19NSIP-C135506-03

3차원 입체 격자 체계기반 지원 기술 개발 최종보고서

2020

국토교통부

국토교통과학기술진흥원

보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( ), 발간등록번호(11-B552989-000218-01)

국토공간정보연구사업 최종보고서

R&D / 19NSIP-C135506-03

3차원 입체 격자 체계기반 국토 통합관리 지원 기술 개발 최종보고서

2020. 02.

주관연구기관 / 안양대학교 산학협력단
공동연구기관 / 한국건설기술연구원
공동연구기관 / (주)웨이버스
공동연구기관 / (주)씨엠월드
위탁연구기관 / (주)포도

국 토 교 통 부

국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

'3차원 입체 격자 체계기반 국토 통합관리 지원 기술 개발'(연구개발 기간 : 2017. 7. 31 ~ 2019. 12. 31) 과제의 최종보고서 12부를 제출합니다.

2019. 12. 31.

주관연구기관명 : 안양대학교 산학협력단 (대표자) 권 원 현 (인)

공동연구기관명 : 한국건설기술연구원 (대표자) 한 승 헌 (인)

공동연구기관명 : ㈜웨이버스 (대표자) 김 학 성 (인)

공동연구기관명 : ㈜씨엠월드 (대표자) 이 봉 준 (인)

위탁연구기관명 : ㈜포도 (대표자) 권 일 룡 (인)

주관연구기관책임자 : 안양대학교 산학협력단 안종욱
공동연구기관책임자 : 한국건설기술연구원 윤준희
㈜웨이버스 김장욱
㈜씨엠월드 이봉준
위탁연구기관책임자 : ㈜포도 최장범

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	19NSIP-C135506-03	해당 단계 연구 기간	2017.07.31. ~ 2019.12.31	단계구분	3/3
연구사업명	중사업명	국토교통연구개발사업			
	세부사업명	국토공간정보연구사업			
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	3차원 입체 격자 체계기반 국토 통합관리 지원 기술 개발			
연구책임자	안종욱	해당단계 참여연구원 수	총: 57명 내부: 57명 외부: 0명	해당단계 연구비	정부: 1,809,000 천원 민간: 605,000 천원 정부외: 0 천원 상대국: 0 천원 계: 2,414,000 천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총:126명 내부:126명 외부: 0명	총 연구비	정부: 2,869,000 천원 민간: 960,000 천원 정부외: 0 천원 상대국: 0 천원 계: 3,829,000 천원
연구기관명 및 소속 부서명	안양대학교 산학협력단			공동연구기관명: 한국건설기술연구원, ㈜웨이버스, ㈜씨엠월드	
국제공동연구	상대국명: 없음			상대국 연구기관명: 없음	
위탁연구	연구기관명: ㈜포도			연구책임자: 최장범	
※ 국내・외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 갈음					
연구개발성과의 보안등급 및 사유	- 보안등급 : 일반 - 사유 : 연구 내용 공개를 통해 공간정보 관련 분야 발전에 기여할 수 있음				

9대 성과 등록・기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설・장비	기술요약 정보	소프트웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록・기탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설・장비 현황

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

요약	보고서 면수
아래 요약문 참조	266

요약문

연구의 목적 및 내용	○ 본 연구는 「3차원 입체격자체계 기반 연구」,「3차원 입체격자체계 핵심기술 개발」, 「3차원 입체격자 통합운영 지원 기술 개발 및 실증서비스」연구를 수행함으로써 최종적으로 미래 지능사회 지원을 위한 새로운 패러다임의 3차원 입체격자체계 기반 국토 공간 통합관리 원천기술을 개발하는 것을 목표로 함
연구개발성과	○ 「3차원 입체격자체계 기반 국토 통합관리 지원 기술 개발」은 총 3차년도 연구로 아래와 같은 내용의 연구가 진행되었음 ○ 3차원 입체격자 활용방안 및 실증서비스 연구 - 국토 통합관리 실증서비스 개발 - 3차원 입체격자체계 타당성 검증 연구 - 3차원 입체격자체계 실용화를 위한 제도개선 방안 수립 연구 - 3차원 입체격자체계 실증서비스 개발 ○ 3차원 입체격자체계 데이터 연계 기술개발 - 실증서비스 데이터 연계방안 도출 - 갱신 가능 DB 연계 및 변환 기술 개발 ○ 3차원 입체격자체계 활용을 위한 통합운영 기술 개발 - 입체공간 격자체계 정의, 데이터 모델 표준화 방안 및 가시화 연구 - 입체공간 격자체계 구현, 갱신기술 및 가시화 개발 - 3차원 핵심기술 검증 및 통합 운영기술 개발
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	○ 본 연구 성과물인 3차원 입체격자체계를 국가공간정보통합체계, 다중 공간정보 활용기관 등에서 기반기술로 활용할 수 있도록 추진 ○ 국내 다중 공간정보 활용기관과 국외 동향의 다양한 격자모델은 2차원에 초점이 맞추어져 있으므로, 입체격자 모델에 대한 핵심기술 및 서비스 개발은 해외시장 선점에 기여 ○ 새로운 기술과 모델인 입체격자에 대한 수요가 증대됨에 따라 입체격자 데이터 분석가, 입체격자 DB 아키텍처 등 새로운 전문가가 대두되고 새로운 응용분야 발굴로 인한 창업, 고용창출 효과 기대

국문핵심어 (5개 이내)	3차원 격자체계	3차원 가시화	3차원 공간분석	입체 공간정보	국토 통합관리
영문핵심어 (5개 이내)	3D grid system	3D spatial visualization	3D spatial analysis	3D spatial information	Integrated land management

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 ····· 1

가. 연구개발의 목적 및 필요성 ····· 1

나. 연구개발의 목표 및 내용 ····· 2

다. 연구개발의 범위 및 방법 ····· 4

2. 연구수행내용 및 성과 ····· 8

가. 연구수행내용 ····· 8

나. 최종 연구 성과 ····· 228

다. 연구 결과 ····· 245

라. 연구개발 추진전략 및 추진체계 ····· 246

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 250

가. 목표 달성도 ····· 250

나. 목표 미달성 시 원인 및 차후대책 ····· 255

다. 관련 분야에 대한 기여도 ····· 255

4. 연구개발성과의 활용 계획 및 기대효과 ····· 257

가. 연구개발성과의 활용계획 ····· 257

나. 추가연구의 필요성 ····· 258

다. 사업화 방안 ····· 260

붙임. 참고문헌 ····· 261

<별첨> 주관연구기관의 자체평가 의견서 ····· 267

〈 표 목 차 〉

<표 1-1> 연구 목표 및 내용 ··· 3
<표 2-1> 미래사회 이슈에 따른 공간정보 분야 트렌드 도출 ··· 8
<표 2-2> 서비스 시나리오 구상(안) ··· 9
<표 2-3> 데이터 연계 범위 및 대상 ··· 10
<표 2-4> 메뉴 구조 ··· 20
<표 2-5> 경기도 안양시 만안구 국가측정소 현황 ··· 22
<표 2-6> 대상지 주변 포인트 현황 ··· 23
<표 2-7> Matrice-100 제원 ··· 24
<표 2-8> 미세먼지 센서 구성 ··· 24
<표 2-9> 각 포인트별 가공된 데이터 ··· 25
<표 2-10> Shader가 데이터를 받는 방법 ··· 25
<표 2-11> CMWorld 3D MAPS API의 레이어 체계 ··· 26
<표 2-12> Material의 기능 ··· 27
<표 2-13> 미세먼지 측정치 Linear Interpolation ··· 27
<표 2-14> 일반 좌표계 분류 ··· 40
<표 2-15> 국내외 2차원 격자체계 ··· 41
<표 2-16> 활용수요 순위별 업무분야 및 내용 ··· 48
<표 2-17> 기타의견 ··· 49
<표 2-18> 3차원 입체격자 기본정보(안) ··· 54
<표 2-19> 국내 입체격자체계 관련 법제도 분류 ··· 55
<표 2-20> 해외 입체격자체계 관련 법제도 분류 ··· 57
<표 2-21> 대안 1. 관련법에 3차원 입체격자체계 관련 내용 포함 ··· 60
<표 2-22> 대안 2. (가칭)3차원 입체격자정보 구축 작업규정(안)을 마련하여 운영 ··· 63
<표 2-23> 저고도 유무인 비행체를 위한 격자기반 공중 도로체계 제공 서비스 개요 ··· 68
<표 2-24> 저고도 유무인 비행체 정밀측위를 위한 Multi-scale 입체격자 제공 서비스 개요 ··· 69
<표 2-25> 저고도 유무인 비행체를 위한 격자기반 정적/동적 안전운항 정보제공 서비스 개요 ··· 70
<표 2-26> 저고도 무인 비행체를 위한 장애물 격자 AR 서비스 개요 ··· 71
<표 2-27> 자율주행차를 위한 격자기반 교통 빅데이터 제공 서비스 개요 ··· 72
<표 2-28> 센서융합 측위 의사결정 지원을 위한 GNSS 가시위성 및 신뢰도 제공 서비스 개요 ·· 73
<표 2-29> GNSS 단독측위 사용자를 위한 지각운동 보정량 제공 서비스 개요 ··· 74
<표 2-30> 3-Level 서비스 기능 도출 ··· 77
<표 2-31> 3-Level 서비스 기능 도출(자율주행차 서비스) ··· 79
<표 2-32> 토지이용 항목 별 적합도 ··· 80
<표 2-33> 저고도 유/무인 비행체용 공중 도로체계 제공 시스템의 주요 기능 ··· 88
<표 2-34> Route Planning 인터페이스 정의 ··· 92
<표 2-35> Route Planning 인터페이스 에러코드 ··· 93
<표 2-36> 국가정보포털 공간정보 제공 현황 ··· 119
<표 2-37> 데이터 연계 기술 ··· 121

<표 2-38> 「공공기관의 정보공개에 관한 법률」제9조1항의 내용 ····· 123
<표 2-39> 「개인정보보호법」제5조의 내용 ····· 123
<표 2-40> 「공공데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 법률」제17조의 내용 ····· 124
<표 2-41> 「저작권법」 제10조의 내용 ····· 124
<표 2-42> 「국가정보화 기본법」제18조의 내용 ····· 125
<표 2-43> 「공간정보산업진흥법」 제6조의 내용 ····· 125
<표 2-44> 데이터 개방 관련 정비계획(안) ····· 126
<표 2-45> 공공데이터 포털의 개요 ····· 126
<표 2-46> 기상산업진흥법 수수료규정 ····· 127
<표 2-47> 공간정보 무상 개방 추진경과 ····· 127
<표 2-48> 건축정보 민간개방 현황 ····· 128
<표 2-49> 26종의 공간정보 및 속성정보 개방 ····· 128
<표 2-50> 제공데이터 형태별 제공방식 ····· 130
<표 2-51> 제공데이터 형태 ····· 130
<표 2-52> OpenAPI 활용가이드 샘플 : 기상정보 ····· 131
<표 2-53> 관련 시스템별 문제점 ····· 132
<표 2-54> 표준의 내용구성 ····· 136
<표 2-55> 행정정보의 격자체계 설정 및 공간정보화 기준안 일부발췌 ····· 136
<표 2-56> 기본공간정보 ····· 137
<표 2-57> 데이터베이스 생성 ····· 138
<표 2-58> 입체격자로 변환 가능한 정보 ····· 141
<표 2-59> 공역의 분류 ····· 145
<표 2-60> 공역의 사용목적에 따른 구분 ····· 146
<표 2-61> 고도 관련 용어 정리 ····· 148
<표 2-62> 해운 항만정보 일부발췌 ····· 150
<표 2-63> 항공 정보 ····· 152
<표 2-64> 제공되는 인터페이스 ····· 166
<표 2-65> 3차원 SOLID확장을 위한 사용자 정의 값 예시 ····· 169
<표 2-66> 경위도 분할 방식의 격자 크기 정의 ····· 178
<표 2-67> 인간의 활동범위의 높이에 따른 구분 ····· 180
<표 2-68> 격자체계 요소기술의 As-Is와 To-Be ····· 182
<표 2-69> 3차원 입체격자 데이터 저장방식 ····· 183
<표 2-70> 라스터 격자 도시 방법 ····· 185
<표 2-71> 레벨별 격자 크기 ····· 187
<표 2-72> Raster 데이터 변환 절차 ····· 189
<표 2-73> Vector 데이터 잘라내기 기술 ····· 189
<표 2-74> 3차원 입체격자체계 가시화 구조 ····· 191
<표 2-75> 3차원 입체격자 블럭 구조 ····· 194
<표 2-76> Data Block 내 구조 ····· 194
<표 2-77> decimation 기준 평가 ····· 209
<표 2-78> 분석 기능의 분류 ····· 212

<표 2-79> 데이터 분류 sample ····· 216
<표 2-80> Boolean 연산 ····· 217
<표 2-81> 분석 라이브러리의 구성 ····· 219
<표 4-1> 3차원 입체격자체계 기술 관련 예상 수요처 및 활용 시나리오 ····· 257

〈 그 림 목 차 〉

<그림 1-1> 본 연구개발의 최종목표 ····· 2
<그림 2-1> 국토 안전관리 서비스 구상도 ····· 9
<그림 2-2> 서비스 개발목표 ····· 11
<그림 2-3> 국토・도시 통합모니터링 서비스 시나리오 ····· 12
<그림 2-4> 국토・도시 통합모니터링 서비스 개념도 ····· 12
<그림 2-5> 국토도시 통합모니터링 서비스 논리모델 ····· 13
<그림 2-6> 국토도시 통합모니터링을 활용한 '강우' 대응 프로세스 ····· 14
<그림 2-7> 실증서비스 차별화 요소 ····· 15
<그림 2-8> 실증서비스 요구사항 ····· 16
<그림 2-9> 국토・도시 통합 모니터링 서비스 데이터 수집 및 처리과정 ····· 16
<그림 2-10> 미세먼지 모니터링 실증을 위한 데이터 수집 및 처리과정 ····· 17
<그림 2-11> 국토 통합 모니터링 실증을 위한 데이터 수집 및 처리과정 ····· 18
<그림 2-12> 3D 입체 격자체계 아키텍처 ····· 19
<그림 2-13> 3D 입체 격자체계 실증서비스 모듈 데이터 흐름도 ····· 19
<그림 2-14> 로그인 화면 ····· 20
<그림 2-15> 인트로 화면 ····· 20
<그림 2-16> 미세먼지 데이터 처리 흐름도 ····· 21
<그림 2-17> 미세먼지 측정 시나리오 ····· 22
<그림 2-18> 드론을 활용한 미세먼지 데이터 취득 포인트 ····· 23
<그림 2-19> 드론에 탑재한 미세먼지 센서 ····· 24
<그림 2-20> CMWorld GIS & WebGL 통합 체계 ····· 26
<그림 2-21> 교화공원 고도별 미세먼지 표출 ····· 28
<그림 2-22> 교화공원 데이터 종류 ····· 28
<그림 2-23> 교화공원 부가 정보 표출 예시 ····· 29
<그림 2-24> 삼덕공원 고도별 미세먼지 표출 예시 ····· 30
<그림 2-25> 삼덕공원 미세먼지 데이터 종류 확인 예시 ····· 30
<그림 2-26> 삼덕공원 부가정보 표출 예시 ····· 30
<그림 2-27> 안양대학교 미세먼지 표출 예시 ····· 31
<그림 2-28> 안양대학교 미세먼지 데이터 종류 확인 예시 ····· 32
<그림 2-29> 안양대학교 미세먼지 부가정보 표출 예시 ····· 32
<그림 2-30> 안양대학교 미세먼지 원본 데이터 표출 예시 ····· 32
<그림 2-31> 안양대학교 미세먼지 평균 데이터 원본 표출 예시 ····· 33
<그림 2-32> 평택 미세먼지 지명 검색 예시 ····· 34
<그림 2-33> 평택 미세먼지 평균치 표출 예시 ····· 34
<그림 2-34> Voxel ID 검색 예시 ····· 34
<그림 2-35> 데이터 종류 표출 예시 ····· 35
<그림 2-36> 선택된 Voxel 기본정보 표출 예시 ····· 35
<그림 2-37> Voxel 미세먼지 평균 산출용 원본데이터 보기 예시 ····· 35
<그림 2-38> 국토 통합 모니터링을 위한 데이터 처리 흐름도 ····· 37

<그림 2-39> 대상지 선정 ····· 37
<그림 2-40> 도심 수위(침수)현황 모니터링 ····· 39
<그림 2-41> 융합큐브 개념 및 사용된 데이터 집계단위 ····· 42
<그림 2-42> STK를 활용한 격자 생성 ····· 42
<그림 2-43> STK를 활용한 정보표출 ····· 42
<그림 2-44> 화산재 확산 예측 데이터 가시화 ····· 43
<그림 2-45> 현황분석 결과에 따른 3차원 입체격자체계 활용방향 ····· 44
<그림 2-46> 3차원 입체격자체계 구축의 고려사항 ····· 44
<그림 2-47> 수직(고도)의 기준과 범위 고려 ····· 45
<그림 2-48> 수직고도의 기준면 정의 고려 ····· 45
<그림 2-49> 수직(고도)의 방향 고려 ····· 46
<그림 2-50> 요구사항 분석 프로세스 ····· 46
<그림 2-51> 요구사항 조사결과 종합 ····· 47
<그림 2-52> 공간적 범위별 업무 영역에서의 활용수요 ····· 48
<그림 2-53> 3차원 입체격자체계의 방향성 ····· 50
<그림 2-54> 3차원 입체격자체계 프레임워크(안) 도출과정 ····· 52
<그림 2-55> 3차원 입체격자체계 프레임워크(안) ····· 53
<그림 2-56> 3차원 입체격자체계 실용화를 위한 법제도 개선방향 ····· 64
<그림 2-57> 자율주행차의 센서융합시스템 ····· 65
<그림 2-58> V2X 개요(Qualcomm, 2016) ····· 66
<그림 2-59> NASA UTM 시스템의 개요 ····· 66
<그림 2-60> Amazon의 소형 무인기 운용을 위한 공역설계(안) ····· 67
<그림 2-61> 저고도 유무인 비행체를 위한 격자기반 공중 도로체계 제공 서비스 시나리오 ····· 68
<그림 2-62> 저고도 유무인 비행체 정밀측위를 위한 Multi-scale 입체격자 제공 서비스 시나리오 ···· 69
<그림 2-63> 저고도 유무인 비행체를 위한 격자기반 정적/동적 안전운항 정보제공 서비스 시나리오 ···· 70
<그림 2-64> 저고도 무인 비행체를 위한 장애물 격자 AR 서비스 시나리오 ····· 71
<그림 2-65> 자율주행차를 위한 격자기반 교통 빅데이터 제공 서비스 시나리오 ····· 72
<그림 2-66> 센서융합 측위 의사결정 지원을 위한 GNSS 가시위성 및 신뢰도 제공 서비스 시나리오 ··· 73
<그림 2-67> GNSS 단독측위 사용자를 위한 지각운동 보정량 제공 서비스 시나리오 ····· 74
<그림 2-68> 저고도 유무인 비행체를 위한 격자기반 공중도로체계 제공 서비스 개념도 ····· 75
<그림 2-69> 격자기반 공중도로체계 제공 서비스 흐름도 ····· 76
<그림 2-70> 자율주행차 GPS 측위 신뢰도 제공 서비스 ····· 78
<그림 2-71> 서비스 흐름도 ····· 78
<그림 2-72> 토지이용 항목 별 공중도로 적합도 ····· 80
<그림 2-73> 공중도로 2D 네트워크 노드 생성과정 ····· 81
<그림 2-74> 수직공역 계산을 위한 범위 정의 ····· 82
<그림 2-75> 최고도 수직공역 계산 개념 ····· 83
<그림 2-76> 예상 3차원 경로 ····· 83
<그림 2-77> 최대고도각 검사구간 결정과정 ····· 84
<그림 2-78> 최대 고도각 비교를 통한 EMP 결정과정 ····· 85
<그림 2-79> MS센터 주차장입구에서의 EMP 생성결과 ····· 85
<그림 2-80> 공중 도로체계 제공 서비스 개발 목표 및 범위 ····· 86

<그림 2-81> 시범지역 ····· 87
<그림 2-82> 저고도 유/무인 비행체용 공중 도로체계 제공 시스템 구성도 ····· 88
<그림 2-83> 저고도 유/무인 비행체용 공중 도로체계 제공 시스템 구축 절차 ····· 89
<그림 2-84> 변환프로그램 실행 화면 ····· 90
<그림 2-85> RP Engine의 경로탐색 절차 ····· 92
<그림 2-86> 최단경로 검색 알고리즘의 비교 ····· 94
<그림 2-87> RP엔진의 경로탐색 결과(테스트페이지) ····· 95
<그림 2-88> A*알고리즘이 적용된 경로탐색(테스트페이지) ····· 95
<그림 2-89> RP엔진의 경로탐색 결과 ····· 96
<그림 2-90> 드론 내비게이션 시스템의 유스케이스(UseCase) ····· 96
<그림 2-91> 메뉴 구성도 ····· 97
<그림 2-92> 화면정의: 메인화면 ····· 98
<그림 2-93> 화면정의: 레이어화면 ····· 98
<그림 2-94> 화면정의: 경로계산 화면 ····· 99
<그림 2-95> 화면정의: 경로목록 화면 ····· 99
<그림 2-96> 화면정의: 지점관리 화면 ····· 100
<그림 2-97> 화면정의: 더보기 화면 ····· 100
<그림 2-98> 개념 데이터 모델링 결과물 ····· 101
<그림 2-99> 논리 데이터 모델링 결과물 ····· 102
<그림 2-100> 경로탐색 결과 팝업창 화면 ····· 102
<그림 2-101> 무인비행체용 VR/MR 서비스 개발 목표 ····· 103
<그림 2-102> 입체격자 체계 기반 무인비행체용 VR/MR 시스템 구성도 ····· 104
<그림 2-103> VR/MR 서비스 구축을 위한 국내외선행사례 조사 및 활용방안 도출 ····· 105
<그림 2-104> 3D 모델링 데이터 구축결과 ····· 106
<그림 2-105> 가상환경 구축과정 예시 ····· 107
<그림 2-106> DJI Windows SDK 연결 구성 ····· 108
<그림 2-107> UWP기반 데이터를 전송하는 구조 ····· 108
<그림 2-108> Server를 포함한 데이터 전송 구조 ····· 108
<그림 2-109> Data Provider를 구성하는 주요 클래스 ····· 109
<그림 2-110> 무인비행체 카메라 영상 매시업 기술 개발 프로세스 ····· 111
<그림 2-111> 무인비행체 모니터링 기술 개발 프로세스 ····· 112
<그림 2-112> 라이브 비디오 스트림정보 수집 시각화 ····· 112
<그림 2-113> 무인비행체 VR 서비스 모듈 실행 프로세스 ····· 113
<그림 2-114> 무인비행체용 VR 서비스 기본화면 ····· 113
<그림 2-115> 입체격자 그리드 활성화 ····· 114
<그림 2-116> 안전 최단거리 비행경로 계산 ····· 115
<그림 2-117> 무인비행체 운용상태 모니터링 ····· 116
<그림 2-118> MR 서비스 인터페이스 ····· 116
<그림 2-119> MR 장비 내 무인비행체 위치정보 처리 프로세스 ····· 117
<그림 2-120> MR 기반 무인비행체 운용상태 모니터링 ····· 117
<그림 2-121> 국가공간정보통합체계 시스템 구성도 ····· 118
<그림 2-122> OpenAPI 방식 데이터 분석 샘플 1 ····· 132

<그림 2-123> V-world 격자 적용예시 1 ····· 133
<그림 2-124> 서울시 심야버스 유동인구 밀집도 분석 ····· 134
<그림 2-125> 국토정보플랫폼 통계지도 ····· 134
<그림 2-126> 격자기반 국토지표를 활용한 국토조사 방안 연구(국토연구원, 2017) ····· 135
<그림 2-127> TTAK.KO-10.0907 데이터모델 ····· 135
<그림 2-128> 데이터 구조 설계 ····· 138
<그림 2-129> Key 매핑을 통한 융·복합 설계 ····· 138
<그림 2-130> 메타데이터 교정 및 매핑정의서 작성 ····· 139
<그림 2-131> 초기자료 구축 방안 ····· 139
<그림 2-132> 정보 필터링 방안 ····· 140
<그림 2-133> 모델 구축 절차 예시 ····· 141
<그림 2-134> 연안해역과 연안육역 ····· 143
<그림 2-135> 연안관리법상 연안공간의 범위 ····· 143
<그림 2-136> 공역등급화 ····· 145
<그림 2-137> 드론 비행 절차 ····· 147
<그림 2-138> 비행금지구역 ····· 147
<그림 2-139> 공간정보 제공 조직별 통계 ····· 148
<그림 2-140> 공간정보 분류체계별 통계 ····· 149
<그림 2-141> 수집한 공간정보 메타데이터(일부 발췌) ····· 150
<그림 2-142> 해양지형도(좌-2D, 우-3D) 동해안 샘플 ····· 151
<그림 2-143> 상세수심도의 3차원 확장 샘플 ····· 151
<그림 2-144> 3차원으로 확장한 2차원 공간정보 ····· 153
<그림 2-145> 지하시설물 데이터 ····· 154
<그림 2-146> 지반 데이터 ····· 154
<그림 2-147> V-World 3차원 공간정보 예제 ····· 155
<그림 2-148> KS X ISO 19107 GM_Solid Model ····· 155
<그림 2-149> 149 KS X ISO 19107 GM_Surface Model ····· 156
<그림 2-150> 데이터 전처리 ····· 156
<그림 2-151> 2차원 공간정보와 3차원으로 확장한 공간정보의 비교 ····· 157
<그림 2-152> 2차원 공간정보와 3차원으로 확장한 공간정보의 비교 ····· 157
<그림 2-153> 2차원 공간정보와 3차원으로 확장한 공간정보의 비교 ····· 158
<그림 2-154> 3차원 입체격자 논리모델 ····· 158
<그림 2-155> 지구 중심 좌표계 사용 시 좌표와 ID간 변환 ····· 159
<그림 2-156> 국토분류별 입체격자체계를 생성하기 위해 필요한 정보목록 ····· 159
<그림 2-157> 시스템 개요 ····· 160
<그림 2-158> 목표 시스템 개념도 ····· 162
<그림 2-159> 서비스 구성 ····· 162
<그림 2-160> 서비스그룹 상세보기 ····· 163
<그림 2-161> 데이터 제공 API 사용 규칙 및 코드 정의 ····· 163
<그림 2-162> 공간정보 연계 및 메타데이터 정보 제공 ····· 164
<그림 2-163> 메타데이터 정보제공 및 데이터 공유 ····· 164
<그림 2-164> 데이터셋 상세정보 ····· 165

<그림 2-165> 데이터 제공 API목록 ····· 166
<그림 2-166> 데이터제공 API 상세보기 ····· 167
<그림 2-167> 기본 기하 확장 예시 ····· 168
<그림 2-168> QGIS를 활용한 DEM 데이터의 3D확인 ····· 170
<그림 2-169> 입체격자의 레벨 ····· 171
<그림 2-170> 지구전역에 대한 3차원 입체격자화 화면 ····· 171
<그림 2-171> 공간연산 ····· 172
<그림 2-172> 건물데이터와 매칭된 3차원 입체격자 ····· 172
<그림 2-173> CBR변환 데이터 가시화 ····· 173
<그림 2-174> 15레벨 기본격자 가시화 화면(안양시) ····· 174
<그림 2-175> 3차원 건물데이터와 교차하는 15레벨 기본격자 가시화 화면(안양시) ····· 174
<그림 2-176> 건물객체의 속성정보 가시화 화면(안양시) ····· 175
<그림 2-177> 기본격자와 중첩하는 객체정보 가시화 화면(안양시) ····· 175
<그림 2-178> 3차원 건물데이터와 교차하는 15레벨 기본격자 가시화 화면(안양시) ····· 176
<그림 2-179> 건물과 매칭된 18레벨 입체격자 가시화 화면 예시 ····· 176
<그림 2-180> 건물과 매칭된 20레벨 입체격자 가시화 화면 예시 ····· 177
<그림 2-181> 차원에 따른 공간 분할방식 ····· 177
<그림 2-182> 3차원 공간을 분할하는 하위 격자와 그 명칭 ····· 178
<그림 2-183> 격자로 분할된 3차원 공간의 예 ····· 178
<그림 2-184> 경위도 분할 방식에서 사용하는 좌표계 ····· 178
<그림 2-185> 격자 ID부여 체계 ····· 181
<그림 2-186> 격자 ID부여 방식 ····· 181
<그림 2-187> POC 동영상 캡처 이미지 ····· 182
<그림 2-188> 3차원 입체격자 대푯값 저장방식 ····· 183
<그림 2-189> 객체 저장방식 - ID ····· 184
<그림 2-190> 객체 저장방식 - OBJECT ····· 184
<그림 2-191> 데이터 관리 구조(Map File) ····· 185
<그림 2-192> 평면 도시 ····· 185
<그림 2-193> 클립플래인을 이용한 격자 내부 렌더링 ····· 186
<그림 2-194> 모델에 적용된 클립플래인 ····· 186
<그림 2-195> 3차원 입체격자체계 프레임워크(안) ····· 187
<그림 2-196> 3차원 입체격자 raster 파일의 구조 ····· 188
<그림 2-197> 격자내 Geometry Position ····· 189
<그림 2-198> Polygon Reduce 예시화면 ····· 190
<그림 2-199> 데이터 무결성 보장을 위한 저장 구조 ····· 190
<그림 2-200> 데이터 서비스 구조 ····· 190
<그림 2-201> Vector 가시화 구조 ····· 191
<그림 2-202> 격자 해상도 변환 기술 ····· 192
<그림 2-203> 격자 데이터 기본 구조 ····· 193
<그림 2-204> 평면격자와 3차원 입체격자 비교 예시화면 ····· 196
<그림 2-205> 벡터데이터 가시화 ····· 196
<그림 2-206> 건물을 격자로 분리한 화면 ····· 197

<그림 2-207> 레스터 데이터 가시화 ····· 197
<그림 2-208> 레스터 속성별 데이터 가시화 예시 ····· 197
<그림 2-209> 내부 객체 저장방식 ····· 198
<그림 2-210> 외부 객체 저장방식 ····· 198
<그림 2-211> 확산모델 가시화 ····· 199
<그림 2-212> 지하 공간정보 가시화 ····· 199
<그림 2-213> 클립박스 기능 예시 ····· 199
<그림 2-214> 3차원 통합운영기술 ····· 200
<그림 2-215> 3차원 입체격자 통합운영 시스템 구성도 ····· 200
<그림 2-216> 3차원 입체격자체계 데이터 관리시스템 메인화면 ····· 201
<그림 2-217> 레이어 추가 및 편집 ····· 201
<그림 2-218> 레이어 보기 ····· 202
<그림 2-219> 레이어 삭제 ····· 202
<그림 2-220> 3차원 입체격자 자료 다운로드 ····· 203
<그림 2-221> 3차원 입체격자 Raster 도구 ····· 203
<그림 2-222> 3차원 입체격자 Spatial 도구 ····· 203
<그림 2-223> 3차원 입체격자 Vector 도구 ····· 203
<그림 2-224> 샘플코드 서비스 ····· 204
<그림 2-225> 3차원 입체격자 데이터 구축 프로세스 ····· 204
<그림 2-226> Cube3DMan.dll Class Diagram ····· 205
<그림 2-227> CBRVectorMan.dll Class Diagram ····· 206
<그림 2-228> 지형고도 데이터 구축 도구 ····· 207
<그림 2-229> 지형고도 레벨 데이터 가시화 ····· 207
<그림 2-230> 레스터 데이터 구축 도구 ····· 207
<그림 2-231> 레스터 형식의 3차원 입체격자 가시화 결과 ····· 207
<그림 2-232> 공간 데이터 구축 도구 ····· 208
<그림 2-233> 공간 레벨데이터 가시화 ····· 208
<그림 2-234> 벡터 데이터 구축 도구 ····· 208
<그림 2-235> 벡터 레벨데이터 가시화 ····· 208
<그림 2-236> 3차원 입체격자 Vector Format 데이터 구축 도구 ····· 210
<그림 2-237> 위경도 경계에 따라 분할된 모습_1 ····· 211
<그림 2-238> 위경도 경계에 따라 분할된 모습_2 ····· 211
<그림 2-239> 높이에 따라 분할된 모습_1 ····· 211
<그림 2-240> 높이에 따라 분할된 모습_2 ····· 211
<그림 2-241> 격자의 경계에서 발생할 수 있는 데이터 왜곡 ····· 213
<그림 2-242> 임의 생성한 Raster형식 입체격자 데이터 ····· 219
<그림 2-243> 외부 데이터베이스에 저장된 속성정보와 연결 ····· 227

1. 연구개발과제의 개요

가. 연구개발의 목적 및 필요성

과거 도시는 교통체증 · 전력난 등의 문제가 발생할 경우에 도로 확충이나 발전소 건설 등 물리적 방식을 통해 문제를 해결해야 했으나, 미래 지능사회는 도시 시설물에 설치된 센서 · CCTV 등에서 생성된 데이터를 네트워크 인프라 기반으로 공유하고 수집하여, 이를 활용한 분석이나 소프트웨어 기반의 시뮬레이션 등으로 문제를 해결하고 있다. 즉 하나의 공간이 여러 기능을 수행할 수 있을 뿐만 아니라, 새로운 기능을 추가하거나 기존 기능을 변경하는데 유연한 조정(Control)이 가능해야 하므로 3차원 입체격자 개념이 필요하다. 3차원 입체격자 개념은 영상 가시화, 게임 등의 분야에서 활용되고 있으나, 실 좌표체계 기반의 복잡한 연산 및 대용량 정보처리의 한계 등으로 공간정보 분야에서의 활용은 국제적으로도 초기 개념정립 단계에 있다. 이러한 시점에서 우리나라는 3차원 입체격자체계에 대한 학술적 기반 및 기술 개발 마련을 통해 선도 기술로써 발전시키고 경쟁력을 확보하는데 관심을 가져야 한다.

한편 지속적으로 고층화, 지하화, 복합화 되고 있는 도시 생활환경에서의 재난재해, 환경, 시설관리 등의 여러 다양한 문제를 해결하는 방법으로 3차원 입체격자체계와 같은 국가 공통기반 기술 마련이 필요하다. 우리나라는 현재 각 기관별 업무활용 목적에 따라 각자의 격자체계를 마련하여 공간정보를 활용하고 있어 문제가 제기되고 있다. 이에 3차원 입체격자체계 기반 기술은 사용자 및 생산자, 관리자 등이 쉽게 데이터에 접근할 수 있도록 활용성과 상호 운용성을 확보하고, 격자체계 기반에서 활용되는 고부가 정보를 통해 신뢰성 있는 서비스를 제공하는 방향으로 기술적 실현방안이 마련되어야 한다.

3차원 입체격자체계는 지상, 지하, 수중, 공중 등 모든 공간을 3차원으로 통합 · 관리하는 수단으로써 이는 다양한 분야와 더 넓은 범위에서 활용될 수 있다. 예를 들어, 지상에서는 지형정보, 건물정보, 지하에서는 상하수도, 통신, 전력 등의 지하시설물 정보, 공중에서는 온도, 바람, 습도, 미세먼지 등의 기상정보, 수상에서는 해수온도, 염분농도, 조류 등의 바닷물 정보를 3차원 입체격자에 담아 분석 및 시설물 관리, 재난사고의 대응 등에 활용할 수 있다. 다양한 범위에서 격자기반의 공간정보 분석을 활용하여 도시문제 해결 및 사회 안전망 구축을 위한 의사결정을 지원할 수 있다.

3차원 상에서 데이터 표현하기 어려웠던 미세먼지, 기상 등의 정보들은 3차원 입체격자체계 기술로 인해 격자 기반의 데이터 표출 및 구조화를 가능하게 할 수 있다. 이에 입체격자 기반의 데이터는 높이 값이 포함된 정확한 위치 값을 가질 수 있어 실세계에 가까운 공간정보 구축이 가능할 뿐만 아니라 입체격자 기반의 정밀하고 정확한 공간데이터 분석도 가능할 것이다.

기존 3차원 시스템은 대용량의 3차원 공간정보를 가시화 및 분석하는데 처리시간이 오래

걸려 처리속도 측면에서 3차원 시스템 사용자의 만족도가 낮다. 그러나 3차원 입체격자체계 기술은 3차원 공간정보를 입체격자로 단순화하여 사용이 가능함으로 수많은 레이어의 공간정보를 가시화하거나 공간분석을 하는 속도를 단축시켜 사용자 만족도를 증가시킬 수 있을 것이다.

이로써 3차원 입체격자체계 기술은 전 세계적으로 관심과 수요가 급증하고 있는 3차원 GIS, 3차원 공간정보 분야를 선도하고, 스마트시대의 기반 기술로써 자리매김하는 역할과 위상을 확보할 필요가 있다.

나. 연구개발의 목표 및 내용

본 연구개발 과제는 3차원 입체격자 기반의 국토 공간 통합관리를 실현하기 위하여 3차원 입체격자체계를 구축하고 이를 기반으로 국토 공간 통합관리를 지원할 수 있는 원천기술을 개발하고자 한다. “미래 지능사회 지원을 위한 통합 국토관리 신 패러다임 선도”를 최종목표로 하고, 이를 달성하고자 3차원 입체격자체계 기반 연구와 핵심기술 개발, 3차원 입체격자 통합운영 지원 및 실증서비스 개발 등을 세부목표로 설정한다.

<그림 1-1> 본 연구개발의 최종목표

‘3차원 입체격자체계 기반 연구’에서는 3차원 입체격자체계 관련 현황 및 수요를 파악하여 타당성을 검토한다. 3차원 입체격자체계 정의, 데이터 모델 및 표준화 방안, 프레임워크 등을 도출한다. 그리고 2~3차년도의 핵심기술 개발 및 실증서비스 개발 연구의 기초가 되는 실증서비스 도출, 3차원 입체격자 기본데이터 연계 대상/방안 도출, 격자 저장구조 연구, 가시화 수립 등을 연구한다.

‘3차원 입체격자체계 핵심기술 개발’에서는 3차원 입체격자체계 구현 및 갱신 기술, 가시화 기술, 공간격자 Auto Scaling 기술, 분석 기술, 검색 기술 등의 3차원 입체격자체계 운영기술을 개발한다. 그리고 3차원 입체격자체계에서 데이터 간 연계를 위한 데이터 연계, 갱신 및 변환 기술을 개발한다.

‘3차원 입체격자 통합운영 지원 및 실증서비스 개발’에서는 기반 연구와 핵심기술 개발을 종합한 통합 운영기술을 개발한다. 입체격자체계의 실증을 위한 국토 통합관리, 스마트 모빌리티 분야를 대상으로 서비스를 구현한다. 그리고 3차원 입체격자체계의 실용화를 위하여 제도개선 방안을 수립한다.

<표 1-1> 연구 목표 및 내용

세부 연구 목표	연구 내용
3차원 입체격자체계 기반 연구	- 3차원 입체격자체계 관련 현황 및 요구사항 분석 - 3차원 입체격자체계 구축 타당성 검증 - 3차원 입체격자 체계 정의, 데이터 모델 및 표준화 방안 수립 - 3차원 입체격자체계 기본 프레임워크(안) 도출 - 국토 통합관리 실증서비스 도출 - 스마트 모빌리티 기술적용성 분석 및 서비스 도출 - 3차원 입체격자 기본데이터 연계 대상/방안 도출 - 3차원 입체격자의 저장구조(공간/비공간) 연구 - 수요처 및 활용목적별 가시화 방안 수립
3차원 입체격자체계 핵심기술 개발	- 오프라인 데이터 연계 기술 개발 - 갱신 가능 DB변환 기술 개발 - 기존(객체기반) 공간정보와 3차원 입체격자 자동 연동(연계)기능 개발 - 실시간 DB변환기술 개발 - 3차원 입체격자체계 구현 및 갱신 기술 개발 - 수요처 및 활용 목적별 3차원 입체격자 가시화 기술 개발 - 공간격자 Auto Scaling 기술 개발 - 3차원 입체격자(3D Raster) 분석기능 개발 - 공간격자 위치/속성정보 검색 기술 개발
3차원 입체격자 통합운영 지원 및 실증서비스 개발	- 3차원 입체격자 핵심 기술 검증을 위한 통합 운영기술 개발 - 국토 통합관리 실증서비스 설계 - 국토 통합관리 실증서비스 개발 - 스마트 모빌리티 실증 서비스 설계 - 스마트 모빌리티 실증 서비스 개발 - 3차원 입체격자체계 실용화를 위한 제도개선 방안 수립

다. 연구개발의 범위 및 방법

(1) 3차원 입체격자체계 기반 연구

연차	연구범위	주요 연구내용	연구수행방법
1차 년도	3차원 입체격자 체계 관련 현황 및 요구사항 분석	- 3차원 입체격자체계 관련 현황분석 - 다중 공간정보 관련기관 요구사항 분석	- 문헌 및 인터넷 조사를 통한 격자체계 관련 현황 파악 - 관련기관 면담을 통해 요구사항 파악
	3차원 입체격자체계 타당성 검증	- 3차원 공간정보 활용 현황조사 - 3차원 입체격자체계 수요조사 분석 - 3차원 입체격자체계 구축 타당성 검토	- 문헌 및 인터넷 조사를 통한 3차원 공간정보 활용 현황 파악 - 설문조사를 통한 3차원 격자체계에 대한 수요 파악 - 정책적, 기술적, 경제적 타당성 검토
	국토 통합관리 실증서비스 도출	- 국토 통합관리 실증서비스 기획 - 데이터 연계범위 및 대상 도출	- 현황조사, 면담 및 수요 조사 결과를 통해 실증서비스 도출
	스마트 모빌리티 기술적용성 분석 및 서비스 도출	- 스마트 모빌리티 기술동향 분석 - 스마트 모빌리티 실증 서비스 및 데이터 연계대상 도출	- 스마트 모빌리티 기술동향으로 자율주행차 및 유무인비행체 지원 서비스/기술에 대한 현황분석 수행 - 스마트 모빌리티 실증 서비스 및 데이터 연계대상 도출
	3차원 입체격자 기본데이터 연계 대상/방안 도출	- 3차원 입체격자 기본데이터 대상 도출 및 분류 - 2·3차원 격자서비스 및 관련 데이터 활용 사례 분석 - 3차원 입체격자 기본데이터별·분류별 연계방안 도출 - 실증 서비스를 위한 데이터 목록 및 신규 데이터 정의 - 실증 서비스 가공에 다른 신규데이터 생성 및 연계방안 도출	- 문헌 및 연구 조사 - 자문회의 및 전문가 인터뷰 - 연구진 연계방안 연구
	3차원 입체격자체계 정의, 데이터모델 및 표준화방안 수립	- 3차원 입체격자체계 정의 및 표준화 수립 - 3차원 입체격자 데이터 모델	- 전 지구를 포함한 3차원 공간 데이터를 포함할 수 있는 체계로 접근 - 기존의 측지적 측면에서 접근

연차	연구범위	주요 연구내용	연구수행방법
	3차원 입체 격자의 저장구조 (공간/비공간) 연구	- 3차원 공간에서 다양한 정보를 저장하기 위한 파일 구조 연구 - 3차원 공간에서의 목적별 신속한 탐색과 정보처리를 위한 격자 관리 방안	- 데이터의 접근성, 저장성, 확장성에 염두를 두고 가능한 기존의 인프라와 호환 가능하도록 구성
	수요처 및 활용목적별 가시화 수립	- 활용 서비스 가시화 방안 - 3차원 입체격자체계를 이용한 주제별 가시화 방안 수립	- 2차원 데이터 관리 기법에 근거를 두고 이를 3차원으로 확장하는 방식으로 접근
2차 년도	3차원 입체격자체계 기본 프레임워크(안)	- 3차원 입체격자체계의 기본 프레임워크(Basic map) 대상 검토 및 도출 - 프레임워크 기반의 기관 간 정보연계 방안 도출 - 3차원 입체격자체계 표준화 전략	- 문헌 및 인터넷 조사를 통한 프레임워크, 기본공간정보, 표준화 관련 현황분석 수행

(2) 3차원 입체격자체계 핵심기술 개발

연차	연구범위	주요 연구내용	연구수행방법
2차 년도	오프라인 데이터 연계 기술 개발	- DB 연계방안 및 영공해 데이터 연계 전략 - 입체격자 연계 표준화 전략 - 데이터 연계를 위한 기초데이터 수집 프로그램 개발 - 데이터 연계를 위한 기초데이터 수집	- 기초데이터 연계 기술을 활용하여 기본맵(프레임워크)에 기반한 DB 연계(수집) 프로그램 개발
	갱신 가능 DB변환 기술 개발	- 기 구축 공간정보의 3차원 입체격자 변환 방안 - 갱신 가능 DB 변환 기술 설계 - 갱신 가능 DB 변환 기술 구현	- 기 구축 공간정보(데이터 공간유형, 속성, 활용목적)에 따라 DB 변환 모듈 개발
	3차원 입체격자 체계 구현 및 갱신 기술 개발	- 3차원 입체격자체계 구현 기술 개발 - 입체격자의 고속검색 및 가시화처리를 위한 Octree 구조 적용 - 셀 데이터 갱신을 위한 다양한 API 제공 및 표준화	- DEM, DSM, 높이를 포함하는 건물이나 시설물 정보 등 수치지도를 바탕으로 입체공간 격자 데이터 구축 - 서비스 속도 향상을 위한 Octree 구조 및 데이터 압축 모델(Run-Length Compress) 적용

연차	연구범위	주요 연구내용	연구수행방법
	수요처 및 활용목적별 3차원 입체격자 가시화 기술 개발	- 대용량 3차원 입체격자 가시화 기술 개발 - 객체지향형 모델 가시화 기술 개발 - 주제별 3차원 입체격자 가시화 기술 개발	- 대용량, 객체지향형, 주제별로 구분하여 가시화 기술 도출
	공간격자 Auto Scaling 기술 개발(1)	- 레벨 데이터 변환 기술 - Polygon Reduce 기술	- 실시간 데이터 변환, 격자별 데이터 관리를 고려한 Auto Scaling 기술 도출
3차 년도	기존 공간정보와 3차원 입체격자 자동연동(연계) 기능 개발	- 기존 공간정보(객체기반)와 입체격자의 자동연동(연계)기능 설계 및 구현 - 기존 격자체계와의 연동 활용 방안 검토	- 격자서비스 사용자의 요구사항을 반영한 데이터 연계 API 설계 및 메타데이터 제공서비스 제공
	실시간 DB 연계 및 변환기술 개발	- 실시간 DB 변환기술 설계 및 구현 - 실시간 DB 변환기술 구현	- 격자서비스 사용자의 요구사항을 반영하여 격자 데이터모델 수정 - 가시화엔진을 구현하여 변환데이터 문제점 개선
	공간격자 Auto Scaling 기술 개발(2)	- 데이터 변환을 위한 Auto Scaling 기능 개발 고도화 - 실시간 Auto Scaling 기능 개발 고도화	- 지정된 Scale에 따라 자동으로 데이터의 해상도, 정밀도 조절 등 레벨 데이터 생성 기능 개발 - 실시간 표출을 위한 Polygon Reduce 기술 활용
	3차원 입체격자 (3D Raster) 분석기능 개발	- 기초 분석 기능 제공 - 추가 분석 기능 탑재를 위한 확장 기능 개발	- 군집과 군집간의 데이터 상관관계 연산(AND, OR, XOR등)을 위한 불린 연산 기능 개발 - 선정된 서비스 종류에 따라 포팅 방식은 플러그인을 이용하도록 하며, 플러그인 제작을 위한 라이브러리 별도 개발 제공
	공간격자 위치/속성정보 검색 기술 개발	- 고속 검색 알고리즘 개발 - 검색 라이브러리 제공	- 대상 격자와 인접한 격자 정보를 최대한 빠르게 탐색할 수 있는 알고리즘 설계 및 라이브러리 제공

(3) 3차원 입체격자 통합운영 지원 및 실증서비스 개발

연차	연구범위	주요 연구내용	연구수행방법
2차 년도	국토 통합관리 실증서비스 설계	- 국토 통합관리 실증서비스 기능 도출 - 국토 통합관리 실증서비스 알고리즘 개발	- 현황조사, 이슈분석 결과 등을 통해 실증서비스 시나리오, 기능, ERD 설계
	스마트 모빌리티 실증서비스 설계	- 스마트 모빌리티 서비스 기능 도출 - 스마트 모빌리티 서비스 알고리즘 개발	- 현황조사, 설문조사 결과 등을 통해 실증서비스 시나리오, 기능, 핵심 알고리즘 설계
3차 년도	3차원 입체격자 핵심기술 검증을 위한 통합 운영기술 개발	- 인티그레이션 지원 개발	- 서버 프로세스 탑재, 데이터 검색 및 갱신, 클라이언트 가시화 등을 위한 확장 기능 제공 - 정성적, 정량적 평가 요소 설정 및 평가
	국토 통합관리 실증서비스 개발	- 국토 통합관리 실증서비스 차별화 방안 도출 - 국토 통합관리 실증서비스 모듈 설계 및 개발 - 국토 통합관리 실증서비스 테스트	- 현황조사, 이슈분석 결과 등을 통해 기존 서비스 검토 및 차별화 방안 도출 - 실증서비스(국토 통합 모니터링 서비스) 개발
	스마트 모빌리티 실증 서비스 모듈 설계 및 개발	- 스마트 모빌리티 서비스 모듈 설계 - 스마트 모빌리티 서비스 모듈 개발	- 응용 아키텍처 계층설계, 기능 구성도 및 정의서 도출, 연계 가능 기본 DB 및 실증 서비스 DB를 고려한 설계, 데이터 구조도 및 데이터 흐름도 도출 - 타 시스템과의 연계를 고려하고 전체 시스템과의 중복을 배제하여 스마트모빌리티 서비스 모듈 개발
	3차원 입체격자체계 실용화를 위한 제도개선 방안 수립	- 3차원 입체격자체계 관련 법제도 검토 - 3차원 입체격자체계 실용화를 위한 제도 개선(안) 마련	- 3차원 입체격자체계 관련 국내외 법제도 검토를 통해 실용화를 위한 제도개선(안) 마련

2. 연구수행내용 및 성과

가. 연구수행내용

(1) 국토 통합관리 실증서비스 개발(A)

(가) 국토 통합관리 실증서비스 도출

① 국토 통합관리 실증서비스 기획

실증서비스 도출을 위해 미래사회 변화 전망과 정책 및 기술 트렌드 등을 종합하여, 공간정보 분야에 미치는 영향을 도출하였다. 미래사회 이슈에 따른 공간정보 분야의 영향을 정리하면 첫째, 공간정보 융복합에 대응한 생태계 조성이 요구된다는 것이다. 둘째, 공간정보의 발전 방향이 데이터 중심에서 분석 중심으로 전환되어야 한다. 마지막으로, 미래사회의 공간정보 활용은 필수적으로 정확·정밀해야 하며, 공간의 상황(Context)을 종합적으로 인식(Awareness)할 수 있어야 한다. 이러한 미래사회 영향력에 대한 대응을 위해서는 3차원 입체격자체계와 같은, 국가적으로 통합된 기준을 구축하여 공간정보의 입체적인 제공을 통해 공간정보 서비스의 맞춤형 제공과 질적인 향상을 도모해야 한다.

<표 2-1> 미래사회 이슈에 따른 공간정보 분야 트렌드 도출

<table>
<tr><th>미래사회 이슈</th><th>▶ 공간정보 관련 트렌드</th><th>공간정보 분야에의 영향</th></tr>
<tr><td>저출산, 초고령화 사회
/1인·다문화 가구 증가/도시화
/삶의 질 중시/사이버 범죄</td><td>(사회)도시화, 삶의 질
중시, 범죄</td><td rowspan="5">■ 국민이 필요로 하는 공간정보 서비스 중심체계로 발전 요구 확대
■ 공간정보와 다른 분야와의 융복합을 통한 다양한 정보 제공 및 행정업무 효율화 수요 증가
■ 공간정보와 증강·가상현실의 결합으로 다양한 산업에 활용
■ 타 기술(사물인터넷, 무인기술 등)과 융복합을 통한 신산업 발굴
■ 무인비행장치를 활용한 국토관리, 물류운송, VR 서비스 등으로 3차원 공간정보의 활용도 증가
■ 스마트시티, 초연결사회 실현에 기반이 되는 공간정보
■ 공간의 지능화(Intelligent Space) : 공간상황(Spatial Context)을 인지하고, 이를 네트워크에 연결활용
■ 공간정보를 활용한 자연재해 및 재난의 예측, 관리</td></tr>
<tr><td>첨단과학기술 발달 및 융복합화
/AI(인공지능), 사물인터넷
/증강현실, 가상현실
/빅데이터, 스마트시티/초고속
교통기술 및 무인기술의 발달</td><td>(기술)융복합화, 인공지능,
사물인터넷, 증강현실,
가상현실, 빅데이터,
스마트시티, 무인기술</td></tr>
<tr><td>경제성장 둔화/산업구조 양극화
/아시아 경제 부상/초연결사회
/디지털경제/제조업의 혁명</td><td>(경제)초연결사회</td></tr>
<tr><td>기후변화, 자연재해/지구
온난화/에너지·자원 부족 심화</td><td>(환경)기후변화,
자연재해/재난위험</td></tr>
<tr><td>안보, 통일/글로벌 거버넌스
/주변국과 지정학적 갈등</td><td>(정치)거버넌스</td></tr>
</table>

본 연구에서는 사회적 · 국가적 차원에서 3차원 입체격자체계 기반의 국토 안전관리 서비스를 발굴, 제시한다. 국토 안전의 범위가 기존의 자연재해 중심에서 범죄 및 테러, 시설물 안전사고, 신종 전염병 등으로 확대되면서 국토 안전을 위협하는 요소들 또한 다양화, 복잡화, 대형화 되는 추세이며, 이에 ICT 기술 및 공간정보를 활용한 과학적인 국토 안전관리의 필요성이 요구되기 때문이다.

국토 안전관리 서비스는 지상, 지하, 수중, 공간 영역에 대한 정보를 활용하여, 3차원 입체격자 기반의 통합 안전관리를 지원하는 서비스로 정의한다. 서비스는 지상, 지하, 수중, 공중의 연속된 공간적 범위를 대상으로 하며, 광범위한 분야를 대상으로 안전관리에 있어서 공간의 상황(Context)을 종합적으로 인식(Awareness)할 수 있는 3차원 입체격자체계 기반의 서비스이다. 서비스는 총 4개의 대표적인 시나리오(안)으로 구성된다. 각 시나리오에 대한 정보는 유관기관 정보시스템으로부터 수집한다. 연계모듈 및 수집모듈을 통해 저장된 유관기관 정보는 통합 운영에서 3차원 입체격자체계 기반의 정보 가공 및 분석을 통해 상황별 대응 정보로 도출된다. 해당 정보를 바탕으로 경찰, 소방 등의 유관기관 및 시민에게 제공하여 신속한 상황 대응 및 피해 확산 방지를 지원하는 등 국토 · 도시의 안전을 통합적으로 관리한다.

<표 2-2> 서비스 시나리오 구상(안)

영역	분야	상황	시나리오
공중	환경	대기오염	-대기오염 모니터링 및 오염 확산 관리
지상	방재	산불	-산불 모니터링 및 산불 확산 관리(진압)
지하	방재	지진	-지진 피해 범위 예측 및 인근 시민 대피 지원
수중	환경	홍수	-하천 수질 및 수위 모니터링 및 홍수 범위 예측

<그림 2-1> 국토 안전관리 서비스 구상도

국토 안전관리는 분야별 상황에 대한 정확한 원인분석 및 대응을 위해서 다양한 실시간 데이터의 수집(연계)이 요구된다. 이에 국토 안전관리서비스 시나리오별 관련 유관기관, 정보시스템, 해당 데이터 등 연계의 범위 및 대상을 설정한다.

<표 2-3> 데이터 연계 범위 및 대상

연계대상	주체	연계가능 정보
공간정보 오픈플랫폼	국토 교통부	- 3D정보 : 3D 지도(전세계 15m급, 북한 1m급, 남한 25cm급 구축) - 2D정보 : 정사사진, 수치지형도, 연속지적도, 용도지역지구도, 개발제한구역도(남한 전역에 대해 25~50cm급 구축) - 속성정보 : 개별공시지가, 필지별 이용현황, 건물정보 - 부동산, 교통, 문화재, 수자원 등 14종 국가정보 공개 • 공간정보(11종) : 사업예정 지구도, 새주소도, 국가교통정보, 중앙교통정보(CCTV), 산사태 위험지도, 문화재 배치도, 임상도, 국가지반정보, 정밀 토양도, 수자원정보도, 연안정보도 • 속성정보(3) : 아파트 실거래가, 개별·공동주택 공시가격, 건물에너지사용량
환경공간 정보서비스 (EGIS)	환경부	- 환경지도정보 • 대·중·세분류 토지피복지도(위성영상, 수치지형도), 생태자연도(전국 자연환경조사정보, 우수 생태계 정밀조사정보), 국토환경성평가지도(도시계획도, 임상도, 지역구분도(산림, 농경, 도시지역)), 환경용도지역지구도(지형도 기준 좌표, 도면) - 통계정보(지역별 토지피복, 생태자연도 현황 통계(면적))
산불위험 예보시스템	산림청	- 전국 각 지역별 지형정보(지형조건, 지형특성 등), 영상/이미지 정보(CCTV 정보), 기상정보(온도, 습도, 풍속정보 등), 연료습도 정보
지진재해 대응시스템	행정 안전부	- 국내 발생지진 및 위험정보(상황전파시스템의 연계를 통해 지진발생정보, 국내 발생 지진정보 및 피해예측정보) - 지진재해 피해추정정보 • 발생지진에 의한 인명・건축물・라이프라인 시설물 피해추정정보 - 가속도데이터 및 기초데이터 정보 • 지반 및 토양정보, 인명 정보, 건축물 정보, 라이프라인 시설물정보
하천관리 지리정보 시스템	국토 교통부	- 하천 기본계획(국가하천) • 하천관리대장, 하천 도면(종, 횡단면도, 구조물도), 하천 레이어(하천 경계, 하천 중심선 등), 기본계획 보고서 - 한국 하천일람(하천통계, 기본계획보고서(지방하천)) - 홍수위험지도(지역별 침수심, 침수범위) - 사용자 및 사용자별 제공정보 • 대국민 대상 정보 : 하천 일반정보, 홍수위험지도 조회정보, 하천 기본계획 보고서 정보, 한국 하천일람, 국가하천 공간정보 • 하천관리자 대상 정보 : 하천 행정업무 지원정보, 국가하천 공간정보(하천업무에 필요한 전문자료), 하천기본계획 성과물(측량자료, 하천관리대장 등) • 지자체 하천관리자 및 방재 담당자 대상 정보 : 하천정보 전산화지침정보, 홍수위험지도 정보 • 공공기관 및 연구소, 일반 용역회사 대상 정보 : 하천기본계획 보고서 정보, 국가하천 공간정보, 국가하천 관련 연구정보, 설계에 필요한 정보

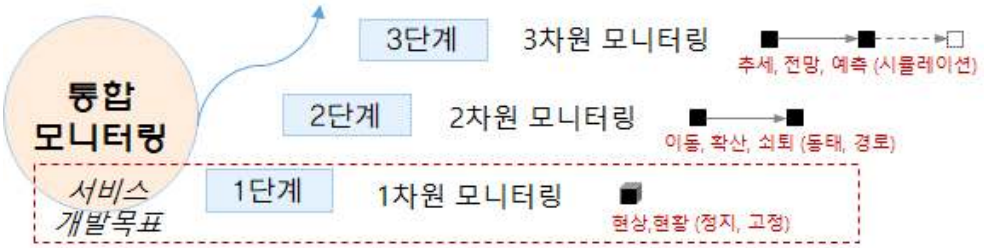
국토 안전관리서비스가 실질적으로 개발 및 운용되기 위해서는 정보시스템 및 데이터(데이터베이스) 측면에서 연계 방법 및 기준 등을 설정하여야 한다. 시스템 측면은 사이트링크 방식, OpenAPI 방식, 하드카피 방식으로 시스템 간 연계 가능 방안으로 구분된다. 데이터 측면은 강결합(Tightly-Coupled), 약결합(Loosely-Coupled), SMMP(Semantic Metadata Mapping Process) 방식으로 구분된다. 국토 안전관리 서비스 기획에 있어서 플랫폼과 다양한 정보사

이트 간 데이터 측면에서의 연계와 관련하여, 가정이나 전제 등을 고려하지 않고 이들을 연계하는 것은 한계가 있을 것으로 판단된다. 이에 현재 플랫폼 DB와 정보사이트 DB 간의 표준(공통) 테이블 항목을 만들어서, 방범, 방재, 환경 등 다양한 분야와 기관을 아우르는 표준 데이터를 추가적으로 구축할 필요가 있다. 이를 토대로 플랫폼의 DB 간 매칭 테이블을 구성하여, 약결합 방식의 데이터베이스 간 연계가 가능할 것으로 사료된다.

(나) 국토 통합관리 실증서비스 설계

① 실증서비스 기능 도출 및 시나리오 선정

현재 운영 · 제공 중인 시스템과 서비스 현황을 보면, 대부분 2차원 기반의 현황 파악 및 지도화 서비스 등의 정보제공이 대부분을 차지하고 있다. 또한, 각 분야별 업무에 따라 필요한 시스템을 개발하여 개별적인 시스템에 의해 관리 · 운영되고 있다. 기존의 서비스 측면에서도 대부분 CCTV 영상정보 기반으로 이벤트 발생 시 상황 정보 등을 단순히 표출하는 것에 그치고 있어 국토 · 도시관리 측면에서 종합적으로 관리하기에는 한계가 있어 보인다. 이에 다양한 분야의 정보들을 통합적으로 관제 및 관측하기 위하여 보다 확장된 개념에서 서비스를 개발하고자 한다. 그러나 현재 3차원 입체격자체계가 원천기술 개발 단계인 점을 감안하여, 각 공간영역별 운영되고 있는 시스템과 정보들을 종합적으로 가시화하는 기능이 선제적으로 개발될 필요가 있어 이를 가장 기본적인 서비스 목표로 설정하고자 한다.



<그림 2-2> 서비스 개발목표

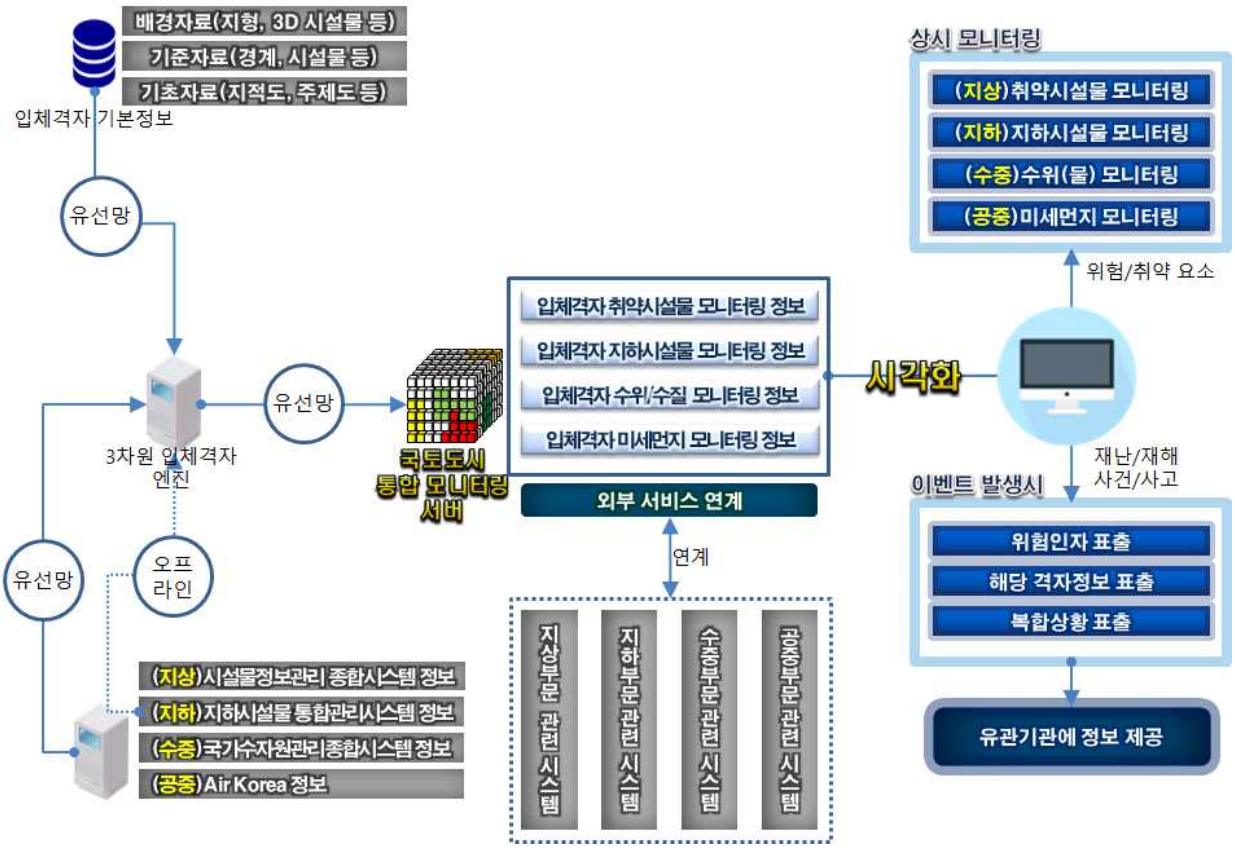
실증서비스는 입체격자체계 기본정보와 공간영역별(지상, 지하, 수중, 공중) 다양한 분야(스마트시티, 시설물관리, 환경, 기상 · 기후 등)에서 서비스를 제공한다는 목적으로 구축 · 활용하고 있는 각 활용시스템들의 정보를 융합하여 설계한다. 특히 국토 통합관리의 이슈가 국민의 안전을 위한 여러 공간의 입체적 모니터링에 있기 때문에, 국토 · 도시 분야의 다양한 정보를 발굴하여 공간영역의 구분 없이 3차원 입체격자체계 기반으로 종합적인 모니터링 정보 제공 및 가시화하는 것을 목표로 설정한다. 결과적으로, 국토 · 도시의 통합적인 관리를 위해서는 지상, 지하, 수중, 공중 영역의 종합적인 모니터링이 필요하다는 점에서 '국토 · 도시 통합 모니터링 서비스'를 실증서비스로 선정 · 개발한다.

서비스 시나리오는 국토 · 도시에서 발생하는 다양한 현상(현황)을 ①통합 모니터링 하기 위한 정보를 수집하고, 입체격자체계 기반 기술을 활용하여 ②3차원 격자 Data Set으로 정

보를 가공하여 기초자료 생성, 3차원 입체격자 엔진을 통한 ③3D 격자 모니터링 정보 가시화를 통한 공간 분석 지원 및 의사결정 자료로 제공한다. 이러한 국토도시 통합모니터링 서비스에 대한 개념도는 다음과 같다.

<그림 2-3> 국토・도시 통합모니터링 서비스 시나리오

국토 · 도시 통합 모니터링 서비스는 "국토 · 도시에서 발생하는 다양한 현상(현황)을 통합 · 관리하기 위한 첫 단계로서, 입체격자체계 기반 하에서 다각적인 공간범위를 통합적으로 모니터링 할 수 있는 연계 정보의 제공 및 시각화 정보를 제공하는 서비스" 로 정의내릴 수 있다. 서비스는 크게 취약시설 모니터링, 지하시설물 모니터링, 수위/수질 모니터링, 미세먼지 모니터링의 4개 세부기능으로 구성된다.



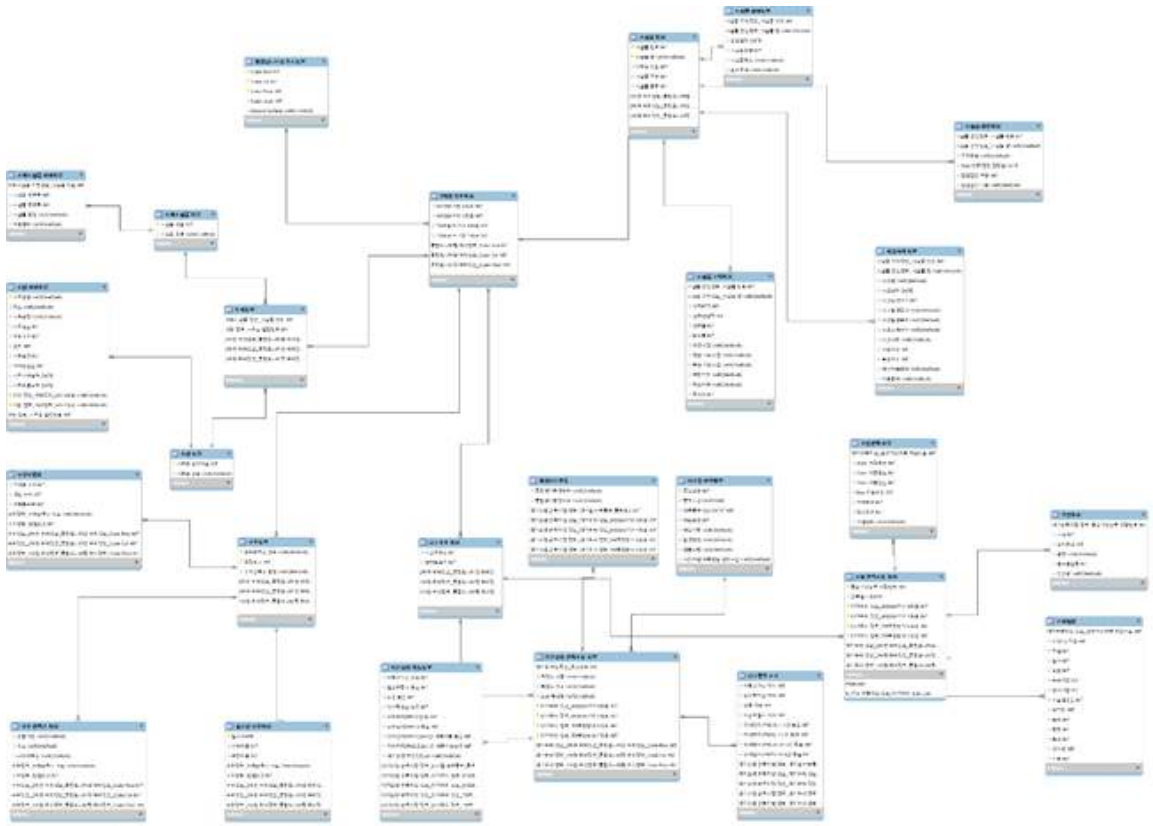
<그림 2-4> 국토・도시 통합모니터링 서비스 개념도

② 실증서비스 알고리즘 도출

국토도시 통합모니터링 서비스는 영역별 데이터를 3차원 입체격자체계를 기반으로 가시화 하여 제공하는 서비스이다. 이를 위해서는 제공되는 데이터의 모델링이 필요하다. 데이터 모델링 기반의 알고리즘은 향후 데이터가 수시로 갱신되어도 반영할 수 있다.

데이터 모델링(Data Modeling)이란 주어진 개념으로부터 논리적인 데이터 모델을 구성하는 작업을 말한다. 일반적으로 이를 물리적인 데이터베이스 모델로 환원하여 고객의 요구에 따라 특정 정보시스템의 데이터베이스에 반영하는 작업을 포함한다[1]. 데이터 모델링을 할 때에는 데이터를 구조화하고 조직화해야 한다. 데이터를 정의하고 조직화하는 것 외에도 데이터 구조의 내부를 규정하기도 하는데 이러한 데이터 구조는 데이터관리시스템 상에서 구현된다. 데이터베이스의 구조 및 그에 수반한 제약 조건들을 다양한 기법에 의해 설계할 수 있다. 이중 하나가 개체-관계모델링 ERM(Entity Relationship Modeling)이다. 이 모델링의 산출물을 ERD(Entity Relationship Diagram)이라 한다. ERD는 개념적 데이터 모델 혹은 시맨틱 데이터 모델 중 하나의 타입으로 분류된다.

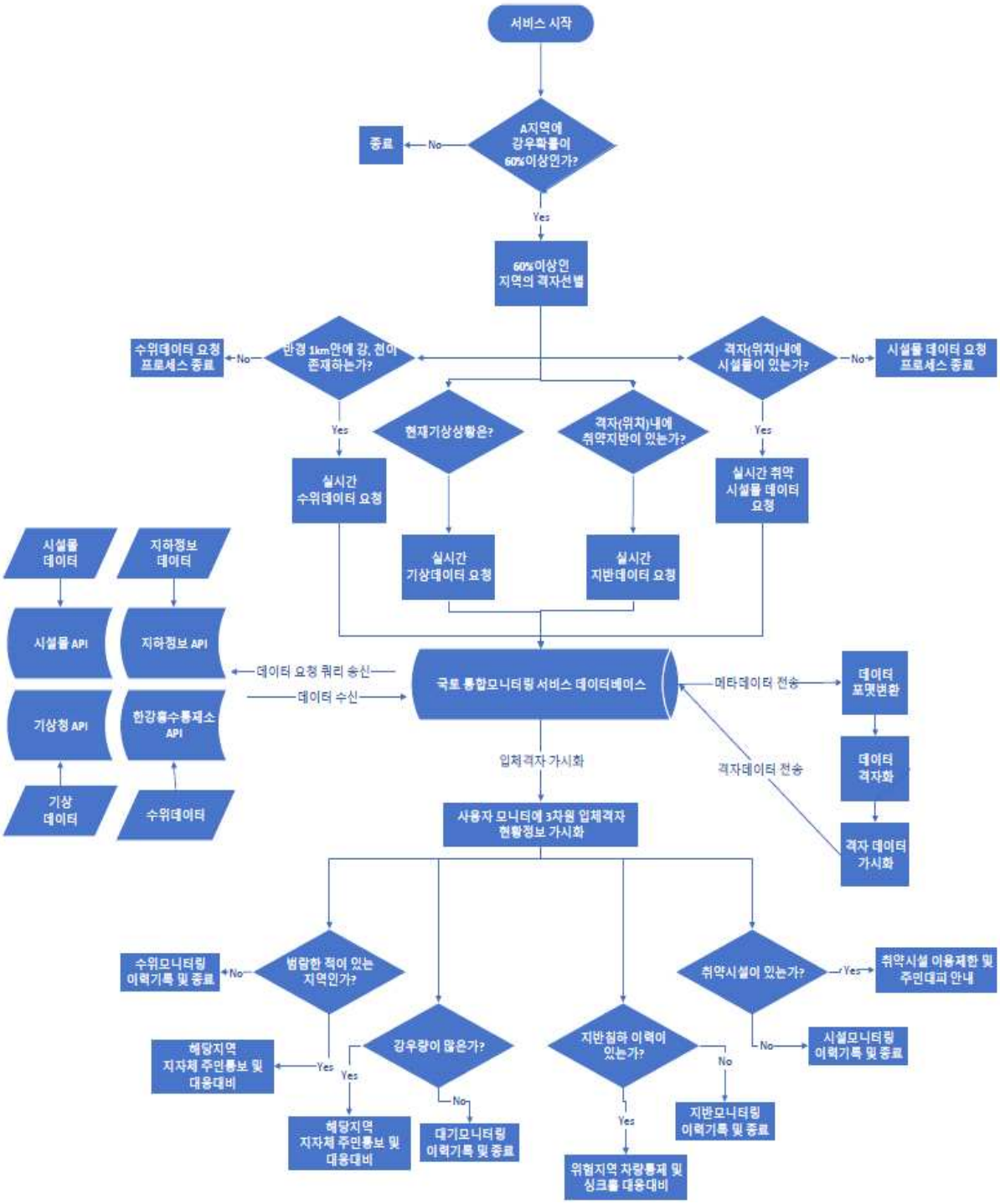
정보시스템을 디자인 해나가는 데에는 시스템이 필요로 하는 정보를 기술하는 방법과 데이터베이스에 저장되어야 할 정보의 타입이 무엇일지 정의하는 과정을 통해 디자인 할 수 있다. 국토통합 모니터링 서비스의 정보시스템 디자인을 위해서 도출된 서비스 기능에 대한 논리적 데이터 모델을 정립하고, 이를 위한 알고리즘을 다음과 같이 제시한다.



<그림 2-5> 국토도시 통합모니터링 서비스 논리모델

1) 이규화(2011.7), 비즈니스에 최적화된 기업DB '맞춤형 설계', 디지털타임즈

이러한 알고리즘은 국토 통합모니터링 서비스와 유사한 업무 또는 서비스 개발에 참고자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 수집된 데이터를 바탕으로 강우와 연관된 상황을 가정하여, 3차원 입체격자를 활용하는 사례는 구성하면, 다음과 같다. 시작은 기상데이터로부터 시작되며, 3차원 입체격자체계로 시각화된 정보를 바탕으로 대응계획 또는 실시간 대처가 가능할 것으로 보인다.



<그림 2-6> 국토도시 통합모니터링을 활용한 '강우' 대응 프로세스

(다) 국토 통합관리 실증서비스 개발

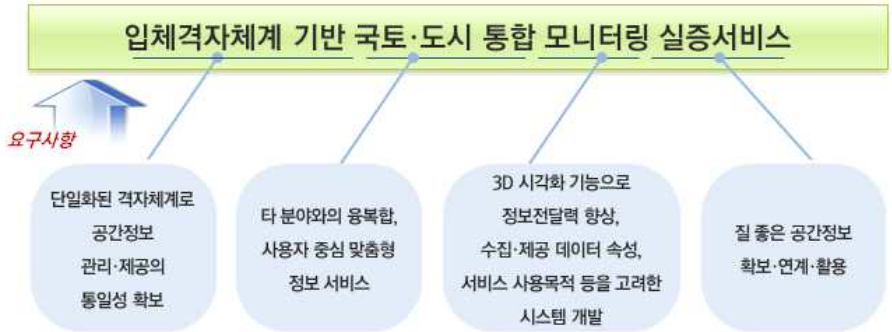
① 실증서비스 차별화 방안

국토 · 도시 통합 모니터링 실증서비스의 개발에 앞서, 공간정보서비스 사례의 특징 또는 미비점을 살펴봄으로써 기존 서비스와 차별화할 수 있는 요소를 발굴하도록 한다.

첫째, 실증서비스는 현실세계와 유사한 입체공간과 3차원 격자정보를 함께 제공함으로써 사용자가 현실세계에 대한 이해도 향상과 정확한 분석을 지원할 수 있을 것으로 기대한다. 둘째, 실증서비스는 다중의 공간 범위를 수용하고, 다차원의 공간정보를 통합 · 활용할 수 있도록 한다. 마지막으로, 실증서비스는 입체격자체계 기반 하에서 3차원 공간정보가 위상학적인 자료구조를 가지며 유동적으로 관리되어 가시화되므로, 사용자로 하여금 더욱 빠르고 쉽게 이해하고 의사결정을 하도록 지원하게 된다.

<그림 2-7> 실증서비스 차별화 요소

그리고 실증서비스의 각 세부기능과 관련한 담당기관의 모니터링 서비스 플랫폼 사례를 통해 입체격자체계 기반 실증서비스에서 요구되는 사항을 도출하면 다음과 같다. 첫째, 서비스 플랫폼 사례뿐만 아니라 입체격자체계 기반 실증서비스에서 가장 선행되어야 하는 것은 질 좋은 공간정보 확보다. 둘째, 공간정보 수요는 타 분야와의 융 · 복합으로 확대되고 있으며, 사용자 중심의 맞춤형 대국민서비스로 진화하고 있다. 셋째, 공간정보 관리 기법이 다양하게 적용되고 있어 상호 연계 활용에는 많은 제약이 따르므로, 단일화된 격자체계로 통일성을 갖도록 하는 것이 필요하다. 넷째, 입체격자체계 기반 하에서는 사람 · 사물 · 공간 등이 서로 연결되어 표현되어야 한다. 마지막으로 모니터링 서비스의 완성도를 높이기 위해서는 실시간 분석과 경고 기능이 포함되어야 하고, 지도와 데이터, 이미지, 텍스트를 효과적으로 배치하여 정보전달과 이해, 의사결정을 돕는 것이 중요하다.



<그림 2-8> 실증서비스 요구사항

② 실증서비스 개발 방향

앞서 도출된 4개 기능이 포함된 실증서비스를 개발하기에 앞서 데이터 취득과 처리를 위한 설계를 수행하였다. 그리고 데이터를 활용하여 국토 · 도시 통합 모니터링을 수행할 수 있도록 그 흐름을 알고리즘으로 정리하였다. 이를 바탕으로 3차원 입체격자체계 실증을 위한 실증서비스를 개발한다.

3차원 입체격자체계 실증서비스 선정을 위해 향후 서비스로써 효용성과 실용화 가능성이 있는지 고려해야 한다. 이에 3차원 입체격자체계 타당성 검증 연구(B)에서 3차원 입체격자체계 활용 수요조사 결과를 반영하여 실증서비스를 선정하려고 한다. 수요조사 결과, 항공 관제 및 운항, 스마트시티 등 도시 및 국토 관리, 미세먼지, 재난대응, 국토정보 관리 등에서 높은 수요가 있었다. 따라서 앞서 도출한 4개 서비스 기능 중 미세먼지 모니터링, 수위/수질 모니터링, 취약지역 모니터링을 실증서비스로 구현한다. 지하시설물의 경우 보안데이터로써 현 시점에서 원활한 수급이 어려워 제외하였으나, 향후 데이터가 제공될 경우를 감안하여 프로그램 상에는 반영하였다. 국토 · 도시 통합 모니터링 서비스를 위한 데이터 수집 및 처리 과정은 다음과 같다. 첫 번째로 기본공간정보 및 응용정보를 각 기관별 취득 및 연계하여 수집한다. 수집 및 연계된 정보들은 3차원 입체격자 변환기술을 통해 3차원 입체격자체계 형식(cbr)로 저장된다. 데이터베이스(DB)에 저장된 3차원 입체격자체계 형식의 정보들은 각 영역이 가지는 특징을 반영한 가시화 기술을 통해 입체적으로 가시화가 진행된다.

<그림 2-9> 국토 · 도시 통합 모니터링 서비스 데이터 수집 및 처리과정

미세먼지 모니터링 서비스란 기존에 제공되고 있는 미세먼지 서비스를 3차원 입체격자체계를 활용하여 고도화시킨 개념이다. 기존 미세먼지 서비스는 정부와 민간에서 제공하는 미세먼지 수치를 토대로 정보를 제공하는 서비스를 말한다. 현재 다양한 기관에서 제공하는 미세먼지 서비스는 국가측정망에서 제공하는 데이터를 활용하고 있다. 일부 민간기업에서는 자체적인 망을 구축하여 활용하고 있으며 다양한 기술을 도입하여 상세한 데이터를 수집 · 활용하고 있다. 그러나 미세먼지 서비스는 사용자 위치를 기반으로 근접 측정소의 측정데이터를 알려주고 있으며, 거리와 상관없이 한 지역에 대한 미세먼지 수치를 대푯값으로 예보하고 있다. 또한 고정되어 있는 미세먼지 측정망을 사용하기 때문에 사용자의 위치에 정확한 미세먼지 수치를 알려줄 수 없을 뿐 아니라 2D 지도에 일반화하여 표현하는 한계점을 가지고 있다. 이러한 국가측정망 특성상 미세먼지 예보를 받는 사용자 입장에서는 정보습득에 직관성과 어려움이 발생한다. 기존의 미세먼지 서비스가 가지는 한계점을 극복하고 사용자들에게 미세먼지 수치를 효과적으로 제공하기 위해 3차원 입체격자체계를 활용한 미세먼지 모니터링 서비스를 개발한다. 서비스는 드론을 활용하여 실제로 취득한 미세먼지 정보를 활용한다. 이후 취득된 데이터를 전처리하고 3차원 입체격자체계에 입력하여 미세먼지 정보를 제공한다. 개발된 미세먼지 모니터링 서비스는 기존의 미세먼지 서비스와 다음과 같은 차별성이 있다. 실제로 측정한 데이터가 가지는 높이 값을 고려하고 있다. 데이터는 자유도가 높은 비행장치인 드론을 활용함으로써 장소에 구애받지 않고 높이 값을 가지는 데이터를 취득함으로써 3차원 입체격자체계 기술에 대해서 실증하는데 효과적인 서비스이다. 또한 3차원 입체격자체계를 통해 시각화된 미세먼지 정보를 국가측정망의 정보와 융합하여 활용할 수 있다. 3차원 입체격자체계에 데이터를 고유 형식인 cbr 형태로 변환하는 과정을 거침으로써 사용자들에게 직관적으로 가시화하여 보여줄 수 있다.

<그림 2-10> 미세먼지 모니터링 실증을 위한 데이터 수집 및 처리과정

국토 통합 모니터링 서비스는 공중, 지상, 지하, 수중의 데이터를 3차원 입체격자체계를 기반으로 융합하여 활용하고 모니터링 할 수 있는 서비스이다. 각 영역의 데이터는 기상데이터(공중), 취약시설물과 건물 데이터(지상), 지하시설물 데이터(지하), 수위 데이터(수중)로 구성된다.

기상 데이터는 기상청이 제공하는 API를 활용하여 강우량과 강우일수 등의 데이터를 수집할 수 있다. 취약시설물과 건물 데이터는 한국시설안전공단에서 제공하는 정보를 활용하

여 취약시설물과 건축물의 속성 데이터를 수집할 수 있다. 지하시설물의 경우 보안시설이기 때문에 데이터를 습득하기 어려우나, 지하시설의 상태(특징)를 판단할 수 있는 요인을 도출하여 서비스에 반영한다. 마지막으로 수위/수질 데이터는 한강홍수통제소에서 제공하는 수위/수질 데이터가 있다. 그러나 시민의 체감도가 높은 도심을 대상으로 수위/수질 모니터링을 기능을 제공하기 위해 관련 이론 또는 데이터를 활용하였고, 수위/수질 데이터를 입력할 경우 국토 통합 모니터링 서비스에서 활용할 수 있다. 앞서 수집된 데이터를 cbr 형태로 변환하여 3차원 입체격자체계에 입력하면 4개의 영역에서 수집된 정보를 활용하여 통합적으로 모니터링 할 수 있다. 실증을 위해 본 연구에서는 서울시 강남구의 뱅뱅사거리를 대상지역으로 선정하여 기후에 따른 수위의 변화(침수)를 중심으로 서비스를 개발한다.

<그림 2-11> 국토 통합 모니터링 실증을 위한 데이터 수집 및 처리과정

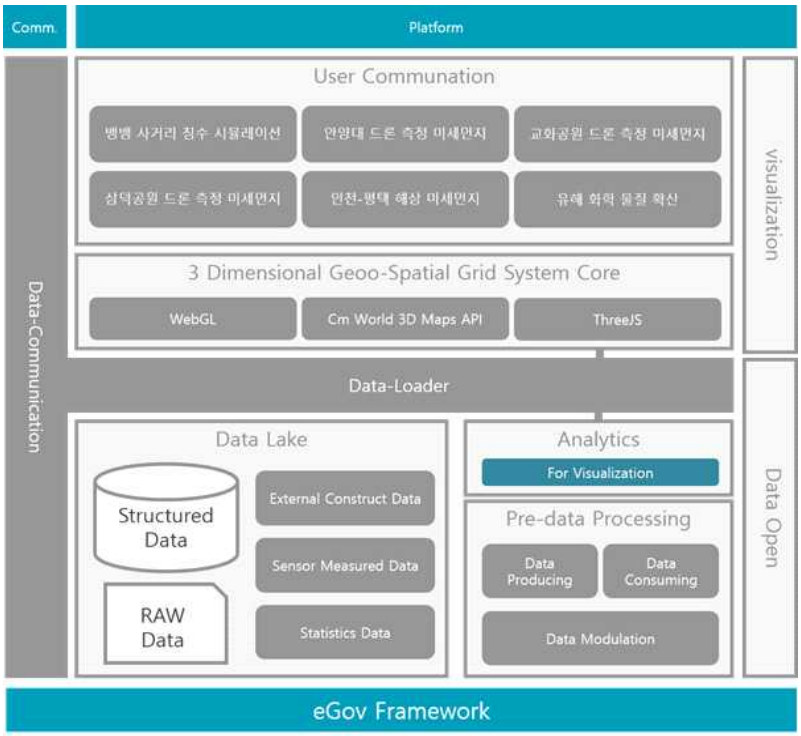
③ 실증서비스 개발

국토 통합관리 실증서비스 모듈 설계 및 개발은 3차원 입체격자체계 기반 국토 통합관리 실증서비스 모듈설계(Design of Integrated National Land Management Demonstration Service Module based on 3 Dimensional Geo-Spatial grid system) 사업의 연구 성과를 실증을 위하여 개발되었다. 국토 도시 관리 분야의 정보를 대상으로 공간/비공간 정보를 입체적 가시화 하여 3차원 입체격자체계를 활용성을 확인하여 본다.

국토 통합관리 실증서비스 시스템 아키텍처는 3D 입체격자체계 실증서비스를 위한 비즈니스 및 시스템 아키텍처를 제시하고 있으며, 격자 체계 실증을 위하여 수집된 데이터의 연계 및 데이터 처리를 통하여 격자체계에 반영하여 3차원 가상현실로써 표출하여 3차원 입체격자 체계의 활용 가능성을 제고하여 다양한 방식의 기반을 정의하여 서비스 활용과 다양한 방면으로 활용 가능성을 확인하기 위한 기반으로 한다.

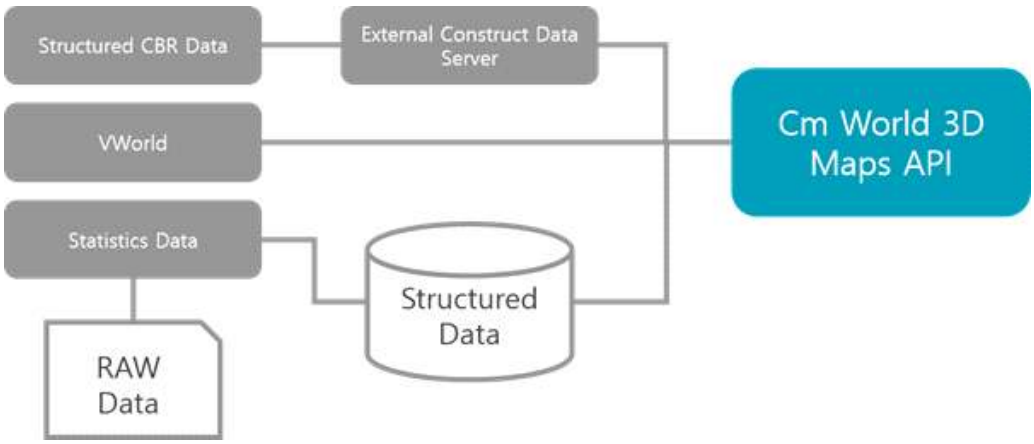
국토 통합관리 실증서비스는 3차원 입체격자체계 기반 국토 통합관리 실증서비스 설계는 아래의 3가지를 고려하여 아키텍처를 구성하였다.

- 적제 : 다양한 정보 제공원에서 수집한 실증 대상 데이터의 적제 및 시스템 통합방안
- 처리 : 3D 입체격자체계에 투영 가능한 공간정보 및 수집 데이터 처리 방안
- 표출 : 3D 입체격자체계와 라이브러리를 기반으로 한 공간 및 실증 대상 데이터의 표출 방안



<그림 2-12> 3D 입체 격자체계 아키텍처

3차원 입체 격자체계 실증서비스에 대한 통합 흐름도는 <그림 2-13>과 같이 모듈 내에서의 데이터 흐름을 정의할 수 있다. 3D 입체격자체계 실증서비스 모듈 내에서의 데이터 흐름은 크게 3가지로 분류한다.



<그림 2-13> 3D 입체 격자체계 실증서비스 모듈 데이터 흐름도

- Structured CBR Data : 입체격자 체계 기반 데이터 구조(Octal Structure) 및 부가 데이터로써 Web 기반 Javascript Library와 함께 격자 구조의 기반 데이터 및 부가 데이터를 제공하는 Data Structure 이다.
- V-World : 지형고도, 항공사진, 3D 건물 및 시설물 등의 GIS 기반 데이터를 제공하는 RESTful 서비스 및 GIS 기반 데이터 이다.
- RAW static data : 서비스를 위하여 수집된 외부 데이터이다.

④ 서비스 실증

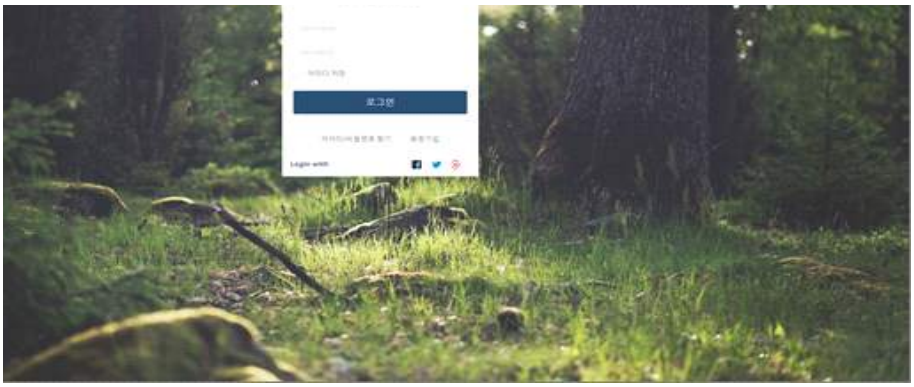
㉮ 시스템 구성

실증을 위한 시스템 화면구성은 크게 로그인, 인트로 화면, 지상과 공중영역, 입체격자 체계로 구성한다. 지상과 공중영역은 미세먼지 데이터와 가상의 침수 데이터를 활용하였다.

<표 2-4> 메뉴 구조

시스템	Level 1	Level 2
3차원 입체격자 기반 국토 통합관리 실증 서비스 시스템	로그인	-
	인트로 화면	-
	지상	침수
	공중	안양대학교(An-yang Univ.)
		삼덕공원(Sam-duck Pk.)
		교화공원(Kyo-hwa Pk.)
		평택(Pyeongtack Grid)
	입체격자 체계	Grid System

3차원 입체격자체계의 사용자 인증기능을 제공하는 사용자 인터페이스로써 식별자와 패스워드를 통한 사용자 인증기능을 제공한다.



<그림 2-14> 로그인 화면

3차원 입체격자체계의 인증 후 보이는 사용자 인터페이스 화면으로써 연구개요와 참여기관 정보 및 사용 중인 브라우저의 WebGL의 지원 여부를 확인할 수 있다.

<그림 2-15> 인트로 화면

㉯ 실증 시나리오 1_미세먼지 모니터링

미세먼지 모니터링을 위한 데이터 처리 흐름은 크게 3가지로 구분된다. 첫 번째로 기초 작업으로 국가측정소 현황 파악과 미세먼지를 측정할 수 있는 포인트를 파악한다. 또한 공중 영역에 대한 데이터 수집을 위해 드론을 활용함으로써 법·제도적인 현황 파악과 드론 비행 연습을 통해 안전한 비행이 될 수 있는 여건을 만들어준다. 그리고 자체적으로 미세먼지 센서를 제작하여 드론에 탑재한다. 두 번째로 시나리오에서 선정된 포인트에서 드론을 활용하여 미세먼지 데이터를 수집한다. 수집된 데이터는 드론 비행기록과 매칭 및 가공 과정을 거친다. 세 번째로 가공된 데이터를 3차원 입체격자 체계의 고유형태인 cbr 형태로 변환 과정을 거쳐 최종적으로 사용자들에게 직관적인 모습을 보여주게 된다.

<그림 2-16> 미세먼지 데이터 처리 흐름도

무인비행기(드론)를 활용한 미세먼지 데이터를 측정하기 위해서는 여러 조건이 있다. 현재 드론을 운행하려면 비행가능지역에서 운행할 수 있으며, 특별한 경우 허가를 받아 운행을 해야 하는 지역이 있다. 드론 비행 허가는 시간 소모와 행정절차가 진행되어 비행허가 없이 드론이 비행할 수 있는 지역을 선정하여야 한다. 또한 고정된 국가측정소 간 거리가 있으면서, 드론을 안전하게 날릴 수 있는 공간이 필요하다. 이러한 조건을 만족시키는 지역으로 경기도 안양시 만안구를 대상지로 선정하였다.

경기도 안양시 만안구에는 2개의 국가측정소(안양 2동, 6동)를 설치 및 운영하고 있다. 기존 미세먼지 서비스와 차별화 및 고도화를 위해 두 측정소간 공간에서 드론을 활용하여 미세먼지 데이터를 측정 및 격자 시각화를 하려 했으나 범위가 좁고, 데이터를 시각화하기에는 직관적인 효과가 낮아 안양대학교 포인트를 추가하였다. 또한 안양대학교는 학교 특성상 넓은 운동장을 구비하고 있어 드론을 활용한 미세먼지 측정에 적합하다.

<표 2-5> 경기도 안양시 만안구 국가측정소 현황

구분	안양2동 측정소	안양6동 측정소
위치	안양2동 주민센터	안양6동 주민센터
위·경도값	37.405245, 126.917874	37.390235, 126.930519
측정소 높이[2]	약 19m(측정장비 2m)	약 16m(측정장비 2m)
측정소 사진		
측정요소	SO2, CO, O3, NO2, PM2.5, PM10	
비고	매 시간마다 측정 결과 공개	

두 국가측정소와 안양대학교를 중심으로 각 포인트 간 위치해 있는 미세먼지 측정 공간을 선별하였다. 선별조건은 각 포인트 간 공간에서 크게 벗어나지 않으면서 드론을 비행 시킬 수 있는 충분한 공간이여야 한다. 따라서 삼덕공원과 교화공원을 새로운 포인트로 지정하였다. 포인트 지정 후 해당 구역의 드론을 날릴 수 있는 법·제도적인 측면도 고려하였다. 「항공안전법 제127조(초경량비행장치 비행승인)」에서는 초경량비행장치 비행제한공역을 정의하여 비행승인을 받은 자만이 초경량비행장치를 조정할 수 있다고 정의하였다. 하지만 비행승인에 대한 예외사항으로 비행금지구역 및 비행제한구역 외 지역에서 최저비행고도(150m)미만으로 운영하고 자체 중량이 12kg 이하이면 특별한 허가절차 없이 드론을 운영할 수 있다. 따라서 본 연구를 위해 진행하는 드론 비행은 특별한 허가 절차 없이 진행을 할 수 있었다.

<그림 2-17> 미세먼지 측정 시나리오

2) 경기도부동산포털 해당 건물 높이 + 측정기 예상 높이

<표 2-6> 대상지 주변 포인트 현황

구분	안양대학교	삼덕공원	교화공원
주소	경기도 안양시 만안구 삼덕로37번길 22	경기도 안양시 만안구 삼덕로 106	경기도 안양시 만안구 현충로16번길 14
위·경도값	37.392197, 126.919653	37.398356, 126.917103	37.393231,126.928626
현장 사진			

매시 정각마다 국가측정소에서 미세먼지 측정정보가 업데이트 되는 2D 기반의 미세먼지 서비스와 3차원 입체격자를 활용한 미세먼지 실증서비스를 비교 · 분석한다. 각 포인트에서 정시를 기준으로 드론을 활용하여 미세먼지 측정을 진행한다. 하지만 드론 여건과 배터리를 고려하면 매 정시마다 동시에 진행할 수 없으며, 여러 번 측정하기에는 한계점이 있다. 따라서 특정 시간을 정해 각 포인트를 이동하며 미세먼지를 측정했다. 측정 높이는 지상 10m, 20m, 30m로 구분하여 측정한다. 측정된 미세먼지 실측데이터는 드론 비행기록 데이터와 매칭 및 가공한다. 가공된 데이터들은 3차원 입체격자 Base Map에 격자에 입력하여 가시화를 진행한다. 가시화된 미세먼지 데이터들은 해당 위치와 높이, 그리고 수치에 따라 사용자들에게 직관적인 모습을 보여주게 된다.

<그림 2-18> 드론을 활용한 미세먼지 데이터 취득 포인트

미세먼지 실측데이터 수집은 DJI사의 드론 Matrice-100의 기종을 사용하고, 미세먼지 측정을 위한 센서 제작은 아두이노의 부품을 사용하였다. 미세먼지 측정 모듈제작 후, 아두이노 IDE 소프트웨어를 통해 코딩을 진행하였다. 센서는 포름알데히드 등 총 10종의 정보를 수집할 수 있으나, 미세먼지 모니터링 서비스에 필요한 PM1, PM2.5, PM10, 온도, 습도 수집값을 측정하도록 하였다. 또한 수집된 데이터들을 SD카드에 CSV 파일 형식으로 1초마다 측정이 되게 코딩을 진행하였다.

<표 2-7> Matrice-100 제원

구분		내용	사진
제품명		Matrice-100	
제조업체(제조국)		DJI(중국)	
제원	무게(배터리포함)	약 2.4kg	
	최대 이륙무게	약 3.4kg	
	최대속도	22m/s	
	최대상승속도	5m/s	
	최대하강속도	4m/s	
	비행시간	약22분	

<표 2-8> 미세먼지 센서 구성

구분	내용	미세먼지 센서 모듈
우노보드 R3	메인보드로 여러 부가 모듈을 커넥터해주는 역할	
브레드보드 400홀	전자회로의 연결을 도와주는 장치	
LCD	미세먼지, 온도 등 수치를 알려주는 화면	
PMS5003ST	미세먼지 센서로 PM1, PM2.5, PM10, 온도, 습도를 측정하는 장치	
SD카드 모듈	미세먼지 센서로부터 취득한 데이터 저장하는 장치	
9V배터리	전력공급 장치	

드론을 활용해 미세먼지를 측정하기 때문에 상공에서 충분히 바람에 영향을 받을 수 있다. 센서 데이터 값의 오차를 줄이기 위해 아크릴판을 이용하여 케이스를 제작[3]했으며, 케이스와 센서의 위치를 드론의 프로펠러 상단부에 장착해 드론의 프로펠러로 인한 하강기규의 영향을 최소화하였다.

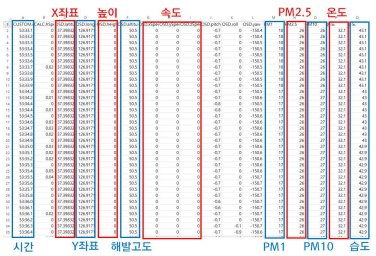
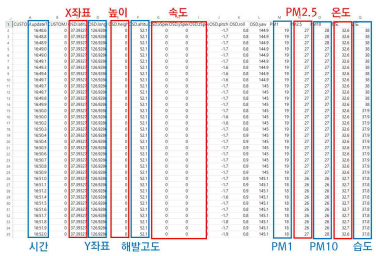
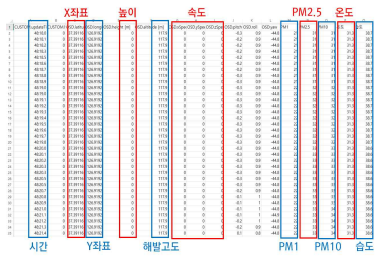
<그림 2-19> 드론에 탑재한 미세먼지 센서

2019년 8월 26일 월요일 16시 정각을 기준으로, 각 포인트별 이동시간과 주변 환경 여건을 고려하여 드론을 활용한 미세먼지 측정시간을 15시~17시로 하였다. 삼덕공원(15시 53분 33초)미세먼지 데이터 측정을 시작으로 교화공원(16시 16분 48초), 안양대학교(16시 48분 18

3) 센서가 있는 아크릴 케이스 내부 상단부에는 공기가 순환할 수 있게 구멍을 뚫었다.

초) 포인트에서 측정하였다. 수집된 미세먼지 데이터는 드론 비행기록과 매칭 및 가공을 진행하였다. 가공된 데이터는 특정 시간에 위치(X,Y), 높이(Z)에서의 미세먼지 데이터 값들이 도출되었다.

<표 2-9> 각 포인트별 가공된 데이터

삼덕공원	교화공원	안양대학교
		

추가적으로 안양대학교 환경에너지공학과로부터 서해안 인근의 시간별 태안, 인천 해상 공기질 측정 데이터를 취득하여 3차원 입체격자체계를 활용한 시각화를 진행하였다.

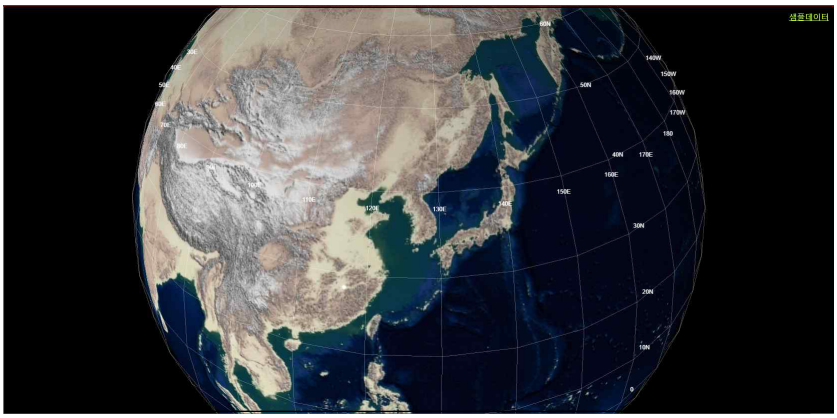
데이터를 격자체계로 가시화하기 위하여 기반기술인 WebGL를 활용하였다. WebGL은 플러그인을 사용하지 않고 호환되는 모든 웹 브라우저에서 대화식 2D 및 3D 그래픽을 렌더링하기 위한 JavaScript API를 사용하여 웹 기반 브라우저 환경에 구현된다. 또한 다른 웹 표준과 완전히 통합되어 GPU 가속 물리학 및 이미지 처리 및 효과를 웹 페이지 캔버스상에 가상현실 요소를 통합할 수 있다. 요소는 다른 HTML 요소와 혼합하거나 웹 페이지와 병합될 수 있으며 WebGL 프로그램은 JavaScript로 작성된 제어 코드와 C 또는 C ++와 유사한 언어 인 GLSL ES(OpenGL ES Shading Language)로 작성된 셰이더 코드와 컴퓨터의 그래픽 처리장치(GPU)에서 실행되는 셰이더 코드로 구성된다.

WebGL은 Rasterization 엔진으로 사용자가 작성한 코드를 이용하여 점, 선, 삼각형 등의 도형을 GPU를 통해 실행된다. GPU에서는 코드를 입력하여 결과물을 도출하기 때문에 사용자는 함수 쌍 형태로 이루어진 코드를 작성해야 한다. 함수 쌍 형태는 각각 Vertex Shader와 Fragment Shader로 불리며 C/C++처럼 엄격한 형태를 가지는 GLSL로 작성되어 있다. 이러한 형태를 Shader Program이라 불리며 Shader가 데이터를 받는 방법은 아래와 같다.

<표 2-10> Shader가 데이터를 받는 방법

구분	내용
Attribute와 Buffer	-Attribute는 어떻게 Buffer 데이터를 가져오고 Vertex Shader에 제공하는 방법을 지정함 -Buffer는 GPU에 올리는 2진 데이터 배열로 위치, 법선, Texture 좌표, Vertex 색상 등을 표현함
Uniform	-Uniform은 Shader Program을 실행하기 전에 선언하는 유용한 전역 변수임
Texture	-Texture는 Shader Program이 무작위로 접근할 수 있는 데이터 배열임 -Texture에 들어가는 것은 대부분 이미지 데이터지만 색상 이외에 다른 것도 쉽게 넣을 수 있음
Varying	-Varying는 Vertex Shader가 Fragment Shader에 데이터를 넘기는 방법임 -렌더링 되는 점, 선 또는 삼각형에 따라 Vertex Shader의 Varying 값은 Fragment Shader를 실행하는 동안 보간됨

WebGL만으로도 개발 및 활용이 가능 하지만 GIS의 좌표체계와 통합하기는 어렵다. 따라서 본 연구개발에서는 GIS 좌표 및 데이터 유통 체계와의 융합 및 통합을 위하여 WebGL을 근간으로 하여 공동연구기관에서 개발한 CMWorld 3D MAPS API를 활용했다.



<그림 2-20> CMWorld GIS & WebGL 통합 체계

CMWorld 3D MAPS API는 WebGL과 GIS체계를 통합하고 WebGL로부터 생성되는 가상의 객체를 True North 및 위경도 체계와 일치시켜 GIS체계에서 일반적으로 유통되는 Shape 파일을 통합한다. 원활한 데이터의 분류와 표출을 위하여, 다음과 같은 레이어 체계를 제공한다.

<표 2-11> CMWorld 3D MAPS API의 레이어 체계

구분	내용
Raster Layer	-3차원 Raster 데이터를 정의하며, 격자내부에 일정간격의 Voxel들을 포함함
Vector Layer	-Model 기반의 데이터를 정의하며, Mesh 데이터를 격자 단위에 맞게 분할하여 저장하고 활용함
UndergroundClip Layer	-Raster 데이터의 또 다른 정의로 지면 아래의 정보를 관리하며 ClipBox의 영향을 직접적으로 받음 -지면과의 관계를 기본적으로 포함하여 연산함
Virtual Layer	-미리 생성된 데이터가 아닌 가상 격자를 정의하며, 격자 내 사용자 정의 객체를 매칭하여 운영함

WebGL과 CMWorld 3D API를 통하여 통합된 격자체계를 기반으로 수집된 미세먼지 실측 데이터의 특성에 부합하면서 직관적으로 표출하기 위한 데이터 시각화 기법을 적용하였다. 이를 위해 단위격자에서 통계함수를 통한 처리방법을 활용하여 수치를 표현하였다. 또한 효과적인 데이터 시각화를 위하여 격자체계에 실세계의 매질과 유사한 효과를 제공하는 Material을 적용하였다. Material은 Three.js에서 제공하는 매쉬(Mesh) 스킨으로 8가지 기능이 있다.

<표 2-12> Material의 기능

구분	내용
Material Base Class	-모든 Material 은 Material 기본 클래스에서 제공되는 속성이 포함되어 있으며 이를 통하여 매질의 속성을 표현할 수 있음 -대표적인 속성으로는 Transparent(투명도), Opacity(불투명도), 색상, 렌더링 방향 등이 있음
Mesh Depth Material	-광원과 그림자와 관련된 고급 기능에는 사용되지 않는 기본 재료임 -깊이 재질을 사용하여 각 면에 단색을 칠하는 대신 메쉬에 깊이를 표시할 수 있음
The Lambert material	-빛과 그림자를 사용하기 위한 기능임 -다른 방법에 비해 빛을 반사하는 데 사용되는 알고리즘이 다른 옵션에 비해 효율적임
Mesh Normal Material	-벡터 노멀과 관련이 있으며, 모양의 채색은 모양 법선의 방향을 기반하여 사용하는 기능임
Mesh Phong Material	-금속이나 광택 처리된 목재처럼 반짝이는 모든 종류의 표면효과에 적합함
Mesh Standard Material	-사실적인 렌더링이 필요한 경우에 적합함
Mesh Physical and toon Materials	-반사율을 더 많이 조절할 수 있는 기능임
The Points Material	-Geometry의 디스플레이 포인트만 설정하여 사용할 수 있는 기능임

미세먼지 모니터링의 효과적인 시각화를 위하여 매쉬에 Standard Materal을 적용하였으며, 미세먼지의 격자별 데이터 가시화를 위하여 투명도 및 불투명도 조절과 Mesh의 크기를 사용하였다. Mesh의 크기는 측정된 수치를 기반으로 하여 Linear Interpolation을 다음과 같이 적용하였다. 또한 미세먼지 실측데이터에 대하여 함수식을 기반으로 투명도와 효과의 넓이를 보간법을 사용하여 표현하였다.

<표 2-13> 미세먼지 측정치 Linear Interpolation

측정 최소치(16) : 측정 최대치(25) = 0.1 : 1
의 | ar로 보간할 경우, 직선 방정식으로 쉽게 보간할 수 있다.

$$ax + b = y \qquad a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$a = \frac{1 - 0.1}{25 - 16} = 0.1$$

$$0.9x + b = y, \qquad x = 16 \text{이면}$$

$$0.9 \times 16 + b = 0.1, \qquad b = -1.5$$

$$0.9x - 1.5 = y$$

드론을 활용하여 취득한 미세먼지 실측데이터는 해당 위치(높이 포함)에 입력하여 수치별로 색과 특수효과로 표현이 된다. 표현된 시스템 상 화면에서는 해당 위치에 따라 변화된 모습을 직관적으로 확인할 수 있다. 또한 사용자가 원하는 격자를 선택 시 해당 격자에 속

성정보를 확인할 수 있어 세부적으로 원하는 정보를 얻을 수 있다.

(교화공원)드론에 부착된 미세먼지 센서에 의하여 고도별로 측정된 공기질 실측데이터를 3차원 입체격자 체계에 투영한 분석 사용자 인터페이스이다.

<그림 2-21> 교화공원 고도별 미세먼지 표출

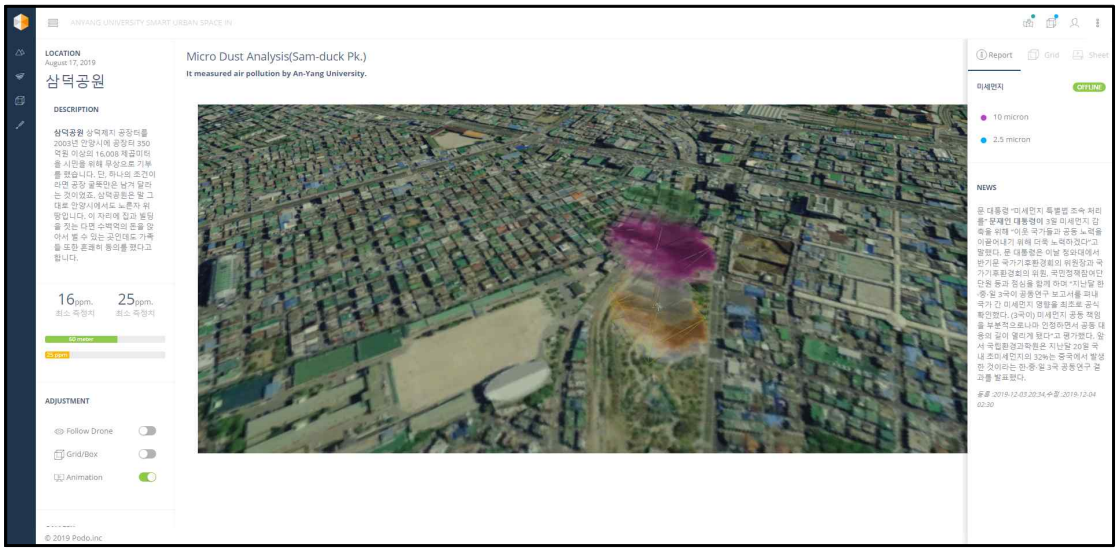
<그림 2-22> 교화공원 데이터 종류

<그림 2-23> 교화공원 부가 정보 표출 예시

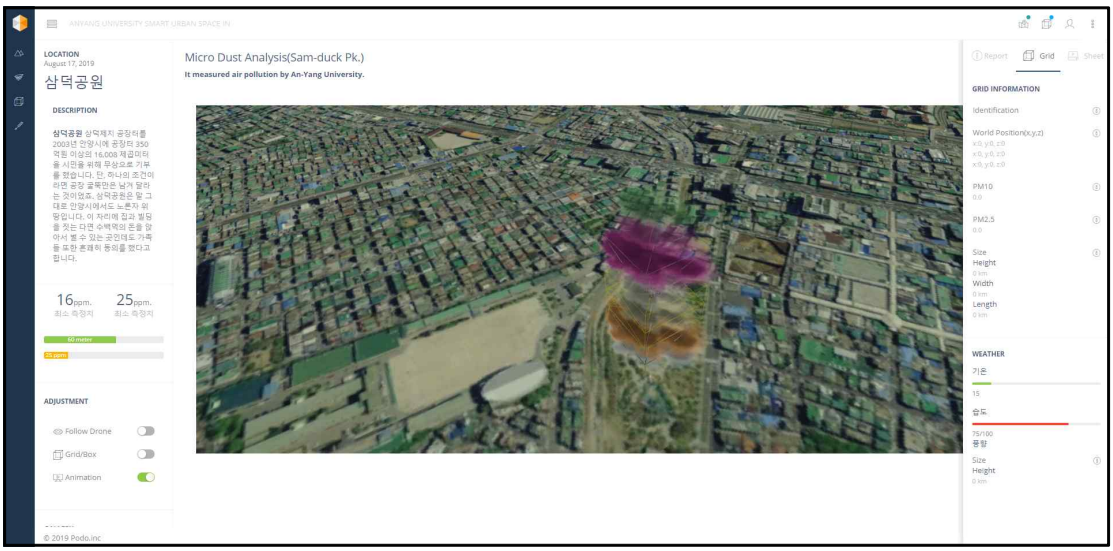
화면명		설명
교화공원 미세먼지	1	주 메뉴에서 공중( )을 선택하고 Kyo-hwa Pk. 메뉴를 선택하면 교화공원 미세먼지 화면이 오픈된다.
	2	화면이 오픈되면 왼쪽 LOCATION 항목에 지역명 및 부가 정보가 정상적으로 표출된다.
	3	Follow Drone 체크 박스가 체크되면 드론의 움직임을 따라 화면도 함께 이동한다.
	4	Grid/Box 체크 박스가 체크되거나 해제되면 격자의 형태가 박스 또는 프레임 형태로 변형된다.
	5	Animation 체크 박스가 체크되거나 해제되면 미세먼지 상태 표출의 회전이 정지 하거나 회전한다.
	6	화면 우측 상단의 버튼을 누르면 화면 우측에서 Report 탭이 활성화된 정보창이 표출되고 미세먼지 종류 정보가 보인다.
	7	우측 정보창에서 Grid 탭을 누르면 부가 정보 탭이 표출된다.
	8	우측 정보창에서 Sheet탭을 누르면 미세먼지 상태 산출을 위하여 사용된 데이터가 도출된다.
	9	화면 중앙의 시뮬레이션 화면 좌측 드래그 하면 드래그 방향으로 화면이 이동한다.
	10	화면 중앙의 시뮬레이션 화면 휠을 회전 시키면 화면이 축소 또는 확대 된다.
	11	화면 중앙의 시뮬레이션 화면 우측 드래그 하면 드래그 방향으로 화면이 회전한다.

(삼덕공원)드론에 부착된 미세먼지 센서에 의하여 고도별로 측정된 공기질 실측데이터를 3차원 입체격자 체계에 투영한 분석 사용자 인터페이스이다.

<그림 2-24> 삼덕공원 고도별 미세먼지 표출 예시



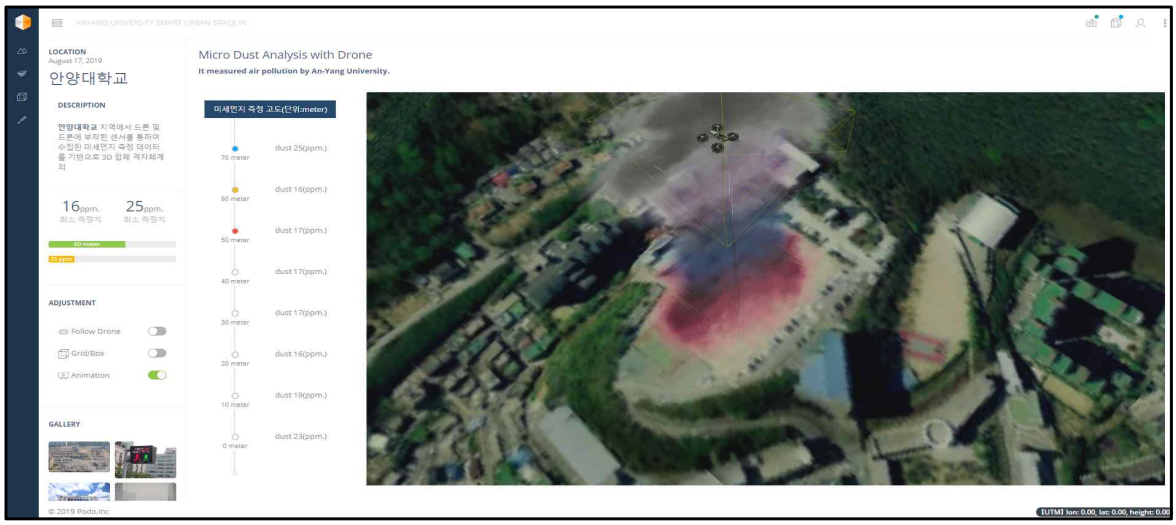
<그림 2-25> 삼덕공원 미세먼지 데이터 종류 확인 예시



<그림 2-26> 삼덕공원 부가정보 표출 예시

화면명		설명
삼덕공원 미세먼지	1	주 메뉴에서 공중( )을 선택하고 Sam-duck Pk. 메뉴를 선택하면 삼덕공원 미세먼지 화면이 오픈된다.
	2	화면이 오픈되면 왼쪽 LOCATION 항목에 지역명 및 부가 정보가 정상적으로 표출된다.
	3	Follow Drone 체크 박스가 체크되면 드론의 움직임을 따라 화면도 함께 이동한다.
	4	Grid/Box 체크 박스가 체크되거나 해제되면 격자의 형태가 박스 또는 프레임 형태로 변형된다.
	5	Animation 체크 박스가 체크되거나 해제되면 미세먼지 상태 표출의 회전이 정지 하거나 회전한다.
	6	화면 우측 상단의 버튼을 누르면 화면 우측에서 Report 탭이 활성화된 정보창이 표출되고 미세먼지 종류 정보가 보인다.
	7	우측 정보창에서 Grid 탭을 누르면 부가 정보 탭이 표출된다.
	8	우측 정보창에서 Sheet탭을 누르면 미세먼지 상태 산출을 위하여 사용된 데이터가 도출된다.
	9	화면 중앙의 시뮬레이션 화면 좌측 드래그 하면 드래그 방향으로 화면이 이동한다.
	10	화면 중앙의 시뮬레이션 화면 휠을 회전 시키면 화면이 축소 또는 확대 된다.
	11	화면 중앙의 시뮬레이션 화면 우측 드래그 하면 드래그 방향으로 화면이 회전한다.

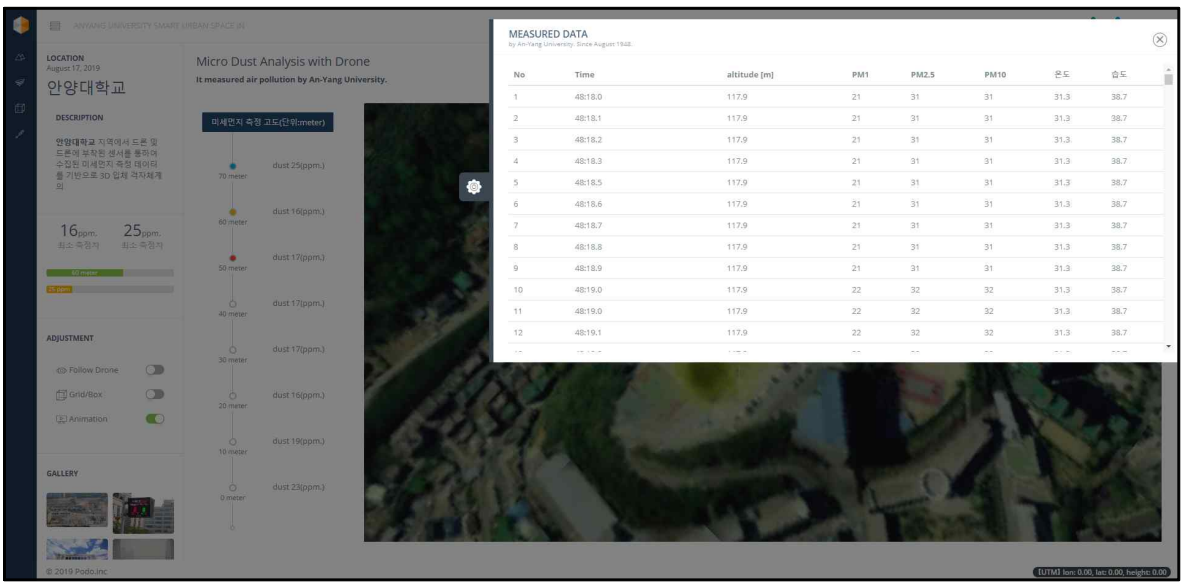
(안양대학교)드론에 부착된 미세먼지 센서에 의하여 고도별로 측정된 공기질 실측데이터를 3차원 입체격자 체계에 투영하는 분석 사용자 인터페이스이다.



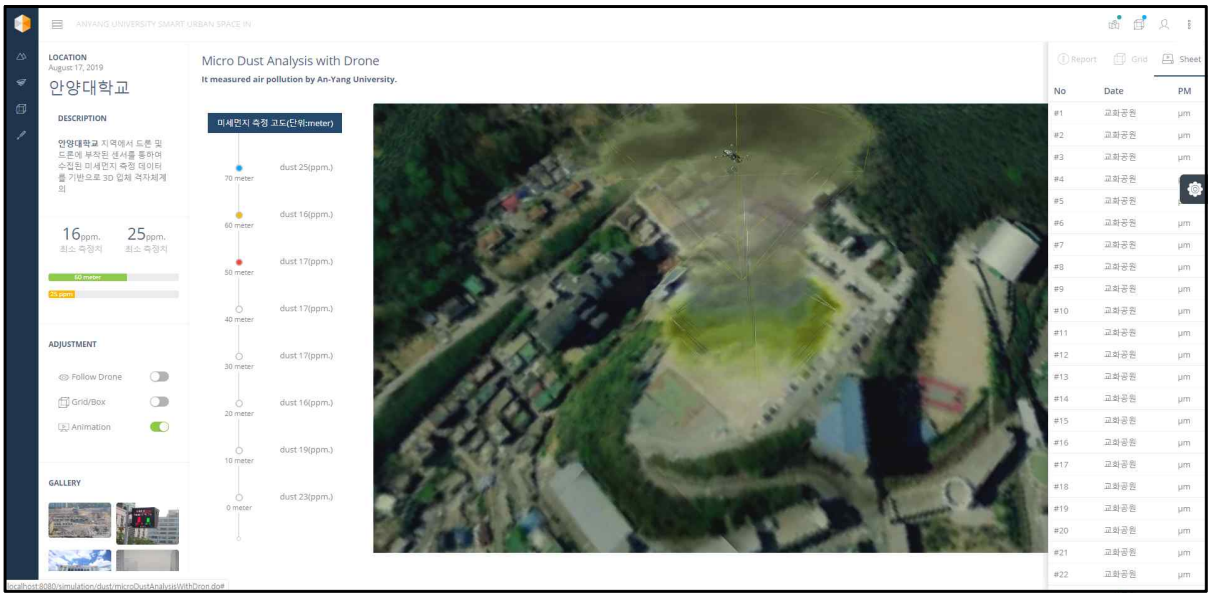
<그림 2-27> 안양대학교 미세먼지 표출 예시

<그림 2-28> 안양대학교 미세먼지 데이터 종류 확인 예시

<그림 2-29> 안양대학교 미세먼지 부가정보 표출 예시



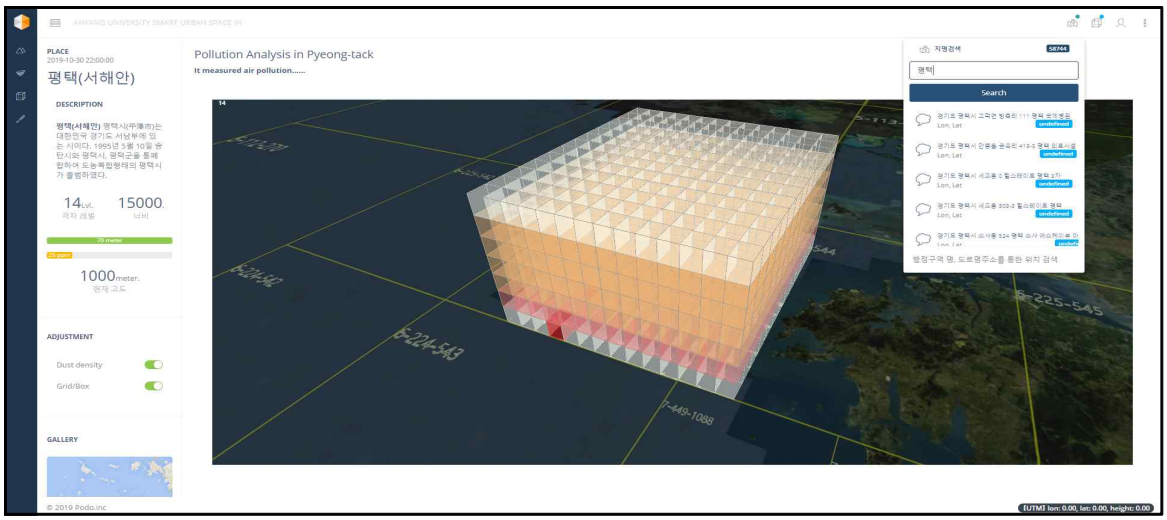
<그림 2-30> 안양대학교 미세먼지 원본 데이터 표출 예시



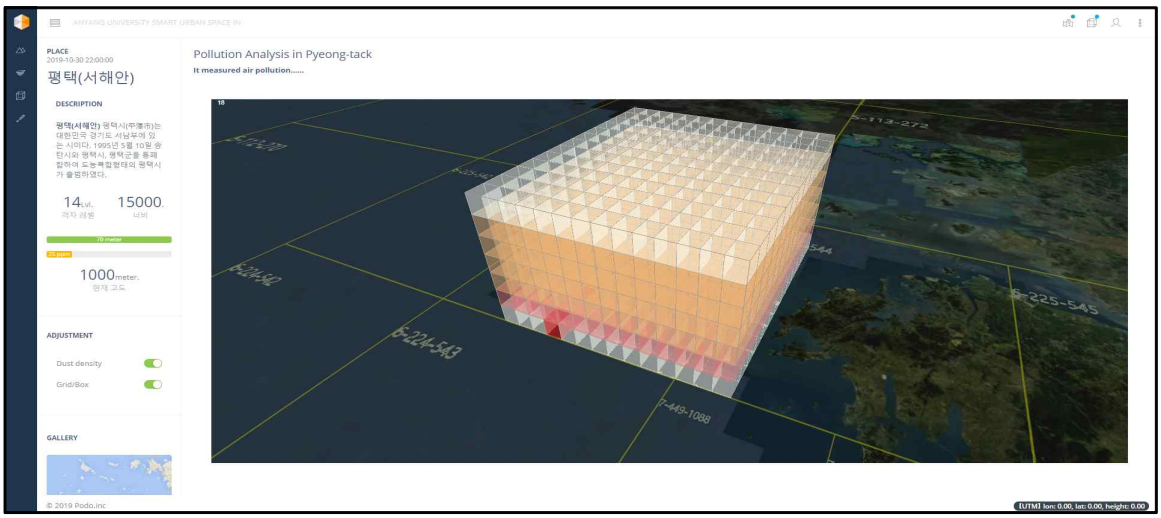
<그림 2-31> 안양대학교 미세먼지 평균 데이터 원본 표출 예시

화면명		설명
안양대 미세먼지	1	웹 브라우저에 http://222.99.84.98:8080/을 입력하면 국토 통합관리 실증 서비스가 오픈된다.
	2	주 메뉴에서 공중( )을 선택하고 An-yang Univ 메뉴를 선택하면 안양대 미세먼지 화면이 오픈된다.
	3	화면이 오픈되면 왼쪽 LOCATION 항목에 지역명 및 부가 정보가 정상적으로 표출된다.
	4	화면 중앙 입체격자 화면 좌측에 미세먼지 측정 고도(단위:meter) 플로우 트리가 정상적으로 표출된다.
	5	Follow Drone 체크 박스가 체크되면 드론의 움직임을 따라 화면도 함께 이동한다.
	6	Grid/Box 체크 박스가 체크되거나 해제되면 격자의 형태가 박스 또는 프레임 형태로 변형된다.
	7	Animation 체크 박스가 체크되거나 해제되면 미세먼지 상태 표출의 회전이 정지 하거나 회전한다.
	8	화면 우측 상단의 버튼을 누르면 화면 우측에서 Report 탭이 활성화된 정보창이 표출되고 미세먼지 종류 정보가 보인다.
	9	우측 정보창에서 Grid 탭을 누르면 부가 정보 탭이 표출된다.
	10	우측 정보창에서 Sheet탭을 누르면 미세먼지 상태 산출을 위하여 사용된 데이터가 도출된다.
	11	버튼을 누르면 우측에서 측정된 미세먼지 정보를 보여주는 정보창이 나온다.
	12	화면 중앙의 시뮬레이션 화면 좌측 드래그 하면 드래그 방향으로 화면이 이동한다.
	13	화면 중앙의 시뮬레이션 화면 휠을 회전시키면 화면이 축소 또는 확대 된다.
	14	화면 중앙의 시뮬레이션 화면 우측 드래그 하면 드래그 방향으로 화면이 회전한다.

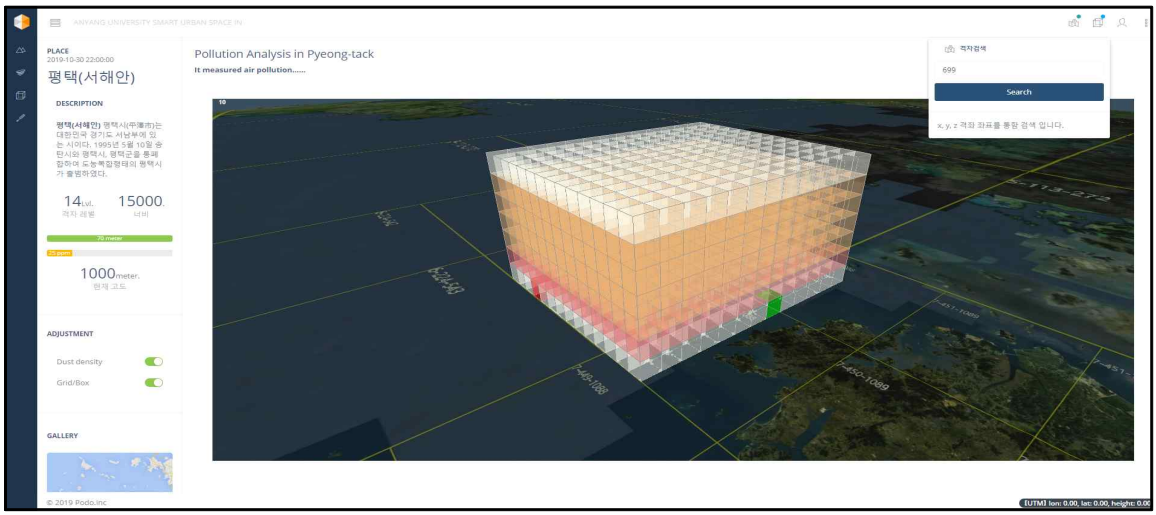
서해안 인근에서 취득한 시간별 태안, 인천 해상 공기질 측정 데이터를 3차원 입체격자 체계로 투영한 분석 사용자 인터페이스이다.



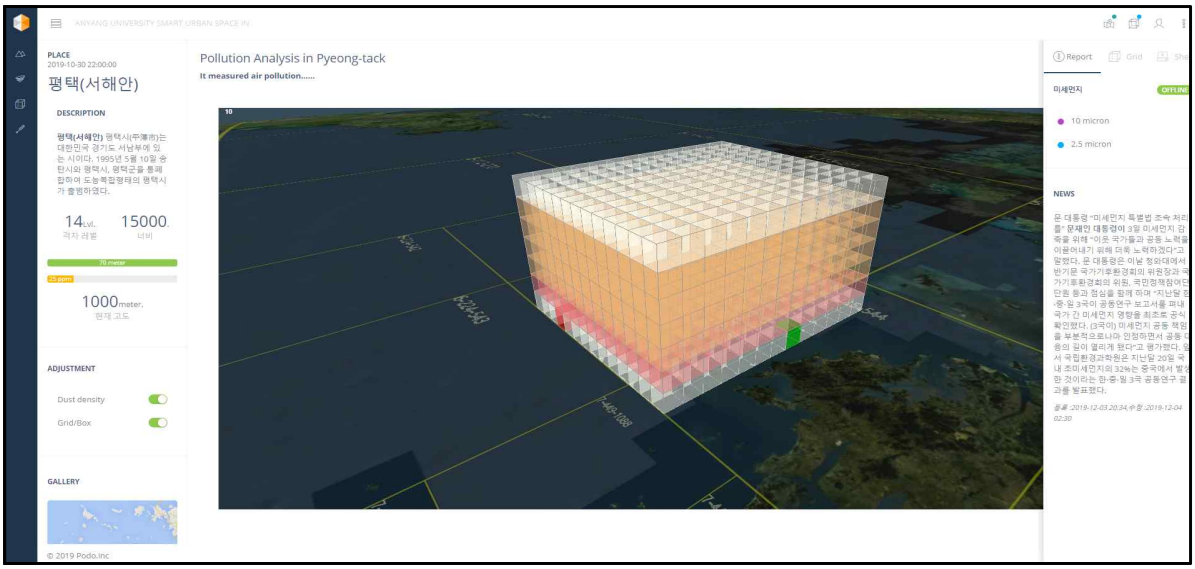
<그림 2-32> 평택 미세먼지 지명 검색 예시



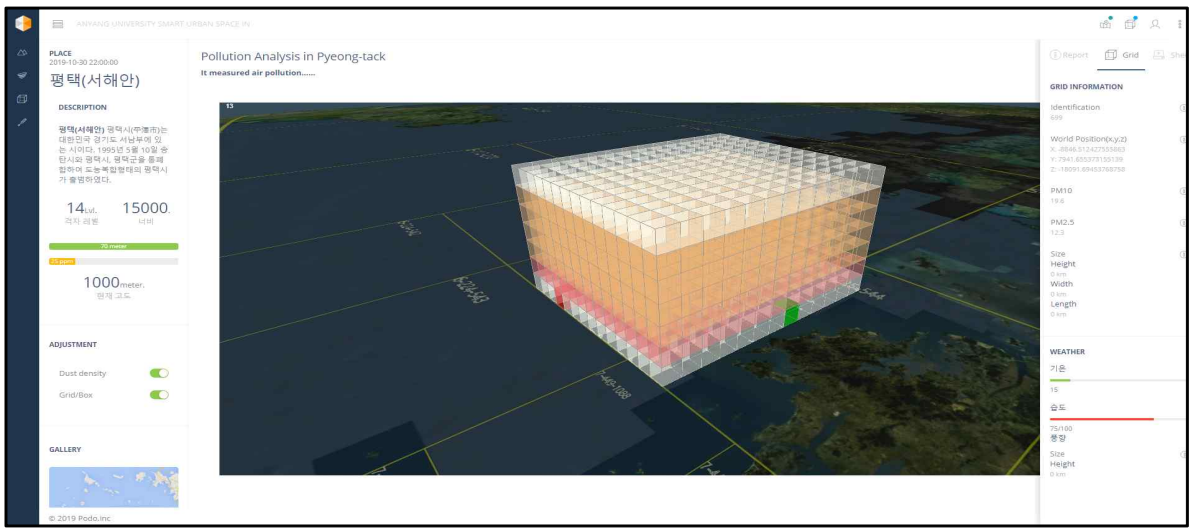
<그림 2-33> 평택 미세먼지 평균치 표출 예시



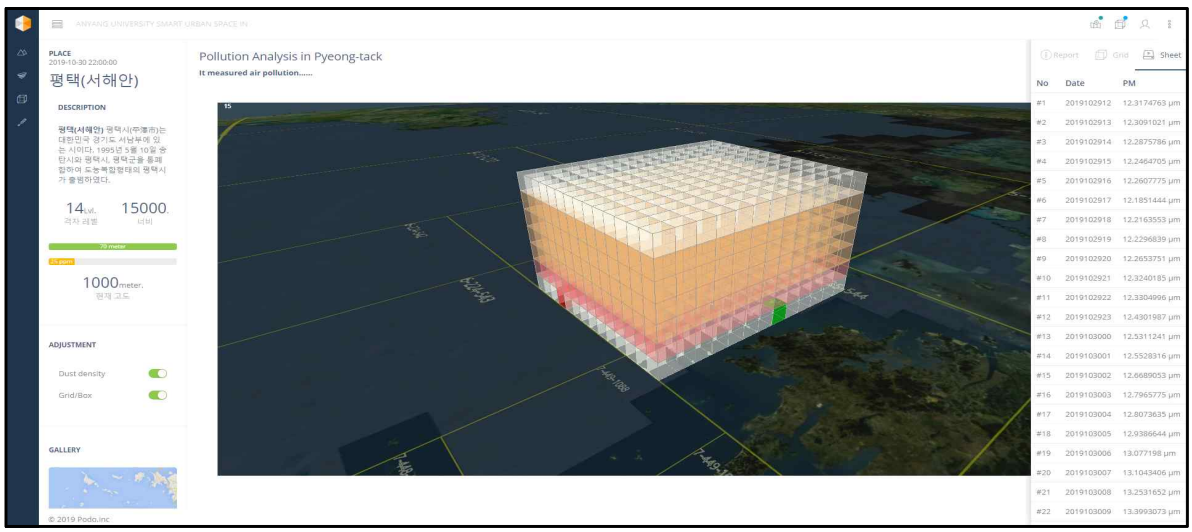
<그림 2-34> Voxel ID 검색 예시



<그림 2-35> 데이터 종류 표출 예시



<그림 2-36> 선택된 Voxel 기본정보 표출 예시



<그림 2-37> Voxel 미세먼지 평균 산출용 원본데이터 보기 예시

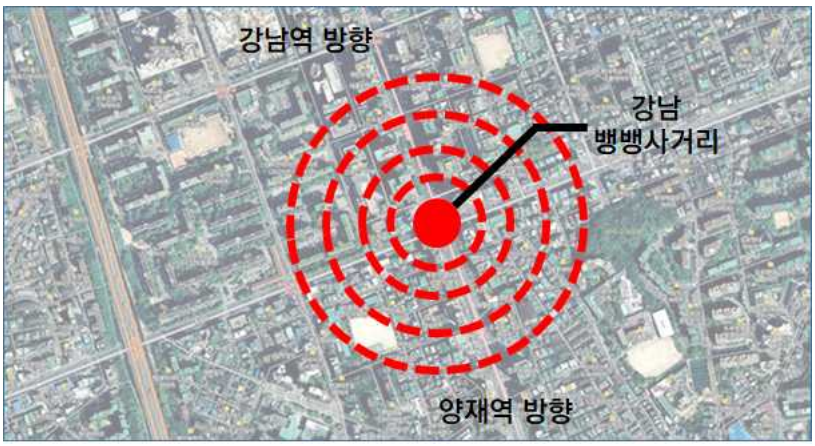
화면명	설명	
평택해상 미세먼지	1	주 메뉴에서 공중( )을 선택하고 Peongtack Grid 메뉴를 선택하면 삼덕공원 미세먼지 화면이 오픈된다.
	2	화면이 오픈되면 왼쪽 LOCATION 항목에 지역명 및 부가 정보가 정상적으로 표출된다.
	3	화면 우측 상단의 버튼을 선택하면 지명 검색 팝업이 오픈된다.
	4	지명검색 팝업의 도로명주소, 건물명 또는 지번입력 에 지명을 입력하고 Enter 키를 누르면 검색된 결과가 화면 하단에 목록으로 표출된다.
	5	검색된 지명 중 하나를 클릭하면 해당 지역으로 화면 이동된다.
	6	화면 우측 상단의 버튼을 누르면 격자 검색 화면이 오픈된다.
	7	격자검색 팝업의 3D Grid x, y, z 에 격자 번호(식별자)를 입력하면 해당 격자가 녹색으로 반전 표시된다.
	8	화면 우측 상단의 버튼을 누르면 화면 우측에서 Report 탭이 활성화된 정보창이 표출되고 격자의 미세먼지 종류 정보가 보인다.
	9	우측 정보창에서 Grid 탭을 누르면 선택된 격자와 격자의 부가 정보 탭이 표출된다.
	10	우측 정보창에서 Sheet탭을 누르면 격자의 미세먼지 상태 산출을 위하여 사용된 데이터가 도출된다.
	11	화면 중앙의 시뮬레이션 화면 좌측 드래그 하면 드래그 방향으로 화면이 이동한다.
	12	화면 중앙의 시뮬레이션 화면 휠을 회전 시키면 화면이 축소 또는 확대 된다.
	13	화면 중앙의 시뮬레이션 화면 우측 드래그 하면 드래그 방향으로 화면이 회전한다.

㉰ 실증 시나리오 2_국토 통합 모니터링

국토·도시 통합 모니터링의 데이터 처리 흐름도 크게 3단계로 분류된다. 첫 번째로 강우에 따른 도심 내 침수를 모니터링하기 위하여 관련 보도자료를 참조하여 대상지와 침수의 임계치를 설정한다. 더불어 각 영역별 해당되는 기관 및 시스템에서 데이터를 취득한다. 두 번째로 각 영역별로 취득된 데이터는 cbr 형태로 변환하여 3차원 입체격자체계에 입력할 수 있도록 가공한다. 세 번째로 가공된 데이터는 융·복합 과정을 통해 통합적으로 모니터링 할 수 있는 시스템을 개발한다. 최종적으로 3차원 입체격자체계를 활용한 시간 흐름 및 강우 현황에 따라 도심 내 수위(침수)현황을 모니터링 할 수 있다.

<그림 2-38> 국토 통합 모니터링을 위한 데이터 처리 흐름도

우리나라는 계절 특성상 폭우가 내릴 시 특정한 지역에서 집중호우로 인한 침수피해가 자주 일어난다. 국립재난안전연구원은 강남역 인근 및 진흥아파트 사거리 인근 지역에서 침수에 대해 매우 취약하다고 분석하였다. 이는 XP-SWMM(Strom Water Management Model)를 이용하여 분석한 결과로써 지속시간별/빈도별 침수발생 예상도를 조사하여 분석한 결과이다. 본 국토 · 도시 통합 모니터링 서비스를 효과적으로 표현하고 일반인들이 더욱 체감하여 정보습득을 용이하게 할 수 있는 상황을 제공하기 위해 강남역 인근 뱅뱅사거리를 대상지로 선정하였다.



<그림 2-39> 대상지 선정

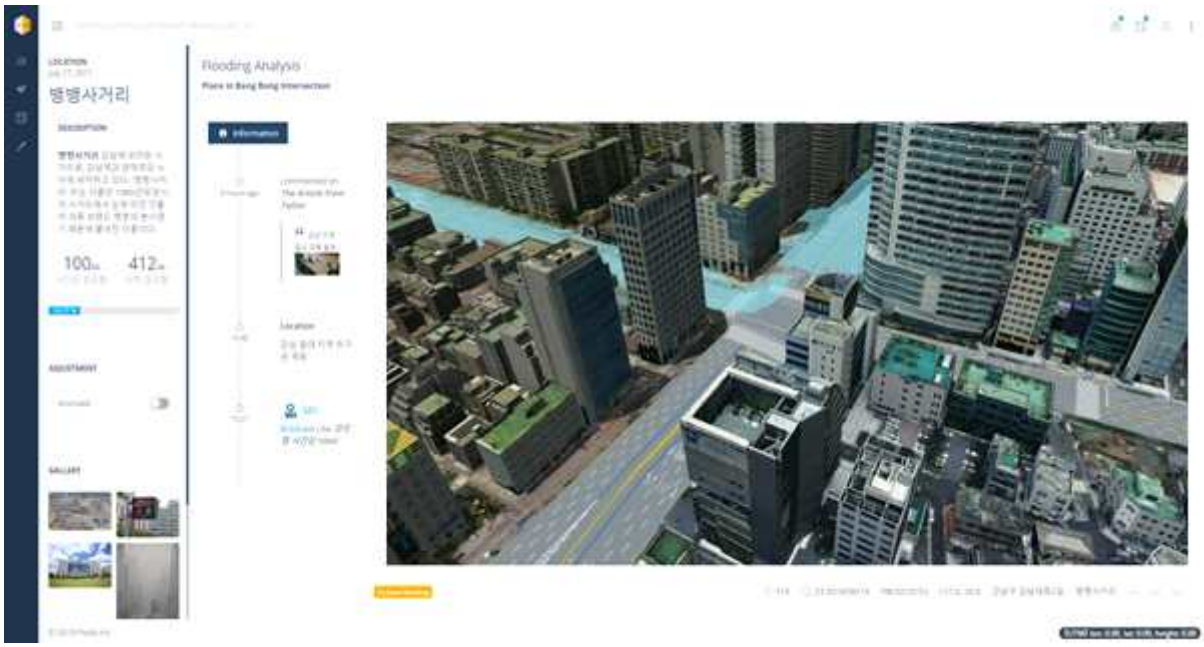
기상 데이터는 기상청이 제공하는 API를 활용 및 연계하였다. 기상자료개방포털에서 지상에서 관측하여 생산되는 종관기상관측자료를 활용하였다. 강우 데이터는 분, 시간, 일, 월, 년 단위로 업데이트되어 정보를 제공하고 있다. 본 모니터링 시스템 개발을 위해 데이터는 서울시의 기상관측소인 서울 종로구 서울 기상관측소, 관악산 기상레이더관측소에서 제공하는 시간당 강수량 데이터를 활용하였다. 취약시설물과 건물 데이터는 한국시설안전공단에서 제공하는 데이터를 활용하였다. 공단에서 제공하는 시설물과 노후 공공시설물의 정보 및 속성 정보 등을 연계하여 사용하였다. 하지만 대상지 근처 시설물들은 대부분 고층건물들로 이루어져 있으며, 취약시설이 존재하지 않아 시스템에서는 강우로 인한 침수 시 피해(영향)

를 받는 영역을 시각화할 수 있도록 하였다. 지하시설물의 데이터는 보안시설로 분류되어 데이터 취득이 불가하였다. 이로 인해 서울 도심 내 침수의 기준이 되는 수치를 판단할 수 없었다. 따라서 우수를 처리할 수 있는 능력을 벗어나 침수가 시작되는 기준이 되는 임계치는 2016년 '강남역 일대 침수피해 방지사업 주민설명회' 자료(기사)를 인용하여 시간당 62mm의 강우가 내릴 경우로 설정하였다. 수위/수질 데이터는 한강홍수통제소에서 제공하는 API를 연계하였다. 한강홍수통제소에서는 수위 관측소에 대한 속성 정보와 실시간 강수량 데이터 정보, 홍수예보발령 등 수위(침수)에 대한 데이터를 재공하고 있다. 제공된 데이터들을 융합하여 시스템 내에서 도심 내 수위(침수) 모니터링을 효과적으로 표현할 수 있었다.

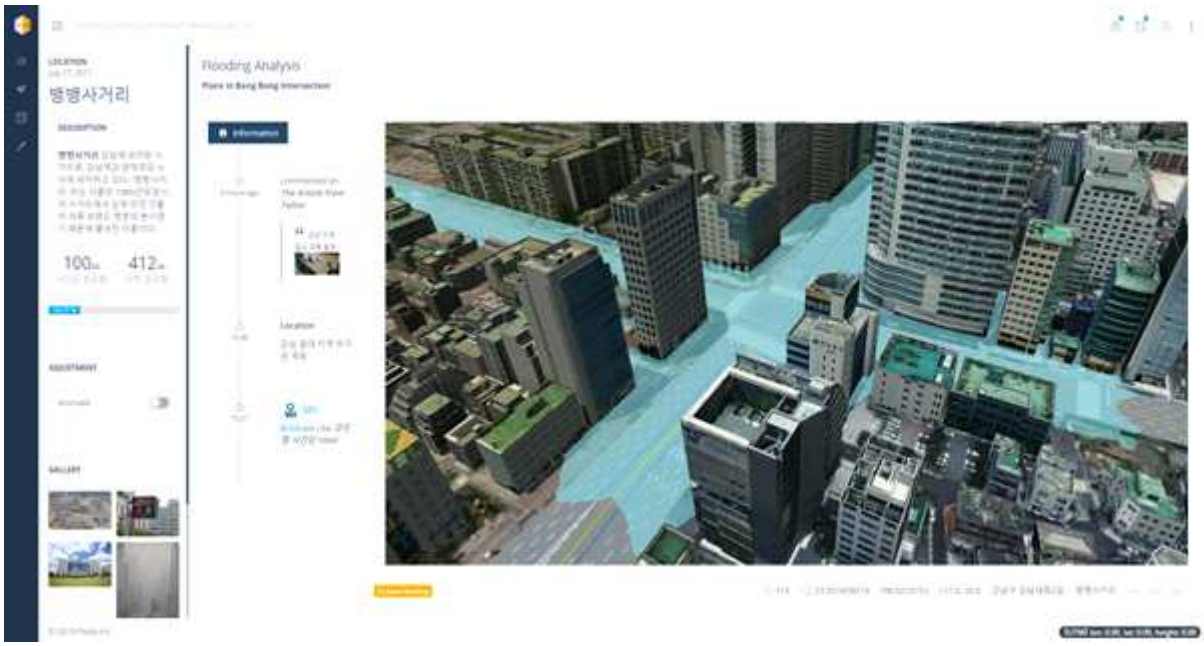
수집 및 연계가 가능한 데이터들은 융합하여 하나의 모니터링 서비스로 제공된다. 보안상 제공되지 않는 지하시설물 데이터를 제외한 각 영역별 데이터는 API로 제공하고 있기 때문에 3차원 입체격자를 활용한 국토 · 도시 통합 모니터링 개발이 가능하다.

국토 · 도시 통합 모니터링을 위한 데이터 처리 흐름은 다음과 같다. 기초 작업으로 앞서 말한 방법으로 각 영역별 데이터를 취득한다. 취득된 데이터는 cbr 형태로 변환하여 3차원 입체격자 엔진을 활용하여 통합 모니터링이 가능하도록 한다. 수집 및 연계된 각 영역별 데이터는 미세먼지 모니터링 서비스와 마찬가지로 WebGL과 CMWorld 3D API를 통하여 개발하였다. 사용자들에게 효과적으로 시각적인 정보를 전달하기 위하여 Three.js에서 제공하는 Material 기능을 사용하였다. 물과 비슷한 색상과 투명도를 적용하였으며 저지대부터 점차적으로 침수가 진행상황을 확인할 수 있도록 시스템을 개발하였다.

강수데이터를 활용한 강남역 인근 뱅뱅사거리의 수위(침수) 모니터링의 화면은 아래 그림과 같다. 화면과 같이 임계치 이상으로 강수조건이 성립할 때 저지대부터 수위의 변화를 모니터링 할 수 있으며, 특정 도로와 골목에 침수 여부를 확인할 수 있다.



↓ ↓ ↓



<그림 2-40> 도심 수위(침수)현황 모니터링

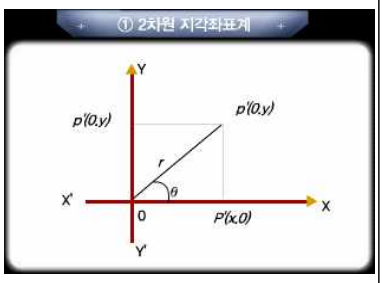
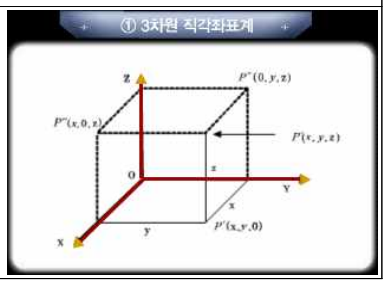
(2) 3차원 입체격자체계 타당성 검증 연구(B)

(가) 3차원 입체격자체계 관련 현황 및 요구사항 분석

① 3차원 입체격자체계 관련 현황분석

공간상의 위치를 설정하는 기준체계는 좌표체계를 비롯해 주소체계, 격자체계로 구분할 수 있다. 이들 모두는 공간상의 위치를 표시하는 방법으로 만들어진 체계로써 좌표체계는 점 단위로, 주소체계는 필지 및 행정구역 단위로, 격자체계는 격자 및 그리드 단위로 위치를 표시하고 있다. 최근 4차 산업혁명이 대두되면서 초연결사회를 실현화하기 위해 사물간의 위치표현 정확성이 확보되어야 하며 이에 따른 좌표체계의 중요성이 더욱 커지고 있다.

<표 2-14> 일반 좌표계 분류

구분	개요	개념도
1차원 좌표계	-주로 직선과 같은 1차원 선형에 있어서 점의 위치를 표시하기 위한 좌표계 -직선 위의 한 대상점의 위치를 표시하려고 할 때 직선상에 기준이 되는 점을 원점으로 잡고 양, 음의 방향을 결정한 다음, 원점에서 대상점까지의 거리는 하나의 수치로 나타낼 수 있으며 한 점의 위치는 하나의 실수와 대응하게 됨 -실수를 이 점의 좌표라 하고, 원점으로부터 거리 X에 있는 점 p의 좌표는 p(x)로 표시됨	
2차원 좌표계	-직교하는 두 개의 직선을 좌표축으로 하고 그 교점을 원점으로 하여 원점에서 대상점에 이르는 거리의 각 축 성분의 값으로 그 점의 위치를 표시하는 방법으로서, 평면상 1점의 위치를 표시하는 가장 대표적인 좌표계 -평면 위에 한 점 O를 원점으로 정하고, O를 지나고 서로 직교하는 두 직선 XX', YY'을 좌표축으로 삼고, 평면상의 한 점 P의 위치는 P를 지나며 X, Y축과 만나는 P'과 P''의 원점으로부터 거리를 OP'=x, OP''=y로 나타냄	
3차원 좌표계	-3차원 공간의 위치를 나타내는데 가장 기본이 되는 좌표계 -원점 O와 서로 직교하는 세 축 OX, OY, OZ를 좌표축으로 함 -공간의 한 점 P에서 Z축에 평행하게 XY평면에 내린 수선의 발 P'의 좌표를 (x, y)라 하고 PP'의 값을 Z축 좌표로 하여, 점 P의 위치를 세 실수로 된 좌표 (x, y, z)로 표시	

자료 : 함께 서울지도(gis.seoul.go.kr), 참조하여 재구성

격자(格子)는 서로 직교하는 망상(網狀)의 평행선을 나타내며, 평면 또는 입체에 있어서 일정한 간격으로 규칙성 있게 반복된 구조를 표현하는 것을 의미하며, 격자에 대한 개념적 정의는 크게 ① 래티스, ② 픽셀, ③ 격자 의 3가지로 제시할 수 있다.

- 래티스(Lattice) : 수학적인 개념으로 일정한 간격으로 규칙성 있게 반복된 무늬나 구조를 의미하며, 특히 틀(Frame)의 개념으로 불림

- 픽셀(Pixel) : 광학 및 색체학적 개념으로 주고 사진 분야에서 사용되며, 지리적 공간 데이터인 '공간 해상도(Spatial Resolution)'로 불림
- 격자(Grid) : GIS 및 전산학적 개념으로 데이터 유형의 분류에 있어 가장 가까운 가공된 격자형 자료(Gridded Data, Feature Data)[4]로 정의됨

미국, 영국, 유럽, 프랑스, 일본, 우리나라 등 여러 나라에서는 필요에 의해 2차원 격자체계가 도입하여 사용되고 있으며, 본 연구에서는 나라별 2차원 격자체계의 활용방법, 기준좌표계, 격자기준점, 구성격자체계, 격자객체 ID 구조 등에 대해서 조사하였다. 국내외 2차원 격자체계 현황을 격자체계 종류, 대상범위, 기준좌표계, 격자기준점, 격자체계 구조, 격자객체 ID로 구분하여 정리하면 다음과 같다.

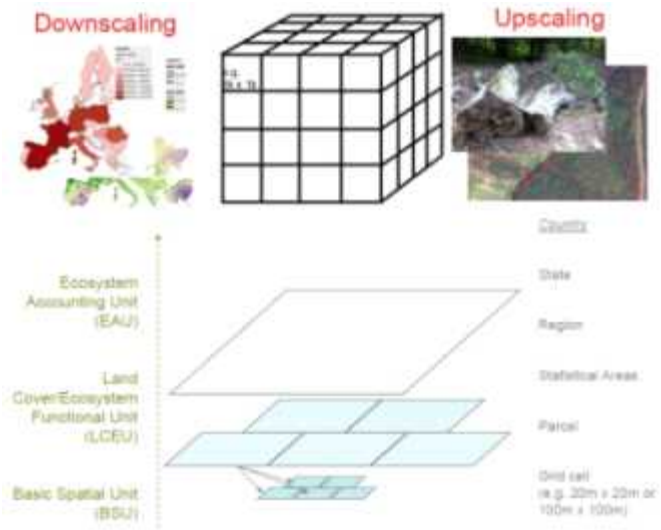
<표 2-15> 국내외 2차원 격자체계

격자체계	대상범위	기준좌표계	격자기준점	격자체계 구조	격자객체 ID
MGRS	전세계	UTM(투영)	경도180도, 적도	100㎞~1m(6단계)	15S WC 80817 51205
USNG	미국	UTM(투영)	경도180도, 적도	100㎞~1m(6단계)	15S WC 80817 51205
NGRS	영국	TM(투영)	투영원점에서 북100㎞, 동400㎞	500㎞~1m(7단계)	NC 54899 54896
ETRS89	유럽전역	ETRS89-LAEA(투영)	투영원점에서 남3,210㎞, 서3,210㎞	100㎞~1m(6단계)	1m N2599456 E4695786
MBS	서유럽	Cassini(투영)	각 나라마다 분리	100㎞~1㎞(4단계)	vZ 332 834
Lambert	프랑스	Cassini(투영)	북서/중앙/남쪽/섬 4개 존으로 분리	100㎞~1㎞(4단계)	vZ 33 2834
Mesh	일본	경위도(지리)	북위 20도 동경122도	제1차지역구획(약80㎞) 제2차지역구획(약10㎞) 제3차지역구획(약 1㎞) 2분의1지역메쉬(약500m) 4분의1지역메쉬(약 250m) 8분의1지역메쉬(약 125m) 2배지역메쉬(약 2㎞) 5배지역메쉬(약 5㎞)	5339-23-43-1-4
Equi7	전세계 (7구역으로 구분)	경위도(지리)	-	T6레벨(64m~1,000m) T3레벨(20m~60m) T1레벨(1m~16m)(3단계)	-
국가지점번호	우리나라	UTM-K(투영)	투영원점에서 남700㎞, 서300㎞	100㎞~10m (5단계)	라아 8485 1333

4) 격자데이터(Gridded Data)는 2개 또는 그 이상의 선(Curve)들의 집합으로 이루어진 망으로써 각각의 집합은 서로 알고리즘에 의하여 다른 집합들의 구성원들과 교차하게 된 구성체이다. 격자데이터는 가로, 세로의 셀(Cell)로 구성된 영상이 대표적인 사례로, 수치고도자료(DEM)와 같이 일정한 간격의 지표에 대한 표고를 데이터로 구성한 것도 이에 해당한다.

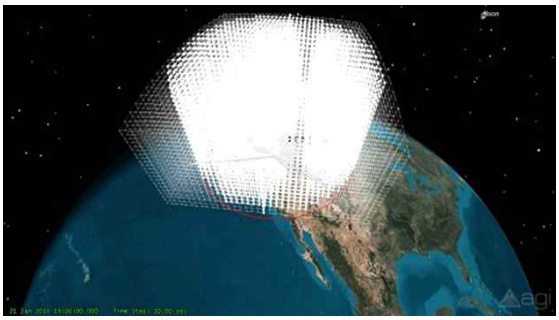
문헌 및 인터넷 등을 통해 조사를 해본 결과, 현재까지 입체구조 형태를 지닌 3차원 격자체계를 도입하여 활용한 사례를 찾아보기 어렵다. 따라서 3차원 격자구조의 개념정립 및 연구개발 사례에 대하여 조사하였다.

UNSD는 환경경제계정체계 연구에서 공간정보를 기반으로 입력자료를 통합하고, 생태계정과 관련 지표 보고시 표준화된 공간단위로 융합큐브(Assimilation Cubes) 개념을 사용하였다. 다양한 입력자료를 격자구조의 통합 데이터베이스에 저장하고 여러 공간단위로 재집계하기 위하여 융합 큐브 방법을 사용하였다.

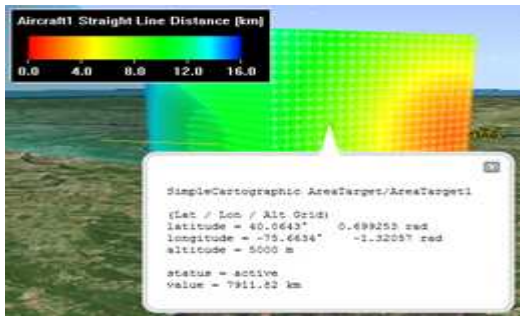


<그림 2-41> 융합큐브 개념 및 사용된 데이터 집계단위

공중, 우주 공간에 대한 분석 툴을 제공하는 미국 기업 AGI가 제공하는 STK(System Tool Kit)은 2017년 11월에 런칭했다. 이 도구는 3차원 입체격자체계를 활용하여 지상에서 발생한 이벤트가 대기, 우주에 어떻게 영향을 미치는지 분석할 수 있다.

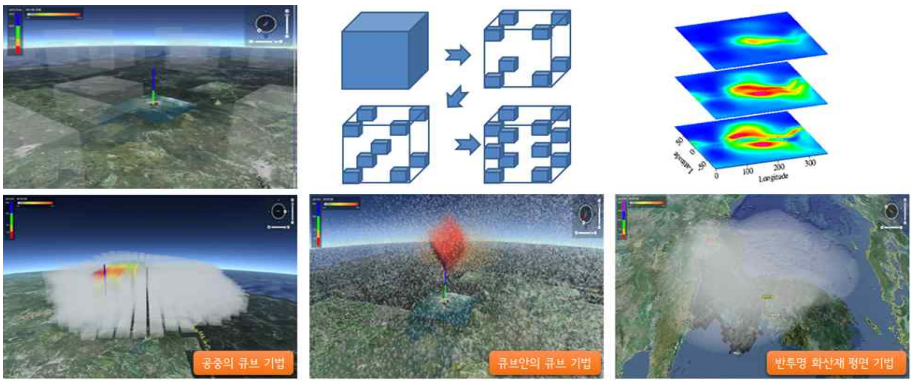


<그림 2-42> STK를 활용한 격자 생성
자료 : https://goo.gl/QkYoeg



<그림 2-43> STK를 활용한 정보표출

국민안전처에서는 화산재해 발생 시 피해 예측을 위해 화산재해대응시스템을 구축하였고 화산재 확산에 대한 가시화를 위해 3차원 격자 개념을 도입하여 시뮬레이션 기술을 개발하였다. 3차원 격자는 2차원 기반의 가시화 기술에 비해 물질의 체적, 부피, 농도 등의 표현에 있어서 현실감 있는 정보 제공이 가능함으로 이 연구에 3차원 격자 모델을 응용하였다.



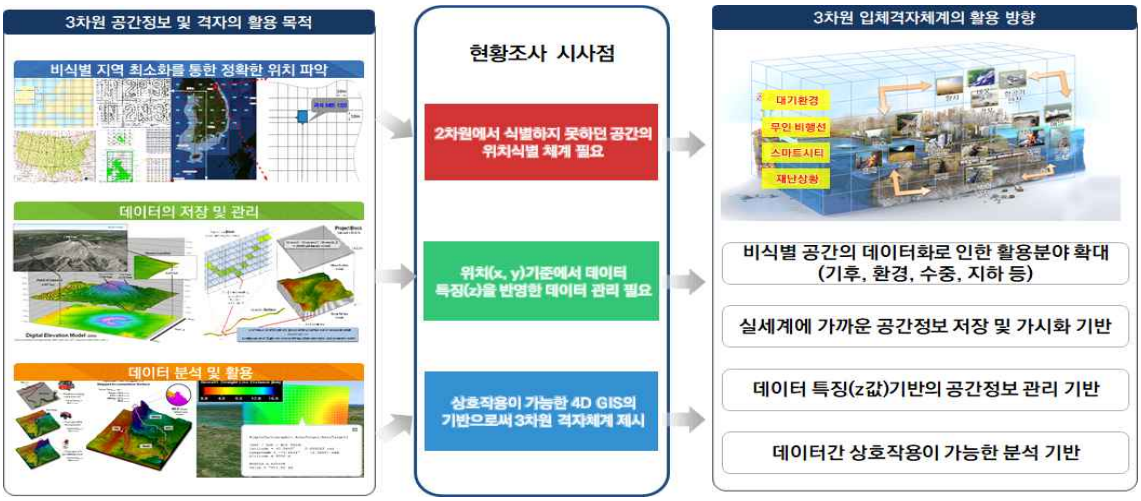
<그림 2-44> 화산재 확산 예측 데이터 가시화

2, 3차원 격자체계에 대해 현황 검토한 결과, 격자체계는 국토를 격자형으로 일정하게 구획하여 지점에 위치를 표시하는 방법으로, 2차원 격자체계는 여러 국가, 행정기관 등에서 개발 및 활용하고 있으나, 3차원 격자체계를 개발한 사례는 없었다. 현재까지 3차원 격자구조 개념을 활용한 연구개발 사례가 시도되고 있을 뿐이다. 3차원 공간은 2차원 면의 상/하 수직방향 확장에 의해서 정의된다. 이에 3차원 입체격자체계는 선행적인 2차원 격자체계 모델과의 관계를 고려하는 것이 중요하며, 이후 상/하 수직방향의 모델로 확장하는 방향으로 구축하는 것이 필요하다.

기존의 행정기관 및 연구 등에서 2차원 격자체계를 활용하는 이유에는 데이터의 융합, 통계, 분석, 활용하는데 있어 용이하다는 점이었다. 반면

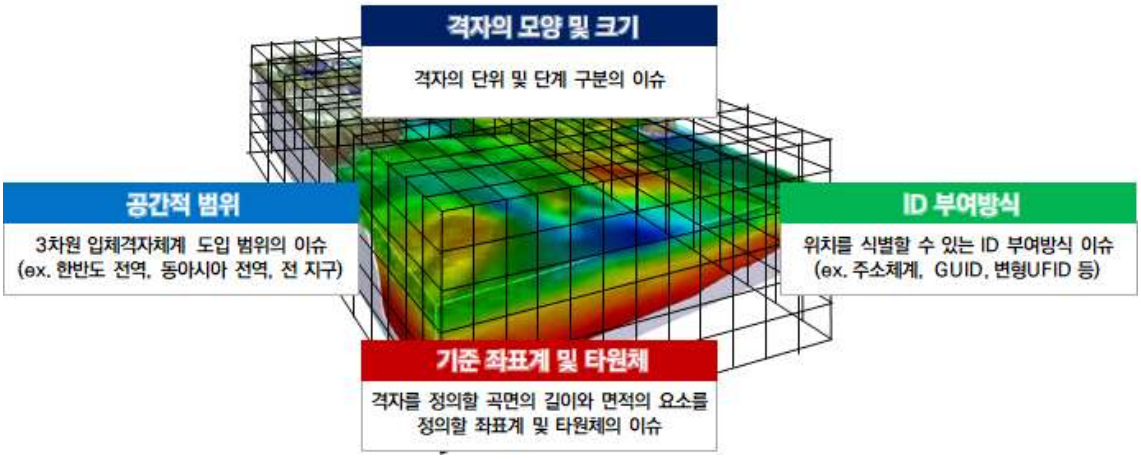
3차원 격자체계의 장점은 2차원 격자체계에서 식별할 수 없었던 공간의 식별이 가능해진다. 공중, 수중, 지하는 우리가 육안으로 확인 할 수 없었던 공간이고, 2차원 공간정보로 표현하는 것에도 한계가 있었다. 국외에서는 이러한 2차원 공간정보의 한계를 극복하기 위해서 3차원 격자체계에 관한 연구가 추진 중에 있으며, 국내의 기상, 수문 등의 분야에서도 이미 격자체계를 활용하고 있다. 이처럼 현황조사 결과 공간정보의 기준을 마련하는 차원에서 3차원 입체격자체계가 현재 진행형인 것을 알 수 있었다.

2차원 공간정보에서는 점, 선, 면 형태의 개별 객체로 데이터를 분석, 관리 하던 방식이었다. 그러나 입체격자를 기반으로 하여 데이터도 실세계에 가까운 정확한 위치와 특징(z값)을 갖게 되고 이를 검색 활용함으로써 데이터 분석, 관리를 하는데 시간을 단축할 수 있다는 점이다. 더불어 정확한 데이터의 특성을 반영함으로써, 데이터 간 상호작용이 가능하도록 실세계에 가깝게 공간정보를 구축할 수 있을 것이다. 여기서 상호작용이란 예를 들어 기존에 내비게이션에서 제공되던 경로정보에 도로의 높이 값(z값)과 환경(표고, 등고선, 지명 등)값이 더해져서 입체격자에서 관리된다면, 목표지점까지 차량이 진입가능한 도로, 도보가 필요한 도로 등 다양한 방식의 상호작용 결과를 제시하게 될 것이다. 이는 무인비행장치, 스마트시티 통합관리, 각종 재난상황, 3차원적 물질의 공간분포 등 많은 분야에서 활용할 수 있는 기반이 될 것이다.



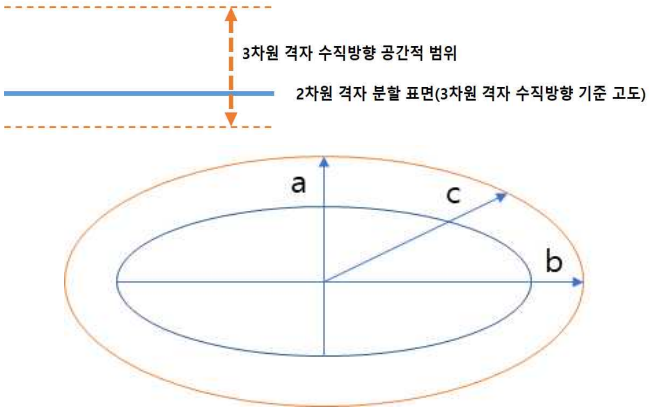
<그림 2-45> 현황분석 결과에 따른 3차원 입체격자체계 활용방향

2차원 격자체계에서 격자를 분할하기 위해서는 격자기준점, 기준좌표계, 분할격자의 크기, 객체격자 ID 표시 방법 등을 고려해야 한다. 3차원 입체격자체계를 개발시 마찬가지로 위의 요소들은 고려해야 할 것이다. 지구의 형태상 3차원적인 지구를 2차원으로 표현함에 있어 왜곡은 생기게 문제가 발생하는데, 이는 3차원 입체격자체계를 구축함에 있어서 중요하게 다루어져야 한다.



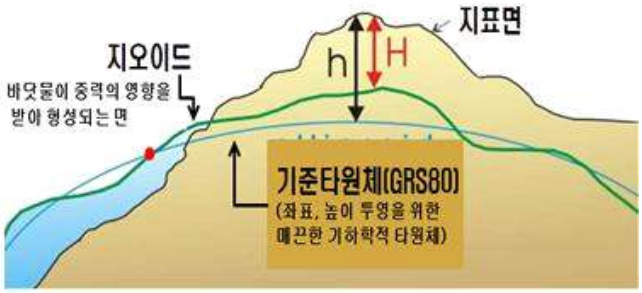
<그림 2-46> 3차원 입체격자체계 구축의 고려사항

3차원 격자체계는 2차원 격자체계의 공간적 범위에 추가로 수직방향의 공간적 범위에 대한 정의가 필요하다. 수직방향의 공간적 범위는 2차원 격자체계에 정의된 2차원 격자 분할 표면의 기준 고도를 중심으로 아래/위 고도의 범위를 정의할 수 있다. 2차원 격자체계를 투영평면으로 이용할 경우 단순한 수직방향의 공간적 범위를 정의할 수 있다. 하지만, WGS84, GRS80, Bessel과 같은 타원체 표면을 이용할 경우 즉, 원이나 구를 참조하는 3차원 모델 및 연산식을 타원체에 정의할 경우에는 많은 오류가 발생하므로 이를 고려하여 정의될 필요가 있다.



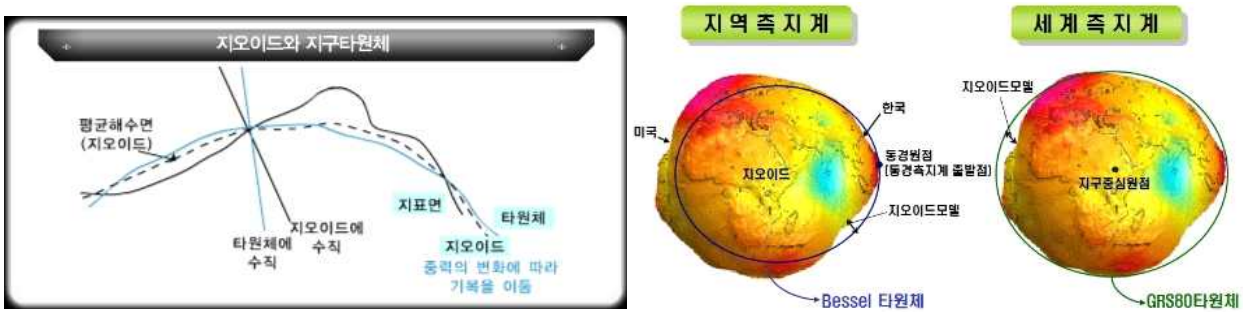
<그림 2-47> 수직(고도)의 기준과 범위 고려

수직고도의 기준면을 어떻게 정의할 것인가도 반드시 고려해야 하는 사항이다. 수직고도의 기준면 정의에 있어서 절대 빠질 수 없는 것이 지오이드 모델이다. 평균해수면 기준으로 사용되는 지오이드(중력장) 모델은 기준 타원체와는 달리 불규칙한 면을 형성하고 있다. 이에 평균해수면을 3차원 입체격자체계의 기준 고도로 정의하는 것에는 무리가 있어 보인다. 하지만, 현재 이미 3차원으로 구축되어 있거나, 3차원으로의 변환이 가능한 대부분 데이터의 고도 기준을 살펴보면 평균해수면을 사용하고 있음을 확인할 수 있다. 3차원 데이터를 격자에 융합 · 활용하기 위해서는, 평균해수면을 고도 기준으로 작성된 3차원 데이터는 해당 위치의 지오이드 높이를 고려하여 변환될 필요가 있다.



<그림 2-48> 수직고도의 기준면 정의 고려

앞서도 언급했지만, 지구 타원체는 지구의 모양과 가장 유사한 매끈한 타원체를 정의한 것이지 실제 지구표면의 형상이나 평균해수면으로 사용되는 지오이드 면과 동일한 것이 아니다. 수직 고도 방향은 이론적으로 지오이드에 수직인 중력방향과 타원체의 표면에서 타원체 중심으로 향하는 지구 중심방향이 존재한다. 이에 수직 고도 방향 간에는 수직선 편차(Deviation of the vertical)가 발생하게 된다. 3차원 공간을 분할하는 3차원 입체격자체계를 정의함에 있어서, 타원체의 중심인 지구 중심방향으로 결정하는 것이 타당하다고 생각되지만, 실세계의 3차원 공간에서 존재하는 객체(물질)들은 지오이드에 수직방향(중력방향)으로 중력의 영향을 받으며 존재(예: 건물, 대기, 자동차, 비행기 등)하므로 이에 따른 수직선 편차의 보정이 가능할 때 타원체의 중심방향으로 3차원 입체격자체계의 수직고도 방향을 결정해야 하는 것도 고려해야 한다.

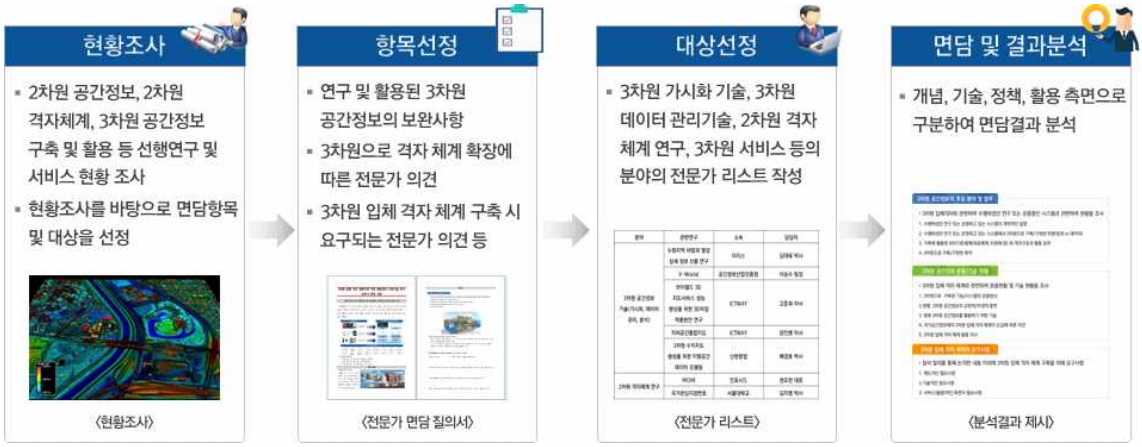


<그림 2-49> 수직(고도)의 방향 고려

② 다중 공간정보 관련 기관 요구사항 분석

본 연구에서 다중 공간정보 관련기관은 공간정보(2차원 공간정보, 3차원 공간정보, 격자체계 등)를 활용하는 중앙부처 및 산하기관, 지자체, 민간업체로 규정한다. 3차원 입체격자체계 구축에 있어서 이 기관들은 수요자 또는 사용자가 되므로, 기술 개발에 따른 요구사항을 면밀히 조사하여 반영할 필요가 있다.

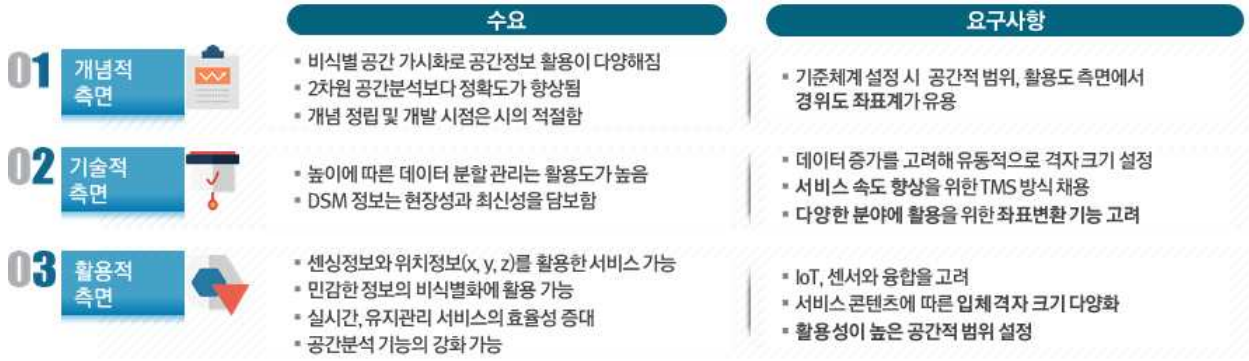
요구사항 조사는 2차원 공간정보, 2차원 격자체계, 3차원 공간정보 구축 및 활용 등 선행연구와 서비스 현황조사 내용을 바탕으로 내용을 구성하고, 3차원 공간정보를 운영하거나 구축한 경험이 있는 기관 및 격자체계를 활용하고 있는 기관을 중심으로 조사대상을 선정하였다. 조사항목은 기관에서 활용하고 있는 공간정보와 3차원 공간정보 활용현황, 3차원 입체격자체계에 대한 수요 및 요구사항을 중심으로 작성하였다. 조사방법은 기관 방문을 통한 담당자 · 전문가 면담(인터뷰) 형태로 진행하였으며, 14개 기관을 대상으로 약 3주간의 일정(2017.10.30.~11.24)으로 실시하였다.



<그림 2-50> 요구사항 분석 프로세스

다중 공간정보 관련기관의 전문가 면담을 통해 3차원 입체격자체계를 구현함에 있어 필요한 요구사항을 조사하였다. 개념, 기술적 측면과 활용 측면에서의 3차원 입체격자체계에 대한 전문가들의 입장은 다양했다. 3차원 입체격자체계가 기존의 2차원 공간정보와 3차원 공간정보에서 제공하지 못했던 비식별 공간의 가시화, 서비스 실시간성의 향상을 해결하는

기술이라는 점에서 관심과 기대가 있음을 알 수 있다. 향후에도 지속적으로 3차원 입체격자체계를 구현함에 있어서 관련기관의 다양한 요구사항을 검토하여 반영하고, 충분한 논의를 통해 방향을 설정하고, 개념과 기술을 확립하는 것이 필요하다. 아래 표에서 다중 공간정보 관련 기관 요구사항 조사결과를 종합하였다.



<그림 2-51> 요구사항 조사결과 종합

(나) 3차원 입체격자체계 구축 타당성 검토

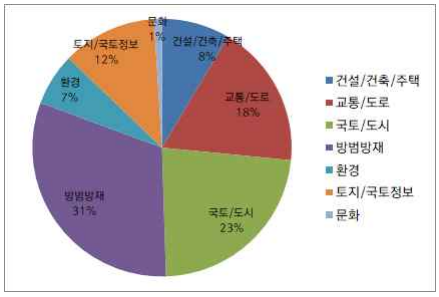
① 3차원 입체격자체계 수요조사 분석

3차원 입체격자체계의 활용 수요를 파악하기 위해 공간정보를 활용하는 업무 담당자, 기존 격자기반의 시스템을 활용하는 관계자, 공간정보 관련 전문가를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 조사는 2017년 11월 7일부터 20일까지 약 2주간, 직접 방문하거나 웹(Google 설문) 및 이메일을 활용하여 진행하였다. 설문조사는 정부 및 지자체, 산하 · 유관기관, 산학연 등 다양한 기관의 의견을 수렴하고자 노력하였으며, 총 100부의 설문응답을 회수하여 분석에 활용하였다. 설문의 내용은 먼저 응답자 정보, 공간정보 업무 활용현황을 파악하기 위한 일반현황 부문과 3차원 입체격자체계 구축의 방향 설정을 위한 필요성 부문, 3차원 입체격자체계 구축시 활용 업무 영역 및 서비스 분야를 파악하는 활용 가능성 부문으로 구성하였다. 또한 3차원 입체격자체계에 대한 개요(개념안, 2차원과 3차원 격자체계의 차이점)를 제시하여 설문응답을 위한 기초정보를 제공하였다.

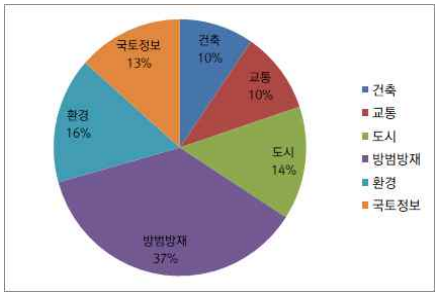
수요조사 결과, 3차원 입체격자체계 구축 시 공간단위에 따른 활용가능성은 '지상(50.8%)>지하(21.0%)>공중(19.0%)>수중(9.2%)' 순으로 나타났다. 공간적 범위별 업무 영역의 활용도는 지상, 지하, 수중영역에서는 방범방재 관련 업무, 공중에서는 교통(항공) 관련 업무에의 활용수요(활용중요도)가 있는 것으로 조사되었다. 지상영역에서는 '방범 · 방재(31.1%)>국토/도시(23.0%)>교통/도로(18.0%)', 지하영역은 '방범 · 방재(36.5%)>환경(15.9%)>도시(14.3%)', 공중영역은 '교통(42.1%)>대기(29.8%)>기상(12.3%)', 수중영역은 '방범 · 방재(31%)>교통(26%)>해양(20%)' 순으로 나타났다.

지상, 지하, 공중, 수중의 공간단위는 그 경계가 나누어져 있는 것이 아니라 연속된 공간으로 존재하므로, 공간단위별 업무를 연계하고 국토 · 도시 차원의 통합관리가 가능하도록 3

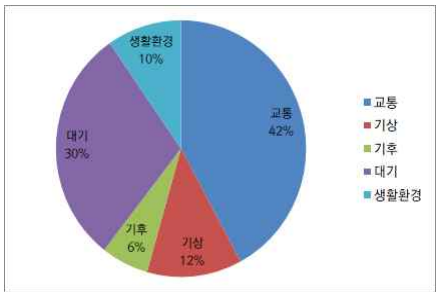
차원 입체격자체계가 융복합 환경을 제공·지원하는 새로운 활용수요 또한 도출될 수 있다고 판단된다.



<지상영역>



<지하영역>



<공중영역>

<수중영역>

<그림 2-52> 공간적 범위별 업무 영역에서의 활용수요

구체적으로 어떠한 업무내용에서 활용수요가 발생하는지에 대해 살펴보고, 소분류 단위의 업무에서 응답한 결과를 점수화하여 활용의 우선순위를 도출하였다.

<표 2-16> 활용수요 순위별 업무분야 및 내용

순위	공간 단위	업무 분야		업무 내용	점수
		대분류	중분류	소분류	
1	공중	교통/도로	항공	관제	92
2	공중	교통/도로	항공	운항	84
3	지상	국토/도시	도시	스마트시티	78
4	지상	국토/도시	도시	관리	70
	지상	토지/국토정보	국토정보	관리	70
6	공중	환경	대기	미세먼지	67
7	지상	방범방재	재난안전	재난대응	63
8	지상	국토/도시	국토	관리	61
9	지상	방범방재	재난안전	시설물관리(CCTV)	59
10	지상	방범방재	재난안전	재난분석	58
11	지상	교통/도로	도로	시설물관리(터널, 보도, 육교, 교량)	54
12	지상	교통/도로	교통	관리	46
13	공중	환경	대기	대기관리	42
14	지하	환경(물)	지하시설물	상수도	41
15	지상	교통/도로	교통	시설물관리	38
16	지상	건축	건축	일조・조망권분석	36
	지하	방범방재	재난안전	시설물관리(CCTV)	36
18	지하	건설/건축/주택	지하구조물	지하건축물	35
	지상	국토/도시	도시	계획	35
20	수중	교통	항해	항로관리	34

분석한 결과, 공중영역에서의 항공 관제 및 운항/미세먼지 등 대기환경 업무, 지상영역의 스마트시티/도시관리 및 국토정보 관리/재난대응 및 시설물 관리를 위한 안전 업무 등이 높은 순위로 도출되었다. 지하영역에서의 지하시설물, 지하구조물 건설 및 관리 업무가 의미있는 순위로 도출된 것은 주목할 만하다. 최근 지하복합개발, 초고층빌딩 건축 등은 지상과 지하영역까지 포함된, 연속된 공간적 범위를 갖는 업무내용으로 건축물의 층별 모니터링, 분석, 안전관리 등에 활용할 수 있어 3차원 입체격자체계 기술 활용의 대표적인 사례가 될 수 있을 것으로 예상된다.

3차원 입체격자체계 구축과 관련하여 응답자들은 1)개념 및 표준모델, 2)기술 및 데이터, 3)서비스 측면에서 기타의견을 제시하였다. 3차원 입체격자체계의 개념 및 표준모델 측면에서는 기존 격자체계 현황과의 연계, 3차원을 정의하는 높이값(z) 기준 정의, 활용목적/공간단위별 입체격자 구성의 필요성 등을 언급하였다. 기술 및 데이터 측면에서는 3차원 입체격자체계 구축시 데이터 확보의 중요성, 정책 및 표준을 고려한 기술 개발, DB 관리 및 유지보수/갱신 기술 확보가 필요하다는 의견을 제시하고 있다. 서비스 측면에는 기존 제공되는 서비스와 차별화가 필요하다는 의견을 제시하고 있으며, 공중영역에서 기상, 기후 등의 영향력을 분석하여 서비스로 제공하는 것을 제안하였다.

<표 2-17> 기타의견

구분	기타의견
개념 및 표준모델 측면	-기존 2차원 격자체계인 국가지점번호와의 연계방안이 고려되어야 하며 격자의 원점, 격자크기, 격자번호 체계 등의 검토가 필요할 것 -3차원의 개념적 정의로써 지표면으로부터 높이 또는 해수면으로부터 높이 등 높이의 개념 정의가 필요 -도심, 산간, 해상, 고도에 따른 공중 등에 따라 격자크기를 달리할 필요가 있음 -3차원 입체격자체계는 상세한 정보를 개략적인 위치기반(격자좌표)으로 관리하는 개념이므로, 정확한 위치값을 관리하는 업무보다는 포괄적인 통계값을 관리하는 툴로써 작동해야 함
기술 및 데이터 측면	-3차원 입체 격자체계 구축 연구를 위해서는 우선적으로 필요한 데이터를 최대한 확보하는 것이 중요하며, 데이터의 목록뿐만 아니라 속성을 나열하여 이 둘의 조합한다면 Application을 개발하는 과정이 좀 더 수월할 것임 -3차원 입체격자 데이터베이스 생성, 갱신, 삭제(백업) 및 접근권한 관리 등에 대한 표준적인 수명주기 정책 및 접근 제어 정책에 대하여 고려되어야 할 것 -현재 구축돼있는 DB의 체계적인 관리와 유지보수에 좀 더 노력을 기울일 필요가 있음 -도시변화에 따른 지형정보가 변경될 경우 갱신에 대한 부분이 반드시 고려되어야 함
서비스 측면	-격자 활용서비스는 기존의 서비스나 활용 방식에 대한 접근보다는 그동안 하기 어려웠던 일들을 중심으로 접근하는 것이 좋을 것이며, 이에 기존 건물 높이에 따른 바람의 영향력, 바람길과 같은 것들은 격자로 분석한다면 좋을 것 -공중영역에서는 대기분석, 방재(산불연기의 방향, 확산), 미세먼지 전파, 통신제약 지역발생 등에서 격자체계에 대한 도입이 가능할 것으로 생각됨

② 3차원 입체 격자체계 구축 타당성 검토

국토공간의 효율적인 활용이라는 측면에서 고밀화, 고층화가 이루어져 왔고 효과적인 관리를 위해 공간정보를 적극적으로 활용하는 시대에 들어섰다. 이는 기존의 실세계를 일정한

형식을 이용해 축소하여 평면 좌표위에 일반화된 정보로 표현하던 2차원의 공간정보의 변화가 필요한 시점으로 볼 수 있다. 따라서 타당성을 검토하기에 앞서 3차원 입체격자체계의 방향성을 우선 설정한다.

우리가 사는 모든 공간(지상, 지하, 수중, 공중)은 3차원으로 구성된 공간이다. 2차원 공간정보에 높이(심도), 영상 및 속성정보를 추가한 3차원 공간정보는 실세계를 가장 가깝게 표현할 수 있어 그 활용도가 높다고 볼 수 있다. 제4차 산업혁명으로 기술의 발전 속도가 가속화 되면서 공간정보에 대한 고도화가 요구되고 있다. 요구되는 공간정보는 위치식별의 고도화, 정확도의 고도화로 볼 수 있다. 위치식별의 고도화란 공간정보가 위치정보만을 제공하는 것에서 위치를 기반으로 정제된 데이터를 제공하는 것과 2차원 공간정보에서 인식할 수 없었던 비식별공간(지하, 수 · 공중)에 대하여 손쉽게 인식할 수 있는 다차원 공간정보의 구축을 말한다. 정확도의 고도화 또한 2차원 공간정보 기반에서 추정된 높이 값을 활용하던 방식에서 직접 높이 값을 활용하는 3차원 기반으로의 전환을 말한다. 3차원 공간정보에 대한 활용성 증가는 효과적인 데이터 관리를 필요로 한다. 이는 DGGS와 같이 격자를 활용하여 공간을 일정한 기준으로 분할하여 공간 그 자체에 데이터를 저장 · 관리 · 분석하는 추세에서 3차원 공간정보도 격자구조에서 데이터를 저장 · 관리 · 분석해야 한다고 볼 수 있다.

따라서 3차원 입체격자체계는 수요가 높아지고 있는 3차원 공간정보의 향후 활용기반으로써 모든 공간을 3차원 입체격자로 일정하게 구획하고 ID를 부여하여, 우리가 생활하는 지상, 지하, 수중, 공중 공간의 다양한 정보를 목적에 따라 신속하게 저장 · 관리 · 분석 할 수 있는 새로운 위치기준체계로 볼 수 있다.

구분		시스템(system) 측면	공간(Spatial) 측면	데이터(DATA) 측면	서비스(Service) 측면	구조(framework) 측면
2차원 격자체계	목적	2차원	공간	정보	활용	기반
	개념	• 어떤 특정한 2차원 모양의 방향, 위치 또는 인식 · 표시가 중요	• 2차원(평면) • 공간의 표상을 일정한 형식을 이용해 축소하여 표현	• 국토, 도시, 자연상의 지형지물을 2차원의 평면으로 일반화, 추상화한 정보 • 2차원 위치정보(X,Y)	• 수평적 • 2차원 공간정보 기반의 가시화, 모델링, 시뮬레이션, 의사결정 지원 등 서비스 지원	• 2D 위치기준 기반의 격자체계 • 평면 및 높이 부문으로 별도 운영
3차원 격자체계	목적	3차원	공간	정보	활용	기반
	개념	• 2차원 위치정보에 높이(심도), 영상 및 속성정보를 추가하여 현실세계와 유사하게 입체 표현	• 3차원(구, 공간) • 우리가 사는 공간은 3차원(지상, 지하, 수중, 공중)이며 시간을 포함하여 시공간으로 나타낼수 있어야 함	• 지구상의 모든 지형과 객체화된 지물의 동시 표현 • 지하시설물, 건축물 등 다양한 공간정보와 연계, 3차원 분석이 가능한 정보 • 3차원 위치정보(X,Y,Z)	• 수평+수직적 • 다차원 공간정보 기반의 융복합 서비스 지원 • 신기술 서비스 분야와 연계함으로써 효과성 강화	• 3D 위치기준 기반의 격자체계 구축 • 평면 및 높이 부문을 통합 운영

<그림 2-53> 3차원 입체격자체계의 방향성

㉮ 기술적 타당성

과거 2차원 공간정보와 같이 단순한 참조용이 아닌 다양한 분야에서 활용할 수 있도록 공간을 인덱싱하는 역할로 공간정보가 플랫폼화 되어가고 있다. 이와 같이 실외 공간정보와 실내 공간정보가 연속성을 갖으면서 정보를 관리하기 위해서는 기준이 되는 기술이 필요하다. 최근 주소체계 또는 위치식별체계가 없는 공간의 위치식별을 위한 다양한 서비스들이

등장하기도 했고, OGC에서는 관련하여 표준을 공표하기도 했다. 이 모든 서비스와 가이드는 공간을 일정단위로 구획하여 활용하는 격자기술이 현시점에 합리적인 기술로 판단된다. 특히 공중, 수중, 지하와 같이 2차원으로 관리되고 있지만 위치식별이 명확하지 않은 공간에 대한 3차원 공간정보의 구축 및 관리를 위해서는 격자체계를 활용한 3차원 공간정보로 기술이 발전하는 것이 타당할 것으로 사료된다.

㉯ 정책 · 사회적 타당성

기존의 국가공간정보 정책은 '지리정보'의 개념이었으나 '공간정보'로 그 범위를 확대함으로써 국토 및 자원을 합리적으로 활용할 수 있는 기반을 마련하는 방향으로 향하고 있다. 제2차 국가 공간정보 산업진흥 계획은 공간정보 융복합 산업의 대도약 및 국가 신성장동력 창출을 비전으로 삼고, 공간정보 융복합 분야 신시장 발굴 및 일자리 창출, 기업 역량 강화로 공간정보산업의 활력 제고, 제도 환경 정비를 통한 공간정보산업의 발전 기반 확보를 목표로 하고 있다. 이중 융복합을 통한 공간정보 활용성 제고를 위해 "미래 산업수요에 기반한 고정밀 공간정보 구축"을 추진전략으로 제시하고 있다. 세부전략으로는, ① 미래 신산업 분야에서 요구하는 고정밀 공간정보 구축 ② 3차원, 지하, 실내 등의 공간정보를 연계하는 입체공간정보 구축 ③ 고정밀 공간정보의 신속 정확한 검색 및 활용 기능 강화라는 세부전략을 제시하고 있다. 고정밀 위치정보 구축은 공간정보 기반의 IoT 환경 및 UAV, 자율주행자동차 등에 활용할 수 있는 3차원 정밀지도, 고해상도 위성정보를 선제적으로 구축한다는 전략이다. 입체공간정보 구축은 싱크홀 등 재난재해 대비 및 일상생활에 대한 다양한 서비스 제공을 위해 현재 구축 중인 공간정보를 기반으로 입체 공간정보의 통합활용 기반을 마련하는데 의의가 있다. 특히 현재 개별적으로 구축하고 있는 실내, 지하시설물 등의 3차원 공간정보를 지적, 건축물 정보 등 기존 정보와 연계하여 활용할 수 있도록 할 계획이다. 국내 정책적인 흐름은 입체화, 가시화, 지능화 공간정보 구축으로 볼 수 있고, 이와 같은 시점에서 3차원 입체격자체계를 구축하는 것은 시의 적절하다고 사료된다.

㉰ 경제적 타당성

본 본구에서는 3차원 격자체계의 경제성에 대한 분석을 수행하였다. 그러나 3차원 격자체계를 통하여 발생할 수 있는 효용을 현 시점에서 예측하는 것은, 유사한 사례를 찾기 어렵기 때문에 객관성이 떨어지며 그 값이 과다하게 추정될 수밖에 없다. 이러한 한계점으로 인해 본 연구에서는 기존에서 제시된 다양한 경제성 분석 모형을 적용하기 보다는 쉽게 이해할 수 있는 3차원 공간정보 구축 사업과 비교하는 방안을 선택하였다.

기존 3차원 공간정보 구축 지역에 3차원 격자체계를 적용하는 경우에는 격자체계를 구성하는 추가 비용만 고려하면 된다. 이에 추가 비용으로 189.2억원이 소요된다고 예상하였다. 3차원 공간정보 미구축 지역의 경우에는 DSM과 장애물 정보를 구축하고 이를 기반으로 3차원 격자체계를 구축할 수 있으며, 396.1억원이 소요될 것으로 예상하였다. 앞에서 비용 산정

을 토대로 중앙부처의 개발비와 3차원 공간정보 구축 지역과 미구축 지역에 대하여 3차원 격자체계를 구축하기 위한 총 비용은 603.8억원으로 계산할 수 있다.

2009년 예비타당성 조사에 의한 3차원 공간정보 구축 사업은 유지보수비를 제외하고 총액이 2,972억이 소요될 것으로 예측, 2010년에는 1,629억원으로 예측하였다. 해당 금액 중 기 구축된 지역을 제외하고 나머지 지역에 대한 소요 예상 금액을 살펴보면 약 1,584억원으로 나타난다. 따라서 단순 총액을 기준으로 3차원 격자체계와 3차원 공간정보 구축 사업 비용을 비교하면 약 2.6배의 차이가 난다. 이러한 측면에서 보면 3차원 격자체계를 구축하는 것은 저비용으로 다양한 효과를 유발할 수 있다는 장점이 있을 것으로 예상된다. 국내 정책적인 흐름은 입체화, 가시화, 지능화 공간정보 구축으로 볼 수 있고, 이와 같은 시점에서 3차원 입체격자체계를 구축하는 것은 시의 적절하다고 사료된다.

(다) 3차원 입체격자체계 프레임워크(안)

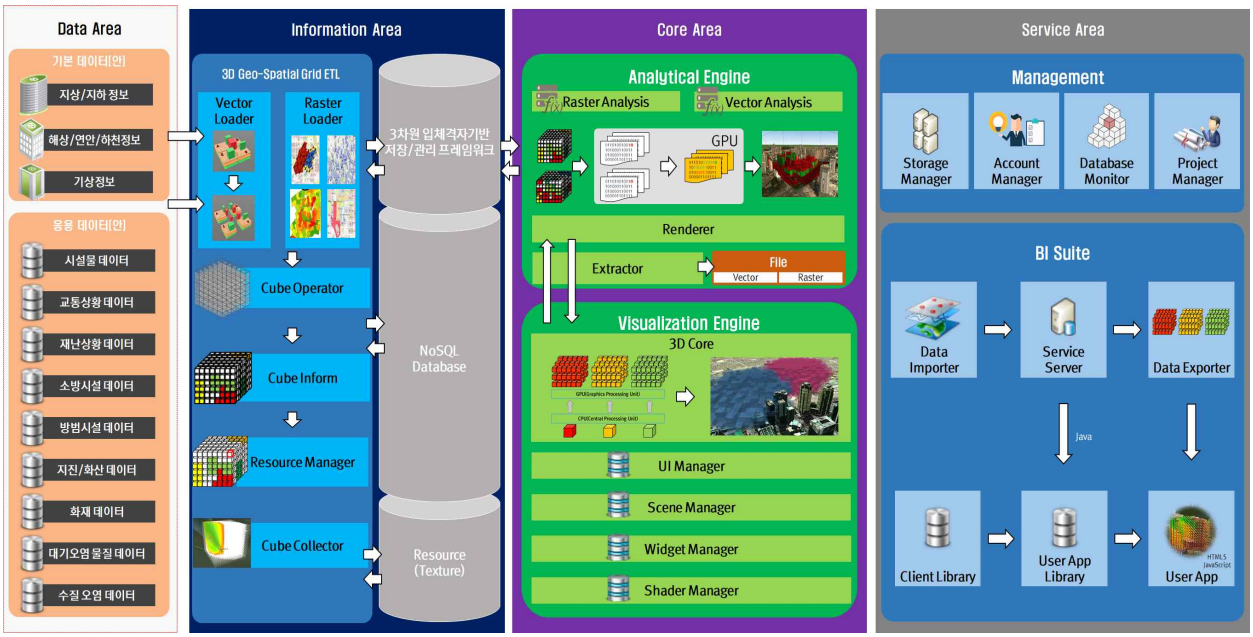
우리가 생활하는 공간 즉, 국토·도시를 통합 관리하기 위해서는 공간정보의 연속성과 리얼리즘을 제공하는 기반이 필요하다. 3차원 입체격자체계는 가상기반시설로써 활용될 수 있으며, 이를 위해서는 기본 틀(프레임워크)을 설정하는 것이 선행되어야 한다. 여기서는 입체격자체계 프레임워크를 설정하고자, 공개된 오픈소스 공간정보 엔진 또는 이를 활용하여 개발된 공간정보 시스템을 대상으로 한 동향분석을 통해 프레임워크 구성 방향 및 요소를 도출하였으며, 이를 토대로 입체격자체계 프레임워크(안)을 제시한다. 입체격자체계 프레임워크는 향후 여러 입체격자체계 기반의 응용프로그램 개발에 있어 가상기반시설이 될 수 있도록 구성하였다.

<그림 2-54> 3차원 입체격자체계 프레임워크(안) 도출과정

입체격자체계에서 데이터 저장/관리의 경우 다양한 포맷의 활용과 공간정보의 특성을 반영하기 위한 다양한 공간정보의 실시간 변환·처리 기능, DB와 안정적인 연동 및 빅데이터 지원 기능이 필요하다. 입체격자체계에서 데이터 분석 및 가시화를 위해서는 지능적인 공간정보 분석 기능과 높은 신뢰도, 동적이면서 정확한 현실을 반영하는 가시화 기능이 요구되

며, 향후에는 딥러닝, 머신러닝 등 AI를 활용한 분석 방법도 추가될 수 있도록 고려해야 한다. 또한 사용자 편의를 위해 국내 시스템이 HTML, CSS, Javascript에 치중되어 있는 반면, 국외 시스템은 가독성과 확장성이 좋은 Python과 C++을 기반으로 개발되고 있다는 점에서 차이점을 바탕으로 기능의 특성을 제시하여야 한다.

이러한 고려사항을 토대로, Information Area, Core Area, Service Area의 3개 영역으로 구분한 3차원 입체격자체계 프레임워크를 구성하였다. Information Area는 공간정보 융복합에 대응하기 위해 다양한 정보를 연계할 수 있도록, 3차원 입체격자체계 Data ETL Layer와 Data management Layer로 구성한다. Information Area에서 연계된 데이터가, 입체격자체계에서 사용되는 데이터 형식으로, 입체격자화(Transform to 3D Geo-spatial Grid) 된다. Core Area는 2D Raster & Vector 분석과 3D Raster & Vector 분석이 가능한 Analytical Engine과 가시화를 위한 Visualization Engine을 제공한다. 특히 점, 선, 면을 연산하던 2차원 공간연산과 더불어 입체격자 기반의 공간연산을 가능하게 하는 3차원 입체격자체계의 핵심영역이다. 마지막으로 입체격자체계의 관리 기능과 응용 애플리케이션 개발을 위한 정보 제공 기능을 갖는 Service Area는 Management Area와 BI Suite로 구성한다.



<그림 2-55> 3차원 입체격자체계 프레임워크(안)

3차원 입체격자체계는 공간정보를 통합 관리할 수 있는 새로운 공간정보관리 체계로써 3차원 공간정보 활용의 골격이다. 입체격자체계가 국토 · 도시 등의 여러 분야에서 공간정보를 공통으로 활용하기 위한 기반 역할을 하기 위해서는 공간적 기본정보를 필요로 한다. 여기서는 공간정보의 활용도를 제고하고 다양한 분야에서 입체격자체계가 활용될 수 있도록 3차원 입체격자 기본정보(안)을 정의하고, 이에 따른 공간정보 생산 또는 관리기관간의 정보연계 방안을 제시한다.

3차원 입체격자체계가 활용되기 위한 기본정보는 국가 기본공간정보의 큰 틀 속에서 정

해져야 한다. 기본공간정보는 국가에서 구축하여 국민에게 서비스할 필요가 있는 공공재의 성격을 가진 것으로서, 입체격자체계가 이러한 공간정보를 토대로 운용되는 기술이라는 측면에서 관계성을 갖기 때문이다. 이러한 맥락에서 국가 기본공간정보를 3차원 입체격자 기본정보로 정의하는 것이 타당하다고 판단된다. 다만, 추후에는 입체격자체계에서 다루는 공간적 연속성과 다양한 분야의 공간정보와의 관계성을 고려하여 입체격자 기본정보의 항목에 추가하여 포함할 필요가 있다.

<표 2-18> 3차원 입체격자 기본정보(안)

구분	입체격자 기본정보명		데이터 종류	데이터 포맷	해상도 /축척	구축지역	서비스 포맷	구축기관	제공기관
배경 자료	정사 영상	항공 사진	Raster	img	50㎝	전국	dds /타일	국토지리정보원 (공간영상과)	국토지리정보원 (공간영상과)
					25㎝	3D 구축지역 (서울13개구,6대광역시 등)		국토교통부 (공간정보진흥과)	국토교통부 (공간정보진흥과)
		위성 영상	Raster	img	1m	북한	dds /타일	한국항공 우주연구원 (위성활용협력센터)	한국항공 우주연구원 (위성활용협력센터)
					50㎝	북한 (평양, 개성 등 23개 시)		(프)아스트리움社 (미)Digital Globe社	(프)아스트리움社 (미)Digital Globe社
	지형		DEM	img	5m	전국 (3D 구축지역은 제외)	bil /타일	국토지리정보원 (공간영상과)	국토지리정보원 (공간영상과)
					1m	3D 구축지역		국토교통부 (공간정보진흥과)	국토교통부 (공간정보진흥과)
					30m	북한 (고도화지역)		국토지리정보원 (공간영상과)	국토지리정보원 (공간영상과)
	지도		Vector	shp	1:5000	전국	png/타일	국토교통부 (공간정보진흥과)	국토교통부 (공간정보진흥과)
	입체모형		3D Model	3ds, jpg	LOD4 25cm	서울 13개 구, 6대 광역시, 춘천 등	xdo(객체) jpg(텍스처)	국토교통부 (공간정보진흥과)	국토교통부 (공간정보진흥과)
					LOD3	북한 55개소			
기준 자료	경계	행정 구역	-	-	-	-	-	국토교통부 (지적기획과)	국토교통부 (지적기획과)
								행정안전부 (주소정책과)	행정안전부 (주소정책과)
		통계구	-	-	-	-	-	통계청 (공간정보서비스과)	통계청 (공간정보서비스과)
	교통	도로	-	-	-	-	-	국토지리정보원 (지리정보과)	국토지리정보원 (지리정보과)
		도로시설	-	-	-	-	-		
		철도	-	-	-	-	-		
		철도시설	-	-	-	-	-		
	해양	해양경계	-	-	-	-	-	국립해양조사원 (해양관측과)	국립해양조사원 (해양관측과)
		해저지형	-	-	-	-	-	국립해양조사원 (수로측량과)	국립해양조사원 (수로측량과)
	수문	하천	-	-	-	-	-	국토지리정보원 (지리정보과)	국토지리정보원 (지리정보과)
		수로시설	-	-	-	-	-		
	위치 기준	측량기준점	-	-	-	-	-	국토지리정보원 (국토측량과)	국토지리정보원 (국토측량과)
		POI	POI	POI	-	남한	poi/포인트	(한)LBC SOFT社	(한)LBC SOFT社
						북한		국토교통부 (공간정보진흥과)	국토교통부 (공간정보진흥과)
	시설물	건물	-	-	-	-	-	국토지리정보원 (지리정보과)	국토지리정보원 (지리정보과)
		건물중심선	-	-	-	-	-		
		건물시설	-	-	-	-	-		

구분	입체격자 기본정보명		데이터 종류	데이터 포맷	해상도 /축척	구축지역	서비스 포맷	구축기관	제공기관
기초 자료	지적	연속지적도	Vector	shp	-	전국	altibase table	지방자치단체 한국토지정보시스템 (KLIS)	국토교통부 (NS센터)
	주소	도로명주소	Vector	shp	1:1000	전국	altibase table	행정안전부 (주소정책과)	국토교통부 (NS센터)
	지명	육상지명	-	-	-	-	-	국토지리정보원 (국토조사과)	국토지리정보원 (국토조사과)
		해양지명	-	-	-	-	-	국립해양조사원 (해도수로과)	국립해양조사원 (해도수로과)
	용도지역도		Vector	shp	-	전국	altibase table	국토교통부 (도시정책과)	국토교통부 (NS센터)
	용도지구도								
	용도구역도								
	공시지가		속성	-	-	전국	-	국토교통부 (부동산평가과)	국토교통부 (NS센터)
	건축물정보		속성	-	-	전국	-	국토교통부 (국가공간정보참조체계)	국토교통부 (공간정보진흥과)
	토지이용계획도		Vector	shp	-	전국	altibase table	LH공사 (공간정보처)	국토교통부 (NS센터)
	행정구역도		Vector	shp	1:1000	전국	altibase table	행정안전부 (주소정책과)	국토교통부 (NS센터)

(3) 3차원 입체격자체계 실용화를 위한 제도개선 방안 수립 연구(C)

(가) 3차원 입체격자체계 실용화를 위한 제도개선 방안 수립

공간에 대한 중요성이 전 세계적으로 강조되고 공간정보 분석 기술이 고도화 되면서 3차원 공간정보에 대한 구축 및 활용성이 대두되고 있다. 3차원 입체격자체계를 향후 다양한 공간정보 분야에서 사용하고 실용화되기 위해서는 3차원 공간정보 및 입체격자체계를 체계적으로 활용하기 위한 제도적 기반이 필요하다.

국내외 3차원 공간정보와 격자체계와 관련한 법·제도를 검토하여 3차원 입체격자체계 실용화 방안을 모색하고자 하였다. 국내 공간정보 분야의 법령은 「국가공간정보 기본법」, 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」, 「공간정보산업 진흥법」등이 있으며, 격자체계에 대한 법령은 「국토기본법」에서 다루고 있다. 규정/규칙에서의 공간정보 분야는 「3차원 국토공간정보구축 사업 관리지침」, 「3차원 국토공간정보구축 작업규정」이 있으며, 격자체계로는 「행정정보의 격자체계 설정 및 공간정보화 기준」이 있다.

<표 2-19> 국내 입체격자체계 관련 법제도 분류

구분	공간정보	격자체계
법령	-국가공간정보 기본법 -공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률 -공간정보산업 진흥법	-국토기본법
규정/규칙	-3차원 국토공간정보구축 사업 관리지침 -3차원 국토공간정보구축 작업규정	-행정정보의 격자체계 설정 및 공간정보화 기준

3차원 공간정보와 관련된 법제도를 살펴보면 다음과 같다. 「국가공간정보 기본법」은 국가공간정보체계의 효율적인 구축과 종합적 활용 및 관리에 관한 사항을 규정함으로써 국토 및 자원을 합리적으로 이용하여 국민경제의 발전에 이바지함을 목적으로 한다. 3차원 공간정보와 관련 있는 조항은 제2조 (정의), 제19조 (기본공간정보의 취득 및 관리), 령 제15조 (기본공간정보의 취득 및 관리) 등이 있다. 「국가공간정보 기본법」에서는 공간정보는 다루고 있으나, 3차원 공간정보에 대한 정의가 없으며, 공간정보 용어 정의에서 공중에 대한 정보를 다루고 있지 않다.

「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」은 측량 및 수로조사의 기준 및 절차와 지적공부(地籍公簿)·부동산종합공부(不動産綜合公簿)의 작성 및 관리 등에 관한 사항을 규정함으로써 국토의 효율적 관리와 해상교통의 안전 및 국민의 소유권 보호에 기여함을 목적으로 한다. 3차원 공간정보 관련 조항으로는 제2조 (정의), 제6조 (측량기준), 제7조 (측량기준점), 제12조(기본측량의 실시 등)이 있다. 이 법에서는 측량 기준에서 3차원 공간정보와 관련된 높이 값이 제대로 고려되고 있지 않다.

「공간정보산업 진흥법」은 공간정보산업의 경쟁력을 강화하고 그 진흥을 도모하여 국민경제의 발전과 국민의 삶의 질 향상에 이바지함을 목적으로 한다. 3차원 공간정보와 관련된 내용으로는 제2조(정의), 제9조 (융·복합 공간정보산업 지원) 이 있다. 이 법에서는 공간정보에 대한 용어 정의에서 「국가공간정보 기본법」과 마찬가지로 공중에 대한 사항이 고려되고 있지 않다. 하지만 실내공간 측위체계 등 융·복합 공간정보 체계 구축을 지원하고 있어 3차원 공간정보에 일부 지원이 가능하다.

「3차원 국토공간정보 구축 작업규정」은 공간정보 구축 및 관리 등에 관한 법률 제12조 및 같은법 시행규칙 제8조에 의하여 3차원 국토공간정보 구축을 위한 작업방법 및 기준 등을 정하여 성과의 규격을 통일하고 품질을 확보함을 그 목적으로 한다. 이 작업규정에서는 공간정보와 관련하여 제2조 (용어의 정의), 제3조 (적용기준), 제4조 (위치기준), 제5조 (표준데이터셋), 제14조 (3차원 국토공간정보 제작기준)이 있다. 조항들을 살펴보면 2차원 공간정보에 높이 값을 입력하여 3차원 면형(블록)으로 제작사항만 명시했을 뿐 실제 구축과 관련하여 검증하거나 오차를 확인하는 사항은 없다. 또한 3차원 입체격자에 대한 내용이 없다.

「3차원 국토공간정보구축 사업 관리지침」은 국가공간정보기본법 제19조 및 동법 시행령 제15조에 따라 3차원 국토공간정보를 생산하고 관리하고자 할 경우 공통적으로 적용되는 정의, 작업방법 및 기준 등을 정하여 성과의 규격을 통일하고 정확도를 확보함을 그 목적으로 한다. 공간정보와 관련된 조항으로는 제2조 (용어의 정의), 제6조 (3차원 국토공간정보 구축순서), 제14조 (품질수준), 제19조 (3차원 국토공간정보구축 세부 작업규정)이 있으며, 이를 살펴보면 3차원 국토공간정보를 구축하고 제작할 수 있으나, 3차원 입체격자정보에 대한 사항이 없다.

격자체계와 관련된 법제도는 다음과 같다. 「국토기본법」은 국토에 관한 계획 및 정책의 수립·시행에 관한 기본적인 사항을 정함으로써 국토의 건전한 발전과 국민의 복리향상

에 이바지함을 목적으로 한다. 격자체계와 관련된 조항으로는 제25조 (국토 조사), 령 제10조 (국토조사의 실시) 가 있다. 조항을 살펴보면 국토에 관한 계획 또는 정책 수립 시 공간정보 제작을 위한 조사가 가능하며, 국토조사에 관한 규정에서 필요한 사항을 규정하고 있다. 그리고 시행령에서 국토조사를 일정한 격자형태의 구역 단위로 할 수 있도록 규정하고 있으나 3차원 격자에 대한 내용이 없다.

「행정정보의 격자체계 설정 및 공간정보화 기준」은 국토기본법」 제25조 및「국토조사에 관한 규정」제10조제2항에 따라 국토에 관한 계획 또는 정책의 수립, 공간정보의 제작 등을 위하여 필요한 인구, 경제, 사회, 문화, 교통, 환경, 토지이용 등의 행정정보를 조사 활용함에 있어 기 구축된 공간정보와 융합하여 사용할 수 있는 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다. 관련 조항으로는 제2조 (정의), 제5조 (위치기준), 제6조 (격자체계), 제8조 (공간정보화의 정확도 향상)이 있다. 3차원 입체격자와의 관련성을 보면 격자체계에 대한 정의 및 사항이 명시되어 있으며, 공간정보화의 정확도 향상을 위하여 필요에 따라 공간정보를 분할, 병합 등 추가적으로 기하적 변형 또는 처리가 가능하도록 명시되어 있다. 하지만 공간정보에 대한 용어 정의에서 「국가공간정보 기본법」과 마찬가지로 공중에 대한 사항이 고려되고 있지 않다.

해외에서도 공간정보 및 격자체계와 관련하여 법제도로 활용을 위한 기반을 마련하고 있다. 그 중 공간정보와 관련된 주요국인 미국, 일본, 유럽을 살펴보았다. 공간정보와 관련된 미국의 법·제도로는 「OMB Circular A-16」, 「지도활용촉진법(The Map It Once, Use It Many TimesAct) 」등이 있다. 일본에서는 「지리공간정보 활용추진 기본법」, 「국토조사법」이 있다. 마지막으로 유럽에서는 INSPIRE의 「지리정보의 인프라 구축을 위한 지침(Directive 2007/2/EC; INSPIRE Directive)」이 있다.

격자체계와 관련된 해외 법·제도로 미국은 「연방토지대장개혁법(The Federal Land Asset Inventory Reform Act)」, 「FGDC-STD- 011-2001」,「092-5 FEMA directive」등이 있으며, 일본은 「측량법」, 유럽은 「D2.8.I.2 Data Specification on Geographical Grid Systems -Technical Guidelines」가 있다.

<표 2-20> 해외 입체격자체계 관련 법제도 분류

구분	공간정보	격자체계
미국	-OMB Circular A-16 -지도활용촉진법(The Map It Once, Use It Many TimesAct)	-연방토지대장개혁법(The Federal Land Asset Inventory Reform Act) -FGDC-STD- 011-2001 -092-5 FEMA directive
일본	-지리공간정보 활용추진 기본법 -국토조사법	-측량법
유럽	-지리정보의 인프라 구축을 위한 지침 (Directive 2007/2/EC; INSPIRE Directive)	-D2.8.I.2 Data Specification on Geographical Grid Systems -Technical Guidelines

3차원 공간정보와 관련된 해외 주요국의 법제도를 살펴보면 다음과 같다. 미국의 「OMB Circular A-16」은 미 행정 및 예산국(OMB)이 직접 또는 간접적으로 공간 데이터를 작성, 유지 또는 사용하는 연방 기관에 지침을 제공하는 것을 목적으로 한다. 이 법은 국가 공간 데이터 인프라(NSDI) 및 연방 지리 데이터위원회(FGDC)를 설립하여 공간정보에 대한 체계적인 관리를 하고 있으며, 디지털 공간 데이터 관리 및 USNG(United States National Grid)의 사용에 대한 지침을 수립하여 공간정보를 사용할 때 격자체계를 사용하도록 하고 있다. 또한 NSDI 관련 활동을 위해 부처 간 협의체에 FGDC를 임명하여 공간정보 및 격자체계를 효과적으로 사용하기 위한 체계를 마련하였다.

「지도활용촉진법(The Map It Once, Use It Many TimesAct)」은 지리 정보 데이터, 제품, 기술 및 서비스의 사용을 향상시키고, 연방 지형 공간 활동의 경제 및 효율성을 높이고, 다른 목적으로 미국 지질조사국 내에 국가 지리 정보 기술 관리를 수립하는 것을 목적으로 한다. 이 법에서는 공간정보 중 모든 미국 소유의 관리 토지에 대해 국가 지리정보 데이터베이스를 구축하였으며, 연방 정부의 지원을 받아 수집 된 지형 공간 데이터의 상호운용성 보장을 위한 표준을 공표하였다. 또한 공공 및 상업적 출처로부터 지정된 지리 공간 데이터 수집을 위한 조항을 설정하여 민간의 공간정보 구축에 대한 참여를 법으로 설정하였다.

일본의「지리공간정보 활용추진 기본법」은 지리 공간 정보 활용 추진에 관한 시책에 관한 기본 이념을 정하고, 지리 공간 정보 활용 추진에 관한 시책의 기본이 되는 사항을 정하는 것을 목적으로 하며, 이 법에서는 국가는 기반지도 정보의 공유를 추진함으로써 지리 정보 시스템을 보급하고 원활한 유통을 위한 조항을 설정하였다. 그리고 위성 측위와 관련된 서비스 환경 구축을 위한 조항이 포함되어 공간정보중 위성정보도 같이 활용할 수 있는 기반을 제공하고 있다. 하지만 3차원 정보에 대한 고려가 없다.

「국토조사법」은 국토의 개발 및 보전 및 그 이용의 고도화에 이바지하고, 지적의 명확화를 도모하기 위해, 국토의 실태를 과학적이고 종합적으로 조사하는 것을 목적으로 한다. 이 법에서는 국토의 기초조사로서 기능하며, 기본조사, 지적조사, 토지분류조사, 수조사 등으로 구분하여 체계적인 공간정보를 생산하도록 설정하고 있다. 그리고 국토 조사를 수행하기 위해 실시하는 측량 내용이 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 측량법 규정을 적용하여 공간정보에 측량 정보가 포함되도록 하였다. 하지만 공간에 대한 정의나 정보가 없어 3차원 정보로 활용이 어렵다.

유럽의 「지리정보의 인프라 구축을 위한 지침(Directive 2007/2/EC; INSPIRE Directive)」은 지역 사회 환경 정책 및 정책 또는 활동을 위해 유럽 공동체에 공간 정보 인프라 구축을 위한 일반 규칙을 규정하는 것을 목적으로 한다. 유럽 공동체에서 공간정보의 활용을 위해 조사위원회에서 공간정보 포털(INSPIRE) 구축 및 운영하고 있으며, 부속서 1에 지형 격자 시스템에서 격자 공간의 공동 원점과 표준화된 위치와 크기 등에 대한 다양한 해상도로 된 조화로운 격자시스템을 구축하도록 하였다. 하지만 다른 국가와 마찬가지로 3차원 공간정보 구축에 대한 내용은 없다.

격자체계와 관련된 해외 주요국의 법 · 제도를 살펴보면 다음과 같다. 미국의 「연방토지대장개혁법(The Federal Land Asset Inventory Reform Act)」은 데이터의 조정 문제를 해결하기 위한 노력의 일환으로서 국가지적도(A National Cadastre)를 구축하고자 하는 것을 목적으로 하고 있다. 주요내용으로는 OMB Circular A-16에 따라 FGDC와 공조하도록 하고 있으며, 동 법안에 따른 활동을 주 정부 및 지방정부의 유사한 지적도 관련 활동과 통합하도록 하며, 또한 모든 이용자를 위한 지적도와 공간정보의상호호환성을 위하여 필요한 표준과 프로토콜을 제정하는데 참여하도록 하고 있다. 또한 국가 격자에 대해 MGRS를 기반으로 한 표준이 채택되어 1998 년 FGDC(Federal Geographic Data Committee)에 제출되었으며, FGDC에 표준 FGDC-STD- 011-2001로 등록하여 사용 중에 있다. 하지만 3차원 격자체계에 대한 내용은 포함되어 있지 않다.

「092-5 FEMA directive」은 지상 육상 및 육상 항공 업무 전반에 걸쳐 모든 준비, 완화, 대응 및 복구 활동에 대해 FEMA의 표준 지리 참조 시스템으로 USNG를 사용하는 것을 목적으로 한다. FEMA가 표준 지점 및 지역 참조 시스템을 사용하여 운영 지역 및 책임 지역을 지정하고, 정확한 상황 인식을 유지하고, 기존의 위치 참조가 손상되거나 파괴된 경우에도 응급 관리 지원을 효과적으로 제공할 수 있도록 지원하고 있다. FEMA가 모든 계획 및 준비에 걸쳐 통일된 위치 언어를 통합하도록 하였으며, 전체 공동체 파트너들에게 USNG 채택을 장려하여 격자체계에 대한 활용성을 높였다. 하지만 다른 법제도와 마찬가지로 공중에 대한 내용이나 3차원 격자체계에 대한 내용이 없다.

일본의 「측량법」은 측량업의 적정한 운영과 건전한 발전을 도모하고 각종 측량의 조정 및 측량제도의 개선발전을 목적으로 한다. 이 법은 전자적 방법으로 기록한 지리공간정보를 많은 이용자가 인터넷을 통하여 입수할 수 있게 하고 용이하게 정보를 갱신할 수 있는 체계를 구축하였으며, 측량성과를 무상으로 신속하게 활용 가능하게 되어 지리공간정보 유통을 촉진하였다. 측량법 개정에 의해 격자체계의 위 · 경도 측정이 기존의 일본측지계가 아닌 세계측지계를 따르게 되면서, “JIS X 0410”로 2002년에 개정하였다. 일본 격자체계는 공업표준으로 공표되어 국가기관 및 다양한 공공 · 민간 기관에서 채택하여 활용할 수 있다.

유럽의 「D2.8.I.2 Data Specification on Geographical Grid Systems -Technical Guidelines」은 공간 데이터 세트 및 서비스에 대한 구현 규칙 초안에 규정 된 조항을 구현하기 위한 지침을 제공하거나 데이터 상호운용성을 증가하는데 목적이 있다. 지형 지리 그리드는 데이터 제공을 위한 상호운용성을 달성하기 위해 참조 데이터(표고 또는 정사영상과 같은)에 주로 적합한 측지 좌표를 사용하여 그리드 데이터(래스터 데이터)를 전달할 때 선택적 지리적 참조 프레임워크로 제안하여 현재 사용되고 있다. 세계를 위도의 여러 구역으로 나누는 DTED(Digital Terrain Elevation Data)에 대한 구조와 아날로그를 따르는 ETRS89-GRS80 측지 좌표 참조 시스템을 기반으로 하는 2차원 다중 해상도 지리 그리드로 구성하여 격자체계를 활용하고 있다. 하지만 3차원 및 공중에 대한 내용이 없다.

국내외 법제도에 대한 시사점은 다음과 같다. 우선 3차원 입체격자체계에 대한 정의 및

범위, 내용 등에 대한 법제도 및 규정/ 규칙 등이 존재하지 않는다. 또한 법적으로 공간정보를 지상 · 지하 · 수상 · 수중 등으로 명시하고 있으나 공중에 대한 사항이 명시되어 있지 않다. 그리고 공간정보 및 격자체계에 대한 가이드라인 및 활용과 관련된 지침들이 존재하지만 3차원에 대한 내용은 담겨있지 않다. 3차원 관련 격자체계에 대한 위치기준, 생산방법 등에 대한 규정 마련이 시급히 필요하다. 또한 미국 및 유럽의 경우 격자체계를 실용화 하고 사용을 확산시키기 위해 전문기관을 설립하여 격자체계에 대한 활성화를 지원하고 있다.

국내외 법제도 검토를 통해 3차원 입체격자체계 활용을 위한 법제도적 개선방안은 다음과 같다. 3차원 입체격자체계의 정의, 범위, 내용 등을 공간정보 관련 법제도에서 규정하여 명시해야 한다. 그리고 공간정보의 영역에서 공중에 대한 사항을 반드시 추가하여야 한다. 그리고 기존 2차원 격자체계와 연계하되 3차원 입체격자체계에 대한 별도의 규정 마련이 필요하다. 또한 3차원 공간정보 구축 시 3차원 입체격자체계에 포함시킬 수 있도록 3차원 공간정보 구축과 관련된 제도가 필요하다.

개선방안을 통해 3차원 입체격자체계 실용화를 위한 법제도 개선 기본방향으로 두 가지 안을 도출하였다. 첫 번째로는 3차원 공간정보 및 격자체계 관련 법제도에 3차원 입체격자체계 관련 내용을 포함하도록 개정하는 방안이 있다.

<표 2-21> 대안 1. 관련법에 3차원 입체격자체계 관련 내용 포함

구분	현안	개정안
국가공간정보기본법	**제2조(정의)** 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. 1. "공간정보"란 지상·지하·수상·수중 등 공간상에 존재하는 자연적 또는 인공적인 객체에 대한 위치정보 및 이와 관련된 공간적 인지 및 의사결정에 필요한 정보를 말한다. … **제19조(기본공간정보의 취득 및 관리)** ① 국토교통부장관은 지형·해안선·행정경계·도로 또는 철도의 경계·하천경계·지적, 건물 등 인공구조물의 공간정보, 그 밖에 대통령령으로 정하는 주요 공간정보를 기본공간정보로 선정하여 관계 중앙행정기관의 장과 협의한 후 이를 관보에 고시하여야 한다.	**제2조(정의)** 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. 1. "공간정보"란 지상·지하·수상·수중·<u>공중</u> 등 공간상에 존재하는 자연적 또는 인공적인 객체에 대한 위치정보 및 이와 관련된 공간적 인지 및 의사결정에 필요한 정보를 말한다. … **제19조(기본공간정보의 취득 및 관리)** ① 국토교통부장관은 지형·해안선·<u>공중</u>·행정경계·도로 또는 철도의 경계·하천경계·지적, 건물 등 인공구조물의 공간정보, 그 밖에 대통령령으로 정하는 주요 공간정보를 기본공간정보로 선정하여 관계 중앙행정기관의 장과 협의한 후 이를 관보에 고시하여야 한다.
공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률	**제2조(정의)** 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. … 4. "지적측량"이란 토지를 지적공부에 등록하거나 지적공부에 등록된 경계점을 지상에 복원하기 위하여 제21호에 따른 필지	**제2조(정의)** 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. … 4. "지적측량"이란 토지를 지적공부에 등록하거나 지적공부에 등록된 경계점을 지상에 복원하기 위하여 제21호에 따른 필지

<table>
<tr><th>구분</th><th>현안</th><th>개정안</th></tr>
<tr><td></td><td>의 경계 또는 좌표와 면적을 정하는 측량을 말하며, 지적확정측량 및 지적재조사측량을 포함한다.</td><td>의 경계 또는 좌표와 면적 <u>및 높이 값</u>을 정하는 측량을 말하며, 지적확정측량 및 지적재조사측량을 포함한다.</td></tr>
<tr><td>공간정보
산업
진흥법</td><td>제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.
1. "공간정보"란 지상·지하·수상·수중 등 공간상에 존재하는 자연 또는 인공적인 객체에 대한 위치정보 및 이와 관련된 공간적 인지와 의사결정에 필요한 정보를 말한다.</td><td>제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.
1. "공간정보"란 지상·지하·수상·수중·<u>공중</u> 등 공간상에 존재하는 자연 또는 인공적인 객체에 대한 위치정보 및 이와 관련된 공간적 인지와 의사결정에 필요한 정보를 말한다.</td></tr>
<tr><td>3차원
국토공간
정보
구축
작업규정</td><td>제2조(용어의 정의) 본 규정에서 사용하는 용어의 정의는 다음 각 호와 같다.
…
11. "3차원 지형데이터"라 함은 인공구조물 및 자연지물이 제외된 3차원 지표면 데이터를 말한다.
…
제18조(3차원 지형데이터 편집방법) ①"항공레이저측량 작업규정"에 따라 제작된 수치표고모델을 사용하는 것을 원칙으로 한다.
②수치지도 축척에 따른 수치표고모델의 격자간격은 다음 표와 같다.
<table><tr><td>수치지도 축척</td><td>1:1,000</td><td>1:2,500</td><td>1:5,000</td></tr><tr><td>수치표고자료 격자간격</td><td>1m×1m</td><td>2m×2m</td><td>5m×5m</td></tr></table>③도로, 철도, 교통시설물, 호안, 제방 및 건물 등의 바닥면이 지형과 일치하도록 1:1,000 수치지도 또는 정사영상 등에서 불연속선(breakline)을 추출하여 수정 및 편집을 수행하여야 한다.</td><td>제2조(용어의 정의) 본 규정에서 사용하는 용어의 정의는 다음 각 호와 같다.
…
11. "3차원 지형데이터"라 함은 인공구조물 및 자연지물이 제외된 3차원 지표면 데이터를 말한다.
<u>12. "3차원 입체격자데이터"라 함은 인공구조물 및 자연지물이 포함된 지상, 지하, 수중, 공중에 대한 3차원 격자데이터를 말한다.</u>
…
제18조(3차원 지형데이터 편집방법) ①"항공레이저측량 작업규정"에 따라 제작된 수치표고모델을 사용하는 것을 원칙으로 한다.
②수치지도 축척에 따른 수치표고모델의 격자간격은 다음 표와 같다.
<table><tr><td>수치지도 축척</td><td>1:1,000</td><td>1:2,500</td><td>1:5,000</td></tr><tr><td>수치표고자료 격자간격</td><td>1m×1m</td><td>2m×2m</td><td>5m×5m</td></tr></table>③도로, 철도, 교통시설물, 호안, 제방 및 건물 등의 바닥면이 지형과 일치하도록 1:1,000 수치지도 또는 정사영상 등에서 불연속선(breakline)을 추출하여 수정 및 편집을 수행하여야 한다.
<u>제19조(3차원 입체격자데이터 제작방법) ①3차원 입체격자 데이터는 별표1 "3차원 국토공간정보 표준데이터셋"을 기반으로 제작하여야 한다.
②제1항 이외의 제5조제2항에 의해 추가되는 3차원 입체격자데이터에 대해서도 이 규정을 적용한다.
③세밀도는 별표7 "3차원 입체격자데이터 세밀도 및 가시화정보 제작기준"을 따른다.
④가시화정보의 제작은 제4절(가시화정보 제작)을 따른다.</u></td></tr>
</table>

구분	현안	개정안
3차원 국토공간 정보구축 사업 관리지침	**제2조(용어의 정의)** 이 규정에서 사용하는 용어의 정의는 다음 각 호와 같다. … … **제10조(3차원 국토공간정보 제작)** 3차원 국토공간정보 제작방법은 다음 각 호와 같다. …	**제2조(용어의 정의)** 이 규정에서 사용하는 용어의 정의는 다음 각 호와 같다. … 11. "3차원 입체격자체계"라 함은 지상, 지하, 수중, 공중에 대한 정보를 일정한 체계에 따라 분할한 다수의 입체격자들의 집합을 말한다. 12. "3차원 입체격자정보"라 함은 3차원 입체격자체계에서 분할된 입체격자가 가지고 있는 속성정보를 말한다. … **제10조(3차원 국토공간정보 제작)** 3차원 국토공간정보 제작방법은 다음 각 호와 같다. … **제11조(3차원 입체격자정보 구축순서)** 사업시행자는 3차원 입체격자정보를 다음 각 호의 순서에 따라 구축하는 것을 원칙으로 한다. 1. 작업계획의 수립 2. 데이터 준비 3. 3차원 입체격자 정보 생성 4. 정리점검 및 성과품 제작
국토 기본법 시행령	**제10조(국토조사의 실시)** ①법 제25조제1항에서 "대통령령으로 정하는 사항"이란 다음 각 호의 사항을 말한다. 1. 지형·지물 등 지리정보에 관한 사항 2. 농림·해양·수산에 관한 사항 3. 방재 및 안전에 관한 사항 4. 그밖에 국토교통부장관이 필요하다고 인정하는 사항	**제10조(국토조사의 실시)** ①법 제25조제1항에서 "대통령령으로 정하는 사항"이란 다음 각 호의 사항을 말한다. 1. 지형·지물·공간 등 공간정보에 관한 사항 2. 농림·해양·수산에 관한 사항 3. 방재 및 안전에 관한 사항 4. 그밖에 국토교통부장관이 필요하다고 인정하는 사항
행정 정보의 격자체계 설정 및 공간정보화 기준	**제2조(정의)** 이 규정에서 사용되는 용어의 뜻은 다음과 같다. …	**제2조(정의)** 이 규정에서 사용되는 용어의 뜻은 다음과 같다. … 6. "3차원 입체격자체계"라 함은 지상, 지하, 수중, 공중에 대한 정보를 일정한 체계에 따라 분할한 다수의 입체격자들의 집합을 말한다. 7. "3차원 입체격자정보"라 함은 3차원 입체격자체계에서 분할된 입체격자가 가지고 있는 속성정보를 말한다.

이 방법은 법을 통해 3차원 입체격자체계를 좀 더 강하게 활용을 장려할 수 있으나, 법을 전반적으로 개정하여야 하기 때문에 실현 가능성이 낮다. 두 번째로 "(가칭)3차원 입체격자정보 구축 작업규정"을 제정하여 운용하는 방법이 있다.

<표 2-22> 대안 2. (가칭)3차원 입체격자정보 구축 작업규정(안)을 마련하여 운영

제1장 총칙

제1조(목적) 이 규정은 「국가공간정보 기본법」 제19조 및 같은법 시행령 제15조에 의하여 3차원 입체격자정보 구축을 위한 작업 방법, 절차, 기준 등을 정함을 그 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 규정에서 사용하는 용어의 정의는 다음 각 호와 같다.

1. "3차원 입체격자체계"란 지상, 지하, 수중, 공중에 대한 정보를 일정한 체계에 따라 분할한 다수의 입체격자들의 집합을 말한다.
2. "3차원 입체격자정보"란 3차원 입체격자체계에서 분할된 입체격자가 가지고 있는 속성정보를 말한다.
3. "3차원 입체격자 기본정보"란 3차원 입체격자체계에서 기본 틀이 되는 정보를 말한다.

제3조(적용범위) 3차원 입체격자정보 구축은 별도의 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 이 규정에서 정한 바에 따른다.

제4조(위치기준) 3차원 입체격자정보의 위치기준은 「공간정보 구축 및 관리 등에 관한 법률」(이하 "법"이라 한다) 제6조 및 같은 법 시행령 제7조를 따른다.

제2장 3차원 입체격자정보 구축

제5조(3차원 입체격자정보 작업순서) 3차원 입체격자정보 작업순서는 다음의 각 호와 같다.

1. 작업계획 수립
2. 데이터 준비
3. 3차원 입체격자 정보 생성
4. 정리점검 및 성과품 제작

제6조(입체격자정보 작업계획수립) 작업기관은 착수 전에 다음 각 호의 내용이 포함된 작업시행계획서를 작성하여 제출하여야 하며, 이를 변경할 때에도 또한 같다.

1. 투입인원 계획
2. 작업공정 관리계획
3. 작업예정공정표
4. 보안안전 계획
5. 품질관리 계획

제7조(데이터 준비) 3차원 입체격자로 변환할 데이터를 설정하고, 데이터 목록은 다음 각 호와 같다.

1. 수치표고모델
2. 수피표면자료
3. 높이 값이 있는 2차원 건물, 시설물 등의 수치지도

제8조(3차원 입체격자 정보 생성) 격자 크기를 설정하고, 좌우방향은 경위도를 따르며, 상하방향은 미터(m)를 따른다.

제9조(정리점검 및 성과품 제작) 사업시행자는 성과물의 오기 및 누락 등을 점검하여 성과를 정리하여야 한다.

제10조(메타데이터 작성) 3차원 입체격자 정보의 효율적 관리를 위하여 메타데이터를 작성하여야 한다.

두 번째 방법은 기존 법을 개정하지 않아도 새로운 법을 통해 3차원 입체격자체계에 대한 구축 및 활용을 장려할 수 있는 장점이 있다. 하지만 기존법이 상위법이 되거나 범위가 겹치는 부분이 있어 정착하는데 까지 많은 시간이 소요된다는 문제가 있다.

3차원 입체격자체계가 실현되기 위해 별도의 법 제정이 강력한 실행 수단이 될 수 있다. 하지만 현실적으로 기존 현행법을 개정하여 진행하는 것은 많은 시간이 걸리며 현실적으로 불가능에 가깝다. 빠른 법제도 개선을 위해서는 현 상황을 고려할 때 관련법 개정이나 별도의 규정을 운영하는 것이 현실적인 방법이다. 관련법 개정 또한 모든 법령의 개정이 필요하므로 실행에 부담이 있기 때문에 하위 규정을 마련하여 운영하는 것이 현실적인 방법이다.

<그림 2-56> 3차원 입체격자체계 실용화를 위한 법제도 개선방향

(4) 3차원 입체격자체계 실증서비스 개발(D)

(가) 3차원 입체격자의 스마트 모빌리티 기술적용성 분석 및 서비스 도출

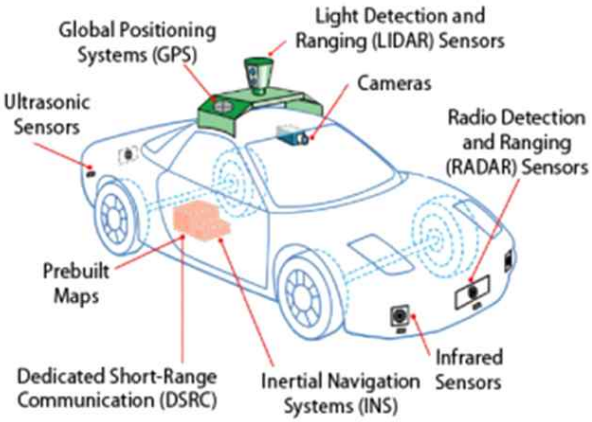
컴퓨터와 정보통신 기술의 발달로 정보화시대가 도래하였고, 그 결과로 언제 어디서든 원하는 정보를 획득할 수 있는 환경을 확보함과 동시에 취득한 정보를 활용할 수 있는 지능적 매체들이 개발되고 있다. 아울러 스마트 기술과 융합된, 보다 똑똑해진 미래교통서비스의 종합적 개념으로 스마트 모빌리티라는 용어가 탄생하게 되었다. 본 연구에서는 스마트 모빌리티를 IT기술과 인공지능이 결합된 이동체로 정의하고, 자율주행차 및 유무인비행체 기술 구현에 필요한 3차원 격자기반 공간정보 서비스를 도출하였다.

① 스마트 모빌리티 기술동향 분석

㉮ 자율주행차 기술 연구동향

자율주행차는 안전성, 편의성, 경제성 등으로 인하여 세상의 흐름을 바꿔나갈 중요한 기술트렌드의 하나로 인식되고 있다. 현재 첨단운전자지원시스템(advanced driver assistance systems, ADAS) 기술 개발로 차량의 센서를 통해 차량 주변을 감지하여 진행차선 유지, 자동제동 및 전방차량과 간격유지 크루즈 기능 등이 탑재된 차량들이 보급되고 있다. 현재의 ADAS 기술은 카메라, RADAR, LiDAR, 초음파센서 등이 차량 주변의 상황 인식을 위해 활용

되고 있으며, GNSS, INS 등의 항법장치 융합기술이 적용되고 있다. 구글, Tesla 등 IT 선진기업들, 정보통신 선진기업들과 다임러, 아우디, BMW, 폭스바겐, GM, 포드, 닛산, 도요타, 현대기아차 등의 완성차 제조업체들, 다양한 자동차 부품업체들이 자율주행차량 관련 프로토타입과 비즈니스 모델을 제시하고 이에 대한 성능을 실증하고 있다. 이에 세계 각국에서는 정부, 완성차 제조업체, IT업체, 자동차 부품업체들이 협력하여 자율주행기술 전반에 대한 고도화를 위해 협력을 강화하고 있다.



<그림 2-57> 자율주행차의 센서융합시스템

미국 도로교통안전국(NHTSA)는 자율주행 기술 단계를 총 4단계로 구분하고 있으며 현재 자율주행차를 개발하는 기업들은 대부분 2020년까지 4단계인 완전 자율주행 자동차 출시를 목표로 개발을 수행하고 있다. 현재 탑재된 센서들에 의한 자율주행 차량에서의 상황인식은 상당한 수준에 도달하였으나, 센서 자체의 가용거리와 상황인식 완결성의 한계로 이를 보완하기 위한 기술들의 개발이 필요한 상황이다. 자율주행차의 성능을 향상시키기 위해 GPS 위치정확도 보완기술 개발과 함께 고정밀도로지도 등 공간정보의 활용방안이 제시되고 있으며, 센서에 의한 상황인지 한계를 극복하기 위해 V2X(vehicle to everything)를 이용한 운행정보 제공에 대한 연구들이 추진되고 있다.

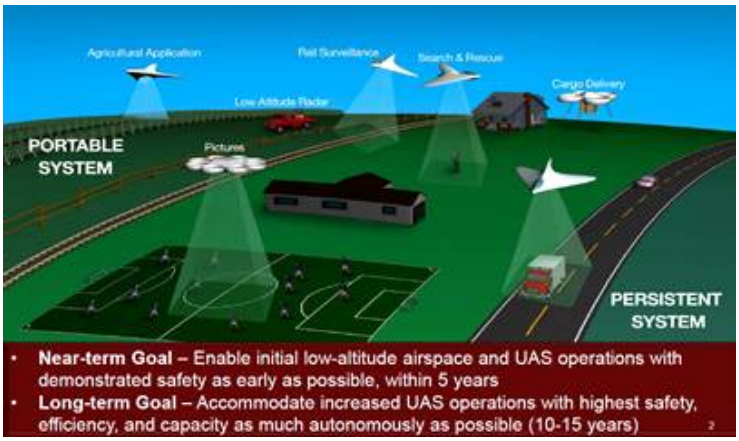
V2X 기술은 차량과 차량 간의 통신(V2V: Vehicle to Vehicle), 차량과 주변 인프라 간 통신(V2I: Vehicle to Infrastructure), 차량과 모바일 기기 간 통신(V2N: Vehicle to Nomadic devices), 차량과 전기 충전관련 통신(V2G: Vehicle to Grid) 등으로 구분될 수 있다. V2X를 통한 정밀도로지도 등의 공간정보 제공은 전방의 도로 상황을 차량이 미리 인지할 수 있기 때문에 향후 발생할 수 있는 위험에 대한 선제적 대응을 가능하게 한다.

자율주행차 관련 공간정보 기술동향 조사 결과를 종합해보면 현재 국내 기술은 ADAS를 통한 다양한 차량 센싱 데이터의 이용 등 교통 빅데이터의 활용 요구가 증대되고 있는 상황이며, 자율주행차의 자체 센서 한계를 극복하기 위한 도로 정밀공간정보 활용 요구도 증가하고 있다. 센서로 상황을 인식하기 어려운 부분을 보완하기 위해 V2X 관련 기술의 개발이 증가하고 있으며, 시가지에서의 차량의 항법 정확도를 향상시키기 위해 GNSS 음영지역 한계 등을 극복할 수 있는 정밀측위 정확도 향상기술의 연구가 진행되고 있다.

<그림 2-58> V2X 개요(Qualcomm, 2016)

㉯ 유무인비행체 기술 연구동향

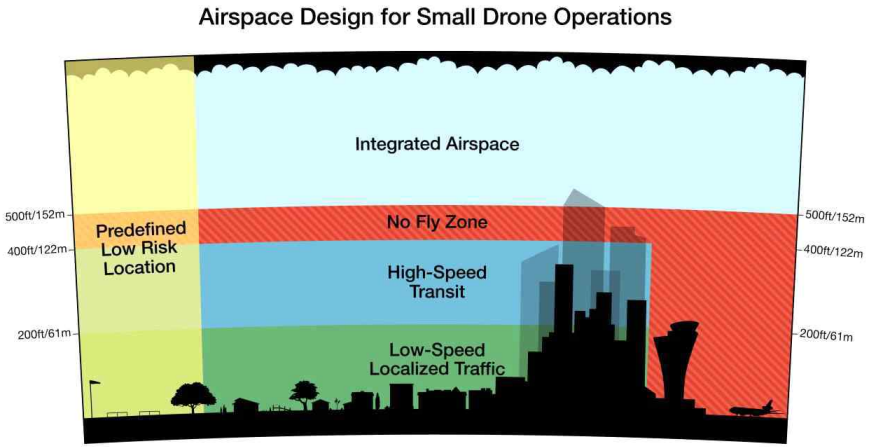
저고도에서 운용되는 모든 유인비행, 가시권 및 비가시권에서의 무인비행을 안전하게 조종하기 위해서는 다양성과 미래의 요구를 수용할 수 있는 체계적인 접근법이 필요하다. NASA는 수십 년간의 항공교통관리에 관한 연구 및 개발 경험, 그리고 통찰력을 바탕으로 잠재적 미래를 구상하였으며, 무인비행체 교통관리 시스템(UAS traffic management, UTM) 연구를 시작하였다. 소형 무인비행체 산업 및 활용분야, 그리고 관련 기술들이 급속히 발달하고 있으며, UTM 개념도 더불어 발달하고 있다. 또한, 이해당사자간의 역할, 책임, 그리고 기능의 분배에 대한 정의도 NASA/FAA 연구팀 회의 및 이해당사자들 간의 토론을 통하여 보다 상세히 정의되고 있다.



<그림 2-59> NASA UTM 시스템의 개요

대규모의 가시권내 무인비행체 및 자동화된 비가시권 내 무인비행체의 운용을 저고도에서 안전하게 수행하는 것은 현재로서는 불가능한 상황이다. 이에 저고도에서 다량의 안전한 운용을 위한 개념, 운용 요구사항, 기술, 경로 등에 대한 전반적인 필요성이 증대되고 있다. 저고도에서 운영되는 무인비행체의 안전 확보를 위해 Amazon은 2016년 NASA에 성능에 따른 고도별 저속/고속 전용 공역을 구분하는 드론 하이웨이를 제안하였다. 이와 관련하여 국토교통부는 2017년 9월 드론산업 육성 목표 및 전략 7대 추진과제의 5핵심 과제 중 세부 추

진과제로 <드론 하이웨이 등 교통관리 운영시스템 체계>와 <한국형 교통관리시스템 구현>에 대해 발표한 바 있다. 또한, 과학기술정보통신부에서는 2017년부터 <안전한 무인이동체를 위한 ICT 기반기술 개발>과제를 통해 드론을 위한 3D 맵 기반 고정밀 측위기술을 개발하고 있다.



<그림 2-60> Amazon의 소형 무인기 운용을 위한 공역설계(안)

Amazon의 드론 물류배송 기술이 이슈화되면서 국내에서도 드론산업의 활성화를 위한 하나의 활용분야로 주목을 받았고, 이외에도 산불 감시/진화 등의 다양한 재난분야 및 특수목적 분야에 무인비행체를 활용하려는 사례들이 증가하고 있다. 그러나 원활한 서비스를 위해서는 안전한 저고도 교통체계의 구축이 선행되어야 하고, 법제도 등의 규제 완화가 필요한 상황이다.

② 스마트 모빌리티 서비스 도출 및 실증 시나리오 개발

㉮ 스마트 모빌리티 구현을 위한 실증서비스 목록 도출

본 연구에서는 2년간의 개발을 통해 서비스 프로토타입이 개발될 수 있거나 타 연구과제에서 개발되고 있는 기술과 향후 연동될 수 있을 것으로 전망되는 주제들을 선별하였고, 자율주행차 및 유무인비행체 기술 구현에 있어서 공간정보를 활용했을 때 시너지 효과가 발생할 수 있는 부분을 고려하여 다음과 같이 서비스 목록을 도출하였다.

- 저고도 유무인 비행체를 위한 격자기반 공중 도로체계 제공 서비스
- 저고도 유무인 비행체 정밀측위를 위한 Multi-scale 입체격자 제공 서비스
- 저고도 유무인 비행체를 위한 격자기반 정적/동적 안전운항 정보 제공 서비스
- 저고도 무인 비행체를 위한 장애물 격자 AR 서비스
- 자율주행차를 위한 격자기반 교통 빅데이터 제공 서비스
- 센서융합 측위 의사결정 지원을 위한 GNSS 가시위성 및 신뢰도 제공 서비스
- GNSS 단독측위 사용자를 위한 지각운동 보정량 제공 서비스

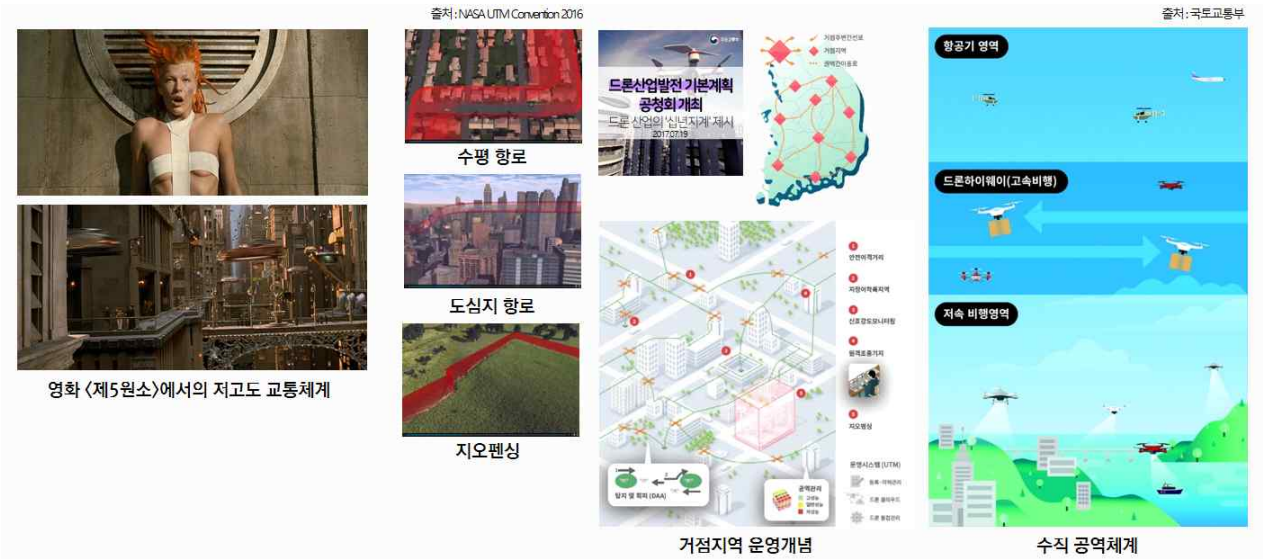
㉯ 서비스 구현방법 도출 및 실증 시나리오 개발

○ 저고도 유무인 비행체를 위한 격자기반 공중 도로체계 제공 서비스

지상의 토지이용에 따라 무인비행체의 추락 시 안전을 확보할 수 있는 우선순위를 결정할 수 있다. 예를 들어 추락에 대한 인명피해 확률이 적은 하천과 산지는 고속 이동 무인비행체를 위한 이동경로로, 건물들이 존재하는 지역은 지방도와 같이 활용할 수 있다. 지상의 토지이용 정보에 따라 2차원 공역 및 항로를 선정하고, 이를 기반으로 3차원 항로를 설계한다. 3차원 항로는 아마존 등이 제시하고 있는 바와 같이 무인비행체의 스펙에 따라 가용 항로를 선정하고, 건물 등 장애물 정보를 기반으로 도심지에서의 수직 항로를 설계한다.

<표 2-23> 저고도 유무인 비행체를 위한 격자기반 공중 도로체계 제공 서비스 개요

서비스명	유무인 비행체를 위한 격자기반 공중 도로체계 제공 서비스	관련 대상	유무인 비행체
개요	▪수백만 유/무인 비행체 운항 시대를 대비하여 지상의 도로체계와 유사한 격자기반의 공중 도로체계 제공	서비스 수혜자	▪유무인 비행체 수동/자율비행 운용자
필요성 및 도입배경	▪`16년 아마존, NASA에 '드론 하이웨이' 도입 제안(수직 공역체계, 성능에 따라 고도 별 저속/고속 전용 공역을 구분) ▪국토부, `17.09 '드론산업 육성 목표 및 전략 7대 추진과제'에서 <수직공역체계/거점간 이동로> 핵심과제 선정 ▪추락 시 안전성이 확보된 이동로 선정을 위한 격자기반 "수직/수평 도로체계 제공" 서비스 필요 ▪공중 도로체계를 구현하기 위한 격자 도입 필수		
서비스 기능	▪드론 조종자의 출발지, 목적지, 사용 드론의 스펙 등 수신 ▪운항 목적에 따른 입체격자 체계 기반 최적 경로 계산 ▪드론 조종자에게 최적 경로의 way points 제공		
구현방법	▪지상 토지이용 현황(산, 강, 논밭, 건물 종류, 도로, 시설물) 카테고라이즈 ▪추락 시 안전성을 고려하여 공중의 고속도로/국도/지방도 선정(예: 강/산-고속도로, 건물-지방도, 도로-지방도) ▪출발지-목적지 사이의 공중 도로체계를 감안한 최적 경로 제공(격자기반의 way points 활용)		
개발 및 활용전략	▪미래부/국토부/경찰청 '저고도 무인비행장치 교통관리 감시기술(UTM) 개발(~'21)'의 모니터링 체계와 연계 → 협의 예정 ▪국토부 '3차원 공간정보기반 무인비행체 공역지도 개발('20~'22)'에 활용		



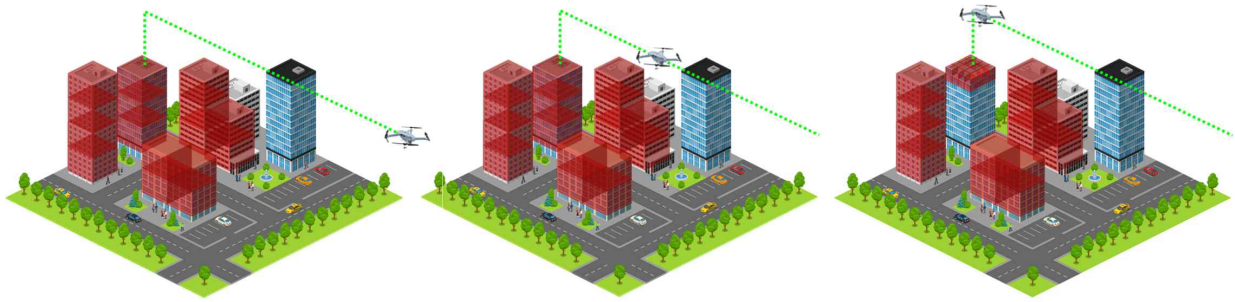
<그림 2-61> 저고도 유무인 비행체를 위한 격자기반 공중 도로체계 제공 서비스 시나리오

○ 저고도 유무인 비행체 정밀측위를 위한 Multi-scale 입체격자 제공 서비스

테스트베드 지역으로 도심지와 산지가 어우러진 지역을 선정하고 이 지역에 대한 3차원 다중축척 장애물 격자정보를 생성한다. 출발지, 목적지, 경로에 대한 장애물 근접 여부를 소축척 격자를 기반으로 입체 버퍼링(buffering) 분석을 수행할 수 있는 기능을 개발한다. 또한, 특정 임계값(threshold) 이하의 상황에 대해서는 대축척 입체격자를 제공할 수 있도록 기능을 구성한다.

<표 2-24> 저고도 유무인 비행체 정밀측위를 위한 Multi-scale 입체격자 제공 서비스 개요

서비스명	유무인 비행체 정밀측위를 위한 Multi-scale 장애물 입체격자 제공 서비스	관련 대상	유무인 비행체
개요	▪유무인 비행체의 3D 맵 기반 고정밀 측위를 위해 비행체의 목적에 맞는 다중축척 장애물 입체격자를 제공	서비스 수혜자	▪유무인 비행체 자율/반자율 비행 운용자
필요성 및 도입배경	▪유무인 비행체의 자율/반자율 비행 시, 착륙 과정 및 건물 근접 임무 수행 시 충돌 등 사고위험성 다수 존재 ▪이에 따라 3D 맵 기반 고정밀 측위 기술 개발이 활발히 진행 중(과기정통부, '안전한 무인이동체를 위한 ICT기반기술 개발'(ETRI, `17.01~21.12)) ▪자체 센싱의 한계를 극복하기 위한 특정 지역(착륙지 등)에서의 부분 고 정밀 공간정보 필요 ▪유무인 비행체 이동 전 구간에 대한 고정밀 공간정보의 전송/보유 부담을 줄이기 위해 소축척 장애물 정보 격자 제공이 필수		
서비스 기능	▪드론 조종자의 출발지, 목적지, 경로 수신 ▪3차원 경로에 대한 장애물 근접성 여부 계산 ▪운항 중 장애물과 근접할 경우 및 착륙지에 대한 대축척 장애물 입체격자 정보 제공		
구현방법	▪유무인 비행체 장애물 입체격자 구축 시, 다양한 축척의 입체격자 DB 구축(예: 15m/50cm) ▪출발지, 목적지, 경로에 대한 장애물 근접 여부를 소축척 격자 기반 입체 Buffering 분석 ▪특정 threshold 이하의 상황에 대한 대축척 입체격자 제공		
개발 및 활용전략	▪본 연구단은 <드론 경로주변 '평소의 소축척'/'장애물 접근 시 대축척' 장애물 입체격자 제공 플랫폼> 개발 ▪ETRI 연구단은 자체 센싱정보와 본연구단의 결과물을 Mixing 한 고정밀 측위기술 개발 → 협의 완료		



장애물에 근접하지 않은 상태에서는 소축척의 장애물 격자정보를 제공

무인비행체가 이동하면서 지상 장애물에 근접

무인비행체 장애물 접근에 대한 안전 확보를 위한 대축척 장애물 격자정보 제공

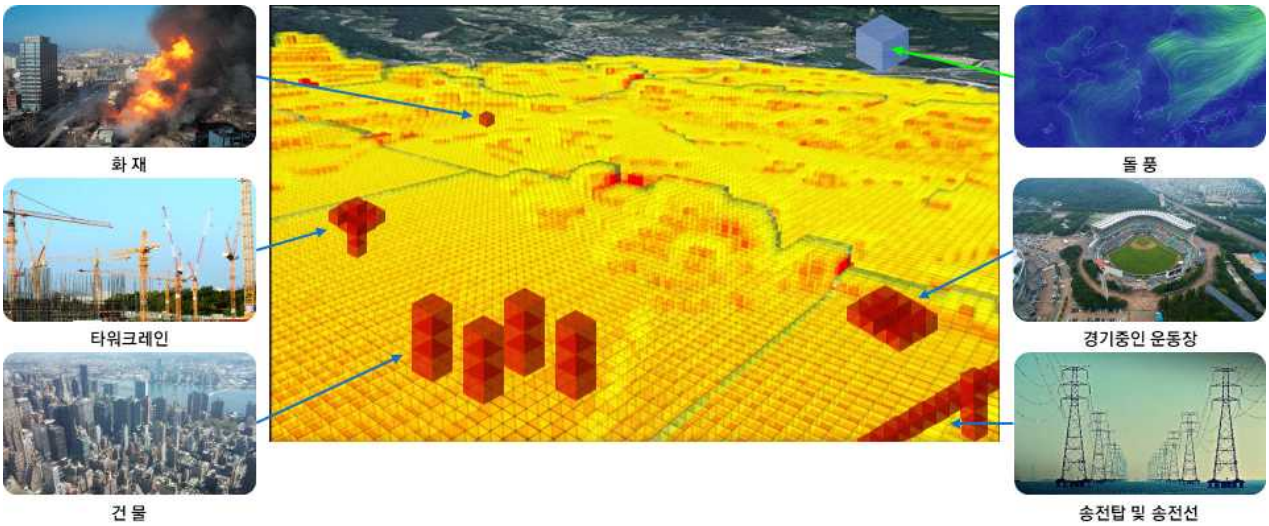
<그림 2-62> 저고도 유무인 비행체 정밀측위를 위한 Multi-scale 입체격자 제공 서비스 시나리오

○ 저고도 유무인 비행체를 위한 격자기반 정적/동적 안전운항 정보 제공 서비스

서비스 구현을 위해서는 우선 정적 장애물 정보 구축을 위해 브이월드 등을 이용하여 건물정보를 격자화해야 한다. 지상에 노출되어 있는 송전선 및 전선에 대한 장애물 정보는 송전탑과 전신주의 위치정보를 기반으로 구축할 수 있을 것으로 판단된다. 동적 장애물의 경우 건설현장의 타워크레인 운용에 대한 정보, 화재 정보, 미세먼지 및 바람장 정보, 운동장 및 인구밀집행사 정보 등에 대해 각각 관계부처 데이터를 연계하는 방법을 고안해야 할 것으로 판단된다. 우선 동적장애물로 작용할 수 있는 요소들의 목록을 도출하여 해당 정보를 어느 기관에서 어떻게 획득할 수 있는지 점검하고, 필요한 데이터들을 어떻게 가공하여 연계할 것인지에 대해 분석하고 데이터 구축 및 테스트를 수행한다.

<표 2-25> 저고도 유무인 비행체를 위한 격자기반 정적/동적 안전운항 정보제공 서비스 개요

서비스명	저고도 유무인 비행체를 위한 격자기반 정적/동적 안전운항 정보제공 서비스	관련 대상	저고도 유무인 비행체
개요	▪ 유무인 비행체의 관제 및 안전운항을 위해 정적/동적 장애물 정보의 격자기반 제공 서비스	서비스 수혜자	▪유무인 비행체 수동/자율비행 운용자 및 관제시스템 관리자
필요성 및 도입배경	▪`16년 국토부, '드론길 구축을 위한 3차원 공간정보 시범구축' 수행, 항공LIDAR 및 MMS로 장애물이 포함된 DSM 구축 후 격자화, 조종사에게는 장애물을 고려한 경로 제공, 관제시스템 관리자에게는 현 위치 가시화 가능성 제시 ▪ 해당 사업에서는 정적 장애물(전신주, 고압선, 수목, 건물 등)을 포함하였고, 동적 장애물 (건설용 타워 크레인, 화재, 미세먼지, 바람장 등) 및 비행 위험구역(학교, 경기중인 운동장, 인구 밀집 행사 등), 비행 금지구역 등이 미포함 ▪ 정적/동적 장애물 정보의 효율적인 제공을 위해 보유/전송의 부담이 적은 입체격자 기반 정보제공 필수		
서비스 기능	▪ 드론 조종자의 출발지, 목적지, 사용 드론의 스펙 등 수신 ▪ 정적/동적 장애물을 고려한 적정 드론 고도 및 2차원 회피지역 조종사에 제공 ▪ 드론의 위치 관제 중 돌발 동적 장애물 발생 시 정보 제공		
구현방법	▪ V-world 등을 이용하여 건물정보의 격자화 ▪ 송전탑/전신주 위치정보를 바탕으로 송전선/전선 장애물 정적 장애물 격자화 ▪ 건설용 타워크레인-국토부, 화재-소방청, 미세먼지 및 바람장-기상청, 운동장 및 인구밀집행사-문체부 등 데이터 연계하여 동적 장애물 격자화		
개발 및 활용전략	▪미래부/국토부/경찰청 '저고도 무인비행장치 교통관리 감시기술(UTM) 개발(~'21)'의 모니터링 체계와 연계→ 협의 예정 ▪국토부 '3차원 공간정보기반 무인비행체 공역지도 개발('20~'22)'에 활용		



<그림 2-63> 저고도 유무인 비행체를 위한 격자기반 정적/동적 안전운항 정보제공 서비스 시나리오

○ 저고도 무인 비행체를 위한 장애물 격자 AR 서비스

DSM, DEM, 브이월드 등을 활용하여 공공드론(예: 산불현장 모니터링)이 출발지로부터 타겟 지점까지 이동할 수 있는 부분에 대해 장애물 격자정보를 구축한다. 해당 DB를 GCS에 저장하고, GCS 단말에서 입체격자 장애물정보와 무인비행체의 현재 위치를 표출할 수 있는 소프트웨어를 개발한다. 헤드업 디스플레이 등의 VR기기를 통한 가시화 방안도 고려할 수 있을 것으로 판단된다. 해당 기술의 구현은 VR(오큘러스 등의 기기 활용)과 AR(MS 홀로렌즈 등의 기기 활용)기반의 기술을 통해 개발 가능할 것으로 판단된다.

<표 2-26> 저고도 무인 비행체를 위한 장애물 격자 AR 서비스 개요

서비스명	저고도 무인 비행체를 위한 장애물 격자 AR 서비스	관련 대상	무인 비행체
개요	▪ 무인 비행체의 야간 비행 및 산림지역 안전운항을 위한 장애물 격자의 AR 가시화	서비스 수혜자	▪무인 비행체 수동비행 운용자
필요성 및 도입배경	▪ 현재 무인비행체의 야간 운행은 법적으로 금지되었으나, 경찰/소방 등 특수한 경우 야간 운항이 허용될 예정 ▪ 야간운항 또는 소방용 운항 시 조종사의 시야확보에 어려움 발생 ▪ 산림지역 운항시 고도감 부족으로 조종사의 충돌 공포 호소(인터뷰) ▪ 카메라의 시야 미확보 또는 고도감의 상실을 대비, 조종사 GCS상의 카메라 화면에 장애물의 삼차원 격자 AR 서비스 필요		
서비스 기능	▪ 조종사의 GCS에 장애물 AR On/Off		
구현방법	▪ 무인비행체에 장애물 격자정보 저장 ▪ 무인비행체의 위치/자세정보를 고려하여 카메라 시야의 이동에 따른 장애물의 삼차원 격자를 현실과 혼합하여 AR로 제공		
개발 및 활용전략	▪ GPS와 INS의 성능에 따라 현실과의 중첩 정확도 확보 유무 결정 ▪ 공중 도로체계 도입 시, 운항 중인 공중 도로의 격자를 제공하여 무인 비행체의 경로 이탈 여부 자가 판단 가능 ▪ 낮은 기술 진입 장벽, 조속한 특허출원 필요		

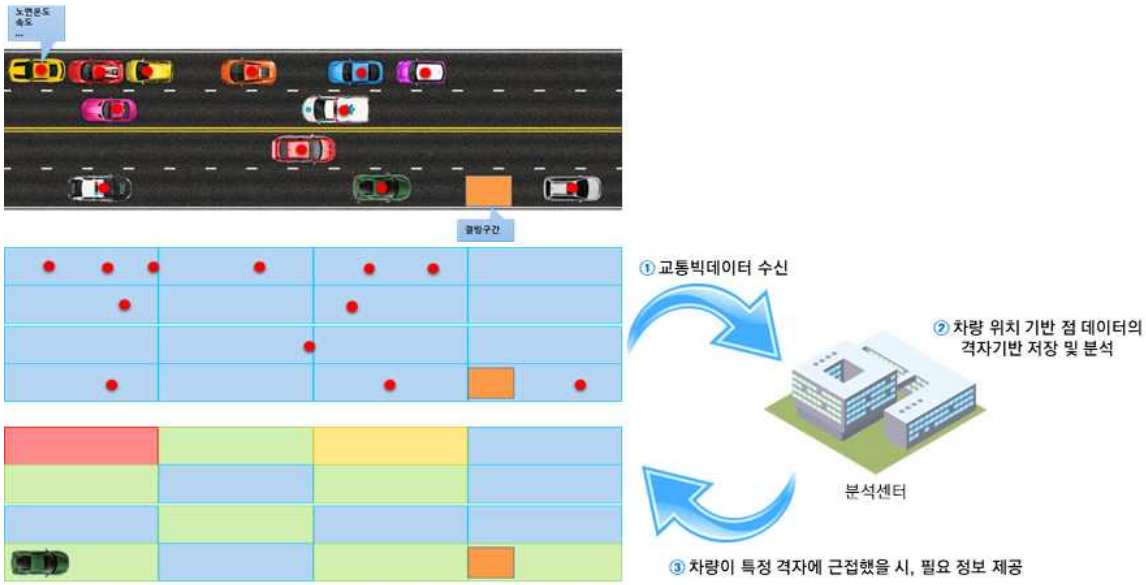
<그림 2-64> 저고도 무인 비행체를 위한 장애물 격자 AR 서비스 시나리오

○ 자율주행차를 위한 격자기반 교통 빅데이터 제공 서비스

차량의 자체 센서를 통해 수집된 정보와 지역별 고정 관측데이터 등을 취합하여 실시간 교통 빅데이터 DB(공공 교통 데이터, 노면온도, 대기온도/습도, 강수량, 교통밀도, 통행속도 등)를 구축하고, 이를 격자정보로 인덱싱한다. 서비스 기능을 구현하기 위해서는 특정 지점에 대한 정보(ex: 노면 결빙 예상지역 등)를 해당 격자에 접근하는 차량에 전달하고 차량에서는 정보의 속성에 따라 경고성 정보는 모니터에 이를 표출하여 사용자에게 사전 경고할 수 있다. 자율주행차량에서는 해당 정보를 차량의 상황인지와 우회계획 수립에 활용할 수 있다.

<표 2-27> 자율주행차를 위한 격자기반 교통 빅데이터 제공 서비스 개요

서비스명	자율주행차를 위한 격자기반 교통 빅데이터 제공 서비스	관련 대상	자율주행차
개요	▪점 형태로 제공되고 있는 교통관련 빅데이터를 자율주행차에 효율적으로 전달하기 위한 격자기반 데이터 제공 서비스	서비스 수혜자	▪자율/반자율 자동차 운용자
필요성 및 도입배경	▪ 차량 자체 센서에 의존하는 자율주행차량의 인지범위 제한(신호취약, 극한날씨 등)을 극복하기 위해 국토부에서는 정밀도로지도 구축사업 및 C-ITS 기반 정밀 교통정보제공기술 개발 중 ▪ KICT는 기존 ADAS 센싱 데이터 및 자체개발 센서로 다양한 정보(개별 차량의 위치, 노면 온도, 교통량 등)를 차량에 제공하기 위한 기술을 개발 중(미래부, *차량센서 기반 주행환경 관측, 예측 안전운행 도로기술 개발*, `15~`19) ▪ 이러한 다양한 교통빅데이터는 모두 점 데이터로 수신되어 분석(인접성 분석 등)및 제공에 어려움이 존재하므로, 격자 기반의 저장 및 분석이 필수		
서비스 기능	▪ 공공 교통 데이터 및 차량 센싱 교통 데이터의 수신 ▪ 차량 위치 기반 점 데이터의 격자기반 저장 및 분석 ▪ 차량이 특정 격자에 근접했을 시, 필요 정보 제공		
구현방법	▪ 실시간 교통 빅데이터 DB(공공 교통 데이터, 노면온도, 대기온도/습도, 강수량, 교통밀도, 통행속도 등) 구축 ▪ 차선 별 격자 망 구축 후 인덱싱 ▪ 교통안전 정보의 제공		
개발 및 활용전략	▪ 본 연구단은 <교통빅데이터의 인덱싱 및 격자기반 분석 플랫폼> 개발 ▪ KICT 교통빅데이터 연구단은 <차량 센싱정보 및 분석기능 요구사항> 제공 후, <분석 결과 개별 차량 제공 및 가시화 기술> 개발		



<그림 2-65> 자율주행차를 위한 격자기반 교통 빅데이터 제공 서비스 시나리오

○ 센서융합 측위 의사결정 지원을 위한 GNSS 가시위성 및 신뢰도 제공 서비스

서비스 구현을 위해서는 우선 도로상의 격자망과 주변 장애물 정보에 대한 DB 구축이 필요하다. 위성 궤도정보는 IGS(international gnss service)에서 제공하는 초신속궤도력을 활용하거나 방송궤도력 등을 활용할 수 있다. 장애물 정보와는 달리 궤도정보는 주기적인 다운로드와 갱신이 필요할 것으로 판단된다. 기본 데이터가 확보되면 미래 시점에 대한 시각별 가시위성 및 DOP 정보를 생성한다. 이 때 도로격자망의 각 지점에서 위성신호가 장애물에 차폐되는지 여부를 결정할 수 있는 알고리즘이 필요하다.

<표 2-28> 센서융합 측위 의사결정 지원을 위한 GNSS 가시위성 및 신뢰도 제공 서비스 개요

서비스명	센서융합 측위 의사결정 지원을 위한 GNSS 가시위성 및 신뢰도 정보 제공 서비스	관련 대상	자율주행차, 유무인 비행체 유저
개요	▪난수신 지역의 GNSS 데이터 신뢰도 및 예상 가시위성 정보를 제공하여 자율주행차량의 정밀위치결정을 지원하는 대국민서비스	서비스 수혜자	▪자율주행차 유저 ▪유무인 비행체 유저
필요성 및 도입배경	▪자율주행차 위치결정시스템은 GNSS, INS, 카메라, 레이더, 라이다 등 각종 센서들이 융합됨 ▪도심지의 경우 건물에 의해 GNSS 신호가 차폐(가시위성 감소) 및 굴절(다중경로오차)되어 위치정확도가 저하됨 ▪DSM을 활용하면 특정시점/위치에서의 가시위성을 판별할 수 있고, 해당 위치에 대한 DOP 산출 가능 ▪가시위성 정보만을 이용한 좌표산출을 통해 다중경로 오차의 사전 제거 가능 ▪GNSS 신뢰도가 낮은 지역은 위치결정시 GNSS 가중치 절감 혹은 타 센서만 활용하여 정확도 향상에 기여 가능		
서비스 기능	▪인프라단 - 초신속궤도력의 주기적 다운로드, 도로 격자망의 시각별 가시위성/DOP 정보 산출, 구간 통행 차량 정보 전송 ▪사용자단 - 사용자 현 위치 및 미래 경로 전송, 사용자 미래 경로에 대한 가시위성/DOP 정보 수신, 정밀위치결정에 반영		
구현방법	▪도로 격자망 및 주변 장애물 정보 DB 구축 ▪초신속(Ultra-rapid)궤도력을 이용한 도로 격자망에서의 시각별 가시위성/DOP 산출 ▪사용자 시각 및 격자망 위치에 따른 가시위성/DOP 정보 제공		
개발 및 활용전략	▪테스트베드 구간에 대한 시각별 가시위성/DOP 정보 산출 알고리즘 자체개발 및 차폐 위성 배제한 측위결과 분석 ▪컨소시엄 내부 협업을 통한 3차원 도로 격자망에서의 정보 제공 컨셉 개발 ▪시스템 효용성 검증 이후 전 국토 도로망에 대한 서비스 수행		

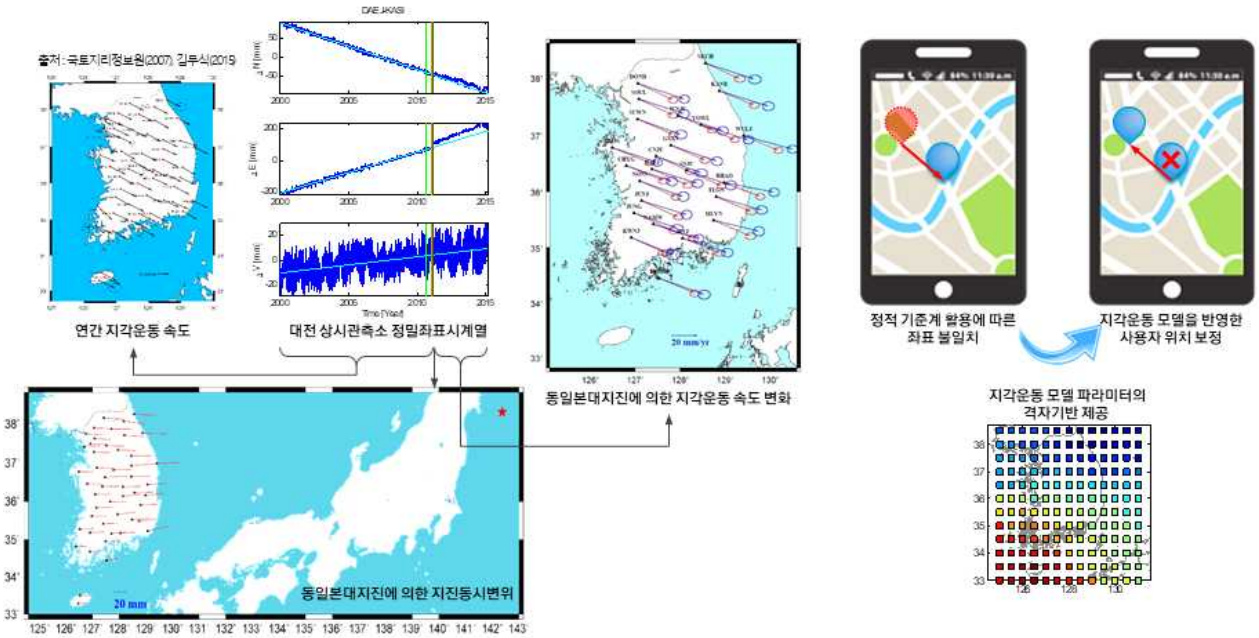
<그림 2-66> 센서융합 측위 의사결정 지원을 위한 GNSS 가시위성 및 신뢰도 제공 서비스 시나리오

○ GNSS 단독측위 사용자를 위한 지각운동 보정량 제공 서비스

서비스 구현을 위해서는 우선 우리나라 지각의 연간 지각운동량과 동일본대지진으로 인해 발생한 지진동시변위량 및 지진후변위에 대한 모델이 필요하다. 우리나라 GPS 상시관측소의 장기 시계열 분석을 통해 생성된 모델을 기반으로 각 지점에서 산출된 모델 파라미터를 보간하여 격자화 된 DB를 구축한다. 사용자단에서는 응용 애플리케이션을 통해 현재 자신의 단말에서 결정된 위치에 지각운동 모델을 반영하여 지도에 매칭한다.

<표 2-29> GNSS 단독측위 사용자를 위한 지각운동 보정량 제공 서비스 개요

서비스명	GNSS 단독측위 사용자를 위한 지각운동 보정량 제공 서비스	관련 대상	단독측위 기반 GNSS 측위시스템 사용자
개요	▪GNSS 단독측위 결과를 매핑할 때 정적 기준계 활용에서 발생하는 누적오차를 제거하기 위한 위한 지각운동 보정량 제공 서비스	서비스 수혜자	▪국내 스마트폰 및 내비게이션 유저
필요성 및 도입배경	▪현재까지 보급된 일반 GNSS 사용자를 위한 단말은 대부분 단독측위 기반의 측위시스템을 활용함 ▪우리나라 측지기준계는 정적 기준계(ITRF2000으로 2000.01.01 시점을 기준으로 함)를 활용함 ▪우리나라 지각은 동남쪽으로(약 3cm/year) 이동중이며, 2011년 동일본 대지진 이후 지역적 편차가 증가함 ▪최근의 GNSS 단독측위 결과는 누적된 지각운동량으로 인해 기준시점 좌표와 약 0.5m 이상의 차이가 있음 ▪GNSS 단독측위 단말 사용자에게 지각운동 보정정보를 제공하여 기준시점 좌표로 매칭할 수 있는 서비스 필요		
서비스 기능	▪사용자 위치 초기값 및 해당 격자점 결정 ▪PM(Plate Movement) 파라미터를 이용한 보정모델 산출 ▪기준시점에 따른 연산을 통한 보정좌표 산출		
구현방법	▪연간 지각운동량, 동일본대지진 지진동시변위 및 지진후변위 모델링 ▪생성된 모델을 기반으로 격자별 모델 파라미터 DB 구축 ▪응용 어플리케이션을 통한 서비스 제공		
개발 및 활용전략	▪지각운동 보정 모델 및 격자정보 표준안 자체개발 ▪컨소시엄 내부 협업을 통한 격자기반 보정정보 제공 서비스 개발 및 수행		



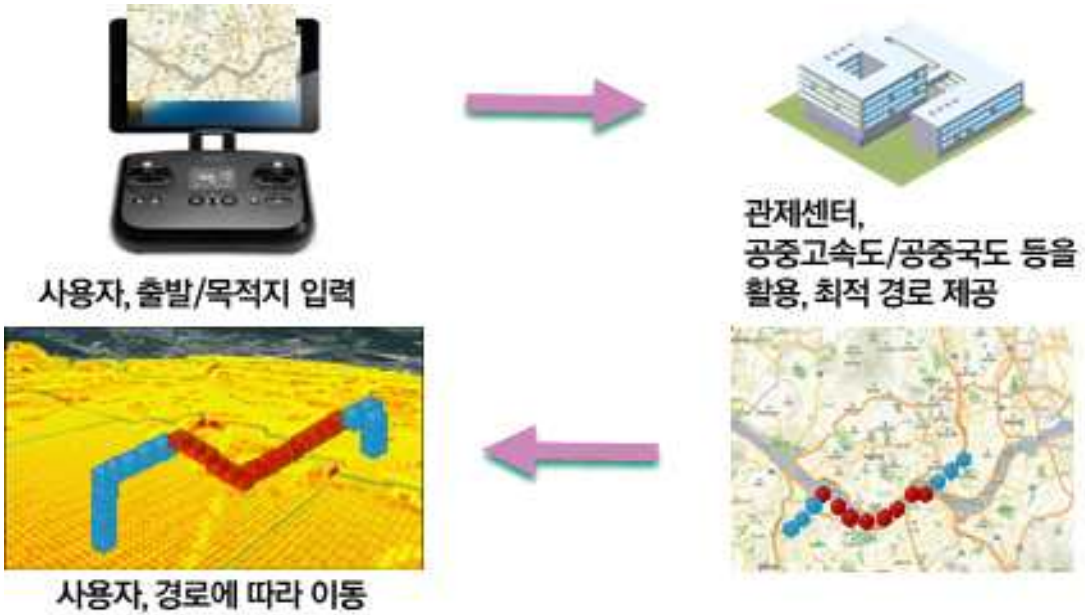
<그림 2-67> GNSS 단독측위 사용자를 위한 지각운동 보정량 제공 서비스 시나리오

(나) 스마트 모빌리티 실증서비스 기능 도출 및 알고리즘 개발

① 스마트 모빌리티 실증서비스 기능 도출

㉮ 저고도 유/무인비행체를 위한 격자기반 공중 도로체계 제공 서비스

본 서비스의 목적은 유무인 비행체의 안전운항을 위한 격자기반의 공중 도로체계를 설계하고 사용자에게 최적 안전경로(항로)의 좌표를 제공하는데 있다. 끊임없이 변화하는 대용량 지상 안전성 정보의 저장과 분석에 격자체계의 도입이 매우 효율적이며, 좌표만 제공하는 것이 아닌, 항로의 시각화와 관제소의 모니터링을 위해서는 격자의 도입이 필수적이다. 또한 적절한 way point 간격을 설계하기 위해서도 3차원 입체격자체계의 개념을 도입하는 것이 필요하다. 아래 그림은 본 서비스의 개념도이다.

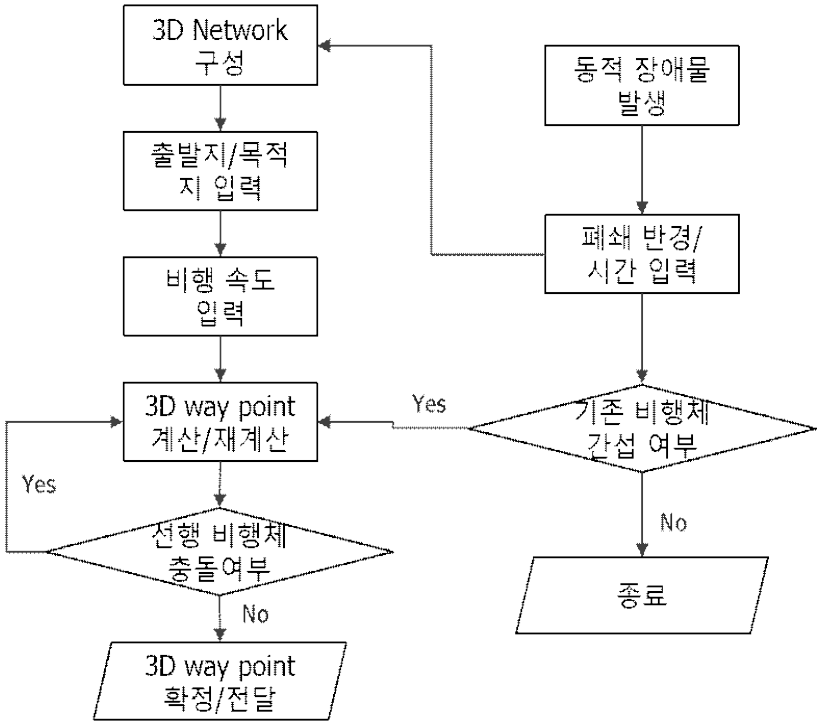


<그림 2-68> 저고도 유무인 비행체를 위한 격자기반 공중도로체계 제공 서비스 개념도

서비스 기능을 도출하기 위해서는 전체 서비스의 흐름을 도출하여야 한다. 서비스는 격자기반의 3D 네트워크를 구성하는 것에서 시작된다. 3D 네트워크는 노드와 링크로 구성되어 있으며 각 노드와 링크는 지상의 토지이용도에 대한 공중도로 적합도 가중치를 입력하고, 현재 대한민국 법에서 강제하고 있는 규정을 준수하여 일정 간격의 격자 기반으로, 정적 장애물을 피하여 구성된다. 정적 장애물이라 함은 유무인 비행체가 운항 중일 때 방해가 될 수 있는 모든 움직이지 않는 장애물로 정의되며, terrain, 나무, 건물, 송전탑, 송전선, 전깃줄, 교통표지, 도로표지, 신호등, 전신주 등을 모두 포함한다. 3D 네트워크 구성 알고리즘은 다음 장에서 자세히 소개될 것이다. 사용자(유무인 비행체 조종사)는 출발지와 목적지를 주소 혹은 좌표 기반으로 입력하고 본인이 운항하고자 하는 비행체의 속도를 입력한다. 플랫폼(SW)에서는 3차원 네트워크상에서 3D way point를 계산한다. 계산된 way point는 선행비행체와의 충돌여부를 4D기반으로 검사한다. 여기서 말하는 4D는 3차원 좌표에 시간을 고려한 4차원

을 의미한다. 선행비행체와의 충돌이 예상될 경우 3D way point를 재계산하게 되며 다시 선행비행체와의 충돌여부를 검사한다. 4D 검사에서 충돌되지 않는다고 판단될 경우, 3D way pont를 확정하고 전달한다.

3D 네트워크는 기본적으로 정적 장애물을 기반으로 구성된다. 그러나 운항 중 예기치 못한 동적 장애물이 발생할 수 있다. 동적 장애물은 화재, 돌풍, 안개, 미세먼지, 건설현장의 타워크레인 등 시간에 따라 그 위치를 비행하는 유무인 비행체의 비행 장애가 되기도 하고 되지 않기도 하는 일시적(temporary) 장애물이라 정의한다. 저고도 유무인 비행체를 위한 공중 도로체계 제공서비스의 흐름도는 그러한 상황도 고려한다. 동적 장애물이 발생할 경우 이러한 일정반경의 공중도로는 폐쇄하여야 하며, 관리자는 폐쇄 시간과 반경을 입력한다. 이러한 정보는 3D Network 구성에 반영된다. 관리자는 폐쇄 시간과 반경을 고려하여 현재 운행 중인 비행체의 운항 경로와 겹치는지 4D 간섭을 검토한다. 간섭이 될 경우 3D way point를 재계산(우회 도로 결정)하고, 선행 비행체와의 충돌여부를 검토하여 충돌되지 않을 경우 종료한다. 아래 그림은 저고도 유무인 비행체를 위한 격자기반 공중도로체계 제공 서비스의 흐름 도를 표현한다.



<그림 2-69> 격자기반 공중도로체계 제공 서비스 흐름도

서비스 흐름을 기반으로 실제 서비스가 구현되기 위한 기능을 3레벨로 도출한다. 레벨 1은 애플리케이션, 레벨 2는 기능, 그리고 레벨 3는 세부 기능으로 정의한다. 애플리케이션은 데이터 관리, 격자 관리, 2D네트워크 관리, 3D네트워크 관리, 그리고 Flight Plan으로 나뉜다. 다음의 표는 3레벨의 서비스 기능을 나타낸다.

<표 2-30> 3-Level 서비스 기능 도출

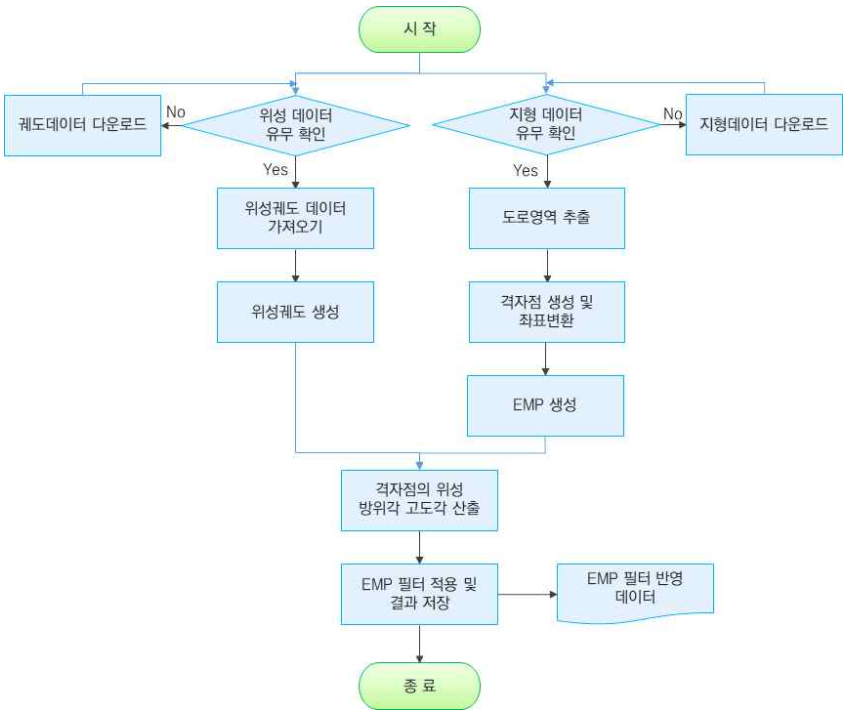
애플리케이션	기능	세부 기능	기능 정의
데이터 관리	데이터 연계	배경지도	· 배경지도 연계 주소 관리
		토지이용구역도	· NSDI와 연계한 토지이용구역도 관리
		금지구역	· 비행금지/관제권/비행제한/군작전 구역 관리
		정적 장애물	· 정적장애물 관리
		geo-fencing 구역	· geo-fencing 구역 관리
		Shelter	· 연료 부족시 불시착을 위한 거점 관리
		3D 격자	· 3D 격자 플랫폼 연계 격자정보 관리
	레이어 관리	서비스 레이어	· 서비스 대상 공간정보 레이어 관리
		레이어 스타일	· 서비스 대상 레이어 스타일 관리
격자 관리	가중치	가중치 관리	· 토지이용도 분류별 가중치 관리
	격자 관리	격자 관리	· 격자 크기(공중도로 폭)/단위(m) 관리
		격자 범위 관리	· 격자화 대상지역 관리
		격자 생성 관리	· 격자 공간데이터 생성 관리
2D Network 관리	노드 관리	노드 생성	· 2D상의 Node 간격 설정
		노드 추출	· 2D상의 적합 Node 추출
	링크 관리	링크 생성	· 2D상의 Node 연결성 고려 Link 생성
		링크 추출	· 2D상의 Node 연결성 고려 Link 추출
	Network 생성	링크 가중치 생성	· 토지이용구역 속성별 가중치 생성
		Network 생성	· 금지구역 및 geo-fencing 고려 Network생성
3D Network 관리	구간 관리	비행 구간(높이) 관리	· 무인이동체별 비행 가능구간(높이) Buffer 관리
		구간(높이) 프로파일 검색 반경관리	· 구간(높이) 프로파일 검색 반경 관리
		구간(높이) 프로파일 관리	· 2D 이동경로에 따른 높이 프로파일 관리
	Network 생성	3D Network 생성	· 3D Network 생성 관리
Flight Plan	Plan 수립	출발지/목적지 관리	· 출발지/목적지 검색
		비행속도 관리	· 비행속도 관리
		경로검색 관리	· 경로검색 방법 관리
	경로 관리	Way point 계산	· Way point 계산
		Way point 도시	· Way point display
		Event 관리	· Event(화재/돌풍/안개) 발생 위치 관리
		추돌 관리	· 비행시간 고려한 추돌 방지 관리

㉯ 입체격자 기반 자율주행차 GPS 측위 신뢰도 제공 서비스

사용자는 현재 위치와 미래 이동 예정인 경로를 중앙처리국에 전송하고, 중앙처리국에서는 구축해놓은 DB 중 사용자의 위치와 미래경로에 대한 정보들을 제공한다. 정보를 수신 받은 사용자는 가시위성 및 DOP 정보에 따라 사용자의 정밀위치결정에 이를 반영한다. 컨셉은 이렇게 경로에 따른 정보를 제공한다는 것이지만 실제 자율주행차도 상황에 따라 경로를 변경하거나 자체 판단을 할 수 있을 것이므로 데이터는 자율주행차 주변의 zone 단위로 제공되어 실제 해당 격자 근처에 차량이 근접했을 때 데이터를 제공하는 형식으로 구성되어야 할 것이다. 이 zone 단위의 데이터는 차량의 미래시점에 대한 세분화된 데이터를 전송해야 하므로 5G, V2X와 같은 빅데이터 송수신체계가 확립 된 후 실질적인 서비스가 가능할 것으로 판단된다.

<그림 2-70> 자율주행차 GPS 측위 신뢰도 제공 서비스

먼저 도로영역과 주변 장애물 영역에 대한 격자DB 구축이 필요하다. 도로 격자망은 도로망도 등 수치지도에서 도로가 표현된 영역이 있다면 이에 대한 부분을 추출하여 생성할 수 있다. 건물 등의 신호 장애요소에 대한 정보는 DSM 등의 데이터가 필요한데 만약 서비스 지역의 DSM 정보가 없다면 수치지도의 건물정보와 건물속성정보(건물높이)를 이용하거나 브이월드의 3차원 건물 모델을 기반으로 생성할 수 있을 것으로 판단된다. 위성 궤도정보는 IGS(international gnss service)에서 제공하는 초신속궤도력 혹은 방송궤도력 등을 사용할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 초신속궤도력을 활용할 경우 정보를 제공하려는 시간해상도에 따라 보간 기법이 필요할 수도 있을 것이다. 이들 위성궤도 정보는 주기적인 다운로드 및 갱신이 필요하다. 3차원 건물모델은 위성 궤도정보와는 달리 갱신을 자주 할 필요는 없을 것으로 판단된다. 아래 그림은 본 서비스의 흐름도를 나타낸다.



<그림 2-71> 서비스 흐름도

본 연구에서는 차량에 정보전송 부분을 제외한 나머지 인프라 측면 기술의 구현을 고려하였다. 인프라 측면의 기능들은 다음과 같이 위성궤도정보관리 부문, 3D 공간정보 관리부문, 연산관리 부문으로 구분할 수 있다.

<표 2-31> 3-Level 서비스 기능 도출(자율주행차 서비스)

애플리케이션	기능	세부 기능	기능 정의
위성궤도 정보 관리	위성데이터 관리	데이터 유무확인	· 위성궤도서버의 데이터 유무확인
		궤도데이터 다운로드	· NASA FTP서버에서 위성궤도정보 다운로드
		주기성 작업 활성화	· 파일 갱신의 자동 수행
3D 공간정보 관리	지형데이터 관리	데이터 유무확인	· 격자데이터와 메타데이터(좌표, 스케일 등) 확인
		도로영역 추출	· 격자데이터로부터 도로영역 레이어 획득
	도로격자점 관리	격자점 생성	· 격자점 해상도에 따른 리스트 생성
		격자점 좌표변환	· 격자점들의 좌표변환 : 위경도타원체고→XYZ(ECEF)
	EMP 관리	검사점 입력	· 신호차폐 검사점의 입력
		격자해상도 입력	· 사용 격자모델의 해상도 입력
		EMP 해상도 입력	· EMP 산출 해상도 입력
		EMP 생성	· EMP 산출 및 결과저장
		EMP 가시화	· Skyplot에 의한 EMP 가시화
연산관리	위성궤도 관리	데이터 가져오기	· 위성궤도정보 가져오기
		위성궤도 생성	· 주어진 시간범위 및 시간해상도의 위성궤도 산출
		격자점 매칭	· 격자점 위치에서의 위성 방위각 고도각 산출
	EMP 필터	EMP 필터 반영	· 격자점 위치에서의 EMP 필터 적용
		가시위성 생성	· EMP 필터 적용시의 가시위성 산출
		PDOP 생성	· EMP 필터 적용시의 PDOP 산출
		EMP 필터 가시화	· EMP 필터 적용 결과 가시화

② 스마트 모빌리티 실증서비스 알고리즘 개발

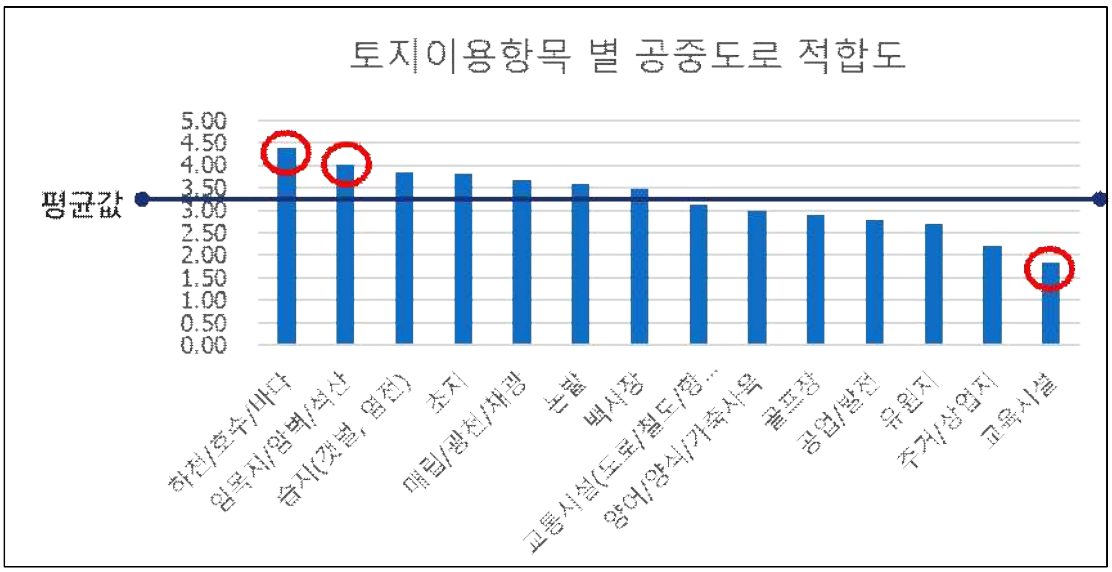
㉮ 저고도 유/무인비행체를 위한 격자기반 공중 도로체계 제공 서비스

○ 공중도로 네트워크 가중치 계산

공중도로 네트워크의 가중치를 계산하기 위해서 본 연구에서는 공중도로 적합도를 정의하였다. 공중도로 적합도는 '지상의 어떠한 시설/용지 위에 공중도로가 설계되는 것이 적합한지를 나타내는 척도'로 정의된다. 공중도로 적합도가 높은 지역은 높은 가중치를, 낮은 지역은 낮은 가중치를 갖게 된다. 개인별로 공중도로 설계 적합지역은 다르게 판단될 수 있으므로 본 연구에서는 설문조사를 통하여 공중도로 적합도를 산정하였다. 설문조사는 국가공간정보 포털(www.nsdi.go.kr)에서 제공하고 있는 '토지이용현황도'의 분류체계를 기반으로 산학연 관계자를 대상으로 총 124인의 설문조사결과를 반영하였다. 설문결과, 약 90%에 달하는 응답자들이 공중도로가 설계될 때 인명피해를 최소화 하는 것이 가장 중요하다고 판단하였고, 토지이용 항목에 대한 공중도로 적합도는 다음과 같이 결정되었다.

<표 2-32> 토지이용 항목 별 적합도

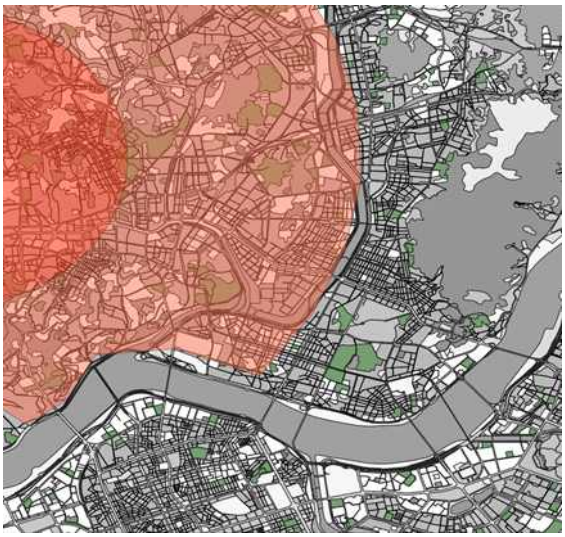
대분류	중/소분류	적합도
수계	하천, 호수, 바다	4.40
	습지(갯벌, 염전)	3.85
	백사장	3.48
임지	임목지(침엽수/활엽수), 암벽 및 석산	4.02
	초지(자연/인공)	3.81
	유원지	2.71
	골프장	2.90
농지	논/밭	3.60
도시 및 주거지	주거지 및 상업지(일반주택, 고층주택, 상업지, 나대지)	2.22
	교통시설(도로/철도/항만)	3.12
	공업/발전시설	2.77
	교육시설	1.83
	양어장, 양식장, 가축사육시설	2.98
	매립지/광천지/채광지	3.24



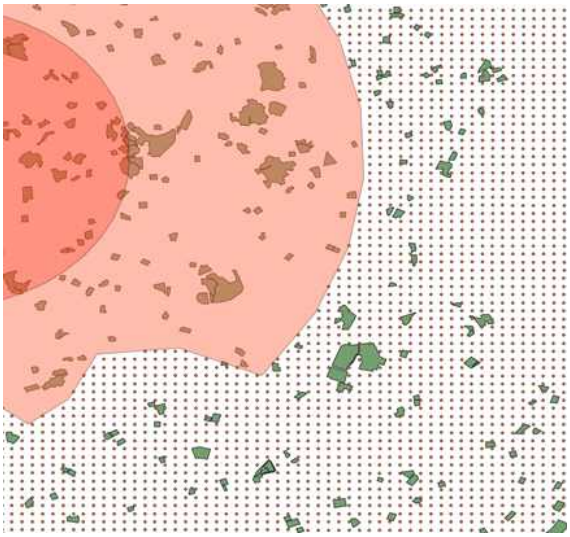
<그림 2-72> 토지이용 항목 별 공중도로 적합도

○ 공중도로 2D 네트워크 생성

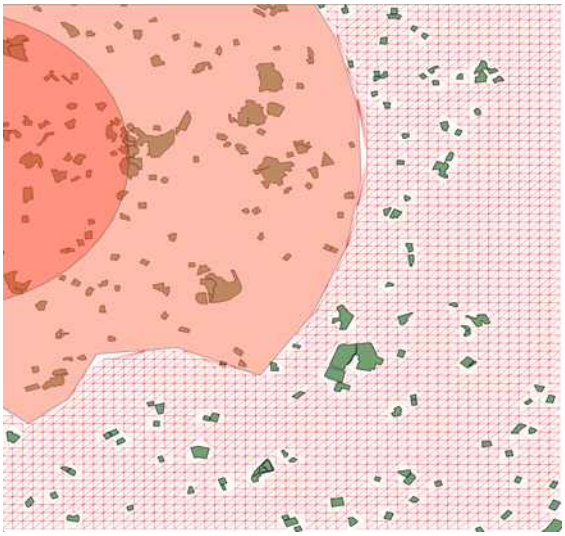
위에서 언급된 사상을 기반으로 다양한 공간정보를 이용한 공중도로 네트워크 구성방법을 제안한다. 공중도로 2D 네트워크 구성에 활용되는 공간정보는 토지이용현황도와 법률에서 정한 비행금지구역도이다. 토지이용현황도 중 Geo-fencing구역으로 설정한 교육시설 지역을 제외한 지역에 200m 간격의 node를 배치한다. 다음 그림에서 붉은 색 부분은 비행금지구역을 녹색 부분은 교육시설을 나타내며 그림의 붉은 점과 같이 일정 간격의 노드를 구성하고 비행금지구역과 지오펜싱 구역의 노드를 삭제하여 공중도로 2D 네트워크에 사용될 노드를 구성하였다.



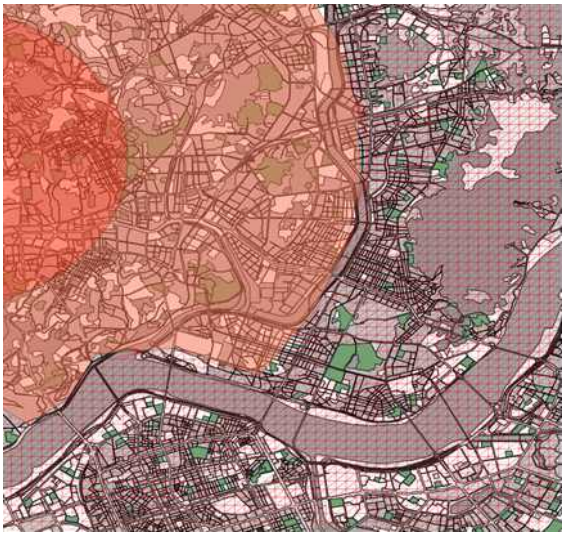
<토지지용현황도, 비행금지구역, 지오펜싱 시설>



<비행금지구역과 지오펜싱 이외 지역의 노드구성>



<공중도로 2D 네트워크>

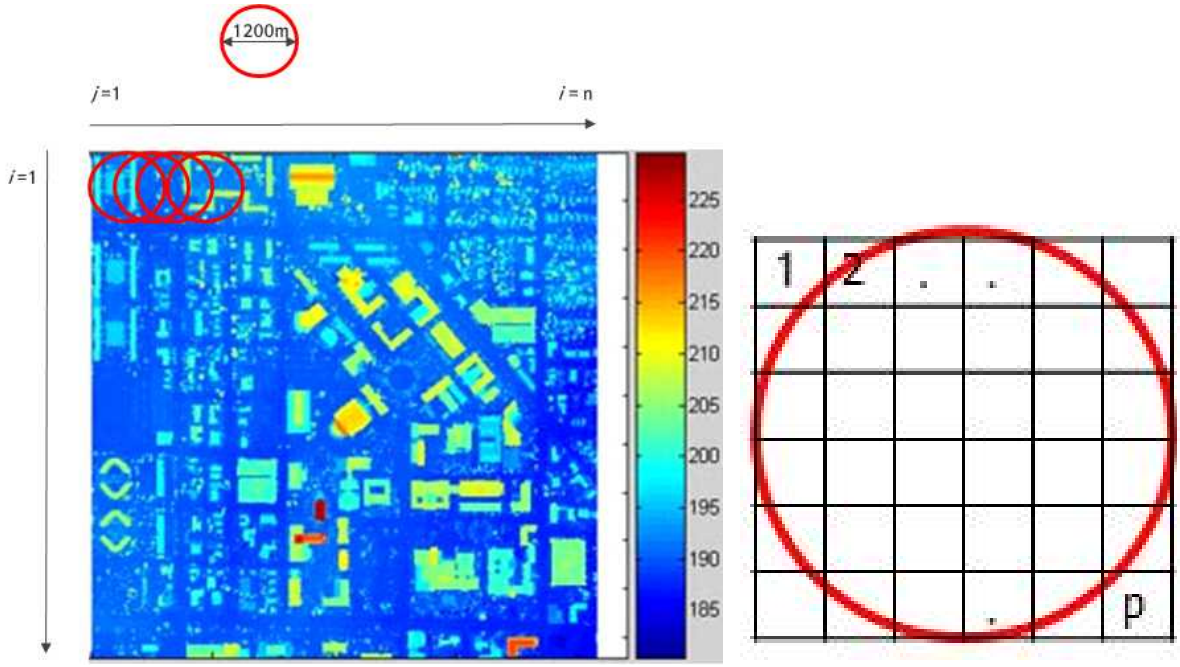


<공중도로 적합도 기반의 링크 가중치 입력>

<그림 2-73> 공중도로 2D 네트워크 노드 생성과정

○ 공중도로 수직공역 계산 및 3D 네트워크 구성

법에서 제한하는 수직공역은 "무인비행체의 현재 위치에서 600미터 반경 내 가장 높은 건물/지형으로부터 300미터 높이"이므로 이에 해당하는 수직공역을 구현/계산하는 방법을 개발하였다. 아래 그림의 배경지도는 격자기반 3D 장애물 지도의 수평면 이다. 관심점의 수평 좌표를 $(i,\ )$라 할 때, 최고도 수직공역 높이를 $VAH_{\max_{i,j}}$ 최저도 수직공역 높이를 $VAH_{\min_{i,j}}$ 이라 가정한다. 서치윈도우 C를 반경 600미터를 갖는 원의 경계와 원 안에 포함되어 있는 모든 격자들의 높이들의 집합이라고 하면 다음 그림과 같이 표현된다.



<격자기반 3D 장애물지도를 이용한 수직공역 계산 개념도> <집합 C 개념도>

<그림 2-74> 수직공역 계산을 위한 범위 정의

C를 수식으로 표현하면 식 (2-1)과 같다.

$$C = \sum_{k=1}^{p} C_k \,,\, k = 1, 2, \ldots . p \tag{2-1}$$

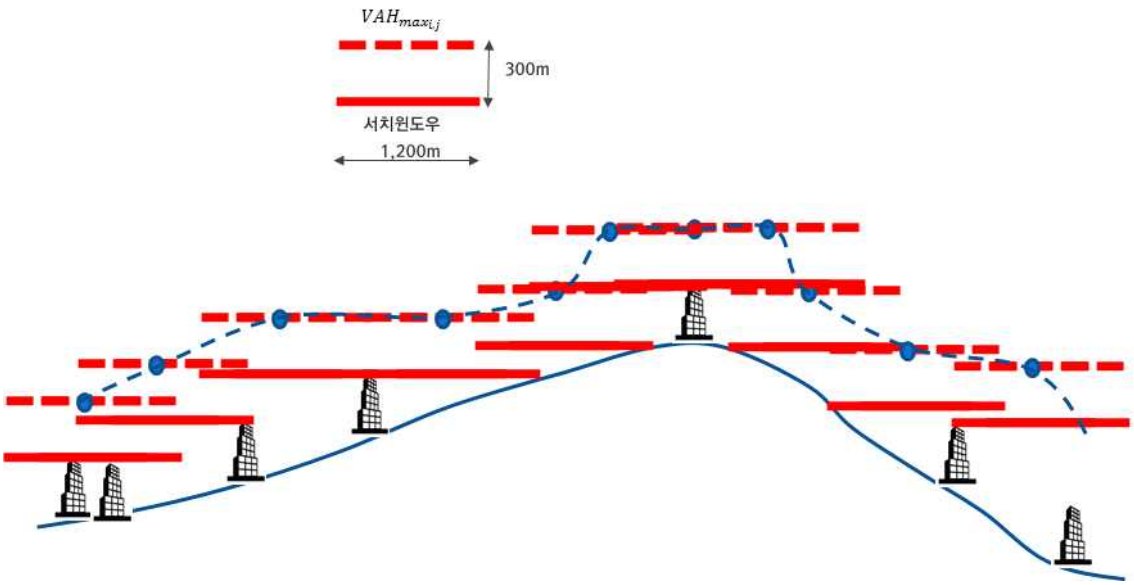
여기서 C_k 는 장애물 k 번째 해당하는 2차원 좌표의 3D 장애물 지도에서의 높이값이다. $C_{\max_{i,j}}$를 다음의 식 (2-2)와 같이 계산하면, 최고도 수직공역 높이 $VAH_{\max_{i,j}}$ 와 최저도 수직공역 높이는 $VAH_{\min_{i,j}}$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$C_{\max_{i,j}} = \max\{C_1, C_2, \ldots, C_p\} \tag{2-2}$$

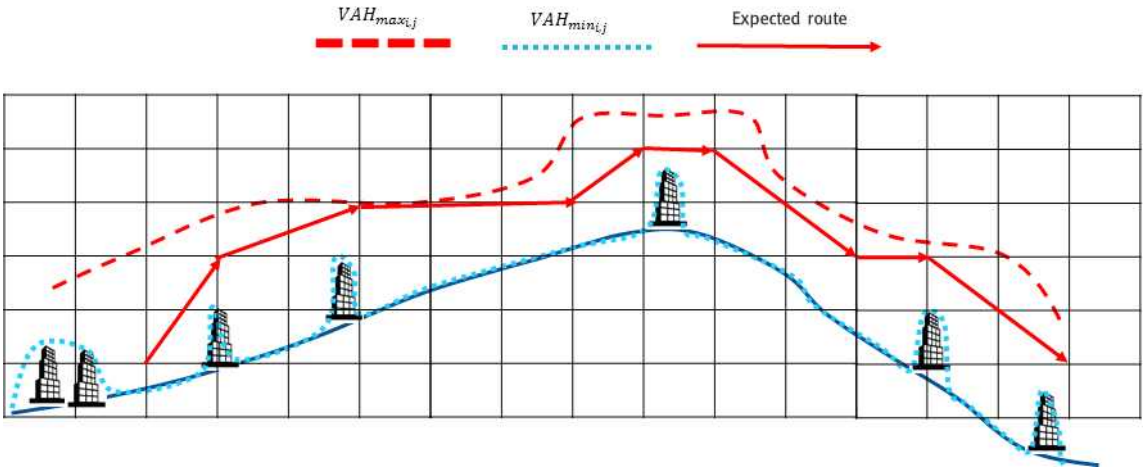
$$VAH_{\max_{i,j}} = C_{\max_{i,j}} + 300m \tag{2-3}$$

$$VAH_{\min_{i,j}} = H_{i,j} \tag{2-4}$$

여기서 $H_{i,j}$는 관심점에 해당하는 3D 장애물 지도의 높이를 나타낸다. 위의 계산 알고리즘 과정 및 결과를 그림으로 나타내면 다음과 같다.



<그림 2-75> 최고도 수직공역 계산 개념



<그림 2-76> 예상 3차원 경로

㉯ 입체격자 기반 자율주행차 GPS 측위 신뢰도 제공 서비스

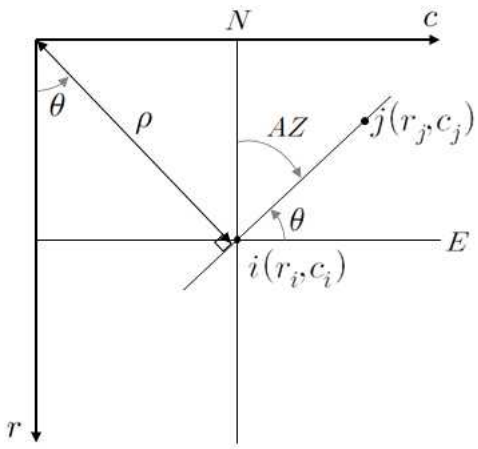
○ EMP 생성 알고리즘 개발

본 연구에서는 드론으로부터 취득한 영상데이터를 기반으로 구축한 DSM을 이용하여 도로영역에서 항법위성의 관측환경을 시뮬레이션 할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 이 방법을 이용하면 도로 위의 특정 격자점에서 주변 장애물에 의한 신호 차폐 영역을 미리 결정하여 DB화 해놓은 뒤 해당 격자점에 접근 시 전방위의 차폐고도각 정보를 제공함으로써 신속하게 가시위성을 판별할 수 있다. 이 연구에서는 주변 장애물에 의해 신호가 차폐되는 영역을 EMP(Elevation Mask Profile)라 명하였다.

EMP 생성 알고리즘의 구현을 위해서는 대상 지역의 격자기반 표면 고도정보 데이터가 필요한데, 본 연구에서는 한국건설기술연구원 부지를 대상으로 구축된 5cm GSD의 DSM을 활용하였다. 아래 그림은 DSM상의 검사점 i에서 EMP를 결정하는 예시를 나타낸다. 회전각

θ를 가지면서 검사점 $i(r_i, c_i)$를 지나는 직선이 통과하는 격자좌표를 결정하기 위해서는 식 (2-5)와 같이 극좌표 기반의 직선의 방정식을 활용할 수 있다(Gonzalez et al., 2004). 아래 식을 기반으로 직선 $\overline{ij}$를 통과하는 모든 격자좌표를 결정하여 검사 격자를 결정한다.

$$\rho = r_i \cos\theta + c_i \sin\theta \tag{2-5}$$



<검사점과 검사직선의 관계>

<직선의 검사구간 결정>

<그림 2-77> 최대고도각 검사구간 결정과정

검사점 i로부터 j까지의 직선거리 D는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$D = s \times \sqrt{(c_j - c_i)^2 + (r_j - r_i)^2} \tag{2-6}$$

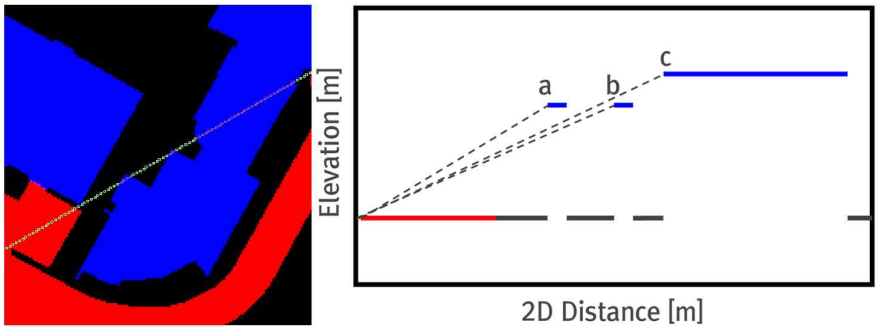
여기서 s는 DSM의 해상도에 따른 scale factor로 픽셀좌표계의 단위값을 실제 거리로 환산하는 과정을 의미한다. i, j 두 지점의 고도차 Δh는 식 (2-7)을 통해 결정된다.

$$\Delta h = h_j - h_i \tag{2-7}$$

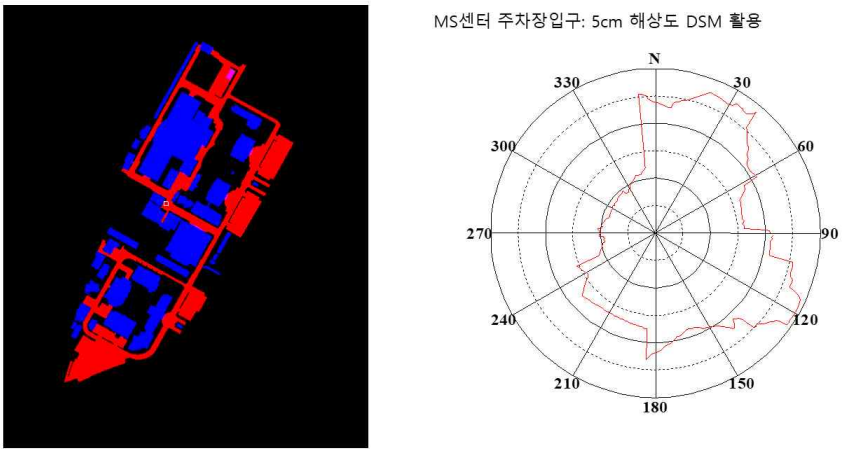
여기서 h_i, h_j는 두 점 i, j에서의 DSM 고도값을 나타낸다. D와 Δh를 산출한 후 식 (2-8)을 이용하여 고도각 EL을 계산할 수 있다.

$$EL = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta h}{D}\right) \tag{2-8}$$

아래 그림과 같이 a, b, c 세 지점을 비교할 때 최대 고도각은 $EL(a)$로 결정된다. 각각의 검사대상 픽셀에 대한 고도각을 산출하면서 지금까지 산출된 고도각 중 최대의 고도각을 나타낸 경우를 결과값으로 반환하면 각 방위각에서의 EMP를 결정할 수 있다.



<그림 2-78> 최대 고도각 비교를 통한 EMP 결정과정



<그림 2-79> MS센터 주차장입구에서의 EMP 생성결과

(다) 스마트 모빌리티 실증 서비스 모듈 설계 및 개발

본 연구의 1차년도에는 유/무인비행체, 자율주행차를 대상으로 3차원 입체격자체계 기반 스마트 모빌리티 서비스 목록과 시나리오를 도출하였고, 해당 서비스들은 2년간의 개발을 통해 서비스 프로토타입이 개발될 수 있거나 타 연구과제에서 개발되고 있는 기술과 향후 연동될 수 있을 것으로 전망되는 주제들 그리고 3차원 공간정보의 활용도를 극대화 할 수 있는 서비스로 선정하였다. 2차년도에는 유/무인비행체, 자율주행차 서비스에서 필요한 핵심 알고리즘을 개발하였으나 3차년도 연구에서 실증서비스를 개발하기 앞서 서비스의 효용성 및 실용화 가능성을 검토했을 때 자율주행차 서비스 컨셉은 2차원 격자를 활용해도 충분히 구현 가능하다고 판단되었다. 특히, 개발할 서비스는 3차원 격자의 활용도를 극대화 할 수 있는지의 여부가 최우선적으로 고려할 개발 서비스 선정 기준이라고 판단되었다. 따라서 본 연구과제의 취지에 부합하는 3차원 격자의 활용도를 극대화 할 수 있는 유/무인비행체 대상 서비스 개발이 적합하다고 판단되었고, 이에 3차년도의 실증서비스 개발 대상으로 유/무인비행체를 대상으로 한 공중도로 제공 서비스와 VR/MR 서비스가 개발 대상 서비스로 검토되었다. 유/무인비행체를 대상으로 한 두 서비스들은 3차원 격자체계 활용이 반드시 필요하며, 기존에 정의되지 않았던 유/무인비행체의 공중 이동경로 설계 및 관제방안을 제시할 수 있어 실용화 측면에서도 도출한 서비스들 중 높은 효용성을 가지고 있다고 판단되었다. 따

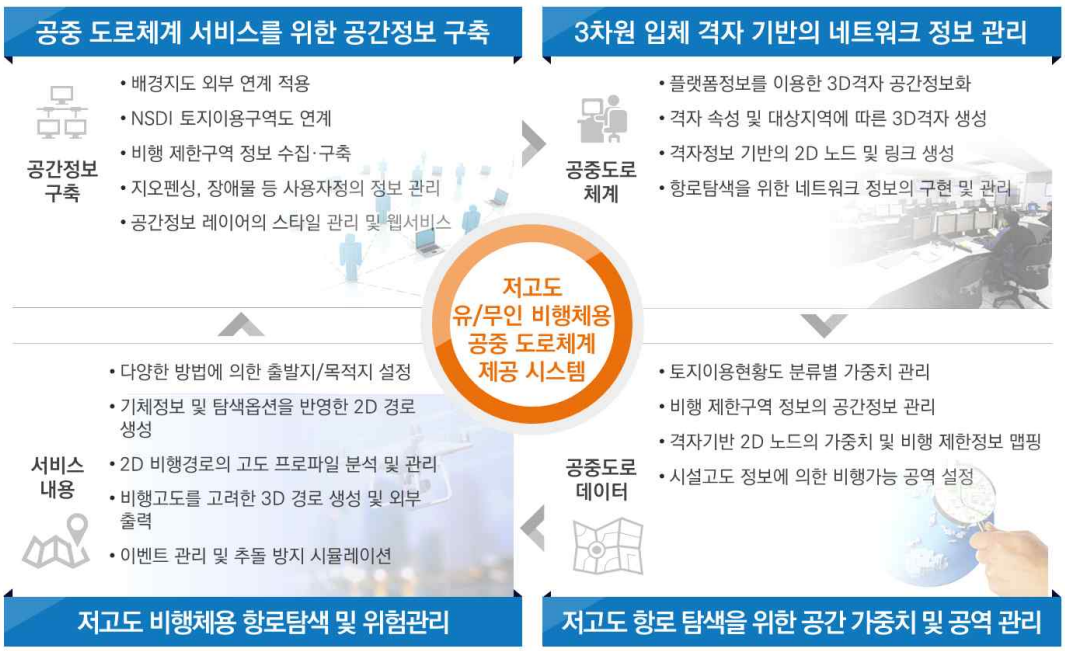
라서 3차년도 연구에서의 스마트모빌리티 서비스 개발은 두 서비스를 대상으로 추진하였고, 이에 대한 세부 연구내용을 다음과 같이 기술하였다.

① 저고도 유/무인 비행체용 공중 도로체계 제공 서비스 모듈 제작

㉮ 서비스 개발 목표 및 범위

본 서비스는 유/무인 비행체 항로 결정을 위한 데이터 관리, 격자 공간데이터 관리, 2D/3D 네트워크 관리, 항로설계 기능의 구현 및 가시화를 포함하고 있다. 즉, 3차원 격자 체계를 스마트 모빌리티에 적용하여 저고도 공역의 유·무인 비행체에 비행항로 및 부가 정보를 제공하는 것이다. 저고도 공역의 유·무인 비행체에 비행항로 및 부가 정보를 제공하기 위한 서비스 개발의 범위는 다음과 같다.

- 무인비행체 관련규정의 시스템 적용기준 및 3차원 입체격자 체계의 고도화 방안 수립
- 공중 도로체계 서비스를 위한 데이터 연계 및 관리 기능 개발
- 3차원 입체 격자 체계 적용을 위한 격자 관리 기능 개발
- 2D상의 Node-Link 체계 구축 및 Network 데이터 생성
- 실세계 운용을 위한 3D Network 생성 및 관리
- 저고도 무인 비행체를 위한 Flight Plan 연산 및 관리



<그림 2-80> 공중 도로체계 제공 서비스 개발 목표 및 범위

㉯ 서비스 개발 내용

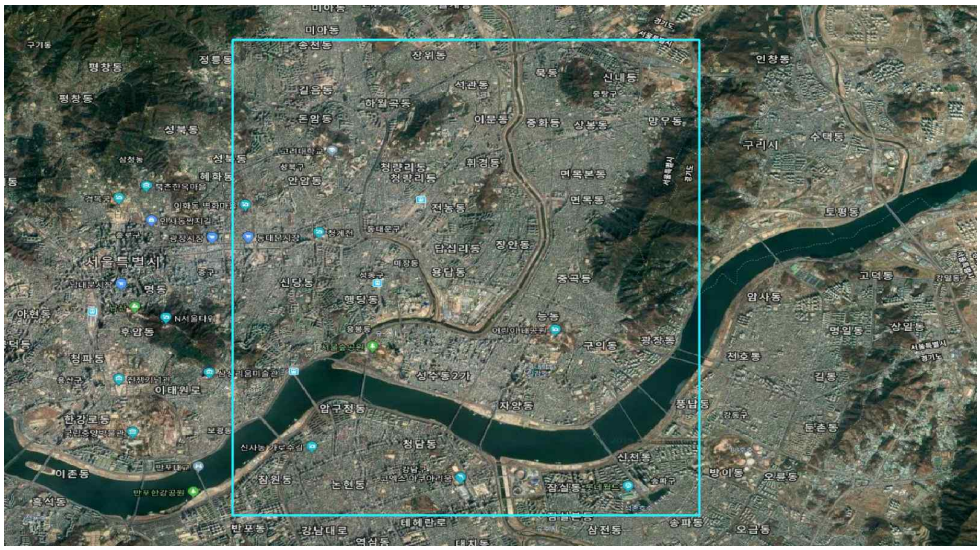
서비스 개발 내용은 총 4개 영역으로 구성되어 있으며, 내용을 정리하면 다음과 같다. 「공중 도로체계 서비스를 위한 공간정보 구축」은 필요한 정보를 연계하거나 수집자료를

변환해 시스템에 적용한다. 배경지도와 같은 범용 자료는 외부 서비스를 연계하며, 토지이용현황도 · 비행제한구역정보 등은 연계나 수집과정을 거쳐 구축한다. 또한 지오펜싱과 같은 사용자정의 데이터 공간을 구축하고 공간정보 서비스를 위한 스타일의 정의와 웹서비스를 구현한다.

「3차원 입체격자 기반의 네트워크 정보 관리」는 3차원 입체격자 플랫폼의 격자 표준정보대로 격자를 구성하고 경로탐색을 위한 노드 · 링크 정보체계를 구축한다. 노드 · 링크에는 탐색용 네트워크의 정보가 적재되고, 변화하는 데이터를 관리하기 위한 기능도 구현하여 적용한다.

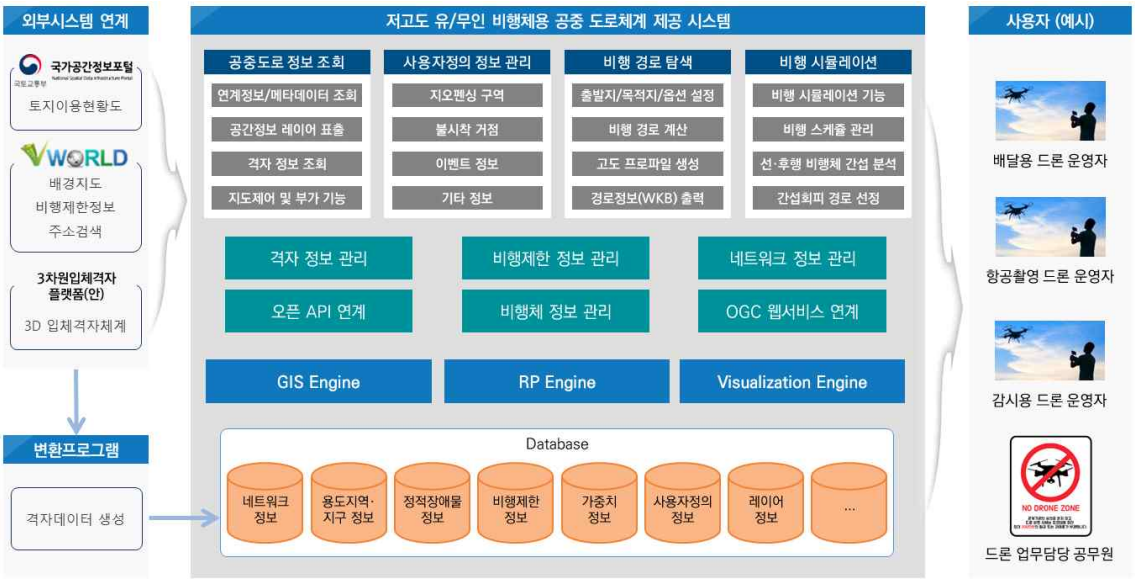
「저고도 항로 탐색을 위한 공간 가중치 및 공역 관리」는 구축된 공간정보를 해석하고 그 결과를 3D 격자 기반의 네트워크 정보 구조에 입력한다. 각 격자에는 공간 이동 가중치, 비행제한정보, 공역정보 등이 설정되고, 경로탐색 시 이 정보를 사용하게 된다. 경로탐색이 격자 기반으로 이루어지고, 정적인 정보 외에 사용자 정의 자료들도 반영되어야하기 때문에 모든 자료는 원칙적으로 격자 기반의 정보 구조를 이용하게 된다.

「저고도 비행체용 항로탐색 및 위험관리」는 비행체의 경로를 탐색하고 비행 위험을 관리하는 기능을 구현한다. 출발지와 목적지를 설정하고, 탐색옵션과 주행조건 등을 입력하면 RP(Route Plan) Engine은 네트워크 정보를 이용해 최단 또는 최적의 3D 이동 경로를 생성해 사용자에게 제공한다. 경로탐색 시에는 장애물, 가중치 정보 외에 타 비행체의 경로를 고려하여 추돌 사고를 방지하고 화재 등 이벤트 관리 기능도 적용한다. 본 서비스의 비행경로 탐색에는 토지이용현황도, 정적장애물정보, 비행금지구역 등의 정보가 사용되기 때문에 이러한 내용을 적절히 반영할 수 있는 지역으로 시범지역을 선정하였다. 시범지역은 하천, 산, 교통시설, 공원, 교육시설, 도심 등이 모두 분포되어 있어 토지이용현황도의 적용에 적합하다. 또한, 비행금지구역 및 비행제한구역이 포함되어 있어 경로탐색을 위한 정보가 모두 활용될 수 있는 지역이며, 데이터의 수급 용이성도 고려하였다.



<그림 2-81> 시범지역

저고도 유/무인 비행체용 공중 도로체계제공 시스템은 아래 그림과 같이 구성되며, 주요 기능을 정리하면 다음 표와 같다.



<그림 2-82> 저고도 유/무인 비행체용 공중 도로체계 제공 시스템 구성도

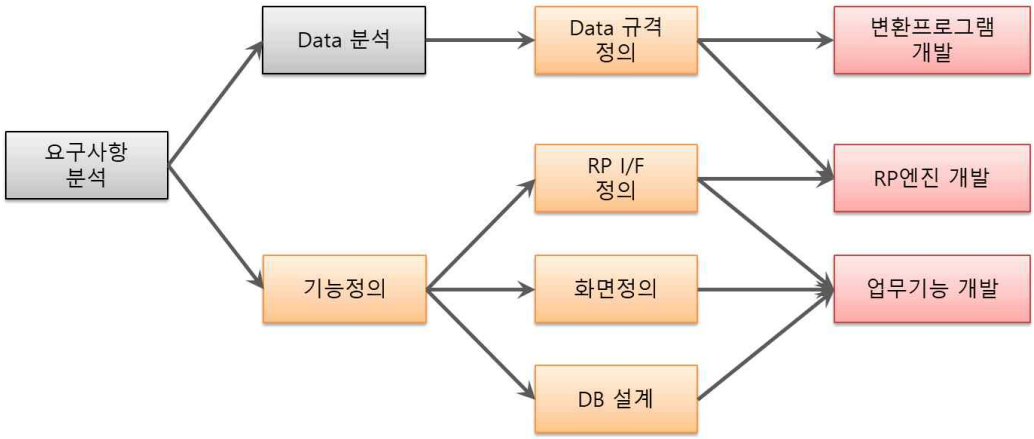
<표 2-33> 저고도 유/무인 비행체용 공중 도로체계 제공 시스템의 주요 기능

기능	세 부 항 목	내 용
공중도로 정보조회	연계정보/메타데이터 조회	연계자료의 공간정보, 내용 및 메타데이터 조회
	공간정보 레이어 표출	레이어 선택에 의한 공간정보 오버레이 표출
	격자 정보 조회	3차원 입체 격자체계 정보 조회
	지도제어 및 부가 기능	지도 이동, 확대/축소 등 일반적인 지도 조작 기능
사용자정의 정보관리	지오펜싱 구역	사용자의 지오펜싱(geofencing) 구역 관리
	불시착 거점	연료 부족시 불시착을 위한 거점 관리
	이벤트 정보	화재/돌풍/안개 등 Event 발생 정보 관리
	기타 정보	기타 사용자 정의 공간정보의 입력 및 관리
비행경로 탐색	출발지/목적지/옵션 설정	주소검색/좌표검색/위치선택에 의한 지점 설정
	비행 경로 계산	최단거리/안전경로 등 옵션에 따른 비행경로 탐색
	고도 프로파일 생성	장애물, 규정을 고려한 비행고도 및 프로파일 생성
	경로정보(WKB) 출력	비행경로 탐색 결과의 파일 포맷(WKB) 출력
비행 시뮬레이션	경로 비행 시뮬레이션	운행속도를 고려한 탐색경로의 비행 시뮬레이션
	비행 스케쥴 관리	경로탐색 비행체의 비행 스케쥴 관리
	선·후행 비행체 간섭 분석	탐색경로 및 운행 스케쥴에 대한 비행 간섭 분석
	간섭회피 경로 설정	비행 간섭 회피를 위한 우회경로의 탐색

서비스 개발은 크게 3개의 갈래로 동시에 진행된다. 첫 번째는 데이터 구축을 포함하는 변환프로그램 개발이다. 두 번째는 비행경로를 탐색하는 3차원 격자 기반의 RP엔진 개발이다. 세 번째는 사용자에게 서비스를 제공하는 업무 기능의 개발이다. 따라서 업무 기능의 개발은 모든 데이터와 엔진을 통합하는 역할을 포함한다.

동시에 진행되지만 모든 내용이 연관되어 있기 때문에 각 부문은 데이터 규격 정의서와

인터페이스 정의서에 의해 작업내용을 공유하여 진행한다. 요구사항 분석부터 개발까지 진행되는 구축 절차와 관계를 정리하면 다음 그림과 같다.



<그림 2-83> 저고도 유/무인 비행체용 공중 도로체계 제공 시스템 구축 절차

㉰ 서비스 개발 세부 사항

저고도 유/무인 비행체용 공중 도로체계제공 서비스의 개발 세부사항은 총 4가지 단계로 구성되어 있다. 데이터의 변환프로그램, 데이터 구축, RP(Route Planning), 드론 내비게이션 시스템으로 구성되어 있으며 세부사항은 아래와 같다.

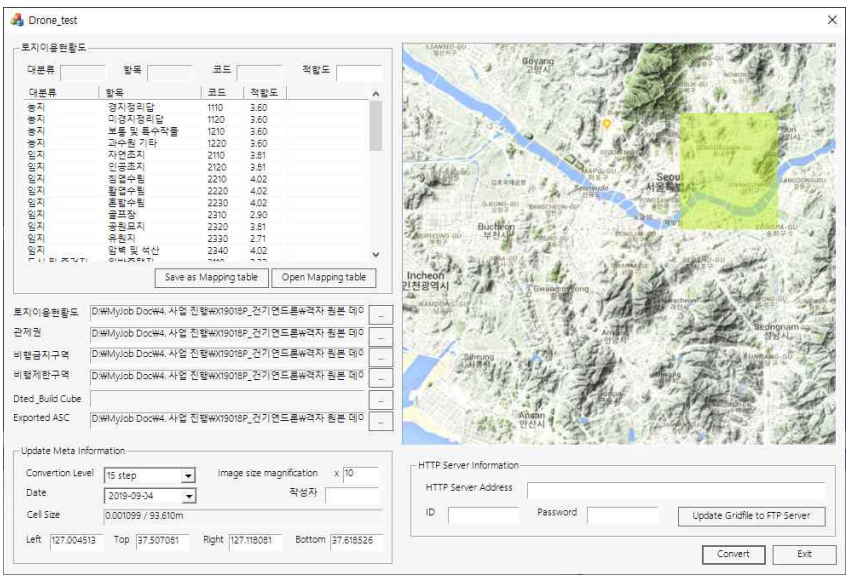
○ 변환프로그램 개발

변환프로그램은 시스템의 데이터를 구축하기 위한 목적이기 때문에 프로그램 제작에 앞서 드론 비행과 관련된 데이터의 분석이 필요하다. 경로탐색시 비행경로의 가중치를 판단하는 토지이용현황도는 국가공간정보포털(NSDI, National Spatial Data Infrastructure)에서 제공하고 있으며 농지, 임지, 도시 및 주거지, 수계의 4개 대분류, 38개 소분류로 구분하여 필지별 이용현황이 상세히 표시된 지도이다. 토지이용현황도의 분류 체계 중 코드별 경로탐색 가중치는 2차년도 연구 결과를 기반으로 시스템에 반영하였다. 또한 드론의 비행 규제와 관련된 정보는 국토교통부의 브이월드에서 제공하는 항공정보도(항공 · 공항)를 시스템에 반영하였다. 항공정보도에서 제공하는 레이어의 분석을 위해 정보의 내용과 표출정보를 확인하였다. 항공정보도는 모든 항공기에 대한 정보이기 때문에 드론 비행을 위해 고려할 필요가 없는 정보들도 포함되어 있었다. 저고도에서 운행하는 드론이기에 공중급유구역, 방공식별구역, 항공로 등은 관련성이 낮다. 그 밖에도 브이월드에서 제공하는 정보는 직접 활용할 수가 없는데, 레이어 정보를 WMS(Web Map Service) 형태로만 제공하기 때문이다. WMS는 지도표출을 위한 이미지 정보를 전송하는 서비스로써 그 용도가 시각화 정도로 제한적이다. 공간정보 분석을 위해서는 WFS(Web Feature Service)가 필요하다. 결국, 다른 경로로 항공 관련 정보를 취득하는 것이 필요하지만 항공 정보는 보안 특수성으로 취득절차가 까다롭고, 소요시간도 적지 않다. 적용되는 정보는 관제권, 비행금지구역, 비행제한구역으로 시범지역

에 적용되어 비행경로 탐색에 활용된다. 추가 정보를 적용할 경우 Shape 포맷의 공간정보는 같은 방식으로 확장될 수 있기 때문에 시범지역의 적용으로 비행 규제정보의 반영을 확인할 수 있다.

변환프로그램에 사용되는 격자데이터는 다음과 같이 정의할 수 있다. 시스템에 적용되는 데이터는 3차원 입체격자를 기반으로 경로탐색을 수행하는데 사용되기 때문에, 격자화 데이터로 변환이 필요하다. 원본데이터가 대부분 Shape 포맷으로 벡터 데이터이기 때문에 벡터 데이터를 래스터 데이터로 변환하는 작업이 수반된다. 각 셀은 하나의 숫자(코드)를 갖는 격자를 구성하며, 데이터의 정확도는 격자 크기의 영향을 받는다. 격자 크기가 작을수록 정확도는 높아지지만, 데이터의 크기가 늘어나고 경로탐색 시간도 증가한다. 격자의 체계는 상위 과제에서 정의된 내용을 그대로 적용한다. 격자데이터 구조로는 ASCII GRID를 사용한다. ASCII GRID는 ESRI사의 포맷이지만 그 내용이 공개되어 사실상의 표준으로 널리 사용되고 있다. 단순하고 이식 가능한 텍스트 구조로 인해 교환 또는 배포가 용이하다. Grid는 지리적 공간을 행과 열의 배열로 동일한 정사각형 Cell 포인트로 정의된다. 시스템에 적용되는 격자의 범위는 시범지역을 대상으로 하며 토지이용현황도, 관제권, 비행금지구역, 비행제한구역의 변환에 적용된다.

경로탐색을 위한 원천데이터를 격자데이터로 변환하기 위한 변환프로그램을 개발한다. Shape 포맷으로 입수된 토지이용현황도, 관제권구역, 비행금지구역, 비행제한구역 데이터를 Ascii Grid 형식으로 변환하는 프로그램이다. 토지이용현황도의 경우 소분류 코드의 공간분포를 분석하여 각 Grid의 대표 코드를 선정한다. 대표코드는 가중치를 결정하는 자료가 되기 때문에 안전을 위해 가장 낮은(위험한) 가중치를 갖는 코드가 선정된다. 따라서 토지이용현황 코드별 가중치는 변환프로그램에서 관리하게 되며, 코드를 입력하기 위한 UI도 포함된다. 격자화 정보를 시각화하여 지도상에 표출하기 위한 이미지를 생성하는 것도 변환프로그램의 기능이다. 다음 그림은 변환프로그램의 실행 화면이다.



<그림 2-84> 변환프로그램 실행 화면

프로그램은 데이터 변환에 필요한 파라미터 정보를 ini 파일에 저장하기 때문에 이전 사용 정보를 손쉽게 불러올 수 있도록 하였다. ini 파일에는 토지이용현황도의 적합도와 색상 정보가 Text 기반으로 저장되어 색상 테이블 등의 수정을 용이하게 관리할 수 있다.

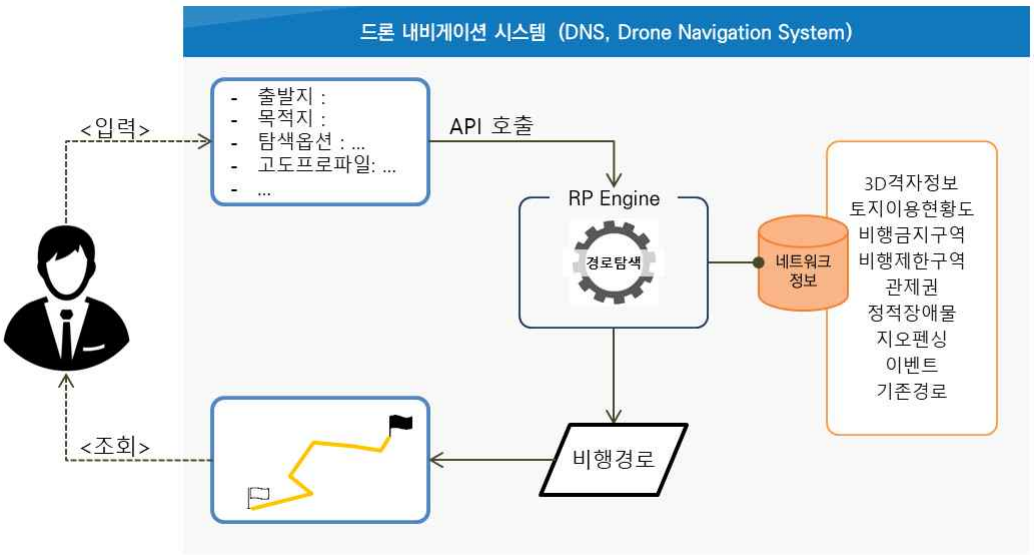
격자의 가중치 정보를 생성하기 위한 토지이용현황도의 분류별 적합도는 프로그램에서 코드별로 적합도를 수정할 수 있으며, 저장 포맷을 CSV 형식으로 구현했기 때문에 엑셀이나 메모장을 통해서도 적합도를 수정하고 반영하는 것이 가능하다. 'Convert' 버튼을 눌러 변환이 완료되면 'Export ASC' 항목에서 선택한 경로에 Ascii Grid 파일과 PNG 포맷의 이미지 파일이 생성된다. 격자 데이터는 WGS84를 적용하였으며 변환되는 격자데이터의 레벨은 사용자가 선택할 수 있다.

○ 데이터 구축

토지이용현황도는 국가공간정보포털(NSDI, National Spatial Data Infrastructure)의 오픈마켓에서 제공하는 시 · 도별 다운로드 서비스를 이용해 자료를 입수하였다. 입수된 자료는 앞 절에서 설명한 변환프로그램을 이용하여 격자데이터와 시각화 이미지를 생성했다. 토지이용현황도는 다른 격자 정보와 원본데이터의 정보로만 격자데이터를 구성하지 않고, 비행 적합도를 반영한 가중치 정보를 격자데이터로 생성한다. 관제권, 비행금지구역, 비행제한구역의 자료 역시 격자 데이터를 생성하였다. 개발된 프로그램에서 공통된 MBR 영역과 Cell의 크기를 기준을 적용하여 동일한 규격의 격자데이터를 생성했다. 시각화 데이터 생성을 위해 변환 프로그램을 이용해서 원본 Shape 파일을 각각 Ascii Grid 파일로 생성하고 경로탐색에 사용한다. 경로탐색을 위해서는 Ascii Grid 파일을 생성하는 것으로 충분하지만, 격자데이터를 조회할 경우에는 바로 지도상에 표출하기에 적합한 포맷은 아니기 때문에 시각화 처리를 위한 이미지(PNG)를 생성하는 기능이 포함되었다. 토지이용현황 적합도 격자데이터는 적합도의 범위 별 색상을 정의하고 적용하였다. 드론의 진입이 가/부로 결정되는 관제권, 비행금지구역, 비행제한구역은 적색 이미지를 일괄적으로 부여하였다. 변환프로그램에 의해 생성되는 정보에 대해서는 메타데이터를 함께 생성하도록 설계되었다.

○ RP(Route Planning)

드론 비행경로의 탐색은 사용자가 시스템의 UI(User Interface)를 이용해 출발지와 목적지, 탐색옵션 등을 입력하고, 이 내용은 API(Application Programming Interface)를 통해 RP(Route Planning) 엔진에 전달된다. RP는 사용자가 입력한 정보와 시스템의 DB에 저장된 네트워크, 비행규제 정보 등을 이용해 드론의 비행경로를 탐색하고 그 결과를 제공한다. 이상의 흐름을 그림으로 정리하면 다음과 같다.



<그림 2-85> RP Engine의 경로탐색 절차

RP 엔진은 사전에 정의된 인터페이스에 의해 시스템의 다른 모듈과 결합된다. RP 엔진의 인터페이스는 다음과 같다.

<표 2-34> Route Planning 인터페이스 정의

Route Planning API					
1	Request URL	http://{HOST}:{PORT}/rp/route			
2	HTTP Method	GET(Content-Type: application/json; charset=UTF-8)			
3	Request	파라미터	타입	필수여부	설 명
		startX	double	O	출발 Longitude
		startY	double	O	출발 Latitude
		startZ	double	O	출발 Elevation
		endX	double	O	도착 Longitude
		endY	double	O	도착 Latitude
		endZ	double	O	도착 Elevation
		method	int		탐색 옵션 - 0 : 최단거리 - 1 : 최적(가중치) [기본값]
		areaban	boolean		비행금지구역 사용여부 - FALSE : 사용안함 [기본값] - TRUE : 사용
		arealimit	boolean		비행제한구역 사용여부 - FALSE : 사용안함 [기본값] - TRUE : 사용
		areactrl	boolean		관제권 영역 사용여부 - FALSE : 사용안함 [기본값] - TRUE : 사용
4	Response	속성	타입	Null 여부	설 명
		x	double		Longitude
		y	double		Latitude
		z	double		Elevation

경로탐색이 실패했을 경우에는 Response에 실패 원인에 해당하는 에러코드와 코드에 대한 상세 메시지가 전송된다. 에러코드에 대한 정의는 다음 표와 같다.

<표 2-35> Route Planning 인터페이스 에러코드

속성	타입	필수여부	설 명
code	number	N	- 100번대: 공통영역 관련 오류 110: 데이터 로드 불가 120: 범위초과 121: 출발지 범위초과 122: 목적지 범위초과 130 : 데이터상 통행 불가 131: 출발지 통행불가 132: 목적지 통행불가
			- 200번대: 비행금지구역 관련 오류 210: 데이터 로드 불가 220: 범위초과 221: 출발지 범위초과 222: 목적지 범위초과 230 : 데이터상 통행 불가 231: 출발지 통행불가 232: 목적지 통행불가
			- 300번대: 비행제한구역 관련 오류 310: 데이터 로드 불가 320: 범위초과 321: 출발지 범위초과 322: 목적지 범위초과 330 : 데이터상 통행 불가 331: 출발지 통행불가 332: 목적지 통행불가
			- 400번대: 관제권구역 관련 오류 410: 데이터 로드 불가 420: 범위초과 421: 출발지 범위초과 422: 목적지 범위초과 430 : 데이터상 통행 불가 431: 출발지 통행불가 432: 목적지 통행불가
message	string	N	코드에 대한 상세 메시지

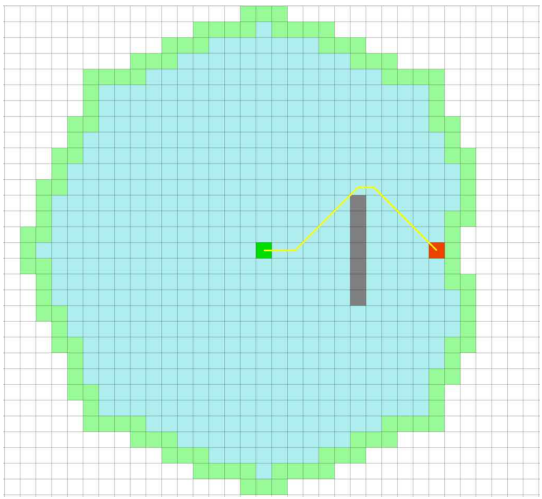
비행경로의 탐색은 3차원 입체격자를 기반으로 최단 경로 알고리즘을 적용하여 구현한다. 최단 경로 알고리즘은 그래프 상의 두 정점 사이를 연결하는 경로 중 가장 낮은 비용의 경로를 찾는 절차이다. 비용은 시간, 거리, 특정 조건 등 다양한 기준이 될 수 있다.

본 시스템의 구축 초기에는 대표적인 최단 경로 알고리즘인 다익스트라(Dijkstra) 알고리즘의 적용이 검토되었다. 다익스트라 알고리즘은 음의 가중치가 없는 그래프의 한 노드에서 다른 모든 노드까지의 최단거리를 구하는 알고리즘이다. 그러나 시스템 분석 · 설계 과정에서 다익스트라 알고리즘을 확장시킨 A*(에이스타) 알고리즘이 함께 검토되었다.

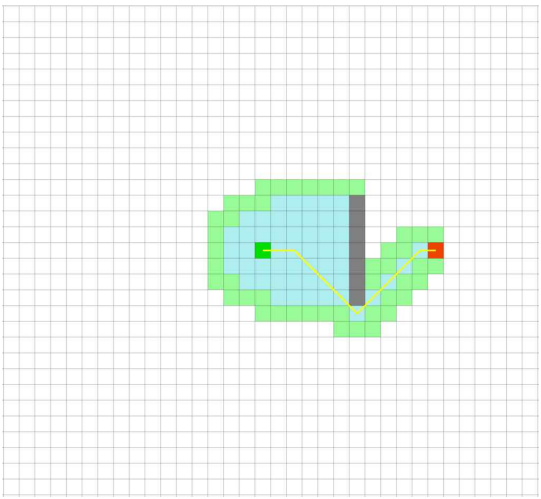
일반적으로 2차원의 경로탐색을 수행하는 차량과 달리 드론은 3차원의 경로탐색이 필요

하다. 이를 위해 2차원의 경로탐색 후에, 2차원 경로의 구간별로 고도를 설정하는 방법이 제시되었다. 경로탐색을 2단계로 구분해 단계별로 수행하는 방법이다. 하지만 이런 방식은 이미 확정된 1단계 결과물 내에서만 2단계 검색이 이루어지기 때문에 종합적인 검색이 불가능하다. 평면상에서는 최적의 경로이지만, 공중비행이 제한되는 경우 경로탐색이 실패하는 경우도 발생할 수 있다. 따라서 시스템에 적용되는 경로탐색 엔진은 평면탐색과 고도탐색을 구분하지 않고 3차원의 입체탐색 방법을 적용하기로 했다.

3차원의 입체탐색은 노드의 수가 급격하게 증가하기 때문에 탐색 속도가 크게 저하될 수 있다. 이런 이유로 A* 알고리즘을 검토하였다. A* 알고리즘은 현재 상태의 비용을 g(x), 현재 상태에서 다음 상태로 이동할 때의 휴리스틱 함수를 h(x)라고 할 때, 둘을 더한 f(x) = g(x) + h(x)가 최소가 되는 지점을 우선적으로 탐색하는 방법이다. 즉, 노드 탐색 시에 방향성을 고려하기 때문에 다익스트라 알고리즘에 비해 검색시간을 단축할 수 있다. 다음 그림은 다익스트라 알고리즘과 A* 알고리즘의 경로탐색을 비교한 화면이다. 녹색과 빨간색 점이 출발지와 목적지며, 회색벽은 장애물, 하늘색은 탐색을 수행한 노드를 표시한다. 우측의 A* 알고리즘의 방문 노드가 훨씬 적고 검색속도가 빠른 것을 알 수 있다. 따라서 본 시스템의 3차원 경로탐색은 A* 알고리즘을 적용하였다.



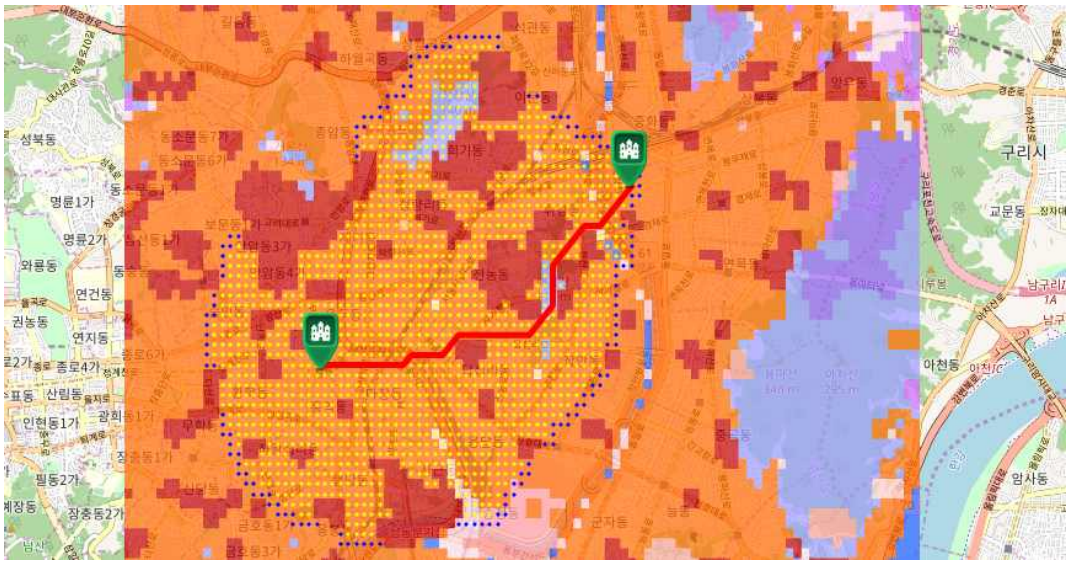
<다익스트라 알고리즘>



<A* 알고리즘>

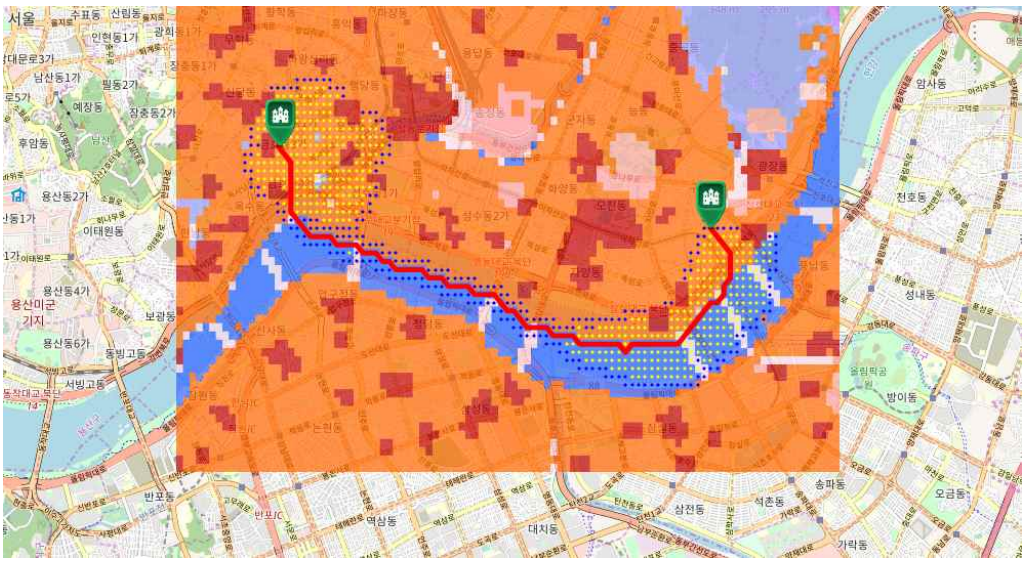
<그림 2-86> 최단경로 검색 알고리즘의 비교

RP엔진을 구동하기 위해서는 네트워크 데이터가 필요한데, 입수가 용이한 토지이용현황도가 먼저 구축되었다. 이와 함께 RP엔진의 경로탐색 결과를 간단하게 확인할 수 있는 테스트 페이지가 만들어졌다. 지도화면에서 순차적으로 두 지점을 선택하면 출발지와 목적지로 입력되고 경로탐색 결과를 확인할 수 있다. 다음 그림은 시범지역 내에서 두 지점을 선택해 경로탐색을 수행하고 그 결과를 표출한 화면이다.



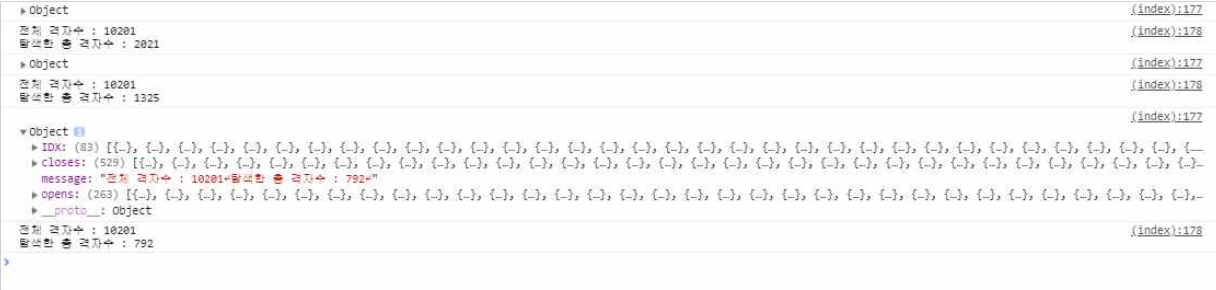
<그림 2-87> RP엔진의 경로탐색 결과(테스트페이지)

좌측의 심볼이 출발지, 우측의 심볼이 목적지를 나타냈다. 지도 위에 표시된 점은 3차원 격자 노드를 나타내며, 노란색은 경로탐색 과정에서 방문한 노드를 표시한다. 지도 위의 격자는 토지이용현황도에 따른 격자의 가중치를 표시하고 있다. 붉은색 지역은 가중치가 낮고 파란색 지역은 가중치가 높음을 표시한다. 다음 그림은 또 다른 지점의 경로탐색 결과를 보여주고 있다. A* 알고리즘을 적용한 결과, 가중치가 높은 하천 방향으로 노드의 탐색이 이루어진 것을 알 수 있다.



<그림 2-88> A*알고리즘이 적용된 경로탐색(테스트페이지)

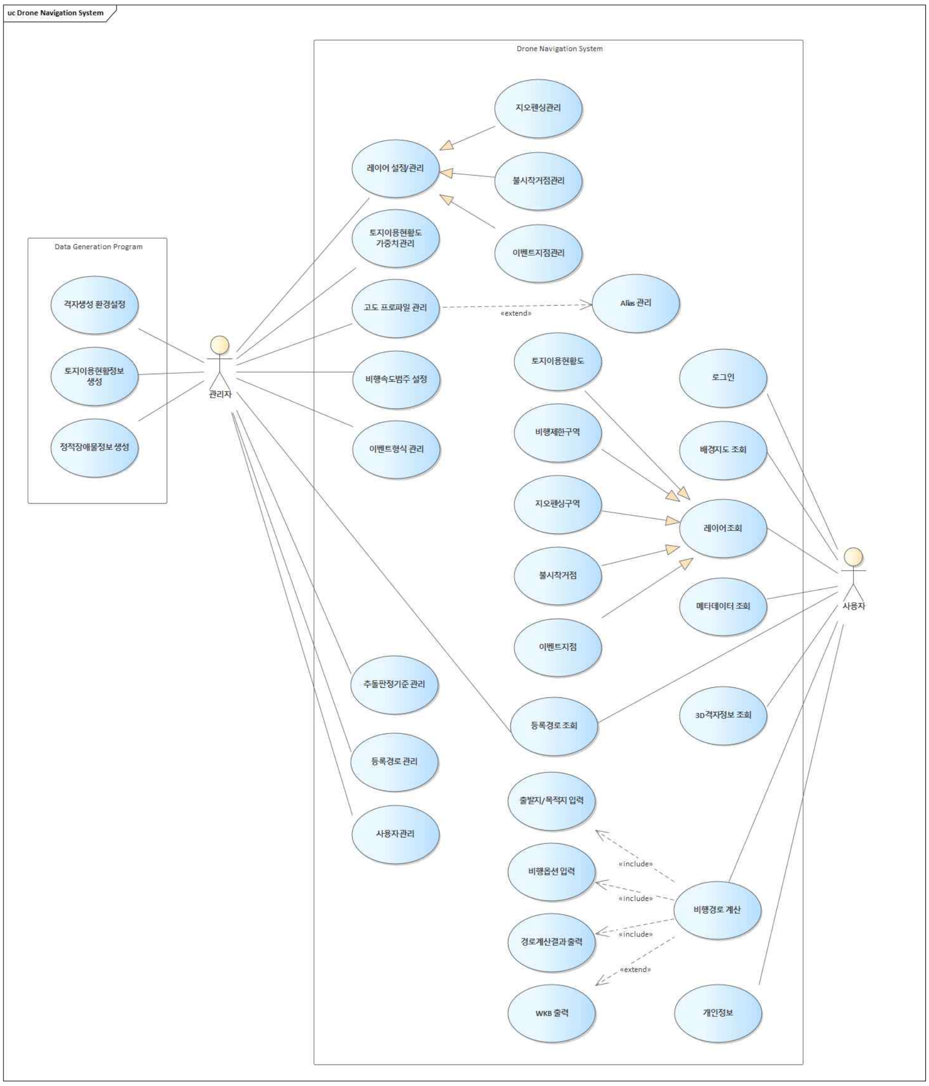
다음 그림은 RP엔진에서 생성한 경로탐색 결과를 확인할 수 있는 화면이다. 출력정보를 보면 전체 10,201개의 격자 중에서 탐색된 격자의 개수가 792개임을 확인할 수 있다. IDX 필드는 탐색된 격자의 인덱스 정보를 포함하고 있는데, 전체 경로는 총 83개의 격자를 연결한 경로로 구성됨을 알 수 있다. 탐색결과는 API 규격에 맞게 변환되어 전송된다.



<그림 2-89> RP엔진의 경로탐색 결과

○ 드론 내비게이션 시스템

드론 내비게이션 시스템을 위한 유스케이스(Use Case)는 사용자가 인식 가능한 기능 단위이다. 유스케이스는 사용자-시스템 간 상호작용의 표현으로 각기 다른 시스템 사용자와 유스케이스를 식별할 수 있다. UML(Unified Modeling Language) 다이어그램(Diagram)으로 표현하며, 서비스 개발로 구축되는 시스템의 유스케이스 다이어그램은 다음과 같다.



<그림 2-90> 드론 내비게이션 시스템의 유스케이스(UseCase)

구축되는 시스템은 변환 프로그램과 드론 내비게이션 시스템 두 가지로 식별되고 있으며, 시스템 이용대상은 관리자와 사용자로 식별된다. 또한, 각 시스템의 기능과 이용자의 시스템 권한도 식별할 수 있다. 각 유스케이스의 명세서에는 기능에 대한 간단한 설명이 추가되어 있다. 식별된 시스템의 기능으로부터 사용자에게 제공될 서비스 화면을 정의하는 작업을 진행하였다. 화면 정의는 와이어프레임 도구를 이용했는데, 설계 내용을 이해하는데 보다 직관적인 접근이 가능하기 때문에 고객 및 개발자와의 의사소통을 원활하게 할 수 있다.

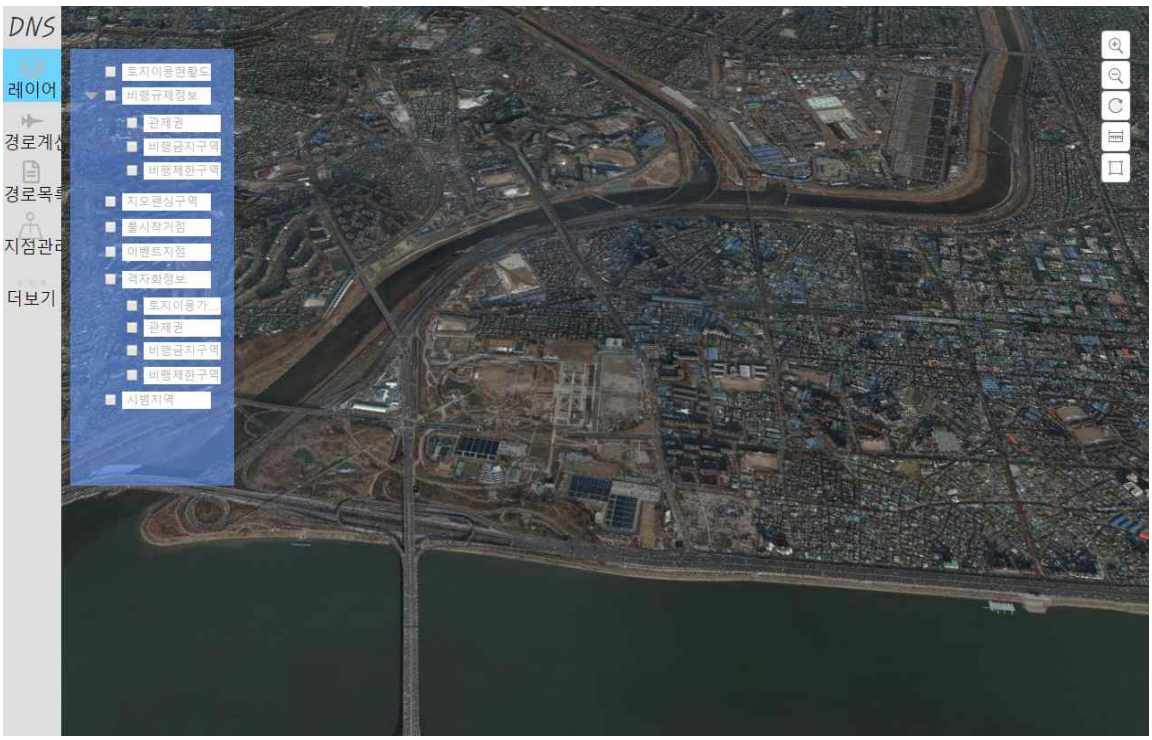
시스템의 메뉴 구성은 다음 그림과 같다. 레이어는 지도 표출 정보를 제어하는 역할이므로 실질적인 메뉴는 '경로계산', '경로목록', '지점관리', '더보기'의 4개 메뉴로 볼 수 있다. 시스템 관리에 해당하는 "더보기>시스템 설정"은 관리자 권한을 가진 사용자만 이용할 수 있다.

<그림 2-91> 메뉴 구성도

다음은 주요화면의 정의로 첫 번째는 시스템의 메인화면이다. 지도화면을 기본으로 하고, 좌측의 메뉴는 항상 노출되어 있기 때문에 언제든지 원하는 메뉴를 선택할 수 있다. 배경지도는 CM월드의 3D 지도를 사용하여 구현된다.

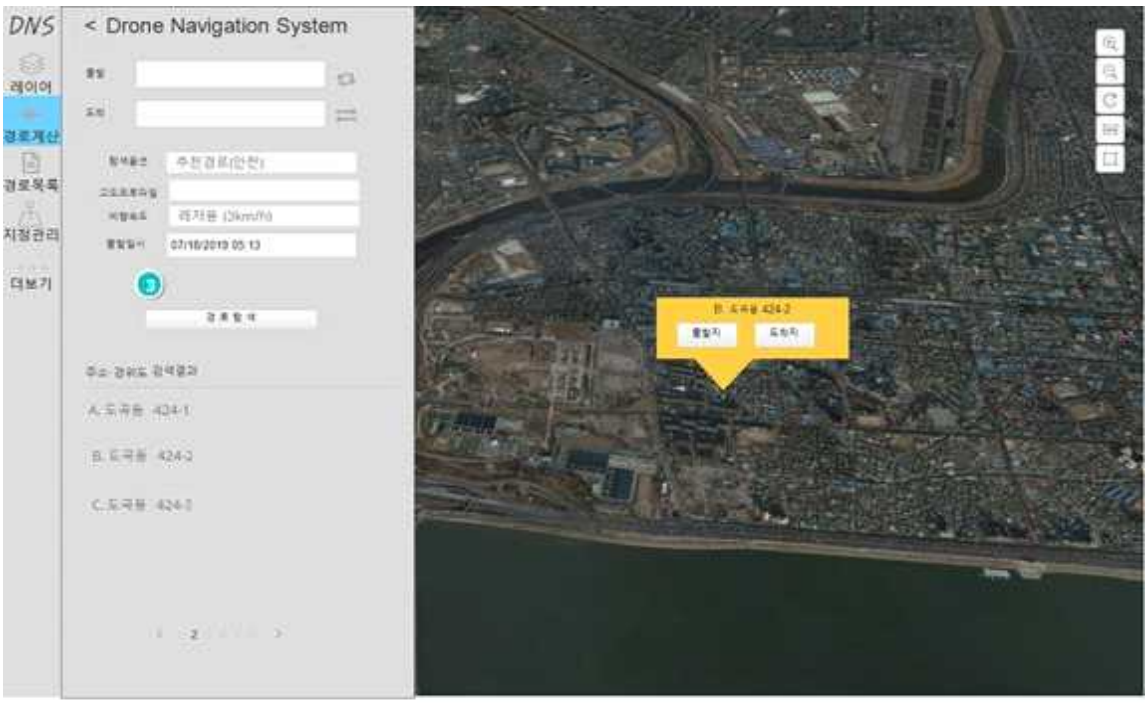
<그림 2-92> 화면정의: 메인화면

다음 그림은 레이어 선택 화면이다. 하단의 격자화 정보는 상단의 항목과 동일한 레이어 명으로 표기되어 있는데, 변환프로그램에 의해 격자화된 데이터를 표출하는 점이 다르다.



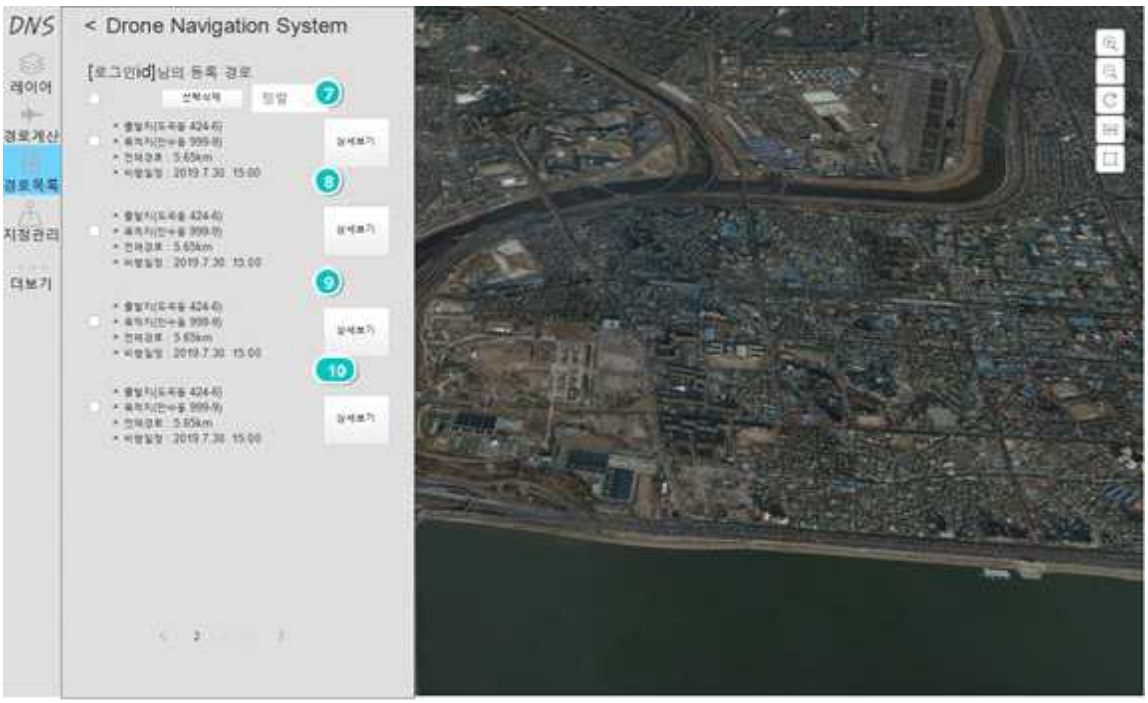
<그림 2-93> 화면정의: 레이어화면

다음 그림은 경로계산 화면이다. 사용자는 지도선택, 경위도검색, 주소검색으로 출발지와 목적지를 선택할 수 있다. 경로탐색에 적용할 옵션도 선택할 수 있다.



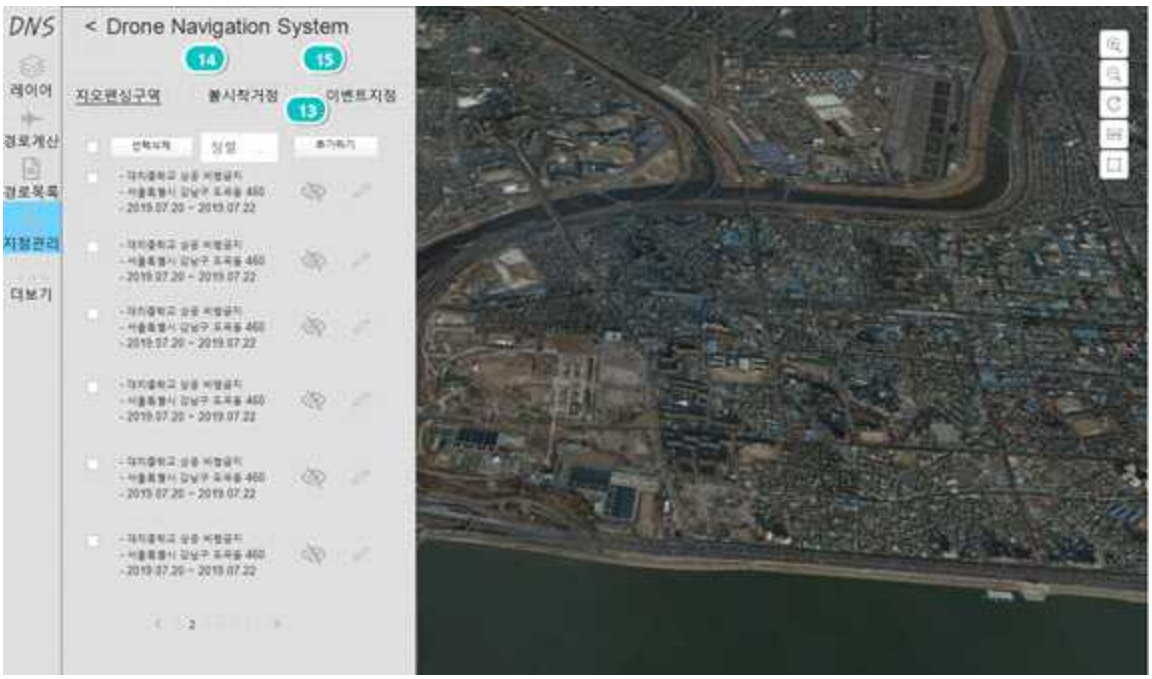
<그림 2-94> 화면정의: 경로계산 화면

다음 그림은 경로목록 화면이다. 시스템에 저장된 경로탐색 목록을 조회하는 기능이다. 사용자는 본인이 수행한 경로탐색 목록만을 확인할 수 있으며, 관리자는 시스템에 저장된 모든 경로탐색 결과를 확인할 수 있다.



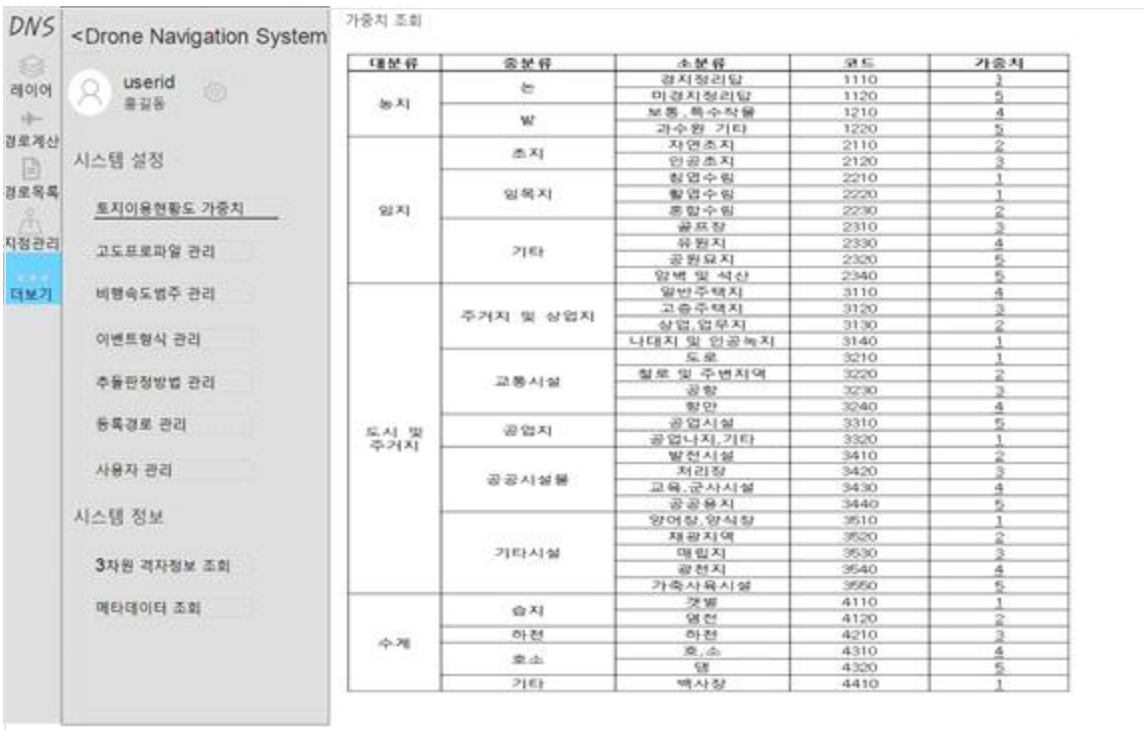
<그림 2-95> 화면정의: 경로목록 화면

다음은 지점관리 화면이다. 관리자가 입력할 수 있는 지오펜싱구역, 불시착거점, 이벤트 지점을 조회하고 관리하는 메뉴화면이다. 관리자인 경우에만 메뉴를 확인할 수 있다.



<그림 2-96> 화면정의: 지점관리 화면

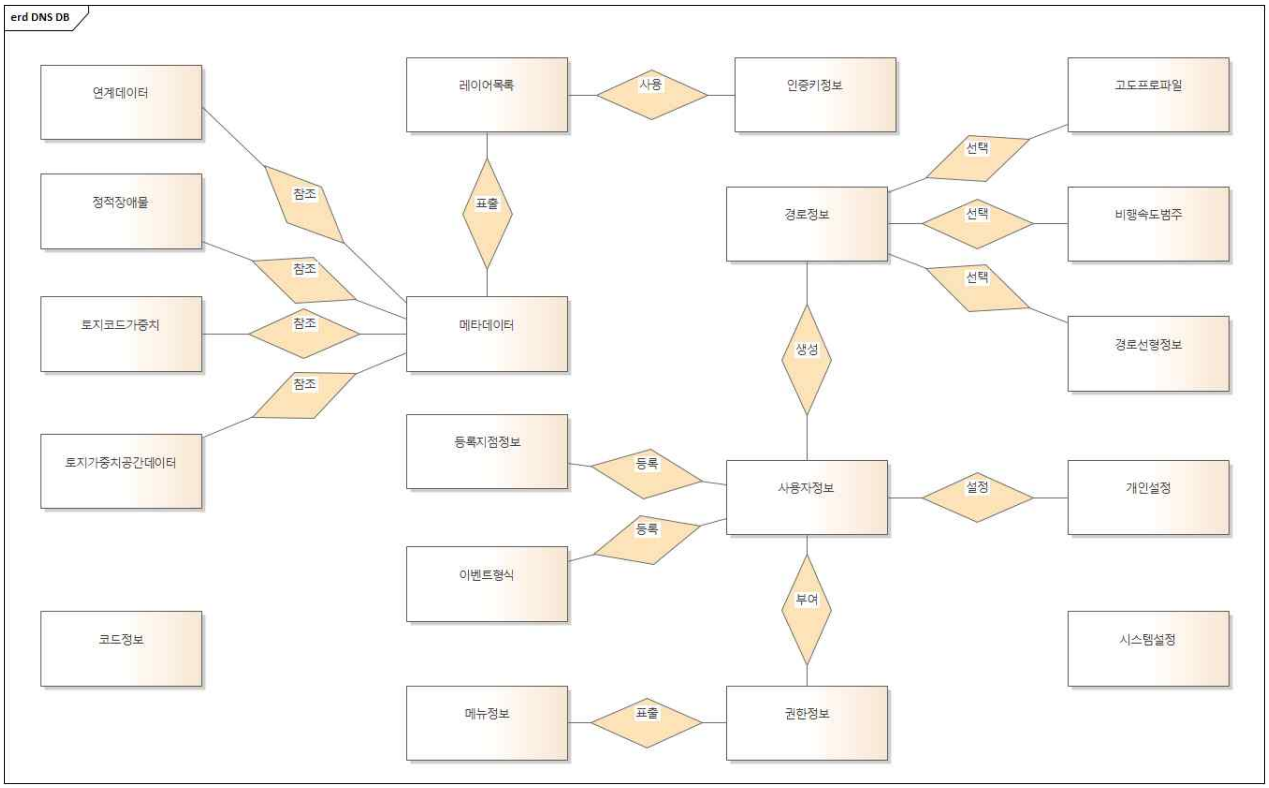
다음은 더보기 화면이다. 개인정보를 확인하고 설정할 수 있으며, 시스템관리 기능인 시스템설정에서는 시스템 운영과 관련된 다양한 정보를 설정할 수 있다.



대분류	중분류	소분류	코드	가중치
농지	논	경지정리답	1110	1
		미경지정리답	1120	5
	밭	보통, 특수작물	1210	4
		과수원 기타	1220	5
임지	초지	자연초지	2110	2
		인공초지	2120	3
	임목지	침엽수림	2210	1
		활엽수림	2220	1
		혼합수림	2230	2
	기타	골프장	2310	3
		유원지	2330	4
		공원묘지	2320	5
		암벽 및 석산	2340	5
도시 및 주거지	주거지 및 상업지	일반주택지	3110	4
		고층주택지	3120	3
		상업,업무지	3130	2
		나대지 및 인공녹지	3140	1
	교통시설	도로	3210	1
		철로 및 주변지역	3220	2
		공항	3230	3
		항만	3240	4
	공업지	공업시설	3310	5
		공업나지,기타	3320	1
	공공시설물	발전시설	3410	2
		처리장	3420	3
		교육,군사시설	3430	4
		공공용지	3440	5
	기타시설	양어장,양식장	3510	1
		채광지역	3520	2
		매립지	3530	3
		광천지	3540	4
		가축사육시설	3550	5
수계	습지	갯벌	4110	1
		염전	4120	2
	하천	하천	4210	3
	호소	호,소	4310	4
		댐	4320	5
	기타	백사장	4410	1

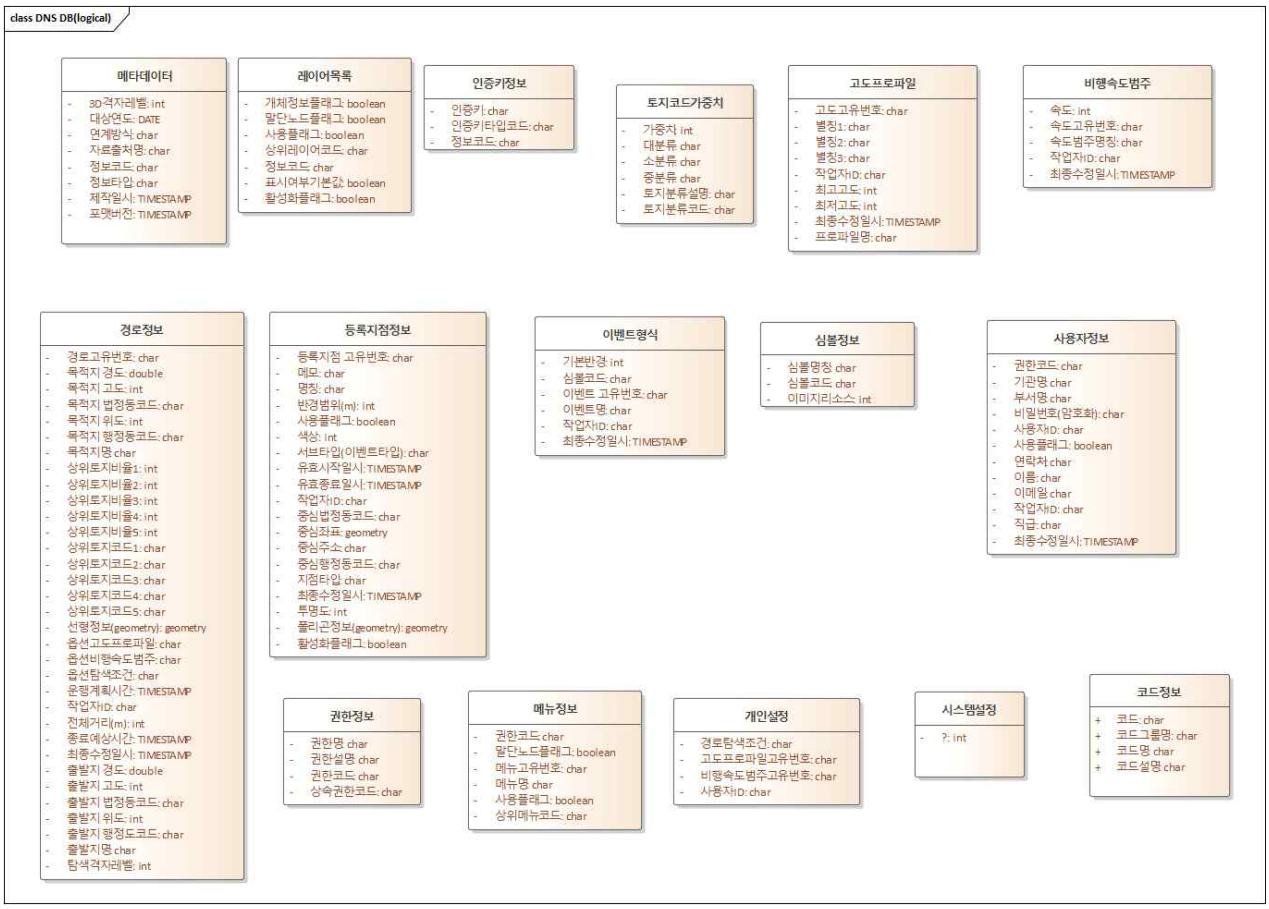
<그림 2-97> 화면정의: 더보기 화면

데이터 모델링은 현실 세계의 업무에서 발생하는 데이터에 대하여 물리적으로 데이터베이스를 구축하기 위해 이루어지는 과정이다. 일반적으로 개념 데이터 모델링, 논리 데이터 모델링, 물리 데이터 모델링의 3단계로 나눌 수 있다. 다음은 개념 데이터 모델링의 결과물이다. 테이블 단위에서 DB를 설계하고 테이블과 테이블의 관계를 설정하였는데, '메타데이터', '경로정보', '사용자정보'를 중심으로 설계가 이루어져 있다.



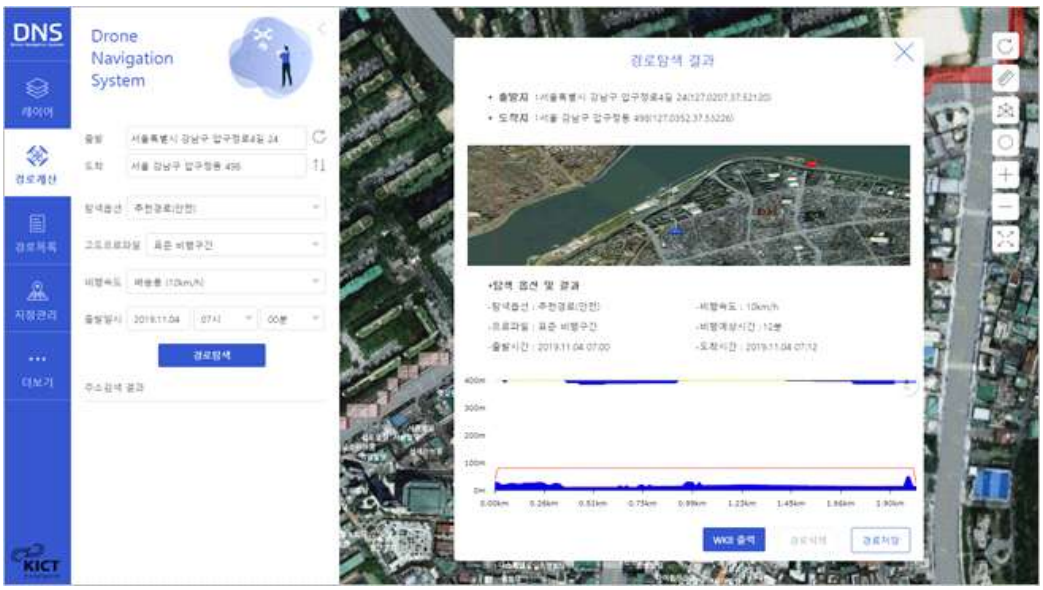
<그림 2-98> 개념 데이터 모델링 결과물

다음은 테이블의 필드 단위에서 진행한 논리 데이터 모델링의 결과물이다. 논리 데이터 모델링은 특정 시스템이나 소프트웨어에 종속되지 않는 단계로써, 필드와 데이터 타입에 대한 설계가 진행되었다. 다음 그림은 그 결과물이다. '메타데이터'는 시스템의 데이터에 대한 정보를 적재하도록 설계하였으며, '경로정보'는 시스템의 가장 핵심적인 정보 중 하나로써 경로탐색 결과뿐만 아니라 선택옵션, 분석결과, 출발지/목적지 정보를 포함하고 있다. '사용자정보'는 개인정보 외에 권한 정보를 포함하고 있다. '이벤트형식', '비행속도범주'도 기능 구현을 위해 필요한 정보를 설정하고 있다. 마지막으로 수행되는 물리 데이터 모델링은 실제 데이터가 적재될 DBMS의 특성까지 고려해 구체적으로 작성된다. PK(Primary Key), FK(Foreign Key)를 설정하고 제약조건도 입력한다. 물리 데이터 모델링이 완성된 후에는 DDL(Data Definition Language)을 생성하고 이를 DBMS에 적용해 테이블을 생성한다.



<그림 2-99> 논리 데이터 모델링 결과물

시스템 내부적으로는 사용자가 입력한 정보를 RP엔진으로 전달하고, RP엔진이 수행한 경로탐색 결과를 수신한다. 경로탐색이 불가능한 경우에는 에러 코드와 내용이 통보되고, 성공한 경우에는 경로탐색 결과에 대한 정보가 팝업창으로 통보된다. 경로탐색이 성공한 경우의 경로탐색 결과 팝업창은 다음 그림과 같다.



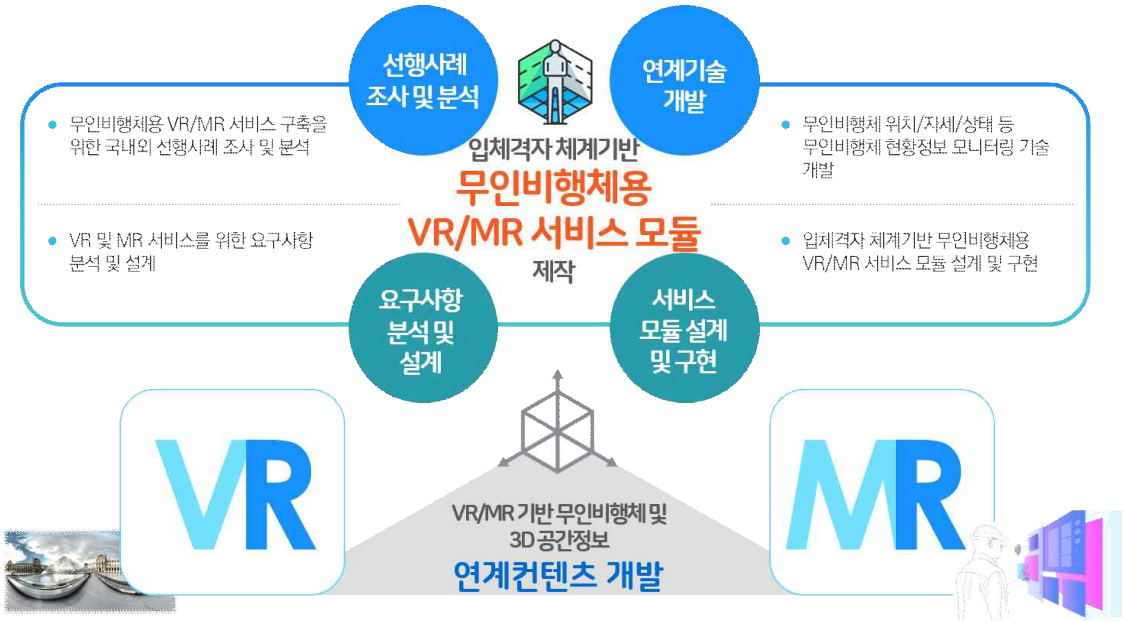
<그림 2-100> 경로탐색 결과 팝업창 화면

② 입체격자 체계기반 무인비행체용 VR/MR 서비스 모듈 제작

㉮ 서비스 개발 목표 및 범위

3차원 입체격자 체계는 3차원 상에 존재하는 공간정보를 시스템 안에서 표현할 수 있으며, 지상, 지하, 수중, 공중에 속하는 공간정보에 대하여 통합 · 관리가 가능한 체계이다. 본 연구에서는 VR/MR기반 드론/지형 연계 컨텐츠 개발을 위하여 입체격자 체계기반 무인비행체용 VR/MR 서비스 모듈 설계 및 구현을 수행하였다. 무인비행체용 VR/MR 서비스 모듈 제작의 범위는 다음과 같다.

- 무인비행체용 VR/MR 서비스 구30축을 위한 국내외 선행사례 조사 및 분석
- 입체격자 체계기반 VR/MR 가상환경 구축
- 입체격자 체계기반 무인비행체 데이터 연계기술 개발
- 입체격자 체계기반 무인비행체 모니터링 기술 개발
- VR기반의 무인비행체 및 주변지역정보 시각화 기술 개발
- MR기반의 무인비행체 및 주변지역정보 시각화 기술 개발

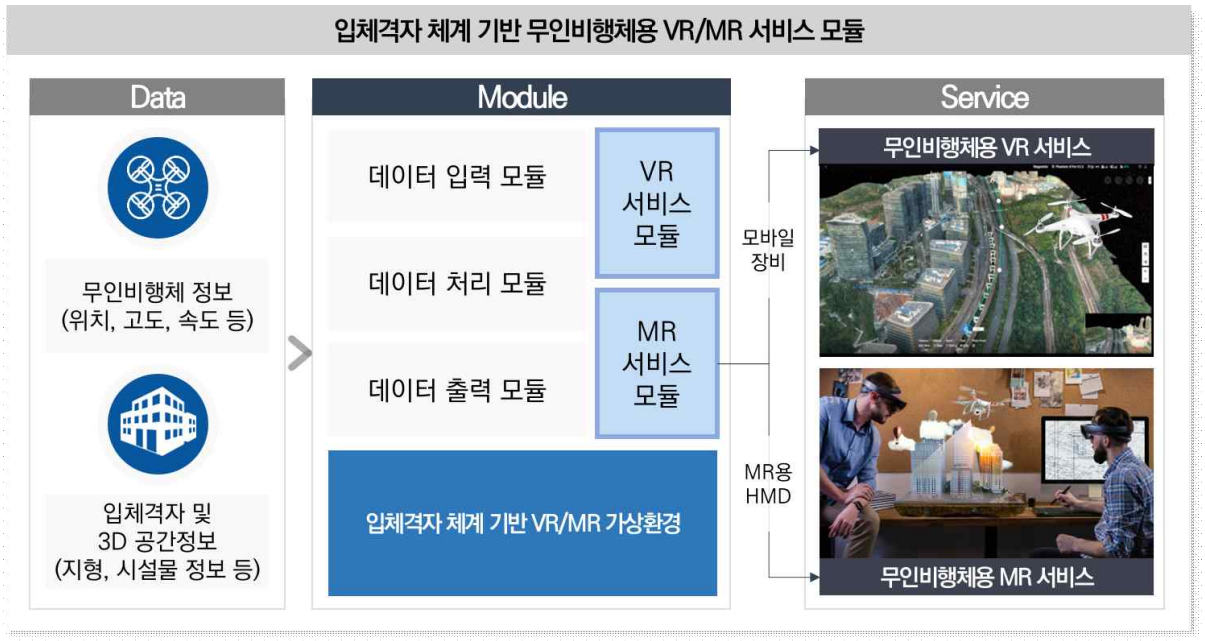


<그림 2-101> 무인비행체용 VR/MR 서비스 개발 목표

㉯ 서비스 개발 내용

VR/MR 서비스를 위한 기본적인 3차원 가상환경을 구축하기 위한 절차를 수립하여 구축 대상 선정부터 3D 모델링 데이터 구축, 데이터 경량화 등의 가상환경 커스터마이징, 서비스 장비 선정 등을 수행한다. 무인비행체가 비행 중에 취득한 각종 현황정보를 입체격자체계 상에서 효과적으로 서비스하기 위한 무인비행체 데이터 연계기술을 개발한다. MR 서비스를 위하여 3차원 공간정보 기반 가상환경에 무인비행체 데이터를 연계 · 분석하고 다양한 무인비행체 서비스 확장의 기초로 활용한다. 3차원 입체격자 체계를 기반으로 무인비행체 현황

정보 모니터링 및 카메라 영상 매시업 기술을 개발하여 무인비행체 모니터링을 수행한다. 카메라 영상 연계를 위하여 VR 기반 무인비행체 영상 연계 절차를 수립하고 풍부한 사용자 경험 제공을 위한 VR 기반 무인비행체 영상 연계 방안을 도출하였다. 입체격자 체계기반 현황정보 모니터링 기술 및 카메라 영상 매시업 기술을 적용한 VR기반의 무인비행체 및 현황정보 시각화 시스템을 개발한다. VR기반의 무인비행체 및 현황정보 시각화 시스템은 데이터 연계 및 출력 등의 정보 시각화 기능과 입체격자 체계기반 3차원 공간정보 시각화를 통한 서비스 기능으로 구성되어 있다. 입체격자 체계기반 현황정보 모니터링 기술 및 무인비행체 데이터 연계 기술을 적용한 MR기반의 무인비행체 및 현황정보 시각화 시스템을 개발한다. MR기반의 무인비행체 및 현황정보 시각화 시스템은 입체격자 체계기반 3차원 공간정보 상에서 무인비행체 및 무인비행체 현황정보를 제공한다.



<그림 2-102> 입체격자 체계 기반 무인비행체용 VR/MR 시스템 구성도

㉰ 서비스 개발 세부 사항

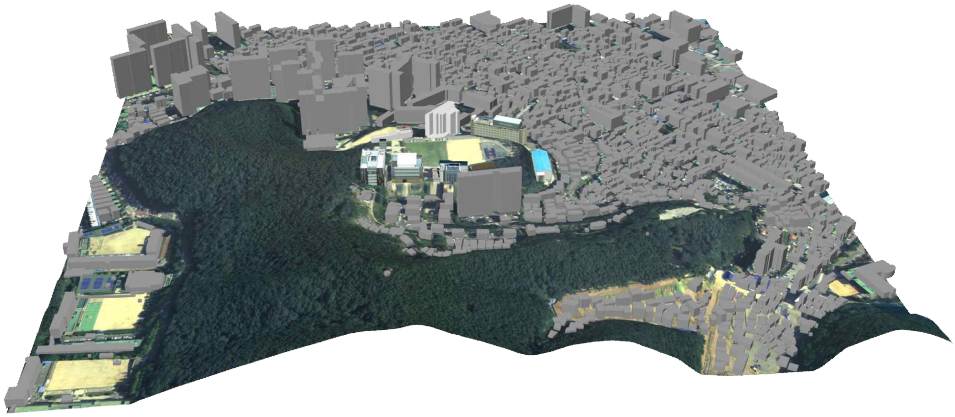
○ 무인비행체용 VR/MR 서비스 구축을 위한 국내외 선행사례 조사 및 분석

무인비행체용 VR/MR 서비스 분야 관련 선행사례 조사를 통해 현행 기술의 개발 현황을 파악하고 본 서비스에서 적용하여야 할 혹은 개선해야 할 사항에 대해 분석하였다. 또한, VR/MR 서비스를 위한 사용자별 요구사항을 분석하여 시스템 모듈별 기능 목록을 도출한다. 특히, 무인비행체 시스템, 무인비행체 활용 분야(도로상황, 모니터링, 재난 대응 지원, 국토관리 등), VR/MR 개념 및 관련 기술(헤드 트래킹, 스테레오스코픽, 포지셔널 트래킹 기술 등), VR/MR 하드웨어 현황 조사(오큘러스 리프트, HTC 바이브, 삼성 기어 VR, 소니 PS VR, 애플 뷰마스터, 구글 글래스, 마이크로소프트 홀로렌즈, 매직리프 원 등)에 대해 조사 및 분석하였다. 이를 기반으로 3차원 입체격자 체계 기반의 VR/MR 서비스 방안을 수립하고, 무인비행체용 VR/MR 서비스 활용방안을 도출한다.

<그림 2-103> VR/MR 서비스 구축을 위한 국내외선행사례 조사 및 활용방안 도출

○ 입체격자 체계기반 VR/MR 가상환경 구축

본 서비스에서는 경기도 안양시에 위치한 안양대학교 안양캠퍼스 및 캠퍼스 주변 건물을 대상으로 입체격자 체계기반 무인비행체용 VR/MR 서비스를 개발한다. 현장답사를 통한 개별 데이터베이스 물량을 산출하였고 3D 모델링 대상은 안양대학교 안양캠퍼스 인근의 지형 모델 및 캠퍼스 내에 위치한 12개의 건축물 및 주변 건축물로 선정하였다. 12개의 건축물은 실감서비스 제공을 위하여 3D 모델링 후 텍스처 매핑을 통해 실감형 모델로 구축하였으며 주변 건축물은 위치정보 파악 등의 목적을 위하여 구축하는 것이므로 3D 모델링만 수행하였다. 지형데이터는 지리원에서 무료로 수집이 가능한 1:5000 수치지도를 이용하여 음영기복도(Digital Elevation Model, DEM)를 제작하여 활용하였으며, 제작된 지형형상정보 위에 25cm급 해상도 항공영상 데이터를 수집하여 3차원 지형을 구축하여 시각화하였다. 안양대학교 및 주변 공간정보를 시각화하기 위하여 3D 모델링 구축을 수행하였다. 주요 건물 12종과 다수의 주변 건물을 구축하였다.



<그림 2-104> 3D 모델링 데이터 구축결과

VR/MR 서비스는 운용될 장비의 성능에 따라 콘텐츠의 퀄리티가 좌우된다는 특징을 지니고 있다. PC에서 운용될 입체격자 체계 무인비행체용 VR 서비스의 경우에 그래픽 처리능력이 우수한 PC에서 실행되기 때문에 가상환경의 커스터마이징이 크게 필요하지 않으나 입체격자 체계 무인비행체용 MR 서비스의 경우에는 매직리프 원의 성능이 일반 PC보다 저사양이므로 경량화가 필요하여 영역 축소 등의 작업을 수행하였다.

무인비행체용 VR 서비스는 무인비행체 카메라 영상이 매시업하여 시각화하는데 이때 무인비행체의 빠른 이동속도가 HMD를 통해 사용자에게 제공된다면 심각한 어지러움으로 인한 사용감이 저하될 것으로 우려되어 '협의의 가상현실'을 적용하여 PC의 디스플레이에서 현실과 유사한 가상의 공간을 구축하여 다양한 정보를 제공하고자 한다.

무인비행체용 MR 서비스를 위하여 미국 매직리프사의 매직리프 원(Magic Leap One)을 적용 장비로 선정하여 구축된 가상환경이 실행될 수 있는지 연구 및 적용시험을 수행하였다. 매직리프 원은 기존 MR 하드웨어 시장을 점유하고 있던 MS사의 홀로렌즈와 달리 시야각이 넓고, 포켓형 컴퓨터인 라이트팩(Lightpack)이 있어 사용자의 행동반경을 더욱 자유롭게 할 수 있다는 장점이 있다.

본 연구에서 활용될 드론은 SDK(Software Development Tool)를 통해 드론이 수집한 정보를 실시간으로 제공하여야 한다는 필수조건을 수립하여 장비를 선정하였다. 이에 글로벌 무인비행체 대표 기업인 DJI사의 PHANTOM 4 PRO V2.0를 선정하여 테스트를 수행하였다. 고해상도 항공영상을 배경지도로 활용하여 지형데이터를 구축하였지만 지면과 인접할수록 시안성이 떨어지는 한계를 보였다. VR/MR 서비스 관점에서 실감형 콘텐츠 구축을 위하여 초고해상도급(UAV) 항공영상이 필요하다고 판단된다.

향후 입체격자 체계의 활용성 확대를 위하여 별도의 3D 모델을 구축하는 것이 아닌 기구축된 브이월드의 3D 모델을 활용하여 제공하는 방안이 필요하다고 판단하였다. 매직리프 원의 경우 일반 PC에 비하여 지형모델, 건물 3D 상세모델, 건물 3D 일반모델과 입체격자 체계를 모두 포함한 가상환경을 서비스하기에는 장비 성능의 한계를 보였다. 이에 MR서비

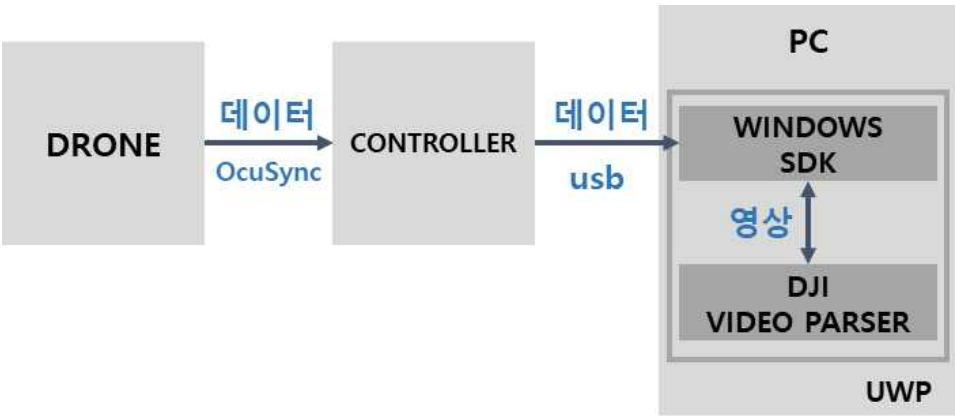
스를 위한 경량화 등의 커스터마이징을 통하여 서비스 가능한 3D 가상환경을 구축하였다.

<그림 2-105> 가상환경 구축과정 예시

○ 입체격자 체계기반 무인비행체 데이터 연계기술 개발

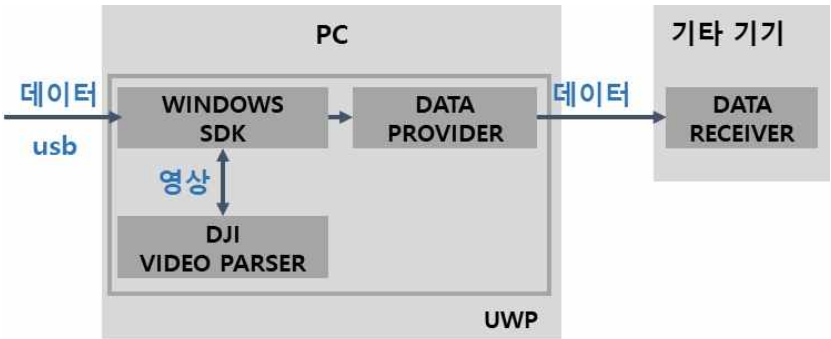
무인비행체 데이터 연계기술이란 드론 SDK를 통해 실시간으로 드론에서 제공하는 정보를 수집하고 출력하는 기능을 의미한다. 이때, 드론에서 제공하는 정보는 카메라 영상, 위치, 자세정보 등을 포함한다. 본 과업에서 선정한 드론은 Windows SDK를 통해 드론 정보를 취득할 수 있다. Windows SDK는 선정 장비인 PHANTOM 4 PRO V2.0 뿐만 아니라 MAVIC 2 PRO/ZOOM, MAVIC AIR를 지원한다.

무인비행체 데이터 연계 모듈 구조 설계는 다음과 같다. DJI Windows SDK는 PC와 USB로 연결된 조종기로부터 조종기와 연결된 드론의 정보를 제공받는다. Windows SDK는 드론의 위치, 속도, 자세, 드론의 상태 및 배터리 정보 등을 제공하고 영상 정보는 Video Parser를 이용하여 처리하고 있다. 또한, Windows SDK는 UWP(Universal Windows Platform)를 기반으로 구현되어 UWP에 종속적이다.



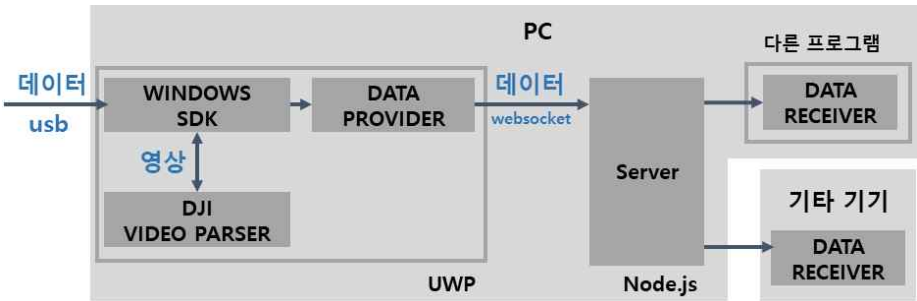
<그림 2-106> DJI Windows SDK 연결 구성

Windows SDK로 다른 기기 혹은 프로그램에 데이터를 제공하는 전반적인 구조는 다음과 같다. Data Provider는 Data Receiver가 전송하는 데이터를 받아 종류별로 정리하고 프로그램 내부에 제공하는 함수를 가진 라이브러리이다. Data Provider는 UWP 앱 내에서 Windows SDK로 취득한 데이터를 처리하고 전송하는 기능을 제공한다. UWP에서 다른 기기에 데이터를 전송하기 위해 지원하는 기능은 Socket, WebSocket, HttpClient, Background Transfer가 있다.



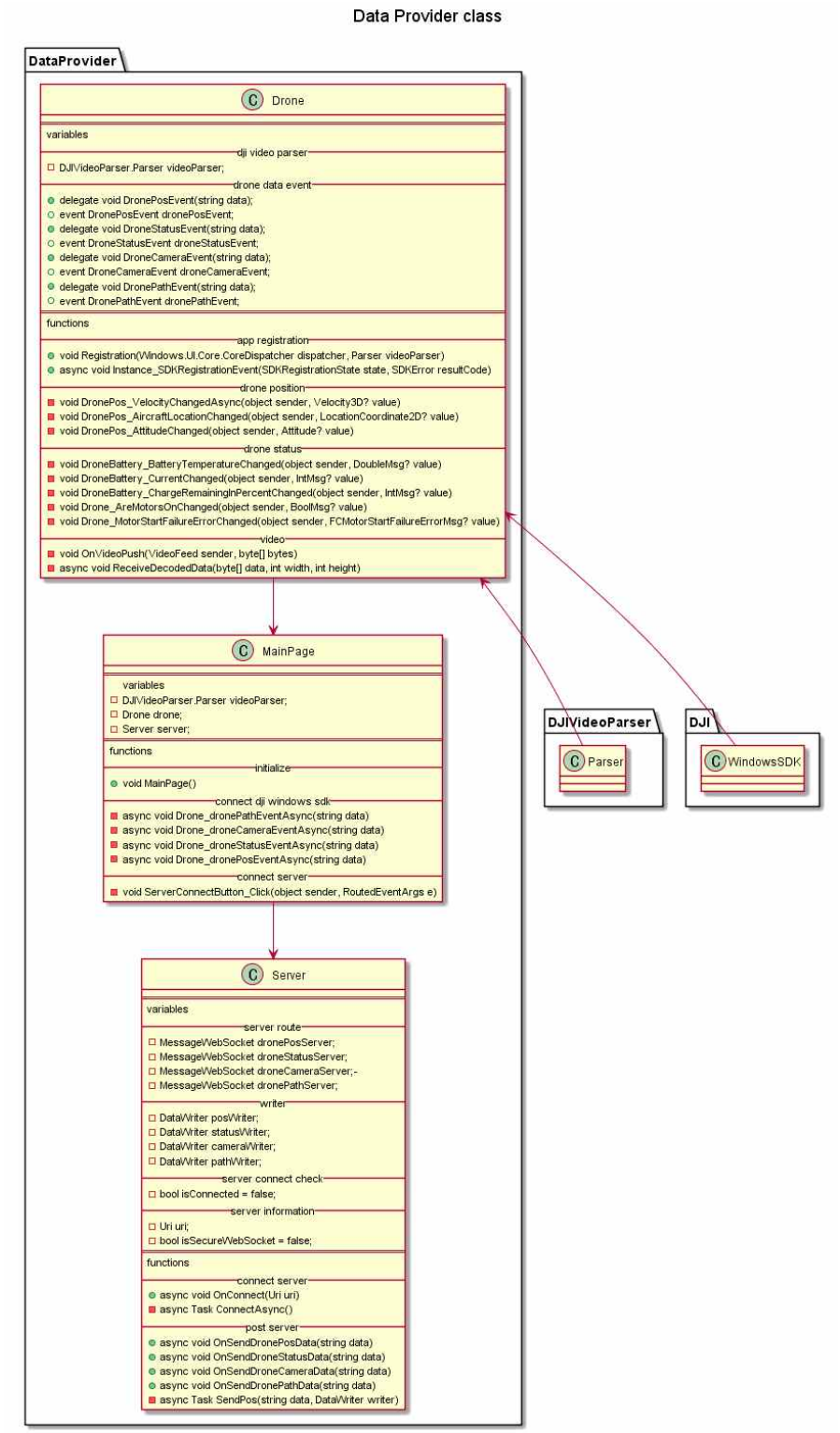
<그림 2-107> UWP기반 데이터를 전송하는 구조

Data Provider와 Data Receiver가 바로 연결하는 방식이 속도와 성능 면에서 월등하다. 그러나 UWP는 동일한 기기 내에서 프로그램 간의 데이터 전송 시 제약이 있다. 이에 node.js 기반의 간단한 server를 사이에 두고 데이터를 송수신한다.



<그림 2-108> Server를 포함한 데이터 전송 구조

클래스 구조는 Drone, MainPage, Server 클래스로 구성된다. Drone 클래스는 DJI Windows SDK에서 데이터를 가져오며, Server 클래스는 생성된 데이터를 node.js server에 전송한다. MainPage 클래스는 Drone에서 데이터가 갱신되면 Server 클래스에 해당 데이터를 전달하고 제공되는 데이터를 시각화한다.



<그림 2-109> Data Provider를 구성하는 주요 클래스

node.js 기반의 서버 구조는 http server아래로 websocket 통신을 하는 client server와 데이터를 제공받는 네 개 서버로 구성되고 각각 다음과 같은 기능을 한다.

- postServer : DataProvider의 Server에서 보낸 데이터를 각 속성에 맞게 입력
- wsWaypoinServer: 드론의 이동 경로
- wsCameraServer: 드론에서 취득하는 실시간 영상 및 카메라 정보
- wsStatusServer: 드론의 상태(배터리, 날개 등) 정보
- wsPosServer: 드론의 위치(경위도, 고도, 이동속도, 자세) 정보

드론과 기기 간의 데이터를 연결하는 서버는 GET, POST 기능을 가지며, POST 방식은 드론에서 데이터를 받은 Data Provider가 서버에 데이터를 전송하고 GET 방식은 다른 기기가 서버에서 데이터를 가져오는 기능을 구현한다.

GET은 주소(예: https://djidrone.com/drone/position)로 접속 시 해당 속성에 맞는 데이터를 JSON 형태로 반환한다. drone의 하위 주소에서는 드론의 위치 정보와 속성 정보를 얻을 수 있다. battery의 하위에서는 배터리에 관련된 정보를 얻을 수 있다. camera는 카메라에 관한 속성 정보를 얻을 수 있다. waypoint는 무인비행체 비행경로를 얻을 수 있다.

Subscribe는 기본적으로 GET과 사용법은 같으나 연결이 이루어진 상태에서 드론에서 데이터가 갱신 될 때마다 지속적으로 해당 데이터를 받는 차이가 있다. 예를 들어, /drone/attitude를 구독하면 드론의 자세가 변경될 때마다 해당 정보를 서버에서 받아온다. Subscribe는 동일한 주소로 unsubscribe 메소드를 보내 취소할 수 있다.

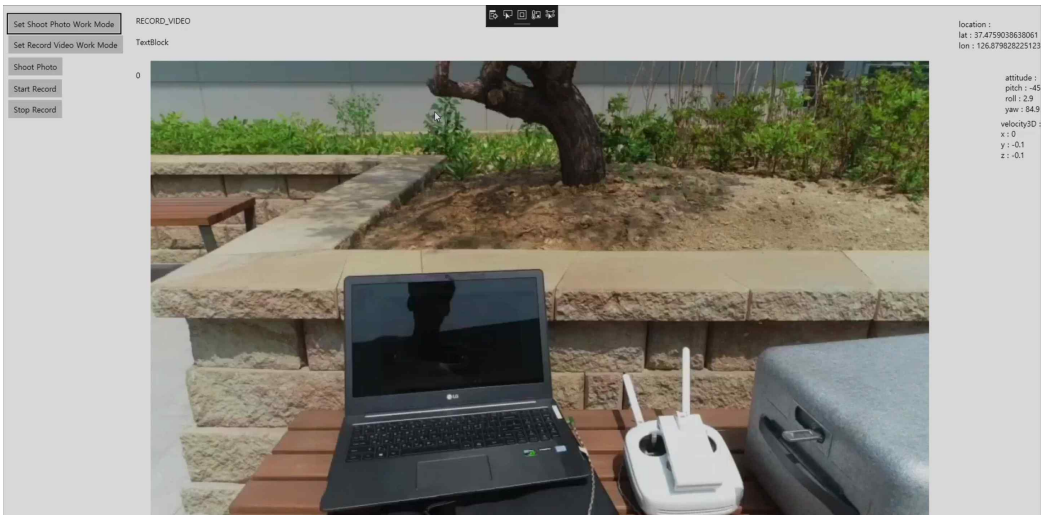
○ 입체격자 체계기반 무인비행체 모니터링 기술 개발

3차원 입체격자 체계를 기반으로 무인비행체 현황정보 모니터링 및 카메라 영상 매시업 기술을 개발하여 무인비행체 모니터링을 수행한다. 무인비행체 현황정보(상태정보, 카메라정보, 제어정보 등)을 연계하여 무인비행체의 운용상태를 모니터링하고 카메라 영상 연계를 위하여 VR 기반 무인비행체 영상 연계 절차를 수립하고 풍부한 사용자 경험 제공을 위한 기술 개발을 수행하였다.

<그림 2-110> 무인비행체 카메라 영상 매시업 기술 개발 프로세스

무인비행체 현황정보 모니터링 및 카메라 영상 매시업 기술개발을 위한 프로세스는 아래와 같다. 무인비행체와 Remote Controller 간 상호 통신정보(드론 상태정보, 카메라정보, 제어정보 등)를 수집 및 관리하는 기능과 VR/MR 3D 뷰어에 현황정보 제공 및 카메라 영상 매시업을 위한 응용 애플리케이션을 개발하였다.

<그림 2-111> 무인비행체 모니터링 기술 개발 프로세스



<그림 2-112> 라이브 비디오 스트림정보 수집 시각화

○ VR기반의 무인비행체 및 주변지역정보 시각화 기술 개발

무인비행체용 VR 서비스 모듈은 앞서 기술된 입체격자 체계기반의 데이터 연계기술, 현황정보 모니터링 기술, 카메라 영상 매시업 기술을 통해 수집 · 연계된 데이터를 사용자에게 유효한 정보로 제공될 수 있도록 각 단위기술을 서비스화한 서비스 모듈이다. 무인비행체의 현황정보와 카메라 영상데이터를 연계하여 무인비행체의 상태정보 및 자세정보 등 비행 운용에 필요한 정보를 3차원 입체격자 체계 상에서 무인비행체 조종자 또는 업무 담당자에게 제공하고자 하였다. 또한, 입체격자 체계를 활용하여 무인비행체 비행 경로 상의 장애물을 탐지하여 사용자에게 무인비행체 운용 시 가장 안전하고, 최단거리인 비행경로 정보를 제공한다.

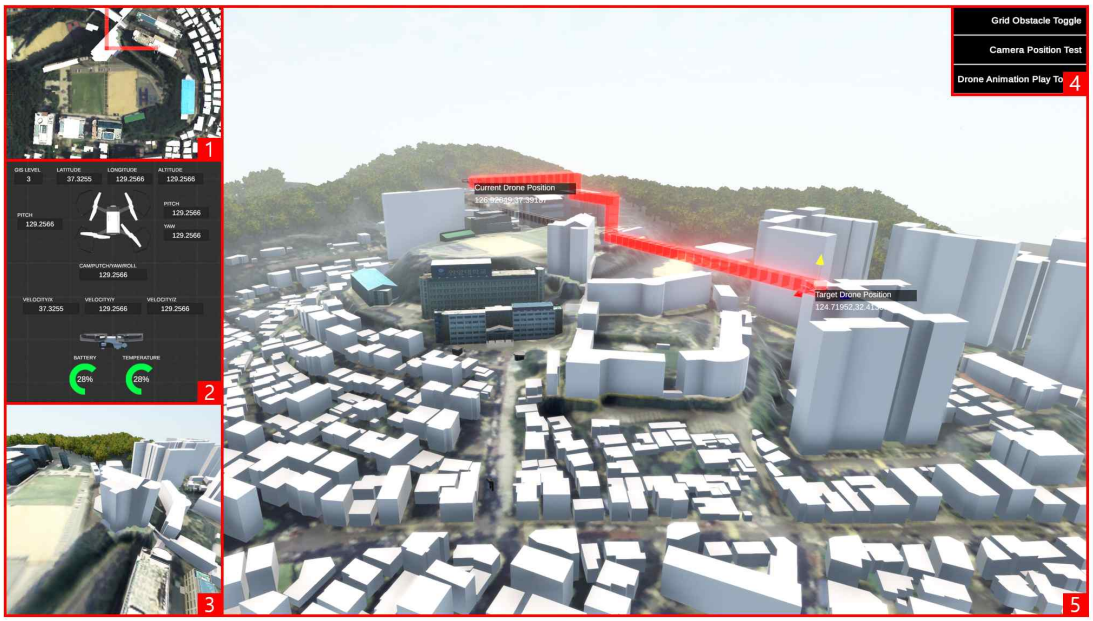
입체격자 체계 기반 무인비행체용 VR 서비스 개발을 위하여 개발 이전에 VR 서비스의 목적 및 요구사항을 분석하여 본 서비스가 활용될 때에 서비스 모듈의 실행 프로세스를 작성하였다. 무인비행체용 VR 서비스의 개발 목적은 무인비행체의 효과적 운용을 위한 안전

최단거리 비행경로를 무인비행체에 제공하고, 무인비행체 비행 모니터링을 위한 무인비행체 상태정보/자세정보/카메라 영상 등의 비행정보를 무인비행체로부터 수집하는 것이다. 무인비행체용 VR 서비스 모듈의 기본적인 화면 조작 기능과 실행 프로세스 단계별 기능을 개발하였다.

#1		#2		#3	
애플리케이션 실행	➔	무인비행체 비행경로 계획 수립	➔	입체격자 체계기반 안전 비행경로 계산	➔
#4		**#5**		**#6**	
무인비행체에 안전 비행경로 전송	➔	무인비행체 운용 및 비행데이터 수집	➔	무인비행체 운용상태 모니터링	

<그림 2-113> 무인비행체 VR 서비스 모듈 실행 프로세스

무인비행체용 VR 서비스에서 제공될 정보를 기반으로 화면 레이아웃을 구성하였다. 좌측에는 현장지도, 모니터링 정보, 속성정보 등의 정보를 시각화하고 우측에는 3차원 가상환경을 배치하는 것으로 계획하였다. 실제 개발은 다음 그림과 같이 구현되었다. 화면은 크게 5개의 요소로 구성되며 각각의 역할은 다음과 같다.



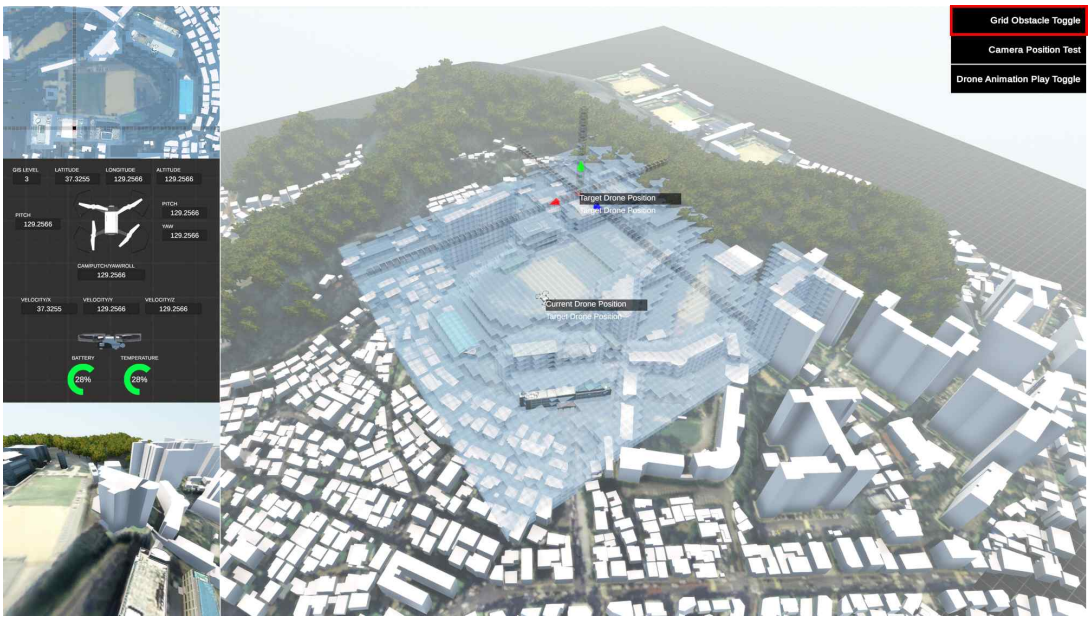
1 현장지도 2 무인비행체 상태정보 3 무인비행체 카메라영상 4 기능 활성화 버튼 5 3차원 뷰어

<그림 2-114> 무인비행체용 VR 서비스 기본화면

- 현장지도 : 무인비행체가 비행할 대상지를 위에서 내려다 본 위성지도로서, 지도 위에 무인비행체의 현재 위치와 이동 경로가 2D형태로 표시된다.

- 무인비행체 상태정보 : 무인비행체 비행을 통해 취득한 무인비행체 현재 위치정보(위도, 고도, 경도), 카메라 3차원 위치 및 자세정보(Pitch, Yaw, Roll), 무인비행체 배터리 정보(온도, 사용 가능 잔여 용량) 등의 정보가 실시간으로 표시된다.
- 무인비행체 카메라 영상 : 무인비행체가 비행을 하면서 촬영한 카메라 영상을 연동하여 보여준다.
- 기능 활성화 버튼 : 입체격자 그리드 활성화 기능, 3차원 뷰어 상에서 사용자가 저장해 둔 특정 시점 활성화 기능, 무인비행체 경로 확인 기능 등 애플리케이션 내에서 사용자에게 제공하고자 하는 편의 기능이 배치되어 있다.
- 3차원 뷰어 : 3차원 뷰어 상에는 입체격자 체계를 기반으로 하여 각종 3차원 공간정보 및 무인비행체의 경로가 시각화된다. 3차원 공간정보 데이터에는 지형모델, 항공사진, 리얼 텍스처 매핑된 실감형 건물 모델, 컬러 텍스처 매핑된 주변 건물 모델, 식생 모델이 포함된다.

조밀한 격자 그리드를 3차원 뷰어에 가시화하고 타 공간정보를 올려서 다양한 사용자 기능을 제공하는 것이 본 시스템의 가장 핵심적이고 기본적인 기능이라고 할 수 있겠다. 입체격자는 가로/세로/높이가 각 5m로 구성된 그리드로 시각화하였으며, 3차원 뷰어 상에서 사용자 편의에 따라 활성/비활성화 할 수 있도록 구현하였다.



<그림 2-115> 입체격자 그리드 활성화

사용자에게 입체격자 기반의 안전 최단거리 비행경로를 제공하고, 무인비행체의 상태정보/자세 정보/카메라 영상 정보를 제공하여 사용자가 무인비행체 비행현황을 모니터링 할 수 있도록 다음과 같은 실행 프로세스를 계획하였으며, 각 단계별 상세설명은 해당 단계에 기술하였다.

1) 애플리케이션 실행

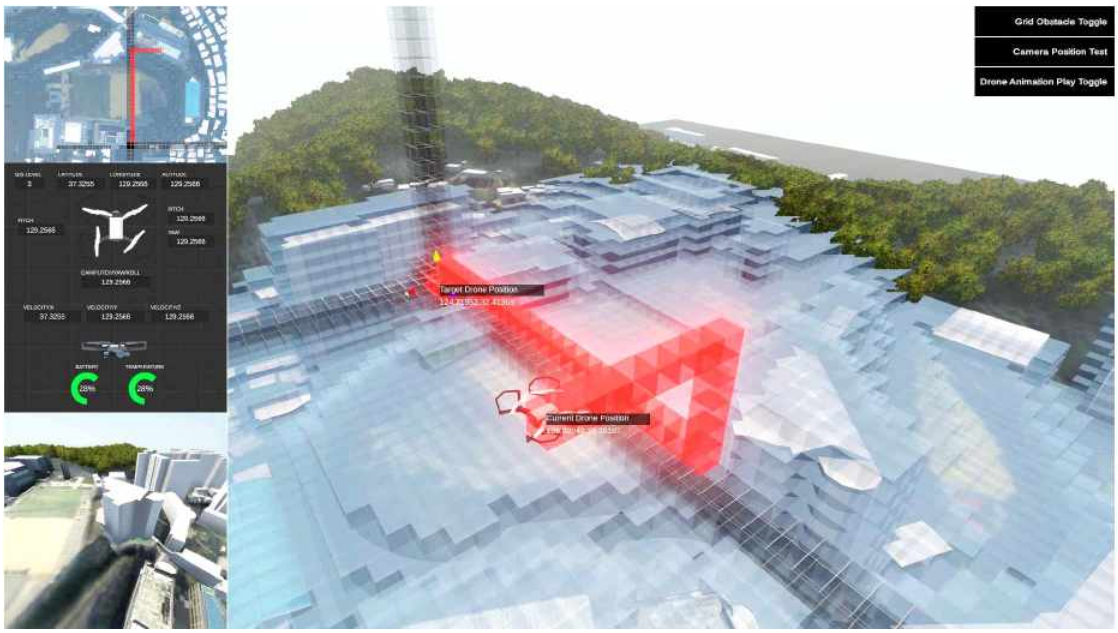
Unity3D에서 윈도우 OS 환경에서 단독 실행(Standalone)될 수 있는 형태의 플랫폼으로 빌드를 수행하여, 'Drone_Grid_Win.exe'실행파일을 생성하였다. 생성된 실행파일을 클릭하면 무인비행체용 VR 서비스 애플리케이션이 실행된다.

2) 무인비행체 비행경로 계획 수립

사용자는 무인비행체 비행 이전에 출발지와 도착지를 애플리케이션 내에서 다음과 같이 설정할 수 있다.

3) 입체격자 체계기반 안전 최단거리 비행경로 계산

사용자가 설정한 비행경로(출발지, 도착지)와 입체격자 기반 장애물 정보를 융합하여 무인비행체가 안전하지만 가장 빠르게 이동할 수 있는 최단거리를 계산하여 시각화한다. 비행경로는 입체격자 체계 기반의 1개 그리드를 단위로 하여 3차원 뷰어 상에 나타난다.



<그림 2-116> 안전 최단거리 비행경로 계산

4) 무인비행체에 안전 최단거리 비행경로 전송

안전 비행경로가 생성되면 사용자는 무인비행체에 안전 최단거리 비행경로를 전송한다. 이때 애플리케이션에서는 무인비행체로 안전 최단거리 경로에 해당되는 WayPoint 정보를 전송한다. WayPoint 정보에는 무인비행체의 위도/경도/고도가 해당된다.

5) 무인비행체 운용 및 비행데이터 수집

무인비행체는 전달받은 WayPoint를 기준으로 비행을 하고, 비행 중에 무인비행체의 상태정보, 자세정보, 카메라 영상정보를 수집한다. 수집된 데이터 중에 상태정보, 자세정보는 Windows SDK로 처리되어 DataProvider에 도달하고, 카메라 영상정보는 Video Parser를 통

해 처리되어 DataProvider에 도달한다. DataProvider에서 취합된 모든 정보는 node.js기반의 서버를 통해 DataReceiver로 전달된다.

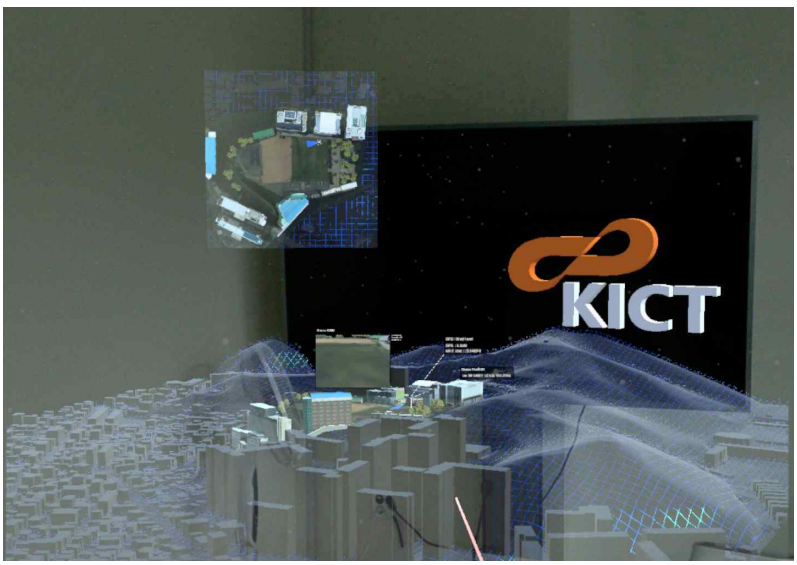
6) 무인비행체 운용상태 모니터링

DataReceiver가 전달받은 비행데이터를 클라이언트에 시각화하여 사용자는 무인비행체가 비행 중에 취득한 데이터를 확인할 수 있다. 카메라 영상을 통한 촬영 대상지의 현황 파악 및 상태/자세정보로 무인비행체의 비행 중의 상태를 모니터링 하여 향후 업무에 필요한 정보를 취득할 수 있다.

<그림 2-117> 무인비행체 운용상태 모니터링

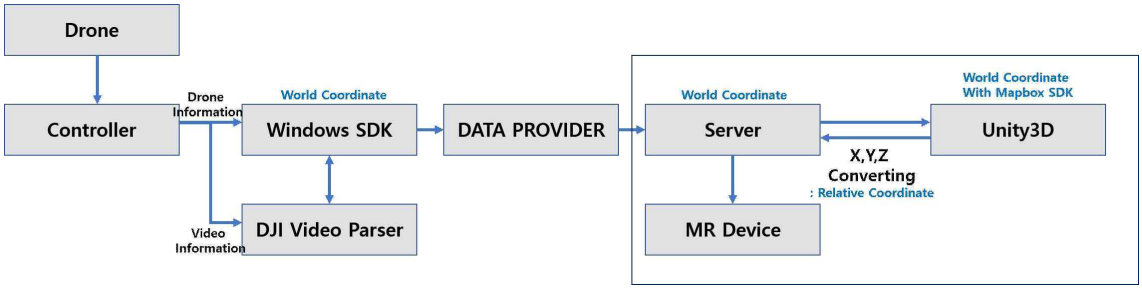
○ MR기반의 무인비행체 및 주변지역정보 시각화 기술 개발

무인비행체용 MR 서비스에서 제공될 정보를 기반으로 구성한 화면 레이아웃은 다음 그림과 같다. 디스플레이 중앙에 3D 모델을 배치하고 사용자가 원하는 대로 영역을 확대 축소할 수 있도록 하고, 무인비행체 비행정보를 3D 모델 위에 매시업 하는 형태로 디스플레이에 배치하였다.



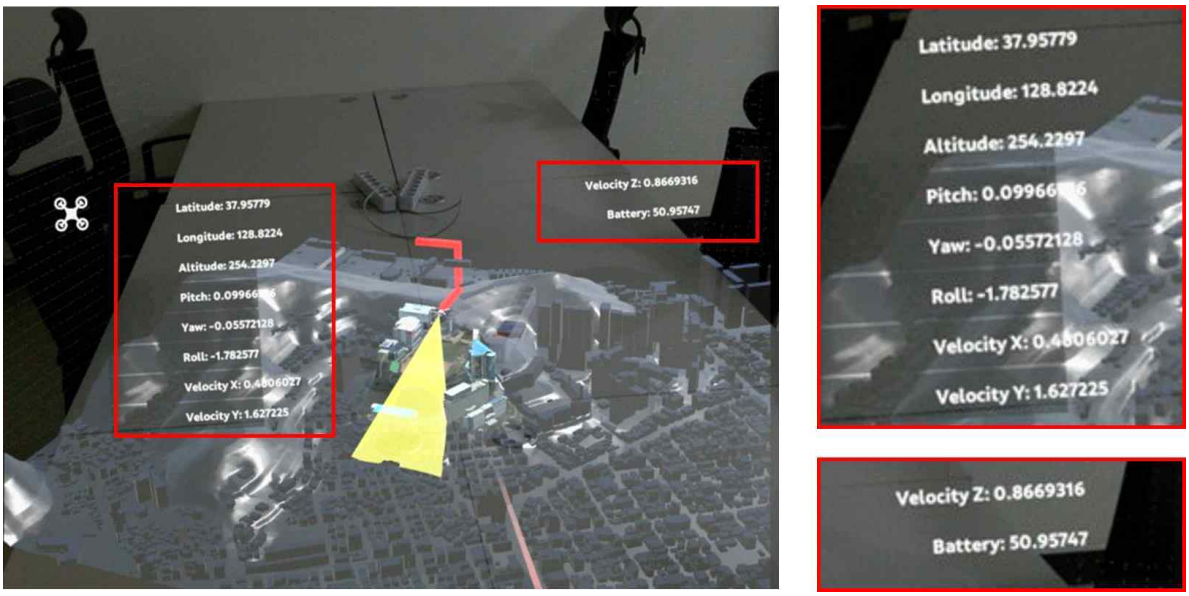
<그림 2-118> MR 서비스 인터페이스

Unity3D에서 매직리프 원의 운영체제인 Lumin OS로 빌드하여 실행파일을 생성하였고, 애플리케이션 실행 후 촬영대상지 현황파악, 비행경로 계획 수립, 무인비행체 운용 및 비행 데이터 수집이 가능하도록 기능을 구현하였다. OS의 차이로 VR 서비스와는 달리 MR 서비스는 지도 SDK에서 처리하는 무인비행체의 경위도 좌표를 받아 동작할 수 없으므로 별도의 처리 과정이 필요하다. 이에 다음과 같은 처리를 통해 무인비행체 운용으로 수집한 비행데이터를 활용할 수 있도록 한다.



<그림 2-119> MR 장비 내 무인비행체 위치정보 처리 프로세스

Node.js 기반의 서버에서 무인비행체의 상태정보/자세정보/카메라영상 정보를 수집하여 MR 기반의 가상환경 위에 수집한 정보를 매시업 하여 나타낼 수 있다. 앞서 데이터 처리 과정을 거쳐 취득한 무인비행체 위치정보는 경위도 좌푯값으로 사용자에게 제공할 수 있다. 사용자는 화면의 정보를 기반으로 비행 중 무인비행체의 상태, 자세정보와 카메라의 3차원 위치 및 자세정보를 MR 장비에서 확인하여 모니터링 할 수 있다.



<그림 2-120> MR 기반 무인비행체 운용상태 모니터링

(5) 실증서비스 데이터 연계방안 도출(E)

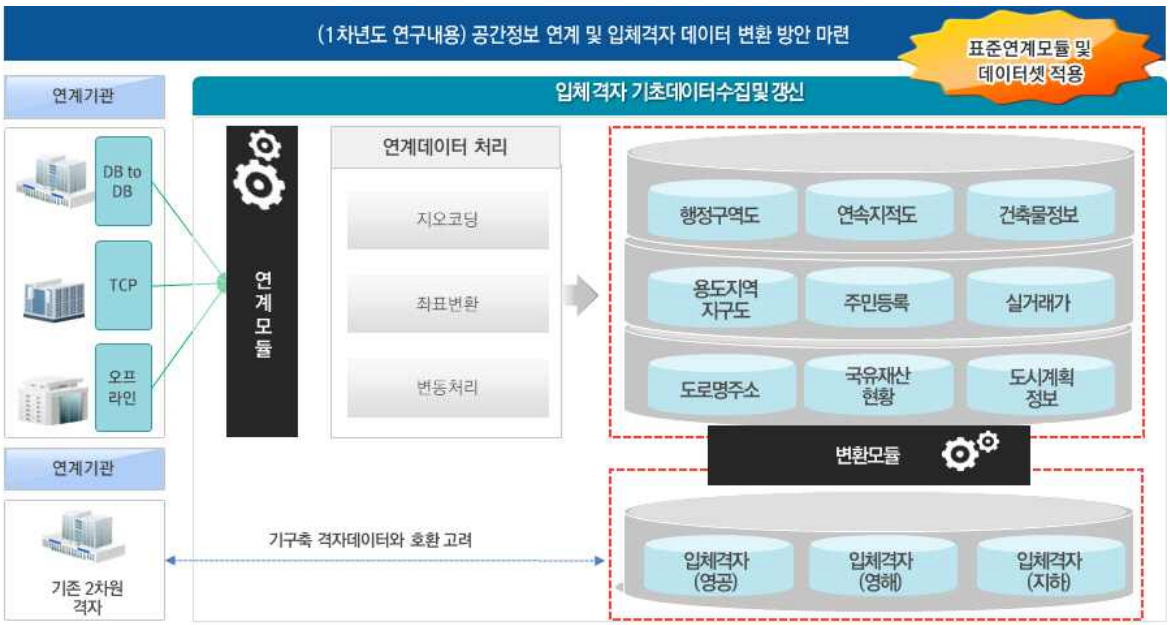
(가) 3차원 입체 격자 기본데이터 연계 대상/방안 도출

① 연구개발 목적

입체격자체계는 국내외적으로 처음시도 되는 공간정보 체계로서, 이를 위해 이론적인 입체격자체계 모델, 입체격자 데이터, 입체격자 엔진을 기반으로 입체격자 서비스가 생성될 수 있다. 정부3.0 비전 선포 이후, 각 부처에서는 공공데이터의 개방과 공유 그리고 민간의 활용을 도모하기 위한 다양한 정책을 발굴하고 있으며, 입체격자 데이터는 별도의 데이터 구축사업 없이도, 기존 데이터의 조합과 변환으로 기초데이터를 수급할 수 있으므로 향후 실증적인 서비스 모델을 제시하기 위해, 기존 데이터를 연계·활용하기 위한 입체격자 데이터 연계기술 연구가 필요하다.

이러한 측면에서 본 연구는 효율적이고 체계적인 연계기술을 개발하는데 목적이 있으며, 이에 대한 세부 목적은 다음과 같다.

- 격자 기본데이터 대상 도출 및 분류
- 2·3차원 격자 서비스 및 관련 데이터 활용 사례 분석
- 격자 기본데이터별·분류별 연계방안 도출
- 실증 서비스를 위한 데이터목록 및 신규 데이터 정의
- 실증 서비스별 특성 및 제약요소를 분석하여 데이터 연계방안 도출



<그림 2-121> 국가공간정보통합체계 시스템 구성도

② 주요현황

㉮ 공간정보 플랫폼

○ 국가공간정보포털

국토교통부는 160개 기관에서 보유한 2,560종의 국가공간정보목록 조사를 완료하여 국가공간정보포털에 공개한다. 국토교통부는 공공과 민간의 공간정보 이용 활성화를 목적으로 '11년부터 매년 각 기관별 보유 공간정보목록을 조사 및 공개하고 있다. 특히 2016년에는 139개 기관이 참여하였으며, 2017년에는 160개 기관이 참여하였다.

국토교통부의 조사에 따르면, 조사된 공간정보 2,560종의 대부분인 85.6%는 도형으로 시각화해서 표현되는 위치기반 공간정보였으며, 14.4%가 문자정보(속성정보)로 나타났다. 또한 정보유형별로 살펴보면 지역개발 분야가 52.9%, 일반 공공행정이 25.1%, 수송 및 교통 9.6% 순으로 효율적인 도시기반 시설 관리를 위해 구축 · 관리하는 공간정보가 많은 것으로 나타났다.

<표 2-36> 국가정보포털 공간정보 제공 현황

공간정보 유형 분류		합계	지역개발	공공행정	수송·교통	환경보호	농수산	공공질서 및 안전	기타
전체	비율	100.0%	52.9%	25.1%	9.6%	2.1%	1.3%	1.1%	7.8%
	종수	2,560	1,354	644	245	55	34	28	200

○ 공간정보오픈플랫폼

공간정보통합체계로부터 확보된 공간정보는 V-World를 통해 국민에게 개방하고 있다. V-World는 국가의 방대한 공간정보를 국민에게 제공하는 웹 기반의 공간정보플랫폼으로써 2D/3D 형태의 지도서비스와 다양한 지역 정보를 제공하고 있다.

V-World에서 제공 중인 데이터로는 3D 지도(39개시), 2D 지도(전국 정사영상, 배경지도), 행정정보(연속지적도, 용도지역도 등 18종), 속성정보(개별공시지가 등 3종), 시계열 영상지도(서울시), 북한 및 남극지역 영상지도 등을 제공하고 있다. 또한 데스크톱 지도서비스, 영문지도서비스, 개발자센터(OpenAPI 제공), 데이터센터(데이터 소개), 참여서비스, 모바일 앱 등의 다양한 서비스를 제공하고 있다.

국내 민간 산업에서 활용하던 구글지도 서비스가 유료화(2011.08)로 전환되면서 브이월드 서비스 활용률은 지속해서 증가하고 있다(국토교통부, 2014). 회원가입자는 2014년 3월 말까지 2만 7천 명으로 지속해서 증가하고 있으며, 시스템 개발을 위한 OpenAPI 활용 건수도 증가하고 있는 것을 확인할 수 있다. OpenAPI 제공은 1,996건(공공 274건, 민간 1,722건) 중 40건은 이미 활용하고 있으며, 119건은 개발 중이다.

○ 미국의 데이터통합저장소(Data.gov)

오바마 대통령 취임과 함께 투명하고 열린 정부의 국정운영 목표에 따라 다양한 분야의

정부 데이터 개방을 위해 공공데이터 개방 플랫폼인 Data.gov 구축하였다. Data.gov는 정부 데이터의 활용성 및 접근 용이성 향상, 데이터의 실효성 있는 민간 활용, 데이터 관리에 대한 예산낭비 방지 등의 목적으로 도입되었다. 주 정부 38개와 지방정부 46개 해외국가 44개 해외지자체 163개의 플랫폼과 연계하여 통합적으로 관리되고 있으며, 연방정부의 각 부처가 생산한 자료와 지방 정부가 생산하는 모든 통계자료 및 공공데이터를 제공하고 있다.

정부가 생산하는 모든 정보를 공개함으로써 국민들이 다양하고 창의적으로 공공정보를 활용할 수 있도록 지원하고 있으며, 정보의 공개로 더욱 투명하고 책임 있는 정부를 만들고 있으며, 비공간 정보와 공간정보를 상호 연계하기 위해 Data.gov와 공간정보유통시스템인 GOS(Geospatial One-Stop)를 하나로 연계하고 있다.

○ 영국의 데이터 저장소(Data.gov.uk)

영국은 연구단체 또는 개인의 공공데이터 이용 증진을 목적으로 공공데이터 통합 민간 개방 창구인 Data.gov.uk를 개설하였다. Data.gov.uk는 공공부문 투명위원회와 Web2.0 창시자인 팀버너스리의 주도로 개발되어 공공데이터의 개방이 정부의 투명성을 높이고, 아울러 실질적인 경제적 효과 산출이 가능하다는 인식 하에서 추진하였다.

Data.gov.uk 방문자는 약 280만 명으로 매월 방문자 중 약 70%가 새로운 방문자로 나타나고 있으며, 방문자의 국적은 영국(81%), 미국(2.7%), 인도(1%) 등의 순이다(한국지역정보개발원, 2014). Data.gov.uk에서는 총 21개 기관이 참여하는 3,000개 이상의 linked 데이터셋을 서비스하고 있으며, 웹 기반 또는 스마트폰 기반의 개방형 애플리케이션들 역시 등록되고 있다. 2013년 영국 정부는 공공정보를 이용한 앱 개발 활성화를 도모하기 위해 공공 데이터를 추가로 개방하여 160만 중소기업이 혜택을 볼 수 있게 하였고, 이를 통해 물류, 헬스 케어 부문의 산업 성장에 크게 이바지하였다.

○ EU의 ePSIplus

공공데이터 재활용 지침을 기반으로 행정 분야 및 시민 · 기업의 이익을 위한 공공데이터의 재사용을 목표로 하는 ePSIplus 조직을 운영하고 있다. 유럽위원회(European Commission)는 PSI(Public Sector Information) 공개와 재활용의 진흥을 통하여 혁신, 경쟁력 향상과 관련 신규 산업 개척이라는 효과를 위해 공공데이터 재활용 지침(Eu PSI Directive)을 결의하였다.

ePSIplus 포털을 개선하여 공공데이터 재활용 원스톱 숍인 ePSIplatform 포털을 출범하여 유럽 각국의 공공데이터의 재활용을 촉진하고 있다. ePSIplus에서 제공되는 공공데이터는 제공 기관별로 공간정보, 경제, 산업, 관광, 교통 등 다양한 분야의 공공데이터를 제공하며, 이러한 공공데이터는 다른 사용자에 의해 재사용이 이루어지고 있다.

○ 유럽의 EuroGEOSS

유럽연합은 유럽의 지구환경시스템(EuroGEOSS: Global Earth Observation System of

Systems) 구축을 위해 개별적으로 구축된 공간정보 기반의 환경 모니터링 플랫폼을 상호 연계하기 위한 프로젝트 진행하고 있다. 독립적으로 구축된 유럽의 환경정보 플랫폼들을 Brokering 서비스를 통하여 플랫폼 간 연계기반 구축하고 있으며, 개별 환경정보 플랫폼의 Service Buses를 중계하여 상호 간의 정보인프라에 연계 활용할 수 있도록 지원한다.

③ 데이터 관련 기술

○ 데이터 연계 기술

데이터 공유 및 공동 활용을 위해서는 데이터 제공자와 데이터 수요자 간의 데이터 송수신이 필요하다. 데이터를 연계하여 활용하기 위해서는 다양한 기술들이 연구 및 개발되고 있으며, 입체격자 데이터 연계를 위해서는 수요처에 의존적인 연계 모듈 개발이 필요하다. 직접연계로는 국가지식포털이 있고, 간접연계(EAI)로는 행정정보공동이용체계, 지하시설물통합관리체계, 환경지리정보시스템, 산림공간정보포털 등이 있다.

<표 2-37> 데이터 연계 기술

방식		설명	예시	송수신 서버
직접연계	DB Link	DB에서 제공하는 객체 이용 수신 시스템 DB에 송신 시스템서 접근 가능한 DBLink 객체를 생성한 후 송신 시스템에서 DBLINK명으로 직접 참조하여 연계	테이블명@DBLink명	X
	DB COnnection Pool(WAS)	수신 시스템 WAS에서 송신 시스템 DB로 연결되는 Connection Pool 생성 프로그램 소스에서 WAS에 설정된 Connection Pool명을 참고하여 구현	송신 시스템 데이터소스(WAS에서 설정한 Connection Pool명)	X
	JDBC	수신 시스템의 Batch 또는 온라인 프로그램에서 JDBC 드라이버를 이용하여 송신 시스템의 DBD와 연결 생성	jdbc:DBMS제품명:DBMS 설치 서버 IP:Port:DB instance명)	X
	화면 링크(Link)	웹 애플리케이션 화면에서 하이퍼링크 이용	 LINK 화면명	X
	API 혹은 Open API	송신 시스템의 DB와 연결하여 데이터를 제공하는 인터페이스 프로그램	제공하는 컴포넌트명, 데이터 처리 메서드명(파라미터1-N);	△
간접연계	연계 솔루션(EAI)	실제 송수신 처리와 진행 현황을 모니터링 및 통제하는 EAI 서버와 송수신 시스템에 설치되는 Adapter(Client)를 이용	메타빌드, 비즈마스터(Biz Master) 등	○
	Web Service/ESB	웹 서비스가 설명된 WSDL과 SOAP 프로토콜을 이용하여 시스템 간 연계 미들웨어인ESB에서 서비스(컴포넌트) 간 연동을 위한 변환처리로 다중 플랫폼 지원	WSDL, UDDI, SOAP, Service, ESB(Enterprise Service Bus)	○
	Socket	scocket을 생성하여 포트를 할당하고, 클라이언트의 요청을 연결하여 통신 네트워크 프로그램의 기반기술	TCPServer.listen();TCPServer.accept();TcpClient.connect()	○

○ 플랫폼 연계 기술

플랫폼 연계 기술에는 사이트링크방식과 OpenAPI 방식이 있다. 사이트링크 방식은 연계 대상 플랫폼을 URL 링크로 연결하여 대상 플랫폼에서 직접 데이터를 제공하고 관련 기능을 수행하도록 하는 연계 방법이며, OpenAPI 연계란 웹서비스가 활성화되면서 거론된 개념으로 공개된 표준 데이터 포맷을 이용하여, 플랫폼 사업자와 서드파티 간의 데이터 통신을 통해 기능을 추가할 수 있는 개념이다(Daum DNA 개발자네트워크, http://dna.daum.net).

사이트링크 방식은 연계 시스템의 다양한 정보를 직접 받을 수 있으나 연계 시스템에 대한 접근성 낮다. 사이트링크 방식의 장점은 시스템별로 다양한 서비스와 정보를 이용할 수 있고 또한 서비스와 정보 관리가 간편하다는 점이 있지만, 사용자 측면에서 다른 시스템에 접속해야 하는 불편함과 사용자의 서비스 및 한정적인 정보선택 등의 문제점이 있다.

OpenAPI 방식은 사용자 중심의 서비스가 가능하지만, 시스템의 종속 문제 및 관리 · 운영의 어려움이 있다. A부서는 한 번의 API 인증을 통해 A시스템과 연계된 B시스템과 C시스템의 데이터 및 애플리케이션을 매시업[5]을 통해 사용할 수 있다. 이러한 OpenAPI 기반의 구성은 무겁지 않은 실질적인 서비스 지향 아키텍처(Service-Oriented Architecture, 이하 SOA) 구성이 가능하며, 새로운 서비스 개발과 서비스의 개인화 등의 장점이 있지만, 관리 부실에 의한 정보의 정확도가 떨어질 수 있으며, 다른 시스템이 Open API 서비스에 종속되는 문제가 발생한다.

④ 데이터 연계 관련 법제도 현황

국가가 보유한 공공데이터는 정보의 유형과 성격에 따라서 다양한 규제가 엄격하게 적용되고 있다. 최근 들어 정부는 공공데이터를 적극적으로 개방하고 민간 활용성을 높이기 위해 노력하고 있으며, 공공정보의 유통을 위해서는 다양한 법률이 상호작용을 하게 된다. 정부는 다양한 공간정보들을 개방하여 민간보급 확산을 유도하고 있다. 그러나 공간정보를 활용하여 가공하고, 재 유통하기 위해서는 다양한 제약요건에 대한 고민이 필요하다.

○ 「공공기관의 정보공개에 관한 법률」

「공공기관의 정보공개에 관한 법률」은 공공기관이 보유 · 관리하는 정보에 대한 국민의 공개 청구 및 공공기관의 공개 의무에 관하여 필요한 사항을 정함으로써 국민의 알 권리를 보장하고 국정에 대한 국민의 참여와 국정 운영의 투명성을 확보하는 것을 목적으로 한다.

「공공기관의 정보공개에 관한 법률」은 <표 2-38>과 같이 제9조1항에 따라서 공공기관이 보유한 정보를 공개와 비공개 정보로 구분하고 있다. 이 법에 따르면 모든 공공데이터는 공개와 열람의 의무를 지고 있지만, 제9조1항에 따라서 타 법률에서 비공개로 규정하거나 국가의 안보와 밀접하게 관련된 정보, 기업의 비밀 정보, 특정인에게 불이익을 줄 수 있는

5) 웹으로 제공하고 있는 정보와 서비스를 융합하여 새로운 소프트웨어나 서비스, 데이터베이스 등을 만드는 것을 의미함(위키백과, 2014)

공공데이터 등은 비공개 대상 정보로 취급하도록 규정하고 있다. 이와 함께 사생활의 비밀 또는 자유를 침해할 우려가 있는 정보는「개인정보보호법」에 따라서 비공개 정보로 취급하도록 하고 있다.

<표 2-38> 「공공기관의 정보공개에 관한 법률」제9조1항의 내용

공공기관의 정보공개에 관한 법률 제9조1항 (비공개 대상 정보)	① 공공기관이 보유·관리하는 정보는 공개 대상이 된다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 정보는 공개하지 아니할 수 있다. 1. 다른 법률 또는 법률에서 위임한 명령(국회규칙·대법원규칙·헌법재판소규칙·중앙선거관리위원회규칙·대통령령 및 조례로 한정한다)에 따라 비밀이나 비공개 사항으로 규정된 정보 2. 국가안전보장·국방·통일·외교관계 등에 관한 사항으로서 공개될 경우 국가의 중대한 이익을 현저히 해칠 우려가 있다고 인정되는 정보 3. 공개될 경우 국민의 생명·신체 및 재산의 보호에 현저한 지장을 초래할 우려가 있다고 인정되는 정보 (이하생략)

○ 「개인정보보호법」

「개인정보보호법」은 개인정보의 처리 및 보호에 관한 사항을 정함으로써 개인의 자유와 권리를 보호하고, 개인의 존엄과 가치를 구현하는 데 목적이 있다. 국가는 개인정보의 목적 외 수집, 오용 · 남용 및 무분별한 감시 · 추적 등에 따른 개인의 폐해를 방지하기 위한 시책을 마련할 의무가 있다. 개인정보가 포함된 공공데이터를 개방 및 공개함에 있어서 공공의 이익과 사생활의 보호라는 서로 다른 개념이 상충할 우려가 있다. 위치정보, 개인진료기록, 소득 수준과 같은 공공데이터는 민간 산업에서 수집하기 어려운 민감한 정보로「개인정보보호법」에 의해 공개할 수 없는 실정이다. 다만 개인의 사생활이 포함된 공공데이터 중 개인을 식별할 수 있는 식별 정보(예: 성명, 주소, 주민등록번호 등의 고유 식별 정보)와 민감정보(예: 사상 · 신념, 정치적 견해 등)를 기술적으로 분리한 가공된 개인정보는 민간에게 제공할 수 있도록 규정하고 있다.

<표 2-39> 「개인정보보호법」제5조의 내용

개인정보보호법 제5조 (국가 등의 책무)	① 국가와 지방자치단체는 개인정보의 목적 외 수집, 오용·남용 및 무분별한 감시·추적 등에 따른 폐해를 방지하여 인간의 존엄과 개인의 사생활 보호를 도모하기 위한 시책을 강구하여야 한다. ② 국가와 지방자치단체는 제4조에 따른 정보주체의 권리를 보호하기 위하여 법령의 개선 등 필요한 시책을 마련하여야 한다. ③ 국가와 지방자치단체는 개인정보의 처리에 관한 불합리한 사회적 관행을 개선하기 위하여 개인정보처리자의 자율적인 개인정보 보호활동을 존중하고 촉진·지원하여야 한다. ④ 국가와 지방자치단체는 개인정보의 처리에 관한 법령 또는 조례를 제정하거나 개정하는 경우에는 이 법의 목적에 부합되도록 하여야 한다.

○ 「공공데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 법률」과「저작권법」

「공공데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 법률」은 공공기관이 보유하고 관리하는 데

이터를 제공하는 데 필요한 사항을 규정하여 공공데이터에 대한 이용권 보장 및 공공데이터의 민간 활용을 촉진하는데 목적이 있다. 본 법의 제17조에 따르면 공공기관의 장은 해당 공공기관이 보유 · 관리하는 공공데이터를 국민에게 제공하도록 규정하고 있다.

<표 2-40> 「공공데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 법률」 제17조의 내용

공공데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 법률 제17조 (제공대상 공공데이터의 범위)	① 공공기관의 장은 해당 공공기관이 보유·관리하는 공공데이터를 국민에게 제공하여야 한다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 정보를 포함하고 있는 경우에는 그러하지 아니한다. 1. 「공공기관의 정보공개에 관한 법률」 제9조에 따른 비공개대상정보 2. 「저작권법」 및 그 밖의 다른 법령에서 보호하고 있는 제3자의 권리가 포함된 것으로 해당 법령에 따른 정당한 이용허락을 받지 아니한 정보 ② 공공기관의 장은 제1항에도 불구하고 제1항 각 호에 해당하는 내용을 기술적으로 분리할 수 있는 때에는 제1항 각 호에 해당하는 부분을 제외한 공공데이터를 제공하여야 한다. ③ 안전행정부장관은 제1항 제2호의 제3자의 권리를 포함하는 것으로 분류되어 제공대상에서 제외된 공공데이터에 대한 정당한 이용허락 확보를 위한 방안을 제시할 수 있으며, 공공기관의 장은 그 방안에 따라 필요한 조치를 취하여야 한다.

공공데이터를 국민에게 제공하도록 규정하고 있지만 「저작권법」에 저촉되는 공공데이터는 예외로 취급한다. 같은 법 제17조 2항에 따르면, 공공데이터 중 제3자의 권리가 포함된 정보는 <표 2-40>과 같이「저작권법」에 따라서 비공개 정보로 취급하도록 규정하고 있다.

<표 2-41> 「저작권법」 제10조의 내용

저작권법 제10조 (저작권)	① 저작자는 제11조 내지 제13조의 규정에 따른 권리(이하 "저작인격권"이라 한다)와 제16조 내지 제22조의 규정에 따른 권리(이하 "저작재산권"이라 한다)를 가진다. ② 저작권은 저작물을 창작한 때부터 발생하며 어떠한 절차나 형식의 이행을 필요로 하지 아니 한다.

정보의 생성단계에서 협력한 제3자의 저작권 처리가 불명확하여 침해 가능성이 존재할 경우에도 정보의 활용이 제한된다. 가령, 공간정보의 생성단계에서 민간이 협력한다면 공공과 민간은 공동으로 저작 권리를 갖게 되며, 명확한 저작 권리에 대한 처리가 없다면 공간정보를 원활하게 활용할 수 없다.

○ 「국가정보화 기본법」과「전자정부법」

「국가정보화 기본법」은 국가정보화의 기본 방향과 관련 정책의 수립 · 추진에 필요한 사항을 규정함으로써, 지속 가능한 지식정보사회의 실현에 이바지하고 국민의 삶의 질을 높이는 것을 목적으로 한다.

이 법의 제18조에 따르면 국가기관 등은 국가정보화 추진을 통하여 창출되는 각종 지식과 정보는 사회 각 분야로 유통되고 공유될 수 있도록 그 기반을 마련해야 한다.

<표 2-42> 「국가정보화 기본법」제18조의 내용

국가정보화기본법 제18조 (지식・정보의 공유・유통)	국가기관 등은 국가정보화의 추진을 통하여 창출되는 각종 지식과 정보가 사회 각 분야에 공유·유통될 수 있도록 필요한 기반을 마련하여야 한다.

「전자정부법」은 행정업무의 전자적 처리를 위한 기본원칙, 절차와 추진방법 등을 규정함으로써 전자정부를 효율적으로 구현하고 행정의 생산성, 투명성 및 민주성을 높여 국민의 삶의 질을 향상시키는 것을 목적으로 한다. 본 법의 제51조에 따르면, 중앙사무기관장은 공유서비스의 효율적인 유통 및 활용을 촉진하기 위해 공유서비스 관리시스템을 구축 · 운영할 수 있도록 명시하고 있다.

○ 「공간정보산업 진흥법」

「공간정보산업 진흥법」은 공간정보산업의 경쟁력을 강화하고 산업의 진흥을 도모하여 국민경제의 발전과 국민의 삶의 질 향상에 이바지함을 목적으로 한다. 본 법의 제6조에 따라 공간정보는 공간정보를 이용하고자 하는 자에게 유상 또는 무상으로 제공하고 있으며, 다른 법령에서 공개가 금지된 정보는 예외로 하고 있다. 이는 공간정보 사업자로 한정하여 국가의 공간정보를 제공했었던 기존의 법조항을 개정한 것으로 2014년 6월 3일에 개정되었으며, 2015년 6월 4일부터 시행하는 것으로 공포하였다.

<표 2-43> 「공간정보산업진흥법」 제6조의 내용

공간정보산업진흥법 제6조 (공간정보의 제공)	① 정부는 「국가공간정보 기본법」 제25조에 따른 국가공간정보센터(이하 "국가공간정보센터"라 한다) 또는 같은 법 제2조제4호의 관리기관(민간기관인 관리기관을 제외한다. 이하 같다)이 보유하고 있는 공간정보를 이용하고자 하는 자에게 유상 또는 무상으로 제공할 수 있다. 다만, 다른 법령에서 공개가 금지된 정보는 그러하지 아니하다. <개정 2014.6.3.> ② 제1항에 따른 공간정보의 제공 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다. <개정 2014.6.3.> ③ 삭제 <2014.6.3.> [시행일 : 2015.6.4.] 제6조

○ 정부3.0에 따른 법제도 환경 변화

정부3.0 정책에 따라 국가소유의 공공데이터 개방 정책이 실행되고 있으며, 국가공간정보를 비롯한 공공데이터 공유 · 개방을 위한 법제도 정비가 이루어지고 있다. 안정행정부의 공공정보 개방 · 공유 활성화를 위한 법령 정비 계획에 따르면 공공정보의 일반 개방과 부처 간의 공유를 제약하는 법령이 106개에 달하는 것으로 파악되고 있다. 이 가운데 개방 대상을 법으로 특정하여 공공정보 개방을 제약하는 법령이 33개이고, 부처 간 데이터 공유를 어렵게 하는 법령은 73개로 집계되고 있다. 정부3.0에 따른 공공정보 개방을 위해 법령 33개 가운데 국민 수요가 높은 정보와 이와 관련된 5개 부처 12개 법령에 대해 먼저 정비할 계획이다.

공간정보의 경우, 이용자 범위를 일반 국민으로 확대하고 이용절차를 간소화하기로「공

간정보산업 진흥법」의 개정 방향을 정립하여 2014년 6월 3일에 개정되어 2015년 6월 4일에 시행하기로 공포하였다.

<표 2-44> 데이터 개방 관련 정비계획(안)

데이터 종류	개정법령(12건)	법령상 정비사항
공간정보(국토부)	공간산업진흥법 및 하위법령	이용자 범위 확대 : 이용하고자 하는 모든 사람 이용절차 간소화 : 신청절차, 서식 등 삭제
기상정보(기상청)	기상법/기상산업진흥법 및 하위법령	이용자 범위 확대 : 이용하고자 하는 모든 사람 이용절차 간소화 : 신청절차, 서식 등 삭제 제공창구 : 단일화 된 제공시스템 규정
통계자료(통계청)	통계법 및 하위법령	이용자 범위 확대 : 이용하고자 하는 모든 사람 제공창구 : 단일화 된 제공시스템 규정
산업재산권(특허청)	발명진흥법 및 하위법령	이용자 범위 확대 : 이용하고자 하는 모든 사람 이용절차 간소화 : 신청절차, 서식 등 삭제
공공저작물(문체부)	저작권법 및 하위법령	공공저작물의 자유이용 규정 신설

⑤ 공공데이터 개방현황

㉮ 공공데이터 포털 개방현황

공공데이터포털은 개방데이터의 목록관리, 활용신청승인관리, 데이터셋 등록 등의 기능으로 구성되어 있다. Open-API 방식의 개방의 경우 개방목록은 공공데이터포털에서 관리하나 데이터의 제공은 데이터소관기관에서 활용기관으로 직접 제공하므로 Open-API 기능개발 및 운영을 위한 전산자원 구축 필요하다. 파일데이터 제공의 경우 건당 5Mbyte로 용량이 한정되어 있어 대용량 개방시 제공기관에서 별도의 기능 및 전산자원 구축 필요하다('14년 후반 500Mbyte로 증설).

공공데이터포털은 공공데이터 개방목록 관리 및 활용요청·승인이 주요업무이므로 정보공급기관에서 개방을 위한 전산자원 및 개방기능의 구축 필요하다. 대용량의 데이터셋 다운로드, Open-API 방식의 개방은 정보 공급기관이 자체적으로 구축 필요하다.

<표 2-45> 공공데이터 포털의 개요

항목	내용
주관부서	행정자치부 공공정보정책과
설치 및 운영 근거	「공공데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 법률」 제21조(공공데이터포털의 운영)
운영 목적	공공기관이 생성 또는 취득하여 관리하고 있는 공공데이터를 한 곳에서 제공하는 통합 창구이며 포털에서는 국민이 쉽고 편리하게 공공데이터를 이용할 수 있도록 파일데이터, 오픈API, 시각화 등 다양한 방식으로 제공
개방현황	파일데이터 10,806건, 오픈API 1,020건, 데이터시각화 133건, 게시물 2,462건 총 14,421건의 공공데이터를 개방 중 활용신청건수 : '13년 평균 817건 활용신청, '14년7월까지 월평균 5,435건 공공데이터제공건수 : '12년 12,044만 건, '13년 109,258만 건, '14년7월까지 147,800만 건 일 데이터 10,806건, 오픈API 1,020건, 데이터시각화 133건 게시

㉯ 기상청 기상정보 개방현황

기상산업진흥법에 의해 기상사업자에게만 기상정보를 제공하고 있으며, 기상산업진흥법 시행규칙 [별표 1] 기상정보의 제공에 따른 수수료에 의하여 월 10,000원 ~ 150,000원의 수수료를 받고 있다.

'13년 1월부터 동네예보정보조회 Open-API 서비스, '13년 10월부터 중기예보정보조회 Open-API 서비스를 대국민에게 제공하고 있다. 케이웨더 등과 같은 기상사업자만 날씨관련 웹 및 앱 서비스 제공하였으나 동네예보 및 중기예보정보를 이용하여 일반인도 실시간 예보정보를 활용 가능하다. '13년 10월부터 기상예보, 태풍, 황사, 위성, 레이더 자료 등 기상자료 25종을 개방함으로써 기상산업의 활성화에 기여하고 있다.

<표 2-46> 기상산업진흥법 수수료규정

기상산업진흥법 제15조(기상정보의 제공) ① 기상청장은 기상사업자가 기상정보의 제공을 신청하면 정당한 이유가 없는 한 그 정보를 제공하여야 한다. ② 제1항에 따라 기상청장이 기상정보를 제공할 때에는 그 기상정보의 제공에 드는 비용에 충당하기 위하여 수수료를 징수할 수 있다. ③ 제1항에 따른 기상정보의 제공방법과 제2항에 따른 수수료 등에 관하여 필요한 사항은 환경부령으로 정한다. 기상산업진흥법 시행규칙 제7조(기상정보의 제공방법) ① 기상청장은 법 제15조제1항에 따라 기상사업자에게 제공하여야 하는 기상정보가 수집되면 지체 없이 정보통신망을 이용하여 기상사업자에게 전송하여야 한다. ② 법 제15조제2항에 따른 기상정보의 제공에 따른 수수료는 별표 1과 같다.

㉰ 영국 공간정보 무상 개방 현황

영국 지리원 OpenData 사이트에서 공간정보 열림 및 직접 다운로드 서비스 제공하고 있으며, 공간정보 관련 API(Application Programming Interface) 제공을 통해 웹맵 어플리케이션 개발 지원하고 있다. 영국 지리원 OpenData 사이트를 통해 신청 시 오프라인 주소지로 데이터 DVD를 무료 발송하고 있으며, 민간을 대상으로 하는 GeoVation(Geography + Innovation) 행사를 기획하여 공간정보 활용 아이디어 공모전 및 캠프를 연례 개최한다.

공공부문 공간정보 라이선스 규정(Public Sector Mapping Agreement)을 새로 마련하여 공간정보 취득 및 부가정보 생산에 관한 기존의 각종 제약 사항을 정비한다.

<표 2-47> 공간정보 무상 개방 추진경과

2001년 : 영국 국립지리원(Ordnance Survey)은 마스터맵을 공공 및 민간에 유상으로 유통 2010년 라이센스 수입 : 9,800만 파운드(한화 1,665억 원) 2010.11 : 고든브라운 총리가 공간정보의 무상공개 방침 발표 2011.4 : 영국 국립지리원 공간정보 무상공개 시행

㉱ 국토교통부 건축인허가 · 건축물대장 개방 현황

국토교통부는 2013년부터 GIS기반 맞춤형 정형정보인 건축인허가 정보 등을 공개하고 있다.

정부3.0구현을 위한 공공데이터 개방정책에 따라 건축물대장정보를 민간에 검색 후 다운로드 방식으로 신속히 개방함으로써 민간수요에 대응하며, 단계별로 수요에 맞는 전산자원 확보 및 Open-API 구현을 통하여 종수확대로 점진적이고 효과적으로 공부정보의 개방을 추진한다.

<표 2-48> 건축정보 민간개방 현황

'13.10 : GIS기반 맞춤형 정형정보 개방 (건축인허가 15개 항목, 건축물대장 14개 항목)
'13.11 : 건축데이터 민간개방 1차 서비스 개시 (건축인허가 15개 항목, 건축물대장 15개 항목)
'13.12 : 건축데이터 민간개방 1차 서비스 확대 (건축인허가 30개 항목, 건축물대장 30개 항목)

㉲ 국토교통부 공간정보오픈플랫폼(브이월드) 현황

○ 주관부서

- 국토교통부 국토지리정보원(공간정보산업진흥원)

○ 운영목적

- 국가가 보유한 공개 가능한 공간정보를 자유롭게 활용할 수 있도록 국민에게 Open-API 방식으로 제공함으로써 다양한 활용모델을 통한 공간정보산업 활성화를 도모함

○ 공간정보 서비스 현황

- '14.1.14 기준 총 26종의 공간정보 및 속성정보를 개방

<표 2-49> 26종의 공간정보 및 속성정보 개방

연번	공간정보명		데이터 종류	해상도/축척	구축지역	서비스 포맷	갱신주기	서비스 연계 여부	데이터 구축기관	데이터 제공기관	데이터 확보 방식
1	영상	항공사진	Raster	50cm	전국	dds/타일	2년	-	국토지리정보원 (공간영상과)	국토지리정보원 (공간영상과)	공문
				25cm	3D 구축지역 (서울13개구, 6대광역시 등)		-	-	국토교통부 (공간정보기획과)	국토교통부 (공간정보기획과)	공문
		위성영상	Raster	1m	북한	dds/타일	-	-	한국항공우주 연구원 (위성활용 협력센터)	한국항공우주 연구원 (위성활용 협력센터)	공문
				50cm	북한 (평양,개성 등 23개시)		-	-	(프)아스트리움社 (미)DigitalGlobe社	(프)아스트리움社 (미)DigitalGlobe社	구매
				15m	세계(육지)		-	-	(미)TerraMetrics社	(미)TerraMetrics社	구매
				450m	세계(바다)		-	-	(미)TerraMetrics社	(미)TerraMetrics社	구매
				50cm	남극 (세종기지, 장보고기지)		-	-	(프)아스트리움社	(프)아스트리움社	구매
2	지형자료		DEM	5m	전국 (3D 구축 지역 제외)	bil/타일	-	-	국토지리정보원 (공간영상과)	국토지리정보원 (공간영상과)	공문
				1m	3D 구축지역		-	-	국토교통부 (공간정보기획과)	국토교통부 (공간정보기획과)	공문
				90m	북한, 세계(위도 -56～+60)		-	-	(미)NASA	(미)NASA	구매
				1km	세계 (극지방)		-	-	(미)NOAA	(미)NOAA	무료제공 데이터
				5m	남극		-	-	독일항공 우주센터(DLR)	독일항공 우주센터(DLR)	구매
				30m	북한 (고도화지역)		-	-	국토지리정보원 (공간영상과)	국토지리정보원 (공간영상과)	공문

연번	공간정보명		데이터 종류	해상도/축척	구축 지역	서비스 포맷	갱신 주기	서비스 연계 여부	데이터 구축기관	데이터 제공기관	데이터 확보 방식
3	지도	배경 지도	Vector	1:5000	전국	png/타일	분기	-	국토교통부 (공간정보기획과)	국토교통부 (공간정보기획과)	공문
		하이브리드	Vector	1:5000	한반도	png/타일	분기	-	(한)LBC SOFT社	(한)LBC SOFT社	라이센스 계약
4	3차원 시설물		3D Model	LOD4 25cm	서울13개구, 6대광역시, 춘천 등	xdo(객체) jpg(텍스쳐)	-	-	국토교통부 (공간정보기획과)	국토교통부 (공간정보기획과)	공문
				LOD3	북한 55개소		-	-	국토교통부 (공간정보기획과)	국토교통부 (공간정보기획과)	공문
				LOD4 12cm	런던, 시드니, 동경		-	-	(미)PLW Modelworks社	(미)PLW Modelworks社	구매
				LOD3	남극		-	-	국토교통부 (공간정보기획과)	국토교통부 (공간정보기획과)	공문
5	POI		POI	-	남한	poi/포인트	분기	-	(한)LBC SOFT社	(한)LBC SOFT社	구매
					세계				(미)TerraMetrics社	(미)TerraMetrics社	구매
					북한				국토교통부 (공간정보기획과)	국토교통부 (공간정보기획과)	공문
					남극 (세종기지, 장보고기지)				국토교통부 (공간정보기획과)	국토교통부 (공간정보기획과)	공문
6	용도지역도 (4)		Vector	-	전국	altibase table	매월	-	국토교통부 (도시정책과)	국토교통부 (NS센터)	공문
7	용도지구도 (10)				전국						
8	용도구역도 (3)				전국						
9	연속 지적도		Vector	-	전국	altibase table	매월	-	지방자치단체 한국토지정보 시스템(KLIS)	국토교통부 (NS센터)	공문
10	토지이용 현황		속성	-	서울 특별시 강남구, 서초구	-	-	온나라	국토교통부 (지적기획과)	국토교통부 (NS센터)	공문
11	공시지가		속성	-	전국	-	-	-	국토교통부 (부동산평가과)	국토교통부 (NS센터)	공문
12	건축물 정보		속성	-	전국	-	-	-	국토교통부 (국가공간정보 참조체계)	국토교통부 (공간정보기획과)	공문
13	사업지구 경계도		Vector	-	전국	altibase table	-	-	LH공사 (공간정보처)	국토교통부 (NS센터)	공문
14	토지이용 계획도		Vector	-	전국	altibase table	-	-	LH공사 (공간정보처)	국토교통부 (NS센터)	공문
15	산업 입지도(4)		Vector	-	전국	altibase table	-	-	국토연구원 (지역연구본부)	국토교통부 (NS센터)	공문
16	농업기반 시설도(2)		Vector	-	전국	altibase table	-	-	한국농어촌공사 (정보화추진처)	국토교통부 (NS센터)	공문
17	보호 시설도(4)		Vector	-	전국	altibase table	-	-	경찰청 (아동청소년과)	국토교통부 (NS센터)	공문
18	도로명 주소(2)		Vector	1:1000	전국	altibase table	-	-	행정자치부 (주소정책과)	국토교통부 (NS센터)	공문
19	행정 구역도(4)		Vector	1:1000	전국	altibase table	-	-	행정자치부 (주소정책과)	국토교통부 (NS센터)	공문
20	산사태 위험지도		Raster	10m	전국	png/타일	-	-	산림청 (치산복원과)	국토교통부 (NS센터)	공문
21	보행 우선구역		Vector	-	전국	altibase table	-	-	국토교통부 (교통안전복지과)	국토교통부 (NS센터)	공문
22	교통 CCTV		Vector	-	전국	altibase table	-	-	경찰청 (교통운영 담당관실)	국토교통부 (NS센터)	공문
23	소방서관할 구역도		Vector	-	전국	altibase table	-	-	소방방재청 (지역소방본부)	국토교통부 (NS센터)	공문
24	등산로(2)		Vector	-	전국	altibase table	-	-	산림청 (산림휴양문화과)	국토교통부 (NS센터)	공문
25	국가 교통정보(2)		Vector	-		altibase table	-	-	국토교통부 (첨단도로환경과)	국토교통부 (NS센터)	공문
26	수자원 종합정보(4)		Vector	-		altibase table	-	-	한강홍수통제소 (하천정보센터)	국토교통부 (NS센터)	공문

⑥ 데이터 연계관련 주요 방식

○ 브이월드

- 행정구역도, 연속지적도, 용도지역지구도(17종)를 Open -API 형태로 개방 중
- 모든 정보를 무상으로 개방하고 있으므로 유상개방에 대한 과금체계가 없음

○ 공공데이터포털

- 데이터셋 다운로드방식의 개방 시 데이터건별로 5M byte를 제공('14.10부터 500M byte로 증설예정)
- 개방데이터의 용량한계가 있고, 유상개방에 대한 과금체계가 없음

○ 제공데이터 형태별 제공방식

<표 2-50> 제공데이터 형태별 제공방식

공공데이터 특성	제공방안	예시
업데이트가 빈번한 대용량 데이터로 이용자수가 많을 것으로 예상되는 경우	Open API 등	버스운행데이터, 기상데이터 등 (이용자가 다수)
업데이트가 빈번한 소용량 데이터로 이용자가가 적을 것으로 예상되는 경우	RSS 등	광물시세 등 (이용자가 소수)
정적(Static) 데이터 형태로 연관성이 높은 데이터가 많은 경우	LOD 등	인물, 지명, 도서데이터 등
데이터가 파일 형태로 100MB 이하인 경우	다운로드(Download) 등	100MB 이하의 백서, 인구통계 등
데이터가 DB, 파일 등의 형태로 100MB 이상인 경우	전자기록매체 저장·배송 등	100MB 이상의 백서, 인구통계 등

○ 제공데이터 형태

<표 2-51> 제공데이터 형태

제공형태	공공데이터 등록 방법
Open API 제공	Open API 연계모듈을 반영하고 포털에 등록
공공데이터포털에서 다운로드	파일을 선택하여 포털에 업로드 등록
기관자체에서 다운로드	해당 공공데이터 URL을 포털에 등록
전자기록매체 저장 제공	등록 불필요(기관 배송)
LOD연계파일 등록	파일을 선택하여 포털에 업로드 등록
LOD연계URL 등록	해당 공공데이터 URL을 포털에 등록

- Open API(Open Application Programmer Interface) : 불특정 다수의 사용자가 응용프로그램을 쉽고 용이하게 개발·활용할 수 있도록 외부에 개방된 API, 즉 데이터를 일정한 형식으로 일반에 개방하여 그 데이터를 이용하거나, 직접 응용 프로그램과 서비스를 개발할 수 있는 방식 (기관의 데이터가 갱신되면 실시간으로 이용자가 제공받아 이용 가능한 방식)
- LOD(Linked Open Data) : 시맨틱 웹이 표방하는 데이터 웹(Data Web)을 구체적으로

구현하는 방법으로 인터넷 상의 각 사이트에서 RDF(Resource Description Framework) 형식의 데이터를 RESTful 프로토콜을 사용하여 정형화 데이터를 제공하는 것을 말함. Linked Data를 통해 관련된 다양한 데이터를 서로 연결함으로써 하나의 지식베이스처럼 사용 가능

- RSS : 'RDF site summary(RDF 사이트 요약)', 'rich site summary(풍부한 사이트 요약)' 또는 'really simple syndication(초간편 배급)' 등의 머리글자를 딴 용어로, 웹사이트 간에 자료를 교환하거나 배급하기 위한 XML(확장성 생성 언어) 기반의 포맷을 말함. 뉴스 · 날씨 · 쇼핑 · 블로그 등 업데이트가 빈번히 이루어지는 웹사이트에서 업데이트된 정보를 사용자들에게 자동적으로 간편하게 제공하기 위한 방편으로 이용

⑥ 연계 데이터 분석

현재 개방형 공간정보 시스템에서는 주로 OpenAPI 방식과 DB to DB 방식, 오프라인 방식으로 공간정보를 제공하고 있다. 특히 공간정보포털에서는 각 시스템 및 정보별로 REST 방식으로 데이터를 요청하고, 전송받는 OpenAPI 활용가이드를 제공하고 있다.

<표 2-52> OpenAPI 활용가이드 샘플 : 기상정보

<table>
<tr><td rowspan="4">서비스 정보</td><td>서비스 ID</td><td colspan="3">SC-OA-10-01</td></tr>
<tr><td>서비스명(국문)</td><td colspan="3">측정소정보 조회 서비스</td></tr>
<tr><td>서비스명(영문)</td><td colspan="3">MsrstnInfoInqireSvc</td></tr>
<tr><td>서비스 설명</td><td colspan="3">대기질 측정소 정보를 조회하기 위한 서비스로 TM 좌표기반의 가까운 측정소 및 측정소 목록과 측정소의 정보를 조회할 수 있다.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">서비스 보안</td><td>서비스 인증/권한</td><td colspan="2">[O] 서비스 Key [ ] 인증서 (GPKI)
[ ] Basic (ID/PW) [ ] 없음</td><td rowspan="2">[ ] WS-Security</td></tr>
<tr><td>메시지 레벨 암호화</td><td colspan="2">[ ] 전자서명 [ ] 암호화 [O] 없음</td></tr>
<tr><td>전송 레벨 암호화</td><td colspan="3">[ ] SSL [O] 없음</td></tr>
<tr><td rowspan="2">적용 기술 수준</td><td>인터페이스 표준</td><td colspan="3">[ ] SOAP 1.2
(RPC-Encoded, Document Literal, Document Literal Wrapped)
[O] REST (GET, POST, PUT, DELETE)
[ ] RSS 1.0 [ ] RSS 2.0 [ ] Atom 1.0 [ ] 기타</td></tr>
<tr><td>교환 데이터 표준</td><td colspan="3">[O] XML [O] JSON [ ] MIME [ ] MTOM</td></tr>
<tr><td rowspan="2">서비스 URL</td><td>개발환경</td><td colspan="3">http://openapi.airkorea.or.kr/openapi/services/rest/MsrstnInfoInqireSvc</td></tr>
<tr><td>운영환경</td><td colspan="3">http://openapi.airkorea.or.kr/openapi/services/rest/MsrstnInfoInqireSvc</td></tr>
<tr><td rowspan="2">서비스 WADL</td><td>개발환경</td><td colspan="3">N/A</td></tr>
<tr><td>운영환경</td><td colspan="3">N/A</td></tr>
<tr><td rowspan="3">서비스 배포 정보</td><td>서비스 버전</td><td colspan="3">1.0</td></tr>
<tr><td>서비스시작일</td><td>2013-12-05</td><td>배포 일자</td><td>2013-12-05</td></tr>
<tr><td>서비스 이력</td><td colspan="3">N/A</td></tr>
</table>

<그림 2-122> OpenAPI 방식 데이터 분석 샘플 1

다양한 시스템으로부터 실제 데이터 연계를 위하여 데이터를 분석한 결과 중복데이터 발생, 일관성 없는 데이터 모델, 공간정보 보안레벨 문제 등이 도출되었다.

<표 2-53> 관련 시스템별 문제점

관련시스템	문제점	품질지표	대상 데이터	문제점 내용
공간정보 사업관리	중복 데이터	일관성	수치표고 모델	국토교통부에서 수치표고모형을 새로 제작한 경우에는 수치표고모형 제작 관리 및 유통기관으로 지정된 국토지리정보원에 해당 자료를 인계하여 관리하도록 하동일한 구역에 대해 수치표고모형을 중복 구축하는 일이 없도록 조치 필요
공간정보 사업관리	상이한 모델	일관성	공간정보 표준	표준적용이 이루어진 24개의 표준 중 62.5%에 해당하는 15개 표준은 공간정보 상호 연계 및 융합과 크게 관계없는 GIS 일반(지리정보-용어 등)분야에 해당하는 표준으로 실제 공간정보 체계사업의 중요한 부분을 차지하는 공간정보 DB구축, 서비스 등의 분야에 9건의 표준만이 적용되어 국내 공간정보 체계 사업에 공간정보표준은 적용이 거의 이루어지지 않고 있음
공간정보 오픈플랫폼	중복 데이터	일관성	정사영상, DEM	정사영상과 DEM은 국토지리정보원에서 제작/관리, 3차원 공간정보 구축사업 일환으로 정사영상과 DEM을 제작한다면 국토지리정보원과 중복, 국토지리정보원으로 하여금 통합 관리하도록 하여 동일한 지역에 DEM을 중복 구축하는 일이 발생하지 않도록 조치 필요
공간정보 오픈플랫폼	보안 레벨	일관성	정사영상, 항공사진	화소픽셀거리 12cm의 고해상도 항공사진을 촬영하여 3차원 가시화 데이터를 구축하였으나 보안관리 규정에 위배되어 브이월드에서 3차원 공간정보를 서비스할 때 항공사진(정사영상)의 해상도를 낮춰 화소픽셀거리 12cm급 영상을 25cm, 50cm로 재조정 표출하고 있음

(나) 실증 서비스 데이터 연계 방안 도출

① 격자서비스 및 관련 데이터 활용사례

㉮ 브이월드 3D데이터를 활용한 높이지도 제작

드론길 구축을 위한 3차원 공간정보 시범구축사업(2017)에서는 브이월드 3차원 데이터를 활용하여 높이지도를 제작하였다. 먼저 도심지에서 드론을 운행할 때 대표적인 장애물을 건물과 건물 옥상의 시설물로 정의하고, 브이월드에서 제공하는 3D 데이터 API 서비스를 활용하여 건물의 위치정보와 높이정보를 추출한다. 그리고 드론의 안전한 운용을 위한 높이지도 제작 방안을 제시한다.

이 사업에서 브이월드 높이지도를 제작한 절차는 다음과 같다.

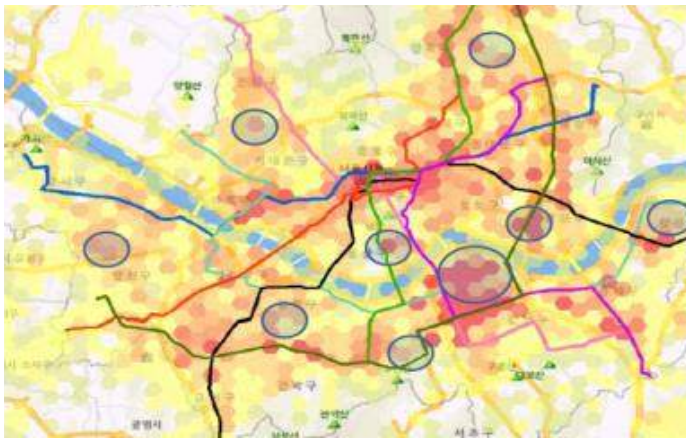
- 브이월드에서 제공하는 3D 데이터 API 중 객체파일의 vertex 데이터와 객체 높이값을 사용
- 3차원 좌표로 구성된 vertex 데이터를 통해 건물의 2차원 평면상의 좌표를 추출. 이를 위해 전체 vertex 데이터에서 건물을 구성하는 노말벡터[6] 중 지면과 수직인 노말을 갖는 삼각형의 vertex만을 추출하고, 2차원의 건물 폴리곤을 생성하기 위해 삼각형들의 노말벡터 값을 제거
- 삼각형들의 지오메트리를 병합하여 2차원 건물데이터를 생성하고, 객체파일의 객체 높이값을 건물데이터의 속성으로 저장

<그림 2-123> V-world 격자 적용예시 1

㉯ 서울시 심야버스 노선 최적화를 위한 격자 활용

서울시는 기존 격자체계와의 연계 및 호환성 마련을 위한 현황 조사이미 열린데이터광장을 통해 2-3년 전부터 공공 데이터를 오픈API 형태로 개방하고 있고, 최근에는 서울시 현안문제를 빅데이터로 해결하려는 시도를 민간기업과 협력하여 수행하고 있다. 그 중에 가시적인 성과를 내고 있는 것이 단연 심야버스 노선 최적화에 빅데이터를 활용한 사례라고 할 수 있다. 서울시는 심야버스 최적화를 위해 유동인구 밀집도를 분석하고, 유동인구기반 노선 최적화를 하여 유동인구 기반 배차간격을 조정한다. 이를 위해 밀집도를 격자를 기반으로 구축하였다.

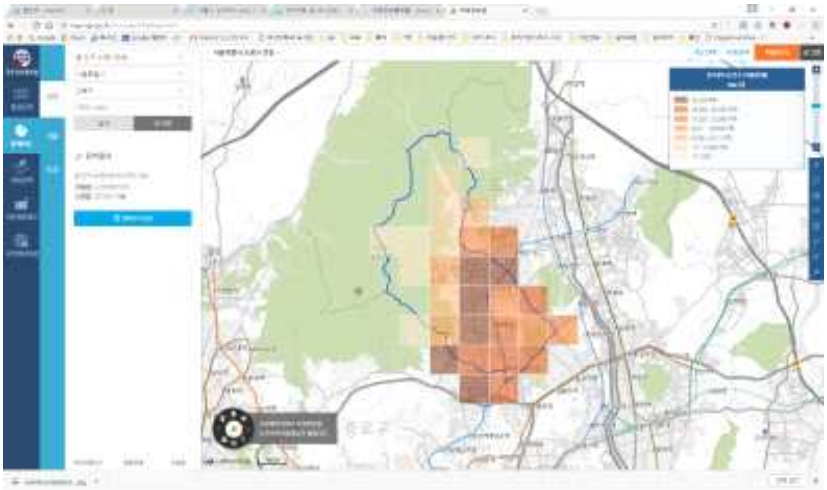
6) 노말벡터(Normal Vector) : 법선벡터, 정점벡터라고 불리며, 면이 바라보는 방향의 벡터 폴리곤의 정점의 방향을 결정함



<그림 2-124> 서울시 심야버스 유동인구 밀집도 분석

㉰ 국토정보플랫폼 통계지도

국토지리정보원은 국토정보플랫폼을 통해 공간정보 서비스 채널을 단일화 하였으며, 수치지도, 수치표고모델, 통계지도 등을 제공하고 있다. 국토조사 플랫폼은 국토조사 업무의 효율적 수행과 활용을 통한 정책의사결정지원 및 사회·경제적 가치창출을 지원하기 위해, 표준화된 절차와 데이터 모델을 사용하여 국토 관련 자료를 축적·관리·서비스하는 전산시스템이다. 국토조사 플랫폼은 현행 격자통계 서비스뿐만 아니라 다양한 데이터, 분석, 정보서비스의 기반으로 역할을 하고 있으며, 민간과 공공의 다양한 원천 데이터를 포함하여 국토의 현황을 다면적으로 파악할 수 있는 정보를 제공하고자 한다. 또한 공공의 정책의사결정과 민간의 국민생활 의사결정을 위해 활용될 수 있도록 서비스를 제공하는 것을 목표로 하고 있다.

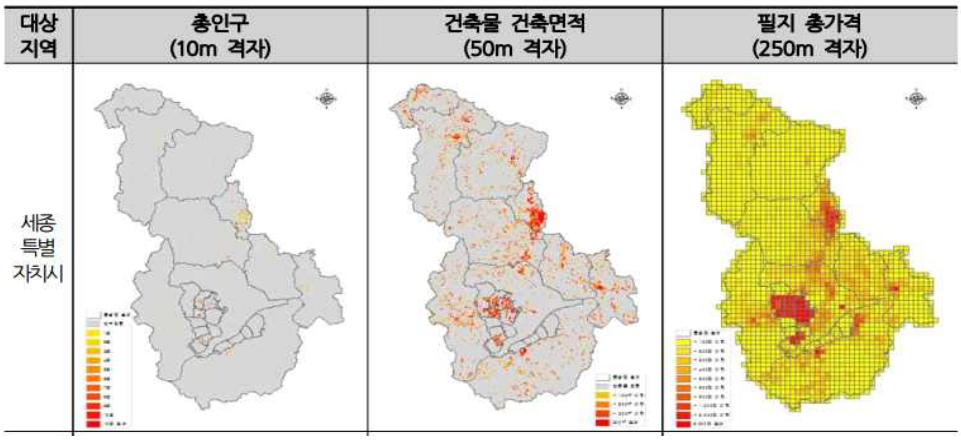


<그림 2-125> 국토정보플랫폼 통계지도

㉱ 격자기반 국토지표를 활용한 국토조사 방안 연구

격자기반 국토지표를 활용한 국토조사 방안 연구에서 제안한 국토지표 생성기준에 의해 대구광역시와 세종특별자치시에 격자데이터를 시범 구축하였다. 세종시와 대구시는 원천자

료 구득이 용이하고 개발지역 및 도농복합지역을 비교할 수 있다는 장점이 있다.

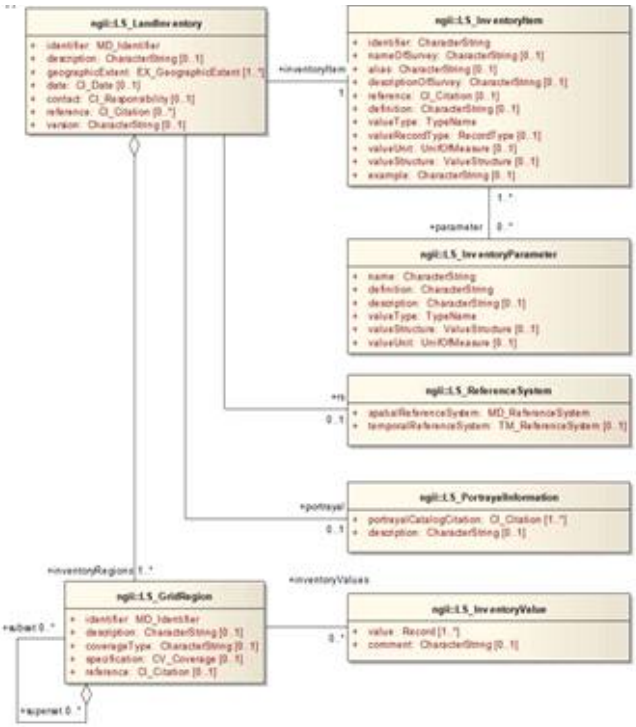


<그림 2-126> 격자기반 국토지표를 활용한 국토조사 방안 연구(국토연구원, 2017)

② 격자 관련 표준 및 지침 연구 사례

㉮ 국토조사를 위한 격자체계 및 데이터 모델 표준(2016.12.27.)

국토조사를 위한 격자체계 및 데이터 모델 표준(TTAK.KO-10.0907)에서는 격자화 된 지리공간과 해당 공간에 대해 구축/활용되는 다양한 측면에서의 국토조사 데이터(연구, 환경 등)을 연계하기 위한 데이터 모델을 정의하고 있다. 이 표준을 통해 격자화 된 지리공간에 대한 국토지표의 구축 및 활용을 상호운용성 있는 방법으로 제공할 수 있다. 이 모델에는 격자화 된 지리공간에 대해 기술되는 국토조사 데이터 항목의 기술방법, 구축된 국토조사 데이터의 묘화방법 등을 포함한다.



<그림 2-127> TTAK.KO-10.0907 데이터모델

<표 2-54> 표준의 내용구성

구분	조사내용
국토조사에 대한 정보	• LS_LandInventory • 국토지표, 격자화 된 지리공간 등에 대한 정보를 포함
격자화된 지리공간에 대한 정보	• LS_GridRegion • 국토지표가 도출된 격자화 된 공간에 대한 정보표현
국토조사 지표에 대한 정보	• LS_InventoryItem • 총인구 등의 실제 조사된 국토지표에 대한 정보 포함
격자화된 지리공간이 따르는 참조체계 정보	• LS_ReferenceSystem • 국토지표가 표현된 단위인 격자화 된 지리공간의 기술에 사용된 참조체계 정보
격자화된 지리공간에 대한 국토지표의 묘화정보	• LS_PortrayalInformation • 국토지표 값의 묘화방법에 대한 정보

㉯ 행정정보의 격자체계 설정 및 공간정보화 기준안(2015년)

「국민공감 정책지원을 위한 국토지표 프레임워크 설계 및 활용 전략 연구」(국토지리정보원, 2015)에서는 행정정보의 격자체계 설정 및 공간정보화 기준안을 마련하였다. 상기 기준(안)은 격자체계에서 행정정보의 공간정보화(지오코딩) 방법까지 표준화의 범위를 확대되어 있다. 그러나 이 기준안에는 공간정보화를 위한 일반적 가이드라인은 언급하고 있으나, 원천자료(행정정보, 기준위치), 공간정보화 방법, 정확도, 기준, 갱신주기, 격자의 크기 등은 명시되어 있지 않다.

<표 2-55> 행정정보의 격자체계 설정 및 공간정보화 기준안 일부발췌

제1장 총칙 제1조(목적) 이 규정은 「국토기본법」 제25조에 따라 국토에 관한 계획 또는 정책의 수립, 공간정보의 제작 등을 위하여 필요한 인구, 경제, 사회, 문화, 교통, 환경, 토지이용 등의 행정정보를 조사 활용함에 있어 기 구축된 공간정보와 융합하여 사용할 수 있는 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다. (중략) 제5조(위치기준) 격자기반 국토통계지도를 생산하기 위한 위치기준은 다음과 같다. ①기준좌표계 : 세계측지계 기반의 UTM-K ②격자 원점 : UTM-K 투영원점으로부터 서쪽 300㎞, 남쪽 700㎞ 지점 제6조(격자체계) 격자기반 국토통계지도를 생산하기 위한 방법은 다음과 같다. ①격자 구조 : 상하위 격자는 계층적으로 중첩관계를 유지 ②격자 크기 : 격자는 가로와 세로의 길이를 동일하게 하며, 평면상 면적이 동일하도록 10m, 50m, 100m, 250m, 500m, 1㎞, 10㎞ 구획 ③격자 번호 : 격자는 고유식별이 가능하도록 “단위격자크기+고유좌표”로 구성된 ID를 부여 제3장 공간정보화(지오코딩, Geocoding) 제7조(행정정보의 공간정보화) ①행정정보의 속성에 포함된 주소, 좌표, 고유식별코드(예: 필지코드), 지명 등을 이용하여 위치화 시킨다. ②건물, 필지, 지형지물 등의 공간정보를 행정정보와 일치시키기 위해 행정정보를 대표하는 공간정보

의 위치를 포인트(point)로 변환하여 위치기준으로 설정한다. 이 과정에서 공간정보를 대표하는 좌표는 건물, 필지, 지형지물 등의 내부중심점(centroid) 또는 특정 지점을 선정하여 생성할 수 있다.
③도로명주소와 지번주소가 함께 존재하는 경우 도로명주소를 우선 이용하되, 도로명주소는 도로명 코드, 건물 본번, 건물 부번, 동, 호 등 최대한 상세화하여 공간정보로 변환한다.
④지번주소만 존재하나 도로명주소로의 변환이 가능한 경우, 최대한 도로명주소로 변환하여 적용한다.
⑤주소와 고유식별코드가 모두 존재하는 경우, 공간정보화의 매칭율과 정확도를 높일 수 있는 항목을 목적에 맞게 선택·이용할 수 있다.
(이하 생략)

③ 기본공간정보 항목 및 관련 시스템

2017년 7월17일 국토교통부 보도자료에 따르면 여러 공공기관에서 산발적으로 공간정보를 구축하고 관리하다보니 공간정보를 중첩할 때 일부 오류가 나는 등 활용하는데 발생하는 불편함에 대해 문제제기를 하며, 기본공간정보의 품질확보방안을 제시하였다. 3차원 입체격자는 중앙부처에서 정의한 기본공간정보를 기반으로 연계방안이 마련되어야 한다.

<표 2-56> 기본공간정보

순번	명칭	구축기관	담당부서	관리시스템 명칭
1	법정동	국토해양부	공간정보제도과	한국토지정보시스템(KLIS)
2	행정동	행정안전부	새주소정책과	주소정보시스템(KAIS)
3	통계구	통계청	공간정보서비스팀	센서스공간통계DB
4	철도경계	국토지리정보원	지리정보과	수치지도관리시스템
5	철도중심	국토지리정보원	지리정보과	수치지도관리시스템
6	도로경계	국토지리정보원	지리정보과	수치지도관리시스템
7	도로중심	국토지리정보원	지리정보과	수치지도관리시스템
8	해안선	국립해양조사원	수로측량과	종합해양정보시스템(TOIS)
9	해저지형	국립해양조사원	수로측량과	종합해양정보시스템(TOIS)
10	해양경계	국립해양조사원	해양관측과	종합해양정보시스템(TOIS)
11	유역경계	국토해양부	한강홍수통제소	국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS)
12	하천경계	국토지리정보원	지리정보과	수치지도관리시스템
13	하천중심	국토지리정보원	지리정보과	수치지도관리시스템
14	호수 등	국토지리정보원	지리정보과	수치지도관리시스템
15	지 적	국토해양부	공간정보제도과	한국토지정보시스템(KLIS)
16	도로명주소	행정안전부	새주소정책과	주소정보시스템(KAIS)
17	DEM(수치 표고모델)	국토지리정보원	공간영상과	국토공간영상정보시스템
18	지 명	국토지리정보원	국토조사과	국가지명관리시스템
19	측량기준점	국토지리정보원	국토측량과	GPS기준점 서비스 국가기준점발급시스템
20	건 물	국토지리정보원	지리정보과	수치지도관리시스템
21	정사영상	국토지리정보원	공간영상과	국토공간영상정보시스템
22	입체모형	국토교통부	공간정보진흥과	브이월드
23	실내공간정보	국토교통부	공간정보진흥과	브이월드

④ 개방형 공간정보 현황 분석

데이터 모델 수립 절차에 따른 개방DB 설계 적용하며, 사용자 요구사항 과 개방항목을 분석하여 공공활용 및 민간개방의 용이성을 고려하여 모델링 수행한다.

<그림 2-128> 데이터 구조 설계

공간정보 기반의 융 · 복합 데이터 설계하며, 이 때 개별 Data Set을 연계할 수 연계키를 활용하여 데이터 구축한다.

<그림 2-129> Key 매핑을 통한 융·복합 설계

행정표준용어를 준수하여 모델 설계한다. 각 기관에서 적용할 수 있는 표준용어, 도메인, 표준코드를 마련하여 데이터 설계 및 구축 시 일관성 유지한다.

<표 2-57> 데이터베이스 생성

기법	구현내용
물리모델 최적화	Key 정의 (Prime Key, Foreign Key) 및 Data Type, Length 등 정의 비정규화 및 테이블 병합을 통해 조인을 최소화하여 질의 속도 향상 자주 요청되는 질의에 대해 요약 테이블을 생성하여 질의 응답속도 향상
데이터 파티셔닝	BI시스템의 특성에 맞는 파티션 기법으로 데이터의 크기가 큰 테이블을 물리적으로 여러 테이블에 나누어 Union All View로 관리함으로써 데이터 조회 및 적재 속도 향상, 데이터 관리의 편의성 제공
인덱스 구성	다양한 인덱스 기법들을 각각의 테이블에 적합하도록 구성하여 성능 향상 및 데이터 저장 공간 최적화

매핑정의서를 작성한다. 개방표준정의와 품질진단결과를 바탕으로 개방DB와 원천DB간 메타데이터 기준 수립하며, 원천DB에서 개방DB로의 전환 시 업무규칙 및 전환로직을 정의한 매핑정의서 작성한다.

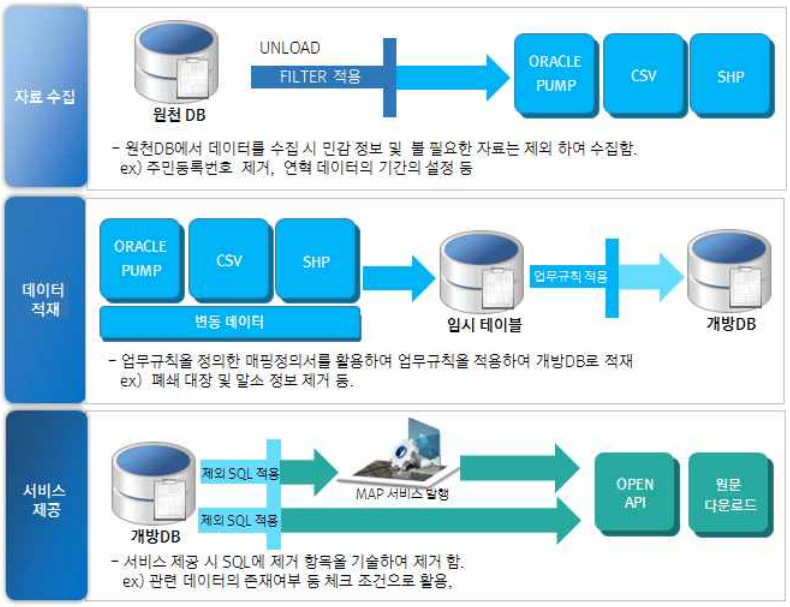
<그림 2-130> 메타데이터 교정 및 매핑정의서 작성

메타데이터를 구축한 이후에 시스템과 연계하여 원천자료를 수집하고, 초기데이터를 구축할 필요가 있다.

<그림 2-131> 초기자료 구축 방안

연계데이터를 가공 및 조합하여 3차원 입체데이터를 구축한다. 연속지적도의 PNU와 토지기반 정보의 PNU 매칭 등 속성정보를 기반으로 데이터를 융합하고, 2차원데이터와 속성데이터를 융합하여 3차원 입체데이터를 구축한다.

민감정보, 오류데이터, 불필요 데이터를 제거한다. 원천자료 수집 구간, 개방DB 구축 구간, 서비스 제공 구간에서 데이터 특성에 맞는 구간에서 민감정보 및 오류데이터를 정제하며, 입체격자 서비스에 필요하지 않는 데이터 정제가 필요하다.



<그림 2-132> 정보 필터링 방안

⑤ 실증서비스를 위한 데이터목록 및 신규데이터 정의

미래 국토 통합관리 분야의 실증서비스 개발을 위해서는 공간/비공간 정보의 연계, 정보의 융합을 위한 필요 데이터의 가용성이 기반이 되어야 한다. 또한 입체 격자 체계기반 국토 통합관리 지원기술개발 연구는 국내외 최초로 시도되는 연구이므로, 실증 서비스에 고려가 필요하다. 실증서비스 연구를 위해서는 최신 기술과 근래의 Needs를 고려하여 서비스를 발굴할 수 있으며, 현재의 서비스를 기반으로 최신 기술을 접목하여 서비스를 도출할 수도 있다.

본 연구에서는 기존 서비스 기반으로 필요한 데이터를 도출하고, 3차원 입체격자의 확장을 고려한다. 정부는 2008년 3월「유비쿼터스도시의 건설 등에 관한 법률」(이하 U-City법)이 제정되면서 국토해양부는 도시관리 효율성 제고 및 시민 삶의 질의 향상이라는 목표를 가지고 2009년 「제1차 유비쿼터스도시 종합계획」을 수립하였다. 정부 주도로 모든 U-City 서비스를 제공하겠다는 생각에서 벗어나 정부 차원에서는 도시관리 차원에서 수집되고 있는 다양한 U-City 정보들을 민간에 제공하고 민간 차원에서는 이를 활용하는 방향으로 연구가 진행되었으며, 총 223개의 서비스를 정의하였다. 서비스는 행정, 교육, 교통, 근로 · 고용, 문화 · 관광 · 스포츠, 물류, 방범 · 방재, 보건 · 의료 · 복지, 시설물관리, 에너지 · 환경, 그리고 기타 등 11개 서비스분야에서 총 47개의 통합서비스명과 228개의 단위서비스로 구성된다.

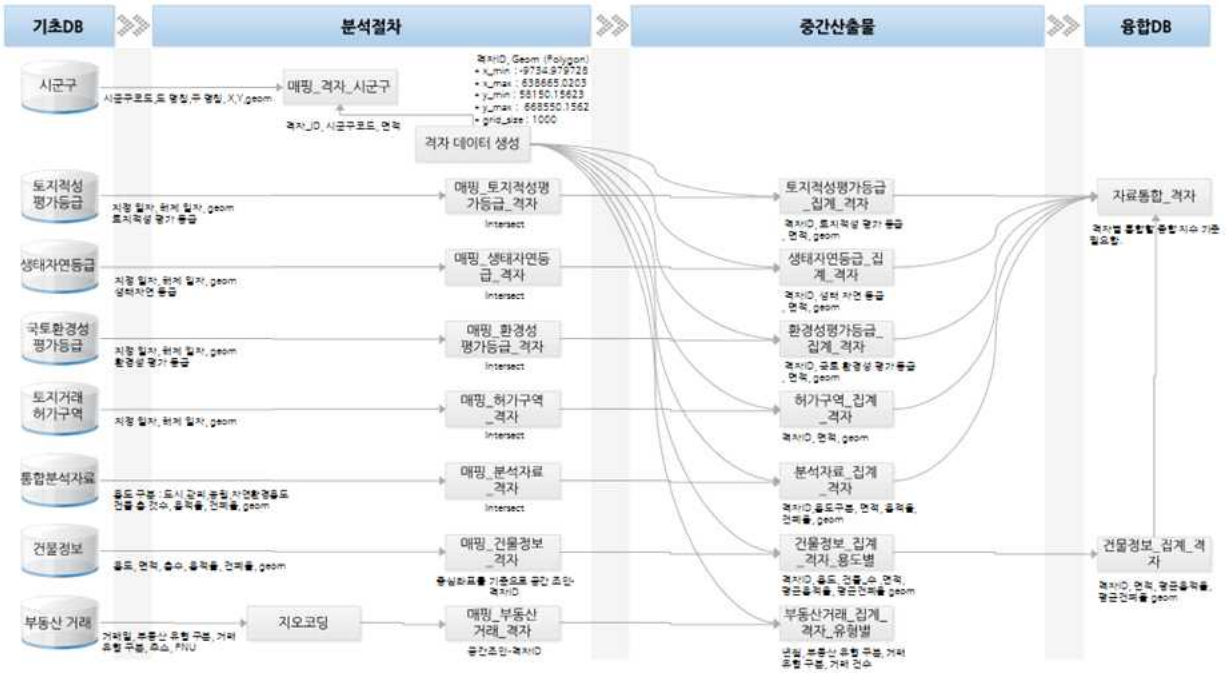
각 서비스별로 필요한 정보는 각기 상이하며 총 57개의 정보로 분류할 수 있다. 특히 총 57개의 정보 분류 중 총 33개 정보가 실제 스마트시티에서 활용되는 정보이며, 내부 연구진들 논의 결과 총 21개 정보가 입체격자로 변환할 수 있는 의미 있는 정보이다.

<표 2-58> 입체격자로 변환 가능한 정보

정보분류	단위 정보		입체격자 관련여부	데이터출처
행정 정보	1-1	차량등록정보	○	공간정보포털
	1-2	건축물대장정보	○	부동산종합공부
	1-3	토지대장정보	○	공간정보포털
	1-4	기상정보	○	공간정보포털
	1-5	재해/재난정보	○	공간정보포털
	1-6	교통정보	○	공간정보포털
	1-7	대중교통운행정보	○	공간정보포털
	1-15	통계정보	○	공간정보포털
공간 정보	2-1	건설/교통	○	공간정보포털
	2-3	도시/기간시설	○	공간정보포털
	2-5	소방방재/치안	○	공간정보포털
	2-6	자연/생태	○	공간정보포털
	2-7	지적/토지	○	공간정보포털
	2-8	지형/영상	○	공간정보포털
	2-9	해양/수자원	○	해수부
	2-10	행정/통계	○	공간정보포털
	2-11	환경/대기	○	기상청
	2-12	지하시설물정보	○	공간정보포털
	2-13	기타공간정보	○	공간정보포털

⑥ 신규 입체격자 데이터 변환 및 연계방안 도출

연계된 2·3차원 공간정보 및 속성정보를 조합하면, 3차원 입체격자 표준 모델에 따라 입체 격자데이터의 생성이 가능하다. 데이터는 서비스의 목적과 활용에 따라 다양한 크기의 격자로 변환이 가능한데, 변환과정에서 공간정보를 분할하고 병합하는 복잡한 연산이 필요하다.



<그림 2-133> 모델 구축 절차 예시

(6) 갱신 가능 DB 연계 및 변환 기술 개발(F)

(가) 오프라인 데이터 연계 기술 개발

① 개요

본 사업은 효율적이고 통합적인 국가 공간정보 관리와 빠른 공간연산 처리를 지원할 수 있는 입체격자체계에서 기 구축된 공간정보를 기반으로 입체격자 데이터를 연계 · 변환하는 기술을 개발한다. 따라서 공개되어 있는 다양한 2차원 공간정보들을 수집하고, 이를 3차원 격자로 변환하기 위해서는 각 정보들의 특성을 정확히 분석할 필요가 있다.

'국가공간정보 기본법'에 따르면 "공간정보"란 지상 · 지하 · 수상 · 수중 등 공간상에 존재하는 자연적 또는 인공적인 객체에 대한 위치정보 및 이와 관련된 공간적 인지 및 의사결정에 필요한 정보를 말한다. 즉, 공간정보는 사람의 주 생활공간인 지표면을 중심으로 지상 공간정보, 지하 공간정보, 해양 공간정보, 공중 공간정보로 구분할 수 있다. 그리고 이러한 공간정보들은 국토교통부, 해양수산부, 국방부 등과 같이 다양한 정부부처에서 생산 · 활용하며, 이에 따라 다양한 시스템에서 공간정보를 제공하고 있다.

② 공간정보 특성의 이해

㉮ 해양 공간정보

해양공간정보는 '바다'의 시간에 따른 역동적인 변화를 공간 위에 담아낸 모든 정보를 의미한다. 가장 기본적인 수심과 해상구역 정보에서부터 다양한 레저, 관광 정보까지 모두 해양공간정보라고 할 수 있다(https://www.data.go.kr/information/1000523/monthData.do).

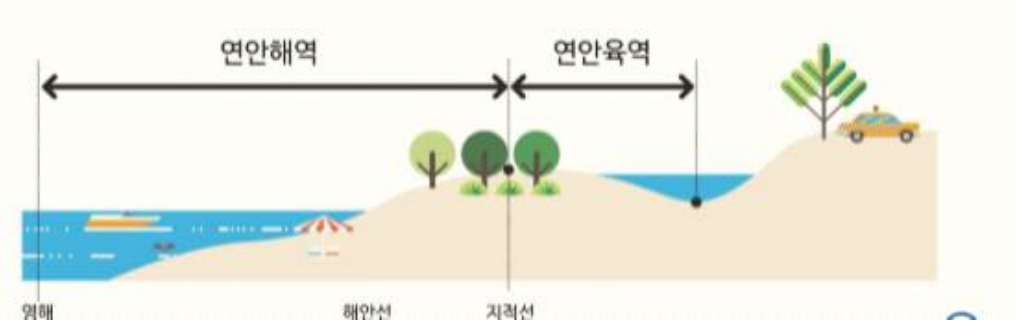
그동안 해양공간정보는 선박항해 및 특정연구 분야에서 제한적으로 사용되어 왔으며 일반 국민이나 공무원들도 종이해도나 고가의 소프트웨어(s/w)를 구입해야 볼 수 있어 불편함이 컸다. 또한, 해양공간정보의 대다수가 선박 안전항해를 목적으로 하는 국제표준(IHO S-100)에 따라 생산되어 민간 산업계나 일반 이용자가 활용하기에는 적합하지 않았다.

이에 국립해양조사원은 해양공간정보의 이용 편의성과 활용성 증대를 목표로 행정자치부와 한국정보화진흥원이 추진하는 국가중점데이터 사업을 통해 개방이 가능한 해양공간정보를 엄선하여 해양분야 7종의 약 2만 건 데이터를 개방했다(기준:2017.01.26.).

개방된 7종은 2017년에 추가된 등대표, 해상훈련 및 사격주역, 해안선통계정보 3종과 2015년도에 일부 개방된 4종(해상구역, 요트낚시정보, 어장정보, 소형선항만정보)이며, 전면 개방하여 오픈API서비스로 '개방海' 및 '공공데이터 포털'을 통해 제공한다. 요트낚시정보의 경우, 낚시 포인트, 요트 항로, 마리나 항만시설, 교통, 사고 시 안전수칙 등 해양 레저활동과 관련된 정보로 레저관광산업에서 다양하게 이용될 것으로 예상된다.

우리나라에서 연안에 대한 정의는 연안관리법 제2조에서 "연안이라 함은 연안해역과 연

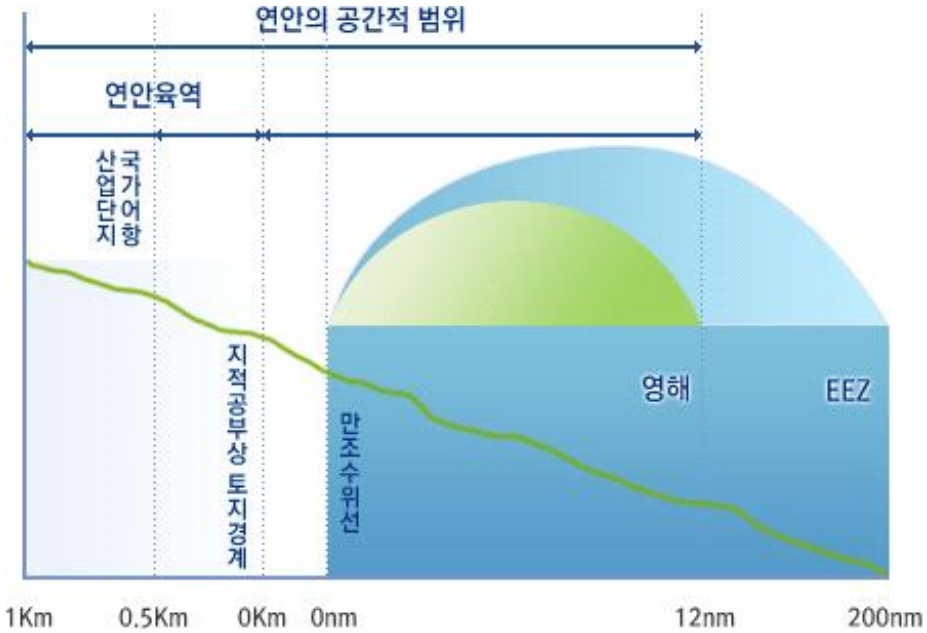
안육역을 말하며, 연안해역은 바닷가와 만조수위선으로부터 영해까지의 외측한계까지의 바다를 말한다.” 라고 규정하고 있다. 그리고 연안육역은 무인도서, 연안해역의 육지 쪽 경계선으로부터 500m(항만, 어항, 산업단지의 경우 1㎞) 범위 안의 육지지역을 말한다. 미국에서는 연안에 대하여 연방 전체에 통용되는 일괄적 기준은 없고, 각 주별로 다양한 기준을 채택하여 연안의 범위를 설정하고 있다.



<그림 2-134> 연안해역과 연안육역

출처 : 연안포털

연안은 항만 · 어항 · 수산동식물의 산란 · 서식지로서 뿐만 아니라 간척 · 매립을 통한 산업공간으로의 활용도가 매우 높은 지역이다. 공간적인 개념으로서 연안은 육지와 바다가 만나는 곳으로서 상호공생하며 영향을 미치는 공간이며, 환경적으로는 하나의 개체와 같은 동일체로 인식될 수도 있을 만큼 상호의존도가 매우 높은 지역이다. 또한 사회적 관점에서는 바다를 필요로 하는 활동이 활발하거나 하구를 비롯한 자연적, 지리적 이점에서 인간 활동에 유리한 지역으로서 다양하고 복잡한 공간이용형태를 지닌 지역이라고 할 수 있다.



<그림 2-135> 연안관리법상 연안공간의 범위

출처 : 연안포털

㉯ 공중 공간정보

○ 항공로

항공 관련 데이터는 대부분이 국토교통부에서 제공하는 항공로, 공역, 시계배행 정보로 나뉜다. 우선 항공로는 항공기가 통행하는 길을 항로(航路), 공로(空路) 또는 항공로(airway)라 일컫는데 이는 일정하게 운항하는 항공기의 지정된 공중 통로이다. 즉 비행기도 일정한 길을 따라간다는 말이다. 항공로의 너비는 육상에서는 18㎞, 해상에서는 90㎞이며 높이는 지상 200m에서 무한 상공까지 연결된 공간이다.

한국의 항공법(제2조 13항)에 따르면 항공로란 교통부장관이 항공기의 항행에 적합하다고 지정한 지구 표면상에 표시된 공간의 통로로서, 항공기를 안전하게 항행시키기 위해 지형, 기상 상태, 항법 시설(航法施設), 비행장 등을 고려하여 설정하고 공고하도록 되어 있다.

공항과 공항 사이에서는 눈에는 보이지 않지만 지상에서 발사하는 전파를 이용해 항공로가 통제되고 있다. 하루에도 수천 대의 항공기가 안전하게, 질서 정연하게 비행할 수 있는 것도 항공교통규칙 때문이다. 이 하늘길(Airway)은 고도 2만 9천 피트 이하의 저(底)고도 항공로와 그 이상의 높이에서 운항되는 고(高)고도 항공로로 구분한다.

항공로에는 국제적으로 정해진 고유의 이름이 있는데, 국내선 항공로에는 H(Hotel), J(Juliet), V(Victor), W(Whisky)에 1번부터 99번까지의 번호를 붙여서 국토해양부 장관이 항공로의 이름을 부여하도록 되어 있다. 국제선은 G(Green), R(Red), A(Amber), B(Blue), W(White)에 1번부터 99번까지의 번호를 붙여서 사용하는데, 이때 국제항공운송기구(ICAO)의 승인을 받아야 한다.

○ 공역

공역이란 항공기, 초경량 비행장치 등의 안전한 활동을 보장하기 위하여 지표면 또는 해수면으로부터 일정높이의 특정범위로 정해진 공간으로서, 국가의 무형자원 중의 하나로 항공기 비행의 안전, 우리나라 주권보호 및 방위목적으로 지정하여 사용한다.

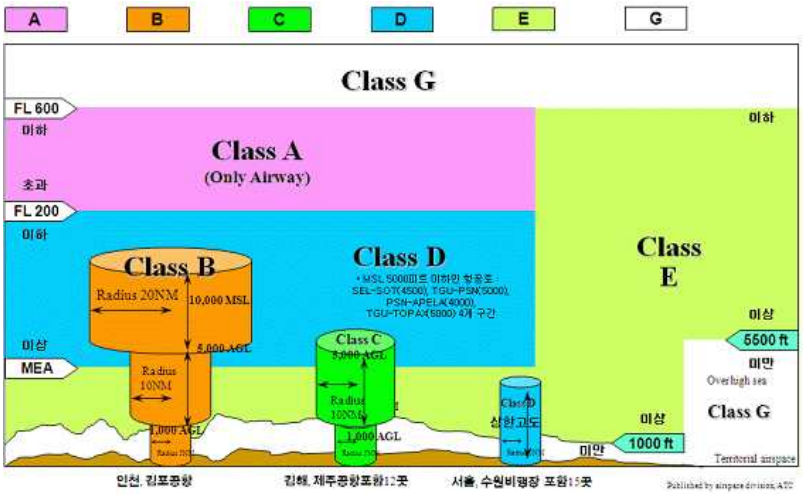
우리나라 “인천비행정보구역(FIR : Flight Information Region)” 내 공역지정 현황은 (1) 관제공역 : 관제권 28개소, 항공로 25개소, 접근관제구역 14개소, (2) 통제공역 : 비행금지구역 5개소, 비행제한구역 60개소, 초경량비행장치 비행제한구역 1개소, (3) 주의공역 : 훈련구역 7개소, 군작전구역 53개소, 위험구역 12개소, 경계구역 15개소 등이다. 비행안전을 확보하기 위하여 우리나라의 경우 인천 비행정보구역(FIR)을 A, B, C, D, E 및 G 등급으로 세분화하여, ‘공역 등급(Airspace Classifications)’별로 비행방식과 항공교통업무 제공 범위 등을 지정 고시하여 시행하고 있다.

<표 2-59> 공역의 분류

구분		내용
관제공역	A	모든 항공기가 계기비행을 하여야 하는 공역
	B	계기비행 및 시계비행을 하는 항공기가 비행가능하고, 모든 항공기에 분리를 포함한 항공교통관제업무가 제공되는 공역
	C	모든 항공기에 항공교통관제업무가 제공되나, 시계비행을 하는 항공기간에는 비행정보업무만 제공되는 공역
	D	모든 항공기에 항공교통관제업무가 제공되나, 계기비행을 하는 항공기와 시계비행을 하는 항공기 및 시계비행을 하는 항공기간에는 비행정보 업무만 제공되는 공역
	E	계기비행을 하는 항공기에 항공교통관제업무가 제공되고, 시계비행을 하는 항공기에 비행정보업무가 제공되는 공역
비관제공역	G	모든 항공기에 비행정보업무만 제공되는 공역

출처 : 항공안전법 시행규칙 제221조(공역의 구분관리 등)

공역은 크게 2가지 방식으로 구분한다. 첫째, 제공하는 항공교통업무에 따라서 그리고 둘째, 사용목적에 따라서 구분하고 있다 먼저 항공교통업무에 따라 구분해 놓은 공역을 살펴보면 A, B, C, D, E, F, G 이렇게 등급이 매겨진다. 아래 그림은 우리나라의 A~G 등급 공역의 수직단면의 형태를 고도별로 나타낸 모습이다. 비행공역은 A~G까지 구분되어 있으나 우리나라에는 F공역으로 설정된 곳은 아직 없다.



<그림 2-136> 공역등급화

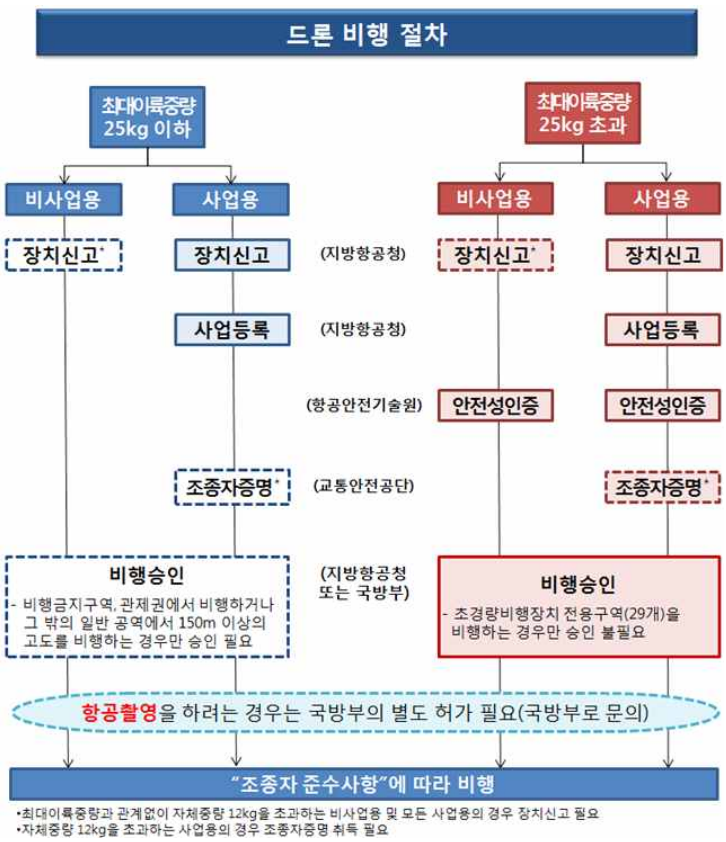
출처: 인천항공교통관제소

'2018년 주목해야할 전자정부 10대 유망기술'에 포함되어 있는 드론은 최근 몇 년 동안 각광받고 있다. 드론은 군사용, 산림용, 재난재해용, 물류 및 우편, 연예오락(엔터테인먼트) 등 다양한 분야에서 개별적으로 개발된 드론의 기능이 융합되어 다목적으로 활용될 수도 있으며, 최근에는 다양한 취미활동으로도 이용되고 있는데, 드론에게 있어서 공역은 중요한 공간정보 요소이다. 일반적으로 사방, 천장이 막혀있는 실내 공간에서의 비행은 승인이 필요하지 않는다. 반면 취미활동으로 인한 드론이라도 정부의 안전관리 대상에 해당되므로 공역을 잘 이해하고 있어야 한다.

<표 2-60> 공역의 사용목적에 따른 구분

구분		내용
관제 공역	관제권	“항공법” 제2조 제19호에 따른 공역으로서 비행정보구역 내의 B, C 또는 D 등급 공역 중에서 시계 및 계기비행을 하는 항공기에 대하여 항공교통관제업무를 제공하는 공역
	관제구	“항공법” 제2조 제20호에 따른 공역(항공로 및 접근관제구역을 포함한다)으로서 비행정보구역 내의 A, B, C, D 및 E 등급 공역에서 시계 및 계기비행을 하는 항공기에 대하여 항공교통관제업무를 제공하는 공역
비관제 공역	조언구역	항공교통조언업무가 제공되도록 지정된 비관제공역
	정보구역	비행정보업무가 제공되도록 지정된 비관제공역
통제 공역	비행금지구역	안전, 국방상 그 밖의 이유로 항공기의 비행을 금지하는 공역
	비행제한구역	항공사격·대공사격 등으로 인한 위험으로부터 항공기의 안전을 보호하거나 그밖에 이유로 비행허가를 받지 아니한 항공기의 비행을 제한하는 공역
	초경량비행장치 비행제한구역	초경량비행장치의 비행안전을 확보하기 위하여 초경량비행장치의 비행활동에 대한 제한이 필요한 공역
주의 공역	훈련구역	민간항공기의 훈련공역으로서 계기비행항공기로부터 분리를 유지할 필요가 있는 공역
	군작전구역	군사작전을 위하여 설정된 공역으로서 계기비행항공기로부터 분리를 유지할 필요가 있는 공역
	위험구역	항공기의 비행시 항공기 또는 지상시설물에 대한 위험이 예상되는 공역
	경계구역	대규모 조종사의 훈련이나 비정상 형태의 항공활동이 수행되어지는 공역

또한 드론의 비행은 단순히 비행가능구역과 비행금지구역의 공간정보 뿐 아니라 다른 정보도 중요하다. 드론 비행은 항공안전법 제129조 및 시행규칙 제310조에 의거하여 야간비행이 금지되어 있다. 야간이란 일몰 후부터 일출 전까지를 말하므로, 시간이라는 요소가 결합되어야 한다. 또한 드론 조종자가 육안으로 장치를 직접 볼 수 없을 때도 비행이 금지 된다. 예를 들어 안개나 황사 등으로 시야가 좋지 않은 경우에는 눈으로 직접 볼 수 없는 곳까지 멀리 날려서는 안 되며, 따라서 기상정보와도 밀접한 관련이 있다. 다만 항공안전법 제129조제5항에 따라 무인비행장치 조종자로서 야간에 비행하거나 육안으로 확인할 수 없는 범위에서 비행하려는 자는 특별비행승인을 받아 그 승인 범위 내에서 비행 가능하다. 또한 스포츠 경기장, 각종 페스티벌 등 인파가 많이 모인 곳은 추락 시 대형 인명피해가 발생할 수 있기 때문에 비행이 금지되어 있다. 대규모 행사가 있을 때는 특정장소에서의 단속이 일시적으로 강화되기도 한다.



<그림 2-137> 드론 비행 절차

출처 : 국토교통부 홈페이지

<그림 2-138> 비행금지구역

출처: 브이월드

그밖에 별도의 승인 없이도 시화, 양평 등 전국 각지의 총 28개 '초경량비행장치 전용구역'에서는 자유롭게 비행이 11가능하다. 다만 모든 지역에서 150m 이상의 고도에서는 드론이 금지되어 있다. 150m 이상은 항공기 비행항로가 설치된 공역으로 항공기와의 충돌 위험이 있다. 아래의 그림은 비행금지구역이다. 취미로 하는 토이 드론이라도 비행 승인 없이 드론을 날리면 과태로 부과대상이 된다. 이 구역은 고도와 상관없이 비행이 금지된다.

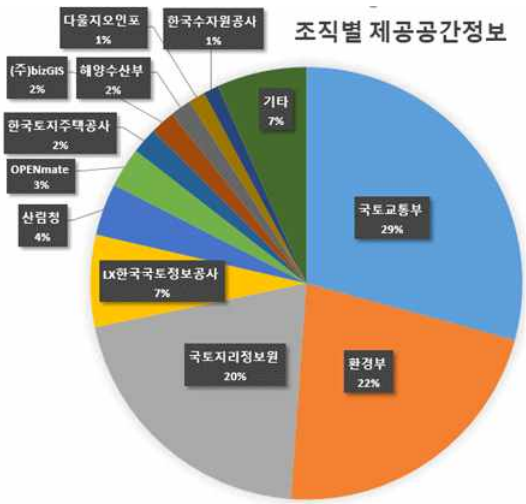
이 정보들은 2D Polygon 형태로 제공되고 있다. 또한 일출, 일몰을 판단할 수 있는 시간 정보가 필요하며, 시계를 판단할 수 있는 기상정보, 드론의 무게와 관련된 속성정보가 필요하다. 또한 각 정보들은 비행 고도를 AMSL, AGL, SFC 등으로 표현한다. 각 고도 정보는 지표면 혹은 평균해수면 등, 기준이 다르므로 용어의 이해가 필요하다.

<표 2-61> 고도 관련 용어 정리

약어	용어	명칭	내용
AMSL	평균해수면 상공 (해발 높이)	Aeronautical Above mean sea level	평균해수면(MSL)으로부터의 실제고도이며, 진고도라고도 함
AGL	지표면상공 (지표 높이)	Above ground level	지구표면 위의 항공기 실제 높이이며, 절대고도라고도 함
FL	비행고도면	Flight Level	비행고도
SFC	지표면	Surface	하한고도로 주로 사용
GND	지표면	Ground	하한고도로 주로 사용
UNL	무한정	Unlimited	상한고도로 주로 사용

③ 시스템별 · 분류별 데이터 연계를 위한 기초데이터 연계

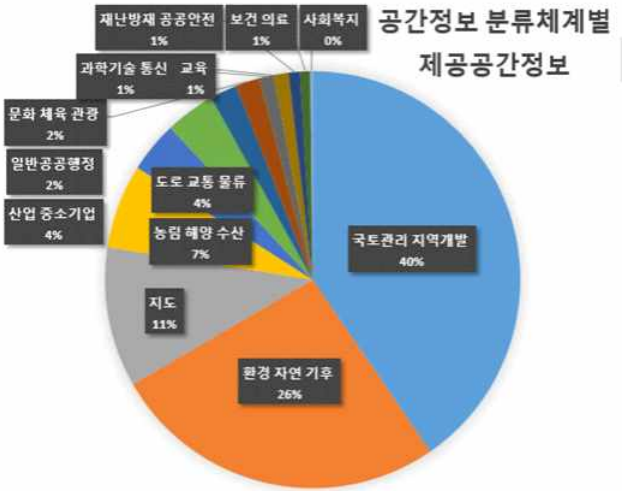
국가공간정보포털에서는 다양한 정부부처에서 수집된 공간정보를 오픈마켓을 통해 제공하고 있는데, 약 32개 공공기관(26개)과 민관기관(6개)에서 수집된 1,133건의 공간정보를 제공하며, 국토교통부(국토지리정보원 포함)에서 약 49%의 데이터를 제공하고 있다.



<그림 2-139> 공간정보 제공 조직별 통계

또한 국토교통부와 환경부에 공간정보를 제공하는 것과 비례하여 수집된 데이터는 국토

관리 지역개발이 약 40%를 차지하며 환경자연기후 관련 데이터가 약 26%를 차지하고 있다. 또한 지도까지 제외한 나머지 분야에서는 약 23%의 공간정보만이 제공되고 있어, 국토교통부가 가장 많은 공간정보를 생산하고 있음을 확인할 수 있다.



<그림 2-140> 공간정보 분류체계별 통계

사실 표준처럼 활용되는 ESRI의 Shape포맷이 35%를 차지하고 있다. 공간정보 활용을 위해 지오코딩 등의 변환이 필요한 엑셀파일도 일부 제공하며, PDF등의 파일은 공간정보 시스템에서 직접 활용하기에는 다소 어려움이 있다.

(나) 갱신 가능 DB변환 기술 개발

① 지상데이터 종류 및 구축 · 활용 시스템

지상과 관련된 공간정보는 국토교통부 주도로 가장 많이 생산되고 있으며 환경부, 산림청, 한국국토정보공사 등 다양한 부처에서도 생산되고 있다. 행정안전부는 다양한 정부부처에서 생산된 정보들을 국민들에게 쉽게 제공하기 위해 공공데이터포털을 운영하고 정보를 공유하고 있으며, 특히 국토교통부는 공간정보를 제공하기 위한 국가공간정보 포탈을 운영하고 있다. 또한 브이월드에서는 공간정보 데이터 뿐 아니라 WFS(Web Feature Service), WMS(Web Map Service) 등 개발에 직접 적용할 수 있는 표준 서비스를 제공하고 있으며, 그밖에도 서울시의 열린 데이터 광장과 같이 각 지자체별로 지상의 공간정보가 생산 · 공유되고 있다.

② 수치지형도

국토지리정보원의 '수치지형도 작성 작업규정'에서는 "수치지형도"는 측량 결과에 따라 지표면 상의 위치와 지형 및 지명 등 여러 공간정보를 일정한 축척에 따라 기호나 문자, 속성 등으로 표시하여 정보시스템에서 분석, 편집 및 입력 · 출력할 수 있도록 제작된 것(정사영상지도는 제외한다)이라고 정의하고 있다. 국토지리정보원에서는 1/5,000 국가기본도를 바탕으로 제작된 전국단위 통합 수치지도인 연속수치지도를 생산하고 있으며, 전국 연속수치지형

도에 명시된 107개 공간정보 중에 78개의 공간정보가 국가공간정보포털에서 공유되고 있다.

③ 공간데이터 수집

국가공간정보포털에서는 오픈마켓을 통해 총 1,133건의 공간정보를 제공하고 있으며, 이 중에서 PDF나 HTML 등과 같이 공간정보가 아니거나 직접적으로 활용할 수 있는 데이터를 제외한 957건의 데이터를 수집하였다.

순번	조직	카테고리1	카테고리2	카테고리3	데이터셋명	데이터 유형	데이터	리	갱신주	종경	축	데이터좌표계	이터
1	국토교통부	도시개발·지역개발	지역·도시	지역·도시	연속지적도_전국	공간	전산화된	2018년	변경발생	매월	전국	Bessel/중부(200,000/500,000	SHP
2	국토지리정보원	지도	연속수치지형	지형도	연속수치지형도	공간	국토지리	2018년	변경발생	2018	전국	GRS80/UTM-K(단일평면직각좌	SHP
3	국토교통부	도시개발·지역개발	부동산	건축통합정보	건물통합정보_마스터	공간	연속수치	2018년	변경발생		전국	Bessel/중부(200,000/500,000	SHP
5	국토지리정보원	도시개발·지역개발	지역·도시	행정경계	행정경계_시군구	공간	수치지형	2017년	변경발생	2018	전국	GRS80/중부(200,000/500,000	SHP
6	국토교통부	도시개발·지역개발	지역·도시	용도지역_국토계획	국토계획/교통시설	공간	토지을 경	2018년	변경발생		전국	Bessel/중부(200,000/500,000	SHP
7	국토교통부				GIS건물통합정보	공간(벡터)	연속지적	2017년	1년 상시		전국	Bessel/TM, EPSG:5174	SHP
9	국토교통부				연속지적도형정보	공간(벡터)	전산화된	2017년	1년 상시		전국	Bessel/TM, EPSG:5174	SHP
10	국토지리정보원	도시개발·지역개발	지역·도시	행정경계	행정경계_읍면동	공간	수치지형	2017년	변경발생	2018	전국	GRS80/중부(200,000/500,000	SHP
11	국토교통부	도시개발·지역개발	지역·도시	지역·도시	도로(현황)	공간	국토의 계	2018년			취합	GRS80/중부(200,000/500,000	SHP
12	국토교통부	도시개발·지역개발	지역·도시	행정경계	법정경계_시군구	공간	법정동(시	2018년	변경발생		전국	GRS80/중부(200,000/500,000	SHP
13	국토교통부	도시개발·지역개발	지역·도시	행정경계	법정경계_읍면동	공간	법정동(읍	2018년	변경발생		전국	GRS80/중부(200,000/500,000	SHP
14	국토교통부	도시개발·지역개발	지역·도시	용도지역_국토계획	국토계획/도시지역	공간	토지을 경	2018년	변경발생		전국	Bessel/중부(200,000/500,000	SHP
15	국토교통부	도시개발·지역개발	지역·도시	용도지역_도시	건축/용도지역	공간	토지을 경	2018년	변경발생		전국	Bessel/중부(200,000/500,000	SHP
16	통계청	도시개발·지역개발	지역·도시	행정경계	(센서스경계)행정동경계	공간	모든 읍/	2017년	매년	2017	전국	GRS80/중부원점(200,000/500	SHP
19	환경부	환경·자연·기후	자연	생태자연도	생태자연도	공간	생태자연	2017년	1년(전국	2017.0	전국	GRS80/TM	SHP
21	국토지리정보원	도시개발·지역개발	지역·도시	행정경계	행정경계_시도	공간	수치지형	2017년	변경발생	2018	전국	GRS80/중부(200,000/500,000	SHP
22	국토교통부	도시개발·지역개발	지역·도시	용도지역_도시	국토계획/공간시설	공간	토지을 경	2018년	변경발생		전국	Bessel/중부(200,000/500,000	SHP
23	국토교통부	도시개발·지역개발	지역·도시	용도지역_국토계획	국토계획/관리지역	공간	토지을 경	2018년	변경발생		전국	Bessel/중부(200,000/500,000	SHP
24	국토지리정보원	도로·교통·물류	도로	도로망	길안내_상세도로망도	공간	○ 연속수	2017년	갱신계획	2013.1	시도	GRS80	SHP
25	국토교통부	도시개발·지역개발	지역·도시	지역·도시	연속지적도_경기	공간	전산화된	2018년	변경발생	매월	전국	Bessel/TM	SHP
26	국토교통부				법정구역정보	공간	법정동(시	2017년	1년 상시		전국	Bessel/TM, EPSG:5174	SHP
27	행정안전부	교육·공공행정	일반공공행정	일방행정	새주소도로구간	공간	행정자치	2018년			취합	GRS80/중부(200,000/500,000	SHP
28	국토교통부	도시개발·지역개발	지역·도시	행정경계	법정경계_리	공간	법정동(리	2018년	07월		취합	GRS80/중부(200,000/500,000	SHP
29	국토지리정보원	지도	현황도	현황도	토지이용현황도_서울	공간	토지이용	2018년	변경발생		전국	Bessel/중부(200,000/500,000	SHP
30	통계청	도시개발·지역개발	지역·도시	행정경계	(센서스경계)시군구경계	공간	모든 시/	2017년	매년	2017	전국	GRS80/중부원점(200,000/500	SHP
31	국토교통부	도시개발·지역개발	지역·도시	용도지역_산림	산지관리/보전준보전산지	공간	토지을 경	2018년	변경발생		전국	Bessel/중부(200,000/500,000	SHP
32	국토교통부	도시개발·지역개발	지역·도시	용도지역_국토계획	국토계획/농림지역	공간	토지을 경	2018년	변경발생		전국	Bessel/중부(200,000/500,000	SHP
33	국토교통부	도시개발·지역개발	지역·도시	용도지역_수자원	하천/용도구역	공간	토지을 경	2018년	변경발생		전국	Bessel/중부(200,000/500,000	SHP
34	국토교통부				건축물연령공간정보	공간	건축물대	2017년	년 1 회(1		전국	Bessel/TM, EPSG:5174	SHP
35	국토교통부	도시개발·지역개발	지역·도시	용도지역_국토계획	국토계획/공공문화체육시설	공간	토지을 경	2018년	변경발생		전국	Bessel/중부(200,000/500,000	SHP
36	국토교통부	도시개발·지역개발	지역·도시	용도지역_국토계획	국토계획/구역	공간	토지을 경	2018년	변경발생		전국	Bessel/중부(200,000/500,000	SHP
37	국토교통부	도시개발·지역개발	지역·도시	지역·도시	지적도근점	공간	지적측량	2018년	변경발생		전국	Bessel/중부(200,000/500,000	SHP
38	행정안전부	도로·교통·물류	도로	도로 일반	새주소건물	공간	행정자치	2018년			취합	GRS80/중부(200,000/500,000	SHP
39	국토교통부	도시개발·지역개발	지역·도시	지역·도시	소하천/소하천구역	공간	토지을 경	2018년	변경발생		전국	Bessel/중부(200,000/500,000	SHP
41	국토교통부				국토/용도지역	공간(벡터)	토지을 경	2017년	1년 상시		전국	Bessel/TM, EPSG:5174	SHP
42	국토교통부	도시개발·지역개발	지역·도시	지역·도시	지구단위계획구역(현황)	공간	'국	2018년			취합	GRS80/중부(200,000/500,000	SHP
43	국토교통부	도시개발·지역개발	지역·도시	용도지역_농업	농지/농업진흥지역	공간	토지을 경	2018년	변경발생		시군구	Bessel/중부(200,000/500,000	SHP
44	국토교통부				GIS건물일반공간정보	공간(벡터)	건축물대	2017년	년 2 회		전국	Bessel/TM, EPSG:5174	SHP
47	국토교통부	도시개발·지역개발	지역·도시	용도지역_국토계획	국토계획/방재시설	공간	토지을 경	2018년	변경발생		전국	Bessel/중부(200,000/500,000	SHP
48	한강홍수통제소	도시개발·지역개발	수자원	하천정보	하천망도	공간	1/25,000	2016년					SHP
49	국토지리정보원	지도	현황도	현황도	토지이용현황도_경기	공간	토지이용	2018년	변경발생		전국	Bessel/중부(200,000/500,000	SHP
50	국토교통부				도로/용도구역	공간(벡터)	토지을 경	2017년	1년 상시		전국	Bessel/TM, EPSG:5174	SHP
51	국토교통부				토지소유공간정보	공간(벡터)	토지소유	2017년	년 4 회		전국	Bessel/TM, EPSG:5174	SHP
52	통계청	도시개발·지역개발	지역·도시	행정경계	(센서스경계)시도경계	공간	모든 시/	2017년	매년	2017	전국	GRS80/중부원점(200,000/500	SHP
53	국토교통부	도시개발·지역개발	산업단지	산업단지	산업단지 경계도면	공간	산업단지	2018년					SHP
55	국토교통부	도시개발·지역개발	지역·도시	지역·도시	연속지적도_경북	공간	전산화된	2018년	변경발생	매월	전국	Bessel/TM	SHP
56	국토교통부	도시개발·지역개발	지역·도시	용도지역_국토계획	국토계획/자연환경보전지역	공간	토지을 경	2018년	변경발생		전국	Bessel/중부(200,000/500,000	SHP
57	국토교통부	도시개발·지역개발	지역·도시	용도지역지구	개발제한구역지정관리/개발제한	공간	토지을 경	2018년	변경발생		전국	Bessel/중부(200,000/500,000	SHP
58	국토교통부	도시개발·지역개발	지역·도시	도시계획	교통시설(현황)	공간	'국	2018년			취합	GRS80/중부(200,000/500,000	SHP

<그림 2-141> 수집한 공간정보 메타데이터(일부 발췌)

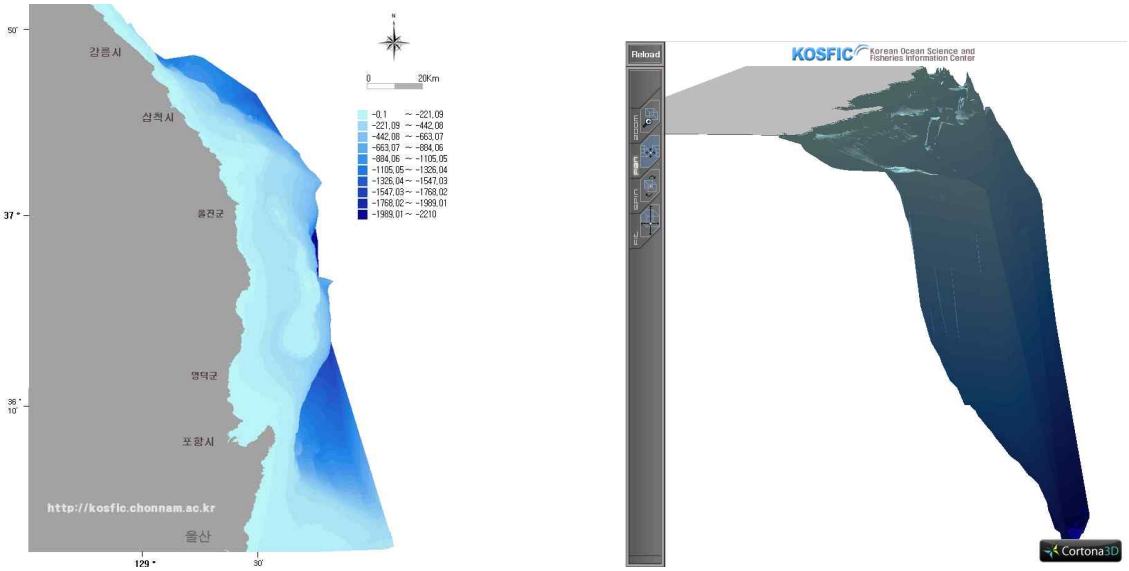
④ 해양데이터 수집

한국해양부는 포털을 통해 해양공간정보, 해양환경정보 등 총 9개 해양분야 39개의 해양공공데이터에 대한 설명과 제공처를 명시하고 있다. 또한 공공데이터포털을 통해 66건의 파일데이터와 54건의 Open API 데이터를 제공한다.

<표 2-62> 해운 항만정보 일부발췌

공공데이터명	데이터 설명	제공
화물처리실적	전국 무역항에 입출항하는 선박으로 반출입되는 화물에 대한 통계	통합 PORT-MIS
		new.portmis.go.kr
컨테이너수송실적	전국 무역항으로 입출항하는 선박으로 반출입되는 컨테이너에 대한 통계	통합 PORT-MIS
		new.portmis.go.kr
선박 입출항 실적	전국 무역항으로 입출항하는 선박에 대한 통계	통합 PORT-MIS
		new.portmis.go.kr
해상교통 관제정보	항만명, 호출부호, 교신구분, 입항횟수, 통제발표일시, 입출항일자, 입출항구분	해상교통 관제센터
		vtskorea.go.kr

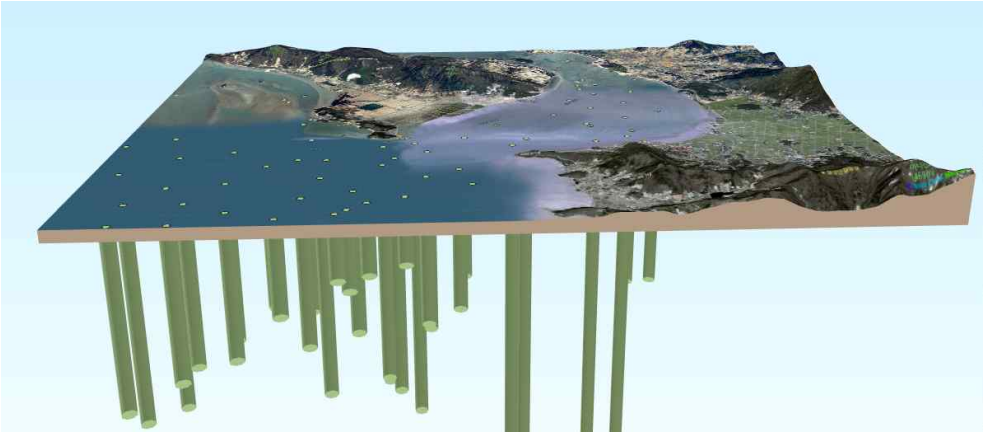
해양데이터를 모델링하기 위해서는 육지해안가의 경계 및 해저지형도의 수집이 우선되어야 한다. 해저지형도를 기반으로 해양공간의 기본형태를 모델링하며, 수온, 어장 등의 다양한 정보를 오버레이하여 사용할 수 있다.



<그림 2-142> 해양지형도(좌-2D, 우-3D) 동해안 샘플

출처 : 해양수산연구정보센터

해양지형도의 경우 상세수심도로 모델링할 수도 있다. 아래의 그림은 QGIS에서 강화도 지역에 DEM정보를 중첩한 후, 수심 Point를 수심속성을 3차원으로 확장한 샘플이다. 이 값과 적당한 보간법을 이용하면 3차원 해저지형을 모델링할 수 있다.



<그림 2-143> 상세수심도의 3차원 확장 샘플

⑤ 공중데이터

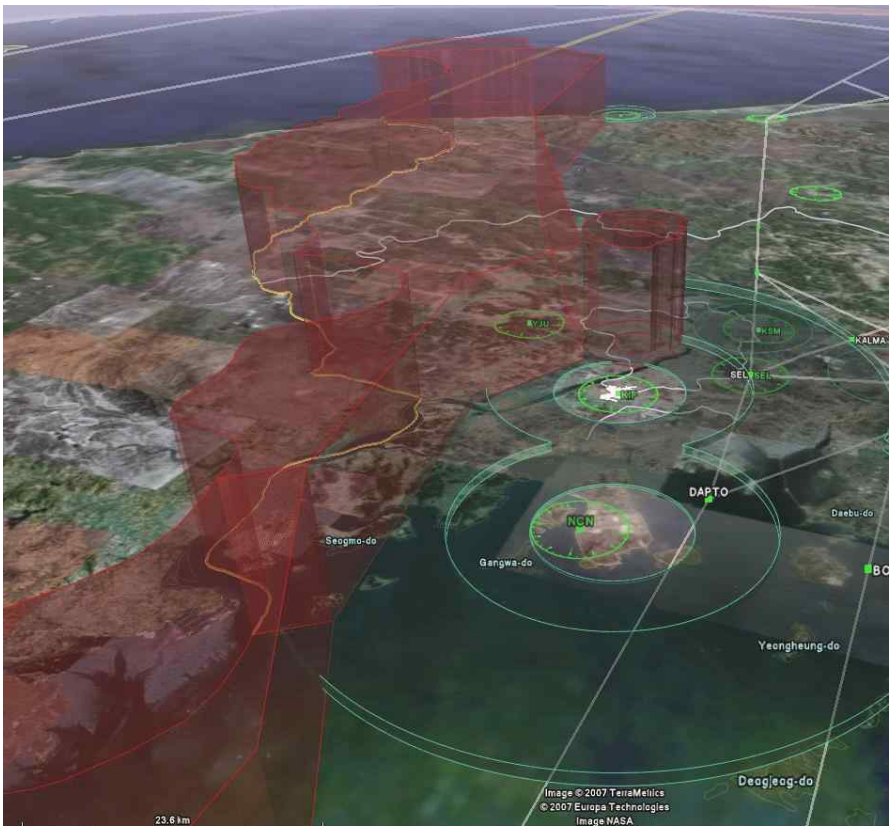
공중데이터를 모델링하기 위해서는 수치표고자료(DEM)의 수집이 우선되어야 한다. 수치표고자료를 기반으로 나머지 영역을 공중데이터로 모델링할 수 있다. 혹은, 수치표고자료에 건물, 전신주 등 실재하는 Feature들을 제외한 영역을 공중데이터로 모델링할 수도 있다.

<표 2-63> 항공 정보

구분	공간정보	레이어	설명
항공 정보도 (항공로)	제한고도	LT_L_AISROUTEU	항공사격. 대공사격 등으로 인한 위험으로부터 항공기의 안전을 보호하거나 그 밖의 이유로 비행허가를 받지 않은 항공기의 비행을 제한하는 육지, 영해상공에 설정된 일정범위의 고도
	항공로	LT_L_AISPATH	우리나라 항공로로 국제항공로 12개와 국내항공로 26개 구성됨
항공 정보도 (공역)	(UA)초경량비행장치공역	-	초경량비행장치공역
	경계구역	LT_C_AISALTC	대규모 조종사의 훈련이나 비정상 형태의 항공활동이 수행되는 공역(개수 20, 통제운영 : 국방부)
	공중급유구역	LT_C_AISRFLC	공중급유기가 연료보급이 필요한 전투기 등에게 급유를 위해 대기하거나, 직접 연료보급 임무를 수행 할 수 있도록 지정된 공역
	공중전투기동훈련장	LT_C_AISACMC	전투기에 탑재된 GPS 수신기 등을 통해 자세, 위치, 속도 정보 등을 통해 전투기동을 실시간으로 모니터링 할 수 있도록 설정된 훈련장
	관제권	LT_C_AISCTRC	비행장과 그 주변의 공역으로서 항공교통의 안전을 위하여 국토교통부 장관이 지정한 공역으로 통상 공항의 중심으로부터 5NM(9.3Km)반경으로 설정
	군작전구역	LT_C_AISMOAC	군사작전을 위하여 설정된 공역(개수 60, 통제운영 : 국방부)
	방공식별구역	LT_C_AISADZC	국가방위의 목적으로 육상과 해상에서 적군과 아군을 식별하기 위해 설정된 구역, 한국방공식별구역은 미공군 태평양사령부에서 극동지역 방위목적으로 1951년3월22일에 설정
	비행금지구역	LT_C_AISPRHC	안전. 국방상 등의 이유로 항공기의 비행을 금지하는 공역(개수 5, 통제운영 : 국방부)
	비행장교통구역	LT_C_AISATZC	비행장 교통의 보호를 위해서 비행장 주위에 설정한 일정한 범위의 공역
	비행정보구역	LT_C_AISFIRC	FIR(Flight Infromation Region)은 항공기의 안전하고 효율적인 비행과 항공기의 수색 또는 구조에 필요한 정보를 제공하기 위한 공역(면적 : 약 43만㎢)
	비행제한구역	LT_C_AISRESC	항공사격, 대공사격 등으로 인한 위험으로부터 항공기의 안전을 보호하거나 그 밖의 이유로 비행허가를 받지않는 항공기의 비행을 제한하는 공역(개수 60, 통제운영 : 국방부)
	위험구역	LT_C_AISDNGC	항공기의 비행 시 항공기 또는 지상시설물에 대한 위험이 예상되는 공역(개수 12, 통제운영 : 국방부)
	접근관제구역	LT_C_AISTMAC	항공기의 비행 시 항공기 또는 지상시설물에 대한 위험이 예상되는 공역(개수 12, 통제운영 : 국방부)
	훈련구역	LT_C_AISCATC	관제구의 일부에 속하는 구역으로서 비행장에 이착륙하는 계기비행 항공기의 체공 계기접근과 출발시의 강하 및 상승비행에 필요한 공역
항공 정보도 (시계비행)	수색비행장 비행구역	LT_L_AISSEARCHL LT_P_AISSEARCHP	수색비행장의 비행장주 구역 및 진출입 구역
	시계비행로	LT_L_AISVFRPATH LT_P_AISVFRPATH	P-73 인근지역에서 헬기가 시계비행을 할 경우 P-73 침범방지를 위해 지상의 저명한 지점을 연결하여 설정한 비행로
	한강회랑	LT_L_AISCORRID_YS LT_L_AISCORRID_GJ LT_P_AISCORRID_YS LT_P_AISCORRID_GJ	김포공항과 노들섬간을 운항하는 헬기를 위해 설정된 노들섬회랑과 용산헬기장(H264)에 입출항하는 헬기를 위하여 설정된 용산회랑
	헬기장	LT_P_AISHCSTRIP	헬기가 이착륙할 수 있도록 인가된 일정지역

국토교통부는 항공정보간행물(AIP)와 항공고시보(NOTAM)를 통해 비행금지구역 등 공역 관련 통합정보를 제공하고 있으며, 국민들이 이해하기 쉽도록 브이월드를 통해 관련 정보를 추가로 제공하고 있다.

2차원 Polygon 공간정보와 고도를 결합하면 공역에 대해 아래와 같은 3차원 공간정보로 확장이 가능하다.



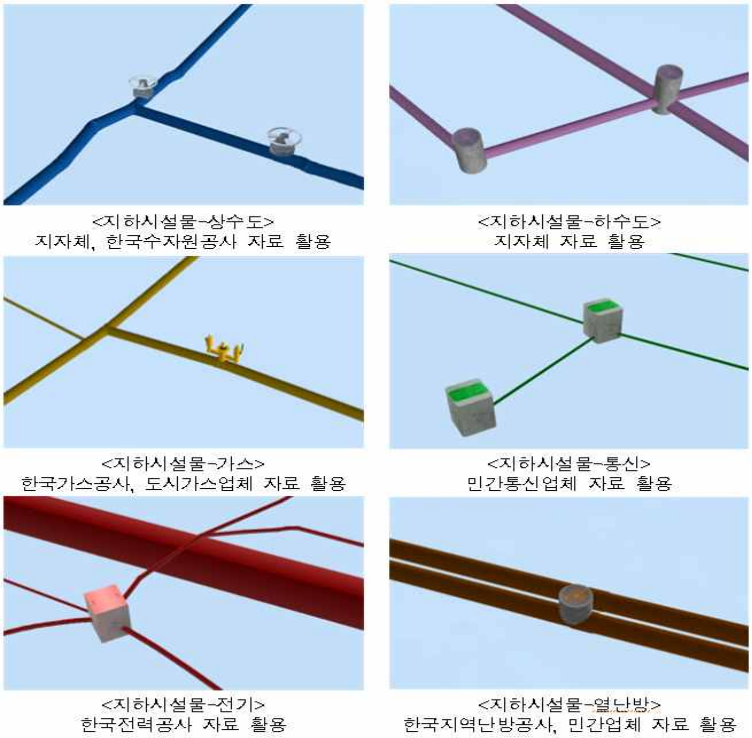
<그림 2-144> 3차원으로 확장한 2차원 공간정보

항공로와 공역 등의 항공정보 이외에도 다양한 센서정보들이 공중정보로 구축될 수 있다. 기상청에서 제공하는 동네예보정보조회서비스에서는 강수, 적설, 기온, 풍속, 풍량, 습도 등의 기상센서 정보 등을 제공하고 있다. 또한 정보를 제공하는 주기에 따라 단기예보, 실황, 초단기예보로 구분하고 있는데, 초단기실황의 경우 10분마다 최신정보로 갱신된다.

⑥ 지하데이터

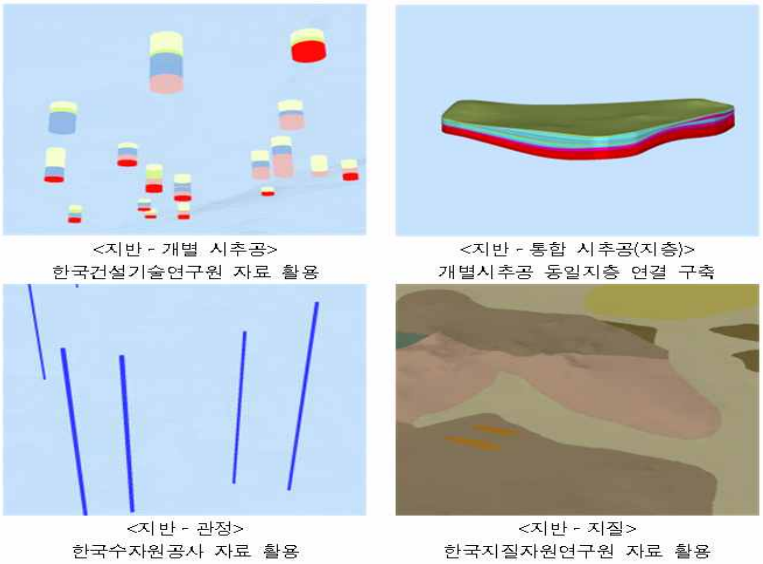
지하공간은 경제적 이용이 가능한 범위 내에서 지표면의 하부에 자연적 또는 인공적으로 조성된 일정공간을 일컫는다. 대부분의 지하시설물이 존재하고, 활용이 활발히 이루어지는 영역(지하 0~50m 이내)에 존재하는 지하정보를 지하공간정보로 정의한다.

지하공간정보는 상하수도와 같은 지하시설물, 지하철역사와 같은 지하구조물, 그리고 시추, 관정 지질 등으로 구성된 지반정보로 구분할 수 있다. 국토교통부는 전국적으로 발생하는 지반침하 현상 발생에 따른 범정부 지반침하예방대책의 일환으로 지하 공간정보 구축사업을 실시하고 있다. 특히 지하정보들은 관리기관별로 개별 관리되고 있어 지반침하에 대한 원인 분석이나 사전대책 수립 등 지하공간의 안전관리 업무에 활용하는 데는 한계가 있어 지하시설물(상 · 하수도, 통신, 난방, 전력, 가스) 6종, 지하구조물(공동구, 지하철, 지하보도/차도, 상가, 주차장) 6종, 지반(시추, 관정, 지질) 정보 3종 등 총 15개 정보에 대한 지하공간통합지도 구축을 2019년까지 계획하고 있다.



<그림 2-145> 지하시설물 데이터

출처 : 지하정보 활용지원센터



<그림 2-146> 지반 데이터

출처 : 지하정보 활용지원센터

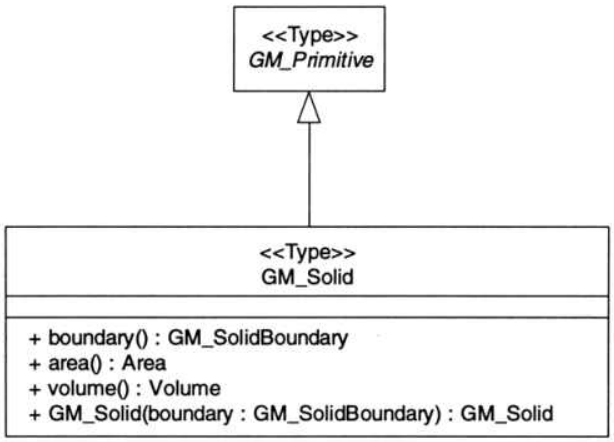
⑦ 기 구축 공간정보의 3차원 입체격자 변환방안 마련

국토교통부 공간정보오픈플랫폼(V-World)에서는 3차원 공간정보를 제공한다. 이 데이터는 LOD(Level of Details) 4, 0.25m 해상도를 지원하며, 다방향 멀티카메라(Pictometry) 촬영 후 PLW 소프트웨어에서 시설물의 3차원 정밀 입체묘사 및 3D모델이 제작되었다. 이 모델은 가시화를 위해 최적화된 공간정보로 3D 가시화를 위한 XDO파일과 텍스처 파일인 Nail

Texture(JPG) 파일을 포함한다. 3D 기하는 Boundary-Representation에 의해 삼각형 Set으로 구성된다.

<그림 2-147> V-World 3차원 공간정보 예제

국제표준을 준용하여 제정된 Geometry 표준, KS X ISO 19107에서는 3차원 공간정보(Solid)의 기하속성을 GM_SolidBoundary로 정의하고 있다. GM_SolidBoundary는 3차원 Surface의 집합이며, {X,Y,Z} 좌표로 구성된 다수의 Surface로 3차원 공간정보의 기하를 정의한다.



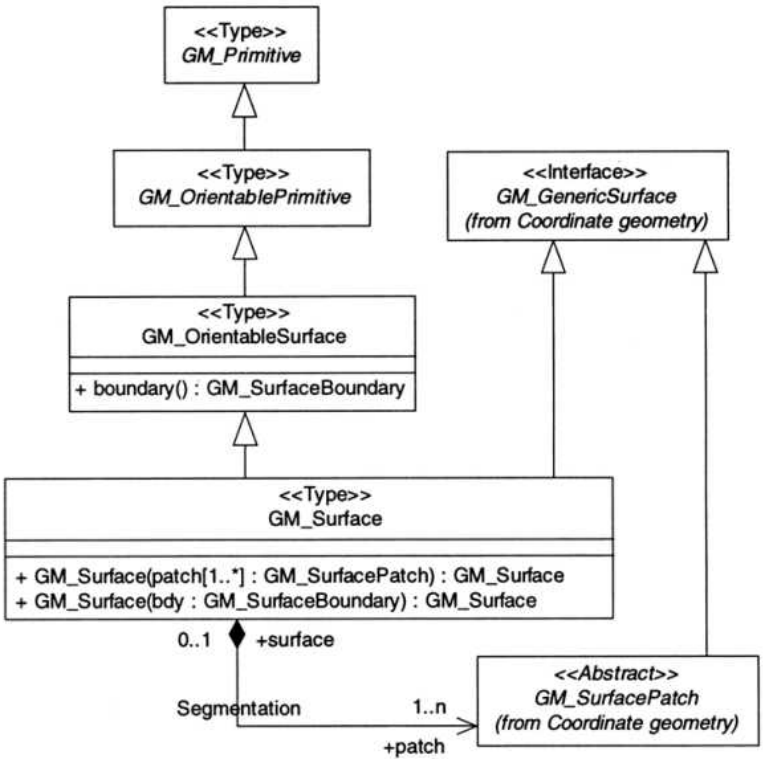
<그림 2-148> KS X ISO 19107 GM_Solid Model

브이월드의 3차원 공간정보를 제외하면 그간 정부부처 및 지자체에서 기 구축된 대부분의 공간정보는 2차원 기하를 가지고 있다. KS X ISO 19107에서는 2차원 공간정보(Surface)의 기하속성을 GM_CurveSegment로 정의하고 있다. GM_CurveSegment는 2차원 Curve의 집합이며, {X,Y} 좌표로 구성된 다수의 Curve로 2차원 공간정보의 기하를 정의한다.

이러한 2차원 공간정보와 3차원 공간정보의 특성을 기반으로 2차원 공간정보를 3차원 공간정보로 확장하기 위해서는 {X,Y} 구성되어 있는 공간정보에 Z값을 부여하고, 특정규칙에

따라 부피를 가지는 3차원 객체로 확장시킨다. 이러한 방법은 통상적으로 QGIS나 ArcGIS와 같은 GIS 툴에서 2차원 객체를 3차원 객체로 변환할 때 사용되는 방법이다.

이때 2차원으로 구축된 공간정보 중에서 일부 데이터는 3차원으로 확장할 수 있는 속성정보들을 가지고 있거나, 타 정보와 융합하여 3차원으로 확장될 수 있다.



<그림 2-149> 149 KS X ISO 19107 GM_Surface Model

<그림 2-150> 데이터 전처리

데이터 전처리 과정이 끝나면, 2차원 공간정보에 3차원 Z값을 부여한다. 대부분의 2차원 공간정보는 지표면을 대상으로 생산되므로 DEM(Digital Elevation Model)의 고도값을 이용하여 Z값을 부여할 수 있다. 고도값 Z가 부여되면, 앞서 언급한 바와 같이 3차원으로 확장할 수 있는 속성정보를 이용하여 부피를 가진 3차원 공간정보로 확장 가능하다. 아래의 표는 100종의 연속수치지형도에서 3차원 공간정보로 확장 가능한 속성정보를 가진 공간정보를 나열한 표이다.

⑧ 3차원 확장

원천데이터가 2차원 Polygon인 정보 중 많은 정보들이 높이값을 가지고 있다. 아래의 그림은 QGIS에서 2D Polygon 값을 가지는 육교와 높이 속성값, 그리고 DEM 정보를 이용하여 3차원으로 확장한 육교 공간정보에 대한 예시이다.

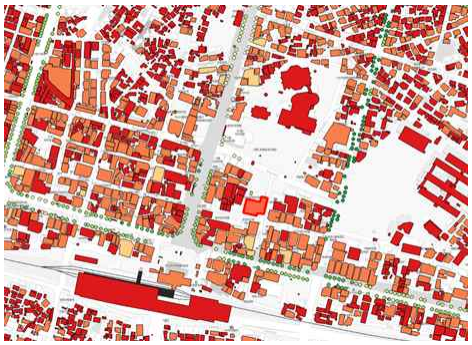
<2차원 공간정보 : 육교>

<3차원 공간정보 : 육교>

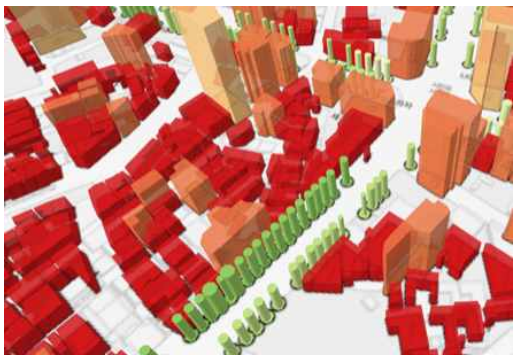
<그림 2-151> 2차원 공간정보와 3차원으로 확장한 공간정보의 비교

모든 공간정보가 높이 값과 같이 3차원 공간정보로 직접 확장할 수 있는 속성값을 가지고 있는 것은 아니다. 그러나 높이값을 보편적으로 계산할 수 있는 속성값을 가진 정보들이 존재한다. 예를 들어 수치지형도의 건물정보의 경우 2D Polygon 기하를 가지며 건물의 층수를 속성으로 가지고 있다. 통상적으로 건물의 층높이를 2m~3m 사이로 가정했을 때 층수별 3배수 값을 이용하여 3차원 정보로 확장할 수 있다.

이런 방식의 확장은 높이값이나 두께값과 같이 정확한 속성값으로 확장을 하는 것과 비교하여 정확도는 다소 떨어질 수 있으므로, 교통안전과 같이 정확한 정보가 필요한 서비스에서는 활용되어서는 안 된다. 다만 대략적인 정보만을 필요할 때는 정보의 가시성을 확보하기 위해 부분 활용될 수 있다.



<2차원 공간정보 : 건물과 가로수>



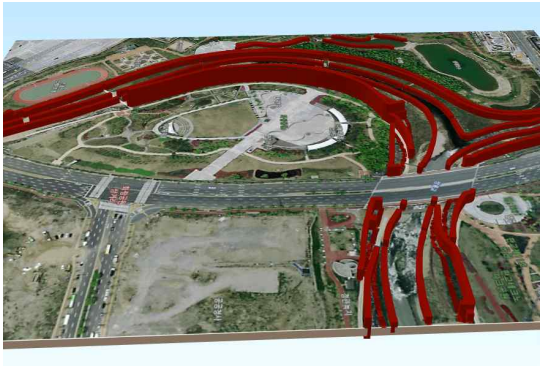
<3차원 공간정보 : 건물과 가로수>

<그림 2-152> 2차원 공간정보와 3차원으로 확장한 공간정보의 비교

2차원 Polygon 뿐 아니라 2차원 Line이나 Point도 3차원 공간정보로 확장될 수 있다. 아래

그림은 높이 값과 2차원 Line 값을 가지는 연속수치지형도의 '제방' 정보이다. 3차원 공간정보로 확장하기 위해 높이값을 이용하였으며, 제방의 두께는 일정값(3m)로 고정하여 생성하였다.

<2차원 공간정보 : 제방>



<3차원 공간정보 : 제방>

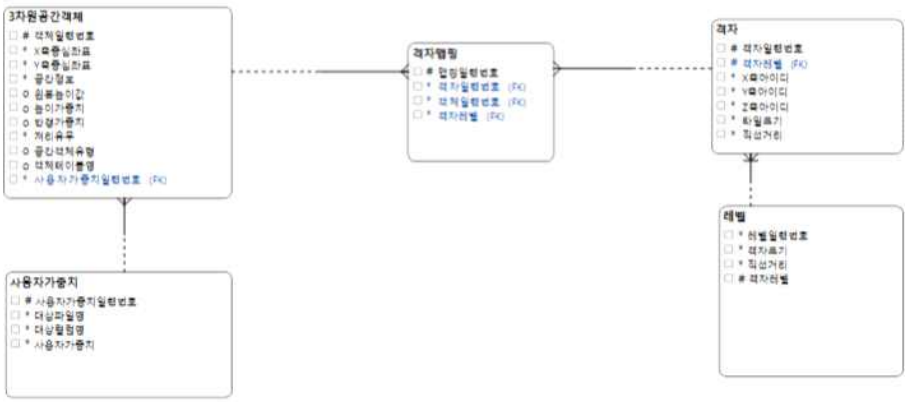
<그림 2-153> 2차원 공간정보와 3차원으로 확장한 공간정보의 비교

⑨ 입체격자 변환모델

이 사업의 공동연구기관에서 제안한 격자데이터는 대푯값 저장방식, 객체 저장방식으로 분류하며 다시 대표 Value, Value Stream, ID저장, Object 저장방식으로 분류하고 있다. 본 연구의 과업범위는 기 구축된 2차원 공간정보를 기반으로 3차원 입체격자 데이터로 변환하는 구에 해당되며, 이러한 방식으로 구축된 정보는 정확한 객체를 다루고 있지 않으므로 Object 저장방식은 적당하지 않으며, 또한 향후 데이터 활용측면에서 ID 저장방식이 유리하다.

따라서 본 연구에서는 우선적으로 ID 저장방식을 사용하되 향후 3차년도 연구를 진행하면서 대표 Value나 Value Stream의 전환이 가능한 형태로 데이터모델을 설계하였다. 객체 ID를 저장하는 방식은 객체의 가시화에 효과적일 수 있으며, 데이터 저장크기를 크게 줄일 수 있다.

본 사업에서 변환대상이 되는 입체 격자체계는 공동연구기관에서 제안한 격자모델을 기반으로 생성한다. 격자모델은 지구 중심좌표계를 기반으로 분할되며 최상위 격자의 크기를 36도로 설정하였다. 입체격자 데이터는 크게 객체Table, 입체격자Table, 객체-입체격자 Mapping Table로 구성된다.



<그림 2-154> 3차원 입체격자 논리모델

공간객체는 사용자가 요구하는 격자레벨로 분할되는데, 분할된 격자테이블은 위경도와 고도에 따라 격자ID들로 구성된다. 즉, 격자테이블은 좌표와 ID 간 변환 공식에 따른 격자 ID들을 가지며 실제 격자 Geometry를 보유하고 있지 않는다.

좌표와 ID간 변환

- Row = floor((latitude + 90) / cubesize) => -90 ~ 90으로 가정
- Col = floor((longitude+180) / cubesize) => -180 ~ 180으로 가정
- H = floor((height+2,000,000) / cubesizemeter

* cubesize = 36 / (2^level)
* cubemeter = (2πr / 360)* cubesize

<그림 2-155> 지구 중심 좌표계 사용 시 좌표와 ID간 변환

전체 입체격자체계는 타원체의 종류에 따라 격자의 크기가 다소 차이가 있지만, 전체 입체격자를 분할하고 ID를 부여하는 방식은 변함이 없다. 이러한 입체격자 체계에서 지상과 공중, 수중(바다 등)의 입체격자는 활용에 따라 우선 분류될 필요가 있다. 지상과 공중, 수중에 관한 입체격자는 데이터를 운용하는 기본 참조체계 격자가 된다.

예를 들어, 대기질에 관한 입체격자의 변화를 시뮬레이션 할 때 그 변화의 대상이 되는 격자는 지상이나 수중이 아닌 공중 격자 내에서 이루어져야 한다. 또한 항로의 경우 수중 입체 격자 내에서 이동되어야 하는데, 마치 자동차의 내비게이션이 도로 네트워크라는 참조체계에서 이동되어야 하는 것과 같다.

아래의 그림은 각 육지격자, 수중격자, 공중격자를 만들기 위해 필요한 정보들을 나열한 표이다. 격자의 고도를 결정하는 것은 평균해수면이므로 평균해수면을 기준으로 격자들이 생성된다. 수중격자는 전체 격자체계 중 평균해수면을 기준으로 수심정보에 따라 분류할 수 있으며, 육지격자는 전체 격자체계 중 DEM을 포함하여 지구중심으로 향하는 모든 격자, 그리고 수중격자 아래부터 지구중심으로 향하는 모든 격자의 합으로 분류할 수 있다. 마지막으로 공중격자체계는 전체 격자체계 중, 육지격자체계와 수중격자체계를 제외한 전체 격자에 해당된다.

육지격자체계	수중격자체계	공중격자체계
DEM	해수면	수중격자체계
수중격자체계	수심	육지격자체계
전체격자체계	전체격자체계	전체격자체계

<그림 2-156> 국토분류별 입체격자체계를 생성하기 위해 필요한 정보목록

국토 분류별 입체격자체계가 정의되면, 각 공간정보에 해당되는 입체격자들의 생성이 가능하다. 공간정보별 입체격자는 좌표값에 따른 ID 변환으로 생성할 수 있으며, 입체격자와 공간객체 간의 Intersection 연산으로도 생성이 가능하다.

볼륨을 가지는 모든 3차원 공간정보는 입체격자로 생성될 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이

볼륨으로 확장 가능한 속성을 지니는 모든 연속 수치지형도는 입체격자로 변환이 가능하다. 또한 제한고도를 속성으로 가지는 항공정보들도 공중 입체격자체계에서 입체격자로 변환이 가능하다.

반면, 볼륨을 가지고 있지 않는 2차원 공간정보의 경우도 입체격자로 생성될 필요가 있다. 예를 들어 도로주행 시 격자정보를 이용한다고 가정할 때, 도로와 같은 공간정보는 높이 값처럼 볼륨으로 확장될 수 있는 속성정보를 가지고 있지 않다. 따라서 지표면 상에 위치하는 격자들은 도로가 아닌 격자와의 연산을 처리하기 위해 어떤 격자들이 도로를 포함하고 있는지 여부를 저장하고 있을 필요가 있다. 즉, 기본 격자정보로 정의된 정보들은 2차원 공간정보라도 지표면상의 입체격자로 생성할 필요가 있으며, 따라서 사람들의 주요 이동공간이 되는 지표면상의 입체격자 다른 격자와 비교하여 좀 더 특별한 의미를 지닐 수 있다.

⑩ 목표시스템

3차원 입체격자 시스템 핵심 목표는 오프라인/온라인에 존재하는 다양한 유형의 파일, DBMS, Etc.종류의 데이터를 활용하여 3차원 입체격자와의 관계를 해석하고 이를 활용하기 위한 서비스에 데이터를 제공함을 목적으로 한다.

<그림 2-157> 시스템 개요

본 연구에서는 변환된 입체격자의 확인 및 데이터 검증을 위해 가시화 모듈을 개발하였다. 가시화 모듈은 오픈소스인 Cesium 환경에서 전체 격자체계를 구현하며, 공동연구기관의 입체격자체계를 반영하였다.

(7) 실시간 DB 연계 및 변환 기술 개발(G)

(가) 기존(객체기반)공간정보와 3차원 입체 격자 자동연동(연계)기능 개발

① 연구개발 배경

‘국가공간정보 기본법’에 따르면, “공간정보”란 지상, 지하, 수중, 수상 등 공간상에 존재하는 자연적 또는 인공적인 객체에 대한 위치정보 및 이와 관련된 공간적 인지 및 의사결정에 필요한 정보를 말한다. 즉, 공간정보는 사람의 주 생활공간인 지표면을 중심으로 지상공간정보, 해양 공간정보, 공중 공간정보로 구분할 수 있다. 그리고 이러한 공간정보들은 국토교통부, 해양수산부, 국방부 등과 같이 다양한 정부부처에서 생산, 활용하며, 이에 따라 다양한 시스템에서 공간정보를 제공하고 있다.

최근에는 국토교통부 공간정보오픈플랫폼에서는 3차원 공간정보를 제공한다. 이 데이터는 LOD(level of details) 4,025m 해상도를 지원하며, 다방향 멀티카메라 촬영 후 PLW 소프트웨어에서 시설물의 3차원 정밀 입체묘사 및 3차원 모델로 제작되었다.

3차원 공간정보는 현실세계를 정밀하게 구축할 수 있는 장점이 있으나, 많은 시간과 금전적 비용이 발생한다는 문제가 있으며, 새로운 건물이나 시설물이 구축할 때마다 빈번하게 3차원 공간정보를 구축하기에는 비용을 감당하기가 힘들다. 또한 데이터 사이즈가 커서 과거의 시스템 및 네트워크 환경에서는 데이터 관리 및 활용이 용이하지가 않았다.

2차원 공간정보는 현실세계의 3차원 공간정보를 차원 축소한 정보로서, 일반적인 지도정보 등이 이에 속한다. 2차원 공간정보는 3차원 공간정보보다 구축 시간과 금전적 비용이 훨씬 절약되며, 과거에는 2차원 공간정보만으로 많은 서비스에서 활용이 가능하였기에 대부분의 정부부처와 지방자치단체에서는 2차원 기하모형을 가지는 2차원 공간정보를 구축하여 왔다.

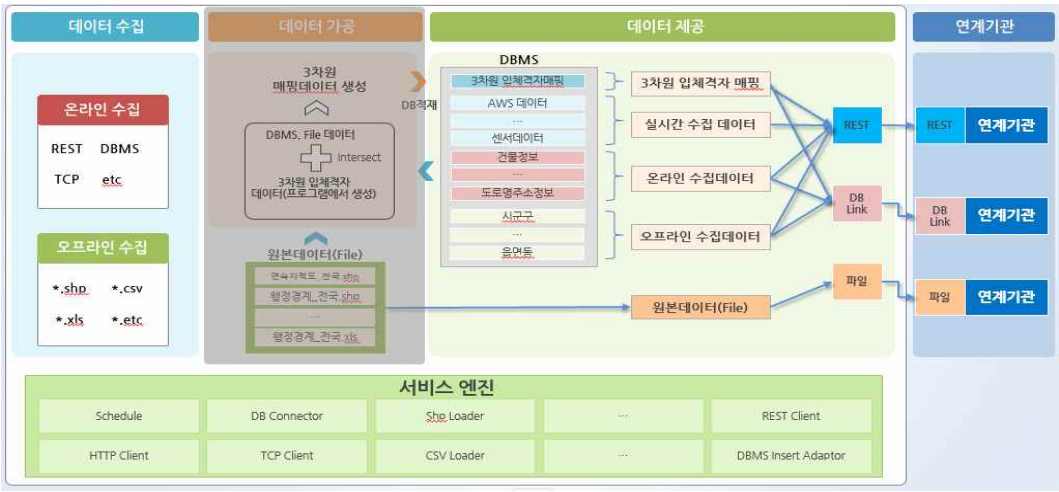
2차원 공간정보의 차원확장을 통해 3차원 공간정보를 생성할 수 있다. 2차원 공간정보를 3차원 공간정보로 확장하기 위해서는 {X,Y} 구성되어 있는 2차원 공간정보에 Z 값을 부여하고, 특정 규칙에 따라 부피를 갖는 3차원 개체로 확장시킨다. 이러한 방법은 통상적으로 지리정보체계(Geographic Information System, GIS) 툴에서 2차원 객체를 3차원 객체로 변환할 때 사용되는 방법이다.

이때, 2차원으로 구축된 공간정보 중에서 일부데이터는 3차원으로 확장할 수 있는 속성정보를 가지고 있거나, 타 정보와 융합하여 3차원으로 확장될 수 있다.

② 목표시스템

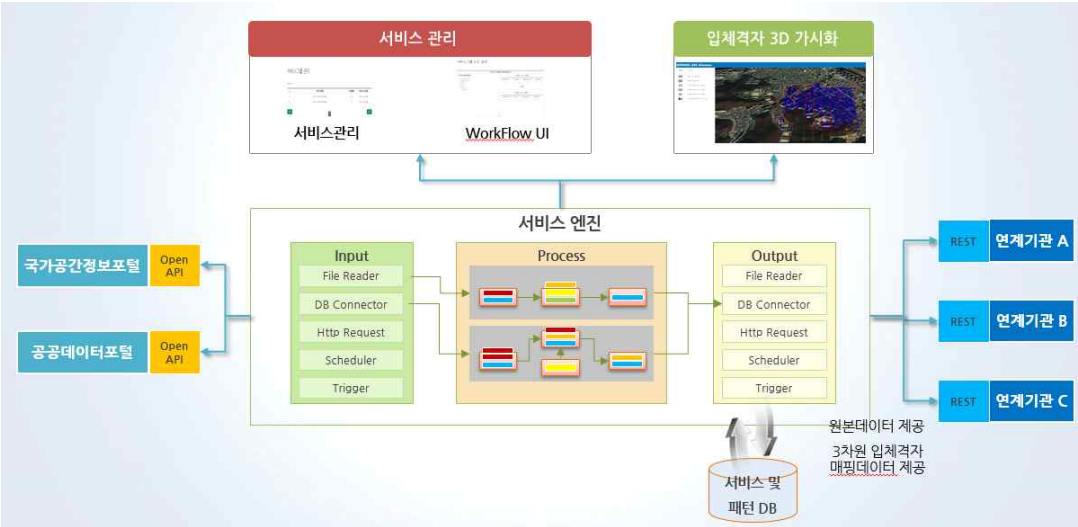
본 연구과제에서는 먼저 3차원 입체격자에서 활용될 수 있는 정보들을 수집하기 위해 개방형 공간정보 제공시스템으로부터 데이터를 연계·수집할 수 있는 시스템을 개발한다. 이 시스템의 핵심 목표는 오프라인/온라인에 존재하는 다양한 유형의 파일, DBMS, Etc.종류의

데이터를 수집하고 데이터 변환기술을 통해 가공된 데이터를 타 기관 서비스 활용할 수 있도록 다양한 공간, 속정 정보의 제공을 목적으로 한다.



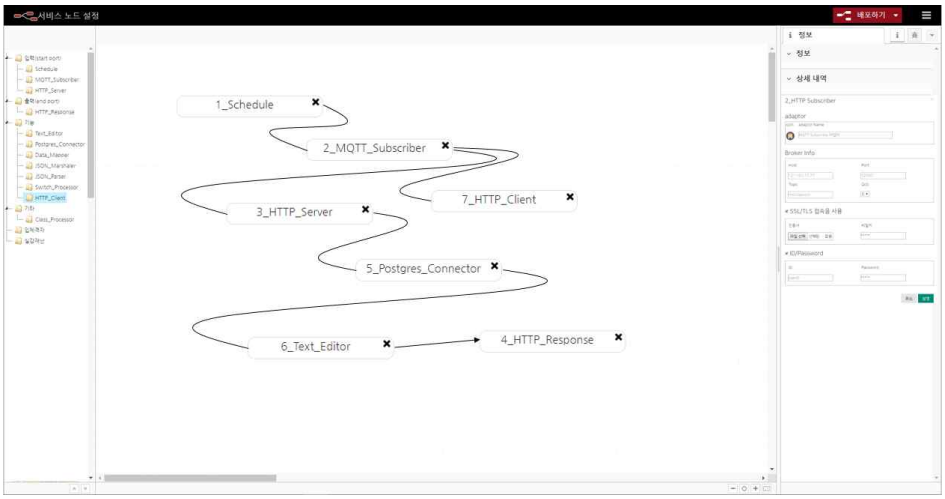
<그림 2-158> 목표 시스템 개념도

상기 시스템을 구현하기 위하여 개발 진행시 반드시 준수되어야 하는 각종 개발 환경 구성과 표준을 설명함으로서 개발자 및 관리자에게 일관성 있는 개발이 가능하도록 정의하였다. 코딩 표준화의 목표는 기본적으로 이해하기 쉬운 코드와 개발과 관리가 용이한 코드의 생산을 통해 전체적 개발 기간과 비용의 절감을 목표로 한다. 코딩표준화를 위해 시스템코드 명명규칙, 패키지 명명규칙, 프로그램 명명규칙 등을 정의한다.



<그림 2-159> 서비스 구성

이러한 시스템을 구현하기 위한 프로그램은 크게 IMF 정보관리 프레임워크와 TDS 3차원 입체격자 관리 시스템으로 분리하여 개발하였다. IMF(Information Management Framework) 정보관리 프레임워크는 어댑터(Adaptor) 기반의 시스템 간 정보 연계프레임워크이다. 또한 SGM(Service Group Management) 서비스그룹관리는 사용자가 사용하는 서비스를 묶어 배포 및 관리할 수 있도록 한다.



<그림 2-160> 서비스그룹 상세보기

TDS(Three Dimension Solid) 3차원 입체격자 관리 시스템은 3차원에 관련한 데이터, API, 메타데이터, 가시화 등을 통합한 관리 시스템이다. 특히 3차원에 관련한 데이터 제공을 위하여 DSA(Data Support API)는 TDS 시스템에 속해 있는 데이터 제공 API 관리를 위한 프로그램을 구현한다. 데이터 제공 API를 사용하기에 앞서 API사용 규칙, 코드 정의, 테스트 계정에 대한 정보를 제공한다.

코드분류값	코드분류명	코드값	코드명	비고
result	요청결과	SUCCESS	성공	
		FAIL	실패	
resultCode	요청결과코드	ERR_SYSTEM	시스템오류	
		ERR_AUTH	인증오류	
		ERR_DATA	데이터처리오류	
		ERR_LIMIT_DATA	데이터 요청건수초과	
		ERR_NOT_EXIST_TABLE	존재하지않은테이블오류	

<그림 2-161> 데이터 제공 API 사용 규칙 및 코드 정의

③ 공간정보 연계 및 메타데이터 정보 제공

표준화 된 규칙에 의거 이 시스템은 크게 데이터를 연계 · 수집하는 기능과 수집된 데이터를 입체격자 서비스 개발기관에 제공하는 기능을 수행한다. 약 1,000여종의 공간정보를 수집하였으며, 메타데이터 서비스를 통해 공간정보에 대한 메타정보를 제공하고, 공간정보를 공유한다.

<그림 2-162> 공간정보 연계 및 메타데이터 정보 제공

MDM(Meta Data Management)는 TDS 시스템에 속해 있는 메타데이터 관리를 위한 프로그램이다. 1,000건 이상의 메타데이터들을 효율적으로 제공하기 위한 프로그램으로, 간편하게 메타데이터들을 제공한다. 각 데이터의 날짜, 가공여부, 좌표계, 제공 범위 및 제공여부 등에 대하여 조회할 수 있으며, 사용자는 조회한 상세항목을 통해 사용자의 요구에 맞는 데이터를 다운로드 받을 수 있다.

<그림 2-163> 메타데이터 정보제공 및 데이터 공유

공간정보는 우선 사이트링크 방식을 통해 데이터를 공유한다. 사이트링크 방식은 연계 대상 플랫폼을 URL 링크로 연결하여 대상 플랫폼에서 직접 데이터를 제공하고 관련 기능을 수행하도록 하는 연계 방법이다.

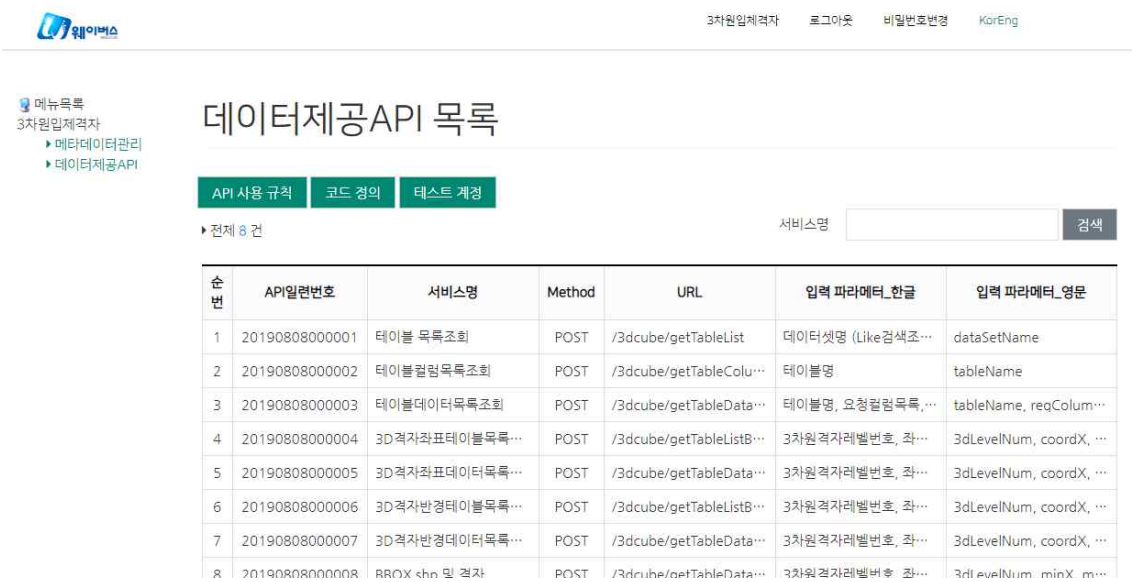
데이터셋 관리번호	TTB_201907001305
데이터 원본여부	가공
공간객체유형	POLYGON
DB데이터 제공여부	제공
격자 매핑 처리 상태코드	
데이터 제공범위	서울시범지역
Z값 적용 유형코드	DEM 실제값
CBR데이터 제공여부	제공
좌표계번호	EPSG:5181
FTP경로	001.국가공간정보포털/2019년07월/TTB_201907001305_도로명주소 건물(서울시범지역).zip
조직	
카테고리1	
카테고리2	
카테고리3	
데이터셋명	도로명주소 건물(서울시범지역)
저장데이터셋명	도로명주소 건물(서울시범지역)
데이터 유형	
데이터 설명	
데이터 리소스일자	
갱신주기	
구축범위	
데이터 좌표계	
데이터 포맷	
데이터 정의서	
수집링크	
등록자	admin

<그림 2-164> 데이터셋 상세정보

④ 데이터 API 제공

사이트링크 방식은 연계 시스템의 다양한 정보를 직접 받을 수 있으나 연계 시스템에 대한 접근성이 낮다. 사이트링크 방식의 장점은 시스템별로 다양한 서비스와 정보를 이용할 수 있고 또한 서비스와 정보 관리가 간편하다는 점이 있지만, 사용자 측면에서 다른 시스템에 접속해야 하는 불편함과 사용자의 서비스 및 한정적인 정보선택 등의 문제점이 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 공간정보는 OpenAPI 방식을 통한 데이터 공유방식도 제공하였다. OpenAPI 연계란 웹서비스가 활성화되면서 거론된 개념으로 공개된 표준 데이터 포맷을 이용하여, 플랫폼 사업자와 서드파티 간의 데이터 통신을 통해 기능을 추가할 수 있는 개념이다.



<그림 2-165> 데이터 제공 API목록

OpenAPI를 통해 제공되는 인터페이스는 총 8가지이다. 국제표준인 Web Feature Service 등에서 널리 사용되는 인터페이스를 구현하였으며, 입체격자를 호출하기 위한 API를 추가하였다. 수집된 공간정보를 제공하기 위해 아래와 같은 인터페이스를 제공한다.

<표 2-64> 제공되는 인터페이스

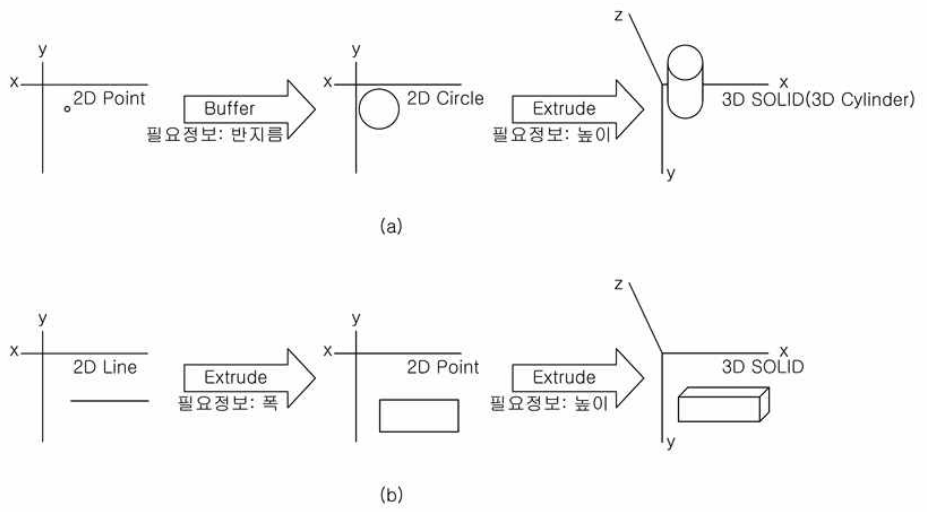
서비스명	Method	URL	입력 파라미터_한글	설명
테이블 목록조회	POST	/3dcube/getTableList	데이터셋명 (Like검색조건으로 사용)	메타데이터 테이블목록을 제공
테이블컬럼목록조회	POST	/3dcube/getTableColumnList	테이블명	테이블명에 해당하는 컬럼목록을 제공
테이블데이터목록조회	POST	/3dcube/getTableDataList	테이블명,요청컬럼목록, 필터조건	테이블명에 해당하는 데이터목록을 제공
3D격자좌표 테이블목록조회	POST	/3dcube/getTableListByCoord	3차원격자레벨번호, 좌표X, 좌표Y, 좌표Z	좌표정보로 3차원 입체격자방에 포함된 테이블정보 제공 (테이블명, 데이터셋명) 목록 제공
3D격자좌표 데이터목록조회	POST	/3dcube/getTableDataLIstByCoord	3차원격자레벨번호,좌표X, 좌표Y,좌표Z,테이블명,요청 컬럼목록, 필터조건	좌표정보와 테이블정보로 3차원 입체격자방에 포함된 테이블의 데이터목록을 제공
3D격자반경 테이블목록조회	POST	/3dcube/getTableListByRadius	3차원격자레벨번호, 좌표X, 좌표Y, 좌표Z, 반경	좌표정보와 반경정보로 반경에 포함되는 3차원 입체격자방 및 각 방별 테이블목록 제공
3D격자반경 데이터목록조회	POST	/3dcube/getTableDataListByRadius	3차원격자레벨번호, 좌표X, 좌표Y, 좌표Z, 반경, 테이블명	좌표정보, 반경정보 및 테이블 정보로 반경에 포함되는 격자방별 테이블 데이터목록을 제공
BBOX shp 및 격자	POST	/3dcube/getTableDataListAndCubeByBbox	3차원격자레벨번호, 좌표X최소값, 좌표X최대값, 좌표Y최소값, 좌표Y최대값, 테이블명	BBOX 정보와 테이블정보로 BBOX영역에 포함되는 공간정보객체정보와 Intersection된 Cube 목록 제공

<그림 2-166> 데이터제공 API 상세보기

(나) 실시간 DB변환기술 개발

① 입체격자 DB 변환

3차원 입체격자 데이터를 생성하기 위해서 항목별 3차원 지리정보체계(GIS) 데이터(입체) 생성을 위한 규칙을 정의한다. 아래의 그림은 항목별 3차원 지리정보체계 입체 데이터 생성을 위한 규칙 정의를 나타낸 샘플이며, 기하를 확장하는 방법은 기존 공간정보 분야에서 널리 사용되고 있는 방법을 활용한다.



<그림 2-167> 기본 기하 확장 예시

3차원 지리정보체계 입체 데이터 생성을 위한 규칙은 개방형 2차원 지리정보체계 데이터의 특성을 분석하여 부피를 가지는 입체의 3차원 지리정보체계 데이터로 생성하기 위한 규칙을 말한다. 일반적으로 국토교통부를 포함하여 대부분의 정부부처에서는 2차원 기반의 지리정보체계 데이터를 생산하고 개방하고 있으며, 이러한 2차원 지리정보체계 데이터를 변환하여 3차원 지리정보체계 입체 데이터로 변환하는 방법을 사용한다. 여기에서 개방형 2차원 지리정보체계 데이터는 x,y 좌표들의 나열로 구성되며, 3차원 지리정보체계 데이터는 x,y,z 좌표들의 나열로 구성된다. 그리고 3차원 지리정보체계 입체 데이터는 부피를 갖는 3차원 지리정보체계 데이터를 말한다.

(a)에서 예시하는 바와 같이, 먼저 x,y로 표현되는 2차원 포인트가 주어질 수 있다. 이 경우, 반지름이 제공되면, 2차원 포인트를 원으로 변환한다. 추가적으로 높이가 제공되는 경우에는 변환된 원을 3차원 솔리드(3차원 실린더)로 변환한다. 또한, (b)에서 예시하는 바와 같이, x,y로 표현 가능한 2차원 선이 주어질 수 있다. 이 경우, 폭이 제공되면 2차원 선을 2차원 사각형으로 변환한다. 추가적으로 높이가 제공되는 경우에는 변환된 사각형을 3차원 솔리드(3차원 육면체)로 변환한다. 다시 말해서, 최초의 2차원 지리정보체계 데이터에 따른 항목이 정의되고, 항목에 따라 2차원 지리정보체계 데이터를 3차원 지리정보체계 입체 데이터로 변환하는 규칙이 정의될 수 있다.

상술한 규칙에 따라 생성되는 모든 객체는 z값이 최초 0으로 설정된다. 다시 말해서, 산에 있는 객체와 해안가에 있는 객체가 모두 동일한 선상에 위치할 수 있으며, 후처리를 통해 지형에 따라 z값을 조정할 수 있다.

아래의 표는 정부부처에서 개방하는 2차원 지리정보체계 데이터의 3차원 지리정보체계 입체 데이터 생성 규칙을 정의하는 예를 나타낸다. 같은 기하타입을 가진 지형지물이라도 지형지물의 특성에 따라 3차원 SOLID로 확장하는 방법이 다르며, 이를 위해 지형지물별 확장 규칙을 미리 정의한다.

<표 2-65> 3차원 SOLID확장을 위한 사용자 정의 값 예시

개방형 데이터			옵션	비고
공간정보명	공간정보 유형	높이		
비석/기념비	2D Point	높이	디폴트 반지름: 1m	extrude(buffer(2D Point, 1), 높이)
폭포	2D Point	높이	디폴트 반지름: 10m	extrude(buffer(2D Point, 10), 높이)
독립수	2D Point	높이, 직경		extrude(buffer(2D Point, 직경), 높이)
용수로	2D Line	폭	디폴트 반지름 : 3m	extrude(extrude(2D Line, 3), 높이)
제방	2D Line	높이	디폴트 반지름 : 3m	extrude(extrude(2D Line, 3), 높이)
지하도	2D Polygon	높이		extrude(2D polygon, 높이)
육교	2D Polygon	높이		extrude(2D polygon, 높이)
입체교차부	2D Polygon	높이		extrude(2D polygon, 높이)
터널	2D Polygon	높이		extrude(2D polygon, 높이)
건물	2D Polygon	층수	1층 당 높이: 3m	extrude(2D polygon, 높이*3)
댐	2D Polygon	높이		extrude(2D polygon, 높이)

즉, 공간정보별로 개방형 2차원 지리정보체계 데이터(2차원 포인트 또는 2차원 선 또는 2차원 다각형)가 달라질 수 있다. 그리고 공간정보별로 높이 및 옵션이 정의될 수 있다. 독립수 데이터와 같이 필요한 값(예를 들어 직경)이 있는 경우 그 값이 그대로 활용되나, 폭포 데이터와 같이 필요한 값이 없는 경우에는 적절한 값이 미리 디폴트로 지정하여 사용될 수 있다. 또한, 건물의 경우 필요한 값(예를 들어 높이)이 없더라도, 대략적으로 높이를 유추할 수 있다면(예를 들어 층수), 유추 가능한 계산 값이 디폴트로 지정되어 사용될 수 있다(예를 들어 층수 별 높이를 3m로 계산 가능함). 2차원 지리정보체계 데이터 각각에 특정의 규칙을 맵핑하여, 2차원 지리정보체계 데이터와 3차원 지리정보체계 입체 데이터 변환 옵션이 조합된 데이터 셋을 생성할 수 있다.

2.5D의 지형지물에 Z값을 할당하기 위해서는 수치표고모델(Digital Elevation Model, DEM) 데이터 파일을 활용한다. 지형 기본도 상에서의 표고 데이터의 디지털과 동등한 격자형태의 규칙적인 공간 간격으로 기록되고, 사변형에 의해 조직된 지형고도에 관한 파일을 지칭할 수 있다. 입력 받은 수치표고모델 데이터 파일을 파싱한다. 구체적으로 3차원 입체 격자 기반 지리정보체계 데이터 변환 시스템은 입력 받은 수치표고모델 데이터 파일을 컴퓨터가 이해할 수 있는 데이터로 분해하고 파싱한다.

그리고 2차원 지리정보체계 데이터의 평면좌표와 수치표고모델 데이터의 중첩을 분석한다. 2차원 지리정보체계 데이터는 고도값(z값)을 가지고 있지 않기 때문에 3차원 지리정보체계 데이터로 변환하기 위해 z값을 매칭하여야 한다. 따라서 2차원 지리정보체계 데이터에 z값을 매칭하기 위해 높이값을 가지는 수치표고모델 데이터와 중첩을 분석한다.

수치표고모델은 다양한 형태(예를 들어, 경사도, 고도, 인구수)로 z값을 가질 수 있다. 따라서 특정의 좌표에 대응하는 z값을 추출하기 전에, 2차원 지리정보체계 데이터의 평면 좌표와 중첩되는(일치하는) 수치표고모델 데이터를 분석한다. 그리고 분석 결과에 기초하여 2차원

지리정보체계 데이터의 평면좌표와 중첩되는 수치표고모델 데이터의 고도값(z값)을 추출한다. 다시 말해서 중첩 분석을 통해 2차원 지리정보체계 데이터의 평면좌표가 위치한 지형의 고도값을 수치표고모델 데이터로부터 추출할 수 있다.

(a)

(b)

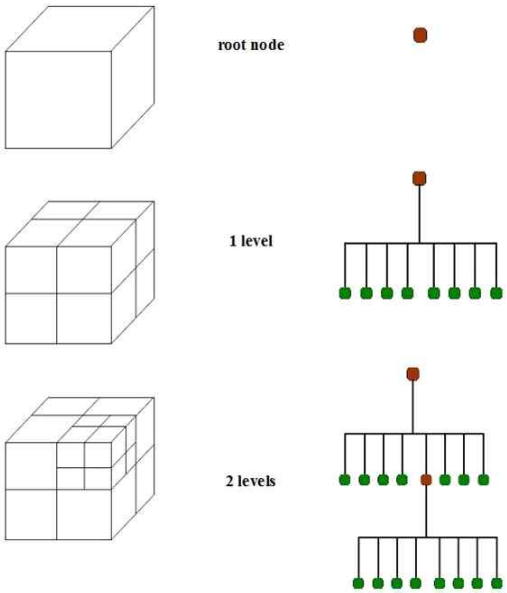
<그림 2-168> QGIS를 활용한 DEM 데이터의 3D확인

위 그림은 2차원 지리정보체계 데이터에 수치표고모델 데이터를 적용한 예시이다. (a)는 고도값이 적용되지 않은 2차원 지리정보체계 데이터이며, (b)는 수치표고모델 중첩분석을 통해 2차원 지리정보체계 데이터에 고도를 적용한 예시이다.

2차원 지리정보체계 데이터의 평면좌표에 고도값을 추가하여 2차원 지리정보체계 데이터를 3차원 지리정보체계 데이터로 변환한다. 2차원 지리정보체계를 통해 생산된 객체는 0의 z값을 갖는다. 따라서 x,y로 표현되는 2차원 지리정보체계 데이터에 고도값을 부여하여 x,y,z으로 표현되는 3차원 지리정보체계 데이터를 생산한다. 2차원 지리정보체계 데이터에 3차원 지리정보체계 데이터 변환 규칙과 수치표고모델 중첩분석에 따른 고도 값을 적용하여 입력된 2차원 지리정보체계 데이터를 부피를 갖는 3차원 지리정보체계 입체 데이터로 변환한다.

본 시스템에서는 2차원 선에 3차원 지리정보체계 데이터 변환 규칙(폭 및 높이)을 적용하여 부피를 갖는 3차원 입체 객체를 생산하고, 생성된 3차원 입체 객체에 수치표고모델로부터 추출한 고도를 적용하여 3차원 지리정보체계 입체 데이터를 생산한다. 이 때 공동연구기관에서 정의한 3차원 격자레벨을 준용하는데, 3차원 입체격자의 레벨은 다양하게 적용될 수

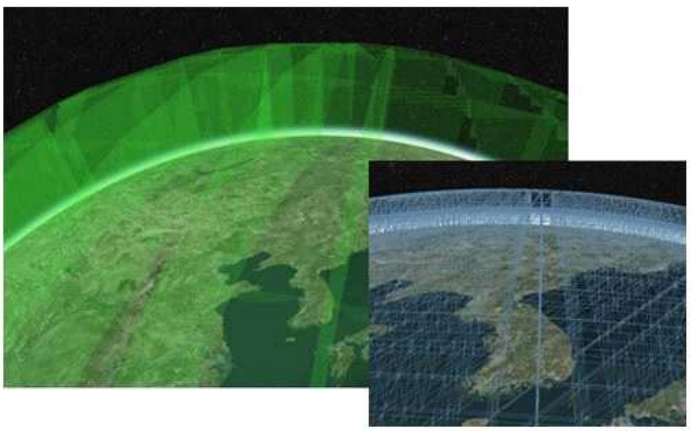
있다. 아래의 그림은 3차원 격자 레벨 정의 과정을 나타낸다.



<그림 2-169> 입체격자의 레벨

3차원 격자 레벨 정의를 위해, 먼저 옥트리(Octree) 기반으로 지표면을 복수개의 격자로 분할한다. 지표면은 무수히 많은 제 1레벨의 격자로 분할될 수 있으며, 제 1레벨의 격자 중 일부는 필요에 따라 8개의 제 2레벨 격자로 분할될 수 있다. 또한, 제 2레벨 격자의 일부는 필요에 따라 8개의 제 3레벨 격자로 분할될 수 있다.

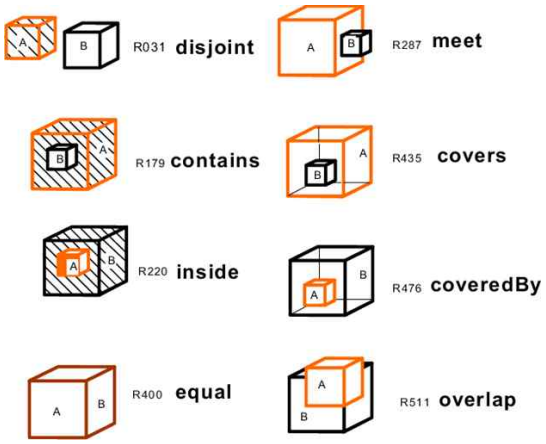
3차원 입체격자 기반 지리정보체계 데이터 변환을 위해 레벨별 격자를 생성한다. 다시 말해서, 3차원 입체격자 기반 지리정보체계 데이터 변환은 3차원 격자 레벨을 정의하고, 3차원 격자의 공간 범위를 정의하고, 각 3차원 격자별 인덱스 생성 규칙을 마련하여 지표면을 나누는 수많은 레벨별 격자를 생성할 수 있다. 아래 그림은 정의된 레벨에 따라 전 지구를 3차원 격자로 생성한 결과의 일부를 예시한다.



<그림 2-170> 지구전역에 대한 3차원 입체격자화 화면

3차원 입체격자 기반 지리정보체계 데이터 변환은 전 지구를 기계적으로 나눈 3차원 입체

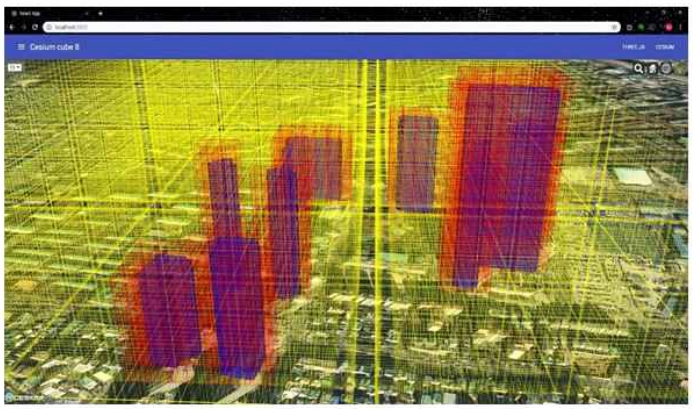
격자 데이터에 3차원 지리정보체계 입체 데이터를 매핑하기 위한 교차 연산을 수행한다. 아래 그림은 3차원 지리정보체계 입체 데이터와 3차원 입체격자 데이터의 교차연산 시나리오를 나타낸다. 여기에서 A는 3차원 지리정보체계 입체 데이터이고, B는 3차원 입체격자 데이터를 나타낼 수 있다. 3차원 입체격자 기반 지리정보체계 데이터 변환은 disjoint 연산을 제외한 교차 연산을 수행하여 3차원 지리정보체계 입체 데이터와 겹치는 3차원 입체격자 데이터를 찾을 수 있다.



<그림 2-171> 공간연산

3차원 입체격자 기반 지리정보체계 데이터 변환은 3차원 지리정보체계 입체 데이터와 3차원 입체 격자 데이터 간 매칭 테이블을 생성한다. 구체적으로 3차원 입체격자 기반 지리정보체계 데이터 변환은 3차원 지리정보체계 입체 데이터와 3차원 입체격자 데이터 간 교차연산을 통해 두 데이터간 매칭을 수행하고, 이를 테이블화 한다.

아래는 교차 연산 과정에서 필요하거나 생성되는 데이터를 가시화한 예시를 나타낸다. 예시하는 노란색 격자는 전 지구에 대한 17레벨 3차원 입체격자이고, 파란색 격자는 2차원 지리정보체계 데이터에서 생성된 3차원 지리정보체계 입체 데이터이다. 그리고 빨간색 격자는 노란색의 3차원 입체 격자와, 파란색의 3차원 지리정보체계 입체 데이터 간 교차 분석을 통해 매칭되는 가시화된 격자의 예시이다.

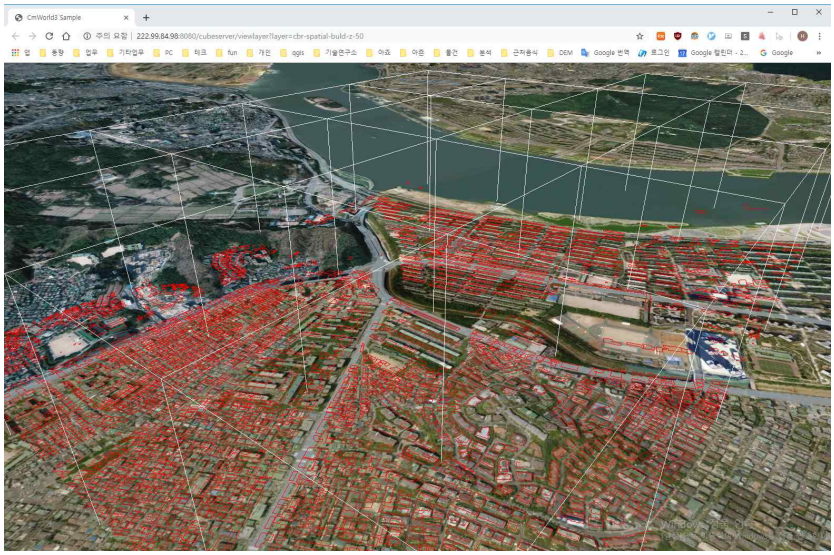


<그림 2-172> 건물데이터와 매칭된 3차원 입체격자

② CBR 변환

CBR 파일은 씨엠월드에서 입체격자 가시화의 속도향상을 위해 개발된 독자적인 데이터 포맷이다. CBR 데이터는 형태에 따라 크게 Raster, Vector, Spatial 등 세 가지 형식으로 분류되며, 파일 확장자는 형식별 구분 없이 cbr로 통일하여 사용한다. 본 연구에서는 타 세세부에서 씨엠월드의 엔진을 활용한 서비스를 개발하기 위해 수집된 데이터 중 일부를 CBR 파일포맷으로 변환하여 제공한다.

아래의 가시화 화면은 안양시 일대의 특정 격자 범위에 대한 CBR데이터를 가시화 한 예시이다. 본 연구에서는 개방형 공간정보 제공시스템으로부터 2차원 공간정보인 Shape파일을 획득한 후, DEM 공간정보와 중첩하여 Z값을 가지는 3차원 공간정보 Shape으로 변환하였으며, 씨엠월드에서 개발한 SDK를 활용하여 CBR데이터로 변환하였다. Shape파일은 씨엠월드에서 정의한 Spatial의 형태에 해당되며, 반면 Vector데이터는 3ds파일을 통해 변환할 수 있으며, 텍스쳐 정보를 포함한다.

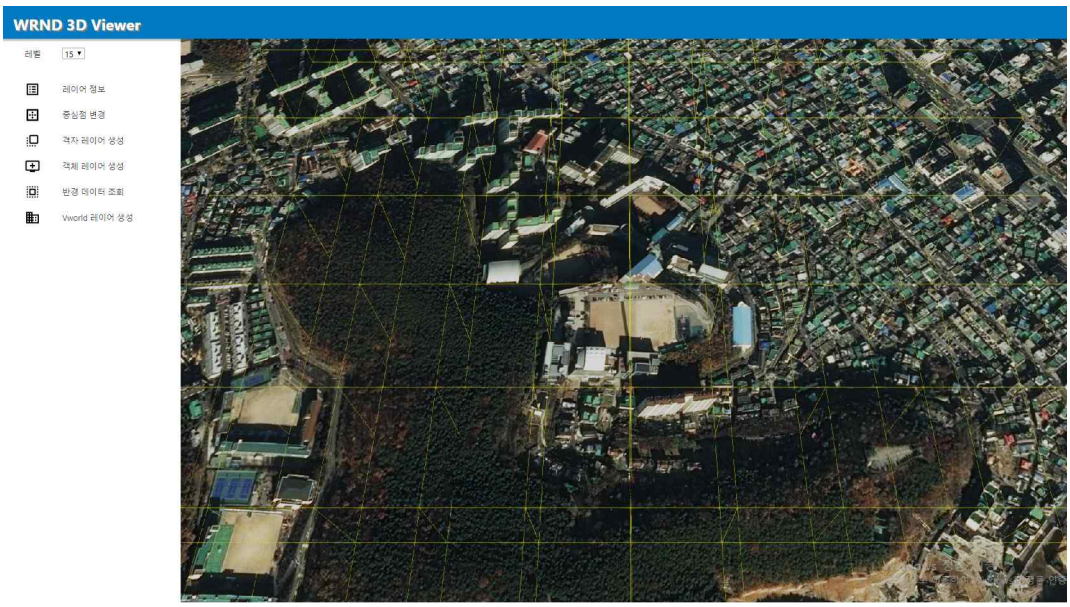


<그림 2-173> CBR변환 데이터 가시화

③ 가시화

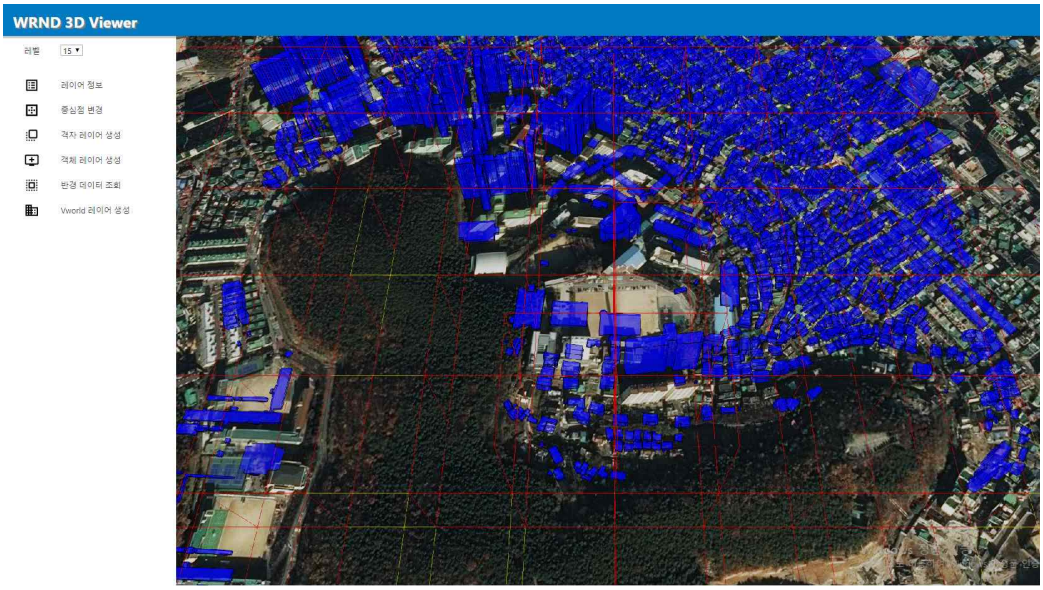
본 연구과제는 3가지 목적에 의해 3차원입체격자 변환모델에 대한 가시화 기능을 구현하였다. 첫째, 연계/변환한 데이터의 확인을 위함이다. 공간정보를 변환할 때 유실되거나 오류처리된 데이터를 확인하기 위해서는 가시화된 데이터에 대한 직접적인 확인이 필요하다. 둘째, 다양한 플랫폼에서 활용 가능한 모델의 검증을 위함이다. 3차원 입체격자 변환모델은 특정 시스템에 종속적이지 않으며, 이를 위해 오픈소스인 cesium과 javascript 기반으로 가시화화면을 구현하여 상기 데이터를 가시화 할 수 있는지를 확인하였다. 셋째, 개발한 RestAPI의 활용성 검증 및 활용사례 제공이다. 본 연구에서는 입체격자데이터를 제공하기 위해 RestAPI를 제공하고 있으며, 가시화를 위한 데이터를 호출하기 위해 개발한 RestAPI를 활용하였다.

아래의 가시화 화면은 안양시 일대에 대해 15레벨의 기본격자를 매시업 한 화면이다. 화면에 보이는 노란색 격자가 15레벨의 기본격자이다.



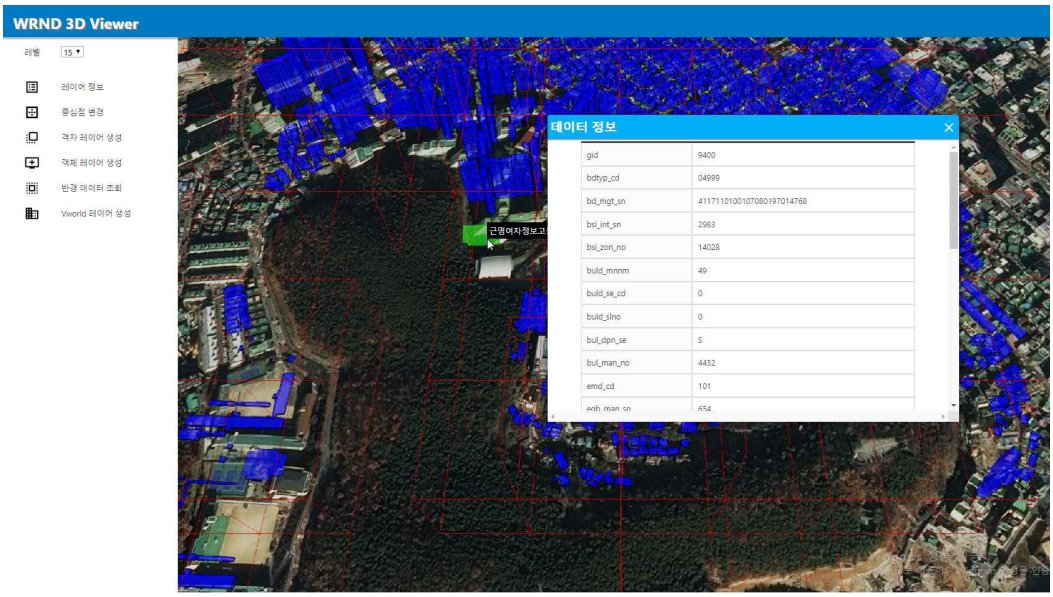
<그림 2-174> 15레벨 기본격자 가시화 화면(안양시)

아래의 가시화 화면은 2차원 새주소 건물을 확장한 3차원 객체를 매시업한 화면이다. 화면에 보이는 파란색 격자가 건물 객체이며 빨간색 격자는 건물과 중첩되는 격자를 가리킨다.



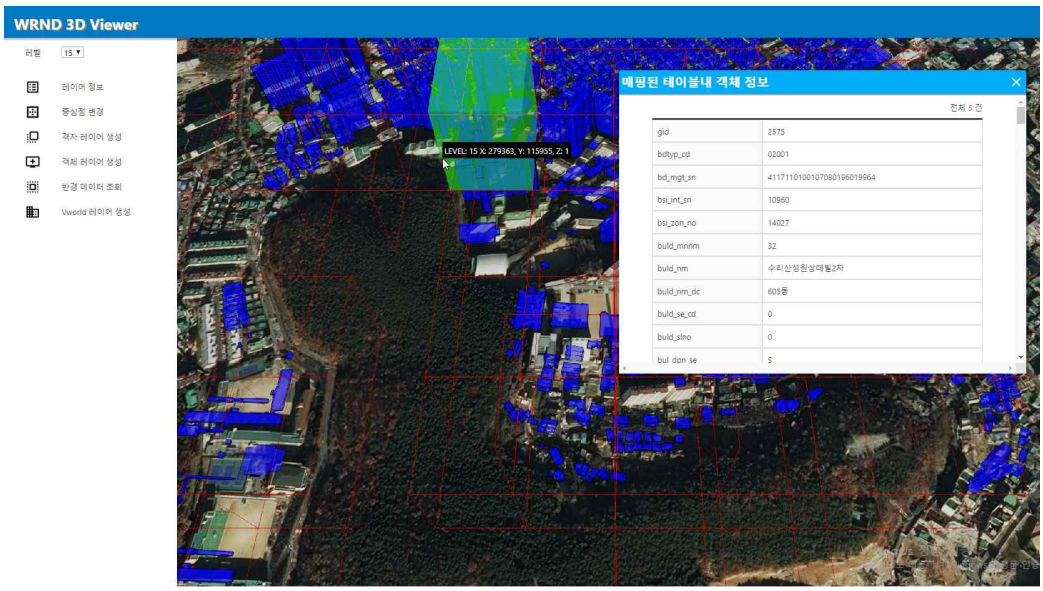
<그림 2-175> 3차원 건물데이터와 교차하는 15레벨 기본격자 가시화 화면(안양시)

아래의 가시화 화면은 객체의 속성정보를 확인하는 가시화 화면이다. 건물객체를 선택하면 건물객체가 초록색으로 활성화되면서 말풍선 창과 속성창이 표시된다.



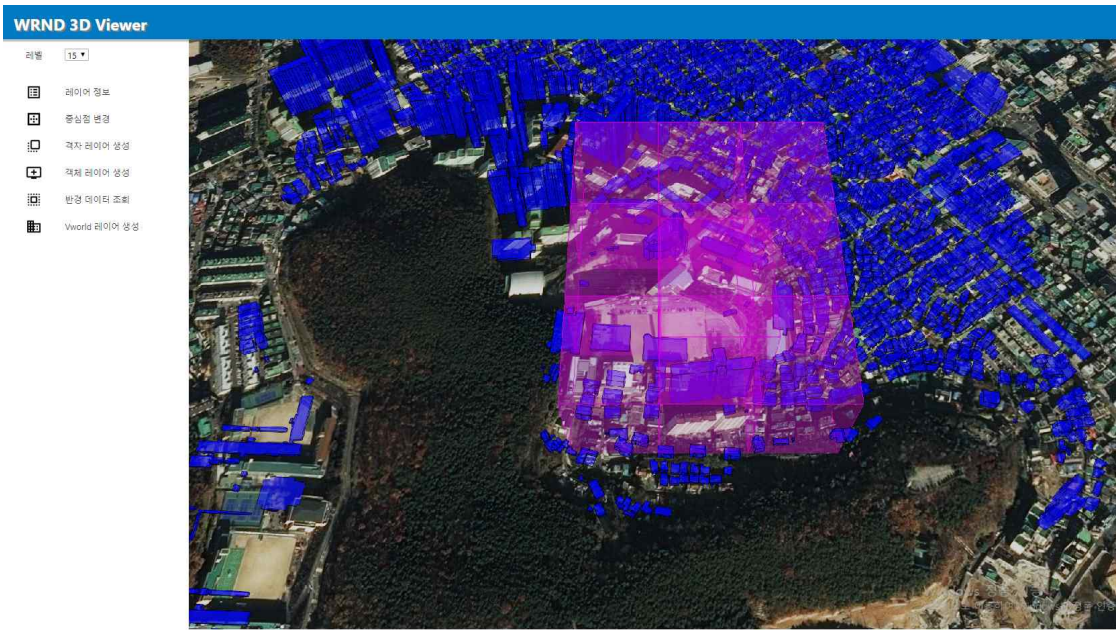
<그림 2-176> 건물객체의 속성정보 가시화 화면(안양시)

아래의 가시화 화면은 격자의 속성정보를 확인하는 가시화 화면이다. 격자를 선택하면 격자에 포함된 객체의 테이블 정보가 표시되고, 특정 테이블을 선택하면 격자에 포함된 특정 테이블의 격자정보가 말풍선 창에 표시된다.



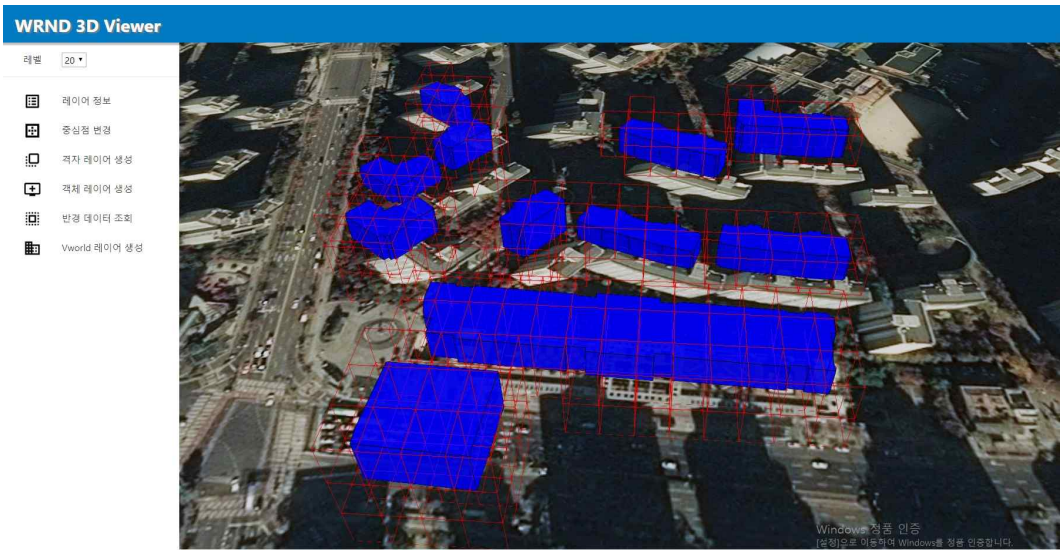
<그림 2-177> 기본격자와 중첩하는 객체정보 가시화 화면(안양시)

아래의 가시화 화면은 특정 지점 중심으로 반경연산을 하는 화면이다. 특정 지점과 반경 크기에 따라 중첩하는 격자의 객체들을 호출한다. 이때 이미 정의된 RestAPI를 활용하여 반경연산을 구현하였다. 아래 그림의 보라색 격자가 반경연산에 따른 격자이며, 해당 격자에 따라 호출된 중첩된 객체가 속성정보로 확인할 수 있다.



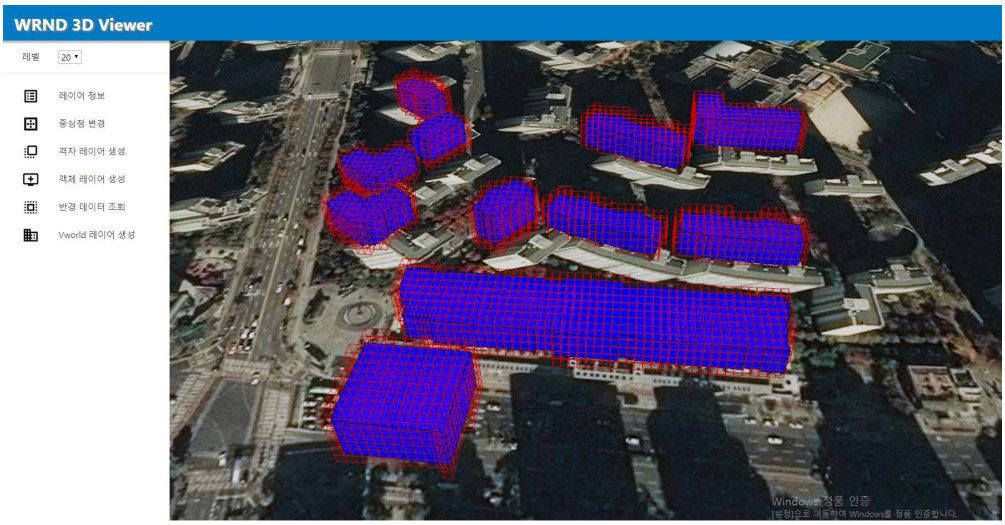
<그림 2-178> 3차원 건물데이터와 교차하는 15레벨 기본격자 가시화 화면(안양시)

아래의 가시화 화면은 레벨별 격자크기를 비교하기 위한 가시화화면으로 건물데이터(파란색)와 중첩되는 18레벨의 격자(빨간색)를 호출한 화면이다. 격자의 레벨이 작아질수록 중첩되는 단위격자의 개수가 적어진다.



<그림 2-179> 건물과 매칭된 18레벨 입체격자 가시화 화면 예시

아래의 가시화 화면은 레벨별 격자크기를 비교하기 위한 가시화 화면으로 건물데이터(파란색)와 중첩되는 20레벨의 격자(빨간색)를 호출한 화면이다. 격자의 레벨의 커질수록 단위격자의 크기는 작아지고 건물객체의 외형에 근접한 격자셋이 호출된다.



<그림 2-180> 건물과 매칭된 20레벨 입체격자 가시화 화면 예시

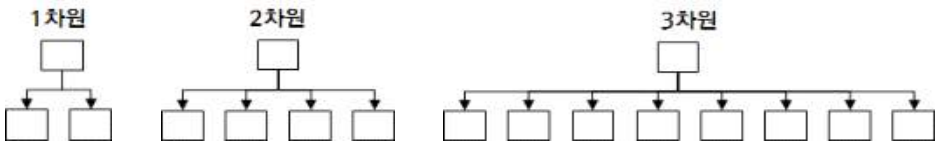
(8) 입체공간 격자체계 정의, 데이터 모델 표준화 방안 및 가시화 연구(H)

(가) 3차원 입체격자체계 정의, 데이터 모델 및 표준화 방안 수립

① 3차원 격자 체계의 공간 데이터 관리 체계 정의

격자체계는 지형을 지형공간을 기존의 2차원 공간에서 고도를 포함하여 확장, 절대 위치로 관리할 수 있도록 하는 체계를 말한다. 격자체계는 좌표계와는 다르게, 일종의 위치관리 체계로서 공간좌표를 일정한 형식에 따라 분할하고 관리하는 체계이다. 격자체계는 위치관리 체계로서의 정의와 함께 데이터의 관리 체계 및 시스템 요소로서의 데이터 형식, 저장방식 등에 관한 내용을 포함한다.

위치체계로서 격자체계는 두 가지 정의가 필요로 하며, 첫 번째는 분할 방식으로 공간을 분할하는 단위를, 두 번째는 분할하는 방식을 정의해야 한다. 공간 분할 방식은 좌표계에 따른 분류로 좌표계 방식이 지구 타원체 기준으로 하는 방식, 직각좌표계 방식으로 나뉜다. 공간 분할방식은 차원에 따라 2n차원으로 분할 개수가 결정되며, 분할 개수는 상위로부터 하위도 내려가면서 동일 크기로 분할된다.

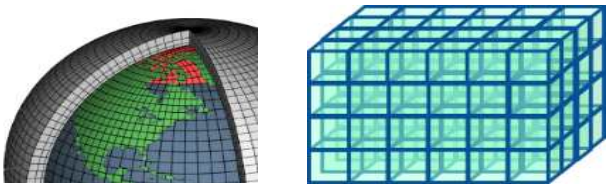


<그림 2-181> 차원에 따른 공간 분할방식

이러한 분할 방식에 따라 공간을 나누게 되면 최상위 레벨의 크기 정의에 따라 하위 레벨의 크기가 쉽게 결정할 수 있다. 즉, 최상위 레벨의 크기가 결정되면 하위레벨의 크기는 단순 수식에 의해 결정할 수 있어서 일관된 방식으로 위치를 관리할 수 있다. 본 연구에서

는 3차원 공간을 분할하는 격자의 하위 격자에 대하여 다음과 같은 방식으로 이름을 붙어 사용할 것으로 제안한다.

<그림 2-182> 3차원 공간을 분할하는 하위 격자와 그 명칭



<그림 2-183> 격자로 분할된 3차원 공간의 예

경위도 분할 방식은 국내 표준 타원체인 GRS80을 기준으로 하여 경위도로 분할한다.

GRS80 경위도

EPSG:4019, EPSG:4737 (Korean 2000)
+proj=longlat +ellps=GRS80 +no_defs

<그림 2-184> 경위도 분할 방식에서 사용하는 좌표계

공간을 경위도로 분할할 경우, 최상위 격자의 크기 설정에는 여러 방식이 존재하나, 현재는 지구를 10개로 분할한 36도를 최상위 레벨로 사용하는 것이 일반적이다.

<표 2-66> 경위도 분할 방식의 격자 크기 정의

Level	각도
0	36
1	18
2	9
3	4.5
4	2.25
5	1.125
6	0.5625
7	0.28125
8	0.140625
9	0.0703125
10	0.03515625
11	0.017578125
12	0.008789063
13	0.004394531
14	0.002197266
15	0.001098633
16	0.000549316
17	0.000274658

경위도를 사용하여 격자를 사용할 경우의 장점은 아래와 같다.

- 현실세계와 가장 가까운 기하체인 타원체를 기준으로 설정
- 타원체면이 수평면이 되며 높이는 타원체면을 수직으로 교차하는 법선 방향으로 정의
- 측지좌표계로 격자를 형성하게 되면 곡면의 수평면을 갖는 기둥의 형태로 나타나며 위도에 따른 격자의 크기가 달라짐
- 인공적인 구조물, 또는 기하적인 물체의 모델링에는 단순 직각좌표계가 효율적인 것으로 인식될 수 있으나 대기, 환경, 수문, 지구물리 등 모든 과학 분야에서의 수치 모델링은 공간주파수의 개념으로 수행되므로 측지 좌표계가 유리
- 측지좌표계에서는 직각좌표계에서 나타나는 현실과의 기하학적 왜곡현상이 최소화 됨

경위도를 사용하여 격자를 사용할 경우의 단점은 아래와 같다.

- 모든 격자의 크기가 같지 않음
- 가시화 및 분석 시 동일 부피 측정이 어려움
- 지점 별로 곡률 왜곡이 생겨, 일반적인 거리, 각도 측정 방식으로 활용이 어렵고, 별도의 계산 함수 제공이 필수적임

경위도 방식을 이용하면 위도별로 거리에 오차가 생기며 경도 간에는 같은 거리를 유지한다.

$$\text{위도별 경도 1도의 거리} = 2\pi r \times \cos(\theta)/360$$

한편, 직각 좌표계를 기본으로 하면 격자를 나누는 방식 등은 경위도와 동일하다. 직각 좌표계를 사용할 경우의 장점은 다음과 같다.

- 모든 격자의 크기가 같음
- 기존의 투영된 2차원 좌표계와 같은 방식을 사용하게 되어 기존 평면 지도와 호환하여 사용이 가능함

직각 좌표계를 사용할 경우의 단점은 다음과 같다.

- 경도 범위가 넓어지면 왜곡이 심해져서 활용이 어려움
- 투영 방식이 다양하여 단일 방식의 표준을 정의하기 어려움

② 격자 체계의 구성 및 이에 따른 기술 분석

격자체계는 좌표계에 기반을 둔 일종의 위치관리체계이다. 즉, 공간을 분할하는 방식에 대한 정의이다. 그러나 2차원에서 사용하는 국가지점번호와 같은 경우와는 다르게 일관성 있는 분할 방식을 사용하고 있다. 국가지점번호 체계의 경우, 위치를 2단계 관리 체계로 사용하므로 시스템 활용에 있어서는 어려움이 있다. 1단계에서 바로 백만 개의 하위 단위로 분할되므로 LOD와 같은 개념을 활용하기 어렵다.

격자를 기존의 2차원 래스터와 같이 생각한다면 레이어 관리, 스타일 정의, 중첩 등의 일반

적인 특징 등을 지원해야 한다. 격자가 중첩될 경우, 두 격자의 크기가 동일하다면 단순 중첩에 의한 불린(Boolean) 연산을 통하여 값을 표출하거나 연산이 가능하다. 그러나 격자의 크기가 다른 경우에는 두 격자를 중첩할 때 레벨 차이에 의한 연산이 어려울 수 있다. 하나의 격자가 동일 해상도라고 하면 레벨이 다른 격자는 실제 해상도에 차이가 생기게 된다.

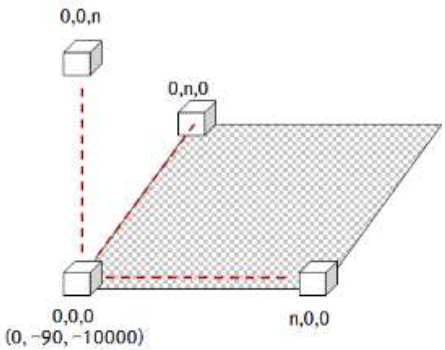
격자의 범위는 사용용도에 따라 달라지나 일반적으로 인간이 활동하는 범위를 기준으로 한다면. 지상, 지하 10km 이내에서 표현이 가능하다. 인간의 활동범위는 공중, 지상, 지하 수중으로 구분할 수 있으며, 격자의 범위는 최고높이(공중), 최저높이(수중)에 따라 설정될 수 있다. 최고높이(지상 10km): 유인항공기중 장거리 항공기의 경우 약10km 높이에서 비행하기 때문에 인간의 활동범위로 설정하였으며, 향후 필요에 따라 최대높이에 대한 범위를 확장할 수 있다(*법에 따르면 항공기가 안전하게 운항할 수 있는 범위를 '순항고도'로 규정하고 있으며 그 범위는 최대 15.5km임). 최저높이(수심 10km): 유인잠수정의 최대 잠수기록은 중국 '자오룽' 호의 수심 7.5km로 연구 활동 범위를 포함하면 약 10km를 최저수심으로 볼 수 있고, 해양연구개발기구(JAMSTEC)가 현재 12km까지 잠항 가능한 유인잠수정을 개발 중임으로 이를 반영하여 향후 최저높이의 개념을 확장할 수 있다.

<표 2-67> 인간의 활동범위의 높이에 따른 구분

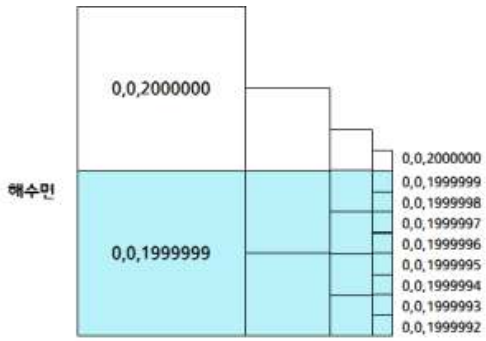
영역	활동 범위	법적, 이론적 근거
공중 범위	- 기상현상 발생범위 : 지표면 10㎞이내 - 비행기 운항범위 : 지표면 10㎞	- 평균적으로 지표면에서 약 10km범위를 대류권으로 부르며 대부분의 기상현상이 발생함 - 항공안전법 제67조(항공기의 비행규칙)과 항공 안전법 시행규칙 제164조 제1항제2호 및 제3호를 기준으로 항공기 운항 고도를 규정함 ·일반적인 순고도는 300m~15,800m, 수직분리축소공역RWSM)에서의 순항고도는 300~15,500m
지하 범위	- 지하시설물 깊이 : 지표면으로부터 약 20m * 지하시설물 : 상수도, 하수도, 통신, 전력, 가스, 난방, 공동구	- 지하철은 약 6m 직경의 터널 내에 건설되는 구조물로써 국토교통부 터널설계기준(2016)을 따르고 있음 ·터널을 설계를 함에 있어 입지환경, 지반 등의 조사를 통해 깊이를 결정 ·특히 지장물 조사에서는 터널공사 전에 지역 내에 기설치되어 있는 상수도 및 하수도관, 송유관, 통신 및 전력 케이블, 도시가스관, 지하통로, 인접터널 등 지하지장물의 종류, 평면상 위치 심도 및 크기 등을 파악하도록 하고 있음 ·국내에서 철도시설물 중 만덕역(부산)이 가장 깊으며(약 80m), 국외에서는 북한 평양(약 110m), 우크라이나 키예프 아르세날나역(약 105m), 중국 충칭의 훙투디역(94.46m)이 있음
	- 지하구조물 깊이 : 지표면으로부터 약 80m *지하구조물 : 지하보도, 지하차도, 지하상가, 지하주차장, 지하철, 대심도 · 지하철 : 지표면으로부터 약 13~80m · 대심도 도로 : 지표면으로부터 약 40~60m	

영역	활동 범위	법적, 이론적 근거
수중 범위	- 마리아나해구 챌린저해연 깊이 : 수심 11,034m - 국내 무인잠수정: 최대수심 6㎞까지 잠항 * 해미래 : 수심 6㎞ - 국외 유인잠수정: 최대수심 7㎞까지 잠항 * 일본 신카이 6500 : 수심 6.5㎞ * 중국 '자오룽' : 수심 7㎞ - 미래 유인잠수정 최대잠항 깊이 12㎞	- 해양은 영해, 공해, 심해저로 구분되고 국제연합 협약에 따라 영해를 제외한 공해와 심해저는 어느 국가도 주권을 행사할 수 없는 공동 구역으로 설정하고 있음(해양법에 관한 국제연합협약) ·영해의 경우 연안국의 인접해역을 말하고 이러한 주권은 영해의 상공, 해저, 하층토에 까지 영향을 미침* *국제연합협약 제2조 영해, 영해의 상공·해저 및 하층토의 법적지위 ·국내는 영해 및 접속수역법 제1조에 따라 기선으로부터 12해리(약 22.2km)의 선까지를 말하며, 그 외에 사항에 대해서는 국제법규에 따르고 있음 - 3차원으로 입체화할 수 있는 수중에 대한 범위는 수면에서 해저까지로 정의할 수 있음 ·마리아나 해구(Mariana Trench)는 태평양 서구에 위치하는 지구상에 존재하는 가장 깊은 해구이며, 길이 약 2,543㎞, 평균 너비 70㎞, 평균 수심 7000~8000m, 최고 수심 11,034m

격자의 고유 번호 즉, ID는 평면을 기준으로 좌 하단을 (0,0,0)으로 한다. 해수면 혹은 지오이드를 기준으로 수직 번호를 0부터 시작하게 되면 지하 혹은 해수면 아래 부분은 음수의 ID를 가지게 된다. 이러한 현상을 방지하기 위하여 수직 부분의 번호는 최대 깊이에서 사용되는 번호 만큼 추가하여 관리하여 ID 부여에 일관성을 갖는다. 해수면 아래 최대 레벨 개수를 가정하여 해수면에서의 높이 인덱스 번호는 2,000,000으로 번호를 시작한다. 1m 기준 격자의 경우 24레벨에서 0.007813m 이므로 대략 10km를 최대 깊이로 했을 때 1,280,000개가 들어가게 된다.



<그림 2-185> 격자 ID부여 체계



<그림 2-186> 격자 ID부여 방식

③ 요소 기술에 대한 POC(Proof of Concept)

본 연구에서 개발하는 3차원 입체격자체계의 요소기술에 대하여 As-Is To-Be를 제시한다. 기본 관리 단위, 2 · 3차원 라스터 데이터, 2 · 3차원 벡터 데이터, 빈공간 관리, 라스터 가시화, 벡터 가시화, 데이터 검색 등 요소기술 측면에서 향후 3차원 입체격자체계에서의 가능한 기술은 아래와 같다.

<표 2-68> 격자체계 요소기술의 As-Is와 To-Be

구분	As Is	To Be
기본 관리 단위	높이와 상관없이 2차원 타일로 분할된 형태로 데이터 관리	관리 대상의 모든 3차원 정보를 격자로 분할 관리
2차원 라스터 데이터	DEM을 통해 3차원 표면으로 변환하고 가시화	DEM을 통해 3차원 표면으로 변환하고 데이터가 위치한 격자별로가시화
3차원 라스터 데이터	모델화 하여 기준점에 모델로 삽입	3차원 격자화하여 격자 데이터로 관리
2차원 벡터 데이터	타일 단위로 이미지화 하여 DEM을 통해 만들어진 지형 위에 가시화	타일 단위로 이미지화 하여 DEM을 통해 만들어진 지형 위에 가시화
3차원 벡터 데이터	모델단위로 타일단위로 지정된 입력 지점에 삽입	격자 단위로 데이터를 분할하여 관리
빈 공간 관리	지원하지 않음	빈 공간정보도 격자화 하여 하나의 정보로 관리
라스터 가시화	CPU에서 모델 생성 후 가시화	라스터 데이터를 GPU에 전달하여 가시화
벡터 가시화	객체 단위 가시화	격자 단위 가시화
데이터 검색	2차원 범위 검색 후 고도에 따른 데이터 검색	3차원 범위 검색

<그림 2-187> POC 동영상 캡처 이미지

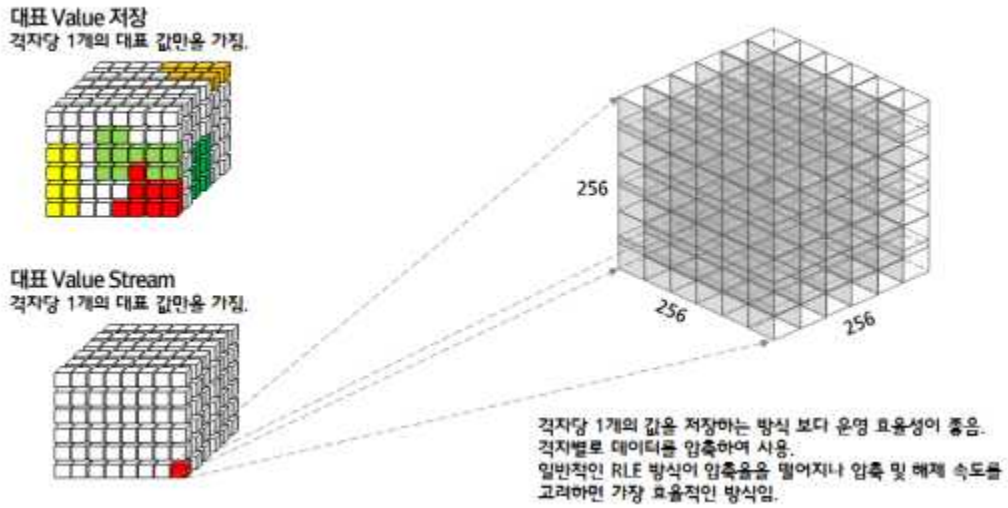
(나) 3차원 입체격자의 저장구조(공간/비공간) 연구

① 데이터 저장방식

3차원 입체격자의 대푯값 저장방식 중 대표 Value를 저장하는 방식은 주로 공간상에 분포하는 값들을 분석하기 위해 주로 사용하는 방식으로 미세먼지와 같이 하나의 격자에 하나의 대표 값을 저장하는 방식이다. 한편 Value Stream 방식은 하나의 격자에 다중의 복합적인 값을 함께 저장하는 방식으로 좀 더 고밀도로 데이터를 저장하거나 여러 개의 격자 데이터를 묶어서 저장하기 위하여 사용한다.

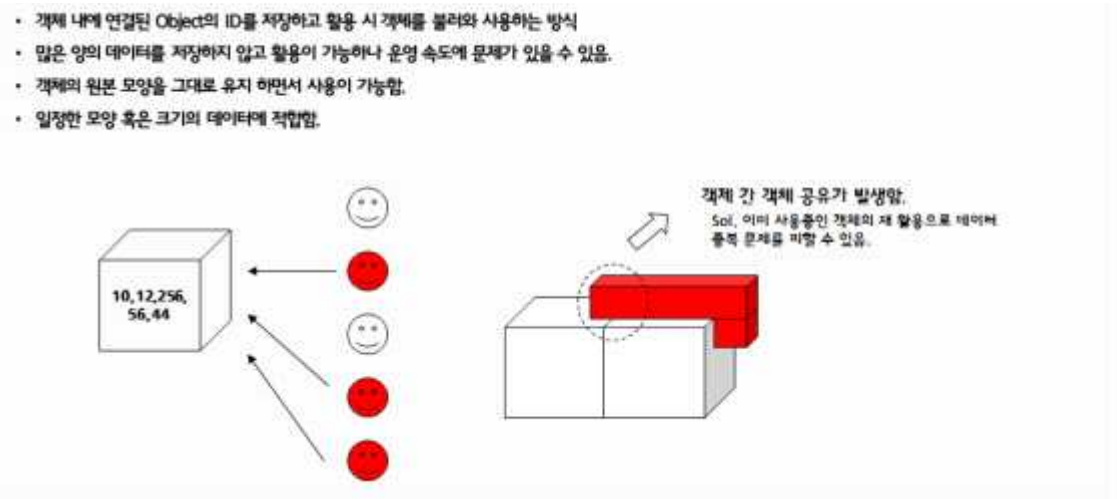
<표 2-69> 3차원 입체격자 데이터 저장방식

대푯값 저장방식	대표 Value	- 격자당 1개의 값을 저장 - 전체 격자가 동일한 Data Type을 가짐 - 일반적인 격자체계로 3차원 분석용으로 주로 사용
	Value Stream	- 격자당 정해진 개수의 값을 저장 - 전체 격자가 동일한 Data Type을 가짐 - 대표값을 저장하는 방식의 확장 방식으로 관리 난이도는 높으나 운영에 효율적임
객체 저장방식	ID 저장	- 객체의 ID 만을 저장 - 가변길이의 데이터 크기 사용 - 외부 객체 연계 방식으로 사용 - 별도의 객체를 관리하는 데이터베이스가 존재해야 함
	Object 저장	- 객체를 직접 저장 - 가변길이의 데이터 크기 사용 - 격자의 크기에 따라 객체 LOD 정의 - 객체 내 추가 정비 필드 포함함



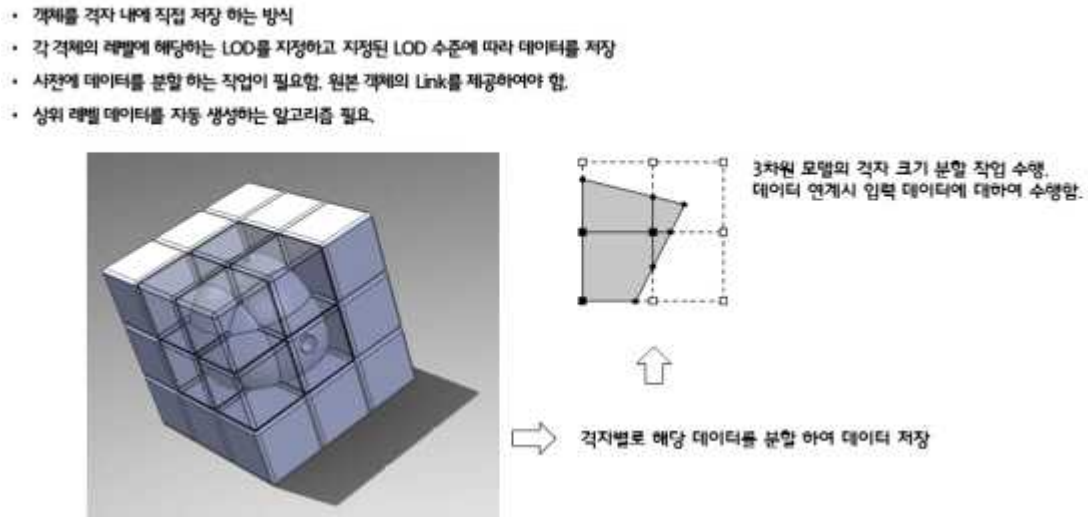
<그림 2-188> 3차원 입체격자 대푯값 저장방식

3차원 입체격자의 객체 저장방식 중 격자 내에 ID를 저장하는 방식은 실제 객체를 저장하지 않고 해당위치에 객체의 ID만을 지정하는 방식으로 격자의 저장 크기는 줄어들게 되나, 운영에서는 어려운 점이 많다. 이러한 방식은 기존의 Google Earth나 V-World와 같이 모델 데이터를 가시화용으로 사용하는 경우에 적합한 방식이나, 일반적인 공간 데이터 저장 구조로는 적합지 않다고 판단된다. 이 경우 공간 데이터의 특징인 직관성이 떨어지고, 분석, 검색 등이 자유롭지 못한 단점이 생긴다.



<그림 2-189> 객체 저장방식 - ID

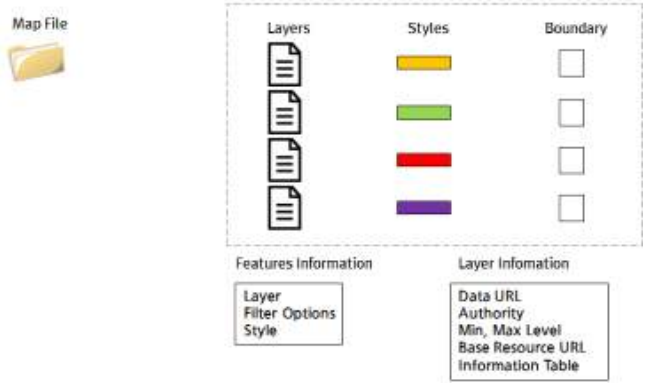
격자 내에 객체를 직접 저장하는 방식은 2차원에서 도곽 내에 벡터데이터를 저장하는 것과 유사한 방법이며, 이를 통하여 격자는 완전한 3차원 정보를 담는 저장소로서 역할을 하게 된다.



<그림 2-190> 객체 저장방식 - OBJECT

개별 격자에 대한 저장방식은 사용자가 사용하는 데이터의 종류에 따라 선택적으로 사용할 수 있으므로 격자모델 하나를 하나의 레이어로 정의한다면 사용자는 여러 레이어를 함께

사용할 수 있다. 레이어는 통상 레이어의 범위, 스타일, 용도 등 다양한 부가정보를 통하여 관리된다. 이는 기존의 공간정보 관리 기법과 동일하다.



<그림 2-191> 데이터 관리 구조(Map File)

(다) 수요처 및 활용 목적별 가시화 방안 수립

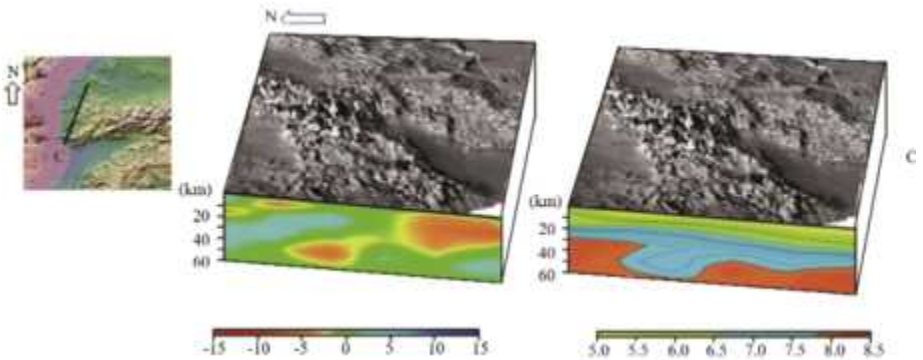
① 기본 가시화 방안

기본 가시화는 2차원의 Raster 가시화와 유사하지만, 가시화 속도 등을 고려하여 몇 가지 추가적인 가시화 기법이 필요하다. 기본적 가시화 방법에 관한 정의는 다음과 같다.

<표 2-70> 라스터 격자 도시 방법

평면 도시	격자의 특정 단면을 평면에 표시하는 방법
입체 도시	격자를 있는 모습 그대로 표시하는 방법
특정값 도시	격자내의 특정 값을 포함하는 격자만 표시하는 방법
복합 도시	두 개 이상의 격자를 혼합하여 표시하는 방법

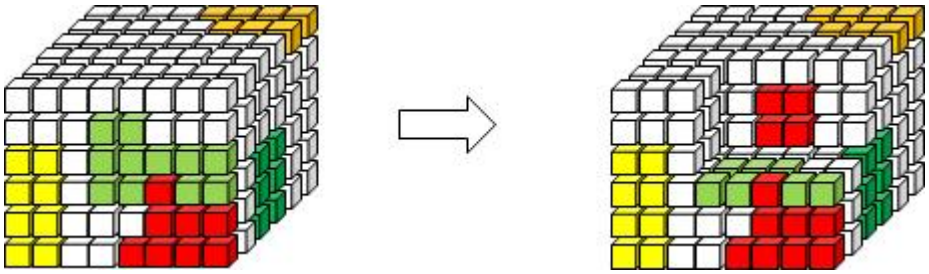
평면 도시는 지표에 수직인 지점에서 아래를 보는 2차원 도시와는 다르게 격자의 임의의 단면을 표시하는 기능이다.



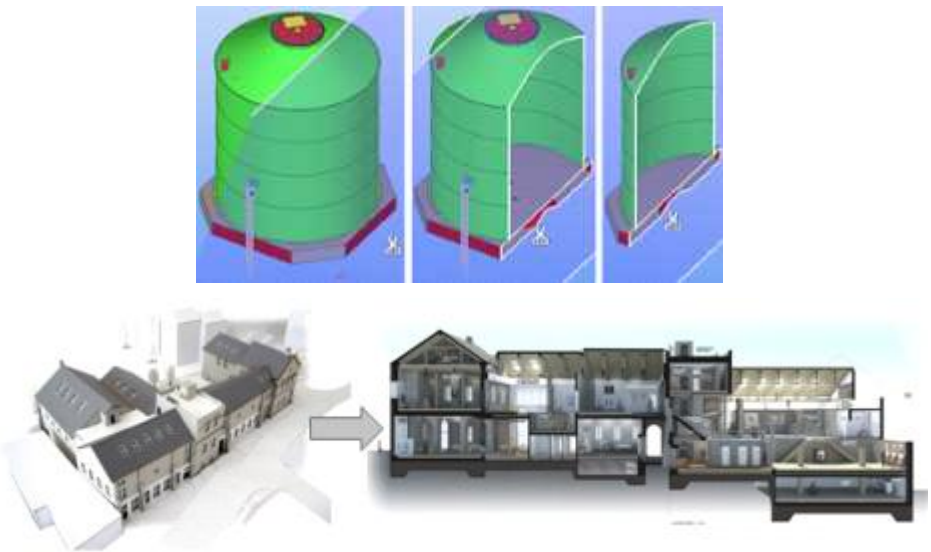
<그림 2-192> 평면 도시

입체 도시는 모든 격자를 화면에 표시하는 기능으로 전체적인 데이터 상태를 확인하기 위하여 필요하다. 특정값 도시는 지정한 특정 값을 포함하는 격자만 표시하여 실제 데이터 분포를 확인할 수 있는 기능이다. 복합 도시는 이와 같은 표시 방법을 레이어 별로 설정하여 함께 도시하는 방법이다.

이와는 별도로 격자 데이터의 특성상 내부를 채우는 데이터를 함께 도시해야 할 방안이 있어야 하며, 이를 가장 잘 표현하는 방법이 클립플래인(Clip Plane) 방식이다. 이 방식은 공간상에 몇몇 플래인(Plane)을 설정하고 해당 플래인을 기준으로 데이터 디스플레이 여부를 설정하여 사용하며, 동시에 여러 개의 플래인을 사용할 수 있다.



<그림 2-193> 클립플래인을 이용한 격자 내부 렌더링



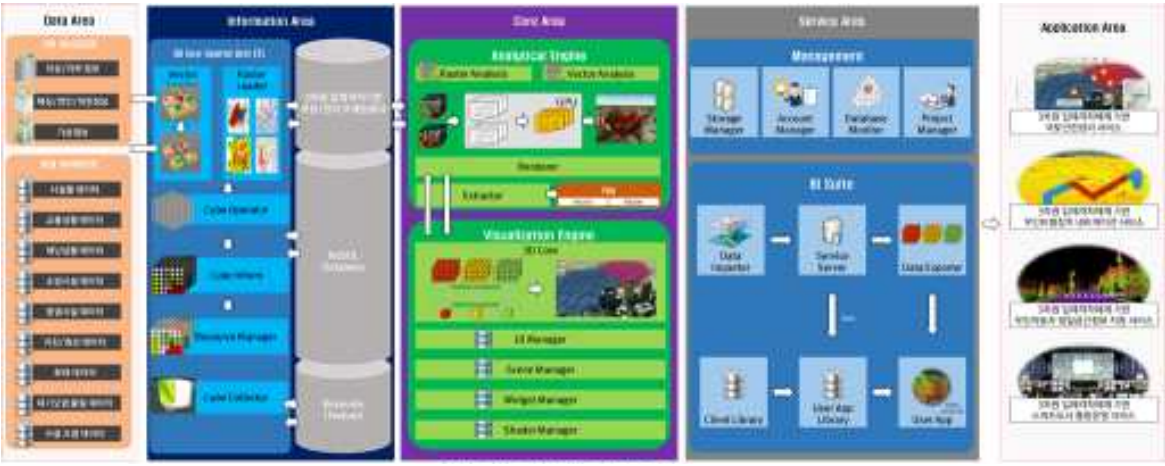
<그림 2-194> 모델에 적용된 클립플래인

격자 데이터를 가시화하기 위해서는 몇 가지 고속 가시화를 위한 고려가 필요하며, 데이터의 다운로드와 가시화는 모두 비동기로 이루어져야 한다.

(9) 입체공간 격자체계 구현, 갱신기술 및 가시화 개발(I)

(가) 3차원 입체 격자 체계 구현 및 갱신 기술 개발

① 3차원 입체격자체계 구현 기술개발



<그림 2-195> 3차원 입체격자체계 프레임워크(안)

㉮ 3차원 입체격자체계 운영 프레임워크 정의

Information Area는 정의된 격자 형식에 따라 데이터의 변화 및 저장에 관련된 기술이다. Core Area는 저장된 격자 데이터를 분석하고 해당 분석 결과를 화면에 디스플레이하기 위한 가시화 기술이다. Service Area는 저장된 격자 데이터로부터 응용 프로그램에서 필요로 하는 데이터를 검색하고 그 결과를 클라이언트로 전송하는 기능을 담당한다.

㉯ 데이터 체계

3차원 입체격자의 데이터 체계는 현재 서비스 중에 있는 V-World를 준용한다. 격자의 크기는 최상위 레벨을 0으로 하고 하위 단계로 가면서 절반씩 나누는 방식으로 설정하며, 최상위 레벨의 격자 크기는 36도로 설정한다.

<표 2-71> 레벨별 격자 크기

레벨	격자의 크기(도)	격자의 크기(미터)
0	36.000000	4007500.8
1	18.000000	2003750.4
2	9.000000	1001875.2
3	4.500000	500937.6
4	2.250000	250468.8
5	1.125000	125234.4
…	…	…

격자의 인덱스는 기본은 V-World에서 정의한 평면 번호의 정의 방식을 따르며, 지구 평면을 본초자오선과 남극점을 기준으로 하여 번호를 부여한다.

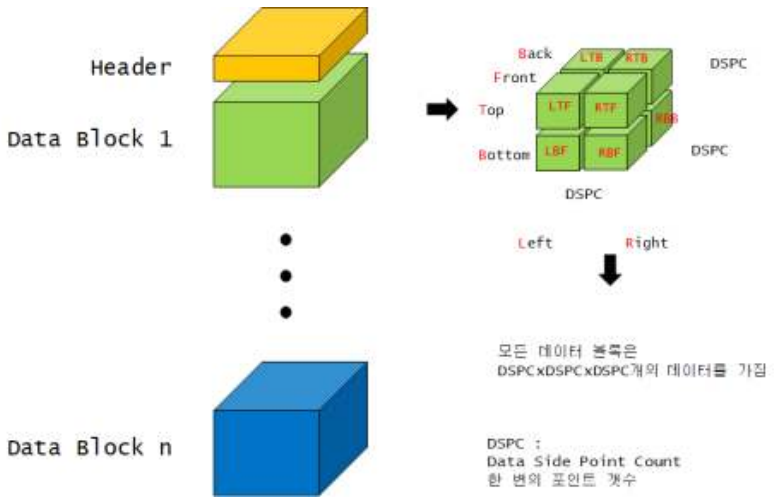
Row 인덱스 = Math.floor(latitude + 90.0000001) / tileSize Column 인덱스 = Math.floor(longitude + 180.00000001) / tileSize

격자 높이의 경우에는 경위도를 이용하지 않고 높이 기준으로 번호를 부여한다.

Floor 인덱스 = Math.floor(altitude / tileSize)

㉰ Raster 데이터 형식

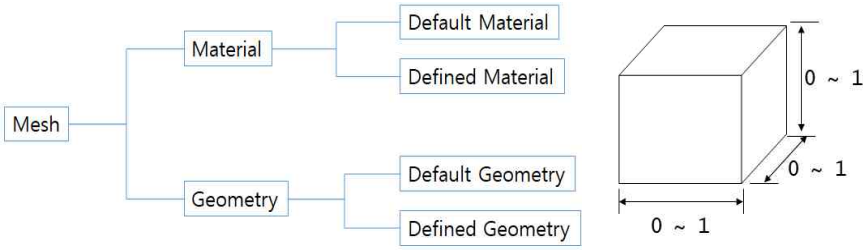
하나의 격자를 8개의 sub 격자로 분할하게 되는데, 이는 가시화를 하기 위해 고려한 사항으로 정의된 하위 격자 데이터를 렌더링하고 나서 상위 격자에 동일한 부분이 중복되어 가시화되는 것을 방지하기 위한 방안이다. 데이터 종류별로 별도의 격자 데이터 셋을 생성할 수도 있지만, 항상 함께 사용되는 데이터라면 하나의 격자 파일에 담아서 사용하는 방식이 효과적이다. 그러므로 하나의 격자 안에 여러 개의 데이터 블록을 지정하여 한 번에 다운받고 활용하도록 지원한다.



<그림 2-196> 3차원 입체격자 raster 파일의 구조

㉱ Vector 데이터 형식

기본적으로 3차원 모델에 기반을 두고 material과 geometry를 mesh로 분리하여 별도 관리하는 형식으로 구성된다. 최상위 단위인 mesh 자체에 Type ID를 부여하여 해당 mesh가 내부에 정의된 mesh를 사용하는지 혹은 응용 프로그램에서 지정한 mesh를 사용할 것인지 결정한다. material과 geometry도 mesh의 정의에 의해 반복 사용되도록 하여 동일한 material과 geometry를 이용하여 위치와 회전, 스케일을 지정하여 리소스의 추가 소용없이 대량의 객체를 렌더링 하여 활용할 수 있도록 한다. 격자 내 모든 geometry의 position값은 격자 전체를 기초 단위값 1로 두고 이를 기준으로 위치를 결정하도록 한다.



<그림 2-197> 격자내 Geometry Position

㉲ 격자체계 구성을 위한 기본 공간 데이터 변환

2차원 공간객체의 경우, 1) DEM을 이용하여 각 포인트에 고도값을 부여하고 2) 지정하는 데이터 레벨에 따라 데이터 분할한 뒤 3) 분할된 객체를 해당 격자에 저장한다.

3차원 공간객체의 경우, 1) 지정하는 데이터 레벨에 따라 데이터를 분할하고 2) 분할된 객체를 해당 격자에 저장한다.

㉳ Raster 데이터의 변환

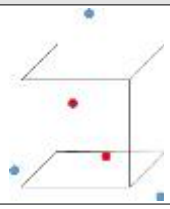
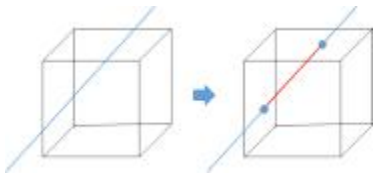
<표 2-72> Raster 데이터 변환 절차

단계	설명
1. 좌표 변환	측정된 자료의 위치 값을 격자에서 사용하는 GRS80 좌표계로 변환한다.
2. 격자별 데이터 선별	전체 데이터에서 각각의 격자 내에 포함될 데이터를 걸러서 데이터를 준비한다. 이때 데이터 해상도를 고려하여 주변의 추가적인 데이터를 함께 준비하도록 한다.
3. 보간	격자 내부의 지점은 실제 측정 지점과 다를 수 있으므로 실제 저장되는 데이터는 각 지점이 아니라 이를 보간한 데이터가 저장된다.
4. 저장	기존의 격자 파일 혹은 새로운 파일에 생성된 격자 데이터를 저장한다.

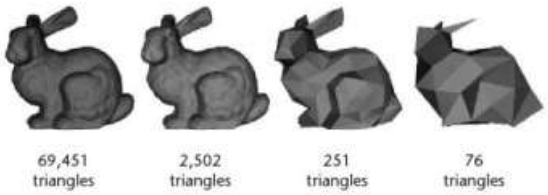
㉴ Vector 데이터의 변환

다음과 같이 객체를 격자의 크기에 맞추어 잘라내는 기술이 요구된다.

<표 2-73> Vector 데이터 잘라내기 기술

포인트	폴리라인	폴리곤
		
단순히 좌표에 해당하는 Row, Column, Floor를 얻는 것만으로 변환가능	폴리라인의 각 라인 세그먼트(Line Segment)를 검사하여 격자의 면을 통과하는 부분에 포인트를 추가하고 이를 기준으로 새로운 객체로 분할	폴리곤 내부의 면을 따라 격자의 면과 만나는 지점을 판단하여 삼각망을 형성한 다음 각각의 삼각형이 격자와 만나는 면으로 분할

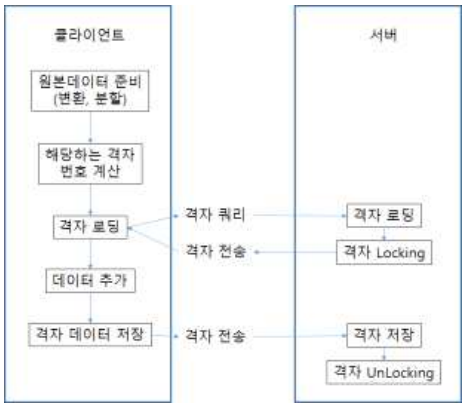
또한 객체의 정밀도를 격자의 해상도에 맞추어 변경하는 기술(Polygon Reduce)이 요구된다. 점을 제거하는 방식의 경우 원본의 형태를 무너트리는 경우가 종종 발생한다. 폴리곤을 제거하는 방식은 전체적인 외형을 유지하면서 삼각형의 숫자를 줄이는 방식이다.



<그림 2-198> Polygon Reduce 예시화면

㉮ 데이터 저장 구조 및 절차

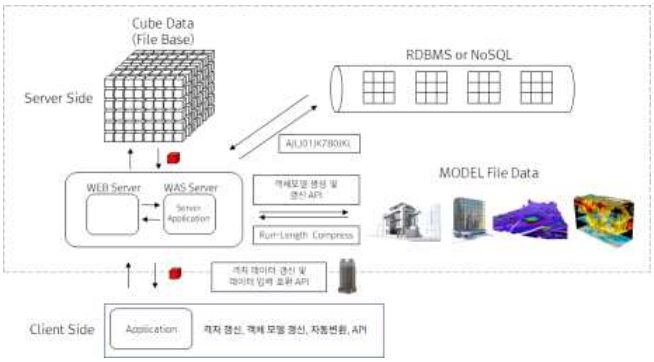
로컬에서 데이터를 새로 생성하는 경우, 격자별로 Locking 과정이 없이 작업이 진행될 수 있으므로 초기 데이터 생성 시에는 단순 갱신 과정만을 반복한다. 이미 서비스 중인 격자를 갱신하는 경우, 반드시 서버에서 격자에 대하여 Locking 과정을 거쳐야하며, 이를 통해 데이터의 무결성을 보장한다.



<그림 2-199> 데이터 무결성 보장을 위한 저장 구조

㉯ 데이터 서비스 구조

일반적인 데이터의 웹서비스 아키텍처를 그대로 따르며, WEB 및 WAS 서버는 Apache/Tomcat을 사용한다.



<그림 2-200> 데이터 서비스 구조

㉦ 3차원 입체격자체계 가시화 구조

데이터의 종류와 목적에 따라 격자를 가시화하는 방법이 다양하게 도출될 수 있기 때문에 이를 종합적으로 관통하는 기본 프레임의 구성이 필요하다.

<표 2-74> 3차원 입체격자체계 가시화 구조

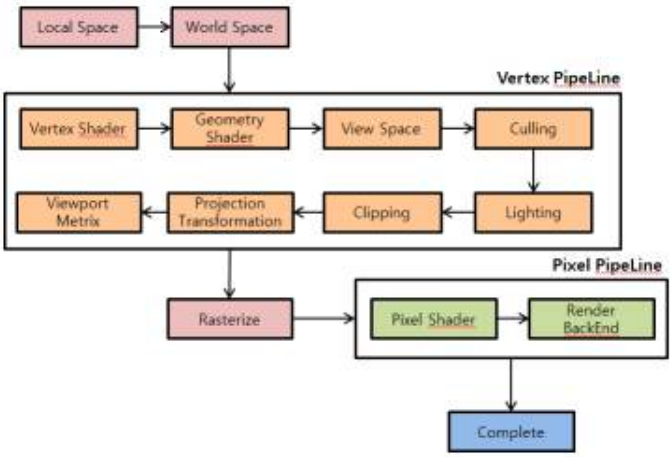
구분	설명
기본 데이터셋	Cube3DLayer 데이터셋을 레이어 정보를 이용하여 연결한다. 서버 연결정보와 메타데이터 등을 저장한다.
데이터저장구조	RasterCube3D, VectorCube3D 레스터와 벡터 데이터를 저장하는 구조로 서버로부터 데이터를 얻어와 이를 해석하고 사용할 수 있는 형태로 변환하여 저장한다.
가시화 타겟	Cube3DClipTarget, RasterTarget, UndergroundTarget, VectorTarget 격자 데이터를 넘겨받아 가시화 하는 기능을 수행하는 클래스들이다. 현재는 레스터 데이터, 벡터 데이터, 지반 데이터 등을 가시화하기 위한 기본 클래스가 구성되어 있으며, 추후 응용 프로그램의 요구에 따라 추가적인 클래스가 더해질 수 있다.

㉧ Raster 가시화

래스터 데이터는 3차원 그래픽에서 입장에서 보면 3차원 Data Voxel로 볼 수 있다. 3차원 텍스쳐로 사용하는 경우 평면 이미지를 depth별로 나열하고 이를 디스플레이하는 기법을 적용한다. 각각의 지점을 Particle로 취급하여 사용하는 경우 다수의 Instance를 렌더링 하는 기법을 적용한다.

㉨ Vector 가시화

격자 데이터의 구조를 가능한 가시화하기 편리한 형식으로 구성했기 때문에, 벡터 가시화 기법은 단순한 모델을 가시화하는 3차원 그래픽 기법을 사용한다.



<그림 2-201> Vector 가시화 구조

② 입체격자의 고속 검색 및 가시화 처리를 위한 Octree 구조 적용

㉮ 격자 해상도 변환 기술

Bottom-up 방식의 형태로 데이터를 구축한다. 격자 크기에 따라 적당한 정밀도를 갖는 최하위 레벨 데이터를 생성하고 8개의 Voxel 중 대푯값을 선택하여 그 상위레벨 해상도의 격자 데이터를 구축한다. GIS에서는 DEM일 경우 주로 최댓값을 선택하며, 대기오염이나 강수량 등의 통계치 애플리케이션에서는 평균값을 사용한다.

<그림 2-202> 격자 해상도 변환 기술

③ 셀 데이터 갱신을 위한 다양한 API 제공 및 표준화

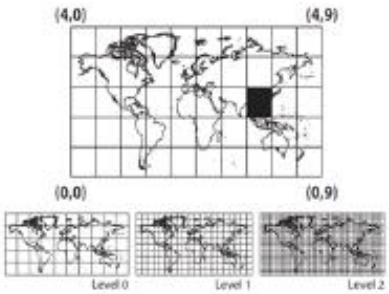
㉮ 격자 구성 표준화

격자의 이름(ID), 분할에 따른 분할 명명 방식과 관리번호, 격자형식(Ratser, Vector)의 표준화가 요구된다. 격자의 이름(혹은 ID)는 절대적 위치를 나타내며, File Base인 경우 파일명으로 관리하거나 DB에 입력할 경우 고유 Key로 사용할 수 있어야 한다.

Child 명명 규칙은 Parent 입장에서 Child를 관리할 때의 상대 위치를 나타내며, 운영 시 데이터 연관성을 명확히 하기 위한 명명 규칙을 정한다. 격자는 그 데이터가 레스터인지 벡터인지 상관없이 저장이 가능한 구조이다. 단일격자 파일을 열었을 때 내부에 담긴 정보가 어떤 종류의 데이터인지 자기설명서(Self Descript)을 부여하여 최소 레스터와 벡터 데이터는 구분할 수 있도록 한다.

㉯ 격자 ID 표준 정의

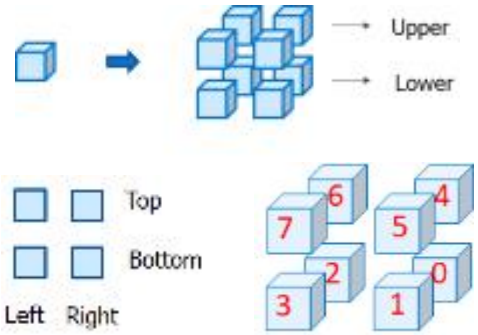
기본은 V-World에서 정의한 평면 번호의 정의 방식을 따른다. 지구 평면을 본초자오선과 남극점을 기준으로 하여 번호가 부여되는 방식이다. Floor 인덱스의 경우, 타원체고를 기준으로 부여해 타원체 이하로 고도가 나타날 경우 즉, 음수일 경우에 Floor 인덱스도 음수 값을 가진다.



Row 인덱스 = Math.floor(latitude + 90.0000001) / tileSize
Column 인덱스 = Math.floor(longitude + 180.00000001)/tileSize
Floor 인덱스 = Math.floor(altitude / tileSize)

㉰ 공간분할 방법

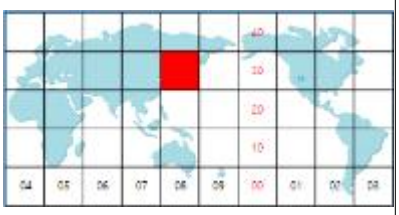
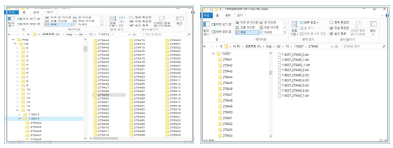
다음과 같은 계층 구조 정의된다.



구분			번호
Lower	Right	Top	0
		Bottom	1
	Left	Top	2
		Bottom	3
Upper	Right	Top	4
		Bottom	5
	Left	Top	6
		Bottom	7

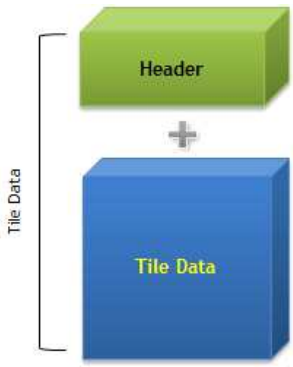
㉱ 3차원 입체격자 파일 관리 구조

데이터셋, 데이터 정밀도를 표현하는 레벨, 위도 번호, 경도 번호, 고도 번호에 따라 데이터를 저장하고 관리한다. 3차원 입체격자 파일의 확장자는 .cbr이며, ./dataset/level/row/col/row_col_floor.cbr의 폴더 구조 형식으로 저장된다.

위경도 파일 인덱싱	고도 파일 인덱싱	파일 관리 구조
		

㉲ 3차원 입체격자 파일 저장구조

앞부분에 격자 정보를 포함하는 헤더와 실 데이터를 포함하는 데이터 블록으로 구성된다. 웹 클라이언트에서 수신된 압축 파일을 압축 해제하여 격자 파일 포맷으로 로딩한다. Raster file format은 이미지 픽셀과 같이 균일한 Voxel에 같은 데이터 타입을 입력한다.



<그림 2-203> 격자 데이터 기본 구조

<표 2-75> 3차원 입체격자 블럭 구조

구분		Type	Length (byte)	내용	비고
Header	Version	byte	2	“R” + 버전 격자 버전 현재 0 => “R0”	
	Level	byte	1	0 레벨부터 시작	
	Row	Int32	4	-90 도를 0 으로 하는 격자의 번호	
	Col	Int32	4	본초자오선(0도)을 0으로 하는 격자의 번호	
	Floor	Int32	4	해수면을 0 으로 하는 격자의 번호	
	Data Block Count	byte	1	격자에 포함되어 있는 데이터 블럭의 개수	
	Ground Surface	Byte	1	0 이면 지표와 겹침. 1 이면 공중, -1 이면 지하, -2 이면 해중	
Data Block	Data Type	Byte	1	1 : byte, 2 : Int16, 4 : Int32, 8 : single, 16 : Double	Data Block Count 만큼 반복
	Sub Data(LBF)	Depending on Data Type		32*32*32*Data Type Length	
	Sub Data(LBB)				
	Sub Data(RBF)				
	Sub Data(RBB)				
	Sub Data(LTF)				
	Sub Data(LTB)				
	Sub Data(RTF)				
	Sub Data(RTB)				

Vector file format은 Geometry를 분할하여 좌표 값이나 포인트 리스트 등의 정보를 저장한다.

<표 2-76> Data Block 내 구조

구분		Type	Length (byte)	내용	비고
Header	Version	byte	2	“V” + 버전 격자 버전 현재 0 => “R0”	
	Level	byte	1	0 레벨부터 시작	
	Row	Int32	4	-90 도를 0 으로 하는 격자의 번호	
	Col	Int32	4	본초자오선(0도)을 0으로 하는 격자의 번호	
	Floor	Int32	4	해수면을 0 으로 하는 격자의 번호	
	Material Count	byte	1	포함된 Material 의 개수	
	Geometry Count	Int16	2	포함된 Geometry 의 개수	
	Mesh Count	Int32	4	포함된 Mesh 의 개수	
Material	Material 형식이 Material Count 만큼 반복				
Geometry	Geometry 형식이 Geometry Count 만큼 반복				
Mesh	Mesh 형식이 Mesh Count 만큼 반복				

㉲ 셀 데이터 갱신을 위한 RESTFul web service

3차원 입체격자 셀데이터는 시스템에서 제공하는 RESTFul Web Services를 통해 데이터 갱신이 가능하다. 여러 개의 디바이스, 웹사이트들과의 연결성을 쉽게 제공하고 Open API로 third-party application에 서비스 접근을 쉽게 허용한다. GET, POST, PUT, DELETE HTTP Method를 제공한다.

㉳ 셀 데이터 갱신

Request와 Response를 통해 셀 데이터가 갱신되며 Request URL은 다음과 같다.

셀 데이터 갱신을 위한 Server Request Format	
http://serverurl/cmworld/CmWorldServlet?T=world_octree&L=1&X=1&Y=1&H=1&R=1&C=1&D=1&[command]=123	
T: Dataset L: 데이터 정밀도, 레벨 R: 위도 인덱스 번호 C: 경도 인덱스 번호 D: 고도 인덱스 번호	X: 격자 내 X축 voxel 번호 Y: 격자 내 X축 voxel 번호 H: 격자 내 X축 voxel 번호 Command: 정보를 얻거나, 데이터 갱신을 위한 명령어

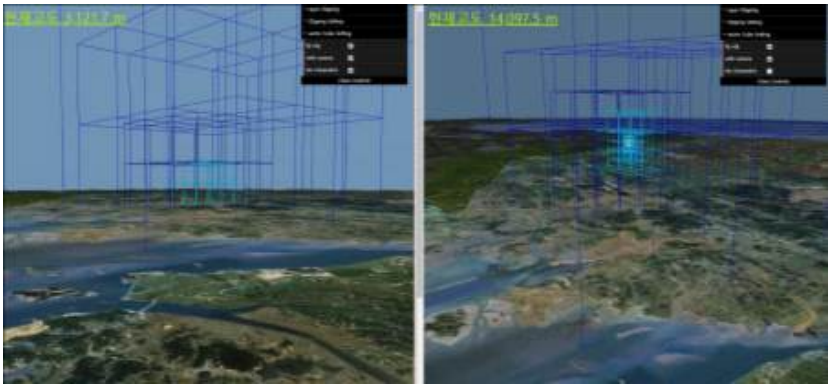
웹 클라이언트의 Request에 따른 정상적인 응답은 xml이나 Json 파일 또는 바이너리 파일로 다운로드 되며, 만약 데이터 갱신 명령어일 경우 정상 처리 메시지를 서비스한다.

(나) 수요처 및 활용 목적별 3차원 입체 격자 가시화 기술 개발

① 대용량 3차원 입체격자 가시화 기술

㉮ 평면 격자와 3차원 입체격자의 비교

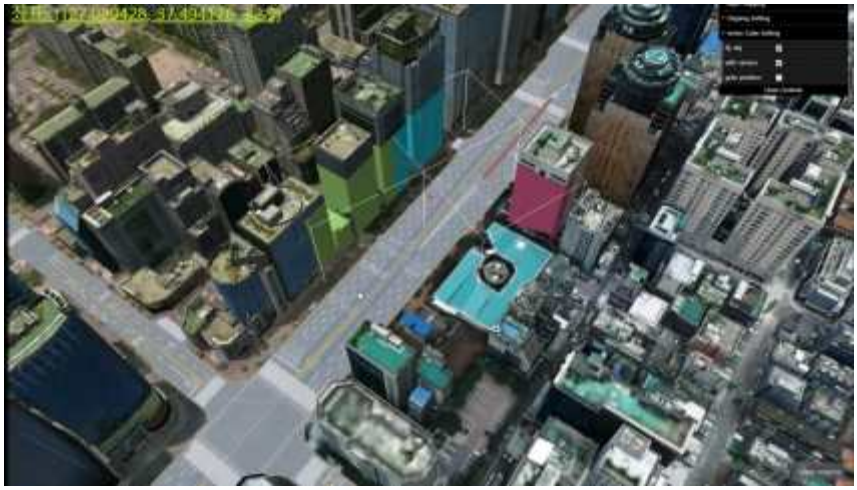
고도가 높아지면 사용되는 데이터의 해상도가 달라지는 기존의 3차원 시스템과 비교하여 3차원 입체격자 가시화 시스템은 고도가 달라져도 항상 Target 주변부의 격자 크기가 일정하여 목표 해상도를 유지할 수 있다.



<그림 2-204> 평면격자와 3차원 입체격자 비교 예시화면

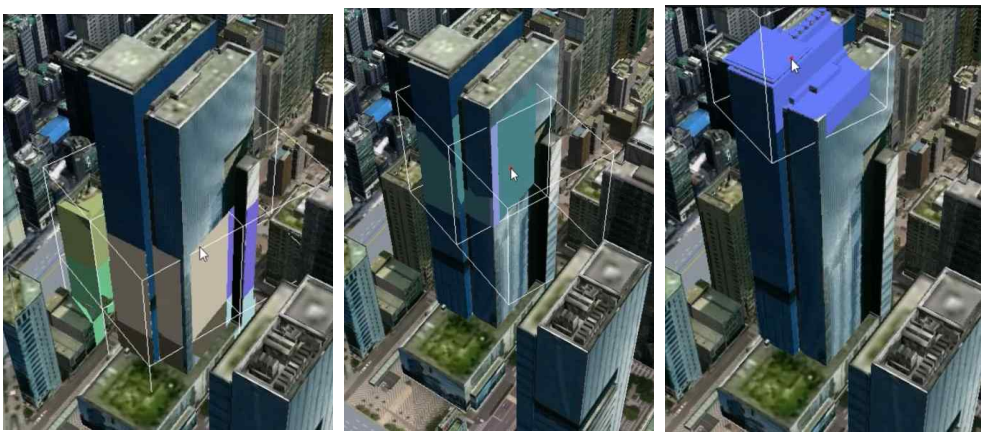
㉯ 벡터 데이터 가시화

격자를 기준으로 기존의 데이터를 분할하여 저장하고 이를 가시화한다. 기존의 데이터는 V-World의 건물 데이터를 기준으로 분할하였으며, 레벨 16에서 동작하도록 구성하였다.



<그림 2-205> 벡터데이터 가시화

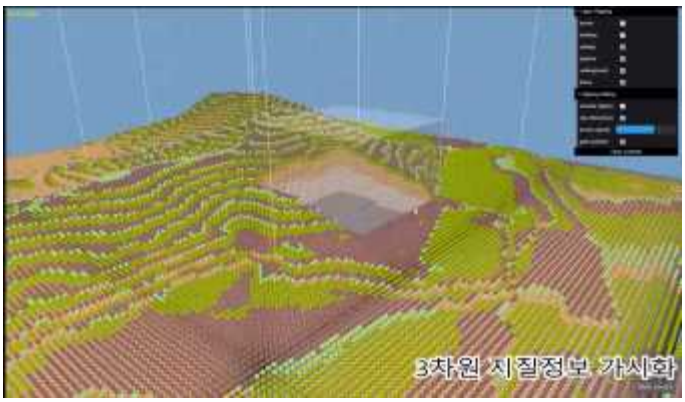
하나의 건물이 높이에 따라 n개의 단계로 분할되며 또한 격자의 위경도 경계에 따라 분할되어 나타나며 카메라의 위치, 시점, 시야각에 따라 가시화할 데이터를 격자를 기준으로 선별하여 가시화한다.



<그림 2-206> 건물을 격자로 분리한 화면

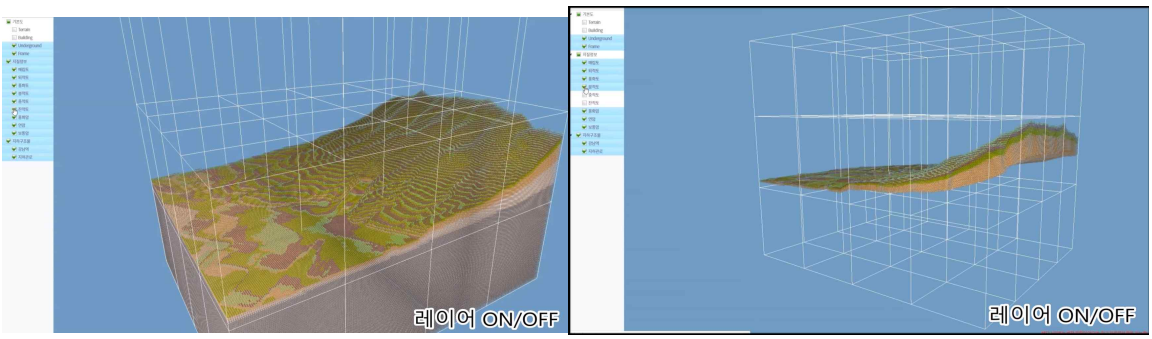
㉰ 레스터 데이터 가시화

격자에 포함되어있는 임의의 지질 데이터를 나타내는 작업을 수행하였으며 포인트 클라우드 형태로 데이터를 나타낸다.



<그림 2-207> 레스터 데이터 가시화

응용 프로그램에서 화면에 나타낼 데이터의 종류와 색상을 지정할 수 있도록 하였으며 레이어를 선택하여 화면 출력 여부를 선택할 수 있다.

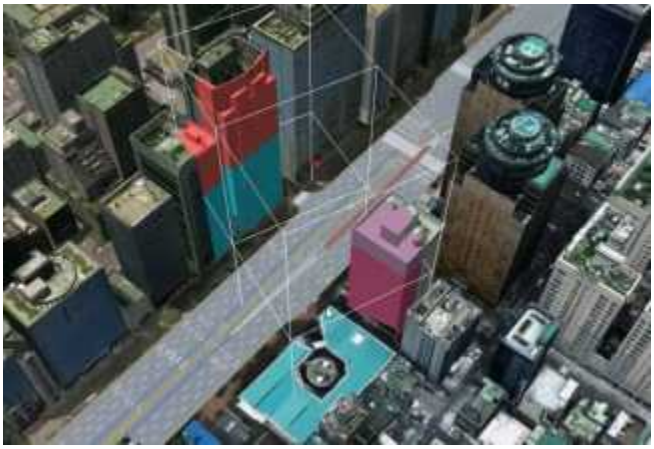


<그림 2-208> 레스터 속성별 데이터 가시화 예시

② 3차원 입체격자의 객체지향형 모델 가시화 기술

㉮ 내부 객체 저장방식

격자 내부에 데이터를 담아서 격자만을 이용하여 데이터를 운영하는 방식으로 별도의 데이터 의존성을 고민할 필요가 없다.



<그림 2-209> 내부 객체 저장방식

㉯ 외부 객체 저장방식

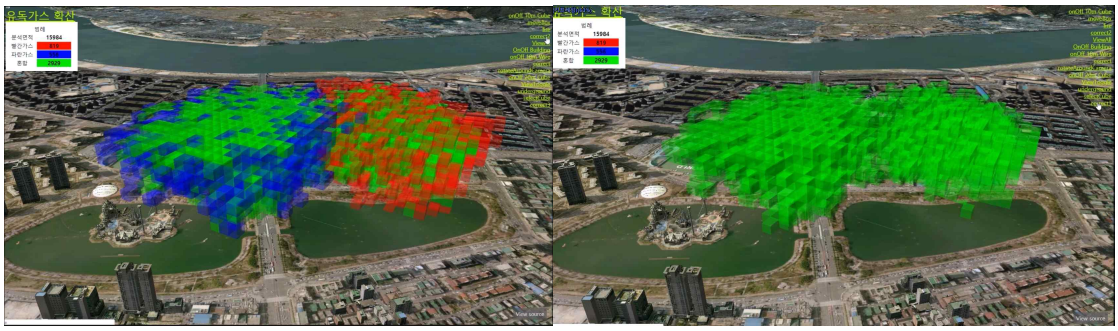
격자 내부에는 객체의 위치와 크기, 회전량 등만을 정의하여 사용하는 방식으로 격자 내부에 객체에 대한 material, geometry 등을 포함하고 있지 않기 때문에 데이터의 용량을 줄일 수 있는 반면에 참고해야할 데이터가 늘어날수록 관리에 어려움이 있을 수 있다.

<그림 2-210> 외부 객체 저장방식

③ 3차원 입체격자를 이용한 주제별 가시화 기술

㉮ 확산모델 가시화

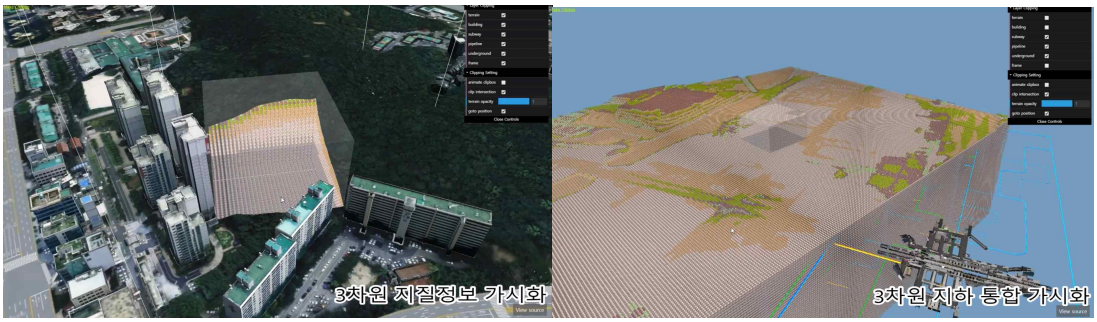
사용한 확산 모델은 임의로 작성한 알고리즘이며 단순히 Random하게 숫자를 발생시켜 확산의 다음 격자를 선택하는 방식으로 나타낸다. 파란색과 빨간색 두 가지 색상은 서로 종류가 다른 유독가스라고 가정하고, 두 가지 가스가 반응하여 섞이면 위험 공간이 되는 것으로 가정하여 녹색으로 표현하였다.



<그림 2-211> 확산모델 가시화

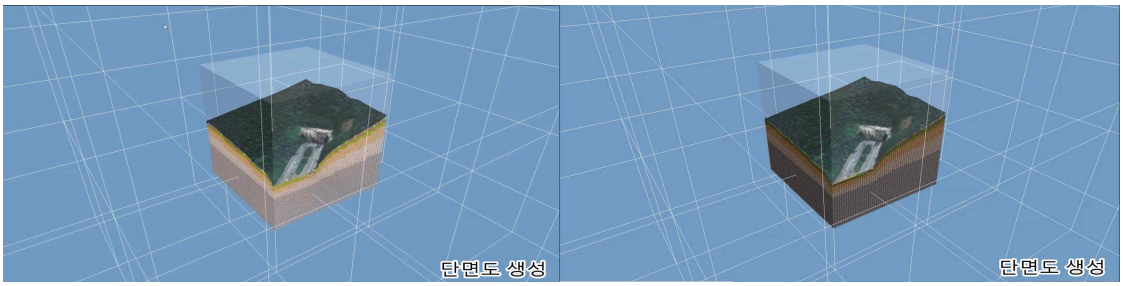
㉯ 지하 공간정보 가시화

지하공간은 통상 3차원 시스템에서 비어있는 공간으로 표현된다. 본 연구에서 격자를 이용하여 지반정보와 지하시설물을 지상의 지표와 건물을 함께 표현하는 기능을 구현했다.



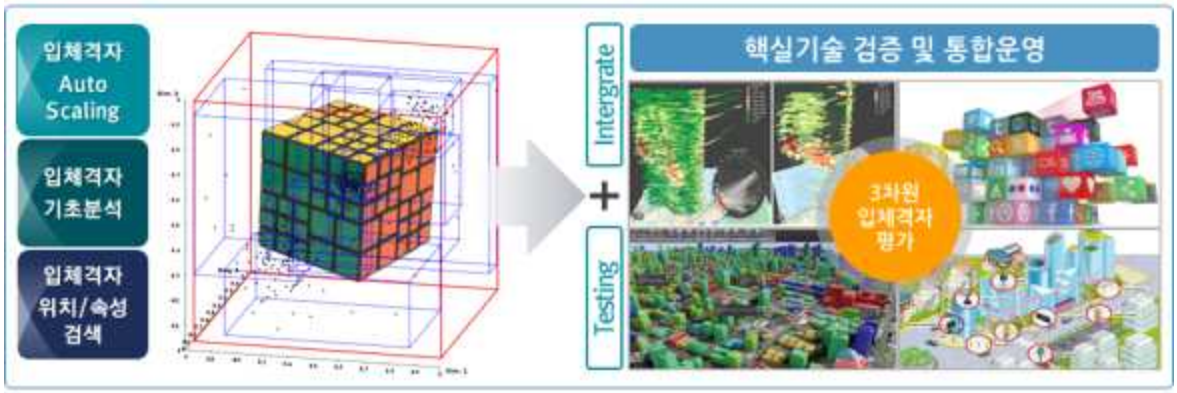
<그림 2-212> 지하 공간정보 가시화

클립박스 기능을 이용하여 지표 일부를 걷어 내고 지반정보를 나타내는 방법과 추출된 지반 정보를 이용하여 단면도를 생성하는 기능을 함께 구현했다.



<그림 2-213> 클립박스 기능 예시

(10) 3차원 핵심기술 검증 및 통합 운영기술 개발(J)



<그림 2-214> 3차원 통합운영기술

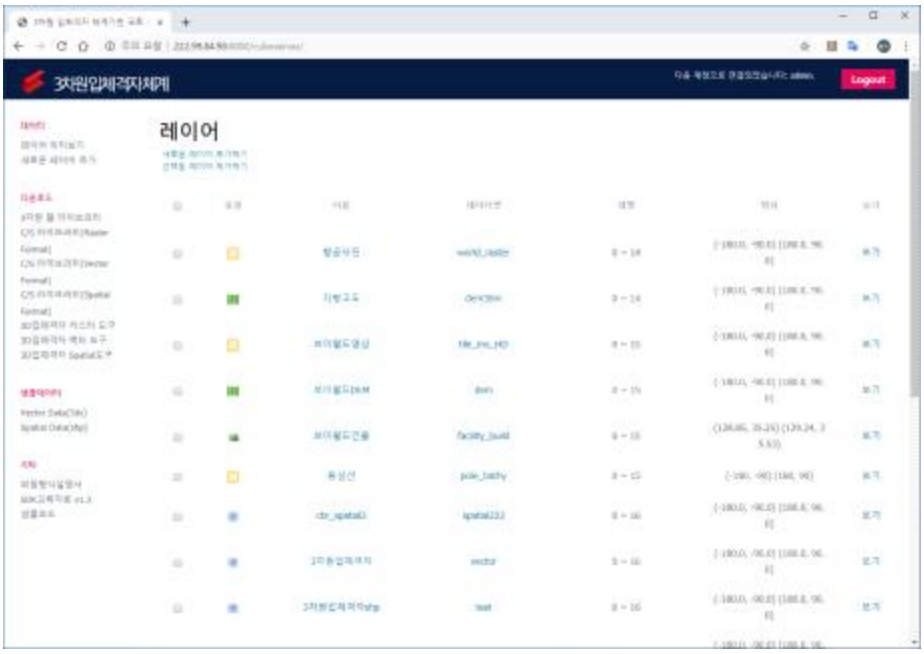
(가) 3차원 입체 격자 핵심기술 검증을 위한 통합 운영기술 개발

<그림 2-215> 3차원 입체격자 통합운영 시스템 구성도

① 3차원 입체격자체계 데이터 관리시스템

㉮ 3차원 입체격자체계 통합 운영

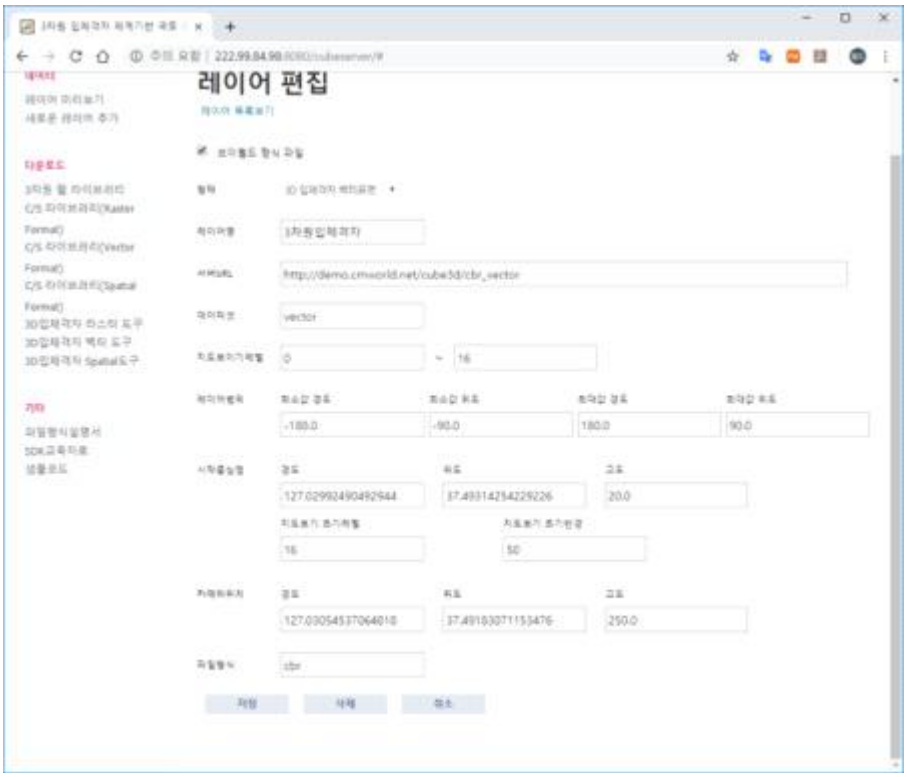
3차원 입체격자 통합 운영 서비스는 3차원 입체격자 구축 레이어 관리 및 서비스, 3차원 입체격자 웹 라이브러리 다운로드 및 샘플 소스 서비스, 3차원 입체격자 C/S 라이브러리 다운로드 및 샘플 소스 서비스, 데이터 구축 프로그램 다운로드, 3차원 입체격자 Raster/Vector/Spatial 설명서 다운로드, 라이브러리 교육자료 다운로드 등으로 구성된다.



<그림 2-216> 3차원 입체격자체계 데이터 관리시스템 메인화면

㉯ 3차원 입체격자 구축 레이어 관리 및 서비스

레이어 추가 및 편집 화면은 아래와 같이 구성된다.



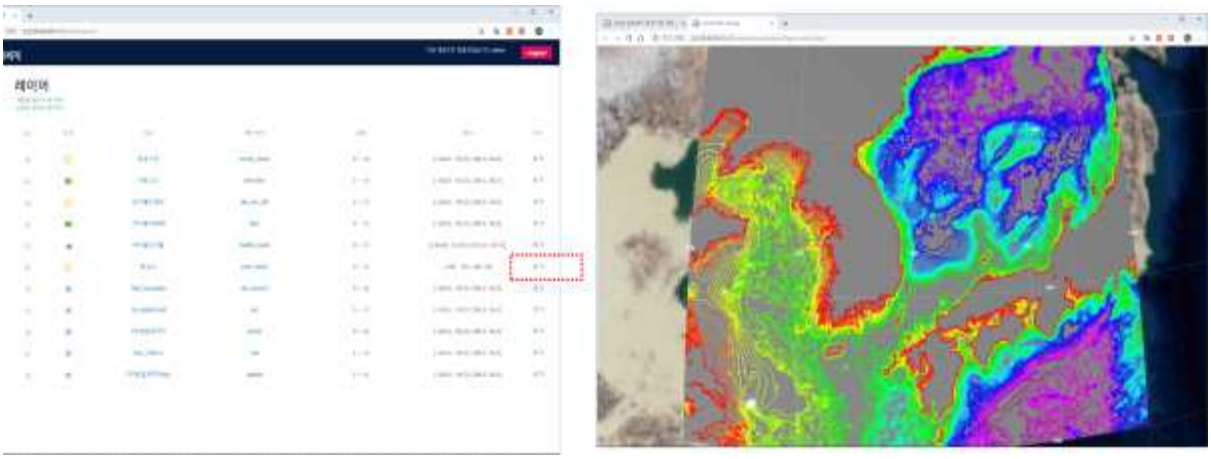
<그림 2-217> 레이어 추가 및 편집

레이어 추가를 위해서는 먼저 브이월드 형식 또는 자체 형식 파일인지 선택해야 한다. 브이월드 형식은 0레벨이 36도 격자로 구성되고, 자체형식 파일은 0레벨이 20도 격자로 구

성된다. 브이월드 형식 파일을 체크하면 배경레이어(Terrain, 항공사진)을 브이월드 서버에서 가져온다. 다음으로 레이어 형태를 선택한다. 레이어 형태는 Raster 형식, Terrain형식, Building, 3D 입체격자 Raster 포맷, 3D 입체격자 Vector 포맷, 3D 입체격자 Spatial 포맷으로 구분된다. 그 다음 레이어명 및 서버 URL, 시작중심점(지도 로딩 시 땅에서의 초기 위치)과 카메라 위치(공중에서 카메라 위치) 등을 입력한다. 모든 항목을 입력한 후 저장하면 레이어 목록에 입력된 레이어가 추가되거나 편집되어 표시된다.

㉰ 3차원 입체격자 구축 레이어 보기

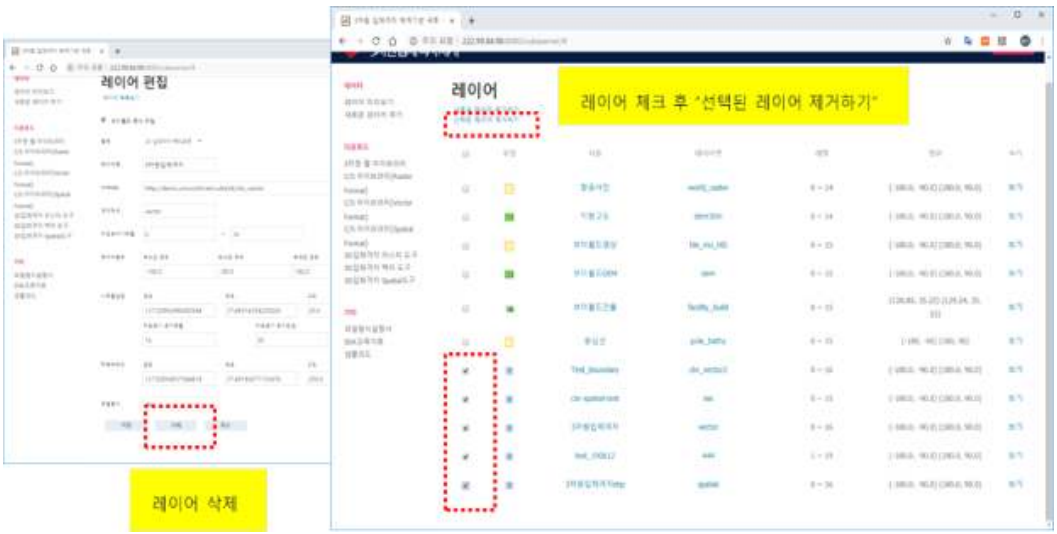
레이어 목록에서 참조하고자 하는 레이어의 보기 메뉴를 클릭하여 구축된 레이어를 확인할 수 있다. 새 창에서 레이어가 표시되고, 지형고도와 영상은 기본 배경화면이 표시된다.



<그림 2-218> 레이어 보기

㉱ 레이어 삭제

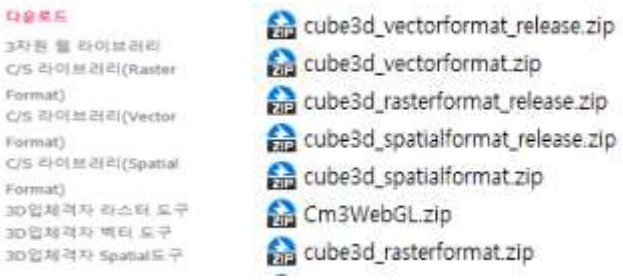
레이어 목록에서 체크박스를 체크 후 선택된 레이어 제거하면 레이어 목록에서 제거된다. 또는 레이어 편집 화면에서 “삭제” 버튼을 이용하여 레이어 삭제할 수 있다.



<그림 2-219> 레이어 삭제

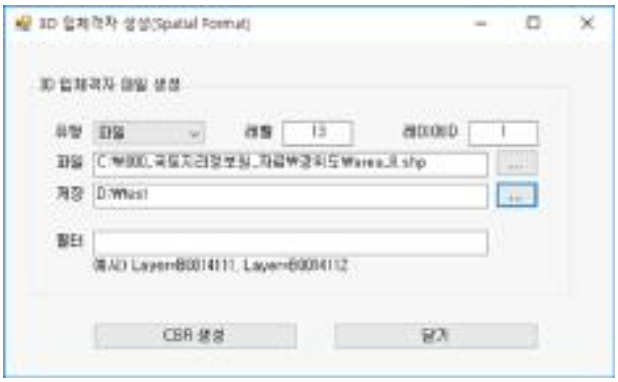
㈐ 3차원 입체격자 개발을 위한 각종 라이브러리 및 자료 다운로드

3차원 웹 라이브러리 다운로드, 3차원 C/S Raster 라이브러리 다운로드, 3차원 C/S Vector 라이브러리 다운로드, 3차원 C/S Spatial Format 라이브러리 다운로드, 3차원 입체격자 Raster 도구 다운로드, 3차원 입체격자 Vector 도구 다운로드, 3차원 입체격자 Spatial 도구 다운로드, Vector 샘플 데이터 다운로드(3ds 모델 파일들), Spatial 샘플 데이터 다운로드(shp 파일들), 파일형식 설명서 다운로드, SDK 교육자료 다운로드 등을 제공한다.

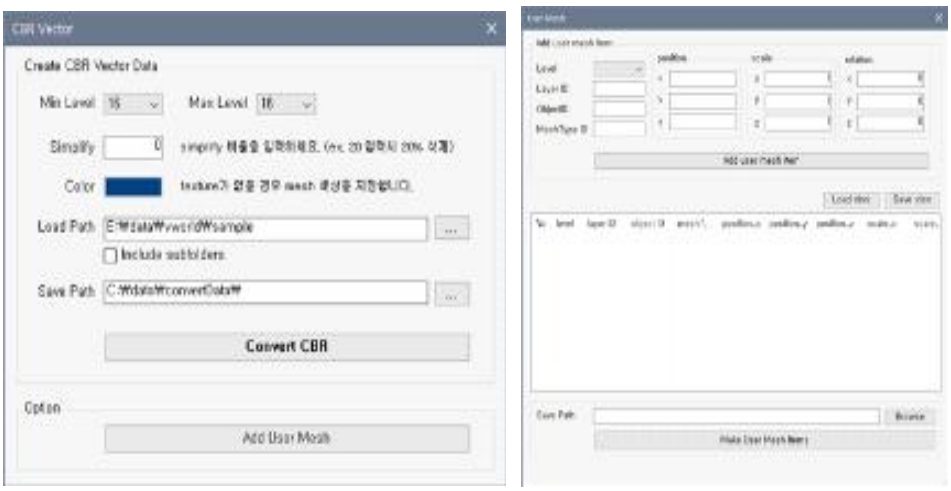


<그림 2-220> 3차원 입체격자 자료 다운로드

<그림 2-221> 3차원 입체격자 Raster 도구

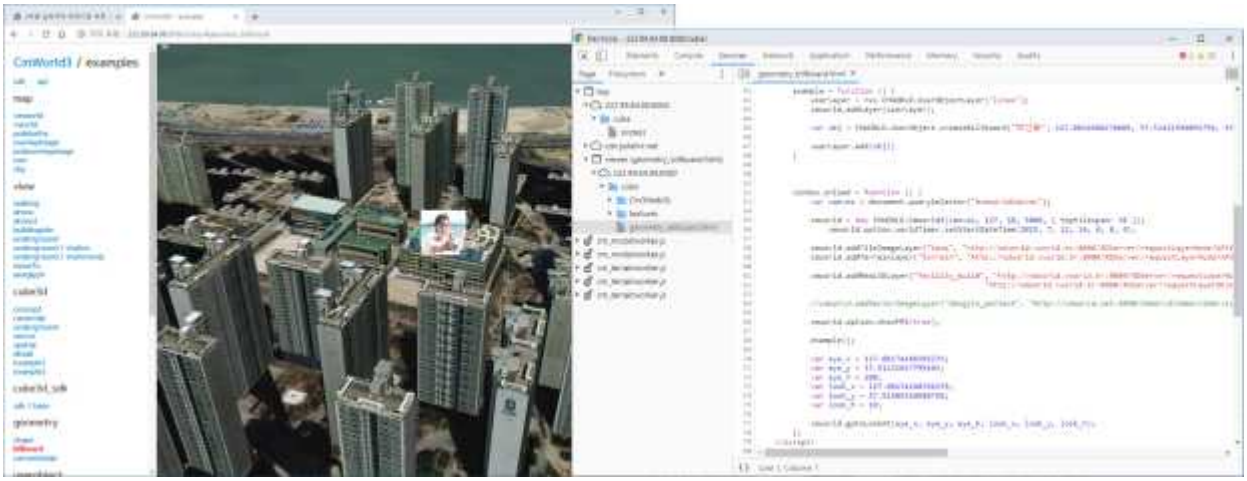


<그림 2-222> 3차원 입체격자 Spatial 도구



<그림 2-223> 3차원 입체격자 Vector 도구

아래와 같은 샘플코드 페이지도 서비스하고 있다.

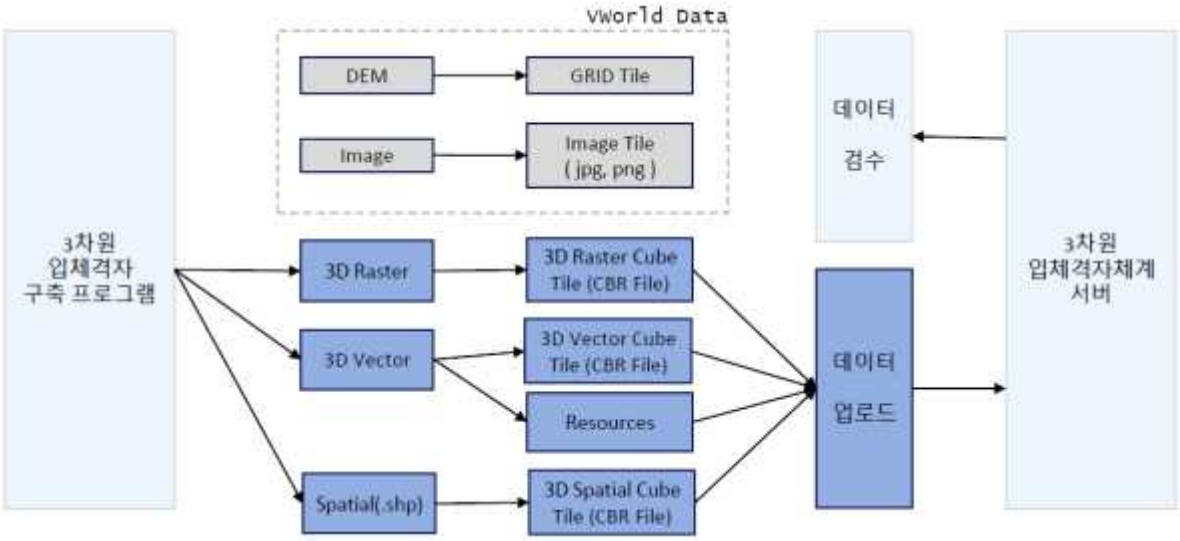


<그림 2-224> 샘플코드 서비스

② 3차원 입체격자 SDK 제공

㉮ 개요

3차원 입체격자 서비스 데이터 구축을 위한 SDK를 개발해 제공한다. DEM/Image 데이터는 Quad Tile 형태로 가공되며 일반적인 Gird 형태의 타일이 생성된다. 래스터 데이터는 Octree구조로 가공되며 Voxel 모임으로 구성된 입체격자 형태로 저장된다. Voxel 값은 다양한 형태를 지원한다. 벡터 데이터는 건물이나 시설물 등의 3ds 파일을 격자로 절단하여 입체격자를 생성하며, 3D Model을 LOD로 구성하기 때문에 상세 데이터 서비스가 가능하다. Spatial 데이터는 z값이 포함된 Geometry를 가진 Shape File을 불러와 입체격자체계 파일로 변환하여 서비스한다.

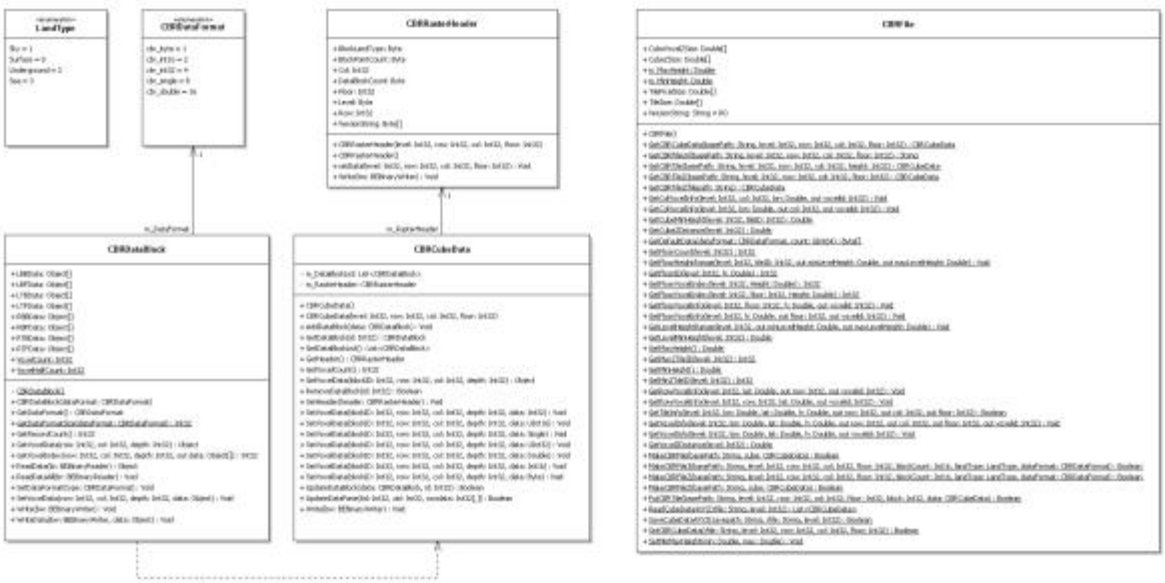


<그림 2-225> 3차원 입체격자 데이터 구축 프로세스

㉯ 3차원 입체격자 Raster Format SDK

Cube3DMan.dll 파일로 제공되며, 사용법은 다음과 같다.

XYZV 파일을 3D 입체격자 파일 생성
CBRFile.SaveCubeData4XYZ(savepath, xyzvfile, level);
3D 입체격자 파일 로딩
CBRCubeData cube = CBRFile.GetCBRTileZ(cbrfilename);
3D 입체격자 파일 저장
CBRFile.MakeCBRFileZ(저장경로, cube);
경위도 좌표와 높이로 Voxel 값 구하기
CBRFile.GetVoxelData(path, level, lon, lat, depth);
경위도 좌표, 높이로 Voxel Type 설정
CBRFile.SetVoxelData(path, level, lon, lat, depth, voxeltype);

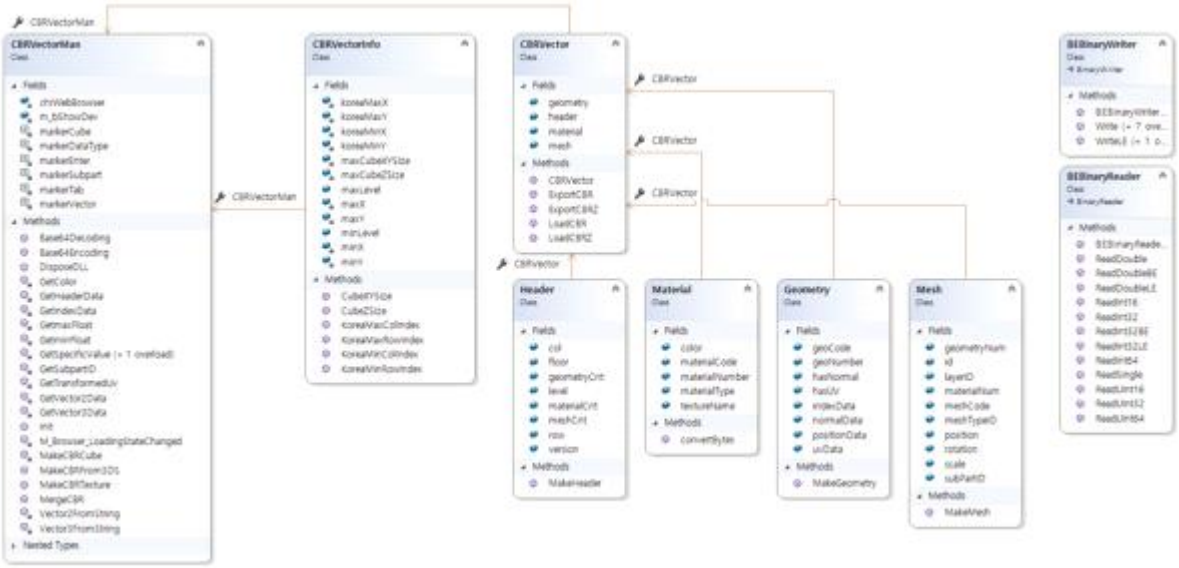


<그림 2-226> Cube3DMan.dll Class Diagram

㉰ 3차원 입체격자 Vector Format SDK

CBRVectorMan.dll 파일로 제공되며, 사용법은 다음과 같다.

3D 파일 CBR 파일로 저장
New CBRVectorMan().MakeCBRFrom3DS(filepath, savepath, startLevel, endLevel, simplify);
CBR Vector 파일 로드
CBRVector cbrv = CBRVector.LoadCBRZ(cbrvFilePath);
CBR Vector 파일 저장
CBRVector.ExportCBRZ(savepath, cbrv);
기존 CBR파일에 새로운 Mesh 추가
CBRVector mergedCbrv = new CBRVectorMan().MergeCBR(cbrvFilePath, new_cbrv);
Texture 저장
new CBRVectorMan().MakeCBRTexture(cbrvFilePath);



<그림 2-227> CBRVectorMan.dll Class Diagram

㉱ 3차원 입체격자 Spatial Format SDK

Cube3DMan.dll 파일로 제공되며, 사용법은 다음과 같다.

```
Shp 파일을 cbr 파일로 변환
CBRFile.SaveCubeData4Shp(savepath, shpfile, level, layerid, filters);
//savepath: 저장경로
//shpfile: Shp파일명
//level: 생성 레벨
//layerid: 레이어 ID
//filters: dbf 필드값 설정(기본은 null)

Point 리스트를 cbr 파일로 변환
CBRFile.AddCubeData4Points(savepath, level, points, layerid);
//savepath: 저장경로
//level: 생성 레벨
//points: 포인트 배열(x,y,z) … double[]
//layerid: 레이어 ID. 생략가능 (기본은 0)
```

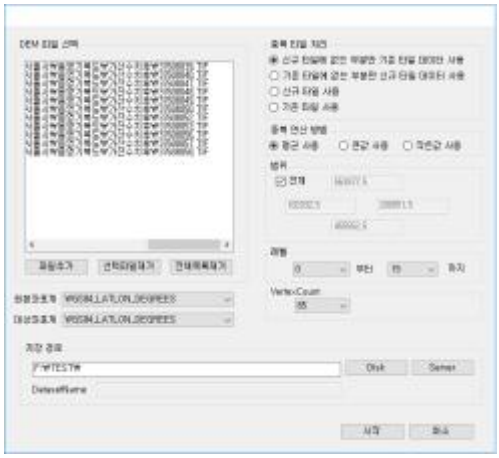
(나) 공간격자 Auto Scaling 기술 개발

① 레벨 데이터 변환기술

㉮ LOD를 적용한 지형고도 데이터 구축

3차원 입체격자 가시화를 위해서는 LOD(Level of Detail) 개념의 적용이 필수적이다. 항공사진이나 지형 고도, 분석 격자형 데이터 및 3차원 모델들은 LOD 구조로 레벨별 데이터를 미리 구축하여 웹 서비스 성능을 향상시킨다. 지형고도 데이터 구축 과정은 다음과 같다.

- 지형고도 파일 선택
- 원본 파일의 좌표계를 설정
- 하위 레벨부터 격자 데이터를 생성하고 하위 레벨의 픽셀 자료를 바탕으로 최댓값, 최솟값 또는 평균값 중 대푯값으로 상위 레벨 격자 생성
- 원본 파일이 겹치거나 기존에 생성한 파일이 존재하는 경우, 격자 타일 중 신규 타일을 사용할 것인지 기존 타일의 데이터를 사용할 것인지 선택함

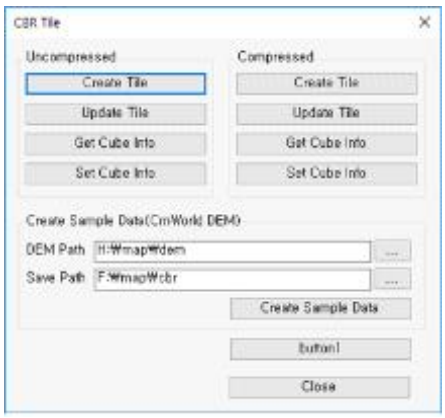


<그림 2-228> 지형고도 데이터 구축 도구

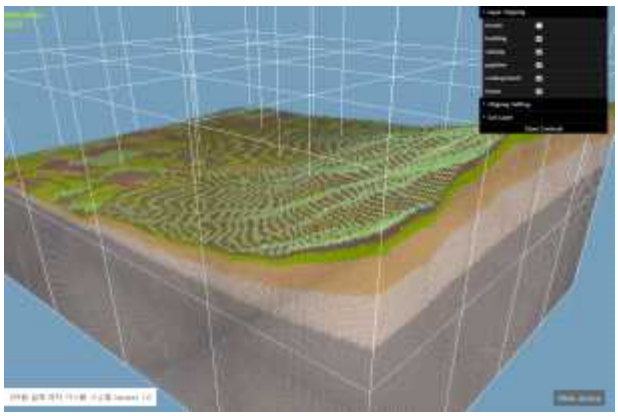
<그림 2-229> 지형고도 레벨 데이터 가시화

㉯ LOD를 적용한 레스터 데이터 구축

레스터형 데이터 구축은 규격화된 자료를 바탕으로 한다. 분석용 자료의 해상도에 해당하는 최적의 레벨을 최하위 레벨로 설정하고, 해당 레벨의 상위레벨, 그 레벨의 상위 레벨을 생성한다.



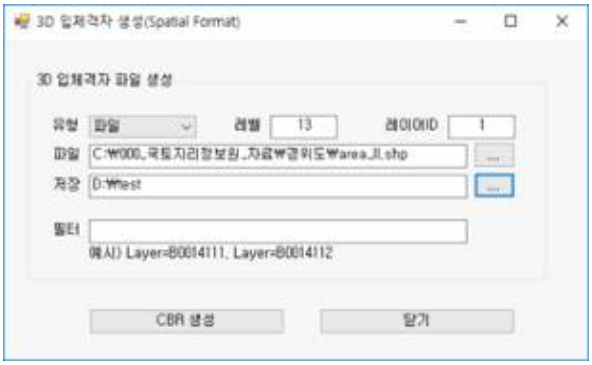
<그림 2-230> 레스터 데이터 구축 도구



<그림 2-231> 레스터 형식의 3차원 입체격자 가시화 결과

㉰ LOD를 적용한 공간 데이터 구축

3차원 입체격자 레스터형 데이터 구축은 3D shape 자료를 바탕으로 한다. 레벨, 레이어 ID, 필터를 통해 shape 파일에 저장된 데이터를 구분하여 생성한다.



<그림 2-232> 공간 데이터 구축 도구

<그림 2-233> 공간 레벨데이터 가시화

㉱ LOD를 적용한 벡터 데이터 구축

사용자 mesh를 통해 서버에 저장되어있는 모델을 사용자가 원하는 레벨, 위치에 원하는 형태로 회전, 확대, 축소하여 가시화할 수 있다. Mesh Type ID로 자동차, 가로등, 가로수 등의 모델을 지정하고 각 객체별로 가시화 레벨을 지정하여 벡터 데이터를 구축한다.

<그림 2-234> 벡터 데이터 구축 도구

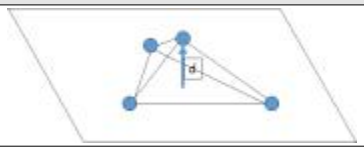
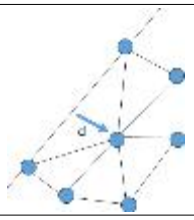
<그림 2-235> 벡터 레벨데이터 가시화

② Polygon Reduce 기술

㉮ Edge decimation

대량의 데이터를 한 번에 변환하거나 혹은 실시간으로 객체의 폴리곤 숫자를 줄이는 방법으로 다음의 과정을 거친다. 1) 로컬 버텍스 지오메트리와 위상을 식별하고, 2) decimation 기준 평가를 거쳐, 3) 결과 loops를 삼각형화 한다. 이때 vertex와 관련 삼각형을 삭제하면 하나(simple or boundary vertex) 또는 두 개의 loops(interior edge vertex)가 발생하는데, 이렇게 생긴 결과 구멍은 반드시 삼각형을 만들어야 한다.

<표 2-77> decimation 기준 평가

위상 식별	decimation 기준 평가	
Simple Vertex	vertex와 평균 평면까지의 거리 기준을 사용하여 vertex가 지정된 거리 내에 있으면 vertex를 삭제할 수 있다. 그렇지 않으면 유지한다.	
Complex Vertex	삭제되지 않는다.	
Boundary & Interior Edge vertex	edge의 식별을 위해 거리 기준을 사용한다. 경계 또는 모서리를 만드는 두 개의 vertex로 정의된 선과의 거리가 지정된 값보다 작으면 vertex를 삭제할 수 있다.	
Corner vertex	날카로운 형상을 유지하기 위해 edge vertex는 일반적으로 삭제되지 않는다.	

㉯ 정점 축소

정점 축소 절차는 다음과 같다.

- 객체의 최대 위치 값을 구한다. min, max x,y,z
- 최대, 최소 값들에 해당하는 row, column, floor 구한다.
- 최대, 최소 row, column, floor를 순환하면서 걸치는 격자를 구한다.
- 구해진 격자의 범위를 계산한다.
- 범위를 이용하여 격자를 이루는 경계 육면체를 생성한다.
- 생성된 경계 육면체와 객체를 이용하여 객체를 자른다.
- 잘라진 객체의 폴리곤 개수를 줄인다(통산 상위 레벨의 절반씩 정점수를 줄여감).

분할 후 정점 축소하는 방법이 시간을 적게 소요한다. 이 경우 고레벨에서 저레벨로 가면서 요구되는 버텍스 수는 줄어드는데 레벨이 변화하는 초기에 급격하게 정점 수가 줄어든다는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해 요구 버텍스 수를 상향 조정하여 변형이 이루어지는 구간을 최소화한다. 요구 버텍스의 수를 2단계 상향 조정하여 테스트한 결과 비교적 양호하다.

㉰ 구현 방안

하나의 입체격자의 영역에 해당하는 건물 모델을 불러온다고 가정해보자. 구조가 복잡하지 않은 건물이라면 100개 이내의 버텍스로 표현이 가능할 것이며 건물 데이터를 로드하는데 큰 무리가 없다. 하지만 건물의 구조가 복잡할수록, 예를 들어 조각상으로 꾸며진 건물 과 같은 경우 형태를 표현하기 위한 버텍스의 개수가 기하급수적으로 늘어나 입체격자에 담아야 하는 데이터의 양이 상당해진다. 또한 올림픽 경기장과 같은 규모가 큰 구조물의 경우 하나의 모델을 위해 입체격자의 영역을 벗어나는 대용량 데이터를 요청해야 한다.

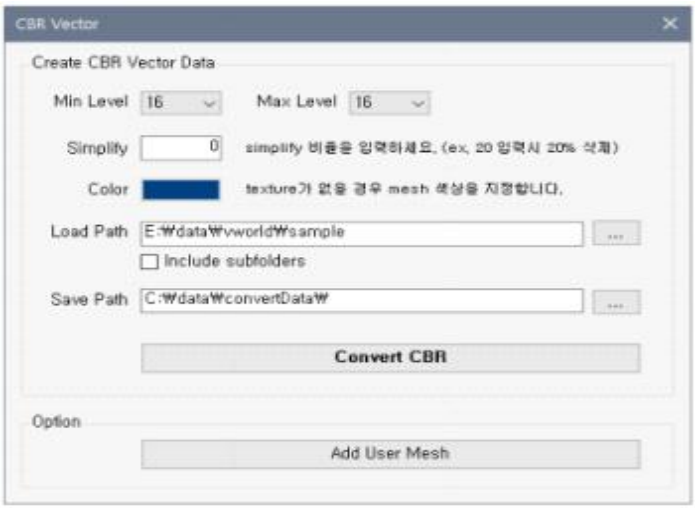
이와 같은 문제를 해결하기 위해, LOD를 적용해 view point가 위치한 지점의 레벨에 따라 건물의 버텍스 개수를 일반화하는 방안이 있다. LOD를 적용하면 고레벨에서는 효율적으로 데이터를 절약할 수 있다. 그러나 건물 모델이 원본에 가깝게 표현되어야하는 저레벨로 갈수록 LOD의 적용만으로는 한계가 존재한다. 결국 원본 데이터 전부를 불러와야하는 순간을 마주하기 때문이다.

따라서 3차원 입체격자체계에서는 LOD 적용과 더불어 다른 하나의 방안을 적용한다. 입체격자를 가시화할 때에는, 먼저 viewpoint를 기준으로 가시화해야하는 주변 영역의 입체격자를 찾는다. 그리고 입체격자에 포함된 데이터를 읽어 화면에 표출하게 된다. 바로 이 격자에 포함된 데이터를 일반화 외의 방법으로 줄이기 위해, 건물 모델을 격자 규격에 맞춰 잘라서 저장하는 기술을 연구하여 적용시켰다. 3차원 입체격자의 정해진 규격대로 모델을 잘라서 저장하게 되면, 앞서 예로 든 올림픽 경기장과 단독주택이 원본간의 차이와는 비교할 수 없이 작은 차이의 데이터 용량으로 저장되어 비슷한 속도로 빠르게 가시화되는 것이 가능해진다.

㉣ 입체격자 데이터 구축

라이브러리를 활용하여 3차원 입체격자 Vector Format SDK 및 데이터 구축 툴을 개발했다. 데이터 구축 툴의 3차원 모델의 원본 형식은 3ds를 지원하며, 파일 좌표계는 EPSG:5186을 기본으로 한다. 지원하는 파일 형식 및 좌표계는 버전에 따라 추가될 예정이다.

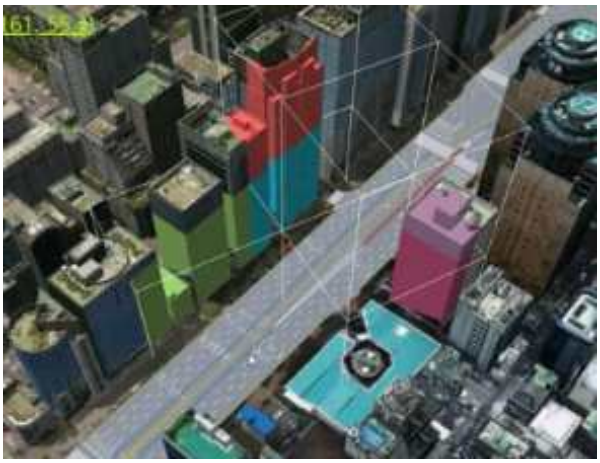
Vector Format의 데이터는 다음의 과정을 거쳐 생성된다. 3ds 파일을 로드한 후 지정된 simplify 비율에 따라 일반화를 적용한다. 격자 규격에 맞춰 모델을 자르고 해당 격자에 분할 저장한다. 3ds 로드는 three.js에서 제공된 로더를 사용한다. 일반화 과정에서 simplify.js의 함수를 이용한다. 격자에 맞춰 자르는 기준은 브이월드의 격자 규격을 준용하였다. 저장되는 버텍스 데이터의 좌표 값은 0~1사이의 값으로 치환되어 해당하는 각 격자에 저장된다.



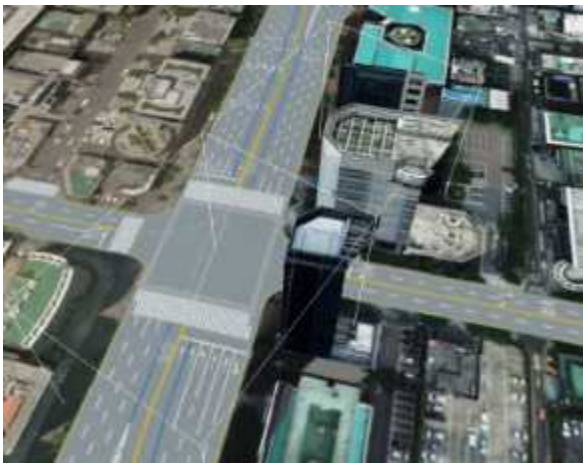
<그림 2-236> 3차원 입체격자 Vector Format 데이터 구축 도구

㈎ 가시화 결과

격자를 기준으로 기존의 데이터를 분할하여 저장하고 이를 가시화하였다. 하나의 건물이 높이에 따라 n개의 단계로 분할되고, 격자의 위경도 경계에 따라 분할되어 나타난다.

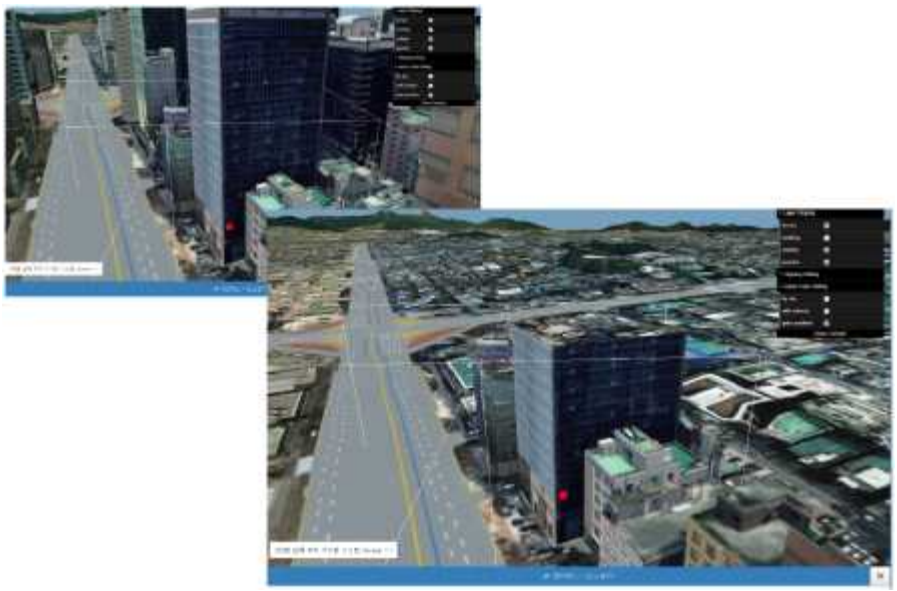


<그림 2-237> 위경도 경계에 따라 분할된 모습_1



<그림 2-238> 위경도 경계에 따라 분할된 모습_2

<그림 2-239> 높이에 따라 분할된 모습_1



<그림 2-240> 높이에 따라 분할된 모습_2

(다) 3차원 입체 격자(3D Raster) 분석 기능 개발

① Raster 분석 기능의 분류

Raster 데이터를 다루는 방식은 2차원과 3차원 데이터 모두 동일한 방식으로 처리한다. 다만 차원이 늘어남으로 인해서 데이터의 용량이 커지고, 이로 인해서 실제 데이터를 분석하는 방법과 가시화시 분석 결과를 도출하는 방식이 차이를 가질 수 있다.

본 연구에서는 Raster 데이터를 처리하는 방식 중에 2차원 이미지분석 기법을 제외하고 데이터로서의 Raster 데이터를 분석하는 기법을 입체 격자에 적용하여 그 실현 가능성을 평가하였다. 또한, 각각의 분석 기능에 대하여 실제 적용을 위한 프로그램을 구현하여 테스트를 통하여 입체 격자를 기존의 2차원 Raster 데이터와 같이 취급하여 분석 도구를 개발하여 활용할 수 있는 체계를 테스트하였다.

<표 2-78> 분석 기능의 분류

구분	설명
기본 데이터 분석 기술	데이터의 분류 및 추출, 비교를 통한 데이터 분석
분석 프로그램 구조 평가	데이터 분석과 결합 기술을 이용하기 위한 기본 플랫폼 구조의 설계 및 테스트

② 기본 데이터 분석 기술

기본 데이터 분석 기술은 기존의 2차원 데이터를 분석하기 위한 기술과 동일한 방법으로 입체 격자 데이터를 처리하기 위한 기술을 의미하며, 기존 기술을 입체 격자의 Raster 데이터에 적용하기 위한 연구이다. 2차원 데이터와는 달리 3차원 데이터인 입체 격자의 경우 인접 데이터와의 연관성이 늘어나게 된다. 즉, 2차원의 경우 다음과 같이 총 8개의 인접 지점을 가지게 된다.

```
(c-1, r-1), (c, r-1), (c+1, r-1)
(c-1, r)    (c,r)     (c+1, r)
(c-1, r+1), (c, r+1), (c+1, r+1)     *(c : column, r : row, f : floor)
```

이를 기반으로 거의 모든 2차원 분석이 기본 masking 데이터는 3x3형태를 가지는 총 9개의 pixel로 정의되어 연산을 수행하게 된다. 반면에 3차원 Voxel의 경우 여기에 위와 아래층을 포함하게 되는데 자신을 제외하고 총 26개의 인접 데이터를 가진다.

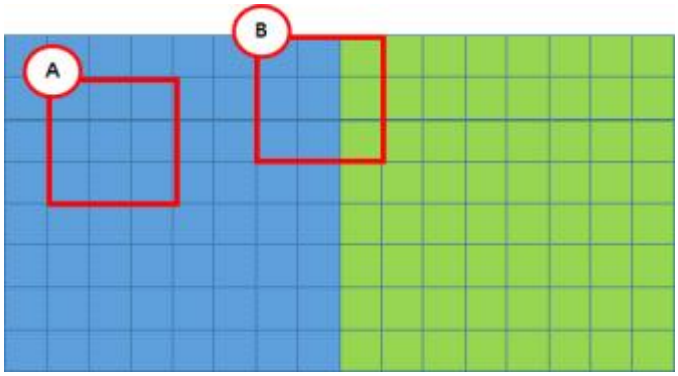
```
(c-1, r-1,f-1), (c, r-1),     (c+1, r-1, f-1)
(c-1, r, f-1) , (c,r,f-1),    (c+1, r,f-1)
(c-1, r+1,f-1), (c, r+1),     (c+1, r+1,f-1)
(c-1, r-1,f),   (c, r-1,f),   (c+1, r-1,f)
(c-1, r,f)      (c,r,f)       (c+1, r,f)
(c-1, r+1,f),   (c, r+,f1),   (c+1, r+1,f)
(c-1, r-1,f+1), (c, r-1,f+1), (c+1, r-1,f+1)
(c-1, r,f+1),   (c,r,f+1)     (c+1, r,f+1)
(c-1, r+1,f+1), (c, r+1,f+1), (c+1, r+1,f+1)  *(c : column, r : row, f : floor)
```

그러므로 3차원 입체격자의 경우 인접지점을 포함하여 3×3×3 형태의 최소 형태 masking을 사용하여 분석 작업을 진행하게 된다. 본 연구에서는 기본적으로 위와 같은 형태의 3×3×3 범위를 기본 masking 범위로 하여 작업을 진행하였다.

Raster 데이터 분석 기술을 다시 크게 분류하면, 하나의 데이터 소스를 이용하여 데이터 소스 내에 포함되어 있는 데이터만을 이용하여 연산을 수행하여 결과를 도출하는 방식과 두 개 이상의 데이터 소스를 이용하여 데이터 비교를 통해 데이터를 추출하는 방식이 있다. 이것을 일반화하게 되면, 두 개 이상의 데이터 소스를 이용하여 비교 분석하는 경우는 두 개의 데이터 소스를 이용하는 방식의 확장 방식으로 볼 수 있다. 위의 두 경우 모두 필요에 의해 masking 데이터를 이용하여 데이터의 분류 및 연산을 수행할 수 있다.

㉮ 기본 분석 구조

입체격자의 경우 연속된 데이터로서 존재하지 않고 일정 영역을 분할한 데이터의 집합으로 구성되어 있다. 이와 같은 격자 구조에서의 문제점은 연속적 분석을 수행하기 위해서 필요로 하는 데이터가 격자의 경계에 존재하는 경우 심각한 데이터의 왜곡이 발생할 수 있다는 점이다.



<그림 2-241> 격자의 경계에서 발생할 수 있는 데이터 왜곡

위의 그림에서 A 구역에 필터를 적용하고자 할 경우에는 자신의 데이터 영역에 포함되므로 문제가 없지만 B 구역의 경우에 이웃하고 있는 격자의 데이터가 없으면 정확한 데이터를 얻을 수 없는 문제가 발생하게 된다. 이를 방지하기 위해서 하나의 격자를 분석하기 위해서는 최소 9개의 이웃 격자가 필요하게 된다. 즉, 자신을 제외하고 총 8개의 추가적인 이웃 격자 데이터가 있어야만 분석이 가능하다. 그러므로 이웃하고 있는 격자를 포함하여 연산할 수 있도록 데이터를 제공하는 역할은 분석 기반 구조의 프로그램에서 처리하도록 하고, 여기서는 연속된 데이터라는 가정하여 설명하도록 한다.

㉯ Raster 분석 기술의 기본 흐름

단일 데이터 소스를 이용하는 경우에는 다음과 같은 방식으로 처리된다. 여기서 연산자는 masking 데이터와 함께 처리될 수 있다.

```
D + 연산자 => D'
```

두개의 데이터 소스를 이용하는 경우에는 다음과 같은 방식으로 처리된다. 원본의 두 가지 데이터 소스를 연산자를 통하여 결과를 만들어내게 된다.

```
D1 + 연산자 + D2 => D3
```

위에서 표현한 연산자의 경우에는 단순 수학 처리 함수와 같이 기본 정의된 연산자에 의해 처리 되거나 혹은 사용자 정의에 의해서 처리될 수 있도록 지원해야 한다. 본 연구에서는 데이터 처리에 일반적으로 이용되는 기본 함수 일부를 구현하여 테스트하였고, 확장을 위한 사용자 정의 함수를 사용할 있도록 지원하였다.

㉰ 단순 연산

단순 연산의 기본 Raster 값에 산술 연산을 적용하는 방식으로 각각의 데이터 값에 대하여 연산을 수행한다.

```
Plus : D + v = D'
Subtract : D - v = D'
Multifly : D * v = D'
Divide : D / v = D'
Abs : Abs(D) = D'
Negate : D * -1 = D'
```

이보다 복잡한 수학 함수를 적용하기 위해서는 별도의 사용자 정의 연산 함수를 정의하여 적용하여야 한다.

```
rasterLayer = cmworld.addCube3DLayer(" raster",
"http://demo.demoserver.net/cube3d/cbr_raster/{z}/{y}/{x}/{y}_{x}_{f}.cbr", 16, 16, -10,
10000, 4194304, "raster", "cbr");
rasterLayer.cubeBeforeCubeRender = function (cube, cubemesh)
{
 // some code ......
}
rasterLayer.defaultOperater(Cube3DOperator.Add, 1);
rasterLayer.defaultOperater(Cube3DOperator.Multifly 0.2);
```

㉱ 필터를 이용한 연산

filter를 적용하는 것은 일정 크기의 mask를 적용하여 데이터를 변형시키는 기법이다. 전술한 바와 같이 본 연구에서는 3×3×3 크기의 필터를 적용하는 것으로 구현하였다.

- Thresholding : 특정 값 이상의 값만 취하고 나머지는 버림으로써 데이터를 단순화한다. 아래와 같이 값이 v보다 크면 r1으로 아니면 r2 값으로 치환한다. 보통 이진 영상을 만들 때 사용하던 기법인데, 일반적으로 의미 없는 값을 제거하고 관심 영역을 얻기 위해 사용한다.

```
if(D >= v) r1
else       r2
```

- Sharpen : 보다 선명한 이미지를 얻기 위해 사용하는 이미징 처리 기법을 적용하여 필터링 기법을 테스트 하였다. 여기서 사용한 필터는 다음과 같다.

```
0  0  0      0  -1  0      0  0  0
0 -1  0     -1   5  1      0 -1  0
0  0  0      0  -1  0      0  0  0
```

이 필터를 적용하면 보다 선형과 같은 형태의 데이터를 보다 선명하게 만들어서 향상된 품질의 데이터를 얻을 수 있다. 본 연구에서는 기본 제공하는 두 개의 방법 이외에 사용자가 필터를 정의하여 적용할 수 있도록 하였다. 즉, 3×3×3 형태의 필터를 전달하여 입체격자에 적용하여 결과를 얻을 수 있도록 하였다.

```
rasterLayer = cmworld.addCube3DLayer(" raster",
"http://demo.demoserver.net/cube3d/cbr_raster/{z}/{y}/{x}/{y}_{x}_{f}.cbr", 16, 16, -10,
10000, 4194304, "raster", "cbr");
rasterLayer.cubeBeforeCubeRender = function (cube, cubemesh)
{
 // some code ......
}
Cube3DFilter filter = new Filter(0, 0, 0, 0, -1, 0, 0, 0, 0, 0, -1, 0, -1, 5, 1, 0, -1, 0,
0, 0, 0, 0, -1, 0, 0, 0, 0);
rasterLayer.applyFilter(filter);
```

필터는 데이터가 메모리에 적재되는 되는 시점에 적용이 되며, 변경된 값으로 사용자에게 제공된다. 앞서 서술한 것처럼 필터를 적용하기 위해서는 주변의 8개 격자가 추가로 필요하므로 실제 운영되는 데이터는 좀 더 늘어나게 된다.

㉤ 데이터 분류(Classification)

데이터를 분류하는 방식은 데이터의 값이 특정 값이거나 혹은 특정 범위에 속하게 되면 데이터를 이용하고, 그렇지 않으면 데이터 분류에서 제외하는 방식으로 적용된다. 즉 다음과 같은 방식으로 데이터를 구분하도록 할 수 있다.

<표 2-79> 데이터 분류 sample

원본 값	분류값
0 <= D < 1	0
1 <= D < 10	1
10 <= D < 100	2
100 <= D < 1000	3
1000 < D	-1

위의 sample의 경우 값이 1000보다 큰 경우를 제외하고 나머지 값들을 단순화 하여 분류하게 된다. 이와 같은 방법으로 데이터를 분류하여 표출할 수 있는데, 가시화 시 분류값을 기준으로 색상을 지정하여 데이터를 표현하게 된다. 라이브러리 사용자는 위와 같은 분류 범위를 임의로 지정할 수 있다.

```
rasterLayer = cmworld.addCube3DLayer(" raster",
"http://demo.demoserver.net/cube3d/cbr_raster/{z}/{y}/{x}/{y}_{x}_{f}.cbr", 16, 16, -10,
10000, 4194304, "raster", "cbr");
rasterLayer.cubeBeforeCubeRender = function (cube, cubemesh)
{
 // some code ......
}
Cube3DClassifier cla = new Cube3DClassifier();

cla.add(0, 1, 0);
cla.add(1, 10, 1);
cla.add(10, 100, 2);
cla.add(100, 1000, 3);
cla.SetDefaultValue(-1);
cla.RemoveUnClassifyData(true);

rasterLayer.applyClassifier(classifier);
```

㉥ Boolean 연산

Boolean 연산은 하나 혹은 두 개의 데이터셋을 이용한 연산이다. Boolean 연산은 기본적으로 바이너리 데이터 값으로 가정하고 연산을 하므로, 실수와 같은 데이터에 사용하기에는 적당치 않으며 byte와 같은 형식에 적합하다. 기본적으로 비교 대상이 되는 데이터가 필요하므로 Not과 같이 단일 값을 이용하는 일부를 제외하고는 추가적인 비교 대상 데이터가 필요하다. 그러므로 하나의 데이터 셋을 이용할 경우에는 비교를 위한 바이너리 값을 넘겨야 하고, 두 개의 데이터셋을 이용할 경우에는 동일한 위치의 바이너리 값이 이용된다.

비트 연산이므로 원래 값에 들어있는 값을 주어지는 값과 비트 단위로 비교하고 결과를 반환하게 된다. 그러므로 데이터 자체의 값이 의미를 가지는 실수 값 같은 경우에는 의도치 않은 결과가 나올 수도 있다.

<표 2-80> Boolean 연산

구분	연산식(Cube3DOperator)			결과	설명
AND	true	&& AND	true	true	피연산자 모두 true경우에 true
	true		false	false	
	false		true	false	
	false		false	false	
OR	true	|| OR	true	true	피연사 중 하나만 true면 true
	true		false	true	
	false		true	true	
	false		false	false	
XOR	true	^ XOR	true	false	피연산자가 하나는 true 다른 하나는 false 경우 true
	true		false	true	
	false		true	true	
	false		false	false	
NOT		! NOT	true	false	피연산자 논리값을 바꿈
			false	true	

위와 같은 기본 연산 규칙을 이용하여 각각의 bit에 대하여 연산을 수행하게 된다. 실제로 true와 false의 정의는 1과 0으로 대치되며 각각의 자리에서 동일한 비트끼리만 연산을 수행하고 다른 비트에는 영향을 주지 않는다.

```
rasterLayer = cmworld.addCube3DLayer(" raster", "http://demo.demoserver.net/cube3d/cbr_raster/{z}/{y}/{x}/{y}_{x}_{f}.cbr", 16, 16, -10, 10000, 4194304, "raster", "cbr");
rasterLayer2 = cmworld.addCube3DLayer(" raster", "http://demo.demoserver.net/cube3d/cbr_raster2/{z}/{y}/{x}/{y}_{x}_{f}.cbr", 16, 16, -10, 10000, 4194304, "raster", "cbr");
rasterLayer.cubeBeforeCubeRender = function (cube, cubemesh)
{
 // some code ......
}
rasterLayer.defaultOperater(Cube3DOperator.AND, 0xFF); // 비교 대상으로 임의의 바이너리를 사용
rasterLayer.defaultOperater(Cube3DOperator.OR, 0x2A);
rasterLayer.defaultOperater(Cube3DOperator.OR, rasterLayer2); // 비교대상으로 다른 레이어를 사용
```

㉦ 비교 연산

비교 연산은 특정 값 이상 혹은 이하인 값을 추축하기 위한 연산으로 분류 연산의 subset과 같다. 다만, 연산의 단순성으로 인해 단일 값에 의한 분류를 위해서는 좀 더 효과적으로 동작하는 비교 연산을 사용하는 것이 이득이다.

```
Equal : 지정한 값과 같은 것만 추출한다.
Greater : 지정한 값보다 큰것만 추출한다.
GreaterThan : 지정한 값보다 크거나 같은 값을 추출한다.
Less : 지정한 값보다 작은 것만 추출한다.
LessThan : 지정한 값보다 작거나 같은 값을 추출한다.

rasterLayer = cmworld.addCube3DLayer(" raster",
"http://demo.demoserver.net/cube3d/cbr_raster/{z}/{y}/{x}/{y}_{x}_{f}.cbr", 16, 16, -10,
10000, 4194304, "raster", "cbr");
rasterLayer2 = cmworld.addCube3DLayer(" raster",
"http://demo.demoserver.net/cube3d/cbr_raster2/{z}/{y}/{x}/{y}_{x}_{f}.cbr", 16, 16,
-10, 10000, 4194304, "raster", "cbr");
rasterLayer.cubeBeforeCubeRender = function (cube, cubemesh)
{
 // some code ......
}
rasterLayer.defaultOperater(Cube3DOperator.GREATERTHAN, 5; // 5보다 크거나 같은 값을
추출한다.
rasterLayer.defaultOperater(Cube3DOperator.LESS, 10); // 10보다 작은 값을 추출한다.
```

㉮ 통계 연산

이 연산은 정확히는 각각의 입체격자 Raster Cell에 대해서가 아닌 입체격자 단위로 통계를 추출하는 연산으로, 입체격자 데이터 자체에는 영향으로 끼치지 않으면서 통계값 만을 추출할 경우에 사용한다.

MaxValue : 격자에서 최대값을 추출한다.

MinValue : 격자에서 최소값을 추출한다.

AvgValue : 격자에서 평균값을 추출한다.

RangeValue : 격자에서 최대값과 최소값의 차이를 추출한다.

SumValue : 격자의 모든 값을 더한 값을 추출한다.

```
rasterLayer = cmworld.addCube3DLayer(" raster",
"http://demo.demoserver.net/cube3d/cbr_raster/{z}/{y}/{x}/{y}_{x}_{f}.cbr", 16, 16, -10,
10000, 4194304, "raster", "cbr");
rasterLayer2 = cmworld.addCube3DLayer(" raster2",
"http://demo.demoserver.net/cube3d/cbr_raster2/{z}/{y}/{x}/{y}_{x}_{f}.cbr", 16, 16,
-10, 10000, 4194304, "raster", "cbr");
rasterLayer.cubeBeforeCubeRender = function (cube, cubemesh)
{
   var minV = cube.getMinValue(); // 격자내의 최소값을 추출한다.
  var maxV = cube.getMaxValue(); // 격자내의 최대값을 추출한다.
```

③ 분석 라이브러리의 구성

분석 라이브러리는 앞서 설명한 연산 방식을 구현한 것으로 CubeLayer 전체에 적용되는 경우와 Cube3D 격자에만 적용되는 두 가지 경우로 분류할 수 있다.

<표 2-81> 분석 라이브러리의 구성

구분	구성
레이어 전체에 적용되는 경우	단순연산 필터연산 데이터분류 Boolean 연산 비교연산
격자에만 적용되는 경우	통계 연산

④ 동작정화도 테스트를 위한 환경 구성 및 절차

동작 정확도를 확인하기 위하여 다음과 같은 순서로 준비한다.

㉮ 데이터 준비

두 개의 Raster 형식 입체 격자 데이터를 준비한다. 본 테스트를 위하여 지반 정보와 유사한 데이터를 임의로 두 벌 생성하였으며, 두 개의 정보를 혼용할 수 있도록 위치는 서울 강남지역으로 하였다.

<그림 2-242> 임의 생성한 Raster형식 입체격자 데이터

㉯ 데이터 서버 적재

준비된 데이터를 서버에 적재하고 데이터셋을 생성하여 서비스할 수 있도록 한다. 각각의 이름은 “raster1”, “raster2”로 한다.

㉰ 소스 프로그램 준비

다음과 같은 소스 프로그램을 이용하여 동작여부를 확인한다.

```
<!doctype html>
<html>
<head>
    <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html;charset=utf-8">
    <title>CmWorld3 Sample</title>

<style>
html, body {
  overflow: hidden;
  width: 100%;
  height: 100%;
  margin: 0;
  padding: 0;
}

#cmworld3Canvas {
    width: 100%;
    height: 100%;
}
</style>


<script src="./Cm3WebGL/lib/jquery-2.2.0.min.js"></script>
<script src="./Cm3WebGL/lib/msgpack.min.js"></script>
<script src="./Cm3WebGL/cm_compile.js"></script>
<script>CMWORLD.Compile.includeCm3Library("./Cm3WebGL/")</script>

<script src="./lib/dat.gui.min.js"></script>

<script>
        var cmworld;
        var cubeLayer;
        var userLayer;
        var userObj;
        var needChangeColor = false;

        function changeCubeColor()
        {
```

```
        needChangeColor = true;
    }

    function createCube3DLayer()
    {
        rasterLayer = cmworld.addCube3DLayer("raster1",
"http://demo.demoserver.net/cube3d/cbr_raster1/{z}/{y}/{x}/{y}_{x}_{f}.cbr", 16, 16,
-10, 10000, 4194304, "raster", "cbr");
        rasterLayer2 = cmworld.addCube3DLayer("raster2",
"http://demo.demoserver.net/cube3d/cbr_raster2/{z}/{y}/{x}/{y}_{x}_{f}.cbr", 16, 16,
-10, 10000, 4194304, "raster", "cbr");

        cubeLayer.cubeBeforeCubeRender = function (cube, cubemesh)
        {
            // 통계 연산
            var minV = cube.getMinValue(); // 격자내의 최소값을 추출한다.
            var maxV = cube.getMaxValue(); // 격자내의 최대값을 추출한다.
        }

        // 단순연산
        rasterLayer1.defaultOperater(Cube3DOperator.Add, 1);
        rasterLayer1.defaultOperater(Cube3DOperator.Multifly 0.2);

        // 필터연산
        Cube3DFilter filter = new Filter(0, 0, 0, 0, -1, 0, 0, 0, 0, 0, -1, 0, -1, 5, 1,
0, -1, 0, 0, 0, 0, 0, -1, 0, 0, 0, 0);
        rasterLayer.applyFilter(filter);

        // 데이터 분류
        Cube3DClassifier cla = new Cube3DClassifier();
        cla.add(0, 1, 0);
        cla.add(1, 10, 1);
        cla.add(10, 100, 2);
        cla.add(100, 1000, 3);
        cla.SetDefaultValue(-1);
        cla.RemoveUnClassifyData(true);

                                rasterLayer.applyClassifier(classifier);

        // Boolean 연산
        rasterLayer.defaultOperater(Cube3DOperator.AND, 0xFF); // 비교 대상으로 임의
의 바이너리를 사용
        rasterLayer.defaultOperater(Cube3DOperator.OR, 0x2A);
        rasterLayer.defaultOperater(Cube3DOperator.OR, rasterLayer2); // 비교대상으로
다른 레이어를 사용
```

```
        // 비교연산
        rasterLayer.defaultOperater(Cube3DOperator.GREATERTHAN, 5; // 5보다 크거나 같은 값을 추출한다.
        rasterLayer.defaultOperater(Cube3DOperator.LESS, 10); // 10보다 작은 값을 추출한다.


        var geo = new THREE.SphereGeometry(1);
        var material = new THREE.MeshBasicMaterial({ color: 0xff0000 });
        var mesh = new THREE.Mesh(geo, material);


        flycenter = new CMWORLD.UserObject("fly", mesh, new THREE.Vector3(127.02913489835643, 37.49499387684867, 20), null);

        userLayer.add(flycenter);

        //cubeLayer.addTargetCamera("camera", 16, 120);
        cubeLayer.addTargetObject("fly", flycenter, 17, 20);
    }

    window.onload = function ()
    {
        var canvas = document.querySelector("#cmworld3Canvas");

        cmworld = new CMWORLD.CmWorld3(canvas, 127, 38, CMWORLD.cm_const.EarthRadius, { toptilespan: 36 });
        cmworld.option.worldTimer.setStartDateTime(2015, 7, 12, 14, 0, 0, 0);

        cmworld.option.terrainTransparency = false;
        cmworld.option.terrainOpacity = 1;

        cmworld.addTileImageLayer("base", "http://xdworld.vworld.kr:8080/XDServer/requestLayerNode?APIKey=767B7ADF-10BA-3D86-AB7E-02816B5B92E9&Layer=tile_mo_HD&Level={z}&IDX={x}&IDY={y}", 0, 15, 90, -90, -180, 180, "jpg", false);
        cmworld.addTerrainLayer("terrain", "http://xdworld.vworld.kr:8080/XDServer/requestLayerNode?APIKey=767B7ADF-10BA-3D86-AB7E-02816B5B92E9&Layer=dem&Level={z}&IDX={x}&IDY={y}", 0, 15, 90, -90, -180, 180, "");

        cmworld.addReal3DLayer("facility_build", "http://xdworld.vworld.kr:8080/XDServer/requestLayerNode?Layer=facility_build&Level={z}&IDX={x}&IDY={y}&APIKey=767B7ADF-10BA-3D86-AB7E-02816B5B92E9",
```

```
"http://xdworld.vworld.kr:8080/XDServer/requestLayerObject?APIKey=767B7ADF-10BA-3D86-AB7E-02816B5B92E9&Layer=facility_build&Level={z}&IDX={x}&IDY={y}&DataFile={f}", "facility_build", 0, 15, 90, -90, -180, 180, "dat");

            cmworld.option.showFPS(true);
            createCube3DLayer();
            cmworld.gotoLookAt(127.02985699102842,    37.49327260338736,    6378166, 127.02913489835643, 37.49499387684867, 6378137);
            cmworld.preUpdateEvent.addEventListener(preUpdate);
        };



</script>
</head>
<body>
    <canvas id="cmworld3Canvas"></canvas>
    <!--<a id="txtLabel" href="#" style="font-size:32px;left: 10px; top: 10px; position: absolute; z-index: 10000;color: rgb(182, 255, 0)">현재고도: 10,000,000 m</a>-->
    <a href="#" style="font-size:14px;left: 10px;bottom: 20px;position: absolute;z-index: 10000;color: black;background-color: white;text-decoration: none;padding: 10px;">3차원 입체 격자 가시화 시스템 Version 1.1</a>
    <a href="#" onclick="changeCubeColor()" style="right: 10px; top: 30px; position: absolute; z-index: 10000;color:rgb(182, 255, 0)">changeCubeColor</a>
</body>
</html>
```

(라) 공간격자 위치/속성정보 검색 기술 개발

공간격자의 위치는 정의된 격자의 크기 및 레벨에 따라 결정된다. 입체격자를 효과적으로 사용하기 위해서 각각의 격자 내부 위치를 결정하는 방식은 상대적 위치를 이용하였다. 즉 좌측 하단을 0,0,0 으로 하고 우측 상단을 1,1,1로 하여 위치를 결정하도록 하였다. 이와 같은 방식은 데이터 구축 및 데이터 활용에 있어서 약간의 추가적인 연산을 필요로 하게 되지만, 기준 좌표의 변경 등 데이터 셋과 무관한 변경이 필요할 경우 신규 구축이 필요하지 않고 재활용을 가능하게 하는 이점이 있다.

입체격자 내에서의 각각의 모델은 실제 전체 모델의 일부분을 담고 있으며 여러 격자에 걸쳐있는 객체의 경우 반복적으로 같은 ID를 가지는 오브젝트가 발생하게 된다. 이럴 경우 내부에 속성정보를 저장하는 경우 동일한 데이터를 불필요하게 저장하게 되는 경우가 발생하게 되고, 특히, 가변적인 정보가 많은 경우 데이터를 관리하는 측면에서도 효과적이지 않은 측면이 있다. 그래서 현재 정의된 입체격자 형식은 객체정보 연결을 위한 ID와 대표 Value 값만을 저장하여 외부에 저장된 속성정보와 연계하도록 구성하였다.

① 격자 위치의 결정

격자의 위치는 정의에 따라 최상위 레벨의 격자로부터 절반씩 분할되어 내려가도록 되어 있다. 그러므로 최상위 레벨의 격자 크기와 구하고자 하는 격자의 level, row, column, floor를 알면 단순한 수식에 의해서 격자의 전체 범위를 구할 수 있다. 여기서 각 레벨의 격자 크기는 다음과 같이 구해진다.

```
tileSize = toplevelsize / math.pow(2,level)
```

이 타일 크기를 이용하여 원하는 격자의 위치를 다음과 같은 방식으로 구한다. 단, 현재 격자의 정의에서 높이값은 외부 정의 할 수 있도록 하였는데, 데이터에 따라 하나의 격자의 높이가 달라 질 수 있기 때문이다. 그래서 격자 위치 계산시에 높이 정의는 별도의 연산으로 처리된다.

```
public static getBoundFromRowColFloor(level: number, row: number, col: number, floor: number, level0Height:number)
        {
            var cmworld = CMWORLD.CmWorld3.getInstance();
            var tileSize = cmworld.option.TileLevelRange[level];
            var cubeHeight = level0Height / Math.pow(2.0, level);

            var bound = new CMWORLD.Cube3DCoordBound();
            bound.West = -180 + col * tileSize;
            bound.East = -180 + (col + 1) * tileSize;
            bound.South = -90 + row * tileSize;
            bound.North = -90 + (row + 1) * tileSize;
            bound.BottomHeight = floor * cubeHeight + CMWORLD.cm_const.EarthRadius;
            bound.TopHeight = bound.BottomHeight + cubeHeight;

            return bound;
        }
반대로 좌표를 이용하여 격자의 row, col, floor를 구하는 방식은 다음과 같다.
         public static getRowFromLatitude(latitude: number, tileSize: number): number
        {
            return Math.floor((latitude + 90.0000001) / tileSize);
        }
        public static getColFromLongitude(longitude: number, tileSize: number): number
        {
            return Math.floor((longitude + 180.0000001) / tileSize);
        }
        public static getFloorFromAltitude(altitude:number, tileSize: number):number
        {
            return Math.floor(altitude / tileSize);
        }
```

② 격자 내 위치의 결정

격자 내에서의 위치 결정 방식은 전체 격자의 크기를 0에서 1까지의 비율에 따라 처리하였다. 이에 따라 격자 내에서 임의의 위치의 실제 좌표는 다음과 같이 계산할 수 있다.

```
var xf = (this.cubeInfo.east - this.cubeInfo.west) / cubedata.dataSidePointCount;
var yf = (this.cubeInfo.north - this.cubeInfo.south) / cubedata.dataSidePointCount;
var zf = (this.cubeInfo.topHeight - this.cubeInfo.bottomHeight) /
cubedata.dataSidePointCount;

switch (pType)
{
case CMWORLD.Cube3DPositionType.LBF:
  {
     // 그대로 쓴다.
     x = this.cubeInfo.west + col * xf + (xf * 0.5);
     y = this.cubeInfo.south + row * yf + (yf * 0.5);
     z = this.cubeInfo.bottomHeight + floor * zf + (zf * 0.5);
 }
 break;

 case CMWORLD.Cube3DPositionType.LBB:
    {
        x = this.cubeInfo.west + col * xf + (xf * 0.5);
        y = ((this.cubeInfo.south + this.cubeInfo.north) * 0.5) + row * yf + (yf * 0.5);
        z = this.cubeInfo.bottomHeight + floor * zf + (zf * 0.5);
        }
        break;

        case CMWORLD.Cube3DPositionType.RBF:
        {
           x = ((this.cubeInfo.west + this.cubeInfo.east) * 0.5) + col * xf + (xf * 0.5);
           y = this.cubeInfo.south + row * yf + (yf * 0.5);
           z = this.cubeInfo.bottomHeight + floor * zf + (zf * 0.5);
       }
       break;

      case CMWORLD.Cube3DPositionType.RBB:
         {
            x = ((this.cubeInfo.west + this.cubeInfo.east) * 0.5) + col * xf + (xf * 0.5);
            y = ((this.cubeInfo.south + this.cubeInfo.north) * 0.5) + row * yf + (yf *
0.5);
            z = this.cubeInfo.bottomHeight + floor * zf + (zf * 0.5);
        }
        break;

        case CMWORLD.Cube3DPositionType.LTF:
```

```
        {
            x = this.cubeInfo.west + col * xf + (xf * 0.5);
            y = this.cubeInfo.south + row * yf + (yf * 0.5);
            z = ((this.cubeInfo.bottomHeight + this.cubeInfo.topHeight) * 0.5) + floor *
zf + (zf * 0.5);
        }
        break;

        case CMWORLD.Cube3DPositionType.LTB:
        {
            x = this.cubeInfo.west + col * xf + (xf * 0.5);
            y = ((this.cubeInfo.south + this.cubeInfo.north) * 0.5) + row * yf + (yf *
0.5);
            z = ((this.cubeInfo.bottomHeight + this.cubeInfo.topHeight) * 0.5) + floor *
zf + (zf * 0.5);
                }
                break;

    case CMWORLD.Cube3DPositionType.RTF:
      {
          x = ((this.cubeInfo.west + this.cubeInfo.east) * 0.5) + col * xf + (xf * 0.5);
          y = this.cubeInfo.south + row * yf + (yf * 0.5);
          z = ((this.cubeInfo.bottomHeight + this.cubeInfo.topHeight) * 0.5) + floor * zf
+ (zf * 0.5);
          }
          break;

    case CMWORLD.Cube3DPositionType.RTB:
      {
          x = ((this.cubeInfo.west + this.cubeInfo.east) * 0.5) + col * xf + (xf * 0.5);
          y = ((this.cubeInfo.south + this.cubeInfo.north) * 0.5) + row * yf + (yf * 0.5);
          z = ((this.cubeInfo.bottomHeight + this.cubeInfo.topHeight) * 0.5) + floor * zf
+ (zf * 0.5);
          break;
      }
```

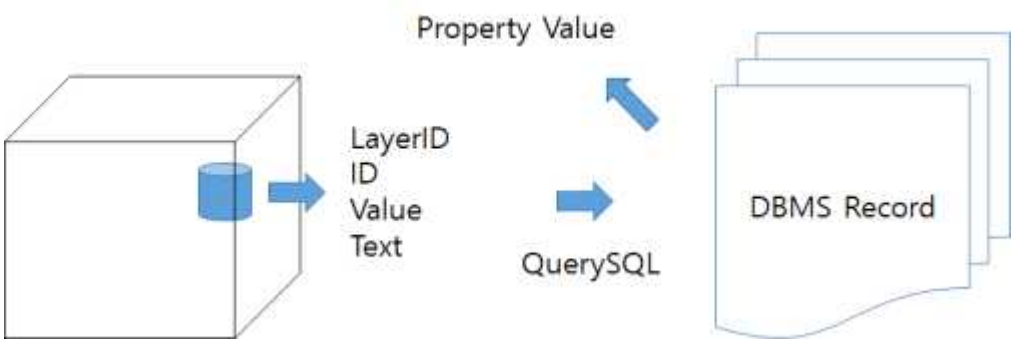
이와 같은 방식으로 벡터 데이터의 경우에도 동일한 방식으로 위치가 결정된다.

③ 속성정보 연결

속성정보를 포함하기 위해서 가장 직접적인 방법은 객체가 저장되어 있는 위치에 필요한 속성정보를 함께 저장하는 방식이다. 그러나 객체가 격자의 정의에 따라 여러 격자에 분할되어 저장될 경우 최악의 경우 수십에서 수백 번 반복된 정보를 저장해야 하며 이는 불필요한 공간을 낭비하여, 시스템 운영 시 심각한 메모리 부족 문제를 일으키게 되는 주요 원인이 된다.

그래서 격자의 형식을 결정할 때 격자 내에 있는 각각의 객체는 최소한의 식별 정보만을 포함하고 필요시 외부 데이터베이스에 저장된 속성 정보를 검색하여 활용하도록 하였다.

- LayerID : 고유한 레이어의 번호를 지정한다. 이는 시스템에 따라 정의 되는 레이어 개수와도 무관치 않은데, 일반적으로 중요도가 높은 레이어일 경우 낮은 번호에, 단순 가시화 객체의 경우에는 높은 번호를 할당하여 사용한다.
- ID : 객체의 고유 번호를 저장한다. 객체가 응용 프로그램에서 의미를 가지는 경우에는 당연히 고유 ID를 부여하게 되나 가시화를 위한 데이터와 같이 속성 검색 대상이 아닌 경우에는 -1 값을 부여하여 사전에 검색 대상이 아님을 명확히 지정한다.



<그림 2-243> 외부 데이터베이스에 저장된 속성정보와 연결

Spatial 형식의 경우에는 위의 두 가지 정보에 더하여 좀 더 활용성을 높이기 위하여 자신의 고유 값과 텍스트를 지정할 수 있도록 하였다.

- Value : 객체 고유의 식별값을 저장한다. 데이터 형식은 double 형식을 지정하였지만, 8byte의 공간을 다른 용도로 사용해도 무방하다.
- Text : 객체를 나타내는 별도의 텍스트 정보를 저장한다. 문자열의 길이를 저장하는 별도의 속성이 존재하고 그 길이가 16바이트이므로 최대 65,546개의 문자를 가지는 문장을 구성할 수 있다.

위의 Value와 Text를 활용하면 별도의 속성정보를 저장하는 데이터베이스 시스템 없이 데이터 운영이 가능해지므로 훨씬 간단한 구조로 데이터를 처리할 수 있는 방안이기도 하다.

나. 최종 연구 성과

(1) 주요 연구 성과

(가) 논문 게재 성과

번호	게재 연도	논문명	주저자 명	학술지명	Vol. (No)	국내외 구분	SCI 구분	게재일	등록번호
1	2019	A Study on the Utilization of 3D Spatial-Grid for Coastal Area Management	Kyoung Sik Noh	Journal of Coastal Research	No. 91	국외	SCI	'19.08.28	356-360
2	2018	Development of UAV Air Roads by Using 3D Grid System	Junhee Youn	International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing, and Spatial Information Science	XLII-4	국외	비SCI	'18.10.03	731-735
3	2019	Development of GPS Satellite Visibility Simulation Method under Urban Canyon Environment	Dusik Kim	International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing, and Spatial Information Science	XLII-2	국외	비SCI	'19.06.04	431-435
4	2019	3D Grid Based GPS Satellite Signal Shadowing Range Modeling in Urban Area	Dusik Kim	Sensors and Materials	31(11)	국외	SCIE	'19.11.30	3835-3848
5	2019	3차원 격자기반의 미세먼지 정보 가시화 기술	유지송	대한공간정보학회	27(6)	국내	비SCI	'19.11.02	35-42

(나) 특허 성과

번호	특허명	국명	출원			등록		
			출원 연도	출원인	등록번호	등록 연도	등록인	등록번호
1	3차원 격자를 이용한 공간정보 관리방법 그 장치	대한민국	2018	안양대학교 산학협력단, 씨엠월드	10-2018-126870	2019	안양대학교 산학협력단, 씨엠월드	10-1993755
2	DSM 기반 항법 위성의 관측환경 시뮬레이션 방법 및 장치	대한민국	2018	한국건설 기술연구원	10-2018-0142799	2019	한국건설기술연구원	10-1969863
3	3차원 입체 격자 기반 지리정보체계 데이터 변환 시스템	대한민국	2018	웨이버스	10-2018-0172572	2019	웨이버스	10-2057448
4	3차원 공간 가시화 장치 및 그 방법	대한민국	2018	씨엠월드	10-2018-0091440	2019	씨엠월드	10-1966343
5	3차원 격자기반의 미세먼지 정보 가시화 장치 및 방법	대한민국	2019	포도, 안양대학교 산학협력단	10-2019-0149911			
6	유무인비행체를 위한 3D 공중도로 네트워크 생성 장치 및 방법	대한민국	2019	한국건설 기술연구원	10-2019-0171785			
7	유무인비행체를 위한 3D 공중도로 안내 서비스 제공 장치 및 방법	대한민국	2019	한국건설 기술연구원	10-2019-0171786			
8	3차원 격자를 이용한 공간 정보 저장 방법 및 그 장치	대한민국	2020	씨엠월드	10-2020-0006740			

(다) 소프트웨어

번호	연도	소프트웨어명	소프트웨어 구분 (응용/시스템)	창작일	저작자명	등록일	등록번호
1	2018	오프라인 공간정보 연계파싱변환 소프트웨어	응용	2018.11.12	웨이버스	2018.11.20	C-2018-033866
2	2018	공간정보DB 입체격자 변환 소프트웨어	응용	2018.11.12	웨이버스	2018.11.20	C-2018-033867
3	2018	3차원 입체격자 가시화 모듈	응용	2018.10.26	씨엠월드	2018.11.01	C-2018-029818
4	2018	Auto scaling 모듈	응용	2018.10.26	씨엠월드	2018.11.01	C-2018-029819
5	2019	미세먼지 데이터 수집 모듈	응용	2019.06.20	안양대학교 산학협력단	2019.07.17	C-2019-019742
6	2019	3차원 공간분석 프로그램	시스템	2019.09.02	포도	2019.12.04	C-2019-037395
7	2019	3차원 입체격자 체계 VR(가상현실)기반 드론 운용 모듈	응용	2019.12.03	한국건설 기술연구원	2019.12.06	C-2019-038514
8	2019	3차원 입체격자 체계 MR(혼합현실)기반 드론 운용 모듈	응용	2019.12.03	한국건설 기술연구원	2019.12.06	C-2019-038515
9	2019	드론 비행 속성정보 데이터 제공 모듈	응용	2019.12.03	한국건설 기술연구원	2019.12.06	C-2019-038516
10	2019	드론 스트리밍 데이터 수집 모듈	응용	2019.12.03	한국건설 기술연구원	2019.12.06	C-2019-038517
11	2019	상용 GNSS (위성항법시스템) 관측데이터 어레이 생성 모듈	응용	2019.12.03	한국건설 기술연구원	2019.12.06	C-2019-038518
12	2019	온라인 공간정보 연계 및 입체격자 자동 변환 소프트웨어	응용	2019.09.02.	㈜웨이버스	2019.09.18	C-2019-025804
13	2019	입체격자 매핑 데이터 가시화 소프트웨어	응용	2019.10.22.	㈜웨이버스	2019.10.30	C-2019-030672
14	2019	3차원 입체격자 Vector(벡터) 도구	응용	2019.08.01	씨엠월드	2019.08.12	C-2019-022387
15	2019	3차원 입체격자 Raster(래스터) 도구	응용	2019.08.01	씨엠월드	2019.08.12	C-2019-022386
16	2019	3차원 입체격자 Spatial(공간) 도구	응용	2019.08.01	씨엠월드	2019.08.12	C-2019-022388

(라) 학술회의 발표

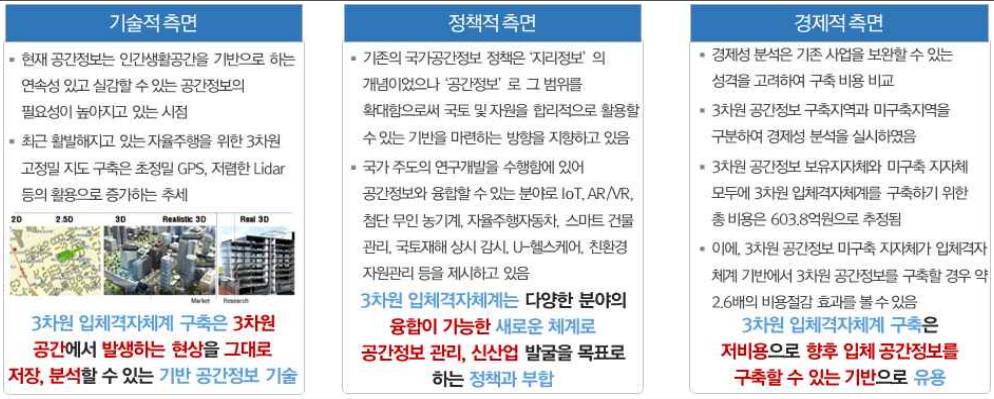
번호	발표일	발표명	발표자	학술회의명	장소	국명
1	2017.10.27	3차원 입체격자체계 개발의 필요성과 방향에 관한 연구	유지송	2017년 한국공간정보학회 공동추계학술대회	전주 국토정보공사(LX) 본사	한국
2	2017.12.01	3차원 입체격자 구축을 위한 데이터 연계방안 기초연구	황병주	2017년 한국산학기술학회 추계학술대회	제주대학교	한국
3	2018.02.02	3차원 입체격자체계의 활용에 관한 연구	유지송	제10회 한국공간정보학회 신년학술대회(워크숍)	제주 오션스위츠	한국
4	2018.04.20	자율주행 차량을 위한 공간정보 관련기술 조사	윤준희	2018 한국측량학회 정기학술발표회	용인 한화리조트	한국
5	2018.04.20	무인비행체 운항지원을 위한 3차원 격자지도 구축기술 동향	윤준희	2018 한국측량학회 정기학술발표회	용인 한화리조트	한국
6	2018.04.20	저고도 무인비행체를 위한 격자기반 공중도로체계 서비스	윤준희	2018 한국측량학회 정기학술발표회	용인 한화리조트	한국
7	2018.04.20	무인비행체 정밀측위를 위한 Multi-scale 입체격자 제공 서비스	윤준희	2018 한국측량학회 정기학술발표회	용인 한화리조트	한국
8	2018.05.25	국토안전관리를 위한 3차원 입체격자체계 서비스에 관한 연구 -화재관리 서비스를 대상으로-	김민경	2018 한국공간정보학회 & 한국BIM학회 공동 춘계학술대회	인하대학교	한국
9	2018.06.21	A Study on the Utilization of 3D Spatial-Grid for Coastal Area Management	노경식	3rd International Water Safety Symposium	송도 컨벤시아	한국
10	2018.11.02	저고도 무인비행체를 위한 격자기반 정적/동적 안전운항 정보제공 서비스	윤준희	2018 공동추계학술대회	제주대학교	한국
11	2018.11.02	자율주행차를 위한 격자기반 교통 빅데이터 제공 서비스	김두식	2018 공동추계학술대회	제주대학교	한국
12	2019.1.25	3차원 입체격자체계 기반 실증서비스 모델 연구	유지송	제11회 대한공간정보학회 신년학술대회(워크숍)	제주 오션스위츠	한국
13	2019.1.25	3차원 입체격자체계 기술의 표준화 방향성 모색	민경주	제11회 대한공간정보학회 신년학술대회(워크숍)	제주 오션스위츠	한국
14	2019.1.25	3차원 입체격자체계 실용화를 위한 입체격자 기본정보 방향	정민우	제11회 대한공간정보학회 신년학술대회(워크숍)	제주 오션스위츠	한국

번호	발표일	발표명	발표자	학술회의명	장소	국명
15	2019.4.12	DSM 기반의 GNSS 위성 관측환경 시뮬레이션 기술 개발	김두식	2019 한국측량학회 정기학술발표회	광주김대중 컨벤션센터	한국
16	2019.4.12	저고도 유무인 비행체를 위한 공중도로 제공시스템의 응용 아키텍처	윤준희	2019 한국측량학회 정기학술발표회	광주김대중 컨벤션센터	한국
17	2019.5.17	Concept and Framework of 3D Geo-Spatail Grid System	유지송	W2GIS2019	Kyoto Sangyo University	일본
18	2019.5.31	3차원 입체격자체계 실용화를 위한 법제도적 방향성에 대한 연구	김민경	2019 대한공간정보학회 춘계학술대회	부경대학교	한국
19	2019.5.31	미세먼지 모니터링 위한 3차원 입체격자 활용 방안 연구	오세훈	2019 대한공간정보학회 춘계학술대회	부경대학교	한국
20	2019.5.31	3차원 입체격자체계 기반 국토 통합관리 실증서비스 모듈 설계	최장범	2019 대한공간정보학회 춘계학술대회	부경대학교	한국
21	2019.5.31	삼차원 격자기반 UAV 교통체계	윤준희	2019 대한공간정보학회 춘계학술대회	부경대학교	한국
22	2019.05.31	2차원 공간정보를 활용한 3차원 입체격자 데이터 활용 연구	황병주	2019 대한공간정보학회 춘계학술대회	부경대학교	한국
23	2019.5.31	공중·지상·지하 3차원 공간정보의 연속적이며 일관성있는 가시화를 위한 방안에 관한 연구	이봉준	2019 대한공간정보학회 춘계학술대회	부경대학교	한국
24	2019.6.14	대용량 3차원 데이터를 활용한 3차원 지도의 실시간 웹 디스플레이를 위한 방안에 관한 연구	김현경	2019 한국군사과학기술학회 종합학술대회	제주국제컨벤션센터	한국

(2) 연구 핵심성과

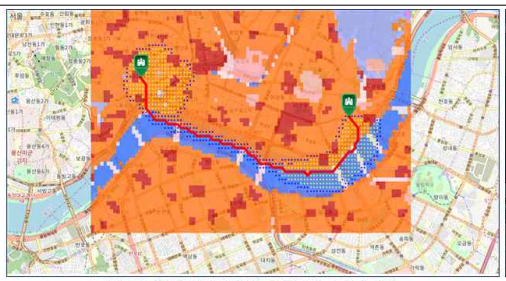
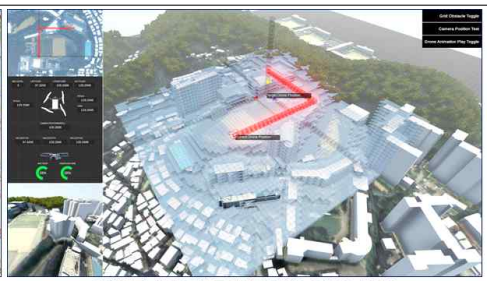
연구 핵심성과		연구수행 내용 및 결과	수행기관	해당연차
A	국토 통합관리 실증서비스 개발	- 3차원 입체격자체계 관련 현황 분석 및 공간정보 관련기관 요구사항 분석을 통한 결과 도출 - 3차원 입체격자체계 프레임워크(안) 및 표준화를 위한 전략 도출 - 3차원 입체격자체계를 활용한 국토 통합관리 실증서비스 모듈 개발	안양대학교	1~3
B	3차원 입체격자체계 타당성 검증 연구	- 3차원 입체격자체계 수요조사 및 분석 - 3차원 입체격자체계 구축 타당성 검증	안양대학교	1
C	3차원 입체격자체계 실용화를 위한 제도개선 방안 수립 연구	- 3차원 입체격자체계 실용화 지원 제도 개선(안) 도출 - 3차원 입체격자체계 실용화를 위한 법제도 개선방향 도출	안양대학교	3
D	3차원 입체격자체계 실증서비스 개발	- 스마트 모빌리티 기술동향 분석 - 스마트 모빌리티 실증 서비스 및 데이터 연계대상 도출 - 스마트 모빌리티 서비스 기능 도출 - 스마트 모빌리티 서비스 알고리즘 개발 - 스마트 모빌리티 서비스 모듈 설계 - 스마트 모빌리티 서비스 모듈 개발	한국건설 기술연구원	1~3
E	실증서비스 데이터 연계방안 도출	- 입체격자로 활용가능한 개방형 공간정보 식별 - 입체격자로 활용가능한 정보의 연계방안 마련 - 데이터연계 및 입체격자 변환 방안 마련	웨이버스	1
F	갱신 가능 DB 연계 및 변환 기술 개발	- 데이터 연계를 위한 기초 데이터 수집 프로그램 개발 - 데이터 연계를 위한 기초데이터 수집 - 갱신 가능 DB 변환 기술 구현	웨이버스	2
G	실시간 DB 연계 및 변환 기술 개발	- 기존 공간정보(객체기반)와 입체 격자의 자동 연동(연계) 기능 구현 - 실시간 DB 변환기술 구현	웨이버스	3
H	입체공간 격자체계 정의, 데이터 모델 표준화 방안 및 가시화 연구	- 3차원 격자 체계 정의, 데이터 모델 및 표준화 방안 제시 및 수요처, 활용 목적별 가시화 방안 수립	씨엠월드	1
I	입체공간 격자체계 구현, 갱신기술 및 가시화 개발	- 입체공간 격자 체계 구현과 갱신기술 개발 및 가시화 기술 개발	씨엠월드	2
J	3차원 핵심기술 검증 및 통합 운영기술 개발	- 3차원 입체격자의 핵심기술(격자 Auto Scaling, 분석, 위치/속성 검색) 및 통합 운영을 위한 기술 개발	씨엠월드	2~3

<table>
<tr><td colspan="2">핵심성과 A</td><td colspan="6">국토 통합관리 실증서비스 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">관련 그림/사진</td><td colspan="6">
</td></tr>
<tr><td colspan="2">정 의</td><td colspan="6">◦ 미래 국토 통합관리 지원을 위한 3차원 입체격자체계를 활용한 국토도시 통합모니터링 서비스</td></tr>
<tr><td colspan="2">목 적</td><td colspan="6">◦ (3차원 입체격자체계 기반 국토도시 통합모니터링 서비스) 3차원 입체격자체계 핵심기술을 토대로, 입체적인 공간영역의 정보를 융합 활용함으로써 국토도시의 상황 및 현상을 모니터링 하는 서비스 개발을 통해 미래사회 대응 및 시민에게 안전・안심 제공</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="6">(기존기술 수준)
◦ 도시관리는 한국형 스마트시티로 불리는 U-City에서 인프라, 통신기술 개발이 이루어졌으며, 이러한 기술과 센서정보를 활용(위치정보를 2차원 공간에 표출)하여 시민의 안전 및 편의 제공을 목적으로 교통, 방범 등(단일의 목적 달성)의 분야에서 서비스가 제공되고 있음
(개발기술 수준)
◦ 미래 국토 통합관리에 필요한 공간/비공간 정보를 실세계에 가까운 3차원 입체격자 기반으로 가시화하고, 분석하여 제공하는 서비스 개발
(개발기술 수준 설정근거)
◦ 국토・도시에서 방범, 재난대응, 에너지 관리 등은 광역 단위에서 그리고 입체적・복합적으로 발생하는 문제로써, 이를 통합 관리・대응하기 위해 3차원 공간정보를 수집・저장・분석・제공하는 방향으로 서비스화 필요
◦ 현재 국토관리 분야의 서비스는 일부에서 공간/비공간 정보를 2차원 기반으로 제공하고 있으나, 복합적인 정보를 입체적인 공간에서 융합하여 활용할 수 있는 고도화된 서비스로의 전환이 필요한 시점</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성책임자
(소속기관)</td><td colspan="6">안종욱(안양대학교 산학협력단)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="6">2017. 07 ~ 2019. 12(1~3차년도)</td></tr>
<tr><td rowspan="9">핵심성과</td><td rowspan="3">양적성과</td><td></td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>1차년도</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td>1(출원)</td><td>1건</td><td>-</td><td>-</td><td>3(학술발표)
4(성과홍보)
1(인력양성)</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td>1(출원)</td><td>-</td><td>1건</td><td>2건</td><td>4(학술발표)
4(성과홍보)
1(국내표준화 기고서제출)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">질적성과</td><td>1차년도</td><td colspan="5">- 질적 목표: 국토관리 서비스(안) 개요서(기획서)
- 측정 방법: 전문가 검증</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="5">- 질적 목표: 국토관리 실증 서비스 설계서
- 측정 방법: 전문가 검증</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="5">- 질적 목표: 국토관리 실증 서비스 모듈 개발 및 테스트 결과서
- 측정 방법: 전문가 검증</td></tr>
<tr><td rowspan="3">달성
확인방법</td><td>1차년도</td><td colspan="5">- 보고서</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="5">- 보고서</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="5">- 서비스 설계서 및 기능테스트 결과 보고서</td></tr>
</table>

핵심성과 B	3차원 입체 격자 체계 타당성 검증 연구
관련 그림/사진	
정 의	◦ 3차원 입체 격자 체계 현황분석 및 타당성 검증
목 적	◦ (3차원 입체 격자 체계 요구사항 도출) 사용자 수요 및 요구사항 분석 ◦ (3차원 입체 격자 체계 타당성 검증) 정책, 기술, 사회부문 등의 타당성 검증
성능목표	(기존현황) ◦ 국내에서는 2차원 격자를 활용하여 제공하는 서비스가 존재하지만, 기관별로 제시하는 기준의 차이가 있는 실정 ◦ 국외에서는 2차원 격자 체계에 대한 논의가 OGC를 중심으로 본격적으로 이루어지고 있는 실정 (연구범위) ◦ 정책, 기술, 사회 등 다양한 부분에서의 입체 격자 체계 현황을 분석하고, 그 결과를 바탕으로 다중 공간정보 관련 기관에 대한 사용자 수요조사를 실시 ◦ 현황조사 및 수요조사를 바탕으로 타당성을 검증하고, 3차원 입체격자 체계의 방향성을 제시 ◦ 입체 격자 관련기관 협의와 자문회의를 통해 3차원 입체 격자 체계의 타당성 검토 (연구범위 설정근거) ◦ 다양한 분야에서 격자 형태의 공간정보 구축에 대한 논의가 활발하게 추진되고 있는 실정에서, 다중 공간정보의 분석 및 관리를 위한 기반이 되는 3차원 입체 격자 체계에 대한 수요와 타당성 검토가 필요함
성과달성책임자 (소속기관)	안종욱(안양대학교 산학협력단)
소요기간	2017. 07 ~ 2017. 12(1차년도)

			특허	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
핵심성과	양적성과	1차년도	-	-	-	-	1(학술발표) 2(성과홍보)
	질적성과	1차년도	- 질적 목표: 3차원 입체 격자체계 관련 수요조사 및 타당성 검증 - 측정 방법: 전문가 검증				
	달성 확인방법	1차년도	- 타당성 검토 결과 보고서				

<table>
<tr><td colspan="2">핵심성과 C</td><td colspan="6">3차원 입체 격자 체계 실용화를 위한 제도개선 방안 수립 연구</td></tr>
<tr><td colspan="2">관련 그림/사진</td><td colspan="6">제1장 총칙
제1조(목적) 이 규정은 「국가공간정보 기본법」 제19조 및 같은법 시행령 제15조에 의하여 3차원 입체격자정보 구축을 위한 작업 방법, 절차, 기준 등을 정함을 그 목적으로 한다.
제2조(정의) 이 규정에서 사용하는 용어의 정의는 다음 각 호와 같다.
1. "3차원 입체 격자체계"란 지상, 지하, 수중, 공중에 대한 정보를 일정한 체계에 따라 분할한 다수의 입체격자들의 집합을 말한다.
2. "3차원 입체 격자정보"란 3차원 입체 격자체계에서 분할된 입체격자가 가지고 있는 속성정보를 말한다.
3. "3차원 입체 격자 기본정보"란 3차원 입체격자체계에서 기본 틀이 되는 정보를 말한다.
제3조(적용범위) 3차원 입체 격자정보 구축은 별도의 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 이 규정에서 정한 바에 따른다.
제4조(위치기준) 3차원 입체 격자정보의 위치기준은 「공간정보 구축 및 관리 등에 관한 법률」(이하 "법"이라 한다) 제6조 및 같은 법 시행령 제7조를 따른다.
제2장 3차원 입체 격자정보 구축
제5조(3차원 입체 격자정보 작업순서) 3차원 입체 격자정보 작업순서는 다음의 각 호와 같다.
1. 작업계획 수립
2. 데이터 준비
3. 3차원 입체격자 정보 생성
4. 정리점검 및 성과품 제작
제6조(입체 격자정보 작업계획수립) 작업기관은 착수 전에 다음 각 호의 내용이 포함된 작업시행계획서를 작성하여 제출하여야 하며, 이를 변경할 때에도 또한 같다.
1. 투입인원 계획
2. 작업공정 관리계획
3. 작업예정공정표
4. 보안안전 계획
5. 품질관리 계획
제7조(데이터 준비) 3차원 입체격자로 변환할 데이터를 설정하고, 데이터 목록은 다음 각 호와 같다.
1. 수치표고모델
2. 수피표면자료
3. 높이값이 있는 2차원 건물, 시설물 등의 수치지도
제8조(3차원 입체격자 정보 생성) 격자 크기를 설정하고, 좌우방향은 경위도를 따르며, 상하방향은 미터(m)를 따른다.
제9조(정리점검 및 성과품 제작) 사업시행자는 성과물의 오기 및 누락 등을 점검하여 성과를 정리하여야 한다.
제10조(메타데이터 작성) 3차원 입체격자 정보의 효율적 관리를 위하여 메타데이터를 작성하여야 한다.</td></tr>
<tr><td colspan="2">정 의</td><td colspan="6">◦ 3차원 입체 격자 실용화를 위한 제도개선 방안 수립</td></tr>
<tr><td colspan="2">목 적</td><td colspan="6">◦ 3차원 입체 격자 체계의 구현뿐만 아니라 성과물의 실용적인 활용이 가능하도록 제도적인 기반 마련이 필요</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="6">(기존현황)
◦ 「공간정보의 구축 및 관리등에 관한 법률 시행규칙」에 따르면 제13조에 따라 공간정보 입체모형(3차원 공간정보)이 정의되어 있음
◦ 「3차원국토공간정보구축작업규정」은 3차원 국토공간정보를 지형지물의 위치·기하정보를 3차원 좌표로 나타내는 공간정보로 정의하고 있음
◦ 3차원 좌표를 활용하는 공간정보로써 '3차원 입체 격자 체계'의 정의, 기준 등 법률적으로 개념과 정책적인 방향설정을 위한 연구가 필요한 실정임
(연구범위)
◦ 공간정보 관련 법률을 조사·분석하여, 법률 간의 위상 또는 개념 등을 정립
◦ 공간정보 관련 정책을 조사·분석하여, 향후 정책적인 방향성을 제시
(연구범위 설정근거)
◦ 연구를 통해 개발된 3차원 입체 격자 체계의 법적인 위상과 정책적인 방향성을 마련할 수 있으며, 연구 성과물에 대한 실용성 향상을 위해 필요함</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성책임자
(소속기관)</td><td colspan="6">안종욱(안양대학교 산학협력단)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="6">2019. 01 ~ 2019. 12(3차년도)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">핵심성과</td><td rowspan="2">양적성과</td><td></td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>1(정책제안)
3(학술발표)
1(국내표준화 기고서 제출)</td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td>3차년도</td><td colspan="5">- 질적 목표: 제도 개선(안) 마련
- 측정 방법: 전문가 검증 및 정책제안</td></tr>
<tr><td>달성
확인방법</td><td>3차년도</td><td colspan="5">- 정책제안 및 자문회의 개최 건수</td></tr>
</table>

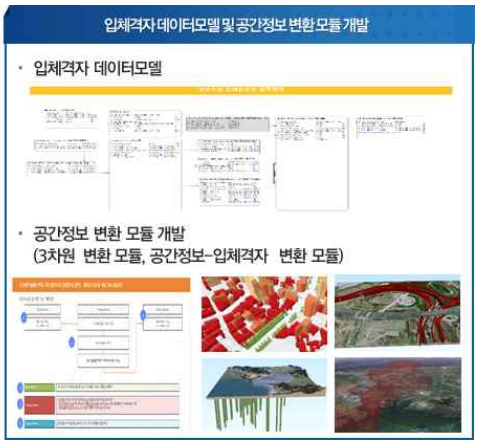
핵심성과 D	3차원 입체격자체계 실증서비스 개발
관련 그림/사진	 저고도 유/무인 비행체용 공중도로 제공 서비스  입체격자 체계기반 무인비행체용 VR/MR 서비스
정 의	◦ 미래 교통체계(자율주행차, 저고도 유/무인 비행체 등)의 스마트 모빌리티를 위한 3차원 입체격자 활용 서비스 모듈 개발
목 적	◦ 자율주행차, 저고도 유/무인 비행체 등 근 미래 교통체계의 스마트 모빌리티를 위해 필요한 다양한 정보들을 3차원 입체격자를 통하여 효율적으로 분석하고 제공하는 서비스 기술 및 모듈을 개발
성능목표	(개발기술 수준) ◦ 미래 스마트 모빌리티에 필요한 공간/비공간 정보를 3차원 격자 기반으로 관리하고, 분석하여 제공하는 서비스 모듈 (개발기술 수준 설정근거) ◦ 스마트 모빌리티에 필요한 이동체 외부로부터의 정보제공 서비스 구축 기술은 현재 개념 정립 단계이며, 효율적이며 신속한 정보 저장 및 분석이 가능한 서비스 구축기술의 개발이 필요한 시점임
성과달성책임자 (소속기관)	윤준희(한국건설기술연구원)
소요기간	2017. 07 ~ 2019. 12(1~3차년도)

			특허	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
핵심성과	양적성과	1차년도	-	-	-	-	-
		2차년도	1(출원)	1건	1건	-	6(학술발표)
		3차년도	2(출원) 1(등록)	-	1건	5건	3(학술발표) 1(국내표준화 기고서 제출)
	질적성과	1차년도	- 질적목표: 3차원 입체격자의 스마트 모빌리티 기술 적용성 분석 및 서비스 도출 - 측정방법: 전문가 평가				
		2차년도	- 질적목표: 서비스 기능 도출 및 알고리즘 개발 - 측정방법: 전문가 평가				
		3차년도	- 질적목표: 모듈 설계 및 개발 - 측정방법: 전문가 평가 및 기능테스트				
	달성 확인방법	1차년도	- 보고서				
		2차년도	- 보고서				
		3차년도	- 서비스 설계서 및 기능테스트 결과 보고서				

핵심성과 E	실증서비스 데이터 연계방안 도출
관련 그림/사진	
정 의	◦ 실증 서비스 데이터 연계방안 도출
목 적	(실증서비스 데이터 연계방안 도출) 입체격자 서비스를 위한 기본데이터 및 실증서비스를 위한 실증데이터를 식별하고, 유관기관(시스템)의 연계방안을 마련
성능목표	(기존기술 수준) ◦ 공간정보포털이나 공간정보유통시스템에서 국내 공간정보목록 및 OpenAPI등을 제공하고 있으나, 입체격자를 활용한 데이터 연계 및 서비스는 아직 미개척 분야임 (개발기술 수준) ◦ 입체격자로 활용가능한 개방형 공간정보 식별 및 연계방안 마련 ◦ 입체격자 표현에 적합한 공간정보, 속성정보, 통계정보 목록을 도출 (개발기술 수준 설정근거) ◦ 기 구축된 공간정보를 활용하면 별도의 DB구축 비용없이도 입체격자체계에서 다양한 서비스 생산이 가능함
성과달성책임자 (소속기관)	김장욱(㈜웨이버스)
소요기간	2017. 07 ~ 2017. 12(1차년도)

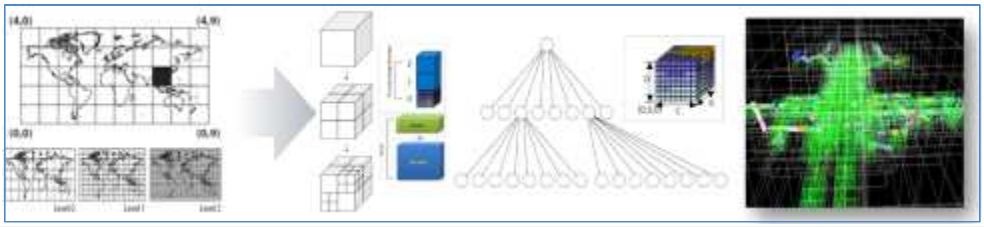
핵심성과			특허	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
	양적성과	1차년도	-	-	-	-	1(학술발표)
	질적성과	1차년도	- 질적목표: 실증서비스 데이터 연계 방안 마련 - 측정방법: 전문가 평가				
	달성 확인방법	1차년도	- 보고서				

<table>
<tr><td colspan="2">핵심성과 F</td><td colspan="6">갱신 가능 DB 연계 및 변환 기술 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">관련 그림/사진</td><td colspan="6">

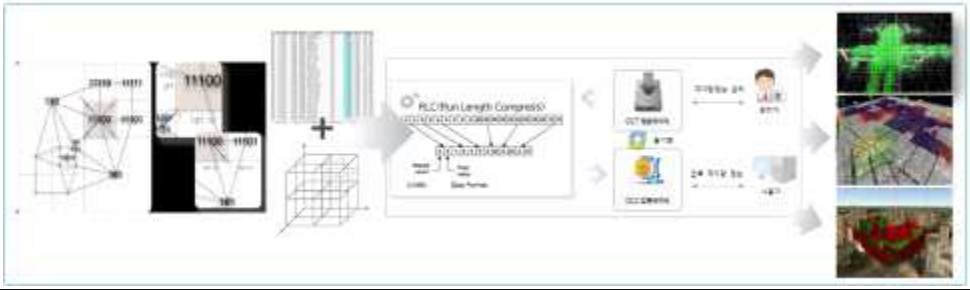

</td></tr>
<tr><td colspan="2">정 의</td><td colspan="6">◦ 갱신 가능 DB 연계 및 변환 기술 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">목 적</td><td colspan="6">◦ 1차년도의 기본데이터 연계방안에 따라 데이터 수집 기술을 개발하여 데이터를 수집하고, 입체 격자 데이터모델에 따라 변환할 대상을 식별하여 입체격자 데이터로 갱신</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="6">(기존기술 수준)
◦ 공간정보포털이나 공간정보유통시스템에서 공간정보를 제공하며, 다양한 정부부처 및 지방자치단체에서 행정정보, 통계정보를 생성
◦ 국토정보플랫폼에서는 한정된 국토지표를 대상으로 2차원 격자형태의 통계정보를 제공
(개발기술 수준)
◦ 1차년도 연구성과(연계방안)를 기반으로 데이터 연계기술을 개발하여 실제 입체 격자 서비스에 필요한 (오프라인) 데이터를 구축
◦ 기존 객체기반 공간정보 변환기술을 개발
(개발기술 수준 설정근거)
◦ 3차년도에 개발될 입체 격자 서비스를 위해 필요한 기초데이터를 오프라인으로 구축하여 서비스 기반을 마련
◦ 기존 2차원 공간정보의 활용성 증대 및 정보융합의 효율성 향상을 위해 입체 격자체계에서 활용할 수 있는 데이터 변환기술이 필요</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성책임자
(소속기관)</td><td colspan="6">김장욱(㈜웨이버스)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="6">2018. 01 ~ 2018. 12(2차년도)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td rowspan="2">양적성과</td><td></td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td>1건(출원)</td><td>-</td><td>-</td><td>2건</td><td>1(KTL평가)</td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td>2차년도</td><td colspan="5">- 질적목표: DB연계 기술개발 및 DB변환 기술개발
- 목표치: 외부기관(KTL) 평가</td></tr>
<tr><td></td><td>달성
확인방법</td><td>2차년도</td><td colspan="5">- 기능테스트 결과서</td></tr>
</table>

핵심성과 G	실시간 DB 연계 및 변환 기술 개발
관련 그림/사진	
정 의	◦ 실시간 DB 연계 및 변환 기술 개발
목 적	◦ 1차년도의 기본데이터 연계방안에 따라 유관기간별·시스템별·데이터별 수집 모델을 구현하여 (실시간) 데이터 수집을 목적으로 함 ◦ 수집된 실시간 데이터 중 입체 격자 데이터모델에 따라 변환할 대상을 식별하고 DB 변환 알고리즘을 적용하여 갱신
성능목표	(기존기술 수준) ◦ 메가트렌드인 IoT 기술과 스마트도시의 발전에 따라 다양한 시스템에서 정보가 활용되고 공유되고 있음 (개발기술 수준) ◦ 1차년도 연구성과(연계방안)를 기반으로 입체격자 실증서비스에 적합한 온라인 데이터 연계기술을 개발 ◦ 온라인 정보의 입체 격자 변환기술을 개발 (개발기술 수준 설정근거) ◦ 3차년도에 개발될 입체 격자 서비스를 위해 온라인으로 연결된 공간정보을 수집하고 입체격자로 변환하는 기술이 필요
성과달성책임자 (소속기관)	김장욱(㈜웨이버스)
소요기간	2019. 01 ~ 2019. 12(3차년도)

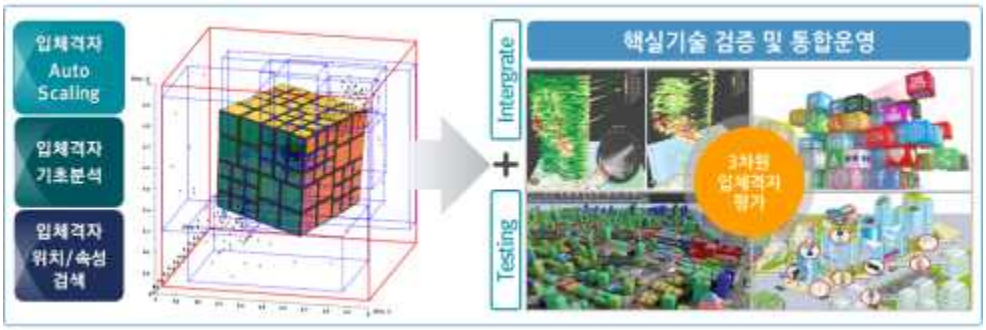
핵심성과			특허	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
	양적성과	3차년도	1건(등록)	-	-	2건	1(학술발표) 1(국내표준화 기고서제출)
	질적성과	3차년도	- 질적목표: 실시간 DB변환 기술 개발 - 목표치: 기능테스트				
	달성 확인방법	3차년도	- 서비스 설계서 및 기능테스트 결과 보고서				

핵심성과 H	입체공간 격자체계 정의, 데이터 모델 표준화 방안 및 가시화 연구
관련 그림/사진	
정 의	◦ 3차원 격자 체계 정의, 데이터 모델 및 표준화 방안 제시 및 수요처, 활용 목적별 가시화 방안 수립
목 적	(표준화 방안 마련) 3차원 입체 격자 체계의 데이터 모델 표준화 필요 (3D 격자체계 저장구조 연구) 3차원 공간에서의 공간, 비공간을 포함한 다양한 목적의 정보를 저장할 수 있는 확장성을 고려한 파일 구조와 3차원 정밀지도에 대한 신속한 탐색과 정보 처리를 위한 격자 관리 방안 연구 (수요처 및 활용 목적별 가시화 방안 수립) 다중 공간정보 검색, 분석, 표출을 위한 속성정보 및 3차원 가시화를 위한 공간정보들의 목적에 부합하는 표출 방법으로 최소한의 성능을 확보하기 위한 검증이 필요함
성능목표	(기존기술 수준) ◦ 행정자치부에서 도로에서 100m 이상 떨어지고 건물 등이 없는 지역을 대상으로 국토와 인접한 해양을 격자형으로 일정하게 구획하고 각 지점마다 번호를 부여하여 긴급구조 등에 공동활용하기 위한 국가지점번호를 도입 (개발기술 수준) ◦ 3차원 공간에서의 다양한 정보를 저장하기 위한 파일 구조 연구 - N*N*N 크기의 Cell로 이루어진 정육면체 타일 데이터를 사용하여 해수면 고도별 3차원 정밀 격자망 정보를 관리 - 각각의 타일 데이터는 향후 확장성을 고려하여 데이터 크기나 포맷 등을 변경할 수 있도록 유연한 구조로 설계 - 셀 데이터는 byte, integer, float, double 등의 값이나 이미지, 벡터, 모델 binary 파일 등의 blob 데이터로 구성될 수도 있음 ◦ 3차원 공간에서의 목적별 탐색 및 처리를 위한 격자 관리 방안 연구 - 3차원 정밀지도에 대한 정보 관리를 위해 Octree Data Layer 모델(안)을 이용하여 해수면을 기준으로 특정 높이까지의 공간정보를 격자 및 셀단위로 관리하여 수치표면모형 기반 다양한 목적별 정보의 빠른 탐색과 정보 처리위한 연구 필요 (개발기술 수준 설정근거) ◦ 확산모델 및 시계열 분석 등을 위한 일정한 틀의 통계자료가 포함된 대푯값 필요 ◦ 서비스 현황분석 및 수요조사에 따른 대상 도출로 수요처 및 활용 목적별 가시화에 따른 3차원 Rendering 속도와 Multi-Browser에 최소한의 성능 확보를 위한 검증 필요
성과달성책임자 (소속기관)	이봉준(㈜씨엠월드)
소요기간	2017. 07 ~ 2017. 12(1차년도)

핵심성과			특허	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
	양적성과	1차년도	-	-	-	-	1(성과홍보)
	질적성과	1차년도	- 질적목표: 3차원 격자 체계 표준화 및 가시화 방안 제시 - 목표치: 보고서				
	달성 확인방법	1차년도	- 보고서				

핵심성과 I	입체공간 격자체계 구현, 갱신기술 및 가시화 개발
관련 그림/사진	
정 의	◦ 입체공간 격자체계 구현과 갱신기술 개발 및 가시화 기술 개발
목 적	◦ (입체공간 격자체계 구현 및 정보 갱신기술 개발) 1세부에서 연구 개발되어 표준화된 3차원 입체공간 격자체계 구현으로 구축완료 된 데이터를 일괄 갱신할 수 있는 기술 개발 연구 ◦ (3차원 입체 격자 가시화 기술 개발) 1세부에서 연구 개발된 수요처의 활용 목적별 3차원 입체 격자 가시화 기술 개발을 연구 목적으로 설정
성능목표	(기존기술 수준) ◦ 한국건설기술연구원의 BIM/GIS 상호운영 개방형 플랫폼 개발 과장에서의 3차원 건물정보를 효과적으로 가시화하기 위한 공간 인덱싱 알고리즘 적용 (개발기술 수준) ◦ 입체공간격자체계 구현 및 갱신기술 개발 - 지형고도(DEM)를 기반으로 한 3차원 입체공간격자 구축 - 수집된 측량 데이터(DSM, 장애물정보 등)를 바탕으로 격자데이터 구축 - 높이를 포함하고 있는 2차원 건물이나 시설물 등의 수치지도를 바탕으로 입체공간 격자데이터 구축 - 데이터 자동 변환시스템 구축 - 신속한 서비스 및 프로세스 처리를 위한 Octree 구조 적용 - 서비스 속도 향상을 위한 데이터 압축 모델 적용(Run-Length Compress 적용) - 셀 데이터 갱신을 위한 다양한 API 제공 ◦ 3차원 입체 격자 가시화 기술 개발 - 대용량 3차원 입체 격자 가시화 기술 - 3차원 입체 격자의 객체지향형 모델 가시화 기술 - 3차원 입체 격자를 이용한 주제별 가시화 기술 (개발기술 수준 설정근거) ◦ 대용량 데이터 처리 및 전송을 위한 데이터 압축 기술 및 서비스 ◦ 상호 대화형 그래픽스 표출을 위한 다중 공간격자의 겹침 및 경계에 존재하는 객체의 처리 방법
성과달성책임자 (소속기관)	이봉준(㈜씨엠월드)
소요기간	2018. 01 ~ 2018. 12(2차년도)

			특허	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
핵심성과	양적성과	2차년도	1건(출원) 1건(등록)	-	-	1건	1(KTL평가) 2(기술문서)
	질적성과	2차년도	- 질적목표: 입체공간격자체계 구현 및 갱신기술 개발 - 목표치: 프로그램 기능 테스트				
	달성 확인방법	2차년도	- 프로그램 기능 테스트				

핵심성과 J	3차원 핵심기술 검증 및 통합 운영기술 개발
관련 그림/사진	
정 의	◦ 3차원 입체격자의 핵심기술(격자 Auto Scaling, 분석, 위치/속성 검색) 및 통합 운영을 위한 기술 개발
목 적	◦ 확장을 위한 개발 라이브러리의 제공, 서비스 형태의 기능 확장 기능 제공, 탑재된 기능을 평가위한 측정용 함수의 제공. 이를 통한 개발 시스템에 대한 평가
성능목표	(기존기술 수준) ◦ 기능별 기술 개발 수준에서는 완성된 시스템의 효용성을 객관적으로 평가하기 어려운 점이 있으며, 효용성을 평가하기 위한 기본 기능을 탑재 (개발기술 수준) ◦ 인테그레이션 지원 - 서버 프로세스 탑재, 데이터 검색 및 갱신, 클라이언트 가시화 등을 위한 확장 기능의 제공 - 라이브러리 구성요소는 설계 내역에 따라, 플랫폼 제약사항, 언어, 기능별 제약사항등을 명확히 기술 ◦ 평가를 위한 기능 개발 및 제공 - 설계된 구성요소별로 정성적, 정량적 평가 요소를 설정하고 이에 따라 평가할 수 있는 기능적 요소를 개발하고 이를 반영 - 정성적 요소로는 개발 용이성, 서비스 대상에 따른 추가 개발 소요, 이전 및 운영을 위한 학습 용이성 등을 평가 - 정량적 요소로는 검색, 디스플레이, 성능 등을 평가 - 정량적 요소를 평가하기 위하여 별도의 평가를 위한 기능 개발을 수행하고, 반복 측정을 통하여 무중단성 등의 추가적인 요소를 평가 - 모든 평가는 평가 계획을 세우고 기준을 정의하여 수행 ◦ 데이터 변환을 위한 Auto Scaling 기능 개발 - 데이터 갱신시 지정된 Scale에 따라 자동으로 데이터의 해상도, 정밀도를 조절하여 레벨 데이터 생성 기능 개발 - 분석형 데이터의 경우, 단순 데이터 병합을 통하여 사용목적에 맞추어 데이터를 단순화 시키는 방법으로 3차원 공간상에서 Octree와 같이 상위 데이터를 하위 데이터 생성 - 모델형 데이터의 경우, 데이터 모델 자체의 해상도를 고려하여 격자의 데이터 저장 레벨을 설정하여 반영하는 기술을 개발 ◦ 실시간 Auto Scaling 기능 개발 - 실시간으로 서비스되는 데이터는 Auto Scaling에 소요되는 성능과 사용자 대기 시간, 메모리 사용량 등을 고려하여 기능 개발 - 분석형 격자의 경우, 단순 LOD를 이용하여 사전 구축된 데이터를 서비스하거나 혹은 시스템에서 원활히 동작할 수 있도록 거리 혹은 상태에 따른 가시화 데이터 개수, 크기 등을 고려한 실시간 처리 - 모델형 데이터의 경우 실시간 Polygon Reduce 기술 활용 제공 ◦ 기초 분석 기능 제공 - 데이터를 속성 값에 따라 분류하고 동일 데이터에 대하여 군집 설정 할 수

<table>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="6">있는 분류 기능
- 검색된 데이터를 기준으로 인접 데이터를 거리 혹은 속성에 따라 동일 단위로 묶을 수 있는 버퍼링 기능
- 군집과 군집간 데이터 상관관계 연산(AND , OR, XOR등)을 위한 불린 연산 기능
◦ 추가 분석 기능 탑재를 위한 확장 기능 제공
- 서버 분석 확장 기능은 플러그인 방식으로 데이터 분석기능을 확장할 수 있도록 설계하고 반영
- 확장 분석 기능은 선정된 서비스 종류에 따라 실제 내용은 달라지나, 서비스 포팅 방식은 플러그인을 이용하도록 하며, 기타 서비스 확장에 따른 사전 테스트
- 플러그인 제작을 위한 라이브러리는 별도로 개발하여 제공
◦ 고속 검색 알고리즘 개발
- 대상 격자와 인접한 격자 정보를 최대한 빠르게 탐색할 수 있는 알고리즘 설계 및 라이브러리 제공
- 인접 격자는 거리에 의한 판정, 연결 판정, 유사 속성 정의를 통하여 결정
- 인접 격자 검색은 단일 격자 보다는 검색된 결과, 즉, 군집화된 격자를 대상으로 수행, 군집화된 격자는 비정형으로 분포된 상태로 가시화
◦ 검색 라이브러리 제공
- 단계별로 속성검색, 연결 격자 검색, 인접 격자 검색을 위한 라이브러리 제공
(개발기술 수준 설정근거)
◦ 신규 서비스 기능을 탑재시 참고할 절차 및 이에 따른 지원 요소의 확인
◦ 쉬운 추가 기능 개발을 지원하여 시스템의 활용성을 제고
◦ 구축 데이터의 각 레벨 비교를 통한 원본 정보 최소 손실 보장
◦ 서비스시 사용자 딜레이 시간
◦ 저장된 데이터를 이용하여 의사결정 등을 위한 데이터 분석 기능 수행
◦ 데이터 활용 수준을 높일 수 있는 확장 가능한 시스템 제공
◦ 데이터 저장 및 운영 구조의 핵심을 저장된 데이터의 효율적인 사용에 목적에 따른 시스템의 성패는 검색 기능의 효과적인 운영에 있음
◦ 인접 격자 검색 기능은 3차원 공간 데이터 활용을 위한 핵심 기능</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성책임자
(소속기관)</td><td colspan="6">이봉준(㈜씨엠월드)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="6">2018. 01 ~ 2019. 12(2~3차년도)</td></tr>
<tr><td rowspan="6">핵심성과</td><td rowspan="3">양적성과</td><td></td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>1건</td><td>-</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td>1건(출원)
1건(등록)</td><td>-</td><td>-</td><td>3건</td><td>1(시제품)
1(지침서)
1(기술이전)
1(국내표준화 기고서 제출)
3(기술문서)
2(학술발표)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">질적성과</td><td>2차년도</td><td colspan="6">- 질적목표 : 입체공간격자체계 Auto Scaling 기술 개발
- 목표치 : 전문가 평가, 프로그램 기능 테스트</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="6">- 질적목표: 정성적, 정량적 평가지표 및 테스트
- 목표치: 보고서, 시제품, 라이브러리</td></tr>
<tr><td rowspan="2">달성
확인방법</td><td>2차년도</td><td colspan="6">- 라이브러리</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="6">- 보고서, 시제품, 라이브러리</td></tr>
</table>

다. 연구 결과

(1) 기술적 성과

3차원 입체격자체계 기반의 스마트 모빌리티 서비스 개발은 기존 2D 공간정보만으로는 적용하기 어려웠던 3차원 서비스들을 제공할 수 있는 기초기술을 제공했다고 볼 수 있다. 본 연구에서 제시한 UAV 공중도로 설계기술 및 VR/MR 활용 기술은 단순히 UAV 기종별 가용고도만을 제시했던 아마존의 UTM 체계나, 2D 지오펜스 개념만 고려되고 지상 장애물에 대한 3차원 공간정보의 활용방안이 제시되지 않았던 NASA의 UTM과 비교하여 UAV 추락시 지상에서의 안전과 지상 장애물을 고려한 UAV 안전운항에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

기존 공간정보를 활용한 입체격자체계 서비스 개발을 지원하기 위해 데이터연계 및 입체격자를 활용할 수 있는 데이터 API를 제공하였다.

(2) 경제적 성과

본 연구의 최종 결과물로 제시한 UAV 공중도로 설계기술은 향후 우리나라 드론물류 서비스의 도입에 있어서 반드시 고려되어야 할 기술로 판단된다. 지상 장애물에 대한 VR 서비스는 기존 상용 드론의 GCS에서는 제공되지 못했던 서비스로 해당 기술의 도입을 통해 3차원 입체격자 정보 기반의 UAV 운항이 가능한 체계를 제시할 수 있을 것이다. 향후 드론 매핑을 통해 3차원 장애물 격자를 구축할 수 있는 기술이 추가된다면, 3차원 공간정보가 구축되어있지 않은 지역에서도 자동 매핑을 통해 해당지역의 지형자료를 구축한 후 이를 장애물 격자화하여 해당 지역의 안전한 저고도 3차원 경로설정이 가능하게 될 것이다. 이러한 체계가 보완되면 정보화사업이 미비한 개도국 해외건설 분야 등에서도 본 연구성과를 활용할 수 있을 것으로 전망된다. MR 서비스는 지상의 장애물과 현재 UAV의 위치를 한눈에 파악할 수 있게 하여 안전운항을 위한 관제 외에도 물류, 유지관리 등의 서비스 사업자들도 본 서비스의 활용을 고려할 수 있을 것으로 판단된다.

연계기술 개발을 통해 3차원 입체격자체계를 위한 별도의 DB 구축 사업 없이 기존 공간정보를 활용하여 입체격자체계를 활용할 수 있는 기반 마련하여 새로운 시장창출이 가능하다.

라. 연구개발 추진전략 및 추진체계

(1) 연구개발 추진전략

본 연구에서는 '3차원 입체격자체계 기반 국토 통합관리 지원 기술'을 개발하기 위해 공간정보 분야에서 다양한 연구수행 경험과 공간정보 기술을 보유한 산 · 학 · 연으로 구성하여 연구를 수행하였다. 연구 수행기관은 안양대학교 산학협력단, 한국건설기술연구원, 웨이버스. 씨엠월드, 포도이며, 연구내용은 3차원 입체격자체계 활용방안 연구, 3차원 입체격자체계 실증서비스 연구, 3차원 입체격자체계 데이터 연계 기술 개발, 3차원 입체격자체계 통합운영 기술 개발로 구성하였다.

본 연구에서는 향후 사업 성과물이 활용성을 확보하기 위하여 다중 공간정보 관계기관(국토교통부, 행정안전부, 환경부, 해양수산부, 기상청, 산림청 등) 및 공간정보 분야 전문가들의 의견을 수렴하였으며, 정기적으로 워크숍을 개최하여 연구 성과에 대한 전문가의 의견을 반영하였다. 또한 연구 성과의 홍보를 위해 논문 발표 및 게재, 특허 출원 및 등록, 세미나 개최, 학술대회 특별세션 개최, 엑스포 참여 등 지속적으로 홍보활동을 수행하였다.

(2) 연구개발 추진체계

연구개발과제	
과제명	3차원 입체 격자 체계 기반 국토 통합관리 지원 기술 개발

총 참 여 연 구 원
주관연구책임자 안종욱 외 총 57명

기 관 별 참 여 현 황		
구 분	연구기관수	참여연구원수
대 기 업		
중견기업		
중소기업	3	41
대 학	1	12
국공립(연)		
출 연(연)	1	5
기 타		

안양대학교 산학협력단
3차원 입체격자체계 활용방안 연구
안종욱 외 11명
담당기술개발내용
- 국토 통합관리 실증서비스 개발 - 3차원 입체격자체계 타당성 검증 - 3차원 입체격자체계 실용화를 위한 제도개선 방안 마련

한국건설기술연구원	㈜웨이버스	㈜씨엠월드	㈜포도
3차원 입체격자체계 실증서비스 연구	3차원 입체격자체계 데이터 연계 기술 개발	3차원 입체격자체계 통합운영 기술 개발	3차원 입체격자 기반 국토 모니터링 서비스 개발
윤준희 외 4명	김장욱 외 13명	이봉준 외 19명	최장범 외 6명
담당기술개발내용	담당기술개발내용	담당기술개발내용	담당연구개발내용
- 3차원 입체격자체계 실증서비스 개발	- 실증서비스 데이터 연계 방안 도출 - 갱신 가능 DB 연계 및 변환 기술 개발 - 실시간 DB 연계 및 변환 기술 개발	- 입체공간 격자체계 정의, 데이터 모델 표준화 방안 및 가시화 연구 - 입체공간 격자체계 구현, 갱신기술 및 가시화 개발 - 3차원 핵심기술 검증 및 통합 운영기술 개발	- 국토 통합관리 실증서비스 모듈 설계 및 개발 - 국토 통합관리 실증서비스 테스트

(3) 연구개발 추진 일정

일련번호	연구내용	추진 일정												책임자 (소속기관)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1차년도														
1	3차원 입체격자체계 관련 현황 및 요구사항 분석													안종욱 (안양대)
2	3차원 입체격자체계 타당성 검증													
3	국토 통합관리 실증서비스 도출													
4	3차원 입체격자의 스마트 모빌리티 기술 적용성 분석 및 서비스 도출													윤준희 (건기연)
5	3차원 입체 격자 기본데이터 연계 대상/방안 도출													김장욱 (웨이버스)
6	실증서비스 데이터 연계 방안 도출													
7	3차원 입체 격자 체계 정의, 데이터 모델 및 표준화 방안 수립													이봉준 (씨엠월드)
8	3차원 입체 격자의 저장구조(공간/비공간) 연구													
9	수요처 및 활용 목적별 가시화 방안 수립													
2차년도														
1	국토 통합관리 실증서비스 설계													안종욱 (안양대)
2	스마트 모빌리티 실증서비스 기능 도출 및 알고리즘 개발													윤준희 (건기연)
3	오프라인 데이터 연계 기술 개발													김장욱 (웨이버스)
4	갱신 가능 DB변환 기술 개발													
5	3차원 입체 격자 체계 구현 및 갱신 기술 개발													이봉준 (씨엠월드)
6	수요처 및 활용 목적별 3차원 입체 격자 가시화 기술 개발													
7	공간격자 Auto Scaling 기술 개발(1)													

일련번호	연구내용	추진 일정												책임자 (소속기관)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
3차년도														
1	국토 통합관리 실증서비스 개발													안종욱 (안양대)
2	3차원 입체 격자 실용화를 위한 제도개선 방안 수립													
3	스마트 모빌리티 실증서비스 모듈 설계 및 개발													윤준희 (건기연)
4	기존(객체기반) 공간정보와 3차원 입체 격자 자동연동 (연계)기능 개발													김장욱 (웨이버스)
5	실시간 DB변환기술 개발													이봉준 (씨엠월드)
6	3차원 입체 격자 핵심기술 검증을 위한 통합 운영기술 개발													
7	공간격자 Auto Scaling 기술 개발(2)													
8	3차원 입체 격자(3D Raster) 분석기능 개발													
9	공간격자 위치/속성정보 검색 기술 개발													

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

가. 목표 달성도

(1) 연차별 연구목표 및 개발 내용

연도	세부 연구목표	연구 개발 내용
1차년도	3차원 입체 격자 체계 관련 현황 및 요구사항 분석	- 3차원 입체 격자 체계 관련 현황 분석 - 다중 공간정보 관련 기관 요구사항 분석
	3차원 입체 격자 체계 구축 타당성 검증	- 3차원 공간정보 활용 현황조사 - 3차원 입체 격자 체계 수요조사·분석 - 3차원 입체 격자 체계 구축 타당성 검증
	국토 통합관리 실증서비스 도출	- 국토 통합관리 실증서비스 설계 - 데이터 연계범위 및 대상 도출
	3차원 입체격자의 스마트 모빌리티 기술적용성 분석 및 서비스 도출	- 스마트 모빌리티 기술동향 분석 - 실증 서비스 및 실증 데이터 연계대상 도출
	3차원 입체 격자 기본데이터 연계 대상/방안 도출	- 격자 기본데이터 대상 도출 및 분류 - 2·3차원 격자 서비스 및 관련 데이터 활용 사례 분석 - 격자 기본데이터별·분류별 연계방안 도출
	실증 서비스 데이터 연계 방안 도출	- 실증 서비스를 위한 데이터 목록 및 신규데이터 정의 - 실증 서비스별 특성 및 제약요소를 분석하여 데이터 연계방안 도출
	3차원 입체 격자 체계 정의, 데이터 모델 및 표준화 방안 수립	- 3차원 입체 격자 체계 표준화 수립 - 3차원 입체 격자 데이터 모델
	3차원 입체 격자의 저장구조(공간/비공간) 연구	- 3차원 공간에서의 다양한 정보를 저장하기 위한 파일 구조 연구 - 3차원 공간에서의 목적별 신속한 탐색과 정보 처리를 위한 격자 관리 방안 제시
	수요처 및 활용 목적별 가시화 방안 수립	- 활용 서비스 가시화 방안 - 3차원 입체격자체계를 이용한 주제별 가시화 방안 수립
2차년도	국토 통합관리 실증서비스 기능 도출	- 3차원 입체격자체계 프레임워크(안) - 국토 통합관리 서비스 기능 도출 - 국토 통합관리 서비스 알고리즘 도출
	스마트 모빌리티 실증서비스 기능 도출 및 알고리즘 개발	- 스마트 모빌리티 서비스 기능 도출 - 스마트 모빌리티 서비스 알고리즘 개발

연도	세부 연구목표	연구 개발 내용
	오프라인 데이터 연계 기술 개발	- DB 연계 방안 및 영공해 데이터 연계 전략 - 입체격자 연계 표준화 전략 - 데이터 연계를 위한 기초데이터 수집 프로그램 개발 - 데이터 연계를 위한 기초데이터 수집
	갱신 가능 DB변환 기술 개발	- 기 구축 공간정보의 3차원 입체격자 변환 방안 - 갱신 가능 DB 변환 기술 설계 - 갱신 가능 DB 변환 기술 구현
	3차원 입체격자체계 구현 및 갱신 기술 개발	- 3차원 입체격자체계 구현 기술 개발 - 입체격자의 고속검색 및 가시화 처리를 위한 Octree 구조 적용 - 셀데이터 갱신을 위한 다양한 API 제공 및 표준화
	수요처 및 활용목적별 3차원 입체격자 가시화 기술 개발	- 대용량 3차원 입체격자 가시화 기술 개발 - 객체지향형 모델 가시화 기술 개발 - 주제별 3차원 입체격자 가시화 기술개발
	공간격자 Auto Scaling 기술 개발(1)	- 레벨 데이터 변환 기술 - Polygon Reduce 기술
3차년도	국토 통합관리 실증서비스 개발	- 국토 통합관리 실증서비스 차별화 방안 도출 - 국토 통합관리 실증서비스 모듈 설계 및 개발 - 국토 통합관리 실증서비스 테스트
	3차원 입체격자체계 실용화를 위한 제도개선 방안 수립	- 3차원 입체격자체계 관련 법제도 검토 - 3차원 입체격자체계 실용화를 위한 제도 개선(안) 마련
	스마트 모빌리티 실증서비스 모듈 설계 및 개발	- 스마트 모빌리티 서비스 모듈 설계 - 스마트 모빌리티 서비스 모듈 개발
	기존(객체기반) 공간정보와 3차원 입체격자 자동 연동(연계)기능 개발	- 기존 공간정보(객체기반)와 입체격자의 자동 연동(연계) 기능 설계 - 기존 공간정보(객체기반)와 입체격자의 자동 연동(연계) 기능 구현
	실시간 DB변환 기술 개발	- 실시간 DB 변환기술 설계 - 실시간 DB 변환기술 구현
	3차원 입체격자 핵심기술 검증을 위한 통합 운영기술 개발	- 인티그레이션 지원 개발
	공간격자 Auto Scaling 기술 개발(2)	- 데이터 변환을 위한 Auto Scaling 기술 개발 - 실시간 Auto Scaling 기술 개발
	3차원 입체격자(3D Raster) 분석기능 개발	- 기초 분석 기능 및 추가 분석 기능 탑재 확장
	공간격자 위치/속성정보 검색 기술 개발	- 고속 검색 알고리즘 개발 및 라이브러리 제공

(2) 정성목표 달성도

최종 목표 (핵심성과물)		단계 목표 (단위성과물)		성과지표		목표치	달성치	측정방법	검증방법	가중치
A	국토 통합관리 실증서비스 개발	A-1	국토 통합관리 실증서비스(안) 도출	①	서비스 도출 결과	1건	1건	전문가 평가	보고서	0.65
		A-2	데이터 연계범위 및 대상 목록	①	데이터 연계대상 목록	1건	1건	전문가 평가	보고서	0.65
		A-3	국토 통합관리 실증서비스 기능 도출	①	기능 도출 결과	1건	1건	전문가 의견수렴	보고서	1.2
		A-4	국토 통합관리 실증서비스 알고리즘 개발	①	알고리즘 개발 결과	1건	1건	전문가 검증	보고서	1.2
		A-5	국토 통합관리 실증서비스 개발	①	모듈설계서	1건	1건	전문가 검증	보고서	4.51
				②	동작정확도	100%	100%	시연	테스트결과	4.51
B	3차원 입체 격자 체계 타당성 검증 연구	B-1	3차원 입체 격자 체계 관련 현황 분석	①	현황분석 결과	1건	1건	전문가 의견수렴	보고서	1.02
		B-2	3차원 입체 격자 체계 수요 및 요구조사 분석	①	수요조사 분석 결과	1건	1건	전문가 의견수렴	보고서	0.65
		B-3	3차원 입체 격자 체계 타당성 검토	①	분석 결과	1건	1건	전문가 의견수렴	보고서	0.65
C	3차원 입체 격자 체계 실용화를 위한 제도개선 방안 수립 연구	C-1	3차원 입체 격자관련 법제도 현황 검토	①	현황분석 결과	1건	1건	전문가 의견수렴	보고서	3.15
		C-2	3차원 입체 격자 제도개선 방안 수립	①	제도개선(안)	1건	1건	전문가 검증	보고서	2.83
D	3차원 입체 격자 체계 실증서비스 개발	D-1	스마트 모빌리티 기술동향 분석	①	분석 결과	1건	1건	전문가 평가	보고서	1.24
		D-2	스마트 모빌리티 서비스 및 데이터 연계대상 도출	①	서비스, 대상 도출 결과	1건	1건	전문가 평가	보고서	1.37
		D-3	스마트 모빌리티 실증서비스 기능 도출	①	기능 도출 결과	1건	1건	전문가 평가	보고서	1.31
		D-4	스마트 모빌리티 실증서비스 알고리즘 개발	①	알고리즘 개발 결과	1건	1건	전문가 평가	보고서	1.31
		D-5	스마트 모빌리티 실증서비스 개발	①	모듈설계서	1건	1건	전문가 평가	보고서	6.24
				②	동작정확도	100%	100%	기능 테스트	테스트결과	6.24
E	실증서비스 데이터 연계방안 도출	E-1	3차원 입체 격자 기본데이터 대상 도출 및 분류	①	분석 결과	1건	1건	전문가 평가	보고서	0.57
		E-2	2·3차원 격자서비스 및 관련 데이터 활용사례 분석	①	분석 결과	1건	1건	전문가 평가	보고서	0.57
		E-3	3차원 입체격자 기본데이터별·분류별 연계방안 도출	①	기존데이터 연계방안	1건	1건	전문가 평가	보고서	0.57
		E-4	실증서비스를 위한 데이터 목록 및 신규데이터 정의	①	분석 결과	1건	1건	전문가 평가	보고서	0.86
		E-5	데이터 수집·가공에 따른 신규 데이터 생성 및 연계방안 도출	①	신규데이터 연계방안	1건	1건	전문가 평가	보고서	0.86

최종 목표 (핵심성과물)		단계 목표 (단위성과물)		성과지표		목표치	달성치	측정방법	검증방법	가중치
F	갱신 가능 DB 연계 및 변환 기술 개발	F-1	오프라인 데이터 연계 기술 개발	①	오프라인 데이터 연계 기술	1건	1건	전문가 평가	보고서	0.78
				②	동작정확도	100%	100%	기능동작	테스트	0.78
		F-2	오프라인 데이터 연계를 위한 기초데이터 수집	①	DB수집 보고서	1건	1건	전문가 평가	보고서	0.78
		F-3	갱신 가능 DB변환 기술 개발	①	갱신 가능 DB변환 기술	1건	1건	전문가 평가	보고서	0.78
				②	동작정확도	100%	100%	기능동작	테스트	0.78
G	실시간 DB 연계 및 변환기술 개발	G-1	기존(객체기반) 공간정보와 3차원 입체격자 자동연동 (연계)기능 개발	①	자동 연동 기술 알고리즘 설계	1건	1건	전문가 평가	보고서	2.61
				②	동작정확도	100%	100%	기능동작	테스트	2.61
		G-2	실시간 DB변환 기술 개발	①	실시간 DB변환 설계서	1건	1건	전문가 평가	보고서	1.58
				②	동작정확도	100%	100%	기능동작	테스트결과	1.9
H	입체공간 격자체계 정의, 데이터모델 표준화방안 및 가시화 연구	H-1	3차원 입체 격자 체계 표준화 및 데이터 모델	①	표준화방안	1건	1건	전문가 검증	보고서	0.93
				②	데이터 모델 표준화	1건	1건	전문가 검증	보고서	0.93
				③	POC	1건	1건	시연	동영상	0.93
		H-2	3차원 입체 격자의 저장구조(공간/비공간) 연구	①	파일저장구조 연구	1건	1건	전문가 검증	보고서	1.11
				②	입체격자 관리방안	1건	1건	전문가 검증	보고서	0.98
		H-3	수요처 및 활용 목적별 가시화 방안 수립	①	가시화 방안	1건	1건	전문가 검증	보고서	1.11
				②	주제별 가시화 방안	1건	1건	전문가 검증	보고서	0.98
I	입체공간 격자체계 구현, 갱신기술 및 가시화 개발	I-1	3차원 입체 격자 체계 구현 기술 개발	①	격자체계 구현 기술	1건	1건	전문가 평가	보고서	1.31
				②	격자 해상도 변환 기술	1건	1건	전문가 평가	보고서	1.31
				③	셀데이터 갱신	1건	1건	전문가 평가	보고서	1.25
		I-2	수요처 및 활용 목적별 3차원 입체 격자 가시화 기술 개발	①	입체격자 가시화 기술	1건	1건	전문가 평가	보고서	0.97
				②	객체형 모델 가시화 기술	1건	1건	전문가 평가	보고서	0.97
				③	주제별 가시화 기술	1건	1건	전문가 평가	보고서	0.97
				④	동작정확도	100%	100%	기능동작	테스트결과	0.97
J	3차원 핵심기술 검증 및 통합 운영기술 개발	J-1	인터그레이션 지원 개발	①	입체격자 시제품	100%	100%	기능 테스트	시제품시연	4.41
				②	지침서	1건	1건	전문가 검증	보고서	4.73
		J-2	공간격자 Auto Scaling 기술 개발	①	레벨 데이터 변환 기술(1)	1건	1건	전문가 검증	보고서	1.82
				②	레벨 데이터 변환 기술(2)	1건	1건	전문가 검증	보고서	2.76
				③	Polygon Reduce 기술 (1)	1건	1건	기능 테스트	보고서	1.82
				④	Polygon Reduce 기술 (2)	1건	1건	기능 테스트	보고서	2.76
		J-3	3차원 입체 격자(3D Raster) 분석 기능 개발	①	분석 및 확장 기술	1건	1건	전문가 검증	보고서	4.41
				②	동작정확도	100%	100%	기능 테스트	테스트결과	4.73
		J-4	공간격자 위치/속성정보 검색 기술 개발	①	동작정확도	100%	100%	기능 테스트	테스트결과	3.08
계										100

(3) 정량목표 달성도

연차			1차년도		2차년도		3차년도		합계		달성도(%)
구분			목표	달성	목표	달성	목표	달성	목표	달성	
국외 논문 게재	SCI										
	비SCI										
	계										
국내 논문 게재	SCI				2	2					
	비SCI				1	1	2	2			
	계				3	3	2	2	5	5	100
특허 출원	국내				3	4	3	4	6	8	100
	국외										
	계				3	4	3	4	6	8	100
특허 등록	국내				1	1	3	3	4	4	
	국외										
	계				1	1	3	3	4	4	100
인력 양성	석사										
	박사				1	1			1	1	100
	계				1	1			1	1	100
기술 이전	계약 건수						1	1	1	1	100
	계약액										
	징수액										
국제 표준화	기고서 제출										
	기고서 채택										
	표준안 채택										
국내 표준화	기고서 제출						4	5	4	5	100
	기고서 채택										
	표준안 채택										
등록・기탁 대상 성과물	보고서 원문										
	연구시설·장비										
	기술요약정보										
	생명 자원	생명정보									
		생물자원									
		신품종									
	소프트웨어				2	2	9	12	11	16	100
	화학물										
기타	시제품						1	1	1	1	100
	학술발표		2	2	4	9	8	13	14	24	100
	성과홍보		1	3	1	4	2	4	4	11	100
	기술문서				2	2	2	3	4	5	100
	일자리 창출										
	지침/메뉴얼						1	1	1	1	100
	정책제안						1	1	1	1	100
	KTL 평가				2	2			2	2	100

나. 목표 미달성 시 원인 및 차후대책

해당없음

다. 관련 분야에 대한 기여도

(1) 사회적 측면

사회적으로 3차원 공간정보의 필요성은 DTS(Digital Twin Space) 등을 구현하기 위해서 필수적인 요소로 대두되고 있다. 더불어 4차 산업혁명에 따라 제공되는 다양한 신기술들로부터 생성되는 정보들이 3차원 입체격자체계를 기반으로 정확한 위치정보를 포함하여 제공될 수 있기 때문이다. 본 연구가 제안한 3차원 입체격자체계를 기반으로 3차원 공간정보(3차원 모델)를 구축함으로써 비용을 절감할 수 있을 것이다. 더불어 연구결과를 토대로 향후 구체적인 분석과 계획 수립을 통해 전 국토의 3차원 디지털화 기초 자료로 활용될 수 있다.

드론의 등장으로 인한 3차원 기술의 발전과 미세먼지 등 환경 변화로 인해 2D기반의 플랫폼으로는 한계가 있는 다양한 문제들을 단순한 구조의 입체격자 데이터를 기반으로 접근함으로써 사회문제 해결에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 기존 공간정보를 활용하여 입체격자체계 서비스를 개발할 수 있는 기반을 제공함에 따라 다양한 입체격자 서비스 창출이 가능하며, 3차원 입체격자체계를 활용한 사실감 있는 VR 시뮬레이션으로 국가 재난상황 발생 시 대피 계획 사전 수립이 가능할 것이다.

제도적인 측면에서 보면 기존의 3차원 공간정보 구축에 관한 법은 모델 구축에 주안점을 두고 있어 데이터 관리 측면이 약하다. 한편 3차원 입체격자체계는 지형지물 모델뿐만 아니라 대기, 지질 등 다양한 공간의 정보를 표현할 수 있다. 그러나 제도적으로 그 기반이 미비한 상황이다. 따라서 연구를 통해 제시된 3차원 입체격자체계의 제도개선(안)을 바탕으로 격자기반의 공간정보 관리 및 활용이 유용해 질 것이다.

(2) 기술적 측면

지구를 3차원으로 표현하는 다양한 기술들이 개발되고 있으나 공중, 수중, 지상, 지하를 포괄하는 공간정보 관리 기술은 이제 태동 단계이다. 3차원 입체격자체계는 3차원 모델을 2차원 공간에 구현하는 방식에서 3차원 지형지물의 디지털 쌍둥이(Digital Twin)를 생산하여 디지털 공간에 구현할 수 있는 기반 기술로 활용될 수 있다. 예로 지상과 지하는 맞닿아 있지만 별개로 관리되는 현재 상황에서 3차원 입체격자체계가 통합관리를 지원할 수 있을 것이다. 이러한 점에서 3차원 입체격자체계가 공중, 수중의 3차원 공간정보 수집 및 관리를

원활하게 지원할 수 있을 것으로 보인다. 더 나아가 건설 · 방재 · 환경 · 국방 등 다양한 분야에서의 분석을 수행할 수 있는 기반이 될 수 있을 것이다.

3차원 입체격자 기반의 정보제공 서비스 기술을 개발함으로써 미래 교통수단(자율주행차량, 유무인 비행체 등)의 안전운행을 위한 효율적인 정보제공과 신속한 의사결정 지원이 가능할 것으로 전망된다.

향후 제시된 제도개선(안)을 바탕으로 기술적 가이드라인을 생성함으로써 국가차원의 표준화된 3차원 입체격자체계 기반의 공간정보 구축이 가능해 질 것 이다.

(3) 경제 · 산업적 측면

3차원 입체격자체계는 공간정보 서비스의 입체화, 무인 이동체(드론, 자율주행자동차)의 공간정보 습득의 세밀도 향상으로 인하여 다양한 분야와의 시너지 효과가 발생할 수 있다. 특히 저비용 · 고효율 3차원 공간정보 구축이 세계적인 동향이라는 점에 비추어 3차원 공간정보를 구축할 때 3차원 입체격자체계를 활용하여 비용절감을 할 수 있다. 본 연구결과를 통해 향후 우리나라의 자율주행차량 및 공공 임무형 무인항공기 활용에 필요한 기반기술을 제공함으로써 관련분야 산업의 활성화가 기대된다.

이런 신기술의 개념을 본 연구에서 제시하는 제도개선(안)에서 정립함으로써 3차원 공간정보 구축, 공간정보 활용 서비스 개발 분야의 새로운 가치 창출 및 고도화가 가능할 것으로 판단된다. 이는 향후 중소기업 육성, 일자리 창출 및 새로운 시장 창출이 가능하다.

또한 공중 · 지상 · 지하의 통합 공간정보 기반의 3차원 공간정보 통합 운영 기술 확보를 통한 선진국 수준의 기술 경쟁력 확보와 개도국에 대한 적극적인 기술지원 및 사업수주를 기대해 볼 수 있다.

4. 연구개발성과의 활용 계획 및 기대효과

가. 연구개발성과의 활용계획

본 연구 성과물인 3차원 입체격자체계를 통해 다양한 통계모형 중 3차원 분석 및 처리가 필요한 환경, 기술 분야 등의 실증서비스 데이터 연계·생성 방안을 제시하여 실제 활용할 수 있는 입체격자 서비스를 위한 데이터 환경을 제공하고, 관련 부처의 활용을 독려하도록 노력할 것이다.

타 기관·산업·시스템에서 구축한 다양한 2·3차 공간정보를 변환하여 3차원 입체격자 실용화 서비스에 적용함으로써 기 구축 데이터의 새로운 활용 가능성 및 효과를 제시하여 공공부문의 활용이 확대될 것이다.

3차원 입체격자 체계 실용화를 위한 제도개선(안)은 3차원 입체격자체계를 기반으로 공간정보의 고도화가 필요한 시점에서 담당부처가 제도적인 방안으로 활용할 수 있다.

스마트 모빌리티 실증 서비스는 기존에는 제공되지 못했던 지형공간정보를 반영한 유/무인 비행체의 안전운항 서비스로, 기체의 추락시 위험을 최소화할 수 있는 경로결정 기술과 유도·관제기술을 제공할 수 있다. UAV의 안전운항을 지원할 수 있는 체계가 확보될수록 각종 분야에서 드론의 도입은 활성화 될 것으로 전망된다. 특히, 물류수송, 재난안전, 유지관리 등의 분야에서의 도입은 각 분야 업무프로세스의 새로운 패러다임을 제시하게 될 것이다.

미세먼지 모니터링 서비스의 활용을 위해 미세먼지 정보를 제공하는 민간/공공 기관들과 협업을 통해 3차원 입체격자체계 기반의 미세먼지 모니터링 서비스를 활용할 수 있는 방안을 마련하여 미세먼지 서비스가 활용할 수 있도록 노력할 것이다.

아래 표는 3차원 입체격자체계 기술이 활용이 예상되는 수요처와 활용 시나리오를 정리한 표이다.

<표 4-1> 3차원 입체격자체계 기술 관련 예상 수요처 및 활용 시나리오

예상 수요처	현재	활용 시나리오
국토교통부, 국토지리정보원, 산림청, 환경부 등	기존 2차원 공간정보를 활용하여 3차원 분석 및 통계 서비스 창출	기존 2차원 공간정보과 3차원 공간정보를 입체격자로 변환하여 3차원 분석 및 통계 서비스 창출
해양수산부	3차원 해양 생태계 서비스가 존재하지 않음	계절별 해양생태계를 3차원 입체격자 기술을 활용하여 구축하여 수심별 조류의 흐름 등 서비스 가능
통계청	통계지리정보서비스는 2차원 공간정보 지도 위에 단순한 통계 지리정보 표출로 3차원 데이터 표출 불가	3차원 입체격자체계 도입 시 다양한 POI 데이터나 공간정보들을 그리드 형태로 묶어서 각 영역별로 통계정보를 제공하는 서비스 가능

예상 수요처	현재	활용 시나리오
소방청, 시설관리공단, 지방자치단체	지상정보와 지하구조물의 연속적 정보 서비스 및 관리 불가	3차원 입체격자 기술을 활용하여 지상정보와 지상구조물 등을 격자화하고, Autoscaling 기술을 통한 끊김 없는 연속적인 LOD4 이상 수준의 상세한 정보를 가시화 및 데이터 관리 가능
지방자치단체	2차원 지도서비스 제공	3차원 격자를 활용한 3차원 공간정보 분석기능을 도입하여, 지자체별 주요 입지분석 및 정책결정에 활용
유무인비행체 기반 서비스 운영기관 및 사업자, 국토교통부 산하 공공기관, 공간정보 기반 서비스 사업자, 유무인비행체 개발 및 서비스 사업자	드론 서비스 활성화를 위해 운용 및 관리를 위한 체계가 필요하나 교통관리체계가 없고, 시계비행만 가능한 상황으로 운항이 제한됨	3차원 입체격자 체계기반 공간정보를 기반으로 지상 특성을 반영한 공중도로 설계 및 UAV 유도/관제 서비스 제공으로 드론 추락시 지상의 피해를 최소화할 수 있는 경로 설계방안을 제시하고, 장애물 격자정보를 이용한 운항지원 시스템을 통해 야간 등의 활용성 확보 및 증강현실 기반 관제 체계 도입 가능
미세먼지 정보제공 기관 및 관리기관 (국가기후환경회의, 환경부, 지자체, SKT, KT 등)	국가측정소는 사용자 위치 기반의 인접 측정소 정보 및 평균값에 대한 미세먼지 정보 제공하고 있으나, 이는 미세먼지 측정 높이가 다르지만 2차원 평면에 일반화한다는 한계점이 있음	높이에 따른 미세먼지정보를 취득후 3차원 미세먼지 분포도 작성 가능 드론을 활용하여 다양한 높이에서 수집한 미세먼지 정보를 입체격자체계에 입력하여 시각화하는 서비스 가능

나. 추가연구의 필요성

본 연구는 3차원 입체격자체계 기술 개발을 위한 기초연구로서 현장에 적용되면 실제 사용자로부터 다양한 요구사항이 발생할 수 있다. 입체격자를 활용하고, 분석하기 위해서는 격자체계에 맞는 다양한 연산자(Operator)가 필요할 수 있으며, 데이터제공도 이러한 연산자를 지원할 수 있는 형태로 추가 연구가 필요하다.

3차원 입체격자 데이터 관리 구조 및 가시화 기술은 3차원 입체격자체계의 기반이 되는 핵심기술이다. 현재 개발된 기술은 기초 기술단계이며, 향후 사용자가 업무에 활용하기 위해서는 3차원 공간연산과 모델링 추출 기술, 빅데이터 처리 기술, 인공지능을 접목한 3차원 공간분석 등의 고도화된 분석 기능 개발이 필요하다.

3차원 입체격자 연계・변환(매핑) 기술은 기초적인 기술개발 연구로서 기존 2차원 공간정

보를 연계하고 3차원 입체격자로 변환하여 RestAPI 형태로 입체격자 정보를 제공하는 기술을 개발하였다. 이 과정에서 데이터를 제공할 때, 일반적인 공간정보 요청에서 사용되는 기본기능과 필터만을 적용하였는데, 입체격자를 이용한 다양한 분석과 격자에 특화된 기능들에 대한 심화연구가 필요하다. 예를 들어, 일반적인 공간정보 서비스에서 특정범위에 대한 데이터 호출을 위해 버퍼 기능을 제공하고 있지만 입체격자체계에 서비스에서 버퍼가 아닌 격자레벨과 개수로 특정범위에 대한 데이터 호출을 구현할 수 있다. 또한 격자 구조 내에서 최적경로를 찾는 연산도 새로운 도전과제로 판단된다.

스마트모빌리티 서비스로 제시한 유무인비행체 공중도로 구축 서비스에서는 시각화에 V-World 데이터를, 경로계산에 건물 정보 데이터를 활용하였다. 대부분의 지역에서 탐색 경로를 3D모델 상에 표출할 때 건물에 충돌하지 않는 경로 생성이 가능하였으나 일부 사례에서는 건물을 관통하는 경우가 발생하였다. 이는 데이터 불일치로 인한 현상으로 3차원 격자를 기준데이터로 활용하기 위해서는 더욱 정확한 원본 데이터를 확보해야만 안전한 비행경로를 설정할 수 있다. 이와 관련한 기반 구축이 필요하다. 시각화 정보만으로는 다양한 분야의 활용에 한계가 있기 때문에 활용도가 높은 분야를 선정하여 분야별 하위 표준을 수립하면 더욱 활발한 기술개발을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

또한 서비스 고도화 측면에서 경로 계산시 격자의 레벨을 가변적으로 운영하는 연구가 필요하다. 경로 계산시 기하급수적으로 확장되는 격자의 수를 감당하기 어려워 정확도와 성능이 반비례 할 수 있다. 따라서 경로탐색 알고리즘 상에서 격자의 군집화 및 레벨링을 통한 탐색격자의 최적화를 고려할 필요가 있다. 서비스 영역의 확장을 위해 데이터 구조화 방안도 고려되어야 한다. 현재는 시범지역에 대해서만 기능을 구현하였으나, 지역단위 또는 전국단위 서비스를 할 수 있는 데이터 구조화 및 성능 개선 방안에 대한 연구가 필요하다. 18레벨 격자를 기준으로 했을 때 전국의 2D 격자는 10억개 이상이고, 3D 기준으로는 2,000m 고도를 가정했을 때 120억개 이상의 격자가 요구된다. 이를 고려하면 시스템의 한계를 고려하여 데이터를 효율적으로 관리할 방안이 필요하다.

스마트모빌리티 두 번째 서비스로 제시한 공중도로, VR/MR 서비스를 실제로 도입하기 위해서는 DB구축 및 연계와 서비스 제공 부분의 추가 개발이 필요하다. 국내의 경우 모든 지역에 대한 정밀 3D 정보가 구축되어 있지 않은 상황이므로 서비스 적용 수요지역의 DB 구축시 기존 보유한 데이터를 활용하여 서비스 제공 가능 수준의 DB를 구축할 수 있는 방안이 필요할 것으로 전망된다. VR/MR 서비스는 다양한 UAV 기종에서 애플리케이션을 적용할 수 있는 기능을 추가개발 해야 기술종속성을 탈피할 수 있을 것으로 판단되며 MR기기 및 무인비행체 등의 장비의 위치정확도 및 데이터 전송속도 등 일부 불안정한 요소들을 극복할 수 있는 추가적인 기술개발이 필요하다.

앞에서 제시한 추가 연구 과제들을 수행함으로써 3차원 입체격자체계 기술의 고도화 및 실용화에 도모할 수 있을 것이라고 사료된다.

다. 사업화 방안

모든 공간정보서비스에서 가장 중요한 요소 중의 하나는 ‘공간정보’이며, 입체격자 서비스에서도 기본적으로 공간정보가 필요하다. 따라서 입체격자를 위한 데이터베이스를 구축할 수도 있겠으나, 3차원 입체격자 변환(매핑) 기술을 이용하면 기존에 구축되어 있는 2차원·3차원의 공간정보를 확장하여 입체격자 서비스에 활용할 수 있다.

입체격자체계에서는 복잡하고 데이터 용량이 큰 공간정보를 단순화하여 사용할 수 있기 때문에 고정밀의 데이터가 아닌 2차원 공간정보를 확장한 데이터만으로도 충분히 의미 있는 입체격자 서비스를 창출할 수 있다. 이러한 이점을 이용한 서비스로는 통계청의 통계지리정보서비스가 있다. 현재, 통계청의 지도서비스는 다양한 POI 데이터나 공간정보들을 그리드 형태로 묶어서 각 영역별로 통계정보를 제공하는 서비스를 하고 있다. 따라서 국토교통부, 국토지리정보원, 산림청, 환경청, 각 지방자치단체 등 이미 공간정보를 다수 생산한 기관에서는 기존 2차원 공간정보를 활용하여 3차원 분석 및 통계 서비스를 창출할 수 있으므로 입체격자로 변환하는 솔루션의 도입이 가능하다.

또한 입체격자는 단순히 통계정보를 제공하여 객체를 통합적이고 효과적으로 관리할 수 있을 뿐 아니라, 여러 가지 공간분석을 용이하게 한다. 기존의 2차원 공간정보와 달리 3차원 공간정보는 굉장히 큰 데이터 사이즈를 지니고 있어 다수 공간정보로 분석을 하는데 많은 시간과 컴퓨팅 파워가 요구되며, 특히 실시간 분석은 어려운 실정이다. 반면 용량이 큰 3차원 공간정보를 입체격자로 단순화하면 용량이 대폭 줄어들고 단순한 데이터 구조로 변모하여 분석을 용이하게 한다. 특히, 최근 AI기술이 각광받고 있는데, 격자로 단순화 된 데이터는 기계학습 시간의 단축시켜, 공간정보 분야에 AI기술 적용을 확산시킬 수 있다. 따라서 DB구축기관인 정부부처 및 지방자치단체 등의 공공기관에 기술을 우선 도입하여 솔루션의 우수성 및 활용성을 홍보하고, 다양한 3차원 공간분석의 장점을 기반으로 민간업체의 지도 솔루션에 확산할 계획이다.

스마트 모빌리티 실증서비스의 사업화를 위해서는 앞서 기술한 추가연구를 통해 서비스에 필요한 전 과정을 통합 솔루션화 하는 단계가 선행되어야 한다. 이 단계가 완료되면 서비스 수요지역의 DB를 구축하여 공중도로 제공 서비스 및 VR/MR 서비스가 가능할 것이다. 각각의 서비스는 공중도로의 경우 서버를 통한 솔루션 제공 방향으로, VR 서비스는 애플리케이션 SW를 배포하는 방향으로 추진되어야 할 것으로 판단된다. MR 서비스는 관리자용으로 별도 서버와 애플리케이션을 통해 제공될 수 있을 것이다. 본 서비스 기술에 대한 수요는 국토부 산하 공공기관에서 시설물 유지관리에 활용할 수 있을 것이고, 드론 비행체 개발 및 서비스 사업자는 VR기반 3D 경로설정 부분을 GCS 애플리케이션에 도입하는 것을 고려할 수 있을 것으로 예상된다. 본 연구개발이 완료되면 다양한 분야의 유무인비행체 기반 서비스 운영 기관 및 사업자들에게 본 기술의 적용을 검토할 수 있도록 제안할 계획이다.

붙임. 참고문헌

가. 단행본

- 공간정보산업진흥원 (2017) 공간정보 분야 융복합산업 창출을 위한 R&D 중장기 로드맵 수립 공청회
- 공간정보연구원 (2015) 공간정보 포탈 동향분석 연구, LXSIRI Report 제21호
- 국민안전처 (2016) 국가안전관리기본계획(2015~2019)
- 국정기획자문위원회 (2017) 문재인정부 국정운영 5개년 계획
- 국토교통부 (2010) 공간정보산업진흥 기본계획(안)
- 국토교통부 (2013) 제5차 국가공간정보정책 기본계획(2013~2017)
- 국토교통부 (2016) 2016년도 국가공간정보정책에 관한 연차보고서
- 국토교통부 (2016) 드론길 구축을 위한 3차원 공간정보 시범구축
- 국토교통부 (2016) 실감형 실내외 3차원 공간정보 구축기술 개발
- 국토교통부 (2016) 제2차 공간정보산업진흥 기본계획
- 국토교통부 (2016) 지하공간통합지도 구축 사업 최종보고서
- 국토교통부 (2017) 2017년 2분기 공간정보산업 동향보고서
- 국토교통부 (2017) 공간정보기반 융복합산업 발전 전략 마련 및 법제도 개선방안
- 국토교통부 (2017) 드론산업 발전 기본계획안
- 국토교통부 (2018) 제6차 국가공간정보정책 기본계획
- 국토교통부·국토교통과학기술진흥원 (2016) 시민ㆍ기업ㆍ정부가 소통하는 맞춤형 U-City 플랫폼 구축(3차년도)
- 국토교통부·국토교통과학기술진흥원 (2017) 3차원 입체격자체계 기반 국토 통합관리 지원 기술 개발 1차년도 보고서
- 국토연구원 (2009) 한국형 공간정보인프라 모델정립 및 글로벌화 전략 연구
- 국토연구원 (2012) 공간정보 공동활용을 위한 기본공간정보 수시갱신방안
- 국토지리정보원 (2015) 국토지표 프레임워크 설계 및 활용 전략 연구
- 국토지리정보원 (2016) 행정정보의 격자체계 설정 및 공간정보화 기준
- 국토지리정보원 (2017) 자율주행차 지원 등을 위한 정밀도로지도 고도화 방안 연구 및 시범구축
- 국립재난안전연구원 (2015) IoT기반 3차원 센서데이터 관리 및 구현기술 방안 마련
- 국립환경과학원 (2014) 한강수계 상수원 보호를 위한 수질예측시스템 구축(Ⅰ)
- 기상청 (2014) 국가기후자료 관리 및 서비스 체계 구축 사업 계획(안)
- 대한민국정부 (2016) 2016년도 국가정보화에 관한 연차보고서
- 대한민국정부 (2017) 100대 국정과제 목록

- 미래창조과학부 미래준비위원회 (2015) 미래이슈 분석 보고서
- 미래창조과학부 (2016) 미래성장동력 종합실천계획(안)
- 미래창조과학부 (2016) 저고도 무인비행장치 교통관리 감시기술 개발 및 실증시험
- 서재규, 정호기 (2015) 센서 융합기반 정밀측위 시스템과 자율 주행 기술, 자동화기술
- 소프트웨어정책연구소 (2017) 커넥티드 카의 실현과 지능형 교통시스템
- 이명인 (2014) 도시 기후환경 예측 시스템 개발 및 미래 기후변화 예측
- 퀄컴코리아 (2016) 자동차산업과 통신산업의 협업, 5GAA 그리고 셀룰러 V2X
- 한국개발연구원 (2009) 3차원 공간정보 구축사업 2009년도 예비타당성조사 보고서
- 한국과학기술기획평가원 (2016) 2016년 KISTEP 10대 미래유망기술 선정에 관한 연구
- 한국국토정보공사 공간정보연구원 (2014) 세계측지계 기반 지적측량성과의 평면투영 좌표체계 연구
- 한국국토정보공사 공간정보연구원 (2016) 공간정보 매거진, Vol.13
- 한국국토정보공사 공간정보연구원 (2017) 공간정보 매거진, Vol.16
- 한국자동차산업조합 (2014) 자율주행차 성능 향상을 위한 기술 개발 전략
- 한국정보통신기술협회 (2008) 2007 정보통신표준화백서
- 한국정보통신기술협회 (2017) 공간정보 표준화 동향, TTA Journal, Vol.169
- 한국정보통신기술협회 (2018) 4차 산업혁명 핵심융합사례 스마트시티 개념과 표준화 현황
- 한국항공우주연구원 (2015) 위성항법기반 교통인프라 기술개발
- 행정안전부 (2013) 국가지점번호 활용 활성화를 위한 관계기관 회의자료
- 행정안전부 (2016) 국민활용을 위한 위치기반 행정정보 개방지원 ISP
- Gabor Timar, Gabor Molnar (2013) Map grids and datums
- HIGHTS (2015) Geolocation Referencing Sub-System draft
- NIC (2012) Global Trends 2030: Alternative Worlds
- OGC (2017) Topic 21: Discrete Global Grid Systems Abstract Specification

나. 논문

- 강민성, 허수정, 박익현, 박용환 (2014) 자율주행을 위한 센서 데이터 융합기반의 맵 생성, 한국자동차공학회, 한국자동차공학회논문집, Vol22, No.6, pp. 14-22
- 김대현, 김재명, 윤병찬, 장은미, 최윤수 (2015) 공간정보를 활용한 격자체계 개선방안, 한국공간정보학회, 한국공간정보학회지, v.23 no.6, pp.43-55
- 김윤진, 신병석 (2005) 가상환경구축을 위한 대용량 지형 데이터의 효율적인 렌더링 기법, 한국정보과학회, 한국정보과학회 05 추계학술발표논문집(1), Vol.32 No.2(Ⅰ), pp. 739-741
- 김상훈, 김성찬, 김충익, 유홍선 (2000) 터널내에서 화재 발생시 연기 거동에 대한 연구, 한국화재소방학회, 한국화재소방학회 논문지, Vol.14 No.2, pp. 21-32

- 김태훈, 장한솔, 유성환, 고준희 (2017) 브이월드 3D 지도 서비스 성능 향상을 위한 3D 타일 적용 방안 연구, 한국지형공간정보학회, 한국지형공간정보학회지, Vol.25 No.1, pp 55-61
- 김기환 (2005) 정보화사업 타당성분석제도의 개선방향 모색: 공공분야 타당성분석제도들의 비교를 중심으로, 한국정보화진흥원, 정보화 정책 Vol.12 No.1, pp. 59-77
- 김학수 (2011) 격자기반 모델링에 의한 가상 공간 스케치, 중앙대학교 첨단영상대학원 박사학위 논문
- 나유경, 정영진 (2015) 공간정보사업의 공간정보 표준 적용 활성화 방안, 국토지리학회지, 제49권 4호
- 남상훈, 채영호 (2008) 정의된 육면 격자의 공간 타일링에 의한 3차원 모델링, 한국HCI학회, 한국HCI학회 2008년도 학술대회 1부, pp 103-108
- 박인선 (2007) 소음지도 최적화를 통한 상세 소음노출인구의 산정방법 연구, 연세대학교 대학원 환경공학과 박사학위 논문
- 박재선, 어양담, 여상호, 문재흠, 김형태 (2010) 3차원 포인트 공간자료 가시선 분석 실험, 한국지형공간정보학회, 한국지형공간정보학회지, v.18 no.2 pp. 55-61
- 박준구, 조우석, 노명종, 송낙현, 김민철 (2008) 3차원 국토공간정보 구축 개선방안 연구, 한국지형공간정보학회, 한국지형공간정보학회지, Vol.16 No.04, pp. 89-99
- 박진이, 김의명 (2015) 격자망분석을 통한 범죄발생 취약지역 추출 기법, 한국측량학회, 한국측량학회지, v.33 n.4, pp.221-229
- 박찬수, 최형환 (2013) LOD 기반의 화산재 확산 모델 가시화, 한국방재학회, 한국방재학회 2013년도 정기 학술발표대회, pp. 165
- 양승찬, 한수희, 허준 (2012) 다단계 정육면체 격자 기반의 가상점 생성을 통한 대용량 3D point cloud 가시화, 한국측량학회지, 제30권 제4호, pp.335-342
- 오소정, 이임평, 김성준, 최경아 (2008) 3차원 소음지도제작을 위한 도화원도와 수치지도를 이용한 도시공간모델 생성, 대한원격탐사학회, v.24 no.2, pp. 179-188
- 여창건, 정석일, 이승오, 김문일 (2010) 인공 해수수로 내 흐름 특성과 조류 생성의 상관성 연구, 한국수자원학회 2010년도 학술발표회, 2010 may, pp. 1044-1048
- 윤병찬 (2012) 공간정보 서비스를 위한 격자코드 명명규칙에 관한 연구, 서울시립대학교 대학원 공간정보학과 석사학위 논문
- 이동건, 신효진, 임종세 (2013) 울릉분지 시추공 분석 자료를 이용한 가스하이드레이트 함유층의 3차원 공간 물성 분포 측정, 에너지공학, 제22권 제2호, pp. 156-168
- 이보미, 이명근 (2017) 국가지리정보 품질관리 대상 및 방법론 제시, 국토지리학회지, 제51권2호
- 이세호, 정성균, 정태영, 김창수 (2012) 3차원 데이터를 이용한 실내 공간 표현 기법, 한국방송&미디어공학회, 한국방송공학회 2012년도 하계학술대회, pp. 417-418
- 이승재, 송지애, 김유정 (2016) 국가농림기상세너 지면대기모델링패키지(NCAM-LAMP) 버전1: 구축 및 평가, 한국농림기상학회지, 제18권 제4호, pp. 307-319
- 이장훈, 박인철, 김정훈, 김병수 (2011) 웹 환경에서의 입체적 가시화를 위한 3-D 가상

현실 기법의 적용, 한국전산유체공학회, 한국전산유체공학회지 제16권 제1호, pp. 30-35
- 이진녕 (2009) 3차원 정밀지형자료의 토공계획 활용, 건국대학교 대학원 토목공학과 박사학위 논문
- 임상석 (1998) 가중8진트리를 이용한 3차원공간에서 최적경로설정, 한국과학기술원 석사학위 논문
- 장영운, 최연웅, 조기성 (2011) VRML을 이용한 도심지역 LiDAR 압축자료의 3차원 표현, 한국지형공간정보학회, 한국지형공간정보학회지, v.19 no.2, pp-3-8
- 장용준, 김학범, 이창현, 정우성 (2008) 대심도 지하역사에서의 화재시 급 배기 동작유무에 따른 열 연기 거동 분석, 한국철도학회, 한국철도학회 2008년도 추계학술대회 논문집, pp. 66-72
- 장한누리, 김희준, 남명진 (2016) 지하공동 탐지를 위한 3차원 시간영역 유한차분 GPR 탐사 모델링, 한국지구물리물리탐사학회, 지구물리와 물리탐사, Vol.19 No.1, pp 20-28
- 정노택, 강성길 (2005) CO2 해양처리를 위한 액적 거동 시뮬레이션 기초연구, 한국해양환경에너지학회, 한국해양환경공학회지, Vol.8 No.1, pp. 39-45
- 정지훈, 안광호, 강정원, 김우현, 정명진 (2008) 무인 차량의 자율 주행을 위한 3차원 레이저 거리 센서와 카메라를 이용한 입방형 격자 기반의 3차원 지형형상 복원, 대한전자공학회, 전자공학회 논문지, 제45권 SC편 제6호, pp. 366-374
- 정희권, 권장혁 (1995) 경계요소법을 이용한 경계에 직교하는 삼차원 격자형성법, 한국전산유체공학회, 1995년도 추계학술대회논문집, 1995 Oct, pp. 82-89
- 최민우, 조남석 (2019) 정찰 드론의 탐색 경로에 대한 시뮬레이션 연구, 한국시뮬레이션학회 논문지, 제28권(제1호). 23-39.
- 최진성 (2017) 자율주행을 보다 안전하게 만드는 'T-RemotEye' 기술, 오토저널, 제39권, 제6호, pp. 65-68.
- 최병무, 양해술 (2009) 워게임모델의 가상환경격자정보 개선과 구축 기법, 한국산학기술학회, 한국산학기술학회논문지, vol.10 no.4, pp. 785-794
- 한승훈, 채영호 (2006) 공간 격자를 이용한 3차원 공간 입력 인터페이스의 효용성에 관한 연구, 한국HCI학회, 한국HCI학회 2006년도 학술대회 1부, pp. 431-436
- 한주형, 이상호 (2017) 환경기술과 정보기술 기반의 미래도시 공간 메커니즘과 알고리즘 분석, 한국산학기술학회, 한국산학기술학회논문지, Vol.18 No.3, pp. 296-305
- 홍성철, 박일석, 허준, 최현상 (2012) 지상라이다기반 실내 3차원 모델 구축 방안, 대한토목학회논문집, 제32권 제5D호, pp. 527-532
- 홍태민, 편무욱, 강남기, 이병길, 김창재 (2009) 격자화된 지상라이다 자료의 3차원 가시선 분석 실험, 한국측량학회, 한국측량학회지, 제27권 제3호, pp. 357-365
- Ackermann, S., Angrisano, A., Del Pizzo, S., Gaglione, S., Gioia, C., & Troisi, S. (2013), Digital surface models for GNSS mission planning in critical environments, Journal of Surveying Engineering, 140(2), 04014001.
- Akenine-Moller, T., Haines, E., and Hoffman, N. (2018), Real-time rendering, AK Peters/CRC Press.

- Amano, H. (2015) SIP-adus: a National Project in Japan, Automated Vehicle Symposium 2015
- Bong-Soo Sohn (2005) Topological Analysis of Level Sets and Its Use in Data Visualization
- Conrad O. at el. (2015) System for Automated Geoscientific Analyses(SAGA), v.2.1.4.
- DIANSHENG GUO, DONNA J. PEUQUET, MARK GAHEGAN, (2003) ICEAGE: Interactive Clustering and Exploration of Large and High-Dimensional Geodata, Pennsylvania State University
- Gonzalez, R. C., and R. E. Woods (1992) Digital Image Processing, Addison-wesley Publishing Company, pp. 41-42.
- Gonzalez, R.C., Woods, R.E., and Eddins, S.L. (2004) Digital Image Processing using Matlab, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, pp. 334-425.
- J. Youn · D. Kim · T. Kim · J.H. Yoo · B.J Lee(2018), DEVELOPMENT OF UAV AIR ROADS BY USING 3D GRID SYSTEM, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-4.
- Levinson, J. and Thrun, S. (2010) Robust Vehicle Localization in Urban Environments Using Probabilistic Maps, International Conference on Robotics and Automation, pp. 4372-4378.
- Taekyu Reu (1988) Techniques for Compressible Flow Calculations on Multi-Zone Grids, Virginia Polytechnic Institute and State University
- Wei Wang, Jiong Yang, Richard Muntz (1997) STING: A Statistical Information Grid Approach to Spatial Data Mining, Department of Computer Science, University of California, Los Angeles
- Youn, J., J. S, Bethel, E. M. Mikhail, and C. Lee (2008) Extracting Urban Road Networks from High-resolution True Orthoimage and Lidar, PE&RS, Vol. 74, No. 2, pp. 227-237.

다. 기타

- 공공데이터 개방 · 공유 · 활용 체계 개발 Open API 활용가이드
- 국토교통부 (2016) 드론 신산업 지원을 위한 3차원 드론길 구축 프로젝트 시작
- 국토교통부고시 제2011-560호, 기본공간정보 선정 변경
- 국토교통부고시 제2018-93호, 기본공간정보 선정 변경
- 국토교통부령 제600호, 항공안전법 시행규칙
- 국토교통부 (2016) 드론 신산업 지원을 위한 3차원 드론길 구축 프로젝트 시작, http://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?id=95077786
- 국토교통부 (2018) 무인비행장치(드론) 관련 제도 소개,

http://www.molit.go.kr/USR/policyTarget/m_24066/dtl.jsp?idx=584
- 국토교통부 (2019) VWorld 3D Map Binary Data File Format, http://www.vworld.kr/notice/VWorld_Data_Format_D.pdf
- 기상청고시 제2017-7호, 기상요소별 관측방법
- 뉴스코리아 (2017) 교통신호등 정보가 내 차량 계기판에 있다, 2017.05.16.
- 디지털타임즈 (2011) 비즈니스에 최적화된 기업DB '맞춤형 설계', 2011.7
- 미래창조과학부 (2016) 스마트초이스 http://www.smartchoice.or.kr
- 서울시 열린 데이터 광장 Open Api 명세서
- 수문자료의 공인 및 저장 배포 활용기준
- 수문조사 업무 규정
- 시설물의 안전 및 유지관리 실시 등에 관한 지침
- 인사이터스 (2017) 자율주행자동차의 현주소, 그리고 향후 비즈니스 기회, 2017.03.07.
- 전자신문 (2017) PLK, 카메라센서 원천기술 집약한 R7 앞세워 모빌아이 아성 깬다. 2017.06.21.
- 지하안전관리에 관한 특별법 시행령
- 현대경제신문 (2017) '차세대 먹거리' 자율주행 어디까지 왔나, 2017.10.17.
- 현대자동차그룹 (2017) 현대기아차, 자율주행의 핵심 기술 'V2X'!, 2017.08.11.
- airkorea_openapi_guide v.1.6.1.

라. 홈페이지

- 공간 빅데이터 연구단 (www.geosbigdata.re.kr)
- 공공데이터포털 (www.data.go.kr)
- 국가법령정보센터 (www.law.go.kr)
- 기상자료개방포털 (data.kma.go.kr)
- 기상청 홈페이지 (www.kma.go.kr)
- 브이월드 (www.vworld.kr/v4po_intbiz_a001.do)
- 에어코리아 환경부 대기환경정보 (www.airkorea.or.kr)
- 위키피디아 (ko.wikipedia.org)
- 지하안전정보시스템 (www.jis.go.kr)
- 한강홍수통제소 (www.hrfco.go.kr)
- AISIN (http://aisin-aw.co.jp)
- Cyber City 3D (www.cybercity3d.com)
- Mapbox (www.mapbox.com)
- QGIS (docs.qgis.org/2.18/ko/docs/user_manual/processing_algs/index.html)
- www.grass.osgeo.org/programming7/index.html

<별첨> 주관연구기관의 자체평가 의견서

1. 과제 현황

	과제번호			19NSIP-C135506-03			
사업 구분	일반사업						
연구 분야	국토공간정보				과제 구분	단위	
사업명	국토공간정보연구사업					주관	
주관과제	3차원 입체 격자 체계 기반 국토 통합관리 지원 기술 개발				주관연구책임자	안종욱	
세부과제명					과제 유형	(기초, **응용**, 개발)	
연구기관	안양대학교 산학협력단				연구책임자		
연구 기간 연구비 (천원)	연차	연구개발기간	정부출연금	민간부담금	정부 외 출연금	상대국 부담금	계
	1차 연도	17.07.31~12.31	478,000	160,000	-	-	638,000
	2차 연도	18.01.01~12.31	582,000	195,000	-	-	777,000
	3차 연도	19.01.01~12.31	1,809,000	605,000	-	-	2,414,000
	계	17.07.31~19.12.31	2,869,000	960,000	-	-	3,829,000
참여기업	한국건설기술연구원, (주)웨이버스, (주)씨엠월드, (주)포도						
상대국			상대국 연구기관				

※ 총연구 기간이 5차 연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성

2. 평가일: 2020. 2. 13

3. 평가자(연구책임자):

소속	직위	성명
안양대학교 산학협력단	조교수	안 종 욱

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가 대상 과제에 대한 연구 결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 이 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초 자료로 활용되기를 바랍니다.

확약	

Ⅰ. 연구 개발 실적

1. 연구 개발 결과의 우수성/창의성

■ 등급: (아주 우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

○ **3차원 입체격자체계 통합운영 기술 개발**

- 공간데이터 관리체계(위치관리, 공간분할 등)로서 새로운 개념의 입체격자체계를 정의하고, 기본 관리 단위, 2·3차원 래스터 데이터, 2·3차원 벡터 데이터, 빈공간 관리, 래스터·벡터 가시화, 데이터 검색 등 요소기술 개발을 통해 입체공간 격자체계를 구현함
- 목표 해상도 유지, 입체격자 기준 선별적 추출·가시화, 입체격자 내부 데이터 운영, 비어있는 공간 및 다중 공간정보의 동시 표현 등에서 기존의 3차원 시스템과 차별화됨

○ **3차원 입체격자체계 데이터연계 기술 개발**

- 입체격자체계 활용 기반이 되는 데이터를 별도의 데이터 구축사업 없이도, 기존 데이터의 조합과 변환으로 수급할 수 있도록 효율적이고 체계적인 입체격자 데이터 연계기술을 개발하여 제시함
- 기초데이터 뿐만 아니라, 기 구축된 2·3차원 공간정보 및 속성정보를 조합하여 3차원 입체격자 표준 모델에 따라 입체 격자데이터를 생성하는 등 서비스 목적에 따라 활용될 수 있도록 지원함

○ **3차원 입체격자체계 실증서비스 연구**

- 미래교통체계와 라이프스타일을 변화시킬 것으로 이슈가 되고 있는 스마트 모빌리티 분야에 3차원 입체격자 기술을 적용한 공간정보 서비스를 제시함
- 이중 유/무인비행체를 대상으로 한 공중도로 제공 서비스와 VR/MR 서비스를 개발하여 3차원 입체격자체계 기반 3차원 공간정보의 활용도를 극대화할 수 있음을 실증함

○ **3차원 입체격자체계 활용방안 연구**

- 3차원의 공간과 데이터를 기반으로 사용자의 이해와 의사결정을 지원할 수 있도록 국토・도시 통합 모니터링 분야를 활용예시로써 실증서비스를 개발하여 제시함
- 이는 사회적인 관심과 시민들의 체감도가 높은 분야를 대상으로 하였으며, 공중, 지상, 지하, 수중의 데이터를 3차원 입체격자체계를 기반으로 융합하여 활용한 것으로 의미 있는 실증 결과를 도출함
- 이밖에도 3차원 입체격자체계 실용화를 위해 공통기반이 되는 3차원 입체격자 기본정보(안), 법제도적·정책적 제안, 표준화 추진 필요성 등 다각적인 측면을 고려하여 방안을 제시함

2. 연구 개발 결과의 파급 효과

■ 등급 : (아주 우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

○ 국토공간의 통합적인 활용이라는 측면에서 다중 공간의 다양한 정보를 목적에 따라 효율적으로 저장・관리・분석・가시화할 수 있는 기반을 마련함

- 2차원뿐만 아니라, 3차원 GIS를 필요로 하는 거의 전 분야에서의 활용 가능성이 충분할 것으로 예상되며, 기존의 GIS 기술의 접근방식을 유사하게 하여 기술개발을 이끌어 낸 부분은 향후 이러한 성과를 적용하는데 범용성을 확보할 수 있음

○ 입체격자체계, 입체격자모델, 입체격자서비스 등이 데이터 연계기술과 함께 제공될 때, 국토통합관리 지원체계를 완성할 수 있으며 이러한 통합운영 기술은 국토・도시관리의 패러다임을 바꾸는 계기가 될 것으로 기대됨

- 제시된 실증서비스는 '입체격자 기본정보와 공간영역별(공중, 지상, 지하, 수중) + 다양한 분야(스마트시티, 시설물관리, 환경, 기상·기후 등)에서 서비스를 제공한다'는 목적으로 여러 시스템들의 정보를 융합하여 설계하는 대표적인 참조모델로서 역할을 할 수 있음

3. 연구 개발 결과에 대한 활용 가능성

■ 등급 : (아주 우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

○ 3차원 입체격자체계 통합운영 기술 개발

- 입체격자체계라는 새로운 GIS 응용기술을 통해 현재 다양한 분야에서 추진되고 있는 공간정보 사업, GIS 연구 등에 활용 가능성이 높으며, 기존 2차원의 공간정보 환경에서 3차원으로의 고도화를 지원

○ 3차원 입체격자체계 데이터연계 기술 개발

- 중앙정부, 유관기관에서 개별적으로 공간정보 관련시스템을 구축하여 공간정보를 생산・관리하고 있으나, 데이터 연계 기술을 통해 입체격자 구조로 데이터를 통합・관리가 가능함에 따라 입체격자 기반의 서비스 개발・확산을 위한 중요한 기반기술로 활용 가능

○ 3차원 입체격자체계 실증서비스 연구

- 국토부의 "3차원 공간정보 기반 무인비행체 공역지도 개발(20~22)", 과기정통부의 "안전한 무인이동체를 위한 ICT 기반기술 개발(17~21)"등 미래 유·무인의 자율주행 시대를 준비하는 과제와 연계하여 기반기술로 활용할 수 있으며, 이 분야의 기술 발전에 기여 가능

○ 3차원 입체격자체계 활용방안 연구

- 국토·도시의 통합관리, 미래사회 안전관리 등은 시대적 화두이자 과제로, 이 연구에서 제안한 '국토도시 통합모니터링 서비스'는 공간정보 융복합, 다차원의 공간분석과 시각화, 융복합・다변화・실시간의 상황에의 대응에 활용 가능

4. 연구 개발 수행 노력의 성실도

■ 등급: (아주 우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

○ 새로운 입체격자체계에 대한 구축 및 핵심기술 개발을 위해 기존의 현황 및 새로운 이슈사항 반영, 실제 활용 가능한 실증서비스 개발 등 다양한 측면에서 검토하고 연구를 진행함

- 개념 정의 수준이 아닌 3차원 입체격자체계 기술을 정립하는 것을 목표로 하였으며, 이를 위해 타당성 검토를 기초로 요소기술 및 운영기술 개발, 실증을 위한 서비스 구현 단계로 구분하여 입체격자체계 활용가능성이 검증되도록 충실히 수행함

○ 3차원 입체격자체계는 기존 기술을 활용하는 연구가 아닌 초연결 및 지능정보 사회로 발전하는 시대에 요구되는 새로운 방식의 기술을 개발하는 기초연구라는 점을 고려하여 정책분야, 전공분야 전문가와의 논의 및 의견수렴을 통해 연구결과의 일반화 도모하고자 노력함

○ 이에 본 수행사는 연구목표를 달성하기 위해 연구개발계획서에 명시한 성과목표와 성과지표에 따라 성실하게 연구개발을 수행함

○ 사전점검회의 이후, 점검결과를 적극 검토・반영하여 연구개발 성과에 대한 완성도를 보다 높이는데 만전을 기할 예정임

5. 공개 발표된 연구 개발 성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급: (아주 우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 본 수행사는 연구개발계획서에 명시한 성과지표에 달성에 노력함
- (1차년도) 학술발표 2건(2017 한국공간정보학회 공동추계학술대회, 2017 한국산학기술학회 추계학술대회), 성과홍보 1건(홍보매체-연합뉴스/건설경제신문/건설타임즈신문/경기신문, 추가성과 1건-'민군기술적용연구사업 성과 확보 및 향후 사업확대 방안 수립 워크숍'에서 연구내용 발표)을 100% 초과 달성함
- (2차년도) 국내논문 SCI/비SCI 총 3건(Journal of Coastal Research, ISPRS Archives), 학술발표 9건(한국공간정보학회, 한국측량학회, International Water Safty Symposium 등), 특허출원/등록 총 4건, SW 등록 4건, 성과홍보 4건(국토지리정보원, 입체격자 활용분야 전문가 등), 기술문서 2건, KTL 평가 2건, 인력양성 1명으로 100% 이상 초과 달성함
- (3차년도) 국내논문 SCI/비SCI 총 2건(대한공간정보학회, Sensors and Materials), 학술발표 13건(한국공간정보학회, 한국측량학회, W2GIS2019 등), 특허출원/등록 7건, SW 등록 12건, 성과홍보 4건, 시제품 1건, 기술문서 3건, 지침/메뉴얼 1건, 국내표준화제안 5건, 정책제안 1건으로 100% 이상 초과 달성함

Ⅱ. 연구 목표 달성도

세부 연구 목표(연구 계획서의 목표)	비중(%)	달성도(%)	자체평가
국토 통합관리 실증서비스 개발	14.3	100	데이터, 사회이슈가 반영된 3차원 격자기반 서비스 실증으로 활용성 제시
3차원 입체 격자체계 실용화를 위한 제도개선방안 수립 연구	9.5	100	법제도·정책적 제시, 표준화 문건 제안 등 실용화를 위한 다각적 방안 모색
스마트 모빌리티 실증서비스 모듈 설계 및 개발	19.8	100	스마트 기술과 3차원 격자가 융합된 공간정보 서비스 실증으로 활용성 제시
기존(객체기반) 공간정보와 3차원 입체격자 자동연동(연계)기능 개발	8.3	100	3차원 입체격자 표준 모델에 따라 데이터 연계·생성·변환 기술 개발
실시간 DB변환 기술 개발	5.5	100	다양한 유형의 온/오프라인 데이터와 3차원 입체격자와의 관계를 해석하여 기술 개발
3차원 입체격자 핵심기술 검증을 위한 통합 운영기술 개발	14.5	100	연구목표를 충실히 달성함
공간격자 Auto Scaling 기술 개발	8.7	100	LOD(Level of Detail) 개념 적용, 레벨별 데이터를 미리 구축하여 성능 향상
3차원 입체격자(3D Raster) 분석기능 개발	14.5	100	연구목표를 충실히 달성함
공간격자 위치/속성정보 검색 기술 개발	4.9	100	연구목표를 충실히 달성함
합계	100점	100.0	

Ⅲ. 종합 의견

1. 연구 개발 성과에 대한 종합의견

○ 4차 산업혁명시대, 미래 지능사회를 맞아 공간정보는 신산업 발전을 지원하는 기반으로 부각되어 있으며, 현재 국토 · 도시는 스마트도시 운영・관리에 집중되어 있음

○ 공간정보의 활용 및 융복합을 통해 신산업 창출이 필요한 시기이며, 3차원 입체격자체계가 기 생산된 데이터를 활용하고 융복합하여 도시의 통합 운영・관리를 가능하게 하는 중요한 기술로서 개발되기 위하여 핵심기술 연구개발을 수행함

○ 본 연구과제는 1차년도 기초적인 개념 연구성과를 토대로, 이후 3차년도까지 세부 핵심기술 구현 및 실증을 위한 서비스 연구가 충실히 진행되어 국토 통합관리 지원기술 개발을 위한 연구가 적절하게 충실히 수행됨

○ 기존의 공간정보 환경에서 고려되지 못하던 새로운 체계의 정립으로 3차원 상에서 세밀한 격자구조를 통해 현실공간의 표현이 정교해질 수 있을 것으로 기대됨

○ 연구개발 성과의 실제 활용을 고려함에 있어서는 다양한 분야의 기술 및 서비스 측면에서 요구사항을 파악하고 수렴, 기존 도시운영관리시스템(플랫폼)과의 상호운용성 확보 등의 확장・안정화된 기술개발이 추가로 요구되며, 이러한 과정에서 공론화 등 공감대 형성이 진행될 필요가 있음

2. 평가 시 고려할 사항 또는 요구사항

○ 본 과제는 입체격자체계를 위한 기초연구로서 현장에 적용되면 실제 사용자로부터 다양한 요구사항이 발생할 수 있음

○ 현재 생산되는 개방형 공간정보 현황을 기반으로 3차원 입체격자 데이터를 생산함으로써 활용성을 기대할 수 있음

○ 3차원 입체격자체계를 활용하여 실제 생활에서 제공하거나 구현할 수 있는 서비스를 제시했으며, 더불어 3차원 입체격자체계를 활용하는 방안을 수립, 구현에 참고할 수 있는 사례로 의미를 가짐

○ 현재 연구개발 성과를 지속적으로 보완함으로써 완성도를 높이고 있으며, 기술의 성능평가 및 검증에 대한 테스트 과정이 진행 중에 있음

3. 연구 결과의 활용 방안 및 향후 조치에 대한 의견

○ 연구개발 성과물인 3차원 입체격자체계를 다중 공간정보 활용기관 등에서 기반기술로 활용할 수 있도록 홍보, 연구성과 활용의 공감대 및 필요성 확산에 노력

- 공간정보의 고도화가 필요한 시점에서 담당부처가 3차원 입체격자체계를 활용할 수 있도록 제도적인 방안 지원
- 스마트시티, 디지털트윈, 자율자동차 등의 분야에서 3차원 공간정보 관련 요구에 대응할 수 있도록 연구개발 성과 지원

○ 본 연구성과를 통해 개발된 기술은 실용화를 위해 시제품을 개발하고, 기술이전을 통해 제품화를 추진할 것임

Ⅳ. 보안성 검토

1. 연구책임자의 의견

- 해당사항 없음

2. 연구기관 자체의 검토 결과

- 해당사항 없음