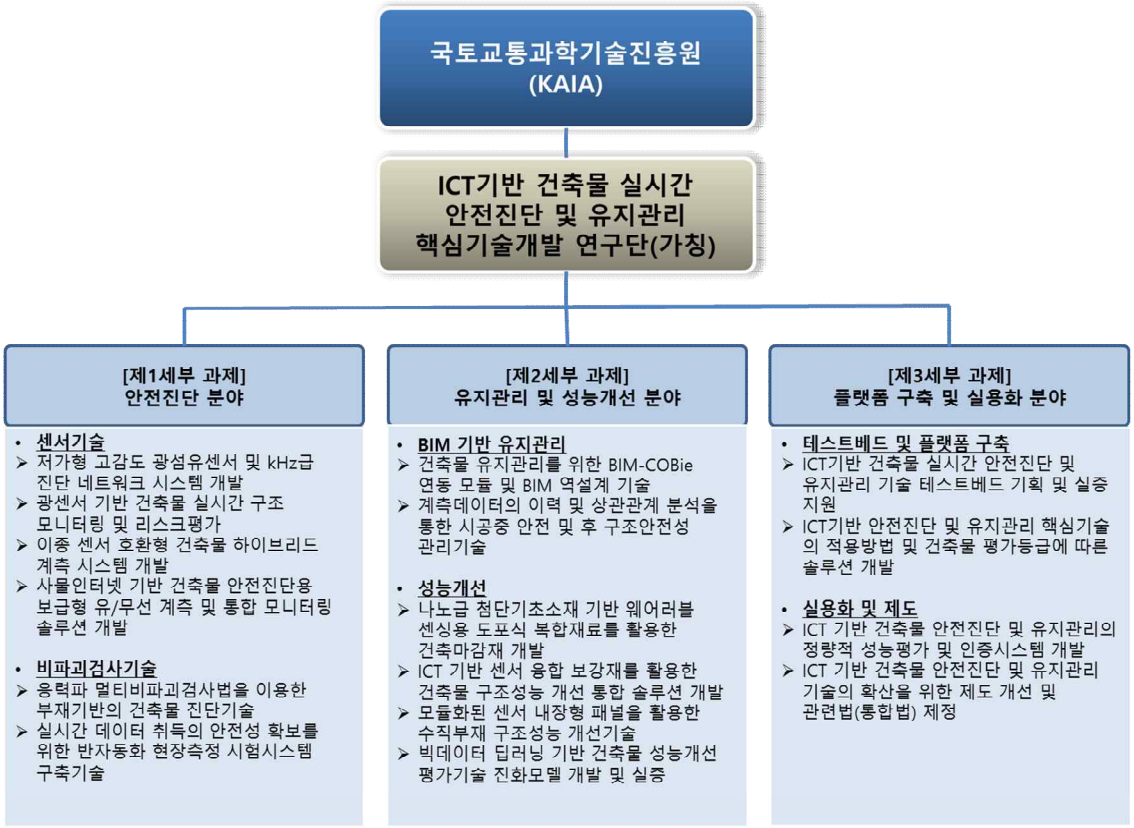
[표 6] 분야별 핵심 성과명

세부명	주제분야	핵심성과명
1세부 ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 핵심요소 기술 개발	센서 기술	▪ 저가형 고감도 광섬유센서 시작품
		▪ 광센서기반 건축물 계측-리스크평가기술 S/W 및 기술지침서
		▪ 이종 센서 호환형 하이브리드 계측 시스템
		▪ 사물인터넷기반 건축물 안전진단용 보급형 유/무선 계측 및 통합 모니터링 시스템 시작품
	비파괴검사 기술	▪ 멀티비파괴검사법을 이용한 건축물 진단시스템 지침서
		▪ 반자동화 현장측정시스템

2세부 ICT 기반 건축물 실시간 유지관리 핵심요소 기술 개발	BIM 기반 유지 관리 기술	▪ 건축물 유지관리를 위한 BIM-COBie 연동 모듈 시스템
		▪ 계측데이터의 이력 및 상관관계 분석을 통한 건축물 안전 및 위험관리 프로그램
	성능 개선 기술	▪ 나노급 첨단기초소재 기반 웨어러블 센싱용 도포식 건축마감재
		▪ 센서 융합 보강재 활용 건축물 성능개선 통합 솔루션
		▪ 모듈화된 센서내장형 패널활용 수직부재 보강장치
		▪ 빅데이터 딥러닝 기반 건축물 성능개선 평가기술 진화모델
1세부 ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리를 위한 플랫폼 구축 및 실용화	테스트베드 및 플랫폼 구축	▪ ICT기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리기술 테스트베드 및 실증 보고서
		▪ ICT기반 건축물 안전진단 및 유지관리를 위한 플랫폼 구축 보고서
	실용화 및 제도	▪ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 확산을 위한 제도 개선 및 관련법(통합법)
		▪ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리의 정량적 성능평가 및 인증 시스템

6. 연구수행체계

- 기술개발분야와 실용화지원 분야의 유기적인 관계를 형성하여야 함. 따라서, 전체 연구단 사업을 총괄하는 조직을 구성하고, 안전진단, 유지관리 및 성능개선, 플랫폼 구축 및 실용화로 구분되는 3개의 세부과제를 구성하여 연구를 추진
- 개발된 센서, 첨단 비파괴 검사기술, BIM S/W는 본 연구의 핵심분야인 플랫폼 구축 및 실용화 분야에 핵심요소기술로 연계되며, 그 검증결과는 다시 안전진단, 유지관리 및 성능개선 분야의 세세부 연구기술개발에 피드백되어 기술개선에 직접 활용됨
- 개발기술의 검증과 실용화를 실현하는 플랫폼 구축 및 실용화 분야는 구체적 기술개발내용과 밀접하게 연계되어 개발되어야 하며 이를 위해서는 연구단 급으로 일괄 구성된 연구조직을 일괄 발주하는 것이 타당한 것으로 분석됨
- 국토교통과학기술진흥원에서 현재 진행중인 연구과제(예방적 유지관리를 위한 지능형 친환경 통합 관리 기술 개발)도 3개의 세부과제인 1) 교량요소기술개발, 2) 시공 및 실용화 기술개발, 3) 통합 관리시스템 개발연구로 본 연구와 연구체계 구성이 거의 동일하며, 따라서 본 과제는 연구단급으로 일괄발주 하는 것이 타당함
- **분리발주시에는** 각 세부과제에서 독립적인 연구결과를 수립하기 때문에 세부과제간에 유기적으로 연결된 연구결과 도출이 불가능함. 이에 따라 연구목적인 **실제 건물의 통합적 유지관리를 위한 기술개발의 어려움 발생함.** 또한 세부과제의 연계성 부족에 의해 실증기술의적용시 현장적용의 어려움 발생할 것으로 예상됨. 특히 플랫폼구축, 제도 개선 등을 위한 문제점의 피드백 및 개선과 같은 일련의 연구절차가 적절하게 이루어지기 어려우며 **별도의 통합연구를 위한 추가연구의 필요성이 대두될 가능성 매우 높음**.



[그림 14] 연구수행체계(연구단)

Ⅴ. 사전타당성 검토

○ 본 기획연구 추진의 타당성을 정책적, 기술적, 경제적 측면에서 검토하였음

○ 조사 및 분석의 타당성은 2014년 구가 R&D사업 투자방향의 주요내용과 부합하는 항목으로 선정하여 아래 그림과 같이 하였음

○ 데이터 척도는 정량적 분석이 가능한 5점 척도로 구성되어 있음. 5점 척도는 '매우중요', '중요', '보통', '중요하지 않음', '불필요' 로 측정하였음



[그림 15] 사전타당성 검토 방향

1. 정책적 타당성

- 국가 전략적 중요성

안전관리분야 정책의 정부별 기조 변화 : 박근혜 정부는 국민안전을 최우선 과제로 선정함에 따라 '13년 5월 "국민안전 종합대책"을 발표하여 통합적 안전관리체계 구축, 안전 강화를 위한 선진제도 도입, 안전 인프라 및 투자 확충, 안전문화 확산 및 안전교육 활성화의 4대 전략을 제시하였음

법/제도 기준 마련으로 ICT기반 건축물 안전 및 유지관리의 패러다임 전환 실현 : 국민안전을 확보하기 위해 3S(Safe, Sustainable, Smart) 시설물로의 전환과 ICT 기술의 통합 · 연계를 통한 효율적인 건축물 안전 및 유지관리 시스템 기반 구축 요구

ICT기반 건축물 안전 및 유지관리분야의 유미망 미래기술 확보 및 신산업 창출 : 국민행복, 삶의 질과 안전에 대한 관심이 향상되고 있으며, ICT융합 확산으로 타산업의 혁신과

생산성을 제고하고 기후변화, 재난 사고 등의 복합해지는 사회 현안이슈를 해결할 수 있는 미래기술 확보 요구

- **상위계획과의 부합성**

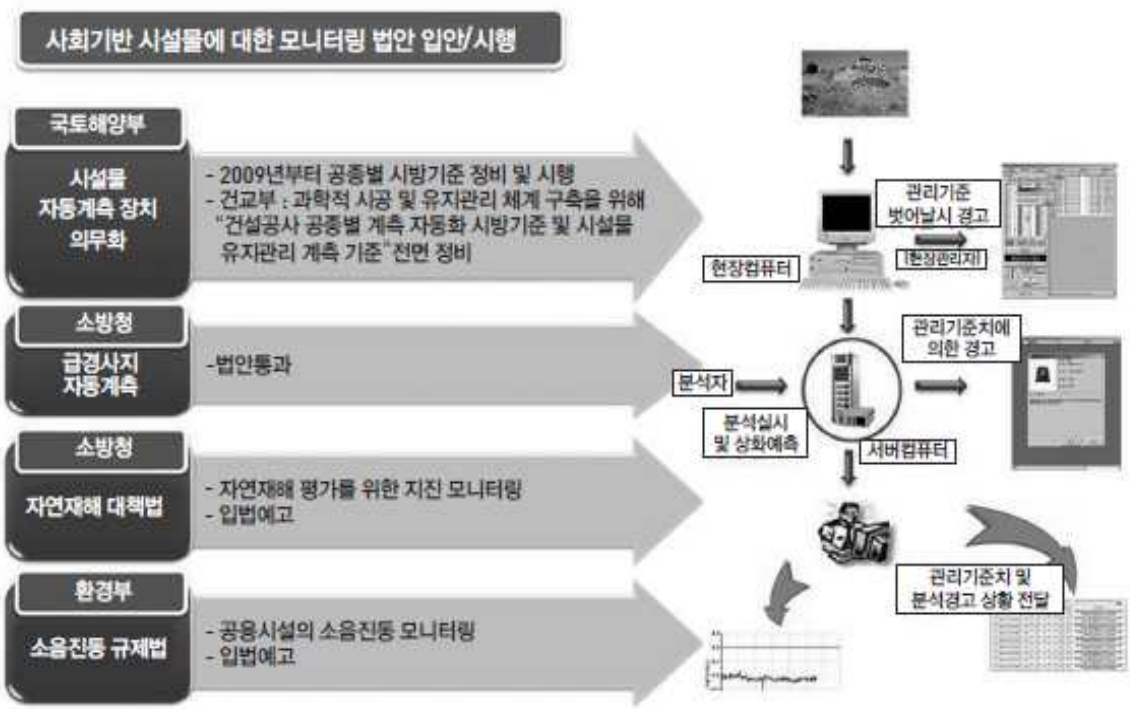
국토교통부 정책과의 부합성 : 국토교통부는 제2차 건축정책기본계획 추진방향에서 건축물의 급속한 노후화를 인한 건축물이 도시안전에 문제가 우려되므로 건축물 안전 및 유지관리 기술을 통하여 건축물 리뉴얼 촉진 활성화에 기여할 수 있음

미래창조과학부 정부정책과의 부합성 : 현 정부의 국정과제를 기반으로 경제부흥, 국민행복, 문화융성, 평화통일 기반구축이라는 4대 국정기조와 140개 국정과제를 바탕으로 미래창조과학부에서는 '과학기술 · ICT 혁신을 통한 역동적 창조경제 실현'을 목표로 삼고 ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리의 활성화를 통해 국정과제의 목표달성을 기대할 수 있음

기타 부처 정책과의 부합성 : 산업통산자원부에서는 건축물의 안전을 강화하기 위하여 철근 국가표준 개정으로 건물의 수명을 연장하고 발생 빈도가 높아지는 지진에 대비하여 안전성을 강화해야 한다는 사회적 필요를 반영하여 건축물 안전 및 유지관리 기술을 적용하여 효과적으로 대응 가능

- **사업추진의지와 관련 기관협조체계**

한국건설기술연구원과 한국시설안전공단은 구조물 성능개선 및 시설물의 안전사고 예방을 위하여 지속적으로 발전하고 있으며, 기후변화와 시설물 고령화에 대비한 성능개선 및 안전관리 기능 강화, 국민생활시설 안전 보장을 위하여 성능개선과 안전관리 강화와 연계를 통하여 ICT 기반 안전 및 유지관리 기술을 적용하여 안전 확보에 정확한 정보를 제공할 수 있는 연구과제 추진



[그림 16] SOC 시설물 모니터링 법안 시행 (한국건설기술연구원)

한국토지주택공사와 SH공사는 국민주거안전과 삶의 질 향상을 통하여 국민경제 발전을 선도하고 있으며, 이와 연계를 통하여 ICT기반 건축물 안전 및 유지관리 기술을 도입하여 공동주택 관리 및 건축물 가치를 제고하고 공공주택 서비스 강화에 효과적으로 대응가능

(주)대우건설 기술연구원에서는 건축·구조물의 내부 골조(骨組)와 상·하층부에 GPS(위성항법장치), 지진계, 풍향·풍속계 등 각종 센서(sensor) 수십 개를 달아 이상 징후를 실시간으로 검사하여 건축·구조물의 이상 여부를 실시간으로 파악해 위험에 대응할 수 있는 'SHM(Structural Health Monitoring) 시스템'을 도입하고 있으며, 이와 연계를 통하여 하고 ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 기술의 실증 연구에 활용될 것으로 기대

2. 기술적 타당성

- 국내외 정책동향, 시장현황 및 전망, 기술동향 및 특허동향 분석 및 전문가의 의견을 수렴하여 “ICT 기반 건축물 실시간 안전확보를 위한 안전진단 및 유지관리 핵심기술개발”을 위한 중점연구분야를 크게 안전진단, 유지관리 및 성능개선, 플랫폼 및 실용화의 3개분야로 분류하여 세부연구 주제 분야별 응답결과 분석함

[표 7] 기술적 타당성 분석 결과

구분	주제분야		제안 기술명	기술적 타당성	
안전진단분야	센서기술	센서 개발	저가형 고감도 광섬유센서 및 kHz급 진단네트워크 시스템 개발	4.7	4.48
		센싱 장비 및 시스템	이종 센서 호환형 건축물 하이브리드 계측 시스템 개발	4.5	
			사물인터넷 기반 건축물 안전진단용 보급형 유/무선 계측 및 통합 모니터링 솔루션 개발	4.1	
		계측값평가 및 모니터링	광섬유센서 기반 건축물 실시간 구조모니터링 및 리스크평가	4.6	
	비파괴검사기술	복합진단기법	응력파 멀티비파괴검사법을 이용한 부재기반의 건축물 진단기술	4.7	4.65
		현장적용 시스템	실시간 데이터 취득의 안전성 확보를 위한 반자동화 현장측정 시험시스템 구축기술	4.6	
유지관리 및 성능개선분야	BIM기반 유지관리기술	건축물 상태관리	건축물 유지관리를 위한 BIM-COBie 연동 모듈 및 BIM 역설계 기술	4.6	4.55
		건축물위험 정보처리	계측데이터의 이력 및 상관관계 분석을 통한 시공 중 안전 및 후 구조안전성 관리기술	4.5	
	성능개선기술	재료성능	나노급 첨단 기초소재 기반 웨어러블 센싱용 도포식 복합재료를 활용한 건축마감재 개발	4.3	4.60
		구조성능	ICT 기반 센서 융합 보강재를 활용한 건축물 구조성능 개선 통합 솔루션 개발	4.8	
			모듈화된 센서 내장형 패널을 활용한 수직부재 구조성능 개선기술	4.6	
			빅데이터 딥러닝 기반 건축물 성능개선 평가기술 진화모델 개발 및 실증	4.7	
플랫폼 및 실용화분야	테스트베드 및 플랫폼 구축	테스트베드 기획 및 실증	ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 기획 및 실증 지원	4.6	4.50
		플랫폼구축	ICT 기반 안전진단 및 유지관리 핵심기술 활용 플랫폼 구축	4.4	
	실용화 및 제도	기반구축	ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 확산을 위한 제도 개선 및 관련법(통합법) 제정	4.8	4.65
		수요확산	ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리의 정량적 성능평가 및 인증시스템 개발	4.5	

- 각 세부 과제에 대한 기술적 타당성 분석 결과, '비파괴검사기술', '실용화 및 제도'에 관련된 주제가 높은 점수를 보이고 '성능개선', '센서기술' 등의 순서로 높은 점수를 보이고 있음

3. 경제적 타당성

- 현재 고령화가 된 사회기반시설의 대부분이 콘크리트 및 강구조물로서 균열, 누수, 부식, 중성화, 염해 등으로 인한 내구성능 감소 및 구조안전성 훼손으로 보수비용(유지관리비용)이 증가되어 국내외적인 사회적 문제로 대두됨
- 문헌조사에 의하면 부실점검 및 부실안전진단에 의한 손실비용과 보수·보강 손실비용은 연간 약 250억 발생하는 것으로 나타남. 따라서, ICT기반의 실시간 안전진단 및 유지관리 기술의 연구개발하고 실용화한다면 이에 대한 손실을 절감할 수 있을 것이라 판단됨

[표 8] 부실점검 및 부실안전진단에 의한 손실비용과 보수·보강 손실비용

부실 정밀점검 손실비용					
연도	검토대상 (건)	부실건수 (건)	부실률 (%)	정밀점검 발생비용 (원)	손실비용 (원)
2007	-	-	14.5%	49,634,973,000	7,197,071,085
2008	-	-	14.5%	56,693,353,000	8,220,536,185
2009	1,244	242	19.5%	49,627,771,000	9,677,415,345
2010	1,523	235	15.4%	39,815,519,000	6,131,589,926
2011	2,278	254	11.2%	41,747,801,000	4,675,753,712
평균	1,682	244	14.5%	47,503,883,400	7,180,473,251
부실 정밀안전진단 손실비용					
2007	116	31	26.7%	29,642,389,000	7,914,517,863
2008	226	49	21.7%	36,707,588,000	7,965,546,596
2009	520	71	13.7%	25,252,758,000	3,459,627,846
2010	313	55	17.6%	33,842,515,000	5,956,282,640
2011	427	42	9.8%	30,833,694,000	3,021,702,012
평균	320	50	15.6%	31,255,788,800	5,663,535,391

부실 정밀점검 및 정밀안전진단으로 인한 보수·보강 손실비용							
연도	구분	보수·보강발생 비용 (천원)	점검·진단		부실률 (%)	부적절한 유지관리(%)	손실비용 (천원)
			비용 (천원)	비율 (%)			
2007	점검	1,881,211,000	49,634,973	62.6	14.5	30	107,583,447
	진단		29,642,389	37.4	26.7		
2008	점검	2,209,772,000	56,693,353	60.7	14.5	30	114,883,395
	진단		36,707,588	39.3	21.7		
2009	점검	2,827,152,000	49,627,771	66.3	19.5	30	148,810,538
	진단		25,252,758	33.7	13.7		
2010	점검	2,837,205,000	39,815,519	54.1	15.4	30	139,673,900
	진단		33,842,515	45.9	17.6		
2011	점검	2,914,225,000	41,747,801	57.5	11.2	30	92,716,068
	진단		30,833,694	42.5	9.8		
평균							120,733,470

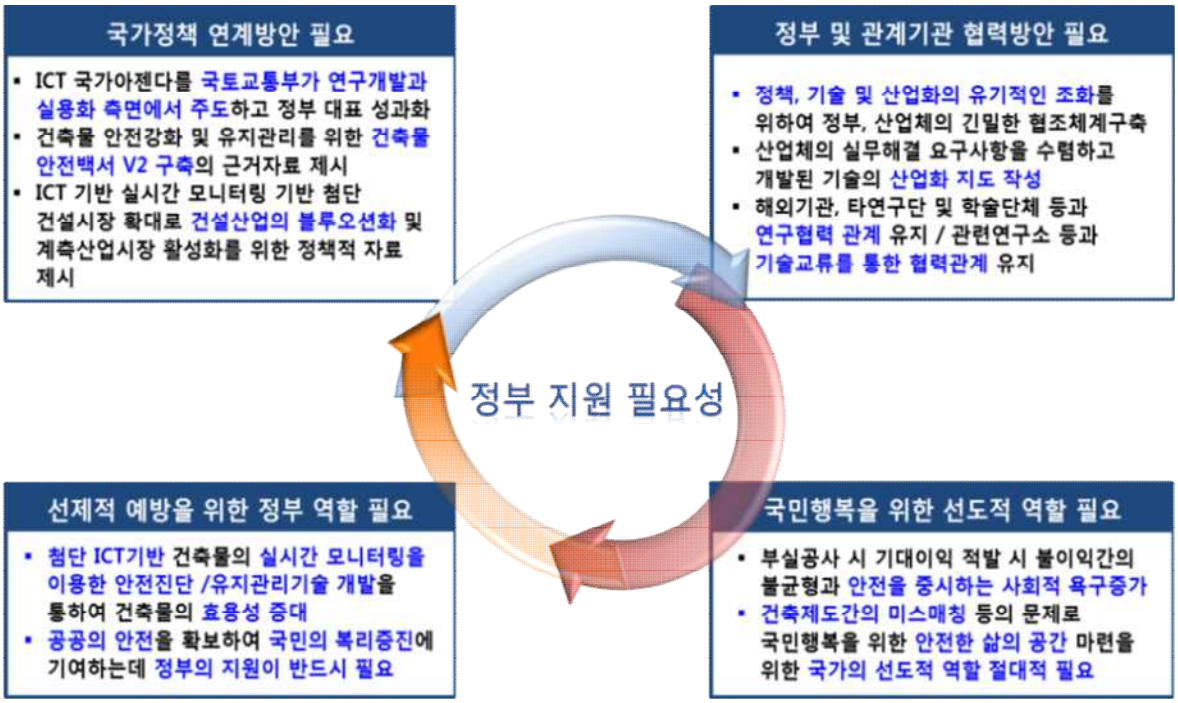
- 초고층 빌딩은 한 장소로 인구와 활동을 과도하게 집중시킴에 따라 주기적인 안전 점검 등을 통해 예방적 관리를 하는 것이 경제적 측면에서 중요함
- 센서를 융합한 건축물 실시간 거동을 계측하는 평가기술을 개발함으로써 가격경쟁력을 확보하고, 건축물에서 발생되는 유지관리 문제에 대한 단일한 효과보다는 다기능적 효과를 발휘할 수 있는 기술개발을 통한 경제성 확보

- 구조물의 사용안전성 및 구조물 장수명화를 위한 핵심요소기술로써의 누수예방기술 개발 필요 즉, 건축물의 안전성 훼손 및 유지관리성 저하 문제는 각종 생활 민원(법정 소송)을 촉발하는 민감한 사안이고, 건축물의 손상으로 인한 구조부재 성능 복원 비용 지출이 크고, 장기적 내구성 유지 어려움. 따라서, 기존 안전진단 및 유지관리비용에 소요되는 비용의 50%이상 저감을 통한 경제적 타당성 확보

- 사회기반시설의 안전 및 유지관리 부분에서는 새로운 기술의 접목시도가 미흡하므로 정보통신기술 등 타 분야의 기술이 융·복합된 지능형 인프라를 구축하는 창조경제 정책기조에 부합하는 기술개발

4. 타당성 검토 종합

- 정부 전략적 지원 필요성



[그림 17] 정부 지원의 필요성

● 국가정책과의 연계방안 필요

- 국가 아젠다를 국토교통부가 연구개발과 실용화 측면에서 주도하고 정부대표 성과화 및 건축물 안전강화 및 유지관리를 위한 건축물 안전백서 V2 구축의 근거자료 제시

● 건축물 안전사고 선제적 예방을 위한 정부의 역할 필요

- 첨단 ICT기반 건축물의 실시간 모니터링을 이용한 안전진단/유지관리기술 개발을 통하여 건축물의 효용성을 증대시킴으로써 공공의 안전을 확보하고 나아가 국민의 복리증진에 기여하고자 하는데 정부의 지원 반드시 필요

● 국민행복을 위한 안전한 삶의 공간 마련을 위한 국가의 선도적 역할 필요

- 부실공사 시 기대이익 적발 시 불이익간의 불균형과 안전을 중시하는 사회적 욕구증가와 건축제도간의 미스매칭 등의 문제로 국민행복을 위한 안전한 삶의 공간 마련을 위한 국가의 선도적 역할 절대적 필요

- 정부지원의 타당성 분석

각 세부과제에 대한 정부지원 타당성을 전문가 집단을 통하여 취합 및 분석하였으며, 그 결과를 [표 9], [표 10], [표 11]에 나타내었음

[표 9] 1세부과제 정부지원의 타당성

제안기술명	정부지원의 타당성
저가형 고감도 광섬유센서 및 kHz급 진단 네트워크 시스템 개발	▪ 첨단 광센서 기술이 기존 전기센서에 비하여 다양한 고성능의 비교우위 장점이 있음에도 불구하고 시장에서 기술 대체가 이루어지지 못하는 근본 이유는 상용화 수준의 저가격화 및 대량생산에 의한 규모의 경제에 다다르지 못하고 있기 때문임 ▪ 광센서의 실용화를 통한 지능형 건축물 대중화를 위하여 정부지원 하에 효율적이고 체계적인 대응방안 수립이 필요함
광섬유 센서 기반 건축물 실시간 구조모니터링 및 리스크평가	▪ 2012년 초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법을 수립하여 계측설비가 설치되어 계측자료가 관리되고 있지만 초기 단계이며 개별 센서의 계측값 단위로 관리 및 위험도를 평가하는 Stand-alone 형식으로 운영되는 수준임 ▪ 부재레벨과 시스템레벨의 통합계측을 위해서는 장기모니터링에 대한 신뢰성이 우수하며 멀티플렉싱 및 정적/동적 구조반응을 정확하게 계측 가능한 광섬유센서(FBG)의 적용이 필요함
이종센서 호환형 건축물 하이브리드 계측 시스템 개발	▪ 건축물의 경제적이고 효과적인 모니터링 및 안전진단을 위해 전기저항식 센서와 광섬유 센서를 일체형으로 동시에 인터페이스가 가능한 계측시스템의 개발이 필요함 ▪ 국내의 경우 전기전기저항식 센서 및 FBG센서 데이터 트랜스미터의 경우 대부분 수입에 의존하고 있으며, 국내외적으로 하이브리드 계측 시스템은 최근에 NI(National Insteument)사에 PXI방식의 시스템이 개발된 것이 최초로 이에 대한 수입대체가 긴요함
사물인터넷 기반 건축물 안전진단용 보급형 유/무선 계측 및 통합 모니터링 솔루션 개발	▪ 센서 및 계측 시스템이 외산 수입품으로 높은 가격으로 인하여 상징적인 초고층 빌딩을 제외한 일반 건축물에 광범위하게 보급하기에는 시스템 구축 비용이 과다함 ▪ 차후 국내시장의 기술력 향상과 수입대체에 따른 원가절감 측면을 고려할 때 원천기술의 국산화가 절실함 ▪ 첨단 사물인터넷 정보통신 기술을 건축물 모니터링 시스템에 도입하여 해당 지자체 및 건물 거주자에게 건물 안전에 대한 중요정보를 제공할 수 있는 시스템 개발이 긴요함
응력파 멀티비파괴검사법을 이용한 부재기반의 건축물 진단기술	▪ 응력파기반 비파괴검사기법은 안전진단에 적합한 검사기술로서 시설물의 노후화에 대비해야 하는 국내 산업현장에 반드시 필요하며, 정부지원을 통한 국가 규준 제시 필요 ▪ 정부 주도하의 비파괴검사법을 이용한 건축물 안전진단기술을 개발하여 현장에 적용할 수 있는 ICT기반 안전진단시스템 실용화를 통한 국가재난방재시스템 연동 필요
실시간 데이터취득의 안전성 확보를 위한 반자동화 현장측정시험시스템 구축 기술	▪ 건축물 안전진단/유지관리 시장은 실시간 계측기반 확대 전망되나, 국내업체 기술력은 영세한 수준으로 기술의 첨단화가 필요함. 국가과학기술위원회(2010년)의 분석자료에 따르면, 한국의 지능형 시설물 안전 및 유지관리 기술수준은 54.2%(최고 수준 100%)로 최고 기술 보유국(미국 71.1%) 대비 4.3년의 기술격차를 가지고 있음 ▪ 정부 주도하의 인력기반이 아닌 데이터취득 자동화 및 기계화를 이용한 실시간 건축물 상태평가기술 개발이 절실히 요구됨

[표 10] 2세부과제 정부지원의 타당성

제안기술명	정부지원의 타당성
건축물 유지관리를 위한 BIM-COBie 연동 모듈 및 BIM 역설계기술 개발	▪ BIM기반의 건축물 유지관리 기술개발에 대한 필요성은 인지하고 있으나, 이를 성공적으로 개발하고 실용화하기 위해서는 BIM전문가뿐 아니라 센서·통신·건축엔지니어 등 다방면의 전문가의 협업과 지속적인 경제지원과 연구개발이 요구됨. 따라서 정부주도의 연구지원을 통한 공동연구가 필요함
계측데이터의 이력 및 상관관계 분석을 통한 시공중 안전 및 후 구조안전성 관리기술	▪ 구조반응 계측 및 안전성 평가 분야는 현재 중소기업 위주로 수행되고 있음. 중소기업은 인력과 기술력이 부족하기에 다수의 센서로부터 계측된 데이터를 효율적으로 분석하기에는 한계가 있음 ▪ 첨단 ICT기반 안전진단 및 유지관리 기술이 활성화되기 위해서는 공공적 지원을 통해 기술개발·기술지도·기술이전 등이 요구됨
나노급 첨단기초소재 기반 웨어러블 센싱용 도포식 복합재료를 활용한 건축마감재 개발	▪ 건축물의 장수명화를 위해서는 구조재뿐 아니라 마감재와 같은 비구조재의 경제적 관리가 필요함 ▪ 이는 재료뿐 아니라 최신의 IT기술을 요구하기 때문에 관련 기술개발사례를 찾아보기 어렵고, 시장성장단계가 초기단계임에 따라 민간에서 연구개발을 하기엔 위험성이 따름. ▪ 하지만 관련 시장은 지속적으로 성장할 것으로 예상되기 때문에 현시점에서 관련 기술이 개발되고 실용화된다면 세계시장을 선도할 것으로 기대됨
ICT 기반 센서 융합 보강재를 활용한 건축물 구조성능 개선 통합 솔류션 개발	▪ ICT 기반의 첨단 센싱 및 평가 기술이 개별적으로 개발되고 있으나, 이를 통합적으로 관리할 수 있는 기술은 미흡함 ▪ 다양한 센서를 통합 관리하기 위해서는 각 센서의 특성과 평가에 관한 깊은 기술력을 요구하기 때문에 국가적 차원의 지원을 통한 공동 연구가 필요함 ▪ 현재 통합적으로 안전진단 및 유지관리할 건축물 대상은 공공 건물 중심이기 때문에 정부차원의 지원이 요구됨
모듈화된 센서 내장형 패널을 활용한 수직부재 구조성능 개선기술	▪ 모듈화된 보강기술을 개발하게 되면 공기단축, 비용감소뿐 아니라 실시간으로 대상건축물을 모니터링하여 신속한 대처로 인한 비용절감을 실현할 수 있음 ▪ 이는 건설자원의 소비를 최소화하고, 국민의 안전확보 및 건축물의 장수명화를 실현하는 공공적 효과가 있기 때문에 정부주도의 연구개발이 필요함
빅데이터 딥러닝 기반 건축물 성능개선 평가기술 진화모델 개발 및 실증	▪ 국내 건축물 성능개선 분야는 실무 기술자 개별 역량에 따라 성능개선 수준의 차이를 가져오고, 불필요한 성능개선으로 인한 과도한 비용 투입 및 부적절한 성능개선으로 인한 재공사에 소요되는 추가비용 등의 문제가 있음 ▪ 국내 건축물 성능개선 분야의 수요가 증가하고 이에 투입되는 비용 또한 시간이 지날수록 증가할 것을 예상할 수 있어, 건축물 성능개선 공법적용에 있어, 경제·효율적이고 합리적인 방안을 제시하는 시스템 개발이 요구됨

[표 11] 3세부과제 정부지원의 타당성

제안기술명	정부지원의 타당성
ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 기획 및 실증지원	▪ 건설분야는 최종 활용단계까지의 기간이 상대적으로 길게 소요되는 반면 정보·통신분야에서는 신기술을 적용한 제품발전의 사이클이 매우 짧음. 따라서, 건축-ICT 융합기술의 실용화는 이러한 기술적인 시간차를 극복하고, 적용성을 분석·개선하는 것이 관건임 ▪ ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술이 조속히 시장에 수용되어 경제적 성과를 창출하기 위해서는 산·관·학·연 네트워크에 기반한 연구개발 결과에 대한 신뢰성과 우수성의 입증이 선결되어야 하며, 이는 단기간에 확보할 수 없으므로 정부 차원의 지원을 통한 테스트 베드 구축이 필요함
ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 핵심기술 활용 플랫폼 구축	▪ 미국, 영국 등 선진국의 경우 건설시장 침체를 벗어나기 위해서 건설산업의 근본적인 변화 혁신을 요구하고 있으며, 여기에는 건설수요를 고려한 첨단기술 기반의 기술개발을 매우 강조하고 있음 ▪ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리기술의 체계적인 관리와 적용확산을 위해서는 공급자와 기술수요자, 실무자의 상호적인 정보교류 및 실시간 대응이 가능하고 접근성이 용이하며, 공통적인 실행환경을 제공할 수 있는 플랫폼 구축 필요함
ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 확산을 위한 제도 개선 및 관련(통합법) 제정	▪ 1970년대 고도 경제성장기 이후 급격한 도시개발과 더불어 건축물이 기하급수적으로 증가하였고, 현재의 건축물 현황을 보면 저·중층 위주의 건축물과 20~30년 이상의 건축물이 매우 높은 비율을 차지하고 있으며, 그 상당수가 건축년한의 경과와 함께 노후화가 진행 중임 ▪ 안전진단 및 유지관리란 건축물의 안전 확보를 통하여 국민의 생명과 재산을 보호하는 것으로 건축물이 고층화 및 대형화되는 추세와 사회가 복잡해짐에 따른 인적재해 증가, 이상기후 등에 따라 중요성이 강조되고 있음 ▪ 건축물의 안전진단 및 유지관리는 인력 기반의 안전점검 및 정밀안전진단을 수행하던 전통적 방식에서 ICT 기술과의 융합을 통한 정보화 유지관리 기술로 점차 확대 적용되는 추세이며 제도 및 관련법이 절실하게 필요함
ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리의 정량적 성능평가 및 인증시스템 개발	▪ 최근 미국에서는 건축물의 종합적인 평가항목 및 평가기준을 개발하여 건축물의 구조적 안정성, 설비노후도, 거주환경성능, 유지관리 적정성 등의 건축물의 종합적인 유지관리 성능을 평가하고자 하는 규정들이 만들어지고 있음 ▪ 건축물 안전진단 및 유지관리의 자동화·효율화를 위해 다양한 센싱 및 모니터링 기술에 대한 연구개발이 시도되었으나 내구성 및 신뢰도 등의 부족으로 인해 직접 건축물의 안전성 평가에 활용하는 단계까지는 이르지 못함 ▪ ICT를 기반으로 한 건축물의 안전 및 유지관리 기술을 대상으로 객관적인 신뢰성을 확보하기 위해서는 성능, 안전, 품질 등에 대한 인증을 부여하는 제도가 필요함

○ 정책적 타당성

- 국가 전략적으로 안전관리분야 정책의 정부별 기조 변화에 따른 대응 및 법·제도 기준 마련으로 ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리의 패러다임 전환 실현에 따른 ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 분야의 유망 미래기술 확보 및 신산업 창출이 가능함

- 상위계획과의 부합성에서 국토교통부는 제2차 건축정책기본계획 추진방향에서 건축물의 급속한 노후화를 인한 건축물이 도시안전에 문제가 우려되므로 건축물 안전 및 유지관리 기술을 통하여 건축물 리뉴얼 촉진 활성화에 기여할 수 있고, 미래창조과학부는 현 정부의 국정과제를 기반으로 경제부흥, 국민행복, 문화융성, 평화통일 기반구축이라는 4대 국정기조와 140개 국정과제를 바탕으로 미래창조과학부에서는 '과학기술·ICT 혁신을 통한 역동적 창조경제 실현'을 목표로 삼고 ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리의 활성화를 통해 국정과제의 목표달성을 기대할 수 있음

- 사업추진의지 관련 기관협조체계와 정부 및 관련기관과의 협력방안 및 활용방안 등의 내용을 토대로 정책적 타당성은 충분히 있다고 판단됨

○ 기술적 타당성

- 각 세부 과제에 대한 기술적 타당성 분석 결과, '비파괴검사기술', '실용화 및 제도'에 관련된 주제가 높은 점수를 보이고 '성능개선', '센서기술' 등의 순서로 높은 점수를 보이고 있음

- 이 결과는 사회적 이슈인 건축물 안전진단 및 유지관리방안 관련하여 첨단 ICT기반 비파괴검사기술을 이용한 안전진단/유지관리기술 개발을 통하여 건축물의 효용성을 증대를 위한 실용화 및 제도 관련 부분에 철저한 검증이 필요하다는 것으로 분석됨

○ 경제적 타당성

- 문헌조사에 의하면 부실점검 및 부질안전진단에 의한 손실비용은 연간 130억 내외이고, 보수·보강 손실비용은 연간 1200억 내외의 비용이 발생하여 건축물의 안전 및 유지관리 부분에서는 새로운 기술의 접목시도가 미흡하므로 정보통신기술 등 타 분야의 기술이 융·복합된 지능형 인프라를 구축하는 창조경제 정책기조에 부합하는 기술개발이 필요함

- 현재 고령화가 된 사회기반시설의 대부분이 콘크리트 및 강구조물로서 균열, 누수, 부식, 중성화, 염해 등으로 인한 내구성능 감소 및 구조안전성 훼손으로 보수비용이 증가되어 국내외적인 사회적 문제로 대두되어 ICT기반의 실시간 안전진단 및 유지관리 기술의 연구개발하고 실용화한다면 이에 대한 손실을 절감할 수 있을 것으로 경제적 타당성은 충분히 있다고 판단됨

Ⅵ. 인력투입 소요예산 산정

건축물 실시간 안전지단을 위한 ICT 기반 핵심기술개발과 관련하여 총 3세부 16개 제안기술 도출하여 소요예산 산정을 과제성격, 연구기간, 연구내용, 개발목표의 수준을 고려하여 합리적인 연구비 분배를 수행하였음. 그리고 테스트베드 실증에 관한 3.1세세부과제는 개별 요소기술들을 총망라하는 실증과제이므로 많은 연구예산을 책정함.

- 총 16개 제안기술의 예산 배분은 과제성격, 연구기간, 연구내용, 개발목표의 수준을 고려하여 합리적인 연구비 분배를 수행함

- 테스트베드 실증에 관한 3.1세세부과제는 개별 요소기술들을 총망라하는 실증과제이므로 많은 연구예산을 책정함
  - 예) ICT기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 기획 및 실증 지원

- 장비 및 하드웨어 개발이 필요한 ICT 요소기술 개발 과제의 경우 시제품 제작비 등을 반영함
  - 예) 저가형 고감도 광섬유센서 및 kHz급 진단 네트워크 시스템 개발
    ICT 융합 하이브리드 신소재를 활용한 건축물 구조성능 개선기술

- 소프트웨어 및 통신 프로토콜 개발에 관한 과제는 전산 프로그램개발의 특성을 고려하여 낮은 연구비가 배분됨
  - 예) 건축물 유지관리를 위한 BIM-COBie 연동 모듈 및 BIM 역설계 기술
    사물인터넷 기반 건축물 안전진단용 보급형 유/무선 계측 및 통합 모니터링 솔루션 개발

- 1세부 및 2세부에서는 요소기술의 개발 및 적용을 목표로 하는 과제가 많으므로 연구장비 구입에 보다 많은 예산을 배분함
  - 예) 건축물 유지관리를 위한 BIM-COBie 연동 모듈 및 BIM 역설계 기술
    사물인터넷 기반 건축물 안전진단용 보급형 유/무선 계측 및 통합 모니터링 솔루션 개발
    계측데이터의 이력 및 상관관계 분석을 통한 시공중 안전 및 후 구조안전성 관리기술

(단위:천원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
1세부 (정부출연금)	810,000	1,215,000	1,215,000	405,000	405,000	4,050,000
2세부 (정부출연금)	1,180,000	1,475,000	1,475,000	1,475,000	295,000	5,900,000
3세부 (정부출연금)	205,000	509,500	1,510,500	1,412,500	1,412.500	5,050,000
합계 (정부출연금)	2,195,000	4,119,500	4,200,500	3,292,500	2,112,500	15,000,000

S U M M A R Y

Ⅰ. Analysis of domestic and international trend and environment

(1) Domestic and international politic trend and issue :

Law of building safety diagnosis and maintenance and their supporting systems are needed to be set up to realize prevention-oriented safety diagnosis and maintenance of buildings.

(2) Domestic and international industrial trend and prospect :

The market of building safety and maintenance is expected to glow after 2020 and thus it is right time to prepare occupation of the market share.

(3) Analysis of technological trend :

Once a real-time monitoring system for buildings is developed through utilizing the commercial sensors, its pervasive use and commercialization are anticipated.

(4) Analysis of technological level :

Considering a strong advantage of Korea, i.e., IT competiveness in information technology, sensor network has a positive future suggesting a high possibility of commercialization.

(5) Analysis of similar projects and infra :

Integration of ICT and building technology is strongly needed and demonstration of technologies developed is available through a research collaboration with disaster prevention center.

Ⅱ. Organization of R&D project and accomplishment process

(1) Vision and research goal

- Vision : Realization of safe, sustainable and smart buildings
- Goal : Development of ICT based core technologies of safety inspection and maintenance management to ensure the safety of buildings in real time

(2) Organization of R&D project

- Proposal of research topics based on the technology demand investigation
- R&D project is composed of sub-groups (3EA) and research subjects (16EA)
  ·Sub-group 1 : Development of ICT based sensors and nondestructive techniques

·Sub-group 2 : Establishment of ICT based integrated system for safety inspection and maintenance management of buildings
·Sub-group 3 : Establishment of test-bed, platform, law and regulation

(3) Accomplishment process

- Managing the division that controls the whole research groups that are composed of i) safety inspection, ii) maintenance management and performance improvement, iii) platform construction and commercialization

Ⅲ. Budget of research project

- Research budget for 16 research subjects was assigned based on the research characteristics, period, contents, and objective levels.
- Sub-group 1 of this research project focuses on critical technology elements (CTEs) related to facilities and hardware, and thus research budget is mainly assigned in 1th to 3rdyear.
- Sub-groups 2 and 3 of this research project include the verification at the levels of structural elements and a test-bed, thus more research budget is assigned.

<목 차>

제 1 장 기술의 정의 및 필요성 ····· 1
제 1 절 기술의 정의 ····· 1
제 2 절 연구개발의 배경 ····· 5
제 3 절 연구개발 필요성 ····· 8

제 2 장 국내외 동향 및 환경분석 ····· 13
제 1 절 국내외 정책동향 ····· 13
제 2 절 국내외 시장현황 및 전망 ····· 28
제 3 절 기술동향 분석 ····· 42
제 4 절 기술수준분석 ····· 57
제 5 절 유사과제 분석 ····· 76
제 6 절 연구개발 인프라 분석 ····· 87
제 7 절 종합분석 ····· 95

제 3 장 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 99
제 1 절 비전 및 목표 ····· 99
제 2 절 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표 ····· 119
제 3 절 연구개발과제 구성 ····· 132
제 4 절 (세부과제별) 주요내용 및 추진전략 ····· 139
제 5 절 (세부과제 간) 연계관계 ····· 145
제 6 절 과제별·연차별 기술로드맵 및 성과로드맵 ····· 146
제 7 절 성과의 활용방안 ····· 154
제 8 절 연구수행체계 제안 ····· 166

제 4 장 사전타당성 검토 ····· 169
제 1 절 정책적 타당성 ····· 170
제 2 절 기술적 타당성 ····· 177
제 3 절 경제적 타당성 ····· 181
제 4 절 타당성 검토 종합(정부지원 필요성 포함) ····· 188

제 5 장 인력·장비투입 및 소요예산 산정 ····· 194
제 1 절 수요예산 산정 방법 ····· 194
제 2 절 연구시설 및 장비 투입계획 ····· 196
제 3 절 연구일정에 따른 인력투입계획 ····· 200
제 4 절 소요예산 산정 ····· 203

제 6 장 과제 제안요구서 ····· 215
제 1 절 과제 제안요구서(RFP) ····· 215
제 2 절 평가기준 설정 ····· 269

제1장 기술의 정의 및 필요성

제 1 절 기술의 정의

1. 기획연구의 목표

본 기획연구는 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리를 위한 ICT기반 핵심기술의 원할한 개발과 개발기술의 실용화가 실현되도록, 본 과제의 연구목표, 연구내용, 그리고 추진체계를 명확히 기획하는 것을 목표로 설정하였음

○ ICT 융합기술 기반 건축물의 실시간 안전진단을 위한 핵심기술 조사 및 적용방안 도출

- 건축물의 안전진단에 적용 가능한 최신 ICT기반 기술을 분석하고 진단 결과를 이용한 상태평가 방안 도출
  1) 기존 기술조사 및 특성 분석
  2) 건축물 안전진단 신기술 연구과제 도출
  3) 안전진단 실용화 기술 연구과제 도출
  4) 개발기술 검증방법 및 인증기준 제시

○ ICT 융합기술 기반 건축물의 실시간 유지관리 시스템과의 연계 및 실용화 방안 수립

- ICT기반 건축물 유지관리시스템 실용화 또는 사업화 가능성 탐색
  1) 기존 유지관리 기술조사 및 특성 분석
  2) ICT기반 실시간 안전진단기술의 연계
  3) 유지관리시스템 연계기술 도출 및 검증
  4) 개발기술 실용화 및 사업화 기술 도출



[그림 1-1] 기획연구 목표 및 내용

2. 기획연구의 범위

본 기획연구는 ICT기반 건축물 안전진단 및 유지관리 분야의 동향분석을 수행하고 분석결과에 근거하여 기술개발목표를 설정하고 세부 전략과제 및 실용화·사업화 방안을 제시함. 본 기획연구의 주요 범위는 다음과 같음

○ 건축안전 산업과 관련한 시장 및 기술 동향분석

- 기존 실시간 안전진단기술(ICT 포함)에 대한 시장·기술·장비 조사 및 분석을 통한 동향파악
  ※ 광섬유센서, 압전센서, GPS센서 등 스마트센서, 영상 이미지센싱 등
- 대규모 건축물을 중심 진단기술, 모니터링기술, 유지관리기술 현황 파악
  ※ 유·무선 통신기술, 빅데이터 구축기술, 건축구조 안전 분석 및 평가 기술, 유지관리 종합 시스템 구축 등
- 타 산업 및 부처에서 추진하고 있는 다양한 분야별 기술과의 중복성 및 차별성 상세 분석

○ 건축물의 안전성 확보를 위한 안전진단기술 정의 및 세계수준대비 목표 설정

- 건축물 실시간 안전진단 결과에 기초하여 수요자가 정확하고 신속한 판단을 내리는 데 필요한 요구사항 규명
- 건축물 안전진단의 대상 범위(건축 중 또는 건축 후)와 분석에 필요한 기술을 검토하고 ICT기반 건축물 구조분야 안전진단 융합모델 제시
  ※ ICT기반 건축물의 실시간 안전진단시스템 및 평가기술 개발, ICT 융합형 영상 및 레이저센서 응용 첨단 진단기술 개발 등
- 기존 건축물 안전진단장비의 개선 또는 신규 개발 방향 제시
  ※ 대상 건축물 구조 및 재료 특성을 반영한 센싱 기술, 데이터 전송 및 통신 기술, 안전진단 장비 개발, 분석 및 판단이 가능한 소프트웨어 등
- 안전진단기술의 영역별 다양성을 고려하여 각 영역별 최고 기술 수준 파악 후 기술개발 목표 설정

○ ICT기반 건축물 실시간 안전진단을 위한 유지관리 및 모니터링 기술개발

- 최신 ICT기법 분석을 통한 건축물 유지관리 및 모니터링 적용 가능 기술 도출
- 첨단 ICT기반 사용성능 향상을 위한 건축물 유지관리 및 모니터링 핵심요소 기술 개발 및 평가 기술 개발
- 건축물 구조형식을 고려한 센싱 및 모니터링 통합 운영 표준모델 제시
- 건축물 안전진단 관련한 경영전략적 의사결정지원 시스템으로서의 요구사항 제시
- 공간정보 및 건물정보모델링(Building Information Modeling:BIM)을 활용한 유지관리 및 모니터링시스템과의 연계가능성 검토와 기술 표준화를 위한 구체적인 방향 제시

○ 기술 검증을 위한 테스트베드 선정 및 적합성·타당성 분석

- ICT기반 안전진단기술 및 핵심요소기술의 실증을 위한 테스트베드 추진방안 수립 및 적합성·타당성 검증 방법 제시
  ※ 테스트베드의 규모, 위치, 선정방법, 주의사항 등 필요사항 도출
- 기술개발 결과의 인증 기준 제시

○ **건축물 구조 안전진단 분석시스템 관련 사업화 방안 제시**

- 사용자 관점의 개발기술 요구사항 정의 및 관련 개발기술의 기능과 규격 제시
- 개발기술의 실용화를 위한 사업화 방안 제시

3. 기술분류체계 및 내용

건축물 실시간 안전진단 및 유지관리를 위한 ICT기반 핵심기술의 원활한 개발과 개발기술의 실용화를 위해서, 본 기획연구에서는 다음의 기술분류체계를 사용하였고 주요내용은 [표 1-1]과 같음

[표 1-1] 분석대상 기술분류체계 및 주요내용

대분류	중분류	소분류	주요 내용
안전진단	센서기술	센서개발	• 건축물 안전진단에 활용되는 기존 센서를 개선시키거나 새로운 센서개발에 관한 기술 • 건축구조물에 특화된 센싱기법 개발에 관한 기술
		센싱장비 및 시스템	• 센서기반 안전진단을 위한 센서 연계장비 및 시스템 개발에 관한 기술
		계측값평가 및 모니터링	• 센서 계측값을 분석/평가하고 건축물의 건전성을 모니터링하는 기술 • 빅데이터 계측값 평가기술
		유/무선 네트워크	• 유/무선 통합 게이트웨이 개발기술 • 유/무선 계측시스템의 설치 및 관리의 평이성 증대를 위한 표준화 기술
	비파괴검사 기술	복합진단기법	• 기존 단일진단기법의 오차범위를 줄이기 위한 다양한 비파괴검사법을 융합하여 진단하는 기술 • 응력파기반의 비파괴검사법을 재료기반에서 부재기반으로 적용하는 안전진단 기술 • 최적화기법을 이용한 진단기법의 신뢰도를 향상하는 기술
		현장적용시스템	• 데이터 취득 자동화 및 기계화를 이용한 실시간 건축물 상태를 평가하는 기술 • 진단기법을 대상 건축물에 적용하는 시스템 구축기술 • 웹기반 GUI 다이어그램을 이용한 진단기법시스템 구축기술
		데이터평가	• 기존 기법을 활용해 계측값을 분석하는 기술 • 데이터 분석 및 UML을 통한 구조물 안전진단평가시스템을 구축하는 기술 • 신축 및 기존건축물 품질관리를 위한 데이터평가 기술

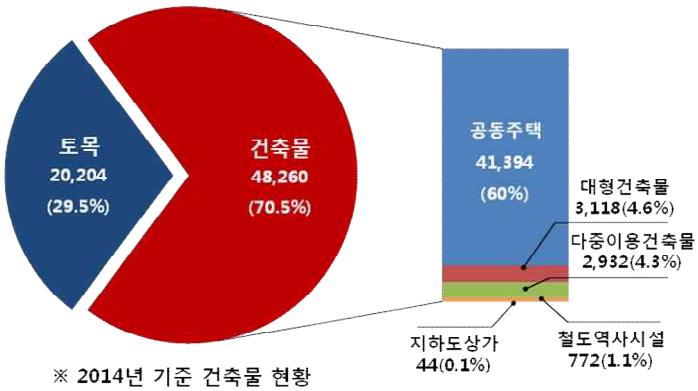
유지관리 및 성능개선	BIM 기반 유지관리	건물정보관리	• 건축물의 구성 요소별 유지관리 정보도출 및 관리기술 • 보수·보강 등으로 인한 구조정보 업데이트 및 관리기술 • 도면, 센서, 구조반응 데이터 등 통합관리 S/W 개발기술
		건물상태관리	• FE모델 기반 건축물 상태평가 기술과 연계한 상태평가 관리기술 • BIG DATA 기반의 건축물 상태평가 기술과 연계한 상태평가 관리기술 • 건축물 상태 DATA 관리기술
		건축물 위험정보 처리	• GUI 기반의 주요 구조부재 위험도 정의 및 관리기술 • 설치된 계측시스템의 상태표시 기술 • 경보알림시스템 구축기술
	성능개선	재료성능	• 기존의 점 또는 선형 정보취득의 한계를 극복한 광전면 정보획득 기술 • 도포형 웨어러블 센서재료를 이용한 광전면 정보 획득 기술 • 웨어러블 센서의 성능유지 및 내구성 확보기술
		구조성능	• 건축물의 성능상태를 지속적으로 모니터링하고 계측된 빅데이터를 활용하여 성능을 개선할 수 있는 계측변위 자동대응형 성능개선 기술 • 첨단 IT센서와 신소재를 융합하여 구조물의 안전성을 확보할 수 있는 센서 매립형 하이브리드 신소재 활용 기술
		사용성능	• 내/외부 진동원에 의한 건축물의 수직·수평진동 모니터링 및 진동저감 기술 • 거주자의 불쾌감을 유발하는 건축물 내·외부 소음을 계측값에 기반하여 평가하고 개선하는 기술 • 건축물 지반침하·기둥축소에 의한 장기 부등변형과 균열을 개선하기 위한 경제적 계측과 개선기술
테스트베드 및 실용화	테스트베드	기획	• ICT기반 건축물 실시간 안전확보를 위한 안전진단 및 유지관리 핵심기술 실증을 위한 테스트베드 기획
		실증	• ICT기반 건축물 실시간 안전확보를 위한 안전진단 및 유지관리 핵심기술의 테스트베드 실증 및 검증
	실용화	성과확산 및 구축	• ICT기반 건축물 안전진단 및 유지관리 관련 사업의 기회영역 도출 및 사업의 타당성을 평가하여 사업모델의 프로세스를 도출하는 기술 • 건축물 안전진단 및 유지관리 체계와 연계한 실시간 안전확보 기술 성과 지표 확립 • 실증사업 결과를 기반으로 실시간 안전진단 및 유지관리기술 확산 및 시스템 구축
제도 및 정책	제도/정책	기반구축	• ICT기반 안전진단 및 유지관리 기술의 현장적용을 위한 지침, 시방서 등의 제도 기반 구축 • 대상건축물의 안전진단 및 유지관리 기술의 합리화를 위한 통합관리법 제정
		수요확산	• ICT기반 안전진단 및 유지관리 기술의 신뢰성 확보를 위한 성능평가의 체계화 및 지침화 • ICT기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 인증제도 도입 • ICT기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 수요확산을 위한 인센티브 도입
	교육프로그램 및 전문인력양성	교육프로그램	• ICT 융합 기술 분야에 특화된 교재 및 교육프로그램 개발 • ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 분야의 전문인력 확보를 위한 홍보 및 교육컨텐츠 개발
		전문인력양성	• ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 분야의 실무 적용성 확대를 위한 전문인력양성 방안 마련 • 관련 자격제도 신설 또는 기존자격 내에서 양성인력의 제도권 진입방안

제 2 절 연구개발 배경

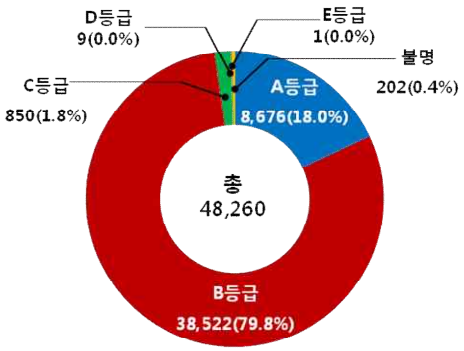
ICT 융합기술 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 분야의 국내·외 동향 및 환경분석결과에 근거하여 연구개발의 시급성과 당위성을 사회적, 경제적, 기술적 측면에서 제시함

○ 건축물 안전사고가 빈번하나 사전예방이 미흡함

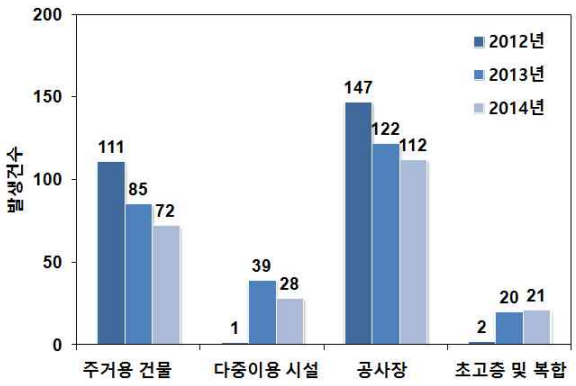
- 국내의 시설물 안전관리에 관한 특별법의 관리대상인 제 1,2종 시설물은 [그림 1-1]에서와 같이 2014년 기준 68,464개소로 이중 건축물의 비중이 48,260개소로 70.5%로 가장 많은 비중을 차지하고 있음
- 제 1,2종 시설물 중 사회기반시설물의 비중은 지속적으로 감소하고 있으나, **건축물의 비중은 지속적으로 증가**하고 있어 **건축물의 안전진단 및 유지관리 중요성이 부각**되고 있음
- 건축물 종류별 상태등급(5등급-A, B, C, D, E등급)은 [그림 1-2]에서와 같이 제 1,2종 시설물 중 건축물의 상태등급은 A등급 18.0%, B등급 79.8%로 종합적으로 B등급 이상이며, 현재 1, 2종 이외에 추가로 3종 시설물 지정에 관한 논의가 수행되고 있음
- 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제정 이후 최근 3년동안 [그림 1-3, 그림 1-4]와 같이 건물에서의 붕괴사고는 지속적으로 발생하고 있음.
- 안전사고를 사전에 예방하기 위해서는 **전문가의 제한적 참여문제를 개선**하고 **실시간 모니터링을 접목한 유지관리체계를 개발**하여 적용하는 것이 관건임



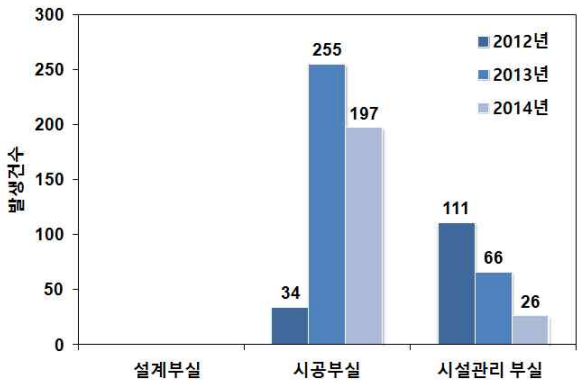
[그림 1-1] 건축물 현황



[그림 1-2] 건축물 상태등급



[그림 1-3] 건물별 붕괴사고 현황
(국민안전처, 재난연감 각 년도)



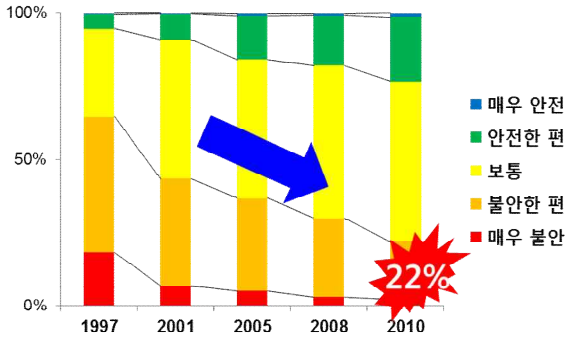
[그림 1-4] 원인별 붕괴사고 현황
(국민안전처, 재난연감 각 년도)

○ **국민행복을 위한 안전한 삶의 공간 마련을 위한 국가의 선도적 역할이 필요**

- 건축물 안전강화 TF위원회에서 **지난 10년간 37차례 건축물 안전강화대책발표에도 불구하고 안전사고가 지속적으로 증가**함
- 사고 직후 해당분야에 대한 **땜질식 제도강화에 치중**하였으나, 효과가 불분명하여 건축물 안전강화 종합대책을 수립하여 건축물 안전백서를 발간하였음
- 이러한 정부 노력에 의해 **국민 안전 인식도는 과거와 비교하여 향상**되고 있으나, 여전히 **개선여지가 많은 상태**
- 국민의 안전을 중시하는 사회적 욕구증가와 건축제도간의 미스매칭 등의 문제로 야기되는 **국민 안전 인식도를 개선**하고, **국민행복을 위한 안전한 삶의 공간마련**을 위한 **국가의 선도적 역할이 필요**



[그림 1-5] 건축물 안전강화 종합대책 공청회 (2014년 9월)



[그림 1-6] 사회안전에관한 인식도 (통계청, 2012년)

○ **기존 건축물 안전진단체계는 인력기반으로 한계 봉착**

- 시설물 점검 및 진단 업무는 현재 현장조사, 조사내용을 사무실에서 PC입력, 자료 정리 및 보고서 작성 등 **업무과정에서 많은 시간과 노력이 소모**되고 있음
- 건축물 안전 및 유지관리 업무에 요구되는 기술수준은 높으나 [표 1-2]와 같이 기술자의 전문성은 미흡한 수준(7점 만점 중 관리주체(2.7점), 안전진단기관(3.7점), 유지관리업(3.2점))이며, 열악한 업무환경으로 인한 기술자의 잦은 이직으로 인해 **전문 기술자의 기술력이 저하되고 있는 실정**
- 기술자들의 업무지원을 위한 **진단장비가 다수 개발되고 적용**되고 있으나, 이를 활용할 수 있는 **전문가가 부족하고, 효율적으로 활용되지 못하고 있음**
- 따라서 기존 건축물 안전진단체계의 인력기반의 한계를 극복하기 위해서는 **전문가의 역량강화**와 **실시간 데이터 기반 건축물 안전진단 및 평가를 위한 핵심기술개발**이 필요함

[표 1-2] 분야별 기술수준(7점 만점)

구분	관리주체역량	진단기관역량	유지관리업체 역량	보수·보강 역량
수준	2.7	3.7	3.2	3.2

※ 한국시설안전공단, 시설물 관리주체 안전 및 유지관리 실태조사 '10, 11월
※ 7점 척도: 매우 높다(7점), 보통이다(4점), 매우 낮다(1점)

○ **ICT기반의 건축물 안전 및 유지관리 시장 빅뱅 전망**

- 사물인터넷(Internet of Things)기술 발달에 따라 2020년까지 **모든 사물이 인터넷에 연결될 것으로 예측**[그림 1-7]
- 최근 IoT 기술 발달로 인한 센싱기술은 반도체 기술과 결합되어 소형화, 지능화, 고성능화, 대량 생산화 되고 있으며 네트워크 연결이 보편화되어 접근성이 뛰어나 **모니터링 서비스 제공을 위한 모바일 및 웨어러블 컴퓨팅 분야로 확장적용이 가능함**[그림 1-8]
- 건축물은 최대규모의 사물인터넷 대상으로 향후 실계측기반 안전진단/유지관리 산업은 **세계 건설/운영시장의 선도자(Smart First Mover)로 성장할 것으로 전망**됨



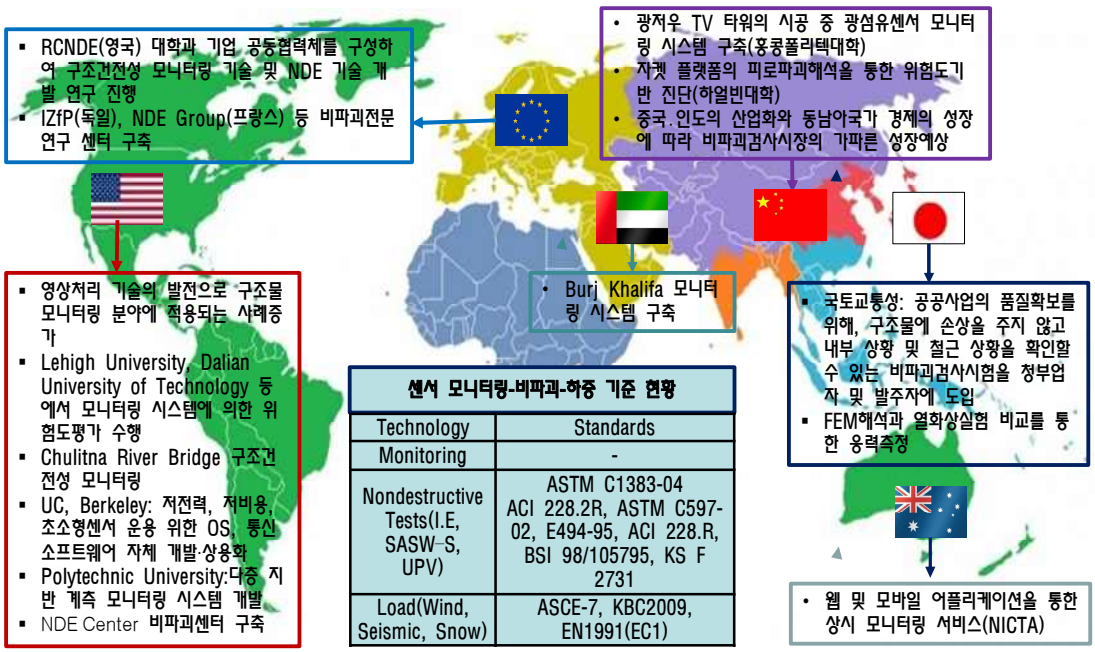
[그림 1-7] 사물인터넷시대의 도래(CISCO, 2015)



[그림 1-8] 모바일 기기를 활용한 교량구조물 계측시스템(NICTA)

○ **해외 선진국은 국가주도로 ICT기반 연구 집중 육성**

- 시장의 급격한 변화와 건축물 관리의 패러다임 변화에 대응하기 위해서 **해외 각국에서는 ICT기반 건축물 안전진단/유지관리 분야의 연구를 집중 육성**하고 있음
- 해외 선진국에서는 [그림 1-9]와 같이 ICT기반 연구를 집중 육성하고 있으며, **제도구축과 보편화 단계에 진입**하였음



[그림 1-9] 첨단 ICT 융합 건축물 구조안전진단 기술 개발을 위한 해외 동향

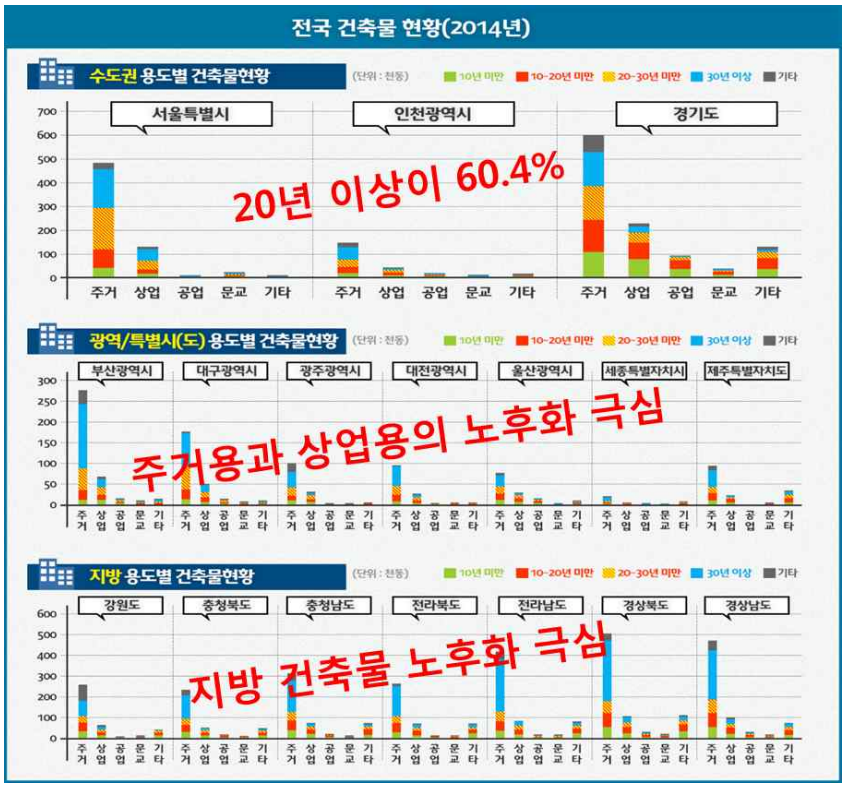
- 미국: 개방형 BIM 도입 및 적용을 선도하고, NBIMS(National BIM Standard) 지침을 개발하고 2007년 제정함
- 일본: '인프라 장수명화 기본계획'에 따르면 안전진단 모니터링 산업을 일본 인프라이 20%까지 적용을 목표로 하고 있음
- 호주: ICT 융합연구 센터인 NICTA(National ICT Australia)를 중심으로 교량 및 건축물의 모니터링 시스템 적용 확대

제 3 절 연구개발 필요성

ICT 융합기술 기반 건축물 안전진단 및 유지관리를 통하여 건축물의 안전사고를 예방하고 국민의 안전 인식을 개선하며 안전수요에 대응하기 위한 기술 경쟁력의 확보를 위하여, 관련 핵심기술의 연구개발이 필요함

○ **건축물 노후화로 유지관리 경제적 부담이 가중되므로 과학적 유지관리기법 개발이 필요**

- 우리나라는 1970년대부터 경제의 급성장과 주택보급 확대정책 시행으로 단기간에 많은 건축물이 건설되었으나 **유지관리가 체계적으로 이루어지지 않아 노후화가 심각하게 진행된 건축물이 많음**
- 국토부 통계자료(2014)년에 따르면 준공 후 30년 이상 건축물이 전국 동수 기준으로 35.8%, 수도권 24.5%, 지방은 40.2%로 조사되었으며, 용도별 30년 이상 건축물의 현황이 주거용은 38.8%, 상업용은 38.5%, 공업용 15.6%, 문교 사회용이 10.1%로 조사되어, **건축물 노후화 현상이 극심하고 주로 주거용·상업용 건축물에 노후화가 집중**되어 있음



[그림 1-10] 2014년 건축물 노후 건축물 현황
(국토부 통계자료: 2014년 12월 31일)

- 노후화 건축물의 성능개선 및 수명연장을 위한 **건축물 유지관리 시장의 규모는 지속적으로 증가**하고 있으나, 과학적 유지관리 기법의 적용이 미흡하여 **건축물 유지보수를 위한 경제적 부담이 가중**되고 있는 실정
- **건축물 생애주기비용을 최적화**하고 건축물 노후화에 대응하기 위해서는 과학적 유지관리 기법(빅데이터 활용, 전 생애주기 평가 등)을 적용하는 기술의 질적성장이 필요함

○ **건축물 안전진단/유지관리 시장은 실시간 계측기반 확대 전망되나, 국내업체 기술력은 영세한 수준으로 기술의 첨단화가 필요**

- 국가과학기술위원회(2010년)의 분석자료에 따르면, 한국의 지능형 시설물 안전 및 유지관리 기술수준은 54.2%(최고 수준 100%)로 최고 기술 보유국(미국 71.1%) 대비 4.3년의 기술격차를 가지고 있음
- 국내에서는 이러한 기술격차를 줄이기 위한 **건축물 안전점검 및 유지관리에 ICT 기술을 접목하는 기술개발이 시도**되고 있으나, **성과는 미흡**한 수준임
- 건축물 설계·시공에서는 **3차원 정보체계인 BIM의 활용이 증가**되고 있으나, **유지관리 분야에서는 적극적으로 활용되지 못하고 있음**
- 급속하게 변화하는 건축물 안전진단/유지관리 시장의 요구에 즉각적으로 대응하기 위하여, 국민의 생활과 가장 밀접한 관계가 있는 **건축물의 품질이나 상태변화 정도를 빠르고 정확하게 평가**하기 위한 **ICT기반 안전진단/유지관리 기술개발과 첨단화가 필요함**

국내외 건축물 관련 안전 및 유지관리 기술수준

<지능형 시설물 안전 및 유지관리 기술수준>

국가	미국	EU	일본	한국	중국	세계 최고국 기술격차
기술수준	71.1%	70.9%	68.2%	54.2%	45.4%	4.3년

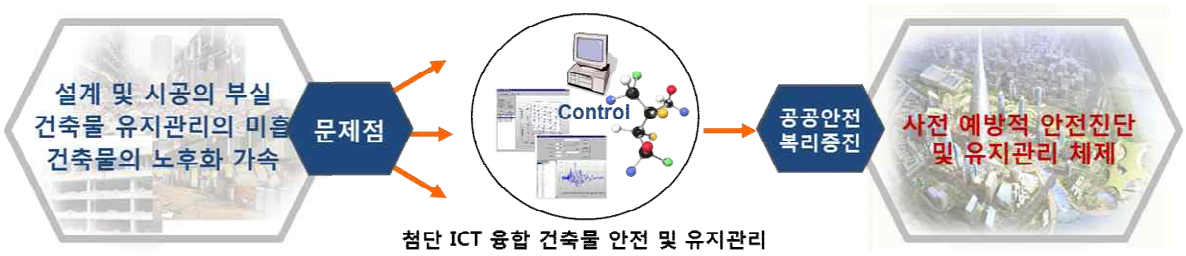
주: 국가과학기술위원회, 국가 R&D 기술산업정보서비스에서 발췌(2010년), 논문·특허분석 및 델파이조사기반

한국의 지능형 시설물 안전 및 유지관리 기술수준은 54.2%(최고 수준 100%)로
최고 기술 보유국(미국 71.1%) 대비 △16.9%(4.3년)

[그림 1-11] 지능형 시설물 안전 및 유지관리 기술수준(국가과학기술위원회)

○ **건축물 안전 및 유지관리를 위한 정부의 정책·제도 수립에 직접 기여하는 선제 대응형 기술개발의 추진이 필요**

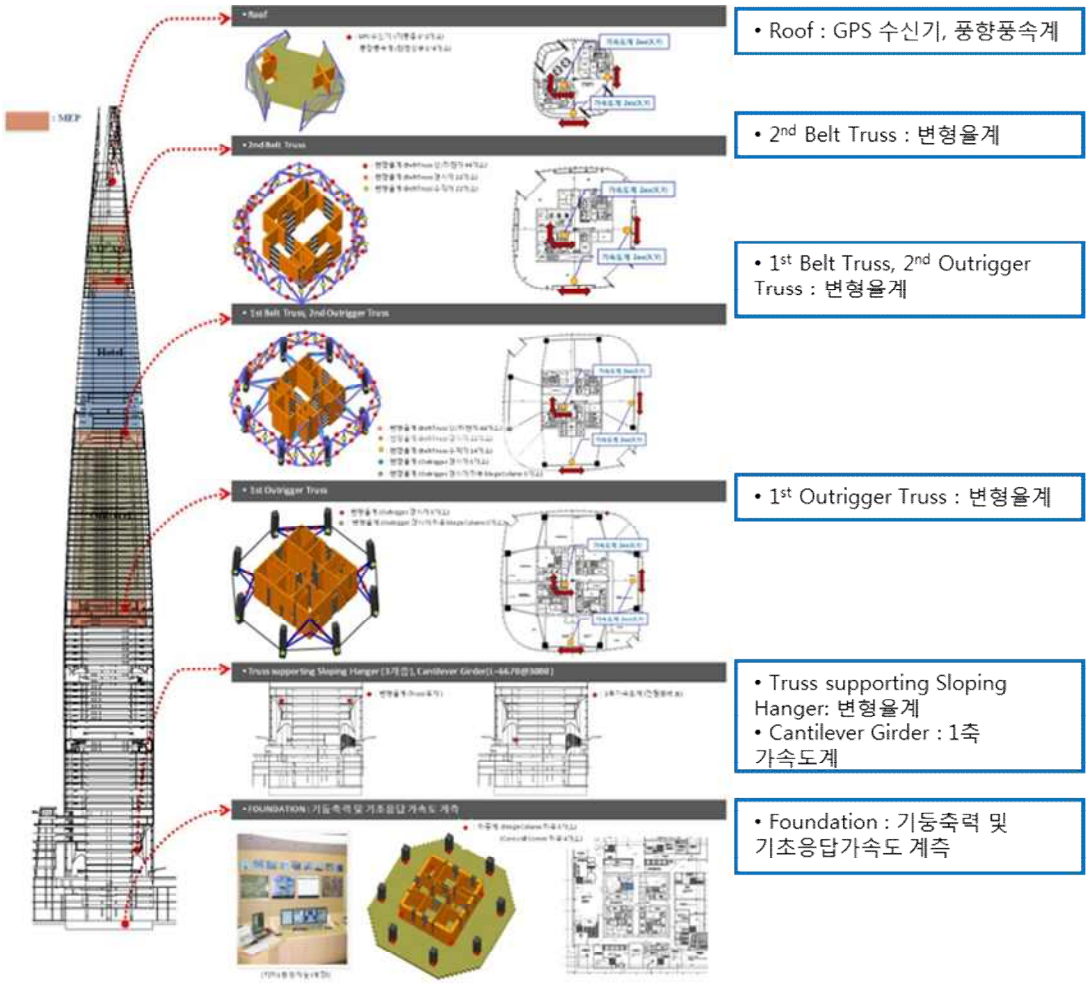
- 국내 안전사고는 **설계나 시공 잘못으로 인한 원천적 원인**과 사후관리를 소홀하여 사고 발생에 이르기 전에 미리 결함을 발견하여 필요한 **보완대책을 취하지 못한 후천적 원인**의 복합적인 결과임
- 기존 안전법/제도에도 불구하고 건축물 **설계나 시공상 오류를 전문가가 감리하는 체계가 미진**하고 **인력기반의 전통적 유지관리의 한계**로 인해 즉시대응이 불가능한 실정
- 건축물 안전사고의 선제 대응형 방안으로 **ICT융합을 통한 사전 예방적 안전진단 및 유지관리 체제로 전환**이 필수적임



[그림 1-12] 사전 예방적 안전진단 및 유지관리 체제구축의 필요성

○ **재난관리 특별법 수립으로 안전진단 기술력 뒷받침 필요**

- 2013년 초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법 수립으로 **건축물에 계측설비가 설치되어 계측자료가 관리**되고 있음[그림 1-13]
- 국내 계측 및 건전도 모니터링 기술은 개별적인 요소기술들로 개발되어 요소기술관 연관성이 부족하고, 계측시스템에서 얻어지는 **대량의 계측 빅데이터가 관리되지 못하고 방치되고 있는 실정**
- 특별법의 실효성을 위해 계측시스템의 최적화, 빅데이터 관리기술 등 융합적 ICT에 의한 **실시간 안전진단이 가능하도록 기술혁신 및 실용화가 필요**



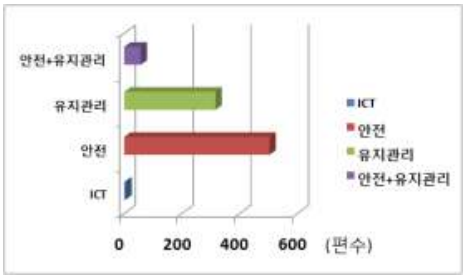
[그림 1-13] 건축 구조물 계측설비 설치 사례(잠실 롯데타워, (주)미래 아이에스이)

○ **첨단 ICT 융합 건축물 안전/유지관리 기술의 세계 최고 수준 실현을 통한 국제시장 선점 필요**

- 국내 안전/유지관리분야의 연구동향의 경우 **건축물 안전 및 유지관리 관련 연구가 지속적**으로 이루어지고 있으나 **건축물의 안전 및 유지관리를 ICT와 융합하는 연구는 미흡**한 것으로 나타났음
- ICT기반 건축물 안전/유지관리 분야의 연구를 집중 육성하고 있는 **해외선진국의 경우 높은 기술수준을 확보**하고 있으며 **정부주도에 의한 제도화·보편화 단계에 진입**하였음
- 건축물의 대형화·고층화·복잡화·첨단화됨에 따라 건축물의 안전/유지관리 분야에도 **첨단 ICT와 융합한 기술의 수요가 증가**되고 있다는 점에서, 향후 하드웨어 기술뿐만 아니라 소프트웨어 기술 및 핵심장비 개발기술을 **해외선진국의 기술력에 의존할 수 밖에 없음**
- 미래전망 및 선진국의 연구동향을 고려할 때, ICT와 건축물 안전/유지관리 기술을 융합하는 연구는 반드시 필요하며 **안전산업의 해외시장 진출을 위한 기술 경쟁력을 확보하기 위해서는 세계적 수준의 기술력을 지향**해야 함
- 정부의 창조경제 전략에 부응하기 위한 **국토교통부 주도의 창조적 건축산업 창출 필요**

[표 1-3] 국내 건축물 안전 및 유지관리 관련 연구동향

대분류	중분류	편수
건축물	ICT	4
	안전	503
	유지관리	316
	안전+유지관리	57



제2장 국내외 동향 및 환경분석

제 1 절 국내외 정책동향

1. 정책분석 범위 및 방법

- 『건축물 실시간 안전진단을 위한 ICT기반 핵심기술개발 기획』에 관한 정책분석을 위해 정책분야를 크게 '안전진단'과 '유지관리' 및 'ICT(Information and Communications Technologies)'로 분류하고, 이중에서 관련 정책분야를 조사하여 분석을 진행함
- 분석대상 정책은 한국을 비롯하여, 미국, 유럽, 일본을 대상으로 관련 제도 및 정책동향을 조사하기 위해 다양한 검색 자료를 활용하였으며, 이를 이용하여 관련 내용을 분석함

2. 정책동향분석

가. 배경

- 1970년대 고도 경제성장기 이후 급격한 도시개발과 더불어 건축물이 기하급수적으로 증가하였고, 현재의 건축물 현황을 보면 저·중층 위주의 건축물과 20~30년 이상의 건축물이 매우 높은 비율을 차지하고 있으며, 그 상당수가 건축년한의 경과와 함께 노후화가 진행 중임.
- 안전진단 및 유지관리란 건축물의 안전 확보를 통하여 국민의 생명과 재산을 보호하는 것으로 건축물이 고층화 및 대형화되는 추세와 사회가 복잡해짐에 따른 인적재해 증가, 이상기후 등에 따라 중요성이 강조되고 있음
- 1990년대에 들어 신행주대교 붕괴(1992), 청주 우암상가 붕괴(1993), 성수대교 붕괴(1994), 서울아현동 가스폭발(1994), 대구지하철 가스폭발(19954), 삼풍백화점 붕괴(1995) 등의 사고로 말미암아 안전에 대한 국민들의 관심이 급격히 증가하였으며, 건축물의 안전확보를 위한 안전진단과 유지관리 기술개발 연구에 대한 요구가 증대되었음
- 건축물의 안전진단 및 유지관리는 인력 기반의 안전점검 및 정밀안전진단을 수행하던 전통적 방식에서 ICT 기술과의 융합을 통한 정보화 유지관리 기술로 점차 확대 적용되는 추세임.
- 건축물 안전진단 및 유지관리의 자동화·효율화를 위해 다양한 센싱 및 모니터링 기술에 대한 연구개발이 시도되었으나 내구성 및 신뢰도 등의 부족으로 인해 직접 건축물의 안전성 평가에 활용하는 단계까지는 이르지 못하여 건축물에 적용 가능한 ICT기반 핵심기술 개발이 요구됨.

나. 국가별 정책동향 분석

(1) 국내 정책동향

(가) 건축물 안전 및 유지관리 관련 정책

○ 건축물 안전 및 유지관리 관련 법 · 제도 기준

- 대지를 포함하여 건축물 전반에 대한 유지관리 기준을 규정하고 있는 법령은 **건축법, 주택법, 시설물 안전관리에 관한 특별법**이 있음
- 건축법에서 유지관리 관계조항은 **건축법 제35조(유지관리와) 제110조(벌칙)**가 있음. **제35조에서는 유지관리주체 및 대상, 유지관리 정기점검, 기준 및 절차** 등을 **규정**함
- **건축법 제35조(건축물의 유지관리) 규정**에 따라 **건축물의 안전 및 유지관리**를 위한 **정기/수시 점검** 실시
  · **10년 이상된 아파트**(연면적 3,000㎡ 이상, 세대수 150미만), **다중이용건축물**(연면적 5,000㎡ 이상, 16층 이상), **집합건축물**(연면적 3,000㎡ 이상) 대상
- 타 법령에 따른 **건축물 관련 점검사항**은 **개별법**의 기준에 따라 점검실시
- **시설물안전관리에 관한 특별법**에서는 **안전점검 및 정밀안전 진단**, **안전조치**, **시설물의 유지관리방법**, **한국시설안전공단** 등에 대한 내용을 규정하고 있음
- **특정관리대상시설**은 **중소규모이상의 시설 중 10년 이상 경과된 시설물을 대상**으로 조사하여, **3종 시설물로 재분류해 3~5년 주기로 전문업체**를 통하여 **안전점검**이 이루어지도록 추진할 예정임.
- **건축물 안전 및 유지관리 분야**가 **실용화** 될 수 있도록 **공공/민간에 대한 시스템 지원방안** 및 **건축물 안전 및 유지관리 통합법**이 필요함.
- 건축법 이외의 **건축물 안전 및 유지관리 관련 법령**은 다음 [표 2-1]과 같다.

[표 2-1] 건축물 안전 및 유지관리 관련 법령의 종류 및 내용

구분	시설물 안전관리에 관한 특별법	소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률	다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법	승강기시설 안전관리법	주택법	에너지이용 합리화법
점검 종류 및 점검 주기	① 정기점검 :반기에 1회 ② 정밀점검 :안전분류에 따라2~4년에 1회) ③ 긴급점검 ④ 정밀안전진단 :안전분류에 따라 4~6년에 1회	자체점검 ① 작동기능점검 :1년에 1회 ② 종합정밀점검 :1년에 1회, 일부는 반기에 1회	정기점검(분기별 1회 ,소방법에 따른 자체점검을 한 경우 그 분기에는 제외)	① 자체점검 :월1회 ② 완성검사 :완성한 경우 ③ 정기검사 :2년 유효 ④ 수시검사 ⑤정밀안전검사 :15년 도래 승강기, 사고 발생 승강기 등	안전점검 (반기에 1회)	- 검사의 종류 ① 제조검사 ② 설치검사 ③ 개조검사 ④ 설치장소 변경 검사 ⑤ 재사용검사 ⑥ 계속사용검사 (안전검사, 운전성능검사) -주기:검사유효 기간(1년)이 끝나는 시기 마다
점검 대상	① 1종시설물 :21층, 5만㎡ 대형이상 건축물 등 ② 2종시설물 :16층 이상 공동주택 등	① 작동기능점검 :특정소방대상물 (일부제외) ② 종합정밀점검 :연면적 5천㎡ 이상인 특정 소방대상물 (공동주택은 16층 이상인 것만 해당)	다중이용업소	모든 승강기	150세대 이상 공동주택 등 (16층 이상 공동주택은 안전진단전문기관, 유지관리업체 등 일정자격 이상을 갖춘자 또는 기관이 실시)	보일러 압력용기 철금속가열로 (일정규모 이하 제외)
점검 사항	- 구조내력 및 안전에 관한 사항	- 소화설비 - 경보설비 - 피난설비 - 소화용수설비 - 소화활동설비	- 소화설비 - 경보설비 - 피난설비 - 방화시설 (방화문과 비상구) - 영업장 내부 통로와 창문 - 기타 안전시설	승강기 시설	- 구조내력 및 안전에 관한 사항	-한국산업표준 (KS)에 따라 검사

○ **건축물 안전 및 유지관리 관련 정보화 시스템 현황**

- 건축물 안전 및 유지관리와 관련하여 개별 법령에 따라 **기관별**로 **정보시스템**을 구**축·활용**하고 있으나 **실시간 건축물 안전 및 유지관리 시스템**이 **부재함**

[표 2-2] 건축물 안전 및 유지관리 관련 시스템 현황

구분	시스템 명[추진기관]	비고
건축물 안전 및 유지관리	건축행정시스템(세움터) [국토교통부]	건축법 제35조 건축물 대상
	시설물정보관리종합시스템 [한국시설안전공단]	시설물의 안전관리에 관한 특별법에 따른 1, 2종 건축물 대상
	소방민원정보시스템 [국민안전처]	소방시설 건축물 대상
	가스관련 기관 내부시스템 (한국가스안전공사)	가스시설 설치 건축물 대상
	전기관련 기관 내부시스템 (한국전기안전공사)	전기시설 설치 건축물 대상
	승강기관련 기관 내부시스템 (한국승강기안전관리원)	승강기시설 설치 건축물 대상



[그림 2-1] 건축행정시스템(세움터)



[그림 2-2] 시설물정보관리종합시스템(FMS)

○ **ICT 기반 건축물 안전진단 관련 정책 동향**

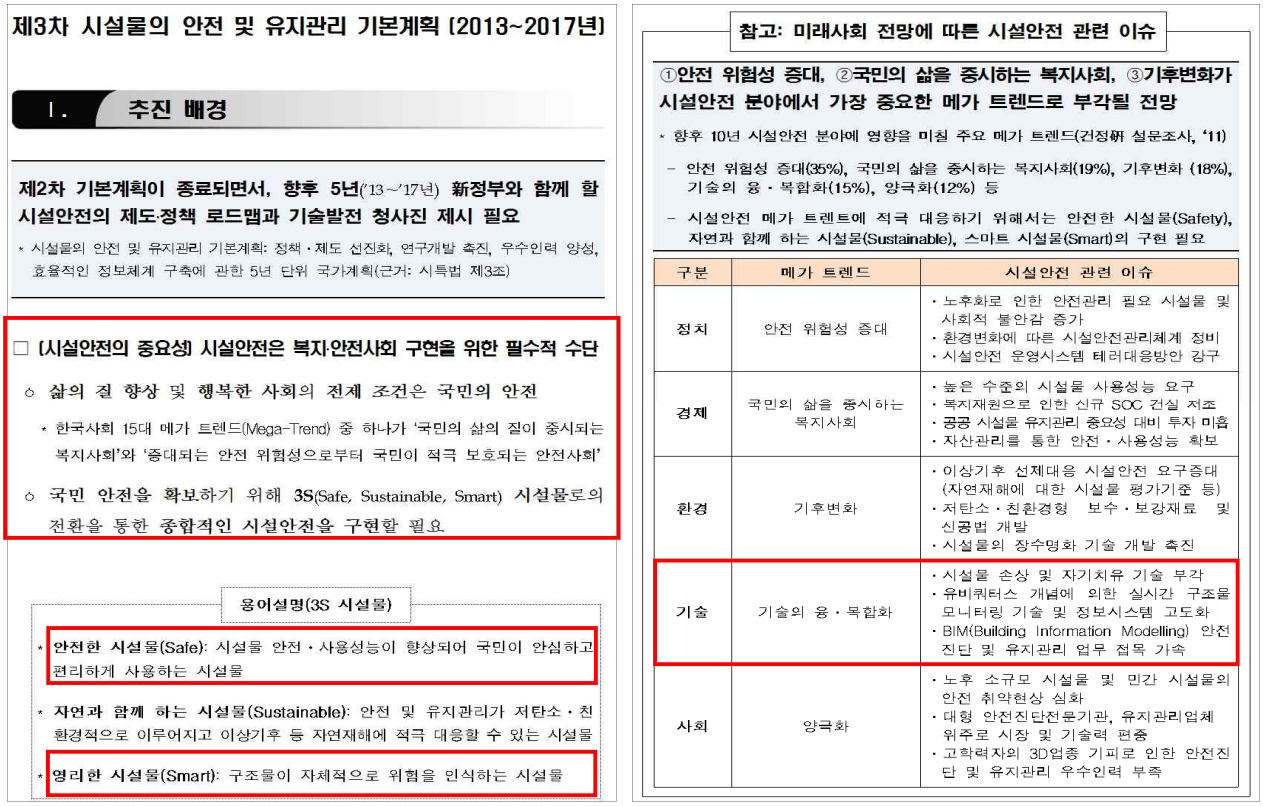
- **초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법 및 시행령** (2013. 03. 23. 시행)
  - · **초고층 건축물 50층** 이상 또는 **높이가 200미터 이상인 건축물**
  - · **지하연계 복합건축물 층수가 11층 이상**이거나 **1일 수용인원**이 **5천명 이상인 건축물**로서 **지하역사** 또는 **지하도 상가와 연결된 건축물**
  - · **내진설계 및 계측설비**(사전재난영향성 검토 지침)

[표 2-3] 초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법 및 시행령 주요사항

세부 항목	검토 내용	비 고
① 내진설계	• 건축구조기준 참조 • 증축, 용도변경 및 구조변경을 포함한 건물의 구조체와 비구조요소를 건축구조기준에서 정한 지진하중에 대하여 안전하도록 설계 • 구조성능이 입증된 내진장치 설치	건축법 제48~50조 건축구조기준
② 계측설비	• 지진계 및 풍향풍속계	초고층특별법 시행규칙 제7조
	• 지진 계측 및 모니터링 - 고층건물의 지진계 설치의 경우 3곳(저층부, 중층부, 상층부) 이상의 가속도 응답 계측 및 모니터링 권장 • 옥상층에 풍향 풍속계를 설치하여 바람의 모니터링 가능 • 초고층건물 옥상층에 GPS를 설치, 건물 최상층의 변위응답 모니터링 시스템 구축 (권장) • 초고층건물의 경우 응력이 집중되는 주요 구조부위에 변위 또는 경사계를 설치하여 구조적 변형의 모니터링 시스템 구축 (권장)	소방방재청 지침

○ 제 3차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획(2013~2017, 국토교통부)

- **시설안전**은 **행복사회 구현**을 위한 필수적 수단인 동시에 반드시 확보되어야 함
  · **안전 위험성 증대(35%), 국민의 삶을 중시하는 복지사회(19%), 기후변화(18%), 기술의 융·복합화(15%), 양극화(12%)** 등
  · **건축** 및 **시설안전 메가 트렌드**에 **적극 대응**하기 위해서는 **안전한(Safety) 건축** 및 **시설물, 자연과 함께 하는(Sustainable) 시설물, 스마트(Smart) 건축 및 시설의 구현**을 통한 **종합적인 건축** 및 **시설안전**이 **필요**로 하고 있음
- 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제정 이후 **제 1,2종에 대한 안전관리 상태는 양호한 수준**이나 **종외의 시설물의 붕괴사고** 등 **안전사고는 지속적으로 증가**하고 있으므로, 시설물의 종류별로는 **건축물이 48,260개소(70.5%)로 가장 많은 비중**을 차지하고 있으며, 국내의 **건축물 또한 20~30년 후 고령화 시대에 진입**하여 안전성 증대를 위한 선제대응형 방안의 마련은 아직 수행되고 있지 않고 있어 건축물 실시간 안전진단을 위한 ICT기반 핵심기술개발을 통하여 **선제대응형 방안 마련** 및 **선진 건축 안전** 및 **유지관리 기술**이 **확보**됨
- 건축물의 안전 **위험성 증대**와 **기술-산업간 융·복합화**, **전통산업**과 **신기술의 융합** 등의 융합기술이 필요하다는 측면에서 **안전, 지속가능, 스마트**한 건축물 실시간 안전진단을 위한 ICT기반 핵심기술개발연구는 시의적절하다고 판단됨



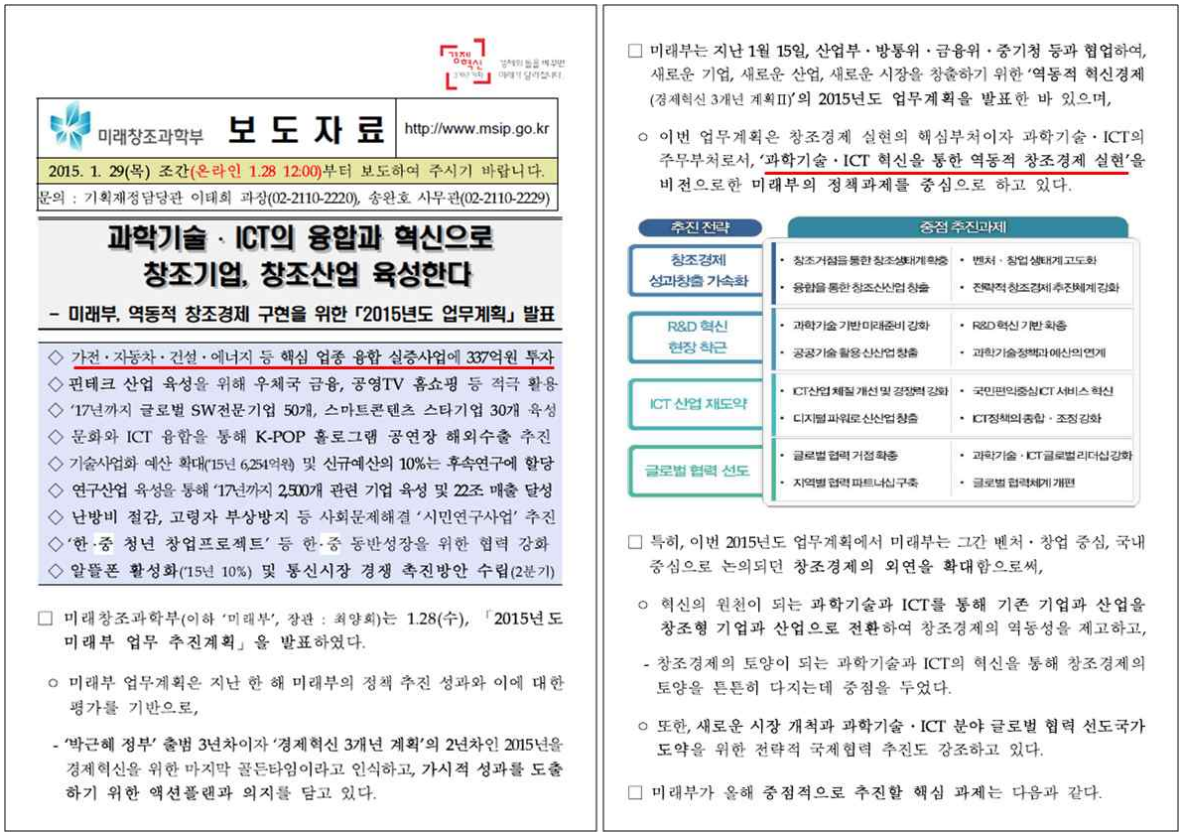
[그림 2-3] 제 3차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획 개요

(나) ICT 관련 정부 정책

○ 미래창조과학부, 역동적 창조경제 구현을 위한 "2015년도 업무계획" 발표

- '박근혜 정부' 출범 3년차이자 **'경제혁신 3개년 계획'**의 2년차인 2015년을 경제혁신을 위한 마지막 골든타임이라고 인식하고, 가시적 성과를 도출하기 위하여 미래창조과학부

에서는 2015년 1월 15일, 산업부·방통위·금융위·중기청 등과 협업하여, **새로운 기업, 새로운 산업, 새로운 시장**을 창출하기 위한 **'역동적 혁신경제**(경제혁신 3개년 개획Ⅱ)'의 2015년도 업무계획을 발표하였으며, **'과학기술·ICT 혁신을 통한 역동적 창조경제 실현**'을 비전으로한 정책과제를 추진하고 있다.



미래창조과학부 **보 도 자 료** http://www.msip.go.kr

2015. 1. 29(목) 조간(온라인 1.28 12:00)부터 보도하여 주시기 바랍니다.

문의 : 기획재정담당관 이태희 과장(02-2110-2220), 송완호 사무관(02-2110-2229)

과학기술·ICT의 융합과 혁신으로 창조기업, 창조산업 육성한다

- 미래부, 역동적 창조경제 구현을 위한 「2015년도 업무계획」 발표

◇ 가전·자동차·건설·에너지 등 핵심 업종 융합 실증사업에 337억원 투자
◇ 핀테크 산업 육성을 위해 우체국 금융, 공영TV 홈쇼핑 등 적극 활용
◇ '17년까지 글로벌 SW전문기업 50개, 스마트콘텐츠 스타기업 30개 육성
◇ 문화와 ICT 융합을 통해 K-POP 홀로그램 공연장 해외수출 추진
◇ 기술사업화 예산 확대('15년 6,254억원) 및 신규예산의 10%는 후속연구에 할당
◇ 연구산업 육성을 통해 '17년까지 2,500개 관련 기업 육성 및 22조 매출 달성
◇ 난방비 절감, 고령자 부상방지 등 사회문제해결 '시민연구사업' 추진
◇ '한·중 청년 창업프로젝트' 등 한·중 동반성장을 위한 협력 강화
◇ 알뜰폰 활성화('15년 10%) 및 통신시장 경쟁 촉진방안 수립(2분기)

□ 미래창조과학부(이하 '미래부', 장관 : 최양희)는 1.28(수), 「2015년도 미래부 업무 추진계획」을 발표하였다.

○ 미래부 업무계획은 지난 한 해 미래부의 정책 추진 성과와 이에 대한 평가를 기반으로,

- '박근혜 정부' 출범 3년차이자 '경제혁신 3개년 계획'의 2년차인 2015년을 경제혁신을 위한 마지막 골든타임이라고 인식하고, 가시적 성과를 도출하기 위한 액션플랜과 의지를 담고 있다.

□ 미래부는 지난 1월 15일, 산업부·방통위·금융위·중기청 등과 협업하여, 새로운 기업, 새로운 산업, 새로운 시장을 창출하기 위한 '역동적 혁신경제(경제혁신 3개년 계획Ⅱ)'의 2015년도 업무계획을 발표한 바 있으며,

○ 이번 업무계획은 창조경제 실현의 핵심부처이자 과학기술·ICT의 주무부처로서, '과학기술·ICT 혁신을 통한 역동적 창조경제 실현'을 비전으로한 미래부의 정책과제를 중심으로 하고 있다.

추진 전략	중점 추진과제	
창조경제 성과창출 가속화	• 창조거점을 통한 창조생태계 확충	• 벤처·창업 생태계 고도화
	• 융합을 통한 창조산산업 창출	• 전략적 창조경제 추진체계 강화
R&D 혁신 현장 착근	• 과학기술 기반 미래준비 강화	• R&D 혁신 기반 확충
	• 공공기술 활용 신산업 창출	• 과학기술정책과 예산의 연계
ICT 산업 재도약	• ICT산업 체질 개선 및 경쟁력 강화	• 국민편익중심 ICT 서비스 혁신
	• 디지털 융합로 신산업 창출	• ICT정책의 종합·조정 강화
글로벌 협력 선도	• 글로벌 협력 거점 확충	• 과학기술·ICT 글로벌 리더십 강화
	• 지역별 협력 파트너십 구축	• 글로벌 협력체계 개편

□ 특히, 이번 2015년도 업무계획에서 미래부는 그간 벤처·창업 중심, 국내 중심으로 논의되던 창조경제의 외연을 확대함으로써,

○ 혁신의 원천이 되는 과학기술과 ICT를 통해 기존 기업과 산업을 창조형 기업과 산업으로 전환하여 창조경제의 역동성을 제고하고,

- 창조경제의 토양이 되는 과학기술과 ICT의 혁신을 통해 창조경제의 토양을 튼튼히 다지는데 중점을 두었다.

○ 또한, 새로운 시장 개척과 과학기술·ICT 분야 글로벌 협력 선도국가 도약을 위한 전략적 국제협력 추진도 강조하고 있다.

□ 미래부가 올해 중점적으로 추진할 핵심 과제는 다음과 같다.

[그림 2-4] 역동적 창조경제 구현을 위한 "2015년도 업무계획" 발표
(미래창조과학부 보도자료 2015.1.29.)

○ 제3차 과학기술기본계획 5대분야 30개 기술 로드맵 제시

- 로드맵은 **①경제 지속성장 견인, ②삶의 질 향상 기여** 등 2개 부분으로 구성되며, 전자는 **ICT 융합 신산업 창출, 미래 신사업 기반 확충**, 후자는 **깨끗하고 편리한 환경조성, 건강장수시대 구현, 걱정 없는 안전사회 구축** 등 5대 분야로 구성
- 대상 기술 : **①ICT융합 신산업창출 8개 기술, ②미래 신산업 기반확충 7개 기술, ③깨끗하고 편리한 환경조성 6개 기술, ④건강장수시대 구현 5개 기술, ⑤걱정 없는 안전사회구축 4개 기술**
- **제3차 과학기술기본계획**에서 제시된 주요내용에서 **건축물 안전 및 유지관리 분야**와 관련된 내용은 다음과 같다.

① 걱정없는 안전사회구축 분야 전략로드맵

- (기본방향) **식품 안전, 자연재해, 사회적 재난** 등에 따른 **경제·사회적 손실**이 **증가**하는 추세에 대응할 수 있는 선제적 대응역량을 확보

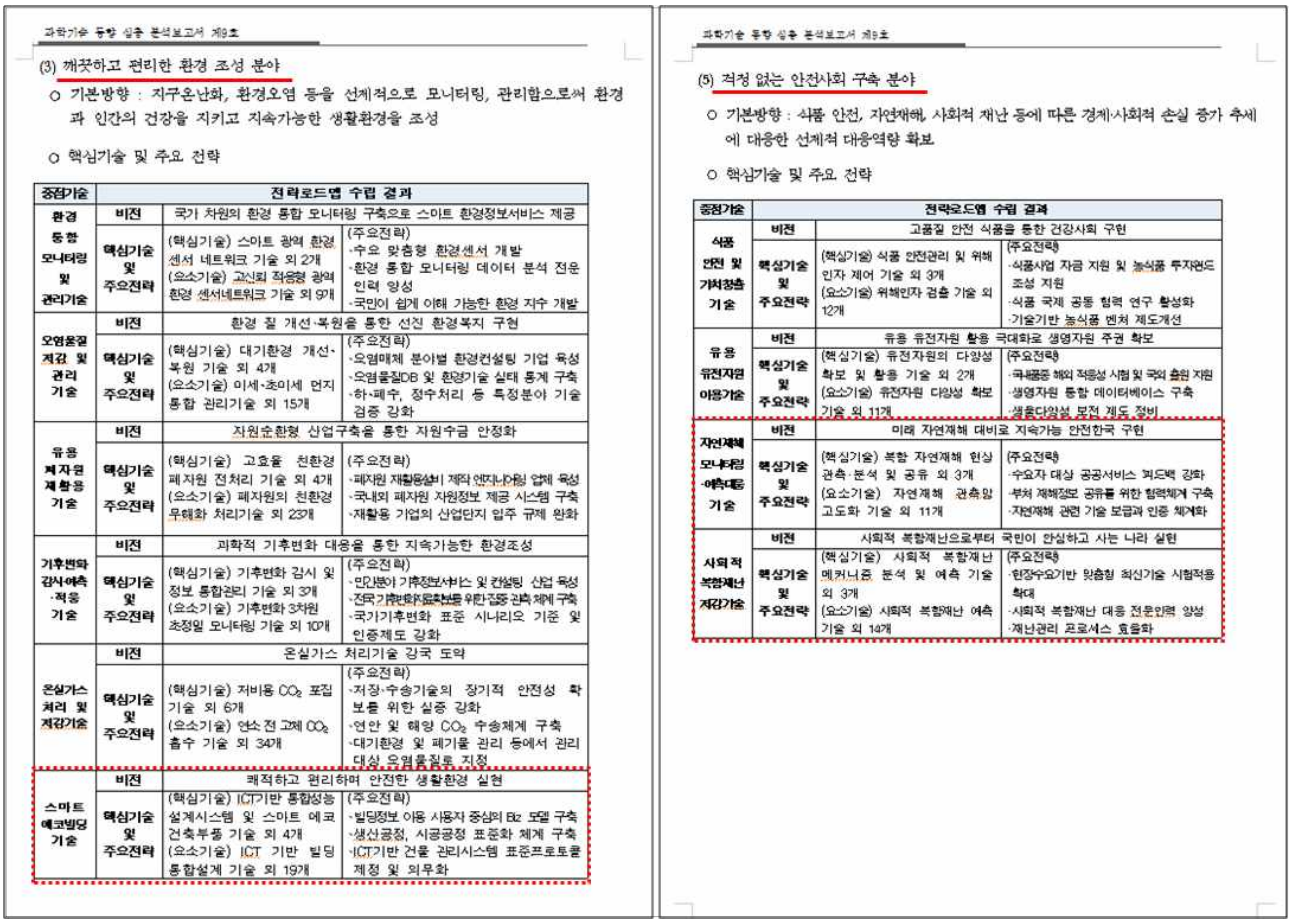
· 신선도 및 안전성을 확보한 식품과 식량을 안정적으로 공급할 수 있는 환경을 조성
· 자연재해, 사회적 복합재난의 피해를 최소화하는 선제적 대응역량을 확보

② 자연재해 모니터링·예측 대응 기술

- 국가의 특성에 맞는 재난대응체계를 구축하고 있으나, 재난재해와 관련한 기술개발에 대한 적극적인 투자는 전체적인 추세
- **재난재해 관련 산업 확대, 자연재해 예방 및 저감 등을 위한 정책적 지원이 필요**하며, 재난재해 대응 R&D의 확대, 재해관련 정보 공유, 조기경보 시스템 개발 등을 위한 규제완화 및 지원 필요

③ 사회적 복합재난 저감 기술

- **국가 재난대응체계 내에서 사회적 복합재난을 대응**하고 있으며, 과학기술을 통한 재난 예방, 대응, 복구에 적극적이며, 중앙/지방정부, 부처간 유기적 협력 체계 구축
- 우리나라도 재난재해 관련 통합적인 대응시스템 및 법제의 정비, 재난재해 관련 과학기술의 역할 제고 및 현장적용 중심의 기술개발, 통합적인 재난대응을 위한 재난안전기술의 표준화 등 노력 필요



과학기술 동향 심층 분석보고서 제9호

(3) 깨끗하고 편리한 환경 조성 분야

○ 기본방향 : 지구온난화, 환경오염 등을 선제적으로 모니터링, 관리함으로써 환경과 인간의 건강을 지키고 지속가능한 생활환경을 조성

○ 핵심기술 및 주요 전략

중점기술	전략로드맵 수립 결과		
환경 통합 모니터링 및 관리기술	비전	국가 차원의 환경 통합 모니터링 구축으로 스마트 환경정보서비스 제공	
	핵심기술 및 주요전략	(핵심기술) 스마트 광역 환경센서 네트워크 기술 외 2개 (요소기술) 고신뢰 적응형 광역 환경 센서네트워크 기술 외 9개	(주요전략) ·수요 맞춤형 환경센서 개발 ·환경 통합 모니터링 데이터 분석 전문 인력 양성 ·국민이 쉽게 이해 가능한 환경 지수 개발
오염물질 저감 및 관리 기술	비전	환경 질 개선·복원을 통한 선진 환경복지 구현	
	핵심기술 및 주요전략	(핵심기술) 대기환경 개선·복원 기술 외 4개 (요소기술) 이세·초이세 먼지 통합 관리기술 외 15개	(주요전략) ·오염매체 분야별 환경컨설팅 기업 육성 ·오염물질DB 및 환경기술 실태 통계 구축 ·하·폐수, 정수처리 등 특정분야 기술 검증 강화
유용 폐자원 재활용 기술	비전	자원순환형 산업구축을 통한 자원수급 안정화	
	핵심기술 및 주요전략	(핵심기술) 고효율 친환경 폐자원 전처리 기술 외 4개 (요소기술) 폐자원의 친환경 무해화 처리기술 외 23개	(주요전략) ·폐자원 재활용설비 제작 엔지니어링 업체 육성 ·국내외 폐자원 자원정보 제공 시스템 구축 ·재활용 기업의 산업단지 입주 규제 완화
기후변화 감시·예측·적응 기술	비전	과학적 기후변화 대응을 통한 지속가능한 환경조성	
	핵심기술 및 주요전략	(핵심기술) 기후변화 감시 및 정보 통합관리 기술 외 3개 (요소기술) 기후변화 3차원 초정밀 모니터링 기술 외 10개	(주요전략) ·민간분야 기후정보서비스 및 컨설팅 산업 육성 ·전문기관 분석 및 정보를 위한 집중 관리 체제 구축 ·국가기후변화 표준 시나리오 기준 및 인증제도 강화
온실가스 처리 및 저감기술	비전	온실가스 처리기술 강국 도약	
	핵심기술 및 주요전략	(핵심기술) 저비용 CO_2 포집 기술 외 6개 (요소기술) 연소 전 고체 CO_2 흡수 기술 외 34개	(주요전략) ·저장·수송기술의 장기적 안전성 확보를 위한 실증 강화 ·연안 및 해양 CO_2 수송체계 구축 ·대기환경 및 폐기물 관리 등에서 관리 대상 오염물질로 지정
스마트 에코빌딩 기술	비전	쾌적하고 편리하며 안전한 생활환경 실현	
	핵심기술 및 주요전략	(핵심기술) ICT기반 통합성능 설계시스템 및 스마트 에코 건축부품 기술 외 4개 (요소기술) ICT 기반 빌딩 통합설계 기술 외 19개	(주요전략) ·빌딩정보 이용 사용자 중심의 Biz 모델 구축 ·생산공정, 시공공정 표준화 체계 구축 ·ICT기반 건물 관리시스템 표준프로토콜 제정 및 의무화

과학기술 동향 심층 분석보고서 제9호

(5) 적정 없는 안전사회 구축 분야

○ 기본방향 : 식품 안전, 자연재해, 사회적 재난 등에 따른 경제·사회적 손실 증가 추세에 대응한 선제적 대응역량 확보

○ 핵심기술 및 주요 전략

중점기술	전략로드맵 수립 결과		
식품 안전 및 기처장출 기술	비전	고품질 안전 식품을 통한 건강사회 구현	
	핵심기술 및 주요전략	(핵심기술) 식품 안전관리 및 위해인자 제어 기술 외 3개 (요소기술) 위해인자 검출 기술 외 12개	(주요전략) ·식품사업 자금 지원 및 농식품 투자펀드 조성 지원 ·식품 국제 공동 협력 연구 활성화 ·기술기반 농식품 벤처 제도개선
유용 유전자원 이용기술	비전	유용 유전자원 활용 극대화로 생명자원 주권 확보	
	핵심기술 및 주요전략	(핵심기술) 유전자원의 다양성 확보 및 활용 기술 외 2개 (요소기술) 유전자원 다양성 확보 기술 외 11개	(주요전략) ·국제품종 해외 적응성 시험 및 국외 출원 지원 ·생명자원 통합 데이터베이스 구축 ·생물다양성 보전 제도 정비
자연재해 모니터링·예측대응 기술	비전	미래 자연재해 대비로 지속가능 안전한국 구현	
	핵심기술 및 주요전략	(핵심기술) 복합 자연재해 현상 관측·분석 및 공유 외 3개 (요소기술) 자연재해 관측망 고도화 기술 외 11개	(주요전략) ·수요자 대상 공공서비스 패드백 강화 ·부처 재해정보 공유를 위한 협력체계 구축 ·자연재해 관련 기술 보급과 인증 체계화
사회적 복합재난 저감기술	비전	사회적 복합재난으로부터 국민이 안심하고 사는 나라 실현	
	핵심기술 및 주요전략	(핵심기술) 사회적 복합재난 메커니즘 분석 및 예측 기술 외 3개 (요소기술) 사회적 복합재난 예측 기술 외 14개	(주요전략) ·현장수요기반 맞춤형 최신기술 시험적용 확대 ·사회적 복합재난 대응 전문인력 양성 ·재난관리 프로세스 효율화

[그림 2-5] 핵심기술 및 주요 전략(과학기술 동향 심층 분석보고서 제9호)

(2) 국외 정책동향

(가) 국외 건축물 안전 및 유지관리 관련 정책

가) 미국의 건축물 안전 및 유지관리 관련 정책

○ 미국의 건축물 안전 및 유지관리 관련 법령

- 미국의 건축법(IBC, International Building Code)에서 건물의 안전 및 유지관리와 관련된 IEBC[1],

1)2012 International Existing Building Code(IEBC), International Code Council(ICC)

ICCPC[2], IPMC[3]의 특징은 다음과 같이 정리할 수 있음

- International Existing Building Code(IEBC)의 구성체계
  - 기존건물에서 사용변경이나 증축, 개조, 수리에 대해 기본법에 대해 보완한 규정으로서, 기존건물의 타당한 개선 및 성능향상에 대해 건물의 사용 및 재사용을 고무시키려는 데 목적이 있음
  - IEBC는 기존건물의 개보수 작업을 하는 설계자를 위해 다음의 세 가지 대안을 제시함
    - OPTION 1 : 변경, 수선, 사용 변경, 증축 및 기존 건물의 재배치에 대한 작업은 4장에서 주어진 Prescriptive Compliance Method를 따라 행해져야 함(IBC CH34. 참고)
    - OPTION 2 : 변경, 수선, 사용 변경, 증축 및 기존 건물의 재배치에 대한 작업은 5장부터 13장에 있는 작업 범위 준수 방법(Work Area Compliance Method)에 따라 준수 되어야 함
    - OPTION 3 : 변경, 수선, 사용 변경, 증축 및 기존 건물의 재배치에 대한 작업은 14장에 주어진 Performance Compliance Method를 따라야함 (IBC CH34. 참고)

- International Code Council Performance Code(ICCPC)의 구성체계
  - ICCPC는 건물 거주자의 안전, 건물 보호 및 커뮤니티 복지후생의 수준을 달성하기 위해 다른 I-Code와는 달리 건 물과 시설에 대해 사용자 사용법을 제안함
  - 또한, 성능기반 규정으로서, 화재, 지진이나 사건의 전후에 받을 수 있는 피해정도를 정의하고 계산할 수 있음

- International Property Maintenance Code(IPMC)의 구성체계
  - IPMC는 기준 규정에서 요구하는 부동산 개선 조항 및 부동산 유지관리 요구조건을 설명함
  - 기본 설비(basic equipment), 조명, 환기, 난방, 위생설비, 화재 방에 대한 최소한의 유지관리 기준을 세우려는 유지관리 규정임

○ 미국의 건축물 유지관리 관련 제도

- 미국의 유지관리 영역 및 내용
  - 유지관리 범위는 시대적 요구와 변화로 기업의 시설 자산(빌딩, 부동산, 오피스 가구, OA기기 등)의 효율적 운용이 기업 경영에 중대한 영향을 미치자 유지관리의 영역이 다양하게 나타남[4]

2) 2012 International Code Council Performance Code(ICCPC), ICC
3) International Property Maintenance Code 2000, ICC
4) (사)한국퍼실리티매니지먼트학회(2008), 건축물유지관리제도 개선방안 연구

[표 2-4] 미국의 건축물 유지관리 영역 및 관련내용

관련영역	관련내용
유지운영	HVAC(냉난방공기조화)의 구성, 제어시스템, 운영과 유지
	전기설비의 운영유지, 조명설비와 응용
	엘리베이터 운용과 보전, 보안
	빌딩 유지관리, 빌딩구조, 인테리어, 가구, 시설일반, 장비
부동산	소유권, 임대차 계약과 결정, 임대항목
	임대 수익관리, 임대시장 현황, 부동산 세무, 자산가치 평가
인간과 환경	환경현황 검토 및 개선 절차
프로젝트 계획관리	시설 계획과 프로젝트 단계관리
	건축물 프로그램 및 디자인, 재배치 관리
리더쉽과 관리	설비의 기능보전과 계획, 설비인력 관리, 하도급 품질관리
재정	시설과 관련된 비용의 이해, 투자와 운영비, 예산계획
품질평가와 혁신	시설물의 서비스 등급평가와 과정관리, 벤치마킹, 점검관리 시설의 서비스 향상을 위한 개발관리
커뮤니케이션	업무지시, 회의, 작업서류, 부서내 사항 등의 의사소통
기술	기술경영과 지원 계획

- 건축물 유지관리 관련 제도
  - ▪ 최근에는 건축물의 종합적인 평가항목 및 평가기준을 개발하여 건축물의 구조적 안정성, 설비노후도, 거주환경성능, 유지관리 적정성 등의 건축물의 종합적인 유지관리 성능을 평가하고자 하는 규정들이 만들어지고 있으며 이러한 미국의 건물 유지관리 관련 규정 검토는 사용자와 전문가들의 협력체계에 초점을 맞추고 있음[5)]
  - ▪ BOMA International은 오피스빌딩이 위치하고 있는 지역의 영업경비 비교를 위해 건축물을 지리적인 범위에 따라 빌딩등급을 A급, B급, C급 등 세 단계로 분류하며 이와 같은 분류는 임대료, 건물마감상태, 관리체계표준과 효율성, 건물의 쾌적성, 입지/접근성, 시장인지도 등이 기준이 됨

나) EU의 건축물 안전 및 유지관리 관련 법령

○ 독일

- 독일의 건축 관련법령은 공간계획과 건축에 관한 규정을 다루고 있는 건축법으로 나뉘어져 있다. 건축법은 공법적 건축법과 사법적 건축법으로 구분할 수 있는데 공법적 건축법은 토지상의 건축을 규율하는 건축계획법과 실제적인 건축물의 설치변경, 철거 및 허가와 절차. 법령위반 규정 등을 다루고 있는 건축질서법으로 구분된다. 공법적 건축법에서는 도시건축 개발규정, 건축물의 보존과 지역특성, 리모델링 및 수선규약 등이 있다.
- 연방법인 독일 건축법령에서는 건축물의 유지관리에 대한 기본방향을 제시하고 있으며, 연방정부의 각주에서는 각 항목에 대한 매우 세부적인 규정까지 정하고 있음
- 도시건축개발규정의 경우, 건축이 지역적 기능에 미치는 악영향을 제거하기 위하여 지역에 따라 요구기능에 부합하도록 근본적인 개선과 개조를 검토하거나 유도하고 있음

○ 영국

- 영국의 유지관리 관련제도는 크게 주택과 건축분야로 나눌 수 있는데 주택의 경우, 관리기준으로 HQI(Housing Quality Indicator), 건물에너지성능, 친환경주택CODE에 의하여

5) 윤효진(2011), 국내외 건축물의 유지관리 운영실태의 비교분석에 의한 건축물 유지관리 제도화 방안 연구, 대한건축학회논문집 제31권 제6D호

관리하도록 정하고 있으며, 일반건축물에서는 BRE에서 개발, 운영하는 BREEAM(Building Research Establishment Environment Assessment Method: 환경성능평가도구)에 의해 친환경 성능을 관리하고 있다.

- 특히 지속가능하고 환경친화적인 주거단지의 개념을 목표로 하는 HQI는 영국의 대표적인 주거건축물 유지 관리 규정으로서 주거용 건축물의 환경요소를 종합적으로 검토하여 건강하고 쾌적한 주거단지 건설과 주거수준의 질적 향상을 유도하기 위해 성능인증 및 기준설정에 대한 정보를 제공하고 있음
- 이러한 HQI의 유지관리 평가항목은 ①토지이용 및 교통, ②에너지 및 자원, ③생태환경, ④실내환경으로 구성되어 종합적인 성능평가기준을 설정하고 있다. 한편 BREAM은 영국의 건축연구소(BRE)가 건물에너지성능과 관련하여 1990년대 초반부터 요소기술의 개발과 아울러 각종 기준을 개발, 보급하면서 만든 등급평가기준임
- 건축물의 환경영향을 평가하기 위하여 1991년에 개발한 환경성능평가도구로서 세계 최초의 건축물 환경성능인증제도라는데 의미가 있음
- BRE는 이의 적용성을 검토하기 위해 BRE내에 The Environmental Building, INTEGREEN 시범주택으로 불리우는 대표적 그린빌딩외에도 많은 사례가 있다.
- 현재 BREAM은 신축 및 기존 사무소, 공장, 주택, 슈퍼마켓 등의 평가에 활용되고 있으며 캐나다와 뉴질랜드 등 여러나라에서 BREEAM을 기본으로 하여 자국의 환경에 맞게 변형되어 사용되고 있다.

다) 일본의 건축물 안전 및 유지관리 관계법령

- 목적, 건축주사, 건축설계 및 공사감리, 건축물의 신청 및 확인, 신고 및 통계 등을 다루며 건축물의 소유자, 관리자 또는 점유자는 건축물 부지, 구조 등 건축설비를 항시 적법한 상태로 유지해야할 노력의무 내용을 명시하고 있음
- 건축물의 소유자 또는 관리자는 건축물의 부지, 구조, 건축 설비를 상시 적법한 상태로 안전 및 유지 관리해야 함
- 건축기준법 제8조(유지보전) 관련 시행령 및 시행규칙은 없으나, 건축물 유지보전 준칙(건설성 고시 제606호)과 건축물의 적정한 유지보전 추진(주택국 제17호)에서 건축물 의 유지관리 내용을 다루고 있음

[표 2-5] 건축기준법의 건축물 안전 및 유지관리 관련 주요 내용

분류	주요 내용
유지보전	- 건축물의 소유자 등에 대한 건축물의 필지, 구조 및 건축설비를 항상 적정한 상태로 유지하여야만 하는 노력의무를 부과함 - 특수 건축물과 일정규모 이상의 사무소 건물로서 특정행정청이 지정하는 대상은 그 소유자 등에 대하여 필요에 따라 해당 건축물의 유지보전에 관한 규칙 혹은 계획을 작성하는 것을 요구함
정기보고(점검)	- 건축물의 소유자 등에 대하여 정기적으로 해당 건축물의 필지, 구조 및 건축설비에 대해 전문기술을 가진 자격자 등에서 조사시켜, 그 결과를 특정 행정청에 보고하는 의무를 부과함 - 보고기간은 6개월에서 3년의 기간사이에 특정행정청이 정하는 주기로 실시함
증축, 개축, 수전	- 공사 착공 전에 건축확인에 의한 법령의 적합여부에 대한 확인을 받고, 공사완료 후에 완료검사를 받아야 함
용도변경	특수 건축물이 용도변경을 하는 경우에는 공사 착공 전에 건축확인에 의한 건축기준 법령의 규정에 적합한가에 대한 확인을 받고, 공사 완료 후 건축주사에 제출함
위법건축 물조치	- 특정 행정청이 소유자 등에 대하여 위반을 시정하기 위해 필요한 조치를 하도록 명령할 수 있도록 함(개별 규정에 관계되는 기존 부적격 건축물에 대한 조치) - 안전상 매우 위험하거나 위생상 유해하다고 인정되는 경우에는 소유자 등에 대하여 안전상 혹은 위생상 필요한 조치를 명령할 수 있음(집단 규정에 의한 기존 부적격 건축물에 대한 조치) - 공익상 매우 지장이 있다고 판단되어지는 경우에는 의회의 동의를 얻은 경우에 소유자 등에 대해 사용제한 등의 조치를 명령할 수 있음

- 건축물 유지보전 준칙(건설성 고시 제606호, 1985년)
  - ▪ 건축물의 유지보전계획에 있어서의 실시체제와 책임분계점의 명확화 및 점검・수선, 도서의 작성, 예산처리 등의 항목을 상세히 규정함
  - ▪ 건축기준법 제8조 제2항의 규정에 근거하여 동법 제12조 제1항에서 규정한 건축물의 유지보전에 관한 준칙 또는 계획에 필요한 지침을 다음 [표 2-6][6]와 같은 내용으로 구성함

6) 조경희, 일본의 건축물 유지관리 관련제도, 한국법제연구원 최신외국법제정보 2012년 제7호 참조

[표 2-6] 건축물 유지보전 준칙(건설성 고시 제606호)의 내용

제1	총칙 (1) 건축기준법 제12조 제1항에서 규정하는 건축물의 유지보전에 관한 준칙 또는 건축물의 유지보전에 관한 계획은 건축물의 부지, 구조와 건축설비를 상시 적법한 상태로 유지하기 위해 이 지침에 따라 작성하는 것으로 함 (2) 준칙은 건축물에 대해 계획을 작성할 권한을 가진 자가 복수 일 경우, 합의에 의해 당해 건축물에 대해 작성함 (3) 계획은 건축물의 유지보전을 함에 있어서 강구해야 할 조치를 정할 필요가 있다고 인정 될 경우에는 당해 건축물의 소유자 또는 관리자가 당해 건축물 또는 그 부분에 대해 작 성함
제2	준칙에서 정해야 할 사항 준칙에서는 제3의 각 호의 사항 중 계획상호 간의 적합성을 확보하는 데에 있어서 필요 하다고 인정되는 사항을 정하는 것으로 함
제3	계획에서 정해야 할 사항 (1) 건축물의 이용계획(건축물 또는 그 부분의 용도 등 장래의 증개축 등에 관한 사항) (2) 유지보전의 실시체제(유지보전을 위한 조직, 유지보전업무의 위탁, 건축사 및 기타 전문 기술사의 관여 등에 관한 사항) (3) 유지보전의 책임범위(계획작성자의 유지보전의 책임범위에 관한 사항) (4) 점유자에 대한 지도 등(건축물의 파손 등에 관한 통보, 사용제한의 준수 등에 관한 사항) (5) 점검(점검개소, 점검시기, 점검자, 점검에 관한 판단기준, 결과의 보고 등에 관한 사항) (6) 수선(수선계획의 작성, 수선공사의 실시 등에 관한 사항) (7) 도서의 작성, 보관 등(유지보전계획서, 확인통지서, 준공도, 설비사양서 등의 작성, 보관, 폐기 등에 에 관한 사항) (8) 자금계획(점검, 수선 등의 자금의 확보, 보험 등에 관한 사항) (9) 계획의 변경(계획의 변경 절차 등에 관한 사항) (10) 기타(전 각호 이외에 유지보전을 위해 필요한 사항)

- 건축물의 적정한 유지보전 추진(주택국 제17호, 1985년)
  - 1985년 건설성 고시 제606호 '건축물의 유지보전에 관한 준칙 또는 계획의 작성에 관한 필요 지침'이 정해짐에 따라 향후 건축물의 유지보전 추진에 대해 그 지도에 있어 다음 표와 같은 사항에 유의하여 추진함[7)]

(나) 국외 ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 관련 정책 동향

가) 미국

- 건축물(시설물)의 안전/유지/재난 관리를 위하여 성능개념의 프로그램을 추진[8)]
  - 방재분야를 강화하기 위하여 연방정부 내 국가비상사태 관련 기관으로서 국토안보부(DHS, Department of Homeland Security)와 자연재난 담당기구인 연방재난관리청(Federal Emergency Management Agency : FEMA) 운영
  - 연방정부 : 즉각적인 대응자로, 재난 예산의 후원자로써 재난안전관리의 최고 책임기관의 역할 수행
  - 국가대응체계(National Response Framework, NRF), 국가사고관리체계 (National

7) 조경희, 일본의 건축물 유지관리 관련제도, 한국법제연구원 최신외국법제정보 2012년 제7호 참조
8) SOC시설물 성능평가 기술개발 기획 보고서, 국토교통부, 2014

Incident Management System : NIMS), 연방대응계획(Federal Response Plan FRP), 국가대응계획(National Response Plan NRP), 국가중요사태(Incident of National Significance INS) 등에 대한 계획을 수립하여 추진 중

- 건설산업을 6대 국가 전략산업 중 하나로 지원하고 있으며 CMS, CERF, FIATECH와 같은 건설 IT융합 사업을 진행 유지관리 에너지비용 50% 감소 생산성 30% 향상 공해 50% 감소 등의 국가 건설목표를 설정하여 추진[9)]
- 미국NSF(National Science Foundation) 산하의 CMS는 IT 융합가상건설 에너지절감/친환경 지능형 건설기술 개발 진행
- 미국백텔 (Bechtel) 건설은 u-컴퓨팅 기술과 건설프로세스와 접목한 스마트 건설 기술 개발
- 세계적 IT 기업인 IBM은 Smart Utility 사업분야를 유망 신사업분야로 설정하여 투자를 시작했고 세계 최대네트워킹 장비업체인 CISCO 역시 CUD((Connected Urban Development) 프로젝트를 통해 건설사업과 연계를 집중하고 있음

- **미국의 ICT 관련 기술개발 추진 정책**
  - 미국과학재단(NSF) "센서와 센싱 시스템" 개발프로그램을 통해 2000년도 중반까지 약 6500만 달러 연구 투자[10)]

사업주체	연구기관	과제명
Indiana Department of Transportation	Purdue University/Indiana Department of Transportation JHRP	Development of a bridge management system in Indiana
National Cooperative Highway Research Program	iTrans Consulting Incorporated	Integrated safety management process – technical support
California Department of Transportation	California Department of Transportation	Early warning systems for bridge hits by tall load vehicles
Pennsylvania Department of Transportation	Michael Baker, Jr., Incorportated	Remote health monitoring and load modeling of cracked fracture critical bridge components
Minnesota Department of Transportation	University of Minnesota	Monitoring and analysis of a full depth precast concrete bridge deck system
ISIS Canada at University of Manitoba	ISIS Canada at University of Albert	Monitoring of FRP-reinforced pedestrian bridge at Universite de Sherbrooke
Kentucky Transportation Cabinet	University of Kentucky, Lexington	Remote monitoring of bridge piers for barge impact

[그림 2-6] 미국/캐나다 안전진단 및 상태추정 관련 연구개발과제 현황
(출처: 네트워크 기반 SOC관리 및 운영 기획보고서, 국토교통부, 2012)

나) EU

- 유럽 각국 차원 긴급관리체계 통일화뿐만 아니라, EU 차원에서 복수국간 제휴와 IT를 활용해 방재대책 근대화(EU 정보사회 프로젝트(INSPIRE, Infrastructure for Spatial Information) : 공간, 지리정보, 상호 운용성 확보들 위한 인프라 구축)
  - 영국은 2009년 5월 NMO는 전략보고서 "국가 계측 시스템(NMS21)) 전략 2010-2014"을 발표해, 표준계측 분야의 경쟁력·우위성 향상을 향한 정부의 투자전략을 제시
  - 독일은 연방교육연구부(BMBF22))을 중심으로 추진하는 '첨단기술전략'을 책정하고 있으며, 17의 '중점 분야'를 설정하고 고급 기술에 관한 7분야를 '주요 기술'이라고 평

9) IT R&D 발전전략, KEIT, 2011
10) 네트워크 기반 SOC관리 및 운영 기획보고서, 국토교통부, 2012

가하고 있으며, 계측분석기술은 이러한 '중점 분야'와 '핵심 기술'로 포함되진 않지만 '핵심 기술'에 대해 행동 계획에서 포함하여 추진

- EU의 ICT 관련 기술개발 추진 정책
  - 미래 세계 건설시장에 경쟁우위를 확보하기 위해 "사회기반 시설혁신 전략"을 마련 IT와 나노 등 첨단기술과 융합한 건설 신자재 신기술 개발 계획을 수립하였고 2030년까지 2,400억 유로 투자계획을 수립함
  - 영국은 건설산업의 경쟁력 강화를 위해 지속가능한 건설기술로서 ICT, 유지관리 건설자재 구조 전기 등 8개 분야에 R&D투자
  - 디지털 건설 선두기업인 핀란드 YIT는 '3D 가상건설' 기술인BIM(Building Information Modeling)을 활용하여 기존 2D 설계에 따른 비효율성과 재시공 문제를 해결

다) 일본

- 일본 과학기술진흥기구(JST) 연구개발전략센터(CRDS)는 사회 인프라*의 유지·관리·보수 및 비용절감, 지속가능한 사회 구축을 위한 R&D 전략을 발표
  ※ 사회 인프라 : 교량, 상하수도, 건축 구조물, 도시 등 사회를 지탱하는 대규모 네트워크 시스템

- 선진국은 이미 상당한 사회 인프라가 축적되어 유지·관리·보수비용의 급증, 노후화에 따른 사고의 빈발
  - 미래기술을 적용하여 유지·관리·보수의 질제고, 비용절감 등을 위해 '과학기술미래전략워크샵'('12.12) 등의 논의를 통해 R&D전략을 수립

- 사회 인프라 강화는 예기치 못한 상황에 대비하기 위한 사전 감지 및 모델링, IT 기반의 가상 플랫폼 및 시뮬레이션을 통한 적정 솔루션 선택이 중요
  - 콘크리트 지반의 다공체·복합재료 구조에 대한 지식의 체계화를 통해 인프라 설계 관리에 응용
  - 건축, 토목분야에서 활용되는 3차원 모델(Building Information Modeling (BIM), Construction Information Modeling(CIM))에 레이저스캐닝, 사진 측량기술, 토탈 스테이션 측정기술 등을 조합한 보전관리기술 확립
  - 사회 인프라 모델링 정보, 측정 데이터를 IT기술을 이용하여 재구성한 후 가상 플랫폼 구축하여 다양하게 응용할 수 있는 기술 등

- 지진 등 자연재해에서 도시 기능을 유지하기 위해서는 도시계획과 방재계획의 결합, 통합 시뮬레이션 모델 개발, 첨단 센싱기술 개발 등이 중요
  - 지진 시 응급복구의 선택·집중, 잔여능력 평가, 재해 시나리오 검토를 위해 양질의 데이터와 사회모니터링을 통한 통합 시뮬레이션 모델 개발이 중요
  - 도시 모델링과 빅 데이터를 활용한 통합 시뮬레이션, 첨단 센싱기술을 활용한 교통 인프라 구축 등이 필요[11]

11) 과학기술 & ICT 정책·기술 동향, 미래창조과학부, 2014

- **일본의 ICT 관련 기술개발 추진 정책**
  - 건설성 산하 JACIC는 건설산업에 IT 기술의 융합을 통하여 기존 기술 혁신 및 국제 경쟁력 강화추진
  - 일본정부는 기술개발과 전략수립 등 제도에 주력하고 민간은 실질적 기술개발에 투자
  - 국토교통성을 중심으로 공공사업 코스트 절감대책시행 공사계획 설계 및 발주 효율화 규제 완화 등을 추진

다. 시사점 및 전망

○ **건축물 안전 및 유지관리 관련 법·제도 기준**

- 건축법에서 유지관리 관계조항은 건축법 제35조(유지관리와) 제110조(벌칙)가 있음. 제35조에서는 유지관리주체 및 대상, 유지관리 정기점검, 기준 및 절차 등을 규정함
- 시설물안전관리에 관한 특별법에서는 안전점검 및 정밀안전 진단, 안전조치, 시설물의 유지관리방법, 한국시설안전공단 등에 대한 내용을 규정하고 있음
- 건축물 안전 및 유지관리 분야가 실용화 될 수 있도록 **공공/민간에 대한 시스템 지원 방안 및 건축물 안전 및 유지관리 통합법**이 필요함.

○ **건축물 안전 및 유지관리 관련 정보화 시스템 현황**

- 건축물 안전 및 유지관리와 관련하여 개별 법령에 따라 기관별로 정보시스템을 구축·활용하고 있으나 **실시간 건축물 안전 및 유지관리 시스템이 부재**함

○ **ICT 기반 건축물 안전진단 관련 정책 동향**

- **초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법 및 시행령** (2013. 03. 23. 시행)
  - ‘초고층 건축물’50층 이상 또는 높이가 200미터 이상인 건축물
  - ‘지하연계 복합건축물’층수가 11층 이상이거나 1일 수용인원이 5천명 이상인 건축물로서 지하역사 또는 지하도 상가와 연결된 건축물
  - 내진설계 및 계측설비(사전재난영향성 검토 지침)

○ **제 3차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획(2013~2017, 국토교통부)**

- 건축 및 시설 안전 메가 트렌드에 적극 대응하기 위해서는 **안전한(Safety) 건축 및 시설물, 자연과 함께 하는(Sustainable) 시설물, 스마트(Smart) 건축 및 시설의 구현을 통한 종합적인 건축 및 시설안전이 필요**로 하고 있음
- 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제정 이후 제 1,2종에 대한 안전관리 상태는 양호한 수준이나 종외의 시설물의 붕괴사고 등 안전사고는 지속적으로 증가하고 있으므로, 시설물의 종류별로는 건축물이 48,260개소(70.5%)로 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 국내의 **건축물 또한 20~30년 후 고령화 시대에 진입하여 안전성 증대를 위한 선제 대응형 방안이 요구**됨

○ **미래부, 역동적 창조경제 구현을 위한 “2015년도 업무계획” 발표**

- 미래부에서는 새로운 기업, 새로운 산업, 새로운 시장을 창출하기 위한 ‘역동적 혁신경제(경제혁신 3개년 개획Ⅱ)’의 2015년도 업무계획을 발표하였으며, **‘과학기술·ICT 혁신을 통한 역동적 창조경제 실현’을 비전으로한 정책과제를 추진**하고 있음

○ **제3차 과학기술기본계획 5대분야 30개 기술 로드맵 제시**

- 로드맵은 ①경제 지속성장 견인, ②삶의 질 향상 기여 등 2개 부분으로 구성되며, 전자는 ICT 융합 신산업 창출, 미래 신사업 기반 확충, 후자는 깨끗하고 편리한 환경조성, 건강장수시대 구현, 걱정 없는 안전사회 구축 등 5대 분야로 구성
- 대상 기술 : ①ICT융합 신산업창출 8개 기술, ②미래 신산업 기반확충 7개 기술, ③깨끗하고 편리한 환경조성 6개 기술, ④건강장수시대 구현 5개 기술, ⑤걱정 없는 안전사회 구축 4개 기술

○ **미국, EU, 일본 등의 선진국의 경우 ICT를 융합한 건축물 안전진단 및 유지관리 분야에 국가차원의 관심과 투자 추진**

- 미국과학재단(NSF) “센서와 센싱 시스템″ 개발프로그램을 통해 2000년도 중반까지 약 6500만 달러 연구 투자
- 영국은 2009년 5월 NMO는 전략보고서 “국가 계측 시스템(NMS21)) 전략 2010-2014”을 발표해, 표준계측 분야의 경쟁력·우위성 향상을 향한 정부의 투자전략을 제시
- 독일은 연방교육연구부(BMBF22))을 중심으로 추진하는 ‘첨단기술전략’을 책정하고 있으며, 17의 ‘중점 분야’를 설정하고 고급 기술에 관한 7분야를 ‘주요 기술’이라고 평가하고 있으며, 계측분석기술은 이러한 ‘중점 분야’와 ‘핵심 기술’로 포함되진 않지만 ‘핵심 기술’에 대해 행동 계획에서 포함하여 추진
- 일본에서 사회 인프라 강화는 예기치 못한 상황에 대비하기 위한 사전 감지 및 모델링, IT 기반의 가상 플랫폼 및 시뮬레이션을 통한 적정 솔루션 선택이 중요시하고 있음.

○ **선진국에서는 정부차원에서 기술개발과 전략수립의 원활화를 위하여 제도적인 지원과 투자가 잘 이루어질 수 있도록 투자전략 등을 제시**

- 미국은 방재분야를 강화하기 위하여 연방정부 내 국가비상사태 관련 기관으로서 국토안보부(DHS, Department of Homeland Security)와 자연재난 담당기구인 연방재난관리청(Federal Emergency Management Agency : FEMA) 운영
- 유럽 각국 차원 긴급관리체계 통일화뿐만 아니라, EU 차원에서 복수국간 제휴와 IT를 활용해 방재대책 근대화
- 일본의 건설성 산하 일본건설정보센터 JACIC(Japan Construction Information Center)는 건설산업에 IT 기술의 융합을 통하여 기존 기술 혁신 및 국제 경쟁력 강화추진

제 2 절 국내외 시장현황 및 전망

1. 시장분석 범위 및 방법

가. 분석대상 시장검색 DB 및 검색범위

- 『건축물 실시간 안전진단을 위한 ICT기반 핵심기술개발 기획』에 관한 시장분석을 위해 기술 분야를 '안전진단'과 '유지관리'로 분류함. 이중에서 다섯가지 중점 분야('안전진단' 기술 분야에서는 센서기술(AA)과 비파괴기술(AB), '유지관리' 기술 분야에서는 BIM 기반 유지관리기술(BA), 유/무선 네트워크기술(BB), 성능개선기술(BC)을 선정하여 중점 분야별로 시장 분석을 진행함
- 분석대상 시장은 한국을 비롯하여, 미국, 영국, 중국, 독일 및 기술선진 국가를 대상으로 2015년 10월까지 공개된 자료로 하며, 분석대상 시장을 조사하기 위해 다양한 검색 데이터베이스를 활용하였으며, 이를 통해 추출된 결과를 이용하여 분석을 수행하였음

나. 분석대상 기술 및 시장 조사범위 도출

(1) 기술 분류 체계

- 주요 기술은 [표 2-7]과 같이 대분류, 중분류, 소분류로 각각 구분되어, 2가지 대분류, 5가지 중분류, 15가지 소분류 기술로 나누어 시장동향분석이 진행됨
- 분류기준과 항목은 관련 전문가의 협의를 통해 결정함

[표 2-7] 분석대상 기술의 기술분류체계

대분류	중분류	소분류
안전진단 (A)	센서기술 (AA)	센서개발(AAA)
		센싱장비 및 시스템(AAB)
		계측값평가 및 모니터링(AAC)
		유/무선 네트워크(AAD)
	비파괴기술 (AB)	복합진단기법 (ABA)
		현장적용시스템 (ABB)
		데이터평가 (ABC)
유지관리 (B)	BIM 기반 유지관리 (BA)	건물정보관리(BAA)
		건축물상태관리(BAB)
		건축물위험정보처리(BAC)
	성능개선 (BB)	재료성능(BBA)
		구조성능(BBB)
		사용성능(BBC)

(2) 기술 분류 기준

- 고려된 15가지 소분류 기술에 대한 개요는 [표 2-8]에 정리함

[표 2-8] 분석대상 기술분류기준

대분류	중분류	소분류	기술개요
안전진단 (A)	센서기술 (AA)	센서개발 (AAA)	· 변형률계, 가속도계, GPS 등 기존 센서를 개선시키거나 새로운 센서 개발에 관한 기술
		센싱장비 및 시스템 (AAB)	· 센서타입, 센서설치 위치 및 방법, 계측방법 등 센서 기반 안전진단을 위한 일련의 프로세스개발에 관한 기술
		계측값평가 및 모니터링(AAC)	· 기존 센서를 활용해 계측값을 분석하는 기술
		유/무선 네트워크 (AAD)	· 각종 센서에서 수집된 데이터 처리 및 거주자/사용자에게 지령과 같은 경보발령 시스템 기술
	비파괴 검사기술 (AB)	복합진단기법 (ABA)	· 충격반향기법, 표면파기법, 초음파속도법 등을 단일 또는 복합기법으로 건축물 진단을 위한 비파괴검사 기술
		현장적용시스템 (ABB)	· 진단 기법을 다양한 건축물에 적용하는 시스템 개발에 관한 기술
		데이터평가 (ABC)	· 다양한 비파괴검사기술을 통하여 취득한 데이터를 분석하는 기술
유지관리 (B)	BIM 기반 유지관리 (BA)	건물정보관리(BAA)	· 건축물의 구성 요소별 유지관리 정보도출 및 관리기술
		건축물상태관리(BAB)	· BIG DATA 기반의 건축물 상태평가 기술과 연계한 상태평가 관리
		건축물위험정보처리(BAC)	· GUI 기반의 주요 구조부재 위험도 정의 및 관리
	성능개선 (BB)	재료성능(BBA)	· 건축물의 성능을 개선시키기 위한 재료개발기술
		구조성능(BBB)	· 건축물의 성능을 향상시키는 구조성능기술
		사용성능(BBC)	· 건축물의 성능을 향상시키는 사용성능기술

(3) 기술분류기준별 검색식

- 소분류 기술에 대한 키워드를 전문가의 협의를 통해 결정하고, 이를 국문과 영문으로 구분함. 선정된 각 소분류 기술의 키워드(국문/영문)를 웹 기반 DB에 입력하여 관련 시장 자료를 수집함

[표 2-9] 기술 분류 체계에 따른 검색식

대분류	중분류	소분류	검색식 (키워드)
안전진단 (A)	센서 기술 (AA)	센서개발 (AAA)	(건물 or 건축물 or 빌딩)&(개발) & (계측기 or 센서)&(모니터링 or 진단) / (structure or building)&(monitoring or inspection)&(sensor or device or measurement)&(development)
		센싱시스템 (AAB)	(건물 or 건축물 or 빌딩)&(계측 시스템 or 센싱 시스템)&(모니터링 or 진단)&(안전) / (structure or building)&(monitoring or inspection)&(sensing system or measurement system)&(Safety)
		계측값평가 (AAC)	(건물 or 건축물 or 빌딩)&(평가 or 분석)&(모니터링 or 안전 진단)&(안전) / (structure or building)&(monitoring or inspection)&(analysis or evaluation)&(Safety)
		유/무선 네트워크 (AAD)	(건물 or 건축물 or 빌딩)&(유선* or 무선* or 센서 or 네트워크)&(계측 or 점검 or 유지관리)/ (structure or building)&(wired sensor or wireless sensor or sensor or sensor network)&(sensing or maintenance or monitoring)&(signal or data process*)
	비파괴 기술 (AB)	복합진단기법 (ABA)	(건물 or 건축물 or 빌딩)&(비파괴* or 충격반향* or 표면파* or 초음파*) / (structure or building)&(nondestructive or Impact Echo or Surface Waves or Pulse Velocity)
		현장적용 시스템 (ABB)	(건물 or 건축물 or 빌딩)&(비파괴검사 or 적용 시스템)&(추정 or 진단) / (structure or building)&(estimation or inspection)&(nondestructive or application system)
		데이터평가 (ABC)	(건물 or 건축물 or 빌딩)&(데이터 or 평가 or 분석) & (진단) / (structure or building)&(estimation or inspection)&(data analysis or evaluation)

유지관리 (B)	BIM 기반 유지관리 (BA)	건물정보관리 (BAA)	(건물 or 건축물 or 빌딩)&(BIM or Building information modeling)&(시공 or 공사) / (structure or building)&(BIM or Building information modeling)&(construction)
		건축물 상태관리 (BAB)	(건물 or 건축물 or 빌딩)&(BIM or Building information modeling)&(구조 or 안전)/ (structure or building)&(BIM or Building information modeling)&(safety or structur*)
		건축물 위험정보처리 (BAC)	(건물 or 건축물 or 빌딩)&(BIM or Building information modeling)&(환경 or 설비) / (structure or building)&(BIM or Building information modeling)&(environment or mechanical or electrical or plumbing or mep)
	성능 개선 (BB)	재료성능 (BBA)	(건물 or 건축물 or 빌딩)&(성능)&(보강 or 개선 or 향상)&(재료 or 하이브리드 or 장치 or 장비)/(structure or building)&(performance)&(safety or servic*)&(retrofit or reinforce* or improv*)&(material or hybrid or device)
		구조성능 (BBB)	(건물 or 건축물 or 빌딩)&(구조 성능)&(보강 or 개선 or 향상)&(지진 or 바람 or 풍 or 노후)/(structure or building)&(structural performance)&(retrofit or reinforce* or improv*)&(seismic or earthquake or wind or aging or deterior*)
		사용성능 (BBC)	(건물 or 건축물 or 빌딩)&(사용 성능)&(보강 or 개선 or 향상)&(바닥 or 슬래브)&(소음 or 진동)/(structure or building)&(performance)&(design or improv*)&(slab or floor)&(noise or vibration)

(4) 시장동향조사 분석 방법

- 시장의 구체적인 분석을 위해 국가별, 세부기술별 등으로 구분하여 분석함

2. 시장동향분석

가. 기초자료 수집/분석

(1) 안전진단(A) 분야

- **건설 시장의 규모에 대응하여 국제 경쟁력 갖춘 안전진단 및 유지관리 핵심기술 필요**
- 국내 건설 생산 규모는 세계 4위이나 콘크리트 구조물의 유지관리 성능평가 기술 등 핵심 기술이 부족한 형편이며, 콘크리트 구조물 사용성 및 내구성을 평가하기 위한 기술은 외국 선진회사기술과 장비 의존
- **콘크리트 구조물 유지관리기술의 국산화에 대한 연구와 투자 필요** 콘크리트 구조물 관련 **유지관리기술 국산화에 대한 연구와 투자 필요**하며, 유지관리기술은 국내의 우수한 시공기술과 맞물려 세계의 건설시장에서 살아남는 데에 기여할 것으로 판단됨.
- 한국건설산업연구원이 발간한 '2015년 건설3저와 7대 건설, 부동산, 이슈보고서'에 의하면 **안전진단 및 유지관지 시장의 성장이 장기간 지속될 것으로 전망**하였음. 실례로, 대한시설물유지관리협회의 **시장규모는 2000년 1조원에서 2014년 3조7000억으로 약370% 증가**한 것으로 나타남 (헤럴드경제 2015년 1월 23일 기사)
- **『시설물의 안전관리에 관한 특별법』**제정 이후 제 1,2종에 대한 **안전관리** 상태는 **양호**한 수준이나 **종외**의 시설물의 붕괴사고 등 **안전사고**는 지속적으로 **증가**하고 있으므로, 시설물의 종류별로는 **건축물이 48,260개소(70.5%)**로 가장 **많은 비중**을 차지하고 있으며, **국내의 건축물** 또한 **20~30년 후 고령화** 시대에 진입하여 **안전성 증대**를 위한 **선제 대응형 방안**의 **마련**은 아직 수행되고 있지 않음
- **건축물**의 종류별 **상태등급(5등급-A, B, C, D, E등급)**은 표 2.5에서와 같이 제 1,2종 시설물 중 **건축물**의 **상태등급**은 **A등급 18.0%, B등급 79.8%**로 종합적으로 **B등급 이상**이며, 현재 1, 2종 이외에 추가로 **3종 시설물 지정**에 관한 **논의**가 수행되고 있음

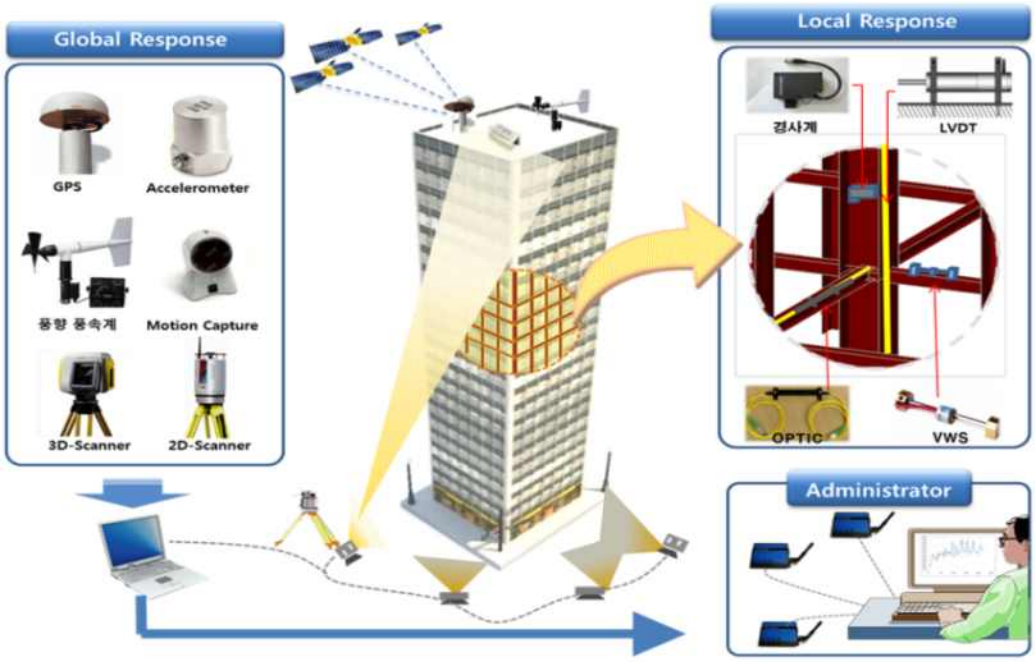
[표 2-10] 건축물 현황

종별	시설물 전체	건 축 물(단위: 개소)				
		공동주택	대형건축물	다중이용 건축물	철도 역사시설	지하도 상가
전체	68,464	41,394	3,118	2,932	772	44
1종	7,763	0	1,625	126	7	22
2종	60,701	41,394	1,493	2,806	765	22

[표 2-11] 건축물 상태등급

구분	건축물(단위: 개소)					총계	비율 (%)
	공동주택	대형건축물	다중이용 건축물	철도 역사시설	지하도 상가		
A	7,009	840	456	367	4	8,676	18.0%
B	33,849	2,086	2,163	389	35	38,522	79.8%
C	418	171	253	3	5	850	1.8%
D	1	2	6	-	-	9	0.0%
E	-	-	1	-	-	1	0.0%
불명	117	19	53	13	-	202	0.4%
총계	41,394	3,118	2,932	772	44	48,260	100%

- **건축물은 교량 등과 같은 사회기반시설물과는 다르게 높은 부정정차수를 가진 구조물**이며, 설시시설, 마감 등으로 인해 구조물의 거동을 정확하게 파악하기는 상대적으로 어려움. 이에 따라 일반적으로 건축물의 구조건전도를 상시 관리하기 위해서 아래 [그림 2-7]과 같이 **다양한 센서가 동시에 활용하여 구조물의 건전도를 통합적으로 관리 (통합솔루션)하는 방안이 사용**되고 있음
- **초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법** (법률 제10444호, 시행 2012.03.09) 이후 계측설비가 설치되어 계측자료가 관리되고 있지만 **초기 단계**
- 건축물의 장기 거동 모니터링을 위해서는 내구성 및 신뢰성이 뛰어나고, 정적 및 동적 거동의 멀티 포인트 계측이 뛰어난 **광섬유센서를 이용한 계측 및 통합 평가 기술 개발 요구**
- 국내의 경우, 센서 자체를 개발하기 보다는 일본, 미국 등으로부터 수입하는 실정임. 그러나 **국내의 세계적인 IT기술을 통해 상용센서를 활용한 건축물 구조건전도 관리기술** (예, 무선 센싱, 데이터 관리, 유/무선 네트워크를 이용한 실 구조물의 상시 구조건전도 모니터링 등)**은 세계적인 수준**임



[그림 2-7] 구조물 건전도 통합관리 개념도

- 다양한 센서를 동시에 활용하는 것은 케이블, 센서, 및 데이터 로거 관리를 어려움을 초래할 뿐 아니라 이들로부터 수집되는 데이터의 타입이 다양하고, 데이터량이 방대하여 이를 처리, 저장하는 과정이 복잡하고 효율이 떨어져 구조건전도 평가의 신뢰성과 신속성을 저하시키는 문제가 있음. 따라서, 단일 센서 레벨의 기술개발 뿐 아니라 **다양한 센서들을 통합 관리하는 IT기술 개발이 필히 요구**됨
- 첨단 센서들이 새롭게 개발되고 기존 센서들의 성능이 향상되고 있지만, 건축물의 복잡한 구조 거동 특성 때문에 하나의 센서 혹은 단일 종류의 센서 조합만으로는 정확한 구조평가가 어려워 다양한 센서를 동시에 활용하여 각 센서의 단점을 보완하고 적용성 및 신뢰성을 향상시키는 Multi-fusion 기술이 제시되고 있음. 이에 따라 **향후 Multi-fusion 기술이 관련 시장을 주도할 것으로 예상**됨

(2) 유지관리(B) 분야

- 최근 정부에서는 국민의 창의성과 과학기술, 정보통신기술의 융합을 통해 산업과 산업이 융합하고 산업과 문화가 융합해 새로운 부가가치를 창출함으로써 새로운 성장 동력과 일자리를 만들어내는 경제 즉, **창조경제와 국민의 안전과 행복을 보장할 수 있는 사회구현이 현 정부의 핵심**임
- 향후 국내는 “국민의 삶의 질이 중시되는 복지사회”와 “안전 위험성으로부터 국민이 적극 보호되는 안전사회”로 변모할 것으로 전망되며 **복지·안전사회 구현의 전제조건 중 하나가 사회기반시설의 안전 확보**임
- 사회기반시설의 안전 및 유지관리 부분에서는 새로운 기술의 접목시도가 미흡하므로, [그림 2-8]와 같이 **정보통신기술 등 타 분야의 기술이 융·복합된 지능형 인프라를 구축하는 창조적인 기술개발**을 해야 할 것임



[그림 2-8] 유지관리 관련 취약기술의 수준 제고

- 1990년대에 들어서면서 남해 창선대교 붕괴(1992.7.30), 청주 우암상가아파트 붕괴(1993.1.7) 등 기존 시설물에 대한 사고가 잇따르던 중 1994년 10월 21일 전 세계를 놀라게 한 성수대교 붕괴사고가 발생하였음
- 선진국형 유지관리 제도를 도입하고 유지관리산업을 육성 발전시킴으로서 국민의 생명과 재산을 보호코자 하는 **국가적차원에서 시설물의 안전관리에 관한 특별법을 여타 법에 우선하는 대통령 특별법**으로(1995) 제정 공포하고 그에 따른 시행령을 공포하였음
- 6월 29일 507명의 사망자와 100여명의 부상자를 유발시킨 삼풍백화점 붕괴에 따른 대형 참사가 또다시 발생되었다. 이로 인해 **기존 시설물에 대한 안전관리가 전 국민적 관심사가 되었고 시설물의 안전관리특별법에 의한 유지관리 분야가 건설 산업시장에 급속히 정착**하게 되었음
- **국내에서는 시설물의 유지관리 단계에 BIM**(Building Information Modeling : 3차원 입체 모델)**을 적용하기 위한 시스템 기준 및 기술개발이 부족한 관계로 아직까지 현장에서 널리 활용되지 못하고 있는 것이 현실**임
- **시설물관리에 ICT 기술을 접목함으로써 노동력 절감과 기술적 효과의 유발이 가능하며, 유럽의 RFID/USN 기반'생활환경지능(Ambient intelligence)'비전 등 첨단 ICT 분야를 선도하고 있는 선진국과의 기술 격차를 줄일 수 있을 것으로 판단**된다.
- 유지관리시장의 양적 성장에 비해 **질적 성장을 위한 노력 미흡** : 유지관리 시장의 규모와 업체는 지속적으로 증가하고 있으나, 과학적 유지관리 기법의 적용, 관련 기술자 및 전문가의 양성 등 질적 성장을 위한 노력은 미흡한 실정이다.

*** 시장규모:('10)1.0조원 → ('10)2.8조원, 업체수:('01)1,982개 → ('10)4,056개**

- 지능형 안전 및 유지관리 **기술격차 여전, 기술역량 부족 :** 한국의 지능형 시설물 안전 및 유지관리 기술수준은 **최고 기술보유국 대비 76.2%로 기술격차는 4.3년**이다.

[표 2-12] 안전 및 유지관리 분야 지능형 기술수준 비교

국가	미국	EU	일본	한국	중국	기술격차
기술수준	100.0%	99.7%	95.9%	76.2%	63.8%	4.3년

※ 국가 R&D 기술산업정보서비스에서 발췌('10년)

- 구조물 안전 및 유지관리 수요는 **2010년대 중후반까지는 안전 및 유지관리 시장이 현재의 증가율이 유지되다가 2020년 이후부터 증가세가 확대될 것으로 예측되나 2050년 이후부터는 증가세가 둔화될 것으로 전망**됨

[표 2-13] 유지관리업 기성실적 변화추이

(단위 : 건, 백만원, %)

구 분	2000년	2002년	2004년	2006년	2008년	2010년	2012년	연평균 증가율
건수	14,358	23,198	27,060	38,105	48,531	62,687	66,143	30.18
증감율		61.57	16.65	40.82	27.36	29.17	5.52	
금액	719,383	1,127,225	1,510,161	1,698,480	2,348,349	3,105,969	3,522,708	31.18
증감율		56.70	33.98	12.47	38.26	32.26	13.42	

※ 자료: 대한시설물유지관리협회 2013년도 통계연보

- 선진국과 우리나라의 **유지관리 투자비중 비교 :** 우리나라의 **유지관리 투자는 신규건설의 약 8% 수준으로 신규건설 대비 유지관리 투자가 21.7%인 일본의 약 3분의1 수준**에 불과, 신규건설 대비 유지관리 투자가 57%가 넘는 **이탈리아의 7분의 1수준**, 38%인 **영국의 4분의 1 수준**, 26%인 **독일의 3분의 1수준**임.

[표 2-14] 주요국 건설투자 중 유지관리투자의 비중

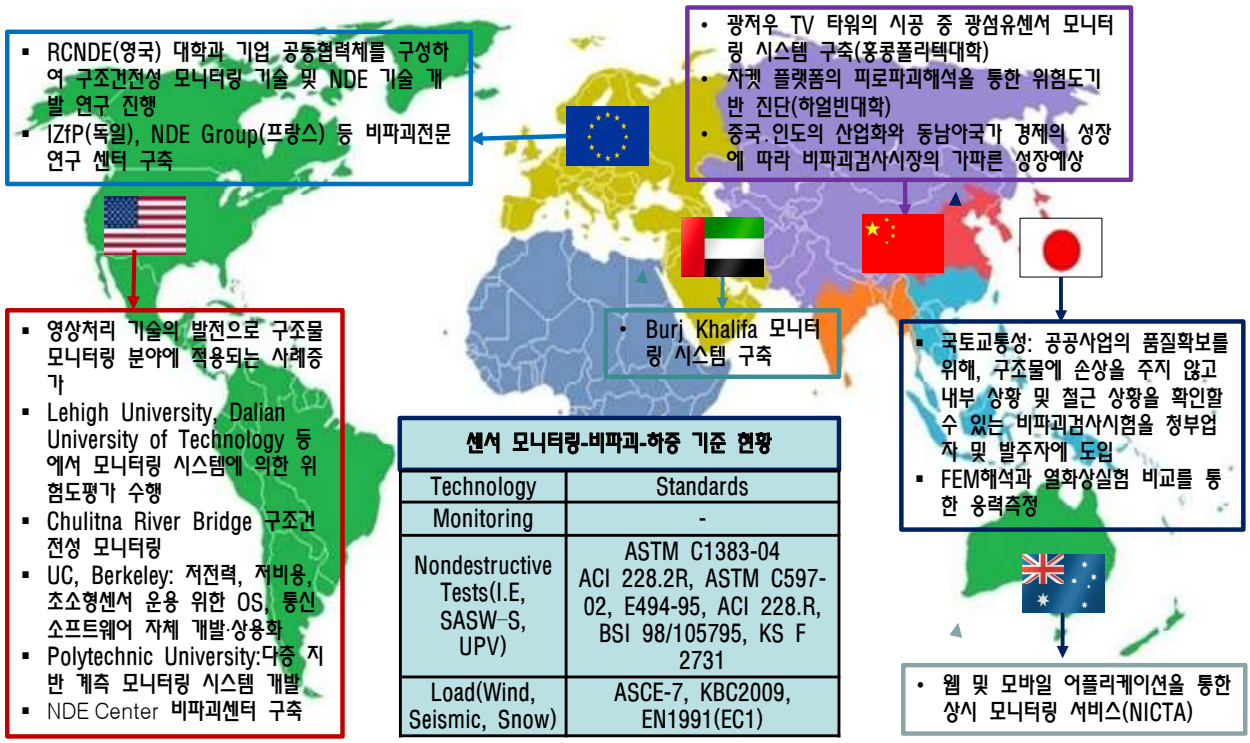
국별	이탈리아	영국	독일	일본	미국	프랑스	한국	포르투갈
투자비율	57.2%	38.0%	26.0%	21.7%	15.8%	10.0%	8.0%	6.0%

※ 자료: 한국건설산업연구원(2010)

나. 해외동향 분석

- **선진국의 경우 원천기술, 자본, 설비, 인력 등 성장 인프라를 고루 갖추고 센서를 국가 핵심기술로 집중 육성**하고 있음
- **미국**은 NSF(National Science Foundation)의 자금 지원으로 **연간 200만 달러를 가속도 센서 개발에 투자하고 DARPA, NIH, NASA 등 정부기관에 의해서 센서 연구개발에 집중 투자**하였음
- I/UCRP Program, **NDE Center(미국), 전문비파괴연구소(독일), RCNDE(영국), NDE Group(프랑스)** 등 **정부지원 또는 독자적으로 규격개발, 기술지원, 검사기술, 인력양성** 등 다양한 표준 기반을 구축
- 미국, 유럽 등 선진국들은 **비파괴검사 개념에 입각한 R&D 계획·투자 및 전문 연구소**를 설립하는 등 **국가적 차원의 지원을 확대**

- **응력파기반 비파괴검사법 중 충격반향기법과 표면파기법을 이용한 연구가 초음파속도법을 이용한 연구에 비하여 부족하였으며, ICT기반으로 하는 연구는 미진한 실정**임. 응력파기반 비파괴검사법을 이용한 콘크리트 구조물에 적용성 평가 및 신뢰도를 높일 수 있는 진단기법에 관한 연구가 주로 수행중임
- 첨단 ICT 융합 건축물 구조안전진단 기술 개발을 위한 국외 연구 산업동향은 [그림 2-9]과 같음.



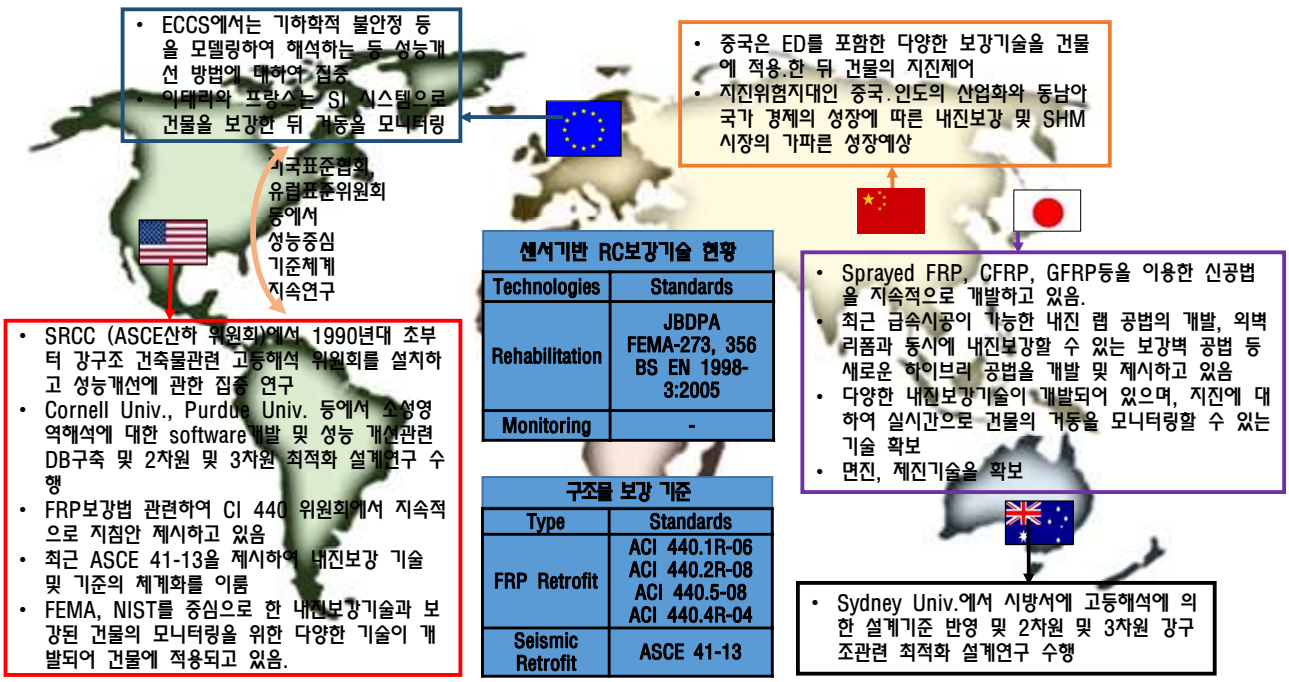
[그림 2-9] 첨단 ICT 융합 건축물 구조안전진단 기술 개발을 위한 해외 동향

- 지능형 구조물의 측정부에 이용되는 센서는 작은 크기로 넓은 부분의 측정이 동시에 수행할 수 있어야 하며, 외부 환경에 노출된 구조물에 적용이 되므로 **내구성이 우수해야 하고 전자기파에 대한 영향을 받지 않아야** 하므로 **광센서 네트워크의 최적화**는 지능형 구조물의 상시 측정부에 **가장 적합 형태의 구조**로 연구되고 있음
- **중국· 인도의 산업화**와 **동남아 국가 경제의 성장**에 따라 **아시아 지역에서의 비파괴 검사 시장의 성장**이 가파르게 나타날 것으로 전망
- BIM기반 건축물 유지관리 분야의 해외 동향은 [그림 2-10]과 같음



[그림 2-10] BIM기반 건축물유지관리 해외 동향

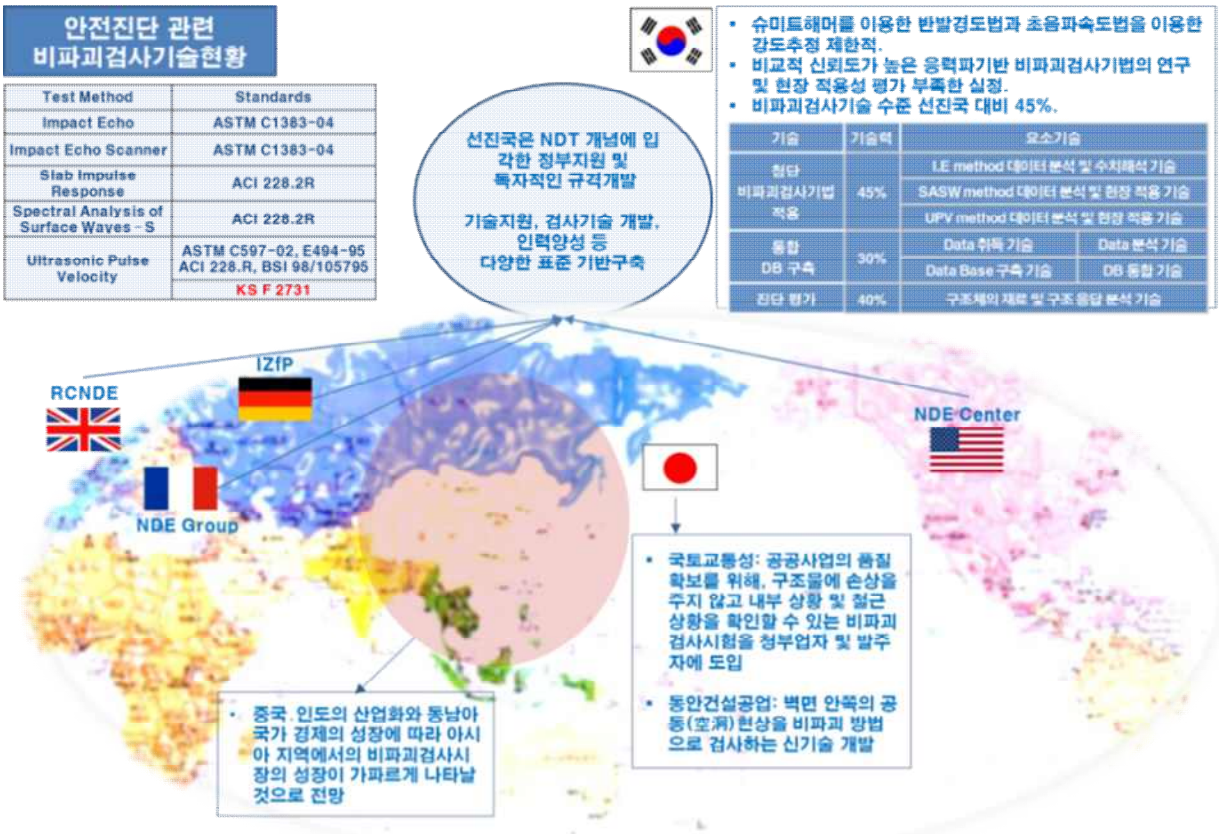
- 해외의 경우 고정식 해양플랫폼의 위험도평가와 구조건전성관리에 관한 연구를 통하여 자켓 플랫폼 구조부재의 안전진단주기 계획에 활용하고 있으며, 자켓 플랫폼의 피로파괴해석을 통한 위험도기반 진단계획에 관한 연구를 통하여 위험도매트릭스(Risk Matrix)작성 및 위험도기반 진단계획(Risk-based Inspection Plan)에 활용하고 있음, 해외 기술 실용화 사례도 있음.
- 건축물 사용성능과 안전성능 개선을 위한 해외 연구 연구동향은 [그림 2-11]와 같음.



[그림 2-11] 건축물 사용성능과 안전성능 개선을 위한 해외 동향

다. 국내동향 분석

- **NDT 기술개발은 27개 대학, 8개 연구기관과 15개 기업부설연구소**에서 수행하고 있으며, **연구 인력은 약 100여명 수준**으로 비파괴검사기술의 학제적 특성과 산업적용 범위의 확대추세를 고려할 때 **고급 연구 인력이 절대적으로 부족**
- **영상처리를 구조물의 모니터링 목적으로 사용하기 위한 국내 연구는 아직 초기 단계로 보임**. 국외 논문에 비해 적은 수의 논문이 검색되며, 관련 연구의 종류도 다양하지 않음. **영상처리의 실용성과 확장성을 고려할 때, 관련 기술을 선점할 수 있는 시기라고 판단됨**
- 비파괴검사법을 이용한 구조물의 진단과 관련된 연구가 다수 진행되었으며, 구조체가 아닌 재료기반의 적용성에 관한 연구 수행하였고, **많은 부분이 재료기반 및 진단 과정에 대한 내용이지만 최근 부재 기반의 진단기법 개발에 관련된 연구가 진행 중**
- **센서 네트워크에 관한 구체적인 국내 연구는 아직 본격적으로 이루어지지 않고 있음** 또한, 관련 연구의 종류도 다양하지 않음. **광센서의 응용분야 확대와 산업적 실용화를 위하여 관련 기술을 선점할 수 있는 시기라고 판단됨**
- 응력파기반 비파괴검사기법은 안전진단에 적합한 검사기술로서 시설물의 노후화에 대비해야 하는 국내 산업현장에 반드시 필요하며, **응력파기반 복합비파괴검사법을 이용하여** 콘크리트 구조체에 발생한 결함에 관한 알고리즘을 구축하여 **현장에 적용할 수 있는 진단 시스템의 실용화 필요**
- 국내의 비파괴검사기술 수준은 **선진국 대비 45%이하 수준**으로 비파괴 안전진단 원천기술은 **선진국에 대한 기술의존도가 높은 실정**([표 2-15] 참조)



[그림 2-12] 선진국 대비 국내 기술수준

- NDT 장비 판매회사, 제조회사, 전문검사업체 등을 포함하여 **국내에 약 123개(자체적으로 장비제작 및 판매를 취급하는 곳은 전체 123개 중 23개에 불과함)**회사가 있는 것으로 파악되며 **매출규모는 3,160억원 규모**

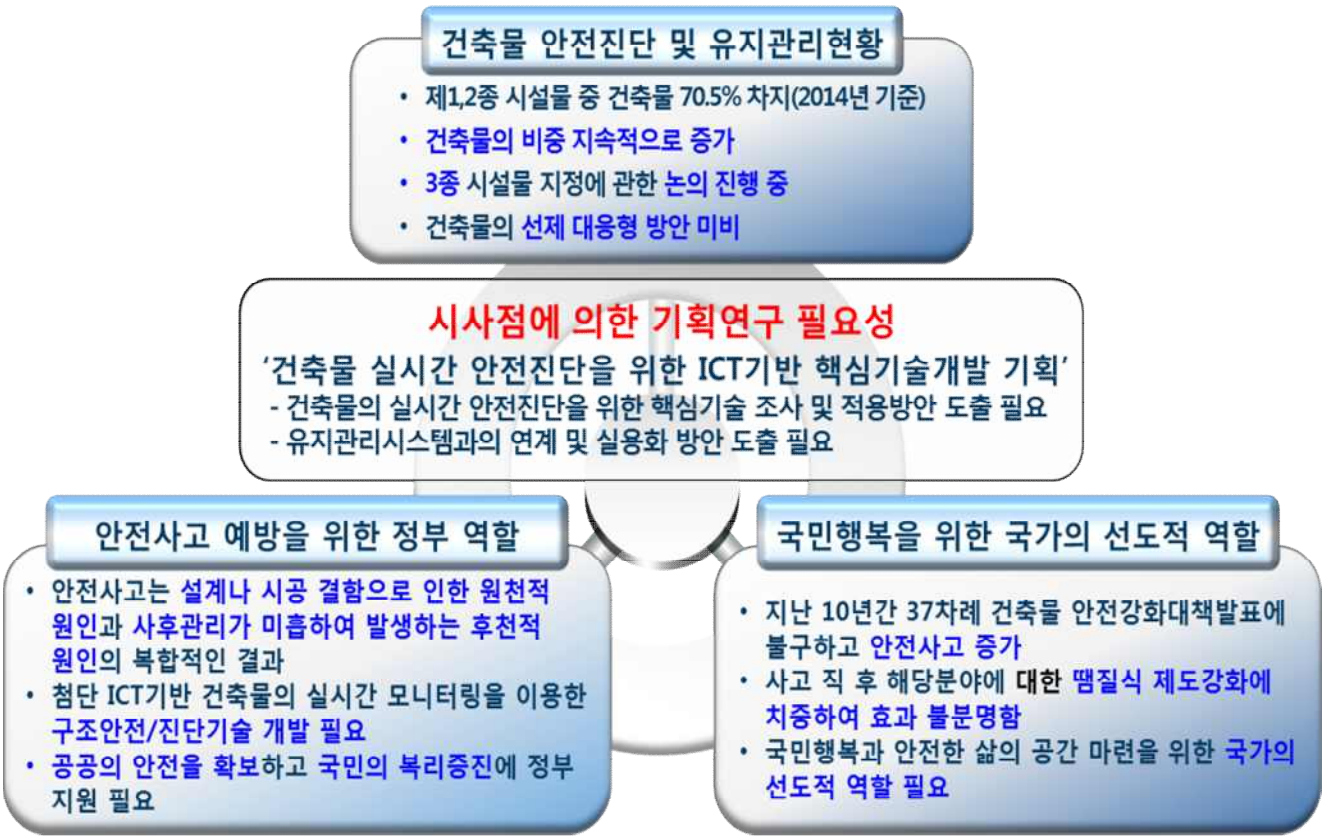
- 선행연구사례로는 **연세대학교**의 장애물에 대한 회절성이 뛰어나고, 전파의 간섭이 상대적으로 작은 **저주파 대역의 무선 라디오 주파수를 도입하여 구조물의 건전도 모니터링을 수행**하였고, **부경대학교**에서는 모드해석 기법이 내장된 **가속도기반 무선센서 노드를 개발**하였음.

- 건축과 ICT 융합양상을 가장 잘 보여주는 사례로 **롯데월드 타워**를 들 수 있다. 555M 높이까지의 **정밀한 건물 수직도를 유지하기 위해 위서 GPS와 경사계로 변위량 데이터를 수시로 모니터링 하고 건물의 거동 유무와 수직도 상태를 분석하여 정확한 수직상태를 유지**하였다. 오차 없는 연직도를 유지하기 위해 최소 3대 이상의 인공위성신호를 수신하기 위한글로벌 항법위성시스템(GNSS) 모듈이 최상층에 설치되서 5,000여 각종 센서가 내부에 설치되고 있음.

[표 2-15] 미국과 한국의 비파괴검사규준 현황

Test Method	Standards	Applicable on	Test For
Impact Echo (IE)	ASTM C1383-04	• Beams • Bridge Decks • Columns • Dams • Pavements • Pipes • Post-Tensioned Duct Grouting • Runways • Slabs • Tunnels • Walls	• Cracks • Delaminations • Honeycomb • Thickness • Voids
Slab Impulse Response (SIR)	ACI 228.2R	• Concrete Slabs / Retaining walls • Pavements • Pond or Pool Bottoms • Runways • Spillways • Tunnel Liners	• Delaminations in Decks • Soft or Weak Subgrade Support • Voids Below Slabs • Voids Below Tunnel Linings
Spectral Anlaysis of Surface Waves - S (SASW-S)	ACI 228.2R	• Asphalt • Concrete • Masonry • Stone • Wood	• Layer Thickness • Material Moduli • Shear Wave Velocity Profiles • Velocity Calibration only
Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)	ASTM C597-02, E494-95 ACI 228.R BSI 98/105795 KS F 2731	• Beams • Bridge Decks • Elevated Slabs • Shaft Tops • Walls	• Cracks • Delaminations • Honeycomb • Velocity vs. Strength Correlation with Cores • Voids

3. 시사점 및 전망



[그림 2-13] 시사점에 의한 기획연구 필요성

○ **건축물 안전진단 및 유지관리 현황**

- 건축물 안전진단 및 유지관리 현황은 국내의 시설물 안전관리에 관한 특별법의 관리대상인 **제 1,2종 시설물**은 표 2.4에서와 같이 2014년 기준 **68,464개소**로 이중 **건축물**의 비중이 **48,260개소**로 **70.5%**로 가장 **많은 비중**을 차지하고 있음
- **『시설물의 안전관리에 관한 특별법』**제정 이후 제 1,2종에 대한 **안전관리** 상태는 **양호**한 수준이나 **종외**의 시설물의 붕괴사고 등 **안전사고**는 지속적으로 **증가**하고 있으므로, 시설물의 종류별로는 **건축물이 48,260개소(70.5%)**로 가장 **많은 비중**을 차지하고 있으며, **국내의 건축물** 또한 **20~30년 후 고령화** 시대에 진입하여 **안전성 증대**를 위한 **선제대응형 방안**의 **마련**은 아직 수행되고 있지 않음

○ **건축물 안전사고 선제적 예방을 위한 정부의 역할 필요**

- **첨단 ICT기반** 건축물의 실시간 **모니터링**을 이용한 **구조안전/진단기술 개발**을 통하여 건축물의 **효용성**을 **증대**시킴으로써 **공공**의 **안전**을 **확보**하고 나아가 **국민**의 **복리증진**에 **기여**하고자 하는데 **정부의 지원이 반드시 필요**함

○ **국민행복을 위한 안전한 삶의 공간 마련을 위한 국가의 선도적 역할 필요**

- **부실공사 시 기대이익**이 **적발 시 불이익**간의 **불균형**과 **안전을 중시하는 사회적 욕구증가**와 **건축제도간의 미스매칭** 등의 문제로 국민행복을 위한 안전한 삶의 공간 마련을 위한 국가의 선도적 역할이 절대적으로 필요함

○ 건축물 안전 및 유지관리 시장은 2010년대 중후반까지 현재의 증가율(연평균30%)이 유지되다가 2020년 이후부터 증가세가 확대될 것으로 전망됨

○ BIM기반 유지관리에 ICT기술을 접목함으로써 노동력 절감과 기술적 효과의 유발이 가능하며, 유럽의 RFID/USN 기반'생활환경지능(Ambient intelligence)'비전 등 첨단 ICT분야를 선도하고 있는 선진국과의 기술 격차를 줄일 수 있을 것으로 판단

○ ICT기반 건축물의 실시간 모니터링을 이용한 구조안전/진단기술 개발을 통하여 건축물의 효용성을 증대시킴으로써 공공의 안전을 확보하고 나아가 국민의 복리증진에 기여하고자 하는데 정부의 지원이 반드시 필요함

○ 국내의 세계적인 IT기술을 통해 상용센서를 활용한 건축물 구조건전도 관리기술을 개발하는 것이 경쟁력이 있는 것으로 판단됨

○ 센서 네트워크에 관한 구체적인 국내 연구는 아직 본격적으로 이루어지지 않고 있고, 또한 관련 연구의 종류도 다양하지 않으므로 건축물을 대상으로 응력파기반 비파괴검사법과 광센서의 적용을 통한 관련 기술 선점 적기라 판단됨

○

연구의 당위성

건축물 성능개선 및 수명연장을 위한 경제적 부담 가중

- 건축물 부실과 조기 노후화에 대응하기 위한 건축물의 성능개선 및 수명연장을 위한 **국가적 재원낭비 증가**
- 건축물 내외부적 환경변화에 의해 **건축생애주기비용이 증가**
- 건축생애주기비용 **최소화할 수 있는 건축물 안전진단 기술 필요**

연구의 중복성

인력기반에서 ICT 융합 정보화 유지관리 기술로 변모

- 국내에서도 안전진단 및 유지관리 **자동화·효율화를 위해 다양한 센싱 및 모니터링 기술**에 대한 연구개발 시도됨
- 센서개발이 아닌 센서를 활용한 ICT기반 기술 부재로 **기술 실용화에 이르지 못하는 실정**
- 건축물의 안전성 평가에 직접 **적용될 수 있는 ICT기반 핵심기술개발** 필요

세계최고수준기술 개발

안전진단 업체들의 기술개발 투자 취약 및 선진 국외업체의 시장 잠식 우려

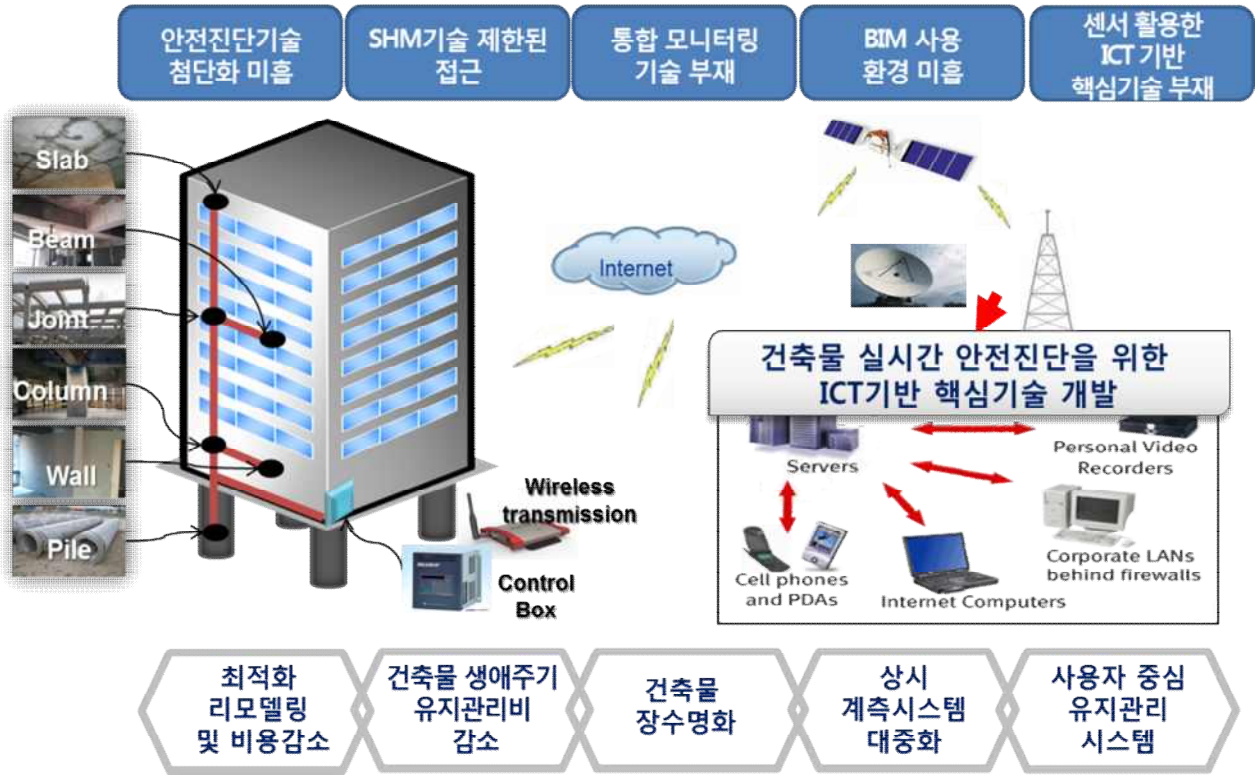
- 변화된 **시장의 요구에 대응**하기 위한 ICT 기반 안전진단 기술이 필요
- 건축물의 품질이나 상태변화 정도를 **수요자의 요구에 대응**할 수 있도록 빠르고 정확하게 평가하기 위한 **국제수준의 기술 첨단화** 필요

사용자 중심의 실용성 있는 ICT 기반

재난관리 특별법에 부응하는 안전진단 기술혁신 필요

- 2013년 초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법 수립으로 **건축물에 계측설비 설치**
- 많은 계측자료가 관리되고 있으나 분석·활용하는 기술은 초기 단계
- **계측시스템에 기반하여 안전진단이 가능**하도록 ICT 기반 핵심기술 필요

[그림 2-14] 시사점 도출



[그림 2-15] 시사점을 통한 결과 분석

제 3 절 기술동향 분석

1. 기술동향분석 범위 및 방법

- 『건축물 실시간 안전진단을 위한 ICT기반 핵심기술개발 기획』에 관한 기술동향분석을 위해 기술분야를 크게 '**안전진단**'과 '**유지관리**'로 분류 및 '**핵심기술 실용화 분야**'로 분류함. 이 중에서 다섯 가지 중점 분야('안전진단' 기술분야에서는 센서기술과 비파괴기술, '유지관리' 기술분야에서는 BIM 기반 유지관리기술, 유/무선 네트워크기술, 성능개선기술)를 선정하여 중점 분야별로 기술동향분석을 진행함
- 주요 기술은 대분류, 중분류, 소분류로 각각 구분되어, 2가지 대분류, 5가지 중분류, 9가지 소분류 기술로 나누어 기술동향분석이 진행됨

[표 2-16] 분석대상 기술의 기술분류체계

대분류	중분류	소분류
안전진단 (A)	센서기술 (AA)	광센서 기반기술 및 건축물 진단기술 (AAA)
		웨어러블 센서 기반 광전면 진단기술 (AAB)
		센서기반 건축물 재료성능 계측 및 평가 기술 (AAC)
		유/무선 네트워크(AAD)
	비파괴기술 (AB)	응력파 기반 부재평가 기술 (ABA)
		영상기반 건축물 진단기술 (ABB)
유지관리 (B)	BIM 기반 유지관리 (BA)	건축물유지관리 및 BIM (BAA)
	성능개선 (BB)	건축물 구조성능 개선 및 최적화 (BCA)
		건축물 사용성능 개선 및 최적화 (BCB)

- 분석대상 기술는 2015년 10월까지 한국을 비롯하여, 국외에 발표된 논문으로 하며 대상논문을 조사하기 위하여 국내논문 및 국제학술지 (SCOPUS DB 및 RISS DB)를 이용하여 검색하였으며, 이를 통해 추출된 결과를 이용하여 정량분석을 수행하였음

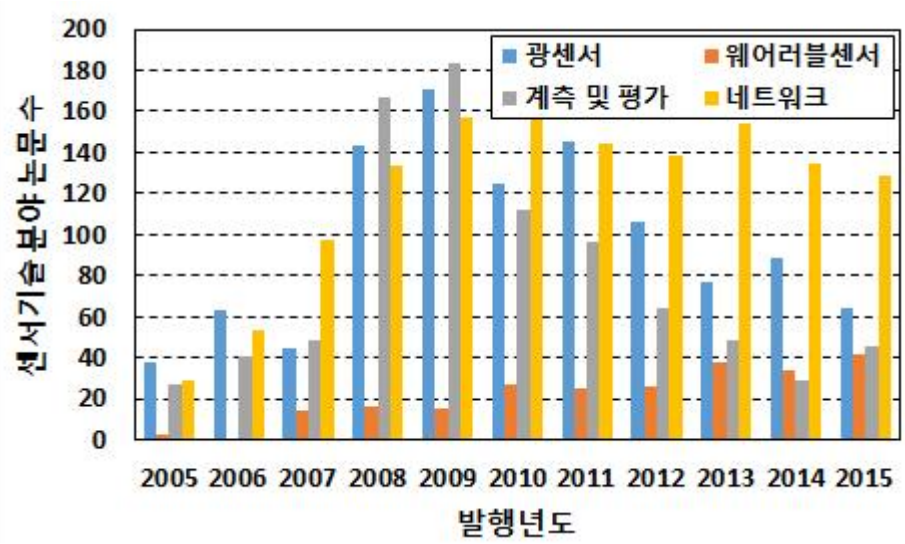
- 핵심기순분야에 대한 키워드를 국내논문 및 국외논문으로 구분하여 전문가의 협의를 통해 결정하고, 선정된 각 핵심기술의 키워드를 이용한 검색을 통하여 관련 기술연구논문을 분석함

2. 기술동향분석

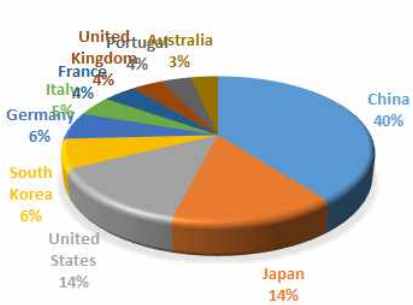
가. 안전진단 기술 동향

(1) 국외 연구현황

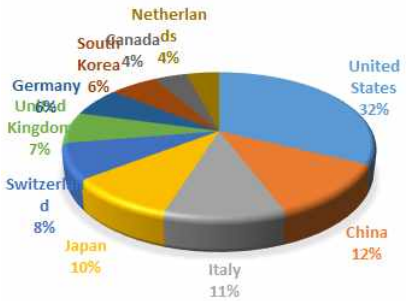
(가) 센서기술



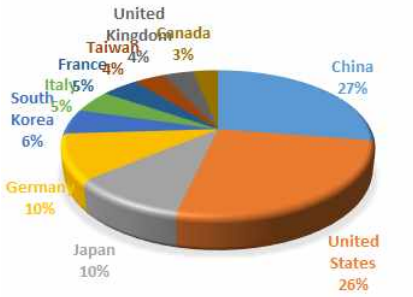
[그림 2-16] 센서기술 관련 년도별 국외 논문 현황



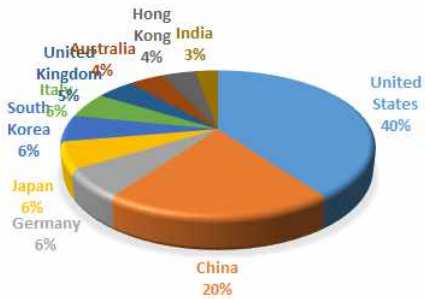
(a) 광센서 기반기술 및 건축물 진단기술



(b) 웨어러블 센서 기반 광전면 진단기술



(c) 센서기반 건축물 재료성능 계측 및 평가 기술



(d) 유/무선 센서 네트워크

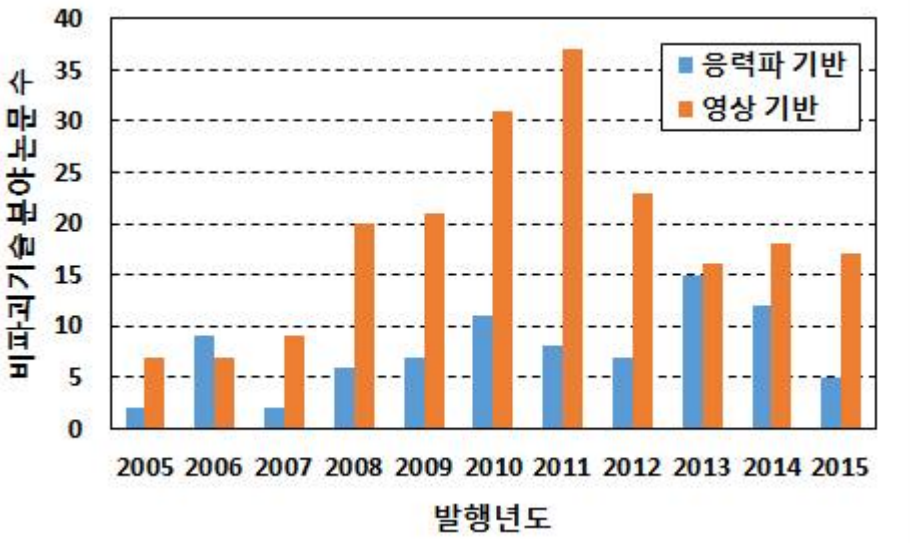
[그림 2-17] 센서기술 관련 국가별 논문 현황

- 광센서 기반기술 및 건축물 진단기술 관련연구, 센서기반 건축물 재료성능 계측 및 평가 기술과 유무선 센서 네트워크 통합관리 관련 연구는 활발하게 이루어지고 있으나, 이를 구조물의 측정 및 건전성 평가 등에 활용되는 연구는 매우 제한적으로 수행되고 있는 실정임. 또한 웨어러블 센서 기반 광전면 진단기술 관련 연구는 매우 제한적으로 수행되고 있는 실정이나 점진적으로 증가하는 경향을 보임
- 센서기반 기술 관련하여 미국, 일본 등이 주도적으로 연구가 되고 있고, 특히 중국에서 연구가 활발히 이루어지는 것을 알 수 있음. 이에 반하여 **국내연구는 상대적으로 미진**한

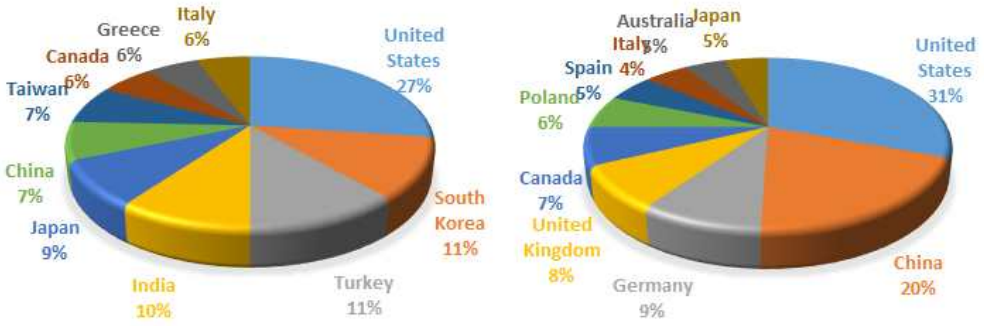
것으로 분석됨

- **센서기반 건축물 재료성능 계측 및 평가 기술**의 경우 센서를 구조물에 적용한 연구 중 그 목적을 계측, 측정기술, 재료성능에 대한 연구는 부족하였으며, 특히 “Sensor”, "Structure"와 “ICT”의 검색결과 총 0편으로 **ICT융합을 기반으로 하는 연구는 전무**한 실정임.
- 구조물 건전성 모니터링에 ICT기술을 접목하는 연구와 관련된 논문을 분석한 결과, 무선 센서를 활용하여 **센서 간의 무선 통신 네트워크를 구성**하고 이를 **구조물 건전성 모니터링** 목적으로 사용하는 **방향으로 연구가 전 세계적으로 진행**되고 있음.
- 무선통신 기술 자체보다는 **무선센서 네트워크를 구조 건전성 모니터링 목적으로 적용하기 위한 연구가 다수**를 차지하는 것으로 조사됨.
- 구조 건전성 모니터링으로 사용되는 유-무선 센서 네트워크에서 발생하는 데이터는 일반적으로 그 양이 막대하므로 **빅데이터 기술**을 이에 **활용하는 연구가 증가**할 것으로 **예상**되며 **기술선점을 위한 적기**인 것으로 판단됨.
- **빅데이터 기술**은 최근에 각광받으며 많은 분야에서 기술혁신을 일으키고 있으며, 유-무선 센서 네트워크의 데이터 관리를 위해 적용되는 논문의 수와 연구 진행 중인 국가의 수가 **최근 증가 추세**에 있음. 그러나 **건축구조물 등의 구조 건전성 평가** 목적으로 사용되는 논문의 수는 많지 않은 것으로 조사되어 **기술개발의 초기단계**인 것으로 판단됨.
- 최근 제시되고 있는 첨단 센서 기술은 산업현장, 연구소, 의료기관, 군사 및 우주탐사에 이르기까지 사회전반의 요구에 의하여 급속하게 발전되고 있음. 첨단 나노센서 기술을 건축물 유지관리분야와 웨어러블 센싱기술로 구현하기 위해서는 인간의 감각기관과 유사한 스마트 건축물 신경네트워크 역할을 하는 센서로 부재 및 마감재에 적용할 필요성이 큼

(나) 비파괴기술



[그림 2-18] 비파괴기술 관련 연도별 국외 논문 현황



(a) 응력파 기반 부재평가 기술 (b) 영상기반 건축물 진단기술

[그림 2-19] 비파괴 기술 관련 국가별 논문 현황

- **응력파 기반 부재평가 기술 관련 연구**는 충격반향기법과 표면파기법을 이용한 연구가 초음파속도법을 이용한 연구에 비하여 부족하였으며, **ICT융합을 기반**으로 하는 연구는 **미진한 실정**임. 응력파 기반 비파괴검사법을 이용한 콘크리트 구조물에 적용성 평가 및 신뢰도를 높일 수 있는 **진단기법에 관한 연구가 주로 수행중임**
- 디지털 영상처리 관련 분야는 현대 영상장비 기술과 컴퓨터 성능의 눈부신 향상으로 인해 응용분야가 확대되고 있는 상태이며 이에 따라 **영상기반 건축물 진단기술 관련 연구 관련 논문도 꾸준히 발표**되고 있으며, 주로 미국과 중국에서 관련 **연구가 가장 활발하게 진행**되고 있는 것으로 확인되며, 그 뒤로 일본, 독일, 영국 등의 선진국들이 많은 연구를 수행하고 있음을 알 수 있음.
- 영상처리 기술의 발전으로 구조물 모니터링분야에 적용되는 사례가 증가하고 있으나, 아직은 **전통적인 방식에** 기반한 **모니터링 기법**이 **사용**되고 있다. **최근 10년 정도의 기간 동안 관련 연구가 크게 증가**한 것으로 판단되며, 미국, 중국에서 가장 활발하게 연구되고 있음. 구조물 모니터링 목적의 영상처리 기술은 **현재 개척되고 있는 분야**로 판단되며, 하중에 대한 구조물의 실질적인 변형을 계측할 수 있으므로, 이러한 거동은 **구조물의 안전성과 직접적으로 연관되므로 안전성 평가에 유용하게 이용될 수 있음**

(2) 국내 연구현황

(가) 센서기술

- 광섬유 센서와 관련된 다수의 연구가 진행되었으며, 특히 **광섬유 센서**에 의한 **계측에 대한 연구가 가장 많이 수행**되었음을 확인할 수 있음. 이에 더불어 광섬유 센서에 의한 건축물의 계측 및 모니터링에 대한 연구가 **증가하는 추세**를 보이는 것으로 파악됨. 하지만 광섬유 센서를 통한 건축물의 계측과 모니터링에 대한 연구논문이 각각 32, 52건으로 검색되었으나, 아직 **이를 통한 건축물의 손상에 관련된 연구는 미비**하게 이루어지고 있음.
- 구조 건전성 모니터링을 위한 센서 네트워크 기술은 2000년대부터 활발하게 개발되었으며, 교량, 터널, 빌딩 등 다양한 사회기반시설물에 적용되고 있음
- 구조 건전성 모니터링을 위한 센서 네트워크 기술의 건축구조물 적용 연구에 관한 논문의 수는 많지 않아 **건축구조물에 특화된 센서 네트워크 기술 개발이 더딘 것**으로 조사됨
- 대형구조물의 건전성 모니터링에 적용가능한 일반적인 센서 네트워크 기술에 대한 연구가 보편적으로 진행되어 왔으나, **건축구조물의 건전성 평가를 위한 센서 네트워크 기술 개발이 필요한 것으로 판단됨**

- 국내 논문의 경우에도 빅데이터를 일반적인 센서 네트워크에 적용되는 사례가 23건 조사되었을 뿐, 건축구조물의 건전성 모니터링에 직접적으로 적용한 연구 사례에 관한 논문은 거의 조사되지 않음
- **국내외의 센서 네트워크의 빅데이터 기반 관리 기술이 성숙하지 않은 단계인 것으로 조사되어, 기술선점을 위한 연구가 시급한 것으로 판단됨**
- 센서를 기반으로 한 건축물에 대한 **국내 연구는 대부분 수평 및 수직진동 계측 시스템에 대한 연구**로 **건축물 재료성능 수준 계측 및 평가에 대한 연구는 상대적으로 부족함**

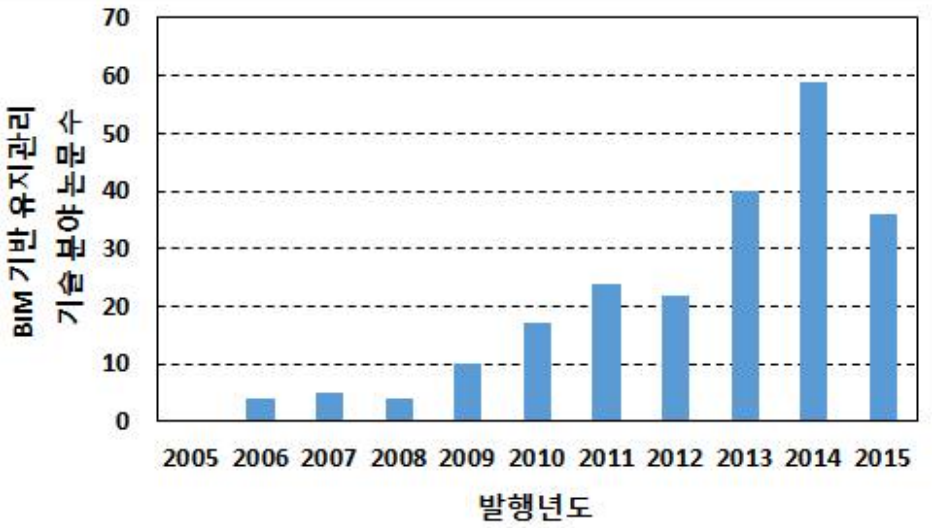
(나) 비파괴기술

- 비파괴검사법을 이용한 구조물의 진단과 관련된 연구가 **다수 진행**되었으며, 구조체가 아닌 **재료기반의 적용성에 관한 연구가 대부분**을 차지하였음.
- 영상처리 기술의 발전으로 구조물 모니터링 분야에 적용하는 연구는 증가하고 있으나, 아직은 **전통적인 방식**에 기반한 **모니터링 기법이 사용**되고 있음. **최근 10년 정도의 기간 동안 관련 연구가 크게 증가한 것으로 판단**되며, 구조물 모니터링 목적의 영상처리 기술은 **현재 개척되고 있는 분야**로 판단되며, 하중에 대한 구조물의 실질적인 변형을 계측할 수 있으므로, 이러한 거동은 **구조물의 안전성과 직접적으로 연관되므로 안전성 평가에 유용하게 이용될 수 있음**
- **영상기반 구조물의 계측**에 대한 연구는 **국내에서도 최근 증가하는 경향**을 보이며, RISS DB 활용결과 국외 논문에 비해 적은 수의 논문이 검색되며, 관련 연구의 종류가 다양하지 않음. 영상처리의 실용성과 확장성을 고려할 때, **관련 기술을 선점할 수 있는 시기**라고 판단됨.

나. 유지관리 분야 기술동향

(1) 국외 연구현황

(가) BIM 기반 유지관리



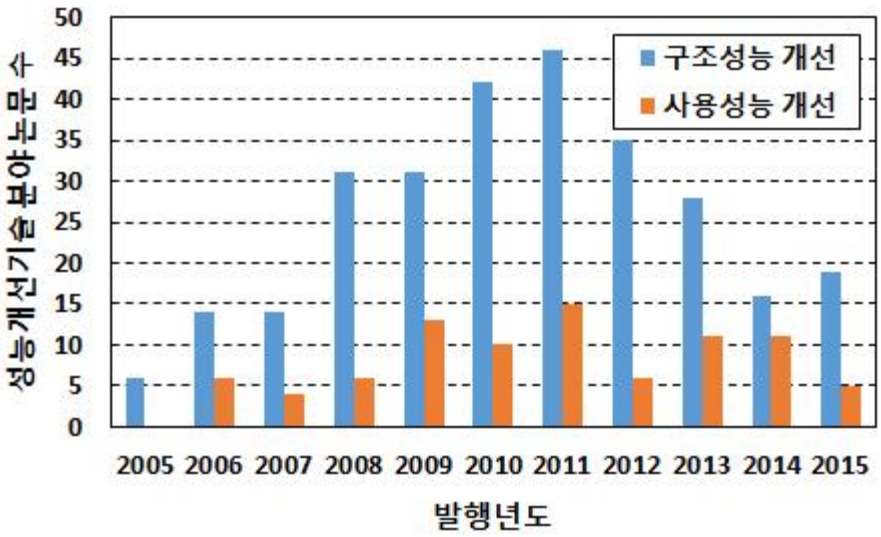
[그림 2-20] BIM 기반 유지관리 기술 관련 년도별 논문 현황



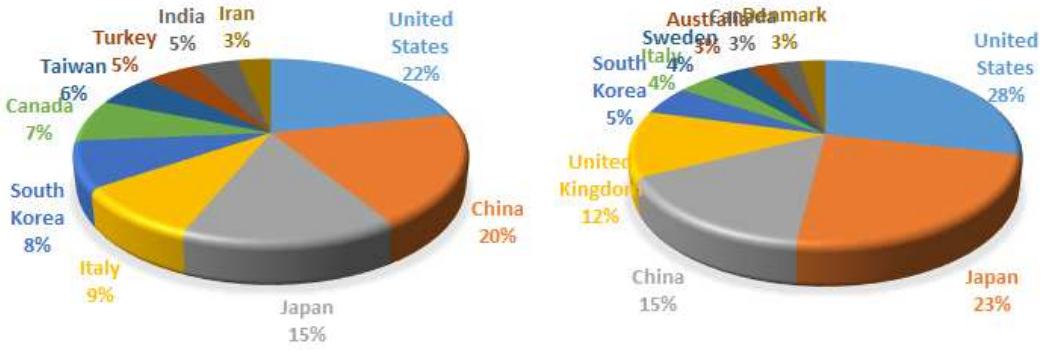
[그림 2-21] BIM 기반 유지관리 기술 국가별 논문 현황

- **BIM 기반 유지관리 기술은** 상대적으로 **연구가 미진함.** 하지만 이 분야의 연구는 최근 연구가 과거에 비하여 **증가하고 있는 추세**임
- **시설물유지관리 분야의 기술을 선도하고 있는 북미, 유럽, 아시아 주요 국가는 정부 차원에서 정책적, 제도적으로 BIM 도입을 추진**하고 있음. ISO는 시설물유지관리를 위한 가이드(ISO 13822)를 제시함
- 시설물유지관리 분야의 기술을 선도하고 있는 북미, 유럽, 아시아 주요 국가는 정부 차원에서 정책적, 제도적으로 BIM 도입을 추진하고 있으나, 국내의 경우에는 건축물유지관리(CAFM, IWMS, CMMS, ERP, EAM 등) 연구 및 기술개발 방향의 분석결과 **스프레드시트와 같은 소프트웨어를 사용하여 시설물 관리 영역에서 다양한 정보를 수집하는 기법의 연구가 주류**를 이루고 있음

(나) 성능개선 (BC)



[그림 2-22] 성능개선 기술 관련 년도별 논문 현황



(a) 건축물 구조성능 개선 (b) 건축물 사용성능 개선

[그림 2-23] BIM 및 유/무선 네트워크 기술 국가별 논문 현황

- **강구조 건축물**의 지진으로 인한 손상을 회복을 위한 연구와 에너지 소산능력을 향상시키기 위한 연구가 주로 수행되고 있음. 다만, **ICT를 활용한 성능개선 기술과 생애주기 비용을 바탕으로 한 최적화 기술은 매우 제한적으로 수행**되고 있는 실정임.
- RC 건물의 성능개선과 관련해서는 많은 연구가 진행되어 왔으며, FRP를 이용한 보강이 가장 널리 연구되었으며, RC 건물의 모니터링과 관련된 검색에서도 많은 연구가 진행되었음을 알 수 있음. **RC 건물의 모니터링을 위한 연구에서는 Neural network과 Acoustic emission**과 같은 기술이 **적용**되고 또한 **유한요소해석기술**이 함께 **연구**되어 왔음.
- 센서로 **계측된 데이터를 활용**하여 **건축물 성능개선에 적용**하는 기술은 미진함. 따라서 계측 및 축적된 건축물 거동 **데이터를 활용**하여 **건축물의 성능상태를 예측**하고 이를 건축물 **이해당사자에게 전달**하는 **건축물 유지관리 및 성능개선 통합 시스템 기술**이 시급하며 향후 전망이 높을 것으로 판단됨
- 건축물 사용성능 개선 및 최적화 관련 분석결과를 검토했을 때, 대부분 미국, 유럽선진국의 발간율이 높았으며 관련분야에 대한 연구가 활발히 진행되는 것으로 예측됨, SCOPUS

DB를 이용한 논문 연구동향 분석결과를 바탕으로 **국내**에서는 **미국, 유럽선진국에 비해 논문 발간정도가 저조**하며, **층간소음·진동제어에 대한 연구개발수준을 성장시킬 필요가 있음**

(2) 국내 연구현황

(가) 건축물유지관리 및 BIM

- 건축분야 ICT기술의 한 축인 BIM 관련 연구 및 기술은 2000년대 중반부터 국내 건축계에서 지속적으로 연구되고 있는 분야이나 연구 방향이 설계, 시공 및 환경 분야에서 기존의 외국산 사용 툴을 이용하여 국내 실정에 맞게 적용하려는 연구만 주류를 이루고 있을 뿐, 관련 요소 기술 및 새로운 툴 개발에 관한 연구는 극히 미비한 실정임.
- BIM기반 시설물유지관리 연구분야는 **연구 결과를 실무자가 사용하기 어려워 활용도가 떨어지는 문제점**이 있고 현재 BIM기반 시설물유지관리 국내 기술 수준은 **실험적 도입 수준**에 머물러 있는 실정에 선행연구 고찰을 통해 **유지관리 단계에서 BIM의 구체적 활용방안을 제시하는 연구는 미흡**함
- **시설물유지관리시스템의 목적이 시설물이나 설비의 고장 발생 시기에 보수 및 교체를 수행하는 것이 아닌 새로운 정보의 재활용 체계를 구축하는 것이기 때문에 BIM(건축정보 모델링:Building Information Modeling)기술을 반드시 적용**하여야 함.



[그림 2-24] BIM을 이용한 두산건설 위브 더 제니스 시공

(나) 건축물 구조성능 개선 및 최적화

- 강구조 건축물과 관련된 다수의 연구가 진행되었으며, 특히 기둥 및 보 등 단위부재에 대한 연구가 가장 많이 수행되었음을 확인할 수 있음. 이에 더불어 에너지 소산장치관련 연구가 최근 들어 급증한 것으로 파악됨
- 생애주기비용과 최적화 방법론에 대한 연구논문이 각각 225, 321건으로 검색되었으며, 이를 활용한 강구조 건축물에 대한 연구양상이 증가하고 있으나, 타 검색어에 비하여 연구가 제한적으로 이루어지고 있음
- RC건물의 보강과 관련된 연구가 다수 진행되었으며, 특히 RC 보에 대한 연구가 가장 많이 수행되었음을 알 수 있음
- RC건물의 모니터링과 관련된 검색에서는 344건의 연구논문이 검색되었으며, 많은 부분의 설비적인 모니터링이지만, 최근에는 건물의 구조안전과 관련된 모니터링 연구논문이 다수 있음

(다) 건축물 사용성능 개선 및 최적화

- 음향특성에 대한 연구는 국내에서도 다수 수행되었으나 공동주택의 음향·진동 관련 연구는 미비한 실정이며, 바닥진동모니터링에 대한 연구는 RISS DB 활용결과 28건의 논문을 확인하였으나 대부분 수평진동 모니터링 시스템에 대한 연구로 건축물 바닥진동 모니터링에 대한 연구는 상대적으로 부족함
- 공동주택 층간소음에 영향을 미치는 요인으로 알려진 천장·바닥구조의 진동특성에 대한 연구는 국내에서 거의 이루어지지 않았음
- **진동 및 음향특성 해석적 연구는 여러 정부산하기관에서 다수 수행**되었으나, **성능개선의 기술적 반영을 제시하지는 않았으며,** 바닥진동 모니터링 시스템 관련 연구에서는 센서성능향상, 소음경보, 바닥진동계측 관련 연구가 수행되어 민감도가 향상된 모니터링 시스템 하드웨어 개발을 주목적으로 함
- 구조물의 진동저감과 관련하여 기 수행된 연구에서는 주로 건축물 진동저감을 위한 재료적 접근, 진동제어 시스템 개발 관련 연구가 수행되어 실효성 기술의 개발을 주목적으로 함

다. 기술 및 연구동향 요약

- 논문분석을 통한 각 분야별 기술 및 연구동향을 아래와 같이 요약할 수 있음

[표 2-17] 기술동향분석 요약

대분류	중분류	기술동향
안전 진단 (A)	센서기술 (AA)	▪ 광섬유센서 등과 같은 첨단센서를 이용한 건축물의 구조건전도 모니터링 기술은 미국, 중국, 한국 등에서 실구조물에 적용 및 검증되고 있음. 2013년 초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법을 수립하여 계측설비가 설치되어 계측자료가 관리되고 있지만 초기 단계이며 **개별 센서**의 **계측값 단위**로 **관리** 및 **위험도**를 **평가**하는 Stand-alone **형식**으로 **운영**되는 **수준**임 ▪ 최근 제시되고 있는 첨단 센서 기술은 산업현장, 연구소, 의료기관, 군사 및 우주탐사에 이르기까지 사회전반의 요구에 의하여 급속하게 발전되고 있어 **첨단 나노센서 기술**을 **건축물 유지관리분야**와 **웨어러블 센싱기술**로 **구현**하기 위해서는 인간의 감각기관과 유사한 **스마트 건축물 신경네트워크 역할**을 하는 **센서**로 **부재** 및 **마감재**에 **적용**할 **필요성**이 큼 ▪ 센서 네트워크의 배열 및 분포형 센서 구성이 가능한 방향으로 연구 개발이 진행중이므로, 첨단 ICT 데이터 통신 네트워크 기술의 융합을 통한 **유·무선 센서 네트워크 고성능화**가 **필요**한 **상황**임
	비파괴기술(AB)	▪ **비파괴검사법**을 이용한 구조물의 진단과 관련된 연구가 다수 진행되었으며, 구조체가 아닌 **재료기반**의 **적용성**에 관한 **연구**를 **수행**하였고, 구조물의 진단과 관련된 검색에서는 90건의 연구논문이 검색되었으며, 많은 부분이 재료기반 및 진단 과정에 대한 내용이지만 최근 부재 기반의 진단기법 개발에 관련된 연구가 진행 중임 ▪ **디지털 영상처리 관련 분야**는 응용분야가 확대되고 있는 상태이며 이에 따라 관련 논문도 꾸준히 발표되고 있음. 영상처리 기술의 발전으로 구조물 모니터링 분야에 적용되는 사례가 증가하고 있으나, 아직은 전통적인 방식에 기반한 모니터링 기법이 사용되고 있음. **구조물 모니터링 목적**의 **영상처리 기술**은 **현재 개척**되고 있는 **분야**로 판단되며, 하중에 대한 구조물의 실질적인 변형을 계측할 수 있고, 구조물의 안전성과 직접적으로 연관되므로 안전성 평가에 유용하게 이용될 수 있음
유지 관리 (B)	BIM 기반 유지관리 (BA)	▪ 시설물유지관리 분야의 기술을 선도하고 있는 **북미, 유럽, 아시아 주요 국가**는 **정부 차원**에서 **정책적, 제도적**으로 **BIM 도입**을 **추진**하고 있으나, **국내**의 **경우**에는 건축물유지관리 연구 및 기술개발 방향의 분석결과 **스프레드시트**와 같은 **소프트웨어**를 **사용**하여 시설물 관리 영역에서 다양한 정보를 수집하는 기법의 연구가 주류를 이루고 있음
	성능개선 (BC)	▪ 건축물의 구조성능을 향상시키기 위한 보강기술 연구는 활발하게 수행되어 실제 건물에 적용되고 있으나, **보강설계의 최적화 및 보강 후 건물의 구조성능개선 정도를 확인하고 이를 모니터링하는 연계기술은 초보적 수준**임 ▪ 건축물의 **층간소음** 및 **바닥진동제어** 분야에 대한 연구는 상대적으로 부족하며, **계측데이터**를 **활용한 층간소음 성능평가** 및 **개선**을 연계하는 연구가 **미진함**. 국가별 논문 연구실적에 근거하여 국가 기술력을 분석한 결과, 우리나라는 전체 실적의 10%로 상위 5위이고, **기술 최고선진국인 미국 대비 55%인 것으로 분석**됨

3. 시사점 및 전망

가. 안전진단 기술

(1) 센서기술

- 기존 **특정지점에 대한 게이지 센서 기반 안전진단 방식은 여러 지점 동시 관측이 불가능**하며, 소형화, 저전력화, 가격저렴화의 한계와 센싱을 위한 복잡한 케이블 시공이 불편하며, 전자기 잡음 영향을 받는 한계가 있음
- **탄소나노튜브 및 그래핀**은 현재까지 **나노 물질 중**에서 **전기적 특성**이 **가장 우수**하므로 **최고**의 **센서물질**이 **될 것**이며, 탄소나노튜브센서의 대량 합성 및 제조공정에 문제가 있어 현재 전면적 적용에 어려움은 있으나 **향후** 최근 다양한 **생산 기술**의 **혁신**으로 이러한 **단점**이 점차 **해소**될 **전망**임
- **첨단 광센서 기술**은 기존 전기센서에 비하여 다양한 고성능의 비교우위 장점이 있음에도 불구하고 시장에서 기술 대체가 이루어지지 못하는 근본 이유는 상용화 및 대량생산에 문제점이 있어 **성능 대비 가격경쟁력**을 **확보**할 **경우** 건물 적용분야의 **급속**한 **확대**와 **실용화**를 **예상**할 수 있음
- **기존 전기센서** 및 **첨단 광센서**의 **감지부**는 유선 전기·광 케이블을 기반으로 구축되어 있어 **통합적 관리**에 **한계가** 있으나, 유선 케이블 외에 무선 송수신과 **복합**된 유무선 **네트워크**를 **구축**하여 멀티-포인트 멀티플렉스와 연계된 **통합관리 시스템 구축**이 **건축물 유지관리**에 **핵심 역할**을 할 것으로 **기대됨**
- 빅데이터 기술을 센서 네트워크의 데이터 관리에 적용하는 연구는 현재까지 진행된 사례가 극히 드물어, 기술선점 및 원천기술 확보를 위해 연구가 시급한 것으로 판단됨

(2) 비파괴기술

- 구조물 모니터링을 위한 계측 시스템은 전통적으로 가속도 기반으로 이루어져 있으나, **가속도 데이터**는 **광역정보로 분류**되어 **국부손상 추정**에는 민감도가 높지 않으며, 각 센서를 하나의 중앙집중식 데이터 로거에 케이블로 연결해야 하므로 센서 시스템 전체를 설치하는데 **많은 비용**이 **소요**됨. 따라서, 전통적인 가속도 기반의 기법에 대한 효과적인 대안으로 **디지털 영상 처리 기반 기법**에 대한 연구의 **필요성**이 **증대**되고 있음
- **압축강도 추정**에 관한 연구가 지속되어 왔으며 재료기반이 아닌 **부재** 및 **구조체**를 **대상**으로 **적용**되어 왔기 때문에 재료 기반의 DB화 작업이 이루어질 것으로 판단됨. 또한, 지금까지는 주로 RC 구조체를 대상으로한 연구가 주를 이루었으나 **재료기반 수준**으로 한 **부재수준**의 연구 및 **목조구조**, **SRC구조**에 **적용**하는 연구 등은 **미흡**하여 이에 관한 연구가 이루어질 것으로 전망함

나. 유지관리 기술

(1) BIM 기반 유지관리

- BIM기반 시설물유지관리 연구분야는 연구 결과를 **실무자**가 **사용**하기 **어려워** 활용도가 떨어지는 문제점이 있고 현재 BIM기반 시설물유지관리 국내 기술 수준은 **실험적 도입 수준**에 머물러 있는 **실정**에 선행연구 고찰을 통해 **유지관리 단계**에서 **BIM의 구체적 활용방안**을 **제시**하는 **연구**가 **미흡**하여 **수요 급증 예상**됨

- BIM 기술은 설계 및 시공에 적용되는 사례를 국내외에서 다수 찾아볼 수 있으며, 모니터링 데이터 기반의 건축물 유지관리에 사용될 경우 구조물의 안전성 확보에 크게 기여할 수 있을 것으로 예상됨

(3) 성능개선

- 강구조와 철근콘크리트 구조 건축물의 구조성능 개선과 관련한 기존 기술은 단순히 강도와 연성증진 그리고 시공성향상 등을 중심으로 개발되고 있어 보강 후 성능개선 정도를 확인하기 어려운 실정임. 따라서 **ICT를 활용한 보강 후 거동 모니터링과 성능개선 최적화 기술 개발이 활발하게 진행될 것으로 전망**됨
- 건축물의 층간소음 및 바닥진동제어와 관련한 기존연구는 소음진동 사용성능의 해석, 제한된 성능개선방법 및 모니터링을 위한 하드웨어 개발에 국한되며 건축물 유형에 따른 소음진동 성능연구는 미비한 실정임. 향후 **소음진동 민감 시설물의 실수요자 맞춤형 설계, 성능평가, 컨설팅 복합 서비스의 제공 분야가 주목을 받을 것으로 전망**됨

4. 기존 기술(연구)과의 차별성

가. 안전진단 기술

(1) 센서기술

- **장기거동 모니터링**을 위한 센서 설치 및 유지관리 비용을 절감하기 위해 내구성 및 정확도가 뛰어나며 동시에 **멀티플렉싱** 및 **정적/동적 구조반응**을 **계측**할 수 있는 **광섬유 센서**를 **이용**하여 설치하는 센서의 수를 최적화하고 **구조물의 장기거동을 안정적으로 모니터링 하고자 함**
- 효율적이며 정확한 분석을 위해 센서간의 구조반응을 비교·분석하여, 장기간 계측된 **Big Data**를 통하여 부재레벨 및 구조물레벨의 **위험도**를 **평가**하는 **인공지능 알고리즘 기반 분석 기술**을 **개발**하고자 함

(2) 비파괴기술

- 광역데이터인 **가속도 데이터 기반**의 구조물 모니터링 **한계를 극복**하기 위한 **영상처리 기반의 모니터링 기술을 개발**함
- 컴퓨터 **영상**으로 **구조물**의 **광역/국부 정보**를 **취득**하여, 구조물의 전체적인 거동과 국부거동을 동시에 반영하여 **구조물의 안전도 평가**를 **수행함**
- **영상계측**을 통해 **모니터링**을 위한 **계측 시스템**의 **비용** 및 **설치** 등을 **효율적**으로 **개선**함
- 기존 단일진단기법의 오차범위를 줄이기 위한 **응력파기반 비파괴검사법을 융합하여 진단**하는 깃술 개발함
- 재료기반의 압축강도 추정에 관한 연구가 지속되었으며 **부재기반**의 **구조체**를 **대상으로 적용**
- 기존 비파괴검사법에 **최적화기법을 적용하여 신뢰도를 향상**하는 기술 개발함
- 부재크기 및 물성치를 추정하는 연구는 모의부재 수준으로 **실 구조물**로 **적용**을 통한

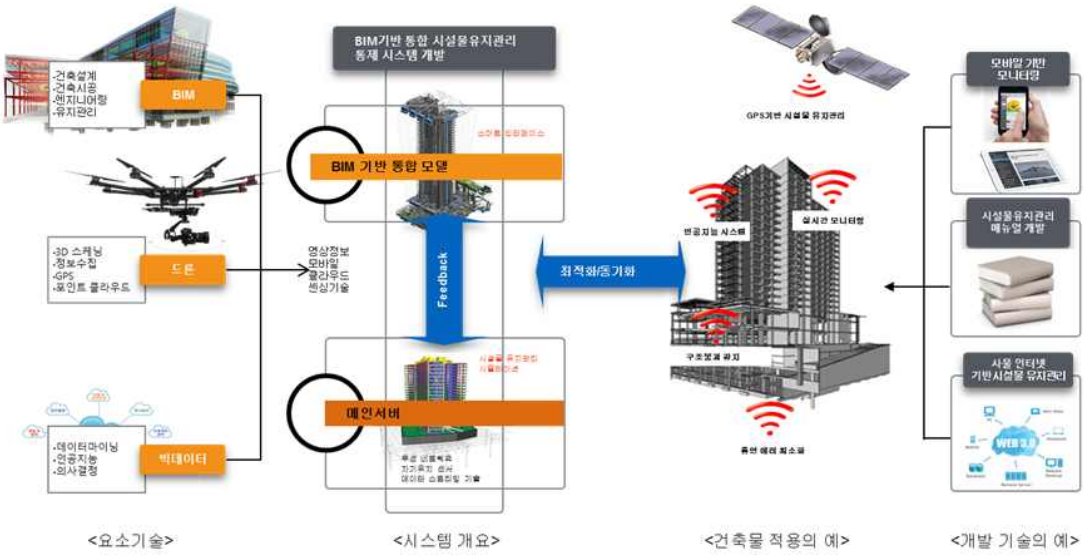
확대

- 재료기반의 연구를 **부재수준** 및 **실 구조체** 적용을 통한 **사용성 확보**
- **데이터취득 자동화 및 기계화**를 이용한 실시간 건축물 상태를 평가하는 기술 개발함
- **실 구조체 적용** 연구를 통한 **DB구축** 및 **UML을 통한 구조물 안전진단평가시스템 구축 및 한국 규준 제정**

나. 유지관리 기술

(1) BIM 기반 유지관리

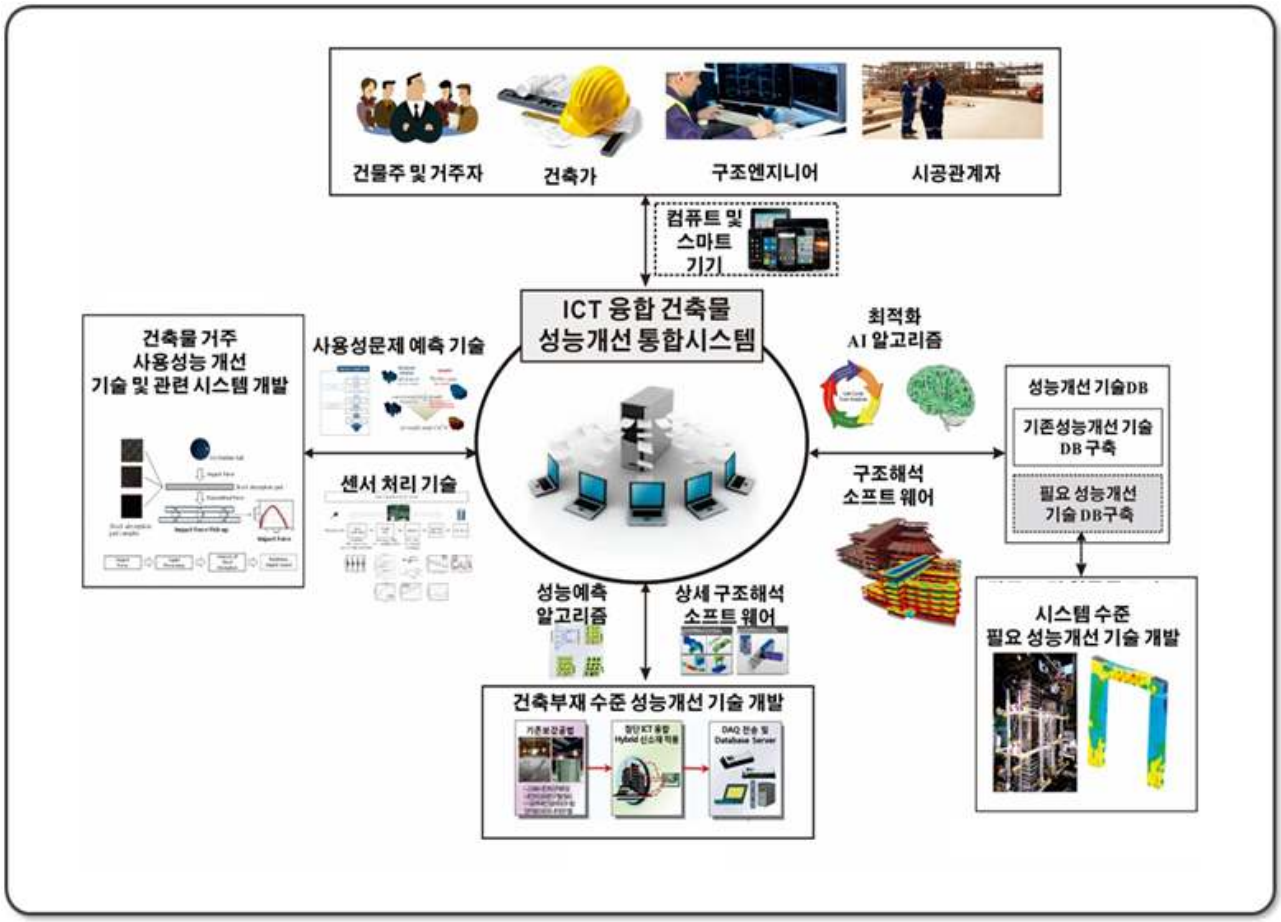
- 시설물유지관리 분야의 기술을 선도하고 있는 북미, 유럽, 아시아 주요 국가는 정부 차원에서 정책적, 제도적으로 BIM 도입을 추진하고 있으나, 국내의 경우에는 건축물유지관리(CAFM, IWMS, CMMS, ERP, EAM 등) 연구 및 기술개발 방향의 분석결과 **스프레드시트와 같은 소프트웨어를 사용하여 시설물 관리 영역에서 다양한 정보를 수집하는 기법의 연구가 주류**를 이루고 있음
- BIM기반 시설물유지관리 연구분야는 **연구 결과를 실무자가 사용하기 어려워 활용도가 떨어지는 문제점**이 있고 현재 BIM기반 시설물유지관리 국내 기술 수준은 **실험적 도입 수준**에 머물러 있는 실정에 선행연구 고찰을 통해 **유지관리 단계에서 BIM의 구체적 활용방안을 제시하는 연구는 미흡**함
- 특히 **건축구조안전 관리시스템과 연계한 BIM 적용 사례는 부재**함. 현재까지는 설비정보의 관리 혹은 화재안전에 대한 관리시스템을 BIM에 적용되고 있는 실정임
- 본 연구에서는 아래 그림과 같이 첨**단 ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 기술과 연동**하여 건축물의 구조상태를 신축단계뿐 아니라 시공 후 유지관리단계를 포함한 **『생애주기간 건축물 BIM기반 최적유지관리 통합시스템 개발』을 개발하고자 함**
- 이러한 실시간 연동 및 자동화를 통해 건축물의 구조상태를 신속하게 파악하고 이에 대한 **대처 (손상 파악, 보강 여부 결정, 보강방법 제시 등)를 연속적으로 할 수 있도록 목표**로 함
- 이러한 시스템을 구현하기 위해서는 건축물의 건축, 구조, 설비 정보 뿐 아니라 변형률계, 가속도계, FBG, 무선센서노드, 데이터로거, 등과 같은 **첨단 계측시스템 및 이로부터 파생되는 정보 등에 대한 요구정보 정의와 이에 대한 규격, 그리고 데이터 스키마 정의 등이 필요함**. 따라서 본 연구에서는 **건축물 유지관리를 위한 BIM 정보규격 구축 및 FM 통합정보관리 S/W를 개발**하고, **스마트 측정 장비를 활용한 BIM 역설계 기술을 개발하여 첨단 ICT 건축물 안전진단 시스템과 연동**할 수 있도록 하고자 함.
- User-friendly Interface를 갖춘 통합정보관리 S/W를 개발함으로써 기존의 BIM 기술의 단점의 활용도를 적극 향상시키고자 함



[그림 2-25] 생애주기간 건축물 BIM기반 최적유지관리 통합시스템 개발

(3) 성능개선

- 건축물의 구조성능을 향상시키기 위하여 FRP재료를 활용한 보강기술 개발 연구가 다양하게 수행되었으나, 구조성능을 지속적으로 모니터링 할 수 있는 기술개발이 부족함. 따라서 보강재 및 안전모니터링 역할을 동시에 추구하는 하이브리드 기술개발을 통한 통합 및 생애주기 최적화 기술이 향후 주목을 받을 것으로 전망됨
- 철근콘크리트 구조 건축물의 구조성능 개선과 관련한 기존 기술은 단순히 강도와 연성증진 그리고 시공성향상 등을 중심으로 개발되고 있어 보강 후 성능개선 정도를 확인하기 어려운 실정임. 따라서 ICT를 활용한 보강 후 거동 모니터링과 성능개선 최적화 기술 개발이 활발하게 진행될 것으로 전망됨
- 건축물의 층간소음 및 바닥진동제어와 관련한 기존연구는 소음진동 사용성능의 해석, 제한된 성능개선방법 및 모니터링을 위한 하드웨어 개발에 국한되며 건축물 유형에 따른 소음진동 성능연구는 미비한 실정임.
- 위 문제점을 개선하고자 성능개선 분야에서는 **첨단 ICT 융합 하이브리드 신소재를 활용한 건축물 구조성능 개선 기술**, **계측 빅데이터를 활용한 사용자기반 구조물 성능상태 예측기술 개발**, **철근콘크리트 건축물 구조성능 개선 및 최적화 기술 개발**, **건축물 사용성능개선 및 최적화 기술 개발**을 통하여 첨단 ICT 융합 건축물 안전확보를 위한 성능개선 통합시스템을 구축하고자 함
- 따라서 기존 연구에서 나타나는 단일 보강재료의 보강성능, 시공성 등의 한계를 극복하고, 첨단 센서의 활용과 ICT기술을 기반으로한 사용자 기반 건축물 성능예측 도구를 개발하고 첨단센서와 보강재를 융합한 하이브리드 신소재를 개발하여 실용화하는 측면에서 기존 연구와 차별됨. 사용성능측면에서는 스마트센서 기반 바닥진동 모니터링 시스템구축, 바닥충격음 저감용 천장구조 및 바닥재 원천기술 개발, 홈네트워크 연계 시스템 구축, 건축물 유형별 모니터링-성능개선기술의 최적화 기술을 개발한다는 측면에서 기존 연구와의 차별성이 있음



[그림 2-26] ICT 융합 건축물 안전확보를 위한 성능개선 통합시스템 개발

제 4 절 기술수준 분석

1. 특허분석 범위 및 방법

가. 분석 범위 및 방법

- 주요 기술은 대분류, 중분류, 소분류로 각각 구분되어, 2가지 대분류, 5가지 중분류, 15가지 소분류 기술로 나누어 특서동향분석이 진행됨
- 분류기준과 항목은 관련 전문가의 협의를 통해 결정함
- 소분류 기술에 대한 키워드를 전문가의 협의를 통해 결정하고, 이를 국문과 영문으로 구분함. 선정된 각 소분류 기술의 키워드(국문/영문)을 NDSL에 입력하여 관련 특허를 수집함
- 특허의 정량적인 분석을 위해 국토교통과학기술진흥원과 한국과학기술정보연구원이 공동개발한 LandSope를 분석 Tool로 활용함

[표 2-18] 분석대상 기술의 기술분류체계

대분류	중분류	소분류
안전진단 (A)	센서기술 (AA)	센서개발 (AAA)
		센싱장비 및 시스템 (AAB)
		계측값평가 및 모니터링(AAC)
		유/무선 네트워크 (AAD)
	비파괴기술 (AB)	복합진단기법 (ABA)
		현장적용시스템 (ABB)
		데이터평가 (ABC)
유지관리 (B)	BIM 기반 유지관리 (BA)	건물정보관리 (BAA)
		건축물상태관리 (BAB)
		건축물위험정관리 (BAC)
	성능개선 (BC)	재료성능 (BBA)
		구조성능 (BBB)
		사용성능 (BBC)

[표 2-19] 검색 DB 및 검색범위

자료구분	국가	검색 DB	분석 구간	NDSL 특허 구축 현황
공개특허	한국	NDSL DB	~현재(2015.10)	· 한국공개특허 1,273,940 · 일본공개특허 10,060,944 · 미국공개특허 4,272,477 · 유럽공개특허 3,820,416 · 국제공개특허 3,784,148
	일본			
	미국			
	유럽			

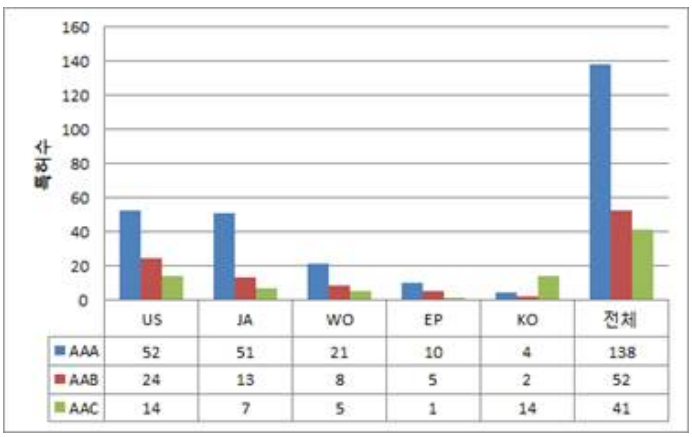
[표 2-20] 소분류별 검색된 특허수

대분류	중분류	소분류	특허수
안전진단 (A)	센서기술 (AA)	센서개발 (AAA)	139
		센싱장비 및 시스템 (AAB)	53
		계측값평가 및 모니터링(AAC)	42
		유/무선 네트워크 (AAD)	911
	비파괴기술 (AB)	복합진단기법 (ABA)	325
		현장적용시스템 (ABB)	229
		데이터평가 (ABC)	524
유지관리 (B)	BIM 기반 유지관리 (BA)	건물정보관리 (BAA)	33
		건축물상태관리 (BAB)	65
		건축물위험정관리 (BAC)	28
	성능개선 (BC)	재료성능 (BBA)	409
		구조성능 (BBB)	99
		사용성능 (BBC)	156

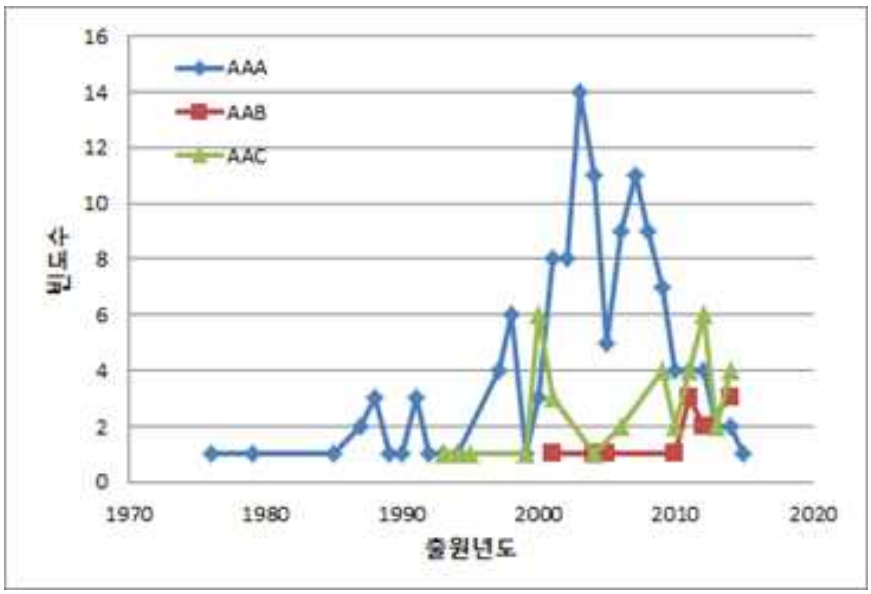
나. 특허동향분석

(1) 안전진단 (A)

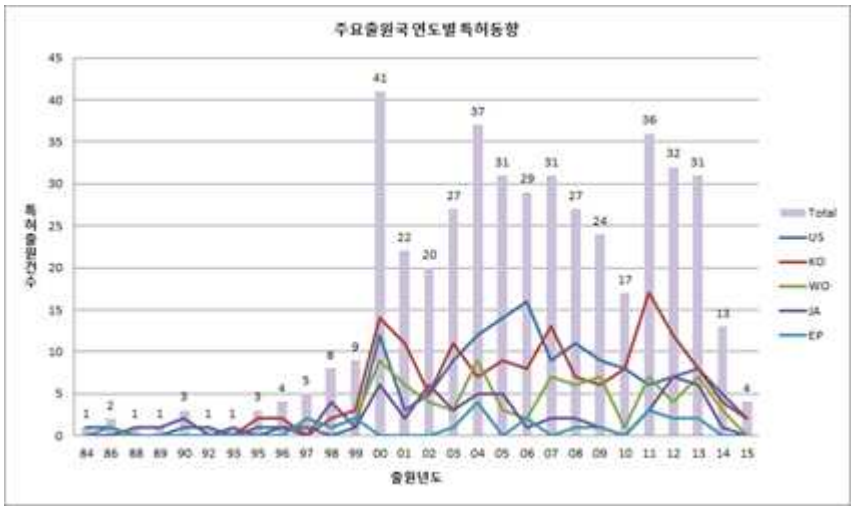
(가) 센서기술 (AA)



[그림 2-27] 국가별 센서기술 특허수



[그림 2-28] 연도별 센서기술 특허수



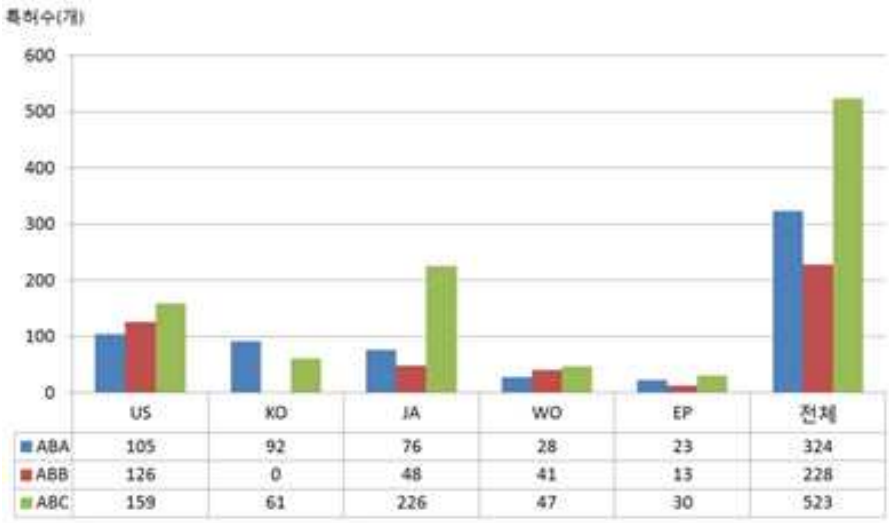
[그림 2-29] 주요출원국 연도별 특허동향



[그림 2-30] 출원인/연도별 출원동향

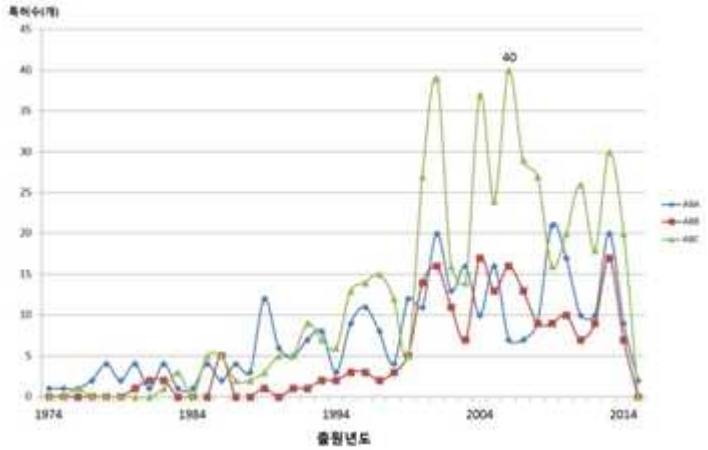
- **센서를 이용한 계측값 평가(AAC)**에 관한 **특허수는 세계적인 수준**임. 지속적인 연구·개발이 이루어지면 **관련 시장을 선도할 수 있을 것**으로 판단됨
- 센서개발(AAA)에 관한 특허수는 감소하는 반면, 센서를 이용한 계측값 평가(AAC)은 증가하는 추세를 나타냄. 이는 추후 AAC에 관한 기술이 시장 지배요소로 작용할 것으로 기대됨
- 한국의 관련 특허수는 미국과 일본의 결과와 비교할 때 상당한 차이를 보임
- 이를 근거로 판단할 때, **센서개발**에 관한 기술력 차이는 커서 **선진국에 의존**하지만, 이를 이용한 **적용기술은 경쟁력이 있는 것으로 판단**이 됨
- 국외 선진국에서는 1980년대 건축물의 자동화 모니터링을 위해 유무선 센서 네트워크 건축물 모니터링에 대한 연구 및 연구결과를 바탕으로 한 특허출원이 시작되었으며, 국내에서는 2000년대 들어 대기업계열사인 전자 및 통신업체가 본 분야의 기술개발을 주도함
- 이와 같은 국내외 상황은 건축물 모니터링을 위한 센서 네트워크분야의 상용화 및 시장성에 대한 높은 가능성을 시사함. 특히 **세계적인 IT 강국인 한국의 기술강점과 가장 부합하는 분야로 미래가 매우 유망함**
- 유지관리 비용이 증가하는 세계 건설산업의 흐름에 맞춰 건축물 유무선 센서 네트워크기술은 미래 건설기술을 선도할 수 있는 분야로 실용화가 요구됨

(나) 비파괴기술 (AB)

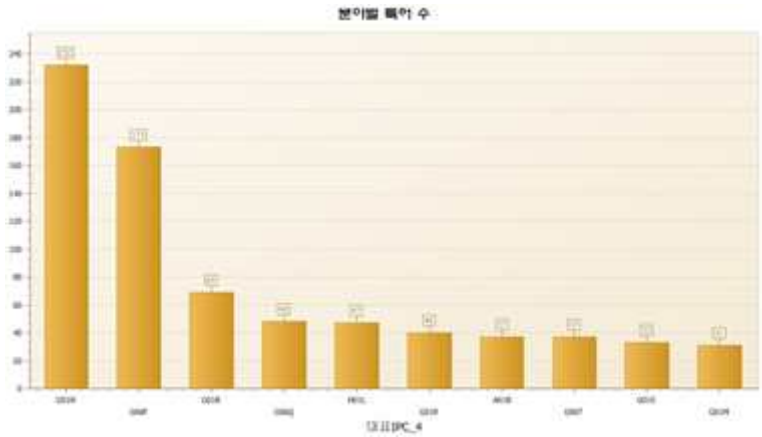


	US	KO	JA	WO	EP	전체
ABA	105	92	76	28	23	324
ABB	126	0	48	41	13	228
ABC	159	61	226	47	30	523

[그림 2-31] 국가별 비파괴기술 특허수



[그림 2-32] 연도별 비파괴기술 특허수

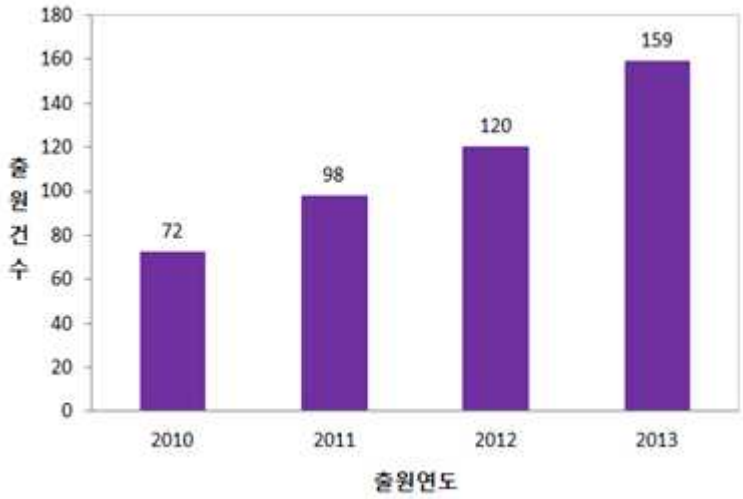


[그림 2-33] 분야별 비파괴기술 특허수

- '기법개발(ABA)'영역과 '적용시스템(ABB)'영역은 미국(US)가 가장 많은 특허를 나타내는 반면 '데이터평가(ABC)'영역은 일본(JA)이 가장 많은 특허를 나타냄. 한편 '적용시스템(ABB)'에 대한 한국(KO)의 특허 수는 없으며 '기법개발(ABA)'영역은 미국에 이어 두 번째로 많은 특허를 나타냄
- 1990년대 후반부터 특허수는 증가 추세를 나타냄
- 재료의 화학적 또는 물리적 성질의 검출에 의한 재료의 조사 또는 분석에 관한 **특허**가 가장 많은 빈도를 가지는 것으로 나타남. 그 다음으로는 **전기에 의한 디지털 데이터처리에 관한 특허 등이 많은 빈도**를 나타냄. 이는 **ICT 기반 기술의 중요성이 증대되고 있음**으로 사료됨

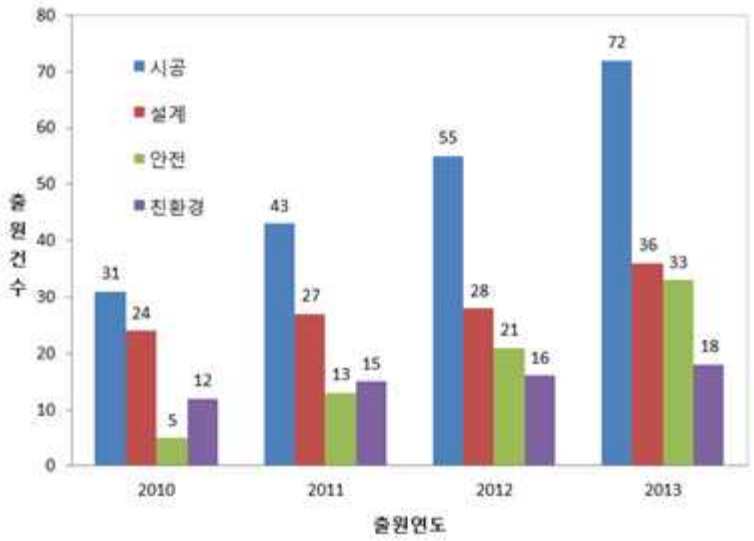
(2) 안전진단 (B)

(가) BIM 기반 유지관리 (BA)



[그림 2-34] 출원연도별 출원건수

[출처 : 특허청 보도자료('건물 안전 지킴이, 빌딩정보모델링(BIM)')]

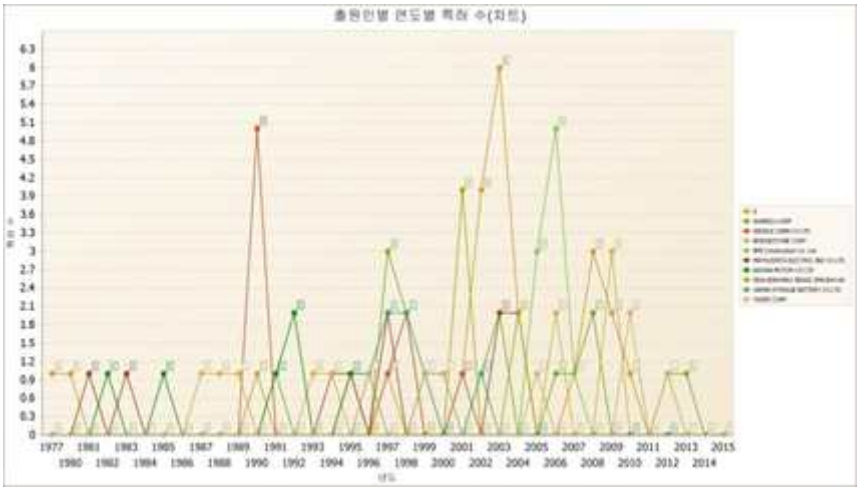


[그림 2-35] 분야별 출원연도별 출원건수

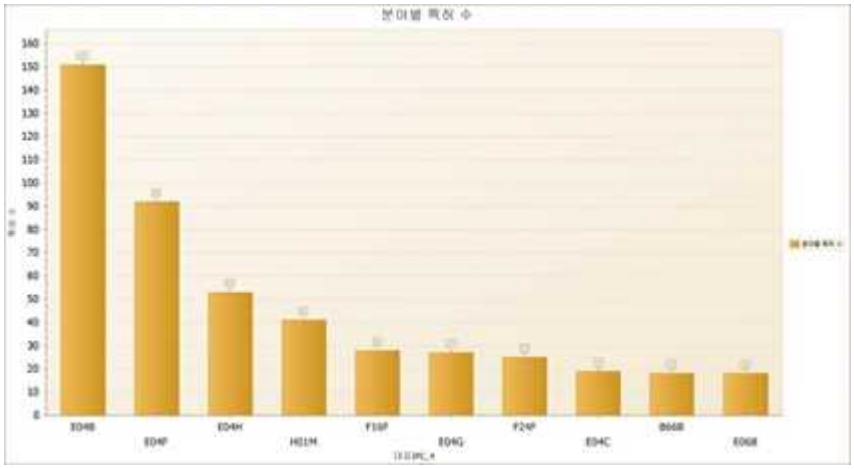
[출처 : 특허청 보도자료('건물 안전 지킴이, 빌딩정보모델링(BIM)')]

- **BIM에 관한 특허수**는 점차 **증가**하고 있음
- 분야별 비중은 시공(44.8%), 설계(25.6%), 안전(16.0%), 친환경(13.6%) 분야 순으로 나타났으며, 시공분야가 가장 높은 비중을 유지한 채 완만한 상승세를 보이고, 설계·친환경 분야의 비중은 감소하는 추세
- 특히 주목할 점은 **'안전' 분야가 가장 큰 증가세**(6.9%(2010년)→20.8%(2013년))를 보임
- 이는 첫째 '안전' 분야에서 필수적인 3차원 모델과 안전관련 정보를 BIM을 통해 쉽게 평가하고 관리할 수 있고, 둘째로 단순히 비용·기간을 줄이는 효율성 추구에서 벗어나, '안전'을 최우선으로 하는 **재해예방 및 시설물 관리로 BIM 활용기술이 진화**하고 있음을 보여줌

(다) 성능개선 (BC)



[그림 2-36] 출원인별 연도별 특허 수

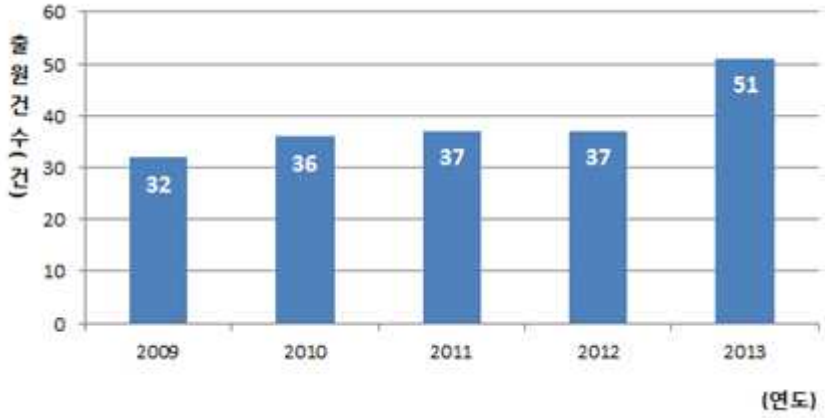


[그림 2-37] 분야별(대표 IPC 4) 특허수

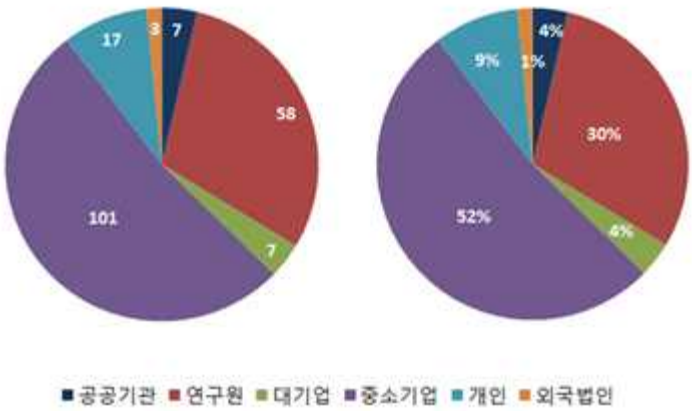
- 2000년 이후로 출원인 수가 증가한 것으로 나타남
- 공동출원보다는 단독출원 경향을 나타내며, 일본회사의 출원사례가 가장 많이 나타남
- 대표 IPC_4에 따른 특허 수를 조사한 결과, **디지털 기술을 이용한 데이터처리기술에 관한 특허가 가장 많은 빈도**를 가지는 것으로 나타남. 한편 시험 구조물 시험에 관한 기술(E06B)은 상대적으로 적은 빈도 수를 나타냄. 이는 **ICT 기술의 중요성이 증대됨**을 의미함

(라) 기타

○ 국가차원의 지원 필요



[그림 2-38] 구조물 붕괴 감지기술 연도별 출원경향
[출처 : 특허청 보도자료('진화하는 재난안전기술')]



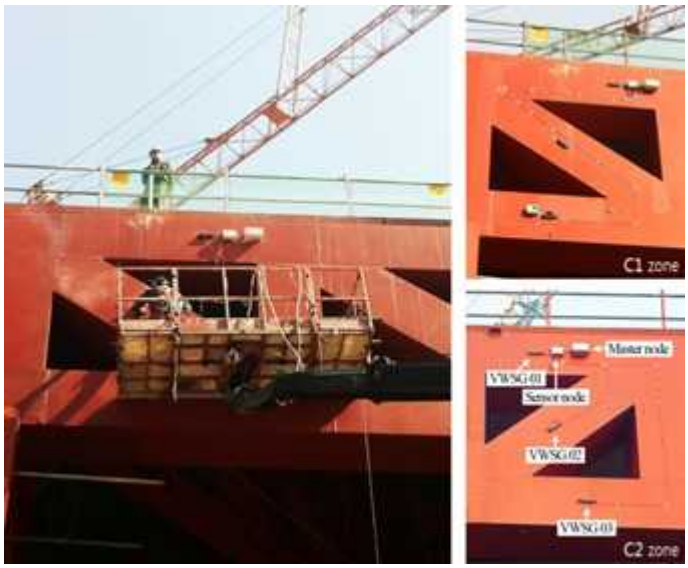
[그림 2-39] 구조물 붕괴 감지기술 출원인별 출원경향
[출처 : 특허청 보도자료('진화하는 재난안전기술')]

- 구조물 붕괴에 대한 염려가 증가함에 따라 재난안전 관련 기술 중 구조물의 붕괴를 감지하여 사고에 미리 대처할 수 있도록 하는 '구조물 붕괴 감지 기술' 관련 출원은 2009년 32건에서 2013년 51건으로 큰 폭으로 증가
- 관련기술은 대기업보다는 **중소기업(52%)과 연구원(30%) 중심**으로 기술개발이 이루어지고 있는 것으로 나타남. **경제적** 조건이 **열악**한 **중소기업**에서의 **지속적 개발을 유도**하기 위해서는 **국가**적인 차원의 **지원**이 **필요**함

○ 공동연구 필요



[그림 2-40] 국내 기술진의 공동연구를 통해 개발된 무선센서노드



[그림 2-41] 동대문디자인플라자 적용사진

- 출원인별 공동출원을 분석한 결과, 공동출원 사례는 미비함. 기술개발이 **독자적으로** 이루어지고 있음. 이는 **ICT 기반의 기술을 개발하는데 한계를 가져올 것**이라 예상됨
- 기 개발되어 실구조물(동대문디자인플라자, 해운대 아이파크 등)에 적용된 무선계측시스템은 산학이 공동연구하여 특허등록하고 사업화를 수행한 사례로 ICT기반의 안전진단 기술을 **성공적**으로 **개발**하기 위해서는 **공동연구가 필수적**임

다. 결론 및 시사점

- **센서기술**을 센서개발, 센싱시스템, 계측값평가 등과 같이 세부기술로 분류한 후 국가별 특허 수를 정량적으로 분석한 결과, **한국**은 하드웨어적인 기술은 떨어지지만 **소프트웨어적인 기술은 세계수준**인 것으로 나타남. 이에 따라 센서 등 하드웨어에 관한 기술개발은 최소화하고 **소프트웨어**에 관한 **기술개발에 초점**을 맞추는 것이 효과적일 것이라 판단됨
- 기존 센서를 개발하거나 새로운 센서를 개발하는 특허 빈도 수는 감소한 반면, **센싱시스템을 구축하고 계측값을 평가하는 기술**(AAB, AAD)은 **특허** 빈도 수가 **증가**하는 추세를 가짐. 이는 향후 종합적인 계측시스템을 구축하고 **이를 활용한** 안전 진단 기술에 대한 **수요가 증가**할 것으로 기대됨. 따라서 이에 대한 **기술분야를 선점할 필요**가 있음
- 센서기술은 미국과 일본이 선도하는 기술분야로 나타남. 한편, 해당 기술분야는 기술 파급력을 증대시키기 위해서는 하드웨어적인 기술과 소프트웨어적인 **기술의 융합이 필요**함. **그러나** 주요 경쟁자의 공동출원 분석 결과, **현재까지 공동연구는 미흡**한 실정임. 따라서

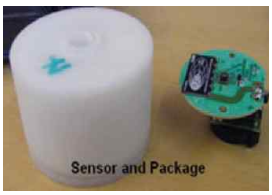
현 시점에서 **공동 연구를 통해** 건축물 안전진단을 위한 ICT기반의 센서기술을 개발하게 된다면 **기술경쟁력 확보와 높은 경제적 이익을 창출할 수 있을 것으로 판단**됨

- 다양한 비파괴 검사방법 중 초음파 탐상검사법은 가장 활발하게 관련 특허가 출원되는 방법 중에 하나임. 과거에는 여러 분야에 적용하기 위한 장치 개발에 관한 연구개발이 이루어졌다면 **최근에는 자동화 시스템** 등을 **중심**으로 **연구개발** 되어오고 있는 **추세**임. 이는 **ICT 기반 기술의 중요성이 증대되고 있음**으로 사료됨
- **BIM 관련 특허 수**는 2010년 이후로 **증가**하는 추세를 나타냄. 특히 BIM을 이용한 **안전관리 특허 수가 가장 큰 비중**을 차지함. 노후된 건축물의 증가에 따른 기존 건축물의 유지관리 기술분야에서 BIM을 이용한 **구조안전성을 관리하는 기술**에 대한 **수요와 필요**가 **증대**될 것으로 **기대**됨
- 전기통신기술(H04)에 대한 특허 빈도는 적은 것으로 나타남. 현재 BIM과 통신기술을 연계시키는 기술수준은 미흡한 실정이라고 판단됨. **BIM**을 이용해 건축물을 실시간 유지관리하기 위해서는 **통신기술과의 접목**이 요구되기 때문에 이에 대한 **연구개발이 필요**하며, 연구개발이 성공적으로 이루어진다면 관련 **세계시장을 선도할 수 있는 기회**를 가질 수 있음
- 국외 선진국에서는 1980년대 건축물의 자동화 모니터링을 위해 유무선 센서 네트워크 건축물 모니터링에 대한 연구 및 연구결과를 바탕으로 한 특허출원이 시작되었으며, 국내에서는 2000년대 들어 대기업계열사인 전자 및 통신업체가 본 분야의 기술개발을 주도함.
- 이와 같은 국내외 상황은 **건축물 모니터링을 위한 센서 네트워크분야**의 상용화 및 시장성에 대한 높은 가능성을 시사함. 특히 **세계적인 IT 강국인 한국의 기술강점과 가장 부합하는 분야로 미래가 매우 유망함**
- **다만,** IT 및 건설 융합기술인 본 기술분야는 현재까지 **상용화를 위한** 기술적 한계점 극복을 위한 **연구개발이 더 필요한 분야로** 판단됨
- 유지관리 비용이 증가하는 세계 건설산업의 흐름에 맞춰 **건축물 유무선 센서 네트워크기술은 미래 건설기술을 선도할 수 있는 분야임**
- **성능개선분야에서는 디지털 기술을 이용한 데이터처리기술에 관한 특허가 가장 많은 빈도**를 가지는 것으로 나타남. 한편 시험 구조물 시험에 관한 기술 (E06B)은 상대적으로 적은 빈도 수를 나타냄. 이는 **ICT 기술의 중요성이 증대**됨을 의미함
- 건축물의 실시간 안전진단에 관한 기술개발은 점차 증대되고 있으며, 대기업보다는 **중소기업과 연구원 중심**으로 기술개발이 이루어지고 있는 것으로 나타남. 따라서 **국가적인 차원의 지원이 필요**함
- 센서 및 비파괴 장비 등 하드웨어적인 기술은 선진국에 의존하는 경향이 있지만, 해당 분야는 전체적으로 기술개발이 완성단계에 있음. 반면 IT 기술을 이용한 데이터 송수신의 자동화, 계측값의 평가, BIM을 이용한 데이터 관리 등과 같은 **소프트웨어적인 기술에 관한 특허는 점점 증가하는 추세**를 가지며, **한국**은 해당 분야에서 **세계적인 기술 수준**을 가지는 것으로 나타남
- 그러나 지금까지 학제간, 산학간 등 공동 연구 사례는 미비함. 따라서 구조성능평가분야(건축구조분야), 데이터관리(IT분야), 건축물정보유지관리(BIM 분야) 등의 협력강화 및 **공동연구를 수행**하면 **기술경쟁력 강화 및 새로운 고부가가치 기술을 창출**할 가능성이 높음

2. 주요 기존 계측 센서 특성 분석

센서	구분	내용
Laser Scanning System	장점	• 영상기반 센서로, 타겟에 레이저를 보내서 반사되는 데이터를 수집하여 구조물의 2D 혹은 3D 좌표값을 얻는 원리를 이용함 • Remote sensing이 가능함 • 직접적으로 해당 부재에 센서 설치가 필요 없으므로, 센서를 부착하기 어려운 상황에 적용 가능함 • 여러 구조반응 계측 (동적 변형 등)에 적용 가능함
	특징	• 부재의 변형 형상을 mm 수준으로 추정이 가능 • 100Hz scanning rate(2D scanner) • 계측 대상 구조반응에 따라 후처리 과정이 요구될 수 있음
CCD 카메라	장점	• 인터넷에 의한 변위 계측 데이터 실시간 전송으로 정량 데이터 및 현장관리 가능 • 카메라와 타겟만으로 구성되어 시공성 및 경제성 우수. • 타 계측 시스템과 동시에 적용 가능 • 무선통신을 이용한 실시간 데이터 전송
	특징	• 계측 변위의 정밀도는 화상의 pixel 수와 렌즈의 배율에 의해 결정 • 30Hz sampling rate • 부재의 변형 형상을 mm 수준으로 추정이 가능
GPS	장점	• 인공위성을 이용한 절대좌표 (변위) 계측 • 상시, 장기 모니터링 적용 가능함 • 시간영역에 대한 변위 획득으로 가속도 추정 가능
	특징	• 건물의 수직, 수평 변위를 약 10mm 내외 수준으로 측정 • 최대 20Hz sampling rate
FBG	장점	• EMI(Electromagnetic Interference)의 영향이 적음 • 화학적으로 안정하고 부식되지 않음 • 하나의 케이블에 여러 개의 센서 연결 가능(Multiplexing) • 가볍고 크기가 작아 설치가 용이
	특징	• 최대 1000Hz sampling rate • $1\mu\epsilon$ 정밀도
진동현센서	장점	• EMI(Electromagnetic Interference)의 영향이 없음 • 내구성이 좋음 • 계측 원리가 간단하여 센서 로거의 크기를 작게 할 수 있음
	특징	• 최대 약 1Hz sampling rate • $1\mu\epsilon$ 정밀도 • 무선 센서 노드 구성이 가능

3. 첨단 스마트 센서 특성 분석

<table>
<tr><th>SSeL-I Board stacked on Imote2 smart sensor</th><th>Wireless Impedance Sensor Node</th></tr>
<tr><td> 
• Imote2 기반 스마트 센서 플랫폼에서 동작하며 임피던스 계측을 수행할 수 있는 센서보드
• 구조물의 가속도와 임피던스의 동시 측정이 가능하며, 진동을 이용한 구조물의 전역적 평가와 임피던스를 이용한 국부평가를 함께 수행할 수 있음
• 야외의 다양한 날씨의 변화와 그에 따른 구조체의 변화를 효과적으로 모니터링함</td><td> 
• Wireless Impedance Sensor Node (WISN)은 AD5933을 이용한 임피던스 계측용 스마트 센서임.
• 임피던스 기반의 SHM방법을 내장하여 자체적으로 손상 검출 및 센서의 손상 탐지 등이 가능하도록 개발됨
• 처리된 데이터는 TI사의 CC2420을 통하여 Zigbee 기반 무선 통신으로 전송</td></tr>
<tr><th>Sensor node for VWS</th><th>Embedable smart sensing node</th></tr>
<tr><td> 
• 진동현센서(Vibrating Wire Sensor, VWS)로부터 공진 진동수를 측정하여 무선으로 진동수를 전달할 수 있는 무선 진동현 센서노드임
• 진동하는 현으로부터 공진 진동수를 읽도록 하기 위해 진동현 센서 인터페이스, 저역필터, ADC로 구성
• 400-900MHz 대역의 무선 데이터 통신이 가능한 TI사의 CC1020칩 사용</td><td> 

• 콘크리트 양생과정과 구조물 건전성 모니터링에 모두 활용이 가능한 매립형 스마트센서 노드
• 매립 시 센서의 보호를 위해 플라스틱 재질의 케이스 내부에 센서를 내장
• 콘크리트 시편을 이용한 실내 실험을 통해 콘크리트 내 매설형 센서 시스템의 설치 및 콘크리트 밖에 위치한 데이터 획득 시스템으로의 데이터 전송의 효율성이 검증됨</td></tr>
<tr><th>Smart sensor with GPS</th><th>Thinner</th></tr>
<tr><td> 
• 대형구조물에서 변위를 정확히 계측하기 위해 GPS가 장착된 스마트 센서노드를 개발
• 센서노드는 저전력의 스마트 센서 모듈인 TinyNode184를 기반으로 GPS 수신 모듈인 u-blox 사의 LEA-6T를 접목하여 개발
• 22~49mA사이의 소비전류를 소모하며, 변위가 크게 나타나는 대형구조물에서 센티미터 이하의 크기를 갖는 다양한 변위 계측 가능음</td><td> 

• 변위 계측용 커패시턴스 기반(Capacitance-based) 의 센서노드
• 배터리 대신에 한 개의 0.1F 용량의 축전지(Supercapacitor)가 연결되어 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)와 같은 모바일 호스트로부터 전력을 무선으로 공급받아 충전함으로써 지속적 측정을 가능하게 함</td></tr>
</table>

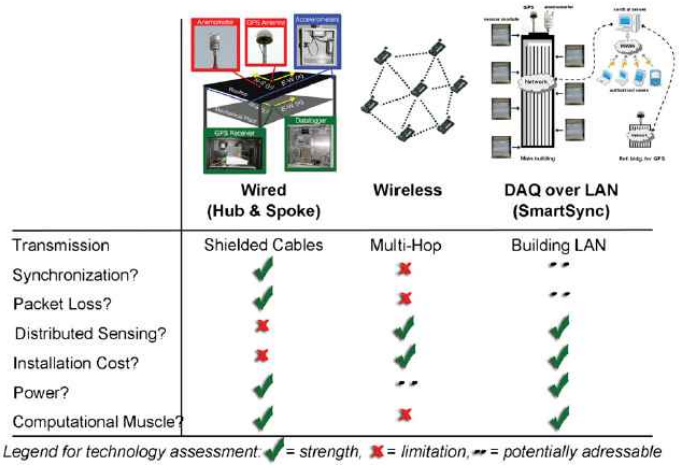
4. 사례조사를 통한 수준 분석

가. 건축물 구조모니터링 분야

- Burj Khalifa 모니터링 시스템

년도	2008	관련기관	U. of Notre Dame Samsung C&T Corp.

주요내용

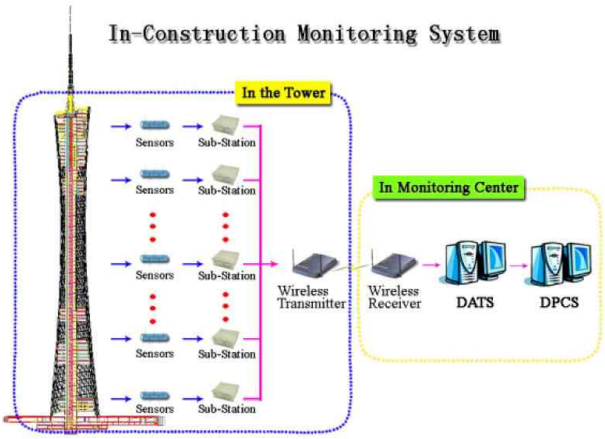


- 버즈칼리파 건물에 'SmartSync'라 명칭된 모니터링 시스템이 적용됨
- 이는 plug-and-play 기능을 갖추어 적용성이 뛰어남
- Meteorology, displacement, acceleration modules 구성됨
- 웹기반 데이터처리 기능을 제공하여 실시간으로 구조물의 반응과 특성치를 확인할 수 있음

- 광저우 TV 타워 시공 중/후 모니터링 시스템

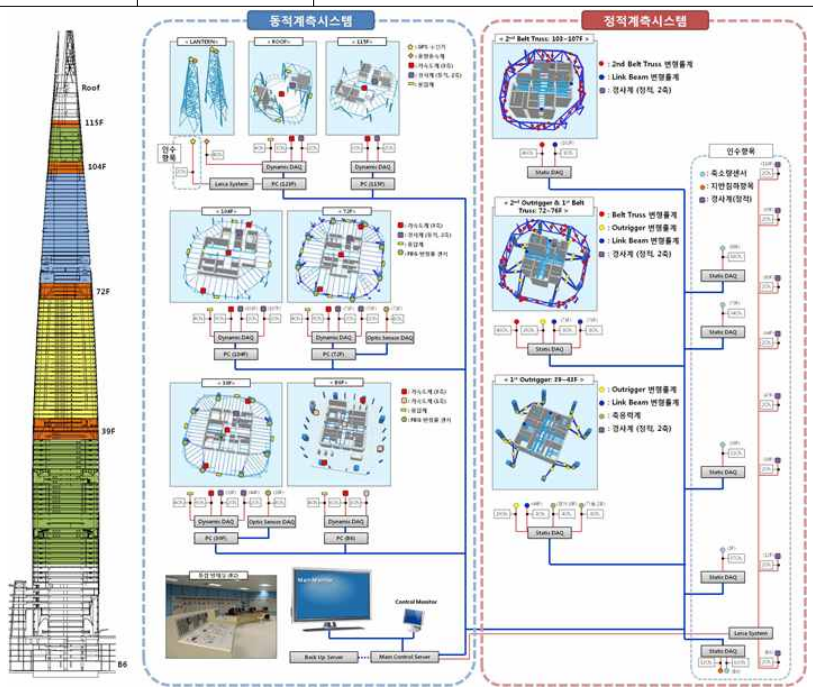
년도	2007	관련기관	Hong Kong Polytechnic University

주요내용



- 시공 중/후 모니터링을 위해 각각 527개, 280개의 센서가 설치됨
- 구조물의 종합적인 모니터링을 위해 16 타입의 센서 (풍향풍속계, 지진계, 가속도계, FBG 변형률센서, 부시계, 경사계, GPS, 진동현 센서 등) 가 설치되고, 유/무선 센서네트워크를 통해 실시간으로 데이터를 관리하도록 함
- 접촉식센서뿐 아니라 영상기반센서가 적용되어 구조물의 변위 계측에 활용됨
- 시공중에 계측된 데이터를 분석하여 시공 중 특성 변화 및 안전성 검토

- 롯데월드타워 모니터링 시스템

년도	2013	관련기관	롯데건설, 마이다스아이티, 창민우, 브이테크
주요내용			

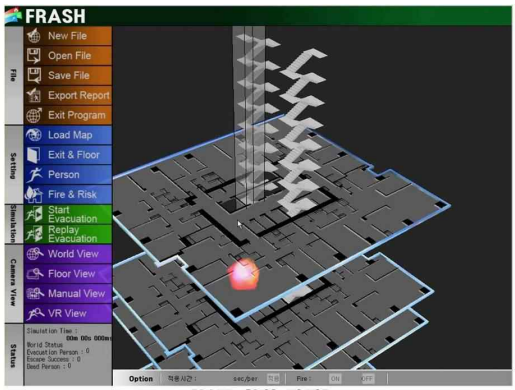
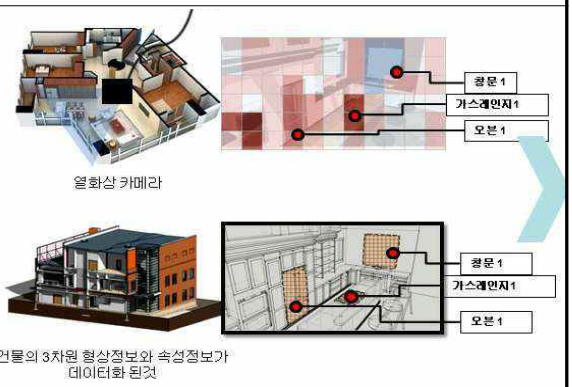
- 시공중 시스템레벨 및 부재레벨의 안전성 확보를 목적으로 SHM 시스템 구축
- 이는 사용중에도 관리하여 위험상황 발생시 신속한 대처를 하도록 함
- 가속도계 (17개), 경사계 (17개), GPS (5개), 축응력계 (12개), 변형률계 (295개), 풍향풍속계 등이 설치

- 한강 플로팅 아일랜드 운반 중 구조건전도 모니터링

년도	2011	관련기관	대우건설
주요내용			

- 부유식 구조물을 육상에서 제작하고 이를 경사로를 통해 이동시켜 한강에 진수시키는 과정에서 발생하는 변형을 계측하여 위험(손상) 여부를 진단함
- 가속도계, 변형률계 등을 설치하여 이동 중의 구조응답을 수집하고, 이를 In-house 프로그램인 인공지능 기반의 손상평가를 수행함
- 유무선 데이터 전송 네트워크를 사용하고 웹/앱 기반의 구조모니터링 운용프로그램을 개발하여 활용함

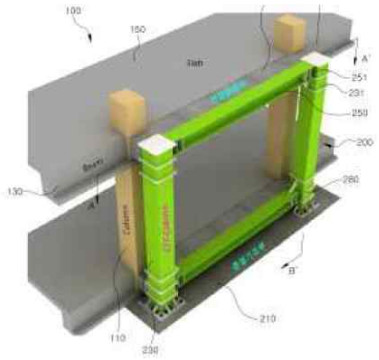
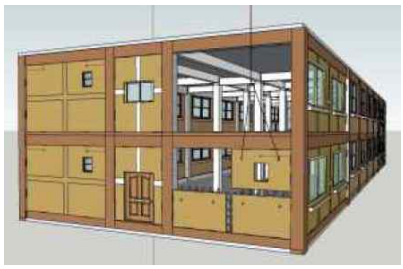
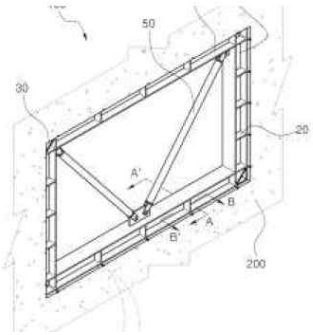
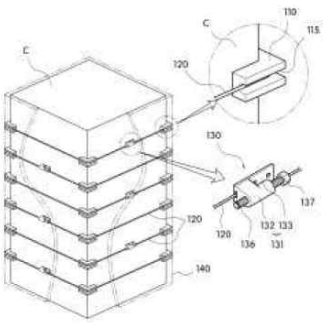
나. BIM 분야

발명의 명칭	기술 내용 및 도면
건축물 소방 안전 시스템	BIM에서 추출된 공간 및 설비정보를 바탕으로 화재시 재실자들에게 근접 대피출입구 및 대피로의 탐색결과를 제공하고, 소방 관리자에게는 진입로를 탐색하여 제공하는 소방안전 시스템 
건설 구조물 화재에서 개인별 대피 행동 및 사상자를 시뮬레이션하는 화재 위험 평가 시스템, 화재 위험 평가 방법 및 그 기록 매체	건물정보를 이용한 화재시뮬레이션으로, 대피자의 위험도와 행동 패턴 및 개별/전체 대피자의 사망 여부 결과를 생성하고, 화재 진행경로 및 대피자의 대피 경로에 따른 결과를 평가하는 시스템  [불꽃 위치 지정]
열화상 카메라를 이용한 빔(BIM) 기반 상황인지 시스템	열화상 카메라를 통해 BIM에 저장된 3차원 공간데이터를 활용하여 건축물 위험상황을 신속히 파악하여 피해를 방지하는 상황인지 시스템  열화상 카메라 건물의 3차원 형상정보와 속성정보가 데이터화 된것
위치 기반 지능형 SOP 시스템 및 그 제공방법	BIM 모델을 통한 위치기반 정보로 화재나 재난상황 발생 시 표준적인 대응절차를 기초로 한 대응요원에게 신고정보와 임무정보 및 수행요원을 특정한 정보를 모바일단말기로 전송하는 시스템 
BIM을 이용한 초고층 건축물의 피난법규 자동화 검토 방법	초고층 건축물에서 BIM을 활용해 피난 및 법규에 관한 정보를 추출하고, 방화구획의 이상 여부, 피난안전구역의 이상 여부, 직통 계단과 출구의 이상 여부, 비상용승강기의 이상 여부 등을 자동으로 확인하고 검토하는 방법

[출처 : 특허청 보도자료('건물 안전 지킴이, 빌딩정보모델링(BIM)')]

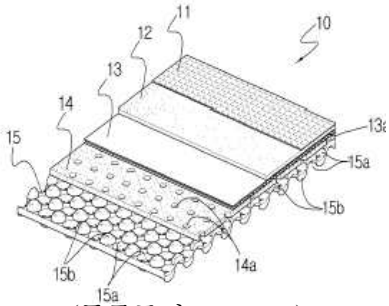
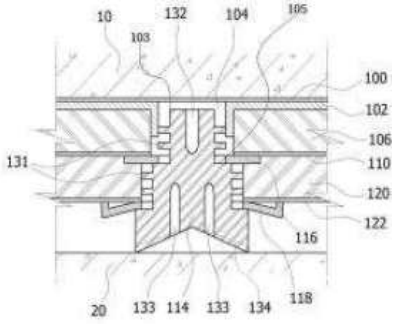
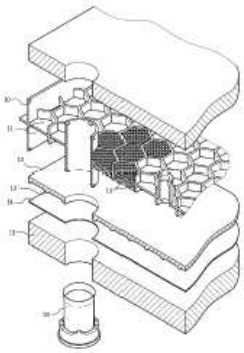
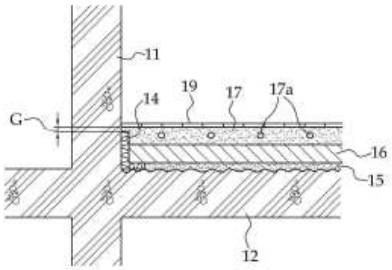
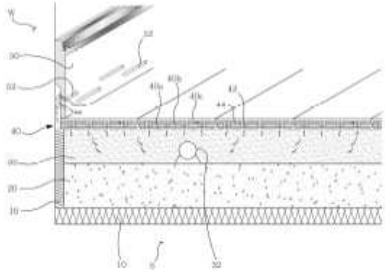
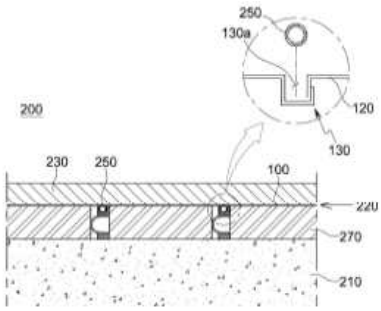
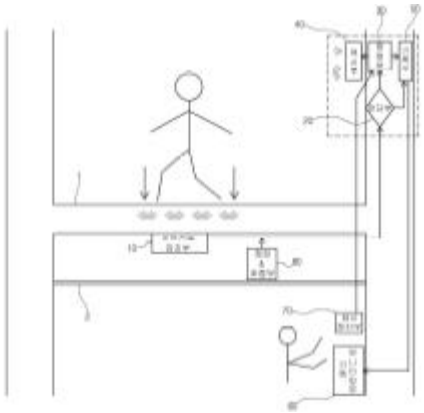
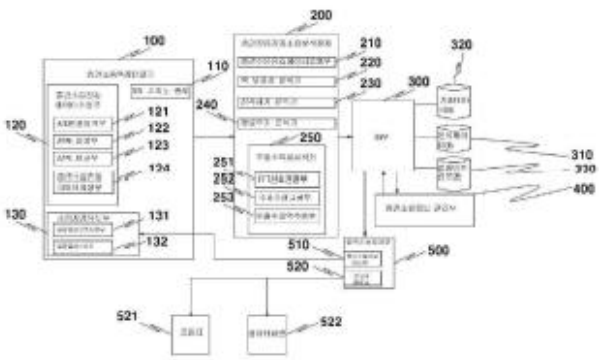
다. 성능개선 분야

- 구조 보강

<table>
<tr><th colspan="3">강도 증진형 : 건물의 강도와 강성을 증가시키는 방법</th></tr>
<tr>
<td>• 기둥 및 보의 단면 증설
 
(등록특허 10-2015-0019253)</td>
<td>• 전단벽 증설
 
(등록특허 10-2012-0037222)</td>
<td>• 가새골조 설치
 
(등록특허 10-1345132)</td>
</tr>
<tr><th colspan="3">연성 증진형 : 건물의 변형능력을 향상시키는 방범</th></tr>
<tr>
<td>• 기둥 및 보의 강판 보강
 
(등록특허 10-1065469)</td>
<td>• 기둥 및 보의 탄소섬유시트 보강
 
(등록특허 10-1065469)</td>
<td>• 기둥 및 보의 프리스트레스 보강
 
(등록특허 10-1499820)</td>
</tr>
<tr><th colspan="3">에너지 소산형 : 지진 에너지를 흡수하여 건물에 작용하는 지진하중을 저감시키는 방법</th></tr>
<tr>
<td>• 마찰형 : 부재간에 작용하는 마찰력을 이용
 
(등록특허 10-2011-0018284)</td>
<td>• 금속항복형 : 금속의 소성변형 성질을 이용
 
(등록특허 10-1144596)</td>
<td>• 유압실린더형 : 유압실린더의 완충력을 이용
 
(등록특허 10-2009-0016752)</td>
</tr>
</table>

[출처 : 특허청 보도자료('유비무환, 주목받는 내진보강 기술')]

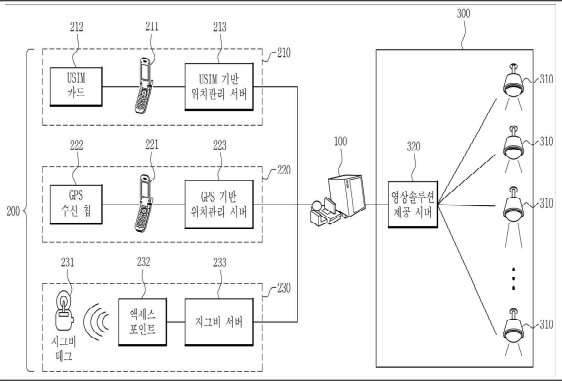
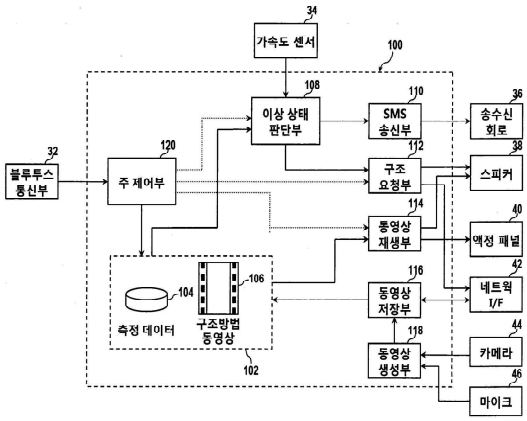
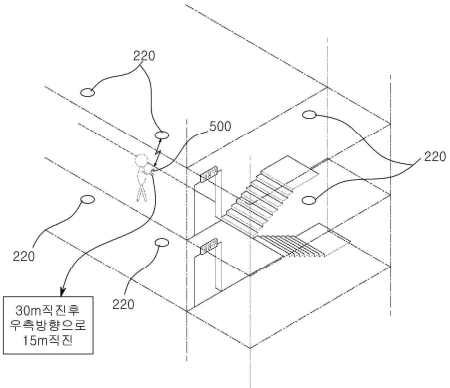
- 구조 보강

<table>
<tr><th colspan="3">바닥 마감 시공 기술 : 공동주택 건설 단계에서 층간소음 저감 기술을 적용</th></tr>
<tr>
<td>• 다층완충 구조
 
(등록특허 593562)</td>
<td>• 뜬바닥 구조
 
(등록특허 914152)</td>
<td>• 복합 구조
 
(등록특허 448400)</td>
</tr>
<tr><th colspan="3">연성 증진형 : 건물의 변형능력을 향상시키는 방법</th></tr>
<tr>
<td>• 재시공형 : 바닥슬래브를 제외한 모든 마감구조 교체
 
(등록특허 1434132)</td>
<td>• 마감재 교체형 : 설비부를 제외한 바닥마감재 교체
 
(등록특허 1508723)</td>
<td>• 설비 교체형 : 바닥마감재와 바닥슬래브 사이의 설비부 교체
 
(등록특허 1536406)</td>
</tr>
<tr><th colspan="3">층간소음 계측 및 관리 기술</th></tr>
<tr>
<td colspan="2">• 단위세대기술 : 건물의 바닥 충격음 경고
 
(등록특허 1307172)</td>
<td>• 중앙관리기술 : 각 가정의 층간소음데이터 수집 및 분석, 업데이트, 음성안내
 
(등록특허 1345603)</td>
</tr>
</table>

[출처 : 특허청 보도자료('층간소음, 기술로 해결한다')]

라. 스마트폰을 이용한 안전관리

- 스마트폰은 GPS 등을 통해 언제 어디에서든 사용자의 위치를 파악할 수 있으며, 데이터통신망을 통해 스마트폰에 설치된 가속도센서, 카메라 등의 값을 빠르게 송/수신할 수 있기 때문에 위험상황에 대한 대처를 신속하게 할 수 있음
- 이러한 스마트폰은 현재 국민 대다수가 소유하고 있기 때문에(2014년 6월 기준 3,904만명) 이를 활용해 Healthcare, 화재안진, 방범안전 등의 다양한 분야에서 활발히 연구, 진행되고 있음
- 스마트폰을 이용한 안전서비스를 제공하는 방법
  · 스마트폰을 이용한 주요 위치측위
  · 스마트폰을 이용한 주요 위험신호 생성 (온도, 가속도, 움직임 등)
  · 스마트폰을 이용한 주요 안전서비스 제공 (재난정보, 탈출경로, 시설물 위치 정보 등)

출원번호	기술 내용	도 면
10-2009-0116897	가입자의 위치정보와 CCTV를 연동하여 가입자 위치정보에 따라 CCTV 카메라의 영상을 추적하고 영상데이터를 보호자의 단말에 제공하는 지능형 보안 시스템	
10-2011-0032973	가속도 센서 및 심전도 센서를 이용하여 사용자가 응급상황에 처했는지를 판단하고, 주변의 사람들에게 구조요청을 하는 응급환자 구조요청 방법	
10-2010-0039070	건물내에서 사용자의 위치정보를 파악하고 대피자에게 위험지점을 회피하는 내비게이션 서비스를 제공하는 대피경로안내시스템	

[출처 : 특허청 보도자료('안전까지 챙겨주는 스마트폰')]

마. 시사점 및 전망

- 첨단 계측기 및 ICT 기술의 발달로 인해 건축물의 시공 중 구조반응 모니터링 기술이 활발히 적용되고 있음. 이는 신뢰성 있는 다량의 데이터를 확보할 수 있는 기대효과를 가짐. 그러나 현재까지의 기술은 건축물의 시공 중 자동 모니터링 수준에 머무르고 있음
- 건축물의 구조안전 확보를 통해 국민의 안전 및 행복을 증진시키기 위해서는 계측데이터를 이용해 **실시간으로 구조상태를 평가**하고, 성능저하 혹은 손상으로 인해 구조보강 등과 같은 대처가 필요하다면 **경제성 및 안전성을 동시에 고려한 최적 보강안 등을 제시하는 의사결정시스템 기술이 개발될 필요**가 있음
- 컴퓨터의 발달과 국가 정책으로 인해 건설산업에서 BIM이 차지하는 비중은 점점 증가하고 있음. 현재 BIM은 설계, 시공 단계 뿐 아니라 건축물의 안전관리 분야에서의 연구개발 비중이 점차 증가하고 있으며, 특히 화재 및 피난에 관한 안전관리에서 BIM 적용이 이루어지고 있음.
- 그러나, 아직까지는 계측시스템 유지관리 및 계측된 구조반응 데이터를 이용한 구조안전성 관리 분야에 대한 개발은 거의 이루어지고 있지 않음. 이에 따라 **향후 계측시스템 및 구조안전성 평가 시스템과 연계한 BIM 기반의 건축물 통합유지관리 기술 수요가 증가할 것으로 기대**됨

제 5 절 유사과제 분석

1. 국내 연구과제 분석 범위 및 방법

국내 건설산업 및 국민의 안전과 행복을 추구하기 위하여 국가차원에서 매년 R&D에 상당한 예산을 투입하고 있음. R&D 투자의 효과를 높이기 위해서는 연구의 연속성 확보와 중복투자 배제, 기 수행된 연구와의 연계추진을 통한 시너지 효과를 얻을 수 있어야 함. 따라서, ICT기술을 건설에 활용한 연구내용을 조사하여 본 연구기획의 방향을 설정하는데 활용하고자 함.

2. 기 수행된 관련분야 R&D

○ 아파트건물의 구조진단용 진동측정시스템 개발

- 수행기관: 건설교통부
- 연구기간: 1999. 11 ~ 2001. 11.
- 연구목표: 아파트건물의 유지관리 측면에서 전체 구조시스템의 안전여부를 평가하기 위한 하드웨어 및 소프트웨어를 개발하고자 함.
- 연구내용: 아파트건물의 구조진단용 진동측정시스템의 개발을 위해 국산화된 건물 안전진단 전용 진동 측정 시스템 개발, 진동측정 손실발견기법 정립 및 이를 응용한 프로그램 개발, 아파트건물의 비선형 손상해석 모델을 개발 하였다.
- 차 별 성: 본 연구는 건물의 동적인 특성을 잘 인지할 수 있는 국산화된 하드웨어의 개발과 이를 응용한 손상인지 및 평가기술을 개발하는 것으로 **진동 측정 시스템에 대한 연구로 건축물의 성능개선과 안전진단을 융합 등의 적용 및 실용화 측면에서 차이가 있음.**

○ 고층건축물 구조안전성 및 사용성 장기계측시스템을 이용한 상시 안전진단기술 개발

- 수행기관: 건설교통부
- 연구기간: 1999. 11 ~ 2001. 11.
- 연구목표: 고층 건축물의 장기계측 전용센서 시스템 개발 및 장기계측에 의한 상시 안전진단 시스템을 개발하고자 함.
- 연구내용: 고층(초고층 적용) 건물의 장기계측을 위한 구조해석 시스템 개발, 전용센서 시스템 개발, 장기계측 전용센서의 기능성 검증 및 계측기술 개발, 상시 안전진단 통합시스템 구축 및 현장적용 실험에 대하여 연구를 실시
- 차 별 성: 기존 연구는 고층(초고층) 건축물을 상시 모니터링할 수 있는 장기계측 전용센서의 개발, 현장 적용기술의 확립, 계측자료를 판독하여 기존 구조물의 손상여부를 판단할 수 있는 구조해석 기법의 개발, 그리고 이를 통합 운용할 수 있는 상시 안전진단시스템을 개발연구로 **ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 핵심기술 개발**의 적용 대상 건축물은 **국민행복과 안전확보**를 고려해 **관리주체가 분명한 사무소 건축물 중 1,2종 시설에 해당되는 건축물**과 **지진가속도계측기 설치계획 대상인 건축물**을 대상으로 하며, **ICT 기반 센서기술 개발**과 **비파괴 검사기술**을 통한 건축물의 **안전진단**과 **BIM을 기반**으로 한 **유지관리**와 **구조물**의 **재료, 구조, 사용성능 확보**를 통한 **유지관리 기술**의 개발과 **실용화**를 위한 **테스트베드 및 제도·정**

책을 **개발**함으로 기존 연구와 차이가 있음.

○ 광섬유센서를 이용한 교량안전진단 기술개발

- 수행기관: 건설교통부
- 연구기간: 1999. 11 ~ 2002. 5.
- 연구목표: 광섬유센서를 이용하여 교량의 안전진단과 교량 상시계측시스템 운용방안 및 표준화 방안을 제시하고자 하는 연구임.
- 연구내용: 교량의 안전관리를 위하여 광섬유센서를 활용한 강재의 피로균열 계측, 콘크리트 균열탐사, 교량의 처짐에 대한 탐사방법을 개발하고, 교량 안전진단 체계를 검토하여 광섬유 센서를 활용한 상시계측시스템 운용방안을 제시하였다.
- 차 별 성: 본 연구는 기존 교량 안전진단체계의 문제점 보완이 가능하고, 이론적으로 신뢰성 및 내구성이 우수한 **광섬유센서**를 이용하여 **강재의 피로균열과 콘크리트 균열 탐사, 그리고 처짐 탐사 방안을 제시**하고자 하였으며 **적용 대상물이 교량이며 광섬유센서인 개별 센서 단위의 계측에 초점이 맞추어져 있음.**

○ 고도화된 비파괴 센싱기술 개발에 의한 상태진단기술의 선진화 연구

- 수행기관: 과학기술부
- 연구기간: 2000. 9. ~ 2004. 8.
- 연구목표: 비파괴 상태진단기술의 고도화를 위한 차세대 고감도/비접촉식/광역검사용/고온용/초소형 비파괴 센싱 요소기술과 산업체 현장적용 기술을 개발하고자 함.
- 연구내용: 차세대 고감도/비접촉식/광역검사용/고온용/초소형 센싱 요소기술과 산업체 현장적용기술 개발을 위해 초음파 센서 개발, EMAT 개발, 레이저유도 초음파 기술의 성능평가, AE 센서를 설계하여 현장적용/비파괴 상태진단기술을 개발하였다.
- 차 별 성: 본 연구는 차세대 고감도/비접촉식/광역검사용/고온용/초소형 **비파괴 센싱** 요소기술과 산업체 현장 적용기술 개발로 센싱기술에 대한 연구로 **건축물의 성능개선과 안전진단을 융합** 등의 적용 및 실용화 측면에서 차별성을 가짐

○ 상시계측 시스템을 이용한 교량 원격감시기술

- 수행기관: 과학기술부
- 연구기간: 2001. 6. ~ 2003. 5.
- 연구목표: 구조물에 적합한 모듈을 조합하여 자동계측프로그램을 구성하고, 인터넷상에서 구동가능한 교량 상시안전감시 시스템을 개발하고자 함.
- 연구내용: 교량의 상시계측 시스템을 이용한 원격감시기술 개발을 위하여 교량 안전성판정 실용화 기술, 비접촉 레이져 검사장치를 이용한 교량의 on-line 평가시스템, 과적차량 관리 및 무인자동화 시스템, 원격영상계측 시스템 구축 및 인터넷 접속센서 모듈, 시스템 통합기술, 계측프로그램 자동구축 기술을 개발
- 차 별 성: 본 연구는 교량 상시안전감시에 필요한 구성모듈을 개발하여 사용자가 계측하고자 하는 구조물에 적합한 해당모듈을 조합하여 자동계측프로그램을 구성할 수 있도록 개발하는 것으로 **적용 대상물이 교량이며 건축물을 대상으로 하는 본 기획연구와 구분이 됨.**

○ **고지능 기술기반 콘크리트 구조물 진단시스템 실용화 연구**

- 수행기관: 건설교통부
- 연구기간: 2003. 12. ~ 2005. 12.
- 연구목표: 콘크리트 구조물의 안전성 및 사용성 확보를 위하여 인공지능 및 비파괴검사 기술을 이용하여 구조물의 안전 및 품질관리를 위한 진단 시스템을 개발하는 것임.
- 연구내용: 인공지능 및 비파괴검사 기술을 이용하여 구조물의 안전 및 품질관리를 실시하는 것으로 비파괴 설험 및 실험기법, 신경망 모델 및 웹 기반 시스템 개발, 비파괴 검사 발진원 및 감진기 성능을 검토
- 차 별 성: 기존 연구는 콘크리트 구조물의 안전성 및 사용성 확보를 위하여, 인공지능 및 비파괴검사 기술을 이용하여 구조물의 안전 및 품질관리를 위한 진단 시스템을 개발하는 것으로 **충격반향기법**을 사용하여 **구조물 비파괴 검사 기술**을 **개발**하는 것으로 **응력파기반 비파괴검사**, **영상기반 모니터링 기술** 등을 사용하여 **기존 비파괴검사법과 차이**가 있음.

○ **스마트 사회기반시설 연구센터**

- 수행기관: 한국과학재단
- 연구기간: 2002. 7. ~ 2011. 2.
- 연구목표: 사회기반시설물과 관련한 핵심 스마트 구조기술의 개발, 발전, 적용 및 체계적인 통합화를 통하여, 사회기반시설물이 100여년 정도의 사용연한 동안 안전하고, 효과적으로 사용될 수 있도록 하고자 함.
- 연구내용: 국내의 대형 사회기반시설물의 건설 및 유지관리의 모든 과정을 효과적으로 관리할 수 있는 방향으로 연구를 추진. 국내외에서 개발되고 있는 각종 Smart 구조기술의 체계화와, 구조물의 안전성, 사용성 및 경제성의 도모에 필요한 요소기술의 보완 등에 대한 연구를 수행
- 차 별 성: **기존 연구의 대상 구조물은 교량과 같은 사회기반시설물로 건축물을 대상으로 하는 본 연구과제와 구분이 됨.** 건축물은 교량과 다르게 거동이 복잡하고, 마감재 등의 영향으로 교량 기술을 직접적으로 적용할 수 없음

○ **무선통신 기반의 지능형 계측시스템 개발 및 대형 교량의 효율적 유지관리 체계 실용화**

- 수행기관: 건설교통부
- 연구기간: 2003. 10 ~ 2006. 10.
- 연구목표: 교량 상태를 실시간으로 계측한 데이터를 무선통신 기술을 접목하여 수집하고, 수집된 계측데이터를 다양한 상태평가 알고리즘을 이용하여 분석·평가하여 교량의 안전성 평가결과 및 관리방안을 제시하고자 함.
- 연구내용: 무선통신 기반의 지능형 계측시스템 개발 및 실시간 계측을 위하여 무선센서 및 데이터로거 모듈 개발, 인터넷을 이용한 실시간 구조물 모니터링 환경개발, 실시간모니터링을 위한 계측 자료의 DB 표준화, 구조물의 안전성 확보를 위한 부가기술을 개발 하였다.
- 차 별 성: 본 연구는 교량 상태를 실시간으로 계측한 **데이터를 무선통신 기술을 접목**하여

수집하고, 수집된 계측데이터를 다양한 상태평가 알고리즘을 이용하여 분석 평가함으로써 보다 신뢰도가 높은 **교량의 안전성 평가결과 및 관리방안을 제시할 수 있는 통합된 Web기반 계측, 유지관리 시스템을 개발하는 것으로 적용 대상물이 교량이며 건축물을 대상으로 하는 본 기획연구와 구분이 됨.**

○ 교량의 건전성 평가를 위한 IT기반 스마트 계측 및 모니터링 시스템의 개발

- 수행기관: 한국건설교통기술평가원
- 연구기간: 2003. 10. ~ 2006. 10.
- 연구목표: 교량의 건전성 평가를 위한 IT기반 스마트 계측 및 모니터링 시스템의 개발
- 연구내용: PSC 교량의 스마트 계측 및 현장적용, PSC 교량의 손상에 따른 거동 해석엔진, 계측신호를 활용한 위험경보 및 모니터링, 건전성 평가기법을 개발하고, 특히 교통차단없는 내하력 평가기법을 개발하고자 하며, 무선 데이터 전송 및 웹기반 정보의 통합화 및 공유를 수행하고자 한다.
- 차 별 성: **기존 연구의 대상 구조물은 교량과 같은 사회기반시설물로 건축물을 대상으로 하는 본 연구과제와 구분이 됨.** 건축물은 교량과 다르게 거동이 복잡하고, 마감재 등의 영향으로 교량 기술을 직접적으로 적용할 수 없음

○ 광기술을 이용한 건설구조물의 저가형 원격 모니터링 시스템 개발

- 수행기관: 건설교통부
- 연구기간: 2003. 10. ~ 2005. 10.
- 연구목표: 건설구조물의 유지관리를 위하여 광섬유를 활용한 다양한 센서 개발과 저가형 원격 모니터링 시스템 개발 연구임.
- 연구내용: 광섬유를 활용하여 변위센서, 진동센서, 경사센서를 개발하고, 저가형으로 상용화가 가능한 건설구조물의 원격모니터링 시스템을 개발하는 연구로 테이터를 저장·분석·평가하는 데이터 처리부와 경보 시스템을 유기적으로 연결시킨 저가형의 통합시스템을 개발하는 연구
- 차 별 성: 본 연구는 **정밀 계측**뿐만 아니라 저가형으로 상용화가 가능한 **건설구조물의 원격모니터링 시스템을 개발**이며 **광섬유 센서만을 활용한 연구로 본 연구와는 차별화 됨.**

○ 강교의 지진 및 교통하중에 대한 지능형 안전성 평가기술 개발

- 수행기관: 한국표준과학연구원
- 연구기간: 2004. 6. ~ 2005. 4.
- 연구목표: 강교량의 확률적 지진 안전성 평가기법 개발
- 연구내용: 국내 지진 특성을 반영한 인공지진 및 과거 지진에 대한 데이터 베이스 작성 - 강박스거더교 및 강상판형교의 비선형손상모델 결정 - 비선형 동적해석을 통한 지진취약도 분석 - 구조결함 및 손상정도에 따른 지진안전성의 저감 평가 - 강교량의 지진취약도 분석 시스템의 개발
- 차 별 성: **기존 연구의 대상 구조물은 교량과 같은 사회기반시설물로 건축물을 대상으로 하는 본 연구과제와 구분이 됨**. 건축물은 교량과 다르게 거동이 복잡하고, 마감재 등의 영향으로 교량 기술을 직접적으로 적용할 수 없음

○ **장대교량의 스마트 상시모니터링 시스템 개발**

- 수행기관: 한국과학재단
- 연구기간: 2005. 7. ~ 2006. 2.
- 연구목표: 구조물의 상시 모니터링 시스템을 구축하기 위한 비파괴 검사 기법의 확립
- 연구내용: 콘크리트 구조물의 모니터링을 위한 초음파를 이용한 비파괴 검사 기술의 기존 연구 사례 조사 및 가능성을 검토, 기존의 진동 기반에 의한 손상 탐지 기법의 한계에 대한 대안적 방법을 제시, 초음파 기반의 sensing을 위한 신호처리 기법 개발에 관한 연구를 수행, 초음파 신호처리를 위한 시간-주파수 및 주파수-파장 분석 기법도출, 초음파를 이용한 콘크리트 손상 평가의 적용성 검토를 실험실 환경의 모형 콘크리트 구조물에 대하여 수행
- 차 별 성: 장대교량의 스마트 상시모니터링 시스템 개발 연구는 구조물의 상시 모니터링 시스템을 구축하기 위한 연구로 **초음파 검사기법을 사용한 비파괴 검사로 장대교량의 성능을 평가하고, 상시 모니터링 대상이 장대교량으로 국한되어 있어 본 연구와는 차별화 됨.**

○ **원전설비 상시 안전진단을 위한 원천기술 개발**

- 수행기관: 교육과학기술부
- 연구기간: 2009. 5. ~ 2012. 4.
- 연구목표: 원전 기기 및 시설의 안전성을 실시간으로 검사하고 자동으로 손상을 감지할 수 있는 차세대 구조물 모니터링 원천 기술을 개발함으로써, 궁극적으로 원전 기기 및 시설의 성능/안전성 평가 기술을 향상시키고자 함.
- 연구내용: 원전기기 및 시설의 성능 및 안전성 평가 기술을 향상시키기 위하여 레이저스캐닝시스템, 내장형센싱시스템, 통합손상감지기법, 손상정보추출기법을 개발
- 차 별 성: 본 연구는 레이저스캐닝, 내장형센싱, 통합손상감지, 손상정보추출 등을 기반으로 하여 **원전기기 및 시설의 안전성을 실시간으로 검사**하고 손상을 감지할 수 있는 원천기술을 개발하는 것으로 **대상물이 원전이며, 건축물의 성능개선과 안전진단을 융합 등의 적용 및 실용화 측면에서 차별성을 가짐**

○ **구조물 진단을 위한 압전센서 Networking 기술개발**

- 수행기관: 교육과학기술부
- 연구기간: 2010. 5. ~ 2012. 5.
- 연구목표: 원전기기 및 시설의 안전성을 실시간으로 검사하고 손상을 감지할 수 있는 차세대 첨단 비파괴 검사 기술과 관련 원천기술을 개발함으로써, 궁극적으로는 원전기기 및 시설의 성능 및 안전성 평가 기술을 향상시키고자 하는 연구임.
- 연구내용: 구조물 진단을 위한 압전센서 Networking 기술개발을 위하여 임피던스 및 유도파 측정을 위한 회로 개발 및 자동화 추진, 기저데이터를 사용하지 않는 통합된 임피던스/유도파 손상진단기법의 개발, FEM/SEM 수치해석 및 통계적 기법에 기반한 손상 감지, 다중 압전센서 인터페이스를 개발하였다.
- 차 별 성: 본 연구는 **압전센서 Networking**을 기반으로 원전기기 및 시설의 **안전성**을 **실시간**으로 검사하고 손상을 감지할 수 있는 **원천기술을 개발**하는 것으로 **적용 대상**

물이 원전이며 압전센서 센서개발에 대하여 연구가 이루어 짐.

○ 지능형 친환경 교량 기획

- 수행기관: 한국건설교통기술평가원
- 연구기간: 2011. 6. ~ 2012. 3.
- 연구목표: 다양한 첨단 기술들을 융·복합 시킨 지능형 전략을 가지고 교량 전 생애에 걸쳐 능동적으로 계획·관리함으로써 30%의 탄소 저감과 100년의 공용수명을 보장하는 친환경 교량 구축
- 연구내용: 부분 조립 및 교체가 가능한 지능형 급속 시공 기술, 카본다이어트 소재활용 친환경 교량 기술, 예방적 유지관리를 위한 지능형 친환경 통합 관리 기술
- 차 별 성: **기존 연구의 대상 구조물은 교량과 같은 사회기반시설물로 건축물을 대상으로 하는 본 연구과제와 구분이 됨.** 건축물은 교량과 다르게 거동이 복잡하고, 마감재 등의 영향으로 교량 기술을 직접적으로 적용할 수 없음

○ 구조물의 건전성 평가를 위한 현장적용 매뉴얼 개발

- 수행기관: 국토교통과학기술진흥원
- 연구기간: 2012. 11. ~ 2013. 11.
- 연구목표: 구조물의 건전성 판단을 위한 현장적용 매뉴얼 개발로서, 기존 연구되어진 SHM 관련 자료들을 바탕으로 실무자들이 초고층 건축물에 SHM을 편리하게 수행할 수 있도록 하여, 국내의 원천 기술의 보유 및 국제적으로도 SHM 기술에 대하여 경쟁력을 갖추고자 함.
- 연구내용: 시공단계별 SHM을 위한 FE구조해석 모델링의 건축물과 동기화, 초고층 건축물의 측정 계측 데이터 종류 및 최적 계측기 위치 선정, 기준 및 해석 결과를 이용하여 구조물 사용성 평가기준 제시, 해석 결과와 손상시나리오를 이용하여 구조물 안전성 평가기준 제시, 실무용 SHM 시스템 구축 매뉴얼 제시
- 차 별 성: 실제 현장에서, 적용할 수 있는 매뉴얼개발로서, **현재까지 개발되어 현장에 적용되고 있는 시공단계 및 초보적인 기술수준에 대한 매뉴얼로서, 건물의 통합적인 모니터링 및 유지관리를 위한 실용화 기술개발이 목적인 본 연구와는 차별성이 있음.** 건물의 유지관리 모니터링을 위한 실용화 기술이 구축된 이후에 새로이 개발될 필요가 있음.

○ 건축물 지진 안정성 간이평가 프로그램 개발

- 수행기관: 국립재난안전연구원
- 연구기간: 2013. 5. ~ 2013. 12.
- 연구목표: 모바일 앱을 개발하여 지진 발생시 현장 피해조사 업무를 지원하고 피해조사 결과를 관리
- 연구내용: 안드로이드 향 지진피해 긴급 위험도 평가 모바일 앱 개발, 긴급 위험도 평가결과 자료관리 프로그램 개발, 안드로이드 향 조적조 및 목조 건축물의 내진성능 자가진단 앱 개발
- 차 별 성: 모바일 앱 기반으로 건축물의 지진피해 긴급위험도를 평가하는 연구로서, 주변의 피해상황을 근거로 자가진단하는 방법으로 피해조사를 하고 이를 근거로 위험도

를 평가하는 연구임. **계측시스템 및 결과의 분석 등을 근거로 하여 체계적으로 연구되지 않았기 때문에 제대로 된 모니터링 및 유지관리 연구와는 차이가 있음.**

○ 건축물 유지관리 효율성 향상을 위한 BIM 기반 정보관리 모델 개발

- 수행기관: 미래창조과학부
- 연구기간: 2011. 05. ~ 2014. 04.
- 연구목표: '건축물 유지관리 효율성 향상을 위한 BIM 기반 정보관리 모델 개발'로써 현행 설계 및 유지관리에서 발생하는 유지관리에 대한 요구정보 관리 관련 정보의 생성 및 관리 프로세스를 개선하고 시설물 객체 정보와 요구정보관리 관련 핵심 정보들 간의 상호연관성 분석을 통해서 불필요한 정보의 재생산을 최소화하는 것임.
- 연구내용: 유지관리 요구정보 교환 프로세스 모델, IFC 기반 유지관리 요구정보 데이터 모델, Construction Product Library 모델을 개발 하였다.
- 차 별 성: 본 연구는 BIM 기반의 객체 정보를 정의하고 정보 포맷을 표준화함으로써 설계 및 시공, 유지관리 단계에 이르는 건축물 전 생애주기에 걸친 요구정보 관리 관련 정보들의 호환성을 높이는 것으로 **유지관리 표준의 개발 및 역설계기술 개발을 위한 원천기술의 확보 등의 연구의 목적과 실용화 측면에서 차이가 있음.**

○ BIM/GIS 플랫폼기반 건설공간정보 통합운영 기술 개발

- 수행기관: 미래창조과학부
- 연구기간: 2012. 01. ~ 2014. 12.
- 연구목표: 본 연구의 목적은 국가적 관리가 필요한 공공시설에 대한 건설정보의 생성에서부터 공간정보와의 상호운용이 가능하도록 하고, 건설정보 운영체계 및 시설물 운영・유지관리・서비스 단계까지의 전 과정에 대한 연속적인 정보전달/활용 체계를 국가적 차원에서 통합운영하기 위한 정책적・기술적 체계 구축방안 제시임.
- 연구내용: 본 연구에서는 에너지 및 환경 엔지니어링 실무상의 모델링 기술/도구를 조사하고, 각종 에너지/환경 분석 툴의 입출력 데이터 범주 및 항목과 BIM/GIS 기반 플랫폼상의 공간정보의 접점을 판단하여, 상호운용을 위한 BIM/GIS 기반 에너지/환경 분석 목적별 활용 프로세스(안)를 구성하였다.
- 차 별 성: 본 연구는 현재 한국건설기술연구원에서 운영중인 BIM ModelServer기반의 FM 시스템 시작품의 기능을 확장하고 사용자 편의를 보완하여 BIM기반의 FM 시스템이 사회기반 시설물을 관리하는데 있어서 효과적으로 사용할 수 있도록 시스템을 개발하는 것으로 **유지관리분야 중 에너지성능평가에 만을 고려하고 있으며, GIS의 경우 입출력데이터 관리를 목적으로 하여, 유지관리 기술의 개발이 아닌 형행 시스템의 보완을 위한 도구개발의 성격을 보이는 점에서 차이가 있음.**

○ 건설품질 향상을 위한 한국형 BIM 실무화 설계 기술 개발

- 수행기관: 미래창조과학부

- 연구기간: 2012. 03. ~ 2014. 04.
- 연구목표: 정부정책인 '저탄소 녹색성장'과 Green-up 30 중 에너지 고효율· CO2 저감 분야의 첨단 무탄소도시(Smart Green City) 조성기술과 공공 및 성장동력 창출 분야의 차세대 국토해양 공간정보 기술이 포함된 미래지향적 원천기술개발에 관한 연구에 포함되는 것으로 본 연구에서는 건설생산 전 과정에서 발생하는 건설품질의 신뢰성 및 생산성을 향상시키기 위한 설계, 엔지니어링, 에너지, 시공 단계에서 절실하게 필요한 실무형 BIM 설계 기술을 목표로 함.
- 연구내용: BIM 실무화 기술을 위한 기존 BIM 실무적용 사례 분석을 통한 국내 BIM 실무적용을 위한 인프라구축의 기반마련(이론 확립 및 세부연구내용 정립) 및 BIM 실무화를 위한 조건 및 요소기술 도출하여 기존 시스템의 문제점 해결을 위한 솔루션을 제시하였다.
- 차 별 성: 본 연구는 설계단계 및 시공단계에서 활용가능한 BIM 실무화 기술을 개발하는 것으로 유지관리 단계에서의 BIM **시스템 개발 및 역설계 기술 개발 측면에서 차이가 있음.**

○ BIM 실무구현을 위한 구조화된 지식기반 통합객체분류 자동화

- 수행기관: 미래창조과학부
- 연구기간: 2011. 04. ~ 2014. 03.
- 연구목표: 본 연구는 BIM 실무 활용성을 높이기 위한 지식기반 통합객체분류체계 자동화를 통하여 업무부담을 최소화하면서 실무 기대효과를 극대화할 수 있는 방법론의 연구개발임.
- 연구내용: 연구내용은 통합객체분류체계와 지식기반 공정/원가 자동생성시스템을 가능케 하는 BIM Object 자료구조의 통합되고 유연한 Breakdown Structure(uOBS) 설계, 정의된 uOBS 개념을 프로토타입 프로그램으로 개발하여 객체생성을 자동화할 수 있는 구조 개발, uOSBS에 지식기반 공정/원가 연계를 자동화하는 알고리즘을 개발하고 프로토타입 시스템을 개발하였다.
- 차 별 성: 본 연구는 주거 및 플랜트 건축의 모든 자료(3D 도면, 공정표, 내역서)를 포함한 모델을 작성함으로써 포괄적인 적용성을 검토하는 것으로 공정표 및 내역서 자동 추출 프로그램을 개발함. 이는 **BIM 유지관리 공법개발 및 실용화 측면에서 차이가 있음.**

○ 진동자료기반 시설물 재난대비 기반기술 개발

- 수행기관: 국립재난안전연구원
- 연구기간: 2014. 5. ~ 2014. 12.
- 연구목표: 진동데이터를 활용한 시설물의 안전성 평가 방안을 제시하고 공공시설물의 가속도계측기 설치 의무화가 진행됨에 따른 데이터 활용의 효용성 제고
- 연구내용: 국내외 공공시설물 긴급안전성평가 현황 및 활용기술 조사, 가속도 응답신호 종합분석 시스템 기능확대개선, 지진재해 위험성 평가 시스템 기능 확대 및 개선, 놀이형 어린이 지진 교육교재 및 교구개발
- 차 별 성: **기존 연구는 단기간에 이루어진 연구로서, 국내외 공공시설물의 실태조사 및 붕괴와 같은 위험에 대한 진동계측결과의 활용에 초점을 맞춘 연구**로서, 계측

시스템과 결과의 활용 등의 측면에서 체계적이며 종합적으로 연구되지 않았기 때문에 활용상의 문제가 있음.

○ **재해·재난 관련 미래부 기획보고서 검토**

- 국가과학기술위원회에서 발표한 **"제2차 재난 및 안전관리기술개발 종합계획(2013~2017)"**에서는 재난·재해에 대한 기술개발 수요를 범위를 다음과 풍수해, 산사태, 화재, 지진, 교통기반 시설 파괴 등과 같이 **자연재해에 대하여 중점적으로 기술**하고 있어 **본 기획보고서의 주재인 ICT기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술과 관련성이 높지 않은 것**으로 판단됨.
- 하지만 국가과학기술심의회에서 발표한 **"제3차 과학기술기본계획(2013~2017)"**에서는 기획보고서 p.13에서 나타난바와 같이 **ICT를 융합하여 신산업창출의 중요성**을 나타내고 있으며, 자연재해, 사회재난 등에 대응할 수 있는 **선제 대응역량확보와 자연재해 모니터링·예측기술, 사회적 복합 재난 저감 기술에 대한 중요성**을 나타내고 있어 **본 연구 수행 후 ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리기술에 관한 추가적인 연구가 요구됨**

3. 현재 진행중인 관련분야 R&D

○ **초장대교량 사업단**

- 수행기관: 국토교통부
- 연구기간: 2008. 12. ~ 2015. 12.
- 연구목표: 경제성 및 기술경쟁력을 갖춘 장경간 케이블 교량 자립 건설기술 확보
- 연구내용: 장대교량의 계획·설계·시공기술의 해외 의존을 탈피한 독자적 기술 자립도 실현을 위해 장대교량 토탈 솔루션 시스템 구축과, 장대교량 설계 엔지니어링 기술 개발, 구조재료 개발, 대형기초 및 고주탑 건설 기술 개발, IT기반 방재 및 유지관리 기술 개발을 하고자 함.
- 차 별 성: 본 연구는 세계 최고 수준의 경제성 및 기술 경쟁력을 갖춘 장경간 케이블 교량 자립 건설임 세부내용 중 IT기반 방재 및 유지관리 시스템은 독자적인 원천기술을 개발하는 것으로 **적용 대상물이 교량이며 건축물을 대상으로 하는 본 기획연구와 구분이 됨.**

○ **ICT 기반 교량 수명 연장을 위한 부분교체 및 저탄소 소재 활용 기술 개발**

- 수행기관: 국토교통부
- 연구기간: 2013. 6. ~ 2018. 5.
- 연구목표: 경간 200m 이내의 일반 교량에 대한 지능형 친환경 교량 기술 개발
- 연구내용: ICT 기반 교량 수명 연장을 위한 부분교체 및 저탄소 소재 활용 기술 개발을 위하여 부분교체 및 조립이 가능하며 비정형 선형에 대응가능한 프리캐스트 바닥판 연속화 기술개발, 고성능 내후성 강재의 하이브리드 구조기술 개발을 통해 장수명 강재 하이브리드 교량 기술을 확보, 생애주기 비용 및 성능기반 차세대 교량관리 기술을 개발, 무선 USN 기술 개발을 통해 시공/교체/공용중 교량 취약부를 감시/진단하는 시스템을 개발하고자 함.
- 차 별 성: 본 연구는 지능형 친환경 교량은 탄소 배출량 저감 및 장수명화를 목표로 전 생

애주기(설계, 시공, 공용/유지관리, 교체)에 걸쳐 **IT 융합기술 기반의 철저한 관리가 이루어지는 지능형 교량 시스템 개발로 적용 대상물이 교량이며 건축물을 대상으로 하는 본 기획연구와 구분이 됨.**

○ 해양 플랜트 라이저의 모션 모니터링 기술과 이를 이용한 내력 및 피로수명 평가 원천 기술 개발

- 수행기관: 국토교통과학기술진흥원
- 연구기간: 2014. 8. ~ 2016. 8.
- 연구목표: 라이저의 건전도 모니터링을 위해 토목 구조물에 많이 사용되는 구조물 건전도 모니터링(SHM, Structural Health Monitoring)기술을 활용 하여 라이저에 적합한 건전도 모니터링 기술을 개발
- 연구내용: 플랫폼/계류선/라이저의 동적상호작용을 고려한 라이저 3차원 해석 기술 구축, 해양플랜트 라이저의 모션(위치) 모니터링 기술 개발, 라이저의 거동 정밀 재현을 위한 해석적 모델 구축, 모션 기반 수중 구조물 건전도 모니터링 기술 개발
- 차 별 성: **라이저의 움직임을 근거로 한 해양 플랜트의 건전도 모니터링 기술개발로서, 건축물을 대상으로 하는 본 연구과제와 구분이 됨**. 건축물은 도심지에 많은 인원이 거주하며 거동이 복잡하고, 마감재 등의 영향으로 이 기술을 직접적으로 적용할 수 없음

○ 대형 구조물의 건전성 실시간 평가를 위한 통합 모니터링 시스템 개발

- 수행기관: 국토교통과학기술진흥원
- 연구기간: 2015. 4. ~ 2017. 4.
- 연구목표: 최적화된 구조 모니터링 시스템을 구조물의 규모 및 성격에 따라 제시하고 Hardware 및 Software로 구성된 시스템 플랫폼을 공동연구를 통해 개발
- 연구내용: 구조물 종류/규모별 실시간으로 구조의 상태 확인이 가능한 상시 모니터링 시스템(Structural Health Monitoring-SHM System) 개발, 고층 건물을 포함한 각종 시설물 등의 상시 모니터링 시스템중 플랫폼을 구성하는 Static & Dynamic Software의 국산화 개발, 3) 실제 현장 적용을 통한 시스템 검증
- 차 별 성: **고층건물을 포함한 복합구조물의 구조 모니터링 시스템 구축을 위한 연구로서, 계측신호처리 및 상시모니터링을 위한 플랫폼 구성에 초점을 둔 연구임.** 건물의 통합적인 모니터링 및 유지관리를 위한 실용화기술개발이 목적인 본 연구와는 차별성이 있으며, 실제 대상건물의 기술로 활용하기 위해서는 추가적인 관련기술의 개발이 요구됨.

4. 시사점 및 전망

- 국내 ICT관련 선행 국가R&D 및 건설분야 연구 인프라 분석결과, R&D사업은 토목구조물에 국한되어 있으며 건축물 안전관리 모니터링을 위한 통합적인 연구개발은 이루어지고 있지 않음
- 다만, 일부 연구자들에 의해 ICT를 활용한 건축물 안전관리 방안의 연구가 진행되고 있지만, 이는 구조반응을 실시간으로 계측 및 모니터링하는 수준으로 건축물의 안전위험성 평가단계에는 이르지 못하고 있는 상황으로 지속적인 연구를 통해 ICT를 활용한 건축물의

통합적 안전진단 및 유지관리 기술개발 및 실용화 방안의 강구가 필요

- 안전진단과 유지관리 각 분야에서의 일방향적인 연구 경향으로 인해 기존 연구는 수요자의 니즈 인식 및 기술 분야 간의 연계성이 부족하여 실효성 및 적용성이 떨어짐. 다양한 산학 공동 연구를 통해 기존 기술과 첨단 ICT 기술을 융합하여 실효성 있는 연구가 필요
- BIM 분야에서 ICT 기반 건축물 유지관리 분야는 BIM을 필두로 클라우드, 웹시스템 등을 활용한 설계자-시공자-관리자 간의 양방향 연계방안이 논의되고 있을 뿐 유지관리 표준 개발 및 역설계기술의 실질적인 시스템 및 핵심기술의 확보는 전무한 실정이며, ICT-BIM 융합 건축물 유지관리 기술 개발을 통해 건축물의 가치 향상 및 경제성 향상이 기대됨. 따라서 BIM기반 건축물 유지관리 기술의 개발을 통한 BIM 역설계기법을 적용하고 설계 단계에서부터 건축물전생애주기를 체계적으로 관리할 수 있는 통합 솔루션 개발이 필요함

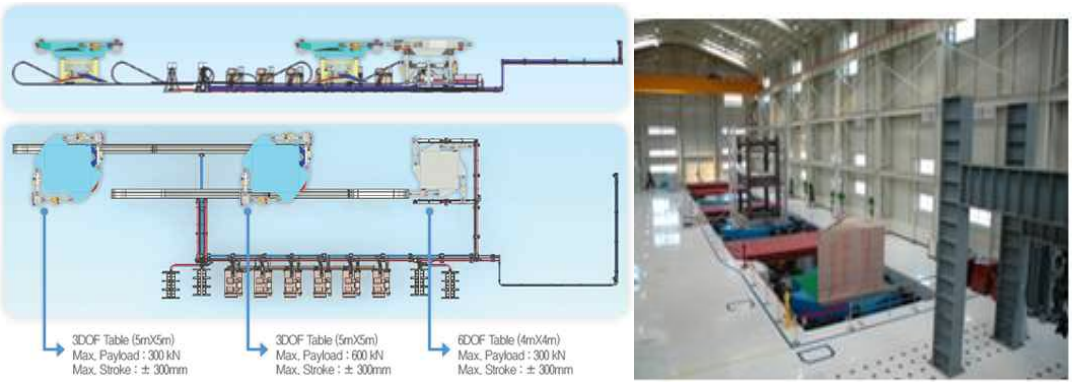
제 6 절 연구개발 인프라 분석

1. 국내 연구개발 인프라

건축물 실시간 안전진단을 위한 ICT 유지관리와 관련한 국내 연구개발 인프라는 분산공유형 시설로 구축된 기관을 들 수 있음.

(1) 지진방재연구센터 (Seismic Simulation Test Center, 부산대학교)

- 지진방재연구센터는 국내 산업계, 학계 및 연구소 등의 내진설계 및 자연재해 대응, 방재관련 기술개발을 위하여 국내·외적으로 빈번하게 발생하는 지진, 진동에 대한 연구 활동을 지원하고, 기술적 지원체계를 마련하여 관련 연구를 활성화하기 위한 목적으로 설립
- 센터비전은 사회기반시설에 대한 구조설계 기술 향상, 동하중에 대한 주요 구조물의 안전성 확보, 구조기술 분야 차세대 우수 연구자 양성, 새로운 구조시스템 및 신기술 개발 촉진
- 센터의 주요기능은 진동 분야 국제공인시험기관(KOLAS), 원자력 발전소, 장대교량, 초고층 건물, LNG저장탱크 등의 내진 안전성 검토 기술개발, 교량구조물의 실시간 내진실험, 초고층 건축물의 실시간 내진실험, 지반액상화 실시간 내진실험, 지반구조물 상호작용 실시간 내진실험, 유체·지반·구조물 상호작용 실시간 내진실험, 원전기기 및 위험산업기기의 내진성능 검증실험, 조선, 기계, 전기, 전자, 철도부품 진동내구성 실험, 자연재해 저감기술 개발을 위한 내진성능 실험



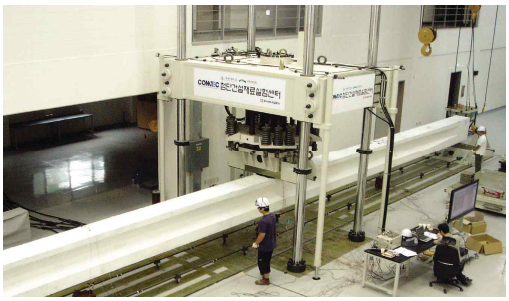
[그림 2-42] 첨단건설재료실험센터 내부전경

(2) 첨단건설재료실험센터 (계명대학교)

- 계명대학교의 첨단건설재료실험센터는 국토해양부가 지원하는 분산공유형 건설연구 인프라 구축사업의 일환으로 설립된 전국 6개 대형 실험시설 중 하나로 2009년 설립되었으며, 국제공인인증기관(KOLAS)으로 선정되어 있어 ISO/IEC 17025의 요건에 따라 엄격하고 정확한 실험을 수행하여 측정 DATA의 신뢰성과 정밀도가 높음
- 주요장비는 시험공간 3x5x24m의 5MN대형구조시험기, -125℃~315℃의 온도환경에서 인장

및 피로시험이 가능한 500kN피로시험기, 항온항습실(-50℃~80℃), 동결융해 및 중성화 촉진 시험기, 구조실험동 장비 등의 건설재료 및 구조의 내구성과 성능을 실험할 수 있는 35종의 실험장비를 구축함

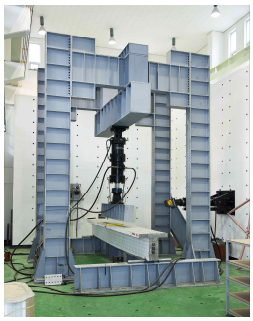




첨단건설재료실험센터 전경



5MN대형구조시험기



구조실험동



500kN 피로시험기



5MN UTM

[그림 2-43] 첨단건설재료실험센터 실험장비

2. 국외 연구개발 인프라

ICT기반의 건축물 실시간 유지관리를 위한 국외의 연구개발 인프라로서는 미국, 캐나다, 일본, 유럽의 연구기관이 있음.



[그림 2-44] 조사 연구센터 현황

(1) National Institute of Standards and Technology (미국)

- 산업현장에서 절대적으로 필요로 하는 각종 기술과 측정 분야에 국가 기준이 되는 표준을 선정하고 개발, 적용을 목적으로 1901년 미국 의회에 의해 설립되었으며 현재 미국상무부(United States Department of Commerce) 기술관리국 산하의 연구소
- 메릴랜드주(州) 게이더스버그(Gaithersburg)와 콜로라도주(州) 볼더(Boulder) 두 곳에 있으며, 중소 산업체에 대한 생산 확장을 돕기 위해 미국 각 지역에 지역센터(local center)를 두고 있음
- 연구분야는 건설 교통, 환경, 전기통신, 소재등 산업 전반에 걸친 다양한 연구를 수행하고 있으며, 본 ERC 연구와 관련된 분야로써는 Building and Fire Research 그룹내 Disaster and Failure 연구분야가 있음
- Disaster and Failure 연구의 주된 목적은 건물 교량 및 인공구조물이 지진, 바람등과 같은 다양한 외부조건하에서도 안전하게 유지하기 위한 기술을 개발하며, 건물, 사회기반시설에 대한 안전성 평가, 재난에 대한 응급 대피와 관련한 프로그램 운용에 대한 전문화된 연구를 통해 재난에 따른 인명 및 경제적 손실을 최소화하기 위한 연구가 수행되고 있음
- NIST 는 연방의회에 의해 지정된 지진방재관련한 NEHPR (National Earthquake Hazards Reduction Program)의 대표 기관으로 최고수준의 지진관련 연구를 수행하고 있음. 주된 프로젝트로는 성능기반 설계(PBSD) 표준, 신규건물에 대한 성능기반 내진공법(PBSE)등이 있음.
- 또한, 풍 방재관련한 NWIRP(National Windstorm Impact Reduction Program)의 주요연구기관으로 극한강풍, 허리케인, 터네이도에 대해서 저항할수 있는 성능기반 내풍설계기준 정립을 위한 연구를 수행하고 있음

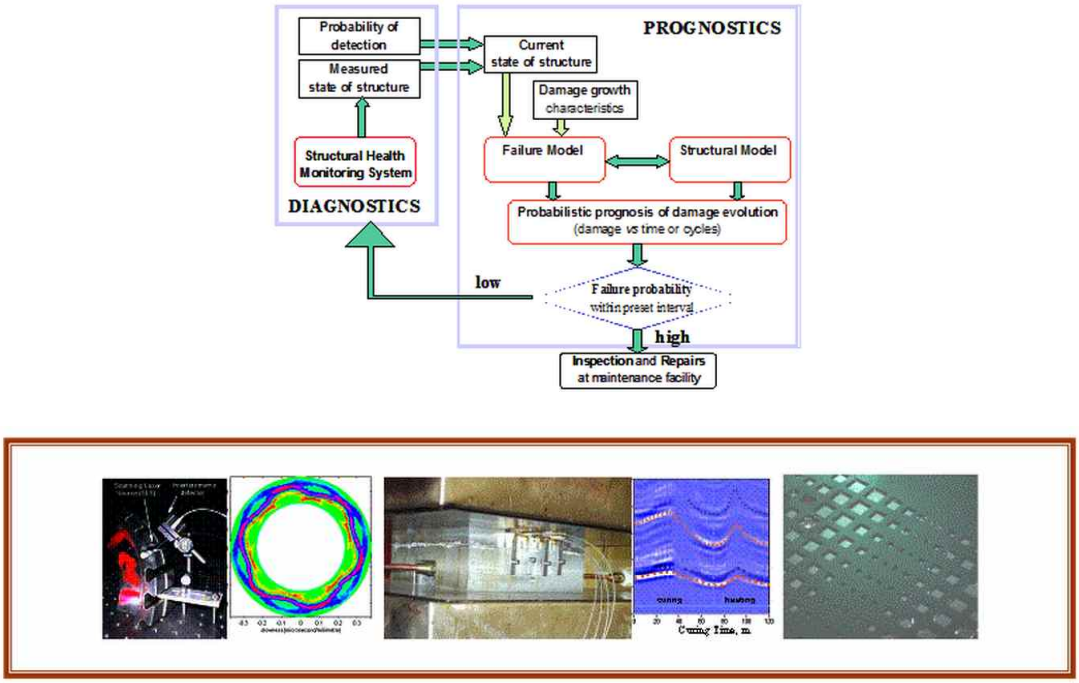


[그림 2-45] NIST 전경 (www.nist.gov) 및 연구분야

(2) Center for quality engineering and failure prevention (노스웨스턴 대학, 미국)

- 노스웨스턴 대학에 위치하며 구조물의 건전성 및 내구성 평가에 초점
- 구조공학, 재료공학, 센서기술, 컴퓨터공학 및 신뢰성공학등을 아우르는 다학제적 융합연구 진행
- 광섬유 센서, 압전센서, 초음파 검사기기등 다양한 계측장비를 활용

- 센서로부터 얻은 데이터를 구조해석과 손상평가에 접목시키는 기술
- 구조물의 남아있는 사용연한을 확률론적 접근 방법으로 예측하는 기술



[그림 2-46] 노스웨스턴 대학 연구분야

(3) MCEER (Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, (뉴욕주립대, 미국)

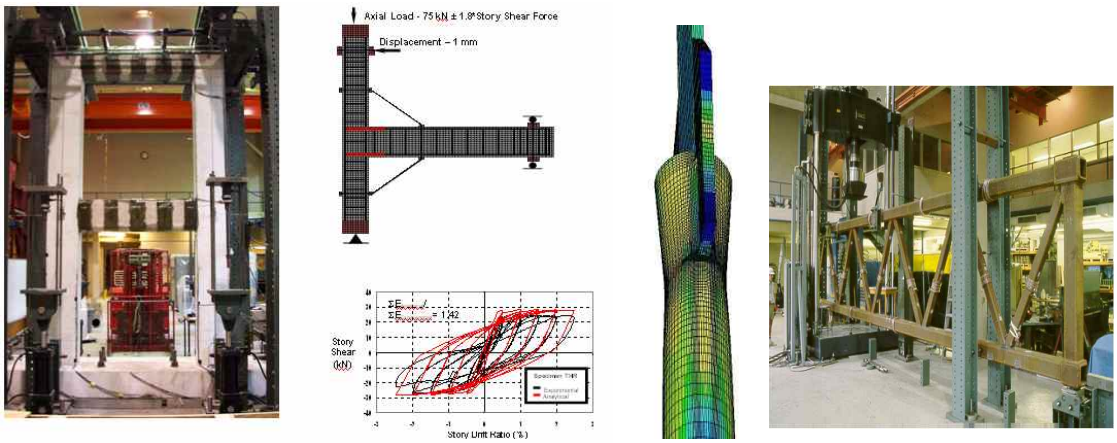
- 뉴욕 주립대학에 위치하며, 지진센터로 설립되었으나 현재는 지진등 극한하중에 의한 구조물의 레질리언스에 대한 다학제적인 연구에 초점
- 지속가능하고 복구가능한 건축물 구현하기 위한 이론적, 전산적 그리고, 실험적 연구 진행
- 재난발생 후 복구 시나리오에 대하여 정량적인 데이터를 이용한 의사결정 툴 개발연구 진행
- 구조물의 모니터링 및 안전성 확보를 위한 차세대 기술인 디지털 시그널 처리기술, 센서기술 및 데이터 취득 기술, 데이터 처리기술 등을 접목한 융합연구 진행



[그림 2-47] 뉴욕주립대 연구분야

(4) Research Center in Seismic Resilience of Infrastructure (캐나다)

- Canada Research Center in Seismic Resilience of Infrastructure는 국가 기간 시설물의 동적응답 향상과 지진 피해 감소를 달성할 수 있는 고성능 구조시스템 개발을 목표로 설립되었음
- 주요 연구 분야는 셀프센터링 구조시스템 개발, 우수한 내진성능을 발휘할 수 있는 캐스팅 강구조 시스템 개발, 초고층 건축물 내풍 내진용 제진시스템 개발, 면진/제진 구조 시스템 개발과 설계 방법론 개발, 동력학 기반의 헬쓰 모니터링 구조 시스템 개발
- 센터는 실험기기를 무인 원격조정할 수 있는 설비를 갖추고 있는 캐나다 토론토 대학교의 대형 구조실험실을 활용하여 다양한 고성능 내진/내풍 시스템을 실험적으로 검증하고, 다양한 고차원 구조해석 프로그램을 이용하여 이를 해석적으로 검증할 수 있는 능력을 보유하고 있음



[그림 2-48] 캐나다 연구분야

(5) 건축연구소(Building Research Institute, 일본)

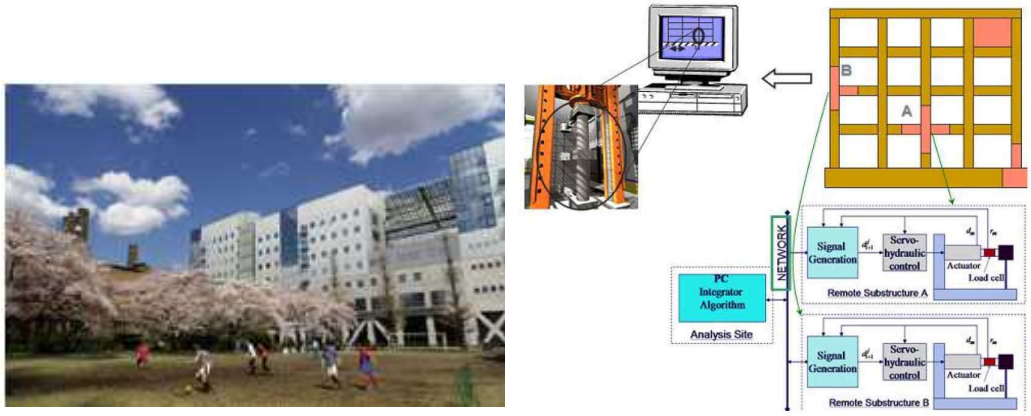
- 건축연구소에서는 건축구조, 환경연구, 재료 및 방화 등의 연구그룹 센터에서 사회적 니즈를 파악하여 중장기 목표로 설정하고 각 그룹을 중심으로 집중적으로 실시하고 있음
- 건축구조 그룹에서는 지진이나 바람에 의한 건축물 안정성 확보 방안 마련을 목표로 새로운 설계수법 개발 또는 개보수기술, 비구조 부재의 안전성 향상을 위해 연구실시
- 방화연구 그룹에서는 화재에 의한 피해를 경감하기 위하여 화재현상의 조사 분석 재료 구조 설비 등의 내화성능 평가방법, 새로운 방화대책 기술 등의 연구를 실시하고 있음
- 재료연구 그룹에서는 건축물 장수명화, 스토크의 유효이용, 리사이클 등의 계획을 목표로 건축물을 구성하는 재료 부재에 관한 생산기술 평가기술 등의 연구를 실시함
- 2013년 6월부터는 [국제활약 실시계획]에 연구소의 국제적 활용방침을 정리하고 연구과제에 대해도 기술지도, 강연회, 심포지엄, 출판 등의 형태로 진행하고 있음



[그림 2-49] 일본 건축연구소 전경 및 연구분야

(6) Institute of Industrial Science, The University of Japan, Japan

- 동경대학 생산기술연구소는 동경의 미나토구에 위치
- 주요연구분야는 건물의 강도 및 변형능력에 근거한 건축물의 성능 평가 및 신소재를 활용한 보수보강 성능을 재료·구조 성능실험을 수행하여 기존 보강재와 보강성능 비교 및 방대한 데이터 베이스 구축
- 구조시스템의 지진거동을 효율적, 실제적으로 평가하기 위하여 수치해석과 구조실험을 연동하여 수행하는 것으로 최근 국제적으로 활발하게 진행중
- 다양한 풍환경 조건에서 계측된 구조물의 응답 특성과 해석적기법, 풍동실험에 의하여 구해진 풍응답을 비교함으로써 자연상태에서의 하중특성을 파악하기 위한 대형 프로젝트인 초고층 구조물에 작용하는 풍응답을 계측하기 위한 모니터링 시스템 구축, 시간-진동수 동시해석과 같은 혁신적인 해석 툴 개발, 하중의 크기에 따른 현장 동적특성파악 기법 개발
- 철근콘크리트 건축물에 있어 FRP보강근의 적용에 따른 내하성능 비교 및 내구성 증대효과에 대한 실험적 해석적 평가 시스템 개발
- 하이브리드 센서 시스템의 계측 데이터를 활용한 건축물 시스템 식별기법(System Identification,SI)으로 건축구조물 해석모델의 정확성 향상(Lennart Ljung, Perspectives on System Identification)
- 손상감지, 안전성평가, 사용성평가, 부하평가 등 다차원적인 건축구조물의 성능평가 수행(ERALLO Tec, Littleton, USA)
- 세분화된 연구분야(Division)에는 소재, 에너지, 화재, 지진(NEHRP), 바람(NWIRP)과 관련된 독립된 연구 프로그램이 있음



[그림 2-50] 동경대학 건축연구소 전경 및 연구분야

(7) 첨단계측 및 건축재료 연구센터(델프트 공대, 네델란드)

- 네덜란드 델프트공과대학에 위치하며 주로 첨단계측 및 건축재료에 관한 연구를 수행 하고 있음
- 재료연구 그룹에서는 건축물 장수명화, 스토크의 유효이용, 리사이클 등의 계획을 목표로 건축물을 구성하는 재료 부재에 관한 생산기술 평가기술 등의 연구를 실시함
- 첨단계측연구에서는 기존 아날로그식 센서에 비해 센싱소자와 신호처리를 결합하여 데이터 처리, 자동보정, 의사결정 기능을 수행할 수 있는 스마트센서의 연구개발 확대
- 멀티 센서 데이터 융합기술: 스마트 센서 뿐만 아니라 디지털, 아날로그식 센서 등 다양한 센서로부터 데이터를 수집하고 결합하는 기술에 대한 연구
- 무선전파로 계측진단 가능한 Wireless monitoring system을 기반으로 무선전원 공급가능한 고유ID 정보관리를 통한 건축물 경시변화를 센싱 기술
- 하이브리드 시뮬레이션을 이용한 재료실험을 활용하면 복수의 부분구조 실험체와 수치해석을 네트워크를 통해 유기적으로 연계하여 실제 규모에 대한 실험결과를 효율적으로 얻을 수 있음



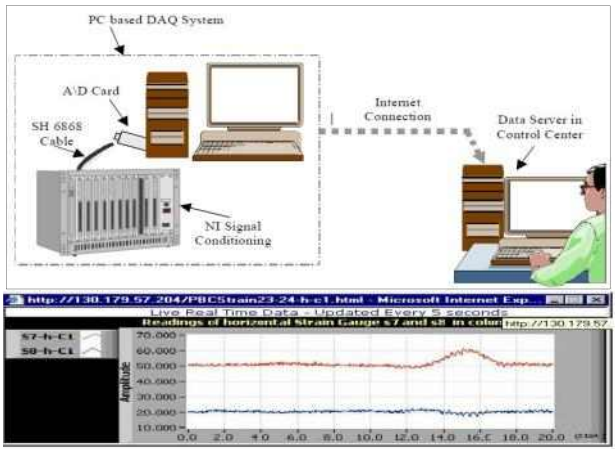
[그림 2-51] 델프트 공대 건축연구소 전경 및 연구분야

(8) Intelligent Sensing for Innovative Structures(ISIS), CANADA

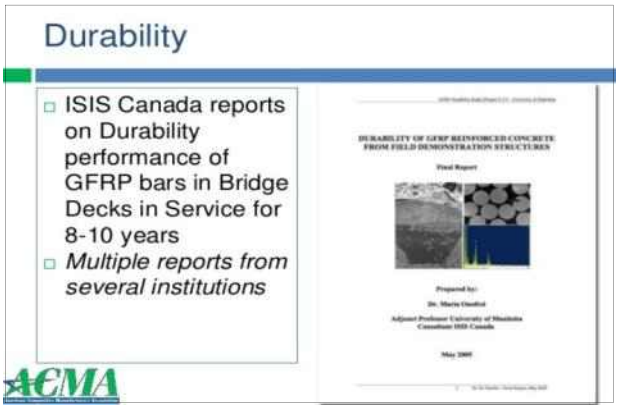
- ISIS는 콘크리트 구조물에서 철근 보강재의 내력 저하 현상을 해결하기 위해 섬유강화폴리머(FRP)의 사용을 연구하고 개발하기 위해 1995년에 토목, 기계, 재료, 항공 우주 및 전기공학을 전문 육성하는 캐나다 대학의 네트워크로 설립된 센터이며 구성원은 엔지니어, 제조업체 및 연구소로 구성되어 있음
- 주요 연구분야는 고속도로 교량 설계 기준 관련하여 교량과 구조체의 FRP보강 기준을 제시하고 그에 따른 검증 실험 및 연구
- 콘크리트 구조물에서 FRP의 거동을 분석하기 위하여 광섬유센서(FOS)기술을 적용하여 원격으로 구조를 모니터링 할 수 있는 시스템 개발
- ISIS의 광섬유센서(FOS)기술은 국제 규준을 제시하는데 선도적인 역할 수행
- 콘크리트 구조물 내구성 관련 연구 및 보수 보강 기준 발표
- Structures Health Monitoring(SHM) 관련 교육 및 지침 제시



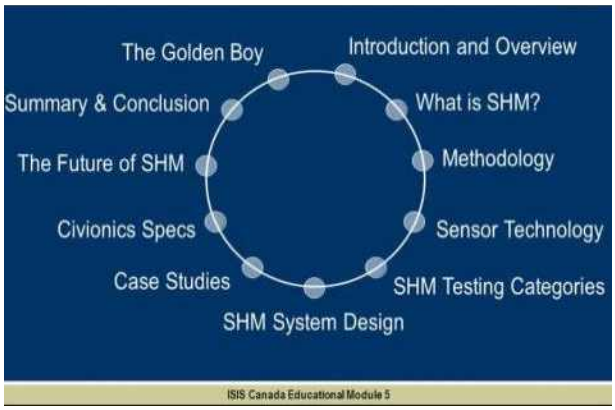
ISIS 고속도로 모니터링 시스템



데이터취득 및 원격통신 다이어그램



내구성 관련 보고서 발표



SHM 관련 교육 활동

[그림 2-52] Intelligent Sensing for Innovative Structures(ISIS) 연구 분야

제 7 절 종합분석

1. ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 분야 내·외부환경 종합분석

본 기획연구에서는 ICT 융합기술 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 핵심기술개발을 위한 전략방향을 도출하기 위하여 정책/시장/기술/특허 분야의 동향분석을 수행하였으며, 분석결과에 기반한 주요 시사점을 내·외부 환경으로 나누어 제시하였음

○ 외부환경 분석

- 경제의 급성장과 주택보급 확대정책 시행으로 단기간에 많은 건축물이 건설되었으나 유지관리가 체계적으로 이루어지지 않아 **노후화가 심각하게 진행된 건축물이 많음**
- 시설물의 **안전사고 발생률이 지속적으로 증가**하고 있으며, 안전사고 발생 후 관**련 규제의 땜질식 제도강화가 이루어져 효과가 불분명함**
- 건축물 안전진단 및 유지관리 업체의 증가추세로 볼 때, 관련분야 **시장규모는 지속적으로 증가할 전망**
- 국내 안전진단 및 유지관리시장은 규모가 큰 반면 대기업보다 **중소기업 위주의 기술개발로 인해 기술력이 영세**하고 **전문인력이 부족**한 실정
- 미래사회 8대 메가트렌드에 적극 대응하기 위해 **정부주도의 ICT 융합관련 R&D 사업이 추진**되고 있으나 **실질적 계획 및 전략이 부족**함
- 대규모 건축물을 중심으로 한 구조물 건전도 모니터링, 실시간 모니터링 관련 사례가 증가하고 있는 실정이나, **관련법 및 정책의 뒷받침이 필수적으로 요구**됨

○ 내부환경 분석

- **국내 IT 인프라 및 통신기술은 세계적 수준**이나, 기술 및 특허분석 결과 하드웨어 기술 대비 **소프트웨어 개발 기술력은 부족한 수준**
- 특허분석 결과 **센서를 활용한 계측값 평가분야는 세계적 수준으로 지속적인 연구개발을 통해 관련시장을 선도**할 수 있으며, **센서 및 센싱시스템의 경우는 기술융합 및 활용이 필요한 분야**로 분석됨
- 건축물 안전진단을 위한 **센서 및 비파괴 장비의 기술력이 미흡**하여, 기술선진국을 통해 장비와 기술력을 수입하고 있는 실정
- 구조물 계측시스템의 경우 주로 데이터 취득이 가속도데이터로 이루어져 있으나 **가속도 데이터는 광역정보로 분류되어 국부손상 추정에 민감도가 높지 않음**. 따라서 **다중센서를 활용한 계측시스템 구축**이 요구됨
- 기존 재료기반의 비파괴검사의 경우 구조체가 아닌 **재료기반의 연구개발이 지속**되어, **건축물의 국부적 손상을 평가하기 위해서는 부재기반의 비파괴검사법 개발**이 요구됨
- 건축물 유지관리를 위한 장수명화 기술수준은 매우 높은 편이나, 중소기업 위주의 기술개발로 인해 **유지관리 통합시스템의 부재 및 기술 표준화가 부족**한 실정
- 국내에서는 BIM을 활용한 건축물의 시공 및 설계를 수행한 프로젝트 경험과 이와 관련된 기업 및 전문기술 인력이 있음. 그러나 BIM기반 유지관리 연구분야는 연구결과가 실무자가 사용하기 어려워 활용도가 떨어지는 문제점이 있어 국내 기술수준이 실

험적 도입수준에 머물러 있는 실정. 따라서 **유지관리분야에 BIM을 적용**하기 위해서는 **안전진단기술과 연동이 가능한 통합시스템 개발이 요구**되며, **사용자 친화형 인터페이스(User-friendly Interface)를 갖춘 S/W를 개발**함으로써 기존의 **BIM 기술의 단점인 활용도를 적극 향상**시킬 수 있음

- 최근 지능형 융합 R&D 사업의 지원을 확대하고 있으나, **국가주도 R&D 기술개발사업의 사업화 및 실용화 성과가 미흡**하여 문제점으로 지적받고 있음

2. 기 수행된 연구와의 차별성

ICT 융합기술 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 핵심기술개발과 연관된 기존 국가 R&D 현황을 분석하고 주요이슈와 본 기술개발과의 차별성을 제시하였음

- ICT를 활용한 건축물 안전진단 및 유지관리 연구가 일부 연구자들에 의해 이루어지고 있으나, **요소기술 위주의 연구개발이 진행**되고 있어 **통합시스템개발이 필수적**이며 이에대응하는 **시스템의 경제성 및 신뢰성을 개선**함
- 기존의 일방향적인 연구경향으로 인해 **수요자의 니즈 인식 및 기술분야 간의 연계성이 부족하여 기술개발의 실효성 및 적용성이 떨어짐**. 따라서 이를 극복하기 위한 **실 건축물 대상 테스트베드를 통해 실증 및 검증을 수행**하고, **ICT-건축물 융합 사업모델 프로세스를 개발**함
- 첨단 계측시스템을 이용하는 **시공 중 구조반응 모니터링 기술은 활발히 적용**되고 있으나, 현재까지의 기술은 **자동 모니터링 수준**에 머무르고 있음. 따라서 실시간으로 구조상태를 평가하고 **계측치를 활용한 건축물 공간정보를 구축 및 유지관리 시스템을 개발**함
- **국가 주도의 R&D 사업의 경우, 연구개발성과에 비해 사업화 및 실용화 성과가 부족**함. 따라서 핵심기술의 표준화와 실용화를 위한 **제도 및 정책을 개발**하고 **인력수요를 대응하기 위한 교육프로그램 및 자격제도를 개발**함

3. SWOT 분석

ICT 융합기술 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 분야 관련 **내·외부환경 분석과 기수행 국가 R&D 현황 분석에 기반**하여 도출된 **강점과 약점, 기회와 위협요인을 매트릭스를 통해 대응하는 전략방향을 도출**하였음. **외부환경요인**에 해당하는 기회(Opportunity, 이하 O)와 위협(Threat, 이하 T)은 **법·제도·정책/시장 특성·전망으로 나누어 제시**하였으며, **내부환경요인**에 해당하는 강점(Strength, 이하 S)와 약점(Weakness, 이하 W)는 **국내 기술개발수준**에 대한 분석결과를 제시하였음. **최종적으로 기회, 위협, 강점, 약점의 조합에 따른 4개 전략**을 그림 [2-52]에 **제시**하였음



		Opportunity	Threat
		법·제도·정책 ◆ **미래사회 메가트렌드에 적극 대응**하기 위한 정부의 ICT 융합관련 R&D 사업 적극 추진 ◆ **국가 과학기술 5대 전략** "ICT 융합 신산업창출"과 "걱정없는 안전사회 구축"과 부합 **시장 특성·전망** ◆ 건축물 노후화로 인한 **안전진단 및 유지관리시장의 성장이 장기간 지속될 전망** ◆ 대규모 건축물을 중심으로 한 **구조물 건전도 모니터링 , 실시간 모니터링 관련 사례 증가**	**법·제도·정책** ◆ 건축물 안전 및 유지관리 통합법의 부재 ◆ **높은 정부정책 의존성** ◆ 구조안전(지진 등) 및 사용성(소음, 진동 등)에 대한 규제 강화 **시장 특성·전망** ◆ 규모가 큰 시장에 비해 **기술력이 영세** ◆ **시장 선도형, 기술 혁신형 기업(민간)이 부족** ◆ **전문기술 인력** 및 산업정책을 위한 **기업 발전 인프라** 취약
Strength	**기술개발 수준** ◆ IT 인프라 및 통신기술은 세계적 수준 ◆ 센서활용 계측값평가 특허실적 다수보유 ◆ BIM 활용 **건축물 시공·설계 도입 실적** 풍부 ◆ 건축물 장수명화 기술개발 활발 ◆ 국가주도의 **지능형 융합 R&D사업 지원확대**	**SO 전략** ◆ ICT기반 건축물 모니터링 센싱시스템 구축 및 계측값 평가기술 개발 ➜ **건축물의 센싱시스템 적용성과 경제성 개선 및 최적화** ◆ ICT기반 건축물 안전 및 유지관리 핵심기술의 테스트 베드 실증 및 검증 ➜ **실건축물 대상 시스템 적용 및 개선**	**ST 전략** ◆ ICT기반 건축물 안전 및 유지관리를 위한 성능개선 시스템 개발 ➜ **규제강화에 대응하기 위한 재료-안전-사용성능개선 기술확보** ◆ ICT기반 건축물 안전 및 유지관리 관련 제도개선 및 관련법(통합법) 제정 ➜ **국민안전확보 및 안전수요대응**
Weakness	**기술개발 수준** ◆ IT 분야의 하드웨어 기술 대비 **소프트웨어 기술력 부족** ◆ 센시 및 비파괴 장비의 기술력 미흡 ◆ 중소기업 위주의 기술개발 **(통합시스템 및 표준화 부족)** ◆ 센서의 경제성으로 인한 **실용화 한계** ◆ 국가 주도 **R&D사업의 사업화, 실용화 성과미흡**	**WO 전략** ◆ ICT기반 건축물 DB구축을 위한 BIM유지관리 통합시스템 개발 ➜ **설계-시공-유지관리 통합시스템 구축** ◆ ICT기반 비파괴 검사법을 활용한 건축물의 상태평가 기술개발 ➜ **기술저변확대 및 기술신뢰도 향상**	**WT 전략** ◆ ICT기반 건축물 안전진단 및 유지관리 사업모델 프로세스 개발 및 핵심기술 표준화 ➜ **기술 제품화 및 사업화 성과확대** ◆ ICT기반 건축물 안전 및 유지관리 분야 전문인력 확보를 위한 교육프로그램 및 자격제도 개발 ➜ **건축-ICT융합 전문기술인력 확보**

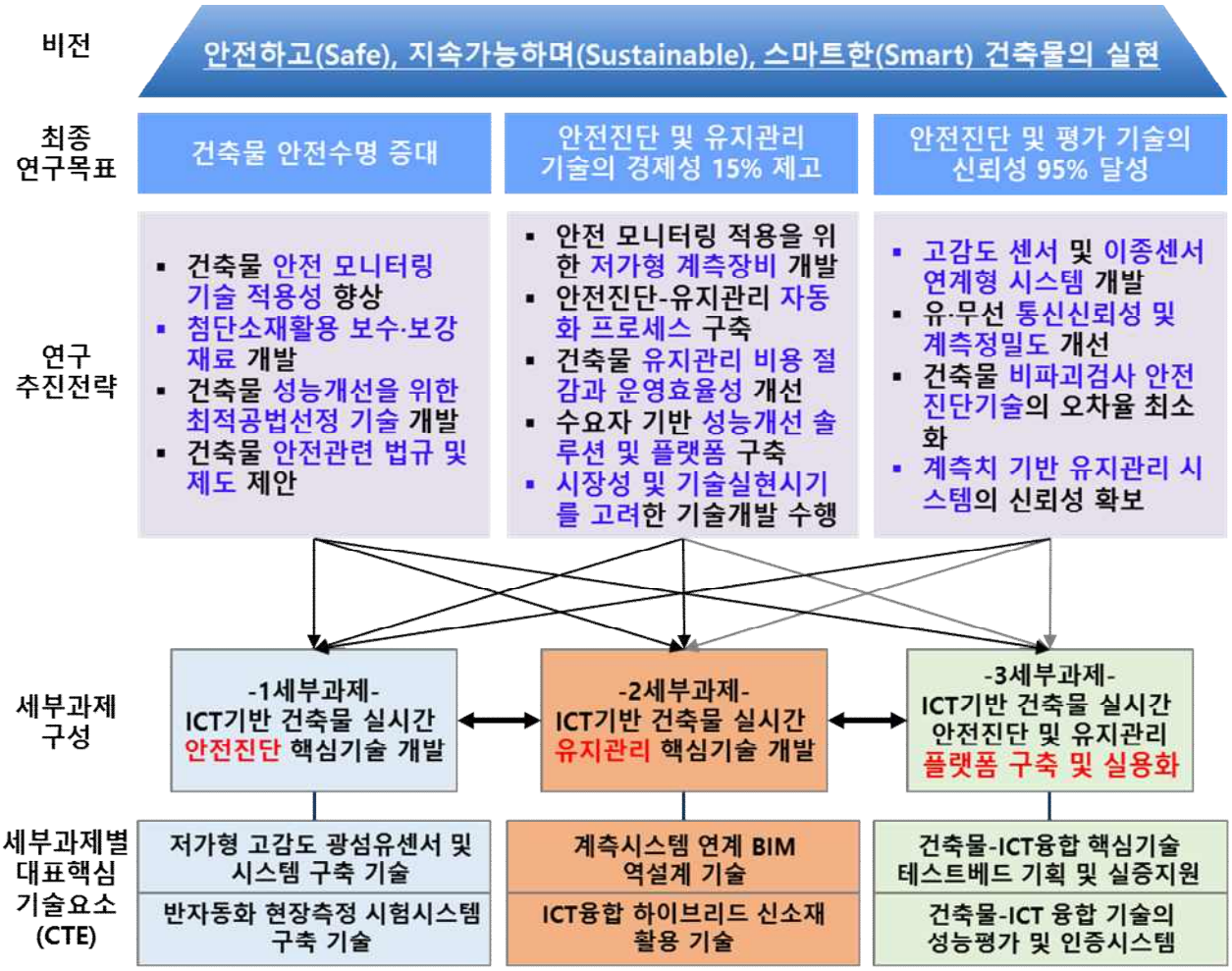
[그림 2-52] SWOT 분석을 통한 전략도출

제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

제 1 절 비전 및 목표

1. 비전 및 목표

본 연구의 비전은 “**안전하고(Safe), 지속가능하며(Sustainable), 스마트한(Smart) 건축물의 실현**”으로 설정하고, **건축물에 대한 개인 및 국가의 안전수요(노후화, 자연적·사회적 재해)를 체계적·실효적으로 확보**하기 위해 **전통적 건축공학 기술에 정보기술(IT)과 통신기술(CT)을 융합하는 ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술을 개발하고 실용화를 이루는 것을 목표로 함**



[그림 3-1] 비전/목표의 추진전략 및 세부과제구성

본 연구의 비전달성을 위한 정성적/정량적 목표로 **건축물 안전수명 증대, 안전진단 및 유지관리 기술체계의 자동화를 통한 경제성 15% 제고, 그리고 안전진단 및 평가 기술의 신뢰성 95% 달성**으로 설정하여, 3가지 목표별 연구추진전략을 동향분석, SWOT 분석, 기획타당성 검토, 공청회 등 기술수요조사에 근거하여 수립하였음

○ 건축물 **안전수명 증대를 위한 추진전략**

- 건축물 안전 모니터링의 **적용확대를 위한 계측 및 데이터 취득 시스템 향상**
- ICT융합 **첨단소재를 활용한 보수·보강재료 및 공법 개발**
- 건축물 **성능개선을 위한 최적공법선정 기술 개발**
- 건축물의 안전관련 요소기술의 확대적용을 위한 **관련 법규 및 제도 제안**

○ 실시간 안전진단 및 유지관리 기술체계의 자동화를 통한 **경제성 15% 제고를 위한 추진전략**

- 건축물 **안전 모니터링 시스템 설치비용 저감을 위한 고성능 저가형 계측장비 개발**
- 건축물 안전진단 및 유지관리의 **자동화 프로세스 구축**
- 건축물 **유지관리 비용 절감과 운영효율성 개선**
- 수요자 기반 **성능개선 솔루션 및 플랫폼 구축**
- **시장성 및 기술실현시기를 고려**한 기술개발 수행

○ **첨단 ICT 기반 실시간 안전진단 및 평가기술의 신뢰성 95% 달성을 위한 추진전략**

- **고감도 센서 및 이종센서 연계형 시스템 개발을 통한 계측 신뢰성 향상**
- 안전진단에 **유·무선 통신기술 적용**을 위한 **계측신뢰성 및 정밀도 개선**
- 건축물 **비파괴검사 안전진단기술의 오차율 최소화**
- **계측치 기반 유지관리 시스템**의 신뢰성 확보

연구추진전략에 따른 **세부연구과제를 1) ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 핵심기술 개발 2) ICT 기반 건축물 실시간 유지관리 핵심기술 개발 3) ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 플랫폼 구축 및 실용화**로 설정하였음

가. 단계별 목표 및 기술실현 시기

ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술의 실용화, 민간건축물로의 상용화 확대, 그리고 국제적 수준의 기술력 확보는 단기간에 달성할 수 있는 목표가 아니므로 **중장기적인 접근이 필요**함. 따라서 본 기획연구에서는 **기술실현시기를 고려하여 3단계의 장기적 목표를 설정**함

1) **1단계 (과제 수행 종료시점)** : 실시간 안전진단 및 유지관리 **기술 실용화 및 사업화**

- 유지관리 절차의 자동화 시스템 구축 및 실용화에 대한 실증을 토대로 유지관리 자동화를 통한 사회적/경제적 타당성 확보
- 지진가속도계측기 설치계획 대상이 되는 건물과 관리주체가 분명한 **건축물 중 1종, 2종 시설물, 재난위험시설물로서 성능개선후 사용하는 건축물** 대상

2) **2단계 (과제 종료후 5년)** : 실시간 안전진단 및 유지관리 **기술 활성화**

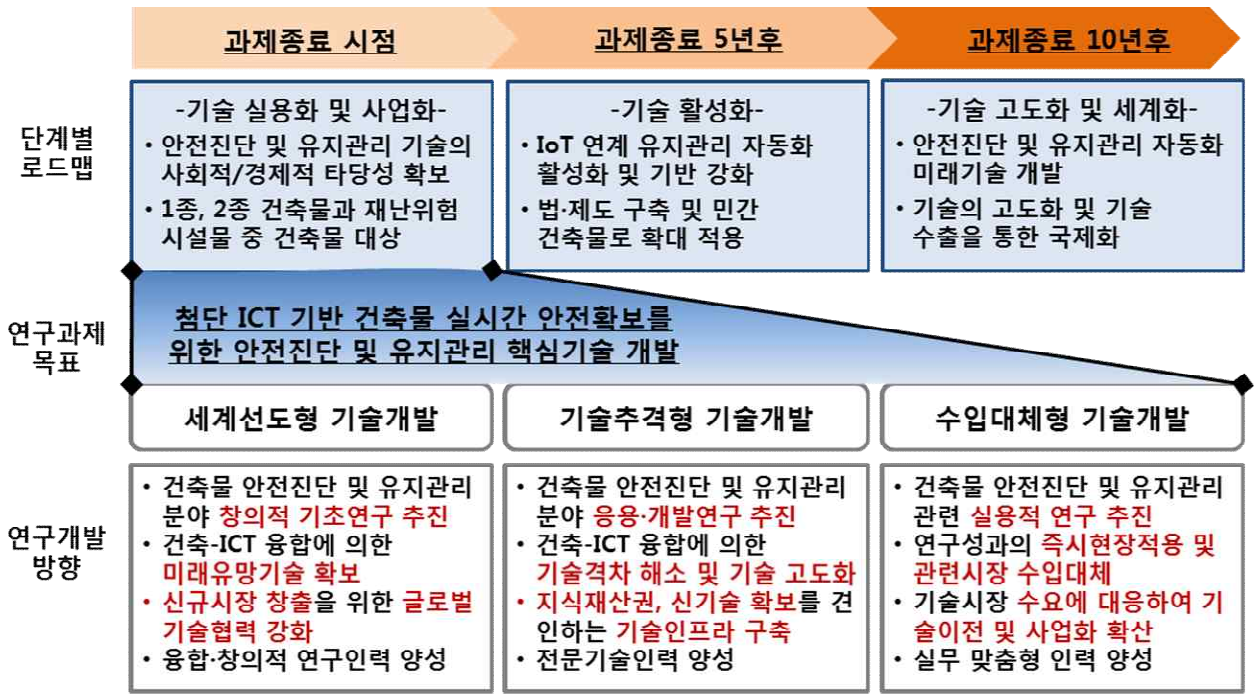
- 대상 건물확대 및 지원시스템 육성으로서, IoT와 연계한 유지관리 자동화의 활성화 및 기반 강화
- 법과 제도를 구축하여 민간 건축물로 확대 적용. 이를 통하여 지속적으로 관리주체가 명확한 건축물을 대상으로 확대 적용
- 건축물 리모델링 골든타임이 향후 10년내 도래 전망(전체 건축물 중 시공후 15년~30년 경과한 노후된 건축물이 70% 육박(사회적 실현 시기)

3) **3단계 (과제 종료후 10년)** : 안전진단 및 유지관리 **기술 고도화/세계화**

- 유지관리 자동화 미래기술 개발을 통한 기술의 고도화 및 기술 수출을 통한 국제화
- 국내 신축 건축시장의 포화로 기술 국제화 및 선점과 국제 시장창조 골든타임 도래(사회적 실현 시기)

나. 1단계 연구목표: 첨단 ICT기반 건축물 실시간 안전확보를 위한 안전진단 및 유지관리 핵심기술개발

본 연구에서는 **국·내외 기술동향분석과 기술수준분석 결과에 근거**하여 1단계 추진 세세부 과제를 **세계선도형, 기술추격형, 수입대체형 기술개발로 분류하여 설정**하였으며, 기술개발분류에 따른 연구개발방향을 [그림 3-2]에 제시하였음. **세계선도형 기술개발**은 건축과 ICT의 융합을 통한 **미래유망기술을 확보**하고, **기술추격형 기술개발**은 건축과 ICT의 융합을 통해 **선진국과의 기술격차 해소 및 기술고도화**를 이루고, **수입대체형 기술개발**은 **기술시장 수요에 대응하여 기술이전 및 사업화를 확산**함



[그림 3-2] 단계별 로드맵과 연구개발목표 및 방향

다. 정성적/정량적 목표 설정근거

1) 정성적 목표

- 건축물 **안전수명 증대**
  - 국토교통부에서는 2005년 이후 **건축물의 장수명화를 핵심 주요 건축정책으로 제시**하였고, 이를 뒷받침하기 위하여 설계, 설비, 시공 측면에서 연구개발이 수행됨(국토교통과학기술진흥원, 장수명 공동주택 연구단, 2005~2010). 한편, 100년 이상의(현행 건축수명 50년 대비) 장수명 건축물 실현을 위해서는 **건축물 전 생애주기 동안 과학적이고 건물에 맞는 맞춤형 유지관리가 필수적으로 요구**되나 기존 연구에서는 전통적 유지관리에 초점을 두고 기술을 개발함

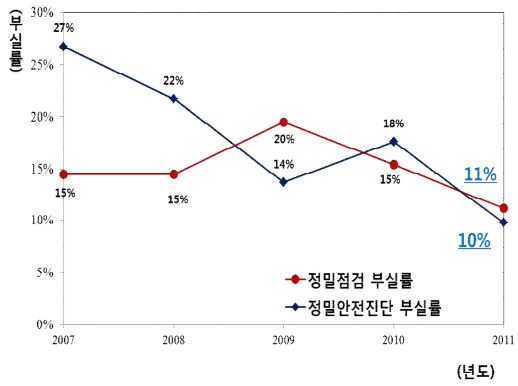
- 본 연구에서는 ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 최신 기술개발과 검증을 통하여, **국토교통부의 정책목표에 부합**하고(구조안정성향상기술연구단, 2015) **건축물 안전수명(공학적 정의 기반)을 증대하는 것을 목표**로 함
- **'건축물 안전수명 장수명화' 목표 실현을 위해 모니터링기술 향상, 보강재 개발, 최적공법선정, 법규 및 제도 도입 등과 같은 전략을 수립** 후, 이를 반영하여 **총 11개의 세세부 과제에서 목표기술수준을 설정함** ([1-2세세부]는 모니터링 오차율 5%이하, [1-4세세부]는 사물인터넷기반 모니터링 시스템 개발, [1-5세세부]는 현행 국내외 비파괴검사 기법 대비 30%이상 진단오차율 감소, [2-3세세부]는 건축용 웨어러블 센서 개발, [2-4세세부]는 신소재 활용 구조성능 15% 증대, [2-5세세부]는 모듈화된 고성능 보강재 개발, [2-6세세부]는 최적공법선정으로 구조성능 15% 개선(현재 대비), [3-1세세부]는 개발 기술 실증, [3-2세세부]는 플랫폼 개발, [3-3세세부]는 안전진단 및 유지관리 법규(안) 제시, [3-4세세부]는 성능평가 기준 및 인증제도(안) 제시)

2) 정량적 목표

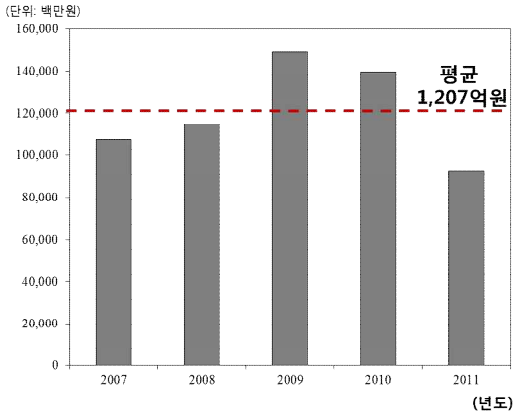
• 실시간 안전진단 및 유지관리 기술체계의 자동화를 통한 **경제성 15% 제고**

- 건축물에 대한 현행 안전진단 및 유지관리 체계는 **평가 및 진단기준이 주관적이고 개별 기술자의 역량에 크게 의존**하므로 정밀점검과 정밀안전진단의 **부실율이 15%~20% 내외로 매우 높은 실정**(하명호, 2013)
- 시설물의 안전관리에 관한 특별법(2015)에서 제시하는 안전진단 주기(건축물의 경우 4년(정밀점검), 6년(정밀안전진단))에 따라서 **매년 800억원의 비용을 투입**하지만, 정밀점검 및 정밀안전진단의 부실함으로 인하여 **최적 유지관리 및 보수보강 시기와 공법을 놓침에 따라 매해 1,200억의 보수보강 비용이 발생**하여 이를 건물안전수명(30년)으로 **누적 환산시 3.6조원에 육박**함(하명호, 2013)
- 본 연구에서는 부실 정밀점검 및 정밀안전진단의 핵심원인인 기술자의 역량 부족과 진단업무에 주관성을 극복하기 위하여 **ICT 융합기술을 활용한 계측데이터 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 요소기술 개발**과 **자동화 프로세스 구축**을 통하여, **부실률을 5% 내외로 최소시킬 경우, 최소 15%의 안전진단 및 유지관리 비용(안전진단 비용, 설계비용, 보수보강 비용 포함)을 절감**하여 경제성을 개선하는 것을 목표로 함
- 주요 연구목표성과인 저가형 계측장비 개발, 이종센서 동시 연계형 계측 시스템 개발 등을 통해 **장비수입비용 및 초기 계측장비 구입비용 등을 절감**할 수 있으며, 응력파기반의 반자동화 현장측정 시험시스템 구축**으로 운영관리 비용을 절감**할 수 있을 것으로 기대됨. **i) 초기 장비비용 절감효과와 ii) 자동화된 운영관리와 신뢰성향상을 통한 관리비용(인건비, 보수보강 비용 등 포함) 절감효과를 고려한다면 최소 15%이상의 경제성 제고 효과를 달성할 것이라 기대**함
- **'경제성 제고 15%' 목표 실현을 위해 저가형 장비 개발, 모니터링평가기술 개선, 유지관리기술 개선, 보강재 개발, 최적공법선정 등과 같은 전략을 수립** 후, 이를 반영하여 **총 9개의 세세부 과제에서 목표기술수준을 설정함** ([1-1세세부]는 저가형 kHz급 장비개발, [1-3세세부]는 이종센서 동시 연계형 시스템 개발, [1-6세세부]는 국내 최초 반자동화 현장측정시험시스템 구축, [2-1세세부]는 센서 계측 정보 관리의 BIM기반 자동화 프로그램 및 시스템 개발, [2-2세세부]는 신뢰도 95% 이상 확보를 통한 인건비 및 유지관리비용 절감, [2-3세세부]는 건축용 웨어러블 센서 개발, [2-5세

세부]는 모듈화된 고성능 보강재 개발, [2-6세세부]는 최적공법선정으로 경제성 15% 개선(현재대비), [3-2세세부]는 실시간 건축물 안전진단 및 유지관리를 위한 플랫폼 개발)



[그림 3-3] 정밀점검 및 정밀안전진단 부실률 연도별 추이(하명호, 2013)



[그림 3-4] 부실 정밀점검 및 정밀안전진단으로 발생하는 보수·보강 손실비용

- **첨단 ICT 기반의 실시간 안전진단 및 평가 기술의 신뢰성 95% 목표**
  - **계측데이터의 분석을 통한 구조물의 안전평가기술의 신뢰성 95%, 반자동화 현장측정 시험시스템 구축을 통한 데이터 신뢰도 95% 실현**으로 각각 설정함
  - 실시간 분석의 신뢰성(센서레벨의 신뢰성부터 모니터링시스템을 통해 수집된 데이터의 분석능력)과 주기적 비파괴 안전진단기술의 신뢰성 등을 **종합적으로 고려하여 ICT 기반의 실시간 안전진단 및 평가 기술의 목표 신뢰성으로 95%를 설정**함
  - **'실시간 안전진단 및 평가 기술의 신뢰성 95%' 목표 실현을 위해 실시간 계측장비의 성능개선, 비파괴 안전진단장비 개발, 유무선 통신기술 신뢰성 향상, 계측데이터 분석기술 개선 등과 같은 전략을 수립** 후, 이를 반영하여 **총 8개의 세세부 과제에서 목표기술수준을 설정함** ([1-1세세부]는 저가형 kHz급 장비개발, [1-2세세부]는 모니터링 오차율 5%이하, [1-3세세부]는 이종센서 동시 연계형 시스템 개발, [1-4세세부]는 시설물 정기점검 및 정밀안전진단에 활용가능한 사물인터넷기반 모니터링 시스템 구축, [1-5세세부]는 현행 국내외 비파괴검사 기법대비 30%이상 진단오차율 감소, [1-6세세부]는 반자동화 현장측정시험시스템의 신뢰도 95% 실현, [2-2세세부]는 신뢰도 95% 이상 확보를 통한 인건비 및 유지관리비용 절감, [3-1세세부]는 개발 기술 실증)

다. 비전·목표 달성을 위한 세세부과제별 주요 추진방안

본 기획연구에서는 제시한 **3가지 목표(건축물 안전수명 증대, 안전진단 및 유지관리 기술의 신뢰성 95% 달성, 기술체계 자동화를 통한 경제성 15% 재고)를 달성**하기 위해 16개 세세부기술(안전진단 분야(6개), 유지관리 및 성능개선 분야(6개), 플랫폼 구축 및 실용화 분야(4개))을 제안하였음. 세세부기술에 대한 연구개발 내용과 성과물은 3.4절과 3.7절에 제시되어있으며, 그 달성을 위하여 세세부기술별 중점 필요기술과 추진방안을 [표 3-1]에 제시하였음. 이를 통하여 본 기획연구의 목표달성에 현실적으로 추진할 것임

[표 3-1] 비전·목표 달성을 위한 세세부과제별 주요 필요기술 및 추진사항(예시)

성능목표 AS-IS	성능목표 TO-BE	세세부과제 \ 비전	건축물 안전수명 증대	안전진단 및 유지관리 기술의 신뢰성 95% 달성	기술체계 자동화를 통한 경제성 15% 제고
kHz급 계측 (수천만원대)	kHz급 장비개발 (천만원이하)	1.1. 저가형 고감도...		현장제어 프로토콜 작성을 통한 환경변화 대응성 개선	저가 대량 공정을 위한 광섬유·광도파 접속구조 설계
환경요인 오차10%	오차 5% 이하	1.2. 광섬유센서 기반...	푸시오버해석에 의한 건축물 실시간 리스크평가	건축물 특성을 고려한 계측시스템 구축으로 정밀도 향상	
전기저항식 센서 연계형 및 광섬유센서 연계형 개별 시스템	이종센서 동시 연계형 시스템	1.3. 이종 센서 호환형...		고정밀 광센서 및 전기저항식 센서 활용 계측 시스템 신뢰성 개선	기존 고가의 계측시스템을 대체하는 이종센서 계측시스템
유비쿼터스 기반 모니터링 시스템	사물인터넷 기반 모니터링 시스템	1.4. 사물인터넷 기반...	국가재난안전통신망 연동 건축물 붕괴방지 시스템 구축	산업용 표준 무선통신모듈 활용을 통해 계측 시스템 신뢰성 개선	
검사규준부재 건축물진단오차 15%	건축물진단오차 10%이내	1-5. 응력파멀티비파괴 검사법...	부재수준의 비파괴 진단기법 검증을 통하여 건축물 안전성 개선	멀티비파괴검사법을 활용한 진단오차율 감소	
장비 및 시스템 부재 데이터 오차범위 30%	국내최초 데이터 신뢰도 95%	1-6. 실시간 데이터 취득...		현장측정시험 적용성 검증과 목표 신뢰성 달성	통합모니터링 시스템 개발을 통한 현장측정시험 반자동화
센서 기반 유지관리 정보관리 BIM 기술 부재	유지관리비용 50% 절감 운영효율성 50%개선	2-1. 건축물 유지관리를 위한...			건축물 안전점검 및 성능평가 유지관리 비용 절감
환경요인 오차 10% 센서간 상관관계분석을 통한 평가기술 부재	신뢰도 95% 이상 확보	2-2. 계측데이터의 이력...		센서 이력데이터를 활용한 시공중·후 구조안전 상관분석을 통한 성능개선	시공중 시나리오 선정 및 효율적 시공단계관리
건축용 웨어러블 센서부재	재료개발 및 국제특허등록 2건 이상	2.3.나노급 점단기초 소재 기반...	웨어러블 면 센싱을 통한 건축물 안전진단		마감재 표면 복구비용 저감을 위한 신재료적용 마감재 검증
센서-보강재 융합 신소재 상용품 부재	신소재 활용 구조성능 30%증대	2.4.ICT 기반 센서 융합 보강재...	센서융합 소재의 건축물 구조성능 보강 기술 검증		
단순한 부재보강 단계 보강부재 유지관리기술 부재	모듈화 고성능 보강기술개발 보강 후 건물의 ICT 유지관리	2.5.모듈화된 센서 내장형...	센서 내장형 패널 활용 수직부재 보강장치 및 공법 적용성 검증		구조거동 예측모델의 최적화 및 실용화 연구
기술자 역량에 의존 비경제적 공법선정	최적공법선정으로 구조성능 20%개선	2.6.빅데이터 딥러닝 기반...	최적구조 성능개선 기술 검증		최적화 기술 적용 전산 프로세스 제시
통합모니터링 시스템 적용 초기단계	실증	3.1.ICT...테스트베드...	ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술 적용을 위한 매뉴얼	ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 테스트베드 및 실증	
안전진단 및 유지관리 통합 플랫폼 부재	플랫폼 개발	3.2.ICT...플랫폼 구축	ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 통합 솔루션		실수요자를 위한 오픈소스 기반 플랫폼 구축
정부주도하 건설산업 ICT 융합 미흡	ICT기반 건축물 안전 및 유지관리 제도 및 관련법 개선방안	3.3.ICT...관련법 개선방안	건축물 구조안전성 향상을 위한 정책/제도 개선		
국내 성능평가는 건축물 구조안전진단에 편향	성능평가 기준 및 성능평가 및 인증제도(안) 개발	3.4.ICT...인증시스템 개발	ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 인증시스템 구축		

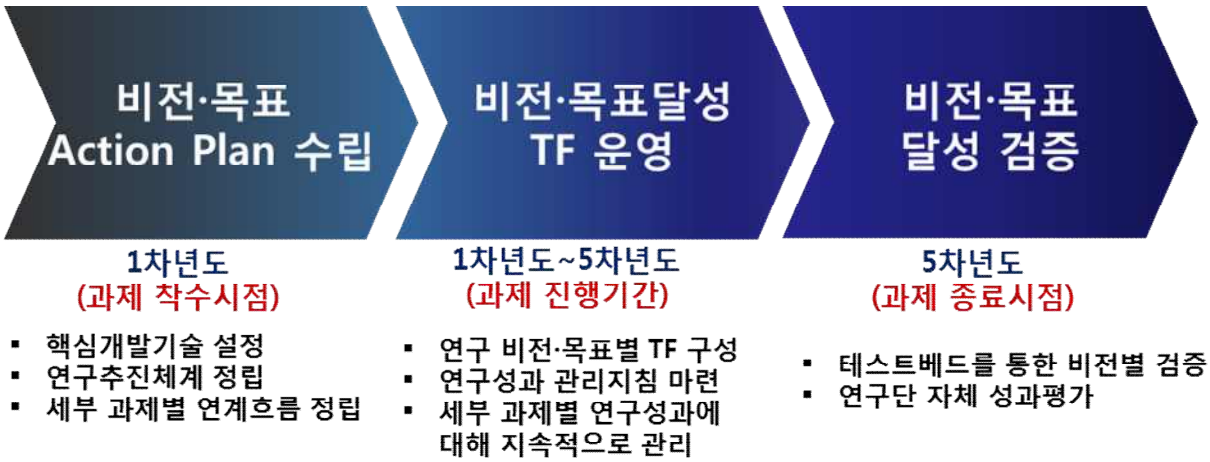
라. 비전·목표 달성을 위한 세세부과제 실행력 강화방안

비전·목표를 달성하기 위해 제시된 세세부 기술별 추진방안의 원활한 수행을 위해서는 [그림 3-4]와 같이 각 **연차별 연구개발 진도에 대한 체계적 관리가 필요**함

- **비전·목표 Action Plan 수립 (1차년도)**
  1차년도(과제 착수시점)에는 연구과제의 목표달성을 위한 핵심개발기술(보고서 3.6절 과제별·연차별 기술로드맵 및 성과로드맵 참조) 및 추진체계(보고서 3장 8절 연구수행체계 제안 참조)를 정립하고, 세부과제별 연계흐름(보고서 3.5절 세부과제 간 연계관계)을 면밀히 분석하여 **비전·목표 달성 Action Plan을 수립**함. [표 3-1]은 비전·목표 달성을 위한 주요 추진사항의 예시를 보여줌

- **비전·목표달성 TF 운영 (1차년도-5차년도)**
  1-5차년도(과제 진행기간)에는 연구 비전·목표별 TF를 구성하여 운영하고, 목표달성에 직접적으로 기여할 수 있는 **연구성과를 창출할 수 있도록 성과관리지침을 마련**하여 **세부과제별 연구성과에 대해 지속적으로 관리함**

- **비전·목표달성 검증(5차년도)**
  5차년도(과제 종료시점)에는 테스트베드를 통한 비전·목표의 달성을 정량적·정성적으로 검증함



[그림 3-4] 비전·목표 달성을 위한 세세부과제 실행력 강화방안

2. 기술개발에 따른 미래상

건축물 안전 및 유지관리 분야의 기술과 산업의 **AS-IS와 TO-BE 분석을 통하여 본 기술개발에 따른 미래상을 제시**함

가. AS-IS, TO-BE: 기술개발 단계별

문헌조사, 시장조사, 전문가 자문 등에 근거하여 기술개발 단계별 AS-IS와 TO-BE를 기술에 따라 각각 제시하였음. [표 3-2]에 분석된 결과에서, **대부분의 요소기술은 현재 "필요성인지" 단계에 머물며 연구개발은 통해서 개발, 검증, 실용화 단계로 발전**할 수 있음

[표 3-2] AS-IS, TO-BE(기술개발 단계별)

주제분야		기술명	AS-IS 기술개발의 단계				TO-BE 기술개발의 단계			
			필요성 인지	개발	검증	실용화	필요성 인지	개발	검증	실용화
안전 진단 분야	센서 기술	저가형 고감도 광섬유 센서 및 시스템 구축 기술	●				●	●	●	◔
		광섬유센서 기반 구조모니터링 및 리스크 평가	●				●	●	●	◔
		전기저항식 및 광섬유센서 연동 시스템	●				●	●	●	●
		국가재난안전통신망 연동 건축물 안전진단 시스템	●	◔			●	●	●	●
	비파괴 검사기술	비파괴검사법을 이용한 건축물 진단 기술	●				●	●	●	●
		반자동화 현장측정 시험시스템 구축 기술	●				●	●	●	◔
유지 관리 및 성능 개선 분야	BIM 기반 유지관리 기술	계측시스템 연계 BIM역설계 기술	◑				●	●	●	◔
		계측데이터의 이력분석을 통한 구조특성평가 기술	●				●	●	●	●
	성능 개선 기술	첨단소재 기반 웨어러블 센싱용 도포식 복합재료	●				●	●	●	◔
		ICT융합 하이브리드 신소재 활용 기술	●				●	●	●	◔
		센서 내장형 패널활용 수직부재 구조성능개선 기술	●				●	●	●	◔
		사용자기반 구조물 성능상태 예측기술 및 시스템	●				●	●	●	◑
플랫폼 구축 및	테스트 베드 및	건축물-ICT융합 핵심기술 테스트베드기획 및 실증지원	◔				●	●	●	●

실용화 분야	플랫폼 구축	건축물-ICT융합 핵심기술 통합 플랫폼	◔				●	●	●	●
	실용화 및 제도	건축물-ICT융합 기술의 확산을 위한 제도 및 정책	◑				●	●	●	◑
		건축물-ICT융합 기술의 성능평가 및 인증 시스템	◑				●	●	●	◔

◔: 기술개발단계 초기수준 도달 ◑: 기술개발단계 중간수준 도달 ●: 기술개발단계 최고수준 완료

나. AS-IS, TO-BE: 정량적 성능목표별

문헌조사, 시장조사, 전문가 자문 등을 근거하여 기술별 기술수준 및 성과수준을 정의하고 본 기획연구를 통해 개발되는 기술의 성능목표를 정량적으로 설정하여 [표 3-3]와 [표 3-4]에 정리함

○ 기술수준

[표 3-3] 세부기술별 기술수준에 대한 AS-IS, TO-BE(기술수준별)와 달성전략

기술명	As-is		To-be	달성전략
	기술수준	근거 및 설정사유		
저가형 고감도 광섬유 센서 및 시스템 구축 기술	▪ 8 Point/Ch 및 kHz급 계측 (수천만원대)	▪ 상용화 수준의 저가격화 및 대량생산에 의한 규모의 경제에 다다르지 못하고 있음 ▪ 출처) fiberpro사의 FI3200의 경우 최대 샘플링율이 kHz급이지만, 수천만원 이상의 고가에 8 Point/Ch 측정의 한계임. http://www.fiberpro.com/	▪ 100 Point 급 병렬 Ch 의 kHz급 다이나믹 측정 ▪ 장비는 천만원 이하 저가형 개발	▪ 신개념 Active Mode Locking 고속 레이저 엔진의 파장-시간 분할을 통한 병렬 스캔 시작품 제작 방법
광섬유센서 기반 구조모니터링 및 리스크 평가	▪ 국내 고층구조물 적용사례가 없음	▪ 광섬유센서를 이용한 정적/동적, 부재레벨/시스템레벨 통합계측을 통해 평가결과의 신뢰성을 향상시킬 필요가 있음 ▪ 참조) 최종보고서 2장 4절 4. 사례조사를 통한 수준 분석	▪ 실구조물 계측결과 신뢰도 95% 이상 확보	▪ 구조부재실험 또는 축소모형실험을 통한 오차율 평가
전기저항식 및 광섬유센서 연동 시스템	▪ 전기저항식 센서 연계형 및 광섬유센서 연계형 개별 시스템 ▪ 상용화된 전기저항식 및 광섬유센서 연계형 시스템 제품이 국내에 없음	▪ 전기저항식은 다양한 센서가 개발되어 활용성이 높지만, 성능(전기노이즈, 전압강하 등)이 떨어짐 ▪ 반면 광섬유센서는 계측성능은 뛰어나지만, 온도 및 변형률 계측에 한정됨 ▪ 다양한 물리량 계측이 필용한 건축물 모니터링 시스템의 특성상 이종 센서를 동시에 연계할 수 있는 시스템이 필요함	▪ 이종센서 동시 연계형 시스템 ▪ 전압 및 전류출력 센서 호환 ▪ OTDR 및 FBG 호환	▪ 시험기관 인증 수준의 신뢰성 확보 및 시작품 제작
국가재난안전통신망 연동 건축물 안전진단 시스템	▪ 유선/LAN 기반 모니터링 시스템 ▪ BLE, Zigbee 통신기반 무선계측 모듈 (MEMS 센서활용)	▪ 롯데타워월드 등에 설치되는 계측 시스템은 고가이며 대부분 해외 수입에 의존. 유지보수/엔지니어링 서비스가 제한적임	▪ 시설물 정기점검 및 정밀안전진단에 활용가능한 사물인터넷 기반 모니터링 시스템 구축	▪ 공공연구기관(제도화), IoT 디바이스 및 통신 전문

		▪ Open platform 기반 보급형 계측 기 및 기존 시설물 네트워크 활용 통신 시스템 구축 필요		업체(제품구현) 협업 추진 ▪ IoT 신기술 적용 및 계측항목 추가가 용이한 Open Platform 기반 계측시스템 개발
비파괴검사법을 이용한 건축물 진단 기술	▪ 국내 검사규준 부재 ▪ 부재기반의 비파괴 검사결과 신뢰도 부족	▪ 건축물 대상 비파괴검사법을 이용한 진단 결과의 불확실성에 대한 신뢰도 향상 ▪ 출처) ASTM C1383-04 (충격반향기법), ACI228-2R (표면파기법) 반면 KS 규준 부재 (standard.go.kr/ksci)	▪ 국내 비파괴 검사 규격 제시 ▪ 현행 국내외 비파괴검사 기법 대비 30%이상 진단오차율 감소	▪ 비파괴실험을 통한 진단오차 10% 이하의 진단기술 개발 및 지침서 작성
반자동화 현장측정 시험시스템 구축 기술	▪ 반자동화 비파괴 보조장비 부족 ▪ 실 현장 부재 측정 데이터 신뢰도 부족	▪ 응력파기반 실시간 데이터취득 반자동화 현장측정장비 부재에 따른 취득 데이터 신뢰도 부족 ▪ 출처) 미래창조과학부, 비파괴검사 기술·육성을 위한 연구기반구축 방안 연구, 2013	▪ 국내 최초 응력파 진단 보조장비 개발 ▪ 데이터 신뢰도 95% 실현	▪ 비파괴실험을 통해 오차율을 검증하고, 데이터 신뢰도 95% 이상의 기술수준을 가지는 반자동화 현장측정시험시스템 개발
계측시스템 연계 BIM역설계 기술	▪ 센서 기반 유지관리 정보 관리를 위한 BIM 기술 부재	▪ 상호운용성 확보를 위하여 BIM에 포함되어 있지 않은 유지관리 데이터의 스키마(SCHEMA) 정의가 필요함 ▪ COBie는 유지관리 국제표준 포맷으로 IFC유지관리 속성정보를 정의함으로서 BIM기반의 효율적인 건축물 전생애주기의 관리가 가능함 ▪ 참조) 최종보고서 2장 3절 2. 시장동향 분석	▪ 센서 계측 정보 관리의 BIM 기반 자동화 프로그램 및 시스템 개발	▪ BIM 역설계 기술을 활용한 건축물 유지관리 기술 개발 및 검증
계측데이터의 이력분석을 통한 구조특성평가 기술	▪ 실제 건축물 대상 생애주기단계별 실시간 구조 안전성 평가 실용화 기술 미흡	▪ 건축물 시공 중에 실시간 모니터링 시스템이 적용되어 센서별 구조반응이 수집·관리되고 있으나 실구조물을 대상으로 한 주요 구조부재의 실시간 구조안전성 평가기술 미흡 ▪ 장기모니터링을 통한 건축물 안전관리	▪ 하중 및 구조거동에 대한 불확실성이 높은 건축물의 생애주기단계별 (시공 중/후) 구조안전관리 실용화 기술 확보 ▪ 실험검증을 통한 오차율 5% 이하 확보	▪ 센서간의 구조반응 상관관계 및 이력분석을 통한 구조안전성 평가기술 개발 및 지침서 작성 ▪ 구조부재실험 또

		기술 미흡 ▪ 참조) 최종보고서 2장 4절 4. 사례조사를 통한 수준 분석		는 축소모형실험을 통한 오차율 평가
첨단소재 기반 웨어러블 센싱용 도포식 복합재료	▪ 건축용 웨어러블 센서용 도포재료 부재	▪ 건축물 광전면에서 발생되는 다양한 열화요인을 상시적으로 계측하고 조치하기 위해서는 기존의 점 단위 지점에서의 센서부착 등에 의한 센싱 방식에는 한계가 있음. 따라서 향후에는 면 단위 지점에서의 센서부착 기술에 의한 센싱 기술이 요구됨 ▪ 참조) 최종보고서 2장 3절 4. 기존 기술(연구)과의 차별성	▪ 센싱용 도포식 복합재료 개발을 통한 면단위 센싱기술 확보 ▪ 국제적 수준의 기술확보 (국제특허출원)	▪ 재료(시작품)성능 검증시험 수행 ▪ 특허(국내 또는 국제)
ICT융합 하이브리드 신소재 활용 기술	▪ 센서와 보강재를 융합한 신소재 상용품 부재	▪ 다양한 보강기술이 개발되어 활용되고 있으나 시공 후 보강재와 구조부재와의 접착문제 등의 품질관리 문제가 대두되고 있음 ▪ 육안 또는 비파괴 시험외에 시공품질 및 구조성능을 검증할 방법이 현실적으로 없음 ▪ 참조) 최종보고서 2장 3절 4. 기존 기술(연구)과의 차별성	▪ 센서 융합형 하이브리드 신소재 개발 및 실용화 ▪ 신소재 활용 구조성능 15% 증대 및 안전모니터링 시스템 구축	▪ ICT 융합 신소재 활용 구조성능 개선 및 검증 ▪ 구조실험을 통한 구조성능(예, 강도, 연성 등) 평가 ▪ 검증실험보고서
센서 내장형 패널활용 수직부재 구조성능개선 기술	▪ 구조물 성능개선시 단순한 부재의 보강만을 실시화는 단계 ▪ 보강부재 유지관리기술 부재	▪ 기존 기술은 단순히 강도와 연성증진 그리고 시공성향상 등을 중심으로 개발되고 있어 보강 후 성능개선 정도를 확인하기 어려운 실정 ▪ 참조) 최종보고서 2장 3절 4. 기존 기술(연구)과의 차별성	▪ 모듈화된 고성능 보강기술개발 ▪ 보강 후 건물의 ICT 유지관리	▪ ICT 기술을 접목한 제품개발 ▪ 개발제품의 성능검증 및 설계법 구축
사용자기반 구조물 성능상태 예측기술 및 시스템	▪ 성능개선공법 선정이 기술자 역량과 경험에 의존하므로 경제성이 낮음	▪ 다양한 보수·보강 공법과 성능 및 비용의 비교 없이 기술자의 경험적으로 성능개선 공법을 선정 ▪ 건축물 잔존수명을 고려한 성능개선 방안을 결정하는 성능개선 전략 및 시스템의 부재 ▪ 출처) 한국시설안전공단, 시설물의 보수·보강 방법 및 수준결정에 관한 연구, 2011	▪ 건축물 잔존수명을 고려한 최적공법선정 ▪ 빅데이터 딥러닝 기반 성능개선공법선정으로 경제성 수준 15% 개선 (현재대비)	▪ 기존 성능개선 공법 실험데이터의 디지털화 프로세스 개발(DB 구축) ▪ 빅데이터 딥러닝 기반 성능개선 평가기술 ▪ 경제성 평가 수행

건축물-ICT융합 핵심기술 테스트베드기획 및 실증지원	▪ 초고층/초대형 구조물을 대상으로 한 단순 통합모니터링 시스템이 적용되는 초기 단계임 ▪ 안전진단과 유지관리가 연계된 ICT 융합 핵심기술 적용사례 부재	▪ ICT기반 건축물 실시간 안전확보를 위한 안전진단 및 유지관리 핵심기술의 실용화를 위해서는 테스트베드를 통한 실용성 및 사업성 검증필요 ▪ 참조) 최종보고서 2장 4절 4. 사례조사를 통한 수준 분석	▪ 개발기술들의 실증을 통하여 실용성과 사업성 확보	▪ 대상 건물을 선정하여 개발기술들의 현장적용 ▪ 현장적용을 통한 기술의 검증
건축물-ICT융합 핵심기술 통합 플랫폼	▪ 안전진단 및 유지관리를 위한 통합 플랫폼 부재	▪ 다양한 핵심기술 유형별로 적용방법이 제시되어야 함 ▪ 참조) 최종보고서 2장 5절 2.기 수행된 관련분야 R&D	▪ 핵심기술별 데이터를 고려한 오픈 Middleware 프로그램 개발 ▪ 웹기반 ICT 융합 통합 플랫폼 개발	▪ 오픈 Middleware 프로그램 및 ICT 융합 통합 플랫폼 검증 ▪ 플랫폼 개발 보고서
건축물-ICT융합 기술의 확산을 위한 제도 및 정책	▪ 선진국 대비 국내의 경우 정부주도하에 건설산업에 ICT융합 미흡	▪ 조경희, 일본의 건축물 유지관리 관련 제도, 한국법제연구원 최신외국법제정보 2012년 제7호 참조 ▪ 네트워크 기반 SOC관리 및 운영 기획 보고서, 국토교통부, 2012 ▪ 참조) 최종보고서 2장 1절 2. 정책동향 분석	▪ ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 장기 액션 플랜 수립 ▪ ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 관련 법규 및 제도 개선(안) 제시	▪ 국내 건축 관련 학회 및 협회의 협의 ▪ ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 제도·정책에 대한 공청회 실시
건축물-ICT융합 기술의 성능평가 및 인증 시스템	▪ 선진국의 경우 성능지표를 활용하여 건축물의 성능을 평가 후 관리 운영 ▪ 국내는 건축물의 구조안전진단에 편향되어 실시되고 있으며 성능지표를 활용한 건축물의 유지관리 필요	▪ SOC시설물 성능평가 기술개발 기획 보고서, 국토교통부, 2014 ▪ 참조) 최종보고서 2장 1절 2. 정책동향 분석	▪ 성능평가 기준 및 성능평가 및 인증제도(안) 개발 ▪ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리의 개발 기술 및 한국형 성능지표 개발	▪ 전문가 자문단 운영(ICT 요소기술 전문가, SHM 기술 전문가, 신기술 컨설팅 전문기업 등)을 통한 개발된 성능평가 및 인증시스템 도입 추진

○ 성과수준

[표 3-4] 세부기술별 성과수준에 대한 AS-IS, TO-BE(성과수준별)와 달성전략

기술명	As-is	To-be	달성전략
저가형 고감도 광섬유 센서 및 시스템 구축 기술	• 수천만원대 • 고가이면서 저용량	• 천만원 이하이면서 고용량	• 패키징 기반 건축물 적용성 검증용 시제품 제작
광섬유센서 기반 구조모니터링 및 리스크 평가	• 부재레벨, 시스템레벨에서의 개별적 구조반응 계측	• 부재 및 시스템 레벨의 통합적 모니터링 및 구조 안전성 평가	• 실험 및 테스트베트 검증을 통한 평가기술의 신뢰성 95% 이상 달성
전기저항식 및 광섬유센서 연동 시스템	• 수입형 NI사의 PXI시스템 활용	• 저가의 제품개발을 통한 수입 대체	• 기존 전기식센서(정확도 0.1%급) 및 광학식센서(파장 40nm, 스캔빈도 2.5kHz급)를 동일 이상의 계측수준에서 동시에 계측가능한 하이브리드 계측시스템 개발
국가재난안전통신망 연동 건축물 안전진단 시스템	• 유비쿼터스기반 센서네트워크 모니터링 시스템	• 인터넷과 개별 센서 시스템이 연결된 사물인터넷기반 모니터링 시스템	• 통신신뢰성 98% 이상의 사물인터넷기반의 모니터링 시스템 개발
비파괴검사법을 이용한 건축물 진단 기술	• 응력파 기반 진단기법 관련 규준 부재 • 필요시 한정된 시간 및 공간에서 데이터 취득하는 실험	• 한국규준 정립으로 인한 신뢰도 높은 진단가능	• 진단오차 10%이하의 진단기술 개발 및 지침서 작성
반자동화 현장측정 시험시스템 구축 기술	• 반자동화 현장측정시험 시스템 부재 • 인력기반의 데이터 획득	• 실시간 데이터 취득의 안전성 확보를 통한 신뢰도 확보 • 안전진단 기술자의 현장업무 개선	• 데이터 신뢰도 95% 이상의 기술수준을 가지는 반자동화 현장측정시험시스템 개발
계측시스템 연계 BIM역설계 기술	• 설계 및 시공단계에서 BIM 활용	• 건축물 안전진단 및 유지관리에서의 BIM 활용 확대	• BIM-COBie 연동 모듈 및 BIM 역설계 기술 개발
계측데이터의 이력분석을 통한 구조특성평가 기술	• 엔지니어의 주관적 판단에 의존 • 시스템화된 분석기법 부재	• 센서간 상관관계 분석을 통한 대상 구조부재의 구조안전성 평가 기술 개선 • 시스템화된 기술을 통한 신뢰성 및 체계성 향상	• 신뢰성 95% 이상의 구조안전평가기법 개발
첨단소재 기반 웨어러블 센싱용 도포식 복합재료	• 마감재에 대한 실시간 모니터링 기술 부재	• 실시간 모니터링을 통한 보수 등 유지관리 비용 절감	• 웨어러블 센싱용 도포식 복합재료 개발 및 재료성능검증시험 수행
ICT융합 하이브리드 신소재 활용 기술	• ICT 기반 보강재 부재 • 전통적인 수동적 보강재만 주로 활용됨	• ICT 기반 보강재를 통한 건축물 장수명화 실현 • 안전진단 및 유지관리 효율성 개선	• 첨단 ICT 센싱기술와 보강재를 융합한 신소재 개발을 통한 구조성능 30% 이상 증대
센서 내장형 패널활용 수직부재 구조성능개선 기술	• 성능개선과 유지관리가 분리 (기술적용 0%) • 비효율적인 건물유지관리	• 구조성능개선의 효율화 • 건축물 안전관리의 자동화	• 모듈화된 센서 내장형 패널의 성능검증 및 설계법 구축
사용자기반 구조물 성능상태 예측기술 및 시스템	• 해당기술 적용수준 0% (전통적 보수보강기술 사용)	• 빅데이터 딥러닝 기반 성능개선공법선정으로 경제성 수준 15% 개선 (현재대비)	• 빅데이터 자동업데이트 및 딥러닝 기반 성능개선 평가기술의 전산프로세스 제시
건축물-ICT융합 핵심기술 테스트베드기획 및 실증지원	• 현장수준에서의 기술 검증 사례 미흡 • 기술 검증 사례 미흡은 기술 신뢰성 및 활용성 향상에 장애로 작용	• 국가기관 및 실무기술자의 활용 증대	• 개발기술의 적용을 위한 매뉴얼 개발
건축물-ICT융합 핵심기술 통합 플랫폼	• 국내·외 안전진단 및 유지관리용 플랫폼은 개별 요소기술에 한정 • 국내·외 안전진단 및 유지관리용 통합 플랫폼 부재로 인한 관리의 효율성 저하 및 관리비용 증대	• 플랫폼 개발 및 활용을 통한 관리 효율성 증대 및 시스템화된 관리시스템 구현	• ICT 기반 건축물 평가등급에 따른 안전진단 및 유지관리 통합 솔루션 개발 • 건축물 안전진단 및 유지관리의 다양한 핵심기술 적용을 위한 사용자 기반 오픈소스 플랫폼 구축
건축물-ICT융합 기술의 확산을 위한 제도 및 정책	• 건축물 안전 및 유지관리 관련 법령이 파편적으로 산재되어 있으며, 안전관리의 체계화를 위하여 공공/민간에 대한 시스템 지원방안 및 건축물 안전 및	• ICT 기반 건축물 안전 및 유지 관리 관련 법규 및 제도 개선(안) 제시 • 건축물 안전사고의 선제 대응형 방안으로 ICT 융합을 통한 사전 예방적 안	• 연구기관 및 관련부처 협의 • 공청회 실시

	유지관리 통합법이 필요 • 1,2종 이외의 중소규모 건축물이 전체 건축물의 99.5%이므로 적용대상 확대필요	전진단 및 유지관리 체제로 전환	
건축물-ICT융합 기술의 성능평가 및 인증 시스템	• 법제화된 정량적 성능평가 및 인증시스템의 부재 • 건축물의 정량화된 성능평가를 위한 표준화된 프로세스 개발 필요	• 성능평가 기준 및 성능평가 및 인증제도(안) 개발 • 개발기술의 최적 현장적용, 보급 및 사업화 확대	• 전문가 자문단 운영 및 수요조사 수행

3. 기술개발 전략 및 효과

가. 기술개발 전략

건축물의 생애주기 동안 발생하는 **건축물 안전 위험요소에 대한 안전진단**과 **지속적 성능 유지 및 개선을 위한 유지관리 분야**의 문제를 실시간 계측치 기반의 과학적 기법으로 해결하기 위하여 **총 5년간의 연구기간을 크게 두 단계로 구분**하여 각 단계별 목표를 아래와 같이 기획함

- **기반/응용 기술 개발 단계 (3년)**: 건축물의 시공전·후 그리고 사용기간을 포함하여 생애 전 주기의 **안전진단 및 유지관리를 실시간 계측치 기반으로 분석**하고 **첨단 ICT** 기술을 융합하여 **핵심요소기술**을 개발하고, 개발된 **요소기술의 적용**과 **연계체계를 구축**
- **실용화 단계 (2년)**: 각 세부에서 개발된 **요소기술 뿐만 아니라 기존 기술을 개선**하여 시공성과 경제성을 평가하고 **테스트베드 실증을 기획**한 후 **실제 건축 현장내 적용**함. 이를 바탕으로 **개선사항을 도출**하여 **개발 기술의 실용화를 완수**하고 이를 제도적으로 뒷받침하는 **제도, 정책, 법과 교육프로그램 등 종합적 방안**을 수립함
- 3.1절 2항에서 기술된 단계별 목표 및 기술실현 시기에 부합하도록 수행함

나. 기술개발 효과

○ 기술적 측면

- 건축물의 부재 및 시스템 레벨의 **구조안전성 종합평가 가능**
- 모니터링 및 구조건전성 엔지니어링분야의 **국내외 시장 선점**
- 안전확보를 위한 첨단 **ICT기반 복합 진단기법 개발**
- 건물 기대수명 증진을 통한 **국가적 손실 감소**
- 구조물 사용성 및 내구성 평가를 위한 **선진기술 의존성 감소**

○ 경제/산업적 측면

- 건축물 장수명화를 통한 건설재료 **사용 및 환경영향 최소화**
- 건축물 **유지관리 비용 최적화**
- 건축물에 발생할 수 있는 재해(자연적, 사회적)방지를 통한 **경제손실 최소화**
- 국제경쟁력을 갖춘 구조물 진단관련 **핵심기술 필요**
- 재건축으로 인해 발생하는 **CO2저감**
- 건축물 안전진단 및 유지관리 산업의 정책, 제도 지침 기준 등의 법안 상정을 통한 **현장 반영 및 활성화 도모**
- 건축물 안전진단 및 유지관리 분야의 연구기관 및 학회, 학교 등의 **교육용 교재로 활용**

○ 학술적 측면

- 구조물 적용 가능한 **구조해석모델 기법** 제시 및 **센서위치 최적화**
- 빅데이터기반의 **구조거동 분석기술 개발**
- 학술적 가치가 있는 **연구분야의 결과 공유 및 홍보**
- 실구조물 적용 검증을 바탕으로 **신빙성 있는 기초자료 제공**

4. 적용대상 건축물 및 필요정보

가. 대상 건축물

- ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리의 적용 대상 건축물은 국민행복과 안전확보를 고려해 ① **관리주체가 분명한 건축물 중 "시설물의 안전관리에 관한 특별법(시특법)" 1,2종 시설에 해당되는 건축물**과 ② **지진가속도계측기 설치계획 대상인 건축물,** ③ **재난위험시설물로서 성능개선후 사용하는 건축물**을 대상으로 한며, 이에 대한 선정 근거는 다음과 같음

- 시설물의 안전관리에 관한 특별법[시특법, 표 3-5]에 따르면 1종 시설물은 21층 이상 또는 연면적 5만m^2이상의 건축물 등, 2종 시설물은 16층 이상의 공동주택 등 이고, 건축법상의 다중이용 건축물[표 3-5]은 문화, 집회, 종교 등 바닥면적의 합계가 5천m^2 이상인 건축물 혹은 16층이상의 건축물임. 따라서, 시특법상 1,2종 시설물 및 건축법상 다중이용 건축물의 공동 대상이 되는 16층 이상의 공동주택 중 안전진단 및 유지관리의 관리주체가 분명한 건축물이 본 연구의 적용대상 건축물로 선정됨

- **사고사례 분석결과**[그림 3-5], 다중이용시설과 초고층 및 복합 건물에서 붕괴사고발생사례가 있으며 특히 초고층 및 복합 건물은 시공중 발생사례가 다수 있음. 다중 이용시설의 붕괴시 대형인명사고가 발생하기 때문에 특별히 실시간 유지관리가 필요함.

- 2008년에 제정된 지진재해대책법에 따라 2015년 국민안전처에서 고시한 '지진가속도계측기 설치 및 운영기준'에 부합하여 지진가속도계측기 설치계획 대상이 되는 건축물[표 3-6]은 중앙행정기관, 국립대학교, 초고층 (높이 200미터 또는 50층 이상) 공공건축물, 공항시설, 고속철도 역사 등 임. 여기에 해당하는 공공건축물 총 351개동을 본 연구의 적용대상 건축물로 선정됨

- 재난위험 시설은 "긴급히 보수·보강하여야 하거나 사용 및 거주상의 제한을 요할 정도로 재난발생의 위험이 높은 시설(시행령 26조)"로서, 전국 재난위험시설은 2014년 총 1,193개소 (2013년 1,892개소)이며, 이 중 D등급으로서 보수.보강이 필요한 경우는 1,077개소임. 수도권(서울, 경기, 인천)이 65.8%정도이며, 서울시를 기준으로 건축물이 71%정도를 차지함[그림 3-6]

- 더불어 본 연구는 **신축 건축물과 기존 건축물 모두에 적용 가능한 기술**임. 건축물 신축과 함께 유지관리를 위한 센서 및 장치를 설치하여 시공단계의 모니터링과 시공완료후, 건축물 안전진단 및 유지관리를 위하여 활용. 기존 건축물에 적용하는 기술은 건축물의 구조성능개선과 함께 ICT 기반의 유지관리가 가능하도록 함

- 그 외 건축물에 대해서는 **정책적 판단을 기반으로 제도와 법을 구축하여 2단계에서** 진행 함

[표 3-5] 건축물 안전점검 및 유지관리 대상(시설물의 안전관리에 관한 특별법, 2015.01.06. 일부개정)

구분	1종시설물	2종시설물
가. 공동주택		▪ 16층 이상의 공동주택
나. 공동주택 외의 건축물	▪ 21층 이상 또는 연면적 5만제곱미터 이상의 건축물	▪ 1종시설물에 해당하지 않는 건축물로서 16층 이상 또는 연면적 3만제곱미터 이상의 건축물
	▪ 연면적 3만제곱미터 이상의 철도역시설 및 관람장	▪ 1종시설물에 해당하지 않는 철도역시설로서 고속철도, 도시철도 및 광역철도 역시설
		▪ 1종시설물에 해당하지 않는 건축물로서 다중이용 건축물 및 연면적 5천제곱미터 이상의 전시장, 동물원, 식물원, 의료시설, 노유자시설, 수련시설, 운동시설 및 관광휴게시설·일반철도역사·공항청사·항만여객터미널
	▪ 연면적 1만제곱미터 이상의 지하도상가(지하보도면적을 포함한다)	▪ 1종시설물에 해당하지 않는 지하도상가로서 연면적 5천제곱미터 이상의 지하도상가(지하보도면적을 포함한다)

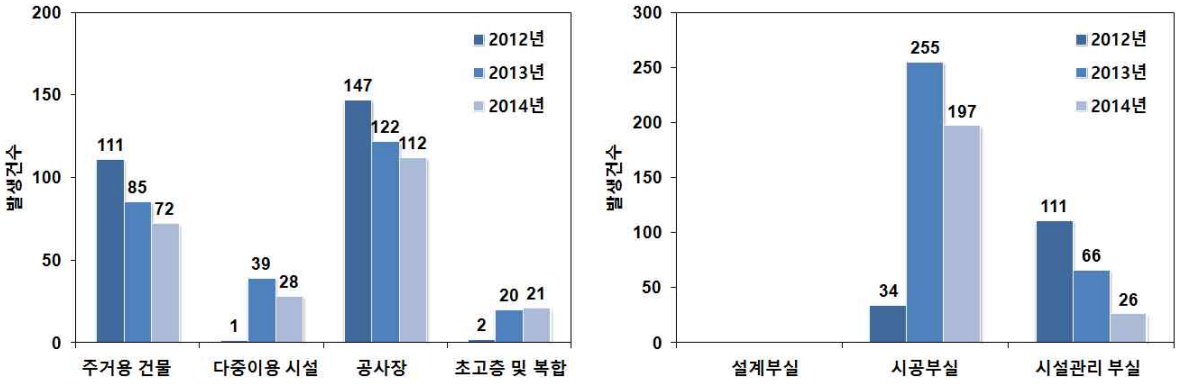
※ 건축법 시행령 제2의17

"다중이용 건축물"이란 불특정한 다수의 사람들이 이용하는 건축물로서 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 건축물을 말한다.

가. 다음의 어느 하나에 해당하는 용도로 쓰는 바닥면적의 합계가 5천제곱미터 이상인 건축물

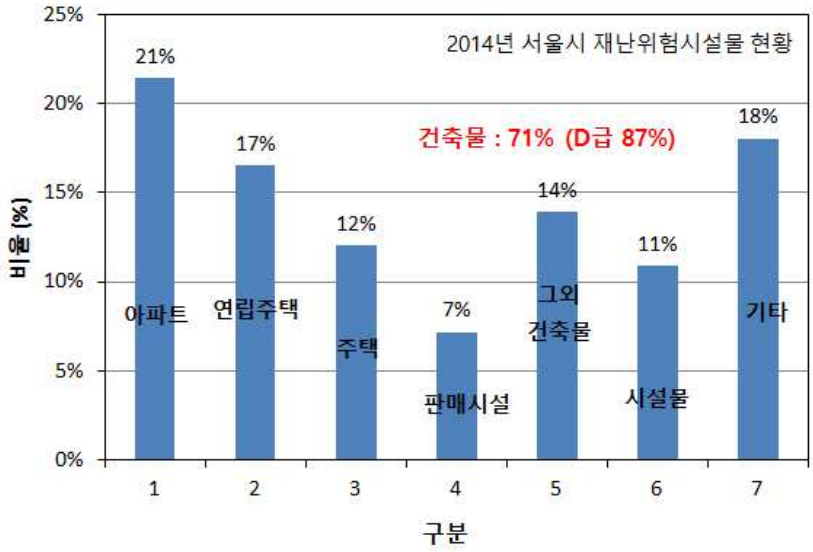
1) 문화 및 집회시설(동물원 및 식물원은 제외한다)
2) 종교시설
3) 판매시설
4) 운수시설 중 여객용 시설
5) 의료시설 중 종합병원
6) 숙박시설 중 관광숙박시설

나. 16층 이상인 건축물



(a) 장소별 사고발생현황 (b) 원인별 사고발생현황

[그림 3-5] 건물 붕괴사고 발생현황 (최근 3년)



[그림 3-6] 재난위험시설물 현황 (2014년 서울시)

[표 3-6] 지진가속도계측기 설치계획대상(지진가속도계측기 설치 및 운영기준, 2015)

시설물 명		설치계획	설치 완료	설치율
건물	중앙행정기관 (및 지방자치단체 청사(246)	262	172	65.6
	국립대학교	71	48	67.6
	높이 200미터 또는 50층 이상 공공건축물	0	-	-
	공항시설	12	18	150.0
	고속철도 역사	6	19	316.7
	합 계	351	257	73.2
기타	댐 및 저수지	109	36	33.0
	현수교 및 사장교	36	19	52.8
	가스시설	117	122	104.3
	원자력 이용시설	7	3	42.9
	변전소	15	14	93.3
	발전용 수력 설비 및 화력설비	37	23	62.2
	합 계	321	217	67.6
총 계		672	459	70.5

나. ICT기반 안전진단 및 유지관리를 위한 필요정보

- ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리를 위한 정보는 '시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침', '안전점검 및 정밀안전진단 세부지침'을 준수하여 **정밀점검 또는 안전진단관리가 될 수 있도록 하기 위한 조사항목을 포함.** 또한 **구조물의 건전도 모니터링(Health monitoring system, HMS)을 위하여 필요한 정보를 포함**

[표 3-7] ICT기반 안전진단 및 유지관리를 위한 필요정보

현행 안전점검 및 정밀안전진단 지침의 조사항목			ICT 기반 진단 및 유지관리를 위한 필요정보
조사구분	항목	세부 항목	
1. 사전조사	대상건축물의 개요	- 건물의 도면 - 기존 점검 및 진단보고서 검토 - 현재 시설물의 유지관리 사항	건물이력 정보 BIM 기반 정보
2.현장조사	구조물의 변위(처짐) 조사	- 하중에 의한 변위와 침하 - 경사도 및 인접 구조물과의 접촉 등에 의한 변위 - 수평부재 (보, 슬래브)의 처짐 - 수직부재(기둥, 벽) 의 기울기	변형도, 변형, 가속도, 온도, 습도, 경사도, 음향정보, 시간, 초음파정보, 레이저정보, 하중
	부재의 규격	- 부재단면 실측	BIM 기반 정보 영상정보
3.재료시험	콘크리트	- 균열 - 압축강도 - 탄산화 - 표면열화 - 염화물이온 함유량 - 부식 - 배근 상태 - 노출	영상정보, 습도, 음향정보, 시간이력, 초음파정보, 레이저 정보
	철근	- 배근위치 실측	BIM 기반 정보, 초음파 정보
	코아강도	- 채취후 재료시험	초음파정보
4.안전성평가	구조해석평가	- 부재 내력 검토 (주요부재)	통합 플랫폼

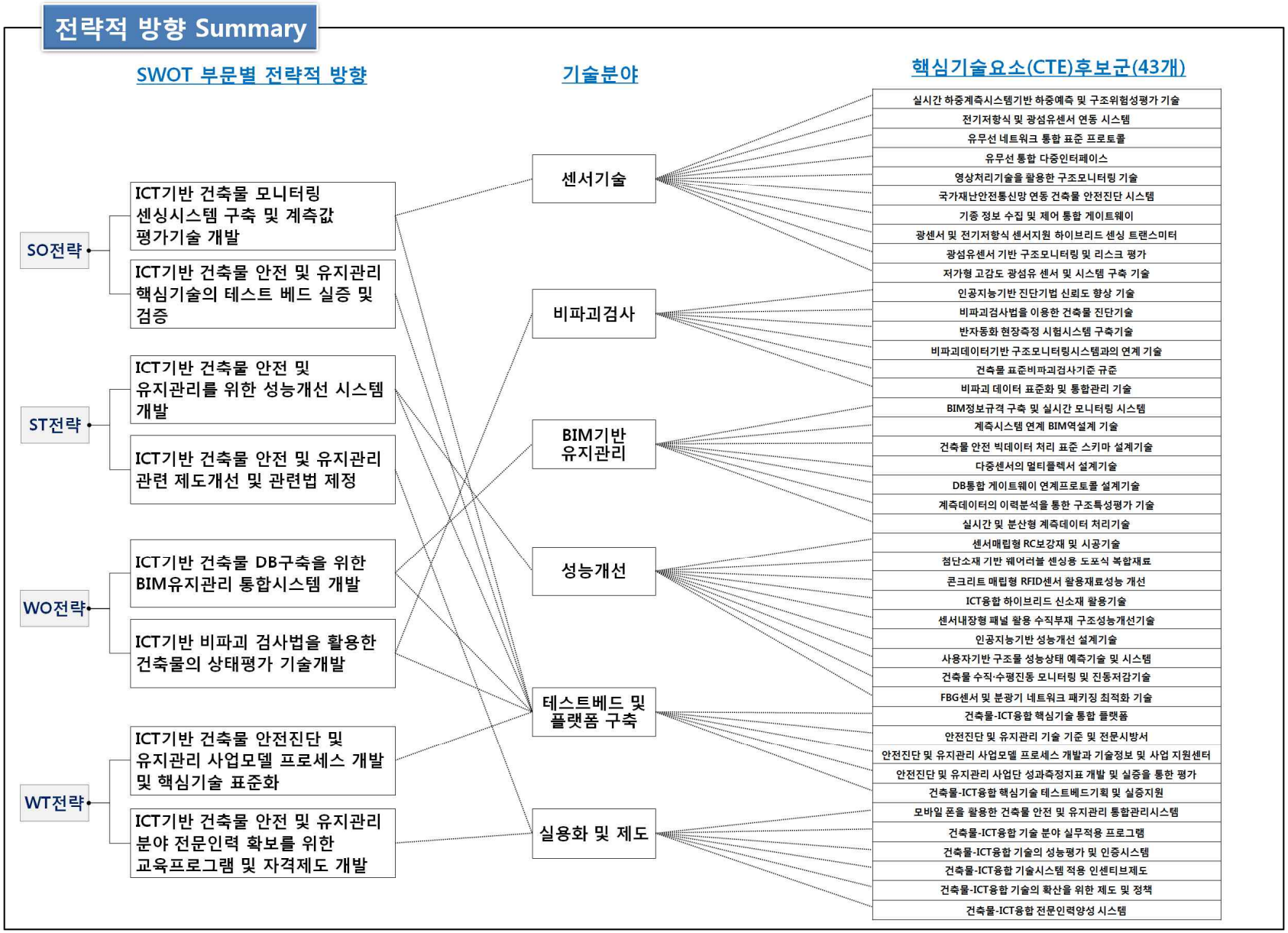
제 2 절 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표

1. 핵심기술요소(CTE) 도출

본 기획연구에서는 국내외 기술동향 및 환경분석, SWOT분석, 기획타당성검토, 공청회, 산학관 전문가, 포럼, 전문가 설문 등 기술수요조사에 근거하여 핵심기술요소(Core Technology Element, 이하 CTE)를 도출하였음

○ 핵심기술요소(CTE) 후보 도출

기술개발 전략에 부합하는 CTE 후보를 도출하기 위하여, 본 보고서 2.7절에서 제시한 **SWOT분석 부문별 4가지 전략(SO, ST, WO, WT)을 토대로 6대 기술분야-43개 CTE 후보**를 [그림 3-7]와 같이 도출하였으며 이를 [표 3-8]에 제시하였음



[그림 3-7] CTE 후보 도출을 위한 전략적 방향

[표 3-8] CTE 후보

No.	기술명
CTE 후보 1	실시간 하중계측시스템 기반 하중예측 및 구조위험성평가 기술
CTE 후보 2	전기저항식 및 광섬유센서 연동 시스템
CTE 후보 3	유무선 네트워크 통합 표준 프로토콜
CTE 후보 4	유무선 통합 다중인터페이스
CTE 후보 5	영상처리기술을 활용한 구조모니터링 기술
CTE 후보 6	국가재난안전통신망 연동 건축물 안전진단 시스템
CTE 후보 7	기종 정보 수집 및 제어 통합 게이트웨이
CTE 후보 8	광센서 및 전기저항식 센서지원 하이브리드 센싱 트랜스미터
CTE 후보 9	광섬유센서 기반 구조모니터링 및 리스크 평가
CTE 후보 10	저가형 고감도 광섬유센서 및 시스템 구축 기술
CTE 후보 11	인공지능기반 진단기법 신뢰도 향상 기술
CTE 후보 12	비파괴검사법을 이용한 건축물 진단 기술
CTE 후보 13	반자동화 현장측정 시험시스템 구축 기술
CTE 후보 14	비파괴데이터기반 구조모니터링시스템과의 연계 기술
CTE 후보 15	건축물 표준비파괴검사기준 규준
CTE 후보 16	비파괴 데이터 표준화 및 통합관리 기술
CTE 후보 17	BIM정보규격 구축 및 실시간 모니터링 시스템
CTE 후보 18	계측시스템 연계 BIM역설계 기술
CTE 후보 19	건축물 안전 빅데이터 처리 표준 스키마 설계 기술
CTE 후보 20	다중 센서의 멀티플렉서 설계 기술
CTE 후보 21	DB통합 게이트웨이 연계프로토콜 설계 기술
CTE 후보 22	계측데이터의 이력분석을 통한 구조특성평가 기술
CTE 후보 23	실시간 및 분산형 계측데이터 처리 기술
CTE 후보 24	센서 매립형 RC보강재 및 시공 기술
CTE 후보 25	첨단소재 기반 웨어러블 센싱용 도포식 복합재료
CTE 후보 26	콘크리트 매립형 RFID센서 활용재료성능 개선
CTE 후보 27	ICT융합 하이브리드 신소재 활용 기술
CTE 후보 28	센서 내장형 패널 활용 수직부재 구조성능개선 기술
CTE 후보 29	인공지능기반 성능개선 설계 기술
CTE 후보 30	사용자기반 구조물 성능상태 예측기술 및 시스템
CTE 후보 31	건축물 수직·수평진동 모니터링 및 진동저감 기술
CTE 후보 32	FBG센서 및 분광기 네트워크 패키징 최적화 기술
CTE 후보 33	건축물-ICT융합 핵심기술 통합 플랫폼
CTE 후보 34	안전진단 및 유지관리 기술 기준 및 전문 시방서
CTE 후보 35	안전진단 및 유지관리 사업모델 프로세스 개발과 기술정보 및 사업 지원센터
CTE 후보 36	안전진단 및 유지관리 사업단 성과측정지표 개발 및 실증을 통한 평가
CTE 후보 37	건축물-ICT융합 핵심기술 테스트베드기획 및 실증지원

CTE 후보 38	모바일 폰을 활용한 건축물 안전 및 유지관리 통합시스템
CTE 후보 39	건축물-ICT융합 기술 분야 실무적용 프로그램
CTE 후보 40	건축물-ICT융합 기술의 성능평가 및 인증 시스템
CTE 후보 41	건축물-ICT융합 기술시스템 적용 인센티브제도
CTE 후보 42	건축물-ICT융합 기술의 확산을 위한 제도 및 정책
CTE 후보 43	건축물-ICT융합 전문 인력 양성 시스템

○ **핵심기술요소(CTE) 선정**

도출된 CTE 후보를 대상으로 **기획타당성검토, 공청회, 산학관 전문가, 포럼, 전문가 설문 등 기술수요조사에 근거하여 CTE를 선정**하였음. "핵심기술요소(CTE) 표준 체크리스트"(기술성숙도평가(TRA) 업무지침, 방위사업청예규, 제 217호-별표 2)를 활용한 평가를 수행하였으며, 선정과정과 결과를 [표 3-9, 10] 에 제시하였음

[표 3-9] CTE 선정과정

항목 / 기술번호	해당기술이 사용요구사항, 비용, 일정 등에 중대한 영향을 주는가?	해당 기술 개발시 난이도가 높아 리스크를 포함하는가?	해당기술이 새롭거나 독창적인가?	기존에 성공적으로 적용된 기술인 경우 금번 개발시 변경된 기술인가?	해당기술이 기존 장비에 비해 새로운 응용 환경에 적용되는가?	해당기술이 초기 목표성능을 월등히 초과할 것으로 예상되는가?	**후보 CTE (자체평가)** **선정여부**
1	○			○			X
2	○	○	○		○		○
3	○	○		○	○		○
4	○						X
5	○	○		○	○		○
6	○	○		○	○		○
7	○	○			○		X
8	○				○		X
9	○	○			○	○	○
10	○	○	○		○		○
11		○		○			X
12	○	○		○	○		○
13	○	○	○		○		○
14	○			○	○	○	○
15					○		X
16				○	○		X
17				○			X
18	○		○	○	○		○
19		○					X
20	○	○			○		X

21	○	○			○		X
22	○		○	○	○	○	○
23		○					X
24	○			○	○	○	○
25	○		○	○	○	○	○
26	○				○		X
27	○	○	○	○	○		○
28		○	○	○	○		○
29	○	○	○			○	○
30	○	○	○		○	○	○
31	○				○	○	X
32	○	○				○	X
33	○	○		○	○	○	○
34	○				○		X
35					○		X
36	○				○		X
37	○	○		○	○	○	○
38	○	○			○		X
39					○	○	X
40	○	○	○		○	○	○
41	○						X
42	○	○		○	○	○	○
43	○			○	○	○	○
	반드시 충족 (필수)	세 개 이상 충족					

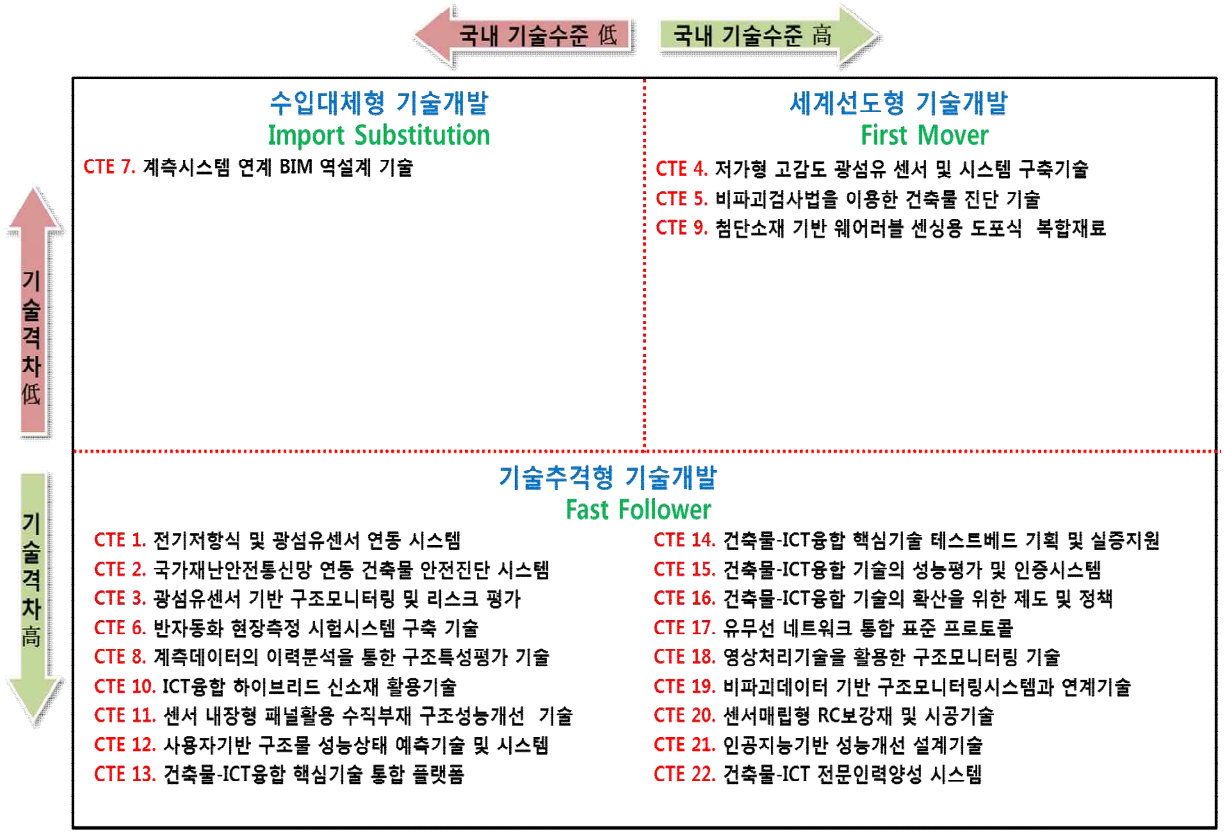
[표 3-10] CTE 선정결과

No.	기술명
CTE 1	전기저항식 및 광섬유센서 연동 시스템
CTE 2	국가재난안전통신망 연동 건축물 안전진단 시스템
CTE 3	광섬유센서 기반 구조모니터링 및 리스크 평가
CTE 4	저가형 고감도 광섬유 센서 및 시스템 구축 기술
CTE 5	비파괴검사법을 이용한 건축물 진단 기술
CTE 6	반자동화 현장측정 시험시스템 구축 기술
CTE 7	계측시스템 연계 BIM역설계 기술
CTE 8	계측데이터의 이력분석을 통한 구조특성평가 기술
CTE 9	첨단소재 기반 웨어러블 센싱용 도포식 복합재료

CTE 10	ICT융합 하이브리드 신소재 활용 기술
CTE 11	센서 내장형 패널활용 수직부재 구조성능개선 기술
CTE 12	사용자기반 구조물 성능상태 예측기술 및 시스템
CTE 13	건축물-ICT융합 핵심기술 통합 플랫폼
CTE 14	건축물-ICT융합 핵심기술 테스트베드기획 및 실증지원
CTE 15	건축물-ICT융합 기술의 성능평가 및 인증 시스템
CTE 16	건축물-ICT융합 기술의 확산을 위한 제도 및 정책
CTE 17	유무선 네트워크 통합 표준 프로토콜
CTE 18	영상처리기술을 활용한 구조모니터링 기술
CTE 19	비파괴데이터 기반 구조모니터링시스템과 연계 기술
CTE 20	센서매립형 RC보강재 및 시공기술
CTE 21	인공지능기반 성능개선 설계기술
CTE 22	건축물-ICT 전문인력양성 시스템

○ **핵심기술요소(CTE)의 기술수준 및 적용범위 설정**

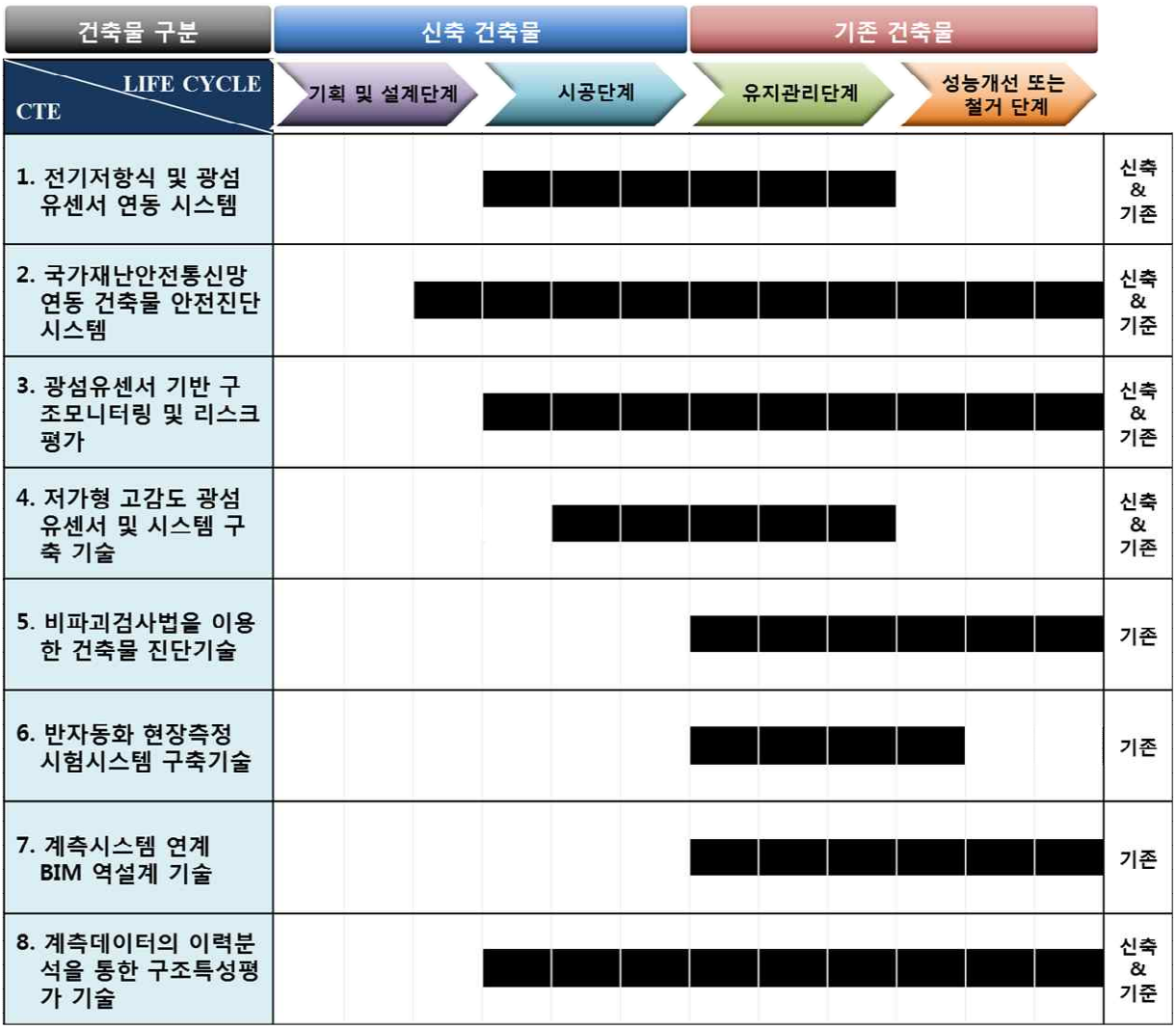
- 선정된 CTE를 대상으로 2.3절 기술동향 분석과 2.4절 기술수준분석 결과에 근거한 기술발전전략을 [그림 3-8]에 분류하였음. 기술발전전략은 **국내·외 기술격차와 국내 기술수준을 고려**하여 **세계선도형, 기술추격형, 수입대체형 기술개발로 분류**하여 설정하였음



[그림 3-8] CTE의 기술발전전략 분류

- 선정된 CTE의 건축물의 적용범위를 신축과 기존 건축물로 나누어 설정하였음. **신축과 기존 건축물의 유형별 정량적 분류를 위하여 건축물의 생애주기(Life Cycle)를 4단계(기획 및 설계, 시공, 유지관리, 성능개선 또는 철거)로 나누어 CTE 적용가능 범위를 설정**하였으며, 이를 [표 3-11]에 제시하였음

[표 3-11] 건축물 유형별 CTE 적용범위(계속)



[표 3-11] 건축물 유형별 CTE 적용범위

건축물 구분	신축 건축물			기존 건축물						
선정 CTE \ LIFE CYCLE	기획 및 설계단계			시공단계			유지관리단계			성능개선 또는 철거 단계
9. 첨단소재기반 웨어러블 센싱용 도포식 복합재료				■	■	■	■	■	■	신축 & 기존
10. ICT 융합 하이브리드 신소재 활용기술				■	■	■	■	■	■	신축 & 기존
11. 센서내장형 패널활용 수직부재 구조성능 개선기술							■	■	■	기존
12. 사용자기반 구조물 성능상태 예측기술 및 시스템					■	■	■	■	■	신축 & 기존
13. 건축물-ICT융합 핵심기술 통합 플랫폼				■	■	■	■	■	■	신축 & 기존
14. 건축물-ICT융합 핵심기술 테스트베드 기획 및 실증지원	■	■	■	■	■	■	■	■	■	신축 & 기존
15. 건축물-ICT융합 기술의 성능평가 및 인증시스템	■	■	■	■	■	■	■	■	■	신축 & 기존
16. 건축물-ICT융합 기술의 확산을 위한 제도 및 정책	■	■	■	■	■	■	■	■	■	신축 & 기존
17. 유무선 네트워크 통합 표준 프로토콜							■	■	■	기존
18. 영상처리기술을 활용한 구조모니터링 기술				■	■	■	■	■	■	신축 & 기존
19. 비파괴데이터 기반 구조모니터링시스템과 연계 기술				■	■	■	■	■	■	신축 & 기존
20. 센서매립형 RC보강재 및 시공기술				■	■	■	■	■	■	신축 & 기존
21. 인공지능기반 성능개선 설계기술							■	■	■	기존
22. 건축물-ICT 전문인력양성 시스템	■	■	■	■	■	■	■	■	■	신축 & 기존

○ **핵심기술요소(CTE)의 성과물유형 및 최종 TRL 수준설정**

- 기술발전방향과 기술적용범위를 고려하여 선정된 CTE의 기술개발 최종성과물 유형과 최종 기술성숙도(TRL)를 설정하였음. 최종성과물의 유형에 따라 기술성숙도를 정량적으로 설정하기 위하여 "국토교통 R&D 유형별 기술성숙도"(국토교통과학기술진흥원, 2014)를 활용하였으며, 이를 [표 3-12]에 제시하였음
- 본 연구에서는 비전·목표를 달성하기 위한 연구추진전략을 수립하였고(3.1절 참조), 3대 연구분야(안전진단, 유지관리 및 성능개선, 플랫폼 구축 및 실용화)에 해당하는 세부연구과제를 구성하였음. 또한 최종성과물과 기술발전전략(세계선도형, 기술추격형, 수입대체형)을 반영하여 세부연구과제별로 대표 CTE를 아래와 같이 설정함
  - **1세부과제: ICT기반 건축물 실시간 안전진단 핵심기술 개발**
    저가형 고감도 광섬유 센서 및 시스템 구축기술
    반자동화 현장측정 시험시스템 구축기술
  - **2세부과제: ICT기반 건축물 실시간 유지관리 핵심기술 개발**
    계측시스템 연계 BIM역설계 기술
    ICT융합 하이브리드 신소재 활용 기술
  - **3세부과제: ICT기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 플랫폼 구축 및 실용화**
    건축물-ICT융합 핵심기술 테스트베드기획 및 실증지원
    건축물-ICT융합 기술의 성능평가 및 인증 시스템

[표 3-12] 선정 CTE의 최종성과물 유형 및 TRL수준

No.	기술명	최종성과물 유형	최종 TRL
CTE 1	전기저항식 및 광섬유센서 연동 시스템	장비/장치	TRL 7
CTE 2	국가재난안전통신망 연동 건축물 안전진단 시스템	장비/장치	TRL 7
CTE 3	광섬유센서 기반 구조모니터링 및 리스크 평가	소프트웨어, 제도/표준화	TRL 6
CTE 4	저가형 고감도 광섬유 센서 및 시스템 구축 기술	장비/장치	TRL 4
CTE 5	비파괴검사법을 이용한 건축물 진단 기술	공법/기법, 제도/표준화	TRL 5
CTE 6	반자동화 현장측정 시험시스템 구축 기술	장비/장치	TRL 6
CTE 7	계측시스템 연계 BIM역설계 기술	공법·기법	TRL 7
CTE 8	계측데이터의 이력분석을 통한 구조특성평가 기술	소프트웨어	TRL 6
CTE 9	첨단소재 기반 웨어러블 센싱용 도포식 복합재료	공법/기법	TRL 4
CTE 10	ICT융합 하이브리드 신소재 활용 기술	소프트웨어, 시스템	TRL 6
CTE 11	센서 내장형 패널활용 수직부재 구조성능개선 기술	공법/기법	TRL 7
CTE 12	사용자기반 구조물 성능상태 예측기술 및 시스템	소프트웨어	TRL 7
CTE 13	건축물-ICT융합 핵심기술 통합 플랫폼	시스템, 소프트웨어	TRL 7
CTE 14	건축물-ICT융합 핵심기술 테스트베드기획 및 실증지원	공법/기법	TRL 8
CTE 15	건축물-ICT융합 기술의 성능평가 및 인증 시스템	제도/표준화, 시스템	TRL 8
CTE 16	건축물-ICT융합 기술의 확산을 위한 제도 및 정책	제도/표준화	TRL 8
CTE 17	유무선 네트워크 통합 표준 프로토콜	시스템	TRL 7
CTE 18	영상처리기술을 활용한 구조모니터링 기술	시스템	TRL 6
CTE 19	비파괴데이터기반 구조모니터링시스템과 연계 기술	시스템	TRL 6

CTE 20	센서매립형 RC 보강재 및 시공기술	공법/기법	TRL 6
CTE 21	인공지능기반 성능개선 설계기술	공법/기법	TRL 6
CTE 22	건축물-ICT 융합 전문인력양성 시스템	시스템	TRL 7

2. 연구개발단계별 CTE 개발 추진계획

(1) 핵심기술요소(CTE) 후보 도출

- 기획메뉴얼 및 프로세스에 제시된 절차에 따라서 국내외 기술동향 및 환경분석에 근거하여 6개 기술분야에서 CTE 후보 43개를 도출함

(2) 핵심기술요소(CTE) 선정

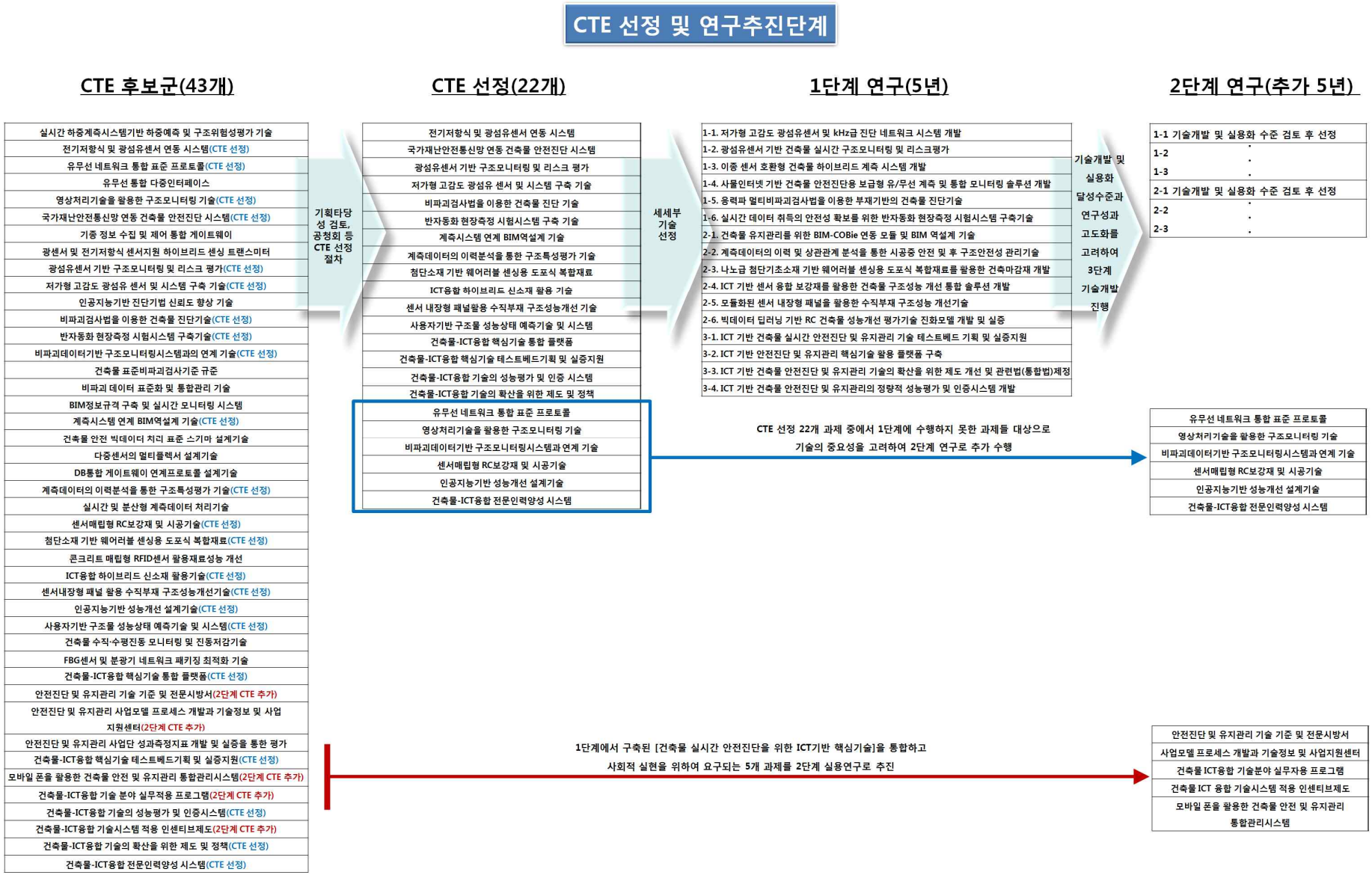
- SWOT분석, 기획타타당섬 검토, 공청회, 산관학 전문가, 포럼, 전문가 설문 등 기술 수요조사에 근거하여 22개 CTE를 선정함

(3) 1단계 연구기간수행 세세부과제 선정

- 22개 CTE중 기술개발이 먼저 수행되어야 할 16개 CTE를 근거로 세세부 과제를 선정함

(4) 2단계 장기 기술개발 계획

- 2단계 연구에서는 1단계 연구 성과, 실용화 수준, 연구성과 고도화를 고려하여 1단계 연구의 일부를 지속적으로 추진
- CTE 선정 22개과제 중에서 1단계에 수행하지 못한 과제를 대상으로 기술의 중요서이 높고, 1단계 기술성과의 고도화를 도모하는데 6개 과제를 2단계 과제로 추가 추질할 예정임
- CTE 후보과제 중 1단계 연구로 선정되지 않은 과제중에서 1단계에서 구축된 “건축물 실시간 안전확보를 위한 ICT기반 안전진단 및 유지관리 핵심기술개발”을 통합화하고 사회적 실현을 위하여 요구되는 5개 과제를 2단계 과제로 추가 추진할 예정임



[그림 3-9] 연구개발단계별 기술개발 중장기로드맵

4. 기술성숙도(TRL) 단계별 목표

- 본 기획연구에서는 “핵심기술요소(CTE) 선정” 절차에 따라서 6대 기술분야 22개 CTE가 선정되었음. 그러나 5차년 연구동안 성과의 극대화를 위하여 CTE 간 선후관계를 고려하여 당해 연구기간동안 16개 CTE를 세세부연구로 구성하는 것으로 기획함
- 16개 CTE의 연차별 기술수준 달성도를 객관적으로 평가하기 위하여 기술성숙도(TRL) 단계별 목표를 설정하였음. 연차별 기대성과물에 따른 기술수준을 정의하기 위하여 “국토교통 R&D 유형별 기술성숙도"(국토교통과학기술진흥원, 2014)에 근거하여 [표 3-13]에 제시하였음

[표 3-13] 기술성숙도(TRL) 단계별 목표

마일스톤		현재 TRL	마일스톤 목표 TRL				
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
마일스톤 일정		16.01	16.07	17.07	18.07	19.07	20.07
No.	기술명						
CTE 1	전기저항식 및 광섬유센서 연동 시스템	과학적 기반 (문헌조사)	시스템 체계구성 (TRL 4)	센서모듈 제작 (TRL 5)	센서모듈 제작 (TRL 5)	시스템 제작 및 성능평가 (TRL 6)	시스템 제작 및 성능평가 (TRL 7)
CTE 2	국가재난안전통신망 연동 건축물 안전진단 시스템	과학적 기반 (문헌조사)	구성 시스템 개발 (TRL 3)	시스템 체계구성 (TRL 4)	시스템 개발 (TRL 5)	시스템 제작 및 성능평가 (TRL 6)	시스템 제작 및 신뢰성 평가 (TRL 7)
CTE 3	광섬유센서 기반 구조모니터링 및 리스크 평가	과학적 기반 (문헌조사)	계측기법 검증 (TRL 3)	시스템 구축 (TRL 4)	시스템 개발 (TRL 5)	시스템 개발 (TRL 5)	시스템 제작 및 성능평가 (TRL 6)
CTE 4	저가형 고감도 광섬유센서 및 시스템 구축 기술	과학적 기반 (문헌조사)	개념정립 및 성능 검증 (TRL 2-3)	센서 요소기술 개발 (TRL 3)	센서 요소기술 개발 (TRL 3)	Lab규모 시스템 성능평가 (TRL 4)	Lab규모 시스템 성능평가 (TRL 4)
CTE 5	비파괴검사법을 이용한 건축물 진단 기술	과학적 기반 (문헌조사)	개념정립 및 성능 검증 (TRL 2-3)	핵심기능 개발 및 체계구성 (TRL 4)	핵심기능 개발 및 체계구성 (TRL 4)	핵심기능 개발 및 체계구성 (TRL 4)	Lab규모 핵심기술 평가 (TRL 5)
CTE 6	반자동화 현장측정 시험시스템 구축 기술	과학적 기반 (문헌조사)	기초기술 및 실험적 연구 (TRL 3)	핵심기능 개발 및 체계구성 (TRL 4)	시스템 제작 (TRL 5)	시스템 제작 및 성능평가 (TRL 6)	시스템 제작 및 성능평가 (TRL 6)
CTE 7	계측시스템 연계 BIM역설계 기술	과학적 기반 (문헌조사)	핵심기능 개발 및 체계구성 (TRL 4)	시뮬레이션 및 결과분석 (TRL 4)	핵심기능 개발 (TRL 5)	시스템 제작 및 성능평가 (TRL 6)	현장적용 위한 시제품 제작 (TRL 7)
CTE 8	계측데이터의 이력분석을 통한 구조특성평가 기술	과학적 기반 (문헌조사)	기초기술 및 실험적 연구 (TRL 3)	알고리즘 개발 (TRL 4)	알고리즘 검증 (TRL 5)	S/W 제작 및 성능평가 (TRL 6)	S/W 제작 및 성능평가 (TRL 6)
CTE 9	첨단소재 기반 웨어러블 센싱용	과학적 기반	개념정립 및 성능	기초기술 및	성능개선 요소기술	핵심기능 개발 및	핵심기능 개발 및

	도포식 복합재료	(문헌조사)	검증 (TRL 2-3)	실험적 연구 (TRL 3)	개발 (TRL 3)	체계구성 (TRL 4)	체계구성 (TRL 4)
CTE 10	**ICT융합 하이브리드 신소재 활용 기술**	과학적 기반 (문헌조사)	성능개선 요소기술 개발 (TRL 3)	핵심기능 개발 및 체계구성 (TRL 4)	핵심기능 개발 (TRL 5)	시스템 제작 및 성능평가 (TRL 6)	시스템 제작 및 성능평가 (TRL 6)
CTE 11	**센서내장형 패널 활용 수직부재 구조성능개선 기술**	과학적 기반 (문헌조사)	기초기술 및 실험적 연구 (TRL 3)	핵심기능 개발 및 체계구성 (TRL 4)	핵심기능 개발 (TRL 5)	시작품 제작 및 성능평가 (TRL 6)	현장적용 위한 시제품 제작 (TRL 7)
CTE 12	**사용자기반 구조물 성능상태 예측기술 및 시스템**	과학적 기반 (문헌조사)	핵심기능 개발 및 체계구성 (TRL 4)	핵심기능 개발 및 체계구성 (TRL 4)	Lab규모 핵심기술 평가 (TRL 5)	시스템 제작 및 성능평가 (TRL 6)	현장적용 위한 시제품 제작 (TRL 7)
CTE 13	**건축물-ICT융합 핵심기술 통합 플랫폼**	과학적 기반 (문헌조사)	핵심기능 개발 및 체계구성 (TRL 4)	핵심기능 개발 및 체계구성 (TRL 4)	Lab규모 핵심기술 평가 (TRL 5)	플랫폼 제작 및 성능평가 (TRL 6)	유사현장 적용 신뢰성 평가 (TRL 7)
CTE 14	**건축물-ICT융합 핵심기술 테스트베드기획 및 실증지원**	과학적 기반 (문헌조사)	핵심기능 개발 및 체계구성 (TRL 4)	핵심기능 개발 및 체계구성 (TRL 4)	Lab규모 기술평가 및 시작품 제작 (TRL 5)	유사현장 적용 신뢰성 평가 (TRL 7)	실현장 적용을 위한 최종시험 (TRL 8)
CTE 15	**건축물-ICT융합 기술의 성능평가 및 인증 시스템**	과학적 기반 (문헌조사)	구성 시스템 개발 (TRL 3)	구성 시스템 개발 (TRL 3)	개발모듈 통합 (TRL 6)	유사현장 적용 신뢰성 평가 (TRL 7)	실현장 적용을 위한 최종시험 (TRL 8)
CTE 16	**건축물-ICT 융합관련 제도 및 정책**	과학적 기반 (문헌조사)	구성 시스템 개발 (TRL 3)	구성 시스템 개발 (TRL 3)	현장적용 기준검토 (TRL 7)	제도 및 정책(안) 개발 (TRL 7)	제도 및 정책 제안 (TRL 8)

제 3 절 연구개발과제 구성

1. 연구개발 분야별 과제 구성

본 기획연구를 통하여 도출되는 연구개발과제는 **센서기술과 비파괴검사기술로 구성되는 안전진단분야**, **BIM기반 유지관리와 성능개선으로 구성되는 유지관리 및 성능개선분야**, **테스트베드 및 플랫폼 구축과 실용화 및 제도로 구성되는 플랫폼 구축 및 실용화 분야로 구성되며**, 각 분야별·연차별 주요 연구개발과제의 내용을 [표 3-14]에 제시하였음

[표 3-14] 핵심 연구개발과제 구성(계속)

구분	년도	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
안전진단 분야	저가형고감도 광섬유센서 및 kHz급 진단 네트워크 시스템 개발	광센서 분석 기존 광센서 성능분석 및 검증	광센서 개발 고감도 광센서 저가형 광센서	광센서 고도화 상용화 진단 광센서 시스템	네트워크 시스템 개발 저가형 고감도 광센서 시스템 개발	네트워크 시스템 평가 상용화 진단 광센서 시스템 성능평가
	광섬유센서 기반 건축물 실시간 구조모니터링 및 리스크평가	계측기법검증 계측방법 정립 및 정적/동적실험	센싱시스템구축 센서/데이터로거/데이터통신 방법 선정	센싱 시스템 개발 계측관리 자동화 계측 시스템 개발	구조모니터링기술개발 개발 시스템 연계 구조 위험성 평가기술 개발	테스트베드 구축 현장 테스트베드 구축을 통한 성능 검증
	이종 센서 호환형 건축물 하이브리드 계측 시스템 개발	연동시스템 체계구성 하이브리드 계측 시스템 체계구축	전기저항식센서모듈개발 고정밀 전기저항식 센서 계측 모듈 개발	광섬유센서 모듈 개발 고정밀 광섬유센서 계측 모듈 개발	연동시스템 개발 고신뢰성 산업용 표준 유/무선 통신모듈 및 계측 컨트롤러 개발	테스트베드 구축 현장 테스트베드 구축을 통한 성능 검증
	사물인터넷 기반 건축물 안전진단용 보급형 유/무선 계측 및 통합모니터링 솔루션	계측요소기술 개발 건축물 진동,응력 등의 동적 계측을 위한 계측회로 및 통신기술 개발	모니터링 시스템 개발 건축물 계측데이터 통합 모니터링 시스템 개발	통신망연동기술 개발 국가재난안전통신망 연동기술 개발	모니터링 시스템 평가 국가재난안전통신망 연동 통합 모니터링 시스템 성능평가	테스트베드 구축 현장 테스트베드 구축을 통한 성능 검증
	응력파 멀티비파괴검사법을 이용한 부재기반의 건축물 진단기술	멀티검사법 개발 응력파기반 멀티 비파괴 검사법 개발	부재기반 시스템 구축 부재기반 구조체 강도 및 결함 추정 시스템 구축	모니터링 시스템 연계 취득데이터 통합 모니터링시스템 연계	구조건전성평가기술개발 응력파기반 구조물 건전성 평가기술 개발	진단기술 평가 응력파기반 구조물 건전성 평가기술 성능평가
	실시간 데이터 취득의 안전성 확보를 위한 반자동화 현장측정 시험시스템 구축기술	데이터취득시스템개발 실시간 데이터 취득시스템 개발	반자동화 시스템 구축 반자동화 현장 측정 시험 시스템 구축	모니터링 시스템 연계 데이터 통합 모니터링 시스템 연계	반자동화 시스템 평가 현장측정시험시스템 적용성 평가	테스트베드 구축 테스트베드 구축을 통한 성능 검증

[표 3-14] 핵심 연구개발과제 구성(계속)

구분 \ 년도		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
유지관리 및 성능개선 분야	건축물 유지관리를 위한 BIM-COBie 연동 모듈 및 BIM 역설계 기술 개발	속성정보 규격 정의 COBie 기반 IFC유지관리 속성정보 정의	BIM 역설계기법 연구 측정 장비 연계 BIM 역설계 및 시뮬레이션	BIM 역설계기법 개발 유지관리용 BIM 역설계 기술 개발	BIM 역설계기법 평가 유지관리용 BIM 역설계 기술 성능평가	BIM-COBie연동모듈제작 알고리즘 개발 및 시범 운영 프로토타입 제작
	계측데이터의 이력 및 상관관계 분석을 통한 구조안전성 관리기술	하중-반응DB구축 하중-구조반응 모사모델 개발 및 자료수집	알고리즘개발 데이터 이력 및 상관관계 분석 알고리즘 개발	알고리즘검증 개발 알고리즘의 실험적 검증	S/W프로토타입 관리 프로그램 개발 및 현장적용	테스트베드 구축 현장 테스트베드 구축을 통한 성능 검증
	나노급 첨단기초소재를 이용한 웨어러블 센싱용 도포형 복합재료를 활용한 건축건축 마감재 개발	웨어러블센싱기술분석 웨어러블 센싱 기술의 건축물 적용성 분석	센서소재요소 분석 나노센서 소재의 요소기술 특성 분석	복합소재요소 개발 웨어러블센싱용복합소재 최적배합비도출및평가	복합소재 개발 웨어러블 센싱용 복합소재 개발	복합소재 평가 웨어러블 센싱용 복합소재 성능평가
	ICT 기반 센서 융합 보강재를 활용한 건축물 구조성능 개선 통합 솔루션 개발	융합 신소재 개발 첨단 ICT 센서와 보강재 융합 신소재 개발	모니터링 시스템 구축 신소재 성능실험 및 검증	모니터링 시스템 개발 신소재활용실시간구조물안전모니터링기술개발	통합시스템 구축 신소재활용건축물성능개선통합솔루션구축	테스트베드 구축 현장 테스트베드 구축을 통한 성능 검증
	모듈화된 센서 내장형 패널을 활용한 수직부재 구조성능 개선기술	모듈 개발 수직부재 보강장치 개념 개발	모듈 개발 구조보강성능 검증 및 평가	구조성능 최적화 보강설계 프로세스 구축 및 최적화	시제품 생산 보강 장치 활용 단위 제품생산	테스트베드 구축 현장 테스트베드 구축을 통한 성능 검증
	빅데이터 딥러닝 기반 건축물 성능개선 평가기술 진화모델 개발 및 실증	디지털화프로세스개발 기존 연구데이터 핵심정보 디지털화 추출 프로세스 개발	성능개선최적화전략개발 잔존사용기간에 대한 AI기반 성능개선 최적화 전략 개발	최적화기술실험검증 건축물 성능개선 최적화 기술의 실험검증	평가기술진화모델개발 빅데이터 자동업데이트 기술 및 딥러닝 기반 평가기술 진화모델 개발	전산프로세스구축 실무적용을 위한 전산프로세스 제시

[표 3-14] 핵심 연구개발과제 구성 (계속)

구분 \ 년도		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
플랫폼 구축 및 실용화 분야	ICT기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 기획 및 실증 지원	테스트베드 기획 연구단 기술 실용화 검토	테스트베드 기획 연구단 기술 실용화 검토	테스트베드 기획 테스트베드 구성요소 기획	테스트베드 구축 테스트베드 구축 및 실증	최종시험 테스트베드 적용
	ICT기반 안전진단 및 유지관리 핵심기술 활용 플랫폼구축	플랫폼 기획 데이터 표준화를 필요 정보 체계화	플랫폼 기획 통합솔류션 구축	플랫폼 기획 Lab 규모 플랫폼 개발	플랫폼 구축 플랫폼 구축 및 실증	신뢰성 평가 종합 평가를 통한 신뢰성 평가
	ICT기반 안전진단 및 유지관리기술의 확산을 위한 제도 개선 및 관련법(통합법)제정	구성시스템 개발 ICT융합 관련 법규제도등의 분석 및체계화	구성시스템 개발 ICT융합 관련 법률·제도개선 (안)제시	현장적용 기준검토 ICT융합 관련 시방기준및 지침(안)제시	제도 및 정책(안) 개발 건축물 안전 및 유지관리 통합법 마련 및 공청회	제도 및 정책 제안 정책,제도,지침,기준(안) 개발
	ICT기반 안전진단 및 유지관리의 정량적 성능평가 및 인증시스템 개발	구성시스템개발 성능평가 기준 및 방법 수립	구성시스템 개발 ICT융합기술 인증제도도입 방안	개발모듈통합 종합지원방안 수립 및 지원제도 개발	신뢰성 평가 성능평가 및 인증제도도입을 위한 관계부처 협의	최종시험 성능평가 및 인증제도(안) 개발

2. 안전진단 분야 연구개발과제 구성

[표 3-15] 안전진단 분야 연구개발과제 구성

주제분야		제안 기술명
센서 기술	센서 개발	▪ 저가형 고감도 광섬유센서 및 kHz급 진단 네트워크 시스템 개발
	계측값 평가 및 모니터링	▪ 광섬유센서 기반 건축물 실시간 구조모니터링 및 리스크평가
	센싱장비 및 시스템	▪ 이종 센서 호환형 건축물 하이브리드 계측 시스템 개발
		▪ 사물인터넷 기반 건축물 안전진단용 보급형 유/무선 계측 및 통합 모니터링 솔루션 개발
비파괴 검사 기술	복합진단 기법	▪ 응력파 멀티비파괴검사법을 이용한 부재기반의 건축물 진단기술
	현장적용 시스템	▪ 실시간 데이터 취득의 안전성 확보를 위한 반자동화 현장측정 시험시스템 구축기술

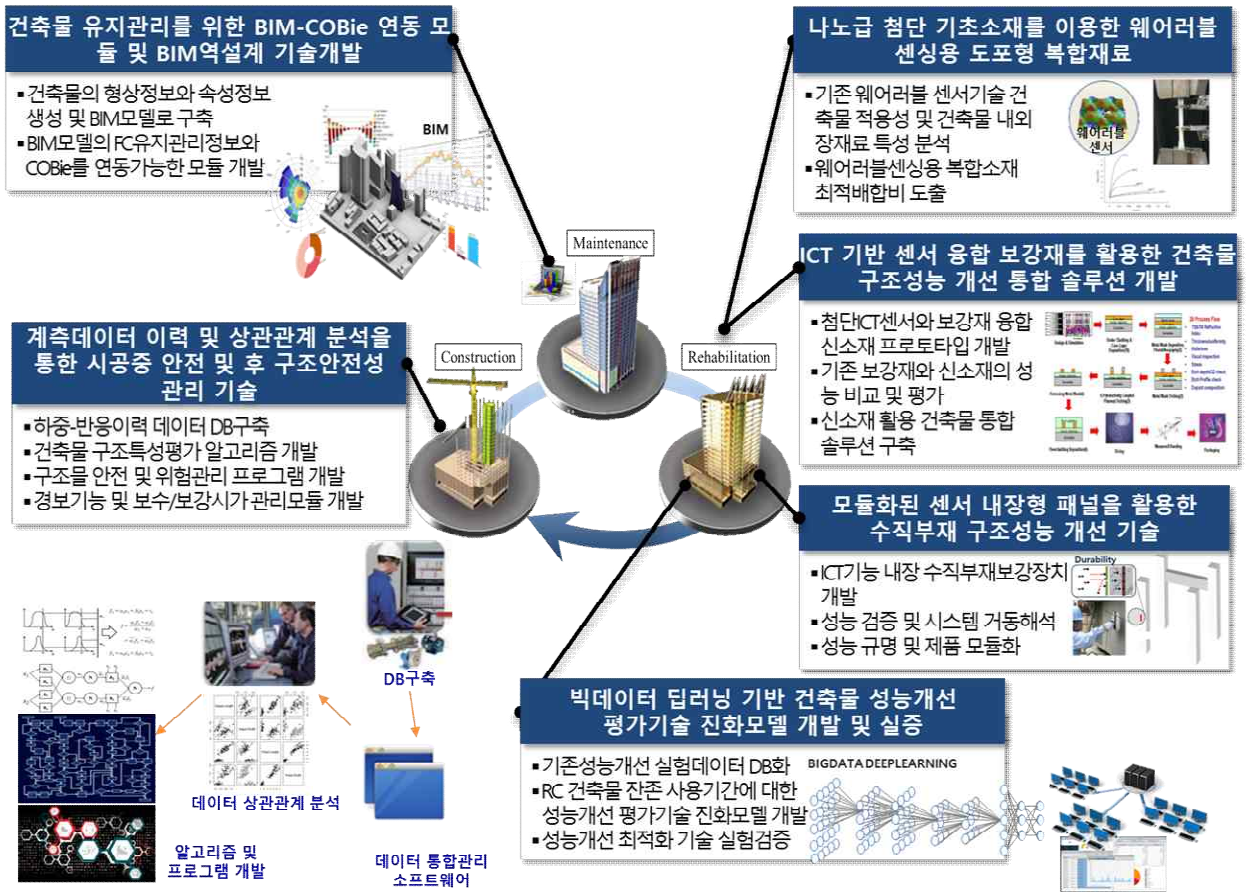


[그림 3-10] 안전진단 분야 연구개발과제 개념도

3. 유지관리 및 성능개선 분야 연구개발과제 구성

[표 3-16] 유지관리 및 성능개선 분야 연구개발과제 구성

주제분야		제안 기술명
BIM 기반 유지관리 기술	건축물 상태관리	▪ 건축물 유지관리를 위한 BIM-COBie 연동 모듈 및 BIM 역설계 기술
	건축물 위험정보처리	▪ 계측데이터의 이력 및 상관관계 분석을 통한 시공중 안전 및 후 구조안전성 관리기술
성능 개선 기술	재료성능	▪ 나노급 첨단기초소재 기반 웨어러블 센싱용 도포식 복합재료를 활용한 건축마감재 개발
	구조성능	▪ ICT 기반 센서 융합 보강재를 활용한 건축물 구조성능 개선 통합 솔루션 개발
		▪ 모듈화된 센서 내장형 패널을 활용한 수직부재 구조성능 개선기술
		▪ 빅데이터 딥러닝 기반 건축물 성능개선 평가기술 진화모델 개발 및 실증



[그림 3-11] 유지관리 및 성능개선 분야 연구개발과제 개념도

4. 플랫폼 구축 및 실용화 분야 연구개발과제 구성

[표 3-17] 플랫폼 구축 및 실용화 분야 연구개발과제 구성

주제분야		제안 기술명
테스트 베드 및 플랫폼 구축	테스트 베드 기획 및 실증	▪ ICT기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 기획 및 실증 지원
	플랫폼 구축	▪ ICT기반 안전진단 및 유지관리 핵심기술 활용 플랫폼 구축
실용화 및 제도	기반구축	▪ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 확산을 위한 제도 및 관련법 개선방안
	수요확산	▪ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리의 정량적 성능평가 및 인증시스템 개발



[그림 3-12] 플랫폼 구축 및 실용화 분야 연구개발과제 개념도

제 4 절 세부과제별 주요내용 및 추진전략

○ 1세부: ICT기반 건축물 실시간 안전진단 핵심요소기술 개발

가속도 데이터 기반계측의 **시스템 설치**와 높은 **유지비용 문제점** 및 **요소기술**들을 **통합**할 수 있는 **시스템**의 **미비**로 **기존 모니터링기술**의 **한계성**을 **극복**하기 위하여, **멀티플렉싱** 및 **정적/동적** 구조반응을 **계측**할 수 있는 **광섬유** 센서 기반 **모니터링 시스템**, **멀티스케일 정보**를 통합한 **영상**기반 구조물의 **안전도 평가기술**, 응력파 기반 **마이크로** 및 **매크로** 정보를 이용한 구조물 **상태 평가시스템**을 이용한 건축물의 **위험도 평가** 및 **안전관리**기술 **실용성 증대**

[표 3-18] 1세부과제 주요내용 및 추진전략

주제 분야	제안 기술명	주요 개발내용
센서 기술	1-1.저가형 고감도 광섬유센서 및 kHz급 진단 네트워크 시스템 개발	▪ 광센서의 건축물 구조별 스트레스-스트레인, 부식, 균열, 하중-변위 센서 적용방안 검토 ▪ 기존 FBG 센서 대비 저가형 고감도 위한 공진반사형 광섬유 센서의 비교 분석 및 분광기 신규 구조 설계, 능동모드 구조 멀티 디텍션 방식을 위한 파장 및 시간 다중화 광신호 처리 기술 연구 ▪ 광섬유 네트워크 내 멀티채널 감지부 간의 신호 획득 최적화 구조 구현 광센서의 건축물 적용 필드 테스트용 프로토타입 시제품 개발 ▪ 유무선 융합 광네트워크의 실용화 검토를 위한 테스트 베드 적용
	1-2.광섬유센서 기반 건축물 실시간 구조모니터링 및 리스크평가	▪ 광센서 기반 계측기법 개발 및 실험적 검증 ▪ 모니터링 대상 건물의 특성을 고려한 계측시스템 구축 ▪ 광센서 기반 푸쉬오버해석에 의한 건축물 리스크 평가기술 개발
	1-3.이종 센서 호환형 건축물 하이브리드 계측 시스템 개발	▪ 고정밀 전기저항식 센서 계측 모듈 개발 ▪ 광섬유센서 계측 모듈 개발 ▪ 하이브리드 계측 컨트롤러 개발 ▪ 하이브리드 계측 시스템 시제품 제작 ▪ 현장 테스트베드 구축을 통한 성능 시험 ▪ 건축물 안전진단 해석 솔루션 개발
	1-4.사물인터넷 기반 건축물 안전진단용 보급형 유/무선 계측 및 통합 모니터링 솔루션 개발	▪ 건축물 계측에 적합한 유/무선 통신기술 연구 및 개발 ▪ 동적 분석을 위한 센서노드간 시각동기화 기술 개발 ▪ Signal Conditioner를 내장한 MEMS센서 기반의 보급형 계측회로 개발 ▪ 국가재난안전통신망 연동기술 개발 ▪ 사물인터넷 기반 건축물 센서 계측 데이터 통합 모니터링 시스템 개발 및 시제품 제작 ▪ 현장 테스트베드 구축을 통한 성능 시험
비파괴 검사 기술	1-5.응력파 멀티비파괴검사법을 이용한 부재기반의 건축물 진단기술	▪ 멀티 충격반향, 충격반향스캐너, 충격표면파를 이용한 건축물 진단기법 개발 ▪ 멀티 표면파기법, 슬래프 임펄스응답, 초음파속도법을 이용한 건축물 진단기법 개발 ▪ 건축물 안전진단을 위한 응력파기반 멀티비파괴검사법 적용

		지침 개발 ▪ 멀티비파괴검사법을 이용한 데이터취득 자동화 장비 개발 및 검증 ▪ 부재기반 건축물 진단기술 실용화 검토를 위한 테스트 베드 적용
	1-6.실시간 데이터 취득의 안전성 확보를 위한 반자동화 현장측정 시험시스템 구축기술	▪ 건축물에 복합진단기법을 적용하여 데이터 취득 기계화 시스템 개발 ▪ 실시간 데이터 취득 현장측정시험 프로세스 개발 ▪ 실시간 데이터 취득 반자동화 현장측정시험 장비 개발 ▪ 반자동화 현장측정시험장비 실용화를 위한 테스트베드 적용 ▪ 현장 테스트베드 구축을 통한 성능 시험 및 실시간 데이터 취득 안전성 검토
추진 전략	▪ **국내외 최신 기술동향 및 자료수집**: 1) 국내외 학술회의 참석 및 선진사례 견학, 2) 국가전자과학도서관을 활용한 문헌정보 수집, 3) 유사사례 및 관련사례 중심의 ICT기술 관련 자료 수집, 4) 안전모니터링 관련 국내외 기술 동향 조사 및 자료를 통한 성능개선 통합솔루션개발 관련기술 자료 수집 ▪ **국내 건설 환경을 고려한 안전진단 기술 및 관리체계 분석**: 1) 첨단 ICT 기술 적용양상의 장단점 분석, 2) 국내외 안전진단 기술 장단점 분석, 3) 실험, 해석, 실건축물의 적용이 유기적으로 연결되기 위한 실험수행, 해석모델 구축 및 테스트베드 건축물 적용 ▪ **연구방법론의 검토 및 분석 방안** : 1) SWOT 분석을 통한 연구의 최적방향 설정, 2) 지속적인 연구진 회의 및 토론 실시, 3) 정량적인 자료의 선정 및 타당한 공학적 접근법, 4) 실계측 데이터 확보 및 DB 구축 ▪ **연구기관의 협력** : 1) 국내외 선도연구기관과 협력 (HKUST, U of Illinois, KAIST, WPI, Texas A&M, U., Griffith U. 등), 2) 테스트베드 적용을 위한 기업과의 협력 ▪ **센서기술도출 개발절차의 단계별 자문 및 자문 의견 반영**: 1) 전문가 자문단 구성(ICT 요소기술 전문가, SHM 기술 전문가, 신기술 컨설팅 전문기업 등), 2) 전문가 초빙 ▪ **비파괴 검사기술 개발절차의 단계별 자문 및 자문 의견 반영**: 1) 전문가 자문단 구성 (ICT 요소기술 전문가, SHM 기술 전문가, 신기술 컨설팅 전문기업 등), 2) 전문가 초빙 세미나 및 자문회의 개최, 3) 전문학회 기술표준 위원회 심의 상정, 4) 워크숍과 공청회를 통한 설명회 및 의견수렴, 5) 요소기술 별 국내외 기술/적용사례 조사를 통한 기술 성숙도 파악 및 최적기술 선정 6)본 과제 수행 시 국가안전진단기관(1기관이상(예:한국시설안전공단))과 민간진단업체(매출 상위 10위권 중 3업체 이상)선정하여 공청회 및 설문조사를 통한 전문가 의견 반영	

○ 2세부: ICT기반 건축물 실시간 유지관리 핵심요소기술 개발

현행 건축물 유지관리 기술분야에서는 **첨단 ICT기술을 융합한 구조안전성능 평가기술 및 BIM 기반 통합유지관리 시스템의 부재**로 **건축물의 생애주기간 체계적이며 조직적인 대응이 부족**한 실정임. 이에 첨단센싱기술(RFID, 웨어러블센서, 광센서, 첨단유무선 센서 네트워크 등)과 **BIM 기술을 융합한 실시간 통합유지관리시스템 구축**을 통하여 첨단 ICT 융합 최적 **건축물유지관리를 위한 통합시스템 개발**하고, ICT 융합 하이브리드 신소재를 활용한 건축물 구조성능 개선 기술, 철근콘크리트 건축물 구조성능 개선 및 최적화 기술 개발, 빅데이터를 활용한 건축물 성능개선 최적화 전략모델 개발을 통하여 **첨단 ICT 융합 건축물 안전확보를 위한 성능개선 시스템을 구축**함

[표 3-19] 2세부과제 주요내용 및 추진전략

주제 분야	제안 기술명	주요 개발내용
BIM 기반 유지 관리 기술	2-1.건축물 유지관리를 위한 BIM-COBie 연동 모듈 및 BIM 역설계 기술	▪ 건축도면이 구축되어 있지 않은 기존건축물의 효율적인 유지관리를 위하여 드론, 레이저스캐너 등의 스마트 측정 장비를 활용하여 건축, 구조, 설비 등의 형상정보와 속성정보를 BIM 모델로 구축하는 BIM 역설계기술을 개발하고 BIM 모델의 IFC 유지관리 속성정보를 국제표준 포맷인 COBie와 연동할 수 있는 모듈을 개발함
	2-2.계측데이터의 이력 및 상관관계 분석을 통한 시공중 안전 및 후 구조안전성 관리기술	▪ 하중-반응 이력 데이터 DB 구축 ▪ 하중-반응 데이터 이력 및 상관관계 분석을 통한 건축물 구조특성 평가 알고리즘 개발 ▪ 계측이력데이터 분석 및 구조물 안전 및 위험 관리 프로그램 개발
성능 개선 기술	2-3.나노급 첨단 기초소재 기반 웨어러블 센싱용 도포식 복합재료를 활용한 건축마감재 개발	▪ 웨어러블 센싱 기술의 건축물 적용성 및 건축물 내외장재료 특성 분석 ▪ 나노센서 소재의 요소기술 특성 분석 ▪ 웨어러블 센싱용 복합소재 최적 배합비 도출 및 평가
	2-4.ICT 기반 센서 융합 보강재를 활용한 건축물 구조성능 개선 통합 솔루션 개발	▪ 첨단 ICT 센서와 보강재를 융합한 하이브리드 신소재의 프로토타입 개발 및 파일럿 테스트 ▪ 기존 보강재(FRP, 강판 등)와 첨단 ICT 융합 하이브리드 신소재의 성능 비교 및 평가 ▪ 첨단 ICT 융합 하이브리드 신소재를 활용한 건축물 성능개선 통합 솔루션 구축
	2-5.모듈화된 센서 내장형 패널을 활용한 수직부재 구조성능 개선기술	▪ 첨단 ICT기능이 내장된 RC구조 수직부재 보강장치 개발 ▪ 개발장치의 구조보강성능 검증 및 보강 후 시스템 거동해석 ▪ 개발장치의 구조성능 규명 및 제품의 모듈화 ▪ 개발장치 설계법 구축 및 개발장치를 이용한 구조성능 최적화
	2-6.빅데이터 딥러닝 기반 건축물 성능개선 평가기술 진화모델 개발 및 실증	▪ 기존 성능개선공법 실험데이터의 핵심정보 디지털화 프로세스 개발 ▪ 건축물 잔존 사용기간에 대한 AI 기반 성능개선 최적화 전략 개발 ▪ 건축물 성능개선 최적화 기술의 실험검증 ▪ 장기계측 데이터 기반 빅데이터 자동업데이트 기술과 딥러닝 기반 성능개선 평가기술 진화모델 개발 ▪ 실무적용을 위한 전산 프로세스 제시
추진 전략	▪ **국내외 최신 기술동향 및 자료수집**: 1) 학술기사, 논문, 국내외 학술대회 및 세미나 참가 등을 통한 최신 기술동향 자료 수집 및 분석 2) 신속한 대처 (보강 시기 및 방법) 기능 확보 및 유지를 위해 지속적으로 비용 지표 등에 관한 자료 수집 및 업데이트 ▪ **국내 건설 환경을 고려한 성능개선 기술 및 관리체계 분석**: 1) 첨단 ICT 기술 적용양상의 장단점 분석, 2) 국내외 보수・보강 기술 장단점 분석, 3) 실험, 해석, 실건축물의 적	

	용이 유기적으로 연결되기 위한 실험수행, 해석모델 구축 및 테스트베드 건축물 적용 ▪ **연구방법론의 검토 및 분석 방안:** 1) SWOT 분석을 통한 연구의 최적방향 설정, 2) 지속적인 연구진 회의 및 토론 실시, 3) 정량적인 자료의 선정 및 타당한 공학적 접근법, 4) 실계측 데이터 확보 및 DB 구축 ▪ **연구기관의 협력:** 1) 학교/산업체/기관 등의 다양한 분야에서 활동하고 있는 전문가 자문을 통한 기술수요조사 2) 학술발표, 공청회, 지속적인 자문 등을 통한 연구 방향 및 방법, 진행상황 등을 검토 및 수정 3) 기존 SHM 분야 및 유지관리 분야의 확보 기술을 활용하고 연구팀(SHM, BIM, 성능개선 등)간의 공동연구를 통해 모니터링-유지관리-성능개선 등을 연속과정으로 통합 관리할 수 있는 BIM 기반의 건축물 실시간 유지관리시스템을 개발하도록 함 ▪ **성능개선 기술도출 개발절차의 단계별 자문 및 의견 반영:** 1) 전문가 자문단 구성(ICT 요소기술 전문가, SHM 기술 전문가, 신기술 컨설팅 전문기업 등), 2) 전문가 초빙 세미나 및 자문회의 개최, 3) 전문학회 기술표준 위원회 심의 상정, 4) 워크숍과 공청회를 통한 설명회 및 의견수렴, 5) 요소기술 별 국내외 기술/적용사례 조사를 통한 기술성숙도 파악 및 최적기술 선정 ▪ **연구성과의 실용화:** 1) 소프트웨어 개발업체 및 건축물유지관리업체와의 협업을 통해 개발 소프트웨어에 대한 자문 및 개선, 검증을 함 2) 소프트웨어 체험단 구성을 통한 개발 지속적인 소프트웨어 점검 및 업데이트 수행 3) 엔지니어링 업체가 개발 기술을 적극적으로 활용할 수 있도록 사용매뉴얼 등을 작성 4) 정기적인 교육과 소식지발행을 통해 관련 전문가를 양성할 수 있도록 함

○ 3세부: ICT기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리를 위한 플랫폼 구축 및 실용화

1, 2세부에서 개발한 ICT기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 **기술의 적용성을 분석·보완하기 위해 실 건축물을 대상으로 하는 테스트베드를 기획 및 실증사업을 추진**하고, 건축물 안전진단 및 유지관리기술과 기술수요자, 실무자의 **상호적인 정보교류 및 실시간 대응을 위해 접근성이 용이하고 공통적인 실행환경을 제공할 수 있는 플랫폼을 구축**함. 또한, 국내 건축물 안전진단 및 유지관리 분야의 **제도·정책을 개선**하고 **ICT기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 확산을 위한 제도기반을 구축**하여 건축물 안전진단 및 유지관리 산업의 미래지향적 발전을 도모

[표 3-20] 3세부과제 주요내용 및 추진전략

주제 분야	제안 기술명	주요 개발내용
테스트베드 및 플랫폼 구축	3-1.ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 기획 및 실증 지원	▪ ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 현장적용을 위한 협업체계 구성 ▪ ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 기획 ▪ ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 실증 및 개선 ▪ ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 적용을 위한 매뉴얼 개발

	3-2.ICT 기반 안전진단 및 유지관리 핵심기술 활용 플랫폼 구축	▪ ICT 기반 건축물 평가등급에 따른 안전진단 및 유지관리 통합 솔루션 개발 ▪ 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 핵심기술 적용을 위한 사용자 기반 오픈소스 플랫폼 구축 ▪ ICT 기반 안전진단 및 유지관리 통합 플랫폼 테스트 베드 적용 및 기술정보 사업지원
실용화 및 제도	3-3.ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 확산을 위한 제도 및 관련법 개선방안	▪ ICT 기반 안전진단 및 유지관리 기술의 현장 적용을 위한 지침, 시방서 등의 제도 기반 구축(안) 마련 ▪ 대상건축물의 안전 및 유지관리 확보를 위한 통합관리법 제정(안) 마련 ▪ 연구완료후 5년, 10년 후에 대한 시장성 예측 및 경제성 분석 수행
	3-4.ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리의 정량적 성능평가 및 인증시스템 개발	▪ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 신뢰성 확보를 위한 성능평가의 체계화 및 지침화 ▪ ICT 기반 건축물 안전전단 및 유지관리 기술의 인증제도 도입(안) 마련 ▪ ICT 기반 건축물 안전전단 및 유지관리 기술의 수요확산을 위한 인센티브 도입(안) 마련 ▪ ICT 기반 유지관리기술 기술이전 및 사업화 방안 마련
추진 전략	▪ 기술수요조사: 산학협력체계와 유기적인 관계 구축을 통한 실용적 연구성과 도출 및 산업화를 위하여 협력산업체 네트워크와 산학기술협의회를 구성하여 매년 2회 이상 기술자문회의 및 산업체 요구기술을 수요조사하여 과제에 반영 ▪ 협력산업체 네트워크: 1) 참여기업을 포함한 협력업체(MOU체결) 협조체계 구성 2) 산업체 요구의 기술 수요조사 협조 3) 실무 지향 인력양성을 위한 학부/대학원생 실무실습 협조 4) 매년 기술설명회, 기술교류회, 워크숍에 참여 및 개발 기술의 실용화에 협조 ▪ 산학기술협의회: 1) 실용적 기술개발을 위한 산업체 수요의 연구방향 점검/제안 협의회 2) 관련 분야 산업체 주요 인사를 위원으로 초빙 3) 연구방향 점검/제안 및 기술 수요조사 (매년 2회 이상 협의회 개최) ▪ 기술이전 및 기술지도: 개발 기술은 참여기업 및 협력업체의 실용화 협조를 바탕으로 실용성을 개선하고 완성하여 우선적으로는 참여기업 또는 협력업체에 기술지도와 함께 기술이전 하는 것을 목표로 하고 있음 ▪ 연구기관 및 관련부처의 협의: 1) 국내 건축 관련 학회 및 협회의 협의를 통한 도출된 제도·정책의 신뢰성 확보 2) 전문가의 검토를 통한 교육용교재 개발 3) 대학 및 교육기관과의 협의를 통한 교육프로그램 시범운영 방안 마련, 4) ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 제도·정책 및 전문인력양성에 대한 공청회 실시 ▪ 제도·정책의 현장적용: 1) 전문가 자문단 운영(ICT 요소기술 전문가, SHM 기술 전문가, 신기술 컨설팅 전문기업 등)을 통한 개발된 제도 및 정책 방안의 도입 추진 2) ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 전문인력양성을 위한 종합방안의 적용	

■ 3세부 테스트베드 대상건물

- 테스트베드(test-bed) 관련 적용 대상 건물은 본 연구를 통하여 개발 예상되는 신기술과 계측장비 등의 실용화를 위하여 테스트베드 실시 예정기관과 부합되는 신축건축물 1동(예: 공동주택, 관공서, 민간건축물 등) 또는 기존 건축물 1동을 선정하여 종합적인 차원의 ICT기반 안전진단 시스템을 검증함

■ 3세부 테스트베드 추진 필요성

- 1, 2 세부에서 개발한 ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술의 현장적용을 위한 실용화 및 요소기술 통합화를 위하여 테스트베드의 기획 및 실증이 필요함.

■ 3세부 테스트베드의 추진방법

- 테스트베드의 추진방향은 크게 3단계로 구분하여 1단계(1, 2차년도) 테스트베드 및 플랫폼 모델 개발, 2단계(3, 4차년도) 테스트베드 및 플랫폼 실증, 3단계(5차년도) 실증 평가로 구성되며, 테스트베드와 플랫폼 구축의 주요추진사항을 체계적으로 정리하여 그림 3-13과 같이 하였으며, 이를 통하여 연구개발 기술 및 실용화와 통합화를 실증함

추진단계별 추진방향	테스트베드	플랫폼 구축
1단계 (1, 2차년도) 테스트베드 및 플랫폼 모델 개발	▪ 1,2세부 기술실증 목표 설정 ▪ 테스트베드 건축물 MOU 체결 ▪ 실증 대상 건축물 기술 실증 설계 및 공정 계획 수립 ▪ 1,2 세부 실증기술 지원 프로그램 개발	▪ 1,2세부 기술 플랫폼 구축 목표 설정 ▪ 플랫폼 대상 범위 기본 계획 ▪ 플랫폼 기본 모델 설계
2단계 (3,4차년도) 테스트베드 및 플랫폼 실증	▪ 테스트베드 실증 장비 구축 ▪ 실증 건축물 데이터 모니터링 및 수집 ▪ 건축물 건전도 평가	▪ 1,2세부 기술 지원 플랫폼 실시 모델 설계 ▪ 플랫폼 제작 ▪ 플랫폼 구축 및 운영
3단계 (5차년도) 실증 평가	▪ 실증 효과 제시 ▪ 최적화 기술적용 매뉴얼 제시	▪ 신뢰성 및 사용성평가

[그림 3-13] 추진 단계별 추진 방법

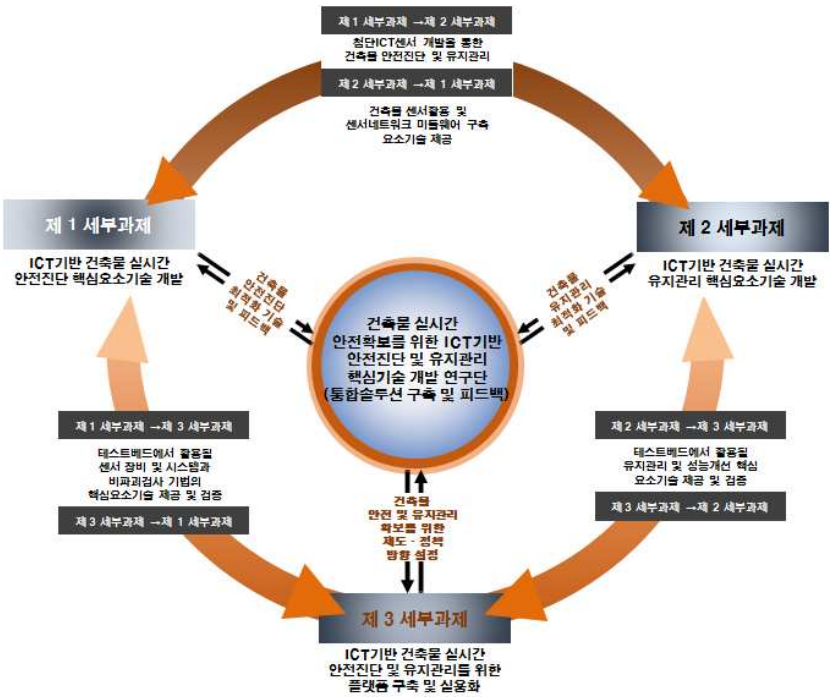
■ 테스트베드 및 플랫폼 구축의 원활한 추진을 위하여 다음과 같은 조건을 만족하는 기관이 참여할 수 있도록 함

1) 1, 2세부 기술개발 시 현장적용 지원과 기술연계 개발이 가능한 기관
2) 테스트베드 현장설외 후 MOU 체결을 의무화 함

제 5 절 세부과제 간 연계관계

본 연구는 ICT기술과 건축물 안전 및 유지관리 기술의 기술적, 학제적 융합을 통해 요소기술을 개발하고 실용화를 달성하여 건축물의 안전수요를 체계적·실효적으로 대응하고 새로운 건축시장을 개척하는 것을 목적으로 함. 이와 같은 목적을 달성하기 위해 전체적인 연구기획은 [그림 3-13]과 같이 **1세부 안전진단 분야, 2세부 유지관리 및 성능개선 분야, 3세부 플랫폼 구축 및 실용화 분야로 구성**되어 있음

- **1세부 과제에 해당하는 안전진단분야**는 기존 안전진단기술의 한계를 극복하기 위한 ICT기반의 센서기술과 비파괴검사기술개발을 목적으로 하며, **2세부 과제에 해당하는 유지관리 및 성능개선분야**는 ICT기반의 안전진단-유지관리 통합시스템 구축을 위한 BIM유지관리기술과 건축물의 성능개선기술 개발을 목적으로 함. **3세부 과제에 해당하는 플랫폼 구축 및 실용화 분야**는 실규모 프로젝트를 대상으로 하는 테스트베드 및 플랫폼 구축과 ICT-건축물 안전 및 유지관리 기술의 확산을 위한 법·제도를 구축하는 것을 그 목적으로 함
- **3세부 과제**인 ICT-건축물 안전진단 및 유지관리 융합기술의 실제 실용성을 검증하는 단계로 건축물 안전 및 유지관리 관련 **산·관·학·연의 네트워크의 구축이 필수적으로 요구**됨
- 1세부에서 개발될 첨단 ICT센서 시작품들은 **2세부 건축물 유지관리 및 성능개선분야에서 연구활용** 되며, 2세부에서 연구될 센서활용 기술 및 건축물내 센서네트워크 미들웨어 구축기술은 **1세부 센서 시스템 개발에 활용**됨
- 1,2세부에서 개발된 센서 장비 및 시스템, 유지관리에 관한 개별 요소기술은 **3세부 플랫폼 구축 및 실용화를 위한 대상기술**이 되며, 이를 위해 각 세부간의 지속적인 피드백을 통한 Pilot Testbed가 진행될 예정임



[그림 3-13] 세부과제 간 연계성

제 6 절 과제별·연차별 기술로드맵 및 성과로드맵

본 기획연구를 통하여 도출한 마일스톤과 세부과제 수행 프로세스를 세부과제 수행 프로세스를 [표 3-21], 세부과제별 성과로드맵을 [표 3-22～24], 세부과제별 기술로드맵을 [표 3-25～27]에 각각 연차별로 제시하였음

1. 마일스톤 및 세부과제 수행 프로세스

[표 3-21] 마일스톤 및 세부과제 수행 프로젝트(계속)

구분 \ 년도		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
		과제 착수	핵심기술 개발		실용화 착수	
1세부 ICT 기반 건축물 실시간 안전 진단 핵심 요소 기술 개발	• 저가형 고감도 광섬유센서 및 kHz급 진단 네트워크 시스템 개발	기존 광센서 성능분석	저가형 고감도 광센서 개발		저가형 고감도 광센서 시스템 개발	개발시스템 성능평가
	• 광섬유센서 기반 건축물 실시간 구조모니터링 및 리스크평가	계측기법개발	모니터링시스템 개발		리스크평가 기술개발	테스트베드 구축
	• 이종 센서 호환형 건축물 하이브리드 계측 시스템 개발	하이브리드 계측 시스템 체계구축	센서모듈 개발		하이브리드 계측 시스템 개발	최종시험
	• 사물인터넷기반 건축물 안전 진단용 보급형 유/무선 계측 및 통합 모니터링 솔루션 개발	유무선로거 개발	모니터링시스템 개발 국가재난안전통신망 연동기술 개발		IoT 연동 통합 모니터링 시스템 성능평가	테스트베드 구축
	• 응력파 멀티비파괴검사법을 이용한 건축물 진단기술	멀티비파괴 검사법 개발	부재기반 시스템 구축	구조건전성 평가기술 개발		Lab규모 핵심기술 평가
	• 실시간 데이터 취득의 안전성 확보를 위한 반자동화 현장측정시험시스템 구축 기술	데이터 취득 시스템 개발	반자동화 시스템 개발		개발시스템 성능평가	테스트베드 구축

[표 3-21] 마일스톤 및 세부과제 수행 프로젝트(계속)



[표 3-21] 마일스톤 및 세부과제 수행 프로젝트



2. 세부과제별 성과로드맵

[표 3-22] 1세부과제 성과로드맵



- 고성능 광센서와 광센서연계 하이브리드 로거가 일체화된 시스템을 개발하여 건축물 모니터닝 시스템 구축에 활용됨
- 보급형 유무선 로거기술은 이종센서 하이브리드 로거의 데이터 송수신을 위한 통신시스템으로 활용됨
- 비파괴검사기술분야에서는 검사기법개발에 관한 세세부 과제와 자동화 장비개발에 관한 세세부과제간에 긴밀한 연구연계가 계획됨

[표 3-23] 2세부과제 성과로드맵



- 이력데이터기반 구조특성이 반영된 BIM-COBie 연동 모듈은 최종적으로 BIM기반 건축물 안전 및 위험관리 프로그램에 활용됨
- 센서 내장형 패널개발을 통해 개발된 첨단 ICT센서는 보강재와 결합된 하이브리드 건설신소재에 활용됨

[표 3-24] 3세부과제 성과로드맵

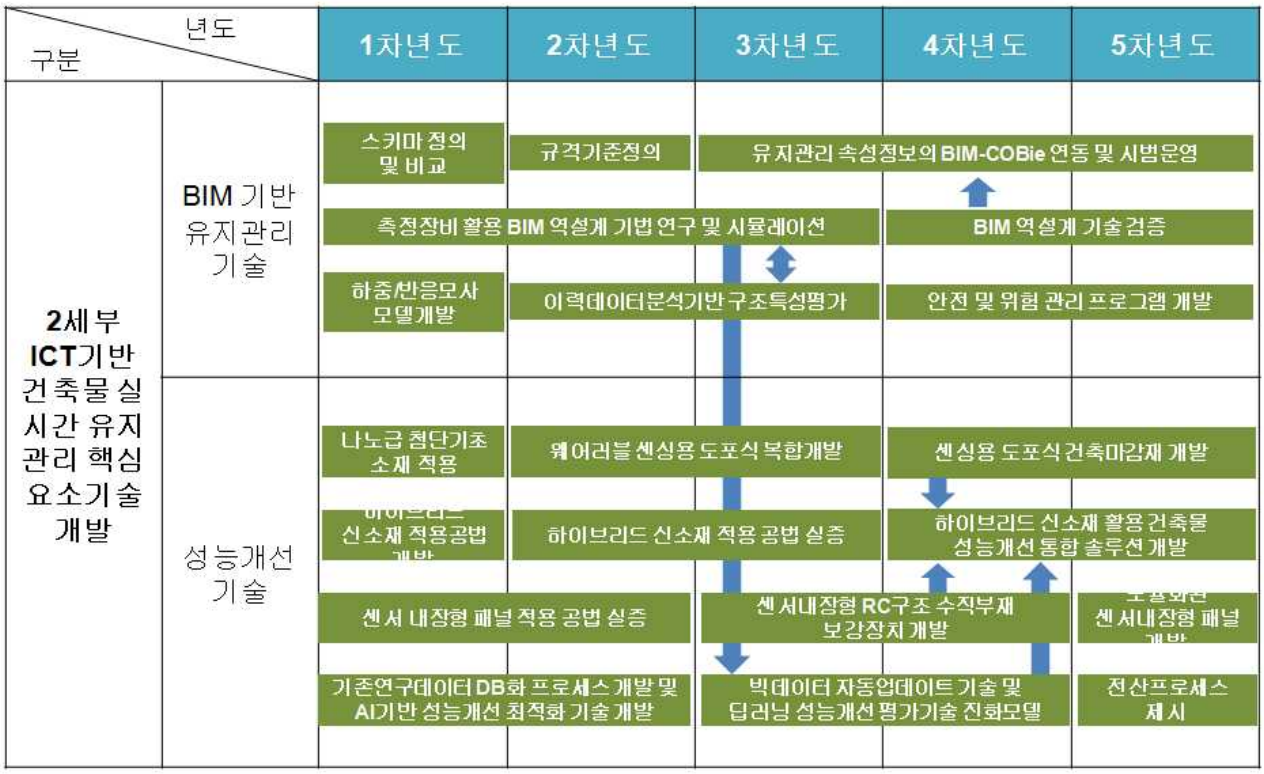


3. 세부과제별 기술로드맵

[표 3-25] 1세부과제 기술로드맵

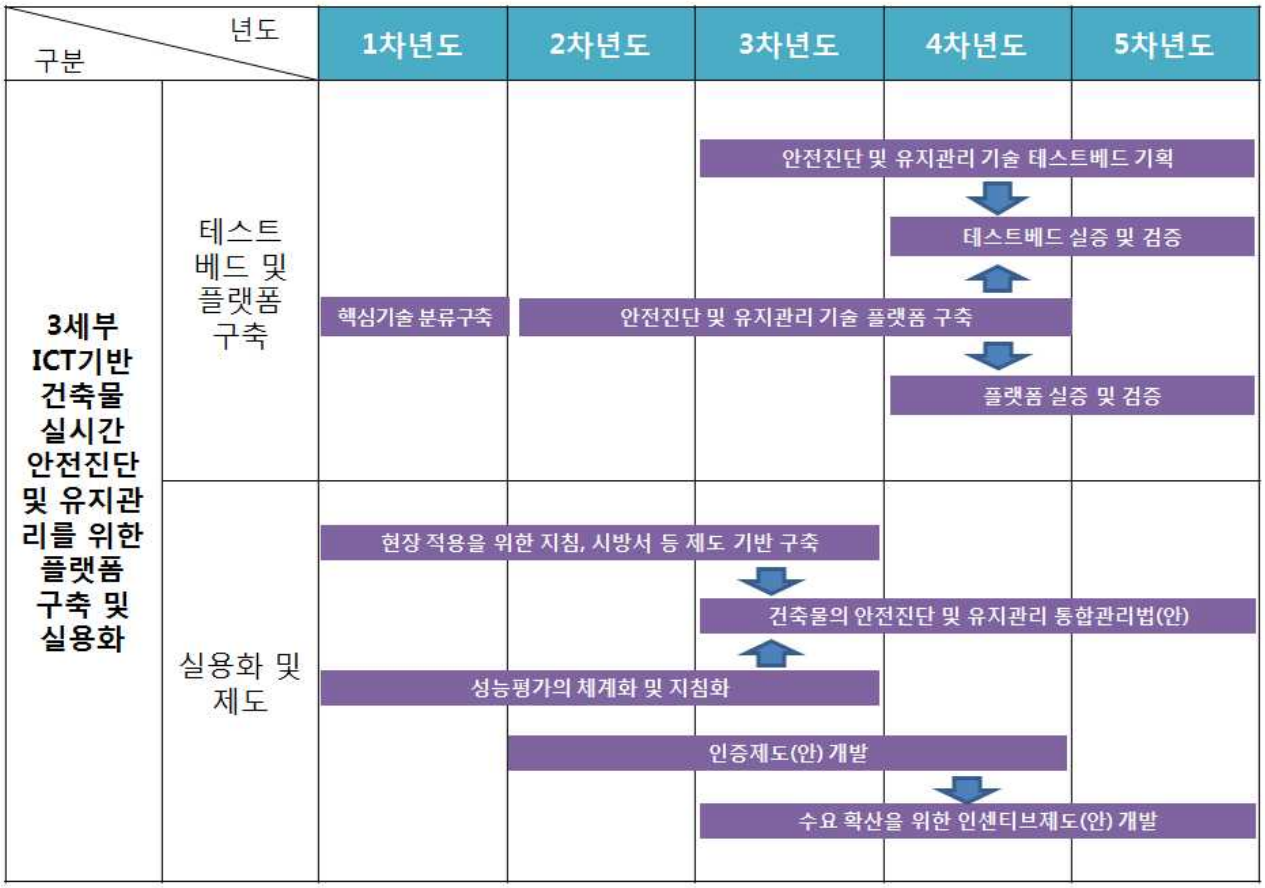


[표 3-26] 2세부과제 기술로드맵



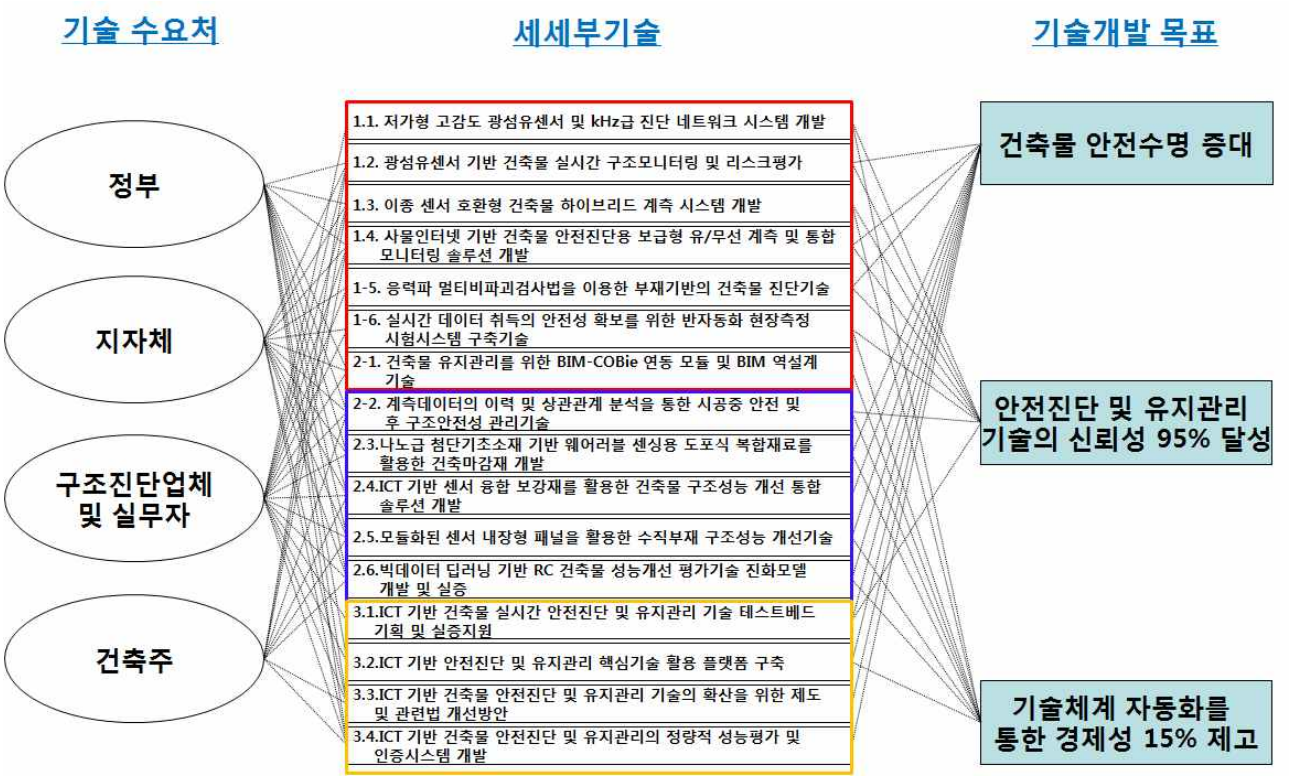
.

[표 3-27] 3세부과제 기술로드맵



제 7 절 성과의 활용방안

본 기획연구에서 제시하는 세세부 과제별 주요성과물은 [표 3-28~30]과 같음. 또한 이러한 연구성과물은 궁극적으로 3가지 연구목표 달성에 구체적으로 기여함[그림 3-14]. 총 16개 세세부기술의 개발 기술을 통해 건축물의 장수명화, 안전진단/유지관리 기술의 신뢰성 및 자동화 장비의 경제성 향상이 가능하며, 종국적으로 대국민 안전을 책임지는 정부와 공공건축물의 소유주인 지자체, 민간 건축주, 첨단 ICT기반 안전진단/유지관리 기술의 실수요자인 장비개발 및 구조진단 업체 등의 기술수요처에 기대효과가 예상됨.



[그림 3-14] 세부기술별 기술수요처와 기술개발 목표의 연관성

1. 1세부: ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 핵심요소기술 개발

[표 3-28] 1세부과제 성과의 활용방안 및 기대효과

1세부		목표성과물		기술 수요처	활용방안 및 기대효과
센서 기술	센서 개발	▪ 건축구조물의 변형측정용 저가형 고감도 광센서 및 진단 네트워크 시스템	⇨	정부, 지자체,	활용방안: ▪ 노후화된 건축물 (안전등급 D, E)의 구조 안전성을 계측 및 국가재안안전통신망을 통해 건축주 및 관리주체에게 건축물의 상태를 통지 ▪ 비파괴검사를 통하여 적절한 유지보수 시기 선정을 통한 건물 기대수명 증진
	센싱 장비 및 시스템	▪ 전기저항식 센서와 광섬유 센서를 동시에 지원하고 유/무선 통신 데이터 전송 및 건축물 안전관리 모니터링이 가능한 하이브리드 계측 시스템 ▪ 건축물의 구조상태를 실시간으로 계측하고 국가재난안전통신			

		망 또는 사물인터넷 망을 기반으로 계측 데이터를 전송할 수 있는 보급형 계측 시스템 및 통합 모니터링 시스템		기대효과: ▪ 건축물 안전사고에 대비한 범국가적 선재대응형시스템 구현 ▪ 건축물 재해 방지에 의한 경제적 손실 저감 및 안전율 제고 ▪ 초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법의 계측설비 지침 선진화
	계측값 평가 및 모니터링	▪ 광센서기반 건축물 계측 및 리스크평가기술 지침서 ▪ 광센서기반 건축물 실시간 구조모니터링 시스템		
비파괴 검사 기술	**복합 진단 기법**	▪ 멀티 충격반향, 충격반향스캐너, 충격표면파를 이용한 건축물진단기법 ▪ 멀티 표면파기법, 슬래프 임펄스응답, 초음파속도법을 이용한 건축물진단기법 ▪ 건축물 안전진단을 위한 응력파기반 멀티비파괴검사법 적용 지침서	**구조진단 업체 및 실무자, 건축주**	활용방안: ▪ 부재 수준 및 구조 수준의 복합 건축물 모니터링을 기반으로 안전진단의 신뢰성 향상 ▪ 멀티비파괴검사법을 이용한 건축물 진단시스템 지침서 및 안전진단을 위한 매뉴얼 개발에 활용 ▪ 보급형 건축물 모니터링 시스템의 보급을 통한 센싱데이터 기반 자동 건전성 평가 지원을 통한 구조물의 안전 확보
	데이터 평가	▪ 건축물에 복합진단기법을 적용하여 데이터 취득 기계화 시스템 개발 ▪ 실시간 데이터 취득 현장측정시험 프로세스 개발 ▪ 실시간 데이터 취득 반자동화 현장측정시험 장비 개발		기대효과: ▪ 모니터링 및 구조건전도 관리 엔지니어링분야의 국내외 시장 선점 ▪ 첨단 광센서 기술 고유 개발을 통한 계측기술 개선 및 신건설시장 창출 ▪ 첨단 ICT기반 구조모니터링 기술 확보로 인한 국내 건축물 구조안전진단 기술력 향상 ▪ 국내시장의 기술력 향상과 수입대체를 통한 원천기술의 국산화 확보

2. 2세부: ICT 기반 건축물 실시간 유지관리 핵심요소기술 개발

[표 3-29] 2세부과제 성과의 활용방안 및 기대효과

2세부		목표성과물	⇨	기술 수요처	활용방안 및 기대효과
BIM 기반 유지 관리 기술	**건축물 상태 관리**	▪BIM-COBie연동 모듈 시스템 및 유지관리용 BIM 역설계 기술		**정부, 지자체,**	활용방안: ▪BIM-COBie 연동모듈은 능동적 스마트 유지관리의 핵심기술로써 각 도, 시, 군 단위 정부기관 시설담당부처에서 활용 가능 ▪국가 중요구조물의 상시 유지관리 시스템 구축에 활용 ▪건축물의 내진성능 향상에 따
	건축물	▪시공 중/후 건축물 안전성 평			

	위험정보처리	가 및 관리를 위한 계측데이터 분석 지침서 및 프로그램		른 건축물의 지진에 대한 안전성 확보 및 사전예방 기술 개발
성능 개선 기술	**재료 성능**	▪광전면 센싱이 가능한 고감도 센서재료를 활용한 도포형 마감재 코팅기술 및 시제품		기대효과: ▪국가재난 및 인명, 재산피해 최소화 가능 기술 및 제도 수립 ▪건설 기술개발 선진국으로의 도약을 위한 정부의 기술정책 제시
	구조 성능	▪ICT 융합 하이브리드 신소재를 활용한 건축물 구조성능 개선 통합 솔류션 ▪첨단 ICT기능이 내장된 패널형 수직부재 보강장치 및 모니터링 시스템	**구조진단 업체 및 실무자, 건축주**	활용방안: ▪기술지도 및 기술이전을 통해 개발기술을 기존 건축물 계측관리 시스템과 연계하여 구조안전성 평가 및 관리에 활용 ▪건축 분야 보강 및 유지관리 업체에 활용 ▪건축물 내진성능 개선기술과 안전모니터링 기술을 확보한 기술인력 배출
		▪성능개선 관련 DB 디지털화 프로세스 개발 ▪건축물 잔존 사용기간에 대한 AI 기반 성능개선 최적화 기술 개발 및 검증 ▪빅데이터 딥러닝 기반 건축물 성능개선 평가기술 진화모델 개발		기대효과: ▪건축물의 웨어러블 센싱(Wearable sensing)을 통한 통합적이고 입체적인 유지관리 체계 구축 가능 ▪교육기관을 활용한 기술인력의 저변확대 및 ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 산업의 첨단화 도모 ▪명확한 유기관리 지침 개발로 효율적인 업무수행 및 건축물 관리 가능

3. 3세부: ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리를 위한 플랫폼 구축 및 실용화

[표 3-30] 3세부과제 성과의 활용방안 및 기대효과

3세부		목표성과물		기술 수요처	활용방안 및 기대효과
테스트베드 및 플랫폼 구축	**테스트베드 기획 및 실증**	▪ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 실증 보고서 ▪ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술 적용을 위한 매뉴얼	⇨	**정부, 지자체,**	활용방안: ▪ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술관련 인프라 활용 증대 ▪ 건축물의 안전진단 및 유지관리 기술의 성능, 안전, 품질에 대한 정량적인 평가에 활용
	플랫폼 구축	▪ 건축물 안전진단 및 유지관리 관련 신규 수요 창출 ▪ ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 통합 솔루션			

실용화 및 제도	기반 구축	▪ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 시방, 기준 및 지침(안) ▪ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술 교재 및 교육프로그램 ▪ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 확산을 위한 제도 ▪ (가칭)건축물 안전 및 유지관리 통합법 제정
	수요 확산	▪ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 분야의 성능평가 기준 및 방법 수립 ▪ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 인증제도 도입 ▪ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 분야의 인센티브 제도 도입

	기대효과: ▪ 각종 시방, 기준 및 지침(안) 개발을 통한 안전진단 및 유지관리 기술의 선진화 도모 ▪ 각종 법률 및 제도 개선안을 통한 ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 산업의 안전성 및 기술성 제고 및 선진화 도모
업체, 건축주, 실무자	활용방안: ▪ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 구축 결과를 활용한 기업 및 공공 지원 ▪ 창업지원기관과의 연계협력으로 시너지 효과 창출 ▪ 전문 교육과정 개발을 통한 ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 전문인력의 배출
	기대효과: ▪ 건축물 안전진단 및 유지관리 관련 신규수요 창출 ▪ 교육기관을 활용한 기술인력의 저변확대 및 ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 산업의 첨단화 도모 ▪ ICT를 기반으로 한 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 신뢰성, 정확성 실무자의 전문성 확보

4. 세부별 주요 최종 성과물

○ 1세부: ICT기반 건축물 실시간 안전진단 핵심요소기술 개발

1) 핵심성과명: 저가형 고감도 광섬유센서 시작품(유형: 장비/장치)

세세부과제명	• 저가형 고감도 공진반사 FBG형 광섬유센서 및 kHz급 능동모드 진단 네트워크 시스템 개발
정의(설명)	• 건축구조물의 변형측정용 저가형 고감도 광센서 및 진단 네트워크 시스템을 개발
설정사유	• 첨단 광센서 기술이 기존 전기센서에 비하여 다양한 고성능의 비교우위 장점이 있음에도 불구하고 시장에서 기술 대체가 이루어지지 못하는 근본 이유는 상용화 수준의 저가격화 및 대량생산에 의한 규모의 경제에 다다르지 못하고 있기 때문임. • 가장 큰 문제점으로 지적받아오는 성능 대비 가격경쟁력 확보 시 건물 적용분야의 급속한 확대와 상용적 대중화를 예상할 수 있음.
목 적	• 최근 급격히 발달된 첨단 RF 광신호의 능동모드 기술로 포인트 공진반사의 위치와 파장 정보를 검출함으로써 천만원 이상의 파장선택 필터소자 및 분광 스펙트로미터 제거 및 기존 FBG 센서 대비 월등한 성능 확보. 향후 대량 생산 및 총 천만원 이하 광센서 시스템 부품 저가격화를 위한 독창적인 상용화 기술의 신규 개발을 통한 고가의 장벽을 혁신적으로 낮추게 되어 건축물 분야의 센서 대중화를 실현
성능목표	• (개발기술 수준) 100 Point 급 병렬 Ch 의 kHz급 다이나믹 측정 장비천만원 이하 저가형 개발
수요처	• 건축, 토목 분야 안전진단 및 관리 업체, 장비제조 업체
소요기간	• 1차년 ~ 5차년 **(집중소요기간 1-3차년)**

2) 핵심성과명: 광센서기반 건축물 계측-리스크 평가 S/W 및 기술 지침서
(유형: 소프트웨어, 제도/표준화)

세세부과제명	• 광섬유센서기반 건축물 실시간 구조모니터링 및 리스크평가
정의(설명)	• 광센서를 이용한 건축물 구조반응을 실시간으로 계측/수집하고, 이를 통해 구조물의 구조안전위험성을 평가
설정사유	• 내구성, 계측의 신뢰성, 멀티플렉싱기능, 높은 샘플링수 등으로 인해 장기 모니터링이 가능하고, 건축물에 설치하는 센서의 수를 감소시키며 유지관리의 편이성 및 효율 등을 증대시킴 • 광센서 기반의 건축물 통합 모니터링 시스템 및 리스크 평가 기술의 미흡으로 인해 건축물 모니터링 및 유지관리 시장에서 광센서의 활용도가 떨어짐
목 적	• 변형률, 가속도 등을 광센서 기반의 통합 계측 및 관리할 수 있는 자동화된 계측 시스템 개발하고 이를 통해 건축물의 구조위험성을 연속적으로 평가할 수 있는 기술 개발하여 현 기술 수준 및 적용성을 증대시키고자 함
성능목표	• (개발기술 수준) 실구조물 계측결과 신뢰도 95% 이상 확보
수요처	• 정부, 지자체, 공공기관, 민간업체, 건축물 안전진단 수요자
소요기간	• 1차년 ~ 5차년 **(집중소요기간 1-3차년)**

3) 핵심성과명: 이종 센서 호환형 하이브리드 계측 시스템 시작품(유형: 장비/장치)

세세부과제명	• 이종 센서 호환형 건축물 하이브리드 계측 시스템 개발
정의(설명)	• 이기종 센서를 동시에 제어/계측하는 다채널 건축물 안전관리 모니터링을 위한 하이브리드 계측 시스템 개발
설정사유	• 기존 건축물의 안전 모니터링에 사용되는 전기저항식 센서는 저렴한 비용으로 다양한 물리량에 대한 계측이 가능하지만, 전기적 노이즈 및 센서와 데이터로거 사이의 길이가 길어짐에 따른 전압강하라는 치명적인 단점이 존재 • 광섬유센서 계측 시스템의 경우, 철도/토목 분야에 비해서 건축분야에 많은 연구가 이루어지지 않았으며, 큰 구축 비용으로 인하여 활용도가 매우 낮은 실정이며, 지원하는 센서의 종류가 제한적이라는 단점이 필요함 • 따라서 건축물에 광섬유센서와 전기저항식 센서를 동시에 지원하는 계측 시스템의 개발이 필요함 • 신규 건축물 뿐만 아니라, 기존 건축물에 적용을 위해서는 신뢰성의 유/무선 통신기술의 적용이 필요함.
목 적	• 합리적인 비용으로 건축물의 다양한 물리량에 대한 계측을 지원하는 하이브리드 계측시스템을 개발하여, 건축물의 구조 위험성을 실시간으로 신뢰성 있게 모니터링을 지원하고자 한다.
성능목표	• (개발기술 수준) 이종센서 동시 연계형 시스템; 전압 및 전류출력 센서 호환; OTDR 및 FBG 호환
수요처	• 정부, 지자체, 공공기관, 민간업체, 건축물 안전진단 수요자
소요기간	• 1차년 ~ 5차년 **(집중소요기간 1-3차년)**

4) 핵심성과명: 사물인터넷기반 건축물 안전진단용 보급형 유/무선 계측 및 통합 모니터링 시스템 시작품(유형: 장비/장치)

세세부과제명	• 사물인터넷기반 건축물 안전진단용 보급형 유/무선 계측 및 통합모니터링 솔루션 개발
정의(설명)	• 건축물의 동적인 구조 안전성을 실시간으로 계측하고 국가재난안전 통신망을 기반 전송을 지원하는 계측 시스템 및 통합 모니터링 시스템 개발
설정사유	• 대부분의 센서 및 계측 시스템이 외산 수입품으로 높은 가격으로 인하여 상징적인 초고층 빌딩을 제외한 건축물 및 구조물에 설치할 수 없는 금액임. • 5층 이상의 건축물이나, 큰 면적을 차지하는 구조물의 경우 통신 공사비에 50% 이상의 막대한 비용이 발생하고 있어, 국내 기술의 보급형 건출물 계측 및 모니터링 시스템 개발이 필요함
목 적	• 지자체가 관리주체인 노후화된 건축물(안전등급 D, E)의 구조 안전성을 계측하여 상용 유/무선 통신기술 및 국가재안안전통신망(LTE)을 통하여 건축주 및 관리주체에게 알려줄 수 있는 보급형 계측 시스테 및 통합모니터링 시스템 구축
성능목표	• (개발기술 수준) 시설물 정기점검 및 정밀안전진단에 활용가능한 사물인터넷 기반 모니터링 시스템 구축
수요처	• 정부, 지자체, 공공기관, 민간업체, 건축물 안전진단 수요자
소요기간	• 1차년 ~ 5차년 **(집중소요기간 1-3차년)**

5) 핵심성과명: 멀티비파괴검사법을 이용한 건축물 진단시스템 지침서
(유형: 공법/기법, 제도/표준화)

세세부과제명	• 응력파 멀티비파괴검사법을 이용한 부재기반의 건축물 진단기술
정의(설명)	• 실시간 안전확보를 위한 멀티비파괴검사법을 이용하여 건축물 안전진단 기술 개발 및 검증
설정사유	• 건축물 대상 비파괴검사법을 이용한 진단 결과의 불확실성에 대한 신뢰도 향상
목 적	• 실시간 안전확보를 위한 멀티비파괴검사법 제시를 통하여 건축물 안전진단 신뢰도를 향상하고 ICT기반 건축물 안전진단 핵심기술에 기여함
성능목표	• (개발기술 수준) 국내 비파괴 검사 규격 제시; 현행 국내외 비파괴검사 기법 대비 30%이상 진단오차율 감소
수요처	• 대학, 연구소, 기업체, 정부
소요기간	• 1차년 ~ 5차년 **(집중소요기간 1-3차년)**

6) 핵심성과명: 반자동화 현장측정시스템 시작품(유형: 장비/장치)

세세부과제명	• 실시간 데이터취득의 안전성 확보를 위한 반자동화 현장측정 시험시스템 구축기술
정의(설명)	• 실시간 데이터취득의 안전성 확보를 위한 반자동화 현장측정 장비 개발 및 현장적용 지침서 제시
설정사유	• 응력파기반 실시간 데이터취득 반자동화 현장측정장비 부재 • 비파괴검사법을 이용한 데이터취득의 불확실성에 대한 신뢰도 확보
목 적	• 실시간 반자동화 현장측정시험 시스템 구축을 통하여 건축물 안전진단 장비 개발 및 현장적용 실용화를 통한 ICT기반 건축물 안전진단 핵심기술에 기여함
성능목표	• (개발기술 수준) 국내 최초 응력파 진단 보조장비 개발; 데이터 신뢰도 95% 실현
수요처	• 대학, 연구소, 기업체, 정부
소요기간	• 1차년 ~ 5차년 **(집중소요기간 1-3차년)**

○ 2세부: ICT기반 건축물 실시간 유지관리 핵심요소기술 개발

1) 핵심성과명: 건축물 유지관리를 위한 BIM-COBie 연동 모듈 및 프로그램 (유형: 소프트웨어)

세세부과제명	• 건축물 유지관리를 위한 BIM-COBie 연동 모듈 및 BIM 역설계기술 개발
정의(설명)	• COBie는 유지관리 국제표준 포맷으로 IFC유지관리 속성정보를 정의함으로서 BIM기반의 효율적인 건축물 전생애주기의 관리가 가능함 • BIM 역설계기술은 드론, 레이저스캐너 등의 스마트 측정 장비를 활용하여 기존건축물의 건축, 구조, 설비 등의 형상정보와 속성정보를 BIM모델로 구축하여 유지관리에 활용하는 기술임
설정사유	• 건축도면이 구축되어 있지 않은 기존 시설물은 속성정보의 부재로 인하여 체계적인 유지관리가 어려움 • 상호운용성 확보를 위하여 BIM에 포함되어 있지 않은 유지관리 데이터의 스키마(SCHEMA) 정의가 필요함
목 적	• 체계적인 유지관리를 통한 유지관리 비용 절감
성능목표	• (개발기술 수준) 센서 계측 정보 관리의 BIM 기반 자동화 프로그램 및 시스템 개발
수요처	• 정부, 지자체, 민간업체
소요기간	• 1차년 ~ 5차년 **(집중소요기간 1-4차년)**

2) 핵심성과명: 계측데이터의 이력 및 상관관계 분석을 통한 건축물 안전 및 위험관리 프로그램 (유형: 소프트웨어)

세세부과제명	• 계측데이터의 이력 및 상관관계 분석을 통한 시공중 안전 및 후 구조안전성 관리기술 개발
정의(설명)	• 다양한 센서로부터 수집된 데이터의 이력 및 상관관계를 분석하여 구조물의 구조특성을 평가하고, 이를 통해 구조물의 안전성 평가하여 적절한 조치를 취할수 있도록 함
설정사유	• 기존 연구 및 기술은 주로 단기 계측 데이터만을 이용하여 장기간 계측 및 수집되는 데이터의 활용이 떨어졌으며, 또한 장기간 동안에 걸쳐 변화하는 구조물의 구조특성 변화를 파악하기는 어려움
목 적	• 장기 모니터링을 통해 수집된 데이터의 활용을 극대화하고, 이를 통해 대상 건축물의 구조안전성을 정확하게 판단하고, 신속한 대처를 할 수 있도록 함
성능목표	• (개발기술 수준) 실험검증을 통한 오차율 5% 이하 확보
수요처	• 정부, 지자체, 공공기관, 민간업체, 건축물 유지관리 수요자
소요기간	• 1차년 ~ 5차년 **(집중소요기간 1-4차년)**

3) 핵심성과명: 나노급 첨단기초소재 기반 웨어러블 센싱용 도포식 건축마감재
(유형: 공법/기법)

세세부과제명	• 나노급 첨단기초소재 기반 웨어러블 센싱용 도포식 복합재료를 활용한 건축마감재 개발
정의(설명)	• 고감도 센서재료로서 타 연구분야에서 많은 발전을 이루고 있는 탄소나노튜브, 그레핀 등의 고감도의 전기적 성질을 가진 나노센서 재료를 이용한 복합재료(유무기 코팅재료, 재료내 합지가 가능한 섬유센서 형태 등)로 개발
설정사유	• 건축물 광전면에서 발생될 다양한 열화요인을 상시적으로 계측하고 조치하기 위해서는 기존 특정지점에 대한 센서부착 등에 의한 센싱방식에는 한계가 있음. 또한 건축물 유지관리 대상 광전면에 적용 가능한 고감도 센서재료와 이를 응용한 마감재 코팅기술의 개발이 반드시 필요한 실정임
목 적	• 건축물의 마감기술 적용을 통한 기존의 특정지점 계측방식(Pointing sensing)의 한계성을 뛰어 넘어 건축물 내외부 광전면에 대한 웨어러블 센싱(Wearable sensing)을 통한 통합적이고 입체적인 유지관리
성능목표	• (개발기술 수준) 센싱용 도포식 복합재료 개발을 통한 면단위 센싱기술 확보; 국제적 수준의 기술확보 (국제특허출원)
수요처	• 정부, 지자체, 공공기관, 민간업체, 대학, 연구소
소요기간	• 1차년 ~ 5차년 **(집중소요기간 1-4차년)**

4) 핵심성과명: 센서 융합 보강재 활용 건축물 성능개선 통합 솔루션 프로그램
(소프트웨어, 시스템)

세세부과제명	• ICT 기반 센서 융합 보강재를 활용한 건축물 구조성능 개선 통합 솔루션 개발
정의(설명)	• 보강재의 역할과 안전모니터링 역할을 동시에 추구하는 첨단 ICT 센서융합 하이브리드 신소재 개발 및 적용
설정사유	• 건축물의 구조성능을 향상시키기 위하여 FRP재료를 활용한 보강기술 개발 연구가 다양하게 수행되었으나, 시공 후 보강재와 구조부재와의 접착문제 등의 품질관리 문제가 대두되고 있으나 육안 또는 비파괴 시험외에 시공품질 및 구조성능을 검증할 방법이 현실적으로 없음.
목 적	• 첨단 IT센서와 신소재를 융합하여 구조물의 안전성을 확보하고, 안전모니터링을 통하여 구조물의 구조성능, 안전성 등을 확보
성능목표	• (개발기술 수준) 신소재 활용 구조성능 15% 증대 및 안전모니터링 시스템 구축
수요처	• 정부, 지자체, 공공기관, 민간업체, 건축물 유지관리 수요자
소요기간	• 1차년 ~ 5차년 **(집중소요기간 1-4차년)**

5) 핵심성과명: 모듈화된 센서내장형 패널활용 구조부재 보강장치(유형: 공법/기법)

세세부과제명	• 모듈화된 센서 내장형 패널을 활용한 구조부재 구조성능개선 기술개발
정의(설명)	• 철근콘크리트 건물의 구조성능 개선기술 개발과 함께 보강 후 부재에 작용하는 응력의 모니터링을 통하여 보강설계의 최적화와 건물안전관리 기술개발과 함께 첨단 기능을 부여할 수 있는 보급형 기술개발
설정사유	• 철근콘크리트 구조 건축물의 구조성능 개선과 관련한 기존 기술은 단순히 강도와 연성증진 그리고 시공성향상 등을 중심으로 개발되고 있어 보강 후 성능개선 정도를 확인하기 어려운 실정임.
목 적	• 다양한 재해환경조건에서 구조물의 구조성능, 안전성 등을 확보
성능목표	• (개발기술 수준) 모듈화된 고성능 보강기술개발; 보강 후 건물의 ICT 유지관리
수요처	• 정부, 지자체, 공공기관, 민간업체, 건축물 유지관리 수요자
소요기간	• 1차년 ~ 5차년 **(집중소요기간 1-4차년)**

6) 핵심성과명: 빅데이터 딥러닝 기반 건축물 성능개선 평가기술 프로그램 (유형: 소프트웨어)

세세부과제명	• 빅데이터 딥러닝 기반 건축물 성능개선 평가기술 진화모델 개발 및 실증
정의(설명)	• 기존 성능개선공법 실험데이터를 빅데이터(원형)로 구축하고, 이를 활용한 건축물 잔존 사용기간에 대한 AI기반 성능개선 최적화 기술을 개발 • 건축물 성능개선 최적화 기술의 실험검증과 장기실험을 통한 계측데이터를 빅데이터로 구축하고 딥러닝 기술을 활용하여 성능개선 평가기술 진화모델을 개발
설정사유	• 건축물 성능개선을 위한 다양한 보수·보강 요소기술들이 국내 연구개발을 통해 개발되었으나, 미국이나 일본 등 선진국 대비 건축물 상태와 잔존수명을 고려한 적절한 성능개선 방안을 결정하는 시스템 구축은 매우 미흡하고 그에 관련된 연구 역시 미진한 편임
목 적	• 성능개선 관련 DB 디지털화 프로세스 개발 • 건축물 잔존 사용기간에 대한 AI기반 성능개선 최적화 기술 개발 및 검증 • 빅데이터 딥러닝 기반 RC 건축물 성능개선 평가기술 진화모델 개발
성능목표	• (개발기술 수준) 빅데이터 딥러닝 기반 성능개선공법선정으로 경제성 수준 15% 개선 (현재대비)
수요처	• 정부, 지자체, 공공기관, 민간업체, 건축물 유지관리 수요자
소요기간	• 1차년 ~ 5차년 **(집중소요기간 1-4차년)**

○ 3세부: ICT기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리를 위한 플랫폼 구축 및 실용화

1) 핵심성과명: ICT기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리기술 테스트베드 및 실증 보고서(유형: 공법/기법)

세세부과제명	• ICT기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 기획 및 실증
정의(설명)	• ICT기반 건축물 실시간 안전확보를 위한 안전진단 및 유지관리 • 핵심기술의 테스트베드를 통한 실증 및 검증
설정사유	• ICT기반 건축물 실시간 안전확보를 위한 안전진단 및 유지관리 핵심기술의 테스트베드를 통한 실용성 및 사업성 검증 필요
목 적	• 실시간 안전확보를 위한 안전진단 및 유지관리 핵심기술의 테스트베드를 통한 실용성 및 사업성 검증을 통하여 실용화에 기여함
성능목표	• (개발기술 수준) 개발기술들의 실증을 통하여 실용성과 사업성 확보
수요처	• 연구소, 기업체
소요기간	• 3차년 ~ 5차년 **(집중소요기간 3-5차년)**

2) 핵심성과명: ICT기반 건축물 안전진단 및 유지관리를 위한 통합 플랫폼 프로그램 (유형: 시스템, 소프트웨어)

세세부과제명	• ICT기반 안전진단 및 유지관리 핵심기술 활용 플랫폼 구축
정의(설명)	• 안전진단 및 유지관리 핵심기술 유형별로 평가등급에 따른 적용 방법 및 통합시스템 구축을 통한 건축물 실시간 안전확보
설정사유	• 다양한 핵심기술 유형별로 적용방법이 제시되어야 함 • 건축물 평가등급에 따른 통합 결과 및 해결책을 도출하는 시스템 필요
목 적	• 실시간 안전확보를 위한 안전진단 및 유지관리 핵심기술 유형별 평가등급에 대한 플랫폼을 구축하여 시스템 정착 및 보급에 기여
성능목표	• (개발기술 수준) 핵심기술별 데이터를 고려한 오픈 Middleware 프로그램 개발; 웹기반 ICT 융합 통합 플랫폼 개발
수요처	• 연구소, 기업체, 정부
소요기간	• 1차년 ~ 5차년 **(집중소요기간 2-5차년)**

3) 핵심성과명: ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 확산을 위한 제도 및 관련법 개선방안(안)(유형: 제도/표준화)

세세부과제명	• ICT 기반 안전진단 및 유지관리기술의 확산을 위한 제도 및 관련법 개선방안
정의(설명)	• ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 관련 국내 현행 법규 및 제도의 검토를 통하여 법규 및 제도의 개선안 도출 • ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 개발 및 수요확산을 위한 정책 개발 기여
설정사유	• ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술에 중장기적인 대비가 없었으며, 관련 각종 제도나 법체계, 체계적 계획 및 설계기준, 각종 지침 및 기준 등이 마련되어 있지 못함 • ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 핵심기술을 통한 사전 예방적 안전 및 유지관리 체제로 전환 필요
목 적	• ICT 기반 안전진단 및 유지관리 기술의 현장 적용을 위한 지침, 시방서 등의 제도 기반 구축 • 대상건축물의 안전진단 및 유지관리 기술의 합리화를 위한 통합관리법 제정
성능목표	• (개발기술 수준) ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 장기 액션 플랜 수립; ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 관련 법규 및 제도 개선(안) 제시
수요처	• 정부, 지자체, 건축물 안전진단 및 유지관리 업체, 건축주
소요기간	• 1차년 ~ 5차년 **(집중소요기간 2-5차년)**

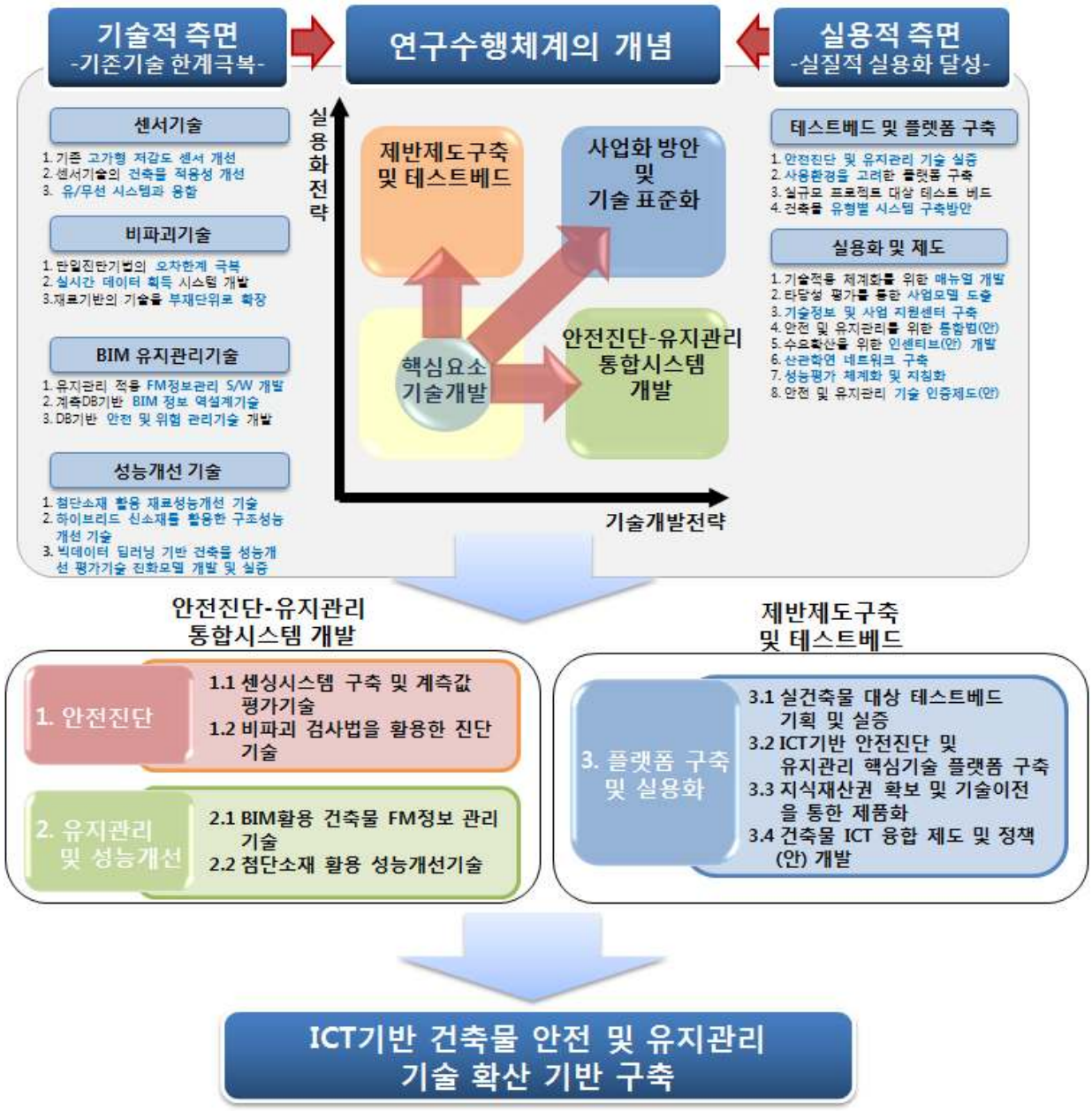
4) 핵심성과명: ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리의 정량적 성능평가 및 인증시스템 지침서(유형: 제도/표준화, 시스템)

세세부과제명	• ICT 기반 안전진단 및 유지관리의 정량적 성능평가 및 인증시스템 개발
정의(설명)	• ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 객관화·정량화를 통한 개발기술의 신뢰성 및 정확성 향상 기여 • • ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 성능평가 기준 및 성능평가 및 인증제도 도입
설정사유	• ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 개발기술의 성능평가를 통한 객관적·정량적 평가 방법 필요 • ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 성능검증을 통한 신뢰성 인증제도의 수립 필요 • ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 현장 접목을 위한 인센티브 등의 지원제도 마련
목 적	• ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 신뢰성 확보를 위한 성능평가의 체계화 및 지침화 • ICT 기반 건축물 안전전단 및 유지관리 기술의 인증제도 도입 • ICT 기반 건축물 안전전단 및 유지관리 기술의 수요확산을 위한 인센티브 도입
성능목표	• (개발기술 수준) 성능평가 기준 및 성능평가 및 인증제도(안) 개발; ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리의 개발 기술 및 한국형 성능지표 개발
수요처	• 정부, 지자체, 건축물 안전진단 및 유지관리 업체, 건축주
소요기간	• 1차년 ~ 5차년 **(집중소요기간 2-5차년)**

제 8 절 연구수행체계 제안

1. 연구수행체계의 개념 정립

본 기획연구에서는 “ICT기반 건축물 실시간 안전확보를 위한 안전진단 및 유지관리 핵심기술개발”의 연구주제분야를 도출하고 이를 수행하는 연구수행체계를 [그림 3-15]와 같이 정립하였음. **연구수행체계의 개념**은 **1) 기존 건축물 안전진단 및 유지관리기술의 기술적 한계와 개발기술의 실용화를 이루기 위한 주요 이슈를 분석**하고 **2) 이슈에 적절히 대응하기 위한 기술개발전략과 실용화전략을 수립**하여 최종적으로 **개발기술을 활용하여 수익을 창출할 수 있는 사업화 방안과 기술성과의 파급을 위한 표준화를 수행**하여 **3) ICT기반 건축물 안전 및 유지관리 기술의 확산기반을 구축하는 것으로 정립**하였음



[그림 3-15] 연구수행체계의 개념

2. 연구수행체계 수립

○ 본 연구의 비전인 **“안전하고(Safe), 지속가능하며(Sustainable), 스마트한(Smart) 건축물의 실현”**을 위해서는 건축물의 안전(Safe)을 평가할 수 있는 ICT 기반의 안전진단과 이를 지속적으로(sustainable) 관리하여 건축물의 장수명화를 구현하기 위해서는 ICT 기반의 유지관리에 관한 핵심기술개발이 요구되며, 이를 궁극적으로 실현하기 위해서는 현장 검증, 사업모델, 제도 개선, 인증평가시스템 등과 같은 실용화 및 제도에 관한 연구가 함께 이루어져 함. 또한, 앞서 정립한 연구수행의 개념을 구체적으로 실현하기 위해서는 **기술개발분야와 실용화지원 분야의 유기적인 관계를 형성**하여야 함. 따라서, **전체 연구단 사업을 총괄하는 조직을 구성**하고, **안전진단, 유지관리 및 성능개선, 실용화 및 제도로 구분되는 3개의 세부과제 (16개의 세세부과제)를 구성**하여 연구를 추진하는 것이 바람직함. **총괄하는 조직은 각 세부과제 중 1개 연구기관이 함께 수행**할 수 있음

○ **1세부 과제에 해당하는 안전진단분야**는 기존 안전진단기술의 한계를 극복하기 위한 ICT기반의 센서기술과 비파괴검사기술개발을 목적으로 하며, **2세부 과제에 해당하는 유지관리 및 성능개선분야**는 ICT기반의 안전진단-유지관리 통합시스템 구축을 위한 BIM유지관리기술과 건축물의 성능개선기술 개발을 목적으로 함. **3세부 과제에 해당하는 플랫폼 구축 및 실용화 분야**는 실규모 프로젝트를 대상으로 하는 테스트베드 및 플랫폼 구축과 ICT-건축물 안전 및 유지관리 기술의 확산을 위한 법·제도를 구축하는 것을 그 목적으로 함

○ **각 세부 기술간의 연관성**은 [그림3-13]에 나타낸 바와 같이, 개발된 센서, 첨단 비파괴검사기술, BIM S/W는 본 연구의 핵심분야인 테스트 베드 및 실용화에 핵심요소기술로 연계되며, 그 검증결과는 다시 안전진단, 유지관리 및 성능개선 분야의 세세부 연구기술 개발에 피드백되어 기술개선에 직접 활용됨. 또한 개발기술의 검증과 실용화를 실현하는 정책 및 제도분야는 구체적 기술개발내용과 밀접하게 연계되어 개발되어야 함

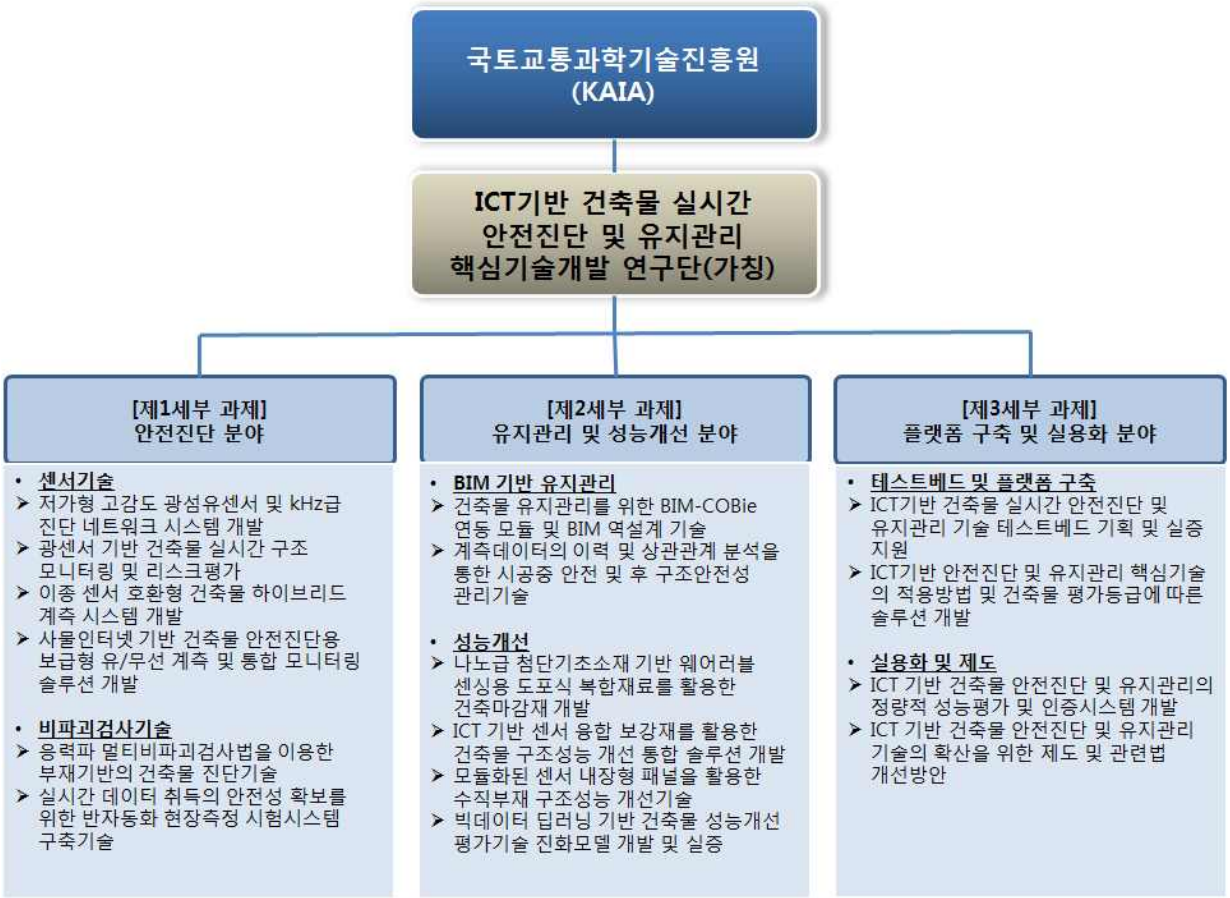
○ 1세부에서 개발될 첨단 ICT센서 시작품들은 **2세부 건축물 유지관리 및 성능개선분야에서 연구활용** 되며, 2세부에서 연구될 센서활용 기술 및 건축물내 센서네트워크 미들웨어 구축기술은 **1세부 센서 시스템 개발에 활용**됨. 또한, 1,2세부에서 개발된 센서 장비 및 시스템, 유지관리에 관한 개별 요소기술은 **3세부 플랫폼 구축 및 실용화를 위한 대상기술**로 활용되어야 함

○ 이와 같이 **긴밀히 연계된 세 개의 세부과제의 원활한 수행**을 위해서는 **연구단 급으로 일괄 구성된 연구조직**을 일괄 발주하는 것이 긴요함. 본 기획연구에서 제안하는 연구수행체계를 [그림 3-17]에 제시함.

○ 국토교통과학기술진흥원에서 현재 진행중인 연구과제(예방적 유지관리를 위한 지능형 친환경 통합 관리 기술 개발)도 3개의 세부과제인 1) 교량요소기술개발, 2) 시공 및 실용화 기술개발, 3) 통합 관리시스템 개발 로 구성되어 **본 연구와 연구체계 구성이 거의 동일**하며, 따라서 **본 과제는 연구단급으로 일괄발주 하는 것이 타당**함

○ **분리발주시에는** 각 세부과제에서 독립적인 연구결과를 수립하기 때문에 세부과제간에유기적으로 연결된 연구결과 도출이 불가능함. 이에 따라 연구목적인 **실제 건물의 통합적 유지관리를 위한 기술개발의 어려움 발생함.** 또한 세부과제의 연계성 부족에 의해 실증기술의적용시 현장적용의 어려움 발생할 것으로 예상됨. 특히 플랫폼구축, 제도 개선

등을 위한 문제점의 피드백 및 개선과 같은 일련의 연구절차가 적절하게 이루어지기 어려우며 **별도의 통합연구를 위한 추가연구의 필요성이 대두될 가능성 매우 높음.**



[그림 3-16] 연구수행체계(연구단)

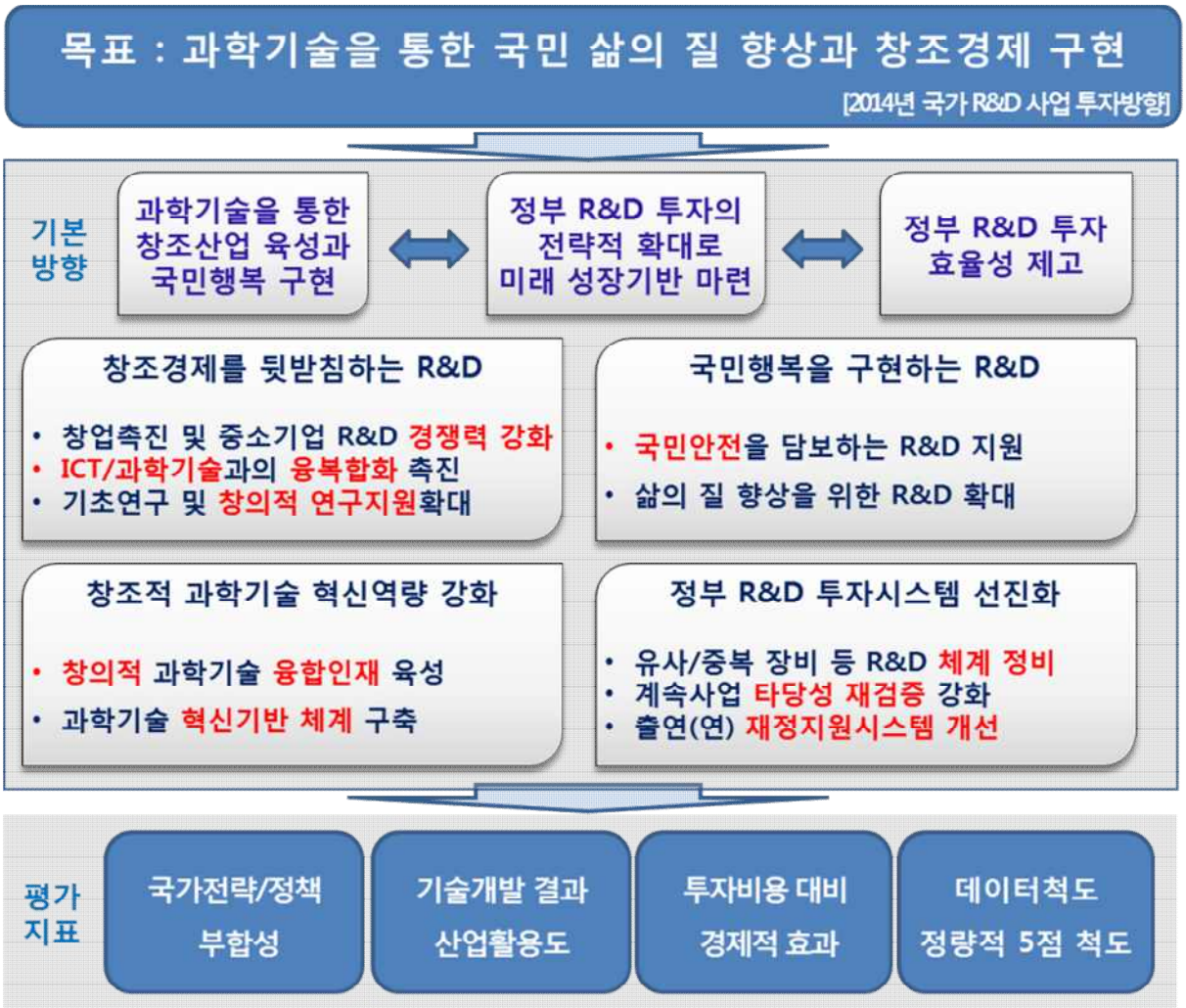
제4장 사전타당성 검토

▣ 분석 방법

○ 본 기획연구 추진의 타당성을 정책적, 기술적, 경제적 측면에서 검토하였음

○ 조사 및 분석의 타당성은 2014년 구가 R&D사업 투자방향의 주요내용과 부합하는 항목으로 선정하여 아래 그림과 같이 하였음

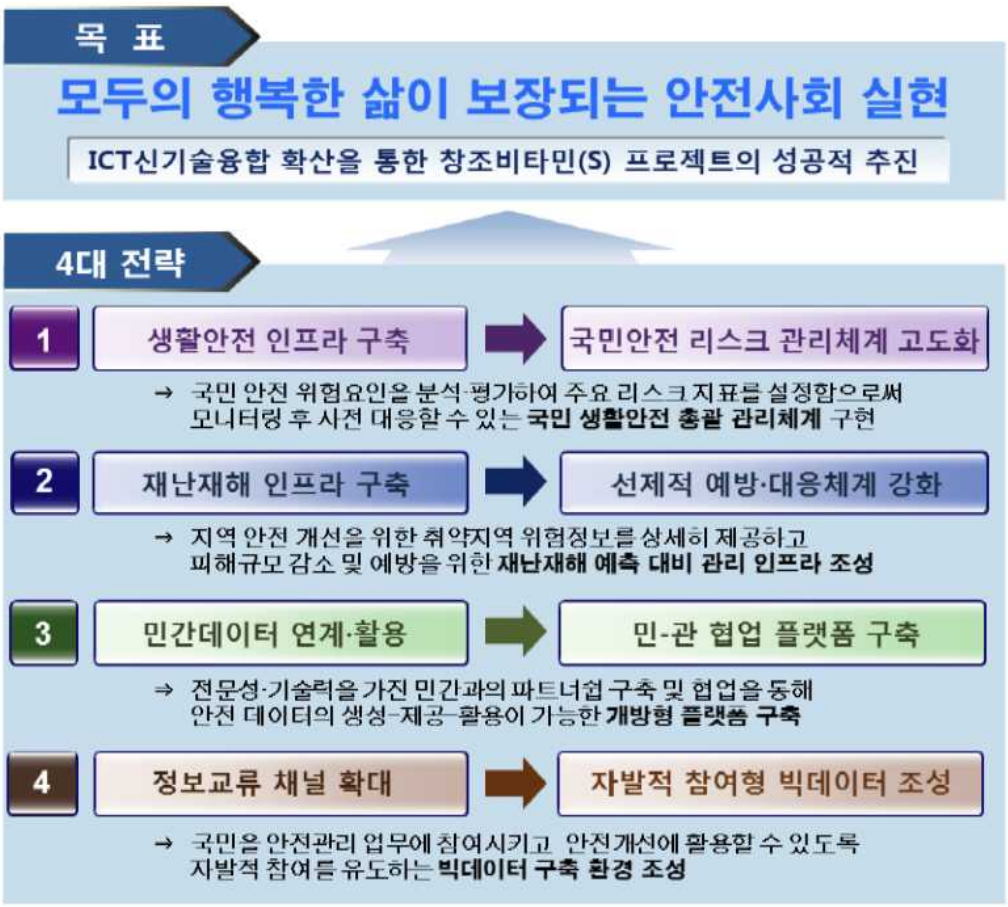
○ 데이터 척도는 정량적 분석이 가능한 5점 척도로 구성되어 있음. 5점 척도는 '매우중요', '중요', '보통', '중요하지 않음', '불필요' 로 측정하였음



[그림 4-1] 사전타당성 검토 방향

제 1 절 정책적 타당성

1. 국가 전략적 중요성



[그림 4-2] 재난·안전의 4대 新ICT 융합전략과 추진목표 (한국정보화진흥원)

가. 안전관리분야 정책의 정부별 기조 변화

○ 노무현 정부의 재난안전관리 분야 국정 과제 및 주요 추진 내용에는 대구 지하철 참사 이후 국가재난관리체계 개선을 통하여 '재난 및 안전관리 기본법'을 제정하여 인적재난, 자연재난, 사회적 재난을 통합 관리할 수 있는 기본 체계를 확립하고, 제1차 국가안전관리기본계획을 수립하여 국가의 자연·인적 재난 및 국가기반체계보호를 위한 체계적인 대책을 마련한 바 있음

○ 이명박 정부는 선진일류국가의 구현으로 5대 국정 과제 중 "섬기는 정부"의 4대 실천전략 중 하나로 '통합적 재난·안전관리체계 구축'을 정책에 포함하고 자연재난과 인적재난은 소방방재청이, 사회적 재난은 행정안전부가 담당하는 이원화 체계로 관련 법을 변경하였으며, 제2차 국가안전관리기본계획을 수립하여 'OECD 수준의 안전 선진국 실현'을 비전으로 제시하였음

○ 박근혜 정부는 국민안전을 최우선 과제로 선정함에 따라 '13년 5월 "국민안전 종합대책"을 발표하여 통합적 안전관리체계 구축, 안전 강화를 위한 선진제도 도입, 안전 인프라 및 투자 확충, 안전문화 확산 및 안전교육 활성화의 4대 전략을 제시하였음

○ 건축물 안전 관련 환경 변화는 기후변화, 산업화, 복잡화, 다양화의 증가에 따라 건축물 안전 및 유지관리의 환경 변화 및 대응능력을 대처할 수 있는 혁신적인 선진화된 시스템의 구축을 요구하고 있으며 이에 기반이 되는 정책 기조의 변화를 요구함

나. 법 · 제도 기준 마련으로 ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리의 패러다임 전환 실현

○ 국민 안전을 확보하기 위해 3S(Safe, Sustainable, Smart) 시설물로의 전환과 ICT 기술의 통합 · 연계를 통한 효율적인 건축물 안전 및 유지관리 시스템 기반 구축 요구

○ 새로운 ICT융합 법 · 제도 기반으로 건축물 안전 및 유지관리에 국민 안전체감도 향상, 재난 · 안전 · 유지분야의 관리체계를 개선 및 적용하고 촉진시킬 수 있는 지원책 요구



[그림 4-3] 제3차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획 추진방향 (국토교통부)

다. ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 분야의 유망 미래기술 확보 및 신산업 창출

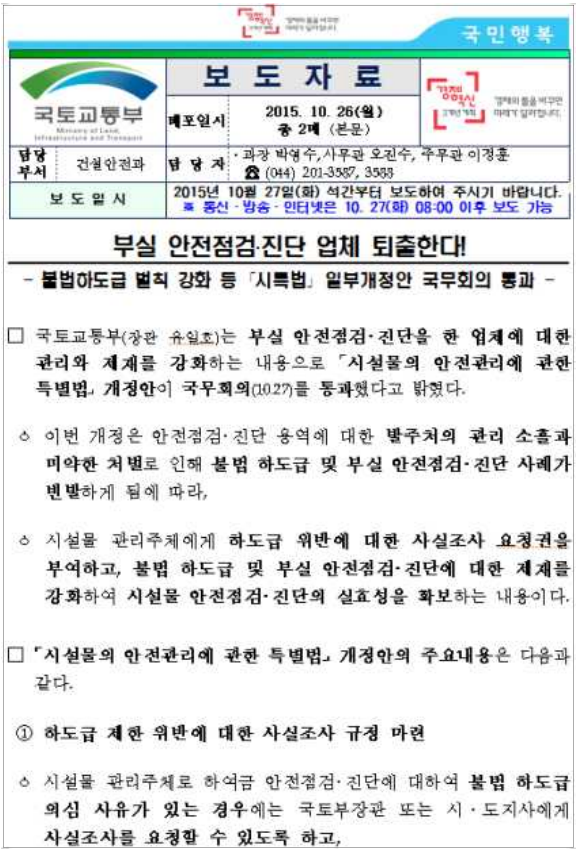
○ 국민 행복, 삶의 질과 안전에 대한 관심이 향상되고 있으며, ICT융합 확산으로 타산업의 혁신과 생산성을 제고하고 기후변화, 재난 사고 등의 복합해지는 사회 현안이슈를 해결할 수 있는 미래기술 확보 요구

○ 세계 건설시장은 융합화, 극한화, 지능화로 발전하고 있는 첨단 IT기술과 건설산업의 융합으로 생산성 향상 및 새로운 시장 창출 요구

○ 세계 각국의 건설분야에 IT기술 융합을 통한 시너지 및 고부가가치 창출 추진

2. 상위계획과의 부합성

가. 국토교통부 정책과의 부합성



국민행복

보 도 자 료

국토교통부 Ministry of Land, Infrastructure and Transport

배포일시	2015. 10. 26(월) 총 2매 (본문)	
담당부서	건설안전과	담 당 자 · 과장 박영수, 사무관 오진수, 주무관 이정훈 ☎ (044) 201-3587, 3588
보 도 일 시	2015년 10월 27일(화) 석간부터 보도하여 주시기 바랍니다. ※ 통신 · 방송 · 인터넷은 10. 27(화) 08:00 이후 보도 가능	

부실 안전점검·진단 업체 퇴출한다!

- 불법하도급 벌칙 강화 등 「시특법」 일부개정안 국무회의 통과 -

□ 국토교통부(장관 유일호)는 **부실 안전점검·진단을 한 업체에 대한 관리와 제재를 강화**하는 내용으로 **「시설물의 안전관리에 관한 특별법」 개정안**이 **국무회의**(10.27)를 **통과**했다고 밝혔다.

○ 이번 개정은 안전점검·진단 용역에 대한 **발주처의 관리 소홀과 미약한 처벌**로 인해 **불법 하도급 및 부실 안전점검·진단 사례가 빈발**하게 됨에 따라,

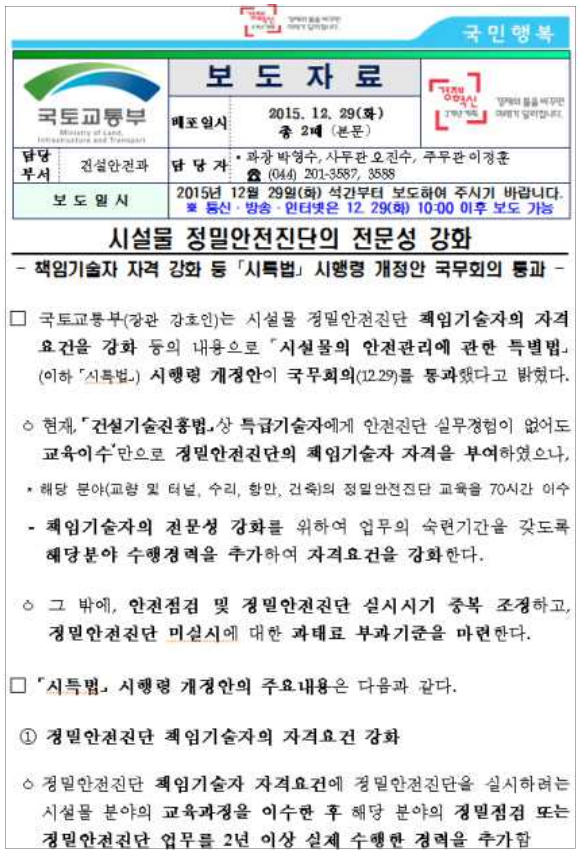
○ 시설물 관리주체에게 **하도급 위반에 대한 사실조사 요청권을 부여하고, 불법 하도급 및 부실 안전점검·진단에 대한 제재를 강화**하여 **시설물 안전점검·진단의 실효성을 확보**하는 내용이다.

□ **「시설물의 안전관리에 관한 특별법」 개정안의 주요내용**은 다음과 같다.

① **하도급 제한 위반에 대한 사실조사 규정 마련**

○ 시설물 관리주체로 하여금 안전점검·진단에 대하여 **불법 하도급 의심 사유가 있는 경우**에는 국토부장관 또는 시·도지사에게 **사실조사를 요청할 수 있도록 하고,**

[그림 4-4] 부실 안전점검·진단업체 퇴출 (보도자료)



국민행복

보 도 자 료

국토교통부 Ministry of Land, Infrastructure and Transport

배포일시	2015. 12. 29(화) 총 2매 (본문)	
담당부서	건설안전과	담 당 자 · 과장 박영수, 사무관 오진수, 주무관 이정훈 ☎ (044) 201-3587, 3588
보 도 일 시	2015년 12월 29일(화) 석간부터 보도하여 주시기 바랍니다. ※ 통신 · 방송 · 인터넷은 12. 29(화) 10:00 이후 보도 가능	

시설물 정밀안전진단의 전문성 강화

- 책임기술자 자격 강화 등 「시특법」 시행령 개정안 국무회의 통과 -

□ 국토교통부(장관 강호인)는 시설물 정밀안전진단 **책임기술자의 자격요건을 강화** 등의 내용으로 **「시설물의 안전관리에 관한 특별법」**(이하 「시특법」) **시행령 개정안**이 **국무회의**(12.29)를 **통과**했다고 밝혔다.

○ 현재, **「건설기술진흥법」**상 **특급기술자**에게 안전진단 실무경험이 없어도 **교육이수**만으로 **정밀안전진단의 책임기술자 자격을 부여**하였으나,

* 해당 분야(교량 및 터널, 수리, 항만, 건축)의 정밀안전진단 교육을 70시간 이수

- 책임기술자의 전문성 강화를 위하여 업무의 숙련기간을 갖도록 **해당분야 수행경력을 추가**하여 **자격요건을 강화**한다.

○ 그 밖에, **안전점검 및 정밀안전진단 실시시기 중복 조정**하고, **정밀안전진단 미실시**에 대한 **과태료 부과기준을 마련**한다.

□ **「시특법」 시행령 개정안의 주요내용**은 다음과 같다.

① **정밀안전진단 책임기술자의 자격요건 강화**

○ 정밀안전진단 **책임기술자 자격요건**에 정밀안전진단을 실시하려는 시설물 분야의 **교육과정을 이수한 후** 해당 분야의 **정밀점검 또는 정밀안전진단 업무를 2년 이상 실제 수행한 경력을 추가**함

[그림 4-5] 시설물 정밀안전진단의 전문성 강화 (보도자료)

○ 국토교통부는 제2차 건축정책기본계획 추진방향에서 건축물의 급속한 노후화를 인한 건축물이 도시안전에 문제가 우려되므로 건축물 안전 및 유지관리 기술을 통하여 건축물 리뉴얼 촉진 활성화에 기여할 수 있음

○ 시장의 급격한 변화와 건축물 관리의 패러다임 변화에 대응하기 위하여 ICT 기반 첨단기술, 신소재 기술 등을 융합하여 한국형 ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 기술시장을 확보하고 나아가 해외 건설시장에서 기술경쟁력 강화에 기여할 수 있음

○ 국토교통부에서는 부실 안전점검·진단을 한 업체에 대한 관리와 제재를 강화하는 내용으로 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」 개정안이 통과되어 시설물 관리주체에게 하도급 위반에 대한 사실조사 요청권을 부여하고, 불법 하도급 및 부실 안전점검·진단에 대한 제재를 강화하여 시설물 안전점검·진단의 실효성을 확보(부실 안전점검·진단 업체 퇴출, 15.10.27 보도자료)

○ 시설물 정밀안전진단 책임기술자의 전문성을 강화하여 진단결과에 대한 신뢰도를 높이고, 안전점검 및 정말안전진단의 중복실시에 따른 불필요한 규제를 개선(시설물 정밀안전진단의 전문성 강화, 15.12.29 보도자료)

나. 미래창조과학부 정부정책과의 부합성



[그림 4-6] 과학기술 ICT혁신을 통한 역동적 창조경제 실현을 위한 추진전략 및 중점 추진과제 (미래창조과학부)

○ **현 정부의 국정과제를 기반으로 경제부흥, 국민행복, 문화융성, 평화통일 기반구축이라는 4대 국정기조와 140개 국정과제를 바탕으로 미래창조과학부에서는 '과학기술 · ICT 혁신을 통한 역동적 창조경제 실현'을 목표로 삼고 ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리의 활성화를 통해 국정과제의 목표달성을 기대할 수 있음**

- 국정과제 7. IT · SW융합을 통한 주력산업 구조 고도화: ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 분야에서 IT, 과학기술의 융합과 혁신을 지속 추진함으로써 주력산업을 고도화하고 산업경쟁력을 획기적으로 제고함으로써 새로운 성장모멘텀과 일자리 창출을 기대함.
- 국정과제 8. 과학기술을 통한 창조경제 기반 조성: 과학기술과 ICT를 융합한 건축물 안전 및 유지관리 분야의 새로운 부가가치를 창출하고 종합 포털 시스템 구출 등을 추진하여 글로벌 시장개척을 위한 인프라 확산에 기여할 수 있음
- 국정과제 83. 총체적인 국가재난관리체계 강화: ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리를 통하여 재난 · 안전 관리체계를 강화하고 유비쿼터스형 국민중심 안전망에 구축에 기여할 수 있음
- 국정과제 87. 에너지공급 시설의 안전관리 강화: ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 기술을 적용하여 에너지 시설 안전관리 체계 정비 및 시설안전관리 강화에 기여할 수 있음

다. 기타 부처 정책과의 부합성

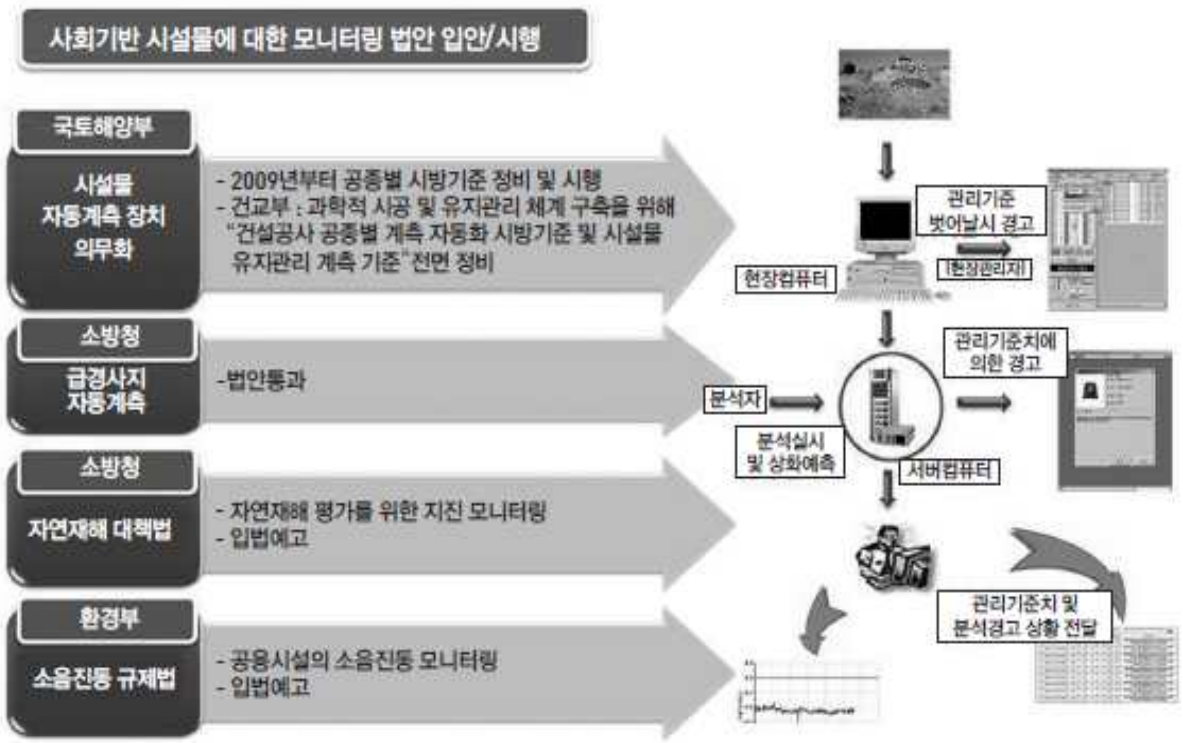
○ 산업통산자원부에서는 건축물의 안전을 강화하기 위하여 철근 국가표준 개정으로 건물의 수명을 연장하고 발생 빈도가 높아지는 지진에 대비하여 안전성을 강화해야 한다는 사회적 필요를 반영하여 건축물 안전 및 유지관리 기술을 적용하여 효과적으로 대응 가능

○ ICT기반 건축물 안전 및 유지관리 기술을 통해 국민안전처의 재난안전관리 컨트롤 기능 강화, 신속한 재난대응 체계 확립, 안전산업 적극 융성 등의 안전한 사회를 구현하는데 적극적인 대응 가능

3. 사업추진의지와 관련 기관협조체계

○ 한국건설기술연구원과 한국시설안전공단은 구조물 성능개선 및 시설물의 안전사고 예방을 위하여 지속적으로 발전하고 있으며, 기후변화와 시설물 고령화에 대비한 성능개선 및 안전관리 기능 강화, 국민생활시설 안전 보장을 위하여 성능개선과 안전관리 강화와 연계를 통하여 ICT 기반 안전 및 유지관리 기술을 적용하여 안전 확보에 정확한 정보를 제공할 수 있는 연구과제 추진

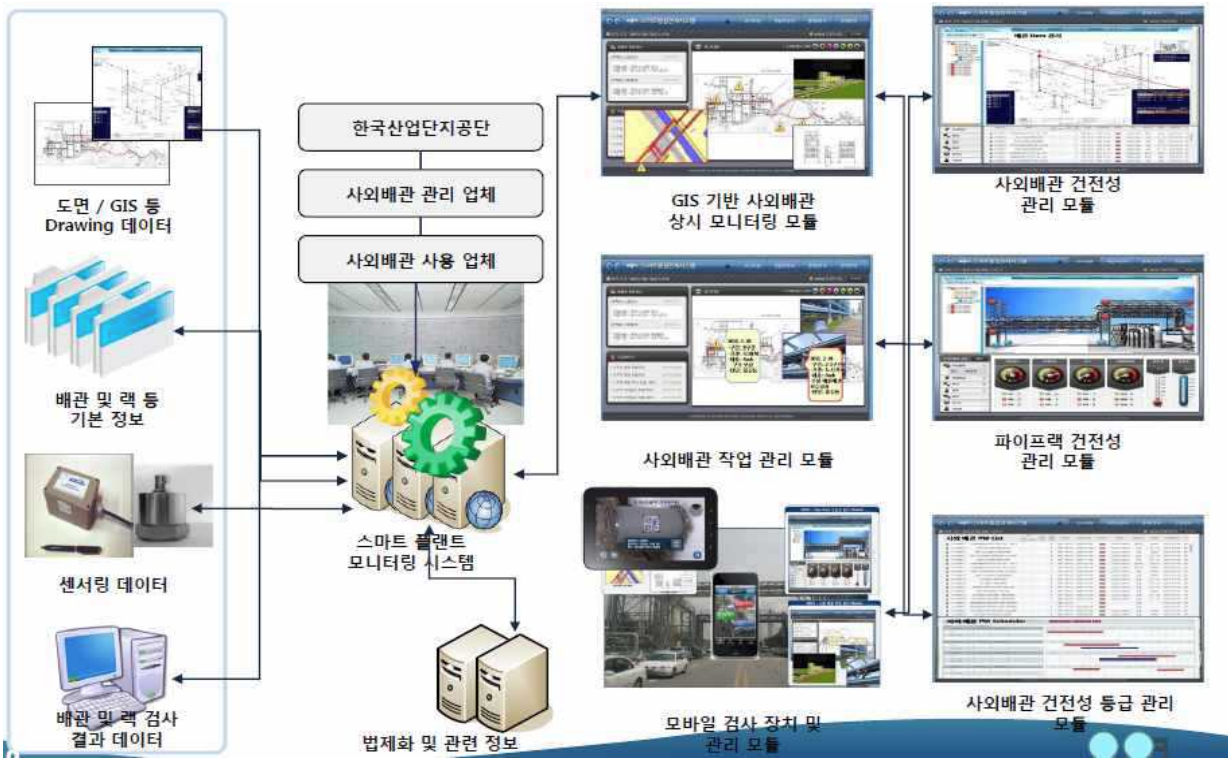
○ 한국토지주택공사와 SH공사는 국민주거안전과 삶의 질 향상을 통하여 국민경제 발전을 선도하고 있으며, 이와 연계를 통하여 ICT기반 건축물 안전 및 유지관리 기술을 도입하여 공동주택 관리 및 건축물 가치를 제고하고 공공주택 서비스 강화에 효과적으로 대응가능



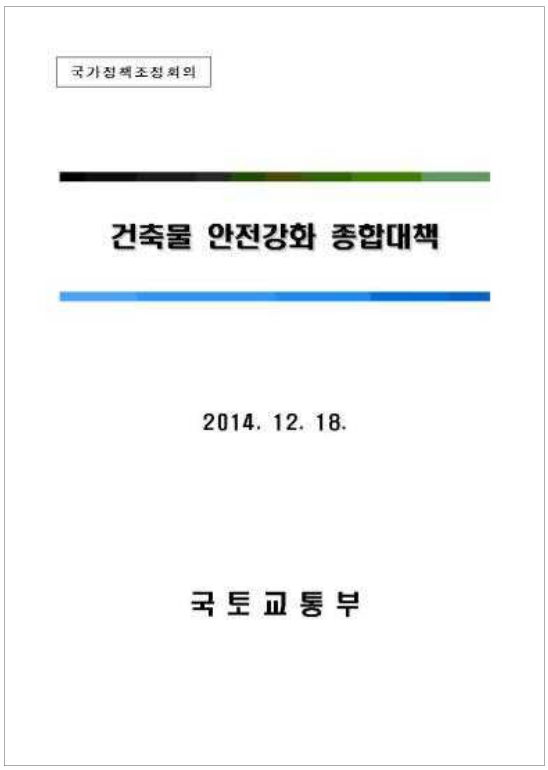
[그림 4-7] SOC 시설물 모니터링 법안 시행 (한국건설기술연구원)

○ (주)대우건설 기술연구원에서는 건축·구조물의 내부 골조(骨組)와 상·하층부에 GPS(위성

항법장치), 지진계, 풍향·풍속계 등 각종 센서(sensor) 수십 개를 달아 이상 징후를 실시간으로 검사하여 건축·구조물의 이상 여부를 실시간으로 파악해 위험에 대응할 수 있는 'SHM(Structural Health Monitoring) 시스템'을 도입하고 있으며, 이와 연계를 통하여 하고 ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 기술의 실증 연구에 활용될 것으로 기대



[그림 4-8] 스마트 플랜트 안전 프레임 위크(안전보건공단)





[그림 4-9] 건축물 안전강화 종합대책 (국토교통부)

4. 정부 및 관련기관과의 협력방안 및 활용방안

1) 본 과제 공모 및 운영을 위한 활용방안

○ 본 과제의 원활한 수행을 위하여 투명한 관리지표로 활용
○ 학계, 산업체 및 연구소 전문가의 기획안에 대한 의견수렴을 위한 공청회 개최
○ 년차별 평가 및 최종평가 시 본과제 RFP의 기대성과 및 평가기준을 활용
○ 실용화와 테스트베드 수행 체계에 대한 명확한 제시를 요구하여, 연구수행결과의 기술실시계약, 기술이전 등 성과기반 국가 R&D 기풍에 기여

2) 기술적 활용방안

○ 위험도 기반으로 투명한 건축물 구조안전진단 평가 및 관리가 가능
○ 복합 외부환경에 대한 건축물의 안전확보를 위하여 첨단 ICT기반 복합 진단기법 개발과 추가 R&D와 시장창출 유도

제 2 절 기술적 타당성

사전타당성 검토 중 기술적 타당성은 국내외 정책 동향, 시장현황 및 전망, 기술동향 및 특허동향 분석 및 전문가의 의견을 수렴하고, 제안기술 별로 현재 기술 수준과 연계하여 As-is, To-be로 구분하여 평가하였음

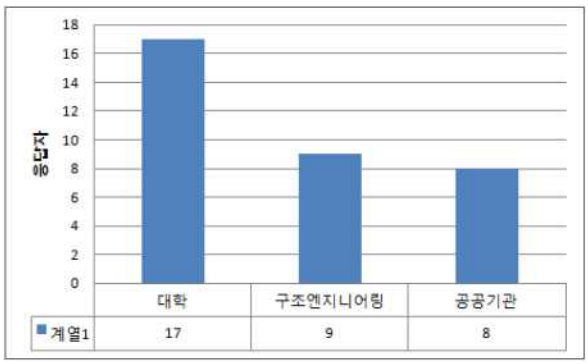
1. 전문가 의견 수렴

○ 국내외 정책동향, 시장현황 및 전망, 기술동향 및 특허동향 분석 및 전문가의 의견을 수렴하여 **"ICT 기반 건축물 실시간 안전확보를 위한 안전진단 및 유지관리 핵심기술개발"**을 위한 **중점연구분야**를 크게 **안전진단**, **유지관리 및 성능개선**, **플랫폼 및 실용화**의 3개 분야로 분류함

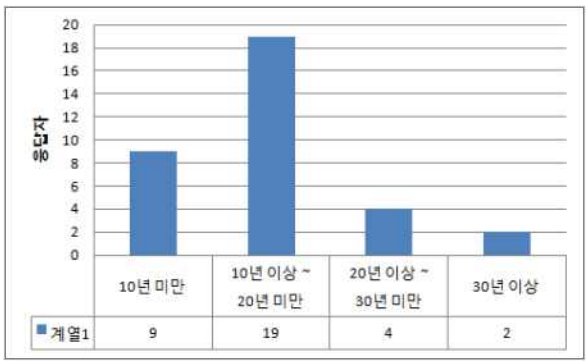
○ 전문가 의견 수렴 과정은 아래와 같은 방법으로 2016년 1월 11일부터 2016년 1월 15일까지 5일간 이메일 또는 팩스를 이용한 방법으로 34명을 대상으로 설문조사를 실시함

○ 응답자를 분석한 결과, 대학 소속 참여자가 가장 많았으며, 구조엔지니어링, 공공기관 순으로 집계되었고, 경력으로는 10년 이상 20년 미만 19명, 10년 미만 9명, 20년 이상 30년 미만 4명, 30년 이상 2명으로 분석되었음

가. 기　간 : 2016년 1월 11일 - 2016년 1월 15일
나. 방　법 : E-mail 또는 Fax
다. 설문조사 응답자 : 34명
라. 응답자 분석
- 응답자를 분석한 결과, 대학 소속 참여자가 가장 많았으며, 구조엔지니어링, 공공기관 순으로 응답



[그림 4-10] 응답자 소속 분석



[그림 4-11] 응답자 경력 분석

○ 설문조사는 ICT 기반 건축물 실시간 안전확보를 위한 안전진단 및 유지관리 핵심기술개발을 위한 중점연구분야를 크게 안전진단, 유지관리 및 성능개선, 플랫폼 및 실용화의 3개 분야로 분류하여 세부연구 주제 분야별 응답결과를 분석하였으며, 응답분석 결과의 세부적인

사항은 부록 4에 첨부하였음

○ 세부연구 주제 분야별 응답결과는 안전진단분야에서 센서기술과 비파괴검사기술, 유지관리 및 성능개선분야에서 BIM기반 유지관리기술과 성능개선기술, 플랫폼 및 실용화분야에서 테스트베드 및 실용화와 제도/정책 개발로 분석되었음

[표 4-1] 세부연구 주제 분야별 응답결과 분석

연구주제 키워드	세부연구주제 키워드
안전진단	센서기술
	비파괴검사기술
유지관리 및 성능개선	BIM기반 유지관리기술
	성능개선기술
플랫폼 및 실용화	테스트베드 및 실용화
	제도/정책 개발

2. 기술적 타당성 평가

○ 건축물 안전진단 및 유지관리 분야의 제안한 기술과 산업의 AS-IS와 TO-BE 분석을 통하여 본 기술개발에 따른 기술적 타당성을 검토함

○ 타당성 평가를 위한 데이터 척도는 정량적 분석이 가능한 5점 척도로 구성되어 있으며, 5점 척도의 경우는 매우 중요함, 중요한 편임, 보통, 중요하지 않은 편임, 전혀 중요하지 않음으로 측정하였고, 정량적으로 집계하기 위해 매우 중요의 경우 5점, 전혀 중요하지 않은 경우는 1점으로 부여하는 방식으로 단계 당 1점씩 편차를 두고 점수를 부여함

○ 각 세부 과제에 대한 기술적 타당성 분석 결과, [표 4-2]와 같이 '비파괴검사기술', '실용화 및 제도'에 관련된 주제가 높은 점수를 보이고 '성능개선', '센서기술' 등의 순서로 높은 점수를 보이고 있음

○ 비파괴검사기술분야의 기술적 타당성 평가는 4.65점이 도출되었으며 세부 기술인 비파괴검사법을 이용한 건축물 진단 기술은 4.7점, 반자동화 현장측정 시험시스템 구축 기술은 4.6점으로 평가되었음

○ 실용화 및 제도분야의 기술적 타당성 평가는 4.65점이 도출되었으며 세부 기술인 건축물-ICT융합 기술의 확산을 위한 제도 및 정책은 4.8점, 건축물-ICT융합 기술의 성능평가 및 인증 시스템은 4.5점으로 평가되었음

○ 제3장 2절에 기술개발에 따른 미래상에 제시한 현재 기술수준과 기획과제를 통한 결과물과의 상관관계가 명확히 나타남으로서 기술적 타당성은 타당하다고 판단됨

[표 4-2] 기술적 타당성 분석 결과(1)

제안 기술명		As-is	To-be	기술적 타당성	
센서 기술	저가형 고감도 광섬유 센서 및 시스템 구축 기술	▪ 8 Point/Ch 및 kHz급 계측 (수천만원대)	▪ 100 Point 급 병렬 Ch의 kHz급 다이나믹 측정 ▪ 장비는 천만원 이하 저가형 개발	4.7	4.48
	광섬유센서 기반 구조모니터링 및 리스크 평가	▪ 국내 고층구조물 적용사례가 없음	▪ 실구조물 계측결과 신뢰도 95% 이상 확보	4.5	
	전기저항식 및 광섬유센서 연동 시스템	▪ 전기저항식 센서 연계형 및 광섬유센서 연계형 개별 시스템 ▪ 상용화된 전기저항식 및 광섬유센서 연계형 시스템 제품이 국내에 없음	▪ 이종센서 동시 연계형 시스템 ▪ 전압 및 전류출력 센서 호환 ▪ OTDR 및 FBG 호환	4.1	
	국가재난안전통신망 연동 건축물 안전진단 시스템	▪ 유선/LAN 기반 모니터링 시스템 ▪ BLE, Zigbee 통신기반 무선계측모듈 (MEMS 센서활용)	▪ 시설물 정기점검 및 정밀안전진단에 활용가능한 사물인터넷기반 모니터링 시스템 구축	4.6	
비파괴 검사 기술	비파괴검사법을 이용한 건축물 진단 기술	▪ 국내 검사규준 부재 ▪ 부재기반의 비파괴 검사 결과 신뢰도 부족	▪ 국내 비파괴 검사 규격 제시 ▪ 현행 국내외 비파괴검사 기법 대비 30%이상 진단오차율 감소	4.7	4.65
	반자동화 현장측정 시험시스템 구축 기술	▪ 반자동화 비파괴 보조장비 부족 ▪ 실 현장 부재 측정 데이터 신뢰도 부족	▪ 국내 최초 응력파 진단 보조장비 개발 ▪ 데이터 신뢰도 95% 실현	4.6	
BIM 기반 유지 관리 기술	계측시스템 연계 BIM역설계 기술	▪ 센서 기반 유지관리 정보 관리를 위한 BIM 기술 부재	▪ 센서 계측 정보 관리의 BIM 기반 자동화 프로그램 및 시스템 개발	4.6	4.55
	계측데이터의 이력분석을 통한 구조특성평가 기술	▪ 실제 건축물 대상 생애주기단계별 실시간 구조 안전성 평가 실용화 기술 미흡	▪ 하중 및 구조거동에 대한 불확실성이 높은 건축물의 생애주기단계별 (시공 중/후) 구조안전관리 실용화 기술 확보 ▪ 실험검증을 통한 오차율 5% 이하 확보	4.5	

[표 4-2] 기술적 타당성 분석 결과(2)

제안 기술명		As-is	To-be	기술적 타당성	
성능 개선 기술	첨단소재 기반 웨어러블 센싱용 도포식 복합재료	▪ 건축용 웨어러블 센서용 도포재료 부재	▪ 센싱용 도포식 복합재료 개발을 통한 면단위 센싱기술 확보 ▪ 국제적 수준의 기술확보 (국제특허출원)	4.3	4.60
	ICT융합 하이브리드 신소재 활용 기술	▪ 센서와 보강재를 융합한 신소재 상용품 부재	▪ 센서 융합형 하이브리드 신소재 개발 및 실용화 ▪ 신소재 활용 구조성능 15% 증대 및 안전모니터링 시스템 구축	4.8	
	센서 내장형 패널활용 수직부재 구조성능개선 기술	▪ 구조물 성능개선시 단순한 부재의 보강만을 실시화는 단계 ▪ 보강부재 유지관리기술 부재	▪ 모듈화된 고성능 보강기술개발 ▪ 보강 후 건물의 ICT 유지관리	4.6	
	사용자기반 구조물 성능상태 예측기술 및 시스템	▪ 성능개선공법 선정이 기술자 역량과 경험에 의존하므로 경제성이 낮음	▪ 건축물 잔존수명을 고려한 최적공법선정 ▪ 빅데이터 딥러닝 기반 성능개선공법선정으로 경제성 수준 15% 개선 (현재대비)	4.7	
테스트베드 및 플랫폼 구축	건축물-ICT융합 핵심기술 테스트베드기획 및 실증지원	▪ 초고층/초대형 구조물을 대상으로 한 단순 통합모니터링 시스템이 적용되는 초기 단계임 ▪ 안전진단과 유지관리가 연계된 ICT 융합 핵심기술 적용사례 부재	▪ 개발기술들의 실증을 통하여 실용성과 사업성 확보	4.6	4.50
	건축물-ICT융합 핵심기술 통합 플랫폼	▪ 안전진단 및 유지관리를 위한 통합 플랫폼 부재	▪ 핵심기술별 데이터를 고려한 오픈 Middleware 프로그램 개발 ▪ 웹기반 ICT 융합 통합 플랫폼 개발	4.4	
실용화 및 제도	건축물-ICT융합 기술의 확산을 위한 제도 및 정책	▪ 선진국 대비 국내의 경우 정부주도하에 건설산업에 ICT융합 미흡	▪ ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 장기 액션 플랜 수립 ▪ ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 관련 법규 및 제도 개선(안) 제시	4.8	4.65
	건축물-ICT융합 기술의 성능평가 및 인증 시스템	▪ 선진국의 경우 성능지표를 활용하여 건축물의 성능을 평가 후 관리 운영 ▪ 국내는 건축물의 구조안전진단에 편향되어 실시되고 있으며 성능지표를 활용한 건축물의 유지관리 필요	▪ 성능평가 기준 및 성능평가 및 인증제도(안) 개발 ▪ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리의 개발 기술 및 한국형 성능지표 개발	4.5	

제 3 절 경제적 타당성

사전 타당성 검토 중 경제적 타당성은 문헌조사를 통한 부실점검 및 부실안전진단에 의한 손실 비용을 추정하고 이에 따른 건축물 안전진단 및 유지관리 분야의 경제적 개선을 위한 필요 연구 분야를 제시하였으며, 또한, ICT기반의 실시간 안전진단 및 유지관리 기술을 개발하고 실용화 하였을 경우의 경제적 타당성 분석 방법론과 가정조건을 명시하여, 이에 따른 경제적 파급효과 분석 결과 도출을 통하여 검토하였음

1. 부실점검 및 부실안전진단에 의한 손실비용 추정

○ 현재 고령화가 된 사회기반시설의 대부분이 콘크리트 및 강구조물로서 균열, 누수, 부식, 중성화, 염해 등으로 인한 내구성능 감소 및 구조안전성 훼손으로 보수비용(유지관리비용)이 증가되어 국내외적인 사회적 문제로 대두됨

○ 부실점검 및 부실안전진단 관련하여 문헌조사[12]에 의하면 손실비용과 보수·보강 손실비용은 아래와 같이 발생하는 것으로 나타남. 이에, ICT 기반의 실시간 안전진단 및 유지관리 기술의 연구개발하고 실용화한다면 이에 대한 손실을 절감할 수 있을 것이라 판단됨

- 부실 정밀점검 손실비용

연평균 약 72억원의 손실비용이 부실 정밀점검으로 인해 발생하는 것으로 추정

[표 4-3] 부실정밀점검 손실비용

연도	검토대상 (건)	부실건수 (건)	부실률 (%)	정밀점검 발생비용 (원)	손실비용 (원)
2007	-	-	14.5%	49,634,973,000	7,197,071,085
2008	-	-	14.5%	56,693,353,000	8,220,536,185
2009	1,244	242	19.5%	49,627,771,000	9,677,415,345
2010	1,523	235	15.4%	39,815,519,000	6,131,589,926
2011	2,278	254	11.2%	41,747,801,000	4,675,753,712
평균	1,682	244	14.5%	47,503,883,400	7,180,473,251

- 부실 정밀안전진단 손실비용

연평균 약 57억원의 손실비용이 부실 정밀안전진단으로 인해 발생하는 것으로 추정

12) 하명호, 부실 정밀점검 및 정밀안전진단 방지를 위한 사전평가 방식에 관한 연구, 상명대학교 대학원 박사학위논문, 2013

[표 4-4] 부실 정밀안전진단 손실비용

연도	검토대상 (건)	부실건수 (건)	부실률 (%)	정밀점검 발생비용 (원)	손실비용 (원)
2007	116	31	26.7%	29,642,389,000	7,914,517,863
2008	226	49	21.7%	36,707,588,000	7,965,546,596
2009	520	71	13.7%	25,252,758,000	3,459,627,846
2010	313	55	17.6%	33,842,515,000	5,956,282,640
2011	427	42	9.8%	30,833,694,000	3,021,702,012
평균	320	50	15.6%	31,255,788,800	5,663,535,391

- 부실 정밀점검 및 정밀안전진단으로 인한 보수·보강 손실비용

연평균 약 1200억 원의 비용이 부실 정밀점검 및 정밀안전진단으로 인한 보수·보강 비용으로 발생하는 것으로 추정

[표 4-5] 부실 정밀점검 및 정밀안전진단으로 인한 보수·보강 손실비용

연도	구분	보수·보강발생 비용 (천원)	점검:진단		부실률 (%)	부적절한 유지관리 (%)	손실비용 (천원)
			비용 (천원)	비율 (%)			
2007	점검	1,881,211,000	49,634,973	62.6	14.5	30	107,583,447
	진단		29,642,389	37.4	26.7		
2008	점검	2,209,772,000	56,693,353	60.7	14.5	30	114,883,395
	진단		36,707,588	39.3	21.7		
2009	점검	2,827,152,000	49,627,771	66.3	19.5	30	148,810,538
	진단		25,252,758	33.7	13.7		
2010	점검	2,837,205,000	39,815,519	54.1	15.4	30	139,673,900
	진단		33,842,515	45.9	17.6		
2011	점검	2,914,225,000	41,747,801	57.5	11.2	30	92,716,068
	진단		30,833,694	42.5	9.8		
평균							120,733,470

2. 건축물 안전진단 및 유지관리 분야 경제성 개선을 위한 필요 연구 분야

○ 연구개발과제를 통해 도출된 기술은 사회적 기술적 파급효과를 가지고 R&D 연구의 투자효과를 극대화 하여야 함

○ ICT기반 건축물 안전 및 유지관리 핵심기술 개발을 통하여 안전사고 발생 저감을 유도하고 이러한 효과를 경제적 비용으로 분석하여 타당성 여부를 검토하도록 함
- 개발기술의 투자비용 저감 및 기술효과 극대화 도출
- 상황 및 조건에 부합되는 적정 기술적용으로 기술적용 비용 저감을 통한 경제성 확보

○ 기존 개발된 센서를 융합한 건축물 실시간 거동을 계측하는 평가기술을 개발함으로써 가격경쟁력을 확보하고, 건축물에서 발생되는 유지관리 문제에 대한 단일한 효과보다는 다기능적 효과를 발휘할 수 있는 기술개발을 통한 경제성 확보가 필요함

○ 구조물의 사용안전성 및 구조물 유지관리를 위한 핵심요소기술 개발 필요함
- 건축물의 안전성 훼손 및 유지관리 성능 저하 문제는 각종 생활 민원(법정 소송)을 촉발하는 민감한 사안임
- 건축물의 손상으로 인한 구조부재 성능복원 비용 지출이 크고, 장기적 내구성 유지 어려움

○ 사회기반시설의 안전 및 유지관리 부분에서는 새로운 기술의 접목시도가 미흡하므로 정보통신기술 등 타 분야의 기술이 융·복합된 지능형 인프라를 구축하는 창조경제 정책기조에 부합하는 기술개발 필요함

○ 특히 초고층 빌딩은 한 장소로 인구와 활동을 과도하게 집중시킴에 따라 주기적인 안전점검 등을 통해 예방적 관리를 하는 것이 경제적 측면에서 중요함

3. 경제적 분석방법

○ 건축물 실시간 안전진단을 위한 ICT기반 핵심기술개발 기획연구의 경제적 파급효과 분석을 위해 연구개발 투자비용 대비 연구결과 적용효과를 경제적 가치 등으로 분석하여 세부과제별 연구내용의 경제적 타당성 여부를 검토하도록 함

○ 안전진단분야, 유지관리 및 성능개선분야, 플랫폼 및 실용화분야로 구분하여 각 분야의 기술동향, 실적자료, 분석보고서를 근거로 경제적 분석을 수행함. 이를 바탕으로 연구과제의 세부기술별로 기술사용료, 인건비 감소, 기술교육료, 취업유발효과, 연구개발 투자비용 대비 연구결과 적용효과 등으로 경제적 타당성을 제시하였음.

4. 경제적 분석방법의 근거, 가정 및 제약조건

○ 2013년 재난위험시설로 분류된 건물 동 수 826동(소방방재청) 중에서 10%의 건물 수를 향후 개발기술의 적용 대상으로 경제적 분석을 실시함

○ 다만, 기 분석된 자료를 활용하기 위하여 아래 세가지 분야의 경제적 타당성 분석 시 가정사항을 달리 하였음

(1) 비파괴검사기술 중 복합진단기법분야와 BIM기반 유지관리기술 중 건축물 위험정보

처리분야에서는 2014년 서울시 전체 재난위험시설물 중 건축물은 70.5% (48,260동)이고 그 중 30년 이상 건축물은 35.8% (17,277동, 국민안전처), 이중, 5%(864동)의 건물 수를 향후 개발기술의 적용 대상으로 경제적 분석을 실시함

(2) 센서기술 중 계측값 평가 및 모니터링 분야에서는 시특법 1종 건축물 1,898동 중에서 10%의 건물 수를 향후 개발기술의 적용 대상으로 경제적 분석을 실시함

(3) 성능개선기술 중 구조성능분야에서 빅데이터 딥러닝 기반 건축물 성능개선 평가기술 진화모델 개발 및 실증 기술에서는 2011년 정밀점검 동수 2,278동을 적용 대상으로 경제적 분석을 실시함(하명호, 부실점검 및 정밀안전진단 방지를 위한 사전평가 방식에 관한 연구)

○ 각 세부 기술별 적용 근거 및 가정 사항을 [표 4-6]에 명시하였음

[표 4-6] 경제적 파급효과 분석(1)

구분	주제분야		제안 기술명	경제적 타당성
안전진단분야	센서기술	센서 개발	저가형 고감도 광섬유센서 및 kHz급 진단네트워크 시스템 개발	• 경제적 파급 효과 건축물 센서시스템 대당 0.5억x연간 10 대(1단계)= **5억원** 타산업용 핵심부품 모듈당 0.2억x연간 20모듈(1단계)= **4억원** • 취업유발효과 직접 생산 인원 **50명** / 부가 관리 인원 **20명**
		센싱 장비 및 시스템	이종 센서 호환형 건축물 하이브리드 계측 시스템 개발	• 기술사용료 하이브리드로거를 활용한 모니터링 시스템 구축기술 3,000,000원/건*80동= **2.4억원** #건물 동 수 산출 근거 2013년 재난위험시설로 분류된 건물 동 수 800동 기준*1단계(10%)
			사물인터넷 기반 건축물 안전진단용 보급형 유/무선 계측 및 통합 모니터링 솔루션 개발	• 기술사용료 저가형 유무선 센서 네트워크 시스템*2,000,000원/건*80동= **1.6억원** #건물 동 수 산출 근거 2013년 재난위험시설로 분류된 건물 동 수 800동 기준*1단계(10%)
		계측값평가 및 모니터링	광섬유센서 기반 건축물 실시간 구조모니터링 및 리스크평가	• 기술사용료 실시간구조모니터링 및 리스크평가기술*850,000원/건*190동= **1.6억원** #건물 동 수 산출 근거 시특법 1종 건축물 1,898동 기준*1단계(10%)
	비파괴검사기술	복합진단기법	응력파 멀티비파괴검사법을 이용한 부재기반의 건축물 진단기술	• 기술사용료 응력파멀티비파괴검사기술*500,000원/건*864동= **4.3억원** #건물 동 수 산출 근거 2014년 기준 건축물 48,260동(70.5%), 30년 이상 17,277동(35.8%) 1단계 예상비율 864동(5%)
		현장적용 시스템	실시간 데이터 취득의 안전성 확보를 위한 반자동화 현장측정 시험시스템 구축기술	• 인건비 감소 300만원 * (2/28) * 1,727(동) = **3.7억원** 가정: 데이터 취득 및 분석시간 2일 감소, 월(28일)인건비 300만원(신뢰도 90%기준 반자동화장비를 이용한 인력투입시간 30% 감소)
유지관리 및 성능개선분야	BIM 기반 유지관리 기술	건축물 상태관리	건축물 유지관리를 위한 BIM-COBie 연동 모듈 및 BIM 역설계 기술	• 기술사용료 (국내S/W 보급시) 1,000,000원/연 * 3,297개 = **3.3억원** #글로벌 BIM S/W 시장은 2012년 약 2조 8,900억 원 규모. 통계청에 따르면 2014년 전국 건설업 기업체수 65,950개. BIM의무화로 인한 S/W 사용업체 증가 예상. 1단계 5% 적용 가정 시 3,297개 • BIM 기술 도입을 통한 해외시장개척 효과 (해외시장점유율 0.1% 상승시) 17,671 * 0.1% = 17.6조원 #Global Insight에 따르면 2019년 세계건설시장 규모가 약 14.8조달러로 확대. 한국은 2013년 세계건설시장 1.4%의 점유율 보임.
		건축물위험정보처리	계측데이터의 이력 및 상관관계 분석을 통한 시공중 안전 및 후 구조안전성 관리기술	• 신뢰도 0.5% 향상에 따른 손실비용 감소 가정 : 손실비용 1200억/년 * 0.5% = **6억원** • 인건비 감소 300만원 * (2/28) * 1727 = **3.7억원** 가정: 시스템화 된 분석으로 분석소요시간 2일 감소, 월(28일)인건비 300만원 #건물 동 수 산출 근거 2014년 기준 건축물 48,260동(70.5%), 30년 이상 17,277동(35.8%) 1단계 예상비율 1,727동(10%)
	성능개선기술	재료성능	나노급 첨단 기초소재 기반 웨어러블 센싱용 도포식 복합재료를 활용한 건축마감재 개발	• 기술사용료 웨어러블 센싱용 도포식 복합재료를 활용한 건축마감재 기술*3,000,000원/건*80동= **2.4억원** #건물 동 수 산출 근거 2013년 재난위험시설로 분류된 건물 동 수 800동*1단계(10%)
		구조성능	ICT 기반 센서 융합 보강재를 활용한 건축물 구조성능 개선 통합 솔루션 개발	• 기술사용료 센서융합보강재를 활용한 성능개선기술*5,000,000원/건*80동= **4억원** #건물 동 수 산출 근거 2013년 재난위험시설로 분류된 건물 동 수 800동 기준*1단계(10%)
			모듈화된 센서 내장형 패널을 활용한 수직부재 구조성능 개선기술	• 기술사용료 센서내장형 패널을 활용한 보강기술*5,000,000원/건*80동= **4억원** #건물 동 수 산출 근거 2013년 재난위험시설로 분류된 건물 동 수 800동 기준*1단계(10%)
			빅데이터 딥러닝 기반 건축물 성능개선 평가기술 진화모델 개발 및 실증	• 기술사용료 최적보수보강설계기술 1건*1,000,000원/건*2,278동 * 15% = **3.4억원** 최적성능개선평가기술 1건*200,000원/건*2,278동 = **4.5억원** #건물 동 수 산출 근거 2011년 정밀점검 동수 2,278동

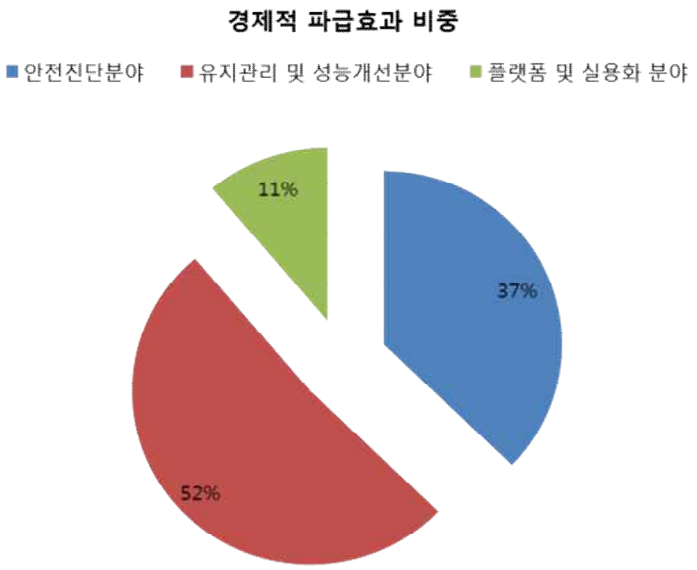
[표 4-6] 경제적 파급효과 분석(2)

구분	주제분야		제안 기술명	경제적 타당성
플랫폼 및 실용화 분야	테스트베드 및 플랫폼 구축	테스트베드 기획 및 실증	ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 기획 및 실증 지원	• 기술교육료 ICT 기반 건축물 안전진단기술 교육 6건*500,000원/인*100명= **0.5억원** ICT 기반 건축물 유지관리기술 교육 6건*500,000원/인*100명= **0.5억원**
		플랫폼 구축	ICT기반 안전진단 및 유지관리 핵심기술 활용 플랫폼구축	• 기술교육료 플랫폼 구축 기술 2건*500,000원/인*100명= **1억원**
	실용화 및 제도	기반구축	ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 확산을 위한 제도 및 관련법 개선방안	• 취업유발효과 건축물 안전진단 및 유지관리 관련 전문인력양성 5,799명*8%=**463명/년** 2012년 건축 관련 졸업생 5,799명/년(교육부 통계) 안전진단 및 유지관리 관련 투자는 신규건설의 약 8% 수준
		수요확산	ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리의 정량적 성능평가 및 인증시스템 개발	• 기술사용료 가정) 12개 기술의 인증평가 인증평가 비용 800,000원/건*50건/년*12개 기술= **4.8억원** #KS인증 수수료 참고 신청비: 50만원, 심사비 30만원

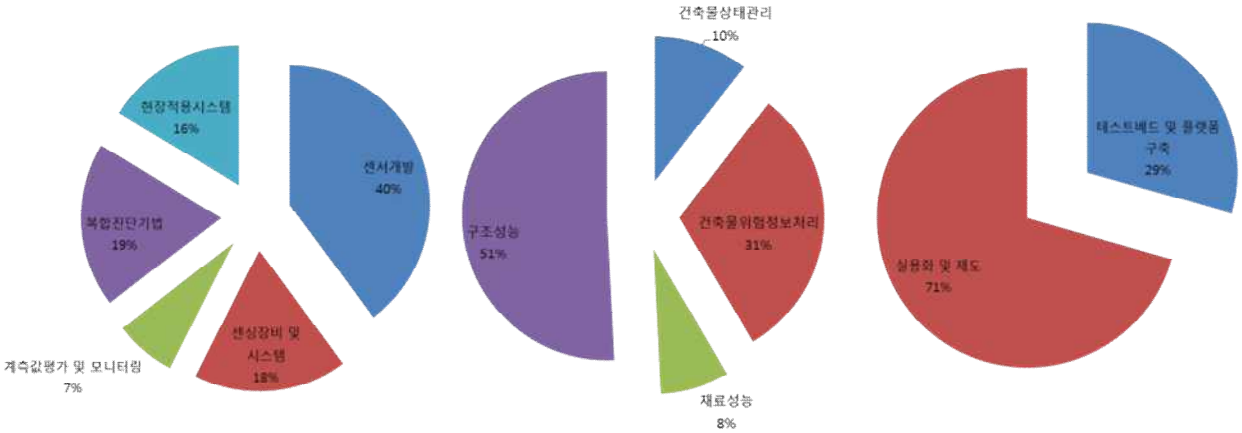
5. 경제적 파급효과 분석결과

○ 안전진단분야에서 22.6억원, 유지관리 분야에서 31.3억원, 플랫폼 및 실용화 분야에서 6.8억원 등 연간 60.7억원의 파급효과 예상

○ 연구개발 투자비용 대비 연구결과 적용효과의 경제적 타당성 분석결과, [표 4-6]과 같이 핵심기술 보급기간 10년을 기준으로 총 투입 연구비 150억원 대비 607억원의 기술 부가가치 유발효과와 533명의 취업유발효과가 발생할 것으로 예상



○ 경제적 파급효과 비중으로 보면 안전진단분야 37%, 유지관리 및 성능개선분야 52%, 플랫폼 및 실용화 분야 11%로 기여함



안전진단분야 유지관리 및 성능개선분야 플랫폼 및 실용화분야

○ 세부 분야별로 비중을 보면 안전진단분야는 센서 개발분야 40%, 복합진단기법분야 19%, 센싱장비 및 시스템분야 18%, 현장적용시스템 분야 16%, 계측값 평가 및 모니터링 분야 7% 순으로 기여도가 분석됨

○ 유지관리 및 성능개선분야는 구조성능분야 51%, 건축물 위험정보처리분야 31%, 건축물 상태관리 10%, 재료성능분야 8% 순으로 기여도가 분석되었으며, 플랫폼 및 실용화분야는 실용화 및 제도 분야가 71%, 테스트베드 및 플랫폼 구축 분야 29% 순으로 기여도가 분석되었음

○ 전문인력양성의 경우 교육부 통계 자료를 근거로 안전진단 및 유지관리 관련 투자 비율이 신규건설의 약 8% 수준으로, 이를 적용하여 산출하였음. 2012년 건축 관련 졸업생은 연간 5,799명으로 본 기획과제를 통한 파급효과로 현 시장의 수준인 8%를 적용하여 연간 463명의 인력배출 효과를 예상함

제 4 절 타당성 검토 종합

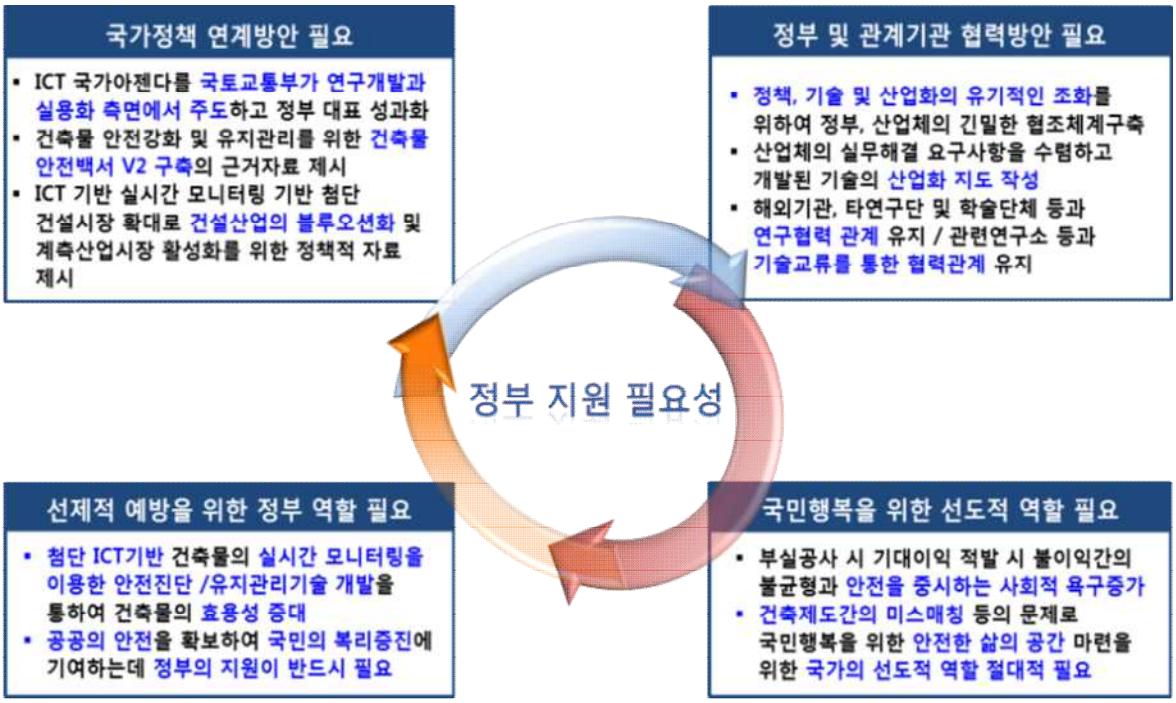
1. 정부 전략적 지원 필요성

○ 국가정책과의 연계방안 필요

- 국가 아젠다를 **국토교통부가 연구개발과 실용화 측면에서 주도**하고 정부대표 성과화 및 건축물 안전강화 및 유지관리를 위한 **건축물 안전백서 V2 구축**의 근거자료 제시
- ICT기반 실시간 모니터링 기반 첨단건설시장 확대로 **건설산업의 블루오션화** 및 계측산업시장 활성화를 위한 정책적 자료 제시

○ 건축물 안전사고 선제적 예방을 위한 정부의 역할 필요

- **첨단 ICT기반** 건축물의 실시간 **모니터링**을 이용한 **안전진단/유지관리기술 개발**을 통하여 건축물의 **효용성**을 **증대**시킴으로써 **공공**의 **안전**을 **확보**하고 나아가 **국민**의 **복리증진**에 **기여**하고자 하는데 **정부의 지원 반드시 필요**



[그림 4-10] 정부 지원의 필요성

○ 정부 및 관련기관과의 협력방안 필요

- **정책, 기술 및 산업화의 유기적인 조화**를 위하여 정부, 산업체의 긴밀한 협조체계구축 및 **산업체의 실무**해결 요구사항을 수렴하고 개발된 기술의 **산업화 지도 작성**
- 해외기관, 타 연구단 및 학술단체 등과 **연구협력 관계** 유지 및 관련연구소 등과 **기술교류를 통한 협력 관계** 유지

○ 국민행복을 위한 안전한 삶의 공간 마련을 위한 국가의 선도적 역할 필요

- **부실공사 시 기대이익 적발 시 불이익**간의 **불균형**과 **안전을 중시하는 사회적 욕구증가**와 **건축제도간의 미스매칭** 등의 문제로 국민행복을 위한 안전한 삶의 공간 마련을 위한 **국가의 선도적 역할 절대적 필요**

2. 정부지원의 타당성 분석

○ 각 세부과제에 대한 정부지원 타당성을 전문가 집단을 통하여 취합 및 분석하였으며, 그 결과를 [표 4-7], [표 4-8], [표 4-9]에 나타내었음

[표 4-7] 1세부과제 정부지원의 타당성

제안기술명	정부지원의 타당성
저가형 고감도 광섬유센서 및 kHz급 진단 네트워크 시스템 개발	▪ 첨단 광센서 기술이 기존 전기센서에 비하여 다양한 고성능의 비교우위 장점이 있음에도 불구하고 시장에서 기술 대체가 이루어지지 못하는 근본 이유는 상용화 수준의 저가격화 및 대량생산에 의한 규모의 경제에 다다르지 못하고 있기 때문임 ▪ 광센서의 실용화를 통한 지능형 건축물 대중화를 위하여 정부지원 하에 효율적이고 체계적인 대응방안 수립이 필요함
광섬유 센서 기반 건축물 실시간 구조모니터링 및 리스크평가	▪ 2012년 초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법을 수립하여 계측설비가 설치되어 계측자료가 관리되고 있지만 초기 단계이며 개별 센서의 계측값 단위로 관리 및 위험도를 평가하는 Stand-alone 형식으로 운영되는 수준임 ▪ 부재레벨과 시스템레벨의 통합계측을 위해서는 장기모니터링에 대한 신뢰성이 우수하며 멀티플렉싱 및 정적/동적 구조반응을 정확하게 계측 가능한 광섬유센서(FBG)의 적용이 필요함
이종센서 호환형 건축물 하이브리드 계측 시스템 개발	▪ 건축물의 경제적이고 효과적인 모니터링 및 안전진단을 위해 전기저항식 센서와 광섬유 센서를 일체형으로 동시에 인터페이스가 가능한 계측시스템의 개발이 필요함 ▪ 국내의 경우 전기전기저항식 센서 및 FBG센서 데이터 트랜스미터의 경우 대부분 수입에 의존하고 있으며, 국내외적으로 하이브리드 계측 시스템은 최근에 NI(National Insteument)사에 PXI방식의 시스템이 개발된 것이 최초로 이에 대한 수입대체가 긴요함
사물인터넷 기반 건축물 안전진단용 보급형 유/무선 계측 및 통합 모니터링 솔루션 개발	▪ 센서 및 계측 시스템이 외산 수입품으로 높은 가격으로 인하여 상징적인 초고층 빌딩을 제외한 일반 건축물에 광범위하게 보급하기에는 시스템 구축 비용이 과다함 ▪ 차후 국내시장의 기술력 향상과 수입대체에 따른 원가절감 측면을 고려할 때 원천기술의 국산화가 절실함 ▪ 첨단 사물인터넷 정보통신 기술을 건축물 모니터링 시스템에 도입하여 해당 지자체 및 건물 거주자에게 건물 안전에 대한 중요 정보를 제공할 수 있는 시스템 개발이 긴요함
응력파 멀티비파괴검사법을 이용한 부재기반의 건축물 진단기술	▪ 응력파기반 비파괴검사기법은 안전진단에 적합한 검사기술로서 시설물의 노후화에 대비해야 하는 국내 산업현장에 반드시 필요하며, 정부지원을 통한 국가 규준 제시 필요 ▪ 정부 주도하의 비파괴검사법을 이용한 건축물 안전진단기술을 개발하여 현장에 적용할 수 있는 ICT기반 안전진단시스템 실용화를 통한 국가재난방재시스템 연동 필요
실시간 데이터취득의 안전성 확보를 위한 반자동화 현장측정시험시스템 구축 기술	▪ 건축물 안전진단/유지관리 시장은 실시간 계측기반 확대 전망되나, 국내업체 기술력은 영세한 수준으로 기술의 첨단화가 필요함. 국가과학기술위원회(2010년)의 분석자료에 따르면, 한국의 지능형 시설물 안전 및 유지관리 기술수준은 54.2%(최고 수준 100%)로 최고 기술 보유국(미국 71.1%) 대비 4.3년의 기술격차를 가지고 있음 ▪ 정부 주도하의 인력기반이 아닌 데이터취득 자동화 및 기계화를 이용한 실시간 건축물 상태평가기술 개발이 절실히 요구됨

[표 4-8] 2세부과제 정부지원의 타당성

제안기술명	정부지원의 타당성
건축물 유지관리를 위한 BIM-COBie 연동 모듈 및 BIM 역설계기술 개발	▪ BIM기반의 건축물 유지관리 기술개발에 대한 필요성은 인지하고 있으나, 이를 성공적으로 개발하고 실용화하기 위해서는 BIM전문가뿐 아니라 센서·통신·건축엔지니어 등 다방면의 전문가의 협업과 지속적인 경제지원과 연구개발이 요구됨. 따라서 정부주도의 연구지원을 통한 공동연구가 필요함
계측데이터의 이력 및 상관관계 분석을 통한 시공중 안전 및 후 구조안전성 관리기술	▪ 구조반응 계측 및 안전성 평가 분야는 현재 중소기업 위주로 수행되고 있음. 중소기업은 인력과 기술력이 부족하기에 다수의 센서로부터 계측된 데이터를 효율적으로 분석하기에는 한계가 있음 ▪ 첨단 ICT기반 안전진단 및 유지관리 기술이 활성화되기 위해서는 공공적 지원을 통해 기술개발·기술지도·기술이전 등이 요구됨
나노급 첨단기초소재 기반 웨어러블 센싱용 도포식 복합재료를 활용한 건축마감재 개발	▪ 건축물의 장수명화를 위해서는 구조재뿐 아니라 마감재와 같은 비구조재의 경제적 관리가 필요함 ▪ 이는 재료뿐 아니라 최신의 IT기술을 요구하기 때문에 관련 기술개발사례를 찾아보기 어렵고, 시장성장단계가 초기단계임에 따라 민간에서 연구개발을 하기엔 위험성이 따름. ▪ 하지만 관련 시장은 지속적으로 성장할 것으로 예상되기 때문에 현시점에서 관련 기술이 개발되고 실용화된다면 세계시장을 선도할 것으로 기대됨
ICT 기반 센서 융합 보강재를 활용한 건축물 구조성능 개선 통합 솔류션 개발	▪ ICT 기반의 첨단 센싱 및 평가 기술이 개별적으로 개발되고 있으나, 이를 통합적으로 관리할 수 있는 기술은 미흡함 ▪ 다양한 센서를 통합 관리하기 위해서는 각 센서의 특성과 평가에 관한 깊은 기술력을 요구하기 때문에 국가적 차원의 지원을 통한 공동 연구가 필요함 ▪ 현재 통합적으로 안전진단 및 유지관리할 건축물 대상은 공공 건물 중심이기 때문에 정부차원의 지원이 요구됨
모듈화된 센서 내장형 패널을 활용한 수직부재 구조성능 개선기술	▪ 모듈화된 보강기술을 개발하게 되면 공기단축, 비용감소뿐 아니라 실시간으로 대상건축물을 모니터링하여 신속한 대처로 인한 비용절감을 실현할 수 있음 ▪ 이는 건설자원의 소비를 최소화하고, 국민의 안전확보 및 건축물의 장수명화를 실현하는 공공적 효과가 있기 때문에 정부주도의 연구개발이 필요함
빅데이터 딥러닝 기반 건축물 성능개선 평가기술 진화모델 개발 및 실증	▪ 국내 건축물 성능개선 분야는 실무 기술자 개별 역량에 따라 성능개선 수준의 차이를 가져오고, 불필요한 성능개선으로 인한 과도한 비용 투입 및 부적절한 성능개선으로 인한 재공사에 소요되는 추가비용 등의 문제가 있음 ▪ 국내 건축물 성능개선 분야의 수요가 증가하고 이에 투입되는 비용 또한 시간이 지날수록 증가할 것을 예상할 수 있어, 건축물 성능개선 공법적용에 있어, 경제·효율적이고 합리적인 방안을 제시하는 시스템 개발이 요구됨

[표 4-9] 3세부과제 정부지원의 타당성

제안기술명	▪ 정부지원의 타당성
ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 기획 및 실증지원	▪ 건설분야는 최종 활용단계까지의 기간이 상대적으로 길게 소요되는 반면 정보·통신분야에서는 신기술을 적용한 제품발전의 사이클이 매우 짧음. 따라서, 건축-ICT 융합기술의 실용화는 이러한 기술적인 시간차를 극복하고, 적용성을 분석·개선하는 것이 관건임 ▪ ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술이 조속히 시장에 수용되어 경제적 성과를 창출하기 위해서는 산·관·학·연 네트워크에 기반한 연구개발 결과에 대한 신뢰성과 우수성의 입증이 선결되어야 하며, 이는 단기간에 확보할 수 없으므로 정부 차원의 지원을 통한 테스트 베드 구축이 필요함
ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 핵심기술 활용 플랫폼 구축	▪ 미국, 영국 등 선진국의 경우 건설시장 침체를 벗어나기 위해서 건설산업의 근본적인 변화 혁신을 요구하고 있으며, 여기에는 건설수요를 고려한 첨단기술 기반의 기술개발을 매우 강조하고 있음 ▪ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리기술의 체계적인 관리와 적용확산을 위해서는 공급자와 기술수요자, 실무자의 상호적인 정보교류 및 실시간 대응이 가능하고 접근성이 용이하며, 공통적인 실행환경을 제공할 수 있는 플랫폼 구축 필요함
ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 확산을 위한 제도 및 관련법 개선방안	▪ 1970년대 고도 경제성장기 이후 급격한 도시개발과 더불어 건축물이 기하급수적으로 증가하였고, 현재의 건축물 현황을 보면 저·중층 위주의 건축물과 20~30년 이상의 건축물이 매우 높은 비율을 차지하고 있으며, 그 상당수가 건축년한의 경과와 함께 노후화가 진행 중임 ▪ 안전진단 및 유지관리란 건축물의 안전 확보를 통하여 국민의 생명과 재산을 보호하는 것으로 건축물이 고층화 및 대형화되는 추세와 사회가 복잡해짐에 따른 인적재해 증가, 이상기후 등에 따라 중요성이 강조되고 있음 ▪ 건축물의 안전진단 및 유지관리는 인력 기반의 안전점검 및 정밀안전진단을 수행하던 전통적 방식에서 ICT 기술과의 융합을 통한 정보화 유지관리 기술로 점차 확대 적용되는 추세이며 제도 및 관련법이 절실하게 필요함
ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리의 정량적 성능평가 및 인증시스템 개발	▪ 최근 미국에서는 건축물의 종합적인 평가항목 및 평가기준을 개발하여 건축물의 구조적 안정성, 설비노후도, 거주환경성능, 유지관리 적정성 등의 건축물의 종합적인 유지관리 성능을 평가하고자 하는 규정들이 만들어지고 있음 ▪ 건축물 안전진단 및 유지관리의 자동화·효율화를 위해 다양한 센싱 및 모니터링 기술에 대한 연구개발이 시도되었으나 내구성 및 신뢰도 등의 부족으로 인해 직접 건축물의 안전성 평가에 활용하는 단계까지는 이르지 못함 ▪ ICT를 기반으로 한 건축물의 안전 및 유지관리 기술을 대상으로 객관적인 신뢰성을 확보하기 위해서는 성능, 안전, 품질 등에 대한 인증을 부여하는 제도가 필요함

○ 정책적 타당성

- 국가 전략적으로 안전관리분야 정책의 정부별 기조 변화에 따른 대응 및 법·제도 기준 마련으로 ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리의 패러다임 전환 실현에 따른 ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 분야의 유망 미래기술 확보 및 신산업 창출이 가능함
- 상위계획과의 부합성에서 국토교통부는 제2차 건축정책기본계획 추진방향에서 건축물의 급속한 노후화를 인한 건축물이 도시안전에 문제가 우려되므로 건축물 안전 및 유지관리 기술을 통하여 건축물 리뉴얼 촉진 활성화에 기여할 수 있고, 미래창조과학부는 현 정부의 국정과제를 기반으로 경제부흥, 국민행복, 문화융성, 평화통일 기반구축이라는 4대 국정기조와 140개 국정과제를 바탕으로 미래창조과학부에서는 '과학기술·ICT 혁신을 통한 역동적 창조경제 실현'을 목표로 삼고 ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리의 활성화를 통해 국정과제의 목표달성을 기대할 수 있음
- 사업추진의지 관련 기관협조체계와 정부 및 관련기관과의 협력방안 및 활용방안 등의 내용을 토대로 정책적 타당성은 충분히 있다고 판단됨

○ 기술적 타당성

- 각 세부 과제에 대한 기술적 타당성 분석 결과, '비파괴검사기술', '실용화 및 제도'에 관련된 주제가 높은 점수를 보이고 '성능개선', '센서기술' 등의 순서로 높은 점수를 보이고 있음
- 이 결과는 사회적 이슈인 건축물 안전진단 및 유지관리방안 관련하여 첨단 ICT기반 비파괴검사기술을 이용한 안전진단/유지관리기술 개발을 통하여 건축물의 효용성을 증대를 위한 실용화 및 제도 관련 부분에 철저한 검증이 필요하다는 것으로 분석됨
- 제3장 2절에 기술개발에 따른 미래상에 제시한 현재 기술수준과 기획과제를 통한 결과물과의 상관관계가 명확히 나타남으로서 기술적 타당성은 타당하다고 판단됨

○ 경제적 타당성

- 문헌조사에 의하면 부실점검 및 부질안전진단에 의한 손실비용과 보수·보강 손실비용은 연간 약 250억 정도 비용이 발생하여 건축물의 안전 및 유지관리 부분에서는 새로운 기술의 접목시도가 미흡하므로 정보통신기술 등 타 분야의 기술이 융·복합된 지능형 인프라를 구축하는 창조경제 정책기조에 부합하는 기술개발이 필요함
- 현재 고령화가 된 사회기반시설의 대부분이 콘크리트 및 강구조물로서 균열, 누수, 부식, 중성화, 염해 등으로 인한 내구성능 감소 및 구조안전성 훼손으로 보수비용이 증가되어 국내외적인 사회적 문제로 대두되어 ICT기반의 실시간 안전진단 및 유지관리 기술의 연구개발하고 실용화한다면 이에 대한 손실을 절감할 수 있을 것으로 경제적 타당성은 충분히 있다고 판단됨
- 연구개발 투자비용 대비 연구결과 적용효과의 경제적 타당성 분석결과, 핵심기술 보급기간 10년을 기준으로 총 투입 연구비 150억 원 대비 607억 원의 기술 부가가치 유발효과와 533명의 취업유발효과가 발생할 것으로 예상
- 안전진단분야에서 연간 22.6억 원, 유지관리 분야에서 연간 31.3억 원, 플랫폼 및 실용화 분야에서 연간 6.8억 원 등 연간 60.7억 원의 파급효과 예상

○ 시장진출의 타당성 및 문제점

- 안전진단 분야의 경우, 현장조사에 근거하여 진행하는 경우가 대부분이며, 일부 센서를 이용한 진단이 이루어지고 있으나, 현재의 기술은 건축물의 복잡한 구조거동 특성 때문에 하나의 센서 혹은 단일 종류의 센서 조합만으로는 정확한 구조설계가 어려워 다양한 센서를 동시에 활용하여 각 센서의 단점을 보완하고 적용성 및 신뢰성을 향상시키는 기술에 대한 수요가 있음. 측정센서의 수를 최적화하고 Big data를 통하여 부재레벨 및 구조물 레벨의 위험도를 평가하는 분석 기술을 개발함으로써 진단의 효율성을 제고시킬 수 있음.
- 유지관리기술 분야의 경우, 유지관리 시장의 규모와 업체는 지속적으로 증가하고 있으나, 과학적 유지관리 기법의 적용이 미흡함. 한국의 지능형 시설물 안전 및 유지관리 기술수준은 최고 기술보유국 대비 76.2%로 기술격차가 크기 때문에 기술개발시 유지관리 시장에서의 사업성이 매우 높음.
- 다만, 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리를 위한 추가의 비용이 발생함에 따라 법으로 제정되지 않을 경우에는 기술적용의 한계점이 있음. 따라서 개발 기술의 적용을 위해서는 법과 제도의 구축과 정부의 지원이 이루어지지 않으면 시장진출의 어려움이 예상됨.

제 5장 인력·장비투입 및 소요예산 산정

제 1절 소요예산 산정 방법

1. 인력·장비투입 및 소요예산 산정의 Framework

건축물 실시간 안전진단을 위한 ICT 기반 핵심기술개발과 관련하여 총 3세부 16개 제안기술 도출하여 인력, 장비 및 소요예산 산정을 과제성격, 연구기간, 연구내용, 개발목표의 수준을 고려하여 합리적인 연구비 분배를 수행하였음. 그리고 테스트베드 실증에 관한 3.1세세부과제는 개별 요소기술들을 총망라하는 실증과제이므로 많은 연구예산을 책정함.

- 총 16개 제안기술의 예산 배분은 과제성격, 연구기간, 연구내용, 개발목표의 수준을 고려하여 합리적인 인력투입과 연구비 분배를 수행함

- 테스트베드 실증에 관한 3.1세세부과제는 개별 요소기술들을 총망라하는 실증과제이므로 많은 연구예산을 책정함
  - 예) ICT기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 기획 및 실증 지원

- 2세부에서 구조성능 개선을 위한 연구과제는 구조물 레벨에서 성능검증 실험을 포함하며, 건축물 테스트 레벨의 검증과 적용을 연계하기 위하여 1~4차년도까지 연구가 수행되어야 하므로 많은 예산을 책정함

- 1세부에서 장비 및 하드웨어 개발이 필요한 ICT 요소기술 개발 과제의 경우 시제품 제작비 등을 반영하여 1~3차년도에 조기 연구성과를 도출하여야 함
  - 예) 저가형 고감도 광섬유센서 및 kHz급 진단 네트워크 시스템 개발
    ICT 융합 하이브리드 신소재를 활용한 건축물 구조성능 개선기술

- 소프트웨어 및 통신 프로토콜 개발에 관한 과제는 전산 프로그램개발의 특성을 고려하여 낮은 연구비가 배분됨
  - 예) 건축물 유지관리를 위한 BIM-COBie 연동 모듈 및 BIM 역설계 기술
    사물인터넷 기반 건축물 안전진단용 보급형 유/무선 계측 및 통합 모니터링 솔루션 개발

- 1세부 및 2세부에서는 요소기술의 개발 및 적용을 목표로 하는 과제가 많으므로 연구장비 구입에 보다 많은 예산을 배분함
  - 예) 건축물 유지관리를 위한 BIM-COBie 연동 모듈 및 BIM 역설계 기술
    사물인터넷 기반 건축물 안전진단용 보급형 유/무선 계측 및 통합 모니터링 솔루션 개발
    계측데이터의 이력 및 상관관계 분석을 통한 시공중 안전 및 후 구조안전성 관리기술

[표 5-1] 연구 수행 기간

연구과제		연구수행기간				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
1세부 ICT기반 건축물 실시간 안전진단 핵심요소 기술 개발	센서기술					
	비파괴검사기술					
2세부 ICT기반 건축물 실시간 유지관리 핵심 요소기술 개발	BIM 기반 유지관리 기술					
	성능개선 기술					
3세부 ICT기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리를 위한 플랫폼 및 실용화	테스트베드 및 플랫폼 구축					
	실용화 및 제도					

○ 1세부과제는 1-3차년도가 집중소요기간이나, 1-2차년도에 연구개발을 집중 수행하고 3차년도에 기술수요자, 실무자의 피드백을 받아 시장성 측면에서 연구를 개선함

○ 2세부과제는 1-4차년도가 집중소요기간이나, 1-3차년도에 연구개발을 집중 수행하고 4차년도에 기술수요자, 실무자의 피드백을 받아 시장성 측면에서 연구를 개선함

2. 인력 및 예산 산정방법

○ 세부과제별 기획위원에 의한 상향식(Buttom up) 방식으로 예산을 산출함.

○ 인건비는 2015년 학술연구용역 인건비기준단가를 기준으로 작성

○ 직접비는 과제별 특성을 고려하여 개략적으로 산정

○ 간접비는 인건비와 직접비의 15% 이내에서 일괄적으로 산정

○ 각 세부과제별 특성을 고려하여 민간기업의 참여가능성을 예측하고 이를 바탕으로 정부출연금과 기업부담금을 구분함.

제 2절 연구시설 및 장비 투입계획

본 연구의 총 3세부 16개 제안기술개발과 관련하여 과제성격, 연구기간, 연구내용, 개발목표의 수준을 고려하여 합리적인 연구시설 및 장비 투입 계획을 설정하였음. 1세부 및 2세부의 경우 요소기술개발에 중점을 두고 있으므로 보다 많은 연구시설 및 장비를 투입하도록 계획함.

[표 5-2] 세세부과제별 연구시설 및 장비 투입계획

투입계획			연구시설 및 장비 목록		필요성	비용(천원)		비고
			품명	규격		수량	단가(천원)	
1세부	1-2	1차년도	데이터로거	Wavelength accuary 40pm 이하 User interface USB 2.0, TCP/IP Max. Sampling rate 400 Hz 이상	■ FBG 계측 데이터 수집용	1	20,000	
		3차년도	현장 계측 System	현장 계측용 (50채널 이상) 정적 및 동적 계측 포함	■ 부재레벨 및 구조물레벨 구조반응 실시간 자동 수집용	1	30,000	
	1-3	3차년도	DB 서버	고속디지털 I/O, PCI통신(GPIB, 이더넷) 지원	■ 정적, 동적 데이터의 수집 및 네트워크 제어용	1	5,000	
	1-4	3차년도	모니터링 서버	고속디지털 I/O, PCI통신(GPIB, 이더넷) 지원	■ 정적, 동적 데이터의 수집 및 네트워크 제어용	1	5,000	
	1-5	1차년도	표면파기법(SASW-s Mdel)전용센서 및 연동 WINSASW 소프트웨어	SASW-s Model & Software	■ 응력파 멀티비파괴검사법을 이용한 부재기반의 진단기술 개발에 필요	1	11,250	
			충격반향기법(IE) 전용 센서 CTG 2 & computer	CTG 2	■ 멀티 충격반향기법을 이용한 건축물 진단기법 개발이 필요	1	22,000	
		3차년도	응력파멀티 비파괴검사법 기반 데이터통합 시스템 서버 구축	응력파멀티 비파괴검사법 기반 데이터통합 시스템 서버 구축	■ 멀티비피과검사법을 이용한 데이터 통합 모니터러이 시스템 구축에 필요	1	20,000	

	1-6	3차년도	현장측정시험장치 기반 데이터통합모니터링 서버 구축	현장측정시험장치 기반 데이터통합모니터링 서버 구축	■ 반자동화 현장측정 시험 장비를 통하여 취득한 데이터 통합 모니터링 시스템 개발이 필요	1	7,500	
2세부	2-1	1차년도	멀티로터형 무인항공기(드론) (DJI Inspire 1 dual)	438x451x301mm, 2935g	■ 역설계 정보 구축시 레이저스캐너는 지상 및 실내 정보구축에 용이하나, 지붕 및 광역지형, 지리, 환경정보를 수집하고, 3차원 형상정보를 구현하기 위해서는 드론을 통한 항공촬영이 요구됨.	2	6,500	
		2차년도	GPS 측량기 (Trimble R8s)	403-473 MHz, 440채널	■ 정밀 측정을 위한 GPS위치 및 레벨 검토 필요. ■ 드론의 항공촬영 경로 입력을 위한 좌표분석 필요. ■ 드론 및 레이저스캐너 정보와 형상정보를 비교 분석하기 위한 정밀한 좌표정보가 요구됨.	1	20,000	
		2차년도	레이저스캐너 대여료 (FOCUS 3D X130)	Measuring Distance : Inside : 153.49m, Outside : 100 ~ 115m Accuracy (per distance) : 0.1mm @1m Resolution : 8,000 x 3,500	■ 건축물과 같이 거대한 물체는 일반의 레이저 스캐너로 촬영이 어려움. ■ 20M에서 330M까지 스캔이 가능한 장비임.	1	20,000	
		2차년도	항공 사진측량 및 3D구현 S/W (Agisoft PhotoScan Pro)	사진측량 S/W	■ 일반 사진측량 S/W로는 정밀 3차원 형상정보를 구현할 수 없음. ■ 촬영된 항공사진을 분석함은 물론 3차원 형상정보, 레벨, 지형, 재질 등을 다각도로 정밀한 정보를 구축할 수 있음.	1	6,000	
		3차년도	멀티로터형 무인항공기(드론)	438x451x301mm, 2935g	■ 역설계 정보 구축시 레이저스캐너는 지상 및 실내 정보구축에 용이하나,	2	6,500	

			(DJI Inspire 1 dual)		지붕 및 광역지형, 지리, 환경정보를 수집하고, 3차원 형상정보를 구현하기 위해서는 드론을 통한 항공촬영이 요구됨.			
		3차년도	광대역-대용량 측량 데이터 운용S/W (ClassNK-PEERLESS)	측량 데이터 운용S/W	■ 광대역 대용량 측얄 데이터 운용 특화 프로그램 ■ 광대역 역설계 및 수치검사 ■ 대형 설비 레이아웃 검사	1	40,000	
		4차년도	HMD(Head mounted Display) (Oculus Rift)	HMD, 입체 서라운드 스피커, 자이로 트래킹 장치 세트, 2160×1200, 90Hz	■ BIM으로 역설계된 건물 정보의 가상 안전진단 및 유지관리를 위한 도구.	4	1,000	
		5차년도	VR 시뮬레이터 (Cyberith Virtualizer)	기둥 높이 107cm, 발판 지름 100cm, 40kg	■ BIM으로 역설계된 건물 정보의 가상 안전진단 및 유지관리를 위한 도구.	3	1,000	
	2-2	1차년도	시공단계해석프로그램	시공단계해석프로그램	■ 시공단계 시나리오에 따른 구조반응데이터 수집용 시뮬레이션 수행	1	15,000	
		2차년도	변위 계측용 영상기반 계측 시스템 +범용데이터유선로거 +변위계 +경사계	변위 계측용 영상기반 계측 시스템 5000 +범용데이터유선로거 20000 +변위계 12000 (3000/ea*4ea) +경사계 3000 (1500/ea*2ea)	■ 정적구조반응수집용 센서 및 계측장비 구매	1	40,000	
		3차년도	변위 계측용 영상기반 계측 시스템 +고주파용 가속도계 +동특성 분석기	변위 계측용 영상기반 계측 시스템 5000 +고주파용 가속도계 3000 (1000/ea*3ea) +동특성 분석기 22000 (1ea)	■ 동적구조반응수집용 센서 및 분석프로그램 구매	1	30,000	
		4차년도	비선형구조해석프로그램	비선형구조해석프로그램 1ea	■ 구조물 안전성 평가기법 개발을 위한 구조해석프로그램 구매	1	15,000	
			고주파용 가속도계 +저주파용 가속도계	고주파용 가속도계 3000 (1000/ea*3ea)	■ 고층건물의 진동 계측용 센서 구매	1	15,000	

				+ 저주파용 가속도계 12000 (4000/ea*3ea)				
	2-6	3차년도	진동 컨트롤러 및 데이터로거	[용도] 주파수, 3D그래프 구현, 모드형상 등의 다양한 데이터를 구축하는 장치이며, 지속적으로 활용가능하며 휴대가능하여 외부실험 수행시 활용 가능 [규격] 최대 200m 교신이 가능하여 외부 구조물의 Smart STRUCTURES 또는 MATERIAL에 활용 가능	■ 본 연구에서 개발되는 핵심성과물인 성능개선 평가기술 진화모델은 실험적 검증과 계측 빅테이터의 확장이 관건이므로 지속적으로 계측데이터를 측정할 수 있는 데이터로거와 계측컨트롤 장비가 필요함	1	15,000	
3세부	3-1	2차년도	채널 확장 장치	채널 확장 장치	■ 테스트베드 실증시 다수의 센서데이터 측정을 위한 데이터 채널 확장	2	20,000	
	3-2	3차년도	서버구축	서버구축	■ 다수 채널의 데이터 확보 및 저장을 위한 서버 필요	1	20,000	

제 3절 연구일정에 따른 인력투입계획

본 연구의 각 세부별 연구기간, 연구내용, 개발목표의 수준을 고려하여 적절한 인력투입을 아래와 표와 같이 계획하였음.

[표 5-3] 세세부과제별 인력투입계획

세세부과제	직급 (월급여)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
1-1. 저가형 고감도 광섬유센서 및 kHz급 진단 네트워크 시스템 개발	연구책임자 (미지급)	1	1	1	1	1
	박사과정 (월 2,500천원)	2	3	3	1	1
	석사과정 (월 1,800천원)	4	6	6	2	2
1-2 광센서 기반 건축물 실시간 구조모니터링 및 리스크평가기술	연구책임자 (미지급)	1	1	1	1	1
	박사과정 (월 2,500천원)	2	3	3	1	1
	석사과정 (월 1,800천원)	4	6	6	2	2
1-3. 이종 센서 호환형 건축물 하이브리드 계측 시스템 개발개발	연구책임자 (미지급)	1	1	1	1	1
	박사과정 (월 2,500천원)	2	3	3	2	1
	석사과정 (월 1,800천원)	4	6	6	2	2
1-4. 사물인터넷 기반 건축물 안전진단용 보급형 유무선 계측 및 통합 모니터링 솔루션 개발	연구책임자 (미지급)	1	1	1	1	1
	박사과정 (월 2,500천원)	1	2	2	2	1
	석사과정 (월 1,800천원)	3	4	4	2	2
1-5. 응력파 멀티비파괴검사법을 이용한 부재기반의 건축물 진단기술	연구책임자 (미지급)	1	1	1	1	1
	박사과정 (월 2,500천원)	2	3	3	2	1
	석사과정 (월 1,800천원)	4	6	6	4	2
1-6. 실시간 데이터 취득의 안전성 확보를 위한 반자동화 현장측정 시험시스템 구축기술	연구책임자 (미지급)	1	1	1	1	1
	박사과정 (월 2,500천원)	1	2	2	2	1
	석사과정 (월 1,800천원)	3	4	4	2	2

2-1. 건축물 유지관리를 위한 BIM-COBie 연동 모듈 및 BIM 역설계 기술 개발	연구책임자 (미지급)	1	1	1	1	1
	박사과정 (월 2,500천원)	2	3	3	3	2
	석사과정 (월 1,800천원)	4	6	6	6	2
2-2. 계측데이터의 이력 및 상관관계 분석을 통한 시공중 안전 및 후 구조안전성 관리기술	연구책임자 (미지급)	1	1	1	1	1
	박사과정 (월 2,500천원)	2	3	3	3	1
	석사과정 (월 1,800천원)	5	6	6	6	2
2-3. 나노급 첨단기초소재를 이용한 웨어러블 센싱용 도포형 복합재료기술 개발	연구책임자 (미지급)	1	1	1	1	1
	박사과정 (월 2,500천원)	2	3	3	3	1
	석사과정 (월 1,800천원)	6	7	7	7	2
2-4. ICT 기반 센서 융합 보강재를 활용한 건축물 구조성능 개선 통합 솔루션 개발	연구책임자 (미지급)	1	1	1	1	1
	박사과정 (월 2,500천원)	3	3	3	3	1
	석사과정 (월 1,800천원)	6	8	8	8	2
2-5 모듈화된 센서 내장형 패널을 활용한 수직부재 구조성능 개선기술	연구책임자 (미지급)	1	1	1	1	1
	박사과정 (월 2,500천원)	3	4	4	4	1
	석사과정 (월 1,800천원)	6	8	8	8	2
2-6. 빅데이터 딥러닝 기반 건축물 성능개선 평가기술 진화모델 개발 및 실증	연구책임자 (미지급)	1	1	1	1	1
	박사과정 (월 2,500천원)	3	4	4	3	2
	석사과정 (월 1,800천원)	6	8	8	6	2
3-1. ICT기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 기획 및 실증	연구책임자 (미지급)	-	1	1	1	1
	책임연구원급 (월 3,000천원)	-	5	12	12	10
3-2. ICT기반 안전진단 및 유지관리 핵심기술의 적용방법 및 건축물 평가등급에 따른 솔루션 개발	연구책임자 (미지급)	-	-	1	1	1
	책임연구원급 (월 3,000천원)	-	-	8	7	6

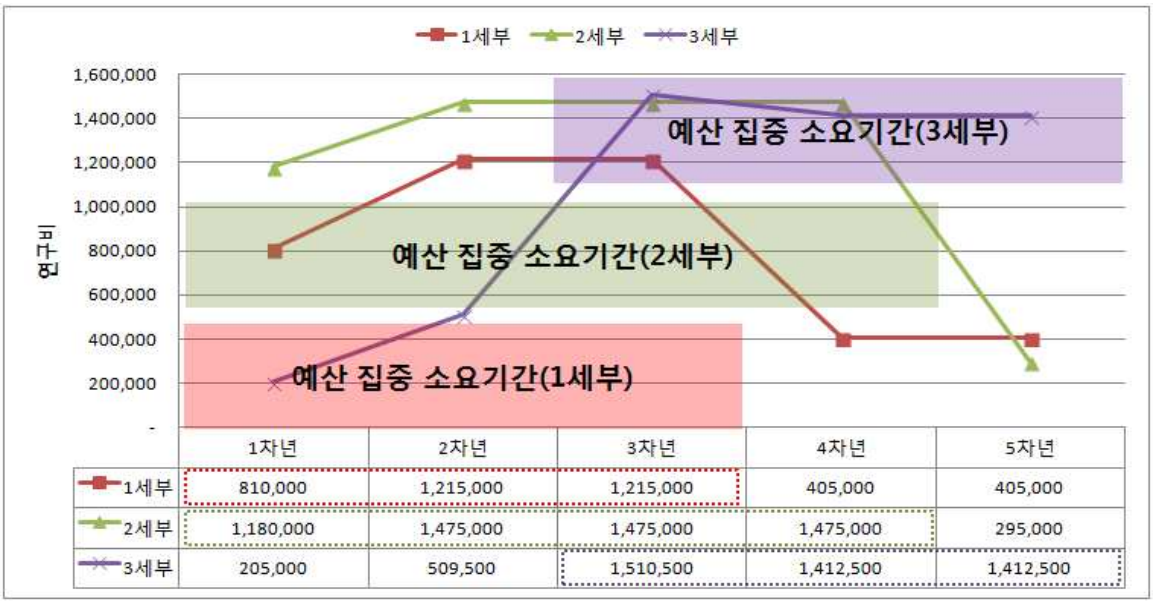
3-3. ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 확산을 위한 제도 개선 및 관련법(통합법) 제정	연구책임자 (미지급)	-	1	1	1	1
	책임연구원급 (월 3,000천원)	-	4	7	6	6
3-4. ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리의 정량적 성능평가 및 인증시스템 개발	연구책임자 (미지급)	1	1	1	1	1
	책임연구원급 (월 3,000천원)	2	4	6	5	5

제 4절 소요예산 산정

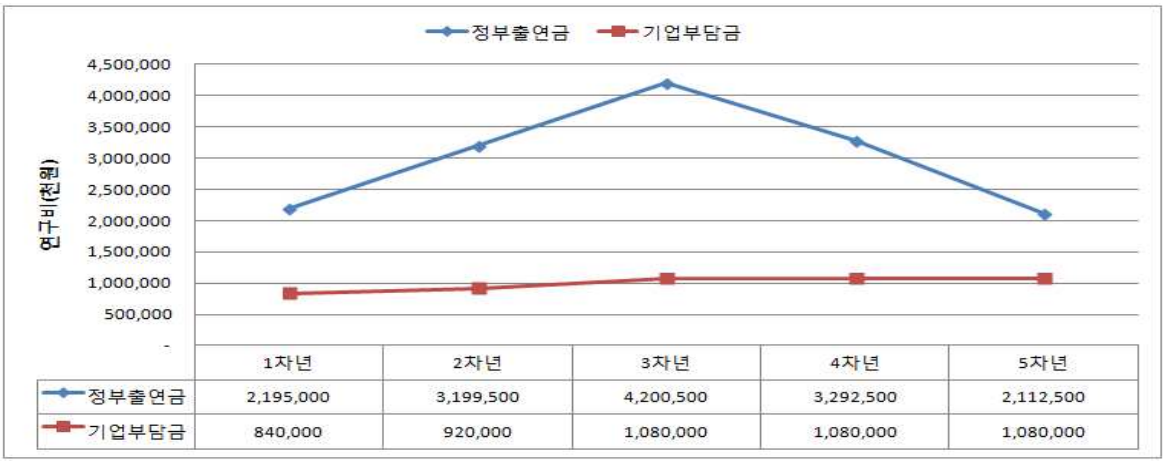
1. 전체사업 소요 예산

(단위:천원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
1세부	810,000	1,215,000	1,215,000	405,000	405,000	4,050,000
2세부	1,180,000	1,475,000	1,475,000	1,475,000	295,000	5,900,000
3세부	205,000	509,500	1,510,500	1,412,500	1,412.500	5,050,000
합계	2,195,000	4,119,500	4,200,500	3,292,500	2,112,500	15,000,000



[그림 5-1] 예산 집행 계획



[그림 5-2] 정부출연금 및 민간부담금 산정

2. 세부과제별 소요예산

가. 1세부 소요예산

(단위:천원)

구분	예산항목	세부항목	예 산 항 목(단위:천원)						
			단가(천원)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	소계
1세부 과제	인건비	책임연구원 (미지급)	6,000	86,400	86,400	86,400	86,400	86,400	432,000
		책임연구원급							
		연구보조 (박사과정)	2,500	96,000	150,000	150,000	58,500	54,000	508,500
		연구보조 (석사과정)	1,800	186,840	272,160	267,840	91,800	88,560	907,200
		소 계		282,840	422,160	417,840	150,300	142,560	1,415,700
	직접비	연구장비 재료비		214,851	299,917	317,188	107,900	99,165	1,039,021
		연구활동비		164,231	271,121	258,818	71,429	89,065	854,664
		연구수당		42,426	63,324	62,676	22,545	21,384	212,355
		소 계		421,508	634,362	638,682	201,874	209,614	2,106,040
	위탁연구개발비								-
	간접비			105,652	158,478	158,478	52,826	52,826	528,260
	합 계			810,000	1,215,000	1,215,000	405,000	405,000	4,050,000

1-1 과제	인건비	책임연구원 (미지급)	6,000	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
		책임연구원급							
		연구보조 (박사과정)	2,500	21,000	31,500	31,500	10,500	10,500	105,000
		연구보조 (석사과정)	1,800	34,560	51,840	51,840	19,440	19,440	177,120
		소 계		55,560	83,340	83,340	29,940	29,940	282,120
	직접비	연구장비 재료비		45,685	62,271	67,542	15,000	22,171	212,669
		연구활동비		31,291	53,192	47,921	21,004	13,833	167,241
		연구수당		8,334	12,501	12,501	4,491	4,491	42,318
		소 계		85,310	127,964	127,964	40,495	40,495	422,228
	위탁연구개발비								-
	간접비			21,130	31,696	31,696	10,565	10,565	105,652
	합 계			162,000	243,000	243,000	81,000	81,000	810,000
1-2 과제	인건비	책임연구원 (미지급)	6,000	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
		책임연구원급							
		연구보조 (박사과정)	2,500	24,000	36,000	36,000	10,500	10,500	117,000
		연구보조 (석사과정)	1,800	34,560	51,840	51,840	17,280	17,280	172,800
		소 계		58,560	87,840	87,840	27,780	27,780	289,800
	직접비	연구장비 재료비		43,000	63,000	60,000	25,000	20,000	211,000
		연구활동비		34,004	52,506	55,506	15,227	20,227	177,469
		연구수당		8,784	13,176	13,176	4,167	4,167	43,470
		소 계		85,788	128,682	128,682	44,394	44,394	431,939
	위탁연구개발비								-
	간접비			21,652	32,478	32,478	10,826	10,826	108,261
	합 계			166,000	249,000	249,000	83,000	83,000	830,000

1-3 과제	인건비	책임연구원 (미지급)	6,000	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
		책임연구원급							
		연구보조 (박사과정)	2,500	24,000	36,000	36,000	10,500	12,000	118,500
		연구보조 (석사과정)	1,800	34,560	51,840	51,840	19,440	17,280	174,960
		소 계		58,560	87,840	87,840	29,940	29,280	293,460
	직접비	연구장비 재료비		39,994	59,982	66,982	22,150	20,994	210,102
		연구활동비		38,749	58,132	51,132	16,462	18,377	182,852
		연구수당		8,784	13,176	13,176	4,491	4,392	44,019
		소 계		87,527	131,290	131,290	43,103	43,763	436,973
	위탁연구개발비								-
	간접비			21,913	32,870	32,870	10,957	10,957	109,567
	합 계			168,000	252,000	252,000	84,000	84,000	840,000
1-4 과제	인건비	책임연구원 (미지급)	6,000	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
		책임연구원급							
		연구보조 (박사과정)	2,500	6,000	12,000	12,000	9,000	6,000	45,000
		연구보조 (석사과정)	1,800	22,680	30,240	25,920	8,640	8,640	96,120
		소 계		28,680	42,240	37,920	17,640	14,640	141,120
	직접비	연구장비 재료비		19,547	29,664	44,164	13,500	5,500	112,375
		연구활동비		17,036	26,108	16,576	997	12,447	73,164
		연구수당		4,302	6,336	5,688	2,646	2,196	21,168
		소 계		40,885	62,108	66,428	17,143	20,143	206,707
	위탁연구개발비								-
	간접비			10,435	15,652	15,652	5,217	5,217	52,173
	합 계			80,000	120,000	120,000	40,000	40,000	400,000

1-5과제	인건비	책임연구원 (미지급)	6,000	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
		책임연구원급							
		연구보조 (박사과정)	2,500	15,000	22,500	22,500	9,000	10,500	79,500
		연구보조 (석사과정)	1,800	34,560	51,840	51,840	17,280	17,280	172,800
		소 계		49,560	74,340	74,340	26,280	27,780	252,300
	직접비	연구장비 재료비		41,750	57,750	45,000	20,000	19,000	183,500
		연구활동비		26,473	44,585	57,335	12,387	11,662	152,442
		연구수당		7,434	11,151	11,151	3,942	4,167	37,845
		소 계		75,657	113,486	113,486	36,329	34,829	373,787
	위탁연구개발비								-
	간접비			18,783	28,174	28,174	9,391	9,391	93,913
	합 계			144,000	216,000	216,000	72,000	72,000	720,000
1-6과제	인건비	책임연구원 (미지급)	6,000	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
		책임연구원급							
		연구보조 (박사과정)	2,500	6,000	12,000	12,000	9,000	4,500	43,500
		연구보조 (석사과정)	1,800	25,920	34,560	34,560	9,720	8,640	113,400
		소 계		31,920	46,560	46,560	18,720	13,140	156,900
	직접비	연구장비 재료비		24,875	27,250	33,500	12,250	11,500	109,375
		연구활동비		16,678	36,597	30,347	5,352	12,519	101,493
		연구수당		4,788	6,984	6,984	2,808	1,971	23,535
		소 계		46,341	70,831	70,831	20,410	25,990	234,403
	위탁연구개발비								-
	간접비			11,739	17,609	17,609	5,870	5,870	58,697
	합 계			90,000	135,000	135,000	45,000	45,000	450,000

나. 2세부 소요예산

(단위:천원)

구분	예산항목	세부항목	예 산 항 목(단위:천원)						
			단가(천원)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	소계
2세부 과제	인건비	책임연구원 (미지급)	6,000	86,400	86,400	86,400	86,400	86,400	432,000
		책임연구원급							
		연구보조 (박사과정)	2,500	130,500	153,000	159,000	150,000	34,500	627,000
		연구보조 (석사과정)	1,800	285,120	372,816	371,736	354,456	73,440	1,457,568
		소 계		415,620	525,816	530,736	504,456	107,940	2,084,568
	직접비	연구장비 재료비		280,050	371,800	366,400	316,500	70,050	1,404,800
		연구활동비		268,074	306,122	305,864	385,986	62,341	1,328,385
		연구수당		62,343	78,872	79,610	75,668	16,191	312,685
		소 계		610,467	756,794	751,874	778,154	148,582	3,045,870
	위탁연구개발비								-
	간접비			153,913	192,390	192,390	192,390	38,478	769,562
	합 계			1,179,999	1,475,000	1,475,000	1,475,000	295,000	5,900,000

2-1 과제	인건비	책임연구원 (미지급)	6,000	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
		책임연구원급							
		연구보조 (박사과정)	2,500	21,000	18,000	22,500	22,500	6,000	90,000
		연구보조 (석사과정)	1,800	34,560	51,840	48,600	48,600	8,640	192,240
		소 계		55,560	69,840	71,100	71,100	14,640	282,240
	직접비	연구장비 재료비		35,000	47,000	53,000	26,000	6,750	167,750
		연구활동비		41,976	48,771	41,322	68,322	11,631	212,022
		연구수당		8,334	10,476	10,665	10,665	2,196	42,336
		소 계		85,310	106,247	104,987	104,987	20,577	422,108
	위탁연구개발비								-
	간접비			21,130	26,413	26,413	26,413	5,283	105,652
	합 계			162,000	202,500	202,500	202,500	40,500	810,000
2-2 과제	인건비	책임연구원 (미지급)	6,000	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
		책임연구원급							
		연구보조 (박사과정)	2,500	18,000	27,000	27,000	27,000	4,500	103,500
		연구보조 (석사과정)	1,800	43,200	51,840	51,840	51,840	12,960	211,680
		소 계		61,200	78,840	78,840	78,840	17,460	315,180
	직접비	연구장비 재료비		42,500	60,000	49,500	44,500	14,500	211,000
		연구활동비		34,946	34,117	44,617	49,617	2,378	165,675
		연구수당		9,180	11,826	11,826	11,826	2,619	47,277
		소 계		86,626	105,943	105,943	105,943	19,497	423,952
	위탁연구개발비								-
	간접비			22,174	27,717	27,717	27,717	5,543	110,868
	합 계			170,000	212,500	212,500	212,500	42,500	850,000

2-3 과제	인건비	책임연구원 (미지급)	6,000	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
		책임연구원급							
		연구보조 (박사과정)	2,500	15,000	22,500	22,500	22,500	4,500	87,000
		연구보조 (석사과정)	1,800	51,840	60,480	60,480	60,480	8,640	241,920
		소 계		66,840	82,980	82,980	82,980	13,140	328,920
	직접비	연구장비 재료비		47,000	60,500	58,000	48,500	14,500	228,500
		연구활동비		39,612	48,421	50,921	60,421	11,259	210,634
		연구수당		10,026	12,447	12,447	12,447	1,971	49,338
		소 계		96,638	121,368	121,368	121,368	27,730	488,472
	위탁연구개발비								-
	간접비			24,522	30,652	30,652	30,652	6,130	122,609
	합 계			188,000	235,000	235,000	235,000	47,000	940,000
2-4 과제	인건비	책임연구원 (미지급)	6,000	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
		책임연구원급							
		연구보조 (박사과정)	2,500	22,500	24,000	24,000	24,000	6,000	100,500
		연구보조 (석사과정)	1,800	51,840	69,120	69,120	69,120	15,120	274,320
		소 계		74,340	93,120	93,120	93,120	21,120	374,820
	직접비	연구장비 재료비		51,000	64,000	61,250	63,000	13,000	252,250
		연구활동비		49,596	61,521	64,271	62,521	9,234	247,143
		연구수당		11,151	13,968	13,968	13,968	3,168	56,223
		소 계		111,747	139,489	139,489	139,489	25,402	555,616
	위탁연구개발비								-
	간접비			27,913	34,891	34,891	34,891	6,978	139,564
	합 계			214,000	267,500	267,500	267,500	53,500	1,070,000

2-5 과제	인건비	책임연구원 (미지급)	6,000	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
		책임연구원급							
		연구보조 (박사과정)	2,500	27,000	30,000	30,000	30,000	4,500	121,500
		연구보조 (석사과정)	1,800	51,840	72,576	72,576	72,576	15,120	284,688
		소 계		78,840	102,576	102,576	102,576	19,620	406,188
	직접비	연구장비 재료비		51,550	71,550	71,550	71,000	11,050	276,700
		연구활동비		59,523	62,662	62,662	63,212	16,822	264,879
		연구수당		11,826	15,386	15,386	15,386	2,943	60,928
		소 계		122,899	149,598	149,598	149,598	30,815	602,508
	위탁연구개발비								-
	간접비			30,261	37,826	37,826	37,826	7,565	151,304
	합 계			232,000	290,000	290,000	290,000	58,000	1,160,000
2-6 과제	인건비	책임연구원 (미지급)	6,000	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
		책임연구원급							
		연구보조 (박사과정)	2,500	27,000	31,500	33,000	24,000	9,000	124,500
		연구보조 (석사과정)	1,800	51,840	66,960	69,120	51,840	12,960	252,720
		소 계		78,840	98,460	102,120	75,840	21,960	377,220
	직접비	연구장비 재료비		53,000	68,750	73,100	63,500	10,250	268,600
		연구활동비		42,421	50,630	42,071	81,893	11,018	228,033
		연구수당		11,826	14,769	15,318	11,376	3,294	56,583
		소 계		107,247	134,149	130,489	156,769	24,562	553,216
	위탁연구개발비								-
	간접비			27,913	34,891	34,891	34,891	6,978	139,564
	합 계			214,000	267,500	267,500	267,500	53,500	1,070,000

다. 3세부 소요예산

구분	예산항목	세부항목	예 산 항 목(단위:천원)						
			단가(천원)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	소계
3세부 과제	인건비	책임연구원 (미지급)	6,000	28,800	43,200	57,600	57,600	57,600	244,800
		책임연구원급	6,000	72,432	181,080	538,170	499,781	502,678	1,794,141
		연구보조 (박사과정)	2,500						
		연구보조 (석사과정)	1,800						
		소 계		72,432	181,080	538,170	499,781	502,678	1,794,141
	직접비	연구장비 재료비		16,800	54,100	245,700	214,100	218,800	749,500
		연구활동비		78,165	180,701	448,884	439,413	431,381	1,578,543
		연구수당		10,865	27,162	80,725	74,967	75,402	269,121
		소 계		105,829	261,963	775,309	728,480	725,583	2,597,164
	위탁연구개발비								-
	간접비			26,739	66,456	197,022	184,239	184,239	658,696
	합 계			205,000	509,499	1,510,501	1,412,500	1,412,500	5,050,000

3-1 과제	인건비	책임연구원 (미지급)	6,000	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
		책임연구원급							
		연구보조 (박사과정)	2,500	21,000	18,000	22,500	22,500	6,000	90,000
		연구보조 (석사과정)	1,800	34,560	51,840	48,600	48,600	8,640	192,240
		소 계		55,560	69,840	71,100	71,100	14,640	282,240
	직접비	연구장비 재료비		35,000	47,000	53,000	26,000	6,750	167,750
		연구활동비		41,976	48,771	41,322	68,322	11,631	212,022
		연구수당		8,334	10,476	10,665	10,665	2,196	42,336
		소 계		85,310	106,247	104,987	104,987	20,577	422,108
	위탁연구개발비								-
	간접비			21,130	26,413	26,413	26,413	5,283	105,652
	합 계			162,000	202,500	202,500	202,500	40,500	810,000
3-2 과제	인건비	책임연구원 (미지급)	6,000	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
		책임연구원급							
		연구보조 (박사과정)	2,500	15,000	22,500	22,500	22,500	4,500	87,000
		연구보조 (석사과정)	1,800	51,840	60,480	60,480	60,480	8,640	241,920
		소 계		66,840	82,980	82,980	82,980	13,140	328,920
	직접비	연구장비 재료비		47,000	60,500	58,000	48,500	14,500	228,500
		연구활동비		39,612	48,421	50,921	60,421	11,259	210,634
		연구수당		10,026	12,447	12,447	12,447	1,971	49,338
		소 계		96,638	121,368	121,368	121,368	27,730	488,472
	위탁연구개발비								-
	간접비			24,522	30,652	30,652	30,652	6,130	122,609
	합 계			188,000	235,000	235,000	235,000	47,000	940,000

3-3 과제	인건비	책임연구원 (미지급)	6,000	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
		책임연구원급							
		연구보조 (박사과정)	2,500	22,500	24,000	24,000	24,000	6,000	100,500
		연구보조 (석사과정)	1,800	51,840	69,120	69,120	69,120	15,120	274,320
		소 계		74,340	93,120	93,120	93,120	21,120	374,820
	직접비	연구장비 재료비		51,000	64,000	61,250	63,000	13,000	252,250
		연구활동비		49,596	61,521	64,271	62,521	9,234	247,143
		연구수당		11,151	13,968	13,968	13,968	3,168	56,223
		소 계		111,747	139,489	139,489	139,489	25,402	555,616
	위탁연구개발비								-
	간접비			27,913	34,891	34,891	34,891	6,978	139,564
	합 계			214,000	267,500	267,500	267,500	53,500	1,070,000
3-4 과제	인건비	책임연구원 (미지급)	6,000	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
		책임연구원급							
		연구보조 (박사과정)	2,500	27,000	30,000	30,000	30,000	4,500	121,500
		연구보조 (석사과정)	1,800	51,840	72,576	72,576	72,576	15,120	284,688
		소 계		78,840	102,576	102,576	102,576	19,620	406,188
	직접비	연구장비 재료비		51,550	71,550	71,550	71,000	11,050	276,700
		연구활동비		59,523	62,662	62,662	63,212	16,822	264,879
		연구수당		11,826	15,386	15,386	15,386	2,943	60,928
		소 계		122,899	149,598	149,598	149,598	30,815	602,508
	위탁연구개발비								-
	간접비			30,261	37,826	37,826	37,826	7,565	151,304
	합 계			232,000	290,000	290,000	290,000	58,000	1,160,000

제6장 과제 제안요구서

제 1절 과제 제안요구서(RFP)

1. 연구단 RFP

연구개발과제명	첨단 ICT 기반 건축물 실시간 안전확보를 위한 안전진단 및 유지관리 핵심기술개발
1. 연구개발 목표	
	○ 첨단 ICT 기반 건축물 실시간 안전확보를 위한 안전진단 및 유지관리 핵심기술개발 - ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 핵심요소기술 개발 - ICT 기반 건축물 실시간 유지관리 핵심요소기술 개발 - ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리를 위한 플랫폼 구축 및 실용화
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	[연구개발 배경] ○ **건축물 안전사고가 빈번하게 발생하고 있으나 사전예방을 위한 대책이 미흡함** -『시설물의 안전관리에 관한 특별법』제정 이후 제 **1,2종에 대한 안전관리 상태는 양호한 수준**이나 **종외의 시설물의 붕괴사고 등 안전사고는 지속적으로 증가**하고 있음 - 안전사고를 사전에 예방하기 위해서는 설계, 시공, 안전진단 및 유지관리 등 다양한 분야에서 **전문가의 참여를 확대**하고 실시간 **모니터링을 접목한 유지관리체계를 개발하여 적용**하는 것이 관건임 ○ **기존 건축물 안전진단 체계는 업무과정의 비효율성, 전문 기술자의 기술력 저하 등 인력기반의 한계에 봉착하였음** - 시설물 점검 및 진단 업무는 현장조사, 조사내용을 사무실에서 PC입력, 자료 정리 및 보고서 작성 등 **업무과정에서 많은 시간과 노력이 소모**되고 있음 - 기술자들의 업무지원을 위한 진단장비가 다수 개발되고 적용되고 있으나, 이를 활용할 수 있는 **전문가가 부족**하고, **효율적으로 활용되지 못하고 있음** - 실시간 데이터 기반 건축물 안전진단 및 평가와 연구개발과 전문가의 역량강화를 위한 건축물 ICT기반 핵심기술개발 필요 ○ **건축물에 대한 국민들의 안전의식을 개선하기 위한 정부의 선도적 역할이 필요함**

- 건축물 안전강화 TF위원회에서 지난 10년간 37차례 건축물 안전강화 대책발표에도 불구하고 **안전사고가 지속적으로 증가**함
- 건축물 안전에 대한 국민들의 수요증가와 건축제도간의 미스매칭을 해소하기 위해서는 **국민이 체감할 수 있는 실용적 연구개발과 이를 뒷받침하는 제도적 기반구축이 정부차원에서 추진되어야 함**

○ **ICT 기반의 건축물 안전 및 유지관리 시장의 급격한 성장이 전망됨**
- 사물인터넷기술의 발달에 따라 2020년까지 모든 사물이 인터넷에 연결될 것으로 예측
- 최근 IoT 기술 발달로 인한 센싱기술은 반도체 기술과 결합되어 **소형화, 지능화, 고성능화, 대량 생산화** 되고 있으며 **네트워크 연결이 보편화**되어 접근성이 뛰어나 모니터링 **서비스 제공을 위한 모바일 및 웨어러블 컴퓨팅 분야로 확장적용이 가능**함
- **건축물은 최대규모의 사물인터넷 대상**으로 향후 **실계측기반 안전진단/유지관리 산업은 세계 건설/운영시장의 선도자로 성장할 것으로 전망**됨

○ **해외 선진국은 건설분야와 ICT를 융합하는 연구를 국가주도로 집중 육성하고 있음**
- **시장의 급격한 변화와 건축물 관리의 패러다임 변화에 대응**하기 위해서 **해외 각국에서는 ICT기반 건축물 안전진단/유지관리 분야의 연구를 집중 육성**하고 있음
- 해외 선진국에서는 ICT기반 연구를 집중 육성하고 있으며, **제도구축과 보편화 단계에 진입**하였음

[연구개발 필요성]

○ **건축물 노후화로 유지관리 경제적 부담이 가중되므로 과중되므로 과학적 유지관리기법 개발이 필요**
- 국내 건축물은 유지관리가 체계적으로 이루어지지 않아 **노후화가 심각하게 진행된 건축물이 많음**

※ 준공 후 30년 이상 건축물 비율('14년 기준): 전국 동수 기준 35.8%, 수도권 24.5%, 지방 40.2%

- 노후화 건축물의 건축생애주기비용이 증가하고 있어 **ICT기반 핵심기술 개발을 통하여 건축생애주기비용을 최적화**할 수 있는 건축물 안전진단 기술 필요

○ **건축물 안전진단/유지관리 시장은 실시간 계측기반으로 확대 전망되나, 국내업체 기술력은 영세한 수준으로 기술의 첨단화가 필요**
- 국내에서는 건축물 안전점검 및 유지관리에 **ICT 기술을 접목하는 기술개발이 시도되고 있으나 성과는 미흡한 수준**이며, **BIM 활용 유지관**

	리 기술도 적극적으로 활용되지 못하고 있는 실정 ※ 한국형 지능형 시설물 안전 및 유지관리 기술수준('10년 기준): 최고 기술 보유국(미국 71.1%) 대비 4.3년의 기술격차(한국 54.2%) - 급속하게 변화하는 건축물 안전진단/유지관리 시장의 요구에 즉각적으로 대응하기 위하여, **건축물의 품질이나 상태변화 정도를 빠르고 정확하게 평가**하기 위한 **ICT기반 안전진단/유지관리 기술개발과 첨단화**가 필요함 ○ **첨단 ICT 융합 건축물 안전/유지관리 기술의 세계 최고 수준 실현을 통한 국제시장 선점 필요** - 건축물의 대형화·고층화·복잡화·첨단화됨에 따라 건축분야에서 향후 하드웨어 기술뿐만 아니라 소프트웨어 기술 및 핵심장비 개발기술을 해외선진국의 기술력에 의존할 수 밖에 없음 - 미래전망 및 선진국의 연구동향을 고려할 때, ICT와 건축물 안전/유지관리 기술을 융합하는 연구는 반드시 필요하며 **안전산업의 해외시장 진출을 위한 기술 경쟁력을 확보하기 위해서는 세계적 수준의 기술력을 지향**해야 함 ○ **건축물 안전 및 유지관리를 위한 정부의 정책·제도 수립에 직접 기여하는 선제 대응형 기술개발의 추진이 필요** - 기존 안전법/제도에도 불구하고 건축물 설계나 시공상 오류를 전문가가 감리하는 체계가 미진하고 **인력기반의 전통적 유지관리의 한계로 인해 즉시대응이 불가능**한 실정 - **건축물 안전사고의 선제 대응형 방안으로 ICT융합을 통한 사전 예방적 안전진단 및 유지관리 체제로 전환이 필수적**임 ○ **재난관리 특별법 수립으로 안전진단 기술력 뒷받침 필요** - 2013년 초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법 수립으로 건축물에 계측설비가 설치되어 계측자료가 관리되고 있으나 초기단계 - **특별법의 실효성을 위해 계측시스템의 최적화, 빅데이터 관리기술 등 융합적 ICT에 의한 실시간 안전진단이 가능하도록 기술혁신 및 실용화가 필요**
□ 기술동향	[안전진단분야] ○ **건축 구조물을 대상으로 하는 광섬유센서 계측시스템 구축사례와 관련 연구가 해외 선진국을 중심으로 증가**하고 있으나, **국내 기술수준은 실용화 단계까지 미치지 못하고 있음** - **광섬유 센서**는 내구성, 전자기적 중성(Electro magnetic neutrality), 그리고 측정정보의 전달능력이 기존 전기센서에 비하여 우수하고 작은 크기로 배열형/분포형 센서 어레이(Sensor array)가 가능하다는 특징으

로 **다양한 산업 분야로 응용이 진행 중**이며, **건축 구조물 분야 적용을 위한 맞춤형 연구 경쟁이 세계적으로 심화**되는 실정

- **광섬유 센서를 이용한 건축물의 구조건전도 모니터링 기술은 미국, 중국 등에서 실구조물에 적용 및 검증**되고 있음

※ 광저우 TV 타워, Shanghai Tower 등과 같은 초고층 건물에 무선 자동계측 및 관리시스템에 적용되어 부제 및 시스템 레벨의 구조 반응을 실시간으로 모니터링 하고 있음

- **광섬유센서 계측 시스템**의 경우, 국내에서는 철도시설물을 포함한 토목 분야 대비 **건축분야에서 연구가 미흡**함. 특히 구조물의 손상탐지를 위하여 **전기저항식 센서 기반의 시스템 또는 FBG센서 기반의 시스템 각각에 대한 개별 연구가 주를 이루나 두 개의 시스템이 혼합된 연구는 이루어지지 않고 있음**

○ 미시건대학교는 자체적으로 Narada 무선센서를 개발, 구조물의 응답측정 및 제어, 안정성 평가에 활용하고 있고, 일리노이대학교에서는 상용 센서인 Imote2 플랫폼을 활용하여 구조물 모니터링 및 손상 탐지에 관한 연구를 수행함. 한편 National Instruments, Micro Strain과 같은 해외 주요 **센서장비업체는 구조물 모니터링을 위한 상용 무선로거를 판매**하고 있으나 **실제 구조물 적용에는 실적이 미미**함

○ **국내 사물인터넷기술 보급은 대부분 이동통신사에서 수행**하고 있으며, 국내 이동통신 3사는 사물인터넷기술을 적용한 서비스를 출시한 상태이나 **건축물 모니터링 및 안전진단에 대한 서비스는 전무**한 실정임

※ SK 텔레콤: 스마트 팜 서비스, KT: Smart Home 서비스, LG U+: 지능형 차량 관제 서비스

○ **구조물 진단에 비파괴검사법을 적용하는 연구는 국내·외적으로 다수 진행**되었으나, 대부분 구조부재가 아닌 **재료기반의 연구에 국한**되었음. 또한 비파괴 검사법의 **진단 정밀도를 개선하기 위해 기존 초음파속도법에 충격반향기법, 표면파기법 등을 접목하는 멀티 비파괴 검사법의 개발이 요구**됨

○ **기술자들의 업무지원을 위한 진단장비가 적용**되고 있으나, 이를 활용할 수 있는 **전문가가 부족**하고, **효율적으로 활용되지 못하고** 있음. 건축물 안전진단체계의 인력기반의 한계를 극복하기 위해서는 **전문가의 역량강화와 실시간 데이터 기반 건축물 안전진단 및 평가를 위한 핵심기술개발이 필요함.** 또한, **데이터취득 자동화 및 기계화를 이용한 실시간 건축물 상태를 평가하는 기술 개발이 절실히 요구**됨

[유지관리 및 성능개선 분야]

○ **미국 및 유럽국가에서는 이미 장기적인 관점에서 BIM기반 유지관리를**

중요 과제로 인식하고, 요소기술 및 핵심기술 확보를 위해 **국가적 측면에서 지원을 확대**하고 있음. **국내에서는 아직 구체적인 BIM기반 유지관리 연구가 진행된 바가 없어서 기술적 후발 주자**에 속함

○ **국내 비정형 건축물과 고층건물을 중심으로 실시간 계측 시스템 적용 사례가 점점 증가**하고 있음. 그러나 **단일 센서의 계측값을 바탕으로 구조물의 안전성을 평가하는 단계**에 머무르고 있어, 센서의 장기간 데이터의 이력정보나 센서들간의 상호 연관관계를 활용한 데이터 분석 및 평가 등은 이루어지지 않고 있음

○ **건축물의 구조안전성을 확보하기 위해 계측 관리 엔지니어링 업무 및 용역이 증가**하고 있지만, 실무 엔지니어가 다수의 센서로부터 **계측된 장기 이력데이터를 분석할 수 있는 관련 기술이 미흡**하고, 이를 **자체적으로 해결하기에는 현실적으로 어려움**. 이에 따라 정부지원을 통한 기술개발 및 기술이전 등이 이루어질 필요가 있음

○ 최근 산업현장, 연구소, 의료기관, 군사 및 우주탐사에 이르기까지 사회전반에 걸쳐 첨단 센서 기술이 급속하게 발전하고 있음. **건축물 유지관리분야에서 첨단 센서 기술은 인간의 감각기관과 유사한 스마트 건축물 신경네트워크 역할**로 **부재 및 마감재에 적용이 가능**함

○ **탄소나노튜브 및 그래핀은 현재까지 나노 물질 중에서 전기적 특성이 가장 우수하므로 최고의 센서물질**이 될 것이며, 탄소나노튜브센서의 대량 합성 및 제조공정에 문제가 있어 **현재 전면적 적용에 어려움은 있으나 향후 최근 다양한 생산 기술의 혁신으로 이러한 단점이 점차 해소될 전망**임

○ 건축물의 보다 높은 수준의 안전성 확보를 위하여 **센서 융합 보강재 및 안전모니터링 역할을 동시에 추구하는 하이브리드 기술개발을 통한 통합 및 생애주기 최적화 기술이 향후 세계적으로 주목을 받을 것으로 전망** 됨

○ 최근 급격히 증가하고 있는 리모델링 시장에서, **모듈화한 제품을 사용하여 구조성능 개선과 함께 유지관리의 첨단화의 필요함. 향후 대량 생산 및 저가격화를 위한 독창적인 상용화 기술의 신규 개발을 통한** 고가의 장벽을 혁신적으로 낮추게 되어 **건축물 분야의 ICT 대중화 유도**

○ 건축물 성능개선을 위한 **다양한 보수·보강 요소기술들이 국내 연구개발을 통해 개발**되었으나, 미국이나 일본 등 선진국 대비 **건축물 상태와 잔존수명을 고려한 적절한 성능개선 방안을 결정하는 시스템 구축은 매우 미흡**하고 그에 관련된 연구 역시 미진한 편임

[플랫폼 구축 및 실용화 분야]

○ **국가 R&D 성과물의 실용화**는 신규산업, 시장 그리고 일자리가 창출된다는 측면에서 정부에서 주도하는 **'창조경제' 구현의 필수적인 요건**임. 그러나 **건설분야 R&D 성과물의 경우 건축물 또는 사회기반시설에 활용**되기 때문에 일반제조업에 비해 활용이 어렵다는 특성을 가지고 있어, **성과물을 활용하기 위해서는 연구개발의 특성에 기반한 구체적인 프로세스 수립**이 필요함

○ 건설 및 공공인프라 사업의 수요자인 정부, 지자체, 기업 등은 **새로운 기술 적용에 따른 원가상승 부담** 및 **국민이 고객인 시설물에 대한 안전성 확보 등을 이유로 안전하고 검증된 기술을 선호**하여, **R&D 성과물에 대한 자발적 적용에는 매우 소극적**임

○ ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술이 조속히 시장에 수용되어 경제적 성과를 창출하기 위해서는 **산·관·학·연 네트워크에 기반한 연구개발 결과에 대한 신뢰성과 우수성의 입증이 선결되어야 하며**, 이는 단기간에 확보할 수 없으므로 **정부 차원의 지원을 통한 테스트 베드 구축이 필요**함

○ 최근 건설산업은 **기업간 경쟁의 심화와 수요의 분화로 인해 기술 공급자 중심에서 기술 수요자 중심으로 그 산업의 구조가 변모**하고 있음. 특히, **IoT 기술, 모바일 기기 등 IT를 접목한 첨단기술의 보급으로 인해 다양한 서비스를 언제 어디서나 이용하고 하는 수요자의 요구가 지속적으로 증가할 것으로 예상**됨

○ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리기술의 체계적인 관리와 적용확산을 위해서는 **공급자와 기술수요자, 실무자의 상호적인 정보교류 및 실시간 대응이 가능**하고 **접근성이 용이**하며, **공통적인 실행환경을 제공**할 수 있는 **플랫폼 구축이 필요**함

○ **미국에서는 건축물의 종합적인 평가항목 및 평가기준을 개발**하여 건축물의 구조적 안정성, 설비노후도, 거주환경성능, 유지관리 적정성 등의 건축물의 종합적인 유지관리 성능을 평가하고자 하는 규정들이 만들어지고 있으며, 이러한 **미국의 건축물 유지관리 관련 규정 검토는 사용자와 전문가들의 협력체계에 초점**을 맞추고 있음

○ 사용자의 신뢰성을 확보하여 국가적 측면에서 객관적인 표준 기준을 정립하고 이를 이용하여 ICT를 기반으로 한 건축물의 안전 및 유지관리 기술을 대상으로 **객관적인 신뢰성을 확보하기 위하여 성능, 안전, 품질 등에 대한 인증을 부여하는 제도가 필요함**

3. 연구개발내용	
□ 세부과제별 연구내용	[1세부과제] ICT기반 건축물 실시간 안전진단 핵심요소기술 개발 ○ (1-1) 저가형 고감도 공진반사 FBG형 광섬유센서 및 kHz급 능동모드

진단 네트워크 시스템 개발

- 기존 FBG 센서 대비 저가형 고감도 위한 공진반사 FBG형 광섬유 센서의 비교 분석 및 분광기 신규 구조 설계, RF 광신호 능동모드 구조 멀티 디텍션 방식을 위한 파장 및 시간 다중화 광신호 처리 기술 연구
- 광섬유 네트워크 내 멀티채널 감지부 간의 신호 획득 최적화 구조 구현 광센서의 건축물 적용 필드테스트용 프로토타입 시제품 개발
- 유무선 융합 광네트워크의 실용화 검토를 위한 테스트 베드 적용

○ (1-2) 광섬유 센서 기반 건축물 실시간 구조모니터링 및 리스크평가

- 기존 광섬유 기반 변형률계, 가속도계를 활용한 광센서 기반 계측기법 개발 및 실험적 검증
- 모니터링 대상 건물의 특성을 고려한 계측시스템 구축
- 푸쉬오버해석에 의한 건축물 리스크 평가 기술 개발

○ (1-3) 이종센서 호환형 건축물 하이브리드 계측 시스템 개발

- 기존 전기저항식 센서 및 광섬유센서 활용이 가능한 이기종 제어/계측 모듈을 지원하는 하이브리드 컨트롤러 개발
- 고정밀 전기저항식 센서 계측 모듈 개발
- 고정밀 광섬유센서 계측 모듈 개발
- 건축물 모니터링 활용 기술 개발

○ (1-4) 사물인터넷 기반 건축물 안전진단용 보급형 유/무선 계측 및 통합 모니터링 솔루션 개발

- 건축물 계측에 적합한 유/무선 통신기술 연구 및 개발
- 건축물 모니터링을 위한 상용 MEMS센서 계측 시스템 개발
- 사물인터넷 기반 국가재난안전통신망 연동기술 개발

○ (1-5) 응력파 멀티비파괴검사법을 이용한 부재기반의 건축물 진단기술

- 기존 멀티 충격반향기법을 이용한 개선된 건축물 진단기법 개발
- 기존 멀티 표면파기법 및 초음파속도법을 이용한 개선된 건축물 진단기법 개발
- 응력파기반 멀티비파괴검사법을 이용하여 취득한 데이터통합 모니터링 시스템 개발
- 건축물 안전진단을 위한 응력파기반 멀티비파괴검사법 적용 지침 개발

○ (1-6) 실시간 데이터취득의 안전성 확보를 위한 반자동화 현장측정시험시스템 구축 기술

- 건축물에 기존 복합진단기법 및 측정장비를 적용한 실시간 데이터 취득 반자동화 시스템 개발
- 반자동화 현장측정시험장비를 통하여 취득한 데이터통합 모니터링 시스템 개발
- 반자동화 현장측정시험장비 실용화를 위한 테스트베드 적용
- 건축물 안전진단을 위한 반자동화 현장측정시험시스템 적용 지침 개발

[2세부과제]ICT 기반 건축물 실시간 유지관리 핵심요소기술 개발

○ **(2-1) 실증 건축물 유지관리를 위한 BIM-COBie 연동 모듈 및 BIM 역설계기술 개발**
- 유지관리 속성 정보의 BIM-Cobie 연동 알고리즘 개발 및 시범운영 프로토타입
- 드론, 레이저스캐너 등 스마트 측정 장비를 활용한 BIM 역설계 기법 연구 및 시뮬레이션
- 유지관리를 위한 BIM 역설계 기술 개발 및 검증

○ **(2-2) 계측데이터의 이력 및 상관관계 분석을 통한 시공중 안전 및 후 구조안전성 관리기술**
- 기존 유/무선 계측장비를 활용한 시공 중 구조거동 특성분석 및 구조안전 평가기법 개발
- 기존 계측장비를 활용한 시공 후 구조거동 특성분석 및 구조안전 평가기법 개발
- 테스트 베드 적용을 통한 기술 검증 및 개선

○ **(2-3) 나노급 첨단기초소재 기반 웨어러블 센싱용 도포식 복합재료를 활용한 건축마감재 개발**
- 테스트 베드 적용을 통한 기술 검증 및 개선
- 웨어러블 센싱 기술의 건축물 적용성 및 건축물 내외장 재료 특성 분석
- 나노센서 소재의 요소기술 특성 분석
- 웨어러블 센싱용 복합소재 최적 배합비 도출 및 평가

○ **(2-4) ICT 기반 센서 융합 보강재를 활용한 건축물 구조성능 개선 통합 솔루션 개발**
- 기존 첨단센서와 보강재를 융합한 신소재 개발
- 첨단 ICT 기반 센서융합 신소재를 활용한 구조물 보강성능 평가 및 적용성 검토

- 웹기반 보강구조물 안전모니터링 시스템 구축
- 앱기반 건축물 성능개선 및 안전모니터링 시스템 구축

○ (2-5) 모듈화된 센서 내장형 패널을 활용한 수직부재 구조성능 개선기술
- 기존 스마트 센서를 활용하여 첨단 ICT기능이 내장된 패널형 수직부재 보강장치 개발
- 개발된 패널형 수직부재 보강 시스템의 알고리즘 구축 및 성능평가
- 설계법 구축 및 개발장치를 이용한 구조거동 예측모델의 최적화 및 실용화

○ (2-6) 빅데이터 딥러닝 기반 건축물 성능개선 평가기술 진화모델 개발 및 실증
- 기존 성능개선 공법 실험데이터의 핵심정보 디지털화 프로세스 개발
- 건축물 잔존 사용기간에 대한 AI 기반 성능개선 최적화 기술 개발
- 건축물 성능개선 최적화 기술의 실험검증
- 장기계측 데이터 활용 빅데이터 자동업데이트 기술과 딥러닝 기반 성능개선 평가기술 진화모델 개발
- 실무적용을 위한 전산 프로세스 제시

[3세부과제]ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리를 위한 플랫폼 구축 및 실용화

○ (3-1) ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 기획 및 실증
- ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 현장적용을 위한 협업체계 구성
- ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 기획
- ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 실증 및 개선
- ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 적용을 위한 매뉴얼 개발

○ (3-2) ICT 기반 안전진단 및 유지관리 핵심기술 활용 플랫폼 구축
- 플랫폼 구죽을 위한 ICT 기반 건축물 평가등급에 따른 안전진단 및 유지관리 통합 솔루션 개발
- 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 핵심기술 적용을 위한 사용자 기반 오픈소스 플랫폼 구축

- ICT 기반 안전진단 및 유지관리 통합 플랫폼 테스트 베드 적용 및 기술정보 사업지원

○ **(3-3) ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 확산을 위한 제도 및 관련법 개선방안**

- ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 확산을 위한 관련 제도 개선
- ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 관련 전문인력양성 방안 마련
- 건축물 안전 및 유지관리 정책 제안

○ **(3-4) ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리의 정량적 성능평가 및 인증시스템 개발**

- ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 성능평가 개발
- ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 인증시스템 개발

4. 연구개발 추진방법

□ **추진전략**

○ **연구목표 달성을 위한 성과 관리방안의 수립**

- 세부과제별 연구목표를 달성하기 위해서는 **연차별 연구개발 진도에 대한 체계적 관리가 필요**함
- **연구목표달성을 위한 TF를 구성**하여 운영하고, 목표달성에 직접적으로 기여할 수 있는 연구성과를 창출할 수 있도록 **성과관리지침을 마련하여 세부과제별 연구성과에 대하여 지속적으로 관리**함

○ **연구성과의 활용방안 및 실용화 추진방안의 수립**

- **각 세부과제별로 연구기간 내 현장적용이 가능한 기술, 기술별 달성목표에 대한 검증방법, 내용 및 검증시기 등을 제시**
- 각 단위과제별 연구성과가 집약된 최종 성과물의 현장적용방안을 구체적으로 수립

○ **전문가 자문 및 자문 의견 반영**

- ICT 요소기술 전문가, SHM 기술 전문가, 신기술 컨설팅 전문기업 등 전문가를 초청하여 자문 및 자문 의견 반영함
- **국내외 전문가 초빙 세미나/자문회의 개최**
- **워크숍과 공청회를 통한 설명회 및 의견수렴**
- **연구기관 및 관련부처의 협의:** 구조물 보수보강 및 안전진단 국내외 전문기관(한국시설안전기술공단 및 안전진단 전문 업체) 활용(공동연구 또는 위탁연구 등)

	○ **유기적인 산학협력체계 구축** - ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리분야에 대한 **수요지향형 연구개발과 실용성 검증**을 위해서는 **관련 분야 산학주체간의 네트워크 구축**이 필수적임 - **연구개발에 참여하는 기업은 공동연구 또는 산학의 기술을 공유**하며, **실용화에 근접한 기술의 현장적용 또는 시제품 제작에 적극 협조**하여 개발기술의 실용성 개선과 기술파급에 참여함 - 본 연구성과물의 원할한 현장적용을 위하여 **계측기 개발 전문기업, 사물인터넷 표준기술을 활용하는 전문기업, 플랫폼 구축 전문업체 그리고 전문보수·보강업체** 등의 참여가 요구됨 ○ **기술이전 및 기술지도** - **연구개발의 성과물은** 참여기업 및 협력업체의 실용화 협조를 바탕으로 **실용성을 개선하고 완성**하여, **우선적으로 참여기업 또는 협력업체에 기술지도와 함께 기술이전을 진행**함 - **연구개발 성과물을 직접적으로 활용할 수 있는 기업을 대상으로 구체적인 기술지도 및 기술이전 계획을 수립함**
□ 추진체계	○ **본 공모는 연구단 컨소시엄 공모임** - **전체 연구단 사업을 총괄하는 조직을 구성하고 안전진단, 유지관리 및 성능개선, 플랫폼 구축 및 실용화로 구분되는 3개의 세부과제를 구성하여 연구를 추진**함 - 총괄하는 조직은 각 세부과제 중 1개 연구기관이 함께 수행할 수 있음 **※ 연구단급 발주 필요** · **분리발주시에는 각 세부과제에서 독립적인 연구결과를 수립하기 때문에 세부과제간에 유기적으로 연결된 연구결과 도출이 불가능**함 · 이에 따라 연구목적인 **실제 건물의 통합적 유지관리를 위한 기술개발의 어려움 발생**함 · **세부과제의 연계성 부족에 의해 실증기술의 적용시 현장적용의 어려움 발생할 것으로 예상**됨 · 특히 플랫폼구축, 제도 개선 등을 위한 문제점의 피드백 및 개선과 같은 일련의 연구절차가 적절하게 이루어지기 어려우며 **별도의 통합연구를 위한 추가연구의 필요성이 대두될 가능성 매우 높음** ○ **세부별 개발기술간의 연계** - **1,2 세부에서 개발된 센서, 첨단 비파괴 검사기술, BIM S/W는 본 연구의 핵심분야인 플랫폼 구축 및 실용화 분야에 핵심요소기술로 연계** - 검증결과는 다시 안전진단, 유지관리 및 성능개선 분야의 세세부 연구

기술개발에 피드백되어 기술개선에 직접 활용됨

- 1세부과제는 1-3차년도가 집중소요기간이나, 1-2차년도에 연구개발을 집중 수행하고 3차년도에 기술수요자, 실무자의 피드백을 받아 시장성 측면에서 연구내용을 개선함
- 2세부과제는 1-4차년도가 집중소요기간이나, 1-3차년도에 연구개발을 집중 수행하고 4차년도에 기술수요자, 실무자의 피드백을 받아 시장성 측면에서 연구내용을 개선함

○ **연구성과의 성공적인 실용화 전략 수립**

- 개발기술의 **현장적용을 통한 검증 강화 및 적용사례** 확보
- 실질직인 기술 실용화를 위하여 **실시기업 연계 및 실시기업의 기술개발참여도 확대전략 수립**(건축물의 안전진단을 위한 계측장비를 개발하기 위하여, **구조물 계측 관련 장비 개발 경험이 있는 전문기업 참여)**
- **상용화 및 실용화 TF 운영 (총 3건의 자체 보고서 작성** : 1차년도에는 안전진단 및 유지관리에 사용되는 기존 장비, 분석방법 등의 기술수준을 조사하여 '상용화 및 실용화 TF 보고서 - 기술조사'를 작성하고 개발기술의 평가방안 제시. 또한 3차년도와 5차년도에는 중간평가 및 최종평가를 실시하고 각각 '상용화 및 실용화 TF 보고서 - 중간평가', '상용화 및 실용화 TF 보고서 - 최종평가'를 작성함)

○ **정부(지자체) 및 관련 기업·공사 등 기술수요처와의 유기적 협조체제 구축**

- 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 **기술수요처를 중심으로 실무자의 의견을 적극 수렴**함
- **테스트베드 적용현장의 애로사항 및 의견을 조사**하여 이를 연구개발에 반영

○ 연구신청자는 **과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양**하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모

5. 최종성과물

□ **주요 최종성과물**

[1세부과제] ICT기반 건축물 실시간 안전진단 핵심요소기술 개발

○ 건축구조물의 변형측정용 저가형 고감도 공진반사형 광센서 및 진단 네트워크 시스템

○ 광센서기반 건축물 계측 및 리스크평가기술 지침서 및 광센서기반 건축물 실시간 구조모니터링 시스템

○ 전기저항식 센서와 광섬유 센서를 동시에 지원하고 유/무선 통신 데이터

전송 및 건축물 안전관리 모니터링이 가능한 이기종 제어/계측 하이브리드 컨트롤러

○ 건축물의 구조상태를 실시간으로 계측하고 국가재난안전통신망 또는 사물인터넷 망을 기반으로 계측 데이터를 전송할 수 있는 보급형 모니터링 시스템

○ 멀티비파괴검사법을 이용한 부재기반의 건축물 진단기술

○ 실시간 데이터취득의 안전성 확보를 위한 반자동화 현장측정시험 시스템 구축 기술

[2세부과제]ICT 기반 건축물 실시간 유지관리 핵심요소기술 개발

○ BIM-COBie연동 모듈 시스템 및 유지관리용 BIM 역설계 기술

○ 시공 중/후 건축물 안전성 평가 및 관리를 위한 계측데이터 분석 지침서 및 프로그램

○ 광전면 센싱이 가능한 고감도 센서재료를 활용한 도포형 마감재 코팅기술 및 시제품 개발

○ 센서 융합 보강재 활용 건축물 성능개선 통합 솔루션 개발

○ 모듈화된 센서 내장형 패널형을 활용한 구조부재 구조성능개선 기술 개발

○ 빅데이터 딥러닝 기반 건축물 성능개선 평가기술 진화모델 개발

[3세부과제] ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리를 위한 플랫폼 구축 및 실용화

○ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 실증 보고서

○ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술 적용을 위한 매뉴얼

○ 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 핵심기술 적용을 위한 오픈소스 기반 플랫폼

○ ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 통합 솔루션

○ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 시방, 기준 및 지침(안) 개발

○ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 확산을 위한 제도 마련과 (가칭)건축물 안전 및 유지관리 통합법 제정(안)

○ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 정량적 성능평가 및 인증시스템 개발

6. 활용방안 및 기대효과

□ 활용방안

○ 본 연구를 통하여 ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리의 핵심기술이 개발되며, **각 세세부 연구성과물은 다음과 같이 기술 수요처별로 활용**될 수 있음

	○ 기술 수요처별 활용방안 (1) 정부, 지자체 - **건축물 진단시스템 지침서 및 안전진단을 위한 매뉴얼 개발**에 활용하고 안전사고에 대비한 **범국가적 선재대응형시스템 구현** - 지진 및 자연재해에 대한 **국가 중요구조물의 상시 유지관리 시스템 구축**에 활용 - ICT 기반 **건축물 안전진단 및 유지관리 기술관련 인프라 활용 증대** - 건축물의 안전진단 및 유지관리 기술의 **성능, 안전, 품질에 대한 정량적인 평가에 활용** (2) 구조진단 업체 및 실무자, 건축주 - 건축물 모니터링 시스템의 정착을 통해 **센싱데이터 기반 자동 건전성 평가기술을 구조진단 업체 및 실무자에 제공** - 기술지도 및 기술이전을 통해 **개발기술을 기존 건축물 계측 관리 시스템과 연계하여 구조 안전성 평가 및 관리에 활용** - ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술 **테스트베드 구축결과를 활용한 기업 및 공공 지원** - **창업지원기관과의 연계협력**으로 시너지 효과 창출 - 전문 교육과정 개발을 통한 ICT 기반 **건축물 안전진단 및 유지관리 전문인력의 배출**
□ 기대효과	○ 본 연구를 통하여 **다음에 제시된 3가지 연구목표의 구체적인 달성이 기대**됨 ○ **건축물 안전수명 증대** - 건축물 안전 모니터링에 활용되는 계측 및 데이터 취득 시스템의 향상 - 첨단소재를 활용한 보수·보강재료 및 신공법 - 건축물 성능개선을 위한 최적공법선정 기술 - 건축물 안전진단 및 유지관리 관련 법규 및 제도기반 구축 ○ **실시간 안전진단 및 유지관리 기술체계의 자동화를 통한 경제성 15% 제고** - 건축물 안전 모니터링 시스템 설치비용 저감을 위한 고성능 저가형 계측장비 - 건축물 안전진단 및 유지관리의 자동화 프로세스 구축 - 건축물 유지관리 비용 절감과 운영효율성 개선 - 수요자 기반 건축물 성능개선 솔루션 및 플랫폼

○ **첨단 ICT 기반 실시간 안전진단 및 평가기술의 신뢰성 95% 달성**
- 고감도 센서 및 이종센서 연계형 시스템을 통한 계측 신뢰성 향상
- 안전진단에 유·무선 통신기술 적용을 위한 계측신뢰성 및 정밀도 개선
- 건축물 비파괴검사 안전진단기술의 오차율 최소화
- 계측치 기반 유지관리 시스템의 신뢰성 확보

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2016 . 9 ~ 2021 . 8 (5 년)
- 1차년도 연구개발기간 : 2016 . 9 ~ 2017 . 8 (12 개월)

○ 총 정부출연금 : 15,000백만원 이내
(예산 집중 소요기간은 1세부 1~3차년도, 2세부 1~4차년도, 3세부 3~5차년도로 각각 설정함)
- 1차년도 정부출연금 : 2195백만원 이내

○ 총 민간부담금 : 5,000백만원 이내

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수
※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타 *(필요시 내용 수정 가능)*

○ 본 과제의 보안등급은 “일반과제”임

○ 연구단컨소시엄 신청시 연구단장 신청자는 반드시 세부과제의 주관연구책임자 또는 총괄과제의 연구책임자로 참여하여야 함
※ 연구단장은 연구단의 효율적 운영·관리를 위해 총괄과제 수행가능

○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함

○ 필요시 공모된 연구과제명 외에 연구목표·내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구과제명으로 수정하여 제안할 수 있음

○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함

※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조

- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 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

○ 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 제시해야 함

※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 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 과제

내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)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

○ 연구수행기관으로 선정 이후 필수 이행사항
- 주기적 특허 및 시장 동향 조사 실시
- 총 연구기간 중 최소 2회(중간/종료 단계) 이상의 연구성과 점검 및 파급효과 분석을 실시(별도 보고서 제출)
- 실용화 대상 기술에 대한 기술설명서(SMK)를 작성하여, 연구개발 완료시점에 제출

○ 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우,「분산공유형 건설연구 인프라 구축」과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
※ 공고시 첨부한 “분산공유형 건설연구 인프라 실험시설 소개자료” 참조

2. 1세부과제 RFP

제1세부 과제명	ICT기반 건축물 실시간 안전진단 핵심요소기술 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 첨단 ICT 기술을 활용한 건축물 안전진단을 위한 구조물 전용 계측 장비 및 모니터링 시스템 개발
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 사용연한에 미치지 못하는 건축물의 재건축으로 인한 경제적 손실은 커지고 있고 이에 센서 및 비파괴검사기술을 통한 구조물의 사용성 평가에 대한 중요성이 커지고 있으며, **국내 센서 및 비파괴검 사업체들의 기술개발 투자가 매우 취약하여 서비스 시장이 본격적으로 개방되면, 외국 기술 및 용역회사의 시장 잠식이 우려되고 있는 상황임** ○ 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』제정 이후 제 1,2종에 대한 안전관리 상태는 양호한 수준이나 종외의 시설물의 붕괴사고 등 안전사고는 지속적으로 증가하고 있으므로, 시설물의 종류별로는 건축물이 48,260개소(70.5%)로 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, **국내의 건축물 또한 20~30년 후 고령화 시대에 진입하여 안전성 증대를 위한 선제대응형 방안의 마련은 아직 수행되고 있지 않음** ○ 국토부 통계자료(2014)년에 따르면 준공 후 30년 이상 건축물이 전국 동수 기준으로 35.8%, 수도권 24.5%, 지방은 40.2%로 조사되었으며, 용도별 30년 이상 건축물의 현황이 주거용은 38.8%, 상업용은 38.5%, 공업용 15.6%, 문교 사회용이 10.1%로 조사되어, **건축물 노후화로 유지관리 경제적 부담이 가중**되므로 **과학적 유지관리기법 개발이 필요**함 ○ 건축물 안전진단/유지관리 시장은 실시간 계측기반 확대 전망되나, 국내업체 기술력은 영세한 수준으로 기술의 첨단화가 필요함. 국가과학기술위원회(2010년)의 분석자료에 따르면, **한국의 지능형 시설물 안전 및 유지관리 기술수준은 54.2%(최고 수준 100%)로 최고 기술 보유국(미국 71.1%) 대비 4.3년의 기술격차**를 가지고 있음 ○ 첨단 광센서 기술이 기존 전기센서에 비하여 다양한 고성능의 비교우위 장점이 있음에도 불구하고 시장에서 기술 대체가 이루어지지 못하는 근본 이유는 **상용화 수준의 저가격화 및 대량생산에 의한 규모의 경제에 다다르지 못하고 있기 때문**임

	○ 2012년 초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법을 수립하여 계측설비가 설치되어 계측자료가 관리되고 있지만 **초기 단계이며 개별 센서의 계측값 단위로 관리 및 위험도를 평가하는 Stand-alone 형식으로 운영되는 수준**이며, 기존의 계측장비로는 진동현식센서와 가속도센서를 혼용하여 사용하고 있으며 **부재레벨과 시스템레벨의 통합계측을 위해서는 장기모니터링에 대한 신뢰성이 우수하며 멀티플렉싱 및 정적/동적 구조반응을 정확하게 계측 가능한 광섬유센서(FBG)의 적용이 필요**함 ○ 국내의 경우 전기전기저항식 센서 및 FBG센서 데이터 트랜스미터의 경우 대부분 수입에 의존하고 있으며, **국내외적으로 하이브리드 계측시스템은 최근에 NI(National Insteument)사에 PXI방식의 시스템이 개발된 것이 최초로 이에 대한 수입대체가 긴요**함 ○ 센서 및 계측 시스템이 외산 수입품으로 높은 가격으로 인하여 상징적인 초고층 빌딩을 제외한 일반 건축물에 광범위하게 보급하기에는 시스템 구축 비용이 과다하며, 차후 국내시장의 기술력 향상과 수입대체에 따른 원가절감 측면을 고려할 때 **원천기술의 국산화가 절실**함 또한, 첨단 사물인터넷 정보통신 기술을 건축물 모니터링 시스템에 도입하여 해당 **지자체 및 건물 거주자에게 건물 안전에 대한 중요 정보를 제공할 수 있는 시스템 개발이 긴요**함 ○ **응력파기반 비파괴검사기법은 안전진단에 적합한 검사기술**로서 시설물의 노후화에 대비해야 하는 국내 산업현장에 반드시 필요하며, 응력파기반 복합비파괴검사법을 이용하여 콘크리트 구조체에 발생한 결함에 관한 알고리즘을 구축하여 **현장에 적용할 수 있는 진단시스템의 실용화 필요** ○ 미래전망 및 선진국의 연구동향을 고려할 때, **ICT와 건축물 안전관리 기술을 융합하는 연구는 반드시 필요**하며 안전산업의 해외시장 진출을 위한 기술 경쟁력을 확보하기 위해서는 **세계적 수준의 기술력을 지향하는 것이 필요**함
□ 기술동향	○ 한국건설산업연구원이 발간한 '2015년 건설 3저와 7대 건설, 부동산, 이슈보고서'에 의하면 **안전 및 유지관리 시장의 성장이 장기간 지속**될 것으로 전망하였음. 실례로, 대한시설물유지관리협회에서 발표한 관련 시장규모는 2000년 1조원에서 2014년 3조7000억으로 약370% 증가한 것으로 나타남 (헤럴드경제 2015년 1월 23일

기사)

○ 법인세법상 철근콘크리트조 건물의 내구연한은 40년으로 정하고 있지만 물리적 수명보다는 기능적, 경제적 수명들의 퇴화로 인해 조기 재건축이 시행되는 경우가 발생하고 있으며, **전국에 20년 이상 된 건축물은 387만동이며 이 모든 건축물들을 재건축한다면 국가적 손실이 클 것**임.

○ 건축물 안전진단 및 유지관리 현황은 국내의 시설물 안전관리에 관한 특별법의 관리대상인 제 1,2종 시설물은 2014년 기준 68,464개소로 이중 **건축물의 비중이 48,260개소로 70.5%로 가장 많은 비중을 차지**하고 있음

○ 건축물 안전강화 TF위원회에서 지난 10년간 37차례 건축물 안전강화대책발표에도 불구하고 안전사고가 지속적으로 증가하였고, 국민의 안전을 중시하는 사회적 욕구증가와 건축제도간의 미스매칭 등의 문제로 야기되는 국민 안전 인식도를 개선하고, **국민행복을 위한 안전한 삶의 공간마련을 위한 국가의 선도적 역할**이 필요

○ 광섬유 센서는 작은 크기로 경량이며 고강도로서 전자기파 간섭에 무관하다는 장점이외에 반영구적이고 기하학적 유연성 기반의 2D 면측정을 신속히 실시할 수 있는 등의 장점이 있으며, 기존 전기센서에 비하여 다양한 고성능의 비교우위 장점이 있음에도 불구하고 시장에서 기술 대체가 이루어지지 못하는 근본 이유는 상용화 수준의 저가격화 및 대량생산에 의한 규모의 경제에 다다르지 못하고 있기 때문임. 또한, 기존 전기적 센서대비 수백 배 높은 감도와 낮은 전송 손실 및 배열형 (discrete sensor) / 분포형 (distributed sensor) 센서 구성이 모두 가능한 특징을 통해 다양한 산업 분야로 응용이 진행 중이며, 특히 건축물 분야 적용을 위한 맞춤형 연구 경쟁이 세계적으로 심화되는 상황임

○ 광섬유 센서를 이용한 건축물의 구조건전도 모니터링 기술은 미국, 중국 등에서 실구조물에 적용 및 검증되고 있음. 광저우 TV 타워, Shanghai Tower 등과 같이 초고층 건물에 무선 자동 계측 및 관리 시스템이 적용되어 부재레벨 및 시스템레벨의 구조 반응을 실시간으로 모니터링하고 있음

○ 광섬유센서 계측 시스템의 경우, 철도시설물을 포함한 토목 분야에 비

해서 건축분야에 연구가 미흡하며, 큰 구축 비용으로 인하여 활용도가 매우 낮고 지원하는 센서의 종류가 제한적이라는 단점이 존재하며 건축물을 포함한 구조물의 손상탐지를 위하여 전기저항식 센서 기반의 시스템 또는 FBG센서 기반의 시스템 각각에 대한 개별적 연구가 주를 이루나 국내에서는 두 개의 시스템이 혼합된 연구가 이루어지지 않음

○ 미시건대학교는 자체적으로 Narada 무선센서를 개발, 구조물의 응답측정 및 제어, 안정성 평가에 활용하고 있고, 일리노이대학교에서는 상용센서인 Imote2 플랫폼을 활용하여 구조물 모니터링 및 손상 탐지에 관한 연구를 수행함. 한편 National Instruments, Micro Strain과 같은 해외 주요 센서장비업체는 구조물 모니터링을 위한 상용 무선로거를 판매하고 있으나 실제 구조물 적용에는 실적이 미미함

○ 국내 사물인터넷기술 보급은 대부분 이동통신사에서 수행하고 있으며, 국내 이동통신 3사는 사물인터넷기술을 적용한 서비스를 출시한 상태이나 건축물 모니터링 및 안전진단에 대한 서비스는 전무한 실정임 (SK 텔레콤: 스마트 팜 서비스, KT: Smart Home 서비스, LG U+: 지능형 차량 관제 서비스)

○ 비파괴검사법을 이용한 구조물의 진단과 관련된 연구가 다수 진행되었으며, 구조체가 아닌 재료기반의 적용성에 관한 연구를 수행하였고, 많은 부분이 재료기반 및 진단 과정에 대한 내용이지만 **최근 부재 기반의 진단기법 개발에 관련된 연구가 진행 중임**

○ 국제경쟁력을 갖춘 비파괴검사 기술의 개발 및 관련 산업의 건전한 육성이 절실하게 요구되며, **건축분야에서 응력파기반 비파괴검사기법의 적용 및 활용은 다른 분야에 비해 아직 미지한 수준**이기 때문에 본 연구를 통해 **건축분야**에서의 활용의 **활성화 시킬 수 있음**

○ 응력파기반 비파괴검사법 중 충격반향기법과 표면파기법을 이용한 연구가 초음파속도법을 이용한 연구에 비하여 부족하였으며, **ICT기반으로 하는 연구는 미진한 실정**임. 응력파기반 비파괴검사법을 이용한 콘크리트 구조물에 적용성 평가 및 신뢰도를 높일 수 있는 진단기법에 관한 연구가 주로 수행중임

○ 기술자들의 업무지원을 위한 진단장비가 적용되고 있으나, 이를 활용할 수 있는 전문가가 부족하고, 효율적으로 활용되지 못하고 있

으며, 건축물 안전진단체계의 인력기반의 한계를 극복하기 위해서는 전문가의 역량강화와 **실시간 데이터 기반 건축물 안전진단 및 평가를 위한 핵심기술개발이 필요**함 또한, 데이터취득 **자동화 및 기계화를 이용한 실시간** 건축물 상태를 **평가하는 기술 개발**이 절실히 요구됨

○ NDT 장비 판매회사, 제조회사, 전문검사업체 등을 포함하여 국내에 약 123개(**자체적으로 장비제작 및 판매를 취급하는 곳은 전체 123개 중 23개에 불과**함)회사가 있는 것으로 파악되며 매출규모는 3,160억원 규모

3. 연구개발내용

□ 세부과제별 연구내용

[1-1세부과제] 저가형 고감도 공진반사 FBG형 광섬유센서 및 kHz급 능동모드 진단 네트워크 시스템 개발

○ 광센서의 건축물 구조별 스트레스-스트레인, 부식, 균열, 하중-변위 센서 적용방안 검토
- 물리적 계측 인자와 실용적 측정 요소와의 상관 관계 정립 연구
- 온도 변수의 계수 분리를 위한 패키징 및 신호 처리 기술 연구

○ 기존 FBG 센서 대비 저가형 고감도 위한 공진반사 FBG형 광섬유 센서의 비교 분석 및 분광기 신규 구조 설계, RF 광신호 능동모드 구조 멀티 디텍션 방식을 위한 파장 및 시간 다중화 광신호 처리 기술 연구
- 멀티 디텍션 방식을 위한 파장 및 시간 다중화 광신호 처리 기술 연구
- 파장 변조 광원 기반의 kHz 급 초고속 실시간 계측복호기술 연구

○ 광섬유 네트워크 내 멀티채널 감지부 간의 신호 획득 최적화 구조 구현 광센서의 건축물 적용 필드테스트용 프로토타입 시제품 개발
- 광센서의 계측 향상을 위한 패키징 기반 건축물 외인성 환경 변화별 현장제어 프로토콜 작성
- 저가 대량 공정을 위한 광섬유-광도파로 접속 구조 설계 및 채널간 광신호 누화 최소화 연구

○ 유무선 융합 광네트워크의 실용화 검토를 위한 테스트 베드 적용
- BIM 등 종합유지관리 프로그램과의 연계 네트워크 접속 구조설계
- 개발기술 사업화 가능한 타 토목, 선박, 해양구조물, 자동차 분야 및 응용서비스 모델 도출

(기타사항: 관련 특허 출원/등록 등 기술개발 실적을 보유한 참여기업

필요)

[1-2세부과제] 광섬유 센서 기반 건축물 실시간 구조모니터링 및 리스크 평가

○ 기존 광섬유 기반 변형률계, 가속도계를 활용한 광센서 기반 계측기법 개발 및 실험적 검증
- 기존 센서(진동현식센서 및 가속도 센서)와 FBG센서의 정적/동적 성능 비교 실험
- FBG 센서의 멀티플렉싱을 통한 단일 부재 거동 모니터링 기법

○ 모니터링 대상 건물의 특성을 고려한 계측시스템 구축
- 센서시스템, 데이터 저장, 전송 및 관리 시스템 구축
- 취약부재 모니터링을 위한 센서설치 계획 및 분석

○ 푸쉬오버해석에 의한 건축물 리스크 평가 기술 개발
- 푸쉬오버해석에 의한 부재 및 시스템레벨 위험도 해석
- 계측값을 이용한 건축물 리스크평가 및 예측기술

[1-3세부과제] 이종센서 호환형 건축물 하이브리드 계측 시스템 개발

○ 기존 전기저항식 센서 및 광섬유센서 활용이 가능한 이기종 제어/계측 모듈을 지원하는 하이브리드 컨트롤러 개발
- Embedded OS기반의 고신뢰성 컨트롤러 개발
- 전기저항식(전압출력, 전류출력 등)/FBG/OTDR 계측 제어기술개발
- 현장 사용성이 고려된 UI/UX를 지원하는 입력/출력장치 내장
- 계측데이터의 내부 디스크, 외장메모리(SD CARD)저장 기술 개발
- 이기종 계측데이터의 신호처리 기술 개발
- 슬롯타입 시제품 제작 및 시험인증

○ 고정밀 전기저항식 센서 계측 모듈 개발
- 고정밀 아날로그 센서 계측 모듈 개발
- ICP타입 센서 구동 회로 개발
- 전압출력/전류출력 센서 구동 회로 개발
- 슬롯타입 시제품 제작 및 시험인증

○ 고정밀 광섬유센서 계측 모듈 개발
- 슬롯타입의 다채널 FBG계측모듈 개발
- 슬롯타입의 다채널 OTDR계측모듈 개발

- 광신호 프로세싱 알고리듬 개발 및 구현

○ 건축물 모니터링 활용 기술 개발
- 콘크리트 부재수준의 모니터링 성능 검증
- 진동 및 변형 계측치 융합 건축 모니터링기법 개발
- 부재수준 및 구조수준의 Data-Driven 구조건전성 분석 모듈 개발
- Data-Driven 구조건전성 분석 모듈 개발
- 통합 시스템 개발 구현 및 적용성 검증
- 현장 테스트베드 구축을 통한 성능 검증

[1-4세부과제] 사물인터넷 기반 건축물 안전진단용 보급형 유/무선 계측 및 통합 모니터링 솔루션 개발

○ 건축물 계측에 적합한 유/무선 통신기술 연구 및 개발
- WirelesHART, SMIP와 같은 산업용 표준 무선통신모듈 개발
- 동적 계측 데이터 전송을 위한 네트워크 프로토콜 설계 및 구현
- 계측 데이터 전송을 위한 M2M통신/LoRa 통신모듈 개발
- PTP(Precision Tiem Protocol) 기반의 시각동기화 기술 개발

○ 건축물 모니터링을 위한 상용 MEMS센서 계측 시스템 개발
- 건축물 안전진단에 적용 가능한 MEMS센서 검증 및 선정
- MEMS센서 연동하여 동적 물리량을 계측할 수 있는 24Bit분해능 계측회로 개발
- 고정밀 Signal Conditioner회로 설계
- 건축물 설치/운영 편리성을 고려한 함체 설계 및 제작

○ 사물인터넷 기반 국가재난안전통신망 연동기술 개발
- 국가재난안전통신망(NDMS)에 연동할 수 있는 기술 개발
- 사물인터넷 기반 건축물 센서 계측 데이터 통합 모니터링 시스템 개발
- 다수 건축물의 계측 데이터를 실시간으로 수집 분석 가능한 플랫폼 개발 (기타사항: 관련 특허 출원/등록 등 기술개발 실적을 보유한 참여기업 필요)

[1-5세부과제] 응력파 멀티비파괴검사법을 이용한 부재기반의 건축물 진단기술

○ 기존 멀티 충격반향기법을 이용한 개선된 건축물 진단기법 개발
- 부재기반 기존 충격반향기법을 이용한 개선된 건축물 진단기법 개발
- 신축 건축물 대상으로 충격반향, 충격반향스캐너, 다중 충격 표면파를

이용한 건축물 진단기법 개발
- 기존 건축물 대상으로 충격반향, 충격반향스캐너, 다중 충격 표면파를 이용한 건축물 진단기법 개발

○ 기존 멀티 표면파기법 및 초음파속도법을 이용한 개선된 건축물 진단기법 개발
- 부재기반 기존 표면파기법을 이용한 개선된 진단기법 개발
- 신축 건축물 대상으로 표면파기법, 슬래프 임펄스 응답, 초음파속도법을 이용한 건축물 진단기법 개발
- 기존 건축물 대상으로 표면파기법, 슬래프 임펄스 응답,초음파속도법을 이용한 건축물 진단기법 개발

○ 응력파기반 멀티비파괴검사법을 이용하여 취득한 데이터통합 모니터링 시스템 개발
- 멀티비파괴검사법을 이용한 구조체 열화(강도, 균열, 두께 등) 분석 알고리즘 구축
- 데이터통합 모니터링 시스템을 이용한 구조건전성 평가기술 개발
- 테스트베드를 통한 통합모니터링 시스템 검증 및 성능평가

○ 건축물 안전진단을 위한 응력파기반 멀티비파괴검사법 적용 지침 개발
- 건축물 안전진단을 위한 비파괴검사법 적용성 평가 기준 마련
- 실제 건축물 안전진단으로 위한 비파괴검사법 적용 가이드라인
- 비파괴검사법을 이용한 건축물 안전진단 매뉴얼 개발

[1-6세부과제] 실시간 데이터취득의 안전성 확보를 위한 반자동화 현장측정시험시스템 구축 기술

○ 건축물에 기존 복합진단기법 및 측정장비를 적용한 실시간 데이터 취득 반자동화 시스템 개발
- 실시간 데이터취득 현장측정시험 프로세스 개발
- 기존 측정장비를 활용한 실시간 데이터취득 반자동화 현장측정시험 장치 설계도 개발
- 반자동화 현장측정시험장치 부재기반 검증

○ 반자동화 현장측정시험장비를 통하여 취득한 데이터통합 모니터링 시스템 개발
- 현장측정시험장치를 통한 데이터 통합모니터링 시스템 설계
- 통합모니터링 시스템 부재기반 검증

○ 반자동화 현장측정시험장비 실용화를 위한 테스트베드 적용
- 현장 테스트베드 적용을 통한 성능 시험 및 검증
- 실시간 데이터취득 안전성 검토 및 실용화 방안 제시

○ 건축물 안전진단을 위한 반자동화 현장측정시험시스템 적용 지침 개발
- 실제 건축물 안전진단으로 위한 현장측정시험 적용 가이드라인
- 반자동화 현장측정시험장비를 이용한 데이터취득 매뉴얼 개발

4. 연구개발 추진방법

□ **추진전략**

○ **수요기관 의견 반영 방안은 본 과제 수행 시 국가안전진단기관(1기관이상(예:한국시설안전공단))과 민간진단업체(매출 상위 10위권 중 3업체 이상)선정하여 공청회 및 설문조사를 통한 전문가 의견 반영**

○ **전문가 자문단 구성**(ICT 요소기술 전문가, SHM 기술 전문가, 신기술 컨설팅 전문기업 등), **전문학회 기술표준 위원회 심의 상정 및 전문가 초빙 세미나/자문회의 개최**, 워크숍과 공청회를 통한 설명회 및 의견수렴 및 **요소기술 별 국내외 기술/적용사례 조사를 통한 기술성숙도 파악 및 최적기술 선정**

○ 유사사례 및 관련사례 중심의 ICT기술 관련 자료 및 안전모니터링 관련 국내외 기술 동향 조사 및 자료를 통한 성능개선 **통합솔루션 개발 관련기술 자료 수집**

○ 계측기 개발 전문기업과의 연계를 통한 **산학 연구진 구성을 통한 기술 개발 및 시제품 제작 및 현장 적용 검증**

○ **사물인터넷과의 연동을 위하여 M2M 표준기술과의 연동 전략을 수립**하여 진행계측기 개발 전문기업과의 연계를 통한 산학 연구진 구성을 통한 기술 개발 및 시제품 제작

□ **추진체계**

○ 건축물안전진단 업무의 효율화, 건설관리 정보 및 유지관리의 지속적 활용, **사전 예방적 유지관리, 유지관리 및 안전모니터링에 대한 통합적 유지 지원 체계 확립**

○ 건축물의 안전진단을 위한 계측장비를 개발하기 위하여, **구조물 계측 관련 장비 개발 경험이 있는 전문기업 참여**

○ 국내외 선도연구기관과 협력 (HKUST, U of Illinois, KAIST, WPI, Texas A&M, U., Griffith U. 등)

○ 국토교통부, 국민안전처, 지방자치단체와의 협조를 통해 다양한 **재해, 재난 자료 확보 및 대응체계 융합**

5. 최종성과물

□ **주요 최종성과물**

○ 건축구조물의 변형측정용 저가형 고감도 공진반사형 광센서 및 진단 네트워크 시스템

○ 광센서기반 건축물 계측 및 리스크평가기술 지침서 및 광센서기반 건축물 실시간 구조모니터링 시스템

○ 전기저항식 센서와 광섬유 센서를 동시에 지원하고 유/무선 통신 데이터 전송 및 건축물 안전관리 모니터링이 가능한 이기종 제어/계측 하이브리드 컨트롤러
- 전압정밀도 센서모듈 계측 정밀도 : < F.S. ±0.1%
- 광섬유센서 모듈 계측성능 검증 : 40nm 파장대 계측 가능
- 데이터 전송 신뢰성 :99% 이상

○ 건축물의 구조상태를 실시간으로 계측하고 국가재난안전통신망 또는 사물인터넷 망을 기반으로 계측 데이터를 전송할 수 있는 보급형 모니터링 시스템
- 계측 정밀도 : 0.1%
- 진동측정범위 : 0~512Hz
- 통신신뢰성 : 98%

○ 멀티비파괴검사법을 이용한 부재기반의 건축물 진단기술
- 진단 오차 범위 : 10%
- 데이터평가 신뢰성 : 90%.

○ 실시간 데이터취득의 안전성 확보를 위한 반자동화 현장측정시험 시스템 구축 기술

6. 활용방안 및 기대효과

	○ 전기 센서와 맞먹는 수준의 저**가 광센서 기반 초고속 고성능 진단 네트워크 개발**을 통한 **건축분야 안전진단 및 관리 업체에 활용**
	○ 초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법상의 적용대상 **신규 건축물 구조설계 엔지니어링 회사 및 시공회사에서 활용** (부산 해운대 포스코 엘시티현장 적용)
	○ 정부, 지자체, 공공기관, 민간업체, 건축물 안전진단 수요자: 건축물 모니터링에 필요한 다양한 물리량에 대한 계측을 지원하는 **하이브리드 계측시스템을 활용한 건축물의 구조 안전성 실시간 모니터링**
□ **활용방안**	○ 노후화된 건축물(안전등급 D, E)의 구조 안전성을 계측하여 상용 유/무선 통신기술 및 국가재난안전통신망을 통하여 **건축주 및 관리주체에게 건축물의 상태를 통지할 수 있는 사물인터넷기반 건축물 안전진단 시스템 구축**
	○ 건축물 대상 비파괴검사법을 이용한 **진단 결과의 불확실성에 대한 신뢰도 향상 기술 및** 반자동화 현장측정시험 기술을 이용한 **데이터 취득 안전성 및 신뢰성 향상 기술에 활용**
	○ 멀티비파괴검사법을 이용한 **건축물 진단시스템 지침서 및 안전진단을 위한 매뉴얼 개발**에 활용하고 안전사고에 대비한 **범국가적 선재대응형시스템 구현**
	○ 보급형 건축물 모니터링 시스템의 보급을 통한 센싱데이터 기반 **자동 건전성 평가 지원을 통한 구조물의 안전 확보**
	○ 다학제적 공동연구를 통한 수요에 맞는 설계인력 및 **첨단 ICT 센서 및 비파괴검사기반 네트워킹 관련 기술인력 양성**
□ **기대효과**	○ 자가 진단 기능을 갖는 주요 구조물 관리의 효율화 및 구조물 주요파괴 인자인 균열과 손상 등에 대한 초기 탐지 기술 활용하여 **건축물 경년변화에 대한 실시간 계측을 통한 유지관리 자료 확보**
	○ 광센서를 적용한 구조모니터링 기술 확보로 인한 **국내 건축물 구조안전진단 기술력 향상 및 수입대체효과**

○ 초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법 계측설비 지침 **선진화** 및 **국내외 시장 선점**

○ 광센서 및 전기저항센서 연계 상용 로거의 **수입 대체 및 세계 최초의 IoT기반 하이브리드형(전기식+광학식) 인터로게이터 개발**

○ 고신뢰성 표준 유/무선 통신기술 기반의 **시설물 진단 솔루션 개발**

○ 외부환경에 대한 건축물의 안전확보를 위한 **첨단ICT기반으로 한 복합 진단기법 개발**

○ 비파괴검사를 통하여 적절한 유지보수 시기 선정을 통한 **건물 기대수명 증진을 통한 국가적 손실 줄임**

○ **유지관리비용의 최적화** 및 **건축물 재해방지를 통한 경제손실 최소화 및** 불필요한 건축물의 철거 후 재건축으로 인해 발생하는 CO_2 **저감 가능**

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2016 . 9 ~ 2021 . 8 (5 년)
- 1차년도 연구개발기간 : 2016 . 9 ~ 2017 . 8 (12 개월)

○ 총 정부출연금 : 4,050백만원 이내
(예산 집중 소요기간 1~3차년도)
- 1차년도 정부출연금 : 810백만원 이내

○ 총 민간부담금 : 2,100백만원 이내

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수
※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타 *(필요시 내용 수정 가능)*

3. 2세부과제 RFP

제2세부 과제명	ICT 기반 건축물 실시간 유지관리 핵심요소기술 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 건축물 유지관리를 위한 BIM-COBie 연동 모듈 및 BIM 역설계 기술 개발 ○ 계측데이터의 이력 및 상관관계 분석을 통한 건축물 시공 중/후 구조안전성 관리기술 개발 ○ 고감도 광전면 센서재료로서 탄소나노튜브, 그레핀 등의 첨단 나노급 기초소재를 이용한 건축마감용 도포식 복합재료 개발 ○ ICT 기반 센서 융합 보강재를 활용한 건축물 구조성능 개선 통합 솔류션 개발 ○ 첨단 ICT기능이 내장된 RC구조 수직부재 보강장치 개발 및 모니터링 시스템 구축 ○ 빅데이터 딥러닝 기반 건축물 성능개선 평가기술 진화모델 개발 및 실증
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 건축물 유지관리를 위한 BIM-COBie 연동 모듈 및 BIM 역설계기술 개발 - 통계청에 따르면 대한민국 도시화율은 2015년 기준 82.5%로 세계평균 54.0% 보다 매우 높음. 또한, 2030년에는 84.5%로 증가할 것으로 예측됨. 그러나 서울, 부산 등 오래된 도시는 건축물 도면이 없거나 부정확하고, 2D 기반의 건축도면을 바탕으로는 도시관리는 물론 건축물 관리조차 어려움. 따라서 도시를 정비하고 관리할 수 있는 BIM 기반 건축물 유지관리기술 확보가 절실함 - ICT기술과 건축 융·복합 기술은 이미 2000년대 초반부터 인텔리전트 빌딩을 통해 활발히 연구되어 왔음. 그러나 이는 건축물의 관리가 아닌 기계·전기 설비 관리에 중점을 둔 방식으로 건축물의 유지관리의 한 분야에 불과함. 건축물의 중요한 핵심 유지관리는 건축물 안전확보 및 에너지, 괘적성, 친환경 등의 성능확보에 있음 - 국제 표준 기반 BIM-COBie 연동 모듈을 이용한 실시간 모니터링 기술을 통해 ICT 융·복합 기술을 한 단계 업그레이드 시킬 수 있음 - 역설계 기법을 통해 건축물 시공 후의 상태를 점검하고, 거주 후 평가(P.O.E) 방식을 개선하여 유지관리에 요구되는 설계기법을 재

정립할 수 있음. 이는 설계 및 건축물의 성능을 향상시키는 중요한 근거자료로써 BIM을 통해 국내 설계기법 향상을 도모할 수 있음

○ 계측데이터의 이력 및 상관관계 분석을 통한 시공중 안전 및 후 구조안전성 관리기술

- 현재 다량의 센서를 이용한 장기 모니터링이 이루어지고 있음에도 불구하고, 단일 데이터의 계측값을 활용한 평가만 대부분 이루어지고 있음. 즉, 장기계측데이터의 이력정보 및 센서간의 분석이 이루어지지 않아, 설치된 계측시스템을 이용한 안전성 평가 기술의 정확성 및 활용성이 떨어짐. 따라서, 이들의 활용도 및 구조안전성 평가기술의 신뢰성을 높이기 위해서는 센서들간의 관계 분석 및 장기 계측데이터의 이력정보를 적극적으로 활용할 필요가 있음
- 특히, 현재 사용되고 있는 다수의 센서들은 온도 등과 같은 환경조건에 의해 영향을 받기 때문에 장기 모니터링을 위해서는 데이터의 이력정보와 상관관계 분석 등이 요구됨
- 시공 중 붕괴사고가 빈번하게 발생하고 있음. 이러한 붕괴 거동은 매우 복잡하고, 불확실하여 다양한 부재 간의 상호 영향 및 힘의 분배, 변형에 대한 분석을 통해 예측할 필요가 있음

○ 나노급 첨단기초소재 기반 웨어러블 센싱용 도포식 복합재료를 활용한 건축마감재 개발

- 구조물에 발생되는 균열, 박리·박락은 어느부위에 발생할지에 대한 예측이 어려움
- 건축물 광전면에서 발생될 다양한 열화요인을 상시적으로 계측하고 조치하기 위해서는 기존 특정지점에 대한 센서부착 등에 의한 센싱방식에는 한계가 있음
- 건축물 유지관리 대상 광전면에 적용 가능한 고감도 센서재료와 이를 응용한 마감재 코팅기술의 개발이 반드시 필요한 실정임

○ ICT 기반 센서 융합 보강재를 활용한 건축물 구조성능 개선 통합 솔류션 개발

- 현재 국내에서 지진하중에 대한 구조물의 안전성 확보에 큰 관심이 집중되어 있으며, 건축물의 성능개선시 내진성능 확보 및 개선에 대한 보강공법에 대하여 대학과 관련업계에서 많은 관심과 연구가 진행되고 있는 실정
- 하지만 많은 보강공법의 경우 시공 후 보강재와 구조부재와의 접착문제 등의 품질관리 문제가 대두되고 있으나 육안 또는 비파괴

	시험외에 시공품질 및 구조성능을 검증할 방법이 현실적으로 없음. 또한 노후화 또는 요구구조성능 결함으로 인하여 보강된 건축물의 성능을 지속적으로 모니터링하여 유지관리할 필요성이 있음 ○ 모듈화된 센서 내장형 패널을 활용한 수직부재 구조성능 개선기술 - 최근 증가하고 있는 기존 구조물의 구조성능 개선기술 개발과 함께 보강후 부재에 작용하는 응력을 모니터링 할 수 있도록 함으로써, 보강설계의 최적화와 건물안전관리 기술을 향상시킬 수 있음 - 모듈화된 제품개발을 통하여 가격측면의 경쟁력과 성능의 최적화를 통하여 미래지향적인 건설기술개발 필요 ○ 빅데이터 딥러닝 기반 건축물 성능개선 평가기술 진화모델 개발 및 실증 - 국내 건축물 성능개선 분야는 실무 기술자 개별 역량에 따라 성능개선 수준의 차이를 가져오고, 불필요한 성능개선으로 인한 과도한 비용 투입 및 부적절한 성능개선으로 인한 재공사에 소요되는 추가비용 등의 문제가 있음 - 국내 건축물 성능개선 분야의 수요가 증가하고 이에 투입되는 비용 또한 시간이 지날수록 증가할 것을 예상할 수 있어, 건축물 성능개선 공법적용에 있어, 경제·효율적이고 합리적인 방안을 제시하는 시스템 개발이 요구됨 - 건축물 유지관리를 위한 LCC 예측기술, 시설물의 상태평가기술 등 전통적 기법에 기반한 성능개선 최적화 기술에 대한 연구가 진행되고 있으나 부정확한 데이터베이스 시스템의 한계성이 존재함. 따라서, 과거 실험 데이터 및 보강후 계측데이터의 빅데이터를 구축하고 인공지능(AI) 기반 빅데이터 분석을 통한 성능개선 전략을 제시하는 최적 시스템 개발이 필요함
□ 기술동향	○ **건축물 유지관리를 위한 BIM-COBie 연동 모듈 및 BIM 역설계기술 개발** - **미국 및 유럽국가**에서는 이미 장기적인 관점에서 **BIM기반 유지관리를 중요과제로 인식**하고, **요소기술 및 핵심기술 확보**를 위해 **적극적으로 지원** 중 - **국내**에서는 아직 구체적인 **BIM기반 유지관리 연구**가 진행된 바 없어 **기술적 후발 주자**에 속함 ○ **계측데이터의 이력 및 상관관계 분석을 통한 시공중 안전 및 후 구조안전성 관리기술** - 현재 유/무선 자동 모니터링 기술을 이용해 건축물의 구조반응(변형률, 변위, 가속도) 등을 실시간으로 계측/수집되고 있음. 특히 비정형건물이나 고층건물의 신축의 경우 구조안전성 확보를 위한 실시간 계측 시스템

적용 사례가 점점 증가하고 있음

- 기존 기술은 다양한 부재의 거동 정보를 획득하기 위해 다수의 센서가 설치되어 구조반응이 실시간으로 수집되고 있음. 그러나 단일 센서의 계측값을 바탕으로 구조물의 안전성을 평가하는 단계에 머무르고 있어, 센서의 장기간 데이터의 이력정보나 센서들간의 상호 연관관계를 활용한 데이터 분석 및 평가 등은 이루어지고 있지 않고 있음
- **건축물의 구조안전성을 확보하기 위해 계측 관리 엔지니어링 업무 및 용역이 증가**하고 있지만, 실무 엔지니어가 다수의 센서로부터 **계측된 장기 이력데이터를 분석할 수 있는 관련 기술이 미흡**하고, 이를 자체적으로 해결하기에는 현실적으로 어려움. 이에 따라 정부 지원을 통한 기술개발 및 기술이전 등이 이루어지 필요가 있음

○ **나노급 첨단기초소재 기반 웨어러블 센싱용 도포식 복합재료를 활용한 건축마감재 개발**

- 최근 제시되고 있는 첨단 센서 기술은 산업현장, 연구소, 의료기관, 군사 및 우주탐사에 이르기까지 사회전반의 요구에 의하여 급속하게 발전되고 있음
- 첨단 나노센서 기술을 건축물 유지관리분야와 웨어러블 센싱기술로 구현하기 위해 **인간의 감각기관과 유사한 스마트 건축물 신경네트워크 역할을 하는 센서로 부재 및 마감재에 적용할 필요**성이 큼
- 기존 특정지점에 대한 게이지 센서 기반 안전진단 방식은 여러 지점 동시 관측이 불가능하며, 소형화, 저전력화, 가격저렴화의 한계와 센싱을 위한 복잡한 케이블 시공이 불편하며, 전자기 잡음 영향을 받는 한계가 있음
- **탄소나노튜브 및 그래핀은 현재까지 나노 물질 중에서 전기적 특성이 가장 우수하므로 최고의 센서물질**이 될 것이며, 탄소나노튜브센서의 대량합성 및 제조공정에 문제가 있어 현재 전면적 적용에 어려움은 있으나 향후 최근 다양한 생산 기술의 혁신으로 이러한 단점이 점차 해소될 전망임
- 경제적 측면: 건축물 마감재의 표면 손상에 따른 인명, 재산, 복구비용 규모가 막대함
- 산업적 측면: 다양한 목적의 센싱용 건축마감재의 추가 개발 및 기술 확산가능성 큼
- 정책적 측면: **건축물 안전을 위한 기존 포인팅 센싱기법을 광전면 센싱으로의 페러다임을 전환시킬 수 있는 효과가 큼**
- **다양한 분야의 전문분야가 융합하여 과제를 수행**해야 하는 만큼 **상호작용성, 융합성, 기술개발의 적시성 등의 특성을 고려할 때 정부지원 하의 연구개발 추진이 필요**함

○ **ICT 기반 센서 융합 보강재를 활용한 건축물 구조성능 개선 통합 솔류션 개발**

- 건축물은 시간에 따른 **내구성 저하 및 국내 지진발생 빈도**의 증가에 따른 건축물의 안전성과 사용성이 중요한 큰 문제점으로 대두되고 있음. 최근 국내에는 **건축물이 장기간 동안 진행된 노후화로 인하여 안전성 문제가 증가하고 있는 추세**이며, 이러한 문제는 국내뿐 아니라 세계적으로 대두되고 있음
- 건축물의 구조성능을 향상시키기 위하여 시공성과 보강성능이 우수한 FRP재료를 활용한 보강기술 개발 연구가 다양하게 수행되었으나, 동시에 **구조 성능 및 안전성을 연속적이며 실시간 모니터링 할 수 있는 기술개발이 부족**함. 따라서 **건축물의 보다 높은 수준의 안전성 확보를 위하여 보강재 및 안전모니터링 역할을 동시에 추구하는 하이브리드 기술개발**을 통한 통합 및 생애주기 최적화 기술이 향후 세계적으로 주목을 받을 것으로 전망됨

○ **모듈화된 센서 내장형 패널을 활용한 수직부재 구조성능 개선기술**

- **기존 건축물의 실시간 유지관리를 위한 ICT 기술 개발의 필요성이 증대**되고 있으나, **현재 신축건물을 대상으로 한 연구가 주류**를 이루고 있음
- 최근 급격히 증가하고 있는 리모델링 시장에서, **모듈화한 제품을 사용하여 구조성능 개선과 함께 유지관리의 첨단화의 필요**
- **향후 대량 생산 및 저가격화를 위한 독창적인 상용화 기술의 신규 개발을 통한** 고가의 장벽을 혁신적으로 낮추게 되어 **건축물 분야의 ICT 대중화 유도**
- 경제적 측면: 건축물의 리모델링시 구조보강과 함께 ICT기술을 접목할 수 있는 기술 확보를 통하여 국가 경쟁력 향상
- 산업적 측면: 고품질 건축물의 보강 및 실시간 유지관리를 위한 첨단 ICT 융합 기술의 제품화 및 산업화 기여
- 정책적 측면: 융합 기술 기반의 단기적 지능화 건축물 관리 및 장기적 안전 확보
- ICT센서의 실용화를 통한 지능형 건축물 대중화를 위하여 정부지원하에 효율적이고 체계적인 대응방안 수립이 필요함

○ **빅데이터 딥러닝 기반 건축물 성능개선 평가기술 진화모델 개발 및 실증**

- 국토부 통계자료(2014)에 따르면 20년 이상 건축물이 약 58%, 10년~20년 된 건축물이 약 24%로 노후화 현상이 심각하며, 노후화를 개선하기 위한 성능개선 시장의 규모가 지속적으로 증가

하고 있음

- 건축물의 성능개선 방안을 수립해야 하는 실무 기술자는 필요성에 대한 판단과 적정 성능개선을 위한 재료 및 공법을 선정함에 있어서 표준화된 명확한 기준을 가지지 못하므로, 실무 기술자의 경험적 판단을 통해 성능개선 방법을 제시하고 있음
- 건축물 성능개선을 위한 다양한 보수·보강 요소기술들이 국내 연구개발을 통해 개발되었으나, 미국이나 일본 등 선진국 대비 건축물 상태와 잔존수명을 고려한 적절한 성능개선 방안을 결정하는 시스템 구축은 매우 미흡하고 그에 관련된 연구 역시 미진한 편임

3. 연구개발내용

□ 세부과제별

연구내용 [2-1세부과제] 실증 건축물 유지관리를 위한 BIM-COBie 연동 모듈 및 BIM 역설계기술 개발

○ ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 기획

- 건축물 안전진단 및 유지관리 프로세스 및 적용현황 분석
- 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 실증을 위한 고려요인 분석
- 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 실증을 위한 평가요소 도출·선정
- 테스트베드 적용을 위한 상충·간섭요인 분석 및 해결방안 마련
- 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 시험단지 선정

○ BIM-COBie 연동 모듈 및 시스템의 기초 기술 확보

- DB 구축을 통한 개별 요소 기능 및 특성 정립
- IFC 속성정보 정의 및 유지관리 요구 정보 추출
- 유지관리 모델 스키마 정의 및 BIM 모델링 기술 개발
- BIM 기반 유지관리 검토를 위한 요구 속성정보 정의

○ 유지관리용 BIM 역설계의 기초 기술 확보

- 안전 진단 및 점검 기준 분석
- 드론 및 레이저스캐너 형상정보 DB 구축
- 안전점검 및 에너지성능평가 등의 유지관리 시나리오 개발

○ BIM-COBie 연동 모듈 및 시스템의 적용 요소 기술 개발

- 국내실정을 반영한 요구 속성정보 정의
- 유지관리 BIM 모델 스키마 정의
- 유지관리 BIM 라이브러리 구축

○ **유지관리용 BIM 역설계의 적용 요소 기술 개발**

- BIM-COBie 기반 형상정보 전송 플랫폼 개발
- BIM 기반 유지관리 점검기술 개발
- 유지관리 POE 분석 및 개선방안 도출
- BIM연동 정보처리기술 개발

○ **BIM-COBie 연동 모듈 및 시스템의 핵심 기술 개발 및 시스템 구축**

- 유지관리를 위한 BIM 템플릿 개발
- BIM-COBie 모델 정보공유를 위한 유지관리 IDM/MVD 개발 및 IFC Binding 기술개발

○ **유지관리용 BIM 역설계의 핵심 기술 개발 및 시스템 구축**

- 1단계 역설계 기술 개발
- BIM Data분석 기반의 점검 부위 추적 시스템 개발
- BIM-COBie 기반 모니터링 기술 개발
- 실시간 관리/점검 기술 개발

○ **BIM-COBie 연동 모듈 및 유지관리 시스템 개발 및 검증**

- 국제표준 연동 모듈 개발
- BIM연동 구조체 열화(강도, 균열, 두께 등) 분석 알고리즘 개발
- 시범사업 추진을 위한 연동모듈 피드백을 통한 시스템 개선
- 테스트베드 검증

○ **유지관리용 BIM 역설계 기술의 시스템 적용 및 검증**

- 스마트 측정장비와 BIM 정보공유 시스템 구축
- 테스트베드 검증

[2-2세부과제] 계측데이터의 이력 및 상관관계 분석을 통한 시공중 안전 및 후 구조안전성 관리기술

○ **기존 유/무선 계측장비를 활용한 시공 중 구조거동 특성분석 및 구조안전 평가기법 개발**

- 위험시나리오 선정 및 시공단계해석을 이용한 시공 중 구조모델링
- 시공 단계별 구조반응 이력데이터 수집을 통한 주요 구조부재의 구조거동 상관관계 분석
- 센서간 이력데이터 및 관계분석을 통한 시공 중 구조안전 평가기법 개발

○ 기존 계측장비를 활용한 시공 후 구조거동 특성분석 및 구조안전 평가기법 개발

- 노후화 등 건축물의 구조특성변화를 고려한 구조모델링
- 시간 경과에 따른 주요 부재의 구조반응 이력데이터 수집 및 구조거동 상관관계 분석
- 센서간 이력데이터 및 관계분석을 통한 시공 후 구조안전 평가기법 개발

○ 테스트 베드 적용을 통한 기술 검증 및 개선

- 계측시스템으로부터의 실 계측 데이터 수집 및 개발 기술 검증
- 실용화를 위한 센서위치, 센서타입, 분석용 센서조합에 관한 데이터 분석 기술 지침서 작성

[2-3세부과제] 나노급 첨단기초소재 기반 웨어러블 센싱용 도포식 복합재료를 활용한 건축마감재 개발

○ 테스트 베드 적용을 통한 기술 검증 및 개선

- 계측시스템으로부터의 실 계측 데이터 수집 및 개발 기술 검증
- 실용화를 위한 센서위치, 센서타입, 분석용 센서조합에 관한 데이터 분석 기술 지침서 작성

○ 웨어러블 센싱 기술의 건축물 적용성 및 건축물 내외장 재료 특성 분석

- 건축물 외피구성재료별 센서 적용방안 검토
- 나노센서 복합소재와 적용가능한 마감재료 분석
- 웨어러블 센싱 복합소재의 신호전달 매체 분석

○ 나노센서 소재의 요소기술 특성 분석

- CNT센서/그레핀의 전기 화학적 특성 및 복합기능 특성 분석
- 웨어러블 센싱 복합소재의 분산/배합 특성분석 및 코팅기술 조사 분석
- 탄소나노튜브센서 및 마감재료의 복합기능성 분석

○ 웨어러블 센싱용 복합소재 최적 배합비 도출 및 평가

- CNT센서와 건축마감재료의 혼입특성 분석
- 웨어러블용 첨단 센서 재료의 최적 배합비 도출
- 웨어러블 센싱용 복합소재 시제품 개발 및 기본 물성 평가

[2-4세부과제] ICT 기반 센서 융합 보강재를 활용한 건축물 구조성능 개

선 통합 솔션 개발

○ 기존 첨단센서와 보강재를 융합한 신소재 개발

- 레이저센서, 영상기반 변위측정기, 광섬유센서 등의 기존 센서의 현황 및 미래기술 체계화
- 첨단 ICT 센서와 보강재를 융합한 신소재 개발

○ 첨단 ICT 기반 센서융합 신소재를 활용한 구조물 보강성능 평가 및 적용성 검토

- 부재단위(보, 기둥, 보-기둥 접합부, 골조, 브레이스, 등)의 성능실험
- 기존 보강재와의 보강성능 비교
- 기존 센서와의 성능 비교 및 적용성 검토

○ 웹기반 보강구조물 안전모니터링 시스템 구축

- 보강 구조물의 실험 및 해석 Database 구축
- 센서융합 신소재를 적용한 보강 구조물 안전성 평가 기술 개발
- 웹기반 보강구조물 안전모니터링 시스템 개발 및 구축

○ 앱기반 건축물 성능개선 및 안전모니터링 시스템 구축

- 안전모니터링 시스템 기술의 체계화
- 건축물 안전성 평가 적용 기술개발
- 모바일 앱 안전모니터링 기술개발
- 앱기반 첨단 ICT융합 하이브리드 신소재를 활용한 건축물의 성능개선 및 안전모니터링 기술의 설계, 시공, 유지관리 지침(안) 개발

[2-5세부과제] 모듈화된 센서 내장형 패널을 활용한 수직부재 구조성능 개선기술

○ 기존 스마트 센서를 활용하여 첨단 ICT기능이 내장된 패널형 수직부재 보강장치 개발

- 모듈화된 패널형 보강부재 상세 및 저항기구 연구
- 첨단 ICT기능이 내장된 패널형 보강장치 및 시스템 제안

○ 개발된 패널형 수직부재 보강 시스템의 알고리즘 구축 및 성능평가

- ICT 정보를 활용한 부재거동 모니터링을 위한 알고리즘 연구
- 개발장치의 구조성능 규명 및 해석 프로세스구축

○ 설계법 구축 및 개발장치를 이용한 구조거동 예측모델의 최적화 및 실용화

- 개발장치의 설계법 및 센서정보 판정 절차 구축

- 종합 유지관리 프로그램과의 연계 네트워크 접속 연동기술 구축
- 개발장치를 이용한 건물의 구조거동 예측모델 최적화 및 실용화

(기타사항: 관련 특허 출원/등록 등 기술개발 실적을 보유한 참여기업 필요)

[2-6세부과제] 빅데이터 딥러닝 기반 건축물 성능개선 평가기술 진화모델 개발 및 실증

○ 기존 성능개선 공법 실험데이터의 핵심정보 디지털화 프로세스 개발

- 기존 문서, 파일 등 다양한 규격과 형태의 실험보고서 및 데이터의 디지털화 자동프로세스 구축: 무규격으로 수행된 과거 실험 연구결과를 추출하는 자동화 프로세스 개발
- 기존 건축물 성능개선 기술의 상세정보를 추출하여 오픈소스에 기반한 빅데이터(원형)로 구축

○ 건축물 잔존 사용기간에 대한 AI 기반 성능개선 최적화 기술 개발

- 구조부재 유형 및 상세별로 주요 공법의 성능개선 수준을 평가하는 AI모델 개발
- 구조부재 유형 및 상세별로 주요 공법별 비교 및 최적화 기술
- 건축물 최적 성능유지를 위한 경제·효율적 성능개선 방안도출: 빅데이터 기반 AI모델 활용 건축물 성능유지 전략수립

○ 건축물 성능개선 최적화 기술의 실험검증

- 구조부재(기둥, 보, 벽체)에 대한 성능개선 최적화 기술의 실험검증(2~3차년도)
- 재난위험건축물에 대한 성능개선 최적화기술 적용성연구(2~3차년도)
- 골조에 대한 성능개선 최적화 기술의 실험검증(3~5차년도)
- 건축물에 대한 성능개선 최적화 전략의 검증을 위한 장기실험 수행 및 장기 데이터 계측

○ 장기계측 데이터 활용 빅데이터 자동업데이트 기술과 딥러닝 기반 성능개선 평가기술 진화모델 개발

- 계측된 데이터를 활용하여 건축물 시스템 정보 인식 및 유한요소모델 캘리브레이션 기술 개발
- 성능개선 후 장기계측된 데이터를 활용한 빅데이터 자동 업데이트
- 성능개선 후 장기계측된 데이터를 활용한 딥러닝 기술 기반 성능개선 평가기술 진화모델
- 건축물 잔존 사용기간에 대한 성능개선 최적 전략 업데이트

○ 실무적용을 위한 전산 프로세스 제시
- 실무에서 사용이 용이한 전산 시스템 및 웹 환경제공(클라우드 지원, 서비스 편의 지원)을 위한 오픈소스 기반 프레임워크 구축

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 표준화
- 유지관리 BIM 객체분류체계 및 정보모델 표준
- 기존 FM 데이터의 연계 및 정보구성 표준

○ 시스템 구축 및 체계화
- BIM기반 손상상태 평가 기술
- BIM기반 유지관리 전자매뉴얼 구축 기술
- BIM기반 시설물 점검 시스템 구축

○ 국내외 관련 문헌 및 자료수집
- 시공 중 붕괴 원인 사례조사를 통한 위험시나리오 선정
- 문헌조사를 통한 노후화 및 손상 등 시공 후 시간 경과에 따른 주요 구조특성변화를 분류 및 선정
- 실시간 모니터링 사례를 통한 분석 대상 구조반응 정의
- 기존 시공 중/후 안전 평가 지표 활용
- 주요 하자사례의 체계화
- 국내외 학술회의 참석 및 선진사례 견학
- 국가전자과학도서관을 활용한 문헌정보 수집
- 유사사례 및 관련사례 중심의 ICT기술 관련 자료 수집
- 안전모니터링 관련 국내외 기술 동향 조사 및 자료를 통한 성능개선 통합솔루션개발 관련기술 자료 수집

○ 연구기관 및 관련부처의 협의
- 구조물 보수보강 및 안전진단 국내외 전문기관(한국시설안전기술공단 및 안전진단 전문 업체) 활용(공동연구 또는 위탁연구 등)

○ 협력산업체 네트워크 구성
- 관련 전문기관 방문조사 및 협의, 외국 전문가 초빙, 융복합기술 협의체 구성
- 정기적인 기술세미나, 유수 관련기관과의 MOU 체결

○ 국내 건설 환경을 고려한 성능개선 기술 및 관리체계 분석
- 첨단 ICT 기술 적용양상의 장단점 분석

- 국내외 보수·보강 기술 장단점 분석
- 실험, 해석, 실건축물의 적용이 유기적으로 연결되기 위한 실험수행, 해석모델 구축 및 테스트베드 건축물 적용
- 국내외 진동 및 음향평가 기술의 장단점 분석
- 건축물 진동·소음 환경개선을 위한 실수요자의 요구반영
- 실험, 해석, 건축물의 적용이 유기적으로 연결되기 위한 실험수행, 해석모델 구축 및 테스트베드 건축물 적용

○ 연구방법론의 검토 및 분석 방안

- SWOT 분석을 통한 연구의 최적방향 설정
- 지속적인 연구진 회의 및 토론 실시
- 정량적인 자료의 선정 및 타당한 공학적 접근법
- 실계측 데이터 확보 및 DB 구축

○ 성능개선 기술도출 개발절차의 단계별 자문 및 자문 의견 반영

- 전문가 자문단 구성(ICT 요소기술 전문가, SHM 기술 전문가, 신기술 컨설팅 전문기업 등)
- 전문가 초빙 세미나 및 자문회의 개최
- 전문학회 기술표준 위원회 심의 상정
- 워크숍과 공청회를 통한 설명회 및 의견수렴
- 요소기술 별 국내외 기술/적용사례 조사를 통한 기술성숙도 파악 및 최적기술 선정

○ 기술이전 및 기술지도

- 개발 기술은 참여기업 및 협력업체의 실용화 협조를 바탕으로 실용성을 개선하고 완성하여 우선적으로는 참여기업 또는 협력업체에 기술지도와 함께 기술이전

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

○ BIM-COBie연동 모듈 시스템 및 유지관리용 BIM 역설계 기술

○ 시공 중/후 건축물 안전성 평가 및 관리를 위한 계측데이터 분석 지침서 및 프로그램

○ 광전면 센싱이 가능한 고감도 센서재료를 활용한 도포형 마감재 코팅 기술 및 시제품 개발

	○ ICT 융합 하이브리드 신소재를 활용한 건축물 구조성능 개선 통합 솔류션 개발 ○ 첨단 ICT기능이 내장된 패널형 수직부재 보강장치 및 모니터링 시스템 ○ 빅데이터 딥러닝 기반 건축물 성능개선 평가기술 진화모델 개발
6. 활용방안 및 기대효과	
□ 활용방안	○ 실무기술자 - 건축물 안전진단 및 유지관리 관련 **신규수요 창출** - ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술 **테스트베드 구축결과를 활용한 기업 및 공공 지원** - **창업지원기관과의 연계협력으로 시너지 효과 창출** - 전문 교육과정 개발을 통한 ICT 기반 건**축물 안전진단 및 유지관리 전문인력의 배출** - 교육기관을 활용한 **기술인력의 저변확대** 및 ICT 기반 **건축물 안전진단 및 유지관리 산업의 첨단화** 도모 - ICT를 기반으로 한 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 **신뢰성, 정확성 실무자의 전문성 확보** ○ 국가기관 - ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술관련 **인프라 활용 증대** - 각종 시방, 기준 및 지침(안) 개발을 통한 안전진단 및 유지관리 **기술의 선진화 도모** - 각종 법률 및 제도 개선안을 통한 ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 산업의 **안전성 및 기술성 제고 및 선진화 도모** - 건축물의 안전진단 및 유지관리 기술의 **성능, 안전, 품질에 대한 정량적인 평가**에 활용
□ 기대효과	○ 경제적 측면 - 국내 표준 유지관리 시스템 개발을 통한 **세계시장 개척** - **시공 중 안전사고율 감소** - 첨단 나노 센싱 재료 개발을 통한 계측기술 개선 및 신 건설시장 창출 - 철근콘크리트 구조물의 장수명화에 따른 **노후 철근콘크리트 구조물 철거 방지 및 건설폐기물 축소에 따른 경제성 확보** 및 환경오염 방지 - **국산화된 첨단 FRP 복합보강재 및 신기술 확보에 따른 수입대체** 효과 - **첨단 ICT기술 내장형 보강부재개발 및 실시간 유지관리 시스템 개발**을 통한 계측기술 개선 및 **신 건설시장 창출**

- 다학제적 공동연구를 통한 수요에 맞는 설계인력 및 첨단 ICT 센서 기반 네트워킹 관련 기술인력 양성
- 첨단 ICT 기반의 건축물 성능개선 및 유지관리 업무의 효율화, 건설관리 정보 및 유지관리의 지속적 활용, 사전 예방적 유지관리, 유지관리 및 안전모니터링에 대한 통합 정보자원 제공 등에 활용

○ **기술적 측면**

- ICT기반 국제표준 연동 **BIM 지식·정보 환경 구축**
- ICT-BIM기반 **국내 표준 기술 확보**
- 건축물 **구조안전관리 시스템의 활용성** 및 신뢰성 **증대**
- 실무 엔지니어링 업무에서의 적용 확대
- **건축물의 장수명화**
- 건축물 상시 계측기술 개선을 통한 마감재 설계 및 보강기술 보급
- 첨단 나노 센서와 고분자소재 융합기술 분야 발전에 기여
- **자가 진단 기능**을 갖는 주요 **구조물 관리의 효율화** 및 **구조물 주요파괴 인자인 균열과 손상 등에 대한 초기 탐지 기술 활용**
- 노후 및 성능 저하된 철근콘크리트 구조물의 성능향상 시 구조성능 확보효과

○ **정책적 측면**

- 실시간 모니터링 기능을 갖는 주요 구조물 관리의 효율화 및 구조물의 실시간 거동계측을 통한 **유지관리 자료확보 및 활용**
- 빅데이타 관리를 통하여 건축물 성능개선 지침(가이드라인)**을 위한 정책자료로 활용**.

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2016 . 9 ~ 2021 . 8 (5 년)

- 1차년도 연구개발기간 : 2016 . 9 ~ 2017 . 8 (12 개월)

※연구비 산정 참고

○ 총 정부출연금 : 5,900백만원 이내
(예산 집중 소요기간 1~4차년도)

- 1차년도 정부출연금 : 1,180백만원 이내

○ 총 민간부담금 : 2,100백만원 이내

8. 기 타 *(필요시 내용 수정 가능)*

4. 3세부과제 RFP

제3세부 과제명	ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리를 위한 플랫폼 구축 및 실용화
1. 연구개발 목표	
	○ ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 실증 ○ ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 적용을 위한 플랫폼 구축 ○ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 확산을 위한 관련 제도 및 관련법 개선방안 ○ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술에 대한 정량적 성능평가 및 인증시스템 개발
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 기획 및 실증 지원 - **국가 R&D 성과물의 실용화**는 신규산업, 시장 그리고 일자리가 창출된다는 측면에서 정부에서 주도하는 **'창조경제' 구현의 필수적인 요건**임. 그러나 **건설분야 R&D 성과물의 경우 건축물 또는 사회기반시설에 활용**되기 때문에 일반제조업에 비해 활용이 어렵다는 특성을 가지고 있어, **성과물을 활용하기 위해서는 연구개발의 특성에 기반한 구체적인 프로세스 수립**이 필요함 - ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술은 **전통적인 건설산업과 정보·통신산업(ICT)의 기술 및 산업적 경계를 넘는 융합기술**로서 개발 기술의 실용화를 이루어 내기 위해서는 건설분야 뿐만 아니라 정보·통신분야의 **다양한 이해관계자(연구기관, 발주처, 시공사, 설계회사, 전문건설회사, IoT 관련업체, 생산회사(제조업) 등)의 협업체계를 구축**하고 **지속적인 피드백을 통해 개발기술의 보완 및 개선의 과정**이 필요함 - ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술이 조속히 시장에 수용되어 경제적 성과를 창출하기 위해서는 **산·관·학·연 네트워크에 기반한 연구개발 결과에 대한 신뢰성과 우수성의 입증이 선결되어야 하며**, 이는 단기간에 확보할 수 없으므로 **정부 차원의 지원을 통한 테스트 베드 구축이 필요**함

○ ICT 기반 안전진단 및 유지관리 핵심기술 활용 플랫폼 구축

- 최근 건설산업은 **공급자 중심(건설업체, 공공기관 등)의 기술개발에서 수요자 중심(이용자)의 기술개발로 그 패러다임이 변화**함에 따라 개발자의 일방적인 기술공급이 아닌 **기술공급과 수요가 상호작용하는 양방향적 시스템의 요구가 증대**되고 있음
- ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리기술의 체계적인 관리와 적용확산을 위해서는 **공급자와 기술수요자, 실무자의 상호적인 정보교류 및 실시간 대응이 가능**하고 **접근성이 용이**하며, **공통적인 실행환경을 제공**할 수 있는 **플랫폼 구축이 필요**함

- **첨단 IT기술과 융합**을 통한 **생산성 향상** 및 **새로운 시장의 창출**을 요구하는 세계건설시장의 흐름에 부합하며, **건축물 관리 효율성 증대** 및 **시스템화된 관리시스템 기술**을 구현함으로서 점차 증가하고 있는 유지관리 비용을 절감할 수 있는 **사용자 기반 통합 플랫폼**의 개발을 통하여 첨단기술 기반의 기술개발 및 적용을 강조하고 있는 선**진국 주도의 건설기술 시장의 선도**가 필요함

○ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 확산을 위한 제도 및 관련법 개선방안

- 건축물 안전진단 및 유지관리 관련 **제도 및 정책 등에 대한 연구지원이나 관련 기술개발에 대한 연구가 거의 없는 실정**이며, ICT를 기반으로 한 건축물 안전 및 유지관리에 관한 **인력 양성기관 및 전문기술에 대한 자격제도 등이 갖추어져 있지 않음**
- ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술에 **중장기적인 대비가 없었으며**, 관련 각종 **제도나 법체계, 체계적 계획 및 설계기준, 각종 지침 및 기준 등이 마련되어 있지 못함**
- ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 핵심기술을 통한 **사전 예방적 안전 및 유지관리 체제로 전환 필요**
- 건축법에서 유지관리 관계조항은 건축법 제35조(유지관리와) 제110조(벌칙)가 있음. 제35조에서는 유지관리주체 및 대상, 유지관리 정기점검, 기준 및 절차 등을 규정함
- 시설물안전관리에 관한 특별법에서는 안전점검 및 정밀안전 진단, 안전조치, 시설물의 유지관리방법, 한국시설안전공단 등에 대한 내용을 규정하고 있음
- 건축물 안전진단 및 유지관리 분야가 실용화 될 수 있도록 공공/민간에 대한 시스템 지원방안 및 **건축물 안전 및 유지관리 통합법이 필요**함

○ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리의 정량적 성능평가 및 인증시스

	템 개발 - 최근 건축물의 안전 및 유지관리 기술의 중요성과 계측 기술 및 ICT를 기반으로 한 기술은 **국민의 안전 및 재산보호를 위하여 중요한 분야이며, 개발된 기술의 성능, 안전, 품질 등에 대한 객관적 검증이 필요**함 - 사용자의 신뢰성을 확보하여 국가적 측면에서 객관적인 표준 기준을 정립하고 이를 이용하여 ICT를 기반으로 한 건축물의 안전 및 유지관리 기술을 대상으로 **객관적인 신뢰성을 확보하기 위하여 성능, 안전, 품질 등에 대한 인증을 부여하는 제도가 필요함**
□ 기술동향	○ **ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 기획 및 실증** - 국토교통부를 중심으로 한 R&D 투자액은 연간 약 5,000억원 수준까지 증가하여 **과거에 비해 기술개발의 양적/질적 성장**을 가져 왔으나 가장 중요한 **실제 사업 혹은 현장 적용 측면에서는 높은 성과를 보여주지 못하였음** - 건설 및 공공인프라 사업의 수요자인 정부, 지자체, 기업 등은 **새로운 기술 적용에 따른 원가상승 부담 및 국민이 고객인 시설물에 대한 안전성 확보** 등을 이유로 **안전하고 검증된 기술을 선호**하여, **R&D 성과물에 대한 자발적 적용에는 매우 소극적**임 - **건설분야**는 **최종 활용단계까지의 기간이 상대적으로 길게 소요**되는 반면 **정보·통신분야**에서는 **신기술을 적용한 제품발전의 사이클이 매우 짧음.** 따라서, ICT 융합기술의 실용화는 이러한 **기술적인 시간차를 극복하고, 적용성을 분석·개선하는 것이 관건**임 ○ **ICT 기반 안전진단 및 유지관리 핵심기술 활용 플랫폼 구축** - 최근 건설산업은 기업간 경쟁의 심화와 수요의 분화로 인해 **기술공급자 중심에서 기술 수요자 중심으로 그 산업의 구조가 변모**하고 있음. 특히 IoT 기술, 모바일 기기 등 IT를 접목한 **첨단기술의 보급으로 인해 다양한 서비스를 언제 어디서나 이용하고 하는 수요자의 요구가 지속적으로 증가할 것으로 예상**됨 - 미국(2012, FMI), 영국(2013, HM Goverment) 등 선진국의 경우 **건설시장 침체를 벗어나기 위해서 건설산업의 근본적인 변화 혁신을 요구**하고 있으며, 여기에는 **건설수요를 고려한 첨단기술 기반의 기술개발을 매우 강조**하고 있음 ○ **ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 확산을 위한 제도 및 관련법 개선방안** - 1970년대 고도 경제성장기 이후 급격한 도시개발과 더불어 **건축물이**

기하급수적으로 증가하였고, 현재의 건축물 현황을 보면 **저·중층 위주의 건축물과 20~30년 이상의 건축물이 매우 높은 비율을 차지**하고 있으며, 그 상당수가 건축년한의 경과와 함께 **노후화가 진행 중**임

- **안전진단 및 유지관리란** 건축물의 안전 확보를 통하여 **국민의 생명과 재산을 보호**하는 것으로 건축물이 고층화 및 대형화되는 추세와 사회가 복잡해짐에 따른 **인적재해 증가, 이상기후 등에 따라 중요성이 강조**되고 있음
- 건축물의 안전진단 및 유지관리는 **인력 기반의 안전점검 및 정밀안전진단을 수행하던 전통적 방식**에서 **ICT 기술과의 융합을 통한 정보화 유지관리 기술로 점차 확대 적용되는 추세**이며 **제도 및 관련법이 절실하게 필요**함

○ **ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리의 정량적 성능평가 및 인증시스템 개발**

- 건축물 안전진단 및 유지관리의 자동화·효율화를 위해 다양한 **센싱 및 모니터링 기술에 대한 연구개발이 시도되었으나 내구성 및 신뢰도 등의 부족**으로 인해 직접 건축물의 안전성 평가에 활용하는 단계까지는 이르지 못하여 건축물에 적용 가능한 **ICT기반 핵심기술개발이 요구**됨.
- **미국과학재단(NSF) "센서와 센싱 시스템"** 개발프로그램을 통해 2000년도 중반까지 **약 6500만 달러 연구 투자**
- **영국**은 건설산업의 경쟁력 강화를 위해 지속가능한 **건설기술로서 ICT, 유지관리 건설자재 구조 전기 등 8개 분야에 R&D투자**
- 최근에는 **건축물의 종합적인 평가항목 및 평가기준을 개발**하여 건축물의 구조적 안정성, 설비노후도, 거주환경성능, 유지관리 적정성 등의 건축물의 종합적인 유지관리 성능을 평가하고자 하는 규정들이 만들어지고 있으며 이러한 **미국의 건물 유지관리 관련 규정 검토는 사용자와 전문가들의 협력체계에 초점을 맞추고 있음**

3. 연구개발내용

□ 세부과제별 연구내용

[3-1세부과제] ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 기획 및 실증

○ **ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 현장적용을 위한 협업체계 구성**

○ **ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 기획**

- 건축물 안전진단 및 유지관리 프로세스 및 적용현황 분석
- 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 실증을 위한 고려요인 분석

- 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 실증을 위한 평가요소 도출·선정
- 테스트베드 적용을 위한 상충·간섭요인 분석 및 해결방안 마련
- 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 시험단지 선정

○ **ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 실증 및 개선**
- 건축물 대상별, 유형별 테스트베드 실증 및 실무자 요구사항 도출
- 요구사항 반영을 위한 기술적 타당성 평가와 보완 및 개선 방향 설정
- 기술 표준화를 위한 업계 수요조사와 전문가 의견 수렴
- 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 전문시방서 작성

○ **ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 적용을 위한 매뉴얼 개발**
- 건축물 대상별, 유형별 핵심기술 적용을 위한 고려요인 분석 및 주요 요소 도출
- 건축물 대상별, 유형별 핵심기술 적용을 위한 프로세스 개발방향 설정
- 건축물 대상별, 유형별 핵심기술 적용을 위한 프로세스 개발
- ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 적용방법 체계화
- ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 기술 적용 매뉴얼 개발

[3-2세부과제] ICT 기반 안전진단 및 유지관리 핵심기술 활용 플랫폼 구축

○ **플랫폼 구죽을 위한 ICT 기반 건축물 평가등급에 따른 안전진단 및 유지관리 통합 솔루션 개발**
- 건축물 대상별, 유형별 평가등급에 따른 안전진단 및 유지관리 기술 체계화
- 입력 건축물 응답 데이터 및 부재성능 데이터를 근거로 한 대상별, 유형별 평가등급에 따른 건축물 이력 Database 구축 및 분석 알고리즘 개발
- 입력 데이터 분석 결과를 바탕으로 건축물 유지보수를 위한 건축물 시스템 수준의 성능상태 평가 알고리즘 및 통합 솔루션 개발

○ **건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 핵심기술 적용을 위한 사용자 기반 오픈소스 플랫폼 구축**
- ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 핵심기술 필요정보 분류체계 정립

- 건축물 유형 및 특성을 고려한 플랫폼 세부체계 제시
- 핵심기술별 데이터 표준화를 위한 오픈소스 Middleware 프로그램 개발 및 플랫폼 세부체계를 고려한 알고리즘 개발
- 기술공급자, 수요자, 실무자에게 공통적인 실행환경을 제공할 수 있는 사용자 기반 오픈소스 통합 플랫폼 개발

○ ICT 기반 안전진단 및 유지관리 통합 플랫폼 테스트 베드 적용 및 기술정보 사업지원

- 테스트베드 시범단지에 플랫폼 기술 적용 및 실증
- 테스트베드 적용 결과를 피드백하여 기술 개선 및 보완
- 플랫폼 사용자 환경을 고려한 인터페이스 개선
- 건축물 안전진단 및 유지관리체계와 연계한 실시간 안전확보기술 성과지표 확립
- 건축물 안전진단 및 유지관리 기술정보 및 사업지원

3-3세부과제] ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 확산을 위한 제도 및 관련법 개선방안

○ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 확산을 위한 관련 제도 개선

- 건축물 안전진단 및 유지관리 관련 국내 현행 제도의 검토 및 분석
- 선진국의 ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 관련 제도, 기준 검토 및 분석
- 건축물 안전진단 및 유지관리 산업을 위한 제도의 개선안을 도출

○ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 관련 전문인력양성 방안 마련

- ICT 융합 기술 분야에 특화된 교재 및 교육프로그램 개발
- ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 분야의 전문인력 확보를 위한 홍보 및 교육컨텐츠 개발
- ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 분야의 실무 적용성 확대를 위한 전문인력양성 방안 마련

○ 건축물 안전 및 유지관리 정책 제안

- 국내외 현행 법규 분석 및 체계화 하여 관련 정책의 개선방안을 제시
- 관련부처와의 협의를 통하여 건축물 안전진단 및 유지관리 산업 관련 법규 개선
- (가칭)건축물 안전 및 유지관리 정책 제안

○ 연구완료후 5년, 10년 후에 대한 시장성 예측 및 경제성 분석 수행

[3-4세부과제] ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리의 정량적 성능평가 및 인증시스템 개발

○ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 성능평가 개발

- 국내외 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 동향
- 국내외 건축물 안전진단 및 유지관리 기술 관련 성능평가 표준화 동향
- ICT 기반 기술의 성능평가 관련 법령 및 제도적 방법 개선
- ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 성능평가 방법 및 기준 개발
- ICT 기반 기술의 성능인증 과정 및 절차 프로세스 개발

○ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 인증시스템 개발

- 건축물 안전진단 및 유지관리 관련 인증 현황 분석
- ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 표준안 개발 방안
- ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 활성화를 위한 인증평가 전문기관의 지정 및 운영방안
- 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 활성화를 위한 관련 법령 정비 방안
- ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 인증시스템 구축(안) 마련

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 성과검증을 위한 테스트베드 대상건물 및 추진방법

- 테스트베드(test-bed) 관련 적용 대상 건물은 본 연구를 통하여 개발 예상되는 신기술과 계측장비 등의 실용화를 위하여 테스트베드 실시 예정기관과 부합되는 신축건축물 1동(예: 공동주택, 관공서, 민간건축물 등) 또는 기존 건축물 1동을 선정하여 종합적인 차원의 ICT기반 안전진단 시스템을 검증함.

○ 국내외 관련 문헌 및 자료수집

- 국내외 학술논문, 보고서 등 분석 및 자료수집
- ICT 융합 관련 제도 및 정책 동향 분석
- 국내외 ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 관련 교육용 교재 및 교육 프로그램의 실시여부 조사
- ICT 융합 기술 관련 전문인력양성 추진현황 및 자료 분석

○ **연구방법론의 검토 및 분석 방안**

- 전문가 및 연구진의 지속적인 회의를 통한 제도·정책 개선방향 설정 및 방안 도출
- 전문가 활용을 통한 교육용 교재 및 프로그램 개발

○ **연구기관 및 관련부처의 협의**

- 국내 건축 관련 학회 및 협회의 협의를 통한 도출된 제도·정책의 신뢰성 확보
- 전문가의 검토를 통한 건축물 안전진단 및 유지관리 통합법(안) 제시
- ICT 기반 건축물 안전 및 유지관리 제도·정책 및 전문인력양성에 대한 공청회 실시

○ **기술수요조사**

- 산학협력체계와 유기적인 관계 구축을 통한 실용적 연구성과 도출 및 산업화를 위하여 협력산업체 네트워크와 산학기술협의회를 구성하여 매년 2회 이상 기술자문회의 및 산업체 요구기술을 수요조사하여 과제에 반영

○ **협력산업체 네트워크 구성**

- 산업체 요구의 기술 수요조사 협조
- 실무 지향 인력양성을 위한 학부/대학원생 실무실습 협조
- 매년 기술설명회, 기술교류회, 워크숍에 참여 및 개발 기술의 실용화에 협조

○ **산학기술협의회 구성**

- 관련 분야 산업체 주요 인사를 위원으로 초빙
- 연구방향 점검/제안 및 기술 수요조사 (매년 2회 이상 협의회 개최)
- 모니터링관련 국내외 기술 동향 조사 및 통합솔루션개발 관련기술 자료 수집

○ **연구성과의 성공적인 실용화 전략 수립**

- 개발기술의 **현장적용을 통한 검증 강화 및 적용사례** 확보
- 실질직인 기술 실용화를 위하여 **실시기업 연계 및 실시기업의 기술개발참여도 확대전략 수립**(건축물의 안전진단을 위한 계측장비를 개발하기 위하여, **구조물 계측 관련 장비 개발 경험이 있는 전문기업 참여)**
- **상용화 및 실용화 TF 운영 (총 3건의 자체 보고서 작성** : 1차년도에는 안전진단 및 유지관리에 사용되는 기존 장비, 분석방법 등의 기술수준

을 조사하여 ‘상용화 및 실용화 TF 보고서 - 기술조사’를 작성하고 개발기술의 평가방안 제시. 또한 3차년도와 5차년도에는 중간평가 및 최종평가를 실시하고 각각 ‘상용화 및 실용화 TF 보고서 - 중간평가’, ‘상용화 및 실용화 TF 보고서 - 최종평가’를 작성함)

○ **기술이전 및 기술지도**

- 개발 기술은 참여기업 및 협력업체의 실용화 협조를 바탕으로 실용성을 개선하고 완성하여 우선적으로는 참여기업 또는 협력업체에 기술지도와 함께 기술이전

○ **제도·정책 및 인력양성 방안의 현장적용**

- 전문가 자문단 운영(ICT 요소기술 전문가, SHM 기술 전문가, 신기술 컨설팅 전문기업 등)을 통한 개발된 제도 및 정책 방안의 도입 추진
- ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 전문인력양성을 위한 종합방안의 적용

○ **성능평가 및 인증시스템의 도입(안) 마련**

- 전문가 자문단 운영(ICT 요소기술 전문가, SHM 기술 전문가, 신기술 컨설팅 전문기업 등)을 통한 성능평가 및 인증시스템 도입방안 마련

○ **『최종 성과물의 상용화 및 실용화 TF』를 운영**

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

○ **ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술 테스트베드 실증 보고서**

○ **ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술 적용을 위한 매뉴얼**

○ **건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 핵심기술 적용을 위한 오픈소스 기반 플랫폼**

○ **ICT 기반 건축물 실시간 안전진단 및 유지관리 통합 솔루션**

○ **ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 시방, 기준 및 지침(안) 개발**

○ **ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 확산을 위한 제도 마련과 (가칭)건축물 안전 및 유지관리 통합법 제정(안)**

○ ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 정량적 성능평가 및 인증시스템 개발

6. 활용방안 및 기대효과

□ 활용방안

○ **실무기술자**

- 건축물 안전진단 및 유지관리 관련 **신규수요 창출**
- ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술 **테스트베드 구축결과를 활용한 기업 및 공공 지원**
- **창업지원기관과의 연계협력으로 시너지 효과 창출**
- 전문 교육과정 개발을 통한 ICT 기반 건**축물 안전진단 및 유지관리 전문인력의 배출**
- 교육기관을 활용한 **기술인력의 저변확대** 및 ICT 기반 **건축물 안전진단 및 유지관리 산업의 첨단화** 도모
- ICT를 기반으로 한 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 **신뢰성, 정확성 실무자의 전문성 확보**

○ **국가기관**

- ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술관련 **인프라 활용 증대**
- 각종 시방, 기준 및 지침(안) 개발을 통한 안전진단 및 유지관리 **기술의 선진화 도모**
- 각종 법률 및 제도 개선안을 통한 ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 산업의 **안전성 및 기술성 제고 및 선진화 도모**
- 건축물의 안전진단 및 유지관리 기술의 **성능, 안전, 품질에 대한 정량적인 평가**에 활용

□ 기대효과

○ **경제적 측면**

- ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 **실무적용성을 확대**
- 건축-ICT 융합기술의 고도화를 위한 **선순환적 기업지원 서비스 제공**
- ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 기술의 **공유·확산을 도모**하고, 기술의 **사업화 가능성을 높여 경제적 성과확보**
- ICT 기반 건축물 안전진단 및 유지관리 관련분야의 **창업을 독려**하여, **스타트업기업 활성화**에 기여
- 건축물의 사고 및 유지관리 미흡에 따른 사고를 미연에 방지하고 **국민의 안전과 재산을 보호하여 사회적 비용 발생을 최소화**함

○ **기술적 측면**

- **국내 IoT관련 기술 호환성을 신속하게 지원**하여 건축물 안전진단

	및 유지관리 관련 **국내 기업의 기술력 향상**을 기여 - 건축물 안전진단 및 유지관리 전문인력 양성을 통한 ICT 기반 안전진단 및 유지관리 **기술의 전문화 및 첨단요소기술의 개발을 유도** - ICT를 기반으로 한 건축물 안전진단 및 유지관리 기술 분야의 신뢰성이 기반된 **첨단기술력 확보 가능** - 개발 기술의 수출을 통한 건축물 안전진단 및 유지관리 **기술의 선진화와 세계화** ○ **정책적 측면** - 건축물 안전진단 및 유지관리 관련 **평가시스템 및 인증에 대한 기술 지원 가능** - 건축물 안전진단 및 유지관리 **관련제도의 문제점에 대한 개선방안을 수립**하여 **관련부처에 제안**함으로써 건축물 안전진단 및 유지관리 분야의 선진화를 도모 - **건축물 안전진단 및 유지관리 관련 통합법 제정으로 전문화 및 합리화 도모**
7. 연구개발기간 및 소요예산	
※연구비 산정 참고	○ 총 연구개발기간 : 2016 . 9 ~ 2021 . 8 (5 년) - 1차년도 연구개발기간 : 2016 . 9 ~ 2017 . 8 (12 개월) ○ 총 정부출연금 : 5,050백만원 이내 (예산 집중 소요기간 3~5차년도) - 1차년도 정부출연금 : 205백만원 이내 ○ 총 민간부담금 : 800백만원 이내
8. 기 타 *(필요시 내용 수정 가능)*	

제 2절 평가기준 설정

1. 평가항목

기준항목	세부항목
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

- 건축물에 대한 안전수요의 체계적・실효적 확보를 위한 ICT기반 요소기술 개발 및 기술 실용화와 합리적 제도/정책 구축이라는 최종목표에 부합되도록 각 과제의 구성과 연차별 목표 및 최종목표를 제시
- 연차별 목표 및 최종목표의 달성에 대한 정량적인 평가를 위하여 국토교통부의 '건설교통 R&D 성과지표'에 따라 명확한 성과지표 설정과 평가기준 제시

나. 연구개발 내용

- ICT기반 건축물 안전진단 및 유지관리 요소기술 개발 및 실용화를 위한 체계적이고 실천적인 과제구성이 필요함
- 기획과제에서 제시한 연구목표 및 기술개발 요청사항에 대하여 제안과제의 적정성, 상향된 목표 제시여부 평가
- 최종목표 달성을 위한 각 과제 간 연계 여부 및 과제 간 개발사항의 적정성 평가

다. 추진전략 및 계획

- 연구개발 성과목표•지표체계, 실용성 검증 및 사업화 추진계획 등을 연구개발계획서에 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, 과제 추진 시 역할(자료•기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발 결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함.
- 지원한 기관 및 연구진은 기초/원천기술, 응용기술, 실용화기술 등 과제성격에 따른 성과물을 얻을 수 있는 기관 및 연구진 판단
- 건축물 안전수요에 대한 선행대응을 위한 기술개발의 실용화를 위한 산,학,연의 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
- 특히 본 연구과제는 연구개발결과에 대한 테스트배드 및 실증사업을 포함하는 연구과제로 테스트배드 구축에 대한 구체적인 실행계획 수립여부

라. 개발기술의 실용성 및 경제성

- 기관선정의 우선순위는 테스트베드 및 실증사업 전략의 실현가능성에 초점을 두어 선정함
- 현재 기술수준과 비교하여 목표한 개발기술의 향상정도, 기술 선도국 대비 예상수준, 기술의 경쟁력 수준 등에 대하여 정성적 또는 정량적 평가 여부
- 연구기관 또는 참여기관을 통한 개발기술의 실용화 및 사업화 방안이 성과지표의 구체적 항목으로 제시 여부
- 개발되는 과제 결과는 실험실 내의 제한된 범위와 조건과는 달리 현장의 여건과 환경을 고려한 실질적이고 실현가능한 기술 여부
- 개발기술의 경제적 기대성과로서 투자 및 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 과제관리, 대외기술협력 등 해당 사업의 원활한 추진을 위한 역할을 수행해야 함
- 연구책임자는 국토교통부에서 실시하는 해당분야의 산업육성, 발전정책 및 종합계획 수립 등 관련 업무 추진 시, 기술자문 및 적극적인 업무협조 역할을 수행해야 함

2. 가점 및 감점 기준

가. 연구수행 형태에 따른 가점

(1안) 일반적인 기준
- 대기업이 주관연구기관으로서 중소기업이 참여하지 않는 경우: 1점
  중소기업이 참여하는 경우: 2점
- 기업 이외의 기관이 주관연구기관이고, 참여기업이 있는 경우: 1점
- 중소기업이 주관연구기관인 경우: 2점

(2안) 연구단 수정 기준

(1) 일반과제의 경우
- 중소기업이 주관연구기관인 경우: 2점
- 대기업이 주관연구기관인 경우: 1점
- 기업이외의 기관이 주관연구기관이며 중소기업/참여기업이 1/2이상인 경우: 2점
  중소기업이 과제에 참여한 경우: 1점

(단, 참여기업은 과제를 직접 수행하는 기관으로서 위탁기관 및 단순 참여기업은 제외한다.)

(2) 연구단 과제의 경우
- 산,학,연이 모두 참여하며 세부주관연구기관으로
  산,학,연이 각각 구성된 경우: 2점
  세부 주관연구기관으로 중소기업이 구성된 경우: 1점
- 산,학 또는 산,연으로 구성되며
  중소기업이 세부 주관연구기관의 1/3 이상인 경우: 2점
  중소기업이 세부 주관연구기관으로 구성된 경우: 1점

나. 총연구개발비에 대한 연구신청기관의 연구개발비 부담비율에 따른 가점
- 총연구개발비에 대한 연구신청기관이 부담하는 연구개발비(현금)의 비율에 따라 신청기관별로 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

$$\text{부여가점} = 1.0 \times \frac{\text{해당기관연구개발비부담비율}}{\text{신청기관중최대연구개발비부담비율}}$$

다. 추적평가결과에 따른 가점
- 국토교통부기술 연구 개발 사업 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『국토교통부소관 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(기입여부)
- 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 협동연구책임자나기업의 경우(□국토해양기술 연구개발사업 관리지침□제정(□09. 6. 30) 이후 협약과제 대상): 3점 감점
- 연구개발과제의 연구수행 도중 연구를 포기한 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나기업의 경우(「국토해양기술 연구개발사업 관리지침」제정('09. 6. 30) 이후 협약과제 대상): 3점 감점

별표 1. 연구개발가능성 평가

평가항목		점수(○표시)				
		아주 우수	우수	보통	미흡	불량
(가) 연구개발의 필요성(10)	①연구개발 대상기술의 중요성 및 필요성	5	4	3	2	1
	②국토해양 R&D정책과 내용과의 장기적 연계성	5	4	3	2	1
(나) 연구개발의 목표 및 내용(30)	①최종 • 연차별 목표 및 분야별 목표와의 적합성, 명확성, 창의성	10	8	6	4	2
	②성과목표 및 성과지표 설정의 명확성 및 타당성	10	8	6	4	2
	③RFP와의 적합성 ※자유공모과제의 경우 "연구개발내용의 완성도 및 실현가능성"평가항목의 배점을 10점 기준으로 변경(동 평가항목 삭제)	5	4	3	2	1
	④연구개발내용의 완성도 및 실현가능성	5	4	3	2	1
(다) 연구개발추진 전략 • 체계 및 연구수행방법(20)	①추진전략 및 연차별 추진체계의 합리성	10	8	6	4	2
	②연구수행방법의 적합성	10	8	6	4	2
(라) 연구성과 활용가능성(10)	①활용방안의 적절성 및 구체성	10	8	6	4	2
	②개발기술의 경제적 기대성과(투자 및 파급효과 등)	10	8	6	4	2
(마)연구수행능력 (10)	①연구책임자의 연구수행 • 관리능력 및 관련분야 연구경험	5	4	3	2	1
	②참여연구인력의 적정성 및 전문성	5	4	3	2	1
(바) 연구시설 확보 및 연구개발비 계상의 합리성(10)	①연구장비 • 시설 확보 및 활용의 적합성	5	4	3	2	1
	②연구개발비 계상 • 집행 및 개발기간의 합리성	5	4	3	2	1
평가점수		점				

별표 2. 가점 및 감점 기준

가감점 구분	내 용
연구수행형태에 따른 가점	○ 대기업이 주관연구기관으로서 - 중소기업이 참여하지 않는 경우 : 1점 - 중소기업이 참여하는 경우 : 2점 ○ 기업 이외의 기관이 주관연구기관이고, 참여기업이 있는 경우 : 1점 ○ 중소기업이 주관연구기관인 경우 : 2점
총 연구비에 대한 연구신청기관의 연구비 부담비율에 따른 가점	○ 총 연구비에 대한 연구신청기관이 부담하는 연구비(현금)의 비율에 따라 신청기관 별로 가점 부여 (단, 경쟁응모인 경우에 한함) - 신청기관 중 연구비(현금) 부담비율이 가장 높은 기관 : 1.0점 - 그 외 기관은 최대 연구비(현금) 부담비율을 기준으로 연구비(현금) 부담비율에 따른 가점부여 ○ 부여가점 $= 1.0 \times \frac{\text{해당기관연구개발비부담비율}}{\text{신청기관중최대연구개발비부담비율}}$
연구개발과제의 최종평가 결과 등에 따른 가·감점	○ 연구개발과제의 최종평가 결과, 최우수등급(상대평가시 최상위 10%, 절대평가시 만점의 90%이상)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 최종평가 후2년간 2점 가점 ○ 연구개발과제의 최종평가결과 최하위등급(상대평가시 최하위 10%, 절대평가시 만점의 60%미만)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 최종 평가후(연구개발참여제한에 해당되는 경우에는 참여제한 기간 만료 후) 2년간 2점 감점 ○ 연구개발과제의 최종평가결과 하위등급(상대평가시 차하위 20%, 절대평가시 만점의 70% 미만)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 최종평가 후 2년간 선정 평가점수의 1점 감점
추적평가결과에 따른 가감점	○ 종전에 수행한 연구개발과제의 추적평가결과에 따라 다음의 기준을 적용하여 가감점 부여 - 추적평가 결과 만점의 90% 이상인 연구개발과제의 주관연구책임자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시: 추적평가 후 3년간 가점 2점 - 추적평가 결과 만점의 80% 이상 90% 미만인 연구개발과제의 주관연구책임자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시: 추적평가 후 3년간 가점 1점
기 타	○ 여성연구자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시 가점 1점 ○ 최근 3년 이내에 우수 논문(임팩트팩터 15이상)실적이 있는 연구책임자가 신규과제를 신청할 경우 가점 1점 ○ 연구개발과제 선정 후 협약포기경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우, 향후 3년간 3점 감점 ○ 연구개발과제의 연구수행 도중 연구를 포기한 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우, 향후 5년간 3점 감점 ○ 기술 혹은 연구개발 아이템 제안자의 제안의견이 채택된 경우, 1년 내에 해당 연구자가 연구책임자로 신규과제 신청 시 가점 2점 ○ 최근 2년 이내에 국토교통부장관으로부터 녹색인증 및 확인을 받은 실적이 있는 연구자 및 연구기관이 관련녹색기술로 신규과제 신청 시 가점 1점 ○ 최근 3년 이내에 보안과제를 수행한 실적이 있는 연구자가 신규과제 연구책임자로 신청 시 가점 1점 ○ 최근 3년 이내에 조기성공 실적이 있는 연구자가 신규과제 연구책임자로 신청 시 가점 0.5점

주 의 사 항

1. 이 보고서는 국토교통부가 출연하고 국토교통과학기술진흥원이 위탁 시행한 국토교통기술 연구개발사업의 최종보고서입니다.
2. 본 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 국토교통부가 출연하고 국토교통과학기술진흥원이 위탁 시행한 국토교통기술연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 개외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.

비매품

93540
9 791195 832408
ISBN 979-11-958324-0-8