

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호()
국토교통연구기획사업 최종보고서

R&D / 18RDPP-C150528-01

지하공간통합지도 갱신 자동화 및 탐사현장 활용지원 기술 개발 기획 최종보고서

(구) 지하공간통합지도 갱신 자동화 및 굴착현장 안전관리지원 기술 개발 기획

2019. 7. 31.

주관연구기관 / 한국건설기술연구원
공동연구기관 / 아이씨티웨이(주)

국 토 교 통 부

국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 귀하

'지하공간통합지도 갱신 자동화 및 탐사현장 활용지원 기술 개발 기획'(연구개발 기간 : 2018. 12. ~ 2019. 7.) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2019. 7. 31.

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원 (대표자) 한 승 현 (인)

공동연구기관명 : 아이씨티웨이(주) (대표자) 조 유 복 (인)



주관연구기관책임자: 장용구 연구위원

공동연구기관책임자: 박창현 차장

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	18RDPP-C1505 29-01-000000	해당 단계 연구 기간	2018.12.1~ 2019.7.31	단계구분	기획
연구사업명	중사업명	국토교통연구기획사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명	지하공간통합지도 갱신 자동화 및 탐사현장 활용지원 기술 개발 기획			
	세부과제명	지하공간통합지도 갱신 자동화 및 탐사현장 활용지원 기술 개발 기획			
연구책임자	장용구	해당단계 참여연구원 수	총: 12명 내부: 9명 외부: 3명	해당단계 연구비	정부: 96,000천원 민간: 천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계: 96,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 12명 내부: 9명 외부: 3명	총 연구비	정부: 96,000천원 민간: 천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계: 96,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	한국건설기술연구원 미래융합연구본부			참여기업명	아이씨티웨이(주)
국제공동연구	해당사항 없음			해당사항 없음	
위탁연구	연구기관명: 안양대학교			연구책임자: 안중욱	

※ 국내·외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	
-------------------------	--

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 · 장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기 탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설 · 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약 본 기획과제는 지하공간통합지도 갱신 자동화 및 굴착현장 안전관리지원 기술 개발 기획 수립을 목적으로 수행된 과제임. 이를 위해 관련분야 기술동향분석을 바탕으로 기획연구의 방향성, 중점 추진과제를 설정하고, 이에 기반한 과제의 비전 및 목표 수립, 기획위원회 운영 등을 통한 과제 도출을 실시함. 최종적으로 선정된 과제를 대상으로 향후, 본 사업 추진을 위한 연구 규모의 및 연구수행 체계를 수립함	보고서 면수 243
--	-------------------

요약문

연구의 목적 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도 유통체계의 한계성(정확성, 신속성, 활용성 등)을 극복하기 위한 「지하공간통합지도 변화정보 탐지·구축 자동화 및 탐사현장 활용지원 기술 개발」 기획 				
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내외 현황 조사 및 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 지하공간정보 구축·관리·활용 국내외 현황 조사 및 분석 - 지하공간정보별 자료수집, DB구축·서비스, 시스템 설계·개발 등의 프로세스별 작업 표준 현황 조사 및 분석 - 건설분야 공간정보 활용, 건설-IT 적용, 지하공간통합지도 활용 지하안전관리 등 국내외 정책·시장 현황 조사 및 분석 - 지하공간통합지도 변화정보 탐지·구축 자동화기술, 지하공간통합지도와 건설·IT 융·복합기술 등 관련 국내외 기술·인프라 현황 조사 및 분석 - 지하공간통합지도 순환 서비스 자동화 체계 구축을 위한 관련 법제도 조사 및 분석 ○ 수요자 설문 및 요구사항 조사 <ul style="list-style-type: none"> - 지하공간통합지도 생산·활용·연계 기관 대상 지하공간통합지도 변화정보 탐지·구축 자동화를 위한 설문 및 요구사항 조사 - 지하정보 정확도 향상, 모바일 지하공간통합지도 활용 등 등 관련 분야에서의 지하공간통합지도 활용을 위한 수요자 설문 및 요구사항 조사 ○ 환경 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 국내외 현황 조사·분석, 수요자 설문조사 결과 기반의 SWOT 분석 - 본 연구개발 기술 구현을 위한 문제점 도출 및 개선방향 수립 - 지하공간통합지도 변화정보 탐지·구축 자동화 및 지하정보 탐사현장 지하공간 통합지도 활용 기술개발 사업추진 필요성, 시급성 도출 ○ 중장기 추진계획 수립 <ul style="list-style-type: none"> - 최종 비전설정 및 목표 수립 - 추진전략 수립, 기술개발 로드맵(TRM) 작성, 세부추진과제 도출, 연차별 소요 예산 등 지하공간통합지도 변화정보 탐지·구축 자동화 및 탐사현장 지하공간 통합지도 활용 기술개발 상세 기획 수립 - 건설분야, 재해재난분야, 스마트시티, 도시재생분야 등에서의 지하공간통합지도 활용방안 도출 및 기대·파급효과 제시 				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도 갱신 예산 절감 ○ 지하공간 관련 기술 선진국과의 격차 축소 ○ 공간정보 SW시장의 새로운 응용분야 발굴을 통한 시장창출 ○ 최첨단 기술의 융·복합 활용 기술력 향상 ○ 데이터베이스 통합 및 융합기술 개발 기획에 따른 통합 인프라 구축 기술 향상 ○ 다양한 분야에서의 3차원 지하공간통합지도 활용모델 제시 				
국문핵심어 (5개 이내)	지하공간통합지도	갱신 자동화	지하안전	정확도	활용
영문핵심어 (5개 이내)					

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

< 목 차 >

제1장. 기술의 정의 및 필요성	1
1-1 기술의 정의 및 분류체계	1
1-2 연구개발의 배경 및 필요성	12
제2장. 국내외 동향 및 환경 분석	17
2-1 국내외 정책동향 및 분석	17
2-2 국내외 시장현황 및 전망	40
2-3 국내외 기술동향 및 분석	49
2-4 논문 및 특허 분석	74
2-5 연구개발 인프라 분석	81
2-6 산업생태계 분석	83
2-7 동향 및 환경 종합분석	88
2-8 기술수요조사	90
2-9 후보과제군 도출	115
2-10 SWOT 분석	117
제3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략	127
3-1 비전 및 목표	127
3-2 중점추진분야 정의 및 후보과제 선정	130
3-3 핵심요소기술(CTE) 선정	142
3-4 연구개발 과제 구성	145
3-5 세부과제별 주요내용 및 추진전략	146
3-6 세부과제 간 기술연계	207
제4장. 사전타당성 검토	209
4-1 정책적 타당성	209
4-2 기술적 타당성	211
4-3 경제적 타당성	213

4-4 정부지원 타당성	215
4-5 타당성 종합평가 및 결론	216
제5장. 인력투입 및 소요예산 산정	219
5-1 인력투입계획	219
5-2 소요 예산	222
제6장. 과제제안 요구서(RFP)	227
붙임. 참고 문헌	

〈 표 목 차 〉

<표 1-1> 지하정보 대상에 따른 관계 법령 및 관리주체 분류표	2
<표 1-2> 지하공간통합지도 구축 현황	4
<표 2-1> 국가지하안전관리 기본계획과 지하정보의 관련성	17
<표 2-2> 국가공간정보 기본법과 지하정보의 관련성	18
<표 2-3> 국가안전관리 기본계획의 안전관리 정책 중 지하부문 관련 사항	20
<표 2-4> 국가안전관리 기본계획의 재난 및 안전관리대책 중 지하부문 관련 사항	21
<표 2-5> 국가공간정보정책 기본계획 중 지하정보 관련 내용	22
<표 2-6> 제1차 지하안전관리 기본계획의 3대 추진전략별 세부 추진과제	23
<표 2-7> 지하공간통합지도 구축·추진계획 중 4가지 추진전략과 내용	24
<표 2-8> 수도정비기본계획 중 지하시설 관련 대책	28
<표 2-9> 공동탐사 고도화를 위한 주요 연구과제	31
<표 2-10> 미국의 지반침하 대응 매뉴얼 내용	32
<표 2-11> 플로리다 지반침하 관련 대응체제 내용	32
<표 2-12> 미주리주(州) 개정 법 319장 주요내용 요약	33
<표 2-13> 미국 캔자스 주 건축조례 세부 규정 사항 내용	34
<표 2-14> 일본 지반침하관련 제도 내용	37
<표 2-15> 일본 지반침하 예방대책	37
<표 2-16> 「대심도 지하의 공공적 사용에 관한 특별 조치법」의 주요 법 조항	38
<표 2-17> 공간데이터, 공간정보, 공간지식의 특징	45
<표 2-18> 토탈스테이션을 이용한 지하공간 작업과정	49
<표 2-19> 지상라이다를 이용한 작업과정	50
<표 2-20> 미국 위성레이더 활용 지반침하 관측 현황	62
<표 2-21> 주요국 기술수준 비교	71
<표 2-22> 우리나라 기술수준	71

<표 2-23> 우리나라와 주요국 간 기술격차	72
<표 2-24> 최고기술국과의 격차 발생 요인	72
<표 2-25> 기술수준 및 기술격차 변동(2014~2016년)	72
<표 2-26> 기초 및 응용개발연구 기술수준 변동(2014~2016년)	73
<표 2-27> 기초 및 응용개발연구 기술격차 변동(2014~2016년)	73
<표 2-28> 우리나라와 주요국 간 기술격차	73
<표 2-29> 국가별 분석구간 및 특허건수	74
<표 2-30> 특허분석 검색 키워드	74
<표 2-31> 국가별 분석구간 및 논문건수	79
<표 2-32> 선진국 대비 국내 연구 인프라 수준	82
<표 2-33> 2015~2017년 공간정보산업 사업체 및 종사자 수	83
<표 2-34> 지하정보 운영기관 현황	84
<표 2-35> 지하시설물도 구입주기	85
<표 2-36> 기술수요조사 수행 결과	91
<표 2-37> 기술수요조사 결과 중점추진분야별 응답자 비중	91
<표 2-38> 기술수요조사 결과 중점추진분야별 소속기관 비중	91
<표 2-39> 기술개발 단계별 수요조사 결과	92
<표 2-40> TRL 단계별 수요조사 결과	92
<표 2-41> 기술분류체계 내의 분포결과	93
<표 2-42> 기술수요조사서의 상세내용	96
<표 3-1> 지하공간정보 갱신 자동화 및 활용지원 기술 관련 연구	134
<표 3-2> 지하공간정보 정확도 향상 및 활용지원 사업 관련 차별성 검토	135
<표 3-3> 핵심기술요소(CTE) 도출을 위한 체크리스트	142
<표 3-4> 핵심기술요소(CTE) 후보	142
<표 3-5> 핵심기술요소(CTE) 선정	143
<표 3-6> 핵심기술요소(CTE) 선정 목록 및 TRL	144

<표 3-7> 기술성숙도(TRL) 단계별 목표	144
<표 3-8> 연구개발 과제 구성도	145
<표 3-9> (1세부) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술의 필요성	147
<표 3-10> (1세부) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 주요 내용	149
<표 3-11> (1-1세부) 지하정보 변화객체 모니터링 탐지·추출 기술 미래상	151
<표 3-12> (1-2세부) 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 미래상	155
<표 3-13> (1-3세부) 지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술	158
<표 3-14> (1세부) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 연차별 연구내용	159
<표 3-15> (1세부) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 전략적 목표	160
<표 3-16> (1세부) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 추진전략	161
<표 3-17> (1-1세부) 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술 연차별 성과로드맵	164
<표 3-18> (1-1세세부) 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술 개발 연차별 성과로드맵	165
<표 3-19> (1-2세부) 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 연차별 성과로드맵	166
<표 3-20> (1-2세세부) 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 연차별 성과로드맵	168
<표 3-21> (1-3세부) 지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술 연차별 성과로드맵	169
<표 3-22> (1-3세세부) 지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술 연차별 성과로드맵	170
<표 3-23> (1세부) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 위험요소 및 대응방안	175
<표 3-24> (2세부) 지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술개발 목표	177
<표 3-25> (2세부) 지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술 주요 내용	180
<표 3-26> (2-1세부) 지하정보 정확도 향상기술 미래상	182
<표 3-27> (2-2세부) 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술 미래상	185
<표 3-28> (2-3세부) 지하정보 현장 실증실험 미래상	187
<표 3-29> (2세부) 지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술 연차별 연구내용	188
<표 3-30> (2세부) 지하공간통합지도 현장· 활용 지원 기술 전략적 목표	190
<표 3-31> (2세부) 지하공간통합지도 활용 현장 지원 기술 추진전략	191
<표 3-32> (2-1세부) 지하정보 정확도 향상 기술 연차별 성과로드맵	194
<표 3-33> (2-1세부) 지하정보 정확도 향상 기술 연차별 성과지표	195

<표 3-34> (2-2세부) 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술 연차별 성과로드맵	196
<표 3-35> (2-2세부) 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술 연차별 성과지표	197
<표 3-36> (2-3세부) 지하정보 현장 실증 실험 연차별 성과로드맵	198
<표 3-37> (2-3세부) 지하정보 현장 실증 실험 연차별 성과지표	198
<표 3-38> (2세부) 지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술 위험요소 및 대응방안	204

〈 그림 목 차 〉

<그림 1-1> 지하정보의 대상	1
<그림 1-2> 지하공간통합지도 시스템 구성도	3
<그림 1-3> 지하시설물 3D 구축 절차	5
<그림 1-4> 지하구조물 3D 구축 절차	5
<그림 1-5> 지반정보 3D 구축 절차	6
<그림 1-6> 지하공간통합지도 갱신 자동화 및 굴착현장 안전관리 지원 기술 개발 체계	7
<그림 1-7> 지하공간통합지도 전생애주기	9
<그림 1-8> 보스톤 도심지 지하터널 건설 사례 및 오픈스페이스 활용 사례	12
<그림 1-9> 도로붕괴 및 침하사고 사례	12
<그림 1-10> 지하시설물 사고 사례	13
<그림 1-11> 기획연구 추진전략	15
<그림 2-1> 국가안전관리기본계획의 기본방향	19
<그림 2-2> 지하공간통합지도의 개념도	25
<그림 2-3> 에너지 안전관리 종합대책(안) 기본방향	25
<그림 2-4> 에너지 안전평가(안)	26
<그림 2-5> 가스안전관리 기본계획의 기본방향	27
<그림 2-6> 국가하수도종합계획 기본방향	29
<그림 2-7> 서울시 지하안전관리 종합 추진계획	30
<그림 2-8> 플로리다주(州)의 싱크홀 데이터 지도와 특정 싱크홀에 대한 정보	33
<그림 2-9> 지하정보 기반 굴착공사 지원 프로세스(미주리주)	34
<그림 2-10> 영국의 수축-팽창 위험지도(左), 지질 3D 모델링 시스템(右)	35
<그림 2-11> 일본영토의 지반침하 지역	36
<그림 2-12> 지반침하 모니터링(지바현 수준 측량 화면 및 특정 구역 정보)	38

<그림 2-13> 일본 사용인가제도 프로세스	39
<그림 2-14> 일본의 지하이용 마스터플랜	39
<그림 2-15> 공간정보산업 내의 지하정보 시장의 비중	40
<그림 2-16> IoT 기반 지하시설물 모니터링 및 관리시스템 개요(左), 부산 지하공간통합지도 시뮬레이션(右)	41
<그림 2-17> 도메인별 3D 모델링 및 매핑 기술	44
<그림 2-18> 글로벌 공간정보 시장 전망	44
<그림 2-19> 미국 3D 공간정보 시장 전망	45
<그림 2-20> URA 지하공간 이용 개발계획	48
<그림 2-21> 전기비저항 탐사의 사례	51
<그림 2-22> 전자유도 탐사법 개념	52
<그림 2-23> GPR탐사의 개념(左), GPR을 통한 각종 지하시설물 탐사 사례(右)	53
<그림 2-24> MASW의 개념(左), 탐사결과 사례(右)	54
<그림 2-25> 인텔리전트피그(Intelligent PIG) 개념(左), Geometry PIG의 데이터 처리장치(右)	54
<그림 2-26> 지하안전정보시스템 메인화면(左), 지반침하사고 DB검색 화면(右)	55
<그림 2-27> 국토지반정보 포털시스템 홈페이지	56
<그림 2-28> 국토지반정보 통합DB센터 주요업무 흐름도	57
<그림 2-29> 지반조사의 단계별 흐름도	57
<그림 2-30> 3차원 지반분석 시스템	57
<그림 2-31> 다양한 주제의 지질정보(左), 특정 지역의 지질 속성정보와 보고서 화면(右)	58
<그림 2-32> 서울특별시 지반정보통합관리 시스템 화면	59
<그림 2-33> 서울특별시 지반조사 단계별 흐름도	59
<그림 2-34> 서울특별시 지하시설물 통합정보시스템(左), 3차원 지상/지하시설물 동시 조회기능(右)	60
<그림 2-35> GPR 탐사현장(左), 미국 ArcGIS Map(右)	61
<그림 2-36> 영구 동토층 연구접근법 테스트	61
<그림 2-37> National Geologic Map Database MapView 화면	63
<그림 2-38> OPS(One-Call System) 홈페이지 화면 및 주(州) 정보	63
<그림 2-39> 미국 BIM 가이드라인 표지(左), 미국 ArcGIS Map(右)	64

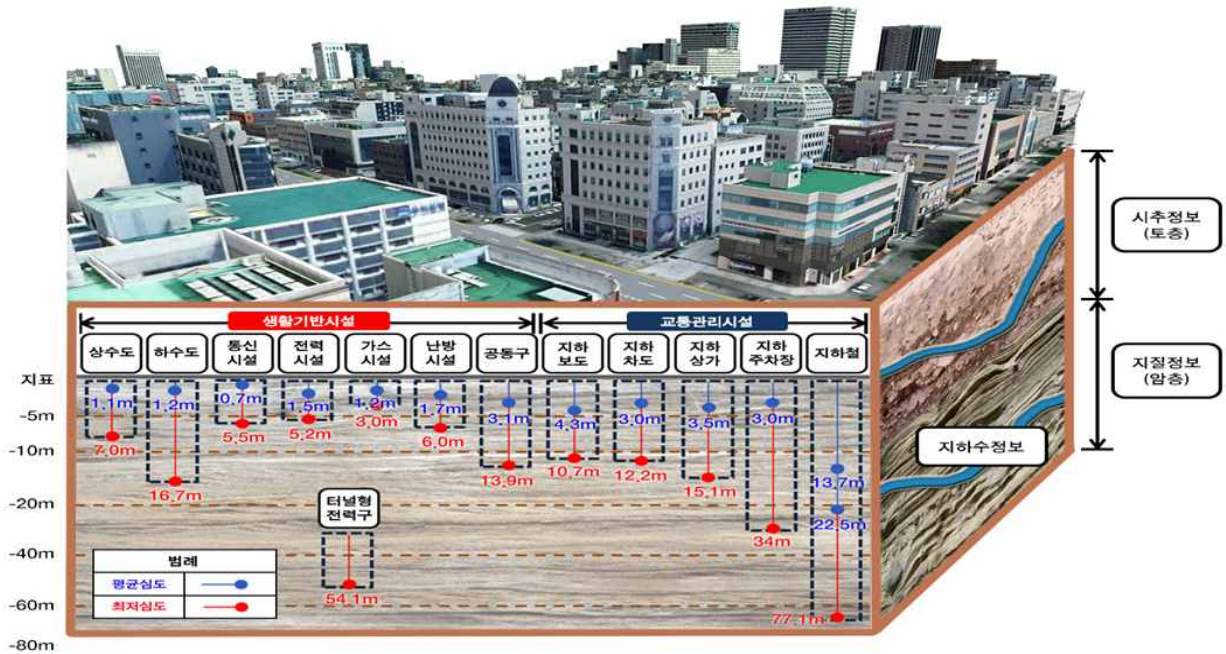
<그림 2-40> 시추공 데이터를 사용한 지질 3D 모델링 과정	65
<그림 2-41> Groundhog Desktop 소프트웨어 화면(左), Gocad 소프트웨어의 사례(右)	65
<그림 2-42> Geology of Britain viewer 홈페이지 및 지질정보	66
<그림 2-43> GeoVisionary 활용사례(左), GeoVisionary 타지키스탄의 기상 현장 조사 화면(右)	66
<그림 2-44> 3차원 레이저 스캐너 시스템	67
<그림 2-45> FDEM 탐사 결과 예시	67
<그림 2-46> 도로관리시스템	68
<그림 2-47> GeoMapDB의 쓰꾸바시 환경 지질도 화면	69
<그림 2-48> 도로 지하공간 공동조사 데이터 관리 시스템	69
<그림 2-49> 주요 출원국 연도별 특허동향	75
<그림 2-50> 특허기술 성장단계	76
<그림 2-51> 국가별 성장단계	77
<그림 2-52> 국가별 논문 동향	79
<그림 2-53> 발행연도별 논문 동향	80
<그림 2-54> 저자 및 주제분야 동향	80
<그림 2-55> 지하정보 활용지원센터의 주요 임무	81
<그림 2-56> 지하공간통합지도 생애주기 및 지하정보통합체계 관리	81
<그림 2-57> 지하정보 유통구조	87
<그림 2-58> 기술수요조사 절차	90
<그림 3-1> 연구의 비전	127
<그림 3-2> 연구의 추진방향	128
<그림 3-3> 지하공간통합지도 구축·활용 프로세스 및 기술 개발 목표	129
<그림 3-4> 지하공간통합지도 갱신 자동화 및 활용 지원기술 개발 목표	145
<그림 3-5> (1세부) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 개념도	149
<그림 3-6> (1-1세부) 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술 개념도	150
<그림 3-7> (1-2세부) 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 개념도	152

<그림 3-8> 지하정보 변화객체 가공 기술 개념도	153
<그림 3-9> 지하정보 변화객체 갱신 자동화 기술 개념도	154
<그림 3-10> (1-3세부) 지하공정보 갱신 자동화 품질관리 기술 개념도	156
<그림 3-11> (1세부) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 연차별 기술로드맵	164
<그림 3-12> (2세부) 지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술 개념도	180
<그림 3-13> (2-1세부) 지하정보 정확도 향상 기술 개념도	181
<그림 3-14> (2-2세부) 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술 개념도	183
<그림 3-15> (2-3세부) 지하정보 현장 실증실험 개념도	186
<그림 3-16> (2세부) 지하공간통합지도 굴착현장 활용 지원 기술 연차별 기술로드맵	194
<그림 3-17> 세부과제 간 연계 관계도	207
<그림 4-1> 지하공간 통합지도 구축/갱신/활용 현황 및 이슈	211
<그림 4-2> 이슈 - 사업 미션 - 목표 연계도	212
<그림 4-3> 사업 세부 목표	212

제1장. 기술의 정의 및 필요성

1-1 기술의 정의 및 분류체계

1. 지하정보의 정의



<그림 1-1> 지하정보의 대상

○ 지하정보란 국가공간정보 기본법 제2조 제1호에 따른 공간정보 중 지반특성, 지하 시설물의 위치 등 지하에 관한 정보로서 대통령령으로 정하는 정보를 말하며 지하 공간 상에 존재하는 자연적 또는 인공적인 객체에 대한 위치정보 및 이와 관련된 공간적 인지·의사결정에 필요한 정보

- 「지하안전관리에 관한 특별법」 제2조 제4항에 의거하여 지하정보 중 지하시설물이란 상수도, 하수도, 통신, 난방, 전력, 가스 등 지하공간에 인공적으로 매설된 정보를 의미하며, 지하구조물이란 공동구, 지하철, 지하상가, 지하도로, 지하 보도, 지하주차장 등 지하공간에 인공적으로 구축되는 지하구조물에 관한 정보를 의미
- 「지하안전관리에 관한 특별법 시행령」 제3조 제1항~제3항에 의거하여 지반정보는 지하공간에 자연적으로 형성된 토층 및 암층에 관한 시추, 지질, 관정 등에 관한 정보를 의미

- 국토교통부에서는 지하정보의 체계적인 관리 및 활용을 위하여 지하시설물(6종), 지하구조물(6종), 지반정보(3종)에 대한 3차원 지하공간통합지도 구축 추진 중
 - 지하공간통합지도라는 범국가적인 3차원 지하정보 확보를 통해 지하정보 관련 시장의 선도 및 지하정보 플랫폼 구축기술 지하정보 활용기술 개발 등 기여 가능

<표 1-1> 지하정보 대상에 따른 관계 법령 및 관리주체 분류표

통합대상	관계법령	관리주체	이해관계자	
지하시설물	상수도 광역상수도	수도법	환경부 (물이용기획과)	수자원공사 지자체별 상수과
	하수도	하수도법	환경부 (생활하수과)	지자체별 하수과
	송유	송유관안전관리법	산업통상자원부 (에너지안전과)	대한 송유관공사
	통신	전기통신기본법	과학기술정보통신부 (정책총괄과)	KT, SK텔레콤, LG U+ 지자체별 정보통신 담당관
	전력	전기사업법	산업통상자원부 (전력산업과, 분산에너지과 등)	한국전력공사
	가스	도시가스사업법	산업통상자원부 (가스산업과, 에너지안전과)	한국가스공사, 도시가스업체(32개)
	난방	열사용시설기준 (한국지역난방공사)	한국지역난방공사	한국지역난방공사, SH 공사
지하구조물	지하철	도시철도법	국토교통부 (광역도시철도과)	지하철공사, 도시철도공사
	지하보도	지하공공보도시설의 결정,구조 및 설치기준에 관한 규칙	국토교통부 (도로운영과)	지자체별 도로관리사업소
	지하차도	도시,군계획시설의 결정,구조 및 설치기준에 관한 규칙	국토교통부 (도시정책과)	지자체별 도로관리사업소
	지하상가	지하공공보도시설의 결정,구조 및 설치기준에 관한 규칙	국토교통부 (도로운영과)	지자체별 시설관리공단
	지하주차장	주차장법	국토교통부 (도시교통과)	지자체별 시설관리공단 및 민간 관리자
	공동구	국토의 계획및이용에관한 법률	국토교통부 (도시정책과, 토지정책과)	지자체별 시설관리공단
	주요건물 지하층	초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법	소방청 (화재예방과)	건축물 소유자 및 관리자
지반정보	시추정보	지반조사결과 전산화 및 활용에 관한 지침	국토교통부 (공간정보진흥과)	한국건설기술연구원
	지질정보	한국지질자원연구원 내규	산업통상자원부	한국지질자원연구원
	관정정보	지하수법	환경부 (토양지하수과)	한국수자원공사 한국농어촌공사 지방자치단체

2. 지하공간통합지도 구축

- 지하공간통합지도는 법적으로 「지하안전관리에 관한 특별법」 제2조 제12항에 따라, ‘지하를 개발·이용·관리하기 위하여 필요한 지하정보를 통합한 지도’를 말하며, 지하공간통합지도의 관리·활용을 위해 지하정보통합체계(지하정보 활용시스템, 지하정보 통합관리시스템) 구축·운영 중
 - 지하정보 활용시스템은 3차원 모델로 구축한 지하공간통합지도의 공간검색 및 분석, 가시화 등의 기능을 통하여 지자체에서 활용할 수 있도록 구현
 - 지하정보 통합관리시스템은 지하정보의 체계적인 갱신 프로세스 마련을 위한 시스템으로 지하정보의 취합·가공·배포 및 모니터링을 지원



<그림 1-2> 지하공간통합지도 시스템 구성도

- 지하공간통합지도는 기본계획 수립을 시작으로 2015년 시범구축, 2016년~2018년 확대 구축이 진행되어 8대 특광역시 및 경기도 7개 시에 대한 구축이 완료됨

○ 또한, 2019년 경기도 10개 시(고양, 안산, 시흥, 화성, 김포, 평택, 광주, 오산, 여주)에 대한 구축이 진행 중이며, 2020년 시급 지자체에 대한 구축 완료 후 2023년까지 구 단위까지 전국적인 지하공간통합지도 구축 완료를 계획하고 있음

- 지하공간통합지도는 지하공간을 구성하는 핵심요소인 지하시설물(6종), 지하구조물(6종), 지반(3종) 등 총 15종의 지하정보*를 3차원으로 구축

* 지하공간통합지도 핵심 구성요소(15종)

- (지하시설물) 상수도, 하수도, 통신, 난방, 전력, 가스
- (지하구조물) 지하철, 공동구, 지하상가, 지하도로, 지하보도, 지하주차장
- (지반정보) 시추, 지질, 관정

<표 1-2> 지하공간통합지도 구축 현황

구분	'15년(시범사업)		'16년		'17년		'18년	
구축 지역	서울시(송파구), 부산시(해운대구), 대전시(서구), 세종시		서울시(서초구, 강남구, 동작구, 관악구) ※ 성동구 일부지역		8대 특·광역시 잔여지역 및 경기도 6개 시		경기도 수원시	
구축 정보	지하 시설물	8,062km	지하 시설물	10,847km	지하 시설물	152,957km	지하 시설물	7,429km
	지하 구조물	57.15km / 0.035km ²	지하 구조물	101.8km / 0.082km ²	지하 구조물	771.7km / 1.203km ²	지하 구조물	31.6km / 0.0577km ²
	지반	4.22km ²	지반	27.96km ²	지반	204.53km ²	지반	15.69km ² /121.1km ²

3. 지하공간통합지도 구축 프로세스

가. 지하시설물 구축 프로세스

○ 지하시설물 2D 데이터를 국토교통부 지하시설물 통합관리시스템에서 수집하여 모델링 과정을 통해 3D 데이터로 가공

- 수집된 지하시설물 2D 데이터는 6종으로 전산화되지 않은 송유를 뺀 상수, 하수, 가스, 전력, 난방 통신을 지칭하며, 2D 데이터에 존재하지 않은 심도 적용을 통해 3D 데이터로 가공
- 3D 지하시설물 구축 시 기존 자료의 불탐, 정보오류, 정보누락 등의 문제로 인해 정확성이 떨어지며, 정보의 구축 시기, 장비, 방법 등에 따라 데이터의 편차가 크게 나타나는 경우가 발생함



<그림 1-3> 지하시설물 3D 구축 절차

나. 지하구조물 구축 프로세스

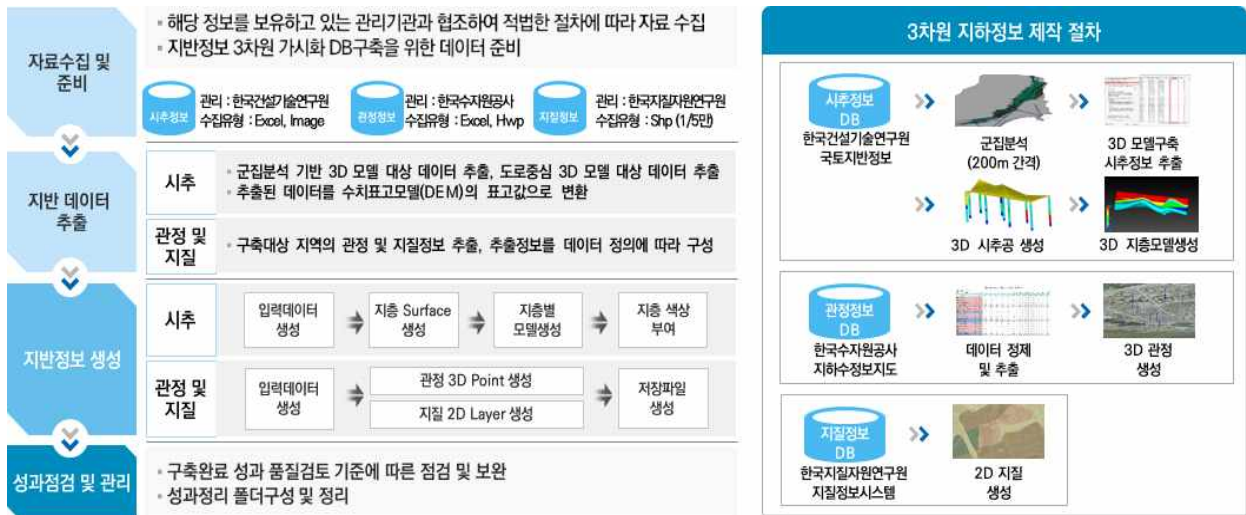
- 지하구조물의 외곽 형상을 준공도면 기반으로 측량하여 3D 데이터를 구축하며, 형상과 함께 지하구조물 별로 정의된 속성정보를 구축함
 - 지하구조물은 지하시설물과 달리 기존 2D 데이터가 존재하지 않아 대부분 2D 데이터와 3D 데이터를 동시에 제작하며, 도면을 통한 3D 모델링 외 지하구조물 별 정의되어 있는 추가적인 속성 정보 적용이 필요
 - 이때, CAD 형태의 원시자료를 이용한 지하구조물 생성 시 지하구조물 모델 수작업이 필수적이며, 작업수행에 많은 시간과 비용이 발생함



<그림 1-4> 지하구조물 3D 구축 절차

다. 지반정보 구축 프로세스

- 지반정보 데이터를 한국건설기술연구원(시추), 한국수자원공사(관정), 한국지질자원연구원(지질)에서 수집하여 군집 및 모델링 과정을 통해 2D, 3D 데이터로 구축
 - 해당 지하정보를 보유하고 있는 관리기관과 긴밀한 협조를 통해 적법한 절차에 따라 자료를 수집하여 지반정보 3차원 가시화 DB 구축
 - 시추 정보의 경우 시추공 사이의 간격에 따라 지층 모델의 품질이 달라질 수 있으며, 시추정보 기반 3차원 지반 생성 시 군집당 최소 1일 소요



<그림 1-5> 지반정보 3D 구축 절차

라. 지하공간통합지도 구축 프로세스 개선사항

- 지하공간통합지도의 활용성을 보장하기 위해서는 다양한 지하공간정보의 정확도와 정밀도 확보가 필요하며, 지하공간통합지도 유통체계의 한계성(정확성, 신속성, 활용성, 보안 등) 극복이 무엇보다 우선되어야 함
 - 15종의 지하정보 중 지하시설물정보 및 지반정보의 경우 기 구축 2D 데이터를 활용하여 3D로 구축하고, 지하구조물정보는 준공도면을 기반으로 보조측량을 수행하여 3D 지하정보를 구축하여 활용 중
 - 그러나 관리기관별로 관리하고 있는 2D 데이터로 경우 추가·삭제·수정 등 지하공간정보의 갱신이 발생한 경우 갱신된 정보만을 구분하여 관리하고 있지 못하여 2D 데이터 전체에 대한 3D 가공작업을 수행하고 있고, 일부공정의 경우 수작업으로 진행하는 등 신속한 갱신 및 제공이 어려운 실정
 - 따라서, 지하정보의 연계체계를 확보하고 변경된 지하정보의 추출 및 3D 지하공간 통합지도 가공을 자동화하여 최신성 및 정확성을 확보하고, 지하공간통합지도 유통체계의 한계성을 극복하기 위한 방안 마련이 시급함

3. 기술의 정의

- 지하공간통합지도 갱신 자동화 및 탐사현장 활용지원 기술은 최근 급증하고 있는 지하안전사고 대응 및 예방을 위해 첨단IT기술, 4차 산업혁명기술 등을 기반으로 한 범정부 차원의 국가연구개발 핵심기술임
- 본 기술은 지하공간통합지도 유통체계의 정확성·신속성·활용성 극대화를 위하여, 지하공간통합지도의 구축·갱신·제공 자동화 기술, 지하공간통합지도를 필요로 하는 탐사현장 등에서의 활용지원 기술 등 2개 중점추진기술로 구성



<그림 1-6> 지하공간통합지도 갱신 자동화 및 탐사현장 활용지원 기술 개발 체계

- 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술은 현재의 6개월 단위 수동 갱신체계를 1일 단위 자동 갱신체계로 단축시키기 위한 것으로, 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술, 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술, 지하정보 갱신자동화 품질관리 기술로 구성
- 지하공간통합지도 현장 활용지원 기술은 정밀 지하정보 구축 및 모바일 기반 활용 환경을 구축하여 활용 지원 서비스 모델 개발을 위한 것으로, 지하정보 정확도 향상 기술, 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술, 지하정보 현장 실증 실험으로 구성

4. 세부과제별 기술정의

가. 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술

- 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술은 지하정보 관리기관(지자체, 유관기관)의 지하정보 변동현황(동기화 처리현황, 전송 데이터처리현황 등)에 대한 실시간 모니터링 체계를 구축하고, 지하정보(지하시설물, 지하구조물, 지반정보) 별 변동사항을 자동 인지하여 신규, 속성변경, 위상변경, 삭제 등 변경 유형별 데이터베이스를 구축할 수 있는 기술
- 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술은 지하정보 변화객체 유형별(지하시설물, 지하구조물, 지반정보)로 지하공간통합지도 생성을 위한 가공 및 지하공간통합지도 서비스를 위한 3D 모델 탑재 자동화 구현을 위한 기술
- 지하정보 갱신자동화 품질관리 기술은 지하공간통합지도 데이터의 품질관리 향상 및 신뢰성 제고를 위하여 지하공간통합지도의 표준 데이터 모델 개발, 데이터 정합성 검증 기준 및 지하정보 품질관리 기준 개발을 위한 기술

나. 지하공간통합지도 현장 활용지원 기술

- 지하정보 정확도 향상 기술은 정밀 지하시설물 및 지반정보 탐사·정보 구축을 위한 소프트웨어 개발 기술로 지하정보 탐사현장에서 실제 지형(DEM)을 기반으로 한 정밀 3차원 지하정보 위치정보 획득과 인공지능(AI) 기술을 활용한 지하시설물 및 지층 탐사정보의 자동 탐지 및 구축을 지원할 수 있는 기술
- 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술은 최신성 및 정확성이 확보된 지하공간통합지도의 현장 활용 지원을 위한 데이터 경량화·정보보안·전송 기술 및 현장에서 생산되는 지하정보 탐사정보의 수집·오류검증 등을 통한 최신 지하정보 업데이트를 지원할 수 있는 기술
- 지하정보 현장 실증 실험은 지하시설물정보 탐사영상 분석, 지하시설물 객체 추출, 탐사데이터의 정확도 검증 및 수정 등 지하정보 탐사현장에 대한 실시간 지하공간통합지도 연계지원 기술

5. 기술 분류체계

가. 기술분류



<그림 1-7> 지하공간통합지도 전생애주기

- 지하공간통합지도는 지자체 및 유관기관에서 생성하는 지하시설물정보(6종), 준공도면 및 측량 기반으로 만들어지는 지하구조물정보(6종), 시추, 관정, 지질 등으로 이루어진 지반정보(3종)로 구축됨
- 지하공간통합지도 전생애주기에 대한 분석결과 정보의 갱신, 정확도 향상, 표준화, 활용기술 개발 측면에서 우선적인 기술개발이 필요함
- 국토부 중심의 지하정보 관계기관(지자체, 유관기관) 협의회 개최를 통해 사용자 니즈를 파악하고, 기술수요조사 및 분석, 기획위원회 운영(5회)등을 통해 관련 기술을 2개 분야로 구분함
- “지하공간통합지도 갱신 자동화 및 탐사현장 활용지원 기술 개발” 추진을 위해
 - 지하정보 연계 표준을 기반으로 지하정보 변화객체를 신속하게 탐지·추출·가공·제공할 수 있는 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술과 지하공간통합지도 데이터의 품질관리 및 신뢰성 제고를 위한 지하정보 갱신자동화 품질관리 기술로 분류

- 지하공간통합지도의 현장 활용을 위해 인공지능 기반의 지하정보 정확도 향상 기술, 보안성을 확보한 모바일 데이터 구축 및 전송기술 기반의 지하정보 탐사현장 활용 기술, 탐사 지하정보 정확도 검증 및 지하정보 통합체계 연계 기술 등 실시간 지하공간통합지도 연계 지원서비스 기술로 분류

나. 기술내용

(1) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술

○ 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출(S/W)

- 지하공간통합지도 탐지·추출 자동화 : 지하정보 변화객체에 대한 모니터링 및 유형별(지하시설물, 지반정보) 추출 자동화 기술
 - 지하정보 유형(관로형·면형 지하시설물, 지반정보)별 변화객체 모니터링 기술
 - 지하정보 유형(관로형·면형 지하시설물, 지반정보)별 변화객체 추출 기술

○ 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화(S/W)

- 지하공간통합지도 가공 자동화 : 지하정보 변화객체에 대한 3차원 지하공간통합지도 가공 자동화 및 분석·가시화 기술
 - 지하정보 유형(관로형·면형 지하시설물, 지반정보)별 3차원 지하공간통합지도 DB 생성·정보 구축 자동화 기술
 - 다중자료(지하공간통합지도(지하시설물, 지반정보), 탐사정보 등) 중첩 기반 분석 및 가시화 기술

○ 지하정보 갱신자동화 품질관리(S/W)

- 지하정보 데이터 정합성 검증 : 2차원/3차원 지하정보에 대한 데이터 정합성 검증
 - 지하정보 속성 및 위상에 대한 정합성 검증 기준 개발
 - 지하정보 갱신 데이터 정합성 검증 기술
 - 지하정보 프로세스별 품질관리 기술
- 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 실증 : 지하공간통합지도 자료 제공 사이버 환경(행정망, 상용망) 기반의 개발 기술 실증
 - 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 실증 환경 구축
 - 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 적용성 검증

(2) 지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술

○ 지하정보 정확도 향상(S/W)

- 지하정보 추출 및 구축 : 복합데이터 기반 3차원 지하정보 클라우드 데이터 생성
 - 인공지능 기반 지하정보 클라우드 데이터 내 지하시설물 및 지반정보 추출 기술
 - 추출 지하정보 3차원 모델링·가시화·분석 정보 전송 기술
- 지하정보 정밀탐사 지원 : 끊임없는 연속 정밀 지하정보 위치 획득 기술
 - GNSS/INS/PDR 융합 처리기술 기반 수평위치 획득 기술
 - UAV 지형(DEM) 측량기술 기반 정밀 지하정보 심도 획득 기술
 - 지하정보 탐사결과의 3차원 가시화 및 분석 기술

○ 모바일 지하공간통합지도 통합관리(S/W)

- 지하공간통합지도 제공 기술 : 지하정보 탐사현장, 굴착현장 등 지하공간통합지도 활용 현장 맞춤형 정보 제공 기술
 - 모바일 정보제공을 위한 모바일용 지하공간통합지도 데이터 생성 기술
 - 대용량 지하정보 고속 데이터 전송 및 보안 기술
 - 모바일용 지하공간통합지도 정보 관리 및 제공 기술

○ 지하정보 현장 실증 실험(S/W)

- 지하정보 탐사현장 활용기술 : 지하정보 탐사 수행 현장에 대한 지하공간통합지도 연계·지원 기술
 - 무선통신 기반 지하공간통합지도 실시간 연계 기술
 - 지하시설물 탐사영상 수집 및 영상 매핑 처리(좌표 및 3D 모델링) 기술
 - 지하공간통합지도와 탐사 지하시설물정보의 3차원 매핑 기술
 - 탐사 지하정보 정확도 검증 및 오류 수정 기술
 - 지하정보 통합체계로의 탐사 지하정보 연계 기술

1-2 연구개발의 배경 및 필요성

1. 연구개발의 배경

- 최근 들어 도심지 지하공간 개발, 수도권 광역 급행철도(GTX) 건설 등 지하공간의 개발이 활발해지고 있지만 체계적이지 못한 지하공간 개발로 인하여 도로붕괴, 침하 등의 지하 안전사고가 증가하고 있으며, 이와 함께 홍수(지하공간 침수), 산사태, 지진 등 자연재해 피해사례도 늘어나고 있음



<그림 1-8> 보스턴 도심지 지하터널 건설 사례 및 오픈스페이스 활용 사례

- 대부분의 지하공간 개발은 지상과 연계하여 이루어지고 있으며, 눈에 보이지 않는 지하공간은 국토안전의 사각지대로 대형 안전사고 발생이 많아, 지하공간의 안전 관리의 기반이 되는 지하공간정보 인프라 구축은 매우 중요하고 시급한 사안임



<그림 1-9> 도로붕괴 및 침하사고 사례

- 지하안전사고에 대한 선제적인 대응체계 마련을 위해서는 정확한 지하정보의 활용이 필요한 반면, 정보가 분산 관리되거나 정보 부재로 사고 발생 시 종합적인 원인분석 및 예방대책 수립이 불가함
 - KT 아현지사 통신구 화재('18.11) 발생 시, 통신구 도면이 분실되어 화재 진압이

늦어지고 화재원인과 발화지점을 찾기 어려워 복구 작업에 수일 소요

- 고양시 백석동에서 노후화된 열수관 파열 사고('18.12)로 인하여, 인명 피해가 발생하고 한파 속에 인근지역 2,000여 가구에 온수공급이 중단됨
- 전선, 통신선, 수도관 등 대상마다 관리기관 별로 정보를 구축 및 관리하고 있으며, 변경된 지하 공간정보의 갱신체계 미비



<그림 1-10> 지하시설물 사고 사례

- 정부에서는 지하안전관리의 강화를 목표로 3차원 지하공간통합지도 구축과 함께 '18년 1월, 「지하안전관리에 관한 특별법」을 시행
 - '20년까지 전국 시 지역에 대하여 지하시설물(12종), 지반정보(3종) 등 지하공간을 구성하는 15종 지하정보를 3차원 기반으로 통합 구축할 예정
 - 현재까지 구축된 지하공간통합지도는 지하정보 활용지원센터를 통해 서비스 되고 있으나 갱신체계 미흡, 낮은 정확도, 보안 등으로 인해 활용성이 낮은 실정
 - 「지하안전관리에 관한 특별법」에 따라 지하개발사업자는 지하 공간 개발 사업 시행 전, 지하안전영향평가 및 착공 후, 사후지하안전영향조사 실시
 - 「지하안전관리에 관한 특별법」에 따라 지하시설물관리자는 소관 지하시설물과 주변 지반에 대하여 안전점검 및 지반침하위험도평가 실시
- 현재 전세계적으로 지하공간정보 관련 기술 개발 및 활용이 시작단계인 상황으로, 국내의 우수한 공간정보 인프라 및 선도적 기술수준을 바탕으로 대한민국의 지하공간 정보 인프라 및 개발·안전관리 기술 개발을 통해 세계 최고의 기술 경쟁력 확보가 가능함

2. 연구개발의 필요성

○ 지하공간통합지도의 신속·정확한 갱신 중요성 증대

- 지하공간통합지도는 지하공간개발, 지하안전관리 등의 분야에서 직접적으로 활용되기 때문에 최신정보 제공이 매우 중요함
- 그러나 지자체에서 관리하고 있는 지하시설물의 경우 변경관로에 대한 정보를 구분하여 관리하고 있지 못하여 변경된 지하시설물의 신속한 갱신 및 제공이 어려운 실정임
- 지하구조물정보의 경우 대부분의 성과가 준공도면이 아닌 설계도면으로 관리되고 있어 정확한 지하구조물 구축·제공에 한계성을 가지고 있음
- 지반정보는 신규 생성, 소멸 등으로 지반정보 변화주기가 매우 빠르게 이루어지고 있으나, 지하공간통합지도 내에는 변화주기를 반영하지 못하고 있는 실정임
- 또한, 전산화 되지 않고 도면정보로 관리되는 지하구조물정보와 별도의 군집분석이 필요한 지반정보의 경우 복잡한 수동입력 과정을 통해 3D 모델이 생성되기 때문에 시간적·비용적 합리성이 부족한 상황임
- 따라서, 최신성 및 정확성 확보를 위한 3차원 지하공간통합지도 갱신 자동화 체계 구현으로 동일한 품질의 지하공간통합지도를 구축할 수 있는 기술이 요구됨

○ 지하공간통합지도의 활용 활성화 유도 필요

- 지하공간에서 발생하는 안전사고 예방 대책에 따라 구축되고 있는 지하공간통합지도는 공개정책, 활용기술 부재 등의 문제로 인해 활용이 미비한 상태임
- 안전한 지하공간의 구축 및 관리라는 지하공간통합지도 구축 목적에 부합하는 지하안전관리 지원 기술 구축이 필요함
- 또한, 최근 급증하고 있는 지하근접시공, 굴착공사 등의 정확성, 신속성, 안정성을 확보하기 위한 최첨단 기술 기반의 건설 시공현장 지원기술 개발의 필요성이 증가함

○ 범부처 지하공간통합지도 순환 서비스 체계 구축 실현의 핵심기술 개발 필요

- 현재 국토교통부에서는 구축된 지하공간통합지도 유통체계의 한계성(정확성, 신속성 등)을 극복하기 위하여 “범부처 지하공간통합지도 순환 서비스체계 구축”을 계획 중임
- 따라서, 범부처 지하공간통합지도 순환 서비스체계 실현의 기반이 되는 신속하고 정확한 지하공간통합지도 구축과 탐사현장 지원 등 최신의 지하공간통합지도 활용 지원에 대한 기술 개발이 요구되고 있음

3. 기획연구 추진전략



<그림 1-11> 기획연구 추진전략

○ 기술개발전략 수립

- (동향조사 및 환경분석) 국내외 시장 및 기술에 대한 핵심 과제별 거시적 동향을 조사하고, 이를 바탕으로 정책, 환경, 사회, 기술분석 수행
- (기술수요조사) 기업, 정책입안자, 전문가 등 다양한 이해관계자 대상의 기술수요를 조사하고, 내외부 전문가 및 담당부처 관계자들의 의견수렴을 통해 분류·분석
- (기획위원회운영) 4회 운영을 통한 기술수요조사, 기술개발추진, 비전 등 검토 수행
- (추진방향 정립) 국내의 기술, 시장, 동향 분석 결과를 바탕으로 기회요인과 위험요인을 도출하고 국내 기술 인프라·기술 인력 현황 분석결과와 기술 예측 결과를 바탕으로 강점과 약점 도출
- (비전 설정) 비전 분석 및 수립 틀 설계, 기존 비전 분석, 비전 수립 및 단계별 발전 목표 수립의 과정별 수행을 통해 본 연구개발의 비전을 수립

○ 과제 기획

- (세부목표 및 중점추진분야 설정) 지하공간통합지도 갱신자동화 및 활용지원 기술에 대한 국가차원에서의 기술개발 청사진 제시
- (후보과제 도출) 비전 달성을 위한 목표를 구체화하고 이를 달성하기 위해 중점적으로 추진할 연구분야를 비전 및 목표 부합성, 적시성, 국가지원 타당성 등의 기준으로 도출

- (우선순위 도출) 시장성, 기술성, 실현 가능성, 전략적 타당성 등의 기술개발 중요도에 따라 종합적으로 고려하여 후보과제의 우선순위를 도출
- (기술 로드맵 작성) 중점추진 세부과제에 대한 우선순위 개념, 개발 시작 및 목표 시점, 기술개발 방법, 기술연계등을 고려하여 시간 축을 기준으로 도식화
- (성과목표 도출) 세부과제별 예상 성과를 전략적으로 도출하고 이를 달성하기 위한 성과목표 제시
- (성과지표 설정) 비전과 목표, 중점분야의 전략목표, 중점추진 세부과제의 성과목표가 일관되게 연계되는 성과지표 설정 및 지표의 측정방법, 목표치 등 제시
- (예산·인력·장비·시설 조사) 세부과제별로 예상되는 소요인력, 장비, 시설을 파악하고 이를 기반으로한 소요예산 산정
- (공청회 수행) 공청회 개최(19.4.11)를 통한 기획연구결과 공유 및 연구개발 방향 모색

○ 타당성 조사

- (사전 타당성 분석) 기술적 타당성(기술개발 적정성, 성공가능성, 중복성), 정책적 타당성(정책의 일관성 및 추진의지, 위험요인), 경제적 타당성(경제성, 파급효과, 예산 적정성)을 고려한 분석 수행

○ RFP작성

- (RFP작성 및 평가기준 설정) RFP는 핵심과제 아래에 세부과제 단위로 작성하는 것을 원칙으로 작성 수행

제2장. 국내외 동향 및 환경 분석

2-1. 국내외 정책동향 및 분석

- 국내외 정책동향을 위하여 정부부처, 지자체 등에서 현재 추진 중인 지하정보 관련 법·제도 및 계획 등을 검토하여 분석함

1. 국내 정책동향

가. 지하안전관리에 관한 특별법

- 지하정보의 구축을 통해 지하를 안전하게 개발하고 이용하기 위한 안전관리체계를 확립하고, 지반침하로 인한 피해를 방지하고 공공의 안전을 확보하기 위하여 지하안전관리에 관한 특별법을 제정함
 - 법은 국가 및 지방자치단체, 지하개발사업자 및 지하시설물관리자는 지하안전관리에 관한 종합적인 시책과 필요한 조치를 취하고 기본계획을 수립하도록 함
 - 국가의 경우 국가지하안전관리 기본계획을 수립해야 하며, 국가 지하안전관리 기본계획의 구성과 지하정보와의 관련성을 정리하면 <표 2-1>과 같음

<표 2-1> 국가지하안전관리 기본계획과 지하정보의 관련성

기본계획 내용	관련 영역	지하정보와 관련성
중장기 지하안전관리 정책의 기본목표 및 추진방향	구축 및 갱신	계획 기반의 지하정보 품질관리와 효과적인 구축, 갱신방안 마련
지하안전관리에 관한 법령·제도의 개선에 관한 사항	제도	일관성 있는 지하정보 제공을 위한 정책적 기반마련
지반침하로 인한 사고를 예방하기 위한 교육·홍보에 관한 사항	교육 및 홍보	-
지하안전관리를 위한 정책 및 기술 등의 연구·개발에 관한 사항	연구 및 개발	지하정보의 구축·갱신·활용을 위한 방안 연구 및 개발
지하안전에 관한 정보체계의 구축·운영에 관한 사항	구축 및 갱신	지하관련 정보체계의 구축·운영에서의 지하정보 일관성 고려

출처 : 지하안전관리에 관한 특별법 재구성

나. 국가공간정보 기본법

- 국가공간정보 기본법은 지하정보 구축 시 가장 기본적으로 적용해야하는 기본 법령으로, 이 법은 국가공간정보체계의 효율적인 구축과 종합적 활용 및 관리에 관한 사항을 규정함으로써 국토 및 자원을 합리적으로 이용하여 국민경제의 발전에 이바지함을 목적으로 함
- 지하정보와의 관련성을 정리하면 <표 2-2>와 같음

<표 2-2> 국가공간정보 기본법과 지하정보의 관련성

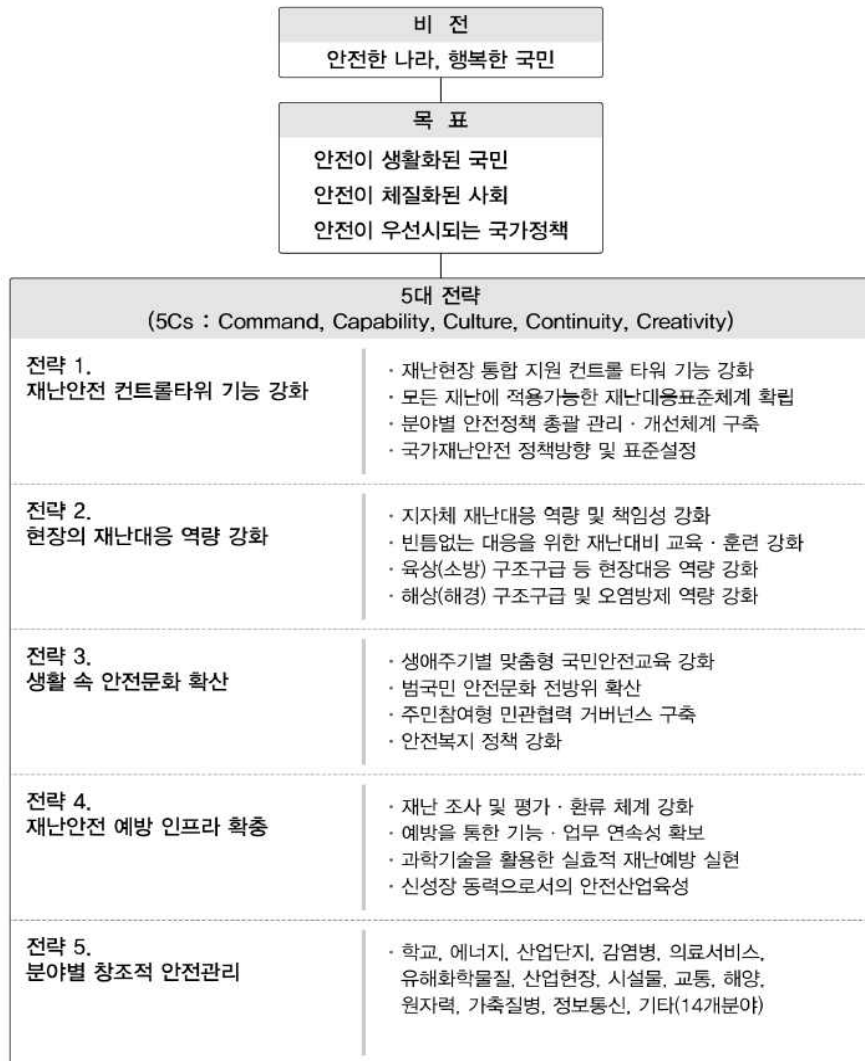
기본계획 내용	관련 영역	지하정보와 관련성
제20조 공간정보참조체계의 부여	생산 및 구축	지하시설물 공간정보 구축 시 공간정보참조체계를 적용해야 함
제21조 공간정보 표준화	생산 및 구축	지하정보 구축 시 표준화 준수 필요
제24조 국가공간정보통합체계의 구축과 운영 령 제18조 국가공간정보통합체계의 구축과 운영	생산 및 구축	국가공간정보통합체계와 연계활용 가능
제28조 공간정보데이터베이스의 구축 및 관리	관리 및 갱신	공간정보 구축 시 호환성을 가지며, 최신성을 가지도록 관리해야 함
제30조 공간정보 목록정보의 작성	생산 및 구축	지하시설물 공간정보에 대한 목록정보 작성이 필요
제32조 공간정보의 활용 등	활용 및 보안	지하시설물 관리시스템 및 활용체계 구축에 대한 근거
제35조 보안관리	활용 및 보안	지하시설물 공간정보 구축 시 보안관리를 위한 규정 및 정책이 필요
제36조 공간정보데이터베이스의 안전성 확보	활용 및 보안	구축된 지하정보에 대한 백업 및 관리지침 마련 필요

출처 : 국가공간정보 기본법 재구성

다. 국가안전관리기본계획

- 국가안전관리 기본계획(2015~2019)은 국가의 재난 및 안전관리의 기본방향을 설정하는 최상위 계획으로써, 대한민국헌법 제34조 제6항, 재난 및 안전관리기본법 제22조 및 시행령 제26조에 따라 수립됨

- 최근 도시화·인구집중, 고령화, 기후변화, 신종 감염병의 창궐 등 재난환경 변화에 대응하여 국가가 국민을 재난 및 안전사고로부터 보호하기 위해 수립됨
- '안전한 나라, 행복한 국민' 이라는 비전을 바탕으로 '안전이 생활화된 국민', '안전이 체질화된 사회', '안전이 우선시되는 국가정책' 이라는 목표를 달성하고자 함



<그림 2-1> 국가안전관리기본계획의 기본방향

출처 : 국민안전처(2016), 국가안전관리기본계획(2015~2019)

- 지하정보가 생성되는 지하시설물에 대한 안전관리 부분은 '전략 5. 분야별 창조적 안전관리' 에 포함됨
- 기본계획의 추진전략의 일부로써 광범위한 영역에 대한 계획을 수립하고 있으며, 분야별 안전관리를 위한 추진계획에 언급된 지하시설물, 구조물, 지반 등에 대한 내용은 다음과 같음

<표 2-3> 국가안전관리 기본계획의 안전관리 정책 중 지하부문 관련 사항

추진계획	추진계획 목표	지하관련 내용
(5-8) 시설물 안전관리 강화	<ul style="list-style-type: none"> • 대형 시설물 중심의 안전관리를 중소형 시설까지 확대하는 한편, 안전진단 업체와 시설관리주체에 대한 지도감독 강화 	<ul style="list-style-type: none"> • 소규모 시설물 안전관리 강화를 위해 1,2종 시설물이나 특정 관리대상 시설에 포함되지 않는 시설물 (사회복지시설, 전통시장, 교량, 도로 중육교 및 지하도, 옹벽 및 절토사면 등)에 대해 무상점검을 실시
(5-9) 대형교통 (도로·철도·항공) 안전관리	<ul style="list-style-type: none"> • 상시적인 안전점검 및 안전 중심의 교통 인프라 개선 등을 통해 사전에 사고 위험요인을 제거하여 대형교통 사고를 예방 	<ul style="list-style-type: none"> • 대형 철도·지하철 사고 예방관리를 강화
(5-13) 정보통신 안전	<ul style="list-style-type: none"> • 통신 사업자에 대한 안전관리체계와 정전에 대비한 사전대책을 마련 	<ul style="list-style-type: none"> • 통신재난관리 기본계획 이행의무 부과, 통신재난 예방·대응 활동 책임자 지정 및 전담부서 설치·운영 추진

출처 : 국민안전처(2016), 국가안전관리기본계획(2015~2019)

○ 재난 및 안전관리 대책은 크게 자연재난, 사회재난에 대한 관리대책과 분야별 안전관리 대책은 <표 2-4>와 같음

- 사회재난 관리대책의 시설물 부분에서 지하개발의 증가, 지하시설의 노후화 등에 대하여 선제적으로 대응을 위해 지하공간 통합안전 관리체계 등을 구축하는 주요대책을 마련함
- 첫째, 생생한 땅속 정보를 제공하여 지반안전 강화를 위해 3D 지하공간 통합지도를 구축하여 지자체와 개발 주체에게 제공하고 지하공간 정보의 제공과 업데이트 등에 대한 통합기준 마련
- 둘째, 대형 굴착공사 현장 인근 주민의 불안해소를 위해 대규모 지하개발 사업은 지하수·지반·인근시설물의 안전성을 사전에 검토 및 대책수립 의무화, 설계·시공 안전기준 적용범위를 굴착 영향범위까지 확대
- 셋째, 불안요소에 대한 선제적 모니터링 및 관리를 위해 예방계획의 수립, 주기적인 지하정보의 계측을 통한 명확한 지자체의 역할 수립, 생활속 싱크홀 징후 발굴 및 홍보, 기 설치된 관정의 정보를 활용한 전국 지하수 관측망 구축, 노후관로 실태 정밀조사 및 노후 관로의 교체의 지속적 추진
- 넷째, 지하공간통합 안전관리체계 기반 마련을 위해 지하공간 안전관리 특별법 제정 추진, 기술개발(지하공간정보 제작, 지하수 흐름 조사, 도심지 지반 안전성 평가 등)을 통해 안전관리체계를 구축

<표 2-4> 국가안전관리 기본계획의 재난 및 안전관리대책 중 지하부문 관련 사항

관리 대책	유형	목적	지하관련 내용
자연 재난	1-1 풍수해	<ul style="list-style-type: none"> 태풍의 대형화 및 국지성·게릴라성 집중호우 등으로 인하여 가중되고 있는 풍수해에 대한 현장중심의 철저한 사전대비로 재해위험요인을 사전에 점검·정비하고, 신속한 상황대응 능력 강화로 인명·재산피해 최소화 추진 	<ul style="list-style-type: none"> 대규모 시설물에 대해 수방기준 및 내풍 설계기준 검토·보완, 우수유출 저감시설 설치, 지하공간의 침수 방지, 재난관리 책임기관별 비상대처(추진) 계획 수립 등 태풍 피해 저감을 위한 지속적인 제도 개선
	1-6 지진	<ul style="list-style-type: none"> 지진발생 빈도 증가와 대규모 지진발생 가능성에 대한 우려 확대됨에 따라 지진피해 저감을 위해 시설물 내진대책, 대응 및 복구 등 지진재해 관리체계를 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 수도시설·공공하수처리시설 및 문화재 등 대한 지진대책을 강구, 지진발생시 적정 생활용수를 공급 유지와 폭발 및 화재위험이 있는 시설의 2차 재난방지를 위한 점검, 추가 붕괴 위험지역 응급조치와 피해복구 지원
사회 재난	2-3 시설물	<ul style="list-style-type: none"> (시설물) SOC 시설 노후화와 서비스 수준 저하를 유발하여 성능보완, 수명연장을 위한 경제적 부담 증가 초래 우려됨에 따라 국민 안전을 확보하기 위해 3S(Safe, Sustainable, Smart) 시설물로의 전환을 통한 종합적인 시설안전 구현 (지반침하) 대규모 침하가 발생할 가능성은 적지만, 지하개발의 증가, 지하시설의 노후화 등 점증하는 위협에 선제적으로 대응하기 위해 지하공간 통합 안전관리체계 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 생생한 땅속 정보를 제공하여 지반안전 강화 대형 굴착공사 현장 인근 주민의 불안 해소 불안요소에 대한 선제적 모니터링 및 관리 지하공간 통합 안전관리체계 기반 마련
	2-7 국가 기반 체계 보호	<ul style="list-style-type: none"> (국가기반체계보호) 에너지 등 기능 마비시 인명, 재산, 국가경제에 중대한 영향을 미치는 시설의 지속적인 기능 유지(업무연속성 확보) (수도(식용수)) 도시집중화에 따른 대규모 상하수도 시설의 의존도 심화, 자동화 및 복합화로 대형재난 발생요인 증가, 국지성·게릴라성 강우시 상하수도 시설 취약하기 때문에 국가적 위기 발생시 체계적으로 대응 	<ul style="list-style-type: none"> 소관 관리기관 및 시설의 지정·관리의 역할 강화 위기징후 실시간 감시 및 전파·보고 시스템, 위기관리를 위한 종합대책 수립·시행, 공공하수도의 유지관리 강화, 위기발생 사전억제 및 차단활동

출처 : 국민안전처(2016), 국가안전관리기본계획(2015~2019)

라. 국가공간정보정책 기본계획

○ 국내에서는 국가 공간정보 DB 구축의 기반조성을 목적으로 「국가공간정보 기본법」에 따라 5년 단위로 국가 공간정보 기본계획을 수립 중

- 1995년 제1차 국가 GIS 구축사업을 시작으로 현재 제6차 국가공간정보정책 기본계획이 추진 중이며, 지하공간통합지도를 구축함으로써 지하공간을 안전하고 체계적으로 관리하고자 함

- 제6차 국가공간정보정책 기본계획(2018~2022)에서의 지하정보는 공간정보를 통한 재난·재해, 범죄로부터 안전한 생활을 지원할 수 있는 공간정보로 바라보고 있으며, 이를 위해 지하시설물 정보의 정확도 개선을 통해 안전관리 업무에 활용하고자 함

<표 2-5> 국가공간정보정책 기본계획 중 지하정보 관련 내용

기간	주요 추진 방향	지하정보 관련 내용
'95~'20 (1차)	국가기본도 및 지적도 등 국가 GIS 기반 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 지형도, 지적도, 지하시설물 전산화 • 지하시설물도 등 구축에 필요한 표준제정 • 지하시설물관리체계 시범시스템 구축
'01~'05 (2차)	공간정보 구축 확대 및 부문별 GIS 시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 3차원 GIS 기술개발 • 지하 GIS활용체계 구축
'06~'10 (3차)	기관별 구축 데이터와 GIS시스템 연계	<ul style="list-style-type: none"> • 3차원 국토공간정보 구축 • 시급지자체 지하시설물 전산화 사업
'10~'15 (4차)	공간정보시스템간 연계통합 강화 및 융복합정책 추진기반 마련	<ul style="list-style-type: none"> • 군지역 지하시설물 전산화 사업
'13~'17 (5차)	공간정보 활용체계 고도화 및 확산	<ul style="list-style-type: none"> • 7대 지하시설물 통합정보 구축사업
'18~'22 (6차)	공간정보 융합활용 확산	<ul style="list-style-type: none"> • 지하정보 정확도 개선 및 안전생활 지원을 위한 융합 활용

마. 국가지하안전관리 기본계획

- 지하안전관리에 관한 특별법 제6조에 의거하여 법 시행 초기의 미비점을 해결하고 제도의 실효성을 확보하기 위한 현장중심의 지하안전정책 로드맵 마련을 목적으로 수립
 - 또한, 새로운 지하안전관리 제도가 조기 정착됨으로써 지반침하로 인한 국민들의 불안감을 해소할 수 있는 사회적 안전장치 역할을 담당하기 위한 목적임
- 안심사회 실현을 위한 지하안전관리 체계의 조기정착이라는 비전 아래 3개 주요목표에 따라 추진
 - 주요목표로는 ①지반침하 발생률 50% 감축, ②지하안전관리 기술수준 선진국 대비 90% 달성, ③지하공간통합지도 100% 구축
- 또한, 3개 추진전략별 총 17개 세부 추진과제로 2020년~2024년까지 추진되며, 이중 지하공간통합지도 확대 구축, 지하공간통합지도 정확도 개선 등 2가지 세부 추진과제를 통한 지하정보 활용을 위한 지원체계 구축을 추진

<표 2-6> 제1차 지하안전관리 기본계획의 3대 추진전략별 세부 추진과제

3대 추진전략	중점 추진과제	세부 추진과제
1. 선진형 지하안전 관리체계 구축	1-1 지하시설물 관리체계를 지자체 중심으로 구축	1-1-1 지자체별 지하안전 총괄부서 마련 1-1-2 의사결정 지원체계 구축
	1-2 지하안전영향평가 제도의 실효성 제고	1-2-1 지하안전영향평가 제도 개선 1-2-2 지하개발 안전관리기준 마련
	1-3 지하안전관리제도의 효율적 운영을 위한 기반 조성	1-3-1 지하안전영향평가서 매뉴얼 마련 1-3-2 지하안전점검 세부지침 마련
2. 지하안전 관리 역량 강화	2-1 스마트기술 기반 미래형 지하안전관리 기술 확보	2-1-1 지하안전기술 고도화 2-1-2 스마트 유지관리 기술 개발
	2-2 지하안전관리 관련 산업 및 전문인력 육성	2-2-1 전문기관 실적정보 공개 2-2-2 지하안전관리 실무교육 강화
3. 지하안전 정보의 대국민 서비스 확대	3-1 지하정보 활용을 위한 지원체계 구축	3-1-1 지하공간통합지도 확대 구축 3-1-2 지하공간통합지도 정확도 개선
	3-2 지하안전정보시스템의 활용 기반 조성	3-2-1 지하안전자료 활용을 위한 법적 근거 마련 3-2-2 DB의 환류시스템 구축
	3-3 국민 소통형 지하안전 홍보 활성화	3-3-1 지하안전 홍보 강화 3-3-2 쌍방향 소통창구 운영 3-3-2 선제적인 지하안전서비스 제공

출처 : 국토교통부(2019), 제1차 지하안전관리 기본계획(2020~2024)

- 지하공간통합지도 확대 구축 과제는 5종의 지하정보를 담고 있는 3D 지하지도를 '20년까지 市지역(85개) 구축하고 ' 23년까지 77개 군지역 구축 완료를 목표로 추진
 - 민간관리 통신구·전력구 등 지하구조물 정보(약 1,500km)를 추가적으로 구축하고 이용자별 맞춤형 지하정보를 제공하여 활용성 제고하고자 함
- 지하공간통합지도 정확도 개선 과제는 8대 특·광역시 중심으로 주요 도심지역 지하시설물의 정확도를 높이기 위해 일부 기구축 자료에 대해 현장굴착을 통한 검증·확인을 추진
 - 준공측량 DB 반영 등을 위한 관련 지하안전법 개정도 추진함

바. 지하공간통합지도 구축·추진계획

- 전국 각지에서 싱크홀(지반침하)의 발생으로 인해 수립된 ‘범정부 지반침하 예방대책’을 기반으로 특별법을 제정하여 '18년부터 시행되었으며, 이를 바탕으로 지하공간통합지도 구축을 위한 계획을 마련함
 - 지하공간통합지도는 지하공간을 3D로 가시화 할 수 있는 공간정보로 5개 부처, 14개 법령, 4개 시스템으로 분산돼 있는 15종의 지하정보를 통합적으로 관리하고자 함
 - 관리기관별로 개별 관리하고 있는 문제점을 극복하고, 지반 침하에 대한 원인분석이나 사전대책 수립 등 지하공간의 안전 관리 업무에 활용하고자 함
- 국토부는 '14년 지하공간통합지도 구축 기본계획 수립 연구'를 시작으로 '지하공간통합지도 구축 추진계획'을 수립을 하였고 4가지 추진전략과 세부 추진과제를 세움
 - 추진계획에서 '안전사고 없는 살기 좋은 행복한 국토 실현'을 비전으로 하여 '지하공간의 안전관리를 위한 땅속정보 활용기반 마련을 통한 지하공간 통합 안전관리체계 구축'을 최종목표로 하고 있음

<표 2-7> 지하공간통합지도 구축·추진계획 중 4가지 추진전략과 내용

추진전략 구분	내용
‘한눈에 보는 지하정보’	<ul style="list-style-type: none"> • 지하공간 개발과 이용, 관리의 기본이 되는 지하시설물, 지하구조물 및 지반정보 등의 지하정보를 통합한 지도 구축을 전국 85개 시급 지자체를 대상으로 시설물의 밀집도, 구축물량, 사업연계성 등을 고려하여 2017년까지 서울특별시 등 8대 특별·광역시, 2019년까지는 나머지 시까지 구축 • 3차원 공간정보와 동일한 표준을 적용하여 지상 공간정보와 연계구축이 가능하도록 하여, 이미 구축되어 있는 지하시설물·시추·관정·지질정보 등은 연계 및 활용하고 지하구조물(지하차도·지하상가·지하철 등) 정보는 신규로 구축할 예정
‘다 함께 쓰는 정보시스템’	<ul style="list-style-type: none"> • 국토부를 포함한 관리기관에서 각각 운영중인 기존자원을 최대한 활용하여, 산재된 정보를 취합·가공하고 생산된 통합지도에 가시화·연계·분석 등 종합적으로 활용이 가능한 시스템을 구축하고자 함 • 현재까지 지하공간 사고는 다양한 원인에 의해 발생해 단편적인 시설물 관리만으로는 사고 예방에 어려움이 있어 이를 개선한 지하공간통합지도를 기반으로 정보통신기술(ICT)을 융합하여 지반침하 등의 안전사고 대응과 분석이 가능한 지원시스템을 구축하고자 함
‘막힘없는 원스톱 지원’	<ul style="list-style-type: none"> • 「지하안전관리에 관한 특별법」을 근거로 지하정보 활용 지원센터를 운영하여 지하공간통합지도의 구축, 갱신, 활용 등에 대한 컨설팅을 지원할 수 있도록 함 • 우선적으로 특별·광역시의 통합지도 구축(2017) 이전에, “지하정보 지원센터”를 설치하여 통합되지 않은 정보를 수요자가 쉽게 이용토록 지원을 했으며, 구축 이후는 지하정보 활용 기술지원과 지하정보 생애주기에 맞추어 체계적·종합적으로 관리할 수 있도록 전환하려고 함
‘쉽고 투명한 가이드 라인’	<ul style="list-style-type: none"> • 지하정보의 수집·구축·갱신·활용 등에 대한 관련조항을 구체화 하여 특별법령(「지하안전관리에 관한 특별법」) 제정을 지원할 계획임 • 지하정보 구축·통합·갱신에 따른 일관된 성과를 확보하기 위해 지하공간통합지도 작업규정과 지침 등을 제·개정을 함

출처 : 국토교통부(2015), '19년까지 지하공간 통합지도 구축

○ 공공가스 시설은 추가적인 제도와 안전시스템을 도입하여 안전관리를 하고자함

- 공공가스 시설은 대형사고 가능성이 있는 도심지 고압배관의 관리를 강화하고자 함
 - 15년 이상 장기 운영된 고압배관에 대한 내부검사를 의무화하는 배관 건정성 관리 제도를 도입 및 가스공사 자체에 대한 안전시스템을 구축하고 안전기술 개발을 추진하고자 함
- 가스공사 안전시스템은 배관 설치 시 인명·재산피해 평가를 토대로 배관의 경로와 위치에 대한 타당성을 검증할 수 있는 시스템임

○ 민간가스 시설과 석유시설의 경우 각각 안전관리수준평가제와 안전규정을 도입 및 수립하여 안전관리를 하고자 함

- 민간가스 시설에 대해서는 굴착신고와 배관위치를 확인하는 산업용 고압가스 매설배관 확인제와 자율적 관리를 유도하는 안전관리수준평가제를 도입함
- 석유시설의 경우 송유관(1,081km)에 대한 지선의 체계적인 관리를 위한 안전규정을 수립함
 - 미국 석유협회(API)의 기준을 참고하여 송유관과 저유시설의 연결지점에 대한 검사기준, 시기, 관리방법 등 안전규정을 마련
 - 에너지 안전지수를 연구 및 개발을 하여 에너지 안전시스템 강화를 통해 계획, 시행, 평가를 수행하고자 함

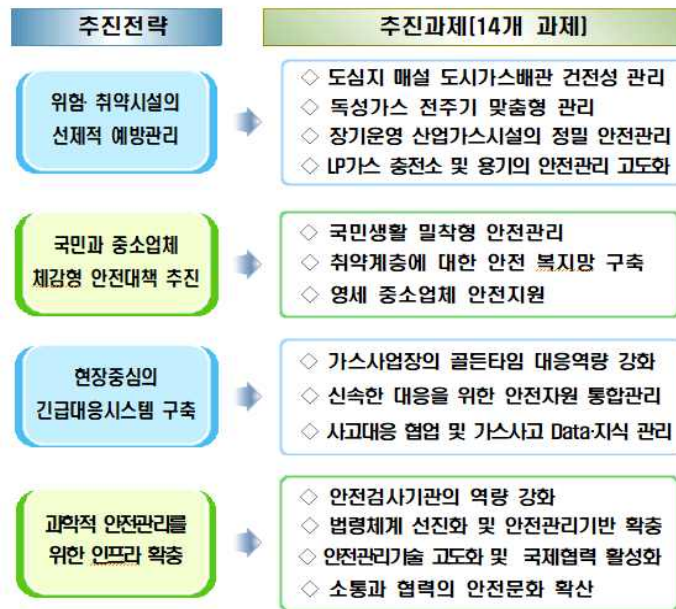


<그림 2-4> 에너지 안전평가(안)

출처: 산업통상자원부(2015), 에너지 안전 가이드라인 개발

아. 가스안전관리 기본계획

- 가스 안전관리 기본계획(2015~2019)은 국민안전 확보와 환경변화에 효과적인 대응을 위해 「고압가스 안전관리법」 제3조의2에 따라 수립됨
 - 고압가스, 액화석유가스, 도시가스로 인한 위해방지와 안전관리 체계화를 목적으로 함
- 지하정보와 관련 있는 추진과제로는 '도심지 매설 도시가스배관 건전성 관리' 부분에서 도심지 매설 도시가스 배관 관련한 내용이 있음
 - 도심지 매설 도시가스배관 건정성 관리를 위해 배관 건정성 관리제도(IMP: Integrity Management Program)를 도입할 계획임
 - IMP는 배관내부검사를 위해 첨단검사장비(Pigging) 등을 활용하여 배관의 위험도를 평가하며 이를 기준으로 우선순위에 따라 건정성을 관리하는 체계임
 - 도심지에 10년 이상 경과한 고압(2MPa이상) 도시가스배관을 대상으로 IMP제도를 실시하여 대형 사고를 예방하는 계획을 수립하고 있음



<그림 2-5> 가스안전관리 기본계획의 기본방향

출처: 산업통상자원부(2014), 가스안전관리 기본계획(2015~2019)

- 지자체 시스템과의 연계와 싱크홀 관련 사고예방을 위한 기술개발을 통해 가스배관의 안전한 관리를 도모하고자 함
 - 지자체의 도로굴착허가시스템과 굴착공사정보지원센터를 연계하여 미신고 굴착공사가 발생하지 않도록 함

- 서울, 부산, 인천에서 온라인상으로 도로굴착 허가정보를 굴착공사정보지원센터에 제공 중이며 이를 전국으로 확대하고자 함
- 싱크홀 관련 사고예방을 위해 연약지반 내 배관 DB구축·관리와 진단기법을 개발하고 전문가를 양성하여 특화된 안전진단을 실시할 계획임
- 국토부가 추진 중인 지하매설물, 지하구조물, 지반 등에 대한 '지하공간 통합지도'를 활용하여 지하매물 가스배관의 관리를 수행할 계획임

자. 수도정비기본계획

○ 2025 수도정비기본계획 변경에서 재해대책 부분에 지하정보 관련 내용을 언급

- 수도시설의 수질 및 공급의 안정성 확보를 통한 서비스 수준 향상과 각종 사고 및 재해 시에도 급수 안정성 확보를 위한 대응방향 및 대응체계 구축을 목표로 하며, 이를 위한 대책은 <표 2-8>과 같음

<표 2-8> 수도정비기본계획 중 지하시설 관련 대책

구분	상황	사업개요
위기관리 계획	-	<ul style="list-style-type: none"> • 위기 유형별 전개양상 검토 및 위기경보 발령 절차 제시 • 예방 대비 대응 복구로 진행되는 단계 위기관리 활동 제시 • 사전업무 수행체계에 따른 신속 정확한 대응을 위한 위기관리체계 구축
위기 대응방안	수도시설 사고시	<ul style="list-style-type: none"> • 식용수 시설 설비 파괴 및 식용수 시스템 운영중단시 대응방안 수립 <ul style="list-style-type: none"> - 관로시설 파괴 대정전사고 침수사고 염소가스 누출 전산 시스템 마비(사이버테러) • 급수 중단시 수도시설 유형별 비상용수 공급계획 수립
	수질 사고시	<ul style="list-style-type: none"> • 수질사고 발생시 긴급조치 및 행동요령 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 1단계 사고발견: 이상 징후 발견을 위한 경보시스템 구축·운영 수질관리 강화 - 2단계 사고판단: 급수중지(심각), I 급상황(경계), II 급상황(주의) - 3단계 사고대응: 정수처리 공정별 긴급조치요령에 따른 사고대응

출처 : 국토교통부(2015), 2025 수도정비기본계획(광역상수도 및 공업용수도)변경 내용 재구성

차. 국가하수도 종합계획

○ 국가하수도 종합계획(2016~2025)은 공공하수도, 개인하수도를 포함하여 국가 하수도 정책의 체계적인 발전과 하수도사업 추진을 위한 기본 방침으로 수립

- 기본계획은 분야별로 <그림 2-6>과 같이 계획되어 있으며 지하관련 정책은 하수도 안전관리 분야에서 언급하고 있음

○ 기후변화 대비 하수도 도시침수 대응능력 향상 과제에서는 노후 하수관로 상태진단 및 유지관리를 강화하고자 함

- 지반침하의 주원인으로 지목되는 20년 이상 된 하수관로가 전체 하수관로의 38%에 달하며 매년 증가추세에 있음

- 일본의 사례로 하수관로 매설 년 수가 30년을 경과하는 시점부터 도로함몰 사고 건수가 급증했다는 점을 들어 국내에서도 같은 상황이 도래할 수 있고 볼 수 있음
- 지반침하사고는 하수관로 정보가 부족한 문제('13년 기준 전국하수관망 전산화율이 81.1%¹⁾)로 발생하는 지하굴착 등 건설공사 중에 발생하는 부실시공 등도 그 원인으로 볼 수 있음
- 하수관로 정보는 DB상 위치와 실제 위치의 오차가 허용오차범위(평면위치 ±20cm²⁾)를 벗어나는 등 정보의 정확도가 떨어지는 것으로 나타남
- 개보수 이력 등 하수관로 운영·관리실태 자료가 축적되지 않아 체계적인 유지관리를 어렵게 함
- 하수관로 정보 정확성확보를 위해 하수관로 종합정보관리체계를 구축하고 하수관로 진단·정비·측량 기술 개발을 통해 하수도 관리를 할 계획
- 종합정보관리체계는 하수도대장 정보화 및 주기적인 갱신(update)을 통해 상시 하수관로 유지관리에 활용할 수 있음
- 종합정보관리체계를 통해 관리되는 정보는 하수관로 이력(설치년도, 관경, 준설 등의 유지관리 정보 등)과 CCTV 조사 결과이며, 이를 GIS에 반영하여 상시 활용할 수 있도록 하고자 함
- 하수관로 진단·정비기술을 개발하여 하수관로 진단센서, 검사장비, 검사기술 등을 선진국 수준으로 향상시키고 고해상도 CCTV, 비파괴탐사(GPR) 측정 및 진단 기술을 개발할 계획임

분 야	주요 정책 과제
하수도 안전관리	① 기후변화 대비 하수도 도시침수 대응능력 향상 ② 노후 하수관로 정비 등 도시안전 확보
국민편의 중심 서비스	① 하수도약취 등 생활 주변의 불편요소 관리 강화 ② 개인하수도 및 소규모 하수처리시설 공공관리 강화
강우 시 하수관리	① 강우 시 하수 수집·이송체계 개선 ② 강우 시 하수처리시설 최대처리능력 확보
유역단위 하수도 관리	① 하수처리시설별 방류수수질기준 설정·운영 ② 하수도시설 개·보수사업의 투자 효율성 제고
경제적 기회 창출	① 하수도산업 지원 및 해외진출 활성화 ② 하수도 에너지 절감 및 재생에너지 생산 확대
재정 및 자산관리	① 하수도 요금현실화 및 재투자 여력 확보 ② 지자체 하수도 자산관리 제도화 및 지원체계 구축

<그림 2-6> 국가하수도종합계획 기본방향

출처: 환경부(2015), 국가 하수도 종합계획(2016-2025)

1) 하수관망 전산화율 = 전산화길이(m)/하수관로 길이(km), 전국 하수관망 전산화율(2013)
 2) 국토교통부 고시 제2009-665호, 공공측량의 작업규정 세부기준

카. 서울시 지하안전관리 종합 추진계획

- 현재 국가지하안전관리 기본계획이 수립 중에 있으며, 지자체는 법제도를 바탕으로 지하안전관리에 관하여 우선 추진계획을 수립하고 있음
 - 서울특별시는 지반침하 등으로 인한 피해 방지와 공공의 안전을 확보하기 위해 특별법에 대응하는 정책을 수립함
 - 서울특별시는 지하안전관리 종합 추진계획의 정책 방향으로 "지하안전도시 '서울' 구현"이라는 비전을 달성하기 위해 추진될 계획임



<그림 2-7> 서울시 지하안전관리 종합 추진계획

출처 : 서울시(2018), 서울시 지하안전관리 종합 추진계획

- 서울특별시는 10대 핵심과제를 바탕으로 지하안전관리 종합 추진계획을 추진함
 - 시·도 지하안전관리 계획은 특별법 제7조, 동법 시행령 제7조에 의거하여 지하안전관리에 관한 계획을 연 1회 수립하도록 하여 서울시도 이에 맞춰 추진하는 계획을 수립함
- 지하안전관리 기술개발
 - 서울시는 서울기술연구원과 공동탐사 사각지대 해소를 위한 탐사기술 고도화를 추진하고자 하며, 기술개발은 <표 2-8>과 같이 크게 3단계로 구성하여 예산을 투입할 계획임
 - 연구과제는 '다양한 종류의 포장 구간에 대한 GPR 조사 및 분석', '포장 종류에 따른 공동관리 기준 및 매뉴얼 수립', '복합탐사(GPR, 전기비저항, 탄성파탐사 등)기술 고도화(심도 3m로 확대)'를 통해 공동 탐사의 사각지대를 해소하고자 함

<표 2-9> 공동탐사 고도화를 위한 주요 연구과제

연구 과제	공동탐사 사각지대 해소를 위한 GPR 조사 적용성 평가	위험도평가 및 복구기술 개발	복합 탐사기술 고도화 추진
그림			
기간	'19. 3.~'19.12.	'19. 6.~'20.12	'20. 5.~'23. 5.
소요 예산	100백만원	200백만원	800백만원
비고	공동 형상화(3D) 장비 개선 포함	-	신규장비 구비 및 분석SW 개발 병행

출처: 서울시(2018), 서울시 지하안전관리 종합 추진계획 재구성

- 추진계획을 바탕으로 서울시는 법정사무 업무 전반에 걸쳐 종합 추진방향 설정(Road map)함
 - 시와 자치구 및 지하시설물관리자가 함께하는 공유와 협력 분위기 조성하고, 공동조사 비용 분담으로 268억원/5년 예산절감 효과를 얻을 수 있다고 예상하고 있음
- 공동조사 기술개발을 통한 국내 기술 경쟁력 제고를 통해 지하안전관리의 공공(公共) 개념 도입으로 시민의 안전권을 담보할 수 있을 것으로 보고 있음

2. 국외 정책동향

가. 미국

○ 미국은 정책을 지원하는 American Planning Association(APA)과 자치주(州)에서는 지반침하 대응 매뉴얼을 마련하여 활용하여 지반침하를 대비하고자 함

- 국토 대부분이 석회질 토양으로 구성되어 있는 상황에서 석회암의 용해로 인한 지반함몰(싱크홀)을 대비하는 것을 목적을 하고 있으며 지반침하 대응 매뉴얼 내용은 다음과 같음

<표 2-10> 미국의 지반침하 대응 매뉴얼 내용

구분	주요내용
PLANNING AND URBAN DESIGN STANDARDS	<ul style="list-style-type: none"> • Wiley_graphic standards 시리즈 중 하나의 매뉴얼로 American Planning Association (APA) 발간 • 도시 계획 및 설계를 위한 다양한 고려사항 기술 • 지반침하 및 도로함몰에 대한 고려 기술
MODEL ORDINANCE FOR DEVELOPMENT ON KARST IN KENTUCKY	<ul style="list-style-type: none"> • Kentucky Geological Survey, University Of Kentucky 발간 • 캔터키주(州)의 카르스트 지역에서의 건설 가이드라인 제시 • 지반침하, 홍수 재해 등 다양한 재해에 대한 주의사항 발표
DRAINAGE CRITERIA MANUAL	<ul style="list-style-type: none"> • City Of Springfield, Missouri 발행 • 지반침하 및 카르스트 지역에 대한 조사 및 평가 기준 제시

출처: 국토교통부(2015), 지반침하 대비 생활속 징후 및 안전관리 매뉴얼 개발연구

○ 국가에서 제시한 지반침하 대응 매뉴얼을 바탕으로 미국 플로리다 주(州)에서는 자체적으로 대응체제를 갖추고 있으며, 지반침하 관련 시스템을 구축하여 관리하고 있음

- 일반인이 이용 가능한 대응 매뉴얼을 작성하여 홍보하고 있으며, 플로리다 환경보호과에서 지반침하 원인 평가를 위한 지질 및 지반 조사 절차 제정 등 지역차원에서의 예방과 대응체제를 갖추고 있음

<표 2-11> 플로리다 지반침하 관련 대응체제 내용

- ① 지반함몰 조사방법에 대한 기술적 검토 및 Sinkhole investigations protocols 구축
- ② 함몰 사고에 대한 데이터베이스 축적 및 지반함몰 지도 제공
- ③ 지질조사에 따른 지반함몰 발생 확률 관리
- ④ 원 또는 유선으로 함몰 사고나 지반함몰 사고 관련 신고 및 문의를 위한 체계 구축
- ⑤ 주 법령 및 관련 보험회사의 지반함몰 피해 보장 보험 상품 제공 및 의무화

- 싱크홀 관련 데이터를 관리할 수 있는 시스템을 구축하여 관계자와 일반인들이 정보를 확인 할 수 있도록 함



<그림 2-8> 플로리다주(州)의 싱크홀 데이터 지도와 특정 싱크홀에 대한 정보

출처 : <https://ca.dep.state.fl.us/mapdirect/?focus=fgssinkholes>

○ 미국 미주리주(州)는 법제도를 통해 지하공간의 대한 안전을 지상공간과 별도로 규정하여 관리하고 있음

- 미주리주(州)에서는 111장 공공안전 및 도덕법 (XXI. PUBLIC SAFETY AND MORALS), 제319장 공공안전 요구사항(Chapter 319 General safety Requirements)에서 지하시설 안전 및 파손예방(UNDERGROUND FACILITY SAFETY AND DAMAGE PREVENTION)에 대한 법을 통해 지상과 별도로 규정함

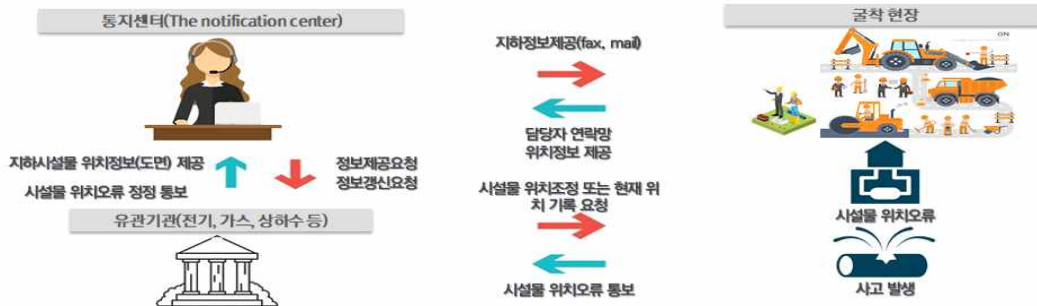
<표 2-12> 미주리주(州) 개정 법 319장 주요내용 요약

구분	내용
정의 (Definitions)	<ul style="list-style-type: none"> • 지하시설물의 위치, 지하시설물, 굴착에 관한 내용, 지하시설물을 관리하는 센터 관련한 내용을 정의 함
알림센터, 참여 요구 사항 및 자격 (Notification centers, participation requirements and eligibility)	<ul style="list-style-type: none"> • 지하시설물을 설치하거나 소유하는 사람은 지하시설물운영센터에 참여해야 함 • 특정구역의 지하개발이나 굴착을 원하는 사람은 지하시설물 통지센터에 해당 지하시설물에 대한 정보를 요청할 수 있음 • 통지센터는 지하시설물의 대한 다양한 정보를 유관기관으로부터 요청할 수 있도록 체제를 유지해야함
발굴공고, 소유자 및 운영자의 의무 (Public notice of excavations, duties of owner and operator)	<ul style="list-style-type: none"> • 지하시설물의 소유자 또는 운영자는 자하시설물의 위치파악 하는데 도움을 줘야 함 • 지하파이프 라인 시설을 소유 또는 운영하는 사람은 지하시설물 통보센터에 관련 정보를 제공하고, 통지센터는 정해진 절차에 따라 행동해야 함 • 통지센터는 지하매설물이 있는 지역을 굴착하는 사람의 대한 정보를 유지관리하고 업데이트해야 함
공공의 통행권, 설치조건, 요구사항 (Public right-of-way, installation within, requirements.)	<ul style="list-style-type: none"> • 공익을 위한 하수관이나 상수관을 설치할 경우 지하시설물 소유자는 추적와이어(Tracer wire) 또는 기타 위치 추적 장치, 접근 지점(Access Point)을 배치해야 함 • 지하시설물 소유자는 위와 같이 행동 했을 경우 굴착으로 인한 피해나 상해에 대해 책임을 지지 않음

출처 : Missouri Laws Chapter 319, General safety Requirements 인용

○ 미주리주(州)에서는 지하공간을 비거주지역으로 제한하며, 지상과 지하가 분리되더라도 용도지구로 지정되어 관리하고 있음

- 유틸리티나 환기설비와 같은 설비는 지상구조물의 건축 기준을 적용하도록 하고 있으며, 지상과 지하가 분리되더라도 용도지구로 지정되어 합리적이고 체계적인 지하공간 개발을 추구하고 있음



<그림 2-9> 지하정보 기반 굴착공사 지원 프로세스(미주리주)

출처: <http://revisor.mo.gov> 참조 재구성

- 미국 캔자스주(州)는 지하공간의 설치구역에 대해 지하공간 용도지구제를 설정하여 지하공간을 관리하고 있음

- 건축조례 중 지하에 관련된 규정사항을 정하여 지하공간을 체계적으로 관리하고자 함

<표 2-13> 미국 캔자스 주 건축조례 세부 규정 사항 내용

구분	세부 규정 사항
명칭과 적용범위 (Title and Scope)	• 지하시설물의 명칭, 조례 제정 목적, 적용범위, 건설방법, 대체재료, 시험방법
실행 (Enforcement)	• 지하공간시설의 규제 및 유도를 담당하는 행정부서의 신설, 공공사업국의 권한과 임무, 불안정한 지하공간에 대한 규제, 지하시설물에 대한 민원위원회, 규정 위반 시 벌칙사항
허가와 조사 (Definition)	• 지하건축물의 허가사항 및 점검사항에 대한 점검 시기 및 항목
정의 (Definition)	• 현존건물, 공공용지, 도로, 지하공간, 광장
거주에 따른 요구사항 (Requirements based on Occupancy)	• 출입구시설, 조명, 환기 및 위생, 방재시스템, 특별위험, 비상 신호, 중앙통제실 등의 시설규제에 대한 사항과 방화체계
건설 시 요구사항 (Requirements based on Construction)	• 지하시설 건설의 건축법규에 따른 요구사항
출구에 대한 요구사항 (Exit Requirement)	• 출구의 수, 출구의 폭, 출구 위치, 출구까지의 거리, 복도, 계단, 환기기준 등의 건축계획
방재시스템 (Fire Protection)	• 화재 방지를 위한 설비 시스템의 구비물 사항
기계시스템 (Mechanical System)	• 기계설비에 관한 사항
배수시스템 (Plumbing System)	• 지하수 등의 배출을 위한 펌프 설비에 관한 사항

출처 : Encouraging Underground Space Development: Modifications to Kansas City's Building Code and Zoning Ordinance 인용

나. 영국

○ 영국지질연구소(British Geological Survey)는 영국 전역에 대하여 지질정보체계를 구축하여 싱크홀 및 지반침하에 대응하고 있음³⁾

- 지질연구소는 지구과학 관련 400개 이상의 데이터셋을 보유하여 제공함

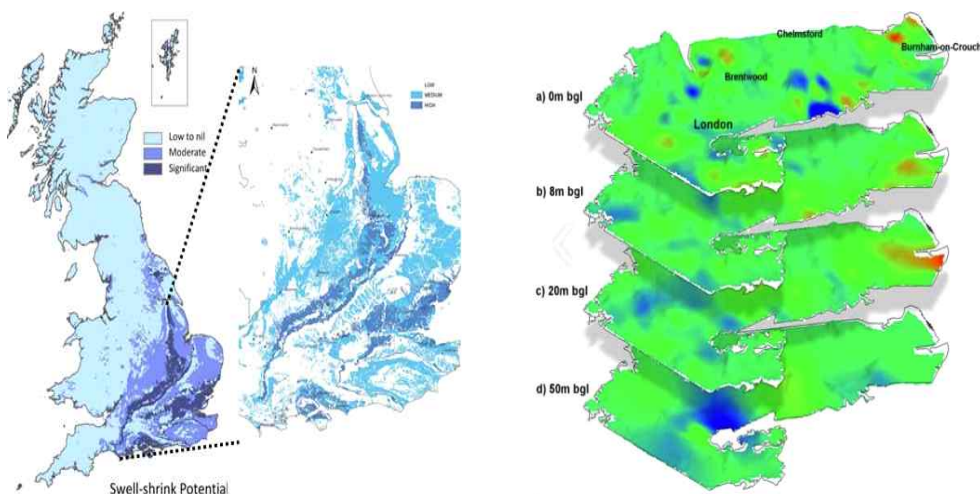
- 환경 모니터링 정보, 디지털 데이터베이스, 물리적 수집물(광석, 광물, 화석 등) 등 다양한 정보를 보유함
- 보유한 데이터를 바탕으로 지질학, 지구물리학, 위험, 지하수, 해양, 광물, 토양 화학, 3D 모델 관련 다양한 정보를 제공함

- 또한, 싱크홀 발생 시 대응 방법을 제시함

- 싱크홀 주위에 안전선을 구축하여 사람들이 접근하지 못하도록 해야 하고, 토지 소유자 및 긴급구조반에게 연락해야 함
- 가스관이나 상하수관이 존재한다면 인프라 관리자에게 연락해야 함
- 지역 의회 등에 연락하여, 그 지역이 지반침하 전적이 있는지를 확인하고, 지반을 안정화시킬 수 있는 조언 제공이 가능한 컨설팅 엔지니어를 요청
- 그 밖에 영국 지질연구소는 싱크홀에 대한 보고서를 제공

- 영국지질연구소는 토양의 수축-팽창을 지반 침하의 주원인으로 분석하였으며, 수축-팽창 위험지도를 작성하여 영국의 도시에서 나타낼 수 있는 잠재적 위험 가능성을 공공에 제공하고 있음

- 수축-팽창 위험지도는 위험지역을 High, Medium, Low로 표시하고 있으며 특히 런던 지역에 대해서는 3차원 모형을 만들어 지원하고 있음



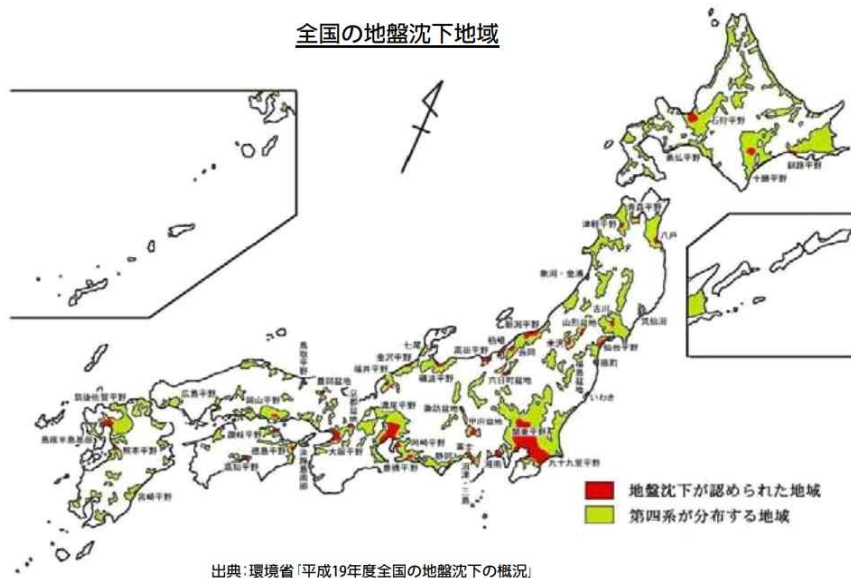
<그림 2-10> 영국의 수축-팽창 위험지도(左), 지질 3D 모델링 시스템(右)

출처 : 영국 지질연구소 홈페이지(<http://www.bgs.ac.uk/about/bgs.html>)

3) 경기개발연구원(2014) 경기도 지반침하 위험지도 작성 및 활용을 위한 기초연구

다. 일본

- 일본은 환경성에서는 지반침하에 대한 상황을 명확히 파악하기 위하여, 매년 '지반침하지역의 개황' 보고서를 발표하고 있음
 - 각 지방정부의 지반침하 수준, 침하량, 누적, 관측수 등 침하현황과 이로 인한 피해상황 (도로손상, 농수로 손상, 홍수 등)을 파악함
 - 기타 지반 침하 측정을 위한 수준 측량에 대한 현황을 파악하며, 지반침하에 따른 각 지방정부의 대책방안을 정리함
 - 각 지자체 별로 지하수 채취 규제, 건축물 설치 규제, 조레 등에 근거하는 규제 등을 시행하고 있는 지역을 정리함
 - 지반 침하가 두드러지는 지역에 대해서는 장관 회의에서 지반침하 방지 등 대책 요강을 만들어 배포함
 - 환경성에서는 지반 침하 모니터링 지침을 공표하고 지자체의 모니터링 수준이 적정하게 유지되도록 통지하고 있음
 - 지침은 감시 항목, 지반/지하수 관측, 지질조사 등을 포함함



<그림 2-11> 일본영토의 지반침하 지역

출처 : http://www.maff.go.jp/j/nousin/bousai/bousai_saigai/b_bousai

- 일본은 지반침하에 대한 대응책을 마련하기 위해 환경성, 국토교통성 등을 중심으로 관련 규제를 도입함
 - 주로 연약지반으로 인한 지반침하가 자주 발생하며 지반침하에 대응하기 위한 조레 및 법규가 제정되었고 매년 조사사업을 시행하고 연구를 통한 지반침하 대응 기술을 개발하고 있음

<표 2-14> 일본 지반침하관련 제도 내용

구분	주요내용
환경성(지반침하)	<ul style="list-style-type: none"> • 전국 지반 환경 정보 디렉토리(지하수 및 지반침하 상황 등) • 전국의 지반침하 지역의 개황 • 지하수 채취 규제에 관한 조례 등 • 지반침하 모니터링 지침
국토교통성(지반침하)	<ul style="list-style-type: none"> • 지하수 이용 현황 • 지하수 보전 및 지반 침하 현상 • 지하수 관련 법 제도 • 지반 침하 방지 등 대책 요강 지역 정보
방재백서 지반침하 대책사업	<ul style="list-style-type: none"> • 지반 침하 대책 사업 등 • 지하수 조사(보전 조사) • 지반 침하 방지 대책 사업 • 저지 대책 관련 대강 사업 • 지하수 대책 조사 • 지반 침하 대책 조사

출처: 국토교통부(2015), 지반침하(함몰) 예방을 위한 지하안전성(위험도) 평가방법 등 마련 연구

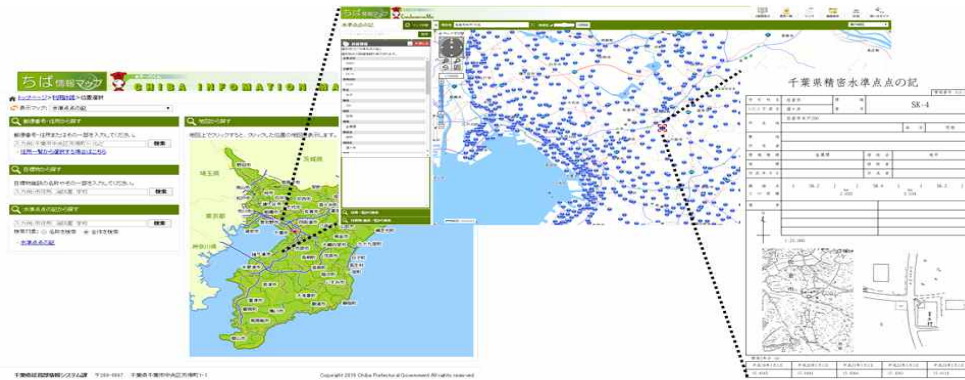
○ 일본 환경성에서는 지하수 이용의 지속적인 증가로 지반침하 현상이 일어난다는 조사 결과를 바탕으로 「물순환기본법」을 제정하여 지하수를 관리하고 있음

- 환경성에서 수 년 동안 조사한 결과 7개 지역의 지반이 매년 2cm이상 침하되고 있었고, 64개 지역에서 지반침하 현상이 나타나고 있다고 확인됨
- 물 사용량의 12%를 차지하고 있는 지하수 이용의 지속적인 증가가 원인으로 분석됨
- 2014년 지반침하를 유발하는 지하수를 국민공유 재산으로써 관리 및 예방을 위해 물순환기본법을 제정함

<표 2-15> 일본 지반침하 예방대책

구분	주요내용
양수시설 설치 등에 관한 신고	<ul style="list-style-type: none"> • 양수 시설을 설치하는 경우 규모에 관계없이 신고 • 지반 침하 방지를 위해 설치 장소 및 우물의 깊이에 따라 설치할 수 있는 양수설비 규모 규제
지하수위 및 지층 수축량 모니터링 긴급조치	<ul style="list-style-type: none"> • 지하수 펌핑에 의한 지반 침하 방지를 위해 지하수 및 지층 수축량을 모니터링 • 일정 기준을 초과 시 “지반 침하 주의보 및 지반 침하경보”가 발령된 경우, 홍보 차량 등에 의해 사업자와 시민들에게 주의시킴과 동시에 지하수 절수 협력 요청
지반침하 모니터링	<ul style="list-style-type: none"> • 매년 도시 수준 측량을 실시하여 지반 침하의 상황을 감시
지하수 펌핑량 실태 조사	<ul style="list-style-type: none"> • 법·조례의 허가를 받아 지하수 채취자 및 온천수의 채취에 대하여 조사를 실시하고 양수량의 실태 파악을 실시

출처: <http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/index.html>



<그림 2-12> 지반침하 모니터링(지바현 수준 측량 화면 및 특정 구역 정보)

출처 : <https://map.pref.chiba.lg.jp/pref-chiba/PositionSelect?mid=6301>

○ 일본은 대심도 관련해서 「대심도 지하의 공공적 사용에 관한 특별조치법」을 제정 및 운영하여 공익이 되는 사업을 원활하게 수행할 수 있도록 함

- 지하공간의 깊이에 따라 천심도, 중심도, 대심도로 분류하고 있으며 한계심도라는 용어와 유사한 것으로서 대심도 라는 용어가 사용됨
- 특별 조치법은 공공에 이익이 되는 사업을 위한 대심도 지하의 사용에 관해 그 요건과 수속 등에 대한 특별조치를 강구함으로써 대심도 지하의 적정과 사업의 원활한 수행, 합리적인 이용을 목적을 두고 있음
- 공익이 되는 사업을 원활하게 수행하기 위해 대심도 지하를 사용할 사회적·경제적 필요성이 존재하는 지역을 대상으로 하며, 각종 사건사고와 자연재해로부터 시민들의 안전 확보와 환경 보전을 위해 수립함

<표 2-16> 「대심도 지하의 공공적 사용에 관한 특별 조치법」의 주요 법 조항

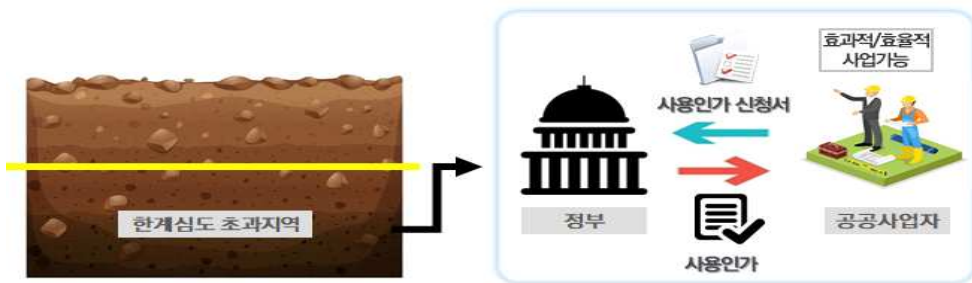
법 조항	내용
제5조	• 대심도 지하를 사용함에 있어서는 그 특성에 비추어 안전 확보 및 환경 보전을 특히 배려해야 함
제6조제2항	• 안전확보, 환경 보전 그 외 대심도 지하를 공공적으로 사용할 때 배려 사항을 선정해야 함
제14조제2항	• 대심도 지하 사용의 사용인가 신청서에 사업 시행에 따른 안전 확보 및 환경보전을 위한 조치를 기재한 서류를 첨부해야 함
제16조	• 사업 계획이 기본 방침에 적합해야 함

출처 : 한국환경정책평가연구원(2013), 도심지역 대심도 지하공간 개발의 지반환경영향 및 정책제언 재구성

- 이와 함께 2001년 6월에는 대심도 지하사용 기술 지침이 책정되었고, 구체적인 운용을 위해 안전의 확보, 환경 보전, 설비 개선에 대해 3개 기술 지침을 마련함
- 안전의 확보 지침에는 지하에서 발생 가능한 재해와 화재, 범죄 등에 대한 대응책을 소개하고 있으며, 지반 관련 내용은 환경 보전 지침에 수록되어 있음

○ 일본은 '사용인가제도'를 도입하여 한계심도 초과 대상지역에서 진행되는 사업에 대하여 공공사업자에 대한 평가가 이루어짐

- 사용인가제도는 사업자가 해당 사업을 수행할 충분한 의사와 능력이 있고, 공공사업의 원활한 수행을 위해 대심도 지하를 사용할 필요가 있는지에 대한 여부를 판단하여 사용인가를 하고 있음
- 한계심도 초과 대상지역에서 시행되는 공공사업의 종류, 사업 구역, 사업에 의해 설치하는 시설 또는 공작물의 종류, 사용기간 등이 포함된 사용인가신청서를 제출하고 공공사업을 시행할 수 있도록 함
- 해당 제도의 특징은 한계심도 초과지역에 대한 공익사업 추진 시 효과적이고 효율적인 사업이 가능하며, 사업지연에 따른 손실을 예방할 수 있도록 함

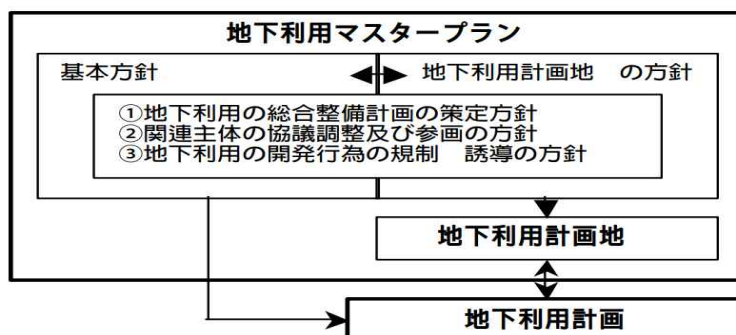


<그림 2-13> 일본 사용인가제도 프로세스

출처 : 국토교통부(2014), 지하공간 활용의 권리보원을 위한 제도적 개선에 관한 연구 참조 재구성

○ 일본의 오사카시는 1986년부터 지하공간을 개발 시 합리적, 효율적인 이용을 위하여 지하이용마스터플랜을 설정하도록 규정하고 있음

- 지하이용마스터플랜은 지하이용의 방향, 지하이용 계획지구의 선정, 층별 이용원칙, 이용밀도, 깊이 제한, 인프라 공간, 3차원 구획정리 등으로 구성되어 있음
- 지하이용마스터플랜은 「도시계획법」을 바탕으로 일정 규모 이상의 도시에서 5년 단위로 수립한 후 심의과정을 거쳐 확정함



<그림 2-14> 일본의 지하이용 마스터플랜

출처 : <http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00035/2002/57-4/57-4-0186.pdf>

2-2. 국내외 시장현황 및 전망

- 국내외 시장동향은 지하정보와 관련된 시장을 분석하고, 지하시설물, 지하구조물 등과 관련한 사업 물량을 기반으로 분석함

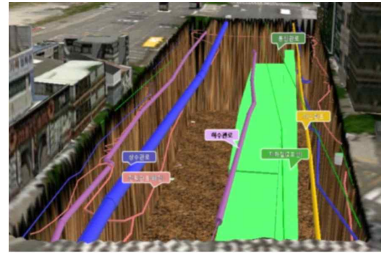
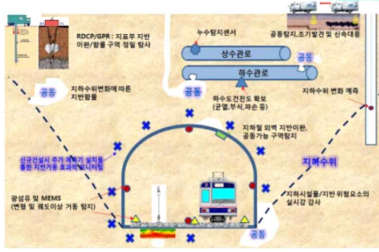
1. 국내 시장 동향

- 지하공간통합지도, 지하정보통합관리 시스템 등의 향후 구축 물량을 기반으로 분석한 결과 지하정보 구축에 향후 총 2,258.3억원이 소요될 것으로 추정됨
 - 지하정보 구축 산업의 규모는 구체적인 통계가 없기 때문에 전체 공간정보 구축산업 규모와 지하정보(지하공간통합지도, 지하정보통합관리 시스템)의 구축물량을 비교해 보면 지하정보 구축 시장은 공간정보 엔지니어링 서비스업(2조 799억 원) 시장의 약 10.8%를 차지할 것으로 전망됨

공간정보 엔지니어링 서비스 시장(총 2조 799억 원) 지하정보 구축시장 (2,258억 원, 약 10%)

<그림 2-15> 공간정보산업 내의 지하정보 시장의 비중

- 공간정보산업진흥원에서 발표한 '17년 3분기 국내 공간정보 활용 분야 동향조사에 의하면, 각종 언론보도자료 중에서 가장 비중이 높은 공간정보 활용 분야 중 기본공간정보 취득·구축 부분에서 지하공간정보 구축을 언급함
 - 행정안전부는 2041년까지 1,175억 원을 투자해 전국에 450여 개로 추정되는 활성단층에 대한 전수조사와 연구 '다부처 공동 지진단층 조사 연구개발 사업' 계획
 - 서울특별시는 지하시설물의 노후화로 발생하는 싱크홀과 지반 침하에 신속히 대처하기 위해 상수도 시설물에 대한 3D GIS를 구축하여 입체적인 정보와 종합적인 이력 관리를 통해 업무 효율성을 높일 계획임
 - 부산광역시는 해운대구를 제외한 시 전역의 지하시설물, 지하구조물, 지반정보를 파악할 수 있는 지하 공간 통합지도 데이터베이스 구축사업 착수
 - 정부출연연구소가 모여 만든 '지하안전(USG)융합연구단'은 사물인터넷(IoT)을 기반으로 '지하매설물 모니터링 및 관리 시스템'을 개발함
 - 한국전자통신연구원은 IoT 기반 기술과 지하 공간 3차원 가시화 기술, 무선통신 칩 기술 개발에 주력
 - 한국건설기술연구원은 상·하수관로 모니터링 및 탐사기술, 한국철도기술연구원은 도시철도시설물 모니터링기술, 한국지질자원연구원은 지하수 및 지반환경 분석기술 개발에 특화해 연구를 추진함



<그림 2-16> IoT기반 지하시설물 모니터링 및 관리시스템 개요(左), 부산 지하공간 통합지도 시뮬레이션(右)

출처 : http://biz.heraldcorp.com/common_prog/newsprint.php?ud=20170227000076

○ 지하시설물 시장은 상수도, 하수도, 전력, 통신, 난방, 가스관 등 지하매설관 공사 시 굴착 관련 설계, 시공, 유지관리 시장을 의미함

- '11~'14년 기간 상수도 공사비는 연간 2조 원 전후로 지출되었으며, '12년 이후로는 하락하는 추세임

- 상수도 공사비는 '12년 2.1조 원으로 전년 대비 약 1,370억 원 증가하였다가, '14년도에는 1.8조원으로 감소하였음
- 공사비 가운데 확장 공사비는 1.1 ~ 1.2조 원 수준을 유지하고 있음
- 확장 공사의 비중은 '12년도를 제외하고 60%대 중반을 차지함

- '11~'14년 기간 연도별 하수도 계획연장은 연평균 1.86% 증가하였으며, 시설연장은 같은 기간 연평균 3.89% 증가하였음

- 총 계획연장은 '11년 161백만 m에서 '14년 170백만 m로 3년 간 약 9백만 m, 연평균 1.86% 증가함
- 총 시설연장은 '11년 118백만 m에서 '14년 133백만 m로 3년 간 약 14백만 m, 연평균 3.89% 증가함
- 계획연장 대비 시설연장으로 계산한 하수관로의 보급률은 '11년 73.35%에서 '14년 77.83%로 매년 증가세를 보임

- 전력구의 경우 국내에서는 현재 한전 12개 사업소 내에는 243개소, 총 연장 354,695m의 전력구가 운영되고 있음

- 전체적인 사용연수 분포비율을 살펴보면 준공 된 지 20년 이상 된 전력구는 63.18km로서 전체에서 17.84%의 분포비율을 가지는 것으로 나타남
- 향후 노후화된 전력구의 증가로 인한 조사 및 유지관리 업무의 대폭적인 증가가 예상됨

○ 지하구조물 시장은 터널, 지하보도, 지하차도, 지하철, 지하주차장, 공동구, 지하상가 등의 구조물 공사시 굴착 관련 설계, 시공, 유지관리 시장을 의미함

- '15년 12월말 기준 전국의 터널 수는 1,944개소로, '06년 말 932개소에서 1,012개소(109%)가 증가하였음

- 국내 도로터널 수는 '06년 대비 연평균 8.51% 지속적으로 증가하였음

- 도로종류별로는 고속국도 925개(48%), 일반국도 532개(27%)로 나타나 고속국도와 일반국도 상터널이 전체터널의 약 3/4 정도를 차지하는 것으로 나타남
- 터널 증가 원인은 자연환경 파괴 최소화 등 환경 친화적인 도로건설과 도로이용자의 안전을 고려한 선형개량 등에 기인함
- 국내 지하철도 개소는 '11년 250개에서 '15년 380개로 130개, 연평균 11.04%씩 지속적으로 증가하였음
- 국내 지하도상가 개소는 '11년부터 44개를 유지하다가 '15년에 45개로 1개 증가하였음
- 국내 공동구는 지속적으로 연장과 면적이 증가하고 있음
 - 개소수는 지속적으로 증가하다가 '11년에 대폭 감소후 증가되는 패턴을 보임
 - 연장과 면적은 지속적으로 증가하는 패턴을 보이고 있음
 - 면적이 2008년에 대폭 감소하였으나 이후 지속적으로 증가되고 있음
 - 전력, 통신, 가스 상하수도 등을 동시에 수용 가능한 복합공동구와 고압 송전선의 지하화를 위한 배전선 공동구, 주거환경 개선을 위한 가공선로 지하화를 위한 공동구 누적 시장은 '23년 6조 2천억 규모에 이를 것으로 추정됨
- 도심지 굴착 시장은 도심지 내 지하시설물, 지하구조물 시공 및 보수보강을 위한 굴착공사에 소요되는 비용으로 정의할 수 있음
 - 지하시설물의 경우에는 신규 매설공사 뿐만 아니라 보수공사 및 교체공사 시에 수행하는 굴착공사도 포함될 수 있음
 - 지하구조물의 경우 앞서 제시된 시장 외에 초고층 빌딩 등의 대규모 건축물 공사 시에 발생하는 도심지 굴착 시장도 고려할 수 있음
 - 국내 지반구조 탐사 기술은 주로 자원개발을 목적으로 이루어지고 있으며 '04년~'10년 동안 국외 시장이 80~130억 달러 규모인 반면 국내는 0.6~2억 달러규모로 저조한 실정
 - 이 중에서 주로 해외 탐사기기를 도입해 새로이 적용하는 방식이 대부분으로 현재 문제가 되고 있는 환경재해 안전 차원에서 이루어지기 위한 지반구조 탐사 자료 해석 기술시장은 미약한 것으로 추정됨
 - 국내 센서 기술은 선진국의 대략 70%(추정) 수준을 벗어나지 못하고 있으며 순수 개발 실적은 미흡하여 대부분의 토목용 계측기는 수입에 의존함
 - 정밀도나 내구성 측면에서 미국이나 일본 등 선진국 수준에 이르지 못하고 특히, 자동화 시스템의 경우는 장기적으로 사용하는 제품이라 방수에 대한 내구성이 확보되어야 하나 아직 국내 기술수준이 미치지 못하고 있음
 - 도심지 굴착 비용은 지반 및 기상상태, 굴착 깊이 및 넓이, 주변 건물의 인접도, 통행량, 지하수 심도 등에 따라 적용 공법이나 안전조치 비용이 달라질 수 있음

- 도심지 굴착비용은 굴착대상인 단단한 암반상태나 강우량이 많은 시기, 굴착 심도가 깊을수록 공사비용의 차이가 있음
- 또한 지하수위가 높아 법면이 붕괴되고, 타 구조물이나 공사구간 이외의 용지에 손상을 줄 우려가 있는 경우 필요한 안전조치 비용 등에 따라 달라질 수 있음
- 따라서 도심지 굴착 시장은 지하시설물, 지하구조물의 시장에서 도심에서 행해지는 비중, 굴착 공사비 비중으로 가늠할 수 있음

2. 국외 시장 동향

- 공간정보산업진흥원 자료에 의하면, 국가별로 공간정보 산업시장의 규모를 분석한 결과 우리나라의 비해 미국과 EU의 비중이 제일 높은 것으로 나타남
 - 미국은 GIS 및 위성영상 분야 세계 최고의 원천기술력을 보유한 국가로 세계 시장 규모 대비 45~50%로 제일 큰 비중을 차지하고 있음
 - 공간정보 플랫폼 기반으로 온라인 포털서비스와 공공서비스를 제공하고 있음
 - EU는 세계 공간정보 시장의 약 25% 이상을 담당하고 있으며, 대표적으로 INSPIRE는 한 국가가 아닌 유럽의 공간정보 인프라를 담당하고 있음
 - EU에서는 '07년부터 다양한 단계에서의 ESDI⁴⁾ 활용이 추진되고 있으며, '19년 까지 모든 유럽연합국의 도입을 목표로 함
 - 일본은 세계 공간정보 시장에서는 약 7%의 점유율을 보이지만 아시아 시장에서는 90% 이상을 점유하고 있음
 - 일본의 공간 정보 생산 기관인 GSI(Geospatial Information Authority of Japan)가 NSDI 관련 업무를 주도적으로 추진 중임
- 드론, 자동차, 모바일 기기를 이용한 저비용/고효율의 3D 모델링 및 매핑 기술을 도입하는 추세임
 - 고정밀 3D 모델링 및 매핑시장이 급성장하여, '15년 19억 달러 시장에서 '20년 169.9억 달러 시장으로(연평균 성장률 55.5%)성장이 예상됨⁵⁾

4) ESDI(European Security and Defence Identity) : 유럽 안보 및 방위 정체성

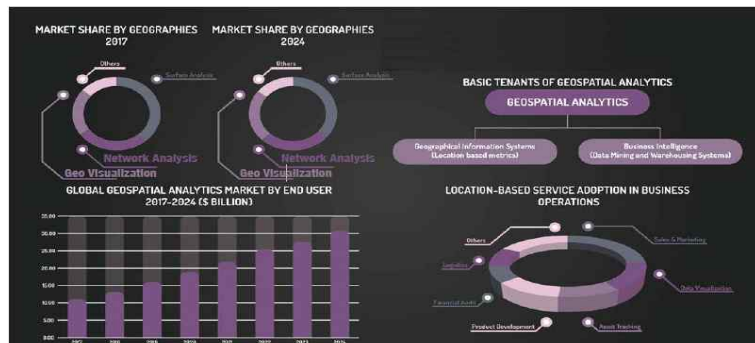
5) 한국 산업기술 평가관리원 정책연구보고서, 2015



<그림 2-17> 도메인별 3D 모델링 및 매핑 기술

출처 : 국토교통과학기술진흥원(2018), 공간정보기반 실감형 콘텐츠 융복합 및 혼합현실

- Research and Markets의 '16년 자료에 의하면 공간정보 분야 중에서 분석 및 가시화 관련 세계시장은 '15년 274.2억 달러에서 2020년 722.1억 달러로 21.4%의 성장을 지속할 것으로 전망함
- 글로벌 공간정보 시장은 '17년 372억 달러였고 전반적인 성장률은 '18년부터 '24년까지 약 17.06%(1,120억 달러 규모)로 성장할 것으로 나타남
 - 시장의 확대는 GPS(Global Positioning System)기반의 물류비용 절감을 위한 기술의 개발 및 융합 활용이 이끌 것으로 보임
 - 공간정보 시장의 주요 업체 : Esri, Hexagon AB, Trimble Geospatial, Fugro, MDA Corporation, Bentley Systems, Harris Corporation, General Electric, Critigen, Atkins



<그림 2-18> 글로벌 공간정보 시장 전망

출처 : Inkwood Research(2018), Global Geospatial Analytics Market Forecast 2017-2024 인용

- 공간지식 기반시설(Spatial Knowledge Infrastructure, SKI)은 전통적인 공간데이터 기반시설(Spatial Data Infrastructure)의 개념에서 정보의 생성, 공유, 사용자 맞춤 정보제공, 전달 및 활용까지 자동으로 할 수 있게 하는 기술임
 - 지식기반 솔루션은 데이터를 전달하거나, 기계와 기계간에 발생하는 실시간 정보를 송신하거나 예측하는 것을 말함

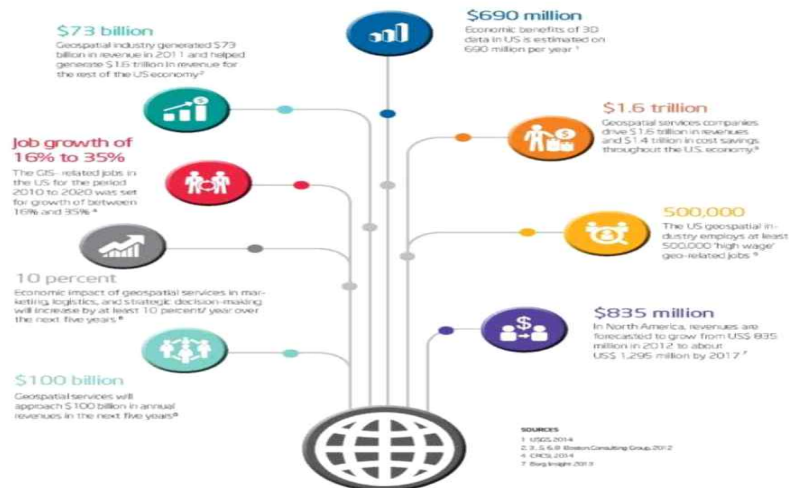
- SKI는 부각되고 있는 디지털 경제를 지원하며 시민을 위한 지능적인 운송 네트워크와 능동적이고 융통성이 있는 도시 및 공간인지 시설로 이루어진 스마트 기반시설 구축 계획을 가능하게 함

<표 2-17> 공간데이터, 공간정보, 공간지식의 특징

구분	데이터 관점 (Data Perspective)	정보 관점 (Information Perspective)	지식관점 (Knowledge Perspective)
공유 (Sharing)	<ul style="list-style-type: none"> • 개방형 데이터 원칙 • 공간 트랜잭션 • 데이터 웨어하우스 	<ul style="list-style-type: none"> • 공간분석 결과를 도출하고 공유하기 위한 메커니즘 • 클라우드 기반 플랫폼 	<ul style="list-style-type: none"> • 업무의 자동화 • 온톨로지 기반의 지식캡슐화 및 공유
다양성 (Versatility)	<ul style="list-style-type: none"> • 3D, 4D 이동객체 및 이벤트 기반 모델 • 소셜 및 소셜 미디어 데이터의 균집화 • 동적인 기준선(Datum) 변환 	<ul style="list-style-type: none"> • 자동 또는 반자동 데이터 결합 및 융합 • 공간정보의 분산과 분산된 정보의 처리 	<ul style="list-style-type: none"> • 시각적 또는 자연어를 활용한 질의에 대한 응답
처리 (Process)	<ul style="list-style-type: none"> • 활용 목적에 맞는 데이터 가공 • 자동수집 및 활용 데이터 품질확보 • 의사소통을 목적으로 하는 '적합성' 	<ul style="list-style-type: none"> • 어디서나 분석 도구에 접속할 수 있는 유비쿼터스 접근 • 워크플로우의 자동 조정 • 공간 분석 및 비 공간 분석의 융합 	<ul style="list-style-type: none"> • 시나리오 탐구 • 지식서비스와 인터페이스 • 신뢰 모델링 기반의 정보출처 자동 추출
유용성 (Usability)	<ul style="list-style-type: none"> • 공급망 확대 및 중복 제거 • 스마트검색: 분산공급망에서 정보 찾기 	<ul style="list-style-type: none"> • 혁신적인 매핑 플랫폼 • 가상 현실, 증강 현실, 모바일 등 다중 플랫폼 접속 	<ul style="list-style-type: none"> • 시나리오 탐구, 예측 모델, 데이터 동기화 • 의사결정 지원 - 신속한 피드백

출처 : CRCSI (2017), Towards a Spatial Knowledge Infrastructure-White Paper 재구성

- USGS (U.S Geological Survey) '14년 자료에 의하면 미국 공간정보 시장에서 3D 공간정보 데이터로 인한 경제적인 효과는 매년 690억 달러로 추정하고 있으며, CRCSI '14년 자료에 의하면 미국에서 GIS 관련된 직업은 '10년에서 '20년 사이에 16%에서 35%의 성장을 할 것으로 전망함



<그림 2-19> 미국 3D 공간정보 시장 전망

출처 : snaptrends.com/8-mind-blowing-facts-us-geospatial-industry

- 세계 상수도관망 시장 규모는 '13년 1,067억 달러이며, 매년 5.7%증가율로 성장 할 것으로 전망
 - '13년 상수도관망 시장 규모는 473억 달러이며, 하수도관망 시장 규모는 594억 달러로 하수도관망 시장이 전체 수도관망 시장의 56%를 차지
 - 세계 상수도관망 시장 규모는 '13년 473억 달러에서 연평균 3.8%로 성장이 전망되며, 세부 시장 중 토목 공학/건설 분야가 가장 큰 비중을 차지
 - '13년 세계 상수도관망 시장 473억 달러 중 토목 공학/건설부분이 253억 달러로 54%의 비중을 차지
 - 세계 하수도관망 시장 규모는 '13년 594억 달러에서 연평균 3.6%로 성장이 전망되며, 세부 시장 중 토목 공학/건설 분야 시장이 가장 큰 비중을 차지
 - '13년 세계 하수도관망 시장 594억 달러 중 토목 공학/건설부분이 370억 달러로 가장 큰 비중을 차지
 - '13년 권역별 상수도관망 시장은 아시아·태평양 지역이 222억 달러로 가장 큰 비중을 차지
 - 아시아·태평양 지역은 경제성장에 따른 상수도관망 건설에 많은 투자를 할 예정이며, '19년 상수도관망 시장규모는 327억 달러 규모로 확대될 전망
 - 북미, 서유럽 등의 선진국은 상수도관망 내용 연수(60~80년)가 도래하여 노후 상수도관망의 교체 등 유지, 수선, 개량 위주의 투자가 증가할 전망
 - '11~'30년까지 상수도관망 교체를 위해 미국은 500조원, 영국은 128조원, 이탈리아는 60조원, BRICs 국가는 8,375조원을 투입할 것으로 예측
 - '12년까지는 유럽·중동·아프리카 하수도관망 시장이 가장 큰 비중을 차지하고 있었으나, 아시아·태평양 지역의 하수도관망 시장이 급격하게 성장하여 '13년 이후에는 가장 큰 시장으로 대두될 것으로 전망
 - '13년 아시아·태평양 지역의 하수도관망 시장규모는 212억 달러이며, '19년에는 315억 달러 규모로 확대될 전망이다
 - '15년 프랑스 Baixas와 스페인 Santa Llogaia를 잇는 세계 최장 지하 고압 전력케이블이 건설됨
 - 프랑스 국영전력기업 EDF의 자회사인 RTE와 스페인 REE(Red Electrica de Espana) 의 주도로 추진된 양국 간 인터커넥터 사업은 총 7억 유로가량의 비용이 소요되었음
 - 경제회복을 위한 유럽 에너지프로그램(European Energy Programme for Recovery, EEPR)에 따라 이 중 약 2억6천만 유로를 EU로부터 지원받음

- 현재 선진국을 중심으로 TBM 공법 적용이 활성화된 가운데 향후 TBM 터널 건설시장은 교통터널 수요가 급증할 것으로 예상되는 중국이 주도할 것으로 예상됨
 - 유럽, 일본, 미국 등 선진국은 NATM공법 적용 시 교통흐름 저해와 소음·진동으로 인한 환경 민원으로 인해 TBM공법 적용 비율이 50% 이상임
 - 일본은 지난 20년간 자국에서만 3,000개에 달하는 터널공사에 TBM장비 및 TBM터널 건설기술을 적용함
 - 중국은 향후 20년간 교통터널의 수요만 20,000여개에 달할 것으로 추정됨
 - 지하철 터널은 평균적으로 매년 180 km가 신설되고 있으며, '30년까지 15대 도시에 계획된 지하철은 2,280 km에 달할 것으로 예상됨
 - 현재 유럽에서 시공 중 또는 시공 예정인 주요 초장대 TBM터널 프로젝트는 총 시공연장 162km 에 공사비용은 232억 유로에 달함
- 세계적으로 국가간-대륙간 초장대 해저터널 건설이 계획되어 있으며, 이때 해저 구간의 초장대 터널시공이라는 특수성 측면에서 쉴드 TBM의 적용이 필수임
 - 현재 운영중인 초장대 해저터널은 영불해협 해저터널, 오레스트 해저터널, 세이칸 터널, 동경만 해저터널, 링컨 해저터널 등 5곳이며, 보스포러스 해저터널, 새먼터널 등 2곳이 시공 중임
 - 향후 건설계획중인 터널은 한일 해저터널을 비롯하여 9곳 이상임
- 국외에서는 도로, 철도터널 이외에 수도, 가스, 통신을 위해 공동구 적용이 활성화되고 있음
 - 독일, 영국, 스위스 등 국외에 적용된 공동구는 상/중수, 냉/난방, 전력/통신, 도시가스, 압축공기, 쓰레기, CATV를 수용하고 있으며, 개착공동구(A = 5 ~ 19m²), 터널식 공동구(2중 이상, Φ 2.5~ 8.6m), 굴착(Φ 7 ~ 8m)에 의한 도심지 터널식 공동구가 적용
- 싱가포르의 향후 지하철 및 터널 등 지하공간 건설을 지속적으로 추진할 계획임
 - '30년까지 지하철노선을 360km까지 연장할 계획이며, 도심 고속도로를 지하화 할 계획임
 - 대심도 지하하수 터널은 현재 48km구간(1차)을 시공완료 하였으며, 향후 '16년부터 2차 대심도 지하하수 터널을 시공 예정임
- 해외 도심지 굴착 시장은 도심지 내 지하시설물, 지하구조물 시공을 위한 굴착공사에 소요되는 비용을 의미함

- 각국은 교통체증 해소 및 환경개선을 위해 도심지를 통과하는 대심도 터널, 복층터널 건설에 투자하고 있음

- 미국에서는 Alaskan way 고가도로의 지하화 프로젝트가 추진 중이며 '11년부터 '15년까지 총 사업비는 9억 달러가 투입
- 스페인 마드리드 M-30은 하천기능 회복 및 지역주민 삶의 질 개선을 위한 대심도 터널을 건설
- 중국에서도 상하이를 비롯한 대도시를 중심으로 다양한 복층터널들이 도시계획에 반영
- 말레이시아 쿠알라룸푸르 SMART터널의 총 연장은 12.7km로, 이 중 9.7km가 홍수조절 역할을 하는 수로터널로 계획하였으며, 나머지 3.0km구간은 편도 2차선의 복층구간과 최하부 홍수조절구간 등 3층 터널로 구성
- 일본은 터널 노후화, 교통량 증대, 차량 대형화 등에 대응하기 위해 약 40여 개소에서 교통흐름을 확보한 터널 확폭 시공이 이루어졌으며, 현재 프로텍터 설계기술 및 전용 굴착기 개발 등으로 2차 선의 차량 운영을 확보할 수 있는 기술이 개발·적용

○ 싱가포르 URA는 지하공간 개발 관련 마스터플랜 수립을 통해 도심의 지하공간 개발을 체계적으로 추진하고 있음

- URA는 '08년 지하개발 타당성 조사를 시작으로 '10년 지질조사실 출범, '13년 지하공간 소유권 법리를 검토하는 등 지하공간 개발 마스터플랜 수립을 단계적으로 추진함

- '08년 실시한 지하개발 타당성 조사 결과 지하발전소 및 쓰레기 처리장, 데이터 센터 등의 설치가 비용적 측면에서 가능하다고 판단함



출처 : <https://www.ura.gov.sg>

<그림 2-20> URA 지하공간 이용 개발계획

2-3. 국내외 기술동향 및 분석

- 국내외 기술동향은 지하정보 구축을 위한 탐사 등의 관련 기술과 시스템 측면에서의 기술 등을 분석하고, 관련 기술에 대한 선진국과의 기술수준 및 기술격차를 분석함

1. 국내 기술동향

가. 지하정보 구축 측면

(1) 토탈스테이션과 지상라이다

- 토탈스테이션과 지상라이다는 지하도 상가정보를 구축하는데 이용 됨
 - 각과 거리를 측정하여 지하공간의 3차원 자료를 취득하는 토탈스테이션 활용 기술과 레이저 기술을 이용하여 3차원 정보를 취득하는 지상라이다 활용 기술을 이용하여 지하도상가정보를 구축할 수 있음
- 토탈스테이션을 통해 각과 거리를 측정 후 전자평판시스템 등을 활용하여 지하공간의 3차원 자료 취득을 할 수 있음
 - 토탈스테이션으로 기준점측량과 좌표변환 과정을 거쳐 전자평판시스템을 활용하여 3차원 좌표(X,Y,Z)표현이 가능하도록 함
 - 측정된 자료를 토대로 CAD프로그램이나 Wire Frame 모델링 작업을 통해 세부결선작업을 수행하고 결선된 모델의 선형에 따라 3차원 입체면을 생성하게 되며, 이 자료를 토대로 지하정보 구축에 활용 할 수 있음

<표 2-18> 토탈스테이션을 이용한 지하공간 작업과정

도근점에 기계 설치	-	정준, 표정 실시
측점 관측	-	각 측정별 반사경 또는 무타겟 측정
데이터 정리	-	전자평판에서 개략적인 결선 후 DXF 생성
Wire Frame 모델링	-	Auto CAD상에서 세부결선작업 수행
Surface 모델링	-	결선된 모델 각 선형에 따라 3D입체면 생성
객체매핑	-	모델링된 폴리곤 각 면에 Mapping 실시

출처 : 한국국토정보공사(2013), 지하공간에 대한 효율적인 정보취득 연구

- 지상라이다의 레이저 기술을 이용하여 공간의 3차원 정보를 취득할 수 있음
 - 공간상의 대상물에 많은 레이저빔을 발산하여 레이저 펄스가 되돌아오는 시간의 위상차를 이용하여 위치정보를 얻어내는 원리

- 입체지적, 실내공간정보 등 다양한 분야에서 공간상의 형태와 위치정보를 정밀하게 획득, 이를 가공·처리하여 고정밀 3차원 공간정보 구축 가능
- 측정거리의 범위와 측정 속도의 차이에 따라 시간차 방식과 위상차 방식으로 구분됨
- 데이터를 취득하는 방식에 따라 트레이버스 방식, 목표에 의한 방법, 형상에 의한 방법으로 구분되며 환경과 측정목적에 따라 구분해서 사용 함

<표 2-19> 지상라이다를 이용한 작업과정

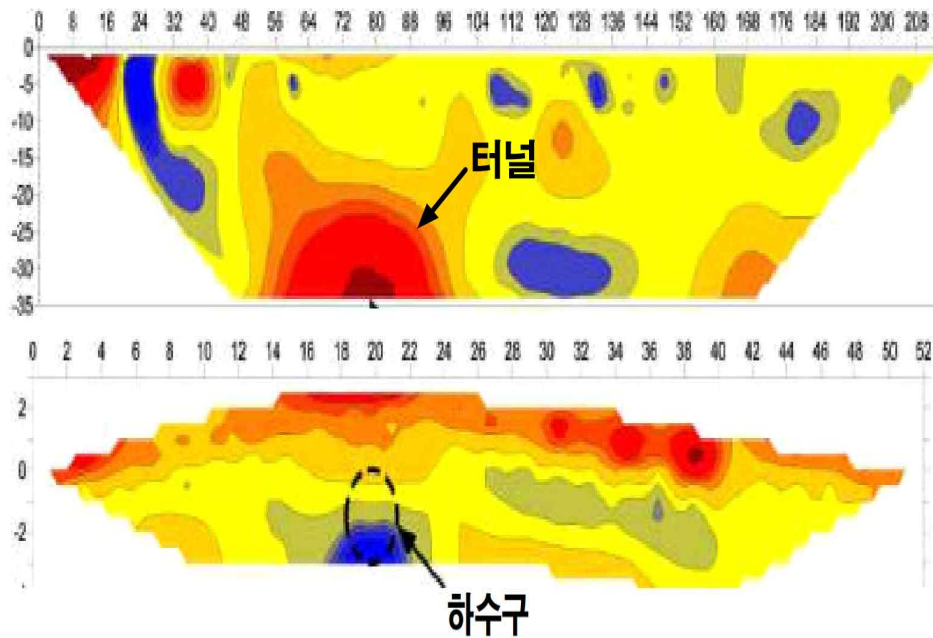
데이터 취득	-	각 기계점별로 데이터 취득
분류(Filtering)	-	불필요한 잉여데이터 분류
영상정합(Registration)	-	각 기계점별로 취득데이터를 공통좌표계로 절대표정
평면자동추출	-	구조물의 외각라인을 추출 후 면을 구성
세부모델링	-	추출된 초기 폴리곤을 기반으로 모델링 작성
객체매핑	-	모델링된 폴리곤 각 면에 Mapping 실시

출처 : 한국국토정보공사(2013), 지하공간에 대한 효율적인 정보취득 연구

(2) 전기비저항 탐사

- 전류를 활용하여 지하의 전기비저항 분포 양상을 파악하는 조사법으로 1900년대 초반부터 다양한 분야에서 활용되고 있는 탐사법으로 현재까지 활용 중
 - 한 쌍의 전류전극을 이용하여 전류를 흘려보내고 다른 한 쌍의 전극에서 매질의 전기전도도에 따라 상이한 전위차를 측정하여 지하의 전기비저항 분포 양상을 파악하는 조사법
 - 전위차를 통해 전기비저항 값을 도출하여 지하구조를 2차원 또는 3차원 영상으로 구현할 수 있으며, 목적에 맞게 전위 및 전류의 전극 배열을 선택해 탐사할 수 있음
 - 지하매질물은 전도체 재질로 구성되어 있어 전기 비저항 탐사로 파악 가능
- 전기비저항 탐사는 전극배열법이 다양하며, 전극봉의 수와 전류전극과 전위전극의 위치를 조합하는 방법에 따라 탐사법이 다름
 - 전기비저항 탐사장비로는 탐사기와 전극봉, 전선 등으로 구성되어 있으며 수집된 데이터를 분석하고 2D 또는 3D로 가시화 할 수 있는 소프트웨어가 있음
 - 전극배열법에 따라 이극법(twin probe)은 탐사가 간편하고 낮은 전류로도 정확한 결과 값을 얻을 수 있으며, 깊은 깊이까지 평면탐사를 할 수 있음
 - 쌍극자배열법((dipole-dipole array)은 복잡하지만 지하의 토층 구조와 가장 유사한 형태를 보여주어 토양의 수직단면을 표현하는데 유용함
- 장비가 간단하고 전류를 활용하는 부분에 있어 장·단점이 존재함

- 장비가 간단하여 지하를 탐사하는데 시간과 비용이 절감되는 장점이 있지만, 아스팔트나 콘크리트 포장지역과 같이 전극을 땅에 접촉시킬 수 없는 경우 탐사가 불가능 할 수 있음



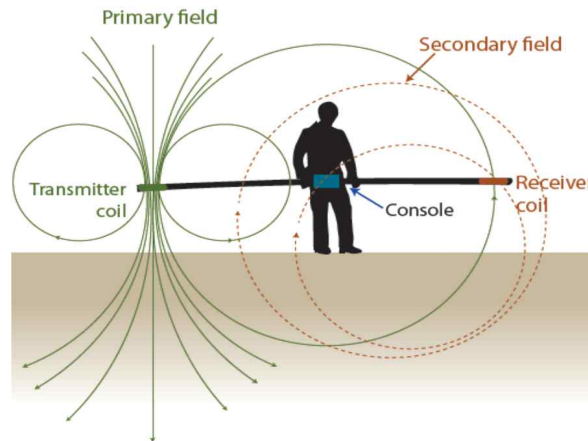
<그림 2-21> 전기비저항 탐사의 사례

출처 : http://www.kcqr.co.kr/images/jungi_01.pdf

(3) 전자유도 탐사법

- 전자유도 탐사법은 전도체가 전기가 흐르면 도체 주변에 자장이 형성되는 전기장 법칙을 활용하여 지하매설물을 탐지하는 방법임
 - ‘페러데이의 전자 유도 법칙’에 따라 자기 유도에 의해 생긴 전압의 크기는 자속의 변화율과 코일의 감은 수의 비례하는 성질을 이용하여 지하시설물 탐사 측량에 응용이 가능함
 - 지표로부터 매설된 금속관로 및 케이블을 탐지와 탐침(Sonde)을 이용한 공관로나 비금속관로를 탐지할 수 있음
 - 500Hz~100KHz의 주파수를 주로 사용하며 지하매설물이 길면 낮은 주파수를, 매설물이 짧고 복잡하면 높은 주파수를 사용함
- 전자유도 탐사법은 다양한 영역대의 주파수를 사용함과 대지와의 직접적인 접촉을 하지 않음에 따라 장점과 단점이 존재함
 - 탐사종류에 따라 필요한 주파수를 사용하여 탐사할 수 있으며, 수평탐사와 수직탐사를 동시에 수행 할 수 있어 신속하게 지하구조의 2차원 데이터 습득 가능

- 전자유도 탐사법은 아스팔트나 콘크리트 포장지역에 대한 탐사가 용이하고 각종 배관망에서 발생하는 전류로 인해 생기는 왜곡의 문제점을 해소 할 수 있음



<그림 2-22> 전자유도 탐사법 개념

출처 : <http://asstgroup.com/techniques.html>

(4) 지중탐지레이더기술

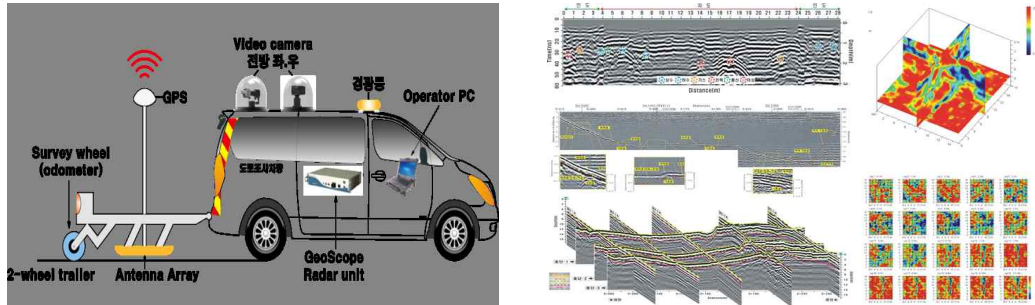
- 지중탐지레이더기술(GPR:Ground Penetration Rader)은 전자기파를 활용한 지하매설물 탐사 기술로 비파괴탐사 기법 중에 많이 활용 하고 있음

- 지중의 가스나 수도파이프 등의 금속 물체 뿐 만 아니라 폴리에틸렌, 콘크리트 등의 비금속 물체까지도 탐사가 가능 함
- GPR은 전자기파를 단속적으로 발생시키고 수신할 수 있는 수신기, 전자기파의 송수신기인 측정안테나, 데이터를 전송과 저장할 수 있는 분석장치 및 출력 장치로 구성 됨
 - 1~1,800MHz 사이의 전자기파를 송신기와 수신기 장비로 정보를 취득하고, 취득된 정보를 토대로 자료처리와 해석가능을 거쳐 지하구조물의 구조와 위치를 파악함
 - 파장의 폭이 짧은 나노세크(ns)단위의 전자파를 사용하여 분해 기능능이 높고, 매질 간 유전율 차이에 의한 전자기파의 반사와 회절 현상 등을 측정하는데 유용함

- GPR은 탐사의 종류에 따라 장비를 다양하게 활용할 수 있으며, 짧은 파장의 전자파를 사용함에 있어서 장점과 단점이 존재함

- 지하 탐사뿐만 아니라 교량, 도로 분야에서도 활용이 가능하며, 차량에 탑재하여 운행 중에 탐사 할 수 있으며, 협소한 공간은 사람이 장비를 이용하여 탐사 할 수 있음
- GPR이 짧은 폭의 전자기파를 지중으로 방사함에 따라 지중의 토양상태에 따라 전자파의 감소속도가 달라질 수 있으며, 특정 깊이의 물체만을 탐사할 수 있음

- 탐사목적물의 따라 심도, 크기, 에너지의 감쇠 등 전자파가 매질 내를 투과할 때의 전파특성을 고려하여 사전조사가 필요 함



<그림 2-23> GPR탐사의 개념(左), GPR을 통한 각종 지하시설물 탐사 사례(右)

출처 : <http://www.top-geo.co.kr>(左), <http://www.spstest.co.kr>(右)

- 서울시는 '15년 노면하부 동공탐사용역을 시작으로 '18년 도로함몰 예방사업으로 GPR기술을 이용하여 동공탐사를 시행 함

- '15년 541km, '16년 1,970km, '17년 1,985km를 탐사하여 원인조사와 복구조치를 시행하였으며, 동공 조사서 작성 등을 통하여 관리하고 있음
- 투과 영상 획득 속도가 빨리진 SFMC-GPR 같은 기술이 계속 개발 중임
 - 기존 GPR 기술보다 해상도와 성능향상이 된 SF-GPR 기술이 개발되었으며, 현재는 SF-GPR기술의 단점인 투과 영상 획득 속도를 수십 배 빠르게 할 수 있는 SPMC-GPR기술을 개발하고 있음

(5) 다중채널 표면파 탐사

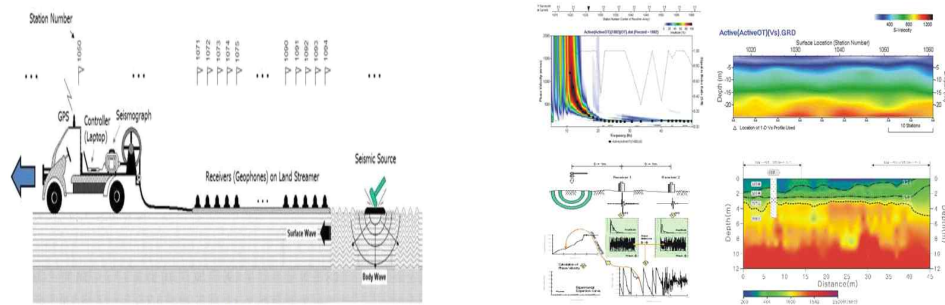
- 탄성과 탐사법중의 하나인 다중채널 표면파 탐사법(MASW: Multi Channel Analysis of Surface Wave)은 지표면에 충격을 가하여 탄성파를 활용하여 지하를 탐사하는 방법

- 지하의 지반을 탐사하는 방법으로 땅속과 지표에 따라 전파해 나가는 S파의 속도를 반영하여 파장에 따른 전파 속도의 차이를 역산 해석함으로써 지반의 전단파속도(V_s)의 분포 파악
 - 전단파 속도를 활용하여 지반의 동적계수를 산정할 수 있는 기초자료로 제공하며 천부 지층의 상태, 연약지반, 매립지 등을 파악하는데 사용되며, GPR탐사 심도보다 더 깊은 탐사를 할 수 있는 장점을 가지고 있음

- 주파수의 차이에 따라 능동형 탐사(active survey)와 수동적 탐사(passive survey)로 구분할 수 있음

- 능동형 탐사는 송신원을 직접 발생시켜 자료를 취득 하고, 수동적 탐사는 자연적으로 발생하는 잡음을 송신원으로 사용하여 저주파수 성분의 자료를 획득하는 방법임

- 수동형탐사가 능동형 탐사보다 에너지를 많이 사용하여 탐사심도를 높일 수 있으며, 추가적으로 능동형과 수동형 탐사의 분산곡선을 혼합하여 데이터를 처리하는 기능을 활용하여 탐사심도를 높일 수 있음



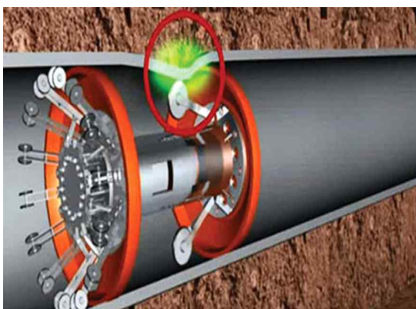
<그림 2-24> MASW의 개념(左), 탐사결과 사례(右)

출처 : <http://www.masw.com/What isMASW.html>(左), <http://www.spstest.co.kr>(右)

(6) 한국가스공사의 Geometry PIG

○ 한국가스공사의 Geometry PIG 기술은 관로의 수치지도를 작성할 수 있는 맵핑 관련 기술임

- 가스 관련한 배관의 진단을 위한 인텔리전트피그(Intelligent PIG)로서 해외의 기술을 도입하여 현지화 하는 연구개발 과정을 거쳐 Geometry PIG를 개발함
- 장비의 최적 운전 조건은 1~4m/s의 유속이며, 기체 상태에서는 1~10MPa(약 10~102kg/cm²), 액체 상태에서는 0.5~10MPa(약 5~102kg/cm²) 범위에서 운영이 가능 함
- 가스배관의 기하학적인 형상 파악과 3차원 수치지도를 작성할 수 있도록 정확도는 x, y, z 평면에 동일하게 1:2000(0.002%)이며, 300km까지 측정이 가능함
- 한국가스공사는 '05년 이후 1,000km 구간에 적용하였으며 해저배관의 위치파악에 활용함



<그림 2-25> 인텔리전트피그(Intelligent PIG) 개념(左), Geometry PIG의 데이터 처리장치(右)

출처 : www.dtaic.com/en/product_info.htm(左),
환경부(2017), 상하수도시설 누수관리를 위한 극저주파 위치탐사 시스템개발(右)

나. 지하정보 관리 측면

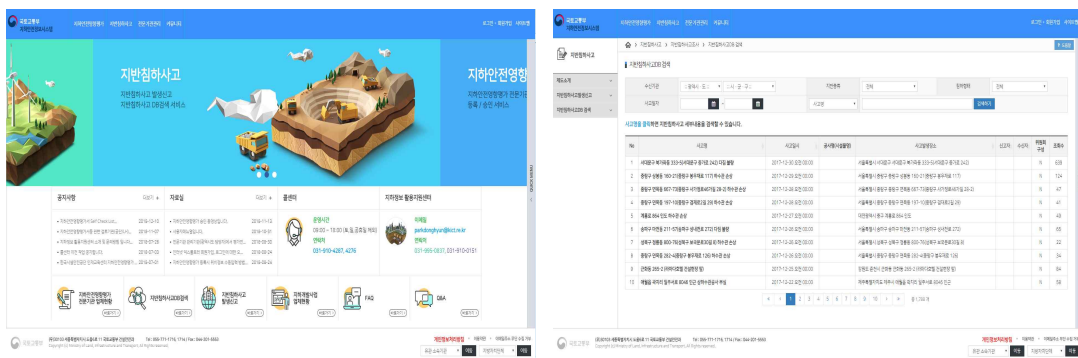
(1) 지하안전정보시스템

○ 지반침하 사고를 사전에 예방하고 지하공간의 안전한 개발과 이용을 지원하기 위해 국토교통부에서 지하안전정보시스템을 운영하고 있음

- 정부는 ‘지반침하 예방대책(‘14)’ 과 ‘지하안전 관리에 관한 특별법(‘18)’ 에 근거하여 국토교통부는 '18년 3월에 지하안전정보시스템을 구축하였고, 7월부터 운영을 개시 함
- ‘지하안전관리에 관한 특별법’ 에서는 지하 10미터 이상 터파기를 하는 모든 공사는 공사 시작 전에 반드시 지하안전영향평거나 소규모 지하안전영향평가를 받고, 착공 후에 사후지하안전영향조사를 받아야 함

○ 본 시스템에는 지하안전관련 한 업무를 지원하는 다양한 기능을 보유하고 있음

- 국토교통관리청 및 지자체 담당자가 지하안전영향평가· 소규모 지하안전영향평가· 사후지하안전영향조사· 지하안전점검· 지하안전계획수립 관리 등에 대한 검토· 승인· 관리를 지원함
- 민간의 지하개발사업자, 지하안전영향평가 및 소규모 지하안전영향평가 전문기관, 지반침하 사고 DB검색 및 발생신고 등의 사용자와 지자체 등이 이용하는 민원 기능으로 구성 됨
- 시스템을 사용하는 지하개발사업자, 지하안전영향 평가 전문기관들은 처리상황을 실시간으로 확인 할 수 있으며, 시민들은 주변지역의 지하개발사업을 확인, 지반침하사고 DB검색 등으로 지반침하로 인한 피해에 적극 대응할 수 있음



<그림 2-26> 지하안전정보시스템 메인화면(左), 지반침하사고 DB검색 화면(右)

출처 : <http://www.jis.go.kr/>

(2) 국토지반정보 포털시스템

○ 국토교통부는 전국토의 지반조사결과를 체계적으로 관리하고 재활용을 위해서 '03년부터 국토지반정보 포털시스템을 운영하고 있음

- 한국건설기술연구원(KICT)을 지반정보 전문기술지원기관으로 선정하여 시스템을 구축 및 운영하고 있음

• '07년부터는 국토지반정보 통합DB센터로 지정하여 시추정보 유통프로세스의 체계적인 관리지원기관으로 운영하고 있음

• 「지반조사결과전산화 및 활용에 관한 지침」에 따라 건설현장에서 발생하는 지반시추성과 관련된 각종 조사·관측 자료와 시험자료의 효율적인 수집, 관리 및 활용을 위하여 시스템을 운영하고 있음



<그림 2-27> 국토지반정보 포털시스템 홈페이지

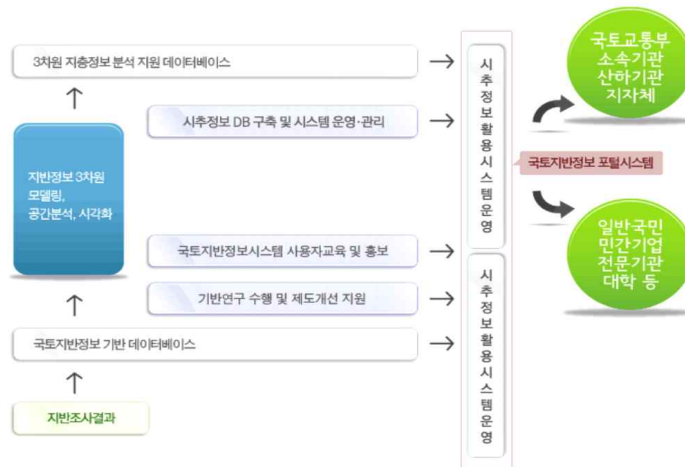
출처 : <https://www.geoinfo.or.kr/index.do?cntyn=0>

○ 국토지반정보 포털시스템의 주요기능은 지반정보의 3차원 모델링, 공간분석과 시각화하여 국토교통부 산하기관 및 지자체와 시민, 기업 등에게 정보를 제공

- 공공 및 민간부문의 미구축 지반조사의 구축, 건설현장에서 수집된 지반정보의 DB 구축 및 검수를 통해 지반정보 발주기관과 건설현장을 지원함

- 국토지반정보 신뢰성 향상 연구, 3차원 지하공간정보 구축 및 활용 기술연구 수행 등 관련된 기반 연구수행 및 제도개선을 지원함

- 포털사이트에는 지반정보의 등록기능, 검색·유통기능, 현황기능, 커뮤니티 기능으로 구성되어 체계적으로 지반정보에 대한 정보를 관리 및 제공함

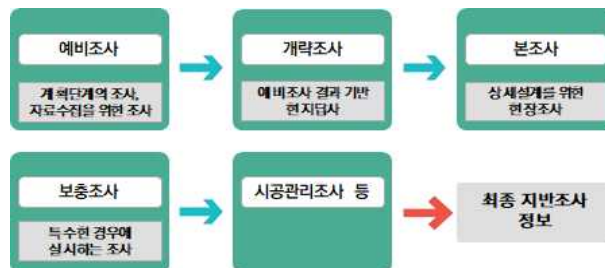


<그림 2-28> 국토지반정보 통합DB센터 주요업무 흐름도

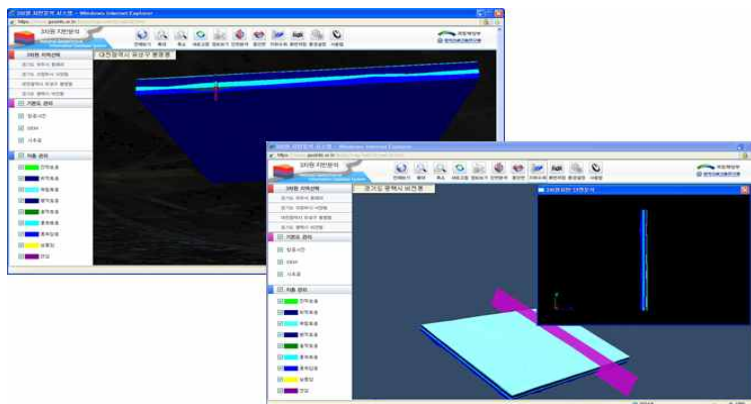
출처 : <https://www.geoinfo.or.kr/topMenuSelect.do?url=center2>

○ 국토지반정보 포털시스템에서는 지반조사에 대한 가이드라인을 설정함으로써 지반에 대한 정보의 정확성을 높이고 있음

- 구조물 건설공사 현장의 지질구조 및 지층의 상태, 지반특성의 파악과 구조물 최적설계를 위한 지반공학적인 특성 파악, 설계 및 시공에 필요한 지반공학 분야의 종합적인 자료를 제공하기 위해 실시함
- 지반조사의 단계는 예비조사, 개략조사, 본조사, 보충조사, 시공관리조사 등의 여러 단계에 걸쳐 시행함



<그림 2-29> 지반조사의 단계별 흐름도

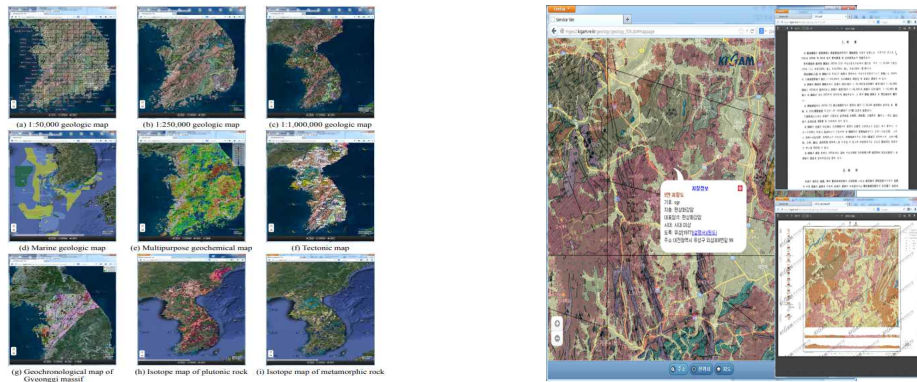


<그림 2-30> 3차원 지반분석 시스템

출처 : <https://www.geoinfo.or.kr/>

(3) 지질정보 시스템

- '99년 NGIS 사업에 의해 추진된 '국토 기본지질도 전산화사업' 을 통해 구축된 디지털 지질도는 다양한 주제의 DB가 구축 및 활용되고 있으며 현재 한국지질자원연구원에서 운영되고 있음
 - 해저지질도, 중자력도, 지구화학도 등 다양한 주제의 지질DB가 구축 되었고, 구축된 DB를 통해 토목건설, 자원개발, 지질환경, 학술연구 등에 활용
 - 현재 모바일 기기와 PC에 지원하면서 언제 어디서나 편리하고 빠르게 지질정보 콘텐츠를 검색할 수 있는 반응형 웹기반의 멀티플랫폼 지질정보시스템 (MGEO: Multi-platform GEOscience information system)을 개발
- 수요자가 원하는 다양한 지질도와 지형정보, 주제도 등 우리나라의 지질관련 다양한 정보를 제공하고 있음
 - 1/50,000부터 1/1,000,000 지질도부터 해저, 탄전지질도, 다목적 지도, 3D지질모델 등 정보를 제공하고 있으며, 국토교통부의 브이월드와의 연계를 통해 다양한 정보를 제공하고 있음
 - 특정 지역의 속성과 지질지도의 보고서를 확인하여 활용성을 극대화 하고 있음



<그림 2-31> 다양한 주제의 지질정보(左), 특정 지역의 지질 속성정보와 보고서 화면(右)
출처 : 한국지질자원연구원(2014), 반응형 웹기반 멀티플랫폼 지질정보시스템(MGEO) 개발

(4) 서울특별시 지반정보통합관리 시스템

- 서울특별시는 건설공사의 계획 및 설계단계에서 필수 작업인 지반조사의 데이터를 체계적으로 관리하기 위해 지반정보통합관리 시스템을 운영하고 있음
 - 지반의 반영구적인 특성과 시추조사 자료는 지하공간 시설물 및 도로, 터널 등의 공사에 가장 우선적으로 분석되는 자료로 효과적으로 수집 및 갱신관리가 필요함에 따라 '96~'98년에 개발 구축하여 현재까지 운영하고 있음

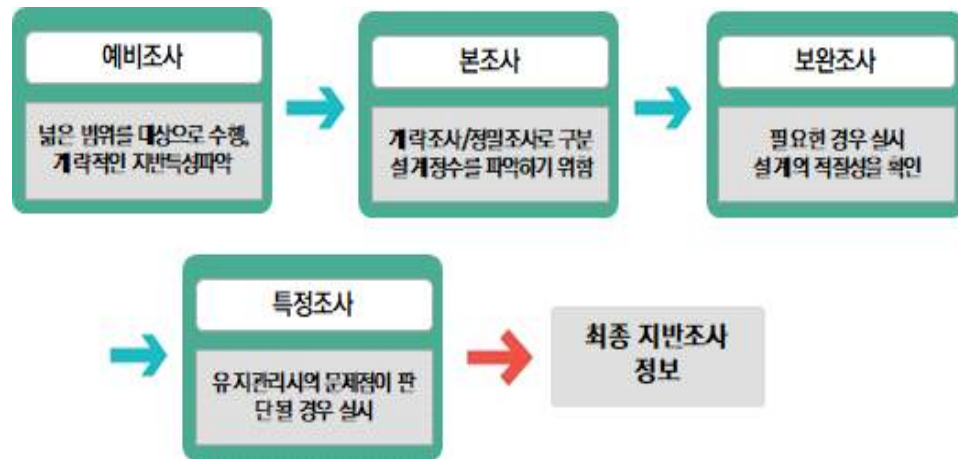
- 시스템의 시추공 DB는 총 7개 항목(도로, 지하철, 철도, 부지/택지, 터널, 교량, 기타)으로 구성되어 있으며 2014년 8월말 기준으로 약 29,817여공의 시추공 DB가 구축되어 활용
- 각종 신규 토목공사 또는 건축공사 시 발생하는 지반정보를 지속적으로 업데이트 하고 정보 제공능력 및 활용성을 향상시키고 있음



<그림 2-32> 서울특별시 지반정보통합관리 시스템 화면

출처 : 서울특별시 지반정보통합관리 시스템

- 서울시는 지반조사는 일반적으로 4단계 순서로 진행시키고 있으며 이를 통해 체계적으로 조사하고 있음
 - 소규모 공사일 경우 조사단계를 일부 생략할 수도 있으며, 대규모 및 중요한 건설공사는 본 조사 또는 보완 조사 시에 정밀조사를 수차에 걸쳐 실시 함



<그림 2-33> 서울특별시 지반조사 단계별 흐름도

- 본 시스템을 서울시 내 사업 타당성 조사나 종합기본계획 수립 등의 업무에 활용함
 - 잠실 수중보~하남시 경계 간 간접취수방안을 도입하는 방안에 대한 타당성 검사, 동부이촌 배수분구 종합정비 사업을 위한 실시설계 용역, 지하공간에 대한 종합적인 이용계획 수립 등 다양하게 활용 됨

(5) 서울특별시 지하시설물 통합정보 시스템

- 서울시는 지하시설물 통합정보시스템을 운영하여 각종 설계 및 공사 시 활용이 가능하도록 하며, 체계적인 지하시설물 관리를 하고 있음
 - 도로굴착복구 인허가, 각종 사업계획 수립 및 건설공사 시 안전사고 예방을 위해 활용 되고 있으며, 지하관련 사고 발생 시 신속한 조치를 위한 정보를 제공함
 - '01년에 16개 기관 지하시설물 DB통합을 시작으로 '03년 웹기반 지하시설물통합정보시스템 서비스를 시작함
 - '03년 당시 16개 기관의 지하시설물 48,472km의 데이터를 통합적·체계적으로 관리함
- 지하시설물통합정보시스템의 주요기능에는 조회 및 관리기능이 있음
 - 시설물정보 조회는 지하시설물에 대한 위치검색, 조건검색, 속성조회, 공간검색 등이 가능함
 - 지도출력조회는 지도 템플릿을 출력할 수 있으며, 주제도별 다분면 조회, 항공사진 로드뷰 정보를 제공함
 - 성과물 관리는 굴착허가 시 기본도를 제공하며, 도로굴착온라인시스템과 연계하여 준공성과물 등록 및 관리를 할 수 있음
 - 2D, 3D 횡단면도 조회는 지하에 매설된 지하 시설물의 2D, 3D 횡·단면도를 조회할 수 있음



<그림 2-34> 서울특별시 지하시설물 통합정보시스템(左), 3차원 지상/지하시설물 동시 조회기능(右)

출처 : 서울시(2013), 지하시설물통합정보시스템 개선 사업계획

2. 국외 기술동향

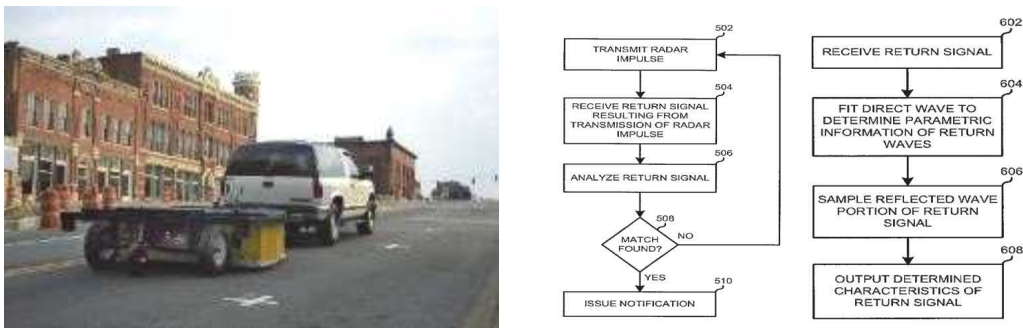
가. 미국

(1) 지하정보 구축 측면

○ 미국은 3차원 지하투시이미지 레이저(GPiR254)) 및 실시간 반사파 자료를 분석하여 지하구조를 파악하고 있음

- 미국은 '00년부터 GPiR을 이용한 'CART 영상 시스템' 을 개발 및 상용화하여 1.8~3m깊이 지하매설물을 효과적으로 파악하고 있음

- 미국은 실시간 변수 정보에 기초하여 측정되는 반사파 특성과 알려진 특성을 비교하여 반사파를 분석하고 지하 이상 유무를 판단하는 기술을 개발함

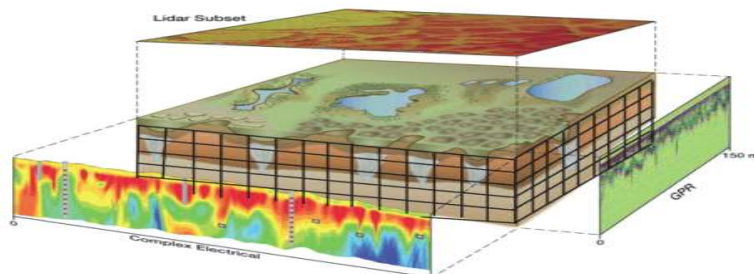


<그림 2-35> GPiR 탐사현장(左), 미국 ArcGIS Map(右)

출처 : 특허청(2014) '싱크홀' 진단, 한국형 지하탐사 기술 개발 시급 보도자료

○ 미국 에너지부 산하 로렌스버클리국립연구소는 영구동토층 특성 연구를 목적으로 원격 탐사 장비를 통합한 연구접근법을 개발함

- 원격 탐사 장비는 지하탐사레이더, 전기적 단층 촬영술, 항공 LiDAR(Light Detection And Ranging) 측정법을 활용하여 지반 정보를 고해상도로 제공함



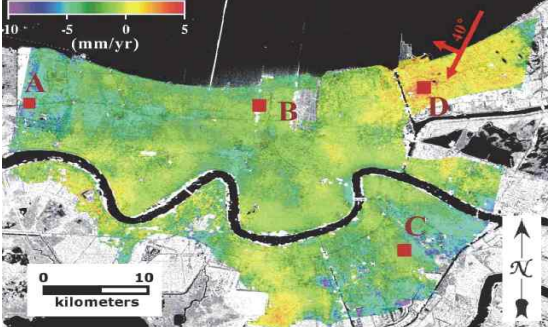
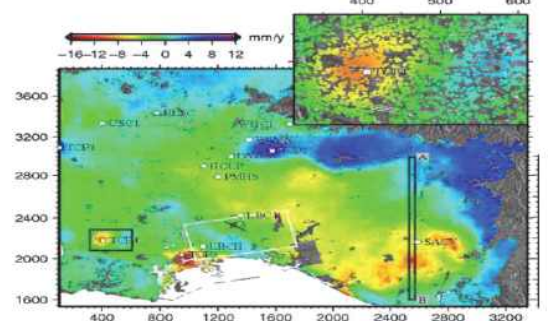
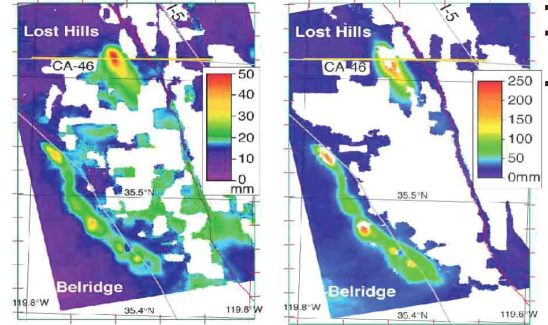
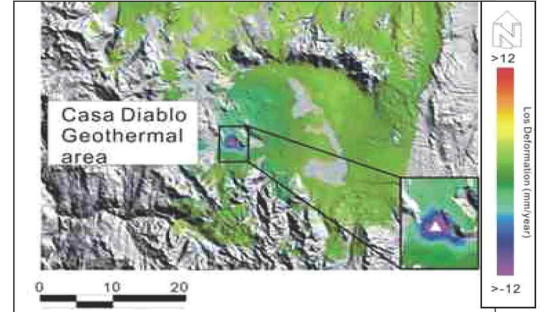
<그림 2-36> 영구 동토층 연구접근법 테스트

출처 : DOE/Lawrence Berkeley National Laboratory

○ 미국은 위성레이더를 이용하여 지반침하를 관측하고 있으며 싱크홀 예측기술을 개발하여 활용하고 있음⁶⁾

- 미국은 위성레이더를 이용하여 올리언주, LA, 캘리포니아 등에서 연약지반, 지하수사용, 유전, 지열발전소 등으로 인한 지반침하 모습을 관측함

<표 2-20> 미국 위성레이더 활용 지반침하 관측 현황

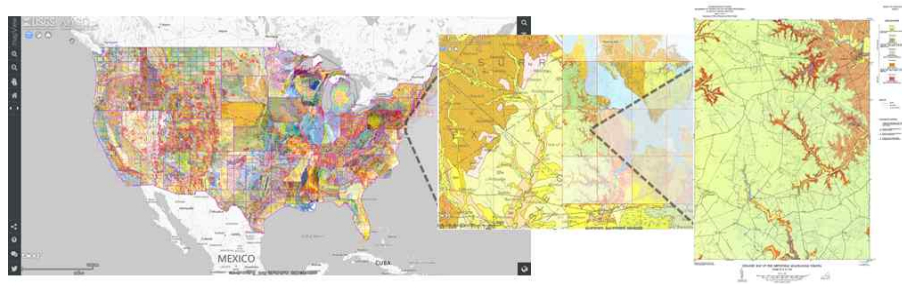
지역	원인	위성레이더 사진
올리언주	연약지반	
LA	지하수사용	
캘리포니아	유전지역	
캘리포니아	지열발전소	

출처 : 정형섭(2015) 인공위성으로부터 지반침하 정밀 관측, 제3회 도시공간정보포럼

6) 도심을 삼키는 싱크홀, 원인과 대책, 경기개발연구원, 2014. 8.

(2) 지하정보 관리 측면

- 미국은 표준화 된 지질지도 정보를 만들기 위하여 미국지질조사소(U.S. Geological Survey, USGS)에서 ‘National Geologic Map Database’ 를 구축하여 활용하고 있음
 - GIS 기반으로 제공되는 지질, 지반정보 DB 등 지하공간을 체계적으로 관리하기 위해 통합 DB 구축 및 관리 시스템을 운영하고 있음
 - 구축된 DB를 기반으로 Map View 홈페이지에서는 지역별 및 연도별로 기반암, 표층 퇴적물, 지질구조, 위험 요소 등의 지층 모습과 지하수 등의 지하공간을 보여줌



<그림 2-37> National Geologic Map Database MapView 화면

출처 : <https://www.usgs.gov/>

- 미국에서는 굴착공사 시 매설물의 위치를 파악하고 이를 기반으로 굴착사고 예방을 도모하기 위하여 OPS(One-Call System)을 구축하여 활용하고 있음
 - 소규모 굴착 시에도 OPS센터로 연락하면 해당 주의 지하시설물 관련 전문가가 주마다 구축된 DB를 이용하여 사고를 미연에 방지할 수 있도록 조치함
 - 홈페이지에서는 각 주(州)의 OPS의 대한 정보(주소, 번호, 특이사항 등)와 법제도의 대한 정보를 제공함

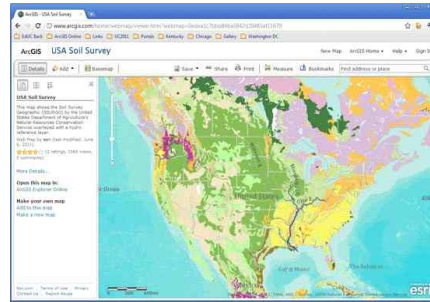


<그림 2-38> OPS(One-Call System) 홈페이지 화면 및 주(州) 정보

출처 : <http://call811.com>

- 미국은 3D-4D-BIM 프로그램을 운영하여 BIM을 활용한 기술향상을 도모하고 있으며, GIS엔진과 대용량 공간정보의 효율적인 관리를 위한 공간 DBMS관련 핵심기술들을 보유하고 있음

- 미국의 조달청(GSA)에서는 준공도서, 시공도서, 건축 마감구조, 모델링 등의 내용을 담은 3D-4D-BIM 프로그램을 운영하여 BIM을 활용한 품질향상, 정밀도 향상, 협업향상 등을 도모하고 있음
- ESRI(ArcGIS), Autodesk(MapGuide), PBBI(MapInfo)의 GIS엔진과 Oracle(Spatial), ESRI(ArcSDE)의 공간 DBMS가 관련 세계 최고 핵심기술 보유하고 있음



<그림 2-39> 미국 BIM 가이드라인 표지(左), 미국 ArcGIS Map(右)

출처 : <https://www.gsa.gov/real-estate/>(左), <https://www.esri.com>(右)

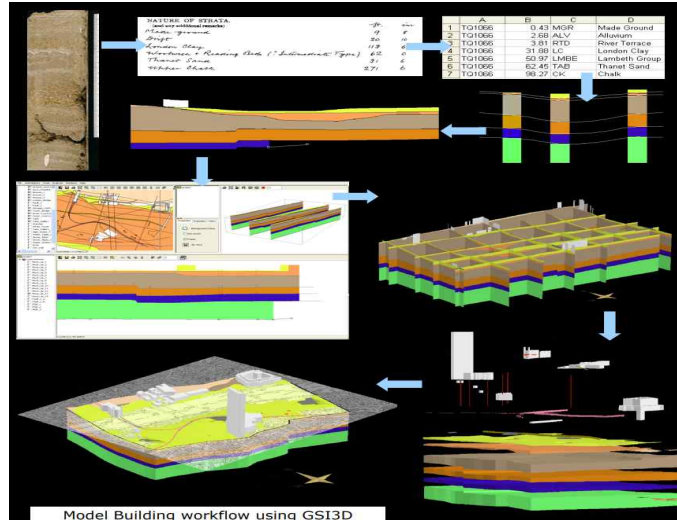
나. 영국

(1) 지하정보 구축 측면

- 영국 지질연구소는 '99년부터 지반 기반의 지리정보학적 측량(Ground-based geomatic surveys)을 수행하며 및 토양 수축 레이저 측정 기법을 개발함
 - 지질학적 구조 매핑, 암석 안정성 및 침하 특징 분석 등을 수행함
 - 재해 경감을 목적으로 토양 수축 레이저 측정 기법(Laser measurement of soil shrinkage)을 활용한 토양의 축소 특질 자동 측정 시스템인 SHRINKit을 개발함

(2) 지하정보 관리 측면

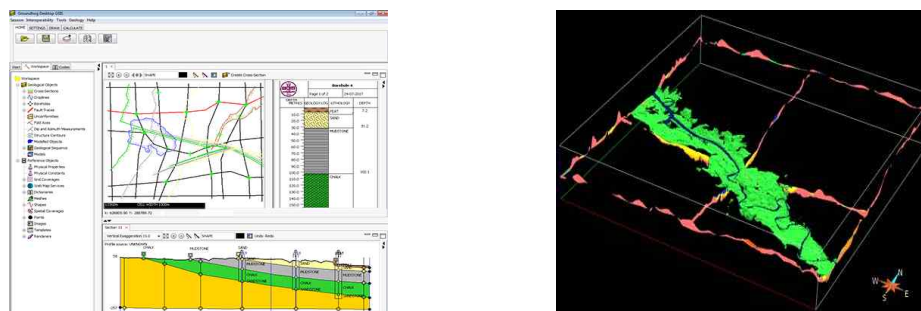
- 1835년에 설립된 영국 국립지질조사국(British Geological Survey, BGS)에서는 첨단 지질 모델링을 통하여 DB를 구축함
 - GIS3D는 광범위한 지형에 대한 지표면의 3D 입체 모델을 빠르고 직관적으로 구성할 수 있는 3D 지형모델링을 위한 방법론 및 관련 소프트웨어 도구임
 - 디지털 지형 모델, 시추공 데이터 등을 사용하여 펜스다이아그램(fence diagram, 지질단면도)을 생성하기 위해 시추공과 노두를 연관시켜 단면을 구성 할 수 있게 함



<그림 2-40> 시추공 데이터를 사용한 지질 3D 모델링 과정

출처 : <https://www.bgs.ac.uk>

- 데스크탑 지구과학 정보시스템(BGS Groundhog Desktop GIS)는 분석된 지질단면, 지도 및 시추공과 같은 지형지질 정보를 구축할 수 있고 정보를 토대로 모델링을 지원함
- Gocad(Geological object computer aided design) 소프트웨어는 3D 지질 모델링의 많은 영역을 포함하고 있으며, plug-in 아키텍처를 통해 확장 가능한 구조 모델링 코어로 구성됨
- 산업시장에서 광산관련업체에 주로 사용되고 있으며, 많은 대학과 지질조사에 사용됨



<그림 2-41> Groundhog Desktop 소프트웨어 화면(左), Gocad 소프트웨어의 사례(右)

출처 : <https://www.bgs.ac.uk>

○ 영국 국립지질조사국(British Geological Survey, BGS)은 Geology of Britain viewer를 통해 영국전역의 상세하고 다양한 지질정보를 3차원으로 제공하고 있음

- 영국전역의 지질도를 3D로 구현하기 위해 기본이 되는 수많은 펜스 다이어그램(지질단면도)을 구축하였음
- Geology of Britain viewer에서는 임의의 지점, 축선에 대한 단면 혹은 3차원 지질분포를 UTM좌표와 함께 공간통계 분석하여 보여줌
- 추정치이긴 하지만 해당 자료를 통해 공사 시 기초자료로 제공이 가능하며, 다양한 연구 자료로 활용이 가능함

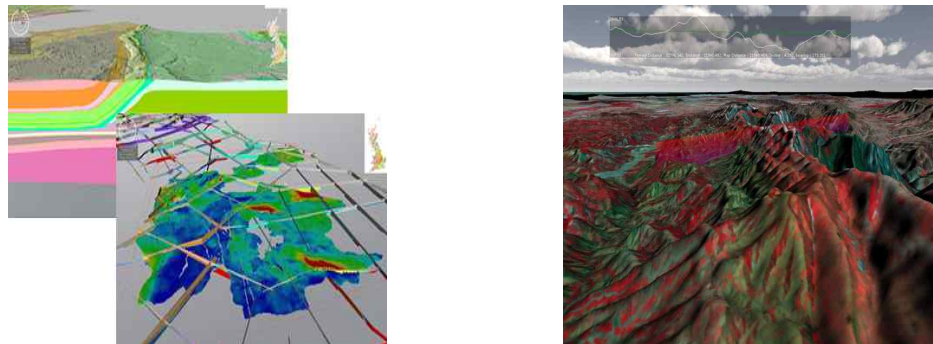


<그림 2-42> Geology of Britain viewer 홈페이지 및 지질정보

출처 : <http://mapapps.bgs.ac.uk/geologyofbritain/home.html>

○ BGS에서는 3차원 시각화 시스템(3DVS: The three dimensional visualisation systems)을 통하여 지질 및 지리 관련 데이터들을 3D로 시각화 하고 있음

- GeoVisionary는 3차원 시각화 시스템을 통해 개발된 지구 과학 정보시스템으로 지질 및 지리 관련 데이터들을 가상현실 환경으로 구축하여 정보를 제공함
- 용량이 거대한 데이터들을 DEM 및 이미지로 변형하여 사용자가 다양한 환경에서 데이터를 지연 없이 볼 수 있도록 하였음
- 공간적으로 3D로 표현하고 접근이 어려운 지역을 맵핑하여 시각화함으로써 분야에 맞게 해석 및 연구를 할 수 있음



<그림 2-43> GeoVisionary 활용사례(左), GeoVisionary 타지키스탄의 가상 현장 조사 화면(右)

출처 : <https://www.bgs.ac.uk/research/environmentalModelling/3dvisualisation.html>

다. 일본

(1) 지하정보 구축 측면

○ 일본에서는 레이저를 활용하여 지형이나 구조물에 대한 공간형상을 스캔하는 기술을 개발함

- 레이저 스캐너를 활용하여 지형이나 구조물 형상을 입체 이미지로 표현하고, 구조물의 측량을 수행함

- 지하매설물의 시공단계마다 3차원 데이터를 취득함으로써 지중 매설물의 유지관리가 용이하게 해주며, 보이지 않은 공간을 시각적으로 표현함
- 공간에 대한 보수, 복구 과정에서 3차원 시뮬레이션을 통한 효과적인 검토가 가능함

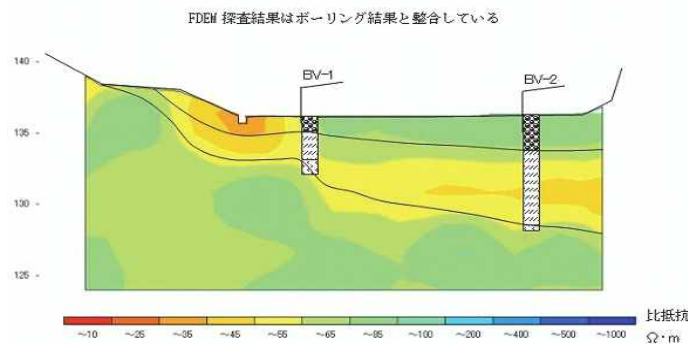


<그림 2-44> 3차원 레이저 스캐너 시스템

출처 : 일본 netis 홈페이지(<http://www.m-netis.mlit.go.jp/>)

○ 일본 간사이 전력 주식회사에서는 아스팔트 밑이나 콘크리트 아래 지반에 대해 비파괴로 탐사를 시행하는 ‘FDEM 탐사방법’ 을 개발함

- FDEM 탐사방법은 지표면에서 비파괴로 지하 구조물이나 지반의 비저항 분포를 측정하는 탐사방법임
- 각 지점 각 심도의 상대적인 비저항 분포를 파악하여 노반의 두께, 수분의 상태 등 구조물 아래의 지반 상태를 추정 가능함
- 소형 탐사선으로 장소의 제약을 받지 않으며 16 종류의 주파수를 순차적으로 전환하여 일반적인 전기 탐사와 비교해 높은 해상도에서 깊이 약 30m까지 탐사가 가능함

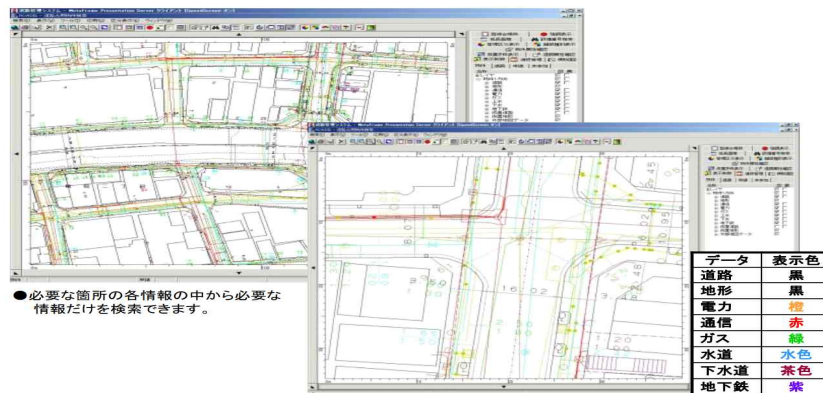


<그림 2-45> FDEM 탐사 결과 예시

출처 : 일본 netis 홈페이지(<http://www.m-netis.mlit.go.jp/>)

(2) 지하정보 관리 측면

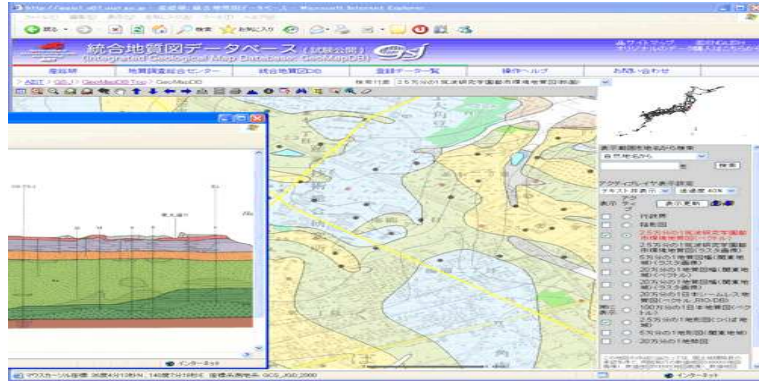
- 일본은 도로관리센터에서 도로관리시스템(ROADIS)을 구축하여 도로 하부의 지하시설물들을 관리하고 있음
 - 일본은 도시의 도로 하부에 수도, 하수도, 통신, 전력, 가스, 지하철 등 다양한 지하시설물이 집중적으로 매설되어 있어 관리가 필요함
 - 도로관리시스템(ROADIS)을 구축·활용하여 통신 회선 등을 통해 도로 관리자 및 공익 사업자에게 정보를 정확하고 신속하게 제공함
 - 지형·도로지도 정보 및 매설 부동산의 도형정보와 제반 시설의 구조, 관로의 재질 등의 속성 정보가 입력되어 있으며, 필요로 하는 지점의 정보 검색, 업데이트를 용이하게 할 수 있음
 - 향후 도로 공간의 효율적이고 적절한 이용을 도모하기 위해 IT 사회, 정보화 시대에 맞는 도로 관리의 고도화, 업무의 시스템화를 추진하고 있음
 - 현재 ‘도로관리시스템(ROADIS)’을 이용하여 업무를 지원하고 있는 도시는 도쿄시의 23개 특별구와 고베시, 히로시마 등 11개의 도시지역이 이용하고 있음



<그림 2-46> 도로관리시스템

출처 : <https://www.roadic.or.jp>

- 일본은 일본 지질 조사국(Geological Survey of Japan, GSJ)에서 2006년부터 WebGIS(ArcIMS) 기술을 기반으로 온라인 지리학 지도를 검색, 오버레이를 할 수 있는 GeoMapDB를 구축 및 운영하고 있으며 현재는 ‘GeomapNavi’로 개편되어 시스템을 운영하는 중임
 - DB에는 1/2,000,000에서 1/25,000 범위의 지형도와 백만 가지의 지질지도, 1만2천개의 디지털 지형도를 포함하고 있음
 - 형식에 따라 래스터와 벡터형식의 파일을 가지고 있고 지질지도와 각종 재해·재난, 지하정보 관련 데이터도 포함하고 있음
 - 3차원 가시화 기능을 갖추고 있어 각 지역의 지질을 입체적으로 파악할 수 있어 다양한 방면에서 활용이 가능하도록 함

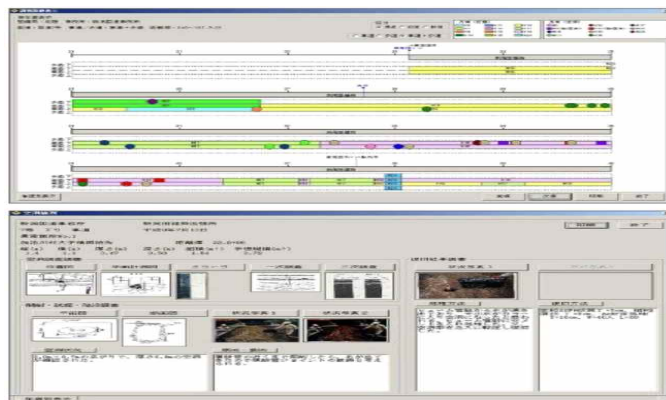


<그림 2-47> GeoMapDB의 쓰꾸바시 환경 지질도 화면

출처 : <https://www.gsj.jp/>

○ 일본은 노후화된 하수관거에 의해 도로함몰 피해를 예방하고자 도로 지하공간 공동조사를 1차와 2차로 나누어 실시함

- 일본은 연간 약 4,000건 정도의 도로함몰 피해가 발생하는데, 원인들 중 누수·지하수 같은 물의 영향과 지진과 연약지반과 같은 자연적인 이유도 있지만, 노후화된 하수관거에 의해 피해가 자주 발생함
- 정부는 도로함몰 사고를 방지하고 안전한 도로를 확보하기 위해 공동조사를 실시하였으며, 1차 조사는 공동 탐사로봇 등을 이용해 데이터를 획득하고, 2차 조사는 1차 조사에서 이상 신호가 확인된 장소에 대해 상세 조사를 실시함
- 두 차례의 조사가 끝나면, 취득한 데이터를 해석하여 공동의 규모와 함몰 위험도를 정리한 후 전문가의 의견 등을 종합적으로 고려하여 함몰 가능성의 타당성을 확인하고 최종적으로 「공동판정 실시 방침(안)」에 따라 종합적으로 평가를 함
- 취득한 데이터를 ‘도로 지하공간 공동 조사 데이터 관리 시스템’에 입력하여 향후 도로와 하수도 및 지하시설물의 유지관리를 위한 기초 데이터로 활용하고 있음



<그림 2-48> 도로 지하공간 공동조사 데이터 관리 시스템

출처 : <http://roadresearch.or.kr>

3. 기술수준 및 기술격차 분석

가. 기본방향

- 한국과학기술기획평가원(KISTEP)에서 매년 120개 국가전략기술에 대한 기술수준평가를 실시하고 10대 기술 분야별로 구분하여 종합분석을 추진
 - ‘제3차 과학기술기본계획(2013~2017)’ 상 10대 기술 분야는 ①전자·정보·통신, ②의료, ③바이오, ④기계·제조·공정, ⑤에너지·자원·극한기술, ⑥항공·우주, ⑦환경·지구·해양, ⑧나노·소재, ⑨건설·교통, ⑩재난·재해·안전
- 이종 지하정보와 밀접한 관련이 있는 건설·교통분야에 대한 기술수준 및 기술격차를 분석하여 제시함
 - 건설·교통분야의 국가전략기술에는 ①해양공간 개발기술, ②초고층 건물 건설기술, ③지능형 건물제어기술, ④고효율 에너지 빌딩기술, ⑤슈퍼 건설재료 및 자재기술, ⑥서비스 로봇기술(건설), ⑦미래 첨단도시 건설기술, ⑧복합 지하 대공간 활용기술, ⑨국토정보 구축 및 활용기술, ⑩첨단철도기술, ⑪지능형 물류체계기술, ⑫최첨단 인프라 구조물 건설기술, ⑬ICT기반 친환경 도로기술, ⑭지능형 교통시스템기술, ⑮극한공간 개발기술, ⑯첨단플랜트 원천기술 임
 - 이종 지하정보와 관련이 깊은 ⑧복합 지하 대공간 활용기술, ⑨국토정보 구축 및 활용기술에 대한 기술수준을 분석함

나. 주요국 기술수준

- 복합 지하 대공간 활용기술은 일본의 기술수준이 가장 높으며, 국토정보 구축 및 활용기술은 미국이 가장 높게 나타남
- 국내의 경우 건설·교통분야의 타 기술에 비하면 복합 지하 대공간 활용기술과 국토정보 구축 및 활용기술의 기술수준은 상대적으로 높게 나타나지만 주요국과 비교하면 4위에 해당

<표 2-21> 주요국 기술수준 비교

전략기술명	한국		중국		일본		EU		미국	
	기술 수준 (%)	순위	기술 수준 (%)	순위	기술 수준 (%)	순위	기술 수준 (%)	순위	기술 수준 (%)	순위
복합 지하 대공간 활용기술	82.8	4	72.7	5	100.0	1	97.8	2	95.8	3
국토정보 구축 및 활용기술	80.7	4	70.5	5	88.8	3	91.5	2	100.0	1

○ 우리나라 기술수준의 경우 기초연구 수준은 76.7%와 81.2%, 응용·개발 수준은 84.4%와 84.7% 임

- 복합 지하 대공간 활용기술과 국토정보 구축 및 활용기술의 경우 응용·개발연구 수준이 기초연구 수준보다 높으며, ‘국토정보 구축 및 활용기술’ 은 8.0%, 복합 지하 대공간 활용기술은 3.2%의 차이가 나타남

<표 2-22> 우리나라 기술수준

전략기술명	기초연구 수준		응용·개발연구 수준		기초연구 응용·개발연구 수준차(%)
	기술수준 그룹	기술수준 (%)	기술수준 그룹	기술수준 (%)	
복합 지하 대공간 활용기술	선도	81.2	선도	84.4	3.2
국토정보 구축 및 활용기술	추격	76.7	선도	84.7	8.0

다. 기술격차

○ 복합 지하 대공간 활용기술과 국토정보 구축 및 활용기술의 최고기술국 대비 기술격차는 3.0년과 3.1년으로 나타남

- 건설·교통분야의 타 기술에 비하여 기술격차는 상대적으로 적게 나타나며, 복합 지하 대공간 활용기술은 일본 보다 3.0년, 국토정보 구축 및 활용기술은 미국 보다 3.1년 뒤쳐져 있는 것으로 나타남

<표 2-23> 우리나라와 주요국 간 기술격차

전략기술명	對최고국 기술격차(년)	對중국 기술격차(년)	對일본 기술격차(년)	對EU 기술격차(년)	對미국 기술격차(년)
복합 지하 대공간 활용기술	3.0	-2.2	3.0	2.7	2.5
국토정보 구축 및 활용기술	3.1	-2.5	1.6	2.0	3.1

○ 최고기술국과의 격차 발생에 영향을 미치는 요인은 연구인력, 인프라, 법제도 등으로 인한 격차가 발생한 것으로 나타남

<표 2-24> 최고기술국과의 격차 발생 요인

전략기술명	국내협력 (산학연)		국제협력		연구인력		인프라 (시설, 장비)		법·제도		연구비	
	기초 (%)	응용 (%)	기초 (%)	응용 (%)	기초 (%)	응용 (%)	기초 (%)	응용 (%)	기초 (%)	응용 (%)	기초 (%)	응용 (%)
복합 지하 대공간 활용기술	33.9	18.3	1.7	23.1	65.5	49.9	37.6	77.5	34.3	30.3	16.0	17.8
국토정보 구축 및 활용기술	10.3	14.6	17.7	4.0	80.2	62.1	44.2	37.5	38.5	34.2	43.8	45.9

라. 기술수준 및 기술격차 변동(2014~2016년)

○ 복합 지하 대공간 활용기술의 경우 기술수준이 크게 증가하였으며, 기술격차도 2014년 대비 1.7년 감소함

<표 2-25> 기술수준 및 기술격차 변동(2014~2016년)

전략기술명	최고기술국		기술수준 그룹		기술수준(%)			기술격차(년)		
	2014	2016	2014	2016	2014	2016	증감	2014	2016	증감
복합 지하 대공간 활용기술	일본	일본	추격	선도	76.8	82.8	6.0	4.7	3.0	-1.7
국토정보 구축 및 활용기술	미국	미국	선도	선도	83.9	80.7	-3.2	3.3	3.1	-0.2

- 복합 지하 대공간 활용기술과 국토정보 구축 및 활용기술의 경우 기초연구 대비 응용개발연구 수준이 각각 3.6%와 2.4% 높아진 것으로 나타남

<표 2-26> 기초 및 응용개발연구 기술수준 변동(2014~2016년)

전략기술명	기초연구 수준				응용개발연구 수준				기초연구 응용개발연구 수준차(%)		
	기술수준 그룹		기술수준(%)		기술수준 그룹		기술수준(%)		2014	2016	증감
	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016			
복합 지하 대공간 활용기술	추격	선도	77.0	81.2	추격	선도	76.6	84.4	-0.4	3.2	3.6
국토정보 구축 및 활용기술	선도	추격	81.1	76.7	선도	선도	86.7	84.7	5.6	8.0	2.4

- 복합 지하 대공간 활용기술과 국토정보 구축 및 활용기술의 경우 2014년 대비 2016년에 기술격차가 모두 감소한 것으로 나타남

<표 2-27> 기초 및 응용개발연구 기술격차 변동(2014~2016년)

전략기술명	기초연구 격차(년)			응용개발연구 격차(년)			기술격차(년)		
	2014	2016	증감	2014	2016	증감	2014	2016	증감
복합 지하 대공간 활용기술	4.8	3.6	-1.2	4.6	2.4	-2.2	4.7	3.0	-1.7
국토정보 구축 및 활용기술	3.9	3.6	-0.3	2.7	2.5	-0.2	3.3	3.1	-0.2

마. 기술발전단계

- 복합 지하 대공간 활용기술과 국토정보 구축 및 활용기술 모두 성장기에 있으며, 기술수준은 선도그룹에 속하는 것으로 나타남

<표 2-28> 우리나라와 주요국 간 기술격차

전략기술명	전 세계적 기술발전 단계	기술발전도	기술수준 그룹	우리나라 기술수준(%)
복합 지하 대공간 활용기술	성장기	55.6	선도	82.8
국토정보 구축 및 활용기술	성장기	51.3	선도	80.7

2-4. 논문 및 특허 분석

1. 특허동향분석

가. 분석범위

- 본 분석에서는 지하공간통합지도 갱신 자동화 및 활용 지원기술 분야를 특허분석대상으로 하였으며, 분석대상기간은 2018년 12월까지 출원/공개된 특허를 대상으로 함

<표 2-29> 국가별 분석구간 및 특허건수

자료 구분	국 가	전체분석기간	분석대상
출원/등록공개	한국	1999.01.01 ~ 2018.12.31	305건
	미국	1999.01.01 ~ 2018.12.31	385건
	유럽	1999.01.01 ~ 2018.12.31	100건
	일본	1999.01.01 ~ 2018.12.31	198건
	중국	1999.01.01 ~ 2018.12.31	1,084건
	합 계		2,072건

나. 분석방법

(1) 동향분석 방법

- 특허동향은 조사대상국인 한국(KIPO), 미국(USPTO), 유럽(EPO) 일본(JPO), 중국(SIPO) 등 주요 국가별 기술개발 활동현황, 특허출원 동향, 출원건수의 증감정도의 분석을 통한 특허 기술 성장 현황을 분석함
- 이를 통해 세계의 특허동향과 우리의 수준을 비교하고, 연구개발 현황과 주요 기업을 살펴봄으로써 국가차원의 연구개발 및 국제협력의 필요성 등에 대한 기초자료를 제시함

(2) 검색 키워드 선정

- 검색 키워드는 지하정보와 관련 있는 키워드로 선정함

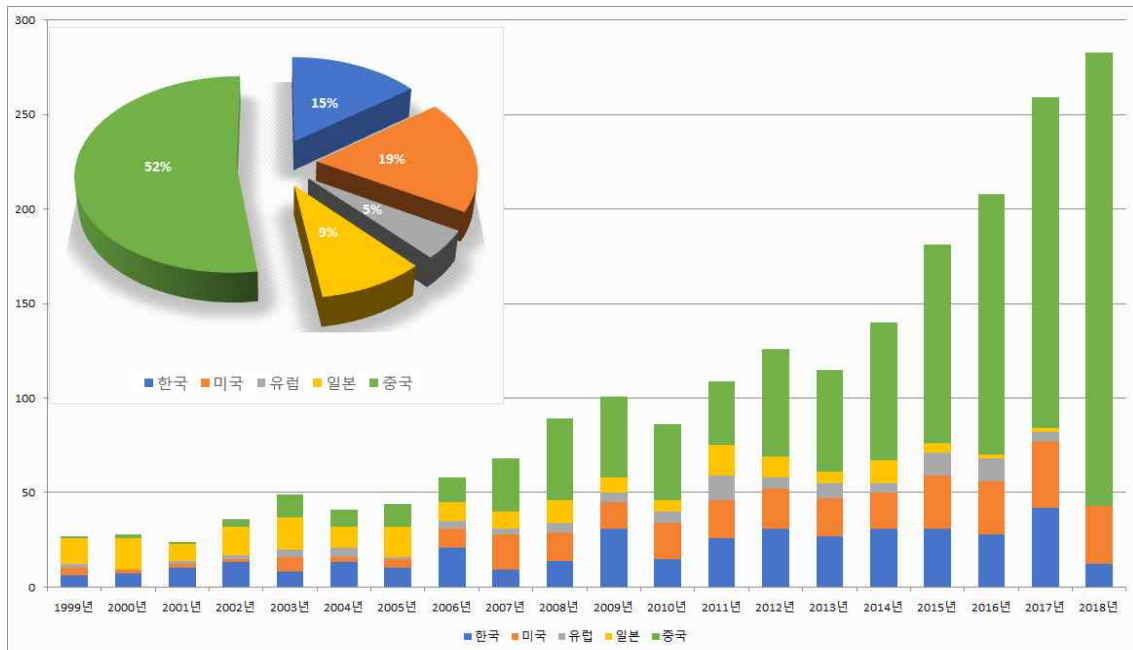
<표 2-30> 특허분석 검색 키워드

구 분	언어	키워드
검색 키워드	국문	지하공간, 지하정보, 지하지도, 지하공간정보
	영문	underground space, underground information, underground map, underground space information
특허검색 수식	국문	“지하공간” + “지하정보” + “지하지도” + “지하공간정보”
	영문	“underground space” + “underground information” + “underground map” + “underground space information”

다. 정량적 분석결과

(1) 주요 국가별 연도별 출원동향

- 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO), 중국(SIPO) 국가별 특허기술 출원점유율을 통해 해당 기술을 주도하는 국가 파악
- 과거부터 최근까지의 국가별 특허기술 출원의 양적 트렌드를 비교하여 타 국가 대비 국내의 기술적 위치 파악
- 특허출원은 중국(52%)이 주도하고 있는 것으로 나타났으며, 미국(19%), 한국(15%)도 꾸준히 영향력이 있는 것으로 나타남

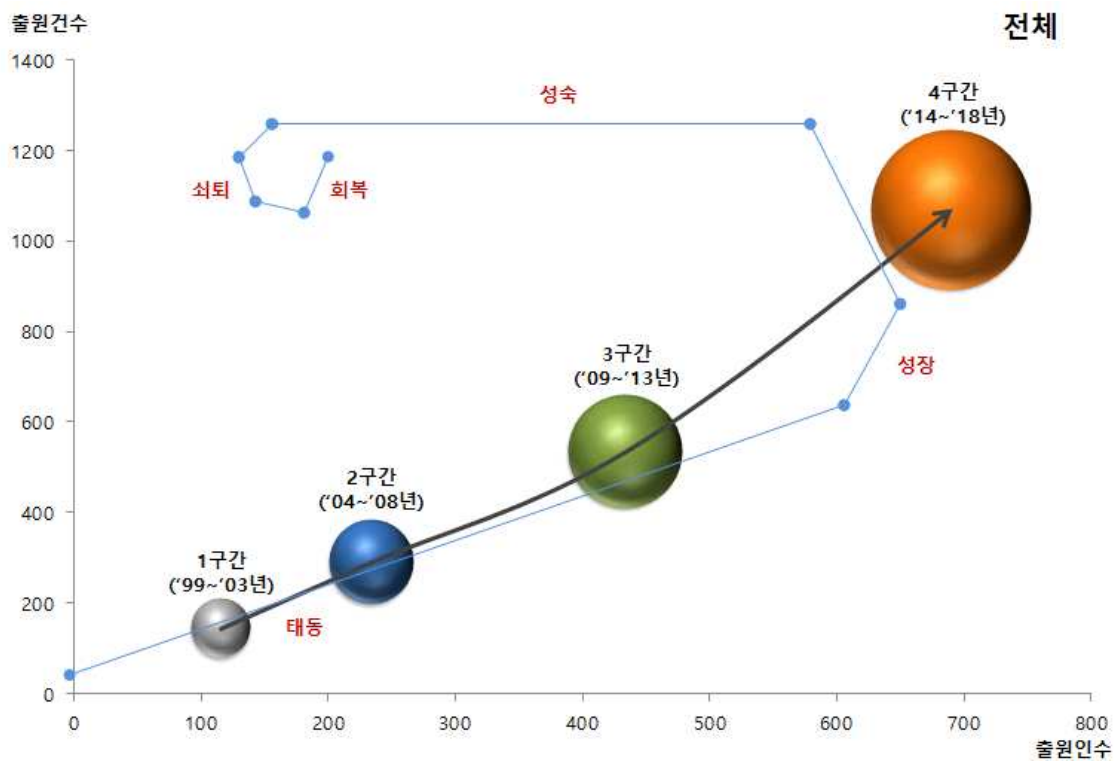


<그림 2-49> 주요 출원국 연도별 특허동향

(2) 특허기술 성장단계 분석

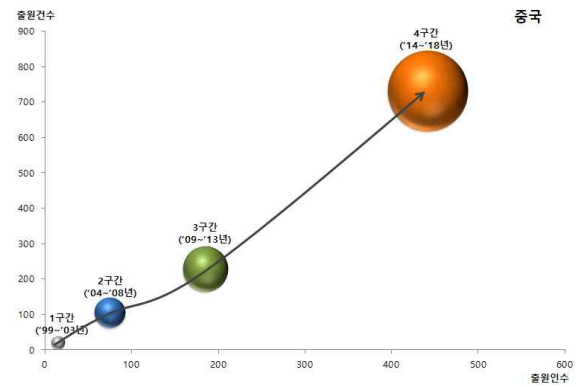
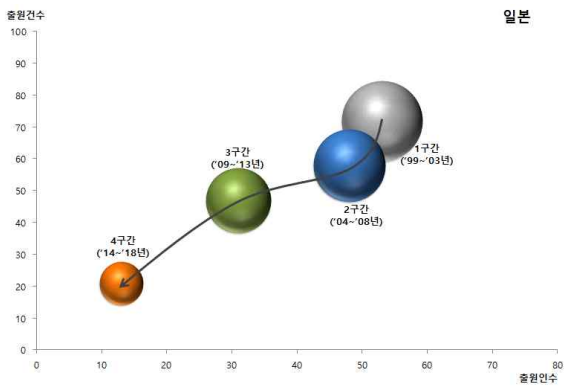
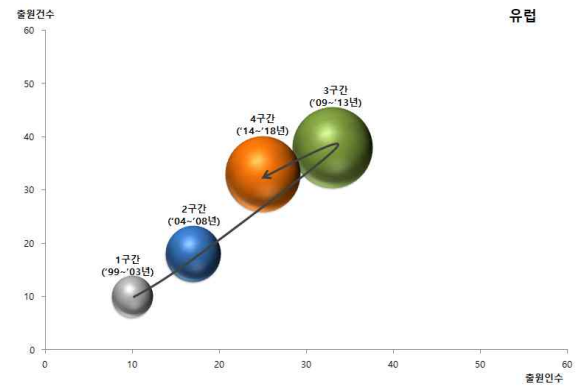
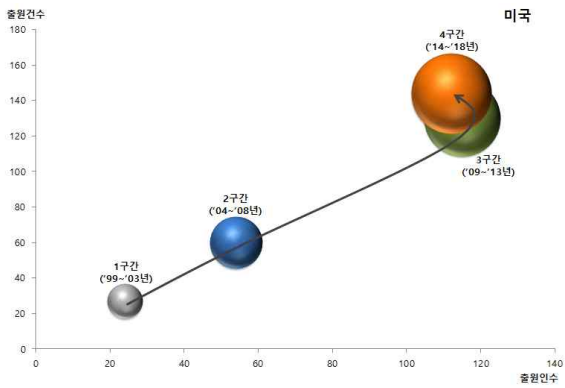
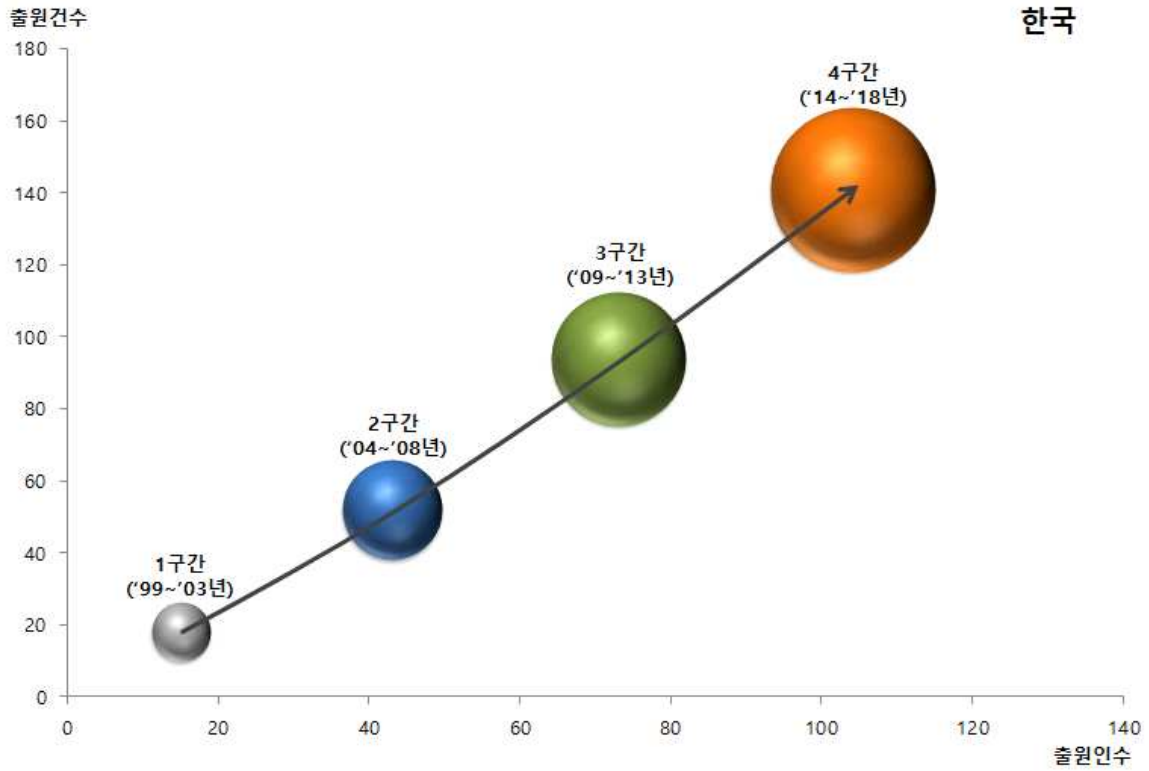
- 분석 대상이 되는 전체 출원 기간을 일정한 구간으로 나누어 구간별 출원건수와 출원인수의 증감 변화를 토대로 해당 기술분야의 특허기술 성장단계를 파악
- 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO) 및 중국(SIPO) 등 국가별 특허기술 성장단계를 비교 분석
- 특허기술 성장단계 분석구간의 설정은 전체 기간을 일정한 연간 단위로 구간을 구분하되, 최근 급부상하거나 이슈가 있는 기술분야의 경우, 최근 기간 등으로 한정하여 구간을 설정하여 분석하는 것이 유의미할 수 있음

- 특허기술을 기반으로 지하공간통합지도 갱신 자동화 및 활용 지원기술의 성장단계는 최근 출원인과 출원건수가 급격하게 증가하는 형태로, 본격적으로 해당 기술분야의 연구개발 활동이 이루어지고 있는 단계로 해석할 수 있음
- 전반적으로 분석 구간 초기 구간인 1구간(1999년~2003년)부터 최근 구간인 4구간(2014년~2018년)까지 출원인과 출원건수가 지속적으로 증가하는 양상으로 성장기 단계의 형태가 나타남
 - 특히 3구간(2009년~2013년)부터 4구간(2014년~2018년)까지 출원인과 출원건수가 급격히 증가하는 추세를 보임



<그림 2-50> 특허기술 성장단계

- 한국의 성장단계는 출원인과 출원건수가 지속적으로 증가하고 있는 형태로 성장기인 것으로 해석할 수 있음
 - 초기 구간인 1구간(1999년~2003년)에서 4구간(2014년~2018년)까지 출원건수가 꾸준히 증가하는 것으로 나타남
 - 한국의 성장단계는 1구간에서 4구간까지는 전체 성장단계 형태와 유사하게 나타남



<그림 2-51> 국가별 성장단계

- 미국의 성장단계는 출원인과 출원건수가 지속적으로 증가하고 있는 형태로 성장기인 것으로 해석할 수 있음
 - 1구간에서 3구간까지 출원인수와 출원건수 증가하는 형태를 보이다가 3구간(2009년~2013년)부터 4구간(2014년~2018년)까지 유지되는 형태가 나타나는 것으로 보아 성숙기 진입 단계로 해석할 수 있음
- 유럽의 성장단계는 3구간부터 4구간까지 감소하는 추세를 보이며, 이는 성숙단계에서 쇠퇴단계로 진입한 것으로 해석할 수 있음
 - 1구간에서 3구간까지 출원인수와 출원건수 증가하는 형태를 보이다가 3구간(2009년~2013년)부터 4구간(2014년~2018년)까지 감소하는 경향을 보임
- 일본의 성장단계는 지속적으로 출원건수와 출원인수 모두 감소하는 형태로 해당 기술의 시장이 위축되는 단계로 해석할 수 있음
 - 1구간부터 최근구간까지 출원인수와 출원건수 모두 감소하고 있는 것으로 나타나 쇠퇴기 단계의 형태가 나타남
- 중국의 성장단계는 출원인과 출원건수가 급증하고 있는 형태로 성장기인 것으로 해석할 수 있음
 - 1구간에서 3구간까지 출원인수와 출원건수가 지속적으로 증가하였으며, 3구간부터 최근구간까지 급증하는 형태로 성장기 단계의 형태가 나타남
- 지하공간통합지도 갱신 자동화 및 활용 지원기술의 성장단계는 최근구간에서 출원인수와 출원건수 모두 증가하는 형태가 나타나는 바, 이후 구간에서도 동일한 형태로 유지되어 출원건수가 증가할 수 있는 여지가 있으며, 한국의 특허기술 성장단계의 경우 출원건수와 출원인수 모두 지속적으로 증가할 것으로 보임

2. 논문동향분석

가. 분석범위 및 방법

- 본 분석에서는 지하공간통합지도 갱신 자동화 및 현장 활용지원 기술 분야를 대표할 수 있는 키워드를 토대로 NDSL 사이트를 활용하여 분석함
- 분석 ‘지하정보(underground information)’, ‘지하지도(underground map)’ 를 키워드로 설정하여 분석함

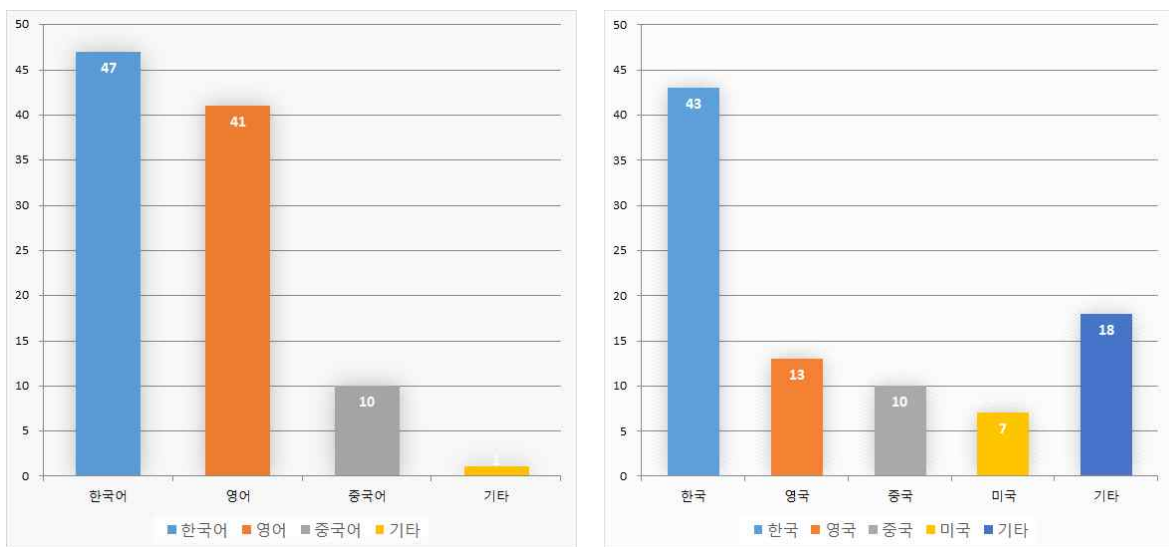
<표 2-31> 국가별 분석구간 및 논문건수

자료구분	전체분석기간	분석대상
국내논문	1999.01.01 ~ 2018.12.31	44
해외논문		48
학위논문		8
합 계		100

나. 정량적 분석결과

(1) 국가별 동향

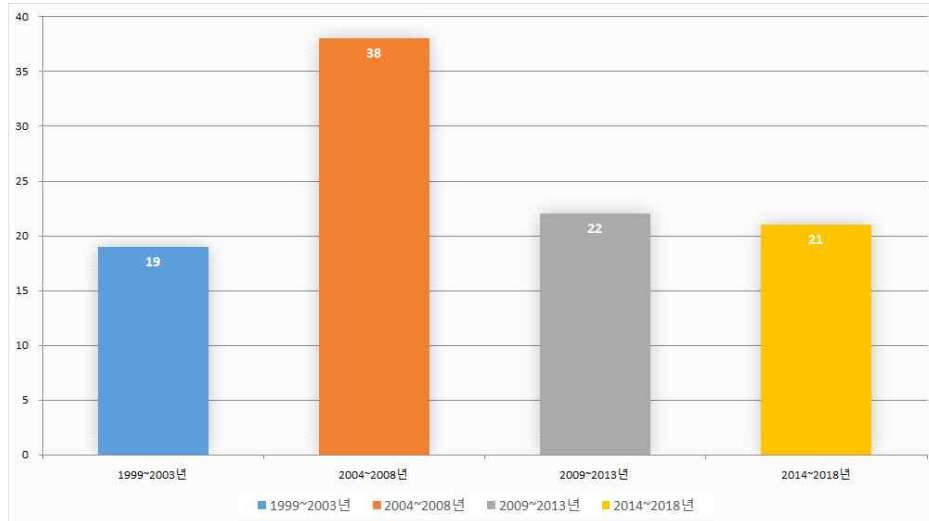
- 국가별 동향은 언어의 활용현황과 발행국을 기준으로 유추할 수 있으며, 한국어로 쓰인 논문이 47건으로 가장 많았고, 영어로 작성된 논문은 41건으로 나타남
- 발행국을 기준으로 한국에서 43건이 발행되었고, 영국에서 13건, 중국에서 10건, 미국에서 7건, 기타국에서 18건이 발표됨



<그림 2-52> 국가별 논문 동향

(2) 발행연도별 동향

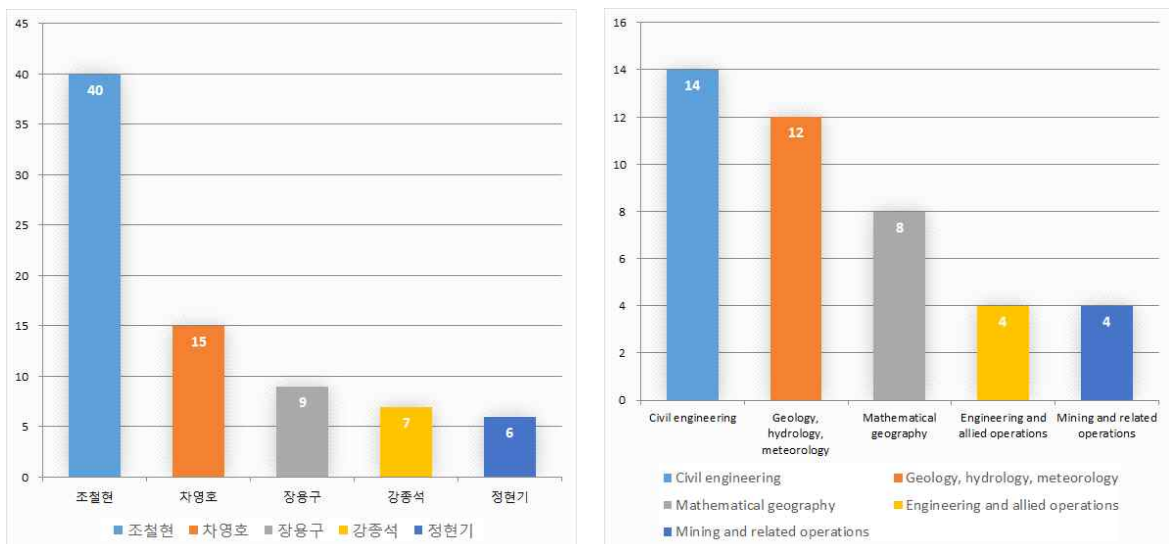
- 발행연도별로는 2004년~2008년 사이에 38편으로 가장 많이 나타났으며, 2004년 이후 최근까지 매년 4편 이상씩 꾸준히 논문이 발행되고 있음



<그림 2-53> 발행연도별 논문 동향

(3) 저자 및 주제분야 동향

- 저자는 조철현이 40편으로 지하정보 분야에 대한 많은 연구가 진행되었으며, 다음으로 차양호(15편), 장용구(9편) 순으로 나타남
- 주제분야별로는 토목공학(Civil engineering) 14편으로 지하정보 관련하여 많은 논문이 발표되었으며, 다음으로 지질·수문·기상학(Geology, hydrology, meteorology) 12편, 수리지리학(Mathematical geography) 8편 등으로 나타남

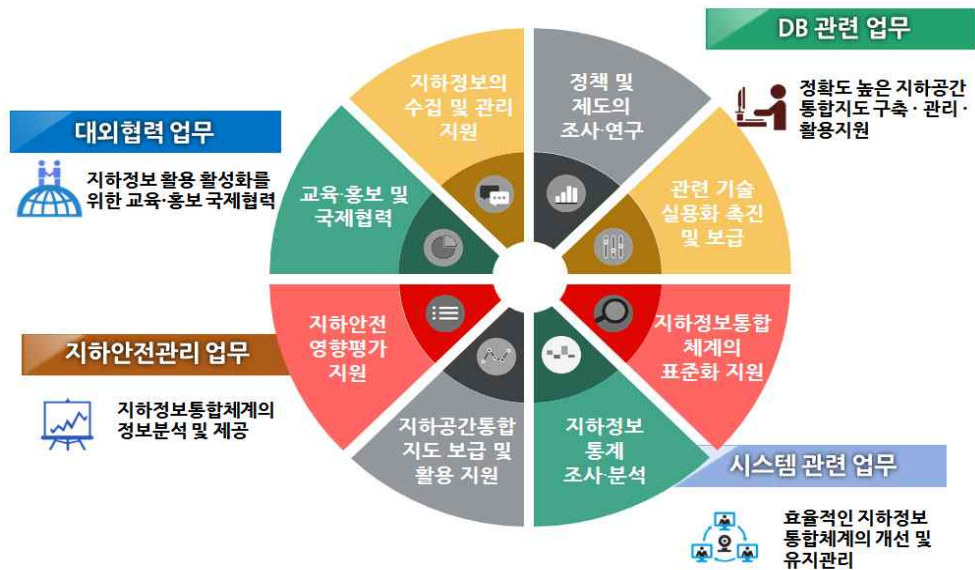


<그림 2-54> 저자 및 주제분야 동향

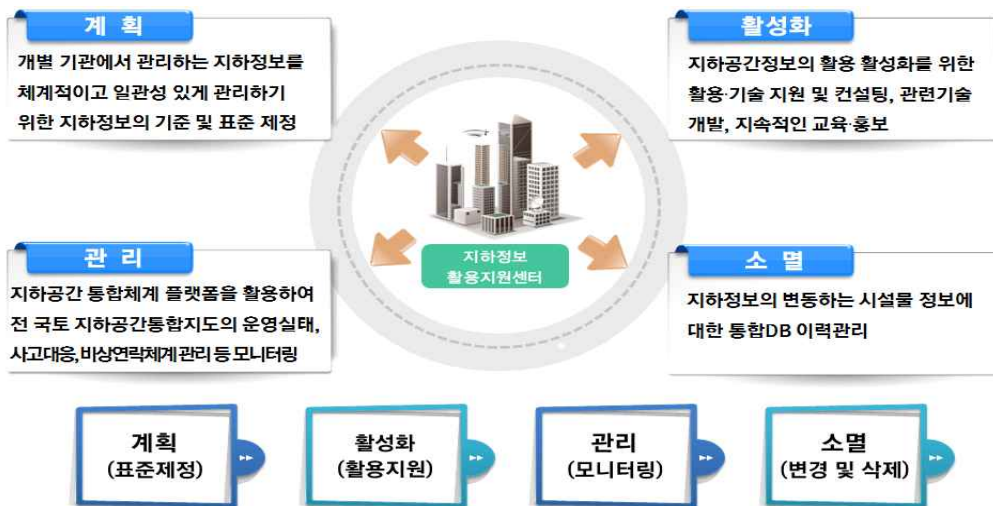
2-5. 연구개발 인프라 분석

1. 국내 연구 인프라

- 한국건설기술연구원은 「지하안전관리에 관한 특별법」 제정에 따른 지하안전영향평가, 지반침하위험도평가 등 지하공간통합지도 활용 지원 및 기술 컨설팅 지하정보의 수집 및 관리를 지원을 위한 지하정보 활용지원센터를 운영 중임
- 지하정보 및 지하공간통합지도의 활용 활성화를 위한 교육·홍보 및 대외협력 추진
- 스마트시티, 재해·재난, 도시재생 등 지하공간통합지도 활용분야 지원 및 기술 컨설팅 지원



<그림 2-55> 지하정보 활용지원센터의 주요 임무



<그림 2-56> 지하공간통합지도 생애주기 및 지하정보통합체계 관리

2. 선진국 대비 국내 인프라 수준

- 지하공간통합지도와 관련하여 ‘2016년 기술수준평가’의 국가전략기술 중 복합 지하 대공간 활용기술과 국토정보 구축 및 활용기술의 연구주체별 기술수준과 인프라 구축 수준을 활용으로 작성하면 다음과 같음

<표 2-32> 선진국 대비 국내 연구 인프라 수준

기술분류	인프라 항목	선진국 대비 인프라 수준				
		부족	다소 부족	동등	우월	보다 우월
지하공간통합지도 갱신 자동화 및 활용 지원 기술	전문인력 보유정도			○		
	산학연 공동연구기반		○			
	국제기술협력기반	○				
	기자재		○			
	기술 구축정도			○		
	연구 시설 및 설비		○			
	기술 투자지원	○				

- 지하공간통합지도 갱신 자동화 및 활용 지원 기술 개발을 위한 국내 전문 연구 인력 수준은 선진국과 비교하여 동등한 수준으로 판단되고 있으나, 산학연 공동연구기반, 연구기자재, 연구시설 설비는 다소 부족한 것으로 평가됨
- 또한, 국제기술협력기반과 기술 투자지원 부족함에 따라 추가적인 노력이 필요하다고 판단됨

2-6. 산업생태계 분석

1. 공급자 현황

가. 공간정보산업 매출규모, 사업체 및 종사자 수

○ 국토교통부 '공간정보산업 조사' 에 따르면, 2017년 기준 공간정보산업의 총 매출규모는 8조 5,246억 원, 사업체 수는 4,492개, 종사자 수는 58,646명임

<표 2-33> 2015~2017년 공간정보산업 사업체 및 종사자 수



출처: 국토교통부(2018), 2018년 공간정보산업조사 통계보고서(2017년 기준)

나. 지하정보 운영기관 현황

○ 지하정보 운영기관 관련 산업 사업체는 지하정보의 종류에 따라 지하시설물, 지하구조물, 지반으로 나뉨

- 지하시설물 운영기관에는 상·하수를 관리하는 광역/지자체와 수자원공사와 통신, 전력, 가스, 난방시설물을 운영하는 64개 유관기관이 있음
- 지하구조물 운영기관에는 지하철, 지하차도, 지하보도, 지하상가, 지하주차장, 공동구를 관리하는 기관으로 구분됨
- 지반정보 운영기관에는 시추, 지질, 관정을 관리하는 기관으로 구분됨

<표 2-34> 지하정보 운영기관 현황

구분	지하정보 종류	기관 수(개)	비고
지하시설물	상·하수	광역 및 지자체	
	광역상수	한국수자원공사	
	전력	한국전력공사	
	통신	KT, SK브로드밴드, LG U+, SK텔레콤	
	가스	한국가스공사 외 34개 지역 가스 운영기관	
	난방	한국지역난방공사 외 19개 지역 난방 운영기관	
지하구조물	지하철	서울교통공사 외 11개 지역 지하철 운영기관	
	지하차도	지자체, 시설공단 및 도로사업소 등	
	지하보도		
	지하상가		
	지하주차장		
	공동구		
지반정보	시추	한국건설기술연구원(국토지반정보통합DB센터)	
	지질	한국지질자원연구원(지질자원데이터센터)	
	관정	한국수자원공사(물정보종합센터)	

* 지하정보(15종)

(지하시설물) 지하공간에 인공적으로 매설된 6종의 지하시설물(상수도, 하수도, 통신, 난방, 전력, 가스)

(지하구조물) 지하공간에 인공적으로 제작된 6종의 지하구조물(지하철, 공동구, 지하상가, 지하도로, 지하보도, 지하주차장)

(지반정보) 지하공간에 자연적으로 형성된 토층 및 암층에 관한 시추, 지질, 관정에 관한 정보

3. 수요자 현황

가. 지하정보 수요기관 현황

- 지하정보 수요기관은 지하정보를 운영하는 모든 기관이 포함되며 지하안전영향평가 검토기관(한국시설안전공단) 및 전문기관(약 300여개 민간기업)과 각종 지하굴착 공사를 수행하는 민간 지하개발사업자 및 건설업체가 있음

나. 지하정보 활용현황

- 국토교통부 ‘공간정보산업 조사’에 따르면, 지하정보의 활용율이 높은 것으로 나타남
 - '17년 기준 공간정보 데이터 종류별 활용현황은 기본공간정보 중에는 지적도(연속지적도 포함)(88.9%)와 지형도(수치지 포함)(85.2%)가 가장 높았으며, 다음으로 토지대장(66.3%), 국가기준점(55.4%) 등의 순으로 나타남
 - 기타 공간정보는 건축물대장(56.5%)이 가장 높았으며, 다음으로 지하시설물도(32.2%), 용도지역지구도(30.3%) 등의 순으로 나타났음
- 지하시설물도의 구입주기는 1년 미만이 97.4%로 구입주기가 짧은 것을 알 수 있음
 - 1년 미만이 54.5%로 가장 높았으며, 다음으로 수시구입(42.9%) 순으로 나타남

<표 2-35> 지하시설물도 구입주기

구분	1년 미만	1~2년 미만	2~3년 미만	3~4년 미만	4~5년 미만	5년 이상	수시	해당 없음
지하 시설물도	54.5%	0.4%	0.0%	0.0%	1.9%	0.0%	42.9%	0.3%

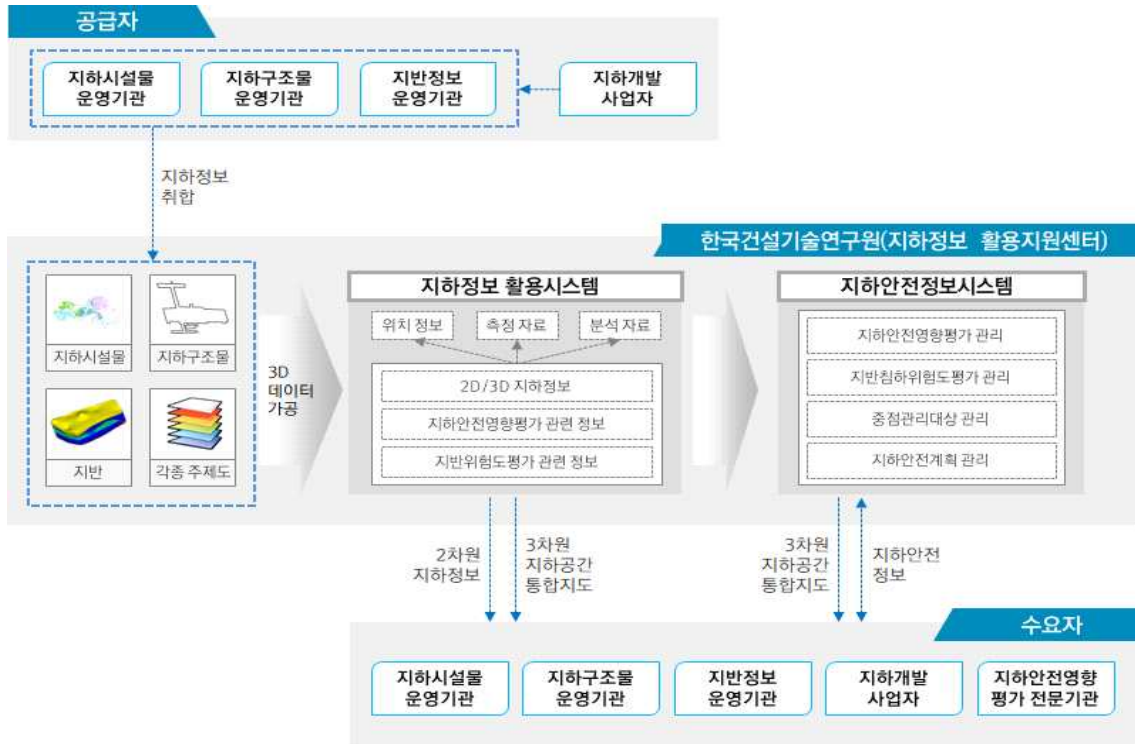
출처: 국토교통부(2018), 2018년 공간정보산업조사 통계보고서(2017년 기준)

4. 지하정보 유통

- (공급자) 지하정보는 지하시설물, 지하구조물, 지반정보별 다수의 운영기관에서 생산하여 활용하고 있으나 보안등의 이유로 공개하지 못함에 따라 자유롭게 제공하지 못하고 각 운영기관 및 지하개발 사업자에게 제한적으로 제공하고 있음
- (수요자) 지하정보의 수요는 지하정보를 운영하고 있는 기관 간 정보공유 필요성에 의한 수요와 지하개발 사업자의 지하굴착 등의 공사 시 안전관리를 위한 수요가 있으며, 「지하안전관리에 관한 특별법」 제정에 따른 지하안전영향평가지의 지하안전영향평가 전문기관의 수요가 증가하고 있음

- (지하정보 활용지원센터) 한국건설기술연구원은 2017년 10월 국토교통부로부터 지하정보 활용지원센터로 지정(2017.10.10.)되어 2018년부터 지하정보 활용지원센터를 운영하고 있음
 - 「지하안전관리에 관한 특별법」 제정에 따른 지하정보의 수집 및 관리를 지원하고, 지하안전영향평가, 지반침하위험도평가 등 지하공간통합지도 활용 지원 및 기술 컨설팅 수행
 - 상·하수도, 가스, 전력, 통신, 난방 등 6종의 지하시설물정보, 공동구, 지하철, 지하보·차도, 지하상가, 지하주차장 등 6종의 지하구조물정보, 시추, 관정, 지질 등 3종의 지반정보를 3차원의 공간정보로 구축하여 제작한 지하공간통합지도를 관리하고 지하안전영향평가, 건설시공 등의 분야에서 지하공간통합지도의 활용지원을 수행

- 지하정보의 최신성·활용성 제고를 위한 개선과제
 - (실시간 갱신체계 마련) 지하정보를 생산하여 관리하고 있는 다수의 기관으로부터 지하정보 통합 시 주기적인 갱신보다는 변경사항을 실시간으로 반영할 수 있는 갱신 체계를 통한 지하정보 유통체계의 한계성(정확성, 신속성 등) 극복이 필요함
 - (활용성 제고) 지하공간에서 발생하는 안전사고 예방 대책에 따라 구축되고 있는 지하공간통합지도는 공개정책, 활용기술 부재 등의 문제로 인해 활용이 미비한 상태임. 최근 급증하고 있는 지하근접시공, 굴착공사, 지하안전영향평가 등의 정확성, 신속성, 안정성을 확보하기 위한 지원이 필요함
 - (쉽고 편리한 지하정보 접근) 단순한 지하정보의 개방이 아닌 수요자 중심의 쉽고 빠르게 접근 가능한 유통환경을 구축하여, 수요자의 다양한 요구에 개별적으로 응대할 수 있는 다품종·다형식 맞춤형 지하정보를 생산하고 완전 개방함으로써 공공과 민간의 구별 없이 적극적인 활용과 확산 유도 필요
 - (지하정보 운영기관 간 협력적 거버넌스 체계 구축) 현재는 기관별 지하정보를 생산 및 관리하고 있어 표준화된 지하정보가 구축되지 않고 있음. 지하정보의 활용이 촉진되기 위해서는 생산기관 간에 합의된 기준에 따라 지하정보를 구축하고 운영 및 관리해야 함



<그림 2-57> 지하정보 유통구조

2-7. 동향 및 환경 종합 분석

1. 정책동향

- (국내) 지하안전관리에 관한 특별법 등 제도적 기반 마련과 국가 중심의 지하정보 통합관리 구축
 - 제6차 국가공간정보정책 기본계획은 지하 안전사고 대비를 위해 지하공간정보의 통합 관리를 추진함
 - 국토교통부는 IT융합 공간정보산업을 육성하고 지하공간의 활용을 위한 정책을 추진함
- (국외) 미국, 독일, 영국은 지자체별 조례를 통해 지하정보를 관리하고, 일본은 중앙정부에서 통합 관리
 - 미국, 독일, 영국은 시설물의 경우 굴착 관련 가이드라인을 중앙정부에서 제시하고 지자체별 조례를 통해 관리
 - 일본의 경우 중앙정부(교통성, 환경성)을 중심으로 지하정보를 구축하여 활용

2. 시장동향

- (국내) 지하정보 구축 산업에 향후 총 소요되는 예산은 2,258 억 원으로 추정
 - 지하정보 구축 산업의 규모는 구체적으로 제시된 통계가 없어 향후 구축해야 하는 물량을 기준으로 시장을 추정
 - 향후 시·군의 지하정보(지하공간통합지도, 지하정보통합체계)의 구축 물량을 기반으로 추정
- (해외) 공간정보시장을 기반으로 지속적으로 발전해 나아가고 있는 상황
 - 드론, 자동차, 모바일 기기를 이용한 3D 모델링 및 매핑 시장은 2020년 169.9억 달러로 예상
 - 미국의 공간정보 분석시장은 2020년까지 약 722억 달러로 성장 예상

3. 기술동향

- (국내) 지하정보 관련 기술은 지하정보를 활용하는 시스템을 중심으로 발전 중
 - 지하정보 활용시스템, 지하안전정보시스템, 국토지반정보 포털시스템 등 운영
 - 시스템 뿐만 아니라 GPR 기반의 지하정보 탐사 기술 도입 등의 정확도 향상을 위한 기술 개발 추진(초기 단계)
- (해외) 지반 탐사를 통한 지반중심의 지하정보 구축 기술과 지하정보 가시화 기술 중심의 시스템 개발
 - 미국, 독일, 영국의 경우 지반정보와 지질정보 중심으로 3차원 가시화 시스템을 구축하여 운영
 - 일본은 도로를 중심으로 공동 탐사 로봇 등을 이용한 탐사와 지하정보 2차원 가시화 시스템 운영
- 지하공간통합지도와 관련하여 국가전략기술 중 복합 지하 대공간 활용기술과 국토정보 구축 및 활용기술을 기반으로 기술수준 및 기술격차를 분석한 결과 우리나라는 4위에 해당
 - 복합 지하 대공간 활용기술과 국토정보 구축 및 활용기술의 경우 최고기술국 대비 기술격차는 3.0년과 3.1년으로 나타남

4. 인프라 동향

- 국내 공간정보 산업의 장비, 연구인력은 유사한 수준이나, 공동연구협력은 미흡한 상황임
- 정부 및 공공기관 중심으로 다양한 공간정보 DB를 구축하고 있으며, 지하공간정보 연계 및 활용에 원활히 적용 가능할 것임
- IT기술이 세계최고 수준을 고려할 때 정부 지원만 된다면 짧은 기간내에 세계적 수준의 지하공간정보 연계활용 기술력 확보 가능함

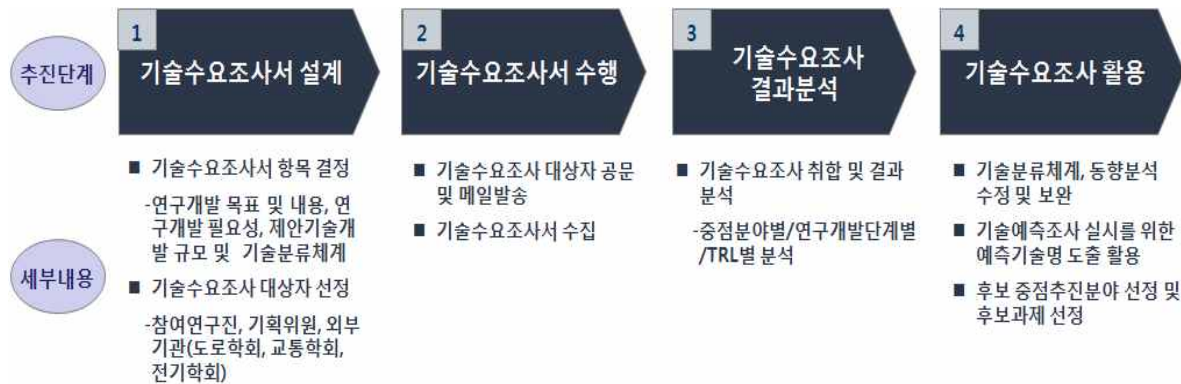
2-8. 기술수요조사

1. 기술수요조사의 개요

가. 기술수요조사의 목적

- 본 과제에서 추구하는 기술수요조사의 목적은 미래에 국가 및 기업에서 필요성이 높을 것으로 예상되는 기술을 세부기술과제 수준에서 도출하는 것임. 즉, 기술개발 우선순위를 파악하고 기술개발과제 간의 효율적인 자원배분 방안을 마련하기 위한 사전 조사에 해당함

나. 기술수요조사 절차



<그림 2-58> 기술수요조사 절차

다. 기술수요조사 활용효과

- 기술수요조사결과를 활용한 기술분류체계, 동향 및 환경분석 보완
- 기술예측조사를 위한 예측기술명 도출에 활용
- 향후 중점추진분야 선정 및 수행과제 선정에 활용
- 중점추진분야별 후보기술 발굴의 자료로 활용

라. 기술수요조사 수행 결과

- 기술수요조사 대상은 다음과 같이 산·학·연 기획 전문위원과 관련학회 등의 외부기관의 협조를 얻어 학회회원을 대상으로 학회 홈페이지 공고 또는 메일 발송을 통해 실시

- 기술수요조사 내용은 인적사항, 제안기술 개요, 연구개발 필요성, 제안기술의 연구개발 사업 규모 등 4개의 항목 설정

<표 2-36> 기술수요조사 수행 결과

구분	내 용
조사기간	2019년 1월 8일(화) ~ 1월 28일(월)
조사대상	-조사대상 기관 : 기획위원, 참여연구진, 관련 학회 등 -응답현황 · 1세부 : 26건 · 2세부 : 43건
응답자수	1세부(9명), 2세부(31명)
조사방법	- 이메일을 통한 설문조사

2. 기술수요조사 결과 분석

가. 기술수요조사 결과 분류

- 회신된 기술수요조사서를 취합하여 수요조사서 항목별로 분류하여 정량적으로 검토

<표 2-37> 기술수요조사 결과 중점추진분야별 응답자 비중

구분	중점추진분야		계
	중점분야1	중점분야2	
명	9	31	40
비율(%)	22.5	77.5	100

<표 2-38> 기술수요조사 결과 중점추진분야별 소속기관 비중

구분		중점추진분야		계
		중점분야1	중점분야2	
연구 수행 기관	기업	20	21	41
	대학교	2	8	10
	연구소	4	13	17
	기타	-	1	1
	계	26	43	69

<표 2-39> 기술개발 단계별 수요조사 결과

구분		중점추진분야		계
		중점분야1	중점분야2	
기술 개발 단계	기초/원천	10	-	10
	응용	6	27	33
	실용화	10	12	22
	실증화 테스트베드형	-	4	4
	계	26	43	69

<표 2-40> TRL 단계별 수요조사 결과

구분		중점추진분야		계	비율 (%)
		중점분야1	중점분야2		
TRL 현 재 단 계	기초이론/실험	9	8	17	24.6
	실용목적 아이디어 특허 등 개념정립	12	8	20	29.0
	실험실 규모의 기본성능 평가	4	15	19	27.5
	실험실 규모의 핵심 성능평가	1	5	6	8.7
	확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능 평가	-	5	5	7.2
	파일럿 규모 시작품 제작 및 성능 평가	-	1	1	1.4
	신뢰성 평가 및 수요기업 평가	-	-	0	0.0
	시제품 신기술 검증·인증 및 표준화	-	-	0	0.0
	사업화	-	1	1	1.4
	계	26	43	69	100
TRL 개 발 완 료 단 계	기초이론/실험	-	-	0	0.0
	실용목적 아이디어 특허 등 개념정립	-	-	0	0.0
	실험실 규모의 기본성능 평가	-	-	0	0.0
	실험실 규모의 핵심 성능평가	-	3	3	4.3
	확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능 평가	7	7	14	20.3
	파일럿 규모 시작품 제작 및 성능 평가	8	15	23	33.3
	신뢰성 평가 및 수요기업 평가	8	2	10	14.5
	시제품 신기술 검증·인증 및 표준화	3	4	7	10.1
	사업화	-	12	12	17.4
계	26	43	69	100	

<표 2-41> 기술분류체계 내의 분포결과

기술분류체계		
대	중	소
중점분야1	지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술	지하정보통합체계-지하정보 간 실시간 DB 연계모듈 개발
		지하시설물통합-지하공간통합정보 모니터링 기술 개발
		지하공간통합지도 변화정보 탐지·추출·분류 기술개발
		지하공간통합지도 3차원 변화객체 탐지 및 추출 기술 개발
		지하공간통합정보 변화객체 의미 추출 분석 기술 개발
		지하공간통합지도 통합관리체계 연구개발
		지하공간정보와 지상·실내공간정보 간의 연계활용 방안 연구
	지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술	지하공간통합지도 갱신을 위한 지하시설물 3차원 모델 가공 자동화
		지하공간통합정보 융합 및 상호운용성 확보를 위한 모델링 기술 개발
		지하시설물 실시간 3D 모델링 기술 개발
		지하정보별 변화객체 3D 지하공간통합지도 구축 자동화 기술 개발
		지하공간통합지도 가공 및 탑재 자동화 기술 개발
		지하공간통합지도 시계열 탑재 및 분석 기술 개발
		지하공간통합정보 3차원 변화객체 실시간 자동 탑재 기술 개발
		지하공간통합정보 데이터 융합 및 시계열 분석 기술 개발
		서비스 최적화 데이터 자동 가공 및 활용 지원 기술 개발
		다중자료중합기반 3차원 지반모델 및 서비스 시스템 개발
	지반조사 빅데이터 활용 서비스 기술 개발	
	지하정보 갱신자동화 품질관리 기술	지하정보 연계 표준DB 구축
		지하공간통합지도 연계데이터 검증 기술 개발
		지속가능한 지하공간통합지도 갱신 자동화를 위한 표준화 연구
지하공간통합지도 갱신 자동화를 위한 법제도 연구		
지하정보 변화객체별 가공 자동화를 위한 정합성 검증기준 개발		
지하정보 변화객체 정합성 검증 모듈 개발		

		<p>갱신 자동화 기술 적용성 검증을 위한 테스트베드 선정</p> <p>지하공간통합지도 변화탐지 및 가공 자동화 시스템 적용성 검증</p>
중점분야2	지하정보 정확도 향상 기술	<p>GNSS, INS를 이용한 GPR 장비의 위치 정확도 향상 기술 및 스마트폰을 활용한 GPR 위치정보 획득 기술 개발</p> <p>UAV 시스템을 활용한 GPR 정확도 향상 기술</p> <p>도심지 지하 구조물 상태의 정밀 측정을 위한 지능형 지중 투과 탐지 시스템 개발</p> <p>고정밀 멀티채널 GPR 장비개발</p> <p>저심부의 탐사를 위한 코드 시그널 방식의 고해상도 GPR탐사장비 개발</p> <p>다배열 GPR에 의한 지하탐사 장비 정확도 개선</p> <p>복합데이터(시추공, GPR 등) 기반의 3차원 지반정보 구축 및 GPR 탐사 결과 측정된 지하공동의 이력 관리, 정량적 안정성 평가 기술 개발</p> <p>고정밀 위성항법기반 다시점/다지점 GPR 전파영상 합성을 통한 지하시설물 측정 성능향상 연구</p> <p>지하 라이프라인 GPR 탐사시스템 운용기술</p> <p>지하시설물 및 지반 정밀탐사를 위한 한국형 GPR 차량시스템 개발</p> <p>지반정보 정확도 향상을 위한 하이퍼스펙트럴 기반의 암석코어 공간정보 구축 및 활용 기술 개발</p> <p>지하공간통합지도의 활용성 제고를 위한 지반정보 정확도 분석 방법 및 정밀도 향상 모듈 개발</p> <p>다중자료중합기반 3차원 지반모델 및 서비스 시스템 개발</p> <p>지질 실물표품을 이용한 지하지질정보 표준화 및 지하영상정보 라이브러리 구축</p> <p>지하시설물 조사/탐사 결과 데이터의 3차원 지하공간통합지도 실시간 매핑/매칭을 통한 정확도 검증 및 불탐 구간 개선 기술</p>
		<p>대용량 지하정보 제공 성능 향상을 위한 빅데이터 보안솔루션 개발</p> <p>경량화된 모바일용 지하공간통합지도 구축방안</p> <p>지하공간통합데이터를 모바일 등의 빠른 전송 및 서비스를 위해 데이터의 간소화 및 최적의 전송을 위한 모델링 기술</p> <p>모바일용 지하공간통합지도 데이터 생성 및 서버 데이터 업데이트 기술</p>
		<p>모바일 지하공간 통합지도 통합관리 기술</p>

	표준 인터페이스 기반 지하공간통합지도 관리 및 제공 기술
	사용자 위치기반의 지하공간통합지도 데이터 전송 기술 개발
지하정보 현장 실증 실험	모바일용 지하공간통합지도 및 현장 생성정보 자료 전송을 위한 보안기술 개발
	굴삭기에 부착하는 인공지능형 GPR 시스템 개발
	인공지능을 활용한 GPR 데이터 분석 기술 개발
	지하매설물 시각화를 위한 지하공간통합지도 연계 증강현실(AR) 시스템 개발
	터널 현장관리를 위한 MR 가시화 기술 구축
	AR/VR 기반 모바일 굴착현장 가시화 및 분석 기술
	GNSS를 활용한 3D Machine Guidance와 AR을 융합한 지장물 가시화 및 GIS 실시간 Update 기술
	보안기반의 지하정보 양방향 데이터 전송 기술 개발
	지하공간통합지도 기반 굴착공사 안정성 시뮬레이션 기술
	굴착공사 신청지 5cm급 드론영상기반 지상·지하 3차원 지하공간통합지도 제작 및 민원인 배포용 콘텐츠 제작
	지하공간 모바일 단말기 활용 사용자 위치 정밀 추적 기술
	머신러닝을 활용한 지하시설물 탐지 기술
	3차원 지하 라이프라인 자동 모델링을 위한 GPR 영상분석 기술
	지하공간통합지도 데이터 기반 스마트컨스트럭션
	굴착공사 안전관리 계측시스템 개발
	테스트베드 구축을 통한 시스템 활용성 검증
	지능형 매설물 인식표지SPI 개발
	지하공간 굴착위치 확인기술 개발
	테스트베드 구축을 통한 시스템 활용성 검증
	지하공간 GPR 측량결과 해석 향상 및 장비/인력 검증과 학습을 위한 테스트베드 구축
한국 지형 및 지반상태를 고려한 GPR 성능테스트를 위한 테스트베드 구축 및 성능검증 기술 개발	
테스트베드 구축을 통한 시스템 활용성 검증	

나. 대상 기술의 TRL(Technology Readiness Level) 분류

- 1: 기초이론/실험, 2: 실용목적 아이디어 특허 등 개념 정립, 3: 실험실 규모의 기본성능 평가, 4: 실험실 규모의 핵심 성능평가, 5: 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능 평가, 6: 파일럿 규모 시작품 제작 및 성능 평가, 7: 신뢰성 평가 및 수요기업 평가, 8: 시제품 신기술 검증·인증 및 표준화, 9: 사업화

<표 2-42> 기술수요조사서의 상세내용

순번	중점추진 분야	제안 기술명	연구개발목표	연구개발내용	기술 개발 단계	TRL 분류
1-1-1		지하정보통합 체계- 지하정보 간 실시간 DB 연계모듈 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합체계 DB 갱신에 따른 실시간 연계 모듈 개발 ○ 데이터 갱신에 따른 실시간 데이터 수집을 위한 모듈 ○ 유관기관과의 실시간 DB 갱신을 위한 네트워크 플랫폼 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실시간 DB 연계를 위한 데이터 변환 플랫폼 개발 <ul style="list-style-type: none"> - Stream Data 처리를 위한 변환 시스템 개발 - Batch Data 처리를 위한 변환 시스템 개발 ○ 블록체인을 통한 데이터의 실시간 데이터 연계 <ul style="list-style-type: none"> - 중앙집중식 네트워크 구성을 통해 실시간 데이터 수집 - 가상화된 서버를 통해 네트워크를 구성하여 DB 연동 블록체인 구성 	실용화	(현재)1 (완료)5
1-1-2	지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술	지하시설물통합- 지하공간통합 정보 모니터링 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합정보 실시간 모니터링 ○ 변화객체 입력에 따라 실시간 속성정보 추출 (변화객체 입력시간, 데이터 속성, 영역 등) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합정보 실시간 모니터링 시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 입력 데이터 실시간 모니터링 및 메타정보 추가 	기초/원천	(현재)1 (완료)5
1-1-3		지하공간통합 지도 변화정보 탐지·추출·분류 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국토교통부에서는 구축된 지하공간 통합지도의 유통체계 한계성(정확성, 신속성, 활용성 등)을 극복하기 위한 초연결 지하공간정보 순환 서비스체계 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간정보의 변경정보만을 자동으로 탐지 및 추출 기술 개발을 통한 지하공간정보의 변화 모니터링 및 최신성 확보 	응용	(현재)2 (완료)7
1-1-4		지하공간통합 지도 3차원 변화객체 탐지 및 추출 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실시간 변화객체 탐지 및 추출 ○ 입력 데이터 중 변화 객체 유무 및 영역 탐지 ○ 탐지된 변화 영역 추출 및 객체화 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 변화객체의 데이터 객체화 가능한 데이터 타입 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 기존 지하공간 통합 정보와 데이터의 호환 가능성 - 객체화에 따른 데이터 손실 (0.5%미만) 등 	응용	(현재)2 (완료)6

1-1-5		지하공간통합 정보 변화객체 의미 추출 분석 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 데이터 융합을 통한 다양한 서비스로의 확장성 확보 ○ 특정 시간에 존재하는 데이터의 탐색 및 시각화 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실시간 변화 시계열 데이터 분석 기술개발 - 시공간 조건에 맞는 실시간 데이터 합성/융합 기술 - 분석기술별 데이터 composition 	기초/ 원천	(현재)1 (완료)6
1-1-6		지하공간통합 지도 통합관리체계 연구개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도의 최신 자동화된 형태 체계 마련 ○ 지하공간통합지도 변화 정보 탐지 기술 개발 및 표준화된 데이터 형태와 관리 프로세스 방안 마련 필요 ○ 지하공간통합지도의 완성도 향상을 위한 외부 연계 정보의 품질관리 및 보안관리 필요 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 외부연계 수집체계 프로세스 정립 및 표준화 방안 수립 ○ 외부연계정보 품질체계 마련 및 보안 처리 방안 수립 ○ 지하공간 변화정보 탐지 기술 개발 및 이력관리 ○ 스케줄링 백그라운드 프로세스 기반으로 기 운영 포맷 공간객체 및 지반정보, 3차원 모델 데이터 변환모듈 자동화 	기초/ 원천	(현재)3 (완료)7
1-1-7		지하공간정보 와 지상· 실내공간정보 간의 연계활용 방안 연구	<ul style="list-style-type: none"> ○ 범정부 활용을 위한 지하공간과 지상·실내공간 정보와의 연계 및 활용 방안 마련 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간정보와 지상·실내공간정보와의 연계 및 활용 전략 수립 ○ 지하공간정보와 지상·실내공간정보와의 데이터 연계모델(안) 개발 ○ 상황인지 기반 융복합 공간 정보 모델 및 서비스 모델 제시 ○ 지하공간정보와 브이월드 연계 활용방안 연구 ○ 지하공간정보와 브이월드 연계 사례 개발 	기초/ 원천	(현재)1 (완료)8
1-2-1	지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술	지하공간통합 지도 갱신을 위한 지하시설물 3 차원 모델 가공 자동화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 지하공간 통합지도의 성능 향상을 위한 3차원 모델 경량화 및 가공 기술 개발 ○ 변화 탐지된 지하시설물도를 이용한 지하공간 통합지도의 3차원 모델 자동 갱신 모듈 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하시설물 3차원 모델링 기술 개발 - 기존 지하공간통합지도에 탑재된 지하시설물 3차원 모델의 경량화, 정밀도 높은 3차원 모델 적용 - 건설 등 다양한 분야의 활용도를 높이기 위한 지하시설물 3차원 모델의 호환성(교환 포맷) 연구 ○ 지하공간통합지도 3차원 지하시설물 갱신 기술 개발 - 기구축된 3차원 지하시설물 모델에서 변화가 탐지된 부분만을 가공, 갱신하는 기술 개발 - 지하공간통합지도의 신규 및 갱신시 소요되는 가공 시간을 최소화하는 모델링 및 갱신 방안 수립 	기초/ 원천	(현재)2 (완료)5

1-2-2	지하공간통합 정보 융합 및 상호운용성 확보를 위한 모델링 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 상호운용성 확보를 위한 객체 모델링 연구 ○ 기존 2차원 지하시설물 정보에 대한 시맨틱 모델 정의(BIM과의 연계 가능성(IFC ontology), 외국 지하공간 데이터 모델 참조 및 확장 가능성) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 표준 기반의 스키마 정제/시맨틱 통합 모델링 <ul style="list-style-type: none"> - 2차원 지형공간통합정보의 표준 스키마 활용을 통한 모델링 - 표준 스키마와 맵핑되는 데이터를 지자체별로 모델링하고 이를 통합 - 데이터의 값을 통해 유사 스키마를 탐색하고 표준 스키마와 맵핑 	기초/원천	(현재)2 (완료)7
1-2-3	지하시설물 실시간 3D 모델링 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하시설물을 실시간으로 3차원 모델을 작성하여 지하공간통합지도 위치정확도를 개선하고자 함 (데이터 구축방식 개선 등) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ GPR 영상자료, Positioning 값 등을 이용하여 지하시설물의 3D 모델링하는 기술을 개발함 ○ UAV영상, 일반 광학카메라 영상 등 데이터를 이용하여 지하시설물의 3D 모델링 하는 기술을 개발함 	응용	(현재)2 (완료)5
1-2-4	지하정보별 변화객체 3D 지하공간통합 지도 구축 자동화 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 3차원 지하공간 통합정보 모델링 자동화 기술 개발 ○ 3차원 지하시설물 모델링 기술 ○ 3차원 지하구조물 모델링 기술 ○ 3차원 지반정보 모델링 기술 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하정보 3차원 모델링 자동화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 모델 Smoothing algorithm을 통한 자동화 기술 - 속성에 따른 텍스처 재생성 및 갱신 자동화 기술 ○ 데이터 유형에 따른 3차원 모델링 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 2D&3D Shape file, CAD 도면 등에 따른 3D 모델링 기술 	실용화	(현재)2 (완료)6
1-2-5	지하공간통합 지도 가공 및 탑재 자동화 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도의 신규, 갱신되는 상황을 신속히 탐지하여 변화·탐지된 부분에 대해서 통합지도를 자동으로 구축할 수 있는 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 변화탐지된 지하공간정보만을 3차원 자동가공 및 탑재 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 3차원 가공자동화(98% 이상), 모델오류 자동탐지(98% 이상) 등 - CAD 형태의 원시자료를 이용한 3차원 지하구조물 모델 자동생성 - 군집분석을 통한 동적 3차원 지반(지층) 실시간 생성 	실용화	(현재)2 (완료)7
1-2-6	지하공간통합 지도 시계열 탑재 및 분석 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도 갱신 효율화 및 지하안전사고 예방 활용지원 기술개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 변화탐지 및 자동가공을 통한 시계열 지하공간통합지도 탑재 및 뷰어 개발 	응용	(현재)2 (완료)7
1-2-7	지하공간통합 정보 3차원 변화객체 실시간 자동 탑재 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 변화객체 실시간 변환 및 탑재 ○ 서비스 유형에 따른 데이터 실시간 변환 ○ 전후 비교에 따른 변화 영역 실시간 객체화 및 탑재 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 변화 객체의 최소 범위 경계 확정 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 변화 데이터의 최소 단위 타일링 ○ 서비스 유형에 따른 데이터 품질 결정 및 실시간 변환 탑재 	응용	(현재)2 (완료)5

			<ul style="list-style-type: none"> ○ 데이터의 중복률 최소화 ○ 변화 객체에 대한 중복률 5% 미만 	<ul style="list-style-type: none"> - 서비스 유형에 따른 데이터 품질 및 속성 정보 범위 결정 - 결정된 범위에 따라 데이터 변환 및 탑재 		
1-2-8	지하공간통합 정보 데이터 융합 및 시계열 분석 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 3차원 지하공간 통합정보 시계열 변화 의미 추출 기술개발 ○ 3차원 지하공간통합정보 변화객체 시뮬레이션 ○ 객체 변화 의미 추출 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시간에 따른 객체변화 의미 추출 기술 개발 - 변화 속성 의미 파악을 위한 데이터 모델링 - 변화 속성 의미 파악을 위한 추론 기술 	기초/원천	(현재)1 (완료)6	
1-2-9	서비스 최적화 데이터 자동 가공 및 활용 지원 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사용 환경에 알맞은 서비스 최적화 데이터 자동 가공 및 활용 지원기술 연구 ○ 서비스에 알맞은 데이터를 최적화하기 위해 각 서비스 정의 ○ 지하, 실내, 실외 서비스에 적합한 최적화 데이터 자동 가공 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 통합 데이터 기반의 데이터 확장 및 연계 - 타 기관의 DB와 연계하여 서비스 데이터 제공 ○ 지하, 실내, 실외 각 서비스에 적합한 데이터 최적화 알고리즘 개발 	기초/원천	(현재)2 (완료)7	
1-2-10	다중자료중합 기반 3차원 지반모델 및 서비스 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지반모델 예측정확도 20% 향상 (시추공기반 지층자료 대비) ○ 지반예측 분해능 기준 (support volume: 5mx5mx0.5m) ○ 웹기반 3D 지반정보 고속 (응답시간 <3초) 가시화 및 관리시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 3차원 지반모델을 위한 AI기반 다중자료중합기법 개발 ○ 지반자료 QC 및 3차원 지반모델 구축 ○ 웹기반 점군(point-cloud) 및 매쉬프레임 자료의 고속 시각화 기법 개발 ○ 점군 및 매쉬프레임 자료기반 지반정보 관리 시스템 구축 	응용	(현재)3 (완료)6	
1-2-11	지반조사 빅데이터 활용 서비스 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국토지반정보포털 시스템(geoinfo.or.kr)에 저장되어 있는 빅데이터를 활용하여 사용자 중심 서비스 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ AI 등 첨단기술을 활용하여 지반조사 빅데이터 상세 분류 및 평가 ○ 사용자 중심의 지반조사 빅데이터 제공 서비스 기술 개발 	실용화	(현재)4 (완료)7	
1-3-1	지하정보 갱신자동화 품질관리 기술	지하정보 연계 표준DB 구축	<ul style="list-style-type: none"> ○ 표준화된 지하 정보관리 및 협업을 위한 연계 표준 DB 구축 ○ 수집된 지하정보에 대한 데이터 표준+F5:F10 개발 ○ 지하정보를 기존 존재하는 GIS와 연계 가능하도록 설계/개발 ○ BIM 등과 같은 타 도메인 데이터로 확장 가능한 표준 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 상용 데이터베이스에 상관없이 확장 가능하도록 표준 개발 - MySQL, MariaSQL, NoSQL, Tebero 등으로 import/export ○ DB간 연동을 통한 자동 데이터 갱신 모듈 개발 - 지자체, 유관기관 등의 데이터베이스와의 연동 모듈 - 연동된 DB로부터 수집한 데이터의 표준 변환 모듈 ○ 지하정보의 도메인 확장을 위한 데이터 및 DB 표준 개발 - 시맨틱 확장을 위한 데이터 모델 개발 	실용화	(현재)2 (완료)6

1-3-2		<p>지하공간통합 지도 연계데이터 검증 기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하시설물 연계데이터 검증 기술 개발 ○ 지하구조물 연계데이터 검증 기술 개발 ○ 지반정보 연계데이터 검증 기술 개발 ○ 기타 지하공간 통합지도 연계데이터 검증 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하시설물 연계데이터 검증 기술 개발 ○ 지하구조물 연계데이터 검증 기술 개발 ○ 지반정보 연계데이터 검증 기술 개발 ○ 기타 지하공간통합지도 연계데이터 검증 기술 개발 	실용화	(현재)1 (완료)5
1-3-3		<p>지속가능한 지하공간통합 지도 갱신 자동화를 위한 표준화 연구</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 7대 지하시설물의 갱신 자동화를 위한 표준 데이터 모델개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도 관련 표준화 현황검토 <ul style="list-style-type: none"> - 지자체 및 유관기관 관리체계 및 현황분석 - 국내외 지하정보 관련 표준화 현황 <ul style="list-style-type: none"> * 지하매설물 정보 표준화 현황(7대 지하시설물의 구축되는 표준 데이터 형식, 속성값 등) * 지하시설물 정보 표준화 현황(지하 보·차도, 지하철 등의 표준 데이터 형식, 속성값 등) * 지반정보 표준화 현황(지질, 지반 등의 표준 데이터 형식) - 국외 지하정보 관련 표준화 현황 <ul style="list-style-type: none"> * 국외(미국, 영국, 일본 등) 지하공간정보 구축 사례 및 표준데이터 모델 검토 - 국내외 표준화 현황검토의 시사점 ○ 지하공간통합지도 표준 데이터 모델(안) 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 지하공간통합지도 표준 데이터 모델의 방향정립 <ul style="list-style-type: none"> * 표준 데이터 모델의 목표 및 범위 설정 - 지하공간통합지도 표준 데이터 모델(안) <ul style="list-style-type: none"> * 지하공간통합지도 표준 데이터 모델 제시 	기초/원천	(현재)1 (완료)8
1-3-4		<p>지하공간통합 지도 갱신 자동화를 위한 법제도</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도의 갱신자동화를 위한 정책 및 제도마련 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도 구축·갱신 관련 법·제도 현황분석 - 지하공간통합지도 관련 유관기관의 관리체계 현황 검토 	기초/원천	(현재)1 (완료)8

		연구		<ul style="list-style-type: none"> * 지자체 및 유관기관 관리 체계 관련 법·제도 현황 분석 * 지하구조물 관리기관별 준공도면 관리체계 관련 법·제도 현황 분석 * 지반정보 관리기관별 관리체계 관련 법·제도 현황 분석 - 지하공간통합지도 구축·갱신 관련 국내외 법·제도 현황분석 * 지하공간의 탐사, 구축, 갱신주기와 관련된 법·제도 현황 * 국외(미국, 영국, 일본 등) 지하공간정보의 구축 사례 및 제도적 현황 검토 - 국내외 구축·갱신관련 법·제도 현황검토의 시사점 ○ 갱신자동화를 위한 법·제도적 개선방안 - 갱신자동화를 위한 법·제도적 개선 방안의 방향성 정립 * 법개정(안) 제시 및 정책적 추진방향성 제시 - 지속적인 지하공간통합지도의 유지관리를 위한 관리체계 개선방안 * 관리체계 현황을 바탕으로 지하정보 통합관리 체계 방안 마련 - 갱신 자동화를 위한 법·제도적 개선방안 * 구축·갱신 관련 법개정(안) 제시 및 추진방향 제시 		
1-3-5	지하정보 변화객체별 가공 자동화를 위한 정합성 검증기준 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하정보 별 정합성 검증 기준 개발 ○ 지하시설물 데이터 정합성 검증 기준 ○ 지하구조물 데이터 정합성 검증 기준 ○ 지반정보 데이터 정합성 검증 기준 ○ 변화객체 가공 전후 정합성 검증 기준 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간 통합정보 수집시 발생하는 데이터 품질 관리 절차 개발 - 수집 프로세스 전/후 비교 분석을 통한 정합성 검증기준 개발 ○ 가공된 객체에 대한 전후 데이터의 정합성 비교 - 각 프로세스별 입/출력 데이터의 품질 비교 - 손실 발생에 대한 즉각적인 피드백 - 데이터의 손실률 0% 	실용화	(현재)1 (완료)5	

1-3-6	지하정보 변화객체 정합성 검증 모듈 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수집 지하정보 변화객체 정합성 검증 모듈 개발 ○ 지하시설물 데이터 정합성 검증 기준 ○ 지하정보 3차원 객체 변환 정합성 검증 모듈 개발 ○ 지하정보 3차원 객체 정합성 검증 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수집 데이터 정합성 비교 검증 모듈 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 수집 전/후 데이터 비교를 통한 정합성 검증 ○ 변화객체 정합성 유지를 위한 손실 추적 및 복구 모듈 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 데이터 손실 발생 추적 및 원데이터 추적 - 데이터 재갱신을 통한 손실 복구 	실용화	(현재)2 (완료)6	
1-3-7	갱신 자동화 기술 적용성 검증을 위한 테스트베드 선정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 데이터의 수집 및 갱신위한 테스트베드 구축 ○ 수집 에이전트와 모니터링 서버 네트워크 구축 ○ 수집, 변환에 따른 데이터의 정합성 검증 테스트 ○ 실시간으로 변환된 3D 모델 데이터 검증 테스트 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수집 및 변화 탐지 검증을 위한 아키텍처 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 수집 에이전트와 모니터링 서버 네트워크 구축 - 데이터의 자동 수집 및 변환 검증을 위한 테스트 ○ 변환 데이터 검증에 따른 테스트 기준 <ul style="list-style-type: none"> - 정합성, 신속성 만족 여부를 파악하기 위한 테스트 	실용화	(현재)3 (완료)7	
1-3-8	지하공간통합 지도 변화탐지 및 가공 자동화 시스템 적용성 검증	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도 변화탐지 자동화 적용성 검증 평가 ○ 탐지된 변화 구역 시각화를 통한 검증평가 ○ 탐지된 변화 구역 정도 비교 검증평가 ○ 지하공간통합지도 가공 자동화 적용성 검증 ○ 가공 데이터 정합성 및 시스템 적용성 검증평가 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도 변화 탐지된 데이터 검증 실험 <ul style="list-style-type: none"> - 데이터 검증을 위한 정확도 및 신속성 테스트 평가 ○ 지하공간통합지도 가공 시스템 검증 실험 <ul style="list-style-type: none"> - 데이터 검증을 위한 정확도 및 신속성 테스트 평가 - 시각화를 통한 시스템 검증 평가 	실용화	(현재)3 (완료)6	
2-1-1	지하정보 정확도 향상 기술	GNSS, INS를 이용한 GPR 장비의 위치 정확도 향상 기술 및 스마트폰을 활용한 GPR 위치정보 획득 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ GNSS와 INS 측정결과를 융합하여 GNSS 음영지역에서도 GPR 장비의 수평 위치 표준편차 10cm 이내, 수직위치 표준편차 20cm 이내의 위치정확도 확보(공공측량작업규정, 3급 공공삼각점측량 미지점의 위치 허용범위) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ GNSS가 설치되어 있지 않은 GPR 장비에 GNSS 모듈을 설치하여 위치정확도 향상 ○ GNSS 음영지역(도심지, 지하)에서 GPR 장비의 위치 정확도를 향상시키기 위해서 INS 장비와 결합하여 GPR 위치 정보의 지속적인 추적 관리 ○ 고가의 GNSS, INS 장비 외에 스마트폰에 내장된 물리센서(가속도, 자이로, 자기장 센서)와 GNSS를 활용하여 GPR 위치 정보 취득 방법의 구현 	응용	(현재)1 (완료)9
2-1-2	UAV 시스템을 활용한 GPR 정확도 향상 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ UAV로 고정밀 DEM 및 정사영상을 생성하여 GPR 장비의 수평 및 수직위치 표준편차 각각 10cm, 20cm 이내의 위치 정확 	<ul style="list-style-type: none"> ○ UAV 시스템으로 제작된 DEM 및 정사영상은 RMSE가 X, Y, H에서 3~6cm 정확도 확보 가능. (GCP 측량이 필수로 선행되어야 함) 	응용	(현재)1 (완료)9	

			<p>도를 확보 (공공측량작업규정, 3급 공공삼각점 측량 미지점의 위치 허용범위)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ UAV로 항공영상 취득 전 계획된 GPR 탐사 범위 내에 시점과 종점을 포함하여 최소 4개 대공표지를 설치함 ○ GNSS, INS가 미 장착된 단순 GPR 장비로 취득된 데이터에 4개 점의 위치 정보를 입력시킴 ○ 위치 정보가 포함된 GPR 탐사 데이터를 정사영상에 중첩시켜 경로 상 원하는 점의 수평 위치 정보를 취득함 ○ 또한, DEM 영상과의 중첩에서 지면과의 거리 차를 이용하여 수직위치 정보도 취득할 수 있음 		
2-1-3	<p>도심지 지하 구조물 상태의 정밀 측정을 위한 지능형 지중투과 탐지 시스템 개발</p>	<p>○ 복잡하고 노후화된 도심지 도로의 지하 구조물 상태를 효율적으로 탐지하기 위해 고성능 지중탐지 장치를 지능화, 소형화, 저가화하는 기술을 개발하고, 신속한 이상 상태 탐지를 위한 On-line 지하 영상 처리 기술을 개발함</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 도심지 지형에 적합한 지능형 지중 탐사 기술 개발 ○ 소형화/경량화/저가격화를 위한 기술 개발 ○ 지하 구조물 탐지 영상 신호처리 기술 개발 	응용	<p>(현재)4 (완료)7</p>	
2-1-4	<p>고정밀 멀티채널 GPR 장비개발</p>	<p>○ 정확도 10cm 이내의 지하 시설물 위치탐지</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 GPR 기술에 대한 분석 및 한계점 도출 ○ 멀티채널 기반의 GPR 장비 개발 ○ 기 매설된 지하시설물의 정확한 위치정보 획득 기술 개발 	응용	<p>(현재)3 (완료)6</p>	
2-1-5	<p>저심부의 탐사를 위한 코드 시그널 방식의 고해상도 GPR 탐사장비 개발</p>	<p>○ 넓은 주파수대역을 활용하여 천심부터 저심(약 4~7m)까지 탐사가 가능한 분해능 약 20~30cm정도의 고해상도 GPR 탐사 기술개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 천심의 지하시설물정보, 공동 등의 지반정보는 GPR탐사 기기를 활용하여 정보를 분석하고 지하공간 개발시 활용하거나 지반함몰을 예방하고 있으나, 저심의 경우 저주파의 안테나를 활용한 GPR탐사 외에 적용이 어려우며 이 경우 시간적·공간적 제약이 있음 ○ 2015년부터 차량형 GPR탐사 장비를 도입하여 빠른속도로 지하시설물정보·공동의 유무등을 파악하고 있으나, 이러한 장비들도 수직적 범위는 심도 약3.0m 이내로 제한되어 있음 ○ 따라서, GPR탐사의 최신기법(Coded Signal 방식 등)을 활 	응용	<p>(현재)2 (완료)6</p>	

				용하여 다양한 주파수대역의 활용과 빠른정보처리 기술로부터 분해능을 향상시켜, 천심으로부터 저심까지 빠른 탐사속도와 높은 해상도의 분석이 가능한 GPR 탐사 기법을 개발		
2-1-6		다배열 GPR에 의한 지하탐사 장비 정확도 개선	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 GPR 탐사장비 성능 2배 향상 ○ 다배열 GPR 탐사장비를 이용한 불탐구간 해소 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 1축의 GPR 탐사장비에서 다배열 GPR 배열 ○ 다배열 GPR에 의한 단일 지점에 대한 연속적 탐사 실시로 정확도 향상 	실용화	(현재)4 (완료)9
2-1-7		복합데이터 (시추공, GPR 등) 기반의 3차원 지반정보 구축 및 GPR 탐사 결과 측정된 지하공동의 이력 관리, 정량적 안정성 평가 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ GPR 탐사 결과 기반의 천심(0~5m) 구간 용 3차원 지반정보 구축 및 분석 시스템 개발 ○ 지하공동 데이터베이스 및 발생 이력 관리 시스템 개발 ○ 지하공동 발생 지반의 안정성 평가 시스템 개발 ○ 개발 시스템 활용성 검증 및 현장적용 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내외 GPR 기반의 지반정보 관련 시스템 기술 현황 조사 및 분석 ○ 복합 데이터(시추공, GPR 등)를 이용하여 지층, 공간 분석을 수행하여 지반 구조 데이터 생성 ○ 클라우드 데이터 기반의 지반 3차원 모델링 기법 개발 ○ 검증용 데이터 생성을 위한 단면 정보 추출 기능 개발 ○ GPR 탐사 시 측정된 지하공동 정보 관리 - 위치, 크기, 형상, 시점 ○ 복구유무에 따른 지하공동 이력 관리 ○ 연구개발 시스템의 현장 적용 	응용	(현재)3 (완료)6
2-1-8		고정밀 위성항법기반 다시점/다지점 GPR 전파영상 합성을 통한 지하시설물 측정 성능향상 연구	<ul style="list-style-type: none"> ○ 센티미터급 정밀위성항법 위치정보와 GPR 측정 전파영상 결합을 통한 지하시설물 위치측정 성능 향상 연구 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고정밀 위성항법 위치정보를 이용하여 다중측정기 기반 다시점/다지점 GPR 전파영상 합성을 통해 지하시설물 측정 성능 향상 기술개발 ○ 고정밀 위성항법 결합 다중측정기 기반 다시점/다지점 GPR 전파영상 합성을 통한 지하시설물 측정 시작품 제작 	응용	(현재)2 (완료)5
2-1-9		지하 라이프라인 GPR 탐사시스템 운용기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하시설물에 대한 GPR 탐사시스템의 효율적 운용기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 GPR 탐사시스템 운용 실태 조사 및 분석 ○ GPR 탐사시스템의 효율적 운용방안 도출 ○ GPR 탐사시스템 운용 방안 기반의 기술 개발 	응용	(현재)1 (완료)5
2-1-10		지하시설물 및 지반	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모든 관로 및 맨홀의 평면위치 및 깊이 정확도 1 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하시설물 탐사를 위한 GPR 탐사장비 구축(차량용 2대, 	실용화	(현재)6 (완료)8

		정밀탐사를 위한 한국형 GPR 차량시스템 개발	0cm 이내 확보 ○ 천심(0~5m)까지의 지반 정보 자동 구축 ○ 암석코어시료 DB 구축 및 정밀 지반정보 구축 지원 시스템 구축	핸디용 2대) ○ GPR 데이터 기반의 3차원 지반정보 구축 기술 개발 ○ RGB 센서기반 코어시료 수집 및 지반조사 현장지원 차량 시스템 구축		
2-1-11		지반정보 정확도 향상을 위한 하이퍼스펙트럴 기반의 암석코어 공간정보 구축 및 활용 기술 개발	○ 암석코어시료 DB 구축 및 정밀 지반정보 구축 지원 차량시스템 개발 ○ RGB센서 기반 암석코어 DB 구축 및 활용을 위한 시추코어 특성정보 및 위치정보 표준화 ○ RGB센서 기반 암석코어 분석 SW개발 ○ 2D/3D GPR탐사 분석 SW 개발	○ RGB센서 기반 코어시료 및 지반조사 현장지원용 차량시스템 개발 연구 ○ RGB센서기반 암석코어 시스템 개발 ○ 2D/3D GPR 지반탐사 시스템 개발	실용화	(현재)3 (완료)6
2-1-12		지하공간통합 지도의 활용성 제고를 위한 지반정보 정확도 분석 방법 및 정밀도 향상 모듈 개발	○ 시추정보 정확도 분석 방법 및 정확도 향상 모듈 개발	○ 기존 연구 분석 및 문헌 조사 정리를 통한 지반조사 정확도 평가 관련 선행연구 사례 조사 ○ 정확도 평가 기준 수립 (지반조사 참값에 대한 기준 수립 필요) ○ 선, 면적, 체적 등 차원에 따른 정확도 분석 ○ 지층분류, 지하수위 등 지반정보 종류에 따른 정확도 분석 ○ 지반조사 프로세스별 오차발생원 분석을 통한 지반조사 과정에서의 오차 분석 ○ 공간 보간법 및 오차분석 결과를 반영한 정확도 향상 모듈 개발 ○ 대표적 시범지역 선정 및 현장 적용성 검토 ○ 시범지역 내 기존 시추정보와의 교차검증을 통한 개발된 모듈 검증	응용	(현재)1 (완료)5
2-1-13		다중자료융합 기반 3차원 지반모델 및 서비스 시스템 개발	○ 지반모델 예측정확도 20% 향상 (시추공기반 지층자료 대비) ○ 지반예측 분해능 기준 (support volume: 5m×5m×0.5m) ○ 웹기반 3D 지반정보 고속 (응답시간 <3초) 가시화 및 관리시스템 개발	○ 3차원 지반모델을 위한 시가반 다중자료융합기법 개발 ○ 지반자료 QC 및 3차원 지반모델 구축 ○ 웹기반 점군(point-cloud) 및 매쉬프레임 자료의 고속 시각화 기법 개발 ○ 점군 및 매쉬프레임 자료기반 지반정보 관리 시스템 구축	응용	(현재)3 (완료)6
2-1-14		지질 실물표품을	○ 국내외 지질조사, 탐사, 시추작업으로 취득한 지	○ 지질시추정보 표준화를 통한 지층정보 정확도 향상	응용	(현재)3 (완료)6

		이용한 지하지질정보 표준화 및 지하영상정보 라이브러리 구축	질표품 (암석, 광물, 화 석, 지질 시추자료)을 체계적으로 관리하고 관 련정보를 공공·민간에 개방하여 우리가 자고 먹고 일하는 땅 안전에 기여, 아울러 국가 재난 재해로부터의 국민건강 지킴과 안전한 대한민국 건설을 목표로 함	○ 실물 시추자료를 이용한 3차 원 실물지질정보 모델링 연 구 ○ 4차산업혁명 기술을 이용한 지하정보 DB 구축 및 활용기 술 개발		
2-1-15		지하시설물 조사/탐사 결과 데이터의 3 차원 지하공간통합 지도 실시간 매핑/매칭을 통한 정확도 검증 및 불탐 구간 개선 기술	○ 지하시설물 조사/탐사(G PR(카트형, 차량형) 등) 결과 영상 이미지의 3차 원 지하공간통합지도 실 시간 매핑 및 데이터 전 송 기술 개발(시스템 개 발) ○ 조사/탐사 결과 영상 이 미지에 객체 부여 및 3차 원 지하공간통합지도의 지하시설물 객체와 매칭 기술 개발(시스템 개발) ○ 3차원 지하공간 통합지 도의 객체와 조사/탐사 결과 간의 오차 분석을 통해 지하시설물의 정확 도 검증 자동화 기술 개 발(시스템 개발)	○ 조사/탐사(GPR등) 결과의 데 이터 처리(전송)와 영상 이 미지의 지하공간통합지도(3 D)와의 실시간 매핑/매칭 기 술 ○ 조사/탐사 결과 영상 이미지 에서 객체 부여 및 3차원 지 하시설물 객체와 매칭 기술 개발 ○ 조사/탐사 결과(GPR등) 객체 와 지하공간통합 지도의 3차 원 시설물 객체 간의 매칭 오 차 자동 추출 및 정확도 자동 검증 기능 개발	응용	(현재)2 (완료)9
2-2-1	모바일 지하공간 통합지도 통합관리 기술	대용량 지하정보 제공 성능 향상을 위한 빅데이터 보안솔루션 개발	○ 인가된 특정 사용자에게 만 대용량 데이터 전송 을 허용하여, 실시간 서 비스를 활용할 수 있도 록, 정책 기반 보안 서비 스 제공 ○ 대용량 지하정보공간 통 합지도에 최적화 된 보 안 기술 적용을 통하여, 안전하고 신뢰할 수 있 는 인프라 환경 조성	○ 등록된 정책을 통해, 인가된 사용자만 데이터망에 접속을 허용하며, 요청한 빅 데이터 를 전송 받을 수 있도록, 제 한하는 기술 개발. ○ 지하공간 통합지도의 망연계 구간에 보안 전송기술을 적 용(국정원 검증필) ○ 암호모듈, 구간암호화 등)을 통한 안전한 전송기술 제공	응용	(현재)3 (완료)6
2-2-2		경량화된 모바일용 지하공간통합 지도 구축방안	○ 현실세계에서 활용가능 한 모바일 서비스 플랫 폼 마련 ○ 실데이터 대비 30% 이상 경량화된 모바일 서비스 데이터 구축	○ 구축 데이터 경량화 방안, 서 비스 데이터 경량화 방안 ○ 측위기술 오차에 따른 위치보 정방안 마련	실증화- test ba d형	(현재)3 (완료)6
2-2-3		지하공간통합 데이터를 모바일 등의 빠른 전송 및 서비스를 위해	○ 도시에서 3차원 지하시 설물 데이터와 지형데이 터를 인터넷, 모바일에 서비스하기 위하여 포출 데이터의 간소화 및 최 적의 디스플레이를 위한 기반기술 개발	○ 시계열 3차원 공간 데이터 관 리 기술 - Content Addressable 시스 템 기반의 실감형 공간 정 보 저장 기술 개발 - 데이터 갱신 시 최신 데이 터와의 3차원 위상 관계 검	응용	(현재)2 (완료)4

		데이터의 간소화 및 최적의 전송을 위한 모델링 기술		<p>사 알고리즘 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 모바일 공간 정보 변화 재현 기술 ○ 3차원 시각화를 위한 대용량 모델 고속 렌더링 기술 개발 ○ 3차원 모델 시계열 시각화 애니메이션 기술 개발 ○ 3차원 모델 비교 분석을 위한 멀티 레이어 시각화 기술 개발 		
2-2-4		모바일용 지하공간통합 지도 데이터 생성 및 서버 데이터 업데이트 기술	○ 위치정확도 90% 이상	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모바일용 지하공간 데이터 생성 기술 ○ 모바일용 지하공간 데이터 전송 기술 ○ 모바일에서 생성한 지하공간 데이터의 위치 정확도 향상 기술 ○ 모바일에서 생성한 지하공간 데이터와 서버 데이터 결합 기술 ○ 모바일에서 생성한 데이터를 반영한 서버 데이터 업데이트 기술 	응용	(현재)3 (완료)5
2-2-5		표준 인터페이스 기반 지하공간통합 지도 관리 및 제공 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 상호 연계된 다중 source (실내공간3D, BIM, 변화 탐지구축 정보 등) 지하공간통합지도의 표준기반 통합 연계 관리기술 ○ 지하공간정보의 표준기반 연계 저장, 검색 및 활용기술 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 통합 및 연계를 위한 다중 source 지하공간정보의 통합식별체계 구축 ○ UFID 등의 기존 식별체계와의 연동 및 확장방안 구축 ○ 기존 식별체계와의 매핑 등을 통한 기 구축 외부정보와의 연동 ○ 지하공간정보의 통합 및 연계를 위한 표준기반 인터페이스 기술 ○ 통합식별체계 기반 지하공간 정보 모델링 기술 ○ 지하공간정보 표준기반 연계 저장, 검색 및 활용기술 등 ○ 지하공간정보 메타데이터 구축 및 검색 기술 ○ 표준기반 지하공간정보 활용을 위한 registry 등 구축 기술 ○ 시계열 지하공간정보 저장 및 관리기술 등 	실용화	(현재)4 (완료)8
2-2-6		사용자 위치기반의	○ 사용자 위치기반의 지하공간통합지도 데이터 추출 기술 개발	○ 사용자 위치 확정 기반의 데이터 영역 추출을 통한 데이터 사이즈 최적화	실용화	(현재)2 (완료)6

		지하공간통합 지도 데이터 전송 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실시간 데이터 전송을 위한 비동기 전송 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사용자 위치에 따른 실시간 지하공간통합지도 영역 한정 ○ 사용자 영역에 맞는 데이터 추출 및 전송 데이터 사이즈 확정 ○ 실시간 데이터 전송을 위한 비동기 전송 기술 개발 ○ 실시간 비동기 전송을 위한 데이터 분할기술 개발 		
2-2-7		모바일용 지하공간통합 지도 및 현장 생성정보 자료 전송을 위한 보안기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모바일 자료 권한부여 및 암호화 기술 개발 ○ 현장 생성정보 실시간 암호화 기술 개발 ○ 현장 생성정보 자료 전송 보안 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모바일용 지하공간통합지도 권한부여 및 암호화 기술 ○ 권한에 따른 다중 암호화 기술 개발 ○ 현장 생성정보 실시간 자료 전송을 위한 보안 기술 ○ 지하공간정보 현장 생성정보 실시간 암호화 알고리즘 개발 ○ 현장 생성정보의 peer to peer 자료 전송 보안 기술 ○ 데이터 분할 전송을 통한 보안 확보 	실용화	(현재)2 (완료)5
2-3-1	지하정보 현장 실증 실험	굴삭기에 부착하는 인공지능형 G PR 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 굴삭장비에 부착하는 가능성 GPR 시스템 모듈개발 ○ 인공지능을 이용하여 GPR 데이터를 분석 ○ 인공지능으로 굴삭작업 가이드라인을 제시함 ○ 굴삭작업 가이드라인을 머신 가이드언스에 전송하여 굴삭기 조종원의 의사결정을 지원함 ○ 굴삭작업 중 지하매설물의 파손을 방지하여 굴착현장의 안전관리를 향상시킴 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하 1m까지 탐색이 가능한 소형 GPR 센서모듈 개발 ○ 굴삭기에 소형 GPR 센서모듈을 탈부착하기 위한 브라켓 제작 ○ 데이터 무선 송수신 게이트웨이 개발 ○ 지하매설물 형상인식을 위한 인공지능 개발 ○ 지하매설물 파손을 방지하기 위해서 인공지능 기반의 굴삭작업 가이드라인 개발 ○ 굴삭기 머신 가이드언스에 굴삭작업 가이드라인을 장착시켜서 건설장비 조종원이 안전하게 굴삭작업을 할 수 있는 사용자 화면 개발 	응용	(현재)2 (완료)9
2-3-2		인공지능을 활용한 GPR 데이터 분석 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인공지능을 통한 자동 분류 기법을 통해 85% 정확도로 GPR 데이터 분석 (국내GPR분석데이터정확도80%, 해외GPR분석데이터정확도90%) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ GPR 장비의 경우 전자기 펄스의 반송파를 분석하여 지하구조 및 지하시설물을 파악하게 된다. 이런 반송파 데이터를 Resnet이나 Googlenet 인공지능 분류 기법을 활용하여 반송파 데이터를 분석, 지하시설물의 정확한 종류와 위치를 파악함. 	응용	(현재)1 (완료)9
2-3-3		지하매설물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 굴착공사시 공사시작 전, 공사중, 공사후 지 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하매설물을 3D 객체모델로 형상화하여 굴착현장에서 시 	실용화	(현재)4

		<p>시각화를 위한 지하공간통합 지도 연계 증강현실(AR) 시스템 개발</p>	<p>지하매설물의 형태와 위치, 그리고 방향을 카메라 뷰와 중첩하여 시각적으로 보여주는 증강현실(AR) 시스템 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 지하매설물과 관련한 설계정보, 공사정보, 유지관리정보 등 속성정보를 제공하여 지하매설물 공사의 생애주기 관리효과를 향상시킴 ○ 굴삭작업 중 지하매설물에 대한 시각적 정보를 활용하여 지하매설물의 파손을 방지하고, 굴착현장의 안전사고를 예방함 ○ 굴삭장비에 부착하는 기능성 GPR 시스템 모듈개발 ○ 인공지능을 이용하여 GPR 데이터를 분석 ○ 인공지능으로 굴삭작업 가이드라인을 제시함 ○ 굴삭작업 가이드라인을 머신 가이던스에 전송하여 굴삭기 조종원의 의사결정을 지원함 ○ 굴삭작업 중 지하매설물의 파손을 방지하여 굴착현장의 안전관리 향상 	<p>각적으로 형상화하여 보여줌</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간중합통합지도 데이터베이스와 실시간으로 연동하여 굴삭기 조종원과 현장안전관리자에게 지하매설물에 대한 속성정보를 제공함 ○ 굴착공사가 진행되는 현장에서 특정 카메라 위치추적 알고리즘을 개발하여 정확도 높은 증강현실 효과를 제공함 ○ 굴삭기 조종원과 현장안전관리자 등 사용자가 편리하게 접근할 수 있는 앱 기반의 사용자 환경개발 	(완료)9
2-3-4	터널 현장관리를 위한 MR 가시화 기술 구축	<ul style="list-style-type: none"> ○ 터널 통합관리 데이터의 MR 가시화 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존의 터널 시공시 시공측량, 계측, 안전, 품질등의 통합관리시스템 부재 ○ ICT 및 신기술등을 이용하여 시공 작업에 지장을 최소화하며 필요한 데이터를 신속하게 취득 ○ 수집된 통합관리 데이터를 실시간 공유하며 MR 가시화기술로 제공 ○ 직관적인 시공, 계측, 안전, 품질 통합관리시스템 구현 	응용	(현재)3 (완료)6
2-3-5	AR/VR 기반 모바일 굴착현장 가시화 및 분석 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ AR/VR 기반 모바일 굴착현장 가시화 및 분석 기술 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 굴착 현장 영역 설정 및 지하공간 데이터 검색 기술 ○ 굴착 현장 지하공간 데이터의 AR/VR 모델 실시간 변환 기술 ○ 굴착 현장 초기 지하공간 AR/VR 가시화 기술 ○ 지반, 지질, 지하수 기반 굴착 공사 방법 분석 기술 	응용	(현재)3 (완료)5

				<ul style="list-style-type: none"> ○ 지반, 지질, 지하수 기반 굴착 토사량, 기간, 비용 분석 기술 ○ 굴착 진행에 따라 변화되는 지하공간 AR/VR 가시화 기술 		
2-3-6	GNSS를 활용한 3D Machine Guidance와 AR을 융합한 지장물 가시화 및 GIS 실시간 Update 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 굴삭중 굴삭 조종원에게 AR로 지장물 3차원위치 정보 안내시스템 개발 및 상용화 ○ 지하 매설물 작업후 대상 구조물의 객관적인 3차원위치 정보(±30m) 업데이트 시스템 개발 및 상용화 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 GIS Data를 굴삭기 조종원에게 AR로 안내해서 굴착시 매설물의 훼손사고를 예방하는 시스템의 개발 ○ MG기술을 활용한 관로 시공 효율화 및 검측기술 고도화 개발 ○ 지하 매설물 작업후 대상 구조물의 객관적이고 정확한 3차원위치정보를 중앙플랫폼에 전송하여 변경된 GIS DATA를 실시간 업데이트하는 시스템의 개발 	실용화	(현재)5 (완료)9	
2-3-7	보안기반의 지하정보 양방향 데이터 전송 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간 통합정보의 통합 데이터에 안전한 운용을 위해 DB보관망과 데이터 활용망을 물리적으로 분리 하고, 분리된 망간 데이터 활용을 위해 양방향 데이터 전송 기능을 제공 ○ 대용량의 지하정보에 특화된 아카이빙 기술을 적용하여, 신속한 데이터 처리를 통해 업무에 적시 활용할 수 있도록 하며, 다수의 사용자에게 제공되는 데이터이기 때문에 보안 기술을 적용 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 보안망과 비보안망의 실시간 스트리밍 및 파일변환 형태로 보안기술이 적용된 양방향 데이터 전송 기능 구현 (허용된 인가자에게 제공) ○ 지하공간통합지도의 신속한 데이터 연동 전송을 위한 특화된 빅데이터 보안 기술적용과 성능보장을 통한 안전한 서비스 제공 	실용화	(현재)4 (완료)8	
2-3-8	지하공간통합 지도 기반 굴착공사 안정성 시뮬레이션 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도를 이용한 굴착공사 시뮬레이션 기술개발 ○ 시뮬레이션에 따른 굴착공사의 안정성 예측 및 판단 기술개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 굴착공사 정보 및 절차의 명세화 기술 ○ 굴착공사의 목적, 방법, 절차에 따라 구체화 될 수 있어야 하며 ○ 지하공간정보의 종류에 따라 서도 보다 세분화될 수 있음 ○ 굴착공사 절차에 따른 지하공간정보(지하시설물, 지하구조물 및 지반)의 변화 추정기술 ○ 지하공간정보의 변화에 따른 발생상황 예측 및 판단기술 ○ 내외부 요소에 따른 지하공간정보(지하시설물, 지하구조물 및 지반 등) 변화 모델링기술 	응용	(현재)3 (완료)7	

				<ul style="list-style-type: none"> ○ 사전 시뮬레이션 및 굴착 현장의 작업상황을 고려한 실시간 시뮬레이션 기술 ○ 굴착공사의 진척 및 지하공간 정보의 변화에 따른 실시간 지하공간정보의 입체적 가시화 기술 ○ 지하공간정보의 통합적 가시화 및 브라우징 기술도 하나의 별도 영역이므로, 별도의 연구개발 주제로 고려가능 		
2-3-9	굴착공사 신청지 5cm급 드론영상기반 지상·지하 3 차원 지하공간통합 지도 제작 및 민원인 배포용 콘텐츠 제작	<ul style="list-style-type: none"> ○ 굴착공사 신청지에 대한 5cm급 드론측량 및 3차원 지하공간통합지도 제작 ○ 5cm급 드론영상기반 민원인 배포용 실감 콘텐츠 제작 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 굴착공사현장 드론측량기술을 이용한 지상·지하 통합 신속, 최신, 실감정밀지도 제작 ○ 기존 구축된 지하공간 DB 가공을 통한 구조화편집 및 가시화 ○ 굴착현장의 작업자가 지하시설물의 위치를 정확하게 찾아갈 수 있는 각종 콘텐츠 제작 ○ 좌표정보가 있는 굴착현장 주변 지하공간체계 Mobile 지도 제작 ○ 최신 고해상도 굴착예정지 토지피복과 지하공간현황이 입체적으로 이해하기 쉽게 표현된 민원 배포용 종이지도, AR 콘텐츠제작 ○ 신청자의 추가 요청이 있는 경우 3D프린터를 이용한 굴착현장 지하공간 입체 실감 모형 제작 	응용	(현재)1 (완료)5	
2-3-10	지하공간 모바일 단말기 활용 사용자 위치 정밀 추적 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ GPS가 미치지 못하는 지하공간의 사용자 위치를 모바일 단말 기술을 활용하여 오차 범위 2m 이내로 고정밀하게 측위하는 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ RSS(Received Signal Strength)기반 지하공간 측위 모듈 개발 ○ 모바일 단말 관성 센서(가속도, 자이로, 컴퍼스 등) 등을 활용한 사용자 위치 측위 모듈 개발 ○ 융합 측위 모듈 개발 (RSS기반 측위 모듈, 관성 센서 측위 모듈, 건물 맵 정보 등) 	응용	(현재)3 (완료)6	
2-3-11	머신러닝을 활용한 지하시설물 탐지 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ GPR 영상에 포함된 금속 관로 지하시설물 탐지율 90% ○ GPR 영상에 포함된 비금속관로 지하시설물 탐지율 50% 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 머신러닝 수행에 적합한 GPR 영상 전처리 ○ GPR 영상으로부터 지하시설물 별 머신러닝 ○ GPR 영상에 포함된 지하시설물 탐지 	응용	(현재)1 (완료)4	

			<ul style="list-style-type: none"> ○ 탐지된 지하시설물 분류 정확도 90% ○ 탐지된 지하시설물의 심도 정보 자동추출 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 탐지된 지하시설물 분류 		
2-3-12	3차원 지하 라이프라인 자동 모델링을 위한 GPR 영상분석 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ GPR 탐사 결과 기반의 지하시설물 자동 모델링 및 일관성 있는 GPR 영상분석 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ GPR 영상분석 기술 표준화 ○ 영상데이터 기반의 지하시설물 모델링 기술 개발 ○ 자동 모델링 데이터 검증 기술 개발 	응용	(현재)2 (완료)6	
2-3-13	지하공간통합 지도 데이터 기반 스마트컨스트럭션	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간정보의 스마트 컨스트럭션 적에 따른 안전관리 향상 ○ GPS와 레이저스캐너를 융합한 mm급 고정밀 3D 데이터 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 3D 머신 가이드선스와 지하공간 통합지도 데이터의 활용으로 위험지역 내의 과굴착 및 오굴착 방지 및 굴착시간 단축 ○ 레이저스캐너를 사용 한 지하공간 3D 모델링화 및 실시간 업데이트 	응용	(현재)5 (완료)8	
2-3-14	굴착공사 안전관리 계측시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 굴착 가시설 변위측정 시스템 표준화 제시 ○ 굴착 가시설 설계정수 및 계측자료 DB 구축방안 제시 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하굴착 공사중 계측 항목 및 운영 시스템 표준화 개발 ○ 굴착 가시설 지반설계정수 및 계측자료 입력 등 DB 구축방안 개발 	응용	(현재)1 (완료)4	
2-3-15	테스트베드 구축을 통한 시스템 활용성 검증	<ul style="list-style-type: none"> ○ 테스트 베드 구축을 통한 시스템 활용성 검증 ○ 공종별 시스템 활용성 검증 ○ 3D Machine Guidance 와 AR 융합기술 정확도 검증 ○ 실시간 검측 및 GIS DATA 검증 ○ 현장 적용 및 관리 프로세스 개선안 도출 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 GIS Data를 굴삭기 조종원에게 AR로 안내해서 굴착시 매설물의 훼손사고를 예방하는 시스템의 테스트베드 검증 ○ ICT 기술 기반 지하시설물 통합관리 플랫폼 기술의 현장 검증 ○ 기존 GIS Data 연동 시스템 현장 검증 ○ 지하시설물 구축 Database 모듈 연동 기술 현장 검증 ○ 실시간 설치, 검색, 저장 등 현장 상황 분석 기술 현장 검증 ○ MG기술을 활용한 안전 시공 및 검측기술 현장 검증 ○ MG 단말기 H/W & S/W 및 통신 모듈 성능의 현장 검증 ○ MG,AR 융합기술의 관로 시공 효율화 및 검측기술 고도화 개발 ○ MG,AR 단말기 H/W & S/W 현장 적용 ○ 검측 Data 전송 시스템 현장 적용 	실용화	(현재)5 (완료)9	

				<ul style="list-style-type: none"> ○ 현 검측 및 관리 프로세스 개선안 도출 ○ 현장 보급 및 확대 적용안 수립 ○ 지하 매설물 작업후 대상 구조물의 객관적이고 정확한 3차원위치정보를 ○ 중앙플랫폼에 전송하여 변경된 GIS DATA를 실시간 업데이트하는 시스템의 현장 검증 		
2-3-16		지능형 매설물 인식표지SPI 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 매설물 공사현장에서 발생하는 정보를 실시간으로 정보화하여 현장에 설치하는 인식표지내에 저장하고 저장된 정보는 위치정보를 포함하여 통합서버에 저장하여 두었다가 정보가 필요한 수요자에게 제공함으로써 굴착 시 안전사고 방지와 예기치 못한 재난에 대비 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인식표지내에 NFC태그를 내장하기 위한 기술개발 ○ 스마트폰을 통하여 NFC태그 내에 용이하게 정보를 저장하는 방법개발 ○ 저장된 정보를 활용하여 단면도 및 평면도를 자동 제작하는 기술개발 ○ 저장된 정보를 위치정보를 포함하여 매설물 통합서버로 전송하는 기술 ○ 현장 태깅이나 앱 및 웹을 통하여 정보가 필요한 수요자에게 매설물에 대한 정확한 정보를 실시간으로 전달 제공하는 기술개발 	실증화-test bad형	(현재)9 (완료)9
2-3-17		지하공간 굴착위치 확인기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ GPS가 수신되지 않는 지하공간에서 장비가 굴착하고 있는 위치를 10cm 이내의 정밀도로 실시간 파악하여 Machine Control에 활용할 수 있도록 하는 기술의 확보 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간 내 장비 위치 확인 기술 ○ 실시간 위치 파악 센서 시스템 ○ 실시간 통신 및 제어 시스템 개발 ○ Human-Machine Interface 시스템 개발 	응용	(현재)3 (완료)6
2-3-18		테스트베드 구축을 통한 시스템 활용성 검증	<ul style="list-style-type: none"> ○ 테스트 베드 구축을 통한 시스템 활용성 검증 ○ 인공지능형 GPR 시스템 정확도 검증 ○ 공종별 시스템 활용성 검증 ○ 인공지능형 GPR 시스템과 지하공간통합지도 융합 활용성 검증 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인공지능형 GPR 시스템 정확도 검증 ○ 공종별 시스템 활용성 검증 ○ 인공지능형 GPR 시스템과 지하공간통합지도 융합 활용성 검증 	실용화	(현재)5 (완료)9
2-3-19		지하공간 GPR 측량결과 해석 향상 및 장비/인력	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하시설물과 매설 환경을 다양화하여 GPR 측량 결과를 분석하고 실증하기 위한 테스트베드 환경 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유동성 뒤채움재 배합비 설계, 교반기 설계 및 시공 ○ 다양한 상황에 대한 GPR 측량 데이터 취득 및 해석방안 연구 	실증화-test bad형	(현재)3 (완료)6

		검증과 학습을 위한 테스트베드 구축		○ GPR 측량 데이터와 실제 데이터의 비교 학습 환경 구축		
2-3-20		한국 지형 및 지반상태를 고려한 GPR 성능테스트를 위한 테스트베드 구축 및 성능검증 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한국 지형 및 지반상태 기반의 테스트베드 구축 ○ GPR 성능테스트 방안 마련 ○ 한국형 GPR 성능검증 지표 및 방안 마련 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한국 지형 및 지반 특성 분석 ○ 한국 지형 및 지반 특성을 반영한 테스트베드 구축 ○ 테스트베드 기반의 성능테스트 및 검증 기술 개발 	실증화 -test bad형	(현재)3 (완료)6
2-3-21		테스트베드 구축을 통한 시스템 활용성 검증	<ul style="list-style-type: none"> ○ 테스트 베드 구축을 통한 시스템 활용성 검증 ○ 지하 굴착공사 현장 안전상태 모니터링 3차원 공간정보DB 구축시스템 정확도 검증 ○ 건설 현장별 시스템 활용성 검증 ○ 공간정보DB구축 시스템과 지하공간통합지도 융합 활용기술 활용성 검증 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하 굴착공사 현장 안전상태 모니터링 3차원 공간정보DB 구축시스템 정확도 검증 ○ 건설 현장별 시스템 활용성 검증 ○ 공간정보DB구축시스템과 지하공간통합지도 융합 활용기술 활용성 검증 	실용화	(현재)5 (완료)9

2-9. 후보과제군 도출

1. 후보과제군 도출 개요

- 국내 기술수요조사와 기술위원회를 통한 그룹핑 결과 등을 기반으로 후보과제 군을 도출하였으며, 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술, 지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술 개발의 2가지 분야로 나누어 후보과제 군을 도출하였음

2. 후보과제군 1차 그룹핑 결과

가. “지하공간통합지도 갱신 자동화 기술” 분야 후보과제 군

순번	후보과제명
1	지하공간통합지도 갱신 자동화를 위한 표준화 연구
2	지하공간통합지도 변화 실시간 모니터링 기술 개발
3	지하공간통합지도 변화객체 탐지·추출·분류 기술 개발
4	지하정보 변화객체 정합성 검증 모듈 개발
5	지하정보 변화객체 가공 자동화 기술 개발
6	갱신 지하공간통합지도 자동 탑재 모듈 개발
7	지하정보 연계 표준DB 구축 및 검증 기술 개발
8	지하정보 변화객체 가공 자동화를 위한 정합성 검증 기술 개발
9	지하공간통합지도 시계열 탑재 및 분석 기술 개발
10	지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 검증 및 고도화

나. “지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술” 분야 후보과제 군

순번	후보과제명
1	지하정보 정확도 분석 및 정밀도 향상 기술 개발
2	GNSS/드론/GPR 복합데이터 기반의 지하정보 추출 및 구축 기술 개발
3	지하시설물 조사/탐사 결과 데이터의 3차원 지하공간통합지도 실시간 매핑/매칭을 통한 정확도 검증 및 불탐 구간 개선 기술
4	모바일용 지하공간통합지도 구축 기술 개발
5	모바일용 지하공간통합지도 관리 및 제공 기술 개발
6	인공지능 기반 굴착현장 지하시설물 탐지 기술 개발
7	지하시설물 굴착현장 탐지시스템 서비스 실증
8	지하정보 변화객체 모니터링·탐지·추출·가공 기술 실증
9	지하정보 탐사현장 실시간 지하공간통합지도 연계 지원 기술 개발
10	지하공간통합지도 맞춤형 서비스 개발 및 시스템 실증
11	실시간 지하공간통합지도 연계 지원 서비스 실증
12	지하공간 굴착현장 안전관리 모니터링 통합관리시스템 개발
13	지하공간 굴착현장 안전관리시스템 현장 실증

3. 후보과제군 2차 그룹핑 결과

가. “지하공간통합지도 갱신 자동화 기술” 분야 후보과제 군

순번	후보과제명
1	지하정보 취합 및 모니터링 기술 개발
2	지하정보 특성을 반영한 변화객체 탐지·추출기술 개발
3	지하정보 변화객체 가공 자동화 및 정합성 검증 기술 개발
4	지하공간통합지도 3D 모델 자동 탑재 기술 개발
5	지하정보 변화객체 갱신 자동화 시스템 개발
6	지하공간통합지도 표준 데이터 모델(안) 개발
7	지하정보 갱신 데이터 정합성 검증 및 품질관리 기술 개발
8	지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 검증

나. “지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술” 분야 후보과제 군

순번	후보과제명
1	복합데이터 기반의 지하정보 추출 및 구축 기술 개발
2	지하정보 정밀탐사 지원 기술 개발
3	모바일용 지하공간통합지도 구축·전송·보안 기술 개발
4	현장 생선 지하정보 검증 및 지하정보 통합체계 자료 연계 기술 개발
5	굴착현장 안전지원 통합관리시스템 개발
6	지하공간통합지도 기반 지하정보 탐사현장 활용기술 개발
7	탐사 지하정보 정확도 검증 및 지하정보통합체계 연계 기술 개발
8	실시간 지하공간통합지도 연계 지원서비스 실증

2-10. SWOT 분석

가. SWOT분석

(1) 분석 목적

- 내부환경과 외부환경 요인을 명확히 분석하여 기술개발전략을 수립하기 위한 방향 제시를 목적으로 함

(2) SWOT 분석을 위한 검토자료

- 국내외 동향분석(정책, 시장, 기술, 인프라), 논문 및 특허분석, 전문가 기술수요조사 및 관련 유관기관의 인터뷰 수행 결과를 강점(Strengths), 약점(Weaknesses), 기회(Opportunities), 위협(Treats) 요인에 대하여 환경분석을 수행함
- SWOT분석은 동 기획연구의 내부 연구진 및 외부 자문위원 브레인스토밍을 통하여 도출함

(3) SWOT 분석

- 강점(Strengths)
 - 국가 차원의 3차원 관리 체계 개발을 통해 기반 환경 확보
 - 수년간의 3차원 지하정보 구축 사업을 통한 문제점 및 요구사항 파악 용이
 - 수년간 지하정보 구축을 통한 다수 정보 및 기술 보유
 - 타 기관 데이터 연계 경험 및 기술 보유
 - 초고속유무선 통신망 인프라 확보
 - 굴착공사 안전관리 관련 국산 기술 보유 및 선진국대비 가격 경쟁력(30%우위)
 - 싱크홀 예방대책 등 지하공간통합지도에 대한 정부의 강한 의지
 - 국가차원의 다양한 공간정보를 연계할 수 있는 기반환경 마련
 - 공간정보 처리기술의 고도화

- 연계 데이터 DB 구조 및 업무프로세스 이해도 높음
- 변화객체 탐지 추출을 위한 2D/3D GIS 기술 보유
- 지하공간통합지도 정확도 향상을 위한 측량 기술의 발전

○ 약점(Weaknesses)

- 보안정보라는 특수성으로 인해 다양한 유관기관 및 다부처간 데이터 연계·활용체계 미흡
- 중앙정부, 지자체, 공사, 민간기업 등으로 나누어진 지하시설물 공간정보 관리
- 지하정보 구축 및 관리, 통합 활용을 위한 제도 미비
- 지하구조물에 대한 전산화 및 수시갱신체계 미흡으로 인한 데이터 신뢰도 저하
- 자료갱신을 위한 표준화 방안 부재
- 지하공간정보 자료사전 및 메타데이터 부재
- 지하공간정보 관리기관별 자료 갱신주기, 자료 보유 형태, 객체 식별번호 등이 상이
- 지하공간정보 핵심 개발 인력의 부재
- 지하공간통합지도 정확도 향상 및 적용에 많은 시간 소요
- 현재 보유 기술 활용시 정확도 향상을 위한 많은 비용 필요
- 건설 현장에서 공간정보의 활용 부족과 측량에 대한 인식 결여
- 다양한 정보를 포함한 지하공간통합지도의 중량성

○ 기회(Opportunities)

- 도로·지반침하, 싱크홀 등 안전사고에 대한 국민의 관심 증가
- 국가적인 차원의 지하시설물 관련 국민의 안전한 삶에 대한 관심도 증가
- 지하매설물 관련 사고의 증가에 따른 3차원 지하공간정보 니즈의 지속적 증대
- 4차산업혁명 관련 기술 융복합을 통한 굴착공사 안전관리 시스템 필요성 증대
- 지하시설물 노후화 등에 의한 빈번한 사고발생에 대한 대책 마련의 방안으로 지하공간

통합지도 구축 필요성 증대

- 지하공간정보의 다양한 관리주체 및 제도에 대한 종합적으로 일관성 있는 데이터 관리 필요성 증대
- 지하공간 안전과 관련된 다양한 정보 서비스 제공 필요성 증대
- 지하공간통합지도에 대한 정부의 의지, 민간 수요 증대 등 산업 활성화 환경조성
- 동남아 신흥개발국의 활발한 국토개발을 통해 지하정보 관련 시장 증가 기대
- 지하공간통합지도 정확도 향상 신기술 개발로 신시장 개척

○ 위험(Treats)

- 공간정보산업 및 서비스 변화에 대한 부처간 업무조율 및 협력 부족
- 기관별 상이한 데이터 구축 방법 및 관리 형태
- 해외기업의 집중 투자로 인한 기술력 차이 및 선진국 산업체 기술의 시장선점에 의한 높은 진입장벽으로 세계시장 경쟁력 확보의 어려움
- 고자본 외국 기업의 한국시장 진입
- 급격한 스마트 환경의 변화와 국가의 장기적이고 지속적인 정책 추진에 대한 일관성 부족으로 인한 불확실성
- 원천기술 부족에 의해 대부분의 핵심기술을 해외 기술에 의존
- 지자체 및 유관기관의 지하안전관리 관련 전문성 부족

내부 환경 분석	【 강 점(S) 】	【 약 점(W) 】
	<ul style="list-style-type: none"> - 국가 차원의 3차원 관리 체계 개발을 통해 기반 환경 확보 - 수년간의 3차원 지하정보 구축 사업을 통한 문제점 및 요구사항 파악 용이 - 수년간 지하정보 구축을 통한 다수 정보 및 기술 보유 - 초고속유무선 통신망 인프라 확보 - 굴착공사 안전관리 관련 국산 기술 보유 및 선진국대비 가격 경쟁력(30%우위) - 싱크홀 예방대책 등 지하공간통합지도에 대한 정부의 강한 의지 - 국가차원의 다양한 공간정보를 연계할 수 있는 기반환경 마련 - 연계 데이터 DB 구조 및 업무프로세스 이해도 높음 - 변화객체 탐지 추출을 위한 2D/3D GIS 기술 보유 - 지하공간통합지도 정확도 향상을 위한 측량 기술의 발전 	<ul style="list-style-type: none"> - 보안정보라는 특수성으로 인해 다양한 유관기관 및 다부처간 데이터 연계·활용체계 미흡 - 지하정보 구축 및 관리, 통합 활용을 위한 제도 미비 - 지하구조물에 대한 전산화 및 수시갱신체계 미흡으로 인한 데이터 신뢰도 저하 - 자료갱신을 위한 표준화 방안 부재 - 지하공간정보 자료사전 및 메타데이터 부재 - 지하공간정보 관리기관별 자료 갱신주기, 자료 보유 형태, 객체 식별번호 등이 상이 - 지하공간정보 핵심 개발 인력의 부재 - 지하공간통합지도 정확도 향상 및 적용에 많은 시간 소요 - 현재 보유 기술 활용시 정확도 향상을 위한 많은 비용 필요 - 건설 현장에서 공간정보의 활용 부족과 측량에 대한 인식 결여 - 다양한 정보를 포함한 지하공간통합지도의 중량성
외부 환경 분석	【 기 회(O) 】	【 위 험(T) 】
	<ul style="list-style-type: none"> - 도로·지반침하, 싱크홀 등 지하안전사고에 대한 국민의 관심 증가와 국가적인 차원의 지하시설물 관련 국민의 안전한 삶에 대한 관심도 증가 - 지하매설물 관련 사고의 증가에 따른 3차원 지하공간정보 니즈의 지속적 증대 - 4차산업혁명 관련 기술 융복합을 통한 굴착 공사 안전관리 시스템 필요성 증대 - 지하시설물 노후화 등에 의한 빈번한 사고발생에 대한 대책 마련의 방안으로 지하공간통합지도 구축 필요성 증대 - 지하공간정보의 다양한 관리주체 및 제도에 대한 종합적으로 일관성 있는 데이터 관리 필요성 증대 - 지하공간통합지도에 대한 정부의 의지, 민간 수요 증대 등 산업활성화 환경조성 - 동남아 신흥개발국의 활발한 국토개발을 통해 지하정보 관련 시장 증가 기대 - 지하공간통합지도 정확도 향상 신기술 개발로 신시장 개척 	<ul style="list-style-type: none"> - 공간정보산업 및 서비스 변화에 대한 부처간 업무조율 및 협력 부족 - 기관별 상이한 데이터 구축 방법 및 관리 형태 - 해외기업의 집중 투자로 인한 기술력 차이 및 선진국 산업체 기술의 시장선점에 의한 높은 진입장벽으로 세계시장 경쟁력 확보의 어려움 - 고자본 외국 기업의 한국시장 진입 - 급격한 스마트 환경의 변화와 국가의 장기적이고 지속적인 정책 추진에 대한 일관성 부족으로 인한 불확실성 - 원천기술 부족에 의해 대부분의 핵심기술을 해외 기술에 의존 - 지자체 및 유관기관의 지하안전관리 관련 전문성 부족

(4) SWOT 분석전략

○ SO전략

- 4차산업혁명 관련 기술과 융·복합한 지하공간정보 관련 기술 고도화
- 신흥 개발국가를 대상으로 지하공간정보 기술 수출
- 지하공간정보 관련 기술 개발 및 활용성 확대를 통한 예산 절감
- 지하공간통합지도 표준화 방안 수립으로 자료사전 및 DB 구축 지침 마련
- 2D/3D 공간연산 기법을 활용한 지하정보 변화 객체 자동 탐지 추출
- 공간정보 처리기술의 고도화를 통한 정확도 및 세밀도 개선
- 정부주도의 IT+지하공간정보 융복합 기술개발을 통해 H/W, S/W의 국내 자체 기술력 확보와 관련 산업 육성 추진

○ ST전략

- 기술개발 기반이 취약한 국내 지하공간정보 관련 기업의 R&D 기회 마련
- 모바일 활용 등 국내기술 우위분야를 기반으로 지하공간정보 고도화를 위한 지원책 마련
- 공유 및 협력을 위한 사용자 편의성 및 활용성 강화
- 국내기술 우위분야를 기반으로 지하공간정보 국제표준화 할 수 있는 지원책 마련
- 지하정보 통합 연계 활용을 위해 자료 생성 및 갱신, 자료 처리 등에 대한 법률, 지침 등 제도방안 마련
- 해외시장 진출을 통한 기술투자비용 회수
- 관련 기술의 민간 시장 확대 적용을 통한 기술 수요 증대

○ WO전략

- 지하정보 활용의 다양화를 위한 지하공간정보 유통 활성화 기술 개발 및 지하공간정보 공유 및 활용을 위한 체계 마련
- 지하정보통합관리를 위한 실시간 안전관리 모니터링 기술 개발

- 전 국토의 지하공간통합지도 구축계획과 지속적인 최신성 확보방안 마련
- 국내기술 우위분야를 기반으로 지하공간정보의 국제 표준화 지원책 마련
- 국내외 선진사례 분석으로 지하공간 데이터 검증 기준 마련
- 정부 민간 협력을 통한 지하공간정보의 핵심 개발인력의 육성

○ WT전략

- 3차원 지하공간정보 고도화를 통한 새로운 틈새시장 창출
- 관련 법제도 정비 및 정책의 일관성 추진 환경 마련
- 범정부 차원의 지하공간자료 보유 현황 조사 및 자료 표준화 방안 수립
- 기관별 연계데이터 검증 기술개발과 검증결과에 대한 지속적인 피드백으로 자료 신뢰도 및 정확도 향상
- 관계기관 협력을 위한 운영 및 협력 조직 강화 및 부처간 갈등과 중복성 배제를 위한 상설기구 마련
- 3차원 지하공간통합지도 구축 가속화를 통한 비즈니스 시장창출 기회 활용
- 시장 선점 및 지배력을 높이기 위한 체계적인 기술개발 전략 수립

SO 전략	시너지 창출 전략	WO 전략	보완전략
	<ul style="list-style-type: none"> - 4차산업혁명 관련 기술과 융·복합한 지하공간정보 관련 기술 고도화 - 신흥 개발국가를 대상으로 지하공간정보 기술 수출 - 지하공간정보 관련 기술 개발 및 활용성 확대를 통한 예산 절감 - 지하공간통합지도 표준화 방안 수립으로 자료사전 및 DB 구축 지침 마련 - 2D/3D 공간연산 기법을 활용한 지하정보 변화 객체 자동 탐지 추출 - 공간정보 처리기술의 고도화를 통한 정확도 및 세밀도 개선 - 정부주도의 IT+지하공간정보 융복합 기술개발을 통해 H/W, S/W의 국내 자체 기술력 확보와 관련 산업 육성 추진 		<ul style="list-style-type: none"> - 지하정보 활용의 다양화를 위한 지하공간정보 유통 활성화 기술 개발 및 지하공간정보 공유 및 활용을 위한 체계 마련 - 지하정보통합관리를 위한 실시간 안전관리 모니터링 기술 개발 - 전 국토의 지하공간통합지도 구축계획과 지속적인 최신성 확보방안 마련 - 국내기술 우위분야를 기반으로 지하공간정보의 국제 표준화 지원책 마련 - 국내외 선진사례 분석으로 지하공간 데이터 검증 기준 마련 - 정부 민간 협력을 통한 지하공간정보의 핵심 개발인력의 육성

ST 전략	위험최소화 전략	WT 전략	위험극복전략
	<ul style="list-style-type: none"> - 기술개발 기반이 취약한 국내 지하공간정보 관련 기업의 R&D 기회 마련 - 모바일 활용 등 국내기술 우위분야를 기반으로 지하공간정보 고도화를 위한 지원책 마련 - 공유 및 협력을 위한 사용자 편의성 및 활용성 강화 - 국내기술 우위분야를 기반으로 지하공간정보 국제표준화 할 수 있는 지원책 마련 - 지하정보 통합 연계 활용을 위해 자료 생성 및 갱신, 자료 처리 등에 대한 법률, 지침 등 제도방안 마련 - 해외시장 진출을 통한 기술투자비용 회수 - 관련 기술의 민간 시장 확대 적용을 통한 기술 수요 증대 		<ul style="list-style-type: none"> - 3차원 지하공간정보 고도화를 통한 새로운 틈새시장 창출 - 관련 법제도 정비 및 정책의 일관성 추진 환경 마련 - 범정부 차원의 지하공간자료 보유 현황 조사 및 자료 표준화 방안 수립 - 기관별 연계데이터 검증 기술개발과 검증결과에 대한 지속적인 피드백으로 자료 신뢰도 및 정확도 향상 - 관계기관 협력을 위한 운영 및 협력 조직 강화 및 부처간 갈등과 중복성을 배제하기 위한 상설기구 마련 - 3차원 지하공간통합지도 구축 가속화를 통한 비즈니스 시장창출 기회 활용 - 시장 선점 및 지배력을 높이기 위한 체계적인 기술개발 전략 수립

(5) 시사점

○ 정부의 적극적 협조체계 필요

- 지하안전에 관한 국민적 관심이 증가하고 있으며, 공공적 성격이 강한 지하공간정보를 활용한 안전관리 및 예방으로 사회비용을 절감하기 위해 정부의 지원이 필요함
- 보안데이터로 규정되어 있는 지하공간정보의 연계 및 활용을 위한 정보의 지침 및 법제도 개선이 필요함
- 지하공간의 공공/민간 활용을 위해서는 기존 지하공간정보의 연계 표준화 기술개발이 필요함

○ 시장 성장 가능성 높음

- 3차원 지하공간의 개발 니즈는 높으나 아직까지 시장을 지배할 수 있는 기술력은 부재함
- 시장 선점 및 지배력을 높이기 위한 체계적인 기술개발 전략 수립이 필요함

○ 기술의 융복합 방안 수립

- 지하공간정보의 공동 활용을 위해서는 다양한 IT기술을 접목한 융복합 기술개발과 체계적인 전략 수립이 필요함
- 융복합 기술개발을 통한 H/W, S/W의 국내 자체 기술력 확보와 관련 산업 육성을 위해 법제도 개선 및 보완으로 개발 환경 제약 및 한계점 해결이 필요함

나. Key Word 분석

(1) 분석 목적

- 사회, 기술, 경제, 환경, 정책적 동향분석, 인프라분석, 기술수요조사 등의 분석내용을 대표하는 키워드를 도출함으로써 효과적인 기술개발전략 수립을 위한 방향을 제시함

(2) 분석 방법

- 본 기획연구의 연구진 및 외부 자문위원 브레인스토밍을 통한 사회, 기술, 경제, 환경, 정책, 인프라 및 기술수요조사 결과를 고려한 키워드를 도출함

(3) 분석 결과



다. Issue Tree

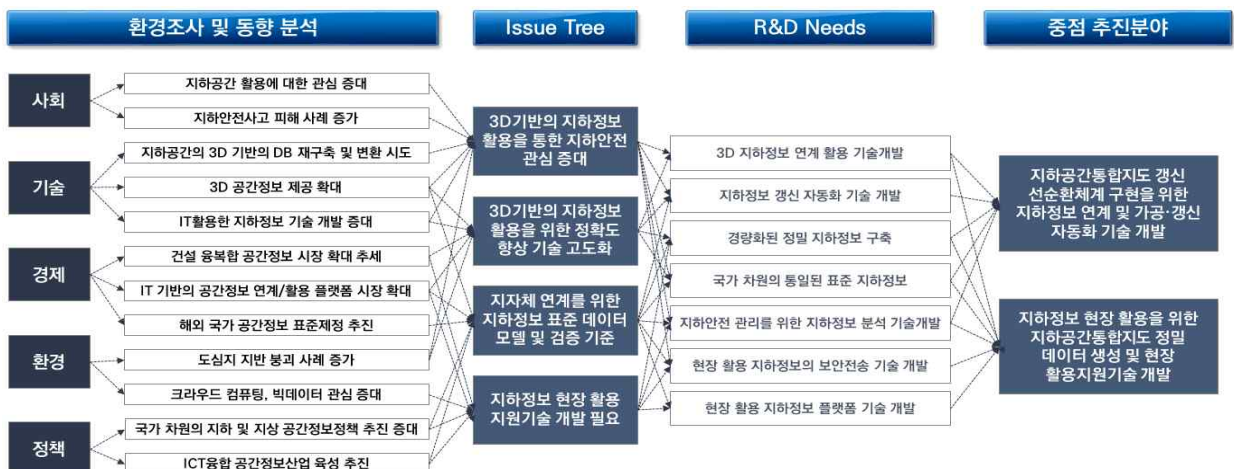
(1) 분석 목적

- SWOT분석 및 Key Word분석을 바탕으로 사업추진방향과 주요 이슈를 도출하고, 이를 바탕으로 비전 및 목표를 달성하기 위한 중점분야 및 주요기술과의 연관관계를 제시함

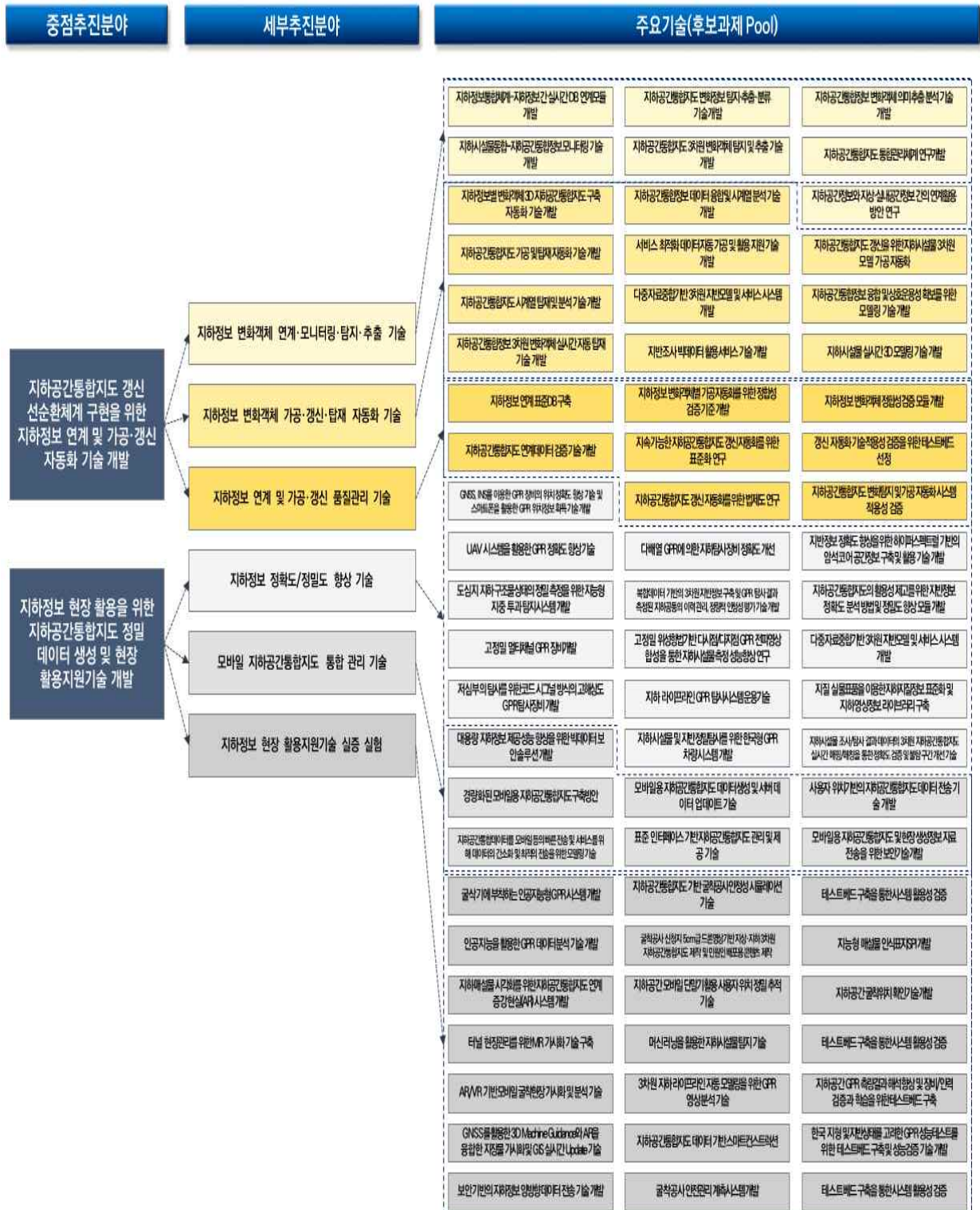
(2) 분석 방법

- 본 기획연구의 연구책임자, 중점분야별 기획위원회 및 자문위원의 브레인스토밍을 통하여 환경조사 및 동향분석 결과, 이슈, 연구개발 필요성을 통해 중점추진분야를 도출하였으며, 도출된 중점추진분야를 기반으로 세부추진분야를 도출하여 조사된 기술수요조사의 주요기술과의 연관관계를 제시함

(3) 환경조사 및 동향 분석 기반의 중점 추진분야 도출



(4) 중점 추진분야에 따른 후보과제 Pool 도출



제3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

3-1. 비전 및 목표

- 본 연구의 비전은 “범부처 정밀 지하공간정보 순환 서비스 체계 실현을 통한 땅 밑 걱정없는 지하안전강국 도약” 으로, 국내외 동향 및 환경 분석 결과를 통해 도출된 지하정보의 높은 개발 니즈와 지하정보의 강한 공공적 성격에 기반하여 다양한 IT 기술을 접목한 융복합 기술 개발과 체계적인 전략 수립을 통해 지하공간정보 시장 선점 및 지배력 제고를 위함
- 본 비전은 정부 및 공공기관 중심으로 구축된 지하정보 활용 및 발전을 통해 지하정보 시장 선점 및 지배력 제고가 목적으로 “소프트웨어 강국, ICT 르네상스로 4차 산업혁명 선도 기반 구축” (전략 33, 미래부)와 “고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성” (전략 34, 산업부, 미래부, 국토부) 전략과 그 맥을 같이함



<그림 3-1> 연구의 비전

○ 본 연구의 비전과 부합하는 범정부 정밀 지하공간정보 순환 서비스 체계 실현 및 지하공간통합지도 기반의 현장 안전관리지원 체계 마련을 목표로 지하공간의 IT융합을 통해 지하공간 활용을 제고하기 위하여 최신 IT 기술 기반의

- 지하공간통합지도 갱신 자동화를 위한 기술
 - 지하공간통합지도의 현장 활용 지원을 위한 기술
- 을 개발하고자 아래와 같은 비전 및 목표를 수립함

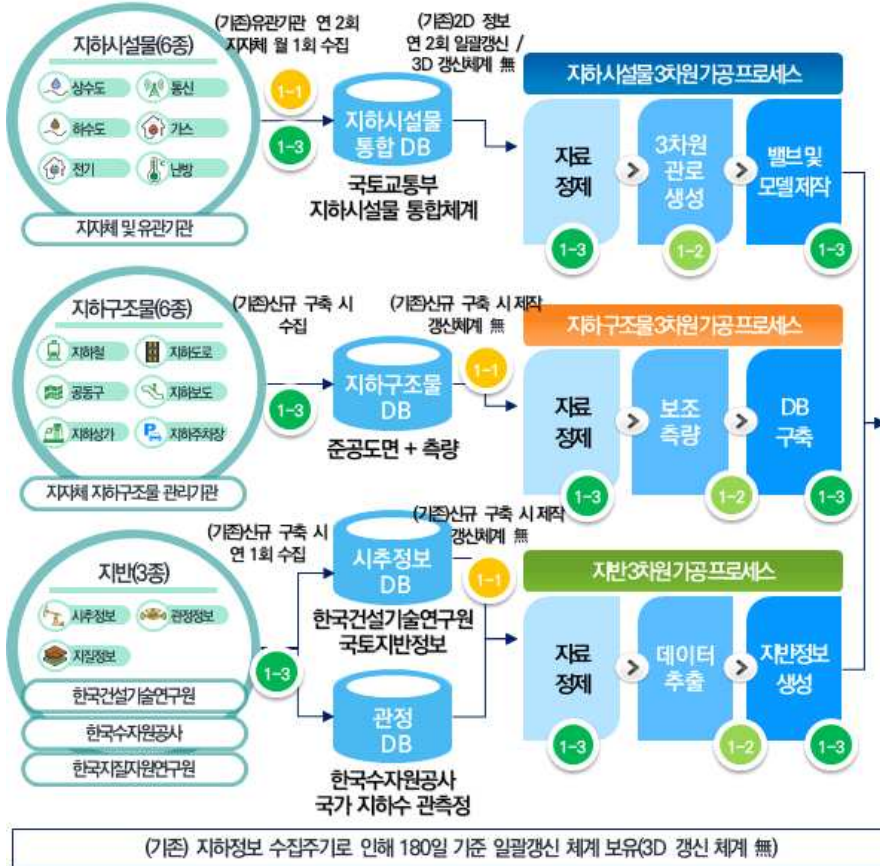


<그림 3-2> 연구의 추진방향

○ 현재 지하공간통합지도는 구축 완료 후 최신 정보를 반영할 수 있는 갱신체계가 없으며, 활용 또한 지자체 담당자의 시스템 활용 및 지하안전영향평가 전문기관 도면 활용에 국한되어 있음

- 지하시설물의 경우 2D 정보가 지자체 및 유관기관에서 수집되어 연2회 일괄 갱신되고 있으나, 180일이라는 갱신주기로 정보의 최신성을 반영하지 못하는 실정
- 본 연구개발을 통해 1일 갱신체계 마련으로 정보의 최신성을 확보하고, 보안이 확보된 모바일 기반의 지하공간통합지도 서비스 모델 개발로 활용성을 극대화하고자 함

지하공간통합지도 구축



지하공간통합지도 활용



- 1-1 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지-추출 기술
- 1-2 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술
- 1-3 지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술
- 2-1 지하정보 정확도 향상 기술
- 2-2 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술
- 2-3 지하정보 현장 실증 실험

<그림 3-3> 지하공간통합지도 구축·활용 프로세스 및 기술 개발 목표

3-2. 중점추진분야 정의 및 후보과제 선정

1. 중점추진분야 정의

가. (1세부) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술

분야	기술 분야	
1. 지하공간 통합지도 갱신자동화 기술	[1-1] 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술	
	목표	지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술은 개발에서는 지하정보 관리기관(지자체, 유관기관)의 지하정보 변동현황(동기화 처리현황, 전송 데이터처리현황 등) 실시간 모니터링 체계를 구축하고, 지하정보(지하시설물, 지하구조물, 지반정보) 별 변동사항을 자동 인지하여 신규, 속성변경, 위상변경, 삭제 등의 변경 유형별로 데이터베이스를 구축할 수 있는 기술 개발을 목표로 함
	[1-2] 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술	
	목표	지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술은 지하정보 변화객체 유형별(지하시설물, 지하구조물, 지반정보)로 지하공간통합지도 생성을 위한 가공 및 지하공간통합지도 서비스를 위한 3D 모델 탑재 자동화 구현을 위한 기술 개발을 목표로 함
[1-3] 지하정보 갱신자동화 품질관리 기술		
목표	지하공간통합지도 데이터의 품질관리 및 신뢰성 제고를 위하여 지하공간통합지도의 표준 데이터 모델, 데이터 정합성 검증 및 품질관리 기술 등의 개발을 위한 지하정보 갱신자동화 품질관리 기술 개발을 목표로 함. 또한, 1세부과제를 통하여 개발된 지하정보 갱신 자동화 기술의 현장 적용성 검증을 통하여 개발 기술의 활용성 및 현장 적용성을 확보하고자 함	

나. (2세부) 지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술

분야	기술 분야	
2. 지하공간 통합지도 현장 활용 지원 기술	[2-1] 지하정보 정확도 향상 기술	
	목표	지하정보 정확도 향상 기술은 정밀 지하시설물 및 지반정보 탐사·정보 구축을 위한 소프트웨어 개발 기술로 지하정보 탐사현장에서 실제 지형(DEM)을 기반으로 한 정밀 3차원 지하정보 위치정보 획득과 인공지능(AI) 기술을 활용한 지하시설물 및 지층 탐사정보를 자동 탐지 및 구축을 지원할 수 있는 기술 개발을 목표로 함
	[2-2] 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술	
	목표	모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술은 최신성 및 정확성이 확보된 지하공간통합지도의 현장 정보제공을 위한 데이터 경량화·정보보안·전송 기술 및 현장에서 생산되는 지하정보 탐사정보의 수집·오류검증 등을 통한 최신 지하정보 업데이트를 지원할 수 있는 기술 개발을 목표로 함
	[2-3] 지하정보 현장 실증 실험	
목표	지하정보 현장 실증 실험은 지하시설물 탐사현장에 대한 3차원 지하공간통합지도 실시간 연계지원 기술을 기반으로 지하시설물정보 탐사영상 분석, 지하시설물 객체 추출, 탐사데이터의 정확도 검증 및 수정 등이 가능한 실시간 지하공간통합지도 연계지원시스템 개발을 목표로 함. 또한, 지하정보 현장을 대상으로 지하정보 정확도 향상 기술, 모바일 지하공간통합지도 통합관리기술, 실시간 지하공간통합지도 연계지원시스템의 서비스 실증실험으로 현장 적용성을 확보하여 연구개발 후 실제 현장에 적용 가능토록 하고자 함	

2. 후보과제 선정

가. (1세부) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술

후보과제명	후보과제 정의
지하정보 취합 및 모니터링 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 지하정보 관리기관별(지자체 및 유관기관) DB관리체계 환경조사 분석 및 연계체계 구축방안 수립 - 관리기관별 이기종 운영환경의 데이터 초기 적재 및 동기화 기술 개발 - 관리기관별 동기화 처리 현황, 전송 데이터 처리 현황 관리 기술 개발 - 지하정보 연계 및 모니터링 SW 개발
지하정보 특성을 반영한 변화객체 탐지·추출기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 지하정보의 변동사항 자동 인지 및 변경유형별(신규/속성변경/위상변경/삭제 등) 데이터베이스 구축·관리 기술 개발 - 지하정보 특성을 반영한 변화객체 탐지·추출 기술 개발 - 지하정보 변화객체 탐지·추출 SW 개발
지하정보 변화객체 가공 자동화 및 정합성 검증 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 지하정보 속성 및 위상 정합성 검증 기준 마련 - 지하정보 변화객체 유형별(지하시설물, 지하구조물, 지반) 3차원 지하공간통합지도 자동 가공 기술 개발 - 기존 지하정보 연계 기반 변경 지하정보의 속성 및 위상 정합성 검증 기술 개발 - 지하정보의 변화객체 가공 및 정합성 검증 현황 관리 기술 개발 - 지하정보 변화객체 3차원 가공 자동화 시스템 개발
지하공간통합지도 3D 모델 자동 탑재 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 인접객체와의 연속성 기반의 가공완료 개별 3D 모델데이터 시스템 자동 탑재 기술 개발 - 지하정보 변화객체에 대한 이력관리 기술 개발 - 지하공간통합지도 3D모델 자동 탑재 SW 개발
지하정보 변화객체 갱신 자동화 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 지하정보 연계·모니터링 모듈 구축 - 지하정보 변화객체 탐지·추출 모듈 구축 - 지하정보 변화객체 3차원 가공 자동화 모듈 구축 - 지하공간통합지도 3D모델 데이터 시스템 자동 탑재 모듈 구축 - 지하정보 변화객체 갱신 자동화 시스템 개발
지하공간통합지도 표준 데이터 모델(안) 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 지하공간통합지도 활용 가능한 지하정보 관련 표준 분석 - 통일된 지하정보를 통한 활용성 제고를 위한 데이터 모델(안) 개발 - 지하공간통합지도 데이터 모델 활용을 위한 법제도(안) 제안
지하정보 갱신 데이터 정합성 검증 및 품질관리 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 2차원/3차원 지하정보 속성에 대한 데이터 정합성 검증 기준 개발 - 3차원 데이터 위상 정합성 검증 기준 개발 - 지하정보 갱신 데이터 정합성 검증 기술 개발 - 지하정보 프로세스별 품질관리 기술 개발
지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 검증	<ul style="list-style-type: none"> - 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 실증 환경 구축 - 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 적용성 검증

나. (2세부) 지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술

후보과제명	후보과제 정의
복합데이터 기반의 지하정보 추출 및 구축 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 지하정보 탐사정보 현장시스템을 통하여 획득된 복합데이터 기반의 3차원 지하정보 클라우드 데이터 생성 기술 개발 - 인공지능(AI) 기술을 활용한 지하정보 클라우드 데이터 내 지하시설물 및 지반정보 추출 기술 개발 - 추출된 지하정보(지하시설물, 지반정보)의 3차원 모델링 데이터 생성·가시화·분석 및 지하정보 활용지원센터로의 정보 전송 기술 개발 - 복합데이터 기반 지하정보 추출 및 구축 시스템 개발
지하정보 정밀탐사 지원 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - GNSS/INS/PDR 융합 처리기술 기반의 지하정보 탐사장비의 끊임없는 연속 정밀 수평위치(X,Y) 획득 기술 개발 - 실시간 UAV 지형(DEM) 측량기술을 활용한 정밀 지표면(Ground) 기반의 정밀 지하정보 심도(h) 획득 기술 개발 - 지하정보 탐사결과의 3차원 가시화 및 분석 기술 개발 - 지하정보 정밀탐사 현장지원시스템 개발
모바일용 지하공간통합지도 구축·전송·보안 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 모바일용 3차원 지하공간통합지도 구축 기술(경량화, LOD구축, 가공 등) 개발 - 모바일용 지하공간통합지도 전송 데이터 암호화 및 고속전송 기술 개발
현장 생성 지하정보 검증 및 지하정보 통합체계 자료 연계 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 모바일 기반의 현장 생성 지하정보 검증 기술 개발 - 모바일 기기를 통한 현장 생성 데이터의 지하정보통합체계 연계 기술 개발
굴착현장 안전지원 통합관리시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 모바일용 지하공간통합지도 구축 모듈 구축 - 모바일용 지하공간통합지도 전송·보안 모듈 구축 - 현장 생성 지하정보 검증 모듈 구축 - 지하정보통합체계 자료 연계 모듈 구축 - 굴착현장 안전지원 통합관리시스템 개발
지하공간통합지도 기반 지하정보 탐사현장 활용기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 무선통신 기반 지하공간통합지도 실시간 연계 기술 개발 - 지하시설물 탐사영상 수집 및 영상 매핑 처리(좌표 및 3D 모델링) 기술 개발 - 현장에서 생성된 실시간 모델링 및 탐사 데이터 센터 전송 기술 개발
탐사 지하정보 정확도 검증 및 지하정보통합체계 연계 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 지하공간통합지도와 탐사 지하시설물정보와의 3차원 매칭 기술 개발 - 탐사 지하정보의 정확도 검증 및 오류 수정 기술 개발 - 지하정보통합체계로의 탐사 지하정보 연계 기술 개발
실시간 지하공간통합지도 연계 지원서비스 실증	<ul style="list-style-type: none"> - 서비스 테스트를 위한 지하정보 탐사현장(지반침하(함몰) 탐사, 지하시설물 탐사 등) 선정 - 실시간 지하공간통합지도 연계지원시스템 서비스 실증

3. 유사과제 분석 및 기존 기술(연구)과의 차별성

가. 유사과제 현황

- 「(1세부)지하공간통합지도 갱신 자동화 기술」, 「(2세부)지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술」에 해당하는 관련 기술 검토

<표 3-1> 지하공간정보 갱신 자동화 및 활용지원 기술 관련 연구

관련 연구명	사업명	총연구기간	연구비(천원)	관련 세부사업
3차원 지하공간통합지도 활용성 제고를 위한 지반정보 정밀도 향상 모듈 개발	국토교통기술촉진연구사업	2016~2017	10,000	1세부
GIS와 BIM을 이용한 지상과 지하의 3차원정보 구축	신진연구자지원사업	2013~2015	152,100	1세부
3D GIS Engine을 이용한 3차원 지하시설물 관리 및 분석 시스템	중소기업기술혁신개발사업	2007	82,000	1세부
전기/전자탐사를 이용한 지하구조의 3차원 진단기술 개발	국가지정연구실사업	2003	330,000	1세부
3차원 GIS 소프트웨어	정보통신원천기술개발사업	2002	1,830,000	1세부
위치기반 공공 지하시설물 정보의 정밀 실세계 영상 정합을 위한 AR 클라우드 플랫폼의 개발	신산업창출을위한SW융합기술고도화사업	2017	586,670	2세부
건설현장 안전관리를 위한 위험요소 감지 및 작업자 무선측위시스템 개발	국토교통기술사업화 지원사업	2016~2017	922,400	2세부
3차원 증강현실기반 고정밀 지하시설물 안전 모니터링 시스템 개발	시스템산업거점기관 지원사업	2016	326,000	2세부
BIM/GIS 기반 건설공간정보 융합기술 개발	한국건설기술연구원 연구운영비지원사업	2013~2016	6,960,200	2세부
3차원 위치인식 및 무선통신 통합기술을 활용한 친환경 지하구조물 건설현장지원시스템 개발	국토교통기술촉진연구사업	2012~2014	858,660	2세부
증강현실 기반의 지리정보시스템 개발	IT협업기술개발사업	2008	220,000	2세부

나. 기존 기술(연구)과의 차별성

<표 3-2> 지하공간정보 정확도 향상 및 활용지원 사업 관련 차별성 검토

관련 세부사업	관련 연구명 또는 기술	주요연구목표	선행과제와의 차별성		
			연구목적	연구방법	연구내용
지하공간통합지도 갱신자동화 기술	3차원 지하공간통합지도 활용성 제고를 위한 지반정보 정밀도 향상 모듈 개발	<ul style="list-style-type: none"> 3차원 지하공간통합지도의 활용성 제고를 위하여 현재 구축되어진 지반정보의 정밀도를 판단할 수 있는 방법론 및 이를 프로그램화할 수 있는 모듈을 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 선행연구는 시추정보 포인트 데이터의 정밀도를 파악할 수 있는 방법 및 모듈 개발을 목적으로 하였으며, 본 연구는 포인트 데이터 뿐 아니라 폴리곤, 폴리라인을 포함한 지하정보의 정확도 개선 및 갱신을 목적으로 하기 때문에 선행연구와 다를 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 선행연구는 시추정보에 대한 포인트 데이터의 정밀도 분석을 수행한 반면, 본 연구는 지하공간통합지도 변화정보 탐지·구축·가공 등 정확도 개선을 포함하여 데이터를 구축하고 모바일, AR 등의 서비스가 가능하도록 활용방법을 사용하므로 차별성을 가짐 	<ul style="list-style-type: none"> 선행연구의 경우 현재 구축되어진 시추정보의 정밀도를 판단할 수 있는 모듈을 개발하는 것이며, 본 연구는 지하공간정보를 활용하기 위해 기존데이터의 신규 갱신 등의 변화를 자동으로 획득하여 새롭게 구축하고 이를 활용하기 위한 모바일, AR등의 서비스를 개발하므로 큰 차이가 있음
	GIS와 BIM을 이용한 지상과 지하의 3차원정보 구축	<ul style="list-style-type: none"> 토목분야에서의 BIM 정착 방안 제시 GIS와 BIM을 융합한 계획단계에서 유지관리 단계까지의 전생애주기 완성 지상/지하의 실내/외 3차원 모델 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 선행연구는 GIS와 BIM을 이용하여 지상과 지하의 3차원 정보를 구축을 목적으로 하였으며, 본 연구는 BIM을 포함한 다양한 공간정보 포맷을 활용하여 3차 	<ul style="list-style-type: none"> 선행연구의 경우 GIS와 BIM의 표준 분석을 통해 데이터 모델링을 수행한 반면, 본 연구는 지하정보의 정밀탐사 지원 기술을 통해 복합데이터를 추출하여 데이 	<ul style="list-style-type: none"> 선행연구의 경우 GIS와 BIM 융합을 위한 데이터 모델링을 수행하여 3차원 데이터 모델을 구축하는 것이며, 본 연구는 지하공간정보의 정확도를 향상시키

			원 지하공간통합지도 데이터 정확도의 향상시을 목적으로 하기 때문에 선행연구와 다름을 알 수 있음	터를 구축하므로 차별성을 가짐	기 위한 복합데이터를 활용하여 새롭게 구축하고 이를 활용하기 위한 모바일 서비스를 개발하므로 큰 차이가 있음
3D GIS Engine을 이용한 3차원 지하시설물 관리 및 분석 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 이기종의 GIS 프로그램에서 GIS DB 를 상호 참조 연계하여 DB를 구축하고, 지상 및 지하공간을 직관적인 3차원 시각화를 제공함으로써 지하 시설 물 자료의 구축 및 검증 Tool로 활용이 가능하고, 3차원의 분석기능을 활용하여 지하시설물 관리 업무와 의사 결정을 지원하는 시스템을 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 본 연구는 지하공간통합지도의 변화정보의 자동화 기술과 이를 모바일과 AR 기반의 활용기술 개발에 목적이 있으므로 차이가 있음 	<ul style="list-style-type: none"> • 선행 연구는 지하시설물 데이터를 단순 3차원으로 구축하여 시각화 시키는 것이며, 본 연구는 기구축 지하공간통합지도의 변화를 자동으로 갱신하는 기술과 구축된 지하공간통합지도를 모바일 및 AR로 구현하는 활용 기술로 범위적 차별성을 가짐 	<ul style="list-style-type: none"> • 지하공간통합지도의 구성요소 중 지하시설물 관리를 위한 시각화에 초점을 맞춘 선행연구와 달리 본 연구는 지하공간통합지도에 포함된 지하시설물, 지하구조물, 지반정보 등 모든 정보의 갱신 및 구축의 자동화를 개발하고 가시화 또한 3D 가아닌 AR 기반의 가시화를 제시하기 때문에 선행연구와 차별성을 가짐 	
전기/전자탐사를 이용한 지하구조의 3차원 진단기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 불규칙한 지표 상태를 정확히 고려한 3차원 전기비저항 토모그래피 방법론, 해석 기술 개발 • 연약지반 또는 지하공동 탐지에 적용, 실용화 - 	<ul style="list-style-type: none"> • 본 연구는 지하공간통합지도의 데이터 정확도 향상을 위한 복합데이터 기반의 지하정보 구축에 목적이 있으므로 차이가 있음 	<ul style="list-style-type: none"> • 선행연구는 지하구조 해석 정확도를 향상시키기 위해 GPR 탐사 시스템을 구축을 목적으로 하였으며, 본 연구는 지하 	<ul style="list-style-type: none"> • 선행연구의 경우 탐사 기술개발을 통해 3차원 지하구조 영상과 물성 영상으로부터 지하암반 특성의 진단기술을 확립. 	

		<p>전자탐사 (EM) 토모그래피 모델링 및 해석 알고리즘 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> • 시추공 레이더 탐사 자료를 이용한 파쇄대 3차원 영상화 기술 개발 		<p>공간통합지도의 데이터 정확도 향상을 위한 복합데이터 기반의 지하정보 구축 및 테스트 검증 기술로 차별성을 가짐</p>	<p>실용화하는 것이며, 본 연구는 지반뿐만 아니라 지하시설물 및 구조물을 포함한 지하공간정보의 정확도를 향상과 이를 활용하기 위한 모바일 서비스를 개발하므로 큰 차별성을 가짐</p>
	3차원 GIS 소프트웨어	<ul style="list-style-type: none"> • 지형지물의 기본적인 3차원 공간정보를 추출하고, 3차원 공간정보의 저장, 검색, 처리, 분석이 가능한 3차원 GIS 핵심 컴포넌트 시제품 개발 • 도시지역 주요 시설물의 3차원 형상정보를 추출하고, 증강현실 환경에서 다차원 지리정보에 대한 동적 모델링이 가능한 3차원 GIS 소프트웨어 개발 • 사용자가 직접 편집, 분석 가능한 가상도시를 이용한 응용 시스템 구축 	<ul style="list-style-type: none"> • 본 연구는 지하공간통합지도의 갱신된 지하정보 자동 가공을 위한 기술개발을 목적으로 하므로 차이가 있음 	<ul style="list-style-type: none"> • 선행연구는 3차원 GIS의 실용화를 위한 시스템을 구축하기 위하여 영상기반의 기술을 통해 시스템 개발을 하였으며, 본 연구는 지하공간통합지도의 갱신 지하정보를 표준화하여 변화객체를 탐지 추출 가공하는 기술을 개발하는 것으로 차별성을 가짐 	<ul style="list-style-type: none"> • 선행연구에서는 3차원 GIS 실용화 시스템을 개발하여 다차원 지리정보를 활용할 수 있는 시스템을 구축하였으며, 본 연구에서는 3차원 지하공간통합지도 갱신 데이터의 탐지 추출 가공 시스템을 통해 자동 갱신 프레임워크를 구축하고 모바일에 적합한 데이터를 생성하므로 차별성을 가짐
지하공간통합지도 현장 활용	위치기반 공공 지하시설물 정보의 정밀 실세계 영상	<ul style="list-style-type: none"> • 위치기반 시설물 2D 데이터의 3D 객체 자동변환 	<ul style="list-style-type: none"> • 본 연구는 건설현장에서의 정밀한 지하 	<ul style="list-style-type: none"> • 선행연구는 시설물의 2D 데이터를 3D 	<ul style="list-style-type: none"> • 선행연구에서는 촬영 위치에 대한 추정

	<p>정합을 위한 AR 클라우드 플랫폼의 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> 클라우드 플랫폼 구축 정밀 실세계 영상 정합 기술 구현 현장작업용 지하시설물 AR 어플리케이션 개발 	<p>시설물, 지하구조물 및 지형 정보를 통합 활용할 수 있는 AR 활용기술 개발을 목적으로 하므로 차이가 있음</p>	<p>객체로 자동변환하는 기술을 개발하였으며, 본 연구는 데이터 수집 및 변환을 자동화 하고 AR을 통한 활용 기술을 개발하는 것으로 차별성을 가짐</p>	<p>통해 위치를 선정하도록 방법과 데이터 2D 데이터의 3D 자동변환하는 방법을 사용하였으며, 본 연구는 지하정보의 연계자동화를 위한 시스템 개발 및 시공현장에서의 활용성을 위한 AR을 기반으로한 활용 방법을 사용하므로 차별성을 가짐</p>
<p>지원 기술</p>	<p>건설현장 안전관리를 위한 위험요소 감지 및 작업자 무선측위시스템 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> 작업자의 위치정보를 위험구역을 포함하는 BIM 정보와 연동하여 즉각적인 시각화 및 위험 관리할 수 있는 모니터링 시스템 개발 건설현장 작업자를 실시간으로 정밀 무선위치추적하여 2D/3D 상에서 작업자의 위치 및 현황, 이력, 검색을 지원하는 응용 Application 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 본 연구는 지하공간 통합지도 변화정보를 탐지·구축 자동화 및 굴착 시공현장안전관리지원 활용 기술을 개발을 목적으로 하므로 차이가 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 선행연구는 건설현장 위험요소를 선정하고 무선위치추적 시스템을 사용하였으며, 본연구는 지하정보통합체계의 모바일 3차원 지하공간통합지도 추출기술을 개발하고, 모바일 전송기술 개발을 통해 건설 시공현장에 모바일 및 AR 장치로 제공하는 방법을 사용하여 차별성을 가짐 	<ul style="list-style-type: none"> 선행연구에서는 BIM 정보와 연동하여 정보를 시각화하고 관리하였다면, 본 연구는 지하공간통합지도를 갱신하고 자동화 하기 위한 기술 개발과 이를 활용하기 위한 AR 활용기술을 개발하는 것으로 차별성을 가짐

<p>3차원 증강현실기반 고정밀 지하시설물 안전 모니터링 시스템 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> 3차원 증강현실기반 지하시설물 현장 안전 지원 시스템을 구축하여 재난사고 예방 및 국민 안전성 강화를 위한 「3차원 증강현실기반 고정밀 지하시설물 안전 모니터링 시스템」 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 본 연구는 지하시설물, 지하구조물, 지반정보 등 모든 지하의 정보를 연계활용을 목적으로 하므로 차이가 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 선행연구는 태블릿을 활용한 증강현실을 활용하여 지하시설물 데이터를 처리하는 방법을 사용하였으며, 본 연구는 지하시설물, 지하구조물, 지반정보의 모든 자료를 자동으로 갱신하고 모바일과 AR을 기반으로 한 활용 기술을 개발하는 방법을 사용하므로 차별성을 가짐 	<ul style="list-style-type: none"> 선행연구는 3차원 증강현실 기반 고정밀 지하시설물 안전 모니터링 플랫폼을 개발을 위해 지하시설물 연계기술 개발 및 모니터링 기술을 개발하는 것이며, 본 연구는 지하시설물을 포함한 지하정보들의 실시간 모니터링 및 데이터 가공 자동화 기술을 개발하고AR을 통한 활용 기술을 개발하는 측면에서 차별성을 가짐
<p>BIM/GIS 기반 건설공간정보 융합기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> BIM/GIS 상호운용 개방형 플랫폼 개발 Infra BIM 정보모델 표준 및 검증 기술 개발 BIM/GIS 플랫폼 기반 건설 프로젝트 관리기술 및 건설공간정보 통합운영 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 본 연구는 지하공간 통합지도 기반의 신규·갱신 데이터의 자동화 및 안전관리지원 활용 기술 개발을 목표로 지하공간통합지도의 자동화와 모바일 및 AR을 통한 활용 지원개발을 하므로 선행연구와 차별성을 가짐 	<ul style="list-style-type: none"> 지하공간통합지도의 구축과 이를 활용한 모바일 및 AR 서비스를 개발하여 현장에서 지하정보를 확인 할 수 있는 기능을 개발하기 때문에 비즈니스 모델 및 사업화 방안을 수립하고 도시운영체계 기술을 구현하는 선행연구와 차별성을 가짐 	<ul style="list-style-type: none"> 선행연구에서는 BIM/GIS 플랫폼 활용 모델 분석과 비즈니스 모델을 개발하고 현장에 적용하는 내용에 이기에 본 연구와 차별성을 가짐

<p>3차원 위치인식 및 무선통신 통합기술을 활용한 친환경 지하구조물 건설현장지원시스템 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 지하구조물 시공시 건설시공 환경에 최적화된 작업자 지원시스템 및 지하구조물 건설 현장지원 시스템 구축 • 위치인식 및 통신이 가능한 차량용 및 작업자용 단말기 개발 • 데이터 및 음성 통신 게이트웨이 기반의 현장서버시스템 • Ubi-GIS 관제 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 본 연구는 지하공간 통합지도를 활용하여 굴착현장에서의 시공 지원을 하기 위해 AR/VR 융합 활용 기술 개발을 목적으로 하므로 위치기반의 단말기 개발 및 구조물 건설현장에 제한된 선행연구와는 차별성을 가짐 	<ul style="list-style-type: none"> • 지하공간통합지도를 활용하기 위한 AR/VR 융합 활용 기술을 개발하기 위하여 현장에서 사용가능한 모바일 활용 가능 시스템을 개발하는 것이므로 작업자 단말기 및 유비쿼터스 환경에서만 활용 가능한 선행연구와 차별성을 가짐 	<ul style="list-style-type: none"> • 선행연구는 작업자의 위치정확도를 확보하기 위한 무선통신 기술을 통해 지하구조물 현장 지원 시스템을 개발하는 것이며, 본 연구에서는 지하공간통합지도의 데이터를 활용하여 AR/VR 활용 지원 기술을 개발하여 안전관리 지원 시스템을 개발하는 것이므로 본 연구와 차별성을 가짐
<p>증강현실 기반의 지리정보시스템 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 증강현실을 이용하여 가스관 및 상하수도, 통신관로 등의 지하시설물에 대한 공간정보와 속성정보를 현장에서 확인할 수 있는 제품 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 본 연구는 지하공간 통합지도 변화정보 탐지·구축 및 굴착시공현장 안전관리지원 활용기술 개발이 목적이므로 차별성을 가짐 	<ul style="list-style-type: none"> • 선행연구에서는 증강현실에 대한 기술 분석 및 시제품 제작 등의 방법을 사용하였으며, 본 연구는 지하공간통합지도 탐지·구축 자동화를 위한 방법 및 활용성 측면에서 모바일 및 VR 기능을 사용한 것이므로 연구 방법에 차별성을 가짐 	<ul style="list-style-type: none"> • 선행연구에서는 증강현실을 기반으로 한 지리정보시스템을 개발하는 인프라 개발과 관련된 연구로, 본 연구에서는 지하공간통합지도의 자동화 갱신·구축개선행방안을 제시하며, 증강현실을 활용하여 안전관리를 지원하고자 하는 측면에서 차별성을 가짐

다. 기존 기술(연구)과의 차별성 검토 결과

(1) (1세부) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술

- 3차원 지하공간의 변화정보 갱신 및 구축 연구사업의 경우 실제 활용 가능한 3차원 통합 지하공간 활용 시스템이 존재하지 않아 관련된 연구 분야가 미약
 - 지하공간통합지도는 지하공간에 대한 안전관리 필요성을 대두로 범정부 차원의 지반 침하예방대책 수립('2014.12')에 따라 2015년부터 추진되었으며, 현재 국가보안정보인 지하정보를 통합관리하는 유일한 시스템임
- 3차원 지하공간데이터는 굴착현장에서 사용되기 때문에 최신성과 정확성이 보장되어야 안전관리가 가능하므로 3차원 공간정보의 저장, 검색, 처리, 분석 외 변화객체의 탐지·추출·가공을 위한 연구진행 필요

(2) (2세부) 지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술

- 지하공간 안전관리 및 현장지원 기술 연구는 2008년부터 모바일 단말기를 활용한 현장지원 기술 연구사업으로 꾸준히 진행되고 있으나, 지하공간 3차원 데이터 확보 및 보안정보의 통합 관리 시스템 구축의 어려움으로 실용화된 연구결과가 미흡
- 기존에는 안전사고 방지를 위한 모바일 기기 기반의 위치 정확도 고도화 및 새로운 응용프로그램 개발에 연구초점을 맞추었지만, 최근에는 실제 현장에서 사용 가능한 데이터를 확보하여 최신기술을 융합 활용 가능한 실용화 기술 개발 연구 시작

3-3. 핵심요소기술(CTE) 선정

○ 본 과제추진을 위해 필요한 핵심기술요소(CTE)도출을 위한 체크리스트 선정

<표 3-3> 핵심기술요소(CTE) 도출을 위한 체크리스트

항목번호	체크리스트
1	이 기술이 사용요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?
2	해당기술을 개발하거나 시연하는데 중대한 (실패)위험이 예상되는가?
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)선정을 위한 후보 도출

<표 3-4> 핵심기술요소(CTE) 후보

No.	CTE명
후보1	지하공간통합지도 정확도 향상 기술
후보2	지하공간통합지도 민간분야 서비스 플랫폼 개발
후보3	2D 도면정보 및 속성정보 기반의 3D 지하공간정보 구축 기술
후보4	지하공간통합지도 갱신 자동화 기술
후보5	지하구조물 및 지반침하 안전관리 기술
후보6	지하공간통합지도 기반의 지진재해 대응 기술
후보7	지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술
후보8	지하공간통합지도 활용 확대 및 보안강화를 위한 법제도 개선방안 연구

○ 후보 항목 중 핵심기술요소(CTE) 선정

<표 3-5> 핵심기술요소(CTE) 선정

체크리스트	후보 1	후보 2	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) 선정여부	×	×	

후보 3	후보 4	후보 5	후보 6	후보 7	후보 8	비고
○	○			○		반드시 충족
						하나 이상 충족
	○		○	○		
○						
	○	○	○	○	○	
×	○	×	×	○	×	

○ 핵심기술요소(CTE) 목록 및 최종 TRL

<표 3-6> 핵심기술요소(CTE) 선정 목록 및 TRL

CTE	유형*	CTE명	최종 TRL
1	소프트웨어	지하공간통합지도 갱신 자동화 기술	6
2	소프트웨어	지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술	5

○ 기술성숙도(TRL) 단계별 목표

<표 3-7> 기술성숙도(TRL) 단계별 목표

연구과제명	지하공간통합지도 갱신 자동화 및 굴착현장 안전관리지원 기술 개발	유형	소프트웨어			
			시제품 제작 및 시연	현장적용	제품화/실용화	
프레임워크	선행단계					
마일스톤	현재 TRL	마일스톤 목표 TRL				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도 (종료)	
마일스톤 일정	'19	'20	'21	'22	'23	
CTE No.	기술명					
CTE 1	지하공간통합지도 갱신 자동화 기술	2	2	3	5	6
CTE 2	지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술	1	1	2	4	5

3-4. 연구개발 과제 구성

이슈	원인	해결방안	중점추진분야	기술목표	사업목표	
<ul style="list-style-type: none"> 갱신주기 180일 이상 갱신 비용 과다 발생 	<ul style="list-style-type: none"> 데이터 표준 부재 통합연계시스템 부재 갱신된 데이터를 파악할 수 없어 전체 데이터를 반복적인 재 구축 3D 가공 시 매번 전체 데이터에 대해 반복 수행 및 일부 공정 수작업 처리 	<ul style="list-style-type: none"> 지하정보 관리를 위한 표준 데이터 모델 개발 통합연계 SW 개발 변화정보 탐지·추출 및 3차원 가공 자동화 SW 개발 	01 갱신 자동화 기술	<ul style="list-style-type: none"> 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술 개발 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 지하정보 갱신자동화 품질관리 기술 	<ul style="list-style-type: none"> 변화객체 자동 탐지·추출 98% 이상 (연계 및 모니터링 SW) 변화객체 자동 가공·갱신 98% 이상 (3차원 자동 가공 SW) 표준 데이터 모델(2건) 변화객체 정확성 검증 기준 (3종) 	<ul style="list-style-type: none"> 지하공간 통합지도 최신성 확보 (1 day)
<ul style="list-style-type: none"> 지하정보 활용성 저하 지하안전사고 급증 	<ul style="list-style-type: none"> 다수의 불탐구간, 오래된 DB 등에 따른 정확도 저하 국가보안데이터로 데이터 활용방안 부재 종이도면 제공으로 활용 제약 현장 활용 기술 부재 	<ul style="list-style-type: none"> 3차원 지하정보 데이터 정확도 확보 기술 개발 모바일용 지하공간통합지도 구축 기술 개발 지하정보 활용지원센터 기반의 및 제공체계 마련 	02 현장 활용 지원 기술	<ul style="list-style-type: none"> 지하정보 정확도 향상 기술 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술 지하정보 현장 실증 실험 	<ul style="list-style-type: none"> 지하정보 정확도 30% 향상 경량화 20% 10G 전송속도 보장 (모바일 지하공간통합지도 구축 및 관리 SW) 데이터전송 안정성 확보 (99.9%) 현장 활용지원 모델(2종) 	<ul style="list-style-type: none"> 지하공간 통합지도 정확도 확보 (30% 향상) 현장 활용지원 모델 개발 (2종 이상)

<그림 3-4> 지하공간통합지도 갱신 자동화 및 활용 지원기술 개발 목표

○ 지하공간통합지도의 변경 사항을 신속히 탐지하여 변화가 탐지된 부분에 대해서 통합 지도를 자동으로 구축할 수 있는 기술과 실제 굴착현장에서 지하공간통합지도를 활용하여 현장관계자가 입체적으로 바로 확인하면서 작업할 수 있는 활용 지원 기술의 확보가 필요함

- 본 기획연구에서는 [지하정보 갱신 자동화 기술 개발] , [지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술 개발] 의 2개 세부과제로 제안

<표 3-8> 연구개발 과제 구성도

구분	과제명
연구단 총괄	지하공간통합지도 변화정보 탐지·구축 자동화 및 지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술 개발
1세부 과제	지하공간통합지도 갱신 자동화 기술
1-1 (공동)	지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술
1-2 (공동)	지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술
1-3 (공동)	지하정보 갱신자동화 품질관리 기술
2세부 과제	지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술
2-1 (공동)	지하정보 정확도 향상 기술
2-2 (공동)	모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술
2-3 (공동)	지하정보 현장 실증 실험

3-5. 세부과제별 주요내용 및 추진전략

1. (1세부) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술

가. 연구개발 목표

세부과제의 개념	<ul style="list-style-type: none"> - 지자체 및 유관기관에서 산재되어 관리되고 있는 15종(지하시설물 6종, 지하구조물 6종, 지반정보 3종)에 대한 통합·연계체계를 마련 - 통합된 지하정보의 변화정보를 자동으로 탐지·추출하여, 추출된 변화정보만을 이용한 3차원 지하공간통합지도 자동갱신 기술
세부과제의 범위	<ul style="list-style-type: none"> - 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술 개발 - 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 개발 - 지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술 개발
기술 개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> - 관리기관별로 산재되어 관리되고 있는 지하정보의 통합하고, 변화정보를 신속하게 탐지하여 3차원 지하공간통합지도를 자동으로 구축하여 제공하는 순환체계 구축

나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

(1) 연구개발 필요성

- 정부에서는 지하안전관리의 강화를 목표로 한 「지반침하 예방대책」의 일환으로 땅 속 정보를 한 눈에 볼 수 있는 3차원 기반 지하공간통합지도를 구축 추진 중이며, 각 지하공간정보의 신속하고 정확한 갱신 및 제공의 중요성이 높아지고 있음
 - 국토교통부는 2015년부터 산재되어 관리되던 15종(지하시설물 6종, 지하구조물 6종, 지반 3종)의 지하정보를 통합하여 3차원 지하공간통합지도 구축사업을 추진 중
 - 무분별한 지하개발과 지하시설물의 노후화로 지반침하가 발생하고 있으나, 개별 기관에서 2차원 정보 형태의 산재된 정보만으로는 지하공간의 입체적 분석이나 종합적인 현황을 파악하지 못하는 한계 극복 가능
- 이처럼, 통합된 3차원 지하공간통합지도는 산재되어 있는 지하정보의 통합관리 및 3차원 서비스 제공으로 관련 행정업무 지원 및 입체적 지하공간 활용계획 수립에 활용이 가능함. 따라서 이러한 지하공간통합지도의 활용성을 보장하기 위해서는 다양한 지하공간정보의 정확/정밀도 확보와 더불어 지하공간통합지도 유통체계의 한계성(정확성, 신속성, 활용성 등) 극복이 무엇보다 우선되어야함
 - 또한, 굴착공사 전에 수행되는 지하안전영향평가(지하안전영향평가, 지반침하위험도 평가 등) 관련 행정업무 추진을 위한 기초자료 제공하여 국가적 차원에서 추진되는 지하공간 안전관리 계획 및 대규모 지하공간 활용계획 수립 등에 기초자료로 활용 가능

- 그러나, 관리기관(지자체 및 유관기관)별로 구축 및 관리되고 있는 지하정보의 경우 변경된 정보만을 구분하여 관리하고 있지 못하여 변경된 지하정보의 신속한 갱신 및 제공이 어려운 실정임
 - 따라서, 각 관리기관별로 산재되어 관리되고 있는 지하정보의 신속한 통합 및 지하정보에 대한 변화정보를 신속하게 탐지하여 변화가 탐지된 부분에 대해서 3차원 지하공간통합지도를 자동으로 구축하여 제공하는 순환체계 구축 마련이 시급함
- 초연결 지하공간정보 순환 서비스체계 실현의 기반이 되는 신속하고 정확한 3차원 지하공간통합지도 구축 기술 개발 필요
- 관련부서 및 유관기관이 보유한 지하정보의 연계기술, 지하정보의 변화 모니터링 및 변화탐지 기술 개발로 지하정보의 최신성 확보
 - 변화탐지된 지하정보만을 이용하여 자동으로 3차원 지하공간통합지도 가공 기술개발을 통한 업무효율성 증대

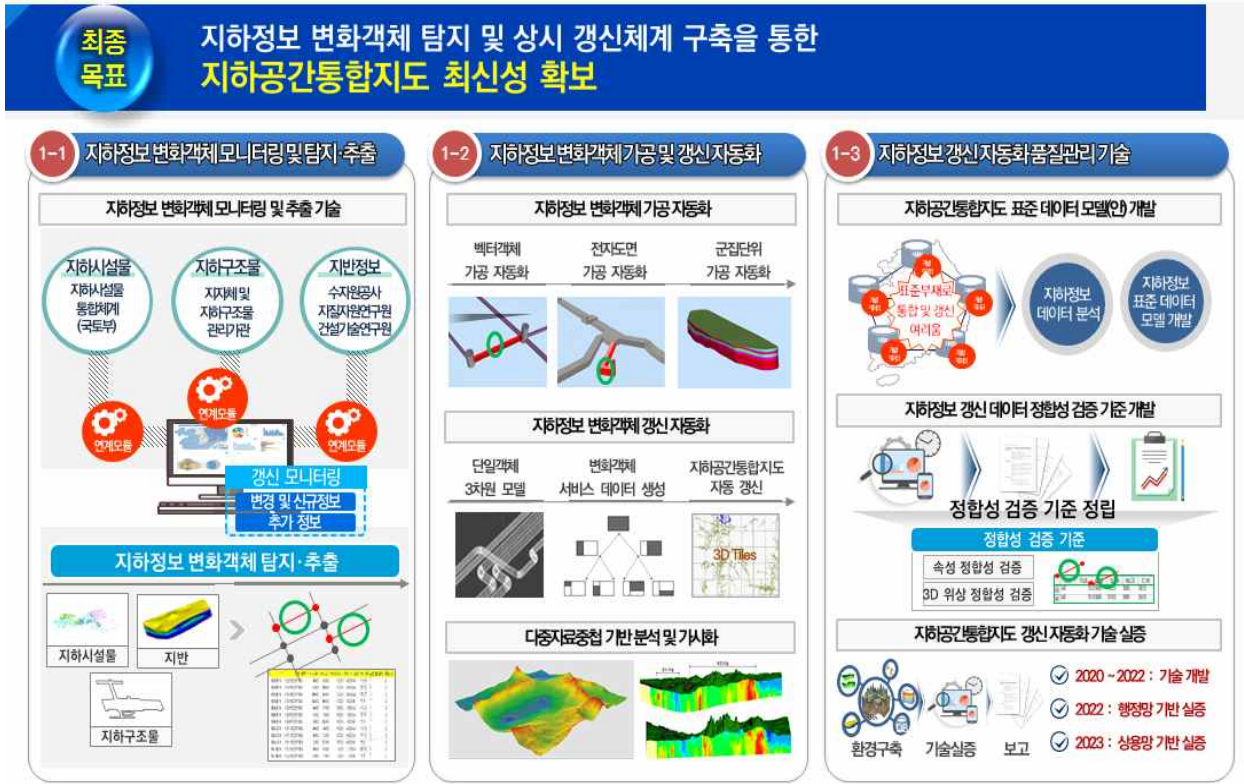
<표 3-9> (1세부) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술의 필요성

구분	기존 지하공간통합지도 구축 사업	지하공간통합지도 갱신 자동화 기술
생산	- 지자체(상·하수) 및 유관기관(전기, 통신, 난방, 가스)에서 지하정보(도면, 속성)를 생산 및 관리	-
취합	- 기존 지하공간통합지도 수작업 갱신으로 최신성 확보 미흡 - 생산기관에서는 지하공간정보의 변경정보를 구분하여 관리하지 못하고 있기에 신속한 갱신 및 제공이 어려움 - 갱신된 데이터만 수집할 수 없고 전체 데이터를 수집하여 재구축함에 따라 업무적 비효율 및 추가 비용 발생	- 관련부서 및 유관기관이 보유한 지하정보의 연계체계 확보 - 지하공간정보의 변화 모니터링 및 변화 탐지 기술 개발로 최신성 확보
가공 및 갱신	- 2차원 형태의 지하공간정보의 3차원 가공 시 매번 전체 데이터에 대한 반복적 일괄 가공을 수행중이며, 일부 공정의 경우 수작업 필요 - 지하정보 관리기관이 제공 가능한 데이터의 지하공간통합지도 구축 시 많은 시간과 인력, 비용이 소모되며 이로 인해 데이터 최신성과 활용성이 저하됨	- 변경이 탐지된 지하정보만을 3차원으로 자동 가공, 검증 및 탑재할 수 있는 기술 개발을 통해 업무효율성 증대

(2) 정부지원 필요성

- (지하안전관리에 관한 특별법 대응 필요) 노후화되고 있는 지반/지하공간 인프라 전반에 대한 체계적이고 종합적인 기술개발 지원 필요
 - 「지하안전관리에 관한 특별법」에서 언급하고 있는 지하안전영향평가(지하안전영향평가, 지반침하위험도평가 등)를 객관적이고 체계적으로 수행하기 위해서는 정부 주도의 연구 개발 투자가 필요
 - 지반/지하안전기술은 사회적 재난을 예방하고 국내 안전기술수준 향상 및 사회 손실비용 저감을 위한 공공성이 강한 연구 개발 사업으로 정부의 선도적인 연구개발 투자 필요
- 정부가 구축·보급 중인 지하공간통합지도의 최신정보를 신속히 제공하고 지하안전사고 예방에서 지하공간통합지도 활용기술은 정부지원으로 추진이 반드시 필요
 - 정부에서는 지하안전관리의 강화를 목표로 한 지반침하예방대책의 일환으로 땅속 정보를 한 눈에 볼 수 있는 지하공간통합지도 구축 추진 중임
 - 지하공간정보 관리기관별 데이터 표준 및 형식, 갱신 방법 등 많은 부분이 상이하기 때문에 체계적인 데이터 연계 및 통합관리를 위해 부처 간 협력을 위한 정부의 적극적인 지원이 필요
 - 지하공간통합지도의 신속·정확한 순환 서비스체계 구축 및 지하안전사고 예방에서의 지하공간통합지도 활용지원 기술개발은 필수적으로 요구되며, 연구개발의 성공 및 현장적용을 위해서는 정부지원이 반드시 필요
 - 특히, 지하공간정보 대부분이 보안데이터로 규정되어 있고 공공분야에서의 활용성이 높아 정부주도의 서비스체계 구축 추진이 필요함
- (기술수준 향상 및 미래시장 수요에 대응을 위한 전략적 투자 필요) 선진국 대비 열위에 있는 지반/지하안전기술 수준('16년 기준 56~73%) 향상을 통한 경쟁력 확보가 요구되며, 지반/지하안전 시장 성장에 선제적으로 대응하기 위한 투자 필요
 - 지반/지하안전기술의 세계 최고 국가 대비 국내 수준은 2016년 기준 56~73%, 미국, 일본 등의 선진국과의 기술격차는 3.6~6.2년
 - 재난재해 유형·관리 단계에 따른 사업별 예산현황 (2010~2014) 분석 결과, 건설기술은 사전단계 (예방, 대비)에 대한 투자가 이루어지고 있으나, 대응 및 복구 분야에는 투자 규모가 미약(2015 국가연구개발사업 특정평가보고서, 재난재해사업군, 한국과학기술기획평가원(2015.9))

다. 연구개발 내용

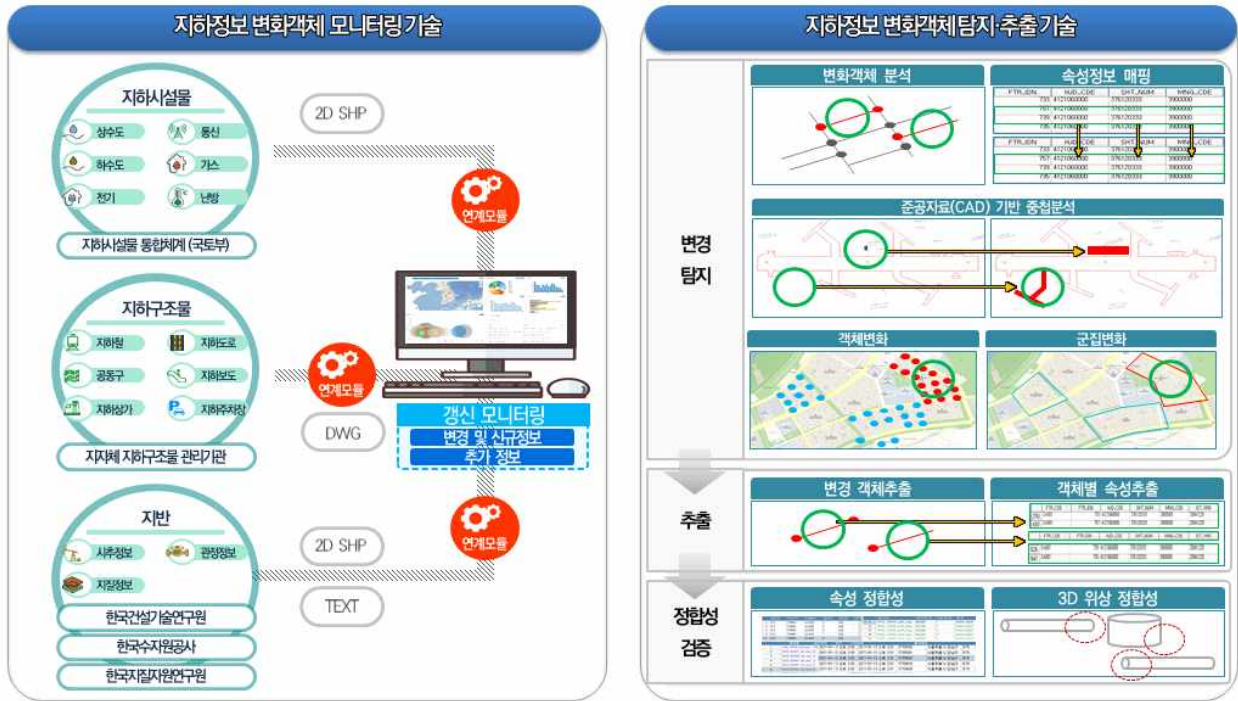


<그림 3-5> (1세부) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 개념도

<표 3-10> (1세부) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 주요 내용

세부과제명	지하공간통합지도 갱신 자동화 기술	
	기술명	주요 내용
구성기술	지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술 개발	- 산재되어 관리되고 있는 지하정보에 대한 통합·연계 및 모니터링 체계를 구축하고, 지하정보(지하시설물, 지하구조물, 지반정보)별 변동사항을 자동 인지하여 탐지·추출 하는 기술
	지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 개발	- 지하정보 변화객체 유형별(지하시설물, 지하구조물, 지반 정보)로 지하공간통합지도 생성을 위한 3차원 가공 및 서비스를 위한 3D 모델 탑재 자동화 구현을 위한 기술
	지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술	- 지하공간통합지도 갱신 자동화를 위한 지하공간통합지도의 표준 데이터 모델 개발 및 데이터 정합성 검증 기준 개발로 데이터의 신뢰성을 제고 - 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술의 즉시적인 적용을 위해 연구단 성과물의 현장 적용성 검증을 위한 기술

(1) (1-1세부) 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술 개발
 (가) 기술 개요



<그림 3-6> (1-1세부) 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술 개념도

- (배경) 지하정보 보유기관이 제공하는 전체데이터를 지하공간통합지도 구축 시 많은 시간과 인력, 비용이 소모되며 이로 인해 데이터 최신성과 활용성이 저하됨. 이러한 문제점을 해결하기 위해 기관별 데이터를 실시간 연계하여 모니터링하고, 자동으로 변화객체만 탐지·추출하는 기술 개발이 필요
- (목적) 지하공간통합지도의 변경사항 모니터링 기술과 변화객체를 탐지하고 추출할 수 있는 기술을 개발하여, 유관기관으로부터의 지하정보 통합 및 변화객체 탐지·추출함으로써 지하공간통합지도의 최신성 확보

(나) 기술 내용

- 지하정보 변화객체 모니터링 기술 개발
 - 15종(지하시설물 6종, 지하구조물 6종, 지반정보 3종)의 지하정보 관리기관별(지자체 및 유관기관) DB관리체계 환경을 분석하여 관리기관별 최적의 연계방안 수립
 - 3차원 지하공간통합지도DB 유지관리에 필요한 지하정보 도형 및 속성정보를 관리기관으로 부터 복제하여 데이터베이스에 동기화할 수 있는 연계 기술 개발
 - 지하정보별 전송 데이터 처리 현황 및 동기화 처리 현황 모니터링 기술 개발

○ 지하정보 변화객체 탐지·추출 기술 개발

- 지하정보의 변동사항을 자동 인지하여 변경유형별(신규/속성변경/위상변경/삭제 등)로 데이터베이스화 가능한 변화객체 관리 기술 개발
- 벡터 공간분석, 준공자료(CAD) 기반 중첩분석, 군집변화 분석 등 지하정보 특성을 반영한 변화객체 탐지 및 추출 기술 개발
- 변동사항이 탐지·추출된 지하정보 변화객체에 대한 정합성 검증

(다) 기술 미래상



○ 지하정보 변화객체 모니터링 기술 개발

- (As-is) 관리기관별 지하정보에 대해 비정기적인 수작업을 통한 지하정보 확보로 3차원 지하공간통합지도의 최신성 결여
- (To-Be) 지하정보 연계 체계 확보에 따른 변화정보 발생 시 신속한 통합으로 3차원 지하공간통합지도의 최신성 확보

○ 지하정보 변화객체 탐지·추출 기술 개발

- (As-is) 지하정보의 변화정보 관리 부재로 전체 데이터를 비정기적으로 수집하여 반복 구축하여 많은 인력, 비용, 시간 소요
- (To-Be) 지하정보 변화객체의 탐지 및 추출 기술을 활용하여 변경된 부분만을 가공할 수 있는 기반을 마련하여 업무 효율성 증대

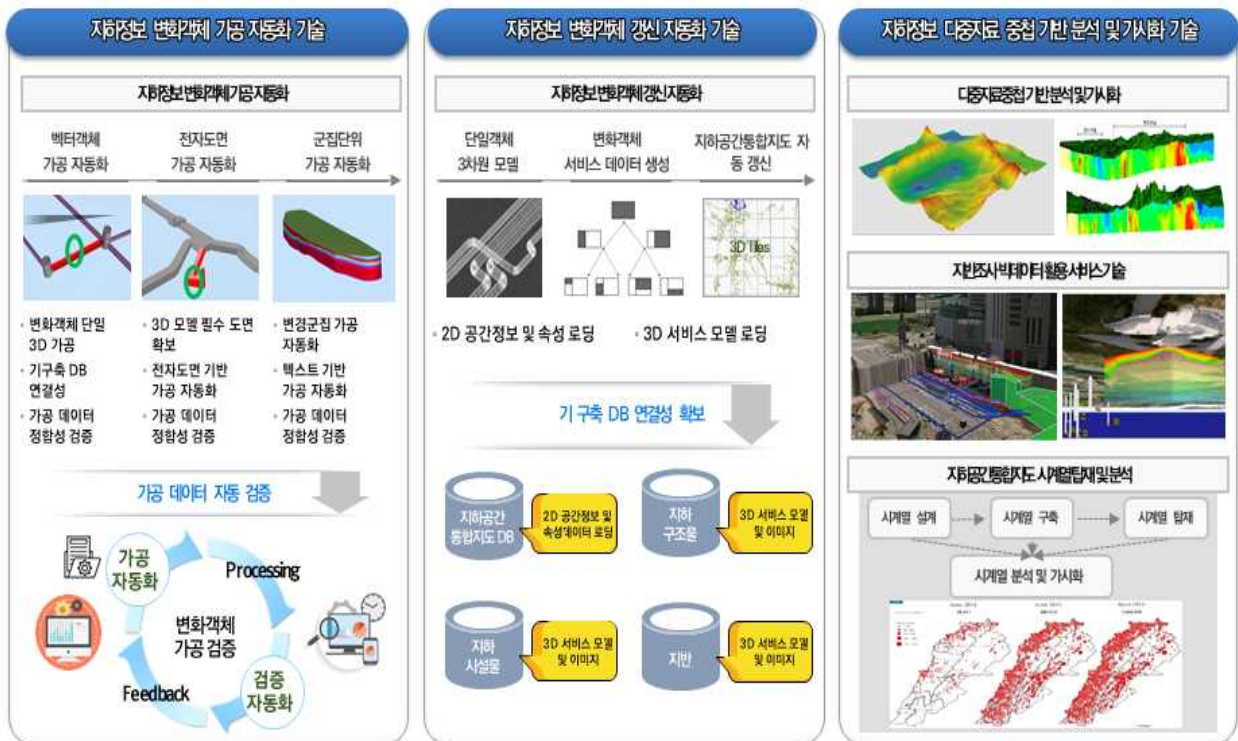
<표 3-11> (1-1세부) 지하정보 변화객체 모니터링 탐지·추출 기술 미래상

구분	As-Is	To-Be
지하정보 변화객체 모니터링 기술 개발	 <p>“변경 정보와 신규정보에 대한 구분 어려움” “지하정보 관리기관의 실시간 DB 취합체계 부재” “관리기관별 지하정보 변동 현황 파악 불가”</p>	 <p>DB 관리체계 환경조사 연계 체계 구축 통합 DB 시스템</p> <p>모니터링 지하시설물, 지하구조물, 지반 지하정보 갱신 모니터링 변경 및 신규정보 추가 정보</p>



(2) (1-2세부) 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 개발

(가) 기술 개요



<그림 3-7> (1-2세부) 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 개념도

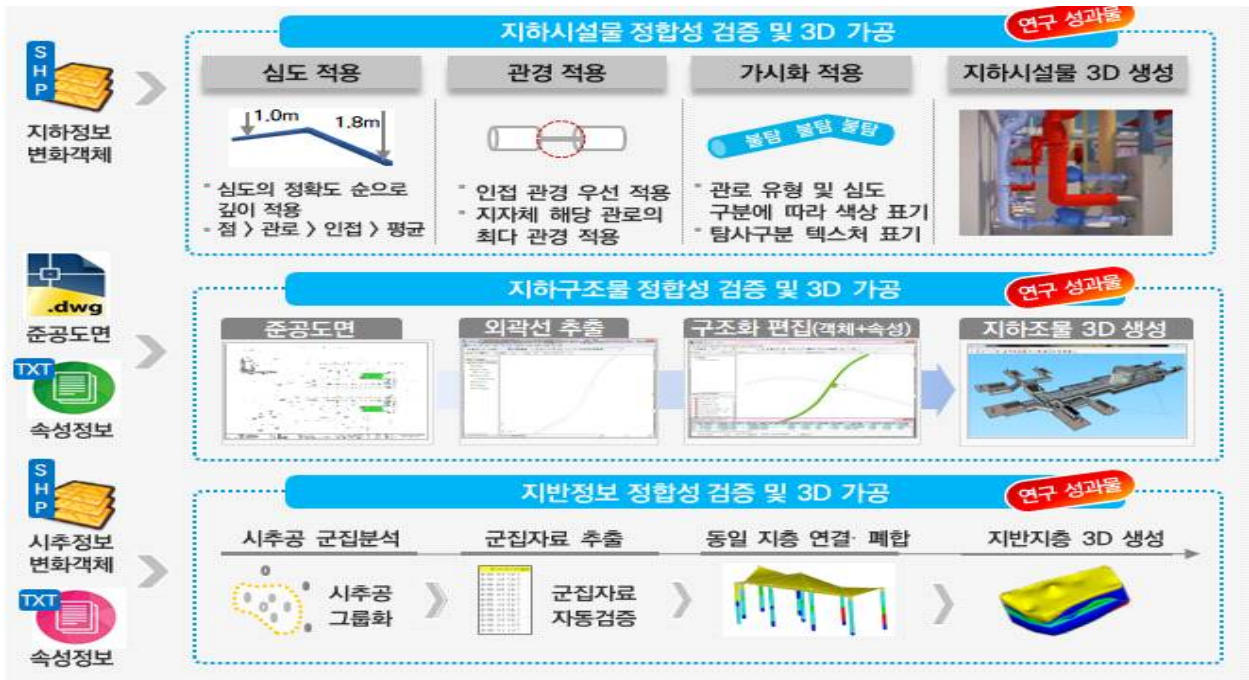
- (배경) 지하정보 변화객체 유형별(지하시설물, 지하구조물, 지반정보) 지하공간통합 지도 생성과 수작업이 필요한 갱신 프로세스의 비용 및 시간 절감을 위하여 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 개발이 필요

- (목적) 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 개발을 통한 지하공간통합지도의 3차원 가공 및 시스템 탑재 자동화로 갱신 비용 및 시간 절감

(나) 기술 내용

○ 지하정보 변화객체 가공 자동화 기술 개발

- 지하정보 유형별(지하시설물(Shape+속성), 지하구조물(CAD+속성), 지반(군집분석) 변화객체를 이용한 3차원 가공 자동화 기술
- 기존 지하공간통합지도 연계 기반 변경 지하정보 위상 정합성(단독관로, 지상위 관로, W형관로 등 오류) 검증 기술
- 지하정보 변화객체의 3차원 가공 및 정합성 검증 현황 관리 기술



<그림 3-8> 지하정보 변화객체 가공 기술 개념도

○ 지하정보 변화객체 갱신 자동화 기술 개발

- 가공 완료된 개별 3차원 모델을 활용한 서비스 데이터 생성 및 자동 탑재 기술 개발
- 기 구축 3차원 지하공간통합지도B와의 연결성 확보를 통한 갱신 기술 개발
- 지하정보별 변화객체의 갱신 이력 및 현황 관리 기술 개발



<그림 3-9> 지하정보 변화객체 갱신 자동화 기술 개념도

○ 지하정보 다중자료중첩 기반 분석 및 가시화 기술 개발

- 지하공간통합체계를 통하여 지속적으로 구축되는 3차원 지반모델 및 지반조사 빅데이터 정보를 지하안전사고 예방에 활용이 가능한 활용 서비스 기술 개발
- 다양한 지하정보를 중첩하고 시각화 및 분석을 통해 굴착공사 전에 수행되는 지하안전 영향평가(지하안전영향평가, 지반침하위험도평가 등)에 활용 가능한 기술 개발
- 3차원 지하공간정보의 변화정보를 시계열로 확인할 수 있는 탑재알고리즘 및 모듈 개발
- 시간의 흐름에 따른 3차원 지하공간통합지도의 시계열 가시화 및 분석 기술 개발

(다) 기술 미래상

○ 지하정보 변화객체 가공 자동화 기술 개발

- (As-Is) 2차원 형태의 지하정보의 3차원 가공 시 매번 전체 데이터에 대해 반복적으로 수행중이고 일부 공정의 경우 수작업 처리
- (To-Be) 변화정보만을 이용한 지하정보의 3차원 자동 가공 수행

○ 지하정보 변화객체 갱신 자동화 기술 개발

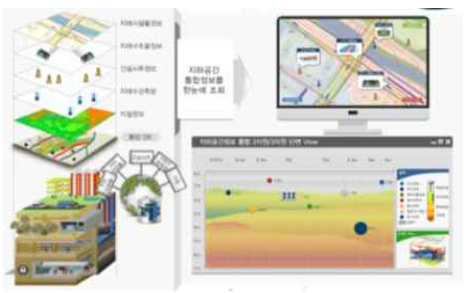
- (As-Is) 3차원 지하공간통합지도 서비스 데이터 생성 및 시스템 탑재의 수작업 처리로 업무 효율성 저하

- (To-Be) 3차원 지하공간통합지도 서비스 데이터 생성 및 시스템 탑재 자동화로 업무 효율성 향상

○ 지하정보 다중자료중첩 기반 분석 및 가시화 기술 개발

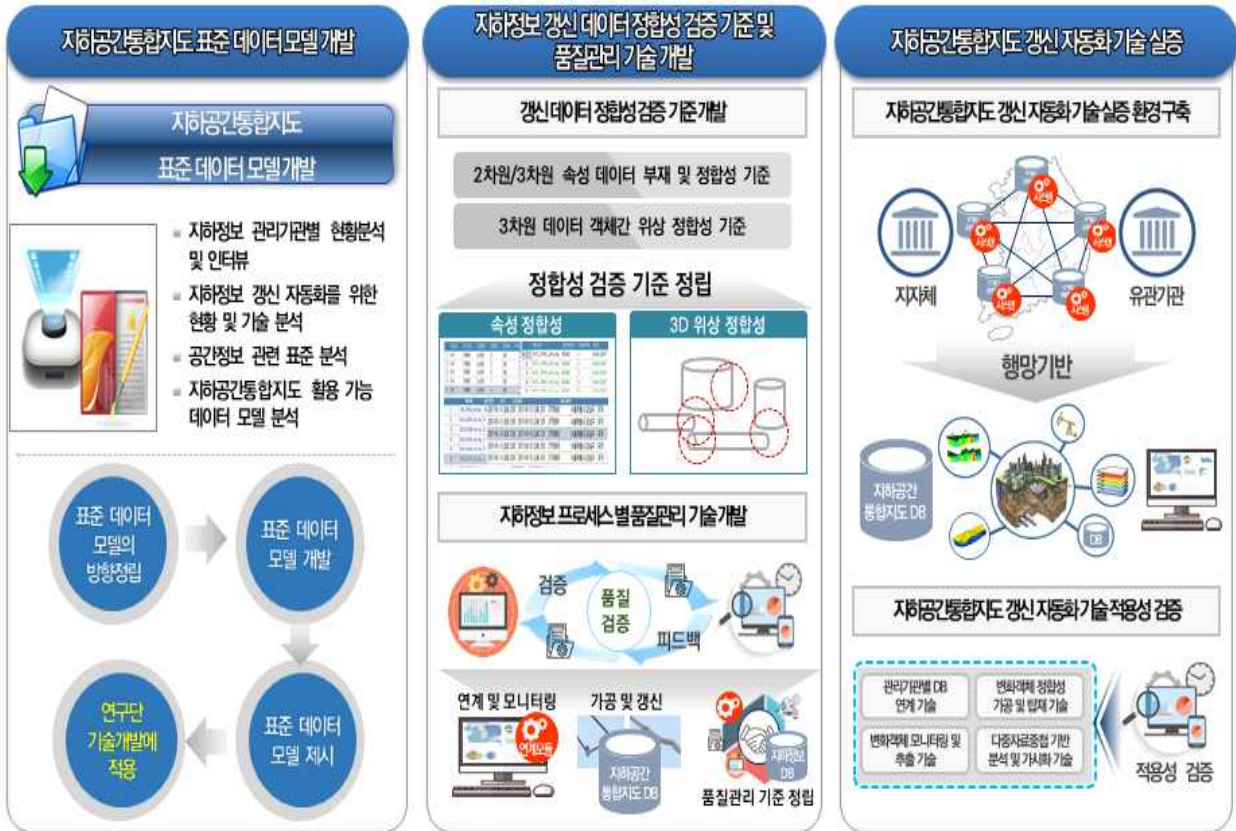
- (As-Is) 지하안전사고 예방을 위한 다양한 3차원 지하정보의 중첩 분석 기술 부재
- (To-Be) 3차원 지반모델 및 지반조사 빅데이터의 활용 기술 및 3차원 지하공간통합지도의 시계열 분석 기술 확보로 지하안전사고 예방에 활용

<표 3-12> (1-2세부) 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 미래상

구분	As-Is	To-Be
지하정보 변화객체 가공 자동화 기술 개발	<p>변경정보 파악 불가 및 일부 수작업 3차원 가공</p>  <p>변경정보 파악불가, 속성 누락, CAD 도면, 수정분석 시간과력</p> <p>“변경정보에 대해 구분하여 관리하고 있지 못하여 전체 데이터에 대한 3차원 가공 반복수행”</p> <p>“속성(심도, 관경 등) 부재 시 3차원 데이터 자동 생성 불가”</p> <p>“CAD 형태의 원시 자료를 이용한 지하구조물 모델 수작업 생성”</p> <p>“시추정보 기반 3차원 지반(지층) 생성 시 군집당 최소 1일 소요”</p>	<p>변경 객체 가공 자동화</p> <ul style="list-style-type: none"> · 변경객체 단일 3D 가공 · 기구축 DB 연결성 · 가공 데이터 정합성 검증 <p>전지도면 가공 자동화</p> <ul style="list-style-type: none"> · 3D 모델 필수 도면 확보 · 전자도면 기반 가공 자동화 · 가공 데이터 정합성 검증 <p>군집단위 가공 자동화</p> <ul style="list-style-type: none"> · 변경군집 가공 자동화 · 텍스트 기반 가공 자동화 · 가공 데이터 정합성 검증 <p>지하공간통합지도 탑재</p> <ul style="list-style-type: none"> · 인접객체와의 인연속성 검증 · 2D 공간정보 및 속성 로딩 · 3D 서비스 모델 가공 및 로딩
지하정보 변화객체 갱신 자동화 기술 개발	 <p>변화객체 이력 관리 프로세스 부재</p> <p>갱신 데이터 검증 체계 부재로 인한 수작업 필요</p> <p>갱신시 일부 프로세스 수작업 필수</p> <p>“갱신 데이터 검증 체계 부재로 인한 수작업 검증 필요”</p> <p>“변화객체에 대한 이력 관리 부재로 파악 불가”</p> <p>“3차원 갱신 자동화 프로세스 시스템 부재”</p>	<p>지하정보 변화객체 갱신 자동화</p> <p>단일객체 3차원 모델, 변화객체 서비스 데이터 생성, 지하공간통합지도 자동 갱신</p>  <p>2D 공간정보 및 속성 로딩, 3D 서비스 모델 로딩</p> <p>가공 완료된 3D 모델, 연속성 검증, 갱신 이력</p>
지하정보 다중자료중첩 기반 분석 및 가시화 기술 개발		

(3) (1-3세부) 지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술

(가) 기술 개요



<그림 3-10> (1-3세부) 지하공정보 갱신 자동화 품질관리 기술 개념도

- (배경) 상이한 지하정보 관리기관으로부터 수집된 통일되지 않은 데이터 형식의 지하 정보는 일관성 확보가 어려우며 비효율적인 갱신의 원인이 되고, 데이터의 검증기준의 부재로 인해 신뢰성 문제가 발생하므로 이를 해결하기 위해 지하공간통합지도 갱신 자동화를 위한 기준이 되는 지하정보 표준화 및 검증 기준 마련이 필요
- (목적) 지하공간통합지도의 표준 데이터 모델 개발 및 데이터 정합성 검증 기준 개발로 데이터의 신뢰성을 제고하고, 갱신 자동화 기술 검증을 통해 개발된 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술의 현장 적용성 검증

(나) 기술 내용

- 지하공간통합지도 표준 데이터 모델 개발
 - 지하공간통합지도에 활용 가능한 다양한 국내외 지하정보 표준 분석

- 통일된 지하정보를 통한 지하공간통합지도의 활용성 제고를 위해 지하공간통합지도에 최적화된 표준 데이터 모델 개발
 - 표준화된 지하공간통합지도 데이터 모델 활용을 위한 정책 제안
 - 지하공간통합지도 1일 갱신체계 기틀 마련을 위한 지하정보 관리기관별 연계 체계 분석 및 법·제도 현황 분석
 - 지하공간통합지도 1일 갱신체계 확보를 위한 지하정보 연계 및 갱신 자동화 관련 법·제도적 개선방안 마련
- 지하정보 갱신 데이터 정합성 검증 기준 및 품질관리 기술 개발
- 2차원/3차원 지하정보 속성정보에 대한 정합성 검증 기준 개발
 - 3차원 지하정보 데이터 객체간 위상 정합성 검증 기준 개발
 - 지하정보 갱신 데이터 정합성 검증 기준 및 품질관리(정합성검증) SW 개발
- 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 실증
- 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술(지하정보 연계 기술, 변화 탐지·추출 기술, 변화 객체의 3차원 가공 및 검증 기술, 가공 완료된 3차원 변화객체의 서비스 데이터 생성 및 탑재 기술)에 대한 실증을 위한 인프라(HW, SW, NW 등)를 지하정보 활용 지원 센터에 구축
 - 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 검증을 위한 데이터베이스 구성, 연구성과물 설치, 검증을 위한 계획 수립 및 주기적으로 체계적인 검증 수행

(다) 기술 미래상

- 지하공간통합지도 표준 데이터 모델 개발
- (As-Is) 지하정보의 일관성과 정확도를 담보하기 위해서는 통일된 지하공간통합지도 데이터 모델이 필요
 - (To-Be) 표준화된 지하공간통합지도 데이터 모델을 통해 다양한 유관기관에서의 데이터 일관성과 정확성을 확보

○ 지하정보 갱신 데이터 정합성 검증 기준 및 품질관리 기술 개발

- (As-Is) 현재 3차원 지하정보의 속성 및 검증을 위한 명확한 기준이 없어 시각화를 통해 이를 확인하여 검증 작업 수행
- (To-Be) 3차원 지하정보의 속성 및 검증 기준 개발 및 검증 기술 개발로 지하공간 통합지도의 품질 확보

○ 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 실증

- (As-Is) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 검증을 위한 환경 부재
- (To-Be) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술의 체계적인 검증으로 연구 성과물에 대한 품질확보로 즉시적인 적용 가능

<표 3-13> (1-3세부) 지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술

구분	As-Is	To-Be
<p>지하공간통합지도 표준 데이터 모델 개발</p>		
<p>지하정보 갱신 데이터 정합성 검증 기준 및 품질관리 기술 개발</p>		

구분	As-Is	To-Be
<p>지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 실증</p>	<p>변경정보 파악 불가 및 일부 수작업 3차원 가공</p> <p>지하시설물 지하구조물 지반</p> <p>2D SHP DWG 2D SHP TEXT</p> <p>지하공간통합지도 3차원 가공</p> <p>변경정보 파악불가 수정 노력 CAD 드면 군집분석 시간과다</p> <p>“3차원 지하공간통합지도 변화탐지 및 가공 자동화 시스템 개발에 따른 현장 실증 체계 부재”</p> <p>“3차원 지하공간통합지도 변화탐지 및 가공 자동화 시스템의 체계적이고 지속적인 현장 실증 필요”</p>	<p>지하공간통합지도 갱신 자동화 적용성 실증</p> <p>지하정보 연계시스템 구축</p> <p>지하정보 통합관리</p> <p>취합 가공 배포</p> <p>현황 모니터링</p> <p>2D/3D 지하정보</p> <p>지하안전영역평가 관련 정보</p> <p>3차원 지하공간통합지도 변화탐지 및 가공 자동화 시스템</p> <p>관리기관별 DB 연계 기술 변화 객체 정합성 검증 기술</p> <p>변화 객체 모니터링 및 추출 기술 다중자료중첩 기반 분석 및 가시화 기술</p> <p>변화 객체 가공 자동화 기술 변화 객체 탑재 자동화 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> 3차원 지하공간통합지도 변화탐지 및 가공 자동화 시스템 적용성 실증을 위한 실증 환경 구축 변화탐지 및 가공 자동화 시스템의 단위/통합/시스템 테스트 등 지속적인 적용성 검증 시스템 활용방안 도출 및 기대효과 제시

라. 연차별 연구내용

- 1차년도에는 기술개발을 위한 분석·설계와 요소기술 개발을 추진하며, 2차년도에는 SW개발, 3차년도에는 개발 완료된 SW의 최적화 및 고도화, 4차년도에는 통합검증 및 실증 위주의 연구 추진

<표 3-14> (1세부) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 연차별 연구내용

구분	성과목표
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> - (1-1세부) 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 관리기관별 환경 조사·분석 및 연계체계 구축방안 수립 · 지하정보별 변화객체 탐지·추출 및 검증 기술 설계 · 지하정보 변화객체 연계 및 모니터링 환경 구축 · 관리기관별 지하정보 연계 및 모니터링 요소 기술 개발 · 지하정보별 변화객체 탐지·추출 요소 기술 개발 - (1-2세부) 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 지하정보별 변화객체 3차원 가공 및 갱신 자동화 기술 분석·설계 · 다중자료중첩 가능한 분석 및 가시화 기법 분석·설계 · 지하정보별 변화객체 3차원 가공 자동화 요소기술 개발 · 지하정보별 변화객체 3차원 갱신 요소기술 개발 · 다중자료중첩 가능한 분석 및 가시화 기법 요소기술 개발 - (1-3세부) 지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 표준화된 지하공간통합지도 데이터 모델 마련을 위한 현황 분석 · 지하정보 정합성 검증 기준 개발을 위한 현황 분석 · 지하공간통합지도 표준 데이터 모델 개발 · 지하정보 정합성 검증 기준 개발

구분	성과목표
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> - (1-1세부) 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 관리기관별 지하정보 연계 및 모니터링 SW 개발 · 지하정보별 변화객체 탐지·추출 SW 개발 - (1-2세부) 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 지하정보별 변화객체 3차원 가공 자동화 SW 개발 · 지하정보별 변화객체 갱신 자동화 SW 개발 · 다중자료중첩 가능한 분석 및 가시화 SW 개발 - (1-3세부) 지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 실증 환경 구축 및 실증 계획 수립 · 지하정보 갱신 자동화 품질관리(정합성 검증) SW 개발
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> - (1-1세부) 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 관리기관별 지하정보 연계 및 모니터링 SW 고도화 · 지하정보별 변화객체 탐지·추출 SW 고도화 - (1-2세부) 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 지하정보별 변화객체 3차원 가공 자동화 SW 고도화 · 지하정보별 변화객체 3차원 갱신 SW 고도화 · 다중자료중첩 가능한 분석 및 가시화 SW 고도화 - (1-3세부) 지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술 현장 실증 · 지하정보 갱신 자동화 품질관리(정합성 검증) SW 고도화
4차년도	<ul style="list-style-type: none"> - (1-1세부) 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 관리기관별 지하정보 연계 및 모니터링 SW 최적화 및 현장 적용 · 지하정보별 변화객체 탐지·추출 SW 적용 최적화 및 현장 적용 - (1-2세부) 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 지하정보별 변화객체 3차원 가공 자동화 SW 최적화 및 현장 적용 · 지하정보별 변화객체 3차원 갱신 SW 최적화 및 현장 적용 · 다중자료중첩 가능한 분석 및 가시화 SW 최적화 및 현장 적용 - (1-3세부) 지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 현장 실증 · 지하정보 갱신 자동화 품질관리(정합성 검증) SW 최적화 및 현장 적용

마. 정량적 목표

<표 3-15> (1세부) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 정략적 목표

구분	성과목표	측정방법	목표치	검증방법
지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지추출 기술 개발	지하정보 연계 및 모니터링 SW	<ul style="list-style-type: none"> - 관리기관별 동기화 처리 현황 전송 데이터 처리 현황 확인 - 변화객체 모니터링 데이터 및 결과 확인 	· 관리기관별 동기화 및 전송데이터 처리 98% 이상	외부 공인기관 인증
	지하정보 변화객체 탐지추출 SW	<ul style="list-style-type: none"> - 지하정보 변화객체 자동 탐지추출 결과 확인 	· 변화객체 탐지추출 98% 이상	외부 공인기관 인증

구분	성과목표	측정방법	목표치	검증방법
지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 개발	지하정보 변화객체 3차원 가공 자동화 SW	- 지하정보 변화객체 자동 가공 결과 확인	· 3차원 가공 자동화 98% 이상	외부 공인기관 인증
	지하정보 변화객체 갱신 자동화 SW	- 지하정보 변화객체 자동 탑재 결과 확인	· 탑재 자동화 98% 이상	외부 공인기관 인증
	다중자료 중첩 기반 분석 및 시각화 SW	- 통합된 3차원 지하정보 기반 다중자료중첩 기반 분석 및 시각화 결과 확인	· 7종 이상 다중자료중첩 확인 · 5종 이상의 분석 가능	외부 공인기관 인증
지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술 개발	지하정보의 표준화된 데이터 모델의 개발	- 표준 및 지침 마련을 위한 현황 분석 확인 - 표준화된 데이터 모델 확인(2종)	· 2종의 표준화된 데이터 모델	외부 전문가 검증
	지하정보 데이터 정합성 검증 기준 개발	- 지하정보(지하시설물, 지하구조물, 지반) 3종의 정합성 검증 기준 확인	· 3종의 지하정보 데이터 정합성 검증 기준	외부 전문가 검증
	지하정보 갱신 자동화 품질관리(정합성검증) SW	- 지하정보 검증 처리 현황 확인	· 3종의 지하정보 데이터 검증	외부 공인기관 인증
	갱신 자동화 기술 실증	- 현장 실증을 통한 적용성 결과 확인	· 갱신 자동화 기술 현장실증	외부 전문가 검증

- 1-1세부의 검증은 행정망으로 연계된 임의의 지하정보 관리기관(3개 이상) 대상의 지하정보 동기화 및 전송데이터 처리 현황 확인 및 갱신된 데이터의 탐지 추출률 확인을 통해 수행
- 1-2세부의 검증은 1-1세부를 통해 탐지·추출된 데이터의 20% 이상을 테스트 데이터로 생성하여, 자동 3차원 객체 구축률, 지하공간통합지도 서비스 데이터 생성률 및 탑재율을 확인하고 분석·시각화 기능 동작 확인
- 1-3세부의 지하정보 표준 데이터 모델이 적용된 갱신자료 샘플(30개 이상) 대상의 정합성·데이터 검증 및 행정망 기반의 현장 실증을 통한 100% 검증 수행

바. 추진전략

- 1세부 과제인 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 개발을 위해 지하정보 활용지원 센터에서 추진 중인 지하정보 관계기관 협의체를 통해 개별 지하정보를 구축·관리하는 지자체, 유관기관 등과의 정기적인 협력 추진으로 사용자 니즈 및 환경 분석으로 연구개발을 추진할 예정
- 또한, 관련 전문분야별 전문가 그룹 자문의견을 지속적으로 수렴하고 객관성있는 연구개발을 추진토록 함

<표 3-16> (1세부) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 추진전략

구분	과제명	주요내용	추진전략
1세부 과제	지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지 추출 기술 개발 - 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 개발 - 지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 효율적인 지하공간통합지도 정확도 향상 기술 개발 및 신속한 의사결정을 위하여 정보 보유기관의 장기적 협력 추진 - 지하공간통합지도 정확도 향상을 위한 분야별 전문가 그룹 자문의견 수렴 - 연구개발사업에 대한 외부전문가 활용을 통하여 객관성을 확보한 연구개발 추진
1-1 (공동)	지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지추출 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 지하정보통합체계-지하정보 연계 및 모니터링 모듈 개발 · 지하정보를 위치와 속성에 따라 연계 지하정보의 변동사항을 모니터링할 수 있는 실시간 모니터링 기술 개발 - 지하공간통합지도 3차원 변화객체 탐지 및 추출 기술 개발 · 위치정보 및 속성정보를 기반으로 변화 객체를 탐지하고 탐지된 변화객체를 가공할 수 있도록 추출하는 탐지추출 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 지하정보 구축 및 갱신주체별 수요조사 기반의 의견수렴 - 다종의 포맷으로 구축되는 지하정보의 실시간 연계를 위한 DB 통합 모듈 설계 - 위치 및 속성정보를 기반으로한 변동 사항 모니터링 기술 연구 - 위치정보 및 속성정보를 분석하여 도출된 변화 정보를 탐지하고 이를 표출하는 시각화 및 분류 기술 적용 - 지하정보통합체계 사업단과의 유기적 협력관계 구축을 통한 최종성과물의 품질확보 및 활용도 제고
1-2 (공동)	지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술	<ul style="list-style-type: none"> - 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 개발 · 지하정보 변화객체를 유형(지하 시설물, 지하구조물, 자반 등)별 3차원 지하정보로 자동 생성할 수 있는 가공 자동화 기술 개발 · 가공 완료된 개별 3차원 모델을 인접 객체와의 연속성을 고려하여 지하공간 통합지도의 자동 가공탐재 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 효율적인 3차원 지하정보 가공 기술을 개발하여 지하공간통합지도 품질 향상을 추진 · 속성부재 시에도 가공자동화 · 단독관로, 지상위 관로, W형관로 등의 모델유류 자동탐지 · CAD 형태의 원사자료 외곽면 추출 및 노드점 연결을 통해 3차원 지하 구조물 모델 자동생성

구분	과제명	주요내용	추진전략
		<ul style="list-style-type: none"> - 다중자료중첩 기반 분석 및 가시화 기술 개발 · 다중자료중첩 기반 3차원 지반서비스 및 지반조사 빅데이터 활용 서비스 기술 개발 · 지하공간통합지도 시계열 탑재 및 분석 기술 	<ul style="list-style-type: none"> · 신규 시추정보 기반 지층단면도 실시간 동적 생성 - 3차원 지하정보에 대한 다중자료중첩 및 시계열 데이터의 효과적인 분석 기술 연구
1-3 (공동)	지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술	<ul style="list-style-type: none"> - 지하공간통합지도 관련 표준화 및 제도 현황분석 - 지하공간통합지도 표준 데이터 모델 개발 · 지하정보의 일관성을 확보하고 통일된 형식을 바탕으로 효율적인 갱신 자동화를 위해 표준 데이터 모델안 개발 - 지하정보 갱신 데이터 정합성 검증 기준 개발 - 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 실증 · 개발된 갱신 자동화 기술의 현장 활용성 및 적용성 파악을 위한 갱신 자동화 기술 현장 실증 	<ul style="list-style-type: none"> - 문헌조사를 통한 지하공간통합지도 구축 및 갱신관련 현황검토 - 지하정보 구축 및 갱신주체별 수요조사 기반의 의견수렴 - 데이터 모델안에 대한 전문가 자문 회의를 통한 보완 - 지속적인 데이터 정합성 검증 및 갱신 자동화기술 실증을 통한 데이터신뢰도 및 현장 활용 가능성 제고 · 데이터 정합성 검증을 위한 정합성 검증 기준 개발 · 갱신 자동화 기술 현장 실증

사. 기술로드맵 및 성과로드맵

(1) 과제별, 연차별 기술로드맵



<그림 3-11> (1세부) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 연차별 기술로드맵

(2) 과제별, 연차별 성과로드맵

(가) 1-1 세세부 - 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술 개발

<표 3-17> (1-1세부) 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술 연차별 성과로드맵

구분	연구내용	성과목표	성과검증 기준			
			산출물	목표치	측정방법	
1차 년도	지자체 및 유관기관 지하정보 DB 관리체계 및 네트워크 환경 조사분석	지자체 및 유관기관 지하정보(지하시설물, 지하구조물, 지반) DB 별 네트워크 환경 분석서	①	분석 보고서	1건	외부 전문가 검증
	지하정보통합체계와 지하정보별 DB 관리체계 간 지하정보 연계체계 구축방안 수립	지하정보 관리기관별 메타데이터 및 연계 데이터 매핑 지침서	②	분석 보고서	1건	외부 전문가 검증
	지하정보 변화객체 탐지·추출 기술 설계	15종 지하정보별 변화객체 탐지·추출기술 설계	③	설계서	1건	외부 전문가 검증
	지하정보 변화객체 모니터링 요소기술 개발	지하정보(지하시설물, 지하구조물, 지반) 특성을 반영한 변화객체 모니터링 요소 기술	①	SW 등록	1건	외부 공인기관 인증

구분	연구내용	성과목표	성과검증 기준			
			산출물		목표치	측정방법
2차 년도	지하정보 변화객체 탐지·추출 요소기술 개발	지하정보(지하시설물, 지하구조물, 지반)의 변경 유형 탐지·추출 요소 기술	②	SW 등록	1건	외부 공인기관 인증
	지하정보 변화객체 모니터링 SW 개발	지하정보(지하시설물, 지하구조물, 지반) 특성을 반영한 변화객체 모니터링 SW 개발	①	SW 등록	1건	외부 공인기관 인증
3차 년도	지하정보 변화객체 탐지·추출 SW 개발	지하정보(지하시설물, 지하구조물, 지반) 특성을 반영한 변화객체 탐지·추출 SW 개발	②	SW 등록	1건	외부 공인기관 인증
	지하정보 변화객체 모니터링 SW 고도화	관리기관별 특성을 반영한 지하정보 변화객체 모니터링	①	SW 등록	1건	외부 공인기관 인증
4차 년도	지하정보 변화객체 탐지·추출 SW 고도화	지하정보(지하시설물, 지하구조물, 지반) 특성을 반영한 변화객체 탐지·추출 98% 이상	②	SW 등록	1건	외부 공인기관 인증
	지하정보 변화객체 모니터링 SW 최적화 및 현장 적용	지하정보 변화객체 모니터링 SW 최적화 및 현장 적용	①	보고서	1건	외부 전문가 검증
4차 년도	지하정보 변화객체 탐지·추출 SW 최적화 및 현장 적용	최적화된 지하정보 변화객체 탐지·추출 SW 최적화 및 현장 적용	②	보고서	1건	외부 전문가 검증

<표 3-18> (1-1세세부) 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술 개발 연차별 성과로드맵

구분	목표	성과					
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	
사업 연계 지표	특허 출원/등록	4/0	0/2	0/2		4/4	
	소프트웨어 등록건수	2	2	2		6	
	시제품 출시(제작)·현장시험 건수			2	2	4	
	학술성과 (논문게재)	SCI(E)급		2	1		3
		비SCI(E)급	4	2	2	1	9

구분	목표		성과				
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
기타 지표	정책성과	정책제안	2				2
		정책채택					
	신기술지정건수						
	국내외 학술회의 발표 건수		5	3	2	2	12
	기술료 징수 금액						
	기술 실시계약 건수						
	현장적용에 따른 비용절감 건수						
	사업화제품화 건수					1	1
	국내학협회지 기술기사						
	전문인력양성						
	연구개발 관련 홍보		2	1	1	1	5
	기타 목표						

(나) 1-2 세세부 - 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 개발

<표 3-19> (1-2세부) 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 연차별 성과로드맵

구분	연구내용	성과목표	성과검증 기준			
			산출물	목표치	측정방법	
1차 년도	지하정보 변화객체 3차원 가공 자동화 기술 설계	15종 지하정보 특성을 반영한 지하정보 변화객체 3차원 가공 자동화 기술 설계	①	설계서	1건	외부 전문가 검증
	지하정보 변화객체 3차원 서비스 데이터 생성 기술 설계	지하공간통합지도 서비스에 적합한 15종 지하정보별 3차원 서비스 데이터 생성 기술 설계	②	설계서	1건	외부 전문가 검증
	지하정보 변화객체 자동 탑재(인접객체 연속성 고려)기술 설계	15종 지하정보별 자동 탑재를 위한 3차원 인접객체 연속성 고려 기술 설계	③	설계서	1건	외부 전문가 검증
	다중자료중첩 기반 분석 및 가시화 기술 설계	지하정보별 다중자료중첩 가능한 데이터 분석 기술 및	④	설계서	1건	외부 전문가 검증

구분	연구내용	성과목표	성과검증 기준			
			산출물	목표치	측정방법	
		가시화 기술 설계				
	지하정보 변화객체 3차원 가공 자동화 요소기술 개발	15종 지하정보 특성을 반영한 지하정보 변화객체 3차원 가공 자동화 요소기술	①	SW등록	1건	외부 공인기관 인증
	지하정보 변화객체 3차원 서비스 데이터 생성 요소기술 개발	15종 지하정보 특성을 반영한 변화객체 서비스 데이터 생성 및 탑재 요소기술	②	SW등록	1건	외부 공인기관 인증
	지하정보 변화객체 자동 탑재 요소기술 개발	15종 지하정보 특성을 반영한 변화객체 서비스 데이터 자동 탑재 요소기술	③	SW등록	1건	외부 공인기관 인증
	다중자료중첩 기반 분석 및 가시화 기술 요소기술 개발	지하정보 DB 연계를 통한 다중자료중첩 기반 분석 및 가시화 요소기술	④	SW등록	1건	외부 공인기관 인증
2차 년도	지하정보 변화객체 가공 자동화 SW 개발	15종 지하정보 특성을 반영한 지하정보 변화객체 3차원 가공 자동화 SW	①	SW등록	1건	외부 공인기관 인증
	지하정보 변화객체 갱신 자동화 SW 개발	15종 지하정보 특성을 반영한 변화객체 서비스 데이터 생성 및 탑재 SW	②	SW등록	1건	외부 공인기관 인증
	다중자료중첩 기반 분석 및 가시화 SW 개발	지하정보 DB 연계를 통한 다중자료중첩 기반 분석 및 가시화 SW	③	SW등록	1건	외부 공인기관 인증
3차 년도	지하정보 변화객체 가공 자동화 SW 고도화	15종 지하정보 특성을 반영한 지하정보 변화객체 3차원 가공 자동화 98% 이상	①	SW등록	1건	외부 공인기관 인증
	지하정보 변화객체 갱신 자동화 SW 고도화	15종 지하정보 변화객체 서비스 데이터 생성 및 탑재 자동화 98% 이상	②	SW등록	1건	외부 공인기관 인증
	다중자료중첩 기반 분석 및 가시화 SW 고도화	5종 이상의 지하정보 분석 기술과 7종 이상의 다중자료중첩 가시화	③	SW등록	1건	외부 공인기관 인증
4차 년도	지하정보 변화객체 가공 자동화 SW 최적화 및 현장 적용	지하정보 변화객체 가공 자동화 SW 최적화 및 현장 적용	①	보고서	1건	외부 전문가 검증
	지하정보 변화객체 갱신 자동화 SW 최적화 및 현장 적용	지하정보 변화객체 갱신 자동화 SW 최적화 및 현장 적용	②	보고서	1건	외부 전문가 검증
	다중자료중첩 기반 분석 및 가시화 SW 최적화 및 현장 적용	다중자료중첩 기반 분석 및 가시화 SW 최적화 및 현장 적용	③	보고서	1건	외부 전문가 검증

<표 3-20> (1-2세세부) 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 연차별 성과로드맵

구분	목표		성과검증 기준				
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
사업 연계 지표	특허 출원/등록		4/0	0/1	0/3		4/4
	소프트웨어 등록건수		4	3	3		10
	시제품 출시(제작)·현장시험 건수					3	3
	학술성과 (논문게재)	SCI(E)급		1	1		2
		비SCI(E)급	2	4	2		8
기타 지표	정책성과	정책제안					
		정책채택					
	신기술지정건수						
	국내외 학술회의 발표 건수		4	4	2	2	12
	기술료 징수 금액						
	기술 실시계약 건수						
	현장적용에 따른 비용절감 건수						
	사업화·제품화 건수					1	1
	국내학협회지 기술기사						
	전문인력양성						
	연구개발 관련 홍보		2	2	1		5
	기타 목표						

(다) 1-3 세세부 - 지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술

<표 3-21> (1-3세부) 지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술 연차별 성과로드맵

구분	연구내용	성과목표	성과검증 기준			
			산출물	목표치	측정방법	
1차 년도	지하공간통합지도 활용을 위한 데이터 표준 및 지침 마련을 위한 현황분석	지하공간통합지도 15종 데이터 표준 현황분석	①	분석 보고서	1건	외부 전문가 검증
	지하정보 갱신 데이터 정합성 검증을 위한 지하정보 현황 분석	데이터 정합성 검증을 15종 지하정보 현황분석	②	분석 보고서	1건	외부 전문가 검증
	지하정보의 일관성 및 정확도 확보를 위한 표준화 데이터 모델 제시	지하공간통합지도 표준 데이터 모델 2종웹 모바일 개발	①	표준화	2건	외부 공인기관 인증
	지하공간통합지도 구축시 표준 데이터 활용에 대한 제도 개선 제시	지하공간통합지도 표준 데이터 활용에 대한 법제도 개선 제안서	②	정책제안	2건	외부 전문가 검증
	지하정보 갱신 데이터 정합성 검증 및 품질관리 기준 제시	15종 지하정보별 특성을 반영한 정합성 검증 기준	③	표준화	1건	외부 공인기관 인증
2차 년도	지하정보 갱신 자동화 품질관리 SW 개발	지하정보 갱신 자동화 품질관리 SW 개발	①	SW 등록	1건	외부 공인기관 인증
	지하정보 변화각체 모니터링 및 탐지·추출 요소기술 검증	개발된 지하정보 변화각체 모니터링 및 탐지·추출 요소기술 100% 검증	②	검증 보고서	1건	외부 전문가 검증
	지하정보 변화각체 가공 및 갱신 요소 기술 검증	개발된 지하정보 변화각체 가공 및 갱신 요소기술 100% 검증	③	검증 보고서	1건	외부 전문가 검증
3차 년도	지하정보 갱신 자동화 품질관리 SW 고도화	지하정보 갱신 자동화 품질관리 데이터 100% 검증	①	SW 등록	1건	외부 공인기관 인증
	지하정보 변화각체 모니터링 및 탐지·추출 SW 실증	개발된 지하정보 변화각체 모니터링 및 탐지·추출 SW 100% 검증	②	검증 보고서	1건	외부 전문가 검증
4차 년도	지하정보 갱신 자동화 품질관리 SW 최적화 및 현장 적용	지하정보 갱신 자동화 품질관리 SW 최적화 및 현장 적용	①	SW 등록	1건	외부 공인기관 인증
	지하정보 변화각체 가공 및 갱신 SW 실증	개발된 지하정보 변화각체 가공 및 갱신 SW 100% 검증	③	검증 보고서	1건	외부 전문가 검증

<표 3-22> (1-3세세부) 지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술 연차별 성과로드맵

구분	목표		성과검증 기준				
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
사업 연계 지표	특허 출원/등록						
	소프트웨어 등록건수			1	1	1	3
	시제품 출시(제작)·현장시험 건수				1	1	2
	학술성과 (논문게재)	SCI(E)급		1			1
		비SCI(E)급	2	2	1		5
기타 지표	정책성과	정책제안	2	2			4
		정책채택			1	1	2
	신기술지정건수						
	국내외 학술회의 발표 건수		3	3	2	2	10
	기술료 징수 금액						
	기술 실시계약 건수						
	현장적용에 따른 비용절감 건수						
	사업화제품화 건수						
	국내학협회지 기술기사						
	전문인력양성		1	1	1		3
	연구개발 관련 홍보		1	1	1		3
	기타 목표						

아. 세부과제별 핵심성과

(1) (1세부) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술

정의(설명)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술(연계 및 탐지·추출) 개발, 지하공간통합지도 가공 및 갱신 자동화 기술(가공·탐재) 개발, 개발된 갱신 자동화 기술 검증 및 갱신 자동화를 위한 표준화 연구
설정사유	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하정보의 통합·활용 기반 마련을 위한 표준화 기반의 정보 연계 기술 개발로 지하정보 변화객체의 자동 추출·가공이 가능한 초연결 지하정보 순환 서비스 체계 실현 기술 개발을 핵심성과로 설정
목적	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하정보를 관리하는 다양한 유관기관의 이기종 DB에서 지하정보를 연계·통합하여 자동으로 변경부분을 탐지·추출·가공 할 수 있는 기술 개발로 지하공간통합지도 유통체계의 한계(정확성, 신속성, 활용성 등) 극복
성능목표	<p>(현재 기술 수준)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도의 구성요소 중 2차원의 지하시설물만이 연2회(반기) 2차원 정보가 갱신되고 있으며, 3차원 지하공간통합지도에 대한 갱신체계는 없는 실정 ○ 지하공간통합지도의 통일된 데이터 모델이 존재 하지 않으며, 데이터 갱신에 대한 명확한 기준이 정립되어있지 않음 ○ 지하공간통합지도의 변화객체의 개별적 관리가 불가능하므로, 전체 지하정보를 일괄적으로 갱신 <p>(개발 기술 수준)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 수집된 지하정보를 실시간으로 연계하여 이를 즉각적으로 가공 및 갱신할 수 있는 지하공간통합지도 1일 갱신체계 확보 ○ 지하공간통합지도 표준 데이터 모델(안) <ul style="list-style-type: none"> - 지하시설물, 지하구조물, 지반정보 별 표준 데이터 모델(안) - 2차원/3차원 모델에 따른 표준 데이터 모델(안) ○ 지하정보 갱신 데이터 정합성 검증 기준 <ul style="list-style-type: none"> - 지하시설물, 지하구조물, 지반정보 별 지하정보의 변화객체에 대한 속성 및 3차원 위상에 대한 정합성 검증 기준 ○ 3종 이상의 지하정보 연계 표준(지하시설물, 지하구조물, 지반 등) ○ 지하공간통합지도 변화객체 탐지·추출 및 데이터 분류 모듈 <ul style="list-style-type: none"> - 지하공간통합지도의 변화객체 탐지 및 추출율 98% 이상 ○ 지하정보 변화객체 가공 자동화 및 탐재 모듈 <ul style="list-style-type: none"> - 지하공간통합지도 변화객체의 가공 자동화 98% 이상 - 지하공간통합지도 변화객체의 탐재 자동화 98% 이상 ○ 지하정보통합지도 갱신 자동화 기술 실증 <ul style="list-style-type: none"> - 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 100% 실증
수요처	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도 수요 공공기관(중앙부처, 소속 및 산하기관, 지자체)
소요기간	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2020년 ~ 2023년 (4 년)

(가) (1-1) 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술 개발

정의(설명)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하정보 관리기관별 DB 연계를 통해 모니터링된 지하정보 변화객체를 자동으로 인지하여 변경유형에 따라 지하정보의 특성을 반영하여 탐지·추출하는 기술 개발
설정사유	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하정보의 활용성과 최신성 확보를 위해 실시간으로 연계된 기관별 지하정보를 모니터링하여 변화된 객체만 자동으로 탐지·추출함으로써 지하정보의 최신성, 정확성 제고를 통한 정확성 높은 지하공간통합지도 구축에 활용
목적	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하시설물통합-지하공간통합정보를 지속적으로 모니터링함으로써 변화된 객체만을 탐지·추출하여 신속한 갱신을 가능케하여 지하정보 제공·활용측면에서 지하정보의 최신성, 신뢰성 확보
성능목표	<p>(현재 기술 수준)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 지하정보 관리기관에서는 지하정보를 지속적으로 모니터링할수 있는 여건이 마련되어 있지 않기 때문에, 이전 데이터와의 비교를 통한 변경사항에 대한 확인이 불가능 <ul style="list-style-type: none"> - 변화객체 관리를 위한 시스템 부재와 지하정보의 일괄 갱신으로인해 과거의 변화객체 데이터 관리 및 처리 현황 및 이력이 존재하지 않음 ○ 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출을 위한 프로세스 및 시스템 부재 <p>(개발 기술 수준)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 지하정보 특성을 반영한 지하정보 변화객체 모니터링 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 지하정보 관리기관별 메타데이터 및 연계데이터 매핑 지침서 - 지하시설물, 지하구조물, 지반정보 연계 및 모니터링 SW 개발 ○ 지하정보 특성을 반영한 지하정보 변화객체 탐지·추출 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 지하시설물(Shape), 지하구조물(CAD 도면), 지반정보(Shape, text)의 각 특성을 반영한 탐지·추출 SW 개발 - 지하시설물, 지하구조물, 지반정보 변경 이력관리 기술 개발
수요처	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국가 지하공간정보 수요 공공기관(중앙부처, 소속 및 산하기관, 지자체) ○ 건설, 통신, 가스, 안전관리, 지하시설물 관리 등 다양한 분야의 민간기업
소요기간	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2020년 ~ 2023년 (4 년)

(나) (1-2) 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 개발

정의(설명)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 탐지·추출된 지하정보 변화객체를 지하정보별 특성을 반영하여 자동으로 가공 및 갱신이 가능한 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 개발
설정사유	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하정보 변경 사항에 대한 신속한 갱신을 통해 정확성, 신뢰성을 확보하기 위하여 지하정보 변화객체의 자동 가공 및 갱신 자동화 기술을 핵심성과로 설정
목적	<ul style="list-style-type: none"> ○ ~지하정보 변화객체의 가공 및 갱신 수작업 비중과 작업 시간 감축을 위한 지하정보 변화객체의 자동 가공 및 갱신 기술 개발을 통해 지하공간통합지도 유통체계의 한계(정확성, 신뢰성, 활용성 등) 극복
성능목표	<p>(현재 기술 수준)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 지하정보 속성(심도, 관경) 부재 등으로 인한 원시자료의 보완 작업 및 도면(CAD) 형태의 원시자료의 가공 시 수작업 과정이 필요 ○ 갱신된 지하정보 변화객체에 대한 갱신이 아닌 전체 지하정보에 대한 일괄적인 가공 및 갱신으로 인해 작업의 비효율성 존재 ○ 개별 공간정보에 대한 가시화 시스템은 존재하지만 지하정보를 다중중첩하여 변동사항을 파악할 수 있는 시스템 부재 <p>(개발 기술 수준)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 지하정보 변화객체 가공 자동화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 지하공간통합지도 변화객체의 가공 자동화 98% 이상 - 지하시설물, 지하구조물, 지반정보 가공 이력관리 기술 개발 ○ 지하정보 변화객체 갱신 자동화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 가공 및 갱신에 따른 이력관리를 위한 데이터베이스 설계 및 개발 - 가공 완료된 개별 3차원 모델의 서비스 데이터 생성 98% 이상 - 가공 완료된 개별 3차원 모델의 탑재 자동화 98% 이상 ○ 지하정보 다중자료중첩 기반 분석 및 가시화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 다중자료 중첩기반 5종 이상의 분석 기술이 포함된 분석 기술 개발 - 7종 이상의 다중자료 중첩기반 가시화가 가능한 기술 개발 - 지하공간통합지도 시계열 가시화 및 분석 기술 개발
수요처	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도 수요 공공기관(중앙부처, 소속 및 산하기관, 지자체) ○ 건설, 안전분야 민간기업, 지하공간 활용 유관기관, 국가 지하공간통합지도 수요 공공기관(중앙부처, 지자체)
소요기간	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2020년 ~ 2023년 (4 년)

(다) (1-3) 지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술

정의(설명)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하정보의 표준화를 통해 지하정보의 일관성 및 정확성을 확보하여 지하정보 갱신을 위한 전체 프로세스 내 지하정보의 품질관리를 위한 기술을 개발
설정사유	<ul style="list-style-type: none"> ○ 일관성 있고 정확성 있는 지하정보를 제공하고 전체 갱신 프로세스 내에서의 지하정보의 품질을 보장하기 위하여 지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술을 핵심성과로 설정
목적	<ul style="list-style-type: none"> ○ 표준화된 지하정보를 활용한 지하정보 데이터 정합성 검증 및 품질관리를 통해 지하공간통합지도 갱신 기술을 실증하여 일관성 있고 신뢰성 높은 지하정보 보장
성능목표	<p>(현재 기술 수준)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 관리기관별 지하정보의 관리 기준이 상이하며, 이를 통합 관리할 수 있는 표준 데이터 모델 및 체계 부재 ○ 지하정보의 부재 및 가공 전/후 데이터 정합성의 판별할 수 있는 명확한 기준의 부재로 인해 일관성 보장이 어려움 <ul style="list-style-type: none"> - 2차원 속성 데이터 부재 및정합성 고려에 대한 기준은 존재하지 않으며, 3차원 위상 정합성의 경우 시각화를 통해 확인 가능 <p>(개발 기술 수준)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도 표준 데이터 모델 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 일관성 및 정확성 보장이 가능한 지하공간통합지도에 최적화된 표준 데이터 모델 제시 및 TTA 표준 인증 ○ 지하정보 갱신 데이터 정합성 검증 및 품질관리 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 지하정보별 특성을 반영한 지하정보 갱신 자동화 정합성 검증 기준 개발 - 갱신 프로세스별 특성을 반영한 갱신 자동화 품질관리 기준 및 SW 개발 ○ 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 실증 <ul style="list-style-type: none"> - 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 SW 100% 검증 - 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 SW 100% 검증 - 실증 환경 내에서의 테스트 계획서 및 결과서
수요처	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국가 지하공간정보 수요 공공기관(중앙부처, 소속 및 산하기관, 지자체) ○ 건설, 통신, 가스, 안전관리, 지하시설물 관리 등 다양한 분야의 민간기업
소요기간	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2020년 ~ 2023년 (4 년)

자. 연구과정상 위험요소 및 대응방안

- 탐사현장을 대상으로 응용서비스에 대한 요구사항을 수렴하여 지하정보의 표준화, 갱신 및 활용하는 실증 서비스를 통해 위험요인을 제거할 계획임
- 세부기술별 위험요소 및 대응방안

<표 3-23> (1세부) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 위험요소 및 대응방안

기술 분야	위험/장애 요인	대응방안
지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술	다양한 형태의 갱신정보에 대한 변화객체 파악의 어려움 존재	- 지하공간통합지도 구축 기본계획 수립 및 구축 사업 수행 내용을 바탕으로 대표성을 가지는 정보형태로의 표준화 수행을 통해 일관성있는 데이터 확보를 통한 변화객체 탐지·추출이 가능하도록 기술 개발
지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술	지하정보의 속성(심도, 관경 등) 부재 시 3차원 자동 가공 불가	- 지하정보별 속성 및 위상 정보의 부재에 따른 데이터 가공 기준을 정립하여 적용함으로써 속성 부재 시에도 자동으로 3차원 가공이 가능하며 이를 갱신할 수 있도록 기술 개발
지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술	다양한 형태의 지하정보에 대한 표준 데이터 상용화의 어려움 존재	- 지하공간통합지도에 활용 가능한 데이터 표준을 정의함으로써 타 공간정보와의 상호운용성을 보장하여 공유 및 활용이 가능하도록 데이터 표준화 및 정합성 검증하고 기술 현장 적용성 파악을 위해 갱신 기술 실증 수행

차. 성과활용 및 사업화전략

(1) 성과활용 방안

- 본 연구개발의 결과물은 '15년부터 국토교통부에서 추진 중인 지하공간통합지도 구축의 정확도 향상과 현재 지하정보 활용지원 센터(한국건설기술연구원)에서 운영 중인 지하정보 통합체계 서비스의 고도화에 활용하고자 함
- 지하공간에서의 안전사고 발생이 지속되면서 지하공간통합지도 정확도의 중요성이 강조되고 있는 시점에서 본 연구를 통해 개발되는 지하공간통합지도 정확도 향상 기술의 적용이 필요한 시점임
- 이에, 지하공간통합지도의 수요기관인 지자체, 지하안전영향평가 전문기관 등에게 정확하고 정밀한 지하공간통합지도를 제공하여 땅 밑 걱정없는 나라를 만드는데 기여하고자 함
- 이를 위해 연구개발 단계에서부터 기존 지하정보 통합체계 구축 및 운영사업과의 협력을 통하여 개발된 연구 성과물을 지하정보 통합체계 구축 및 운영사업에 실질적으로 적용할 수 있도록 추진함

- 본 연구개발 과제에 참여하는 기업들을 효율적으로 활용하여 개발된 성과물의 실질적인 지하정보 통합체계 구축 및 운영사업 현장적용을 용이하게 추진함
- 지하정보 변화객체 모니터링 탐지·추출 기술과 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술을 지하정보 통합체계 구축 및 운영사업에 제공하여 지속적인 갱신이 필요한 지하공간통합지도의 최신성·정확성 확보 및 갱신비용 절감 등의 효율적 갱신 체계 구축

○ 지속적으로 변화하는 지하정보의 갱신 및 공유 기술로 활용

- 다유형의 지하정보에 대한 다양한 수요 대응 및 지속적으로 변화하는 지하정보의 저비용 고효율의 갱신 시스템으로 활용
- 지하공간통합지도 구축에 대한 중복 투자 방지를 위하여 지하공간통합지도 정보의 공유·활용 체계 구축을 통해 지하공간정보 활용분야의 다각화 및 활성화

(2) 사업화 전략

○ 기술수요기관(중앙정부, 지자체, 대기업, 중소/중견기업)에서 기술이전을 받아 단기간 내에 제품 및 서비스 출시로 이어질 수 있도록 기술개발의 상용화 수준을 고도화

○ 본 연구개발 과제에 참여하는 기업들을 통한 중·장기 사업화 전략 추진

- (1단계) 지하정보 활용지원 센터(한국건설기술연구원)에서 운영 중인 지하정보 통합체계의 지하정보 연계 및 가공 시스템에 적용 및 개선점 도출, 해결기술 개발 추진
- (2단계) 지하정보뿐만 아니라 3차원 지상정보(건물, 도로, 각종 시설물 등)을 통합하는 3차원 공간정보 변화객체 탐지 및 가공 기술 개발로 적용 분야 확대
- (3단계) 다유형의 대용량 데이터를 수집과 동시에 자동 가공하고 실시간으로 지하정보를 탑재하는 기술 개발을 통해 스마트 시티, 디지털트윈 등 다양한 사업화 추진

2. (2세부) 지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술

가. 연구개발 목표

- 2세부 과제는 지하정보 정확도 향상 기술 및 모바일 기반의 지하공간통합지도 통합 관리기술을 통하여 2종 이상의 현장 활용 지원 서비스 모델 개발을 목표로 함

<표 3-24> (2세부) 지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술개발 목표

세부과제의 개념	- 지하정보 정확도 향상 기술은 정밀 지하시설물 및 지반정보 탐사·정보 구축을 위한 소프트웨어 개발 기술로 지하정보 탐사현장에서 실제 지형(DEM)을 기반으로 한 정밀 3차원 지하정보 위치정보 획득과 인공지능(AI) 기술을 활용한 지하시설물 및 지층 탐사정보를 자동 탐지 및 구축을 지원할 수 있는 기술 개발
기술 개발 목표	- 지하정보 정확도 향상 기술 및 모바일 기반의 지하공간통합지도 통합관리기술 개발을 통하여 굴착현장을 대상으로 한 2종 이상의 활용 지원 서비스 모델 개발
세부과제 구성	- (2-1세부) 지하정보 정확도 향상 기술 - (2-2세부) 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술 - (2-3세부) 지하정보 현장 실증 실험

나. 연구개발 배경 및 필요성

- 2세부 과제는 지하공간통합지도의 적극적인 활용이 요구되고 있으나, 낮은 정확도, 대용량의 데이터, 보안데이터의 한계 등의 문제점을 해결하고 지하공간통합지도의 활용성의 극대화를 위해 신속한 연구개발 필요
- (2-1 세부) 지하정보 정확도 향상 기술은 신뢰성이 낮은 지하공간통합지도의 문제점을 해결하고 복합데이터 내 지하정보 추출, 지하 탐사를 통해 획득되는 지하정보의 3차원 구축을 위해 연구개발 필요

연구내용	필요성
복합데이터 기반의 지하정보 추출 및 구축 기술 개발	- 정확한 위치정보 및 정확도 향상된 정밀 3차원 지하정보 통합관리 기술개발이 필요함. 또한, 기존 자료(시추공 정보 등)의 활용성 제고를 위한 복합데이터 내에서 지하정보를 추출하고 구축하는 기술개발이 필요
지하정보 정밀탐사 지원 기술 개발	- 현재 지하공간정보를 탐색하기 위한 GPR장비는 경사지형이 많은 한국지형에는 적용하기 어려우며, 탐사심도 제한이 존재하며 3차원 지하공간정보 구축 기술이 미비함. 따라서 한국지형에 적합한 정밀 저심부 지하정보를 탐사할 수 있는 기술 개발이 필요

○ (2-2 세부) 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술은 대용량, 보안 등의 문제로
현장에서의 활용성이 떨어지는 문제점을 해결하여 지하공간통합지도의 현장 활용
기반 마련을 위해 개발 필요

연구내용	필요성
모바일용 지하공간통합지도 구축 기술 개발	- 대용량 지하공간통합지도 데이터로 인해 모바일 활용 성능이 저하되어 현장 사용에 적합한 모바일 지하공간통합지도 구축 기술 개발 필요
대용량 모바일 지하공간통합지도 고속 전송 및 보안 기술 개발	- 현재 대용량 데이터에 대해 대역폭을 보장하는 전송기술은 미비하기 때문에 특화된 보안기술을 적용한 대용량 데이터 전송의 대역폭 보장을 통해 끊임 없는 현장 서비스를 제공하기 위한 모바일용 지하공간통합지도 전송·보안기술 개발 필요
현장 생성 지하정보 검증 및 표준 DB 변환 기술 개발	- 지하공간 통합지도 센터와 현장간의 유기적인 관계가 가능하도록 검증된 양방향 데이터 암호·복호화 전송 기술 도입 및 지하시설물 G PR 탐사 현장시스템 개발을 통해 긴급 상황 대응 체계를 구축하고, 불탐 시설물의 정확도 개선 시스템의 개발이 필요함
현장 지원 지하공간통합지도 통합관리시스템 개발	- 지하공간 굴착현장에서 발생할 수 있는 재난·재해를 사전에 방지 하기 위해 지속적으로 안전모니터링을 실시해야하며 시공과정과 시공 후의 정보를 기록하고 향후 지하시설물의 안전관리 및 유지 보수를 위해 기초데이터로 활용하여 안전관리를 실시할 수 있도록 의무화하는데 국가 추진의 필요성이 있음

○ (2-3 세부) 지하정보 현장 실증 실험은 다양한 지하 관련 현장에서 지하정보를
정확히 파악할 수 없어 발생하는 문제점을 해결하고 본 연구개발의 성과물에 대한
성능 검증을 위해 추진 필요

연구내용	필요성
<p>지하공간통합지도 기반 지하정보 탐사현장 활용기술 개발</p>	<p>- 현재 지하공간 통합지도의 구축 및 확산 중에 있으나 과거 매설한 지하시설물의 불탐 및 오류가 상존하고 있으며, 현장에서 지하시설물 데이터를 확인할 수 있는 기반이 전무하여 현장에서 지하시설의 현황을 정확히 파악할 수 없어 지하공간통합지도 활용 지원 필요</p>
<p>실시간 지하공간통합지도 연계 지원서비스 실증</p>	<p>- 지하공간 굴착현장을 대상으로 본 과제에서 도출된 지하정보 탐사 현장 실시간 지하공간통합지도 연계지원 기술 성과물에 대한 성능 검증을 위하여 테스트 및 검증 필요</p>

다. 연구개발 내용



<그림 3-12> (2세부) 지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술 개념도

<표 3-25> (2세부) 지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술 주요 내용

세부과제명	지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술	
	기술명	주요 내용
구성기술	지하정보 정확도 향상 기술	- 정밀 지하시설물 및 지반정보 탐사·정보 구축을 위한 소프트웨어 개발 기술로 지하정보 탐사현장에서 실제 지형을 기반으로 한 정밀 3차원 지하정보 위치 획득과 인공지능을 활용한 지하시설물 및 지층 탐사정보 자동 탐지 및 구축 지원을 위한 기술
	모바일 지하공간 통합지도 통합관리 기술	- 최신성 및 정확성이 확보된 지하공간통합지도의 현장 정보 제공을 위한 데이터 경량화·정보 보안·전송기술 및 현장에서 생산되는 지하정보의 수집·오류검증 등을 통한 최신 지하정보 업데이트 지원을 위한 기술
	지하정보 현장 실증 실험	- 지하시설물 탐사현장에 대한 3차원 지하공간통합지도 실시간 연계지원 기술을 기반으로 지하시설물정보 탐사영상 분석, 지하시설물 객체 추출, 탐사데이터 정확도 검증 및 수정 등이 가능한 실시간 지하공간통합지도 연계지원 시스템 기술

(1) (2-1세부) 지하정보 정확도 향상 기술

(가) 기술 개요

- (배경) 지속적인 지하안전사고의 발생 및 「지하안전관리에 관한 특별법」에 따른 지하공간통합지도 수요 증대에 따라 보다 정밀한 지하공간통합지도 구축 기술 개발 필요
- (목적) 지하공간통합지도의 핵심구성요소인 지하정보의 정밀탐사 기술 및 복합데이터 (지하시설물, 지반정보 등) 추출 및 구축기술 확보로 기구축 및 신규구축 지하공간 통합지도의 구축 정확도 향상



<그림 3-13> (2-1세부) 지하정보 정확도 향상 기술 개념도

(나) 기술 내용

- 복합데이터 기반의 지하정보 추출 및 구축 기술 개발
 - 지하정보 탐사정보 현장시스템을 통하여 획득된 복합데이터 기반의 3차원 지하정보 클라우드 데이터 생성 기술 개발
 - 인공지능(AI) 기술을 활용한 지하정보 클라우드 데이터 내 지하시설물 및 지반정보 추출 기술 개발
 - 추출된 지하정보(지하시설물, 지반정보)의 3차원 모델링 데이터 생성·가시화·분석 및 지하정보 활용지원센터로의 정보 전송 기술 개발
 - 복합데이터 기반 지하정보 추출 및 구축 시스템 개발

○ 지하정보 정밀탐사 지원 기술 개발

- GNSS/INS/PDR 융합 처리기술 기반의 지하정보 탐사장비의 끊임없는 연속 정밀 수평 위치(X,Y) 획득 기술 개발
- 실시간 UAV 지형(DEM) 측량기술을 활용한 정밀 지표면(Ground) 기반의 정밀 지하정보 심도(h) 획득 기술 개발
- 지하정보 탐사결과의 3차원 가시화 및 분석 기술 개발
- 지하정보 정밀탐사 현장지원시스템 개발

(다) 기술 미래상


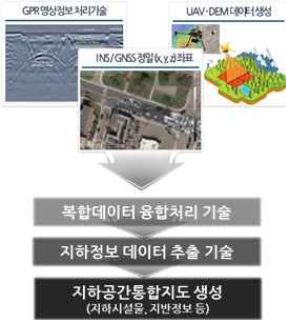
○ 복합데이터 기반의 지하정보 추출 및 구축 기술 개발

- (As-is) 지하정보의 개별 구축으로 연계 및 통합관리가 미흡하며, GPR탐사 및 다양한 지하정보의 관리체계 미흡
- (To-Be) 정밀한 통합 지하정보 확보 및 생성, 구축, 관리 자동화 및 체계적인 국가 지하정보 관리 기반 마련

○ 지하정보 정밀탐사 지원 기술 개발

- (As-is) 과도한 비용이 소모되고 있으나 복잡한 지하정보 탐사 단계, 상이한 지하정보 정확도 기준, 정확한 3차원 좌표 획득 불가능, 심도 5m 이상 깊이의 탐사 제한
- (To-Be) 균질한 정확도의 지하공간통합지도 구축, DEM 기반의 3차원 공간좌표 획득, 탐사 심도 5m 구현 및 저심도 탐사 정확도 향상

<표 3-26> (2-1세부) 지하정보 정확도 향상기술 미래상

구분	As-Is	To-Be
복합데이터 기반의 지하정보 추출 및 구축 기술 개발		



지하정보 정밀탐사
지원 기술 개발

(2) (2-2세부) 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술

(가) 기술 개요

- (배경) 대용량 지하공간통합지도 데이터의 모바일 활용 성능이 저하되며, 보안상의 이유로 공사현장 등 모바일 환경에서의 활용이 미비함. 이러한 문제점을 해결하기 위해 보안성이 확보된 모바일용 지하공간정보통합지도 제작 및 제공 기술 개발이 필요
- (목적) 모바일용 지하공간통합지도 구축, 관리 및 제공 기술 개발을 통하여 현장에서 사용 가능한 경량화된 모바일용 데이터를 사용자 맞춤형으로 실시간 제공



<그림 3-14> (2-2세부) 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술 개념도

(나) 기술 내용

- 모바일용 지하공간통합지도 구축 기술 개발
 - 지하공간통합지도 모바일 제공을 위한 DB 경량화 기술 개발
 - 모바일용 지하공간통합지도 구축(LOD구축, 가공 등) 기술 개발
- 대용량 모바일 지하공간통합지도 고속 전송 및 보안 기술 개발
 - 모바일용 지하공간통합지도 데이터 암호화 및 휘발성 기술 개발
 - 모바일용 지하공간통합지도 고속 데이터 전송 기술 개발
 - 국토관리청 및 지자체 도로굴착인허가시스템 연계 기술 개발
- 현장 생성 지하정보 검증 및 표준 DB 변환 기술 개발
 - 모바일 기반의 현장 생성 지하정보 오류 검증 및 보정 기술 개발
 - 보정 현장 지하정보의 표준 지하정보 DB 변환 기술 개발
 - 지하정보통합체계로의 보정 현장 표준 지하정보 DB 제공 기술 개발
- 현장 지원 지하공간통합지도 통합관리시스템 개발

(다) 기술 미래상

- 모바일용 지하공간통합지도 구축 기술 개발
 - (As-is) 현재의 대용량 3차원 지하공간통합지도의 모바일 활용 시 성능 저하, 기기종 모바일 기기에서의 상호운용성 보장 어려움
 - (To-Be) 경량화된 모바일용 지하공간통합지도 확보로 다양한 포맷변환 기술 개발을 통한 활용성 증대
- 대용량 모바일 지하공간통합지도 고속 전송 및 보안 기술 개발
 - (As-is) 지하공간통합지도의 특성에 맞는 대용량 데이터 전송 기능과 신속한 서비스 제공을 위한 고속 데이터 전송 기술 부재
 - (To-Be) 대용량 지하공간통합지도의 양방향 고속 전송기술 적용으로 정부, 민간 등 다양한 분야에서의 실시간 활용 기반 마련

○ 현장 생성 지하정보 검증 및 표준 DB 변환 기술 개발

- (As-is) 지하정보 관리기관 구축 정보의 수집, 3차원 가공 등의 복잡한 과정으로 과도한 시간·비용 투자 필요
- (To-Be) 현장에서 생성되는 지하정보의 실시간적인 수집·검증·표준 DB 변환 및 지하정보 갱신 자동화 기술 적용으로 지하공간통합지도 최신성 확보

<표 3-27> (2-2세부) 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술 미래상

구분	As-Is	To-Be
<p>모바일용 지하공간통합지도 구축 기술 개발</p>	<p>웹 기반 지하공간통합지도</p> <p>굴착 현장안전관리를 위한 시스템 필요</p> <p>지하공간통합지도 시스템</p> <p>대용량 지하정보, 다양한 포맷 미지원, 공개 제한, 모바일 성능확보</p> <p>“현재 대용량 3차원 지하공간통합지도의 모바일 활용 시 성능 저하 어려움”</p> <p>“공간정보산업 경쟁력 강화 기술인 AR/VR 등에 활용 가능한 다양한 포맷 변환 기술 필요”</p> <p>“현장 활용을 위한 전송 및 보안 기술 확보 필요”</p>	<p>모바일용 지하공간통합지도 구축 기술 개발</p> <p>경량화된 모바일용 지하공간통합지도 구축 기술 개발</p> <p>BDS, CityGML, 모바일용 데이터, 변환 처리, LOD 대응, 가중치 데이터, 데이터 처리, 렌더링 최적화, 모바일 데이터, 가공 서버</p> <p>모바일용 지하공간통합지도의 전송 기술 개발</p> <p>모바일용 경량 데이터, 표준 전송 방식, 암호화, 복호화</p> <p>① 3차원 지하공간통합지도 표준 전송 방식을 통한 실시간 데이터 전송 및 시각화</p> <p>② 지하공간통합 공공데이터 공개제한 데이터의 암호화 복호화를 통한 선별적 데이터 연계 및 공유</p>
<p>대용량 모바일 지하공간통합지도 고속 전송 및 보안 기술 개발</p>	<p>외부 사용자</p> <p>방화벽</p> <p>통합DB</p>	<p>인가받은 외부 사용자</p> <p>SSL VPN</p> <p>방화벽</p> <p>빅데이터 고속 전송, 보안 프로토콜 기반 망상 데이터 전송</p> <p>인터넷망</p> <p>업무망</p> <p>망연계서버(외부)</p> <p>망연계서버(내부)</p> <p>방화벽</p> <p>가상화 클라이언트</p> <p>통합DB</p>
<p>현장 생성 지하정보 검증 및 표준 DB 변환 기술 개발</p>	<p>지하 시설물</p> <p>지하 구조물</p> <p>지반정보</p> <p>· 지자체/유관기관</p> <p>· 관리기관</p> <p>· 준공도면, 측량</p> <p>· 2차원 기반 생성과정</p> <p>· 2차원 기반 생성과정</p>	<p>현장 생성 데이터</p> <p>검증 테스트</p> <p>GPR 영상 분석, 3차원 객체 매칭, 지하공간통합지도 수정</p>

구분	As-Is	To-Be
<p>현장 지원 지하공간통합지도 통합관리시스템 개발</p>	<p>웹 기반 지하공간통합지도 관리 및 제공</p> <ul style="list-style-type: none"> 지하공간통합지도 굴착현장 위치 기반 확인 불가 지하공간통합지도 전송 표준통신방식 부재 현장 생성 데이터 표준 및 전송 인터페이스 부재 지역 특성에 따른 데이터 전송 방안 미흡 <p>“사용자 위치기반의 데이터 및 대상 영역 확인 필요” “굴착 현장 지하공간통합지도 확인 및 현장 자료 전송 필요” “지역 특성에 맞는 지하공간통합지도 전송 표준통신방식 필요”</p>	<p>모바일용 지하공간통합지도 관리 및 제공 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> 사용자 위치기반의 데이터 전송 기술 개발 현장 생성정보 자료 전송을 위한 보안 기술 개발 <p>사용자 위치기반 데이터 추출 / 현장 지하정보 생성 및 전송</p> <ul style="list-style-type: none"> 굴착 현장에서 생성된 사용자 중심 자료 전송을 위한 데이터 보안 기술 개발 3차원 지하공간통합지도 사용자 위치를 통한 대상 영역 추출을 통해 현장 활용성 강화 지역 특성에 적합한 3차원 지하공간통합지도 전송 방안을 통한 서비스 성능 향상

(3) (2-3세부) 지하정보 현장 실증실험

(가) 기술 개요

- (배경) 과거 매설 지하시설물의 불탐·오류 상존 및 현장에서의 지하시설물 데이터를 확인할 수 있는 기반이 전무하며, 현행 GPR 탐사 방법은 탐사 후 후처리를 필요로 하는데, 실시간 확인 및 도면 연계가 불가하여 긴급 현장 대응 불가 및 효율성 문제 있음
- (목적) 지하시설물 탐사현장에 대한 3차원 지하공간통합지도 실시간 연계지원 기술을 기반으로 지하시설물정보 탐사영상 분석, 지하시설물 객체 추출, 탐사데이터의 정확도 검증 및 수정 등이 가능한 실시간 지하공간통합지도 연계지원시스템을 개발함. 또한, 지하정보 탐사현장을 대상으로 개발 시스템의 서비스 실증으로 현장 적용성을 확보하여 연구개발 후 실제 현장에 적용 가능토록 하고자 함



<그림 3-15> (2-3세부) 지하정보 현장 실증실험 개념도

(나) 기술 내용

○ 지하공간통합지도 기반 지하정보 탐사현장 활용기술 개발

- 무선통신 기반 지하공간통합지도 실시간 연계 기술 개발
- 지하시설물 탐사영상 수집 및 영상 매핑 처리(좌표 및 3D 모델링) 기술 개발
- 현장에서 생성된 실시간 모델링 및 탐사 데이터 센터 전송 기술 개발

○ 실시간 지하공간통합지도 연계 지원서비스 실증

- 서비스 테스트를 위한 테스트베드(지반침하(함몰) 탐사현장, 다수의 지하시설물이 존재하는 탐사현장 등) 선정
- 실시간 지하공간통합지도 연계지원시스템 서비스 실증

(다) 기술 미래상

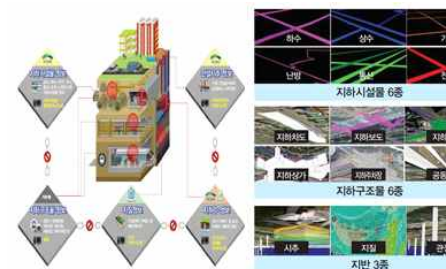

○ 지하공간통합지도 기반 지하정보 탐사현장 활용기술 개발






- (As-is) 현재의 GPR 탐사 기술은 경제성 및 효율성, 긴급성 측면에서 지하정보의 불탐·오류 사항 존재 등의 한계가 존재
- (To-Be) 지하공간통합지도의 지하정보 탐사현장 활용기술 개발로 불탐 및 오류사항을 해소하고 GPR 탐사의 한계 극복

○ 실시간 지하공간통합지도 연계 지원서비스 실증

- (As-is) 다양한 지하정보를 반영한 탐사현장 및 장비 성능 검증 방안 미비
- (To-Be) 실시간 지하공간통합지도 연계지원시스템 서비스 실증으로 다양한 환경에 특화된 탐사현장 검증 방안 마련

<표 3-28> (2-3세부) 지하정보 현장 실증실험 미래상

구분	As-Is	To-Be
지하공간통합지도 기반 지하정보 탐사현장 활용기술		

구분	As-Is	To-Be
실시간 지하공간통합지도 연계 지원서비스 실증	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>맞춤형 테스트베드 부재</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>다양한 탐사환경 미조성</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>경험에 의한 GPR 해석</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>탐사기술에 대한 검증 방안 미비</p>  </div> </div>	

라. 연차별 연구내용

- 1차년도에는 기술개발을 위한 분석·설계와 요소기술 개발, 테스트베드 선정 등의 연구개발을 추진하며, 2차년도에는 SW개발, 3차년도에는 SW 최적화 및 고도화, 4차년도에는 통합검증 및 실증 위주의 연구 추진

<표 3-29> (2세부) 지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술 연차별 연구내용

구분	성과목표
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> - (2-1세부) 지하정보 정확도 향상 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 지하정보 정밀탐사 기술 분석·설계 · 복합데이터(지하시설물, 지반정보 등) 분석 및 정의 · 복합데이터 기반의 지하정보 추출 및 구축 기술 분석·설계 - (2-2세부) 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 모바일 지하공간통합지도 데이터 분석 및 정의 · 모바일 지하공간통합지도 구축 및 경량화 기술 분석·설계 · 무선통신기반 대용량 공간정보 전송 및 보안기술 분석·설계 - (2-3세부) 지하정보 현장 실증 실험 <ul style="list-style-type: none"> · 현장 GPR 2D 영상의 3D 데이터 변환 모듈 개발 · 3D 기반 지하공간통합지도 데이터와 현장 GPR 영상 매핑 모듈 개발 · 다양한 테스트베드 선정 기준 및 전략 수립을 통한 테스트베드 선정
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> - (2-1세부) 지하정보 정확도 향상 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 지하정보 정밀탐사 요소 기술 개발 · 복합데이터 기반의 지하정보 추출 및 구축 요소 기술 개발 - (2-2세부) 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 모바일 지하공간통합지도 구축 요소 기술 개발

구분	성과목표
	<ul style="list-style-type: none"> · 모바일 지하공간통합지도 경량화 요소 기술 개발 · 무선통신기반 대용량 공간정보 전송 및 보안 요소 기술 개발 - (2-3세부) 지하정보 현장 실증 실험 <ul style="list-style-type: none"> · 지하시설물 불탐자료 정확도 분석 시스템 개발 · 지하정보 현장 확인 및 검증 시스템 개발
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> - (2-1세부) 지하정보 정확도 향상 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 지하정보 탐사결과 처리 및 가시화 현장지원 SW 개발 · 복합데이터 기반 3차원 지하정보 추출·구축·분석·가시화 SW 개발 · 지하정보 탐사 성능 검증 현장 검증 구축 및 검증 기술 개발 - (2-2세부) 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 모바일 지하공간통합지도 구축 기술 개발 · 모바일 지하공간통합지도 경량화 기술 개발 · 무선통신기반 대용량 공간정보 전송 및 보안 기술 개발 - (2-3세부) 지하정보 현장 실증 실험 <ul style="list-style-type: none"> · 지하시설물 불탐자료 정확도 분석 시스템 개발 · 지하정보 현장 확인 및 검증 시스템 개발
4차년도	<ul style="list-style-type: none"> - (2-1세부) 지하정보 정확도 향상 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 지하정보 탐사결과 처리 및 가시화 현장 SW 고도화 · 복합데이터 기반 3차원 지하정보 추출·구축·분석·가시화 SW 고도화 · 지하시설물/지형 및 지반 특성 별 지하정보 탐사 성능 검증 SW 개발 · 지하정보 탐사 성능 검증 현장 검증 - (2-2세부) 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 모바일 지하공간통합지도 관리 및 제공 SW 개발 · 모바일 지하공간통합지도 고속전송 SW 개발 - (2-3세부) 지하정보 현장 실증 실험 <ul style="list-style-type: none"> · 지하시설물 불탐자료 정확도 분석 시스템 실증 · 현장 확인 및 검증 시스템 실증

마. 정량적 목표

<표 3-30> (2세부) 지하공간통합지도 현장· 활용 지원 기술 정략적 목표

구분	성과목표	측정방법	목표치	검증방법
지하정보 정확도 향상 기술 개발	3D 지하정보 탐사결과 처리 및 가시화 현장 지원 SW	- 지하정보 탐사 심도 및 최대경사 확인 - 지하공간정보 위치오차 확인	- 최대경사 12% - 탐사심도 5m - 위치오차 ±30cm	외부 공인기관 인증
	복합데이터 기반의 지하정보 추출 및 구축 SW	- 복합데이터 기반의 정보 추출 정도 확인 - 추출정보의 변환 확인	- 정보추출 90% - 변환률 90%	외부 공인기관 인증
	지하정보 탐색·추출 인공지능 SW	- 지하정보 탐색 결과 확인 - 지하정보 추출 결과 확인	- 탐색 정확도 90% - 추출 정확도 90%	외부 공인기관 인증
	추출 지하정보 3차원 가시화 및 분석 SW	- 3차원 가시화 결과 확인 - 정보 분석 결과 확인	- 동작 정확도 90% 이상	외부 공인기관 인증
모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술	모바일 지하공간통합지도 구축 SW	- 원시데이터 대비 경량화 결과 확인 - 모바일 지하공간통합지도 구축 결과 확인	- 경량화 70% 이상 - 가공·탐재 100%	외부 공인기관 인증
	모바일용 지하공간통합지도 제공 및 현장 탐사정보 수집 SW	- 기존 대비 전송속도 비교 - 탐사정보 수집 결과 확인	- 대역폭 10G 이상 - 정보 수집률 90% 이상	외부 공인기관 인증
	모바일용 지하공간통합지도 및 현장 탐사정보 전송·보안 SW	- 실시간 전송 결과 확인	- 동작 정확도 90% 이상	외부 공인기관 인증
	탐사 지하정보 정확도 검증 및 오류수정 SW	- 정확도 확인	- 정확도 70% 이상	외부 공인기관 인증
지하정보 현장 실증 실험	지하공간통합지도 기반의 지하정보 현장 탐사정보 매핑·가시화 SW	- 지하시설물 탐사영상 수집 및 탐사영상 매핑 처리 결과 확인	- 동작 정확도 90% 이상	외부 공인기관 인증

- 2-1세부의 정확도 향상 기술은 기존에 지하정보 탐사에 활용되는 MPL, GPR 장비 등을 통해 획득되는 데이터 정확도와와의 비교를 위해 최적의 테스트베드를 선정 한 후 추출되는 정보의 정확도 비교 수행으로 연구개발 성과 검증
- 2-2세부의 검증은 지하정보 활용시스템을 통해 서비스되는 지하공간통합지도 데이터 대비 경량화 정도 확인, 2개 이상의 탐사현장 대상의 전송 대역폭 및 동작 정확도 확인, 현장에서 수집된 정보의 정확도 검증 및 오류수정 정확도 확인을 통해 수행함
- 2-3세부에서는 개발된 기술의 전체적인 현장 실증 실험을 수행하며, 2개 이상의 탐사 현장에서 수집되는 탐사정보와 지하공간통합지도의 매핑 및 가시화 기술에 대한 동작 정확도를 확인하여 기술을 검증함

바. 추진전략

- 2세부 과제인 지하공간통합지도 활용 현장 지원 기술 개발은 원시데이터를 구축·관리하는 지자체 및 유관기관과의 협의 및 사용자 니즈 파악을 통해 핵심 기술 개발을 추진할 예정
- 또한, 관련 전문분야별 전문가 그룹 자문의견을 지속적으로 수렴하고 객관성있는 연구개발을 추진토록 함

<표 3-31> (2세부) 지하공간통합지도 활용 현장 지원 기술 추진전략

구분	과제명	주요내용	추진전략
2세부 과제	지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 지하정보 정확도 향상 기술 개발 - 모바일 지하공간통합지도 통합 관리 기술 개발 - 지하정보 현장 실증 실험 	<ul style="list-style-type: none"> - 인공지능 기반의 지하정보 정확도 향상기술 검증 - 모바일용 지하공간통합지도 기반의 굴착현장 안전지원 통합 관리시스템 개발 및 검증 - 지하정보 활용 현장 실시간 지하공간통합지도 연계지원 기술 개발 및 실시간 지하공간통합지도 연계 지원서비스 실증
2-1 (공동)	지하정보 정확도 향상 기술	<ul style="list-style-type: none"> - 복합데이터 기반의 지하정보 추출 및 구축 기술 개발 - 지하정보 정밀탐사 지원 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 지하공간통합지도의 정확도 기준 통일을 위해 지하공간정보를 보유하고 있는 관련기관과 협조 체계를 구축하고 현실적인

구분	과제명	주요내용	추진전략
			<p>정확도 기준 마련을 위해 전문가 그룹 의견 수렴</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3차원 위치정보 획득을 위해 UAV, GNSS 등의 기존기술과 발전적인 융합을 위한 국내 연구역량 결집 - 한국형 신기술을 개발하기 위한 국내 연구진, 기존 탐사장비 및 기술을 가진 업체, 정부 부처 및 관련 공사, 협회와의 유기적인 협력 통해 연구개발 추진
2-2 (공동)	모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술	<ul style="list-style-type: none"> - 모바일용 지하공간통합지도 구축 기술 개발 - 대용량 모바일 지하공간통합지도 고속 전송 및 보안 기술 개발 - 현장 생성 지하정보 검증 및 표준 DB 변환 기술 개발 - 현장 지원 지하공간통합지도 통합 관리시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 현장 사용에 적합한 지하공간통합 지도 설계 및 데이터 정의를 위한 전문가들의 자문의견 수렴 - 다양한 모바일 기기에서의 상호 운용성이 보장된 기술 연구 - 모바일 사용에 적합한 데이터 경량화 및 데이터 정밀도 수준을 결정하기 위한 전문가 의견 수렴 및 연구 - 사용자 기반의 지하공간통합지도 활용 및 현장에서의 데이터 사용 활성화를 위한 데이터 활용도 제고 - 보안 데이터의 공개제한 범위 결정을 위한 유관기관과의 협력체계 구축 및 실시간 전송 데이터 암호화 기술 연구 - 빅데이터 처리 기술을 활용하여 현장에서의 실시간 데이터 활용을 위한 지하공간통합지도 특화 전송 기술 연구

구분	과제명	주요내용	추진전략
2-3 (공동)	지하정보 현장 실증 실험	<ul style="list-style-type: none"> - 지하공간통합지도 기반 지하정보 탐사현장 활용기술 개발 - 실시간 지하공간통합지도 연계 지원서비스 실증 	<ul style="list-style-type: none"> - 다양한 테스트베드 선정 기준 및 전략 수립을 통한 테스트베드 선정 - 지하공간통합지도 센터 및 국토교통부 공간정보 오픈플랫폼 사업단과의 협력체계 구축 - GPR 탐사기술에 대한 활용 업체 및 원천/응용 기술 보유 업체 기술 제휴 진행 - 현장 적용 가능성 확인을 위한 실증 대상 선정을 통해 시험 운영 평가 및 개선 - 양방향 데이터 암호·복호화 전송 기술 연구 파트 및 국정원 등 관련 이해관계자 의견 수렴

사. 기술로드맵 및 성과로드맵

(1) 과제별, 연차별 기술로드맵



<그림 3-16> (2세부) 지하공간통합지도 굴착현장 활용 지원 기술 연차별 기술로드맵

(2) 과제별, 연차별 성과로드맵

(가) 2-1 세세부 - 지하정보 정확도 향상 기술

<표 3-32> (2-1세부) 지하정보 정확도 향상 기술 연차별 성과로드맵

구분	연구내용	성과목표	성과검증 기준			
			산출물	목표치	측정방법	
1차 년도	지형 및 지반/지하시설물 특성에 따른 지하정보 정밀탐사 기술 분석	3종 이상의 국내외 지하정보 정밀탐사 기술 분석서	①	분석 보고서	1건	외부 전문가 검증
	지하정보 탐사 현장시스템을 통해 획득된 복합 데이터 처리 기술 분석	3종 이상의 복합 데이터 처리 기술 분석서	①	분석 보고서	1건	외부 전문가 검증
	인공지능 기반의 지하시설물 및 지반정보 추출 분류 기술 설계	6종의 지하시설물, 3종의 지반정보 추출 분류 기술 설계	②	설계서	1건	외부 전문가 검증
	지하정보 정밀탐사 요소 기술 개발	지하정보 별 특성을 반영한 정밀탐사 요소 기술 개발	①	SW등록	1건	외부 공인기관 인증
	인공지능 기술을 활용한 복합데이터 기반의 지하정보 추출 요소 기술 개발	6종의 지하시설물 및 3종의 지반정보 추출 요소 기술 개발	①	SW등록	1건	외부 공인기관 인증
	지하정보 3차원 모델링 데이터생성가시화분석 및 전송 요소 기술 개발	6종의 지하시설물 및 3종의 지반정보 3차원 모델링 및 전송 요소 기술 개발	②	SW등록	1건	외부 공인기관 인증

구분	연구내용	성과목표	성과검증 기준			
			산출물	목표치	측정방법	
2차 년도	3차원 지하정보 정밀탐사결과 처리 및 가시화 현장지원 SW 개발	6종의 지하시설물 및 3종의 지반정보 탐사결과 처리 및 가시화 SW 개발	①	SW등록	1건	외부 공인기관 인증
	복합데이터 기반의 지하정보 추출·구축·분석·가시화 SW 개발	6종의 지하시설물 및 3종의 지반정보 추출·구축·분석 SW 개발	①	SW등록	1건	외부 공인기관 인증
	지형 및 지반/지하시설물 특성별 지하정보 탐사 SW 기술 개발	6종의 지하시설물 및 3종의 지반정보 탐사 성능 SW 개발	①	SW등록	1건	외부 공인기관 인증
3차 년도	복합데이터 기반 지하정보 추출 및 구축 시스템	6종의 지하시설물 및 3종의 지반정보 추출 및 구축 시스템 개발	①	SW등록	1건	외부 공인기관 인증
	지하정보 정밀탐사 현장지원시스템	다양한 현장에서의 지하정보 정밀탐사 지원시스템 개발	①	SW등록	1건	외부 공인기관 인증
4차 년도	복합데이터 기반 지하정보 추출 및 구축 시스템	6종의 지하시설물 및 3종의 지반정보 추출 및 구축 시스템 검증 및 최적화	①	검증 보고서	1건	외부 전문가 검증
	지하정보 정밀탐사 현장지원시스템	다양한 현장에서의 지하정보 정밀탐사 지원시스템 검증 및 최적화	①	검증 보고서	1건	외부 전문가 검증

<표 3-33> (2-1세부) 지하정보 정확도 향상 기술 연차별 성과지표

구분	목표	성과검증 기준					
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	
사업 연계 지표	특허 출원/등록	2/0		0/2		2/2	
	소프트웨어 등록건수	3	3	2		8	
	시제품 출시(제작)·현장시험 건수			2	2	4	
	학술성과 (논문게재)	SCI(E)급		1	1		2
		비SCI(E)급	3	2	2	1	8
정책성과	정책제안	1	1	1		3	
	정책채택				1	1	
기타 지표	신기술지정건수						
	국내외 학술회의 발표 건수	5	3	2	2	12	
	기술료 장수 금액						
	기술 실시계약 건수						
	현장적용에 따른 비용절감 건수						
	사업화제품화 건수				1	1	

	국내학협회지 기술기사					
	전문인력양성					
	연구개발 관련 홍보	2	1	1	1	5
	기타 목표					

(나) 2-2 세세부 - 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술

<표 3-34> (2-2세부) 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술 연차별 성과로드맵

구분	연구내용	성과목표	성과검증 기준			
			산출물	목표치	측정방법	
1차 년도	모바일용 지하공간통합지도 구축전송보안 기술 분석	15종의 지하정보에 대한 모바일 구축 분석 보고서	①	분석 보고서	1건	외부 전문가 검증
	모바일용 지하공간통합지도 구축전송보안 기술 설계	15종의 지하정보에 대한 모바일 구축 기술 설계	②	설계서	1건	외부 전문가 검증
	현장 생성 지하정보 검증 및 지하정보통합체계 자료 연계 기술 분석	6종의 지하시설물 3종의 지반정보에 대한 검증	①	분석 보고서	1건	외부 전문가 검증
	현장 생성 지하정보 검증 및 지하정보통합체계 자료 연계 기술 설계	6종의 지하시설물 3종의 지반정보에 대한 연계 기술 설계	②	설계서	1건	외부 전문가 검증
	현장 지원 통합관리시스템 분석	탐사현장에서의 활용을 위한 통합관리시스템 분석	①	분석 보고서	1건	외부 전문가 검증
	현장 지원 통합관리시스템 설계	탐사현장에서의 활용을 위한 통합관리시스템 설계	②	설계서	1건	외부 전문가 검증
	모바일용 지하공간통합지도 구축전송보안 기술 개발	15종의 지하정보에 대한 모바일 활용 기술 개발	①	기술 개발서	1건	외부 전문가 검증
	현장 생성 지하정보 검증 및 지하정보통합체계 자료 연계 기술 개발	현장 생성 6종 지하시설물 3종 지반정보 연계 기술 개발	①	기술 개발서	1건	외부 전문가 검증
	현장 지원 통합관리시스템 개발	탐사현장에서의 활용을 위한 통합시스템 개발	①	기술 개발서	1건	외부 전문가 검증
2차 년도	모바일용 지하공간통합지도 구축 제공 및 현장탐사정보 수집 SW 개발	15종의 지하정보 모바일 데이터 구축 및 9종의 지하정보 현장정보 수집	①	SW등록	1건	외부 공인기관 인증
	모바일용 지하공간통합지도 및 현장 탐사정보 전송 ·보안 SW 개발	15종의 지하정보 모바일 데이터 현장 전송률 90%	①	SW등록	1건	외부 공인기관 인증
	현장 지원 통합관리시스템 개발	탐사현장 활용을 위한 통합관리시스템 1종 개발	①	SW등록	1건	외부 공인기관 인증

구분	연구내용	성과목표	성과검증 기준			
			산출물		목표치	측정방법
3차 년도	모바일용 지하공간통합지도 구축전송보안 기술 성능 검증	15종의 지하정보 모바일 데이터 검증률 80%	②	검증 보고서	1건	외부 전문가 검증
	현장 생성 지하정보 검증 및 지하정보통합체계 자료 연계 기술 성능 검증	현장 생성 정보 검증 및 연계 기술 동작 정확도 80%	②	검증 보고서	1건	외부 전문가 검증
4차 년도	모바일용 지하공간통합지도 구축전송보안 기술 성능 최적화	15종의 지하정보 모바일 데이터 검증률 90%	②	보고서	1건	외부 전문가 검증
	현장 생성 지하정보 검증 및 지하정보통합체계 자료 연계 기술 성능 최적화	현장 생성 정보 검증 및 연계 기술 동작 정확도 90%	②	보고서	1건	외부 전문가 검증

<표 3-35> (2-2세부) 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술 연차별 성과지표

구분	목표		성과검증 기준				
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
사업 연계 지표	특허 출원/등록		4/0	0/2	0/1	0/1	4/4
	소프트웨어 등록건수			3			3
	시제품 출시(제작·현장시험) 건수				3	1	4
	학술성과 (논문게재)	SCI(E)급		1	1		2
비SCI(E)급		2	2	1	1	6	
기타 지표	정책성과	정책제안	1				1
		정책채택				1	1
	신기술지정건수						
	국내외 학술회의 발표 건수		4	3	2	1	10
	기술료 징수 금액						
	기술 실시계약 건수						
	현장적용에 따른 비용절감 건수						
	사업화제품화 건수					1	1
	국내학협회지 기술기사						
	전문인력양성						
	연구개발 관련 홍보		1	2	2	2	7
기타 목표							

(다) 2-3 세세부 - 지하정보 현장 실증 실험

<표 3-36> (2-3세부) 지하정보 현장 실증 실험 연차별 성과로드맵

구분	연구내용	성과목표	성과검증 기준			
			산출물	목표치	측정방법	
1차 년도	지하공간통합지도 기반의 지하정보 현장 탐사정보 매핑 가시화 SW 분석	15종의 지하공간통합지도를 고려한 현장 정보 매핑 가시화 SW 분석	①	분석 보고서	1건	외부 전문가 검증
	지하공간통합지도 기반의 지하정보 현장 탐사정보 매핑 가시화 SW 설계	15종의 지하공간통합지도를 고려한 현장 정보 매핑 가시화 SW 설계	②	설계서	1건	외부 전문가 검증
	서비스 테스트 분석 및 실증 방안 도출	1세부, 2세부 개발 기술의 종합적인 테스트 수행을 위한 상세 방안 도출	①	보고서	1건	외부 전문가 검증
	지하공간통합지도 기반의 지하정보 현장 탐사정보 매핑 가시화 요소기술 개발	15종의 지하공간통합지도를 고려한 현장 정보 매핑 가시화 요소기술 개발	①	기술 개발서	1건	외부 전문가 검증
	서비스 테스트를 위한 테스트베드 선정	1세부, 2세부 개발 기술의 종합적인 테스트 수행을 위한 탐사현장 기준 설정 및 테스트베드 선정	①	기술 개발서	1건	외부 전문가 검증
2차 년도	지하공간통합지도 기반의 지하정보 현장 탐사정보 매핑 가시화 SW 개발	15종의 지하공간통합지도를 고려한 현장 정보 매핑 가시화 기술 개발	①	SW등록	1건	외부 공인기관 인증
	실시간 지하공간통합지도 연계지원시스템 서비스 실증	1세부, 2세부 개발 기술의 개별 테스트 수행	①	SW등록	1건	외부 공인기관 인증
3차 년도	지하공간통합지도 기반의 지하정보 현장 탐사정보 매핑 가시화 SW 검증	현장 탐사정보 매핑가시화 정확도 80% 이상	②	검증 보고서	1건	외부 전문가 검증
	실시간 지하공간통합지도 연계지원시스템 서비스 실증	1세부, 2세부 개발 기술의 단위 테스트 수행	②	실증 보고서	1건	외부 전문가 검증
4차 년도	지하공간통합지도 기반의 지하정보 현장 탐사정보 매핑 가시화 SW 최적화	현장 탐사정보 매핑가시화 정확도 90% 이상	②	보고서	1건	외부 전문가 검증
	실시간 지하공간통합지도 연계지원시스템 서비스 실증	1세부, 2세부 개발 기술의 종합 테스트 수행	②	실증 보고서	1건	외부 전문가 검증

<표 3-37> (2-3세부) 지하정보 현장 실증 실험 연차별 성과지표

구분	목표		성과검증 기준				
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
사업 연계 지표	특허 출원/등록		2/0		0/2		2/2
	소프트웨어 등록건수			3			3
	시제품 출시(제작)·현장시험 건수					3	3
	학술성과 (논문게재)	SCI(E)급				1	1
		비SCI(E)급	1	2	1		4
기타 지표	정책성과	정책제안					
		정책채택					
	신기술지정건수						
	국내외 학술회의 발표 건수		3	2	1	1	7
	기술료 징수 금액						
	기술 실시계약 건수						
	현장적용에 따른 비용절감 건수						
	사업화제품화 건수					1	1
	국내학협회지 기술기사						
	전문인력양성						
	연구개발 관련 홍보		1	2	2	2	7
	기타 목표						

아. 세부과제별 핵심성과

(1) (2세부) 지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술

정의(설명)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도의 활용 기반 마련을 위한 지하공간통합지도 정확도 향상, 현장 활용 모바일 데이터 구축·제공 기술, 탐사현장 활용 기술 등 활용성 높은 기술 개발
설정사유	<ul style="list-style-type: none"> ○ 관로 및 지하매설물 등의 안전사고 예방 및 관로작업 효율성 제고를 위해 지하정보 정확도 향상 기술, 현장 지원 지하공간통합지도 통합관리시스템 개발 등을 핵심성과로 설정
목적	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하정보 정확도 향상 기술 및 모바일 기반의 지하공간통합지도 통합관리기술 개발을 통하여 활용 현장을 대상으로 한 2종 이상의 활용 지원 서비스 모델 개발
성능목표	<p>(현재 기술 수준)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 지하정보에 대한 다수의 불탐구간 존재, 속성정보 누락 등에 따른 정확도 저하 ○ 공개제한 데이터인 지하공간통합지도의 현장 활용 기술 부재 ○ 지하정보 탐사 시 기존 자료 부재로 불탐 가능성 증가, 탐사 자료 해석의 효율성 하락 등 문제 발생 <p>(개발 기술 수준)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 지하정보 정밀 탐사 기술, 복합데이터 기반 지하정보 추출 기술 등을 통한 현재 지하공간통합지도 정확도 대비 30% 이상 향상 <ul style="list-style-type: none"> - 복합데이터 기반 지하정보 추출 및 구축 90% 이상 - 지하정보 정밀탐사 정보 탐색 및 추출 90% 이상 ○ 현장 활용을 위한 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 지하공간통합지도 70% 이상 경량화 - 모바일 데이터 제공 대역폭 10G 이상 - 모바일 데이터 및 현장 탐사정보 전송·보안 동작 정확도 90% 이상 - 탐사 지하정보 정확도 검증 및 오류수정 정확도 70% 이상 ○ 지하정보 현장 실증 실험을 통한 2종 이상의 활용 지원 서비스 모델 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 지하정보 현장 탐사정보 매핑 및 가시화 동작 정확도 90% 이상 - 테스트베드를 통한 서비스 실증 100% 검증
수요처	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하정보 활용지원센터 ○ LH공사, 한국도로공사, 한국수자원공사 등 공공기관 ○ 하수관거 등 지하매설물 공사를 수행하는 지방자치단체 ○ 건설, 안전, 방재, 환경분야 민간기업 및 종합건설업체, 토공전문업체 등 민간기업
소요기간	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2020년 ~ 2023년(4년)

(가) (2-1) 지하정보 정확도 향상 기술

정의(설명)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정밀 지하시설물 및 지반정보 탐사·정보 구축을 위한 소프트웨어 개발 기술로 지하정보 탐사현장에서 실제 지형(DEM)을 기반으로 한 정밀 3차원 지하정보 위치정보 획득과 인공지능(AI) 기술을 활용한 지하시설물 및 지층 탐사정보 자동 탐지 및 구축을 지원할 수 있는 기술
설정사유	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도의 정확도 향상을 위한 기존 탐사장비의 한계 극복 및 정확도 향상의 통합·활용 기반 마련을 통한 지하공간정보 탐사기술 분야 국가 경쟁력 확보를 위하여 지하정보 정확도 향상기술을 핵심성과로 설정
목 적	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도의 핵심구성요소인 지하정보의 정밀탐사 기술 및 복합데이터(지하시설물, 지반정보 등) 추출 및 구축기술 확보로 기구축 및 신규구축 지하공간통합지도의 구축 정확도 향상
성능목표	<p>(현재 기술 수준)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 지하시설물(6종), 지반정보(3종) 등을 관리하는 개별 기관의 존재로 통합관리 미흡 ○ GPR탐사 및 다양한 지하정보 관리체계 미흡 ○ 상이한 지하정보의 정확도 기준 ○ 심도 5m 이상 탐사 제한 ○ 정확한 3차원 좌표 획득 불가능 <p>(개발 기술 수준)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 지하정보 탐사정보 현장시스템을 통하여 획득된 복합데이터 기반의 3차원 지하정보 클라우드 데이터 생성 기술 개발 ○ 인공지능(AI) 기술을 활용한 지하정보 클라우드 데이터 내 지하시설물 및 지반정보 추출 기술 개발 ○ 추출된 지하정보(지하시설물, 지반정보)의 3차원 모델링 데이터 생성·가시화·분석 및 지하정보 활용지원센터로의 정보 전송 기술 개발 ○ GNSS/INS/PDR 융합 처리기술 기반의 지하정보 탐사장비의 끊임없는 연속 정밀 수평위치(X,Y) 획득 기술 개발 ○ 실시간 UAV 지형(DEM) 측량기술을 활용한 정밀 지표면(Ground) 기반의 정밀 지하정보 심도(h) 획득 기술 개발 ○ 지하정보 탐사결과의 3차원 가시화 및 분석 기술 개발
수요처	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하안전영향평가 관련 민간기업 및 건설유관기관 ○ 건설, 방재, 환경 분야 민간기업 ○ 국가 지하정보 수요 공공기관(중앙부처, 소속 및 산하기관, 지자체) ○ 지하시설물 관리 기관(중앙부처, 소속 산하기관, 공사,공단, 지자체)
소요기간	2020년 ~ 2023년 (4 년)

(나) (2-2) 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술

정의(설명)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최신성 및 정확성이 확보된 지하공간통합지도의 현장 정보제공을 위한 데이터 경량화·정보보안·전송 기술 및 현장에서 생산되는 지하 탐사정보의 수집·오류검증 등을 통한 최신 지하정보 업데이트를 지원할 수 있는 기술
설정사유	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하정보의 현장 활용 기반 마련과 대용량 지하공간통합지도 데이터의 끊임없는 서비스 제공을 위한 데이터 모델링 및 고속 전송·보안기술 등 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술을 핵심성과로 설정
목 적	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모바일용 지하공간통합지도 구축, 관리 및 제공 기술 개발을 통하여 현장에서 사용가능한 경량화된 모바일용 데이터를 사용자 맞춤형으로 실시간 제공
성능목표	<p>(현재 기술 수준)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도를 웹을 통해 모바일 기기로 이용할 경우 대용량의 지하공간데이터 처리가 필요하여 서비스 성능이 낮아 실제 현장에서의 활용에 어려움이 존재 ○ 현장에서의 실시간 지하공간통합지도 활용을 위한 대용량 지하공간통합지도 데이터 전송 기술 부재 및 안정적인 대역폭 확보가 되지 않음 ○ 공개제한 데이터의 실시간 전송으로 발생하는 전송 구간 데이터 유출에 대비 가능한 전송구간 보안 기술 부재 <p>(개발 기술 수준)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 4종 이상의 이기종 데이터 표준 변환 ○ 기존 지하공간통합지도 데이터 전송 속도 대비 50% 이상 향상 ○ 기존 지하공간통합지도 데이터 대비 경량화 70% ○ 안드로이드/iOS 전용 지하공간통합지도 App S/W 개발 ○ 지하공간통합지도 데이터를 여러 종류의 서비스에서 활용 할 수 있도록, 다양한 프로토콜을 지원하는 스트림 연계 방식 개발 ○ 제공되는 데이터의 안정성 및 신뢰성 확보를 위한 지하공간통합지도에 특화된 전송구간 보안기술 적용 ○ 대용량 데이터의 안정적인 대역폭 제공을 위한 10G 이상의 전송 기술 개발 및 추가 성능 제공을 위한 방안 마련 ○ 보안 정책 설정 및 관리를 위한 UI와 서비스 제공 현황 파악을 위한 스트림 연계 이력을 확인할 수 있는 UI 제공
수요처	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하정보 활용지원센터 ○ 건설, 안전분야 등 민간기업 ○ 지하공간 활용 유관기관 ○ 국가 지하공간통합지도 수요 공공기관(중앙부처, 지자체)
소요기간	2020년 ~ 2023년 (4 년)

(다) (2-3) 지하정보 현장 실증 실험

정의(설명)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 3차원 지하공간통합지도 실시간 연계지원 기술을 기반으로 지하시설물정보 탐사영상 분석, 지하시설물 객체 추출, 탐사데이터의 정확도 검증 및 수정 등이 가능한 실시간 지하공간통합지도 연계지원시스템 개발
설정사유	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하시설물 불탐구간, 오류구간 등에 대한 탐사 수행 시 실시간적인 지하공간통합지도 제공·활용 및 개발 기술의 실증을 위해 지하정보 현장 실증 실험을 핵심 성과로 설정
목적	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하시설물 탐사현장에 대한 3차원 지하공간통합지도 실시간 연계지원 기술을 기반으로 지하시설물정보 탐사영상 분석, 지하시설물 객체 추출, 탐사데이터의 정확도 검증 및 수정 등이 가능한 실시간 지하공간통합지도 연계지원시스템 개발
성능목표	<p>(현재 기술 수준)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 현재의 GPR 탐사 기술은 경제성 및 효율성, 긴급성 측면에서 지하정보의 불탐·오류사항 존재 등의 한계가 존재 ○ 다양한 지하정보를 반영한 탐사현장 및 장비 성능 검증 방안 미비 <p>(개발 기술 수준)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 무선통신 기반 지하공간통합지도 실시간 연계 기술 개발 ○ 지하시설물 탐사영상 수집 및 탐사영상 매핑 처리 기술 개발 ○ 현장에서 생성된 실시간 모델링 및 탐사 데이터 센터 전송 기술 개발 ○ 지하공간통합지도와 탐사 지하시설물정보와의 3차원 매칭 기술 개발 ○ 지하공간통합지도의 정확도 검증 및 오류 수정 기술 개발 ○ 실시간 지하공간통합지도 연계지원시스템 개발
수요처	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간 사고(관로 파열, 싱크홀 등) 긴급 복구 관련 공공 및 민간기업 ○ 지하시설물 조사/탐사 분야 민간기업 ○ 지하공간통합지도 수요 기관(중앙부처, 지자체) ○ 지하시설물 탐사장비 연구개발 기관 ○ 지하시설물 조사/탐사 분야 민간기업 ○ 지하시설물 탐사장비 운용 업체
소요기간	2020년 ~ 2023년 (4 년)

자. 연구과정상 위험요소 및 대응방안

- 활용 현장의 요구사항을 수렴하여 지하공간통합지도 현장 활용지원 기술에 대한 위험요인을 제거할 계획임
- 세부기술별 위험요소 및 대응방안

<표 3-38> (2세부) 지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술 위험요소 및 대응방안

기술 분야	위험/장애 요인	대응방안
지하정보 정확도 향상 기술	국가보안데이터인 지하공간통합지도 검증의 어려움 존재	· 지하공간통합지도를 관리·운영 중인 한국건설기술연구원 지하정보 활용지원센터의 연구개발 참여로 지하공간통합지도 정확도 검증 수행
모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술	모바일용 지하공간통합지도의 대용량에 따른 성능 저하	· 기존 지하공간통합지도 대비 70%이상의 경량화 기술 및 3단계 이상의 LOD(Level Of Detail) 구축 기술 개발을 통해 모바일 환경에서의 성능 저하 극복
지하정보 현장 실증 실험	행망 기반으로 운영되는 지하공간통합지도와 현장 탐사 데이터의 연계 어려움	· 지하정보 통합체계와의 전용망을 통한 연계 등의 방안 도출 후 국정원 보안성 검토를 통한 현장 탐사 데이터의 실시간 지하공간통합지도 반영 추진 · 보안성 검토 결과 연계가 어려울 경우 별도의 지하공간통합지도 구축 서버 운영으로 3D 지하공간통합지도 구축 후 실서버 반영 추진

차. 성과활용 및 사업화전략

(1) 성과활용 방안

- 본 연구개발의 결과물은 직접적으로 현재 지하정보 활용지원 센터(한국건설기술연구원)에서 운영 중인 지하정보 통합체계 서비스의 고도화에 활용하고자 함
 - 연구개발 단계에서부터 기존 지하정보 통합체계 구축 및 운영사업과의 협력을 통하여 개발된 연구 성과물을 지하정보 통합체계 구축 및 운영사업에 실질적으로 적용할 수 있도록 추진함
 - 본 연구개발 과제에 참여하는 기업들을 효율적으로 활용하여 개발된 성과물의 실질적인 지하정보 통합체계 구축 및 운영사업 현장적용을 용이하게 추진함
 - 지하공간통합지도 굴착현장 안전관리 지원 기술은 굴착현장에서 지하공간통합지도의 적극적인 활용과 굴착현장 및 국민의 안전성을 도모
 - 또한, 불탐구간에 대한 해결책을 마련하고 중앙부처, 지자체, 유관기관 등에서 막대한 예산을 들여 수행하는 지하시설물 정확도 향상 사업 등의 예산 절감에 기여할 것임
- 지속적으로 변화하는 지하정보의 갱신 및 공유 기술로 활용
 - 다양한 지하정보에 대한 다양한 수요 대응 및 지속적으로 변화하는 지하정보의 저비용 고효율의 갱신 시스템으로 활용
 - 지하공간통합지도 구축에 대한 중복 투자 방지를 위하여 통합지도정보의 활용분야 다각화를 위한 공간정보 공유·활용 체계 구축에 활용

(2) 사업화 전략

- 기술수요기관(중앙정부, 지자체, 대기업, 중소기업)에서 기술이전을 받아 단기간 내에 제품 및 서비스 출시로 이어질 수 있도록 기술개발의 상용화 수준을 고도화
- 본 연구개발 과제에 참여하는 기업들을 통한 중·장기 사업화 전략 추진
 - (1단계) 지하정보 활용지원 센터(한국건설기술연구원)에서 운영 중인 지하정보 통합 체계의 지하정보 연계 및 가공 시스템에 적용 및 개선점 도출, 해결기술 개발 추진
 - (2단계) 지하정보뿐만 아니라 3차원 지상정보(건물, 도로, 각종 시설물 등)와 건설도면 등을 통합하여 안전관리 지원 기술 개발로 적용 분야 확대
 - (3단계) 현장에서 발생하는 데이터를 실시간으로 획득하고 이를 통한 모니터링 기술 개발 추진으로 스마트 시티, 디지털트윈 등 다양한 사업화 추진
- 지하공간통합지도 갱신 자동화 부산물 기술 사업화 전략
 - (지하정보 응용서비스) 3차원 지하정보통합지도를 활용한 다양한 응용서비스 사업화 추진
 - (예) 지하공간의 재난 시뮬레이션 및 건설현장 안전관리 등

제4장. 사전타당성 검토

4-1 정책적 타당성

1. 국민생활의 안전과 효율성 증대를 위한 첨단 핵심기술 확보

- 지하공간의 안전관리 및 효율적인 행정업무를 위해 산재되어 있는 관련 정보들을 통합·관리함에 있어 최신의 정보제공은 필수적인 요소이며, 이를 구현하기 위한 정보의 자동갱신 핵심기술 확보는 반드시 필요한 정책추진 사항임
- 또한 지하공간통합지도에 대한 최신의 IT 및 인공지능 기술 확보·적용을 통해 건설현장의 공공안전 확보를 도모하고 안전사고 예방율을 높이기 위한 기술개발에 적극적인 정책적 지원이 필요함
- 정부는 '14년 수립된 범정부 “지반침하 예방대책”의 일환으로 지하시설물·구조물·지반정보 등 15개 지하정보의 통합·활용기반마련을 위해 “지하공간통합지도 구축계획(‘15.6)”을 수립·추진 중이며, 이에 최근 다양하게 발전하는 첨단기술에 대한 연구개발을 통해 핵심기술을 확보하는 것이 중요한 정책적 추진사항으로 자리매김
- 따라서, 본 과제는 “지하공간통합지도 구축계획(‘15.6)” 등 국토교통부에서 수행중인 주요 연구과제에 대한 정책과 그 방향을 같이 한다는 점에서 상당한 추진 타당성이 있음

2. 최신의 지하공간통합지도 유통체계 확립

- 지하공간통합지도 뿐만아니라, 다양하게 생산·유통중인 공간정보의 정확성과 최신화는 활용되는 거의 모든분야에 걸쳐 필수적으로 이루어져야하는 당면과제로 지하의 모든 변화정보를 정확하게 탐지하고 구축·갱신을 자동화하는 기술확보를 통해 체계적인 정보의 유통관리가 가능 할 것으로 기대
- 뿐만아니라, 지하정보 정밀탐사 지원기술 및 복합데이터 기반의 지하정보 추출과 구축기술로 정확도를 향상하고 지하정보 변화객체 모니터링, 갱신자동화 기술개발 등 전 과정에 걸친 첨단기술 개발을 통해 최신의 지하공간통합지도 유통체계가 확립 될 것으로 기대되는 바, 이에 대한 다양한 정부의 정책적인 지원이 필요

3. 안전한 지하공간 굴착·탐사 현장 관리 체계 구현

- 최근 정부에서는 “안전 위협성으로부터 국민이 적극 보호되는 사회” 추구를 위해 지속적으로 사회기반시설의 안전확보를 위한 다양한 노력을 기울이고 있으며, 특히 KT 아현지사 통신구화재 및 고양시 백석동의 노후열수관 파열과 같은 사고의 예방을 위해 지속적으로 지하공간에 대한 굴착·탐사가 이루어지는 바, 이에 대한 안전한 현장관리의 필요성이 증가 할 것으로 예측되며 보다 적극적인 정책지원이 요구
- 안전한 지하공간의 굴착·탐사를 위해 필요한 인공지능 기반의 굴착현장 지하시설물 탐사기술, 실시간 통합지도 연계 기술 및 굴착현장 안전관리 모니터링 통합시스템 개발 등의 첨단기술 기반 현장안전관리를 통해 사고예방율을 높이는 노력을 지속적으로 추진
- 그 간 사회기반시설의 안전 및 유지관리에 새로운 기술의 접목시도가 많이 부족하였고 이에 새로운 기술을 접목하여 첨단 사회안전망 인프라 관리를 시도하는 것은 정책적으로 큰 의미가 있으므로, 지속적인 지원을 이어나갈 필요가 있음

4-2 기술적 타당성

1. 지하공간정보의 관리체계 및 서비스 고도화 필요

- 정부는 관련 법령의 제정, 지하공간통합지도 구축, 지하정보활용지원센터 설립 등 지하 안전관리 역량 제고 위한 지원을 일관성 있게 강화
- '15년부터 전국의 시에서 관리하는 15종(지하시설물 6종, 지하구조물 6종, 지반 3종)의 지하정보를 3차원으로 통합하는 「3차원 지하공간 통합지도 구축사업」을 추진(~'19)
- '15년, 「지하공간 통합지도구축 기본계획」을 수립하여 '23년까지 지하공간 통합지도를 기반으로 운영되는 지하정보 통합관리시스템을 구축
- '18년, 안전한 지하 개발 및 이용을 위한 안전관리체계 확립을 목적으로 「지하안전관리에 관한 특별법」을 제정함으로써 지하공간 통합지도 구축 및 활용지원, 지하정보 활용지원센터 지원 등 법적 근거를 마련
- 그러나 3차원 지하공간 통합지도의 경우, 지하공사 및 지하안전성 진단 등 현장에서의 활용 저조한 것으로 인지되고 있으며, 이는 지하정보의 수집 - 변환 - 통합단계의 기술적 한계로 인한 정보의 정확성 및 무결성 미흡과 정보기반 서비스 부족에서 기인



<그림 4-1> 지하공간 통합지도 구축/갱신/활용 현황 및 이슈

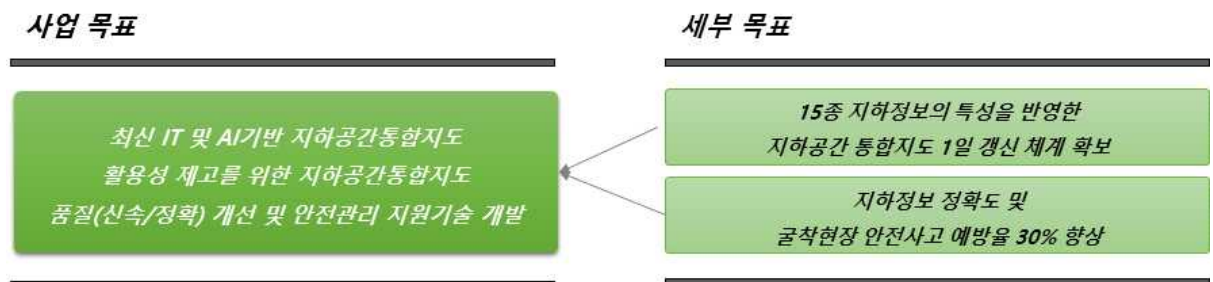
2. 지하공간통합지도 활용 확산을 위한 기술개발 필요

- 지하공간 통합지도 활용의 장애요인(이슈)을 감안해, 정확도 향상, 갱신자동화, 품질개선, 건설현장 활용, 안전관리 지원을 5대 핵심 미션으로 설정하고 이를 종합 사업 목표를 설정



<그림 4-2> 이슈 - 사업 미션 - 목표 연계도

- 사업 추진을 통해 '지하공간 통합지도의 1일 갱신 체계 확보', '지하공간정보 정확도 30% 향상' 등 지하공간 통합지도가 제공하는 정보의 품질을 획기적으로 개선



<그림 4-3> 사업 세부 목표

- 사업 목표로 설정된 '지하공간 통합지도 품질 개선 및 활용 확산' 달성을 위해 정보 생산, 활용 전주기에 걸쳐 필요한 핵심기술을 확보

4-3 경제적 타당성

1. (1세부) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술

- 전반적인 비용 절감을 통해 활용성을 강화하고, 전 지자체로 확대 구축, 전파할 수 있는 기반을 마련
- 이를 통해 지자체 지하공간 관련 업무를 효율적으로 지원하고, 전반적으로 관련 관리 비용의 절감을 유도
- 정밀 3차원 지하정보 위치정보 획득과 인공지능(AI) 기술을 활용한 지하시설물 및 지층탐사 정보를 자동으로 탐지 및 구축함으로써, 지하 DB 구축/갱신 비용 감소
- 해당 기술의 고도화를 통해 건물, 도로 및 지상시설물에 대한 변화탐지, 토지이용변화 탐지 등에 적용함으로써 지상 공간정보 갱신 비용 감소에도 기여할 수 있을 것으로 예상
- 유관기관별 기 구축된 정보를 연계하여 지하정보의 변화객체를 모니터링, 탐지 추출함으로써 신규 DB 구축 비용을 절감
- 각 관리주체별로 이루어지는 지하정보의 갱신 성과를 시스템간 연계를 통해 공유하고, 시스템적으로 탐지 및 추출함으로써 총괄적인 갱신비용의 절감을 유도
- 변화객체를 자동으로 가공 및 갱신하고 이를 굴착현장, 탐사현장 등에 최신화된 통합 지도, 모바일용으로 제공함으로써, 실질적인 정보활용을 통해 현장지원 비용의 절감을 유도
- 지하정보의 경우 보안의 문제가 핵심 이슈 중 하나로 부각되므로 정보보안기반의 대용량 정보 전송기술과 같이 공간정보 분야의 요소기술적 성격의 기술 개발은 경제성을 측정하기 어려울 정도로 높음

2. (2세부) 지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술

- 지하정보 탐사현장에서 지하공간 및 지하시설물에 대한 정보를 활용할 수 있도록 지원함으로써 기존 업무 효율화를 통한 행정비용, 전방위적 사고 예방을 통한 예방비용(지하시설 안전사고 예방을 30% 향상) 등의 절감효과가 예상
- 활용 현장의 종이도면 관리 비용 절감, 초기 설계 비용 감소 등의 효과 기대
- 활용 현장 지하시설물 탐지 등으로 위치 추적 및 상황 분석을 통해 사고 예방의 효과를 높임으로써 예방비용 저감 및 사고에 직접적으로 기여
- 지하공간통합지도의 실시간 연계기술 등을 통해 기 구축 중에 있는 지하공간통합

지도의 활용성을 제고

- 지하시설물 탐사영상 분석, 지하시설물 객체 추출 및 탐사데이터의 정확성 검증 등을 통해 지하공간통합지도의 신뢰성 제고
- 전주기적인 안전관리 지원 기술 개발을 통해 지자체 관련 업무를 지원함으로써 지하공간 관련 효율적 업무 지원
- 건설현장 모니터링, 지하시설물 변화 등을 기준으로 활용 현장 전주기에 걸친 안전관리를 수행함으로써 사고 예방 효과를 증대

4-4 정부지원 타당성

1. 국민의 안전사회 요구 증가에 따른 안전문화 확산을 위한 노력

- 한국사회의 메가트렌드 중 하나가 안전 위협성으로부터 적극 보호되는 안전사회의 구현이나, 시설물(지하)안전에 대한 국민 불만족율은 증가 추세로 이를 적극 해결하기 위해 4차 산업혁명시대에 도래하는 현재 다양한 첨단기술을 안전관리에 적용하는 노력 등 다양한 정부차원의 지원이 필요할 것으로 예측됨
- 지하공간의 시설물은 운영·유지관리에 현장굴착 등의 많은 비용이 소요되고 철저한 안전관리가 반드시 수반되어야하는 바 이에 대한 안전한 공사추진을 위해 필요한 정확하고 첨단화된 기술도입이 시급하며, 본 과제의 실증연구를 통한 실용화단계까지 조속히 추진되어야 할 것으로 판단되는바, 재정·정책적으로 실용화가 될 수 있도록 지속적인 정부차원의 지원이 필요
- 정확한 최신의 지하정보 유통과 이를 활용하는 굴착현장의 첨단기술도입을 통해 지하 시설물 안전관리를 사후적 대응체계에서 선제적 관리체계로 전환하여 안전예방율을 높이는데 정부의 적극적인 노력과 지원이 필요함

2. 지하 안전·유지관리 첨단기술개발의 환경 여건조성을 위한 정부지원

- 지하정보를 포함한 전반적인 시설물 안전·유지관리 분야에 현재까지 일부 기술개발은 시도되고 있으나, 선진국 대비 기술격차가 여전하며 스마트한 기술개발 역량은 여전히 부족함, 특히, 지하공간에 대한 안전관리의 중요도는 증가하는 반면 기술개발은 더딘 실정이므로, 정확한 최신의 지하정보 구축관리와 공사현장에 대한 첨단기술개발 기반의 안전관리를 위한 제도마련 등 정부차원의 다양한 지원이 수반 되어야함
- 최신의 지하공간통합지도를 활용한 안전사고의 예방율을 높이기 위해 정부·관련기관의 적극적인 기술개발 참여 협조 등 역할 필요

4-5 타당성 종합평가 및 결론

1. 정확한 최신의 지하정보 체계 구축을 통한 활성화 기반 마련

- 본 과제를 통해 개발되는 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술을 통해 다양하게 산재된 지하정보를 하나로 통합하고 변화정보를 빠르게 갱신하여 최신의 지하정보를 적기에 필요한 수요처에 제공하는 체계를 구축하여 수요처의 다각화를 이루어 활용 활성화가 이루어 질 것으로 기대됨
- 특히, 3차원 기반의 지하정보는 정확하고 효율적인 가시화가 가능한 특징이 있으므로 공사현장을 비롯한 다양한 사용층에서 점차 수요가 증대될 것으로 생각됨
- 또한 지하정보 정확도 향상과 변화감지 모니터링 그리고 갱신자동화를 위한 SW 개발 기술은 지하정보분야 뿐만 아니라 공간정보를 활용하는 다양한 분야에서 범용으로 기술 활용이 가능 할 것임

2. 실질적 업무에 활용 가능한 기술 개발

- DB의 활용성을 높이는 실시간 갱신 및 자동 변화탐지 등을 통해 DB의 신뢰성을 높여 활용 수요를 유도할 수 있으므로, 단순 R&D의 성과 뿐 아니라 인프라적 파급효과를 계상할 수 있을 것으로 예상
- 실질적 업무에 활용할 수 있는 지원 기술을 개발함으로써 지하 공간 업무의 효율성을 높이고 관련 관리비용의 절감을 유도할 수 있을 것으로 예상

3. 지하안전사고 예방 및 피해비용 저감 가능

- 지하공간 관련 사고는 대형사고로 이어지는 경향이 높고, 사고발생 빈도에 비해 피해액이 크기 때문에 사고 발생에 따른 피해비용은 추측하기 어려울 정도로 큼
- 사고 예방을 통해 얻을 수 있는 편익은 단순 관리비용 절감만을 의미하는 것이 아니라 일어날 수 있는 사고에 대한 예측가능한 피해 비용 모두를 포함시켜야 함
- 이러한 관점에서 보면 대형 사고를 유발할 수 있는 상황에 대한 사전 예방조치는 단순 편익이라는 차원을 넘어 피해비용 및 피해복구비용을 보전한다는 방향의 접근 필요

4. 연구개발 완료 후 비용 수준 초과 예상

- 본 기술개발의 목표인 지하통합공간정보 1일 갱신 체계 달성을 통해 연간 35억 절감 가능하므로 향후 5년간 기술 적용시 투자 대비 효과는 충분할 것임
- 지하정보 정확도 및 굴착현장 안전사고 예방률 30%향상은 곧, 사고 비용의 절감을 가져올 것이며, 최소 연간 10억(2018년 건설현장 굴착 공사 사고피해액 10억, 도로 점용 굴착으로 인한 KT케이블 피해액 17억(2012년) 등)이 가능할 것임
- 10여년을 주기로 발생한다는 지하 관련 대형사고에 대한 사고피해액 및 복구 비용을 연단위로 환산하여 적용하는 것도 가능

5. 정부의 정책기조에 부합하는 첨단 안전관리지원 기술개발

- 본 과제는 정부의 “지하안전관리에 관한 특별법” 및 “지하공간통합지도 구축계획” 등 관련 정책기조에 꼭 필요한 기술요소를 담고 있으며 특히, 국민의 안전예방 환경 여건조성을 위해 지하공간통합지도 구축뿐만 아니라 더 나아가 필요한 첨단 요소기술을 담고 있으므로 지속적인 추진이 요구
- 또한 인력기반(수동적)의 지하공간 현장 업무가 첨단ICT 기술과 융합된 기술개발과 실용화를 통해 보다 안전하고 자동화된 기반·기술로 변모 될 것으로 기대
- 정부주도의 보다 적극적인 기술개발 및 연구투자를 통해 국민안전생활을 도모하고 조속히 지하공간통합지도를 비롯한 많은 지하정보를 체계적으로 관리·제공·활용할 수 있는 환경조성에 힘써야 함

제5장. 인력투입 및 소요예산 산정

5-1. 인력투입계획

1. 연차별 투입 연구인력

분류		총 개발인력(명)				합계
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	
총괄		55	42	20	8	125
1세부	1-1	15	8	3	1	27
	1-2	8	11	5	2	26
	1-3	5	4	1	1	11
	소계	28	23	9	4	64
2세부	1-1	16	11	7	2	36
	1-2	7	5	2	1	15
	1-3	4	3	2	1	10
	소계	27	19	11	4	61

2. 상세 투입 연구인력

가. 1세부 - 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 개발

○ 1-1세부: 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술

분류	총 개발인력(명)					비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	계	
책임연구원 (교수급)	5	3	2	1	11	
연구원	9	5	1	-	15	
연구보조원	1	-	-	-	1	
보조원	-	-	-	-	-	
합계	15	8	3	1	27	

○ 1-2세부: 지하정보 변화객체 가공 및 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술

분류	총 개발인력(명)					비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	계	
책임연구원 (교수급)	3	5	3	2	13	
연구원	5	6	2		13	
연구보조원	-	-	-	-	-	
보조원	-	-	-	-	-	
합계	8	11	5	2	26	

○ 1-3 세부: 지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술

분류	총 개발인력(명)					비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	계	
책임연구원 (교수급)	4	2	1	1	8	
연구원	1	2			3	
연구보조원	-	-	-	-	-	
보조원	-	-	-	-	-	
합계	5	4	1	1	11	

나. 2세부 - 지하공간통합지도 굴착현장 활용 지원 기술

○ 2-1세부: 지하정보 정확도 향상 기술

분류	총 개발인력(명)					비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	계	
책임연구원 (교수급)	6	5	3	1	15	
연구원	10	6	4	1	21	
연구보조원	-	-	-	-	-	
보조원	-	-	-	-	-	
합계	16	11	7	2	36	

○ 2-2세부: 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술

분류	총 개발인력(명)					비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	계	
책임연구원 (교수급)	4	3	2	1	10	
연구원	3	2	-	-	5	
연구보조원	-	-	-	-	-	
보조원	-	-	-	-	-	
합계	7	5	2	1	15	

○ 2-3 세부: 지하정보 현장 실증실험

분류	총 개발인력(명)					비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	계	
책임연구원 (교수급)	2	2	1	1	5	
연구원	2	1	1	-	4	
연구보조원	-	-	-	-	-	
보조원	-	-	-	-	-	
합계	4	3	2	1	10	

5-2. 소요 예산

1. 총괄 소요예산

(단위: 백만원)

구분	1차년도			2차년도			3차년도			4차년도			총계		
	정부	민간	소계	정부	민간	소계	정부	민간	소계	정부	민간	소계	정부	민간	합계
합계	5,100	1,707	6,807	3,900	1,301	5,201	2,000	669	2,669	800	270	1,070	11,800	3,947	15,747
1세부	2,600	868	3,468	2,100	701	2,801	900	301	1,201	400	135	535	6,000	2,005	8,005
1-1	1,400	467	1,867	700	234	934	300	100	400	100	34	134	2,500	835	3,335
1-2	700	234	934	1,000	333	1,333	500	167	667	200	67	267	2,400	801	3,201
1-3	500	167	667	400	134	534	100	34	134	100	34	134	1,100	369	1,469
2세부	2,500	839	3,339	1,800	600	2,400	1,100	368	1,468	400	135	535	5,800	1,942	7,742
2-1	1,400	471	1,871	1,000	333	1,333	700	234	934	200	67	267	3,300	1,105	4,405
2-2	700	234	934	500	167	667	200	67	267	100	34	134	1,500	502	2,002
2-3	400	134	534	300	100	400	200	67	267	100	34	134	1,000	335	1,335

2. 예산항목별 소요예산

가. 1세부 - 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 개발

○ 1-1세부: 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술

(단위: 백만원)

분류	구분	단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	비율
			인원*	인원*	인원*	인원*		
			참여율/100	참여율/100	참여율/100	참여율/100		
인건비	책임연구원	111.5	557.5	334.5	223	111	1,226	36.76%
	연구원	85.5	769.5	427.5	85	0	1,282	38.44%
	연구보조원	57.1	57	0	0	0	57	1.71%
	보조원	42.8	0	0	0	0	0	0.00%
소계			1,384	762	308	111	2,565	76.91%
직접비	연구장비/재료비		150	0	0	0	150	4.50%
	연구활동비		173	84	46	10	313	9.39%
	연구수당		124	64	35	8	231	6.92%
소계			447	148	81	18	694	20.81%
간접비			36	24	11	5	76	2.28%
합계			1,867	934	400	134	3,335	100%

○ 1-2세부: 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술

(단위: 백만원)

분류		구분				소계	비율	
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도			4차년도
			인원* 참여율/100	인원* 참여율/100	인원* 참여율/100			인원* 참여율/100
인건비	책임연구원	111.5	334.5	557	334	223	1,448.5	45.25%
	연구원	85.5	427.5	513	171	0	1,111.5	34.73%
	연구보조원	57.1	0	0	0	0	0	0.00%
	보조원	42.8	0	0	0	0	0	0.00%
소계			762	1,070	505	223	2,560	79.98%
직접비	연구장비/재료비		0	0	0	0	0	0.00%
	연구활동비		85	119	73	21	298	9.31%
	연구수당		60	96	65	15	236	7.37%
소계			145	215	138	36	534	16.68%
간접비			27	48	24	8	107	3.34%
합계			934	1,333	667	267	3,201	100%

○ 1-3세부: 지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술

(단위: 백만원)

분류		구분				소계	비율	
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도			4차년도
			인원* 참여율/100	인원* 참여율/100	인원* 참여율/100			인원* 참여율/100
인건비	책임연구원	111.5	446	223	111	111	891	60.65%
	연구원	85.5	85	171	0	0	256	17.43%
	연구보조원	57.1	0	0	0	0	0	0.00%
	보조원	42.8	0	0	0	0	0	0.00%
소계			531	394	111	111	1,147	78.08%
직접비	연구장비/재료비		0	0	10	10	20	1.36%
	연구활동비		53	69	6	8	136	9.26%
	연구수당		61	48	4	3	116	7.90%
소계			114	117	20	21	272	18.52%
간접비			22	23	3	2	50	3.40%
합계			667	534	134	134	1,469	100%

나. 2세부 - 지하공간통합지도 굴착현장 활용 지원 기술

○ 2-1세부: 지하정보 정확도 향상 기술

(단위: 백만원)

분류	구분	단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	비율
			인원*	인원*	인원*	인원*		
			참여율/100	참여율/100	참여율/100	참여율/100		
인건비	책임연구원	111.5	669	557	334	111.5	1671.5	37.95%
	연구원	85.5	855	513	342	85.5	1795.5	40.76%
	연구보조원	57.1	0	0	0	0	0	0.00%
	보조원	42.8	0	0	0	0	0	0.00%
소계			1,524	1,070	676	197	3,467	78.71%
직접비	연구장비/재료비		0	0	0	0	0	0.00%
	연구활동비		164	133	140	37	474	10.76%
	연구수당		129	82	81	22	314	7.13%
소계			293	215	221	59	788	17.89%
간접비			54	48	37	11	150	3.40%
합계			1,871	1,333	934	267	4,405	100%

○ 2-2세부: 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술

(단위: 백만원)

분류	구분	단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	비율
			인원*	인원*	인원*	인원*		
			참여율/100	참여율/100	참여율/100	참여율/100		
인건비	책임연구원	111.5	446	334	223	111	1,114	55.64%
	연구원	85.5	256	171	0	0	427	21.33%
	연구보조원	57.1	0	0	0	0	0	0.00%
	보조원	42.8	0	0	0	0	0	0.00%
소계			702	505	223	111	1,541	76.97%
직접비	연구장비/재료비		0	10	0	0	10	0.50%
	연구활동비		121	82	24	12	239	11.94%
	연구수당		77	50	15	8	150	7.49%
소계			198	142	39	20	399	19.93%
간접비			34	20	5	3	62	3.10%
합계			934	667	267	134	2,002	100%

○ 2-3 세부: 지하정보 현장 실증실험

(단위: 백만원)

분류	구분	단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	비율
			인원*	인원*	인원*	인원*		
			참여율/100	참여율/100	참여율/100	참여율/100		
인건비	책임연구원	111.5	223	223	111.5	111	668.5	50.08%
	연구원	85.5	171	85	85.5	0	341.5	25.58%
	연구보조원	57.1	0	0	0	0	0	0.00%
	보조원	42.8	0	0	0	0	0	0.00%
소계			394	308	197	111	1,010	75.66%
직접비	연구장비/재료비		0	0	10	0	10	0.75%
	연구활동비		80	47	31	10	168	12.58%
	연구수당		40	30	18	8	96	7.19%
소계			120	77	59	18	274	20.52%
간접비			20	15	11	5	51	3.82%
합계			534	400	267	134	1,335	100%

제6장. 과제제안 요구서(RFP)

1. (1세부) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 RFP

가. (1-1세부) 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술 개발 RFP

연구과제명	지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술 개발
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하정보 변화객체 모니터링 기술 개발 ○ 지하정보 변화객체 탐지·추출 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 現 지하공간통합지도 유통체계의 한계성(최신성, 신속성, 활용성 등) 및 지하정보의 정확성(위치, 심도, 관경 등) 문제 해결 요구성 급증 ○ 전체 데이터의 일괄 갱신으로 인한 비효율 작업 및 비용 문제 해결을 위해 변화객체의 부분 갱신을 통한 변화객체의 파악 필요 ○ 신속정확한 지하공간통합지도 갱신 중요성 증대 및 지하공간통합지도 활용 활성화 유도 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 지하공간개발, 지하안전관리 등의 분야에서 직접적으로 활용되는 지하공간통합지도의 최신성 유지 필요성 증대 - 3차원 지하공간통합지도 구축 자동화를 통한 최신성 및 정확성 반영과 동일품질의 지하공간통합지도 구축기술 요구
□ 국내외 기술동향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국토교통부는 2015년부터 산재하여 있는 15종(지하시설물 6종, 지하구조물 6종, 지반 3종)의 지하정보를 통합하여 3차원 지하공간통합지도 구축사업을 추진 중 <ul style="list-style-type: none"> - 지하공간에 대한 안전관리 필요성 대두로 범정부 차원의「지반침하예방대책」수립(‘14.12)에 따라 2015년부터 8대 특·광역시 및 경기도 6개 시(성남, 용인, 부천, 안양, 광명, 과천)를 대상으로 15종의 지하정보에 대한 3차원 지하공간통합지도 구축 중 - 무분별한 지하개발과 지하시설물의 노후화로 지반침하가 발생하고 있으나, 개별 기관에서 2차원 정보 형태의 산재된 정보만으로는 지하공간의 입체적 분석이나 종합적인 현황을 파악하지 못하는 한계 극복 가능 - 굴착공사 전에 수행되는 지하안전영향평가(지하안전영향평가, 지반침하위험도평가 등) 관련 행정업무 추진을 위한 기초자료 제공하여 국가적 차원에서 추진되는 지하공간 안전관리 계획 및 대규모 지하공간 활용계획 수립 등에 기초자료로 활용 가능 - 통합된 3차원 지하공간통합지도는 산재되어 있는 지하정보의 통합관리 및 3차원 서비스 제공으로 관련 행정업무 지원 및 입체적 지하공간 활용계획 수립에 활용이 가능함 ○ 지하공간통합지도 구축 및 활용체계 확대 <ul style="list-style-type: none"> - 2009년 지하정보통합관리체계를 기반으로 3차원 지하정보를 통합 구축하고 운영하고 있음 - 지하정보통합관리체계로 수집되는 데이터의 형식이 상이하고 공통으로 필요한 속성 값 누락 등으로 자동갱신이 어려운 실정임 ○ 지하정보 담당업무의 효율성 증대 및 굴착공사 사고 예방 기대 <ul style="list-style-type: none"> - 도로점용 굴착공사에서 생성되는 지하정보를 사업기간 내에 즉각적으로 갱신하도록 강제함으로써 데이터의 최신성을 담보할 수 있음 - 기관별 지하정보를 공유함으로써 굴착공사로 인해 발생할 수 있는 사고를 예방하여 사회적 비용과 사업비용을 줄일 수 있음

3. 연구개발내용	<ul style="list-style-type: none"> ▣ 지하정보 변화객체 모니터링 및 추출 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 지하정보의 변동사항을 자동으로 인지하여 변경유형별(신규, 속성 변경, 위상 변경, 삭제 등)로 데이터베이스화 - 지하정보 관리기관별 DB 관리체계 환경 조사·분석서 및 구축방안 - 지하정보 관리기관별 DB연계 기술 - 지하정보 변화 모니터링 기술 ▣ 지하정보 변화객체 탐지추출 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 지하정보 특성을 반영한 변화객체 탐지·추출 기술 개발 - 지하시설물(Shape) 특성을 반영한 탐지 추출 기술 개발 - 지하구조물(CAD 도면) 특성을 반영한 탐지 추출 기술 개발 - 지반정보(Shape, text) 특성을 반영한 탐지 추출 기술 개발 - 지하시설물(Shape), 지하구조물(CAD 도면), 지반정보(Shape, text) 각각의 특성을 반영한 탐지 추출 기술 개발
4. 연구 추진방법	<ul style="list-style-type: none"> ▣ 지하정보 변화객체 모니터링 및 추출 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 효율적 정보연계 기술 개발 및 신속한 의사결정을 위하여 정보 보유기관(중앙부처 및 관리기관)의 정기적 협력회의 추진 - 연계 정보 활용성 향상을 위하여 공공 및 민간 전문가 그룹의 자문단 운영 - 다종의 포맷으로 구축되는 지하공간정보의 실시간 연계를 위한 DB 통합 모듈 설계 ▣ 국내외 문헌조사를 통한 지하정보 구축 및 갱신 관련 현황 조사 및 분석 ▣ 지하정보 구축, 갱신 및 활용 주체별 의견수렴 ▣ 도로점용 굴착공사 결과를 지하공간통합지도에 반영할 수 있는 방안 마련 ▣ 연구성과물에 대한 전문가 자문회의, 의견수렴 등 을 통한 보완 및 검증
5. 최종성과물	<ul style="list-style-type: none"> ▣ 지하정보 변화객체 모니터링 및 추출 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 지하정보 관리기관별 DB 관리체계 환경 조사·분석서 및 구축방안 - 지하정보 관리기관별 DB 연계 기술 - 지하정보 변화객체 모니터링 기술 - 지하정보 변화객체 탐지 및 추출 자동화 기술 - 지하정보 변화객체 모니터링 SW - 지하정보 변화객체 탐지·추출 SW
6. 연구기간 및 소요예산	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총 연구기간 : 2020 ~ 2023 (4년) <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 연구기간 : 2020 (협약일로부터 12개월) ○ 총 정부출연금 : 25억 <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 정부출연금 : 14억 - 2차년도 정부출연금 : 7억 - 3차년도 정부출연금 : 3억 - 4차년도 정부출연금 : 1억
7. 기타	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 과제의 연구개발과제 보안등급은 “일반과제”임 ○ 연구개발 성과물은 세세부과제별 실용성 검증과 선정된 테스트베드의 현장 적용 검증을 통하여 결과를 제시해야 함 ○ 본 과제의 성과물은 기 구축되어 운영중인 지하정보통합체계에 적용될 수 있을 뿐만 아니라, Smart City, 디지털트윈 등의 타 분야에서도 활용될 수 있도록 개발되어야 함

나. (1-2세부) 지하정보 변화객체 가공 및 갱신 자동화 기술 개발 RFP

연구과제명	지하정보 변화객체 가공 및 갱신 갱신 자동화 기술 개발
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하정보 변화객체 가공 자동화 기술 개발 ○ 지하정보 갱신 자동화 기술 개발 ○ 다중자료중첩 기반 분석 및 가시화 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p data-bbox="177 622 328 696">□ 연구개발 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 現 지하공간통합지도 유통체계의 한계성(최신성, 신속성, 활용성 등) 및 지하정보의 정확성(위치, 심도, 관경 등) 문제 해결 요구성 급증 ○ 신속·정확한 지하공간통합지도 갱신 중요성 증대 및 지하공간통합지도 활용 활성화 유도 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 지하공간개발, 지하안전관리 등의 분야에서 직접적으로 활용되는 지하공간통합지도의 최신성 유지 필요성 증대 - 3차원 지하공간통합지도 구축 자동화를 통한 최신성 및 정확성 반영과 동일품질의 지하공간통합지도 갱신기술 요구 ○ 지하공간통합지도의 활성화 유도 및 굴착공사 시공현장에서의 지하안전사고 예방 기술 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 안전한 지하공간의 구축 및 관리라는 지하공간통합지도 구축 목적에 부합하는 지하 안전관리 지원 기술 구축 필요 - 이에, 최근 급증하고 있는 지하근접시공, 굴착공사 등의 정확성, 신속성, 안정성 확보를 위해 현장관계자가 입체적으로 활용 가능한 기술 요구 증대 ○ 정부주도의 지하시설물 안전관리 및 도심지 지하공간개발시 안전성 확보를 위한 대형 국가 R&D 사업의 추진이 필요함 <ul style="list-style-type: none"> - 대규모 지하공간 개발사업 추진과 관련하여 초대형 지하 쇼핑물, 지하통합 환승 시스템, 지하급행철도 등 지반 및 지하공간 개발 계획들이 지속적으로 발표되고 있어, 안전하고 건설 관련 민원을 최소화할 수 있는 지반/지하 안전 건설기술 개발 시급 - 도심지에서는 새로운 대규모 지하개발 뿐만 아니라 증·개축, 철거, 굴착, 매설, 유지 보수 등이 반복적으로 수행되고 있으며, 복잡한 지반지하구조물과 그 주변에서 발생하는 다양한 문제를 예측 및 예방하고, 문제발생시 주민의 안전을 관리할 수 있는 기술 개발 요구 증대 ○ 지하공간통합지도의 안전한 운용을 위해 DB 보관망과 데이터 활용망을 물리적으로 분리하고, 분리된 망간 데이터 활용을 위해 양방향 데이터 전송 체계 구축 필요 ○ 인가된 특정 사용자에게만 대용량 데이터 전송을 허용하며, 실시간 서비스를 활용할 수 있도록, 정책 기반 보안 서비스 개발 필요 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p data-bbox="177 1845 328 1919">□ 국내외 기술동향</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 국토교통부는 2015년부터 산재하여 있는 15종(지하시설물 6종, 지하구조물 6종, 지반 3종)의 지하정보를 통합하여 3차원 지하공간통합지도 구축사업을 추진 중 <ul style="list-style-type: none"> - 지하공간에 대한 안전관리 필요성 대두로 범정부 차원의「지반침하예방대책」수립(‘14.12)에 따라 2015년부터 8대 특광역시 및 경기도 6개 시(성남, 용인, 부천, 안양, 광명, 과천)를 대상으로 15종의 지하정보에 대한 3차원 지하공간통합지도 구축 중 </div>

- 무분별한 지하개발과 지하시설물의 노후화로 지반침하가 발생하고 있으나, 개별 기관에서 2차원 정보 형태의 산재된 정보만으로는 지하공간의 입체적 분석이나 종합적인 현황을 파악하지 못하는 한계 극복 가능
- 굴착공사 전에 수행되는 지하안전영향평가(지하안전영향평가, 지반침하위험도평가 등) 관련 행정업무 추진을 위한 기초자료 제공하여 국가적 차원에서 추진되는 지하공간 안전관리 계획 및 대규모 지하공간 활용계획 수립 등에 기초자료로 활용 가능
- 통합된 3차원 지하공간통합지도는 산재되어 있는 지하정보의 통합관리 및 3차원 서비스 제공으로 관련 행정업무 지원 및 입체적 지하공간 활용계획 수립에 활용이 가능함
- 이러한 지하공간통합지도의 활용성을 보장하기 위해서는 다양한 지하공간정보의 정확/정밀도 확보와 더불어 지하공간통합지도 유통체계의 한계성(정확성, 신속성, 활용성 등) 극복이 무엇보다 우선되어야함
- 15종의 지하정보 중 지하시설물정보 및 지반정보의 경우 기 구축 2D 데이터(Shape 파일)를 활용하여 3차원으로 구축하고, 지하구조물정보는 준공도면을 기반으로 보조 측량을 수행하여 3차원 지하정보를 구축하여 활용 중
- 그러나, 관리기관별로 관리하고 있는 2D 데이터로 경우 추가삭제·수정 등 지하공간정보의 갱신이 발생한 경우 갱신된 정보만을 구분하여 관리하고 있지 못하여 2D 데이터 전체에 대해서 3차원 가공작업을 수행하고 있어 신속한 갱신 및 제공이 어려운 실정임
- 한국공항공사는 공항시설물의 안정적·체계적 관리를 위하여 '공항지하시설물 통합(지리)정보시스템'을 구축하여 웹 뿐만 아니라, 모바일로도 정보를 제공하고 있음
- 공항 지하시설물 통합(지리)정보시스템과 휴대용 모바일과의 정보 연계를 통해 공항시설 관계자에게 신속한 정보 전달을 가능하게 함
- 모바일에서의 세부기능으로는 시설물조회, 점검보수 이력관리, 현황 등에 대한 정보를 제공하고 있으며, 체계적인 시설물 관리와, 신속한 행정처리, 지하시설물 정보공유로 인한 시간비용절감의 효과를 가지고 있음

3. 연구개발내용

- 지하정보 변화객체 가공 자동화 기술 개발
 - 지하정보별 변화객체 가공 기술 개발
 - 지하시설물 변화객체 3차원 가공자동화 기술 개발
 - 지하구조물 변화객체 3차원 가공자동화 기술 개발
 - 지반정보 변화객체 3차원 가공자동화 기술 개발
 - 지하정보 변화객체 탑재 기술 개발
 - 지하정보 변화객체 3차원 서비스 데이터 생성 기술 개발
 - 지하정보 변화객체 탑재 자동화 기술 개발
- 다중자료중첩 기반 분석 및 가시화 기술 개발
 - 지하공간정보 중첩 기술 개발
 - 다양한 형태(벡터, 래스터 등)의 지하정보 다중중첩 기술 개발
 - 다중자료중첩 지하공간정보 3차원 가시화 기술 개발
 - 중첩된 3차원 지하공간정보의 Viewer 형태 가시화 기술 개발
 - 다중자료중첩 지하공간정보 분석 기술 개발
 - 공간분석기능, 통계기능을 통한 비교 및 분석 기술 개발

4. 연구 추진방법	<ul style="list-style-type: none"> □ 추진전략 및 체계 <ul style="list-style-type: none"> ■ 지하정보 변화객체 모니터링 및 추출 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 효율적 정보연계 기술 개발 및 신속한 의사결정을 위하여 정보 보유기관(중앙부처 및 관리기관)의 정기적 협력회의 추진 - 연계 정보 활용성 향상을 위하여 공공 및 민간 전문가 그룹의 자문단 운영 - 다종의 포맷으로 구축되는 지하공간정보의 실시간 연계를 위한 DB 통합 모듈 설계 - 통합 지하정보 데이터 연계 및 제공을 위한 표준 데이터 모델 개발 ■ 지하정보 변화객체 가공 자동화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 지하정보통합체계 운영 및 구축사업단과의 유기적 협력관계 구축을 통한 최종성과물의 품질확보 및 활용도 제고 - 효율적인 3차원 지하공간정보 가공 기술을 개발하여 지하공간통합지도 품질 향상을 추진 - OGC 등 국제표준에 따른 지하정보 구축 및 제공 방안 마련 ■ 다중자료중첩 기반 분석 및 가시화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 다중자료의 중첩 및 가시화 기술을 개발하고 공간통계분석 기능 구현
5. 최종성과물	<ul style="list-style-type: none"> ■ 지하정보 변화객체 가공 자동화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 지하시설물 변화객체 3차원 가공 자동화 기술 - 지하구조물 변화객체 3차원 가공 자동화 기술 - 지반정보 변화객체 3차원 가공 자동화 기술 - 지하정보 변화객체 3차원 서비스 데이터 생성 기술 - 지하정보 변화객체 탑재 자동화 기술 - 지하정보 변화객체 가공 자동화 SW - 지하정보 변화객체 갱신 자동화 SW ■ 다중자료중첩 기반 분석 및 가시화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 지하공간정보 중첩 기술 - 지하공간정보 3차원 가시화 기술 - 지하공간정보 공간 및 통계 분석 기술 - 다중자료 중첩 기반 분석 및 가시화 SW
6. 연구기간 및 소요예산	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총 연구기간 : 2020 ~ 2023 (4년) <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 연구기간 : 2020 (협약일로부터 12개월) ○ 총 정부출연금 : 24억 <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 정부출연금 : 7억 - 2차년도 정부출연금 : 10억 - 3차년도 정부출연금 : 5억 - 4차년도 정부출연금 : 2억
7. 기타	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 과제의 연구개발과제 보안등급은 “일반과제”임 ○ 연구개발 성과물은 세세부과제별 기술 검증과 선정된 테스트베드의 현장 실증을 통하여 결과를 제시해야 함 ○ 본 과제의 성과물은 기 구축되어 운영중인 지하정보통합체계에 적용될 수 있을 뿐만 아니라, Smart City, 디지털트윈 등의 타 분야에서도 활용될 수 있도록 개발되어야 함

다. (1-3세부) 지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술 개발 RFP

연구과제명	지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술 개발
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도 표준 데이터 모델(안) 개발 ○ 지하정보 갱신 데이터 정합성 검증 기준 및 품질관리 기술 개발 ○ 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 실증
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 現 지하공간통합지도 유통체계의 한계성(최신성, 신속성, 활용성 등) 및 지하정보의 정확성(위치, 심도, 관경 등) 문제 해결 요구성 급증 ○ 지하공간 통합관리를 위한 기준이 되는 데이터 모델의 정의 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 지하공간통합지도의 일관성을 확보하고 통일된 형식을 바탕으로 효율적인 갱신 자동화를 위해 공공/민간의 지하정보 구축 표준 데이터 모델 필요 - 지하공간통합지도 표준 데이터 모델의 제시는 국가 지하정보를 통합관리 할 수 있는 기준으로써 정부의 지원 필요 ○ 지하공간통합지도의 지속적 갱신절차를 마련하기 위해서는 법제도적 개선사항을 발굴하여 발전적으로 보완할 필요가 있음 <ul style="list-style-type: none"> - 현재 대규모 건설공사의 경우 지하공간통합지도를 의무적으로 구축하도록 하지만, 도로법에 따른 도로점용 굴착사업의 경우 강제성이 떨어지는 한계를 가지고 있음 - 수요처 요구사항과 현장 여건을 반영하여 제도적인 개선(안) 제시를 통해 지속성 있는 지하공간통합지도 구축 및 활용(안)을 위해 정부의 지원이 필요함 ○ 지하공간통합지도의 갱신을 통해 신뢰성 있는 데이터를 보장하기 위해서는 데이터 및 기술의 검증 절차가 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 현재 지하공간통합지도 데이터 갱신시 데이터를 검증할 수 있는 시스템이 존재하지 않아 수작업을 통한 검증으로 인해 데이터 신뢰성을 보장할 수 없기 때문에 검증을 위한 시스템 개발 및 적용이 필요
□ 국내외 기술동향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국토교통부는 2015년부터 산재하여 있는 15종(지하시설물 6종, 지하구조물 6종, 지반 3종)의 지하정보를 통합하여 3차원 지하공간통합지도 구축사업을 추진 중 <ul style="list-style-type: none"> - 지하공간에 대한 안전관리 필요성 대두로 범정부 차원의「지반침하예방대책」수립(‘14.12)에 따라 2015년부터 8대 특·광역시 및 경기도 6개 시(성남, 용인, 부천, 안양, 광명, 과천)를 대상으로 15종의 지하정보에 대한 3차원 지하공간통합지도 구축 중 - 무분별한 지하개발과 지하시설물의 노후화로 지반침하가 발생하고 있으나, 개별 기관에서 2차원 정보 형태의 산재된 정보만으로는 지하공간의 입체적 분석이나 종합적인 현황을 파악하지 못하는 한계 극복 가능 - 굴착공사 전에 수행되는 지하안전영향평가(지하안전영향평가, 지반침하위험도평가 등) 관련 행정업무 추진을 위한 기초자료 제공하여 국가적 차원에서 추진되는 지하공간 안전관리 계획 및 대규모 지하공간 활용계획 수립 등에 기초자료로 활용 가능 - 통합된 3차원 지하공간통합지도는 산재되어 있는 지하정보의 통합관리 및 3차원 서비스 제공으로 관련 행정업무 지원 및 입체적 지하공간 활용계획 수립에 활용이 가능함 ○ 지하공간통합관리 구축 및 갱신 방법의 표준화 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 표준화된 지하정보 구축 데이터 형식을 바탕으로 유관기관의 지하정보 관리체계 효율화와 그에 따른 전문 인력의 수요가 증가

- 지하정보 개방 시 공통형식을 활용한 다양한 공공/민간 서비스가 가능해지고 더불어 창업 및 창작 활동도 활발해 질것
- 본 과제에서 도출된 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 개발 성과물에 대한 현장 활용성 보장이 되지 않으므로 실제 현장에서의 활용 가능성을 파악하기 어려움

3. 연구개발내용

- ▣ 지하공간통합지도 표준 데이터 모델(안) 개발
 - 지하공간통합지도 관련 표준화 현황조사/분석
 - 국내외 지하정보 관련 표준화 현황조사/분석
 - 지하공간통합지도 관련 법·제도 현황조사/분석
 - 지하공간통합지도 표준 데이터 모델의 방향 정립
 - 지하공간통합지도 표준 데이터 모델(안) 개발
 - 지하공간통합지도 연계 및 갱신 관련 법·제도(안) 제안
- ▣ 지하정보 갱신 데이터 정합성 검증 기준 및 품질관리 기술 개발
 - 지하정보 갱신 데이터 정합성 검증 기준 현황조사/분석
 - 지하정보 갱신 데이터 정합성 검증 기준 개발
 - 지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술 개발
- ▣ 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 실증
 - 지하공간통합지도 갱신 자동화 실증을 위한 현장 환경 구축 및 적용
 - 지하공간통합지도 갱신 자동화 요소 기술 실증
 - 지하정보 변화객체 가공 자동화 시스템 실증
 - 다중자료중첩 기반 분석 및 가시화 시스템 실증

4. 연구 추진방법

- 추진전략 및 체계
 - ▣ 굴착공사로 갱신되는 지하정보 및 향후 구축·갱신되는 지하정보의 일관성과 정확도 유지를 위한 표준화된 데이터 모델의 개발
 - ▣ 지하공간통합지도 표준 데이터 모델(안) 개발
 - 국내외 지하정보 유관기관의 데이터 사용 현황 조사/분석을 위한 정보 보유기관(중앙부처 및관리기관)과의 협력회의의 추진
 - 국내외 표준 데이터 모델 현황조사를 위한 민간 전문가 그룹의 자문단 운영
 - 통합 지하정보 데이터 연계 및 제공을 위한 표준 데이터 모델 개발
 - ▣ 지하정보 갱신 데이터 정합성 검증 기준 및 품질관리 기술 개발
 - 지하공간통합지도 데이터 정합성 검증 기준 현황조사/분석을 위한 지하공간통합지도 사업운영단과의 협력회의의 추진
 - 통일화된 지하정보 갱신을 위한 데이터 정합성 검증 기준 개발
 - ▣ 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 실증
 - 지하공간통합지도 갱신 자동화를 위한 요소기술에 대해 현장에서의 단위·통합 테스트
 - 변경된 지하정보를 기존 지하정보와 연계하여 3차원 모델 형태로 자동 생성하고, 생성 결과 데이터의 정합성 실증
 - ▣ 국내외 문헌조사를 통한 지하정보 표준 데이터 모델 현황 조사 및 분석
 - ▣ 연구성과물에 대한 전문가 자문회의, 의견수렴 등을 통한 보완 및 검증

5. 최종성과물	<ul style="list-style-type: none"> ■ 지하공간통합지도 표준 데이터 모델(안) 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 지하정보 관련 국내외 표준화 현황 분석보고서 - 지자체 및 유관기관 관리체계 및 현황 분석보고서 - 지하공간통합지도 관련 지하정보 표준 분석서 - 지하공간통합지도 표준 데이터 모델(안) - 지하공간통합지도 연계 및 갱신 관련 법·제도(안) ■ 지하정보 갱신 데이터 정합성 검증 기준 및 품질관리 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 지하정보 데이터 정합성 분석 보고서 - 지하정보 갱신 데이터 정합성 검증 기준 보고서 - 지하정보 갱신 데이터 정합성 표준(안) - 지하정보 갱신 자동화 품질관리 SW ■ 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 실증 <ul style="list-style-type: none"> - 지하공간통합지도 갱신 자동화 요소 기술 실증 계획 및 결과서 - 지하정보 연계 및 변화객체 탐지·추출 시스템 실증 계획 및 결과서 - 지하정보 변화객체 가공 자동화 시스템 실증 계획 및 결과서 - 다중자료중첩 기반 분석 및 가시화 시스템 실증 계획 및 결과서 - 지하공간통합지도 시계열 분석 및 가시화 시스템 실증 계획 및 결과서
6. 연구기간 및 소요예산	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총 연구기간 : 2020. 1 ~ 2023. 12 (4년) <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 연구기간 : 2020 (협약일로부터 12개월) ○ 총 정부출연금 : 11억 <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 정부출연금 : 5억 - 2차년도 정부출연금 : 4억 - 3차년도 정부출연금 : 1억 - 4차년도 정부출연금 : 1억
7. 기타	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 과제의 연구개발과제 보안등급은 “일반과제”임 ○ 연구개발 성과물은 세세부과제별 기술 검증과 선정된 테스트베드의 현장 실증을 통하여 결과를 제시해야 함 ○ 본 과제의 성과물은 기 구축되어 운영중인 지하정보통합체계에 적용될 수 있을 뿐만 아니라, Smart City, 디지털트윈 등의 타 분야에서도 활용될 수 있도록 실증되어야 함

2. (2세부) 지하공간통합지도 현장 활용 지원 기술

가. (2-1세부) 지하정보 정확도 향상 기술 RFP

연구과제명	지하정보 정확도 향상 기술
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 복합데이터 기반의 지하정보 추출 및 구축 기술 개발 ○ 지하정보 정밀탐사 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도의 활용 활성화 및 지하안전관리 등에서의 활용성 향상을 위한 정밀 지하공간통합지도 구축 기술 필요 ○ 지하공간통합지도의 핵심구성요소인 지반정보의 정밀도 향상 필요 ○ 복합데이터(지하시설물, 지반정보 등) 추출 및 구축기술 확보 필요 ○ 지하시설물의 정확도 향상을 위해 지하공간에 설치된 다양한 종류 및 형태를 반영한 지하시설물 탐사장비 특성별 성능 검증 기술 개발 및 표준화 필요
□ 국내외 기술동향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 측량 법규상 지하시설물 위치조사가 X, Y좌표와 심도정보로만 구성되어 있고, 지하시설물 전산화가 되어 있지 않은 경우 심도 정보조차 누락되어 있어 기존의 측량 자료만으로 지하시설물의 정확한 3차원 좌표 획득이 불가능한 실정이며, 고정밀 3차원 지하정보 통합지도 구축사업에 큰 걸림돌이 되고 있음 ○ Code-Signal 방식의 GPR탐사 기술, 다배열 GPR을 통한 3차원 지하공간 정보 탐사 기술, INS를 이용한 자세 정보 획득 기술, UAV를 활용한 고정밀 DEM구축 기술 등 본 연구과제의 핵심 기술들은 이미 개발이 완료되고 검증되었으나, INS 자세정보를 이용한 경사지형 GPR 탐사 기술, 고정밀 DEM과 GPR 심도 정보 결합한 3차원 지하 공간 정보 획득 기술 등의 기존기술 융합, 활용 방안은 아직 활성화 되어 있지 않음 ○ GPR데이터 분석과 같은 3차원 지하공간 정보의 해석 기술은 현재 전문가의 경험적인 방법론에 의존하고 있으며, 규격화, 자동화, 통일화된 지하 공간 정보 분석 시스템에 적용할 수 있는 무감독 분류기법과 머신러닝과 같은 인공지능에 의한 데이터 해석 기술이 국내외에서 활발히 연구 중에 있음 ○ 최근 드론을 사용한 3차원 지상공간정보 구축이 활발히 이루어지고 있으며, 특히, 드론 영상에 대한 super resolution 및 image mosaicking 기법 개발과 3차원 공간 정보 구축을 위한 알고리즘 개발로 3차원 지상공간정보의 구축 효율성과 정확성이 증대되고 있음 ○ 「지반조사결과 전산화 및 활용에 관한 지침」에서는 「국가공간정보에 관한 법률」 제21조*공간정보데이터베이스의 구축 및 관리) 및 「건설기술진흥법 시행령」제38조의 12(측량 및 지반조사)에 따라 건설공사에서 수행되는 지반조사결과의 전산화 및 활용에 관한 세부사항을 규정함 ○ 해외 공간정보 산업은 빠르게 성장하고 있으며, 세계 공간정보 시장 규모는 조사 회사에 따라 약간씩 다르게 예측되고 있으나, 연 평균 10%이상의 성장률을 보일 것으로 예상됨 ○ 지하 탐사 장비인 GPR을 제작하는 이탈리아의 IDS는 세계적인 카메라 회사인

- Leica와 손을 잡고 세계적으로 널리 활용되고 있는 차량용 GPR과 3D 레이저 스캐너를 결합하여 한 번의 탐사로 지하와 지상의 상태를 모두 확인할 수 있는 솔루션을 개발함
- 영국에서는 향후 새로운 지하철 노선이 추가될 경우 2D만으로 모든 노선의 경로 및 구조를 파악하기 어려울 것으로 예상하고, 이를 보완하기 위해 구글의 3D 웨어 하우스에 데이터를 저장하고, 스케치업에서 로딩 할 수 있도록 지하공간지도를 구축함
 - GPR 측량 결과의 해석에 관해서는 기술자의 경험에 의존하고 있으며 지하시설물 및 싱크홀에 대한 GPR 측량결과를 인공지능으로 학습하는 시도 수행 중임
 - GPR의 사용만을 의무화 하고 있을 뿐 그 과정이나 인력양성, 장비 및 기술인력의 등급화 등에 관한 세부사항은 규정 미비
 - 국외의 경우 정확도 높은 GPR 장비들이 개발되어 글로벌 판매 중이며, 인공지능 기술 등 다양한 이론 및 기술과의 연계 개발을 추진 중임
 - 국내의 경우 GPR 사용의 필요성과 중요성은 지속적으로 제기되고 있으나, GPR 기기의 검증, 운영인력 양성 등에 관해서는 아직 미비

3. 연구개발내용

- 복합데이터 기반의 지하정보 추출 및 구축 기술 개발
 - 복합데이터 융합 처리기술 개발
 - 복합데이터 분석 프레임워크 개발
 - 복합데이터 융합 처리기술 개발
 - 지반정보 데이터 추출기술 개발
 - 물리탐사 결과의 속성 분석 기술 개발
 - 구조지질학적 분석 기술 개발
 - 물리탐사 결과의 정량적 해석 기법 개발
 - 지층정보 추정 기술 개발
 - 다양한 분석 툴 개발(단면분석, 속성정보 엑셀 저장 등)
 - Hyper-Spectral 기반 암석코어 영상정보 추출기술 개발
 - 복사보정 기술 개발(시추공 영상정보 물리적 값으로 변환)
 - 정규화 복사휘도 계산 기법 개발
 - 유사성 측정 기술 개발(분광 특성 정합 기법 등 사용)
 - 지층 구분 및 분류 기술 개발
 - 분석결과 표준화 및 지하공간통합지도 연계기술 개발
 - 고정밀 3차원 지하공간통합지도 구축기술 개발
 - 3차원 공간객체 모델링 및 갱신 기술 개발
 - 고정밀 데이터 가시화 모델 영역에 따른 데이터 축약 기술 개발
 - 지형 및 시추정보 기반 지하 지층 자동 모델링 기능 개발
 - 지하수 모델링 기능 개발
 - 선택적 데이터 추출 및 권역별 데이터 축약 기술 개발
- 지하정보 정밀탐사 기술 개발
 - 한국형 3차원 정밀 지하정보 탐사 기술 개발
 - 저심도(~5m), 경사지형, 지하정보 특성에 강한 지하정보 정밀 센서 개발
 - UAV/GNSS/지하정보 탐사데이터 등 다중데이터 처리 기반의 지하정보 현장 수집 시스템 개발
 - 저심부 고정밀 3차원 지하정보 탐사 시스템 구축

	<ul style="list-style-type: none"> ○ 차량용 지하정보 정밀 탐사 지원 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 초분광 센서 기반의 차량용 암석코어시료 수집 시스템 개발 - 3차원 지하정보 정밀 센서 및 초분광 암석코어시료 통합 수집·관리시스템 개발 - 지하정보 관리기관 지원을 위한 차량용 지하정보 정밀 탐사시스템 구축
<p>4. 연구 추진방법</p> <p>□ 추진전략 및 체계</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 복합데이터 기반의 지하정보 추출 및 구축 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 국토교통부, 지하정보 수요 기관, 지하안전영향평가 전문기관 등 자문단 운영 - 효율적 연계 및 의사결정을 위한 유관기관 협의체 추진 - 효율적 연계 기술을 위한 공공 및 민간 전문가 그룹 자문단 운영 - 통합 플랫폼 구축 연구 분야와 상시적 협의체 구성 및 운영 - 학계/기술동향 수집 및 최적기술 선저를 위한 산·학 연계 추진 ■ 지하정보 정밀탐사 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 핵심 선행기술 GNSS, INS, UAV, 다배열 GPR, Code Signal 방식 GPR의 기술검토 및 국내외 기술동향, 기존 제품 분석 - GNSS, INS, UAV, Code Signal 다배열 GPR 모듈의 시제품 제작 - 선정된 테스트 배드에서 시제품 시험 및 검증 - 지하공간 정보 해석에 대한 기술 검토 및 국내외 기술동향 분석, 기존 지하공간정보 탐사 데이터 수집 - 산학연이 연계된 지하공간 정보 해석 기술에 대한 자문단 운영 - 인공지능을 활용한 지하공간 정보 자동화 해석기술 개발 - 지하공간정보 해석 기술 검증을 위한 테스트 배드 운영 - 지하공간통합지도 구축 분야와 상시적 협의체 구성 운영
<p>5. 최종성과물</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 복합데이터 기반의 지하정보 추출 및 구축 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 복합데이터 분류체계 및 표준 융합모델 - 물리탐사 결과의 속성 분석 기술 및 지층정보 추정 기술 - 물리탐사 결과의 정량적 해석 기법 - 분광 특성 정합 기법 등을 사용한 유사성 측정 기술 - 시추공 영상정보로부터 지층 구분 및 분류 기술 - 3차원 공간객체 모델링 및 갱신 기술 - 광역 데이터 가시화를 위한 선택적 데이터 추출 및 권역별 데이터 축약 기술 ■ 지하정보 정밀탐사 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 모듈화된 차량용 및 핸디형 경사지형 지하공간 정보 탐사 하드웨어 시스템 - 탐사 하드웨어 구동 및 데이터 취득 소프트웨어 - 탐사심도 5m, 12% 경사지형에서 20km/h이동시 위치 오차 ±20cm 이내의 데이터 취득이 가능한 지하정보 정밀 탐사 시스템 구현 - 다중데이터 처리 기반의 지하정보 현장 수집시스템 - 초분광 센서 기반의 차량용 암석코어시료 수집 시스템 - 3차원 지하정보 정밀 센서 및 초분광 암석코어시료 통합 수집·관리시스템 - 지하정보 관리기관 지원을 위한 차량용 지하정보 정밀 탐사시스템
<p>6. 연구기간 및 소요예산</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총 연구기간 : 2020 ~ 2024 (4년)

	<ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 연구기간 : 2020 (협약일로부터 12개월) ○ 총 정부출연금 : 33억 <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 정부출연금 : 14억 - 2차년도 정부출연금 : 10억 - 3차년도 정부출연금 : 7억 - 4차년도 정부출연금 : 2억
7. 기타	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 과제의 연구개발과제 보안등급은 “일반과제”임 ○ 연구개발 성과물은 세세부과제별 실용성 검증과 선정된 테스트베드의 현장 적용 검증을 통하여 결과를 제시해야 함 ○ 본 과제의 성과물은 기 구축되어 운영중인 지하정보통합체계에 적용될 수 있을 뿐만 아니라, Smart City, 디지털트윈 등의 타 분야에서도 활용될 수 있도록 개발되어야 함

나. (2-2세부) 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술

연구과제명	모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모바일용 지하공간통합지도 구축·전송·보안 기술 개발 ○ 현장 생성 지하정보 검증 및 지하정보통합체계 자료 연계 기술 개발 ○ 굴착현장 안전지원 통합관리시스템 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도의 활성화 유도 및 굴착공사 시공현장에서의 지하안전사고 예방 기술 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 안전한 지하공간의 구축 및 관리라는 지하공간통합지도 구축 목적에 부합하는 지하안전관리 지원 기술 구축 필요 - 이에, 최근 급증하고 있는 지하근접시공, 굴착공사 등의 정확성, 신속성, 안정성 확보를 위해 현장관계자가 입체적으로 활용 가능한 기술 요구 증대 ○ 정부주도의 지하시설물 안전관리 및 도심지 지하공간개발시 안전성 확보를 위한 대형 국가 R&D 사업의 추진이 필요함 <ul style="list-style-type: none"> - 대규모 지하공간 개발사업 추진과 관련하여 초대형 지하 쇼핑몰, 지하통합 환승시스템, 지하급행철도 등 지반 및 지하공간 개발 계획들이 지속적으로 발표되고 있어, 안전하고 건설 관련 민원을 최소화할 수 있는 지반/지하 안전 건설기술 개발 시급 - 도심지에서는 새로운 대규모 지하개발 뿐만 아니라 증·개축, 철거, 굴착, 매설, 유지보수 등이 반복적으로 수행되고 있으며, 복잡한 지반지하구조물과 그 주변에서 발생하는 다양한 문제를 예측 및 예방하고, 문제발생시 주민의 안전을 관리할 수 있는 기술 개발 요구 증대 ○ 지하공간통합지도의 안전한 운용을 위해 DB 보관망과 데이터 활용망을 물리적으로 분리하고, 분리된 망간 데이터 활용을 위해 양방향 데이터 전송 체계 구축 필요 ○ 인가된 특정 사용자에게만 대용량 데이터 전송을 허용하며, 실시간 서비스를 활용할 수 있도록, 정책 기반 보안 서비스 개발 필요
□ 연구개발 필요성	
□ 국내외 기술동향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국토교통부는 2015년부터 산재하여 있는 15종(지하시설물 6종, 지하구조물 6종, 지반3종)의 지하정보를 통합하여 3차원 지하공간통합지도 구축사업을 추진 중 <ul style="list-style-type: none"> - 지하공간에 대한 안전관리 필요성 대두로 범정부 차원의「지반침하예방대책」수립('14.12)에 따라 2015년부터 8대 특·광역시 및 경기도 6개 시(성남, 용인, 부천, 안양, 광명, 과천)를 대상으로 15종의 지하정보에 대한 3차원 지하공간통합지도 구축 중 - 그러나, 3차원 지하공간통합지도의 보안(공개제한)상의 이유로 모바일 서비스는 제공하고 못하고 있는 실정임 ○ 한국공항공사는 공항시설물의 안정적·체계적 관리를 위하여 '공항지하시설물 통합(지리)정보시스템'을 구축하여 웹 뿐만 아니라, 모바일로도 정보를 제공하고 있음 <ul style="list-style-type: none"> - 공항 지하시설물 통합(지리)정보시스템과 휴대용 모바일과의 정보 연계를 통해 공항시설 관계자에게 신속한 정보 전달을 가능하게 함 - 모바일에서의 세부기능으로는 시설물조회, 점검보수 이력관리, 현황 등에 대한 정보를 제공하고 있으며, 체계적인 시설물 관리와, 신속한 행정처리, 지하시설물 정보 공유로 인한 시간비용절감의 효과를 가지고 있음

3. 연구개발내용	<ul style="list-style-type: none"> ■ 모바일용 지하공간통합지도 구축 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도 모바일 제공을 위한 DB 경량화 기술 개발 ○ 모바일용 지하공간통합지도 구축(LOD구축, 가공 등) 기술 개발 ■ 대용량 모바일 지하공간통합지도 고속 전송 및 보안 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> ○ 모바일용 지하공간통합지도 데이터 암호화 및 휘발성 기술 개발 ○ 모바일용 지하공간통합지도 고속 데이터 전송 기술 개발 ○ 국토관리청 및 지자체 도로굴착인허가시스템 연계 기술 개발 ■ 현장 생성 지하정보 검증 및 표준 DB 변환 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> ○ 모바일 기반의 현장 생성 지하정보 오류 검증 및 보정 기술 개발 ○ 보정 현장 지하정보의 표준 지하정보 DB 변환 기술 개발 ○ 지하정보통합체계로의 보정 현장 표준 지하정보 DB 제공 기술 개발 ■ 현장 지원 지하공간통합지도 통합관리시스템 개발
4. 연구 추진방법	<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1; padding-right: 10px;"> <input type="checkbox"/> 추진전략 및 체계 </div> <div style="flex: 4;"> <ul style="list-style-type: none"> ■ 모바일용 지하공간통합지도 구축 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 다양한 모바일 기기와 연동 가능한 모바일 데이터 정의 - 대용량 지하공간통합지도의 경량화를 위한 기술 분석 및 정의 - 대용량 지하공간통합지도의 효율적인 서비스를 위한 LOD 구축 방안 분석 및 정의 - OGC 등 국제표준에 따른 모바일용 지하공간통합지도 구축 방안 마련 - 성능 향상을 위한 지하정보 전송 프로토콜 분석을 통해, 특화된 전송 기술 설계 및 구현 - 신규 개발된 고속 전송 엔진을 기존 상용기술의 사례에 맞춰 적합하게 제공 - 대용량 데이터의 안정적인 대역폭 제공을 위한 10G 이상의 전송 기술 연구 및 추가 성능 제공을 위한 방안 모색 - 빅데이터 보안 솔루션 관련 국내외 적용 현황 파악 - 상용 기술을 지하공간통합지도의 특화 기술로 변환함에 따라 국내 보안 규정 및 지침에 적합하도록 개발 진행 - 지하공간통합지도의 안전한 운용을 위해 DB보관망(업무망)과 대외서비스망(인터넷 망)을 물리적인 분리 및 정책을 통한 접근 제어 ■ 대용량 모바일 지하공간통합지도 고속 전송 및 보안 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 모바일 사용에 적합한 데이터 경량화 및 데이터 정밀도 수준을 결정하기 위한 전문가 의견 수렴 및 연구 - 서비스 성능을 고려한 모바일 전용 지하공간통합지도 서비스 데이터 및 연계 데이터 정의 - OGC 등 국제표준에 따른 모바일용 지하공간통합지도 연계 방안 마련 ■ 현장 생성 지하정보 검증 및 표준 DB 변환 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 보안데이터로 묶여있는 지하공간통합지도의 사용권 확보 전략은 3단계로 나누어 추진함 <ul style="list-style-type: none"> · (1단계) Data Free Zone 기술을 이용한 민간사용자 제공 지하공간통합지도 가공기술 개발을 통한 사용권 확보 (2020년) · (2단계) 국정원 협의를 통한 부분 지하공간통합지도(지반정보, 지하시설물정보 순) 민간사용자 제공 사용권 확보 (2021년) · (3단계) 국정원 협의를 통한 전체 지하공간통합지도(공동구 제외) 민간사용자 제공 </div> </div>

5. 최종성과물	<ul style="list-style-type: none"> ▣ 모바일용 지하공간통합지도 구축 SW ▣ 모바일용 지하공간통합지도 제공 및 현장 탐사정보 수집 SW ▣ 모바일용 지하공간통합지도 및 현장 탐사정보 전송·보안 SW ▣ 탐사 지하정보 정확도 검증 및 오류수정 SW ▣ 현장 지원 지하공간통합지도 통합관리시스템
6. 연구기간 및 소요예산	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총 연구기간 : 2020 ~ 2023 (4년) <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 연구기간 : 2020 (협약일로부터 12개월) ○ 총 정부출연금 : 15억 <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 정부출연금 : 7억 - 2차년도 정부출연금 : 5억 - 3차년도 정부출연금 : 2억 - 4차년도 정부출연금 : 1억
7. 기타	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 과제의 연구개발과제 보안등급은 “일반과제”임 ○ 연구개발 성과물은 세세부과제별 실용성 검증과 선정된 테스트베드의 현장 적용 검증을 통하여 결과를 제시해야 함 ○ 본 과제의 성과물은 기 구축되어 운영중인 지하정보통합체계에 적용될 수 있을 뿐만 아니라, Smart City, 디지털트윈 등의 타 분야에서도 활용될 수 있도록 개발되어야 함

다. (2-3세부) 지하정보 현장 실증 실험

연구과제명	지하정보 현장 실증 실험
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도 기반 지하정보 탐사현장 활용기술 개발 ○ 실시간 지하공간통합지도 연계 지원서비스 실증
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	<p data-bbox="177 633 327 712">□ 연구개발 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 과거 매설 지하시설물의 불탐.오류 상존 및 현장에서의 지하시설물 데이터 확인할 수 있는 기반이 전무함 ○ 현행 GPR 탐사 방법은 탐사 후 후처리가 필요하고, 실시간 확인 및 도면 연계가 불가하여 긴급 현장 대응 불가 및 효율성 문제 있음 ○ 지하공간 통합지도 센터와 탐사(굴착)현장 간의 유기적 관제 및 지하시설물 GPR 탐사 현장시스템 개발을 통해 안전사고 예방 및 지하공간 정확도 개선 시스템 구축이 시급함 <p data-bbox="177 999 327 1077">□ 국내외 기술동향</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간 통합지도 DB에 사용할 규격화된 데이터 모델이 구축 중에 있으며, 국외의 경우 공간정보 국제표준 기구인 OGC의 CityGML이 다양한 주제별 공간정보 객체를 다루는 모델로 이를 참조할 수 있음 ○ 국내에서는 정부 및 지자체의 지하시설물 DB구축이 완료되어 이를 활용하는 단계 ○ 해외에서는 지하시설물 자료의 최신성 확보 및 자동화 사업을 추진 중이며, 지하시설물 자료 처리 및 무선 통신 서비스 개발 진행 중 ○ GPR 탐사를 통한 지하시설물 불탐 개선 기술이 활용되고 있으나 경제성 및 효율성 문제가 있음 ○ GPR 탐사 기술은 핸드 카트형 및 차량형 탐사장비가 상용화 되어 탐사데이터 취득 기술 위주로 보급되어 있으나 현장에서 탐사데이터를 실시간 활용하기 어려움 ○ 3차원 지하공간 통합지도의 DB구축 지역 확산 및 공간정보 오픈플랫폼 WebGL 방식 고도화 추진 진행 중이며 이를 현장에서 활용하는 3차원 지하공간 서비스의 구축이 가능함
3. 연구개발내용	<ul style="list-style-type: none"> ▣ 지하공간통합지도 기반 지하정보 탐사현장 활용기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> ○ 무선통신 기반 지하공간통합지도 실시간 연계 기술 개발 ○ 지하시설물 탐사영상 수집 및 영상 매핑 처리(좌표 및 3D 모델링) 기술 개발 ○ 현장에서 생성된 실시간 모델링 및 탐사 데이터 센터 전송 기술 개발 ▣ 실시간 지하공간통합지도 연계 지원서비스 실증 <ul style="list-style-type: none"> ○ 서비스 테스트를 위한 지하정보 탐사현장(지반침하(함몰) 탐사, 지하시설물 탐사 등) 선정 ○ 실시간 지하공간통합지도 연계지원시스템 서비스 실증

4. 연구 추진방법	
<input type="checkbox"/> 추진전략 및 체계	<input checked="" type="checkbox"/> 지하공간통합지도 기반 지하정보 탐사현장 활용기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 관련 연구 분야 간 상시적 협의체 구성 운영 및 공간정보 오픈플랫폼 WebGL기반 고도화 추진 사업단과의 기술협력 추진 - GPR 분석 결과에 대한 표준 데이터 모델 개발 - GPR 현장 탐사 관제업무 프로세스 수립 및 지하공간통합지도 보안관리지침 등 개정 추진 <input checked="" type="checkbox"/> 실시간 지하공간통합지도 연계 지원 서비스 실증 <ul style="list-style-type: none"> - GPR 탐사 데이터 모델링 결과 검증을 위한 관련전문가 자문단 운영 - 지하공간통합지도 연계를 위한 공공 및 민간 전문가 그룹의 자문단 운영 - GPR 현장 탐사 테스트베드 선정을 통한 실 운영 평가 및 검증
5. 최종성과물	
	<input checked="" type="checkbox"/> 지하공간통합지도 기반의 지하정보 현장 탐사정보 매핑·가시화 SW
6. 연구기간 및 소요예산	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총 연구기간 : 2020 ~ 2023 (4년) <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 연구기간 : 2020 (협약일로부터 12개월) ○ 총 정부출연금 : 10억 <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 정부출연금 : 4억 - 2차년도 정부출연금 : 3억 - 3차년도 정부출연금 : 2억 - 4차년도 정부출연금 : 1억
7. 기타	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 과제의 연구개발과제 보안등급은 “일반과제”임 ○ 연구개발 성과물은 세세부과제별 기술 검증과 선정된 테스트베드의 현장 실증을 통하여 결과를 제시해야 함 ○ 본 과제의 성과물은 기 구축되어 운영중인 지하정보통합체계에 적용될 수 있을 뿐만 아니라, Smart City, 디지털트윈 등의 타 분야에서도 활용될 수 있도록 개발되어야 함

붙임. 참고문헌

- 공간정보연구원(2015), 공간정보 포털 동향분석 연구, LXSIRI Report 제21호
- 국민안전처(2016), 국가안전관리기본계획(2015~2019)
- 국토교통부(2010), “2015년, 지하시설물 정보가 하나로 연결된다.”
- 국토교통부(2011), “전국 방방곡곡 땅 속 시설물, 스마트관리체계로 전환”
- 국토교통부(2013), 제5차 국가공간정보 정책(2013 ~ 2017)
- 국토교통부(2014), 지하공간 활용의 권리보완을 위한 제도적 개선에 관한 연구
- 국토교통부(2015), 2025 수도정비기본계획(광역상수도 및 공업용수도)변경
- 국토교통부(2015), 지반침하 대비 생활속 징후 및 안전관리 매뉴얼 개발연구
- 국토교통부(2015), 지반침하(함몰) 예방을 위한 지하안전성(위험도) 평가방법 등 마련 연구
- 국토교통부(2016), 지하공간통합지도 구축 사업 최종보고서
- 국토교통부(2017), 공간정보기반 융복합산업 발전 전략 마련 및 법제도 개선방안
- 국토교통부(2018), 2018년 공간정보산업조사 통계보고서(2017년 기준)
- 국토교통부(2018), 제6차 국가공간정보정책 기본계획
- 국토연구원(2009), 한국형 공간정보인프라 모델정립 및 글로벌화 전략 연구
- 국토연구원(2012), 공간정보 공동활용을 위한 기본공간정보 수시갱신방안
- 국토지리정보원(2017), 자율주행차 지원 등을 위한 정밀도로지도 고도화 방안 연구 및 시범구축
- 국토교통부·국토교통과학기술진흥원(2016), 시민·기업·정부가 소통하는 맞춤형 U-City 플랫폼 구축(3차년도)
- 국토교통부·국토교통과학기술진흥원(2017), 3차원 입체격자체계 기반 국토 통합관리 지원 기술 개발 1차년도 보고서
- 나유경·정영진(2015), 공간정보사업의 공간정보 표준 적용 활성화 방안, 국토지리학회지 제49권 4호
- 뉴스코리아(2017), 교통신호등 정보가 내 차량 계기판에 있다, 2017.05.16.
- 미래창조과학부(2016), 미래성장동력 종합실천계획(안)
- 산업통상자원부(2013), 에너지 안전관리 종합대책
- 산업통상자원부(2014), 가스안전관리 기본계획(2015 ~ 2019)
- 산업통상자원부(2015), 에너지 안전 가이드라인 개발
- 서울시(2018), 서울시 지하안전관리 종합 추진계획
- 서울시(2013), 지하시설물통합정보시스템 개선 사업계획
- 서울특별시 지반정보통합관리 시스템 <http://surveycp.seoul.go.kr/>
- 이규화(2011.7), 비즈니스에 최적화된 기업DB ‘맞춤형 설계’, 디지털타임즈
- 이보미·이명근(2017), 국가지리정보 품질관리 대상 및 방법론 제시, 국토지리학회지 제

51권2호

지하안전관리에 관한 특별법 법률 제14545호

한국국토정보공사(2013), 지하공간에 대한 효율적인 정보취득 연구

한국정보통신기술협회(2008), 2007 정보통신표준화백서

한국정보통신기술협회(2017), 공간정보 표준화 동향, TTA Journal Vol.169

한국정보통신기술협회(2018), 4차 산업혁명 핵심융합사례 스마트시티 개념과 표준화 현황

한국지질자원연구원(2014), 반응형 웹기반 멀티플랫폼 지질정보시스템(MGEO) 개발

한국환경정책평가연구원(2013), 도심지역 대심도 지하공간 개발의 지반환경영향 및 정책 제언

CRCSI(2017), Towards a Spatial Knowledge Infrastructure-White Paper

Inkwood Research(2018), Global Geospatial Analytics Market Forecast 2017-2024

<https://www.bgs.ac.uk>

<https://www.bgs.ac.uk/products/geosure/shrinkswell.html>

<https://ca.dep.state.fl.us/mapdirect/?focus=fgssinkholes>

<http://revisor.mo.gov>

http://www.maff.go.jp/j/nousin/bousai/bousai_saigai/b_bousai

<http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00035/2002/57-4/57-4-0186.pdf>

<https://www.ura.gov.sg>

http://www.kcqr.co.kr/images/jungi_01.pdf

<http://asstgroup.com/techniques.html>

<http://www.top-geo.co.kr>

<http://www.spstest.co.kr>

<http://www.jis.go.kr/>

<https://www.geoinfo.or.kr/index.do?cntyn=0>

<https://www.geoinfo.or.kr/topMenuSelect.do?url=center2>

<http://mapapps.bgs.ac.uk/geologyofbritain/home.html>

<https://www.bgs.ac.uk/research/environmentalModelling/3dvisualisation.html>

<http://www.lbeg.niedersachsen.de/startseite/>

<https://www.usgs.gov/>

<https://www.roadic.or.jp>

<https://www.gsj.jp/>

<http://call811.com>

<http://roadresearch.or.kr>

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 출연하고 국토교통과학기술진흥원이 위탁 시행한 국토교통연구기획사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부가 출연하고 국토교통과학기술진흥원이 위탁 시행한 국토교통연구기획사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다.