Land, Infrastructure and Transport R&D Report

건설교통연구기획사업 최종보고서

R&D / ******-*******-01

플랜트·인프라 시설물 건설시뮬레이터 기획 보고서

2015. 1. .

공동연구기관 / 세종대학교

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 귀하

이 보고서를 "플랜트·인프라 시설물 건설시뮬레이터 기획"과제의 최종보고서로 제출합니다.

2015. 01.

공동연구기관명 : 세종대학교
주관연구책임자 : 김태형
공동연구책임자 : 신영기

보고서 요약서

과제고유번호	13RDPP -0065384-01	해 당 단 계 연 구 기 간	6개월	단 계 구 분	1차/1차
연 구 사 업 명	사 업 명	건설교통연구기획사업			
연 구 과 제 명	세부과제명	플랜트·인프라 시설물 건설시뮬레이터 기획			
연 구 책 임 자	신 영 기	해당단계 참 여 연구원수	총 : 1명 내부 : 1명 외부 : 명	해당단계 연 구 비	정부 : 27,500천원 기업 : 0천원 계 : 27,500천원
		총연구기간 참 여 연구원수	총 : 1명 내부 : 1명 외부 : 명	총연구비	정부 : 27,500천원 기업 : 0천원 계 : 27,500천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	세종대학교 기계공학과		참여기업명		
협 동 연 구	연구기관명 :		연구책임자 :		
위 탁 연 구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약				보고서면수	207

- “플랜트·인프라 시설물 건설시뮬레이터”와 관련한 핵심기술을 도출하기 위하여 총 8단계로 기획연구를 수행함.
  1)기술개발 동향 수요조사 실시, 2)미래사회 전망과 Needs 3)기술수준 조사 4)SWOT분석 및 Vision 5)과제도출 6)세부실행계획 7)타당성 조사 8)실용화 및 사업화 방안
- 그 결과, 3개의 세부과제 및 11개의 세세부과제가 도출되었으며, 기술로드맵과 RFP를 완성하였고, 도출된 세부과제는 다음과 같음.
  1) 건설 플랜트 가상건설 플랫폼 기술 개발
  2) 건설 플랜트 가상건설 시뮬레이션 기술 개발
  3) 건설 플랜트 가상건설 분석/평가 기술 개발

색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	플랜트 시공, 4D 애니메이션, 건설 시뮬레이터, 시공 최적화, 가상시공, CAD 데이터 변환
	영 어	Plant construction, 4D animation, Construction simulator, Construction optimization, Virtual construction, CAD data conversion

목 차

제 1 장 기술의 정의 및 필요성 ····· 1

1.1. 기술의 정의 ····· 4

1.2. 연구개발 배경 ····· 4

1.3. 연구개발 필요성 ····· 18

제 2 장 국내외 동향 및 환경 분석 ····· 22

2.1. 국내외 정책동향 ····· 22

2.1.1. 국내 정책 동향 ····· 22

2.1.2. 국외 정책 동향 ····· 23

2.1.3. 분석결과에 따른 시사점 ····· 24

2.2. 국내외 시장현황 ····· 24

2.2.1. 국내 시장 현황 ····· 24

2.2.2. 국외 시장 현황 ····· 30

2.3. 국내외 기술동향 ····· 43

2.3.1 분석 대상 기술 설정 ····· 43

2.3.2 국내 기술동향 ····· 47

2.3.3 국외 기술동향 ····· 63

2.3.4 논문 동향 분석 ····· 105

2.3.5 국내외 특허분석 ····· 111

2.4. 기술수준 분석 ····· 143

2.4.1. 국내기술수준 분석 ····· 143

2.4.2. 해외기술수준 분석 ····· 143

2.4.3. 기술수요 조사 ····· 146

제 3 장 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 148

3.1. 비전 및 목표 ····· 148
3.1.1 SWOT 분석 ····· 148
3.1.2 목표 설정 ····· 148
3.1.3 Vision ····· 153

3.2. 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표 ····· 154
3.2.1 중점추진분야 도출 ····· 154
3.2.2 핵심요소기술(CTE) 선정 및 TRL 목표 ····· 157

3.3. 연구개발과제 구성 ····· 161
3.3.1 연구개발과제 선정 체계 ····· 161
3.3.2 연구개발과제 구성 ····· 162

3.4. 세부과제 주요 내용 및 추진전략 ····· 164
3.4.1 총괄과제: 건설 플랜트 가상건설 시뮬레이션 기술 개발 ····· 164
3.4.2 1세부과제: 건설 플랜트 가상건설 플랫폼 기술 개발 ····· 164
3.4.3 2세부과제: 건설 플랜트 가상건설 시뮬레이션 기술 개발 ····· 165
3.4.4 3세부과제: 플랜트 가상건설 분석/평가 기술 개발 ····· 169

3.5. 과제별, 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵 ····· 170

3.6. 성과활용 방안 ····· 173
3.6.1 과제 성과 활용 및 개선 방안 ····· 174
3.6.2 타 과제 연계 방안 ····· 174

제 4 장 사전타당성 검토 ····· 180

4.1. 정책적 타당성 ····· 180
4.1.1 국정기조와의 부합성 ····· 180
4.1.2 국토교통부 정책과의 부합성 ····· 180
4.1.3 정부 지원의 타당성 ····· 181

4.2. 기술적 타당성 ····· 183

4.3. 경제적 타당성 ····· 185

4.3.1 경제성 분석 ····· 185

제 5 장 연구투입 소요예산 산정 ····· 190

5.1.인력투입계획 ····· 190

5.2. 소요예산 산정 ····· 191

5.2.1 예산산정 방법 ····· 191

5.2.2 소요예산 ····· 192

제 6 장 과제 제안요구서 ····· 196

6.1. 과제 제안요구서 ····· 196

표 목 차

<표 2.1> 국내 사물인터넷 시장 ····· 26
<표 2.2> 국내 물류/SCM 소프트웨어 시장 규모 ····· 27
<표 2.3> 세계 사물인터넷 시장 ····· 35
<표 2.4> 세계 사물인터넷 서비스 종류에 따른 시장 규모 ····· 36
<표 2.5> 전세계 물류/SCM 소프트웨어 시장 규모 ····· 38
<표 2.6> 건설 플랜트 시뮬레이터 관련 주요 기술 ····· 43
<표 2.7> 건설 플랜트시뮬레이터 통합 플랫폼 구현 주요 기술 분류 ····· 44
<표 2.8> 존 모델 종류 ····· 90
<표 2.9> 필드 모델 조사 결과 ····· 92
<표 2.10> 세대별 피난 모델 종류 ····· 94
<표 2.11> 피난 모델 특징 ····· 95
<표 2.12> 플랜트 건설 시뮬레이션 관련 논문 검색 개요 ····· 105
<표 2.13> 플랜트 특허 검색 기술분류 ····· 112
<표 2.14> 플랜트 건설 시뮬레이션 특허 조사 결과 ····· 113
<표 2.15> 기술 수요조사 현황 ····· 147
<표 3.1> 플랜트 시뮬레이터 개발 SWOT 분석 ····· 148
<표 3.2> 기술 계통도 ····· 154
<표 3.3> 중점추진분야 ····· 156
<표 3.4> 핵심기술 후보 ····· 158
<표 3.5> 핵심요소기술 선정표 ····· 159
<표 3.6> 핵심요소기술 목록 ····· 160
<표 3.7> 핵심요소기술 성숙도 단계 별 목표 ····· 161
<표 3.8> 연구개발 과제 구성표 ····· 163
<표 4.1> 국정기조와의 부합성 ····· 180
<표 4.2> 비용-편익 분석표 ····· 187
<표 5.1> 인력투입계획 ····· 190
<표 5.2> 전체사업 소요예산 ····· 192
<표 5.3> 총괄예산 ····· 192
<표 5.4> 1세부예산 ····· 193
<표 5.5> 2세부예산 ····· 194
<표 5.6> 3세부예산 ····· 195

그림 목차

<그림 1.1> 제안기술의 정의 ····· 2
<그림 1.2> 업무 프로세스에 따른 기존 벤터 및 기획과제 기획범위 ····· 3
<그림 1.3> 글로벌 건설 플랜트 시장 현황 ····· 6
<그림 1.4> 국내 플랜트 업계의 연도별 해외수주액 ····· 7
<그림 1.5> 플랜트 업계 현황 ····· 9
<그림 1.6> 건설 플랜트 공정 관리 상의 주요 문제점 ····· 10
<그림 1.7> 플랜트 기획부터 시운전까지의 ICT화 ····· 14
<그림 1.8> 연구개발 필요성 ····· 20
<그림 2.1> 국내 BIM 시장 현황 ····· 25
<그림 2.2> 국내 소방산업체의 사업분야별 분포현황(2008) ····· 29
<그림 2.3> CAD 시장 업체별 점유율과 시장규모 ····· 31
<그림 2.4> Dassault사 분기별 실적 (2009-2014) ····· 31
<그림 2.5> Dassault사 지역별 매출규모 (2014년 1사분기) ····· 32
<그림 2.6> Dassault사 제품별 매출규모 (2012-2014) ····· 32
<그림 2.7> Dassault사 수익률 (2008-2016) ····· 33
<그림 2.8> PLM market forecast ····· 34
<그림 2.9> 세계 주요 GIS 서비스 공급 업체 ····· 35
<그림 2.10> 3D 프린트 세계시장 그래프 ····· 39
<그림 2.11> 세계 환경시장 성장 전망(1992～2010), 단위:십억달러 ····· 41
<그림 2.12> 플랜트 건설 프로젝트 업무 프로세스 ····· 42
<그림 2.13> S건설(주) 위험관리절차 ····· 51
<그림 2.14> GIS 국내 적용 사례 ····· 53
<그림 2.15> 소방기술의 분류 ····· 54
<그림 2.16> Soil remediation technologies applied in Korea (2000～2006). ····· 55
<그림 2.17> 스마트팜 서비스 개념도 ····· 56
<그림 2.18> Smart Home 서비스 개념도 ····· 57
<그림 2.19> 지능형 차량관제 서비스 개념도 ····· 58
<그림 2.20> 삼성SDS의 운송관리서비스 개념도 ····· 60
<그림 2.21> 화물추적관제서비스 ····· 61
<그림 2.22> 물류추적관제서비스 예 ····· 61
<그림 2.23> u-port ····· 63
<그림 2.24> 벤틀리 오픈플랜트의 ISO 15926 지원 전략 ····· 65

<그림 2.25> 벤틀리 오픈플랜트 모델링 기능 예시 ····· 65
<그림 2.26> Plant CAD 데이터 추출 사용 패키지 예: AVEVA NET Gateways™ ····· 66
<그림 2.27> ISO 15926을 통한 ACME사 엔지니어링 데이터를 EMCA사 포맷으로 전환하는 절차 ····· 66
<그림 2.28> DELMIA의 원자력발전소 건설공정 및 작업자 작업 가시화 ····· 68
<그림 2.29> DELMIA로 작성한 공장 작업 animation 예 ····· 70
<그림 2.30> DELMIA Ergonomics Task Definition에 의한 손쉽게 구성할 수 있는 현장작업 animation 예 ····· 70
<그림 2.31> Bentley PlantWise 기능 예 ····· 71
<그림 2.32> Design of the Virtual Prototyping Simulator ····· 72
<그림 2.33> The relationships among proposed-built model, temporary work design and equipment resource in construction planning. ····· 72
<그림 2.34> Representation of the construction situation. ····· 73
<그림 2.35> Snapshots of the construction simulation ····· 73
<그림 2.36> Collision between the mobile crane and the working platform ····· 74
<그림 2.37> 월별 시공 작업자 수 ····· 74
<그림 2.38> The execution of construction quality management inspection plan using BIM quality model ····· 76
<그림 2.39> Workflow of BIM-based construction quality model ····· 76
<그림 2.40> Mechanism model of tower crane. ····· 77
<그림 2.41> Linking serial and parallel activities using PERT chart view ····· 78
<그림 2.42> The relationship among task, human motion, and motion frames ··· 79
<그림 2.43> Simulation time for each single human motion ····· 79
<그림 2.44> 3D 프린팅 주요 기술 방식 ····· 82
<그림 2.45> 3D 프린팅 기술 별 원리 ····· 83
<그림 2.46> 플랜트 시공을 위한 물류 기지 최적화 목표와 조건 ····· 86
<그림 2.47> 해외 GIS 적용 사례 ····· 89
<그림 2.48> 화재 피난 해석 개요. ····· 93
<그림 2.49> IoT 글로벌 기업 동향 ····· 97
<그림 2.50> IoT 서비스 예 - Smarter Planet ····· 98
<그림 2.51> IoT 서비스 예 - Parchube ····· 99
<그림 2.52> IoT 서비스 예 - ioBridge ····· 100
<그림 2.53> Smart + Connected Communities의 개념도 ····· 101
<그림 2.54> Everything의 IoT Mashup 서비스 ····· 102
<그림 2.55> IoT 서비스 예 - ioBridge ····· 102
<그림 2.56> LNG 액화플랜트 사업단의 플랜트 구성도 ····· 103
<그림 2.57> 건설 플랜트 시뮬레이터 통합 데이터 운용 ····· 105
<그림 2.58> construction simulation 논문 발표건수(2005~2014년 218건) ····· 106

<그림 2.59> simulation platform 논문 발표건수(2005~2014년 2358건) ····· 107
<그림 2.60> ISO 15926 논문 발표건수(2005~2014년 70건) ····· 107
<그림 2.61> IFC 논문 발표건수(2005~2014년 73220건) ····· 108
<그림 2.62> 4D simulation 논문 발표건수(2005~2014년 129건) ····· 108
<그림 2.63> construction safety 논문 발표건수(2005~2014년 794건) ····· 109
<그림 2.64> virtual education 논문 발표건수(2005~2014년 134건) ····· 110
<그림 2.65> 3D printing 논문 발표건수(2005~2014년 1265건) ····· 110
<그림 2.66> 플랜트 시뮬레이터 관련 기술 논문 동향 ····· 111
<그림 2.67> 플랜트 건설 시뮬레이션 기술 관련 특허 동향 ····· 113
<그림 2.68> 기술 수요조사서 샘플 ····· 144
<그림 2.69> 기술 수요조사 양식 ····· 145
<그림 3.1> 건설 시뮬레이터 목표 ····· 149
<그림 3.2> Agent를 활용한 건설시뮬레이션 가시화 ····· 150
<그림 3.3> 시뮬레이션 개발 목표 설정 ····· 151
<그림 3.4> 연구 개발에 의한 기대 효과 ····· 153
<그림 3.5> 건설 시뮬레이터 비전 ····· 154
<그림 3.6> 기술 트리 및 중점분야 ····· 157
<그림 3.7> 세부목표 및 총괄목표 도출 이슈 트리 ····· 163
<그림 3.8> 플랜트 통합형상정보 운용 개념 ····· 165
<그림 3.9> 1세부 주요 내용 및 추진전략 ····· 166
<그림 3.10> 시공계획 4D 시뮬레이션 개념도 ····· 167
<그림 3.11> 시공계획 체크 개념도 ····· 167
<그림 3.12> 작업모사 기능 예시 ····· 168
<그림 3.13> 2세부 주요 내용 및 추진 전략 ····· 169
<그림 3.14> 3세부 주요 내용 및 추진 전략 ····· 170
<그림 3.15> 전체 연구개발 및 성과 로드맵 ····· 171
<그림 3.16> 총괄과제 기술/성과 로드맵 ····· 171
<그림 3.17> 1세부 기술/성과 로드맵 ····· 172
<그림 3.18> 2세부 기술/성과 로드맵 ····· 172
<그림 3.19> 3세부 기술/성과 로드맵 ····· 173
<그림 3.20> 건설 플랜트 시뮬레이터 시스템 통합구성도 ····· 173
<그림 3.21> 세부간 연계 방안 ····· 174
<그림 3.22> 플랜트 전후방 산업으로 확산 전략 ····· 175
<그림 3.23> IT 서비스 관리의 품질 고도화 ····· 176
<그림 3.24> ITSM 품질지표 수립 ····· 176
<그림 3.25> 원인-결과분석 ····· 177
<그림 4.1> 정책 부합성 ····· 181
<그림 4.2> 기술적 타당성 ····· 185

<그림 4.3> 국제 플랜트 시장 성장률 전망 ····· 186
<그림 4.4> 국내 플랜트 업계 해외수주금액 추정치 ····· 186
<그림 5.1> 투입 인원 통계 ····· 191

제 1 장 기술의 정의 및 필요성

1.1 기술의 정의

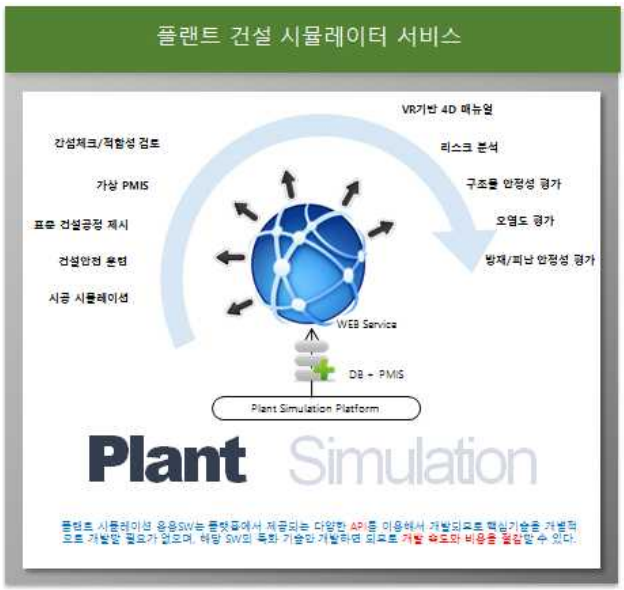
○ **건설 플랜트 시뮬레이터 기술 정의**

- 건설 플랜트 시뮬레이터 기술은 플랜트 시공 생산성 향상을 확보할 수 있는 건설 플랜트 시뮬레이션 기술로써 플랜트 설계데이터 분석, 플랜트 설비 조달 시뮬레이션, 플랜트 시공계획 시뮬레이션, 플랜트 시공 작업자 업무행태 시뮬레이션 및 동적 전자매뉴얼 기술을 포함함.

  - 국내 플랜트 업체들이 해외 건설 플랜트 시장에서 플랜트 시공 부문에서 많은 수주를 하고 있으나, 공사비용 예측 오류, 플랜트 설비 조달 시기 연기, 플랜트 설비 형상정보 부정합, 현장 설치 재시공 및 현장안전 문제 등, 플랜트 건설 프로젝트의 시공단계에서 발생하는 다양한 오류로 인해서 발생하는 플랜트 시공 생산성 저하 요인으로 인하여 경쟁력이 약화되고 있음.

  - 플랜트산업 경쟁력 강화를 위해서는 전체 건설 플랜트 공정에 대응하는 일련의 플랜트 업무지원 ICT SW 제품의 라인업이 필요하며, 선택과 집중을 통한 연구 성과의 질적 향상을 달성하기 위해서 시뮬레이션 범위를 플랜트 시공 단계로 한정함.

  - 건설 플랜트 시뮬레이터 기술은 시공 단계에 대한 정밀한 현장 작업의 4D 가시화 기술 및 이를 이용하여 시공 전에 시뮬레이션의 수행 및 분석을 통한 플랜트 시공 과정의 일정/비용/안전에 대한 문제 제기 및 이를 해결하기 위한 의사결정 지원 기술을 포함함.



<그림 1.1> 제안기술의 정의

○ 건설 플랜트 시뮬레이터 세부기술 정의

- 건설 플랜트 가상건설 플랫폼 기술

  ▪ 플랜트 설비(ISO 15926), 건물(BIM), 지리공간정보(OGC)를 통합적으로 운영하며, 관련 애플리케이션에서 활용할 수 있는 플랜트정보 모델 구현 기술 및 건설 플랜트 시뮬레이션을 위한 플랜트 시공 프로세스 분석 및 관련 DB 설계 기술

- 건설 플랜트 가상건설 시뮬레이션 기술

  ▪ 3차원 그래픽 기술을 바탕으로 공사 진행에 따른 시공현장정보 가시화 및 시뮬레이션 기술과 운송조달 계획 시뮬레이션 기술 및 현장 작업자의 작업 내용 및 장비운용에 관한 3D 애니메이션 기술

- 건설 플랜트 가상건설 분석/평가 기술

  ▪ 건설 플랜트 공정 진행에 따른 작업 업무 행태 분석을 통한 시공 계획 성능 평가 및 시공계획 최적화 기술에 따른 생산성 향상 대안 제시 기술

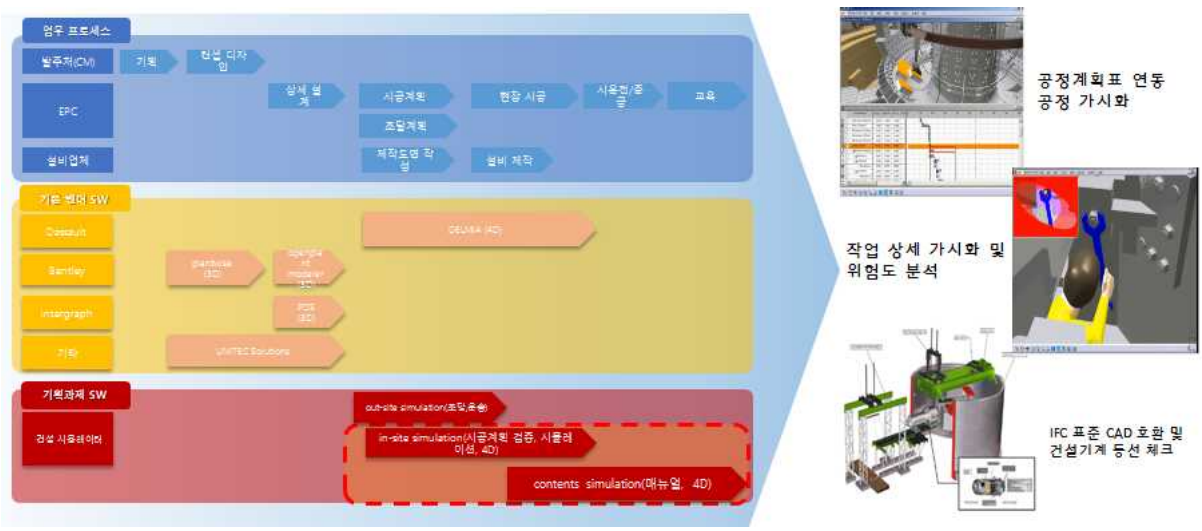
○ 건설 플랜트 시뮬레이터 연구 기획 범위

- 플랜트 건설 시뮬레이터 과제의 연구 개발 범위는 플랜트 프로젝트의 기획단계에서 최종 폐기까지의 일련의 플랜트의 생애주기 중에서, 시공단계에서 적용 가능한 플랜트 건설 시공 시뮬레이션 기술 개발을 대상으로 함.

- 플랜트 시공에서 달성해야 하는 비용/일정/안전 관련 제반 문제를 컴퓨터 시뮬레이션을 통해서 선행 검토하여, 실제 시공 상에서 발생할 수 있는 다양한 문제들을 최소화하기 위한 시공 4D 시뮬레이션 기술 개발, 통합 데이터 운영 기술, 정량적 분석 결과, 다양한 리포팅, 의사결정 지원 기능 제공 등을 연구 기획 범위로 함.

- 건설 플랜트 시뮬레이터는 상세설계 이후 준공까지의 업무프로세스에서 발생하는 시공계획, 조달, 교육, 안전에 관련된 시공계획 검증 시뮬레이션 시스템 개발을 기획범위로 함.

- ICT측면에서는 건설 시뮬레이션에 필요한 다양한 공통기능 제공 및 확장성을 고려한 플랜트 건설 시뮬레이션 플랫폼과 이를 바탕으로 한 조달, 시공, 작업행태 모사 등의 4D 건설 시뮬레이션, 비용/공기/안전 등을 평가하는 분석/평가/최적화 애플리케이션 및 인력교육을 목적으로 하는 4D 전자 매뉴얼, 목업 제작 애플리케이션으로 이루어진 건설 플랜트 시뮬레이션 통합 플랫폼 기획을 대상으로 함.



<그림 1.2> 업무 프로세스에 따른 기존 벤터 및 기획과제 기획범위

1.2 연구개발 배경

○ **해외 플랜트 건설시장 현황**

- 글로벌 인프라/건설 플랜트 시장은 신흥국을 중심으로 지속 확대되어 향후 20년간 각각 40조불/27조불 규모에 달할 전망[1)]

- 국내 플랜트 업체의 해외진출 현황

▪ 우리나라의 국내외 건설수주 현황을 살펴보면, 해외건설 부문에서는 수주가 급증하고 있는 반면 국내의 경우 대형 SCO사업과 주택공급 사업 등의 축소로 건설투자가 지속적으로 감소되고 있는 추세임. 특히 해외수주에서는 석유화학부문의 플랜트성 프로젝트가 전체적으로 8-90%정도에 이르고 있음.

▪ 지난 2014년 6월30일자 정부발표에 따르면 2014년 상반기 우리기업의 해외건설 수출총액 375억 이었으며, 그 가운데 약 85.2%인 319.4억불이 플랜트임. 그러나 상대적으로 토목 29.8억불(7.9%)과 건축15.9억불(4.2%)은 비중이 작았고 이는 지역적으로 놓고 봤을 때도 아시아지역 16%, 중남미 15%에 비해 중동지역이 66%으로 지역적 편중이 심한 것으로 나타나 시장다변화가 과제로 제기됨.[2)]

▪ 이와 같은 플랜트 관련 프로젝트의 증가는 여러 요인이 복합적으로 나타난 결과임. 세계적으로 원자력발전에 대한 안전에 불신감이 높아지면서 안전성이 높은 에너지원으로써 기존의 석유와 LNG에 대한 세계적 수요가 급증하였고, 또한 2008년 경제 불황 이후 화폐가치 하락으로 투기성 자본이 지하자원 등에 몰려 고유가가 유지되면서 산유국들은 막대한 외화를 벌어들임. 그 결과 이 돈들이 산유국들의 새로운 석유화학 처리시설 및 담수화시설에 재투자되고 있는 것임. 또한 최근에는 미국, 캐나다 등지의 세일가스가 본격적으로 개발되어서 새로운 에너지원으로 활용되면서 국제에너지 가격의 변동성이 커진 상태임. 이밖에 동남아 및 남미 등의 신흥개발국가에서도 산업발달

1) 해외 건설, 플랜트 수주 선진화 방안. 2013.08, 대외경제장관회의 13-8-28(의결안건)
2) 국토교통부 보도자료 2014.06.30

과 함께 전력수요가 급증하면서 석탄 및 가스발전소의 수요가 급증하고 있으며 베트남, 태국, 인도네시아의 프로젝트는 우리기업이 시공에 참여하고 있음.

- 플랜트의 종류 및 지역을 다각화 하는 것은 매우 바람직하나 해외시장에서 우리나라 기업들이 다른 나라 기업들과 경쟁한다는 것은 쉬운 일이 아님. 특히 유럽과 미국 그리고 일본의 건설사들이 앞선 고도의 기술력을 바탕으로 고부가가치 시장을 집중공략하고 있고 국내 EPC(Engineering Procurement Construction)사는 상대적으로 부가가치 작은 상세설계 자재조달, 시공 등을 담당하고 있기 때문임.

- 중국 또한 중동과 아프리카 등지에서 값싼 노동력을 바탕으로 저가시장을 집중공략하고 있어 우리건설기업이 경쟁력을 유지하기 매우 어려운 상황임. 따라서 우리기업이 해외시장에서 선진국 및 후발주자들과 경쟁하기 위해서는 꾸준한 기술개발과 함께 생산성 향상을 통한 경쟁력확보가 요구되고 있음.

- 구체적으로는 기획설계 및 엔지니어링 능력의 확보, 시공단계의 생산성 향상 등이 우선 고려되어야 하며, 기획설계 및 엔지니어링의 경우 우리가 새롭게 확보해나가야 하는 기술인 반면, 시공단계의 기술은 이미 우리 기업이 상당한 수준에 올라 있으므로 더 경제적이고 안전한 시공이 가능하도록 IT기술의 적극적 활용 등이 검토 되어야 하는 부문임.

<그림 1.3> 글로벌 건설 플랜트 시장 현황

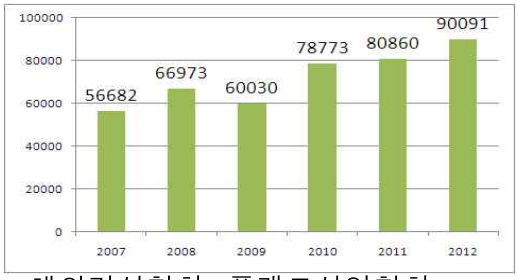
○ 국내 플랜트 업계의 문제점

- 국내 플랜트 업계의 경쟁력 저하

  ▪ 국내 업체의 해외건설, 플랜트 수주는 외형상 양호한 모습을 보여 왔으나 해외 플랜트 건설시장의 과당경쟁과 그에 따른 저가수주와 채산성 악화 등으로 향후 전망은 밝지 못함.

  ▪ 2013년 상반기 플랜트 수주 증가율은 -1.9%에 그치는 등 증가세 둔화 추세. 최근에는 중동지역 화공 건설 플랜트 시장에서 수급이 악화되면서 다수의 해외 프로젝트들이 부실화되었음. 특히, 최근의 부실은 프로젝트가 대형화 되고 과거와 달리 국내의 손실을 해외사업에서 충당하고 있는 가운데 발생한 것이어서 부실의 정도가 더욱 크고 심각하게 나타남.

  ▪ 지난 5년간 해외수주는 연평균 9.7% 증가했으며, 2011년 해외건설 5.7%(세계 7위), 플랜트 12.6%(세계3위)의 점유율과 비교해 볼 때 급격한 경쟁력 저하를 나타내고 있음.



* 해외건설협회, 플랜트산업협회

<그림 1.4> 국내 플랜트 업계의 연도별 해외수주액

- 국내 기업의 수주가 지역별로 중동(39.7%), 아시아(20.9%), 공종별로 플랜트(71.9%)에 편중되어 국내 기업끼리 경쟁하는 상황 초래하고 있으며, 우리 기업 간 경쟁심화에 따른 저가수주 등으로 해외공사 수익성 악화.

- 국내 플랜트 산업은 외형적 성장에도 불구하고, 원천기술 및 핵심기자재의 대부분은 외국기업에 의존해 외화가득률이 30% 수준밖에 되지 않음. 또한 진입장벽이 낮은 단순도급에 치중함으로써 저가 중국업체와의 경쟁심화.

- 해외건설 부실의 근본적인 원인은 기술력 격차에 의한 경쟁력 부족으로서 반복되는 해외 플랜트 부실의 표면적인 원인은 저가수주이나, 보다 근본적인 원인은 경쟁력 부족임. 수급이 급격히 악화될 때마다 건설사들이 저가수주에 나서 1980년대부터 해외건설에서 부실이 반복되었음. 수급 악화에 저가수주로 대응할 수밖에 없었던 근본적인 원인은, 저가의 가격 외에는 해외 EPC업체들과 차별화된 경쟁력이 열위 하였고, 기존의 주력 시장 외에서 다양한 수익원을 확보할 수 있는 역량이 취약했기 때문임. 주력 공종에서 차별화된 기술력이 부족하며, 사업포트폴리오가 중저 부가가치 공종과 특정지역에 집중되어 있어 글로벌 EPC회사와 경쟁격차가 크게 나타나고 있음.

- 글로벌 건설사들은 원천기술과 FEED(기본설계) 등 고부가가치 기술에서 경쟁력을 보유하고 있음. 반면, 국내 건설사들은 원천기술과 FEED에 의거하여 상세설계부터 구매, 시공까지의 서비스를 주로 제공하고 있어 기술적 차별화가 쉽지 않음. 국내 건설사들은 글로벌

EPC업체들이 독식하고 있는 가스, 화공 Upstream 등 고부가가치 공종에 대한 경쟁력이 열위한 가운데, 중저 부가가치 공종인 석유화학, 정유, 육상 Oil&Gas 및 발전 플랜트에 사업구성이 집중되어 있음.

- 제한적 벤더풀

  ▪ 글로벌 EPC회사들은 북미, 유럽, 아프리카 등 세계 각지에 고르게 사업이 분포되어 있는 반면, 국내 건설사들은 벤더풀이 제한적이어서 정치, 경제적 위험요소가 상존해 있는 중동 및 동남아시아 지역에 대한 사업의존도가 과중함.

- 정보 공유 및 커뮤니케이션 문제

  ▪ 국내 플랜트 업체 히어링을 통해서 조사된 내용 중에서 EPC사, 건설사, 기자재 제작사 간에 정확한 정보 전달과 커뮤니케이션 부재로 인해서 문제가 발생하고 이로 인한 경쟁력 저하가 발생함을 알 수 있었음.

  ▪ 발주기관의 책임을 일방적으로 하도급 업체에 전가한다던지, 공유되어야 할 정보를 공유하지 않음으로써 하도급 업체의 잘못된 시공/제작을 유발하며 이로 인한 손실을 하도급업체에 전가함으로써 국내 플랜트 관련 중소기업의 재정을 악화시키고 결국 국내 플랜트 업체의 경쟁력을 저하시키는 원인 중 하나로 지목되었음.

- 시공 현지 상황 분석 및 대응 능력 부족

  ▪ 입찰안내서 또는 계약서상의 설계 기준이 되는 주요 사항과 국제 및 현지 환경법규에 따라서 적용해야할 사항이 정리되고 기자재 업체로의 정보 이전이 이루어져야 함.

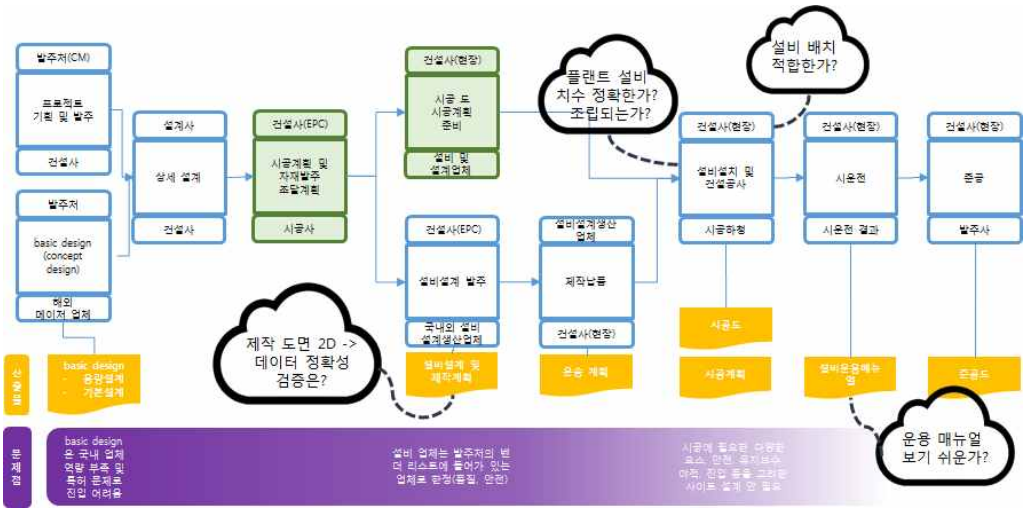
  ▪ 단순 기자재 업체의 경우 현지 상황이나 관련 법규의 이해가 어려운 경우가 많아 공사의 정확한 수행에 절대적으로 필요한 정보가 제대로 공유/이해되지 않음으로써 손실이 발생하는 경우가 있음.

<그림 1.5> 플랜트 업계 현황

- 공정관리상의 문제점

  - 프로젝트가 대형화, 복잡화됨에 따라 공정관리 상의 문제점도 수익성에 부정적인 영향을 미치고 있음. 공정관리 시스템 운영상의 미비점, 설계 단계의 오류 및 벤더 이탈에 따른 물류관리의 비효율성 등이 발생함.

  - 대다수의 국내 플랜트 업체가 플랜트 설계보다는 설비 제작, 현장 조립 등의 시공분야의 업무를 수행하고 있는데, 3차원에 숙련된 기술자 부족으로 인해서 설비 제작도면 및 현장 조립 도면을 3차원이 아닌 2차원으로 제작함으로써 발생하는 도면 오류, 부적절한 설비 조달 계획, 현장 레이아웃 계획 미스, 작업, 유지보수 매뉴얼 미비 등으로 인해서 발생하는 많은 일정 및 비용 손실이 국내 플랜트 산업의 경쟁력을 약화시키는 요인 중 하나라고 할 수 있음.



<그림 1.6> 건설 플랜트 공정 관리 상의 주요 문제점

○ 국내 플랜트 업계 개선방안

- 국내 플랜트 업계의 경쟁력 개선 방안

  ▪ 국내 업체의 가격 경쟁으로 인한 수익성 악화 방지를 위해 단기적으로는 건전경쟁 유도 및 중장기적으로는 시장다변화 필요.

  ▪ 플랜트 산업의 원천기술 및 핵심기자재의 국산화를 통한 본원적 경쟁력 개선이 시급함.

  ▪ 셰일가스 혁명의 영향으로 해외 화공 건설 플랜트 시장의 중심이 지역적으로는 중동에서 북미로 이동할 것으로 전망되고 있으며, 공종 측면에서는 에탄크래커 뿐만 아니라 글로벌 EPC업체들이 시장을 장악하고 있는 LNG 등 가스 건설 플랜트 시장이 확대될 것으로 보임. 따라서, 국내 건설사들이 해외 플랜트 사업에서 체질을 개선하기 위해서는 구매 인프라 보완 등을 통한 지역 다변화를 모색해야 함. 북미지역에서 공사 경험이 충분하지 않은 가운데 시행착오를 줄이기 위해서는 벤더풀과 현지 업체와의 네트워크 확충이 시급함. 단기적으로는 주력 시장인 기존 동남아시아, 중동 시장에서 물량확보 차원이 아닌 수익성 위주의 전략적 수주도 경쟁력 회복에 있어 유효한 전략임.

- 플랜트 업계 표준화 전략

- 그간 해양플랜트 발주처와 단위 사업별로 기자재의 사양과 설계.생산 관리가 절차가 달라서 제조 원가가 상승하고 공사가 지연되는 문제가 있었다고 함. 따라서 해양플랜트 생산 원가를 낮추고 납기 지연을 방지하기 위한 방안이 필요하였음.

- 이번에 국내 조선소 및 기자재 기업(현대,삼성,대우 등 조선소 및 은광산업 등 18개 기자재 기업)은 이러한 문제를 방지하기 위해 글로벌 표준화를 적극 추진하고 있는데, 표준화 추진방안의 주요내용은 다음과 같음. 세계 최고 수준인 우리나라 생산.상세 설계 분야의 표준 40여종을 개발하여 중요한 표준은 국제표준으로 제정하고, 표준 개발 과정에 발주사, 엔지니어링사, 선급 등 이해당사자를 참여시켜 수주한 공사부터 적용할 수 있도록 할 방침임. 또한 이를 위해 국내 조선소(현대, 삼성, 대우 등)는 10월 13일 미국 휴스턴에서 쉐브론 등의 발주사, 테크닙 등 엔지니어링사, DNV-GL 등 글로벌 선급회사와 표준 개발에 상호 협력하기 위한 양해각서를 체결하였음.

- 아울러 국가기술표준원 산하 조선해양기자재연구원과 조선3사(현대, 삼성, 대우)가 펀딩하여 금년에 개발한 10종의 표준안에 대해 1월부터 유럽과 미국에서 발주사 등 이해 당사자를 대상으로 홍보를 진행할 계획임.

- 이러한 표준화 추진방안에 대해 조선해양기자재연구원은 단위 사업별로 해양플랜트 제작 비용을 200억원 이상 줄일 수 있다고 밝힘.

- 즉, 보온재, 밸브, 케이블 등 기자재 구매 비용을 절감하고, 엔지니어링에서 건조까지 전체 공정기간을 단축하며, 재작업을 최소화하고 납기 지연을 예방할 수 있음.

  · 또한 표준화 과정에 발주처 등 이해당사자를 참여시켜 원가 비중이 높은 핸드레일 등 벌크성 자재 (배관, 철판, 밸브 등 대량으로 구매하는 자재)에 대한 비용 절감 뿐만 아니라 국산화율도 높일 수 있음.

  · 이렇게 표준화 함으로써 해양플랜트 사업의 수익성을 개선하는 계기가 마련된 것에 대해 큰 의의가 있으며, 이러한 분위기가 철강산업

등 어려움을 겪고 있는 다른 산업분야에도 확산되도록 노력할 계획이라고 하였음.

- 이에 대해 국가기술표준원이 해양플랜트 표준화 기술정책 워크숍에서 발표한 조선, 해양플랜트 표준화 종합계획에서는 해양플랜트 산업의 수익 개선을 위한 표준화를 적극 지원할 뿐만 아니라, 기술개발에 성공한 제품이 곧바로 시장에 진입할 수 있도록 기술개발 사업과 표준화 연계를 확대하고, 극지환경 안전, 선박평형수 등 글로벌 기술규제가 신설되거나 강화되는 조선산업에 대해서는 우리 기술을 국제표준에 반영하기 위한 활동을 강화할 계획이라고 함.[3)]

- 플랜트 전문 인력 부족 문제 및 개선방안

  - 경험 많은 엔지니어의 은퇴에 대비한 체계적인 시공기술 전수와 신입 엔지니어 교육 시스템 미비로 현장 엔지니어의 경험과 개인적 능력에 의존해야 하는 현재의 건설회사 기술관리 시스템으로는 기술경쟁력을 제고하기 어려움.

  - 프로젝트의 원활한 업무 수행을 위해 최소한으로 요구되는 업무역량·경험을 가진 전문 인력이 절대적으로 부족하며, 체계적·장기적인 인력양성 체계도 부재.

  - 해외 건설·플랜트에 특화된 인재양성을 통한 민간기업의 전문성 강화를 위하여, 플랜트 업무 습득을 위한 체계적인 교육 매뉴얼 및 시스템이 필요.

- 국내에서는 건축물을 대상으로 4D BIM이 사업으로 개발된 바 있으나 BIM 데이터를 직접적으로 애니메이션화 하는 기술은 없음. 또한 지금까지의 국내 관련 기술들은 형상 정보 가시화 쪽에 치중해서 개발해왔기 때문에, 시공 생산성을 향상시킬 수 있는 분석기술과 최적화 기술을 보유한 시뮬레이션 기술은 이제부터 개발을 시작해야할 단계임.

- 또한 최근의 빅 데이터 기술의 발달로 인해 생겨난 다양한 데이터 분석

3) 해양플랜트 표준화 기술정책 워크숍('15.12.03에 산업통상자원부 국가기술표준원 주최로 한국조선해양기자재공업협동조합 글로벌지원센터에서 열림)

기술을 적용해서 건설 시뮬레이션의 정확도 및 분석 기능을 향상 시킬 수 있는 제반 여건이 마련되고 있음. 건설 현장에서 발생하는 다양한 데이터를 지속적으로 수집하고 이러한 데이터를 바탕으로 시공 계획을 보다 효율적으로 수립하고 검증하는 전략이 필요함.

- 플랜트 건설의 경우에는 해외건설 수주단가가 너무 낮아 수익성을 확보하려면 시공과 설계변경이 동시에 이루어져야 하는 상황임. 즉 먼저 시공을 진행하고 시공설계의 문제점이 발생되면 그때 설계변경을 하면서 진행을 하다 보니 공기 예측이 어려워지고, 자재와 인력낭비가 심한 상황임. 그러나 수익성이 영세하여 본 기획에서 제안하는 건설 플랜트 시뮬레이션을 시도하기도 어려운 여건임. 해외건설 수익성 향상을 위해서는 현재와 같은 건설방식을 탈피하여 수익성이 높은 고난이도 건설을 수주해야 하며 이를 위해서는 가상건설 시뮬레이터를 이용하여 미리 시공 전체과정을 파악하고 최적화하는 기술이 필요함. 이는 발주자에게도 기술력을 홍보할 수 있어 영업 경쟁력 제고에 도움이 됨.

○ **해외 주요 플랜트 업계의 ICT 기술 활용 현황**

- 해외 메이저 CAD 사에 의한 건설 ICT 기술 독점

  ▪ 플랜트 설계는 관례적으로 발주처가 지정한 CAD 제품 (주로 Intergraph사의 SmartPlant 3D)을 사용하여 FEED(기본설계) 업체가 작성함. 따라서 플랜트 시공업체도 동일 CAD 제품을 사용해야 하고 해당 CAD 사의 package가 제공하는 기술서비스 이외에는 독자적인 설계 및 분석 기능을 개발할 수 없는 실정임.

  ▪ 주요 벤더들은 설계뿐만이 아니라 플랜트 시공 및 운용 등의 플랜트 전 주기(LCC)에 대응하는 일련의 제품들을 라인업 하는 전략을 통해서 후발주자들이 진출하기 어려운 환경을 조성하고 있으며, 시간이 지날수록 이러한 배타적 SW환경은 심화될 것으로 사료됨.

<그림 1.7> 플랜트 기획부터 시운전까지의 ICT화[4)]

- 프로세스 자동화를 통한 기술 경쟁력 강화

  ▪ 기존에는 text 및 2D 도면 그리고 숙련된 엔지니어의 경험에 의해 관리해오던 기술 자료를 경험자의 도움 없이 4D visualization을 통해 신입사원을 교육하고 핵심기술을 기존 사원 없이도 보존하고 개선할 수 있도록 하는 추세임.

  ▪ animation에 과정에 소요되는 많은 수작업을 최소화하기 위해 haptic과 CAD 그리고 배경 설정과 같은 skinning 기술이 통합되어 비약적으로 발전되어 가는 추세임.

- 표준 데이터 포맷 지원 강화를 통한 마켓 쉐어링 강화 전략

  ▪ 벤틀리, Itergraph, 다쏘 등의 플랜트 ICT 벤더 들은 자체 제품 라인업에서 사용되는 고유 포맷 이외에도 시장점유율을 강화하기 위해서 ISO 15926 지원을 확대하고 있음.

  ▪ 각 벤더들이 자체 데이터 포맷과 제품 라인업을 활용한 폐쇄적인 환경에서 ISO를 지원을 통한 타 SW와의 호환을 통해서 자사 SW의 영향력 및 시장 점유율을 높이는 전략 추구.

4) Dassault Systemes, ENERGY, PROCESS & UTILITIES OPTIMIZED PLANT CONSTRUCTION, 2011, http://www.3ds.com/energy

○ 국내 ICT 기술 현황

- 국내 ICT 기술은 대부분 게임 산업과 SI에 개발 인력이 집중되어 있으며, 게임 산업의 경우, 경쟁력 있는 3D CG 기술을 바탕으로 해외 시장에 많은 온라인 게임을 수출하면서 게임 분야에서 한류 붐을 이끌고 있음.

- 마이더스아이티[5], 펑션베이[6]와 같이 엔지니어링/공학용 SW로 글로벌 SW 시장에 진출하고 있는 전문솔루션 기업과 석영시스템스[7], 버츄얼빌더스[8], 인텔리코리아[9]와 같이 3D CAD/CAE 분야에서 지속적인 기술개발을 통해서 국내시장을 선도하고, 경쟁력 향상을 통해서 해외 시장 진출을 모색하고 있는 전문기업들이 선전하고 있음.

- 국내 ICT 기술은 대기업 위주의 SI 사업에 집중되고 있음. 전문 기술을 보유하고 있는 기술력 있는 중소기업들이 다양한 산업분야에서 활용도 높은 SW개발을 위해 더 많은 노력이 필요하며, 산업계와 ICT 기술 간의 긴밀한 협업을 통한 국내 ICT 기술 수준 향상이 필요.

○ 국내 플랜트 ICT 기술 문제점 및 개선방안

- 시공 사례가 없는 신규 프로젝트의 정확한 시공 시뮬레이션을 통한 합리적인 공정/비용 도출을 통해 업체 경쟁력 강화 필요.

  ▪ 국내 플랜트 업계의 경쟁력 강화를 위해서는 반복적, 노동집약적인 다운스트림 분야의 프로젝트가 아닌, 기술집약적인 업스트림 분야 혹은 극한지 시공 등 사례가 신규 분야 등 고부가가치가 예상되는 분야로 진출해야 함.

  ▪ 기존 진출 분야에 대해서도 합리적인 의사결정 프로세스의 확립이 중요하며, 이러한 의사결정을 위한 다양한 의사결정 지원 툴 개발에 국내 ICT 기술이 보다 적극적으로 활용될 필요가 있음.

- 기존 벤더와의 데이터 호환성 확보

5) http://kor.midasuser.com/
6) http://www.functionbay.co.kr/
7) http://www.quartzsys.com/
8) http://www.vbuilders.co.kr/
9) http://www.icad.co.kr/

- 국내 건설사가 해외 유사업체와 경쟁에서 차별화된 기술력을 확보하려면 FEED용 CAD 업체가 제공하는 기본 서비스 이외에 customized service 개발이 가능하도록 FEED에서 플랜트 건설에 필요한 도면 등을 ISO 15926, BIM/IFC, OGC 등의 표준에 기반한 데이터 호환성처럼 확보할 수 있는 기술개발이 필요하나 현재는 그러한 데이터 추출기술이 없어 메이저 CAD사의 제품에 종속되고 국내의 유사 CAD업체들은 plant 시장에 참여할 수 없는 상황임.

- 체계적인 국내 ICT 기술 개발 필요

  - 국내 플랜트 산업의 경쟁력강화를 위해서는 선진국의 기술 독점을 깨고 플랜트 산업에서의 고부가가치 시장에 진입을 하기 위한 체계적인 ICT 기술 개발이 필요함.

  - 플랜트 ICT 기술 중에서 가장 국내 플랜트 업계가 많이 수주하고 있는 플랜트 시공 분야의 경쟁력 강화를 위한 ICT 지원 툴 개발 및 보급이 필수.

- 오픈 플랫폼 환경 제공을 통한 업체 간 협업 체계 구성

  - 상호호환 가능한 데이터를 바탕으로 업체 간 효율적인 협력 관계 구축을 통해서 생산성을 높일 수 있는 플랜트 오픈 플랫폼 환경 제공이 필요.

  - 해외 메이저 SW벤더와 같이 국내의 단일 ICT 기업이 플랜트 산업의 모든 프로세스에 대응하는 SW를 개발할 수 있는 규모가 되지 않음.

  - 관련 ICT 업체들이 협업을 통해서 플랜트 산업 프로세스의 전체 업무를 지원할 수 있는 SW 개발 툴을 만들기 위한 전초단계로서 오픈 플랫폼 환경을 구축.

  - 오픈 플랫폼에서는 건설 시공에서 처리되는 플랜트 설비, 건설, 토목(GIS) 데이터를 국제 표준에 의거하여 처리함으로써 기존 SW와의 상호호환성을 확보하여, 국내뿐만이 아니라 해외 시장에서도 사용될

수 있는 표준적인 플랫폼으로서 성장하도록 전략 수립 필요.

- 국내 ICT업체와 건설업체의 협업에 의한 시장창출

  ▪ 플랜트 설계 데이터를 건축물의 IFC 표준처럼 특정 CAD 업체에 종속되지 않고 추출할 수 있다면 CAD 업체가 제공하지 않으면서 건설업체에서는 필요한 다양한 customizing service를 개발할 수 있음.

  ▪ 건축물 CAD도 IFC에 의해 표준화되는 것처럼 건설 플랜트 시장도 향후 그렇게 될 가능성이 높음. 추출된 설계 데이터는 GIS 정보 등과 연계하여 시공 공정 최적화, 재해 안전 체크, 가상 건설공정 가시화, 물류 저장과 이송 등 다양한 시공건설 서비스 시장을 창출하고 여기서 축적된 경쟁력은 선진 건설업체들의 카르텔을 공략할 수 있는 핵심 원천기술이 될 수 있음.

  ▪ 특히 기존 벤더들이 선점적으로 개발을 진행하고 있는 업무 프로세스가 아니면서, 국내 플랜트 업계의 기술 경쟁력을 강화시킬 수 있는 틈새시장을 우선적으로 공략함으로써 시장진입의 가능성을 높일 수 있는 전략이 중요.

  ▪ 건설 시뮬레이션의 경우, 플랜트 설계 분야에 치중하고 있는 기존 벤더들의 경향 및 국내 플랜트 업체들이 플랜트 시공 부문에 주력하고 있는 시장 현황을 고려해볼 때 빠른 시장 진입을 통해서, 블루오션에서 제품 경쟁력을 확대해나가는 전략이 중요.

  ▪ 플랜트 설계 3차원 데이터를 플랜트 설비 제작을 위해서 2차원 도면으로 재가공하는 비효율적인 업무 프로세스를 개선하기 위한 3차원 설비 도면 제작과 관련된 ICT기술을 개발함으로써 국내 플랜트 설비 제작 산업분야에 새로운 툴을 제공함으로써 국내 플랜트 산업 경쟁력 강화에 기여할 수 있음.

○ **정부 지원의 필요성**

- 엔지니어링 분야의 SW는 개발 난이도가 높고, 기술 장벽이 높아서 단시일 내에 글로벌 SW와 경쟁할 수 있는 소프트웨어를 만들기 위해서는

개별 민간 기업의 노력만으로는 현실적으로 달성 불가능하며, 플랜트 업계의 경쟁력 강화를 위한 정부차원의 지원을 통해서 가능함.

- 현재 국내 EPC사를 비롯한 주요 관련 민간기업 들이 건설 플랜트 시뮬레이션 관련 R&D를 수행하고 있으며, 소정의 성과를 내고 있으나, 개별적인 연구진행으로 인하여 호환성 및 통합성을 고려하지 못하고 있음. 지금이 시점이 이러한 중구난방 식 연구개발을 통합할 수 있는 체계를 마련할 수 있는 적기이며, 본 연구개발을 통해서 도출된 표준화된 방법론을 민간기업들이 보다 발전적으로 수용함으로써 개별 민간기업 간의 연구성과가 공유될 수 있는 플랜트 건설 시뮬레이션 플랫폼 환경이 제공될 수 있음.

- 현재 국내 플랜트 건설 산업은 중진국 형에서 선진국 형으로 발전하는 과도기적 단계에 있으며, 선진국의 기술 장벽과 중국 추격이라는 이중고에서 많은 어려움을 겪고 있음. 이러한 어려움을 극복하기 위해서는 기술 축적과 이를 통한 혁신이 필요하며, 기술 발전 속도를 고려할 때, 정부 주도에 의해서 조기에 관련 기술을 개발하고, 이의 배포를 통해 민간 기업들이 참여를 하도록 하는 전략이 필요.

- 건설 플랜트 시뮬레이터의 시장수요는 원자력발전소, 극한지 플랜트 등 위험도가 높거나 시공사례가 거의 없는 경우에 대한 특수시장뿐이나 이 분야만이 건설시공 부가가치가 높은 분야이므로 국내의 ICT 기술과 접목하면 시장 경쟁력 확보가 가능하며 건설 플랜트 시뮬레이터 기술이 개발되면 BIM, PLM 시장으로 확장 개발이 가능하고 기술을 선도적으로 개발하여 다양한 건설상황에 대한 많은 라이브러리를 구축할수록 건설 track record 처럼 경쟁력이 높아지는 특성이 있음. 이는 건설 플랜트 시뮬레이터에서 파생되는 기술이 될 수도 있고 오히려 이 기술들로 인해 건설 플랜트 시뮬레이터가 손쉽게 개발될 수 있는 연관성이 높은 기술임. 따라서 전 세계 ICT의 4D visualization trend를 따라잡고 선도하기 위해서도 건설 플랜트 시뮬레이터 원천기술 개발투자가 필요.

1.3 연구개발 필요성

○ **목적**

- 플랜트 시공 생산성 향상 및 원가 절감을 달성할 수 있는 시공계획 의사결정 지원을 위한 플랜트 건설 시뮬레이션 플랫폼 기술 개발을 통해서 플랜트 ICT 기술 생태계 구현에 대한 종합계획을 수립하고 플랫폼 기술 개발을 통한 국내 기업의 해외 시장 경쟁력 및 국내 플랜트 ICT 기술력 확보.

- 작업위험도가 높은 플랜트나 시공경험이 거의 없는 극지, 심해저 등의 플랜트 시공 시 건설 플랜트 시뮬레이터를 이용하여 가상시공을 함으로써 작업자 안전 환경 개선, 시공 최적화가 가능하므로 시뮬레이터를 통한 해외 건설시장에서의 경쟁력 확보.

- 예를 들어 극한지의 경우 조업이 가능한 일수가 적으므로 대부분의 플랜트 모듈을 연중 조업이 가능한 곳에서 제작한 후 바지선으로 모듈을 운반하여 극한지에서 짧은 공기 내에 모듈을 조립하여 공사를 마쳐야 함. 이러한 일련의 공정은 사전에 해볼 수 없으므로 건설 플랜트 시뮬레이터를 이용하여 공정들을 모사하고 최적화 시공설계를 통해 발주자에게 차별화된 기술경쟁력을 프리젠테이션 가능.

○ **사업의 필요성**

- 플랜트 건설 플랜트 시뮬레이터는 건설교통 R&D 중장기 계획안(2013~2017)의 플랜트 엔지니어링 기술에 피수적인 요소기술로서 선진국의 기술집약적인 고부가가치 사업인 플랜트 설계 분야의 시장 진출을 위한 전초단계이며, 국내 플랜트 업체들의 해외 경쟁력 확보를 위한 중요 기술임.

- 플랜트 CAD에서 추출한 데이터를 이용하여 플랜트의 유지관리, 방재 시뮬레이션, 설비 해체 등 다양한 ICT 서비스 상품을 국내 ICT 업체들이 개발하고 시장에 진입할 수 있는 기회 제공.

- 추출한 플랜트 CAD 데이터에 햅틱 기술을 적용하면 플랜트 운전 시뮬레이터 개발도 가능하여 plant training simulator 시장 진입 경쟁력 확보

<그림 1.8> 연구개발 필요성

○ 연구 개발의 당위성

- 최근 플랜트 업계는 중국의 가격경쟁 및 선진국의 시장확대의 틈새에서 난황을 격고 있음. 이를 타파하기 위한 돌파구로서 가격 경쟁력을 확보하는 것이 중요한 과제로 부각됨.

- 가격 경쟁력 확보를 위해서 저가 수주 중지, 공정관리의 효율성 증대 등 다양한 노력이 필요하며, 이러한 노력을 뒷받침하기 위해서는 플랜트 프로젝트를 진행하면서 발생하는 각종 사업 정보를 효과적으로 분석하고 대안을 제시할 수 있는 방법론이 필요함.

- 또한 국내 플랜트 산업의 전반적인 기술력 향상을 위해서는 정보 교환 및 공정의 표준화, 협업을 위한 커뮤니케이션 수단의 확보가 중요한 이슈임.

- 건설 플랜트 시뮬레이션은 이러한 요구사항을 수용할 수 있는 공개표준형 플랜트 플랫폼 기술을 개발함으로써 국내 플랜트 업계가 표준화된 데이터 포맷을 이용해서 자사의 플랜트를 개발하고 표준화된 플랜트 정보의 상호 공유 및 이를 통한 커뮤니케이션을 가능하게 함으로써 건설 분야에서 BIM(Building Information Model)과 같은 생태계를 조성할 수 있는 중요

한 시발점이 될 것으로 기대됨.

- 이러한 취지에서 최근 해양 플랜트 국제 표준화 추진[10]과 같은 움직임이 나타나기 시작하는 지금이 적기이며, 건설 플랜트 시뮬레이션을 진행하면서 표준화에 대응하는 것이 중요함.

10) 조선 3사 '적자 원인' 해양플랜트 국제표준화 추진, 연합뉴스 2016.02.19.(금)온라인판

제 2 장 국내외 동향 및 환경 분석

2.1 국내외 정책동향

2.1.1. 국내 정책 동향

- 건설시뮬레이터는 이제 태동하기 시작하는 건설 신기술 분야이므로 직접적인 정책은 없으나 건설 플랜트 시뮬레이터와 연관된 타 기술 분야의 정책을 살펴봄으로써 건설 플랜트 시뮬레이터 분야의 정책동향을 예상할 수 있음.

- 대표적인 연관기술은 BIM과 PLM 분야임. 건설 플랜트 시뮬레이터는 이 두 분야 중 플랜트 CAD 데이터 추출, animation에 의한 가상 건설, 시공 최적화가 접목된 기술이므로 이 두 분야의 정책 동향 파악 필요.

- 조달청은 지난 2012년부터 500억원 이상의 공공 발주 공사에 BIM 사용을 의무화하고 있음. 나아가 2016년부터는 모든 공사에 BIM을 의무 적용할 것이라고 발표함.

- 2013년 11월 국토교통부 산하기관인 국토교통과학기술진흥원의 국토교통기술연구개발사업인 '개방형 BIM 기반의 건축물 설계 표준 및 인프라 구축'을 빌딩스마트협회에 발주함.

- 빌딩스마트협회[11]는 BIM의 활성화를 위해 정부에 '용역사 BIM도입(프로그램 구입과 인력 교육 등)에 대한 구체적인 인센티브 시행'과 'BIM을 고려한 발주 계약제도 정비', '국가 차원의 BIM 표준 및 지침의 지속적인 개발·보급', 'BIM 인력 양성 프로그램 시행' 등 10여 가지 정책을 제안.

- 빌딩스마트협회는 몇 해 전부터 'BIM 소프트웨어 표준화'를 추진하고 있음. 레빗에서 작업한 도면을 아키캐드에서 호환 가능하도록 추진함.

11) 최남영, BIM 시장 발전 가능성 무한… 건설분야 산업혁명 시대 올 것, CNEWS

- PLM은 건설보다는 대량생산 제조업 생산관리 위주로 수요가 주로 발전해왔으며 이에 대한 정부 정책은 아직 가시적인 부분은 찾기 어려움.

2.1.2. 국외 정책 동향 12)

- 미국은 2003년 PBS (Public Build Service: 공공시설국)의 OCA(Office of Chief Architecture: 건축부)가 제정한 국가 3D-4D-BIM 프로그램을 운영하고 있음. OCA는 수십여개의 3D-4D-BIM 프로그램을 이용하는 프로젝트를 진행하였고 그 연구 결과로 Building Information Modeling Guide Series를 공개했으며, 이 가이드를 통해 GSA (General Service Administration)는 각 BIM Design Tool 사용자에게 GSA 3D-4D-BIM Program에 적합한 IFC 기반 BIM 모델을 만드는 가이드를 제시하고 있음.

- BIM 활용에 대한 미국 내 건축 사무소의 적용과 효용성, 그리고 생산성에 관한 조사에서는 96%의 사무소가 BIM 기술을 사용하고 있으며, 1~2년 내 모든 프로젝트에 사용할 것이라는 응답이 절반이 되는 것으로 확인.

- 독일의 경우 독일 IAI (buildingSMART)가 건물 정보를 설계단계에서 생성해 시공단계를 거쳐 CAFM (Computer Aided Facility Management)에 전달하는 전 과정을 통합관리하고 있으며, IFC를 사용하여 분야 간 데이터 호환성을 확보하고 있음. 또한 BIM프로그램과 IFC중립포맷을 사용하여 설계 전 과정에서 BIM 데이터 교환하는 방법을 제공하고 있는 것으로 조사됨.

- 싱가포르는 CORENET 시스템을 활용 중 임. CORENT (Construction and Real Estate NETwork) 시스템은 싱가포르 건설청의 주관으로 건축과 IT분야를 연계하기 위해 13개 정부 기관이 연계된 웹 기반의 건설 행정처리 시스템으로 상용 CAD시스템에서 작성된 모델을 IFC파일로 저장한 후에 e-Plan Check System의 FORNAX를 통해 자동 법규체크를 수행하고 있으며, 그 결과를 웹을 통해 제공하고 있음.

12) 박정욱 외, 사례 분석을 통한 국내 BIM 적용 문제점 및 대안 도출에 관한 연구, 한국건축시공학회 논문집 제9권 4호(2009.8)

2.1.3. 분석결과에 따른 시사점

- 해외의 BIM도입에 관한 분석을 종합해 볼 때, 미국의 경우 국가 3D-4D-BIM Program를 실시하고 있고, 싱가포르의 경우는 건설청 주관의 CORENT시스템을 활용하는 등 정부 기관이 활발하게 나서서 BIM 도입을 독려하고 있음을 알 수 있었음. 따라서 BIM의 적용이 원활하게 되기 위해서는 정부 기관의 지원이 현실적으로 많이 필요하다고 판단됨.

- BIM 도입과정에서의 정부 역할에서 보는 바와 같이 건설 플랜트 시뮬레이터와 같은 기술의 수요가 발생하면 일단은 산업계에서 자생적으로 시장 생태계가 형성하게 한 다음, 표준화 결여로 인한 특정 업체에의 배타적 독점으로 산업적 비효율성이 심화되면 정부의 지원에 의한 표준화 작업이 진행되는 것으로 판단됨. 따라서 건설 플랜트 시뮬레이터도 현재는 시장이 성장단계이므로 BIM과 같은 표준화 작업이 아직 진행되기 어려울 수 있음.

- 이 경우에는 국책사업을 통하여 건설 플랜트 시뮬레이터 과제를 지원하여 원천기술을 개발하고 그 기술이 BIM, PLM 등의 시장에서 응용되게 해야 함. 플랜트 분야에서도 IFC와 같은 표준이 만들어져서 데이터 호환성이 이루어져야 하나 이는 정부만의 노력으로 가능한 것이 아니라 관련 산업분야에서의 독점성과 비효율성이 심화되어야 민간단체 차원에서 표준화 노력 필요.

2.2 국내외 시장현황

2.2.1. 국내 시장 현황

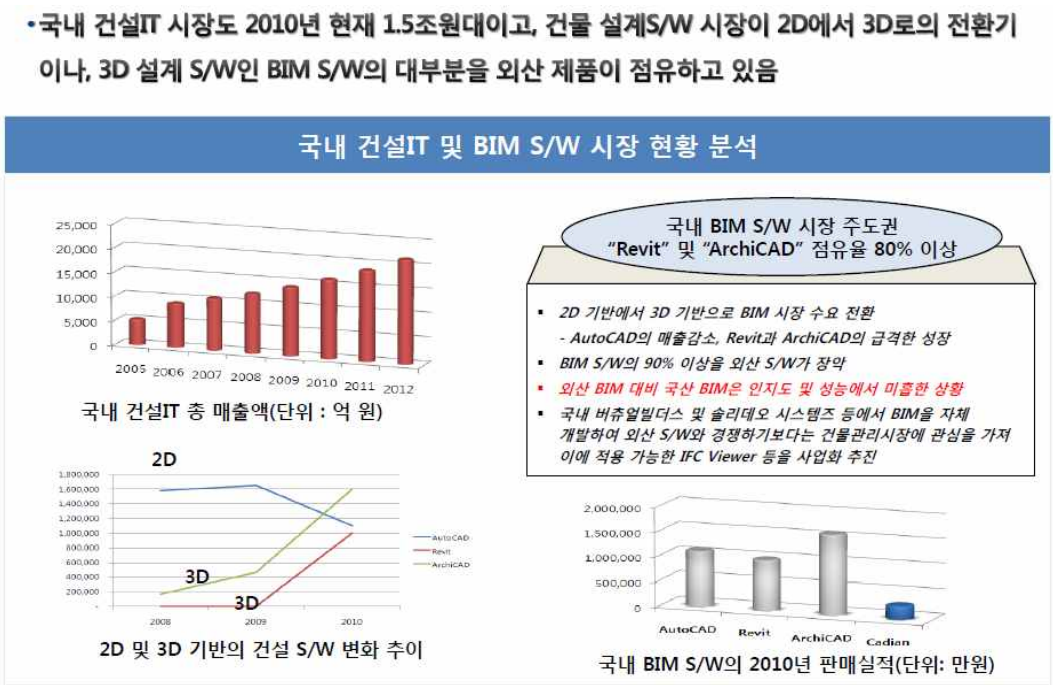
○ 건설 시장

- 국내 건설경기는 과거에 비해 침체조짐을 보이고 있음. 1990년대 말 GDP 대비 20%를 상회하던 건설투자 비중이 2000년대에 들어서면서 20% 아래로 떨어지고 2000년대를 들어서는 15%를 약간 웃돌고 있는 실정임.

- 그러나 2000년대 들어 해외건설 수주액은 점차 증가하여 2006년도는 165억불을 기록하였는데 특히 산업설비(플랜트) 건설 부문이 새로이 성장 엔진으로 비중이 높아져 2006년도 해외건설 수주액에서 플랜트 건설이 약 110억불로 전체의 65%이상을 차지하고 있음.(해외플랜트건설협회,2007)

○ 건설 플랜트 시뮬레이터

- 국내에서 개발된 상용 건설 플랜트 시뮬레이터는 없음. 시뮬레이터를 구성하기 위한 원천기술인 CAD, BIM 관련 제품은 일부 중소기업에서 개발하고 있으나 국내 시장의 80% 이상은 Revit, ArchiCAD 등 외국산 프로그램에 의해 점유됨.



<그림 2.1> 국내 BIM 시장 현황 13)

○ GIS

- 국내 지리정보시스템(GIS)의 시장 규모는 전 세계 시장의 2% 수준으로 추정. 해외 시장 규모가 1조8000억원인 것을 감안하면 국내 시장 규모는 약 3백 60억원으로 추정.

13) 버추얼빌더스, 버츄얼빌더스㈜ 회사소개, 2011.06, vbuilders.co.kr/pdf/vbir.pdf

- 글로벌 전체 GIS 시장에서 40%의 점유율을 차지하고 있는 esri는 국내 GIS 시장 규모가 380억원 정도에 그쳐 전체의 2% 수준.

- 국내 산업별 GIS 도입 현황 및 인지도에 대한 조사에서 지방자치단체와 지적 산업, 공공안전, 시설물 통신, 지도제작, 자원, 도시계획/지역 개발 등 공공 분야를 제외하고는 대부분 30% 미만의 도입률을 보이고 있으며, 그 중 교육 및 보건·의료 분야는 5% 미만.

- 지자체에서의 활용도가 증가하는 추세인 것에 비해 국내 기업은 1000대 기업 중 단 3% 가량만이 GIS를 활용하고 있지만 그나마도 미비한 수준.

○ IoT 기술[14)]

- 미래부와 산업부 공동으로 내년부터 IoT 유망 핵심센서 및 디바이스 기술개발에 370억원, 민간 매칭 123억원을 포함하여 전체 약 500억원 투자.

- 정부는 '사물 인터넷 육성 기본계획안' 발표하고 2020년까지 2조3000억원 규모인 사물인터넷시장을 30조원 규모로 육성할 예정.

- 정부는 사물인터넷 중소중견 기업을 지원하여 일자리 3만개 창출.

- 사물인터넷의 국내 시장은 2011년 4,147억원에서 2015년 13,474억원으로 성장할 전망.

<표 2.1> 국내 사물인터넷 시장

구분	11년	12년	13년	14년	15년	CAGR
국내시장(억원)	4,147	5,674	7,201	10,338	13,474	26.6%

※참조: IDATE('11), KAIT('12)

○ 물류/운송 시뮬레이션

- 2012년 국내 물류/SCM 소프트웨어 시장은 549억 원으로 2011년에 비해 11.1%, 이중 물류실행분야(SCE) 솔루션 시장은 134억 원으로 11.7% 늘어 전 세계 시장 평균성장률을 웃도는 성장률을 보임.

14) IoT(Internet of Things), RFID, NFC, WIFI, Bluetooth, ZigBee, GSM, GPRS, 3G, LTE, Satellite 등 다양한 네트워크 기술을 활용하여 물리공간 및 가상공간에 존재하는 지능화된 사물들을 서로 인터넷을 통해 연결시키고, 정보를 주고받으면서 다양한 서비스를 제공할 수 있는 미래 인터넷 인프라 기술

<표 2.2> 국내 물류/SCM 소프트웨어 시장 규모

(단위: 억원)

분야	2011	2012	2013
Supply Chain Planning(SCP)	231	255	284
Supply Chain Execution(SCE)	120	134	151
Procurement	143	161	182
총 합계	**494**	**549**	**617**

※출처: 2012/2013 물류시장 회고와 전망 세미나, 물류신문사- Gartner, 'Forecast: Enterprise SoftwareMarkets, Worldwide, 2009~2016'에서 강사 인용(환율 1,100원 적용)

- 2012년도 우리나라 항만에서 교역된 컨테이너 총 물동량이 2,249만 TEU로 집계.

- 초기시장을 형성 중인 한국 물류보안시장을 놓고 Savi Technology측의 PNL 네트웍스와 GE Security측의 삼성물산이 국내시장선점을 위해 노력 중.

- 일부 전문가들은 이제 물류산업도 낙후된 이미지를 벗고 IT를 기반으로 한 스마트 물류시대가 도래할 것이라고 전망하고 있으며 기존 3자 물류의 한계를 뛰어넘어 IT솔루션과 컨설팅을 포함하는 '4자 물류'가 새롭게 등장하는 여건이 마련됐다고 보고 있음.

- 물류분야를 타겟으로 삼은 IT기업들과 전통 물류기업이 경쟁자가 아닌 협력할 수 있는 파트너로 여긴다면 새로운 비즈니스 창출이 가능할 것으로 기대.

○ 3D 프린팅

- 글로벌 시장 성장에 따라 국내 시장도 급속히 성장 중이지만, 시장규모는 아직 미비한 수준.

- 3D 프린팅 장비 분야는 "12년 기준 300억 원 규모로 전년대비 30%이상 증가하였으나, 고가 산업용 장비를 대부분 수입하는 등 90% 수입에 의존.(IRS Global,"13)

- 서비스 분야는 제작대행, 콘텐츠 유통 등 서비스 거래시장이 성장 중인 해외와 달리, 장비 공급업체 주도의 활용교육, 컨설팅 제공 중심.

○ 4D 전자매뉴얼

- 현재 국내에서 에이전트 기반으로 한 건설 플랜트 시뮬레이터는 없음. 에이전트 기반은 Unity를 사용하지만 현재 대부분의 3D 모델링 및 BIM 프로젝트들이 대부분 CAD 등의 3D 툴로 제작.

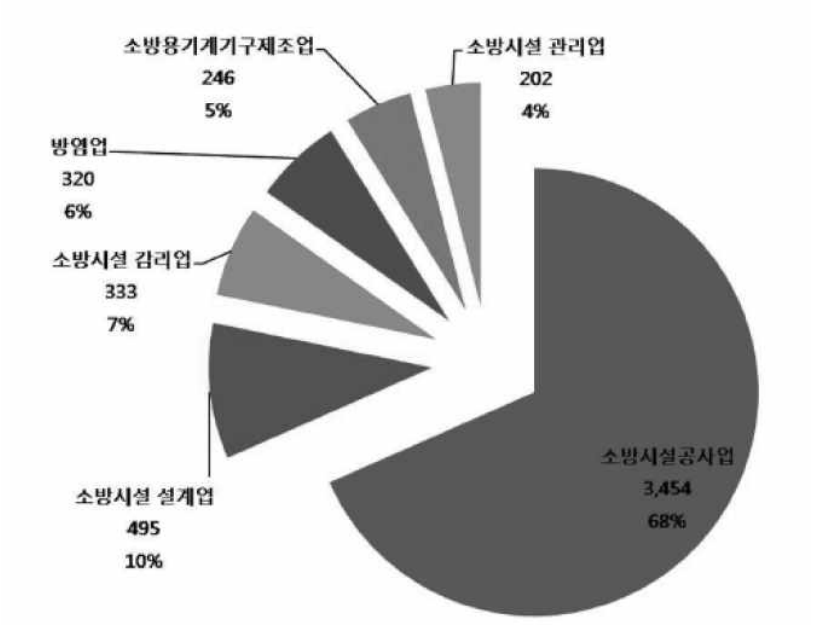
- 에이전트 건설 플랜트 시뮬레이터를 통해 확장될 수 있는 분야가 많음. 따라서 시장의 규모나 분야가 점차 커질 것으로 예상 됨.

○ 방재 분야

- 국내의 경우, 소방방재청이 2007년 12월에 발간한 재난연감에 따르면 2006년 한 해 동안 우리나라에서 25만6천992건의 재난이 발생해 4천331억9천만원의 재산피해를 냈음.

- 이에 따라 연관된 산업도 증가하고 있는데 국내 2008년도 소방산업의 총 시장규모는 11조 259억원에 달하며 소방용 제조업은 1조 521억원, 소방시설 설계업은 2,839억원, 소방시설공사업은 7조 9,793억원, 소방시설 감리업은 2,197억원, 방염업은 8,697억원, 소방시설관리업은 1,522억원으로 추정되고 있음.[15)]

15) 신미영 외, 국내 소방산업 육성방안에 관한 연구, 한국화재소방학회 논문지, 제25권 제2호 (2011) 인용



<그림 2.2> 국내 소방산업체의 사업분야별 분포현황(2008)[16]

- 2008년 기준 총 기업체 수는 5,050개 업체로, 기능별 업체 분포를 살펴보면, 공사업이 3,454개로 가장 많은 비율을 차지하며, 소방시설설계업, 소방시설감리업 순으로 나타남.

- 업종별 세부 구성을 분류하여 살펴보면, 가장 많은 비율을 차지하고 있는 소방시설공사업의 경우, 전문공사업이 69.9%로 가장 큰 비중을 차지하며, 소방시설설계업의 경우는 일반설계 기계 전기업이 3.1%를 차지하고 있음.

○ 오염 분야[17]

- 우리나라는 해외에서 환경시장의 구도가 급전환된 나라로 인식.

- 우리나라는 재활용 제도에서 앞서가고 있으며, 실제로 우리나라 유해폐기물의 50% 이상이 재활용되고 있음.

- 국내 토양정화 사업은 1996년 「토양환경보전법」 시행 이후 본격적으로 시작되었고, 환경부가 전국 토양오염실태조사를 산업단지 중심으로 진행하면서 토양오염복원시장의 활성화와 국토 환경보전에 기여함.

16) "안전방재고도화를 위한 산업기술의 현황" 한국산업기술진흥원 2011.8 재인용
17) "환경복원산업의 세계 동향과 전망" 국가환경정보센터, 한국환경산업기술원, 2010. 07. 20(제24호) 인용

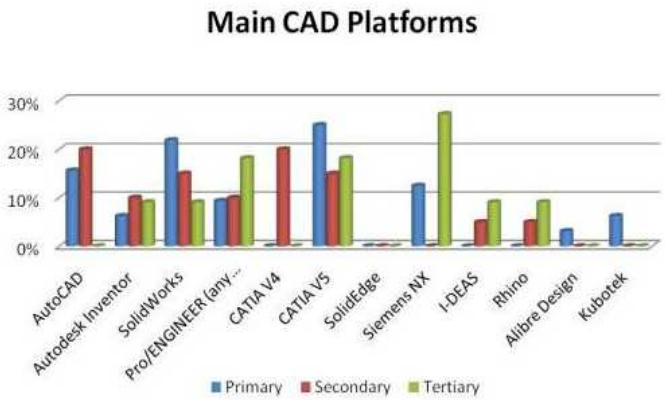
- 토양·지하수 관련 환경산업시장은 2005년 1,083억 원이었고, 2015년 23,509억 원, 2020년 34,543억 원에 이를 것으로 전망.

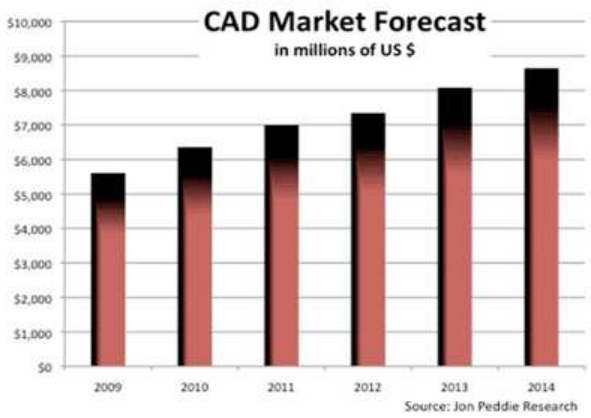
- 2009년 토양정화산업의 시장규모는 2,614억 원, 지하수정화산업은 600억 원이었음. 토양정화시장은 관련 환경법의 강화, 환경평가의 활성화를 발판으로, 정유사나 군부대 정화사업을 중심으로 증가 추세를 보일 것으로 예상.

2.2.2. 국외 시장 현황

○ **건설 플랜트 시뮬레이터**

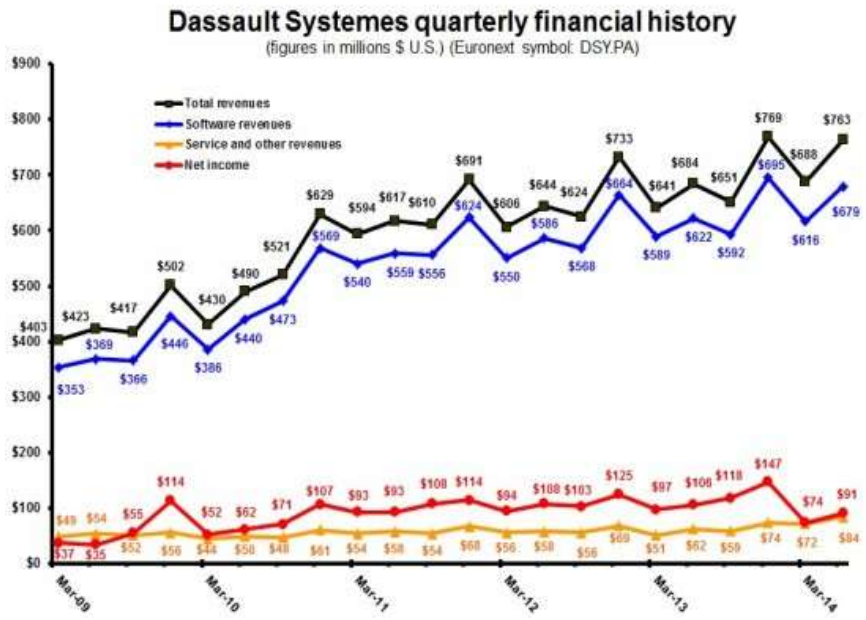
- 기획하는 건설 플랜트 시뮬레이터와 직접 관련된 시장은 아직 활성화되지 않았으나 이 기술로부터 파생되는 CAD분야의 시장과 상관성이 크므로 유사시장인 CAD 시장 규모를 보면 2014년 세계시장은 약 87억불 수준임.(Jon Peddie Research, 2011). 시장의 연간누적성장률(CAGR)은 6% 수준임.





<그림 2.3> CAD 시장 업체별 점유율과 시장규모

- CAD시장 점유율이 20%가 넘는 Dassault 사의 매출실적을 보면 2009년부터 2014년 사이에 거의 2배가 되는 성장세를 보이고 있음.

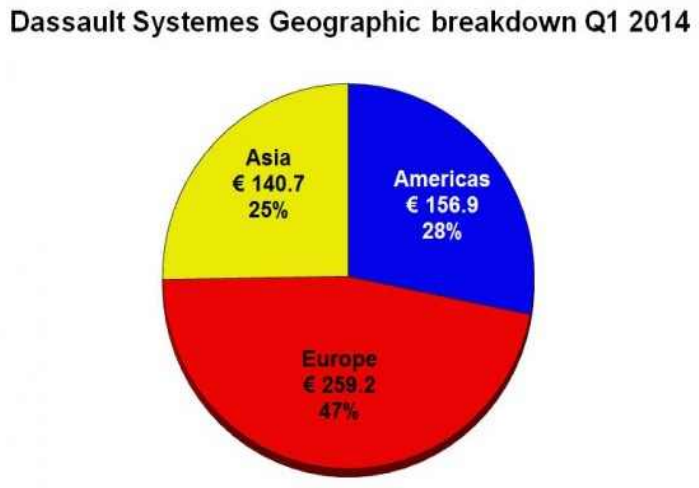


<그림 2.4> Dassault사 분기별 실적 (2009-2014)[18]

- 지역 및 제품별 시장규모

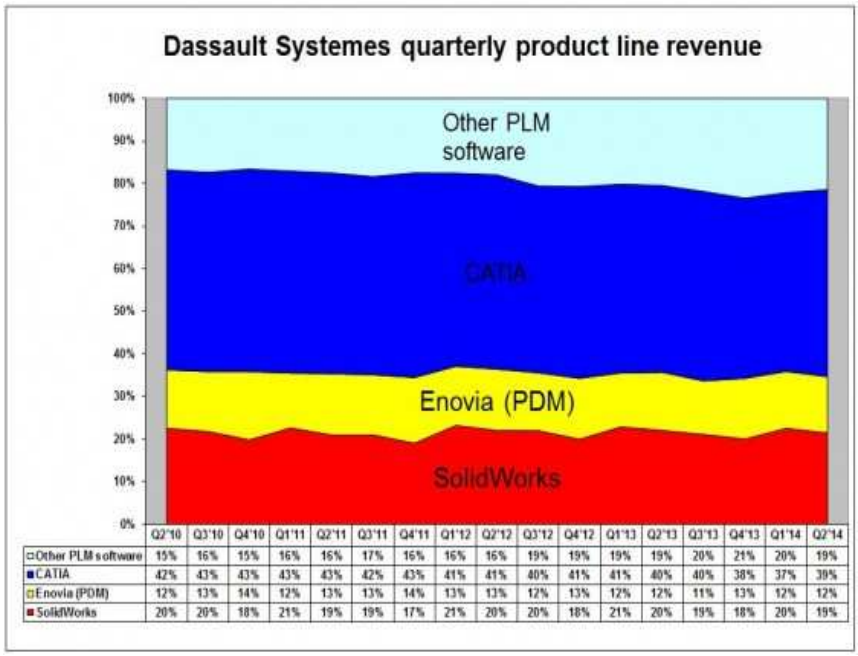
▪ 지역별 시장규모를 보면 유럽시장이 가장 큰 비중을 차지함.

18) Randall Newton, "Other" revenue uptick helps Dassault Systemes second quarter, Graphic Speak, July 24, 2014 (http://gfxspeak.com/2014/07/24/revenue-dassault-systemes-quarter/)



<그림 2.5> Dassault사 지역별 매출규모 (2014년 1사분기)

- Dassault사의 제품별 매출비중을 보면 건설 플랜트 시뮬레이터 및 그 파생기술이 속할 수 있는 PLM 및 PDM 매출이 약 27%를 차지함. 따라서 CAD 시장 규모의 약 30% 수준이 건설 플랜트 시뮬레이터 및 그 파생기술이 진출할 수 있는 시장규모라고 판단됨.

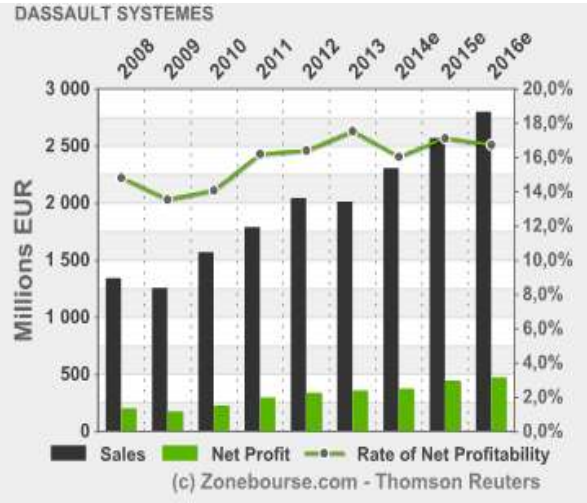


	Q2'10	Q3'10	Q4'10	Q1'11	Q2'11	Q3'11	Q4'11	Q1'12	Q2'12	Q3'12	Q4'12	Q1'13	Q2'13	Q3'13	Q4'13	Q1'14	Q2'14
Other PLM software	15%	16%	15%	16%	16%	17%	16%	16%	16%	19%	19%	19%	19%	20%	21%	20%	19%
CATIA	42%	43%	43%	43%	43%	42%	43%	41%	41%	40%	41%	41%	40%	40%	38%	37%	39%
Enovia (PDM)	12%	13%	14%	12%	13%	13%	14%	13%	13%	12%	13%	12%	12%	11%	13%	12%	12%
SolidWorks	20%	20%	18%	21%	19%	19%	17%	21%	20%	20%	18%	21%	20%	19%	18%	20%	19%

<그림 2.6> Dassault사 제품별 매출규모 (2012-2014)

- Dassault사의 수익률은 평균 16% 수준으로서 일반제조업에 비해 매우 높음. 건설 플랜트 시뮬레이터 분야도 유사한 수준 이상의 수익률

예상.

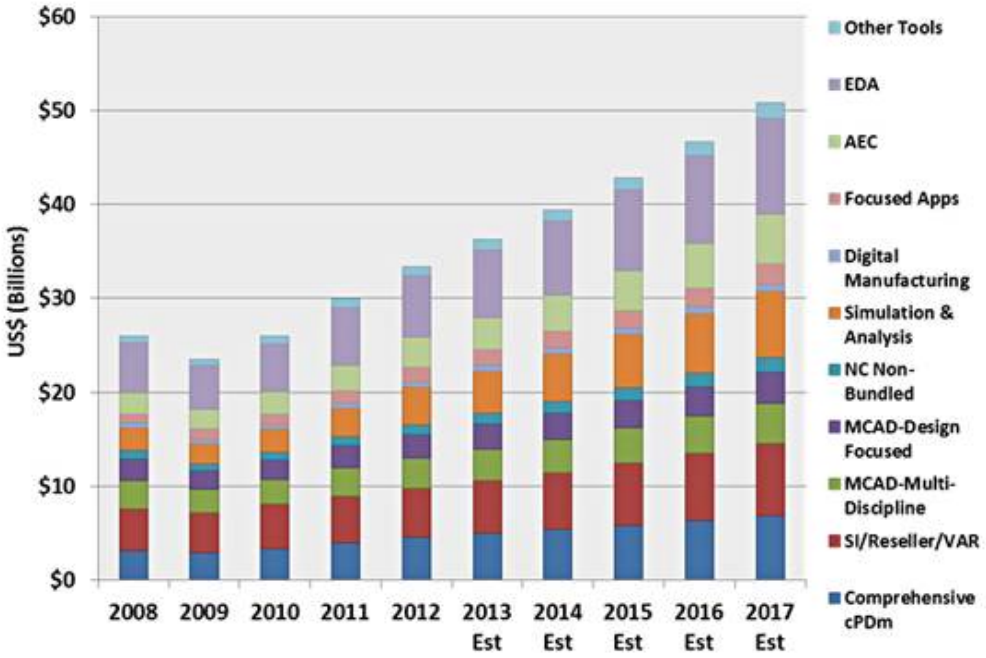


<그림 2.7> Dassault사 수익률 (2008-2016)

- 건설 플랜트 시뮬레이터 시장 전망

  - 건설 플랜트 시뮬레이터 및 그 파생기술과 많은 부분이 중복되는 PLM 시장 규모는 2017년에 507억달러에 달할 것으로 예상됨.

  - PLM 중 건설 플랜트 시뮬레이터와 중복되는 기술분야는 Digital Manufacturing, Simulation & Analysis, SI, Comprehensive cPDM 등이 해당됨.



<그림 2.8> PLM market forecast[19)]

○ GIS

- 각종 정보를 지리적으로 시각화 해 의사결정 판단 근거로 활용되는 지리정보시스템(GIS)의 글로벌 시장 규모가 1조8000억원.

- esri

  ▪ 공식적으로 전 세계 GIS 소프트웨어 시장의 40% 이상 점유. 비공식적으로는 70% 가량의 시장에 직간접적인 영향을 끼치고 있는 것으로 파악됨.

  ▪ 고객 35만, 본사 직원 2,800명, 전 세계 80여개 국가에 딜러망, 2,200여개 이상의 비즈니스 파트너 보유.

- Autodesk Bentley

  ▪ 전통적인 GIS S/W 시장보다는 특화된 시장에 집중하는 방식으로 전략 수정.

  ▪ CAD, Utility, Engineering, Infrastructure와 같은 GIS 부분에 집중.

19) CIMdata, CIMdata releases PLM market forecast report, July 31, 2013, www.cimdata.com

- HEXAGON

  ▪ 2010년 21억 6천만 달러의 매출을 기록한 스웨덴 회사.

- OSGeo

  ▪ 오픈소스 GIS가 기존 독점 소프트웨어에 대한 대안으로 부상 중.

  ▪ OpenGeo, Simple Geo, Geo Solution 등 상업적 오픈 소스 GIS 회사 등장.

  ▪ EU INSPIRE, 미국 국방성 등에서 그 성능과 신뢰성, 보안성을 인정 받음.

<그림 2.9> 세계 주요 GIS 서비스 공급 업체

○ IoT 분야

- 사물인터넷의 세계시장은 2011년 26.82조원에서 2015년 47.07조원으로 4년 사이에 두 배 가까운 성장 이룸.

<표 2.3> 세계 사물인터넷 시장

구분	11년	12년	13년	14년	15년	CAGR
세계시장(조원)	26.82	29.18	35.61	42.49	47.07	11.9%

※참조: IDATE('11), KAIT('12)

<표 2.4> 세계 사물인터넷 서비스 종류에 따른 시장 규모

(단위: 억달러)

구분		2013년	2022년
제품기기 (Devices)	칩셋(Chipsets)	58	281
	모듈(Modules)	102	477
	단말기(Terminals)	1,728	3,692
	소계	1,888	4,450
이동통신망 (Networks)	GSM/HSPA	31	69
	CDMA	42	78
	LTE	14	201
	기타	8	43
	소계	95	391
시스템사업자 (Solution Providers/ System Intergrators)	제품기기 제조사	12	694
	시스템통합사업자	14	1,436
	특정 애플리케이션 임대사업자	8	904
	B2B/B2C 서비스 사업자	3	521
	소계	37	3,555
애플리케이션/ 서비스 (Application/ Service)	자동차 텔레매틱스	5	1,492
	차량관제	1	186
	스마트그리드 및 관리	2	215
	고정형 무선통신	1	271
	생활가전	1	1,184
	기타분야	1	204
	소계	11	3,552
합계		**2,031**	**11,948**

※ 참조: Machina Research, STRACORP, 2013

- 시장조사기관인 MaketsandMarkets('12)에 따르면, 사물인터넷은 다양한 산업과의 융·복합을 통하여 공공안전, 리테일 등을 중심으로 서비스 시장이 확장되고 있으며, 기존의 헬스케어, 스마트 에너지 관련 분야뿐만 아니라, 지능형 교통 서비스, 사회 인프라(건물, 교량 등) 원격 관리 서비스 등을 중심으로 확대될 것으로 전망.

- 사물인터넷이 스마트폰, 스마트카, 스마트 시계·안경 등 지능화된 단말기 보급과 맞물려 새로운 차원의 미래 신시장 가치를 창출할 것으로 기대.

- 세계이동통신사업자협회에 따르면, 글로벌 커넥티드 단말 수는 2011년에 약 90억 대에서 2020년에는 약 240억대로 증가하고, 시장규모는 2011년 5,937억 달러에서 2020년에는 1조 9,860억 달러에 이를 것으로 전망.

- 전 세계 IoT 시장은 폭발적으로 성장하여 2017년 7조3000억 달러에 이를

것으로 전망.

- 사물인터넷 시장의 지속적인 확대가 예상됨에 따라, 세계 주요 국가들도 글로벌 기술 경쟁력 제고와 시장 선점을 위한 다양한 정책들을 추진하고 있음.

- 하지만, 아직은 시장을 선도할 수 있는 서비스와 글로벌 시장을 창출할 수 있는 국제 표준과 킬러 애플리케이션의 부재 등으로 인해 시장 전망에 비해 실제로는 시장이 느리게 확대됨. 이는 고도화된 유·무선 네트워크 환경과 서비스 구현을 위한 요소기술 등의 사물인터넷 서비스 창출을 위한 기반 조성은 거의 대부분 마련되어 있지만, 이를 활용한 서비스 모델은 다소 부족한데 기인.

- 최근 B2C 성격의 다양한 사물인터넷 서비스 출현과 더불어 개방성의 확대를 향후 특정 시점에 시장이 급격히 확대될 수 있음을 시사.

- 이에 따라 글로벌 기업들은 경쟁적으로 IoT 시장 진출하고 있으며 초기 시장 선점하기 위해 고군분투 중.

- 세계 각국 정부는 IoT 분야를 미래 핵심 성장 동력으로 전망하고 이의 육성을 위해 전 방위적으로 지원하고 있는 상황.

- 구글, 네스트(NEST)를 32억 달러에 인수, 사물인터넷 시장에 진출.

  ▪ 구글은 스마트 온도조절 장치와 연기감지 장치 전문업체인 네스트 랩스를 인수.

  ▪ 네스트는 외부 개발자 프로그램(Nest Developer Program)을 공개하고 자사 자동온도조절장치와 열 감지 하드웨어가 다른 기기들과 커뮤니케이션할 수 있도록 플랫폼을 개방한다고 발표.

○ **물류/운송 시뮬레이션**

- 2012년 세계 물류/SCM 소프트웨어 시장 규모는 약 8조9천억 원에 달하는 것으로 추정되며 이는 전년대비 7.4% 늘어난 규모이며 이 가운데 창고관리시스템(WMS), 운송관리시스템(TMS) 등 물류 실행분야(SCE Supply

Chain Execution) 솔루션이 차지하는 시장규모는 9.2% 늘어난 약 2조7천억 원으로 추정.[20]

<표 2.5> 전세계 물류/SCM 소프트웨어 시장 규모

(단위: 억원)

분야	2011	2012	2013
Supply Chain Planning(SCP)	30,090	32,313	35,156
Supply Chain Execution(SCE)	24,795	27,084	29,805
Procurement	26,848	29,215	32,167
총합계	81,732	88,611	97,129

- 세계 화물 물동량의 대부분이 해상 수송을 통해 이루어짐. 2012년 한 해 동안 전 세계에서 교역된 컨테이너 물동량은 6억 1,623만 TEU(Twenty Feet Equivalent Unit)로 집계되었고, 이중 한중일이 속한 동북아시아 물동량이 2억 4,337만 TEU로 전체의 39.5%를 차지.

- 2010년 해양수산개발원은 글로벌 물류보안시장에서의 전자봉인장치의 전 세계 시장 규모는 최소 20~30억 달러로 추정.

- Savi Technology는 1994년부터 미 국방부 및 연합군에 의해 40개국 1,500 지역 이상에서 화물 컨테이너 추적 서비스 납품경험을 장점으로 하여 사업을 추진 중.[21]

- 물류업계에 따르면 글로벌 물류 추적보안관제 시장은 약 5조원대 규모로 추정. 최근 미국으로 들어가는 컨테이너 화물에 대해서는 보안 장비 부착이 의무화되는 등 관련법안의 시행을 앞두고 있어 관련 서비스에 대한 수요가 전 세계적으로 증가할 것으로 기대.

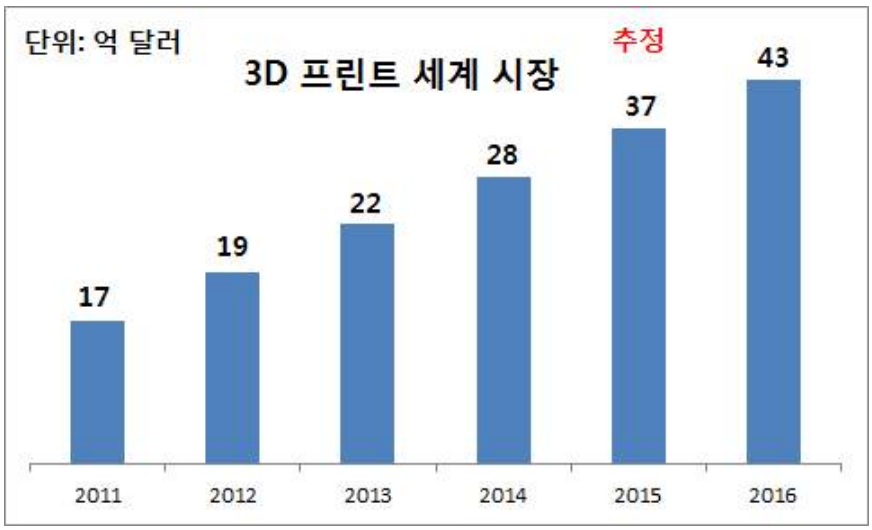
○ 3D 프린팅

- 산업 초기단계이나 장비성능향상, 가격하락 및 관련 서비스 산업 발전에 힘입어 13년 22억불에서 21년 108억불로 고속성장 전망.

- 3D 프린팅 장비 분야는 12년 9.8억불 규모, 가격 하락 추세로 시장 지속

20) 2012/2013 물류시장 회고와 전망 세미나, 물류신문사
21) 화물 컨테이너 추적 모니터링 기술의 미래 - IoT 기술의 도입, 한국방송통신전파진흥원, 2013.12.19.

확대 전망.



<그림 2.10> 3D 프린트 세계시장 그래프

- 2013년 3D 프린팅 세계시장은 22억 달러이고 2011년부터 2016년 까지 연평균 성장률(GAGR)은 20.4%로 2016년에는 43억 달러 시장규모로 추정함.

- 시장 전망

  ▪ 2014년에 3D 프린팅에 얽혀 있는 기술특허가 만료됨에 따라 3D 프린팅 시장에 양적인 팽창을 불러올 전망.

  ▪ 오바마 미국 대통령이 "제 3차 산업혁명"으로 3D 프린팅 기술을 강조하며 올해 국내 뿐 아니라 전 세계에 3D 프린팅 기술이 알려지고 발전하고 있음. 이에 따라 단순한 대중화뿐만 아니라 의학이나 우주항공기술 쪽에서 3D 프린팅 기술에 많은 투자를 하고 있으며, 의학계 쪽에서는 3D 프린팅 기술을 이용해 인간 장기인 콩팥을 만드는 것 까지 발전함.

- 3D 프린터와 관련 시장은 매년 높은 성장세를 보이며 급속도로 성장할 것으로 전망.

  ▪ 3D 프린팅 전문 컨설팅 업체인 Wohlers Associates는 3D 프린터 시장의 연평균 성장률이 2011년 29%에 이르며, 앞으로도 이 정도 수준

을 유지해나갈 것으로 분석.

- Wohlers Associates는 2015년 전세계 3D 상품 시장(3D 프린팅 시스템과 원료 시장)이 37억 달러에 달하고, 2019년에는 65억 달러를 넘어설 것으로 전망.

- 3D 프린팅 시장의 25%를 점유하고 있는 것으로 알려진 Makerbot은 수 년 동안 연간 15,000대의 3D 프린터를 판매했다고 주장하는데, 한 대당 판매 금액을 2,000달러로 잡을 경우 총 판매액은 1억 2,000만 달러에 이르는 것으로 나타남.

○ 4D 전자매뉴얼

- 국외는 BIM 및 3D모델링이 활성화 되어있으며, 이를 이용한 전자매뉴얼이 활성화 되고 있음

- 에이전트 기반의 건설 플랜트 시뮬레이터를 통해서 얻을 수 있는 기대수익이 높음. BIM 시스템이 외국에서는 이미 활성화가 되었으며 국내에서도 계속 BIM 활성화방안을 추진하고 있으므로 2015년에는 건설공사의 BIM 도입률이 80%가 넘을 것으로 예상됨.

- 건설 플랜트 시뮬레이터를 통해서 얻을 수 있는 이점이 많음. 결과적으로 비용이 절감되는 효과가 있음.

-

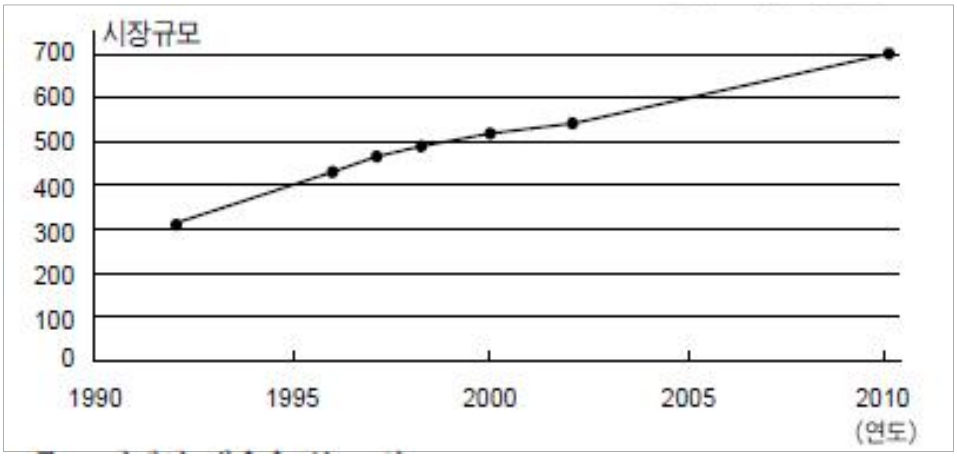
○ 환경분야

- 세계 환경 시장은 지난 10여년간 연평균7% 정도의 매우 빠른 속도로 성장하여 1992년에 3,000억 달러였던 시장규모가 1996년에는 4,300억 달러, 2000년 에는 5,150억 달러로 급속히 확대됨.

- 세계 환경 시장의 신장세는 앞으로도 여타 경제부문의 평균성장속도에 비해 여전히 높을 것이나 과거에 비해서는 크게 둔화되어 2010년까지 연평균 2.9% 정도 증가 2010년의 세계 환경시장의 규모는 6,880억 달러임.

- 지역별로는, 개도국 시장은 2010년 4.3~38.5%의 높은 연평균 신장세를 나타냈지만, 선진국 환경시장은 2~3% 성장에 그칠 것으로 전망.

- 그러나 절대 규모로는 선진국 시장이 2010년에도 여전히 세계시장에서 80%의 높은 비중을 차지.



<그림 2.11> 세계 환경시장 성장 전망(1992~2010), 단위:십억달러[22)]

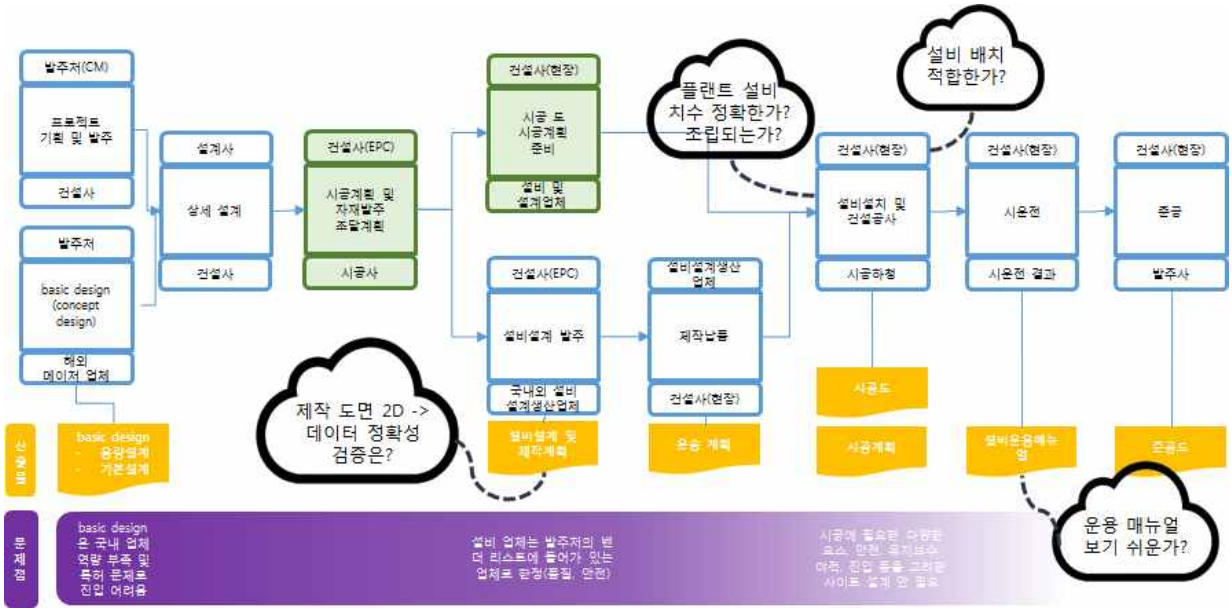
22) ["세계환경산업시장전망", 한기주 인용]

2.3 국내외 기술동향

2.3.1 분석 대상 기술 설정

○ 분석 대상

- 분석 대상은 육상 LNG 액화 플랜트 등을 대상으로 공사 계획부터 시운전 직전까지의 모든 시공과정에서 발생하는 비용/일정/안전 관련 액티비티에 대한 시뮬레이션 기술을 대상으로 함.



<그림 2.12> 플랜트 건설 프로젝트 업무 프로세스

○ 플랜트 건설 시뮬레이션 관련 주요 기술

- 건설 플랜트 시뮬레이터 구현을 위한 주요 기술로서는 모델링 데이터의 적합성 검토 및 형상 간섭 체크 등의 데이터 검증 부문과 조달, 운송, 시공, 4D 전자 매뉴얼에서의 과정의 시뮬레이션에 애니메이션 가시화 기술 및 통합 데이터 운용을 위한 플랫폼의 다양한 DB 운용 및 통합 기술 필요.

- 플랜트 통합정보체계 구축 기술은 건설 플랜트 시뮬레이터의 시뮬레이션들에게 공통적으로 사용되는 공통데이터포맷에 대한 설계 및 구현 기술로

써, 시뮬레이션에 필요한 플랜트설비 데이터 포맷(ISO 15926), 건물 데이터 포맷(BIM/IFC), GIS 데이터포맷(OGC), 3D 모델링 데이터 포맷(3D OBJ)을 통합적으로 시뮬레이션에서 운용하는 기술임.

- 플랜트 조달 시뮬레이션 기술은 플랜트 설비 제조 공장에서 제작된 설비를 지리적 환경, 예를 들어 도로 폭에 따른 특정 운반 차량, 철도, 컨테이너선 혹은 바지선 등, 플랜트 설비의 물리적 용량 및 체적을 고려한 운송계획 수립 및 기상, 운송 경로 상의 공간, 인문적 상황을 고려한 조달 계획에 대한 시뮬레이션을 통해서 운송계획의 적합성 여부 및 일정 지연 여부에 대한 분석 및 검증 기술임.

- 업무 프로세스와 관련된 주요 기술로는 공정, 물량산출 조달 및 장비 운용 등의 시공계획의 수립 및 분석에 관련된 기술과 자재, 장비 관련 정보를 제공하는 건설 품셈 DB 운용 기술 및 프로젝트 리스크 매니지먼트 기술 필요.

- 건설 현장 환경 및 안전에 관해서는 건설 현장의 화재, 유독가스 확산 시뮬레이션 기술과 토양오염 등의 생태환경 분석 기능 및 현장 작업자의 대피 시뮬레이션 기술 필요.

- 현장 작업자의 교육 관련해서 애니메이션 기술을 이용한 4D 전자 매뉴얼 구현 기술과 3D 프린팅을 이용한 플랜트 설비 목업 기술 등이 필요.

<표 2.6> 건설 플랜트 시뮬레이터 관련 주요 기술

	기능 / 분야	설계 데이터	시공	안전	환경	교육
어플리케이션	데이터 검증	모델링 간섭 체크	제작도면 간 적합성 검토			
	모델링		제작 도면(shop drawing)을 위한 모델러*			표준 모델링 데이터의 3D 프린팅 데이터 컨버팅
	시뮬레이션		시공과정 시뮬레이션	현장 안전 시뮬레이션	토양오염물 확산 시뮬레이션	
	가시화	3D형상정보가시화 GIS사이트가시화	공정 가시화 GIS 가시화 물류운송 루트 가시화 물류 운송 과정 가시화	대피 가시화 화재, 유해가스 확산 가시화		전자 3D 매뉴얼
플랫폼	DB/데이터	복수의 표준 데이터 포맷의 통합 운용(ISO 15926, BIM, OGC, OBJ)	형상 데이터 DB 속성 데이터 DB GIS 데이터 기상/기후 데이터 재료/장비 데이터 DB			
	분석/최적화		코스트 분석 프로젝트 리스크관리 시공방법 최적화 물량/일정 산출	대피 화재	건설 공사로 인한 환경영향 평가	

<표 2.7> 건설 플랜트 시뮬레이터 통합 플랫폼 구현 주요 기술 분류

대분류	중분류	세부기술	기술설명
플랜트 통합정보체계 구축	ISO 15926 모델링 정보 관리/운용 기술	ISO 15926 형상정보모델 기술	플랜트 설비 표준 모델링 정보인 ISO 15926에 근거한 플랜트 모델링 정보 핸들링 기술
	BIM/IFC 모델링 정보 관리/운용 기술	BIM/IFC 형상정보모델 기술	BIM/IFC 건축물 형상정보를 관리 운용하는 기술
	OCG 모델 표준GIS 모델링정보 관리/운용 기술	OCG 모델링 형상정보모델 기술	GIS 데이터 관리 운용 기술
	복수 모델링정보 통합 운용 관리 기술	통합플랜트 표준형상정보모델 기술	ISO15926, BIM, OGC의 3가지 모델링 정보를 건설 플랜트시뮬레이터에서 표준적인방법으로통합 운용하기위한표준모델 및 스키마 제시
		통합 모델링 정보 정합성 검사 기술	기존의 ISO15926, BIM/IFC, OGC 데이터가 플랜트 표준형상정보모델로 변환되어서 통합운용되는 과정에서 각 모델링 정보간 간섭 등 정합성을 검토하는 기술
	플랜트 시설 공정 데이터 관리 기술	플랜트 시설 자재 정보 관리 기술	플랜트 시설 건설 관련 자재 정보 운용 기술
		플랜트 시설 공사 인력 운용 정보 관리 기술	플랜트 시설 및 공종별 투입 인력 운용에 관련된 정보 운용 및 관리 기술
	3D 모델링 표준 데이터 포맷 운용관리 기술	obj 모델링 형상정보모델 기술	3D 표준모델링 데이터를 핸들링하는 기술
플랜트 통합정보체계 기반 시뮬레이션 기술	플랜트 통합정보체계 기반 물리 엔진 기술	동적 작업절차 충돌 감지 기술	공정계획에 따라서 디테일한 작업진행이 진행되는 동안 작업 주체 간의 동선 교차, 부재 충돌 등에 의한 간섭을 감지하는 기술
		중력작용 구현 기술	건설현장에서 발생하는 낙하, 부재 기울기

			등의 물리적 현상을 3D 모델에서 구현하는 기술
	플랜트 역학해석 기술	플랜트 설비부재 내력 평가 기술	부재 하중에 의한 시공, 자재 적재 시 발생할 수 있는 부재 파괴 및 자재 손상을 계산하는 기술
플랜트 조달 시뮬레이션 기술	GIS기반 기상 예측 기술	기후데이터를 이용한 통계적 기상예측 기능	전 세계의 기상 통계 데이터를 이용하여 통계적인 기상 데이터를 예측
	GIS기반 물류 운송 시뮬레이션	물류 네트워크 분석 기술	설비 등의 부재 운송망 등을 전제로 한 물류 네트워크에 대한 시간 및 비용을 분석하는 기술
플랜트 통합정보체계 기반 시공계획 시뮬레이션 기술	설비 배치 레이아웃 최적화 기술	유지보수를 고려한 레이아웃 배치 최적화 기술	플랜트 상세 설계 시 플랜트 유지보수 시의 해체 등을 고려한 플랜트 설비 레이아웃 최적화 기술
		유지보수 시뮬레이션 기술	플랜트 유지보수를 3D로 구현하는 시뮬레이션 기술
	장비운영 시뮬레이션 기술	플랜트 건설 장비 최적 배치 기술	플랜트 건설 시 운용되는 장비 효율을 위한 최적 배치 기술
		플랜트 건설현장 장비 수요 예측 기술	플랜트 건설 시 필요한 장비 종류 및 수요를 예측하는 기술
		공정을 고려한 플랜트 건설 현장 장비 일정/비용 분석 기술	플랜트 건설에 필요한 현장 운용 장비의 필요 일정 및 일정에 따른 비용을 분석하는 기술
	플랜트 건설시공 공정 계획 기술	플랜트 시설 건설 물량/일정 산출 기술	
		플랜트 시설 토목 물량/일정 산출 기술	
		플랜트설비, 현장건설장비 조달 시기 예측 및 발주시기 최적화 기술	
	플랜트 건설현장 가설물 관리 기술	가설물 설치계획 최적화 기술	작업자 안전을 고려한 시공단계별 가 시설물 설치운영 최적화 및 시뮬레이션 기술개발

	현장시공 품질 관리기술	현장용접 품질관리 기술	현장용접의 품질 확보를 위한 용접 작업 계획 시뮬레이션 및 품질 관리 지원
		현장시공품질관리 기술	플랜트 건설공사의 품질을 업무와 연관 지어 종합적으로 시뮬레이션 하는 기술개발
건설 플랜트 안전관리 시뮬레이션 기술	플랜트 건설현장 사고/재난 시뮬레이션	플랜트 건설현장 화재 확산 시뮬레이션 기술	시공 도중에 발생하는 화재에 대한 폭발 및 화재확산 시뮬레이션 기술개발
		플랜트 건설 현장 작업인력 피난 시뮬레이션 기술	건설현장에서 발생한 화재 및 폭발사고로부터 작업자의 안전을 확보하기 위하여 시공단계별 작업자 최적피난계획 시뮬레이션 기술개발
		플랜트 시운전 안전점검 시뮬레이션 기술	시운전단계에서 발생하는 폭발 및 가스누출 등의 사고에 대한 사전 예측 및 대응 시뮬레이션 기술개발
	플랜트 건설현장 작업 안전도 분석 기술	플랜트 건설공사 작업안전도 평가분석 기술	플랜트 건설공사 전 작업을 상세히 분석하여 각 작업별 난이도와 작업 위험도를 평가
건설플랜트 교육	3D 전자 작업 매뉴얼 구현 기술 3D 프린팅 Mock-up 기술		

2.3.2 국내 기술동향

○ **디지털 생산공정**[23)]

- 쌍용자동차의 로디우스는 End-to-End 제품개발 프로세스에 IBM과 다쏘

23) PLM컨소시엄 (http://www.plm.or.kr)

시스템의 PLM솔루션(CATIA, ENOVIA, DELMIA)을 적용한 제품으로 업계의 주목을 받고 있음. 이 중 DELMIA는 사이클타임과 비용을 절감하고, 업무 생산성 및 생산 품질을 크게 향상시킴. 실제 로디우스의 생산기술연구소의 조립생산기술팀은 델미아 솔루션을 처음 적용해 조립라인 설비 검토를 비롯, 조립과 관련된 모든 사항을 디지털 상에서 사전에 검토함으로써 실제 조립 생상 시 업무의 오류를 최소화했음.

- 디지털 매뉴팩처링 솔루션은 제조업 생산기술 분야에서 후공정으로 갈수록 업무량이 많아지고 특히 자동차 업계와 같이 그 구성 부품 수가 많고 복잡한 경우에 큰 해결책을 주었음. 이전에는 설계 시 발견하지 못했던 점들이 후공정인 생산공정에 들어가면서 발견되고 설계변경 요청 건수가 잦아지면서, 이를 수정하는데 많은 공수와 시간을 소모하였지만 디지털 매뉴팩처링 시스템을 도입하고나서는 실제 생산에 들어가기 전에 3차원 디지털 상에서 차량을 미리 생산해 봄으로써, 실제 생산시 검출될 수 있는 설계 오류를 사전에 찾고, 이를 바로 수정할 수 있도록 지원하기 때문에 업무적, 시간적 비효율을 탈피할 수 있는 것임.

- 생산기술연구소에서 디지털 매뉴팩처링의 기술의 중요성을 맨 처음 깨닫고, 이에 대한 솔루션을 검토하기 시작한 곳은 생산기술기획팀이었음. 관련자들은 설계의 메인 솔루션인 CATIA와 전사적 데이터 관리 시스템인 ENOVIA와의 완벽한 인터페이스가 DELMIA 선정에 가장 결정적 요인이었다고 하면서 DELMIA는 CATIA, ENOVIA와의 상호 통합/호환성 및 상호 접근성에 있어서 월등하고 안정적이기 때문에 선정되었다고 밝혔음. 또한, 실제로 DELMIA 솔루션을 통해 사전에 조립라인을 비롯한 조립과정과 조립성을 검토하여 실제 조립작업 상에서 발생될 수 있는 간섭 등을 체크, 방지하여, 많은 업무적 효율은 물론, 시간 및 공수 절약과 함께 조기 안정화가 이루어졌음. 이렇듯 엔지니어링과 생산기술간의 협업이 이루어질 때 Time-to-Market 기간의 단축이 구체적으로 실현 될 것임.

- 이러한 DELMIA 솔루션은 로디우스의 조립라인 설비 및 공정 검증에도 사용됨으로써, 개발기간 단축, 비용절감, 품질 향상에 크게 기여하는 생산 프로세스 혁신화에 착수했음. 쌍용자동차는 혼류 생산을 하는 경우가 많이 있기 때문에 조립 설비에서 설비의 공용화 부분과 설비의 사이클 타임을

체크하는 것이 가장 중요함. 이 부분들에서 DELMIA의 경우, 검증하다가 설비 설계 수정이 필요한 곳은 바로 DELMIA DPM Assembly의 Mechanical Design Workbench에서 직접 수정하고 확인 및 재검증 하므로 업무 효율과 생산성 향상에 핵심 기어 역할을 하고 있음. 또한 조립 공정에서는 DELMIA DPM Assembly와 DELMIA Human을 활용해 공정 레이아웃 체크, 차량 조립 시 작업성, 간섭 검토, DELMIA Human 솔루션을 통한 작업성 개선, 경우에 따른 DELMIA Human 솔루션 활용으로 사이클타임 및 작업시간 확인과 같은 업무에 대해 사전 검증을 수행하고 있음.

- 쌍용자동차는 물론 많은 기업들이 이와 같이 생산성 향상 및 생산 품질 향상을 비롯, 업무 효율에 따른 개발기간 단축과 이에 수반되는 비용절감을 목표로 디지털 매뉴팩처링 기술을 도입하고 있음. 도입한 이 후, 로디우스에 DELMIA 솔루션을 적용한 단기적 결과는 차량 생산/설비에 대한 사전검증으로 조립공정 및 설비 레이아웃을 확인, 시행착오 시간 단축, 작업성 확보, 후공정 업무 대폭 삭감, 부서간 커뮤니케이션 향상(프리젠테이션 용도로도 활용)이며, 기존에는 설비의 공용 포인트를 잡는데 보통 3일 정도 걸렸지만, DELMIA를 사용한 후부터는 부분적으로 1일만에 완성되는 경우도 생기는 등 생산성 향상과 시간 단축이 동시에 이루어지고 있다고 함.

○ **전자 매뉴얼**

- 건설 사업은 다수의 공정을 가지며, 사업의 전 과정이 다양한 프로세스로 분할되어 진행됨. 프로세스는 계약형태, 시공방법, 관리 형태 등에 따라 각기 다른 복잡한 업무 프로세스를 형성하며, 사업 환경의 변화에 따라 프로세스의 변경이 발생함. 이러한 프로세스 기반의 건설 사업의 성공적인 완수를 위해서, 사업의 전반적인 업무 흐름을 파악하고 관련된 정보들을 체계적으로 구축하여 제공할 수 있는 전자매뉴얼의 건설 분야 도입과 관련한 연구가 진행되고 있음.

- 전자매뉴얼은 일반적으로 제공하는 정보의 구성 정도 및 정보 교환 방식에 따라 미 해군의 Class 1~5단계의 구분을 따르는데, 특히 Class 1~3이

종이 기반의 매뉴얼을 단순히 전자화하여 Index 있는 Page-Image로 제공하며 검색, 확대, 축소 등의 기본적인 전자화 기능을 제공하는 것이라면 Class 4~5는 계층적인 DB를 구축하고 다양한 외부 DB와 연계하여 통합적이며 조직화된 정보를 제공한다는 특징을 가짐.

- 초창기의 건설 전자매뉴얼이 건설정보관리 전자화체계(전자문서교환체계, 전자시방서, 전자도면관리체계) 구축과 같이 개별적인 정보의 입·출력을 지원하는 2~3단계 수준에 머물렀다면, 추후 진행된 연구들은 시방서 및 설계정보, 시설물 재해정보, 도시재생사업정보 등 건설 사업의 업무 수행 과정에서 이용되는 정보들을 전자화하는 동시에 통합된 DB를 구축하여 정보를 조직화하여 제공하는 4단계 이상의 전자매뉴얼을 구축하려 하고 있음.

- 기존의 정비·제조 분야의 IETM의 경우 제공하는 정보의 변화 가능성이 낮아 구축한 후 별도의 유지관리 노력 없이 계속 사용할 수 있는 것과 달리 건설 분야의 경우, 사업의 진행에 영향을 주는 환경 요소의 종류가 다양하며 변화 가능성이 높아 제공되는 정보의 변화 가능성이 높다는 특징을 가지기 때문에 건설 전자매뉴얼은 정보 변경에 따른 유지 보수가 매우 중요하다고 할 수 있음.

- 하지만 건설 사업은 도급 구조에 따른 인력 중심의 생산 구조를 갖추고 있어 사업 참여자들을 통해 생성되는 지식들이 특정한 조직이 아닌 참여자들 개개인에게 암묵적으로 분포하고 있기 때문에 관리자 또는 소수의 전문가가 정보 변경을 관리하기에는 작업 빈도가 놓고 정보의 수집이 어렵다는 문제점이 나타나고 있음.

○ **플랜트 프로젝트 리스크 매니지먼트**

- 국내기업들의 해외건설공사에 대한 위험관리는 IMF를 겪으면서 플랜트 사업 중심으로 사업수주단계에서 이루어지고 있음. 현재 해외건설공사 위험관리를 위한 절차와 시스템을 구축하여 운영하고 있는 건설기업은 상위 대략 5~6개사로 파악되고 있으나, 위험관리의 속성상 위험관리 정보에 대한 외부인의 접근이 철저히 차단되어 있고, 개략적인 현황에 대한 정보조

차 노출을 극도로 꺼리는 경향이 강함.

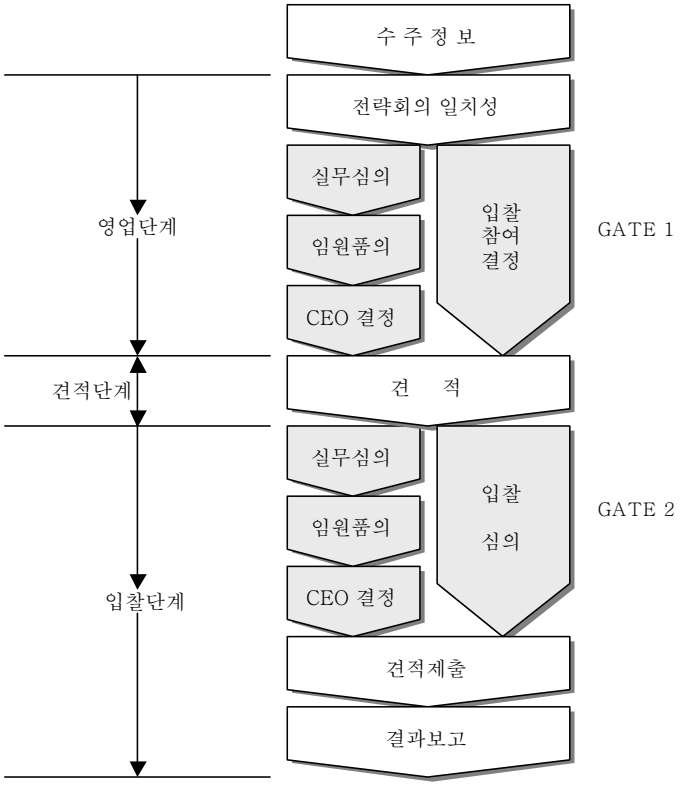
- 국내 4개사에 대한 정보수집차원에서 정리된 자료[24] 중심으로 국내기업(이니셜로 표기)들의 해외건설공사 위험관리 현황은 다음과 같음

- 국내 S건설 회사의 정책변경(Turn Around)을 준비하며 2000년 가을 외부 M컨설팅 사에 의뢰한 결과 회사의 적자요인은 수주 시 위험의 간과에 기인한다는 것을 파악하였음. 이에 대한 대응방법으로 영업 시 위험분석을 통해 위험한 수주는 기피하기 위하여 플랜트 본부와 별도조직(전사조직)으로 경영지원본부산하에 'QG (Quality Gate)팀'을 신설하여 위험관리업무를 하고 있으며 QG팀의 구성 및 업무는 다음과 같음.

- 팀원은 총 9명으로 플랜트담당이 4명이며 그중 1명은 팀장임.
- 토목, 건축(주택포함), 플랜트 등 사내 전체 프로젝트의 심의업무를 수행함.
- 전략과의 일치성이라는 입찰 전 가이드(Guide)를 사용하여 프로젝트를 선별함.

- QG팀에서 위험을 분석하여 입찰 참여하는 단계는 세 단계의 Gate로 구분되며, 각 Gate는 "수주지원실무 협의회"를 통과한 후 팀장/임원에게 보고하여 확정하는 절차임.

24) 플랜트F/S팀, '경쟁사 Risk 관리 현황 보고서', L건설(주), 2003.5



<그림 2.13> S건설(주) 위험관리절차

- GATE 1 : 입찰참여 결정 (영업팀 → 심의위원회(QG팀 주관) → 영업품의 작성 → CEO 결정)
- GATE 2 : Proposal Development(Cost Accuracy, Contingency Plan 확보)

(PPM → 심의위원회(QG팀 주관) → 견적팀 품의 작성 → CEO 결정)

- GATE 3 : Contract Negotiation
- 위험요인을 인지하는 단계에서 체크리스트(Check List)를 활용하고 있으며, 체크리스트는 발주처, Product, 지역별, 계약방법 등 15~20가지 요소들로 구성되어 있음.

○ GIS

- 90년대 후반부터 국가기관에 GIS를 도입한 것을 시작으로 각 부서별 GIS 시스템을 활용.

- 국내 3차원 GIS 기술은 신도시를 중심으로 도시환경 분야, 도시행정 전산화, 도시계획 분야, 도로교통 분야, 재해/재난 분야, 공공서비스 분야 및 지해 매설물 관리 분야 등 다양한 분야에서 응용되고 있음.

- 클라우드 기반의 플랫폼이 출시되면서 GIS 전문가 뿐 아니라 일반 사무직 종사자들도 정보를 손쉽게 클라우드 환경에서 공유하고 협업할 수 있게 됨에 따라 보다 다양한 분야에서 GIS 도입이 용이해질 것으로 전망.

- 지자체

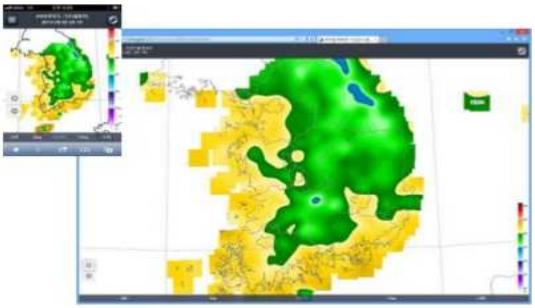
  - GPS가 장착된 PDA를 통해 등산코스와 위험지역 안내 및 다양한 주변 관광정보를 제공하는 '괴산군 명산지킴이 텔레매틱스'
  - 전라남도 위치기반 웹 블로그 시스템인 '전라남도 위성영상참여마당 J-GIS'
  - 서울의 모습을 3차원 GIS로 보여주는 '서울시 GIS 포털 시스템'

- 포털사이트(Daum, Naver, Yahoo 등)

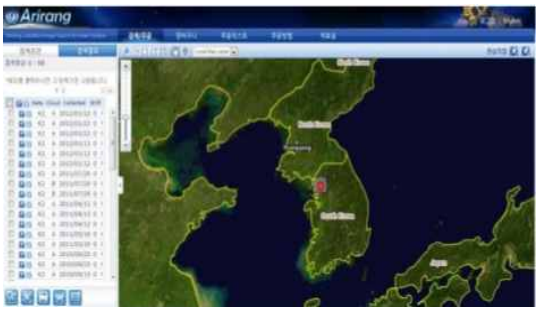
  - 비교적 일찍부터 대도시 중심의 3차원 지도 데이터를 GAP가 장착된 PDA 및 휴대폰을 통해 서비스하면서 카 내비게이션 등 위치정보 기반 산업 분야에서 관련 시장을 주도 하고 있음.
  - 이러한 지도 서비스는 공개 API를 통해 지리정보 외에도 각장 사진 및 동영상, 특정 장소에 대한 상세정보, 교통정보, 기상정보 등 다양한 부가서비스를 지도 데이터를 통해 제공.

- 적용 사례

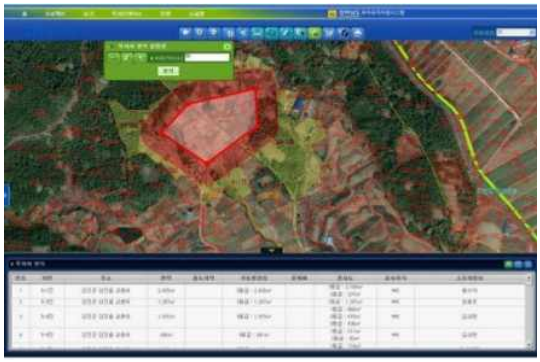
  - 기상청, 모바일 예보관 기상분석 시스템
  - 한국항공우주연구원, 아리랑 위성영상 주문검색 시스템
  - 전라남도/강원도, 행정 시스템
  - 국가교통센터, 모바일 교통정보 시스템



모바일 예보관 기상분석 시스템



아리랑 위성영상 주문검색 시스템



행정 시스템

모바일 교통정보 시스템

<그림 2.14> GIS 국내 적용 사례

○ 방재 분야[25)]

- 소방기술의 유형은 이론해석, 소방설비, 건축방재, 화재시뮬레이션, 화재조사, 화재 시험평가 등으로 나눌 수 있으며 최근의 소방기술은 친환경기술과 첨단 IT가 접목된 고부가가치 분야로 주목받고 있음.

- 최근 소방기술은 환경오염에 따른 불활성가스 청정소화약제 기술, IT(전자/전기/컴퓨터 등) 분야의 혁신에 따른 IT설비용 CO2 대체 가스 계 소화시설과 감지기의 오작동을 예방하고 신속한 감지를 위한 Multi-sensing 감지기술 등이 중심이 되고 있음.

- 또한 화재 시의 효과적인 피난 및 대피를 위해 덕트 내 연기 샘플링을 이용한 온라인 제연·제열 시스템기술 및 화재 시의 연기나 유독가스의 발생을 억제하는 불연·난연 신소재 개발, 화재 예방 차원에서 중요 시설물에 대한 화재 안전성 및 위험성 평가를 위한 화재 시뮬레이션 기술에 대한 연구가 활발하게 진행 중임.

25) "안전방재고도화를 위한 산업기술의 현황" 한국산업기술진흥원 2011.8 인용

- 이외에도 시스템 위험관리기법의 도입, 특수·공공건물에 대한 사전 화재영향평가, 산업의 활성화와 국내외 산업교류가 용이하도록 소방기기의 국제 표준화 추진 (ISO/TC 21)등이 소방산업의 현안으로 부각되고 있음.

- 지자체 중에서 강원도 삼척의 경우는 지식경제부의 지원을 받아 신소재 기반 소방·방재산업을 육성하고 있음.

- 강원도는 초기에 산불 및 풍수해 예방 중심의 그린방재산업을 계획하였으나, 신소재를 전략산업으로 선정하면서 삼척시를 중심으로 소재기술을 방재산업화하기 위한 방재 산업 육성을 추진 중임.

<그림 2.15> 소방기술의 분류[26]

○ 오염 분야

- 정화사업은 보통 1년에서 4년정도가 소용되며 평균 1.7년이며 대규모 공사의 경우 더욱 장기간 진행됨

- 2011년 토양정화시장은 2014억원으로 추정[27]

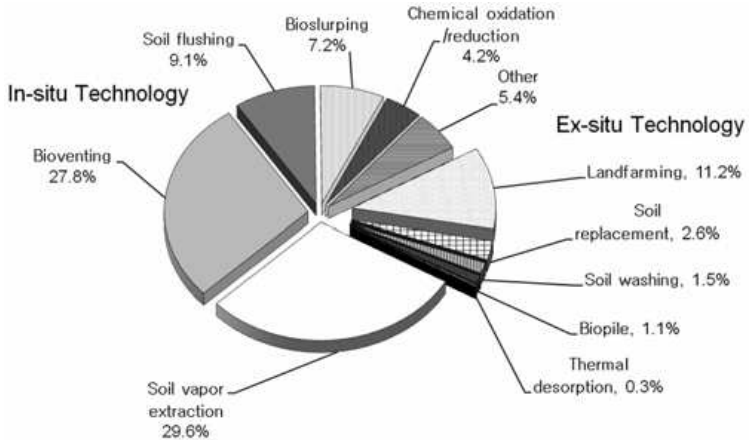
- 주로 토양증기추출법과 생물학적 통풍법과 같은 원위치 정화기술이 대부분을 차지하고 있음

- 또한 열적 처리보다는 물리화학적 처리기술의 사용 빈도가 점차 많아지고 있는 추세이며, 고화처리, 열탈착처리, 소각처리기술 등 에너지 소모가 많고 2차 대기오염을 유발할 가능성이 있는 기술의 이용도는 낮아지거나

26) "안전방재고도화를 위한 산업기술의 현황" 한국산업기술진흥원 2011.8 재인용
27) 토양정화시장 활성화를 위한 기반마련 연구 보고서, 한국환경공단, 2013.3

정체되고 있음.

- 굴착처리, 차폐처리, 고화처리기술 등의 점유율이 낮아지고 있는데, 이는 가능한 한 오염물을 완전히 제거하여 잔 재물을 줄이는 방향으로 토양정화 기술이 발전하고 있음



<그림 2.16> Soil remediation technologies applied in Korea (2000～2006).

- 최근에는 토양오염수 방지 기술개발사업으로 2008년～2017년까지 1,631억원(정부 1,397억원, 민간 234억원)를 투자하여 현장기술 개발을 통한 선진적인 토양 · 지하수 통합관리기반을 구축하고 환경시장의 90% 이상을 국내기술로 대체하기 위한 기술개발 지원을 목표로 연구 진행되고 있음.

○ IoT 기술

- 종래 재난, 재해 등 공공 분야와 공장 자동화 등 기업 중심의 사례가 이제는 개인에 직접적으로 영향을 미치는 B2C(Business to Consumer) 서비스로 확산되고 있음.

- 국내의 경우엔 이동통신사 중심의 단순 결제서비스(POS, Point of Sale), 보안서비스 등 초기 단계의 서비스에서 헬스케어, 스마트 팜 등의 최신 서비스로 단계적으로 상용화되고 있음. 신규 서비스로 스마트 카, 스마트 그리드, 스마트 홈 분야가 돋보이고 있음.

- 단말 벤더 및 플랫폼, 네트워크, 서비스 사업자가 상호 협력하여 혁신적

인 신서비스를 창출할 수 있는 환경은 아직 미흡한 실정임

- SKT

  - 2012년 9월 중소기업 동반성장과 산업 활성화를 위해 자사가 개발한 개방형 M2M플랫폼을 협력사에 무상으로 제공하고 있으며, 해외진출을 원하는 협력사가 이 플랫폼을 통해 개발한 애플리케이션이나 단말기를 세계로 수출할 수 있도록 컨설팅 등을 지원하고 있음

  - SK텔레콤은 제주도 서귀포와 경북 성주지역에 비닐하우스 내부의 온도와 습도, 급수와 배수, 사료공급 등까지 원격 제어 지능형 비닐하우스 관리 시스템인 스마트 팜 서비스를 제공.

  - 지능형 비닐하우스 관리 시스템인 스마트 팜을 이용해 온도와 습도 등을 체크하고, 스마트폰을 이용해 비닐하우스 내부의 온도와 습도, 급수와 배수, 사료공급 등까지 원격 제어를 할 수 있음.

<그림 2.17> 스마트팜 서비스 개념도

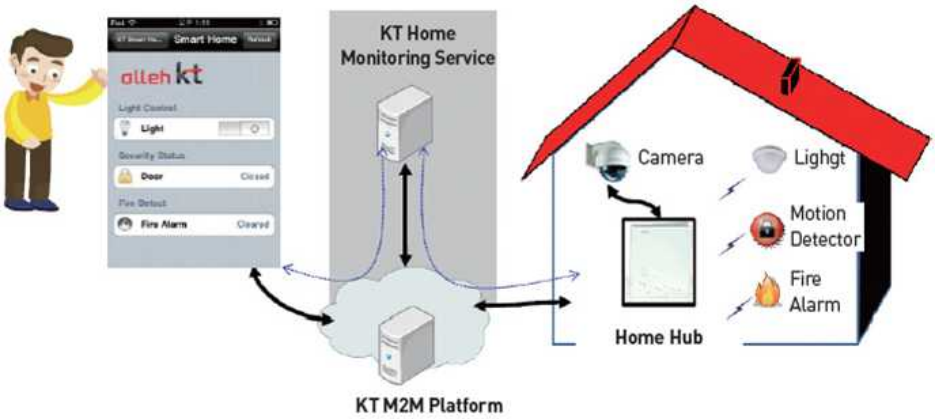
- KT

  - B2B에 머물렀던 M2M시장 외연을 헬스케어 등 가입자당 평균매출액(ARPU, Average Revenue Per User)이 높은 B2C로 확장하는 한편 플랫폼 호스팅 사업에도 진출할 계획.

- KT는 스마트 폰을 활용한 댁내 방범, 전력제어, 검침 등의 다양한 사물인터넷 서비스를 제공.

- 원격지에서 거주자가 스마트 폰으로 KT의 사물인터넷 플랫폼을 통해 실시간으로 댁내 환경을 모니터링 할 수 있으며, 간단한 스마트 폰 작동을 통해 전등, 출입문 등을 제어할 수 있음.

- 또한, 실시간 침입 및 화재 경보를 수신할 수 있으므로 스마트 원격 관제 서비스가 가능.



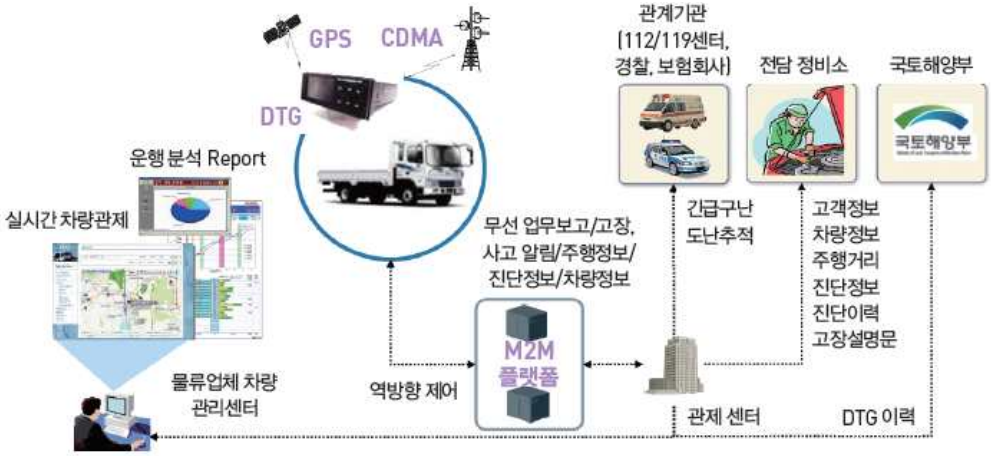
<그림 2.18> Smart Home 서비스 개념도

- LG U+

- M2M 기반 플랫폼 구축을 마치고 커넥티드 카(connected car), 자판기 등 스마트 리테일(smart retail), 영상 서비스 등 3가지 분야에 대해 각각 응용 플랫폼을 구축할 계획.

- LG U+는 DTG(Digital Tacho Graph)와 사물인터넷 플랫폼과의 연동을 통하여 실시간 차량 관제 서비스를 화물차량, 버스, 택시 등을 대상으로 제공.

- 2012 여수 세계박람회 기간 동안 LTE 기반의 사물인터넷 솔루션을 적용한 차량관제 시스템을 운영하여 승무원, 승객관리, 운행상태와 속도, 이동거리 등의 차량 정보를 실시간으로 교통관제 센터에 전송하는 서비스를 제공함.



<그림 2.19> 지능형 차량관제 서비스 개념도

- 누리텔레콤의 스마트 그리드 서비스

  ▪ 국내 사물인터넷 중소기업인 누리텔레콤은 근거리 무선통신 기술인 ZigBee 기반의 Mesh 무선통신망을 이용하여 스웨덴 예테보리시에 26만 5천 가구를 대상으로 스마트 시티를 구축하였으며 원격검침 서비스를 제공.

  ▪ 또한, 2015년까지 가나의 가정 등 10만 저압 수용가에 AMI(Advanced Metering Infrastructure)를 공급.

  ▪ 1차로 '13년 7월까지 가나 프람프람와 아킴 오다시 지역 주택 1만호에 AMI를 구축.

  ▪ Mesh 네트워크와 GPRS(General Packet Radio Service) 무선 통신 기반 원격검침모뎀이 탑재된 스마트 계량기, 데이터 수집 장치(DCU, Data Concentration Unit), 플랫폼 등 누리텔레콤의 토털 AMI 솔루션이 공급.

○ 물류/운송 시뮬레이션

- 분산되어 있는 여러 사업 분야의 주문, 운영, 정산, 회계에 이르는 모든 업무프로세스를 표준화하고 통합해 유기적으로 움직일 수 있게끔 통합물류 시스템을 구축하려는 업체들이 크게 증가.

- 물류산업 클라우드 서비스 활용 증가.

- 37%의 기업이 클라우드 방식의 물류솔루션을 사용 중에 있으며, 지속적으로 시장이 확대될 것으로 기대.

- 고가/위험화물 컨테이너에 대한 사건사고가 증가함에 따라 국내외 대형 화주, 운송업체를 중심으로 컨테이너물류 추적 요구사항 급증.

- LG전자, 'G2'가 미국에서 157억원 상당 트럭 채 도난당하는 사례가 발생함[28]

- 삼성전자, 최첨단 OLED TV 독일에서서 2대 도난. 기술유출로 인한 수조원대 손실하는 사례 발생[29]

- 글로벌 물류보안 강화는 보이지 않는 무역장벽으로 작용하고 있고, 수출품의 통관지연, 추가 검사비의 비용이 증가함에 따라 국내 물류업계에서도 물류보안 환경개선을 위해 많은 노력을 기울이고 있음.

- 미국정부에서 2012년부터 자국으로 반입되는 모든 컨테이너에 대해 100% 검사를 시행한다는 방침을 시행하면서 국내 물류보안시장에는 비상사태가 발생하였는데, 특히 국내 물류운송의 80%가 화물 컨테이너를 이용한 해상물류운송을 이용하기 때문에 국제기준에 맞는 물류보안 체제 구축이 불가피.

- 삼성SDS, IT기반 신개념 물류서비스 '첼로'

- 2012년부터 삼성SDS는 자체적으로 개발한 물류솔루션 '첼로'를 기반으로 본격적인 물류시장 진출.

- 삼성SDS가 2년간 1,000억원을 투입해 개발한 첼로는 운영, 실행, 최적화 등 기존 개별솔루션을 통합 개발한 물류 플랫폼으로, 물류실행관리, 글로벌 가시성 제공, SCM 계획 수립 등의 기능.

- 표준 프로세스를 적용해 해외 어디에서든 동일한 방식으로 물류 업무를 수행할 수 있음.

28) 국민일보, 2013.10
29) 중앙일보, 2012.09

<그림 2.20> 삼성SDS의 운송관리서비스 개념도

- 현대유엔아이-SK텔레콤, 컨테이너 추적시스템 '스마트워크'

  ▪ '스마트워크smart work'라 불리는 솔루션은 물류산업에 적용하기 위한 것으로 컨테이너·차량 관제, 설비관리, 조선소·항만 야드 관리 등 현장 관리와 자산 관리 등을 포함.

  ▪ 화물을 배에 싣는 것부터 내리는 것까지 일련의 과정을 모니터링하는 컨테이너 추적은 SK텔레콤이 보유하고 있는 ICT 기반 및 해외 이동통신사 네트워크와 현대유엔아이의 최신 컨테이너 관제 솔루션이 접목하여 조기에 가시적인 성과를 낼 것으로 기대.

  ▪ SK텔레콤은 사물통신 M2M 기술을 활용해 컨테이너에 담겨 수출된 물품이 운송되는 경로와 해외 도착 이후 위치 추적까지 가능한 서비스를 현지 통신사 등과 협조를 통해 개발할 예정이며, 이를 통해 현재 10건 중 2~3건 빈도로 발생하는 보관·배달 사고를 줄일 수 있을 것이라 기대.

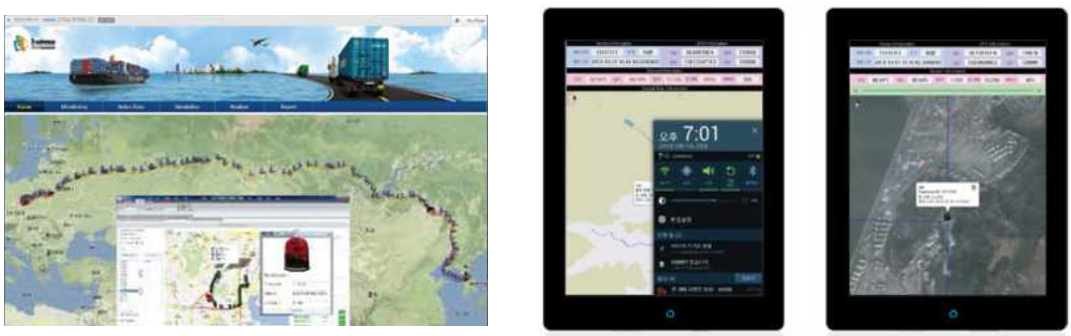
- 국토해양부와 관세청은 CSD(Container Security Device)를 원하는 기업에 대여하여 RFID 단말기를 대신하여 전 구간에서 시범 사업 중이며, 2014년에는 e-Seal(Electronic Seal)도 시범 사업을 위해 공급 예정.

<그림 2.21> 화물추적관제서비스

- 국내는 S-WINNUS만이 상용화된 솔루션을 가지고 있음.

  - ‘CSD(Conveyance Security Device) 기반 물류추적시스템’은 M2M 기술을 사용하여 컨테이너의 봉인 상태와 내부 상태(온도/습도/충격)의 감지, 화물 위치에 대한 실시간 모니터링 기능을 제공하는 물류보안솔루션.

  - 컨테이너 위치 및 상태정보의 실시간 모니터링이 가능한 컨테이너 추적 관제 솔루션.



<그림 2.22> 물류추적관제서비스 예

- 포스코 ICT

  - 해외로 운송되는 화물의 특성에 맞추어 국내외 물류구간에서 Web과 모바일로 화물의 위치 및 상태 정보를 실시간으로 확인할 수 있는 서비스.

- M2M(사물지능통신) 기반의 실시간 통신 기술, 불법적인 문개폐 감지, 온도/습도/충격 감지를 위한 센서기술 등이 사용되었을 뿐만 아니라 고객들의 요구사항에 맞추어 규정된 사용자만이 화물을 확인할 수 있도록 NFC 기반 인증기술을 적용.

- LG전자, LG디스플레이

  - 유럽 향 전자제품에 대하여 실시간 관제 솔루션 적용 검토 중.

- 삼성전자, 제일모직

  - 전자 부품 해외 운송 시, 냉동컨테이너 실시간 트래킹 요구.

- 대우인터내셔널

  - DW가 보유한 군수물자 및 포스코 패밀사의 국외 컨테이너 물량에 적용 가능.

- 범한판토스

  - 북미로 운송되는 SK의 고가 플랜트 추적관리 솔루션 적용 검토 중.
  - 범한에서 취급하는 LG전자의 유럽 향 (카작, 러시아) 화물 적용 검토 중.

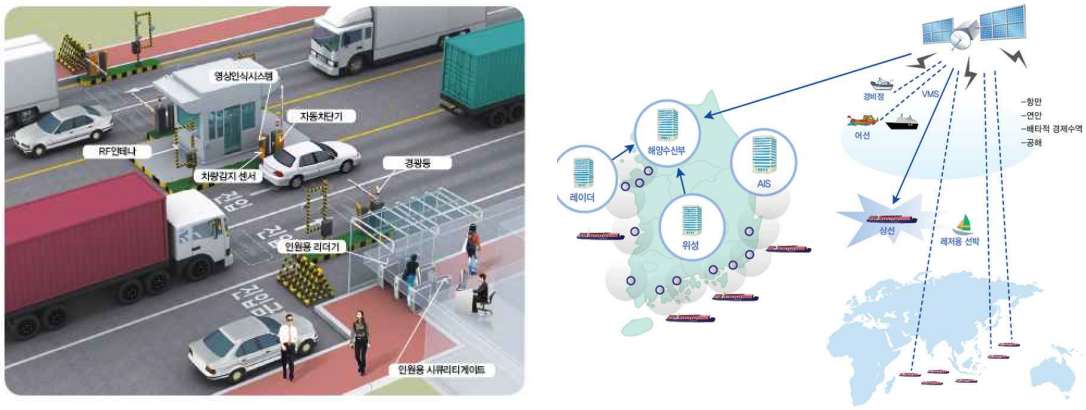
- 관세청

  - 보세화물 및 관리대상화물, eSeal을 이용하여 컨테이너 추적 솔루션 적용/확대.

- u-Port

  - 유비쿼터스 기반의 국내 해운/항만/물류정보 시스템을 통합한 항만물류 인프라 구축.
  - 무역항의 선박 입출입, 관제사항, 화물반출입, 세입징수 등 항만 운영업무 및 정책지원, 통계정보, 국제물류 정보 등 해운항만물류 분석정보 제공.

- VTS, 해상교통, 보안, 등의 위기관리 시스템 및 재해복구 시스템 운영.



<그림 2.23> u-port

2.3.3 국외 기술동향

○ 플랜트 설비 데이터 호환(ISO 15926)

- 플랜트 CAD 데이터를 추출하는 과정은 BIM IFC 기준 데이터 추출과정과 유사한 ISO 15926 기술표준 제정.

- ISO 15926 프로세스 플랜트 (Process Plants)는 국제표준화기구인 ISO의 기술 위원회 TC184산하의 소위원회 SC4에서 석유 가스 플랜트 엔지니어링 분야의 데이터 표준임. ISO 15926 표준을 구성하는 주요 파트들로는 파트 2, 파트 3, 그리고 파트 7이 있음. 플랜트 데이터는 파트 2의 데이터 모델을 준수하고, 참조 데이터 라이브러리의 데이터를 참고하여 파트 7에 명시된 방법에 따라 표현, 저장됨.

- ISO 15926 파트 2는 프로세스 플랜트의 기술 정보 표현을 위한 개념적인 데이터 모델을 명세하고 있음. 파트 2의 데이터 모델은 정보의 통합을 가능하게 하고, 안정적이면서 유연성 있는 공정 플랜트 데이터 표현을 위한 기반 데이터 모델임. ISO 15926 파트 2 데이터 모델은 기능적 객체와 물리적 객체의 분리가 가능하고 클래스(abstract_object의 서브 타입)와 개체(possible_individual)의 명확한 분리가 가능하기 때문에 클래스 레벨의 정의가 이뤄지는 설계와 시공 단계와 객체 레벨의 관리가 필요한 운영 및

유지보수 단계의 통합이 용이함. ISO 15926 파트 2 데이터 모델은 4D 접근법을 채용하여 공간 차원과 시간 차원을 통합한 모델이어서 특정 시스템에서의 객체상태를 표현 할 수 있음. ISO 15926 파트 2 데이터 모델의 장점은 요구 사항, 계통도, 그리고 3D 설계 순으로 진행되는 플랜트 엔지니어링 흐름에 적합함.

- ISO 15926 파트 2 데이터 모델은 개별 프로세스 플랜트 데이터 교환을 위해 필요한 기본 정보 객체들을 제공하지만, 플랜트 데이터에 대한 충분한 의미 정보를 제공하지는 않음.

- ISO 15926 파트 4는 오일 및 가스 설비를 포함한 공정 플랜트에 공통적인 기자재 정보를 표현하는 참조 데이터 라이브러리 (reference data library, RDL)의 구축 방법을 규정하고 참조 데이터 라이브러리의 최상단에 위치하는 초기 참조 데이터 (initial reference data, iRDL)를 제공함.

- ISO 15926 RDL은 다양한 프로세스 플랜트 데이터 집합 내에서 일관된 의미를 제공하여 명확한 정보의 공유를 가능하게 하기 위하여, ISO 15926 파트 2 데이터 모델을 논리적으로 확장시킨 것임. ISO 15926 표준의 활용은 공유하는 참조 데이터에 종속적임. 개별 프로세스 플랜트에 대한 데이터는 송신자와 수신자가 모두 동일한 참조 데이터를 사용할 때만 정확한 데이터의 공유 및 교환이 가능하므로 참조 데이터 라이브러리는 명확한 의사소통을 가능하기 위해서 충분한 의미 데이터 집합이 필요.

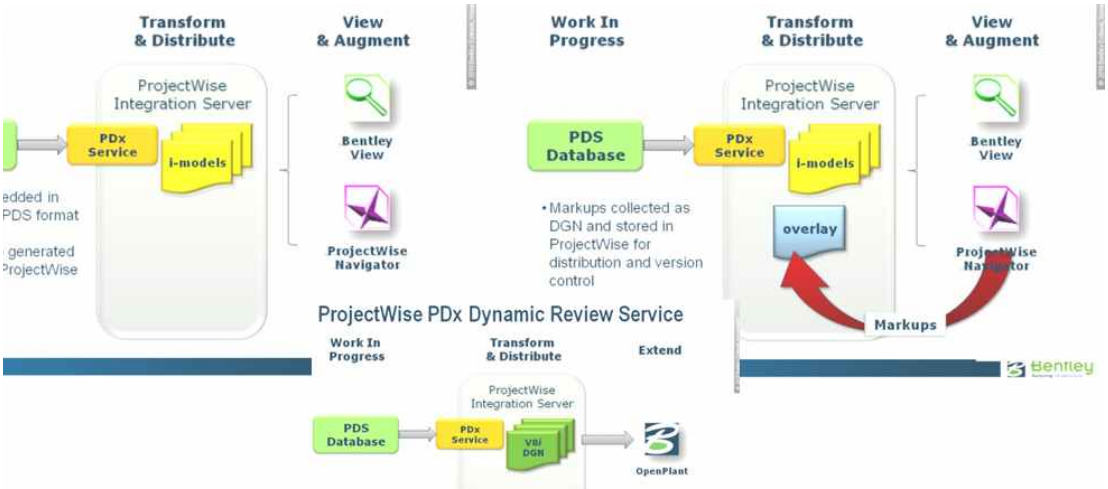
- ISO 15926 파트 7은 프로세스 플랜트의 생애주기 데이터의 통합, 공유, 교환 그리고 이양을 위한 WOL (Web Ontology Language)과 웹서비스 기반의 구현 방법을 규정함. ISO 15926 파트 7에서 제공하는 규격은 크게 두 가지로, 하나는 플랜트 데이터 표현을 위한 정보 모델링 자원인 템플릿 (template)과 객체정보모델 (object information model, OIM)이고, 다른 하나는 플랜트 데이터 공유를 위한 데이터 저장소의 구현 사양임.

- 플랜트 CAD 메이저 업체인 Bentley사는 ISO 15926 데이터모델 기반의 설비 애플리케이션인 '오픈플랜트'를 개발함으로써, 이종시스템을 연결하는 분산된 기업협력을 촉진하고 있음. 오픈플랜트의 특질은 설비 라이프사이클 전체에 분산된 팀과 작업 패키지 간의 지속적이고 정확한 데이터 공유,

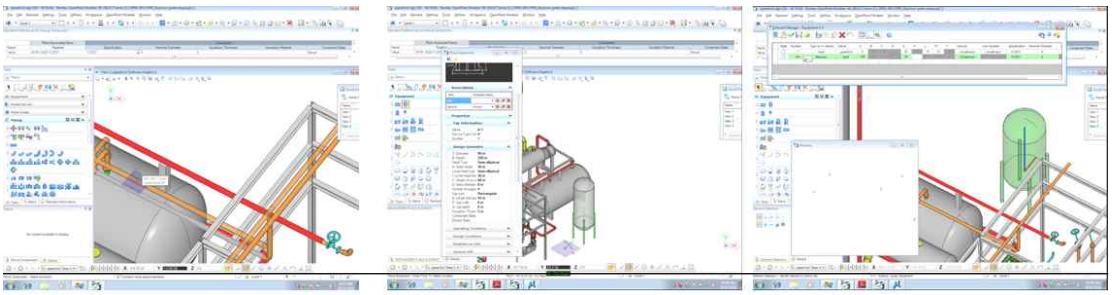
재사용을 위한 균일한 연합임. 오픈플랜트를 통해서 작업 중단 시간을 감소시키고, 설비 안전도를 상승시키고 향상된 유연성과 생산성을 제공하며 혁신 엔지니어링과 견인 인프라를 위한 운영 촉진을 꾀하고 있음.[30]

- 메이저 CAD 회사들이 ISO 15926 호환에 높은 관심을 보이고 있음. 이는 후발주자로서 건설 플랜트 시뮬레이터가 기존의 현업에서 사용하는 메이저 CAD 벤더의 SW와 연동 가능성을 높이며 이러한 연동을 통해서 건설 플랜트 시뮬레이터가 현업의 업무 프로세스의 일환으로 자리 잡고 시장에 연착륙할 수 있도록 함.

- CAD와 플랜트 설계정보간의 연동가능성에 대해서는 플랜트 설계정보의 교환이 어느 수준에서 가능한지에 대해서는 지속적인 연구가 필요.



<그림 2.24> 벤틀리 오픈플랜트의 ISO 15926 지원 전략

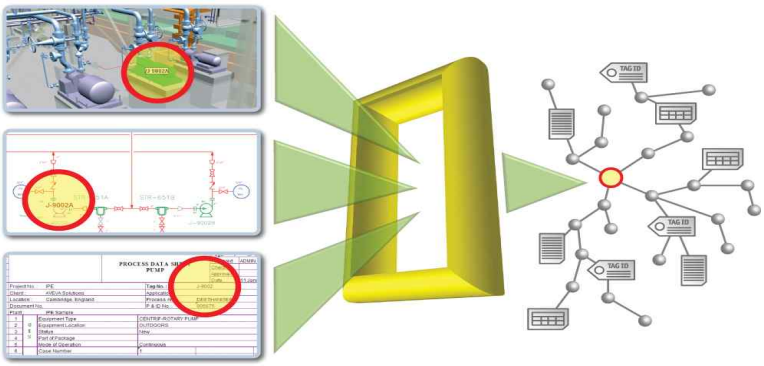


<파이프모델링> <플랜트설비추가> <플랜트설비속성편집>

<그림 2.25> 벤틀리 오픈플랜트 모델링 기능 예시

30) http://realestate.daum.net/news/detail/all/MD20080130155908193.daum

- 특정 CAD package 회사의 CAD 데이터를 추출하지 못하면 이 데이터로부터 파생될 수 있는 다양한 PLM, PDM 컨텐츠 기술들을 개발할 수 없음.



<그림 2.26> Plant CAD 데이터 추출 사용 패키지 예: AVEVA NET GatewaysTM

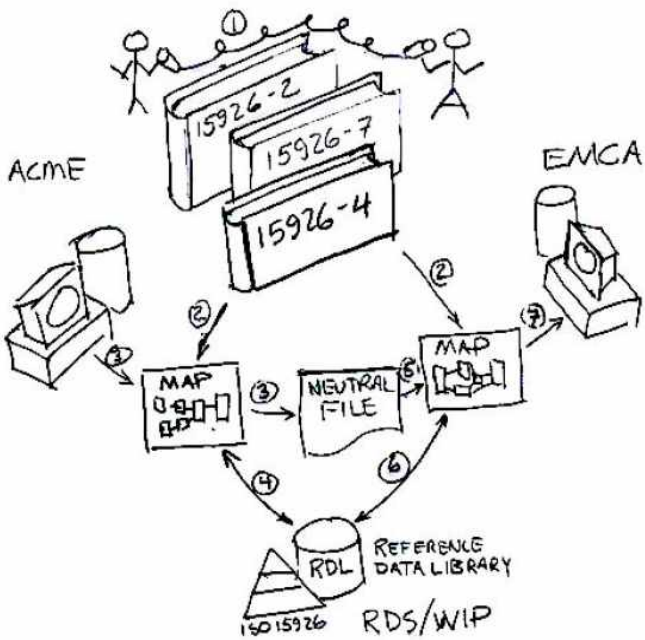


Fig. 3.26 Use templates to make modeling easier.

<그림 2.27> ISO 15926을 통한 ACME사 엔지니어링 데이터를 EMCA사 포맷으로 전환하는 절차[31]

31) FiatechTM, An Introduction to ISO 15926, November 2011

○ 디지털 생산 공정

- PSA 푸조 시트로엥 디지털 생산

▪ 프랑스 자동차 제조업체인 PSA 푸조 시트로엥은 차체골격 분리의 혁신 프로세스를 위해 다쏘시스템의 디지털 제조 애플리케이션인 DELMIA의 사용을 강화하기로 하였음.

▪ 3D익스피리언스 플랫폼은 실행 및 접근 가능성 연구 프로그램을 포함한 고급 로보틱스 시뮬레이션을 제공하므로 생산 레이아웃의 초기단계를 지원하고 최종 조립 시뮬레이션, 페인팅, 파워트레인, 스탬핑 등을 보완함. PSA 푸조 시트로엥은 개구부, 패널 및 하부구조를 포함한 자동차 부품의 제조 가능성을 향상시키기 위해, 팀이 개발 초기 단계에 잠재적 제조 문제를 파악하고 해결할 수 있도록 보다 강화된 제품 및 프로세스 통합 추진.

▪ DELMIA 로보틱스 시뮬레이션 애플리케이션은 로봇 레이아웃과 생산 과정을 연결해 공간 할당이 획기적으로 단순화되기 때문에 잠재적인 오류 및 충돌을 줄여 자재 낭비와 재생산의 위험을 막을 수 있게 됐고, 프로그램 간 표준화와 생산라인 재사용을 확대해 공장 유연성을 개선하고 모듈화 전략을 강화할 수 있음.

▪ 이에 더해 PSA 푸조 시트로엥에서는 차체골격 분리에 있어서 엔지니어링과 제조 사이의 완벽한 디지털 연속성을 원해왔고 이 방법이 전반적인 비즈니스 민첩성을 강화할 수 있는 열쇠라고 생각했기 때문에 다쏘시스템 포트폴리오의 사용 확장을 진행 중임.

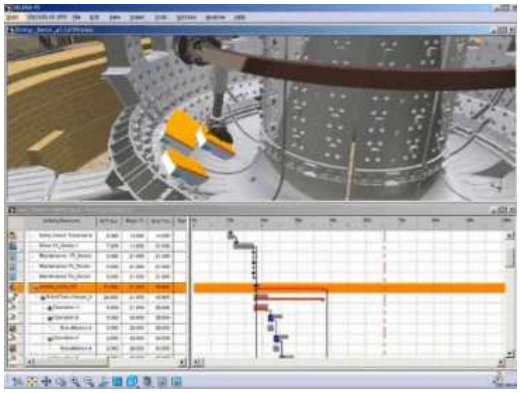
▪ 다쏘시스템의 로보틱스 3D익스피리언스 플랫폼은 개발 초기 단계를 통합해 문제 해결 및 주기 시간을 단축할 것과 특히 금형 설계, 시간 분석 및 오프라인 프로그래밍에서 상당한 생산성 향상 효과를 가져올 것을 기대하고 있음. 이러한 장점으로 인해 개발적이며 확장 가능한 단일 플랫폼 상에서 엔지니어링과 제조의 시너지는 무결점 접근(Zero-defect Approaches)과 오늘날의 복잡한 자동차 혁신 달성에 중요한 역할을 하고 다쏘시스템의 비즈니스 경험 플랫폼을 활용해,

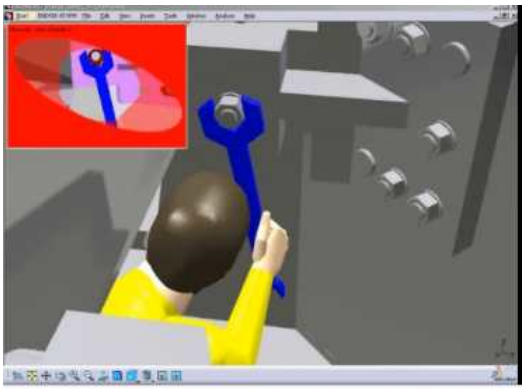
자동차 OEM은 제한 없이 전체 혁신 에코 시스템을 통합할 수 있으며, 생산성 향상을 실현하고 전 세계 고객들이 요구하는 이동성 경험을 제공할 수 있게 됨. 이처럼 PSA 푸조 시트로엥은 엔지니어링과 제조 간의 엔드 투 엔드(End-to-End) 디지털 연속성을 확대하고 초기 로봇공학 계획을 보다 효율적으로 진행할 수 있게 되었음.

- DELMIA(Dassault사)

  ▪ 4D 가상 건설 및 공정 가시화 SW으로 CATIA로 설계한 데이터를 이용해서 DELMIA (Digital Enterprise Lean Manufacturing Interactive Application)는 전 공정을 설계하고 제품의 전체 Lifecycle에 걸쳐 계획과 상세화가 가능하고 3차원 협업 환경에서 생산 시스템을 정의, 생성, 전개하는 건설 시뮬레이션 SW로 본 기획의 범위인 건설 플랜트 시뮬레이터와 가장 가까운 성격의 SW임.

  ▪ 최신 버전의 디지털 공장 솔루션인 DELMIA V5R10은 설계에서 검증까지의 전 공정을 커버할 수 있는 강력한 새로운 도구를 제공하며 DELMIA는 통합 공정 계획 솔루션의 일부분으로 포함되어 사용하면 그 역량이 훨씬 더 크게 발휘됨.





<그림 2.28> DELMIA의 원자력발전소 건설공정 및 작업자 작업 가시화[32]

  ▪ DELMIA Process Engineer와 PPR(Product, Process, Resource) Hub의 협업 기능의 결합으로 엔지니어들의 PPR 내에서 프로세스를

32) Dassault사 제품 DELMIA, http://www.3ds.com/

업데이트하고 저장함으로써 공정 계획을 손쉽게 할 수 있음.

- DELMIA를 구성하는 IGRIP (Interactive Graphic Robotics Integrated Programming)과 Ultra 솔루션은 Robot Workcell을 모델링하고 설계, 평가 및 OLP(Off-Line Programming)하기 위한 확장성이 뛰어난 물리학 기반의 FMS/ROBOT 시뮬레이션 솔루션임.

- 이 솔루션을 통해 실제의 로봇과 주변장치, 운동 속성(Motion Attributes), 기구학(Kinematics), 동역학(Dynamics) 및 입출력 Logic과 연결하여, 매우 정확한 시뮬레이션과 프로그램 작업을 할 수 있음. 또한 로봇의 위치, 동작과 사이클 타임을 최적화하고, 로봇과 부품, 공구 및 주변 설비와의 충돌도 미연에 방지할 수 있어, 설비 비용과 프로그램 시간을 획기적으로 줄일 수 있음.

- CATIA를 이용한 제품의 설계에서부터 DELMIA를 이용한 공정, 휴먼 상호작용 시뮬레이션까지의 단계는 다음의 다섯 가지 과정으로 구분되며 각각의 단계는 바로 앞의 단계를 바탕으로 만들어지는데, 이 5단계의 누적되는 결과로 플랜트의 특정 공정작업이 완성됨.

STEP 1 : 부품 설계
STEP 2 : 조립 설계
STEP 3 : Kinematic 시뮬레이션
STEP 4 : 공정 시뮬레이션
STEP 5 : 휴먼 상호작용 시뮬레이션

- 다쏘시스템은 3D와 온라인에 기반한 PLM 소프트웨어 솔루션을 제공하는 글로벌 기업으로써 완벽한 통합 PLM을 실현하는 6개의 브랜드를 가지고 있음.[33] 다쏘시스템의 제품 브랜드는 3차원 설계 솔루션인 카티아(CATIA), 3차원 공학 설계용 제품인 솔리드웍스(SolidWorks), 가상 생산을 위한 디지털 공장을 구현하는 델미아(DELMIA), 물리적인 시험을 가상으로 테스트하는 시뮬리아(SIMULIA), 글로벌 협업 기반으로 한 제품 수명주기 관리 솔루션인 에노비아(ENOVIA), 온라인/오프라인을 기반으로 가상 제품 또는 가상 세계를 구현하여 3차원 가상 체험을 제공하는 쓰리디비아

33) 월간 기계기술, PLM을 통한 비용 절감 및 생산 기간 단축 실현, 2010.07.01., http://www.ei.co.kr/content/view.asp?idx=3817

(3DVIA)로 구성되어 있음.

<그림 2.29> DELMIA로 작성한 공장 작업 animation 예

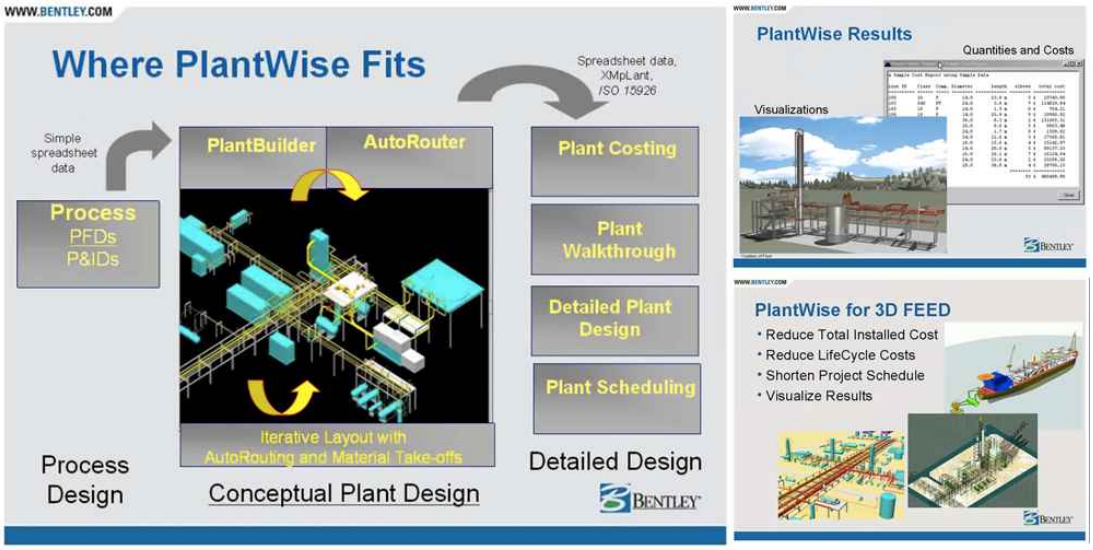
- ERGONOMICS TASK DEFINITION : DELMIA Ergonomics Task Definition (ETD)는 EGE (DELMIA Ergonomics Evaluation) 상에서 사용자가 CATIA V6 환경에서 살아 움직이는 듯한 마네킹으로 작업 내용을 만들고 모사하고 검증하여 구축됨. 직관적인 사용자 인터페이스 상에서 V6 사용자들은 작업자가 제품과 어떻게 상호작용하고 작업장에서 과업을 수행하는지를 손쉽게 구성하고 모사할 수 있고 물건 집기, 물건 내려놓기, 걷기, 장치 운전하기, 도구 사용하기 등 통상적인 수작업은 사전에 정의된 동작들을 사용하여 단순화함.

<그림 2.30> DELMIA Ergonomics Task Definition에 의한 손쉽게 구성할 수 있는 현장작업 animation 예[34)]

34) DELMIA, DELMIA Ergonomics Task Definition Human Activities Datasheet, Dassault Systems, WWW.3DS.COM/DELMIA

- 벤틀리의 PlantWise

  ▪ 벤틀리의 PlantWise는 컨셉 설계용의 3D CAD 기능을 중심으로 공사비 절감, LCC 절감 및 프로젝트 일정 단축 등의 조달, 시공 계획 지원 기능을 보유하고 있음.



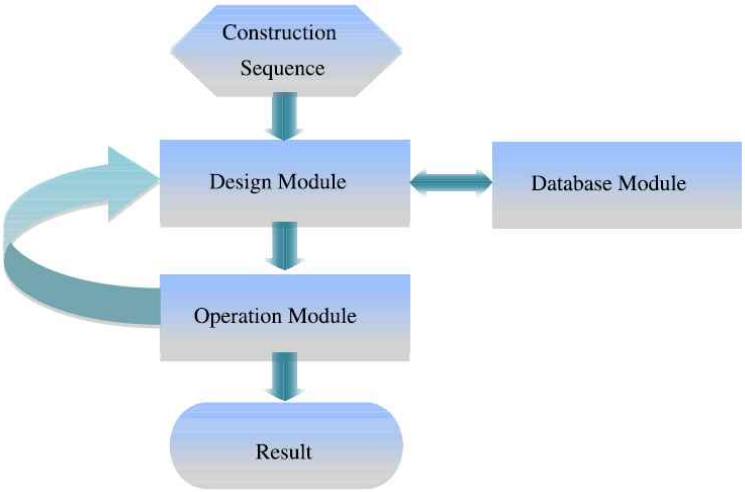
<그림 2.31> Bentley PlantWise 기능 예

○ 4D 시뮬레이션 기술

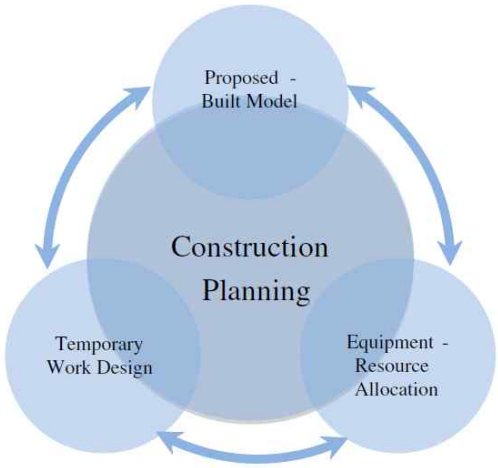
- 건설기계에 의한 플랜트 시공 작업 animation

  ▪ 플랜트 시공에 필요한 건설기계 라이브러리를 구축한 후 플랜트 건설 각 단계 별 작업에 투입되는 건설기계와 진행되어야 할 시공내용을 매칭시켜 animation을 수행.

  ▪ DELMIA V5은 3D 모델과 연동된 시공계획을 개발을 위해 Visual Basic for Applications (VBA)와 Microsoft Project를 사용함. VBA는 객체지향형 프로그래밍 언어로서 강력한 GUI의 지원을 받아 구체적인 기능들을 개발하고 전체 모델의 구성요소간의 매끄러운 연결 가능.



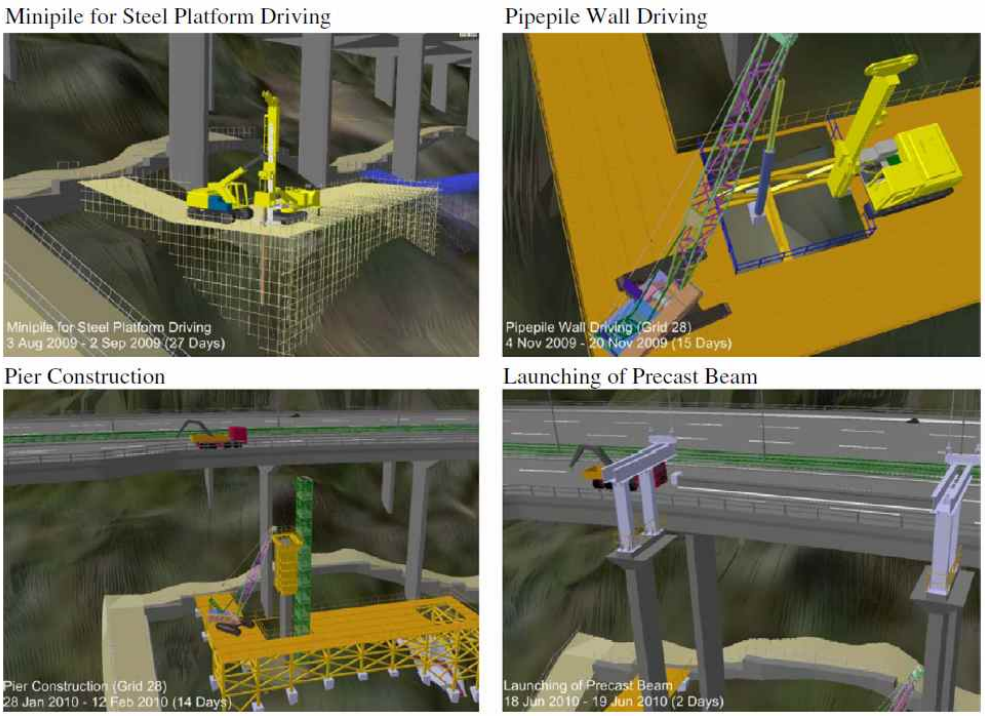
<그림 2.32> Design of the Virtual Prototyping Simulator [35)]



<그림 2.33> The relationships among proposed-built model, temporary work design and equipment resource in construction planning.

35) Heng Li et al, Virtual prototyping for planning bridge construction, Automation in Construction 27 (2012) pp. 1 - 10.

<그림 2.34> Representation of the construction situation.

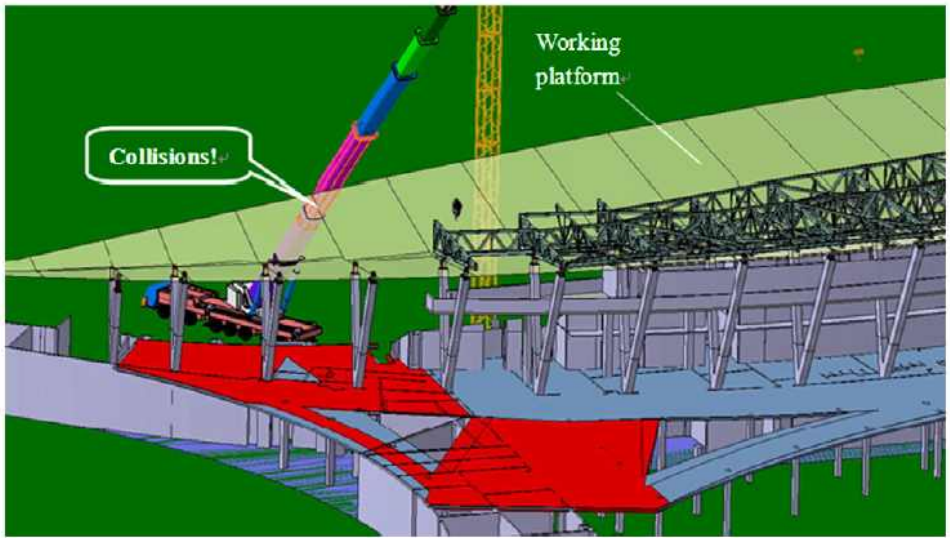


<그림 2.35> Snapshots of the construction simulation

- 건설시공 virtual prototyping에 의한 건설기계와 구조물의 물리적 간섭 체크와 공정 순서 재구성 설계.

  ▪ 개발된 시뮬레이터를 이용하여 가상 공정 작업 중 물리적 간섭을 체크할 수 있으며 이러한 문제 발생 시 현장에서는 해당 구조물을 해

체하고 다시 작업 필요.

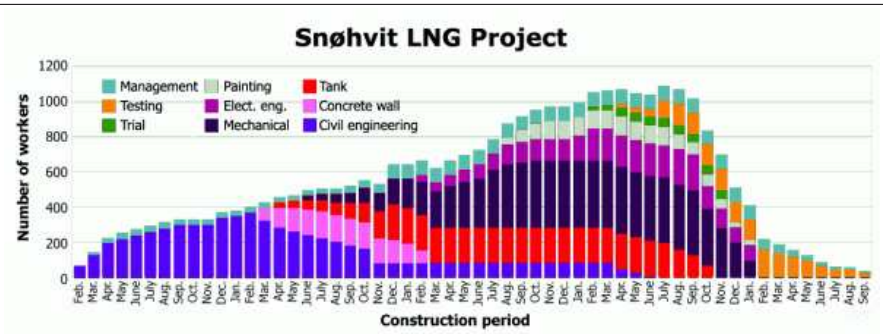


<그림 2.36> Collision between the mobile crane and the working platform [36)]

○ 시공계획 최적화

- LNG 플랜트 시공기간과 기간 별 작업자 수 상관관계.

  ▪ 경험적 설계를 건설 플랜트 시뮬레이터를 이용한 가상시공과 시공 최적화 로직을 적용하여 예측정도를 높임으로써 비용 및 기간을 단축시키는 시공설계 경쟁력 개발 필요.



a. Snøhvit LNG project in Norway

36) H.L. Guo, VP-based safety management in large-scale construction projects: A conceptual framework, Automation in Construction 34 (2013) 16.24

37) La'o Hamutuk, Sunrise LNG in Timor-Leste: Dreams, Realities and Challenges, February 2008, http://www.laohamutuk.org/Oil/LNG/chap5.htm

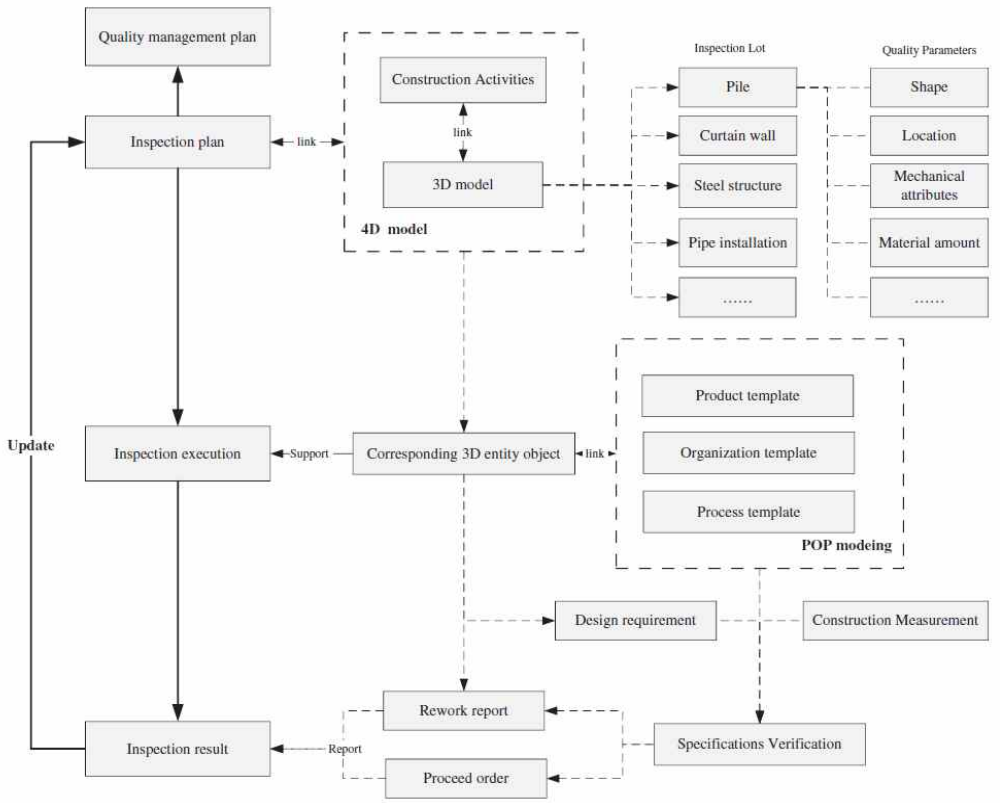
b. Projected employment during the construction of the first train at the LNG plant in Darwin, Australia[37)]

<그림 2.37> 월별 시공 작업자 수

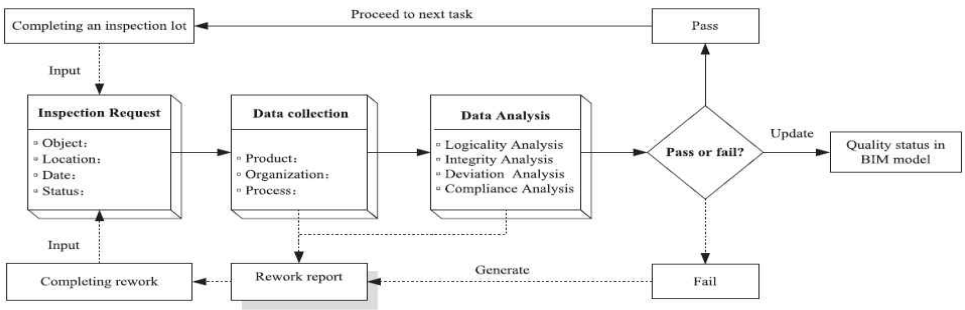
- BIM-based construction quality model

  - 건축물의 BIM처럼 PIM (Plant Information Modeling)을 구축하여 이를 기반으로 플랜트 공사 품질관리를 수행해야 함. 실제 공사에서도 품질관리를 해야 하지만 가상현실의 공정에 대해서도 quality model을 적용하여 공정 설계의 문제점을 사전에 파악 가능.

  - 주어진 공정단계에서의 Inspection Request (예로서 대상물, 작업 진도 목표, 위치 등)를 설정한 후 해당 공정단계 중 시뮬레이터를 통해 시공된 데이터를 수집함. 해당 데이터에 대하여 Data analysis 과정을 거치는데 이 과정에서는 Logicality, Integrity, Deviation, Compliance 분석을 수행함. 이 결과를 평가하여 pass or fail을 판단하고 fail을 경우 rework report를 생성하여 해당 문제를 해결하도록 함. pass의 경우 다음 단계로 이행하고 이러한 일련의 검사과정과 관련된 데이터는 PIM model의 품질관리 현황 DB에 관리함.



<그림 2.38> The execution of construction quality management inspection plan using BIM quality model[38)]



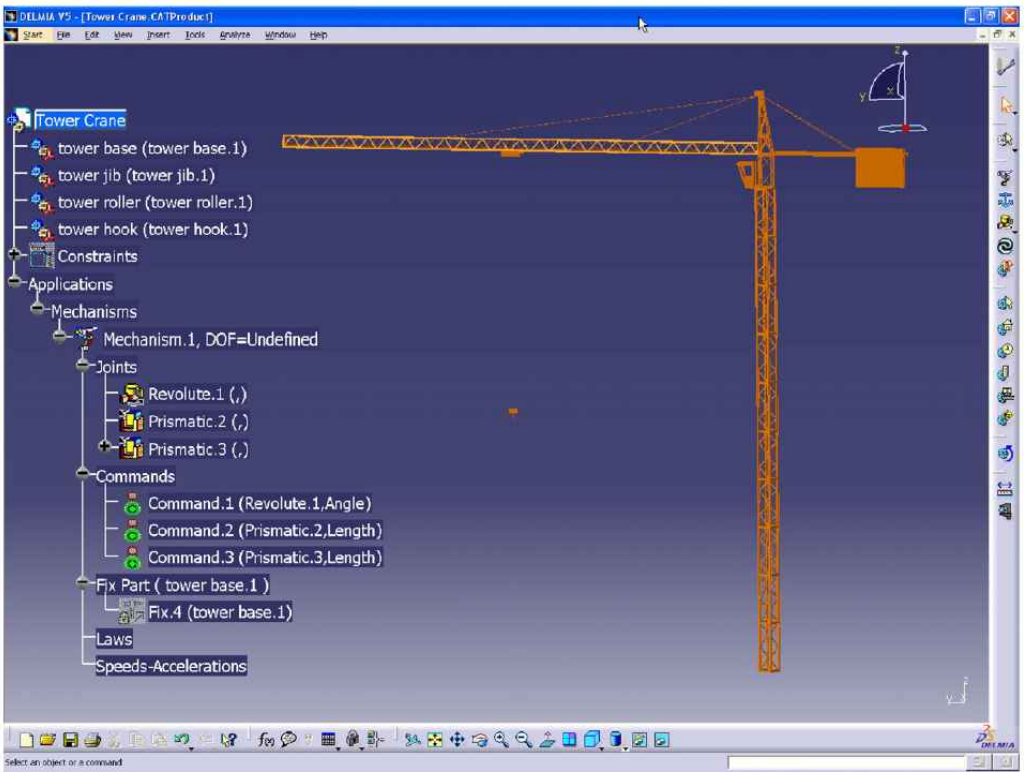
<그림 2.39> Workflow of BIM-based construction quality model

- 현장 시공 순서 최적 설계

  ▪ DELMIA DPM을 이용하면 최소 단위 공정작업들을 정의하고 이들을 직렬 또는 병렬로 배치하여 전체적인 작업 공정이 유연하게 구성되도록 할 수 있음. 이러한 작업 단위간의 연결 관계는 Pert chart나

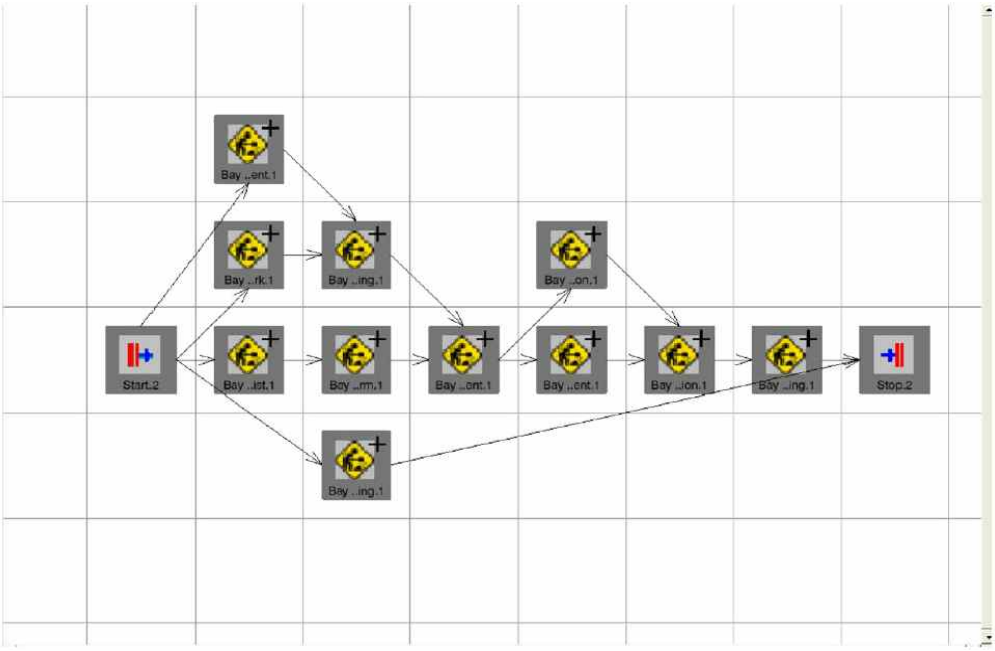
38) LiJuan Chen, Hanbin Luo, A BIM-based construction quality management model and its applications, Automation in Construction xxx (2014) xxx.xxx

Gantt 차트로 확인할 수 있음. 단위 작업을 구성하기 위한 건설기계의 물리적 제한 조건이나 운동 범위 등도 명령어를 이용하여 손쉽게 설계 가능.



<그림 2.40> Mechanism model of tower crane. [39]

39) Ting Huang, A virtual prototyping system for simulating construction processes, Automation in Construction 16 (2007) pp. 576-585

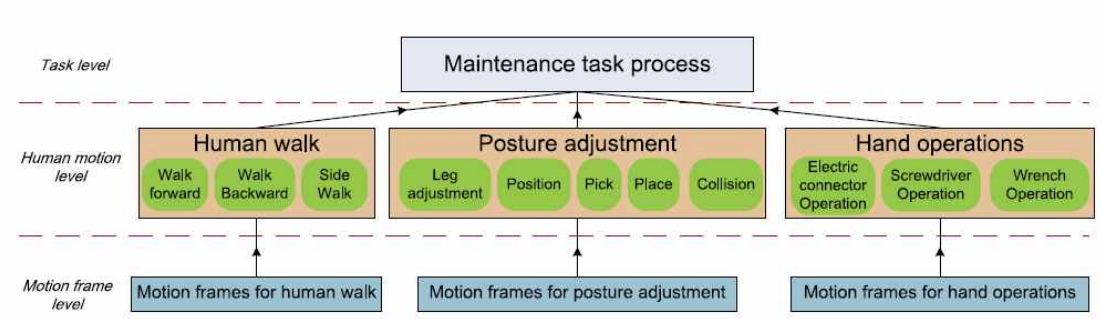


<그림 2.41> Linking serial and parallel activities using PERT chart view

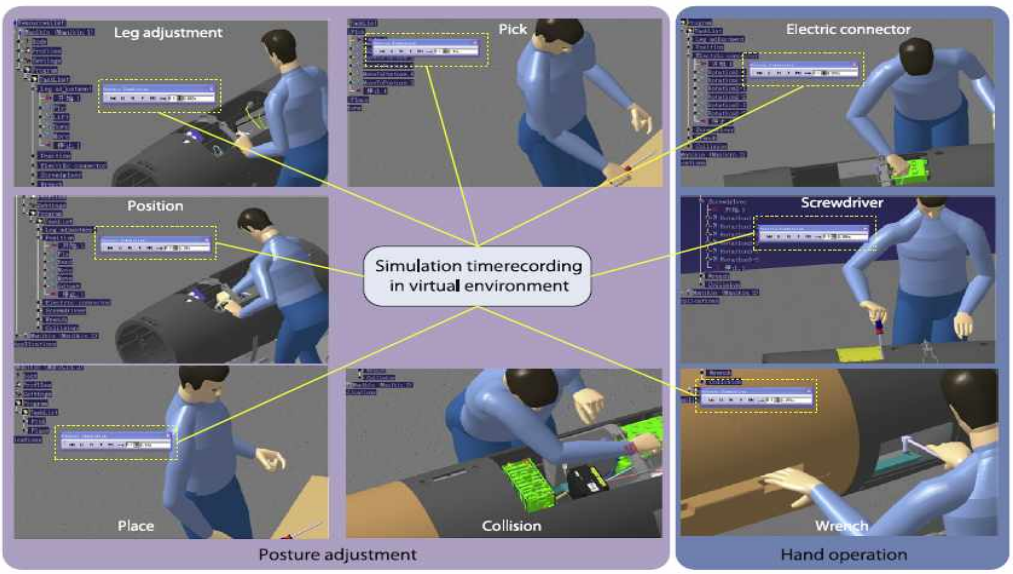
- 가상현실 작업자의 수작업 분석을 통한 실제 작업 소요시간 추정 및 수작업 최소화 전략 설계.

- DELMIA를 이용하여 수작업 과정을 모사하고 소요시간을 계산할 수 있음. 플랜트 시공에 필요한 수작업을 분석하여 소요 작업 시간도 계산할 수 있고 불필요한 작업 또는 위험한 작업을 사전에 파악하여 개선 가능.

- 수작업 과정에서 요구되는 근력 및 반복 회수 등을 검토하여 작업 피로도, 작업안전, 소요 인원 등이 객관적으로 분석됨. 유사 공정 단계별 가상현실 시나리오를 라이브러리로 구축하면 몇 가지 유형의 작업이 반복되는 플랜트 시공의 전 과정을 빠르게 완성할 수 있으므로 시뮬레이터 개발 경험이 축적될수록 시뮬레이터 개발 생산성 및 완성도 향상 기대.



<그림 2.42> The relationship among task, human motion, and motion frames [40]



<그림 2.43> Simulation time for each single human motion 9)

○ 방재 분야[41]

- 재난관리를 위한 시뮬레이션(미국)

  ▪ 1996년 9월 버지니아 주 일대는 허리케인으로 인해 홍수피해 경험.

  ▪ 주정부는 VOIS(Virginia Operational Information System)를 이용하여 재난 대응 및 복구 활동을 펼친 끝에 하나로 통합된 정보시스템을 통해 모든 정부기구가 정보를 공유하면서 효율적인 복구 활동을 펼침.

40) Jie Geng, Compensation-based methodology for maintenance time prediction in a virtual environment, Simulation Modelling Practice and Theory 47 (2014) 92.109
41) "안전방재고도화를 위한 산업기술의 현황" 한국산업기술진흥원 2011.8 인용

- 1998년 4월 앨러배마 주 버밍햄 일부가 강력한 F-5급 토네이도로 인해 피해.
- 버밍햄 인근의 제퍼슨 카운티 재난관리국은 재난관리 시스템을 구축하여 구호품을 효율적으로 배분.
- 구호품 관리와 적시 보급은 매우 중요하면서도 복잡하나 이와 같은 재난관리 프로그램을 통해 이 과정을 단순화하고 효율을 향상시킴.

- IBIS WORLD(미국)

  - IBIS WORLD는 미국의 자연재해 및 비상사태에 의한 피해를 절감하기 위한 사업을 하는 데 지원을 하는 기업으로 자연재해저감을 위한 통계 및 경제적인 자금 계획을 위한 지원활동을 수행.

- 지구변동예측에 관한 연구개발의 추진(일본)

  - 지구온난화 등의 지구변동현상에 대하여 지구의 상태를 진단하는 관측시스템, 예측 시뮬레이션 등 연구.

- 원유유출에 의한 해양오염에 대한 대응능력 향상(일본)

  - 나호토카 호, 다이아몬드 그레이스 호의 사고로 볼 수 있는 원유유출사고에 대한 대응 능력 향상을 위해 유출사고를 조기에 발견하기 위한 연구개발, 피해를 최소로 줄이기 위한 연구개발, 유출유의 영향을 조사하기 위한 연구개발 수행.

○ 3D 프린팅

- 3D 프린팅 기술 방식에는 매우 다양한 종류가 있으며 크게 사용되는 원료에 따라 액체, 파우더, 고체 기반으로 분류할 수 있음.

  - 각각의 방식은 저마다 고유의 장점과 단점을 지니고 있는데, 조형 속도와 조형의 정확도, 세부적인 디테일에 차이가 있으며 색깔을 자유롭게 할 수 있는 방식과 단색으로만 가능한 방식이 있음.

- 액체 기반의 방식들은 주로 액체 상태의 폴리머 합성수지와 그 외의 합

성수지를 이용, 물체의 모양을 따라 한 층씩 쌓은 후 광경화(photocure)1) 시키는 과정을 거침.

- 액체 기반의 대표적인 방식은 SLA(Stereolithography)로 상업적으로 가장 먼저 도입 되었음.
- SLA외 액체원료 기반의 방식으로는 Jetted Photopolymer와 Ink Jet Printing 방식이 있음.
- 액체 기반 방식은 대체로 원래 형태에 근접하는 정확한 조형이 가능하다는 장점이 있으나, 경화 플리머가 시간이 지나면서 마모될 수 있어 내구성이 떨어진다는 단점이 있음.

- 파우더 기반 방식은 파우더 형태로 만들어진 합성수지, 금속 원료를 녹이거나 소결(燒結)하는 과정을 거침.

- 파우더 기반의 방식으로는 SLS(Selective Laser Sintering), DMLS(Direcct Metal Laser Sintering)와 3DP(Three Dimensional Printing) 방식이 있음.
- 파우더 기반의 방식은 합성수지에서 금속, 세라믹까지 다양한 원료를 사용할 수 있으며, 액체원료의 광경화 과정을 거친 결과물보다 견고하다는 장점이 있음.

- 고체 기반 방식은 주로 고체 상태의 원료를 깎아서 만드는데, 원료의 가공 형태에는 차이가 있음.

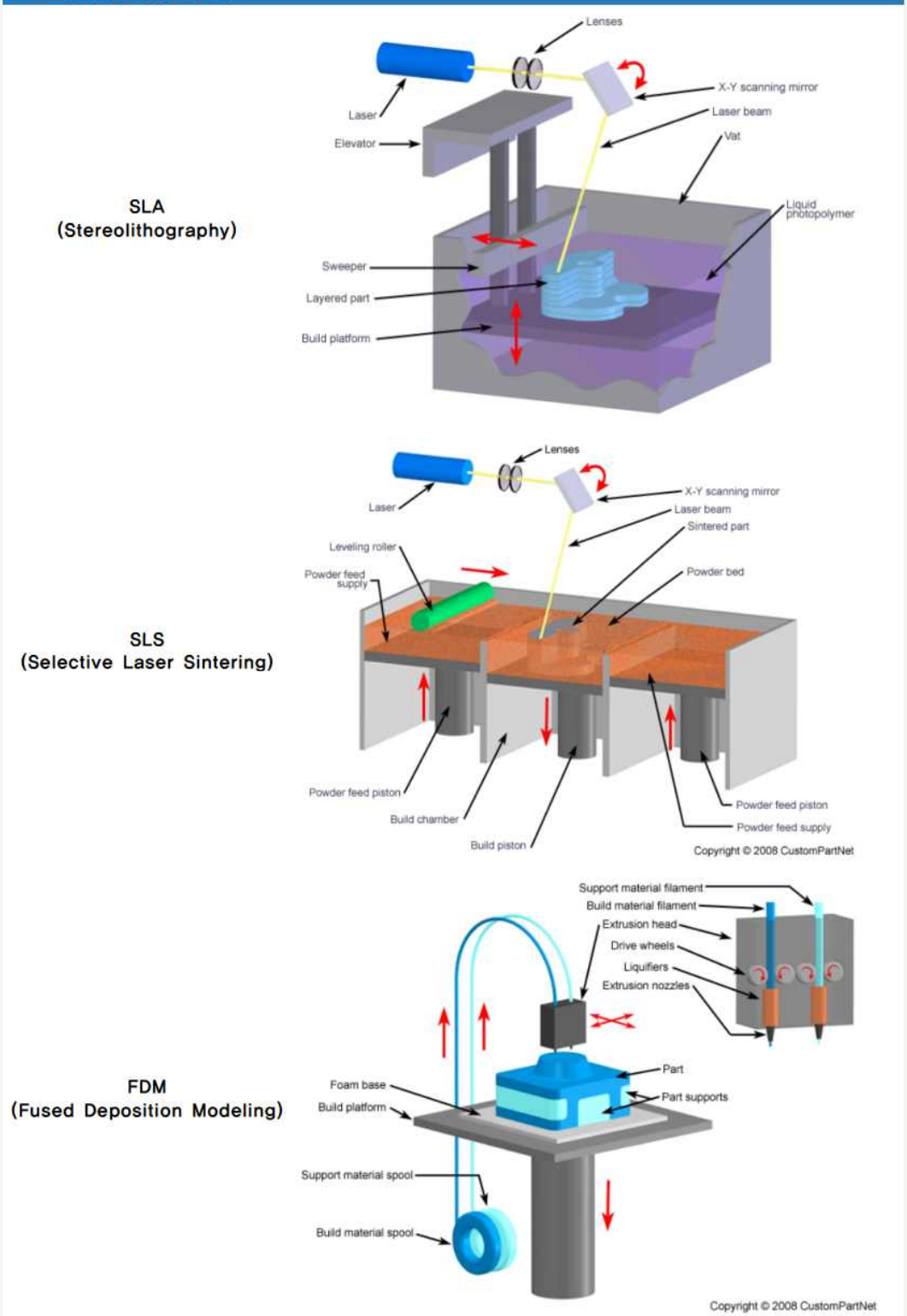
- LOM(Laminated Object Manufacturing) 방식은 종이 형태의 얇은 원료를 한 장씩 쌓고 물체의 모양대로 깎아나가는 과정을 거침.
- FDM(Fused Deposition Modeling) 방식은 실 형태의 원료를 녹여서 한 층씩 쌓게 되는데, 액체, 파우더 기반 방식과 유사한 특징을 보임.

3D 프린팅 주요 기술 방식			
분류	기술명	원리	특징
액체 기반	SLA (Stereolithography)	- 저전력, 고밀도의 UV 레이저를 이용 - 빛을 받으면 고체로 변하는 폴리머 액체에 물체의 모양대로 레이저를 쏘아 얇은 막(Layer)을 생성함 - 막이 만들어지면 표면을 매끄럽게 만들기 위해 칼날이 표면을 다듬게 됨 - 받침대는 막이 하나씩 완성될 때마다 모형을 아래로 조금씩 내리며 수평을 유지함 - 층을 모두 쌓아올려 형체가 완성되면 완전한 고체로 굳히는 과정을 거침	- 찰스 헐(Charles Hull)에 의해 고안되어 1988년 3D Systems 사에 의해 도입됨 - 가장 널리 쓰이는 기술임 - 정확하고 세부적인 모형을 제작 가능 - 액체 형태의 포토폴리머 (Photopolymer) 플라스틱을 원료로 사용함 - 중간 정도의 조형 속도
파우더 기반	SLS (Selective Laser Sintering)	- SLA 방식과 거의 유사한 과정을 거치는데, 파우더 형태의 폴리머나 메탈 원료에 레이저를 쏴서 고형화시킴으로써 막(Layer)을 생성함 - 막이 형성되면 그 위에 파우더를 얇게 뿌리고 다시 레이저를 쏴서 새로운 막을 형성 - 플라스틱 폴리머 원료는 막을 층층이 쌓아올리면 그대로 모형이 완성 - 메탈 원료는 메탈 파우더 위에 플라스틱이 얇게 도포되어 있어 레이저를 쏴서 막이 형성되고 모형이 완성된 후에는 900도 이상의 용광로에 모형을 넣어 플라스틱 막을 분해시키고 금속을 침윤시켜 결합시킴	- University of Texas System 연구진에 의해 개발됨 - 나일론, 유리섬유, SOMOS, 트루폼과 같은 다양한 원료와 함께 금속성 원료를 사용할 수 있다는 장점이 있음 - 조형 속도 빠름
고체 기반	FDM (Fused Deposition Modeling)	- 고체 필라멘트(실) 형태의 플라스틱이나 왁스 원료가 노즐을 통해 분사되어 얇은 막을 형성 - 노즐은 플라스틱을 녹일 수 있을 정도의 고열을 발산하며, 노즐을 통과한 원료는 신속하게 경화되어 아래 막 부분에 층층이 쌓이게 됨	- 미네소타의 Stratasys사에 의해 개발됨 - ABS, 폴리아미드, 폴리카보네이트, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 왁스 등 여러 형태의 원료를 사용 가능 - 조형 속도 느림

출처: Custompartnet(2008, http://www.custompartnet.com/wu/additive-fabrication#technologies)

<그림 2.44> 3D 프린팅 주요 기술 방식

3D 프린터의 기술별 원리



출처: Custompartnet(2008, http://www.custompartnet.com/wu/additive-fabrication#technologies)

<그림 2.45> 3D 프린팅 기술 별 원리

- 3D 프린팅 기술 전망

▪ 3D 프린팅 기술이 향후 제조업과 각종 산업의 혁신 동력으로 자리 잡을 것이라는 데는 이견이 없으며, 이에 따라 세계 각국에서는 3D 프린팅 기술의 활성화를 위한 연구기관 설립과 정책적 지원책을 추진하고 있음.(ScienceNews, 2013. 3. 9)

▪ 미국에서는 3D 프린팅을 통한 제조업 혁신을 꾀하기 위해 NASA와 국립과학재단(National Science Foundation), 국방부, 에너지상무부의 재정지원으로 2012년 8월, 오하이오의 영스타운(Youngstown)에 국립 첨삭가공 혁신연구소 NAMII(National Additive Manufacturing Innovation Institute)를 개설.

▪ NAMII는 3D 프린팅 기술을 산업과 대학의 연구실에 도입하는 것을 지원하고 제조업체들이 3D 프린팅 원료와 기기를 시험해 볼 수 있는 훈련 프로그램을 운영할 것으로 알려짐.

▪ 유럽연합(EU)은 현재 제조업이 총 GDP에서 차지하는 비중 16퍼센트를 2020년까지 20퍼센트로 끌어올리기 위한 노력의 일환으로 3D 프린팅 기술을 도입하고 적극적으로 투자할 것을 계획하고 있음.

▪ 2012년 9월에는 영국이 3D 프린팅 기술의 연구 개발을 위해 1,000만 달러를 투자할 것이라고 밝혔음.

▪ 3D 프린팅 기술이 촉발할 산업 혁신은 ① 디자인 혁신, ② 생산시스템과 재고관리의 변화, ③ 제품 3D 설계디자인의 유통, ④ 맞춤형 DIY 생산 활성화, ⑤ 의료 및 생명공학의 발전으로 요약할 수 있음.

① 3D 프린팅 기술은 첨삭 가공 방식을 통해 복잡한 외형도 한 번에 이어 붙여 손쉽게 만들 수 있기 때문에 기존의 제조 기술로는 불가능했던 복잡하고 난해한 디자인, 매끄러운 곡선형 디자인을 가능하게 함으로써 디자인 혁신을 이끌 것으로 전망됨.

② 3D 프린팅 덕분에 다품종 소량 생산, 시장 반응을 보기 위한 초기 물량 소량 생산이 가능해지고, 더 나아가 고객의 주문에 바로 3D

프린터로 제품을 제작하는 시스템이 확립되면 재고가 전혀 없는 유통 관리가 가능해질 전망.

③ 3D 프린터에 사용되는 3D 설계 파일은 제품의 도면 역할을 하면서 동시에 3D 프린터를 가동시키기만 하면 바로 제품 그 자체가 되기 때문에, 일종의 상품과도 같은 역할을 하게 되고 온라인 플랫폼과 서비스를 통한 설계 파일 거래가 활성화될 수 있음.

④ 집에서 손수 필요한 물품들을 제작하는 DIY 애호가들에게 3D 프린팅 기술은 모든 것을 만들어낼 수 있는 가능성을 제공하고, DIY 생산이 크게 활성화될 것으로 기대.

⑤ 의료 분야와 생명공학 분야에 3D 프린팅이 접목됨으로써 인공 장기, 인체 조직 개발이 가능해지면 의료 혁신의 원동력으로 작용할 수 있음.

○ 4D 전자매뉴얼

- 에이전트 기반의 플랜트 건설 시뮬레이션 기술 (Interaction)

▪ 현재 BIM 및 3D 모델링 기술로 만들어진 프로젝트가 대부분인 상태에서 에이전트 개념을 도입하여 사전에 일어날 수 있는 오류나 잘못된 설계를 미리 체크하고 검토함으로써 시간 및 비용이 절감됨. 또한 화재나 천재지변발생 등의 재난 시에도 에이전트 기술을 활용하여 어느 정도 미리 대처할 수 있음.

▪ 재난 시 에이전트가 몇 분 안에 탈출하며 어느 정도 속도로 움직였는지 등의 구체적인 테스트를 통해 시공 및 설계에 안정성 및 완성도를 높여서 설계할 수 있음. 에이전트의 응용분야가 넓음.

▪ 에이전트를 통해 이벤트(Interaction)를 활용하여 실질적인 작업동선을 미리 파악, 가시화 하여 효과적인 작업 및 우선순위, 간섭을 막을 수 있음. 더 나아가 공정관리 하는 데 있어서도 유리하기 때문에 결과적으로 공기단축이 일어나 자원관리 및 시간, 비용이 감소되는 효과가 있음.

- 에이전트 기반의 플랜트 건설 시뮬레이션 기술전망

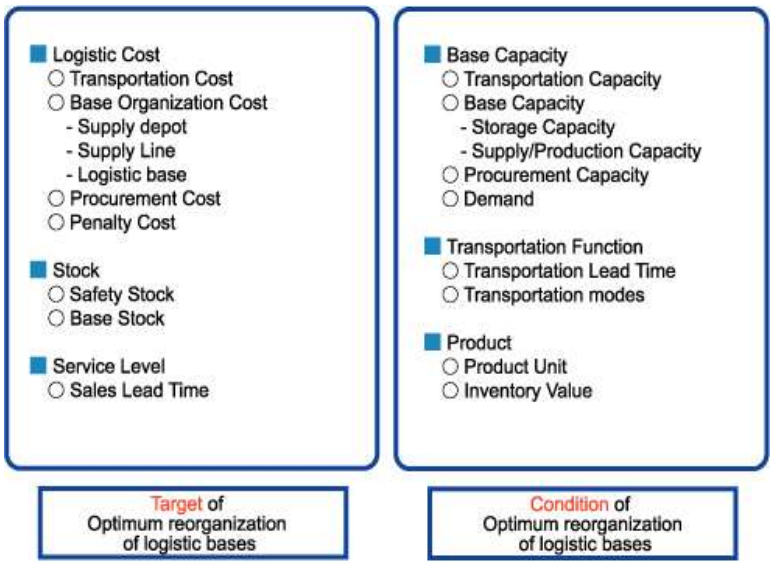
  ▪ 아직 시장이 제대로 확보되지 않았고 대부분 BIM 및 3D모델링이 대부분이지만 시장추세를 봤을 때 BIM은 앞으로 계속 발전가능성이 높고 해외 또한 BIM이 활성화 되어 있으므로 에이전트 기반의 건설 시뮬레이션 기술로 인해 산업발전에 기여 가능성 및 기대이익이 굉장히 높음.

  ▪ 에이전트 플랜트 건설 시뮬레이션을 통해 얻을 수 있는 기대수익이 높음. 기본적으로 투입되는 인력감소, 공기단축 등의 효과가 있어 최종적으로 예산이 감소되는 효과가 있음. 따라서 경제적으로나 시장성으로나 기술적으로도 사회발전에도 기여.

○ **운송 네트워크 분석 및 최적화**

- 플랜트 시공 시 물자 보관 및 수송 최적화 전략

  ▪ 물류 수송의 목표는 물류비용, 재고 물량 등을 최적화하는 것이고 목표 달성을 위한 물류기지 용량, 이송수단 등의 최적화 전략 수립 필요.



<그림 2.46> 플랜트 시공을 위한 물류 기지 최적화 목표와 조건

- 국제적으로는 해상 화물 컨테이너 수요 증대와 함께 항만 및 해상 물류

수송의 글로벌화가 요구되어 세계 10대 항만들은 원활한 물류서비스 제공과 복합운송시스템 구축, 효율성과 생산성 증대를 위한 항만물류정보자동화시스템 구축에 적극적인 움직임을 보이고 있음.

- 고가/위험화물 컨테이너에 대한 사건사고가 증가함에 따라 국내외 대형화주, 운송업체를 중심으로 컨테이너물류 추적 요구사항 급증.

  ▪ 매년 미국에서 도난 되는 컨테이너화물 가치 약 300억 달러 추정 (Inbound Logistics 2010.01)

- 2001년 9.11사태 이후 국제해사기구(IMO)를 중심으로 국제해상운송의 안전을 강화하기 위한 노력이 시작.

- 물류/운동 보안에 대한 문제가 이슈화 되면서 이를 해결하기 위한 핵심기술로 IoT(Internet of Things)기술이 주목 받고 있음.

○ GIS

- 모바일 환경이 급속도로 확대되면서 글로벌 주요 기업들이 앞 다퉈 GIS를 활용해 마케팅・영업에 활용.

- 미국과 유럽 등에서 많은 기업들이 GIS를 도입해 영업, 고객관리, 공급망 관리(SCM) 등에 활용.

- 나이키, 스타벅스, 페덱스, 맥도날드, 뱅크오브아메리카 등 글로벌 기업들은 GIS를 경영 전반에 중요한 분석도구로 활용.

- 일본 쓰나미 재해가 발생했을 당시 많은 기업들이 GIS를 이용해 비교적 빨리 피해지역을 파악하고 복구에 들어갈 수 있었음.

- GIS는 글로벌 시장에서 보편적 경영 도구로 도입되고 있음.

- Google ‘Google Earth’, MicroSoft ‘Virtual Earth’

  ▪ 자사의 플랫폼을 기반으로 3차원 지도 데이터 서비스를 제공.

  ▪ 전 세계를 3차원 지도 데이터로 제작하여 서비스함으로써 새로운 비즈니스 모델로 발전할 것을 기획.

- 미국의 Virtual 3D-City Project(Virtual LA, Boston Atlas)

  ▪ 카 내비게이션, 응급구조 관리, 훈련/홍보 및 교육 분야에 3차원 공간정보를 활용하여 도시 설계진행.

  ▪ ESC(Environmental Simulation Center)에서는 도시계획이나 도시설계과정에서 3차원 공간정보 기술 적용을 통해 시민의 거주적 합성을 개선하여 나가고 있음.

- 핀란드 헬싱키의 'Arena 2000 Real Cyber City' 프로젝트

  ▪ 가상현실 도시를 구축하여 3차원 GIS 서비스를 통해 교통 제어, 화재/사건/사고 감시 및 광관 분야 등에 활용.

- 미국 포틀랜드, TriMet

  ▪ 미국 포틀랜드 시 소유의 대중교통 시스템으로 철도, 버스, 전철 등 대중교통을 연계하여 서비스.

- 미국 FCC, National Broadhand Map

  ▪ NTIA와 연방통신위원회(Federal Communications Commission)가 각 국가, 지역 및 광대역 공급자나 다른 데이터 소스에서 수집하여 공동으로 전국 광대역 지도를 구축.

- 미국, MassGIS

  ▪ 주 정부 운영에 활용되는 GIS 시스템으로 지도상에 긴급대응, 환경계획 및 관리, 교통계획, 경제 발전 등의 다양한 정보를 공간 정보상에 반영하여 정보의 매핑 및 분석을 지원.

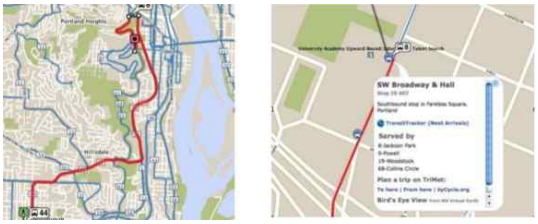
- 프랑스, IGN

  ▪ PostGIS를 활용하여 1억 건이 넘는 공간 객체 관리.

  ▪ 2,000개 이상의 스케일로 다양한 프랑스의 지형도뿐 아니라 세계의 다른 지역의 지도를 제공.

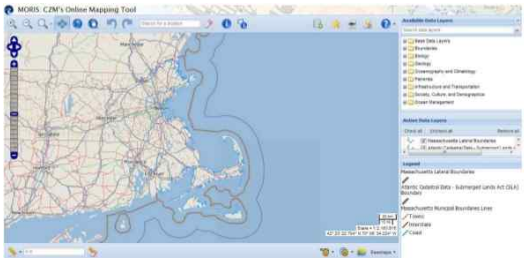
Google Earth

Virtual Earth



TriMet

National Broadhand Map



MassGIS

IGN

<그림 2.47> 해외 GIS 적용 사례

○ 화재 및 피난모델 시뮬레이션 기술개발 동향

- 화재모델은 종류를 존모델, 필드모델로 구분하며 또한 국내외 다수의 모델이 조사되고 있는데 현재도 신규 모델이 개발되고 있는 실정임.

- 존 모델은 화재 해석 대상을 구획(room) 또는 Upper, Lower Zone 개념을 적용하여 예측하는 모델로서 예측대상에 따라 개발되어 있어 대상에 맞게 적용할 경우 높은 신뢰도의 결과를 제시하며, 화재 전문가뿐만 아니라 일반설계자도 이용하기 쉽게 개발된 것이 특징임. 그러나 적용범위를 벗어난 대상에 대하여 범용 적으로 적용할 경우 예측 정확도가 떨어지는 단점이 있으며, 미세 단위의 상세 정보를 예측하기가 어려움.

- 필드모델은 CFD(Computational Fluid Dynamics)기법을 적용한 것으로

서 최근의 컴퓨터 공학 및 전산 수학의 발달로 정확도 및 미세구역에 대한 상세정보를 제공하는 모델이지만, 3D Navier Stokes 방정식을 연산하기 위하여 대량의 컴퓨터의 자원을 요구하고 있는 모델링과 연산에 과다한 부하가 걸리는 단점이 있음.

- Zone Model

  ▪ 존모델은 표 2.8에서와 같이 다수 개발되었으며 명칭과 개발국, 그리고 특징 등을 표 2.8에 나타냄.

<표 2.8> 존 모델 종류

모델명	국가	특성
ARGOS	DENMARK	Multi compartment
ASET	US	One room zone model with no ventilation
ASET-B	US	ASET in Basic instead of Fortran
BRANZFIRE2004	NZ	Flame spread, Mechanical vent, Glass Fracture
BRI2002	JP	Two layer smoke transport
CALTECH		Pre-flashover zone model
CCFM.VENTS	US	Multi-room zone model with ventilation
CFAST/FAST	US	Correlation programs
CFIRE-X	GERMANY	Zone model for compartment fire
CiFi	FRANCE	Multi room zone model
COMPBRN-III	US	Zone model for compartment fire
COMF-2	US	Single room post-flashover compartment fire
DACFIR-3	US	Single compartment fire
DSLAYV	SWEDEN	Zone model for an aircraft cabin
FASTLite	US	Limited version of CFAST
FFM	US	Pre-flashover zone model
FIGARO- II	GER	Untenability
FIRAC	US	Uses FIRIN, include complex vent systems
FireMD	US	Single room zone model
FIREWIND	AUSTRALIA	Multi-room zone model with smaller submodels
FIRIN	US	Multi-room zone model
FIRM	US	Single room zone model
FIRST	US	Single room zone model
FMD	US	Zone model for atria
HavardMark VI	US	Earlier version of FIRST
HEMFAST	US	Furniture fire in a room
HYSLAV	SWEDEN	Pre-flashover zone model
IMFE	FRANCE	Single room zone model with vents
MAGIC	FRANCE	Zone model for nuclear power plant

MRFC	GERMANY	Multi-room zone model
NAT	FRANCE	Single room zone model
NBS	US	Pre-flashover room zone model
NRCC1	CANADA	Single room zone model
NRCC2	CANADA	Large office space zone model
OSU	US	Single room zone model
Ozone	BELGIUM	Single room zone model
POGAR	RUSSIA	Single room zone model
RADISM	UK	Single room zone model with sprinkler response
RFIRES	US	Pre-flashover room zone model
R-VENT	NORWAY	Single room zone model with ventilation
SFIRE-4	SWEDEN	Post-flashover room zone model
SICOM	FRANCE	Single room zone model
SMKFLW	JAPAN	One-layer zone model
SP	UK	Pre-flashover room zone model
SmokePro	AUSTRALIA	Smoke layer interface
WPI-2	US	Single room zone model
WPIFIRE	US	Multi-room zone model
ZMFE	POLAND	Single room zone model

- Field Model

  ▪ 필드모델은 현재 17개가 있는 것으로 조사되었으며, 그 명칭과 제작국, 그리고 특성은 표 2.9과 같음.

<표 2.9> 필드 모델 조사 결과

모델명	국가	특성
ALOFT-FT	US	Smoke movement from large outdoor fire
CFX	UK	General purpose CFD
FDS	US	Fire flows
FIRE	AUS	Water sprays
FLUENT	UK	General purpose CFD
JASMINE	UK	Consequences of fire /Multi purpose
KAMELEON Fire-EX	NORWAY	CFD model for fire
KOBRA-3D	GERMANY	CFD for smoke spread and heat transfer
MEFE	PORTUGAL	CFD model for fire
PHOENICS	UK	Consequences of fire /Multi purpose
RMFIRE	CANADA	2D field model
STAR CD	UK	General purpose CFD
UNDSAFE	US/JAPAN	Fire field model
SMARTFIRE	UK	Fire field model
SOFIE	UK	Fire field model
SOLVENT	US	Tunnel fire
SPLASH	UK	Sprinkler spray

- 피난모델은 대상공간에서 거주자가 피난을 수행할 경우 소요되는 시간과 정체구간을 예측하기 위한 것임. 대상공간에서의 피난 소요시간은 피난인이 위험에 처하게 되는 시간과 비교하여 주로 안전성을 평가 하게 됨.

- 대상 공간의 각 지역에서 피난인이 위험에 처하게 되는 시간은 위험현상이 피난인의 생명에 대해 시각적, 생물학적 영향을 주기 시작하는 시간을 의미하며, 이는 여러 가지 기준으로 정해짐.

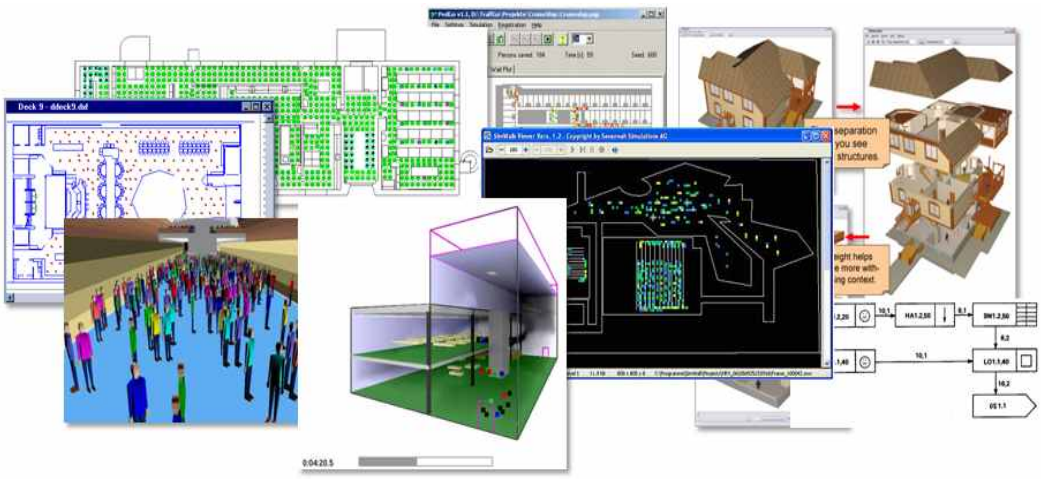
- 피난시간의 단축을 위해서는 정체 구간의 파악이 필수적임. 정체구간은 문의 폭, 복도의 폭, 계단의 폭과 용량 등과 같이 피난경로를 구성하는 요소 중 하나이며, 이를 조정하여 정체구간에서의 피난시간 지체를 해소, 전체적인 피난시간을 단축시킬 수 있음.

- 현재까지는 주로 건축물의 화재안전 분야에 사용되었으며, 현재는 선박, 비행기, 철도차량 등과 같은 대규모 인원이 탑승하는 운송수단에도 사용되고 있음.

- 피난모델의 발전과 종류

▪ 2003년도에 발표된 Olenick의 연구결과를 보면 24개의 피난모델이 있는 것으로 조사되었으며, 2005년 발표된 Kuligowski 등의 연구에서는 30개의 모델에 대한 분석을 수행함.

▪ 피난모델은 초기 단순 수식 계산모델에서부터 꾸준한 발전을 이뤄 현재는 4세대 모델까지 발전되었는데 현재 개발되고 있는 모델들은 4세대 모델들로서 3세대모델들에서 고려되지 못하였던 물리적, 사회적, 심리적 조건에 의한 영향을 포함하고 있음. 즉, 각 개인단위별로 정해진 주위 상황에 대하여 판단을 통해 의사결정을 수행하고 이에 의해 행동하는 모델들이 개발되고 있음.



<그림 2.48> 화재 피난 해석 개요.

- 피난모델의 종류

▪ 현재 30개가 있는 것으로 조사된 피난모델의 종류는 세대적으로 구분하는 등 연구자들마다 조금씩 구분이 다르며, 대상공간에 대한 이동영역을 모사하는 방식에 따라 구분을 하자면 다음의 3가지 범주로 나누어 볼 수 있음.

<표 2.10> 세대별 피난 모델 종류

구분	모델명	특성	장단점
1세대	Manual Calculation	단순수식계산	· 이동거리의부적합 · 동시반응 · 동일한 개인조건 · 방해조건에 노출되지 않음
2세대	Flow/hydraulic Model	컴퓨터기반 수력학적 모델	· 조금 복잡한 상황에 대한 고려 가능 · 정확한 공간조건 고려 불가능 · 개인에 대한 고려 불가능
3세대	Ball-bearing Model	개인에 대한 고려 시작	· 인구의 유동을 액체나 볼을 사용하여 모사 · 물리적 환경에 의해 가정된 행동이 영향을 받음 · 모델은 의사결정에 관여되는 풍부한 변수가 결여되어있음.
4세대	Rule-based Model	정교한행동이 적용 가능한 규칙기반모델	· 다양한 행동변수 고려 가능 · 개인변수와 중요조건에 의한 규칙이 행동에 영향을 미침 · 행동은 물리적, 심리적, 사회적 조건에 영향을 받음

- 연속공간모델 (continuous space models)

  ▪ 연속공간모델은 피난자의 시간과 장소를 연속적인 흐름으로 계산하는 모델을 의미함. 피난자의 이동방향과 흐름이 비교적 자연스러운 특징이 있음. 이러한 모델에 대표적인 것은 Simulex, Gridflow 등이 있으며, 최근 개발되고 있는 FDS+EVAC 도 있음.

- 셀 자동화모델(cellular automata models)

  ▪ 대상 공간의 격자의 셀로 구분하고, 시간에 따라 각 셀 단위로 보행자의 이동과 환경에 대한 정보가 계산결과에 따라 변화 되는 방식임. 보행자가 하나의 셀에서 다음 셀로 이동하는 데에 여러 가지 정해진 규칙에 따라 이동하게 되는데 이는 연속공간모델에 비해 계산결과가 빠른 장점이 있음. 대표적인 모델로는 building-EXODUS와 STEPS가 있음.

- 비 정밀 네트워크 모델(coarse network models)

▪ 비 정밀 네트워크모델은 방, 복도, 에스컬레이터 등의 노드로 건물을 나누고, 각 부분의 피난을 모사하는데 노드는 각 구조부의 실제적인 연결을 의미하는 아크에 의해 연결됨. 이는 각 피난인 상호간의 물리적, 심리적 영향은 고려가 불가능함. 대표적인 모델로는 EVACNET4과 EXITT가 있음.

- 피난모델의 비교분석

▪ 주요 대표적인 피난모델을 대상으로 하여 그 특징은 다음과 같음.

<표 2.11> 피난 모델 특징

구 분	Simulex	Building Exodus	STEPS	FDS+EVAC
Avail to Public	Y	Y	Y	Y
Modelling Method	Partial Behavioral Model	Behavioral Model	Movement Model	Partial Behavioral Model
Grid/Structure	Continuous	Fine(CA)	Fine(CA)	Continuous
Import CAD	Y	Y	Y	C
Visual Simulation	2D	2D/3D		2D/3D
Pre-movement Time	Y	Y	Y	Y
People Behavior	Implicit	Conditional	Implicit	Conditional
Disable/Slow Person	Y	Y	Y	-
Escape Route Guidance	N	Y	N	-
Toxicity	N	Y	N	-
Visibility	N	Y	N	-
Psychological Influence	N	Y	N	-
Organization(State)	IES Ltd(UK)	University of Greenwich(UK)	Mott MacDonald Group(UK)	VTT Technical Research Centre of Finland

○ 토양오염분야

- 미국 : 환경기술의 개발을 촉진시키기 위하여 『기술압박정책』을 환경정책의 기저로 시행.

- 환경보호처(EPA)총괄주관 하에 ORD(연구기획국), NRMRL(국가위해성관리연구소) 등이 분야별 기술개발을 주관 추진.
- 발전소 등 점오염원에 대한 통제기술의 개발에 따라 중요성이 커지고 있는 비점오염원에 대한 기술개발에 중점.
- 환경기술을 오염통제기술(Control), 오염복원기술(Remediation), 오염회피기술(Avoidance) 및 측정·평가기술(Measurement & Assessment)로 구분, 장·단기적으로 중점을 달리하여 추진.
- 2020년까지 달성하여야할 정량적 목표를 설정하고 이를 뒷받침하기 위한 기술개발 추진.
- EPA는 '80년대 중반부터 오염물질의 원천적 감량 및 회수 재사용을 최상위 개념으로 설정, 기술개발을 추진.
- 가능한 한 오염물의 유출을 우선적으로 억제하고 불가피하게 배출되는 오염물질은 적절히 처리·폐기토록 하는 것을 주개념으로 하는 오염예방 우선순위를 도입.
- 정부와 산업계는 상품시장을 육성하고 환경문제를 해결하기 위한 기술 개발을 위하여 협력 체제를 구축.
- 3M, Dow Chemical, Dupont 같은 다국적 기업들이 스스로 사전오염예방기술의 중요성을 인식, 자체개발을 시작하고 후에 정부가 국가정책으로 확대.

- 일본 : "성장과 계획 지향적" 접근으로 환경규제와 환경산업 발전 동시 추구.

- 물의 종합 재생이용 시스템 개발.(아쿠아 르네상스 '90 프로젝트)
- 청정기술 분야의 정부주도 연구개발과제로서 에너지절약 기술개발(Moonlight project)을 추진, 에너지 효율을 획기적으로 제고.
- '93년부터 기존의 여러 환경기술개발 프로그램을 New Sunshine 프

로그램으로 통합.

- 1993~2020년까지 신에너지기술 개발, 지구환경보호기술 개발 등 추진.

- EU는 국가 간의 R&D를 혁신시켜 유럽국가 전체의 경쟁력을 미국, 일본 등의 기술에 공동대응하기 위하여 EUREKA 프로젝트 등을 공동수행하며, 공동기술 개발/정보 공유 등을 통해 환경산업·제품의 수출전략화 추진.

○ IoT 기술

- IoT를 기반으로 모든 사물이 인터넷으로 연결되어 사람과 사물, 사물과 사물간의 정보를 교환하고 상호 소통하는 사물인터넷이 신 성장 동력으로 부상.

- 글로벌 선도 기업들은 자사의 핵심역량을 바탕으로 IoT를 실현하고 생태계를 주도하기 위해 플랫폼 및 표준선점 경쟁 중.

- 사물인터넷 하부기술이 아닌 자체 실현 기술에 대한 연구는 시작 단계로, 아직 정착되지 않은 상태에서 다양한 기술들이 서로 경쟁을 통해 기술 선점을 하고자 하는 시점.

<그림 2.49> IoT 글로벌 기업 동향[42)]

- 다양한 사물인터넷 서비스를 공통적으로 수용하는 플랫폼이면서도 누구나 쉽게 이용 가능토록 개방형을 지향하고 있음.

- IBM의 Smarter Planet(미국)

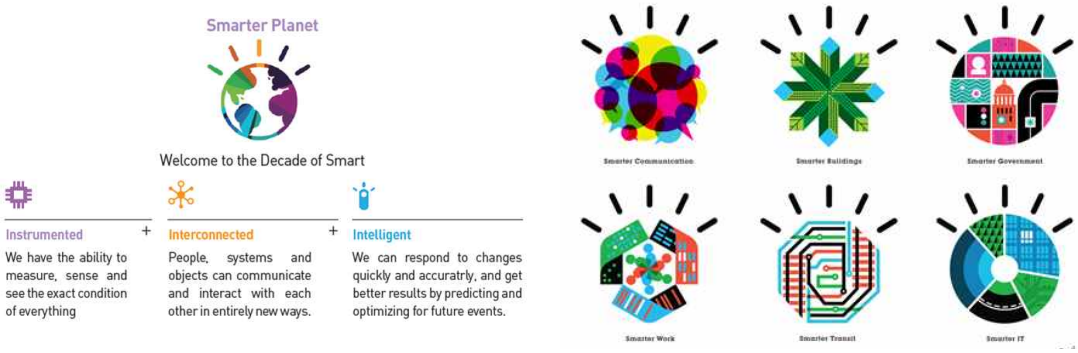
42) 자료: 관련부처 합동(2014.5.8.), 사물인터넷 기본계획

- 에너지, 교통, 금융 등의 다양한 분야에서 사물인터넷 기반의 지능화를 위한 기술개발 및 사업을 추진 중.

- IBM은 2020년 500억 사물이 인터넷에 연결되는 사물인터넷(IoT) 시대를 전망하고 있으며, '똑똑한 지구(Smarter Planet)' 라는 새로운 혁신 프로젝트를 전개하고 있음.

- 모든 자연과 사람을 연결해 기능화·지능화 에너지·교통·금융·유통·제조·공공안전·도시관리 등 다양한 분야에 똑똑한 시스템을 만들자는 것이 핵심.

- 세상의 수많은 디바이스와 소프트웨어가 네트워킹이 가능하도록 하는 IT기술의 확장을 통해 관련 사물인터넷(IoT) 전 분야를 IBM의 시장영역으로 만들기 위한 전략을 세우고 있음.



<그림 2.50> IoT 서비스 예 - Smarter Planet

- Parchube (영국)

- 전 세계에서 수집된 센싱 정보의 공유와 협업 환경을 제공하는 서비스 등 다양한 산업에 사물인터넷을 접목하여 서비스의 고급화를 통해 시장을 선도.

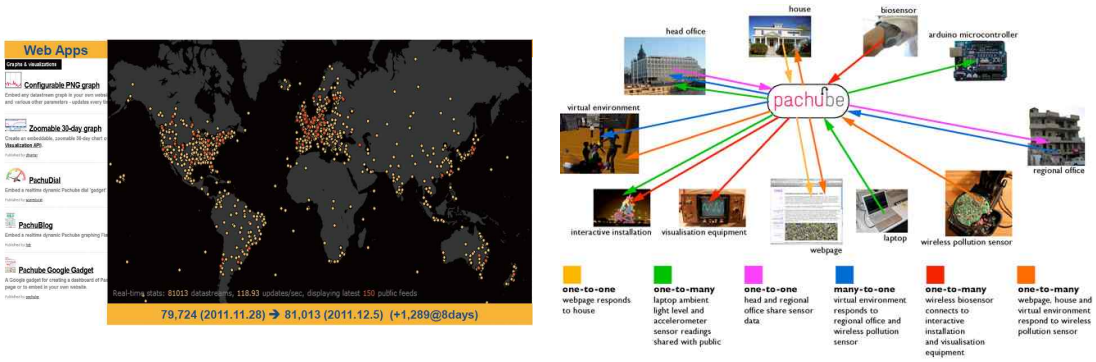
- 디바이스를 소유하거나 빌딩, 에너지 정보를 제공할 수 있는 사용자가 간단한 가입절차만으로 IoT의 데이터 소스로서 참여가 가능한 오픈플랫폼이며, 현재 100여개 국가에서 데이터가 수집되고 있고 하루 100만 개의 피드(Feed)가 업로드 되고 있음.

- 수집한 데이터를 실시간으로 Pachube 서버에 전송하고 수집한 데이터를 누구나 이용할 수 있도록 오픈 API를 제공함으로서 웹 기반 서비스를 통해 전 세계의 데이터를 실시간으로 관리.

- 등록한 사람은 전 세계로부터 수집한 정보를 공유하고 협업할 수 있는 환경을 제공. 현재 100개 이상의 국가로부터 수백만 개의 데이터 포인트가 등록되어 있고 이곳으로 부터 측정한 방사능량, 에너지 소비 및 비용, 기후 관련 정보가 공공안전, 농업, 서비스, 빌딩 자동화 등에 이용되고 있음.

- 피드된 데이터에 대해서 접근 가능한 API를 제공하기 때문에 데이터를 이용한 메시업(mashup) 응용개발이 가능함.

- Pachube를 매개로 이종 IoT 디바이스의 데이터를 이용한 다양한 응용의 출현이 가능.



<그림 2.51> IoT 서비스 예 - Parchube

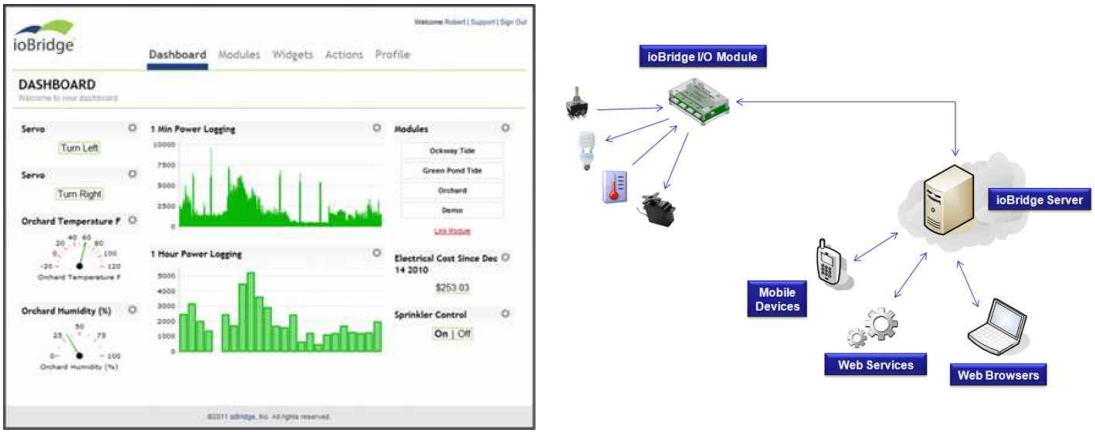
- ioBridge

- 전용의 하드웨어 모듈을 이용하여 실생활의 디바이스들을 ioBridge의 클라우드 서버에 연동하는 구조.

- Parchube와 마찬가지로 피드된 데이터는 ioBridge 서버의 API를 통하여 응용으로 개발이 가능하나 전용의 하드웨어 모듈이 필요한 단점이 있음.

- ioBridge는 상용제품에 탑재할 수 있는 전용 모듈인 iota를 제공하므

로, 제조사 입장에서 연동이 수월한 장점이 있음.



<그림 2.52> IoT 서비스 예 - ioBridge

- Cisco의 Smart + Connected Communities

  - 네트워크로 연결·통합된 커뮤니티와 도시 활동을 통해 지속적 경제 성장과 자원 관리, 운영 효율을 통한 환경보전을 가능하게 하고 삶의 질 향상을 위한 솔루션으로 제시.

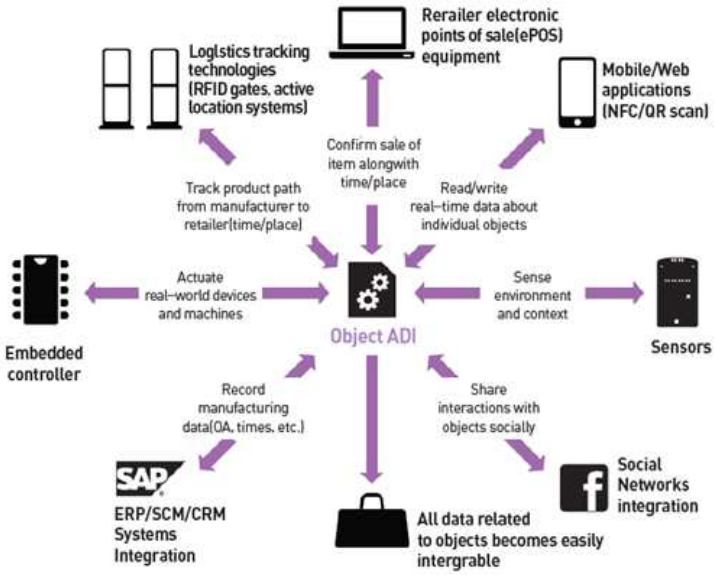
  - ‘Community+Connect’솔루션을 통해 집, 학교, 교통 분야에서 삶의 질을 향상시킬 수 있는 정보와 서비스를 시민에게 제공.

  - ‘Community+Exchange’ 솔루션을 통해서는 정부 및 지역 파트너들이 해당 시민들에게 자유롭게 거주하며 일하고 삶을 즐길 수 있는 안전한 커뮤니티를 제공할 수 있도록 한다는 것이 시스코의 사물인터넷(IoT) 비전.

<그림 2.53> Smart + Connected Communities의 개념도

- EVERYTHNG의 Web of Thing 서비스

  - EVERYTHNG은 기존 제품을 웹으로 연결해 보다 스마트하게 만들기 위한 'WoT(Web of Things)' 기술을 개발하는 회사.
  - 스마트 폰과 각 제품을 나타내는 고유한 'Intelligent Identity'를 이용해 제품 생산자와 소비자, 파트너를 직접 웹상으로 연결시켜주는 서비스를 제공.
  - EVERYTHNG의 엔진기술을 통해 어떤 물리적 제품이든 개인화된 디지털서비스를 위한 채널 및 일대일 통신을 가능하게 함.
  - 이를 통해 제품 생산자가 소비자에게 가까이 다가갈 수 있고 제품에 대한 생산, 판매 및 사용에 관련된 실시간 정보를 얻을 수 있음.



<그림 2.54> Everything의 IoT Mashup 서비스

- HP's CeNSE

  - HP의 인터넷에 연결된 글로벌 센서 네트워크인 CeNSE는 수조개의 나노스케일 센서와 액추에이터(actuator)로 구성된 센서 네트워크로 수집된 데이터는 인터넷으로 연동되는 것을 목표로 함.

  - 수천 개의 센서가 다리에 설치되어 진동이 관측되면 다리 안전뿐만 아니라 먼 거리에서도 지진여부 확인 가능.

<그림 2.55> IoT 서비스 예 - ioBridge

○ 연구 대상 도출

- 건설 플랜트 시뮬레이터를 개발하기 위해서는 대상 공정 선정

- 플랜트 건설 공정에 대한 시공계획, 단위 공정의 상세한 내용, 현장 시공 결과, 플랜트 CAD 및 관련 정보 데이터 등이 확보되어야 건설 플랜트 시뮬레이터 구축이 가능.

- 이러한 모든 데이터는 해당 건설사의 중요한 정보 자산이므로 공개가 어려움. 따라서 정보 공개가 가능한 국책사업 과제의 성과물을 연구대상으로 선정해야 함.

- 예를 들어 LNG 플랜트 사업단[43]은 2008년 6월 18일 ~ 2016년 6월 17일까지 8년간 진행되는 국책사업으로서 인천 LNG 인수기지에 액화 플랜트 테스트베드를 건설하고 있음. 기획하는 건설 플랜트 시뮬레이터를 이 국책사업과 연계하여 필요한 PIM 정보를 얻어 연구를 진행하는 방안에 대한 검토 필요.

<그림 2.56> LNG 액화플랜트 사업단의 플랜트 구성도

- LNG 플랜트 사업단의 핵심1과제의 주요성과 중 하나인 LNG 프랜트 EPC 기술표준 구축 성과의 LNG 플랜트 설계/시공 및 시험/평가 방법 구축과 국제 표준 기반의 LNG 플랜트 지원정책 및 제도 개발 성과를 활용하여 국제 표준화에 대응하도록 함.

- LNG 플랜트 사업단의 핵심2과제의 주요성과 중 하나인 LNG 플랜트 사이클 모사 및 공정 개발 성과를 활용하여 건설 시뮬레이션 플랜트의 베타

43) LNG플랜트사업단(http://www.gasplant.or.kr/)

테스트 시나리오를 작성하고, 플랜트 공정 시뮬레이션을 위한 설비 라이브러리 DB를 구축하여 활용할 수 있도록 함.

- LNG 플랜트 사업단의 핵심3과제의 주요성과 중 FEED/기본, 상세 설계 기술 및 이에 의해서 만들어진 테스트베드 드레인-1,2 3D 모델링 데이터를 테스트베드에 활용해서 공정 시뮬레이션을 검증함.

- 국제 표준뿐만이 아니라 해당국의 로컬기준을 맞추기 위한 공정 로컬리제이션(localization)을 위해서 LNG 플랜트 사업단의 설계 데이터 중에서 국제 표준에 따르는 내용과 한국 기준에 맞는 내용으로 분리하는 작업을 하고 이를 별도로 관리하는 방법론을 도출 후 향후 적용 국가를 확대할 계획임.

○ **건설 플랜트 시뮬레이터 기획 과제 개발 기술 범위**

- 대상기술은 플랜트 건설공정의 4D화와 시공 매뉴얼 제작이 해당됨. 이를 위하여 ISO 15926 표준에 따른 CAD 데이터 추출, 추출한 데이터, 작업자와 건설 장비를 포함한 동적 가시화에 의한 실제 시공공정의 animation, 그리고 가상현실에서의 시공공정 최적화 기술이 핵심 요소임.

- 기획연구의 대상인 건설 플랜트 시뮬레이터는 정유, 천연가스 액화, 담수화 설비 등 일반 플랜트를 대상으로 포함하되, 2차에 걸친 기획위원회 회의를 통하여 해당기술의 성공적 개발을 위해서는 대상 플랜트의 시공을 위한 CAD 데이터가 확보되어야 하므로 국책사업으로 추진 중인 LNG 플랜트 사업단의 LNG 플랜트 테스트베드로 검토함.

- LNG 건설 플랜트 시뮬레이터의 개발범위는 플랜트 CAD package 시장 점유율이 가장 높은 Intergraph사의 SmartPlant를 대상으로 CAD 데이터를 추출하여 전체 시공 공정 중 핵심 공정 일부에 대하여 4D animation으로 시공 작업을 모사하며 해당 시공과정에 최적화 기법을 도입하여 건설 플랜트 시뮬레이터에 의한 가상 공정 시연 및 시공 생산성 향상 실증 등을 수행하는 것을 목표로 함.

- 건설 플랜트 시뮬레이터에 필요한 플랜트 설비 조달 및 현장 조립, 토목, 건축 분야를 통합적으로 시뮬레이션하기 위해서 플랜트 설비 표준 데이터

포맷인 ISO 15926 과 건축물 데이터 표준인 BIM/IFC 및 OGC 데이터 포맷을 통합적으로 운용할 필요가 있음.

<그림 2.57> 건설 플랜트 시뮬레이터 통합 데이터 운용

2.3.4 논문 동향 분석

○ **분석 목적 및 방법**

- 분석 목적

  ▪ 관련 기술별로 현재까지의 기술동향 및 기술수준, 주요 연구개발 주체의 연구 개발 동향 등을 파악하여 본 연구기획의 중점추진분야 설정을 위한 객관적인 근거를 제시하기 위함임.

○ **분석 방법**

- 논문 동향 분석은 Elsevier 사 ScienceDirect를 활용하여 2005년 ~ 2014년의 10년간 Journal Article를 대상으로 조사 및 분석함.

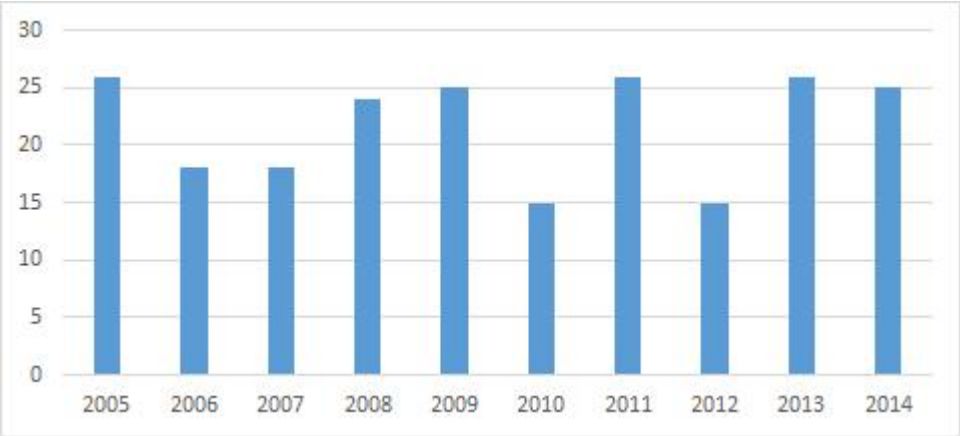
<표 2.12> 플랜트 건설 시뮬레이션 관련 논문 검색 개요

논문 검색 조건	방법	
검색 도메인	ScienceDirection에 수록된 Journal Article and book	
검색 DB	Elsevier사 ScienceDirect	
검색 기간	2005년 ~ 2014년	
검색분류	건수	검색 키워드
플랜트 건설 시뮬레이션 플랫폼 기술 개발		construction simulation, simulation platform, ISO 15926, IFC
플랜트 건설 4D 시뮬레이션 기술 개발		4D simulation, construction safety, virtual education
플랜트 건설 시뮬레이션 평가기술 개발		3D printing,

○ **연도 별 논문 발표 현황**

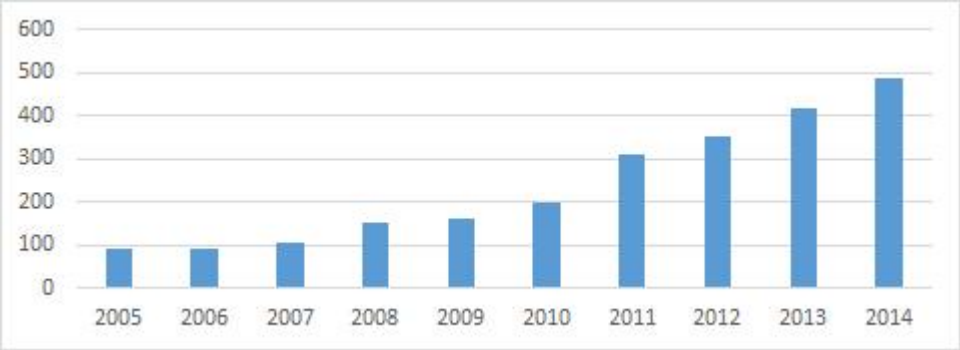
- 플랜트 건설 시뮬레이션 플랫폼 기술 개발

▪ construction simulation 관련 논문 검색 수행 결과 2005년부터 2014년까지 10년간 논문이 218건에 달하는 것으로 나타났으며, 매년 꾸준히 논문이 발표되고 있음을 알 수 있음.



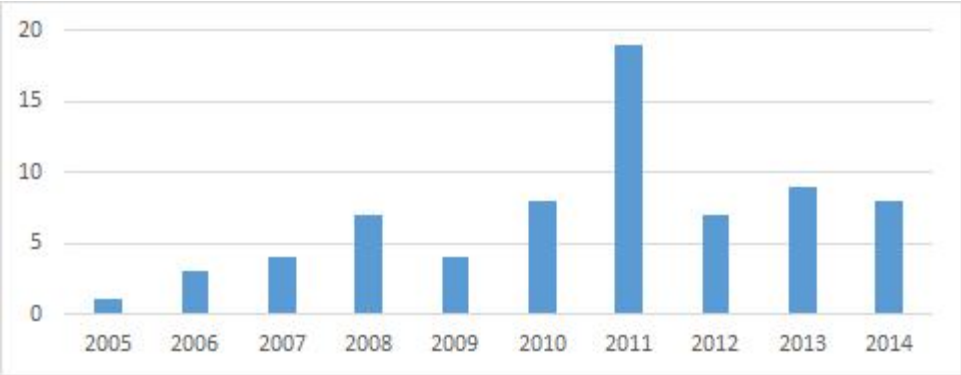
<그림 2.58> construction simulation 논문 발표건수(2005~2014년 218건)

▪ simulation platform 관련 논문검색 수행 결과 2005년부터 2014년까지 10년간 논문이 2358건에 달하는 것으로 나타났으며, 그 숫자도 점차 증가 추세에 있음을 알 수 있음.



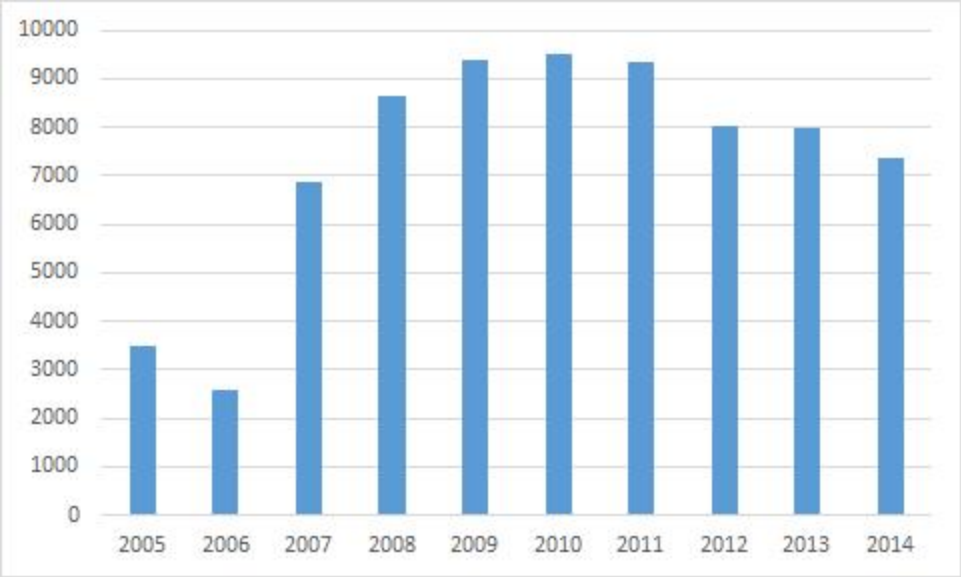
<그림 2.59> simulation platform 논문 발표건수(2005～2014년 2358건)

- 플랜트 설비 모델링 표준인 ISO 15926 관련 논문검색 수행 결과 2005년부터 2014년까지 10년간 논문이 70건에 달하는 것으로 나타났으며, 그 숫자가 점차 증가 추세에서 최근 감소 추세로 돌아서고 있음을 알 수 있음.



<그림 2.60> ISO 15926 논문 발표건수(2005～2014년 70건)

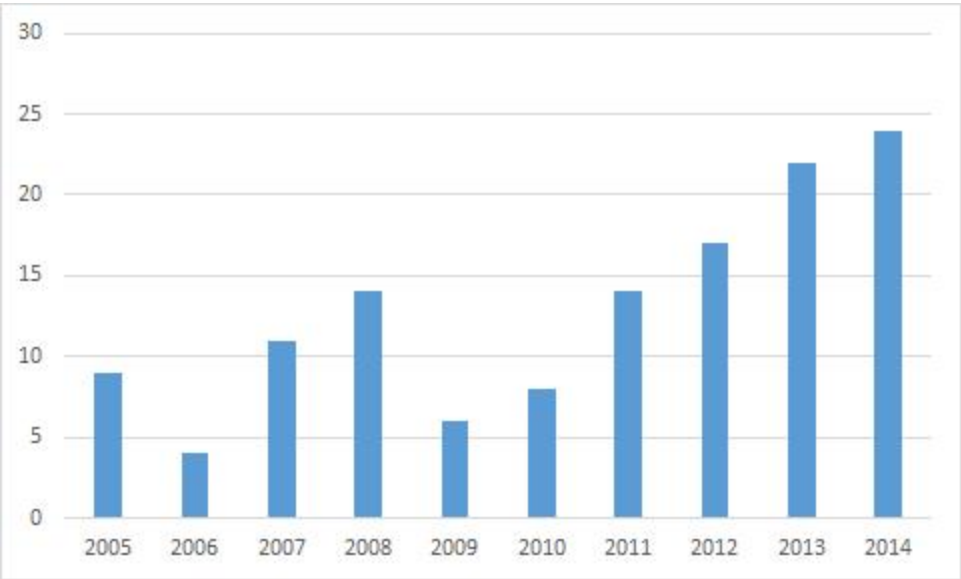
- 건물 모델링 표준인 BIM/IFC 관련 논문검색 수행 결과 2005년부터 2014년까지 10년간 논문이 73220건에 달하는 것으로 나타났으며, 그 숫자가 점차 증가 추세에서 최근 감소 추세로 돌아서고 있음을 알 수 있음.



<그림 2.61> IFC 논문 발표건수(2005~2014년 73220건)

○ 플랜트 건설 시뮬레이션 플랫폼 기술 개발

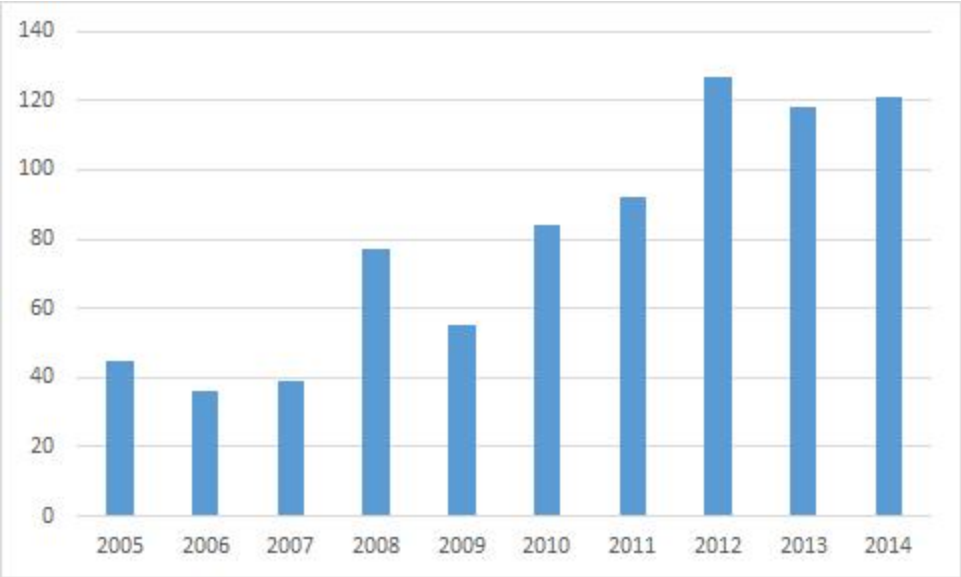
- 4D simulation 검색 수행 결과 2005년부터 2014년까지 10년간 논문이 약 129편에 달하는 것으로 나타났으며, 그 숫자가 점차 증가 추세에 있음을 알 수 있음.



<그림 2.62> 4D simulation 논문 발표건수(2005~2014년 129건)

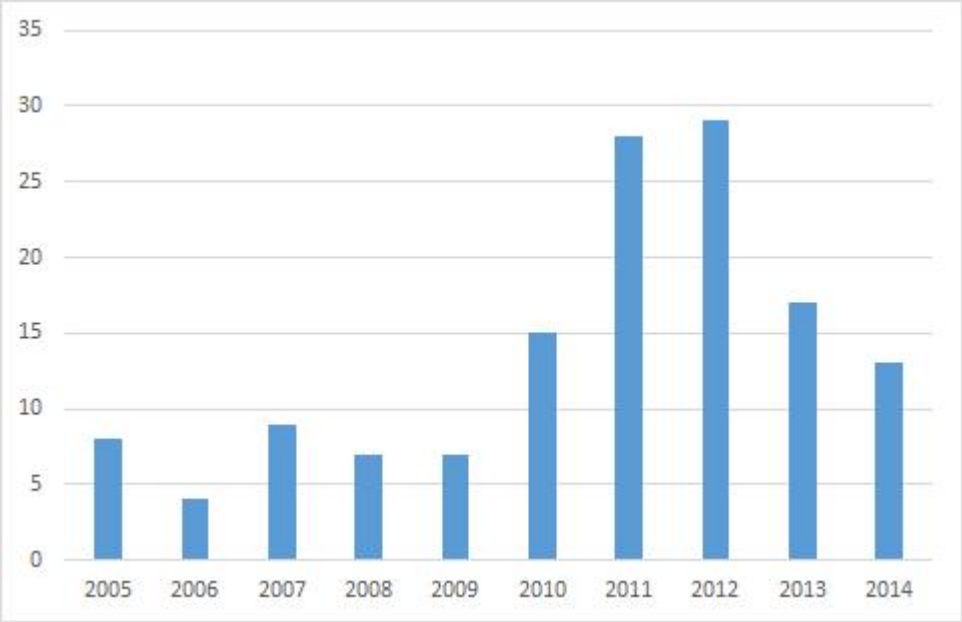
○ 플랜트 건설 시뮬레이션 플랫폼 기술 개발

- 건설 안전 논문 검색 수행 결과 2005년부터 2014년까지 10년간 논문이 약 794편에 달하는 것으로 나타났으며, 그 숫자가 점차 증가 추세에 있음을 알 수 있음.



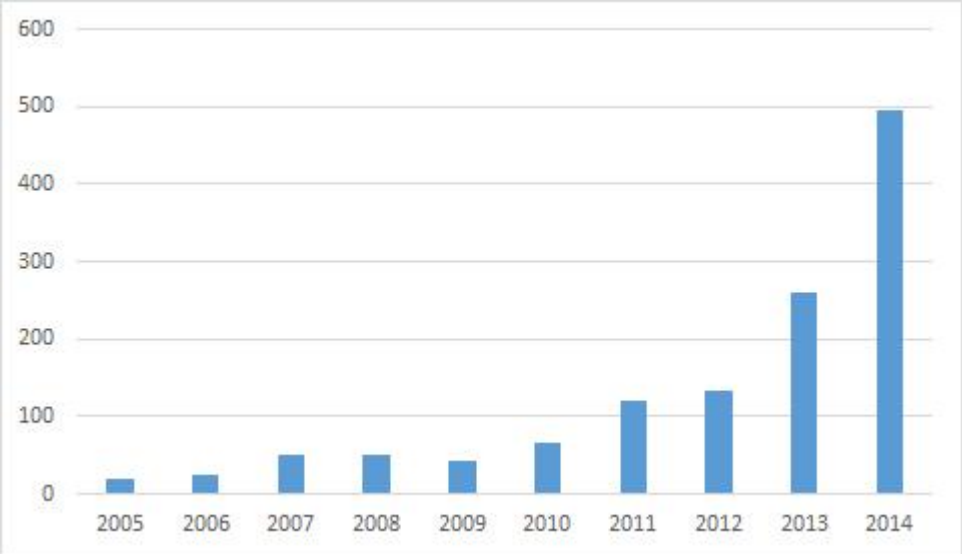
<그림 2.63> construction safety 논문 발표건수(2005~2014년 794건)

- 가상 교육 관련 논문검색 수행 결과 2005년부터 2014년까지 10년간 논문이 134건에 달하는 것으로 나타났으며, 그 숫자가 점차 증가 추세에서 최근 감소 추세로 돌아서고 있음을 알 수 있음.



<그림 2.64> virtual education 논문 발표건수(2005～2014년 134건)

- 3D 프린팅 논문 검색 수행 결과 2005년부터 2014년까지 10년간 논문이 약 794편에 달하는 것으로 나타났으며, 그 숫자가 최근 급속하게 증가함을 알 수 있음.



<그림 2.65> 3D printing 논문 발표건수(2005～2014년 1265건)

○ 종합 분석

- 3개 세부과제 분야에 대한 논문 검색 결과를 분석한 결과 건설 시뮬레이

션 관련 논문 수가 일부 키워드를 제외하고는 전반적으로 증가 추세에 있음을 알 수 있음.

- virtual education, ISO 15926, 4D simulation 등 키워드에 따라서는 논문 수가 적은 분야도 있으나, 향후 플랜트 CAD/CAE 분야의 발전에 따라서 활용 가능성이 높음.

- 플랜트 건설 시뮬레이션 관련 논문 검색 결과 시뮬레이션 관련논문은 꾸준히 발표되어 왔으며, 2010년 이후 시뮬레이션 플랫폼 및 가상 교육 관련 논문 발표 건수가 증가하고 있음을 알 수 있음.

<그림 2.66> 플랜트 시뮬레이터 관련 기술 논문 동향

2.3.5 국내외 특허분석

○ 분석 대상 및 기술분류

○ 분석 대상

- 분석 대상은 플랜트 건설 시공 및 조달계획을 가상환경에서 선행적으로 시뮬레이션하고 시뮬레이션 결과에서 시공 및 조달계획의 적정성을 정량적으로 분석하며, 최적화 기법을 이용한 향상된 대안을 제시하는 플랜트 건설 시뮬레이션 플랫폼 및 애플리케이션을 개발하는 것을 대상으로 함.

- 현재까지 검토된 기술을 바탕으로 4D 가시화/시뮬레이션/애뮬레이션 및

운송조달 계획, 공정계획 분야를 대상으로 조사하였음.

○ 기술분류기준

<표 2.13> 플랜트 특허 검색 기술분류

대분류	중분류	검색개요(기술범위)
건설 시뮬레이션 시스템 개발	건설시뮬레이션 플랫폼 기술 개발	플랜트 통합정보 모델 구현 기술
		플랜트 시뮬레이터 DB 설계 기술
		시뮬레이션 프로젝트 정보 관리 기술
		건설시뮬레이션 플랫폼 프레임워크 개발 기술
		플랜트건설 업무 데이터 분석 및 프로세스 정의 기술
	플랜트 건설 4D 시뮬레이션 및 애니메이션 기술 개발	플랜트 건설안전 훈련 시스템 구축
		플랜트건설 시공계획 4D 시뮬레이션
		플랜트건설 운송조달 4D 시슐레이션
		플랜트건설 단위작업 4D 시뮬레이션
	플랜트 건설 시뮬레이션 평가분석 기술 개발	작업효율성 최적화
		공정별 리스크 분석
		건설 구조물 안전성 평가 기술
		플랜트 건설현장 사이트 오염 평가 기술
		건설현장 방재/피난 안전성 평가 기술

○ 특허검색결과

- 특허 검색 결과는 표 2.14와 같으며, 전반적으로 검색된 관련 특허수는 많지 않았음.

- 본 기획과제의 핵심 기술인 플랜트 설비, 건물, 지리공간의 데이터모델링은 대부분 ISO 표준에 근거하고 있으며, 운송조달 최적화 방법론 등 수리모델은 공개된 정보가 많기 때문에 특허 등록 건수가 적은 것이 그 원인으로 사료됨.

- 관련 특허들은 2000년 이후 플랜트의 중요성이 증가함에 따라서 특허 건수가 증가 추세이나, 소프트웨어의 특성 상 특허 수는 그렇게 많지 않은 것으로 나타나는데, SW는 특허보다 SW 개발 기술 및 해당 도메인의 전문적 지식 및 경험 데이터베이스가 더 중요한 것으로 사료됨.

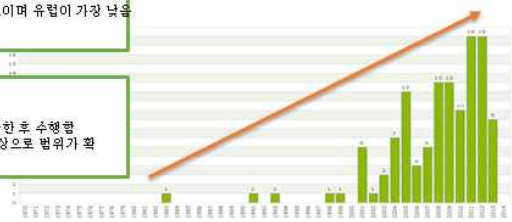
중분류	소분류	KR	US	JP	EP	합계
건설 시뮬레이터 관련 기술 (A)	건설시뮬레이션 플랫폼 기술 (AA)	7	18	7		32
	플랜트 건설 4D 시뮬레이션 및 애니메이션 기술 개발 (AB)	4	12	4	1	21
	플랜트 건설 시뮬레이션 평가분석 기술 개발 (AC)	3	3	2	2	10
	소계	14	33	13	3	63

검토의견

- 플랜트, 건설 및 토목 분야의 모델링을 통합하는 내용의 특허는 거의 나타나지 않음
- 플랜트와 건설 또는 플랜트와 토목을 통합한 시공 시뮬레이션 관련 기술이 가장 많이 나타남
- 전자 매뉴얼에 대한 특허 역시 수가 매우 적음
- 국가별로는 모든 소분류에 대해서 미국이 가장 활발하고 한국과 일본이 비슷한 수준을 보이며 유럽이 가장 낮음

참고사항

- 통합 플랜트 모델 구현 기술(AA)과 시뮬레이션 기술(AB)에 관한 분류는 유효특허를 추출한 후 수행함
- 통합플랜트 모델링과 관련해서, 플랜트와 건설 또는 플랜트와 토목을 포함하는 기술을 대상으로 범위가 확대되었음



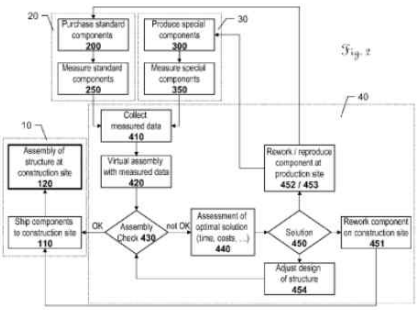
<그림 2.67> 플랜트 건설 시뮬레이션 기술 관련 특허 동향

<표 2.14> 플랜트 건설 시뮬레이션 특허 조사 결과

소분류	기술내용	EP	JP	KR	US	분류별 합계
건설시뮬레이션 플랫폼 기술 개발	플랜트통합정보모델구현기술 플랜트시뮬레이터DB설계기술 프로젝트정보관리기술 플랜트건설형상정보관리기술 플랜트모델링데이터에디터개발기술 플랜트건설업무데이터분석및프로세스정의기술 대상플랜트데이터분석기술	0	7	7	18	22
플랜트 건설 4D 시뮬레이션 및 애니메이션 기술 개발	플랜트건설안전훈련시스템구축 플랜트건설시공계획4D시뮬레이션 플랜트건설운송조달4D시슐레이션 플랜트건설단위작업4D시뮬레이션	1	4	4	12	21
플랜트 건설 시뮬레이션 평가분석 기술 개발	작업효율성최적화 공정별리스크분석 건설구조물안전성평가기술 플랜트건설현장사이트오염평가기술 건설현장방재/피난안전성평가기술	2	2	3	3	10
국가별 합계		3	13	14	79	53

발명의 명칭	Method and system for virtual assembly of a structure				
출원번호	EP2012187568	출원일자	2012.10.08	기술분류	C
공개번호	EP02717181A1	공개일자	2014.04.09		
출원인	Hexagon Technology Center GmbH	권리상태	공개(심사단계)		

대표도면



요약

The present invention relates to a method for virtual assembly of a structure (1), the structure being supposed to be assembled from a multitude of components (21, 22, 31, 32) on a construction site (10), the method comprising measuring, at a multitude of locations (20, 30) remote from the construction site (10), the components (21, 22, 31, 32) of the structure subsequent to their production and prior to their transport to the construction site (10), wherein the measuring comprises measuring at least the shape and size of connecting elements of each of the components, creating virtual representations of the components (21, 22, 31, 32), virtually assembling the representations of the components (21, 22, 31, 32), determining, based on assembly tolerances, whether the structure (1) can be assembled with the measured components (21, 22, 31, 32), and deciding, by means of an optimization algorithm, whether one or more components (21, 22, 31, 32) are to be reproduced, one or more components (21, 22, 31, 32) are to be reworked, and/or the structure (1) is to be redesigned.

발명의 명칭	WELDING OPERATION MANAGEMENT DEVICE, WELDING OPERATION MANAGEMENT SYSTEM, WELDING OPERATION MANAGEMENT METHOD, AND WELDING OPERATION TERMINAL				
출원번호	EP2010753311	출원일자	2010.03.19	기술분류	C
공개번호	EP02410394A1	공개일자	2012.01.25		
출원인	Toshiba Plant Systems & Services Corporation	권리상태	공개(심사단계)		

대표도면

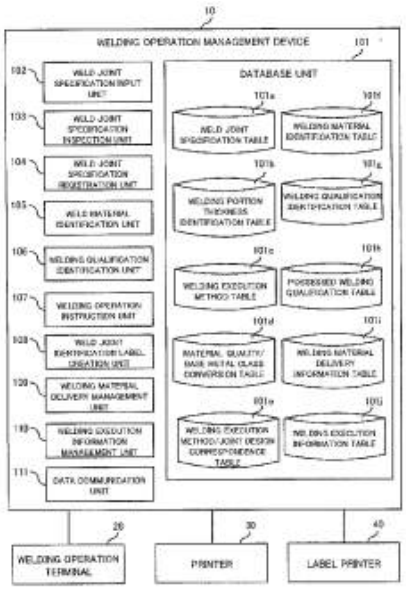


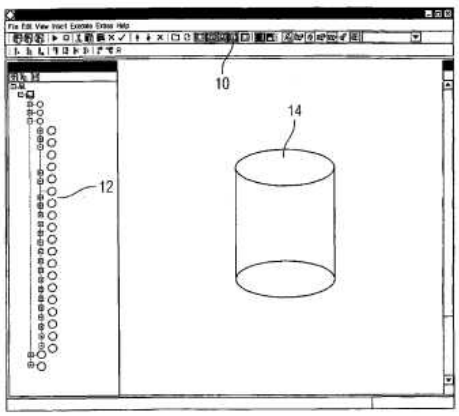
FIG. 1

요약

Disclosed is a welding operation management device characterized by being provided with a weld joint specification table (101a) that associates material qualities of pipe materials and welding execution methods as pipe weld joint specifications in plant construction work with weld joints, a welding execution method table (101c) that associates base metal classes into which the material qualities are classified, weld material classes into which weld materials used for welding are classified, and welding method classes into which welding execution methods are classified with welding execution methods, a weld material identification table (101f) that associates the base material classes and the weld material classes with the weld materials, and a weld material identification unit (105) ; that acquires the welding execution method and material quality of a desired weld joint from the weld joint specification table (101a), acquires the weld material class thereof from the welding execution method table (101c), and identifies the weld material of the weld joint from the weld material identification table (101f) on the basis of the base metal class of the material quality and the weld material class.

발명의 명칭	Multiple coupled browsers for an industrial workbench				
출원번호	EP2003015476	출원일자	2003.07.09	기술분류	B
공개번호	EP01411454A2	공개일자	2004.04.21		
출원인	S I E M E N S AKTIENGESELLSCHAFT	권리상태	공개(심사단계)		

대표도면

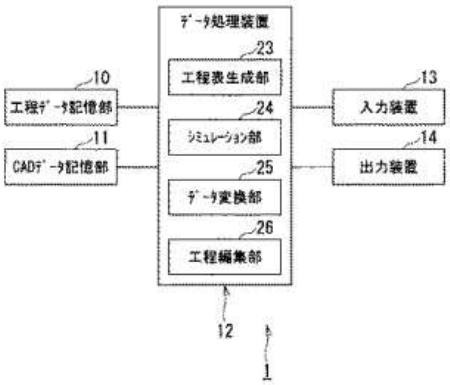


요약

Multiple Views of an Industrial Plant are graphically displayed and viewed. A graphical user interface displays the views in corresponding panes or windows of the graphical user interface. The views, being graphical representations of systems of the Industrial Plant, are coupled by a coupler according to a predetermined relationship between the underlying systems of the Industrial Plant represented by the coupled views. The coupler automatically refocuses the panes to display different views of the Industrial Plant based on a selection of an object in any of the panes or on a manual refocus of one view and on the predetermined relationship for coupling the views. The Coupled views represent different domains of the Industrial Plant or Industrial Network e.g. real-time monitoring and operation, configuration, debugging, maintenance, scheduling, asset management, documentation, training, simulation, physical construction, material flow monitoring, programming, interconnecting function blocks, performance analysis. The analysis may be provided at different points in time (now, past, predicted future) and with a different spatial focus (parts, whole). Coupling different views greatly reduces handling effort for building and operating Industrial Plants.

발명의 명칭	건설 공정 관리 시스템 및 그 관리 방법				
출원번호	JP2012062589A	출원일자	2012.03.19	기술분류	A
공개번호	JP2013196357A	공개일자	2013.09.30		
출원인	TOSHIBA CORP	권리상태	공개(심사단계)		

대표도면

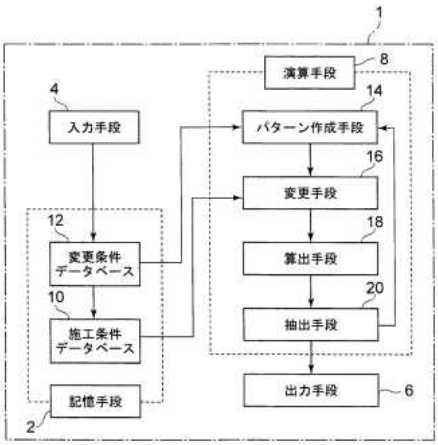


요약

(57)【요약】【과제】구획별 공사 관리와 계통별 공사 관리와를 일원화하고, 공정표 작성에 필요로 하는 시간을 삭감할 수 있는 건설 공정 관리 시스템을 제공한다.【해결 수단】플랜트의 건설 공사로 실시하게 되는 작업에 관하는 작업 정보, 및 작업 정보라고 관련시킬 수 있었다, 플랜트에 있어서 정의하게 되는 복수의 구획이 쏘고 작업이 행하게 되는 구획에 관하는 구획 정보와, 작업이 실시하게 되는 기간에 관하는 기간 정보와, 건설 공사에 포함되는 계통의 집 작업의 속하는 계통에 관하는 계통 정보와를 격납하는 기억부 10,11다고, 작업 정보를 구획 정보 마다 추출하고, 추출하게 되는 작업 정보의 기간 정보에 근거하고 작업의 공정을 구획별에 나타내는 구획별 공정표를 생성하는 공정표 생성부 23다고, 계통 정보에 근거하고, 구획별 공정표를 계통별에 나타내는 계통별 공정표에 변환하는 변환부 25과를 구비했다.【선택도】 그림 1

발명의 명칭	건설 공사의 공정 최적화 시스템 및 건설 공사의 공정 최적화 방법				
출원번호	JP2011239534A	출원일자	2011.10.31	기술분류	C
공개번호	JP2013097560A	공개일자	2013.05.20		
출원인	MITSUBISHI HEAVY IND LTD	권리상태	공개(심사단계)		

대표도면

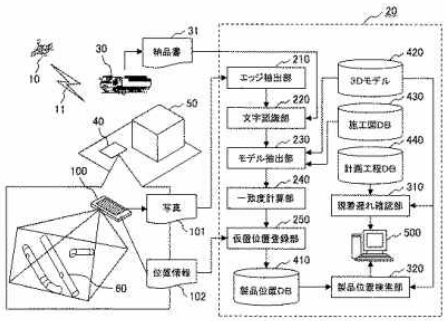


요약

(57)【요약】【과제】DFC의 편성 패턴을 자동으로 작성한 것과 동시에, DFC의 내용을 현지 공정 시뮬레이션용의 데이터베이스에 자동으로 변환 가능하고, 또한 적합한 공정 계획을 단시간으로 작성 가능한 건설 공사의 공정 최적화 시스템 및 건설 공사의 공정 최적화 방법을 제공한다.【해결 수단】공정 최적화 시스템 1은, 패턴 작성 수단 14, 변경 수단 16, 산출 수단 18 및 추출 수단 20을 가진다. 패턴 작성 수단 14은 DFC의 실시의 유무를 편성할 수 있던 패턴을 작성한다. 변경 수단 16은 DFC의 변경 내용에 대응하는 시공 조건 데이터베이스 10의 내용을 자동적으로 변경한다. 변경 후의 시공 조건 데이터베이스 10에 근거하고, 산출 수단 18이 패턴 바둑이라는 비용을 산출한다. 추출 수단 20은 산출하게 되는 결과로부터, 가장 비용의 적은 패턴을 추출한다.【선택도】 그림 1

발명의 명칭	플랜트 건설 지원 방법 및 플랜트 건설 지원 장치				
출원번호	JP2011044681A	출원일자	2011.03.02	기술분류	A
공개번호	JP2012180191A	공개일자	2012.09.20		
출원인	HITACHI-GE NUCLEAR ENERGY LTD	권리상태	등록		

대표도면

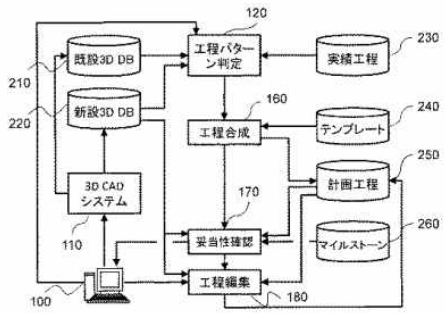


요약

(57)【요약】【과제】제품 자재의 고유 식별 번호 코드를 자재에 접착하고 있는 경우에, 개체 관리를 위한 디바이스 또는 실을 뻗치는 작업이 제품 자재의 제조 공정의 부담이 된다. 또 고유 식별 번호를 인식하는 것만으로 설계시에 작성한 형상이라는 조합이 되어 있지 않고, 설치 형상으로서 올바른 자재가 도착했는지 어떤지가 설치 작업 개시까지 분명하지 않는 등을 해결하는 플랜트 건설 지원 장치를 제공한다.【해결 수단】자기 위치 계측 기능, 방위 검지 기능을 가지는 광학적 거리 계측장치를 이용하고 플랜트 건설용의 제품 자재의 형상 치수, 배치 각도 등을 비접촉으로 측정하는 수단과, 측정한 정보로부터 얻어지는 제품 자재의 물체 경계 정보와, 있을지 땅째 설계시에 작성해 두는 삼차원 모델 정보를 조합하고, 제품 자재의 개체 인식 번호를 취득하고, 플랜트 건설용의 제품 자재의 플랜트 건설 사이트에의 도착을 판정한다.【선택도】그림 1

발명의 명칭	건설 시뮬레이션 방법, 및, 장치				
출원번호	JP2010148469A	출원일자	2010.06.30	기술분류	A
공개번호	JP2012014309A	공개일자	2012.01.19		
출원인	HITACHI-GE NUCLEAR ENERGY LTD	권리상태	등록		

대표도면

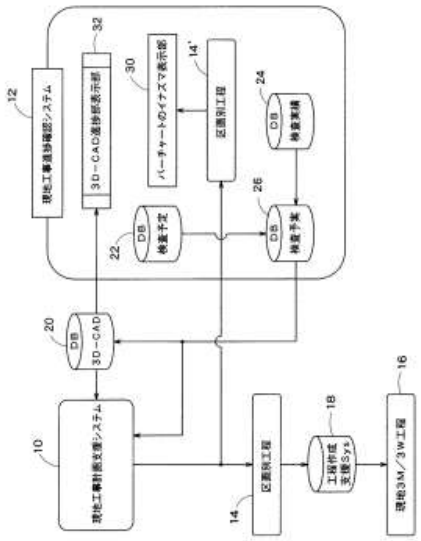


요약

(57)【요약】【과제】발전 플랜트의 기기, 배관의 복잡한 설치에 대응하고, 합리적으로 건설 계획 공정을 입안할 수 있지 않았다. 설치 실적 공정을 논리적에 분석하고, 처리하는 작업은 시간이라고 품이 들기 위해(때문에), 설치 물량이나 작업 공수의 데이터베이스를 기초로 한 공정 자동 생성은 부분적인 적용에 그치고 있었다.【해결 수단】기설 3D 모델과, 실적 공정 데이터와, 신설 3D 모델을 기록한 데이터베이스를 갖고, 상기 기설 3D 모델 및 상기 신설 3D 모델의 비교에 의해 얻을 수 있었다, 건물내의 기기우는 배관의 설치 위치의 유사성을 판정하는 3D 부품 배치 위치 일치 때 판정부와, 상기 기설 3D 모델과 상기 실적 공정 데이터를 대응시키는 대응 관계 데이터로부터, 신설 3D 모델이 쏘기 전기 3D 부품 배치 위치 일치 때 판정부에서 추출하게 되는 기설 3D 모델의 일치 부분에 대응하는 실적 공정 데이터를 선택하고 상기 신설 3D 모델에게 대응하는 계획 공정 데이터라고 하는 실적 공정 선택부를 갖는다.【선택도】 그림 1

발명의 명칭	플랜트 건설 공사의 진척 확인 시스템				
출원번호	JP2009136443A	출원일자	2009.06.05	기술분류	B
공개번호	JP2010282496A	공개일자	2010.12.16		
출원인	TOSHIBA CORP	권리상태	공개(심사단계)		

대표도면

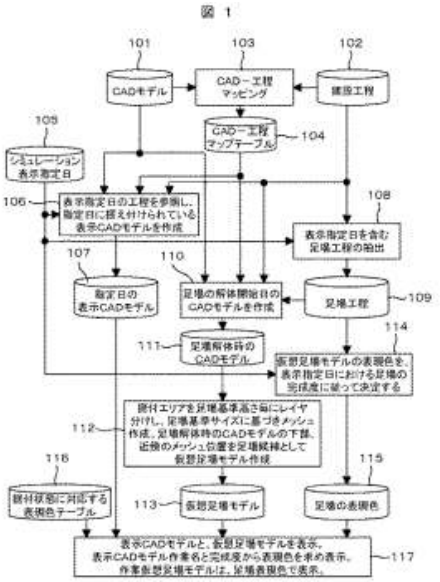


요약

(57)【요약】【과제】원자력발전 플랜트와 같은 대규모적인 건설 공사에 있어서, 물량적인 관점으로부터, 공사량의 진척 상황을 계획에 대하여 나아가고 있을 것인가, 뒤떨어질 것인가를 가시화한다.【해결 수단】CAD 데이터베이스라고 접속하게 되고, 플랜트 건설의 CAD 설계 데이터를 기초로 공사 구획 단위의 구획별 공정의 계획 작성을 지원하는 공사 계획 지원시스템과, 플랜트 설비의 검사 예정에 관하는 데이터를 축적하는 검사 예정 데이터베이스와, 검사 실적에 관하는 데이터를 축적하는 검사 실적 데이터베이스와, 검사의 예정과 실적을 통합한 검사 진척 데이터를 축적하는 검사여사실 데이터베이스를 갖고, 검사의 진척 상황을 공사 진척의 물량으로 환산한 공사 진척 데이터를, 공사 계획 지원시스템에 전송하는 진척 확인 시스템과,을 조합시키고, 구획별 공정과 이전에 있던 사건 진척 데이터를 통합하게 하는 것으로, 공사 진척을 표현하는 차트 번개 표시가 부착되는 공정표가 표시되게 한다.【선택도】그림 1

발명의 명칭	건설 상황 가시화 시스템				
출원번호	JP2008280670A	출원일자	2008.10.31	기술분류	B
공개번호	JP2010108321A	공개일자	2010.05.13		
출원인	HITACHI-GE NUCLEAR ENERGY LTD	권리상태	공개(심사단계)		

대표도면

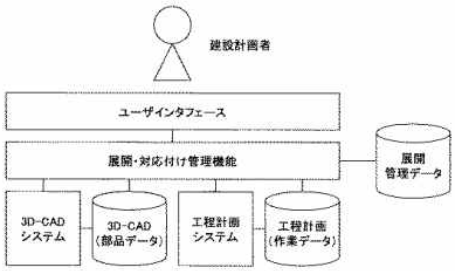


요약

(57)【요약】【과제】플랜트나 빌딩 설비 등 대규모로 복잡한 건설 공정을 가시화하다에 있어서, 발판 등 CAD 모델에게 존재하지 않은 가설구조물도 포함하고, 건설 작업의 흐름, 작업간의 간섭, 작업 진척을, 파악하는 것이 곤란하다 타다.【해결 수단】건설 대상의 3차 기초 CAD 모델을 지지하는 CAD 모델 격납부와, 건설의 공정 데이터를 지지하는 건설 공정 격납부와, 건설 작업에 필요해지는 발판의 영역 형상을, 상기 CAD 모델과 건설 공정 데이터로부터 작성하는 발판 모델 작성 처리부와, 상기 건설 공정 격납부의 건설 공정 데이터로부터, 발판에 관하는 공정을 추출하는 발판 공정 추출 처리부와, 가시화 대상 날에 있어서 발판의 완성 때를, 대상 날과 상기 발판 공정의 관계로부터 결정되고, 발판의 표현 형식을 구하는 발판 표현 형식 결정 처리부와, 상기 발판 모델을, 구한 발판의 표현 형식에 따르고, 상기 CAD 모델과 동시에 표시하는 표시 처리부를 가진다.【선택도】그림 1

발명의 명칭	플랜트 건설 시뮬레이션 데이터 작성 방법 및 그 시스템				
출원번호	JP2008008623A	출원일자	2008.01.18	기술분류	A
공개번호	JP2009169778A	공개일자	2009.07.30		
출원인	HITACHI-GE NUCLEAR ENERGY LTD	권리상태	등록		

대표도면

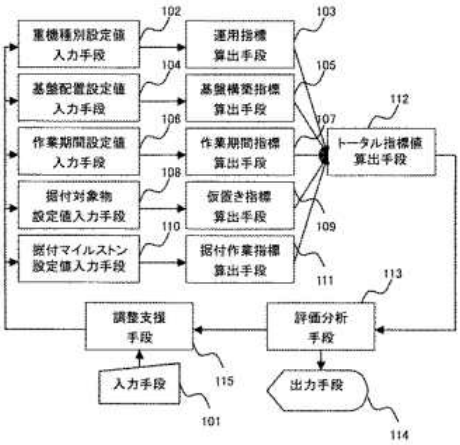


요약

(57)【요약】【과제】본 발명은, 건설 계획자가 건설 작업 계획의 과정에 있어서, 상위의 건설 작업(또는 플랜트 부품)을 하위의 작업(또는 플랜트 부품)에 전개(상세화)하는 때에, 이것과 병행하고 플랜트 부품(또는 건설 작업)이라고의 대응시킴을 효과적에 행하는 방법과 그 시스템을 제안한 것이다.【해결 수단】상기 과제를 달성하기 위해(때문에), 본 발명은 스케줄링 시스템과 CAD 시스템과를 이용하고 건설 계획의 입안을 행하는 플랜트 건설 시뮬레이션 데이터 작성 방식에 있어서, 스케줄링 시스템이 관리하는 작업과, 해 작업의 대상물 이고 CAD 시스템이 관리하는 부품과를 대응시키고 관리하고, 상기 작업이 이것을 구성하는 복수의 하위 작업에 분할하게 되는 경우에, 그 하위 작업의 각각에게 상기 부품을 대응시키는 처리를 행하는 것을 특징으로 한 것이다.【선택도】그림 1

발명의 명칭	플랜트 건설용 작업 시뮬레이션 시스템				
출원번호	JP2008008622A	출원일자	2008.01.18	기술분류	A
공개번호	JP2009169777A	공개일자	2009.07.30		
출원인	HITACHI-GE NUCLEAR ENERGY LTD	권리상태	등록		

대표도면

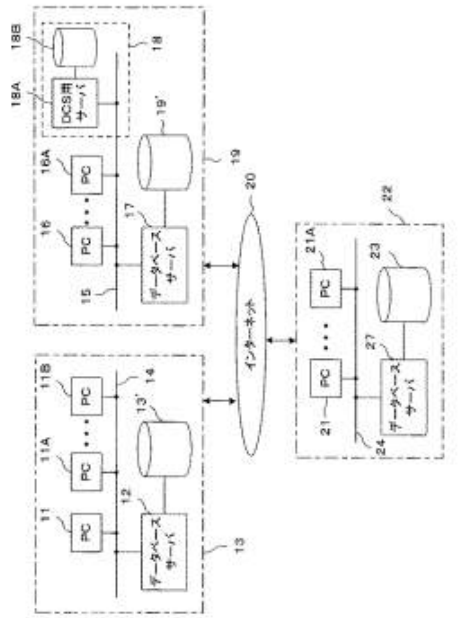


요약

(57)【요약】【과제】해결하려고 하는 과제는, 플랜트 건설 작업의 효율에 영향을 미치는 요인은 복수 있고, 그 안의 소수만을 최적화해도 반드시 해도 건설 작업 전체의 효율화를 실현할 수 없는 가능성이 어느 점 이다.【해결 수단】본 발명의 플랜트 건설용 작업 시뮬레이션 시스템은, 건설 작업 전체의 효율화를 실현하게 하기 위해(때문에), 이용자에 의한 지시 입력에 대하여 평가 분석 내용을 반영하게 하고 서로 관련이 있는 설정치 입력 수단의 사이로 지시 입력 내용이 입력 범위 안에 수납되도록 조정하는 것을 가장 주요한 특징으로 한다.【선택도】그림 1

발명의 명칭	플랜트 종합 엔지니어링 지원시스템				
출원번호	JP2006263923A	출원일자	2006.09.28	기술분류	A
공개번호	JP2008084051A	공개일자	2008.04.10		
출원인	TOSHIBA CORP,TOSHIBA SYST TECHNOL CORP	권리상태	공개(심사단계)		

대표도면

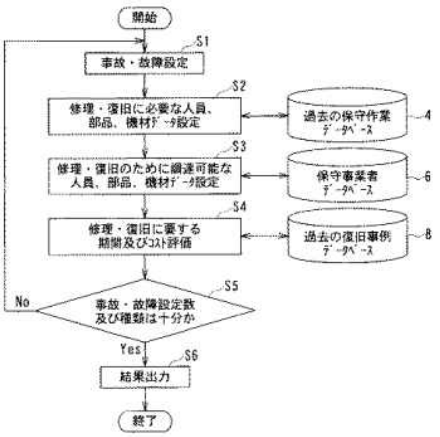


요약

(57)【요약】【과제】각 부문의 엔지니어링 데이터베이스 간의 데이터 협력이 행해라, 발전 플랜트의 건설의 효율 향상을 도모할 수 있는 플랜트 종합 엔지니어링 지원시스템을 제공하는 것 이다.【해결 수단】플랜트의 견적도 리 작업, 수주 네고, 조달·구입, 기술 검토, 기기 설계와 선정의 선행 설계, 건설·토목 공사, 기기 설치 공사, 배관공사, 합계장 공사, 전기설비 공사, 시험·조정, 시운전, 시험 기록 출력, 종합 운전을 실시하는 엔지니어링, 종합 엔지니어링 정보의 데이터베이스의 구축을 지원한다. 이것에 의해, 상류 기술·설계 에비덴스 정보와 하류에서의 엔지니어링 기술 정보를 밑천에, 엔지니어링의 효율, 설계의 효율, 시험 시방서·성적 도서의 품질 향상을 도모한다.【선택도】그림 1

발명의 명칭	사업 리스크 예측 방법 및 그 장치				
출원번호	JP2006035956A	출원일자	2006.02.14	기술분류	C
공개번호	JP2007219573A	공개일자	2007.08.30		
출원인	TOSHIBA CORP	권리상태	등록		

대표도면

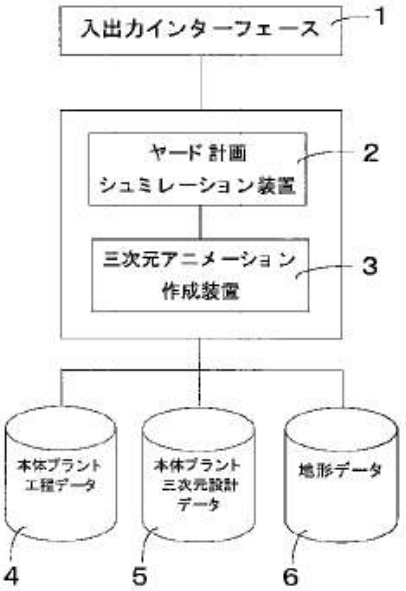


요약

(57)【요약】【과제】사업 활동 기간중을 통하여 사고나 고장 등에 의한 사업 손실 가치를 예측 평가하는 것의 할 수 있는 사업 리스크 예측 방법 및 그 장치를 제공한다.【해결 수단】공업 플랜트에서 상정하게 되는 사고나 고장을 기인이라고 하는 사업 리스크를 예측하는 사업 리스크 예측 방법 이고, 사업 리스크의 예측 대상인 필요한 사고 또는 고장을 설정하는 사고 또는 고장 설정 스텝과, 사고 또는 고장 설정 스텝에 설정하게 되는 사고 또는 고장의 수리 또는 복구에 필요한 인원, 부품, 기자재에 관하는 데이터를 설정하는 기자재 데이터 등 설정 스텝과, 사고 또는 고장 설정 스텝에 설정하게 되는 사고 또는 고장의 수리 또는 복구에 필요로 하는 기간 및 비용을 평가하는 평가 스텝과, 사고 또는 고장의 설정 수 및 종류가 충분이지 아닌지 판단하는 판단 스텝과, 판단 스텝에 판단하게 되는 판단 결과 및 평가 스텝에 평가하게 되는 평가 결과를 출력하는 결과 출력 스텝과,을 가지는 방법 이다.【선택도】 그림 2

발명의 명칭	플랜트 건설에 있어서 야드 계획 지원시스템				
출원번호	JP11325040A	출원일자	1999.11.16	기술분류	B
공개번호	JP2001142926A	공개일자	2001.05.25		
출원인	HITACHI LTD	권리상태	공개(심사단계)		

대표도면

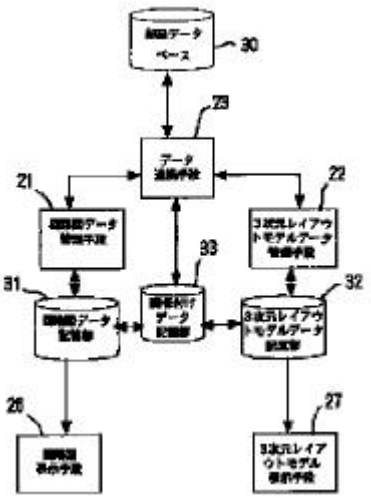


요약

(57)【요약】【과제】야드에 배치하게 되는 가설물의 정보를 정확하게 판단하고, 플랜트 건설 작업 공정과 야드에 배치하는 가설물의 제약 조건을 가미했다, 최적인 야드 배치/공정 계획을 지원하는 시스템을 제공한다.【해결 수단】본시스템은 기본적으로 야드 계획 시뮬레이션 장치 2, 3차 기초 애니메이션 작성 장치 3, 본체 건설 플랜트 공정 데이터 4, 본체 플랜트 3차 기초 설계 데이터 5, 지형 데이터 6, 입출력 인터페이스 1 보다(에서) 된다. 야드 계획 시뮬레이션 장치 2에 의하여, 가설물의 필요 기간에 비고 있고, 크레인 가동 반경내에 존재하는 야드 에어리어를 추출하고, 필요 기간, 필요 면적을 가지는 가설물 에어리어가 3차 기초 애니메이션 표시의 화면상에 표시된다.

발명의 명칭	3차 기초 레이아웃 설계 지원 장치				
출원번호	JP10153043A	출원일자	1998.06.02	기술분류	B
공개번호	JP11345258A	공개일자	1999.12.14		
출원인	MITSUBISHI ELECTRIC CORP	권리상태	등록		

대표도면

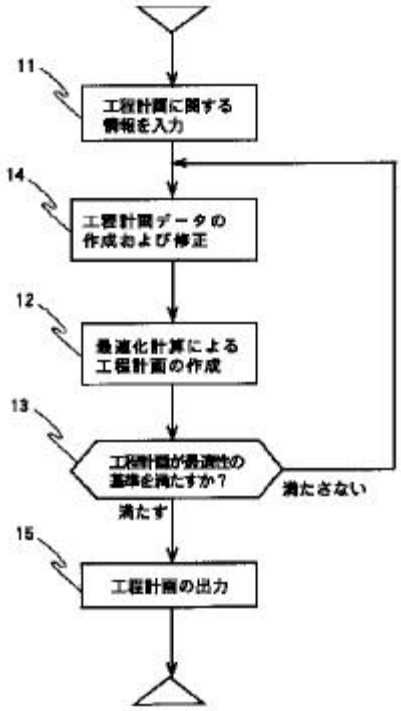


요약

(57)【요약】【과제】변전소 등에 설치하게 되는 가스 절연 개폐 장치나 플랜트, 일반 건축물의 배관 설비 등에 있어서 레이아웃 설계에 있어서, 대상 장치의 회로도로부터 대상 장치를 구성하는 부분을 자동적으로 추출하고 3차 기초 레이아웃 설계를 행하는 3차 기초 레이아웃 설계 지원 장치를 얻는다.【해결 수단】회로도에 관하는 도형 데이터의 기억부, 대상 장치를 구성하는 각 부분의 부품 데이터가 집적하게 되는 부품 데이터베이스를 가지고, 회로도 데이터를 도형 데이터의 도형 속성 정보를 판별하고, 이것에게 대응하는 부품 데이터베이스으로부터 부품 데이터를 추출하고, 부품 데이터와 도형 데이터와 의 대응시킴을 가고 도형 데이터 상호간의 논리적인 접속 정보으로 결정되는 접속 위치, 방향에 관하는 구속조건에 근거하고, 각 도형 데이터에 대응하는 각 부분을 3차 기초 공간내에서 배치하고 3차 기초 레이아웃 모델 데이터를 작성하고, 이 도형을 표시 화면에 표시하도록 구성했다.

발명의 명칭	공정 계획 작성법 및 장치				
출원번호	JP05259054A	출원일자	1993.09.22	기술분류	A
공개번호	JP07093408A	공개일자	1995.04.07		
출원인	HITACHI LTD	권리상태	등록		

대표도면

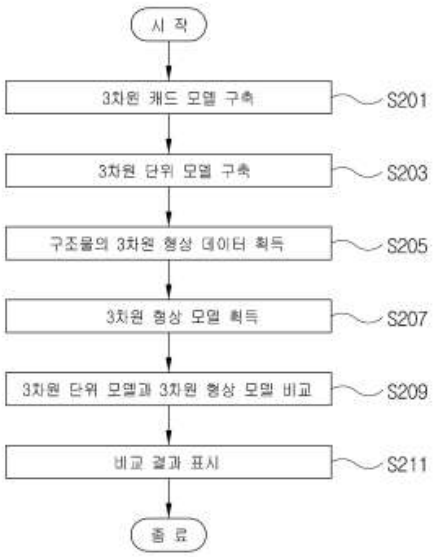


요약

(57)【요약】【목적】플랜트 건설 등의 대규모 공정 계획을 적은 노력인 동시에 단시간으로 작성해서 적합한 공정 계획 작성법을 제공하는 것에 있다.【구성】대규모 공정 계획을 작성하는 전작업 범위를 소 범위에 분할하고, 우선, 소 범위 마다에 공정 계획을 작성하고, 다음에, 이 소 범위를 1 공정으로 간주하고 전 범위의 공정 계획을 개략적으로 작성하고, 최후에, 각 소 범위 내의 공정을 다시 한번 조정하고 전 범위의 공정 계획을 작성하는 공정 계획 작성법 이고, 각 단계에 있어서 공정 계획은, 공정 계획에 관하는 정보에 근거하고 작업 시뮬레이션을 행하고, 작업의 실행 에 즈음하여 정보간에 모순이나 간섭이 발생하면, 해당 정보의 수정 또는 제약 조건의 생성을 행하고, 이것들 정보에 근거하고 최적화 계산을 행하고, 계산 결과 인 공정 계획의 질을 나타내는 평가치라고 미리 부여받고 있는 기준 평가치와를 비교하고, 공정 계획의 질을 나쁘게 하고 있는 원인으로 되어 있는 정보를 특정하고, 이것을 수정 또는 삭제하고 다시 한번 최적화 계산을 행한다.

발명의 명칭	레이저 스캐너를 이용한 플랜트 구조물의 품질 및 시공성 검사방법{Method for Inspecting of Quality and Constructability of Plant Structure Using a Laser Scanner}				
출원번호	KR20120105609A	출원일자	2012.09.24	기술분류	B
공개번호	KR20140039468A	공개일자	2014.04.02		
출원인	플랜트에셋 주식회사	권리상태	공개(심사단계)		

대표도면

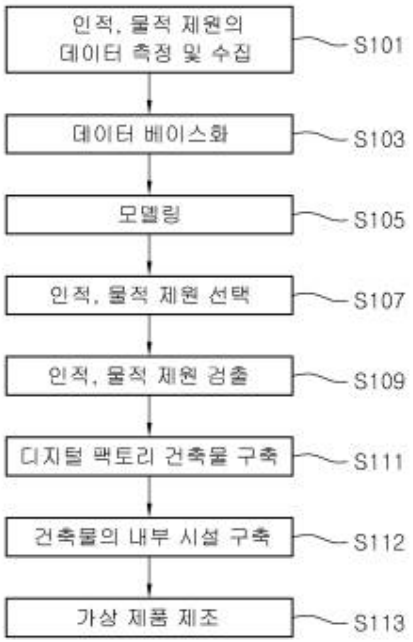


요약

3차원 레이저 스캐너를 이용한 플랜트 구조물의 품질 검사방법이 제시된다. 본 발명에 의한 플랜트 구조물의 품질 검사방법은 (a) 3차원 캐드 모델을 구축하는 단계; (b) 상기 구축된 3차원 캐드 모델을 제작하고자 하는 형상에 따라 3차원 단위모델로 분할하여 모듈화하는 단계; (c) 상기 모듈화된 3차원 단위모델에 대한 식별번호를 부여하는 단계; (d) 상기 식별번호가 부여된 3차원 단위모델에 따라 제작된 플랜트 구조물을 3차원 레이저를 이용하여 스캐닝함으로써 3차원 형상데이터를 획득하는 단계; (e) 상기 획득한 3차원 형상데이터를 3차원 형상 모델 형식으로 변환하고, 변환된 3차원 형상 모델에 상기 3차원 단위모델의 식별번호에 대응하는 대응식별번호를 부여하는 단계; (f) 비교하고자 하는 3차원 형상 모델의 대응식별번호를 입력하면, 대응식별번호에 매칭되는 3차원 캐드 모델을 불러와 상호 비교하는 단계; 및 (g) 상기 3차원 단위모델을 기준으로 하여 상기 3차원 단위모델과 상기 3차원 형상모델을 비교한 비교값을 출력하는 단계;를 포함한다.

발명의 명칭	디지털 팩토리를 이용한 공장 신축 방법{METHOD FOR BUILDING NEW FACTORY USING DIGITAL FACTORY}				
출원번호	KR20100087109A	출원일자	2010.09.06	기술분류	A
공개번호	KR20100105826A	공개일자	2010.09.30		
출원인	(주) 디지털팩토리	권리상태	등록		

대표도면

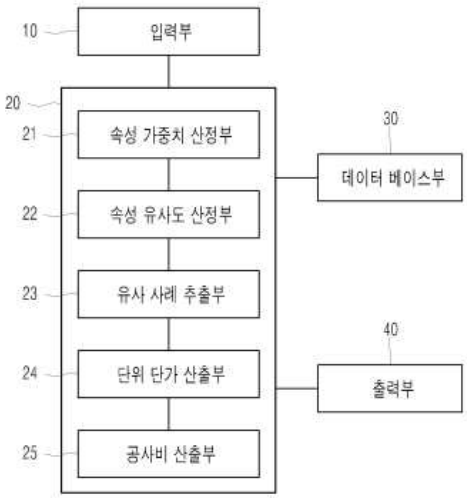


요약

본 발명은 디지털 팩토리를 이용한 공장 신축 방법에 관한 것으로서, 신제품의 개발과 생산에 필요한 가상의 디지털 팩토리를 다양한 시나리오로 구축해 볼 수 있게 함으로써, 공장의 신축에 필요한 각종 정보를 미리 얻을 수 있고, 그 결과, 얻어진 정보를 통해 불필요한 시행착오 없이 실제의 공장을 신축하는 것을 목적으로 한다. 이러한 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 가상의 디지털 팩토리를 이용하여 공장을 신축하는 방법에 있어서, a) 가상의 디지털 팩토리를 구축하기 위한 인적, 물적 제원(諸元)들의 데이터를 측정하고 수집하는 단계와; b) 측정되고 수집된 인적, 물적 제원의 데이터를 데이터 베이스화하는 단계와; c) 데이터 베이스화된 데이터를 토대로 인적, 물적 제원을 2차원과 3차원으로 모델링하는 단계와; d) 모델링된 인적, 물적 제원 중 특정의 것들을 선택하여 디지털 팩토리의 건축물을 구축하는 단계와; e) 모델링된 인적, 물적 제원 중 특정의 것들을 선택하여 상기 건축물의 내부 시설물을 배치하는 단계와; f) 구축된 가상의 디지털 팩토리를 가동시켜 가상의 제품을 제조하는 단계를 더 구비한다.

발명의 명칭	ＣＢＲ기반 공공아파트 기획 및 계획설계단계 건축공사비 예측 시스템 및 그 예측 모델{CBR-Based Cost Prediction System and Model for Pre-Design and Schematic Design Phase of Public Multi-Housing Construction Projects}				
출원번호	KR20090060207A	출원일자	2009.07.02	기술분류	C
공개번호	KR20110002637A	공개일자	2011.01.10		
출원인	서울시립대학교 산학협력단; 주식회사 한미파슨스건축사사무소; (주) 희림종합건축사사무소; 서울대학교산학협력단; 주식회사 건축사사무소 건원엔지니어링; 단국대학교 산학협력단	권리상태	공개(심사단계)		

대표도면

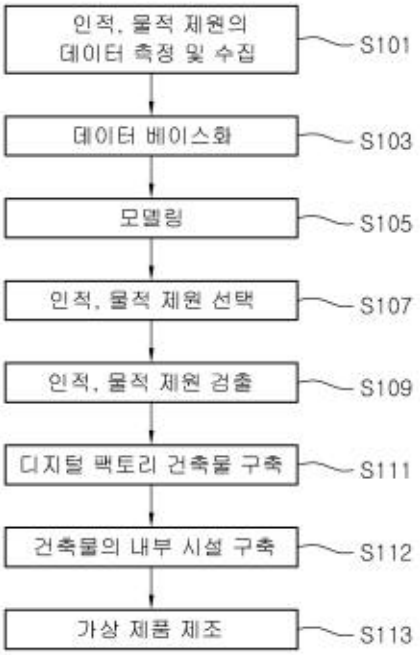


요약

본 발명은 CBR기반의 공공아파트 기획 및 계획설계단계 건축공사비 예측 시스템 및 그 예측 모델에 관한 것이다. 본 발명에 따른 CBR 기반의 공공 아파트 기획 및 계획설계단계 건축 공사비 예측 시스템은, 공종별 영향 요인 정보 및 공사비 정보를 포함하는 공사비 데이터베이스부와; 시공계획중인 대상 프로젝트의 공공아파트 정보를 입력받는 입력부와; 상기 입력부에 입력되는 정보에 기초하여 건축 공사비 영향 요인에 대한 속성 가중치를 산정하는 속성 가중치 산정부와; 상기 속성 가중치 산정부에서 산정된 속성 가중치를 바탕으로 속성 유사도를 산정하는 속성 유사도 산정부와; 상기 속성 유사도 산정부에서 산정된 속성 유사도를 바탕으로 상기 공사비 데이터베이스부에서 유사 사례를 추출하는 유사 사례 추출부와; 상기 유사 사례 추출부에서 추출된 유사 사례의 단위 면적당 공사비를 산출하는 단위 단가 산출부와; 상기 단위 단가 산출부에서 산출된 단위 면적당 공사비에 상기 입력부에 입력된 대상 프로젝트의 면적을 곱하여 직접공사비와 간접공사비를 산출하는 공사비 산출부와; 상기 공사비 산출부에서 산출된 공사비를 출력하는 출력부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 명칭	디지털 팩토리를 이용한 공장 신축 방법{METHOD FOR BUILDING NEW FACTORY USING DIGITAL FACTORY}				
출원번호	KR20080100125A	출원일자	2008.10.13	기술분류	A
공개번호	KR20100041112A	공개일자	2010.04.22		
출원인	(주) 디지털팩토리	권리상태	공개(심사단계)		

대표도면

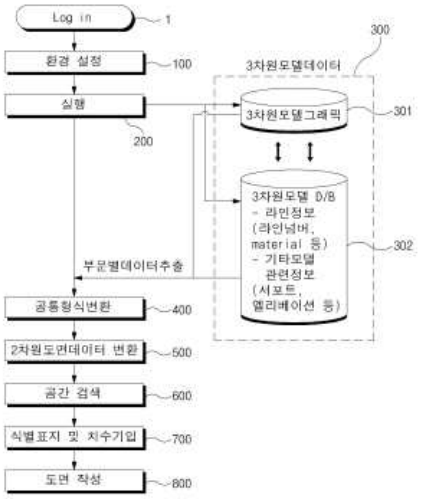


요약

본 발명은 디지털 팩토리를 이용한 공장 신축 방법에 관한 것으로서, 신제품의 개발과 생산에 필요한 가상의 디지털 팩토리를 다양한 시나리오로 구축해 볼 수 있게 함으로써, 공장의 신축에 필요한 각종 정보를 미리 얻을 수 있고, 그 결과, 얻어진 정보를 통해 불필요한 시행착오 없이 실제의 공장을 신축하는 것을 목적으로 한다. 이러한 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 가상의 디지털 팩토리를 이용하여 공장을 신축하는 방법에 있어서, a) 가상의 디지털 팩토리를 구축하기 위한 인적, 물적 제원(諸元)들의 데이터를 측정하고 수집하는 단계와; b) 측정되고 수집된 인적, 물적 제원의 데이터를 데이터 베이스화하는 단계와; c) 데이터 베이스화된 데이터를 토대로 인적, 물적 제원을 2차원과 3차원으로 모델링하는 단계와; d) 모델링된 인적, 물적 제원 중 특정의 것들을 선택하여 디지털 팩토리의 건축물을 구축하는 단계와; e) 모델링된 인적, 물적 제원 중 특정의 것들을 선택하여 상기 건축물의 내부 시설물을 배치하는 단계와; f) 구축된 가상의 디지털 팩토리를 가동시켜 가상의 제품을 제조하는 단계를 더 구비한다.

발명의 명칭	플랜트엔지니어링 및 조선분야의 시공 또는 설치를 위한3차원 모델 데이터의 2차원 도면 자동 작성 방법{The method to generate automatically from 3-dimensional data to 2-dimensional design, construction or installation drawing for plant engineering and shipbuilding}				
출원번호	KR20070049192A	출원일자	2007.05.21	기술분류	B
공개번호		공개일자			
출원인	주식회사 테크서버	권리상태	등록		

대표도면

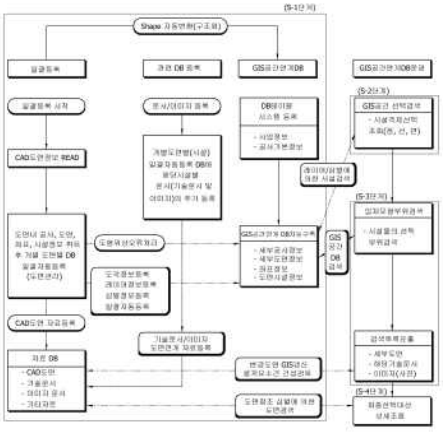


요약

본 발명은 컴퓨터를 이용하여 3차원 모델로부터 2차원 도면을 자동으로 작성하는 방법에 있어서, 사용자 인터페이스를 통하여, 상기 3차원 모델링 프로그램으로부터 작성된 3차원 모델 그래픽 파일과 3차원 모델 데이터베이스에 접속하는 경로와 최종도면이 출력되는 경로 및 배관(Piping), 전기·계장(Electrical、instrumet) 또는 공조설비(HVAC)의 부문 중 하나를 선택하고, 해당 부문의 2차원 도면상에 나타내고자 하는 도면정보를 선택하여 저장하는 환경설정단계와; 상기 설정된 환경정보에 따라 3차원 모델 그래픽 파일 및 3차원 모델 데이터 베이스에 접속하여 선택된 부문에 해당하는 3차원 모델데이터를 추출하여 모델링된 설계형상에 따라 공통된 형식으로 변환하는 공통형식 변환 단계와; 상기 공통형식으로 변환된 3차원 모델 데이터를 2차원 도면데이터로 변환하는 2차원 도면데이터 변환단계와; 상기 2차원 도면데이터로 변환된 데이터에 식별표지(Label) 및 치수기입을 위한 위치를 검색하여 선정하는 공간검색 단계와; 상기 공간검색 단계를 거친 2차원 도면데이터에 식별표지 및 치수를 기입하는 단계;를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 플랜트엔지니어링 및 조선분야의 시공 또는 설치를 위한 3차원 모델 데이터의 2차원 도면 자동 작성 방법에 관한 것이다. 본 발명을 이용함으로써 신속한 도면 작성이 가능해져서 새로이 도면 작성에 들어가는 비용과 시간을 상당히 단축시킬 수 있는 효과가 있다.

발명의 명칭	ＣＡＤ도면에 의한 ＧＩＳ공간연계ＤＢ 자동구축 방법{A database for link of Serch data in GIS system, a building method}				
출원번호	KR20070020340A	출원일자	2007.02.28.	기술분류	A
공개번호		공개일자			
출원인	한국철도시설공단	권리상태	등록		

대표도면

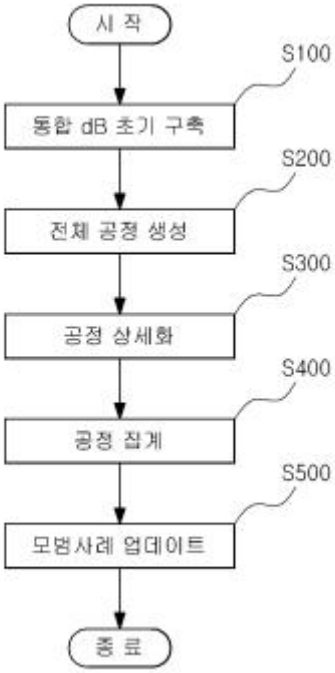


요약

본 발명은 건설 분야의 설계 및 건설단계에서 발생되는 CAD도면, 관련문서, 이미지, 동영상 파일들을 지리정보시스템(Geographic information system 이하 GIS라 함)을 이용하여 쉽고 편리하게 검색하기 위한 것으로서, 건설단계에서 발생되는 CAD도면, 관련문서, 이미지 파일들의 원본을 저장하는 자료DB와, 상기 CAD도면을 GIS에서 인식할 수 있도록 변환한 쉐이프 파일(Shape file)들을 저장하는 쉐이프 파일DB와, CAD도면에서 정보를 추출하여 상기 자료DB를 GIS에 연계시켜주는 완전 객체기반의 GIS공간연계DB를 자동으로 구축하고, 도면참조 심벌을 이용하여 특정 CAD도면을 바로 연계하거나, 대상 객체에 대한 자료리스트를 추출하여 표시하고 그 중 선택된 파일을 연계하는 한편, GIS상에서 도면층을 활용 설계요소 간의 간섭을 검토할 수 있도록 함으로써, CAD도면을 비롯한 각종 파일 검색이 편리하고, 신설/증설에 따른 CAD도면의 변경에도 별도의 구조화 편집 작업 없이 구조화 변환에 따라 CAD도면을 실시간으로 갱신 업무에 활용할 수 있으므로 건설 단계에서도 GIS를 도입 건설과정에서 발생한 많은 건설정보를 CAD와 GIS를 연계하기 위한 CAD도면에 의한 GIS공간연계DB 자동구축 방법에 관한 것이다.

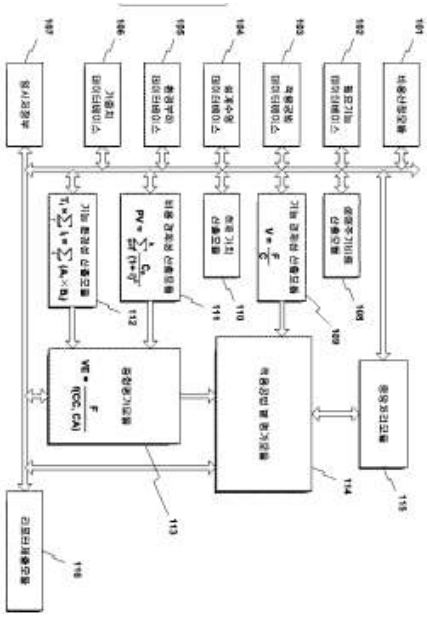
발명의 명칭	부위별 원가정보를 연계한 시설물 건설공정 관리방법{Method of construction process management connecting cost information by element}				
출원번호	KR20060136669A	출원일자	2006.12.28	기술분류	A
공개번호		공개일자			
출원인	주식회사 포스코건설	권리상태	등록		

대표도면



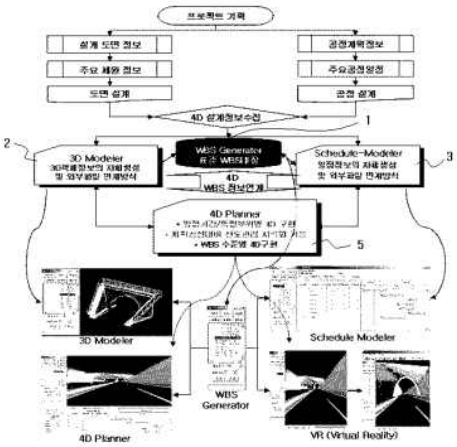
요약

본 발명은, 부위별 원가정보를 연계한 시설물 건설공정 관리방법에 관한 것으로서, 보다 상세히는, 건설의 대상이 되는 시설물의 구성 부위와, 공종과, 공정과, 공정 액티비티를 탑다운 방식으로 체계적으로 저장하면서, 상기 공정 액티비티의 원가 정보를 함께 저장하여 데이터베이스를 구축하여 두고, 차후 실제 건설하고자 하는 시설물이 결정되면, 상기 데이터베이스에 저장되어 있는 정보로부터 신속하게 건설 공정 정보를 생성하여 하위 공정으로 상세화하고, 상기 공정의 관리에 있어서는 상기 원가 정보에 근거하여 공정의 진척 상황을 집계하고, 상기 시설물이 완성된 후에는 상기 집계된 실적에 근거하여 상기 데이터베이스를 업데이트하는 시설물 건설공정 관리방법에 관한 것이다.

발명의 명칭	건설 시설물에 대한 가치평가 및 환경평가의 수행을 위한시뮬레이션 시스템{SIMULATION SYSTEM FOR ACCOMPLISH WORTH AND ENVIORMENT OF VALUATION BY FACILITIES CONSTRUCTION}				
출원번호	KR20050081270A	출원일자	2005.09.01	기술분류	C
공개번호	KR20050096869A	공개일자	2005.10.06		
출원인	(주)에코아이	권리상태	등록		
대표도면		요약	본 발명은 공공 건설사업 등등의 건설에 있어서 건설되는 시설물의 가치와 해당 시설물로 인해 환경에 미치는 영향 등을 고려하는 시설물 가치평가 시뮬레이터 방식에 관한 것으로 특히, 건설 대상인 시설물에 대한 건설 공법이 여러 형태로 존재하며 각 공법에 따른 해당 시설물의 가치와 환경에 대한 평가가 상이한 경우 이를 총체적으로 비교 평가할 수 있도록 하며 해당 시설물의 환경에 미치는 영향 등을 미리 인지할 수 있도록 함으로써 최적의 설계방안을 찾을 수 있도록 하기 위한 건설 시설물에 대한 가치평가 및 환경평가의 수행을 위한 시뮬레이션 시스템을 제공하며, 건설 시공법이 다양한 시설물의 설계단계에서 각 시공법에 대한 기존의 평가방법인 LCC와 VE는 물론 LCA와 AHP(Analytic Hierarchy Process) 분석을 통하여 지속가능한 개발과 부합하는 차별화된 정량적 분석결과를 토대로 시설물의 기능에 따른 최적의 시공법을 선정하는 객관적인 자료를 제공하며, 해당 시설물의 환경에 미치는 경제적 환경적 영향 등을 미리 인지할 수 있도록 함으로써 최적의 설계방안을 찾을 수 있도록 하는 효과가 있다.		

발명의 명칭	3차원 객체와 일정을 연계한 토목공사 시설물의 4차원 건설공사 공정관리시스템의 구현방법{Methodology Using 4D CAD System for Civil Engineering Project by Integration of 3D Object and Schedule}				
출원번호	KR20040101024A	출원일자	2004.12.03.	기술분류	A
공개번호	KR20060062255A	공개일자	2006.06.12.		
출원인	경상대학교산학협력단; 지상복	권리상태	등록		

대표도면

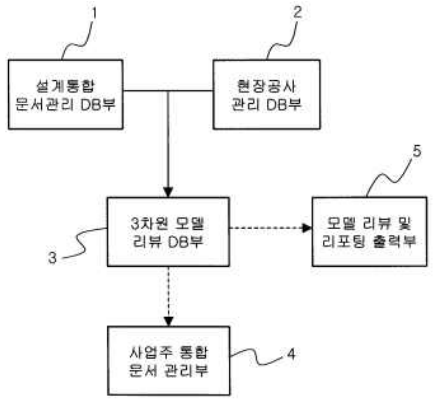


요약

본 발명은 건설공사에서 시설물의 부위 및 구조물들을 3차원 형태로 구성하여, 공사경과일정별 완성상태를 3차원 형상으로 연속 구현함으로써, 공정진행현황을 시각화하여 건설공사 공정관리업무를 획기적으로 향상시킬 수 있는 4차원 건설공사 공정관리시스템 및 그 구현방법에 관한 것이다.이를 위해, 본 발명은 설계부위별 색상구분에 의한 시각화표현이 가능한 자동지형삼각망 구축방법을 구축하였으며, 성절토 등의 3차원 형태 표현시 공사일정별로 시시각각 변화하는 실제 시공형상을 실제 모습대로 표현하기 위해 몰핑기법을 개발하여 시스템에 구성하였다.또한, 본 발명은 계획공사일정 대비 실제 진행일정에 대한 진도관리상태를 지연 및 초과일정에 대해 부위 및 구조물별로 색상을 달리하여 3차원으로 표현하는 시각적 진도관리 표현기법을 개발하였으며, 완성된 시설부위는 4D구현과 함께, 가상현실(VR)기능을 연계하여 모의주행 등의 실제 이용상태를 가상적으로 보여줌으로써, 사전에 문제점을 파악할 수 있는 기능을 도입하였다.또한, 본 발명은 현장의 4D공사정보 입수를 위해 무선통신 이용기능을 구성하였으며, 광역현장의 종합적인 4D구현을 위해 광역범위에서 세부구조물 범위까지 화면에서 선택적으로 4D를 구현할 수 있는 키맵(Key Map)기능을 구성하였다. 또한, 광역현장의 종합적인 4D구현을 위해 광역범위에서 세부구조물 범위까지 화면에서 선택적으로 4D를 구현할 수 있는 키맵(Key Map)기능을 구성하였다.더욱이, 본 발명은 공사일정별로 완성된 이러한 기능의 수행을 위해 공사일정계산, 객체별 3차원 구성, 4D구현, 가상현실구현 기능들을 모두 표준적으로 내장된 공정분류체계코드에 의하여 수행되도록 하여 시스템내 정보의 통합관리구현 및 수준별 관련기능의 구현이 가능하도록 하였다.

발명의 명칭	통합 3차원 플랜트 엔지니어링 리뷰시스템과 그 리뷰방법 {Integrated 3-dimension plant engineering review system and it's review process}				
출원번호	KR20030064848A	출원일자	2003.09.18	기술분류	C
공개번호	KR20050028232A	공개일자	2005.03.22		
출원인	주식회사 맨인텍	권리상태	공개(심사단계)		

대표도면

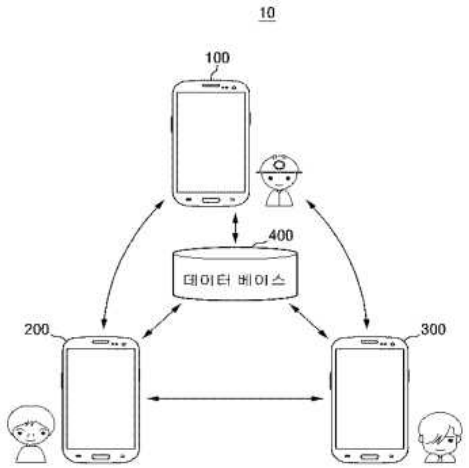


요약

본 발명은 건설/플랜트 공사시 3차원 플랜트 캐드 모델 생성후 관련 데이터나 도면 등을 서지문서가 아닌 통합서버에 구축된 최종 전산데이타를 이용하여 실시간으로 검증 및 통합관리할 수 있으면서 프로젝트 관련 인원들이 3차원 모델을 리뷰 프로그램(Review program)을 통해 종합적인 정보조회가 가능하여 높은 품질과 생산성 향상이 이루어지는 통합 3차원 플랜트 엔지니어링 리뷰시스템과 그 리뷰방법에 관한 것으로, 설계 데이터 및 관련 도면과, 자재 발주현황 및 입고 예정 데이터 등이 구축된 설계통합 문서관리 DB부(1)와; 아이소메트릭 도면별 용접 데이터 및 공사 업체별 작업 현황 데이터와, 아이소메트릭 도면별 자재입고, 검사, 불출 및 작업현황 데이터 및, 비파괴 검사, 페이팅, 보온, 수입 테스트현황 데이터 등이 구축된 현장공사 관리 DB부(2)로 및; 이들의 지원을 받는 3차원 모델 데이터가 구축된 3차원 모델 리뷰 DB부(3)로 이루어지되, 상기 3차원 모델 리뷰 DB부(3)는 사업주 통합 문서 관리부(4)와 모델리뷰 및 리포팅 출력부(5)에 각각 링크되어 구성되어 있다.

발명의 명칭	건설현장의 하자관리시스템 및 방법{SYSTEM AND METHOD FOR MANAGEING DEFECT OF CONSTRUCTION SITE}				
출원번호	KR20120124168A	출원일자	2012.11.05	기술분류	A
공개번호	KR20140058732A	공개일자	2014.05.15		
출원인	중앙대학교 산학협력단	권리상태	등록		

대표도면

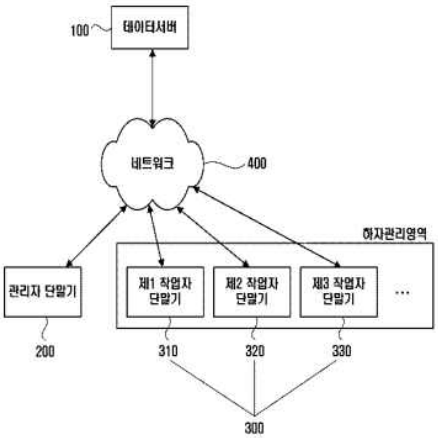


요약

건설현장의 하자관리시스템 및 방법이 제공된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 건설현장의 하자관리시스템은, 건설현장의 하자에 대한 하자정보를 통지받아, 상기 하자정보에 따른 보수작업의 완료정보를 생성하여 보고하는 작업자 단말기; 상기 하자정보를 생성하여 통지하며, 상기 완료정보의 점검 결과에 기초하여 점검정보를 생성하고, 상기 점검정보를 보고하는 관리자 단말기; 및 상기 점검정보를 확인하여 승인정보를 생성하는 책임자 단말기를 포함한다.

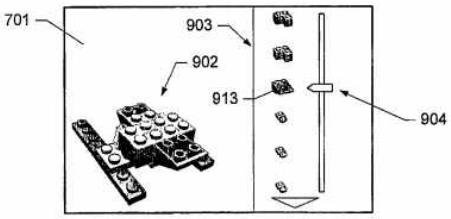
발명의 명칭	하자관리시스템 및 하자관리방법{SYSTEM AND METHOD FOR MANAGEING DEFECT}				
출원번호	KR20120041624A	출원일자	2012.04.20	기술분류	A
공개번호	KR20130118613A	공개일자	2013.10.30		
출원인	중앙대학교 산학협력단	권리상태	공개(심사단계)		

대표도면



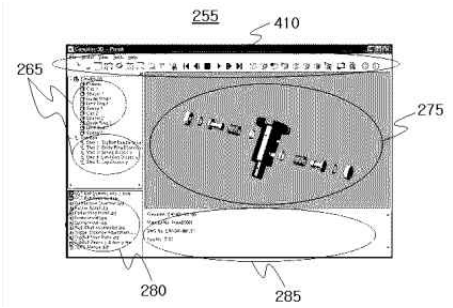
요약

하자관리시스템 및 하자관리방법이 제공된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 하자관리시스템은, 하자관리데이터를 저장하는 데이터서버, 하자관리영역 내에 위치하며, 상기 데이터서버에 접속하여 상기 하자관리데이터 중 상기 하자관리영역과 대응되는 현장정보를 조회하는 작업자 단말기, 및 상기 데이터서버에 접속하여 상기 하자관리데이터를 관리하며, 상기 데이터서버에 대한 상기 작업자 단말기의 접속권한을 관리하는 관리자 단말기를 포함하되, 상기 현장정보는, 상기 하자관리영역 내의 시공대상 시설물에 대한 위치, 크기, 거리 또는 각도에 대한 정보 중 하나를 포함한다.

발명의 명칭	빌딩 블록 모델들에 대한 빌딩 지침서들의 자동 생성 {AUTOMATIC GENERATION OF BUILDING INSTRUCTIONS FOR BUILDING BLOCK MODELS}				
출원번호	KR20077001103A	출원일자	2007.01.16.	기술분류	B
공개번호	KR20070026820A	공개일자	2007.03.08		
출원인	레고 에이/에스	권리상태	공개(심사단계)		
대표도면		요약	빌딩 블록 모델을 위한 빌딩 지침서들을 생성하는 컴퓨터 구현 방법은 빌딩 블록 모델의 디지털 표현을 검색하는 단계; 및 복수의 가상 빌딩 블록들의 제1 부집합 및 제2 부집합 각각의 적어도 제1 및 제2 파트-모델의 그래픽 표현들을 생성하는 단계를 포함하는데, 상기 디지털 표현은 컴퓨터 구현 가상 구성 프로세스 중에 사용자 커맨드에 응답해서 복수의 가상 빌딩 블록들이 배치되는 순차 구성 순서를 나타내고, 상기 가상 구성 프로세스는 가상 빌딩 블록 모델을 야기하며; 제2 부집합이 상기 복수의 가상 빌딩 블록들의 미리 정해진 수의 추가 가상 빌딩 블록들 및 제1 부집합을 포함하고; 추가 가상 빌딩 블록들이 순차 구성 순서로부터 유도된 순차 지침서 순서에 대해 제1 부집합의 모든 가상 빌딩 블록들에 이어진다.		

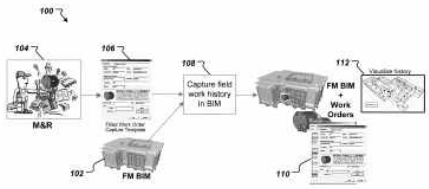
발명의 명칭	발전 설비의 정비 교육 및 훈련을 위한 3차원 가상체험전자매뉴얼 제공방법 및 시스템{Method and system for providing 3D virtual experience electric manual for maintenance education of power plants and equipments}				
출원번호	KR20060034321A	출원일자	2006.04.15.	기술분류	B
공개번호	KR20070102319A	공개일자	2007.10.18		
출원인	(주)포미트	권리상태	공개(심사단계)		

대표도면



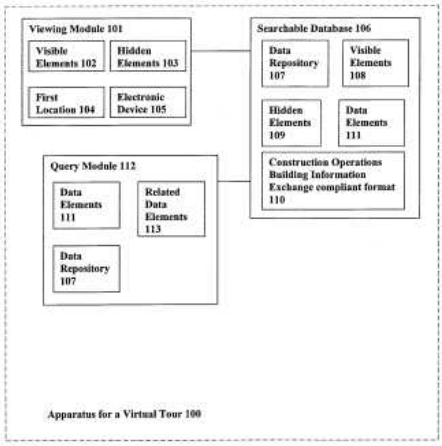
요약

본 발명은 기계장치의 유지 보수를 위한 전자매뉴얼 시스템에 관한 것으로, 보다 자세하게는 발전소 및 기계장치 운용의 유지 보수를 위한 정보의 2차원 도면을 3차원 동적 형상정보로 볼 수 있고, 기계장치들의 분해, 조립 등과 같은 상세한 설명도 3차원 동적 이미지로 구현할 수 있는 발전 설비의 정비 교육 및 훈련을 위한 3차원 가상체험 전자매뉴얼 제공방법 및 시스템에 관한 것이다.본 발명은 기계장치 구성요소의 3차원 동적 형상정보를 제공하는 전자매뉴얼을 제공함에 있어서, 상기 구성요소의 목차를 디스플레이하는 목차부와 상기 구성요소의 기술문서를 디스플레이하는 본문부를 포함하는 메인윈도우를 디스플레이하는 제1단계와 상기 목차부의 구성요소 중 어느 하나가 선택되면 선택된 구성요소에 대응하는 기술문서를 상기 본문부에 디스플레이하는 제2단계와 디스플레이되는 상기 기술문서에 포함된 이미지 중 어느 하나가 선택되면 선택된 이미지에 대응하여 단순윈도우 생성을 요청하는 요청신호를 전송하는 제3단계와 상기 요청신호에 대응하여 상기 선택된 구성요소의 3차원 동적 형상정보를 포함하는 단순윈도우를 생성하는 제4단계 및 상기 3차원 동적 형상정보의 형상을 변형하기 위한 외부 제어 요청신호가 수신되면, 상기 단순윈도우에 디스플레이된 구성요소의 형상을 변형하여 디스플레이하는 제5단계로 구성됨에 기술적 특징이 있다.따라서, 본 발명의 발전 설비의 정비 교육 및 훈련을 위한 3차원 가상체험 전자매뉴얼 제공방법 및 시스템은 각 장치를 구성하고 있는 구성요소 및 부품들의 상세한 설명 및 2차원 도면을 3차원 동적 형상정보로 구현함으로써 각 부품의 상세한 설명과 함께 분해, 조립, 회전, 확대, 축소, 3차원 애니메이션, 3차원 시뮬레이션 및 3차원 단면절개가 가능하고, 노트북이나 소형 단말기를 통해 손쉽게 발전소 및 기계 운용과 관련된 장비의 운영 및 정비시각 설비의 정보를 입체적으로 분석하고 이해할 수 있는 효과가 있다.

발명의 명칭	METHODS AND SYSTEMS FOR LINKING BUILDING INFORMATION MODELS WITH BUILDING MAINTENANCE INFORMATION				
출원번호	US14/038598	출원일자	2013.09.26	기술분류	A
공개번호	US20140089209A1	공개일자	20140327		
출원인	Carnegie Mellon University	권리상태			
대표도면		요약	A computer-implemented method includes, in one aspect, receiving a request for a spatial analysis of building behavior of an entity within a building facility; retrieving building maintenance information about the entity within the building facility; accessing a building information model for the building facility; identifying a portion of the building information model that pertains to the entity; and based on the retrieved building maintenance information and the identified portion of the building information model, generating the spatial analysis of the building behavior for the entity within the building facility.		

발명의 명칭	Virtual Building Browser Systems and Methods				
출원번호	US13/749228	출원일자	2013-01-24	기술분류	B
공개번호	US20140207774A1	공개일자	2014-07-24		
출원인	Walter; Mark Davis; Dale	권리상태			

대표도면

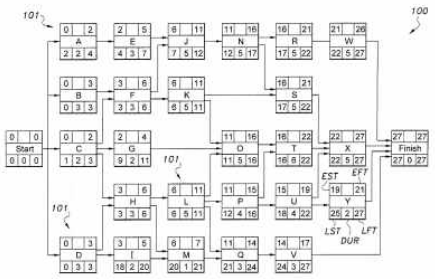


요약

Systems and methods are provided for a virtual building browser with a viewing module displaying images of visible elements and hidden elements, a searchable, relational database configured in a (COBie) compliant format, a query module, and an interface tool for accessing building information management (BIM) data in real-time, monitoring systems to manage facility assets, integration applications linking the searchable database with associated databases, peripheral devices, and user devices. In one embodiment, user devices are iPad® tablet devices with GPS. A computer implemented apparatus for a virtual tour system is also included. Steps for providing a virtual building browser, a virtual tour, and for linking LEED data to a virtual location are included plus computer-implemented methods with computer-usable readable storage medium having computer-readable program code embodied therein for causing a computer system to perform steps for a virtual tour, displaying building information management images of locations are included.

발명의 명칭	PROGRESS MONITORING METHOD				
출원번호	US13/558195	출원일자	2012-07-25	기술분류	C
공개번호	US20120290347A1	공개일자	2012-11-15		
출원인	KING FAHD UNIVERSITY OF PETROLEUM AND MINERALS	권리상태			

대표도면



요약

The progress monitoring method is based on a critical path method (CPM) and conducts comparisons against multiple possible outcomes utilizing neural networks that classify planned progress at specified cut-off dates during a planning stage. The classifications are used to monitor and evaluate actual progress during the construction stage. The pattern recognition techniques generalize a virtual benchmark to represent planned progress based on multiple possible outcomes generated at each cut-off date. The generalization feature overcomes the problem of variation in the quality of data collected. Patterns are constructed to encode planned and actual progress at different cut-off dates. Patterns are readily manipulated within computer programs and substitute for photographs, which are not comprehensive in representing the work status of interior and hidden parts of the under-construction facilities.

발명의 명칭	SYSTEMS AND METHODS FOR CREATING AND UTILIZING HIGH VISUAL ASPECT RATIO VIRTUAL ENVIRONMENTS				
출원번호	US13/456973	출원일자	2012.04.26	기술분류	B
공개번호	US20130290908A1	공개일자	2013.10.31		
출원인	Macura; Matthew Joseph Loveland, US 외	권리상태			

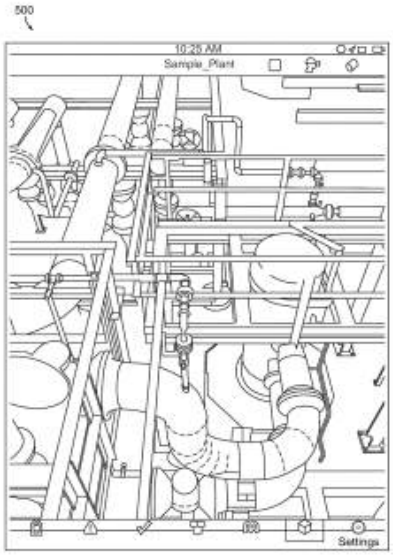
대표도면

요약

An interactive virtual method for manufacturing plant construction, planning, design, touring, and/or management, the method comprising: providing a user with a first interactive, virtual environment comprising facility information and equipment information; proposing a question; and navigating the environment to obtain answers to the proposed questions; wherein said method is a computer-based environment comprising a high visual aspect ratio and wherein said method does not employ computer-aided design.Additionally, a method for creating a high visual aspect ratio virtual tour, comprising: collecting a plurality of first images of areas of low detail and a plurality of second images of areas of high detail; stitching the first images together to create a plurality of first spherical-format images and the second images together to create a plurality of second spherical-format images; combining the first spherical-format images with the second spherical-format images to create a high visual aspect ratio virtual tour.

발명의 명칭	DEVICES AND METHODS FOR DISPLAYING A SUB-SECTION OF A VIRTUAL MODEL				
출원번호	US13/435709	출원일자	2012-03-30	기술분류	B
공개번호	US20130235029A1	공개일자	2013-09-12		
출원인	VELA SYSTEMS, INC. Burlington, US	권리상태			

대표도면



요약

The invention generally relates to devices and methods for displaying a sub-section of a virtual model. In certain aspects, methods herein involve determining a portion of a virtual model within a user's field of view, determining a maximum load value that can be accommodated by the device, and displaying a sub-section of the virtual model based upon the portion that is within the user's field of view and the maximum load value accommodated by the device. In other aspects, devices herein include hardware and software that cause a CPU of the device to determine a portion of a virtual model within a user's field of view, determine a maximum load value that can be accommodated by the device, and display a sub-section of the virtual model based upon the portion that is within the user's field of view and the maximum load value accommodated by the device.

2.4 기술수준 분석

2.4.1. 국내기술수준 분석

○ 플랜트 건설 시뮬레이션 기술

- 국내에서는 플랜트 관련회사들이 시험적으로 시뮬레이션 SW를 개발하고 있으며, 건설 플랜트 시뮬레이터 관련해서는 BIM 기반의 공정 시뮬레이션 SW들이 존재한다.

○ 3D 모델링 데이터 운용 및 가시화 기술

- 건설 분야에서 석영 시스템, 버츄얼빌더스, 인텔리코리아 등의 CAD 전문 기업들이 BIM 데이터를 중심으로 3D 건설 정보 체계 구축 및 가시화 기술에 관련된 높은 수준의 기술을 보유하고 있으며 일부 플랜트 분야도 있으나, 대부분 건설 분야에 적용하고 있음.

○ GIS 기술

- 국내에서는 이지스 등이 자체 엔진을 기반으로 한 GIS 솔루션을 보유하고 있으며, 다양한 분야에 적용하고 있음.

○ 건설 현장 안전 관련 기술

- 건축물에 관한 안전 관리 기술로서는 버츄얼빌더스, 유엔이, 엠랩 등의 기업 들이 화재 확산, 피난 계획 등의 시뮬레이션 기술을 가지고 있으며 플랜트 건설 현장 안전관리에 적용가능.

2.4.2. 해외기술수준 분석

○ 건설 시뮬레이션 기술

- 플랜트 SW벤더인 다쏘, 벤틀리가 최고수준의 기술을 보유하고 있으나, 이 분야가 최근 확대되는 있는 점과 현업에서의 활동도가 높지 않은 점을 고려해볼 때 기술 격차가 크지 않은 것을 사료됨.

○ 3D 모델링 데이터 운용 및 가시화 기술

PART I. 인적사항

성 명		소속기관명	
소 속 부 서		직 위	
연 락 처	(TEL) (Email)		
소속기관 형태	대기업( ), 중견기업( ), 중소기업( ), 대학교( ), 정부기관( ), 연구소( ), 협회( ), 기타( )		

PART II. 제안 기술 개요

중점추진분야	플랜트 인프라 시설물 설계정보체계 및 건설시뮬레이터 개발 기획 (플랜트 건설 시뮬레이터 SW 개발)
첨부된 기술분류에서 제안기술의 위치(대분류)	마지막 페이지의 기술분류에서 대분류 선택하거나 새로운 대분류명 추가
첨부된 기술분류에서 제안기술의 위치 (중분류)	마지막 페이지의 기술분류에서 중분류 선택하거나, 새로운 중분류명 추가
제안 기술명	제안 기술이 복수인 경우에 파트 2-4를 복수 작성 요망
기술개발 단계	기초/원천( ), 응용( ), 실용화( ), 실증화-test bed형( )/ 융합기술 여부(O, X)

대상 기술의 TRL (Technology Readiness Level) 분류

구분	기초이론/실험	실용목적 아이디어 특허 등 개념 정립	실험실 규모의 기본성능 평가	실험실 규모의 핵심 성능평가	확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능 평가	파일롯 규모 시작품 제작 및 성능 평가	상용성평가 및 구요업 평가	시제품 신기술 검증인증 및 표준화	사업화
단계	□	□	□	□	□	□	□	□	□

[작성방법]

- *분류 : [첨부] 기술분류체계 기준, 제안하는 기술이 속하는 중분류명을 명시하거나, 새로운 대분류 및 중분류 추가 제안 가능*
- *제안기술아이템명 : 제안하고자 하시는 기술아이템명 또는 기술개발과제명 작성*
- *기술개발단계 / 융합기술 여부 : 대상기술의 해당단계 표시, 융합 여부 동시 표시*

<그림 2.68> 기술 수요조사서 샘플

PART Ⅲ. 연구개발의 목표 및 내용			
제안기술명			
기술의 정의			
연구개발목표			
연구개발내용 (해결방법)			
핵심요구기술	*- 기술의 핵심키워드, 기술의 성능목표, 세부요구기술 작성*		
세부목표별 추진단계	세부목표 입력	1단계	○ ○
		2단계	○ ○
		3단계	○ ○
성과 및 최종성과물	*- 연구개발로 산출되는 결과물, 결과물의 형태, 구체적 기술 Spec.을 명시*		
활용방안			
기대효과 및 파급효과	○ ○ ○		

연구예산							
소요기간		( )년					
구 분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합 계
연구비	정부	백만원	백만원	백만원	백만원	백만원	백만원
	민간	백만원	백만원	백만원	백만원	백만원	백만원
	합계	백만원	백만원	백만원	백만원	백만원	백만원

[작성방법]

- *연구개발의 목표 : 연구개발이 필요한 기술(또는 공정)의 수준·성능 및 품질을 가능한 한 정량적으로 기술*
- *연구개발의 내용(해결방법) : 연구개발의 목표를 달성하기 위하여 수행할 세부기술의 내용 및 범위를 기술하고, 연구개발 기술에 대한 사양·성능·용도 및 기능 등에 대하여 기술*
- *세부목표별 추진단계 : 세부목표(정량적)를 기술하고 세부목표를 실현하기 위한 주요 기*

<그림 2.69> 기술 수요조사 양식

- Simens PLM Software(USA)사, Dassault Systems사 등이 세계최고 수준의 Geometric modelling kernel 기술을 보유하고 있으며, 다양한 소프트웨어에 적용되고 있음.

2.4.3. 기술수요 조사

○ 기술 수요 조사 개요

- 플랜트 건설 시뮬레이션을 위한 플랜트건설 시뮬레이션 플랫폼 및 애플리케이션 소프트웨어 개발기술을 위하여, 플랜트 업계, SW업계, 학계, 연구소 등 분야별로 기술수요조사를 실시하였음.

- 기술수요조사는 이메일 및 전화요청 등을 통해서 총 1회에 걸쳐서 실시하였으며, 서식은 <그림 2.69>과 같음.

  ▪ 1차 조사 마감: 2014. 08. 30

<표 2.15> 기술 수요조사 현황

구분	기술 수요	비고
플랜트 통합정보체계 구축	ISO 15926 모델링 정보 관리/운용 기술	1
	복수 모델링정보 통합 운용 관리 기술	2
	플랜트 시설 공정 데이터 관리 기술	3
플랜트 통합정보체계 기반 시뮬레이션 기술	플랜트 통합정보체계 기반 물리 엔진 기술	4
	플랜트 통합정보체계 기반 물리 엔진 기술	5
	플랜트 역학해석 기술	6
플랜트 조달 시뮬레이션 기술	GIS기반 기상 예측 기술	7
	GIS기반 물류 운송 시뮬레이션	8
플랜트 통합정보체계 기반 시공계획 시뮬레이션 기술	설비 배치 레이아웃 최적화 기술	9
	장비운영 시뮬레이션 기술	10
	플랜트 건설시공 공정 계획 기술	11
	플랜트 건설현장 가설물 관리 기술	12
	현장시공 품질 관리기술	13
건설 플랜트 안전관리 시뮬레이션 기술	플랜트 건설현장 사고/재난 시뮬레이션	14
	플랜트 건설현장 작업 안전도 분석 기술	15
건설 플랜트 교육	3D 전자 작업 매뉴얼 구현 기술	16
	3D 프린팅 Mock-up 기술	17

제 3 장 연구개발과제 구성 및 추진전략

3.1 비전 및 목표

3.1.1 SWOT 분석

- 국내 플랜트 업계의 경쟁력 강화 및 건설 플랜트 시뮬레이터 개발 경험 부족이라는 내부적요인과 해외 자원 개발사업 확대 및 경쟁 치열 및 선진 기업의 카르텔이라는 외부적 요인에 대해서 국내 IT 기업의 기술력과 정부 지원을 바탕으로 최고수준의 SW개발을 목표로 함.

<표 3.1> 플랜트 시뮬레이터 개발 SWOT 분석

외부 요인 / 내부 요인	Opportunity	Threat
	• 해외 자원 개발사업 확대 및 경쟁 치열 • 플랜트 건설 시뮬레이션 분야의 경쟁 SW 수도 작음 • 플랜트 SW벤더와의 기술 격차가 상대적으로 작음 • 건설시뮬레이션 개발을 위한 최신 IT기술 적용 가능 • 신규 시장 도출	• 선진기업의 시장 및 기술 카르텔 형성 • 중국기업의 저가 공세에 의한 가격 경쟁력 저하
strength	**S-O strategy**	**S-T strategy**
• 플랜트 업계의 경쟁력 강화 방안 도출 필요성 급증 • 정부의 에너지안보 강화 지원 정책 확대 • 세계 최고 수준의 4D 시뮬레이션 관련 IT 기술 보유	• 풍부한 IT 인력 및 기술을 바탕으로 단기적인 투자를 통한 선진수준의 SW개발 • 플랜트업계의 경쟁력 강화 지원을 위한 플랜트 SW생태계 구축	• 기존플랜트SW벤더들이 주력하는 플랜트 설계 부문보다 상대적으로 경쟁이 덜 치열한 건설 부문의 틈새시장 공략 • 국내 IT 첨단 기술과 정부 지원을 바탕으로 최고 수준의 SW를 단기간에 개발
Weakness	**W-O strategy**	**W-T strategy**
• 건설 시뮬레이터 개발 경험 전무 • 플랜트 ICT 쪽 개발 노하우 부족 • 기존 SW벤더들과의 호환성 취약	• 타분야의 3D 시뮬레이터 개발경험을 최대한 활용한 시뮬레이션 SW개발 전략 • 플랫폼 도입을 통한 건설 시뮬레이션 SW 생태계를 구축함으로써, 뒤쳐진 기술 격차를 단기간에 좁히는 전략	• 도 기업과의 전략적 제휴 추진 • 가스 LNG와 같은 특정 플랜트에 대상으로 한 시뮬레이션 기술 확보 후 다양한 플랜트로 기능 확대

3.1.2 목표 설정

○ 시뮬레이터 핵심 요구 기술

- 동적 가상 플랜트 시뮬레이터, Virtual Reality 기술

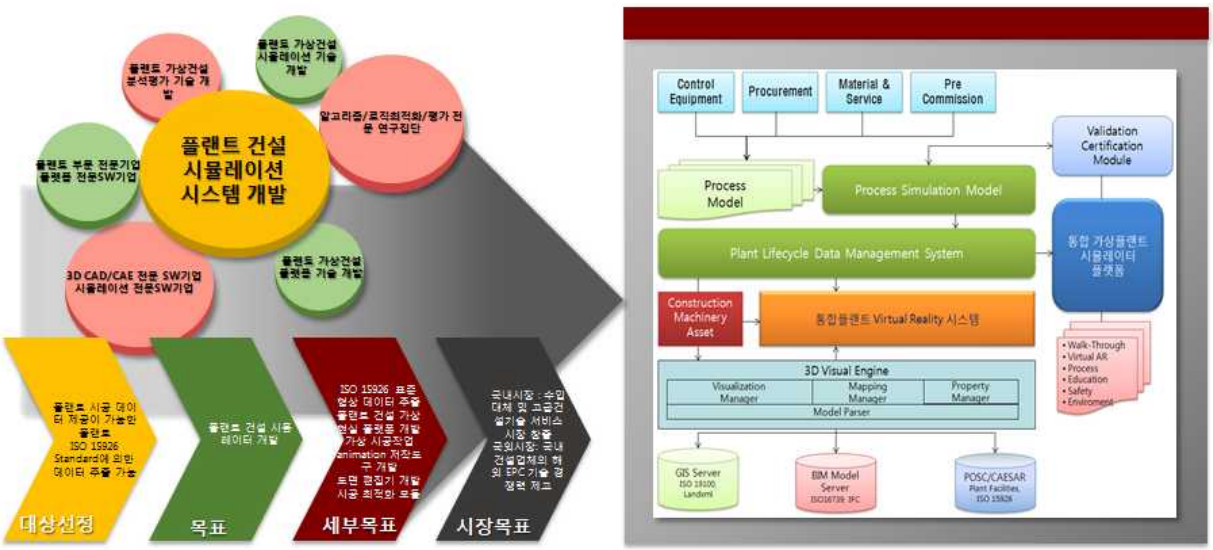
- 건설 통합모델(OGC(LandXML), IFC, POSC/CAESAR (ISO15926) 연

동기술

- 플랜트 형상모델 관리기술

- 시공 최적화 기술 : 건설장비 운용, 작업자 안전

- 시뮬레이션 내에서 협업/상호검토 가능



<그림 3.1> 건설 플랜트 시뮬레이터 목표

벤치마킹 대상인 Dassault 사의 DELMIA는 CAD 소프트웨어인 CATIA로 작성된 CAD 데이터에 대해서만 건설공정 시뮬레이션이 가능하여 특정 CAD 제품에의 종속성을 벗어날 수 없고, DELMIA가 구현할 수 있는 기능 이외에 건설 시공사가 필요로 하는 다양한 서비스를 customizing 할 수 없는 단점이 있음.

공정 플랜트와 생산설비용 소프트웨어인 Intergraph의 SmartPlant Enterprise suite은 ISO 15926 Standard의 Part 1부터 Part7까지의 기준을 충족하고 있으므로 플랜트 설계물의 복잡한 구현 내용까지 외부 데이터로 추출이 가능하나[44], DELMIA와 같은 가상현실 구현 기능이 없음.

Agent를 활용한 건설시뮬레이션 가시화 : 3D 모델링에 Agent개념을 도입하여 플랜트 설계 및 시공단계에 대한 시뮬레이션을 통해 작업 공정 및 안

44) Intergraph, http://www.intergraph.com/learnmore/ppm/engineering-procurement-and-construction/what-is-iso-15926.aspx

정성을 확인하고 작업 동선 및 시설물 관리.

<그림 3.2> Agent를 활용한 건설시뮬레이션 가시화

○ 목표설정

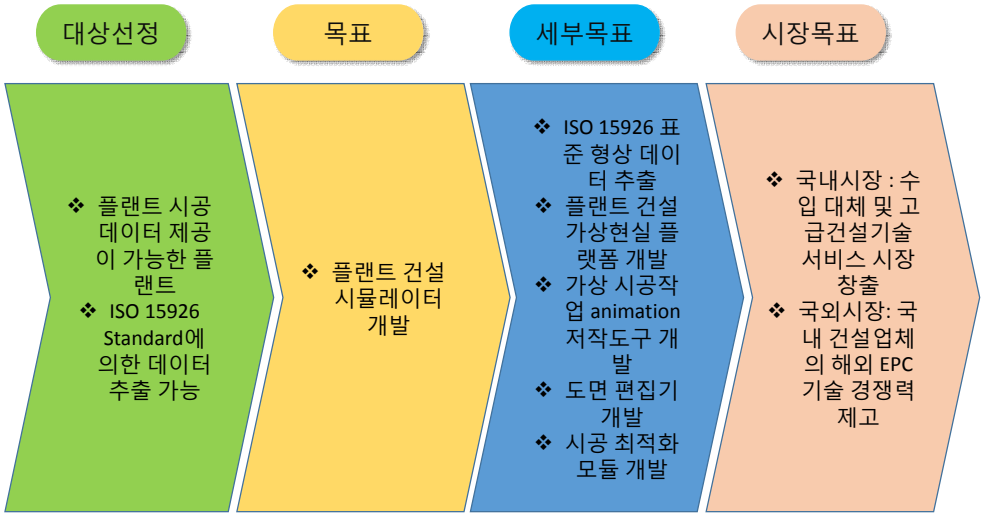
- 시뮬레이션 대상 플랜트를 선정하려면 회사 자산인 시공관련 데이터의 공개가 요구되므로 과제에 참여하는 건설사는 플랜트 시공 데이터를 제공가능.

- 대상 플랜트는 LNG 플랜트, 담수화 플랜트, 원유 정제, 발전 플랜트 등 다양한 플랜트를 개발 할 수 있는 범용 기능을 바탕으로 하나, 본 과제에서는 본 과제의 연구 기간동안 LNG 가스플랜트 사업단의 플랜트 설계 및 시공데이터를 이용하여 건설 공정을 4D 시뮬레이션을 통해서 가시화하며 공정관리 및 공사현장 관리, 리스크 매니지먼트를 수행할 수 있도록 한다.

- 가스 플랜트 사업단의 실공정데이터 대비 공사비용 절감 및 작업효율성을 증대시킬 수 있는 대안 설계 및 시공안을 제시하고 시뮬레이션을 통해서 비교 검토할 수 있는 시뮬레이션 기능을 목표로 한다.

- 본 과제는 건설 플랜트 시뮬레이터 원천기술을 개발하는 것이므로 플랜

트 시공 전 공정을 모사하는 것이 아니라 건설 플랜트 시뮬레이터 핵심 기술을 평가할 수 있는 일부 공정에 국한됨.



<그림 3.3> 시뮬레이션 개발 목표 설정

- 설계된 CAD 데이터에 ISO 15926 Standard를 적용하여 플랜트 시공에 필요한 설계 구조물 데이터 추출이 가능해야 함.

- GIS, BIM model 및 Plant facilities 서버를 구축하고 필요한 데이터를 추출하여 3D 가시화가 가능한 엔진을 개발 개발하며, 동일 엔진 내에서 플랜트, 건축, 토목 데이터가 통합적으로 운영될 수 있도록 함.

- Construction machinery asset을 구축하여 건설 공정단계별 건설장비의 운용 작업을 animation하고 구조물과 동선의 충돌 등을 검사할 수 있어야 한다.

- 작업자 아바타 생성 및 수작업 행위 animation 이 가능해야 함.

- 시공 자재 물류 이송 상태가 가상 시공 작업에 반영되어 공정 진척 스케줄을 실시간으로 예측하는 시뮬레이션이 가능해야 함.

- 4D 전자 작업 매뉴얼을 구성하여 대상 시공기술의 상세한 모사와 사원 교육이 가능해야 함.

- 시뮬레이션 과정 내에서 사업주, 건설사, 기자재 제작 사 등 관련 업체들 간에 정보가 정확하게 이동되면서 서로 공유될 수 있는 협업 기능

필요.

○ **목표 설정에 따른 기대효과**

- 건설 시뮬레이션 프로젝트 수행을 통해서 정보 공유의 부재, 글로벌 선진기업 대비 엔지니어링 기술 약화, 표준화 등의 문제점을 다음과 같이 개선 가능할 것으로 기대됨

- 기존의 플랜트 분야가 주로 국내 플랜트 업체에 대한 공급 실적으로 국산기가재의 가격 및 품질을 확인함으로써 외국 업체의 요구에 부응할 수 있는 CE, ASME, ISO, QS 등이 인증 획득이 미비한 상태였으나, 건설 시뮬레이터의 플랫폼을 이용함으로써, 데이터 포맷의 표준화 및 정보 공유를 통해서 협업을 유도하고 중복방지를 통해서 비용절감을 꾀할 수 있음[45]

- 건설 시뮬레이터의 데이터 포맷을 플랜트 업계의 표준포맷과 호환가능하도록 개발하고 지속적인 유지보수를 수행함으로써 소프트웨어의 품질을 유지하도록 함

- 건설 플랜트 시뮬레이션 플랫폼 기술에 대한 국제 인증을 취득함으로 국내 중소기업이 본 제품을 이용하게 함으로써 개별적인 국제 인증 취득의 번거로움을 피할 수 있도록 함

- 최근 대대적인 적자로 문제가 되고 있는 해양 플랜트의 국제 표준화 등과 연계함으로써 국내 대기업의 기술 표준에 중소기업이 용이하게 연계 가능[46]

45) 해외플랜트 수주 200억불 달성을 위한 플랜트산업 경쟁력 강화 전략, 한국플랜트산업협회 플랜트 민관활동 T/F, 2004
46) 조선3사 '적자원인' 해양플랜트 국제표준화 추진, 연합뉴스 2016.02.19.(금) 온라인판

<그림 3.4> 연구 개발에 의한 기대 효과

3.1.3 Vision

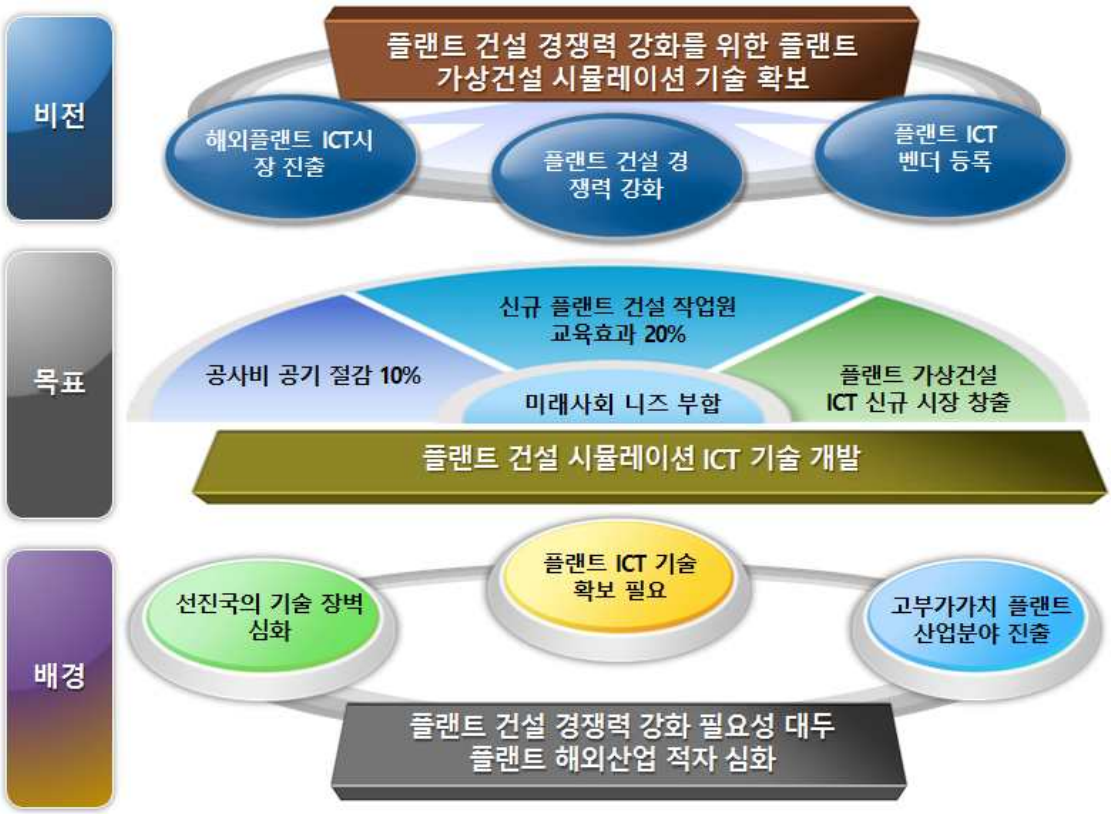
○ Vision 설정

- 플랜트 가상시공 분야를 특화하여 해외 메이저 설계업체의 basic design에 대한 가상시공 공정을 시뮬레이터로 구축하여 공사비 절감 및 공기 단축 각각 10%의 효과를 달성하며, 플랜트 건설 신규 작업원 교육 효과 20% 및 건설 플랜트 가상건설 ICT 신규 시장 창출하여 미래사회의 needs에 부응하고자 함.

- 궁극적인 목표는 본 연구 개발 기간 중 개발된 건설 플랜트 가상건설 오픈 플랫폼을 기반으로 플랜트 시공 관련 다양한 응용프로그램들이 개발되어서 현업에 보급되고 활용되며, 향후시공뿐만이 아니라, 설계, 운영, 폐기에 이르는 플랜트 전생애주기에 걸쳐서 일련의 플랜트 ICT 툴들이 시퀀스하게 라인업 되어서 국내 플랜트 산업의 기술 수준이 한 단계 격상하는데 일조하는 것.

- 또한 일련의 플랜트 ICT 툴을 바탕으로 해외시장에 진출하여, 국내 업체들이 단순 플랜트 제조에서 벗어나 고부가가치의 해외 건설 플랜트 시장에 진출하는데 일조하는 것.

○ Vision : 플랜트 건설 경쟁력 강화를 위한 건설 플랜트 가상건설 시뮬레이션 기술 확보



<그림 3.5> 건설 플랜트 시뮬레이터 비전

3.2 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표

3.2.1 중점추진분야 도출

○ 기술 계통도 도출

- 기술수요조사 및 동향분석을 통해서 다음과 같은 기술 계통도를 도출함.

<표 3.2> 기술 계통도

대분류	중분류	세부기술	기술설명
플랜트 통합정보체	ISO 15926 모델링 정보 관리/운용 기술	ISO 15926 형상정보모델 기술	플랜트 설비 표준 모델링 정보인 ISO 15926에 근거한

계 구축			플랜트 모델링 정보 핸들링 기술
	BIM/IFC 모델링 정보 관리/운용 기술	BIM/IFC 형상정보모델 기술	BIM/IFC 건축물 형상정보를 관리 운용하는 기술
	OCG 모델 표준GIS 모델링정보 관리/운용 기술	OCG 모델링 형상정보모델 기술	GIS 데이터 관리 운용 기술
	복수 모델링정보 통합 운용 관리 기술	통합플랜트 표준형상정보모델 기술	ISO15926, BIM, OGC의 3가지 모델링 정보를 건설 플랜트 시뮬레이터에서 표준적인 방법으로 통합 운용 하기 위한 표준모델 및 스키마 제시
		통합 모델링 정보 정합성 검사 기술	기존의 ISO15926, BIM/IFC, OGC 데이터가 플랜트 표준 형상 정보 모델로 변환되어서 통합 운용되는 과정에서 각 모델링 정보 간 간섭 등 정합성을 검토하는 기술
	플랜트 시설 공정 데이터 관리 기술	플랜트 시설 자재 정보 관리 기술	플랜트 시설 건설 관련 자재 정보 운용 기술
		플랜트 시설 공사 인력 운용 정보 관리 기술	플랜트 시설 및 공종 별 투입 인력 운용에 관련된 정보 운용 및 관리 기술
	3D 모델링 표준 데이터 포맷 운용관리 기술	obj 모델링 형상정보모델 기술	3D 표준모델링 데이터를 핸들링하는 기술
플랜트 통합정보체계 기반 시뮬레이션 기술	플랜트 통합정보체계 기반 물리 엔진 기술	동적 작업절차 충돌 감지 기술	공정계획에 따라서 디테일한 작업진행이 진행되는 동안 작업 주체 간의 동선 교차, 부재 충돌 등에 의한 간섭을 감지하는 기술
		중력작용 구현 기술	건설현장에서 발생하는 낙하, 부재 기울기 등의 물리적 현상을 3D 모델에서 구현하는 기술
	플랜트 역학해석 기술	플랜트 설비부재 내력 평가 기술	부재 하중에 의한 시공, 자재 적재 시 발생할 수 있는 부재 파괴 및 자재 손상을 계산하는 기술
플랜트 조달 시뮬레이션 기술	GIS기반 기상 예측 기술	기후데이터를 이용한 통계적 기상예측 기능	전 세계의 기상 통계 데이터를 이용하여 통계적인 기상 데이터를 예측
	GIS기반 물류 운송 시뮬레이션	물류 네트워크 분석 기술	설비 등의 부재 운송망 등을 전제로 한 물류 네트워크에 대한 시간 및 비용을 분석하는 기술
플랜트 통합정보체계 기반 시공계획 시뮬레이션 기술	설비 배치 레이아웃 최적화 기술	유지보수를 고려한 레이아웃 배치 최적화 기술	플랜트 상세 설계 시 플랜트 유지보수 시의 해체 등을 고려한 플랜트 설비 레이아웃 최적화 기술
		유지보수 시뮬레이션 기술	플랜트 유지보수를 3D로 구현하는 시뮬레이션 기술
	장비운영 시뮬레이션 기술	플랜트 건설 장비 최적 배치 기술	플랜트 건설 시 운용되는 장비 효율을 위한 최적 배치 기술
		플랜트 건설현장 장비 수요 예측 기술	플랜트 건설 시 필요한 장비 종류 및 수요를 예측하는 기술
		공정을 고려한 플랜트 건설 현장 장비 일정/비용 분석 기술	플랜트 건설에 필요한 현장 운용 장비의 필요 일정 및 일정에 따른 비용을 분석하는 기술
	플랜트 건설시공 공정 계획 기술	플랜트 시설 건설 물량/일정 산출 기술	

		플랜트 시설 토목 물량/일정 산출 기술	
		플랜트설비, 현장건설장비 조달 시기 예측 및 발주시기 최적화 기술	
	플랜트 건설현장 가설물 관리 기술	가설물 설치계획 최적화 기술	작업자 안전을 고려한 시공단계별 가시설물 설치운영 최적화 및 시뮬레이션 기술개발
	현장시공 품질 관리기술	현장용접 품질관리 기술	현장 용접의 품질확보를 위한 용접작업 계획 시뮬레이션 및 품질관리지원
		현장시공품질관리 기술	플랜트 건설공사의 품질을 업무와 연관 지어 종합적으로 시뮬레이션 하는 기술개발
건설 플랜트 안전관리 시뮬레이션 기술	플랜트 건설현장 사고/재난 시뮬레이션	플랜트 건설현장 화재 확산 시뮬레이션 기술	시공 도중에 발생하는 화재에 대한 폭발 및 화재확산 시뮬레이션 기술개발
		플랜트 건설 현장 작업인력 피난 시뮬레이션 기술	건설현장에서 발생한 화재 및 폭발사고로부터 작업자의 안전을 확보하기 위하여 시공단계별 작업자 최적피난계획 시뮬레이션 기술개발
		플랜트 시운전 안전점검 시뮬레이션 기술	시운전 단계에서 발생하는 폭발 및 가스누출 등의 사고에 대한 사전 예측 및 대응 시뮬레이션 기술개발
	플랜트 건설현장 작업 안전도 분석 기술	플랜트 건설공사 작업안전도 평가분석 기술	플랜트 건설공사 전작업을 상세히 분석하여 각 작업별 난이도와 작업 위험도를 평가
건설플랜트 교육	3D 전자 작업 매뉴얼 구현 기술		
	3D 프린팅 Mock-up 기술		

○ 중점 추진분야 도출

- 환경조사 및 동향분석을 바탕으로 도출된 기술수요 중 R&D 니즈가 있는 분야를 선정하고 이를 바탕으로 중점분야를 도출하였음.

<표 3.3> 중점추진분야

번호	추진분야 명
1	플랜트 건설 통합 정보 모델링 기술 개발
2	건설 플랜트 가상건설 의사결정 커뮤니케이션 기술 개발
3	건설 플랜트 공정 설계 시뮬레이션 기술 개발
4	시공계획 4D 시뮬레이션 기술
5	방재/환경영향 4D 시뮬레이션 기술 개발
6	가상현실 4D 전자훈련 기술 개발
7	플랜트 건설공정 효율성 분석/평가기술 개발
8	플랜트 건설공정 리스크 평가기술 개발
9	시방/규제/법규 분석 기술 개발

<그림 3.6> 기술 트리 및 중점분야

3.2.2 핵심요소기술(CTE) 선정 및 TRL 목표

○ 핵심요소기술 후보

<표 3.4> 핵심기술 후보

No	핵심요소기술 후보명
No.1	ISO,BIM,GIS 통합 모델링정보체계 개발
No.2	간섭체크 및 데이터적합성 검토 기술
No.3	플랜트 건설 자재/품셈 DB 구축 기술
No.4	플랜트 시공 가상 PIMS 구축 기술
No.5	플랜트 통합정보모델링 데이터 에디팅 기술
No.6	플랜트 별 표준 건설 공정 시나리오 제작 기술
No.7	플랜트 형상정보 분석 및 재구축 기술
No.8	플랜트 건설공정프로세스 분석 기술
No.9	위험성 평가 기반의 플랜트 건설안전 훈련 시나리오 구축 기술
No.10	사고이력 및 미예측 사고 지능형 플랜트 건설 안전 훈련 모델 개발 기술
No.11	플랜트 건설안전 훈련 가상화 기술
No.12	플랜트 건설현장 및 건설 공정 4D 가시화 기술
No.13	조달 계획 및 시뮬레이션 가시화 기술
No.14	플랜트 건설 단위 공정별 작업 매뉴얼 4D 애니메이션 및 전자 매뉴얼 제작 기술
No.15	플랜트 건설 단위 공정 별 작업자, 현장장비 운용 세부모사 기술
No.16	3D 프린트+웨어러블 디바이스를 이용한 가상증강현실 4D 매뉴얼 제작 기술
No.17	공정계획, 세부 작업 계획의 생산성 분석 및 최적화 기술
No.18	건설 공정 별 플랜트 설비, 건물 등의 구조물에 대한 안전성 평가
No.19	플랜트 건설에 따른 건설 현장 오염도 평가 기술
No.20	플랜트 건설 현장 방재의 위험도 및 작업자의 피난에 관한 안전성 평가 기술
No.21	플랜트 설계정보 3D - 2D 시점 변환 기술]
No.22	건설 플랜트 가상건설 의사결정 커뮤니케이션 기술
No.23	방재/환경영향 4D 시뮬레이션 기술 개발
No.24	시방/규제/법규 분석 기술 개발

○ 핵심요소기술(CTE) 선정

<표 3.5> 핵심요소기술 선정표

NO.	체크리스트	후보1	후보2	후보3	후보4	후보5	후보6	후보7	후보8	후보9	후보10	후보11	후보12	비고
1	이기술이사용요구조건,비용일정등에직접적으로영향을미치는가?	O	O	O	O	O	O	O	O				O	반드시충족
2	해당기술을개발하거나시연하는데중대한(실패)위험이예상되는가?	O				O	O						O	하나이상충족
3	해당기술이새롭거나독창적인가?	O									O			
4	기존에성공적으로적용된이후에이번에개발시변경된기술인가?		O	O	O	O	O	O	O	O		O		
5	해당기술이유사환경에서실현되도록재개발되는가?		O	O	O	O		O		O			O	
6	이기술이임의의환경에서작동할것으로기대되거나당초의설계의도혹은규정된성능을뛰어넘는성능을달성할것으로기대되는가?	O	O		O									
	핵심기술요소(CTE)선정여부	O	O	O	O	O	O	O	O				O	

NO.	체크리스트	후보13	후보14	후보15	후보16	후보17	후보18	후보19	후보20	후보21	후보22	후보23	후보24	비고
1	이기술이사용요구조건,비용일정등에직접적으로영향을미치는가?		O	O	O	O	O				O	O	O	반드시충족
2	해당기술을개발하거나시연하는데중대한(실패)위험이예상되는가?			O		O	O					O		하나이상충족
3	해당기술이새롭거나독창적인가?	O	O	O	O	O		O	O					
4	기존에성공적으로적용된이후에이번에개발시변경된기술인가?						O			O	O		O	
5	해당기술이유사환경에서실현되도록재개발되는가?			O							O			
6	이기술이임의의환경에서작동할것으로기대되거나당초의설계의도혹은규정된성능을뛰어넘는성능을달성할것으로기대되는가?													
	핵심기술요소(CTE)선정여부		O	O	O	O	O				O	O	O	

○ 핵심요소기술(CTE) 목록

<표 3.6> 핵심요소기술 목록

No.	기술명	최종성과물 유형	최종 TRL
CTE 1	ISO,BIM,GIS 통합 모델링정보체계 개발	소프트웨어	TRL 8
CTE 2	간섭체크 및 데이터적합성 검토 기술	소프트웨어	TRL 9
CTE 3	플랜트 건설 자재/품셈 DB 구축 기술	소프트웨어	TRL 9
CTE 4	플랜트 시공 가상 PIMS 구축 기술	소프트웨어	TRL 9
CTE 5	플랜트 통합정보모델링 데이터 에디팅 기술	소프트웨어	TRL 8
CTE 6	플랜트 별 표준 건설 공정 시나리오 제작 기술	소프트웨어	TRL 7
CTE 7	플랜트 형상정보 분석 및 재구축 기술	소프트웨어	TRL 7
CTE 8	플랜트 건설공정프로세스 분석 기술	소프트웨어	TRL 9
CTE 9	플랜트 건설현장 및 건설 공정 4D 가시화 기술	소프트웨어	TRL 9
CTE 10	플랜트 건설 단위 공정별 작업 매뉴얼 4D 애니메이션 및 전자 매뉴얼 제작 기술	소프트웨어, 매뉴얼	TRL 9
CTE 11	플랜트 건설 단위 공정 별 작업자, 현장장비 운용 세부모사 기술	소프트웨어	TRL 8
CTE 12	3D 프린트+웨어러블 디바이스를 이용한 가상증강현실 4D 매뉴얼 제작 기술	소프트웨어, 매뉴얼	TRL 9
CTE 13	공정계획, 세부 작업 계획의 생산성 분석 및 최적화 기술	소프트웨어	TRL 7
CTE 14	건설 공정 별 플랜트 설비, 건물 등의 구조물에 대한 안전성 평가	소프트웨어	TRL 7
CTE 15	건설 플랜트 가상건설 의사결정 커뮤니케이션 기술	소프트웨어	TRL 9
CTE 16	방재/환경영향 4D 시뮬레이션 기술 개발	소프트웨어	TRL 7
CTE 17	시방/규제/법규 분석 기술 개발	소프트웨어, 매뉴얼	TRL 7

○ 핵심요소기술 성숙도(TRL) 단계별 목표

<표 3.7> 핵심요소기술 성숙도 단계 별 목표

연구과제명	건설 플랜트 시뮬레이터 기획과제	유형	소프트웨어				
프레임워크		선행단계	시제품 제작 및 시연		현장적용		제품화/실용화
마일스톤		현재 TRL	마일스톤 목표 TRL				
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도 (종료)
마일스톤 일정		2014	2015	2016	2017	2018	2019
No.	기술명						
CTE 1	ISO,BIM,GIS 통합 모델링정보체계 개발	3	4	5	6	7	8
CTE 2	간섭체크 및 데이터적합성 검토 기술	5	6	7	8	9	9
CTE 3	플랜트 건설 자재/품셈 DB 구축 기술	6	7	7	8	8	9
CTE 4	플랜트 시공 가상 PIMS 구축 기술	6	7	7	8	8	9
CTE 5	플랜트 통합정보모델링 데이터 에디팅 기술	6	7	7	8	8	8
CTE 6	플랜트 별 표준 건설 공정 시나리오 제작 기술	3	4	5	6	6	7
CTE 7	플랜트 형상정보 분석 및 재구축 기술	4	5	5	6	6	7
CTE 8	플랜트 건설공정프로세스 분석 기술	4	5	6	7	8	9
CTE 9	플랜트 건설현장 및 건설 공정 4D 가시화 기술	6	7	7	8	8	9
CTE 10	플랜트 건설 단위 공정별 작업 매뉴얼 4D 애니메이션 및 전자 매뉴얼 제작 기술	6	6	7	8	8	9
CTE 11	플랜트 건설 단위 공정 별 작업자, 현장장비 운용 세부모사 기술	5	6	6	7	7	8
CTE 12	3D 프린트+웨어러블 디바이스를 이용한 가상증강현실 4D 매뉴얼 제작 기술	4	5	6	7	8	9
CTE 13	공정계획, 세부 작업 계획의 생산성 분석 및 최적화 기술	4	5	6	7	8	7
CTE 14	건설 공정 별 플랜트 설비, 건물 등의 구조물에 대한 안전성 평가	5	6	6	6	7	7
CTE 15	건설 플랜트 가상건설 의사결정 커뮤니케이션 기술	5	6	6	7	7	8
CTE 16	방재/환경영향 4D 시뮬레이션 기술 개발	5	6	6	7	7	7
CTE 17	시방/규제/법규 분석 기술 개발	3	4	5	6	6	7

3.3 연구개발과제 구성

3.3.1 연구개발과제 선정 체계

○ 추진 방법 및 체계

- 본 사업의 연구기획위원을 중심으로 플랜트, SW 개발 전문가 자문, 관련 기업체 설문, 특허 및 분석을 통해 기술 기획을 추진.

- 플랜트 현업의 니즈와 SW 구현 기술 간의 절충점을 도출하여 현실성 있는 건설 플랜트 시뮬레이터 개발 목표 결정을 지향함.

○ **기획연구 추진 절차**

- 기술 기획은 건설 플랜트 시뮬레이터 개발 전략수립, 개발대상기술선정, 건설 플랜트 시뮬레이터 SW 아키텍쳐 기획, 단위 애플리케이션 기획 단계를 거쳐서 수행되었음.

3.3.2 연구개발과제 구성

○ **세부과제 도출**

- 플랜트건설 시뮬레이션 SW 개발 과제 구성을 위해서 개발대사 요소 기술들 간의 관련성과 효율적인 SW 개발을 위한 개발환경을 고려하여 건설 플랜트 가상건설 플랫폼 기술 개발과 건설 플랜트 가상건설 시뮬레이션 기술 개발 및 건설 플랜트 가상건설 분석/평가 기술 개발의 총 3개의 세부과제와 전체 성과물을 관리하고 각 세부 간을 조율하는 총괄과제로 구성하였음.

<표 3.8> 연구개발 과제 구성표

핵심과제		세부과제	
총괄	건설 플랜트 가상건설 시뮬레이션 기술 개발	0-1	건설 플랜트 시뮬레이션 기획 및 성능 검증
		0-2	건설 플랜트 시뮬레이션 플랫폼 생태계 확산 정책 방안 수립
1세부	건설 플랜트 가상건설 플랫폼 기술 개발	1-1	플랜트 형상정보 모델링 통합 기술 개발
		1-2	건설 플랜트 가상건설 의사결정 커뮤니케이션 기술 개발
		1-3	건설 플랜트 공정 설계 시뮬레이션 기술 개발
2세부	건설 플랜트 가상건설 시뮬레이션 기술 개발	2-1	시공계획 4D 시뮬레이션 기술
		2-2	방재/환경영향 4D 시뮬레이션 기술 개발
		2-3	가상현실 4D 전자교육 기술 개발
3세부	건설 플랜트 가상건설 분석/평가 기술 개발	3-1	플랜트 건설공정 효율성 분석/평가기술 개발
		3-2	플랜트 건설공정 리스크 평가기술 개발
		3-3	시방/규제/분석 기술 개발

<그림 3.7> 세부목표 및 총괄목표 도출 이슈 트리

3.4 세부과제 주요 내용 및 추진전략

3.4.1 총괄과제: 건설 플랜트 가상건설 시뮬레이션 기술 개발

○ 총괄과제 주요 내용

- 총괄과제는 건설 플랜트 시뮬레이션 기획 및 성능검증, 건설 플랜트 시뮬레이션 플랫폼 생태계 확산 정책 방안 수립 업무를 수행.

- 플랜트 건설 시뮬레이션 기획업무에서는 LNG가스 플랜트 설계정보 분석을 통해서 시뮬레이션 개발을 위한 총괄기획 및 각 세부 간 업무 조정, 협업 체계 구축 업무 수행.

- 플랜트 건설 시뮬레이션 성능검증에서는 각 세부의 성과물에 대한 성능검증과 보완사항에 대한 피드백을 통해서 최종산출물의 성능 유지를 위한 성과물 관리를 수행.

- 건설 플랜트 가상건설 시뮬레이션 플랫폼 활성화를 위한 비즈니스모델 수립 및 관련 정책 제안 수행.

- 총괄과제에서는 건설 시뮬레이션 플랫폼의 현장적용이 용이하도록 테스트기간을 충분히 확보해야 하는 필요성에서 현재 4, 5차년도로 되어 있는 테스트기간은 물론 2, 3차년도에서도 각 세부과제에서 개발되는 SW를 테스트할 수있도록 버추얼 플랜트 플랫폼을 구성함.

- 2, 3차년도 기간 중 각 세부에서 개발되는 성과물을 총괄에서는 품질 테스트를 해서 완성도를 높이도록 하여, 4, 5차년도의 테스트베드 적용을 용이하게 하도록 함.

3.4.2 1세부과제: 건설 플랜트 가상건설 플랫폼 기술 개발

○ 세부과제 주요 내용

- 1세부과제는 플랜트 건설 업무 데이터 및 플랜트 현업근무자의 사용자 시나리오 분석을 통해서 시뮬레이션 개발에 필요한 플랜트 건설 시공 업무

프로세스를 정의하고, 시뮬레이션에 필요한 각종 데이터를 가공하여 표준화된 플랜트건설 데이터베이스 구축 업무를 수행함.

- 또한 플랜트 설비(ISO 15926), 건물(BIM/IFC), 지리공간(OGC)의 복수의 표준적인 건설 관련 형상데이터를 통합하여 건설시뮬레이션 애플리케이션 간에 호환하여 사용이 가능하도록 하는 플랜트건설 통합형상정보 모델링데이터에 관한 스키마 정의 및 운용방안 기준을 개발함.

- 건설시뮬레이션 관련 애플리케이션을 빠르고 쉽게 개발할 수 있도록 플랜트건설 애플리케이션 개발환경(IDE)를 개발/제공하는 플랜트건설 시뮬레이션 플랫폼을 개발/제공함으로써 플랜트건설 ICT 생태계를 조성.

<그림 3.8> 플랜트 통합형상정보 운용 개념

- 건설 플랜트 시뮬레이터 응용SW개발에 필요한 플랫폼을 개발함. 시공시뮬레이션 SW 개발에 필요한 DB, 콤포넌트, 모듈 뿐만이 아니라 향후 설계, 운영유지 쪽 기능을 확장 가능하도록 표준적인 플랫폼 개발 방식에 따라서 유연성 확보할 계획.

3.4.3 2세부과제: 건설 플랜트 가상건설 시뮬레이션 기술 개발

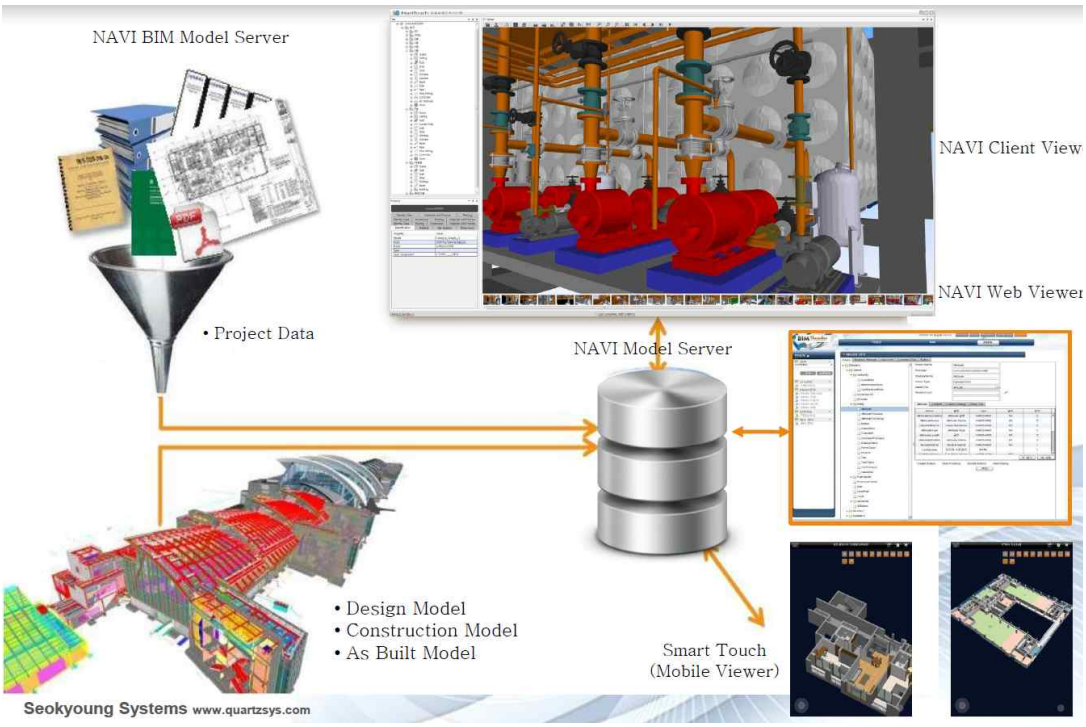
○ **세부과제 주요 내용**

- 2세부는 플랜트건설 현장 및 플랜트설비 공장에서 현 작업자의 상세한

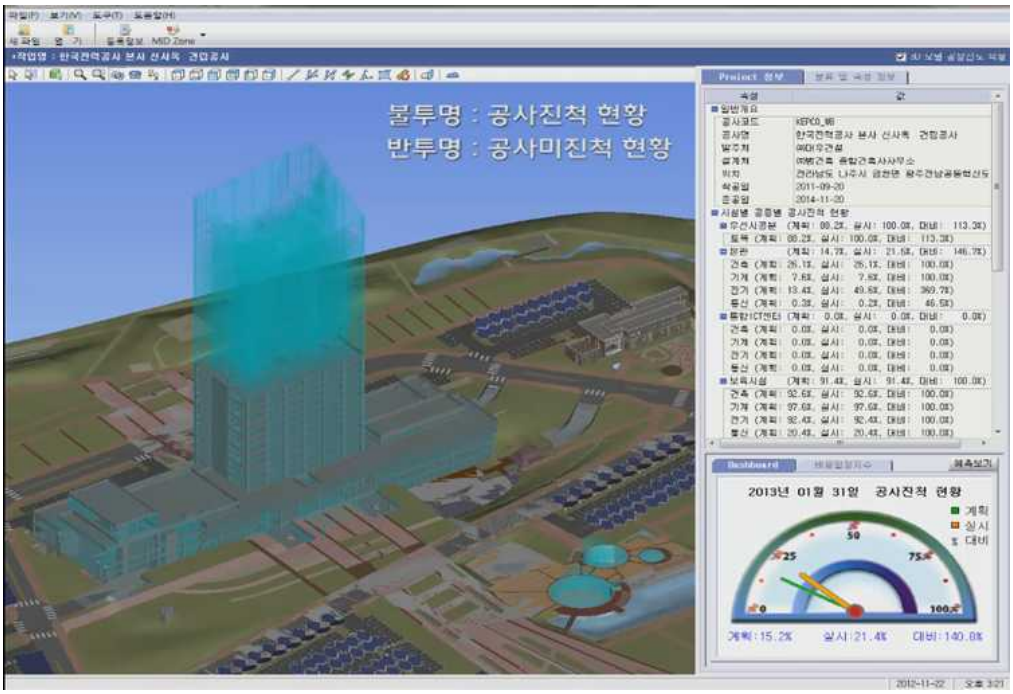
<그림 3.9> 1세부 주요 내용 및 추진전략

작업내용을 3D 가시화와 타임라인 기반의 시뮬레이션을 통해서 디지털 공간에서 재현하며, 시공계획의 시각적 검토와 연산을 통한 정량적 분석을 진행함.

- 시공계획 4D 시뮬레이터는 시공현장의 공사현황을 공정계획에 맞춰서 진행되는 과정을 가시화하며, 이 과정에서 발생하는 작업량, 자재소모량, 장비의 운용 현황 등 모사함.



<그림 3.10> 시공계획 4D 시뮬레이션 개념도[47)]



<그림 3.11> 시공계획 체크 개념도[48)]

47) 자문위원인 (주)석영시스템 제공
48) 자문위원인 (주)유미드 제공

- 작업모사 시뮬레이션은 플랜트 시공의 주요 설비에 대한 작업내용을 에이전트를 이용하여 작업자의 실제 작업 모습을 3D로 애니메이션화하고, 이를 전자 매뉴얼로 활용할 수 있는 기술을 개발하며, 3D 프린팅을 이용한 목업을 통해서 보다 효율적인 교육을 받을 수 있는 환경을 제시함.

<그림 3.12> 작업모사 기능 예시

- 건설 플랜트 가상건설 4D 시뮬레이션 기술 관련해서 4D 시뮬레이션 엔진을 개발하여 플랫폼과 연동하며, 공정계획과 상세 작업모사를 위한 현장 근무자 및 시공장비의 애니메이션 제작기술 및 3D 프린팅 기술을 이용한 4D 매뉴얼 기술 개발함.

<그림 3.13> 2세부 주요 내용 및 추진 전략

3.4.4 3세부과제: 건설 플랜트 가상건설 분석/평가 기술 개발

○ 세부과제 주요 내용

- 3세부는 플랜트 건설 시뮬레이션에서 사용자에 의해서 수립되는 프로젝트 계획안과 각 공정 별로 수립되는 공정계획안과 단위 작업계획에 대한 분석을 통해서 사용자의 계획안의 효율성을 정량적으로 평가하는 기술 개발.

- 자재 반출입, 조달운송 계획, 세부 작업 계획 등에 대해서 사용자가 수립한 계획안의 효율성을 각종 알고리즘과 최적화 기법을 이용하여 분석한 후 사용자에게 현재 계획안보다 효율성이 높은 최적안을 제시.

- 사용자의 시공계획안을 일정/비용/안전의 측면에서 분석하고 목표치의 달성 가능성을 컴퓨터 연산을 통해서 피드백함.

- 시공 현장에서 고려해야 할 안전, 환경 문제에 대해서 시뮬레이션을 통해서 분석하고 이를 작업 공정에 피드백 하는 기능을 개발함으로써 시공 공정계획의 효율성을 높임.

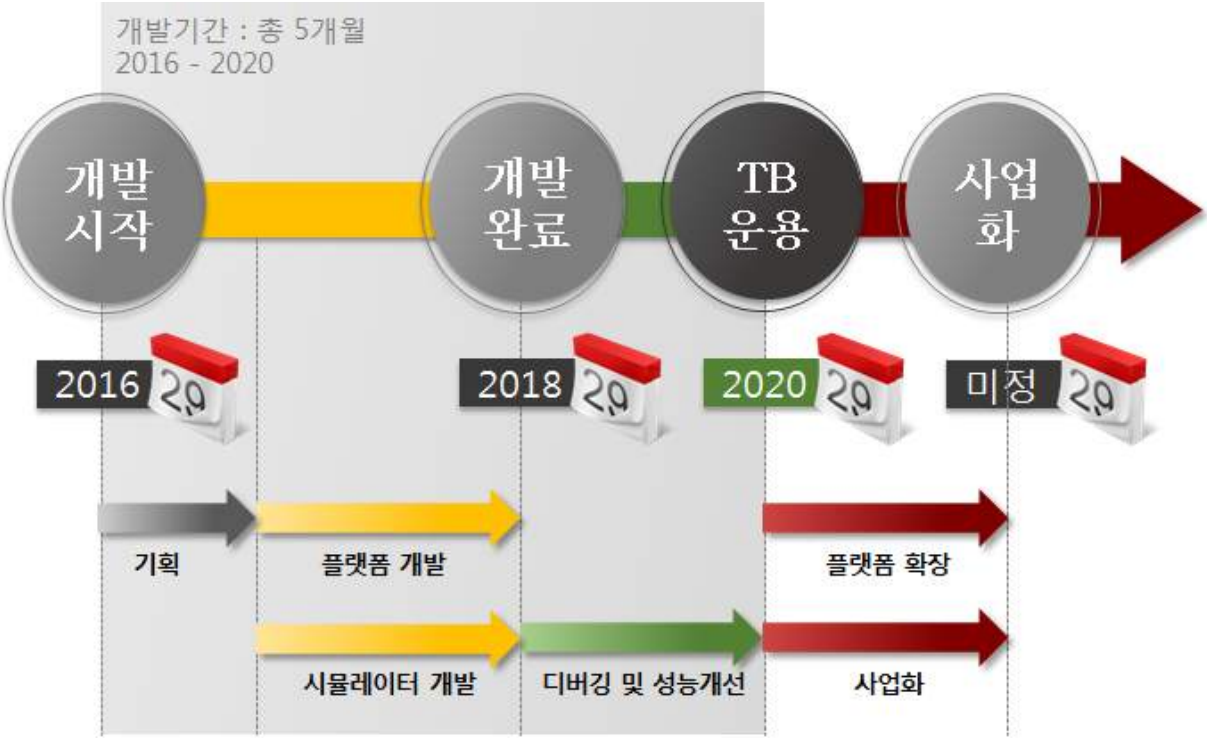
- 건설 플랜트 시뮬레이션의 분석/평가에 필요한 각종 알고리즘 개발 및

모듈 구현을 수행하고, 이론적 검증을 실시함.

<그림 3.14> 3세부 주요 내용 및 추진 전략

3.5 과제별, 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵

- 총 5년에 걸쳐서 연구개발을 진행하며 1차년도에는 총괄,1,2,3세부가 공동기획을 하면서 개별적으로는 세부목표를 수행하며, 2,3차년도에 걸쳐서 건설 플랜트 시뮬레이터를 개발한 후, 4,5차년도에 걸쳐서 테스트베드 운용 및 성능개선을 한 후 이후 사업화 진행.



<그림 3.15> 전체 연구개발 및 성과 로드맵

○ 총괄과제

<그림 3.16> 총괄과제 기술/성과 로드맵

○ 1세부과제

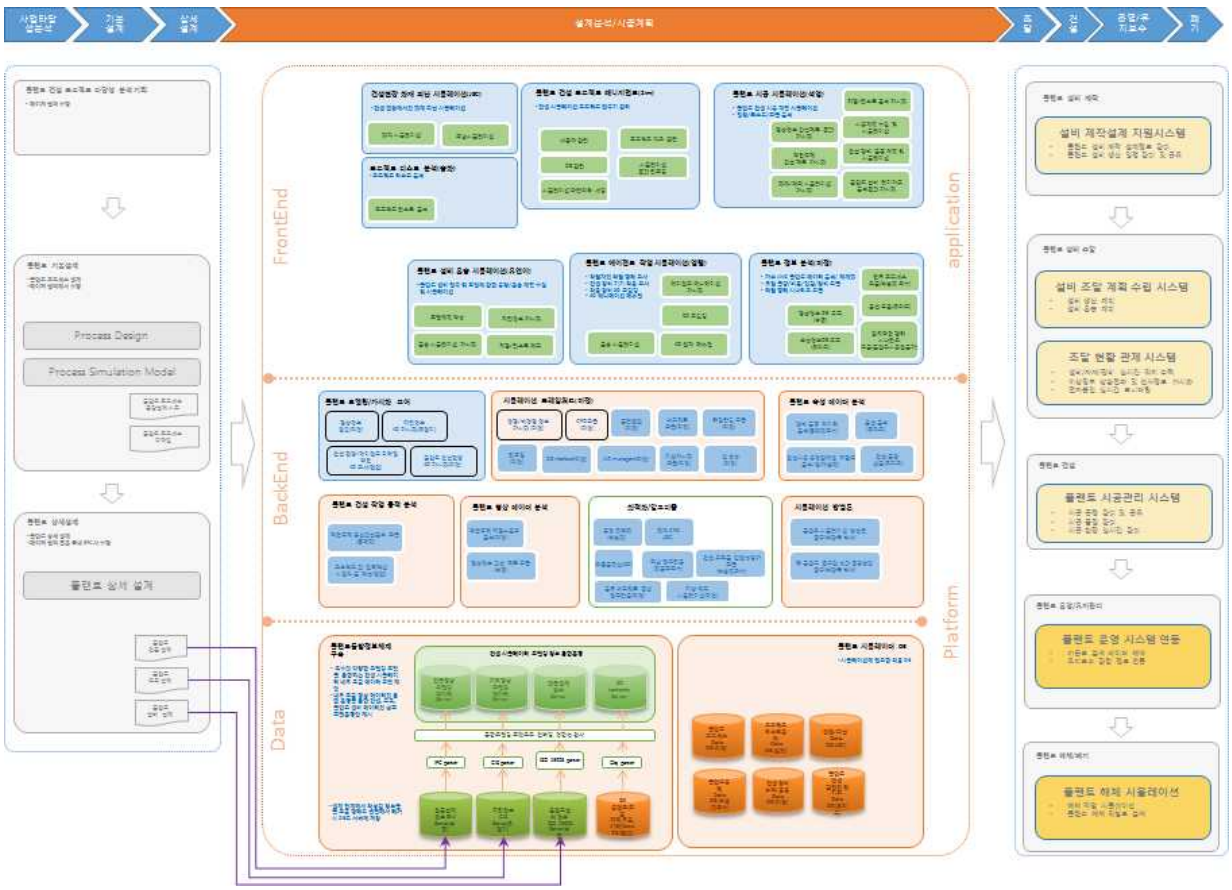
<그림 3.17> 1세부 기술/성과 로드맵

○ 2세부과제

<그림 3.18> 2세부 기술/성과 로드맵

○ 3세부과제

<그림 3.19> 3세부 기술/성과 로드맵



<그림 3.20> 건설 플랜트 시뮬레이터 시스템 통합구성도

3.6 성과활용 방안

3.6.1 과제 성과 활용 및 개선 방안

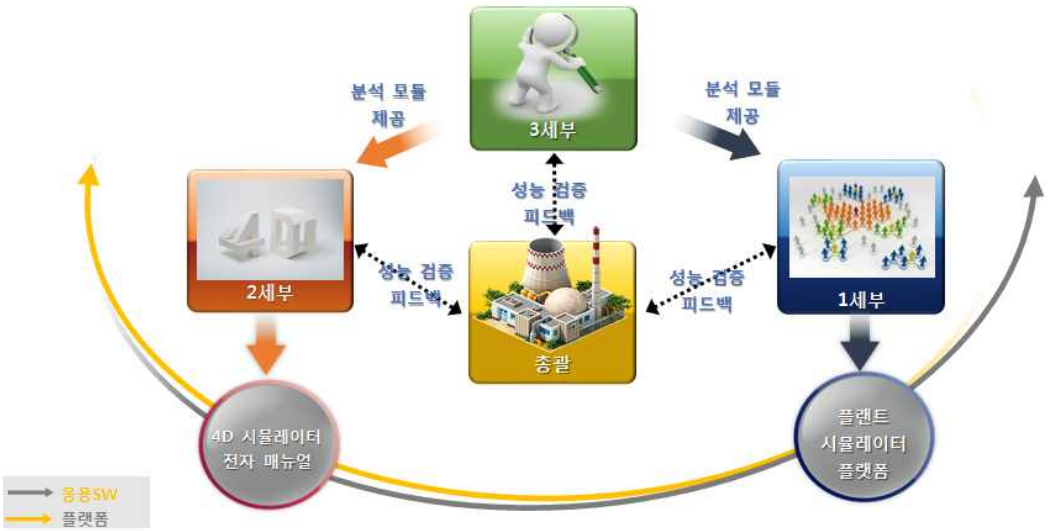
○ 전체성과 활용

- 총괄은 1, 2, 3세부의 개발 성과물에 대한 개발 산출물 관리 및 성능 검증을 수행하며, 이를 통해서 얻어진 플랜트 시뮬레이터 성능 검증 매뉴얼을 과제 종료 후 플랜트 시뮬레이터 성능 개선 및 LNG 플랜트 이외의 플랜트 확산 사업 시 개발 가이드라인으로 활용.

- 플랜트 플랫폼 확산 활성화 정책 방안 연구를 통해서 얻어진 정책 방안을 바탕으로 향후 건설 시뮬레이션 생태계 확산을 위한 정책 입안 가이드라인으로 활용.

○ 세부 간 과제 연계

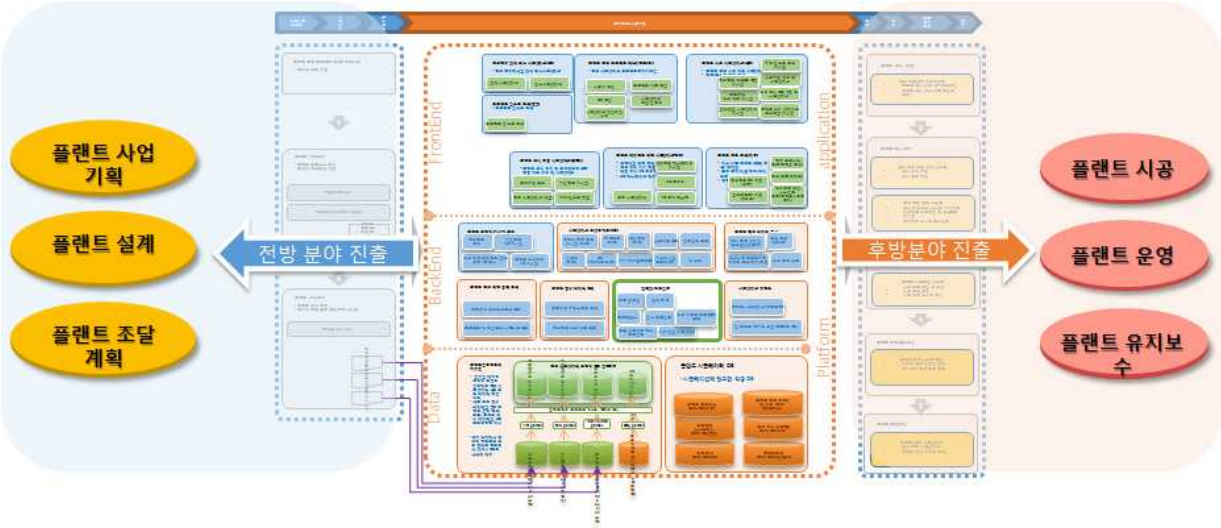
- 총괄을 중심으로 1세부에서 개발하는 플랫폼에 2세부의 4D 시뮬레이션과 3세부의 분석모듈이 들어가며, 2세부의 응용SW에 1세부의 플랫폼 기술이 기반이 되는 각 세부가 유기적으로 연계하면서 최종목표인 플랜트 건설 시뮬레이션 개발을 성공적으로 수행함.



<그림 3.21> 세부간 연계 방안

- 플랜트 세부간 연계를 통해서 통합된 플랜트 플랫폼이 완성되며, 이를

통해서 LNG 가스 플랜트 이외의 다른 종류의 플랜트 시뮬레이터 개발로 확대하여 기본설계 및 운용 등의 전후방 프로세스로 플랫폼을 확대.



<그림 3.22> 플랜트 전후방 산업으로 확산 전략

○ 건설 시뮬레이션 정확성 및 품질 유지 관리 방안

- 플랜트 시뮬레이션 개발 이후 현업에서 사용가능하도록 지속적인 품질 유지 방안 필요.

- 총괄팀에서 플랜트 시뮬레이션의 개발성과물의 정확성 검증 및 품질 유지관리를 위해서 플랜트 시뮬레이션 생태계 확산 정책 방안으로 과제 종료 후 참여 기관을 중심으로 건설 플랜트 시뮬레이션 사용자 콘소시엄을 구성하고 이 콘소시엄에서 지속적인 품질 유지 관리를 위한 정책 지원 방안을 도출함.

- 건설시뮬레이션 프로그램 관리의 프로세스 구축, 시스템 도입, 인증을 받는 일련의 과정은 이제 품질을 관리할 준비가 되었다는 출발점일 뿐이므로 IT서비스 관리 건설시뮬레이션 프로그램 관리는 지속적 서비스 개선이라는 품질 고도화가 필요함.

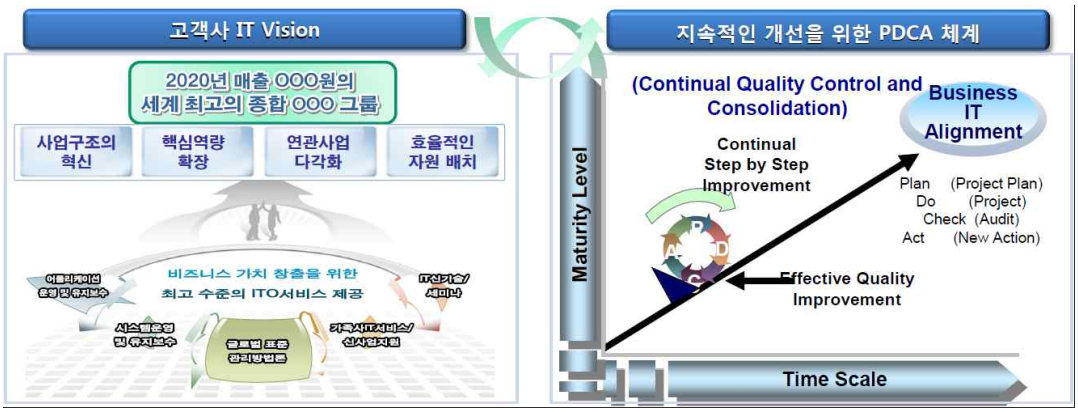
<그림 3.23> IT 서비스 관리의 품질 고도화

- 건설시뮬레이션 프로그램의 지속적 서비스 개선을 위해서는 정량적 측정과 분석은 필수임. 먼저 특정 상황을 정리하여 표현할 때나 특정시점에서의 기준을 정의하여 미래의 성과와 비교할 때 특징을 파악 해야하고, 계획과 대비하여 실적을 판단할 때 평가를 실시하여야 함.

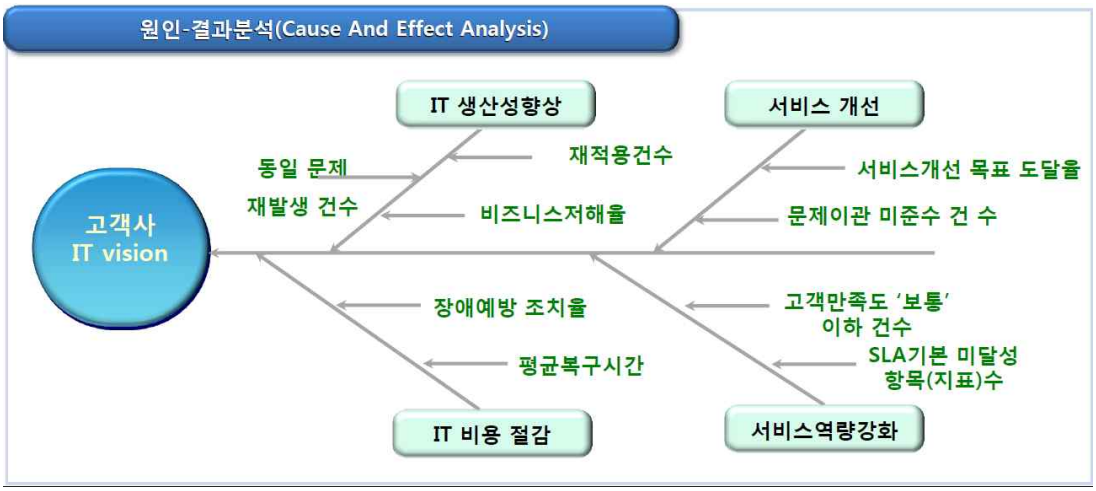
- 또한, 측정치를 활용하여 미래를 예측하고자 할 때나 목표를 수립하고자 할 때 미래 예측을 활용하고 문제의 근본원인, 비효율성 등 개선 활동의 영역을 식별하므로 지속적인 개선을 이어나갈 수 있음.

- 건설시뮬레이션 프로그램의 지속적인 품질개선을 달성하기 위해서는 ITSM 품질지표 수립 등의 방법론이 필요함.

- ISO/IEC 20000을 기반으로 IT서비스 품질 향상을 위해 연관분석(Cause And Effect)을 통한 ITSM 품질지표 수립과 데이터 측정 및 체계적 관리에 대한 요구가 필요함.



<그림 3.24> ITSM 품질지표 수립



<그림 3.25> 원인-결과분석

○ 현장수요 적합성에 대한 검증 방안

- 건설 플랜트 시뮬레이션의 성공적인 과제 수행 및 지속적인 성장을 위해서 관련 현업의 요구사항을 우선으로 하는 목표 수립 및 기능 검토를 통해서 최종 기획안을 도출함.

- 이러한 기획안의 타당성을 검증하고 기능 개선 시 시스템의 활용도를 최대화하기 위한 방안이 필요함.

- 본 과제에서는 1세세부의 플랫폼에서 제공하는 API에 대해서 2세부와 기타 연계 애플리케이션에서 요청하는 액세스 빈도에 따라서 주요 기능의 우선순위를 지속적으로 조정하면서 개발 및 유지보수의 우선순위를 유동적으로 결정하도록 할 예정임.

- 이를 통해서 실제 현업에서 사용되는 기능 위주로 시스템이 업데이트 되며, 사용되지 않는 기능은 자연히 도태되도록 함으로써, 시스템의 지속적인 발전과 경량화를 도모할 수 있을 것으로 기대됨.

3.6.2 타 과제 연계 방안

○ **햅틱기반 조업자 안전훈련 시스템 개발 과제와의 연계 방안**

- 햅틱기반 조업자 안전훈련 시스템 기술(이하 햅틱기반 연구)은 플랜트 산업에 IT, 햅틱(촉각)기술, 가상현실 증강기법 등에 기반하여 지능화, 네트워크화, 자동화, 융복합 컨버전스 기술의 특징을 갖는 IT 융복합 원천기술을 접목하여 플랜트 운영현장 및 시설의 안전성을 확보하여 햅틱기반 안전훈련이란 새로운 그린오션 창출을 위한 플랜트 산업 원천 기술을 개발하는 연구임.

- 햅틱기반 연구와 본 과제에서는 가상현실을 위한 플랜트 시설 3D 가시화 기능 및 플랜트 DB 구축 등의 공통 개발 이슈를 가지고 있음.

- 과제 연계를 위해서 선 진행 중인 햅틱기반 연구의 플랜트 시설 3D 가시화 엔진과의 호환성을 확보하며 플랜트 DB도 연동가능하도록 건설 시뮬레이션 플랫폼 설계단계에서 고려하도록 함.

○ **인프라 BIM기반 건설 생애주기 정보 공유 체계 개발 세부과제와의 연계 방안**

- 건설 시뮬레이션의 1세부의 건설 시뮬레이션 플랫폼의 데이터 포맷에서 플랜트의 건축 및 토목 시설 DB 구축을 위한 데이터 포맷으로 BIM을 선정함.

- 인프라 BIM기반 건설 생애주기 정보 공유 체계 개발(이하 인프라BIM 세부과제) 연구 성과를 기반으로 플랜트 사이트의 토목정보를 BIM으로 구축할 수 있음.

- 인프라BIM 세부와의 연구성과로 도출되는 인프라 BIM 정보체계를 토목시설의 DB 스키마로 활용함으로써 두 과제의 연계성을 높임.

○ **플랜트 건전성 기반 건설/유지보수 기술 세부과제와의 연계**

- 플랜트 건전성 기반 건설/유지보수 기술 세부과제(이하 플랜트 건전성 과제)는 환경플랜트 건전성 기반 생애주기 생산성 개선 및 운용 최적화 기

술 및 솔루션 개발을 목표로 하며 RAM 기반 RCM 솔루션을 최종 산출물로 하고 있음.

- 주요 연구내용으로는 건전성 평가 기반 건설, 유지관리 최적화 기술, RAM 평가 기반 RCM 최적화 기술 및 RISK 평가 기반 안정화 기술이며 이를 위해서 환경 플랜트의 운영 데이터를 필요로 한다.

- 본 세부과제와 플래늩 건전성 과제는 건설 공정 단계과 그 후속 단계인 운영단계로 연결되어 있으며, 건설 시뮬레이션의 시뮬레이션 정확도를 향상시키기 위해서 운영 데이터가 기반이 되어야 함.

- 두 세부과제는 과제 진행 상에 있어서 데이터 연동을 위한 공통적인 데이터 포맷을 공유해야 하며, 공통 포맷을 통한 데이터 연동을 통해서 건설 시뮬레이션에 의해서 진행된 과제의 운영 결과를 피드백받음으로써 기능 개선을 꾀할 수 있음.

제 4 장 사전타당성 검토

4.1. 정책적 타당성

4.1.1 국정기조와의 부합성

○ 4대 국정기조 140개 과제[49] 가운데 6개의 과제에 해당되며, 이를 정리하여 다음에 정리하였음.

<표 4.1> 국정기조와의 부합성

국정기조	전략	해당과제
경제부흥	창조경제	2. 지식재산의 창출·보호·활용 체계 선진화
		5. 중소 · 중견기업의 수충경쟁력 강화
		7. IT·SW 융합을 통한 주력산업 구조 고도화
		8. 과학기술을 통한 창조경제 기반 조설
		10. 교통체계·해운 선진화 및 건설·원전산업 해외진출 지원
		21. 신재생에너지 보급 확대 및 산업 육성

4.1.2 국토교통부 정책과의 부합성

- 국토교통부는 건설교통 R&D는 '06년에 장기(10년) 마스터플랜(건설교통 혁신 R&D 로드맵) 및 제1차 중장기계획('08~'12)을 수립하면서 본격적으로 추진했으며, 제2차 계획에서는 미래 환경변화에 대응하고, 녹색성장 기조에 부합하는 효과적 투자전략을 마련함으로써 건교 R&D를 보다 선진화하고 있음.

- 융복합 첨단기술 확보 목표를 건설기술 융복합을 통한 스마트설계 및 시공 기술고도화 추진 중.

- 미래 경제가치 창출을 위해서 건설 플랜트 공정계통 최적화 설계 및 평가 등 플랜트 엔지니어링 기술 확보를 통해 플랜트 기술 해외진출 지원을 목표로 하고 있으며, 건설 플랜트 시뮬레이터 개발은 이러한 목표 달성에

49) http://pmo.go.kr/pmo/inform/inform01-2.jsp

부합함.

<그림 4.1> 정책 부합성

4.1.3 정부 지원의 타당성

- 국내 플랜트 건설 시공능력 향상을 통한 경쟁력 강화를 위해서는 관련 산업분야의 표준 제정 및 플랜트 건설 인력의 체계적인 교육체계 구축이 필요하며 플랜트 건설 시뮬레이션은 이러한 경쟁력 강화를 위한 효율적인 툴로서 활용이 가능함.

- 플랜트 건설 시뮬레이션의 성공적인 활용을 위해서는 제반 업계의 표준화가 필수적이며, 현재 국내 플랜트 업계의 개별적인 개발 성과를 통합하고 향후 상호 호환 가능한 환경을 구축하기 위해서는 현 시점에서 국가 주도적 형태로 플랜트 건설 시뮬레이션 과제를 발주하고 표준을 제시함으로써 민간 기업의 개별적인 시뮬레이션 개발의 방향성에 대한 가이드라인을 제시하고, 이들 성과를 통합할 수 있는 기초를 마련해야 할 필요가 있음.

- 플랜트 건설 시뮬레이션을 통한 현장 인력 교육을 통해서 플랜트 건설 인력의 만성적인 부족 현상 해소에 기여할 수 있으며, 또한 인적 자원의 개별적 업무능력 향상을 통해서 플랜트 시공 능력을 높이도록 업계 전반에 걸친 계몽 및 유도를 정부 주도가 아니면 성공하기 어려움.

- 플랜트 건설 시뮬레이션은 시공 관련 시뮬레이션을 일차 목표로 하고 있으나, 향후에는 플랜트 설계 등의 전방 산업분야 진출을 통해서 플랜트 전 생애주기에 대응하는 SW 생태계의 기반이 되는 건설 플랜트 가상건설 플랫폼 개발을 주요 목표로 하고 있으며, 이러한 플랫폼 구축은 민간 기업의 역량만으로 성공적으로 성과를 달성하기에는 많은 난관이 있으므로 정부 지원을 통해서 관주도형태로 진행되어야 할 필요가 있음.

- 플랜트 분야 국내업체의 해외진출은 국내 시장의 한계를 극복할 수 있는 중요한 방향으로 한국 플랜트 산업의 제반여건을 고려해 볼 때 고급인력에 의한 엔지니어링과 기자재 조달, 시공 및 시운전, 유지보수 등 고부가가치 플랜트 건설업의 해외진출은 비가격 경쟁력 확보가 핵심임.

- 선진 EPC 업체들은 독자적인 원천기술을 확보하고 효과적인 프로젝트 설계 및 수행체계의 고도화, 현지화 및 세계화를 통해서 지속적인 성장과 고부가가치를 확보하고 있으며, 기자재의 경우에는 전문화 또는 특화된 중소기업이 담당하고 있으며, 세계적인 인지도를 기반으로 사업을 영위하고 있음.

- 그러나 한국의 플랜트 해외건설 수주구조를 살펴보면 상세설계 및 시공 분야가 대부분을 차지하고 있으며, 기획 및 개발, 기본설계, 시운전, 유지보수 및 보수 등의 분야에서는 종합적인 경쟁력 부족으로 인하여 담수화 설비나 발전 설비와 같은 일부 분야를 제외하고는 턴키수주나 고부가가치 분야의 수주가 제한되고 있으며, 최근 중국의 가격경쟁에 의해서 이중고를 겪고 있는 실정임.

- 이러한 문제는 일개 기업이 해결할 수 있는 문제가 아니며 국가적인 지원을 통해서 총체적으로 해결을 해야 함.

  - 플랜트 프로젝트의 특성 상 기본 설계에서 철거까지의 플랜트 정보가 연속적으로 관리되어야 하며, 호환을 위해서 득정 단위공정이 아닌 전체 공정에서의 표준정립 및 공정 간 연계 체계가 필요함

  - 이러한 전체 공정에서의 표준화 작업은 국가의 지원없이는 불가능하며, 현재의 플랜트 산업의 국제 경쟁력을 고려했을 때 당장 시책이

되어야 할 만큼 급박한 사항임.

- 이러한 점을 고려했을 때 본 과제에 대한 정부 지원이 반드시 수행되어야 함.

4.2. 기술적 타당성

○ 기술 수준 및 기술개발 성공가능성

- 플랜트 건설 경쟁력 향상을 위해서 플랜트 분야의 IT 지원 툴의 필요성에 대해서는 국내 EPC사를 중심으로 논의되고 일부 관련 회사들을 중심으로 개발이 시도되고 있으나, 산과 개발한다고 해도 기존 시장에 카르텔을 형성하고 있는 선진 외국 사들의 장벽을 넘을 수 있는 보장이 없어 망설이고 있는 현실임.

- 건설 시뮬레이션은 엔지니어링 기술이 접목되어 개발하고자 하는 시뮬레이터는 플랜트 건설의 통합 시공 지원을 위한 안전성 및 성능 예측 및 평가 모듈로 활용 가능하여, 플랫폼은 향후 시공뿐만이 아니라 설계 유지관리 기능분야까지 활용이 가능함.

- 건설 분야에서는 BIM을 중심으로 3차원 객체 모델링 데이터를 시공에 활용하여 간섭체크 및 공정 분석, 예측 등의 기능을 활용해서 생산성 향상에 기여하는 SW의 개발이 활발하게 이루어지고 있으며, 국내 SW업체들도 관련 SW 개발을 통해서 기술력을 상당부분 내재화했기 때문에 건설 플랜트 시뮬레이터 기술 개발 성공가능성은 상당히 높음.

○ 기술의 혁신성과 독창성

- 본 기획과제를 통해서 도출된 세부과제는 플랜트 시공 효율성 향상 및 리스크 관리에 필요한 기술들만을 도출하였으며, 기존 기술을 이용할 수 있는 기술들은 과제 선정과정에서 배제하였음.

- 따라서 플랜트 건설 시뮬레이션, 특히 시공 프로세스를 시공현장과 동일

하게 모사하고, 건설 장비, 자제, 인력의 이동, 작업 상태 등의 데이터를 바탕으로 동적인 간섭체크 및 작업 진행 방식에 따른 효율성 분석을 위해 도출된 과제는 국내에서 수행된 적이 없는 독창적인 과제로 평가됨.

○ **실용화 성공 가능성**

- 도출된 과제는 국내 EPC사, 플랜트 설비 제작 사, 건설 시공사 등을 통해 충분히 개발이 가능한 것으로 판단됨.

- 하지만, 플랜트 설계 기술과 CAD/CAM SW 개발 경험이 부족한 국내 현실을 감안할 때 글로벌 플랜트 IT 벤더들과의 기술 격차는 당분간 지속될 것으로 예상됨.

- 따라서 관련 기술에 대한 연구가 이루어지지 않으면 그 격차는 더욱 커지게 되고, 이는 국내 플랜트 업체의 경쟁력 약화로 이어지므로 본 연구의 수행이 시급한 실정임.

- 또한 기술 격차를 극복하기 위한 전략으로서 국내 플랜트 업체의 경쟁력이 가장 큰 플랜트 시공 부분의 시뮬레이션에 우선 집중적으로 연구 리소스를 투자하여 성과를 낸 후, 플랜트 설계 및 운영관리 등의 전후방분야의 시뮬레이션 기술 수준을 동반 성장시키는 전략으로 연구를 수행한다면 실용화 가능성은 아주 높다고 평가됨.

○ **기술의 파급효과**

- 건설 시뮬레이션을 통해서 설계 및 설치에 관련해서 공정에 영향을 주는 주요 부분의 사전 검토에 의해서 시공 방법에 대한 합리적인 선택 및 보다 효율적인 대안 선택의 기회를 제공함으로써 플랜트 시공 분야에 합리적 의사결정수단을 제공.

- 공사비용 및 공정에 영향을 미치는 절차서, 사양, 시방서, 특별시방서, 검사방법, 성능 보증, 현장 주요 여건 등의 중요 정보를 EPC사, 건설사, 기자재 제작사의 수평적 상호 공유를 가능하게 하는 커뮤니케이션 수단 제공에 따른 플랜트 공사 효율성 및 리스크 사전검토 수준 향상 가능.

<그림 4.2> 기술적 타당성

4.3. 경제적 타당성

4.3.1 경제성 분석

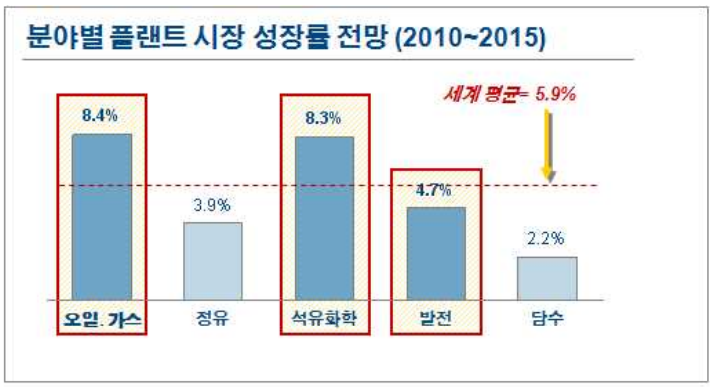
○ 개요

- 본 연구개발사업의 직접적인 경제적 효과를 분석하기 위해서 기본가정 결정, 비용의 추정, 편익의 추정, 비용-편익분석(B/C 분석) 방법론을 조사하였다.

- 본 연구개발사업의 소요 비용의 경우 총 연구비 270억원 (정부출연금 216억원, 민간부담금 54억원)으로 가정하였음.

○ 국제 건설 플랜트 시장 규모 전망

- 2010~2015년 플랜트 분야 성장률은 5.9%이며, 이를 바탕으로 과제 종료 기간인 2020년까지의 국제 건설 플랜트 시장 규모를 추정하였음.

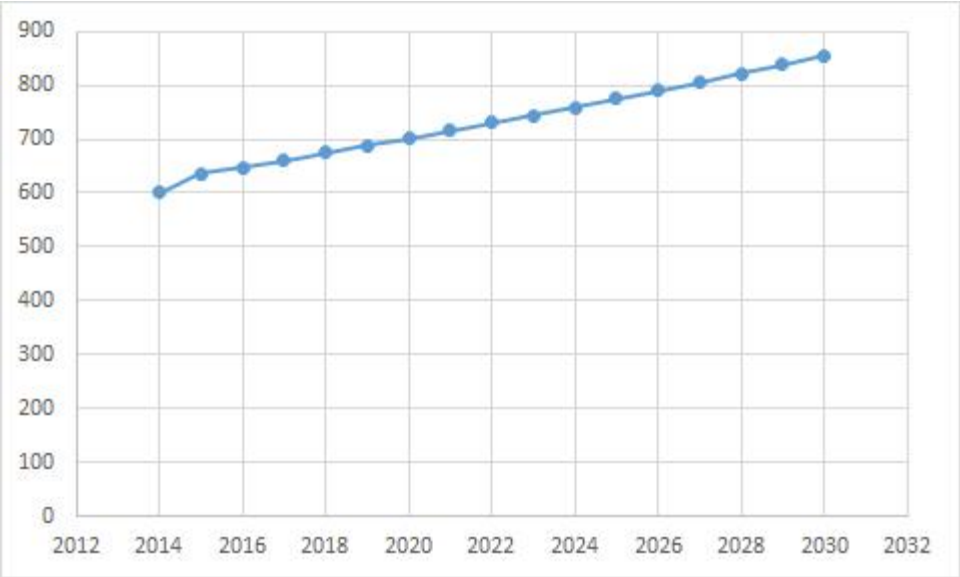


<그림 4.3> 국제 건설 플랜트 시장 성장률 전망[50)]

- 2020년 이후는 보수적 관점에서 2020년 시장규모를 적용하였음.

○ 국내 플랜트업계 해외수주 시장 규모 전망

- 건설 플랜트 시장 규모는 2011년 이후로 국내 플랜트 업계의 해외 플랜트 수주실적이 600억불을 유지하고 있는 점과 이를 보수적인 관점에서 국제 건설 플랜트 시장 성장률 추정치 5.9%를 적용하여 다음과 같이 추정하였음.



<그림 4.4> 국내 플랜트 업계 해외수주금액 추정치

50) 한국플랜트산업협회

○ 플랜트 건설 수주증가에 대한 기여도 및 부가가치 측정

- 본 연구과제를 통해서 도출된 건설시뮬레이터가 플랜트 업계의 수익률 증가에 기여하는 부분에 대해서 전문가 자문회의를 통해서 검토한 결과 현재 플랜트 건설 프로젝트의 사전검토 미비에서 오는 손실이 전체 매출의 5%정도로 추정되며 이 중 2%정도는 사전검토를 통해서 절감될 수 있을 것으로 가정함.

- 해외 플랜트 수주 금액 중 가스&오일 분야가 약 20%의 높은 비율을 차지하고 있으나, 플랜트 방식 및 다양한 조건에 의해서 본 연구과제의 성과물을 과제 종료 후 적용할 수 있는 프로젝트가 크지 않을 것으로 사료됨. 이에 본 연구과제 성과물을 적용할 수 있는 프로젝트의 범위를 전체 해외 수주 프로젝트 금액의 1%로 산정했음.

- 가스플랜트 관련 1%의 프로젝트에 대해서 시장점유율을 1%정도 산정을 해서 건설시뮬레이터가 실제 프로젝트에 적용되는 비율을 0.01% 로 산정함.

- 물가 상승률은 현재 수준인 2%로 산정해서 비용-편익 분석의 현가 산출에 적용하였음.

- 소프트웨어는 그 변화주기가 빠르기 때문에 편익기간을 10년으로 상정하였음.

○ 비용-편익 분석(B/C분석)

- 추정한 비용과 편익의 현가를 바탕으로 비용-편익분석을 실시하였음.

- 본 사업의 비용-편익분석은 다음 표와 같으며 그 결과가 2.66로 나왔음.

<표 4.2> 비용-편익 분석표

	할인용 연표		추정비용	추정비용의 현가	추정부가가치	추정부가가치의 현가
기준 연도	0	2015				
연구 기간	1	2016	4,480,800	4,392,941		
	2	2017	7,850,200	7,545,367		
	3	2018	7,447,600	7,018,040		
	4	2019	4,261,300	3,936,783		
	5	2020	3,648,400	3,304,468		
1	6	2021			7,155,636	6,354,000
2	7	2022			7,298,749	6,481,080
3	8	2023			7,444,724	6,610,702
4	9	2024			7,593,618	6,742,916
5	10	2025			7,745,491	6,877,774
6	11	2026			7,900,400	7,015,329
7	12	2027			8,058,408	7,155,636
8	13	2028			8,219,577	7,298,749
9	14	2029			8,383,968	7,444,724
10	15	2030			8,551,647	7,593,618
계			27,688,300	26,197,599		69,574,527
					비용/편익	2.66

○ 경제성 분석

- 분석 결과 5년간 270억원을 투입하고 그 후 10년간의 편익기간동안의 B/C 비율이 5.31임을 고려해본다면 개발 이후 SW 유지보수에 드는 비용을 고려하더라도 과제의 경제적 타당성이 양호한 것으로 판단됨.

- 본 과제는 가스 LNG 플랜트를 대상으로 하고 있으나 1세부의 성과물인 플랫폼은 다른 플랜트로 확장 가능하도록 개발될 예정이므로, 과제 종료후 오일, 환경 플랜트로 확장을 한다면 더욱 경제성이 높을 것으로 사료됨.

- 최근 해양 플랜트 산업 분야에서 공사 규모 및 공기의 부정확한 예측에 따른 저가 수주로 인해서 막대한 손실을 입음.

- 문제점으로는 해외 플랜트 공사를 진행하기 위해 공사비용을 산출하는데 이 과정에서 국내 건설사들이 적정 이익을 확보하기 어려울 정도로 낮은

금액을 발주처에 제시함으로 인해 공사 중 설계가 변경되거나 자재 조달이 늦어지는 악재가 터지면 건설사가 막다한 손해 발생 등이 있음.

- 이러한 수행 역량을 초과한 사업을 수주하는 것은 손실로 반복되며 국내 건설사의 손실을 줄이기 위한 관리능력 향상을 위해서 본 과제의 건설 시뮬레이터를 활용함으로써 B/C 분석 결과 이상의 경제성을 도출해 낼 수 있을 것으로 기대됨.

제 5 장 연구투입 소요예산 산정

5.1.인력투입계획

- 총 5년에 걸쳐서 550여명을 투입할 계획임

<표 5.1> 인력투입계획

(단위: man/month)

연차	연구내용	인력투입 (man/month)			
		책임연구원	연구원	연구보조원	보조원
1차년도	총괄과제	3	4	3	2
	1세부과제	7	8	4	4
	2세부과제	6	9	9	9
	3세부과제	5	14	6	3
	소계	21	35	22	18
2차년도	총괄과제	3	4	3	3
	1세부과제	15	15	13	8
	2세부과제	6	15	15	11
	3세부과제	7	18	6	3
	소계	31	52	37	25
3차년도	총괄과제	3	5	4	3
	1세부과제	17	14	14	9
	2세부과제	6	15	15	11
	3세부과제	7	14	6	3
	소계	33	48	39	26
4차년도	총괄과제	3	6	4	3
	1세부과제	8	8	6	4
	2세부과제	6	9	6	3
	3세부과제	5	10	4	3
	소계	22	33	20	13
5차년도	총괄과제	3	6	4	3
	1세부과제	8	8	6	4
	2세부과제	6	9	3	3
	3세부과제	5	10	5	3
	소계	22	33	18	13
계		129	201	136	95

- 연차별 투입인원으로는 2, 3차년도에 가장 많은 인원이 투입되어 핵심연

구성과를 도출하도록 하며, 4, 5차년도에도 테스트베드 구현 및 검증에 다수 인원을 확보함.

- 세부 별 투입 현황을 보면 플랫폼 및 4D 시뮬레이션 등 개발량이 많은 1, 2 세부에 인원이 많이 할당되었으며, 부문별로 보면 플랫폼이 가장 많음.

<그림 5.1> 투입 인원 통계

5.2. 소요예산 산정

5.2.1 예산산정 방법

- 본 사업은 대규모 예산 (정부출연금 216억원, 민간부담금 54억원)이 투입되는 연구개발 사업으로 소요예산의 명확한 산출 근거를 제시하고 관련 규정 범위에서 산출해야 함.

  ▪ 사업의 특성상 선행기술 개발 성격이므로 이에 적합한 정부출연금과 민간부담금의 비율을 정하고 예산이 실질적으로 핵심 기술개발에 소요되도록 함.

- 소요예산은 관련 규정 및 지침에 의거하여 편성하여 적정성과 적합성을 갖게 함.

  ▪ 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 및 동 시행규칙

  ▪ 국토해양부 소관 연구개발사업 운영규정(개정 2009. 2. 11) 및 동 관리지침(제정 2009. 6. 30)

  ▪ 건설교통기술연구개발사업단과제 관리지침(개정 2009. 12. 14)

- 소요예산의 비목은 인건비, 직접비, 간접비로 구성함.

5.2.2 소요예산

가. 전체사업 소요예산

(단위 : 천원)

<표 5.2> 전체사업 소요예산

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계	비율
총괄	528,800	517,500	590,300	721,700	633,700	2,992,000	11%
1세부	1,356,000	3,461,900	3,376,500	1,404,100	1,077,400	10,675,900	39%
2세부	1,424,900	2,267,600	2,215,900	1,159,900	987,700	8,056,000	29%
3세부	1,171,100	1,603,200	1,264,900	975,600	949,600	5,964,300	22%
합계	**4,480,800**	**7,850,200**	**7,447,600**	**4,261,300**	**3,648,400**	**27,688,200**	**100%**

나. 총괄예산

(단위 : 천원)

<표 5.3> 총괄예산

구분		연구비						
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계	비율
인건비	책임연구원	110,100	110,100	110,100	110,100	110,100	110,100	18.40%
	연구원	112,600	112,600	140,700	168,800	168,800	703,500	23.51%
	연구보조원	56,400	56,400	75,200	75,200	75,200	338,600	11.32%
	보조원	28,200	42,300	42,300	42,300	42,300	197,500	6.60%
	소계	307,300	321,400	368,300	396,500	396,500	1,790,000	59.83%
직접비	연구장비/재료비	50,500	20,500	21,000	101,000	21,000	214,000	7.15%
	연구활동비	76,800	80,300	92,100	99,100	99,100	447,500	14.96%
	연구수당	46,100	48,200	55,300	59,500	59,500	268,500	8.97%
	소계	173,400	149,000	168,400	259,600	179,600	930,000	31.08%
간접비	간접경비 외 기타	48,100	47,000	53,700	65,600	57,600	272,000	9.09%
	소계	48,100	47,000	53,700	65,600	57,600	272,000	9.09%
합계		**528,800**	**517,400**	**590,400**	**721,700**	**633,700**	**2,992,000**	**100%**

다. 1세부 예산

(단위 : 천원)

<표 5.4> 1세부예산

구분		연구비						
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계	비율
인건비	책임연구원	344,900	855,000	1,012,800	352,300	315,600	2,880,700	26.98%
	연구원	303,900	593,700	602,200	270,100	225,100	1,995,000	18.69%
	연구보조원	92,200	317,900	338,600	122,300	95,900	966,800	9.06%
	보조원	67,700	145,300	138,300	59,300	48,000	458,500	4.29%
	소계	808,700	1,911,900	2,091,900	804,000	684,600	6,301,000	59.02%
직접비	연구장비/재료비	100,500	470,500	141,000	151,000	21,000	884,000	8.28%
	연구활동비	202,200	478,000	523,000	201,000	171,100	1,575,200	14.75%
	연구수당	121,300	286,800	313,800	120,600	102,700	945,100	8.85%
	소계	424,000	1,235,300	977,800	472,600	294,800	3,404,300	31.89%
간접비	간접경비외 기타	123,300	314,700	307,000	127,600	97,900	970,500	9.09%
	소계	123,300	314,700	307,000	127,600	97,900	970,500	9.09%
합계		1,356,000	3,461,900	3,376,700	1,404,200	1,077,300	10,675,800	100%

라. 2세부 예산

(단위 : 천원)

<표 5.5> 2세부예산

구분		연구비						
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계	비율
인건비	책임연구원	220,200	220,200	220,200	220,200	220,200	1,100,900	13.67%
	연구원	253,200	506,500	506,500	253,200	253,200	1,772,700	22.00%
	연구보조원	203,100	338,600	338,600	135,400	56,400	1,072,100	13.31%
	보조원	160,800	217,300	217,300	55,000	50,800	701,100	8.70%
	소계	837,400	1,282,500	1,282,500	663,900	580,600	4,646,900	57.68%
직접비	연구장비/재료비	123,000	266,000	219,000	125,000	85,000	818,000	10.15%
	연구활동비	209,300	320,600	320,600	166,000	145,200	1,161,700	14.42%
	연구수당	125,600	192,400	192,400	99,600	87,100	697,000	8.65%
	소계	457,900	779,000	732,000	390,600	317,300	2,676,700	33.23%
간접비	간접경비외 기타	129,500	206,100	201,400	105,400	89,800	732,400	9.09%
	소계	129,500	206,100	201,400	105,400	89,800	732,400	9.09%
합계		**1,424,800**	**2,267,600**	**2,215,900**	**1,159,900**	**987,700**	**8,056,000**	**100%**

마. 3세부 예산

(단위 : 천원)

<표 5.6> 3세부예산

구분		연구비						
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계	비율
인건비	책임연구원	183,500	256,900	256,900	183,500	183,500	1,064,200	17.84%
	연구원	393,900	506,500	393,900	281,400	281,400	1,857,100	31.14%
	연구보조원	112,900	112,900	112,900	75,200	94,000	507,900	8.52%
	보조원	42,300	42,300	42,300	42,300	42,300	211,600	3.55%
	소계	732,600	918,500	806,000	582,400	601,200	3,640,800	61.04%
직접비	연구장비/재료비	39,000	171,500	21,500	71,500	21,500	325,000	5.45%
	연구활동비	183,100	229,600	201,500	145,600	150,300	910,200	15.26%
	연구수당	109,900	137,800	120,900	87,400	90,200	546,100	9.16%
	소계	332,000	538,900	343,900	304,500	262,000	1,781,300	29.87%
간접비	간접경비외 기타	106,500	145,700	115,000	88,700	86,300	542,200	9.09%
	소계	106,500	145,700	115,000	88,700	86,300	542,200	9.09%
합계		1,171,100	1,603,100	1,264,900	975,600	949,500	5,964,300	100%

제 6 장 과제 제안요구서

6.1. 과제 제안요구서

과제명	건설 플랜트 시뮬레이터 개발
1. 연구개발 목표	건설 플랜트 시뮬레이터 플랫폼 및 애플리케이션 개발
	ㅇ플랜트 시공 생산성 향상 및 원가 절감을 달성할 수 있는 시공계획 의사결정 지원을 위한 플랜트 건설 시뮬레이션 플랫폼 기술 개발을 통한 플랜트 ICT 기술 생태계 구현에 대한 종합계획 수립으로 플랫폼 기술 개발을 통한 국내 기업의 해외 시장 경쟁력 및 국내 플랜트 ICT 기술력 확보
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 글로벌 인프라/건설 플랜트 시장은 신흥국을 중심으로 지속 확대되어 향후 20년간 각각 40조불/27조불 규모에 달할 전망 ○ 국내 업체의 해외건설, 플랜트 수주는 외형상 양호한 모습을 보여왔으나 해외 플랜트 건설시장의 과당경쟁과 그에 따른 저가수주로 채산성 악화 등으로 향후 전망은 밝지 못함 ○ 글로벌 EPC회사들은 북미, 유럽, 아프리카 등 세계 각지에 고르게 사업이 분포되어 있는 반면, 국내 건설사들은 벤더풀이 제한적이어서 정치, 경제적 위험요소가 상존해 있는 중동 및 동남아시아 지역에 대한 사업의존도가 과중함 ○ 플랜트 산업의 원천기술 및 핵심기자재의 국산화를 통한 본원적 경쟁력 개선이 시급함 ○ 주요 벤더들은 설계 뿐만이 아니라 플랜트 시공 및 운용 등의 플랜트 전 주기(LCC)에 대응하는 일련의 제품들을 라인업하는 전략을 통해서 후발주자들이 진출하기 어려운 환경을 조성하고 있으며, 시간이 지날수록 이러한 배타적 SW환경은 심화될 것으로 사료됨 ○ 기존 벤더들이 선점적으로 개발을 진행하고 있는 업무 프

	로세스가 아니면서, 국내 플랜트 업계의 기술 경쟁력을 강화시킬 수 있는 틈새시장을 우선적으로 공략함으로써 시장진입의 가능성을 높일 수 있는 전략이 중요 ○ 플랜트 설계 3차원 데이터를 플랜트 설비 제작을 위해서 2차원 도면으로 재가공하는 비효율적인 업무 프로세스를 개선하기 위한 3차원 설비 도면 제작과 관련된 ICT기술을 개발함으로써 국내 플랜트 설비 제작 산업분야에 새로운 툴을 제공함으로써 국내 플랜트 산업 경쟁력 강화에 기여할 수 있음
□ 기술동향	○ 글로벌 IT벤더인 다쏘시스템은 4D 가상 건설 및 공정 가시화 SW으로 CATIA로 설계한 데이터를 이용해서 전 공정을 설계하고 제품의 전체 Lifecycle에 걸쳐 계획과 상세화가 가능하고 3차원 협업 환경에서 생산 시스템을 정의, 생성, 전개하는 건설 시뮬레이션인 DELMIA (Digital Enterprise Lean Manufacturing Interactive Application)를 개발/판매하고 있음 ○ 벤틀리의 PlantWise는 컨셉 설계용의 3D CAD 기능을 중심으로 공사비 절감, LCC 절감 및 프로젝트 일정 단축 등의 조달, 시공 계획 지원 기능을 보유하고 있음
3. 연구개발 내용	
	<총괄> **○ 건설 플랜트 시뮬레이션 기획 및 성능 검증** - LNG가스 플랜트 설계정보 분석을 통해서 시뮬레이션 개발을 위한 총괄기획 - 기존 추진 중인 플랜트 관련 연구개발과제와의 연계 및 활용 방안 연구 - 각 세부의 성과물에 대한 성능 검증과 보완사항에 대한 피드백을 통해서 최종산출물의 성능 유지를 위한 성과물 관리 **○ 건설 플랜트 시뮬레이션 플랫폼 생태계 확산 정책 방안 수립** - 건설 플랜트 가상건설 시뮬레이션 플랫폼 활성화를 위한 비즈니스모델 수립 및 관련 정책 제안 수행 <1세부>

ㅇ 건설시뮬레이션 플랫폼 기술 개발

- 플랜트 건설 업무 데이터 및 플랜트 현업근무자의 사용자 시나리오 분석을 통해 시뮬레이션 개발에 필요한 플랜트 건설 시공 업무프로세스의 정의
- 시뮬레이션에 필요한 각종 데이터를 가공하여 표준화된 플랜트건설 데이터베이스 구축
- 플랜트 설비(ISO 15926), 건물(BIM/IFC), 지리공간(OGC)의 복수의 표준적인 건설 관련 형상데이터를 통합하는 데이터베이스 구축
- 건설시뮬레이션 애플리케이션 간에 호환하여 사용이 가능하도록 하는 플랜트건설 통합형상정보 모델링데이터에 관한 스키마 정의 및 운용기준 개발
- 건설시뮬레이션 관련 애플리케이션을 빠르고 쉽게 개발할 수 있도록 플랜트건설 애플리케이션 개발환경(IDE)를 개발/제공하는 플랜트건설 시뮬레이션 플랫폼을 개발

<2세부>

ㅇ시공계획 4D 시뮬레이션 기술

- 플랜트건설 현장 및 플랜트 설비 조달 운송과 작업자의 작업 분류 및 가시화
- 플랜트 레거시 데이터 분석
- 플랜트 형상정보 통합 설계
- 플랜트 건설 타임라인 기반의 시뮬레이션 기술 개발
- 플랜트 시공계획의 정량적 분석 및 모사기능 개발
- 건설 플랜트 시뮬레이션 API 개발
- 플랜트 공사 진행 공정별 현황 가시화

ㅇ방재/환경영향 4D 시뮬레이션 기술 개발

- 플랜트 사이트별 시뮬레이션 기술 개발
- 작업자의 작업 현황별 방재시스템 구축 기술 개발
- 플랜트건설 현장 및 작업자에게 미치는 환경영향 요소 분류 및 환경영향 평가 분석
- 플랜트 시공시 발생하는 방재 요인 분석 및 이에 대비/대응하는 기술 개발 및 시스템 구축
- 화재 확산 시뮬레이션 기술 개발
- 오염물/유해물질/LNG 가스 플랜트 방재/환경영향평가 시뮬레이션 기술 개발

- 플랜트 시공 시 영향을 받게 되는 환경적 요인 분석 및 이에 대비/대응하는 기술 개발 및 시스템 구축

ㅇ가상현실 4D 전자교육 기술 개발

- 플랜트 시공 작업내용 3D 애니메이션화
- 플랜트 시공 작업내용 전자매뉴얼화
- 3D 프린팅 기술 및 증강현실 기술 개발
- 플랜트 가상현실 구현 기술 및 가상현실 기반 플랜트 교육 콘텐츠 개발
- 3D 프린팅과 가상현실 융복합 교육시스템 개발

<3세부>

ㅇ 플랜트 건설공정 효율성 분석/평가기술 개발

- 플랜트 건설 작업 패턴 분석
- 건설 플랜트 공정 효율성 평가 기술 연구

ㅇ 플랜트 건설공정 리스크 평가기술 개발

- 플랜트 건설 리스크 요인 분석 연구
- 플랜트 건설 리스크 평가 기술 연구

ㅇ 시방/규제/ 분석 기술 개발

- 플랜트 시방, 규제, 환경 영향 평가
- 플랜트 시방, 규제, 환경 요소의 정량적 평가 기술 연구

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

ㅇ 정부출연연구기관, 정부관련기관, 대학, 자원이송망 시공업체 등 관련 전문연구자가 공동 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시.

○ 각 단위과제별로 현장적용할 기술, 검증내용(달성목표), 검증방법, 검증시기, 현장적용 대상지(테스트베드)의 범위 등을 구체적으로 설정하고, 관계기관과 사전적·지속적 협조체계를 구축하는 등 개발기술의 현장적용을 위한 전략 수립.

○ 개발결과물의 특허출원 등을 통한 실수요처 기술이전 적극 추진 및 현장 활용성 도모.

ㅇ 관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 국내 IT 전문 기

	업 및 기관과의 협력 체계 구축 및 기술도입·기술자문을 적극적으로 추진. ○ 연구 개발 초기 단계에서부터 중장기적으로 개발 기술의 사업화를 고려한 기술 개발 전략 수립. ○ 중장기 및 확장성을 고려한 플랫폼 전략과 단기 실용화를 목표로 하는 건설 플랜트 시뮬레이션 개발 원화 전략
□ 추진체계	○ 개발기술의 실용화 및 사업화를 위해 산업체, 연구기관 및 학계 컨소시엄으로 구성하여 공동연구를 수행. ○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진 시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장 제공 등)이 명확하여야 하며, 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함. ○ 각계 전문가 자문단을 구성하여, 연구개발의 기술적·정책적·경제적 보완사항에 대한 자문. ○ 세부과제 간 연구 연계성을 고려한 협조체계 구축. ○ 해외 주요 기관 및 전문가와 협력 추진 및 국내와 관련 기관 네트워크 활용 전문 수집 시스템 구축.
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	<연구 최종 성과 제품명> <전체> - 건설시뮬레이션 플랫폼 SW 및 매뉴얼 - 건설시뮬레이션 API 레퍼런스 - 버츄얼 플랜트 시뮬레이션 테스트베드 DB 일체 및 적용 성능 보고서 <총괄> - 건설 시뮬레이션 플랫폼 기능 및 성능 검증 보고서 - 가상 플랜트 시뮬레이션 테스트베드 적용 보고서 <1세세부> - 건설시뮬레이션 플랫폼 - 건설시뮬레이션 API 및 프레임워크

<2세세부>

- 플랜트 건설 4D 시뮬레이션 SW
- 플랜트 공정관리 시뮬레이션 SW

<3세세부>

- 플랜트 건설 시뮬레이션 연산모듈

<관련 연구의 연차별 성과물>

○ **1차년도**

<총괄>

- 플랜트 시뮬레이터 개발 총괄 기획보고서
- 플랜트 관련 정책 연구보고서
- 학술발표 2건
- 논문게재: 2건

<1세부>

- 플랜트 형상정보 데이터 분석 및 체계화
- 플랜트 형상정보 모델 및 개발
- 플랜트 형상정보 관리 체계 구축
- 플랜트 형상정보 모델링 통합 서비스 분석 및 프로토타입
- 가상건설 의사결정 서비스 분석 및 모델 개발
- 가상건설 의사결정 서비스 프로토타입
- 건설 플랜트 공정 설계 프로세스 체계화
- 건설 플랜트 공정 설계 시뮬레이션 분석 및 프로토타입
- 소프트웨어 등록: 2건
- 학술발표 2건
- 논문게재: 2건

<2세부>

- 4D 시뮬레이션 프레임워크 기술문서

- 3D 프린팅 기술문서
- CFD 기반 시뮬레이션 시제품
- 3D 프린팅 시제품
- 플랜트 설계 시제품
- 소프트웨어 등록: 2건
- 학술발표 2건
- 논문게재: 2건

<3세부>

- 플랜트 건설작업 패턴 분석 보고서
- 플랜트 건설 리스트 평가 기법 및 모듈
- 플랜트 관련 법규/환경/영향 분석 보고서
- 소프트웨어 등록: 1건
- 학술발표 2건
- 논문게재: 2건

○ **2차년도**

<총괄>

- 건설 플랜트 시뮬레이션 성능 평가방안 연구보고서
- 플랜트 세부 간 개발 성과물 연계활용 보고서
- 건설 플랜트 시뮬레이션 플랫폼 활성화 정책방안 보고서
- 학술발표 2건
- 논문게재: 2건

<1세부>

- 플랜트 형상정보 데이터베이스 설계 및 구축
- 플랜트 형상정보 모델링 관리 시스템 설계 및 구축
- 다중 분산 네트워크 의사결정 프로그램 구축
- 분산 네트워크 방식의 시뮬레이션 운영 기술 구축
- 건설 플랜트 공정 관리 데이터베이스 설계 및 구축
- 건설 플랜트 공정 설계 시뮬레이션 기술 개발
- 학술발표 1건
- 논문게재: 1건

- 특허출원: 1건
- 소프트웨어 등록: 2건

<2세부>

- 플랜트 4D 시뮬레이션 프로트타입
- 플랜트 화재 확산 시뮬레이션 프로트타입
- 가상현실 기반 플랜트 교육시스템 프로트타입
- 플랜트 건설 타임라인 기반의 시뮬레이션 기능 기술 매뉴얼
- 가상현실 기반 플랜트 교육 콘텐츠 기술문서 매뉴얼
- 국내외 학술발표: 2건
- 논문게재: 1건
- 특허출원: 1건
- 소프트웨어 등록: 3건

<3세부>

- 플랜트 건설공정 효율성 평가 기법 및 모듈
- 플랜트 건설 리스크 평가 기법 및 모듈
- 플랜트 시방분석 모듈
- 국내외 학술발표: 3건
- 논문게재: 3건
- 특허출원: 1건
- 소프트웨어 등록: 1건

○ **3차년도**

<총괄>

- 플랜트 시뮬레이터 개발성과물 평가보고서
- 플랜트 세부 간 개발 성과물 연계활용 보고서
- 비즈니스 모델 보고서
- 학술발표 2건
- 논문게재: 2건

<1세부>

- 플랜트 건설 플랫폼
- 플랜트 형상정보 모델링 통합 기술 서비스 운용 모듈
- 플랜트 형상정보 및 콘텐츠 관리 모듈
- 가상건설 의사결정 커뮤니케이션 기술 운용 모듈
- 분산 네트워크 방식의 시뮬레이션 운영 모듈
- 국내외 학술발표: 2건
- 논문게재: 1건
- 특허출원: 1건
- 소프트웨어 등록: 1건

<2세부>

- 건설 플랜트 시공 시뮬레이션 SW
- 가상현실 융복합 교육 시스템
- 가스 플랜트 방재 시뮬레이션 SW
- 건설 플랜트 시뮬레이션 API 매뉴얼
- 국내외 학술발표: 3건
- 논문게재: 3건
- 특허출원: 2건
- 소프트웨어 등록: 3건

<3세부>

- 플랜트 건설공정 효율성 분석 모듈
- LNG 가스 플랜트 리스크 분석 및 시뮬레이션 보고서
- 플랜트 관련 시방 분석 모듈
- 국내외 학술발표: 3건
- 논문게재: 3건
- 특허출원: 1건
- 소프트웨어 등록: 2건

○ **4차년도**

<총괄>

- 테스트베드 운용 성능 개선 보고서
- 플랜트 시뮬레이터 홍보/전시 성과 보고서
- 학술발표 4건

- 논문게재: 2건

<1세부>

- 플랜트 건설 플랫폼 성능 개선 시스템
- 플랜트 건설 플랫폼 서비스 운영 및 개선안 보고서
- 학술발표 2건
- 논문게재: 1건

<2세부>

- 시공계획 4D 시뮬레이션 성능 개선 SW
- 방재/환경 영향 4D 시뮬레이션 성능 개선 SW
- 테스트베드 운영 및 서비스 개선 보고서
- 국내외 학술발표 2건
- 논문게재: 1건

<3세부>

- 플랜트 건설공정 효율성 개선 모듈
- 플랜트 건설공정 리스크 성능 개선 모듈
- 플랜트 관련 시방/규제/법규 분석 성능 개선 모듈
- 플랜트 건설공정 효율성, 리스크 성능 개선 보고서
- 플랜트 관련 시방/규제/법규 분석 성능 개선 보고서
- 학술발표 2건
- 논문게재: 1건

ㅇ 5차년도

<총괄>

- 플랜트 테스트베드 운용 및 성능 개선 보고서
- 플랜트 홍보,전시,성과 보고서
- 학술발표 4건
- 논문게재: 2건

<1세부>

- 플랜트 건설 플랫폼 성능 개선 시스템

- 플랜트 건설 플랫폼 서비스 운영 및 개선안 보고서
- 건설 플랜트 공정설계 시뮬레이터 개발 완료보고서
- 학술발표 2건
- 논문게재: 1건

<2세부>

- 시공계획 4D 시뮬레이션 성능 개선 SW
- 방재/환경 영향 4D 시뮬레이션 성능 개선 SW
- 건설 플랜트 건설 시뮬레이션 개발 완료 보고서
- 테스트베드 운영 및 서비스 개선 보고서
- 국내외 학술발표 2건
- 논문게재: 1건

<3세부>

- 플랜트 건설공정 효율성 개선 모듈
- 플랜트 건설공정 리스크 성능 개선 모듈
- 플랜트 관련 시방/규제/법규 분석 성능 개선 모듈
- 플랜트 건설공정 효율성, 리스크 성능 개선 보고서
- 플랜트 관련 시방/규제/법규 분석 성능 개선 보고서
- 학술발표 2건
- 논문게재: 1건

6. 기대효과 및 파급효과

○ 건설 시뮬레이션을 통해서 설계 및 설치에 관련해서 공정에 영향을 주는 주요 부분의 사전 검토에 의해서 시공 방법에 대한 합리적인 선택 및 보다 효율적인 대안 선택의 기회를 제공함으로써 플랜트 시공 분야에 합리적 의사결정수단을 제공

○ 공사 비용 및 공정에 영향을 미치는 절차서, 사양, 시방서, 특별시방서, 검사방법, 성능 보증, 현장 주요 여건 등의 중요 정보를 EPC사, 건설사, 기자재 제작사의 수평적 상호 공유를 가능하게 하는 커뮤니케이션 수단 제공에 따른 플랜트 공사 효율성 및 리스크 사전검토 수준 향상 가능

7. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 2016년 01월 ~2020년 12월(5년) ○ 연구비 예산 : 약 270억원(정부출연금 : 216억원)
8. 기 타	
	○ 개발기술의 성능을 LNG 가스 플랜트 데이터를 이용해서 검증하여 보완. ○ 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 상세기획연구 보고서를 참조하여 작성. ○ 연차별 지원예산을 제시된 총 정부출연금 범위 내에서 편성.