

가상/증강현실 기반 공동주택 건설관리 선진화 기술개발 기획

2019. 1. 11.

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 성균관대학교
공동연구기관 / 한국건설기술연구원
(주)날리지웍스

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 귀하

이 보고서를 "가상/증강현실 기반 공동주택 건설관리 선진화 기술개발 기획"의
중간보고서로 제출합니다.

2019. 1. 11.

주관연구기관명 : 성균관대학교

주관연구책임자 : 권순욱

공동연구기관명 : 한국건설기술연구원

공동연구책임자 : 김병곤

공동연구기관명 : (주)날리지웍스

공동연구책임자 : 방영민

보고서 요약서

과제고유번호	17RDPP-C138846-01	해 당 단 계 연 구 기 간	2017.12.22.- 2018.10.21	단 계 구 분	기 획
연 구 사 업 명	중 사 업 명	국토교통연구기획사업			
	세부 사업명				
연 구 과 제 명	대 과 제 명				
	세부 과제명	가상/증강현실 기반 공동주택 건설관리 선진화 기술개발 기획			
연 구 책 임 자	권 순 욱	해당단계 참 여 연구원 수	총: 17명 내부: 명 외부: 17명	해당단계 연 구 비	정부: 79,000 천원 민간: 천원 계: 79,000 천원
		총 연구기간 참 여 연구원 수	총: 17명 내부: 명 외부: 17명	총 연구비	정부: 79,000 천원 민간: 천원 계: 79,000 천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	성균관대학교 산학협력단				
요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)				보고서 면수	
■ 본 기획연구의 핵심기술을 도출하기 위해 다음과 같이 연구를 수행함. ■ 1)국내·외 정책, 시장, 기술 및 인프라 동향 및 환경 분석, 2)핵심요소기술 도출, 연구개발과제 구성 및 추진전략 수립, 3)연구개발과제 기획, 4)핵심성과 및 타당성 검토. ■ 그 결과, 과제 제안요구서(RFP)를 도출하였으며,도출된 핵심성과(기술)은 다음과 같음. 1. AR·VR 기반 공동주택 건설관리 선진화를 위한 기반 구축 및 설계 지원기술 개발 - 공동주택 관리 서비스공급·활성화를 위한 오픈 마켓 플랫폼 및 제도/정책 개발 - 공동주택 맞춤형 주거환경 및 설계 지원 기술 개발 2. AR·VR 기반 공동주택 건설현장 시공·유지관리 기술 및 사용자 맞춤형 응용기술 개발 - 공동주택 시공 품질 향상을 위한 AR 기반 정밀시공 관리 지원기술 개발 - 공동주택 재해 다발공종 대상 VR 기반 안전교육용 몰입형 콘텐츠 및 기술 개발 - 공동주택 지능형 스마트 유지관리 및 사용자 단계 맞춤형 하자·보수 기술 개발					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	공 동 주 택 , 건 설 관 리 , 가 상 현 실 , 증 강 현 실 , 전 생 애 주 기			
	영 어	Apartment House, Construction Management, Virtual Reality, Augmented Reality, Life Cycle			

요약문

I. 제목

- 가상/증강현실 기반 공동주택 건설관리 선진화 기술개발 기획

II. 기술의 정의 및 필요성

□ 기술의 정의

- 본 연구는 공동주택의 품질 수준향상과 공동주택 건설관리 선진화를 위해, 증강 가상현실 기법을 활용한 설계·시공·안전·유지관리 지원기술, 수요자 중심의 오픈마켓 플랫폼, 사용자·거주자 중심의 서비스 등의 개발과 제작 및 성능평가를 위한 기술개발 과제 도출 기획연구임.

□ 연구개발의 필요성

- 설계단계에서 지속적인 설계협업 효율성 향상의 요구, 시공단계에서 시공 생산성, 품질 및 안전 향상의 필요성 증대, 공동주택 유지관리 서비스 수요 증가에 따른 유지보수 정보관리 효율성 향상의 요구

<설계협업 효율성 향상의 요구>

- 설계협업은 현재 설계, 구조, 설비 등을 수행하는 업체의 합사 혹은 전화, 메일 등을 활용해 수행되고 있음. 합사를 통한 협업은 작업자에게 과도한 업무량이 가중되며, 전화, 메일 등을 활용한 협업은 정확한 정보 전달이 어려워 정보누락, 재작업 등의 문제가 발생.

<시공 생산성 및 품질>

- 국토교통부 하자심사·분쟁조정위원회(이하 조정위원회)에 따르면 2010년 69건에 불과했던 신고 건수는 2016년 대폭 증가하여 3,880건, 2017년 4087건으로 매년 증가되는 것으로 조사됨.

<건설 안전성 향상>

- 고용노동부에서 발간한 ‘산업재해현황분석’ 자료에 따르면, 최근 10년간 건설업에서 발생한 재해자수는 매해 꾸준히 증가하는 추이를 보이고 있으며, 2015년 자료에 따르면, 건설업이 25,132명으로 산업별 재해발생의 28%로 조사됨. 이 중 다수의 사고는 작업자의 부주의로 인해 발생하며, 이는 충분한 교육을 통해 예방할 수 있음.

<유지보수 정보관리 효율성 향상의 요구 증대>

- 시설물 노후화로 인해 건축물 유지관리의 관심이 꾸준히 증가되고 있으며, 생애주기에 걸쳐 건설정보를 관리하는 시스템의 필요성은 지속적으로 부각 될 전망이다. 다양한 4차산업혁명 기술도입으로 인해 국민소통을 기반으로 하는 시설물 유지관리 서비스 수요가 증가되고 있음. 사용자가 직접 의사결정에 참여해 원하는 성능의 시설물을 구현하는 스마트(Smart)기술 실현을 위해서, 정보공유 플랫폼과 설계 시공 유지관리 정보를 연계할수 있는 환경구축이 필수적임.

<첨단 ICT 수요 증가>

- VR/AR 기술은 ICT 및 공간정보 생성/활용의 융복합 기술로, 산업 전 분야에서 기술개발이 요구되며 특히 건설 산업에서 적용 규모 및 효과가 매우 크게 나타날 것으로 예상
- 스마트 홈 등 공동주택의 패러다임 변화에 따른 ICT 기술과의 융합에 대한 중요성이 커지고 있으며, ICT 기술 구현을 위한 인프라 구축과 동반하여 전 생애단계에서 활용 가능한 융복합 관리 체계 및 기술 확보가 필요

<VR/AR 기술수요 증가>

- 미래창조과학부 외 3개의 기관에서 함께 발간한 ‘가상현실 산업육성 추진현황 및 향후 계획’ (2016년 7월)에 따르면, 글로벌 가상현실 신시장 및 플랫폼 선점을 위한 추진전략 중 하나로 건축, 의료, 관광, 교육훈련 등의 분야에서 VR 융복합 산업 분야 수요창출 프로젝트 발굴을 제안하고 있어, 국내에서도 이러한 건설기술개발을 위한 투자와 시도들이 점차 증가 될 것으로 예상.

<노동시장의 변화>

- 건설산업은 전통적으로 노동집약적인 산업이며, 자동화 기술이 도입되고 있는 현대의 추세에도 불구하고 설계-시공 등 많은 부분에서 기능인력에 의존함.
- 더욱이 건설은 3D(Dirty, Difficult, Dangerous) 산업이라는 뿌리 깊은 인식으로 인해 청년층의 유입이 더디며, 기존 인력의 고령화 추세는 건설 기능인력 수급의 어려움을 가중시키고 있음.

- 이러한 건설산업의 분위기 전환을 위해서는 생산성을 향상시킬 수 있는 보다 기술 집약적 건설생산과정으로의 발전이 필요함.

<첨단기술 중심의 산업 동력 부재>

- 막대한 자금이 투입되고, 오랜 기간이 소요되는 건설프로젝트의 특성으로 인해, 건설산업은 리스크가 존재하는 새로운 기술도입에 적극적이지 않은 산업으로 인식됨.
- 따라서, 최근 건설에 다양한 첨단 기술을 도입하고자 하는 시도에도 불구하고, 분산적으로 개발/적용되는 특성으로 인해 다양한 기술 간의 시너지를 발생시키기 힘들며, 기술중심의 건설산업 생태계를 작동시키는 동력이 부재함.
- 국내에서도 정부 규정 및 발주처의 요구에 따라 건축물의 BIM 구축 및 활용도가 점차적으로 높아지고 있으나 실제 활용 측면에서는 제한적이라 평가됨.
- 기 구축된 BIM 정보를 활용함으로써 정보의 재생산을 방지하고, 실시간 현장중심형 정보로 변화시킬 수 있을 것으로 판단됨. 3D 정보 활용에 있어 미국은 2012년에 이미 70%가 넘어서는 등 세계적으로 3D 형상정보+속성정보 구축 및 활용에 의한 설계 및 시공이 이루어지고 있음 특히, VR/AR 혹은 MR을 활용한 건설 프로젝트의 지능형 관리에 대한 기술 적용 및 수요가 예측되는 영역은 공동주택 시장으로 기획, 설계, 시공, 유지관리 등 전 생애 주기에 대한 적용이 가능함

Ⅲ. 국내외 동향 및 환경분석

□ 국내 동향

- 연구는 활발히 이뤄지고 있으며, 다수 국책 과제가 지원되고 있음. 기술 수준 향상을 위한 기초-응용 분야별 개발 투자 비율은 기초 연구에 70%수준으로 비중이 높음.
- 상업적 영역에서는 게임 부분에 주로 집중되어있으며, 건설 부분으로는 모델하우스 가상화 단계에 머물고 있음. 해외 기술 플랫폼에 의존하고 있으며 소수 기업이 유통플랫폼 구축을 추진하고 있으나 아직까지 대부분 기술 응용 및 시제품 개발 단계임.
- 기존 3D 기업들이 AR/VR로 업종전환을 모색 중이나, 아직 비즈니스 성공사례가 창출되지 않아 투자 및 진출함에 있어 어려움이 있으며, 기술 구현 및 콘텐츠 개발을 위한 개발 환경이 구축되지 않아 외국 기술에 의존.

□ 국외 동향

- 디스플레이와 광학 시스템, 그래픽 표현기술(Rendering) 기술, 추적 시스템 등 다양한 센서의 결합을 통한 하드웨어적 구성에 초점을 맞춰 개발이 진행됨
- 현재 콘텐츠 개발 움직임이 활발해지고 있음. AR/VR과 같은 몰입형 콘텐츠의 경우 View, Object 등을 컨트롤 할 수 있는 지원 기술이 필수적이며, 이에 대한 기술로 시선 추적(Eye Tracking), 동작 인식(Motion Recognition) 등을 중심으로 기술 개발이 이루어지고 있으며, 현장 가시화를 위한 실내 위치 추적 기술 및 Marker/Markerless 인식 기술 등이 개발 중에 있음.
- 특히, 의료, 엔지니어링 분야의 시장 수요가 확대될 것으로 전망되며, 소프트웨어와 콘텐츠 중심으로 트렌드가 변화하고 있음. 국내의 경우 저작도구, 응용기술, 응용 소프트웨어 기술의 해외 솔루션 이용 및 의존도가 높음

□ 시장 동향

- 시장조사 기관별로 VR/AR 시장 규모의 수치는 상이하나, 큰 성장세를 보이고 있으며, 시장 규모를 2025년 약 800억달러(하드웨어:450억 달러, 소프트웨어:350억달러)로 전망함.
- AR VR기술의 활용도가 높을 것으로 기대되는 의료, 산업, 군사, 교육부문으로 산업(Engineering)의 경우 2025년 시점 51억 달러로 추정.(골드만삭스,2016)
- 페이스북('14. Oculus 인수), 삼성('15. Gear VR 출시), 구글(VR 플랫폼인 '데이드림', AR 플랫폼 '탱고', VR디바이스 등 출시) 등 ICT기업의 진출이 활발하며, 그 외 소니, 디즈니 등 미디어업체, 이케아 등 유통업체의 진출도 가시화.
- 국내 AR/VR 하드웨어 및 콘텐츠 시장규모 합계는 2015년 9,636억원에서 연평균 43% 성장률로 보이며 2020년에는 5조 7,271억원 규모까지 확대될 것으로 전망(한국 VR산업협회 준비위원회).

□ 환경 분석

- 설계단계에서 VR/AR/MR 기술을 도입하여 생산된 정보를 프로젝트 각 단계에 활용한 사례가 있으며, 이는 설계단계의 효율성뿐만 아니라 프로젝트의 전반적 성과 향상에 기여할 수 있음.
- 설계자, 시공사뿐만 아니라 사용자(입주자)도 VR/AR 플랫폼을 통하여 건설 프로젝트에 의견을 개진하고 적극적으로 참여함으로써 전체 프로젝트의 효율성 및 만족도를 향상시킬 수 있는 가능성이 열림.
- VR/AR을 활용한 설계-시공-유지관리 기술은 다양한 대안 분석을 큰 추가비용 없이 수행할 수 있으므로, 대안 생성 및 비교 검토에 활용될 수 있음.

- 실시간시공 이력 확인, 종이도면 없이 스마트폰으로 3D 도면 관리, VR/AR 기술을 통한 시설물 확인 등의 편의 기능을 지원하는 통합관리 시스템 기술을 개발하여 현장관리비용 최소화 및 신속한 현장관리 등에 활용할 수 있음.
- 시공현장에서의 안전관리의 일환으로 안전사고상황을 간접 체험할 수 있는 VR 안전교육장을 운영하여 근로자의 안전의식을 고취할 수 있으며, 다양한 교육 콘텐츠의 활용으로 비숙련공/비기능공/해외노동자 등의 교육훈련으로도 활용할 수 있음.
- VR/AR을 활용한 설계 협업 지원기술, 사용자 참여 맞춤형 설계 지원기술이 필요하며, 다양한 대안 생성, 검토를 시각화 기술로 지원 필요.
- 건설시공 단계에서 부재 설치/검측에 VR/AR을 활용하는 기술은 현재 낮은 센서 정확도로 인하여 다소 불안정함. 이를 로봇틱스, AI 등의 첨단 ICT 기술과 연계하여 시공 오차를 측정할 수 있을 정도의 정확도가 확보된다면 건설현장에서 안전, 품질, 생산성 등의 많은 문제를 지능적으로 해결할 수 있을 것으로 사료됨.
- VR/AR 교육시설 대상 설정을 명확히 할 필요가 있으며 대상에 맞는 교육 및 안전사고훈련 콘텐츠 개발이 필요함.
- 한국공동주택 건설과정에 대한 정확한 이해를 바탕으로 VR/AR 적용기술이 검토, 개발되어야 하며 법·제도 개정에 대한 논의가 함께 이루어질 필요가 있음.
- 공동주택 생산, 소비 이해관계자별 VR/AR 기술 활용시나리오가 개발되면 이에 따른 필요 정보의 가공, 압축, 최적화 방법 개발이 필요함.

IV. 연구개발과제 구성 및 추진전략

□ 연구개발과제 구성

세부 과제명	세세부 과제명
[세부 과제 1] AR·VR 기반 공동주택 건설관리 선진화를 위한 기반 구축 및 설 계 지원기술 개발	(1-1) 공동주택 관리 서비스공급·활성화를 위한 오픈 마켓 플랫폼 및 제도/정책 개발
	(1-2) 공동주택 맞춤형 주거환경 및 설계 지원 기술 개발
[세부 과제 2] AR·VR 기반 공동주택 건설현장 시공·유지 관리 기술 및 사용자 맞춤형 응용기술 개발	(2-1) 공동주택 시공 품질 향상을 위한 AR 기반 정밀시공 관리 지원 기술 개발
	(2-2) 공동주택 재해 다발공종 대상 VR 기반 안전교육용 몰입형 콘텐츠 및 기술 개발
	(2-3) 공동주택 지능형 스마트 유지관리 및 사용자 단계 맞춤형 하자·보수 기술 개발

□ 추진전략

- 세부 연구목표 및 연구내용의 세부요소기술을 선정결과는 아래 표와 같음. 세부 연구목표를 달성하기 위하여 다음과 같은 추진전략을 도출함 ①관리자/작업자 맞춤형 전 생애주기 공동주택 건설관리 모델개발 및 적용, ②VR/AR등 첨단ICT 기술을 활용한 공동주택 건설관리 선진화, ③공동주택 건설 생애주기 관리체계 및 정책기반 구축, ④공동주택 최적화 기술 및 콘텐츠 개발, ⑤수요처 연계 실증을 통한 실용화 및 사업화.

세세부 과제명	주요 연구내용
1-1 세세부: 공동주택 관리 <u>서비스공급·활성화를 위한 오픈 마켓 플랫폼 및 제도/정책 개발</u>	- Cloud 기반 3D 콘텐츠 지원용 플랫폼 - AR/VR 요소기술 개방형 플랫폼 - 공동주택 AR/VR 기반 건설관리 기술 지킴개발 - AR/VR 기반 건설관리 선진화를 위한 법, 제도 개선 방안 개발 - 개발 기술·상품 실용화를 위한 제도·정책 및 유통·확산 전략 개발(Marketing, 유통, 사후관리)
1-2 세세부: 공동주택 맞춤형 <u>주거환경 및 설계 지원 기술 개발</u>	- 이머시브-VR기반 사용자 사전설계 평가기술 개발 (Immersive VR Pre-Occupancy Evaluation) - 협업설계 효율성 향상을 위한 다자참여형 이머시브 설계기술 개발 - VR 기반 세대 맞춤형 DIY 시각화 기술 개발 - AR/VR 콘텐츠 제작을 위한 3D 데이터 최적화 및 압축기술 개발 - 기술 및 콘텐츠 연계를 위한 Visual Database 구축 - AR/VR용 건설자재 표준 라이브러리 및 저작도구 개발
2-1 세세부: 공동주택 <u>시공 품질 향상을 위한 AR 기반 정밀시공 관리 지원기술 개발</u>	- AR 가시화를 위한 실시간 위치 추정 기술 개발 - 정밀시공 지원용 AR Fitting & Fixing 기술 개발(개구부, 문틀, 창호 특화) - 건설현장 감리·검측을 위한 객체인식 및 트래킹 적용 기술 개발 - 콘크리트 타설관리를 위한 AR 기반 실시간 평할도 검측 기술 개발 - 디지털 매뉴얼 구축 및 정밀시공 가이드스 개발 - 건설현장 3D 정보 가시화를 위한 AR 오버레이 기술 개발
2-2 세세부: 공동주택 <u>재해 다발공종 대상 VR 기반 안전교육용 몰입형 콘텐츠 및 기술 개발</u>	- 체험형 교육을 위한 VR Room 설계 및 구축 - 안전교육용 VR 몰입형 가상공간 및 가상객체 개발 (철근콘크리트 공사용, 비계/가설구조물 공사용) - 맞춤형 작업자용 건설 작업 교육훈련 기술 개발 - 교육용 동작훈련 시뮬레이터 기술 개발 - 건설현장 몰입형 안전교육을 위한 VR 이동식 일체형 플랫폼 및 프로토타입 개발
2-3 세세부: 공동주택 <u>지능형 스마트 유지관리 및 사용자 단계 맞춤형 하자·보수 기술 개발</u>	- 유지관리 디지털 매뉴얼 구축 - 공동주택 실시간 점검 및 이력관리 시스템 개발 - 실시간 관리자 협업용 플랫폼 개발 - IoT 기반 사용자 단계 맞춤형 관리 지원 기술 개발 - 사용자 맞춤형 AR 기반 하자보수 One-Stop 서비스 개발

- ①관리자/작업자 맞춤형 공동주택 전 생애주기 건설관리 모델개발 및 적용: 공동 주택 관리자/작업자의 다양한 요구사항을 만족시킬 수 있는 건설관리 모델 및 지원기술을 개발하여 적용함. 설계단계에서 실무자 간 원활한 협업설계를 위한 환

경을 구축함. 시공단계에서는 실시간 현장 정보 가시화, 시공정보 생성기술을 사용하여 하자없이 구현할 수 있도록 함. 유지관리 단계에서는 지능형 유지관리 기술의 도움을 받아 실시간 유지보수 및 이력관리를 수행할 수 있도록 함.

- ②VR/AR등 첨단ICT 기술을 활용한 공동주택 건설관리 선진화: 설계단계에서는 이머시브(immersive) 설계기술을 사용하여 사용자 및 실무자가 참여하는 협력적 설계를 수행 가능하게 함. 협력적 설계과정은 사용자의 주거만족도를 향상시키고, 설계오류/부실시공을 예방하는데 크게 기여할 것으로 기대함. 시공단계에서는 VR/AR기술을 활용한 정밀시공, 자동검측, 공정/품질관리, 안전관리 등에 활용함. 3D 콘텐츠 기반 체험형/몰입형 안전교육을 통한 교육의 이해도를 향상시키고, AR/VR 기반 재난 및 안전사고 대응 기술을 통해 안전사고율을 감소시킬 수 있음.
- ③공동주택 건설 생애주기 관리체계 및 정책기반 구축: 지능형 공동주택 건설관리를 이루기 위해서는 전 생애주기에 걸친 관리체계 구축이 필수적임. 3D정보 기반의 공동주택 정보 활용 시나리오 구축과 개발 기술 적용의 큰 틀을 마련해야 하며, 설계단계에서 생성되는 BIM 정보를 변환하여, 시공 및 유지관리의 각 업무에 적합한 정보체계 및 실무도구를 개발하는 것이 필요함. 또한 사용자 단계에서 쉽고 간편하게 활용 가능한 맞춤형 서비스 도출·개발이 필요함
- ④공동주택 최적화 기술 및 콘텐츠 개발: 공동주택의 하자 요인 중 가장 큰 비중을 차지하고 있는 단열, 개구부 등의 부실 시공 방지를 위한 관리기술 개발, 재시공에 가장 큰 어려움이 따르는 콘크리트 시공, 건설 재해 다발 공종 등에서 발생하는 주요한 문제점을 해결하기 위한 응용기술 개발에 초점을 맞춤.
- ⑤수요처 연계 실증을 통한 실용화 및 사업화: 본 과제에서 도출된 연구과제의 실용화 사업화를 위해 수요처 연계 실증을 수행함. 공동주택 관련 기술 수요처와 연계하여 실제 적용대상에 대한 실증을 수행하고, 실증과 연계된 실용화 및 사업화를 수행함

목 차

1장. 기술의 정의 및 필요성	1
1절. 기술의 정의	1
1. 현실정보와 가상정보 기술	1
2. 기술분류체계	2
2절. 연구개발의 배경 및 필요성	4
1. 연구개발 추진배경	4
2장. 국내외 동향 및 환경분석	11
1절. 공동주택의 환경	11
1. 건설관리 선진화의 필요성	13
2절. 국내외 정책 동향	17
1. 정책분석	17
3절. 국내외 시장현황 및 전망	29
1. 시장현황 및 전망	29
4절. 국내외 기술동향	37
1. VR/AR 관련 현행 기술 수준 및 건설 산업 적용 사례 조사	37
2. 건설 산업 VR/AR 기술 국내외 적용 사례 조사	41
3. 국내외 사례 요약 및 시사점	49
5절. 논문 및 특허 분석	50
1. 논문현황	50
2. 특허현황	59
6절. 유사·중복성 검토	65

1. 유사과제 사례	65
7절. 종합분석	76
3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략	79
1절. 비전 및 목표	79
2절. 연구개발과제 구성	80
3절. 핵심요소기술(CTE) 선정	84
1. 핵심기술요소(CTE) 도출	84
2. 핵심기술요소(CTE) 선정	86
3. 후보 연구개발과제 구성	92
4절. 세부과제별 주요 내용 및 추진전략	92
1. 세부과제별 주요 내용	92
2. 세부과제 추진전략	93
5절. 세부과제 간 연계관계	95
6절. 세부과제별 기술 및 성과 로드맵	96
7절. 성과목표·지표 설정	98
1. 성과지표 풀 구축	98
8절. 사업관리 전략	100
1. 사업관리 체계 및 프로세스	100
2. 사업관리 전략	102
3. 단계별 평가/관리의 절차 및 기준	104
9절. 성과의 활용방안 및 사업화 전략	107
1. 성과물 세부 활용방안	107
2. 테스트베드 추진전략	110

4장. 사전타당성 검토	112
1절. 사업 논리모형 구축	112
1. 사업유형 구분	112
2. 사업 논리모형 설정	114
2절. 정책적 타당성 검토	119
1. 상위계획과의 부합성	119
2. 사업 추진의지	121
3. 국고지원의 적합성	123
4. 법·제도적 위험요인 (사업 추진상 위험요인)	126
3절. 기술적 타당성 검토	127
1. 기존 연구개발 과제와의 중복성 및 차별성	127
4절. 경제적 타당성 검토	130
1. 경제적 타당성 분석	130
2. 기대효과	140
3. 경제적 활용방안	141
5장. 인력투입 소요예산 산정	142
1절. 연구일정에 따른 인력투입 계획	142
1. 전체사업 인력투입 계획	142
2. 세부과제별 인력투입	143
2절. 소요예산 산정	145
1. 예산 산정방법	145
2. 전체사업 소요예산	145
3. 세부과제별 소요예산	148

6장. 과제공모 방안	150
1절. 과제 제안요구서(RFP)	150
2절. 과제 제안요구서(RFP)	160
1. 평가항목 및 배점	160
2. 가점 및 감점 기준	163

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개가 불가합니다.

1장. 기술의 정의 및 필요성

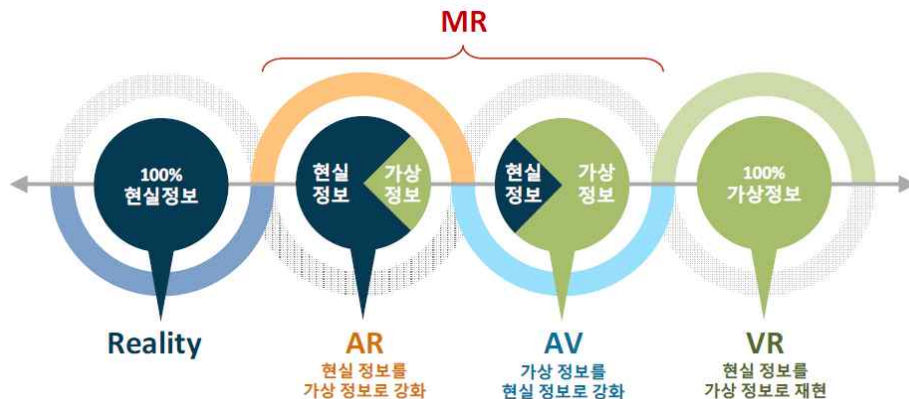
1절. 기술의 정의

1. 현실정보와 가상정보 기술

- ☐ 가상/증강현실 기술을 정의할 때 가장 중요한 요소는 현실정보와 가상정보가 어떻게 이루어졌는지에 대한 것임.
- ☐ 본 연구에서는 현실세계(Real Environment), 가상현실(Virtual Reality), 증강현실(Augmented Reality), 증강가상(Augmented Virtuality) 등 네 가지 형태로 분류하고 있음.

가. 가상/증강현실 형태의 명세한 정의는 아래와 같음.

- ☐ 100% 현실정보가 존재하는 세상은 현실, 즉 현실세계(Real Environment)임.
- ☐ 100% 가상정보로 이루어진 환경은 가상현실, 즉 가상세계(Virtual Environment)라고 칭함.
- ☐ 현실정보와 가상정보가 혼재하는 환경은 혼합현실, 즉 Mixed Reality (MR) 함.
- ☐ 현실정보와 가상정보의 비중에 따라 증강현실(Augmented Reality: AR)과, 증강가상(Augmented Virtuality: AV)으로 분류함.
- 증강현실(AR)은 현실정보가 가상정보로 강화되는 환경(예: 현실에 가상의 객체가 혼합됨)이며, 증강가상(AV)은 가상정보가 현실정보로 강화되는 환경(예: 가상현실에 현실의 실제 객체가 혼합됨)이라고 볼 수 있음.



<그림 1> 현실정보와 가상정보의 관계에 따른 기술 정의

○ 가상/증강현실 기술은 3D Data 제작 및 가공, 3D 데이터 활용 기술, 3D 데이터 활용지원 기술 등 3가지로 구분 가능.

- ① 3D Data 제작 및 가공: 공동주택 설계 및 시공과정에서 생성되는 Data를 3D 데이터로 활용하기 위한 기술로 현장 데이터 및 설계 정보를 획득하여 3D 정보로 변환 및 가공하는 기술.
- ② 3D 데이터 활용 기술: 증강현실 및 가상현실을 구현하기 위한 기술로 작업자와 관리자에게 필요로 하는 콘텐츠를 가상/증강현실로 가시화하는 기술.
- ③ 3D 데이터 활용지원 기술: 다자간의 협업 환경에서 3D 데이터 저장, 연계, 공유, 관리를 위해 3D 데이터 활용 및 지원하는 기술

2. 기술분류체계

□ 본 연구의 기술은 5개의 대분류, 12개의 중분류, 22개의 소분류 및 55개의 요소기술로 분류됨

〈표 1〉 기술분류체계

대분류	중분류	소분류	요소기술
시공관리 지원기술	정밀 시공 지원 기술	위치정보 측정기술	위성기반 측위기술 영상기반 측위기술 전파기반 측위기술
		가시화 정밀도 향상 기술	마커기반 가시화 기술 위치기반 가시화 기술 영상인식 기반 가시화 기술
	시공·품질관리 지원기술	영상/형상정보 인식 기술	객체인식 기술 트래킹 기술
		가이던스 기술	2D 기반 가이던스 3D 기반 가이던스
	데이터 가공기술	데이터 최적화 기술	데이터 경량화 기술 데이터 압축 기술
		데이터 변환 기술	데이터 포맷 변환 기술 데이터 연계 및 지원 기술
현장관리 지원기술	공정관리 지원기술	공정정보 가시화 기술	공정 상황 인지 기술 공정 정보 콘텐츠 가시화 기술
		공정정보 연계기술	공중/공정별 체계 분류 단계/작업/공종별 데이터 분류
	현장정보 구축 및 실시간 갱신 지원기술	현장 센싱 기술	UAV 기반 정보 취득기술 Wearable 센서 기반 정보 취득기술 센서 기반 정보 취득 기술 지상 이동체 기반 정보 취득기술
		형상 정보 구축 기술	취득 정보 변환 기술 3D 데이터 구축 기술

안전관리 지원기술	안전교육 지원기술	콘텐츠 제작 기술	체험형 콘텐츠 제작 기술 몰입형 콘텐츠 제작 기술
		공간 구축 기술	몰입형 공간 설계 및 구축 기술 체험형 공간 설계 및 구축 기술
	교육훈련 지원기술	콘텐츠 제작 기술	맞춤형 교육훈련 기술
			에플래이터 기술
	상황·환경 분석 기술	상태 정보 취득 기술	상황 인지 및 연계 플랫폼 기술 분석 인베디드 기술
		정보 분석 기술	시뮬레이션 기술 프레임워크 설계 및 개발 기술
유지관리 지원기술	협업 지원기술	정보 공유 기술	정보 가상화 및 운용기술 정보 전송기술 실시간 정보 공유기술
	점검·이력관리 지원기술	자동 상호작용 정보 구축 기술	모델 제작 기술 상호작용을 위한 제어 기술 실시간 변환·적용 기술
		정보 저장 기술	실시간 정보 생성 및 저장 기술 저장 정보 관리기술
	사용자 활용기술	정보 가시화 기술	센싱 정보 취득 및 분석 기술 맞춤형 UI 구성 기술 센싱 정보 가시화 기술
기술활용 지원	지원기술 연계공유 기술	공유 기술	클라우드 컴퓨팅 기술 보안 기술 Database 구축 기술 통합 플랫폼 기술
		공급·활성화	제도적 지원 방안 관리 기술 지침 사례분석 기반 활성화 방안
		생태계 구축	표준 저작도구 기술 콘텐츠 개방형 플랫폼 기술 요소기술 개방형 플랫폼 기술

2절. 연구개발의 배경 및 필요성

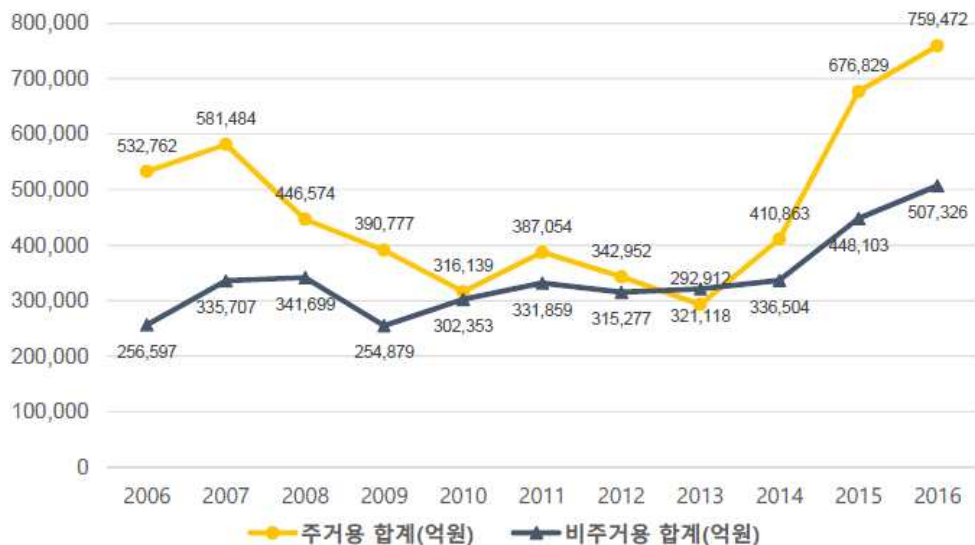
1. 연구개발 추진배경

□ 국내 공동주택 건설시장의 중요성 및 최근 시장 환경 변화

- 주거용 건축물의 수주비율이 전체 건축 수주량의 약 57%로 매우 높음.
- 공동주택은 가장 보편화된 주거유형(약60%)으로 공동주택 만족도는 삶의 질을 좌우함.
- 최근 노후 주거용 건축물에 대한 리모델링 수요가 증가하고 있음.

□ 주거용 건축물의 높은 수주비율

- 지난 10년간 국내 건설공사 수주동향을 살펴보면, 2013년을 제외하고 매년 주거용 건설공사의 수주 비중이 더 높은 것으로 조사됨.
- 또한, 10년간 전체 수주량을 비교하면 주거용은 437조 원(약 57%), 비주거용은 324조 원(43%)으로 주거용이 더 많은 수주비율을 차지하고 있음. 이에 따라, 산업차원에서 주거용 건물이 산업에 미치는 경제적인 영향은 상당한 것으로 분석됨.



〈그림 2〉 국내건설공사 수주동향 [출처: 통계청, 2017]

□ 가장 보편화된 주거유형

- 90년대 후반이후부터 단독주택과 아파트 중 아파트에 주거하는 비중은 점차 증가되고있음(통계청, 2016). 2015년에는 아파트 주거 비중이 약 60%를 차지하였으며, 다세대,연립주택 등을 포함한다면 공동주택 주거 비중은 더 높을 것으로 예상됨.
- 서울통계연구 (2014.07)에 따르면, 2001년 전체 주택공급량의 30% 수준이었던 서울의아파트 공급비중은 2000년대 중반까지 크게 증가하여, 전체 주택공급 물량의 상당량을 차지함.
- 또한, 다세대·연립주택의 공급 비중은 다세대·연립형 도시형생활주택의 공급 증가로 2010년 이후 증가추이를 보임. 이에 따라 공동주택에서의 삶의 만족도는 현대인의 삶의 질을 좌우하는 중요한 요인으로 분석됨.

□ 노후화 주거건물에 대한 리모델링 수요증가

- 최근 수행되고 있는 도시재생뉴딜사업의 특징은 크게 4가지로 요약됨. 첫째, 연간 10조억 원에 달하는 막대한 사업비 투입 계획, 둘째, 매년 ‘달동네’ 등 100개의 구도심 및 노후주거지의 개선, 셋째, 연간 5만가구의 낡은 주택을 공공임대주택으로 개조, 마지막으로 도시재생으로 연간 39만개의 일자리를 창출하는 것임. 이에 따라 도시재생사업으로 인한 주거문화의 변화와 노후화 건축물의 리모델링 수요가 증가될 것으로 예상됨.
- 최근 도시개발 방식이 재개발 재건축에서 도시재생의 일환인 마을 만들기 프로젝트 등으로 변화되면서 소실되었던 지역커뮤니티들을 새롭게 개선하기 위한 노력이 수행되고 있음. 특히, 연남동 등과 같이 지역주민이 건축과정에 참여하여 지역의 특색을 표현하는 형태로 건축도 바뀌어가고 있음. 뿐만 아니라, 아파트 위주의 개발로 인해 단일화 된 주거패턴이 다양화되며, 인구 고령화에 따라 대안적인 건축이 실현될 것으로 예상됨. 이러한 대안적인 건축의 일환으로 사용자 요구를 반영한 맞춤형 리모델링 수요 역시 증가되고 있음.

□ 첨단 ICT 수요 증가

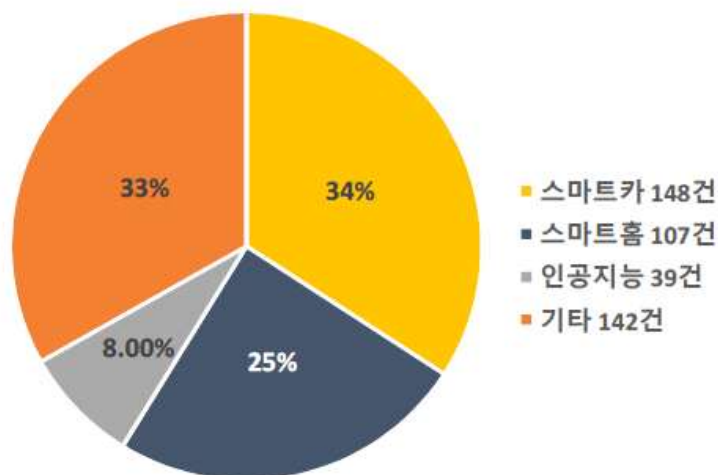
- 건축분야를 포함한 많은 분야에서 VR/AR 기술에 대한 투자 및 적용 시도가 증가하고 있음.
- 첨단 ICT 요소기술을 VR/AR과 결합하여 스마트홈을 구현하려는 노력을 하고 있음.

□ VR/AR 기술 수요 증가

- 미래창조과학부 외 3개의 기관에서 함께 발간한 ‘가상현실 산업 육성 추진현황 및 향후 계획’ (2016년 7월)에 따르면, 글로벌 가상현실 신시장 및 플랫폼 선점을 위한 추진전략 중 하나로 건축, 의료, 관광, 교육 훈련 등의 분야에서 VR 융복합 산업 분야 수요 창출 프로젝트 발굴을 제안하고 있어, 국내에서도 이러한 건설기술개발을 위한 투자와 시도들이 점차 증가될 것으로 예상됨.
- 또한, 디바이스와 관련하여 신규 디바이스, 부가 액세서리 기기 등의 수요 증가로 관련 산업이 활성화될 전망이며, 기존 인쇄출판 콘텐츠와 VR/AR 기술을 접목하여 멀티미디어 콘텐츠 산업이 활성화될 전망이다 (미래창조과학부, 2016).

□ 첨단 ICT와 VR/AR 기술 결합을 기반으로 하는 스마트홈 기술 수요 증가

- 2016년 특허청 보도자료에 따르면, IoT의 실시간 정보를 AR과 결합하는 기술은 2010년~2014년간 436건이 특허출원되었으며, 스마트카 관련 출원건은 148건(약 40%), 가정 내의 가전제품을 제어하는 스마트홈 관련 출원건이 107건(24.5%), AR과 IoT를 제어하기 위한 인공지능(Artificial Intelligence; AI) 출원건이 39건(8.9%), 기타 142건(32.6%)로 조사됨. 이에 따라, 2010년 이후로 AR을 결합한 다양한 스마트홈 기술들이 지속적으로 개발 중에 있는 것으로 조사됨.



<그림 3> AR과 결합된 IoT관련 특허출원비율
[출처: 특허청 보도자료, 2016. 04]

- 또한, 국내외 스마트홈 시장은 꾸준히 확대되는 추세를 보이고 있으며, 앞으로도 점차 확대될 것으로 전망됨.
- 스마트홈 관련 주요 비즈니스는 스마트홈 네트워크, 지능형 정보가전기기, 스마트홈 보안 등이 있으며, 장소와 관계없이 사용자가 네트워크망을 통해 집안에서 발생하는 일들을 제어할 수 있음.
- 이에 따라 네트워크망을 통해 사용자에게 편의를 제공하는 IoT기술시장과 사용자에게 다양한 편의를 제공하기 위한 AR기술시장은 점차 확대되며 보편화될 것으로 예상됨.

〈표 2〉 세계 스마트홈 시장 규모 및 전망

(단위: 억달러 %)

분류	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	CAGR (2013~2015)
스마트홈	406	180	575	690	821	1,000	1,115	18.4

〈표 3〉 국내 스마트홈 시장 규모 및 전망

(단위: 조원 %)

분류	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	CAGR (2013~2015)
스마트홈	6.8	8.6	10.4	12.5	15	18.9	23.4	23.70

□ 산업구조 개편 및 새로운 건설 생태계 동력의 요구

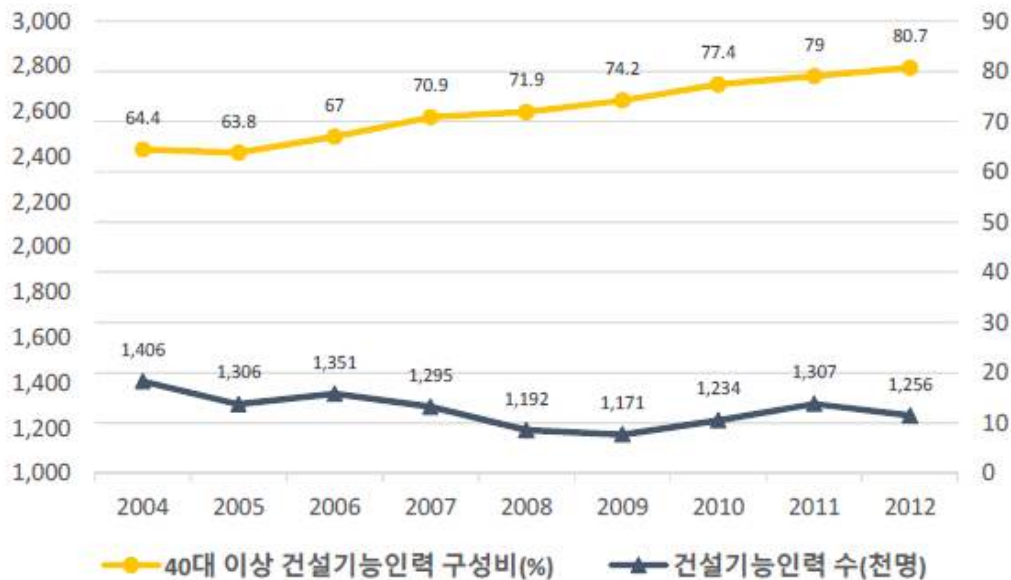
- 건설에서도 사용자를 만족시킴으로써 사용자 중심의 산업으로 전환하려는 요구가 증가
- 현재 기능인력이 부족한 건설산업에서 기술중심의 신규인력 수급의 필요성이 증대
- 다양한 참여자 간 협업의 어려움과 건축물 생산관리의 어려움 극복에 대한 오랜 산업적 열망
- 새로운 건설 생태계를 위한 첨단기술 중심의 산업 동력의 필요성

□ 사용자 중심의 산업으로의 전환의 요구

- 높은 “삶의 질” 에 대한 열망으로 현대 사회에서의 화두는 기능적 필요한 니즈(Needs)를 만족시키는 것을 넘어 고객의 심리적 욕망, 즉 원츠(Wants)까지 만족시키는 것임. 최근 건설산업에서는 다양한 선택사양과 공동주택 선택사양의 폭과 기능의 다양성이 커지고 있으나, 불특정 다수 고객

의 모든 원즈(Wants)를 반영하기에는 한계가 있음.

- 건축물과 건설 프로젝트 과정에 대한 정보가 부족한 사용자는 건물 완성 이전에 적극적인 참여가 어렵고, 공동주택의 수많은 사용자가 참여하기에 필요한 막대한 사회적 비용으로 인해 진정한 사용자 중심의 산업구조를 갖추기에는 어려움이 있음. 이러한 문제해결수단으로서 첨단 ICT의 적극적 활용이 필요함.



〈그림 4〉 건설기능인력 현황 [출처: 통계청]

□ 노동시장의 변화

- 건설산업은 전통적으로 노동집약적인 산업이며, 자동화 기술이 도입되고 있는 현대의 추세에도 불구하고 설계-시공 등 많은 부분에서 기능 인력에 의존함. 더욱이 건설은 3D(Dirty, Difficult, Dangerous) 산업이라는 뿌리 깊은 인식으로 인해 청년층의 유입이 더디며, 기존 인력의 고령화 추세는 건설 기능인력 수급의 어려움을 가중시키고 있음.
- 이러한 건설산업의 분위기 전환을 위해서는 생산성을 향상시킬 수 있는 보다 기술 집약적 건설생산과정으로의 발전이 필요함.

□ 건설산업 프래그멘테이션(Fragmentation) 극복의 요구

- 건설산업은 종종 “단절”, “분열”을 의미하는 “프래그멘테이션(Fragmentation)”이라는 단어로 대표되고 있음.
- 이는 발주자, 설계자, 원도급자, 하도급자, 건설관리자, 사용자 등 다양한 참여자가 존재하는 건설프로젝트의 특성에서 기인함. 따라서 프로젝트 모든

단계에서 참여자 간 의사소통의 문제가 빈번한 고질적인 특성을 해소할 필요가 있음.

- 앞서 언급한 바와 같이, 최근 건설 노동환경의 변화로 인해 부족한 기능인력을 외국인 노동인력으로 대체하는 이 시점에서는 내외국인 인력의 공존에 따른 의사소통 문제가 더욱 가중되고 있음.

□ 단품생산 방식에서 기인하는 건설 시공관리의 어려움

- 건설산업은 단일품목인 건축물을 생산하는 산업으로, 건축물의 완공 이전에는 프로젝트 과정이나 완성된 건축물을 경험할 수 있는 기회가 부재함.
- 건축물의 생산단계인 시공과정에서는 완공될 건물에 대한 구체적인 그림 없이 과거 유사한 경험에 비추어 프로젝트를 진행하는 경우가 빈번하여, 안전, 품질 등 관리상의 잠재적인 위험이 항상 존재하고 있음.

□ 첨단기술 중심의 산업 동력 부재

- 막대한 자금이 투입되고, 오랜 기간이 소요되는 건설 프로젝트의 특성으로 인해, 건설산업은 리스크가 존재하는 새로운 기술 도입에 적극적이지 않은 산업으로 인식됨.
- 따라서, 최근 건설에 다양한 첨단 기술을 도입하고자 하는 시도에도 불구하고, 분산적으로 개발/적용되는 특성으로 인해 다양한 기술 간의 시너지를 발생시키기 힘들며, 기술중심의 건설산업 생태계를 작동시키는 동력이 부재함.
- 주택 시장은 국내의 인구구성 및 지리적 특성에 따라 공동주택 분야의 시장이 활성화되어 왔으며 스마트 홈과 같은 새로운 공동주택의 패러다임 변화와 함께 수요자의 서비스 요구 수준이 높아지고 있음.
- 기존의 생산자 위주의 획일화된 일방향 서비스 패러다임은 생산자와 사용자간의 양방향 커뮤니케이션을 통한 사용자 최적화로 전환되고 있으며, BIM(Building Information Modelling) 기반 건설 데이터 생성을 장려하는 국가적 정책은 데이터 가시화를 통한 체험중심의 사용자 서비스 활성화를 촉진하고 있음.
- 그러나 BIM 기반 공동주택 건설 프로세스의 정착에도 불구하고, 현재 프로세스 내 구성원을 포함한 사용자가 정보의 생성과 시스템 적용에 참여하는 것이 제한적인 실정임. 그 원인은 공동주택 생애주기 전 단계에서 사용자가 주체가 되는 체험중심의 정보 가시화 기술 및 서비스가 부재하기 때문임.

- 체험중심의 사용자 서비스로써의 AR/VR 기술은 물리적 가시화를 통해 사용자 참여 환경을 개선하고, 3차원 공간 정보의 접근성 및 활용도 제고를 위한 필수 기술로써 국내외의 주목을 받고 있음. AR/VR 기술은 ICT 및 공간 정보 생성/활용을 위한 융복합 기술로써 산업 전반으로 그 활용 범위가 확장되고 있고 타 산업의 경우 상업화 단계에 근접하는 단계임.



〈그림 5〉 공동주택 건설관리 선진화를 위한 단계별 연구개발목표(안)

- 국민 생활과 밀접한 공동주택을 위한 AR/VR 기반의 건설관리 선진화 추진 반드시 필요한 시점이며, 이를 위해서는 공동주택 생애주기 프로세스 As-is를 명확히 규명하고 프로세스 내 참여자의 Needs를 파악하여 Needs와 관련된 핵심 서비스 콘텐츠 및 S/W, H/W 도출을 하여야 함.

2장. 국내외 동향 및 환경분석

1절. 공동주택의 환경

- 공동주택 사용자 요구 증가와 이에 따른 사회적, 정책적 변화
 - 최근 공동주택 사용자 요구의 다양성이 증대되고 있음.
 - 이에 따라 다양한 사용자의 선택을 보장하기 위해 공동주택 관련 정책개정이 진행 중.
 - 기업에서도 사용자의 요구 성능을 만족시키기 위한 다양한 첨단기술을 적용하고 있음.
 - 사용자 스스로 유지관리 단계에서 셀프(Self) 리모델링을 하는 경우가 급증하고 있음.
- 설계 다양성 및 사용자 선택사양의 증가
 - 입주자의 선택사양이 다양해짐에 따라 이를 지원하기 위한 정책개정이 수행 중에 있음. 2013년부터는 ‘주택설계용역대가 산정기준’의 일부내용을 개정하여 동일한 평면배치를 지양하고 다양한 설계를 유도하고 있음.
 - 또한 ‘공동주택 분양가격의 산정 등에 관한 규칙’에 따르면, 분양가격 산정을 위해 입주자가 직접 선택하는 품목을 규정하고 있는데, 기초마감 및 설비에서 불박이가구, 가전제품 등으로 품목이 다양해지고 있음.

〈표 4〉 ‘공동주택 분양가격의 산정에 관한 규칙’ 개정사항

년도	내용
2004	추가선택품목제도 도입(가구·가전·위생용품 등은 포함되지 않음.)
2005	추가선택품목 자율화
2007	플러스 옵션품목을 발코니 확장으로 한정
2011	추가선택품목 확대 (시스템에어컨, 주방형 불박이 가전제품 추가)
2012	추가선택품목 추가 확대 (불박이 가구 추가)

○ 4차 산업혁명 기술개발이 본격적으로 수행됨에 따라, 공동주택 분야에서도 사용자의 요구 성능을 만족시키기 위한 다양한 ICT 기술적용이 이루어지고 있음. 2016년 미래창조과학부에서 발간한 기술영향 보고서에 따르면, 가상/증강현실을 통해 인테리어, 가구·가전 배치, 모델하우스 등을 미리 체험해 보는 기술들이 소개되고 있음.

○ 스웨덴 가구회사 이케아가 만든 ‘이케아 VR 익스피어리언스’는 사용자가 가구배치나 인테리어를 공간에 실제로 적용하기 전 미리 경험하여, 구매의 만족도를 높이는 서비스를 지원하고 있음. 또한, 일부에서는 아파트 모델하우스를 가상 건축물로 구현하여 다양한 설계안을 실시간으로 경험하며, 이와 더불어 불필요한 자원낭비를 줄이기 위한 노력이 수행 중에 있음.

□ 유지관리 단계에서의 셀프(Self) 리모델링 수요증가

○ 사용자의 욕구를 스스로 실현하는 셀프(Self)라는 개념이 등장하여 유지관리 단계에서의 건물유지보수를 스스로 해결하는 시도들이 이루어지고 있음.

○ 특히, 인테리어 분야가 25.4%로 셀프를 가장 활발히 적용하고 있는 분야로 조사되었음(MEDIA SK, 2015). 이에 따라 셀프 인테리어를 위해 3D 모델링, 공간실측 등의 서비스를 제공하는 다양한 어플리케이션이 보급되고 있음.



〈그림 6〉 셀프(self)문화에 대한 인식 및 동향 [출처: MEDIA SK, 2015.05]

1. 건설관리 선진화의 필요성

- ☐ 공동주택 사용자 만족을 극대화하기 위한 사용자의 설계참여 증대의 요구
- ☐ 설계단계에서 지속적인 설계협업 효율성 향상의 요구
- ☐ 시공단계에서 시공 생산성, 품질 및 안전 향상의 필요성 증대
- ☐ 공동주택 유지관리 서비스 수요 증가에 따른 유지보수 정보관리 효율성 향상의 요구
- ☐ 사용자 참여설계에 대한 요구증가
 - ‘창조’와 ‘융합’이 시대를 표현하는 대표적인 개념이 되면서, 디자인 영역에서도 사용자들의 요구를 적극적으로 반영하기 위한 노력으로 참여디자인에 대한 관심이 높아지고 있음(조한별, 2012). 사용자 참여(User Participation)는 주민참여라고도 불리며, 주민들이 욕구와 삶의 질 충족을 위해 일련의 과정에 참여하고, 의사결정 시 영향력을 행사하는 활동을 지칭함(박남용 외, 2015). 공동주택, 어린이놀이터, 집합주거단지, 학교, 도서관 등에 이를 적용하는 연구와 노력이 활발히 수행되고 있음.
 - 2016년 미래창조과학부에서 발간한 기술영향평가 보고서에 따르면, VR/AR 기술을 설계에 활용한다면 원활한 커뮤니케이션과 업무처리가 가능하여 자원절감 효과가 있을 것으로 기대됨. 사용자는 설계단계에서 의사결정을 위해 2D정보(도면, 조감도, 관련 서류 등)를 제공받았음. 최근 BIM 기술이 이산화되면서 일부에서는 의사결정 지원을 위해 3D모델을 제공하고 있지만 이는 전문화된 기술로 정보 접근이 용이하지 않음. 이에 따라 VR/AR 및 첨단 ICT 기술을 통해 구축된 서비스 플랫폼을 통해 사용자에게 체험형 정보를 제공한다면, 참여설계를 위한 효과적인 도구로 활용 가능함. 또한 이와 더불어 의사결정을 위해 사용되던 인쇄물, 모형주택 등의 자원을 절감할 수 있을 것으로 기대됨.
- ☐ 설계협업 효율성 향상의 요구
 - 설계협업은 현재 설계, 구조, 설비 등을 수행하는 업체의 합사 혹은 전화, 메일 등을 활용해 수행되고 있음. 합사를 통한 협업은 작업자에게 과도한 업무량이 가중되며, 전화, 메일 등을 활용한 협업은 정확한 정보 전달이 어려워 정보누락, 재작업 등의 문제가 발생함. 이에 대한 해결방안으로 BIM을 활용한 협업방법이 제시되고 있지만, 대부분의 실무자들은 효율성 향상 효과에 대해 회의적인 태도를 보이고 있음.

- 이에 따라, 설계협업의 효율성 향상을 위한 VR/AR 기술 기반 설계협업 시스템이 개발중에 있음. 예를들어, 미국 KallocTech사의 Fuzor은 BIM정보를 모니터상의 가상모델에 가상현실을 구현하여 설계된 건축물을 체험하고, 수정사항을 실시간으로 모델에 반영하는 시스템을 개발하였음. 또한 이와 더불어 동시간 접속 기술을 개발하여 구축된 플랫폼에서 협업을 위한 의사결정이 가능하도록 지원하고 있음.

□ 시공 생산성 및 품질

- ‘건설기능인등급제 도입 · 운영방안 (국토교통부, 2013)’에 따르면, 건설업은 타산업에 비해 노동의존도가 높은 것으로 조사됨. 이는 건설이 표준화된 생산체계를 갖추기 어려운 산업구조를 가지고 있기 때문으로 분석되며, 이에 따라 산업 경쟁력 확보를 위해 안정적인 인력의 공급이 필수적임(국토교통부, 2013). 그러나 낮은 사회적 인식, 건설현장의 높은 노동강도, 불안정한 고용여건 등으로 인해 신규인력의 유입이 어려운 형편임.
- 따라서 건설현장에 신규인력 유입을 위해서는 첨단 ICT 융복합 기술 도입으로 생산성을 향상시킴과 동시에 산업인식에 대한 개선이 요구됨.
- 또한, 국토교통부 하자심사·분쟁조정위원회(이하 조정위원회)에 따르면 2010년 69건에 불과했던 신고 건수는 2016년 대폭 증가하여 3,841건으로 조사됨. 민원의 주요 내용은 누수 발생, 바닥 균열, 타일 들뜸, 창문 여닫힘 문제, 결로 현상, 보일러 고장 등으로 건설품질과 관련된 원인들이 대다수였음. 조사된 통계는 조정위원회에 아파트 하자 신고접수 건수로 한정된 수치여서, 실제 공동주택의 품질하자 발생건수는 더 많을 것으로 예상됨. 이에 따라 공동주택 하자정보를 통합적으로 관리하여 원인을 분석하고, 이를 보완하여 공동주택의 건설품질을 높이기 위한 VR/AR 과 같은 첨단 기술적용이 요구됨.

〈표 5〉 LH분양, 임대아파트의 하자현황 [출처: LH공사, 2015]

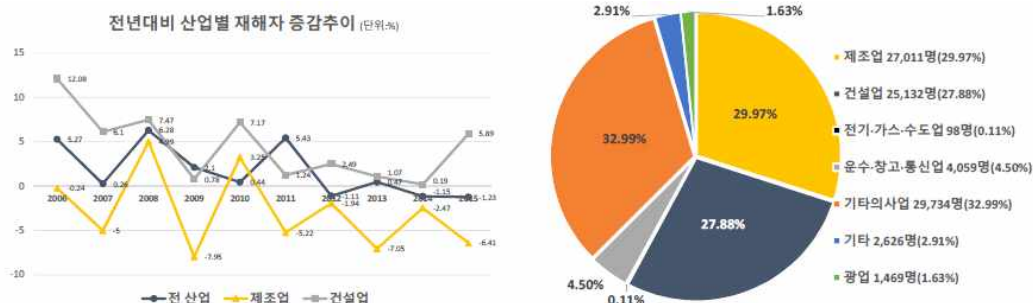
년도	‘10	‘11	‘12	‘13	‘14	‘15(7월)	계
합계	9,906	15,818	9,837	12,225	15,950	5,530	69,266

- 비정형건물인 Endeavor 본사 프로젝트에 VR 시뮬레이션을 시범적으로 적용하였으며, 2017년 11월 완공을 앞두고 있음. 이 프로젝트에서는 일조량, 소재, 가구 등을 실제와 비슷한 수준으로 구현한 VR 콘텐츠를 개발하였고, 이를 협업에 활용해 설계와 시공의 품질을 향상시켰음. 또한, 국내에서도 90년대 중후반에 일부 고가아파트의 품질향상을 위해 VR 시뮬레이션을 협업

에 적용한 사례가 있음. VR 시뮬레이션을 시공단계에 적용한다면, 완공 이후 발생될 수 있는 품질, 동선, 일조 등의 문제점을 미리 개선하여 품질향상에 기여할 수 있음.

□ 건설 안전성 향상

- 고용노동부에서 발간한 ‘산업재해현황분석’ 자료에 따르면, 최근 10년간 건설업에서 발생한 재해자수는 매해 꾸준히 증가하는 추이를 보이고 있음. 또한, 2015년 자료에 따르면, 건설업이 25,132명으로 산업별 재해발생의 28%로 조사되었으며, 이중 다수의 사고는 작업자의 부주의로 인해 발생하며 충분한 교육을 통해 예방할 수 있음.
- 이에 따라, 건설현장 안전관리를 위한 기술적용 및 관리지침이 강화되고 있으며, 사물인터넷(Internet of Thing: IoT) 등을 활용하여 건설현장의 사고를 예방하고, 이를 효과적으로 관리하기 위한 다양한 연구와 기술개발이 수행되고 있음. 또한, VR을 통해 빈번하게 발생하는 사고들에 대한 체험콘텐츠를 개발하여 이를 건설현장 안전교육에 적용하기 위한 노력이 수행되고 있음.



〈그림 7〉 건설업 재해현황 [출처: 고용노동부, 2015]

- 예를 들어, 국내의 경우 (주)엠라인스튜디오(MLine Studio)는 산업안전과 관련된 콘텐츠를 개발하고 있음.
- 2016년 11월에 개최되었던 대한민국 안전산업박람회(K-SAFETY EXPO 2016)에서는 VR 추락 재해 체험 콘텐츠를 선보였으며, 셰이프라인 안전교육 판매·대여 패키지 상품을 제공하고 있음. 또한, 다양한 스타트업 기업들은 재난, 재해 상황에 대비한 다양한 안전교육 콘텐츠를 개발하여 보급함에 주력하고 있어 안전관련 VR시장은 점차적으로 발전될 전망이다.

□ 유지보수 정보관리 효율성 향상의 요구 증대

- 세움터에 각종 건축물의 공간정보가 도면형태로 보관되고 있고, LX에 지리 정보시스템·정보가 있으나, 활용도가 매우 낮음. 또한 BIM 도입으로 3D 건축정보가 축적되고 있으나 용도는 아직까지 모호함. 하지만 유지보수 정보 관리의 효율성 향상을 위해서는 3D건축정보의 적극적 활용방안 모색이 필요함.
- 효과적인 시설관리를 위해서는 개인과 조직의 추구가치를 극대화하기 위한 노력과 유지보수 업무를 위한 효율적인 관리체계와 정보관리 방법이 요구됨 (김가람, 2017). 이에 따라 서울시의 One-PMIS, 국토교통부의 CALS 및 생애이력관리시스템 등 다양한 통합정보관리시스템이 도입 중에 있음.
- 시설물노후화로 인한 건축물 유지관리에 대한 관심이 꾸준히 증가되고 있으며, 생애주기에 걸쳐 건설정보를 관리하는 시스템의 필요성은 지속적으로 부각될 전망이다. 또한, 다양한 4차산업혁명 기술도입으로 인해 국민소통을 기반으로 하는 시설물 유지관리 서비스 수요가 증가되고 있음. 사용자가 직접 의사결정에 참여해 원하는 성능의 시설물을 구현하는 스마트(Smart)기술 실현을 위해서, 정보공유 플랫폼과 설계 시공 유지관리 정보를 통합관리 하는 데이터베이스 구축이 필수적으로 선행되어야 함.

2절. 국내외 정책 동향

1. 정책분석

가. 국내 정책 현황

(1) 국토교통부

□ 국토교통 4차 산업 혁명 대응 전략(2017)

- 국토교통부는 2017년 국토교통 ' 4차 산업 혁명 대응전략 '을 마련하였으며, 이 전략에는 4차산업과 관련된 ICT, 드론, 증강/가상현실등의 기술을 활용하여 국토교통 서비스를 국민체감형으로 혁신하기 위한 정책 및 기술개발 등이 포함되어 있음.
- 주거와 관련된 대응전략으로는 스마트 홈과 스마트 시티의 중간단계에서 실증으로 구현 되는 인 스마트 커넥티드 타운 조성이 있으며, 이 타운에는 스마트그리드, 제로에너지 빌딩, 교통시스템, 헬스케어 등 다양한 분야 기술을 융복합 적용할 예정임. 그리고 스마트주거모델제시, 지능형 정보관리를 통한 건축물 성능 향상에 대한 전략을 수립함.
- VR/AR과 관련된 대응전략으로는 재난 재해 대응, 가상훈련 등 실감형 융복합 콘텐츠활용지원 기술 개발에 대한 전략을 수립함.

□ 주거종합계획 (2017)

- 2017년도 주거 종합계획의 중점 추진과제는 다음과 같음.
- 행복주택 등 공공 임대 주택 공급 확대 및 다양화
- 뉴스테이 활성화
- 주거자금 지원 강화
- 주거복지의 공고한 체계구축
- 주택시장의 안정적 관리
- 주거환경 개선 및 유지관리 활성화
- 주거공급 및 지원 등 다양한 지원 정책들이 마련되었으며, 특히, 청년층 주거패턴을 고려한 맞춤형 모델개발, 생애주기별 맞춤형 임대주택 공급 등 사

용자를 고려한 주택 공급에 대한 정책이 수립됨.

- 또한 장애인·고령자 지원시설, 공공실버주택 확대, 선진주거인프라 확충 주거환경 개선 R&D 추진 등, 사회적 약자 배려 및 주거환경개선 방향으로 정책이 수립됨.

□ 주거복지로드맵 (2017)

- 2017년 발표된 주거복지로드맵은 “생애주기와 소득수준에 맞는 다양한 주거복지 프로그램 제공과, 임대·분양 주택공급 확대 방안”을 마련하는 것을 목표로 함.

특히, “맞춤 지원”이라는 키워드를 바탕으로 본 로드맵의 기본방향은 다음과 같음.

- 생애단계·소득수준별 수요자 맞춤형 지원
- 주택 서민을 위한 주택 공급 확대
- 주거복지 과제 실천을 위한 기반구축

- 본 로드맵은 결과적으로 수요자 중심의 주거환경 개선 및 주거복지의 새로운 패러다임을 마련할 수 있을 것으로 기대됨.

- 제5차 건설산업진흥기본계획과 제6차 건설기술진흥기본계획의 방향성

- 국토교통부는 5년마다 건설산업진흥기본계획과 건설기술진흥기본계획을 통해 건설산업과 건설기술의 발전방향에 대한 로드맵을 제시하고 있으며, 현재 시행 중인 제4차 건설산업진흥기본계획과 제5차 건설기술진흥기본계획이 2017년 말에 종료 예정임.

- 2018년에 시행될 제5차 건설산업진흥기본계획과 제6차 건설기술진흥기본계획의 상세내용은 현재 기획 중에 있으나, 기본적으로 4차 산업혁명에 대응할 수 있는 기술기반구축 및 건설산업 체질 개선방안 마련이 계획의 핵심임.

- 특히, VR/AR, AI, IoT 등을 접목한 융복합 기술을 통해 건설시장을 선점할 수 있는 핵심기술의 정착, 그리고 기술 위주의 경쟁을 바탕으로 한 제도 및 정책의 선진화와 기술산업화를 통한 건설산업 생태계 활성화가 건설산업진흥기본계획과 건설기술진흥기본계획의 핵심임.

(2) 산업부

□ 경험지식기반 현장체감형 가상훈련 시스템 개발

- ☐ 경험지식의 확장성을 갖는 몰입형 가상훈련 시스템
- ☐ 의료훈련용 가상 수술 시뮬레이터 기술
- ☐ 건설기계 중장비 훈련을 위한 가상훈련시스템 및 서비스
- ☐ 가상 스포츠 트레이닝 시스템 및 서비스
- ☐ 실감형 e-training제작을 위한 3D콘텐츠
- ☐ 개방형 SW플랫폼 기술
- ☐ 철도 시뮬레이터 콘텐츠
- ☐ 동작인식 기반 3D 그래픽 연동 기술
- ☐ 경험지식 기반 철도 가상훈련 모델링 및 DB 구축

(3) 문제부

- ☐ 모바일 혼합현실 체험서비스 기술 개발
- ☐ 혼합현실 콘텐츠 저작 기술
- ☐ 시각 기반 자세 및 위치 추정 기술
- ☐ 관광 체험 서비스 발
- ☐ POI연계 활용 서비스
- ☐ 달/화성 지표면 탐사 시뮬레이션 기반 가상 우주여행 영상 모션 플랫폼 기술 개발
- ☐ 달/화성 지형생성 및 극사실적인 렌더링 기술
- ☐ 동역학 기반 우주인 캐릭터 시뮬레이션 기술
- ☐ 달/화성 미소중력 체험 모션 플랫폼 기술
- ☐ 이동 실감 환경 기반 모듈형 테마파크 콘텐츠 플랫폼 기술 개발
- ☐ 재생성이 가능한 모듈형 어트랙션 기술 및 플랫폼
- ☐ Local Game 기법을 활용한 실시간 데이터 동기화
- ☐ 다양한 움직임과 양방향 인터랙션이 가능한 모션 플랫폼
- ☐ 사용자의 반응 피드백을 실시간으로 제어/전달하는플랫폼

☐ 다감각(Multi-Sensory) 표현 기술

(4) 과학기술정보통신부 (미래부)

☐ 가상화 기반 실감형창의 체험 기능성 콘텐츠 교육 서비스 기술 개발

☐ 창의체험 특수효과 실감공간 구축 및 기능성 콘텐츠 저작 기술

☐ 클라우드 컴퓨팅 기반 가상화 기술 중심의 창의 체험 플랫폼

☐ 창의체험 기능성 실감형 콘텐츠 서비스 및 콘텐츠관리 시스템

☐ 후각 바이오 정보 기반 감성 증강 인터랙티브 콘텐츠 기술 개발

☐ 후각 및 복합 센서 기반 위험 환경 인지 시스템

☐ 4D극장용 개인화 발향장치

☐ 질병 진단 및 미세 가스 측정용 전자 코 시스템

(5) 그 외 부처

☐ 중소기업청에서는 2015년 ‘중소기업 기술로드맵(2016-2018)’을 발표하며, 실감형 콘텐츠 분야에서 가상현실과 증강현실 관련 유망분야를 선정하여 중소기업에 적합한 기술분야와 연구목표 등을 제시함.

☐ 2016년 기재부, 미래부, 문체부, 산업부 등 관계부처 합동으로 가상/증강현실 산업육성 계획을 발표하였음. 2020년까지 VR 선도 프로젝트의 일환으로 건축분야 등에서의 VR 융복합산업 대형 프로젝트 발굴을 지원하고, 관계부처와 협업하여 수요창출을 위한 VR신시장 확보 및 확산을 추진과제로 삼고 있음.

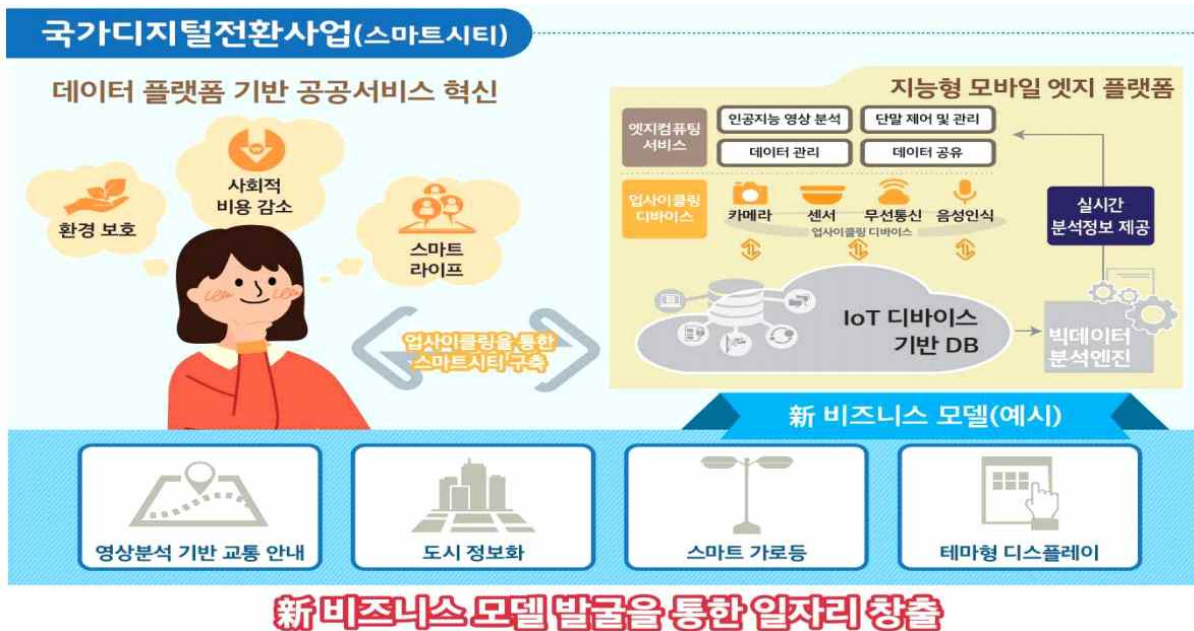
☐ (신규 시장 및 거대 산업 창출) 콘텐츠 기술을 활용한 다양한 신규 산업들의 등장과 관련 일자리 창출 기대

○ VR/AR 관련 디바이스 및 콘텐츠 산업의 발전과 교육 등에 새로운 기회 부여

- 보다 편리한 사용감의 신규 디바이스, 부가 액세서리 기기 등의 수요 증가로 지속적인 기기 개발 및 관련 산업의 발전

- 기존 인쇄물보다 높은 실재감 구현과 흥미감 유발이 가능해짐과 함께 콘텐츠산업 및 콘텐츠활용에 따른 다양한 산업에서 활성화

- 클라우드 기술과 빅데이터 기술을 활용하여 빅데이터-클라우드-VR/AR 기술 산업이 융합하여 거대 산업 창출



〈그림 8〉 정보화 대형 프로젝트예시 - 업사이클링 디바이스 활용 스마트시티 구축

- (기존 산업 퇴조 및 기업 간 양극화) 실제 현실에 기반을 둔 산업과 서비스가 퇴조하고 VR/AR의 개발·활용에도 기업 간 양극화 우려
- 콘텐츠 기술 구축비용으로 VR/AR의 활용에 있어 기업 간 빈익빈 부익부 현상이 심화되고 기업의 경쟁력에도 영향을 미칠 것으로 예상



〈그림 9〉 정보화 대형 프로젝트예시 - 스마트 센서 활용 지능형 시설물 안전관리

- 스마트시티 구축에 중고 휴대폰, 태블릿 업사이클링(Upcycling)을 활용함으로써 사회적 비용 절감 및 新 비즈니스 모델 발굴
- 스마트 센서를 활용한 실시간 데이터 수집·분석·공유 등 지능형 시설물 안전관리로 안전사고 예방 및 안전 분야 신규 일자리 창출

□ ‘초실감 융합서비스’ 신시장 창출

- 초연결 지능화 인프라(5G 등)와 연계한 신시장 창출을 위해 실감기술(VR·AR, 홀로그램 등)의 他기술·산업 융합 강화 및 산업 생태계 조성
- VR·AR 융합 플래그십 프로젝트(국방·의료·제조 등), 시장선도형 실증사업(치매케어, 교육·훈련 등) 등 초실감 서비스 개발·실증
- 기업 성장거점인 VR·AR제작지원센터 확대(행안부, 17년 1개 → ‘18.下 6개)

(6) 건설산업 혁신방안 ('18.6.28)

□ 기술혁신

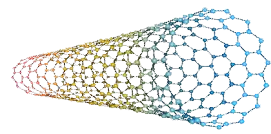
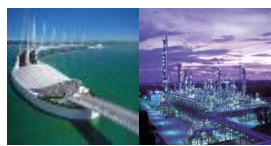
- R&D 강화, 스마트 인프라 등 기술로 승부하는 건설시장의 확대를
통해 건설산업을 낡은 전통산업→ 혁신친화적 산업으로 전환

〈표 6〉 건설산업 기술혁신 산업

As-Is	To-Be
■ 생산성 OECD 하위 3위(18.7달러) ■ 산업 중 R&D 투자 최하위(0.2%) ■ 해외수주 최근 3년간 56% 감소	→ ■ 노동생산성 40% 향상 ■ 매출 대비 R&D투자 1%로 확대 ■ 2천억\$ 이상 수주달성('18~'22)

- (공공 R&D 강화)건설자동화, 스마트 유지관리 등 첨단 건설기술 개발에
' 27년까지 약 1조원을 투자(예타 추진)하여 핵심기술 보급

〈표 7〉 주요 스마트 건설기술 R&D 사업(안)

구 분	주요 기술	투자비용 및 기대효과
 건설 자동화	■ BIM 플랫폼 구축 ■ 건설자동화 로봇 적용 ■ 공장형 시공(모듈러, 가상시공) * 건설자동화 로드맵 수립('18.7)	■ 약 2,000억원('20 ~ '27) ■ 건설 생산성의 획기적 제고 및 안전사고 예방
 스마트 유지관리	■ IoT, 빅데이터 기반 최적의 유지보수 기술 개발 ■ 시설물 내부손상 탐지 및 수명 자동 예측 기술 개발	■ 약 1,400억원('20 ~ '26) ■ 선제적 시설물 관리로 인명피해·사회적비용↓
 스마트 건설재료	■ 고분자 탄소재료를 활용한 철근 대체제 개발 ■ 나노소재를 이용한 高내구성 콘크리트 개발	■ 약 1,600억원('20 ~ '26) ■ 구조물의 내진성능과 내구성·강도·유연성↑→ 비용절감, 재해피해 경감
 메가스트럭처 + 플랜트	■ 초장대교량, 부유식(floating) 해저 터널, 인공섬 기술 개발 ■ 극한지 자원화 플랜트, 바이오 매스 및 지하복합 플랜트 기술	■ 약 5,100억원('20 ~ '25) ■ 해외수요가 높은 공종의 집중개발로 원천기술 및 글로벌 경쟁력 확보

□ (민간 신기술 촉진) 건설 신기술 지정제도(건설기술진흥법) 활성화를 위해 지정비용* 경감 및 우수 신기술 연계 발주도 확대(' 18.10)

○ 가스누출감지 IoT 센서 등 근로자 안전관리에 활용되는 건설 기술 적용 비용은 안전관리비 지급대상에 포함(건진법 개정, ' 18.10)

* (현행) 신기술을 시험하는 시공장소는 개발자 확보→ (개선) 공공기관 제공

□ (핵심기술 의무화) BIM*(3차원 설계) 등 4차 산업혁명 핵심기술은 공공에 적용을 의무화하고, 건설자동화 패키지형 시범사업 추진

* (현행) 건축 개념설계만 의무화→ (' 20) 건축 초 분야, 대형 토목사업 의무화

나. 해외 정책

(1) 미국

- ☐ 2000년대 중반부터 ‘혼합현실(MR : Mixed Reality)’ 명칭으로 10개 미래 핵심전략 기술로 지정, 공공(교통, 국방, 의학 등) 분야에 적용 투자해옴.
- ☐ NITRD(The Networking and Information Technology Research and Development), Brain Initiative와 같은 국가 차원 R&D 프로그램 내 세부과제로 VR R&D가 포함됨.
- ☐ 에너지부산하 사바나리버국립연구소는 핵물질 처리와 같은 위험업무에 VR 프로그램 도입함.
- ☐ 육군훈련에 VR 기술을 도입하고, 매사추세츠주에 VR 돔 시설을 준공함.

(2) 일본

- ☐ 정부가 지원하는 38개 회사의 3,000억 규모의 펀드로 “VR Techno Japan”을 조성함.
- ☐ 문부과학성을 중심으로 대학의 VR R&D를 지원하는 대형 프로젝트 운영하고 있음.

(3) 독일

- ☐ 인터스트리 4.0등 국가 차원 전략에 VR R&D가 포함되어있으며, 프라운호퍼, DFKI 등과 같은 정부 연구기관을 활용하여 VR R&D를 진행중임.
- ☐ 독일연방교육연구부는 3,900만 유로를 지원하여 3개의 VR 공동연구 프로젝트를 추진중에 있으며, 독일 연구재단은 VR기술을 활용하여 신체기능 회복 훈련을 지원하는 프로그램을 후원함.

(4) 영국

- ☐ 기업기술혁신부 산하의 Innovate UK를 활용한 21만 파운드의 상금을 내건 VR 콘테스트를 개최함.

(5) 중국

- ☐ 중국공업신식화부는 VR 산업 발전 로드맵을 제정하고 독자적 기술개발 표준안 마련을 위한 ‘가상현실산업발전백서 5.0’을 발표함(2016.04.14.).

다. 정책분석 시사점

(1) 요약

- ☐ 최근 맞춤형 주택에 대한 수요 및 관심의 증대로 정책의 방향이 맞춤형 주택공급으로 자리잡고 있으며, 인구노령화 및 장애인 등 사회적 약자 배려 및 주거환경개선 방향으로 정책이 수립됨.
- 또한, 주거복지로드맵을 통해 수요자 중심의 주거환경 개선 및 주거복지의 새로운 패러다임을 제시하고자 함.
- 2015년 중소기업청의 증강가상현실 기술개발 로드맵을 시작으로, 2016년 기재부, 미래부, 문체부, 산업부 등 관계부처 합동을 통한 산업육성계획, 2017년 국토교통부의 4차 산업혁명 대응전략 등 VR/AR에 대한 정책적 지원이 시작되고 있음.
- 2018년 시행 예정인 제5차 건설산업진흥기본계획과 제6차 건설기술진흥기본계획은 4차 산업혁명에 대응할 수 있는 기술기반 구축과 건설산업 체질개선방안 마련을 목표로 하고 있으며, VR/AR 기술과 같이 건설시장을 선점할 수 있는 핵심기술의 성공적인 정착을 통해 건설산업 생태계 활성화를 목표로 하고 있음.
- 미국, 일본, 독일, 중국 등 해외 국가들도 VR/AR 산업을 신성장동력으로 선정하고 연구개발 및 기업 지원을 도모하고 있음.

(2) 시사점

- ☐ 국내외 정책적 지원이 대체로 2014년부터 이루어지고 있음. 따라서 건설분야의 VR/AR 산업의 성장 잠재력을 극대화하기 위해 건설분야 VR/AR 발전 로드맵 수립 및 추진이 필요함.
- 또한 기초기술 R&D 강화, 인력양성, 시범사업 전개, 성공사례 전파, 상용화 등 연구 사업화를 지원하는 공공서비스 인프라 구축이 필요함.

- 가상/증강현실은 교육, 게임, 엔터테인먼트를 비롯하여 제조, 국방, 건축, 의료 등 타 산업과 융합하여 현장에서 활용 가능한 응용 S/W 및 Device 기술 개발을 통한 관련 산업 육성과 글로벌 역량 강화 그리고 신규 일자리 창출 등 경제적 가치 창출이 전망되는 분야임
- 최근 정부 정책은 「제6차 건설기술진흥기본계획 (‘17.12)」, 「제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(‘18.6)」, 「4차 산업혁명 대응 계획(’18.6)」, 「건설산업 체질 개선을 위한 4대 혁신방안 및 추진과제 (‘18.06)」 등을 통해 “생산혁신”, “고부가가치 기술 창출”, 산업의 경쟁력 향상에 기여할 수 있는 건축생산 체계의 혁신 기반을 조성할 필요가 있음
- 정부의 4차 산업혁명 기본계획에서는 ‘기술 + 데이터 + 인프라 + 확산 + 제도개선’ 등을 연계하는 패키지 지원 방식의 연구 및 기술개발 투자를 도모하고 있어, AR/VR 기술 역시 전반적인 산업 및 시스템 차원에서 다양한 이슈를 아우르기 위하여 기술의 플랫폼화가 요구됨
- 국내 가상/증강현실 산업 육성을 위해 정부는 가상/증강현실 생태계 구축을 위한 범부처 차원의 국가전략 프로젝트와 R&D 사업을 추진하고 있으며, 건설산업에서는 아직 시장의 수요 자체가 크지 않아 산업 활성화가 되지 않고 있으나, 점차 확대될 것으로 예상함
- AR/VR 기술이 건설현장에서 활용되고 정착하기 위해서는 국내 건설산업 현황을 고려하여 4차산업혁명 플랫폼, BIM, AR/VR 기술 등이 연계된 제도가 마련되어야 함
- BIM 기반 AR/VR 연계 기술의 제도적 적용 방안 예시
 - 건설에 참여하는 다양한 주체들이 상호 정보교환이 가능할 수 있도록 BIM 포맷의 레벨과 동일선상의 약속체계(Protocol)를 마련
 - BIM 모델로 표현하기 어려운 객체에 대해 AR 또는 MR 형상으로 구현하는 규정 마련 (AR/VR 부재작성의 기준을 선정)
 - BIM 데이터 파일의 포맷과 호환되는 AR/VR 객체 파일의 포맷 기준을 마련하고, BIM 성과품 제출시 AR/VR 성과품도 첨부하여 제출하는 기준 마련
 - 중간설계 단계에서 개방형 BIM의 경우 사용 가능한 AR/VR 소프트웨어의 선택기준 마련
- 작업자를 위한 AR/VR 연계 기술의 제도적 적용 방안 예시
 - 작업자의 시공 효율성을 위한 AR/VR 시공지원 시각화 자료 제작 기준 마련 (제작된 AR/VR 객체에 대해서는 시공현장에서 활용 가능하도록 AR/VR 사용 가이드라인 제시)

- 작업자의 안전교육시 VR 기술을 활용하는 의무화 제도 방침 마련 (커뮤니케이션이 어려운 외노자의 경우를 중점적으로 교육 프로그램을 구성)
 - 작업자의 시공 효율성을 향상시키기 위한 VR 기반의 현장교육 방침 마련 (위험요소가 존재하는 작업의 경우를 중점적으로 현장 교육프로그램 구성)
 - 현장에서 확인 가능한 공종간 물리적 충돌 간섭요인 사전제거를 위한 AR 모델 활용 방안 제시
- ☐ 가상/증강현실 콘텐츠 기술은 실감성과 몰입감 향상을 위해 촉각, 후각, 미각 등 오감을 자극하는 인터페이스 및 오감인지 기술로 진화할 것으로 전망됨
- ☐ Device는 Facebook, MS, 삼성 등이 선도하고 있으며, 5G 등 네트워크는 이미 국내 기술이 우수하므로, 아직 선도기업이 없는 플랫폼에 대해 핵심 원천/융합 기술 개발에 역량을 집중할 필요가 있으며, 이와 함께 각 산업에 적합한 S/W 및 콘텐츠 제작기술 발전도 도모해야 함
- ☐ 모바일 기기 및 각종 센서의 성능향상, 위치인식 인프라 확대, 오픈 소스 기반의 모바일 OS 등장하고 있음
- ☐ 향후 VR과 AR 기술을 융합 활용한 모바일 콘텐츠 산업이 확대되고 시장이 급팽창할 것으로 전망되며, 건설산업에서는 이에 대한 대응이 필요함
- ☐ 다양한 HMD, AR 글래스를 활용한 빅데이터와 지능처리 기반의 혼합현실(MR) 기술의 도입 및 4차 산업혁명 바탕의 패러다임 전환이 가속화되고 있음
- ☐ 증강현실(AR)용 모바일 환경에서도 스마트폰 카메라를 이용하여 가상 캐릭터를 현실 환경에 있는 것처럼 보여주는 혼합현실(MR) 서비스들이 등장할 것으로 예상
- ☐ 현재 가상현실(VR) 기술은 융합을 통한 사업화 단계로 넘어가고 있으나, 건설산업의 경우 실용화에 앞서 프로세스 도입 및 시스템 적용에 있어 한계가 존재하고 있음
- ☐ 증강현실(AR) 기술은 혼합현실(MR)로 진화하며 다양한 디바이스 개발 시도와 S/W 원천기술 고도화가 글로벌하게 진행되고 있음
- ☐ 발전 가능성이 매우 높은 시장 초기 상태이므로, 건설산업에서는 증강현실(AR) Device 활용기술과 시스템 구축 방안에 대해 집중적인 투자가 필요

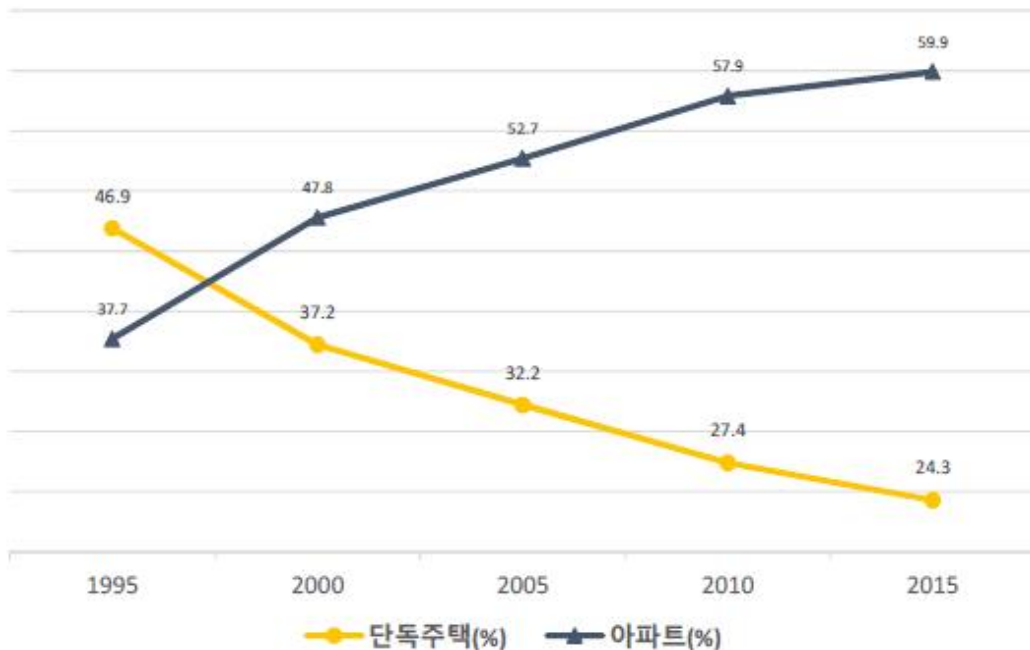
3절. 국내외 시장현황 및 전망

1. 시장현황 및 전망

가. 공동주택

(1) 공동주택 시장 분석

- 우리나라 주거유형의 60% 이상이 아파트임. 아파트 외에도 다세대, 연립주택, 기숙사 등을 포함하는 공동주택의 비율은 더 높아 공동주택에서의 삶은 공공적, 사회적 중요성이 매우 높음.



<그림 10> 주택 유형의 비중 변화 추이 [출처: 통계청]

- 2008년 이후 주택보급률이 100%를 넘었지만, 자가보유율은 아직 50% 초반이라, 여전히 내집마련에 대한 수요 존재.
- 80-90년대 대규모 아파트 공급정책에 따라 노후화된 아파트 등의 물량이 급속하게 증가할 예정이지만, 이미 용적률이 높아 재건축, 신축보다는 주민 참여 도심재생, 개인적 차원의 개보수시장이 크게 증가할 것으로 예상됨.

(2) 공동주택 시장현황

- 공동주택은 아파트, 다세대, 연립주택, 기숙사 등 여러 세대가 건축물 내 여러 시설 등을 공유하며 생활하는 주거형태를 말함.
- 현재 우리나라 주거유형의 60% 이상이 아파트이고, 여기에 다세대, 연립주택, 기숙사 등을 포함하면 더욱 그 비율은 커지고 있어서, 공동주택에서의 삶의 만족도에 대한 공공적, 사회적 중요성이 커지고 있음.
- 2008년 이후 전국 주택 보급률이 100%를 넘었지만, 아직 자가보유율은 50% 초반대로 내집 마련에 대한 많은 수요가 존재하는 바, 내집마련과 연계된 공동주택에 대한 수요 또한 향후에도 지속될 것으로 예상됨.
- GDP대비 건설투자가 지속적으로 줄어들 것으로 예상됨. 특히 노후시설이 크게 증가하지만, 90년대 이후 준공된 아파트 등은 용적률이 높아 재건축이 어려워지면서 신축이나 재건축보다는 참여설계를 통한 도심재생, 노후시설 개보수 시장이 크게 높아지리라고 예상됨.
- 특히 2008년에는 7조원이었던 시장규모가 2014년에는 12조5000억원으로 증가한 것을 볼 때, 셀프인테리어에 대한 관심도가 높아짐에 따라, 셀프인테리어 시장도 크게 증가할 것임.

나. VR/AR

(1) VR/AR 시장 분석

- 세계 VR/AR시장은 지난 5년간 20배 이상 증가하였으며, 향후 5년 후에는 현재의 40배가 증가할 것으로 예측되어 급속하게 성장할 것으로 생각됨.
- VR/AR시장은 콘텐츠(contents), 서비스 플랫폼(platform), 네트워크(network), 디바이스(device)가 결합된 “CPND 생태계형 산업”으로, VR/AR 산업의 성장을 위해서는 CPND 네 개 분야의 기술 및 산업이 고르게 성장해야 함.
- VR시장은 현재 게임 콘텐츠 시장이 주도하고 있으며, AR시장은 하드웨어 시장이 주도하고 있음.
- VR/AR시장에 페이스북, 마이크로소프트, 삼성, HTC 등 많은 세계적인 하드웨어, 소프트웨어 기업들이 참여하고 있으며, 벤처기업들도 속속 등장하고 있음.
- 그러나 아직 다수의 사용자가 같이 VR/AR을 공유할 수 있는 기술개발은 더딘 상태임.

(2) 시장 현황

- 세계 VR/AR 투자가 2012년 8,600만 달러에서 2016년 18억 3,500만 달러로 5년간 20배 이상 증가함.
- VR/AR시장은 콘텐츠(contents), 서비스 플랫폼(platform), 네트워크(network), 디바이스 (device)가 결합된 “CPND 생태계형 산업” 으로, VR/AR 산업의 성장을 위해서는 CPND 네 개 분야의 기술 및 산업의 고른 성장이 필요함.
- VR/AR 콘텐츠 산업은 현재 게임, 엔터테인먼트 산업이 주도하고 있으며, 의료, 항공, 군사, 제조, 교육, 훈련 등에 접목되고 있음. 대표적인 AR게임으로는 포켓몬고가 있음.
- VR/AR 앱과 콘텐츠를 배포, 유통하는 플랫폼은 구글플레이, 플레이스테이션 VR, 오쿨러스, 바이브포트 등이 있음.
- 네트워크는5G 등을 포함한 대용량 무선전송 기술이 있어서, CPND 중 가장 기술적으로 완성도가 높지만, 안정적인 데이터전송 기술에서 보완이 필요함.
- 주요VR/AR 디바이스는 페이스북 오쿨러스, HTC 바이브, 삼성 기어VR, 마이크로소프트의 홀로렌즈가 있음.
- 디지캐피탈의 분석에 따르면, AR시장이 VR시장보다 4배 정도 크며, VR시장은 현재 하드웨어 보다 게임 콘텐츠 시장이 압도적으로 주도하고 있으며, AR시장은 하드웨어가 시장을 주도하는 것으로 분석함.
- 마이크로소프트의 MR(Mixed Reality) 장비인 홀로렌즈는 Kinect 기술을 기반으로 되어, 3차원 객체 및 공간인식 기능이 탁월하여 공간이나 객체인식 필요한 활용분야에 많이 활용되고 있음.
- 현재, 다수의 참여자가 VR/AR을 공유할 수 있는 기술은 CAVE(Computer-Aided Virtual Environment)와 초대형스크린 등이 존재하지만, 매우 고가이며, 여전히 많은 기술개발이 필요함.

(3) 시장 전망

- 디지캐피탈은 전세계 VR/AR시장이 2016년 약 40억달러(약 4조300억원)에서 2020년에는 1,500억달러(약 160조원)로 성장한다고 예측함. 골드만삭스는 현재 시장을 22억 달러로 평가하였으나, 디지캐피탈의 예측과 마찬가지로 시장이 약 40배가 증가하여 2020년에는 시장이 800억 달러규모로 성장하리라고 예측함.

- ☐ 마이크로소프트는 윈도우MR 헤드셋 플랫폼을 개발하여 배포하고 있으며, MR 장비인 홀로렌즈도 2.0으로 업그레이드를 준비 중임.
- ☐ 삼성 오딧세이, 레노버, HP, ASUS 등에서도 차세대 VR장비를 2017년 11월부터 출시하여 판매를 시작하였음.
- ☐ KISTEP은 2014년 미국을 VR/AR기술을 최고수준으로 평가하였을 때, 국내 기술을 약 83% 수준으로, 향후 기술 선진화를 위해서는 많은 발전이 필요할 것으로 예측함.

〈표 8〉 각국의 VR/AR 기술수준 [출처: KISTEP, 2016]

(단위: %)

미국	EU	일본	한국	중국
100	94.8	91.7	83.3	73.3

다. 건설 관련

(1) 건설 관련 VR/AR 시장 분석

- ☐ VR/AR 하드웨어, 소프트웨어의 발전에 궤를 맞추어, 건설에서 VR/AR의 응용 기술이 발전해옴.
- 전통적인 주요응용 분야로는 온라인 3차원 협업설계, 안전교육, 역사시설물 체험, 가상도시 등이 있었으며, 최근에는 AR기술의 발전과 함께 지어질 건물의 외부 또는 내부의 가상모델을 실제 위치에 겹쳐서 보여주는 기술이나 유지관리 기술에 적용이 많이 되고 있음.
- ☐ 우리나라 건설산업에서 VR/AR응용기술은 세계적인 기술수준과 같이 발달하였으며, 국내 건설산업 특성상 아파트 분야에서는 세계기술 수준을 선도하며 발전을 해옴.
- 향후 GPU, SLAM기술의 발전과 함께 이러한 추세는 가속화되고, 공동주택 분야를 포함한 건설에서의 응용분야도 기하급수적으로 발전할 것으로 예상됨.

(2) 건설관련 VR/AR 시장 현황

- 건설에서 VR/AR의 응용기술 개발은 VR/AR기술의 발달과 함께 발전하여 옴.
 - VR은 1990년대, 2000년대에 걸쳐 전 세계적으로 게임엔진을 이용한 온라인 다자간 협업설계시스템이나 현장안전교육시스템, Virtual Heritage (Norte Dame de Paris) 등에 활용되었음.
 - 세계 각 대학에서는 CFD(Computational Flow Dynamics), 도시경관 심의 등의 연구에 VR/AR기술을 적극 활용하기 위하여 CAVE, 초대형스크린을 갖춘 시설들을 구축함.
 - 2000년 초 이후 게임엔진과 하드웨어가 급속하게 발전하고 BIM이 전세계 확산으로 3차원 모델을 추가적인 비용을 지불하지 않고도 만들 수 있게 되면서, 건설에서의 VR/AR이 급속하게 발전함.
 - 2000년대 초중반 미국 NIST는 AR을 이용하여 BIM으로 설계된 건물이 실제 현장에서 겹쳐 보이는 기술을 개발함. 이후 스마트폰의 발달로 여러 곳에서 유사한 기능의 앱이 개발이 되었으나, 하드웨어 성능이나 모델 압축기술이 낮아 실용화 되지 못함.
- 최근 건설분야에서는 포토그래메트리, 3D 레이저 스캐닝 등의 기술발달로 AR기술이 한층 더 정밀해졌으며, 응용분야도 기획, 설계, 시공, 유지관리, 교육 등 더욱 다양화되고있음. 또한 BIM모델을 VR/AR 시스템으로 불러들이기 위해서는 서피스모델 또는 솔리드모델을 게임엔진 모델로 변형해야 하는 과정이 필요한데, 최근 Enscape, VisualLive3D(HoloLive3D), IrisVR등 모델변환 소프트웨어와 함께 한층 용이해짐.
 - 싱가포르에서는 2018년까지 “Virtual Singapore” 을 개발하여 싱가포르의 도시 데이터를 분석하고 시뮬레이션 하는 실제 싱가포르의 가상복제도시를 만드는 과제를 수행 중임.
 - 국내 건설산업도 세계 VR/AR기술에 맞추어 1990년대, 2000년대에 걸쳐 온라인 다자간 협업설계시스템이나 현장안전교육시스템, 아파트 모델하우스, 역사문화유적 체험 등 다양한 분야에 걸쳐 기술개발이 시도됨.
 - 서울시는 1999년 서울을 홍보하고 교육할 목적으로 디지털 드림 스튜디오를 통하여 심시티를 개념을 차용한 “버추얼서울” 게임을 만들어 배포함.



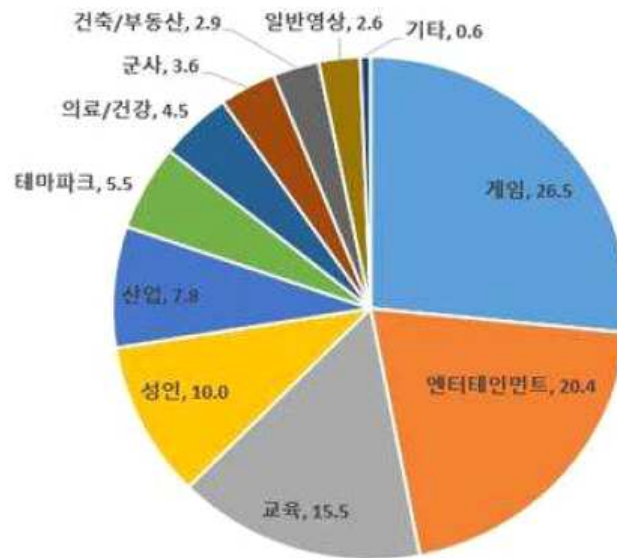
〈그림 11〉 버추얼서울 [출처: 서울시, 1999]

- 국내 건설산업의 VR/AR 활용은 전세계 흐름에 맞추어 발전했으며, 90년대 초 연구과제로 시작한 4D CAD를 대립건설에서 발전시켜 4D캐드 기반의 가상시공 시물레이션 시스템을 개발함. 이후 1996년에는 부산 네오스포현장, 97년도에는 도곡동 아크로빌현장에 적용하였음.
- 1990년 중반에는 동양건설 기술연구소에서 고가의 아파트 모델하우스를 대체하기 위하여, “가상현실 모델하우스”를 개발하여, HMD(Head-Mounted Display)와 3D장갑을 이용하여 입주예정자가 인테리어를 선택할 수 있도록 함.
- 같은 시기, 금호건설은 입주예정자가 가상현실에서 원하는 사양을 선택하면 3차원 모델로 바로 보여주는 “주문형 주택” 시스템을 개발하고 운영하였으나, 당시에는 하드웨어성능이 부족하여, 고가의 워크스테이션에서도 실사감이 떨어졌으며, 그래픽카드, CAVE나 HMD(Head-Mounted Display)의 성능이 매우 떨어져 몰입감(emersivenes)이 적었으며 콘텐츠도 부족하였음.
- 최근에는 국내에서도 VR/AR의 기술이 매우 많이 발달하고, 그 적용범위가 넓어져 기획, 설계, 시공, 유지관리, 안전교육 등으로 그 범위를 넓혀 가고 있으며, 이미 사업설명회등을 위하여 대형스크린을 이용하는 VR기술은 일반화 되어 있음.

(3) 건설관련 VR/AR 시장 전망

- VR/AR장비, GPU의 발달, 및 관련 소프트웨어, BIM의 확산으로 건설에서의 VR/AR기술의 적용에 대한 연구가 크게 늘고 있으며, 가까운 시일 내에 더욱 빠르게 발전할 것으로 기대됨.

- 조만간 구글의 탱고기술이나 마이크로소프트의 홀로렌즈 기술이 성숙하고, 3차원 공간인식(SLAM: simultaneous localization and mapping) 기술이 발전하면, 건설에서 VR/AR을 응용 가능한 분야의 폭이 훨씬 넓어지고 실제적인 사용이 더욱 활발해질 것으로 예상됨.
- 국내 건설분야에서 VR/AR기술 적용은 세계 VR/AR기술의 발달 속도에 맞추어 같이 발전하리라고 예상됨. 특히 국내건설 특성상 다른 나라와 달리 공동주택과 관련한 VR/AR기술이 크게 성장할 것으로 예상됨.
- 2017년 정보통신기술진흥센터의 조사에 따르면 VR/AR기술이 건축/부동산 분야에 일부 사용되고 있으나 매우 미미한 상황(2.9%)으로 향후 킬러콘텐츠의 유무에 따라 건설에서의 VR/AR 시장확대 가능성이 갈릴 것으로 예상됨.



〈그림 12〉 그림 산업별 킬러콘텐츠 보유율
[출처: 정보통신기술진흥센터, 2017]

라. 시장분석 시사점 및 요약

(1) 요약

- 우리나라의 높은 공동주택 보급률과 지속적인 공동주택 수요 전망에 따라, 공동주택에서의 삶의 만족도에 대한 공공적, 사회적 중요성이 커지고 있음. 또한, 공동주택 셀프 인테리어 시장의 수요 또한 증가하고 있음.
- 공동주택에서의 삶의 만족도를 증진시키기 위해서 VR/AR 기술이 효율적인 기술 지원을 할 수 있음. 이러한 VR/AR시장은 세계적으로 급속하게 성장하여 지난 5년간 20배가량 성장하였고, 2020년까지 2016년의 40배 성장할 것으로 내다보고 있음.

- 2014년 현재 우리나라의 VR/AR 기술은 선진국의 83% 수준으로 분석되고 있어 아직 기술 수준의 차이가 있지만 빠르게 선진국 수준에 접근하고 있음.

(2) 시사점

- VR/AR 시장은 콘텐츠와 기술이 같이 발달하여야 하는 “CPND 생태계형 산업”으로, VR/AR 산업의 성장을 위해서는 CPND 네 개 분야의 기술 및 산업이 고르게 성장해야 함.
- 건설에서도 VR/AR의 응용기술이 발전해오고 있으며, 국내건설 특성상 다른 나라와 달리 공동주택과 관련한 VR/AR기술이 크게 성장할 것으로 예상됨. 이러한 기술의 지속적발전은 공동주택의 삶의 만족도에 긍정적인 영향을 줄 수 있음.
- 한편, VR/AR 생태계가 형성되기 위해서는 반드시 킬러콘텐츠가 필요한데, 특히 건설 분야는 킬러콘텐츠가 타산업에 비하여 2.9%로 매우 미미하여, 향후 건설산업의 킬러콘텐츠 개발이 건설에서의 VR/AR 생태계 형성에 매우 중요하다고 분석됨.

4절. 국내외 기술동향

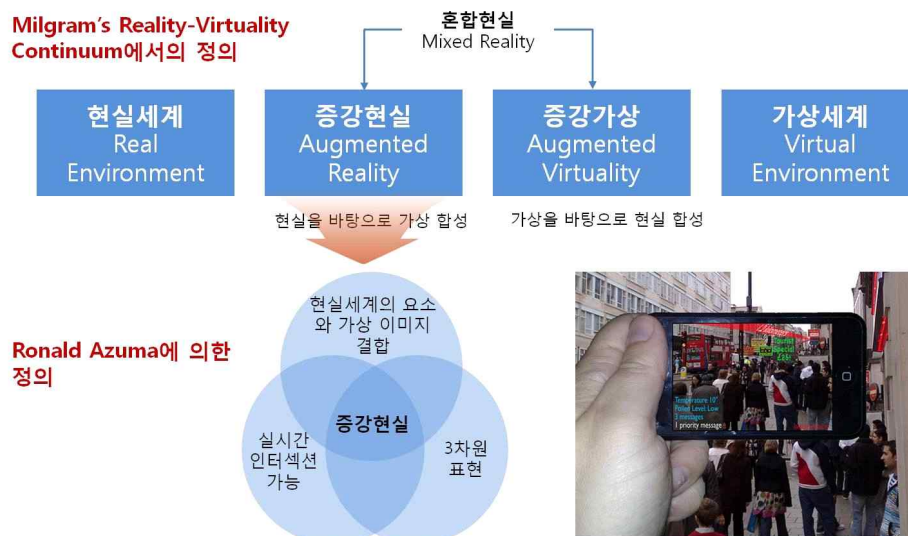
1. VR/AR 관련 현행 기술 수준 및 건설 산업 적용 사례 조사

가. 가상현실(VR)

- 특정 환경이나 상황을 컴퓨터로 만들어 현실과 유사한 또 다른 현실을 창조하고, 오감을 자극하여 사용자가 마치 실제 주변 상황·환경과 상호작용을 하고 있는 것처럼 만들어 주는 인간-컴퓨터 사이의 인터페이스를 의미함.

나. 증강현실(AR)

- 사용자가 눈으로 보는 현실 세계에 3차원 가상 정보(이미지 등)를 겹쳐 보여주는 기술로, 현실 세계에서 실시간으로 부가정보를 가지는 가상세계를 합쳐 하나의 영상으로 보여주며, 사용자가 실시간으로 가상 정보와 상호작용이 가능토록 하는 기술을 의미함.
- 가상현실과 증강현실은 다양한 정의가 존재하는데, Milgram과 Colquhoun은 현실세계(Real Environment), 증강현실(Augmented Reality), 증강가상(Augmented Virtuality), 가상세계(Virtual Environment) 등 네 가지 형태로 구분하여 현실을 바탕으로 가상 합성하는 형태를 증강현실이라고 정의하였음.
- Ronald Azuma는 증강현실을 현실세계의 요소와 가상이미지의 결합이며, 3차원으로 표현되어야 하며, 실시간 인터랙션이 가능하여야 한다고 정의함.

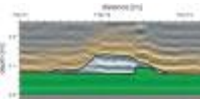


〈그림 13〉 증강현실의 정의

□ 가상현실(VR) 기술은 가상환경에 사용자를 몰입하게 하여 실제 환경을 볼 수 없음. 하지만 실제 환경과 가상의 객체가 혼합된 증강현실(AR) 기술은 사용자가 실제 환경을 볼 수 있게 하여 보다 나은 현실감과 부가 정보를 제공함. 최근 스마트폰이 널리 보급되면서 본격적인 상업화 단계에 들어섰으며, 게임 및 모바일 솔루션 업계·교육 분야 등에서도 다양한 제품을 개발하고 있음.

○ 그 중 건설분야에서 가상/증강현실 기술은 대부분 정보제공의 가시화 및 가상화 체험을 통한 사용자의 편의제공 등이 주를 이루고 있으며 이러한 현장 가상화 기술의 종류와 특징은 다음 <표 9>과 같이 나타남.

<표 9> 현장 가상화 기술의 종류와 특징

모니터링 기술	특징	비고
Virtual Reality	- 현실이 아닌 100% 가상의 이미지를 사용하는 기술로써 현실공간의 시야를 차단하는 HMD(Head Mounted Display) 하드웨어가 필요함 컴퓨터 그래픽을 통해 다양한 앵글과 입체감을 제공하지만 AR 대비 현장의 현실감을 제공하는 측면은 취약함	
Augmented Reality	- 현실에 3차원 가상 이미지를 겹쳐서 보여주는 기술로써 현실공간상의 정확한 위치에 가상 이미지를 겹치기 위해 디바이스 매개체의 좌표인식 기술 혹은 회전센서가 요구됨 현장 기반의 선별된 정보를 현실감 있게 전달하는 장점을 가지나 건설현장의 경우 현장의 다양한 방해요소로 인해 인식정확성에 한계를 보이고 있음. - 단, 주변 환경이 안정된 완성 건축물의 실내에서 정보를 제공하는데 큰 성과를 보일 것으로 기대됨	
3D 모델링	IFC Export를 통한 파일 경량화에 의해 핸들링을 신속하게 하여 제한된 건설 정보에 쉽게 접근할 수 있는 장점이 있음 - PC 혹은 모바일 디바이스의 디스플레이를 통해 3D 모델을 불러오는 방식으로 제한적 가시화 앵글을 제공하고 현장의 Reality를 구현하는데 한계를 가짐	

다. VR/AR 기술 개발 상용화 현황

- 미국의 Microsoft, Oculus, Leap Motion 등의 회사가 VR/AR 관련 하드웨어 시장을, Google, Unity, Steam 등의 회사가 소프트웨어 시장을 대부분 장악하고 있음.

〈표 10〉 VR/AR 하드웨어 및 소프트웨어 분야 및 관련 기업제품

구성요소	분야		세계 최고수준 제품 (국가)
하드웨어	헤드셋	외부 연결식	- HTC VIVE (대만) - Oculus Rift (미국) - Sony PlayStation VR (일본) - Razer OSVR HDK2 (싱가포르)
		스마트폰 삽입식	- Google Cardboard (미국) - Samsung Gear VR (한국)
		일체식	- Idealens K2 (중국) - Korner AuraVisor (중국) - Oculus Go (미국)
		홀로그래프 안경	- Google Glass (미국) - Microsoft HoloLens (미국)
	인식	동작	- Leap Motion Controller (미국)
		체감	- Microsoft Kinect (미국)
	제어	동작	- Gest (미국)
소프트웨어	운영체제		- Google Android (미국) - Razer OSVR (싱가포르)
	개발	종합	- 3DVIA Virtools (프랑스) - Nibiru Studio (중국) - Quest3D (네덜란드)
		게임	- Unity 3D (미국)
		언어	- Web3D Consortium VRML (미국)
		시각	- Adobe Flash 3D (미국)
		청각	- Plugin Alliance Dear Reality dearVR usic (미국)
		촉각	- Tactica Haptics Reactive Grip (미국)
	스토어		- SteamVR (미국)

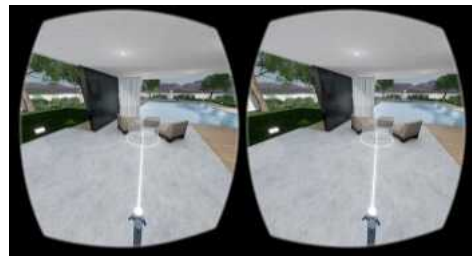
〈표 11〉 VR/AR 현재 기술 수준 분석 및 5년 후 기술 수준 예상

기술요소	현재 기술 수준	5년 후 기술 수준
센서 정확도	3차원 공간에서의 선형 운동 및 회전 추적 중력/가속도/자이로 센서의 소형화 및 고정밀화로 HMD 및 스마트폰에 내장 - 동작 감지 정확도가 떨어져 위치 오류 및 화상 떨림	고성능 6축 자유도 센서와 동작 인식, 지자기, 고도계 센서 등과 복합하여 보다 정밀한 (mm 단위 시공 오차 측정 가능) 동작 감지 가능
인식률	- 깊이 센서를 이용한 얼굴 인식 (Apple사의 iPhone X) 및 자세/동작 인식 (Microsoft사의 Kinect) - Google, 얼굴을 인식률 99.96% - 음성인식 기술은 많이 발전하였으나 여러 소리가 섞여 있는 경우, 특정 음성 구분 기술 부족	- ToF, 구조광, 스테레오 비전 기반 3D 센서 기술의 발전에 의한 정밀한 3차원 동작 인식 - Deep Learning 및 인공지능 기술의 발전으로 인하여 컴퓨터 비전(사물 등)과 음성인식 기술이 크게 발전함. - 다중 마이크를 이용하여 배경 노이즈로부터 음성 명령을 거의 완벽하게 구분해낼 수 있음
상호작용	기술력 부족으로 촉각을 직접 실현한 사례 없음.	- 햅틱 기술의 기반이 되는 기계 및 로봇제어 기술과 인터랙션을 위한 센서 및 각종 소자 기술의 발달로 인한 고성능 소형 햅틱 장치 개발 - 유동 탄성체 액추에이터 기술 등을 통한 촉각 상호작용 향상 (nVIDIA)
리프레시 레이트 및 레이턴시	리프레시 레이트 120Hz, 레이턴시 18ms (SONY PlayStation VR) 정도로 3D 멀미 유발할 수 있음.	16,000Hz의 리프레시 레이트 (nVIDIA) 및 레이턴시 16ms 이하로 멀미 등으로 인한 불편함 해소
시야각	가로 110°, 세로 113° (HTC VIVE)	- 가변형 시야각 기술 개발 - 렌즈-눈 거리에 따른 시야각 자동 조정으로 어지러움 해소
디스플레이	각 안 1,200×1,080 정도로 다소 저해상도	고해상도 초소형 LCD 기술, 초소형 프로젝터 및 광학 기술의 발달로 각 안 4k이상의 해상도를 지원하는 HMD 디스플레이 보급
무게 및 크기	- HMD는 약 400g 정도로 보통 안경의 4-5배 무게임. - 크기가 다소 큼. - 장기 사용 시 작업에 무리가 있음.	패키징 및 소형/집적화 기술의 발전으로 HMD 무게 100g 이하
전원	- 센서 정확도, 연산 능력, 안정적인 전원 공급을 위한 외부기기와의 유선연결 - 일체형 HMD의 무게를 고려하여 600mh 용량의 리튬폴리머 배터리 장착	무게 고려 약 1,000mh 배터리 장착

2. 건설 산업 VR/AR 기술 국내외 적용 사례 조사

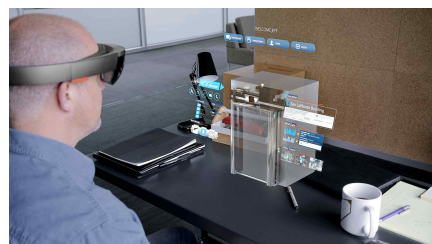
- 국내 건설산업의 VR/AR 활용은 전세계 흐름에 맞추어 발전했으며, 90년대 초 연구과제로 시작한 4D CAD를 대립건설에서 발전시켜 4D캐드 기반의 가상시공 시뮬레이션 시스템을 개발함. 이후 1996년에는 부산 네오스포현장, 97년 도에는 도곡동 아크로빌현장에 적용하였음.
- 1990년 중반에는 동양건설 기술연구소에서 고가의 아파트 모델하우스를 대체하기 위하여, “가상현실 모델하우스”를 개발하여, HMD(Head-Mounted Display)와 3D장갑을 이용하여 입주예정자가 인테리어를 선택할 수 있도록 함.
- 같은시기, 금호건설은 입주예정자가 가상현실에서 원하는 사양을 선택하면 3차원 모델로 바로 보여주는 “주문형 주택” 시스템을 개발하고 운영하였으나, 당시에는 하드웨어성능이 부족하여, 고가의 워크스테이션에서도 실사감이 떨어졌으며, 그래픽카드, CAVE나 HMD(Head-Mounted Display)의 성능이 매우 떨어져 몰입감(emersivenes)이 적었으며 콘텐츠도 부족하였음.
- 최근에는 국내에서도 VR/AR의 기술이 매우 많이 발달하고, 그 적용범위가 넓어져 기획, 설계, 시공, 유지관리, 안전교육 등으로 그 범위를 넓혀 가고 있으며, 이미 사업설명회 등을 위하여 대형스크린을 이용하는 VR기술은 일반화 되어 있음.
- 디벨로퍼금광은 건축설계,시공, 운영관리에 이르는 전 단계의 진행 상황을 계약자 등과 실시간으로 공유하고 적극적으로 소통하기 위해 VR·AR 서비스를 도입함. 착공부터 시공에 이르는 모든 과정을 계약자들과 공유하고, 자금계획, 공정관리, 품질관리, 리스크관리 등도 투명하게 제공하기 위한 목적으로 개발함. 고객들이 모바일 기기에 플랫폼을 설치하고 접속하면 가상의 콘텐츠에서 실제 거리를 걷는 듯한 느낌을 받을 수 있어 건축물의 디자인에 대한 이해를 높이고, 각 단계에서 만족스럽지 못한 부분에 대한 수정, 보완도 빠르게 피드백 받을 수 있어 건축 진행이나 분양 과정을 단축할 수 있을 것으로 기대됨.
- Gensler사는 유연한 업무공간, 복지공간, 녹지공간 등으로 구성된 로스앤젤레스 사옥 리모델링 프로젝트 설계를 위해 혼합현실 기술을 사용하였음. 내부 벽체와 이어지는 2개 건물의 연결 브리지 설계를 위하여 가상공간에서 홀로그램기술을 사용하였는데, 연결 브리지의 패널의 높이와 미적 기준이 요구사항에 부합하는 지 판단하는 데 유용하였음. 혼합현실 기술을 건물이 최종적으로 어떻게 지어질지를 판단하는 데 효과적이었으며, 가상의 공간에서 실제 공간과 유사한 설계를 진행할 수 있는 점이 프로젝트 성공에 크게 기여함. 또한 즉각적으로 도면을 작성하고 수정하는 것을 가능하게 하여 발주자 등과의 협의를 용이하게 함.

- DAQRI 사는 건설현장에서 쓰는 안전 헬멧에 증강현실 이미지를 볼 수 있는 기능을 탑재함. 이 헬멧을 사용하면 작업자는 자신이 수행해야 할 오늘 작업이나 보수 시 고쳐야 할 설비에 대한 매뉴얼을 보면서 작업을 할 수 있게 함. 따라서 현장과 자재 등의 규격도 바로 확인 가능하여 작업 속도가 빨라지고 효율도 높임. 또 안전 센서가 있어 증강현실 이용 시 현실 공간과 착각을 일으켜 발생할 수 있는 사고를 방지함.
- Autodesk는 최근 viz 인터랙티브 디자인 서비스를 릴리즈함. 이 서비스는 오쿨러스 리프트와 HTC Vive를 지원한 클라우드 기반 서비스로, Revit 모델을 인터랙티브 게임 엔진 환경으로 손쉽게 전달이 가능함. 최근 릴리즈 버전은 HTC Vive혹은 오쿨러스 리프트를 이용해, 디자인 한 빌딩을 가상의 세계로 보여줌.



<그림 14> From Revit to VR (AECMAGAZINE, 2016.10)

- 또한 Autodesk는 마이크로소프트의 HoloLens를 Fusion 360 시스템과 통합하는 기술을 개발하고 있음. 이를 통해, 설계자가 디자인 단계에서 건축물을 AR 기반으로 다루어 보고, 대안 평가를 할 수 있게 될 전망이다.



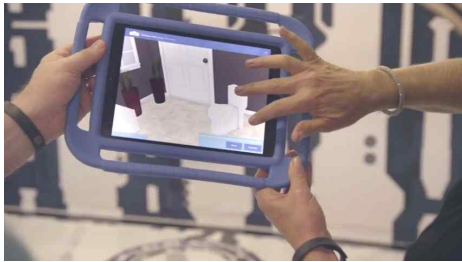
<그림 15> Autodesk 사의 Hololens 연동

- 미국 Lowe's 사의 Holoroom 서비스는 VR 베이스의 건축물 가상화를 통해 자사의 수백개의 제품을 활용해서 주방과 욕실을 디자인하거나 리모델링한 결과를 가상현실로 체험할 수 있음.



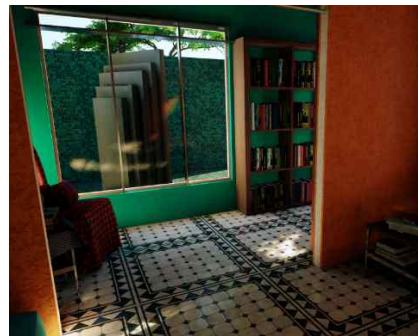
〈그림 16〉 Lowe's 사의 Holoroom, VR Experience

- 몰입형 VR을 사용하여 고객이 주택 개선을 할 때 성공적으로 수행하도록 필요한 기술들을 학습하는데 도움을 주며, 모든 체험을 무료로 제공함.



〈그림 17〉 Holoroom : VR헤드셋 & 3D 설계

- 미국 VIA Technik 사는 BIM의 고정 3D 모델을 VR 베이스로 가상화하고 가상화 게임엔진 내에서 의사결정, 효용성 평가, 그리고 비용 산정을 수행할 수 있게 지원함.

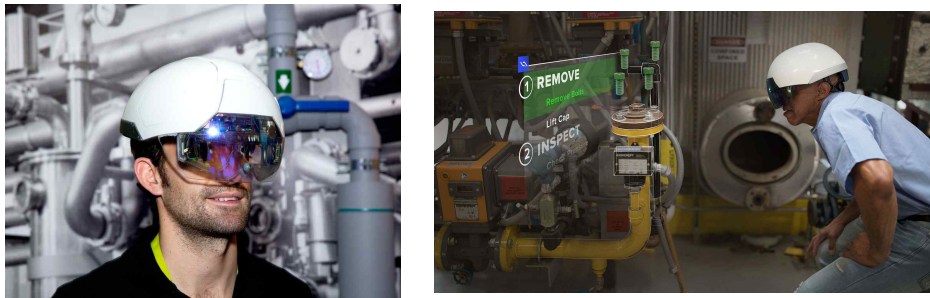


〈그림 18〉 VIA Technik 사의 가상화 목업 서비스 & 고해상 가상화

〈표 12〉 해외 AR/VR 모델 구성 및 현장 가시화 관련 기술

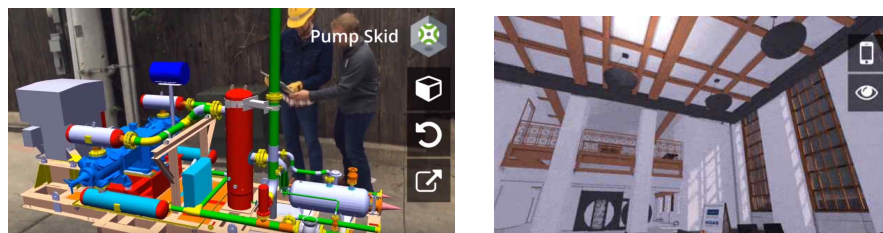
주체	관련기술	특징
Lowe's 사 (미국)	HMD(Head Mounted Display), VR 모델	VR 가상화 환경을 무료로 제공함으로써 파생되는 상품성에 초점
VIA Technik 사 (미국)	BIM→VR 모델 변환, 고해상 게임 엔진	UNITY, AUTOCAD 사와 협력하여 BIM모델을 VR 모델로 신속하게 변환
OCULUS 사 (미국)	HMD(Head Mounted Display), 모션 컨트롤러	Oculus Rift 디스플레이를 기반으로 한 사용자 커스터마이징
Unity technology 사 (미국)	BIM→VR 모델 변환, 모델 소프트웨어 제공	BIM 파일의 모델을 VR 게임엔진으로 변환하는 Tool-kit

- 미국 DAQRI 사의 DAQRI SMART HELMET®은 고속광각카메라, 열화상 카메라와 AR 기술이 융합된 스마트 헬멧으로, 작업자에게 업무 절차 및 점검 위치 등을 시각화된 정보로 제공하여 작업자가 업무를 신속하고 정확하게 판단하여 진단할 수 있음.



〈그림 19〉 DAQRI 사의 DAQRI SMART HELMET

- 미국 JBKNOWLEDGE 사의 SMARTREALITY는 AEC산업 분야에 중점을 두고 만들어 진 증강현실(AR) 및 가상현실(VR) 기반의 모바일 어플리케이션으로, 모바일기기를 통해 2D 도면을 인식, 그 위에 BIM 모델을 증강현실로 구현할 수 있고, VR기기를 통해 건물의 내부의 복잡한 부분을 다각도에서 검토할 수 있음.



〈그림 20〉 JBKNOWLEDGE 사의 SMARTREALITY

- BMW AR Glasses는 증강현실을 사용하여 정비사가 결함을 자동차의 결함을 진단하고 해결과 관련된 AR 정보를 제공. AR Glasses는 지시 사항을 읽어내는 헤드폰도 제공되며 실제 차량 엔진 상에 3D 디스플레이가 실행되어 제거 할 나사, 구성 요소를 보관할 위치 및 제거 등 관련 부품을 제거하는 방법을 제공함.



〈그림 21〉 BMW사의 AR의 기반 작업 가이드

〈표 13〉 해외 가상화 기반 시공/검측 가이드 관련 기술

주체	관련기술	특징
DAQRI (미국)	HMD(Head Mounted Display), VR 모델	▪ VR 가상화 환경을 무료로 제공함으로써 파생되는 상품성에 초점
JBKNOWLEDGE (미국)	BIM모델 증강현실 화, AR/VR 동시 제공	▪ AEC 특화 AR 기술로써 뷰 앵글의 전환에도 끊기지 않는 가시화를 제공
BMW (독일)	AR기반 작업가이드	▪ 차량 정비와 관련된 정보를 AR 글래스를 통해 작업자에게 직접제공

- 국내 경우 시공 현장의 가시화 단계에 활용되고 있기 보다는 부동산업체의 모델하우스를 AR 혹은 VR 환경으로 제작하여 주거 수요자에게 보다 현장감 있는 공간정보를 제공하고 있음.
- 한국 올림플래닛 사의 ARCONe은 가상현실(VR) 기반의 부동산 마케팅 솔루션으로, 모델하우스 방문객이 가상현실 속에서 건축물의 외관과 내부 확인, 인테리어 변경, 조망권, 일조권 변화 확인 등 실제와 매우 유사한 환경에서의 체험을 제공함.



〈그림 22〉 올림플래닛 사의 ARCONE

- 건설기술연구원은 GIS(지리정보시스템)에 BIM 모델을 연결한 B2GM(BIM to GIS conceptual Mapping)을 개발하고 연계된 정보를 AR, VR과 연결할 수 있는 시스템을 개발함.

〈표 14〉 AR/VR 모델 구성 및 현장 가시화 관련 기술

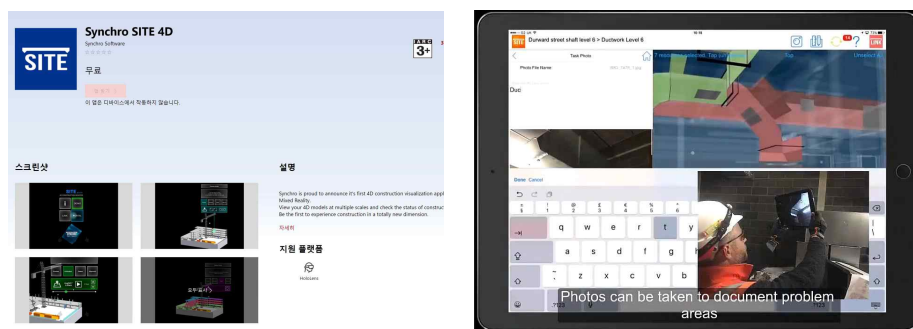
주체	관련기술	특징
올림플래닛	VR 기반 모델하우스	360도 VR 뷰 기반 원격 VR 실체험 개발
건설기술연구원	GIS, BIM, AR, VR	BIM 정보를 GIS 정보와 연계하고 AR/VR로 가시화 지원

- AR/VR을 활용한 건설관리 및 시공지원 관련 기술 개발은 미국이 특허가 압도적 숫자를 보유하고 있으며 IBM과 같은 기업을 비롯해서 일리노이 공대와 같은 연구대학 등이 관련 지재권을 보유 중임.
- IBM사는 빌딩 정보 모델링(BIM) 데이터를 바탕으로 AR 기술을 기반으로 건물내 경로 가이드를 제공 기술과 더불어 BIM 데이터 응용 AR 기술에 대한 다수 지재권을 보유함.
- 일리노이 공과 대학은 현장에서 취합된 사진정보를 병합하여 4D visualization 정보를 제공하는 기술에 대한 지재권을 보유함.

〈표 15〉 AR/VR 기반 지능형 시공관리 관련 주요 저작권

특허권자	지식재산권 명	상태/날짜	출원국/ 출원번호
National Taiwan University	Augmented reality system and method for on-site construction process	공개/ 2016.01	미국/ 14330225
IBM	PROVIDING ROUTE GUIDE USING BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) DATA	공개/ 2015.12	미국/ 14765028
University of Illinois	4D VIZUALIZATION OF BUILDING DESIGN AND CONSTRUCTION MODELING WITH PHOTOGRAPHS	등록/ 2015.10	미국/ 14690104

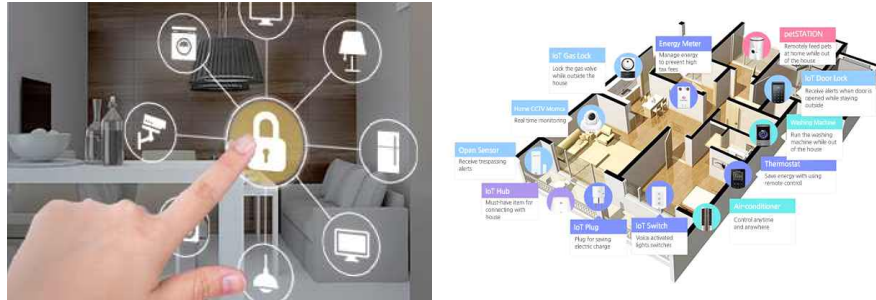
- Synchro에서는 Microsoft Hololens의 혼합현실(MR)기술을 활용한 어플리케이션을 개발 중에 있음. 현재 베타버전으로 출시된 어플리케이션의 주요 기능으로는 작업 모니터링, 자원관리의 증강현실 가시화가 있고, 협업기능으로 메모 및 사진 보내기, SITE 에서의 실시간 파일 동기화 등이 있음.
- Hololens에서 특정 시간대, 프로젝트 영역 또는 필요에 따라 거래를 필터링 하고 직접 진행 상황을 추적, Synchro PRO의 일정으로 업데이트를 동기화 하여 전체 팀에 정보를 제공하고 실시간 업데이트 반영이 가능함.



〈그림 23〉 Synchro 사의 Site4D

- LG 유플러스에서는 스마트홈 서비스를 통해 화재, 도난 등의 위험으로부터의 안전 정보를 제공하고 에너지 제어를 통한 비용절감을 가능하게 함.
 - 원격 조명 제어, 문 열림 감지 알람, 가스 원격 제어 등의 서비스 가능
 - 실시간 전기 사용량 확인으로 효율적인 전기 사용이 가능함
 - 보일러 원격 제어로 여행 시 동파 및 가스 낭비를 방지할 수 있음

- 음성으로 집안의 연결 기기나 서비스를 제어할 수 있고, 방문 개방, 개인에게 필요한 상황을 설정하면 자동으로 인지, 반응, 작동할 수 있으며 향후 AR을 활용한 스마트기기 제어로 확장이 가능함.



〈그림 24〉 LG 유플러스 사의 IoT@home 서비스

3. 국내외 사례 요약 및 시사점

(1) 요약

- ☐ 설계단계에서 VR/AR/MR 기술을 도입하여 생산된 정보를 프로젝트 각 단계에 활용한 사례가 있으며, 이는 설계단계의 효율성뿐만 아니라 프로젝트의 전반적 성과 향상에 기여할 수 있음.
- ☐ 설계자, 시공사뿐만 아니라 사용자(입주자)도 VR/AR 플랫폼을 통하여 건설 프로젝트에 의견을 개진하고 적극적으로 참여함으로써 전체 프로젝트의 효율성 및 만족도를 향상시킬 수 있는 가능성이 열림.
- ☐ VR/AR을 활용한 설계-시공-유지관리 기술은 다양한 대안 분석을 큰 추가비용 없이 수행할 수 있으므로, 대안 생성 및 비교 검토에 활용될 수 있음.
- ☐ 실시간시공 이력 확인, 종이도면 없이 스마트폰으로 3D 도면 관리, VR/AR 기술을 통한 시설물 확인 등의 편의 기능을 지원하는 통합관리 시스템 기술을 개발하여 현장관리비용 최소화 및 신속한 현장관리 등에 활용할 수 있음.
- ☐ 시공현장에서의 안전관리의 일환으로 안전사고상황을 간접 체험할 수 있는 VR 안전교육장을 운영하여 근로자의 안전의식을 고취할 수 있으며, 다양한 교육 콘텐츠의 활용으로 비숙련공/비기능공/해외노동자 등의 교육 훈련으로도 활용할 수 있음.

(2) 시사점

- ☐ VR/AR을 활용한 설계 협업 지원기술, 사용자 참여 맞춤형 설계 지원기술이 필요하며, 다양한 대안 생성, 검토를 시각화 기술로 지원 필요.
- ☐ 건설시공 단계에서 부재 설치/검측에 VR/AR을 활용하는 기술은 현재 낮은 센서 정확도로 인하여 다소 불안정함. 이를 로봇틱스, AI 등의 첨단 ICT 기술과 연계하여 시공 오차를 측정할 수 있을 정도의 정확도가 확보된다면 건설현장에서 안전, 품질, 생산성 등의 많은 문제를 지능적으로 해결할 수 있을 것으로 사료됨.
- ☐ VR/AR 교육시설 대상 설정을 명확히 할 필요가 있으며 대상에 맞는 교육 및 안전사고훈련 콘텐츠 개발이 필요함.
- ☐ 한국공동주택 건설과정에 대한 정확한 이해를 바탕으로 VR/AR 적용기술이 검토, 개발되어야 하며 법·제도 개정에 대한 논의가 함께 이루어질 필요가

있음.

- 공동주생산, 소비 이해관계자별 VR/AR 기술 활용시나리오가 개발되면 이에 따른 필요 정보의 가공, 압축, 최적화 방법 개발이 필요함.

5절. 논문 및 특허 분석

1. 논문현황

- 건설산업에서의 Augmented Reality, Virtual Reality, Building information modeling 등의 키워드를 이용해, 해외 유명 저널에 발표된 주요 기술 논문을 수집하였고 수집된 기술 논문 리스트는 다음과 같음(총 70편).

〈표 16〉 건설산업에 AR/VR 적용을 위한 연구

구분	저자	단계	연구내용
가상화 적용 가능성 분석	Shin, D.S. (2009)	시공	■ 건설현장에서 무선기술 바탕의 AR 기술 적용 시스템 개발 위해 고려해야 할 사항을 display, tracking, server 측면에서 분석
	Shin, D.S. (2008)	시공	■ 시공업무를 단위작업으로 분류하고, 각각의 단위작업이 가지는 증강현실의 이점을 기술적합성에 기반 하여 제시
	Hammad (2002)	시공	■ infrastructure 의 field task 에 AR 기술 적용가능성 제시
가상화 적용 범위제안	서준오 (2005)	공정 관리	■ AR 기술을 이용하여, 계획된 공정을 4D CAD 모델로써 표현하고, 실제 공정 진도를 반영하는 공사 현장의 이미지에 이를 합성, 비교함으로써 공정을 모니터링하는 시스템 제안
	김영환 (2015)	유지 관리	■ BIM의 기능요소에 대하여 분류체계를 정의하고, 증강현실 시설물 유지관리 기능의 연계영역을 도출
AR/VR 적용 범위 제안 및 프로토타입개발	Shin, D.S. (2009)	시공	■ AR 기술기반의 강기둥 시공검사를 위한 증강현실 시스템의 프로토타입 제시
	Webster, A. (2007)	시공	■ AR 기술을 이용하여 완성된 건물 이면의 철근 등의 구조물을 보여주는 프로토타입 개발
	임준폰 (2006)	설계	■ 외부공간에서 모바일 증강현실 기술을 이용하여 건물 대지를 시뮬레이션하고 관리하는 시스템의 프로토타입 (C-Navi)을 개발
	박소영 (2005)	설계	■ 기존 건축물의 정보를 체계적으로 관리하기 위해 건물 정보 데이터베이스를 구축하고 AR 기술을 응용하여 효과적인 가시화 방법을 제안

Kuo,C.G . (2004)	시공	AR 기술을 이용한 시공현장에서의 시공법 시뮬레이션
Piekarski , W. (2003)	설계	실시간으로 외부 구조물을 캡처하고 ,렌더링을 통하여 AR model 화 하기 위해 , 사용자가 증강현실과 직접 상호작용할 수 있도록 제작된 Tinmith 라는 3D modeling tool 을 개발
Dunston , P.S (2002)	설계	HMD(Head Mounted Display)를 이용하여 3D CAD 모델을 실제 현실 배경위에 나타냄으로써 설계 단계에서 도면상의 공간적 간섭을 찾아내는 AR-CAD 에 대해 연구
문소영 외 (2015)	유지 관리	모바일기기 기반 비마커 (SURF 알고리즘) 기술을 활용한 증강 현실 유지관리 프로토타입 개발 , 3D 모델 , 텍스트 , 이미지를 DB 화하여 증강현실로 가시화 (야외 토목구조물 대상 , 비마커 기반 인식률 , 속도의 한계)
Kuliga , S.F (2015)	설계	VR 기술을 활용하여 실제 건물과 동일한 가상환경을 제공하고, 가상환경에서 사용자의 행동을 관찰하여 공간 활용 및 심리적인 측면에 대해 개선사항을 도출함.
Xiangyu Wang (2015)	설계	건설현장의 시뮬레이션 정보가 있는 BIM+AR 프로토타입을 개발하여 어셈블리 오류 및 생산성 저하 등의 문제를 해결.
이석한 (2017)	공정 관리	- 실시간으로 건설현장의 공정과정 및 작업 결과를 파악하고 모니터링 할 수 있는 시스템을 제안하였음. - 스마트 모바일 장비를 기반으로 시스템을 구성하여 작업자의 사용성을 극대화시키고, 시스템의 효율성을 높임.
Goulding , J.S (2013)	설계	- VR 기반의 클라우드 BIM 플랫폼을 구축하여 시뮬레이션을 통하여 건설현장 환경을 간접적으로 경험할 수 있음. - 건설사업에 영향을 미칠 수 있는 영향요소를 VR 기반의 클라우드 BIM 플랫폼의 시뮬레이션을 통해 앞서 분석이 가능하고, 프로세스에 및 자재관리의 문제점을 도출함
손원표 (2012)	설계	도로경관 디자인 VR 평가 시스템을 활용하여 경관 평가를 실시함으로써 경관성, 기술성 및 환경성이 우수한 최종 대안 선정과정을 제시함.
송수진 (2016)	시공	- 건설장비에서 활용이 가능한 AR 시스템 개발을 위해 기술적용이 적합한 작업을 조사하여 파악하는 연구를 진행 - AR 기술과 굴삭기 개별 작업의 기술적합성을 극대화 하는 AR 네비게이터 시스템을 개발하였음.
문소영 외 (2015)	시공	고층건축공사 현장에서 적절한 타워크레인의 위치를 선정할 수 있는 증강현실 프로토타입을 구현하였고, 실제 건축도면을 통하여 검증절차 진행하였음.

〈표 17〉 건축설계 관련 AR/VR 논문(1)

구분	저자	단계	연구내용
	류재호 (2015)	설계	건축디자인 협업과정에 있어 디지털 모델의 개별시각화에 대한 현황을 조사함
	류재호 (2015)	설계	BIM데이터와 증강현실기술의 결합을 통한 기본적인 형태의 건축설계지원도구의 개발 방법을 제안함. 증강현실을 사용하기 위한 투명형 디스플레이, Mock-up 모델 및 디지털 건축 모델을 활용하여 다자간 디자인 검증 협업작업을 진행할 수 있는 시스템을 개발함
	박보람 (2013)	설계	건물에너지 절약을 위한 설계기법을 친환경건축물의 사례조사를 통하여 분석하고 증강현실기법을 적용한 건물에너지 평가모델을 구축함
	장하라 외 (2102)	설계	CAD시스템과 증강현실 기술을 연동하여 건축물 내 사용자가 위치해 있는 공간을 보다 다양한 방식으로 인지하고 활용하기 위한 소프트웨어를 개발함
	이윤길 (2012)	설계	설계단계의 BIM모델에서 사용자 행동시뮬레이션을 활용하기 위한 기초 연구를 수행함
	Phan Viet Toan (2011)	설계	건축설계 단계에서 증강현실을 활용한 상호작용적인 설계환경을 개발함
	류정림 외 (2010)	설계	주거단지 배치계획의 효율성을 향상시키기 위하여 증강현실 기술을 사용하기 위한 기초 연구를 수행함

〈표 18〉 건축설계 관련 AR/VR 논문(2)

구분	저자	단계	연구내용
	Jad Chalhou 외 (2018)	설계	▪ 건물의 전기공사 설계과정에서 2차원 도면과 BIM만을 사용하여 협의하는 것과 mixed reality를 함께 활용하는 경우 설계 생산성과 작업의 질의 향상에 관하여 연구함
	Daniel Paes 외 (2017)	설계	▪ 건축설계 단계에서 활용되는 immersive 가상현실 기술이 사용자의 공간적 이해도를 높여주는 정도를 측정하기 위한 연구를 수행함
	Steven Ayer 외 (2016)	설계	▪ 건물 리모델링 설계에 관한 교육 과정에서 증강현실과 시뮬레이션 기술이 건물의 외피디자인과 지속가능성을 높이는데 미치는 영향을 연구함
	Sanyuan Niu 외 (2016)	설계	▪ 건물의 에너지성능을 향상시키기 위하여 가상현실 기반의 사용자 행위 정보를 수집하여 설계과정에 반영하는 방법에 대하여 연구함
	Li Ge 외 (2015)	설계	▪ 상호작용적인 구조설계용 시뮬레이션을 위한 integrative simulation environment (ISE)를 개발함. ISE는 구조설계 대안에 관한 디지털정보를 증강현실 기술을 사용하여 as-built 구조물에 투사하여, 설계과정의 원인과 결과에 대하여 연구할 수 있는 환경을 제공함
	Arsalan Heydarian 외 (2015)	설계	▪ 설계, 엔지니어링, 시공단계에서 의사소통, 시각화, 협의를 위해 사용되는 가상현실, 증강현실과 같은 immersive virtual environment (IVE)의 물리적 환경의 적합도와 효용성을 검증함
	Phillip S. Dunston 외 (2011)	설계	▪ 병원건축에서 immersive 가상현실 기술을 활용하여 관련자들의 협의를 통해 병실 디자인대안을 선정하는 과정에 사용하는 방법에 대해 연구함
	Ning Gu 외 (2011)	설계	▪ 설계단계에서 원거리 협의를 지원하기 위한 3D 가상현실기술과 tangible user interfaces의 기술동향에 대해 분석함
	Hans-Jorg Bullinger 외 (2010)	설계	▪ Human computer interaction (HCI)분야의 user centred design (UCD) 기법과 가상현실 기술을 활용하여 건물설계 작업의 효용성을 향상시킬 수 있는 방안을 연구함
	Kris McGlinn 외 (2010)	설계	▪ 가상현실에 구현된 BIM모델과 센서모델링을 활용하여 스마트빌딩의 성능을 분석할 수 있는 simulated context (SimCon) model을 개발함

〈표 19〉 건축설계 관련 AR/VR 논문(3)

구분	저자	단계	연구내용
	Jad Chalhou 외 (2018)	설계	▪ 건물의 전기공사 설계과정에서 2차원 도면과 BIM만을 사용하여 협의하는 것과 mixed reality를 함께 활용하는 경우 설계 생산성과 작업의 질의 향상에 관하여 연구함
	Daniel Paes 외 (2017)	설계	▪ 건축설계 단계에서 활용되는 immersive 가상현실 기술이 사용자의 공간적 이해도를 높여주는 정도를 측정하기 위한 연구를 수행함
	Steven Ayer 외 (2016)	설계	▪ 건물 리모델링 설계에 관한 교육 과정에서 증강현실과 시뮬레이션 기술이 건물의 외피디자인과 지속가능성을 높이는데 미치는 영향을 연구함
	Sanyuan Niu 외 (2016)	설계	▪ 건물의 에너지성능을 향상시키기 위하여 가상현실 기반의 사용자 행위 정보를 수집하여 설계과정에 반영하는 방법에 대하여 연구함
	Li Ge 외 (2015)	설계	▪ 상호작용적인 구조설계용 시뮬레이션을 위한 integrative simulation environment (ISE)를 개발함. ISE는 구조설계 대안에 관한 디지털정보를 증강현실 기술을 사용하여 as-built 구조물에 투사하여, 설계과정의 원인과 결과에 대하여 연구할 수 있는 환경을 제공함
	Arsalan Heydarian 외 (2015)	설계	▪ 설계, 엔지니어링, 시공단계에서 의사소통, 시각화, 협의를 위해 사용되는 가상현실, 증강현실과 같은 immersive virtual environment (IVE)의 물리적 환경의 적합도와 효용성을 검증함
	Phillip S. Dunston 외 (2011)	설계	▪ 병원건축에서 immersive 가상현실 기술을 활용하여 관련자들의 협의를 통해 병실 디자인대안을 선정하는 과정에 사용하는 방법에 대해 연구함
	Ning Gu 외 (2011)	설계	▪ 설계단계에서 원거리 협의를 지원하기 위한 3D 가상현실기술과 tangible user interfaces의 기술동향에 대해 분석함
	Hans-Jorg Bullinger 외 (2010)	설계	▪ Human computer interaction (HCI)분야의 user centred design (UCD) 기법과 가상현실 기술을 활용하여 건물설계 작업의 효율성을 향상시킬 수 있는 방안을 연구함
	Kris McGlinn 외 (2010)	설계	▪ 가상현실에 구현된 BIM모델과 센서모델링을 활용하여 스마트빌딩의 성능을 분석할 수 있는 simulated context (SimCon) model을 개발함

〈표 20〉 건축시공 관련 AR/VR 논문

구분	저자	단계	연구내용
	Arezoo Shirazi and Amir H. Behzadan (2015)	시공	▪ 건설 및 토목 공학 커리큘럼에서 협업 상황인식 모바일 증강 현실 도구 (CAM-ART)의 효율성을 설계하고 체계적으로 평가하는 것이 목점임. 이를 위해 AR (augmented reality)기반 정보 전달 도구 인 CAM-ART가 전통적인 강의 기반 교육 및 정보 전달 방법을 향상시키기 위한 교실 규모 실험을 진행함
	Stefanie Zollmann 외 (2014)	시공	▪ 진도 정보를 자동으로 식별하기 위해 공중3D 재구성방법을 사용하는 접근법과 현장 시각화를 위해 모바일 AR 클라이언트를 사용하는 접근 방식을 제시함. 이 연구에서는 3D를 포착하는 방법, 실제 옥외 환경에서 AR 시스템을 등록하는 방법, AR 오버레이에서 이해할 수 있는 방식으로 진행 정보를 시각화하는 방법 및 이러한 유형과 상호 작용하는 방법을 제시함
	YiJiao 외 (2013)	시공	▪ AR 기술이 주류 AEC 애플리케이션에 어떻게 완벽하게 통합 될 수 있는지 연구함 통합범위가 매우 넓기 때문에 이 연구는 온라인 액세스 및 공동 사용을 지원하는 클라우드 AR응용 프로그램을 범위로 함
	Marianna Kopsida 외 (2017)	시공	▪ AR기반 시스템은 현장공사 진행 모니터링에 있어 BIM과 데이터 연동으로 검사 시간을 단축시켜줄 수 있다. 하지만 BIM 모델과 실제장면 간의 정확한 정렬은 여전히 오차가 존재한다. 따라서 AR에서 마커리스 BIM 등록을 위해 사용될 수 있는 다양한 방법과 그에 대한 평가결과를 토대로 가장 효과적인 방법을 제시함.AR기반 현장공사 진행 모니터링
	Hung Lin Chi 외 (2013)	시공	▪ 이 논문은 101 건의 연구 노력의 결과를 요약하고 AEC / FM 분야에서 AR을 적용하는 연구 동향과 기회에 대해 개략적으로 설명함
	Xiangyu Wang 외 (2013)	시공	▪ 각 건설 활동이나 작업의 물리적 컨텍스트를 실시간으로 시각화 할 수 있도록 BIM을 증강현실 (AR)과 통합하는 개념적 프레임 워크를 제안함
	Jack Goulding 외 (2012)	시공	▪ 실제 건설 프로젝트에서 종종 직면하게 되는 'do or die' 라는 결과 없이 학습을 위한 위험없는 환경을 제공하기 위한 VR 프로토타입 솔루션을 제안함. 제안 된 솔루션은 OSP(Outside the job training) 관행과 관련된 새로운 작업 조건을 실행하기 위한 고유 한 VR환경을 제공함.
	Amotz Perlman and Ronen Barak (2012)	시공	▪ 가상 현실 (VR) 건설 현장의 안전 교육이 기존 방법을 사용한 동등한 교육보다 건설 안전위험을 식별하고 평가할 때 근로자의 학습 및 리콜면에서 실현 가능하고 보다 효과적이라는 가설을 테스트함

〈표 21〉 유지관리 관련 AR/VR 논문(1)

구분	저자	단계	연구내용
	황병연 (2017)	유지 관리	웹이나 App만을 활용한 가상모델하우스가 아닌 가상 체험과 허브 시스템을 활용한 모델하우스에서의 가상현실의 활용과 분양 후 통합 관리시스템으로 발전된 모형을 연구함으로써 건축공간에서와 모델하우스에서 가상현실의 활용과 가상현실을 통한 효율적인 유지관리 방향에 대한 연구
	신진수 외 (2016)	유지 관리	증강현실 기술을 활용한 지하수 및 지하수 시설물을 시각화로 모바일 환경에서 GIS와 실시간 모니터링 데이터가 연동되는 기술을 개발
	문소영 외 (2015)	유지 관리	건설 구조물의 유지관리 효율성을 높이기 위해 현장 점검 시, 시각적인 정보와 신속하고 정확한 정보 제공을 통해 점검자가 빠르고 올바른 판단을 내릴 수 있도록 증강현실기반건설 구조물 유지관리 방법론을 제시하고, 비마커기반 증강현실을 이용한 건설 구조물 유지관리 시스템을 구축하여 현장업무 수행 시 마커의 제작, 설치, 보관 등의 불편함을 해소하고, Google 지도와 유지관리정보 연계를 통해 현장적용면에서의 편리성 확보
	박남용 외 (2014)	유지 관리	리모델링 단계에서 단위 세대 내부의 고정 및 가변 벽체 구조를 대상으로 건축 정보 모델링(BIM) 및 증강현실(Augmented Reality)기법을 활용한 거주자 참여형 협력 디자인 리모델링 프로세스와 기대효과를 제안
	문소영 (2014)	유지 관리	시각적인 정보와 신속하고 정확한 정보 제공을 통해 점검자가 빠르고 올바른 판단을 내릴 수 있도록 증강현실기반 건설 구조물 유지관리 방법론을 제시하고, 비마커 기반 증강현실을 이용한 건설 구조물 유지관리 시스템 구축
	황진상 외 (2013)	유지 관리	BIM과 AR을 활용하여 사회기반시설에서의 대피, 안전관 관련된 정보를 가시화하는 방법제안
	박승희 외 (2013)	유지 관리	구조물 건전성 모니터링을 위한 증강현실기반 센서위치 인식 및 데이터 시각화 기술개발, 이 기술은 모바일 디바이스에 내장된 GPS를 통하여 센서와 사용자간의 거리를 파악하며, 센서로 부터 계측된 데이터는 위치정보시스템 서버에 저장되며, RSS방식을 통해 전송되어 사용자가 모바일 디바이스를 통해 쉽게 계측 데이터를 가시화 함
	이기열 외 (2012)	유지 관리	사용자의 위치 정보를 제공하는 GPS와 카메라가 탑재된 스마트폰 또는 태블릿 PC를 이용하여 데이터베이스화된 교량에 대한 정보들을 증강현실 기술을 이용 하여 제공하는 시스템을 개발하여, 모바일 기기에 장착된 GPS의 위치기반 기술과 카메라의 영상인식 기술을 혼합하여 교량 관련 기술자들이 위치한 주변의 교량을 식별하고, 각 교량들에 대한기본 정보 및 유지관리 정보를 제공

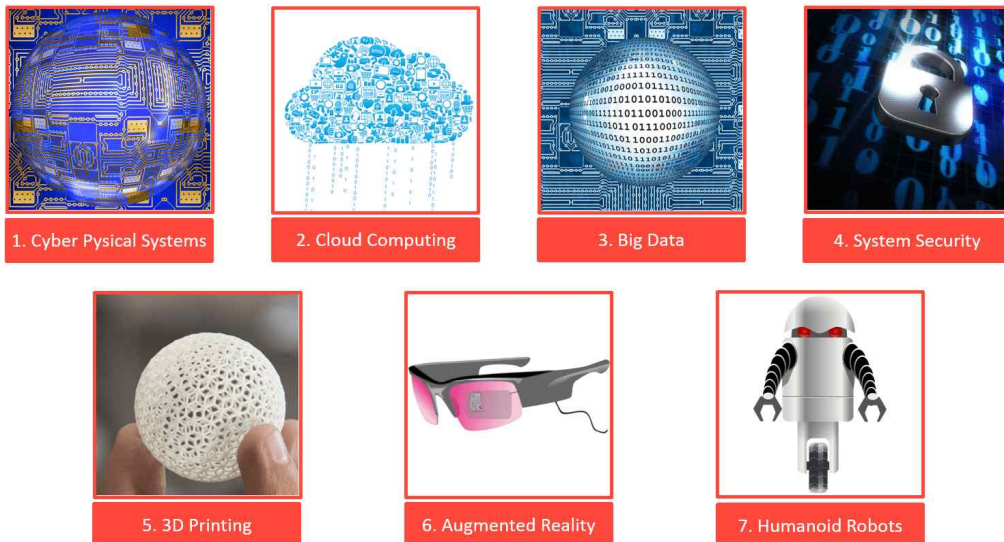
〈표 22〉 유지관리 관련 AR/VR 논문(2)

구분	저자	단계	연구내용
	Hyojoon Bae 외 (2014)	유지 관리	현장 직원이 현장의 문제 / 진행 상황을 시각적으로 문서화하여 AR (Augmented Reality) 오버레이 형태로 최신 프로젝트 정보에 자동으로 액세스 할 수 있게 하여 현장 건설 및 시설 관리 작업을 지원하는 새로운 방법을 제시
	Masoud Gheisari 외 (2014)	유지 관리	BIM이 어떻게 시설 관리 종사자들에게 유익한지를 조사 할뿐만 아니라 MAR과 통합되어 Hand Held Mobile 장치를 통해 데이터에 액세스 할 수 있게 함으로써 현재의 시설 관리 실무를 향상시킬 수 있는 방법을 조사함
	Oh Seong Kwon 외 (2014)	유지 관리	실제 작업 현장을 방문하지 않고 품질 검사를 가능하게 하는 이미지 매칭 시스템 및 근로자 및 관리자가 작업 현장에서 치수 오류 및 누락을 자동으로 감지 할 수 있게 해주는 모바일 DM-AR 응용 프로그램 개발
	Christian Koch 외 (2014)	유지 관리	기존의 연구 접근 방법은 값 비싼 하드웨어 인프라에 의존하거나 인위적이며 미학적인 AR (Augmented Reality) 마커를 사용함. 하지만, 이 논문에서는 관심 있는 FM 항목을 탐색 할 때나 유지 보수 및 수리 작업을 실제로 수행 할 때 시설 관리자를 디지털 방식으로 지원할 수 있는 자연 마커 기반 AR 프레임 워크를 제시함.
	Gheisar, Masoud (2013)	유지 관리	Ambient Intelligent 환경에서 SA기반 의사결정 지원 프레임 워크와 BIM을 통합하여 사용자에게 필요한 정보를 제공하는 방법 제시
	Chan Sik Park, 외 (2013)	유지 관리	건설 업계의 현재 결합 관리 실무의 문제점과 필요성을 조사하고, 온톨로지와 AR을 BIM과 통합하는 구성 결합 관리를 위한 개념적 시스템 프레임 워크를 제시합니다. 시스템 프레임 워크에서 다음과 같은 세 가지 주요기술 솔루션이 제안됩니다. 1) 데이터 품질 및 정확성을 보장하는 결합 데이터 수집 템플릿. 2) 결합 도메인 온톨로지를 사용하여 프로젝트 또는 작업 관련 결합 정보를 검색. 3) 현장 결합 관리를 지원하는 AR 기반 결합 검사 시스템 시스템 프레임 워크 및 솔루션
	Sanghoon Lee 외 (2011)	유지 관리	현장조사의 효율성을 높이기 위하여, 유지보수 정보 및 장비 데이터를 검색하고 센서기반 성능 데이터용 BAS를 실시간으로 검색하는 소프트웨어 애플리케이션을 통해 작업자에게 필요한 데이터를 제공하는 기술 개발

- GPS기반의 증강현실 기술은 10~15m 정도의 오차가 발생하는 한계가 있기 때문에 계획단계에서 실외 공사 대지에 예정된 위치의 건물배치 시뮬레이션 또는 공사 현장의 이미지와 계획된 3D 모델을 비교함으로써 공정관리를 하는 연구, 실시간 현장 모니터링 등에 관한 연구가 이루어지고 있음.
- 또한 최근에는 사용자가 설계도면을 직관적으로 인식하게 하여 효율적인 공사 관리가 가능함으로써 건설 산업에 증강현실 기술의 적용이 활발히 모색되고 있으며, 가상 환경을 기반으로 한 기존 4D방식의 BIM(Building Information Modeling)은 실제 시공 현장 조건의 반영이 미흡하기 때문에 인지적인 저항이 경감된 증강현실 기술이 건설관리에 적용된다면 생산성 향상에 있어서 그 가치와 효용성이 클 것으로 기대됨.
- (설계) 2010년 주거단지 배치계획에 AR 기술을 활용하는 방안에 대한 연구가 이루어 졌으며, 점차 협업, 에너지 평가 등 설계지원을 위해 AR을 활용하기 위한 기술과, 설계 시뮬레이션 및 Immersive 가상현실 기술을 활용하여 건축물의 이해도를 높여 설계효율 성을 높이기 위한 기술이 개발됨.
- (시공) 국내의 경우, 토공사, 배근등의 건설 작업 지원을 위한 증강현실 기술위주로 기술이 개발됨.
- (유지관리) 가상현실기술을 활용한 모델하우스 운영, 증강현실기술을 활용하여 유지관리 정보를 통한 건축물 유지관리 기술과 BIM데이터와 증강현실 기술을 연계하여 작업자에게 정보를 제공하기 위한 기술이 개발됨.
- 전체 건설 프로세스 상에서 일부 과정·공정 등을 대상으로 하는 기술개발이 이루어지고 있으며, 이에 따라 공동주택 전 생애주기에 걸쳐 적용할 수 있는 기술이 필요함.
- 현재 요소기술을 중심으로 연구가 진행되고 있음을 알 수 있으며, 실제 현장에서 적용할 수 있는 연구 환경 기반 구축이 필요함.
- 건설 산업에 VR/AR기술을 도입하기 위해서는 전체 건설 프로세스 상에서 VR/AR 기술 활용 시나리오가 요구됨

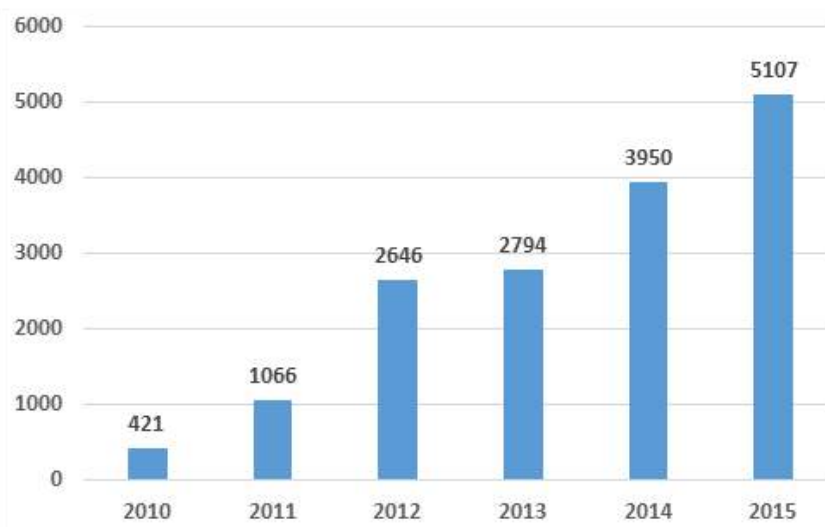
2. 특허현황

- 인터스트리 4.0을 이끄는 7가지 주요기술(사이버 물리 시스템, 클라우드컴퓨팅, 빅데이터 및 분석, 시스템 보안, 적층제조법 및 3D프린팅, 증강현실, 로봇)의 특허등록건수는 지난 5년간 약 12배 증가



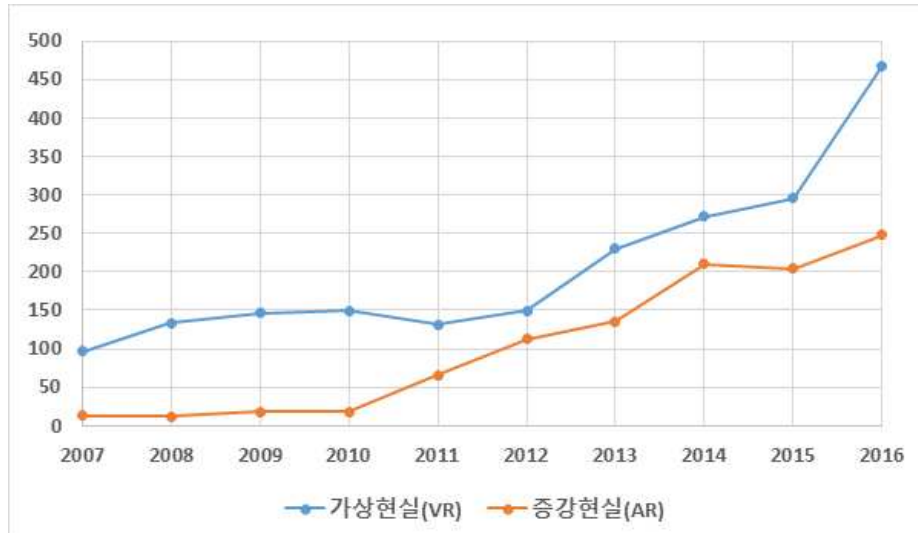
〈그림 25〉 Industry 4.0을 이끄는 7대 주요기술
(출처 : <https://iot-analytics.com>)

- 특허 등록건수에 기반하여 인터스트리 4.0을 이끄는 혁신적인 기술로 클라우드, 증강현실, 빅데이터가 선정되었으며 이들 주요 기술의 전 세계 특허 등록 동향은 그림 9와 같이 급증하고 있는 추세



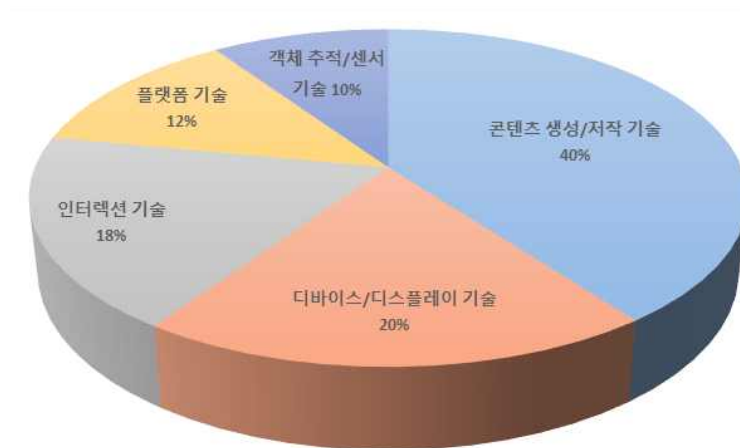
〈그림 26〉 인터스트리 4.0 주요 기술 세계 특허등록 동향
(출처 : <https://iot-analytics.com> 재구성)

- 특허청에 따르면, 가상/증강현실 핵심 기술에 대한 국제특허는 최근 10년간 전 세계적으로 3,111건이 출원공개 되었고, 이는 2007년 110건에서 2016년 716건으로 연평균 23.1%가 증가한 것임.



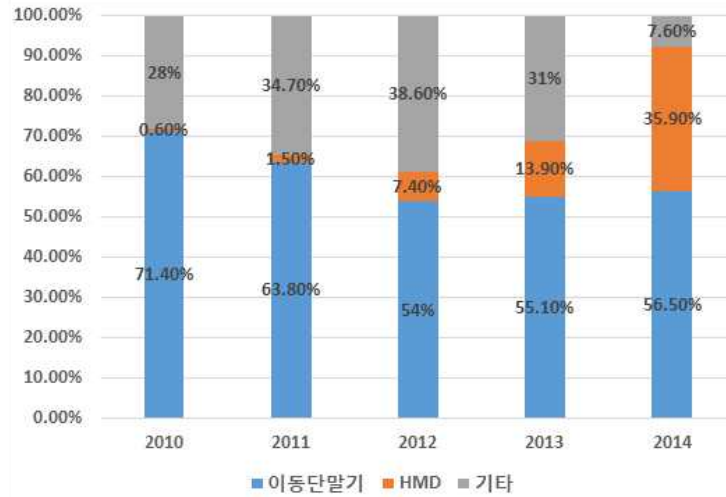
〈그림 27〉 가상/증강현실 관련 PCT 국제특허출원 공개건수

- 가상/증강현실 핵심 기술은 콘텐츠 생성/저작기술, 객체 추적/센서기술, 인터랙션 기술, 플랫폼기술, 디바이스/디스플레이기술 분야로 구분할 수 있음.



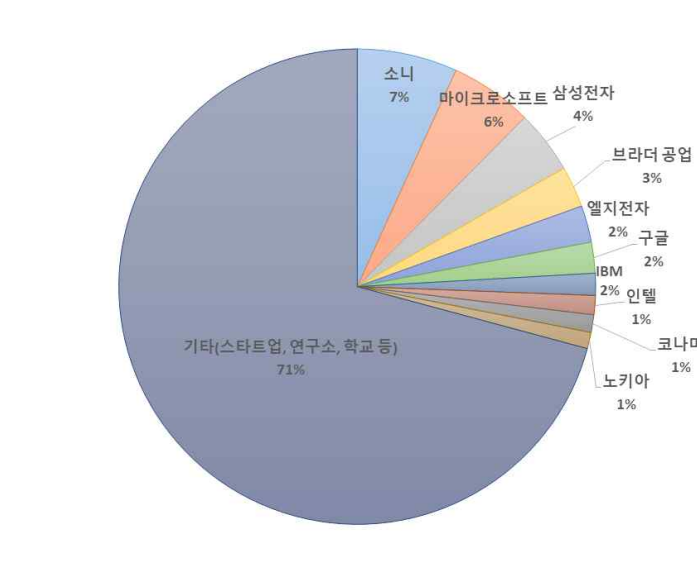
〈그림 28〉 가상/증강현실 관련 기술분야별 PCT 국제특허출원 공개건수('07년~'16년)

- AR이 구현되는 디바이스에 대한 특허출원건은 2010년 약 71.9%가 이동단말기였으나 2013년부터 HMD에 대한 특허출원건이 증가하였음.



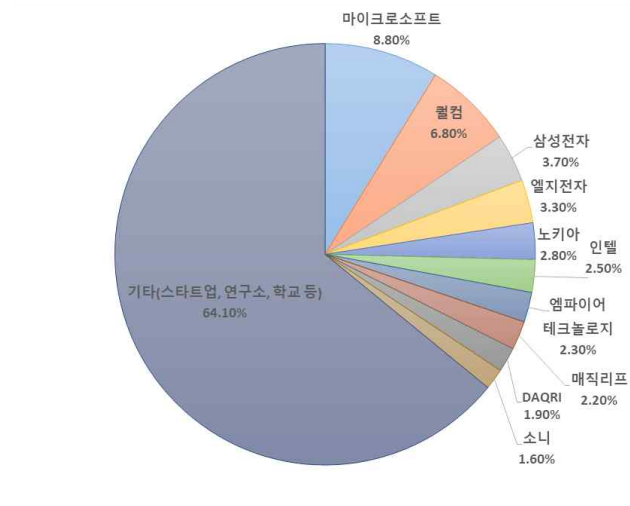
〈그림 29〉 국내 증강현실 디바이스 특허 출원 동향
(출처 : 특허청)

- 2010년, AR이 구현되는 이동단말기의 특허출원수가 많은 것은 그래픽 사용자 인터페이스 및 강력한 하드웨어를 갖는 스마트 폰의 대중화되었기 때문인 것으로 분석되었고, 2013년에 HMD 특허출원건의 증가는 구글글래스와 같은 안경타입의 웨어러블 디바이스의 출시와 HMD의 상용화에 기인한 것으로 보임.
- 출원인별로 살펴보면, 가상현실 기술은 마이크로소프트 (MICROSOFT),구글 (GOOGLE), 아이비엠(IBM), 인텔(INTEL) 등의 미국기업과, 소니(SONY), 브라더 공업(BROTHER KOKYO), 코나미(KONAMI) 등의 일본 기업의 출원이 많았고, 국내기업으로는 삼성전자와 엘지전자가 상위 10개 출원기업으로 포함됨.



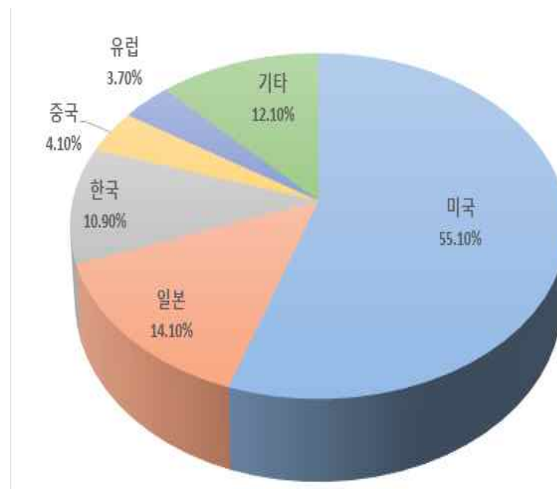
〈그림 30〉 가상현실 관련 주요 출원인별 PCT
국제특허출원 공개건수('07년~'16년)

- 증강현실 기술은 마이크로소프트, 퀄컴(QUALCOM), 인텔, 엠파이어 테크놀로지(EMPIRETECHNOLOGY), 매직 리프(MAGIC LEAP), 다크리(DAQRI) 등의 미국 기업과, 삼성전자, 엘지전자 등의 국내기업, 소니 등 일본기업이 상위 10개 출원기업으로 나타남.



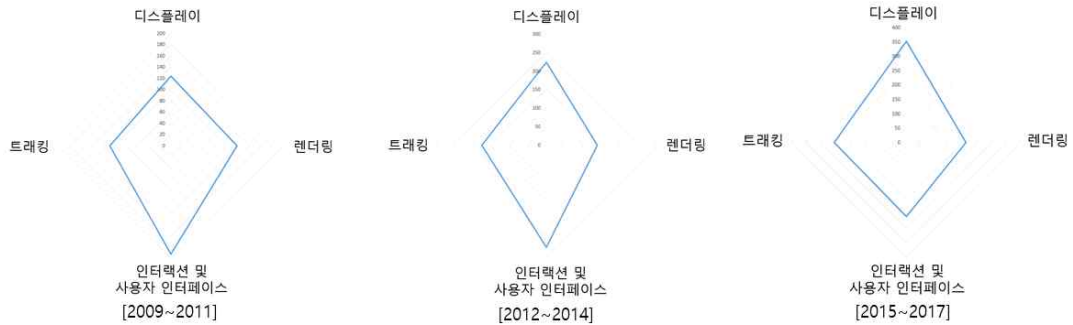
〈그림 31〉 증강현실 관련 주요 출원인별 PCT 국제특허출원 공개건수('07년~'16년)

- 상위 10개 기업으로 포함되지는 않았지만 가상현실 기술은 BAE시스템즈(BAE SYSTEMS, 영국), 화웨이(HUAWEI, 중국), 매직 리프, 오쿨러스(OCULUS, 미국) 등의 출원과, 증강현실 기술은 BAE시스템즈, 화웨이, ZTE(중국) 등의 출원이 눈에 띈다.
- 국제 특허청별로 살펴보면, 미국 특허청이 가장 많은 1,715건(55.1%) 출원되었고, 이어서 일본 특허청 438건(14.1%), 한국 특허청 338건(10.9%), 중국 특허청 127건(4.1%), 유럽 특허청 116건(3.7%), 기타 377건(12.1%)의 순으로 출원됨.



〈그림 32〉 가상/증강현실 관련 특허청별 PCT 국제특허출원 공개건수

- AR/VR분야 10대 기업(Microsoft, Sony, Apple(Metaio), Samsung, Magic leap, Google, Canon, Facebook(Oculus), Intel, HTC)의 미국특허를 대상으로 분석한 결과, “디바이스/디스플레이 기술” 및 “객체 추적/센서 기술”을 중심으로 연구개발이 진행되고 있음



〈그림 33〉 기간별 특허동향분석 (2009~2017)

- 기간별 분석 결과, 2009~2011년의 경우 인터랙션 및 사용자 인터페이스 기술에 대한 연구 개발을 통한 기존 디스플레이(예: 컴퓨터, TV 등)와의 융합이 주로 진행
- 2012년 이후에는 Oculus社에서 상용 HMD인 Oculus Rift DK1을 출시하는 등 AR/VR 콘텐츠를 구현할 수 있는 디스플레이 기술 및 트래킹 기술에 대한 특허출원 빈도가 크게 증가
- 본 연구와 관련된 “Building”, “Augmented Reality”, “Smart” 등의 키워드 조합으로 검색된 국내외 특허 중 최근 3년간 특허는 총 8개이며, 각각의 주요내용 요약은 아래와 같음.

〈표 23〉 AR/VR 기술관련 특허현황

국적	연도	특허제목	출원인	내용
한국	2016. 03.25	증강현실 기반의 설비 모니터링 시스템	전자부품 연구원	복잡하고 다양한 환경의 장소에 설치되어 있는 설비를 모니터링함에 있어, 해당 설비 에 사용자가 직접 접근하지 않더라도 증강 현실 기반의 설비 모니터링 시스템을 통해 현실 세계의 가시성 확보로 몰입도를 높여 업무처리와 운영의 효율성을 개선함.
한국	2017. 11.09	증강현실 기반 건축물 시공 시스템 및 방법	경북대학 교산학협 력단	각 작업자에 맞는 시공이 완료된 상태의 시공도면 이미지를 작업대상 벽면에 원격 도로 투사시켜 작업자가 투영된 시공도면 에 맞춰 그대로 동일한 자재로 설치하도록 유도함으로써 작업속도 향상 가능 숙련공이 아니어도 충분히 작업이 가능하 며, 상시 완료된 상태를 확인할 수 있어 작 업불량률을 낮추고 시공성을 높일 수 있음.
한국	2016. 02.19	가상현실 기법에 기반한 가변성 건축물의 공간 시물레이션 방법 및 장치	한국토지 주택공사, 주식회사 두올테크	가변성 건축물의 완성 모습을 가상현실 기 법을 통해 사용자에게 제시함과 동시에, 사 용자 선택에 따라 변화되는 공간의 모습을 사용자에게 실감나게 보여줄 수 있어 예상 되는 문제점을 사전에 파악하여 제거할 수 있음.
한국	2016. 11.02	증강현실을 이용한 건축 디자인 검증 시스템과 방법	서울과학 기술대학 교산학협 력단	가변성 건축물의 완성 모습을 가상현실 기 법을 통해 사용자에게 제시함과 동시에, 사 용자 선택에 따라 변화되는 공간의 모습을 사용자에게 실감나게 보여줄 수 있어 예상 되는 문제점을 사전에 파악하여 제거할 수 있음.
미국	2015. 10.14	Building lighting and temperature control with an augmented reality system	Hand Held Products, I nc.	AR 기기에 부착된 센서를 통한 건물의 내 부 온도, 조도의 실시간 모니터링이 가능함. 수집된 데이터는 위치기반으로 사용자에게 전달되어 최적의 온도와 조명을 설정하는 데 기여하며 궁극적으로 에너지 사용절감 과 사용자의 근무환경 개선을 이루고자 함.
미국	2017. 05.01	Building and Security Management System with Augmented Reality Interface	Johns on Controls Technolog y Company	증강현실 인터페이스를 가진 빌딩과 보안 관리 시스템으로 카메라와 이미지를 디스 플레이하는 장치를 포함
미국	2017. 09.21	Systems and Methods for providing Augmented reality-like interface for the management and maintenace of building systems	Daoud · A bdullah	증강현실을 활용한 건축물의 MEP, HVAC 시스템의 유지관리 어플리케이션의 제작
미국	2016. 07.21	Systems and Methods for presenting Building Information	Rasane, Shilesh	유지관리 분야에 증강현실을 접목하여 건 물 정보 및 각 개체의 물리적 위치를 식별, 휴대용 장치에 BIM, BMS, HVAC 데이터와 연동된 모니터링 장치의 개발

○ 건설산업에서의 AR/VR 특허 동향에서도 주로 디스플레이 가시화, 시물레이
션, 모니터링 등에 대한 기술이 주로 출원되었으며, 사용자 인터페이스, 플
랫폼, 인터랙션에 대한 특허는 미비하였음.

6절. 유사·중복성 검토

1. 유사과제 사례

가. 건설 산업 VR/AR 기술 국내외 적용 사례 조사

(1) 설계-시공-유지관리 단계 VR/AR 국내 적용 사례 (금광)

(2017.2.27. 매일경제신문) 디벨로퍼 금광은 인천 영종도 미단시티에서 분양중인 단독주택 홍보관에 증강현실(AR)과 가상현실(VR) 서비스를 도입해 예비 청약자들에게 호응을 얻고 있다고 밝혔다. 현실처럼 움직이는 가상의 공간을 체험의 영역을 확장한 가상현실 기술과 현실의 이미지에 3차원 가상의 이미지를 더한 증강현실 기술이 점차 다양한 산업군에 도입되고 있는 것이다. 공간을 시뮬레이션하고 손끝에서 실시간으로 반응하는 이러한 기술들은 건축이나 인테리어 분야에서도 유용하게 활용되고 있다.

□ 사례분석

- 건축설계, 시공, 운영관리에 이르는 전 단계의 진행 상황을 계약자 등과 실시간으로 공유하고 적극적으로 소통하기 위해 VR·AR 서비스를 도입함.
- 착공부터 시공에 이르는 모든 과정을 계약자들과 공유하고, 자금계획, 공정관리, 품질관리, 리스크관리 등도 투명하게 제공하기 위한 목적으로 개발함.
- 고객들이 모바일 기기에 플랫폼을 설치하고 접속하면 가상의 콘텐츠에서 실제 거리를 걷는 듯한 느낌을 받을 수 있어 건축물의 디자인에 대한 이해를 높일 수 있을 것으로 기대됨.
- 각단계에서 만족스럽지 못한 부분에 대한 수정, 보완도 빠르게 피드백 받을 수 있어 건축 진행이나 분양 과정을 단축할 수 있을 것으로 기대됨.

□ 시사점

- 공동주택 설계단계에서 VR/AR 기술을 도입하여 프로젝트의 각 단계에 활용을 시도함.
- 설계자, 시공사뿐만이 아니라 사용자들도 플랫폼에 접근하여 의견을 개진할 수 있어 프로젝트의 효율성 뿐 아니라 만족도를 향상시킬 수 있음.



〈그림 34〉 공동주택 설계단계 VR/AR 구현 사례 (영종도 미단시티)

(2) 설계 단계 MR 국외 적용 사례 (Gensler 사)

(2017.6.26. designboom.com) 독일 건축설계회사 Gensler 설계팀은 2개 건물로 이루어진 로스앤젤레스 사옥 리모델링 프로젝트에서 스케치업 뷰어와 홀로그램을 사용하여 가상공간에서 설계작업을 수행하였다.

□ 사례분석

- Gensler사는 유연한 업무공간, 복지공간, 녹지공간 등으로 구성된 로스앤젤레스 사옥 리모델링 프로젝트 설계를 위해 혼합현실 기술을 사용하였음.
- 내부벽체와 이어지는 2개 건물의 연결 브리지 설계를 위하여 가상공간에서 홀로그램 기술을 사용하였는데, 연결 브리지의 패널의 높이와 미적 기준이 요구사항에 부합하는지 판단하는 데 유용하였음.
- 혼합현실기술을 건물이 최종적으로 어떻게 지어질지를 판단하는 데 효과적이었으며, 가상의 공간에서 실제공간과 유사한 설계를 진행할 수 있는 점이 프로젝트 성공에 크게 기여함.
- 혼합현실기술은 즉각적으로 도면을 작성하고 수정하는 것을 가능하게 하여 발주자 등과의 협의를 용이하게 함.

□ 시사점

- 설계단계에서 작업의 효율성을 높이기 위해 VR/AR/MR 등의 기술이 본격적으로 활용됨.
- VR/AR/MR 등의 기술을 활용한 작업은 설계과정의 효율성뿐만 아니라 프로젝트의 전반적인 성과(시간, 품질, 만족도 등)를 높이는 데 크게 높일 수 있음.



〈그림 35〉 혼합현실 기반 설계작업 (Gensler사 로스앤젤레스 사옥)

(3) 시공-유지관리 단계 VR/AR 국내 적용 사례 (차후)

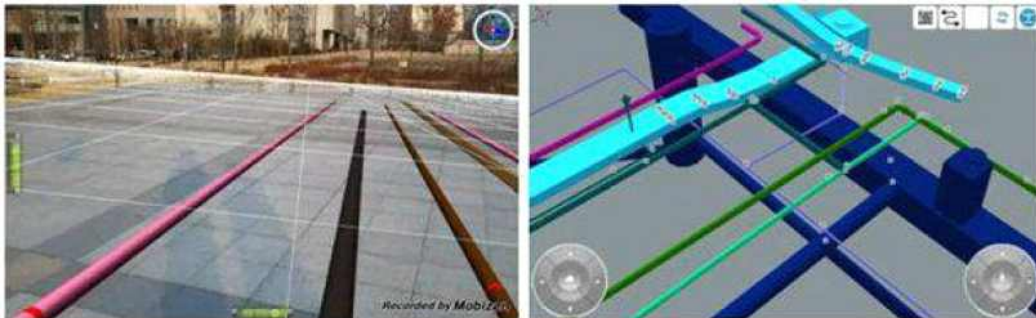
(2015.04.06. 전자신문) 지하 시설물에 대한 첨단 관리 시스템 설치가 중앙정부와 지자체, 산업체를 통해 활발히 이뤄지는 가운데 차후의 스마트 관로 관리 시스템이 괄목한 성과를 거둬 화제이다. 차후(대표 신창훈 www.chahoo.co.kr)는 스마트 기기, 앱, AR, VR, IoT 등 첨단 IT를 융합해 지자체 지하시설물 구축 사업과 국내 대기업 반도체 공장에 스마트 관로 관리 시스템 구축을 완료하고 확산 중에 있다고 밝혔다. 스마트기기로 공사 구간을 3D로 확인하고 증강현실(AR)과 가상현실(VR)을 통해서 지하시설물의 정확하고 종합적인 해석이 가능하다. 전자기준점(QR코드, 블루투스)을 이용하여 인접 관로 간 거리, 관의 재질, 심도 등의 다양한 정보 조회도 할 수 있어 지하시설물에 대해 종합적으로 관리할 수 있다.

□ 사례분석

- 실시간 시공 이력 확인, 종이도면 없이 스마트폰으로 3D 도면 관리, 증강현실과 가상현실을 통한 지하시설물 확인(오차 10cm 이내), 지능형 누수/누전/누출 감지 다중보안 기능을 지원하는 통합 관리 시스템 기술 개발 사례임.
- 2014년 국토교통부에서 실시한 싱크홀 예방을 위한 3D 지하 공간 통합안전 관리체계구축 사업의 일환으로 진행된 사례임 (정책뉴스 2014).

□ 시사점

- 정확도가 다소 낮으나, 이를 보완하면 지하시설물 및 설비 배관 등의 정보 모델 기반 3D 통합관리 시스템으로 이용 가능함.
- 건설시공 단계에서 설비 배관 실시간 현장검색/설계분석/정밀검수/추적관리 등에 적용하여 신속한 현장대응, 예측/예산/안전관리 효율화로 현장관리비용을 최소화할 수 있을 것으로 기대됨.



〈그림 36〉 지하시설물 3차원 증강/가상현실 시각화 화면 [출처 : 전자신문 2015]

(4) 시공-유지관리 단계 VR/AR 국내 적용 사례 (DAQRI사)

(2016.08.01. 건설경제) 미국 LA에 있는 스타트업 기업인 다큐리(DAQRI)가 건설 현장에서 쓰는 안전 헬멧에 증강현실 이미지를 볼 수 있는 기능을 탑재했다. 이 헬멧을 착용하면 실제 공사 현장 위에 정보가 필요한 공간과 특정 정보가 3D 이미지로 펼쳐진다. 안경은 탈부착 가능해 증강현실 기능이 필요 없을 때는 접어두면 된다. 이 헬멧을 사용하면 작업자는 자신이 수행해야 할 오늘 작업이나 보수 시 고쳐야 할 설비에 대한 매뉴얼을 보면서 작업을 할 수 있다. 현장과 자재 등의 규격도 바로 확인 가능하여 작업 속도가 빨라지고 효율도 높아진다. 이렇게 수행한 작업 정보는 데이터로 축적돼 자체 분석 과정을 거쳐 다음 이용 시 유의미한 정보로 환원된다. 또 안전 센서가 있어 증강현실 이용 시 현실 공간과 착각을 일으켜 발생할 수 있는 사고를 방지한다.

□ 사례분석

- 신축/보수 시 작업효율을 높이기 위해 안전 헬멧에 AR 기능을 부여한 사례임.
- AR기능이 있는 안경은 탈부착 가능하며, 2D 도면과 현장을 비교해가며 작업할 필요 없이 현장과 자재규격을 한눈에 볼 수 있어 작업 효율이 매우 높아짐.
- 지금까지는 적용되지 않았던 AR 기술이 건설산업에 도입되어 새로운 성장 동력이 될 것으로 기대됨.

□ 시사점

- 각 나라의 규정에 따른 법규가 적용된 사업모델 개발 필요.
- 기존에는비효율적으로 건축도면/구조도면/자재일람표와 현장을 비교해가며 작업을 해야 했지만, AR 기술을 통하여 효율적인 작업이 가능해짐.
- 하지만, HMD 임베디드 센서를 이용한 증강현실 구현의 경우, 현재 기술의 한계로 인하여 정확도가 다소 떨어지며, 이러한 기술적 한계를 극복하기 위하여 하드웨어 디바이스 (센서 등)의 부분에서 정확도 향상을 위한 기술개발이 선행되어야 함.



〈그림 37〉 DAQRI 헬멧으로 본 설비/구조 증강현실 현장 [출처 : DAQRI 2016]

(5) 시공-유지관리 단계 VR/AR 국내 적용 사례 (삼성물산)

(2016.09.29. 매일경제) 건설현장에 VR(가상현실)기기가 등장했다. 삼성물산은 VR과 태블릿PC 등 스마트 기기를 이용해 건설현장 안전관리를 하고 있다고 29일 밝혔다. 경남 김해에서 진행 중인 부전-마산 간 철도현장 안전교육장에 VR 기기를 활용해 공사장에서 추락하는 사고상황을 간접 체험할 수 있는 ‘추락 안전대 4D 체험’ 교육을 운영하고 있다. 작업하기 전 가설 계단과 철근 조립대 등 근로자가 실제로 작업 하는 장소를 3D 가상영상으로 체험해 위험 요소를 미리 파악할 수 있도록 했다.

□ 사례분석

- 건설시공현장에서의 안전관리를 목적으로 안전사고상황을 간접 체험할 수 있는 안전교육장을 VR 기기를 이용하여 운영하고 있는 사례임.
- 2017년 6월 고용노동부와 안전보건공단은 삼성안전환경연구소의 지원으로 전국 안전체험교육장에 VR을 활용한 안전보건교육을 실시하고 있으며 (metro 2017), 2017년 11월대한안전교육협회는 성결대학교 미디어소프트웨어 학부와 VR 기반의 안전교육 산학협력을 체결함 (IT동아 2017).
- 산업/건설현장에 기존의 시청각 중심 현장 안전보건교육을 가상현실 기술을 도입하여 안전사고를 직접 체험하고 근로자의 안전의식을 고취하는 목적의 콘텐츠 개발 사례가증가하고 있는 추세임.

□ 시사점

- 단순전시나 보여주기식 사업에 머무를 가능성이 높으며, 흔한 안전사고(추락 등) 체험보다는 현장에 특화되고 작업자들이 예상치 못한 사고 대응 안전교육 콘텐츠 개발로 발전되어야 할 필요가 있음.
- 시공현장 안전교육을 비롯하여 비숙련공/비기능공/해외노동자 등의 교육훈련으로도 활용가능 할 것으로 기대됨.



〈그림 38〉 VR 기기를 활용한 추락 안전대 4D체험
[출처 : 매일경제 2016]

(6) 시공-유지관리 단계 VR/AR 국내 적용 사례 (Kalloc 사)

(2016.11.22. PXVR) Kalloc Studios에서 BIM 도면의 작업과정을 VR로 구현해 시공단계에서의 재작업 비용을 낮추어 줄 방향을 제시했다. 일반적으로 공사단계에서의 재작업은 프로젝트 비용의 12%를 차지한다. 재작업은 주로 이해관계자들의 소통문제에서 기인되는데, 이러한 소통문제의 주원인은 도면을 보고 작업하기 때문이다. 기존에는 재작업을 줄이기 위해 현장 한쪽에 카메라를 설치하여 현장 사진을 사무실로 보내, BIM 3D 도면과 현장 사진을 레이저 스캐너로 비교했다. 그러나 이러한 경우 20m2을 스캔하는데 2~4시간의 시간이 소요되며, 검토 과정에도 공사는 계속하여 진행되기 때문에 현실적으로 재작업률을 낮추는데 효율적이지 못하다. 반면 Kalloc Studio에서 제공하는 Fuzor 4D VR을 통해 BIM에서 구현되는 도면의 건설과정을 검토하면, 도면대로 작업했을 시 어느 단계에서 문제가 발생하는지 실시간으로 알 수 있다.

□ 사례분석

- 시공단계의 재작업률 최소화를 목적으로 BIM 프로그램과 3차원 모델링 간의 연동(forward/backward sync 적용)이 가능한 VR Gear 활용 사례임.
- 기존의 BIM 도면과 현장 사진을 스캐너로 비교·분석하는 방법은 문제점을 찾는데 소요되는 시간이 매우 긴 반면, VR Gear를 사용하면 실시간으로 확인할 수 있음.
- 프로젝트비용의 12%를 차지하는 재작업으로 인한 비용 최소화에 효과적임.

□ 시사점

- 국내 BIM 솔루션과 연동하여 건설할 수 있는 시스템이 요구됨.
- HMD임베디드 센서를 이용한 증강현실 구현의 경우, 현재 기술의 한계로 인하여 정확도가 다소 떨어지며, 이러한 기술적 한계를 극복하기 위하여 하드웨어 디바이스(센서등)의 부분에서 정확도 향상을 위한 기술개발이 선행되어야 함.



〈그림 39〉 VR Gear에서 제공하는 공사현장의 가상세계
[출처 : Kalloc Studios 2016]

(7) 시공-유지관리 단계 VR/AR 국내 적용 사례 (국토교통부)

(2017.4.6. 서울경제) 국토교통부는 기존의 주택홍보관으로 운영해오던 “더 그린관”을 개조하여 VR/AR등을 활용한 스마트기술을 확인하고 체험할 수 있는 스마트시티 전용 홍보관 “더 스마트움”을 개관하였다. 특히 이 홍보관 3층은 스마트홈에서의 하루를 실제 주택 안에서 생활하는 것처럼 구현하여 요리, 헬스케어 등 실생활에서 경험할 수 있는 스마트홈 기술과 서비스를 체험할 수 있게 하였다. 예를 들어, 스마트 거울은 외출 전 AR 기술을 이용해 가상의 옷을 미리 입어보고 필요에 따라 바로 구매까지 가능하게 하였으며, 음성 혹은 모션을 이용해 조작 가능한 텔레비전, VR 기술을 활용한 스크린을 통해 레시피를 보여주고 이를 위한 장을 볼 수 있도록 지원하는 스마트 냉장고 등도 전시되어 있다.

□ 사례분석

- VR/AR 기술이 주거품질을 높이기 위한 스마트 홈 구현을 위해 적용되는 사례를 보여주고 있음.
- 공동주택 거주자들의 요리, 헬스케어, 엔터테인먼트 등을 위해 VR/AR 기술에 더해 음성/모션인식, 상품정보 및 유통정보 결합 등 기술 적용이 필요함.
- 스마트홈 구현을 위한 기술 개발에 대한 대중의 관심을 확인하였음.

□ 시사점

- VR/AR을 위한 영상 분석 및 가시화 기술과 함께 결합이 필요한 정보를 컴퓨터가 해석가능한 형태로 정의하고 연결 필요.
- 해당정보가 설계/시공 단계에서 제공될 경우 이러한 정보에 대한 가공 및 관리방안 도출 필요.



<그림 40> 스마트움 홍보관 개관식(좌)과 AR을 사용한 스마트거울 시연 장면(우)

나. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

과제명	주체	연구기관	주요내용	검토결과		
				차별성	연계방안	중복도 ¹⁾
가상물리시스템 기반 스마트 건물공간구성관리 시스템 개발	개인기초연구(미래부)	인천대학교 (2017)	스마트 빌딩 유지관리를 위하여 4차 산업혁명 핵심인 가상물리시스템 이론을 건물에 적용하여, 건물 스스로 사용자들의 실제 공간사용정보 및 추세를 모니터링	본 과제의 대상은 스마트 빌딩이 아닌 공동주택임	가상물리시스템 이론과 실제 공간사용정보 모니터링 기술에 대하여 참조자료로 활용	0
해양사고 예방 대응을 위한 가상 구조훈련체계 개발	해양경찰청	한국해양구조협회 (2017)	해양사고 대응 팀 통합 훈련이 가능한 훈련체계 시뮬레이터 개발 침몰사고, 좌초사고, 충돌사고, 화재사고에 따른 유형별 훈련 체계 구축	본 과제는 해양안전이 아닌 건축공사 안전관리 및 유지관리를 목적으로 함	재난 사고 시뮬레이터 기법에 대하여 참조자료로 활용	0
선박 항해사 교육을 위한 가상현실 시스템 개발	중소벤처기업부	(주)에이피에스 (2017)	선박 운항 시뮬레이터는 해상에서 일어날 수 있는 변수를 실제 선박이 아닌 가상의 프로그램으로 수행시켜 그 결과에 대응하고 예측함	본 과제는 항해사 교육이 아닌 건설현장의 작업자를 대상으로 함	가상현실 교육 프로그램에 대하여 참조자료로 활용	0
해양사고 예방대응을 위한 가상 구조훈련체계 개발	국민안전처	한국해양대학교 산학협력단 (2016)	해양사고 표준 사례 DB를 활용한 사고예방 시뮬레이션 개발 훈련체계-지휘체계 간의 통신 모듈 및 암호화 처리 기술 개발	본 과제는 해양사고가 아닌, 공동주택 시공현장의 안전사고 예방을 목적으로 함	해양사고 표준 사례 DB 구축 방안 활용 가능성 모색	0
국제 표준 BIM 포맷 기반의 동적 4D 가상건설 시뮬레이션 시스템 개발	미래창조과학부	(주)태성에스엔아이 (2016)	표준 포맷 변환 및 검증을 위한 기반 구축 NET 환경의 Add-in 프로그램에서 (Infra) IFC 포맷 변환을 위해 공통으로 사용할 동적 라이브러리(IFC 표준 변환 엔진)개발	본 과제는 표준 포맷(IFC 파일)을 가공하고, 한 단계 나아가 AR/VR 정보로 활용함	IFC 포맷 변환 과정 및 가상건설 시뮬레이션 프로그램에 대해 참조자료로 활용 가능	1

과제명	주체	연구기관	주요내용	검토결과		
				차별성	연계방안	중복도D)
창의적인 건설인력 양성을 위한 시공 전과정 가상체험 타임랩스 콘텐츠 App 개발	국토교통기술 촉진연구	(주)나이 콤 (2016)	현장에서 이루어지는 일련의 프로세스가 기록되고 분석·개발/본격적인 공사는 물론 공사 준비단계의 사전조사 및 가설공사에서부터 무재해를 위한 안전에 대한 각종 시설물과 교육 등 시공을 위한 보조적인 업무까지 유기적으로 연결	본 과제는 건설인력 양성을 위한 것이 아닌 공동주택 설계 및 시공 현장에서 활용하기 위함	가상현실 기술을 활용하여 작업자에게 교육하는 과정에서 사례로 참고	0
3차원 공간분석 및 가상활동객체를 활용한 범죄발생 시공간 예측기법	미래창 조과학 부	세종대 학교 (2015)	범죄가 발생하는 국소적인 환경에 대한 3차원적 공간분석을 기반으로 한 범죄발생 예측기법 개발	3차원 공간정보를 활용한다는 유사성은 있으나, 본 연구의 성격과 무관함	3차원 공간정보 구축 기술에 대하여 활용 방안 모색	0
경관심의 기준 강화에 대응하기 위한 가상현실 경관시뮬레이션 용 착용형 보행모사장치(We arable Walking Simulator) 개발	중소기 업기술 혁신개 발(중소 기업청)	주식회 사마이 크로오 토메이 션 (2015)	가상현실 경관 시뮬레이션용 착용형 보행모사장치 보완시제 개발 성능확보 신뢰성 검증 - 경관분석 및 교통약자지원 및 범죄예방 분석 기능 개발	가상현실 시뮬레이션을 활용한다는 것은 같으나, 본 연구의 성격과 무관함	가상현실 시뮬레이션 장치 개발 과정에 대하여 참조 자료로 활용	0
BIM/GIS 검증을 위한 3차원 기반의 가상실증시험센 터 구축	미래창 조과학 부	한국건 설기술 연구원 (2015)	BIM/GIS 검증을 위한 3차원 기반의 가상실증시험센터 구축	3차원 기반 가상실증시험센 터를 구축 한다는 것에 대해 본 연구와 일부 선행적 관계가 존재하나, 본 과제는 검증 단계가 아닌 공동주택을 대상으로 하여 디지털 융복합 기술로 활용하는 것을 목표로 함	BIM 기반의 가상실증시험 센터를 구축하는 과정에 대해 참조 자료로 활용 가능	1
사회복지시설을 위한 가상현실 기반의 인명탈출 시뮬레이션 기술 개발	산업통 상자원 부	(주)크리 에이텍 (2014)	사회복지 시설을 포함한 육상/해상 구조물에 대한 실용적인 인명 탈출 시뮬레이션이 가능한 S/W 개발	가상현실 기반의 구조물에 대한 시뮬레이션 에 대한 연구과정은 유사하나, 본 연구의 대상 및 성격과 무관함	인명 탈출 시뮬레이션 기술 개발 과정에 대해 참조 자료로 활용	0

과제명	주체	연구기관	주요내용	검토결과		
				차별성	연계방안	중복도D)
BIM기반 증강현실 기술의 3차원 포인트 클라우드 기법과 3차원 프린팅 기법을 활용한 재난 대응형 마이크로 드론 시제품 (FireFly)개발	이공학 개인 기초연구지원(교육부)	한양대 (2016)	비전 기반의 건축 공간 포인트 클라우드 공간 분석 요소기술 개발	세 세부적으로 요소기술의 기법에 있어, 유사한 기술이 활용된다는 점은 있으나 연구의 방향 및 대상이 다름	BIM 기반의 3차원 데이터 구축 방안 활용	0
건축 문화재 유지를 위한 모바일 증강현실기반 역설계 기술개발	이공학 개인 기초연구지원(교육부)	경일대 (2016)	디지털 역설계 기술을 활용한 모바일 증강현실 기반 건축문화재 유지관리 기술 개발	연구의 대상이 다르며, 본 과제에서는 관리 장비를 모바일로 한정하고 있지 않음	모바일 기반 건축물 유지관리 활용방안으로 참조	0
건설 IoT의 현실화를 위한 자율주행드론 기반의 증강현실 기술연구	개인연구지원(교육부)	명지대 (2016)	설계/계획 BIM과의 연계하여 현장 상황이 반영된 종합 3D 모델 생성	본 연구는 공동주택을 대상으로 실내에서는 드론을 활용하지 않음	건물 외부적으로 IoT를 활용하는 방안에서 참조 가능	1
건축물 설계지원을 위한 VR서비스 서버 및 VR 사용자 어플리케이션 개발	중소기업청	동우이앤씨건축사사무소 (2016)	건축물 설계지원을 위한 VR서비스 서버 - 건축 3차원 모델링 데이터의 윈스탑 BIM	본 과제는 VR 기술을 재난 대응 및 안전교육에도 적용하는 것을 목표로 함	건축물 설계지원용 VR 서비스 자료로 활용	0
API로 활용 가능한 실내 공간정보 및 VR 플랫폼 구축	중소기업청	에이치유디 (2016)	모바일앱 플랫폼 출시로 다양한 어플리케이션으로 이용, 가전/가구 라이브러리 개발로 새로운 비즈니스 모델 발굴 및 수익 창출	해당 과제는 VR 플랫폼을 통하여 일방향 정보 전달에 국한되어 있지만, 본 과제는 실시간으로 양방향의 정보를 교류하는 것에 목표를 두고 있음	1인칭 VR 플랫폼 체험 자료로 활용방안 모색	0

과제명	주체	연구기관	주요내용	검토결과		
				차별성	연계방안	중복도 ¹⁾
3차원 건축정보데이터(BIM)와 AR기술의 전문영역 밀착형 ICT기반 인테리어 시공 모바일 측량 시스템 개발	중소기업청	한양대학교산학협력단 (2016)	웹 기반 BIM 데이터 이력 관리 시스템 개발	요소기술 적용에 있어 유사성은 존재하지만, 본 과제는 한단계 더 나아가 AR/VR 기반의 응용기술을 플랫폼 개발을 목표로 함	BIM 정보와 AR 기술의 연계방안에 대해 참조 가능	0
BIM(Building Information Model)데이터와 시공 현장간의 오차 파악 및 개선을 위한 모바일 플랫폼(AR-M²) 개발	이공학개인기초연구지원(교육부)	한양대학교 (2016)	설계변경에 따른 프로세스 및 협업, 관련 기술의 실시간 영상 맵핑 환경 구축	BIM 데이터와 현장 간의 오차를 개선하기 위한 기술로만 제시되어 있어, 본 과제와는 연구의 방향이 다름	BIM 데이터와 현장 간의 오차 파악 자료로 활용 가능	0
소형 비행체를 이용한 증강현실 기반의 구조물 안전성 검사 시스템 개발	교육부	순천대 (2014)	증강현실 기반의 구조물 안전성 모니터링 시스템 개발 - 영상 및 열화상 센서 탑재 기술 개발	본 과제는 구조물의 안전성 검사가 아닌, 공동주택 설계 및 시공관리에 중점을 두고 있음	증강현실 기반의 모니터링 시스템 활용 자료로 참고	0

1) 중복도 표기방법

‘0’=중복도 없음, ‘1’=선후행적 관계만 존재, ‘2’=미약한 중복, ‘3’=중복성이 일부분 존재

7절. 종합분석

□ AR/VR 관련 기술의 트렌드는 센서 정확도, 인식률, 상호작용, 시야각 등의 유형으로 변화되고 있으며, 본 과제의 연구 진행에서는 이와 같은 기술의 융·복합적인 형태가 적용될 것으로 파악됨.

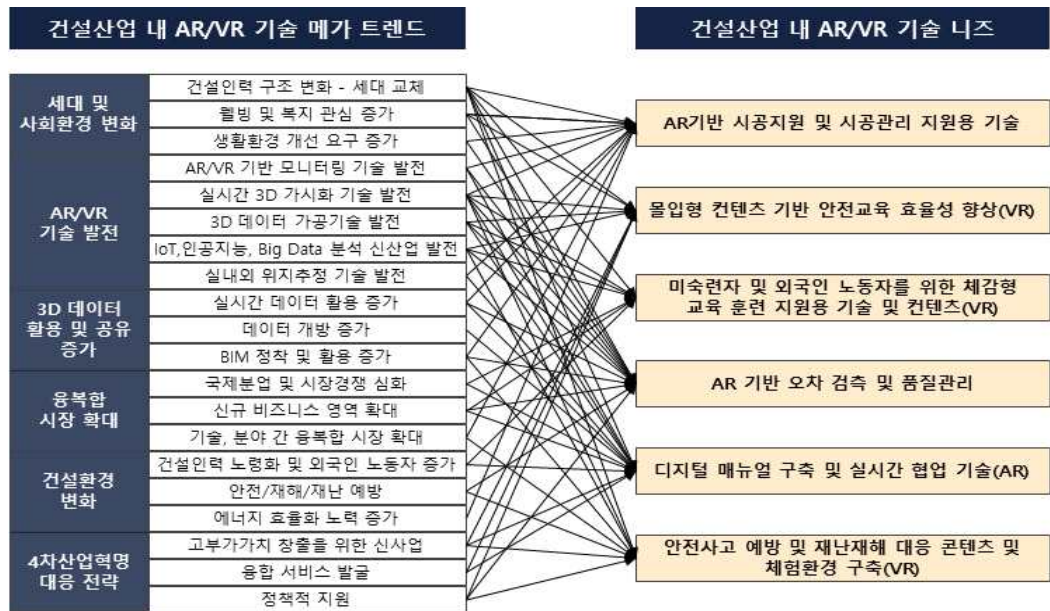
○ 국내·외 논문을 통해서 살펴본 결과, 관련 연구의 흐름은 건축설계 분야에서는 데이터 정보를 가공하는 기술이 주가 되었고, 건축시공 분야에서는 다자간의 협업 기술이, 유지관리 분야에서는 정보를 인식하고 제공하는 기술 등의 형태로 연구 방향이 파악됨.

○ R&D는 크게 직접적인 AR/VR 기술과 간접적인 AR/VR 기술로 나눌 수 있으며, 본 연구에서는 AR/V 모듈형 플랫폼 시스템 및 4D 가상 시뮬레이션 기술이 적용될 것임.

○ 이러한 기술 트렌드는 현재 개발된 기술의 위치를 파악할 수 있고, 이는 본 연구의 방향성과 부합하며, 적용해야 할 단계의 영역이 파악됨.



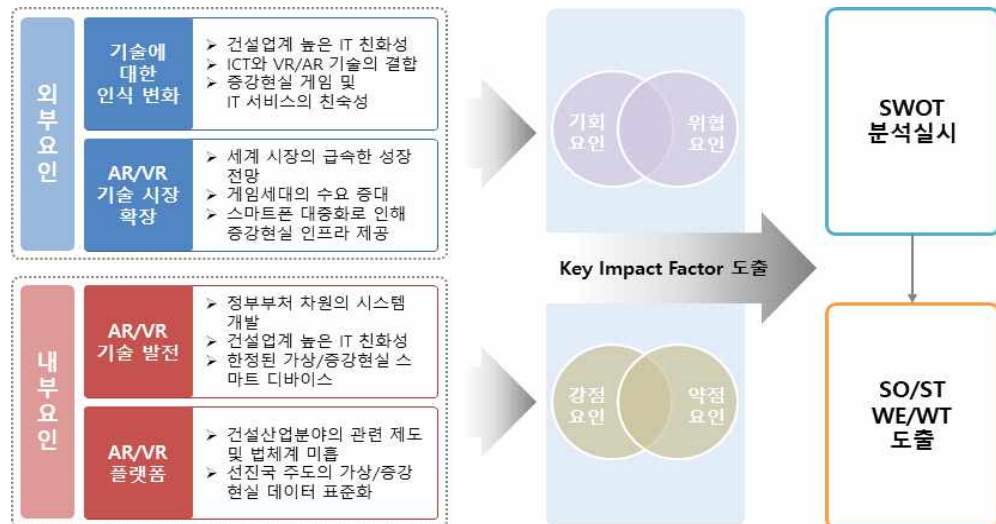
〈그림 41〉 기술개발 트렌드 분석



〈그림 42〉 Issue Tree

□ 본 과제의 기술개발을 위한 내·외부영향요인 분석을 통해 SWOT분석을 실시함

- 외부요인으로는 건설 업계의 높은 IT 친화성으로 인해 ICT 및 IoT 등의 스마트홈 서비스 수요증가와 세계 스마트 서비스 시장이 급속하게 성장하고 있으며, 이를 통한 AR/VR 서비스 시장의 확대와 더불어 다국적 기업들과의 글로벌 경쟁 돌입 등의 기회 요인과 위협 요인이 동시에 자리 잡고 있음.
- 내부요인으로는 국내에서 세계적 수준의 스마트 서비스 인프라(스마트폰 보급 및 통신환경 등)를 보유하여 활용이 가능한 점이 강점요 인임. 그러나 관련 제도 및 법체계의 미흡, 건설사업의 통합, 연계 체계의 부재, 호환성 확보를 위한 표준화가 미비한 점이 약점으로 자리 잡고 있음.



〈그림 43〉 SWOT 내외부 환경 분석

○ 위의 대표적인 내·외부 요인을 바탕으로 한 SWOT 분석 및 SO/ST/WO/WT 전략을 도출하였음.

- SO 전략으로는 현장 및 설계환경의 AR/VR 서비스 법제화 및 추진체계의 구축, AR/VR 서비스 확대, 연구개발사업의 효율성 및 효과 측정, 공동주택의 AR/VR 서비스 플랫폼 구축 등이 있음.
- ST 전략으로는 AR/VR 오픈마켓 산업육성과 활성화를 위한 사업 설계, AR/VR 기반의 다자간 활용 체계구축, 관련법 제·개정 지속 추진 등이 있음.
- WO 전략으로는 AR/VR 콘텐츠 관련 호환방안 마련 및 정보보안 체계구축, AR/VR 기술 지원 및 활성화 조직 구성, 실질적인 현장적용을 위한 시스템 고도화 필요, 작업자 관점에서 활용성이 높은 스마트 디바이스 구동 환경 구축 등이 있음
- WT 전략으로는 건설산업의 AR/VR 기술의 표준화 체계 추진 및 관련법 제·개정, 글로벌 경쟁 돌입에 따른 글로벌 네트워킹 협력 강화 및 마케팅 지원, AR/VR 서비스의 연계성 및 핵심기술 전문인력 역량 강화 등이 있음.

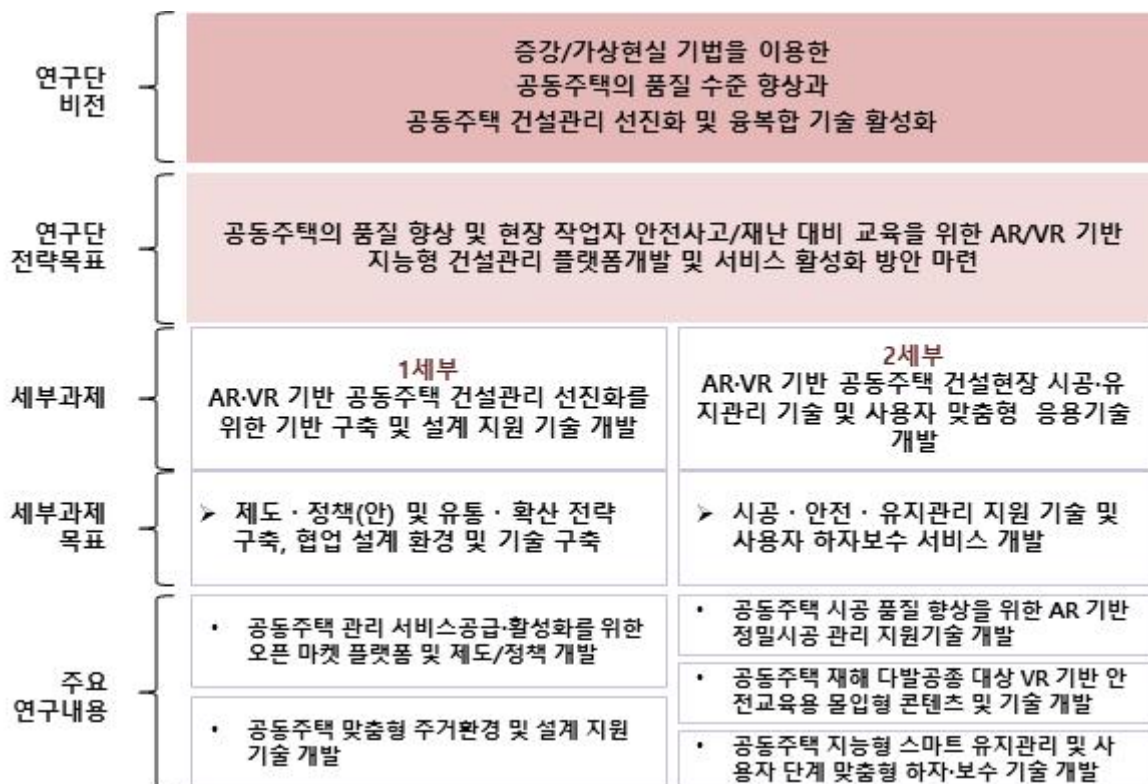


〈그림 44〉 SWOT 분석 전략 도출

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절. 비전 및 목표

- 비전: 증강/가상현실 기법을 이용한 공동주택의 품질 수준 향상과 공동주택 건설관리 선진화 및 융복합 기술 활성화
- 최종 목표: 공동주택의 품질 향상 및 현장 작업자 안전사고/재난 대비 교육을 위한 AR/VR 기반 지능형 건설관리 플랫폼개발 및 서비스 활성화 방안 마련
- 핵심 연구과제 도출
 - AR·VR 기반 공동주택 건설관리 선진화를 위한 기반 구축 및 설계 지원 기술 개발
 - AR·VR 기반 공동주택 건설현장 시공·유지관리 기술 및 사용자 맞춤형 응용기술 개발



〈그림 45〉 연구과제의 비전 및 목표

2절. 연구개발과제 구성

- 2장 국내/외 동향 및 환경 분석을 통해 도출한 기술트렌드, Issue Tree, SWOT 분석을 기반으로 건설관리 및 AR/VR 연구진·전문가들에게 기술자문을 구해 연구개발 후보기술을 선정하고 최종적으로 자문위원과 기획연구진 간의 회의 및 워크숍을 통해 최종연구개발과제를 도출함.
- 1차적으로 연구개발 목표인 공동주택의 안전사고/재난 대응 및 유지관리, 부실시공 방지를 위한 AR/VR 기반 지능형 건설관리 플랫폼 개발 및 서비스 활성화 방안 마련을 위해 총 2개 세부로 도출함.
- 최초 기획연구 제안 시 주요 기획연구 내용은 VR/AR Uses(공동주택 전 생애주기 단계별 AR/VR 기술 활용성 검토), Data & Contents(VR/AR 기술 구현을 위한 정보 체계 및 최적화 시스템 구축), Technology & UI(지능형 AR/VR 시스템 구현을 위한 센싱 기술 및 활용 서비스), Platform(지능형 공동주택을 위한 AR/VR 플랫폼)으로 구성되어있음.

〈표 24〉 연구기획제안 당시 기획연구 목표와 주요 기획연구 내용

기획연구 목표	주요 기획연구 내용
<VR/AR Uses> 공동주택 전 생애주기 단계별 AR/VR 기술 활용성 검토	▪ 공동주택 계획/설계/시공/유지관리 단계별 업무 프로세스 및 참여 주체별 역할에 따른 정보관리 체계 분석 ▪ 공동주택 분야 IoT, 스마트홈 기술 적용 수준 및 방향 분석 ▪ 재난 발생 시 피난 및 재해 복구를 위한 AR/VR 기술 활용도 분석 ▪ 공동주택 전 생애주기 AR/VR 기반 어플리케이션 및 서비스 체계 도출 ▪ 기술개발 가능성과 목표 설정, Value-Chain 분석
<Data & Contents> VR/AR 기술 구현을 위한 정보 체계 및 최적화 시스템 구축	▪ AR/VR 어플리케이션별 시각화할 데이터, 콘텐츠 종류/형식 및 확보 방안 분석 ▪ 스마트홈 구현을 위한 AR/VR 기반 지능형 관리 시나리오 및 Contents별 정보 체계 ▪ 콘텐츠 개발을 위한 데이터 가공 및 스마트 센싱 ▪ 데이터 경량화 및 프로세싱 최적화를 위한 3D Data Optimization 및 Cloud 연계 기술
<Technology & UI> 지능형 AR/VR 시스템 구현을 위한 센싱 기술 및 활용 서비스	▪ 사용자 맞춤형 정보 시각화를 위한 스마트 센싱 기술 ▪ 정보 콘텐츠의 가시성, 현실감 최적화를 위한 UI, 시각화 기술 및 최적 device ▪ 공동주택용 AR/VR 기기 제어를 위한 모션/음성 인식 모듈 시스템 ▪ 지능형 공동주택 관리를 위한 IoT기반 디지털 복제(Digital-Twin) 및 AR 원격제어 기술
<Platform> 지능형 공동주택을 위한 AR/VR 플랫폼	▪ Cloud 및 VDI 기반의 AR/VR 플랫폼 ▪ 공동주택 AR/VR 오픈 마켓 플랫폼 ▪ AR/VR 기반 공동주택 관리를 위한 법·제도 개선방안

〈표 25〉 연구개발과제 1차 구성안(연구목표)

세부별 연구과제
1 : 공동주택 부실시공 방지를 위한 AR기반 응용기술 개발
2 : 건설현장 안전사고/재난 대응 및 유지관리를 위한 VR기반 응용기술 개발

- 주요 기획연구 내용 검증을 위하여 전문가 및 연구진과의 회의를 진행하였으며, 1) 제시한 비전 및 연구목표와 제안된 기획연구의 내용이 부합하는지, 2) 과제 구성 시 세부과제 간 연구내용의 균형이 맞는지, 3) 세부과제 간 효율적인 연계가 가능한지(연구내용 연계 및 과제 간 중복성 회피) 등에 대한 의견들을 종합하여 새로운 연구개발과제 구성안이 도출됨.



〈그림 46〉 기획과제 기타위 · 중간보고 · 전문가자문 회의

- 기획타당성위원회 회의(기타위:4회), 중간보고(국토진흥원:2회), 내부 연구진 · 전문가 자문회의 및 워크숍(9회)을 통하여 도출된 기술분류체계를 기반으로, 대분류, 중분류, 소분류, 요소기술 간의 효율적인 연계, 기술간 중복성을 회피, 활용목적(설계, 시공, 안전, 유지관리), 활용환경(현장, 사무실, 별도의 공간 등)을 종합적으로 고려하여 크게 2세부로 분리하였으며, 제도 · 정책 · 오픈 마켓 구축과 설계 · 시공 · 안전 · 유지관리로 단계별 세세부를 구분함.

〈표 26〉 연구개발과제 최종 구성안(연구목표)

세부별 연구과제
1 : AR · VR 기반 공동주택 건설관리 선진화를 위한 기반 구축 및 설계 지원기술 개발
2 : AR · VR 기반 공동주택 건설현장 시공 · 유지관리 기술 및 사용자 맞춤형 응용기술 개발

- 표 26은 연구개발과제 최종 구성안 도출을 위하여 기획타당성위원회 회의, 중간보고회의, 전문가회의 및 워크숍에서 논의한 내용을 정리한 표이다.

〈표 27〉 연구개발과제 구성안 관련 회의 내용

기획타당성위원회 회의	- 법, 제도 분석을 통한 강제화 등의 활성화 방안의 연구내용 포함 필요 - AR, VR기반 응용기술을 통해 달성가능한 성과목표 (부실시공방지, 하자보수, 유지관리 등)의 명확하게 제시 필요 - 과제체계 구성 시 설계, 시공관리 개발 기술을 운영(유지관리)까지 확산, 적용하여 검증, 실증하는 체계로 구성함으로써 사용자의 편익발생 연계 필요 - 공동주택 AR/VR 기술의 공공분야 선도를 통한 성과 검증, 민간부문으로의 보급/활성화를 통한 사업화전략 제시 필요 - AR·VR를 통해 개선이 가능한 기술을 분류하는 것이 필요 (현재의 연구내용은 시공기술 콘텐츠 중심으로 구성된 것으로 판단됨) - AR·VR 기술을 적용할 때 대상기술이 실제 현장에서 사용하기 위해 매뉴얼, 가이드라인 등 콘텐츠 개발 연구내용 반영 검토 필요 - 개발 기술의 실증(테스트베드) 연구를 통해 요소기술을 검증하여 실용화 확산이 될 수 있는 검증 연구 추가 필요 - 과학기술기본계획 등 국가법정계획과 연계하여 체계적으로 작성하였으나 본 연구를 통해 제도 개선 방안(제도 제개정 가능 법률) 등 추가 제시 필요
국토진흥원 중간보고	- 본 연구과제의 범위는 설계와 시공을 중점으로 함 - 국토부에서는 본연구를 통하여 부실시공 방지에 대해 기대하고 있음 - 거주자의 사용성 보다는 '설계' 및 '시공자' 관점의 아이템 도출이 필요 - 본 기술의 차별성 및 핵심기술을 도출 - 단계별로 구체적인 기술을 제시 - 테스트베드는 민간기업에서 사용하기가 힘들 - 테스트베드 이후, 사업모델 제시가 필요 (순환경제 시스템으로 발전해야함) - 건설전반적인 특화기술이 아닌, 공동주택의 특화기술이 반영된 세부기술 도출
전문가 자문회의 및 워크숍	- 요소기술 간의 레벨링 조정이 필요 - 연구기술을 구체적으로 작성할 필요가 있음 - 기술의 스펙트럼이 넓음 - 숫자와 기술을 명시하여 꼭지를 작성 - 공동주택의 부실시공/하자관련 문제점을 대상으로 연구목표를 선정해야 함 - 모델 하우스와 입주자의 품질이 동일하게 시공되지 않음 - 모델하우스의 텍스트 및 아이템을 AR로 구현하고 시공시 참조하여 오시공을 방지 - 내부의 허리떡선이 일정하지 않음. 개구부(창호, 문틀 등) 조립시 수직/수평이 반듯하게 시공되지 않아 깎아 내거나 덮붙여 시공해야함 - 작업자가 도면을 잘못 확인하고 단열재를 오시공하는 사례가 발생함 -> 단열재의 설계도를 AR도면으로 표현하여 오시공 방지 - 감리, 검측 시 철근 및 구조관련 현장 가시화 기술 필요 - 시공관리 꼭지를 품질관리 NCR, 편치리스트, 시공하자관리 에 초점

	- 메저링 기술을 향상시키기 위한 연구개발 구성 - 시공사(공정관리 및 시공관리 부문)와 사용자(사용자 측면에서 확인이 용이한지, 하자없는 사용) 둘다 만족하는 기술 - 유지관리 세부를 공동주택 실시간 유지관리에 초점 - AR과 VR로 구분하는 것보다, On-Site와 Off-Site로 세부를 분류, 콘텐츠 제작과 설계지원 기술을 통합하는 것이 기술연계와 중복을 위해 나아보임. - 1세부: 법제도/설계, 2세부: 시공관리/유지관리 등으로 구성안 도출 - 안전교육 시장은 지속적으로 성장 가능성이 높음 - VR을 통한 안전교육시 시공평가 가점 방안 - 거래 플랫폼(페이먼트 시스템)을 활용 - AR/VR 기술, 장비, 콘텐츠를 연계하여 유통 및 확산 전략을 수립해야함 - 현장에서의 안전교육을 위한 하드웨어의 개선, 개조, 시제품 제작 등의 연구가 필요 - VR 기반의 몰입형, 체험형 교육 의무화 방안 마련
--	---

3절. 핵심요소기술(CTE) 선정

1. 핵심기술요소(CTE) 도출

- ☐ 핵심기술요소(CTE: Critical Technology Elements)는 과제의 성패를 좌우하는 중요한 기술로서 개발 기술이 완성되기 위하여 충족되어야 할 필수기술을 의미함
- ☐ 본 “가상/증강현실 기반 공동주택 건설관리 선진화 기술기획” 연구개발을 위해 도출된 핵심기술 요소는 아래 표와 같음.
- ☐ 기획위원회 운영을 통해 기술분류체계의 대분류(총 5개:시공관리 지원기술, 현장관리 지원기술, 안전관리 지원기술, 유지관리 지원기술, 기술활용 지원)를 2개 분야(기반 구축 및 설계 지원 기술, 시공·유지관리 기술 및 사용자 맞춤형 지원 기술)로 통합하고 이를 기반으로 총 76개의 후보기술을 도출하였음.

〈표 28〉 핵심기술 요소 후보

No.	후보 핵심기술요소(CTE)
후보1	Cloud 기반 3D 콘텐츠 지원용 플랫폼
후보2	가상 데스크탑 인프라 시스템 기술개발
후보3	Device to Device 정보공유 기술 개발
후보4	AR/VR 3D 콘텐츠 표준 라이브러리 저작도구
후보5	기술 및 콘텐츠 연계를 위한 Visual Database 구축
후보6	정보표준 규격 및 기준 구축
후보7	공동주택 AR/VR 적용 비즈니스 플랫폼 구축안
후보8	온라인 오픈마켓 플랫폼 구축
후보9	제도 법규 논리규칙 DB 구축
후보10	AR/VR 요소기술 개방형 플랫폼
후보11	첨단 공동주택 기술 정착 지원제도 안
후보12	설계/시공 관련 법/제도
후보13	국내외 제도/정책 사례분석을 통한 활성화 방안
후보14	공동주택 AR/VR 기반 건설관리 기술 치침개발
후보15	BIM 기반 정보 추출 및 가공 기술
후보16	메타데이터 기반 정보 추출 및 가공 기술
후보17	공동주택 지능형 관리 시나리오 및 데이터 정보 체계구축
후보18	공중/공정별 시각화 데이터 체계구축
후보19	단계/작업/공종별 3D 데이터 분류체계 구축
후보20	설계자용 공유형 가상공간 시스템 개발
후보21	맞춤형 DIY 시각화 기술 개발
후보22	설계단계 사용자 참여 평가 기술 개발
후보23	360 이미지 기반 설계 공간 구성 기술 개발
후보24	VR 기반 협업 설계 프로세스 프로세스 구축
후보25	VR 기반 협업설계 기술 개발

후보26	SW별 라이브러리 공유기반 구축
후보27	VR 기반 모델하우스용 콘텐츠 제작
후보28	웹기반 협업설계 플랫폼 구축
후보29	Immersive 설계 기술 개발
후보30	VR기반 클라이언트용 가상공간 콘텐츠 제작
후보31	VR 기반 설계 의사결정 지원체계 구축
후보32	다자참여형 VR 공간 구축 기술 개발
후보33	분야별 건축설계 공유 컴포넌트 라이브러리 구축
후보34	가상공간 기반 실시설계도서 효율혁신 기술 개발
후보35	실시간 위성기반 측위 기술개발
후보36	실시간 영상기반 측위 기술개발
후보37	실시간 센싱기반 측위 기술개발
후보38	건설현장용 AR 마커 기술개발
후보39	마커-실내 측위 통합 기술개발
후보40	영상인식 기반 가시화 기술개발
후보41	정밀시공 지원용 AR Fitting & Fixing 기술개발
후보42	시공관리 및 작업 지원용 디지털 매뉴얼 구축
후보43	정밀시공 가이드스 개발
후보44	품질관리를 위한 객체 인식 기술 개발
후보45	작업자 맞춤형 GUI 개발
후보46	품질 검측 자동화 기술개발
후보47	검측용 트래킹 기술 개발
후보48	작업자 상황 맞춤형 시공정보 제공 프로그램
후보49	현장 시공오차 감지 자율주행 로봇 모델 개발
후보50	작업자용 가이드드 정밀시공 기기 개발
후보51	모션/음성인식 기술 기반 기기 제어 기술 개발
후보52	가설 설치 품질 및 안전성 자동 검토 기술 개발
후보53	현장 시공오차 자동 감지 요소기술 개발
후보54	UAV기반 정보 취득기술 개발
후보55	Wearable 센서 기반 정보 취득기술 개발
후보56	레이저 스캔 기반 정보 취득기술 개발
후보57	지상 이동체 기반 정보 취득기술 개발
후보58	센싱정보 기반 3차원 모델 역설계 기술 개발
후보59	영상 기반 맵생성 엔진 기술 개발
후보60	AR 기반 평활도 측정 기술 개발
후보61	AR 기반 Level 측량 기술 개발
후보62	공정관리용 모델 가시화 기술 개발
후보63	실시간 공정관리용 모델 생성 기술 개발
후보64	현장관리 및 성과보고 자동화 기술 개발
후보65	안전교육용 VR 몰입형 가상공간 및 가상객체 개발
후보66	현장 실시간 위험요소 안내/대응 시스템 개발
후보67	체험형 교육을 VR Room 설계 및 구축
후보68	상황 인식 기반 건설장비 안전 디스플레이 기술개발
후보69	현장 실시간 안전 가이드 시스템 개발
후보70	체험형·몰입형 안전교육 하드웨어 개발
후보71	맞춤형 작업자용 건설 작업 교육훈련 기술개발
후보72	360도 현장 실시간 안전 감시 기술 개발
후보73	교육훈련 학습 및 관리 체계 구축
후보74	교육용 동작훈련 시뮬레이터 기술 개발
후보75	VR 장비 패키지화 기술 개발
후보76	이동식 VR 장비 프로토타입 개발

2. 핵심기술요소(CTE) 선정

가. (1세부) AR·VR 기반 공동주택 건설관리 선진화를 위한 기반 구축 및 설계 지원기술 개발

□ 핵심기술요소(CTE) 후보 - 1세부

〈표 29〉 1세부 CTE 후보 도출

세부과제	No.	후보 핵심기술요소(CTE)
AR·VR 기반 공동주택 건설관리 선진화를 위한 기반 구축 및 설계 지원기술 개발	후보1	Cloud 기반 3D 콘텐츠 지원용 플랫폼
	후보2	가상 데스크탑 인프라 시스템 기술개발
	후보3	Device to Device 정보공유 기술 개발
	후보4	AR/VR 3D 콘텐츠 표준 라이브러리 저작도구
	후보5	기술 및 콘텐츠 연계를 위한 Visual Database 구축
	후보6	정보표준 규격 및 기준 구축
	후보7	공동주택 AR/VR 적용 비즈니스 플랫폼 구축안
	후보8	온라인 오픈마켓 플랫폼 구축
	후보9	제도 법규 논리규칙 DB 구축
	후보10	AR/VR 요소기술 개방형 플랫폼
	후보11	첨단 공동주택 기술 정착 지원제도 안
	후보12	설계/시공 관련 법/제도
	후보13	국내외 제도/정책 사례분석을 통한 활성화 방안
	후보14	공동주택 AR/VR 기반 건설관리 기술 치침개발
	후보15	BIM 기반 정보 추출 및 가공 기술
	후보16	메타데이터 기반 정보 추출 및 가공 기술
	후보17	공동주택 지능형 관리 시나리오 및 데이터 정보 체계구축
	후보18	공중/공정별 시각화 데이터 체계구축
	후보19	단계/작업/공종별 3D 데이터 분류체계 구축
	후보20	설계자용 공유형 가상공간 시스템 개발
	후보21	맞춤형 DIY 시각화 기술 개발
	후보22	설계단계 사용자 참여 평가 기술 개발
	후보23	360 이미지 기반 설계 공간 구성 기술 개발
	후보24	VR 기반 협업 설계 프로세스 프로세스 구축
	후보25	VR 기반 협업설계 기술 개발
	후보26	SW별 라이브러리 공유기반 구축
	후보27	VR 기반 모델하우스용 콘텐츠 제작
	후보28	웹기반 협업설계 플랫폼 구축
	후보29	Immersive 설계 기술 개발
	후보30	VR기반 클라이언트용 가상공간 콘텐츠 제작
	후보31	VR 기반 설계 의사결정 지원체계 구축
	후보32	다자참여형 VR 공간 구축 기술 개발
	후보33	분야별 건축설계 공유 컴포넌트 라이브러리 구축
	후보34	가상공간 기반 실시설계도서 효율혁신 기술 개발

□ 핵심기술요소(CTE) 선정 - 1세부

〈표 30〉 1세부 핵심기술요소(CTE) 선정

체크리스트	후보 1	후보 2	후보 3	후보 4	후보 5	후보 6	후보 7	후보 8	후보 9	비고
1. 이 기술이 사용요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?	○	○	○	○	○	○	○	○	○	만드시 충족
2. 해당기술을 개발하거나 시연하는데 중대한 (실패)위험이 예상되는가?										하나 이상 충족
3. 해당기술이 새롭거나 독창적인가					○					
4. 기존에 성공적으로 적용된 이후에, 이번에 개발시 변경된 기술인가?										
5. 해당기술이 유사환경에서 실현되도록 재개발되는가?	○	○		○				○		
6. 이 기술이 임의의 환경에서 작동할 것으로 기대되거나 당초의 설계 의도 혹은 규정된 성능을 뛰어넘는 성능을 달성할 것으로 기대되는가?										하나 이상 충족
핵심기술요소(CTE) 선정 여부	○	○	×	○	○	×	×	○	×	
체크리스트	후보 10	후보 11	후보 12	후보 13	후보 14	후보 15	후보 16	후보 17	후보 18	비고
1. 이 기술이 사용요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?	○	○	○	○	○	○	○	○	○	만드시 충족
2. 해당기술을 개발하거나 시연하는데 중대한 (실패)위험이 예상되는가?										하나 이상 충족
3. 해당기술이 새롭거나 독창적인가				○						
4. 기존에 성공적으로 적용된 이후에, 이번에 개발시 변경된 기술인가?										
5. 해당기술이 유사환경에서 실현되도록 재개발되는가?	○	○	○		○	○	○			
6. 이 기술이 임의의 환경에서 작동할 것으로 기대되거나 당초의 설계 의도 혹은 규정된 성능을 뛰어넘는 성능을 달성할 것으로 기대되는가?										하나 이상 충족
핵심기술요소(CTE) 선정 여부	○	○	○	○	○	○	○	×	×	

체크리스트	후보 19	후보 20	후보 21	후보 22	후보 23	후보 24	후보 25	후보 26	후보 27	비고
1. 이 기술이 사용요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?	○	○	○	○	○	○	○	○	○	반드시 충족
2. 해당기술을 개발하거나 시연하는데 중대한 (실패)위험이 예상되는가?										하나 이상 충족
3. 해당기술이 새롭거나 독창적인가										
4. 기존에 성공적으로 적용된 이후에, 이번에 개발시 변경된 기술인가?										
5. 해당기술이 유사환경에서 실현되도록 재개발되는가?		○	○	○		○	○			
6. 이 기술이 임의의 환경에서 작동할 것으로 기대되거나 당초의 설계 의도 혹은 규정된 성능을 뛰어넘는 성능을 달성할 것으로 기대되는가?										하나 이상 충족
핵심기술요소(CTE) 선정 여부	×	○	○	○	×	○	○	×	×	
체크리스트	후보 28	후보 29	후보 30	후보 31	후보 32	후보 33	후보 34	비고		
1. 이 기술이 사용요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?	○	○	○	○	○	○	○	반드시 충족		
2. 해당기술을 개발하거나 시연하는데 중대한 (실패)위험이 예상되는가?								하나 이상 충족		
3. 해당기술이 새롭거나 독창적인가					○					
4. 기존에 성공적으로 적용된 이후에, 이번에 개발시 변경된 기술인가?										
5. 해당기술이 유사환경에서 실현되도록 재개발되는가?		○	○	○						
6. 이 기술이 임의의 환경에서 작동할 것으로 기대되거나 당초의 설계 의도 혹은 규정된 성능을 뛰어넘는 성능을 달성할 것으로 기대되는가?										
핵심기술요소(CTE) 선정 여부	×	○	○	○	○	×	×			

나. (2세부) AR·VR 기반 공동주택 건설현장 시공·유지관리 기술 및 사용자 맞춤형 응용기술 개발

□ 핵심기술요소(CTE) 후보 - 2세부

〈표 31〉 2세부 CTE 후보 도출

세부과제	No.	후보 핵심기술요소(CTE)
AR·VR 기반 공동주택 건설현장 시공·유지관리 기술 및 사용자 맞춤형 응용기술 개발	후보35	안전교육용 VR 몰입형 가상공간 및 가상객체 개발
	후보36	현장 실시간 위험요소 안내/대응 시스템 개발
	후보37	체험형 교육을 VR Room 설계 및 구축
	후보38	상황 인식 기반 건설장비 안전 디스플레이 기술개발
	후보39	현장 실시간 안전 가이드 시스템 개발
	후보40	체험형·몰입형 안전교육 하드웨어 개발
	후보41	맞춤형 작업자용 건설 작업 교육훈련 기술개발
	후보42	360도 현장 실시간 안전 감시 기술 개발
	후보43	교육훈련 학습 및 관리 체계 구축
	후보44	교육용 동작훈련 시뮬레이터 기술 개발
	후보45	장비 학습 및 체험 시뮬레이터 기술 개발
	후보46	작업 교육훈련 평가 체계 개발
	후보47	요구사항/시나리오 도출 및 표준 플랫폼 기획
	후보48	최적 VR 프레임워크 설계 및 개발
	후보49	재난재해 시뮬레이션을 위한 실가상정합 기술 개발
	후보50	실시간 영상기반 현장 자동 분석 기술 개발
	후보51	유지관리 디지털 매뉴얼 구축
	후보52	실시간 점검 및 이력관리 자동화 기술 개발
	후보53	실시간 관리자 협업용 원격 기술 개발
	후보54	부품정보 및 센서/위치기반 정보 가시화
	후보55	실시간 마크업 및 저장 기술 개발
	후보56	실시간 이력 정보 저장 및 분류 기술 개발
	후보57	센싱 정보 기반 상호작용 모델 개발
	후보58	VR 기반 DIY 시각화 기술
	후보59	Digital Twin 모델 개발
	후보60	VR기반 사전설계 참여 기술
	후보61	이머시브-VR 협업설계 기술
	후보62	IoT 기반 Smart object 개발
	후보63	IoT 기반 센싱 정보 취득 기술 개발
	후보64	IoT 센싱 정보 가시화 기술 개발
	후보65	Cloud 기반 3D 콘텐츠 지원용 플랫폼
	후보66	가상 데스크탑 인프라 시스템 기술개발
	후보67	Device to Device 정보공유 기술 개발
	후보68	AR/VR 3D 콘텐츠 표준 라이브러리 저작도구
	후보69	기술 및 콘텐츠 연계를 위한 Visual Database 구축
	후보70	AR/VR 요소기술 개방형 플랫폼
	후보71	공동주택 AR/VR 적용 비즈니스 플랫폼 구축안
	후보72	온라인 오픈 마켓 플랫폼 구축
	후보73	첨단 공동주택 기술 정착 지원제도 안
	후보74	설계/시공 관련 법/제도
	후보75	국내외 제도/정책 사례분석을 통한 활성화 방안
	후보76	공동주택 AR/VR 기반 건설관리 기술 치침개발

□ 핵심기술요소(CTE) 선정 - 2세부

〈표 32〉 2세부 핵심기술요소(CTE) 선정

체크리스트	후보 35	후보 36	후보 37	후보 38	후보 39	후보 40	후보 41	후보 42	후보 43	비고
1. 이 기술이 사용요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?	○	○	○	○	○	○	○	○	○	만드시 충족
2. 해당기술을 개발하거나 시연하는데 중대한 (실패)위험이 예상되는가?										하나 이상 충족
3. 해당기술이 새롭거나 독창적인가							○			
4. 기존에 성공적으로 적용된 이후에, 이번에 개발시 변경된 기술인가?										
5. 해당기술이 유사환경에서 실현되도록 재개발되는가?		○	○		○	○		○	○	
6. 이 기술이 임의의 환경에서 작동할 것으로 기대되거나 당초의 설계 의도 혹은 규정된 성능을 뛰어넘는 성능을 달성할 것으로 기대되는가?										하나 이상 충족
핵심기술요소(CTE) 선정 여부	×	○	○		○	○	○	○	○	
체크리스트	후보 44	후보 45	후보 46	후보 47	후보 48	후보 49	후보 50	후보 51	후보 52	비고
1. 이 기술이 사용요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?	○	○	○	○	○	○	○	○	○	만드시 충족
2. 해당기술을 개발하거나 시연하는데 중대한 (실패)위험이 예상되는가?										하나 이상 충족
3. 해당기술이 새롭거나 독창적인가					○					
4. 기존에 성공적으로 적용된 이후에, 이번에 개발시 변경된 기술인가?										
5. 해당기술이 유사환경에서 실현되도록 재개발되는가?	○		○	○					○	
6. 이 기술이 임의의 환경에서 작동할 것으로 기대되거나 당초의 설계 의도 혹은 규정된 성능을 뛰어넘는 성능을 달성할 것으로 기대되는가?										하나 이상 충족
핵심기술요소(CTE) 선정 여부	○	×	○	○	○	×	×	×	○	
체크리스트	후보 53	후보 54	후보 55	후보 56	후보 57	후보 58	후보 59	후보 60	후보 61	비고
1. 이 기술이 사용요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?	○	○	○	○	○	○	○	○	○	만드시 충족
2. 해당기술을 개발하거나 시연하는데										하나 이상

중대한 (실패)위험이 예상되는가?										충족
3. 해당기술이 새롭거나 독창적인가								○	○	
4. 기존에 성공적으로 적용된 이후에, 이번에 개발시 변경된 기술인가?										
5. 해당기술이 유사환경에서 실현되도록 재개발되는가?										
6. 이 기술이 임의의 환경에서 작동할 것으로 기대되거나 당초의 설계 의도 혹은 규정된 성능을 뛰어넘는 성능을 달성할 것으로 기대되는가?	○									
핵심기술요소(CTE) 선정 여부	○	×	×	×	×	×	×	○	○	
체크리스트	후보 62	후보 63	후보 64	후보 65	후보 66	후보 67	후보 68	후보 69	후보 70	비고
1. 이 기술이 사용요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?	○	○	○	○	○	○	○	○	○	반드시 충족
2. 해당기술을 개발하거나 시연하는데 중대한 (실패)위험이 예상되는가?										하나 이상 충족
3. 해당기술이 새롭거나 독창적인가										
4. 기존에 성공적으로 적용된 이후에, 이번에 개발시 변경된 기술인가?										
5. 해당기술이 유사환경에서 실현되도록 재개발되는가?			○	○	○					
6. 이 기술이 임의의 환경에서 작동할 것으로 기대되거나 당초의 설계 의도 혹은 규정된 성능을 뛰어넘는 성능을 달성할 것으로 기대되는가?	○							○	○	
핵심기술요소(CTE) 선정 여부	○	×	○	○	○	×	×	○	○	
체크리스트	후보 71	후보 72	후보 73	후보 74	후보 75	후보 76	비고			
1. 이 기술이 사용요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?	○	○	○	○	○	○	반드시 충족			
2. 해당기술을 개발하거나 시연하는데 중대한 (실패)위험이 예상되는가?							하나 이상 충족			
3. 해당기술이 새롭거나 독창적인가					○	○				
4. 기존에 성공적으로 적용된 이후에, 이번에 개발시 변경된 기술인가?										
5. 해당기술이 유사환경에서 실현되도록 재개발되는가?	○		○	○						
6. 이 기술이 임의의 환경에서 작동할 것으로 기대되거나 당초의 설계 의도 혹은 규정된 성능을 뛰어넘는 성능을 달성할 것으로 기대되는가?										
핵심기술요소(CTE) 선정 여부	○	×	○	○	○	○				

3. 후보 연구개발과제 구성

- 본 기획 연구진은 앞서 제시된 비전과 연구목표를 이용하여 2개 분야(부실시공 방지, 안전사고/재난 대응 및 유지관리) 76개의 후보기술과 48개의 핵심요소기술(CTE)을 기반으로 후보 연구개발과제를 구성하였음. 최종적으로 AR·VR 기반 공동주택 건설관리 선진화를 위한 기반 구축 및 설계 지원기술 개발과 AR·VR 기반 공동주택 건설현장 시공·유지관리 기술 및 사용자 맞춤형 응용기술 개발, 2개 연구과제로 구성되었으며, 총 5개의 연구내용으로 이루어짐.

〈표 33〉 예상되는 연구개발과제 구성

후보 연구과제명	후보 연구과제 내용
AR·VR 기반 공동주택 건설관리 선진화를 위한 기반 구축 및 설계 지원기술 개발	공동주택 관리 서비스공급·활성화를 위한 오픈 마켓 플랫폼 및 제도/정책 개발
	공동주택 맞춤형 주거환경 및 설계 지원 기술 개발
AR·VR 기반 공동주택 건설현장 시공·유지관리 기술 및 사용자 맞춤형 응용기술 개발	공동주택 시공 품질 향상을 위한 AR 기반 정밀시공 관리 지원기술 개발
	공동주택 재해 다발공종 대상 VR 기반 안전교육용 몰입형 콘텐츠 및 기술 개발
	공동주택 지능형 스마트 유지관리 및 사용자 단계 맞춤형 하자·보수 기술 개발

4절. 세부과제별 주요 내용 및 추진전략

1. 세부과제별 주요 내용

- 본 연구는 가상/증강현실 기반 공동주택 건설관리 선진화 기술개발을 위하여 2세부의 총 5개 세세부로 구성되었으며, 32개(1세부:11개, 2세부:16개)의 주요 연구내용을 배치하였음.

〈표 34〉 세부과제별 주요 연구내용

세부과제명	세세부 과제명	주요 연구내용
1 세부: AR·VR 기반 공동주택 건설관리 선진화를 위한 기반 구축 및 설계 지원기술 개발	1-1 세세부: 공동주택 관리 <u>서비스공급·활성화</u> <u>를 위한 오픈 마켓</u> <u>플랫폼 및</u> <u>제도/정책 개발</u>	- Cloud 기반 3D 콘텐츠 지원용 플랫폼 - AR/VR 요소기술 개방형 플랫폼 - 공동주택 AR/VR 기반 건설관리 기술 지침개발 - AR/VR 기반 건설관리 선진화를 위한 법, 제도 개선 방안 개발 - 개발 기술·상품 실용화를 위한 제도·정책 및 유통·확산 전략 개발(Marketing, 유통, 사후관리)
	1-2 세세부: 공동주택 <u>맞춤형</u> <u>주거환경 및 설계</u> <u>지원 기술 개발</u>	- 이머시브-VR기반 사용자 사전설계 평가기술 개발 (Immersive VR Pre-Occupancy Evaluation) - 협업설계 효율성 향상을 위한 다자참여형 이머시브 설계기술 개발 - VR 기반 세대 맞춤형 DIY 시각화 기술 개발 - AR/VR 콘텐츠 제작을 위한 3D 데이터 최적화 및 압축기술 개발 - 기술 및 콘텐츠 연계를 위한 Visual Database 구축 - AR/VR용 건설자재 표준 라이브러리 및 저작도구 개발
AR·VR 기반 공동주택 건설현장 시공·유지관 리 기술 및 사용자 맞춤형 응용기술 개발	2-1 세세부: 공동주택 <u>시공 품질</u> <u>향상을 위한 AR</u> <u>기반 정밀시공 관리</u> <u>지원기술 개발</u>	- AR 가시화를 위한 실시간 위치 추정 기술 개발 - 정밀시공 지원용 AR Fitting & Fixing 기술 개발(개구부, 문틀, 창호 특화) - 건설현장 감리·검측을 위한 객체인식 및 트래킹 적용 기술 개발 - 콘크리트 타설관리를 위한 AR 기반 실시간 평판도 검측 기술 개발 - 디지털 매뉴얼 구축 및 정밀시공 가이드스 개발 - 건설현장 3D 정보 가시화를 위한 AR 오버레이 기술 개발
	2-2 세세부: 공동주택 <u>재해</u> <u>다발공종 대상 VR</u> <u>기반 안전교육용</u> <u>몰입형 콘텐츠 및</u> <u>기술 개발</u>	- 체험형 교육을 위한 VR Room 설계 및 구축 - 안전교육용 VR 몰입형 가상공간 및 가상객체 개발 (철근콘크리트 공사용, 비계/가설구조물 공사용) - 맞춤형 작업자용 건설 작업 교육훈련 기술 개발 - 교육용 동작훈련 시뮬레이터 기술 개발 - 건설현장 몰입형 안전교육을 위한 VR 이동식 일체형 플랫폼 및 프로토타입 개발
	2-3 세세부: 공동주택 <u>지능형</u> <u>스마트 유지관리 및</u> <u>사용자 단계 맞춤형</u> <u>하자·보수 기술</u> <u>개발</u>	- 유지관리 디지털 매뉴얼 구축 - 공동주택 실시간 점검 및 이력관리 시스템 개발 - 실시간 관리자 협업용 플랫폼 개발 - IoT 기반 사용자 단계 맞춤형 관리 지원 기술 개발 - 사용자 맞춤형 AR 기반 하자보수 One-Stop 서비스 개발

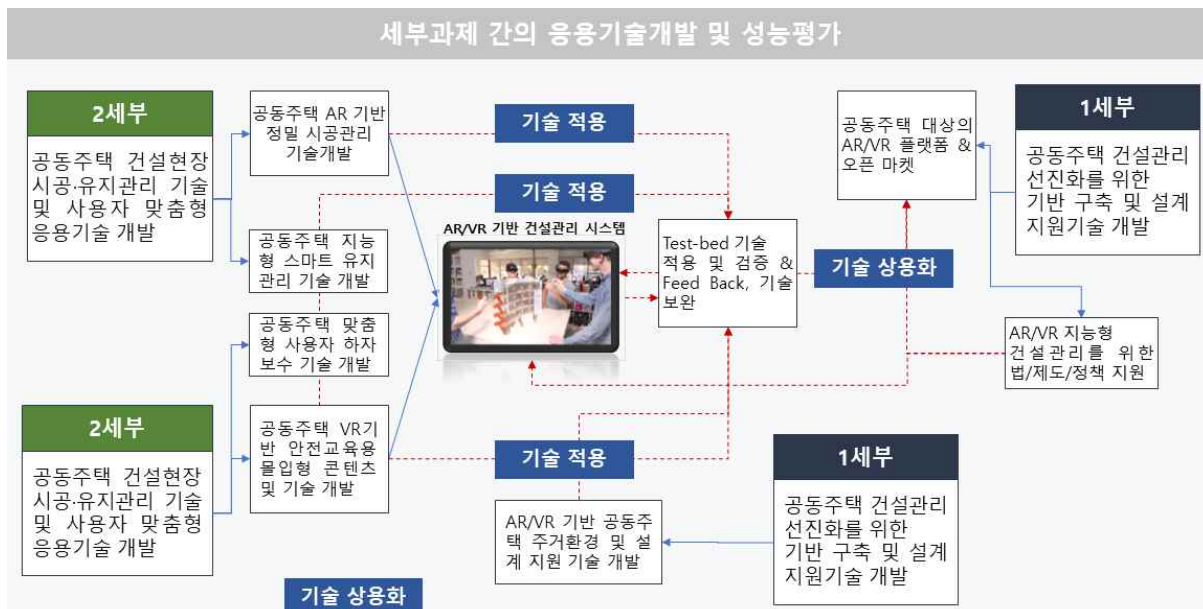
2. 세부과제 추진전략

- 세부 연구목표 및 연구내용의 세부요소기술을 선정하여 다음과 같은 추진전략을 도출함 ①관리자/작업자 맞춤형 전 생애주기 공동주택 건설관리 모델개발 및 적용, ②VR/AR등 첨단ICT 기술을 활용한 공동주택 건설관리 선진화,

- ③공동주택 건설 생애주기 관리체계 및 정책기반 구축, ④공동주택 최적화 기술 및 콘텐츠 개발, ⑤수요처 연계 실증을 통한 실용화 및 사업화.
- ①관리자/작업자 맞춤형 공동주택 전 생애주기 건설관리 모델개발 및 적용: 공동주택 관리자/작업자의 다양한 요구사항을 만족시킬 수 있는 건설관리 모델 및 지원기술을 개발하여 적용함. 설계단계에서 실무자 간 원활한 협업 설계를 위한 환경을 구축함. 시공단계에서는 실시간 현장 정보 가시화, 시공정보 생성기술을 사용하여 하자없이 구현할 수 있도록 함. 유지관리 단계에서는 지능형 유지관리 기술의 도움을 받아 실시간 유지보수 및 이력관리를 수행할 수 있도록 함.
 - ②VR/AR등 첨단ICT 기술을 활용한 공동주택 건설관리 선진화: 설계단계에서는 이머시브(immersive) 설계기술을 사용하여 사용자 및 실무자가 참여하는 협력적 설계를 수행 가능하게 함. 협력적 설계과정은 사용자의 주거만족도를 향상시키고, 설계오류/부실시공을 예방하는데 크게 기여할 것으로 기대함. 시공단계에서는 VR/AR기술을 활용한 정밀시공, 자동검측, 공정/품질관리, 안전관리 등에 활용함. 3D 콘텐츠 기반 체험형/몰입형 안전교육을 통한 교육의 이해도를 향상시키고, AR/VR 기반 재난 및 안전사고 대응 기술을 통해 안전사고율을 감소시킬 수 있음.
 - ③공동주택 건설 생애주기 관리체계 및 정책기반 구축: 지능형 공동주택 건설관리를 이루기 위해서는 전 생애주기에 걸친 관리체계 구축이 필수적임. 3D정보 기반의 공동주택 정보 활용 시나리오 구축과 개발 기술 적용의 큰 틀을 마련해야 하며, 설계단계에서 생성되는 BIM 정보를 변환하여, 시공 및 유지관리의 각 업무에 적합한 정보체계 및 실무도구를 개발하는 것이 필요함. 또한 사용자 단계에서 쉽고 간편하게 활용 가능한 맞춤형 서비스 도출·개발이 필요함
 - ④공동주택 최적화 기술 및 콘텐츠 개발: 공동주택의 하자 요인 중 가장 큰 비중을 차지하고 있는 단열, 개구부 등의 부실 시공 방지를 위한 관리기술 개발, 재시공에 가장 큰 어려움이 따르는 콘크리트 시공, 건설 재해 다발 공종 등에서 발생하는 주요한 문제점을 해결하기 위한 응용기술 개발에 초점을 맞춤.
 - ⑤수요처 연계 실증을 통한 실용화 및 사업화: 본 과제에서 도출된 연구과제의 실용화 사업화를 위해 수요처 연계 실증을 수행함. 공동주택 관련 기술 수요처와 연계하여 실제 적용대상에 대한 실증을 수행하고, 실증과 연계된 실용화 및 사업화를 수행함

5절. 세부과제 간 연계관계

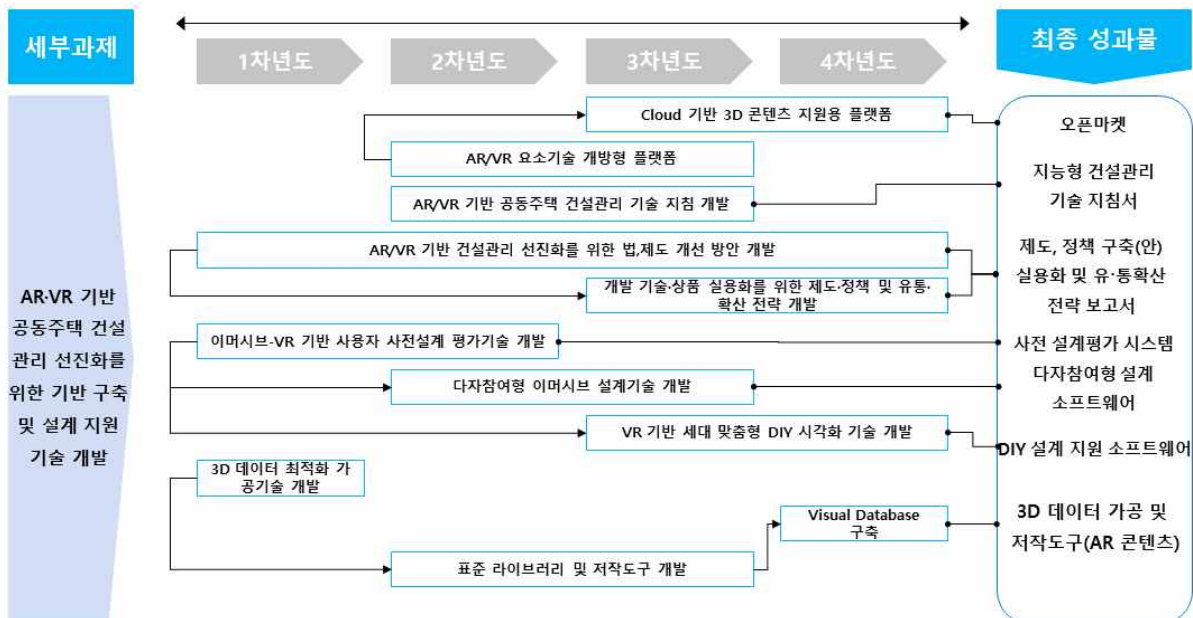
- 1세부는 AR·VR 기반 공동주택 건설관리 선진화를 위한 기반 구축 및 설계 지원기술 개발로써, 공동주택 관리 서비스공급·활성화를 위한 오픈 마켓 플랫폼 및 제도/정책 개발과 공동주택 맞춤형 주거환경 및 설계 지원 기술 개발로 구성되어 있음.
- 2세부는 AR·VR 기반 공동주택 건설현장 시공·유지관리 기술 및 사용자 맞춤형 응용기술로 공동주택 시공 품질 향상을 위한 AR 기반 정밀시공 관리 지원기술 개발, 공동주택 재해 다발공종 대상 VR 기반 안전교육용 몰입형 콘텐츠 및 기술 개발, 공동주택 지능형 스마트 유지관리 및 사용자 단계 맞춤형 하자·보수 기술 개발로 구성되어 있음.
- 종합적으로 각 세부과제 간의 연계를 통하여 공동주택의 안전사고, 부실시공 등을 방지하고, 설계, 시공, 유지관리, 사용자 단계 등 전 생애주기에서 활용 가능한 AR/VR 기반의 지능형 건설관리 플랫폼을 개발하여 공동주택의 품질 수준 향상 및 선진화된 건설관리 기술로 도약하기 위함.



6절. 세부과제별 기술 및 성과 로드맵

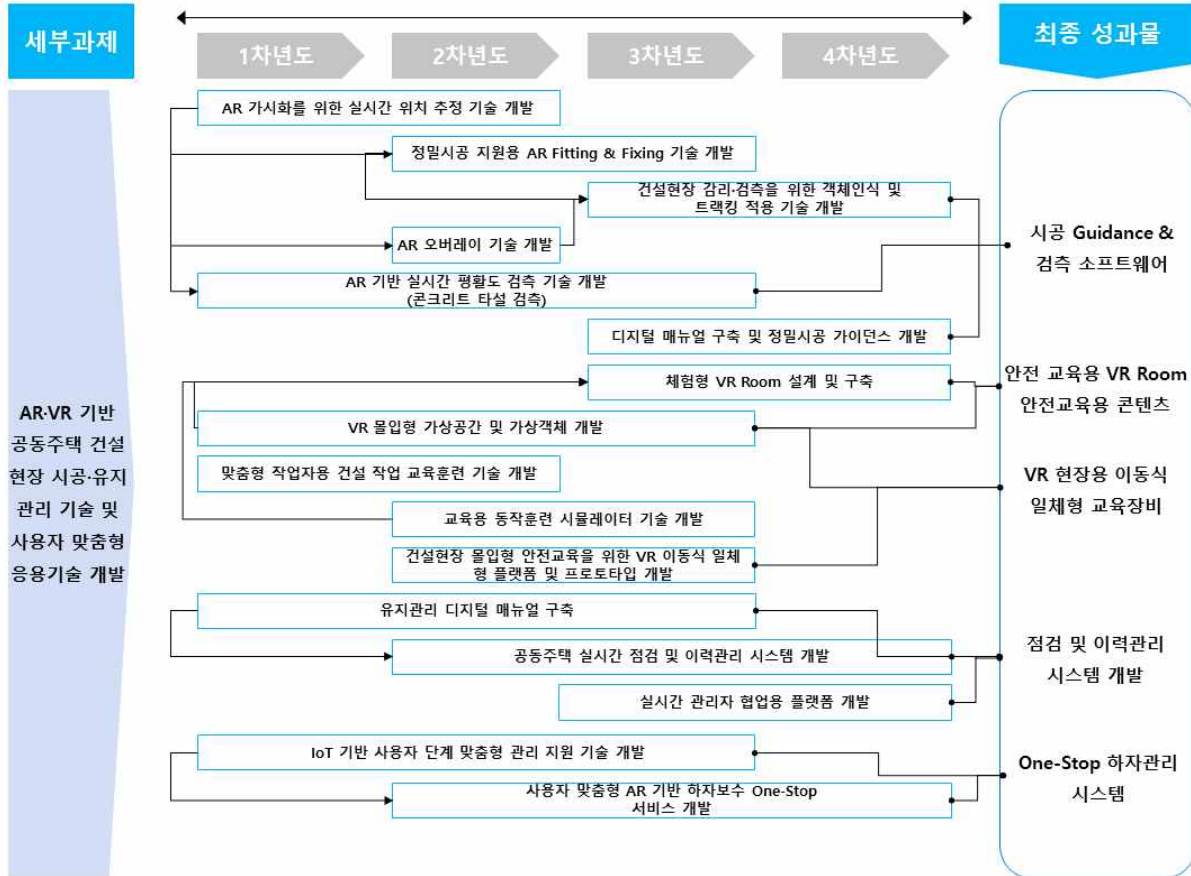
- 본 연구는 최종성과물인 AR/VR기반 건설관리 응용기술, 마켓플랫폼을 개발하기 위해 4년(2019년부터 2022년까지)의 연구기간을 통해 설계, 시공, 안전, 유지관리의 업무 지원을 위한 원천기술 및 응용기술 개발을 위한 연구와 개발 성과품 및 기술의 확산 지원을 위한 마켓플랫폼, 법·제도·정책 개발로 기획함.
- 4년 연구기간을 통해 시공관리 가이드스, 정밀시공 및 품질관리를 위한 검측 S/W, 신기술적용을 위한 건설관리 지침, 현장 안전교육용 VR Package Prototype, 사전설계 평가 지원용 S/W, 다자참여형 협업 설계 지원용 S/W, 유지관리를 위한 디지털 매뉴얼 & S/W, IoT 기반 스마트오브젝트, DIY VR S/W, Cloud 기반 통합 시스템, 오픈마켓 플랫폼, 정책·제도 개선 및 관리 지침 등의 성과물이 도출될 수 있을 것으로 판단됨.

세부과제 1 : AR·VR 기반 공동주택 건설관리 선진화를 위한 기반 구축 및 설계 지원기술 개발



〈그림 48〉 1세부 기술 및 성과로드맵

세부과제 2 : AR·VR 기반 건설현장 시공·유지관리 기술 및 사용자 맞춤형 응용기술 개발



〈그림 49〉 2세부 기술 및 성과로드맵

7절. 성과목표·지표 설정

1. 성과지표 풀 구축

- 가상/증강현실 기반 공동주택 건설관리 선진화 기술개발 사업 내 세부기술 분야별 성과지표 도출을 위한 성과지표 Pool은 ‘국가연구개발사업 표준성과 지표’를 준용하여 유형별 성과지표를 추출하여 구축

〈표 35〉 유형별 성과지표 Pool-국가연구개발사업 표준성과지표

유형	분류 기준	사업유형별 성과지표
공공기술개발	신개념의 기술개발을 통해 고효율, 혁신성, 안전성 확보 등 국민 삶의 기여하는 형태로 기술개발	논문게재 건수, 특허출원 및 등록건수, 기술이전 건수,
중장기 산업기술개발	광범위한 응용가능성에 중점을 두고 장기간에 걸쳐 기술개발	논문게재 건수, 특허출원 및 등록건수, 연간 TRL달성도, 기술 분야를 고려한 IF활용 논문지 수, 시제품 생산 건수, 특허기술가치, 특허 인용도, 목표기술 확보 여부(전문가판단), 관련 산업 민간투자유인, 매출액, 수출액, 시장 점유율

- 공통 성과지표는 기술적 성과, 경제적 성과 사회적 성과를 중심으로 결과물을 산출물(Output) 중심으로 선정

〈표 36〉 성과 유형별 공통 지표(안)-국가연구개발사업 표준성과지표

성과 유형	공통 성과지표	비 고
기술적 성과	특허 국내인증(형식인증) 해외인증 신기술 신제품 인증	특허 권리 획득 국내외 인증을 통한 신뢰성 확보 신기술/신제품인증을 통한 미래선도
경제적 성과	공동주택 시공관리 선진화 기술 제고	선도기술 확보를 통한 시장선점
사회적 성과	강소기업 육성	강소기업 육성 및 산업 안정화 기반 조성

〈표 37〉 성과목표 및 지표 총괄표

구분	내 용		
전략 목표	가상/증강현실 기반 공동주택 건설관리 선진화 기술개발 기획		
성과목표	▪ 공동주택 프로젝트와 관련된 다양한 콘텐츠 및 적용 서비스기반 AR/VR 플랫폼 확보로 신규 시장 형성 및 오픈마켓에 의한 보급 확대 ▪ 건축 실무자 및 관리자에게 비주얼 정보 데이터를 제공함으로써 통합적이고 Interactive한 Process 관리 및 운용 가능 ▪ 멀티미디어 환경의 건축 시공관리 시스템을 통해 현장/안전/품질관리의 효율성 및 안전성 향상 ▪ AR 기술기반 주요 하자 발생 작업의 효율적 관리를 통한 재시공 감소 ▪ VR 기반 재해 다발 공종 대상 몰입형, 체감형 교육을 통한 이해도 향상 ▪ 설계단계의 VR 기반 사용자 참여형 기술 및 콘텐츠 개발을 통한 주거 만족도 향상		
단계별 성과목표	1단계 (2020년~2024년)		
	▪ Cloud 기반 3D 콘텐츠 지원용 플랫폼 ▪ AR/VR 요소기술 개방형 플랫폼 ▪ 공동주택 AR/VR 기반 건설관리 기술 지킴개발 ▪ AR/VR 기반 건설관리 선진화를 위한 법, 제도 개선 방안 개발 ▪ 개발 기술·상품 실용화를 위한 제도·정책 및 유통·확산 전략 개발 (Marketing, 유통, 사후관리) ▪ 이머시브-VR기반 사용자 사전설계 평가기술 개발 ▪ 협업설계 효율성 향상을 위한 다자참여형 이머시브 설계기술 개발 ▪ VR 기반 세대 맞춤형 DIY 시각화 기술 개발 ▪ AR/VR 콘텐츠 제작을 위한 3D 데이터 최적화 및 압축기술 개발 ▪ 기술 및 콘텐츠 연계를 위한 Visual Database 구축 ▪ AR/VR용 건설자재 표준 라이브러리 및 저작도구 개발 ▪ AR 가시화를 위한 실시간 위치 추정 기술 개발 ▪ 정밀시공 지원용 AR Fitting & Fixing 기술 개발(개구부, 문틀, 창호 특화) ▪ 건설현장 감리·검측을 위한 객체인식 및 트래킹 적용 기술 개발 ▪ 콘크리트 타설관리를 위한 AR 기반 실시간 평활도 검측 기술 개발 ▪ 디지털 매뉴얼 구축 및 정밀시공 가이드스 개발 ▪ 건설현장 3D 정보 가시화를 위한 AR 오버레이 기술 개발 ▪ 체험형 교육을 VR Room 설계 및 구축 ▪ 안전교육용 VR 몰입형 가상공간 및 가상객체 개발 ▪ 맞춤형 작업자용 건설 작업 교육훈련 기술 개발 ▪ 교육용 동작훈련 시뮬레이터 기술 개발 ▪ VR 이동식 일체형 플랫폼 및 프로토타입 개발 ▪ 유지관리 디지털 매뉴얼 구축 ▪ 실시간 점검 및 이력관리 시스템 개발 ▪ 실시간 관리자 협업용 플랫폼 개발 ▪ IoT 기반 사용자 단계 맞춤형 관리 지원 기술 개발 ▪ 사용자 맞춤형 AR 기반 하자보수 One-Stop 서비스 개발		
성과지표	지표명	지표 구분	가중치
	특허	양	0.2
	학술	양	0.2
	시험 보고서	양	0.1
	개발품	양	0.1
	현장적용	질	0.1
	기술실시 건수(기술료)	질	0.2
	기타(홍보, 경제적 등)	질	0.1
합 계			1

8절. 사업관리 전략

1. 사업관리 체계 및 프로세스

□ 연구개발 사업의 최종결과물에 대한 실용화 및 공동주택 현장적용 극대화를 위한 전 주기적 프로세스에 기반한 성과관리 운영방안을 도입

○ 계획(사업/과제 기획)

- 사업목표의 명확성, 성과계획의 합리성, 사업목표와 내용의 적합성, 유사성/중복성 검토를 통해 사업 추진의 적절성 확보

- 주요 분석 단계: 사업목표전략 설정 → 사업 성과계획 설정 → 과제 선정

○ 집행(연구개발 수행관리)

- 연구기관 선정 및 비용·인력 등의 자원배분, 연구개발 수행, 연구 수행 산출물 도출의 체계적 수행을 통해 사업 수행의 체계성 확보

- 주요 분석 단계: 투입(Input) → 수행(Process) → 산출(Output)

○ 결과(성과조사·분석·평가)

- 사업투입 대비 산출분석, 산업에 대한 경제적·사회적·공공적 영향력 분석, 논문/특허 등질적 성과 및 양적 성과분석을 통해 사업 수행의 효율성 효과성 확보

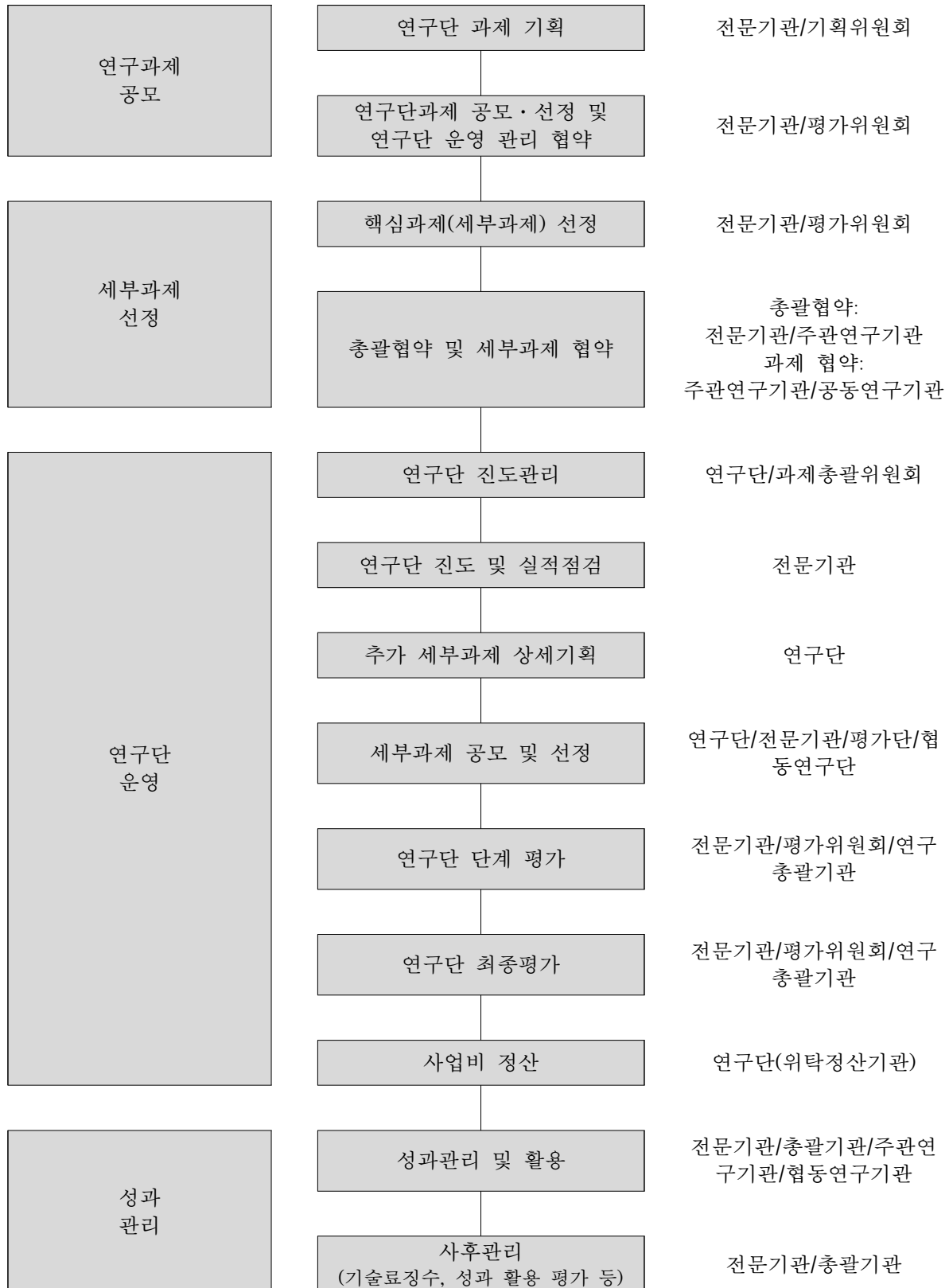
- 주요 분석 단계: 산출(Output) → 활용결과(Outcome) → 파급효과(Impact)

□ 기술수요조사, 과제 기획부터 공고, 선정 및 연구수행, 사후관리까지 세부 프로세스 및 수행 주체별 명확한 역할분담을 통한 R&D 전주기적 관리 프로세스 확립

○ 사업의 중점 분야 및 세세부 기술 분야의 사업 규모 및 기간 등의 특성을 고려하여 AR 및 VR 사업단으로 구분하여 사업을 추진함

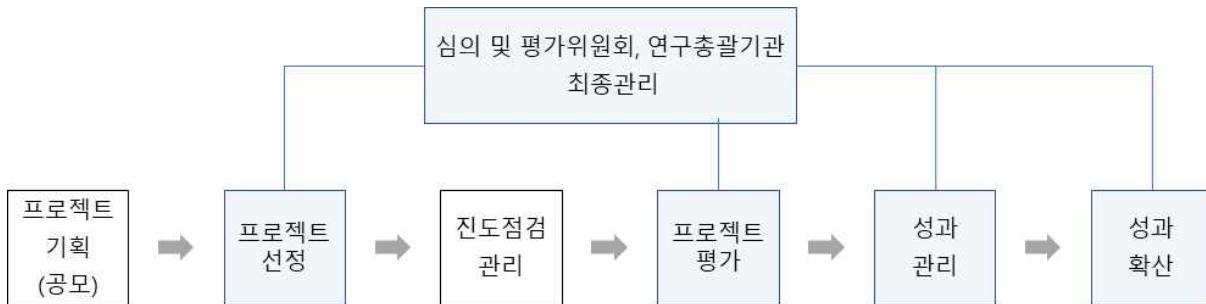
- (연구단) 다수 기업이 대형 프로젝트에 참여하여 성공적인 수행을 위해 연구수행 총괄기관을 설치하여 기술의 개발 및 연계, 사업화 지원·관리, 진도 점검, 자체평가 등 원활한 과제추진을 위한 제반 행정 사항 지원을 추진함

〈표 38〉 연구개발 사업관리 프로세스



2. 사업관리 전략

- 본 사업은 연구단 연구수행 시, 연구수행 총괄기관이 선정평가·중간 및 최종평가 및 성과관리·확산을 담당함으로써 위탁 및 공동기관의 적절한 역할 분담을 통해 연구개발 기술 연계와 중복성을 동시에 관리하는 체계로 운영
- 프로젝트 선정 및 중간(연차 및 단계), 최종평가 시 연구 총괄기관이 연구단 운영을 지원하고 위원회가 구성된 연구운영진을 독려함



〈그림 50〉 연구개발사업 운영관리 절차

- 정부주도의 원천기술개발 및 기존 성과 연계기술개발, 산업체 주도의 사용기술개발 추진
- 정부는 사업비 지원 비율을 원천기술개발 및 기존 성과 연계기술개발 단계, 상용기술개발 단계 등 각 추진 단계별로 민관 투자비율을 탄력적으로 조정
- 연구개발사업의 세부기술 분야 및 구성기술별 맞춤형 추진전략
- 지정 공모(Top-Down)
 - (기획연구) 대상기술의 기술적·경제적 타당성 등에 대한 분석 및 과제제안 요구내용 도출
 - (과제선정) 우선순위평가 및 신규과제 선정평가에 따라 타당성이 인정된 경우 신규과제 공모·선정
 - (진도관리) 연구목표 달성도 점검 및 연차별 계속진행여부 판정을 위한 중간평가 등 진도관리 수행
 - (최종평가) 목표달성도, 연구개발성과, 기대효과 등의 공통지표를 기준으로 최종평가

○ 자유 공모(Bottom-Up)

- (수요조사) 기술개발목표 및 지원 규모 등에 대해 연구자로부터 상향식 수요조사·발굴
- (과제선정) 기존과제 유사 중복성 검토 및 연구내용 타당성 검토를 통해 지원 대상 과제 선정
- (진도관리) 연구목표 달성도 점검 및 연차별 계속 진행 여부 판정을 위한 중간평가 등 진도관리 수행
- (최종평가) 목표달성도, 연구개발성과, 기대효과 등의 공통지표를 기준으로 최종평가

○ 혼합공모(지정공모+자유공모)

- 연구주제·범위 설정을 위한 기획연구 및 연구자로부터 상향식 수요 조사·발굴 병행

〈표 39〉 기획연구의 공모유형별 추진형태

추진형태	대상발굴	과제 선정
지정 공모	▪ (기획연구) 기술적·경제적 타당성을 분석하여 과제제안 요구내용 도출	▪ 우선순위평가 및 신규과제 선정평가에 따라 타당성이 인정되는 경우 선정
자유 공모	▪ (수요조사) 기술개발목표 및 지원 규모 등에 대해 연구자로부터 상향식 조사발굴	▪ 기존과제 유사중복성 및 연구내용 타당성을 검토하여 선정
혼합 공모	▪ (기획연구) 연구주제 범위 설정 ▪ (수요조사) 기술개발목표 및 지원 규모	▪ (배분형) 지정 공모와 자유 공모 선정 비율 배분 ▪ (순서형) 선기획 후 분야별 자유 공모

3. 단계별 평가/관리의 절차 및 기준

☐ 선정평가

- 사업 추진 방식에 따라 평가항목의 가중치를 다르게 부여하여 사업 실효성 제고
- 기술개발 추진계획의 타당성 및 구체성, 기술의 우수성 등에 대한 가중치를 높게 부여하여 평가를 시행하고 목적지향형 R&D 사업 추진

〈표 40〉 연구개발 사업의 선정평가 항목 및 내용

평가항목	배점	평가내용
기술개발 추진계획	20	▪ 기술개발 계획목표 및 범위의 명확성 ▪ 기술개발 추진체계 및 참여 인력 구성의 적정성 ▪ 기술개발을 위한 사업비 책정의 타당성 및 구체성
도전성과 창의성	15	▪ 기존 기술대비 도전성, 창의성, 차별성 ▪ 창의적 기술로 신규 시장 창출 및 개척 가능성
주관기관 기술개발역량	15	▪ 연구단장(또는 총괄책임자)의 역량 ▪ 주관기관의 기술개발 역량
기술의 우수성	20	▪ 기술개발의 완성도, 혁신성, 차별성 ▪ 기술개발 조기 성공 가능성 ▪ 기술의 권리확보 및 모방 용이성
기술의 사업성	15	▪ 세부기술간 패키지 기술개발 가능성 ▪ 마케팅 계획, 예상 판로의 다양성 및 구축정도 ▪ 생산기반의 확보 및 생산성
기술의 시장성	15	▪ 사업화 대상기술의 시장규모 및 시장 성장 가능성 ▪ 해당 산업의 시장 경구도 및 진입장벽, 예상시장 점유율 ▪ 사업화 대상기술 및 해당 산업의 경제적 파급효과
합계	100	

☐ 마일스톤 점검

- R&D 사업관리실, 연구단 등을 통해 사업수행과정을 정기적으로 모니터링하여 연구개발 사업의 실패 확률을 줄일 수 있도록 함
- 연구책임자가 제시한 마일스톤에 입각하여 목표달성도에 대한 평가 실시, 관리
 - 연구책임자가 제시한 마일스톤의 목표 달성 여부를 확인 및 평가하고 프로젝트의 성과 및 진척도를 판단
 - 과제 진척도 및 성과 추적 등이 가능하도록 전 주기적 온라인 연구실적·성과정보 모니터링 시스템 구축, 운용

○ 매 사업연도 종료 시 연차평가 실시

- 연차평가는 각 세부사업 및 세부사업 내 개별 대상 실시
- 각 컨소시엄 및 주관기관, 세부주관기관은 연차평가를 위해 연차보고서를 작성하여 제출
- 세부주관기관은 각 개별과제 연차보고서를 작성하여 총괄주관기관에 제출하고, 총괄주관기관은 각 개별과제의 연차보고서를 취합하여 전담기관에 제출

○ 사업관리실을 중심으로 매년 연차평가를 실시

- 주관기관이 제출한 연차보고서 저검, 현장실태조사, 평가위원회 심의 등을 거쳐 “계속”, “집중관리”, “조기완료”로 성과 구분
- 상대평가에 따라 예산을 차등지원하고, 하위등급과제를 집중관리 조치함

○ 평가위원회는 다음 항목을 평가

- 연차별 목표 달성 여부
- 연차별 기술개발 결과의 수월성
- 상시 진도점검 결과
- 차년도 계획의 적절성

○ 중간평가

- 중간평가는 매년 실시하는 연차평가 및 2~3년 단위의 단계평가로 구분
- 평가위원회가 연차평가를 실시하고, 평가결과를 전담기관에 보고
- 평가결과는 개별과제 간의 등급을 5단계로 부여하고 차년도 연구 수행시 연구비 차등 배분하되, ‘매우미흡’ 과제에 대해서는 차년도 개선방안을 전담기관에 제출
- 평가등급: 매우우수(상위 10% 이하), 우수(상위 10% 초과~30% 이하), 보통(상위 30% 초과~70% 이하), 미흡(상위 70% 초과~90% 이하), 매우미흡(상위 90% 초과~100%)
- 연구비 배분: 매우우수(+10%), 우수(+5%), 보통(0), 미흡(-5%), 매우미흡(-10%)
- 전담기관에서 사업단의 평가결과에 대해 평가의 적절성 및 공정성 등을 상위평가 실시
- 상위평가는 3단계(우수, 보통, 미흡)으로 나뉘며, ‘미흡’ 사업의 사업비를 삭감하여 ‘우수’ 사업의 인센티브로 제공
- 평가등급: 우수(20%), 보통(60%), 미흡(20%)
- 연구비 배분: 우수(+5%), 보통(0), 미흡(-5%)

○ 최종평가

- 사업단은 개별 프로젝트들의 종료 시점에 최종보고서 점검, 현장적용 조사 또는 평가위원회의 심의를 통하여 과제의 추진실적 및 성과에 대하여 종합 평가를 실시
- 주요 판단 기준은 연구책임자가 제시한 프로젝트 최종 목표의 달성 여부 및 공동주택 관리기술 선진화, 기술개발비 집행의 적정성 등

□ 성과관리계획

- 정부업무평가 기본법은 성과관리를 “정부업무를 추진함에 있어 기관의 임무, 중장기 목표, 연도별 목표 및 성과지표를 수립하고 그 집행과정 및 결과를 경제성, 능률성, 효과성의 관점에서 관리하는 인련의 활동” 이라고 정의함 (정부업무평가기본법 제2조 6항)
- 본 연구개발 사업의 성과관리 계획은 정부 업무평가기본법의 기본철학을 준수하여 도출
 - 국토교통부는 매년 자체적으로 성과계획을 수립하고, 매년 당해 연도 협약 종료 1개월 전에 최종보고서, 주관기관 자체평가 의견서, 세부과제별 연구개발결과 활용계획서를 제출받음
 - 세부사업별로 연구성과 활용유형 및 성과지표를 설정하여 체계적으로 관리

9절. 성과의 활용방안 및 사업화 전략

1. 성과물 세부 활용방안

- ‘AR·VR 기반 공동주택 건설관리 선진화를 위한 기반 구축 및 설계 지원 기술 개발’은 오픈마켓 플랫폼을 구축하여 기술 및 콘텐츠 활용이 가능하여 기술 활성화와 기술 확장이 가능하게 되며, 정책·제도적 지원(안) 방안을 구축하여 개발 기술의 활용 가능성이 향상됨. 사용자 사전 평가 기술을 통해 직접 설계안을 체험하고 판단하여, 즉각적인 피드백이 가능하여 보다 사용자의 만족도가 높은 설계가 가능함. 다자 참여형 설계기술을 통하여 설계 오류, 간섭, 누락, 중복 등의 직관적인 평가와 다공종간 협업을 통한 효율성 향상에 기여할 것으로 판단됨.
- ‘AR·VR 기반 공동주택 건설현장 시공·유지관리 기술 및 사용자 맞춤형 응용기술 개발’은 진단 및 분석 기술, 수치해석 및 가시화 기술을 통해 시공관리 업무를 지원하고, 스마트 검측 기술기반의 품질관리를 통하여 관리자의 업무 생산성 및 업무 효율성을 높일 수 있음. 또한, 몰입형 콘텐츠 기반의 체험형 플랫폼을 통하여 실제 현장과 유사한 환경내에서의 재해 다발공종에 특화된 교육을 통해 미숙련자의 이해도 향상에 도움을 줌. 사용자, 관리자의 맞춤형 지원기술을 통하여 전 생애주기에서의 기술 활용이 가능하며, 관리자의 실시간 협업 및 유지·이력관리 통합 시스템을 통해 업무 프로세스 단축을 야기함. 사용자 One-Stop 하자보수 서비스를 통해 사용자는 하자 발생 시에는 전문가와 연결되며, 교체 시에는 자동으로 해당 업체와 연결되어 주문까지 완료가 가능함.
- 이를 위해, 기술을 개발하고 적극적으로 활용이 가능한 건축설계, 건설시공, 건설관리 등의 분야별 전문가와 기업체의 참여가 필요함.

〈표 41〉 세부과제별 목표 성과물 활용방안

세부과제명	목표 성과물	기술수요처	실용화 방안
[세부과제 1] 공동주택 부설시공 방지를 위한 AR 기반 응용기술 개발	논문	학교, 연구소, 기업체 등	▪ 분야별 전문가(학계, 기업체, 관련기관)의 참여를 통한 실용성 확보 ▪ Pilot Test 추진을 통한 성능 검증 ▪ 국가주관 과제 공고를 통한 건설업체의 선진화 기술 적용 및
	지식재산권	학교, 연구소, 기업체 등	
	인력양성	학교, 연구소, 기업체 등	

	정밀 단열 시공관리 지원 기술	국 토 교 통 부 , 지자체, 건축 설 계 사 무 소 , 건 설 시 공 사 , 엔지니어링사, 유지관리업체, 연구소 등	검증 ▪ 법·제도 개선 및 부 분 도입 권유
	공정 및 현장관리 기술		
	콘크리트 형상관리 기술		
[세부과제 2] 건설현장 안전사고/재난 대응 및 유지관리를 위한 VR 기반 응용기술 개발	논문	학교, 연구소, 기업체 등	▪ 분야별 전문가(학계, 기업체, 관련기관)의 참여를 통한 실용성 확보 ▪ Pilot Test 추진을 통 한 성능 검증 ▪ 국가주관 과제 공고 를 통한 건설업체의 선진화 기술 적용 및 검증 ▪ 국내외 홍보전략 구 축(기술+사례) ▪ 유사, 관련 산업 프로 젝트 우선 적용
	지식재산권	학교, 연구소, 기업체 등	
	인력양성	학교, 연구소, 기업체 등	
	안전교육용 플랫폼	국 토 교 통 부 , 지자체, 건축 설 계 사 무 소 , 건 설 시 공 사 , 엔지니어링사, 유지관리업체, 연구소 등	
	사전 설계 평가, 협업설계, DIY 지원 기술		
	실시간 유지관리 지원 기술		
	클라우드 기반 플랫폼 & 오픈마켓		

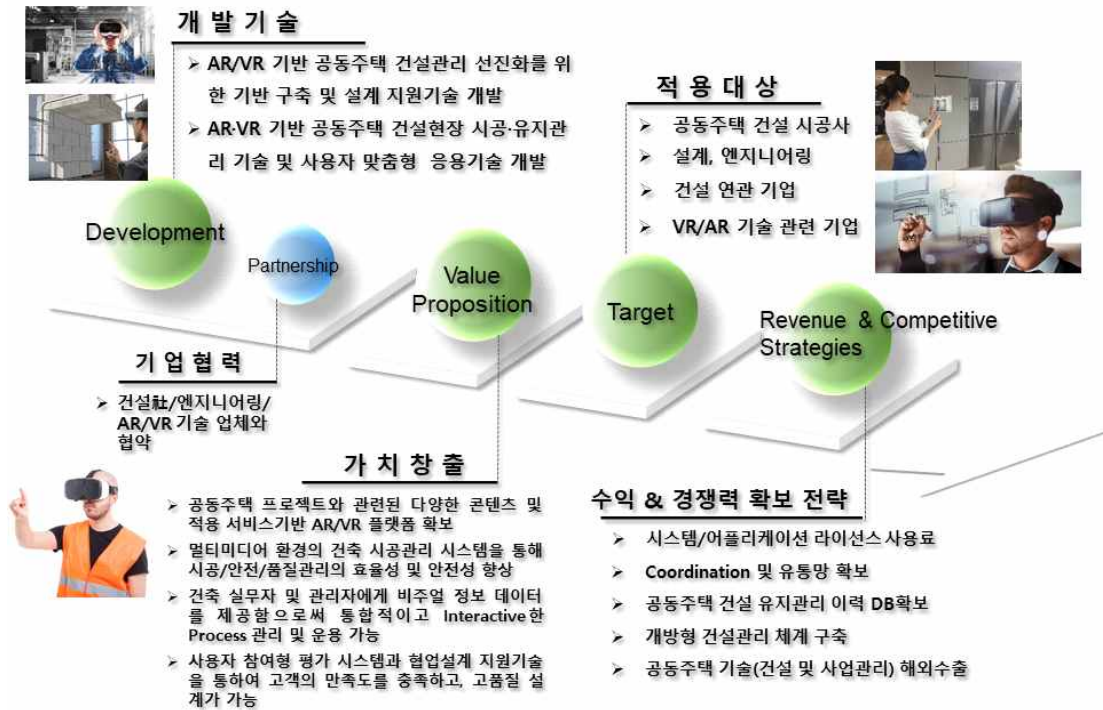
〈표 42〉 연구결과물이 공동주택 산업에 미치는 파급효과

구분	연구기술	최종 수요처	파급효과
공동주택 건설산업의 생산성 혁신 측면	맞춤형 주거환경 및 설계 지원 기술	설계, 관련 사업 진행 부처, 연구기관	▪ 사용자 설계 평가를 통한 즉각적인 피드백 반영이 가능하여 만족도 향상 ▪ 공동주택 주거 품질 향상을 통한 국민 삶의 질 개선 ▪ 다자참여형 협업 설계를 통한 설계업무 효율성 증대(오류, 누락, 간섭, 중복 등)
	AR기반 정밀시공 관리 지원기술	관련 사업 진행 부처, 국토부, 관련 정부 부처, 공동주택 시공관리 업체	▪ 센싱정보/정보 분석/ AR 콘텐츠 가시화 등의 연결성 확보를 통한 건설관리 기술의 도약 ▪ AR 기반 스마트 측량 기술을 구축을 통한 건설품질 향상 및 검측 업무 프로세스 개선
	재해 다발공중 대상 VR 기반 안전교육용 몰입형	공동주택 시공관리 업체, 관련 사업 진행 부처, 연구기관	▪ 다발재해공중 대상 몰입형, 체험형 교육을 통한 교육 만족도 향상

	콘텐츠 및 기술		▪ 비숙련자, 외국인, 고령노동자의 업무 이해도 향상 ▪ 이동식 일체형 장비 기반 현장 몰입형 교육체계 구축을 통한 교육환경 개선
	스마트 유지관리 및 사용자 단계 맞춤형 하자보수 기술	공동주택 시공관리 업체, 하자보수 업체, 설계, 연구기관	▪ 전문가와의 협업 환경 구축을 통한 초보자,미숙련자의 업무능력 향상 ▪ 스마트홈, IoT기술과 연계하여 하자 확인, 보수, 교체에 필요한 정보들의 자동매칭을 통한 서비스 제공
	서비스공급·활성화를 위한 오픈마켓 플랫폼 및 제도/정책	공동주택 관리 업체 및 관련 업체, AR/VR 관련 업체, 연구기관	▪ 오픈 마켓을 통한 기술, 콘텐츠, 정보를 공유하고, 응용·확장하여 기술의 지속적 활용이 가능 ▪ 기기/장비, 콘텐츠, 기술간 연계를 통한 전략적 시장선점 가능 ▪ 신기술 활용을 통한 업무 효율성과 공동주택 품질향상 및 정책·제도를 통한 이익발생(인센티브, Profit 등)
연구개발 성과물의 수출 경쟁력	AR 기반 스마트 측량 및 검측 시스템	공동주택 관리 업체 및 관련 업체 (건축설계사무소, 건설시공사, 엔지니어링사 등)	▪ 형상, 이미지 등의 분석 기반의 자동 진단 기술을 통한 건설관리 기술 선진화 및 기술 경쟁력 우위 ▪ 특화(Level, 평활도, 치수, 오차 등)검측 기술을 통한 다양한 공종 적용 가능 ▪ 공동주택 특화 기술로 다양한 분야에 파급 가능
	유지관리 점검·이력 통합 시스템	국토교통부, 지자체, 건축설계사무소, 건설시공사, 엔지니어링사, 유지관리업체, 연구소 등	▪ AR 기반 유지관리 기술개발은 유지관리 및 품질 확보에 기여 ▪ Paperless 프로젝트 도입 ▪ 점검 및 이력정보 생성의 자동화를 통해 신기술의 실무 활용도 향상 ▪ SOC 분야의 건설정보화 촉진
	One-Stop 하자보수 서비스	건설산업 안전 관련 업체, 건설시공 관련 업체 등	▪ IoT 정보와 건설 정보와의 연계를 통해 사용자 단계에서 하자 접수, 수리, 보완, 주문 등의 업무를 위한 정보간의 매칭/분류 ▪ 시공업체의 하자분쟁 저하 ▪ 스마트홈의 신개념 주거 관리 기술
	오픈마켓 생태계 조성을 위한 중장기적인 운영 및 비즈니스 모델	건설산업 관련 업체, 발주처, 시공사 (종합, 전문), VR/AR 기술 관련 기업, 연구소 등	▪ 저비용/고효율의 클라우드 기반 플랫폼 환경 도입을 위한 실용화 기술을 개발함으로써 다양한 주체에게 지원할 수 있는 오픈마켓 생태계 구성 지원 ▪ Value Chain, 유통 전략, 컨소시엄 전략, 기술교육 전략 등을 통한 결과물의 시장 진출

2. 테스트베드 추진전략

- 테스트베드라 함은 본 연구를 통해 개발될 기술의 실용화를 목적으로 시범 적용을 위한 시험 공간을 의미함. 공동주택 건설관리의 선진화를 위한 AR/VR 응용기술은 테스트베드를 통한 핵심기술 검증이 반드시 필요함.
- AR/VR 기반 공동주택 건설관리 선진화 기술은 최신의 기술로 첨단건설기술을 위해서는 민간주도하의 통합적인 기술 확보에 막대한 시간과 자금이 소요되며 1회성 작업의 성격을 띠는 건축 공사의 성격상 막대한 리스크가 발생함. 따라서 정부 차원의 지운과 기술 개발이 필요하며 이를 통해 개발된 핵심기술을 테스트베드를 통하여 검증하고 실용화할 필요가 있음.



〈그림 51〉 연구개발 사업화 전략

- 성공적인 테스트베드의 운용을 위해서는 연구에 가장 적합한 개념 테스트베드를 선정하고 요소기술을 적용하기 위해 각 기관이 유기적인 협조가 필요함. 또한 업무의 환경, 특성을 고려한 현장/사무실/별도의 공간의 적용기술을 구분하여 진행하는 것이 적절할 것임.

⑧ 핵심 파트너십 (Key Partners) • 시공사 (종합, 전문) • VR/AR 기술 관련 기업 • 연구소 • 건설산업 관련 업체 • 관련 정부 부처	⑦ 핵심활동 (Key Activities) • 연구개발 • 유지보수	② 가치제안 (Value Proposition) • 공동주택 주거 품질 향상을 통한 국민 삶의 질 개선 • 공동주택 AR 기술체계 구축을 통한 건설산업 기술의 발전 • 공정관리/기성 관리의 자동화 효율성 향상 • Paperless 프로젝트 도입	④ 고객관계 (Customer Relationships) • 개별어시스트 • 자동화서비스 • 커뮤니티	① 고객 세그먼트 (Customer Segments) • 국토교통부 • 지자체 • 건축설계사무소 • 건설시공사 • 엔지니어링사 • 유지관리업체 • 연구소 • 해외 건설산업 시장 • AR/VR 관련 업체 • 스마트시티 관련 업체
	⑥ 핵심자원 (Key Resources) • AR/VR 응용기술 시스템 • 특허 및 지적재산권 • 오픈마켓 플랫폼 • 글로벌 인프라 • 관련 제도/정책		③ 채널 (Channels) • 오픈마켓 플랫폼 • 연구개발 홍보자료	
⑨ 비용구조 (Cost Structure) • 고정비용 : 인건비, 부대비용 • 변동비 : 연구개발비, 장비재료비		⑤ 수익원 (Revenue Streams) • 개발품 판매 • 컨설턴트 비용 • 관련기술 자문 • 기술 이용료		

〈그림 52〉 공동주택 AR/VR 시스템의 비즈니스 모델

- 본 연구의 특성에 따른 테스트베드는 각 세부에서 연구된 결과를 자체적으로 검증하되 AR/VR 기반 공동주택 건설관리 선진화 기술은 요소 기술간의 융합 및 정보 통합에 의해 시너지 효과가 날 수 있으므로 통합협의체 구성에 의하여 타 세부와 유기적으로 연계된 형태로 진행되는 것이 필요함.
- 이에 따라 본 연구에서는 각 세부별로 연구를 진행하면서 기술통합을 위한 테스트베드를 세부별 책임하에 구현하며, 공동협의체에 의하여 테스트베드 과정에서 대상을 협의하고 내용 및 결과를 공유하며, 기술적용과 피드백이 이루어지도록 진행하는 것으로 함.

4장. 사전타당성 검토

1절. 사업 논리모형 구축

1. 사업유형 구분

- 과기부에서 발간한 “국가연구개발사업 표준성과지표 가이드라인” 에서 제시한 R&D 사업 유형을 참고하여 동 사업의 유형을 구분함

〈표 43〉 세부과제별 주요 연구내용

성격	유형	개념 및 분류 기준
1. 연구개발	1. 기초연구	▪ 자연현상에 원리규명, 새로운 현상의 분석 등을 통해 창조적 지식 획득 연구(순수기초형) 현재 또는 미래에 광범위한 응용을 목적으로 문제해결의 근본 원리 및 창의적 지식창출 연구(목적기초형)
	2. 단기산업기술개발	▪ 단기간 내(3년 이내) 상용화를 목표로 한 신기술 및 신제품 개발을 위한 응용·개발 연구사업
	3. 중장기산업기술개발	▪ 중·장기적(3년 이상) 상용화를 목표로 추진 중인 응용·개발 연구사업
	4. 공공기술개발	▪ 응용·개발단계 연구개발사업 중 경제적 성과를 고려하지는 않으나, 최종적인 성과가 국민 건강증진, 재난방지 등 국민 삶의 질에 기여하는 형태로 나타나는 사업
	5. 지역연구개발	▪ 지역 대학과 연계한 산학연협력 사업, 지역클러스터 육성사업, 특정 지역에 특정기술개발 기반 구축 사업
	6. 국방기술개발	▪ 응용·개발단계 연구개발사업 중 국방력 강화 및 방위산업 발전을 목적으로 하는 사업
2. 연구기반 조성	7. 인력양성	▪ 대학 및 전문대학 지원사업, 산업인력양성을 위한 전문인력양성사업, 초·중·등 과정의 과학기술 교육사업 등
	8. 시설 장비 구축	▪ 대형 연구시설 및 장비 구축 사업
	9. 성과확산	▪ 사업목적이 각각 기술사업화, 표준화, 인증, 성과물 관리/확산, 정책지원 등인 사업
	10. 국외협력	▪ 국외기관유치, 다자 및 양자기관 협력 사업 등 * 연구방식이 국외와의 공동연구인 경우는 연구개발에 포함

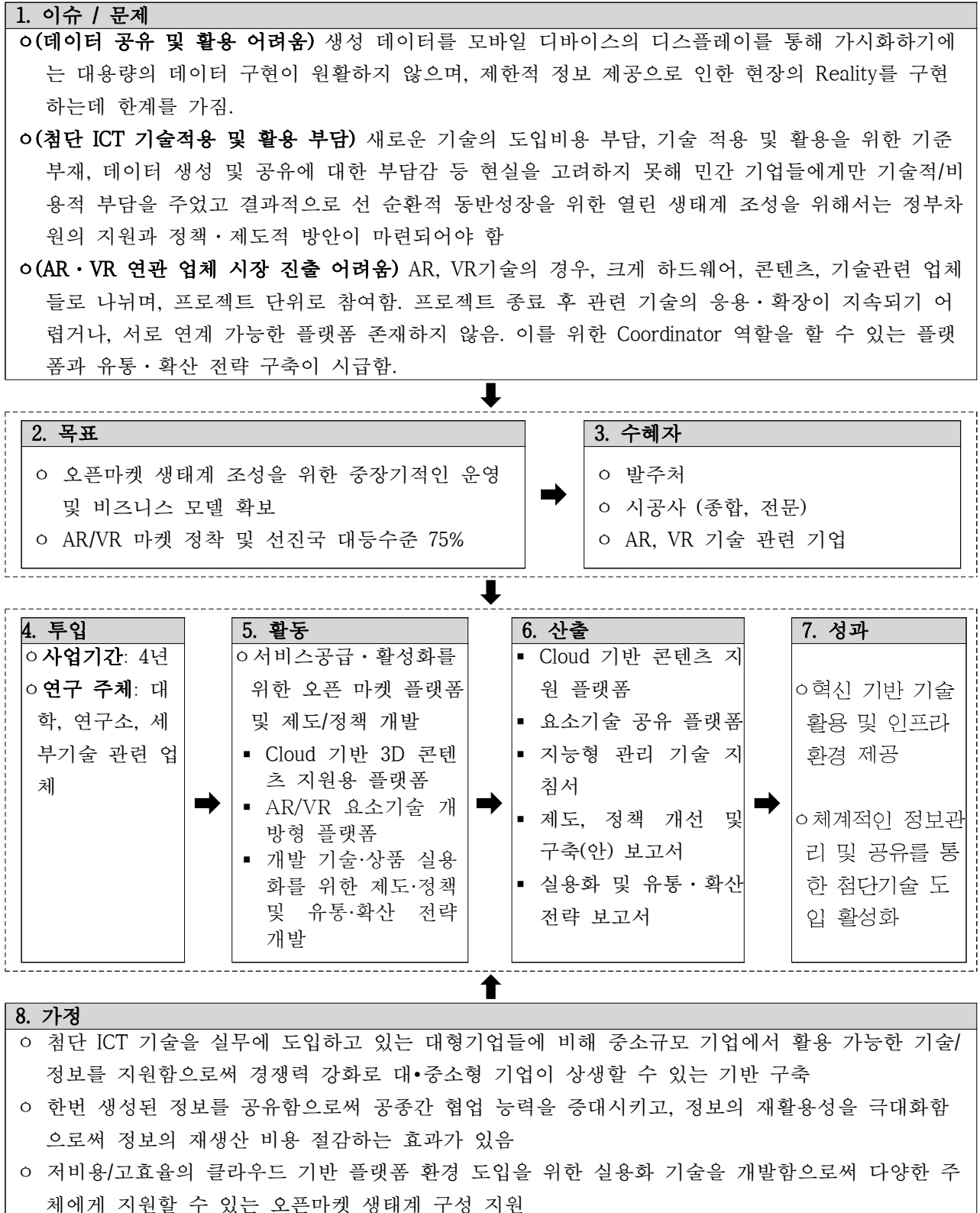
- 가상/증강현실 기반 공동주택 건설관리 선진화 기술개발 사업의 목적 및 특성 등을 고려하여 단기산업기술 개발 및 중장기산업기술개발사업이 혼합된 R&D 사업으로 설정함
- 5개의 세부 과제 분야별 추진목적 및 주요 연구내용 특성 등을 고려하여 각각의 유형을 구분

〈표 44〉 세부과제별 주요 연구내용

세부기술 분야	유형
공동주택 관리 서비스공급·활성화를 위한 오픈 마켓 플랫폼 및 제도/정책 개발	중장기산업 기술개발
공동주택 맞춤형 주거환경 및 설계 지원 기술 개발	
공동주택 시공 품질 향상을 위한 AR 기반 정밀시공 관리 지원기술 개발	
공동주택 재해 다발공종 대상 VR 기반 안전교육용 몰입형 콘텐츠 및 기술 개발	
공동주택 지능형 스마트 유지관리 및 사용자 단계 맞춤형 하자·보수 기술 개발	

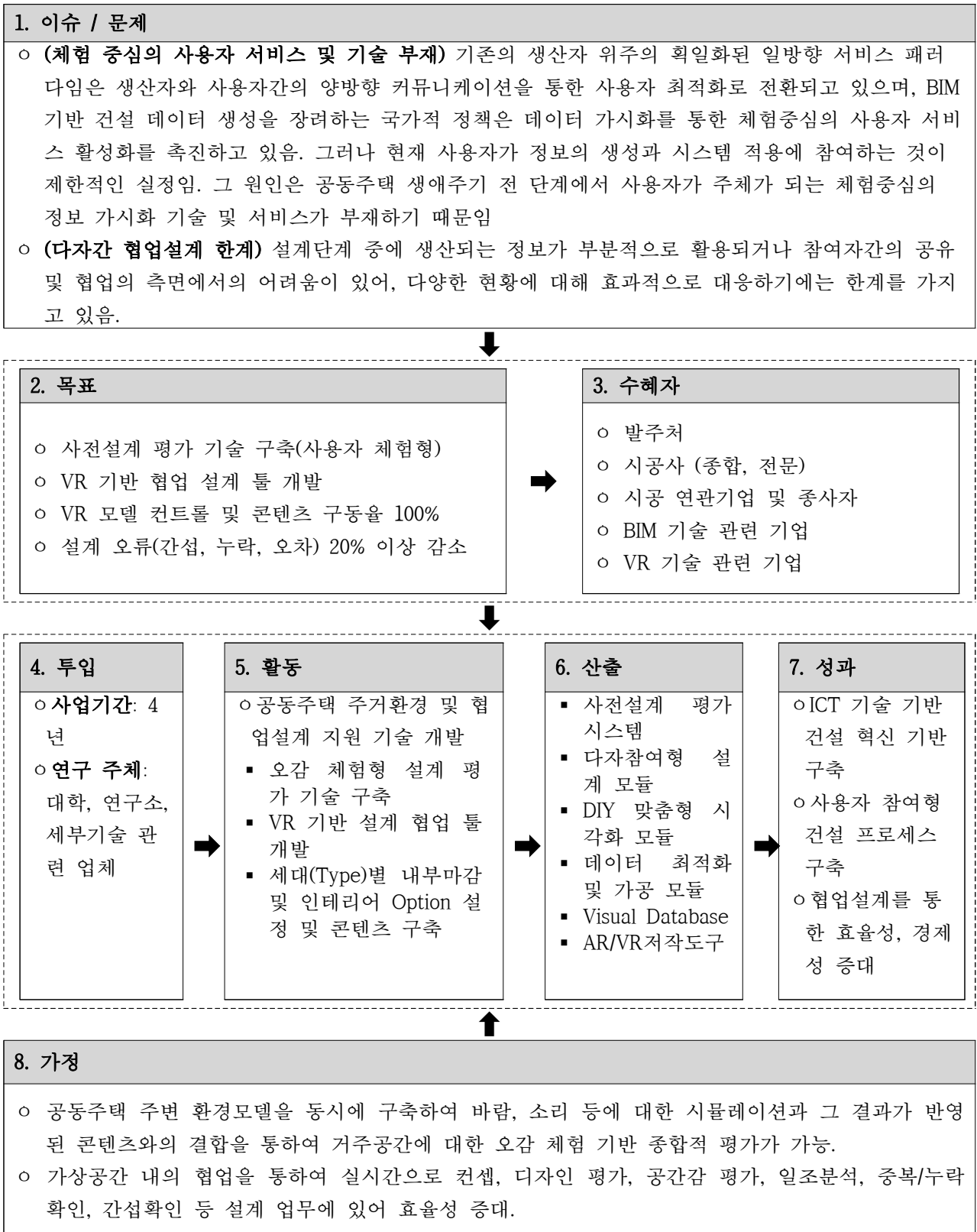
2. 사업 논리모형 설정

1-1 공동주택 지능형 관리 서비스공급·활성화를 위한 오픈마켓 플랫폼 및 제도/정책 개발



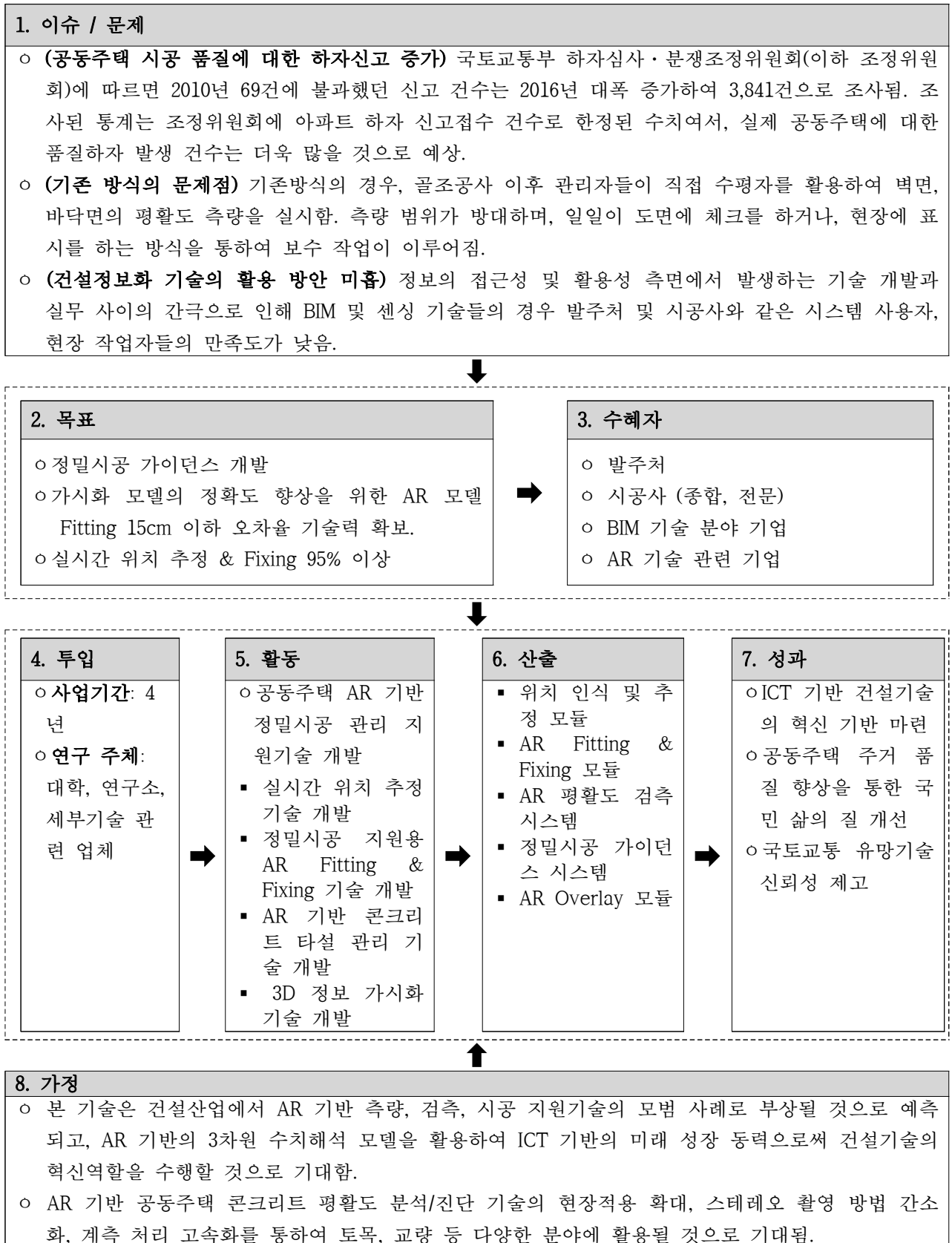
〈그림 53〉 핵심기술 1-1 논리모형 분석

1-2 AR·VR 기반 공동주택 맞춤형 주거환경 및 설계 지원 기술 개발



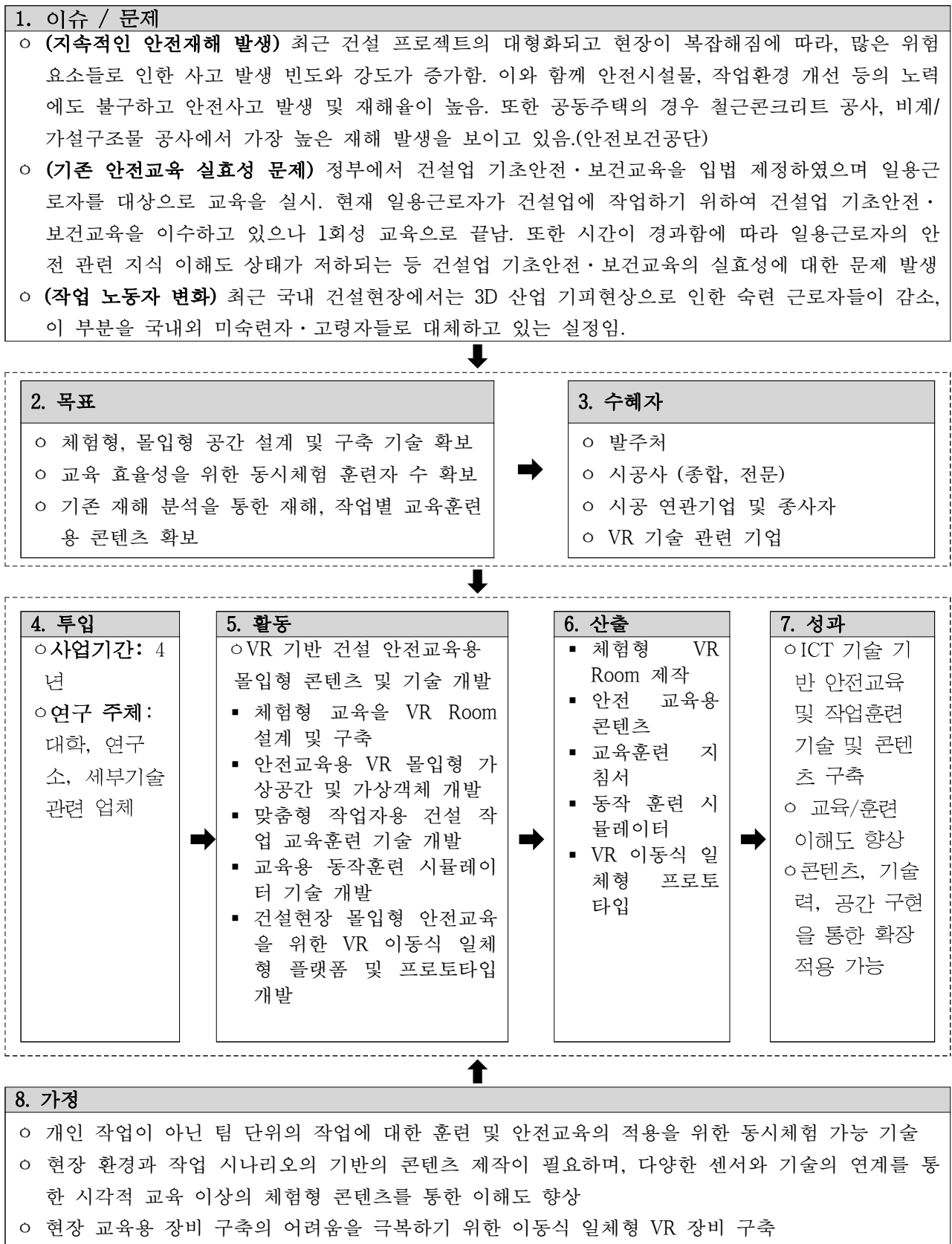
〈그림 54〉 핵심기술 1-2 논리모형 분석

2-1 공동주택 시공 품질 향상을 위한 AR 기반 정밀시공 관리 지원기술 개발



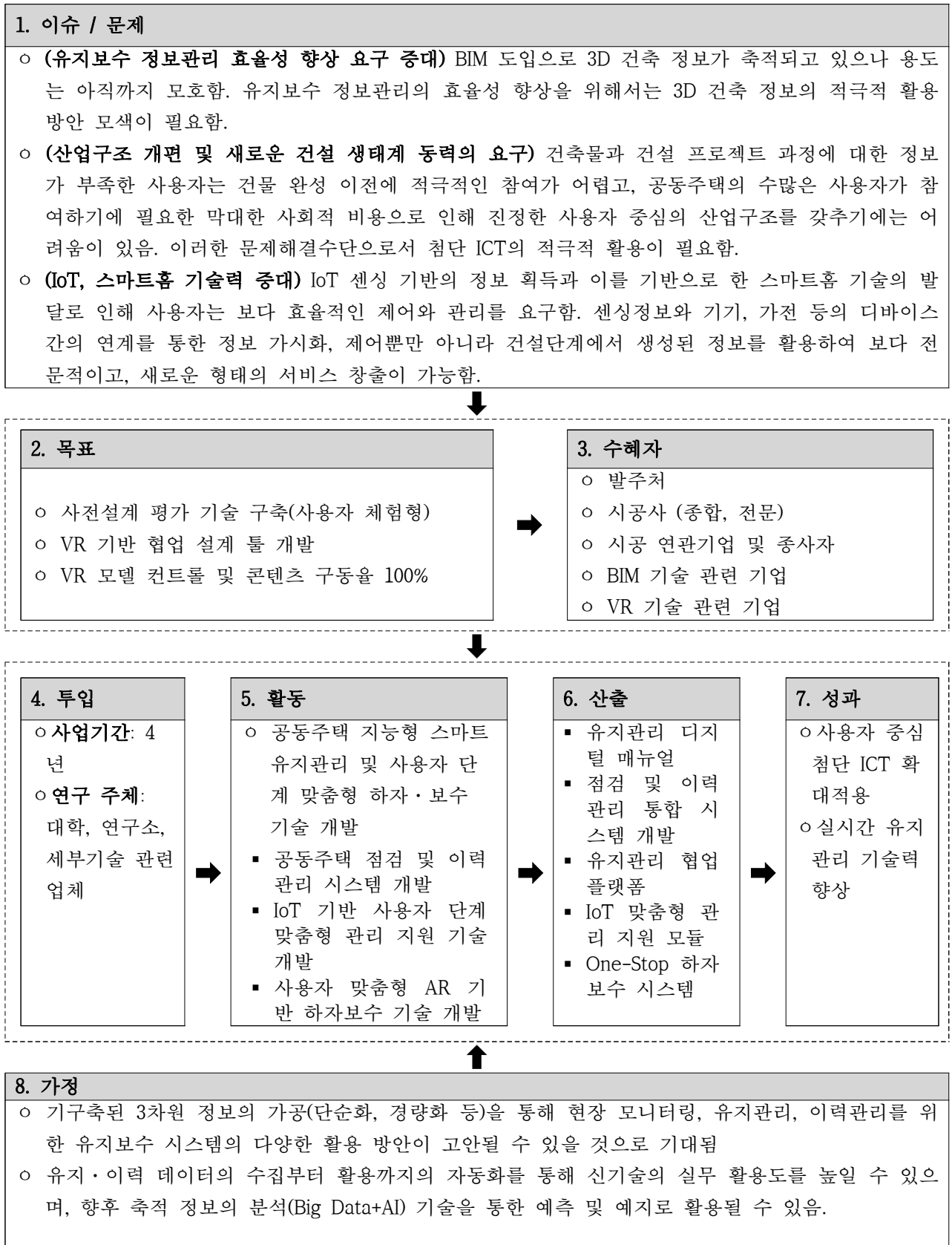
〈그림 55〉 핵심기술 2-1 논리모형 분석

2-2 공동주택 재해 다발공종 대상 VR 기반 안전교육용 몰입형 콘텐츠 및 기술 개발



〈그림 56〉 핵심기술 2-2 논리모형 분석

2-3 공동주택 지능형 스마트 유지관리 및 사용자 단계 맞춤형 하자·보수 기술 개발



〈그림 57〉 핵심기술 2-3 논리모형 분석

- 가상/증강현실을 기반으로 하는 건설관리 기술은 2018년 발표된 제4차 과학기술 기본계획(2018~2022)에서 추구하는 과학기술의 방향성에 부합함
 - 제4차 과학기술 기본계획(2018~2022)에서는 과학기술의 융합과 혁신이 일어나는 혁신생태계의 조성, 행복한 삶을 구현하기 위한 목적으로 과학기술의 기여를 강조
 - 2번 전략에서는 ‘융합과 협력이 활발히 일어나는 혁신생태계를 조성’ 하는 것을 목적으로 하며, 과학기술의 혁신이 적극적으로 일어날 수 있도록 환경을 조성하도록 함
 - 본 기획 과제는 각광받는 미래 기술 분야의 하나인 가상/증강현실 기술의 도입을 통해 과학기술 혁신 역량을 증진시키고 건설 분야와의 융복합을 통한 혁신 생태계를 구성하는데 기여하도록 함
 - 4번 전략에서는 ‘국민 삶의 질 향상과 글로벌 이슈 해결에 기여’ 함을 목적으로 하며, 국민생활과 관련된 문제를 해결하기 위한 수단으로서 과학기술의 역할을 정의
 - 본 기획 과제는 주거 유형의 대부분이 공동주택인 우리나라에서 국민생활에 밀접한 관련이 있는 공동주택의 건축 관리에 첨단 기술을 도입함으로써 건축 기술의 혁신을 이루고 국민 삶의 질 향상을 도모
- 주요 국토교통 전략 및 계획에 대해 본 사업 기획과의 부합성을 분석하였으며, 3개 계획에 대해 부합도가 있는 것으로 판단됨
 - 국토교통 R&D 중장기전략(2014~2023)에서는 ‘2040 국토교통 200대 미래 유망기술’로 도시건축 분야에 ‘실시간 고해상도 4D 가상현실 기술로 외부 환경 재현이 가능한 엔진 및 디스플레이 기술’을 설정
 - 동 기술은 인구구조 및 사회 환경의 변화에 대응하는 기술로서 설정되었으며, 건축 환경의 변화에 따른 첨단기술의 융복합 측면에서 본 사업 기획의 목적과 정확히 부합
 - 건설교통 R&D 중장기계획(2013~2017)에서는 5대 목표의 하나로 ‘인간 중심 사회 및 도시 구현’을 설정하였으며 세부 목표로 ‘첨단 신소재 및 설계기술 향상을 통한 첨단 건축기술 선진화’를 설정
 - 본 사업 기획은 설계 및 시공단계에서 첨단기술의 도입을 통해 작업자의 안전 및 건설기술의 고도화를 도모하기 위한 것으로, 설계기술의 향상과 건축기술의 선진화라는 건설교통 R&D 중장기계획의 목표와 부합도 높음
 - 제6차 건설기술진흥 기본계획(2018~2022)에서는 4차산업혁명에 대응하여 스마트 건설기술의 개발 및 새로운 기술의 건설현장 적용, 건설신기술 등 첨단

단기술과의 융복합을 추진

- 계획에서는 VR/AR 기술의 건설현장 적용을 직접적으로 언급하고 있지는 않으나, 본 사업 기획은 VR/AR 기술개발을 통해 설계 및 시공단계에서 건설 작업자의 작업 능력 향상 및 안전성 강화를 도모하고 있으므로, 첨단기술의 활용을 통한 건설현장의 안전강화 측면에서 건설기술진흥 기본계획에 어느 정도 부합한다고 판단
- 제2차 유비쿼터스 도시종합계획(2014~2018)은 U-City의 구현을 위한 국가 차원의 마스터플랜으로, 국가안전망의 구축을 중심으로 U-City 산업의 활성화, 해외수출지원 및 혁신인력양성을 위한 다양한 전략을 수립
- 동 계획은 U-City 구현을 위한 IT 통합 도시관리체계 및 도시 기능의 고도화를 추진하고 있어 건축물의 유지관리 측면에서는 VR/AR과 같은 첨단 기술의 융복합이 적용될 소지가 있으나, 건축물의 설계와 시공에 관련된 과제는 설정하지 않고 있어 본 사업 기획과의 부합도는 낮음

〈표 45〉 상위계획과의 부합성

계획명	부합도
관계부처 합동 건설산업 혁신방안	높음
제4차 과학기술 기본계획	보통
국토교통 R&D 중장기전략	높음
건설교통 R&D 중장기계획	높음
제6차 건설기술진흥 기본계획	보통
제2차 유비쿼터스 도시종합계획	낮음

2. 사업 추진의지

- 국토교통부는 2017년 ‘취약계층 교통안전교육’의 시행 과정에서 이동식 가상현실 체험장비를 활용한 교육 프로그램을 도입하였으며 그 외에도 제주 올레길 체험, 공간정보 민간 공급 계획 등 다양한 사업에서 VR/AR 기술을 적용하고 있음
- 교통 분야에서는 교육 및 체험 위주의 VR이 이미 다수 활용되고 있는 중
- 공간정보는 국토교통부가 7대 신산업의 하나로 선정한 주력 산업으로, 최근 3차원 공간정보 민간 공급 계획 방침은 국토교통 분야에서의 VR/AR 기술 도입 의지를 강하게 보이는 것으로 판단

- 국토교통부에서는 ‘국토교통 비전 2045’의 수립 과정에서 기술 융복합 및 가상공간을 메가트렌드의 하나로 파악하였으며, 건설기술에서의 적용을 위해 각종 정책 계획에 첨단기술을 반영하여 수립 중
 - 국토부에서 파악한 메가트렌드에는 가상현실의 보편화와 이로 인한 설계 패러다임의 변화, IoT 기반 스마트 홈 보편화 등이 있음
 - 건설산업은 신기술적용을 통한 새로운 시장 창출과 건설 생산성 제고라는 과제에 직면해 있으며, 이를 위하여 융복합 기술 개발과 적용을 통해 산업 혁신을 달성하려는 정부의 추진 의지가 매우 높은 것으로 판단됨
- 최근 제6차 건설기술진흥 기본계획의 수립 과정에서 국토부가 선정한 건설산업의 5대 문제점에는 4차 산업혁명의 대응 부족과 미래 환경변화 대응 역량 부족, 건설현장의 과도한 사고 발생이 포함됨
 - 초급기술자의 등급기준이 높고 기술자 역량의 불균형으로 청년층의 시장진출과 경력 축적 기회가 박탈되는 현상을 문제점으로 꼽았으며, 이에 대한 해결책으로 건설현장 교육의 혁신을 설정하였음
 - 건설현장의 과도한 사고 발생 문제의 원인으로 노후 기반시설의 증가와 근로자의 낮은 안전의식이 꼽힘
 - 국토부에서는 현재 부실공사와 건설현장 사고 발생을 매우 큰 이슈로 인식하고 있으며, 이를 위하여 본 사업 기획의 목적인 작업 현장 안전과 건설효율 향상은 높은 추진 근거를 가질 것으로 판단함
- 문화체육관광부는 2018년 12월 13일 서울 세종로 정부서울청사에서 ‘콘텐츠 산업 경쟁력강화 핵심전략’을 발표, 4차산업혁명 시대를 선도할 미래형콘텐츠 육성을 위해 과학기술정보통신부와 합동으로 국내 문화자원 등을 VR(가상현실)·AR(증강현실) 등 첨단기술을 활용한 융복합 콘텐츠로 만들어 신시장을 창출한다는 계획을 발표함.
 - 5G(세대) 이동통신 상용화와 해외 콘텐츠 플랫폼의 영향력 확대 속에서 약체로 판단되는 국내 콘텐츠사업을 육성
 - 문체부는 VR·AR, 홀로그램 등 새로운 콘텐츠 증가에 따른 법·제도 개선사항을 발굴해 정비하는 작업도 병행하여 2019년부터 추진할 예정
 - 또한 콘텐츠 시장의 고질적인 자금부족 문제를 해결하기 위해 콘텐츠 시장의 정책금융(현 연평균 투융자 3500억원 규모)을 오는 2022년까지 단계적으로 5000억원 규모(기업 대출규모 기준)로 확대할 방침

3. 국고지원의 적합성

- ☐ 본 사업 기획은 VR/AR과 같은 첨단 기술을 도입하여 건설 현장에서의 작업 안전성과 시공품질을 향상시키는데 목적이 있음
 - 본 사업은 현장 작업자의 역량을 향상시키고 부실시공을 방지하는데 목적이 있으므로 시공업 종사자의 이익 증진에 기여하는 바가 있으나, 경제성 효과가 단기에 발생하기 어려움
 - 아울러 작업자의 안전과 공동주택의 시공품질 저해 요인의 감소는 특정한 경제적인 편익에 국한되는 것이 아닌 국가적 측면에서의 편익에 기여하는 바가 있으므로 정부 주도의 사업 추진에 당위성이 있다고 판단됨
 - 또한 보수적인 산업의 특성상 신기술의 적용에 소극적이며 기술개발에 대한 리스크가 크기 때문에 국가 차원에서 실증이 완료된 기술의 개발 및 보급을 주도하는 것이 필요함.
- ☐ 공동주택 건설산업과 관련된 국민의 사고전환, 새로운 시장 창출 및 건설시장의 패러다임 변화를 위해 정부 차원의 AR/VR 건설관리 선진화기술 선도가 필요함.
 - ICT 융합기술인 AR/VR 기술은 다양한 어플리케이션개발을 통해 청년들의 진입 장벽이 매우 낮아지므로 청년창업·창직에 매우 유리하여 청년실업해소에 크게 기여하리라 판단됨.
 - AR/VR 기반 공동주택 건설관리 선진화는 고전적 건설관리 체제의 변화 유도가 가능하며 이른바 IT융합건설의 대표적인 산출물이 될 것임.
 - 정부주도하의 성공적인 AR/VR 콘텐츠 저작 및 유통 플랫폼 구축은 가상화 건설 기술개발 및 투자가 미흡한 국내 민간 건설산업에 IoT 기술의 도입 및 4차산업혁명 관련 기술개발 등의 분야에 긍정적인 파급효과를 미칠 수 있을 것으로 기대됨.
 - 오픈마켓을 통해 개인/민간 기업에게도 국내 건설환경에 적합한 AR/VR 콘텐츠 기술개발 분야를 도출하고, 해당 분야에 대한 자체 기술개발을 촉진토록 함으로써 향후 급변하는 해외건설 시장에 능동적으로 대처할 수 있는 기반 환경을 제공할 것임.
- ☐ 전 세계적으로 상용화 초기단계의 AR/VR 기술시장 선점 필요
 - 산업분야별 AR/VR 콘텐츠 개발현황을 보면 건축엔지니어링 분야는 전 산업분야 중 2.8%를 차지하고 있으며, 게임/엔터테인먼트 분야와 비교해서 활용도는 작다고 할 수 있으나 성장의 가능성은 크다고 판단됨.

- 건설용 AR/VR 시장은 기술 상용화를 위한 시범적용 단계이며, 각국은 시장 형성을 위한 디스플레이/디바이스 장비, 콘텐츠 제작, 인터랙션 기술 개발에 주력하고 있음.
 - 첨단IT를 활용한 건설관리 분야는 지금까지 외국기술에 의존할 수밖에 없었으며 이에 따라 기술의 도입 및 기술료 지불로 인하여 스마트시티, 스마트 홈 보급 확산에 따른 막대한 외화의 유출이 예상되고 있음.
 - 또한 외국 기술의 폐쇄성으로 인하여 이들로부터의 기술이전은 아직 제대로 이행되지 못하고 있는 실정임. 이러한 한정적인 기술 수행으로는 다양한 기술능력 획득에 장애가 되어 장기적인 건설기술경쟁력이 취약해질 수밖에 없음.
 - 증강/가상현실 기반 건설관리 기술은 미래 건설산업의 비전, 성장 동력, 건설기술력 향상을 위해 산·학·연·관이 협업하여 전략적으로 육성해야 할 필수적인 연구개발 (R&D) 분야임.
 - 국내의 앞선 디스플레이 기술과 5G 네트워크 구축의 발전 속도를 고려해 볼 때, 추후 미국, 일본 등 선진외국에 비해 보다 진보되고 동시에 경제성 확보가 가능한 AR/VR 기술의 구현이 가능할 것으로 기대됨.
- 가상화 건설기술을 통한 정부차원의 건설산업의 인력 부족현상 해결 및 건설재해 감소
- 우리나라의 노동 생산성은 1970년대부터 1990년대까지 산업전반에 걸쳐 상위의 위치를 유지해 오고 있지만, 전반적으로 타 국가들과의 격차가 좁혀지지 않는 양상이 나타나고 있으며 그 대표적인 분야 중 하나가 바로 건설산업 임.
 - 건설산업의 생산성은 주로 개인의 숙련도에 의존하고 있기 때문에 향상속도가 더딜 뿐 아니라 최근 국내 건설산업은 수요자의 요구가 다양화되면서 시설물이 첨단화, 복잡 및 고급화되어 가는 추세이며 이에 대한 기술력의 확보가 경쟁력의 관건이 되고 있음.
 - 또한 건설시장의 개방으로 기술력을 바탕으로 한 고부가가치 창출이 건설산업의 경쟁력 확보를 위한 지상 목표라 할 수 있으나 전통적으로 3D업종으로 인식되어온 건설산업은 최근 젊은 기능 인력의 건설현장 기피 현상이 심화되면서 숙련된 기능 인력의 확보가 더욱 힘들어지고 있어 건설 기능인력 수급의 불균형이 심각한 문제로 대두되고 있음
 - 숙련공 부족 현상 등으로 인한 노무 생산성 저하, 임금상승으로 인한 채산성 악화, 품질의 균일성 및 안전성 확보의 어려움 및 시공 기술 경쟁력의 약화는 국내 건설산업이 해결해야 할 필수적인 당면과제이며, AR/VR 기술

의 개발은 그러한 당면과제의 해결을 위한 최선의 기술적 접근 방법임.

- 시공단계에 현장 작업자를 위한 작업 동작훈련 시뮬레이터와 AR기반 정밀 시공 관리 지원기술을 통해 현재 노무인력의 고령화 및 공급 부족을 해결할 수 있는 기반을 마련하게 될 것임. 또한 첨단 시공 기술력 확보와 IT융복합 기술은 건설산업 이미지를 개선하여 젊고 유능한 기술 인력 유입을 유도함으로써 기능공 부족현상을 대비할 수 있음.
- VR기반 몰입형 안전교육을 통해 현장 작업자의 안전성을 확보함으로써 건설재해를 획기적으로 감소시킬 수 있을 것으로 기대됨. 이를 통해 건설재해 감소에 따른 노무자 사기 저하 및 이를 통한 잠재적 손실을 사전에 예방할 수 있을 것임.
- 불투명한 시장성 및 요소기술 개발의 어려움 등으로 인해 민간보다는 정부 주도로 AR/VR 콘텐츠 시장 및 법제 개선 등의 선도가 필요함.
- AR/VR 기반 공동주택 건설관리 선진화 기술 개발은 AR/VR 관련 디바이스, 저작 도구, 설계, 엔지니어링, 서비스, 법제도를 모두 고려하여 진행되어야 함. 또한 연구개발 성과물인 AR/VR콘텐츠 개발과 유통플랫폼 구축은 시장이 불투명한 상태에서 일반 기업의 주도적 참여가 어려운 것이 현실임.
- AR/VR콘텐츠 제작 및 요소기술 개발 등을 위해 막대한 비용이 소요되는바 민간보다는 공공에서 관련 연구를 주도하고 민간으로 기술 이전이 효과적임. 실제로 이전에 민간 주도로 개발되어온 AR/VR콘텐츠의 경우 예산과 기간의 문제로 인해 품질이 매우 저조하였음.
- 따라서, 정부정책에 입각하여 중장기 계획 수립, 요소기술 개발, 관련 법제도 개선 등 정부지원이 절실한 분야이며, 그리고 정부지원 결과는 노동 집약적인 저부가가치 건설산업을 기술집약적 고부가가치 산업으로의 패러다임 전환을 기대할 수 있음.
- 작업자의 안전과 시공품질 확보는 경제적 측면의 지원이나 제도의 강화를 통해 개선하는 것은 한계가 있으며, 신산업 창출이라는 관점에서는 반드시 첨단 기술의 개발과 적용을 통한 사업 추진이 사업목표의 달성에 가장 적합한 방법으로 작용함
- 아파트 등 공동주택 거주비율이 높은 우리나라에서 공동주택의 관리 선진화를 통해 주택의 최종소비자인 국민주거생활의 편의를 도모하는 것이 주택공급관련 입법 및 정책의 주요과제임
- 신규 시장 및 산업 창출 기대
- VR·AR 융합 플래그십 프로젝트(국방·의료·제조·건축 등), 시장선도형 실증사업(치매케어, 교육·훈련 등) 등 초실감 서비스 개발·실증산업 추진

- 4차 산업혁명 선도 SW인재 양성 및 청년 일자리 창출 연계 ‘청년 일자리 대책’ (’ 18.3) 후속 추경사업 관련

- 초연결 지능화 인프라(5G 등)와 연계한 신시장 창출을 위해 실감기술 (VR·AR, 홀로그램 등)의 he기술·산업 융합 강화 및 산업

국 방		의 료		제 조	
군장비 정비 지원·교육	의학실습 시뮬레이션	자동차 정비 가상훈련			

〈그림 59〉 VR·AR, 홀로그램 등의 he기술 융합서비스 예시

4. 법·제도적 위험요인 (사업 추진상 위험요인)

- ‘국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정’에 의하면, 국가연구개발사업의 기획에서는 기획안에 포함되어야 할 사항 및 기술수요조사의 결과를 반영하여 과제를 발굴하도록 명시함
- 규정 제4조에 따른 사전조사 및 기획 항목에 따라 본 사업의 기획이 연구 규정을 준수하고 있음을 판단함
 - 사업의 기획은 국내외 특허동향 및 기술동향을 조사하였으며 제7항에 표기된 국가연구개발사업의 목표, 세부추진내용 및 추진체계, 국가연구개발사업의 평가계획, 필요한 자원의 규모 및 인력 확보방안, 정부지원의 타당성 검토 결과, 연구개발성과의 활용방안 및 기대효과에 대한 조사 및 작성을 완료하였음
 - 다른 중앙행정기관의 소관 업무와 관련되는 사항에 대한 조정방안에 대하여는 해당 사항이 없다고 판단됨
- 본 사업 기획은 규정 제5조에 따른 내용이 포함된 기술수요조사를 실시하였으며 연구자의 판단에 의하여 시급한 것으로 간주되는 연구개발과제를 포함하여 과제를 구성하였음
- 건축기본법 제8조에서는 국가 및 지자체의 건축정책 수립시 ‘미래사회의 문화적 요구변화와 기술변화에 능동적으로 대응’ 할 수 있도록 하고 있어 본 사업 기획에서 추구하는 가상증강현실의 건설관리 도입은 건축기본법의 추진방향에 부합하며, 기타 법적·제도적으로 제약이 될 요인은 없을 것으로 판단함

3절. 기술적 타당성 검토

1. 기존 연구개발 과제와의 중복성 및 차별성

- ☐ 기존 연구개발 과제와의 중복성 검토를 위해 본 연구와 유사한 내용의 연구개발 과제를 조사하고 차별성, 연계방안, 중복도 등을 분석함(‘6.1.나. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안’ 참고).
- ☐ 본 연구에 대한 중복성 조사는 1차적으로 NTIS 자료 및 각 부처 R&D 계획 자료를 이용하여 중복가능성이 있는 사업과 과제들을 스크리닝 하였음.
- ☐ 각 단계별로 전문가 워크숍을 추진하여 1차 스크리닝 결과에 대해 검토를 하였으며, 2차의 연구단 워크숍을 통해 중복과제에 대해 중복성을 검토를 하였음.
- ☐ 중복성 검토는 기존과제의 연구 성과 활용 및 사례를 통한 시간단축 및 시행착오 최소화, 본 연구 성과 고도화 등을 위해 분석함.
- ☐ 분석결과, 가상/증강현실 요소기술을 단순 활용하는 연구들은 많았으나 공동주택에 적용 가능한 가상/증강현실 기술에 대한 연구는 없었으며, 건설산업에 대한 연구로 선후행적 관계를 갖는 연구는 1건이 존재하였음.
- ☐ 국토교통 R&D 사업 : 국토교통 R&D 사업 내 및 사업간 중복성 없음.
- ☐ 현재 추진 중인 사업들은 주로 건설인력 양성을 위한 가상현실 기반 교육 콘텐츠 개발을 중심으로 하고 있어 공동주택 부설시공 방지 및 안전사고/재난대응에 활용하기 위한 본 연구와는 중복성이 없음.
- ☐ 다만 본 연구에 적용되는 단위 기술은 여타 과제를 통하여 기 개발된 기술이 존재하며, 이와 연계하여 추진해야 할 필요성이 있음.
- ☐ 타 부처 R&D사업 : 타 부처 R&D 사업간 중복성 없음.
- ☐ 현재 추진 중인 타 부처 사업들은 주로 증강/가상현실 가시화 및 시뮬레이션 위주의 단위기술 적용 중심이며, 본 과제의 방향인 공동주택 시공현장에 증강/가상현실 기술을 도입하여 활용하려는 연구는 없음.
- ☐ 한편, 스마트시티, 홈네트워크 등의 사업과는 밀접한 연관관계를 가지고 있어 해당 부서 및 연구단과의 전략적인 연계를 통한 추진이 필요함.
- ☐ 따라서 본 연구는 기존 연구와 중복성이 없다고 판단되며 일부 연계 통합기술을 함께 개발할 경우 기존에 개발되어 있는 성과물과의 시너지 효과를 낼 수 있을 것으로 판단됨.

- ☐ 또한 공동주택 맞춤형 주거환경 지원을 위해 이머시브-VR기반 사용자 사전 설계 평가기술과 모바일센싱-AR기반 정밀 시공관리 기술을 개발함으로써 기존 상용 어플리케이션과의 차별성이 존재함.

2. 기술개발 계획의 적정성

- ☐ 본 연구는 AR·VR 기반 공동주택 건설관리 선진화를 위한 기반 구축 및 설계 지원, 건설현장 시공·유지관리 기술 및 사용자 맞춤형 응용기술 개발, 등이 구체적인 세부 연구단위로 기획되어 있음.
- ☐ 전체적으로 사업목표와 연구내용은 구체적이고 적정하며 활용도가 매우 높을 것으로 예상되어 본 사업 추진 시 연구개발 추진 및 확산, 운영에 대한 환경조성이 필요함.
- ☐ 실용화 전략 측면에서는 본 연구 과제에서 개발된 AR/VR 어플리케이션의 현장 적용이 즉시 가능하고 서비스공급의 활성화를 위한 개방형 플랫폼을 구축한다는 점에서 타 과제 대비 실용성이 우수한 것으로 판단됨.
- ☐ 다만, 연구와 제품 판매, 문제점 보완의 순환구조가 지속성을 갖기 위해서는 구체적인 마케팅 전략과 지속적인 홍보가 필요할 것으로 판단됨.

3. 기술수준 및 개발 성공 가능성

- ☐ 기술수준 분석을 위하여 KISTEP에서 발표하는 국가전략기술의 기술수준평가 결과를 통해 관련 기술의 수준을 매칭·분석하였음

〈표 46〉 가상·증강현실기반 건설관리 관련기술의 국내 기술수준(2014년, 2016년)

분야	기술	최고국 (2016년)	기술격차 (2014년)	기술격차 (2016년)
전자·정보·통신	10. 가상·증강현실기술	미국	2.0	2.0
	15. 융합서비스 플랫폼기술	미국	2.7	2.3
	18. 실감형 감성 콘텐츠기술	미국	2.2	1.7
건설·교통	99. 지능형 건물제어기술	미국	3.1	3.7
	103. 미래 첨단도시 건설기술	미국	4.7	4.0
평균		-	2.9	2.7

* 자료 : 2016년 기술수준평가, KISTEP, 2017

- 가상·증강현실기반 건설관리와 관련된 5개 연관기술의 최고기술수준 보유 국가는 모두 미국으로 나타났으며, 한국은 2014년 평균 2.9년에서 2016년 2.7년으로 기술격차가 소폭 감소하였음.

- 국내 기술수준이 가장 높은 18. 실감형 감성 콘텐츠기술의 기술격차는 2014년 2.2년에서 2016년 1.7년으로 0.5년 감소하였으며, 5개 기술분야 중 가장 기술격차가 낮음.
- 국내 기술수준이 가장 낮은 103. 미래 첨단도시 건설기술의 기술격차는 2014년 4.7년에서 2016년 4.0년으로 가장 크게 감소하였으나, 여전히 가장 높은 기술격차를 보이는 분야임.
- 전문가 인터뷰 및 설문 조사를 통해 살펴본 결과에 따르면 공동주택 가상화 시공/안전관리 기술 개발과 관련하여 국내 기술수준은 선진국 대비 80%를 밑도는 상황으로 나타남.
- 특히 AR/VR을 시공현장에 활용하기 위한 사전설계 능력 및 대용량 가시화 객체의 자료처리 기술수준은 선진국 대비 60% 이하로 뒤떨어져 있음.
- 공동주택에서의 증강/가상현실 기술은 세계적으로도 현재 기술 개발 단계로 네트워크 인프라 및 AR/VR 콘텐츠 제작기술 경쟁력을 보유한 국내의 경우 선진국 수준에 단기간에 근접할 수 있을 것으로 기대됨.
- 본 연구를 성공적으로 수행할 경우 미국 대비 80% 수준에 도달하여 기술격차 또한 2년 미만으로 감소할 것으로 추정됨.
- 한편, 현재 개발된 AR/VR 가시화를 위한 스마트기기의 경우, 대용량의 데이터의 처리 및 전송이 불편하고 측정이 가능한 센싱정보도 온/습도, 모션, 비전 등에 국한되어 있으나 보다 정확도와 편의성이 개선되고 종류도 매우 다양하게 발전될 것으로 예상됨.
- VR/AR 콘텐츠 서비스를 위한 디바이스 기술이 발전하고 이러한 디바이스의 보급이 확산되면 지역사회, 공동주택 공용부 및 각 세대를 모두 연계하는 포괄적 개념의 VR/AR 기반 디지털콘텐츠 플랫폼의 중요성이 높아질 것임.

4절. 경제적 타당성 검토

1. 경제적 타당성 분석

가. 경제성 분석 개요

- 동 사업의 경제성 분석에서는 연구개발부문 예비타당성조사에서 기본지표로 제시하는 비용편익 비율(benefit-cost ratio, BCR)을 활용함
- 비용편익 비율이란 사업의 진행으로 인한 총편익과 총비용을 현재가치로 환산하여 총편익의 현재가치를 총비용의 현재가치로 나눈 것을 의미함²⁾

$$BCR = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

B_t : t 시점의 편익, C_t : t 시점의 비용, r : 할인율, n : 분석기간

<그림 60> 비용편익 비율 산정식

* 출처 : 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침, 2018. 4, KISTEP

- 동 사업의 경제성분석에서는 국내 공동주택 시장에서 세부과제와 관련된 VR 설계 및 AR 시공시장에서 개발기술이 적용됨으로써 발생하는 매출편익을 분석함
- 동 사업의 목표는 공동주택의 AR 기반 정밀시공 지원 및 VR 기반 안전사고/재난 대응으로 이는 공동주택의 설계-시공과정에 개발기술이 적용됨으로써 이루어질 수 있음
- 1세부과제는 AR기술을 활용한 시공지원 기술로 시공과정에서 AR기술을 활용하여 정밀시공 작업을 가이드해주는 기술, 시공과정에서 AR기술을 활용하여 향후 진행되어야 할 공정정보를 가이드해주는 기술, 시공과정에서 AR기술을 활용하여 콘크리트 형상관리(측량/자동검측/품질관리 등)을 지원해주는 기술로 구분할 수 있음
- 2세부과제는 VR기술을 활용한 설계지원 기술로 시공 전 작업자들의 안전교육을 위한 가상현실 기술(VR Room 및 프로그램), 설계단계에서 사용자들이

2) 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침(제2-1판), 2016.11, KISTEP

설계에 대해 사전평가하거나, 협업설계가 가능하게 하는 기술로 구분할 수 있음

○ 2세부과제의 AR/VR 보급지원기술은 설계 및 시공분야 매출에 전반적으로 기여하는 것으로 간주함

□ 경제성 분석에 사용되는 산정지표는 연간 공동주택 설계 및 시공시장, 세부과제 관련 VR 설계시장 비중, 세부과제 관련 AR 시공시장 비중, 사업기여율, R&D기여율, 사업화 성공률, 부가가치율, 할인율, 편익기간으로 구성됨

〈표 47〉 주요지표별 산출방안

구분	내용
연간 공동주택 설계 및 시공시장	· 대한건설협회에서 발간하는 민간건설백서에서 연간 공동주택 아파트 기성액을 도출하고, 이중 설계시장 비중 3%, 시공시장비중 82%를 적용하여 산정
세부과제 관련 VR 설계시장 비중	· 동 사업에서 개발한 VR 활용 설계기술을 적용하기 위해 공동주택 관련 시공사에서 전체 설계비에서 어느정도 규모로 투자할 것인가를 추정
세부과제 관련 AR 시공시장 비중	· 동 사업에서 개발한 AR 활용 시공기술을 적용하기 위해 공동주택 관련 시공사에서 전체 시공비에서 어느정도 규모로 투자할 것인가를 추정
사업기여율	· 동 사업 분야의 R&D 사업 총 투자규모에서 동 사업비가 차지하는 비중으로 적용
R&D기여율	· 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침에서 제시한 R&D기여율 적용
사업화 성공률	· 최근 3년간 국토교통 R&D 사업화율(과제건당 사업화건수) 활용
부가가치율	· 한국은행의 2014 산업연관표를 기반으로 동 사업과 관련성이 높은 분야의 부가가치율 적용
할인율	· 현재가치 환산 시 4.5%(KDI) 적용
편익기간	· 6년 적용 (전기에 의한 디지털 데이터 처리, 이미지 데이터처리 또는 발생분야 특허의 기술수명기간(TCT) 중앙값은 6년)

나. 비용 추정

□ 경제성분석에 사용되는 비용 추정은 동 연구개발사업에 소요되는 총 사업비로 함

○ 동 사업의 총 사업기간은 ‘20~‘23년(4년), 총 사업비는 120.0억 원임

- 동 사업은 2개 세부과제로 구성되어 있으며, 1차년도 27.5억 원, 2차년도 55억 원, 3차년도 85억 원, 4차년도 52.5억 원이 각각 소요되어 총 사업비는 220억 원이 소요됨

〈표 48〉 동 사업의 연차별 사업비

[단위 : 백만원]

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	계
1세부과제	1,551	3,290	4,910	3,050	12,800
2세부과제	1,199	2,211	3,590	2,200	9,201
소계	2,750	5,501	8,500	5,250	22,000

다. 편익 추정방안

□ 동 사업의 경제성 분석에서의 편익은 VA관련 설계시장 및 AR관련 시공시장 매출편익을 추정함

○ 편익의 경우 동 기술개발사업이 편익 발생에 기여한 부분만을 고려하기 위해 사업기여율, R&D기여율, 사업화성공률 및 부가가치율을 적용함

○ 편익발생 시점은 연구개발이 종료되는 ‘23년 이후부터이며, ‘24년부터 발생하는 것으로 산정함

〈표 49〉 동 사업의 시장 매출편익 산정을 위한 수식

$$Bm = \sum_{T=2024}^n \frac{(Mq(T)_{vrd} + Mq(T)_{are}) \times Cp \times Ct \times Sc \times Vc}{(1+r)^{(T-2018)}}$$

Bm : 동 사업의 시장 매출편익
 $Mq(T)_{vrd}$: T년도 예상 VR 설계시장 규모
 $Mq(T)_{are}$: T년도 예상 AR 시공시장 규모
 n : 기술의 경제적 수명 기간
 Cp : 사업기여율(%)
 Ct : R&D기여율(%)
 Sc : 사업화 성공률(%)
 Vc : 부가가치율(%)
 r : 사회적 할인율(%)

(1) 연간 공동주택 설계 및 시공시장

□ 대한건설협회에서 매년 발간하는 민간백서에 따르면 국내 전체 건축공사 기성액은 2010년 78조에서 2016년 117조 수준까지 지속적으로 증가하고 있음

○ 이 중 아파트(공동주택)은 전체 건축공사 기성액의 36.6%를 차지하고 있음

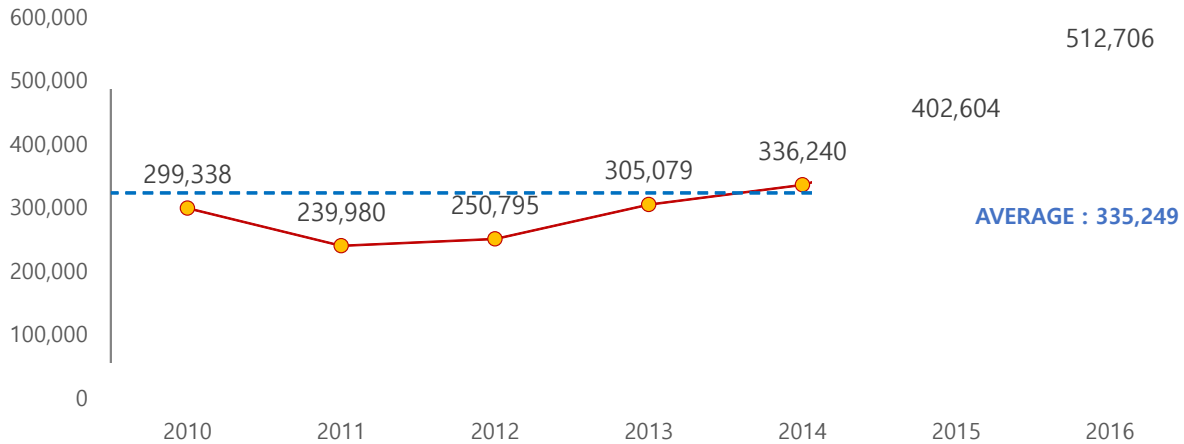
〈표 50〉 건축공사 기성액 추이(2010~2016)

[단위 : 억 원]

구분	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	소계	비중
소계(건축)	782,517	797,537	799,737	873,889	943,136	1,036,627	1,174,876	6,408,319	100.0%
단독 . 연립주택	12,056	27,945	34,621	36,742	45,405	46,326	42,065	245,160	3.8%
아파트	299,338	239,980	250,795	305,079	336,240	402,604	512,706	2,346,742	36.6%
호텔 . 숙박시설	16,046	17,681	16,675	20,899	27,205	34,379	38,831	171,716	2.7%
상업용건물	73,495	78,364	87,760	85,222	103,011	139,659	161,916	729,427	11.4%
사무용빌딩	50,123	67,724	73,447	91,198	100,990	104,113	94,838	582,433	9.1%
학교	48,932	42,761	42,753	41,372	41,561	37,177	35,180	289,736	4.5%
관공서건물	27,936	40,053	42,911	43,919	43,717	37,603	32,802	268,941	4.2%
병원	13,355	11,632	13,559	14,659	13,801	16,069	13,581	96,656	1.5%
공장.작업장건물	108,899	146,035	129,824	131,760	133,379	129,445	132,530	911,872	14.2%
창고.차고.터미널 용 건물	12,601	23,018	26,186	28,140	31,278	36,103	27,562	184,888	2.9%
종교용건물	8,111	9,341	8,604	9,381	8,781	7,143	6,639	58,000	0.9%
기계 기구 설치	19,349	9,824	3,420	376	998	1,193	5,643	40,803	0.6%
기타	92,265	83,179	69,169	65,131	56,769	44,802	70,573	481,888	7.5%

* 자료 : 민간건설백서(각 연도), 대한건설협회

○ 공동주택 기성액의 경우 2011년까지는 감소하다가 이후 증가하고 있으나, 국내 공동주택 수요 및 주택보급률 등을 고려한 보수적인 시장 산정을 위해 2010년~2016년 공동주택 기성액 평균인 33조 5,249억 원 수준의 시장이 지속될 것이라고 가정함



〈그림 61〉 공동주택 기성액 추이

(2) 세부과제 관련 VR 설계시장 / AR 시공시장 비중

- 동 사업 중 1세부과제는 AR을 활용한 시공기술, 2세부과제는 VR을 활용한 설계기술에 해당함

〈표 51〉 동 사업의 세부과제별 주요내용 및 해당공정

세부과제	세세부과제	주요내용(요약)	해당공정
1 세부과제: AR·VR 기반 공동주택 건설관리 선진화를 위한 기반 구축 및 설계 지원기술 개발	1-1 세세부과제: 공동주택 관리 서비스공급·활성화를 위한 오픈 마켓 플랫폼 및 제도/정책 개발	· AR/VR 보급 지원기술	-
	1-2 세세부과제: 공동주택 맞춤형 주거환경 및 설계 지원 기술 개발	· 설계단계에서 사용자들이 설계에 대해 사전평가하거나, 협업설계가 가능하게 하는 기술	설계 (설계 전과정)
2 세부과제 : AR·VR 기반 공동주택 건설현장 시공·유지관리 기술 및 사용자 맞춤형 응용기술 개발	2-1 세세부과제: 공동주택 시공 품질 향상을 위한 AR 기반 정밀시공 관리 지원기술 개발	· 시공과정에서 AR을 활용하여 정밀시공 작업을 가이드해주는 기술	시공 (정밀시공)
	2-2 세세부과제: 공동주택 재해 다발공종 대상 VR 기반 안전교육용 몰입형 콘텐츠 및 기술 개발	· 시공 전 작업자들의 안전교육을 위한 가상현실 기술(VR Room 및 프로그램)	시공 (교육단계)
	2-3 세세부과제: 공동주택 지능형 스마트 유지관리 및 사용자 단계 맞춤형 하자·보수 기술 개발	· 유지관리 단계에서의 사용자, 관리자 점검 및 관리지원 기술	유지관리

□ 공동주택 시장에서 설계시장의 비중은 약 3%, 시공의 비중은 약 82%에 해당하며, 동 사업에서 개발될 관련 VR 설계기술은 2029년까지 설계시장의 약 4%까지, AR 관련 시공기술은 시장시장의 3%까지 점유할 수 있을 것으로 예상됨

○ 동 사업을 통해 점유가 가능한 VR 설계 및 AR 시공 시장은 2024년 1,441.6억 원에서 2029년 8,649.6억 원으로 예상됨

<표 52> 동 사업을 통해 점유 가능한 관련 VR 설계 및 AR 시공시장

<단위 : 억 원>

구분	2024	2025	2026	2027	2028	2029	소계
공동주택 시장	335,248.9	335,248.9	335,248.9	335,248.9	335,248.9	335,248.9	2,011,493.1
공동주택 설계시장 (전체 시장의 3%)	10,057.5	10,057.5	10,057.5	10,057.5	10,057.5	10,057.5	60,344.8
공동주택 시공시장 (전체 시장의 82%)	274,904.1	274,904.1	274,904.1	274,904.1	274,904.1	274,904.1	1,649,424.4
관련 VR 설계 시장 (설계시장의 4%까지 점유)	67.0	134.1	201.1	268.2	335.2	402.3	1,408.0
관련 AR 시공 시장 (시공시장의 3%까지 점유)	1,374.5	2,749.0	4,123.6	5,498.1	6,872.6	8,247.1	28,864.9
관련 VR설계 및 AR시공시장 합계	1,441.6	2,883.1	4,324.7	5,766.3	7,207.9	8,649.4	30,273.0

(3) 사업기여율

□ 동 경제성분석에서 활용한 사업기여율은 (동사업 예산) / (동사업 예산 + 유사 사업 예산)로 산정하였으며, 53.3%를 적용함

○ NTIS를 활용하여 최근 5년간(2014년~2018년) 진행된 건설산업 및 교육훈련과 관련된 VR/AR R&D 사업을 검색하여 총 53개의 사업을 선별함

○ 53개 사업의 총 사업비는 280.2억원, 동 사업의 총 사업비는 220.0억 원으로 사업기여율은 $220.0/(279.7+220.0) = 44.03\%$ 임

연번	과제명	사업비 (백만원)
1	가상/증강현실 기반의 스마트 건설 가상화 시뮬레이션 기술 개발	488.4
2	해양플랜트 작업자 안전을 위한 smart 재난감지 및 대응 SW 개발	2,198.8
3	창의적인 건설인력 양성을 위한 시공 전과정 가상체험 타임랩스 콘텐츠 App 개발	627.0
4	VR(가상공간)을 활용한 낙상예방 프로그램 개발과 유용성 검증	186.7
5	가상현실 기반의 재난 안전 훈련 콘텐츠 제작 기술 개발	45.0
6	360° 동영상과 반응형 VR 시뮬레이터 기반의 도시계획 교육·연구 플랫폼 구축 및 활용방안	191.7
7	360도 Video VR(가상현실) 시뮬레이터 기술개발	108.2
8	360도 VR 영상생성 기술개발	165.0
9	360도 VR 웨어러블 카메라 기술개발	225.0
10	360도 VR 콘텐츠를 위한 전방향 트레드밀의 개발	250.0
11	360도 이미지 기반의 가상현실 투어 자동 생성 기술 및 시스템 개발	235.0
12	3D 기반의 증강현실 융합 가상현실 구현기술 개발	95.6
13	3D 실감형 프로그래밍 공정 개선 솔루션	60.0
14	3D 콘텐츠를 활용한 가상 현실 오디션 체험 IP서비스 개발	338.5
15	3D기반 도상훈련 시뮬레이터 개발	476.0
16	3차원 건축 정보 데이터(BIM)와 AR 기술의 전문영역 밀착형 ICT 기반 인테리어 시공 모바일 측량 시스템 개발	271.6
17	6+1자유도 모션기반 인터랙티브형 VR컨텐츠를 활용한 가상현실 체험시스템 개발	923.2
18	AR 기반 소방대원 훈련용 디바이스 및 플랫폼 구축	483.4
19	AR/MR 기반 교육 응용제작 및 서비스 플랫폼 개발	1,813.7
20	AR/VR 기술을 활용한 가상현실 기반 교육용 콘텐츠 및 핵심 요소기술 개발 사업	250.0
21	AR/VR기반 홍보/교육 콘텐츠 제작 전용 에디터 솔루션 개발	190.0
22	AR/VR을 위한 hands motion 인식기술 개발	34.0
23	HMD 기반 VR 서비스 프레임워크 표준개발	712.4
24	Smart AR(Augmented Reality) 솔루션 및 제품 개발	139.3
25	VR AR 산업의 필수인 고화질 입체 동영상 실사촬영장치의 개발	503.5
26	VR HMD용 양방향 무선 영상/데이터 송수신 WiGig 무선 모듈	1,158.0
27	VR 기반 산업잠수 교육 및 훈련용 디지털 트윈 서비스 개발	261.4
28	VR 콘텐츠의 공간감 구현을 위한 3D 바이노럴 사운드 편집 S/W 및 헤드폰 펌웨어 기술 개발	400.0
29	[VR 사격 체험 시뮬레이터]의 레저/훈련 시스템 제품화를 위한 휴먼 동작 제어 기술 및 가상현실 콘텐츠 개발	762.0

연번	과제명	사업비 (백만원)
30	VR(가상현실)기기를 이용한 특수 효과형 게임 콘텐츠 및 단체 리얼 체험 융합 4D 시뮬레이터 개발	177.6
31	VR기술을 이용한 인체공학적 설계도면 검증 방법 및 도구 개발	34.0
32	VR서비스 오픈플랫폼 구축과 VR영상 기술 및 콘텐츠 개발	1,977.3
33	가상·증강현실 디바이스용 핵심부품 원천기술 개발	2,580.0
34	가상현실 실감장치(4D체험) 제작을 위한 실시간 와이어위치제어시스템의 영상연동 (0.05초 단위) 프로그램 개발 및 시스템 모듈화	259.5
35	가상현실 콘텐츠 무선전송을 위한 모듈 개발	2,260.0
36	가상현실 콘텐츠 재생속도 90fps 실현을 위한 속도개선방법 기술개발	493.5
37	가상현실과 안전교육 융합을 위한 게임기반 인터랙티브 시뮬레이터 개발	281.3
38	가상훈련용 고정밀 3D 공간정보 변환 및 활용 기술개발	667.3
39	건축 모델링 콘텐츠를 적용한 BIM 데이터 연동 VR 트레드밀 기술개발	9.5
40	공공데이터와 단독주택BIM모델을 적용한 VR건축검증시스템	66.7
41	기계학습 및 분광기법이 적용된 토석류 거동특성을 고려한 증강현실 기반 최적 방재시설 설계기술 개발	137.0
42	다중 사용자용 VR 콘텐츠 서비스를 위한 플랫폼 기술 및 지능형 콘텐츠 클라우드 개발	714.5
43	다중 시점추적 가상현실 디스플레이 개발	231.3
44	다중사용자용 VR콘텐츠 서비스를 위한 플랫폼 기술 및 지능형 콘텐츠 클라우드 개발	17.3
45	동작분석 및 가상현실 기반 생산공정 최적화 검증용 Test Bed System 개발	908.3
46	동적 속성 모델링을 활용한 실물형 인터페이스 기반 증강현실 체험학습용 콘텐츠 제작 기술 개발	317.3
47	산업현장 응용을 위한 IoT 지원 증강현실 디바이스 개발	647.8
48	스마트폰 제어기반 실감 VR 및 체험 디바이스를 위한 오픈 플랫폼 개발	930.0
49	실시간 3D 실내공간 자동 구성 디바이스 및 공간 기반 서비스 클라우드 플랫폼 개발	708.5
50	실시간 3차원 실내공간 자동구성을 통한 공간 지능화 정보가전 시스템 및 플랫폼 개발	539.0
51	안전교육 가상체험 시뮬레이터 장비와 콘텐츠 개발	133.2
52	해양플랜트 공정관리를 위한 AR 실시간 가상회의 SW 개발	187.5
53	해양플랜트 교육훈련 서비스 플랫폼과 엔지니어용 3D 교육 편집 툴 제작	98.0
소계		27,969.7

(4) R&D기여율

- ☐ 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(2018)에서 제시한 R&D기여율 35.4%를 적용함

(5) 사업화 성공률

- ☐ 국토교통 R&D 과제의 최근 3년간 평균 사업화 성공률 28% (2014년~2016년)로 설정함

○ 2014년~2016년 국토교통 R&D 사업의 과제당 사업화 건수는 0.28로 분석됨

○ 동 사업분야과 관련된 도시건축연구사업의 2014년~2016년 과제당 사업화

건수는 0.56으로 전체 국토교통 R&D 사업의 과제건당 사업화 건수보다 두 배가 높은 것으로 분석됨

- 동 경제성분석에서는 보수적인 산정을 위해 국토교통 R&D 사업의 과제당 사업화 건수는 0.28를 활용함

(6) 부가가치율

- 한국은행 경제통계시스템의 산업연관표를 기준으로 건설산업분야의 부가가치율을 34.5%를 적용하였음

〈표 53〉 건설산업 부가가치율

관련 산업	부가가치계	총투입계	부가가치율
건설	66864493	193798682	34.5%

* 출처 : 2014 산업연관표, 한국은행경제통계시스템 2018. 12. 검색기반.

(7) 할인율

- 현재가치 추정을 위한 할인율은 ‘예비타당성조사 수행 총괄지침, 2018.4.17. 개정’에서 제시하고 있는 사회적 할인율 4.5%를 적용함

(8) 편익기간

- 동 경제성 분석의 편익 기간은 기술수명기간(TCT)을 활용하여 산정하여 6년으로 산정함
- 동 사업에서 개발하는 기술과 관련된 특허목록 중 상위 4개 분야의 TCT 중앙값 평균은 6년임

〈표 54〉 건설산업 부가가치율

IPC Code	구분	TCT 중앙값
G06F	전기에 의한 디지털 데이터 처리	6년
G06T	이미지 데이터 처리 또는 발생	6년
G06K	데이터의 분석, 데이터의 표시, 기록매체	7년
H04L	디지털 정보의 전송	5년
평균		6년

라. 편익 추정결과

□ 가상/증강현실 기반 공동주택 건설관리 선진화 기술개발을 통한 총 편익은 현재가치로 환산하면 302.7억 원이 도출되었음

○ 시장편익은 2024년 21.7억 원에서 2029년 130.2억 원이 발생하며, 이는 현재 가치로 환산하면 총 302.7억 원임

〈표 55〉 가상/증강현실 기반 공동주택 건설관리 선진화 기술개발 편익산정결과

구분	2024	2025	2026	2027	2028	2029	소계
관련 VR설계 및 AR시공시장 (억 원)	1,441.6	2,883.1	4,324.7	5,766.3	7,207.9	8,649.4	
사업기여율	43.98%	43.98%	43.98%	43.98%	43.98%	43.98%	
R&D기여율	35.40%	35.40%	35.40%	35.40%	35.40%	35.40%	
사업화성공률	28.00%	28.00%	28.00%	28.00%	28.00%	28.00%	
부가가치율	34.50%	34.50%	34.50%	34.50%	34.50%	34.50%	
시장매출 편익 (억 원)	21.7	43.4	65.1	86.8	108.5	130.2	
편익의 현재가치	16.7	31.9	45.8	58.4	69.8	80.2	302.7

마. 경제성분석 결과

□ 동 사업은 연구개발 이후 2024년~2029년까지 총 302.7억 원의 시장창출 편익이 발생하며, 소요되는 비용은 2020년~2023년까지 186.8억 원이 소요됨에 따라 B/C Ratio는 1.62로 분석됨

〈표 56〉 가상/증강현실 기반 공동주택 건설관리 선진화 기술개발 비용 및 편익의 흐름

연도	비용 (억 원)		편익 (억 원)	
	비용발생액	현재가치	편익발생액	현재가치
2020	27.5	25.2		
2021	55.0	48.2		
2022	85.0	71.3		
2023	52.5	42.1		
2024			21.7	16.7
2025			43.4	31.9
2026			65.1	45.8
2027			86.8	58.4
2028			108.5	69.8
2029			130.2	80.2
합계	220.0	186.8	455.3	302.7
B/C Ratio (302.7 / 186.8)				1.62

2. 기대효과

☐ 가상/증강현실 기반 지능형 건설관리 시스템 사업화

- 가상/증강현실 ICT 기술 기반 안전교육 및 직업훈련 프로그램 등의 콘텐츠를 구축하여, 작업자와 실무자의 교육, 업무수행 등 이해도를 향상과 그에 따른 경제적 효과를 창출하고 이를 사업화하여 관련 산업의 국·내외 시장 확대에 기여 가능함
- 세계적으로 설계-시공-유지관리까지 이어지는 가상/증강현실 기반 지능형 건설관리 시스템이 부재함
- 이에 대해 관련 산업을 전체적으로 아우르는 AR/VR 기반 지능형 관리시스템 개발을 통해 공동주택의 품질향상과 더불어 관련 산업의 해외시장 진출이 가능함

☐ 공동주택 건설현장 지능형 관리시스템 도입시 비용 절감효과

- 건설산업은 프로젝트 마다 다변화적 현장조건을 갖는 특수성으로 인하여 상대적인 관점에서 타 산업에 견주어 볼 때 과학기술의 발전 속도가 늦음
- 반면 현장에서 요구되는 기술의 성숙도는 4차산업혁명 기술 중에서도 융·복합적인 높은 수준의 기술을 요구하고 있음
- 이는 건설산업이 다양한 영역에서 4차산업혁명 기술도입을 통하여 비용 절감효과를 볼 수 있기 때문임. 특히, 건설현장에서 AR 기술을 통하여 초기에 정밀시공을 지원한다면 품질하자로 인해 지출되는 공사비용 절감이 가능함
- 그리고 국가적 차원에서 연구지원사업 수행 시, 중복투자에 대한 위험성을 감소할 수 있음

☐ 가상/증강현실 지능형 건설관리 시스템을 통한 공동주택 하자발생 감소

- 동 사업을 통한 시공과정에서의 정밀시공 지원 및 공정정보 가이드라인 제공, 콘트리트 형상관리 등을 통해 지속적으로 발생하는 공동주택 하자발생을 감소시킬 수 있음
- 건설산업 중에 공동주택 분야에서만 하자발생 건이 2017년 동안 302건이 발생하였음. 이에 대한 청구금액은 8,871억원이며 이중 주요 하자 원인(결로, 들뜸, 균열 등)에 대한 비율은 31.5%로 2,794억원 발생하였음
- 총하자건수: 302건
- 조정·합의·이행청구금액: 8,871억원

- 주요 하자 원인: 결로(13.8%) + 마감(들뜸, 균열 등_17.7%) = 31.5%

- 주요 하자 청구금액: 2,794억원

☐ 신산업 창출을 통한 고용효과 및 내수시장경제 활성화

- 가상/증강현실 공동주택 건설관리 선진화 기술개발은 산업적으로 경제적 파급효과뿐만 아니라, 건설현장의 미숙련자 및 인력문제를 근본적으로 해결하고, 스마트 시티, 스마트 홈, 빅데이터, IoT(사물 인터넷) 등 IT 산업과 산업의 융합화를 통해 시너지 효과를 창출하여 우리나라 산업의 경쟁력이 향상될 것으로 기대됨

3. 경제적 활용방안

- ☐ 연구 개발품에 대하여 오픈마켓 플랫폼을 구축하고 이를 발판으로 새로운 기술의 도입비용 부담, 기술적용 및 활용을 위한 기준 부재, 데이터 생성 및 공유에 대한 부담감 등 현실적인 시장진출의 어려움을 느끼는 민간기업들에게 선순환적 동반성장이 가능한 환경을 제공
- ☐ 국제 학술대회 및 학술지에 한국의 가상/증강현실 지능형 건설관리 시스템에 대하여 추진방향 및 기대효과를 소개함으로써 국제적인 홍보 효과를 통하여 해외자본 유치를 위한 초석으로 활용
- ☐ 건설산업의 AR/VR 관련 데이터 기술의 표준화 연구 및 데이터 구축체계에 대한 부분 주도
- ☐ 우리나라를 중심으로 본 과제에 관련된 연구가 지속적으로 이루어질 수 있도록 연구개발 사업에 대하여 해외 기업의 참여를 유도함으로써 국·내외 관련 산업 기술 및 경제발전의 계기로 활용
- ☐ 건설산업 맞춤형 가상/증강현실 지능형 건설관리 시스템을 통하여 새로운 시장 개척 및 선점
- ☐ 사업자에게 서비스 현황 파악과 향후 도입 가능한 서비스 분야를 예측할 수 있는 참조 지침으로 활용하여 응용 분야 확산 및 서비스 개발의 사업화 촉진
- ☐ 건설관리 지능형 시스템 핵심요소기술 간의 인과관계를 종합적으로 지표체계를 정리하여 자원 투입의 우선순위를 선정하고 중복투자를 방지함
- ☐ 지속적인 데이터 축적을 통하여 다음 프로젝트에서 활용이 가능한 미래형 건설관리 시스템을 구축하고, 건설현장 중심의 가상/증강현실 적용기술 선도 와 건설산업에서부터 파생적인 시장을 창출

5장. 인력투입 소요예산 산정

1절. 연구일정에 따른 인력투입 계획

1. 전체사업 인력투입 계획

가. 연차별 전체투입 연구인력

(단위 : 명)

분류	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
총괄	19	21	21	24	85
1세부 과제	7	7	8	9	31
2세부 과제	12	14	13	15	54

나. 상세투입 연구인력

(단위 : 명)

분류	총 개발인력(명)					비고 (%)
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	
책임연구원	5	5	5	5	20	24%
연구원	5	5	5	5	20	24%
연구보조원	9	9	9	9	36	42%
보조원	0	2	2	5	9	11%
합계	19	21	21	24	85	100%

2. 세부과제별 인력투입

가. 1세부과제: 공동주택 부실시공 방지를 위한 AR 기반 응용기술 개발

(단위 : 명)

분류		총 개발인력(명)					비고
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	
계	책임연구원	2	2	2	2	8	
	연구원	2	2	2	2	8	
	연구보조원	3	3	3	3	12	
	보조원	0	0	1	2	3	
1-1 세세부	책임연구원	1	1	1	1	4	
	연구원	1	1	1	1	4	
	연구보조원	1	1	1	1	4	
	보조원	0	0	1	1	2	
1-2 세세부	책임연구원	1	1	1	1	4	
	연구원	1	1	1	1	4	
	연구보조원	2	2	2	2	8	
	보조원	0	0	0	1	1	

나. 2세부과제: 건설현장 안전사고/재난 대응 및 맞춤형 지원을 위한 VR 기반 응용
기술 개발

(단위 : 명)

분류		총 개발인력(명)					비고
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	
계	책임연구원	3	3	3	3	8	
	연구원	3	3	3	3	8	
	연구보조원	6	6	6	6	16	
	보조원	0	2	1	3	5	
2-1 세세부	책임연구원	1	1	1	1	4	
	연구원	1	1	1	1	4	
	연구보조원	2	2	2	2	8	
	보조원	0	1	0	1	2	
2-2 세세부	책임연구원	1	1	1	1	4	
	연구원	1	1	1	1	4	
	연구보조원	2	2	2	2	8	
	보조원	0	1	1	1	3	
2-3 세세부	책임연구원	1	1	1	1	4	
	연구원	1	1	1	1	4	
	연구보조원	2	2	2	2	8	
	보조원	0	0	0	1	1	

2절. 소요예산 산정

1. 예산 산정방법

- ☐ 세부과제를 수행하는데 소요되는 적정 비용을 산정하고, 이를 토대로 세부과제의 연구비를 산정하여 총 사업예산 규모를 확정함.
- ☐ 인건비는 ‘2018년 학술연구용역 인건비 기준단가’를 기준으로 작성함.
- ☐ 항목별 예산은 ‘국토교통부소관 연구개발사업 운영규정’의 별표 2 연구개발비 비목별 계상기준 ‘을’ 작성기준으로 활용함.

2. 전체사업 소요예산

- ☐ 본 연구개발과제의 최종목표 달성을 위해 필요로 하는 세부과제 연구개발내용을 수행하기 위해 소요되는 연구개발예산을 추정하여 전체 연구개발기간 내에서 연도별로 제시하고 기업체 참여가 가능한 과제의 경우 예상 기업부담금을 제시함.

(단위 : 백만원)

세부항목		1세부과제	2세부과제	계
1차년도	정부	873	1,697	2,570
	민간	244	475	720
	계	1,117	2,172	3,289
2차년도	정부	1,445	2,453	3,898
	민간	419	711	1,130
	계	1,864	3,164	5,028
3차년도	정부	1,570	2,509	4,079
	민간	455	728	1,183
	계	2,025	3,237	5,262
4차년도	정부	1,291	2,162	3,453
	민간	362	605	967
	계	1,653	2,767	4,420
계	정부	5,179	8,821	14,000
	민간	1,480	2,520	4,000
	계	6,659	11,341	18,000

가. 예산 항목별 소요예산

○ 인건비는 ‘2018년 학술연구용역 인건비 기준단가’를 기준으로 작성함.

○ 항목별 예산은 ‘국토교통부소관 연구개발사업 운영규정’의 ‘별표2 연구개발비 비목별 계상기준’을 작성기준으로 활용함.

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부항목	예산항목						비율 (%)
		단가 (연봉:천원)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	
인 건 비	책임연구원	76,063	380	380	380	380	1,521	11%
	연구원	58,324	292	292	292	292	1,166	8%
	연구보조원 (박사과정)	38,988	351	351	351	351	1,404	10%
	보조원 (석사과정)	29,242	-	58	58	146	263	2%
	소계		1,023	1,081	1,081	1,169	4,354	31%
직 접 비	연구장비/재료비		800	1,750	1,800	1,300	5,650	40%
	연구활동비		190	260	315	245	1,010	7%
	연구과제추진비		170	290	350	250	1,060	8%
	연구수당		153	162	162	175	653	5%
	소계		1,313	2,462	2,627	1,970	8,373	60%
간접비			234	354	371	314	1,273	9%
합 계			2,570	3,898	4,079	3,453	14,000	100%
* 인건비=소요인력(ManPower) × 단가								

3. 세부과제별 소요예산

가. 1세부과제: 공동주택 부실시공 방지를 위한 AR 기반 응용기술 개발 연차별 예산항목

(단위 : 백만원)

예산항목	세부항목	예산항목						비율 (%)
		단가 (연봉:천원)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	
인건비	책임연구원	76,063	152	152	152	152	609	12%
	연구원	58,324	117	117	117	117	467	9%
	연구보조원 (박사과정)	38,988	117	117	117	117	468	9%
	보조원 (석사과정)	29,242	-	-	29	58	88	2%
	소계		386	386	415	444	1,631	31%
직접비	연구장비/재료비		200	600	600	400	1,800	35%
	연구활동비		80	120	170	123	493	10%
	연구과제추진비		70	150	180	140	540	10%
	연구수당		58	58	62	67	245	5%
	소계		408	928	1,012	730	3,078	59%
간접비			79	131	143	117	471	9%
합 계			873	1,445	1,570	1,291	5,179	100%
* 인건비=소요인력(ManPower) × 단가								

나. 2세부과제: 건설현장 안전사고/재난 대응 및 맞춤형 지원을 위한 VR 기반 응용기술 개발

(단위 : 백만원)

예산항목	세부항목	예산항목						비율 (%)
		단가 (연봉:천원)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	
인건비	책임연구원	76,063	228	228	228	228	913	10%
	연구원	58,324	175	175	175	175	700	8%
	연구보조원 (박사과정)	38,988	234	234	234	234	936	11%
	보조원 (석사과정)	29,242	-	58	29	88	175	2%
	소계		637	696	666	725	2,724	31%
직접비	연구장비/재료비		600	1,150	1,200	900	3,850	44%
	연구활동비		110	140	145	122	517	6%
	연구과제추진비		100	140	170	110	520	6%
	연구수당		96	104	100	109	409	5%
	소계		906	1,534	1,615	1,241	5,296	60%
간접비			154	223	228	197	802	9%
합 계			1,697	2,453	2,509	2,162	8,821	100%
* 인건비=소요인력(ManPower) × 단가								

6장. 과제공모 방안

1절. 과제 제안요구서(RFP)

연구과제명	가상/증강현실 기반 공동주택 건설관리 선진화 기술개발 기획
1. 연구개발 목표	☐ 증강/가상현실 기법을 이용한 공동주택의 품질 수준 향상과 공동주택 건설관리 선진화 및 융복합 기술 활성화 ☐ 공동주택의 건설에서의 안전사고/재난 대응 및 유지관리, 시공 정밀도 향상을 위해 AR/VR 기반 지능형 건설관리 플랫폼 개발 및 서비스 활성화 방안 마련으로 다음과 같은 연구개발 목표를 제시함 - 공동주택 시공품질 향상을 위한 AR 기반 응용기술 개발 - 안전사고/재난 대응 및 맞춤형 지원을 위한 VR 기반 응용기술 개발 - 공동주택 지능형 건설관리 활성화 방안 제시
2. 연구개발의 필요성 및 기술 동향	[연구개발 필요성] ☐ 설계단계에서 지속적인 설계협업 효율성 향상의 요구 ☐ 시공단계에서 시공 생산성, 품질 및 안전 향상의 필요성 증대 ☐ 공동주택 유지관리 서비스 수요 증가에 따른 유지보수 정보관리 효율성 향상의 요구 ☐ 사용자 참여설계에 대한 요구증가 ○ 2016년 미래창조과학부에서 발간한 기술영향평가 보고서에 따르면, VR/AR 기술을 설계에 활용한다면 원활한 커뮤니케이션과 업무처리가 가능하여 자원절감 효과가 있을 것으로 기대됨. ○ 최근 BIM 기술이 이슈화되면서 일부에서는 의사결정 지원을 위해 3D모델을 제공하고 있지만 이는 전문화된 기술로 정보 접근이 용이하지 않음. 이에 따라 VR/AR 및 첨단 ICT 기술을 통해 구축된 서비스 플랫폼을 통해 사용자에게 체험형 정보를 제공한다면, 참여설계를 위한 효과적인

도구로 활용 가능함.

□ 설계협업 효율성 향상의 요구

- 설계협업은 현재 설계, 구조, 설비 등을 수행하는 업체의 합사 혹은 전화, 메일 등을 활용해 수행되고 있음. 합사를 통한 협업은 작업자에게 과도한 업무량이 가중되며, 전화, 메일 등을 활용한 협업은 정확한 정보 전달이 어려워 정보누락, 재작업 등의 문제가 발생.
- 이에 따라, 설계협업의 효율성 향상을 위한 VR/AR 기술 기반 설계협업 시스템이 개발중에 있음. 예를들어, 미국 KallocTech사의 Fuzor은 BIM정보를 모니터상의 가상모델에 가상현실을 구현하여 설계된 건축물을 체험하고, 수정사항을 실시간으로 모델에 반영하는 시스템을 개발하였음.

□ 시공 생산성 및 품질

- ‘건설기능인등급제 도입 · 운영방안 (국토교통부, 2013)’에 따르면, 건설업은 타산업에 비해 노동의존도가 높은 것으로 조사됨. 이는 건설이 표준화된 생산체계를 갖추기 어려운 산업구조를 가지고 있기 때문으로 분석되며, 이에 따라 산업 경쟁력 확보를 위해 안정적인 인력의 공급이 필수적임(국토교통부, 2013).
- 국토교통부 하자심사·분쟁조정위원회(이하 조정위원회)에 따르면 2010년 69건에 불과했던 신고 건수는 2016년 대폭 증가하여 3,880건, 2017년 4087건으로 매년 증가되는 것으로 조사됨. 조사된 통계는 조정위원회에 아파트 하자 신고접수 건수로 한정된 수치여서, 실제 공동주택에 대한 품질하자 발생 건수는 더욱 많을 것으로 예상. 하자 유형별로 살펴 봤을 때, 기능불량 20.7%, 결로 13.8%, 소음 9.7%, 균열 9.3% 들뜸 및 탈락 8.4% 순으로 나타났으며, 실내 기계, 설비 등의 하자를 포함하고 있는 기능불량을 제외하고, 부실시공으로 인한 하자는 결로가 가장 높은 비중을 차지하고 있음.
- 따라서 건설현장에 신규인력 유입을 위해서는 첨단 ICT 융복합 기술도입으로 생산성을 향상 시킴과 동시에 산업인식에 대한 개선이 요구됨.

□ 건설 안전성 향상

- 고용노동부에서 발간한 ‘산업재해현황분석’ 자료에 따르면, 최근 10년간 건설업에서 발생한 재해자수는 매해 꾸준히 증가하는 추이를 보이고 있음.
- 또한, 2015년 자료에 따르면, 건설업이 25,132명으로 산업별 재해발생의 28%로 조사되었으며, 이중 다수의 사고는 작업자의 부주의로 인해 발생하며 충분한 교육을 통해 예방할 수 있음.

□ 유지보수 정보관리 효율성 향상의 요구 증대

- 시설물 노후화로 인해 건축물 유지관리의 관심이 꾸준히 증가되고 있으며, 생애주기에 걸쳐 건설정보를 관리하는 시스템의 필요성은 지속적으로 부각 될 전망이다.
- 또한, 다양한 4차산업혁명 기술도입으로 인해 국민소통을 기반으로 하는 시설물 유지관리 서비스 수요가 증가되고 있음.
- 사용자가 직접 의사결정에 참여해 원하는 성능의 시설물을 구현하는 스마트(Smart)기술 실현을 위해서, 정보공유 플랫폼과 설계 시공 유지관리 정보를 통합관리 하는 데이터베이스 구축이 필수적으로 선행되어야 함.

□ 첨단 ICT 수요 증가

- 건축분야를 포함한 많은 분야에서 VR/AR 기술에 대한 투자 및 적용 시도가 증가하고 있음.
- 첨단 ICT 요소기술을 VR/AR과 결합하여 스마트홈을 구현하기 위한 노력을 하고 있음.

□ VR/AR 기술수요 증가

- 미래창조과학부 외 3개의 기관에서 함께 발간한 ‘가상현실 산업육성 추진현황 및 향후 계획’ (2016년 7월)에 따르면, 글로벌 가상현실 신시장 및 플랫폼 선점을 위한 추진전략 중 하나로 건축, 의료, 관광, 교육훈련 등의 분야에서 VR 융복합산업 분야 수요창출 프로젝트 발굴을 제안하고 있어, 국내에서도 이러한 건설기술개발을 위한 투자와 시도들이 점차 증가 될 것으로 예상.
- 또한, 디바이스와 관련하여 신규 디바이스, 부가 액세서리 기기 등의 수요증가로 관련 산업이 활성화될 전망이며, 기존 인쇄출판 콘텐츠와 VR/AR 기술을 접목하여 멀티미디어 콘텐츠 산업이 활성화될 전망이다 (미래창조과학부, 2016).

□ 노동시장의 변화

- 건설산업은 전통적으로 노동집약적인 산업이며, 자동화 기술이 도입되고 있는 현대의 추세에도 불구하고 설계-시공 등 많은 부분에서 기능인력에 의존함.
- 더욱이 건설은 3D(Dirty, Difficult, Dangerous) 산업이라는 뿌리 깊은 인식으로 인해 청년층의 유입이 더디며, 기존 인력의 고령화 추세는 건설 기능인력 수급의 어려움을 가중시키고 있음.
- 이러한 건설산업의 분위기 전환을 위해서는 생산성을 향상시킬 수 있는 보다 기술 집약적 건설생산과정으로의 발전이 필요함.

□ 건설산업 프래그멘테이션(Fragmentation) 극복의 요구

- 건설산업은 종종 “단절”, “분열”을 의미하는 “프래그멘테이션(Fragmentation)”이라는 단어로 대표되고 있음.
- 이는 발주자, 설계자, 원도급자, 하도급자, 건설관리자, 사용자 등 다양한 참여자가 존재하는 건설프로젝트의 특성에서 기인함. 따라서 프로젝트 모든 단계에서 참여자 간 의사소통의 문제가 빈번한 고질적인 특성을 해소할 필요가 있음.
- 앞서 언급한 바와 같이, 최근 건설 노동환경의 변화로 인해 부족한 기능 인력을 외국인 노동인력으로 대체하는 이 시점에서는 내외국인 인력의 공존에 따른 의사소통 문제가 더욱 가중되고 있음.

□ 첨단기술 중심의 산업 동력 부재

- 막대한 자금이 투입되고, 오랜 기간이 소요되는 건설프로젝트의 특성으로 인해, 건설산업은 리스크가 존재하는 새로운 기술도입에 적극적이지 않은 산업으로 인식됨.
- 따라서, 최근 건설에 다양한 첨단 기술을 도입하고자 하는 시도에도 불구하고, 분산적으로 개발/적용되는 특성으로 인해 다양한 기술 간의 시너지를 발생시키기 힘들며, 기술중심의 건설산업 생태계를 작동시키는 동력이 부재함.

□ 국토교통 4차 산업 혁명 대응 전략(2017)

- 국토교통부는 2017년 국토교통 ‘4차 산업 혁명 대응전략’을 마련하였으며, 이 전략에는 4차산업과 관련된 ICT, 드론, 증강/가상현실 등의 기술을 활용하여 국토교통 서비스를 국민 체감형으로 혁신하기 위한 정책 및 기술개발 등이 포함되어있음.
- 주거와 관련된 대응전략으로는 스마트홈과 스마트시티의 중간단계에서 실증으로 구현되는 인 스마트 커넥티드 타운 조성이 있으며, 이 타운에는 스마트그리드, 제로에너지 빌딩, 교통시스템, 헬스케어 등 다양한 분야 기술을 융복합 적용할 예정임. 그리고 스마트 주거모델 제시, 지능형 정보관리를 통한 건축물 성능향상에 대한 전략을 수립함.
- VR/AR과 관련된 대응전략으로는 재난/재해 대응, 가상훈련 등 실감형 융복합 콘텐츠활용지원 기술 개발에 대한 전략을 수립함.

[기술동향]

□ 국내 동향

- 연구는 활발히 이뤄지고 있으며, 다수 국책 과제가 지원되고 있음. 기술 수준 향상을 위한 기초-응용 분야별 개발 투자 비율은 기초 연구에 70% 수준으로 비중이 높음.
- 상업적 영역에서는 게임 부분에 주로 집중되어있으며, 건설 부분으로는 모델하우스 가상화 단계에 머물고 있음. 해외 기술 플랫폼에 의존하고 있으며 소수 기업이 유통플랫폼 구축을 추진하고 있으나 아직까지 대부분 기술 응용 및 시제품 개발 단계임.
- 기존 3D 기업들이 AR/VR로 업종전환을 모색 중이나, 아직 비즈니스 성공 사례가 창출되지 않아 투자 및 진출함에 있어 어려움이 있으며, 기술 구현 및 콘텐츠 개발을 위한 개발 환경이 구축되지 않아 외국 기술에 의존.

□ 국외 동향

- 디스플레이와 광학 시스템, 그래픽 표현기술(Rendering) 기술, 추적 시스템 등 다양한 센서의 결합을 통한 하드웨어적 구성에 초점을 맞춰 개발이 진행됨
- 현재 콘텐츠 개발 움직임이 활발해지고 있음. AR/VR과 같은 몰입형 콘텐츠의 경우 View, Object 등을 컨트롤 할 수 있는 지원 기술이 필수적이며, 이에 대한 기술로 시선 추적(Eye Tracking), 동작 인식(Motion Recognition) 등을 중심으로 기술 개발이 이루어지고 있으며, 현장 가시화를 위한 실내 위치 추적 기술 및 Marker/Markerless 인식 기술 등이 개발 중에 있음.
- 특히, 의료, 엔지니어링 분야의 시장 수요가 확대될 것으로 전망되며, 소프트웨어와 콘텐츠 중심으로 트렌드가 변화하고 있음. 국내의 경우 저작 도구, 응용기술, 응용 소프트웨어 기술의 해외 솔루션 이용 및 의존도가 높음

□ 시장 동향

- 시장조사 기관별로 VR/AR 시장 규모의 수치는 상이하나, 큰 성장세를 보이고 있으며, 시장 규모를 2025년 약 800억달러(하드웨어:450억 달러, 소프트웨어:350억달러)로 전망함.
- AR VR기술의 활용도가 높을 것으로 기대되는 의료, 산업, 군사, 교육부문으로 산업(Engineering)의 경우 2025년 시점 51억 달러로 추정.(골드만삭스,2016)

- 페이스북(' 14. Oculus 인수), 삼성(' 15. Gear VR 출시), 구글(VR 플랫폼인 '데이드림', AR 플랫폼 '탱고', VR디바이스 등 출시) 등 ICT기업의 진출이 활발하며, 그 외 소니, 디즈니 등 미디어업체, 이케아 등 유통업체의 진출도 가시화.
- 국내 AR/VR 하드웨어 및 콘텐츠 시장규모 합계는 2015년 9,636억원에서 연평균 43% 성장률로 보이며 2020년에는 5조 7,271억원 규모까지 확대될 것으로 전망(한국 VR산업협회 준비위원회).

3. 연구개발 내용

[세부과제 1] AR·VR 기반 공동주택 건설관리 선진화를 위한 기반 구축 및 설계 지원기술 개발

□ AR·VR 기반 공동주택 건설관리 선진화를 위한 기반 구축 및 설계 지원 기술 개발

○ 공동주택 관리 서비스공급·활성화를 위한 오픈 마켓 플랫폼 및 제도/정책 개발 3D 가시화를 위한 실시간 위치 추정 기술 개발

- Cloud 기반 3D 콘텐츠 지원용 플랫폼
- AR/VR 요소기술 개방형 플랫폼
- 공동주택 AR/VR 기반 건설관리 기술 지킴이개발
- AR/VR 기반 건설관리 선진화를 위한 법, 제도 개선 방안 개발
- 개발 기술·상품 실용화를 위한 제도·정책 및 유통·확산 전략 개발 (Marketing, 유통, 사후관리)

○ 공동주택 맞춤형 주거환경 및 설계 지원기술 개발

- 이머시브-VR기반 사용자·거주자 사전설계 평가기술 개발 (Immersive VR Pre-Occupancy Evaluation)
- 작업자 다자참여형 이머시브 협업설계기술 개발
- VR 기반 사용자·거주자용 세대 맞춤형 DIY 시각화 기술 개발
- AR/VR 콘텐츠 제작을 위한 3D 데이터 최적화 및 압축기술 개발
- 기술 및 콘텐츠 연계를 위한 Visual Database 구축
- AR/VR용 건설자재 표준 라이브러리 및 저작도구 개발

[세부과제 2] AR·VR 기반 공동주택 건설현장 시공·유지관리 기술 및 사용자 맞춤형 응용기술 개발

□ AR·VR 기반 공동주택 건설현장 시공·유지관리 기술 및 사용자 맞춤형 응용기술 개발

○ 공동주택 시공 품질 향상을 위한 AR 기반 정밀시공 관리 지원기술 개발

- AR 가시화를 위한 실시간 위치 추정 기술 개발
- 정밀시공 작업자 지원용 AR Fitting & Fixing 기술 개발(개구부, 문틀, 창호 특화)
- 건설현장 감리·검측을 위한 객체인식 및 트래킹 적용 기술 개발
- 콘크리트 타설관리를 위한 AR 기반 실시간 평활도 검측 기술 개발
- 디지털 매뉴얼 구축 및 정밀시공 가이드스 개발
- 건설현장 3D 정보 가시화를 위한 AR 오버레이 기술 개발

○ 공동주택 재해 다발공종 대상 VR 기반 안전교육용 몰입형 콘텐츠 및 기술 개발

- 체험형 교육을 위한 VR Room 설계 및 구축
- 안전교육용 VR 몰입형 가상공간 및 가상객체 개발(철근콘크리트 공사용, 비계/가설구조물 공사용)
- 맞춤형 작업자용 건설 작업 교육훈련 기술 개발
- 교육용 동작훈련 시뮬레이터 기술 개발
- 건설현장 몰입형 안전교육을 위한 VR 이동식 일체형 플랫폼 및 프로토타입 개발

○ 공동주택 지능형 스마트 유지관리 및 사용자 단계 맞춤형 하자·보수 기술 개발

- 유지관리 디지털 매뉴얼 구축
- 공동주택 관리자용 실시간 점검 및 이력관리 시스템 개발
- 실시간 관리자 협업용 플랫폼 개발
- IoT 기반 사용자 단계 맞춤형 관리 지원 기술 개발
- 사용자·거주자 맞춤형 AR 기반 하자보수 One-Stop 서비스 개발

4. 연구개발 추진방법	
■ 추진전략 □ 연구성과의 실용화 성공 극대화를 위한 전략 수립 - 연구내용, 개발기술, 성과물간 연계가 표출되는 기술개발 및 성과로드맵 수립 - 연구를 통해 개발될 요소기술, 산출물 또는 성과물의 최종 수혜자, 사용 환경 등에 대한 명확한 정의 및 구체적 시나리오 설정(설계, 시공, 유지 관리 단계별 성과물과 사용자를 명확히 분류) - 개발 기술의 현장적용을 통한 검증 강화 및 적용사례 확보 - 기술 성취도 향상을 위한 해당 기술 관련 기업체 참여 - 실질적인 기술 성능평가 추진을 위한 실시기업 연계 및 실시기업의 기술 개발 참여도 확대전략 수립 □ 각 세부과제 별로 현장적용 기술, 검증내용(달성목표), 검증방법, 검증시기, 현장적용 대상지(테스트베드)의 범위 등을 구체적으로 설정하고, 관계 기관과 사전적·지속적 협조체계를 구축하는 등 개발기술의 현장적용을 위한 전략 수립 □ 정부(지자체) 및 관련 기업·공사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축 - 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견수렴 - 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영 □ 개발결과물의 특허출원 등을 통한 실수요처 기술이전 적극 추진 및 현장 활용성 도모	
■ 추진체제 □ 본 연구단은 개발 기술의 파일럿 제작 및 성능평가를 위해 산업체, 연구 기관 및 학계 컨소시엄으로 구성하여 공동연구를 수행해야 함 ※ 관련 기술을 확보한 연구기관 및 성과물을 활용할 수 있는 산업체 참여 유도 (참여시 가점 부여) □ 관련 정부 기관, 수요기관, 운영기관 등과의 연계를 통해 성능평가 등을 위한 협력체제 구축 □ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제 추진 시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험 시공 현장 제공 등)이 명확하여야 하며, 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함	

☐ 필요시 외국 전문가 또는 외국기관 활용 ☐ 각계 전문가 자문단을 구성하여, 연구개발의 기술적·정책적·경제적 보완사항에 대한 자문 ☐ 연구신청자는 과도한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모할 것 ☐ 연구진의 연구 참여율을 높여 연구집중도 제고 필요 ☐ 성과물의 파일럿 제작 및 성능평가를 우선하여 기술실시 대상기업을 명확히 결정하고, 대상기술이 실용화가 가능한 수준으로 성과물이 도출되도록 상시 관리체계 수립 ☐ 연구 과제 성격에 따라 법·제도 시스템의 개선, 성과물의 표준화 및 실용화 등을 위한 조직체계 및 인력투입 방안 제시가 필요 ☐ AR/VR 기반 건설관리 선진화를 위한 법·제도 및 정책 개선의 구체적 추진 방향성 제시가 필요(전 산업전반에 대한 포괄적인 내용과 기술·적용 단계·사용자에 따른 부분적인 내용으로 구분)	
---	--

5. 최종성과물	
☐ 주요 최종성과물 ☐ 공동주택 관리 서비스공급·활성화를 위한 오픈 마켓 플랫폼 및 제도/정책 개발 - Cloud 기반 콘텐츠 지원 플랫폼(시작품) - 요소기술 공유 플랫폼 (시작품) - 기술 지침서 - 제도, 정책 개선 및 구축(안) 보고서 - 실용화 및 유통·확산 전략 보고서 ☐ 공동주택 맞춤형 주거환경 및 설계 지원 기술 개발 - 사전설계 평가 시스템 (시제품) - 다자참여형 설계 모듈(시작품) - DIY 맞춤형 시각화 모듈(시작품) - 데이터 최적화 및 가공 모듈(시작품)	

- Visual Database(시작품)
- 공동주택 시공 품질 향상을 위한 AR 기반 정밀시공 관리 지원기술 개발
 - 위치 인식 및 추정 모듈(시작품)
 - AR Fitting 모듈, Fixing 모듈(시작품)
 - 객체 인식 모듈, 트래킹 모듈(시작품)
 - AR 평활도 검측 시스템(시제품)
 - 정밀시공 가이드 시스템(시제품)
 - AR Overlay 모듈(시작품)
- 공동주택 재해 다발공종 대상 VR 기반 안전교육용 몰입형 콘텐츠 및 기술 개발
 - 안전교육 체험형 VR Room 제작(시제품)
 - 안전 교육용 콘텐츠(시작품)
 - 교육훈련 지침서
 - 동작 훈련 시뮬레이터(시작품)
 - VR 이동식 일체형 프로토타입(시제품)
- 공동주택 지능형 스마트 유지관리 및 사용자 단계 맞춤형 하자·보수 기술 개발
 - 디지털 매뉴얼(시작품), 운용 보고서
 - 점검 및 이력관리 시스템 개발
 - 유지관리 협업 플랫폼(시작품)
 - IoT 맞춤형 관리 지원 모듈(시작품)
 - One-Stop 하자보수 시스템(시제품)

6. 활용방안 및 기대효과

- ☐ 설계단계에서 VR/AR/MR 기술을 도입하여 생산된 정보를 프로젝트 각 단계에 활용한 사례가 있으며, 이는 설계단계의 효율성뿐만 아니라 프로젝트의 전반적 성과 향상에 기여할 수 있음.

- 설계자, 시공사뿐만 아니라 사용자(입주자)도 VR/AR 플랫폼을 통하여 건설 프로젝트에 의견을 개진하고 적극적으로 참여함으로써 전체 프로젝트의 효율성 및 만족도를 향상시킬 수 있는 가능성이 열림.
- 실시간시공 이력 확인, 종이도면 없이 스마트폰으로 3D 도면 관리, VR/AR 기술을 통한 시설물 확인 등의 편의 기능을 지원하는 통합관리 시스템 기술을 개발하여 현장관리비용 최소화 및 신속한 현장관리 등에 활용할 수 있음.
- VR/AR을 활용한 설계-시공-유지관리 기술은 다양한 대안 분석을 큰 추가 비용 없이 수행할 수 있으므로, 대안 생성 및 비교 검토에 활용될 수 있음.
- 시공현장에서의 안전관리의 일환으로 안전사고상황을 간접 체험할 수 있는 VR 안전교육장을 운영하여 근로자의 안전의식을 고취할 수 있으며, 다양한 교육 콘텐츠의 활용으로 비숙련공/비기능공/해외노동자 등의 교육 훈련으로도 활용할 수 있음.
- 건설시공 단계에서 부재 설치/검측에 VR/AR을 활용하는 기술은 현재 낮은 센서 정확도로 인하여 다소 불안정함. 이를 로보틱스, AI 등의 첨단 ICT 기술과 연계하여 시공 오차를 측정할 수 있을 정도의 정확도가 확보된다면 건설현장에서 안전, 품질, 생산성 등의 많은 문제를 지능적으로 해결할 수 있을 것으로 사료됨.
- 가상/증강현실 ICT 기술 기반 안전교육 및 직업훈련 프로그램 등의 콘텐츠를 구축하여, 작업자와 실무자의 교육, 업무수행 등 이해도를 향상과 그에 따른 경제적 효과를 창출하고 이를 사업화하여 관련 산업의 국·내외 시장확대에 기여 가능함
- 공동주택 건설현장 지능형 관리시스템 도입시 비용 절감효과
 - 건설산업은 프로젝트 마다 다변화적 현장조건을 갖는 특수성으로 인하여 상대적인 관점에서 타 산업에 견주어 볼 때 과학기술의 발전 속도가 늦음
 - 반면 현장에서 요구되는 기술의 성숙도는 4차산업혁명 기술 중에서도 융·복합적인 높은 수준의 기술을 요구하고 있음
 - 이는 건설산업이 다양한 영역에서 4차산업혁명 기술도입을 통하여 비용 절감효과를 볼 수 있기 때문임. 특히, 건설현장에서 AR 기술을 통하여 초기에 정밀시공을 지원한다면 품질하자로 인해 지출되는 공사비용 절감이 가능함

○ 그리고 국가적 차원에서 연구지원사업 수행 시, 중복투자에 대한 위험성을 감소할 수 있음 □ 시공과정에서의 정밀시공 지원 및 공정정보 가이드라인 제공, 콘트리트 형상관리 등을 통해 지속적으로 발생하는 공동주택 하자발생을 감소시킬 수 있음 □ 가상/증강현실 공동주택 건설관리 선진화 기술개발은 산업적으로 경제적 파급효과뿐만 아니라, 건설현장의 미숙련자 및 인력문제를 근본적으로 해결하고, 스마트 시티, 스마트 홈, 빅데이터, IoT(사물 인터넷) 등 IT 산업과 산업의 융합화를 통해 시너지 효과를 창출하여 우리나라 산업의 경쟁력이 향상될 것으로 기대됨 □ 기술개발 결과로 인한 글로벌시장 선점은 경제적 효과뿐만 아니라 미래 기술 보유국의 이미지, 건설산업의 국제적 위상 강화, 관련 핵심 원천기술의 자립화 및 기술 수출을 통해 국가 이미지 제고에 기여가 가능
--

7. 연구개발기간 및 소요예산	
□ 총 연구기간 ○ 1단계 - 1단계 1차년도 연구기간 : 2020.01 ~ 2020.12 - 1단계 2차년도 연구기간 : 2021.01 ~ 2021.12 - 1단계 3차년도 연구기간 : 2022.01 ~ 2022.12 - 1단계 4차년도 연구기간 : 2023.01 ~ 2023.12 □ 총 정부출연금 : 14,000백만원 ○ 1단계 - 1단계 1차년도 정부출연금 : 2,570백만원 - 1단계 2차년도 정부출연금 : 3,898백만원 - 1단계 3차년도 정부출연금 : 4,079백만원 - 1단계 4차년도 정부출연금 : 3,453백만원 ※ 각 단위과제별 정부출연금은 별첨 기획보고서의 예산편성에 준하여 제시할 것	

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정에 따라 조정될 수 있음

※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토해양부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능

※ 연구단과제는 세부과제 별로 기업부담금 비율 준수하되, 분리공모과제의 경우는 분리공모과제 단위에서 기업부담금 비율을 준수할 것

※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능

8. 기타

☐ 본 과제는 필요에 따라 주관(협동)연구기관, 공동연구기관, 위탁연구기관 및 참여기업으로 편성된 컨소시엄으로 신청 가능

☐ 연구단 컨소시엄 신청시 연구단장 신청자는 반드시 세부주관 연구책임자 또는 총괄과제 연구책임자로 참여하여야 함

☐ 각 세부 별 참여기관은 기업체도 가능하며, 해당 연구와 관련된 실적을 보유하고 있거나 유사 연구 참여 경력이 있는 기업이어야 함

☐ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업수행실적이 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 활용 계획을 연구계획에 포함

※ 연구단장은 연구단의 효율적 운영·관리를 위해 총괄과제 수행 가능

☐ 타 연구과제(국토해양부, 타 부처, 민간 등 포함)와의 차별성 및 연계활용방안을 반드시 검토하여 제시할 것

○ 필요시 공모된 연구과제명 외에 연구목표·내용에 대한 대표성을 가지고 타연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구과제명으로 수정하여 제안할 수 있음

☐ 전체 연구단 및 세부과제별로 비전, 미션, 연구목표 및 전략체계 제시

○ 연구개발 핵심성과물 목록 및 핵심성과물 세부 설명 제시

- 연구착수시점과 종료시점에 대하여 기술수준, 국산화율 등에 대한 대비가 가능하도록 “As-is”와 “To-be”를 구체화·가시화하여 제시
- 연구성과 명시 및 성과도출계획, 평가방안 제시
- 연구성과의 파일럿 제작 및 주특성능기준 만족 계획 필히 제시
 - ※ 내세울 만한 가치가 있는 핵심성과물과 그 성과로드맵 제시
 - ※ 성과 및 기술의 유형별 분류 포함(TRL)
- 실용화 대상 기술을 반드시 명시하고 기술검증/실용화 범위 및 방안 제시
- 연구신청자는 제안요청서에 제시된 연구개발 내용을 기준으로 연구개발계획서를 작성하되, 과제의 목표 달성에 필요하다고 판단되는 경우 연구내용을 충분한 관련근거를 제시하고, 수정하여 제안할 수 있음
- 테스트베드를 포함하는 경우에는 적용대상 기술 및 개략적인 소요예산 제시
- 연구수행기관으로 선정 이후 필수 이행사항
 - 연구개발 성과목표·지표별 달성목표치, 가중치 및 개발된 기술·성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 성과점검기준표 작성 및 제출
 - ※ 성과점검기준표는 향후 진도점검·관리 및 평가 등의 근거자료로 활용
 - 주기적 특허 및 시장 동향 조사 실시
- 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비포함)이 조정될 수 있음

2절. 과제 제안요구서(RFP)

1. 평가항목 및 배점

기준항목	세부평가항목	배점
연구진의 기술개발 업적 (10점) ※ 주관, 협동, 공동연구기관만 해당	세부연구내용에 관한 국내외 논문 건수(1)	10점
	세부연구내용에 관한 국내외 특허등록 및 건설 신기술 인증 건수(2)	
연구진의 주요실적 (10점) ※ 주관, 협동, 공동연구기관만 해당	세부연구내용 관련 유사 실무프로젝트 수행실적 건수(3)	10점
	세부연구내용 관련 국가 연구개발사업 수행 건수(4)	
연구단 구성의 적정성 (10점) ※ 주관, 협동, 공동연구기관만 해당	주관, 협동, 공동연구 책임자의 적정성(5)	5점
	산업체 참여비율의 적정성(6)	5점
연구제안의 충실도 (25점)	기획결과의 반영 및 RFP 부합성	10점
	계획수립을 위한 조사 분석의 충실도	
	연구범위 및 목표설정의 타당성	10점
	성과목표·지표 설정의 명확성 및 적정성	
	과제평가, 관리 및 운영의 효율성	5점
추진전략의 구체성 (30점)	연구수행, 지원체계 및 인프라 구축의 합리성	15점
	산학연 네트워크 구성 및 국내외 전문가 활용의 구체성	
	목표달성을 위한 과제추진계획의 적정성 ※ 인력, 일정, 비용에 대한 계획	
	독창적인 과제제안 등 추진전략의 차별성	
	연구결과의 활용 계획의 구체성	15점
	파일럿 프로젝트 계획의 구체성	
연구책임자의 수행역량 (15점)	연구책임자의 연구수행체계 관리능력, 전문성 및 주요업적	15점
	연구책임자의 공모과제 관련 국가연구개발사업 수행실적	
부합성 평가	평가위원 과반수 이상이 연구개발계획서가 과제제안요구서(RFP)와 부합되지 않는다고 판정 시 탈락 조치	
중복성 평가	평가위원 과반 수 이상이 기수행되었거나, 수행 중인 과제와 중복 되는 것으로 판정 시 탈락 조치	

※ 총점은 100점이며, 총점의 60% 미만인 경우에는 탈락

가. 정량지표에 대한 등위 선정을 위한 환산식

□ 연구진의 기술개발 업적

○ 공모과제 관련 국내외 논문 건수

- 최근 5년간 국내 등재지 이상 및 국외 SCI 및 SCI-E 저널에 수록된 논문만 포함
- 반드시 증빙서류 제출

○ 공모과제 관련 국내외 특허 출원·등록 및 건설신기술 인증 건수

- 최근 5년간 실적만 포함
- 반드시 증빙서류 제출

$$\frac{\sum \text{해당 연구단 과제 관련 국내외 (논문 + 특허출원/등록 + 건설신기술인증) 건수}}{\sum \text{경쟁 연구단 과제 관련 국내외 (논문 + 특허출원/등록 + 건설신기술인증) 최다 건수}} \times 100$$

- 백분율은 소수점 셋째자리에서 반올림함

□ 연구진의 주요실적

○ 공모과제 관련 실무프로젝트 실적 건수

- 반드시 증빙서류 제출
- 최근 10년간 공모과제 관련 1억원 이상의 실무프로젝트만 해당

○ 공모과제 관련 국가 연구개발과제 수행 건수

- 반드시 증빙서류 제출
- 최근 10년간 공모과제 관련 연평균 50,000천원 이상의 정부출연 연구개발과제만 해당

$$\frac{\sum \text{해당 연구단의 세부연구내용 관련 (실무프로젝트 실적 + 국가 연구개발과제수행) 건수}}{\sum \text{경쟁 연구단중 세부연구내용 관련 (실무프로젝트 실적 + 국가 연구개발과제수행) 최다 건수}} \times 100$$

- 백분율은 소수점 셋째자리에서 반올림함

□ 연구컨소시엄 구성의 적정성

○ 주관, 협동, 공동연구 책임자의 적정성

- 공모과제 관련 연구의 주관, 협동, 공동연구 책임연구자 수: 컨소시엄의 주관, 협동, 공동연구 책임자가 공모과제와 관련된 연구에 대하여 주관, 협동 또는 공동연구의 연구책임자를 역임한 자

$$\frac{\sum \text{해당 연구단의 공모과제관련 연구의 주관, 협동, 공동연구 책임자 수}}{\sum \text{경쟁 연구단의 공모과제관련 연구의 주관, 협동, 공동연구 책임자 최대 수}} \times 100$$

- 백분율은 소수점 셋째자리에서 반올림함

○ 산업체 참여비율의 적정성

- MAX(a, b)는 a, b중 큰 값을 나타냄

$$\left(\frac{\text{해당 연구단의 대기업 참여비율}}{\text{MAX}(30\%, \text{경쟁연구단 중 최대 대기업 참여비율})} \right) \times 100 \times 0.4$$

$$\left(\frac{\text{해당 연구단의 중소기업 참여비율}}{\text{MAX}(30\%, \text{경쟁연구단 중 최대 중소기업 참여비율})} \right) \times 100 \times 0.6$$

- 백분율은 소수점 셋째자리에서 반올림함

※ 연구진의 기술개발 업적(10점), 연구진의 주요실적(10점) 그리고 주관, 협동, 공동연구 책임자의 적정성(5점), 산업체 참여비율의 적정성(5점)에 대한 취득 점수는 상대평가에 의한 등위를 점수로 환산함

$$\frac{(\text{과제 계획서 제출 연구단 총수} - \text{등위}) + 1}{\text{과제 계획서 제출 연구단 총수}} \times \text{배점}$$

- 백분율은 소수점 셋째자리에서 반올림함

예)

등위	배점	취득 점수	
1	5	$\frac{(4-1)+1}{4} \times 5$	5
2		$\frac{(4-2)+1}{4} \times 5$	3.75
3		$\frac{(4-3)+1}{4} \times 5$	2.5
4		$\frac{(4-4)+1}{4} \times 5$	1.25

2. 가점 및 감점 기준

가. 연구수행 형태에 따른 가점

(1) 연구단 수정 기준

□ 연구단 과제의 경우

○ 연구기관으로 산, 학, 연이 모두 참여하고

- 세부 주관연구기관으로 산, 학, 연이 각각 구성된 경우 : 2점
- 세부 주관연구기관으로 중소기업이 구성된 경우 : 1점

○ 세부과제에 중소기업이 참여하고

- 중소기업이 세부과제 연구기관의 1/3 이상인 경우 : 2점
- 중소기업이 세부과제 연구기관의 1/3 미만인 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

$$\text{부여가점} = 1.0 \times \frac{\text{해당기관 연구개발비 부담비율}}{\text{신청기관 중 최대 연구개발비 부담비율}}$$

다. 추적평가결과에 따른 가점

- 국토교통부기술 연구개발사업 관리지침의 가점 및 감점 기준에 따르되, 이 지침 시행 이전에 협약 체결된 과제의 추적평가결과에 따른 가점 및 감점은 종전 지침에 의함

라. 기타

- 기획과제에 대한 과제제안자가 본 과제의 주관(공동)연구책임자로 참여시 : 가점 2점(기입 여부)
- 여성연구자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시 : 가점 1점
- 최근 3년 이내에 우수 논문(임팩트팩터 15 이상) 실적이 있는 연구책임자가 신규과제를 신청할 경우 : 가점 1점
- 연구개발과제 선정 후 협약포기 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우(「국토해양기술 연구개발사업 관리지침」 제정 ('09. 6. 30) 이후 협약과제 대상) : 3점 감점
- 연구개발과제의 연구수행 도중 연구를 포기한 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우(「국토해양기술 연구개발사업 관리지침」) 제정 ('09. 6. 30) 이후 협약과제 대상) : 3점 감점