Construction & Transportation R&D Report

건설교통연구기획사업 기획과제 최종보고서

R&D/13RDPP-C065285-01

철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획 연구보고서

2013. 11

주관연구기관 / 한국철도기술연구원
공동연구기관 / 한국건설기술연구원
연세대학교
경상대학교

국 토 해 양 부
국토교통과학기술진흥원

R&D /
13RDPP-C06
5285-01

철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 품질기술 및 운영체계 개발 기획

2013

국토교통과학기술진흥원
국 토 교 통 부

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

이 보고서를 "철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획"과제의 최종보고서로 제출합니다.

2013. 11.

주관연구기관명 : 한국철도기술연구원
주관연구책임자 : 신민호 수석연구원
연 구 원 : 이영훈 책임연구원
" : 여인호 책임연구원
" : 전현규 책임연구원
" : 이진호 선임연구원
" : 민창훈 연구원

협동연구기관명 : 한국건설기술연구원
협동연구책임자 : 우제윤 연구위원
연 구 원 : 최현상 연구위원
" : 주기범 수석연구원
" : 강태욱 수석연구원

협동연구기관명 : 연세대학교
협동연구책임자 : 이상호 교수
연 구 원 : 박상일 연구원

협동연구기관명 : 경상대학교
협동연구책임자 : 강인석 교수
연 구 원 : 김현승 연구원

위탁연구기관명 : 부산외국어대학교
위탁연구책임자 : 이순철 교수

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유
번호</td><td></td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2013.4.30.~
2013.11.29</td><td>단 계
구 분</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사
업 명</td><td>중 사 업 명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4">건설교통연구기획사업</td></tr>
<tr><td rowspan="5">연 구 과
제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4">철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획</td></tr>
<tr><td rowspan="4">세부과제명</td><td rowspan="3">공동</td><td colspan="3">개발 과제별 기획</td></tr>
<tr><td colspan="3">기술 우선순위 도출</td></tr>
<tr><td colspan="3">기술개발 로드맵</td></tr>
<tr><td>위탁</td><td colspan="3">사전타당성 조사</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책
임 자</td><td rowspan="2">신민호</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 15명
내부 : 12명
외부 : 3명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부 : 70,000천원
기업 : 0천원
계 : 70,000천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 15명
내부 : 12명
외부 : 3명</td><td>총연구비</td><td>정부 : 70,000천원
기업 : 0천원
계 : 70,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명
및
소속부서명</td><td colspan="2">한국철도기술연구원
첨단인프라연구단TFT</td><td>참여기업명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명 :</td><td colspan="2">상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="5">연구기관명 : 부산외국어대학교 연구책임자 : 이 순 철</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약</td><td>보고서면수</td><td>371</td></tr>
</table>

철도인프라는 완공 후에는 변경이 거의 불가능하며 사용기간이 길고, 생애주기 동안 유지보수비가 제작비보다 많이 소요되는 등 체계적인 유지관리가 필요함. 시설물의 효율적인 유지관리를 위해서는 설계-시공-운영-유지보수 등 생애주기 각 단계에서 각 주체들의 정보전달과 공유, 여러 전문가의 다학제적 협업이 매우 중요함. 최근 공간정보에 대한 관심이 높아지며, 철도 시설물 정보를 BIM(Building Information Modeling) 기술을 기반으로 계획, 설계 단계에서부터 시공, 운영 및 유지보수, 폐기 단계까지 유기적으로 연계되도록 하는 철도인프라 생애주기 관리 체계에 대한 개념을 제시하였음. 차세대 첨단 관리기법의 철도인프라 운영기술을 개발하여, 향후 예상되는 고속철도 해외수주 경쟁에 선도적 기술력으로 대응할 필요가 있으며, 철도인프라의 민간 BIM 생태계 활성화를 위한 국가차원의 표준기술 개발 및 운영체계 구축이 필요한 시점임. 특히 국내외 고속철도 및 고속화철도인프라 수요가 급증하고 있으므로, 첨단기술기반의 철도건설 및 운영/유지보수 효율화를 위해 BIM기반 철도인프라 표준운영체계 기술을 발굴하고 기획 연구함.

<table>
<tr><td rowspan="2">색 인 어</td><td>한 글</td><td>철도인프라, 건설정보모델링, 사업관리, 모델링표준화, 생애주기관리</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td>Railway Infrastructures, BIM, Project Management, Standardization Modeling, Life Cycle Management</td></tr>
</table>

요 약 문

Ⅰ. 제 목

철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

○ 차세대 첨단 관리기법의 철도인프라 운영기술을 개발하여, 향후 예상되는 고속철도 해외수주 경쟁에 선도적 기술력으로 대응할 필요가 있으며, 철도인프라의 민간 BIM 생태계 활성화를 위한 국가차원의 표준기술 개발 및 운영체계 구축이 필요한 시점임. 특히 국내외 고속철도 및 고속화철도인프라 수요가 급증하고 있으므로, 첨단기술기반의 철도건설 및 운영/유지보수 효율화를 위해 BIM기반 철도인프라 표준운영체계 기술을 발굴하고 기획 연구함

○ BIM(Building Information Modeling)을 기반으로 철도인프라의 정보 모델화, 정보 시각화, 표준 프로세스화, 모델정보의 공유화 및 재활용 등을 위한 원천기술 개발 기획을 목적으로 함

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

○ 철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획

○ 기술개발 동향 및 환경 분석
- 국내외 정책, 시장, 기술 동향분석
- 국내외 기술개발현황 및 국내 인프라기술 인력 현황(기업, 연구소, 대학 등) 분석
- 기술수요 및 기술예측 조사 실시
- 기술개발추진방향 정립(SWOT 분석 등)

○ 기술개발 전략 수립
- 비전 및 기술발전 시나리오 제시
- 비전 달성을 위한 세부목표 및 후보과제 도출
- 후보과제에 대한 우선순위 도출
- 연구개발과제 확정 및 로드맵 작성
- 과제 연구수행 형태 정의

○ 연구 목표 및 범위 설정
- 최종 목표 및 범위 설정
- 세부과제별 성과목표(정량적, 정성적)와 성과지표 설정 및 성과맵 제시
- 연구과제별 및 세부과제별 기술개발 로드맵 작성

Ⅳ. 연구개발결과

가. 연구목표

○ 철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획

나. 연구결과

○ 철도인프라 건설 및 운영/유지보수 효율화를 위한 생애주기 관리 첨단 핵심 기술 확보 및 실용화

○ 철도인프라 공사비 및 공사기간 절감

○ 국가 표준에 의한 민간의 철도 BIM적용 활성화 유도

○ 철도인프라 유지보수성 향상으로 안전사고 사전예방

○ 기존 철도인프라의 효율적 통합운영 기술 확보

○ 철도인프라 건설 및 운영/유지보수 효율화를 위한 생애주기 관리 첨단 핵심

○ 기술 확보 및 실용화

○ 철도인프라 공사비 및 공사기간 절감

○ 국가 표준에 의한 민간의 철도 BIM적용 활성화 유도

○ 철도인프라 유지보수성 향상으로 안전사고 사전예방

○ 기존 철도인프라의 효율적 통합운영 기술 확보

Ⅴ. 연구개발결과의 활용계획

○ BIM기반 철도인프라 생애주기 관리 표준기술 및 운영체계 개발 연구과제에 활용

○ 고속철도 해외수주경쟁에서 철도특화 첨단 인프라운영체계로 경쟁력 확보

○ 국내 고속화철도인프라의 첨단 사업관리를 위한 표준으로 활용

○ 국내 토목분야 BIM 적용 활성화를 위한 기반 구축

목 차

제1장. 연구개발과제의 개요 ····· 1

제1절. 목적과 범위 ····· 1

제2절. 배경 ····· 2

제3절. 시급성 및 중요도 ····· 4

제4절. 정부지원의 필요성 ····· 8

제2장. 국내외 기술개발 현황 ····· 9

제1절. 시장동향 분석 ····· 9

1. BIM 시장 동향 ····· 9

2. BIM 표준기술 동향 ····· 15

제2절. 특허동향 분석 ····· 20

1. BIM 특허 동향 ····· 20

제3절. 기술동향 분석 ····· 25

1. BIM 기반 프로세스 수행 및 PLM 시스템 ····· 25

2. 유지보수 및 운영 표준 시스템 기술 ····· 27

제4절. 환경 및 정책 분석 ····· 29

1. 철도 BIM기술 적용 방안 ····· 29

2. 유지보수 및 운영표준 시스템 기술 ····· 37

제5절. 연구개발, 인프라 분석 ····· 42

1. 해외 관련 기술 및 인프라 개발 동향 ····· 42

2. 국내 관련 기술 및 인프라 개발 동향 ····· 55

제6절. 인력 분석 ····· 58

1. 주요 출원인 동향 ····· 58

제3장. 기술개발 전략 수립 ····· 65

제1절. R&D 필요성 ····· 65

1. Issue ····· 65

2. R&D 필요성 ····· 65

제2절. 과제 기획 ····· 66
1. 참여 연구진 ····· 66
2. 세미나 및 워크숍 ····· 66
3. 기획자문위원회 ····· 66
제3절. 기술수요조사 실시 ····· 67
제4절. 세미나, 워크숍 및 기획자문위원회 개최 ····· 68
1. 세미나 및 워크숍 ····· 66
2. 1차 기획자문위원회 ····· 68
3. 2차 기획자문위원회 ····· 69
제5절. SWOT분석 ····· 70
제6절. 후보과제 도출 ····· 71
1. 25개 후보과제 도출 ····· 71
2. 후보과제 별 주요 연구내용 ····· 72

제4장. 비전, 목표 및 우선순위 도출 ····· 76
제1절. 비전 및 목표 수립 ····· 76
1. 비전 ····· 76
2. 최종목표 ····· 76
3. 세부목표 ····· 76
제2절. 중점추진분야 설정 ····· 77
1. 중점추진분야 설정 ····· 77
2. 중점추진분야 1 ····· 78
3. 중점추진분야 2 ····· 79
4. 중점추진분야 3 ····· 80
5. 중점추진분야 4 ····· 81
6. 중점추진분야 5 ····· 82
7. 중점추진분야 6 ····· 83
제3절. 우선순위 도출 및 결과 ····· 84
1. 분석의 목적 및 필요성 ····· 84
2. 분석방법 ····· 86
3. 분석결과 및 우선순위 ····· 97

4. 최종종합순위 ····· 105
5. 요약 ····· 109
제4절. 연구개발과제 결정 및 로드맵 작성 ····· 111
1. 연구단 ····· 111
2. 1단계 연구개발 과제 ····· 111
3. 2단계 연구개발 과제 ····· 111
4. 연구개발 로드맵 ····· 113
5. 기술간 연계성 ····· 114

제5장. 연구과제 기획 ····· 115
제1절. 철도인프라의 BIM기반 생애주기 관리 운영체계 기술 ····· 115
1. 목표 및 개요 ····· 115
2. 인력투입계획 및 소요예산산정 ····· 121
3. 과제제안요구서(RFP) ····· 123
제2절. 철도인프라 정보모델 기술 ····· 134
1. 목표 및 개요 ····· 134
3. 인력투입계획 및 소요예산산정 ····· 138
4. 과제제안요구서(RFP) ····· 140
제3절. 철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술 ····· 146
1. 목표 및 개요 ····· 146
3. 인력투입계획 및 소요예산산정 ····· 150
4. 과제제안요구서(RFP) ····· 152

제6장. 세부과제 상세기획 ····· 157
제1절. 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 개발 ····· 157
1. 과제 개요 ····· 157
2. 현황 및 필요성 ····· 158
3. 동향 분석 ····· 158
4. 연구과제 개발 및 추진전략 ····· 159
5. 인력투입계획 및 소요예산산정 ····· 164
6. 과제제안요구서(RFP) ····· 166

7. 연차별 성과목표 및 평가방법(안) ····· 170
8. 추진일정(안) ····· 171
제2절. BIM기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 개발 ··· 172
1. 과제 개요 ····· 172
2. 현황 및 필요성 ····· 173
3. 동향 분석 ····· 173
4. 연구과제 개발 및 추진전략 ····· 174
5. 인력투입계획 및 소요예산산정 ····· 178
6. 과제제안요구서(RFP) ····· 180
7. 연차별 성과목표 및 평가방법(안) ····· 184
8. 추진일정(안) ····· 185
제3절. 철도인프라 BIM기반 실무 프로세스 및 수행체계 기술개발 ····· 186
1. 과제 개요 ····· 186
2. 현황 및 필요성 ····· 187
3. 동향 분석 ····· 191
4. 연구과제 개발 및 추진전략 ····· 197
5. 인력투입계획 및 소요예산산정 ····· 204
6. 과제제안요구서(RFP) ····· 206
7. 연차별 성과목표 및 평가방법(안) ····· 210
8. 추진일정(안) ····· 211
제4절. 철도인프라 환경 및 경제성 분석 기술 개발 ····· 212
1. 과제 개요 ····· 212
2. 현황 및 필요성 ····· 214
3. 동향 분석 ····· 214
4. 연구과제 개발 및 추진전략 ····· 215
5. 인력투입계획 및 소요예산산정 ····· 219
6. 과제제안요구서(RFP) ····· 221
7. 연차별 성과목표 및 평가방법(안) ····· 225
8. 추진일정(안) ····· 226
제5절. 철도인프라 개방형 국제표준데이터 모델 개발 ····· 227
1. 과제 개요 ····· 227
2. 현황 및 필요성 ····· 228

3. 동향 분석 ····· 229
4. 연구과제 개발 및 추진전략 ····· 230
5. 인력투입계획 및 소요예산산정 ····· 236
6. 과제제안요구서(RFP) ····· 238
7. 연차별 성과목표 및 평가방법(안) ····· 243
8. 추진일정(안) ····· 244
제6절. 철도인프라 표준 정보모델링 기술 개발 ····· 245
1. 과제 개요 ····· 245
2. 현황 및 필요성 ····· 247
3. 동향 분석 ····· 250
4. 연구과제 개발 및 추진전략 ····· 252
5. 인력투입계획 및 소요예산산정 ····· 259
6. 과제제안요구서(RFP) ····· 261
7. 연차별 성과목표 및 평가방법(안) ····· 266
8. 추진일정(안) ····· 267
제7절. 철도인프라 BIM정보 재활용 기술 개발 ····· 268
1. 과제 개요 ····· 268
2. 현황 및 필요성 ····· 269
3. 동향 분석 ····· 271
4. 연구과제 개발 및 추진전략 ····· 272
5. 인력투입계획 및 소요예산산정 ····· 278
6. 과제제안요구서(RFP) ····· 280
7. 연차별 성과목표 및 평가방법(안) ····· 285
8. 추진일정(안) ····· 286
제8절. 능동형 BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 기술 개발 ···· 287
1. 과제 개요 ····· 287
2. 현황 및 필요성 ····· 290
3. 동향 분석 ····· 290
4. 연구과제 개발 및 추진전략 ····· 293
5. 인력투입계획 및 소요예산산정 ····· 300
6. 과제제안요구서(RFP) ····· 302
7. 연차별 성과목표 및 평가방법(안) ····· 306

8. 추진일정(안) ····· 306
제9절. ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임워크기술 개발 ·· 307
1. 과제 개요 ····· 307
2. 현황 및 필요성 ····· 308
3. 동향 분석 ····· 308
4. 연구과제 개발 및 추진전략 ····· 311
5. 인력투입계획 및 소요예산산정 ····· 316
6. 과제제안요구서(RFP) ····· 318
7. 연차별 성과목표 및 평가방법(안) ····· 322
8. 추진일정(안) ····· 322
제10절. BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 개발 ····· 323
1. 과제 개요 ····· 323
2. 현황 및 필요성 ····· 325
3. 동향 분석 ····· 326
4. 연구과제 개발 및 추진전략 ····· 327
5. 인력투입계획 및 소요예산산정 ····· 333
6. 과제제안요구서(RFP) ····· 335
7. 연차별 성과목표 및 평가방법(안) ····· 340
8. 추진일정(안) ····· 340

제7장. 사전타당성 조사 ····· 341
제1절. 사전타당성조사 검토의 개요 ····· 341
1. 분석의 틀 ····· 341
제2절. 기술적 타당성 ····· 343
1. 기술개발 계획의 적절성 ····· 343
2. 기술수준 및 성공가능성 ····· 347
3. 기존사업과의 중복성 ····· 349
제3절. 정책적 타당성 ····· 351
1. 국가전략의 중요성 ····· 351
2. 상위계획과의 부합성 ····· 353
제4절. 경제적 타당성 ····· 355

1. 경제성 ····· 355
2. 비용편익비용 ····· 357

제8장. 평가기준 설정 ····· 368
1. 1연구과제 ····· 368
3. 2연구과제 ····· 370
4. 3연구과제 ····· 372

제9장. 참고문헌 ····· 374

<첨 부> ····· 382

표 목 차

표 1 국내 철도운영사와 일본철도의 1인당 매출액 비교 (`08 기준) ····· 5
표 2 최근 6년간 철도건설비용 (단위:억원) ····· 6
표 3 노후 철도시설물 현황 ····· 7
표 4 COBie worksheet shample (Partial) ····· 17
표 5 전자매뉴얼 ISO 표준 ····· 19
표 6 전자매뉴얼 KS표준 ····· 19
표 7 주요 출원인 동향 ····· 23
표 8 조달청 BIM 추진계획 ····· 29
표 9 건설산업 주체별 요구사항 ····· 30
표 10 유지관리를 위한 건축 기계설비분야 BIM데이터 입력수준 ····· 38
표 11 국내 학계 IFC 연구동향 ····· 56
표 12 주요 출원인 동향 ····· 58
표 13 전 세계 국가별 주요 출원인 ····· 61
표 14 기술수요조사의 개요 ····· 67
표 15 도출 후보과제 ····· 71
표 16 철도인프라의 BIM기반 생애주기 운영체계 기술 개발 ····· 78
표 17 철도인프라 정보모델 기술 개발 ····· 79
표 18 철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술 개발 ····· 80
표 19 BIM기반 철도인프라 자산관리 시스템 개발 ····· 81
표 20 BIM기반 철도인프라 안전 및 재난관리 시스템 개발 ····· 82
표 21 BIM기반 철도인프라 폐기 및 재활용 관리 시스템 개발 ····· 83
표 22 기술성 평가 기준 및 평가항목의 내역 ····· 89
표 23 AHP의 상대적 중요성에 대한 척도 ····· 92
표 24 대안의 3개인 경우의 쌍대비교 예시 ····· 92
표 25 행렬 크기에 따른 무작위 지수(Random Index) ····· 94
표 26 요인분석 중요도 평가 척도 ····· 96
표 27 기술성 평가에 대한 분석방법별 추정 가중치 ····· 98
표 28 단순평균법을 이용한 기술개발과제의 우선순위 추정결과 ····· 100
표 29 AHP법을 적용한 기술개발과제의 우선순위 추정결과 ····· 102
표 30 요인분석법을 이용한 기술개발과제의 우선순위 추정결과 ····· 104
표 31 분석방법론별 기술개발과제의 우선순위 비교 ····· 108
표 32 인력투입계획 총괄표 ····· 121
표 33 연구비 총괄표 ····· 121
표 34 세부과제별 연구비 총괄표 ····· 121
표 35 세부 총괄표 ····· 122
표 36 연구과제1 과제제안요구서(총괄) ····· 123
표 37 인력투입계획 총괄표 ····· 138
표 38 연구비 총괄표 ····· 138
표 39 세부과제별 연구비 총괄표 ····· 138
표 40 세부 총괄표 ····· 139

표 41 연구과제2 과제제안요구서(총괄) ····· 140
표 42 인력투입계획 총괄표 ····· 150
표 43 연구비 총괄표 ····· 150
표 44 세부과제별 연구비 총괄표 ····· 150
표 45 세부 총괄표 ····· 151
표 46 연구과제3 과제제안요구서(총괄) ····· 152
표 47 과제별 연차별 로드맵 ····· 162
표 48 성과활용방안 ····· 163
표 49 인력투입계획 총괄표 ····· 164
표 50 연구비 총괄표 ····· 164
표 51 세부연구비 총괄표 ····· 165
표 52 과제별 연차별 로드맵 ····· 176
표 53 성과활용방안 ····· 177
표 54 인력투입계획 총괄표 ····· 178
표 55 연구비 총괄표 ····· 178
표 56 세부연구비 총괄표 ····· 179
표 57 국내 학계 IFC 연구동향 ····· 188
표 58 과제별 연차별 로드맵 ····· 201
표 59 성과활용방안 ····· 202
표 60 인력투입계획 총괄표 ····· 204
표 61 연구비 총괄표 ····· 204
표 62 세부연구비 총괄표 ····· 205
표 63 과제별 연차별 로드맵 ····· 217
표 64 성과활용방안 ····· 218
표 65 인력투입계획 총괄표 ····· 219
표 66 연구비 총괄표 ····· 219
표 67 세부연구비 총괄표 ····· 220
표 68 세부과제 차이점 비교 ····· 233
표 69 과제별 연차별 로드맵 ····· 234
표 70 성과활용방안 ····· 235
표 71 인력투입계획 총괄표 ····· 236
표 72 연구비 총괄표 ····· 236
표 73 세부연구비 총괄표 ····· 237
표 74 세부과제 간 차이점 비교 ····· 255
표 75 과제별 연차별 로드맵 ····· 256
표 76 성과활용방안 ····· 257
표 77 인력투입계획 총괄표 ····· 259
표 78 연구비 총괄표 ····· 259
표 79 세부연구비 총괄표 ····· 260
표 80 세부과제 차이점 비교 ····· 275
표 81 과제별 연차별 로드맵 ····· 276
표 82 성과활용방안 ····· 277
표 83 인력투입계획 총괄표 ····· 278

표 84 연구비 총괄표 ····· 278
표 85 세부연구비 총괄표 ····· 279
표 86 세부과제 차이점 비교 ····· 296
표 87 과제별 연차별 로드맵 ····· 297
표 88 성과활성방안 ····· 298
표 89 인력투입계획 총괄표 ····· 300
표 90 연구비 총괄표 ····· 300
표 91 세부연구비 총괄표 ····· 301
표 92 세부과제 차이점 비교 ····· 313
표 93 과제별 연차별 로드맵 ····· 314
표 94 성과활용방안 ····· 315
표 95 인력투입계획 총괄표 ····· 316
표 96 연구비 총괄표 ····· 316
표 97 세부연구비 총괄표 ····· 317
표 98 국외 BIM 관련 기준 현황 ····· 325
표 99 국내 BIM 관련 기준 현황 ····· 325
표 100 품질관리관련 소프트웨어 ····· 327
표 101 세부과제 차이점 비교 ····· 330
표 102 과제별 연차별 로드맵 ····· 331
표 103 성과활용방안 ····· 332
표 104 인력투입계획 총괄표 ····· 333
표 105 연구비 총괄표 ····· 333
표 106 세부연구비 총괄표 ····· 334
표 107 사전타당성 조사 항목 및 내용 ····· 342
표 108 도시철도 운영 및 유지보수 후보과제 중복성 검토결과 ····· 349
표 109 조달청 BIM 추진계획 ····· 354
표 110 철도인프라의 BIM기반 생애주기 운영체계 기술 연구비 ····· 355
표 111 철도인프라 정보모델 기술개발 연구비 ····· 356
표 112 철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술 연구비 ····· 356
표 113 연도별 철도건설비용 ····· 359
표 114 철도건설비용 추정(2012~2027년) ····· 360
표 115 설계비용 절감편익 ····· 362
표 116 세계철도인프라 시장 규모의 추정 ····· 365
표 117 철도BIM 기술개발의 비용편익 분석 결과 ····· 366
표 118 <첨부 1> 기술성숙도 수준별 정의 ····· 382
표 119 <첨부 2> 자문의견서(1-1) ····· 383
표 120 <첨부 2> 자문의견서(1-2) ····· 384
표 121 <첨부 2> 자문의견서(1-3) ····· 385
표 122 <첨부 2> 자문의견서(1-4) ····· 386
표 123 <첨부 2> 자문의견서(1-5) ····· 387
표 124 <첨부 2> 자문의견서(1-6) ····· 388
표 125 <첨부 2> 자문의견서(1-7) ····· 389
표 126 <첨부 2> 자문의견서(1-8) ····· 390

표 127 <첨부 2> 자문의견서(1-9) ····· 391
표 128 <첨부 2> 자문의견서(1-10) ····· 392
표 129 <첨부 2> 자문의견서(1-11) ····· 393
표 130 <첨부 2> 자문의견서(1-12) ····· 394
표 131 <첨부 2> 자문의견서(2-1) ····· 395
표 132 <첨부 2> 자문의견서(2-2) ····· 396
표 133 <첨부 2> 자문의견서(2-3) ····· 397
표 134 <첨부 2> 자문의견서(2-4) ····· 398
표 135 <첨부 2> 자문의견서(2-5) ····· 399
표 136 <첨부 2> 자문의견서(2-6) ····· 400
표 137 <첨부 2> 자문의견서(2-7) ····· 401
표 138 <첨부 2> 자문의견서(2-8) ····· 402
표 139 <첨부 2> 자문의견서(2-9) ····· 403
표 140 <첨부 2> 자문의견서(2-10) ····· 404
표 141 <첨부 2> 자문의견서(2-11) ····· 405
표 142 <첨부 2> 자문의견서(2-12) ····· 406
표 143 <첨부 2> 자문의견서(2-13) ····· 407
표 144 <첨부 3> 연구과제 개요(1) ····· 408
표 145 <첨부 3> 연구과제 개요(2) ····· 413
표 146 <첨부 3> 연구과제 개요(3) ····· 417

그 림 목 차

그림 1 철도 유지보수비용 추이 ····· 6
그림 2 United States Construction Industry Productivity: 1964-2004 (U.S. Department of Labor"s Bureau of Labor Statistics (1964 = 100%)) ····· 9
그림 3 Commercial Building Stock Growth, World Markets: 2011-2020 (Pike Research) ····· 10
그림 4 Commercial Building Stock Growth by Building Type, World Markets: 2011-2020 (Pike Research) ····· 10
그림 5 An operation process of bridge maintenance system and functional modules (문현석 외 2인, 2012) ···· 12
그림 6 A BIM-based Bridge Facility Management in Korea (문성우 외 2인, 2011) ·· 13
그림 7 Information Exchange Effects with Current BIM Approach (John M. Prezybyla, BIM to Facilities Managmenet - The Next Big Thing for Sustainability) ····· 13
그림 8 지하철 형상정보 기반 BIM 유지관리 연구 사례 (심창수 외 2인, 2011) ····· 14
그림 9 COBie Information by Type of Data and Project Phase ····· 16
그림 10 The COBie Process of The Information Gathering Stages and Simplified COBie Relation to Design ····· 16
그림 11 COBie Contract Shecification V1.1 (2009.12) ····· 17
그림 12 전자매뉴얼 표준 동향 ····· 18
그림 13 전자매뉴얼 발전단계 ····· 18
그림 14 주요국의 연도별 특허출원 동향 ····· 20
그림 15 연도 구간별 세부기술 동향 ····· 21
그림 16 시장별 세부기술 동향 ····· 22
그림 17 다출원인의 기술별 특허동향 ····· 24
그림 18 Autodesk BIM 360 based on Cloud Computing <http://www.autodesk.com> ····· 28
그림 19 지하철 역사 시설관리의 BIM 적용 가능성에 대한 응답결과 ····· 33
그림 20 지하철 역사 시설관리의 BIM 적용가능성에 대한 응답수 ····· 34
그림 21 지하철 역사 시설관리의 BIM적용 기술의 표준 지침 ····· 35
그림 22 유지관리 BIM 정보모델링 (한국건설기술연구원, BIM기반 유지관리 정보모델링 지침 개발 보고서, 2010) ····· 37
그림 23 시설물별 전자정보 자원의 구성체계 (참조: 한국시설안전공단, BIM기반 스마트 유지관리기술 도입방안 연구, 2012.12) ····· 39
그림 24 Vision for BIM for Facility Management Integration (참고: GSA, BIM Guidel Series Facility Management, 2011) ····· 40
그림 25 Facility Data Workflow for Current BIM Deployment ····· 40
그림 26 제3차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획 주요 내용 ····· 41
그림 27 홍콩 MTR 터미널 ····· 42
그림 28 홍통 MTR의 시공/안전관리 시뮬레이션 ····· 42
그림 29 미국 Measure 'R' 프로젝트 노선 ····· 43
그림 30 일본 東JR 모델링 및 시뮬레이션 ····· 44
그림 31 일본 東JR 'Railway GIS' 와 'Google Earth & Railway' ····· 44
그림 32 일본 東JR의 평면선형 및 종단선형 설계 화면 ····· 45
그림 33 East London Line 비용 절감 (URS/Scott Wilson, 2010) ····· 46
그림 34 영국 Crossrail (URS/Scott Wilson, 2010) ····· 47

그림 35 문서 협업 흐름 및 파일 형상 관리(Crossrail, Ltd, 2012) ····· 48
그림 36 Crossrail 자산정보관리 시스템(Crossrail, Ltd, 2012) ····· 48
그림 37 자산 위치/모델/분류 체계 정의(Crossrail, Ltd, 2012) ····· 49
그림 38 Qatar Red Line 프로젝트 ····· 50
그림 39 AutoDesk의 CMMS 자산관리시스템 ····· 51
그림 40 GIS 기반 유지보수시스템 ····· 51
그림 41 모바일 CMMS 연계 ····· 52
그림 42 Performance Index 별 조건 및 조치 사항 ····· 53
그림 43 유지보수 우선순위 도출을 위한 Risk Factor ····· 53
그림 44 유지보수 대안별 LCC 예측 ····· 54
그림 45 좌-국내 BIM일반 부분연구, 우-국내 BIM활용 부분연구(단위%) ····· 55
그림 46 호남고속철도 오송고가에 대한 BIM기반 가상시뮬레이션 ····· 57
그림 47 수도권 고속철도 웹기반 4D 시뮬레이션 ····· 57
그림 48 다출원인의 기술별 특허동향 ····· 60
그림 49 한국특허의 기업별 역점분야 및 공백기술 ····· 62
그림 50 미국특허의 기업별 역점분야 및 공백기술 ····· 63
그림 51 일본특허의 기업별 역점분야 및 공백기술 ····· 64
그림 52 유럽특허의 기업별 역점분야 및 공백기술 ····· 64
그림 53 유럽특허의 기업별 역점분야 및 공백기술 ····· 66
그림 54 기획과제 과제제안서 ····· 67
그림 55 기획자문회의 (13. 7. 2) ····· 68
그림 56 기획 자문회의 (13. 7. 24) ····· 69
그림 57 SWOT 분석 ····· 70
그림 58 SWOT 매트릭스 ····· 70
그림 59 비전 및 목표 도출 ····· 76
그림 60 중점추진분야 선정 ····· 77
그림 61 우선순위 결정을 위한 지수산출 방법론 ····· 86
그림 62 AHP의 표준계층 구조화 ····· 87
그림 63 철도BIM 후보과제의 우선순위 결정을 위한 계층 구조화 개념도 ····· 88
그림 64 연구개발 로드맵(안) ····· 113
그림 65 기술간 연계성 ····· 114
그림 66 세부의 목표 및 연구내용 ····· 116
그림 67 2세부의 목표 및 연구내용 ····· 135
그림 68 3세부의 목표 및 연구내용 ····· 147
그림 69 철도인프라 BIM기반 실무 프로세스 및 수행체계 기술 비전과 내용 ····· 186
그림 70 기대효과 우선순위 ····· 189
그림 71 장애요인 우선순위 ····· 190
그림 72 주요국의 연도별 특허출원 동향 ····· 192
그림 73 철도인프라 BIM기반 프로세스 체계 지원을 위한 Railway PLM(R-PLM) 기반 기술 … 198
그림 74 연구추진체계 ····· 198
그림 75 영국 Crossrail 프로젝트 프로세스 관리 개념도 ····· 203
그림 76 영국 Crossrail Farringdon 역 PLM기술 적용 사례 (URS/Scott Wilson 2010.10) ····· 203
그림 77 건축 엔지니어링 분야에서 정보의 상호운용성 미비로 인한 추가 소요비용,

McGraw-Hill Construction, 2008 ····· 228
그림 78 미국 토목인프라분야에서의 BIM 적용, McGraw-Hill Construction, 2012 ····· 247
그림 79 토목인프라 프로젝트에서의 BIM 전문성, McGraw-Hill Construction, 2012 ··· 247
그림 80 토목분야에서의 BIM 가치, McGraw-Hill Construction, 2012 ····· 248
그림 81 BIM 숙련정도에 따른 BIM의 활용가치, McGraw-Hill Construction, 2008 ····· 249
그림 82 응용분야 정보 재활용 저하 요인, McGrawHill Construction, 2007 ····· 270
그림 83 표준프레임워크 개념도 ····· 289
그림 84 단계별 연구개발 계획 ····· 344

제1장. 연구개발과제의 개요

제1절. 목적과 범위

○ 본 연구에서 철도인프라는 차량, 기지, 역사 등을 제외한 철도 시설물로 한정하며, 철도인프라의 생애주기는 계획-설계-시공-운영·유지보수-폐기로 정의함

○ 본 연구의 목적은 철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획연구로, BIM기반 철도인프라의 생애주기에 걸쳐 관련 주체들간 정보 생성과 협업을 도모하고, 성능 향상, 비용 절감 및 일정 관리 등을 위한 표준화기술과 관련 운영체계 구축에 대한 기획임

○ 이를 위해 국내외 BIM기반 인프라기술 현황 조사 및 분석을 수행함

○ BIM기반 철도인프라 핵심기술 정의 및 표준기술 도출함
- 고속철도, 일반철도, 도시철도(경전철 포함)의 철도인프라 정보모델화, 정보시각화, 표준 프로세스화, 정보 공유화 및 재활용기술 등 핵심기술 정의

○ 철도 BIM 기술개발 계획 수립 및 로드맵 작성
- 철도 BIM 기술에 대한 로드맵 및 기존 과제와 연계성, 차별성 도출
- 계획・설계, 시공, 운영・유지관리, 폐기 등 전주기 단계별 로드맵 수립
- 기술 단계별 중장기 기술개발 계획(목표 사양・수준 및 기술개발 달성 시점 등)

○ BIM 기반 철도인프라 표준기술 개발 사양 도출 및 추진과제 발굴・기획
- BIM 기반 철도인프라 표준기술 도출 및 개발 요구사양 검토
- 추진과제별 기술개발 효과 및 경제성 분석
- 기술 단계별 실용화 적용 방안 및 안전성 신뢰성 검증을 위한 Test-bed 추진 계획 수립 (전주기 단계별 Test-bed 적용 방안)
- 기술개발 우선순위 선정 및 소요예산, 추진방법 수립

○ 관련 기준 및 정책 반영 방안 마련
- BIM기반 철도인프라 기준 및 정책 반영 방안구축
- 정부 : 철도인프라 BIM기술 생태계 구성을 위한 관련 정책, 기반 구축 (BIM기반 발주 및 검증, 평가, 운영, 유지보수 등)
- 민간 : 구성된 생태계 활성화를 통한 활용 및 관련 라이브러리 확산 적용 (BIM기반 설계/시공, 추가 모델생성 등)

제2절. 배 경

○ 인프라 분야 정보모델 기술 시장의 확대 및 비용 절감, 효율 향상

- 정보모델 기반 인프라 기술의 대표적 사례로 BIM은 3차원 설계 이전에 사업의 공정간-모듈간-시스템간 원할한 정보 생성, 전달, 활용을 목적으로 하는 정보관리 체계로,
- 좁은 공간안에 다양한 설계와 재료, 공정, 부품이 사용되며, 토공, 구조공, 전기, 기계설비 등 여러 분야의 모듈이 복합적으로 구성되는 건축분야에 선도적으로 도입 활용되었음
- 철도분야는 차량을 제외하더라도 구조, 토질, 지반, 수리, 환경 등 토목의 전분야와 전기, 신호, 전력/전철 등 거의 모든 공학분야가 결합되어야 하는 시스템엔지니어링 사업이며, 각 분야간 정보의 공유와 활용은 분야간 간섭 및 중복·반복 작업을 최소화 하여 건설과 운영, 유지관리 단계에서 비용절감 요소가 됨
- 특히 철도는 건축과 달리 짧게는 수 ㎞에서 길게는 수백 ㎞까지를 하나로 관리 운영되는 선구를 이루며, 계획단계에서부터 지형, 지질, 지리학적 전산 정보의 생성과, 전달, 활용은 기존의 건축에 활용되던 BIM과는 차원을 달리해야 하며 원활한 정보의 운용은 더욱 강조되어야 함
- 이러한 공간적 광범위함은 철도분야의 정보모델 기술 적용이 늦춰진 이유이기도 하며 IT 기술의 발전에 따라 조속히 도입하여야 하는 배경이기도 함

○ 철도인프라 생애주기 관리를 위한 정보모델 구축 필요

- 계획부터 시공까지 수 년 이상 걸리는 철도건설의 시간적 제약은 정보의 원활한 관리를 요구하는 가장 근본적인 원인임
- 설계수명이 50년 이상인 철도인프라의 장기적인 유지관리 측면에서 설계수명의 반도 되지 않는 건설 후 이-삼십년 경과된 인프라의 설계도면이나 유지관리 이력도 찾기 어렵거나 불가능한 것이 현실임
- 최근 호남고속철도 일부 구간과 부산지하철 등 국내 철도건설 일부에 BIM을 적용한 사례가 있으나, 대부분 3차원 설계를 활용한 부재의 간섭여부와 좌표확인, 배근의 현실성 등을 파악하는데 그치고 있으며,
- 일부 공정관리와 자재관리까지 확장하고 있으나 계획수립에서부터, 운영/유지관리, 폐기 등 전 생애주기까지는 고려하지 못하고 있으며 통일된 기준과 절차 없이 참여업체별로 필요에 따라 소규모 작업으로 머무르고 있음
- 철도의 다학제적, 다종의 시스템엔지니어링 특성, 장대한 공간적 특성, 그리고 계획부터, 설계, 시공, 운영/유지관리, 폐기 등 시간적으로도 유구한 특성을 고려할 때 모든 요소별/요소간 정보의 통일적 생성과 교환, 활용은

대단히 중요하며 물리적으로 불가능해 보이는 비용조차도 절감하게 할 것으로 기대됨

- 특히 해외사업 추진 시 국내 기업의 경쟁력을 확고히 하기 위해서는 국가적 차원의 기준과 절차, 규격 등에서 표준화가 필요함

제3절. 시급성 및 중요도

○ 철도인프라의 생애주기를 관리할 수 있는 운영체계의 부재는 단계간 정보손실, 정보관리의 비효율성을 야기시키고 이는 공사기간 증가, 전체 운영비용 증가, 품질 저하 등을 요인이 된다. 현재는 생애주기에서 단계별로 사용자간의 의사소통이 제대로 되지 않아 불필요한 작업 및 정보의 손실이 발생된다. 이를 최소화하여 고품질의 성과물을 생성하기 위해서는 기획부터 폐기단계까지 전 사용자가 정보를 공유하며, 통일된 기준의 관리체계가 필요함

○ 차세대 첨단 관리기법의 철도인프라 운영기술을 개발하여, 향후 예상되는 고속철도 해외수주 경쟁에 선도적 기술력으로 대응 필요

- 기존의 차량기계중심 철도분야 연구와 함께, 첨단기술기반의 철도인프라 운영체계 연구를 동반하여 해외 철도시장에서 차별화된 수주경쟁력을 갖출 필요가 있음

  ※ 해외사례 : 영국 런던올림픽('12) East London Line, 인도 Lucknow Metro Alignment, 카타르 Qater Rail 프로젝트 등에서 BIM 실행계획 요구

- 국내외의 신규 철도인프라가 고속화시설 중심으로 변화되므로, 고속화 철도인프라에 특화된 BIM기반 운영체계 및 시설표준 구축 필요
- 철도인프라 분야의 선진 운영체계 구축기술은 향후 3천조원으로 예상되는 해외철도(고속철도, 도시철도) 시장에서 국가차원의 선도적 수주경쟁력 확보에 크게 기여할 것으로 기대됨

○ 철도인프라의 설계, 시공, 유지관리 등 프로세스간 정보공유와 재활용성의 획득으로 년간 1조 2,000억원 이상의 예산절감 효과가 기대됨

- 한국철도시설공단 년간 예산 6조원 × 20% = 1조2,000억원/년
  (한국철도시설공단 경영공시 재무현황 2012년 투자집행내역, 미국 오웬스 브라더스 콘크리트 패널 경사디자인 BIM 도입사례 기준)
- 2000년도 1억 달러 규모의 공사에서 설계비 요율 7-8%인 설계단계에서 40%, 시공단계에서 15%, 총 16.8%의 원가절감 효과가 발생한 것으로 보고(미국)
- 유지관리에의 활용까지를 고려하면 엄청난 경제적 효과 창출이 가능함

○ 향후 수 년내 국내외 철도인프라의 수요가 급증할 것으로 예상되므로, 선제적 첨단 철도인프라 운영체계 적용으로 공사비 및 공기 절감 목표달성 필요

- 국내의 경우 신설 고속철도 수요의 급증 및 일반 간선철도의 고속화 시설

변환으로 인한 신규 철도인프라 발주공사의 증대가 예상되고 있음

- 해외의 경우 브라질, 미국, 인도 등의 고속철도 신규 인프라 수요가 급증하고 있는 추세이고, 해외 수주 경쟁력 확보를 위해서는 차별화된 인프라 생애주기 관리 운영체계의 선도적 구축이 필요함

○ 국토해양부 제5차 건설기술진흥기본계획에 의하면 시설물별 BIM기반 설계도서 작성 납품체계 마련 등으로 토목분야 BIM 도입기반 마련을 위한 제도적 시행이 예상되는 시점임

- 향후 10년간 건설기술의 발전가능성 기대와 관련된 건설기술혁신관련 인식도조사(2011년 한국건설산업연구원)에 의하면, BIM 등 첨단정보화기술이 32%로 최고 기대 기술로 인식되고 있음
- 건축분야와 달리 철도 및 토목분야에서의 BIM 활용 기술은 초보적인 수준 으로, 개발되는 기술은 도로, 수자원, 상하수도 등 타 공공분야에 기술파급효과를 가질 것으로 기대됨
- 철도분야의 엔지니어링 능력의 고급화 및 고부가가치화를 통한 해외 수출 경쟁력 강화가 기대됨

○ 최근 국내 및 세계의 철도운영사는 운영/유지보수 비용절감을 통해 국민들이 지불하는 비용을 저감하고, 정부 지원예산의 절감을 도모하고 있음

- 우리나라 또한 운영비용 절감으로 가격 경쟁력을 확보하기 위해 유지보수 자동화/선진화, 환경비용 저감, 철도 에너지 소비 및 관리체계 효율화 등에 관심이 집중되고 있음
- 그러나 국내 철도운영사의 국제 경쟁력을 1인당 매출액을 기준으로 살펴보면 철도 선진국인 일본의 4.76% ~ 27.86%에 불과함

표 1 국내 철도운영사와 일본철도의 1인당 매출액 비교 (`08 기준)

(단위 : 백만원, %)

구분	철도공사	서울메트로	서울도시철도	인천교통공사	부산교통공사	대구도시철도	광주도시철도	일본철도(JR 6사)
직원1인당 매출액	117	102	76	54	62	38	20	420
일본 대비	27.86	24.29	18.10	12.86	14.76	9.05	4.76	100.00

출처 : 철도운영 및 유지보수 효율화 기술개발 기획 최종보고서. 한국철도공사 (2013.6)

○ 철도 확충을 통한 친환경교통 구현하는 정부정책의 성공적 추진을 위해서는 인프라 비용을 저감하기 위한 새로운 공법과 사업관리 기법의 도입이 필요

- 철도인프라 건설비용은 년간 4조원 수준으로, 친환경교통을 구현하고자 하는 정부정책에 따라 향후 점진적 증가가 예상되고 있음 (해외 고속철도 등 포함 3,000조원 예상)

표 2 최근 6년간 철도건설비용 (단위:억원)

구분	합계	고속철도	일반철도	광역철도	도시철도
2006년	29,740	3,700	14,056	4,401	7,583
2007년	29,036	3,211	14,006	5,303	6,516
2008년	33,653	4,209	15,587	6,344	7,513
2009년	45,874	6,085	22,772	8,288	8,729
2010년	37,921	5,700	16,886	8,896	6,439
2011년	39,289	9,000	15,845	8,560	5,884
2020년까지	3,220,000	160,000	460,000	260,0000	

출처 : 제2차 국가철도망 구축계획 (2011-2020), 국토해양부 (2011.4)

○ 그림 1에서와 같이 철도 유지보수비용은 매년 5,000억원 수준이나, 30년 이상 경과된 노후 시설물이 전체시설물의 66.2%를 차지하고 있으며, 그 가운데 50년 이상된 시설물은 49.6%에 이르고 있어 향후 유지관리 비용의 급격한 증가가 예상됨

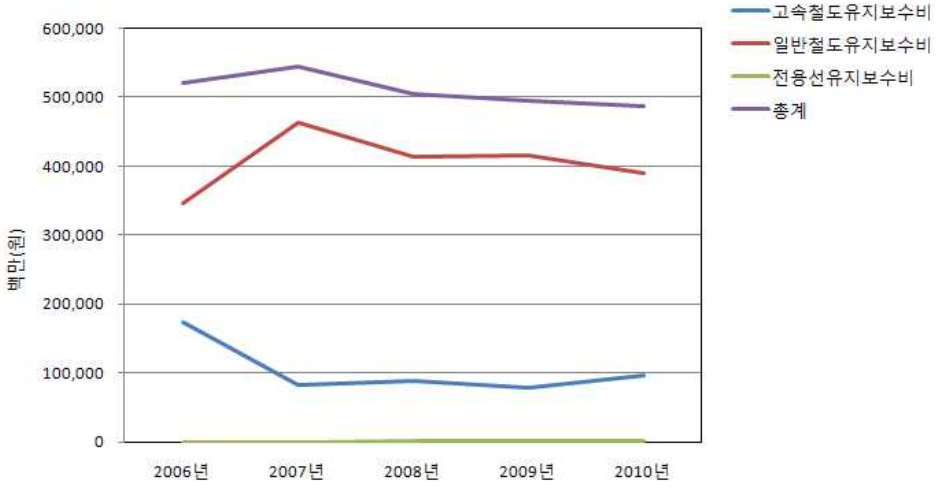


그림 1 철도 유지보수비용 추이

표 3 노후 철도시설물 현황

구 분	계	10년미만	10-20년	20-30년	30-40년	40-50년	50년이상
계	23,263 (100%)	3,888 (16.8%)	1,463 (6.3%)	2,497 (10.7%)	1,214 (5.2%)	2,656 (11.4%)	11,545 (49.6%)
교 량	2,793	790	281	381	232	216	893
터 널	607	157	54	46	22	112	216
옹 벽	5,951	1,236	423	649	293	836	2,514
구 교	3,674	645	135	334	138	316	2,106
기 타	10,238	1,060	570	1,087	529	1,176	5,816

- 철도인프라는 전체 사업비의 80% 이상을 차지하며, 완공 후에는 변경이 거의 불가능하므로 사전 시뮬레이션을 통하여 비용과 위험요소 저감
- 철도차량 하중이 도로에 비해 크고, 진동으로 인한 궤도틀림 등의 미세한 변형으로 탈선 등이 유발될 수 있어 철도인프라의 세심한 유지관리가 필요

○ 다양한 국내 철도시설의 전자매뉴얼(IETM) 기반 철도공사의 생애주기 통합 관리체계 구축으로 단계별 이력정보 관리의 효율화가 필요한 시점임

- 구조물의 전 생애주기 단계에서 정보 모델링 환경과 그 결과물인 정보모델의 생성은 특정 소프트웨어 제품군을 활용하는 것도 가능하며, 이는 작은 의미의 BIM (little BIM)이라고 할 수 있음 (Jernigan, 2007)
- 그러나 단일 모델링 환경 또는 특정 소프트웨어에 의존하는 것은, 다양한 기관 및 인력이 참여하는 철도 프로젝트에 있어 정보의 공유 및 활용의 영속성, 생성 모델의 응용 및 활용 등의 측면에서 생각할 때 매우 불안정적인 요소임
- 따라서 국가 차원에서 모델 생성과 활용이 독립적일 수 있는 환경을 지향하여, 다양한 업무영역 또는 관점에서 정보에 대한 접근이 가능하도록 하는(big BIM), 보다 큰 개념의 BIM 환경의 구축을 통해 국내외적인 기술경쟁력확보가 필요함
- 철도의 특성상 효율적인 유지관리를 위해서는 설계-시공-운영-유지관리 등 생애주기 각 단계에서 관련 주체들간의 정보전달과 공유(Interoperability), 그리고 여러 분야의 다학제적 협업(Interdisciplinary collaboration)이 매우 중요
- 도로에 비해 철도는 경계가 명확하고 외부로 부터의 영향 정도가 적은 특징이 있어 표준화 등 BIM관리기법의 구현이 더욱 용이
- 기존의 철도공사 사업관리체계는 공사진도, 사업비현황, 설계변경에 의한 공사비 및 공정 초과 현황 등이 수치적 정보들로 표현되어 실무자들의 공사현황 이해도가 저하되고 있으므로, 생애주기 발생 정보의 시각화 운영체계가 필요함

제4절. 정부지원의 필요성

○ 철도인프라시설공사의 기술개발 국가적 중복투자 방지 및 관련 정보의 국가적 공유를 위해서는 정부차원의 기술개발 지원이 필수적임

○ 철도인프라의 민간 BIM 생태계 활성화를 위한 국가차원의 표준기술 구축 필요

- 국내외에서 공공 및 민간 건설공사에 BIM활용이 확대되고 있는 시점에서, 철도인프라분야 민간 BIM활용의 활성화를 위해서는 국가차원의 BIM운영체계 표준을 구축하여 제시할 필요가 있음
- 프로젝트별 또는 기관별 BIM체계가 구성되는 것이 국가적 BIM기술발전 및 정보공유차원에서 바람직하고, 이를 위해서는 정부지원으로 철도인프라 BIM표준을 제시할 필요가 있음

○ 개발되는 기술이 지속성과 효과성을 얻기 위해서는 관련 제도와 법규 개선이 필요

- 계획부터 설계, 시공, 운영/유지보수, 폐기 등 전생애주기 단계에서 필요한 적절한 정보가 모델링되어 활용될 수 있어야 하므로 관련 표준 체계가 마련되어야 함
- 발주자인 정부차원에서 비용절감과 품질확보라는 상반된 가치를 만족시키는 최적대안을 마련해야 함
- 합리적인 이윤배분을 위한 도구도 정부차원에서 제시해야 할 역할임

○ 해외 고속철도인프라 수요가 급증하고 있는 시점에서, 해외수주 경쟁력확보 및 고속화철도시설의 BIM기반 표준운영체계 기술확보 및 BIM 설계가이드라인 제시는 시급한 국가과제로서 기획 필요

- 고속철도 차량중심의 기술력이외에 인프라의 생애주기 운영 기술력을 확보하여 차별화된 수주 경쟁력을 갖게 됨
- 신규 철도인프라가 고속화시설 중심으로 변화되므로, 고속화 철도인프라 운영체계에 특화된 BIM기반 시설표준 구축이 필요한 시점임

○ 이와 같은 기술 및 제도, 법규 개선의 효과는 공공에 혜택을 주게 되므로 기술개발과 관련된 정부지원이 필수적임

제2장. 국내외 기술개발 현황

제1절. 시장동향 분석

1. BIM 시장 동향

○ 건설 산업의 특징 및 시장구조

- 건설 산업에서 설계로부터 건설까지의 전체 프로세스는 다수의 기업들의 조직적 협업으로 이루어지는 일련의 과정이며, 건축 산업은 다양한 서브 섹터(거주, 상업, 공공 등), 다양한 분야(건축, 공학, 계약 등) 및 다양한 규모의 업체 등으로 구성됨
- 건설 산업은 다른 산업들과 비교할 때 생산 환경이 보다 복잡하고 비표준화되어 있으며 상대적으로 불안정한 특징을 가지고 있음. 또한 산업 영역에서 혁신을 위한 노력이 상대적으로 부족하고 지식 공유, 습득, 피드백 등 관련된 역량 확보 노력도 부족한 분야임
- 건설 및 건축 산업의 주된 이슈는 비효율성, 생산성 증가의 정체뿐 아니라 폐기물 문제도 존재하며, 미국의 건설산업연구소(Construction Industry Institute), 린건설연구소(Lean Construction Institute) 등에서는 제조 산업의 경우 폐기물이 약 26% 정도로 추정되나, 건설 및 건축 산업의 경우 이보다 더 많은 것으로 추정하고 있음

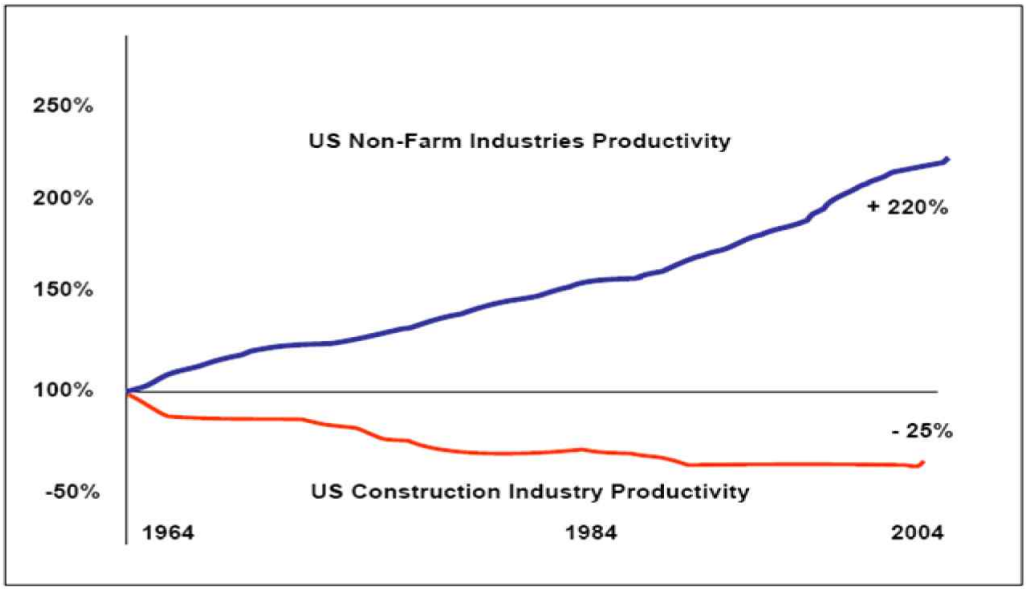


그림 2 United States Construction Industry Productivity: 1964-2004 (U.S. Department of Labor''s Bureau of Labor Statistics (1964 = 100%))

- AEC(Architecture, Engineering and Construction) 산업은 서비스의 부가가치, 건물의 건축 및 운용, 건물의 수명 비용 등의 측면에서 중대한 변화의 시기에 있으며, BIM 기술 및 BIM 프로세스가 이들 변화에 직접적으로 기여할 수 있음
- 전세계적인 경제적 어려움으로 대부분의 산업 분야가 영향을 받음에 따라 기존 시설물 소유자 및 투자자는 가치유지에 대한 보증을 요구하고 있으며, 공급자들은 BIM의 사용을 통해 새로운 매출을 도출하는 방안을 도모하고 있음
- 세계적으로 상용 건축시장은 그림에서와 같이 2011년 총 3,858억 평방피트로부터 연평균 2.4% 성장에 힘입어 2020년에는 총 4,781억 평방피트로 증가할 것으로 예측되고 있음

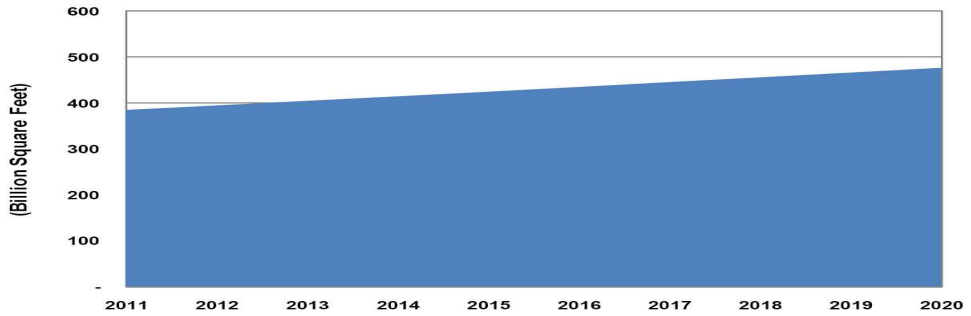


그림 3 Commercial Building Stock Growth, World Markets: 2011-2020 (Pike Research)

- 또한 2011년에서 2020년 까지 신설되는 상용 건물의 경우 사무실, 매점, 교육 시설 등이 630억 평방피트 이상으로 가장 많을 것으로 예상됨

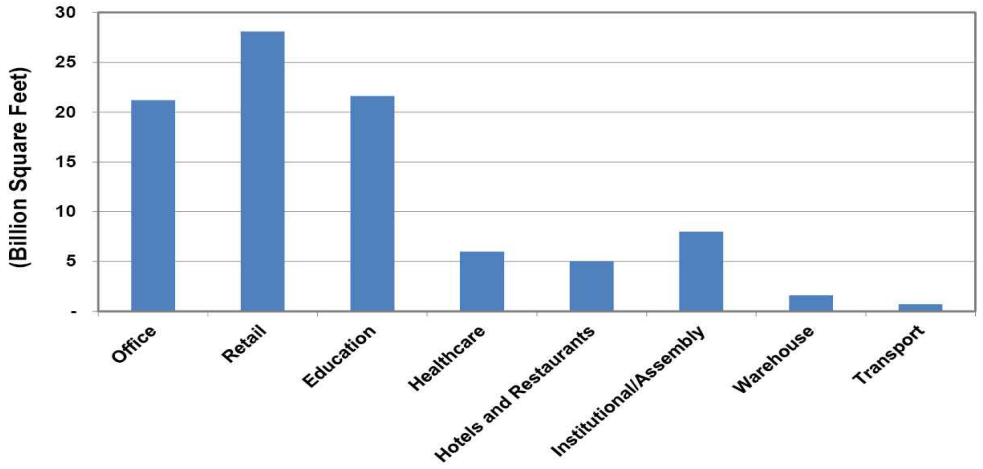


그림 4 Commercial Building Stock Growth by Building Type, World Markets: 2011-2020 (Pike Research)

○ BIM의 주도국가 현황

- 미국
  - 이 분야의 선도국으로, 공공분야와 민간분야의 공동 노력으로 BIM 툴의 도입 및 실천을 용이하게 하고 있음
  - 관련 단체로는 NIBS(National Institute of Building Sciences), bSA(buildingSMART Alliance), GSA(General Services Administration) 등이 있음
- 영국
  - 영국 정부는 GDP의 약 7% 규모를 가지는 건축 산업 분야에 BIM을 도입하기 위한 전략을 보여주는 다양한 보고서를 발간하고 있음
  - 2016년까지 공공분야에 협업적 3D BIM 도입을 요구하고 있음
- 노르웨이
  - 정부 건물 건축이나 프로젝트 수행 등을 위한 BIM 기준 개발에 높은 관심을 보이고 있음
  - 개방형 IFC 포맷에서 정보모델에 대한 정부 요구사항을 기술한 BIM 매뉴얼(Statsbygg BIM manual)을 공표한 바 있음
- 핀란드
  - Senaatti(Senate Properties)는 미국의 GSA와 유사한 공공기관으로, 2001년 이래 정보모델의 개발 및 연구를 위한 파일럿 프로젝트를 수행하였음
  - 설계와 시공 프로세스의 각 단계에서 모델에 대한 데이터 콘텐츠 요구사항을 규정한 BIM 가이드라인을 발표하고 미국, 북유럽 국가 및 네덜란드와 함께 BIM 가이드라인의 개선을 진행하고 있음
- 싱가폴
  - 건설 과정에서 BIM을 적용하도록 큰 관심을 가지고 있음
  - 국가개발부 산하 기관인 BCA(Building & Construction Authority)는 2010년 BIM 로드맵 시행으로 10년 이내에 시장의 생산성을 25% 향상시키는 계획을 수립
  - 이에 따라 2015년까지 건설 시장의 80%에서 BIM을 사용하는 목표를 규정하였음

○ 건설분야 유지관리체계 및 BIM 동향

- 최근 정부정책의 변화에 따라 2013년 올해 25조원인 SOC예산은 2014년에는 3~5조원 급감할 것으로 예상됨. 신규 도로, 철도 등 SOC 사업의 투자 축소, 이로 인한 신규 건설 감소, 30년 이상의 교량 유지보수를 위한 유지관리 분야의 투자 확대 등이 예상됨.
- 정부(한국시설안전공단)는 1만개가 넘는 전국 교량과 터널 관리를 위한 BIM적용을 추진하기 위해 BIM기반 스마트 유지관리 기술 도입을 위한 타당성 연구를 수행하였음. 여기서 2013년부터 교량(8,475개) 및 터널(2,246

개)에 BIM기술을 적용하여 유지관리 시범사업을 실시하며, 향후 항만(307개)과 댐(523개), 하천(1,190개) 및 상하수도(1,390개) 등 SOC 전체 시설(총 5만 6450개)로 확대할 것을 제시하였음.

- 국토부에서는 2010년 '건축분야 BIM 적용 가이드라인'을 작성하였고, 이를 통해 현장중심적 BIM 적용 확대를 추진하고 있으며, 건축 등 건설공사 인허가를 위한 160여개 관련법령을 데이터베이스(DB)화하는 작업을 진행하였음. 국가건축행정정보시스템인 '세움터'와 BIM연계방안을 고려하고 있으나, 이러한 BIM체계도 건축 중심으로 이루어짐. 따라서 철도 시설물의 유지관리에도 과학적 체계를 구축하고, 피난/방재, 안전관리 등의 유지관리를 수행하기 위한 시설물 정보와 BIM정보를 연계하기 위한 노력이 시급함
- 토목분야의 유지관리는 주로 교량 구조물을 대상으로 수행하고 있으며, 교량을 주행하는 차량의 고속화와 지속적인 진동 등으로 인한 수명 감소의 문제점 등을 적시에 관리할 목적으로 다양한 IT기반의 계측 및 유지관리 시스템을 운용하고 있으니, 일부에 국한되어 있음
- 남해대교, 삼천포 연륙교, 서해대교, 영종대교, 인천대교 등은 자체 계측시스템을 통해 신호를 측정하고 이에 따른 대응체계를 구축하고 있으며, 교량의 계측정보와 손상평가, 자료 및 도면관리 등을 위해 별도의 유지관리 시스템을 운용하고 있으며, 이들은 BIM기반 시스템에서 활용할 수 있을것으로 예상됨



그림 5 An operation process of bridge maintenance system and functional modules (문현석 외 2인, 2012)

- 건설분야의 유지관리시스템 관련 연구들은 주로 도로교 중심의 계측센서 개발, 구조해석 차원에서의 계측정보 분석 및 경보체계 구축에 중점을 두고 있음. 최근 유비쿼터스 기술의 건설분야 적용에 따라 주로 RFID(Radio Frequency Identification) 기반 인력 및 자재관리, USN(Ubiquitous Sensor Networking) 기반 사면붕괴 모니터링, 콘크리트 타설 모니터링, 구조물 화

재 모니터링, 진도관리 등의 시공관리 및 모니터링 업무에 중점을 두고 있음

- 국내의 BIM기반 유지관리 시스템은 주로 건축 중심이며, 유지관리 정보를 3차원 통합체계로 운영하고 있음. 토목분야에서는 최근 거가대교의 유지관리시스템에서 BIM기반의 3차원 교량정보를 활용하고자 XML기반의 표현체계를 구축하였으나, 실제 유지관리 정보의 활용에 어려움이 있음

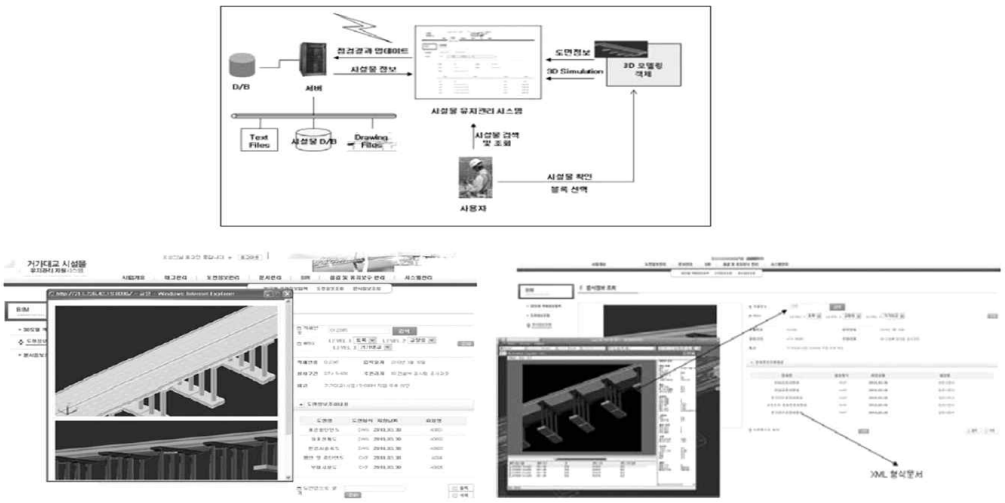


그림 6 A BIM-based Bridge Facility Management in Korea (문성우 외 2인, 2011)

- BIM 기반의 정보교환을 통하여 유지관리 단계의 업무개선 가치 극대화, 데이터 손실 최소화 등으로 정보가치 최대화를 기대하고 있음

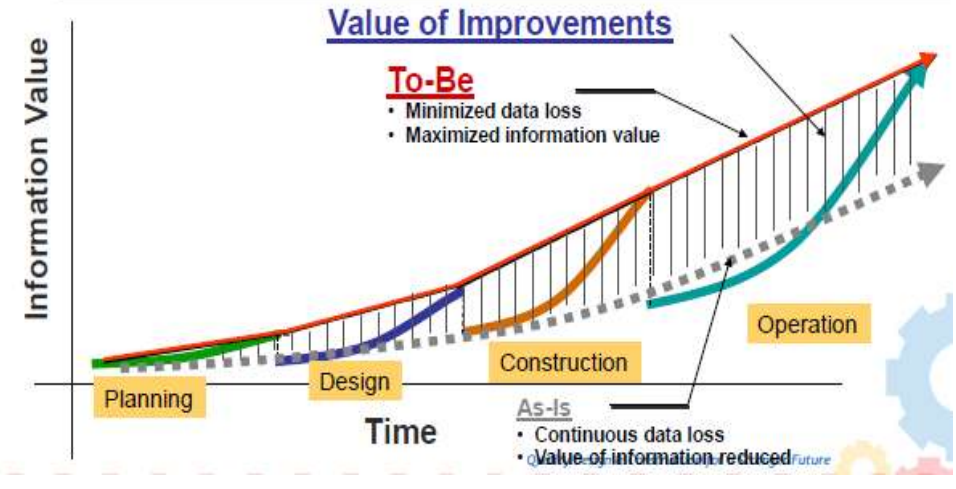


그림 7 Information Exchange Effects with Current BIM Approach (John M. Prezybyla, BIM to Facilities Managmenet - The Next Big Thing for Sustainability)

- BIM기반의 지하철 구조물 유지관리시스템(심창수 외 3인, 2011) 연구에서는 건설정보분류체계에 기반한 터널 지하구조물의 형상모델 체계를 개발하고 기존 유지관리 프로세스에 BIM운영 프로세스를 탑재하여 체계적인 지하철 구조물 유지관리 업무 프로세스 표준화 방안을 제시하고 있음



그림 8 지하철 형상정보 기반 BIM 유지관리 연구 사례 (심창수 외 2인, 2011)

- 유지관리 단계 BIM정보는 설계 및 시공 완료 후 준공 데이터를 활용하므로 정확한 BIM모델의 생성과 정보의 일관성이 유지되어야 함. 손실되는 데이터를 줄이고 유지관리 단계 활용 시 업무에 적합한 형상정보의 표현 범위의 정의(LoD; Level of Detail)가 필요함
- 이와 같이 기존의 연구는 철도인프라의 모든 대상물을 대상으로 수행되지 못하고 연구수행을 위한 일정 대상물을 대상으로 수행되고 있음. 그리고 생애주기의 설계단계에서 생성된 정보를 유지관리단계에서 연속성 있게 사용할 방안이 필요함

2. BIM 표준기술 동향

○ IFC(Industry Foundation Classes)

- IFC는 빌딩 산업에서 정보처리 상호운용성(interoperability)을 가능하게 하기 위해 buildingSMART에 의해 개발된 데이터 모델임
- IFC는 보다 소프트웨어의 자유로운 정보교환을 위해 빌딩 정보의 일관된 표현을 위한 것으로, 확장가능한 프레임워크 모델로 디자인되며 ISO-STEP EXPRESS에 기반하고 있음
- 2013년 3월 IFC4가 정식으로 공개되어 ISO 16739로 승인됨. 이를 기반으로 토목 시설물에 대한 형상 스키마를 확장하기 위한 틀이 마련됨. 국제적으로 OpenINFRA를 중심으로 토목 구조물을 포함한 도로선형 시설의 형상 스키마 확장을 진행하고 있음
- 최근 영국정부의 지원으로 영국철도 시설의 표준화 체계 구축을 목적으로 철도분야의 IFC를 조기에 개발하기 위하여 개발기금을 투자하고 있음. 2016년 까지 확장 완료를 목표로 하며, 이를 반영하는 로드맵이 발표됨

○ 시설물 정보교환(COBie, Construction Information Building Information Exchange)

- COBie는 합리적인 계획, 설계, 시공, 운영 활동에 적용하는 시설정보의 납품을 위한 사양(Bill East)이며, 공식 명칭은 시설관리 인도 모델뷰 정의(Facility Management Handover (FM) Model View Definition (MVD))라고 함
- COBie는 계약관련 새로운 요구사항을 추가하지 않고, 기존 성과물의 문서 및 소유물의 포맷을 개방적인, 국제표준인 포맷으로 간단하게 변경하기 위한 것임. COBie가 문서설계(CDD, Construction Documents Design)의 일부가 되면서, COBie에 포함된 정보는 성과물 도면의 인쇄물과 온전하게 일치하여야 함. COBie 파일에 있는 정보는 프로젝트의 해당 단계에서 설계 및 도면상의 건축 일정과 연관된 정보를 정확하게 반영하여야 함. 고객 계약에 기술된 특성의 출처와 관계없이 모든 COBie.Type, COBie.Component 기록물에 대한 COBie.Attributes가 등가 설계도면 장비, 생산 일정 특성과 일치되어야 함 (COBie Guideline, http://www.nibs.org/)[1)]
- COBie 데이터는 설계, 시공, 작동 등의 단계에서 생성됨. 설계자는 바닥, 공간, 장비 배치도를 구성하고, 계약자는 설치 장비에 대한 제조, 모델, 제품번호 등을 구성함. 계약자가 제공하는 데이터의 대부분은 제조자에서 직접 생성되며, COBie에 포함될 수 있음.
- COBie 정보는 IFC 및 스프레드시트 포맷을 포함하여 다양한 포맷으로 표시될 수 있어 많은 참여자들간에 이루어지는 프로젝트 관련 설계 및 엔지니어링 데이터의 교환이 용이해질 수 있음

Design Phase (Designer)	
Facility	Identification of the Facility
Floor	Description of the Vertical Levels
Space	Spaces Referenced in a Project
System	Systems Referenced in a Project
Register	Material, Equipment, etc. Catalog (Submittal Register)
Component	Individually Named Materials and Equipment
Build Phase (Builder)	
Installation	Location and Serial Number of Installed Components
Manual	Instruction Manuals for Components
Warranty	Warranty Information
Spare	Spare/Parts reordering Information for Components
Instructions	Installation/Operating Instructions
Test	Systems/Components Test Results
Certification	Installation Certifications
Commissioning (Commissioning Agents)	
Preventative Maintenance	Outlines PM Tasks and Frequencies
Safety	Identifies Required Safety Tasks and Frequency
Trouble	Maintenance Trouble Shooting Procedures
Start Up	Start Up Procedures
Shut Down	Shut Down Procedures
Emergency	Emergency Operating Procedures
Material	Special Materials Needed for a Job Plan Task
Tools	Special Tools Neede for a Job Plan Task
Training	Special Training Needed for Job Plan Task

그림 9 COBie Information by Type of Data and Project Phase

- 범용 설계 소프트웨어에서의 COBie 지원을 위해 Revit도구를 위한 COBie 변환 Toolkit 2.4이 발표됨. Contact, Facility, Floor, Space, Zone, Type, Cpmpenet, System, Atrribute and Coordinate worksheets를 구성하는 새로운 또는 기존의 COBie Microsoft Excel(.xls) spread sheet를 직접적으로 Export가 가능함. 여기에는 Omniclass나 Uniclass와 같은 분류시스템을 포함

Owner's Criteria	(Programming / Pre-Design Stage) Building Owner
Design Submissions	(Design Stage) Design Team
Electronic Submittals	(Contractor Mobilisation - Shop drawings and product sign-off) Main Contractor and Sub-Contractors
Equipment Installation	(Construction) Main Contractor and Sub-Contractors
Equipment Start-up	Commissioning Agent / Main Contractor / Sub-Contractors
Commissioning	Commissioning Agent / Main Contractor / Sub-Contractors
Occupancy	(Practical Completion & Defects) Commissioning Agent / Main Contractor / Sub-Contractors
Building Handover	Project close out. The transfer of ownership of the project from contractor to building owner (Effects: OH&S, reliability, standards of operation, maintenance and operational costs)

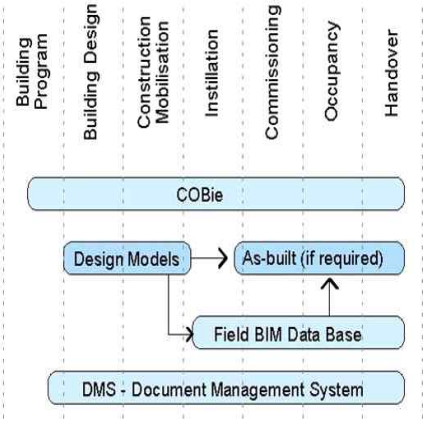
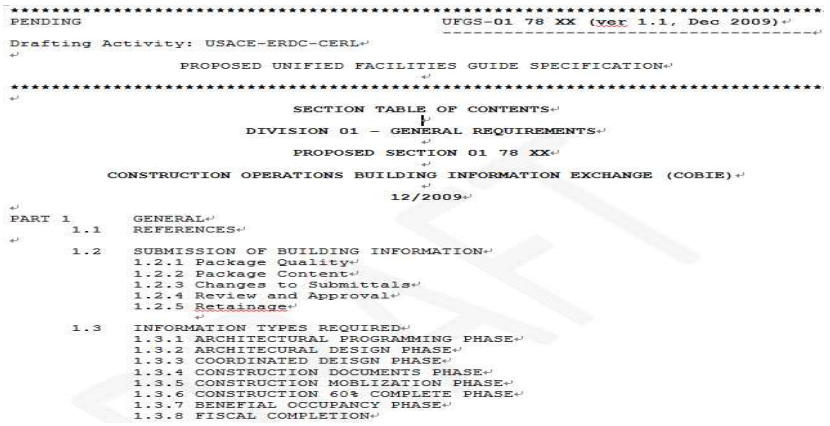


그림 10 The COBie Process of The Information Gathering Stages and Simplified COBie Relation to Design

- COBie Work Book는 COBie Contract Shecification V1.1 (2009.12)에서 확인되며, COBie.Contacts Worksheet, COBie.Facility Worksheet, COBie.Floor Worksheet, COBie.Spaces Workssheet, COBie.Zone Worksheet, COBie.Type Worksheet, COBie.Component Worksheet, COBie.System Worksheet, COBie.Document Worksheet, COBie.Attribute Worksheet 및 COBie.Coordinate Worksheet이 있으며, 그 외 Assembly, Connection, Impact & Issue worksheet가 있음



PENDING

UFGS-01 78 XX (ver 1.1, Dec 2009)

Drafting Activity: USACE-ERDC-CERL

PROPOSED UNIFIED FACILITIES GUIDE SPECIFICATION

SECTION TABLE OF CONTENTS

DIVISION 01 – GENERAL REQUIREMENTS

PROPOSED SECTION 01 78 XX

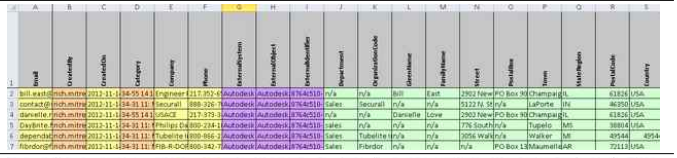
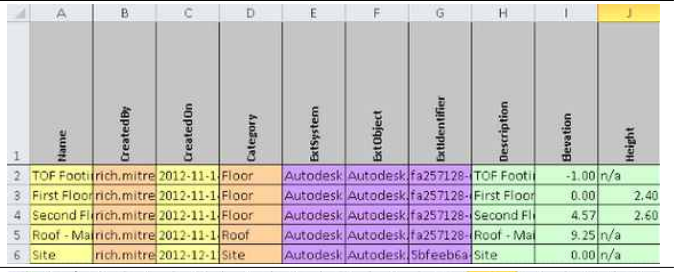
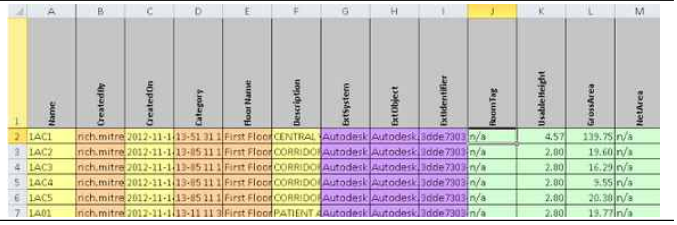
CONSTRUCTION OPERATIONS BUILDING INFORMATION EXCHANGE (COBIE)

12/2009

PART 1 GENERAL
1.1 REFERENCES
1.2 SUBMISSION OF BUILDING INFORMATION
1.2.1 Package Quality
1.2.2 Package Content
1.2.3 Changes to Submittals
1.2.4 Review and Approval
1.2.5 Retainage
1.3 INFORMATION TYPES REQUIRED
1.3.1 ARCHITECTURAL PROGRAMMING PHASE
1.3.2 ARCHITECURAL DESIGN PHASE
1.3.3 COORDINATED DEISGN PHASE
1.3.4 CONSTRUCTION DOCUMENTS PHASE
1.3.5 CONSTRUCTION MOBLIZATION PHASE
1.3.6 CONSTRUCTION 60% COMPLETE PHASE
1.3.7 BENEFIAL OCCUPANCY PHASE
1.3.8 FISCAL COMPLETION

그림 11 COBie Contract Shecification V1.1 (2009.12)

표 4 COBie worksheet shample (Partial)

Worksheet	Template
- COBie.Contacts Worksheet	
- COBie.Facility Worksheet	
- COBie.Floor Worksheet	
- COBie.Spaces Workssheet	

○ 전자매뉴얼 표준 동향

- 전자매뉴얼 표준은 1990년대 초부터 미 국방부(DoD)를 중심으로 구성되었고 이에 ISO에서는 문서처리에 관련된 표준을 다양하게 정의하고 있음

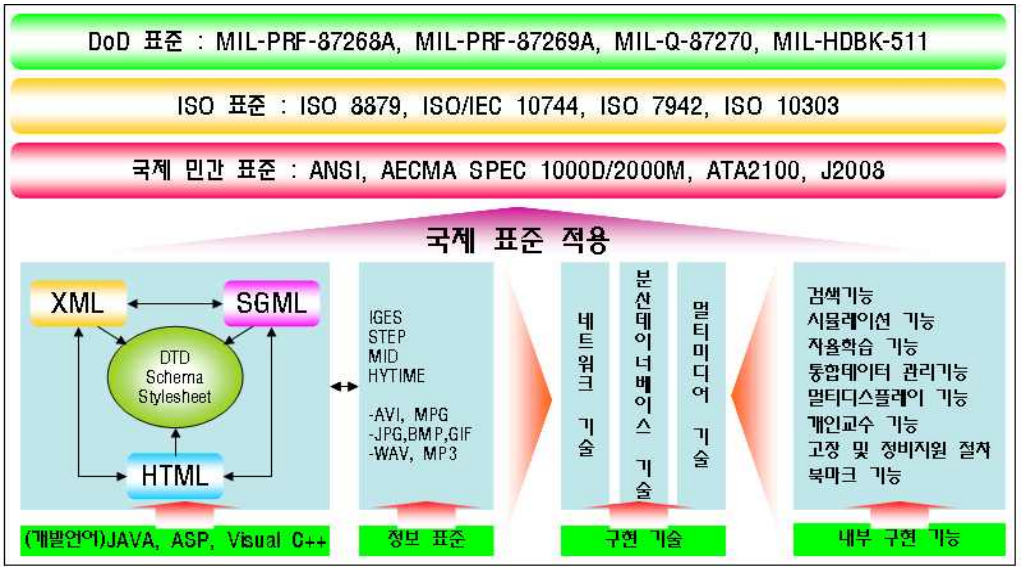


그림 12 전자매뉴얼 표준 동향

- 전자매뉴얼 발전단계 요소를 CLASS 0부터 CLASS 5단계 까지 구분하고 있음. CLASS 0, 1, 2 단계는 컴퓨터와의 상호작용이 없는 단순한 전자매뉴얼(ETM)을 구성하고 CLASS 3, 4, 5 단계는 컴퓨터와 사용자와의 상호작용이 있으므로 상호대화형 전자매뉴얼(IETM)로 분류

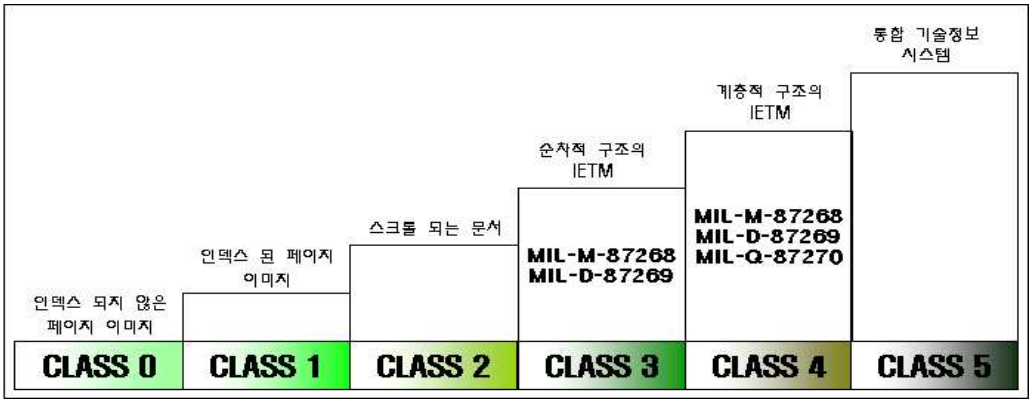


그림 13 전자매뉴얼 발전단계

- 국외 표준으로는 국제적으로 기본적인 표준으로 그 바탕이 되고 있는 MIL 표준, 문서처리를 위한 ISO표준, 국제 민간표준(ANSI, AECMA, ATA)등의 표준이 존재하고, 국내 표준으로는 MIL표준을 바탕으로 국내실정에 맞게 수정·보완하여 제시된 KS표준이 있음

표 5 전자매뉴얼 ISO 표준

ISO 표준	표 준 기 술	년 도
ISO 8879	SGML	1986
ISO/IEC 10744	HyTime	1992
ISO/ICE DIS 10179	DSSSL (Document Style Semantics and Specification Language)	
ISO/IEC 10180	SPDL (Standard Page Description Language)	1995
ISO 8613-1	ODA (Open(Office) Document Architecture)	1989
ISO/IEC DIS 10743	SMDL (Standard Music Description Language)	
ISO 9069	SDIF (SGML Document Interchange Format)	1988
ISO 7942, ISO 9593	IGES (Initial Graphic Exchange Standard)	
ISO 10303, ISO 9506	STEP (Standard for the Exchange of Product model data)	1994

- DoD(미 국방부 표준) : 미 국방부(DoD)에서 제시한 표준은 크게 4가지로 구분할 수 있는데 전자매뉴얼의 일반적인 내용, 출력 Style, Format 및 내용 간 상호 연계 특징들에 대해 규정한 MIL-PRF-87268A, 전자매뉴얼 내용 및 정보구성을 위한 생성되는 계층적 구성의 데이터베이스(Database, DB)저장의 지원을 위한 규정인 MIL-PRF-87269A, 전자매뉴얼 납품을 위한 품질 보증표준인 MIL-Q-87270이 있음. 특히 웹과의 상호 운용성 및 전자문서 포맷 표준화를 위해 MIL-HDBK-511(JIA; Joint IETM Architecture)지침으로 구분
- 국제 민간표준으로는 유럽에서 해당 전문분야의 기술정보의 저장 및 관리 그리고 출력을 위하여 미 국방부 표준 규격을 따르지 않고, AECMA Specification 1000D (International Specification for Technical Publications Utilizing Common Source Database, Change)유럽 우주 항공 산업 협회에서 개발된 AECMA 1000D 표준과 AECMA 2000M을 활용하고 있고, IETP(Interactive Electronic Technical Publishing) 개념을 이용한 기술 정보 체계를 구현 및 개발하고 있음. 또한 ATA Specification 2100 (Digital Data Standards for Aircraft Support, Revision 0, 1/94) 및 J2008 (SAE Draft Technical Report, Recommended Organization of Vehicle Service Information, March 1, 1995)등이 있음
- 국내 전자매뉴얼 표준 : 1990년대 중반부터 국내 전자매뉴얼의 구축을 위한 일환으로 미 국방부의 MIL 표준을 근거로 1997년 KS의 전자매뉴얼 표준을 제정. 국내의 KS의 전자매뉴얼 작성표준은 미국 국방부 표준인 MIL-M-87268, MIL-D-87269, MIL-Q-87270을 근거로 적용함과 동시에 그 외 전자매뉴얼의 전자문서를 구성하는 상세 기술표준인 ISO의 표준을 근거로 해당 국내 KS 표준을 제정함

표 6 전자매뉴얼 KS표준

표준번호	제목	제정년도
KS X 6021	대화형 전자매뉴얼(IETM) 기술데이터	1997년
KS X 6022	대화형 전자매뉴얼(IETM) 데이터베이스	1997년
KS X 6023	대화형 전자매뉴얼(IETM) 품질보증	1997년

제2절. 특허동향 분석

1. BIM 특허 동향

○ 관련 기술 연도별 특허 동향

- 건설프로젝트 관리 분야의 연도별 특허출원동향을 살펴보면, 거시적인 관점에서 분석 초기구간인 2000년대 초반에 증가한 이후 다소 감소하였고, 2007년을 정점으로 증가하였다가 최근 다소 정체된 모습을 보이고 있음 (BIM/GIS 기반 건설 공간정보 융합기술 개발의 IP-R&D전략, 특허청)
- 주요국의 특허동향을 살펴보면, 한국은 2000년과 2007년에 증가하였으나 그 외에는 정체되어 있는 경향을 보이고 있고, 일본과 미국은 증감을 반복하고 있으며, 유럽은 전체적으로 특허출원건수가 많지는 않은 것으로 나타남
- 한국특허 67건, 미국특허 23건으로 각각 전체의 58% 및 20%를 점유하였고, 일본특허는 16건으로 전체의 14%를 점유하였으며, 유럽특허 및 PCT 출원은 각각 5건으로 전체의 4%씩을 차지함

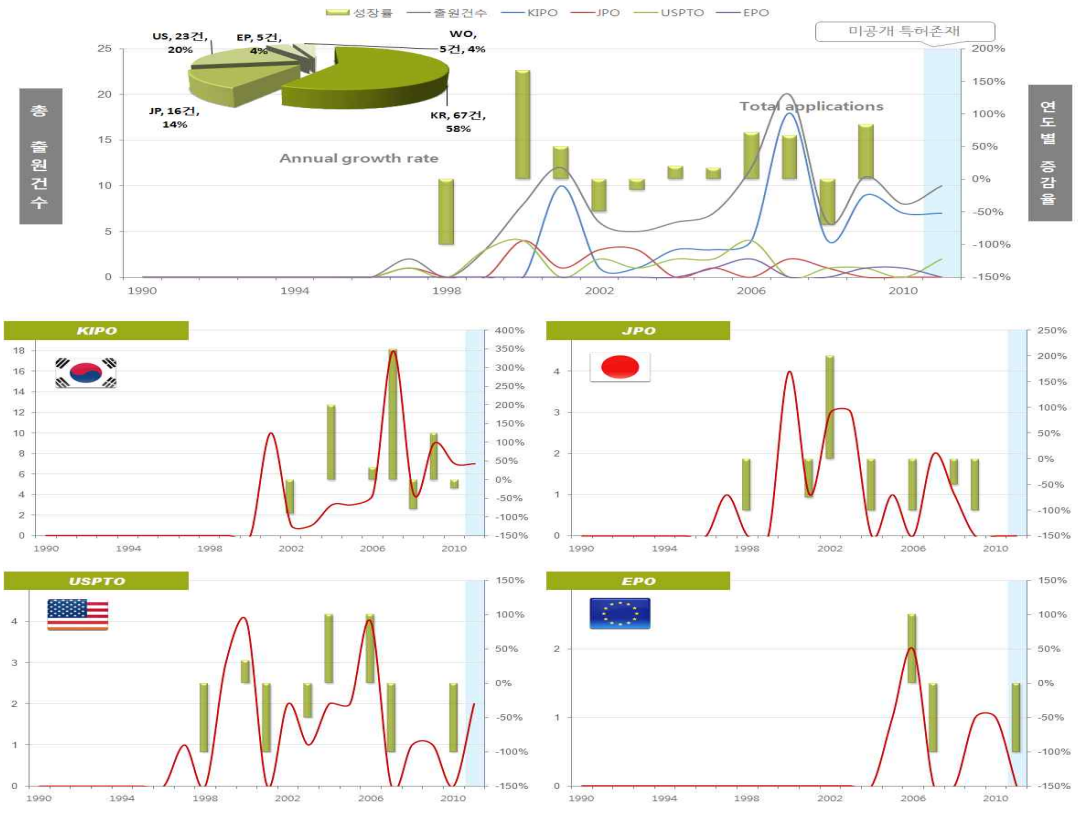


그림 14 주요국의 연도별 특허출원 동향

※분석구간: 한국,일본,미국,유럽특허 ~2012(출원년도)

○ 세부기술별 동향

- 연도 구간별 세부기술 동향

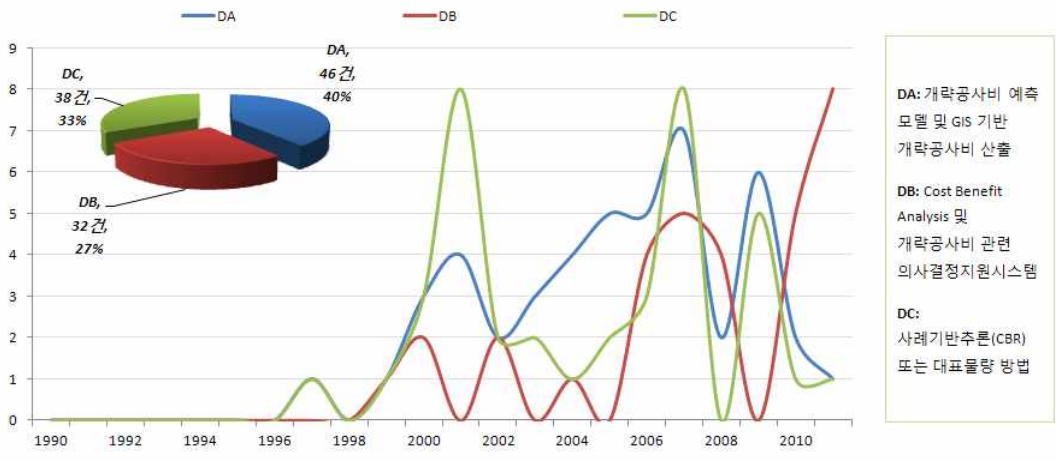


그림 15 연도 구간별 세부기술 동향

- 연도 구간별 세부기술 동향에서는 특허의 유효데이터를 중심으로 기술트리에서 지정한 세부기술에 대한 특허출원 건수를 그래프로 나타냄
- 프로세스 협업 시 의사결정과 관련된 개략공사비 예측 모델 및 GIS 기반 개략공사비 산출(DA) 분야의 출원 점유율이 40%이며, 그 뒤를 이어 사례기반추론 또는 대표물량 방법(DC), Cost Benefit Analysis 및 개략공사비 관련 의사결정지원시스템(DB) 분야 순서로 출원 점유율이 높음
- 최근 Cost Benefit Analysis 및 개략공사비 관련 의사결정지원시스템(DB) 분야의 출원건수가 많은 것으로 나타남

• 시장별 세부기술 동향

- 시장별 세부기술 동향에서는 각국의 특허청에 출원된 출원 데이터를 기준으로 세부기술의 집중도 및 공백영역 등을 버블그래프로 나타내어 해당 시장의 관심도를 나타내고자 함
- 세부기술에 대한 전체적인 연도 구간별 흐름은 가. 연도 구간별 세부기술 동향에서 제시하였음으로 본 항목에서는 관심있는 시장에서 어떠한 세부기술이 관심있게 특허출원되고 있는가를 파악하고자 하며, 또한 해당 세부기술에 대한 시장별(특허청별) 비교 분석도 가능함

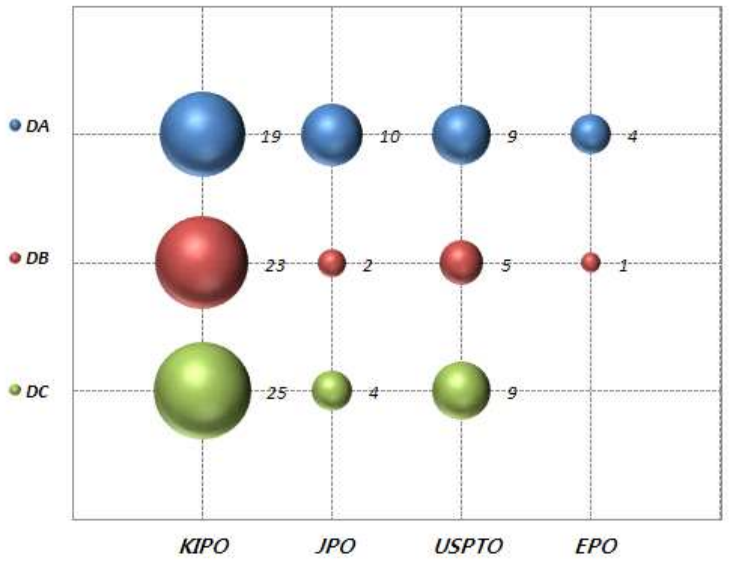


그림 16 시장별 세부기술 동향

- 한국 시장에서는 프로세스 협업과 관련된 의사결정지원시스템(DB), 사례기반추론 또는 대표물량 방법(DC) 분야에서 출원이 고르게 이루어지고 있는 것으로 나타남
- 일본 시장에서는 프로세스 협업과 관련된 의사결정지원시스템에 출원이 집중되어 있으며, Cost Benefit Analysis 및 개략공사비 관련 의사결정지원시스템(DB) 분야가 출원이 적어 공백기술 영역으로 나타남
- 미국 시장에서는 개략공사비 예측 모델 및 GIS 기반 개략공사비 산출(DA), Cost Benefit Analysis 및 개략공사비 관련 의사결정지원시스템(DB), 사례기반추론 또는 대표물량 방법(DC) 분야에서 출원이 고르게 이루어지고 있는 것으로 나타남
- 유럽 시장에서는 개략공사비 예측 모델 및 GIS 기반 개략공사비 산출(DA) 분야에 출원이 많으며, 사례기반추론 또는 대표물량 방법(DC) 분야가 공백기술 영역으로 나타남

○ 주요 출원인 동향

표 7 주요 출원인 동향

분석항목 / 출원인	출원인 국적	주요 IP시장국(건수,%)					특허출원 증가율 (최근5년)	주력기술 분야
		한국	일본	미국	유럽	IP시장국종합*		
		KIPO	JPO	USPTO	EPO			
이기상	한국	9 (100%)	0 (%)	0 (%)	0 (%)	한국	-	DB
주식회사 두올테크	한국	7 (100%)	0 (%)	0 (%)	0 (%)	한국	500%	DB
서울시립대학교 산학협력단	한국	7 (100%)	0 (%)	0 (%)	0 (%)	한국	-	DA
서울대학교산학협력단	한국	6 (100%)	0 (%)	0 (%)	0 (%)	한국	-	DA,DC
주식회사 한미파슨스건축사사무소	한국	5 (100%)	0 (%)	0 (%)	0 (%)	한국	-	DA
BECK TECHNOLOGY	미국	0 (%)	0 (%)	3 (75%)	0 (%)	미국 PCT(1건)	-50%	DA
주식회사 디디알소프트	한국	4 (100%)	0 (%)	0 (%)	0 (%)	한국	0%	DC

* 해당 출원인의 출원수 중 주요 출원국가의 출원비중이 가장 높은 국가 (중분류 대상 상위 출원인)

- 협업 관련 건설프로젝트 관리 분야의 주요출원인을 추출한 결과, 한국의 이기상이 전체 다출원인 1위로 나타났으며, 그 뒤를 이어 한국의 주식회사 두올테크, 서울시립대학교 산학협력단 등이 이 분야에서 다수의 특허를 출원하고 있는 것으로 나타남. 특히, 주요출원인 중 한국 국적의 출원인이 6명으로 나타나 건설프로젝트 관리 분야에서 한국이 두각을 나타내는 것으로 분석됨
- 이들 주요출원인들의 주요 시장국과 최근 연구활동 및 기술력, 주력 기술분야의 파악을 위하여, 주요 시장국별 출원건수 및 최근 5년간의 특허출원 증가율을 비교분석한 결과, 주요출원인들은 전반적으로 자국에서 활발한 특허활동을 하고 있는 것으로 나타남
- 국내 주요출원인인 이기상과 주식회사 두올테크는 Cost Benefit Analysis 및 개략공사비 관련 의사결정지원시스템(DB) 분야에서 연구개발에 주력하고 있는 것으로 나타났으며, 미국의 주요출원인인 BECK TECHNOLOGY는 개략공사비 예측 모델 및 GIS 기반 개략공사비 산출(DA) 분야에서 연구개발에 주력하고 있는 것으로 나타남
- 이를 고려하여 볼 때, BECK TECHNOLOGY는 개략공사비 예측 모델 및 GIS 기반 개략공사비 산출(DA) 분야에서는 미국의 BECK TECHNOLOGY가 국내 주요출원인과 경쟁관계에 있음을 알 수 있음

- 다출원인 1위인 이기상은 주요시장국 중 자국인 한국에서 활발한 특허출원을 하고 있어 한국에서 시장경쟁력을 확보한 것으로 판단되며, 특허출원이 모두 2010년 이후 출원으로 최근 활발한 특허활동을 하고 있는 것으로 분석됨
- 다출원인 2위인 주식회사 두올테크는 자국인 한국에서 활발한 특허출원을 하고 있어 한국에서 시장경쟁력을 확보한 것으로 판단되며, 최근 5년간 특허출원 증가율이 500%로 큰 폭의 증가세를 나타내어 한국에서 최근 활발한 특허활동을 하고 있는 것으로 분석됨
- 그 외 주요출원인에서 두각을 나타내고 있는 출원인들 중에서 서울시립대학교, 서울대학교, 한미파슨스건축사사무소가 개략공사비 예측 모델 및 GIS 기반 개략공사비 산출(DA) 분야의 연구개발에 주력하고 있고, 주식회사 디디알소프트는 사례기반추론 또는 대표물량 방법(DC) 분야에서 연구개발에 주력하고 있는 것으로 분석됨

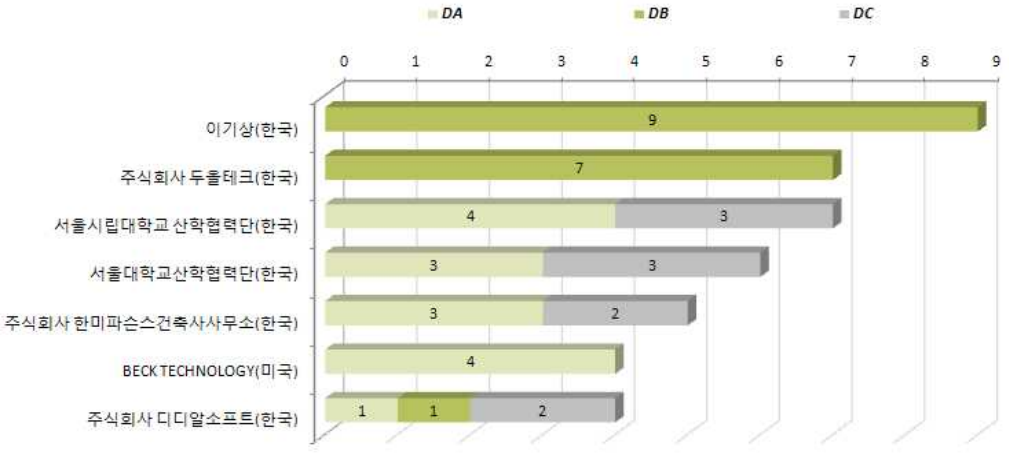


그림 17 다출원인의 기술별 특허동향

- 다 출원인의 기술별 특허출원동향에서는 해당기술 분야의 특허 다출원인을 중심으로 시장의 주요 player들이 집중하고 있는 기술분야가 무엇인지 파악하고자 하며, 다출원인 혹은 주요출원인의 특허출원 동향을 파악하면 현재 기술이 흘러가는 추이를 파악하는데 도움이 됨
- 전체 기술동향을 보는 것보다 다출원인의 특허동향이 선도하는 세부기술이 무엇인지 혹은 앞으로 주도할 분야가 무엇인지 파악할 수 있게 함

제3절. 기술동향 분석

1. BIM 기반 프로세스 수행 및 PLM 시스템

○ 프로세스 관리 관련 기술

- 프로세스관리 관련 연구에서 심창수(심창수 외, 2008)는 철도 인프라 정보 모델은 유지 보수 계획에서 철도 인프라의 라이프 사이클 전반에 걸쳐 통합 및 상호 작동 작품을 사용하도록 제안함.
  - 철도에 대한 체계적인 데이터는 효과적인 유지 관리를 위해 필수적. 모델은 각각 디자이너, 계약자와 소유자 기본적으로 세 가지 정보 레이어를 가지고 있음을 밝힘. 철도는 주로 교량 및 터널로 구성되어 프리스트 레스트 콘크리트 박스 거더는 가장 일반적인 구조물임
  - 설계 정보 계층 요구 사항, 디자인, 코드, 기하학, 분석 등의 메타 데이터를 가지고 있음. 건설 레이어는 도면 데이터, 재료 및 제품, 일정 등등에 대한 실제 데이터를 가지고 있음. 소유자에 대한 유지 보수 계층은 최종 형상, 재료 데이터, 제품 및 공급 업체에 있음.
  - 이 정보는 제품 구조(PBS)와 작업 분류 체계(WBS)에서 파생 된 자체 데이터 구조를 가지고 있음. 고속 철도의 인프라 구축 RIIM은 성공적으로 설계 검사, 구조 해석, 자동화 추정, 건축 시뮬레이션, 가상, 보기 및 디지털 목업 등 다양한 분야에 적용되었음. 통합 정보 모델 철도에 대한 가상 건설 시스템을 실현하고 극적으로 전체 엔지니어링 프로세스의 생산성을 높일 수 있음을 밝힘
- 정수영(정수영 외, 2011)은 건설사업의 효율적인 관리를 위해 PM 및 SE기법이 적용되고 있으며, 전산시스템으로는 PMIS가 도입되어 사용되고 있음을 밝힘
  - PMIS는 계획조사부터 시작, 설계, 조달, 건설, 시운전에 이르기까지 모든 과정에 있어서 각종 전문지식을 유기적으로 결집하고 통합하여 예산, 공정, 품질 등을 합리적, 능률적, 조직적, 경제적으로 계획 관리하기 위한 전산시스템이나, 현재 사용 중인 PMIS는 생애주기를 고려하지 못하고 있는 실정임
  - 본 연구에서는 BIM 기반/스마트 BOM에 형상관리를 통해 생명주기를 고려한 철도건설 사업관리에 대하여 논하고 있음
- 박수중(박수중 외, 2011)은 철도 건설분야의 생애주기를 고려한 PMIS 구성에 있어 키포인트는 토목건축분야의 DB체계인 BIM과 차량 및 E&M 분야에서 쓰이는 BOM의 통합에 관한 문제이며 이를 관련하여 연구하였음
  - BIM기반 스마트 BOM중심의 사업수행 체계를 구축할 경우 사업정보의 생성, 활용, 보관의 효율과 일관성 및 품질을 증대하고 유지관리 단계에서의 활용성을 높여 도시철도의 생애주기에 활용하게 됨

- 경전철 사업을 포함한 철도사업에 BIM과 기능 정보 개념을 도입한 스마트 BOM을 구축함으로써 형상관리 개념을 적용하여 설계단계, 시공단계 등의 사업수행과정의 모든 자료 및 시스템이 유지보수단계에서 유기적으로 이전 단계의 정보를 공유하면서 사업을 수행할 수 있음

• Liu Qing(Liu Qing 외, 2010)은 건설 산업에서 효율이 낮은 이유를 분석하여 효율성을 개선하는 것을 핵심 포인트로 건물주기와 관련 정보의 통합관리를 구현하는 것이 좋다고 밝히고 있음

- 본 연구에서는 연구의 주요 내용은 BLM의 형성과 BIM의 개념, 제품 분석 및 BLM 분석의 개념과 철학을 포함하여 건설 프로젝트 라이프 사이클의 관점에서 개념, 제품 및 BIM의 적용을 제시함

○ 협업체계 관련 기술

• 이상헌(이상헌 외, 2008)은 기존 2D기반 설계방식의 대안으로서 평가할 수 있는 구체적인 사례를 만들어 대규모 프로젝트를 수행하는 경우 발생되는 모델링방법의 특징과 문제점을 파악하여 대응방안을 제시함

- BIM기술 적용 시도는 건축설계분야에서는 최근 몇몇 건축설계 사무소의 BIM모델링 시도를 찾아볼 수 있으나 건축모델링에 국한되어 있으며 BIM 기반 설계에 따른 잠재적인 위험 때문에 건설업 분야보다 소극적인 대응 모습을 보여주고 있음

- 국내 건설 산업의 BIM에 대한 현재상황은 BIM의 관심과 기대는 높지만 설계분야에서의 소극적인 자세로 인한 과도기적 상황으로 이러한 과도기에 대규모 프로젝트의 BIM모델구축 시범프로젝트를 통해 BIM Model기반의 협업과 데이터 처리방법을 파악하여 BIM기반 건축설계 도입의 잠재적 위험 요소를 최소화하는 것이 필요함을 밝힘

○ 형상관리체계 관련 기술

• 박건영(박건영, 2012)은 철도 턴키(Turnkey) 시스템과 같이 대규모로 시스템이 구성되는 프로젝트의 경우, 필연적으로 다양한 업체에서 제작된 다양한 제품들이 서로 연계되어 최종적으로 전체 시스템을 구성하고 있음을 밝힘

• 최근에는 이런 다양한 제품들 간의 체계적이고 원활한 기능 구현 및 통합을 위해 시스템엔지니어링(SE) 활동이 하나의 대안으로 적용되고 있음

• 본 연구에서는 이런 SE 활동 중 하나인 형상관리(CM) 기법에 대해 실제 프로젝트에서 적용하여 수행한 사례를 중심으로 그 내용을 소개하고, 수행결과에 대한 장/단점 검토 및 문제점에 대한 대안을 제시함

• 안태기(안태기 외, 2006)는 형상정보시스템을 이용하여 도면관리, 전자정비 메뉴얼, 유지보수시스템 등에 3차원 정보를 연계하여 유지보수 시 정비하는데 걸리는 시간을 단축시키고 3차원 형상정보로부터 부품 이력, 기술자료, 도면 등에 대한 자료 조회가 가능함을 밝힘

- 도시철도 유지보수 정보시스템 구축은 차량정비 유지체계시스템에 관한 것으로 차량설계 변경 및 이력관리를 위한 도면 시스템 구축과 차량 조립의 각 부품별 관리를 위한 계층구조관리 시스템을 구축하는 것임
- 차량 유지보수를 위한 전자정비 매뉴얼 구축과 부품 설계변경 및 이력정보 관리를 위한 문서관리 시스템 등을 구축해 효율성을 개선할 수 있음을 언급함

○ 프로젝트관리 체계 관련 기술

- 김영상(김영상 외, 2009)은 철도 프로젝트 초기단계부터 고려되어야할 시스템 엔지니어링 접근이 필요한 분야들을 식별하고 프로젝트 생애주기에 따른 적절한 원리를 제기함
  - 장단기 목표를 가지고 절충이 필요한 모든 철도 프로젝트에서 요구사항에 부합되는 시스템을 공급하기 위해서는 생애주기에 따라 시스템 성능 목표의 설정, 관리 및 검증을 포함하는 시스템 엔지니어링적 접근이 필수적임을 밝히고 있음

- 박수중(박수중 외, 2011)은 철도 건설 분야의 생애주기를 고려한 PMIS 구성에 있어 키포인트는 토목건축분야의 DB체계인 BIM과 차량 및 E&M 분야에서 쓰이는 BOM의 통합에 관한 문제임을 언급함
  - BIM기반 스마트 BOM중심의 사업수행 체계를 구축할 경우 사업정보의 생성, 활용, 보관의 효율과 일관성 및 품질을 증대하고 유지관리 단계에서의 활용성을 높여 도시철도의 전수명주기를 활용하게 됨
  - 경전철 사업을 포함한 철도사업에 BIM과 기능 정보 개념을 도입한 스마트 BOM을 구축함으로써 형상관리 개념을 적용하여 설계단계, 시공단계 등의 사업수행과정의 모든 자료 및 시스템이 유지보수단계에서 유기적으로 이전 단계의 정보를 공유하면서 사업을 수행 할 수 있음을 밝힘

2. 유지보수 및 운영 표준 시스템 기술

○ Cloud Computing Technique with BIG DATA

- 설계 및 시공단계에서 활용된 BIM데이터가 유지관리 정보로 활용되기 위해서는 우선 BIM형상정보를 통합된 환경에서 관리하기 위한 기술의 개발이 요구됨. 이를 위해 BIG DATA형태의 BIM 형상정보를 저장, 활용, 공유하기 위한 통합 서버의 형태로 BIM Cloud Computing 환경의 구축이 필요함
- 방대한 정보를 보유한 철도인프라의 특성상 효과적인 관리를 위하여 Cloud기반 데이터관리 환경 구축이 필요함

○ Autodesk BIM Cloud (http://www.autodesk.com)

- 최근 BIM기술의 발전과 함께 공유된 BIM데이터를 통해 관련 업무의 일관된 협업을 수행하고 통합된 데이터의 관리 및 업무 분석이 가능하도록 하는 BIM Server개념의 Cloud Computing기술이 도입되는 추세
- Autodesk에서는 BIM기반의 설계(Conceptualization and Design), 시뮬레이션(Simulation), 시각화(Visualization) 및 협업(Collaboration)를 위해 Autodesk BIM 360이라는 제품군을 개발.
- Skanska USA Building은 이러한 BIM 360 적용을 통해 $96,000의 직접비 감소효과를 가져왔고, Balfour Beatty Construction은 본 소프트웨어로부터 300%의 ROI(Return on Investment) 효과를 도출하였으며, Dow AgtoSciences는 안전성과 품질을 확보하였음

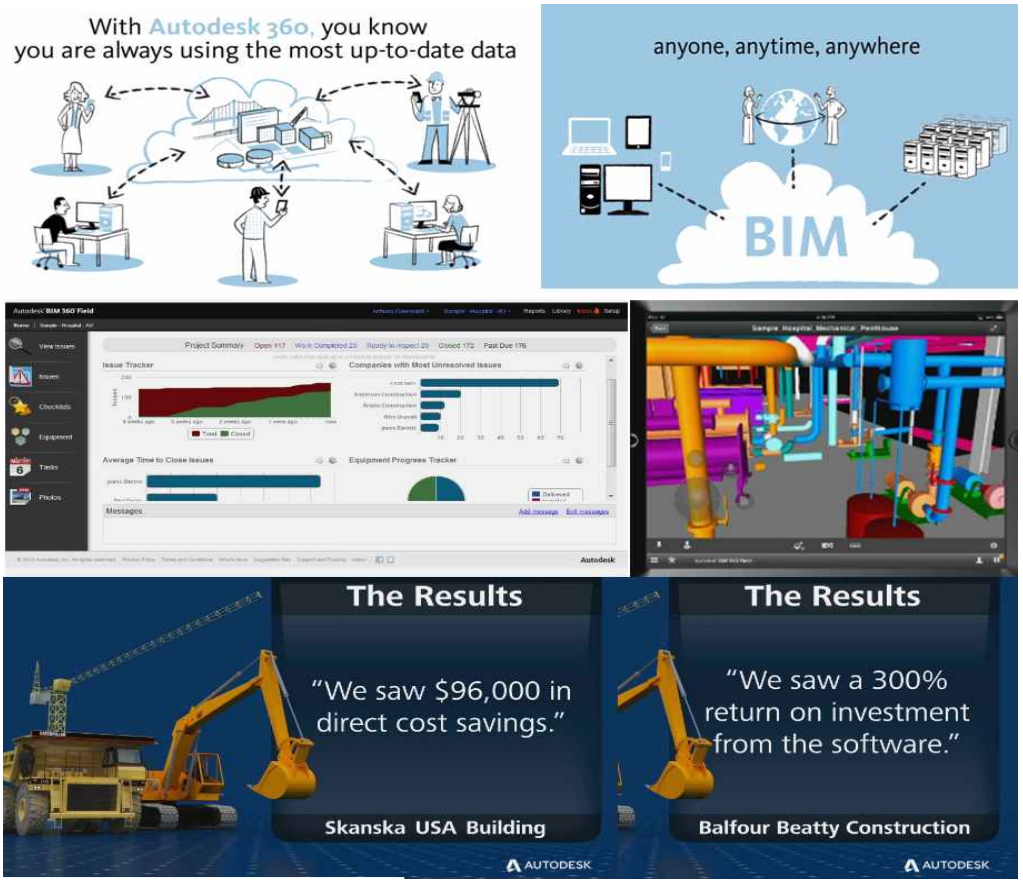


그림 18 Autodesk BIM 360 based on Cloud Computing
<http://www.autodesk.com>

제4절. 환경 및 정책 분석

1. 철도 BIM기술 적용 방안

○ 개요

- 국토해양부는 BIM을 육성할 10년 정책 로드맵을 마련하고 있으며, 국가표준으로서 BIM를 활용하기 위한 기반조성을 위하여 2010년 1월 '건축분야 BIM 적용가이드'를 4개 중앙행정기관과 16개 광역시도 및 6개 공공기관단체에 배부함
- 국토해양부는 2008년에 구축한 인터넷 건축인허가 시스템인 '세움터'를 BIM 도면 납품이 가능한 체제로 개편 중에 있으며, 국가 표준 라이브러리 체계 구축, 자재 유통정보 표준화, 시공단계에서의 BIM 확대 적용 등의 관련기술 개발을 지원할 계획임
  - '세움터'서비스를 통한 미래의 건축행정은 건물의 생애주기단계 전체 영역에 대한 토털 서비스 구축을 목표로 추진 중이며, 세움터와의 연동을 통해 건축물에너지 절감을 위한 탄소배출을 실시간 체크할 수 있는 방안도 적극 검토 중임
- 조달청은 2012년부터 500억원 이상의 신축 공공건물 입찰에 BIM 설계를 의무화하기로 했으며, 이를 활용해 에너지 절감 등 공공건물부터 친환경 설계 및 시공을 확산시키기로 함

표 8 조달청 BIM 추진계획

구분	단기계획(2010-12)	중기계획(2013-15)	장기계획(2016-)
목표	BIM 적용 확대를 통한 설계품질 향상	4D(Cost) 설계관리 시스템 구축을 통한 예산절감	시설사업 전체로 BIM 적용 확대하여 업무 혁신
대상	총공사비 500억원 이상의 턴키 또는 설계공모로 발주하는 공사	총공사비 500억원 이상의 건축공사	모든 건축공사
방법	BIM 발주 촉진 연차별 BIM 발주지침 개발 BIM적용시 인센티브 제공	BIM 사업 관리 전담팀 구성 3D 모델 데이터를 활용한 사업관리 시스템 구축	공사관리/공사계약/총사업비검토 업무에 BIM 모델 데이터 활용
기대효과	수요기관 만족도 향상 민간 부문의 BIM 인프라 조성 촉진 설계품질 향상	Total Service 원가관리 및 일정관리 향상 시공단계에서의 설계변경 최소화로 예산낭비 요인 제거	시설사업 혁신 및 재정집행관리 강화

- BIM 데이터 용량의 거대화로 인한 온라인 협업이 불가능하며 도면정보를 기반으로 각 주체별 요구사항이 상이하여 다양한 S/W와의 호환성 및 공통라이브러리, 협업을 위한 서버 기술 등이 필요함
- 발주처는 건축물의 성능과 품질에 따른 예산 및 법규 체크가 필요하여 Checker와 의사결정을 위한 브라우저 기능이 필요함
- 설계사무소 및 엔지니어링 업체는 설계를 위한 제작도구와 표준 라이브러리, 협업을 위한 BIM서버와 전문영역의 시뮬레이션을 위한 S/W간 호환성이 필요함
- 건설 시공사는 공정관리 및 도면관리, 골조 및 철근의 간섭검토, 물량산출 기능이 필요, 감리사와의 의사소통과 공정관리를 위한 기능이 필요함
- 빌딩 유지관리사는 BIM설계도면을 바탕으로 다양한 빌딩자동화시스템, 시설물 관리에 활용하기 위한 응용시스템의 호환성 및 활용 시스템이 필요함

표 9 건설산업 주체별 요구사항

구분	요구사항
발주주체	- 물량산출 견적/간섭체크 - 건축물 성능성 검토(에너지분야) - 업무의 종합적 조정자 역할, 설계・시공 일괄사업자와의 조정자 역할 - BIM 국가정책 로드맵 도출 및 가이드라인개발 - 건설 진행 사항 파악 및 설계와 시공 품질 확보, 공사비용 절감, 효율적 시설유지관리
건축설계사무소, MEP업체	- BIM 도입에 따른 설계비 및 계약 환경 개선 필요 - 효율적 디자인, 친환경 설계, 설계 품질 향상, 다양한 디자인(비정형) - BIM 실무 표준 지침 필요(도면유형분류체계 등) - 표준 라이브러리 보급 필요(건축/MEP분야) - 표준 데이터 포맷 필요(S/W간 상호호환성 부족) - 견적산출을 위한 객체/부위분류체계 표준화 필요 - BIM 기반 협업환경 필요(BIM Server 등) - 정부의 정책적 추진 및 지원 필요 - BIM S/W 기능 및 성능 개선 필요 - 설계/디자인뿐만 아니라 엔지니어링, 친환경, CM분야로까지 BIM의 확대 적용 - 기류,조도,열,공기 등 친환경분석도구 활용하여 설계단계 친환경분석 - 설계단계에서 간섭검토, 3D 설계검토 등을 통하여 설계 생산성 향상 - H/W 비용 절감 필요

구분	요구사항
건설 시공사	- 기존 2D기반 설계들이 3D기반의 설계기술로 변화하고 있는 추세 - 사업성검토단계부터 BIM기술이 적용된다면 프로젝트가 진행과정 별 3D 시각화로 인한 시공 시뮬레이션 및 간섭검토 등 공사오류 검증 - 공간 및 설계 검증의 사전 파악에 따라 수정 및 보완이 수월 - 골조, 철근의 간섭검토 / BIM을 활용한 물량산출 - 공사비 절감, 공기 준수, 시공을 위한 다양한 정보 활용
CM/감리	- CM(건설관리) 및 유지관리 분야의 핵심기술이 될 것이라 예상 - BIM 매니저로서의 역할 정립, BIM 조직운영체계 확립, 전사적 교육 및 지식 축적 등 적극적으로 대응 - 완성된 BIM 데이터에 대하여 품질검토·승인하는 것이 주된 업무 - BIM 관리자로써의 역할을 할 수 있는 환경 및 여건 필요 - 공종별 Coodinator역할 (공종별 회의진행 등 발주처역할 위임) - 설계, 시공 품질 관리/간섭검토/발주처 및 대외 협의 등 자료로 활용 - 시공 진행 모니터링/ 물량산출 및 공사비 원가 분석 - BIM 도면검토 및 지시
운영 및 관리주체	- 시설물 유지관리 및 빌딩운영 업체들도 3D모델링을 기초로 한 BIM을 통해 비용을 줄이고 생명력을 연장 - BIM 기반 서비스 적용을 위한 다양한 비즈니스 모델, 상용화에 대한 요구사항 적용

- 각 건설분야의 주체별 업무와 요구사항은 다양하나 S/W간 호환성의 문제로 전문영역별 BIM도입에 어려움이 있음
- 하나의 BIM도면 정보를 바탕으로 다양한 주체 간 협업이 가능하도록 기술 및 제도적 발전이 필요함

• 철도 분야에 BIM을 적용하기 위한 방안을 문헌조사 등을 통해 조사한 결과, 지하철은 대중교통 중 가장 높은 수송 분담률을 나타내며, 국가경제 발전과 시민 생활패턴 변화에 중심적인 역할을 하고 있음. 지하철 역사는 지속적 변화를 통해 사회적 요구에 부합하고 있으나, 공공시설에 대한 시설관리 선진화가 필요한 실정임(지하철 역사 시설관리를 위한 BIM적용 방안에 관한 연구, 2011)

- 지하철 역사 시설관리 조직은 본사와 현업으로 분류되어 운영되고 있으며, 120개역 145명의 인력으로 운영되어 관리부서, 관리업무 대비 활용 인력이 부족한 실정임. 또한 현재 운영되고 있는 지하철 역사 시설관리 시스템(ERP)은 현장 업무의 단편적인 현황 관리 및 평면도면 관리 수준에 그치고 있음
- 현재 지하철 역사 시설관리는 데이터 관리 부족의 문제점 개선이 요구되며, 시설관리를 위한 인프라 구축이 우선시 되고 있음. 특히, 시설관리 담당자의 BIM에 대한 관심은 높지만, BIM에 대한 교육은 거의 이루어지지 않고 있음. 지하철 역사 시설관리 담당자들은 BIM 적용 시 설비 및 유지

관리 분야에서 활용이 높을 것으로 기대하고 있는 것으로 조사되었음

- 조사 결과를 바탕으로 본 연구에서는 지하철 역사 시설관리의 문제점을 개선하고 업무의 효율성을 향상시키기 위한 BIM의 도입 방안은 다음과 같음
  - 지하철 역사 시설관리 분야의 단계적인 BIM 활용 전략 수립이 이루어져야 함
  - 지하철 역사 시설관리 담당자의 BIM 교육을 통한 직무능력을 향상시켜야 함
  - 지하철 역사 시설관리의 특징을 반영한 BIM 적용 기술의 표준 지침 마련이 요구됨
  - BIM을 활용한 시설정보 데이터 관리가 이루어져야 함

○ 지하철 역사 시설관리의 BIM 적용 가능성

- 지하철 시설관리의 BIM 적용 가능성을 조사한 결과 지하철 시설관리의 BIM 적용의 필요성은 매우 높은 편이며, 특히 설비 및 유지관리 분야에서 활용성이 가장 기대되는 것으로 나타남
- 또한, 지하철 역사 시설관리에서의 BIM 적용을 위한 시설 내 인프라와 전사적인 BIM 교육을 통한 실무능력 배양이 요구되는 것으로 나타남
- 구체적인 조사 결과를 살펴보면 BIM 적용 필요성에서는 높다(25명)에 가장 많은 응답수를 차지했으며, BIM 적용의 기대분야는 설비 및 유지관리 분야(16명), 계획 및 설계 분야(13명)가 높은 것으로 나타남
- BIM 적용 시 장점으로는 시설정보 데이터의 관리 및 효율적 재이용(30명)이 가장 높은 것으로 나타났으며,BIM 적용의 장애요인으로 BIM 적용을 위한 시설 내 인프라 부족(17명), 관련정보 및 교육기회 부족(12명)이 높게 나타남
- 마지막으로 BIM 적용을 위한 우선사항으로는 도입효과(효율성,경제성)검토(11명), 전사적 BIM 교육 프로그램 개발 및 실무자 의식 변환(10명)이 높게 나타남

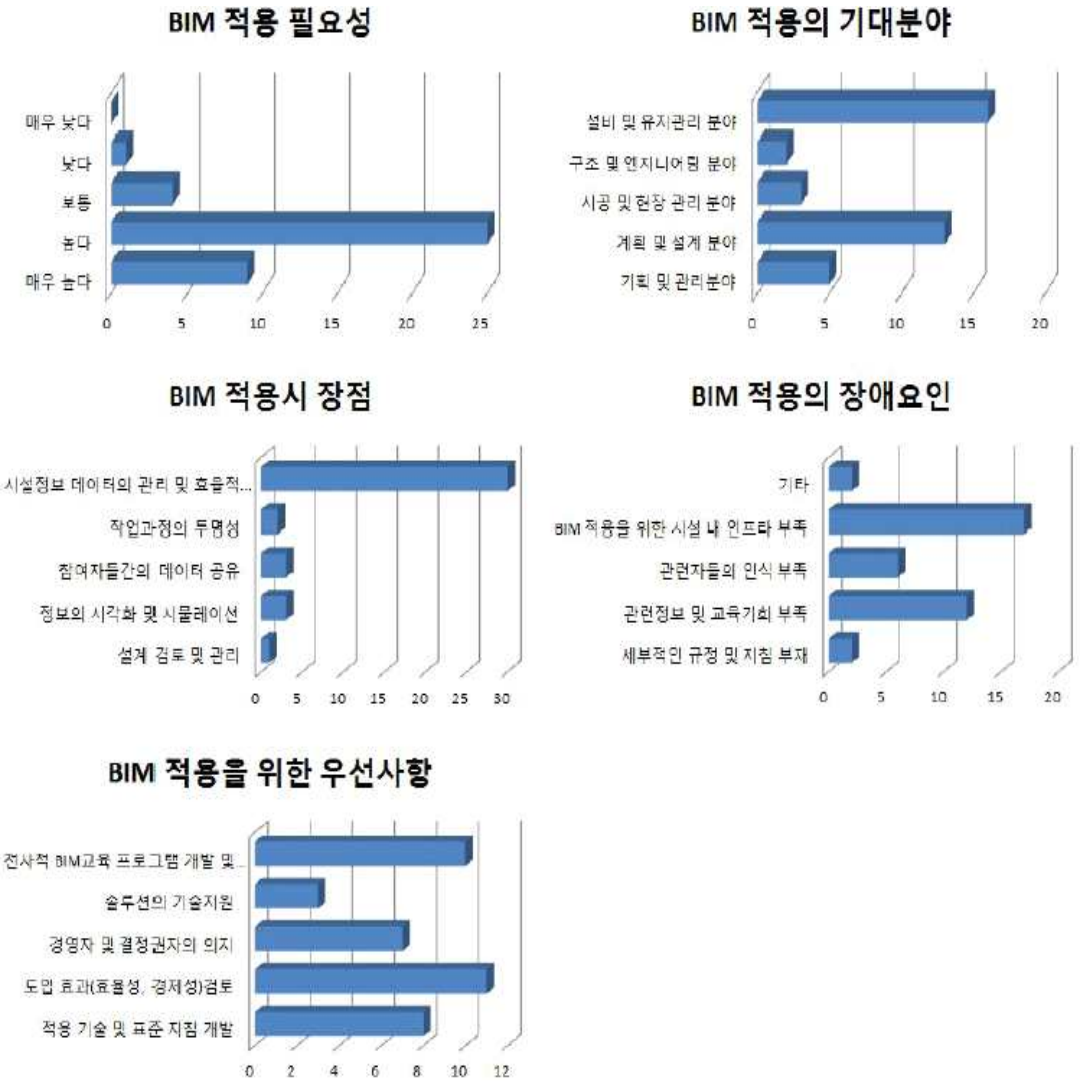


그림 19 지하철 역사 시설관리의 BIM 적용 가능성에 대한 응답결과
(지하철 역사 시설관리를 위한 BIM적용 방안에 관한 연구, 2011)

평가 항목	내용	응답수	합계
BIM 적용의 필요성	매우 높다	9	39
	높다	25	
	보통	4	
	낮다	1	
	매우 낮다	0	
BIM 적용의 기대분야	기획 및 관리분야	5	39
	계획 및 설계 분야	13	
	시공 및 현장 관리 분야	3	
	구조 및 엔지니어링 분야	2	
	설비 및 유지관리 분야	16	
BIM 적용 시 장점	설계 검토 및 관리	1	39
	정보의 시각화 및 시뮬레이션	3	
	참여자들간의 데이터 공유	3	
	작업과정의 투명성	2	
	시설정보 데이터의 관리 및 효율적 재이용	30	
BIM 적용의 장애요인	세부적인 규정 및 지침 부재	2	39
	관련정보 및 교육기회 부족	12	
	관련자들의 인식 부족	6	
	BIM 적용을 위한 시설 내 인프라 부족	17	
	기타	2	
BIM 적용을 위한 우선사항	적용 기술 및 표준 지침 개발	8	39
	도입 효과(효율성, 경제성)검토	11	
	경영자 및 결정권자의 의지	7	
	솔루션의 기술지원	3	
	전사적 BIM교육 프로그램 개발 및 실무자 의식 변환	10	

그림 20 지하철 역사 시설관리의 BIM 적용가능성에 대한 응답수
(지하철 역사 시설관리를 위한 BIM적용 방안에 관한 연구, 2011)

○ BIM적용 기술의 표준 지침 마련

- 지하철 역사 시설관리를 위한 BIM 적용을 위해서는 지하철 역사 시설관리의 특징을 반영한 지침 마련이 요구됨. 지하철 역사 시설의 BIM 적용 지침은 시설관리 참여자의 입장을 고려하여 BIM 활용성을 극대화하고, BIM 기반 협업 시설관리 체계 구축을 유도할 수 있도록 마련되어야 함(지하철 역사 시설관리를 위한 BIM적용 방안에 관한 연구, 2011)
- 이를 위한 발주 지침은 설계 단계별, 공종별, 업무 프로세스 단계별 적용 범위가 명확하게 제시되어야 함. 뿐만 아니라 성과물의 정의, 검수, 품질평가 등 관리 절차 및 방법이 고려되어야 함
- 설계 지침은 참여자간의 이해관계를 명확히 할 수 있는 지침으로써 납품된 데이터의 구축 방식 및 활용에 대한 신뢰성을 확보할 수 있도록 마련되어야 함
- 지하철 역사 시설에서의 BIM 활용 목표를 분명히 하고 업무 분석을 통해

설계 단계별, 공종별, 참여자별 BIM 모델의 LOD(Level of Detail)수준을 명확히 제시해야 함

- 다음 그림은 지하철 역사 시설관리의 BIM 적용 기술의 표준 지침 개념임.

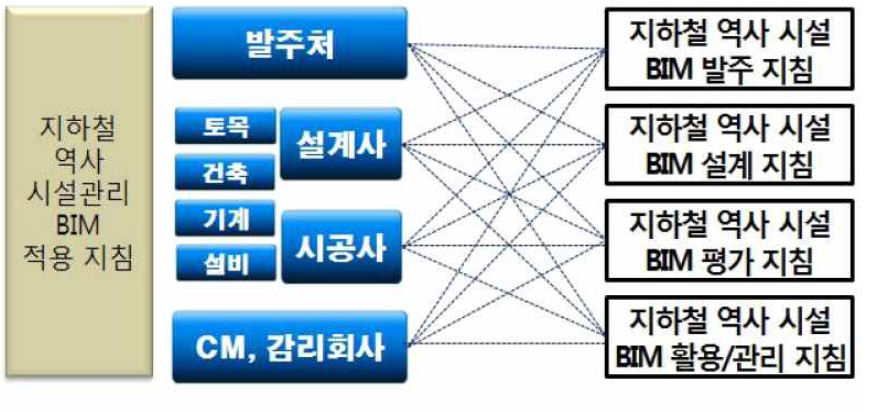


그림 21 지하철 역사 시설관리의 BIM적용 기술의 표준 지침
(지하철 역사 시설관리를 위한 BIM적용 방안에 관한 연구, 2011)

- 지하철 역사 시설 BIM 평가 지침은 성과물 BIM 데이터의 정량적 평가를 위한 지침이 마련되어야 하며, BIM 데이터의 작성 기준 및 기획, 설계, 시공, 유지관리 단계에서의 BIM 데이터의 활용의 연속성 확보에 관한 평가 기준이 명확히 명시되어야 함
- 지하철 역사 시설 BIM 활용/관리 지침은 지하철 역사 시설 시공 및 유지관리단계 BIM 데이터 활용방안을 명확히 제시되어야 함
- 특히 역사 시설의 개보수 시 활용할 수 있는 물량산출/견적 및 지하공간의 환경을 평가 할 수 있는 친환경/에너지 분석 단계에서의 활용방안이 제시되어야 함.또한, BIM 데이터의 유지방안 및 BIM 라이브러리 구축의 중요성과 방법을 제시해야 함

○ 단계적 BIM 활용 전략 수립

- 지하철 역사 시설관리를 위한 BIM 적용을 위해서는 지하철 역사 시설의 현황과 비전을 반영한 단계적인 전략 수립이 필요함
- BIM의 활용 전략은 단기적인 현실 문제 해결을 위한 수단으로 수립되는 것이 아니고 ,장기적인 미래 비전 목표 달성을 위한 전략 수립의 단계는 크게 단기,중기, 장기로 구분 하여야 함
- 지하철 역사 시설관리 BIM 적용 지침에 관한 단기 전략은 분야별 지침이 개발되어야 하며 중기적으로는 개발된 지침이 분야별로 체계적으로 구축되어야 하고, 장기적으로는 지하철 역사 시설관리 전 사업 분야에 걸쳐 적용될 수 있는 지침이 구축되어야 함
- 전문 인력 양성은 단기적으로는 BIM 교육을 통해 담당자의 실무 능력을

배양하고 중기적으로는 BIM 교육 이수자들을 대상을 전담부서 설치를 통해 업무 역량을 강화하고, 장기적으로는 BIM 기반 협업 조직 체계를 구축해야 함

- 인프라 구축은 단기적으로 해당 역사의 BIM 데이터베이스를 확보하고 중기적으로는 지역별 지하철 역사 시설의 BIM 데이터 라이브러리를 구축하고, 장기적으로는 국내 지하철 역사 시설에 관한 BIM 교준 라이브러리를 구축해야 함
- 마지막으로 업무 프로세스 개선은 단기적으로 BIM 적용성을 검토하고, 중기적으로는 적용 가능한 업무 및 부서를 대상으로 부분적인 개선을 실행하고, 장기적으로는 BIM의 활용성이 가장 효율적으로 실현될 수 있는 IPD(Intefratedproject Delivery)나 이와 유사한 발주체계를 도입하고 체계 구축이 고려될 필요가 있음

2. 유지보수 및 운영 표준 시스템 기술

○ 건설 유지관리 분야 표준 현황

- 국내 표준 : 국내 BIM기반의 유지관리 표준은 현재 국가 중심의 개발이 아니라 R&D연구를 통해 건축과 토목시설의 유지관리 지침서를 작성하고 있고, 이를 검증한 후 국가 정책적 지원체계로 반영할 예정. 국내에서는 한국건설기술연구원과 한국시설안전공단에서 BIM기반의 시설물 유지관리 분야 관련 지침 개발을 수행중이거나 이미 개발을 완료하여 실무적 검증을 진행하고 있음

  - BIM기반 유지관리정보 모델링 지침 개발 : 한국건설기술연구원은 국가 R&D로 2009년부터 현재까지 초고층 복합 건축물의 유지관리 BIM기술 확보 및 적용을 위한 표준지침을 개발하고 있음

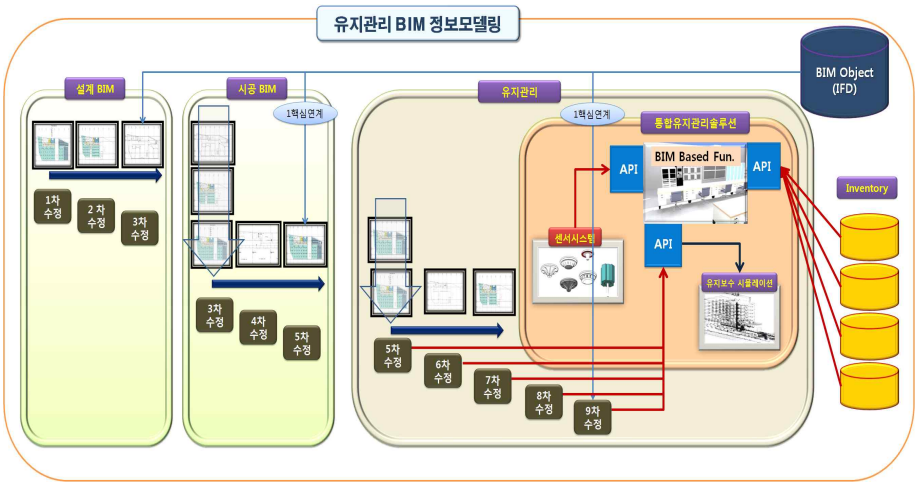


그림 22 유지관리 BIM 정보모델링 (한국건설기술연구원, BIM기반 유지관리 정보모델링 지침 개발 보고서, 2010)

표 10 유지관리를 위한 건축 기계설비분야 BIM데이터 입력수준
(한국건설기술연구원, 2010)

AHU (공기조화기)	속성	적용레벨		
		필수	선택	권장
Product Specification	Heat Source		√	
	Air Flow		√	
	Cooling Capacity		√	
	Heating Capacity		√	
	Air Supply Motor Capacity		√	
	Ventilation Motor Capacity		√	
	Air Supply Motor Voltage		√	
	Ventilation Motor Voltage		√	
	Air Supply Motor Revolution		√	
	Ventilation Motor Revolution		√	
Product Installation	Operative Date	√		
	Expiration Date	√		
	Total Weight	√		
	Size, Measurement	√		
	Operation start date	√		
	Acquisition date	√		
	Manufacturer	√		
	Manufacture country	√		
	Model Number	√		
	Production Year	√		
	Production Month	√		
	Serial Code	√		
	Asset Code	√		
	Installation location	√		
	Location descript.	√		
Monitoring	Measuring point			√
	name			√
	property			√
	Measuring point property unit			√
	current status value			√
	Target Value			√
	upper control limit			√
	lowest control limit			√
	Monitoring cycle			√
	Monitoring start date			√

- BIM기반 시설물 유지관리 체계 도입을 위한 표준화 가이드 : 본 지침은 BIM기반 스마트 유지관리기술 도입방안 연구의 일환으로 BIM기술을 시설물 유지관리 업무에 도입하는데 있어서 필요한 유지관리 정보체계, 프로세스 및 단계별 적용 표준, 모델링 방법론, BIM기반 유지관리 용역을 위한 표준화 요구사항 및 모델기반 전자정보 작성 및 납품 기준 등을 정의하고 있음

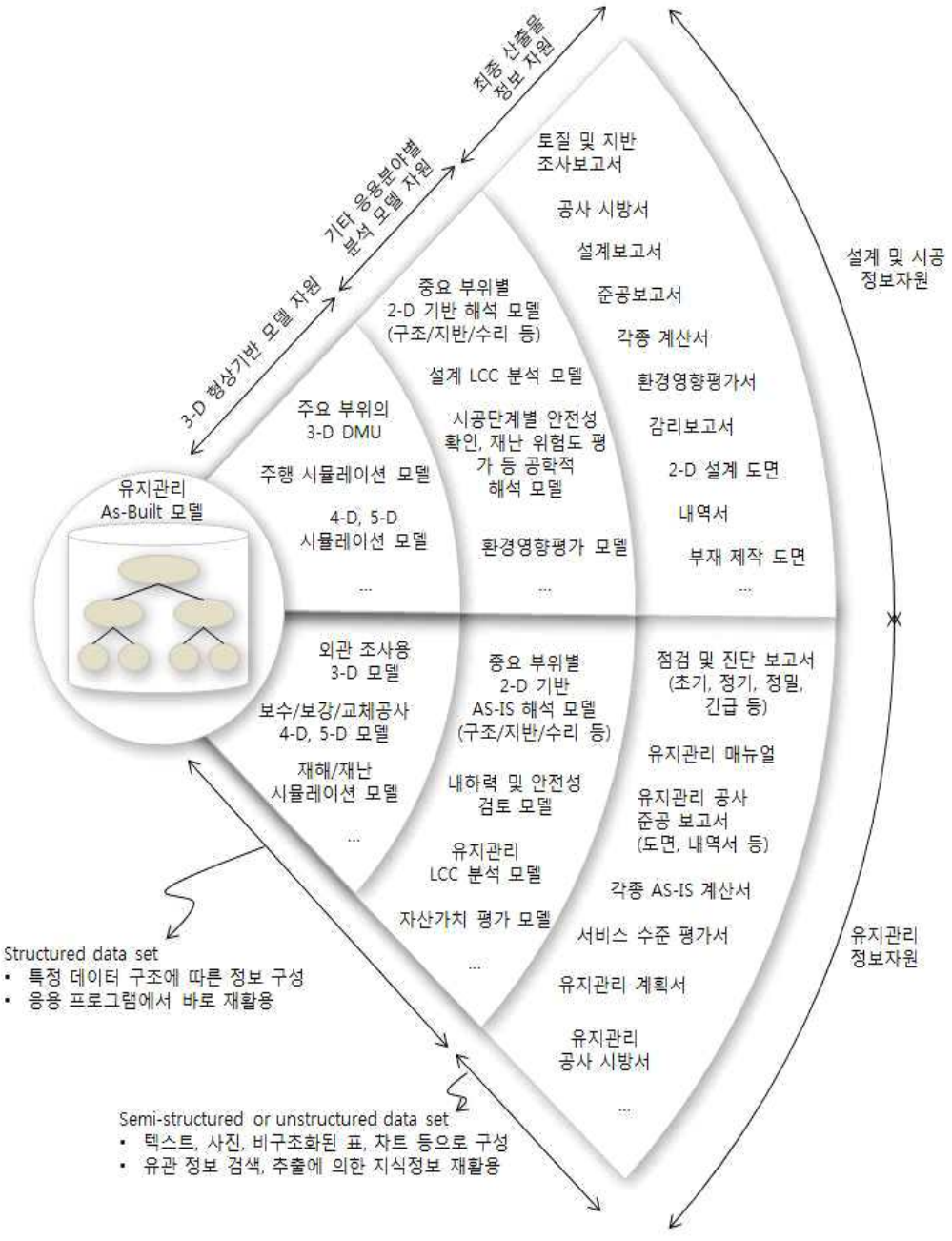


그림 23 시설물별 전자정보 자원의 구성체계 (참조: 한국시설안전공단, BIM기반 스마트 유지관리기술 도입방안 연구, 2012.12)

○ 국제 표준 : 미국의 GSA(General Services Administration)에서는 2011년 시설물 FM분야의 BIM적용을 위해 가이드라인(GSA Building Information Modeling Guide Series: 08-GSA BIM Guide for Facility Management) Version 1 을 제시하고 있음

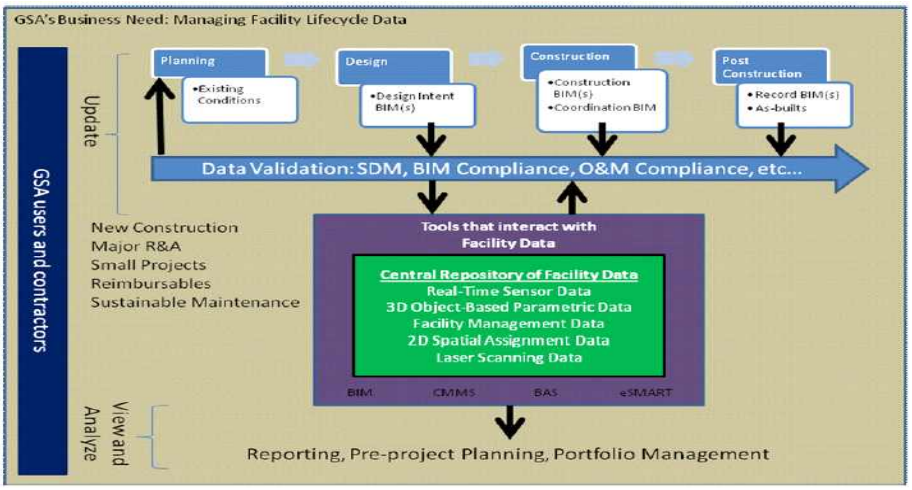


그림 24 Vision for BIM for Facility Management Integration (참고: GSA, BIM Guidel Series Facility Management, 2011)

- 본 가이드라인에서는 FM을 위해 BIM 업무 요구사항, 정보 요구사항 등이 포함되며, 이를 적용하기 위한 실행 전략을 정의하고 있음. 특히 고 수준의 모델링 요구사항, COBie로의 최소 제출 요구사항과 기술 요구사항을 포함하고 있으며, 파일럿 프로젝트를 통해 FM분야에 BIM을 어떻게 적용할지 쉬운 접근법을 제공하고 있음

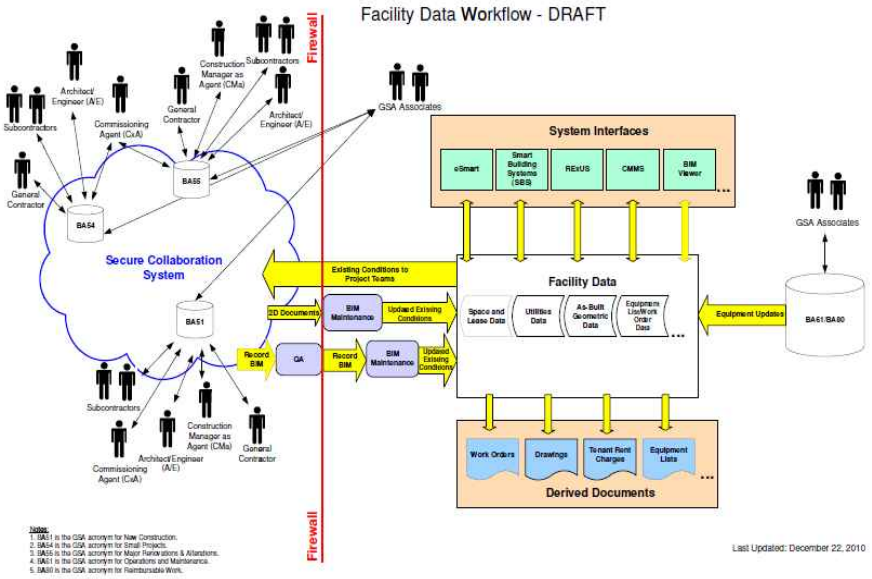
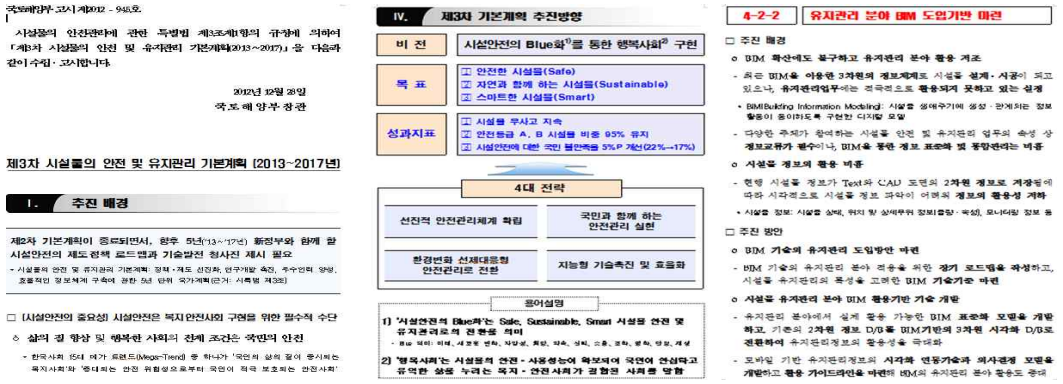


그림 25 Facility Data Workflow for Current BIM Deployment

○ 건설 유지관리 분야 표준 현황

- 국토교통부에서는 2012년 시설물의 장수명화와 효율적 활용을 유도하기 위해 제 3차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획(2013-2017)을 수립함



제3차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획 (2013~2017년)

Ⅰ. 추진 배경

Ⅳ. 제3차 기본계획 추진방향

비 전 | 시설안전의 Blue화[1]를 통한 행복사회[2] 구현

목 표 | ① 안전한 시설물(Safe) ② 자연과 함께 하는 시설물(Sustainable) ③ 스마트한 시설물(Smart)

성과지표 | ① 시설물 부사고 지속 ② 안전등급 A, B 시설물 비중 95% 유지 ③ 시설안전에 대한 국민 불만족을 5%P 개선(22%→17%)

4대 전략

선진적 안전관리체계 확립 | 국민과 함께 하는 안전관리 실현

환경변화 선제대응형 안전관리로 전환 | 지능형 기술촉진 및 효율화

4-2-2 유지관리 분야 BIM 도입기반 마련

□ 추진 배경

□ 추진 방안

- BIM 기술의 유지관리 도입방안 마련
- 시설물 유지관리 분야 BIM 활용기반 기술 개발

그림 26 제3차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획 주요 내용

- 국내의 부족한 유지관리 기술역량을 개선하며, 지능형 안전 및 유지관리 기술격차를 해소하기 위한 전략을 수립함
  - 한국의 지능형 시설물 안전 및 유지관리 기술수준은 최고 기술보유국 대비 76.2%에 불과(기술격차 4.3년)
- 안전한 시설물(Safe), 자연과 함께하는 시설물(Sustainable), 스마트한 시설물(Smart)를 목표로 하고 있음. 지능형 기술 촉진 및 효율화 방안으로 융, 복합형 진단 및 유지관리 핵심기술과 BIM도입을 통한 시설물 정보 고도화 및 활용 증진 체계를 구축
  - ICT기반의 첨단 진단기술 확보를 위해 모바일 점검 및 진단 시스템을 고도화하고 IT기술의 융복합화를 통한 첨단 진단기술 및 진단장비의 개발에 따른 효율적 활용방안을 마련함
  - 보수보강 등 유지관리 기술 선진화를 위해 보수, 보강 공법, 비용, 성능평가 결과에 대한 DB화를 통하여 시설물 유지관리 유형별로 의사결정 지원체계 마련
  - FMS 성능개선 및 활용성 증대 방안으로 FMS정보대상을 확대하고 FMS 자료의 Dig Data 전환을 통해 속성정보를 추출/분류하는 기술 개발
  - 특히 BIM기반의 유지관리체계 구축을 장기 로드맵을 작성하고 시설물 유지관리 특성을 고려한 BIM기술 기준을 마련하도록 함. 특히 시설물 유지관리 분야 BIM활용기반 기술을 개발하여 유지관리 분야 BIM표준화 모델을 통해 기존의 2차원 정보 DB를 BIM기반의 3차원 시각화 DB로 전환함으로써 유지관리 정보의 활용성 극대화
  - 모바일 기반 유지관리 정보의 시각화 연동기술과 의사결정 모델을 개발하고 활용 가이드라인을 마련해 BIM의 유지관리 분야 활용도 증대 방안을 구축함으로써 유지관리 분야 BIM 도입기반을 마련함

제5절. 연구개발, 인프라 분석

1. 해외 관련 기술 및 인프라 개발 동향

○ 홍콩 MTR 프로젝트에 대한 BIM 적용 사례

- 홍콩 MTR(Mass Transit Railway, 철도 건설/운영 등의 목적으로 1975년 설립)에서 2015년까지 진행되는 고속철도 및 West Kowloon 터미널 건설 프로젝트로, 가장 큰 터미널은 4개 지하층에 15개 플랫폼으로 구성되어 있으며 4백만 이용자들이 매주 사용함



그림 27 홍콩 MTR 터미널

- MTR 프로젝트는 많은 참여자와 다중 접점을 가진 복잡한 프로젝트이며, 적절한 프로젝트 조율을 위한 위험요소 제거가 필요하여 BIM기술이 활용됨
- BIM기술을 통해 공간 간섭이나 시공상 조율 이슈 등을 처리하고 있으며 MTR사와 계약자간들 간 협업에 활용하고 있으며, As Built 모델 개발에도 활용되고 있음
- 개발된 BIM 모델을 통해 다양한 서비스를 제공하고 있으며, 협업이나 조율 이외에 가상 시뮬레이션, 시공성 검토, 4D 등에도 활용되고 있음
- 설계 및 시공에 BIM을 활용하고 있으나, 유지보수 및 폐기 등의 생애주기 단계에서 활용 미흡함

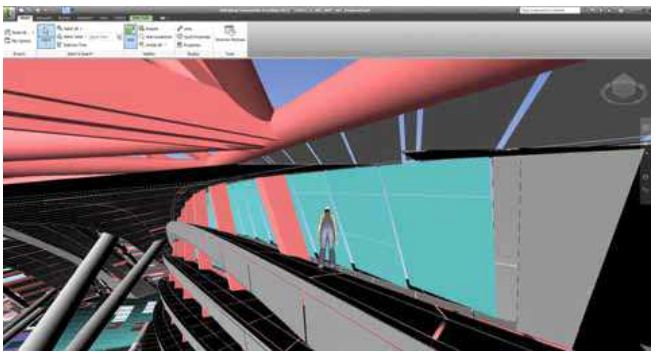


그림 28 홍통 MTR의 시공/안전관리 시뮬레이션

○ 미국 Measure R 프로젝트

- LA 교통문제를 해결하기 위하여 판매세금의 일정부분을 대중교통 확충의 투자로 사용하기로 하였으며, 2030년까지 12개 프로젝트(6개는 지하철 프로젝트)에 대해 진행(400백억 달러, 약 42조원)하기로 함
- 2010년까지는 2D 설계로 계획되어 있었으나 2011년부터 BIM도입을 검토하여 2012년도에는 모든 프로젝트에 대해 BIM 수행이 요구됨
- 설계 및 시공에 BIM을 활용하고 있으나, 유지보수 및 폐기 등의 생애주기 단계에서 활용 미흡함

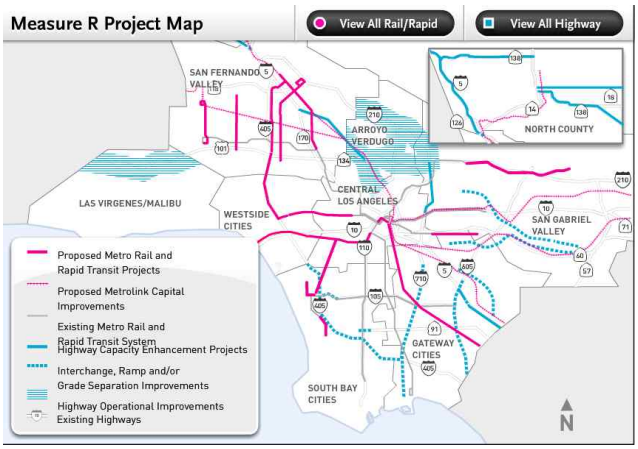


그림 29 미국 Measure 'R' 프로젝트 노선

○ 일본 東JR (Central Japan Railway) 사례

- 대지진 복구를 위해 1,120억 달러가 투자된 프로젝트로, 3D 설계지원을 위해 '3D model design support system'이 개발되었으며 Civil3D, Revit structure등이 설계를 위해 활용되었음
- BIM모델은 기존 선로 복구를 위해 시공 기간 단축, 수량 및 견적, 대지진 복구 계획에 활용할 수 있도록 개발됨
- 개발된 시스템은 철로작업 생산성 개선을 위해 활용되며 기존 선로의 개선 및 유지보수에도 활용됨. 이 시스템은 Civil3D와 같은 상용 모델링 도구를 활용하며, 지형/구조/3D 포인트 클라우드와 같은 다양한 모델을 관리함

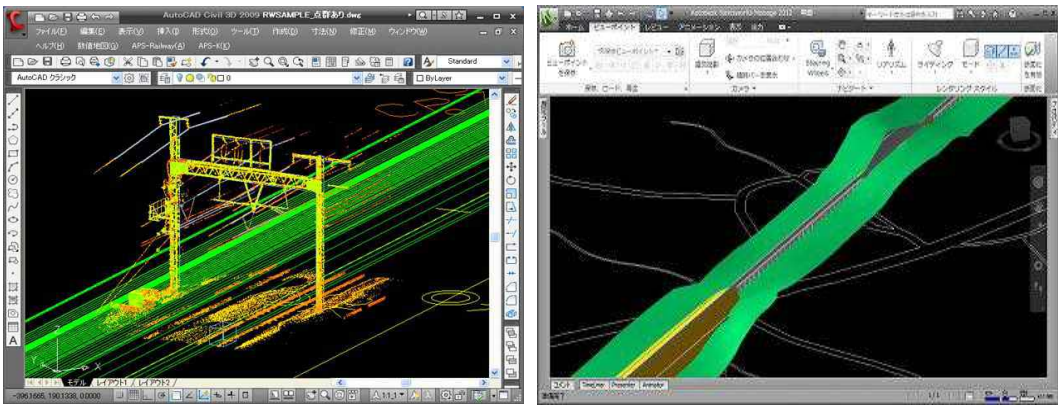


그림 30 일본 東JR 모델링 및 시뮬레이션

- JR East Consultants 사에서 개발한 'Railway GIS'와 연계되어 철도 모델, 도면, 위성 이미지 등을 관리할 수 있으며 오래된 선로나 새로운 선로 계획 등에 효과적으로 활용될 수 있도록 개발됨



그림 31 일본 東JR 'Railway GIS' 와 'Google Earth & Railway'

- Civil3D와 같은 상용 모델러에서 개발된 철도모델은 일본 표준에 부합하게 디자인되도록 별도 시스템을 통해 설계 개선, 규칙 검토 등이 가능하도록 하였으며, 산출물 등을 표준에 맞게 출력할 수 있도록 지원
- 이와 같이 BIM을 복구사업의 전반에 사용하고 있으나, 생애주기 단계 중 설계 및 시공에 높은 활용을 보인 반면 유지보수 이후의 단계에 활용도 미흡함

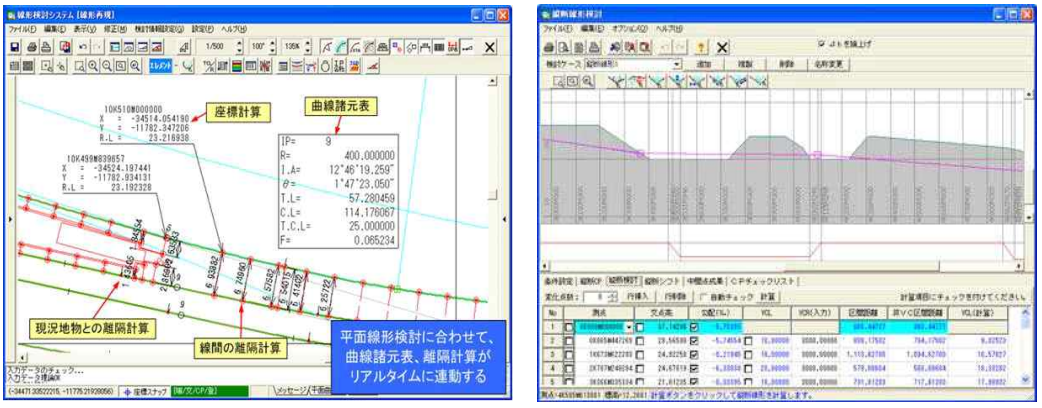


그림 32 일본 東JR의 평면선형 및 종단선형 설계 화면

○ 영국 East London Line 사례

- 2012년 하계 올림픽을 위한 철도 네트워크 확장으로 기존철도 East London Line과 연결되는 남북 간 노선 확장 프로젝트에 BIM 기술을 적용
- URS Scott Wilson사는 합작사에게 BIM 모델링을 제공 (크게 정거장 4개, Warren 트러스 교량 2개, 아치 교량, 고가교 3개에 대한 상세설계)
- 전체 팀은 협업 솔루션을 통해 실시간으로 정보를 주고받았으며, 끊임없는 작업 공유를 위해 데스크탑 상의 디자인 소프트웨어에서 이런 협업 솔루션과 기밀하게 통합되어 작업
- 이런 협업 솔루션을 통해 15개 사무소에 분산되어 있는 300명 이상의 전문가가 엔지니어링 정보를 탐색하고 검증하는 일들을 빠르게 진행하였으며, 팀간 의사소통과 정보공유를 촉진하는 목적으로 활용되어, 기존수준의 작업시간에 비해 25%이상 작업시간을 절감
- 설계 및 시공에 BIM을 활용하고 있으나, 유지보수 및 폐기 등의 생애주기 단계에서 활용 미흡



그림 33 East London Line 비용 절감
(URS/Scott Wilson, 2010)

○ 영국 Crossrail BIM 사례

- Crossrail 프로젝트는 2017년 개통 목표로 서쪽 Maidenhead에서 런던을 가로질러 동쪽 Abbey Wood까지 연장 118㎞에 이르는 14.8 백만 파운드 규모의 사업으로, 150만 인구를 45분 안에 비즈니스 중심 지역까지 통근을 목표로 함
- 런던의 철도 기반 수송 네트워크의 10%를 담당하는 것으로 계획되었으며 비즈니스 뿐 아니라 여행시간 단축도 고려하고 있음. 이 프로젝트를 위해 Crossrail Limited가 설립되었으며, 프로젝트에 관련된 모든 산출물과 런던 지점들을 소유하고 관리함
- Crossrail은 BIM을 통해 가시성 있는 설계와 시공이 가능해졌으며, 복잡하고 상세한 검토와 시공성 개선을 통해 에러를 감소, 이는 통합된 3D모델을 기반으로 한 가상 건설 협업을 통해 가능하였음을 언급함
- 또한, 전생애주기 단계 차원에서 정보의 손실을 막고 BIM기반 자산 정보가 운영과 유지 단계에서 활용되는 성과를 얻었으며 이는 데이터 상호운용성 및 이동성을 지원하는 BIM기술의 지원이 역할을 하였음을 밝힘 (The first dedicated BIM academy launched in UK, Building.hk, 2012.8.23.)
- Crossrail의 Farridon 정거장 또한 BIM로 수행되었으며 BS1192 영국 BIM 표준 지침에 의해 B사의 디자인과 협업 솔루션으로 활용



그림 34 영국 Crossrail (URS/Scott Wilson, 2010)

- 협업은 모든 절차에서 BS1192를 준용하였으며 협업 솔루션을 적절히 활용하여 이전보다 35% 빠르게 진행되어 280만 파운드를 절감하였다고 보고 (URS Scott Wilson, 2010)
- 이와 관련해 프로젝트 협업에 참여한 사용자는 2009년 시작할 때 25명으로 시작하여 2012년 3월에는 1750명으로 늘었고, 관련 도면 파일도 9만2천개에서 9십만개로 10배 증가
- 협업 시 각 모델 파일에 대한 무결성을 체크 (예를 들어 좌표계, 작업 단위, 도면 층, 속성, 레퍼런스 도면, 태그 등을 체크해 에러를 미리 제거)

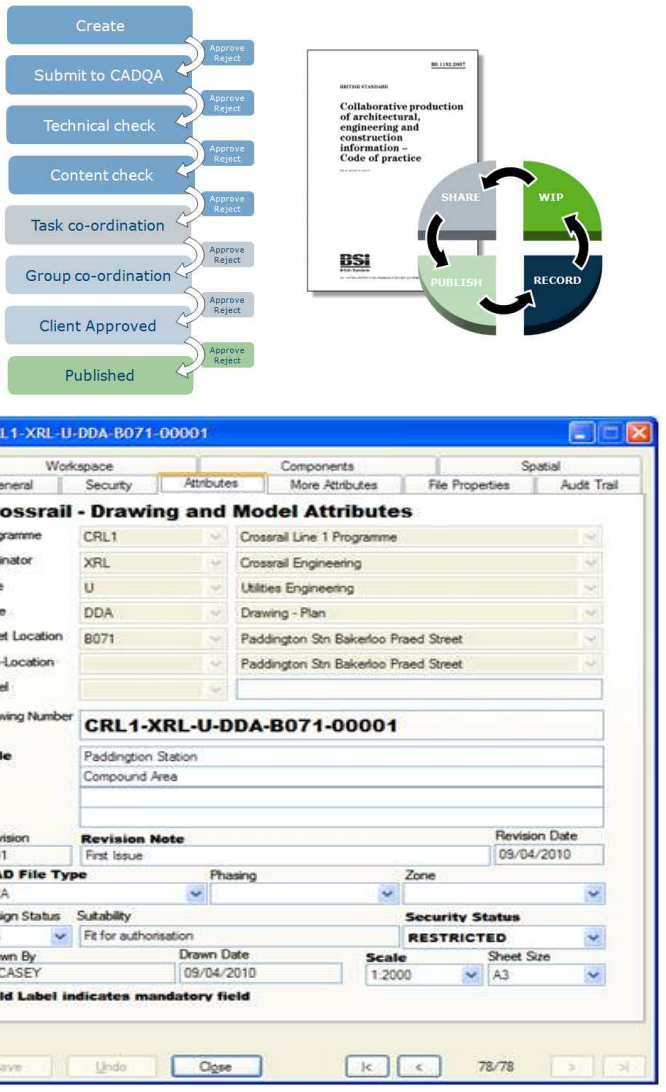


그림 35 문서 협업 흐름 및 파일 형상 관리(Crossrail, Ltd, 2012)

- BIM기반 자산관리시스템을 구축하였으며, 이백만 자산객체에 대해 상세히 정보를 기술하고 운영 및 유지보수에 활용할 계획을 하였으며 이 정보는 Crossrail 자산 정보 팀(Asset Information Team)에서 관리하도록 하였음

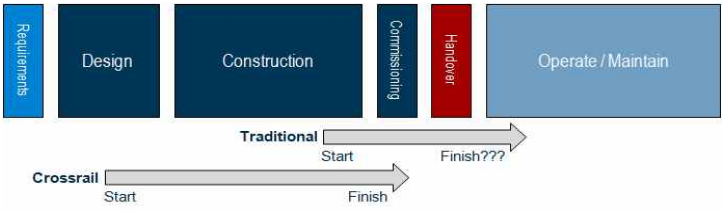


그림 36 Crossrail 자산정보관리 시스템(Crossrail, Ltd, 2012)

- 자산관리 시스템은 자산의 위치와 정보 모델이 연계되어 미리 계획된 분류 체계에 의해 관리되도록 계획됨
- 설계 및 시공에 BIM을 활용하고 있으나, 유지보수 및 폐기 등의 생애주기 단계에서 활용을 구상 및 계획 중임

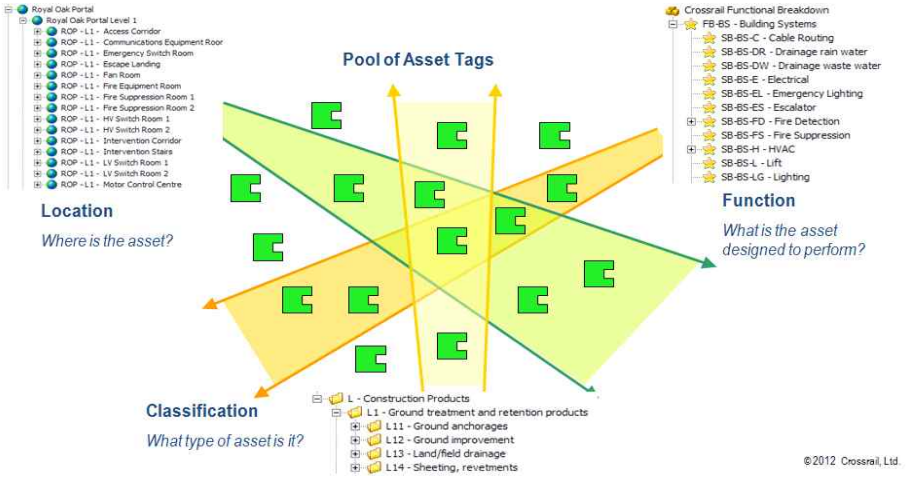


그림 37 자산 위치/모델/분류 체계 정의(Crossrail, Ltd, 2012)

○ Qatar 철도 프로젝트 사례

- 최근 Qatar에서 DOHA 2022년 FIFA월드컵 유치를 계기로 SOC 프로젝트가 계획되고 있으며, 이와 관련해 철도인프라 발주 시 BIM수행계획을 의무화 함 (현재 입찰과 관련된 서류가 입찰 업체들에게 제공됨)



그림 38 Qatar Red Line 프로젝트
(Contract for Doha's Red line announced next month, 2013.2.5)

- 입찰서류에는 Qatar 프로젝트에 대한 명확한 발주자 기대사항 및 최소한의 요구사항이 함께 표기되어있으며, BIM, PMIS와 같은 요구사항도 포함되어 있음
- BIM과 관련된 부분은 품질관리 방안, 계획/프로그래밍/진도 관리 방안, 기록 추적 및 통제 방안, PMIS, EDMS 등 포함한 정보관리 방안, 모델관리 방안(BIM등 기술 포함), 기술정보 관리, 변경 및 형상 관리 방안, 비용관리 방안, 이해당사자들 간 의사소통 관리 방안, 디자인 관리 방안(설계 검수자 등 포함), VE 방안, 요구사항 관리 방안, 감리 방안, 작업자 안전관리 방안, 지속가능성에 대한 요구사항, 위험관리 방안, 설계 및 시공 등 이해당사자 간 조율을 위한 인터페이스 관리 방안 등 광범위한 요구사항을 포함하고 있음
- 기타 기본설계 파라미터(설계기준 명시), 선형설계 명세, 지반처리 명세, 터널설계 명세, 절성토 및 구조물 설계 명세, 토공설계 명세, 교량설계 명세, 건물설계 명세, 배수설계 명세, 소방/기계/전기 설계 명세와 관련 시방서를 요구하고 있음
- 설계 및 시공에 BIM을 활용을 계획 및 시행하고 있으며, 유지보수 및 폐기의 생애주기 단계에 대해서는 BIM의 활용이 계획되지 않음

○ 기타: BIM/GIS기반 CMMS 유지보수시스템 연계 사례

- AutoDesk는 자사 모델러와 유지보수 시스템과 연계를 통한 사용자 비즈니스 가치를 제공하는 자산관리시스템을 NEXGEN과 협력을 통한 아래 그림과 같은 CMMS(Compu- terized Maintenance Management System)를 제공하고 있음
- 사용자는 대쉬보드를 통해 유지보수 모델에 대한 유지보수 작업 목록, 작업 요청 및 순서 등을 기술하고 이력관리하며, 사용자에게 필요한 통계 값을 포함한 다양한 리포트를 제공

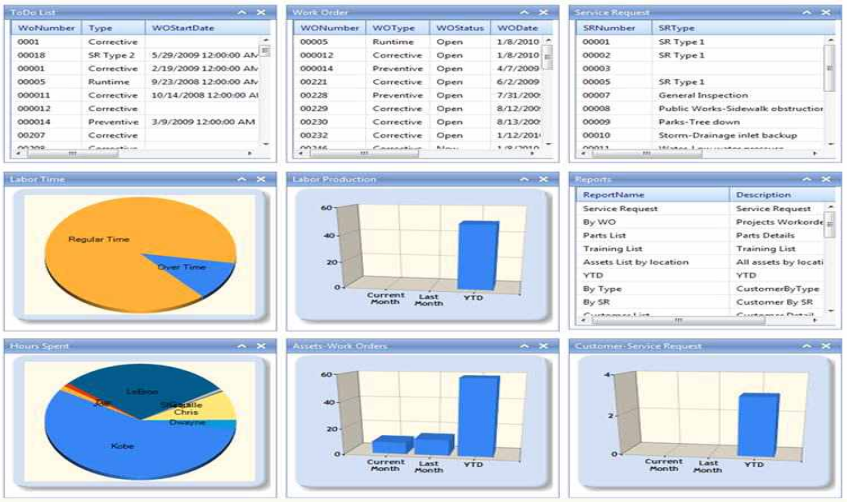


그림 39 AutoDesk의 CMMS 자산관리시스템

- 설비, 영역, 구조 등 비선형 요소들은 위치나 분류체계에 의해 그룹핑 되어 검색되거나 값을 수정할 수 있으며, 파이프/도로 등 선형 요소들은 GIS를 통해 그래픽으로 표시되도록 연동되어 있음

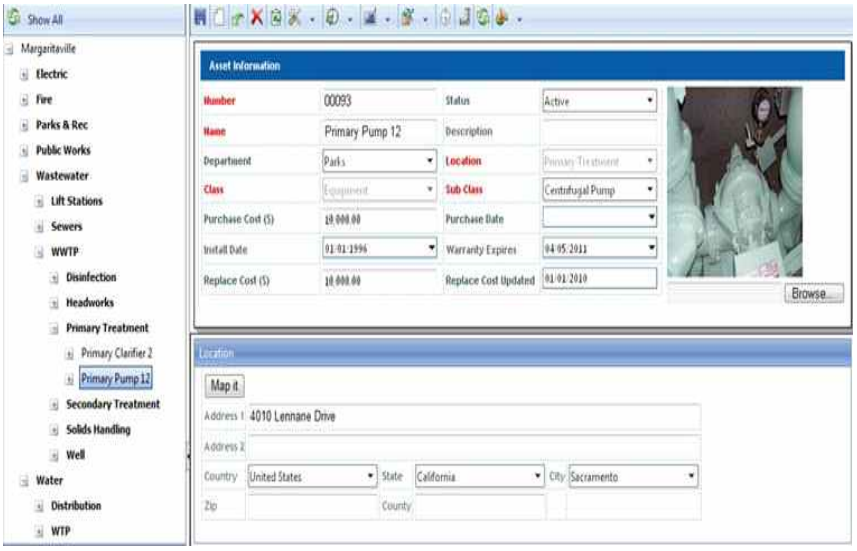


그림 40 GIS 기반 유지보수시스템

- 모바일 CMMS와 연계되어 모바일 환경에서 시설물 유지보수를 지원하며 리얼타임으로 모델 정보와 동기화됨

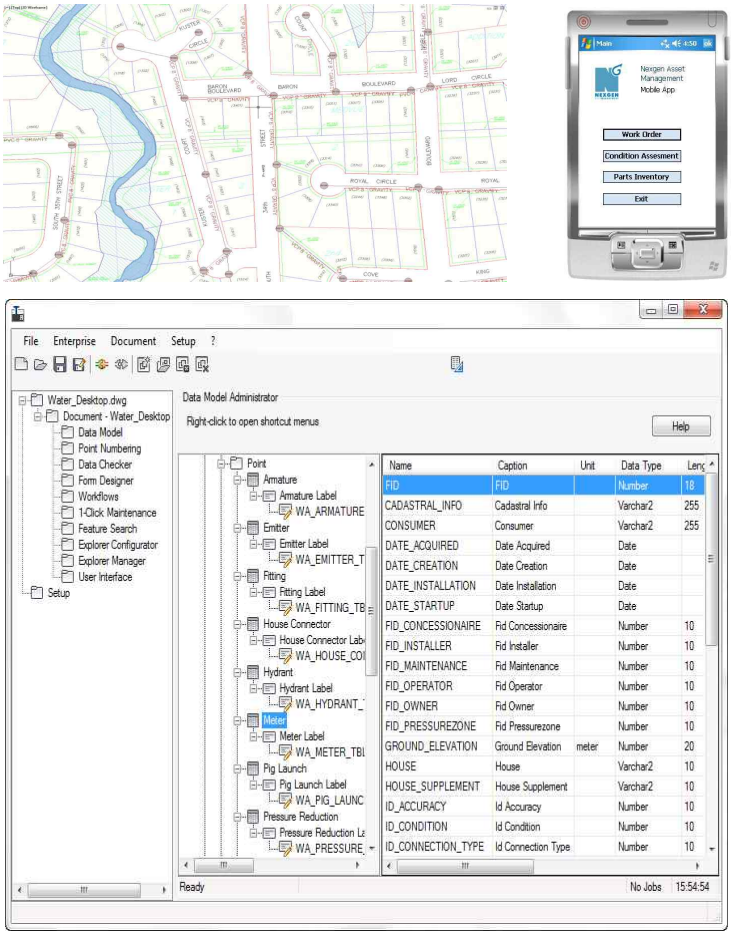


그림 41 모바일 CMMS 연계

- 시설물 관리를 위해 모델 및 지리정보에 표현되는 관리가 필요한 모델과 인벤토리 정보가 연계되며, 유지관리 기법을 포함한 작업관리 및 비용관리를 지원하며, 유지보수 관리전략 조건을 설정해 전략별 위험요소 및 비용분석이 가능한 체계를 지원
- 이와 같이 BIM/GIS기반의 CMMS을 제공하고 있으나, 철도 전 분야를 대상으로 수행이 어려운 한계점을 보유

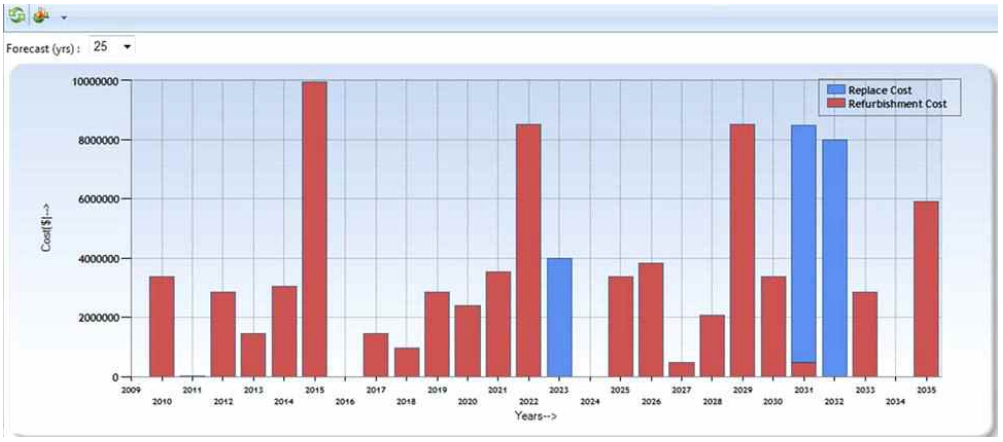


Index	Category	Condition Description
86-100	**Excellent**	Very few defects. Track function is not impaired. No immediate work action is required, but routine or preventive maintenance could be scheduled for accomplishment.
71-85	**Very Good**	Minor deterioration. Track function is not impaired. No immediate work action is required, but routine or preventive maintenance could be scheduled for accomplishment.
56-70	**Good**	Moderate deterioration. Track function may be somewhat impaired. Routine maintenance or minor repair may be required.
41-55	**Fair**	Significant deterioration. Track function is impaired, but not seriously. Routine maintenance or minor repair is required.
26-40	**Poor**	Severe deterioration over a small percentage of the track. Less severe deterioration may be present in other portions of the track. Track function is seriously impaired. Major repair is required.
11-25	**Very Poor**	Critical deterioration has occurred over a large percentage or portion of the track. Less severe deterioration may be present in other portions of the track. Track is barely functional. Major repair or less than total reconstruction is required.
0-10	**Failed**	Extreme deterioration has occurred throughout nearly all or the entire track. Track is no longer functional. Major repair, complete restoration, or total reconstruction is required.

그림 42 Performance Index 별 조건 및 조치 사항

PACP Condition Score		2	1	3	2	1	1	
Failure Mode Risk Factors								
Failure Modes		I/I	Capacity	Structural	O&M	Corrosion	RUL	High Score
Failure Probability	Weight Consequences of Failure Scores	15%	5%	35%	15%	5%	5%	
Environment	3	0.45	0.15	1.05	0.45	0.15	0.15	1.05
Health and Safety	1.75	0.26	0.09	0.61	0.26	0.09	0.09	0.61
Public Service	0.75	0.11	0.04	0.26	0.11	0.04	0.04	0.26
Cost of Operation	1	0.15	0.05	0.35	0.15	0.05	0.05	0.35
Cost of Repair	0.5	0.08	0.03	0.18	0.08	0.03	0.03	0.18
Regulatory	0.5	0.08	0.03	0.18	0.08	0.03	0.03	0.18
Failure Modes		I/I	Capacity	Structural	O&M	Corrosion	RUL	
Risk Factor		0.45	0.15	1.05	0.45	0.15	0.15	
Structural Utility Condition Index				65				
O&M Utility Condition Index					85			

그림 43 유지보수 우선순위 도출을 위한 Risk Factor



Proposed 2009-2014 Capital Improvement Plan
Transit Capital Plan Detail

Proj #	Project Description	Status	Capital Spending Projection									
			Prior to 2008	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total 09-14	Project Total
New	MVTA Fleet Maintenance Software - NTD	Future	-	-	-	200,000	-	-	-	-	200,000	200,000
New	Metro Mobility Technology (MDT/AVL)	Future	-	-	-	1,500,000	-	-	-	-	1,500,000	1,500,000
Subtotal - Technology Expansion, Other Providers			-	3,063,525	6,590,575	2,200,000	500,000	-	-	-	9,290,575	12,354,100
Subtotal - Technology Expansion			-	3,063,525	7,290,575	2,485,000	500,000	-	-	-	10,275,575	13,339,100
Total - Technology Improvements			7,251,357	6,029,793	13,062,119	4,585,000	2,115,000	2,175,000	1,835,000	2,460,000	26,232,119	39,513,269
	Authorized		7,251,357	6,029,793	9,044,119	500,000	500,000	-	-	-	10,044,119	23,325,269
	Future		-	-	4,018,000	4,085,000	1,615,000	2,175,000	1,835,000	2,460,000	16,188,000	16,188,000
Other Capital Equipment												
Other Capital Preservation												
Metro Transit												
63291	Bus Stop Signs	Authorized	2,058,648	5,000	25,000	10,000	5,000	5,000	5,000	48,218	98,218	2,161,866
65110	Bus Fare Collection System	Authorized	12,167,509	7,491	-	-	-	-	-	-	-	12,175,000
65211	Transit Safety & Security	Authorized	392,204	12,796	-	-	-	-	-	-	-	405,000
65212	Safety/Sec -Public Outreach/Rail Safe	Authorized	274,956	44	-	-	-	-	-	-	-	275,000
65410	Public Safety Outreach	Authorized	40,318	3,214	181,468	-	-	-	-	-	181,468	225,000
65411	Safety and Security Upgrade	Authorized	185,594	37,279	39,846	-	-	-	-	-	39,846	262,719
65501	Internal Garage Bus Locator System	Authorized	-	-	1,250,000	-	-	-	-	-	1,250,000	1,250,000
65505	Rail Operations Backup Generator	Authorized	-	-	45,000	-	-	-	-	-	45,000	45,000
65506	Passenger Info/TCIP Stds	Authorized	175,096	218,654	-	-	-	-	-	-	-	393,750
65511	Regional Transit Security Grant	Authorized	716,691	322,609	600,000	-	-	-	-	-	600,000	1,639,300
65611	Safety and Security Projects	Authorized	164,636	77,938	258,240	-	-	-	-	-	258,240	500,814
65612	Transit Enhancement Projects	Authorized	34,898	315,916	150,000	-	-	-	-	-	150,000	500,814
65651	Hiawatha LRT- Signals for Single Track Reverse Direction	Authorized	5,277	1,456,723	1,038,000	-	-	-	-	-	1,038,000	2,500,000
65651e	Hiawatha LRT- Signals for Single Track Reverse Direction	Future	-	-	-	-	500,000	500,000	-	900,000	1,900,000	1,900,000
65702	New Farebox Hardware	Authorized	-	-	1,607,500	207,670	-	-	-	-	1,815,170	1,815,170
65702e	New Farebox Hardware - Replacement Fleet	Future	-	-	2,630,190	1,738,280	1,741,457	1,530,200	1,121,209	1,121,209	9,882,545	9,882,545
65711	Safety Marking	Authorized	2,721	72,279	-	-	-	-	-	-	-	75,000
65790	Support Equipment	Authorized	48,022	1,314,095	1,275,552	-	-	-	-	-	1,275,552	2,637,669
65790e	Support Equip-Equip and Non-Rev Veh	Future	-	-	280,948	1,744,743	2,001,600	1,625,682	1,240,875	1,648,575	8,542,423	8,542,423
65792	Support Equip: HLRT Non-Rev Vehicles	Authorized	-	374,000	26,000	-	-	-	-	-	26,000	400,000
65810	Re-Key Lock System	Authorized	-	-	50,000	-	-	-	-	-	50,000	50,000

그림 44 유지보수 대안별 LCC 예측

2. 국내 관련 기술 및 인프라 개발 동향

○ buildingSMART Korea는 한국 고유의 건설모델과 프로세스를 IFC에 반영하여 국내 건설산업의 경쟁력을 유지하기 위해 산업계와 학계를 중심으로 1998년 4월 IAI Korea Chapter를 결성하여 활동하고 있음

- buildingSMART BIM설계분과에서는 BIM모델에서 실시설계 도면이 산출되도록 하는 소프트웨어 작업을 진행 중이며, 주요 설계사와 AutoCAD, ArchiCAD 판매사들이 모여 연구를 진행하고 있음



그림 45 좌-국내 BIM일반 부분연구, 우-국내 BIM활용 부분연구(단위%)

○ 초창기 국내 BIM 연구는 BIM의 정의와 특성에 대한 고찰의 내용이 주를 이루었으나 점차 BIM의 국내 적용방안을 제시하는 방향으로 연구가 이루어지고 있음

- 2008년부터 2D 도면과의 데이터 연동에 대한 BIM S/W 연구가 시작되었으며 최근의 연구에서는 BIM Tool 자체간의 데이터 연동에 대한 연구가 다수를 이룸
- BIM을 활용한 기획·설계분야는 정보 관리와 모델을 바탕으로 에너지 성능 평가, BIM기반 물량산출 자동화 등의 연구가 이루어짐
- 시공분야는 Checker를 이용한 공간 평가, 법률 검토, 간섭체크와 시뮬레이션 등의 분야에서 이루어지고 있으며 최근 시뮬레이션과 BIM Server를 통한 협업과 의사소통에 대한 연구도 이루어짐. 그리고 PMIS와의 연동과 원가 관리 및 물량 산출 자동화가 주를 이루며, 시공 시뮬레이션 등의 4D, 5D분야가 점차 활성화 됨
- BIM이 주로 설계에 초점을 두고 발전되어 왔으나, 2010년 이후 BIM기반 유지관리, BIM을 활용한 CO_2모니터링 등 유지관리에 대한 연구가 증가하고 있음
- 한국건설기술연구원에서는 BIM, GIS연계를 위한 시스템 기획연구와 지능형 친환경 교량의 BIM기술개발 기획과제를 수행하고 있으며 BIM기반 초고층 유지관리 정보모델링 지침에 대한 연구를 수행 중
- 이와 같이 타 분야의 각 생애주기 단계별에 요구기술을 파악 및 벤치마크 함으로써 철도인프라 생애주기 단계별 필요 요소기술의 빠른 발전이 가능

표 11 국내 학계 IFC 연구동향

구분	연구제목	연구자	주요연구내용
IFC-STEP 연계	건설정보 국제산업표준(IAI/IFC)의 2차원 확장모델 개발에 관한 연구	김인한 (2004)	- IFC 2x2 모델의 확장을 위한 2D elements 분석과 개발
	IFC 3차원 건축모델표준과 ISO/STEP AP202도면표준의 2차원 형상정보 연계방안	원지선 (2006)	- IFC2x2와 STEP기반의 KOSDIC 2차원 CAD표준간의 연계모델 개발 및 호환도구 개발 방안 도출
IFC 확장 모델의 개발	복합엔지니어링분야의 프로덕트모델 기반 정보공유 기술개발	김인한 (2007)	- 복합엔지니어링 분야의 3차원 2차원 정보간의 정보 표현체계 및 도구개발
	건축 설계 단계에서 설계지침정보의 공유 및 교환을위한 IFC확장모델의 개발	서종철 (2008)	- 설계지침정보의 공유/교환/관리를 위한 IFC Property Set 기반 확장모델 개발, 설계모델과 설계지침정보간의 연계모듈 개발
	IFC기반 교량/도로 데이터 모델 개발	이상호 (2010)	- IFC를 교량/도로 구조물에 적용하기 위해 물리적 요소와 공간적 요소를 새롭게 추가
IFC 활용	IFC 모델을 통한 도면으로부터의 물량산출 자동화 연구	황영삼 (2004)	- IFC기반 물량정보관련 서브셋의 도출과 단위 공간별 물량산출 방법제시
	IFC 표준모델기반 건설 도면정보의 DRM적용에 관한 기초연구	홍강한 (2005)	- ifcXML의 구조분석 및 도면의 저작권 보호를 위한 IFC기반 DRM 적용 시스템 개발
	IFC를 이용한 건축 강구조정보 표현	이재철 (2012)	- IFC를 활용하여 건축강구조의 접합상세/철근배근표현
	교량을 위한 IFC Property Set 추가 및 활용	이상호 (2012)	- IFC Property Set 추가를 통한 교량 요소 식별 및 부재별 탄소배출량 산정
IFC 호환성 테스트	IFC를 중심으로 한 상용 3D CAD의 호환성테스트	임재인 (2008)	- 상용BIM Tools(Revit /ArchiCAD)를 대상으로 하는 IFC호환성 테스트
IFC 모델 서버	IFC 검색 및 질의에 대한 연구	이강 (2011)	- 데이터베이스 특징별 IFC 데이터의 검색/비교

○ 철도인프라에 대한 BIM 적용 필요성이 증대되고 이를 해결하기 위하여 철도인프라에 BIM도입을 위한 연구가 근래에 들어서 활발히 진행되고 있음

- 강인석(2008)은 효율적인 공사정보관리를 위해 4D CAD와 철도공사 전자문서 체계인 IETM을 연동하였음
- 기존의 철도차량 전기 배선도는 Auto-CAD를 이용한 2D 기반의 설계였는데, 유무일(2012)은 설계오류를 줄이고 설계시간 단축을 위해 3D Wiring Tool(CATIA V5, EHI)을 이용한 철도차량 배선 설계를 제시하였음
- 정수영(2011)은 철도건설 사업관리의 전산시스템의 문제점을 분석하고, BIM과 유지보수단계에서 활용되는 BOM을 융합하여 BIM기반 스마트 BOM 형상관리 시스템을 제안하였음
- 이근일(2013)은 BIM 기반의 철도시설공사 4D 공정관리 표준 프레임워크

방법론을 제안하여 참여기관들이 공통적으로 활용 가능한 표준 프레임워크(안)을 제안하였음

○ 철도인프라에 대한 BIM 적용 사례로는 호남고속철도의 오송 경부고속횡단 고가 가설, 수도권 고속철도 웹기반 4D시뮬레이션 등을 통해 BIM의 효과를 확인함

- 오송고가의 경우 BIM기반 시공 시뮬레이션을 통하여, 길이 160m 강박스형 거더를 위험요인을 사전 차단하고 면밀하게 시공 완료함으로써 당초 90일 공기를 3일만에 완료함 (2012)



그림 46 호남고속철도 오송고가에 대한 BIM기반 가상시뮬레이션



그림 47 수도권 고속철도 웹기반 4D 시뮬레이션

○ 가상건설연구사업 등 기존의 연구에서는 대상물이 상이하고 전생애주기를 포괄한 연구수행 부재함. 또한 기존 연구의 WBS 및 모델과 철도분야에서 요구되는 WBS 및 모델과의 차이가 매우 크며, 활용 가능한 표준플랫폼이 없음. 따라서 유사 연구들의 개념 등을 고려할 수 있으나 활용에는 한계가 있음.

제6절. 인력 분석

1. 주요 출원인 동향

○ 주요 출원인 동향

표 12 주요 출원인 동향

분석항목 / 출원인	출원인 국적	주요 IP시장국(건수,%)				IP시장국종합*	특허출원 증가율 (최근5년)	주력기술분야
		한국 KIPO	일본 JPO	미국 USPTO	유럽 EPO			
GOOGLE	미국	0 (0%)	0 (0%)	21 (58%)	3 (8%)	미국 PCT(12건)	167%	건설공간정보 통합운영
Bentley System	미국	0 (0%)	0 (0%)	33 (100%)	0 (0%)	미국	-31%	상호운용 개방형 플랫폼
(주)그린공간정보	한국	29 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	한국	-	건설공간정보 통합운영
HITACHI	일본	1 (4%)	14 (52%)	4 (15%)	8 (30%)	일본	40%	건설공간정보 통합운영
MICROSOFT	미국	0 (0%)	0 (0%)	22 (100%)	0 (0%)	미국	280%	상호운용 개방형 플랫폼
AUTODESK	미국	0 (0%)	1 (4%)	23 (96%)	0 (0%)	미국	-75%	상호운용 개방형 플랫폼
버츄얼빌더스 주식회사	한국	24 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	한국	2200%	건설공간정보 통합운영
한국철도시설공단	한국	22 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	한국	-	infra BIM 정보모델
MATSUSHITA ELECTRIC	일본	0 (0%)	19 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	일본	-100%	infra BIM 정보모델
주식회사 두올테크	한국	18 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	한국	700%	infra BIM 정보모델, 건설프로젝트 관리
한국건설기술연구원	한국	15 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	한국	-	건설공간정보 통합운영
Honeywell International	미국	0 (0%)	4 (29%)	8 (27%)	2 (14%)	미국	-33%	건설공간정보 통합운영
인하대학교 산학협력단	한국	14 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	한국	500%	건설공간정보 통합운영
SONY CORP	일본	0 (0%)	5 (36%)	6 (43%)	3 (21%)	미국	-100%	건설공간정보 통합운영
한국전자통신연구원	한국	14 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	한국	167%	상호운용 개방형 플랫폼

* 해당 출원인의 출원수 중 주요 출원국가의 출원비중이 가장 높은 국가(대분류 대상 상위 10개 출원인)

- BIM 기반 건설공간정보 융합기술 분야의 주요출원인을 추출한 결과, 미국의 GOOGLE이 전체 다출원인 1위로 나타났으며, 그 뒤를 이어 미국의 Bentley System, 한국의 ㈜그린공간정보, 일본의 HITACHI 등이 이 분야에서 다수의 특허를 출원하고 있는 것으로 나타남. 특히, 주요출원인 중 한국 및 미국 국적의 출원인이 각각 7명 및 5명으로 나타나 BIM 기반 건설공간정보 융합기술 분야에서 한국 및 미국이 두각을 나타내는 것으로 분석됨
- 이들 주요출원인들의 주요 시장국과 최근 연구활동 및 기술력, 주력 기술분야의 파악을 위하여, 주요 시장국별 출원건수 및 최근 5년간의 특허출원 증가율을 비교분석한 결과, 주요출원인들은 전반적으로 자국에서 활발한 특허활동을 하고 있는 것으로 나타남
- 국내 주요출원인인 ㈜그린공간정보, 버츄얼빌더스 주식회사는 건설공간정보 통합운영 분야에서 연구개발을 주력하고 있고 한국철도시설공단은 infra BIM 정보모델 분야에서 연구개발에 주력하고 있는 것으로 나타났으며, 미국의 주요출원인들 중 GOOGLE과 Honeywell International은 건설공간정보 통합운영 분야에, Bentley System, MICROSOFT, AUTODESK는 협업 시스템 기술 분야에 연구개발을 주력하고 있는 것으로 나타남
- 이를 고려하여 볼 때, 협업 시스템 기술 분야에서는 미국의 주요출원인들이 국제 시장에서의 연구개발을 주도하고 있는 것으로 분석되며, 건설공간정보 통합운영 분야에서 미국의 GOOGLE, Honeywell International과 일본의 HITACHI가 국내 주요출원인과 경쟁관계에 있음을 알 수 있음
- 다출원인 1위인 GOOGLE은 주요시장국 중 자국인 미국에서 활발한 특허출원을 하고 있어 미국에서 시장경쟁력을 확보한 것으로 판단되며, 특허출원 증가율도 증가세를 나타내어 최근에도 활발한 특허활동을 하고 있는 것으로 분석됨. 또한, 12건의 PCT 출원을 통해 해외시장 개척에도 관심을 보이고 있으며, GOOGLE은 건설공간정보 통합운영 분야의 연구개발이 활발한 것으로 나타남
- 다출원인 2위인 Bentley System과 6위인 AUTODESK는 자국인 미국에서 활발한 특허출원을 하고 있으나, 특허출원 증가율이 감소세를 나타내어 최근 특허활동이 다소 미진한 것으로 분석됨
- 다출원인 7위인 버츄얼빌더스 주식회사는 자국에서 활발한 특허출원을 하고 있어 한국에서 시장경쟁력을 확보한 것으로 판단되며, 최근 5년간 특허출원 증가율이 2200%로 큰 폭의 증가세를 나타내어 한국에서 최근 활발한 특허활동을 하고 있는 것으로 분석됨
- 그리고 일본의 HITACHI, SONY와 미국의 Honeywell International이 주요시장국에서 고르게 활발한 특허출원을 하고 있어 국제적인 시장경쟁력을 갖추고 있는 것으로 분석됨
- 그 외 주요출원인에서 두각을 나타내고 있는 출원인들 중에서 한국철도시

설공단, MATSUSHITA ELECTRIC, 주식회사 두올테크가 infra BIM 정보모델 분야의 연구개발에 주력하고 있으며, 특히 주식회사 두올테크는 건설프로젝트 관리 분야에 대해서도 연구개발이 활발한 것으로 분석됨

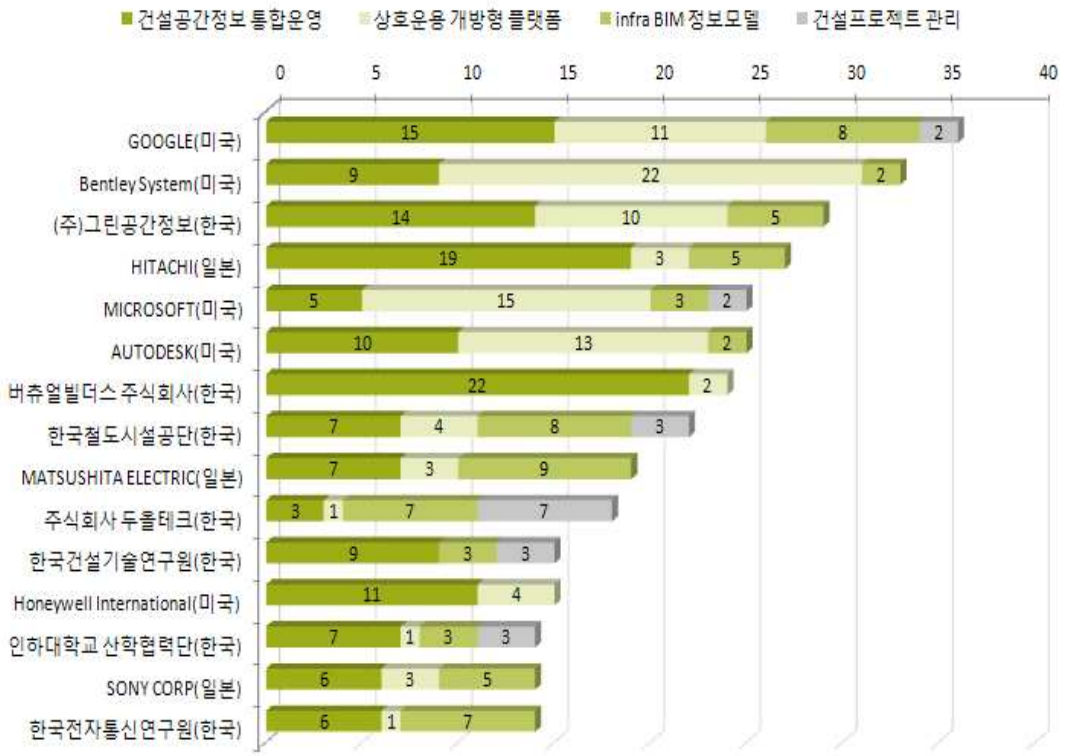


그림 48 다출원인의 기술별 특허동향

- 다출원인의 기술별 특허출원동향에서는 해당기술 분야의 특허 다출원인을 중심으로 시장의 주요 player들이 집중하고 있는 기술분야가 무엇인지 파악하고자 하며, 다출원인 혹은 주요출원인의 특허출원 동향을 파악하면 현재 기술이 흘러가는 추이를 파악하는데 도움이 됨
- 전체 기술동향을 보는 것보다 다출원인의 특허동향이 선도하는 세부기술이 무엇인지 혹은 앞으로 주도할 분야가 무엇인지 파악할 수 있게 함
- 미국의 GOOGLE, MICROSOFT, 한국의 한국철도시설공단, 주식회사 두올테크, 인하대학교 산학협력단이 BIM기반 건설공간정보 융합기술 분야의 모든 세부기술들에 대하여 특허출원을 진행하고 있는 것으로 나타남
- 미국의 Bentley System, AUTODESK, MICROSOFT는 상호운용 개방형 플랫폼분야에 특허출원이 집중되어 있으며, 한국의 버츄얼빌더스 주식회사, 일본의 HITACHI, 미국의 Honeywell Intranational은 건설공간정보 통합운영분야에 특허출원이 집중되어 있는 것으로 나타남

○ 국가별 주요 출원인

표 13 전 세계 국가별 주요 출원인

순위	한국		미국		일본		유럽	
	출원인	건수	특허권자	건수	출원인	건수	출원인	건수
1	㈜그린공간정보(한국)	29	Bentley System(미국)	33	MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD(일본)	19	HITACHI(일본)	8
2	버츄얼빌더스 주식회사(한국)	24	AUTODESK(미국)	23	HITACHI(일본)	14	Thomson Licensing(미국)	6
3	한국철도시설공단 (한국)	22	MICROSOFT(미국)	22	MITSUBISHI ELECTRIC(일본)	13	MGI Software Corp.(캐나다)	4
4	주식회사 두올테크(한국)	18	GOOGLE(미국)	21	HITACHI BUILDING SYSTEMS(일본)	11	Dolby International AB(네덜란드)	4
5	한국건설기술연구원 (한국)	15	Xactware, Inc.(미국)	10	MITSUBISHI ELECTRIC BUILDING TECHNO SERVICE(일본)	10	Navteq North America, LLC(미국)	4
6	한국전자통신연구원 (한국)	14	SourceProse Corporation(미국)	10	SUMITOMO FORESTRY CO LTD(일본)	9	GOOGLE(미국)	3
7	인하대학교 산학협력단(한국)	14	Harris Corporation(미국)	10	TOSHIBA(일본)	7	SONY CORP(일본)	3
8	연세대학교 산학협력단(한국)	12	Schlumberger Technology Corp.(프랑스)	9	NTT POWER & BUILDING FACILITIES INC(일본)	6		
9	㈜태일아이엔지 (한국)	12	Boundary Solutions, Inc.(미국)	9				
10	(주)선운 이앤지 (한국)	11						

* 분석구간: 한국, 일본, 미국, 유럽- ~2012년(출원년도)

- 각 국가별 주요 출원인 Top10을 살펴보면, 한국은 ㈜그린공간정보가 29건, 미국은 Bentley system이 33건, 일본은 MATSUSHITA ELECTRIC이 19건, 유럽은 HITACHI가 6건으로 각각 1위에 랭크되었음
- 한국과 일본특허에서의 Top10은 모두 자국 출원인이 주요 출원인으로 선정되었고, 미국도 대부분이 자국 출원인으로 이루어져 있어, BIM/GIS기반 건설공간정보 융합기술 분야에서는 전반적으로 자국에서 활발한 특허활동을 하고 있는 것으로 분석됨

○ 주요기업의 역점분야 및 공백기술

- 한국특허의 기업별 역점분야 및 공백기술
  - 한국에서 주요 기업들은 상위 7개 출원인 모두가 건설공간정보 통합운영 분야에 출원하고 있으며, 상호운용 개방형 플랫폼 분야 및 infra BIM 정보모델 분야에서는 6개 출원인이 출원하고 있음. 1위 출원인인 (주)그린공간정보의 경우 건설프로젝트 관리 분야를 제외한 나머지 3개 분야에 출원하였으며, 2위 출원인 버츄얼빌더스의 경우 건설공간정보 통합운영 분야에서 독보적인 출원건수를 나타내었음. 건설프로젝트 관리 분야의 경우 주요출원인 중 4개의 출원인만이 출원하고 있어 상대적으로 공백기술로 판단됨

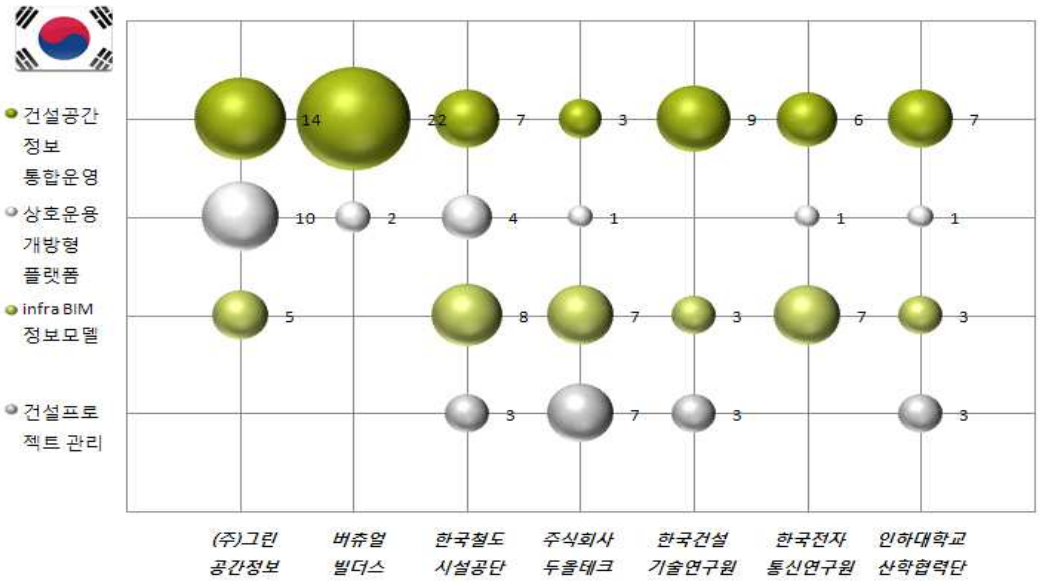


그림 49 한국특허의 기업별 역점분야 및 공백기술

- 미국특허의 기업별 역점분야 및 공백기술
  - 미국특허의 주요출원인들의 출원경향을 살펴보면, 상위 7개 출원인 모두가 상호운용 개방형 플랫폼 분야에 출원하고 있으며, 건설공간 정보 통합운영 분야에서도 6개 출원인이 출원하고 있음. 각 주요출원인별 역점분야는 Bentley System, AUTODESK, MICROSOFT 등은 상호운용 개방형 플랫폼 분야이고, GOOGLE은 건설공간정보 통합운영 분야인 것을 나타남

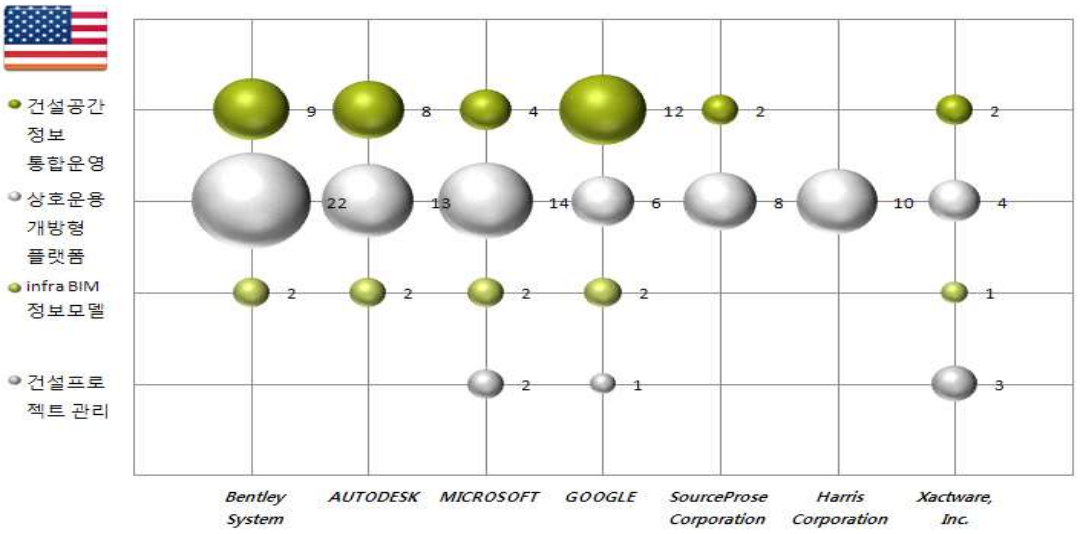


그림 50 미국특허의 기업별 역점분야 및 공백기술

  - 상위출원인 Bentley System, AUTODESK의 경우 상호운용 개방형 플랫폼 분야에서 각각 22건, 13건의 출원을 하였으나, 건설프로젝트 관리 분야에서는 특허출원건이 전무함. MICROSOFT와 GOOGLE의 경우 전 분야에 걸쳐 특허출원을 하였음
  - 주요 출원인들의 특허출원이 건설프로젝트 관리 분야에서 가장 적게 나타나, 건설프로젝트 관리 분야가 미국특허에서의 공백기술로 판단됨
- 일본특허의 기업별 역점분야 및 공백기술
  - 일본특허에서의 주요출원인들은 건설공간정보 통합운영 분야에서 특허출원에 주력하고 있는 것으로 나타났으며, 상호운용 개방형 플랫폼 분야와 건설프로젝트 관리 분야에서 특허출원 건수가 적어 공백기술로 판단됨
  - 가장 많은 출원을 한 MATSUSHITA ELECTRIC의 경우 infra BIM 정보모델 분야에서 9건의 특허출원을 하였으며, HITACHI, MITSUBISHI ELECTRIC 등은 대부분의 출원건이 건설공간정보 통합운영 분야에서 이루어지고 있는 것으로 나타남

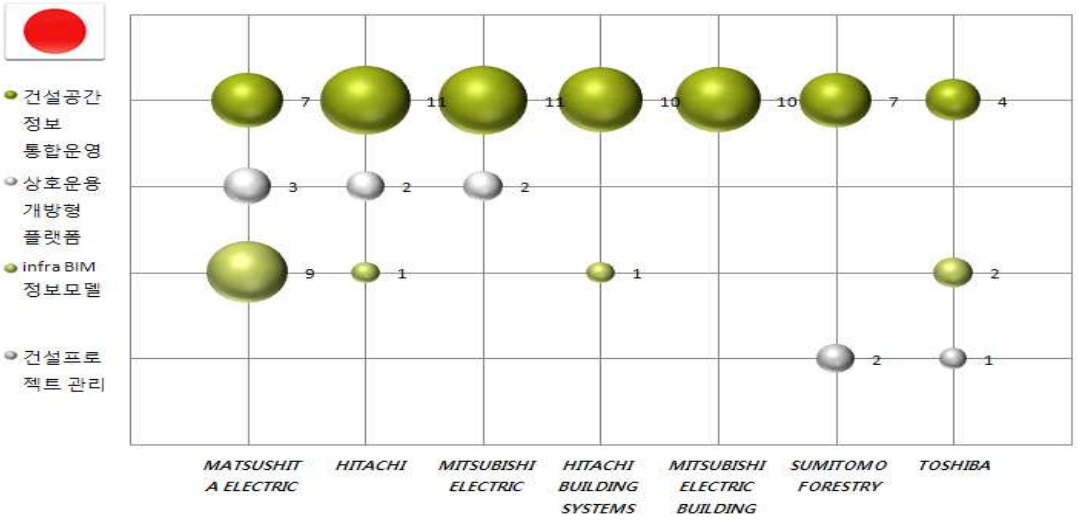


그림 51 일본특허의 기업별 역점분야 및 공백기술

- 유럽특허의 기업별 역점분야 및 공백기술
  - 유럽특허는 건설공간정보 통합운영 분야에서 주요 출원인들의 특허출원이 많은 것으로 나타났고, 협업 시스템과 관련된 상호운용 개방형 플랫폼 분야와 infra BIM 정보모델 분야에서도 유사한 건수의 특허출원이 이루어지고 있음. 건설프로젝트 관리 분야에서는 Thomson Licensing과 GOOGLE만이 각각 1건씩의 출원을 하고 있어 유럽특허에서의 공백기술인 것으로 판단됨

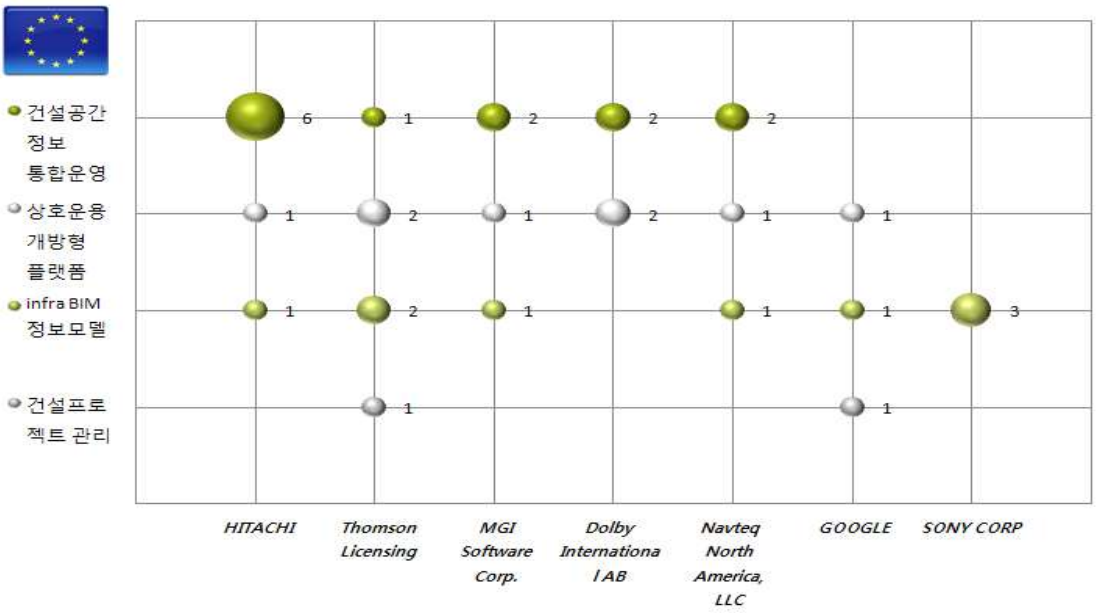


그림 52 유럽특허의 기업별 역점분야 및 공백기술

제3장. 기술개발 전략 수립

제1절. R&D 필요성

1. Issue

- ○ 정책 및 관리기술 요구 증대
- ○ 선진국 선도 및 시장 선점 대응 요구 증대
- ○ 고신뢰성 정보서비스 요구증대
- ○ 전생애주기 철도분야 통합관리체계 부재

2. R&D 필요성

- ○ 이용자들의 편의성, 안전성 증대되는 BIM 연구
- ○ 해외 발주자 BIM요구조건 벤치마킹을 통한 필요기술 파악 필요
- ○ 철도인프라 유지관리 매뉴얼 표준 필요
- ○ 기존에 비해 더 유연한 모델링기술 필요
- ○ 정부정책 제도변화 및 지원기술 필요
- ○ 업계 사용 가능한 자동프로그램 개발 필요
- ○ 기존 Tool에 비해 차별화, 상향된 프로그램 필요
- ○ 세부적으로 독립된 정책분야 구성 필요
- ○ 철도분야 전생애주기 통합관리체계 필요
- ○ 자산관리 정보운영 기술 필요
- ○ 시공 및 사업비관리 최적 의사결정기술 필요
- ○ 안전관리 시각적 분석기술 필요
- ○ 협업관리 및 원격관리 기술 필요
- ○ 품질검증 기술 필요
- ○ 표준 데이터 모델 기술 필요
- ○ 환경 및 경제성 통합평가관리 기술 필요
- ○ 친환경 관리 기술 필요
- ○ 응급복구 지원 기술 필요
- ○ 유용자원 회수 및 폐기물 처리 기술 필요
- ○ 철도인프라 관리 및 실시간 모니터링 기술 필요
- ○ 통합 센싱 기술 필요

제2절. 과제 기획

1. 참여 연구진
   - ○ 비전 설정
   - ○ 시나리오 설정
   - ○ 중점추진분야설정, 후보과제 도출
   - ○ 우선순위 도출기반
   - ○ 기술로드맵 도출

2. 세미나 및 워크숍
   - ○ 각 분야 요구조건 수집
   - ○ 기술예측조사

3. 기획자문위원회
   - ○ 비전 검토
   - ○ 시나리오 검토
   - ○ 중점추진분야 검토
   - ○ 후보과제 검토
   - ○ 우선순위 확정
   - ○ 기술로드맵 회의 참여

연구진	• 비전 설정 • 시나리오 설정	• 중점추진분야설정, 후보과제 도출 • 우선순위 도출기반	• 기술로드맵 도출
기획자문 위원회	• 비전 검토 • 시나리오 검토	• 중점추진분야 검토 • 후보과제 검토 • 우선순위 확정	• 기술로드맵 회의 참여

그림 53 유럽특허의 기업별 역점분야 및 공백기술

제3절. 기술수요조사 실시

○ 후보과제와 연구재용 도출을 위한 기술 수요조사 실시

- 기술수요조사 응답률은 약 31.11%비교적 성공적이었으며, 수행 개요는 다음의 표와 같음.

표 14 기술수요조사의 개요

구 분	내 용
조사기간	2013.7.4~2013.7.10
조사대상	한국철도기술연구원, 한국건설기술연구원, 한국철도학회, 대한토목학회, 한국BIM학회
응답자수	28부(31.11%)
조사방법	이메일을 통한 설문조사
조사항목	제안기술의 개요 및 연구개발목표, 연구개발필요성, 기대효과, 연구기간 및 연구비, 제안기술의 위치 및 기술개발단계

- 국내 공공분야나 민간분야 시장에서 필요로 하는 철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 관련 수요기술을 발굴하고, 세부기술과제 수준으로 도출하는 것을 목적으로 함.

○ 조사지

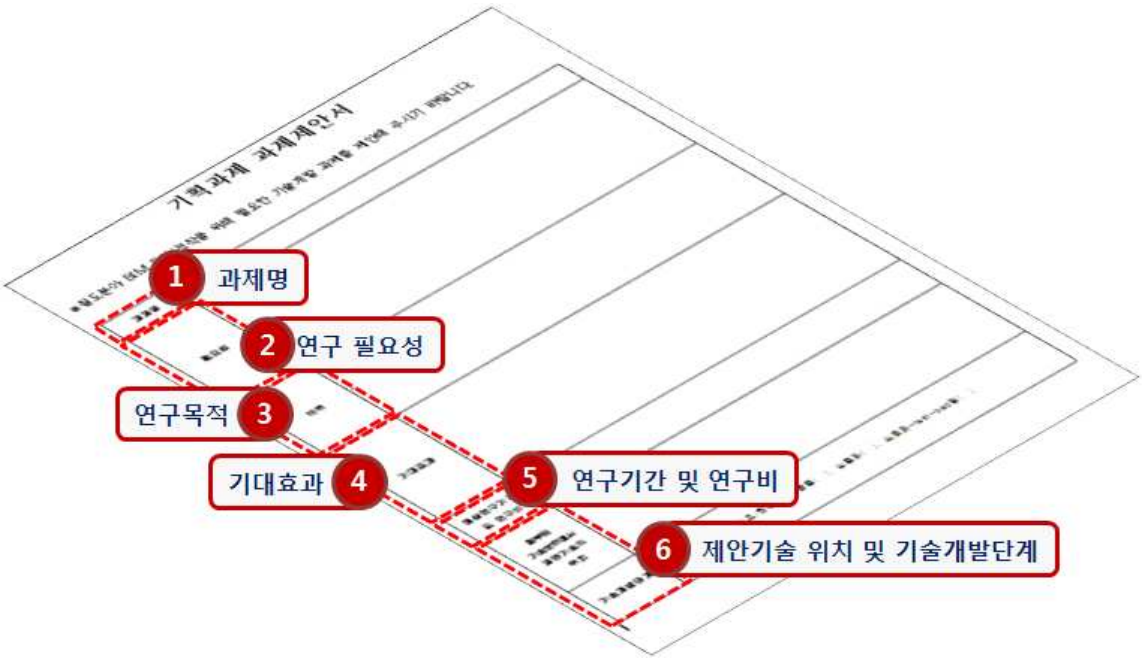


그림 54 기획과제 과제제안서

제4절. 세미나, 워크숍 및 기획자문위원회 개최

1. 세미나 및 워크숍
   - ○ 개최일시: 2013년 6월 27일(금) ~ 2013년 6월 28일(금)
   - ○ 장소: 우송대 외 1개소
   - ○ 참석자
     - 강태구(한국철도공사 선로관리처장)외 40명
   - ○ 과제수요 조사 실시, 요구사항 조사

2. 1차 기획자문위원회
   - ○ 개최일시: 2013년 7월 2일(화)
   - ○ 장소: 용산역 ITX3 회의실
   - ○ 참석자
     - 강보순 (배재대학교 건설환경·철도공학과 교수)
     - 구본상 (서울과학기술대학교 건설시스템디자인공학과 교수)
     - 구상욱 (배재대학교 아펜젤러국제학부 교수)
     - 이광명 (성균관대학교 사회환경시스템공학과 교수)
     - 고영환 (서울메트로 신사업추진단장)
     - 김광모 (한국철도공사 연구원 기술연구처장)
     - 손병두 (한국철도시설공단 기획혁신본부 설계기준처 부장)
     - 최원일 (한국철도시설공단 녹색철도연구원 기술연구소 부장)
     - 조찬원 (빌딩스마트협회 소장)
     - 이택희 (대림산업 상무)
     - 이송헌 (쌍용건설 부장)
     - 김성훈 (태성에스엔아이 사장)
     - 지상복 (지오엔티 대표이사)
     - 황규환 (한길아이티 사장)
   - ○ 기술수요 조사 실시, 후보과제 도출



그림 55 기획자문회의 (13. 7. 2)

3. 2차 기획자문위원회

○ 개최일시: 2013년 7월 24일(화)

○ 장소: 용산역 ITX3 회의실

○ 참석자

- 구본상 (서울과학기술대학교 건설시스템디자인공학과 교수)
- 구상욱 (배재대학교 아펜젤러국제학부 교수)
- 노병철 (상지대학교 교수)
- 심창수 (중앙대학교 교수)
- 이광명 (성균관대학교 사회환경시스템공학과 교수)
- 홍순흠 (한국철도기술연구원)
- 권상오 (서울메트로 차장)
- 권순정 (한국철도공사 차장)
- 최원일 (한국철도시설공단 녹색철도연구원 기술연구소 부장)
- 조찬원 (빌딩스마트협회 소장)
- 김한도 (대림산업 기술개발원 기술기획팀 과장)
- 오동호 (대림산업 부장)
- 이송헌 (쌍용건설 토목기술팀 부장)
- 임철수 (선구엔지니어링 전무)
- 김성훈 (태성에스엔아이 사장)
- 지상복 (지오엔티 대표이사)
- 황규환 (한길아이티 사장)

○ 비전 및 최종목표 수립, 요구사항 조사, 후보과제 도출



그림 56 기획 자문회의 (13. 7. 24)

제5절. SWOT 분석

	강점(S)	약점(W)
내부환경	• 철도인프라 유지관리 및 ICT 역량이 뛰어난 전문인력 보유 • 타 분야와 다르게 단일의 발주기관으로 인한 요구사항 반영 우수 • 유관기관과 유기적 유대관계 형성	• 정부부처 전문인력 및 관련제도 운영경험 미흡 • 실용화를 포함한 과제관련 표준, 기준 등 관련제도 미흡 • 세계 시장 마케팅 능력 미흡 • 선진국대비 투자 미비 • 요소기술 대비 통합 시스템 기술 미흡 • 요소기술의 모델 및 모델링 기술, 환경적 분석기술, 관련 원천기술 미흡 • 학제간 연구와 시너지 미흡
	기회(O)	**위협(T)**
외부환경	• 첨단 기술을 통한 비용 및 공기 절감과 신뢰성 확보로 국가정책전환 및 국민 공감대 형성 • 철도분야에 BIM 도입으로 인한 생애주기 분야 의무화로 시장 확대 • 인프라의 전 생애주기 관리 기준강화로 인한 산업 시장 성장 예상 • 철도 인프라에 속한 다수의 세부분야의 R&D 투자 확대 • 철도시설 노후화에 따른 사회안전 및 재해저감 요구 증가	• 선진국의 시장 및 기술 종속 위험 높음 • 관련 산업성장 미흡 • 단기적 연구추진에 의한 국가차원의 종합적 연구결과 도출 곤란 • 국제프로젝트 요구사항으로 BIM요구 대폭 증대하고 있으나 대응 미비 • 국내 철도분야 적합 통합시스템 및 적용사례 부재

그림 57 SWOT 분석

SWOT 매트릭스		외부환경	
		기회(O)	**위협(T)**
내부환경	**강점 (S)**	SO : 집중화 • 국내 시설물 유지관리, ICT 기반 프레임웍, 모델 및 모델링 등 기반기술 전문가 Pool 구성 및 협업체계 구축 • 기존 보유 기술 활용 전략 수립을 통한 조속한 기술개발 결과물 산출	ST : 다각화 • 차량, 기지, 역사를 제외한 궤도, 토목, 전력, 신호, 통신 등의 범위에서 차별화된 한국형 Railway-BIM 관리체계 구축 • BIM 관련 타 선진분야 체계의 Benchmarking을 통한 확보필요기술 선정
	약점 (W)	WO : 선회지향적 • 산학연 공동연구 추진체계 구성 및 역할모델 수립 • 표준 및 기준기술, 전생애주기 관리 효율화, 실용화 모델 등의 수립을 위한 정책연구 병행 추진 • 시스템 기술을 포함한 공백기술개발 주력	WT : 방어 • 중장기 기술개발 계획 수립을 통한 안정적 연구개발예산 확보

그림 58 SWOT 매트릭스

제6절. 후보과제 도출

1. 25개 후보과제 도출

표 15 도출 후보과제

철도인프라의 BIM기반 생애주기 운영체계 기술(Ⅰ)	1	01. 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 개발(Ⅰ-1)
	2	02. BIM기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 개발(Ⅰ-2)
	3	03. 철도인프라 BIM 실무 수행 프로세스 및 Railway-PLM 구축기술 개발(Ⅰ-3)
	4	04. 철도인프라 BIM기반 운영 유지관리 기술 개발(Ⅰ-4)
	5	05. 철도인프라 환경 및 경제성 분석기술 개발(Ⅰ-5)
철도인프라 정보모델 기술(Ⅱ)	6	01. 철도인프라를 위한 IFC확장 기술 개발(Ⅱ-1)
	7	02. 철도인프라별 표준 데이터 모델 및 모델링 기술 개발(Ⅱ-2)
	8	03. 철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발(Ⅱ-3)
	9	04. 철도 시설물 객체별BIM 라이브러리 개발(Ⅱ-4)
철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술(Ⅲ)	10	01. 능동형BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 기술개발(Ⅲ-1)
	11	02. ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임웍 기술 개발(Ⅲ-2)
	12	03. BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 개발(Ⅲ-3)
BIM기반 철도인프라 자산관리 시스템 개발(Ⅳ)	13	01. 철도인프라 자산관리 프로세스 개발(Ⅳ-1)
	14	02. 철도인프라 자산관리 지침서 및 가이드라인 개발((Ⅳ-2)
	15	03. 철도자산관리 BIM모듈(이력정보, Risk Management, 유지관리 비용예측 등)간 연계기술(Ⅳ-3)
	16	04. 철도 인프라 자산관리 최적 의사결정 지원시스템 개발(Ⅳ-4)
BIM기반 철도인프라 안전 및 재난관리 시스템 개발(Ⅴ)	17	01. 철도인프라 통합안전관리를 위한 BIM지원기술(Ⅴ-1)
	18	02. BIM 기반 철도 인프라 안전도 확보 기술(Ⅴ-2)
	19	03. 3차원 피해정보 처리를 위한 BIM 형상화 기술(Ⅴ-3)
	20	04. BIM 기반 철도인프라 피해규모 산정 및 표준화 기술(Ⅴ-4)
	21	05. 재해 발생시 철도 인프라의 응급복구를 위한 BIM 기반 복구지원 기술(Ⅴ-5)
	22	06. BIM기반 철도인프라 안전관리 운영체계 기술개발(Ⅴ-6)
BIM기반 철도인프라 폐기 및 재활용 관리 시스템 개발(Ⅵ)	23	01. 철도인프라의 친환경 해체 기반 유용자원 회수 기술(Ⅵ-1)
	24	02. 철도인프라의 재활용 기술 및 자원순환기술(Ⅵ-2)
	25	03. 철도인프라 친환경 설계 및 환경성 인증기술(Ⅵ-3)

2. 후보과제 별 주요 연구내용

○ 철도인프라의 BIM기반 생애주기 운영체계 기술 개발

- 철도인프라 생애주기 통합운영시스템 개발
  - 철도인프라 계획/설계/운영/유지관리 정보연계, 분석
  - 철도인프라 관련 생애주기 규격/성능기준/품질유지 관리
- BIM기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 개발
  - 발주방식에 따른 최적 수행요건/수행조직/역할 정의 분석
  - BIM기반 철도사업의 발ㅈ평가 및 관리 기술
  - BIM기반 철도사업의 정착을 위한 정책적 제도 지원기술
  - 실무자 교육 및 수행지침 및 지원기술
- 철도인프라 BIM실무 수행 프로세스 및 Railway-PLM 구축기술 개발
  - 철도 BIM 수행 프로세스 체계 개발
  - 철도 BIM 전생애주기 차원 프로세스 R-PLM 협업 시스템 개발
  - BIM 기반 산출물 관리 및 연계 기술 개발 연구
  - 철도 프로젝트 산출물 형상관리 기술 개발
  - BIM 모델 확인 및 검토 기술 개발
  - BIM 모델 관리 기술 개발
  - BIM 실무 수행 프로세스 성숙도 모델 및 관리 기술 개발
  - 관련 기술 활용 및 교육 지원 체계 개발
- 철도인프라 BIM기반 운영 유지관리 기술 개발
  - 철도인프라의 공용수명 증대를 위해 해체 및 복구 대상 부재들을 BIM환경에서 표준화된 프로세스 및 정보체계로 운용되도록 하는 최적 의사결정 기술 개발
  - Reverse 4D Simulation/ 최적 폐기 프로세스/ 복구 시뮬레이션/ 자산관리 시스템 연동 기술
- 철도인프라 환경 및 경제성 분석기술 개발
  - BIM기반 철도인프라의 탄소배출이력 산정기술 개발
  - BIM기반 철도인프라의 생애주기 친환경성·경제성 통합 평가지표 개발
  - BIM기반 철도인프라의 생애주기 친환경성·경제성 진단 및 평가기술 개발
  - BIM기반 철도인프라의 유용자원 회수방법 및 폐기물처리 체계 구축
  - BIM기반 철도인프라의 생애주기 친환경성 인증체계 기반구축
  - BIM기반 철도인프라의 생애주기 환경성·경제성·에너지효율성 DB구축
  - BIM기반 철도인프라의 탄소배출이력 산정 모니터링 체계 구축
  - BIM기반 철도인프라의 생애주기 환경성·경제성 통합평가관리시스템구축
  - 정거장 배선의 단계별 건설시 각 단계의 기간 및 대상 선정을 최적화하여 발생하는 비용을 최소화
  - 정거장 배선의 단계별 건설시 불가피하게 발생하는 열차서비스의 차단 및 지장에 대한 기회비용 산정
  - VE-LCC 분석방법에 따른 단계별 건설의 추가 발생 비용의 정량적 산정방법 개발

○ 철도인프라 정보모델 기술 개발

- 철도인프라를 위한 IFC확장 기술 개발
  - 철도 프로젝트 정보표현을 위한 표준기술
  - 철도인프라 공정 및 공종을 위한 표준기술
  - 철도인프라 IFC기반 표준 확장 기술
  - 철도인프라 XML기반 표준 확장 기술
  - 철도 Earthwork 및 철도 노선 관련 표준 데이터 모델
  - 철도 교량 표준 데이터 모델
  - 철도 급전 설비 데이터 모델
  - 철도 궤도 표준 데이터 모델
  - 철도 터널 표준 데이터 모델
  - 철도 노반 및 궤도 표준 데이터 모델
  - 철도 전기시설, 통신시설, 제어시설 데이터 모델
- 철도인프라별 표준 데이터 모델 및 모델링 기술 개발
  - 철도 형상 및 객체기반 정보 생성 및 관리 기술
  - 철도시설별 생애주기를 고려한 정보모델링 매뉴얼개발
  - GIS기반 철도 Earthwork 및 철도 노선 관련 파라메트릭 모델링 기술
  - 철도시설물 모델 데이터의 객체별 인식기술
- 철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발
  - 철도BIM기반 데이터모델-구조해석 연계기술
  - 철도BIM기반 데이터모델-이력정보 연계기술
  - 철도BIM기반 데이터모델-계측/모니터링 연계기술
  - 철도BIM기반 데이터모델-문서정보 연계기술
  - 철도BIM기반 데이터모델-전산, 견적 연계기술
  - 철도인프라와 친환경기술과의 연계기술
- 철도 시설물 객체별 BIM 라이브러리 개발
  - 철도 Earthwork 및 철도 노선 관련 라이브러리
  - 철도 교량 라이브러리
  - 철도 터널 라이브러리
  - 철도 노반 및 궤도 라이브러리
  - 철도 전기시설, 통신시설, 제어시설 라이브러리

○ 철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술 개발

- 능동형 BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 기술 개발
  - 발주기관 사업관리 목적의 특화된 표준적 BIM 공정운영 플랫폼을 구축
  - 능동형 nD CAD 사업관리 운영체계 플랫폼 구축
- ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임웍 기술 개발
  - BIM기반 시각화 원천기술을 개발, 전 생애주기 동안 BIM기반 통합정보

재활용플랫폼 구축
- 철도사업의 특성에 맞는 시각적 시설관리 정보 체계 구축
- BIM기반의 시각적인 사업관리 정보를 통한 협업, 최적대안 도출 플랫폼 구축

• BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 개발
- 생애주기동안 2D/3D 도면에 대한 도면 적합성 검증체계를 구축, 준공품 품질검증 시스템 개발
- BIM정보 포함 가상현실과 증강현실기술이 도입된 시스템 구축

○ BIM기반 철도인프라 자산관리 시스템 개발
• 철도인프라 자산관리 프로세스 개발
- 철도시설 서비스수준의 설정 및 측정
- 철도시설 상태평가 및 성과모니터링
- 철도시설 자산관리 구축을 위한 업무체계 정립
- 철도시설 자산관리 구축을 위한 분류체계 정립
• 철도인프라 자산관리 지침서 및 가이드라인 개발
- 국내외 철도시설 자산관리 지침서 및 가이드라인 조사분석
- 철도시설 자산관리 매뉴얼 및 운영지침 개발
• 철도자산관리 BIM모듈(이력정보, Risk Management, 유지관리, 비용예측 등)간 연계기술
- 철도시설 자산 이력정보 및 정보관리 체계 구축
- 철도시설 자산 위험관리(리스크 평가, 리스트 통제) 기술 개발
- 철도시설 자산 비용예측 기술
• 철도인프라 자산관리 최적 의사결정 지원시스템 개발
- 철도시설 자산관리의 우선순위화 기술
- 철도시설 자산관리의 비용 및 편익 평가 및 분석 기술
- 철도시설 다중기준분석 기술
- 철도시설 최적의사결정 예측모델링 기술

○ BIM기반 철도인프라 안전 및 재난관리 시스템 개발
• 철도인프라 통합안전관리를 위한 BIM지원 기술
- BIM기반 철도인프라 예방/대응/복구 체계 개발
- BIM 기반 철도인프라 붕괴예측 기술 개발
- 통합안전관리 자동화 기술
- 실시간 통합 안전 모니터링 시스템 개발
• BIM기반 철도인프라 안전도 확보 기술
- BIM 기반 철도인프라의 구조역학적 파괴 안전도 평가
- 계측데이터 기반의 철도인프라 안전도 평가 기술 개발

- 철도 인프라 안전도 표출 시스템 개발
- BIM 기반 통합 센싱 기술 개발

• 3차원 피해정보 처리를 위한 BIM 형상화 기술
- 철도인프라 피해분석을 위한 BIM 형상 분류 체계 표준화
- BIM 형상 관리 시스템 개발
- BIM 형상 다기관 연계 플랫폼 개발
- 3차원 피해정보 표출 시스템 개발

• BIM기반 철도인프라 피해규모 산정 및 표준화 기술
- BIM 기반 실시간 피해 규모 산정 기술 개발
- 피해규모 표준화 기술 개발
- 피해 현황 기반 피해확산 예측 모델 개발
- BIM 기반 피해 분석 시스템 개발

• 재해 발생시 철도인프라의 응급복구를 위한 BIM기반 복구지원 기술
- 복구자원 정보 분류 및 관리 기술 개발
- 철도 인프라 응급복구 우선순위 산정 기술 개발
- BIM 기반 피해 응급복구 시나리오 구축
- BIM 기반 철도 인프라 응급 복구 기술 개발

• BIM기반 철도인프라 안전관리 운영체계 기술 개발
- BIM 기반 안전관리 운영 체계 개발
- 철도인프라 안전관리 가이드라인 제시
- BIM 기반 철도인프라 비상대응 체계 제시
- IT기반의 대국민 경보 발령 및 정보확산 기술 개발

○ BIM기반 철도인프라 폐기 및 재활용 관리 시스템 개발

• 철도인프라의 친환경 해체 기반 유용자원 회수 기술
- 친환경 해체용이 도구 개발
- 유용자원 환경분석 DB구축
- 유용자원 회수공정 기술
- 친환경처리 및 해체시스템 구축

• 철도인프라의 재활용 기술 및 자원순환기술
- 재활용 물질 별 환경유해성 평가 기술
- 재제조 및 재활용 기술
- 재활용 가이드라인
- 주요재의 자원순환시스템 구축

• 철도인프라 친환경 설계 및 환경성 인증기술
- 철도인프라 탄소 인증 기술
- 환경성 인증 기반 구축
- 친환경 설계 가이드라인 구축
- 친환경 구매 및 관리(SCP)시스템 구축

제4장. 비전, 목표 및 우선순위 도출

제1절. 비전 및 목표 수립

1. 비전

○ 철도산업 경쟁력 강화 및 부가가치 창출로 창조경제 기여

2. 최종목표

○ BIM기반 철도인프라 생애주기관리를 위한 표준기술 개발 및 운영체계 구축

- 정부 : 철도인프라 BIM기술 생태계 구성을 위한 관련 정책, 기반 구축 (BIM기반 발주 및 검증, 평가, 운영, 유지보수 등)
- 민간 : 구성된 생태계 활성화를 통한 활용 및 관련 라이브러리 확산 적용 (BIM기반 설계/시공, 추가 모델생성 등)

3. 세부목표

○ 생애주기 운영체계 기술 개발
○ 정보모델 기술 개발
○ 사업관리 표준플랫폼 기술 개발
○ 자산관리 시스템 개발
○ 안전 및 재난 관리 시스템 개발
○ 폐기 및 재활용 관리 시스템 개발



그림 59 비전 및 목표 도출

제2절. 중점추진분야 설정

1. 중점추진분야 설정

○ 중점추진분야 선정 기준

- 목표 달성 및 이슈트리를 통해 도출된 R&D Needs를 해결하기 위해 중점적으로 개발되어야 하는 기술분야를 중점추진분야로 선정

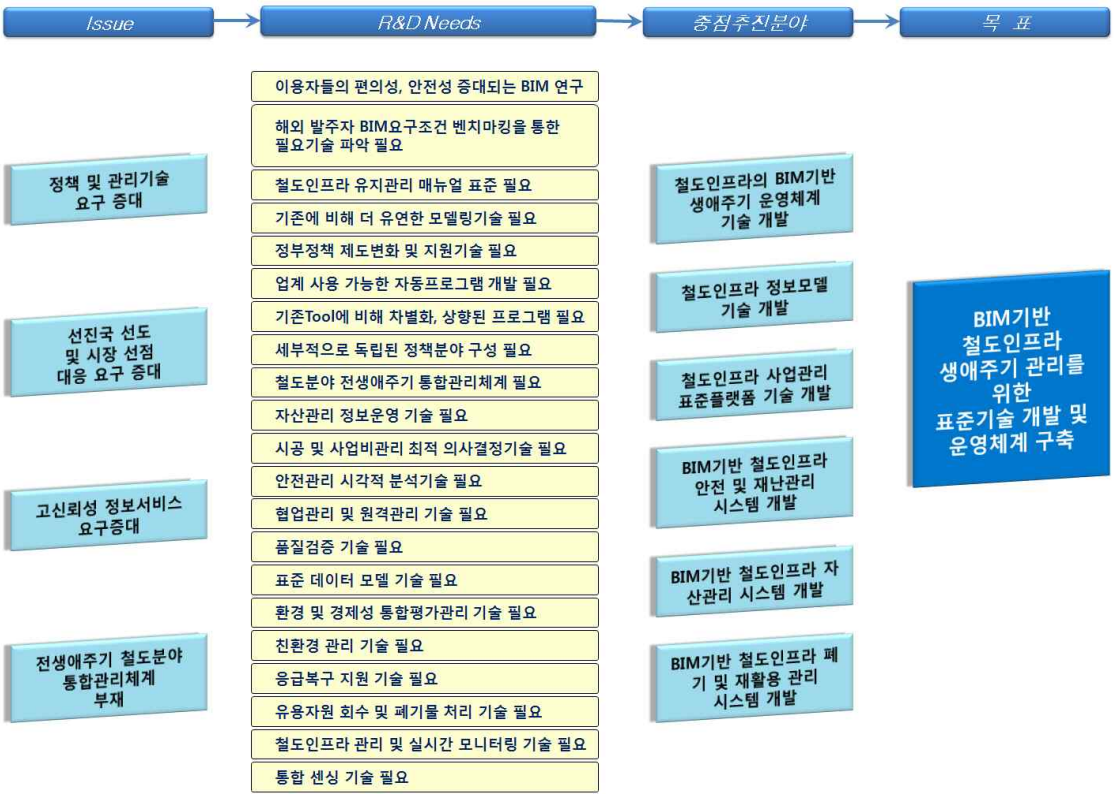


그림 60 중점추진분야 선정

2. 중점추진분야 1

○ 철도인프라의 BIM기반 생애주기 운영체계 기술 개발

표 16 철도인프라의 BIM기반 생애주기 운영체계 기술 개발

배경	• 건설정보모델링(BIM, Building Information Modeling) 기반의 계획·설계, 시공, 운영·유지관리 등 프로세스 지원을 위한 효율적인 프로세스 지원 기술 철도 PLM(R-PLM, Railway Product Lifecycle Management) 구축 필요 • 건설정보모델링 기반 수행 프로세스를 효과적으로 지원하는 철도 PLM 기술을 확보하여 향후 예상되는 고속철도 해외수주 경쟁에 선도적 기술력으로 대응 필요 • 기존의 차량기계중심 철도분야 연구와 함께, 철도 프로젝트의 첨단기술기반 체계적인 프로세스 관리 기술을 동반하여 해외 철도시장에서 차별화된 수주경쟁력을 갖출 필요가 있음 • 현재 BIM 기반 자동물량 산출과 조달청 공사코드체계를 바탕으로 LCCO2 배출량 평가중 자재생산단계에서의 전생애주기 환경성 선능을 기반으로 탄소배출량 및 에너지지 사용량 평가 시도 • 철도시설물의 친환경성 인증정보화 및 에너지 소비 해석을 위한 지식정보 DB화 필요 • 한국철도시설공단에서는 정거장 배선관련 기존의 철도 설계지침 및 편람(KRC - 13020)을 개정하여, 기존에 30년간 최대 수요에 상응하는 선로배선을 일괄 건설하는 방법에서 단계적으로 건설하는 방법으로 전환을 추진하고 있음 • 이와 같이 장래 정거장 배선을 단계적으로 개통하는 경우 각 단계의 기간 및 대상을 최적으로 설정하는 방법론과 VE-LCC 분석을 통한 발생 비용의 예측 방법론 개발이 필요.
주요 내용	• 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 개발 • BIM기반 철도인프라 발주실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계개발 • 철도인프라 BIM 실무 수행 프로세스 및 Railway-PLM구축 기술개발 • 철도인프라 BIM기반 운영유지관리 기술 개발 • 철도인프라 환경 및 경제성 분석기술 개발
예상 소요 예산	• 150억 / 3년

3. 중점추진분야 2

○ 철도인프라 정보모델 기술 개발

표 17 철도인프라 정보모델 기술 개발

배경	• 전 세계적으로 공공분야에서 건설정보의 상호연계 및 호환을 위하여 일정형식의 표준포맷으로 결과물 제출을 의무화 및 추진중에 있음 • 일정형식의 표준 포맷으로는 철도시설물의 구조적/의미적 특징, 형상 및 속성 등의 일부 표현이 가능하나, 향후 신기술개발에 따른 표현 및 전 생애주기 동안 복잡한 정보를 표현 및 관리하기 위해서는 선행적이며 중기적 측면의 연구개발이 필요함 • 이에, 철도시설물 관련 신기술의 개발로 통한 구조물의 형상/특성을 반영하고 건설 전 생애주기단계를 표현하기 위해서는 IFC확장기술 개발을 통해 상호운용성 확보가 필요함 • 전 세계적으로 공공분야에서 건설정보의 상호연계 및 호환을 위하여 일정형식의 표준포맷으로 결과물 제출을 의무화 및 추진중에 있음 • 미국 연방조달청(GSA), National Coast Guard 등 정부기관에서 IFC(Industry Foundation Classes) 기반의 BIM 모델을 이미 표준 납품표준으로 채택하였거나 채택 계획을 가지고 있음. • 핀란드, 덴마크, 중국 등에서는 공공분야에 IFC 포맷으로의 결과물 제출을 의무화하고 있음. • 싱가포르에서는 CORENET 프로젝트 등을 통해 IFC기반의 모델을 건설분야 국가표준으로 지정하여 실무 적용 실시. • 그러나, IFC 등 표준화된 데이터모델은 철도인프라별 선형적 특성, 공간/물리적 요소를 반영하지 못하는 등 기술적인 한계로 인해 철도 구조물 정보공유 및 교환의 상호운용성 확보에 많은 어려움 있음 • 이에, 철도의 구성요소(철도교량, 터널, 노반, 궤도, 전기/통신 등)에 대한 표준화된 데이터모델 및 모델링 기술개발이 필요함
주요 내용	• 철도인프라를 위한 IFC확장 기술개발 • 철도인프라별 표준 데이터 모델 및 모델링 기술 개발 • 철도인프라 BIM정보 재활용 기술 개발 • 철도 시설물 객체별 BIM라이브러리 개발
예상 소요 예산	• 100억 / 3년

4. 중점추진분야 3

○ 철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술 개발

표 18 철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술 개발

배경	• 철도시설 발주사업관리에 특화된 4D공정관리체계를 표준 프레임워크 개념으로 구축하여, 발주기관에서 참여기관에 표준적 4D공정운영체계로 제공함으로써, 발주기관 측면에서는 사업구간 전체의 공정정보를 BIM기반으로 표준관리가 가능하도록 할 필요가 있음 • 해외 철도시업 수주경쟁에서 인프라분야의 첨단 정보화관리체계를 구축함으로서 상대적으로 선도적 경쟁력을 확보하는 철도사업 운영시스템 구축기술 확보가 필요 • 기존의 전통적 사업관리방식의 첨단 정보화 운영체계 접목에 의한 최적 사업관리 운영 플랫폼이 요구되고 있음 • 첨단 IT기술을 적용하여 철도시설공사의 설계/시공/유지관리 각 단계 참여자간의 의사소통을 통한 최적의 사업관리를 할 수 있는 운영 체계 필요 • 철도시설공사는 토목/건축/전기/신호 등의 다양한 공정 정보들로 구성되므로 이러한 상이한 성격의 공정들을 시각적 정보화하여 서로 다른 공종간의 간섭을 초기부터 최소화 하는 정보관리 체계 필요 • BIM Room 구축기술 등 발주자/시공자/설계자/감리자간 정보호환 및 공유를 위한 철도시설공사 협업관리시스템 구축기술이 필요함 • 효율적 BIM시스템 운영을 위해서는 철도시설 2D설계도면의 3D활용성 검증체계 및 3D도면의 BIM운영체계 적합성 검증이 필요 • BIM 기반으로 건설단계별, 데이터모델 모듈별로 상호 정보재활용이 가능한 기술개발이 필요함 • 건설 각 분야에서는 BIM 객체를 위한 기본적인 라이브러리, 건설자재라이브러리, 구조 및 MEP 등 라이브러리 구축이 활발히 진행되고 있으나, 철도사업에서는 필요한 구성요소들에 대한 형상 및 속성정보를 재생성하는 반복적인 작업이 많아 타 분야보다 라이브러리 개발이 시급함
주요 내용	• 능동형 BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 기술개발 • ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임웍 기술개발 • BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 개발
예상 소요 예산	• 100억 / 5년

5. 중점추진분야 4

○ BIM기반 철도인프라 자산관리 시스템 개발

표 19 BIM기반 철도인프라 자산관리 시스템 개발

배경	• 국내의 대부분의 사회기반시설물이 경제성장기에 건설된 자산으로 30-50년이 경과되는 등 내용연수에 다다른 시점으로 막대한 유지관리비용이 사회적 이슈가 될 것으로 예상되고 있음. • 철도 시설물은 건설 후 100-200년 이상 사용하는 대표적인 사회기반시설로 국내의 연간 유지관리 비용이 2,100억원이 소요(국토부 내부자료, 2012년) 되고 있으며, 철도 유지관리 단가도 일본의 61%(일본: 3.1억원/㎞, 한국: 1.9억원/㎞)수준으로 보다 효율적인 철도자산관리 시스템이 요구됨 • 선진외국에서는 철도인프라시설에 대해 공학적기반을 두고 경제학과 경영학을 접목한 자산관리 시스템을 구축하여 이력정보관리, 유지관리비용예측 등의 신뢰성있는 데이터를 통해 최적의 의사결정시스템을 지원하는 자산관리 시스템을 개발하였으며, 보다 효율적인 시설물 정보관리를 위해 BIM을 통한 자산관리를 검토중에 있음 • 국내에서는 철도시설물에 대해 시공이후 단순한 이력관리와 수동적인 사후 유지관리 활동만을 수행하여 왔으며, 생애주기 관점에서 자산의 총비용을 최소화 등 최적의 경영 및 경제적 접근이 거의 없었고, 사회기반시설의 투자활동에 대한 의사결정과정을 지원할 수 있는 충분한 정보도 제공하지 못하였음 • 이에 BIM을 기반으로 철도 전수명주기 동안 다양한 분야에서 적용되는 모든 정보를 생산하고 관리하여 정보의 재활용 및 업무의 일관성지원을 위한 철도 인프라 자산관리시스템 개발이 필요
주요 내용	• 철도인프라 자산관리 프로세스 개발 • 철도인프라 자산관리 지침서 및 가이드라인 개발 • 철도자산관리 BIM모듈간 연계 기술 • 철도인프라 자산관리 최적 의사결정 지원시스템 개발
예상 소요 예산	• 50억 / 5년

6. 중점추진분야 5

○ BIM기반 철도인프라 안전 및 재난관리 시스템 개발

표 20 BIM기반 철도인프라 안전 및 재난관리 시스템 개발

배경	• 지구 온난화(Global Warming)로 인한 기후문제는 대기온도 상승과 함께 태풍 등의 대형 강우와 지진, 강풍, 강설 등의 자연현상을 유발하며, 이로 인하여 철도 인프라의 안전이 상시 위험에 노출되어 있음. • 1980년대 이후 기온이 1도 이상 상승하여, 이상기후로 인한 자연재해가 빈발· 대형화 하는 추세임 • 최근 10년간 자연재해 연평균 피해액은 1조 2,700억원, 인명피해 129명으로 매년 인명과 재산피해가 크게 발생하고 있음. • 일본의 경우 2011년 쓰나미로 동북부 지역의 철도 인프라에 큰 피해를 입었으며, 우리나라의 경우도 발생할 수 있는 재해에 효과적으로 대응할 수 있도록 BIM 기술을 활용한 대비가 필요함.
주요 내용	• 철도인프라 통합안전관리를 위한 BIM지원기술 • BIM기반 철도 인프라 안전도 확보 기술 • 3차원 피해정보 처리를 위한 BIM형상화 기술 • BIM기반 철도인프라 피해규모 산정 및 표준화 기술 • 재해 발생시 철도 인프라의 응급복구를 위한 BIM기반 복구지원 기술 • BIM기반 철도인프라 안전관리 운영체계 기술개발
예상 소요 예산	• 125억 / 4년

7. 중점추진분야 6

○ BIM기반 철도인프라 폐기 및 재활용 관리 시스템 개발

표 21 BIM기반 철도인프라 폐기 및 재활용 관리 시스템 개발

배경	• 2000년대 초반이후로 철도건설현장에 있어 턴키, 민자사업(BTL, BTO) 등 대규모 건설사업이 증가함으로서 건설폐기물의 발생이 급증. • 건설폐기물 문제의 해결과 효율적 이용하기 위해 정부는 2003년 12월에 "건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률"을 제정. 이 법에 의하면 건설폐기물은 중간처리업체뿐만 아니라 건설공사현장에서 배출자가 직접 재활용 할 수 있도록 규정. • 국제 표준화기구 ISO에서 환경경영체제 구축을 위한 ISO14000시리즈를 제시함으로써 환경경영에 표준을 제공 • 이에 따라 국내 업체들도 환경경영체제 구축을 위한 ISO14000의 환경인증을 받는 업체가 지속적으로 증가
주요 내용	• 철도인프라의 친환경 해체기반 유용자원 회수 기술 • 철도인프라의 재활용 기술 및 자원순환 기술 • 철도인프라 친환경 설계 및 환경성 인증기술
예상 소요 예산	• 70억 / 5년

제3절. 우선순위 도출 및 결과

1. 분석의 목적 및 필요성

○ 본 장에서는 '철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획'과제의 최종결과로서 제시되는 연구과제들의 우선순위를 결정하는 방법과 그 결과를 제시함

- 기존 문헌조사 및 연구, 공동연구원간의 협의, 수차례의 기획자문회의, 기술개발과제의 수요조사 등을 수행하여 철도 BIM 기술개발 과제를 체계적으로 분류하였음
- 기술개발 과제는 최종적으로 6개의 세부과제, 25개의 세세부과제로 구분되고, 세세부과제에 따라 각각 연구내용이 제시되었음 (철도BIM 기술개발 과제분류 참조)
- 이렇게 분류된 후보과제에 대한 우선순위를 결정하고, 그 우선순위에 따라 향후 기술개발이 이루어질 수 있도록 기술개발과제의 우선순위가 결정되어야 함

○ 일반적으로 의사결정의 선택의 문제에서 특정 목표를 달성하기 위해서는 효과적인 의사결정과정을 거치고 이를 통하여 합리적인 선택이 이루어지길 기대함.

- 특정한 의사결정을 위해서는 의사결정과 관련된 모든 가치와 선호체계, 그리고 그들간의 상대적 비중을 완전히 파악하고, 모든 이용 가능한 대안들을 찾아내어 가장 효율적인 최선의 대안을 선택할 것을 기대함.
- 하지만 대부분의 의사결정 상황에서는 상반된 기준, 불완전한 정보, 그리고 제한된 자원 하에서 최적의 대안을 선택해야 하는 것이 일반적인 상황임
- 특히 기술개발과정에서 고려되어야 할 변수들이 너무 많은 경우 선택해야 할 그 대안의 수가 지나치게 많아지게 되며, 이로 인해 의사결정은 매우 복잡한 경로에 따르게 되고, 그 결과의 해석이 어렵거나 의사결정 시간이 지나치게 늦어질 가능성이 높음
- 또한 국가연구개발사업의 추진이라는 점에서 연구의 기술개발 자체의 중요성보다는 예산의 적절한 분배를 고려한다는 점에서 효과성보다는 효율성이 강조될 수도 있음

○ 기술개발을 위한 후보과제의 우선순위 결정은 객관적이면서 효율과 성과, 그리고 그 활용을 고려하여 제시되어야 함

- 특히 국가연구개발사업의 연구관리 차원과 기술개발의 성과를 동시에 고려하여 한정된 자원의 선택과 집중의 원칙에 의거하여 기술개발과제의 우선순위가 결정되어야 함
- 즉 기술개발과제의 우선순위결정은 연구개발비, 연구인력, 연구시설 등 한

정된 자원을 선택과 집중의 원칙에 의거하여 효율적이면서도 전략적으로 기술개발에 투자할 수 있도록 제시되어야 함

- 무엇보다도 앞으로 철도인프라의 생애주기 관리를 효율적으로 할 수 있도록 핵심기술의 수요를 파악하고, 이로부터 효율적인 연구개발 예산의 확보와 배분 , 산업 차원의 정보공유, 공동연구 등을 촉진할 수 있도록 기술개발과제의 우선순위가 결정되어야 한다는 점에서 우선순위 결정은 매우 중요함

○ 복잡하고, 다양한 대안과 정보를 바탕으로 연구개발 과제 수행의 우선순위는 철도BIM의 생애주기관리라는 점을 고려하여 우선순위결정에 대한 가치판단은 시스템적으로 접근하여야 할 것임

- 이런 의사결정 문제와 관련하여 가장 많이 적용되는 방법은 계층적 의사결정기법(Analytic Hierarchy Process, 이하 AHP)이 있음
- AHP분석 방법은 의사결정을 중요 요소들을 계층화시키고, 각 계층별로 구성된 요소들을 쌍대비교(pair-wise comparison)를 통하여 각 평가자의 지식, 경험과 직관을 활용하는 의사결정방법론임
- 본 방법론은 이론의 단순성과 명확성, 적용의 간편성 및 범용성 등의 장점으로 인하여 사회과학분야의 의사결정과제에 널리 응용되고 있음
- 하지만, 평가대상자들이 상당한 수준의 전문가들에게만 본 연구방법론이 적용될 수 있다는 점이 단점으로 작용함. 물론 일반인을 대상으로 AHP방법론 적용이 될 수 있지만, 그런 경우 각 대안에 대하여 적절한 평가가 이루어질 가능성이 매우 높음
- 또한 분석대상에서 대안이 많은 경우 각 대안을 상대적으로 평가하여 합리적으로 우선적인 대안을 도출하기가 쉽지 않다는 점도 한계점임
- 이러한 특징으로 특정 평가 대상자들을 대상으로 평가가 이루어지기 때문에 합리적인 대안보다는 특정한 편의(biased)된 대안이 선택될 가능성이 높음

○ 이에 본고에서는 의사결정 방법을 AHP방법론에만 의존하지 않고 요인분석 및 단순평균의 방법도 적용하고자 함

- 요인분석(factor analysis)은 관련 대안들을 구성하고 있는 복잡한 요인들을 고려하고 이러한 고려를 통하여 공통된 요인을 추축하여 관련 대안에 대한 중요도를 도출하는 방법론임
- 일반적으로 요인분석도 AHP방법론과 매우 유사하나 다만 복잡한 요인들 중에서 공통된 중요도를 추출하여 대안 선택에 적용한다는 점이 차이점임

○ 이러한 분석 방법과 더불어 가장 일반적인 분석방법인 단순평균방법도 병행하여 적용하고자 함

- 단순평균법은 각 대안들을 구성하고 있는 요인들의 중요도간의 차이를 수치적으로 평가할 수는 없지만, 각 대안의 중요도를 간편하게 나타날 수 있

다는 점에서 편리하게 적용될 수 있고, 또한 우선순위를 결정하는 분석 방법론과 비교하는데 가장 중요한 척도로 이용할 수 있다는 장점이 있음

○ 따라서 본고는 철도BIM의 기술개발과제의 우선순위를 결정하기 위해 AHP, 요인분석, 그리고 단순평균법을 적용하고자 함

- 앞에서도 언급하였듯이 철도BIM 기술개발과제의 분류체계를 중심으로 기술개발의 중요도를 구성하는 특정요인들을 계층별로 정하고, 이를 기반으로 각 기술개발 과제들을 대안으로 설정하여 위의 3가지 방법론을 적용하여 기술개발 과제의 우선순위를 제시함
- 이에 본고는 아래 절에서 3가지 분석방법론을 제시하고, 그 분석방법에 따라 설문조사의 수행 결과를 그 분석 방법론에 적용하고, 그 적용 결과를 통하여 우선순위 결정을 위한 지수(index)를 산출하여 우선순위를 제시하고자 함

2. 분석방법

가. 우선순위 지수 산출

○ 지수산출 개요

- 기술개발과제의 우선순위를 결정하기 위해서는 관련 의사결정 요인들을 우선적으로 선정하고, 그 요인들을 대상으로 자료를 수집하고 이로부터 분석방법들을 적용하여 관련 가중치를 추정해야 함
  - 의사결정의 요인들이 한 개가 아니고 다수인 경우의 지수결정은 복합지수(composite indicator)를 어떻게 설정하는지에 의존하게 됨
  - 우선순위 산출을 위한 지수산출은 아래의 그림과 같은 과정을 채택함
  - 지수산출을 위한 단계를 <1단계> 문제설정 및 의사결정 계층 설정, <2단계> 판단자료의 수집, <3단계> 상대적 가중치 추정, 그리고 <4단계> 가중치의 종합하고 이로부터 순위별 결과를 제시함
  - 이러한 결과는 상대적 가중치를 추정하는 방법에 따라 매우 민감하게 변화할 것으로 판단됨
  - 즉 상대적 가중치 추정 방법에 따라 나타난 결과를 평가 대상되는 여러 과제들의 종합지수에 따라 비교 평가하고 이로부터 적절한 우선순위를 제시함

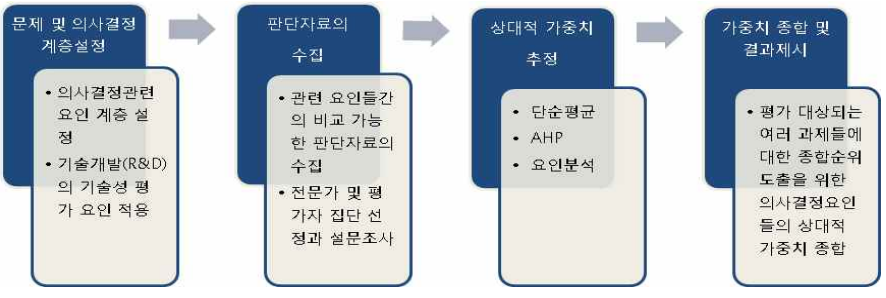


그림 61 우선순위 결정을 위한 지수산출 방법론

○ 문제 및 의사결정 계층설정

(1) 계층화 개념

- 우선순위 결정을 위한 지수도출의 첫 번째 단계는 의사 결정에 필요한 다양한 요인들을 우선 결정하고, 이러한 요인들을 계층화함
  - 본고에서는 의사결정의 구조화를 AHP분석에 적용되는 방법에 의거하고자 함
  - 일반적으로 AHP방법론에 적용되는 계층의 구조화는 최상위 계층, 중간단계계층, 그리고 최하위 계층으로 구분됨
  - 이러한 계층의 구조는 필요에 따라서 계층의 구조화를 더 복잡하게 또는 매우 단순하게 디자인 될 수 있음
  - 최상위 계층은 의사결정의 최종목표를 위치하게 되며, 그 다음의 계층인 중간단계는 상위단계의 요인들에게 영향을 미치는 영향력이나 공헌도를 지수화 할 수 있는 요소들을 배포하여 구조화함
  - 최하위 계층에는 의사결정의 대안들이 위치하여, 그 다음 계층은 최종 의사결정의 목표에 영향을 미치는 다양한 요인들로 구분·분류하여 구조화함
  - 결과적으로, 계층구조가 낮아질수록 최종의사결정에 영향을 미치는 요인이 매우 구체적으로 표현되며, 이러한 각 요인들을 각 단계별로 비교함에 따라 관련 계층별 가중치의 도출이 가능해짐
  - 이와 같은 의사결정체계는 아래와 같은 표준적인 형태로 나타날 수 있음
  -

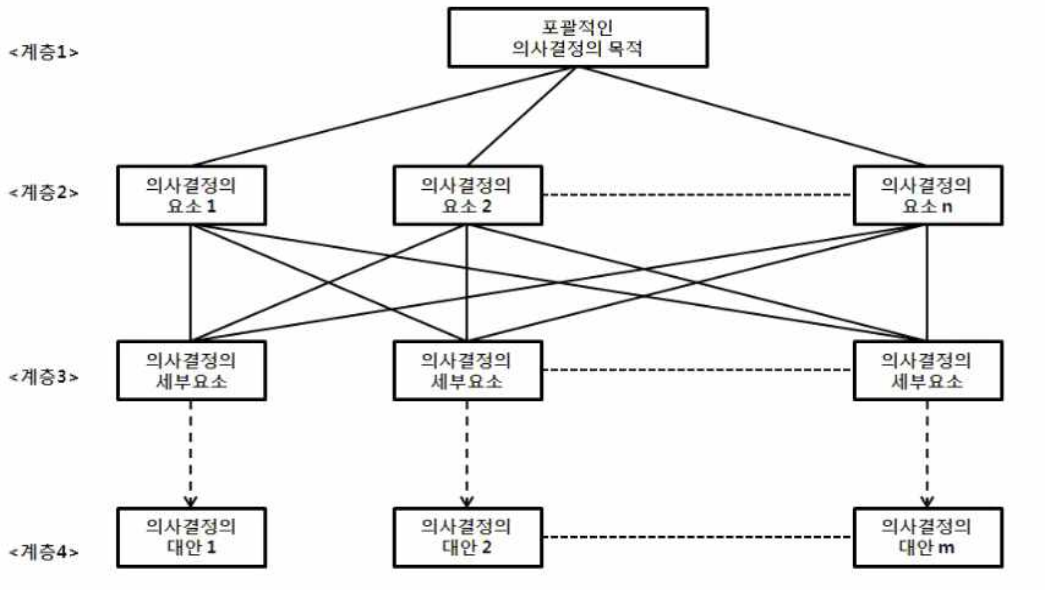


그림 62 AHP의 표준계층 구조화

자료: 조근태 등(2003), P.5, 박상희·홍성두(2011), P.258.

(2) 대안의 설정

- 본 연구를 위해서 대안의 설정을 위해 사전에 철도BIM에 대한 문헌조사, 기술수요조사, 철도BIM기획전문가 자문위원회 운영 등을 수행하였음
  - 기획자전문가 자문위원회는 우리나라 철도 및 토목과 BIM 분야의 전문가 32명으로 구성되었으며, 이 위원회를 통하여 2차에 걸친 회의 및 2차의 설문조사 형태의 기술조사를 수행함
  - 기존의 문헌조사와 공동연구원간의 여러 차례의 세미나 등을 통하여 기술개발과제를 분류하고 이를 구체화함
  - 구체화된 기술개발 과제 트리를 만들고, 이를 자문위원회를 통하여 최종적으로 결정하여, '철도BIM 기술개발 과제의 분류체계'를 완성함
  - 기술개발과제는 세부과제 6개, 세세부과제 25개로 최종적으로 분류함

- 기술개발과제의 구조화는 연구개발의 완성을 목표로 하고, 총 3단계로 구성함
  - 최종목표는 본 과제의 최종목표인 '철도BIM 기술개발과제의 완성으로 구분하고, 2단계는 기술성의 완성, 그리고 3단계는 최종 선택되는 과제들을 최종 대안으로 선정함.

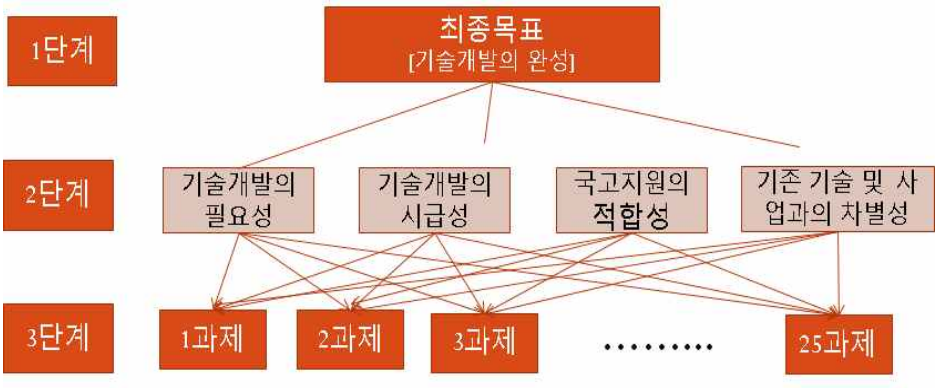


그림 63 철도BIM 후보과제의 우선순위 결정을 위한 계층 구조화 개념도

- 철도BIM의 후보과제의 우선순위를 결정하는 계층 구조화의 2단계 구성을 위해서 본고에서는 한국과학기술기획평가원(2012)의 예비타당성조사 요구 R&D사업에 대한 기술성 평가 매뉴얼에 따라 구성요인들을 선정하고자 함
  - 기술성 평가는 국가과학기술위원회가 신규 R&D사업에 대해 기술성을 평가하여 R&D사업의 추진 필요성 및 추진 계획의 구체성 등을 검토하여 사업추진의 적합성을 판단하기 위한 것임
  - 특히 철도BIM 기술개발과제가 국가연구사업으로 수행된다는 점을 고려하여 정부가 정책적으로 설정된 기준을 적용함

- 기술성 평가는 ① 기술개발의 필요성 ② 기술개발의 시급성 ③ 국고지원의 적합성 ④ 기존 기술 및 사업과의 차별성 ⑤ 사업계획의 구체성 등 총 5개의 평가항목 및 평가지표로 구성되어 있지만, 본고에서는 본 연구에 필요한 4가지 평가지표만 활용하고자 함
  - 사업계획의 구체성은 현재 제안된 기술개발과제들은 사업기획이 아직 충분히 이루어지지 않는 상태라는 점을 고려하여 본 연구의 기술성 평가에서는 제외함
  - 기술개발의 필요성은 △ 국가 R&D 정책적 부합성 △ 사회/경제적 필요성 △ 기술적 필요성으로 구성되어 있음
  - 기술개발의 시급성은 △ 사업추진의 시의 적절성 △ 국내 사업여건의 성숙도로 구성됨
  - 국고지원의 적합성은 △ 사업의 혁신성 △ 사업의 공공성 △ 국고지원의 효율성으로 평가항목 내역으로 구성됨
  - 기존 기술 및 사업과의 차별성은 △ 사업목적/기술분야/추진방법의 차별성 △ 유사사업과의 연계 및 협력방안의 타당성을 구성됨

표 22 기술성 평가 기준 및 평가항목의 내역

평가 기준	기술개발의 필요성	기술개발의 시급성	국고지원의 적합성	기존 기술 및 사업과의 차별성
평가 항목 내역	① 국가 R&D 정책적 부합성 ② 사회/경제적 필요성 ③ 기술적 필요성	① 사업추진의 시의 적절성 ② 국내 사업여건의 성숙도	① 사업의 혁신성 ② 사업의 공공성 ③ 국고지원의 효율성	① 사업목적/기술분야/추진방법의 차별성 ② 유사사업과의 연계 및 협력방안의 타당성

자료: 한국과학기술기획평가원(2012), 『예비타당성조사 요구 R&D사업에 대한 기술성평가 매뉴얼』.

- 제3단계는 최종대안으로 최종 연구과제들로 구성하였음.
  - '철도BIM 기술개발 과제분류체계'에 의거하여 세분류 과제와 세세분류 과제들을 최종대안으로 설정함
  - 3단계는 앞의 2단계의 4가지 기술성 항목에 따라 영향을 받는 정도를 각각 나타낼 수 있도록 각 과제마다 기술성 항목의 중요도를 표시할 수 있도록 기획함

○ 판단자료의 수집

- 기술개발의 우선순위를 결정하기 위한 판단자료는 철도BIM 전문가를 중심으로 평가자를 선정하고, 그 평가자를 대상으로 설문조사를 실시함
  - 평가자 선정의 전제조건: △ 생애주기 관리의 차세대 운영체계 및 기술에 대한 충분한 지식을 가진 해당분야 전문가 △ 공공투자라는 사업이라는 특정상 공공이익의 관점에서 사업 및 기술에 대한 객관성 보유자
  - 평가자의 선정은 △ 공무원집단 △ 공공투자사업 관장 연구자 집단 △ 철

도기술개발 연구자 집단 △ 해당사업 이해를 가진 이익단체 △ 기타 영향권의 자유인을 대상으로 함
- 이러한 대상자에 가장 적합한 구성을 위해 기획자문위원회를 구성하고, 우선적으로 기획자문위원회를 중심으로 판단자료를 수집함
- 그 다음으로 철도BIM 연구자 집단을 활용하였음

• 판단자료를 수집하기 위해서 설문지를 평가자에 적합하도록 총 3차에 걸쳐 기획 및 디자인 함
- 1차적으로 기획연구에 참여한 연구원들을 대상으로 Pilot 설문지를 기획 및 디자인 하여 세부과제 및 세세부과제를 대상으로 설문조사를 수행함
- Pilot설문조사 결과를 바탕으로 세부과제 및 세세부과제를 대폭 수정하고, 제1차 기획자문회와 관련 기관들에게 설문조사지 200여개를 배포하였으나 최종 35개의 응답만 수집됨
- 1차 설문조사 결과, 설문에 대한 이해도가 매우 낮고, 평가자들이 대안들에 대하여 적절하게 응답결과가 나타나지 않음. 이는 현재 국내에는 철도BIM에 대한 최고의 전문가가 부재하다는 사실을 보여주고 있다고 판단됨
- 2차 설문조사는 제2차 기획자문회의를 개최하여 현장에서 직접 설문지에 대한 설명을 하고, 그 설문지에 대한 응답이 신뢰성이 있는지를 현장에서 검토하는 방식으로 설문조사를 수행함
- 2차 조사의 자료는 모두 응답자 24명에게 신뢰성을 각각 확인하였기 때문에 상당히 만족스러운 판단자료라고 판단됨

○ 상대적 가중치 추정
• 상대적 가중치를 추정하기 위해 본 연구에서는 단순평균법, AHP, 요인 분석 등 총 3가지 방법론을 적용함
- 3가지 방법론을 적용하는 이유는 추정된 결과에 대하여 객관성 및 신뢰성을 확보하기 위한 것임
- 각 분석방법을 통하여 계층별 중요도의 측정 및 척도 추정함
- 동일한 단계 및 계층에 있는 요인들 사이의 중요도 측정
- 측정방법은 다수의 개인이 모인 집단 또는 개인의 설문조사
- 조사 내용을 중심으로 고유벡터(eigenvalue)를 추출하여 계층별 결정요인에 대한 가중치 또는 기여도 및 중요도 추정
- 각 조사내용에 대한 일치성 및 신뢰성 분석
- 각 가중치에 따라 기술개발의 우선순위 선정

(1) AHP

- 본고에서 이용할 계층분석적 의사결정방법(AHP) 연구는 미국 피츠버그대학교의 T. Saaty 교수의 저서 'The Analytic Hierarchy Process'(1977)에 소개된 후 방대한 분야에 적용되고 있음
  - AHP방법론은 의사결정자의 판단을 기반으로 의사결정문제를 표현하고 각 대안에 대한 선호도를 추정하기 위한 다기준 의사결정모형이라고 할 수 있음.
  - AHP방법론은 수학적 또는 논리적 추론을 사용하기 때문에 매우 분석적임. 이에 AHP는 집단의 의사결정 과정을 도와주고 의사결정과정을 단축시켜주는 역할을 수행 가능함
  - 문제를 구조화하여 각 단계별 중요도 또는 선호도를 평가하여 최종적으로 목표에 적합한 대안을 선택하는 방법임

- AHP의 절차는 크게 계층구조화, 쌍대비교, 가중치의 추정, 신뢰성 검정 등으로 구성되어 있음
  - 계층구조화는 문제의 설정에서 논의된 바와 같이 단계로 구분하여 최종대안에 대한 영향력 또는 중요도를 추정할 수 있도록 함
  - 계층별 기술문제의 구조화
  - 1의 계층: 기술요소11, 기술요소12, 기술요소13, ...
  - 2의 계층: 기술요소21, 기술요소22, 기술요소23, ...
  - 3의 계층: 기술요소31, 기술요소32, 기술요소33, ...
  - 위의 계층구조를 행렬로 나타내면 다음과 같은 구조가 됨

$$\begin{bmatrix} a_{11}\, a_{12} \cdots a_{1n} \\ \vdots \\ a_{m1} a_{m2} \cdots a_{mn} \end{bmatrix}$$

- 계층별 쌍대비교
  - 이 단계에서는 상위 계층에 있는 요소들의 목표를 달성하는 데 공헌하는 직계 하위 계층에 있는 요소들을 쌍대비교하기 위한 행렬을 작성함
  - 즉 각 단계에서 상위 계층에 영향을 주는 요인들을 두 개씩 비교할 수 있도록 이에 맞는 행렬을 작성함
  - 쌍대비교는 일반적으로 각 계층에 있는 요인 및 대안에 대하여 n(n-1)/2 개의 판단이 필요함
  - 본고에서는 설문조사 내용을 이용하여 제시된 각 운영체계 및 기술의 구성요소들을 상대적 중요도 및 선호도를 결정하기위해 계층별 또는 특징별로 쌍대 비교함

- 한편, 상체비교의 중요도를 제시하기 위해 다음과 같은 Satty(1980, 1982)의 쌍대비교 척도 1-9사이의 점수를 사용함

표 23 AHP의 상대적 중요성에 대한 척도

척도	정의	설명
1	동등하게 중요(equal)	두 개의 요소가 차상위 목표의 기준에서 볼 때 똑같이 중요
3	약간 중요(weak)	한 요소가 다른 요소보다 약간 중요
5	강한 중요(strong)	한 요소가 다른 요소보다 강하게 중요하거나 가치 있음
7	매우 강하게 중요(very strong)	한 요호가 다른 요소보다 대단히 중요하거나 가치가 있음
9	절대적으로 중요(absolute)	다른 요소에 비하여 비교할 수 없을 정도로 절대적으로 중요
2, 4, 6, 8	근접해 있는 가까운 숫자 간의 중간정도의 중요성	필요한 경우에 사용
위 의 역수	한 요소가 다른 요소보다 중요한 경우, 후자의 중요도는 전자의 중요도와 비교하여 그 역수의 값을 갖음.	

자료: Saaty & Kevin (1991 p.27)

- 만약에 결정해야 할 대안이 3개인 경우 아래의 예시되는 표와 같이 표현할 수 있음

표 24 대안의 3개인 경우의 쌍대비교 예시

평가항목	절대중요		매우중요		중요		약간중요		동등		약간중요		중요		매우중요		절대중요	평가항목
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		3		5		7		9	
대안 1			√															대안 2
대안 1	√																	대안 3
대안 2					√													대안 3

- 만약에 관련 대안이 n개인 경우 비교해야할 항목은 n(n-1)/2개가 되어야 하며, 이를 행렬로 나타내면 다음과 같음

$$A = \left[\begin{array}{|cccc|} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{array}\right]$$

- 작성된 쌍대비교 행력 A는 위와 같이 행렬의 대각을 중심으로 역수의 형태를 취하게 됨. 즉 $a_{ij} = 1/a_{ji}$이며 $a_{ii} = 1$임

• 가중치 산정

- 계층분석의 최종단계는 각 문제별 가중치를 산정하고, 응답의 신뢰성을 확보하기 위해 각 단계에서 전문가 집단이 응답한 쌍대비교의 값을 집계하여 해당 부문별 중요도, 즉 가중치를 산정함
- 한 계층 내에 비교할 요소의 수가 n개이고 각 요소들의 중요도 벡터를 $W = (w_1, w_2, \cdots w_n)$이라고 할 때 각 요소들의 중요도를 두 개씩 짝지어 쌍대비교함
- 이러한 쌍대비교 행렬 A는 다음과 같이 표현이 가능함

$$\mathrm{A} = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} A_1 & A_2 & \cdots & A_n \end{array} \\ \left|\begin{array}{cccc} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ w_n/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{array}\right| \end{array}$$

- 여기에서 w_i/w_j는 j번째 열의 요소의 중요도에 대한 I번째 행의 요소의 상대적 중요도를 의미함
- 행렬 A에 열벡터 W를 곱하면 다음과 같음

$$A \cdot W = \lambda \cdot W$$

- A행렬과 W벡터에 대해서 λ는 A에 대한 고유치(eigen value)이며, 이러한 고유치는 다음과 같은 성질을 만족함

$$(\lambda I - A) = |\lambda I - A| = 0$$

- 이때 최대 고유치를 $\lambda_{\max}$라고 하며, 앞의 고유방정식에서는 $\lambda_{\max} = n$이며, 나머지 n-1개의 고유치는 모두 0이됨
- 이로부터 얻어지는 중요도 벡터의 합을 1로 정규화(normalization) 또는 표준화(standardization)을 하게 되면 유일한 해를 구할 수 있음

- 즉 행렬식 $|A-\lambda I|=0$을 이용하여 λ값을 구한 후 가장 큰 λ_{max}에 대응하는 W를 찾으면 됨

• 일치성 분석
- 문제는 λ_{max}가 가장 큰 값을 가지는 행렬 A만이 오직 일관성 행렬(consistency matrix)인 경우에 그 값이 n이 됨
- 따라서 $(\lambda_{max}-n)$을 통해 일관성 또는 비일관성의 정도를 추정할 수 있음
- 즉 이행성의 공리를 이용하여 각 전문가 집단의 주관적 판단에 대한 일치성 확보 분석
- 일치성 분석을 위해 △ 최대고유치(principal eigenvalue)인 λmax도출 △ λmax를 이용하여 일치성 지수 CI (Consistency index) 도출 △ CI 이용하여 일치성 CR (consistency ratio)을 도출하고, 이를 통한 일치성 여부 판단함
- 즉 일관성 지수(consistency index)로 다음과 같음

$$CI=\frac{\lambda_{max}-n}{n-1}$$

- 또한 행렬의 크기별로무작위(random) 행렬이 생성되며, 이들의 평균일관성 지수 값을 의미하는 무작위 지수(Random Index, RI)가 산정됨
- 행렬의 무작위 지수는 다음과 같음

표 25 행렬 크기에 따른 무작위 지수(Random Index)

차 원 (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.00	0.68	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

자료: Saaty(1980), p.21.

- 주어진 행렬이 순수한 무작위(random)행렬에 어느 정도 적합한지를 측정해야 함. 이때 적용되는 것이 일관성 비율(consistency ratio)로 다음과 같음:

$$CR=\frac{CI}{RI}$$

- 일반적으로 일관성 비율이 10%(0.1) 이하이면 행렬 A가 일관성이 존재하는 것으로 판단함.
- 즉 각 평가자들의 응답이 일관성이 존재하기 때문에 주어진 응답이 신뢰성이 있다는 것을 의미함

(2) 요인분석

- 요인분석은 여러 변수가 서로 상관관계를 가지고 있을 때 이들을 설명할 수 있는 구조를 찾아내는 분석방법임
  - 즉 이 분석은 여러 변수가 서로 상관관계를 가지고 있는 변수들을 이용해서 상관관계를 갖지 않는 새로운 변수들을 찾아내는 방법이라고 할 수 있음
  - 일반적으로 요인분석 모델은 다음과 같이 기술됨:

$$
\begin{aligned}
X_1 &= \alpha_{11}F_1 + \alpha_{12}F_2 + \cdots + \alpha_{1m}F_m + e_1 \\
X_2 &= \alpha_{21}F_1 + \alpha_{22}F_2 + \cdots + \alpha_{2m}F_m + e_2 \\
&\cdots \\
X_n &= \alpha_{n1}F_1 + \alpha_{n2}F_2 + \cdots + \alpha_{1nm}F_m + e_n
\end{aligned}
$$

  - 여기에서 X_i는 평균 0과 분산 1을 갖는 변수이며, α_{ij}는 X_i와 관련된 적재(loadings) 요인임. F_{ij}는 각 변수와 상관관계가 없는 공통요인(common factor)으로 평균 0, 분산 1을 가지고 있음

- 분석하고자 하는 각 변수 X_i의 상관행렬 A가 있을 때, 고유값(Eigenvalue) 또는 고유벡터는 다음 식을 만족하는 λ와 X로 정의됨

$$AX = \lambda X$$

  - 여기에서 λ는 $\lambda_1 \geq \lambda_{2\geq} \cdots \lambda_m \geq 0$이 된다. 고유치 λ_i의 고유벡터 $(a_1, a_{2,} \cdots, a_m)$을 구하고, 이로부터 i번째 주성분 $C_i = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \cdots + a_{1m}X_m$을 얻을 수 있음
  - 추출하고자 하는 변수에서 고유값의 기여율이 중요함. 기여율은 주성분이 원데이터를 어느 정도 반영하고 있는가를 보여줌
  - 여기에서 i번째 주성분의 기여율 k_i는 $\frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^{m}\lambda_i}$에 의해 산출됨. 첫 번째 요인에서 i번째까지의 기여율 합계를 누적기여율이라고 하며, 이것은 테이터가 가지고 있는 정보량이 어느 정도인가를 설명해줌

• 요인분석을 위해 본고에서는 락크척도(lark scale)를 이용함
  - 즉 다음과 같이 각 계층별 요인들이 기술개발이 중요도에 따라 1에서 5까지 점수를 주는 방법을 적용함

표 26 요인분석 중요도 평가 척도

[중점 기술 분야 평가 항목 척도(5점 만점)]

매우 적다/낮다	←	보통	→	매우 크다/높다
1	2	3	4	5

(3) 단순평균

• 상대적 가중치를 추정하기 위한 마지막 방법인 단순평균법은 모든 대안에 대하여 각 평가자로부터 라크척도를 이용하여 절대적 중요도를 평가함.
  - 즉 각 계층별- 즉 기술성과 각 최종대안인 기술개발과제에 대하여 절대적으로 중요하면 5, 그렇지 않으면 1을 주는 방식을 채택함.

○ 가중치의 종합 및 우선순위 제시

• 각 계층별로 추정된 가중치를 종합하여 종합점수를 산출하고, 그 종합점수에 따라 순위를 결정하게 됨
  - 일반적으로 가중치를 종합하는 방법으로는 선형결합(Linear aggregation)과 기하총합(geometric aggregation)이 있음
  - 본고에서는 선형결합 방법을 채택함
  - 선형결합방식은 다음과 같음

$$X = \sum_i w_i x_i$$

  - 여기에서 $0 \le w_i \le 1$이고 $\sum_i w_i = 1$임.

• 즉 본고에서는 2단계의 기술성과 3단계의 최종대안인 각 기술개발과제에 대하여 선형결합하여 종합점수를 도출함
  - 우선 2단계의 기술성에 대하여 각각의 항목별로 가중치를 도출하고, 그리

고 3단계의 최종대안에 대해서 각 기술개발과제로 도출된 가중치를 곱하는 방식을 채택함

- 단순평균
  - 종합점수=기술성의 절대적 중요도의 평균x각 과제의 기술성별 중요도의 절대평균의 총합

- AHP방법
  - 종합점수=기술성의 중요도의 가중치x각 과제의 기술성별 가중치의 총합

- 요인분석
  - 종합점수=기술성의 중요도의 가중치 x 각 과제의 기술성별 가중치의 총합

3. 분석결과 및 우선순위

○ 기술성

- 철도BIM 후보과제에 대한 우선순위를 산출하기 위한 첫 번째 단계로 계층분석의 2단계에 있는 기술성 평가를 분석방법론별로 추정하였음.
  - 기술성 평가에 대한 결과는 각 분석방법론별로 약간의 차이가 있지만 전반적으로 유사한 추정치가 제시됨.
  - 단순평균과 AHP의 경우 '기술개발의 필요성'이 철도BIM기술개발에서 가장 중요한 요인으로 분석된 반면 요인분석에서는 '기술개발의 필요성'이 '기술개발의 시급성'보다 약간의 차이로 두 번째 중요 요인으로 조사됨.
  - '기술개발의 시급성'은 단순평균에서는 공동 2위를 차지한 반면 AHP와 요인분석에서는 3위를 차지하였음.
  - '기술개발의 적합성은 단순평균에서는 공동 2위, AHP에서는 2위, 요인분석에서는 3위를 차지함.
  - '기존연구와의 차별성'은 모든 분석에서 최하위인 4위를 차지하였음.

- '기술성 평가'의 결과를 종합해보면 철도BIM 기술개발에 대한 과제를 기획하는 데 있어서 '기술개발의 필요성'과 기술개발의 적합성'이 가장 중요한 요인인 것으로 해석됨.
  - '기술개발의 시급성'과 '기술개발의 적합성'은 조사대상자 또는 평가자에 따라 매우 민감하게 반응하고 있는 것으로 나타남.
  - 즉 두 요소가 최종단계에 있는 각 연구과제의 우선순위 결정에 민감하게 영향을 줄 것으로 판단됨.

표 27 기술성 평가에 대한 분석방법별 추정 가중치

기술성	단순평균	AHP	요인분석	
			요인점수	가중치
기술개발의 필요성	5.00	0.527	0.79515	0.271
기술개발의 시급성	4.11	0.162	0.79705	0.272
기술개발의 적합성	4.11	0.208	0.76187	0.260
기존 연구와의 차별성	3.00	0.102	0.57471	0.196

○ 분석방법론별 우선순위 추정 결과

- 여기에서는 기술개발 과제의 우선순위를 추정하기 위한 최종단계의 가중치를 추정하고, 이를 종합하여 종합점수를 도출하고, 그 점수에 따라 우선순위를 도출함
  - 분석방법론별로 각 과제의 가중치를 도출하기 위해서 각 과제에 대한 기술성 평가에 대하여 설문조사 대상자 및 평가자들에게 점수를 부여하도록 함
  - 즉 최종 과제에 대하여 기술성의 중요 요인인 '기술개발의 필요성,' '기술개발의 시급성,' 기술개발의 적합성, ' 그리고 '기존연구와의 차별성'에 대하여 각각 평가하여 점수를 부여하도록 함
  - 각 과제의 기술성 평가가 이루어진 후 2단계에서 도출된 기술성 평가와 각 과제의 기술성별 평가 점수를 곱하여 최종 점수를 도출함
  - 본고에서는 각 과제의 기술성에 대한 평가 점수는 지면상에는 제시하지 않는 대신에 각 기술성 요소의 가중치 x 각 과제의 기술성별 가중치를 곱하고, 이를 선형결합하여 종합점수를 제시함

- 우선순위는 크게 세분류 기술개발 과제와 세세분류 기술개발 과제 등 총 두 개로 구분하여 제시함
  - 기술개발과제의 분류체계에서 세분류로 분류된 6개의 과제에 대하여 우선적으로 각 기술성에 대한 점수와 이를 앞서 추정한 기술성별 요소의 가중치를 곱하고, 이를 다시 선형결합하여 종합점수를 제시함
  - 세분류별 종합점수를 제시한 후, 본고에서는 다시 세세분류별 기술개발과제에 대해서도 세분류 종합점수을 제시하는데 사용된 동일한 방법으로 우선순위를 추정하여 제시함
  - 세세분류별 과제의 종합점수에 따라 우선순위가 제시되었지만, 그 점수를 이용하여 각 세분류내의 세세분류별 기술과제의 우순선위도 구별할 수 있도록 함

나. 단순평균

- 단순평균법을 적용하여 세분류의 기술개발과제 우선순위를 살펴보면, 철도 BIM기술개발을 위해서는 기술과제 II인 '철도인프라 정보모델 기술'이 먼저 이루어져야하는 것으로 조사됨.
  - 그 다음으로 '철도인프라의 BIM기반 생애주기 운영체계 기술(I)' 과제가 수행되어야 하는 것으로 나타남
  - 그 다음으로는 '철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술,' 'BIM기반 철도인프라 안전 및 재난관리 시스템 개발,' 'BIM기반 철도인프라 폐기 및 재활용 관리 시스템 개발'의 순으로 조사됨

- 세세분류별 기술개발과제의 우선순위 추정 결과를 살펴보면, 세분류의 기술 II 과제군에 집중적으로 높은 순위가 나타났으며, 그 다음으로 세분류의 기술개발 II의 과제군에 집중되어 있는 것을 조사됨
  - 기술개발 과제의 우선순위 결정에서 가장 높은 점수를 받은 과제는 세분류의 기술개발 II 과제군에 속하여 있는 '철도인프라별 표준 데이터 모델 및 모델링 기술개발(II-2)로 나타남
  - 2위도 세분류의 기술개발 II 과제군에 속하여 있는 '철도인프라를 위한 IFC확장 기술 개발(II-1)'이 채택됨
  - 3위는 세분류의 기술개발 II 과제분류에 속하여 있는 '능동형 BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 기술개발(III-1)가 채택됨
  - 4위는 세분류의 기술개발 I과제분류에 있는 'BIM기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 개발(I-2)로 나타남

- 대체적으로 세분류 I, II, II군에 포함된 세세부 과제들이 높은 우선순위를 차지한 것에 비해 세분류의 과제 V, VI에 속한 과제들은 대부분 하위에 머물러 있는 것으로 조사됨
  - 특히 세분류과제 XI군에 속하여 있는 3개의 과제 모두가 최하위 점수를 받아 우선순위에서 가장 낮게 배정받았음

표 28 단순평균법을 이용한 기술개발과제의 우선순위 추정결과

분류	세세분류 과제명	기술성별 과제 점수				과제별 순위	
		필 요 성	시 급 성	적 합 성	차 별 성	총점	순위
세분류	01. 철도인프라의 BIM기반 생애주기 운영체계 기술(Ⅰ)	22.00	18.09	18.50	12.60	71.19	2
	02. 철도인프라 정보모델 기술(Ⅱ)	23.50	19.32	18.50	13.50	74.82	1
	03. 철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술(Ⅲ)	21.50	16.86	18.09	12.60	69.04	3
	0.4. BIM기반 철도인프라 자산관리 시스템 개발(IV)	12.50	10.28	11.10	9.00	42.88	4
	05. BIM기반 철도인프라 안전 및 재난관리 시스템 개발(V)	8.50	7.40	9.04	6.30	31.24	5
	06. BIM기반 철도인프라 폐기 및 재활용 관리 시스템 개발(VI)	7.50	6.17	10.69	5.10	29.46	6
철도인프라의 BIM기반 생애주기 운영체계 기술(Ⅰ)	01. 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 개발(Ⅰ-1)	20.50	15.62	16.44	11.40	63.97	8
	02. BIM기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 개발(Ⅰ-2)	20.50	16.44	17.68	12.60	67.22	4
	03. 철도인프라 BIM 실무 수행 프로세스 및 Railway-PLM 구축기술 개발(Ⅰ-3)	18.00	13.98	13.98	10.80	56.76	10
	04. 철도인프라 BIM기반 운영 유지관리 기술 개발(Ⅰ-4)	16.00	13.57	13.98	10.20	53.74	11
	05.철도인프라 환경 및 경제성 분석기술 개발(Ⅰ-5)	11.00	9.04	10.69	6.30	37.03	14
철도인프라 정보모델 기술(Ⅱ)	01. 철도인프라를 위한 IFC확장 기술 개발(Ⅱ-1)	20.50	17.68	17.68	12.90	68.76	2
	02. 철도인프라별 표준 데이터 모델 및 모델링 기술 개발(Ⅱ-2)	23.00	17.68	17.68	12.90	71.26	1
	03.철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발(Ⅱ-3)	18.50	16.86	17.27	12.90	65.52	5
	04. 철도 시설물 객체별 BIM 라이브러리 개발(Ⅱ-4)	20.00	16.44	16.86	11.70	65.00	7
철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술(Ⅲ)	01. 능동형 BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 기술개발(Ⅲ-1))	21.00	17.27	16.86	13.20	68.32	3
	02. ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임웍 기술 개발(Ⅲ-2)	20.00	16.86	15.62	12.60	65.08	6
	03. BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 개발(Ⅲ-3)	19.00	15.62	15.21	9.90	59.73	9
BIM기반 철도인프라 자산관리 시스템 개발(IV)	01.철도인프라 자산관리 프로세스 개발(IV-1)	13.00	9.04	10.28	6.90	39.22	13
	02. 철도인프라 자산관리 지침서 및 가이드라인 개발((IV-2)	11.00	9.46	9.46	6.00	35.91	15
	03. 철도자산관리 BIM모듈(이력정보, Risk Management, 유지관리 비용예측 등)간 연계기술(IV-3)	11.00	9.04	8.63	6.60	35.28	16
	04. 철도 인프라 자산관리 최적 의사결정 지원시스템 개발(IV-4)	11.00	8.63	9.04	5.70	34.38	17
BIM기반 철도인프라 안전 및 재난관리 시스템 개발(V)	0.1. 철도인프라 통합안전관리를 위한 BIM지원기술(V-1)	13.00	9.04	10.28	7.80	40.12	12
	0.2. BIM 기반 철도 인프라 안전도 확보 기술(V-2)	7.50	6.99	7.81	4.20	26.50	19
	03. 3차원 피해정보 처리를 위한 BIM 형상화 기술(V-3)	6.50	6.17	6.99	4.50	24.16	20
	04. BIM 기반 철도인프라 피해규모 산정 및 표준화 기술(V-4)	6.50	5.34	6.17	4.50	22.51	22
	05. 재해 발생시 철도 인프라의 응급복구를 위한 BIM 기반 복구지원 기술(V-5)	7.00	5.76	6.17	5.10	24.02	21
	06. BIM기반 철도인프라 안전관리 운영체계 기술개발(V-6)	9.50	7.81	8.22	6.00	31.53	18
BIM기반 철도인프라 폐기 및 재활용 관리 시스템 개발(VI)	01.철도인프라의 친환경 해체 기반 유용자원 회수 기술(VI-1)	5.50	4.11	4.93	3.90	18.44	25
	02. 철도인프라의 재활용 기술 및 자원순환기술(VI-2)	6.50	5.76	4.93	3.90	21.09	23
	03. 철도인프라 친환경 설계 및 환경성 인증기술(VI-3)	6.50	4.93	4.52	4.20	20.16	24

다. AHP

- AHP방법론은 이용한 우선순위 추정 결과를 보면, 세분류과제에서는 세분류 기술 I, II, III가 높은 점수를 받은 반면 세분류 기술 IV, V, XI은 낮은 점수를 받은 것으로 나타남
  - 1위는 '철도인프라 정보모델 기술,' 2위는 철도인프라의 BIM기반 생애주기 운영체계기술(I)로 나타났으며, 3위는 '철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술III)'으로 나타남

- 분류체계상의 세세분류 기술개발과제의 우선순위 추정결과를 보면, 대부분 세분류 기술과제 II의 과제들이 높은 점수 및 순위를 받았으며, 그 다음으로는 기술개발 III과 기술개발 I의 과제들이 높은 점수를 받음
  - 세세분류에서 1,2위 순위를 받은 기술과제들은 세분류 기술개발 II 과제에 속하여 있는 '철도인프라별 표준 데이터 모델 및 모델링 기술개발 (II-2)'와 '철도인프라를 위한 IFC확장 기술개발(II-1)'과제임
  - 세세분류의 과제 III에는 '능동형 BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 기술개발(III-1)이 3위를 차지하였으며, 나머지 기술개발과제들은 7위와 9위를 차지함
  - 그 다음으로 세세분류의 과제 I에 속한 과제에서 'BIM기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 개발(Ⅰ-2),' '철도인프라 전 생애주기 통합운영시스템 개발(Ⅰ-1)'가 각각 4위와 6위를 차지하였으며, 나머지 과제들은 10, 11, 14위를 차지하여, 과제군내에서 우순 선위 편차가 큰 것으로 분석됨
  - 세분류 기술과제 IV에 속한 과제들은 13위, 15위, 16위, 17위 등 중간 순위에 속하였음
  - 세분류 기술과제 V에 속한 과제들은 하위권인 12위, 18위, 19위, 20위, 21위, 22위에 배정받음
  - 세분류 기술과제 VI에 속한 과제들은 모든 과제들이 최하위 순위를 받은 것으로 조사됨

표 29 AHP법을 적용한 기술개발과제의 우선순위 추정결과

분류	세세분류 과제명	기술성별 과제 점수				과제별 순위	
		필요성	시급성	적합성	차별성	총점	순위
세분류	01. 철도인프라의 BIM기반 생애주기 운영체계 기술(Ⅰ)	0.026	0.008	0.010	0.004	0.049	2
	02. 철도인프라 정보모델 기술(Ⅱ)	0.028	0.009	0.010	0.005	0.053	1
	03. 철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술(Ⅲ)	0.026	0.008	0.010	0.005	0.048	3
	0.4. BIM기반 철도인프라 자산관리 시스템 개발(IV)	0.015	0.005	0.006	0.003	0.029	4
	05. BIM기반 철도인프라 안전 및 재난관리 시스템 개발(V)	0.010	0.003	0.005	0.003	0.021	5
	06. BIM기반 철도인프라 폐기 및 재활용 관리 시스템 개발(VI)	0.009	0.003	0.006	0.002	0.020	6
철도인프라의 BIM기반 생애주기 운영체계 기술(Ⅰ)	01. 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 개발(Ⅰ-1)	0.025	0.007	0.009	0.005	0.046	6
	02. BIM기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 개발(Ⅰ-2)	0.025	0.007	0.010	0.004	0.046	4
	03. 철도인프라 BIM 실무 수행 프로세스 및 Railway-PLM 구축기술 개발(Ⅰ-3)	0.022	0.006	0.008	0.004	0.039	10
	04. 철도인프라 BIM기반 운영 유지관리 기술 개발(Ⅰ-4)	0.019	0.006	0.008	0.003	0.036	11
	05.철도인프라 환경 및 경제성 분석기술 개발(Ⅰ-5)	0.013	0.004	0.006	0.003	0.026	14
철도인프라 정보모델 기술(Ⅱ)	01. 철도인프라를 위한 IFC확장 기술 개발(Ⅱ-1)	0.025	0.008	0.010	0.005	0.048	2
	02. 철도인프라별 표준 데이터 모델 및 모델링 기술 개발(Ⅱ-2)	0.028	0.008	0.010	0.005	0.050	1
	03.철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발(Ⅱ-3)	0.022	0.008	0.010	0.004	0.044	8
	04. 철도 시설물 객체별 BIM 라이브러리 개발(Ⅱ-4)	0.024	0.007	0.009	0.005	0.046	5
철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술(Ⅲ)	01. 능동형 BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 기술개발(Ⅲ-1))	0.025	0.008	0.009	0.005	0.047	3
	02. ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임웍 기술 개발(Ⅲ-2)	0.024	0.008	0.009	0.005	0.045	7
	03. BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질 향상을 위한 품질검증 시스템 개발(Ⅲ-3)	0.023	0.007	0.008	0.004	0.043	9
BIM기반 철도인프라 자산관리 시스템 개발(IV)	01.철도인프라 자산관리 프로세스 개발(IV-1)	0.016	0.004	0.006	0.003	0.028	13
	02. 철도인프라 자산관리 지침서 및 가이드라인 개발((IV-2)	0.013	0.004	0.005	0.003	0.025	15
	03. 철도자산관리 BIM모듈(이력정보, Risk Management, 유지관리 비용예측 등)간 연계기술(IV-3)	0.013	0.004	0.005	0.003	0.025	16
	04. 철도 인프라 자산관리 최적 의사결정 지원시스템 개발(IV-4)	0.013	0.004	0.005	0.003	0.025	17
BIM기반 철도인프라 안전 및 재난관리 시스템 개발(V)	0.1. 철도인프라 통합안전관리를 위한 BIM지원기술(V-1)	0.016	0.004	0.006	0.003	0.028	12
	0.2. BIM 기반 철도 인프라 안전도 확보 기술(V-2)	0.009	0.003	0.004	0.002	0.019	19
	03. 3차원 피해정보 처리를 위한 BIM 형상화 기술(V-3)	0.008	0.003	0.004	0.002	0.017	20
	04. BIM 기반 철도인프라 피해규모 산정 및 표준화 기술(V-4)	0.008	0.002	0.003	0.002	0.016	22
	05. 재해 발생시 철도 인프라의 응급복구를 위한 BIM 기반 복구지원 기술(V-5)	0.008	0.003	0.003	0.002	0.016	21
	06. BIM기반 철도인프라 안전관리 운영체계 기술 개발(V-6)	0.011	0.004	0.005	0.002	0.022	18
BIM기반 철도인프라 폐기 및 재활용 관리 시스템 개발(VI)	01.철도인프라의 친환경 해체 기반 유용자원 회수기술(VI-1)	0.007	0.002	0.003	0.001	0.013	25
	02. 철도인프라의 재활용 기술 및 자원순환기술(VI-2)	0.008	0.003	0.003	0.002	0.015	23
	03. 철도인프라 친환경 설계 및 환경성 인증기술(VI-3)	0.008	0.002	0.003	0.002	0.014	24

라. 요인분석

- 요인분석법을 적용한 우선순위 추정결과를 세분류 과제에 대해서 먼저 살펴보면, 단순평균법이나 AHP법 적용했을 때와 동일한 결과가 제시됨
  - 기술과제 II가 1위, 기술과제 II는 2위, 기술과제 III가 3위로 기록되어 상위 순위에 배정된 반면, 기술과제 IV, V, VI는 각각 4, 5, 6위를 차지하여 하위 순위로 선별됨

- 세세분류별 과제의 우선순위 추정 결과를 살펴보면, 기술과제 II군, III군, 그리고 II군에 속한 과제들이 상위를 차지한 반면, 기술과제 IV, V, VI에 속한 과제들은 하위순위로 나타남
  - 기술과제 II군에 있는 '철도인프라별 표준 데이터 모델 및 모델링 기술 개발(Ⅱ-2),' 철도인프라를 위한 IFC확장 기술 개발(Ⅱ-1)'이 각각 1,2위를 차지하였음. 하지만 같은 군에 있는 나머지 과제 II-3과 II-4는 8위와 5위를 각각 차지하여 중간순위에 머물음
  - 기술과제 III군에 속하여 있는 과제 '능동형 BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 기술개발(Ⅲ-1)'가 3위를 차지하고, 그 나머지 과제들은 6위와 9위를 차지하여 상하위군에 속한 것으로 나타남
  - 기술과제 1군에 속한 'BIM기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 개발(Ⅰ-2)'과제가 4위를 차지하였으며, 그 나머지 과제들은 10위, 11위, 14위 등 중위권 우선순위에 배정됨
  - 한편 기술과제 IV, V, VI에 속한 과제들은 하위권 및 최하위권의 점수를 받았으며, 특히 기술 VI에 관련된 과제들은 최하위 점수를 받음

표 30 요인분석법을 이용한 기술개발과제의 우선순위 추정결과

분류	세세분류 과제명	기술성별 과제 점수				과제별 순위	
		필요성	시급성	적합성	차별성	총점	순위
세분류	01. 철도인프라의 BIM기반 생애주기 운영체계 기술(Ⅰ)	0.014	0.014	0.013	0.009	0.049	2
	02. 철도인프라 정보모델 기술(Ⅱ)	0.015	0.015	0.013	0.010	0.052	1
	03. 철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술(Ⅲ)	0.013	0.013	0.013	0.009	0.048	3
	0.4. BIM기반 철도인프라 자산관리 시스템 개발(Ⅳ)	0.008	0.008	0.008	0.006	0.030	4
	05. BIM기반 철도인프라 안전 및 재난관리 시스템 개발(Ⅴ)	0.005	0.006	0.006	0.005	0.022	5
	06. BIM기반 철도인프라 폐기 및 재활용 관리 시스템 개발(Ⅵ)	0.005	0.005	0.007	0.004	0.021	6
철도인프라의 BIM기반 생애주기 운영체계 기술(Ⅰ)	01. 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 개발(Ⅰ-1)	0.013	0.012	0.011	0.009	0.045	7
	02. BIM기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 개발(Ⅰ-2)	0.013	0.013	0.012	0.008	0.046	4
	03. 철도인프라 BIM 실무 수행 프로세스 및 Railway-PLM 구축기술 개발(Ⅰ-3)	0.011	0.011	0.010	0.007	0.039	10
	04. 철도인프라 BIM기반 운영 유지관리 기술 개발(Ⅰ-4)	0.010	0.010	0.010	0.006	0.036	11
	05.철도인프라 환경 및 경제성 분석기술 개발(Ⅰ-5)	0.007	0.007	0.007	0.005	0.026	14
철도인프라 정보모델 기술(Ⅱ)	01. 철도인프라를 위한 IFC확장 기술 개발(Ⅱ-1)	0.013	0.013	0.012	0.010	0.048	2
	02. 철도인프라별 표준 데이터 모델 및 모델링 기술 개발(Ⅱ-2)	0.014	0.013	0.012	0.010	0.050	1
	03.철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발(Ⅱ-3)	0.011	0.013	0.012	0.008	0.045	8
	04. 철도 시설물 객체별 BIM 라이브러리 개발(Ⅱ-4)	0.012	0.013	0.012	0.009	0.046	5
철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술(Ⅲ)	01. 능동형 BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 기술개발(Ⅲ-1))	0.013	0.013	0.012	0.009	0.047	3
	02. ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임웍 기술 개발(Ⅲ-2)	0.012	0.013	0.011	0.009	0.045	6
	03. BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 개발(Ⅲ-3)	0.012	0.012	0.011	0.008	0.042	9
BIM기반 철도인프라 자산관리 시스템 개발(Ⅳ)	01.철도인프라 자산관리 프로세스 개발(Ⅳ-1)	0.008	0.007	0.007	0.006	0.028	13
	02. 철도인프라 자산관리 지침서 및 가이드라인 개발((Ⅳ-2)	0.007	0.007	0.007	0.005	0.025	15
	03. 철도자산관리 BIM모듈(이력정보, Risk Management, 유지관리 비용예측 등)간 연계기술(Ⅳ-3)	0.007	0.007	0.006	0.005	0.025	16
	04. 철도 인프라 자산관리 최적 의사결정 지원 시스템 개발(Ⅳ-4)	0.007	0.007	0.006	0.005	0.025	17
BIM기반 철도인프라 안전 및 재난관리 시스템 개발(Ⅴ)	0.1. 철도인프라 통합안전관리를 위한 BIM지원 기술(Ⅴ-1)	0.008	0.007	0.007	0.006	0.028	12
	0.2. BIM 기반 철도 인프라 안전도 확보 기술(Ⅴ-2)	0.005	0.005	0.005	0.004	0.020	19
	03. 3차원 피해정보 처리를 위한 BIM 형상화 기술(Ⅴ-3)	0.004	0.005	0.005	0.004	0.018	20
	04. BIM 기반 철도인프라 피해규모 산정 및 표준화 기술(Ⅴ-4)	0.004	0.004	0.004	0.004	0.016	21
	05. 재해 발생시 철도 인프라의 응급복구를 위한 BIM 기반 복구지원 기술(Ⅴ-5)	0.004	0.004	0.004	0.003	0.016	22
	06. BIM기반 철도인프라 안전관리 운영체계 기술개발(Ⅴ-6)	0.006	0.006	0.006	0.004	0.022	18
BIM기반 철도인프라 폐기 및 재활용 관리 시스템 개발(Ⅵ)	01.철도인프라의 친환경 해체 기반 유용자원 회수 기술(Ⅵ-1)	0.003	0.003	0.003	0.003	0.013	25
	02. 철도인프라의 재활용 기술 및 자원순환기술(Ⅵ-2)	0.004	0.004	0.003	0.004	0.015	23
	03. 철도인프라 친환경 설계 및 환경성 인증기술(Ⅵ-3)	0.004	0.004	0.003	0.003	0.014	24

4. 최종종합순위

가. 세분류 과제

- 여기에서는 단순평균, AHP, 요인분석을 적용하여 가중치 및 종합점수에 따라 나타난 과제별 우선순위를 비교분석하고자 함
- 먼저 세분류별 과제들의 우선순위를 비교하고자함
  - 세분류별 과제들의 우선순위를 적용방법론별로 살펴보면, 적용방법론과는 무관하게 똑 같은 우선순위가 나타난 것으로 분석됨
  - 즉 분석방법론의 모든 결과에서 동일하게 '철도기술인프라 정보모델 기술'이 1위, '철도인프라의 BIM기반 생애주기 운영체계기술'은 2위, '철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술'은 3위, 'BIM기반 철도인프라 안전 및 재난관리 시스템 개발'은 5위, 그리고 'BIM기반 철도인프라 폐기 및 재활용 관리시스템 개발'은 최하위인 6위를 기록함

- 종합해보면, 철도BIM 기술개발에 대한 세분류 과제에 대해서는 모든 평가자들이 동일하게 우선순위를 고려하고 있다고 판단됨
  - 즉 철도BIM 기술개발을 완성하기 위해서는 우선적으로 '철도인프라 정보모델 기술'이 가장 중요하다고 판단하고 있고, 그 다음으로 '철도인프라의 BIM기반 생애주기 운영체계 기술 개발'이 중요하다고 판단하고 있음
  - 특히 AHP와 요인분석의 결과가 단순평균법 적용 결과와 동일하게 나타났다는 점이 이러한 결과를 잘 지지하고 있다고 판단됨

- 우선순위 도출과정 중 기획자문위원회의 결과, 철도에 BIM을 효과적 도입 및 원활히 적용시키기 위하여 Test-Bed의 수행 및 연구기간 증가가 반드시 필요할 것으로 제시.
  - Test-Bed의 수행을 본 과제 수행시 2단계로 수행함으로써 철도인프라에 BIM을 효과적으로 도입 및 수행
  - 수행 기술 및 대상의 규모를 감안할 때, 3년의 수행기간보다 최소 4년의 연구기간이 필요할 것으로 사료되며, 이를 적극 권장

나. 세세분류 과제

- 세세분류별 과제들에 대한 결과를 비교해 보면, 1-4위까지는 분석방법론과는 무관하게 동일한 추정결과가 나타남
  - 모든 분석에서 1위에는 '철도인프라별 표준 데이터 모델 및 모델링 기술 개발(Ⅱ-2),' 2위는 '철도인프라를 위한 IFC확장 기술 개발(Ⅱ-1),' 3위는 '능동형 BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 기술개발(Ⅲ-1),' 그리

고 4위는 'BIM기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 개발(Ⅰ-2)'로 분석됨
- 즉 조사에 응답한 응답자와 평가자들은 위의 4개의 과제들이 어느 다른 과제들보다 먼저 과제가 수행되어야 한다는 점에서는 의견을 같이하는 것으로 해석됨

- 다음으로 5위, 6위, 7위, 8위에 배정된 과제들이 분석방법에 따라 우선순위가 바뀌어 어느 분석 방법을 적용하느냐에 민감한 것으로 해석됨
  - 우선 기준이 되는 단순평균법의 결과보다 가장 민감하게 반응하는 과제는 '철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발(Ⅱ-3)'으로 나타남. 단순평균법에서는 5위를 차지하였지만, AHP와 요인분석에서는 동일하게 8위를 차지함.
  - 즉 평가자들은 위 과제가 중요하지만, 각각의 중요도에는 그 다음과제들에 비해 중요도 격차가 크게 나지 않다고 평가한 것이 우선순위를 더 낮춘 것으로 분석됨.
  - 즉 기술개발 II-3은 AHP와 요인분석에 나타난 바와 같이 8위가 적절한 것으로 분석됨

- 다음은 단순평균에서 6위를 차지한 'ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임웍 기술 개발(Ⅲ-2)'은 AHP에서는 7위, 요인분석에서는 6위를 차지하여 분석결과에 따라 민감하게 반응하는 것으로 나타남
  - 이는 평가자들이 동 과제의 기술개발에 대해서는 중요도의 격차가 크지 않다고 평가한 결과로 해석됨.
  - 결과적으로 본 과제는 6위 또는 7위로 해석해도 상관이 없을 것으로 판단됨

- 단순평균법 적용에서 7위를 차지한 '철도 시설물 객체별 BIM 라이브러리 개발(Ⅱ-4)' 과제가 AHP와 요인분석에서는 동일하게 5위를 차지함
  - 평가자들이 동 과제에 대해서는 단순하게 평가했을 때는 우선순위가 5,6위 과제에 비해서 약간 낮다고 평가하였지만, 중요도 및 공헌도를 고려했을 때는 6,7위 과제들보다는 더 중요하다고 평가한 결과로 해석됨
  - 따라서 본 과제는 기술개발 우선순위에서 5위로 해석하는 것이 적절한 것으로 판단됨

- 단순평균법에서 8위를 차지한 '철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 개발(Ⅰ-1)'은 AHP에서는 6위, 요인분석에서는 7위를 차지함
  - 동 과제는 평가자들이 단순하게 평가할 때는 8위 수준이지만, 철도BIM 기술개발을 완성한다는 점에서는 중요도가 높다고 평가한 것으로 해석됨
  - 따라서 본 과제는 6 또는 7위의 우선순위가 적절한 것으로 평가됨

- 다음으로 중위권의 과제들을 비교해보면 다음과 같음
  - 분석방법론에 무관하게, 기술개발 과제 I에 속하는 두 개의 과제가 11위(I-4)와 14위(I-5)를 차지하였으며, 기술개발 과제 IV군에 속한 과제들이 13위(IV-1), 15위(IV-2), 16위(IV-3), 17위(IV-4)를 차지함.
  - 즉 평가자들은 특히 기술과제 IV 군에 속한 과제들이 중간정도의 순위에서 개발되는 것이 적절하다고 평가하고 있음

- 하위권 및 최하위권의 과제들을 비교해보면 다음과 같음
  - 하위권에 있는 기술과제들은 모두 기술과제 V군에 속한 과제로 나타남
  - 다만 '철도인프라 통합안전관리를 위한 BIM지원기술(V-1)'과제만 12위로 나타나, 이러한 기술 중에서는 중간순위에서 기술개발이 이루어져야 한다고 판단하는 것을 분석됨
  - 최하권에 있는 기술과제들은 기술과제 VI에 속한 과제들로 나타남. 기술개발 과제 VI에 속한 과제들은 분석방법론의 차이가 없게 모두 23-25위의 최하위 순위로 나타남
  - 즉 BIM기반 철도인프라 폐기 및 재활용 관리시스템'에 관련된 기술들은 가장 늦게 개발되어도 된다고 평가자들은 평가하는 것으로 분석됨

표 31 분석방법론별 기술개발과제의 우선순위 비교

분류	과제명	단순 평균	AHP	요인 분석
세분류	01. 철도인프라의 BIM기반 생애주기 운영체계 기술(Ⅰ)	2	2	2
	02. 철도인프라 정보모델 기술(Ⅱ)	1	1	1
	03. 철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술(Ⅲ)	3	3	3
	0.4. BIM기반 철도인프라 자산관리 시스템 개발(IV)	4	4	4
	05. BIM기반 철도인프라 안전 및 재난관리 시스템 개발(V)	5	5	5
	06. BIM기반 철도인프라 폐기 및 재활용 관리 시스템 개발(VI)	6	6	6
철도인프라의 BIM기반 생애주기 운영체계 기술(Ⅰ)	01. 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 개발(Ⅰ-1)	8	6	7
	02. BIM기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산 체계 개발(Ⅰ-2)	4	4	4
	03. 철도인프라 BIM 실무 수행 프로세스 및 Railway-PLM 구축 기술 개발(Ⅰ-3)	10	10	10
	04. 철도인프라 BIM기반 운영 유지관리 기술 개발(Ⅰ-4)	11	11	11
	05.철도인프라 환경 및 경제성 분석기술 개발(Ⅰ-5)	14	14	14
철도인프라 정보모델 기술(Ⅱ)	01. 철도인프라를 위한 IFC확장 기술 개발(Ⅱ-1)	2	2	2
	02. 철도인프라별 표준 데이터 모델 및 모델링 기술 개발(Ⅱ-2)	1	1	1
	03.철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발(Ⅱ-3)	5	8	8
	04. 철도 시설물 객체별 BIM 라이브러리 개발(Ⅱ-4)	7	5	5
철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술(Ⅲ)	01. 능동형 BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 기술개발(Ⅲ-1))	3	3	3
	02. ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임웍 기술 개발(Ⅲ-2)	6	7	6
	03. BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 개발(Ⅲ-3)	9	9	9
BIM기반 철도인프라 자산관리 시스템 개발(IV)	01.철도인프라 자산관리 프로세스 개발(IV-1)	13	13	13
	02. 철도인프라 자산관리 지침서 및 가이드라인 개발((IV-2)	15	15	15
	03. 철도자산관리 BIM모듈(이력정보, Risk Management, 유지관리 비용예측 등)간 연계기술(IV-3)	16	16	16
	04. 철도 인프라 자산관리 최적 의사결정 지원시스템 개발(IV-4)	17	17	17
BIM기반 철도인프라 안전 및 재난관리 시스템 개발(V)	0.1. 철도인프라 통합안전관리를 위한 BIM지원기술(V-1)	12	12	12
	0.2. BIM 기반 철도 인프라 안전도 확보 기술(V-2)	19	19	19
	03. 3차원 피해정보 처리를 위한 BIM 형상화 기술(V-3)	20	20	20
	04. BIM 기반 철도인프라 피해규모 산정 및 표준화 기술(V-4)	22	22	21
	05. 재해 발생시 철도 인프라의 응급복구를 위한 BIM 기반 복구 지원 기술(V-5)	21	21	22
	06. BIM기반 철도인프라 안전관리 운영체계 기술개발(V-6)	18	18	18
BIM기반 철도인프라 폐기 및 재활용 관리 시스템 개발(VI)	01.철도인프라의 친환경 해체 기반 유용자원 회수 기술(VI-1)	25	25	25
	02. 철도인프라의 재활용 기술 및 자원순환기술(VI-2)	23	23	23
	03. 철도인프라 친환경 설계 및 환경성 인증기술(VI-3)	24	24	24

5. 요약

○ 본고는 철도BIM의 기술개발과제에 대한 우선순위를 선정하기 위해서 과제에 대한 의사결정과정을 구조화하고, 각 구조화된 요인별로 가중치를 추정하였으며, 그 가중치를 종합하여 우선순위를 제시함
- 우선순위결정의 최종목표는 철도BIM 기술개발의 완성으로 규정하고, 본 목표를 달성하는데 가장 중요한 영향을 주는 요인들을 기술성 평가항목으로 구분하여 적용함
- 그리고 최종단계에는 기술기획자문위원회 등에서 최종적으로 결정된 기술개발과제 세분류 6개, 세세분류 25개를 분포시켜 분석함
- 가중치 분석을 위해서는 단순평균법, AHP분석법, 요인분석법을 적용하였으며, 단순평균법에 나타난 결과를 기준으로 다른 방법론를 적용하여 나타난 결과들을 비교분석함

○ 평가를 위한 자료는 기획자문위원, 연구참여 연구원 등 다양하게 구성하였음
- 다양하게 구성된 평가자들에게 여러 차지 설문조사를 하였지만, 실질적으로 신뢰성을 위반하는 사례가 매우 많아, 분석결과에 대한 신뢰성 확보가 쉽지 않았음
- 하지만, 최종적으로 한 장소에 모여 신뢰성이 확보될 때까지 설문조사를 재실시하여 신뢰성을 확보함

○ 우선순위 추정결과는 대부분의 과제에 대해서는 동일한 우선순위가 나타났지만, 일부과제는 다른 결과가 나타나, 항목별로 과제들이 민감하게 반응하였음
- 세분류에 의한 기술개발과제의 결과는 3가지 분석 방법 모두에서 동일한 결과를 제시함
- 세분류 기술개발 과제 II위가 1위, 기술개발 과제 I이 2위, 기술개발 과제 II가 3위, 기술개발과제 IV, V, VI이 각각 4,5,6위를 기록함
- 세세분류의 기술개발과제에 대한 우선순위 결과는 1-4위까지는 동일한 결과가 나타나, 기술 개발(Ⅱ-2)91위), 기술 개발(Ⅱ-1)(2위), 기술개발(Ⅲ-1)(3위),' 그리고 기술개발(Ⅰ-2)(4위)가 철도BIM기술개발에서 우선적으로 수행되어야 한다는 결과가 도출됨
- 5위에서 9위까지는 우선순위가 분석방법론에 따라 매우 민감하게 변화하는 것으로 나타났지만, 그 우선순위 선정 해석에는 큰 어려움이 없는 것으로 나타남

○ 세분류 기술과제 IV, V, VI에 포함된 기술개발 과제들은 분석방법론에 무관하게 하위권 및 최하위권으로 나타남
- 즉 세분류의 결과와 세세분류의 결과가 각 군에 포함된 세세부과제와는

거의 무관하게 동일한 결과를 보여줌

- 따라서 이러한 과제들은 상대적으로 후순위의 기술개발과제로 분류되어짐

○ 기획자문위원회의 제안을 고려하여, Test-Bed를 추가

제4절. 연구개발과제 결정 및 로드맵 작성

1. 연구단

○ 철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 연구단

2. 1단계 연구개발 과제

○ 철도인프라의 BIM기반 생애주기 관리 운영체계 기술 개발 (Ⅰ)

- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 개발(Ⅰ-1)
- BIM기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 개발(Ⅰ-2)
- 철도인프라 BIM기반 실무 프로세스 및 수행체계 기술 개발 개발(Ⅰ-3)
- 철도인프라 환경 및 경제성 분석 기술 개발(Ⅰ-4)

○ 철도인프라 정보모델 기술 개발 (Ⅱ)

- 철도인프라 개방형 국제표준기반 데이터모델 개발(Ⅱ-1)
- 철도인프라 표준 정보모델링 기술 개발(Ⅱ-2)
- 철도인프라 BIM정보 재활용 기술 개발(Ⅱ-3)

○ 철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술 개발 (Ⅲ)

- 능동형BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 기술개발(Ⅲ-1)
- ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임워크 기술 개발(Ⅲ-2)
- BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 개발(Ⅲ-3)

3. 2단계 연구개발 과제

○ Test-Bed(IV)

- 철도인프라 생애주기 관리 운영체계 시범 구축
- 철도인프라 생애주기 관리 운영체계 모니터링 기술개발
- 철도인프라 생애주기 관리 운영체계 시범운영 및 검증

※기획자문위원회 결과 기존 계획에 Test-Bed 수행 제안

○ BIM기반 철도인프라 유지관리 시스템 개발 (V)

- 철도시설물 유지관리 분야 BIM표준(안) 개발 및 표준화 추진(V-1)
- BIM기반 철도시설물 정밀점검 및 진단 사업관리체계 구축(V-2)
- 능동형 BIM기반 철도인프라 시설물 유지관리 최적의사결정 지원시스템 개발(V-3)
- BIM기반 철도인프라 FMS 기술 개발(V-4)

○ BIM기반 철도인프라 자산관리 시스템 개발 (VI)

- 철도인프라 자산관리 프로세스 개발(VI-1)
- 철도인프라 자산관리 지침서 및 가이드라인 개발(VI-2)
- 철도자산관리 BIM모듈(이력정보, Risk Management, 유지관리 비용예측

등)간 연계기술(VI-3)

- 철도 인프라 자산관리 최적 의사결정 지원시스템 개발(VI-4)

○ BIM기반 철도인프라 안전 및 재난관리 시스템 개발 (VII)

- 철도인프라 통합안전관리를 위한 BIM지원기술(VII-1)
- BIM 기반 철도 인프라 안전도 확보 기술(VII-2)
- 3차원 피해정보 처리를 위한 BIM 형상화 기술(VII-3)
- BIM 기반 철도인프라 피해규모 산정 및 표준화 기술(VII-4)
- 재해 발생시 철도 인프라의 응급복구를 위한 BIM 기반 복구지원 기술(VII-5)
- BIM기반 철도인프라 안전관리 운영체계 기술개발(VII-6)

○ BIM기반 철도인프라 폐기 및 재활용 관리 시스템 개발 (VIII)

- 철도인프라의 친환경 해체 기반 유용자원 회수 기술(VIII-1)
- 철도인프라의 재활용 기술 및 자원순환기술(VIII-2)
- 철도인프라 친환경 설계 및 환경성 인증기술(VIII-3)

4. 연구개발 로드맵

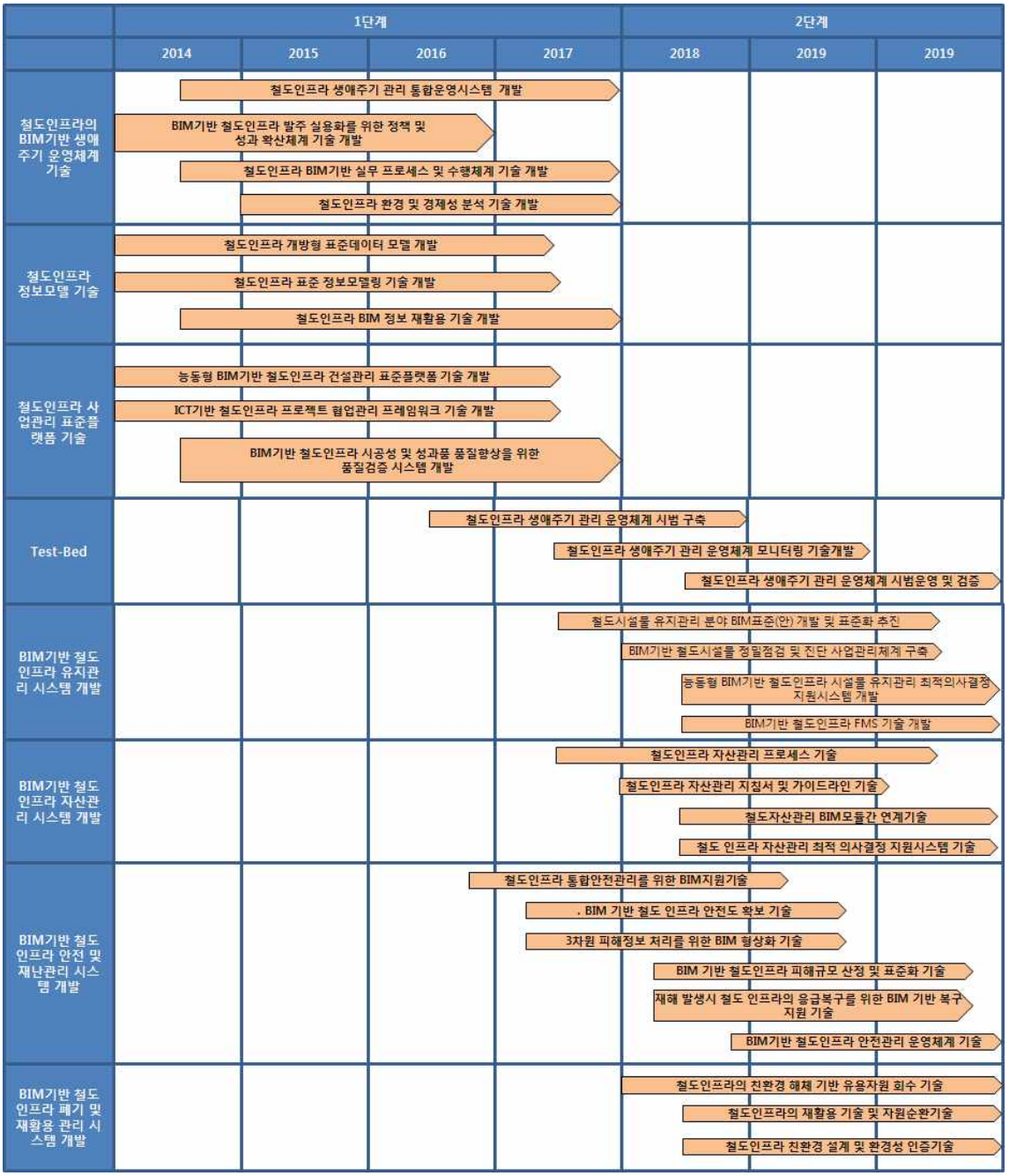


그림 64 연구개발 로드맵(안)

5. 기술간 연계성

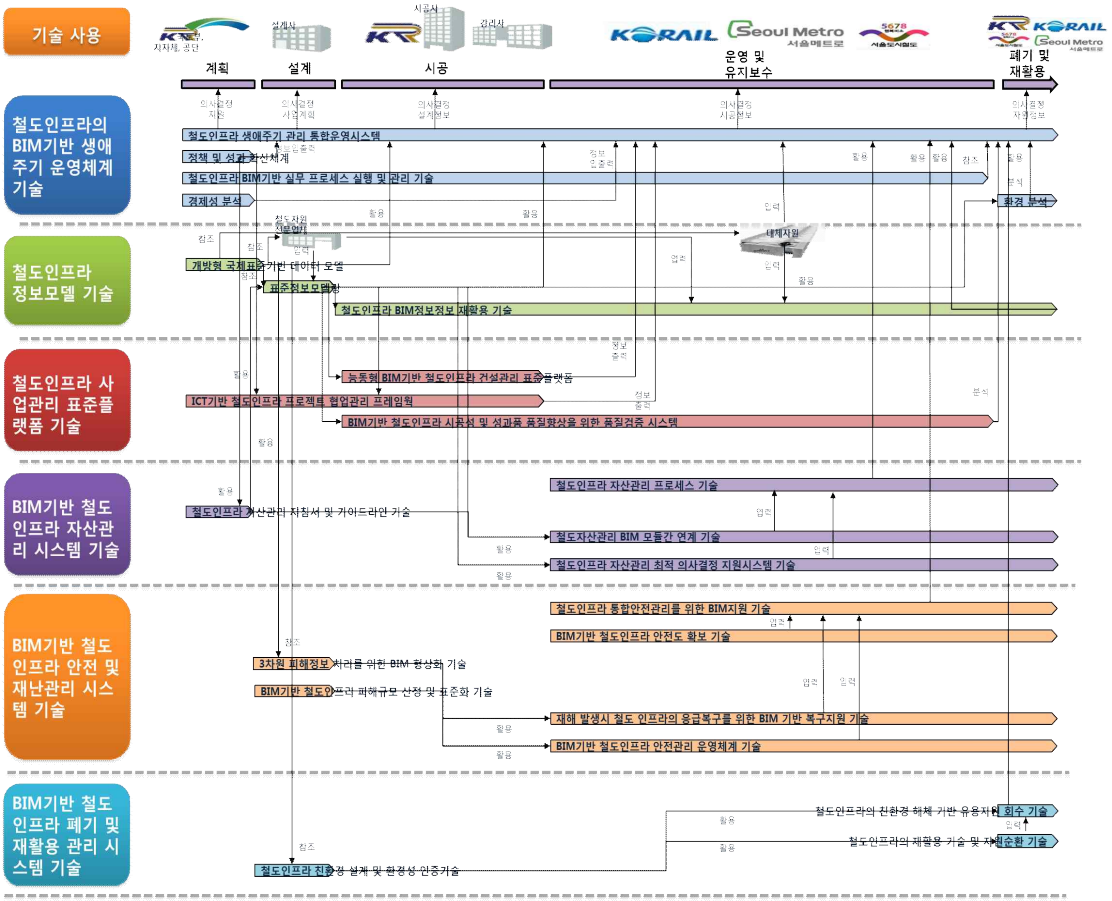


그림 65 기술간 연계성

제5장. 연구과제 기획

제1절. 철도인프라의 BIM기반 생애주기 관리 운영체계 기술

1. 목표 및 개요

가. 연구목표 및 범위

최 종 연구목표	철도인프라의 생애주기에 걸쳐 관련 주체들간 정보 생성과 협업을 도모하고, 성능 향상, 비용 절감 및 일정 관리 등을 위한 운영체계 구축
구체적 연구목표	1 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 개발 2 BIM기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 개발 3 철도인프라 BIM기반 실무 프로세스 및 수행체계 기술 개발 4 철도인프라 환경 및 경제성 분석 기술개발
범위	지반, 궤도, 교량, 터널, 전기, 신호, 통신

○ 본 연구의 최종목표는 최근 건설산업분야의 새로운 기술 패러다임으로 부상한 BIM(Building Information Modeling, 이하 BIM)을 기반으로, 철도인프라의 생애주기 동안 생성되는 정보가 생애주기 단계 간 이동시 손실없이 사용가능하며, 생성된 정보를 하나의 체계 안에서 최대의 효율성을 얻기 위한 원천기술 개발에 있음

○ 본 연구는 『철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 개발』, 『BIM기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 개발』,『철도인프라 BIM기반 실무 프로세스 및 수행체계 기술 개발』,『철도인프라 환경 및 경제성 분석 기술개발』로 구분하여, 본 연구의 목표인 철도인프라 BIM기반 생애주기 관리 운영체계를 성공적으로 달성하고자 함

○ 본 연구는 방위산업청지침 제 2018-8호(2012.4.6.제정) 기술성숙도평가 업무지침의 기술성숙도 수준별 정의 기준에 따라 구분한 결과 TRL3으로 산정됨으로 연구를 통해 기술 수준을 향상시키고자 함

○ 그림 65는 세부연구목표 및 연구내용을 나타냄

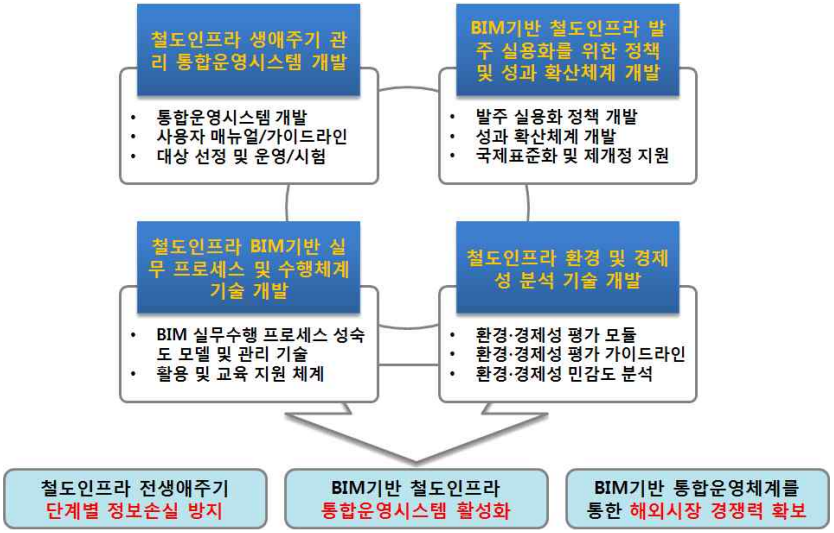


그림 66 세부의 목표 및 연구내용

나. 기술정의

○ 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 개발

- 철도인프라의 전 생애주기 단계의 효율적인 관리를 위해 각 단계별로 필요한 요소기술을 정리하고 이를 이용한 단계별 비용 절감 및 단계 간에 발생되는 정보손실을 방지할 수 있는 체계 및 시스템을 개발함

○ BIM기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 개발

- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템이 기존의 시장에 원활히 도입되기 위해, BIM기반으로 철도인프라의 발주를 시행하여 철도인프라 시장에 효과적으로 안착을 지원할 정책 및 확산체계를 개발함

○ 철도인프라 BIM기반 실무 프로세스 및 수행체계 기술 개발

- 철도인프라 BIM기반 실무 프로세스 및 수행체계 기술이란 BIM기반으로 시스템 엔지니어링을 체계적으로 수행하는 체계를 지원하는 기술을 개발함

○ 철도인프라 환경 및 경제성 분석 기술 개발

- 철도의 환경 및 비용 측면에 대한 지속가능한 경쟁력을 확보하기 위해 인프라 건설단계에서부터 BIM 기법을 기반으로 3D 이상의 차원에서 철도인프라 생애주기에 대한 공사•공종별 환경•경제성 평가방법론 및 S/W 개발로 효과적인 철도인프라 환경성 진단 및 경제성 평가 기술을 개발함

다. 필요성

○ 철도기술 분야별 정보모델 통합 및 협업 기반을 제공하고 국내 BIM기술의 저조한 경쟁력향상을 위해 차세대 첨단 관리기법의 철도인프라 운영기술을 개발하여, 향후 예상되는 고속철도 해외수주 경쟁에 선도적 기술력으로 대응 필요(개발시 해외시장 적용가능)

- 기존의 차량기계중심 철도분야 연구와 함께, 첨단기술기반의 철도인프라 운영체계 연구를 동반하여 해외 철도시장에서 차별화된 수주경쟁력을 갖출 필요가 있음

※ 해외사례 : 영국 런던올림픽('12) East London Line, 인도 Lucknow Metro Alignment, 카타르 Qater Rail 프로젝트 등에서 BIM 실행계획 요구

- 국내외의 신규 철도인프라가 고속화시설 중심으로 변화되므로, 고속화 철도인프라에 특화된 BIM기반 운영체계 및 시설표준 구축 필요
- 철도인프라 분야의 선진 운영체계 구축기술은 향후 3천조원으로 예상되는 해외철도(고속철도, 도시철도) 시장에서 국가차원의 선도적 수주경쟁력 확보에 크게 기여할 것으로 기대됨

○ 철도인프라의 설계, 시공, 유지관리 등 프로세스간 정보공유와 재활용성의 획득으로 년간 1조 2,000억원 이상의 예산절감 효과가 기대됨

- 한국철도시설공단 년간 예산 6조원 × 20% = 1조2,000억원/년
- 2000년도 1억 달러 규모의 공사에서 설계비 요율 7-8%인 설계단계에서 40%, 시공단계에서 15%, 총 16.8%의 원가절감 효과가 발생한 것으로 보고(미국)
- 유지관리에의 활용까지를 고려하면 엄청난 경제적 효과 창출이 가능함

○ 향후 수 년내 국내외 철도인프라의 수요가 급증할 것으로 예상되므로, 선제적 첨단 철도인프라 운영체계 적용으로 공사비 및 공기 절감 목표달성 필요

- 국내의 경우 신설 고속철도 수요의 급증 및 일반 간선철도의 고속화 시설변환으로 인한 신규 철도인프라 발주공사의 증대가 예상되고 있음
- 해외의 경우 브라질, 미국, 인도 등의 고속철도 신규 인프라 수요가 급증하고 있는 추세이고, 해외 수주 경쟁력 확보를 위해서는 차별화된 인프라 생애주기 관리 운영체계의 선도적 구축이 필요함

○ 국토해양부 제5차 건설기술진흥기본계획에 의하면 시설물별 BIM기반 설계도서 작성 납품체계 마련 등으로 토목분야 BIM 도입기반 마련을 위한 제도적 시행이 예상되는 시점임

- 향후 10년간 건설기술의 발전가능성 기대와 관련된 건설기술혁신관련 인식도조사(2011년 한국건설산업연구원)에 의하면, BIM 등 첨단정보화기술이 32%로 최고 기대 기술로 인식되고 있음
- 건축분야와 달리 철도 및 토목분야에서의 BIM 활용 기술은 초보적인 수준 으로, 개발되는 기술은 도로, 수자원, 상하수도 등 타 공공분야에 기술파급효과를 가질 것으로 기대됨
- 철도분야의 엔지니어링 능력의 고급화 및 고부가가치화를 통한 해외 수출 경쟁력 강화가 기대됨

○ 최근 국내 및 세계의 철도운영사는 운영/유지보수 비용절감을 통해 국민들이 지불하는 비용을 저감하고, 정부 지원예산의 절감을 도모하고 있음

- 우리나라 또한 운영비용 절감으로 가격 경쟁력을 확보하기 위해 유지보수 자동화/선진화, 환경비용 저감, 철도 에너지 소비 및 관리체계 효율화 등에 관심이 집중되고 있음
- 그러나 국내 철도운영사의 국제 경쟁력을 1인당 매출액을 기준으로 살펴보면 철도 선진국인 일본의 4.76% ~ 27.86%에 불과함

○ 철도 확충을 통한 친환경교통 구현하는 정부정책의 성공적 추진을 위해서는 인프라 비용을 저감하기 위한 새로운 공법과 사업관리 기법의 도입이 필요

- 철도인프라 건설비용은 년간 4조원 수준으로, 친환경교통을 구현하고자 하는 정부정책에 따라 향후 점진적 증가가 예상되고 있음 (해외 고속철도 등 포함 3,000조원 예상)

○ 철도 유지보수비용은 매년 5,000억원 수준이나, 30년 이상 경과된 노후 시설물이 전체시설물의 66.2%를 차지하고 있으며, 그 가운데 50년 이상된 시설물은 49.6%에 이르고 있어 향후 유지관리 비용의 급격한 증가가 예상됨

- 철도인프라는 전체 사업비의 80% 이상을 차지하며, 완공 후에는 변경이 거의 불가능하므로 사전 시뮬레이션을 통하여 비용과 Risk 저감
- 철도차량 하중이 도로에 비해 크고, 진동으로 인한 궤도틀림 등의 미세한 변형으로 탈선 등이 유발될 수 있어 철도인프라의 세심한 유지관리가 필요

○ 다양한 국내 철도시설의 전자매뉴얼(IETM) 기반 철도공사의 생애주기 통합관리체계 구축으로 단계별 이력정보 관리의 효율화가 필요한 시점임

- 구조물의 생애주기에서 정보 모델링 환경과 그 결과물인 정보모델의 생성은 특정 소프트웨어 제품군을 활용하는 것도 가능하며, 이는 작은 의미의 BIM (little BIM)이라고 할 수 있음 (Jernigan, 2007)
- 그러나 단일 모델링 환경 또는 특정 소프트웨어에 의존하는 것은, 다양한 기관 및 인력이 참여하는 철도 프로젝트에 있어 정보의 공유 및 활용의 영속성, 생성 모델의 응용 및 활용 등의 측면에서 생각할 때 매우 불안정적인 요소임
- 따라서 국가 차원에서 모델 생성과 활용이 독립적일 수 있는 환경을 지향하여, 다양한 업무영역 또는 관점에서 정보에 대한 접근이 가능하도록 하는(big BIM), 보다 큰 개념의 BIM 환경의 구축을 통해 국내외적인 기술경쟁력확보가 필요함
- 철도의 특성상 효율적인 유지관리를 위해서는 설계-시공-운영-유지관리 등 생애주기 각 단계에서 관련 주체들간의 정보전달과 공유(Interoperability), 그리고 여러 분야의 다학제적 협업(Interdisciplinary collaboration)이 매우 중요
- 도로에 비해 철도는 경계가 명확하고 외부로 부터의 영향 정도가 적은 특징이 있어 표준화 등 BIM관리기법의 구현이 더욱 용이
- 기존의 철도공사 사업관리체계는 공사진도, 사업비현황, 설계변경에 의한 공사비 및 공정 초과 현황 등이 수치적 정보들로 표현되어 실무자들의 공사현황 이해도가 저하되고 있으므로, 생애주기 단계 발생 정보의 시각화 운영체계가 필요함

○ 철도인프라시설공사의 기술개발 국가적 중복투자 방지 및 관련 정보의 국가적 공유를 위해서는 정부차원의 기술개발 지원이 필수적임

○ 철도인프라의 민간 BIM 생태계 활성화를 위한 국가차원의 표준기술 구축 필요

- 국내외에서 공공 및 민간 건설공사에 BIM활용이 확대되고 있는 시점에서, 철도인프라분야 민간 BIM활용의 활성화를 위해서는 국가차원의 BIM운영체계 표준을 구축하여 제시할 필요가 있음
- 프로젝트별 또는 기관별 BIM체계가 구성되는 것이 국가적 BIM기술발전 및 정보공유차원에서 바람직하고, 이를 위해서는 정부지원으로 철도인프라 BIM표준을 제시할 필요가 있음

○ 개발되는 기술이 지속성과 효과성을 얻기 위해서는 관련 제도와 법규 개선이 필요

- 계획부터 설계, 시공, 운영/유지보수, 폐기 등 전생애주기 단계에서 필요한

적절한 정보가 모델링되어 활용될 수 있어야 하므로 관련 표준 체계가 마련되어야 함

- 발주자인 정부차원에서 비용절감과 품질확보라는 상반된 가치를 만족시키는 최적대안을 마련해야 함
- 합리적인 이윤배분을 위한 도구도 정부차원에서 제시해야 할 역할임

○ 해외 고속철도인프라 수요가 급증하고 있는 시점에서, 해외수주 경쟁력확보 및 고속화철도시설의 BIM기반 표준운영체계 기술확보 및 BIM 설계가이드라인 제시는 시급한 국가과제로서 기획 필요

- 고속철도 차량중심의 기술력이외에 인프라의 생애주기 관리 운영 기술력을 확보하여 차별화된 수주 경쟁력을 갖게 됨
- 신규 철도인프라가 고속화시설 중심으로 변화되므로, 고속화 철도인프라 운영체계에 특화된 BIM기반 시설표준 구축이 필요한 시점임

○ 이와 같은 기술 및 제도, 법규 개선의 효과는 공공에 혜택을 주게 되므로 기술개발과 관련된 정부지원이 필수적임

2. 인력투입계획 및 소요예산 산정

○ 인력투입계획 총괄표

표 32 인력투입계획 총괄표

연구과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
철도인프라의 BIM기반 생애주기 운영체계 기술	29	64	69	37	199	100

○ 연구비 총괄표

표 33 연구비 총괄표

연구과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
철도인프라의 BIM 기반 생애주기 운영체계 기술	2,800	6,000	6,500	2,700	18,000	100
합 계	2,800	6,000	6,500	2,700	18,000	100

(단위 : 백만원)

○ 세부과제별 연구비 총괄표

표 34 세부과제별 연구비 총괄표

세부 과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 개발	700	1,800	2,300	1,200	6,000	33.33
BIM기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산 체계 개발	500	800	700	-	2,000	11.11
철도인프라 BIM기반 실무 프로세스 및 수행체계 기술 개발	1,100	2,400	2,500	1,000	7,000	38.89
철도인프라 환경 및 경제성 분석 기술개발	500	1,000	1,000	500	3,000	16.67
합 계	2,800	6,000	6,500	2,700	18,000	100

(단위 : 백만원)

○ 세부 총괄표

표 35 세부 총괄표

비 목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합 계	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부 인건비		1,032,488	1,972,128	2,045,400	1,005,140	6,055,156	33.64%
2) 직접비	연구장비재료비	연구기자재 및 시설비	342,000	1,062,730	1,101,600	104,500	1,549,130	8.61%
		시작품 제작비	223,000	842,000	1,163,500	412,000	2,580,500	14.34%
		재료비	452,401	664,744	635,534	501,303	2,253,985	12.52%
	연구활동비	여비	82,747	136,169	147,975	65,410	432,305	2.40%
		수용비 및 수수료	82,173	113,126	126,439	57,807	379,549	2.11%
		기술정보 활동비	121,654	266,095	280,100	103,496	771,349	4.29%
	연구수당		168,622	316,818	327,808	164,520	977,772	5.43%
3) 간접비			294,908	626,181	671,635	285,817	1,878,546	10.44%
4)	합계		2,800,000	6,000,000	6,500,000	2,700,000	18,000,000	100.00%

(단위 : 천원)

3. 과제제안요구서(RFP)

표 36 연구과제1 과제제안요구서(총괄)

연구과제명	철도인프라의 BIM기반 생애주기 관리 운영체계 기술
1. 연구개발 목표	
○ 철도인프라 전 생애주기단계관리에 필요한 요소기술을 대상으로 통합적 정보연계가 가능한 생애주기 운영체계 개발	
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 차세대 첨단 관리기법의 철도인프라 운영기술을 개발하여, 향후 예상되는 고속철도 해외수주 경쟁에 선도적 기술력으로 대응 필요 - 기존의 차량기계중심 철도분야 연구와 함께, 첨단기술기반의 철도인프라 운영체계 연구를 동반하여 해외 철도시장에서 차별화된 수주경쟁력을 갖출 필요가 있음 ※ 해외사례 : 영국 런던올림픽('12) East London Line, 인도 Lucknow Metro Alignment, 카타르 Qater Rail 프로젝트 등에서 BIM 실행계획 요구 - 국내외의 신규 철도인프라가 고속화시설 중심으로 변화되므로, 고속화 철도인프라에 특화된 BIM기반 운영체계 및 시설표준 구축 필요 - 철도인프라 분야의 선진 운영체계 구축기술은 향후 3천조원으로 예상되는 해외철도(고속철도, 도시철도) 시장에서 국가차원의 선도적 수주경쟁력 확보에 크게 기여할 것으로 기대됨 ○ 철도인프라의 설계, 시공, 유지관리 등 프로세스간 정보공유와 재활용성의 획득으로 년간 1조 2,000억원 이상의 예산절감 효과가 기대됨 - 한국철도시설공단 년간 예산 6조원 × 20% = 1조2,000억원/년 - 2000년도 1억 달러 규모의 공사에서 설계비 요율 7-8%인 설계단계에서 40%, 시공단계에서 15%, 총 16.8%의 원가절감 효과가 발생한 것으로 보고(미국) - 유지관리에의 활용까지를 고려하면 엄청난 경제적 효과 창출이 가능함 ○ 향후 수 년내 국내외 철도인프라의 수요가 급증할 것으로 예상되므로, 선제적 첨단 철도인프라 운영체계 적용으로 공사비 및 공기 절감 목표달성 필요 - 국내의 경우 신설 고속철도 수요의 급증 및 일반 간선철도의 고속화 시설변환으로 인한 신규 철도인프라 발주공사의 증대가 예상되고 있음 - 해외의 경우 브라질, 미국, 인도 등의 고속철도 신규 인프라 수요가 급증하고 있는 추세이고, 해외 수주 경쟁력 확보를 위해서는 차

별화된 인프라 생애주기 관리 운영체계의 선도적 구축이 필요함

○ 국토해양부 제5차 건설기술진흥기본계획에 의하면 시설물별 BIM기반 설계도서 작성 납품체계 마련 등으로 토목분야 BIM 도입기반 마련을 위한 제도적 시행이 예상되는 시점임

- 향후 10년간 건설기술의 발전가능성 기대와 관련된 건설기술혁신 관련 인식도조사(2011년 한국건설산업연구원)에 의하면, BIM 등 첨단정보화기술이 32%로 최고 기대 기술로 인식되고 있음
- 건축분야와 달리 철도 및 토목분야에서의 BIM 활용 기술은 초보적인 수준 으로, 개발되는 기술은 도로, 수자원, 상하수도 등 타 공공분야에 기술 파급효과를 가질 것으로 기대됨
- 철도분야의 엔지니어링 능력의 고급화 및 고부가가치화를 통한 해외 수출 경쟁력 강화가 기대됨

○ 최근 국내 및 세계의 철도운영사는 운영/유지보수 비용절감을 통해 국민들이 지불하는 비용을 저감하고, 정부 지원예산의 절감을 도모하고 있음

- 우리나라 또한 운영비용 절감으로 가격 경쟁력을 확보하기 위해 유지보수 자동화/선진화, 환경비용 저감, 철도 에너지 소비 및 관리체계 효율화 등에 관심이 집중되고 있음
- 그러나 국내 철도운영사의 국제 경쟁력을 1인당 매출액을 기준으로 살펴보면 철도 선진국인 일본의 4.76% ~ 27.86%에 불과함

○ 철도 확충을 통한 친환경교통 구현하는 정부정책의 성공적 추진을 위해서는 인프라 비용을 저감하기 위한 새로운 공법과 사업관리 기법의 도입이 필요

- 철도인프라 건설비용은 년간 4조원 수준으로, 친환경교통을 구현하고자 하는 정부정책에 따라 향후 점진적 증가가 예상되고 있음 (해외 고속철도 등 포함 3,000조원 예상)

○ 철도 유지보수비용은 매년 5,000억원 수준이나, 30년 이상 경과된 노후 시설물이 전체시설물의 66.2%를 차지하고 있으며, 그 가운데 50년 이상된 시설물은 49.6%에 이르고 있어 향후 유지관리 비용의 급격한 증가가 예상됨

- 철도인프라는 전체 사업비의 80% 이상을 차지하며, 완공 후에는 변경이 거의 불가능하므로 사전 시뮬레이션을 통하여 비용과 Risk 저감
- 철도차량 하중이 도로에 비해 크고, 진동으로 인한 궤도틀림 등의 미세한 변형으로 탈선 등이 유발될 수 있어 철도인프라의 세심한 유지관리가 필요

○ 다양한 국내 철도시설의 전자매뉴얼(IETM) 기반 철도공사의 생애주기 통합관리체계 구축으로 단계별 이력정보 관리의 효율화가 필요한 시점임

- 구조물의 전 생애주기 관리에서 정보 모델링 환경과 그 결과물인 정보모델의 생성은 특정 소프트웨어 제품군을 활용하는 것도 가능하며, 이는 작은 의미의 BIM (little BIM)이라고 할 수 있음 (Jernigan, 2007)
- 그러나 단일 모델링 환경 또는 특정 소프트웨어에 의존하는 것은, 다양한 기관 및 인력이 참여하는 철도 프로젝트에 있어 정보의 공유

및 활용의 영속성, 생성 모델의 응용 및 활용 등의 측면에서 생각할 때 매우 불안정적인 요소임

- 따라서 국가 차원에서 모델 생성과 활용이 독립적일 수 있는 환경을 지향하여, 다양한 업무영역 또는 관점에서 정보에 대한 접근이 가능하도록 하는(big BIM), 보다 큰 개념의 BIM 환경의 구축을 통해 국내외적인 기술경쟁력확보가 필요함
- 철도의 특성상 효율적인 유지관리를 위해서는 설계-시공-운영-유지관리 등 생애주기 각 단계에서 관련 주체들간의 정보전달과 공유(Interoperability), 그리고 여러 분야의 다학제적 협업(Interdisciplinary collaboration)이 매우 중요
- 도로에 비해 철도는 경계가 명확하고 외부로 부터의 영향 정도가 적은 특징이 있어 표준화 등 BIM관리기법의 구현이 더욱 용이
- 기존의 철도공사 사업관리체계는 공사진도, 사업비현황, 설계변경에 의한 공사비 및 공정 초과 현황 등이 수치적 정보들로 표현되어 실무자들의 공사현황 이해도가 저하되고 있으므로, 생애주기 단계 발생 정보의 시각화 운영체계가 필요함

○ 철도인프라시설공사의 기술개발 국가적 중복투자 방지 및 관련 정보의 국가적 공유를 위해서는 정부차원의 기술개발 지원이 필수적임

○ 철도인프라의 민간 BIM 생태계 활성화를 위한 국가차원의 표준기술 구축 필요

- 국내외에서 공공 및 민간 건설공사에 BIM활용이 확대되고 있는 시점에서, 철도인프라분야 민간 BIM활용의 활성화를 위해서는 국가차원의 BIM운영체계 표준을 구축하여 제시할 필요가 있음
- 프로젝트별 또는 기관별 BIM체계가 구성되는 것이 국가적 BIM기술 발전 및 정보공유차원에서 바람직하고, 이를 위해서는 정부지원으로 철도인프라 BIM표준을 제시할 필요가 있음

○ 개발되는 기술이 지속성과 효과성을 얻기 위해서는 관련 제도와 법규 개선이 필요

- 계획부터 설계, 시공, 운영/유지보수, 폐기 등 전생애주기 단계에서 필요한 적절한 정보가 모델링되어 활용될 수 있어야 하므로 관련 표준 체계가 마련되어야 함
- 발주자인 정부차원에서 비용절감과 품질확보라는 상반된 가치를 만족시키는 최적대안을 마련해야 함
- 합리적인 이윤배분을 위한 도구도 정부차원에서 제시해야 할 역할임

○ 해외 고속철도인프라 수요가 급증하고 있는 시점에서, 해외수주 경쟁력확보 및 고속화철도시설의 BIM기반 표준운영체계 기술확보 및 BIM 설계가이드라인 제시는 시급한 국가과제로서 기획 필요

- 고속철도 차량중심의 기술력이외에 인프라의 생애주기 관리 운영 기술력을 확보하여 차별화된 수주 경쟁력을 갖게 됨
- 신규 철도인프라가 고속화시설 중심으로 변화되므로, 고속화 철도인프라 운영체계에 특화된 BIM기반 시설표준 구축이 필요한 시점임

○ 이와 같은 기술 및 제도, 법규 개선의 효과는 공공에 혜택을 주게 되므로 기술개발과 관련된 정부지원이 필수적임

□ 기술동향

○ 국토해양부는 BIM 기술을 육성하기 위한 10년 정책 로드맵을 마련하고 있으며, 국가표준으로서 BIM을 활용하기 위한 기반조성 및 확대 적용 등의 관련기술 개발에 대한 지원 계획

○ 국토해양부는 2008년에 구축한 인터넷 건축인허가 시스템인 '세움터'를 BIM 도면 납품이 가능한 체제로 개편 중에 있으며, 국가 표준 라이브러리 체계 구축, 자재 유통정보 표준화, 시공단계에서의 BIM 확대 적용 등의 관련기술 개발을 지원할 계획

○ 국토부에서는 2010년 '건축분야 BIM 적용 가이드라인'을 작성했고, 이를 통해 현장중심적 BIM 적용 확대를 추진하고 있으며, 건축 등 건설공사 인허가를 위한 160여개 관련법령을 데이터베이스(DB)화 하는 작업을 진행, 국가건축행정정보시스템인 '세움터'와 BIM연계 방안을 고려하고 있으나, 이러한 BIM체계도 건축 중심으로 이루어짐. 향후 건축물의 유지관리를 위해서는 과학적 유지관리 체계를 구축하고, 건축물 피난/방재, 안전관리 등의 유지관리를 수행하기 위해 건축물 정보와 BIM정보를 연계하기 위한 노력 진행

○ 조달청은 2012년부터 500억원 이상의 신축 공공건물 입찰에 BIM 설계를 의무화하기로 했으며, 이를 활용해 에너지 절감 등 공공건물부터 친환경 설계 및 시공을 확산시키기로 함

○ 남해대교, 삼천포 연륙교, 서해대교, 영종대교, 인천대교 등은 자체 계측시스템을 통해 신호를 측정하고 이에 따른 대응체계를 구축하고 있으며, 교량의 계측정보와 손상평가, 자료 및 도면관리 등을 위해 별도의 유지관리시스템을 운용하고 있음

○ 일본은 대지진 복구를 위해 1,120억 달러가 투자된 프로젝트로, 3D 설계지원을 위해 '3D model design support system'이 개발되었으며 Civil3D, Revit structure등이 설계를 위해 활용, BIM모델은 기존 선로 복구를 위해 시공 기간 단축, 수량 및 견적, 대지진 복구 계획에 활용할 수 있도록 개발됨

○ 2012년 하계 올림픽을 위한 철도 네트워크 확장으로 기존철도 East London Line과 연결되는 남북 간 노선 확장 프로젝트에 BIM 기술을 적용, 협업 솔루션을 통해 실시간으로 정보를 주고 받았으며, 끊임없는 작업 공유를 위해 데스크탑 상의 디자인 소프트웨어에서 이런 협업 솔루션과 기밀하게 통합되어 작업

○ 영국의 Crossrail 프로젝트는 BIM을 통해 가시성 있는 설계와 시공이 가능, 복잡하고 상세한 검토와 시공성 개선을 통해 에러를 감소, 이는 통합된 3D모델을 기반으로 한 가상 건설 협업을 통해 가능, 전 생애주기 차원에서 정보의 손실을 막고 BIM기반 자산 정보가 운영과 유지 단계에서 활용되는 성과를 얻었으며 이는 데이터 상호운용성 및 이동성을 지원하는 BIM기술의 지원이 역할을 하였음

○ 미국 건설 프로세스 실행 시 부족한 정보 공유 및 관리에 의해 낭비되는 액수는 연간 15.8 Billon 달러이며 (미국 NIST, 2004) 이는 총 건설업 매출액의 3~4%에 해당하는 것임

○ 철도인프라의 설계, 시공, 유지관리 등 프로세스 간 정보공유와 재활

용성의 획득으로 년 간 1조 2,000억 원 이상의 예산절감 효과가 기대됨

○ 국토해양부 제5차 건설기술진흥기본계획에 의하면 시설물별 BIM기반 설계도서 작성 납품체계 마련 등으로 토목분야 BIM 도입기반 마련을 위한 제도적 시행이 예상됨

○ McGraw Hill이 2012년 2월에 조사한 SmartMarket리포트에 따르면 인프라스트럭처에 대한 BIM 채택은 세계적으로 46%에 이루고 있다고 밝히고 있어 건설 전반에 기술이 확산되고 있음

○ 영국 런던올림픽 (2012) East London Line, Crossrail 철도 프로젝트 (2012), 인도 Lucknow Metro Alignment, 카타르 Qater Rail 프로젝트 (2012) 등에서 BIM 프로세스 실행계획 요구

○ 영국은 건설 생산성을 높이기 위해 BIM기반으로 건설 프로세스를 변화하기 위한 B/555 로드맵를 개발하고 있으며 이를 위해 B/555 위원회를 운영하고 있음

○ 일본 CIM (Construction Information Modeling, 2012) 은 국토 교통성의 주도로 일본 11개 지역에서 BIM기반 파일럿 프로젝트를 진행하며 건설 프로세스 개선을 위한 피드백을 받고 있음

○ 건축물의 유지관리를 위해서 과학적 유지관리 체계를 구축하고 건축물 피난/방재, 안전관리 등의 유지관리를 수행하기 위해 건축물 정보와 BIM 정보를 연계하기 위한 노력진행

○ UIC를 비롯한 철도 선진국에서는 기존의 운영단계뿐만 아니라 인프라 건설단계에 대한 전과정적인 접근을 기반으로 탄소배출량을 산정하여 타 수송수단과의 저탄소 배출에 대한 정량적인 비교 데이터를 제시함으로써 철도건설 확충의 타당성을 대외에 공표

○ UIC는 2009년부터 'Carbon Footprint of High-Speed Railway Infrastructure' 과제를 통해 터널, 궤도, 교량, 신호통신 등 주요 철도 인프라에 대해 사용 건설재료 및 장비를 포함하여 $LCCO_2$를 산정하는 기반 구축

○ 유럽을 중심으로 BIM 자료를 이용하여 주로 건축물 시공 시 탄소이력을 산정할 수 있는 프로그램 개발이 이루어져 있으며, 일부 도로건설 시 탄소발자국을 산정하여 환경개선 전략을 수립한 예도 있으나 철도 인프라에 적용한 사례는 부족한 실정

○ 미국은 교통문제를 해결하가 위해 대중교통 확충을 위해 설계를 2012년부터 모든 프로젝트에 BIM 수행을 요구하고 있으며, 영국은 2012년 하계올림픽을 위한 철도네트워크 확장으로 기존철도 연결 시 프로젝트 간 BIM 기술 적용

○ 동일본 철도는 BIM 모델을 기존 선로 복구를 위해 시공기간 단축, 수량 및 견적, 대지진 복구 계획에 활용할 수 있도록 개발

○ 국내 철도분야에서는 철도 인프라의 설계, 시공, 운영, 폐기에 걸쳐 전과정적인 환경성 평가에 대한 연구는 미흡한 실정이며, 국토해양부 기술정책과에서는 '시설물별 탄소배출량 평가방안 수립연구(2010)'를 통해 시설물(철도, 도로, 항만, 공항, 건축물)의 전과정에 걸친 온실

3. 연구개발 내용

□ **철도인프라의 전생애주기 통합운영시스템개발**

○ 1차년도 : 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 기본설계

- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 정의 및 개념구성
- 이해관계자 및 인터페이스 요구사항 분석
- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 요소기술 적용단계 정의
- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 아키텍쳐 구성

○ 2차년도 : 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 상세설계

- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 인터페이스 구축 및 시험방안 도출
- 철도인프라 생애주기 데이터 변환방법 개발
- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 S/W 개발(I)
- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템과 요소기술 S/W간 인터페이스 방안연구
- 철도인프라 능동형 유지관리전자매뉴얼 표준 기술

○ 3차년도 : 철도인프라 생애주기 통합운영체계 시스템 구축 및 검증

- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 S/W 개발(II)
- 프로토타입 구축 및 시뮬레이션
- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템과 요소 기술 S/W간 인터페이스 구축
- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 통합 시험
- 철도인프라 자산관리를 위한 정보운영 기술

○ 4차년도 : 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 시범 운영

- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 검증 및 보완
- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 S/W 개선 및 통합운영
- 사용자 매뉴얼 및 가이드라인 개발
- 대상 선정 및 운영/시험

□ **BIM 기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 표준화**

○ 1차년도 : BIM 기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 유사 정책 및 성과 확산체계 조사

- 유사 기술의 타분야 도입 시 발주 실용화 정책 조사
- 국내외 유사 분야 법령 조사
- 유사 기술의 타분야 도입 성과 확산체계 조사

○ 2차년도 : BIM 기반 철도인프라 발주 실용화 정책 및 성과확산체계 구축

- 유사 기술의 타분야 도입 시 사용방안 고려 및 개선
- 발주 실용화 정책 및 성과확산체계 구성 필요요소 조사 및 분석
- BIM 기반 철도인프라 발주 실용화 정책 방법론 개발
- 성과확산체계 방법론 개발

- 제도개선을 위한 관련 표준, 지침, 법령 제개정(안) 구성

○ 3차년도 : BIM 기반 철도인프라 발주 실용화 정책 및 성과 확산체계 검증/보완 및 시범사업 지원

- 발주 실용화 정책 및 성과 확산체계 개선
- 발주 실용화 정책 및 성과 확산체계 개발
- 국제표준화 및 제개정 지원

□ **철도인프라 BIM기반 프로세스 실행 및 관리 기술개발**

○ 1차년도 : 철도인프라 BIM기반 프로세스 체계 개발 계획

- 국내외 철도 프로젝트 작업 프로세스 현황 파악
- BIM기반 수행 프로세스 체계 개발 계획 수립
- 파일럿 프로젝트 개발 계획
- 철도인프라 BIM기반 프로세스 체계 프레임웍 개념 설계

○ 2차년도 : 철도인프라 BIM기반 프로세스 수행 체계 개발

- 국내외 Railway PLM(R-PLM) 기술 연구 및 개발 동향 파악
- BIM수행 프로세스 계획서 개발을 위한 파일럿 프로젝트 수행
- BIM 기반 산출물 관리 및 연계 기술 개발 연구
- 철도 프로젝트 산출물 형상관리 기술 개발
- 철도 유지관리정보 품질검증 및 변환 기술

○ 3차년도 : 철도인프라 BIM기반 프로세스 관리 체계 개발 및 파일럿 프로젝트 수행

- BIM 모델 확인 및 검토 기술 개발
- 철도인프라 형상정보 시각화 표현 및 정보교환 기술
- BIM 모델 관리 기술 개발
- 철도인프라 BIM기반 프로세스 체계 파일럿 프로젝트 수행

○ 4차년도 : 철도인프라 BIM기반 프로세스 수행 및 관리 체계 보완

- 파일럿 프로젝트 피드백 결과 보완
- BIM 실무 수행 프로세스 성숙도 모델 및 관리 기술 개발
- 관련 기술 활용 및 교육 지원 체계 개발

□ **BIM기반 철도인프라의 생애주기 환경·경제성 분석모듈개발**

○ 1차년도 : BIM 기반 환경·경제성 평가 방법론 개발

- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가지표 개발
- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 분석 및 분류체계 구축
- 2D 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 방법론 검증
- BIM(3D) 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 S/W 개념설계

○ 2차년도 : BIM 기반 환경·경제성 평가모듈 인터페이스 구축

- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 데이터 변환계수 및 방법 개발
- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 데이터 구조 설계
- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W 개발(I)
- BIM 및 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W와의 인터페이스 방안 연구

○ 3차년도 : BIM 기반 환경·경제성 평가시스템 시뮬레이션

	- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W 개발(II) - BIM 및 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W와의 인터페이스 구축 - BIM 기반 철도인프라 공사/공종별 생애주기 환경·경제성 평가 - 철도인프라 생애주기 환경·경제성 개선방안 도출 ○ 4차년도 : BIM 기반 환경·경제성 평가모듈 검증 및 보완 - BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 민감도 분석 - BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W 개선 - 사용자 매뉴얼 및 환경·경제성 평가 가이드라인 개발 - BIM 및 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W 통합운영
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 국내외 해당분야 전문가들로 구성된 연구진을 구성 ○ 정부 및 관련 기관들의 유기적 협조체제 구축 - 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련기관 및 산업계 등 기술수요처 의견수렴 - 연구결과의 실용화를 위해 수요처 참여 및 담당부처와의 협조 - 기반기술의 다양한 응용방법의 적용개발을 통해 선진기술 확보 - 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영 ○ 객관적인 연구 결과 도출을 위하여 산학연 전문가로 구성된 자문위원회를 활용 - 실용적인 연구 결과 도출을 위하여 기업체 소속의 자문위원 포함 ○ 국내외 BIM기반 인프라스트럭쳐 개발 분야 관산학연 전문가로 구성된 연구진 구성 ○ BIM 및 철도인프라 건설 프로젝트의 전문가를 포함한 자문위원회 구성 - 실용적인 연구 결과 도출을 위하여 기업체 소속의 자문위원 포함 ○ 국제표준기구 활동 참여 ○ 사례적용을 통한 성과의 실용성 확보
□ 추진체계	○ 본 사업단은 철도인프라 개발 시 BIM기반 프로세스 수행 및 관리 체계 개발을 위한 연구개발사업으로 산·학·연 공동연구 추진 ○ 참여연구기관간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조체계 구축 ○ 철도 BIM 프로세스 수행 및 관리 분야에서 선도적 위치에 있는 국내외 주요 기관 및 전문가와 공동연구 추진 ○ 국제 표준화 위원회 구성원 포함
5. 최종성과물	
	○ 철도인프라의 전생애주기 통합운영시스템개발 - 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 방법론 구성 결과 - 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 S/W - 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 시험절차서/시험성적서 - 전생애주기 통합운영체계 시스템 가이드라인

- Cloud-BIM기반 철도인프라 자산관리 운영 시스템
- BIM기반 능동형 유지관리전자매뉴얼 표준 및 시스템

○ BIM 기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 표준화
- BIM 기반 철도인프라 발주 실용화 정책
- 관련 표준, 지침, 법령 제개정안
- BIM 기반 철도인프라 성과확산체계
- 지침 활용 방안 및 효과성 평가모델 결과

○ 철도인프라 BIM기반 프로세스 실행 및 관리 기술개발
- 철도 BIM 수행 프로세스 체계 개발
- 철도 BIM 전생애주기 차원 프로세스 R-PLM 협업 시스템 개발
- BIM 기반 산출물 관리 및 연계 기술 개발 연구
- 철도 프로젝트 산출물 형상관리 기술 개발
- BIM 모델 확인 및 검토 기술 개발
- BIM 모델 관리 기술 개발
- BIM 실무 수행 프로세스 성숙도 모델 및 관리 기술 개발
- 관련 기술 활용 및 교육 지원 체계 개발
- BIM기반 철도유지관리정보 품질검증 시스템
- BIM기반 철도유지관리 정보교환 검증시스템
- BIM기반 철도인프라 형상정보 시각화 및 영상구현 시스템

○ BIM기반 철도인프라의 생애주기 환경·경제성 분석모듈개발
- 2D기반 철도인프라 공사·공종별 환경·경제성 평가 결과
- BIM(3D)기반 철도인프라 공사·공종별 환경 · 경제성 평가 S/W
- BIM(3D)기반 철도인프라 공사·공종별 환경 · 경제성 평가 결과
- BIM(3D)기반 철도인프라 공사·공종별 환경·경제성 평가 가이드라인

6. 기대효과 및 파급효과

○ 전 생애주기 단계별 유용 요소기술을 효과적으로 연계 및 관리할 수 있는 통합운영체계 확보

○ 단일 시스템에서 전생애주기 관리를 하여 정보 손실을 최소화함으로써 정보손실비용 절감 및 비용효율 최적화

○ 선도적 기술 개발을 통한 해외철도시장 수주에 기여

○ 국내 BIM 및 관련 철도시장 활성화

○ 고부가가치 창출을 통한 창조경제 기여

○ 철도인프라에 BIM기반의 통합운영체계가 도입될 시 모든 유관기관 및 기업 등이 도입 최적화 될 수 있는 정책개발

○ 전 철도인프라 관련 분야의 성과확산을 미리 연구함으로써 불필요한 중복투자 방지로 인한 손실비용 절감 및 비용효율 최적화

○ 개발된 정책 및 성과확산체계를 통한 기술의 효과적 활성화

○ 미국 NIST의 건설정보 상호운용성 부족문제에 관한 보고서(2004)에 의하면 낭비되는 15.8 Billon 달러 비용은 프로세스 간 정보 관리 미비로 인한 재작업 등을 주요 문제로 지적함

○ 영국의 경우 철도 인프라스트럭쳐에 BIM기반 프로세스 수행 및 관리 체계를 도입함으로써 프로세스 수행 체질 개선을 통한 건설 생산성 향상에 노력하고 있음

○ 영국 Crossrail 프로젝트의 경우 BIM과 PLM기술을 활용하여 이전보다 작업효율을 35%개선하였고 280만파운드를 절감 하였다고 보고함 (URS Scott Wilson, 2010). 협업에 참여한 사용자는 2012년 3월에는 1750명, 관련 도면 파일은 900,000개였음

○ 선진국은 자국에서 개발한 BIM 프로세스 수행 지침 및 체계를 더욱 보완하고 있으며 이를 통해 자국 건설 엔지니어링 산업의 해외 진출을 직간접적으로 지원하고 있음

○ 선진국의 경우 BIM기반 협업 표준인 BS-1192, BIM execution planning 등이 중동지역의 철도 등 인프라스트럭쳐 개발 발주에 활용되도록 노력하고 있으며 이는 자국 건설 회사의 해외 진출로 이어지고 있음

○ 최근 해외 대형 인프라스트럭쳐 개발 사업 발주에는 BIM 프로세스 수행 계획 및 체계를 의무적으로 요구하고 있음

○ 철도인프라 BIM기반 프로세스 수행 및 관리 체계를 개발함으로서 엔지니어링 체질 개선 및 관련 시장 해외 진출이 가능함

○ 이는 국내 건설 프로젝트 신규 시장이 줄어들고 있는 상황에서 철도 인프라 BIM기반 엔지니어링 및 컨설팅 국내 민간시장 창출 효과와 관련 산업의 해외 진출의 기대효과를 얻을 수 있음

○ 생애주기에 대한 공사·공종별 환경성 진단 및 경제성 시뮬레이션 평가를 통해 대안 및 유지관리 방안 확보

○ 공사/공종별 지식정보를 기반으로 하는 철도 인프라 운영방법의 과학적 관리체계 확보로 손실비용 절감 및 비용효율 최적화

○ 해외기술 및 대체가능한 환경·경제적 효율적 모듈 국산화를 통한 기술료 절감 및 수입대체 효과 기대

○ 인프라의 환경·경제성 분석 체계화를 통한 관련 기술 활성화

○ 최근 도로나 철도의 신규 공공투자가 줄어들고 있으며, 2014년의 경우 철도분야 투자의 경우 6조 830억(2013)에서 5조 9810억(2014)로 1020억(1.7%) 감소될 전망. 도시철도 예산은 6103억(2014)이 반영되나 금년(2013)에 비해 1658억(21.4%)가 감소함. 이는 신규 투자보다는 계속사업 및 완공위주의 편성으로 인한 것이며, 이에 따라 향후 인프라 시설의 유지관리 측면에서 투자가 활성화 될 것으로 기대됨

○ 해외에서는 설계 오류를 최소화하고 안전성을 증대시키며 프로젝트 단계들 사이의 정보의 손실을 최소화하여 완전한 자산관리 정보를 운영 유지관리 단계로 이전하기 위해 각 주요 철도역사의 시설들에 대해 BIM을 적용하고 있어 국내외의 다양한 철도 프로젝트에서 유지관리 단계의 중요성이 증대될 것임

○ 국가적 차원의 투자를 통해 철도 인프라 유지관리 분야의 정책을 조기에 수립하여 유지관리 정보 모델링 가이드와 같은 지침의 개발을 도모할 수 있으며, 특화된 표준 프로세스 개발을 통해 국가 철도시설관리의 통합 표

준화 체계를 구축할 수 있음

○ 철도 인프라 유지관리 분야에 BIM 기술을 접목하여 통합된 표준 패키지를 개발하여 향후 FM분야의 서비스 SI사업과 유지관리 위탁 기업을 대상으로 하는 공유 서비스의 개발이 가능

7. 연구기간 및 소요예산

○ 총 연구기간 : 2015년~2018년 (4년)

○ 총 정부출연금 : 180억

○ 1차년도 연구개발비 : 28억

◌ 연차별 예산

구분	2015년	2016년	2017년	2018년
정부	28억	60억	65억	27억
민간				
합계	28억	60억	65억	27억

제2절. 철도인프라 정보모델 기술개발

1. 목표 및 개요

가. 연구목표 및 범위

최 종 연구목표	철도 BIM발주에 대응한 『철도인프라 정보모델 기술개발』
구체적 연구목표	1 철도인프라 개방형 국제표준기반 데이터 모델 개발 2 철도인프라 표준 정보모델링 기술개발 3 철도인프라 BIM 정보 재활용기술 개발
범위	지반, 궤도, 교량, 터널, 전기, 신호, 통신

○ 본 연구의 최종목표는 최근 건설산업분야의 새로운 기술 패러다임으로 부상한 BIM(Building Information Modeling, 이하 BIM)을 기반으로, 철도인프라의 생애주기 동안 생성되는 정보에 대해 상호운용이 가능하며, 재활용이 가능한 형태로 관리하여 철도인프라의 건설 및 운영·유지관리에 관한 업무의 효율성을 향상시키기 위한 원천기술 개발에 있음

○ 본 연구는 『철도인프라 개방형 국제표준기반 데이터 모델 개발』, 『철도인프라 표준 정보모델링 기술개발』,『철도인프라 BIM 정보 재활용기술 개발』로 구분하여, 본 연구의 목표인 철도인프라 정보모델 기술개발을 성공적으로 달성하고자 함

○ 본 연구는 방위산업청지침 제 2018-8호(2012.4.6.제정) 기술성숙도평가 업무지침의 기술성숙도 수준별 정의 기준에 따라 구분한 결과 TRL3으로 산정됨으로 연구를 통해 기술 수준을 향상시키고자 함

○ 그림 66은 세부연구목표 및 연구내용을 나타낸다.

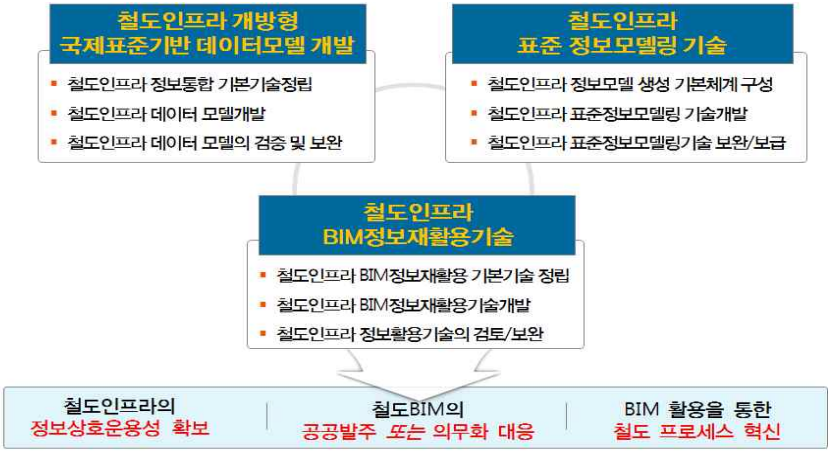


그림 67 2세부의 목표 및 연구내용

나. 기술정의

○ 철도인프라 개방형 국제표준기반 데이터 모델개발

- 철도인프라의 생애주기 동안 생성되는 정보의 효율적 관리를 위해 건설분야 BIM의 표준 데이터 모델인 IFC(Industry Foundation Classes, 이하 IFC)를 기본으로 하여, 철도인프라에 특화된 객체 항목 및 이에 적합한 속성을 추가로 정의함

○ 철도인프라 표준 정보모델링기술 개발

- 철도인프라의 신규 시설물 건설에 대해서는 각 시설물을 대상으로 생애주기 동안 생성되는 필요정보를 포함할 수 있는 정보모델링의 절차를 개발함. 이때 정보모델링은 철도인프라 시설물에 대한 기능적 역할을 고려한 3차원 객체 라이브러리를 활용함. 철도인프라 BIM 객체 라이브러리는 형상에 대한 치수, 제약조건 등이 포함되어 파라메트릭 모델링을 지원할 수 있어야 함
- 기존에 건설되어 있는 시설물에 대해서는 3차원 형상모델을 중심으로 내적 속성정보를 포함시키는 과정을 정형화하는 기술을 개발함

○ 철도인프라 BIM 정보 재활용기술 개발

- 형상의 표현과 함께 필요한 속성에 대한 정보를 생성하는 정보모델링의 과정을 통해 만들어지는 철도인프라 정보모델을 기반으로 구조해석이나 건설비용 산정과 같은 모델 활용의 영역에서 정보의 손실을 최소화하는 재활용의 기술을 개발함
- 생성한 정보모델을 저장하고 공유할 수 있는 사용자환경 및 매뉴얼도 개발함

다. 필요성

○ 철도인프라는 경제성장과 함께 국민의 삶의 질과 직접 관련되는 자산이며, 국민행복을 위한 첨단 핵심교통수단으로 변모

- 철도인프라는 거대한 자산이 투자되어 운영되는 산업으로 철도인프라의 자산가치는 20조원(2012년)으로 분석되고 있음. 최근 국토교통부에서는 “국민행복을 위한 빠르고 안전하고 경제적인 철도 개발”과 “철도산업을 고부가가치 창조형 신성장 동력으로 육성”을 목표로 하는 철도 R&D 비전(2013.6)을 발표하였음
- 이를 통해 철도발전과 더불어 창조경제를 실현시키고 국민행복과 일자리 창출에 기여한다는 취지임. 이제 철도산업은 단순한 교통수단이 아니라, 국민행복을 위한 똑똑하고(Smart) 안전하고(Safe) 경제적인(Economical) 첨단 핵심 교통수단으로 변모하고 있음

○ 철도시설물은 노후화가 심화되고, 새 정부의 SOC 축소정책에 따라 예산을 효과적으로 절약할 수 있는 기법 대두

- 국내 철도 유지보수비용은 매년 5,000억원 수준이나, 30년 이상 경과된 노후시설물이 전체시설물의 66.2%를 차지하고 있으며, 그 가운데 50년 이상 된 시설물은 49.6%에 이르고 있어 향후 유지관리 비용의 급격한 증가가 예상되는데 반해, 박근혜 정부에 들어 복지예산의 대폭적 증가로 인해 예산경쟁은 더욱 치열해져 비용과 시간을 절약하여 예산을 효과적으로 절약할 수 있는 기법이 대두

○ 선진국에서는 철도인프라의 지속가능성(Sustainbility)의 관심이 높아짐에 따라 BIM기반 관리기법을 적극 도입하고 있으나 국내 철도분야 BIM관련 기술 경쟁력은 저조한 형편임

- 미국, 유럽 등 선진외국에서는 전생애주기 차원에서 정보손실과 비용절감을 위해 일정규모 이상의 시설물에 대해 BIM(Building Information Modeling) 발주를 의무화 하는 등 건설 페러다임이 전환되고 있음
- 특히, 철도BIM발주의 대표적인 사례로 영국의 Crossrail, 카타르 Red Line 프로젝트 등에서는 기획부터 유지관리까지 정보의 상호운영성(Interoperability)을 지원하고 비용을 절감하는 동시에 시설물 기능은 최대화하기 위해 BIM 기반 관리기법 적극 도입

○ 철도인프라를 똑똑(Smart)하고, 안전(Safe)하고, 경제적(Economic) 으로 운용할 수 있는 기반구축으로 철도인프라 정보모델 기술개발이 필요.(개발시 해외시장 적용가능)

- 철도인프라는 완공 후에는 변경이 거의 불가능하여 사전 시뮬레이션을 통하여 비용과 Risk 저감이 전제되어야 하며, 철도인프라의 설계, 시공, 유지

관리 등 프로세스간 정보공유와 재활용성의 획득으로 년간 1조 2,000억원 이상의 예산절감 효과가 기대됨

- 그러나, 국내의 철도인프라 정보모델 기술은 철도인프라의 생애주기 동안 생성되는 정보의 효율적 관리를 위한 동일한 표준적인 틀이 부재하며, 철도인프라 분야에서 BIM은 대부분 형상모델 중심의 가시화에 초점이 맞추어져 있어 3차원 형상모델에 내적 속성정보를 포함시키는 정보모델링의 과정에 대한 기술정립이 미비한 실정임. 또한, 간섭검토, Digital MockUp, 시공 시뮬레이션 등 주로 3차원 형상모델의 활용에 그치고 있는 실정으로 응용영역의 업무확장을 위한 절차정립 및 노력이 부족하였음
- 이에 따라, 철도인프라를 똑똑(Smart)하고, 안전(Safe)하고, 경제적(Economic) 으로 운용할 수 있는 기반구축으로 『철도인프라 개방형 국제표준기반 데이터 모델개발』, 『철도인프라 표준정보모델링 기술』, 『철도인프라 BIM정보 재활용 기술』을 포함하는 철도인프라 정보모델기술 개발이 시급함

2. 인력투입계획 및 소요예산 산정

○ 인력투입계획 총괄표

표 37 인력투입계획 총괄표

연구과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
철도인프라 정보모델 기술개발	25	37	36	24	122	100

○ 연구비 총괄표

표 38 연구비 총괄표

연구과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
철도인프라 정보모델 기술개발	2,000	3,100	2,900	2,000	10,000	100%
합 계	2,000	3,100	2,900	2,000	10,000	100%

(단위 : 백만원)

○ 세부과제별 연구비 총괄표

표 39 세부과제별 연구비 총괄표

세부 과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
1. 철도인프라 개방형 국제표준기반 데이터 모델 개발	800	1,200	1,200	800	4,000	40
2. 철도인프라 표준 정보모델링 기술개발	700	1,100	1,000	700	3,500	35
3. 철도인프라 BIM 정보 재활용 기술개발	500	800	700	500	2,500	25
합 계	2,000	3,100	2,900	2,000	10,000	100%

(단위 : 백만원)

○ 세부 총괄표

표 40 세부 총괄표

비 목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합 계	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부 인건비		1,116,108	1,765,752	1,564,512	1,006,716	5,453,088	54.5
2) 직접비	연구장비재료비	연구기자재 및 시설비	190,000	180,000	180,000	160,000	710,000	7.1
		시작품 제작비	-	110,000	220,000	180,000	510,000	5.1
		재료비	60,000	75,000	75,000	66,000	276,000	2.8
	연구활동비	여비	94,562	141,260	125,161	84,996	445,979	4.5
		수용비 및 수수료	74,877	105,945	93,871	67,090	341,783	3.4
		기술정보 활동비	128,045	194,233	172,096	115,197	609,571	6.1
	연구수당		167,416	264,863	234,677	151,007	817,963	8.2
3) 간접비			168,991	262,947	234,683	168,994	835,616	8.4
4)	합계		2,000,000	3,100,000	2,900,000	2,000,000	10,000,000	100%

(단위 : 천원)

3. 과제제안요구서(RFP)

표 41 연구과제2 과제제안요구서(총괄)

연구과제명	철도인프라 정보모델 기술개발
1. 연구개발 목표	
	○ 본 연구의 목표는 철도BIM 발주에 대응하여 똑똑(Smart)하고, 안전(Safe)하고, 경제적(Economical)인 철도인프라 정보모델 구축을 위하여 철도인프라의 전 생애주기를 지원하는 개방형 국제표준기반 데이터 모델개발, 표준정보모델링 기술개발, 응용영역에서의 BIM정보 재활용을 위한 기술개발을 목적으로 함
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 철도인프라 개방형 국제표준기반 데이터 모델 개발 - 철도인프라는 다양한 구조물 또는 시설물의 유기적 결합을 통해 운용되고 있음. 이러한 점은 철도인프라의 생애주기 동안 생성되는 정보의 효율적 관리를 위해서는 동일한 표준적인 틀이 반드시 필요함을 의미함. - 이에, 정보를 체계적이고 효율적으로 관리하고, 정보의 재사용성 향상시키기 위해서는 철도인프라를 구성하는 각 시설물들의 연관성을 고려한 표준의 틀을 개발하는 것이 필요함 ○ 철도인프라 표준 정보모델링 기술개발 - 국내 철도인프라 산업의 경우, 뚜렷한 정보모델링에 대한 절차가 없으며, 철도인프라 분야에서 BIM을 활용하는 경우에도 대부분 형상모델 중심의 가시화에 초점이 맞추어져 있음. - 이에 철도인프라 시설물을 대상으로 3차원 형상모델에 내적 속성정보를 포함시키는 정보모델링의 과정을 거쳐 철도인프라별 표준 정보모델을 생성하는 기술정립이 필요함. ○ 철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발 - BIM도입이 활발하게 이루어지고 있으나, 실질적으로 주로 활용하는 부분은 구성요소 간섭검토, Digital MockUp, 시공 시뮬레이션 등 주로 3차원 형상모델의 활용에 그치고 있는 실정임 - 이에, 철도인프라의 기본 정보모델을 기반으로 구조해석, 건설비용산정 등의 응용영역의 업무를 위한 절차를 정립하고, 이들의 업무가 효과적으로 이루어지게 하기 위한 요소기술 개발이 필요함
□ 기술동향	○ 철도인프라 개방형 국제표준기반 데이터 모델 개발 - 건축분야에서는 1990년대 후반부터 IFC(Industry Foundation Classes)라는 표준 데이터 모델을 개발하기 시작 - 토목분야의 데이터 모델 개발은 IFC의 확장프로젝트로 2011년 토목인프라를 대상으로 데이터 모델을 개발하기 시작하여, 주로 도로와 지반구조물에 초점을 맞춘 형태로 진행하고 있음.

- 특히, 유럽 INSPIRE에서는 최종목표를 2020년으로 도로, 철도, 케이블, 해운 항공 네트워크의 정보를 통합하기 위한 데이터 모델 개발에 착수하였으며, railML.org에서도 철도와 관련하여 구조물과 차량을 대상으로 응용 프로그램 간 정보교환의 호환성 확보를 위한 데이터 모델을 개발을 추진하고 있음

○ 철도인프라 표준 정보모델링 기술개발

- 노르웨이 오슬로의 Stavanger ~ Drammen의 약 500km 고속철도 구간을 BIM소프트웨어를 활용하여 모델링을 수행하였음. 본 프로젝트는 철도의 경로, 지형, 지하공간 등에 초점을 맞추어 개념설계단계에서 빠르게 의사결정을 지원하는 특징이 있음.
- 영국의 Crossrail은 BIM기반 철도 프로젝트으로서 설계 및 시공단계에서의 3차원 가시화 및 시공성 검토에 중점을 두고 있으며, 운영단계에서의 자산관리 체계 제공에도 목적이 있음. 특히 Crossrail에서는 협업과 정보의 흐름관리를 위한 표준 및 가이드라인을 제시하여 엄격하게 품질을 관리하고 있음.
- 정보모델 생성을 위한 BIM 객체 라이브러리 구축 부분에서는 KBIM의 경우 국내 건축분야 BIM 표준라이브러리로 건축물에 대한 약 127개의 특정 소프트웨어 기반의 객체를 제공하고 있음.
- 영국의 NBS에서는 약 400여개의 개방형 국제표준의 형태 및 특정 소프트웨어 기반의 객체를 제공하고 있고, 미국의 SmartBIM에서는 약 77,000개 이상의 건축객체를 일반객체와 자재생산업체가 제공하는 객체로 나누어 특정소프트웨어 기반으로 제공하고 있음.

○ 철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발

- 건축분야에서 정보모델을 활용한 건물의 물량산출은 형상정보에 기인하여 과정을 배제한 결과물 중심의 물량 도출은 대부분의 소프트웨어에서 지원하고 있음. 그러나 이러한 기술은 건물의 구성요소에 대한 의미식별을 기반으로 하는 것으로, 철도인프라 분야에 그대로 적용은 불가하며, 현재 대부분의 사례는 정보 교환의 측면이 아닌 소프트웨어 내부 기능을 활용하는 경우임.
- 미육군공병단에서는 건물의 건설비용 및 산출의 경제성을 향상시키기 위해 QTie 프로젝트를 진행 중에 있으며, buildingSMART International에서는 건물의 물량 산출을 위한 IDM 개발 연구 프로젝트를 진행 중에 있음.
- buildingSMART International에서는 형상정보와 구조해석 정보의 안정적 연동을 위해 다양한 연구 프로젝트를 수행 중에 있음. 건물의 기본 프레임 해석을 위한 접합점의 변환문제, 해중 재하 문제 등을 다뤄왔으며, 최근에는 아직은 구체적인 고려대상이 되고 있지 않은 FEM 해석, 동적해석 등의 연구프로젝트도 시작하고 있음.

3. 연구개발 내용

□ 철도인프라 개방형 국제표준기반 데이터 모델 개발

○ 1차년도: 철도인프라의 정보통합을 위한 기본 기술의 정립

- 철도인프라 데이터 모델구성에 필요한 항목 및 공통요소 도출
- 철도인프라 시설물별 구성요소 표준분류체계 정립

- 철도인프라 정보통합 기본 프레임워크 개발

○ 2차년도: 철도인프라 데이터 모델의 개발(I)

- 철도인프라 부재요소 온톨로지 정의(Data Dictionary)
- 철도인프라 데이터 모델의 검증체계의 구성
- 철도인프라의 구조물(교량, 터널) 대상 데이터모델의 개발

○ 3차년도: 철도인프라 데이터 모델의 개발(II)

- 철도인프라의 지형, 궤도 및 설비시설 대상 데이터모델 개발
- 데이터 모델 반영 정보모델 생성환경 구현

○ 4차년도: 철도인프라 데이터 모델의 검증 및 보완

- 철도인프라 데이터 모델 기반 통합 정보모델의 생성
- 철도인프라 데이터 모델 및 정보모델 생성환경 보완
- 철도인프라 데이터 모델 활용 가이드 개발

□ 철도인프라 표준 정보모델링 기술개발

○ 1차년도: 철도인프라 정보모델 생성을 위한 기본체계의 구성

- 철도인프라의 시설물 단위 LoD 정립
- COBie 기반 철도인프라의 생애주기를 고려한 정보모델 생성 공통개념 정립
- 철도인프라 구성 부재요소의 기본 형상군 정의 및 개발
- 디지털 모델 대상 시설물별 객체의 특성도출 방안 개발

○ 2차년도: 철도인프라 표준 정보모델링 기술개발(I)

- 생애주기를 고려한 철도인프라의 구조물(교량, 터널) 대상 정보모델 생성 절차 및 모델링 환경 구성
- 파라메트릭 기법을 활용한 객체 조합방안 개발
- 철도인프라의 구조물(교량, 터널) 대상 객체 라이브러리 생성

○ 3차년도: 철도인프라 표준 정보모델링 기술개발(II)

- 생애주기를 고려한 철도인프라 지형, 궤도 및 설비시설 대상 정보모델 생성 절차 및 모델링 환경 구성
- 철도인프라의 지형, 궤도 및 설비시설 대상 객체 라이브러리 생성
- 디지털 모델 대상 철도인프라 부재요소의 객체 의미정보 생성 방안 개발

○ 4차년도: 철도인프라 표준 정보모델링 기술의 보완 및 보급/확산방안 정립

- 철도인프라 정보모델의 생성을 통한 제시방안의 검토 및 보완
- 객체 라이브러리 생성 및 활용 매뉴얼 개발
- 철도시설물별 정보모델 생성 절차에 따른 교육/확산 방안정립

□ 철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발

○ 1차년도: 철도인프라 BIM 정보재활용을 위한 기본기술의 정립

- 문서정보 수집 및 의미적 구조화 방법 개발
- 정보모델의 외부정보 연계 표준 프로세스 개발
- 철도인프라 정보모델의 저장 및 공유 기본 프레임워크 개발

○ 2차년도: 철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발(I)

- 정보모델기반 계측 및 이력정보 관리 표준화 기술 개발
- 철도인프라 구조해석 IDM기반 형상정보-구조해석 연계기술 개발
- 객체지향형 철도인프라 정보모델 저장 체계 개발

○ 3차년도: 철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발(II)

	- 정보모델과 문서, 계측, 이력정보의 통합/연계방안 개발 - 철도인프라 비용산정 IDM기반 형상정보-건설비용산정 연계기술 개발 - 철도인프라 정보모델 공유 체계 개발 ○ 4차년도: 철도인프라 응용분야 정보 활용기술의 검토 및 보완 - 철도인프라 응용분야 활용 모델의 생성을 통한 제시 방안의 검토 및 보완 - 정보모델 저장 및 공유체계 보완 - 철도인프라의 응용분야 정보 활용을 위한 가이드 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 철도인프라 개방형 국제표준기반 데이터 모델 개발 - 철도인프라의 전 생애주기 고려 - 정보모델의 응용영역에서의 활용성 고려 - 표준 데이터 모델로서의 타당성 검증 - 표준 데이터 모델의 실무활용성 검토 ○ 철도인프라 표준 정보모델링 기술개발 - 생애주기 단계에 따른 생성정보의 명확화, 기존 디지털 모델의 재활용하기 위한 전략, 객체 라이브러리를 활용하는 방안 등을 중점연구 - 철도인프라의 전 생애주기를 고려한 정보모델링 - 정립한 표준 절차에 기반하여 철도인프라 정보모델링의 전문인력 양성 프로그램 구성 ○ 철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발 - 정보저장의 효율성 측면 고려 - 철도인프라 표준 데이터 모델기반 - 정보모델에 대한 접근성 향상 - 정보재활용 소프트웨어에 대한 사용자 경험(UX) 고려
□ 추진체계	○ 철도인프라 개방형 국제표준기반 데이터 모델 개발 - 영역별 전문가들의 협업체 구성 - 기존 철도인프라 관련 데이터 모델 및 국제표준의 참조 - 국내 유사과제 연구진 및 유관 국제기구의 자문 ○ 철도인프라 표준 정보모델링 기술개발 - 영역별 전문가들의 협업체 구성 - 건축사례 및 해외 철도인프라 건설 선진 프로젝트의 벤치마킹 - 철도인프라에 적합한 BIM 소프트웨어의 도입 및 개발 - 철도인프라 정보모델링과 관련한 교육 프로그램 구성 ○ 철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발 - 영역별 전문가들의 협업체 구성 - 국내 유사과제 연구진 및 유관 소프트웨어 개발진의 자문 - 건설정보관련 국제표준기구 및 관련학회의 자문 - 건축사례 및 해외 선진 프로젝트 벤치마킹
5. 최종성과물	
	○ 철도인프라 개방형 국제표준기반 데이터 모델 개발

- 국제표준기반 철도인프라 구성요소 표준분류체계
- 철도인프라 부재요소 사전
- 개발 데이터 모델기반 정보모델 생성환경 및 포맷 변환 모듈
- 개방형 국제표준기반 철도인프라 데이터 모델 - 지반, 궤도, 교량, 터널, 설비시설

○ 철도인프라 표준 정보모델링 기술개발
- 철도인프라 각 시설물별 객체 라이브러리 및 조합방안
- 생애주기 고려 철도인프라 정보모델링 표준 절차 및 가이드
- 철도인프라 디지털 모델의 정보모델화 방안
- 철도인프라 정보모델 생성을 위한 교육 프로그램

○ 철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발
- 정보모델과 문서, 계측, 이력정보의 통합/연계방안
- 철도인프라 형상정보-구조해석 연계기술
- 철도인프라 형상정보-건설비용산정 연계기술
- 철도인프라 정보모델 저장 및 공유 체계

6. 기대효과 및 파급효과

○ 기술적 파급효과

□ 철도인프라 개방형 국제표준기반 데이터 모델 개발
- 철도인프라 분야에 있어서 정보 상호운용성 확보의 중추적인 틀 제공
- 국내 철도인프라에 대한 개방형 국제표준기반 BIM 환경의 활성화

□ 철도인프라 표준 정보모델링 기술개발
- 정확한 철도인프라 정보모델의 생성 가능
- 생애주기 단계별 필요정보의 명확화: 불필요 데이터 과잉생성 억제, 필요정보의 미생성 문제 제어

□ 철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발
- 철도인프라 정보모델 재활용성 강화
- 정보모델과 응용영역의 결합으로 인한 BIM System 구현
- 문서정보, 유지관리 이력정보의 연계 실현을 통한 행정업무 간소화

○ 경제적 파급효과

□ 철도인프라 개방형 국제표준기반 데이터 모델 개발
- 정보 비호환성으로 인한 시간적, 비용적 손실 감소
- 전 생애주기 기간 동안의 정보 재활용율 증가로 인한 모델 재생성 / 업무 재작업 비용 절감

□ 철도인프라 표준 정보모델링 기술개발
- 철도인프라 정보모델 생성, 재생성, 변경 등 업무의 시간적 효율성 향상
- 데이터 과잉생성 억제로 인한 시간/비용적 측면의 업무효율성 향상

□ 철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발
- 건설-IT 융합시장의 활성화
- 구조해석, 건설비용산정 등의 업무 간소화로 인한 시간/비용적 효과
- 철도인프라 응용영역 모델 생성비용 감소

○ 사회적 파급효과

□ 철도인프라 개방형 국제표준기반 데이터 모델 개발
- 철도인프라 시설물 정보관리에 관한 국제적 경쟁력 확보
- 개방형 국제표준기반의 데이터 모델 개발을 통한 특정 소프트웨어/특정 업체에 대한 종속성 방지

□ 철도인프라 표준 정보모델링 기술개발
- 철도인프라 정보모델링에 대한 국제적 경쟁력 확보
- 손쉬운 모델 생성에 따른 철도인프라에 대한 BIM활용 활성화

□ 철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발
- BIM 정보 재활용에 대한 국제적 경쟁력 확보
- 정보재활용률 향상에 따른 사회적 비용 감소
- 철도인프라 분야 정보모델 활용 전문인력 양성

7. 연구기간 및 소요예산

○ 총 연구기간 : 2014년~2017년 (4년)

○ 총 정부출연금 : 100억

○ 1차년도 연구개발비 : 20억

◌ 연차별 예산

구분	2014년	2015년	2016년	2017년
정부	20억	31억	29억	20억
민간	-	-	-	-
합계	20억	31억	29억	20억

제3절. 철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술 개발

1. 목표 및 개요

가. 연구목표 및 범위

최 종 연구목표	철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술 개발
구체적 연구목표	1 능동형 BIM기반 철도 인프라 건설관리 표준플랫폼 기술 개발 2 ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임워크 기술 개발 3 BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 개발

○ 본 연구의 최종목표는 최근 건설산업분야의 새로운 기술 패러다임으로 부상한 BIM(Building Information Modeling)기술을 기반으로 철도시설공사에 특화된 발주사업관리를 위한 다차원 시뮬레이션 기술을 개발하여 ICT기반의 차세대 첨단 철도인프라 사업관리 표준플랫폼을 구축. 특히 철도시설이 복합공정시설이므로, 궤도, 전력, 신호, 통신분야의 협업관리가 중요하므로, 분야별 정보모델 개발과 함께 통합된 운영체계 기반으로 철도인프라 협업관리기능이 가능하도록 철도공사특성을 고려한 협업관리체계와 설계성과품 및 준공품 검증체계를 개발함

○ 본 연구는 방위산업청지침 제 2018-8호(2012.4.6.제정) 기술성숙도평가 업무지침의 기술성숙도 수준별 정의 기준에 따라 구분한 결과 TRL 4로 산정됨으로 연구를 통해 기술 수준을 향상시키고자 함

○ 그림 67은 세부연구목표 및 연구내용을 나타냄

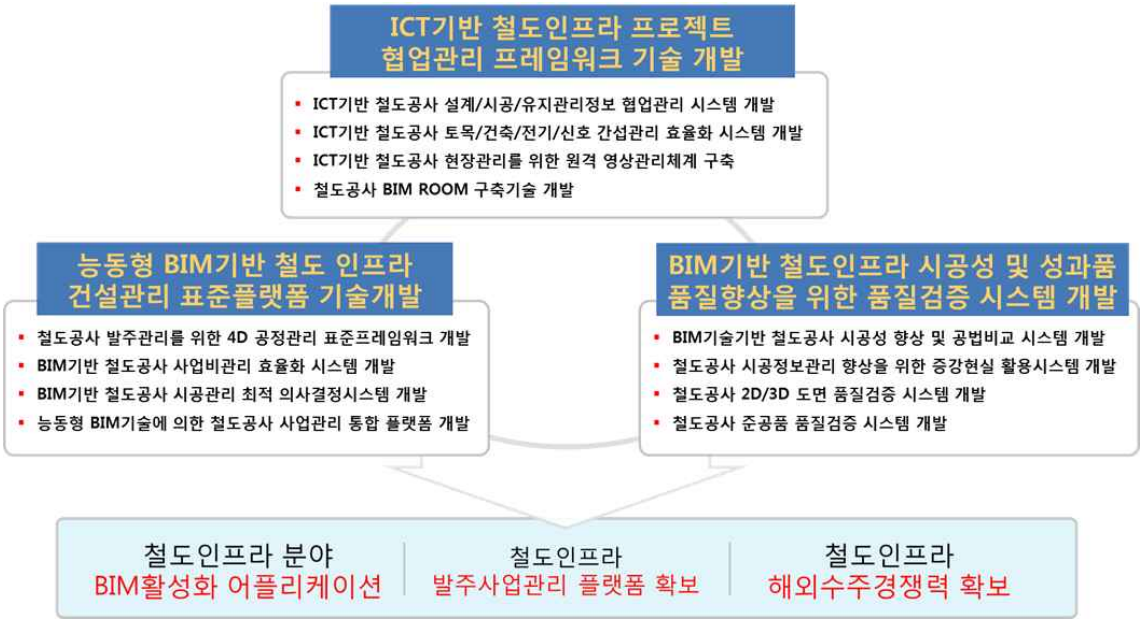


그림 68 3세부의 목표 및 연구내용

○ 연구범위

○ 능동형 BIM기반 철도 인프라 건설관리 표준플랫폼 기술 개발

- 시설물의 생애주기 정보를 다양한 시각적 정보로 표현하는 BIM정보를 활용하여, 기존의 시각적인 표현에 그치지 않고 BIM Tool안에서 공사현장에서 발생하는 문제상황을 점검하고, 최적화 방법론을 기반으로 대안을 제시하여 발주자를 중심으로 프로젝트참여자간 의사결정의 도구로 활용할 수 있도록 함
- 이를 위해 철도공사 발주관리를 위한 4D 공정관리 표준프레임워크를 구축하여, 발주기관에서 각 공구별 공정정보를 통합관리할 수 있는 운영체계를 마련하고, 최적화 방법론을 통해 문제발생 시 의사결정 지원이 가능한 정보 분석체계를 더하여, 실무적용성 및 활용성의 향상을 도모하도록 함
- 궁극적으로 기존의 시각적표현에 집중되었던 수동적인 BIM정보의 사용에서, 최적대안을 통한 사용자들간의 의사결정을 지원하는 능동적인 BIM으로의 도약적인 활용을 목표로 함

○ ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임워크 기술 개발

- 해외 수주를 위한 고속화/고속철도시설사업의 협업관리에 특화된 BIM기반 시각화 원천기술을 개발하고, 철도공사 설계/시공/유지관리의 전 생애주기 동안 BIM기반 통합정보가 연속적으로 재활용될 수 있는 플랫폼을 구축함. 또한, 다양한 공정분야가 유기적, 복합적으로 수행되는 철도사업의 특성에

맞는 시각적 시설관리 정보 체계를 구축함으로써, 철도사업에 참여하는 전체 참여자들간의 의사소통 도구 확보함

- 해외 철도사업에 대해 선도적 경쟁력 확보를 위해, 발주부터 유지관리까지 참여하는 모든 관계자들이 BIM기반의 시각적인 사업관리 정보를 통해 협업과 최적의 대안을 도출할 수 있는 플랫폼 구축함

○ BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 개발

- 철도시설 공정 및 부위별 고품질의 준공품 확보를 위해 생애주기동안 2D/3D 도면에 대한 도면 적합성 검증체계를 구축하고, 준공 후 철도시설물의 준공품에 대한 품질검증 시스템을 개발하여 전체 철도사업 정보의 BIM기반 품질검증 운영체계를 구축
- 시공이전과 시공중 시뮬레이션을 통해 시공성을 검증하고 시공정보관리 향상을 위해 증강현실 기술을 활용한 시스템을 구축함

나. 기술정의

○ 능동형 BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 기술 개발

- 철도공사 발주관리를 위해 4D 공정관리 체계를 표준프레임워크 개념으로 구축하고, 능동형 BIM기반의 최적화 방법론을 통해 문제해결기능을 갖는 nD CAD 기반의사업관리 운영체계를 구축함으로써, 철도공사에 특화된 표준적 BIM 공정운영 및 사업관리가 가능하도록 하기 위한 기술

○ ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임워크 기술 개발

- 각 전문공정별 간섭을 최소화하기 위해 시각적 시설관리 정보체계를 구축하고, 전 생애주기동안 BIM기반 통합정보의 연속성을 확보하기 위한 플랫폼을 구축함으로써 각 사업단계별/전문공정별 협업관리가 가능함. 원격으로 현장을 관리하기 위해 Telepresence와 nD CAD를 연계한 원격영상관리체계의 구축하고 첨단 IT기술의 활용과 함께 최적의 대안도출을 지원하기 위한 BIM ROOM을 구축함으로써 철도인프라 프로젝트의 협업관리를 위한 프레임워크 개발 기술임

○ BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 개발

- 철도인프라의 시공성 향상을 위해 시공이전 공법별 대안검증 시뮬레이션 기술과 시공중 시뮬레이션 기술을 개발하고, 증강현실 기술을 활용한 시스템을 개발함으로써, 공법의 적정성 검토와 시공정보관리 향상이 가능하도록 하기 위한 개발 기술
- 철도시설의 성과품 품질향상을 위해 2D/3D도면의 표준체계 및 적합성 검증체계를 구축하고, BIM기반의 품질검증 운영체계를 구축함으로써 성과품 향상 및 고품질의 준공품 확보를 위한 개발 기술

다. 필요성

○ 국내외 고속철도 및 고속화철도인프라 수요가 급증하고 있고, 철도분야 BIM 관련 기술 경쟁력은 미비한 실정임. 향후 예상되는 고속철도 해외수주 경쟁에 선도적 기술력으로 대응하기 위하여 기존의 전통적 사업관리방식에 첨단 정보화 운영체계 접목에 의한 최적의 사업관리 운영 플랫폼이 요구됨.

○ 가상건설연구사업 등 기존의 연구에서는 대상물이 상이하고 전생애주기를 포괄한 연구수행 부재함. 또한 기존 연구의 WBS 및 모델과 철도분야에서 요구되는 WBS 및 모델과의 차이가 매우 크며, 활용 가능한 표준플랫폼이 없음. 따라서 유사 연구들의 개념 등을 고려할 수 있으나 활용에는 한계가 있음

○ BIM정보의 시각적인 표현에 그치지 않고, 문제 상황을 분석하여 그에 따른 최적의 대안을 제시할 수 있는 최적화 방법론을 적용한 능동형 BIM기반의 철도시설 발주사업관리에 특화된 4D 공정관리체계를 프레임워크 개념으로 구축하여, 사업구간 전체의 공정정보를 BIM기반으로 표준 관리가 가능하도록 할 필요가 있음 (개발시 해외시장 적용가능)

○ 철도시설공사의 전 생애주기 동안 정보가 연속될 수 있는 체계의 구축이 필요하며, 각 사업단계별/전문공정별 등 모든 사업 참여자 간의 의사소통 및 정보공유를 통해 최적의 사업관리를 할 수 있는 BIM기반의 선도적 협업관리 시스템 구축기술이 필요함

○ 미국, 싱가포르, 유럽 등의 해외에서는 이미 BIM기반 품질검토가 필수적으로 실시되고 있으며, BIM기반 품질검증체계와 철도공사 준공품에 대한 검증 시스템을 통해 생애주기 동안 철도시설물 품질검증이 가능한 시스템 구축이 필요함

2. 인력투입계획 및 소요예산 산정

○ 인력투입계획 총괄표

표 42 인력투입계획 총괄표

연구과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술 개발	17	25	21	21	84	100%

○ 연구비 총괄표

표 43 연구비 총괄표

연구과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술 개발	1,400	2,000	1,800	1,800	7,000	100%
합 계	1,400	2,000	1,800	1,800	7,000	100%

(단위 : 백만원)

○ 세부과제별 연구비 총괄표

표 44 세부과제별 연구비 총괄표

세부 과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
능동형 BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 개발	600	800	800	800	3,000	42.86%
ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임워크 개발	400	600	500	500	2,000	28.57%
BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 개발	400	600	500	500	2,000	28.57%
합 계	1,400	2,000	1,800	1,800	7,000	100%

(단위 : 백만원)

○ 세부 총괄표

표 45 세부 총괄표

비 목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합 계	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부 인건비		666,156	984,528	880,296	880,296	3,411,276	49%
2) 직접비	연구장비재료비	연구기자재 및 시설비	40,000	44,000	44,000	44,000	172,000	2%
		시작품 제작비	50,000	50,000	50,000	50,000	200,000	3%
		재료비	30,762	36,450	34,631	34,631	136,467	2%
	연구활동비	여비	66,615	90,650	80,227	80,227	317,721	5%
		수용비 및 수수료	51,114	76,904	67,523	67,523	263,067	4%
		기술정보 활동비	80,707	120,186	106,636	106,636	414,167	6%
	연구수당		99,923	147,679	132,044	132,044	511,691	7%
3) 간접비			314,726	449,609	404,648	404,648	1,573,632	22%
4)	합계		1,400,006	2,000,009	1,800,008	1,800,008	7,000,032	100%

(단위 : 천원)

6. 과제제안요구서(RFP)

표 46 연구과제3 과제제안요구서(총괄)

연구과제명	철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 능동형 BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 기술 개발 ○ ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임워크 기술 개발 ○ BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 개발 ○ 건설관리 표준플랫폼, 협업관리 프레임워크 및 품질검증시스템에 의한 철도인프라 사업관리 통합플랫폼 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 국내외 고속철도 및 고속화철도인프라 수요가 급증하고 있고, 향후 예상되는 고속철도 해외수주 경쟁에 선도적 기술력으로 대응하기 위하여 기존의 전통적 사업관리방식에 첨단 정보화 운영체계 접목에 의한 최적의 사업관리 운영 플랫폼이 요구됨 ○ 기존에 활용되던 BIM과는 차원을 달리하여 철도 사업에 특화된 사업관리시스템 구축기술 확보가 필요하며, 최근 해외철도시설 사업관리 동향을 고려할 때 이러한 운영체계 구축 기술 확보는 시급한 시점임 ○ 철도인프라는 다양한 공학분야가 결합되어 복합적으로 진행되는 공정의 특성상, 사전 시뮬레이션 기능과 다양한 분야간의 협업관리, 설계단계부터 생성되는 도면 등 모든 BIM데이터의 품질검증을 통해 비용과 공기를 저감시킬 수 있는 철도인프라 사업관리 플랫폼 구축이 요구됨
□ 기술동향	○ 기존 4D 및 nD에 관한 연구로는 건축 및 플랜트시설 위주의 시공 시뮬레이션 기능에 관한 연구가 다수 진행되었음 ○ 현재 사용되고 있는 상용 4D 소프트웨어는 서로 다른 방식의 4D 시뮬레이션 구현방식과 정보간의 연계방법을 갖추고 있고, 사용자의 시각적 편의를 위한 기능으로 구성되어 있음 - 상용 4D소프트웨어로는 Bentley Schedule Simulator, FourDviz, Smart Plant Review, Project Navigator, Visual Project Scheduler, Navisworks 등이 있으며, 각 소프트웨어간의 4D구현 방식이나 정보연계방식은 각각 독립적 운영체제

를 가지고 있으며, 다수의 소프트웨어는 자체적인 3D모델생성과 일정생성을 통한 시뮬레이션 보다는 외부의 소프트웨어를 이용하여 연계하는 방법을 채택하고 있음

- 또한 웹상에서 사용할 수 있도록 하는 기능과 세부기간에 따른 일정 시뮬레이션 기능과 같은 공사정보에 대한 시각적 정보제공기능에 집중되어 운용되고 있음

○ 효과적인 철도시설공사 공정관리를 위해서 시공이전에 직관적으로 프로젝트의 수행사항을 파악할 수 있는 운영체계가 필요하며, 사업 참여자들 간의 의사소통의 도구가 필요한 실정임

○ 기존의 건설공사 사업관리 분야 BIM연구는 설계 및 시공사를 위한 요소기술 위주의 성과들로 구성되어있으므로, 이러한 성과들을 철도시설공사의 발주관리 목적으로 활용하기에는 기능적으로 부족함

◯ 각 분야간 업무체계의 분석을 통하여 협업관리 체계를 구축하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 협업관련 지원도구 또는 부분적 협업관리시스템이 사용되고 있는 실정임

◯ 이에 따라, ICT 기반의 통합적인 정보관리 시스템의 필요성이 대두되고 있으며 타 건설분야의 협업관리에서는 상용시스템뿐만 아니라 기업내부의 자체시스템 개발사례도 점차 늘고 있는 실정임

○ 미국, 싱가포르, 유럽 등의 해외에서는 이미 BIM기반의 품질관리 프로세스가 필수항목으로 실시되고 있음

○ 국외 BIM관련 지침들이 이미 개발되어 계속 수정/보완 되고 있으며, 국내 BIM관련 지침 및 가이드라인들도 점점 개발되어 보급되고 있음

○ 품질관리 기준으로는 크게 형상완성도/객체충돌/간섭 등을 검토하는 물리정보, 법규/기준 등 주요 설계조건을 관리하는 논리정보, 객체사용/속성부여 등을 관리하는 데이터 품질로 구분되고 있음(임수영, 2013)

3. 연구개발 내용

□ 1차년도

- 철도공사 발주관리를 위한 4D 공정관리 표준프레임워크 개발
- ICT기반 철도공사 설계/시공/유지관리정보 협업관리 시스템 개발
- BIM기술기반 철도공사 시공성 향상 및 공법비교 시스템 개발

□ 2차년도

- BIM기반 철도공사 사업비관리 효율화 시스템 개발

	- ICT기반 철도공사 토목/건축/전기/신호 간섭관리 효율화 시스템 개발 - 철도공사 시공정보관리 향상을 위한 증강현실 활용시스템 개발 **□ 3차년도** - BIM기반 철도공사 시공관리 최적 의사결정 시스템 개발 - ICT기반 철도공사 현장관리를 위한 원격 영상관리체계 구축 - 철도공사 2D/3D 도면 품질검증 시스템 개발 **□ 4차년도** - 능동형 BIM기술에 의한 철도공사 사업관리 통합플랫폼 개발 - 철도공사 BIM ROOM 구축기술 개발 - 철도공사 준공품 품질검증 시스템 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 국내외 해당분야 전문가들로 구성된 기획 연구진을 구성 ○ 실질적인 연구 결과 도출을 위하여 국토해양부의 의견수렴을 반드시 시행하고 반영 ○ 객관적인 기획연구 결과 도출을 위하여 산학연 전문가로 구성된 자문위원회를 활용 - 실용적인 기획연구 결과 도출을 위하여 기업체 소속의 자문위원을 포함 ○ 국내·외 연구동향 조사를 바탕으로 본격적 연구방향 및 목표 재정립 ○ 기 수행되었거나(종료과제, 중단과제 등) 현재 수행중인 관련 연구개발과제와의 중복성 검토를 통해 중복투자 배제 및 연계방안 제시 ○ 기존의 확보된 연구성과와 인력을 최대한 활용
□ 추진체계	○ 본 사업단은 실용화 중심의 연구개발사업으로 산·학·연 공동연구 추진 ○ 참여연구기관간 협력을 통해 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조체계 구축 ○ 필요시 데이터 분석 분야에서 선도적 위치에 있는 해외 주요 기관 및 전문가와 공동연구를 추진 할 수 있음
5. 최종성과물	
	○ 능동형 BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 개발 - 능동형 BIM기반 철도공사 건설관리 표준플랫폼 사용 매뉴얼 - 능동형 BIM기반 철도공사 건설관리 표준플랫폼 관련 지식재산권

- 철도공사 발주관리를 위한 4D 공정관리 표준프레임워크 구축
- BIM기반 철도공사 사업비관리 효율화 시스템 구축
- BIM기반 철도공사 시공관리 최적 의사결정시스템 구축
- 능동형 BIM기술에 의한 철도공사 사업관리 통합플랫폼 구축

○ ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임워크 개발
- ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임워크 연구개발 보고서
- ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임워크 관련 지식재산권
- ICT기반 철도공사 설계/시공/유지관리정보 협업관리시스템 구축
- ICT기반 철도공사 토목/건축/전기/신호 간섭관리 효율화 시스템 구축
- ICT기반 철도공사 현장관리를 위한 원격 영상관리체계 구축
- 철도공사 BIM ROOM 구축기술 개발

○ BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 개발
- BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 연구개발보고서
- BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 관련 지식재산권
- BIM기술기반 철도공사 시공성 향상 및 공법비교 시스템
- 철도공사 시공정보관리 향상을 위한 증강현실 활용시스템
- 철도공사 2D/3D 도면 품질검증 시스템
- 철도공사 준공품 품질검증 시스템

6. 기대효과 및 파급효과

○ BIM기반의 철도공사 4D공정관리 표준프레임워크 구축 기술 확보

○ 능동형 BIM기반의 철도사업 특화 표준사업관리 시스템 구축기술 확보

○ 철도인프라 사업관리 기술의 세계 경쟁력 확보 및 공사비/공기 절감

○ 철도사업영역의 BIM정보 활용 및 민간생태계 활성화 유도

○ 철도공사의 첨단기술기반 선도적 협업체계 기술 확보

○ 정보화 기반의 실시간 철도시설 공사관리 기술 구축

○ 철도시설 시공성 및 공법 정보의 정확성 향상

○ BIM기반 철도시설물 도면 및 준공품 품질검증 운영체계 확보

○ 준공품 정보 등 발주기관의 BIM정보 검증체계 확보

7. 연구기간 및 소요예산

○ 총 연구기간 : 2014년~2017년 (4년)

○ 총 정부출연금 : 70억

○ 1차년도 연구개발비 : 14억

◌ 연차별 예산

구분	2014년	2015년	2016년	2017년
정부	14억	20억	18억	18억
민간				
합계	14억	20억	18억	18억

8. 기타

제6장. 세부과제 상세기획

제1절. 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 개발

1. 과제 개요

가. 추진배경

○ 철도인프라의 통합적인 관리 지원을 위한 BIM기반 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 개발을 통해 철도인프라의 전 생애주기관리 비용 절감과 해외 진출의 기술 기반 확보가 필요함

나. 필요성

현재 국제철도시장을 매우 급성장하고 있으며 국제철도시장에서는 BIM기반의 설계 및 시공, 유지관리를 요구하고 있는 실정이나 국내의 기술은 아직 철도인프라분야에 BIM관련 기술이 전무하여 해외에서의 경쟁력을 기대하기 매우 어려운 실정임. 이러한 국제철도시장에서의 경쟁력 확보를 위해서는 생애주기 동안 통합적으로 운영 가능한 BIM기반의 시스템 기반 구축이 매우 시급한 실정

국내·외적으로 각 프로세스 별로 운영 가능한 유사분야의 기존의 시스템은 다양하게 구성되어 있으나 철도에 제대로 적용 가능한 시스템은 없을뿐더러 전 생애주기를 통합적으로 관리해주는 시스템 또한 없음. 그리고 각 생애주기 단계별 협업의 부재로 인한 불필요 작업 및 비용 발생을 사전에 고려하여 경제성을 향상시킬 방안 마련 시급한 실정. 그러므로 BIM기반의 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템을 구축함으로써 해외수주 경쟁에 선도적인 기술력으로 대응할 수 있음

다. 기술정의

철도인프라의 전 생애주기 단계의 효율적인 관리를 위해 각 단계별로 적용될 개발 요소기술을 이용하여 단계 간에 발생되는 정보손실을 방지할 수 있는 시스템을 개발함.

라. 연구범위 설정

철도인프라를 구성하고 있는 구조물 또는 시설물 중에서 차량 및 역사를 제외한 인프라 항목(지반, 교량, 터널, 궤도, 전기, 신호, 통신분야)을 개발 대상범위로 산정하며, 각 인프라 항목들 간의 연계, 철도차량 운행에 필요한 신호 및 제어체계 등도 포함함

2. 현황 및 문제점

McGraw-Hill Construction의 2008년도 보고서에 따르면, 건축 엔지니어링 분야에서 정보 상호운용성 미비로 인한 추가 소요비용은 전체 프로젝트에서 소요되는 예산 대비 약 3.6% 이르는 것으로 나타나고 있으며(공기의 경우, 약 3.8% 더 소요되는 것으로 파악), 미국 NIST (National Institute of Building Science)의 2007년 보고서에 따르면, 이로 인한 비용손실액이 미국의 경우 연 158억 달러에 이르는 것으로 추정하고 있음. 이러한 문제는 생애주기 간 이해당사자들간의 소통의 부재로 인해 발생되며, 각 생애주기 단계에서 생성되는 정보의 올바른 생성 및 이동시에 발생되는 소실등이 해결을 통해 위와 같은 문제를 해결할 수 있음.

이러한 결과는 철도인프라와 같이 복잡하고 초대형인 프로젝트에서 심화될 것으로 사료되며, 계획/설계/시공 단계에 비해 시간과 금액이 큰 유지관리 단계까지 고려했을 때에는 더욱 심화될 것으로 사료 됨.

철도 유지보수비용은 매년 5,000억원 수준이나, 30년 이상 경과된 노후 시설물이 전체시설물의 66.2%를 차지하고 있으며, 그 가운데 50년 이상된 시설물은 49.6%에 이르고 있어 향후 유지관리 비용의 급격한 증가가 예상됨. 철도인프라는 전체 사업비의 80% 이상을 차지하며, 완공 후에는 변경이 거의 불가능하므로 사전 시뮬레이션을 통하여 비용과 Risk 저감이 필요함. 철도차량 하중이 도로에 비해 크고, 진동으로 인한 궤도틀림 등의 미세한 변형으로 탈선 등이 유발될 수 있어 철도인프라의 세심한 유지관리가 필요. 이를 위하여 차세대 관리 기술인 BIM을 통해 관리가 필수적.

3. 동향 분석

- 국토해양부는 BIM 기술을 육성하기 위한 10년 정책 로드맵을 마련하고 있으며, 국가표준으로서 BIM을 활용하기 위한 기반조성 및 확대 적용 등의 관련기술 개발에 대한 지원 계획
- 남해대교, 삼천포 연륙교, 서해대교, 영종대교, 인천대교 등은 자체 계측시스템을 통해 신호를 측정하고 이에 따른 대응체계를 구축하고 있으며, 교량의 계측정보와 손상평가, 자료 및 도면관리 등을 위해 별도의 유지관리시스템을 운용하고 있음
- 일본은 대지진 복구를 위해 1,120억 달러가 투자된 프로젝트로, 3D 설계지원을 위해 '3D model design support system'이 개발되었으며 Civil3D, Revit structure등이 설계를 위해 활용, BIM모델은 기존 선로 복구를 위해 시공 기간 단축, 수량 및 견적, 대지진 복구 계획에 활용할 수 있도록 개발됨
- 2012년 하계 올림픽을 위한 철도 네트워크 확장으로 기존철도 East London Line과 연결되는 남북 간 노선 확장 프로젝트에 BIM 기술을 적용, 협업 솔

루션을 통해 실시간으로 정보를 주고 받았으며, 끊임없는 작업 공유를 위해 데스크탑 상의 디자인 소프트웨어에서 이런 협업 솔루션과 기밀하게 통합되어 작업

○ 영국의 Crossrail 프로젝트는 BIM을 통해 가시성 있는 설계와 시공이 가능, 복잡하고 상세한 검토와 시공성 개선을 통해 에러를 감소, 이는 통합된 3D 모델을 기반으로 한 가상 건설 협업을 통해 가능, 전생애주기 차원에서 정보의 손실을 막고 BIM기반 자산 정보가 운영과 유지 단계에서 활용되는 성과를 얻었으며 이는 데이터 상호운용성 및 이동성을 지원하는 BIM기술의 지원이 역할을 하였음

▷ 2000년대에 들어서 유럽을 중심으로 철도인프라와 관련한 정보를 통합하고 효과적으로 공유하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있음. 해외 선진국들은 이와 관련한 다양한 연구가 진행되고 있으나, 생애주기를 통합적으로 관리하는 운영체계는 아직 연구는 적음. 전 생애주기 단계 간 정보의 손실로 인한 비용을 최소화하기 이해서는 전 생애주기 단계를 어울러 정보가 유기적으로 이동 및 사용할 수 운영체계가 필요함. 이러한 운영체계를 통해 해외시장의 경쟁력을 확보할 수 있음

4. 연구과제 개발 및 추진전략

가. 핵심후보과제 주요내용 및 추진전략

(1) 후보과제 주요내용

연구과제를 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템의 기본설계와 상세설계, 검증의 세단계로 개발하고 시범운영을 통해 시스템의 효용성을 검증하는 단계로 구분할 수 있다. 이에 따른 연차별 연구 개발 내용은 다음과 같음

○ 1차년도 : 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 기본설계
- 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 정의 및 개념구성
- 이해관계자 및 인터페이스 요구사항 분석
- 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 요소기술 적용단계 정의
- 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 아키텍쳐 구성

○ 2차년도 : 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 상세설계
- 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 인터페이스 구축 및 시험방안 도출
- 철도인프라 전생애주기 데이터 변환방법 개발
- 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 S/W 개발(I)
- 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템과 요소기술 S/W간 인터페이스 방

안연구
- 철도인프라 능동형 유지관리전자매뉴얼 표준 기술

○ 3차년도 : 철도인프라 전생애주기 통합운영체계 시스템 구축 및 검증
- 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 S/W 개발(II)
- 프로토타입 구축 및 시뮬레이션
- 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템과 요소 기술 S/W간 인터페이스 구축
- 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 통합 시험
- 철도인프라 자산관리를 위한 정보운영 기술

○ 4차년도 : 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 시범 운영
- 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 검증 및 보완
- 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 S/W 개선 및 통합운영
- 사용자 매뉴얼 및 가이드라인 개발
- 대상 선정 및 운영/시험

(2) 추진전략

○ 철도인프라 관련 수요자·사용자 중심의 개발
- 철도인프라 시공 및 운용기관의 의견을 수렴하여 수요자·사용자의 의견을 충분히 수렴
- 철도인프라 시공 및 운영기관의 현장적용 및 시스템 검증에 참여 유도

○ 국내외 BIM 및 철도인프라 기술 협력체계 구축 운영
- 국내외 전문기관 및 전문가 등의 관산학연 전문가의 기술협조 체계 구축

○ 각 연구과제는 각 세부 분야별 국제동향 및 성능 표준, 주요 이슈에 대한 연구를 진행하고 대상의 기초 연구를 마치고 주요 기반기술 개발 진행
- 1년도는 기술 개발 전 기반 연구기간으로써 연구 개발물의 기능 및 개념, 요구사항 도출, 통합구조 구축를 구성
- 2년도는 요소기술을 통해 개발된 연구 개발물들을 연계가능한 인터페이스 구축
- 3~4년도는 검증된 연구 개발물의 설계를 완성하고 통합시스템의 시험평가 및 검증

○ 기초연구 수행 시 연구기관의 기술력을 보완하고 협력 체제를 구축함으로써 향후 독자적 연구개발 능력 확보
- 각 계층별 요구사항이 충분히 반영되고 현실에 적용 가능한 실체적 산출물의 생산과 활용 여부가 연구의 핵심
- 해외 선진기술 및 유사사례를 연구·분석하고 국내 적용의 타당성을 검토하여 구체적 실현 가능성을 사전에 검증

○ 연구 단계별 산·학·연·관의 연계를 활용한 역할분담과 효율적인 운영체계 확립하되, 기초연구는 학·연을 중심으로, 기반기술은 학연 및 산업체를 중심으로 개발

○ 개발 기술 성과물의 질적 향상을 도모하기 위하여 주관기관, 연구기관, 철도전문가 등으로 구성된 자문위원회를 구성하여 성능검증 및 평가체제 구축

- 올바른 연구방향 설정 및 연구과제 관련 사업 성과물의 질적 향상을 위하여 산·학·연·관의 전 방위적 연계와 역할 분담 및 각계전문가로 구성된 자문위원회 운영
- 성과물의 실용성을 확인하기 위하여 사례적용을 통한 충분한 검증 실시

(3) 기술확보전략

○ 선도기관과의 공동연구

- 철도인프라 생애주기 환경·경제성 분석기술 분야의 선도기관과 공동연구 추진뿐만 아니라 국외 연구기관과의 네트워크 구축을 통해 자료 공유 및 선진국 수준의 기술개발 역량 확보에 기여

○ 전문가 활용방안

- 당해 분야 산-학-연 전문가 자문그룹 구성 및 정기적 자문회의 개최
- 당해 기술개발의 수요처인 철도인프라 건설 및 운영기관, 건설업체 등의 실무자로 구성된 기술협의회 구성 및 상시 자문체계 구축
- 올바른 연구방향 설정 및 연구과제 관련 사업 성과물의 질적 향상을 위하여 산·학·연·관의 전 방위적 연계와 역할 분담 및 각계 전문가로 구성된 자문 위원회 운영
- 기초 자료조사 및 이론적 접근 부분은 대학교수 등 관계 전문가를 통해서 추진하고, 특정 분야에 대한 심도 있는 조사와 자문을 위해 각 분야의 전문가를 적극 활용하여 추진(외부 용역 및 장기자문 활용)

○ 실용화 방안

- 개발 성과물의 주요 수요처인 철도인프라 건설 및 운영기관의 요구사항을 초기 단계에서부터 적극 반영하여 사용자 중심의 S/W 개발을 추진하여 실용성을 확보
- 본 과제와의 연계를 통해 총괄 BIM 시스템에 인터페이스로 연결하여 개별적인 S/W 구현도 가능하면서 통합운영이 용이하도록 연구 성과물을 확보함으로써 전체적인 활용도 향상

○ 사후관리 방안

- 시스템의 지속적 활용을 위한 지침 및 교육 체계 개발
- 정기적인 데이터베이스 및 S/W 업데이트, 에러발생에 따른 운영체계 안정성 확보 등은 BIM 총괄 시스템 운영에 반영하여 관리할 수 있도록 인터페이스 구성 시 고려

나. 기존기술과의 차별성

○ 단계별 요소 기술이 아닌 전 생애주기단계 통합관리 운영체계임.
- 기존의 대다수 요소 기술은 단계별로 특화되어 있거나 정보모델의 생성 및 재활용에 집중되어 있음.
- 기존의 BIM기술은 건축에 특화되어 있음.
- 본 과제의 경우 계획부터 철도인프라 이해당사자들이 서로 소통하여 정보의 생성부터 재활용, 소멸까지 구성하며 이를 이용한 단계별 운영기술을 통합 관리하는 기술을 개발하는 과제이므로 기존 과제와 차이를 가짐.

○ 통합운영체계를 구축하여 국내 철도인프라 기술의 향상 및 해외시장의 진출에 경쟁력을 확보하는 것이 목적

다. 과제별 연차별 로드맵

표 47 과제별 연차별 로드맵

연구 과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
철도인프라의 전생애주기 통합운영시스템개발	- 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 정의 및 개념구성 - 이해관계자 및 인터페이스 요구사항 분석 - 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 요소기술 적용단계 정의 - 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 아키텍쳐 구성	- 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 인터페이스 구축 및 시험방안 도출 - 철도인프라 전생애주기 데이터 변환 방법 개발 - 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 S/W 개발(I) - 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템과 요소기술 S/W간 인터페이스 방안연구	- 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 S/W 개발(II) - 프로토타입 구축 및 시뮬레이션 - 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템과 요소기술 S/W간 인터페이스 구축 - 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 통합시험	- 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 검증 및 보완 - 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 S/W 개선 및 통합운영 - 사용자 매뉴얼 및 가이드라인 개발 - 대상 선정 및 운영/시험

성과물	철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 방법론 구성 결과	철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 S/W 구성	철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 시험절차서/시험성적서	전생애주기 통합운영체계 시스템 가이드라인

라. 성과활용방안

표 48 성과활용방안

구 분	성과활용방안
사회적	○철도인프라 운영체계 개선으로 인한 건설 경쟁력 향상 ○BIM기반의 철도인프라 통합운영체계를 도입함으로써 건설 생산성 및 유지관리 효율성 향상할 수 있음 ○국내 개발된 BIM기반의 철도인프라 통합운영체계를 통해 자국 건설 엔지니어링 산업의 해외 진출을 지원가능
경제적	○전생애주기 단계별 정보손실 방지로 정보관리 개선 - 미국 NIST (National Institute of Building Science)의 2007년 보고서에 따르면, 이로 인한 비용손실액이 미국의 경우 연 158억 달러에 이르는 것으로 추정하고 있음. ○최근 해외 대형 인프라스트럭쳐 사업 발주에 BIM기반 계획 및 설계, 관리 요구 증대 - BIM기반의 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 개발함으로서 관련 시장 해외 진출 가능
기술적	○철도인프라에 특화된 전생애주기 관리 통합운영시스템 운영 경험 획득 - 각 생애주기 단계별 사용가능한 BIM기반 요소기술들은 구성되어있으나, 전체를 통합적으로 관리를 할 수 있는 단일의 시스템 부재 - 이를 구성함으로써 해외시장에서 선도적 기술력 확보 가능

마. 기대효과

○ 기술적 효과
- 정보 상호운영성 확보 및 단일체계로 인한 획일성 확보
- 국내 철도인프라에 대한 BIM기반 생태계 활성화
- 철도인프라 관리에 필요한 모든 정보에 대한 일관성(consistency) 보장

○ 경제적 효과

- 단계간 정보손실로 시간적, 비용적 경제효과
- 통합적 관리로 인한 불필요 데이터 및 정보의 중복 생성 방지
- 전 생애주기단계에 생성 정보에 관한 재활용성 증가로 비용/시간적 효율성 확대

○ 사회적 효과

- 철도인프라 시설물 정보관리에 관한 국제적 경쟁력 확보
- 고속철도차량기술과 통합운영체계의 융합으로 효과적 해외시장 진출 가능
- 정보의 효율적 관리능력 향상으로 인한 사회적 비용 감소

5. 인력투입계획 및 소요예산산정

가. 연구일정에 따른 인력투입계획

○ 본 과제의 연구일정에 따른 연구인력 총 투입 연인원은 55명으로 구성된다.

표 49 인력투입계획 총괄표

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
철도인프라의 전생애주기 통합운영시스템개발	8	17	18	12	55	27.64

나. 소요예산산정

○ 연구비 총괄표

- 철도인프라의 생애주기 관리 통합운영시스템 개발은 1차년도 7억, 2차년도 18억, 3차년도 23억, 4차년도 12억 등 총 60억으로 구성된다.

표 50 연구비 총괄표

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
철도인프라의 전생애주기 통합운영시스템개발	700	1,800	2,300	1,200	6,000	37.50

(단위 : 백만원)

○ 세부 총괄표

표 51 세부연구비 총괄표

비 목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합 계	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부 인건비		272,448	473,688	501,552	297,216	1,544,904	26%
2) 직접비	연구장비재료비	연구기자재 및 시설비	66,000	368,200	616,000	71,500	1,121,700,	19%
		시작품 제작비	66,000	307,000	464,000	305,000	1,142,000	19%
		재료비	103,865	298,000	308,736	298,306	1,008,908	17%
	연구활동비	여비	27,244	37,895	40,124	23,777	129,041	2%
		수용비 및 수수료	24,520	28,421	30,093	17,832	100,867	2%
		기술정보 활동비	35,418	52,105	55,170	32,693	175,388	3%
	연구수당		40,867	71,053	75,232	44,582	231,735	4%
3) 간접비			63,636	163,636	209,090	109,090	545,454	9%
4)	합계		700,000	1,800,000	2,300,000	1,200,000	6,000,000	100%

(단위 : 천원)

6. 과제제안요구서(RFP)

연구과제명	철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 철도인프라 계획/설계/운영/유지관리등 모든 생애주기단계 정보 연계가 가능한 통합적 운영시스템 개발
2. 연구개발 필요성	*(기술동향 포함)*
□ 연구개발의 필요성	○ BIM 기반으로 하는 철도인프라에 대한 국제철도시장에서의 경쟁력 확보를 위해서는 생애주기 동안 통합적으로 운영 가능한 시스템 기반 구축이 매우 시급 ○ 각 프로세스 별로 운영 가능한 유사분야의 기존의 시스템은 다양하게 구성되어 있으나 철도에 제대로 적용 가능한 시스템은 없을뿐더러 생애주기를 통합적으로 관리해주는 시스템 또한 없으므로 해외수주 경쟁에 선도적인 기술력으로 대응하기 위해서 통합운영시스템 필요 ○ 각 생애주기 단계별 협업의 부재로 인한 불필요 작업 및 비용 발생을 사전에 고려하여 경제성을 향상시킬 방안 마련 시급
□ 기술동향	○ 국토해양부는 BIM 기술을 육성하기 위한 10년 정책 로드맵을 마련하고 있으며, 국가표준으로서 BIM을 활용하기 위한 기반 조성 및 확대 적용 등의 관련기술 개발에 대한 지원 계획 ○ 남해대교, 삼천포 연륙교, 서해대교, 영종대교, 인천대교 등은 자체 계측시스템을 통해 신호를 측정하고 이에 따른 대응체계를 구축하고 있으며, 교량의 계측정보와 손상평가, 자료 및 도면관리 등을 위해 별도의 유지관리시스템을 운용하고 있음 ○ 일본은 대지진 복구를 위해 1,120억 달러가 투자된 프로젝트로, 3D 설계지원을 위해 '3D model design support system'이 개발되었으며 Civil3D, Revit structure등이 설계를 위해 활용, BIM모델은 기존 선로 복구를 위해 시공 기간 단축, 수량 및 견적, 대지진 복구 계획에 활용할 수 있도록 개발됨 ○ 2012년 하계 올림픽을 위한 철도 네트워크 확장으로 기존철도 East London Line과 연결되는 남북 간 노선 확장 프로젝트에 BIM 기술을 적용, 협업 솔루션을 통해 실시간으로 정보를 주고 받았으며, 끊임없는 작업 공유를 위해 데스크탑 상의 디자인 소프트웨어에서 이런 협업 솔루션과 기밀하게 통합되어 작업 ○ 영국의 Crossrail 프로젝트는 BIM을 통해 가시성 있는 설계와

시공이 가능, 복잡하고 상세한 검토와 시공성 개선을 통해 에러를 감소, 이는 통합된 3D모델을 기반으로 한 가상 건설 협업을 통해 가능, 전생애주기 차원에서 정보의 손실을 막고 BIM기반 자산 정보가 운영과 유지 단계에서 활용되는 성과를 얻었으며 이는 데이터 상호운용성 및 이동성을 지원하는 BIM 기술의 지원이 역할을 하였음

3. 연구개발 내용 *(**연차별** 수행 내용, 연차별 성과목표 포함)*

○ 1차년도 : 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 기본설계
- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 정의 및 개념구성
- 이해관계자 및 인터페이스 요구사항 분석
- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 요소기술 적용단계 정의
- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 아키텍쳐 구성

○ 2차년도 : 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 상세설계
- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 인터페이스 구축 및 시험방안 도출
- 철도인프라 생애주기 데이터 변환방법 개발
- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 S/W 개발(I)
- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템과 요소기술 S/W간 인터페이스 방안연구
- 철도인프라 능동형 유지관리전자매뉴얼 표준 기술

○ 3차년도 : 철도인프라 생애주기 관리 통합운영체계 시스템 구축 및 검증
- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 S/W 개발(II)
- 프로토타입 구축 및 시뮬레이션
- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템과 요소 기술 S/W간 인터페이스 구축
- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 통합 시험
- 철도인프라 자산관리를 위한 정보운영 기술

○ 4차년도 : 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 시범 운영
- 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 검증 및 보완
- 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 S/W 개선 및 통합운영
- 사용자 매뉴얼 및 가이드라인 개발
- 대상 선정 및 운영/시험

4. 연구개발 추진방법

○ 국내외 해당분야 전문가들로 구성된 연구진을 구성

□ 추진전략	○ 정부 및 관련 기관들의 유기적 협조체제 구축 - 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련기관 및 산업계 등 기술수요처 의견수렴 - 연구결과의 실용화를 위해 수요처 참여 및 담당부처와의 협조 - 기반기술의 다양한 응용방법의 적용개발을 통해 선진기술 확보 - 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영 ○ 객관적인 연구 결과 도출을 위하여 산학연 전문가로 구성된 자문위원회를 활용 - 실용적인 연구 결과 도출을 위하여 기업체 소속의 자문위원 포함 ○ 기존의 확보된 연구성과와 인력을 최대한 활용 ○ 사례적용을 통한 성과의 실용성 확보
□ 추진체계	○ 본 사업단은 실용화 중심의 연구개발사업으로 산·학·연 공동연구 추진 ○ 참여연구기관간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조체계 구축 ○ 필요시 데이터 분석 분야에서 선도적 위치에 있는 국내외 주요 기관 및 전문가와 공동연구 추진
5. 최종성과물	
□ 주요 성과물	○ 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 방법론 구성 결과 ○ 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 S/W ○ 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 시험절차서/시험성적서 ○ 전생애주기 통합운영체계 시스템 가이드라인
6. 기대효과 및 파급효과	
	○ 전 생애주기 단계별 유용 요소기술을 효과적으로 연계 및 관리할수 있는 통합운영체계 확보 ○ 단일 시스템에서 전생애주기 관리를 하여 정보 손실을 최소화함으로써 정보손실비용 절감 및 비용효율 최적화 ○ 선도적 기술 개발을 통한 해외철도시장 수주에 기여 ○ 국내 BIM 및 관련 철도시장 활성화 ○ 고부가가치 창출을 통한 창조경제 기여
7. 연구개발기간 및 소요예산	

○ 총 연구기간 : 2015년~2018년 (4년)

○ 총 정부출연금 : 60억

○ 1차년도 연구개발비 : 7억

○ 연차별 예산

구분	2015년	2016년	2017년	2018년
정부	7억	18억	23억	12억
민간				
합계	7억	18억	23억	12억

8. 기타

○ 착수보고회 실시

○ 연구과제 수행기관 선정 후 전문가 구성에 대해서는 전문기관의 검토 및 협의를 거쳐 조정

○ 연구과제 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구의 효율성을 도모

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도 기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용

7. 연차별 성과목표 및 평가방법(안)

세부 과제명	연차	핵심목표	목표 성과물	성과지표	평가방법
철도인프라의 전생애주기 통합운영시스템개발	1 차 년도	철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 기본설계	철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 방법론 구성 결과	철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 기본설계	발표자료 및 보고서
			논문	발표 4건/게재 4건	발표/게재 건수
			소프트웨어	등록 1건	등록 건수
	2 차 년도	철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 상세설계	철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 S/W 구성	철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 상세설계	발표자료 및 보고서
			논문	발표 4건/게재 3건	발표/게재 건수
			소프트웨어	등록 1건	등록 건수
	3 차 년도	철도인프라 생애주기 관리 통합운영체계 시스템 구축 및 검증	철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 시험절차서/시험성적서	철도인프라 생애주기 관리 통합운영체계 시스템 구축 및 검증	S/W 구동 시연
			논문	발표 4건/게재 3건	발표/게재 건수
			소프트웨어	등록 1건	등록 건수
	4 차 년도	철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 시범 운영	생애주기 관리 통합운영체계 시스템 가이드라인	철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 시범 운영	S/W 통합 운영 시연
			논문	발표 4건/게재 3건	발표/게재 건수
			소프트웨어	등록 1건	등록 건수

8. 추진일정(안)

세부과제명	세부 수행 내용	1차년도				2차년도			
		1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기
철도인프라의 전생애주기 통합운영시스템 개발	철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 기본설계								
	- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 정의 및 개념구성								
	- 이해관계자 및 인터페이스 요구사항 분석								
	- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 요소기술 적용단계 정의								
	- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 아키텍쳐 구성								
	철도인프라 생애주기 통합운영시스템 상세설계								
	- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 인터페이스 구축 및 시험방안 도출								
	- 철도인프라 생애주기 데이터 변환방법 개발								
	- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 S/W 개발(I)								
	- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템과 요소기술 S/W간 인터페이스 방안연구								
	철도인프라 생애주기 통합운영체계 시스템 구축 및 검증								
	- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 S/W 개발(II)								
	- 프로토타입 구축 및 시뮬레이션								
	- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템과 요소 기술 S/W간 인터페이스 구축								
	- 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 통합 시험								
	철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 시범 운영								
	- 철도인프라 전생애주기 관리 통합운영시스템 검증 및 보완								
	- 철도인프라 전생애주기 관리 통합운영시스템 S/W 개선 및 통합운영								
	- 사용자 매뉴얼 및 가이드라인 개발								
	- 대상 선정 및 운영/시험								

제2절. BIM기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 개발

1. 과제 개요

가. 추진배경

○ BIM기반 철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템이 철도시장에 충실히 반영되기 위해서 국내 모든 철도인프라 시장에 확산시킬 방안이 필요하며 이를 위해서는 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 확보가 필요함

나. 필요성

BIM의 도입이 전무한 철도인프라 분야의 개발된 시스템이 기존의 체계에 효과적으로 도입되어 실용화되기 위해서는 기존의 철도인프라 관리 기법과 효과적으로 변화될 수 있도록 정책 및 체계의 변화가 절실한 실정이다. BIM 기반의 철도인프라 관리가 반드시 필요한 현실에 반해 BIM 기반 철도인프라 관리가 전무한 현실에서 효과적으로 확산될 수 있는 확산체계가 절실하며 이를 통해 민간부터 효과적으로 확산시킬 방안이 필요하다. 이를 위해 정책적으로 뒷받침된 발주부터 관리할 수 있는 확산체계의 개발이 필요하며, 정책을 이용하여 철도인프라 전 분야의 생태계조성이 가능하다. 그리고 개발된 시스템을 통한 해외진출방안 제시하여 철도해외시장의 효과적 진출을 도모할 수 있다.

다. 기술정의

철도인프라의 BIM기반 생애주기 운영체계의 효과적으로 발주기관의 효과적 사용 및 생태계 조성을 위하여 정책과 성과확산방안을 개발.

라. 연구범위 설정

철도인프라를 구성하고 있는 구조물 또는 시설물 중에서 차량 및 역사를 제외한 인프라 항목(지반, 교량, 터널, 궤도, 전기, 신호, 통신분야)을 개발 대상범위로 산정하며, 각 인프라 항목들 간의 연계, 철도차량 운행에 필요한 신호 및 제어체계 등도 포함함.

2. 현황 및 문제점

국토부에서는 2010년 '건축분야 BIM 적용 가이드라인'을 작성했고, 이를 통해 현장중심적 BIM 적용 확대를 추진하고 있으며, 건축 등 건설공사 인허가를 위한 160여개 관련법령을 데이터베이스(DB)화하는 작업을 진행, 국가건축행정정보시스템인 '세움터'와 BIM연계방안을 고려하고 있으나, 이러한 BIM체계도 건축 중심으로 이루어짐. 향후 건축물의 유지관리를 위해서는 과학적 유지관리 체계를 구축하고, 건축물 피난/방재, 안전관리 등의 유지관리를 수행하기 위해 건축물 정보와 BIM정보를 연계하기 위한 노력 진행. 하지만 철도에 BIM을 도입한 사례는 매우 극소수이며 기존의 BIM 정보로는 철도인프라 표현에 부족한 실정. 철도인프라는 기존의 건축과 건설 분야에 비해 훨씬 정보가 복잡하며, 이를 위한 표준 및 지침이 새로 철도인프라에 맞춰 생성될 필요가 있음.

3. 동향 분석

- ○ 국토해양부는 BIM 기술을 육성하기 위한 10년 정책 로드맵을 마련하고 있으며, 국가표준으로서 BIM을 활용하기 위한 기반조성 및 확대 적용 등의 관련기술 개발에 대한 지원 계획
- ○ 국토해양부는 2008년에 구축한 인터넷 건축인허가 시스템인 '세움터'를 BIM 도면 납품이 가능한 체제로 개편 중에 있으며, 국가 표준 라이브러리 체계 구축, 자재 유통정보 표준화, 시공단계에서의 BIM 확대 적용 등의 관련기술 개발을 지원할 계획
- ○ 국토부에서는 2010년 '건축분야 BIM 적용 가이드라인'을 작성했고, 이를 통해 현장중심적 BIM 적용 확대를 추진하고 있으며, 건축 등 건설공사 인허가를 위한 160여개 관련법령을 데이터베이스(DB)화하는 작업을 진행, 국가건축행정정보시스템인 '세움터'와 BIM연계방안을 고려하고 있으나, 이러한 BIM체계도 건축 중심으로 이루어짐. 향후 건축물의 유지관리를 위해서는 과학적 유지관리 체계를 구축하고, 건축물 피난/방재, 안전관리 등의 유지관리를 수행하기 위해 건축물 정보와 BIM정보를 연계하기 위한 노력 진행
- ○ 조달청은 2012년부터 500억원 이상의 신축 공공건물 입찰에 BIM 설계를 의무화하기로 했으며, 이를 활용해 에너지 절감 등 공공건물부터 친환경 설계 및 시공을 확산시키기로 함

▷ 건설정보관리의 중요성을 인식하여 건설정보관리에 효과적인 BIM기술을 건축에 도입하여 이용하였으며, 다양한 건축물 정보와 연계하여 발전시켜 나가고 있음. 하지만 기존 개발된 BIM으로는 복잡 대형화된 건설 및 철도분야에 적합하지 못하며, 개발된 표준/지침과 철도관련 BIM기술이 효과적으로 확산시킬 수 있는 기술이 필요함. 이를 위한 연구개발이 필요한 상황임

4. 연구과제 개발 및 추진전략

가. 핵심후보과제 주요내용 및 추진전략

(1) 후보과제 주요내용

연구과제를 BIM기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계의 유사 정책 및 확산체계 조사, 정책 및 확산체계 구축, 시범사업 지원으로 구분할 수 있다. 이에 따른 연차별 연구 개발 내용은 다음과 같다.

○ 1차년도 : BIM 기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 유사 정책 및 성과 확산체계 조사
- 유사 기술의 타분야 도입 시 발주 실용화 정책 조사
- 국내외 유사 분야 법령 조사
- 유사 기술의 타분야 도입 성과 확산체계 조사

○ 2차년도 : BIM 기반 철도인프라 발주 실용화 정책 및 성과확산체계 구축
- 유사 기술의 타분야 도입 시 사용방안 고려 및 개선
- 발주 실용화 정책 및 성과확산체계 구성 필요요소 조사 및 분석
- BIM 기반 철도인프라 발주 실용화 정책 방법론 개발
- 성과확산체계 방법론 개발
- 제도개선을 위한 관련 표준, 지침, 법령 제개정(안) 구성

○ 3차년도 : BIM 기반 철도인프라 발주 실용화 정책 및 성과 확산체계 검증/보완 및 시범사업 지원
- 발주 실용화 정책 및 성과 확산체계 개선
- 발주 실용화 정책 및 성과 확산체계 개발
- 국제표준화 및 제개정 지원

(2) 추진전략

○ 철도인프라 관련 수요자·사용자 중심의 개발
- 철도공단, 철도공사 등 관계기관별 매뉴얼·가이드라인 통합 및 호환성 확보되도록 철도인프라 시공 및 운용기관의 의견을 수렴하여 수요자·사용자의 의견을 충분히 수렴
- 철도인프라 시공 및 운영기관의 현장적용 및 시스템 검증에 참여 유도

○ 국내외 BIM 및 철도인프라 기술 협력체계 구축 운영
- 국내외 전문기관 및 전문가 등의 관산학연 전문가의 기술협조 체계 구축

○ 각 연구과제는 각 세부 분야별 국제동향 및 성능 표준, 주요 이슈에 대한 연구를 진행하고 대상의 기초 연구를 마치고 주요 기반기술 개발 진행

- 1년도는 기술 개발 전 기반 연구기간으로써 연구 개발물의 기능, Requirements 도출, 지표사용 가능성을 검증
- 2년도는 요소기술을 통해 개발된 연구 개발물들을 연계 가능한 인터페이스 구축
- 3~4년도는 검증된 연구 개발물의 설계를 완성하고 실제로 적용할 통합시스템과의 시험평가 및 검증

○ 기초연구 수행 시 연구기관의 기술력을 보완하고 협력 체제를 구축함으로써 향후 독자적 연구개발 능력 확보
- 각 계층별 요구사항이 충분히 반영되고 현실에 적용 가능한 실체적 산출물의 생산과 활용 여부가 연구의 핵심
- 해외 선진기술 및 유사사례를 연구·분석하고 국내 적용의 타당성을 검토하여 구체적 실현 가능성을 사전에 검증
  - 연구 단계별 산·학·연·관의 연계를 활용한 역할분담과 효율적인 운영체계 확립하되, 기초연구는 학·연을 중심으로, 기반기술은 학연 및 산업체를 중심으로 개발
  - 개발 기술 성과물의 질적 향상을 도모하기 위하여 주관기관, 연구기관, 철도 전문가 등으로 구성된 자문위원회를 구성하여 성능검증 및 평가체제 구축
- 올바른 연구방향 설정 및 연구과제 관련 사업 성과물의 질적 향상을 위하여 산·학·연·관의 전 방위적 연계와 역할 분담 및 각계전문가로 구성된 자문위원회 운영

(3) 기술확보전략

○ 선도기관과의 공동연구
- BIM기반 철도 인프라 발주 및 성과확산 분야의 선도기관과 공동연구 추진뿐만 아니라 국외 연구기관과의 네트워크 구축을 통해 자료 공유 및 선진국 수준의 기술개발 역량 확보에 기여

○ 전문가 활용방안
- 당해 분야 산-학-연 전문가 자문그룹 구성 및 정기적 자문회의 개최
- 당해 기술개발의 수요처인 철도인프라 건설 및 운영기관, 건설업체 등의 실무자로 구성된 기술협의회 구성 및 상시 자문체계 구축
- 올바른 연구방향 설정 및 연구과제 관련 사업 성과물의 질적 향상을 위하여 산·학·연·관의 전 방위적 연계와 역할 분담 및 각계 전문가로 구성된 자문위원회 운영
- 기초 자료조사 및 이론적 접근 부분은 대학교수 등 관계 전문가를 통해서 추진하고, 특정 분야에 대한 심도 있는 조사와 자문을 위해 각 분야의 전문가를 적극 활용하여 추진(외부 용역 및 장기자문 활용)

○ 실용화 방안

- 개발 성과물의 주요 수요처인 철도인프라 건설 및 운영기관의 요구사항을 초기 단계에서부터 적극 반영하여 실효성 높은 정책을 확보
- 본 과제와의 연계를 통해 총괄 BIM 시스템을 통한 추후 생태계 확보에 용이하도록 구성함으로써 전체적인 활용도 향상

○ 사후관리 방안

- 정책 및 확산체계의 지속적 활용을 위한 지침 및 교육 체계 개발

나. 기존기술과의 차별성

○ 기존의 BIM관련 정책 및 성과확산체계를 건축 및 건설분야에 특화되어 있음.

- 건축 및 건설분야에 비해 융복합적인 철도분야에 BIM이 도입되기 위해서는 기존의 표준, 지침, 법령을 제개정하여 철도인프라에 적합한 정책을 구성하는 것이 기존 과제와의 차이를 가짐.

○ 해외철도시장의 요구사항을 분석하여 이를 효과적으로 대응할 수 있는 방안 연구 및 정책, 성과 확산체계를 구성하는 것이 목적

다. 과제별 연차별 로드맵

표 52 과제별 연차별 로드맵

연구 과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
BIM 기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 기술	- 유사 기술의 타분야 도입 시 발주 실용화 정책 조사 - 국내외 유사 분야 법령 조사 - 유사 기술의 타분야 도입 성과 확산체계 조사	- 유사 기술의 타분야 도입 시 사용방안 고려 및 개선 - 발주 실용화 정책 및 성과확산체계 구성 필요요소 조사 및 분석 - BIM 기반 철도인프라 발주 실용화 정책 방법론 개발	- 발주 실용화 정책 및 성과 확산체계 개선 - 발주 실용화 정책 및 성과 확산체계 개발 - 국제표준화 및 제개정 지원	

		- 성과확산체계 방법론 개발 - 제도개선을 위한 관련 표준, 지침, 법령 제개정(안) 구성		
성과물	- 발주 실용화를 위한 유사 정책 및 성과 확산체계 조사 결과	- BIM 기반 철도 인프라 발주 실용화 및 성과 확산체계	- 관련 표준, 지침, 법령 제개정안, 지침 활용 방안 및 효과성 평가 모델 결과	

라. 성과활용방안

표 53 성과활용방안

구 분	성과활용방안
사회적	○발주 실용화를 위한 정책 및 성과확산체계 구성으로 BIM기반 철도인프라 생태계 구성 ○표준/지침/법령 제개정으로 전반적 생태계 재조성
경제적	○표준/지침/법령 제개정으로 BIM기반 철도인프라 정보의 중복생성 방지 및 효과적 생성 유도
기술적	○발주 실용화를 위한 정책 및 성과확산체계 개발로 통합운영체계의 기술적 기반 확충 및 해외시장진출방안 확보로 시장경쟁력 제고

마. 기대효과

○ 기술적 효과

- 정보 상호운영성 확보 및 단일체계로 인한 획일성 확보
- 국내 철도인프라에 대한 BIM기반 생태계 활성화

- 표준, 지침 및 법령 제개정으로 인한 정보의 일관성 보장

○ 경제적 효과

- 성과확산체계 개발로 인한 통합운영체계의 확산기간 단축
- 국제표준화 및 제개정으로 BIM기반 철도인프라 국가 경쟁력 향상

○ 사회적 효과

- 정책적 지원으로 인한 철도인프라 시장에 BIM기반의 생태계 구성 촉진
- 체계적 성과 확산 및 정책으로 인한 시범 사업 경험으로 국제적 경쟁력 확보

5. 인력투입계획 및 소요예산산정

가. 연구일정에 따른 인력투입계획

○ 본 과제의 연구일정에 따른 연구인력 총 투입 연인원은 35명으로 구성

표 54 인력투입계획 총괄표

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
BIM 기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 기술	7	16	12	-	35	17.59

나. 소요예산산정

○ 연구비 총괄표

- BIM 기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 기술 개발은 1차년도 5억, 2차년도 8억, 3차년도 7억 등 총 20억으로 구성

표 55 연구비 총괄표

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
BIM 기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 기술	500	800	700	-	2,000	12.50

(단위 : 백만원)

○ 세부 총괄표

표 56 세부연구비 총괄표

비 목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합 계	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부 인건비		238,392	445,824	297,216	-	981,432	49%
2) 직접비	연구장비재료비	연구기자재 및 시설비	2,000	2,000	132,000	-	136,000	7%
		시작품 제작비	-	-	-	-	-	0%
		재료비	102,109	101,119	67,456	-	270,684	14%
	연구활동비	여비	23,839	35,665	29,721	-	89,226	4%
		수용비 및 수수료	21,455	26,749	26,749	-	74,954	4%
		기술정보 활동비	30,990	49,040	38,638	-	118,669	6%
	연구수당		35,758	66,873	44,582	-	147,214	7%
3) 간접비			45,454	72,727	63,636	-	181,818	9%
4)	합계		500,000	800,000	700,000	-	2,000,000	100%

(단위 : 천원)

6. 과제제안요구서(RFP)

연구과제명	BIM 기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 표준화
1. 연구개발 목표	
	○ 철도인프라에 BIM 기반 통합운영체계를 효과적으로 도입되어 실용화시키기 위한 정책 및 확산체계 개발
2. 연구개발 필요성	*(기술동향 포함)*
□ 연구개발의 필요성	○ 개발된 시스템이 기존의 체계에 효과적으로 도입되어 실용화되기 위해서는 기존의 철도인프라 관리 기법과 효과적으로 변화될 수 있도록 정책 및 체계의 변화가 절실 ○ BIM 기반의 철도인프라 관리가 반드시 필요한 현실에 반해 BIM 기반 철도인프라 관리가 전무한 현실에서 효과적으로 민간부터 효과적으로 확산될 수 있는 확산체계가 절실 ○ 이를 위해 정책적으로 뒷받침된 발주부터 관리할 수 있는 확산체계의 개발이 절실 ○ 정책을 이용한 철도인프라 전 분야의 생태계조성 필요 ○ 철도해외시장의 효과적 진출을 위한 해외진출방안 제시 필요
□ 기술동향	○ 국토해양부는 BIM 기술을 육성하기 위한 10년 정책 로드맵을 마련하고 있으며, 국가표준으로서 BIM을 활용하기 위한 기반조성 및 확대 적용 등의 관련기술 개발에 대한 지원 계획 ○ 국토해양부는 2008년에 구축한 인터넷 건축인허가 시스템인 ‘세움터’를 BIM 도면 납품이 가능한 체제로 개편 중에 있으며, 국가 표준 라이브러리 체계 구축, 자재 유통정보 표준화, 시공단계에서의 BIM 확대 적용 등의 관련기술 개발을 지원할 계획 ○ 국토부에서는 2010년 ‘건축분야 BIM 적용 가이드라인’을 작성했고, 이를 통해 현장중심적 BIM 적용 확대를 추진하고 있으며, 건축 등 건설공사 인허가를 위한 160여개 관련법령을 데이터베이스(DB)화하는 작업을 진행, 국가건축행정정보시스템인 ‘세움터’와 BIM연계방안을 고려하고 있으나, 이러한 BIM체계도 건축 중심으로 이루어짐. 향후 건축물의 유지관리를 위해서는 과학적 유지관리 체계를 구축하고, 건축물 피난/방재, 안전관리 등의 유지관리를 수행하기 위해 건축물 정보와 BIM정보를

연계하기 위한 노력 진행

○ 조달청은 2012년부터 500억원 이상의 신축 공공건물 입찰에 BIM 설계를 의무화하기로 했으며, 이를 활용해 에너지 절감 등 공공건물부터 친환경 설계 및 시공을 확산시키기로 함

3. 연구개발 내용 *(**연차별** 수행 내용, 연차별 성과목표 포함)*

○ 1차년도 : BIM 기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 유사 정책 및 성과 확산체계 조사

- 유사 기술의 타분야 도입 시 발주 실용화 정책 조사
- 국내외 유사 분야 법령 조사
- 유사 기술의 타분야 도입 성과 확산체계 조사

○ 2차년도 : BIM 기반 철도인프라 발주 실용화 정책 및 성과확산체계 구축

- 유사 기술의 타분야 도입 시 사용방안 고려 및 개선
- 발주 실용화 정책 및 성과확산체계 구성 필요요소 조사 및 분석
- BIM 기반 철도인프라 발주 실용화 정책 방법론 개발
- 성과확산체계 방법론 개발
- 제도개선을 위한 관련 표준, 지침, 법령 제개정(안) 구성

○ 3차년도 : BIM 기반 철도인프라 발주 실용화 정책 및 성과 확산체계 검증/보완 및 시범사업 지원

- 발주 실용화 정책 및 성과 확산체계 개선
- 발주 실용화 정책 및 성과 확산체계 개발
- 국제표준화 및 제개정 지원

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 국내외 해당분야 전문가들로 구성된 연구진을 구성

○ 정부 및 관련 기관들의 유기적 협조체제 구축

- 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련기관 및 산업계 등 기술수요처 의견수렴
- 연구결과의 실용화를 위해 수요처 참여 및 담당부처와의 협조
- 기반기술의 다양한 응용방법의 적용개발을 통해 선진기술 확보
- 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영

○ 객관적인 연구 결과 도출을 위하여 산학연 전문가로 구성된 자문위원회를 활용

- 실용적인 연구 결과 도출을 위하여 기업체 소속의 자문위원 포함

○ 기존의 확보된 연구성과와 인력을 최대한 활용
○ 국제표준기구 활동 참여

□ 추진체계

○ 본 사업단은 실용화 중심의 연구개발사업으로 산·학·연 공동연구 추진
○ 참여연구기관간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축
○ 필요시 데이터 분석 분야에서 선도적 위치에 있는 국내외 주요 기관 및 전문가와 공동연구 추진
○ 국제 표준화 위원회 구성원 포함

5. 최종성과물

□ 주요 성과물

○ BIM 기반 철도인프라 발주 실용화 정책
○ 관련 표준, 지침, 법령 제개정안
○ BIM 기반 철도인프라 성과확산체계
○ 지침 활용 방안 및 효과성 평가모델 결과

6. 기대효과 및 파급효과

○ 철도인프라에 BIM기반의 통합운영체계가 도입될 시 모든 유관 기관 및 기업 등이 도입 최적화 될 수 있는 정책개발
○ 전 철도인프라 관련 분야의 성과확산을 미리 연구함으로써 불필요한 중복투자 방지로 인한 손실비용 절감 및 비용효율 최적화
○ 개발된 정책 및 성과확산체계를 통한 기술의 효과적 활성화

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구기간 : 2015 ~2017 (3년)
○ 총 정부출연금 : 20
○ 1차년도 연구개발비 : 5
◌ 연차별 예산

구분	2015	2016	2017	2018
정부	5억	8억	7억	-
민간				
합계	5억	8억	7억	-

8. 기타

○ 착수보고회 실시
○ 연구과제 수행기관 선정 후 전문가 구성에 대해서는 전문기관의

	검토 및 협의를 거쳐 조정 ○ 연구과제 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구의 효율성을 도모 ○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안 - 필요시 관련 기술 해외 선도 기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용

7. 연차별 성과목표 및 평가방법(안)

세부 과제명	연차	핵심목표	목표 성과물	성과지표	평가방법
BIM 기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 표준화	1 차 년도	BIM 기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 유사 정책 및 성과 확산체계 조사	발주 실용화를 위한 유사 정책 및 성과 확산체계 조사 결과	BIM 기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 유사 정책 및 성과 확산체계 조사	발표자료 및 보고서
			논문	발표 2건/게재 1건	발표/게재 건수
			소프트웨어	등록 0건	등록 건수
	2 차 년도	BIM 기반 철도인프라 발주 실용화 정책 및 성과확산체계 구축	BIM 기반 철도인프라 발주 실용화 및 성과확산체계	BIM 기반 철도인프라 발주 실용화 정책 및 성과확산체계 구축	발표자료 및 보고서
			논문	발표 2건/게재 1건	발표/게재 건수
			소프트웨어	등록 0건	등록 건수
	3 차 년도	BIM 기반 철도인프라 발주 실용화 정책 및 성과 확산	관련 표준, 지침, 법령 제개정안, 지침 활용 방안 및 효과성 평가모델 결과	BIM 기반 철도인프라 발주 실용화 정책 및 성과 확산	발표자료 및 보고서
			논문	발표 2건/게재 1건	발표/게재 건수
			소프트웨어	등록 0건	등록 건수

8. 추진일정(안)

세부과제명	세부 수행 내용	1차년도				2차년도			
		1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기
BIM 기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 표준화	BIM 기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 유사 정책 및 성과 확산체계 조사 - 유사 기술의 타분야 도입 시 발주 실용화 정책 조사 - 국내외 유사 분야 법령 조사 - 유사 기술의 타분야 도입 성과 확산체계 조사	■	■	■	■				
	BIM 기반 철도인프라 발주 실용화 정책 및 성과확산체계 구축 - 유사 기술의 타분야 도입 시 사용방안 고려 및 개선 - 발주 실용화 정책 및 성과확산체계 구성 필요요소 조사 및 분석 - BIM 기반 철도인프라 발주 실용화 정책 방법론 개발 - 성과확산체계 방법론 개발 - 제도개선을 위한 관련 표준, 지침, 법령 제개정(안) 구성					■	■	■	■
	BIM 기반 철도인프라 발주 실용화 정책 및 성과 확산체계 검증/보완 및 시범사업 지원 - 발주 실용화 정책 및 성과 확산체계 개선 - 발주 실용화 정책 및 성과 확산체계 개발 - 국제표준화 및 제개정 지원								

제3절. 철도인프라 BIM기반 실무 프로세스 및 수행체계 기술 개발

1. 과제 개요

가. 추진배경

○ 철도인프라의 효율적인 작업 프로세스 실행 및 관리 지원을 위한 BIM기반 프로세스 수행/관리 기술 개발을 통해 철도인프라 BIM기반 엔지니어링 및 컨설팅 국내 민간시장 창출 효과와 관련 산업의 해외 진출의 기술 기반 확보가 필요함

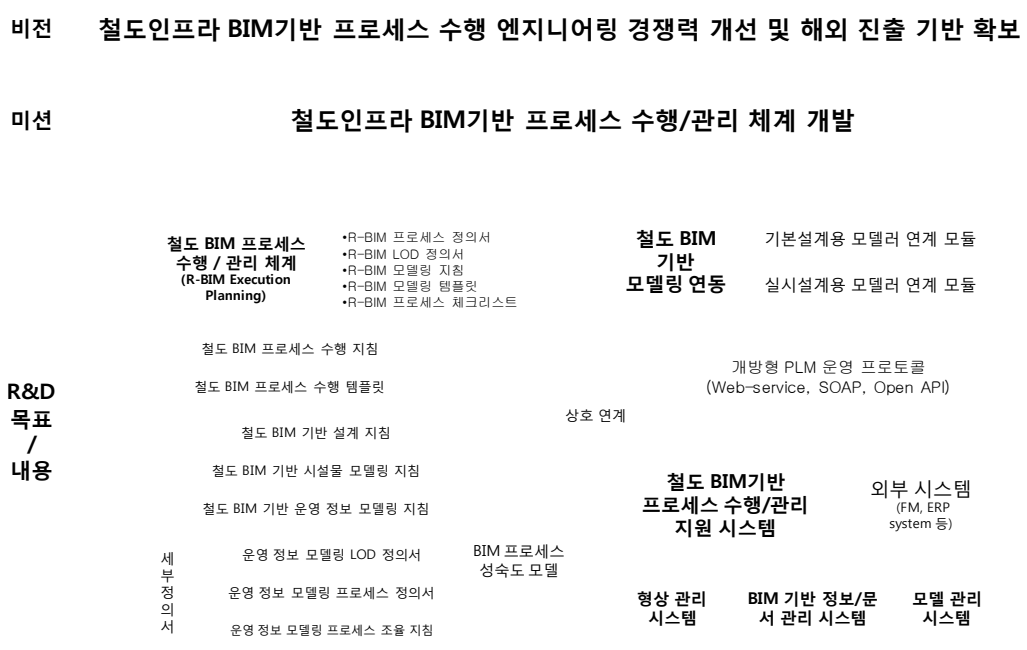


그림 69 철도인프라 BIM기반 실무 프로세스 및 수행체계 기술 비전과 내용

나. 필요성

○ 성공적인 철도인프라 엔지니어링 프로세스 실행 및 관리를 위해서는 BIM기반 시스템 엔지니어링의 방법론과 PLM (Product Lifecycle Management)의 기술 활용이 필요

- 체계적인 프로세스 실행을 위해서는 철도인프라 수명주기와 관련된 요구사항 분석, 설계, 구현, 테스트, 유지보수에 필요한 정보 스키마, 프로세스 스키마를 정의하고 관리하는 방법이 필요

○ 철도인프라 엔지니어링에 BIM 기반 프로세스 수행 체계와 PLM 기술을 효과적으로 접목할 수 있는 관련 체계, 지침, 협업, 관리, 교육 체계의 도출이 필요

다. 기술정의

○ 철도인프라 BIM기반 실무 프로세스 및 수행체계 기술이란 BIM기반으로 시스템 엔지니어링을 체계적으로 수행하는 체계를 지원하는 기술임

- 여기서 시스템 엔지니어링이란 PLM에서 활용되고 있는 엔지니어링 방법으로 철도인프라 수명주기와 관련된 요구사항 분석, 설계, 구현, 테스트, 유지보수에 필요한 정보 스키마, 프로세스 스키마를 정의하고 관리하는 방법을 말함

- 복잡한 철도 엔지니어링 프로세스 정보의 효과적인 관리를 위해 BIM기반 PLM 기술 활용이 필요

라. 연구범위 설정

○ 철도인프라 BIM기반 프로세스 체계 개발 계획
○ 철도인프라 BIM기반 프로세스 수행 체계 개발
○ 철도인프라 BIM기반 프로세스 관리 체계 개발 및 파일럿 프로젝트 수행
○ 철도인프라 BIM기반 프로세스 수행 및 관리 체계 보완과 운영

2. 현황 및 문제점

가. 국내외 현황 분석 내용

○ BIM, PLM 기술을 활용하기 위해서는 현 철도 프로세스 엔지니어링 변화가 필수적이나 이와 관련된 연구는 거의 없는 상황임

○ buildingSMART Korea는 건축을 중심으로 모델과 프로세스를 IFC에 반영하여 국내 건설산업의 경쟁력을 유지하기 위해 산업계와 학계를 중심으로 1998년 4월 IAI Korea Chapter를 결성하여 활동하고 있음

○ 초창기 국내 BIM 연구는 BIM의 정의와 특성에 대한 고찰의 내용이 주를 이루었으나 점차 BIM의 국내 적용방안을 제시하는 방향 연구가 이루어지고 있음
- 2008년부터 2D 도면과의 데이터 연동에 대한 BIM S/W 연구가 시작되었으며 최근의 연구에서는 BIM Tool 자체간의 데이터 연동에 대한 연구가 다수를 이룸
- 국내의 연구 대상 BIM S/W가 전무한 상태로 타 분야에 대해 가장 적은 상태
- BIM을 활용한 기획·설계분야는 정보 관리와 모델을 바탕으로 에너지 성능평가, BIM기반 물량산출 자동화 등의 연구가 이루어짐
- 시공분야는 Checker를 이용한 공간 평가, 법률 검토, 간섭체크와 시뮬레이션 등

의 분야에서 이루어지고 있으며 최근 시뮬레이션과 BIM Server를 통한 협업과 의사소통에 대한 연구도 이루어짐

- PMIS와의 연동과 원가 관리 및 물량 산출 자동화가 주를 이루며, 시공 시뮬레이션 등의 4D, 5D분야가 점차 활성화 됨
- BIM이 주로 설계에 초점을 두고 진행되어 왔으나, 2010년 이후 BIM기반 유지관리, BIM을 활용한 CO2모니터링 등 유지관리에 대한 연구가 증가하고 있음

○ 대부분의 연구가 건축물의 생애주기 동안 발생하는 정보의 중요성을 강조하고 있으나 실제적인 사례가 부족한 현황

표 57 국내 학계 IFC 연구동향

구분	연구제목	연구자	주요연구내용
IFC-STEP 연계	건설정보 국제산업표준(IAI/IFC)의 2차원 확장모델 개발에 관한 연구	김인한 (2004)	- IFC 2x2 모델의 확장을 위한 2D elements 분석과 개발
	IFC 3차원 건축모델표준과 ISO/STEP AP202도면표준의 2차원 형상정보 연계방안	원지선 (2006)	- IFC2x2와 STEP기반의 KOSDIC 2차원 CAD표준간의 연계모델 개발 및 호환도구 개발 방안 도출
IFC 확장 모델의 개발	복합엔지니어링분야의 프로덕트모델 기반 정보공유 기술개발	김인한 (2007)	- 복합엔지니어링 분야의 3차원 2차원 정보간의 정보 표현체계 및 도구개발
	건축 설계 단계에서 설계지침정보의 공유 및 교환을위한 IFC확장모델의 개발	서종철 (2008)	- 설계지침정보의 공유/교환/관리를 위한 IFC Property Set 기반 확장모델 개발, 설계모델과 설계지침정보간의 연계모듈 개발
	IFC기반 교량/도로 데이터 모델 개발	이상호 (2010)	- IFC를 교량/도로 구조물에 적용하기 위해 물리적 요소와 공간적 요소를 새롭게 추가
IFC 활용	IFC 모델을 통한 도면으로부터의 물량산출 자동화 연구	황영삼 (2004)	- IFC기반 물량정보관련 서브셋의 도출과 단위 공간별 물량산출 방법제시
	IFC 표준모델기반 건설 도면정보의 DRM적용에 관한 기초연구	홍강한 (2005)	- ifcXML의 구조분석 및 도면의 저작권 보호를 위한 IFC기반 DRM 적용 시스템 개발
	IFC를 이용한 건축 강구조정보 표현	이재철 (2012)	- IFC를 활용하여 건축강구조의 접합상세/철근배근표현
	교량을 위한 IFC Property Set 추가 및 활용	이상호 (2012)	- IFC Property Set 추가를 통한 교량 요소 식별 및 부재별 탄소배출량 산정
IFC 호환성	IFC를 중심으로 한 상용 3D CAD의 호환성테스트	임재인 (2008)	- 상용BIM Tools(Revit /ArchiCAD)를 대상으로 하는 IFC호환성 테스트

구분	연구제목	연구자	주요연구내용
테스트			
IFC 모델 서버	IFC 검색 및 질의에 대한 연구	이강 (2011)	- 데이터베이스 특징별 IFC 데이터의 검색/비교

나. 문제점 도출 결과

○ 내용

- 실무자들 대상으로 BIM및 PLM기술 기반 프로세스 수행체계에 대한 기대효과, 장애요인 등을 분석하기 위해 직종별 항목별 설문을 2013년 8월 16일부터 오프라인 및 온라인을 통해 3주간 인터뷰를 수행해 42명이 응답하였으며 이를 통계적으로 분석해 유의미한 차이를 알아보았음

○ 설문 통계 분석 결과

- 철도 엔지니어링 분야에서 BIM (Building Information Modeling) 기반 R-PLM (Railway Product Lifecycle Management)가 어떤 방향으로 개발되어야 하는지 고려사항을 도출하기 위해 국내 철도 및 PLM 전문가 인터뷰 및 설문을 통해 인식을 조사하고 질의 항목을 도출해 기대효과, 장애요인에 대하여 설문을 수행한 결과임
- BIM기반 R-PLM 기술의 기대효과 및 장애요인 우선순위 분석결과는 다음과 같음
- 기대효과

설문 항목	평균값
a. 요구사항에 의한 모델 검증과 추적이 가능함	4.49
b. 사전 목업(Mockup)을 통한 효과적인 커뮤니케이션이 가능함	4.59
c. 모델과 관련된 정보의 체계적 통합이 가능함	4.51
d. 모델 이력 및 형상 관리를 지원할 수 있음	4.41
e. 시공성 (재작업, 설계변경, 간섭체크 등) 개선	4.51
f. 시설물 유지보수 및 운영을 효과적으로 지원할 수 있음	4.24
g. 다른 이기종 시스템과 연계 기능을 지원할 수 있음	3.46
h. 프로세스 통합 및 협업을 지원할 수 있음	4.27
i. 프로세스 흐름 및 지식을 재활용할 수 있음	4.34
j. 도면 및 보고서 등 산출물 작업 간소화	3.73
k. 발주자의 요구사항 및 규정과 관련된 설계/정보 품질 검토 효율성 개선	4.20
l. 전생애주기 생산성과 관련된 ROI지표 관리가 가능함	4.05

그림 70 기대효과 우선순위

- 장애요인

설문 항목	평균값
a. 기술 및 소프트웨어 등 확보 시 드는 비용의 부담	3.71
b. BIM 프로세스 수행 시 서로 합의된 대가체계가 없음	4.12
c. 발주가 설계, 시공 등 분리돼 BIM수행 시 시공 경험이 반영되기 어려움	4.15
d. 기반 철도 정보 모델링에 필요한 효과적인 모델링 도구가 없음	3.46
e. 국내외 발주 기본설계 및 실시설계에 사용되는 도구 및 산출물이 상이	3.73
f. 발주 시 어떻게 BIM 모델을 활용하려는 것인지 명확한 계획이 없음	4.10
g. BIM 모델을 어느 정도로 상세히 해야 하는 것인 지 명확한 지침이 없음	4.15
h. 활용할 BIM 모델 라이브러리의 부족	3.88
i. IFC와 같은 철도 표준 모델 개발 및 지원 부족	4.12
j. 발주자 및 현장 실무자의 BIM 및 PLM기술 및 인식 부족	4.49
k. BIM기반 PLM 기술 활용의 복잡성	3.46
l. 레거시 시스템(PMIS, ERP 등)과 연동이 쉽지 않음	3.34
m. BIM 프로세스 지원에 필요한 제도적 환경 부족	4.29

그림 71 장애요인 우선순위

- R-PLM기술에 대한 기대효과에 대한 설문에서는 커뮤니케이션 향상, 건설 정보의 체계적 통합 가능, 시공성 개선, 모델 검증과 추적성 확보와 같은 순서로 효과를 기대하고 있었음
- R-PLM기술 적용시 예상되는 장애요인에 대한 설문에서는 현장 실무자의 BIM 및 PLM기술 활용 수준 부족, 제도적 지원의 부족, 정보 활용에 대한 상세 모델링 지침 없음, 설계/시공/유지보수 분리 발주의 문제의 순서로 장애요인을 인식하고 있었음
- 직종별로 BIM기반 R-PLM관련 기술에 대한 공공지원도에 관한 인식차이를 보았을 때 시공 직종 (평균값 2.0)은 낮게 평가한 반면 발주/관리 직종 (평균값 4.33)은 높게 평가함 (유의확률 0.0). 별도로 시공과 연구 직종에 대해 T-TEST 한 결과 연구/컨설팅 직종 (평균값 2.41)은 낮게 평가한 반면 발주/관리 직종 (평균값 4.33)은 높게 평가함 (유의확률 0.017)
- 직종별로 기대효과의 인식차이를 보았을 때 연구/컨설팅 직종 (평균값 4.77)은 발주/관리 직종 (평균값 4.0)보다 낙관적으로 생각하고 있었음 (유의확률 0.043)
- 직종별로 장애요인의 인식차이를 보았을 때 연구/컨설팅 직종 (평균값 2.91)보다 시공 직종 (평균값 4.67)이 PMIS와 같은 레거시 시스템 연동 문제가 장애요인이라는 인식이 높았음. 실제 실무자는 현업에서 사용되는 레거시 시스템 연동이 쉽지 않을 것임을 말하고 있음 (유의확률 0.006)
- BIM기반 R-PLM 기술의 실무경력별 기대효과 및 장애요인 차이분석 결과
- 실무경력별로 기대효과의 인식차이를 보았을 때 20년 이상 실무자 (평균값 4.67)는 15년~20년 경험의 실무자 (평균값 3.37)보다 더 시설물 유지보수 및 운영지원에 대한 효과를 좋게 인식하고 있었음 (유의확률 0.007). 다만, 시각화를 통한 커

뮤니케이션은 반대로 실무경력이 높을수록 그 효과를 낮게 인식하고 있었음

- 실무경력별로 장애요인의 인식차이를 보았을 때 20년 이상 실무자 (평균값 4.22)는 15년~20년 경험의 실무자 (평균값 3.13)보다 더 PMIS와 같은 레거시 시스템 연동이 장애요인이라 판단하고 있었음 (유의확률 0.009)
- 본 과제 수행 시 앞서 도출된 R-PLM의 직종별 인식 차이, 기대효과 및 장애요인를 고려해 현실적인 과제 수행이 필요할 것으로 판단됨

3. 동향 분석

가. 해외 동향 분석

○ 미국 건설 프로세스 실행 시 부족한 정보 공유 및 관리에 의해 낭비되는 액수는 연간 15.8 Billon 달러이며 (미국 NIST, 2004) 이는 총 건설업 매출액의 3~4%에 해당하는 것임

○ 철도인프라의 설계, 시공, 유지관리 등 프로세스 간 정보공유와 재활용성의 획득으로 년 간 1조 2,000억 원 이상의 예산절감 효과가 기대됨

○ 국토해양부 제5차 건설기술진흥기본계획에 의하면 시설물별 BIM기반 설계도서 작성 납품체계 마련 등으로 토목분야 BIM 도입기반 마련을 위한 제도적 시행이 예상됨

○ McGraw Hill이 2012년 2월에 조사한 SmartMarket리포트에 따르면 인프라스트럭처에 대한 BIM 채택은 세계적으로 46%에 이루고 있다고 밝히고 있어 건설 전반에 기술이 확산되고 있음

○ 영국 런던올림픽 (2012) East London Line, Crossrail 철도 프로젝트 (2012), 인도 Lucknow Metro Alignment, 카타르 Qater Rail 프로젝트 (2012) 등에서 BIM 프로세스 실행계획 요구

- 영국은 건설 생산성을 높이기 위해 BIM기반으로 건설 프로세스를 변화하기 위한 B/555 로드맵를 개발하고 있으며 이를 위해 B/555 위원회를 운영하고 있음

○ 일본 CIM (Construction Information Modeling, 2012) 은 국토 교통성의 주도로 일본 11개 지역에서 BIM기반 파일럿 프로젝트를 진행하며 건설 프로세스 개선을 위한 피드백을 받고 있음

나. 특허 동향 분석

○ BIM관련 건설 프로세스 관리 분야의 연도별 특허출원동향을 살펴보면, 거시적인 관점에서 분석 초기구간인 2000년대 초반에 증가한 이후 다소 감소하였고, 2007년을 정점으로 증가하였다가 최근 다소 정체된 모습을 보이고 있음(BIM/GIS 기반 건설 공간정보 융합기술 개발의 IP-R&D전략, 특허청)

○ 주요국의 특허동향을 살펴보면, 한국은 2000년과 2007년에 증가하였으나 그 외에는 정체되어 있는 경향을 보이고 있고, 일본과 미국은 증감을 반복하고 있으며, 유럽은 전체적으로 특허출원건수가 많지는 않은 것으로 나타남

○ 한국특허 67건, 미국특허 23건으로 각각 전체의 58% 및 20%를 점유하였고, 일본특허는 16건으로 전체의 14%를 점유하였으며, 유럽특허 및 PCT출원은 각각 5건으로 전체의 4%씩을 차지함



그림 72 주요국의 연도별 특허출원 동향

※분석구간: 한국,일본,미국,유럽특허 ~2012(출원년도)

다. 기술 동향 분석

○ 프로세스 관리 관련 기술

- 프로세스 관리 관련 연구에서 심창수는 (심창수 외, 2008) 철도 인프라 정보 모델은 유지 보수 계획에서 철도 인프라의 라이프 사이클 전반에 걸쳐 통합 및 상호 작동 작품을 사용하도록 제안함
- 철도에 대한 체계적인 데이터는 효과적인 유지 관리를 위해 필수적. 모델은 각각 디자이너, 계약자와 소유자 기본적으로 세 가지 정보 레이어를 가지고 있음을 밝힘. 철도는 주로 교량 및 터널로 구성되어 프리스트 레스트 콘크리트 박스 거더는 가장 일반적인 구조물임
- 설계 정보 계층 요구 사항, 디자인, 코드, 기하학, 분석 등의 메타 데이터를 가지고 있음. 건설 레이어는 도면 데이터, 재료 및 제품, 일정 등등에 대한 실제 데이터를 가지고 있음. 소유자에 대한 유지 보수 계층은 그래서 최종 형상, 재료 데이터, 제품 및 공급 업체에 있음
- 이 정보는 제품 구조 (PBS)와 작업 분류 체계 (WBS)에서 파생 된 자체 데이터 구조를 가지고 있음. 고속 철도의 인프라 구축 RIIM은 성공적으로 설계 검사, 구조 해석, 자동화 추정, 건축 시뮬레이션, 가상,보기 및 디지털 목업 등 다양한 분야에 적용되었음. 통합 정보 모델 철도에 대한 가상 건설 시스템을 실현하고 극적으로 전체 엔지니어링 프로세스의 생산성을 높일 수 있음을 밝힘
- 정수영은 (정수영 외, 2011) 건설사업의 효율적인 관리를 위해 PM 및 SE기법이 적용되고 있으며, 전산시스템으로는 PMIS가 도입되어 사용되고 있음을 밝힘
- PMIS는 계획조사부터 시작, 설계, 조달, 건설, 시운전에 이르기까지 모든 과정에 있어서 각종 전문지식을 유기적으로 결집하고 통합하여 예산, 공정, 품질 등을 합리적, 능률적, 조직적, 경제적으로 계획 관리하기 위한 전산시스템이나, 현재 사용중인 PMIS는 생애주기를 고려하지 못하고 있는 실정임
- 본 연구에서는 BIM 기반/스마트 BOM에 형상관리를 통해 전 생명주기를 고려한 철도건설 사업관리에 대하여 논하고 있음
- 박수중은 (박수중 외, 2011) 철도 건설분야의 전수명주기를 고려한 PMIS 구성에 있어 키포인트는 토목건축분야의 DB체계인 BIM과 차량 및 E&M 분야에서 쓰이는 BOM의 통합에 관한 문제이며 관련해 이를 연구하였음
- BIM기반 스마트 BOM중심의 사업수행 체계를 구축할 경우 사업정보의 생성, 활용, 보관의 효율과 일관성 및 품질을 증대하고 유지관리 단계에서의 활용성을 높여 도시철도의 전수명주기를 활용하게 됨
- 경전철 사업을 포함한 철도사업에 BIM과 기능 정보 개념을 도입한 스마트 BOM을 구축함으로써 형상관리 개념을 적용하여 설계단계, 시공단계 등의 사업수행과정의 모든 자료 및 시스템이 유지보수단계에서 유기적으로 이전 단계의 정보를 공유하면서 사업을 수행 할 수 있음
- 건설 산업의 낮은 효율의 이유의 분석을 바탕으로 Liu Qing은 (Liu Qing 외,

2010) 효율성을 개선하는 것을 핵심 포인트로 건물주기와 관련 정보 통합 관리 구현하는 것이 좋다고 밝히고 있음

- 본 연구에서는 연구의 주요 내용은 BLM, BLM의 형성과 BIM의 개념, 제품 분석 및 BLM의 분석의 개념과 철학을 포함하여 건설 프로젝트 라이프 사이클의 관점에서 개념, 제품 및 BIM의 적용을 제시함

○ 협업체계 관련 기술

- 이상헌은 (이상헌 외, 2008) 기존 2D기반 설계방식의 대안으로서 평가할 수 있는 구체적인 사례를 만들어 대규모 프로젝트를 수행하는 경우 발생되는 모델링 방법의 특징과 문제점을 파악하여 대응방안을 제시함
- BIM기술 적용 시도는 건축설계분야에서는 최근 몇몇 건축설계 사무소의 BIM모델링 시도를 찾아볼 수 있으나 건축모델링에 국한되어 있으며 BIM기반 설계에 따른 잠재적인 위험 때문에 건설업 분야보다 소극적인 대응모습을 보여주고 있음
- 국내 건설 산업의 BIM에 대한 현재상황은 BIM의 관심과 기대는 높지만 설계분야에서의 소극적인 자세로 인한 과도기적 상황으로 이러한 과도기에 대규모 프로젝트의 BIM모델구축 시범프로젝트를 통해 BIM Model기반의 협업과 데이터 처리방법을 파악하여 BIM기반 건축설계 도입의 잠재적 위험 요소를 최소화하는 것이 필요함을 밝힘

○ 형상관리체계 관련 기술

- 박건영(박건영, 2012)은 철도 턴키(Turnkey) 시스템과 같이 대규모로 시스템이 구성되는 프로젝트의 경우, 필연적으로 다양한 업체에서 제작된 다양한 제품들이 서로 연계되어 최종적으로 전체 시스템을 구성하고 있음을 밝힘
- 최근에는 이런 다양한 제품들 간의 체계적이고 원활한 기능 구현 및 통합을 위해 시스템엔지니어링(SE) 활동이 하나의 대안으로 적용되고 있음
- 본 연구에서는 이런 SE 활동 중 하나인 형상관리(CM) 기법에 대해 실제 프로젝트에서 적용하여 수행한 사례를 중심으로 그 내용을 소개하고, 수행결과에 대한 장/단점 검토 및 문제점에 대한 대안을 제시함
- 안태기(안태기 외, 2006)는 형상정보시스템을 이용하여 도면관리, 전자정비 메뉴얼, 유지보수시스템 등에 3차원 정보를 연계하여 유지보수 시 정비하는데 걸리는 시간을 단축시키고 3차원 형상정보로부터 부품 이력, 기술자료, 도면 등에 대한 자료 조회가 가능함을 밝힘
- 도시철도 유지보수 정보시스템 구축은 차량정비 유지체계시스템에 관한 것으로 차량설계 변경 및 이력관리를 위한 도면 시스템 구축과 차량 조립의 각 부품별 관리를 위한 계층구조관리 시스템을 구축하는 것임
- 차량 유지보수를 위한 전자정비 매뉴얼 구축과 부품 설계변경 및 이력정보 관리를 위한 문서관리 시스템 등을 구축해 효율성을 개선할 수 있음을 언급함

○ 프로젝트관리 체계 관련 기술

- 김영상(김영상 외, 2009)은 철도 프로젝트 초기단계부터 고려되어야할 시스템 엔지니어링 접근이 필요한 분야들을 식별하고 프로젝트 수명주기에 따른 적절한 원리를 제기함
- 장단기 목표를 가지고 절충이 필요한 모든 철도 프로젝트에서 요구사항에 부합되는 시스템을 공급하기 위해서는 수명주기에 따라 시스템 성능 목표의 설정, 관리 및 검증을 포함하는 시스템 엔지니어링적 접근이 필수적임을 밝히고 있음
- 박수중(박수중 외, 2011)은 철도 건설 분야의 전수명주기를 고려한 PMIS 구성에 있어 키포인트는 토목건축분야의 DB체계인 BIM과 차량 및 E&M 분야에서 쓰이는 BOM의 통합에 관한 문제임을 언급함
- BIM기반 스마트 BOM중심의 사업수행 체계를 구축할 경우 사업정보의 생성, 활용, 보관의 효율과 일관성 및 품질을 증대하고 유지관리 단계에서의 활용성을 높여 도시철도의 전수명주기를 활용하게 됨
- 경전철 사업을 포함한 철도사업에 BIM과 기능 정보 개념을 도입한 스마트 BOM을 구축함으로써 형상관리 개념을 적용하여 설계단계, 시공단계 등의 사업수행과정의 모든 자료 및 시스템이 유지보수단계에서 유기적으로 이전 단계의 정보를 공유하면서 사업을 수행 할 수 있음을 밝힘

라. 전문가 기술 자문의견

○ 시스템 엔지니어링 기술 및 방법론 고려 필요

- 성공적인 철도 BIM 수행 프로세스를 위해서 시스템 엔지니어링의 방법론과 PLM의 기술을 사용해야 하며 BIM의 기반 지식을 사용해야 함
- 시스템 엔지니어링은 제품 수명주기와 관련된 요구사항 분석, 설계, 구현, 테스트, 유지보수에 필요한 정보 스키마, 프로세스 스키마를 정의하고 체계적으로 시스템을 개발하는 방법론임

○ AS-IS 및 TO-BE 분석 필요

- 과제 수행을 위한 AS-IS 및 TO-Be에 대한 규정을 선시행 하는 것이 필요함. BIM를 활용하는 과제이므로 철도 Project에 효율적으로 사용 가능한 Program 제안이 필요함
- BIM을 바탕으로 PLM을 활용한 운영체제 구축을 하는 경우 철도 시설물 관련 예측 가능한 유지관리가 가능할 것임
- BIM 적용을 위해서 인력, 자재, 장비등에 대한 RFID 활용 시스템 구축이 반드시 병행되어야 할 것임. BIM에 ERP등 다양한 시스템을 접속하기 위해서는 Integration 시스템 개발이 수반되어야 함

○ 활용 목적의 명확화 필요

- 전략적 측면에서 달성하고자 하는 명확한 대상이 필요함. 대상의 현실화를 위해서는 반드시 현업의 Needs분석이 선행되어야 하며 효과기반으로 선별이 필요함
- BIM과 PLM은 컨텐츠가 다를뿐 영역과 프로세스는 유사한 영역이 있어 보임. 이 과제에서 BIM을 기반으로 하든 PLM을 기반으로 하든 크게 상관은 없어 보임. 다만, Needs에 따라 필요부분만 선별하여 새로운 개념으로 제시할 필요

○ 기존 관련 데이터 활용 체계 분석 필요

- 철도시설공단에서 활용하고 있는 사업관리시스템에 대한 분석과 철도공사에서 사용하고 있는 O&M의 데이터 체계에 대한 분석이 PLM 체계설정을 위해 필수적으로 요구됨
- 서울시에서 운영하고 있는 FM 시스템과 각 지하철 발주기관 사이에 시공 이후의 AS Built 정보를 어떻게 전달하는지와 이후 점검/유지관리 정보 운영체계를 평가해서 예시로 활용할 필요가 있음
- 기획 단계에서 AS-IS 분석 노력이 필요. PLM의 SCOPE를 설정해서 주어진 연구 여건 내에서 실용화할 수 있는 전략을 연구 수행전에 수립해야 함
- PLM에서 협업의 주체가 설계, 시공, 발주자로 설정한다면 공유모델과 정보수준의 정의를 설정해야 하는데 이를 위해서는 PLM의 목표가지 설정이 필요
- 철도 산업의 특성상 긴 시설물이기 때문에 STATION 별도 모델을 시각화하는 등의 외부 솔루션 연동이나 LOD설정/모델 구성을 통해 VISUAL Definition이 필요함

○ 소프트웨어 및 시스템 개발 시 차별성 확보

- BIM 기반 PLM 체계구축은 철도인프라의 생애주기 관리를 위해 매우 필요해 보임. 다만 기존 상용 PLM에서 지원하는 기능과 어떠한 차이점을 가지는지 차별화 전략/항목이 명확해야 국가 R&D 투자 목적에 맞을 것으로 판단됨
- 철도는 광범위한 영역을 포함하므로 GIS연계가 필요할 것으로 판단됨.
- PLM 개발시 사용자 및 상용화 방법(해외수출시 활용등)이 먼저 고민되어야 할 것으로 판단됨. PLM 상용화를 국내만 보기보다는 해외 철도수출과 연계해서 고민해야함
- 기존 레거시 시스템과 연계(상관성측면)성이 명확해야 할 것으로 판단(특히 PMIS)

○ 기타 의견

- 특정 구조물등에 대한 솔루션이나 틀은 있으나 각각의 특성에 맞는 부분 솔루션을 이용 생산 후 DM화 체제를 정립하여 전체 관리뷰에서 필요부분을 불러들여 표현하고 연계기능 지원

- 철도시설도 세분화된 작업과 공정이 존재하는데 그것에 대한 공정 기준 및 BIM 모델의 기준이 필요함
- WBS/OBS/CBS 등 어떤 기준을 두고 작업의 범위와 LEVEL을 정할 것인지 정의가 필요하며, BIM 적용범위를 정해야 함. PLM 사용자 범위설정/발주처 관리용/설계관리용/시공관리용 등 목적에 맞춘 사용환경 결정 필요

4. 연구과제 개발 및 추진전략

가. 핵심후보과제 주요내용 및 추진전략

(1) 후보과제 주요내용

○ 1차년도 : 철도인프라 BIM기반 프로세스 체계 개발 계획
- 국내외 철도 프로젝트 작업 프로세스 현황 파악
- BIM기반 수행 프로세스 체계 개발 계획 수립
- 파일럿 프로젝트 개발 계획
- 철도인프라 BIM기반 프로세스 체계 프레임워크 개념 설계

○ 2차년도 : 철도인프라 BIM기반 프로세스 수행 체계 개발
- 국내외 Railway PLM(R-PLM) 기술 연구 및 개발 동향 파악
- BIM수행 프로세스 계획서 개발을 위한 파일럿 프로젝트 수행
- BIM 기반 산출물 관리 및 연계 기술 개발 연구
- 철도 프로젝트 산출물 형상관리 기술 개발
- 철도 유지관리정보 품질검증 및 변환기술

○ 3차년도 : 철도인프라 BIM기반 프로세스 관리 체계 개발 및 파일럿 프로젝트 수행
- BIM 모델 확인 및 검토 기술 개발
- 철도인프라 형상정보 시각화 표현 및 정보교환 기술
- BIM 모델 관리 기술 개발
- 철도인프라 BIM기반 프로세스 체계 파일럿 프로젝트 수행

○ 4차년도 : 철도인프라 BIM기반 프로세스 수행 및 관리 체계 보완과 운영
- 파일럿 프로젝트 피드백 결과 보완
- BIM 실무 수행 프로세스 성숙도 모델 및 관리 기술 개발
- 관련 기술 활용 및 교육 지원 체계 개발



그림 73 철도인프라 BIM기반 프로세스 체계 지원을 위한 Railway PLM(R-PLM) 기반 기술

(2) 추진전략

○ 국내외 BIM기반 인프라스트럭쳐 개발 분야 관산학연 전문가로 구성된 연구진 구성

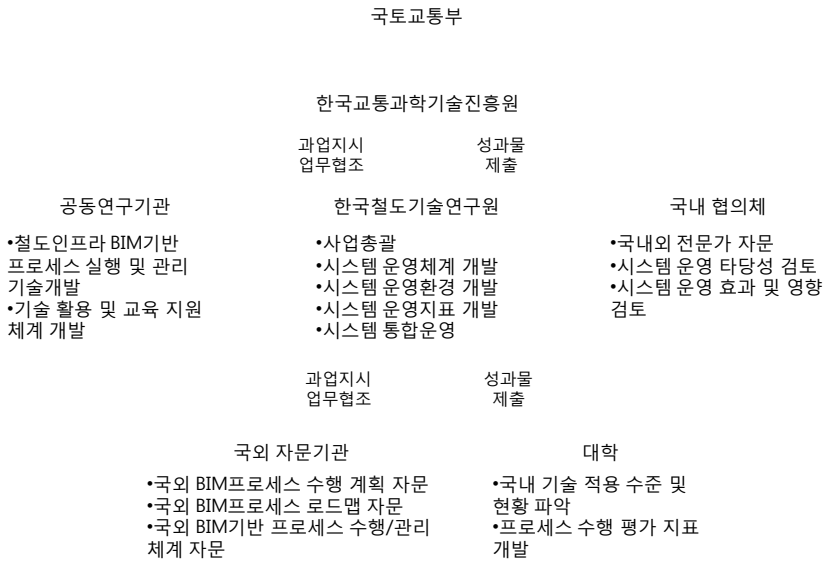


그림 74 연구추진체계

○ 정부 및 관련 기관들의 유기적 협조체제 구축

- 연구성과를 현장 적용시킬 수 있도록 관련기관 및 산업계 등 기술수요처 의견수렴
- 연구결과의 실용화를 위해 수요처 참여 및 담당부처와의 협조
- 기반기술의 다양한 응용방법의 적용개발을 통해 선진기술 확보
- 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영

○ BIM 및 철도인프라 건설 프로젝트의 전문가를 포함한 자문위원회 구성
- 실용적인 연구 결과 도출을 위하여 기업체 소속의 자문위원 포함

○ 국내외 기존의 확보된 연구성과와 인력을 최대한 활용

(3) 기술확보전략

○ 선도기관과의 공동연구
- 철도인프라 BIM기반 프로세스 실행 및 관리 기술 분야의 선도기관과 공동연구 추진뿐만 아니라 국외 연구기관과의 네트워크 구축을 통해 자료 공유 및 선진국 수준의 기술개발 역량 확보에 기여

○ 전문가 활용방안
- BIM기반 프로세스 실행 및 관리 기술 분야 산-학-연 전문가 자문그룹 구성 및 정기적 자문회의 개최
- 철도인프라 BIM기반 프로세스 실행/관리 기술개발의 수요처인 철도인프라 건설 및 운영기관, 건설업체 등의 실무자로 구성된 협의회 운영
- 올바른 연구방향 설정 및 연구과제 관련 사업 성과물의 질적 향상을 위하여 산·학·연·관의 전 방위적 연계와 역할 분담 및 각계 전문가로 구성된 자문 위원회 운영
- 기초 자료조사 및 이론적 접근 부분은 대학교수 등 관계 전문가를 통해서 추진하고, 특정 분야에 대한 심도 있는 조사와 자문을 위해 각 분야의 전문가를 적극 활용하여 추진(외부 용역 및 장기자문 활용)

○ 실용화 방안
- 본 개발 성과물의 주요 수요처인 철도인프라 건설 및 운영기관의 요구사항을 초기 단계에서부터 적극 반영하여 실무자 중심의 S/W 개발을 추진하여 실용성을 확보
- 본 과제와의 연계를 통해 총괄 BIM 시스템에 인터페이스로 연결하여 개별적인 S/W 구현도 가능하면서 통합운영이 용이하도록 연구 성과물을 확보함으로써 전체적인 활용도 향상

○ 사후관리 방안
- 시스템의 지속적 활용을 위한 지침 및 교육 체계 개발
- 정기적인 시스템 유지보수 문제 발생에 따른 운영체계 안정성 확보 등은 BIM 총괄 시스템 운영에 반영하여 관리할 수 있도록 관리 체계 개발 시 고려

나. 기존기술과의 차별성

○ BIM과 PLM기술을 기반으로 한 철도 프로세스 수행체계 개발임
- 기존의 BIM 기술은 건축에 특화되어 있음
- 철도 프로세스 수행 지원체계 관련 기술들은 대부분 PMIS 와 같은 데이터베이스 기반 시스템 기술 개발에 초점이 맞춰져 있음
- PLM기술은 기계 분야에 응용되고 있고 토목 분야에는 아직 적용되지 않고 있음
- 본 과제의 경우 BIM과 PLM기술을 기반으로 철도 프로세스 수행 지원체계를 개발하고자 하는 과제이므로 차별됨

○ 철도 엔지니어링 수행 프로세스를 체계화해 엔지니어링 경쟁력을 확보하는 목적
- 철도 프로세스 수행체계는 단순 기술 개발 뿐 아니라 지침, 표준, 도구 등을 포함
- 해외 BIM 수행 프로세스 체계 및 표준을 반영해 해외 철도 과제 발주 시 국내 관련 업계 경쟁력을 확보하기 위한 기술 및 체계 연구임

다. 과제별 연차별 로드맵

표 58 과제별 연차별 로드맵

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
철도인프라 BIM기반 프로세스 실행 및 관리 기술개발	- 철도인프라 BIM기반 프로세스 체계 개발 계획 - 국내외 철도 프로젝트 작업 프로세스 현황 파악 - BIM기반 수행 프로세스 체계 개발 계획 수립 - 파일럿 프로젝트 개발 계획 - 철도인프라 BIM기반 프로세스 체계 프레임웍 개념 설계	- 철도인프라 BIM기반 프로세스 수행 체계 개발 - 국내외 Railway PLM(R-PLM) 기술 연구 및 개발 동향 파악 - BIM수행 프로세스 계획서 개발을 위한 파일럿 프로젝트 수행 - BIM 기반 산출물 관리 및 연계 기술 개발 연구 - 철도 프로젝트 산출물 형상관리 기술 개발	- 철도인프라 BIM기반 프로세스 관리 체계 개발 및 파일럿 프로젝트 수행 - BIM 모델 확인 및 검토 기술 개발 - BIM 모델 관리 기술 개발 - 철도인프라 BIM기반 프로세스 체계 파일럿 프로젝트 수행 - 철도인프라 BIM기반 프로세스 수행 체계 보완	- 철도인프라 BIM기반 프로세스 수행 및 관리 체계 - 철도인프라 BIM기반 프로세스 수행 및 관리 체계 보완 - 철도인프라 BIM기반 프로세스 관리 체계 보완 - BIM 실무 수행 프로세스 성숙도 모델 및 관리 기술 개발 - BIM 실무 수행 프로세스 성숙도 모델 데이터베이스 개발 - 관련 기술 활용 및 교육 지원 체계 개발
성과물	- 평가지표 - 평가방법론 - 프로세스 - 체계프레임웍 - 평가결과	- 수행지원S/W - 수행지침 - 파일럿수행	- 관리지원S/W - 파일럿결과 - 수행체계보완	- 파일럿평가보완 - 데이터베이스 - 교육 지원 지침

라. 성과활용방안

표 59 성과활용방안

구 분	성과활용방안
사회적	- 철도 건설 프로세스 체질 개선을 통한 건설 경쟁력 향상 - BIM기반 프로세스 수행 및 관리 체계를 도입함으로써 프로세스 수행 체질 개선을 통한 건설 생산성을 향상할 수 있음 - 국내에서 개발한 BIM 프로세스 수행 지침 및 체계를 더욱 보완하고 있으며 이를 통해 자국 건설 엔지니어링 산업의 해외 진출을 지원할 수 있음
경제적	- 철도 엔지니어링 프로세스 관리를 통한 작업효율 개선 • 영국 Crossrail 프로젝트의 경우 BIM과 PLM기술을 활용하여 이전보다 작업효율을 35%개선하고 280만파운드를 절감 하였다고 보고함 (URS Scott Wilson, 2010) • 참고로 협업에 참여한 사용자는 2012년 3월에는 1750명, 관련 도면 파일은 900,000개였음 - 최근 해외 대형 인프라스트럭쳐 개발 사업 발주에는 BIM 프로세스 수행 계획 및 체계를 의무적으로 요구하고 있음 • 철도인프라 BIM기반 프로세스 수행 및 관리 체계를 개발함으로서 엔지니어링 체질 개선 및 관련 시장 해외 진출이 가능함 • 이는 국내 건설 프로젝트 신규 시장이 줄어들고 있는 상황에서 철도인프라 BIM기반 엔지니어링 및 컨설팅 국내 민간시장 창출 효과와 관련 산업의 해외 진출의 기대효과를 얻을 수 있음
기술적	- 철도 건설 프로세스의 상호운용성 기술을 개발해 재작업 등 문제 개선 • 미국 NIST의 건설정보 상호운용성 부족문제에 관한 보고서(2004)에 의하면 낭비되는 15.8 Billon 달러 비용은 프로세스 간 정보 관리 미비로 인한 재작업 등을 주요 문제로 지적함 - 국내 철도 건설산업의 해외 진출 지원에 필요한 기술 개발 • 선진국의 경우 BIM기반 협업 표준인 BS-1192, BIM execution planning 등이 중동지역의 철도 등 인프라스트럭쳐 개발 발주에 활용되도록 노력하고 있으며 이는 자국 건설 회사의 해외 진출로 이어지고 있음

마. 기대효과

○ BIM과 PLM기술을 기반 철도 프로세스 수행체계를 통해 해외 수주 경쟁력 확보

- 영국, 미국과 같은 BIM기반 협업 표준인 BS-1192, BIM execution planning 등이 중동지역의 철도 등 인프라스트럭쳐 개발 발주에 활용되도록 노력하고 있으며 이는 자국 건설 회사의 해외 진출로 이어지고 있음
- 최근 해외 대형 인프라스트럭쳐 개발 사업 발주에는 BIM 프로세스 수행 계획 및 체계를 의무적으로 요구하고 있음
- 철도인프라 BIM기반 프로세스 수행 및 관리 체계를 개발함으로서 엔지니어링 체질 개선 및 관련 시장 해외 진출이 가능

○ 철도 엔지니어링 수행 프로세스를 체계화해 엔지니어링 생산성 개선

- 영국의 경우 철도 인프라스트럭쳐에 BIM기반 프로세스 수행 및 관리 체계를 도입함으로써 프로세스 수행 체질 개선을 통한 건설 생산성 향상에 노력하고 있음
- 영국 Crossrail 프로젝트의 경우 BIM과 PLM기술을 활용하여 이전보다 작업효율을 35%개선하였고 280만파운드를 절감 하였다고 보고함 (URS Scott Wilson, 2010)

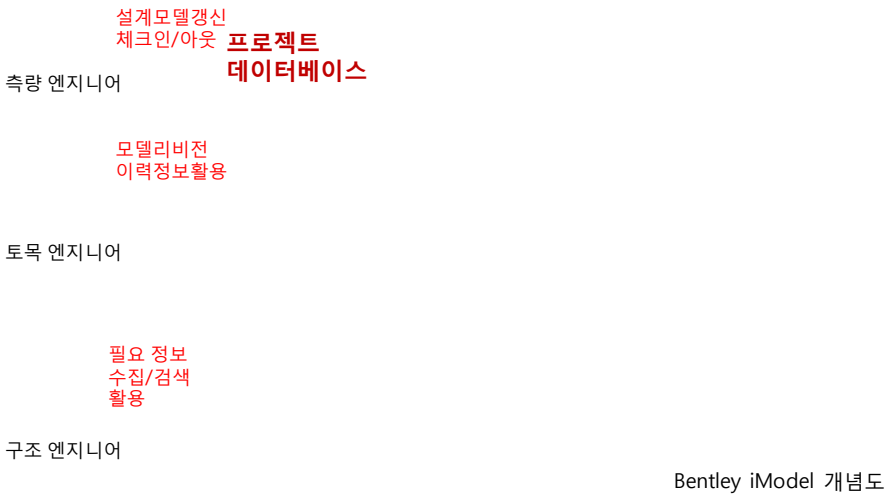


그림 75 영국 Crossrail 프로젝트 프로세스 관리 개념도

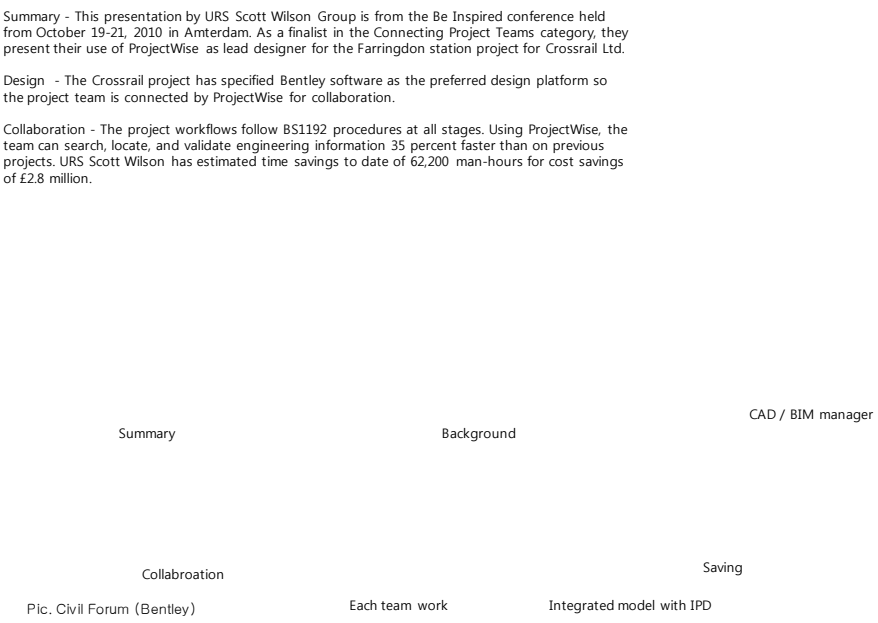


그림 76 영국 Crossrail Farringdon 역 PLM기술 적용 사례
(URS/Scott Wilson 2010.10)

5. 인력투입계획 및 소요예산산정

가. 연구일정에 따른 인력투입계획

○ 본 과제의 연구일정에 따른 연구인력 총 투입 연인원은 62명(참여12개월 기준)임

표 60 인력투입계획 총괄표

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
철도인프라 BIM기반 프로세스 실행 및 관리 기술개발	9	24	32	20	85	42.71

나. 소요예산산정

○ 연구비 총괄표

- 과제의 연구일정에 따른 총 연구비는 5,000 백만원임

표 61 연구비 총괄표

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
철도인프라 BIM기반 프로세스 실행 및 관리 기술개발	1,100	2,400	2,500	1,000	7,000	31.25

(단위 : 백만원)

○ 세부 총괄표

표 62 세부연구비 총괄표

비목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합 계	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부 인건비		246,648	632,616	826,632	432,924	2,138,820	31%
2) 직접비	연구장비재료비	연구기자재 및 시설비	244,000	572,530	293,600	3,000	1,113,130	16%
		시작품 제작비	157,000	475,000	579,500	107,000	1,318,500	19%
		재료비	236,427	248,625	242,342	192,997	920,393	13%
	연구활동비	여비	24,664	50,609	66,130	34,633	176,038	3%
		수용비 및 수수료	22,198	37,956	49,597	25,975	135,728	2%
		기술정보 활동비	32,064	69,587	90,929	47,621	240,203	3%
	연구수당		36,997	94,892	123,994	64,938	320,823	5%
3) 간접비			100,000	218,181	227,272	90,909	636,363	9%
4)	합계		1,100,000	2,400,000	2,500,000	1,000,000	7,000,000	100%

(단위 : 천원)

6. 과제제안요구서(RFP)

연구과제명	철도인프라 BIM기반 실무 프로세스 및 수행체계 기술개발
1. 연구개발 목표	
○ 철도인프라의 효율적인 작업 프로세스 실행 및 관리 지원을 위한 BIM기반 프로세스 수행/관리 기술 개발	
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 성공적인 철도인프라 엔지니어링 프로세스 실행 및 관리를 위해서는 BIM기반 시스템 엔지니어링의 방법론과 PLM (Product Lifecycle Management)의 기술 활용이 필요 - 체계적인 프로세스 실행을 위해서는 철도인프라 수명주기와 관련된 요구사항 분석, 설계, 구현, 테스트, 유지보수에 필요한 정보 스키마, 프로세스 스키마를 정의하고 관리하는 방법이 필요 ○ 철도인프라 엔지니어링에 BIM 기반 프로세스 수행 체계와 PLM 기술을 효과적으로 접목할 수 있는 관련 체계, 지침, 협업, 관리, 교육 체계의 도출이 필요
□ 기술동향	○ 미국 건설 프로세스 실행 시 부족한 정보 공유 및 관리에 의해 낭비되는 액수는 연간 15.8 Billon 달러이며 (미국 NIST, 2004) 이는 총 건설업 매출액의 3~4%에 해당하는 것임 ○ 철도인프라의 설계, 시공, 유지관리 등 프로세스 간 정보공유와 재활용성의 획득으로 년 간 1조 2,000억 원 이상의 예산절감 효과가 기대됨 ○ 국토해양부 제5차 건설기술진흥기본계획에 의하면 시설물별 BIM기반 설계도서 작성 납품체계 마련 등으로 토목분야 BIM 도입기반 마련을 위한 제도적 시행이 예상됨 ○ McGraw Hill이 2012년 2월에 조사한 SmartMarket리포트에 따르면 인프라스트럭처에 대한 BIM 채택은 세계적으로 46%에 이루고 있다고 밝히고 있어 건설 전반에 기술이 확산되고 있음 ○ 영국 런던올림픽 (2012) East London Line, Crossrail 철도 프로젝트 (2012), 인도 Lucknow Metro Alignment, 카타르 Qater Rail 프로젝트 (2012) 등에서 BIM 프로세스 실행계획 요구 ○ 영국은 건설 생산성을 높이기 위해 BIM기반으로 건설 프로세스를 변화하기 위한 B/555 로드맵를 개발하고 있으며 이를 위해 B/555 위원회를 운영 ○ 일본 CIM (Construction Information Modeling, 2012) 은 국토 교통성의 주도로 일본 11개 지역에서 BIM기반 파일럿 프로젝트를 진행하며 건설 프로세스 개선을 위한 피드백을 받고 있음

3. 연구개발 내용

○ 1차년도 : 철도인프라 BIM기반 프로세스 체계 개발 계획
- 국내외 철도 프로젝트 작업 프로세스 현황 파악
- BIM기반 수행 프로세스 체계 개발 계획 수립
- 파일럿 프로젝트 개발 계획
- 철도인프라 BIM기반 프로세스 체계 프레임웍 개념 설계

○ 2차년도 : 철도인프라 BIM기반 프로세스 수행 체계 개발
- 국내외 Railway PLM(R-PLM) 기술 연구 및 개발 동향 파악
- BIM수행 프로세스 계획서 개발을 위한 파일럿 프로젝트 수행
- BIM 기반 산출물 관리 및 연계 기술 개발 연구
- 철도 프로젝트 산출물 형상관리 기술 개발
- 철도 유지관리정보 품질검증 및 변환기술

○ 3차년도 : 철도인프라 BIM기반 프로세스 관리 체계 개발 및 파일럿 프로젝트 수행
- BIM 모델 확인 및 검토 기술 개발
- 철도인프라 형상정보 시각화 표현 및 정보교환 기술
- BIM 모델 관리 기술 개발
- 철도인프라 BIM기반 프로세스 체계 파일럿 프로젝트 수행

○ 4차년도 : 철도인프라 BIM기반 프로세스 수행 및 관리 체계 보완
- 파일럿 프로젝트 피드백 결과 보완
- BIM 실무 수행 프로세스 성숙도 모델 및 관리 기술 개발
- 관련 기술 활용 및 교육 지원 체계 개발

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 국내외 BIM기반 인프라스트럭쳐 개발 분야 관산학연 전문가로 구성된 연구진 구성

○ 정부 및 관련 기관들의 유기적 협조체제 구축
- 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련기관 및 산업계 등 기술수요처 의견수렴
- 연구결과의 실용화를 위해 수요처 참여 및 담당부처와의 협조
- 기반기술의 다양한 응용방법의 적용개발을 통해 선진기술 확보
- 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영

○ BIM 및 철도인프라 건설 프로젝트의 전문가를 포함한 자문위원회 구성
- 실용적인 연구 결과 도출을 위하여 기업체 소속의 자문위원 포함

○ 국내외 기존의 확보된 연구성과와 인력을 최대한 활용

□ 추진체계

○ 본 사업단은 철도인프라 개발 시 BIM기반 프로세스 수행 및 관리 체계 개발을 위한 연구개발사업으로 산·학·연 공동연구 추진

○ 참여연구기관간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조체계 구축

○ 철도 BIM 프로세스 수행 및 관리 분야에서 선도적 위치에 있는 국내외 주요 기관 및 전문가와 공동연구 추진

5. 최종성과물

○ 철도 BIM 수행 프로세스 체계 개발
○ 철도 BIM 전생애주기 차원 프로세스 R-PLM 협업 시스템 개발
○ BIM 기반 산출물 관리 및 연계 기술 개발 연구
○ 철도 프로젝트 산출물 형상관리 기술 개발
○ BIM 모델 확인 및 검토 기술 개발
○ BIM 모델 관리 기술 개발
○ BIM 실무 수행 프로세스 성숙도 모델 및 관리 기술 개발
○ 관련 기술 활용 및 교육 지원 체계 개발

6. 기대효과 및 파급효과

○ 사회적 파급효과
- 철도 건설 프로세스 체질 개선을 통한 건설 경쟁력 향상
- BIM기반 프로세스 수행 및 관리 체계를 도입함으로써 프로세스 수행 체질 개선을 통한 건설 생산성을 향상할 수 있음
- 국내에서 개발한 BIM 프로세스 수행 지침 및 체계를 더욱 보완하고 있으며 이를 통해 자국 건설 엔지니어링 산업의 해외 진출을 지원할 수 있음

○ 경제적 파급효과
- 철도 엔지니어링 프로세스 관리를 통한 작업효율 개선
  - 영국 Crossrail 프로젝트의 경우 BIM과 PLM기술을 활용하여 이전보다 작업효율을 35%개선하고 280만파운드를 절감 하였다고 보고함 (URS Scott Wilson, 2010)
  - 참고로 협업에 참여한 사용자는 2012년 3월에는 1750명, 관련 도면 파일은 900,000개였음
- 최근 해외 대형 인프라스트럭쳐 개발 사업 발주에는 BIM 프로세스 수행 계획 및 체계를 의무적으로 요구하고 있음
  - 철도인프라 BIM기반 프로세스 수행 및 관리 체계를 개발함으로서 엔지니어링 체질 개선 및 관련 시장 해외 진출이 가능함
  - 이는 국내 건설 프로젝트 신규 시장이 줄어들고 있는 상황에서 철도인프라 BIM기반 엔지니어링 및 컨설팅 국내 민간시장 창출 효과와 관련 산업의 해외 진출의 기대효과를 얻을 수 있음

○ 기술적 파급효과
- 철도 건설 프로세스의 상호운용성 기술을 개발해 재작업 등 문제 개선
  - 미국 NIST의 건설정보 상호운용성 부족문제에 관한 보고서(2004)에 의하면 낭비되는 15.8 Billon 달러 비용은 프로세스 간 정보 관리 미비로 인한 재작업 등을 주요 문제로 지적함
- 국내 철도 건설산업의 해외 진출 지원에 필요한 기술 개발
  - 선진국의 경우 BIM기반 협업 표준인 BS-1192, BIM execution planning 등이 중동지역의 철도 등 인프라스트럭쳐 개발 발주에 활용되도록 노력하고 있으며 이는 자국 건설 회사의 해외 진출로 이어지고 있음

7. 연구기간 및 소요예산

○ 총 연구기간 : 2014년~2017년 (4년)
○ 총 정부출연금 : 50억

○ 1차년도 연구개발비 : 8억

◯ 연차별 예산

구분	2014년	2015년	2016년	2017년
정부	11억	24억	25억	10억
민간				
합계	11억	24억	25억	10억

8. 기타

○ 착수보고회 실시

○ 연구과제 수행기관 선정 후 전문가 구성에 대해서는 전문기관의 검토 및 협의를 거쳐 조정

○ 연구과제 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구의 효율성을 도모

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도 기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용

7. 연차별 성과목표 및 평가방법(안)

세부 과제명	연차	핵심목표	목표 성과물	성과지표	평가방법
철도인프라 BIM기반 프로세스 실행 및 관리 기술개발	1차년도	철도인프라 BIM기반 프로세스 체계 개발 계획	BIM기반 수행 프로세스 체계 개발 계획 수립	BIM기반 수행 프로세스 체계 개발 계획 수립 기준평가	발표자료 및 보고서
			논문	발표 4건/게재 3건	발표/게재 건수
			소프트웨어	등록 1건	등록 건수
	2차년도	철도인프라 BIM기반 프로세스 수행 체계 개발	철도인프라 BIM기반 프로세스 수행 체계 지침 및 S/W	철도인프라 BIM기반 프로세스 수행 체계 지침 및 S/W	S/W 구동 시연
			논문	발표 5건/게재 3건	발표/게재 건수
			소프트웨어	등록 2건	등록 건수
			특허	특허 1건	등록 건수
	3차년도	철도인프라 BIM기반 프로세스 관리 체계 개발 및 파일럿 프로젝트 수행	철도인프라 BIM기반 프로세스 관리 체계 지침 및 S/W	철도인프라 BIM기반 프로세스 관리 체계 지침 및 S/W	발표자료 및 보고서
			논문	발표 5건/게재 3건	발표/게재 건수
			소프트웨어	등록 2건	등록 건수
			특허	특허 2건	등록 건수
	4차년도	철도인프라 BIM기반 프로세스 수행 및 관리 체계 보완	철도인프라 BIM기반 프로세스 체계 파일럿 프로젝트 및 S/W	철도인프라 BIM기반 프로세스 체계 파일럿 프로젝트 보고서 및 S/W	S/W 통합 운영 시연
			논문	발표 4건/게재 3건	발표/게재 건수
			소프트웨어	등록 2건	등록 건수

8. 추진일정(안)

세부과제명	세부 수행 내용	1차년도				2차년도			
		1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기
철도인프라 BIM기반 프로세스 실행 및 관리 기술개발	철도인프라 BIM기반 프로세스 체계 개발 계획 - 국내외 철도 프로젝트 작업 프로세스 현황 파악 - BIM기반 수행 프로세스 체계 개발 계획 수립 - 파일럿 프로젝트 개발 계획 - 철도인프라 BIM기반 프로세스 체계 프레임웍 개념 설계								
	철도인프라 BIM기반 프로세스 수행 체계 개발 - 국내외 Railway PLM(R-PLM) 기술 연구 및 개발 동향 파악 - BIM수행 프로세스 계획서 개발을 위한 파일럿 프로젝트 수행 - BIM 기반 산출물 관리 및 연계 기술 개발 연구 - 철도 프로젝트 산출물 형상관리 기술 개발 - 철도 유지관리정보 품질검증 및 변환 기술								
	철도인프라 BIM기반 프로세스 관리 체계 개발 및 파일럿 프로젝트 수행 - BIM 모델 확인 및 검토 기술 개발 - BIM 모델 관리 기술 개발 - 철도인프라 BIM기반 프로세스 체계 파일럿 프로젝트 수행 - 철도인프라 BIM기반 프로세스 수행 체계 보완 - 철도인프라 형상정보 시각화 표현 및 정보교환 기술								
	철도인프라 BIM기반 프로세스 수행 및 관리 체계 보완 - 철도인프라 BIM기반 프로세스 관리 체계 보완 - BIM 실무 수행 프로세스 성숙도 모델 및 관리 기술 개발 - BIM 실무 수행 프로세스 성숙도 모델 데이터베이스 개발 - 관련 기술 활용 및 교육 지원 체계 개발								

제4절. 철도인프라 환경 및 경제성 분석 기술 개발

1. 과제 개요

가. 추진배경

- ○ 현재 국내의 BIM 도입 사례는 2010년 국토부 및 조달청에서 BIM 가이드라인 발표를 기점으로 건축, 구조, 기계, 전기 등 건축 전반적으로 크게 증가하고 있음. 특히 2012년부터 총 공사비 500억원 이상 공공기관 발주사업은 의무적으로 BIM을 적용하도록 하고 있어 적용사례는 더욱 증가할 것으로 전망됨. 에너지 위기 및 기후변화로 인한 온실가스의 증가로 인해 전 지구적으로 경제, 사회, 문화적으로 많은 변화를 가져오고 있음
- ○ 철도인프라 공사규모가 대형화, 시설의 복잡성으로 인해 더 이상 기존의 인프라 건설방식으로는 생산성 향상의 한계에 도달하였으며, 또한 전 세계적으로 환경친화적인 인프라 설계와 시공에 관심이 증대하고 있음
- ○ 이러한 문제점을 개선하기 위해 정부에서는 일정 규모이상 VE/LCC기법을 적용하여 경제성을 고려하도록 권장하고 있고, 더 나아가 환경친화적인 인프라의 시공을 위해 환경 전과정(LCA)기법의 도입을 검토하고 있음. 그러나 현실적으로 VE/LCC 및 LCA를 동시에 적용하는 데는 기준의 미비와 발주처의 사용자 인식 미흡으로 인해 적용성을 활성화 하는 데는 많은 어려움이 존재하고 있음
- ○ 철도인프라의 환경성과 경제성을 평가하기 위해서는 기본설계단계나 실시설계단계에서 사용자가 쉽게 적용 가능해야 하며 또한 분석된 자료는 일정한 형태로 DB화되어 관리되어야 함. 또한 이러한 분석을 위해서 많은 정보를 한 시스템에서 통합하고 관리해야 하나 이러한 정보를 통합관리하기 위한 연구사례는 매우 미흡한 실정.
- ○ 2010년부터 건물에서는 에너지 효율 등급를제를 확대함에 따라 철도 인프라 부문에서도 에너지 성능에 대한 관심이 증대하고 있어 BIM 기반으로 한 철도인프라의 정보를 모델링하고 모델링된 정보를 기반으로 철도인프라의 공사•공종별 생애주기에 걸친 환경부하 및 비용편익 분석을 수행하기 위한 환경 경제성 분석 툴의 개발과 이를 통한 적용성 확대 및 활용방안 수립이 시급

나. 필요성

- ○ 철도인프라의 건설 시공시 막대한 양의 자재와 에너지가 사용되고, 철도인프라의 수명이 일반 제품의 수명보다 길기 때문에 전과정적 측면 즉, 철도의 계획 및 설계, 건설, 유지보수, 폐기 등의 전과정에 걸쳐 발생하는 환경부하를 정량화하고 최소화하는 LCA(Life Cycle Assessment) 기법 적용이 필요.

- 철도인프라의 수명주기비용은 크게 시설투자(Facility Investment)비용, 유지(Maintenance)비용, 철도시스템의 경우 차량, 전기, 신호 등 다양한 시스템이 복잡하고 유기적으로 연결된 대형시스템이며 제한된 재원을 투자하여 최대한의 효과를 이루어야하는 문제에 늘 당면. 따라서 정확한 수명주기비용의 예측을 통하여 재원을 전략적으로 분배하기 위한 연구가 필요하다. 특히, 철도시스템 도입을 위한 비용(15-20%)보다 폐기까지의 운영 및 유지보수에 필요한 비용(75-80%)이 훨씬 큰 특징이 있으므로 초기 비용을 기준으로 한 판단보다 장기적인 안목에 의한 자원의 분배가 더욱 중요
- BIM 기반으로 하는 철도인프라에 대한 국제철도시장에서의 경쟁력 확보를 위해서는 환경·경제성을 기반으로 한 평가관리시스템 구축이 매우 시급
- 철도인프라 시설의 에너지 효율향상 압력증가 및 효율성 극대화, 친환경성 성능 및 경제성 확보를 위해 N차원 가상공간에서의 BIM 기반 철도 인프라 생애주기에 대한 환경·경제성 평가 및 관리시스템 구축이 시급하고 폐기단계에 대한 유용자원 회수 및 폐기물 처리체계 확보 필요
- BIM기반을 토대로 철도 인프라 건설 시 비용투자 및 환경성 향상에 대한 최적화 방안을 도출함으로써 환경·경제적 이익을 극대화할 수 있는 대안 도출이 필요

다. 기술정의

철도의 환경 및 비용 측면에 대한 지속가능한 경쟁력을 확보하기 위해 인프라 건설단계에서부터 BIM 기법을 기반으로 3D 이상의 차원에서 철도인프라 생애주기에 대한 공사•공종별 환경•경제성 평가방법론 및 S/W 개발로 효과적인 철도인프라 환경성 진단 및 경제성 평가 기술 확보

라. 연구범위 설정

- BIM기반 운용관점 환경・경제성 분석 관리체계 구축
- BIM기반 운용관점 환경・경제성 아키텍처 구축 및 분석
- BIM(2D)기반 운용관점 환경・경제성 평가방법론 개발 및 검증
- BIM기반 운용관점 환경・경제성 분석용 데이터 환경 및 포맷변환
- BIM기반 운용관점 환경・경제성 분석 데이터 모니터링 알고리즘 개발
- BIM(3D)기반 운용관점 환경・경제성 평가 S/W 통합 운영방안

2. 현황 및 문제점

국내 철도분야에서는 철도 인프라의 설계, 시공, 운영, 폐기에 걸쳐 전과정적인 환경성 평가에 대한 연구는 미흡한 실정. 국토해양부 기술정책과에서는 '시설물별 탄소배출량 평가방안 수립연구(2010)'를 통해 시설물(철도, 도로, 항만, 공항, 건축물)의 전과정에 걸친 온실가스 배출량 산정방법 및 가이드라인 제시하고 있으나 기초연구 및 적용사례는 미흡한 실정임. 철도인프라 BIM 기반 환경·경제성 평가체계 및 평가 시스템 부재. 철도인프라 BIM 기반 환경·경제성 분석 핵심기술 부재. 철도인프라 BIM 기반 환경·경제성 분석 S/W 부재

3. 동향 분석

- 국토해양부는 BIM 기술을 육성하기 위한 10년 정책 로드맵을 마련하고 있으며, 국가표준으로서 BIM을 활용하기 위한 기반조성 및 확대 적용 등의 관련기술 개발에 대한 지원 계획
- 건축물의 유지관리를 위해서 과학적 유지관리 체계를 구축하고 건축물 피난/방재, 안전관리 등의 유지관리를 수행하기 위해 건축물 정보와 BIM 정보를 연계하기 위한 노력진행
- UIC를 비롯한 철도 선진국에서는 기존의 운영단계뿐만 아니라 인프라 건설단계에 대한 전과정적인 접근을 기반으로 탄소배출량을 산정하여 타 수송수단과의 저탄소 배출에 대한 정량적인 비교 데이터를 제시함으로써 철도건설 확충의 타당성을 대외에 공표
- UIC는 2009년부터 'Carbon Footprint of High-Speed Railway Infrastructure' 과제를 통해 터널, 궤도, 교량, 신호통신 등 주요 철도 인프라에 대해 사용 건설재료 및 장비를 포함하여 LCCO2를 산정하는 기반 구축
- 유럽을 중심으로 BIM 자료를 이용하여 주로 건축물 시공 시 탄소이력을 산정할 수 있는 프로그램 개발이 이루어져 있으며, 일부 도로 건설 시 탄소발자국을 산정하여 환경개선 전략을 수립한 예도 있으나 철도 인프라에 적용한 사례는 부족한 실정
- 미국은 교통문제를 해결하기 위해 대중교통 확충하고 이의 설계시 2012년부터 모든 프로젝트에 BIM 수행을 요구하고 있으며, 영국은 2012년 하계올림픽을 위한 철도네트워크 확장으로 기존철도 연결 시 프로젝트 간 BIM 기술 적용
- 일본의 동일본철도는 기존 선로 복구사업에서 시공기간 단축을 위하여 BIM 모델을 개발하여 수량 및 견적 산출, 대지진 복구 계획 수립에 활용
- 국내 철도분야에서는 철도 인프라의 설계, 시공, 운영, 폐기에 걸친 전과정적인 환경성 평가에 대한 연구가 미흡한 실정이며, 국토해양부 기술정책과에서는 '시설물별 탄소배출량 평가방안 수립연구(2010)'를 통해 시설물(철도, 도로, 항만, 공항, 건축물)의 전과정에 걸친 온실가스 배출량 산정방법 및 가이드라인 제시

▷ 건설정보관리의 중요성을 인식하여 건설정보관리에 효과적인 BIM기술을 건축에 도입하여 이용하였으며, 다양한 건축물 정보와 연계하여 발전시켜 나가고 있음. 하지만 기존 개발된 BIM으로는 복잡 대형화된 건설 및 철도분야에 적합하지 못하며, 개발된 표준/지침과 철도관련 BIM기술이 효과적으로 확산시킬 수 있는 기술이 필요함. 이를 위한 연구개발이 필요한 상황

4. 연구과제 개발 및 추진전략

가. 핵심후보과제 주요내용 및 추진전략

(1) 후보과제 주요내용

○ 1차년도 : BIM 기반 환경•경제성 평가 방법론 개발
- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경•경제성 평가지표 개발
- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경•경제성 분석 및 분류체계 구축
- 2D 기반 철도인프라 생애주기 환경•경제성 평가 방법론 검증
- BIM(3D) 기반 철도인프라 생애주기 환경•경제성 S/W 개념설계

○ 2차년도 : BIM 기반 환경•경제성 평가모듈 인터페이스 구축
- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경•경제성 평가 데이터 변환계수 및 방법 개발
- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경•경제성 평가 데이터 구조 설계
- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경•경제성 평가 S/W 개발(I)
- BIM 및 철도인프라 생애주기 환경•경제성 평가 S/W와의 인터페이스 방안 연구

○ 3차년도 : BIM 기반 환경•경제성 평가시스템 시뮬레이션
- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경•경제성 평가 S/W 개발(II)
- BIM 및 철도인프라 생애주기 환경•경제성 평가 S/W와의 인터페이스 구축
- BIM 기반 철도인프라 공사/공종별 생애주기 환경•경제성 평가
- 철도인프라 생애주기 환경·경제성 개선방안 도출

○ 4차년도 : BIM 기반 환경•경제성 평가모듈 검증 및 보완
- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경•경제성 평가 민감도 분석
- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경•경제성 평가 S/W 개선
- 사용자 매뉴얼 및 환경•경제성 평가 가이드라인 개발
- BIM 및 철도인프라 생애주기 환경•경제성 평가 S/W 통합운영

(2) 추진전략

○ BIM기반과 연계한 단계별 목표를 수립하고 그에 적합한 추진전략 및 일정계획을 수립
○ 국내외 해당분야 전문가들로 구성된 연구진을 구성
○ 정부 및 관련 기관들의 유기적 협조체제 구축
  • 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련기관 및 산업계 등 기술수요처 의견수렴
  • 연구결과의 실용화를 위해 수요처 참여 및 담당부처와의 협조
  • 기반기술의 다양한 응용방법의 적용개발을 통해 선진기술 확보
  • 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영
○ 객관적인 연구 결과 도출을 위하여 산학연 전문가로 구성된 자문위원회를 활용
  • 실용적인 연구 결과 도출을 위하여 기업체 소속의 자문위원 포함
○ 기존의 확보된 연구성과와 인력을 최대한 활용

(3) 기술확보전략

○ 1차년도에는 BIM 기반 환경경제성 평가방법론 개발을 위해 데이터 분석 및 지표개발, 분류체계 검토 및 S/W 개념설계에 대한 전문가의 자문 및 의견수렴과 참여기관과의 유기적인 협조체계를 통해 과제공정회의 및 진도점검을 통해 기술개발 목표를 설정하여 기술 확보
○ 2차년도에는 BIM 기반 환경•경제성 평가모듈인터페이스 구축방안 수립을 위해 데이터변환방법, 데이터 구조설계, S/W 기본설계 및 평가모듈에 대한 인터페이스 방안을 수립
○ 3차년도에는 BIM기반 환경 경제성 평가시스템의 시뮬레이션을 위해 S/W의 개발 및 인터테이스 구축하고 시스템의 개선방안을 도출하여 평가시스템 시뮬레이션 수행시 문제점을 파악하고 개선방안 도출
○ 4차년도에는 최종 연구성과물에 대한 검증 및 보완을 위해 민감도 분석, S/W 개선방안을 도출하여 시스템을 업그레이드하고, 가이드라인을 개발하여 S/W의 통합운영방안을 도출하여 제시하고자 함

나. 기존기술과의 차별성

○ 철도인프라의 환경·경제성 분석 기술을 BIM기반으로 개발하고자 하는 목적으로 수행되므로 기존의 연구과제와 중복성은 없으나, 기존의 연구과제에서 수행된 환경성 및 경제성 연구성과를 활용하여 연구를 수행할 필요가 있음
○ 철도인프라의 환경·경제성 데이타를 하나의 워크벤치에서 통합하여 분석하고, 사용자 인터페이스를 일관성 있게 구성하여 분석 결과물의 활용성을 높이고 BIM기반 통합시스템에 입력자료로 활용이 가능하도록 데이터 형식을 일치화 함으로서 생애주기에 따른 변화를 효과적으로 파악할 수 있음

다. 과제별 연차별 로드맵

표 63 과제별 연차별 로드맵

연구 과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
철도인프라 환경 및 경제성 분석 기술 개발	- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가지표 개발 - BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 분석 및 분류체계 구축 - 2D 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 방법론 검증 - BIM(3D) 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 S/W 개념설계	- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 데이터 변환계수 및 방법 개발 - BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 데이터 구조 설계 - BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W 개발(I) - BIM 및 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W와의 인터페이스 방안 연구	- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W 개발(II) - BIM 및 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W와의 인터페이스 구축 - BIM 기반 철도인프라 공사/공종별 생애주기 환경·경제성 평가 - 철도인프라 생애주기 환경·경제성 개선방안 도출	- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 민감도 분석 - BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W 개선 - 사용자 매뉴얼 및 환경·경제성 평가 가이드라인 개발 - BIM 및 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W 통합운영
성과물	- 평가지표 - 분류체계 - 평가방법론 - 2D 평가결과	- 변환계수 - 평가 S/W - 인터페이스 방안	- 시뮬레이션 결과 - 인터페이스 - 환경경제성 개선방안	- 민감도 분석결과 - 통합 시스템 - 매뉴얼 및 가이드라인

라. 성과활용방안

표 64 성과활용방안

구 분	성과활용방안
사회적	• BIM 기반으로 하는 철도인프라에 대한 국제철도시장에서의 경쟁력 확보를 위해서는 환경·경제성을 기반으로 한 평가관리시스템 구축 • 철도인프라 시설의 에너지 효율향상 압력증가 및 효율성 극대화, 친환경성 성능 및 경제성 확보를 위해 N차원 가상공간에서의 BIM 기반 철도 인프라 생애주기에 대한 환경·경제성 평가 및 관리시스템 구축이 시급하고 폐기단계에 대한 유용자원 회수 및 폐기물 처리체계 확보
경제적	• 공사/공종별 지식정보를 기반으로 하는 철도 인프라 운영방법의 과학적 관리체계 확보로 손실비용 절감 및 비용효율 최적화
기술적	• 철도인프라 건설시 비용투자 및 환경성 향상의 최적방안을 N차원의 BIM을 이용하여 도출함으로서 정확한 수치 도출 가능

마. 기대효과

○ 기술적 효과
- 공종별 환경성 진단과 경제성 시뮬레이션 평가로 최적의 대안 및 유지관리 방안 확보

○ 경제적 효과
- 해외 기술 및 대체 가능한 환경·경제성 평가의 효율적 모듈 국산화를 통한 기술료 및 수입대체 효과 기대

○ 사회적 효과
- 철도인프라 전 생애주기 단계에 걸친 온실가스 배출량 산정방법 및 가이드라인을 제시하여 철도분야 환경성평가 기술 활성화
- 철도인프라의 환경·경제성 분석 체계화를 통한 관련 기술 활성화

5. 인력투입계획 및 소요예산산정

가. 연구일정에 따른 인력투입계획

○ 본 과제의 연구일정에 따른 연구인력 총 투입 연인원은 24명으로 구성된다.

표 65 인력투입계획 총괄표

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
철도인프라 환경 및 경제성 분석 기술 개발	5	7	7	5	24	12.06

나. 소요예산산정

○ 연구비 총괄표

- 철도인프라 환경 및 경제성 분석 기술 개발은 1차년도 5억, 2차년도 10억, 3차년도 10억, 4차년도 5억으로 총 30억으로 구성된다.

표 66 연구비 총괄표

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
철도인프라 환경 및 경제성 분석 기술 개발	500	1,000	1,000	500	3,000	18.75

(단위 : 백만원)

○ 세부 총괄표

표 67 세부연구비 총괄표

비 목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합 계	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부 인건비		275,000	420,000	420,000	275,000	1,390,000	46.3%
2) 직접비	연구장비재료비	연구기자재 및 시설비	30,000	120,000	60,000	30,000	300,000	10.0%
		시작품 제작비		60,000	120,000		120,000	4.0%
		재료비	10,000	17,000	17,000	10,000	54,000	1.8%
	연구활동비	여비	7,000	12,000	12,000	7,000	38,000	1.3%
		수용비 및 수수료	14,000	20,000	20,000	14,000	68,000	2.3%
		기술정보 활동비	23,182	95,363	95,363	23,182	237,089	7.9%
	연구수당		55,000	84,000	84,000	55,000	278,000	9.3%
3) 간접비			85,818	171,637	171,637	85,818	514,911	17.2%
4)	합계		500,000	1,000,000	1,000,000	500,000	3,000,000	100.0%

(단위 : 천원)

6. 과제제안요구서(RFP)

연구과제명	철도인프라 환경 및 경제성 분석 기술 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 철도인프라 공사·공종별 생애주기에 걸친 환경부하 및 비용편익 분석을 위해 BIM 기반을 연계한 환경·경제성 평가 S/W 개발
2. 연구개발 필요성	*(기술동향 포함)*
□ 연구개발의 필요성	○ BIM 기반으로 하는 철도인프라에 대한 국제철도시장에서의 경쟁력 확보를 위해서는 환경·경제성을 기반으로 한 평가관리시스템 구축이 매우 시급 ○ 철도인프라 시설의 에너지 효율향상 압력증가 및 효율성 극대화, 친환경성 성능 및 경제성 확보를 위해 N차원 가상공간에서의 BIM 기반 철도 인프라 생애주기에 대한 환경·경제성 평가 및 관리시스템 구축이 시급하고 폐기단계에 대한 유용자원 회수 및 폐기물 처리체계 확보 필요 ○ BIM기반을 토대로 철도 인프라 건설 시 비용투자 및 환경성 향상에 대한 최적화 방안을 도출함으로써 환경·경제적 이익을 극대화할 수 있는 대안 도출 필요
□ 기술동향	○ 국토해양부는 BIM 기술을 육성하기 위한 10년 정책 로드맵을 마련하고 있으며, 국가표준으로서 BIM을 활용하기 위한 기반조성 및 확대 적용 등의 관련기술 개발에 대한 지원 계획 ○ 건축물의 유지관리를 위해서 과학적 유지관리 체계를 구축하고 건축물 피난/방재, 안전관리 등의 유지관리를 수행하기 위해 건축물 정보와 BIM 정보를 연계하기 위한 노력진행 ○ UIC를 비롯한 철도 선진국에서는 기존의 운영단계뿐만 아니라 인프라 건설단계에 대한 전과정적인 접근을 기반으로 탄소배출량을 산정하여 타 수송수단과의 저탄소 배출에 대한 정량적인 비교 데이터를 제시함으로써 철도건설 확충의 타당성을 대외에 공표 ○ UIC는 2009년부터 'Carbon Footprint of High-Speed Railway Infrastructure' 과제를 통해 터널, 궤도, 교량, 신호통신 등 주요 철도 인프라에 대해 사용 건설재료 및 장비를 포함하여 $LCCO_2$를 산정하는 기반 구축 ○ 유럽을 중심으로 BIM 자료를 이용하여 주로 건축물 시공 시 탄소이력을 산정할 수 있는 프로그램 개발이 이루어져 있으며, 일

부 도로 건설 시 탄소발자국을 산정하여 환경개선 전략을 수립한 예도 있으나 철도 인프라에 적용한 사례는 부족한 실정

○ 미국은 교통문제를 해결하가 위해 대중교통 확충을 위해 설계를 2012년부터 모든 프로젝트에 BIM 수행을 요구하고 있으며, 영국은 2012년 하계올림픽을 위한 철도네트워크 확장으로 기존철도 연결 시 프로젝트 간 BIM 기술 적용

○ 동일본 철도는 BIM 모델을 기존 선로 복구를 위해 시공기간 단축, 수량 및 견적, 대지진 복구 계획에 활용할 수 있도록 개발

○ 국내 철도분야에서는 철도 인프라의 설계, 시공, 운영, 폐기에 걸쳐 전과정적인 환경성 평가에 대한 연구는 미흡한 실정이며, 국토해양부 기술정책과에서는 '시설물별 탄소배출량 평가방안 수립연구(2010)'를 통해 시설물(철도, 도로, 항만, 공항, 건축물)의 전과정에 걸친 온실가스 배출량 산정방법 및 가이드라인 제시

4. 연구개발 내용 *(**연차별** 수행 내용, 연차별 성과목표 포함)*

○ 1차년도 : BIM 기반 환경·경제성 평가 방법론 개발
- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가지표 개발
- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 분석 및 분류체계 구축
- 2D 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 방법론 검증
- BIM(3D) 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 S/W 개념설계

○ 2차년도 : BIM 기반 환경·경제성 평가모듈 인터페이스 구축
- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 데이터 변환계수 및 방법 개발
- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 데이터 구조 설계
- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W 개발(I)
- BIM 및 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W와의 인터페이스 방안 연구

○ 3차년도 : BIM 기반 환경·경제성 평가시스템 시뮬레이션
- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W 개발(II)
- BIM 및 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W와의 인터페이스 구축
- BIM 기반 철도인프라 공사/공종별 생애주기 환경·경제성 평가
- 철도인프라 생애주기 환경·경제성 개선방안 도출

○ 4차년도 : BIM 기반 환경·경제성 평가모듈 검증 및 보완
- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 민감도 분석

- BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W 개선
- 사용자 매뉴얼 및 환경·경제성 평가 가이드라인 개발
- BIM 및 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W 통합운영

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 국내외 해당분야 전문가들로 구성된 연구진을 구성
○ 정부 및 관련 기관들의 유기적 협조체제 구축
- 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련기관 및 산업계 등 기술수요처 의견수렴
- 연구결과의 실용화를 위해 수요처 참여 및 담당부처와의 협조
- 기반기술의 다양한 응용방법의 적용개발을 통해 선진기술 확보
- 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영

○ 객관적인 연구 결과 도출을 위하여 산학연 전문가로 구성된 자문위원회를 활용
- 실용적인 연구 결과 도출을 위하여 기업체 소속의 자문위원 포함

○ 기존의 확보된 연구성과와 인력을 최대한 활용

□ 추진체계

○ 본 사업단은 실용화 중심의 연구개발사업으로 산·학·연 공동연구 추진
○ 참여연구기관간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조체계 구축
○ 필요시 데이터 분석 분야에서 선도적 위치에 있는 국내외 주요 기관 및 전문가와 공동연구 추진

5. 최종성과물

□ 주요 성과물

○ 2D기반 철도인프라 공사·공종별 환경·경제성 평가 결과
○ BIM(3D)기반 철도인프라 공사·공종별 환경 · 경제성 평가 S/W
○ BIM(3D)기반 철도인프라 공사·공종별 환경 · 경제성 평가 결과
○ BIM(3D)기반 철도인프라 공사·공종별 환경·경제성 평가 가이드라인

6. 기대효과 및 파급효과

○ 생애주기에 대한 공사 · 공종별 환경성 진단 및 경제성 시뮬레이션 평가를 통해 대안 및 유지관리 방안 확보
○ 공사/공종별 지식정보를 기반으로 하는 철도 인프라 운영방법의 과학적 관리체계 확보로 손실비용 절감 및 비용효율 최적화
○ 해외기술 및 대체가능한 환경 · 경제적 효율적 모듈 국산화를 통한 기술료 절감 및 수입대체 효과 기대

○ 인프라의 환경·경제성 분석 체계화를 통한 관련 기술 활성화

7. 연구개발기간 및 소요 예산

○ 총 연구기간 : 2014년~2017년 (4년)

○ 총 정부출연금 : 30억

○ 1차년도 연구개발비 : 5억

◌ 연차별 예산

구분	2014년	2015년	2016년	2017년
정부	5억	10억	10억	5억
민간				
합계	5억	10억	10억	5억

8. 기타

○ 착수보고회 실시

○ 연구과제 수행기관 선정 후 전문가 구성에 대해서는 전문기관의 검토 및 협의를 거쳐 조정

○ 연구과제 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구의 효율성을 도모

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도 기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용

7. 연차별 성과목표 및 평가방법(안)

세부 과제명	연차	핵심목표	목표 성과물	성과지표	평가방법
철도인프라 환경 및 경제성 분석 기술 개발	1 차 년도	BIM 기반 환경·경제성 평가 방법론 개발	2D 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가결과	2D 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가	발표자료 및 보고서
			논문	발표 2건/게재 1건	발표/게재 건수
			소프트웨어	등록 1건	등록 건수
	2 차 년도	BIM 기반 환경·경제성 평가모듈 인터페이스 구축	BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W	BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W 개발	S/W 구동 시연
			논문	발표 4건/게재 2건	발표/게재 건수
			소프트웨어	등록 1건	등록 건수
	3 차 년도	BIM 기반 환경·경제성 평가시스템 시뮬레이션	BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 시뮬레이션 결과	BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 시뮬레이션	발표자료 및 보고서
			논문	발표 4건/게재 2건	발표/게재 건수
			소프트웨어	등록 1건	등록 건수
	4 차 년도	BIM 기반 환경·경제성 평가모듈 검증 및 보완	BIM 및 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W 통합	BIM 및 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W 통합 운영	S/W 통합 운영 시연
			논문	발표 2건/게재 1건	발표/게재 건수
			소프트웨어	등록 1건	등록 건수

8. 추진일정(안)

세부과제명	세부 수행 내용	1차년도				2차년도			
		1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기
철도인프라 환경 및 경제성 분석 기술 개발	BIM 기반 환경·경제성 평가 방법론 개발 - BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가지표 개발 - BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 분석 및 분류체계 구축 - 2D 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 방법론 검증 - BIM(3D) 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 S/W 개념설계								
	BIM 기반 환경·경제성 평가모듈 인터페이스 구축 - BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 데이터 변환계수 및 방법 개발 - BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 데이터 구조 설계 - BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W 개발(I) - BIM 및 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W와의 인터페이스 방안 연구								
	BIM 기반 환경·경제성 평가시스템 시뮬레이션 - BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W 개발(II) - BIM 및 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W와의 인터페이스 구축 - BIM 기반 철도인프라 공사/공종별 생애주기 환경·경제성 평가 - 철도인프라 생애주기 환경·경제성 개선방안 도출								
	BIM 기반 환경·경제성 평가모듈 검증 및 보완 - BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 민감도 분석 - BIM 기반 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W 개선 - 사용자 매뉴얼 및 환경·경제성 평가 가이드라인 개발 - BIM 및 철도인프라 생애주기 환경·경제성 평가 S/W 통합운영								

제5절. 철도인프라 개방형 국제표준기반 데이터 모델 개발

1. 과제 개요

가. 추진배경

- ○ 건설분야의 특성상 성공적인 프로젝트의 수행을 위해서는 다양한 업체 및 전문가의 협업은 필수조건임
  - 영역 간, 전문가 간, 소프트웨어 간 필요 정보의 정확한 공유는 건설 생산성 향상의 핵심으로 파악
- ○ 철도인프라분야는 구조물분야, 지반분야, 시스템분야 등 다양한 분야의 결합으로 이루어진 종합 기간산업임.
  - 이종 분야 간 정보 교환의 효율성은 철도인프라의 건설, 운영 등 전 생애주기 동안 직접적으로 영향을 미침
- ○ 철도교통은 미래 국가 교통정책에 있어서 핵심이 되는 교통수단으로 주목받고 있음
  - 고속철도를 비롯하여 더욱 많은 철도인프라의 건설, 국제적 철도인프라 분야에 대한 선도적 위치 등을 고려했을 때, 보다 체계적이고 미래 지향적인 관점에서 철도인프라의 전 생애주기 동안 생성되는 정보를 관리할 수 있는 방안이 필요함

나. 필요성

철도인프라는 지반, 궤도, 교량, 터널, 신호, 통신, 전기시설 등 다양한 구조물 또는 시설의 유기적 결합을 통해 운용되고 있음. 또한 각각의 시설물 역시 내부적으로 구성요소 간 긴밀한 연관관계를 가지고 있음. 이러한 점은 철도인프라의 생애주기 동안 생성되는 정보의 효율적 관리를 위해서는 동일한 표준적인 틀이 반드시 필요함을 의미함

건축의 경우, 건물의 전 생애주기 동안 생성되는 정보의 저장 및 공유를 위해 국제적 협의에 의해 Industry Foundation Classes (IFC)라는 표준 데이터 모델을 개발하였음. IFC의 경우, 건축물의 사례를 통해 표준화된 명확한 틀로써 계획/설계 및 시공단계에서 중추적인 역할을 수행할 수 있음을 보여주고 있음

따라서 철도인프라분야 역시 정보를 체계적이고 효율적으로 관리하고, 정보의 재사용성 향상시키기 위해서는 철도인프라를 구성하고 있는 각 시설물들의 연관성을 고려한 표준의 틀인 표준 데이터 모델을 개발하는 것이 매우 시급한 것으로 보임

이러한 표준의 틀은 개방형 국제표준에 기반을 두어 개발하였을 때, 정보의 영속성 및 소프트웨어와의 독립성을 보장할 수 있음. 철도인프라 분야에서는 현재 세계적으로도 표준의 틀인 데이터 모델에 대해서는 개발 초기단계에 머무르고 있음. 따라서 이에 대한 조속한 기술개발은 기술경쟁력 강화와 더불어 국제적으로 기술을 선도할 수 있음

다. 기술정의

철도인프라의 생애주기 동안 생성되는 정보의 효율적 관리를 위해 건설분야 BIM의 표준 데이터 모델인 IFC를 기본으로 하여, 철도인프라 각 시설물인 지반, 궤도, 교량, 터널 및 시스템분야(신호, 통신, 전기시설)에 특화된 객체 항목 및 이에 적합한 속성을 추가로 정의함

라. 연구범위 설정

철도인프라를 구성하고 있는 구조물 또는 시설물 중에서 차량 및 역사를 제외한 인프라 항목(지반, 교량, 터널, 궤도, 전기, 신호, 통신분야)을 데이터 모델의 개발범위로 산정하며, 각 인프라 항목들 간의 연계, 철도차량 운행에 필요한 신호 및 제어체계 등도 포함함

2. 현황 및 문제점

아래 그림과 같이 McGraw-Hill Construction의 2008년도 보고서에 따르면, 건축 엔지니어링 분야에서 정보 상호운용성 미비로 인한 추가 소요비용은 전체 프로젝트에서 소요되는 예산 대비 약 3.6% 이르는 것으로 나타나고 있으며(공기의 경우, 약 3.8% 더 소요되는 것으로 파악), 미국 NIST (National Institute of Building Science)의 2007년 보고서에 따르면, 이로 인한 비용손실액이 미국의 경우 연 158억 달러에 이르는 것으로 추정하고 있음

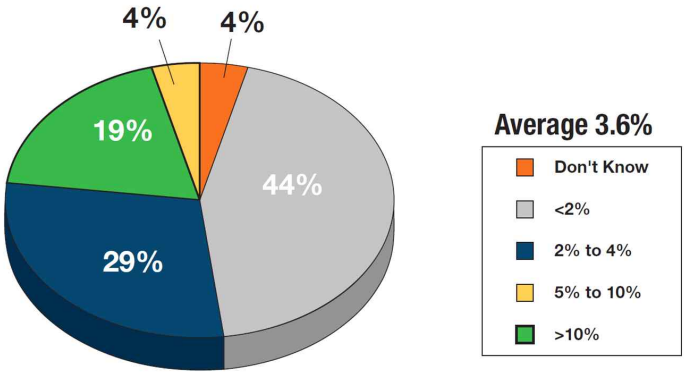


그림 77 건축 엔지니어링 분야에서 정보의 상호운용성 미비로 인한 추가 소요비용, McGraw-Hill Construction, 2008

이러한 문제는 현재 건설 중에 있는 건축물의 사례에서도 확연하게 드러나는데, 국내의 나주전력거래소 신사옥 건물 건설의 경우 국내 최초로 IFC를 의무화한 개방형 BIM 프로

젝트로, 프로젝트 수행과정에 있어 가장 어려운 문제는 응용 소프트웨어 간 전달되는 데이터의 무결성을 확보하는 것이라고 설명하고 있음(McGraw-Hill Construction, 2012)

이러한 결과는 철도인프라와 같이 초대형 프로젝트이거나, 시설물의 유지관리 단계까지 고려했을 때에는 더욱 심화될 것으로 예상할 수 있음

언급한 문제들은 이미 1990년대부터 예견된 것들로, 이에 따라 건축분야에서는 비영리 민간국제단체인 buildingSMART International의 Model Support Group (MSG)를 중심으로 건물 생애주기를 지원하는 표준 데이터 모델의 개발에 대한 연구를 수행 중에 있음.

IFC 데이터 모델은 1997년 버전 1.0을 시작으로 최신버전인 2013년의 IFC4에 이르기까지 형상, 건물요소, 구조요소, 건설관리, 비용, 자재속성, 건설관리 등의 정보를 다룰 수 있도록 확장되어 왔음. 그러나 앞서 언급한 바와 같이 IFC 데이터 모델을 철도인프라에 그대로 적용하기 위해서는 아래와 같은 핵심적인 문제점들이 있음

- 물리적 구성요소의 부재: IFC는 건물에 초점이 맞추어져 있어, 교량의 교대, 교각, 철도 궤도, 터널의 구조요소, 철도전기시설, 철도신호시설 등 각 구성요소가 역할을 하는 고유의 기능에 대한 정보를 나타낼 수 있는 물리적 요소가 존재하지 않음
- 공간적 구성요소의 부재: 특정한 지역에서 높이 방향으로 건설이 진행되는 건축물의 경우와는 달리, 철도인프라의 경우, 철도의 진행방향이 중요한 공간적 요소임. 즉, 궤도의 진행방향에 따른 선형, 궤도의 분리 또는 통합 등은 철도인프라의 데이터 모델에서 반드시 고려해야하는 특징임
- 신호 및 제어시설과의 정보연계를 위한 요소의 부재: 철도차량의 운행을 위한 신호 및 제어시설, 통합관제시스템 등 철도인프라 운영을 위한 연계정보에 대한 요소가 존재하지 않음

이외에도 공사방식의 차이, 가시설에 대한 특성, 사용하는 자재의 속성 등은 건축물과 철도인프라는 차이를 보이며, 이에 대한 정보흐름을 반영할 수 있는 “표준의 틀”이 제시될 필요가 있음

3. 동향 분석

○ Open Infra 프로젝트

- 건축물에 중심을 둔 buildingSMART의 IFC의 확장 프로젝트로, 2011년 토목 인프라를 대상으로 IFC 데이터 모델을 개발하기 위해 시작
- 현재는 주로 도로와 지반구조물에 초점을 맞춘 형태로 진행하고 있음

○ INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community)

- INSPIRE에서는 최종목표를 2020년으로 하여 Transport Network (도로, 철도, 케이블, 해운, 항공 네트워크)의 정보를 통합하려는 연구를 수행 중에 있음
- 정보통합의 가장 중요 요소로 데이터 모델의 연계에 초점
- 기존에 활용하고 있던 개방형 국제표준 기반의 데이터 모델을 기본으로 하되, 없는 부분에 대해서는 데이터 모델의 확장 또는 신설을 고려
- 새롭게 추가하는 경우, 지형 데이터 모델과 Transport Network의 연계를 중점적으로 고려

○ railML.org
- 철도인프라 관리를 위한 응용 프로그램 간의 정보교환의 호환성을 확보하기 위해 2002년 독일과 영국을 중심으로 railML.org 구성
- railML은 railML.org에서 만든 XML기반의 데이터 모델로, 구조물, 차량 등으로 구분하고 있음
- 유럽 각국의 철도운영 회사를 중심으로 실제 사례에 적용을 넓히고 있음
- 결과물 중심의 데이터 모델로, 생애주기에 대한 고려, 업무 영역 간의 연계 등이 미흡함

▷ 2000년대에 들어서 유럽을 중심으로 철도인프라와 관련한 정보를 통합하고 효과적으로 공유하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있음. 해외 선진국들은 이러한 과정에서 중요하게 고려하며 개발하고 있는 것은 정확하게 정보를 저장하고 공유하기 위한 “표준 틀”을 구성하는 것임을 잘 인식하고 있음. IT 산업의 발전에 따라 다양한 관련 응용 프로그램들이 개발되어 왔고, 이에 따라 정보의 상호운용성을 위한 “표준 틀”의 중요성 및 필요성은 현실의 문제로 나타나고 있음. 철도인프라 생애주기 관리의 업무 생산성 향상 및 이와 관련한 국제적 경쟁력을 갖추기 위해 국내에서도 이에 대한 조속한 연구개발이 필요한 상황임

4. 연구과제 개발 및 추진전략

가. 핵심후보과제 주요내용 및 추진전략

(1) 후보과제 주요내용

연구과제를 통해 개발하고자 하는 영역으로는 크게 철도인프라 데이터 모델을 개발하기 위한 방안을 정립하는 것과 철도인프라 각 시설물별 IFC기반 데이터 모델을 개발하는 영역으로 구분할 수 있음

○ 철도인프라 데이터 모델 개발방안 정립
- 데이터 모델이 철도인프라에 있어서 표준서의 기능을 할 수 있도록 데이터 모델 개발을 위한 기본적인 절차를 수립하고, 철도인프라에서 공통적으로 적용되는

구성요소에 대한 기능 및 내부 속성을 정의함
- 새로운 데이터 모델의 제안에 따라 정보모델을 생성하여 검토할 수 있는 정보모델링 구현환경 또는 이를 반영할 수 있는 변환 모듈을 개발함

○ 철도인프라를 위한 IFC기반 데이터 모델 개발
- 철도인프라를 구성하고 있는 지반, 궤도, 교량, 터널 및 설비시설 각각에 대한 IFC기반 데이터 모델을 개발함
- 철도인프라를 구성하는 각 시설물들의 상호 연관체계를 구성함
- 각 시설물의 특성을 반영하기 위해, 각 시설물의 구성요소를 체계화하고, 이에 따른 구성요소에 대한 물리적/공간적 기능에 따른 내부 속성을 정의함

이에 따른 연차별 연구 개발 내용은 다음과 같음

○ 1차년도: 철도인프라의 정보통합을 위한 기본 기술의 정립
- 철도인프라 데이터 모델 개발방안 정립의 측면
  - 철도인프라 데이터 모델 구성에 필요한 항목 및 공통요소 도출
  - 철도인프라 시설물별 구성요소 표준분류체계 정립
- 철도인프라를 위한 데이터 모델 개발의 측면
  - 철도인프라 정보통합 기본 프레임워크 개발

○ 2차년도: 철도인프라 데이터 모델의 개발(I)
- 철도인프라 데이터 모델 개발방안 정립의 측면
  - 철도인프라 부재요소 온톨로지 정의(Data Dictionary)
  - 철도인프라 데이터 모델의 검증체계의 구성
- 철도인프라를 위한 데이터 모델 개발의 측면
  - 철도인프라의 구조물(교량, 터널) 대상 데이터 모델의 개발

○ 3차년도: 철도인프라 데이터 모델의 개발(II)
- 철도인프라의 지형, 궤도 및 시스템분야(신호, 통신, 전기분야) 대상 데이터 모델의 개발
- 데이터 모델 반영 정보모델 생성환경 구현

○ 4차년도: 철도인프라 데이터 모델의 검증 및 보완
- 철도인프라 데이터 모델 기반 통합 정보모델의 생성
- 철도인프라 데이터 모델 및 정보모델 생성환경 보완
- 철도인프라 데이터 모델 활용 가이드 개발

(2) 추진전략

○ 철도인프라의 전 생애주기 고려

- 새로운 정보는 대부분이 계획 및 설계단계에서 생성되고 있음
- 철도인프라는 운용 및 유지관리 기간이 전 생애주기에서 대부분의 기간을 차지하고 있음
- 철도인프라의 전 생애주기 동안 정보의 흐름을 고려하여 계획 및 설계단계에서 생성되는 모든 정보를 수용할 수 있고, 이를 유지관리의 영역에서 손쉽게 재활용할 수 있는 구조에 따라 데이터 모델을 개발함

○ 정보모델의 응용영역에서의 활용성 고려

- IFC 데이터 모델에서는 응용영역에서 필요한 기본적인 정보항목에 대한 정의도 포함하고 있음
- 데이터 모델을 통해 생성되는 결과물인 정보모델이 포함해야하는 항목과 외부연계를 통해야 하는 항목의 구분을 통해 응용영역에서의 철도인프라 정보모델의 효과적인 정보활용에 초점을 맞추어 데이터 모델을 개발함

○ 표준 데이터 모델로서의 타당성 검증

- 개발한 데이터 모델의 표준으로서의 활용에 대한 타당성을 검증하기 위해 국내외 전문가와의 협업 또는 자문을 거침

○ 표준 데이터 모델의 실무활용성 검토

- 표준 데이터 모델 기반의 정보모델 생성환경 구축 등 사용자 활용 관점 고려

(3) 기술확보전략

○ 영역별 전문가들의 협업

- 철도인프라 설계/시공/운영 전문가: 철도인프라의 각 시설물별로 구성요소가 갖는 기능적 특성을 고려하여 데이터 모델에서 필요로 하는 추가 요소 선정, 철도인프라 시설물 / 시설물 객체간의 기능적 관계성 확립 등 철도인프라의 고유 기능에 대한 전문가 그룹 구성
- 데이터 모델링 전문가: 철도인프라에 대한 기존 데이터 모델 분석, 필요자원의 식별, 객체지향적 관점에 따른 데이터 모델의 구성 등 정보관리의 측면에서 전문가 그룹 구성

○ 기존 철도인프라 관련 데이터 모델 및 국제표준의 참조

- 기존의 철도인프라 시설물 역시 정보관리를 위해 고유의 데이터 모델을 포함하고 있음. 다만, 정보 공유의 관점에서 접근이 부족한 경우가 대부분임. 따라서 철도인프라의 기능적 특성을 반영하다는 측면에서 기존의 철도인프라 관련 데이터 모델 및 국제표준의 항목을 참조함

○ 국내 유사과제 연구진 및 유관 국제기구의 자문

- 2013년도에 시작한 도시건축연구사업(건축물 설계품질 혁신을 위한 개방형 BIM 기술 환경 구축, 개방형 BIM기반의 건축물 설계표준 및 인프라 구축, 차세대 설계환경대응 건축설계도구 개발)의 참여연구진의 자문: 건설교통기술연구개발사업 간의 중복연구 방지 및 상호 시너지 효과 창출

○ 토목구조물에 대한 새로운 데이터 모델의 개발 등과 관련한 국제적 연구 프로젝트 및 기관의 자문

- 토목분야 IFC 확장 프로젝트인 openINFRA
- 미국, 호주 및 아시아 각국의 토목학회가 참여하는 ACECC (The Asian Civil Engineering Coordinating Council, 아시안토목공학협의회)의 BIM 기술위원회
- 유럽의 구조물 정보교환 방법연구를 위해 설립된 INSPIRE
- IFC 데이터 모델을 개발하는 buildingSMART International Model Support Group

나. 기존기술과의 차별성

표 68 세부과제 차이점 비교

과제명	연구자	비고	
		상호유사성	코레일 적용 여부
가상건설시스템 개발사업	최철호 ((주) 두올테크)	•전체 연구내용 중 토목 구조물에 대한 부분이 포함되어 있음. •그러나 해당연구는 철도인프라를 포함한 토목구조물에 적합한 데이터 모델의 개발에 대한 연구는 이루어지지 않았음.	×
설계생산성 향상을 위한 개방형 BIM기반 설계환경 개발 기획 (2012)	조찬원 (한국빌딩스마트협회)	•BIM기반 설계환경에서 개방형 표준데이터 모델의 활용 필요성에 대해 언급 •그러나 해당연구는 건축물에 초점을 맞추고 있으며, 따라서 데이터 모델의 개발에 대한 연구는 이루어지지 않음.	×
BIM-IFC 호환모델엔진을 기반으로 한 건설정보화 혁신 기술 개발 (2009-2010)	홍의재 (버츄얼빌더스(주))	•BIM 시스템에 IFC를 활용하는 방법에 대한 연구를 수행 •그러나 해당연구는 건축물을 중심으로 기 구축되어 있는 IFC의 활용을 위한 소프트웨어 엔진개발에 초점을 맞추고 있어, 철도인프라의 표준 데이터 모델 개발에 대한 연구와는 다름.	×
교량설계정보 데이터 transfer 기법 개발	이상호 (연세대학교)	•교량 설계정보를 교환하기 위해 개방형 표준기술 기반의 표준 데이터 모델을 제시함. •그러나 해당연구는 설계단계의 도로교량에 초점을 맞추고 있으며, 철도인프라를 대상으로 하고 있지 않음.	×

다. 과제별 연차별 로드맵

표 69 과제별 연차별 로드맵

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
철도인프라 개방형 국제표준 기반 데이터 모델 개발	• 철도인프라를 위한 IFC의 활용항목, 필요요소 및 공통요소 도출 • 부재 요소체계의 정규화 • 철도인프라의 시설물별 구성요소 및 관계성 분석 및 정의 • 철도인프라 정보통합 프레임워크 개발	• 철도인프라 부재요소 온톨로지 정의 (의미생성 및 정의) • 철도인프라의 구조물(교량, 터널) 대상 물리적/공간적 객체 생성 / 특성 및 세부속성 정의 • 데이터 모델 검증 체계의 구성	• 철도인프라 지형(지반, 궤도 등) 및 설비시설 대상 물리적/공간적 객체 생성 / 특성 및 세부속성 정의 • 개발 데이터 모델을 반영할 수 있는 변환 모듈 / 모델 생성환경 구현	• 개발 데이터 모델의 검토 및 보완 • 개발 모델생성 환경 검토 및 보완
성과물	• 국제표준기반 철도인프라 구성요소 표준분류체계 • 철도인프라 정보통합 프레임워크	• 철도인프라 부재요소 사전 • 철도인프라 구조물의 데이터 모델 • 데이터 모델 검증체계	• 철도인프라 지형 및 설비시설의 데이터 모델 • 데이터 모델기반 포맷 변환 모듈	• 철도인프라 표준 데이터 모델

라. 성과활용방안

표 70 성과활용방안

구 분	성과활용방안
철도인프라 구성요소 표준분류체계	• 데이터 모델 개발에 필요한 요소의 도출 • 재료조달, 활용 및 관리 등을 위한 기본 참조 문서 • 유지관리/자산관리를 위한 시설 및 구성요소 구분의 기본 프레임 • 자재조달과 관련한 기존 국내 표준과의 연계
철도인프라 부재요소 사전	• 시설물/시설물 구성요소의 기능적 역할 참조의 기본 문서 • 협업에 있어서 구성요소에 대한 정보범위 명확화 • 국제적 협업 / 기술력 수출 등 언어적 제약에 대한 정보학적 극복 • 철도인프라에 대한 한국어 부분 bsDD(buildingSMART Data Dictionary)로 활용
철도인프라 표준 데이터 모델 / 정보통합 프레임워크	• 철도인프라 전 생애주기 / 응용영역 간 정보 상호운용성 확보의 기본 프레임워크 • 정보모델의 저장/공유를 위한 데이터베이스의 기본 스키마 • 정보모델링 환경구축의 기본 스키마 • 철도인프라 데이터 모델로서 개방형 국제표준으로의 활용

마. 기대효과

○ 기술적 효과
- 철도인프라 분야에 있어서 정보 상호운영성 확보의 중추적인 틀 제공
- 국내 철도인프라에 대한 개방형 표준기반 BIM 환경의 활성화
- 철도인프라의 전 생애주기 / 응용영역 간의 정보 재활용성 향상 및 영속성 보장

○ 경제적 효과
- 정보 비호환성으로 인한 시간적, 비용적 경제효과
- 전 생애주기 기간 동안의 정보 재활용율 증가로 인한 모델 재생성 / 업무 재작업 비용 절감

○ 사회적 효과
- 철도인프라 시설물 정보관리에 관한 국제적 경쟁력 확보
- 개방형 국제표준기반의 데이터 모델 개발을 통한 특정 소프트웨어 / 특정 업체에 대한 종속성 방지
- 표준 데이터 모델기반의 철도인프라 정보관리와 관련한 전문인력의 양성 및 국제적 기술력 전파

5. 인력투입계획 및 소요예산산정

가. 연구일정에 따른 인력투입계획

○ 본 과제의 연구일정에 따른 연구인력 총 투입 연인원은 50명으로 구성된다.

표 71 인력투입계획 총괄표

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
철도인프라 개방형 국제표준기반 데이터 모델 개발	10	15	15	10	50	41.0

나. 소요예산산정

○ 연구비 총괄표

- 철도인프라 개방형 국제표준기반 데이터 모델 개발은 1차년도 8억, 2차년도 12억, 3차년도 12억, 4차년도 8억 등 총 40억으로 구성된다.

표 72 연구비 총괄표

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
철도인프라 개방형 국제표준기반 데이터 모델 개발	800	1,200	1,200	800	4,000	40

(단위 : 백만원)

○ 세부 총괄표

표 73 세부연구비 총괄표

비 목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합 계	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부 인건비		445,824	678,024	668,736	427,248	2,219,832	55
2) 직접비	연구장비재료비	연구기자재 및 시설비	80,000	70,000	70,000	60,000	280,000	7
		시작품 제작비	-	50,000	60,000	50,000	160,000	4
		재료비	30,000	30,000	30,000	26,000	116,000	3
	연구활동비	여비	35,666	54,242	53,499	34,180	177,587	4
		수용비 및 수수료	26,749	40,681	40,124	25,635	133,190	3
		기술정보 활동비	49,041	74,583	73,561	46,997	244,182	6
	연구수당		66,874	101,704	100,310	64,087	332,975	8
3) 간접비			65,846	100,766	103,770	65,853	336,235	8
4)	합계		800,000	1,200,000	1,200,000	800,000	4,000,000	100%

(단위 : 천원)

6. 과제제안요구서(RFP)

연구과제명	철도인프라 개방형 국제표준기반 데이터 모델 개발
1. 연구개발 목표	
○ 철도인프라의 전 생애주기를 지원하는 개방형 국제표준기반 데이터 모델을 개발하여 전체 협업에 있어 정보교환에 따른 손실을 최소화하는 것을 목적으로 함.	
2. 연구개발 필요성	
□ 연구개발의 필요성	○ 다양한 전문가/업체가 참여하는 건설프로젝트에서 정보의 상호운용성의 문제는 건설 생산성 향상의 핵심으로 파악하고 있음. ○ 철도인프라는 다양한 구조물 또는 시설물의 유기적 결합을 통해 운용되고 있음. 또한 각각의 시설물 역시 내부적으로 구성요소 간 긴밀한 연관관계를 가지고 있음. 이러한 점은 철도인프라의 생애주기 동안 생성되는 정보의 효율적 관리를 위해서는 동일한 표준적인 틀이 반드시 필요함을 의미함. ○ 따라서 정보를 체계적이고 효율적으로 관리하고, 정보의 재사용성 향상시키기 위해서는 철도인프라를 구성하고 있는 각 시설물들의 연관성을 고려한 표준의 틀을 개발하는 것이 매우 시급함. ○ 이러한 표준의 틀은 개방형 국제표준에 기반을 두어 개발하였을 때, 정보의 영속성 및 소프트웨어와의 독립성을 보장할 수 있음. 철도인프라 분야에서는 현재 세계적으로도 표준의 틀인 데이터 모델에 대해서는 개발 초기단계에 머무르고 있음. 따라서 이에 대한 조속한 기술개발은 기술경쟁력 강화와 더불어 국제적으로 기술을 선도할 수 있음.
□ 기술동향	○ 건물의 표준 데이터 모델 - 건물의 전 생애주기 각 단계 및 업무 영역별 정보의 호환성을 확보하기 위해 건축분야에서는 1990년대 후반부터 IFC라는 표준 데이터 모델을 개발하기 시작 - 2000년대 초반부터 건축분야에서는 IFC를 활발하게 사용하고 있으며, 현재는 국제표준으로 등록되어 중요성이 더욱 강조되고 있음. ○ 토목분야의 데이터 모델 개발

- openINFRA는 IFC의 확장프로젝트로 2011년 토목인프라를 대상으로 데이터 모델을 개발하기 시작
- 현재는 주로 도로와 지반구조물에 초점을 맞춘 형태로 진행하고 있음.

○ Transport Network 분야의 데이터 모델 개발
- 유럽 INSPIRE에서는 최종목표를 2020년으로 도로, 철도, 케이블, 해운 항공 네트워크의 정보를 통합하기 위한 데이터 모델 개발에 착수

○ 철도구조물의 데이터 모델 개발
- railML.org에서는 철도와 관련하여 구조물과 차량을 대상으로 응용 프로그램 간 정보교환의 호환성 확보를 위한 데이터 모델을 개발
- 결과물 중심의 데이터 모델로, 생애주기에 대한 고려, 업무영역 간의 연계 등이 미흡

3. 연구개발 내용

○ 1차년도: 철도인프라의 정보통합을 위한 기본 기술의 정립

□ 철도인프라 데이터 모델 개발방안 정립의 측면
- 철도인프라 데이터 모델 구성에 필요한 항목 및 공통요소 도출
- 철도인프라 시설물별 구성요소 표준분류체계 정립

□ 철도인프라를 위한 데이터 모델 개발의 측면
- 철도인프라 정보통합 기본 프레임워크 개발

○ 2차년도: 철도인프라 데이터 모델의 개발(I)

□ 철도인프라 데이터 모델 개발방안 정립의 측면
- 철도인프라 부재요소 온톨로지 정의(Data Dictionary)
- 철도인프라 데이터 모델의 검증체계의 구성

□ 철도인프라를 위한 데이터 모델 개발의 측면
- 철도인프라의 구조물(교량, 터널) 대상 데이터모델의 개발

○ 3차년도: 철도인프라 데이터 모델의 개발(II)
- 철도인프라의 지반, 궤도 및 시스템분야(전기, 통신, 전기시설) 대상 데이터 모델의 개발
- 데이터 모델 반영 정보모델 생성환경 구현

○ 4차년도: 철도인프라 데이터 모델의 검증 및 보완
- 철도인프라 데이터 모델 기반 통합 정보모델의 생성
- 철도인프라 데이터 모델 및 정보모델 생성환경 보완
- 철도인프라 데이터 모델 활용 가이드 개발

4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 철도인프라의 전 생애주기 고려: 전 생애주기 동안 정보의 흐름을 고려하여 계획 및 설계단계에서 생성되는 모든 정보를 수용할 수 있고, 유지관리의 영역에서 손쉽게 재활용할 수 있는 구조로 데이터 모델 개발 ○ 정보모델의 응용영역에서의 활용성 고려: 정보모델이 포함해야하는 항목과 외부 연계를 통해야 하는 항목구분을 통해 응용영역에서의 철도인프라 정보모델의 효과적인 활용에 초점 ○ 표준 데이터 모델로서의 타당성 검증: 국내외 전문가와의 협업 또는 자문 ○ 표준 데이터 모델의 실무활용성 검토: 사용자 관점에서의 활용 가이드 개발
□ 추진체계	○ 영역별 전문가들의 협업 - 철도인프라 설계/시공/운영 전문가 그룹: 철도인프라 각 시설물별 구성요소가 갖는 기능적 특성을 고려한 추가요소 선정, 기능적 관계성 확립 등의 역할 - 데이터 모델링 전문가 그룹: 기존 데이터 모델 분석, 필요 자원 식별 및 확장성을 고려한 객체지향적 관점에 따른 모델 구성 등의 역할 ○ 기존 철도인프라 관련 데이터 모델 및 국제표준의 참조 ○ 국내 유사과제 연구진 및 유관 국제기구의 자문 - 도시건축연구사업 참여연구진의 자문: 건설교통기술연구개발사업 간의 중복연구 방지 및 상호 시너지 효과 창출 - 토목구조물 데이터 모델 개발 등과 관련한 국제적 연구 프로젝트 참여연구진의 자문: buildingSMART openINFRA 프로젝트, 아시안토목공학협의회(ACECC) BIM 기술위원회, 유럽 INSPIRE, buildingSMART International Model Support Group 등
5. 최종성과물	
	○ 국제표준기반 철도인프라 구성요소 표준분류체계 ○ 철도인프라 부재요소 사전 ○ 개발 데이터 모델기반 정보모델 생성환경 및 포맷 변환 모듈 ○ 개방형 국제표준기반 철도인프라 데이터 모델 - 지반, 궤도,

교량, 터널, 시스템분야(신호, 통신, 전기분야)

6. 기대효과 및 파급효과

○ 기술적 파급효과
- 철도인프라 분야에 있어서 정보 상호운용성 확보의 중추적인 틀 제공
- 국내 철도인프라에 대한 개방형 국제표준기반 BIM 환경의 활성화
- 철도인프라의 전 생애주기 / 응용영역 간의 정보 재활용성 향상 및 영속성 보장

○ 경제적 파급 효과
- 정보 비호환성으로 인한 시간적, 비용적 손실 감소
- 전 생애주기 기간 동안의 정보 재활용율 증가로 인한 모델 재생성 / 업무 재작업 비용 절감

○ 사회적 파급 효과
- 철도인프라 시설물 정보관리에 관한 국제적 경쟁력 확보
- 개방형 국제표준기반의 데이터 모델 개발을 통한 특정 소프트웨어 / 특정 업체에 대한 종속성 방지
- 표준 데이터 모델기반의 철도인프라 정보관리와 관련한 전문인력의 양성 및 국제적 기술력 전파

7. 연구기간 및 소요예산

○ 총 연구기간 : 2015년~2018년 (4년)

○ 총 정부출연금 : 40억

○ 1차년도 연구개발비 : 8억

◌ 연차별 예산

구분	2015년	2016년	2017년	2018년
정부	8억	12억	12억	8억
민간	-	-	-	-
합계	8억	12억	12억	8억

8. 기타

○ 본 과업에서 달성하고자 하는 기술의 핵심은 철도인프라에 특화된 객체 항목 및 이에 적합한 속성을 정의한 철도인프라를 위한 정보관리의 표준 틀을 개발하는 것임.

○ 본 과업의 대상이 되는 분야는 철도인프라를 구성하고 있는 구조물 또는 시설물 중에서 차량 및 역사를 제외한 인프라

	항목(지반, 교량, 터널, 궤도, 전기, 신호, 통신분야)으로, 각 인프라 항목들 간의 연계, 철도차량 운행에 필요한 신호 및 제어체계 등도 포함함.

7. 연차별 성과목표 및 평가방법(안)

세부 과제명	연차	핵심목표	목표 성과물	성과지표	평가방법
철도인프라 개방형 국제표준기반 데이터 모델 개발	1차년도	철도인프라의 정보통합을 위한 기본 기술의 정립	철도인프라 구성요소 표준분류체계 및 철도인프라 정보통합 표준 프레임워크	철도인프라 시설물에 대한 구성요소 포함 및 필요요소 식별 여부 구성요소 간의 연관성 생성 여부	철도인프라에 대 구성요소, 데이터 활용 방안 등의 학 검증
			학술논문	게재 4건 이상	논문게재 건수
	2차년도	철도인프라 데이터 모델의 개발(I)	철도인프라 부재요소 사전, 철도인프라 구조물의 데이터 모델 및 데이터 모델 검증체계	부재요소에 대한 온톨로지 정의 여부, 데이터 모델의 철도인프라 구조물 관련 정보의 수용 여부	철도인프라 부재요 대한 데이터 사 철도인프라 구조 대한 데이터 모 데이터 모델 검증 대한 학술적 검
			학술논문	게재 6건 이상	논문게재 건수
	3차년도	철도인프라 데이터 모델의 개발(II)	철도인프라 지반, 궤도 및 시스템분야 대상 데이터 모델 및 개발 데이터 모델 기반 포맷변환 모듈	데이터 모델의 철도인프라 지반, 궤도 및 시스템분야 관련 정보의 수용여부 데이터 모델 기반 포맷변환 모듈 생성 여부	철도인프라 지반, 및 시스템분야에 데이터 모델에 대 학술적 검증 및 포맷변환 모듈 시 검증
			학술논문	게재 6건 이상	논문게재 건수
			소프트웨어	등록	등록 건수
	4차년도	철도인프라 데이터 모델의 검증 및 보완	철도인프라 표준 데이터 모델 및 활용 가이드	전체 철도인프라 데이터 모델의 정보연계	철도인프라 정보 검증
			학술논문	게재 4건 이상	논문게재 건수
			표준등록	표준등록	표준 등록 여부

8. 추진일정(안)

세부 과제명	세부 수행 내용	1차년도				2차년도				3차년도	
		1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기
철도인프라 개방형 국제표준 기반 데이터 모델 개발	철도인프라 데이터 모델 개발을 위한 필요요소 및 공통요소 정의	■	■								
	철도인프라 시설물별 구성요소 표준분류체계 정립		■	■	■						
	철도인프라 정보통합 표준 프레임워크 개발	■	■	■	■						
	철도인프라 부재요소 사전 생성					■	■	■			
	철도인프라의 구조물 대상 객체 생성 및 속성정의					■	■	■	■		
	철도인프라 데이터 모델 검증체계 구성						■	■	■		
	철도인프라의 지반, 궤도 및 설비시설 대상 객체 생성 및 속성정의									■	■
	데이터 변환 모듈 개발									■	■
	개발 데이터 모델의 검토 및 보환 / 활용 가이드 개발										

제6절. 철도인프라 표준 정보모델링 기술개발

1. 과제 개요

가. 추진배경

- ○ 건설산업이 제조업 등 다른 산업에 비해 오류로 인한 손실이 많음 - 통합 건설 프로세스의 필요성(Egan, 1998)
- ○ 1964년 이후 건설을 제외한 다른 산업의 생산성이 평균 200% 이상 증가한 반면, 건설산업의 경우에는 오히려 퇴보하는 결과를 보여줌(Teicholz, 2004).
  - 건설산업에서 BIM에 대한 관심이 급증하며, 이를 통해 근본적 문제점을 해결하려는 움직임이 있음
- ○ 실제로 BIM에 대한 관심은 다양한 프로젝트로의 적용을 통해 실질적인 효과를 거두고 있음
- ○ 철도인프라분야는 구조물, 지반, 시스템 등이 유기적으로 결합되어 있는 융합분야임
  - 통합 프로세스의 필요성이 강조됨
- ○ BIM은 시설물의 전 생애주기 동안 정보를 상호 운용 가능하고, 재사용 가능한 방식으로 생성하고 관리하는 프로세스임(Lee et al., 2006)
- ○ 철도인프라분야의 경우, 해당 업무자의 BIM에 대한 이해도가 상대적으로 낮은 편이고, 철도인프라를 구성하고 있는 시설물에 대한 정보모델링에 대한 일관된 가이드가 없는 실정임
  - 철도인프라 정보모델의 품질의 문제, 활용성 문제 제기

나. 필요성

철도인프라는 미래 국가 교통정책 패러다임 변화로 인한 핵심 교통수단으로 주목받고 있음. 국토해양부는 전체 교통분야 투자 중 2020년엔 50%까지 확대추진이 예상되며, 이에 따른 BIM활용 철도인프라 구축의 생산성 증대가 요구되고 있음

건축분야에서 BIM을 성공적으로 도입함으로써 얻을 수 있는 효과에 대해서는 건설업 전반에 걸쳐 알려지고 있어, 철도인프라 분야에서도 특정항목에 BIM을 활용한 프로젝트가 진행되었거나 진행 중에 있음. 그러나 실제 사례를 살펴보면, 정보의 재활용 측면에서 정보모델의 활용이라기보다는, 3차원 형상모델 차원에서 구조물 가시화 등의 단계에 그치는 경우가 대부분임. 이는 생애주기 단계의 측면에서도 설계 및 시공단계 일부의 영역에 지나지 않음. 이러한 점은 철도인프라 생애주기 전체에 대한 거시적 관점의 정보모델 활용전략의 부재와 더불어 철도인프라 정보모델 생성의 체계가 명확히 확립되지 않음에 기인함. 특히, 철도인프라는 지반, 궤도, 교량, 터널 등의 구조물과 전기시설, 제어시설 등 다양한 구성요소가 복합적으로 결합되어 있으며, 이러한 특성은 건축분야나 도로인프라에 비해 특히 두드러지는 부분

이라고 할 수 있음

이러한 상황에서의 정확한 정보 공유 및 재활용을 위해서는 일정 품질 이상의 철도인프라 정보모델 생성에 대한 표준 정립이 절실한 상황임

정보모델링의 업무 효율성 향상과 고품질화를 위해 BIM 객체 라이브러리의 활용은 필수적이어서, 해외의 경우는 국가적 차원에서 철도인프라에 대한 객체 라이브러리 구축이 진행 중에 있으나, 국내의 경우에는 초기 연구단계의 수준임. 또한 철도인프라 정보모델링에 대한 전문인력이 부족하며, 교육서비스 체계도 미흡하여, 철도인프라 분야 BIM 확산이 더디게 진행되고 있음

다. 기술정의

철도인프라의 신규 시설물 건설에 대해서는 각 시설물을 대상으로 생애주기 동안 생성되는 필요정보를 포함할 수 있는 정보모델링의 절차를 개발함. 이때 정보모델링은 철도인프라 시설물에 대한 기능적 역할을 고려한 3차원 객체 라이브러리를 활용함. 철도인프라 BIM 객체 라이브러리는 형상에 대한 치수, 제약조건 등이 포함되어 파라메트릭 모델링을 지원할 수 있어야 함. 더불어 기존에 건설되어 있는 시설물에 대해서는 3차원 형상모델을 중심으로 내적 속성정보를 포함시키는 과정을 정형화하는 기술을 개발함. 또한 정립한 정형화된 기술을 바탕으로 철도인프라 정보모델링 전문인력을 양성함

라. 연구범위 설정

철도인프라를 구성하고 있는 구조물 또는 시설물 중에서 차량 및 역사를 제외한 인프라 항목(지형, 교량, 궤도, 전기, 신호, 통신분야)을 중심으로 정보모델링을 수행하기 위한 절차, 기본 방향 및 모델링을 위한 객체 라이브러리를 제시함. 객체 라이브러리는 기능적 역할을 고려한 수준에서 생성하며, 기능적 역할을 고려한 형상표현의 상세수준 역시 본 과업에서 연구를 수행함. 또한 각 시설물간의 유기적인 결합을 위한 관계성 정의, 제약조건 설정 등의 파라메트릭 모델링 방법론을 정립함

2. 현황 및 문제점

건축분야에서의 BIM의 성공적 도입에 힘입어 해외를 중심으로 철도인프라분야에서도 BIM의 방법을 도입하는 사례가 늘고 있음. 아래 그림은 미국에서의 토목 프로젝트에서 BIM의 적용 비율을 나타낸 것으로, 2013년에는 그 적용 비율이 50% 이상으로 급격하게 증가할 것으로 예상하고 있지만, 국내 철도인프라 산업의 경우 뚜렷한 정보모델링 절차 및 표준이 없어 이에 대한 연구개발이 시급한 실정임

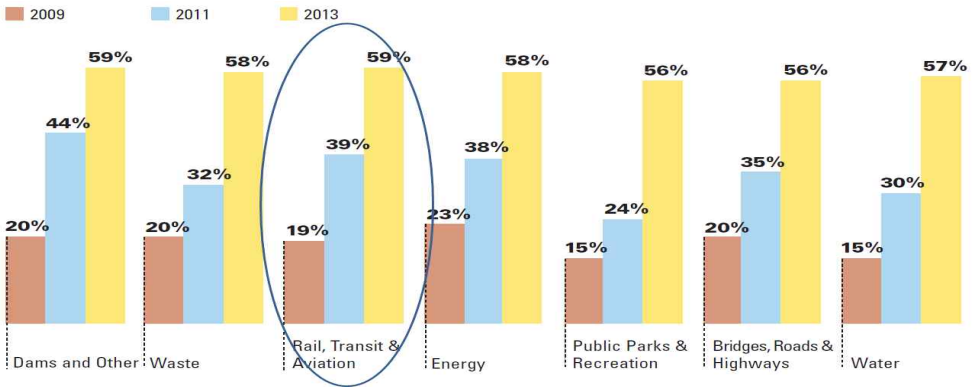


그림 78 미국 토목인프라분야에서의 BIM 적용, McGraw-Hill Construction, 2012

아래 항목은 철도인프라 분야에서 개선해 나가야 할 구체적인 문제점을 나타낸 것임.

○ 철도인프라분야를 포함하는 토목분야에서의 BIM 인식 부족

- 국내에 비해 BIM의 활용이 더 많은 미국의 토목분야의 경우에도, BIM 사용자 중 스스로 BIM에 대해 어느 정도의 전문성을 갖추고 있다고 대답하는 경우는 33%에 불과.
- 반면, 전체 건설산업의 경우에는 44%가 BIM에 대해 어느 정도의 전문성을 갖추고 있다고 응답.

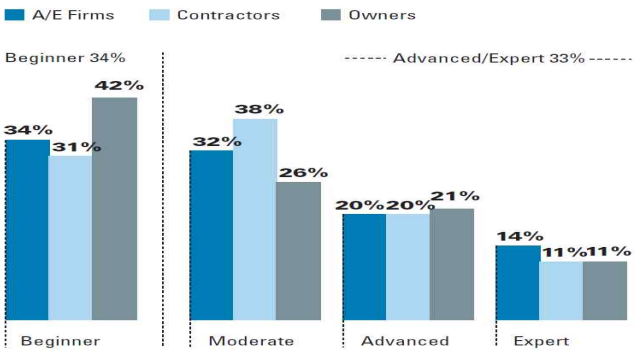


그림 79 토목인프라 프로젝트에서의 BIM 전문성, McGraw-Hill Construction, 2012

- 아래 그림은 미국 토목분야에서의 BIM 가치에 대한 응답을 나타낸 것으로, 미국의 경우 89%가 BIM이 토목 프로젝트를 수행하는데 가치 있다고 판단하고 있는 것으로 보아, 기술적인 문제라기보다는 새로운 기술 도입에 대한 거부감 또는 기술습득의 어려움 등에 기인한다고 생각할 수 있음.

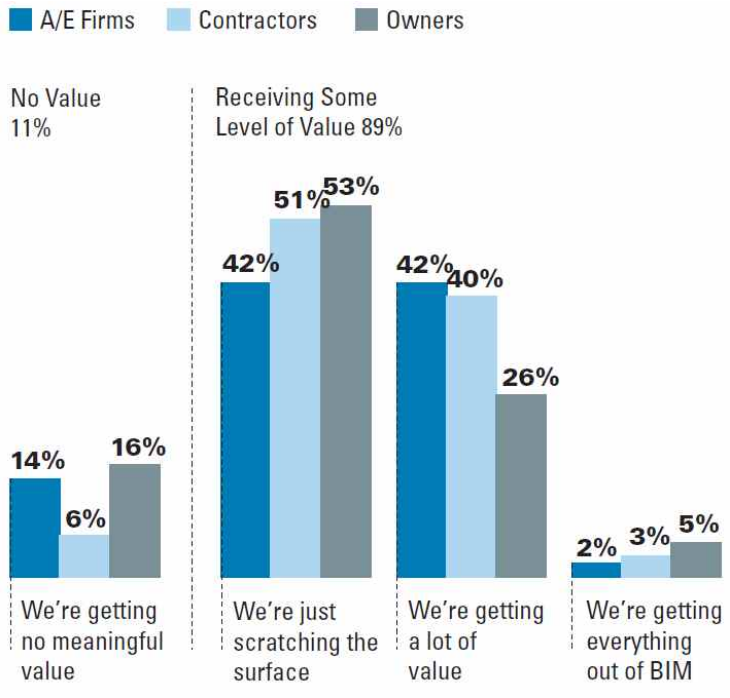


그림 80 토목분야에서의 BIM 가치, McGraw-Hill Construction, 2012

○ 형상모델 가시화 중심의 BIM 활용: 건축분야에 비해 철도인프라분야를 포함하는 토목분야는 정보모델 구현방법의 확립이 미흡함.

- 국내의 경우, 건축물에 대한 BIM 가이드라인만 개발되어 있는 상태
- 정보모델 생성의 미흡으로 인한 정보모델 재활용의 기회도 적은 악순환적 환경
- 정보모델로서의 BIM이 아니라 3차원 형상모델을 통한 가상건설 중심의 BIM 활용: 가시화의 효과는 있으나, 그 이상의 효과가 없어 토목분야 BIM에 대한 기대치 감소

○ 생애주기를 고려한 정보모델링 환경 부재

- 공용기간이 긴 철도인프라의 경우, 유지관리단계에서의 활용가치가 매우 높음.
- BIM이 근래에 활성화되어, BIM을 적용하여 유지관리단계까지 이른 실질적 사례가 없어, 토목분야 BIM 효용성에 대한 구체적 근거가 미약

○ 철도인프라의 정보모델을 위한 객체 라이브러리의 부재

- 유럽에서 BIM에 대한 투자 중요성 우선순위 중 3차원 라이브러리의 개발에 대한 투자의 중요성이 31%를 차지할 정도로 중요성이 부각되고 있음.
- 국내의 경우, 한국빌딩스마트협회를 중심으로 BIM 객체를 위한 기본적인 라이브러리를 제작하고 있음. 그러나 각 기관별, 소프트웨어별로 다른 시스템을 구축하여 이를 원활히 활용하는데는 한계가 있음.
- 특히, 현재 구축하고 있는 객체 라이브러리는 모두 건축물 및 이에 따른 부대시설을 중심으로 되어 있어 이를 철도인프라에 적용하기는 극히 힘듦.
- 해외의 경우, 철도인프라를 대상으로 초기단계의 객체 라이브러리를 구축/활용하고 있지만, 요구 종류, 디테일 수준, 표현방법, 사용단위 등이 국내 실무환경과는 맞지 않아 직접 사용이 어려움.

○ 철도인프라 정보모델링 교육서비스 체계 미흡

- 국내 건설업계 종사자 중 BIM 비사용자의 경우, BIM 도입 결정에 대한 가장 큰 장애요인으로 충분한 교육기회의 부족(59%)을 꼽고 있음.
- 아래 그림에서 알 수 있듯이, BIM 소프트웨어의 숙련도에 따라 BIM의 활용가치는 더욱 높은 것으로 인식하고 있음(BIM 전문가의 경우, 82%가 BIM 활용이 긍정적이라고 대답).

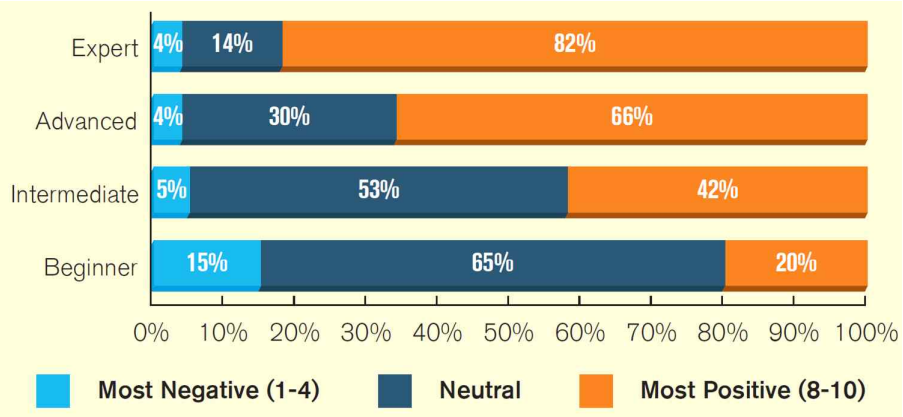


그림 81 BIM 숙련정도에 따른 BIM의 활용가치, McGraw-Hill Construction, 2008

- 이는 철도인프라와 같이 특정분야에 적합한 모델링 체계를 구축하고 이에 대한 교육을 통한 전문인력 양성의 필요성을 나타내고 있음.

3. 동향 분석

○ 노르웨이 Stavanger ~ Drammen 구간의 철도인프라 모델링 사례

- 노르웨이 오슬로의 Stavanger ~ Drammen의 약 500 km 고속철도 구간을 BIM 소프트웨어를 활용하여 모델링함.
- 해당 프로젝트는 철도의 경로, 지형 및 지하공간 등에 초점을 맞추어 3차원 형상 모델링을 수행한 것으로, 개념설계단계에서 빠르게 의사결정을 지원함.

○ 영국 Crossrail 사례

- Crossrail은 2005년부터 기획을 시작하여 2017년 개통을 목표로 하는 약 100 km에 이르는 BIM기반 철도 프로젝트임.
- Crossrail에서의 BIM에 기대하는 역할은 설계 및 시공단계에서는 3차원 가시화 및 시공성 검토에 있고, 이후 운영단계에서는 자산으로서 관리할 수 있는 체계를 제공하는데 있음.
- 이러한 점은 계획단계에서부터 운영단계에 이르는 전 생애주기 동안의 정보 상호운용성의 확보가 필수요소임. 따라서 Crossrail ltd.에서는 협업과 정보의 흐름관리를 위한 표준 및 가이드라인을 제시하여 이에 따라 엄격하게 품질을 관리하고 있음.

○ 홍콩 MRT 프로젝트 사례

- 홍콩 MRT (Mass Transit Railway) 프로젝트는 2011년부터 2015년까지 홍콩과 베이징을 고속철도로 연결하는 프로젝트로 BIM을 기반으로 수행하고 있음.
- 홍콩 MRT 프로젝트에서 BIM에 기대하는 역할은 고속철도 및 터미널에 대한 3차원 가시화와 파라메트릭 설계 및 간섭검토에 중점을 두고 있음.

○ 스웨덴 Hallandsås Railway 프로젝트 사례

- 스웨덴 Hallandsås Railway 프로젝트는 경사가 심하고 굽이진 철도구간을 터널 구간으로 대체하는 것을 목적으로 2015년 완공을 목표로 하고 있음.
- 스웨덴 Hallandsås Railway 프로젝트에서는 품질향상, 정보의 재활용 등을 위해 BIM을 도입하였으며, 객체 라이브러리를 활용한 3차원 모델링과 도면관리, 물량산출, 장비관리, 공기관리, 품질관리 등에 BIM을 직접적으로 활용하였음.

▷ BIM의 효용성에 대한 실질적 효과가 나타나면서 해외 선진국을 중심으로 철도분야에서도 정보모델링을 도입한 프로젝트가 시작되고 있는 단계임. 그러나 아직 세계적으로도 철도인프라에 대한 합의된 정보모델링에 대한 표준화된 방식이 제시되고 있지 않은 상황이라, 국내의 경우에도 빠른 연구개발을 통해 세계

시장에서 경쟁력을 갖추기 위한 기회가 존재하고 있음.

○ BIM 표준라이브러리 시범버전(v0.9)

- KBIMS (Korea BIM Standards)는 국내의 빌딩스마트협회에서 개발한 건축분야 BIM 표준라이브러리로 현재 시범버전(v0.9)이며 총 127개의 객체를 제공하고 있음. 라이브러리는 Revit, ArchiCAD에서 이용할 수 있는 형태로 제공받을 수 있으며 간단한 속성정보가 정의되어 있음.

○ National BIM Library

- 영국의 NBS (National Building Specification)에서는 National BIM Library를 통해 건축물의 부위에 해당하는 약 400여개의 일반객체(generic object)를 제공하고 있음. 자료들은 IFC format과 Revit, ArchiCAD, Vectorworks, Tekla, Bentley와 같은 BIM 소프트웨어에서 이용 가능한 형태로 제공됨. 라이브러리는 대부분 건축부재나 재료 요소들로 구성되어 있으나 콘크리트, 모르타르나 배수 등 일부 요소의 경우 토목 형상에 제한적으로 활용할 수 있도록 하고 있음.

○ SmartBIM사

- 미국의 ecoScorecard에서는 SmartBIM을 구축하여 77,000개 이상의 건축객체를 rfa, dwf, jpg 파일로 제공하고 있음. 제공되는 객체는 SmartBIM사에서 생성한 일반객체와 자재생산업체가 제공하는 객체들로 구성되어 있음.

○ Autodesk Seek

- Revit에서 활용될 수 있는 객체 family파일을 미국의 건설정보분류체계인 CSI MasterFormat을 기준으로 분류하여 24개 유형에 대해 65,000여 개의 객체 정보를 제공하고 있음. 웹기반으로 제공되는 자료는 특정 속성정보에 따라 객체를 검색하고 BIM 모델에 반영할 수 있음.

▷ BIM 라이브러리의 중요도에 대한 인식과 시장가치는 점차 증대되고 있음. 위와 같은 사례 이외에도 전 세계적으로 공공과 민간에서 라이브러리를 구축하려는 노력이 이루어지고 있음. 이러한 사례들은 본 연구과업에서 적극적으로 벤치마킹 할 필요성이 있지만, 현재까지는 첫째, 국내 업무절차가 반영된, 둘째, 철도인프라 분야에 대한 부분은 세계적으로 미흡한 실정임.

4. 연구과제 개발 및 추진전략

가. 핵심후보과제 주요내용 및 추진전략

(1) 후보과제 주요내용

연구과제를 통해 개발하고자 하는 영역으로는 크게 철도인프라 각 시설물에 대한 정보모델링 기술을 개발하는 것과 철도인프라 시설물별 객체 라이브러리 생성, 기 생성되어 있는 디지털 모델을 활용하여 시설물을 정보모델화 하는 관점의 기술을 개발하는 것으로 구분할 수 있음.

○ 철도인프라 정보관리 및 모델링 기술

- 계획단계에서는 노선도와 대략적인 구조물의 형태, 초기 설계단계에서는 구조물의 주요 구성부재 등 철도인프라의 생애주기 각 단계별로 핵심적으로 요구하는 정보의 양은 각기 다름. 이러한 부분은 정보의 redundancy에 대한 부분이라고 할 수 있는데, 정보의 양을 제어하여 업무의 명확성과 효율성을 높일 필요가 있음. 따라서 철도인프라의 생애주기에 따라 표현 상세의 수준(Level of Detail, LoD)을 정립함.
- LoD의 개념을 기반으로 생애주기 각 단계 업무에 따라 필요한 정보를 도출하고 이러한 요구사항을 충족시키기 위한 철도인프라 각 시설물에 대한 정보모델링 절차를 정립하여 정보 재활용에 대한 사용자 독립성을 확보함. 이때, COBie (Construction Operations Building Information Exchange)에서 제안하는 방식에 따라, 초기 계획 및 설계단계에서부터 유지관리에서 활용할 정보를 고려한 방식으로 연구를 진행함.

○ 철도인프라 시설물별 객체 라이브러리 생성

- 파라메트릭 모델링 기법을 적용한 철도인프라에 대한 3차원 객체 라이브러리는 정확하고 효율적인 정보모델의 생성에 필수 조건임. 따라서 이러한 철도인프라 객체 라이브러리를 생성함.
- 객체 라이브러리를 생성함에 있어서도 어느 수준 단위의 라이브러리를 생성하느냐에 따라 업무의 효율성이 달라질 수가 있음. 예를 들어 볼트나 너트, 강재 단위의 라이브러리는 정보모델링에 있어 정보의 과잉 생성을 야기시킬 수 있음. 따라서 객체 라이브러리 생성을 위한 기능 단위별 표현상세 수준을 정의하고 이에 따라 기본적으로 요구되는 형상군을 정의하고 생성함.
- 기본 형상군을 기반으로 철도인프라 시설물별 3차원 객체 라이브러리를 생성함. 이때는 시설물 객체의 활용빈도나 실무 요구정도에 따라 라이브러리 생성의 우선순위를 결정하고, 라이브러리로 지원할 수 없는 객체에 대해서는 각 특화된 업무에 따라 사용자가 라이브러리를 생성할 수 있는 가이드를 개발함.

• 철도인프라 디지털 모델의 정보모델화 기술

- 정보모델링을 위한 표준 데이터 모델의 부재는 철도인프라 각 시설물을 대상으로 정보모델보다 수준이 낮은 3차원 형상모델만을 생성하는 Digital MockUp (DMU)인 경우가 대부분임. 이는 철도인프라에 대한 구성요소에 대한 기능적 정보뿐만 아니라 구성요소가 포함해야하는 속성정보에 대한 부분이 배제되어 있음. 따라서 기존에 생성되어 있는 데이터들을 바탕으로 형상모델의 정보모델화에 대한 기술을 개발함.

이에 따른 연차별 연구 개발 내용은 다음과 같음.

○ 1차년도: 철도인프라 정보모델 생성을 위한 기본체계의 구성

• 철도인프라 정보관리 및 모델링 기술의 측면
  - 철도인프라의 시설물 단위 LoD 정립
  - COBie 기반 철도인프라의 생애주기를 고려한 정보모델 생성 공통개념 정립
• 철도인프라 시설물별 객체 라이브러리 생성의 측면
  - 철도인프라 구성 부재요소의 기본 형상군 정의 및 개발
• 철도인프라 디지털 모델의 정보모델화 측면
  - 디지털 모델 대상 시설물별 객체의 특성도출 방안 개발

○ 2차년도: 철도인프라 표준 정보모델링 기술개발(I)

• 철도인프라 정보관리 및 모델링 기술의 측면
  - 생애주기를 고려한 철도인프라의 구조물(교량, 터널) 대상 정보모델 생성 절차 및 모델링 환경 구성
  - 파라메트릭 기법을 활용한 객체 조합방안 개발
• 철도인프라 시설물별 객체 라이브러리 생성의 측면
  - 철도인프라의 구조물(교량, 터널) 대상 객체 라이브러리 생성

○ 3차년도: 철도인프라 표준 정보모델링 기술개발(II)

• 철도인프라 정보관리 및 모델링 기술의 측면
  - 생애주기를 고려한 철도인프라 지형, 궤도 및 시스템분야(신호, 통신, 전기분야) 대상 정보모델 생성 절차 및 모델링 환경 구성
• 철도인프라 시설물별 객체 라이브러리 생성의 측면
  - 철도인프라의 지형, 궤도 및 시스템분야 대상 객체 라이브러리 생성
• 철도인프라 디지털 모델의 정보모델화 측면
  - 디지털 모델 대상 철도인프라 부재요소의 객체 의미정보 생성 방안 개발

○ ○ 4차년도: 철도인프라 표준 정보모델링 기술의 보완 및 보급/확산방안 정립

• 철도인프라 정보모델의 생성을 통한 제시 방안의 검토 및 보완
• 객체 라이브러리 생성 및 활용 매뉴얼 개발

- 철도시설물별 정보모델 생성 절차에 따른 교육 / 확산 방안 정립

(2) 추진전략

○ 철도인프라 정보모델 생성의 효율성 고려
- 생애주기 각 단계에 따라 중점을 두는 정보의 형태나 필요한 정보의 양은 모두 다름. 따라서 이러한 면을 고려한 LoD에 따라 정보모델을 생성하는 절차를 정립
- 기존에 생성해 놓은 철도인프라에 대한 디지털모델을 최소한의 수정을 통해 정보모델로 활용할 수 있도록 하는 전략 수립
- 철도인프라 객체 라이브러리 및 라이브러리의 조합에 파라메트릭 모델링의 기법을 적용하여 설계변경 등에 빠르고 손쉽게 대응

○ 철도인프라의 전 생애주기를 고려한 정보모델링
- 일회 사용을 위한 정보의 생산이 아니라, 초기 계획단계에서부터 유지단계에서의 활용을 고려하여 명확한 체계에 따르는 적극적인 정보재활용을 위한 정보모델링의 환경 구축

○ 철도인프라 정보모델링에 대한 전문인력 양성
- 생애주기별 철도인프라 정보모델 생성의 명확한 절차를 정립하여 이에 맞는 교육 프로그램 구성

(3) 기술확보전략

○ 영역별 전문가 그룹간의 협업체 구성
- 실무전문가와 학계의 연계를 통한 전문가 그룹의 구성: 실질적 문제점에 따른 발전적 개발방향 모색, 철도인프라 생애주기에 근간한 합리적 모델 생성 절차 도입

○ 건축사례 및 해외 철도인프라 건설 선진 프로젝트의 벤치마킹
- 건설 프로젝트에서의 BIM 활용방법에 대한 벤치마킹
- 해외 철도인프라 건설 선진 프로젝트 참여자의 자문
- 해외 유명 학술대회/회의 참석 및 최신동향 반영

○ 철도인프라에 적합한 BIM 소프트웨어의 활용
- 사용성, 기능성, 상업성, 경험 등을 고려하여 철도인프라 정보모델링에 적합한 BIM 소프트웨어 활용

○ 철도인프라 정보모델링과 관련한 교육 프로그램 구성
- 현재 토목분야/철도인프라분야의 BIM 활용현황을 검토해 보았을 때, 기술적인 문제와 더불어 해당 분야 종사자들의 BIM 활용에 대한 기술 습득의 경로가 없는 문제도 큰 비중을 차지
- 전문학회(대한토목학회, 한국철도학회, 한국건설관리학회, 한국BIM학회

등) 및 유관 연구센터 등을 통한 체계화된 교육으로 철도인프라분야 정보모델 활용 기술확산 및 노하우 축적

나. 기존기술과의 차별성

표 74 세부과제 간 차이점 비교

과제명	연구 책임자	비고	
		상호유사성	코레일 적용 여부
BIM 기반 지능형 건축 및 단지설계 소프트웨어 개발 (2008)	권두영 (버츄얼빌더스(주))	•BIM 시스템을 활용하여 실내외공간의 정보모델링을 위한 도구를 개발하는 연구를 수행 •건축물을 중심으로 한 정보모델링을 위한 소프트웨어 개발에 초점이 맞추어져 있으며, 철도인프라는 고려대상이 아님. 특히 철도인프라 정보모델링을 위한 방법론적인 측면은 고려하고 있지 않음.	×
가상건설시스템 개발사업	최철호 ((주) 두올테크)	•전체 연구내용 중 토목구조물을 대상을 정보모델을 생성하는 방법에 대한 부분이 포함되어 있음. •그러나 해당연구는 설계단계에서 필요한 3차원 형상모델 생성에 초점을 맞추고 있으며, 표준 절차에 대한 연구도 고려대상이 아님. 특히, 철도인프라에 대한 부분은 포함하고 있지 않음.	×
설계생산성 향상을 위한 개방형 BIM기반 설계환경 개발 기획 (2012)	조찬원 (한국빌딩스마트협회)	•설계환경에서 지능화된 정보모델 생성을 위한 방법 연구에 대한 기획 포함 •그러나 해당연구는 대상구조물이 건축물로 한정되어 있음.	×
초고층빌딩설계 기술 개발사업	정란 (단국대학교)	•전체 연구내용 중 초고층 복합건축물을 대상으로 정보모델 생성 기준, 방법, 지침 등에 대한 연구를 수행 •그러나 해당연구는 초고층빌딩을 대상으로 수행하는 것으로, 철도인프라와 초고층빌딩의 모델 생성 절차는 상이함.	×
건축분야의 BIM 적용 및 활성화 방안 연구 (2009)	조찬원 (한국빌딩스마트협회)	•건축분야에서 BIM을 효과적으로 적용할 수 있는 장기적 관점의 연구수행 •해당연구는 건축분야 BIM을 생성할 때 필수적으로 요구되는 정보항목에 대한 연구는 포함하고 있지만, 건축물의 특성만을 반영한 것으로, 철도인프라에 대한 고려는 하지 않음.	×
모듈러교량 기술개발 및 실용화 연구단	윤태양 (포항산업과학연구원)	•전체 연구내용 중 모듈러 교량의 디지털 목업을 위해 라이브러리를 생성하고 저장하는 연구내용을 포함하고 있음. •그러나 해당연구는 대상구조물이 모듈러 교량에 한정되어 있으며, 국제 표준에 관한 고려도 하고 있지 않아 본 연구와 차이가 있음.	×

다. 과제별 연차별 로드맵

표 75 과제별 연차별 로드맵

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
철도인프라 표준 정보모델링 기술 개발	• 철도인프라의 시설물 단위 LoD 정립 • COBie 기반 철도인프라의 생애주기를 고려한 정보모델 생성 공통개념 정립 • 철도인프라 구성 부재요소의 기본 형상군 정의 및 개발 • 디지털 모델 대상 시설물별 객체의 특성도출 방안 개발	• 형상구현 매개변수 간 관계성 정의 • 철도인프라의 구조물(교량, 터널) 대상 객체 라이브러리 생성 • 파라메트릭 기법을 활용한 객체 조합방안 개발 • 생애주기를 고려한 철도인프라의 구조물 대상 정보모델 생성 절차 및 모델링 환경 구성	• 철도인프라의 지형(지반, 궤도 등) 및 설비시설 대상 객체 라이브러리 생성 • 생애주기를 고려한 철도인프라 지형 및 설비시설 대상 정보모델 생성 절차 및 모델링 환경 구성 • 디지털 모델 대상 철도인프라 부재요소의 객체 의미정보 생성 방안 개발 (정보모델화 방안)	• 철도인프라 정보모델 생성절차 보완 • 객체 라이브러리 생성 및 활용 매뉴얼 개발 • 철도시설물별 정보모델 생성 절차에 따른 교육 / 확산 방안 정립 • 정보모델의 생성을 통한 제시 방안의 검토 및 보완
성과물	• 생애주기를 고려한 철도인프라 시설물별 LoD 및 부재요소 기본 형상군 • 철도인프라 생애주기 고려 정보모델 생성 공통개념	• 철도인프라 구조물의 객체 라이브러리 • 철도인프라 구조물의 정보모델 생성 절차	• 철도인프라 지형 및 설비시설의 객체 라이브러리 • 철도인프라 지형 및 설비시설의 정보모델 생성 절차	• 철도인프라 정보모델 • 객체 라이브러리 기반 철도인프라 정보모델 생성 가이드

라. 성과활용방안

표 76 성과활용방안

구 분	성과활용방안
생애주기를 고려한 철도인프라 시설물별 LoD	• 불필요 데이터의 과잉생성 억제 • 필요정보의 미생성 문제에 대한 사전 제어 • 생애주기 단계별 정보생성 범위를 명확하게 하기 위한 기본 참조
철도인프라의 시설물 객체 라이브러리	• 철도인프라 시설물별 정보모델 생성 • 철도인프프라 시설물 정보모델링의 효율성 향상 • 계획 및 설계변경 및 대안검토의 효율성 향상
철도인프라 정보모델 생성절차	• 응용영역에서의 손쉬운 재활용 • 유지관리를 고려한 정보모델 생성 • 철도인프라 정보모델 생성을 위한 여러 참여자간의 협업 가이드라인 • 특정 정보모델러(정보모델링 전문가)에 대한 독립성 유지
철도인프라 디지털 모델의 정보모델화 기술	• 기존 철도인프라 대한 정보모델링 지원 • 정보생성의 사후 지원으로 인한 정보모델링에 대한 진입장벽 완화 • 비 연속적 생애주기 단계에서의 정보연계 지원

마. 기대효과

○ 기술적 효과

- 정확한 철도인프라 정보모델의 생성 가능
- 생애주기 단계별 필요정보의 명확화: 불필요 데이터 과잉생성 억제, 필요정보의 미생성 문제 제어
- 철도인프라 정보모델 생성 및 활용에 대한 접근성 향상
- 철도인프라 정보모델 생성 및 생성 데이터에 대한 일관성(consistency) 보장
- 생애주기 단계별 생성모델의 재활용성 증가
- 철도인프라분야 정보모델기반 응용기술의 확산

○ 경제적 효과

- 철도인프라 정보모델 생성, 재생성, 변경 등 업무의 시간적 효율성 향상
- 데이터 과잉생성 억제로 인한 시간적, 비용적 측면의 업무 효율성 향상
- 생애주기 단계별 생성모델 재활용성 증가로 인한 시간적, 비용적 측면의 업무 효율성 향상
- 유지관리를 위한 정보모델 생성비용 감소

- 철도인프라 정보모델 생성 및 활용에 대한 접근 향상으로 인한 전문 인력 활용 비용 절감

○ 사회적 효과

- 철도인프라 각 시설물 정보모델링에 대한 국제적 경쟁력 확보
- 손쉬운 모델 생성에 따른 철도인프라에 대한 BIM활용 활성화
- 정보재활용률 향상에 따른 사회적 비용 감소

5. 인력투입계획 및 소요예산산정

가. 연구일정에 따른 인력투입계획

○ 본 과제의 연구일정에 따른 연구인력 총 투입 연인원은 44인으로 구성된다.

표 77 인력투입계획 총괄표

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
철도인프라 표준정보모델링 기술개발	9	13	13	9	44	36.1

나. 소요예산산정

○ 연구비 총괄표

- 철도인프라 표준정보모델링 기술개발은 1차년도 7억, 2차년도 11억, 3차년도 10억, 4차년도 7억 등 총 35억으로 구성된다.

표 78 연구비 총괄표

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
철도인프라 표준정보모델링 기술개발	700	1,100	1,000	700	3,500	35.0

(단위 : 백만원)

○ 세부 총괄표

표 79 세부연구비 총괄표

비 목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합 계	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부 인건비		406,608	619,716	539,220	356,556	1,922,100	55
2) 직접비	연구장비재료비	연구기자재 및 시설비	60,000	60,000	60,000	60,000	240,000	7
		시작품 제작비	-	60,000	90,000	60,000	210,000	6
		재료비	10,000	20,000	20,000	20,000	70,000	2
	연구활동비	여비	32,529	49,577	43,138	28,524	153,768	4
		수용비 및 수수료	24,396	37,183	32,353	21,393	115,326	3
		기술정보 활동비	44,727	68,169	59,314	39,221	211,431	6
	연구수당		60,991	92,957	80,883	53,483	288,315	8
3) 간접비			60,749	92,398	75,092	60,822	289,060	8
4)	합계		700,000	1,100,000	1,000,000	700,000	3,500,000	100%

(단위 : 천원)

6. 과제제안요구서(RFP)

연구과제명	철도인프라 표준 정보모델링 기술개발
1. 연구개발 목표	
○ 철도인프라의 생애주기별 정보모델 생성을 위한 표준 절차의 정립을 통해 정보모델링의 업무 효율성 향상과 정보모델의 고품질화를 목적으로 함.	
2. 연구개발 필요성	
□ 연구개발의 필요성	○ 철도인프라는 미래 국가 교통정책 패러다임 변화로 인한 핵심 교통수단으로 주목받고 있음. 국토해양부는 전체 교통분야 투자 중 2020년엔 50%까지 확대추진이 예상되며, 이에 따른 BIM 활용 철도인프라 구축의 생산성 증대가 요구되고 있음. ○ 미국의 경우, 철도인프라 분야에서의 BIM활용비율이 2013년에는 50%이상이 될 것으로 예상되고 있으나, 국내 철도인프라 산업의 경우, 뚜렷한 정보모델링에 대한 절차가 없음. ○ 철도인프라 분야에서 BIM을 활용하는 경우에도 대부분의 경우가 형상모델 중심의 가시화에 초점이 맞추어져 있음. 이는 정보모델 구현방법에 대한 확립이 미흡함에 기인함. ○ 공용기간이 긴 철도인프라의 경우, 유지관리단계에서 정보모델의 활용가치가 매우 높아 이를 고려한 정보모델 생성방법의 정립이 절실함. ○ 정보모델링의 업무 효율성 향상과 고품질화를 위해 BIM 객체 라이브러리의 활용은 필수적이어서, 해외의 경우는 국가적 차원에서 철도인프라에 대한 객체 라이브러리 구축이 진행 중에 있으나, 국내의 경우에는 초기 연구단계의 수준임. ○ 철도인프라 정보모델링에 대한 전문인력이 부족하며, 교육서비스 체계도 미흡하여, 철도인프라 분야 BIM 확산이 더디게 진행되고 있음.
□ 기술동향	○ 철도인프라 정보모델링 부분 - 노르웨이 오슬로의 Stavanger ~ Drammen의 약 500 km 고속철도 구간을 BIM 소프트웨어를 활용하여 모델링을 수행하였음. 해당 프로젝트는 철도의 경로, 지형 및 지하공간 등에 초점을 맞추고 있으며, 개념설계단계에서 빠르게 의사결정을 지원하는 특징이 있음. - 영국의 Crossrail은 2005년부터 기획을 시작하여 2017년 개

통을 목표로 하는 약 100 km에 이르는 BIM기반 철도 프로젝트임. Crossrail에서의 BIM의 역할은 설계 및 시공단계에서의 3차원 가시화 및 시공성 검토에 있으며, 이후 운영단계에서의 자산관리 체계 제공에도 목적이 있음. 특히 Crossrail에서는 협업과 정보의 흐름관리를 위한 표준 및 가이드라인을 제시하여 이에 따라 엄격하게 품질을 관리하고 있음.

- 홍콩 MRT 프로젝트는 2011년부터 2015년까지 홍콩과 베이징을 고속철도로 연결하는 프로젝트로, 고속철도 및 터미널에 대한 3차원 가시화와 파라메트릭 설계 및 간섭검토가 BIM의 중요역할임.

○ 정보모델 생성을 위한 BIM 객체 라이브러리 구축 부분

- KBIM은 국내 건축분야 BIM 표준라이브러리로 건축물에 대한 약 127개의 특정 소프트웨어 기반의 객체를 제공하고 있음.
- 영국의 NBS에서는 National BIM Library를 통해 건축물 부위에 해당하는 약 400여개의 개방형 국제표준의 형태 및 특정 소프트웨어 기반의 객체를 제공하고 있음.
- 미국의 SmartBIM에서는 약 77,000개 이상의 건축객체를 일반객체와 자재생산업체가 제공하는 객체로 나누어 특정소프트웨어 기반으로 제공하고 있음.
- Autodesk Seek에서는 Autodesk 제품군에서 활용할 수 있는 형태로 미국 건설정보분류체계에 따라 약 65,000개의 객체를 제공하고 있음.

3. 연구개발 내용

○ 1차년도: 철도인프라 정보모델 생성을 위한 기본체계의 구성

□ 철도인프라 정보관리 및 모델링 기술의 측면

- 철도인프라의 시설물 단위 LoD 정립
- COBie 기반 철도인프라의 생애주기를 고려한 정보모델 생성 공통개념 정립

□ 철도인프라 시설물별 객체 라이브러리 생성의 측면

- 철도인프라 구성 부재요소의 기본 형상군 정의 및 개발

□ 철도인프라 디지털 모델의 정보모델화 측면

- 디지털 모델 대상 시설물별 객체의 특성도출 방안 개발

○ 2차년도: 철도인프라 표준 정보모델링 기술개발(I)

□ 철도인프라 정보관리 및 모델링 기술의 측면

- 생애주기를 고려한 철도인프라의 구조물(교량, 터널) 대상 정보모델 생성 절차 및 모델링 환경 구성
- 파라메트릭 기법을 활용한 객체 조합방안 개발

□ 철도인프라 시설물별 객체 라이브러리 생성의 측면
- 철도인프라의 구조물(교량, 터널) 대상 객체 라이브러리 생성

○ 3차년도: 철도인프라 표준 정보모델링 기술개발(II)

□ 철도인프라 정보관리 및 모델링 기술의 측면
- 생애주기를 고려한 철도인프라 지형, 궤도 및 시스템분야(신호, 통신, 전기분야) 대상 정보모델 생성 절차 및 모델링 환경 구성

□ 철도인프라 시설물별 객체 라이브러리 생성의 측면
- 철도인프라의 지형, 궤도 및 시스템분야 대상 객체 라이브러리 생성

□ 철도인프라 디지털 모델의 정보모델화 측면
- 디지털 모델 대상 철도인프라 부재요소의 객체 의미정보 생성 방안 개발

○ 4차년도: 철도인프라 표준 정보모델링 기술의 보완 및 보급/확산방안 정립
- 철도인프라 정보모델의 생성을 통한 제시 방안의 검토 및 보완
- 객체 라이브러리 생성 및 활용 매뉴얼 개발
- 철도시설물별 정보모델 생성 절차에 따른 교육 / 확산 방안 정립

4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 철도인프라 정보모델 생성의 효율성을 고려하여 생애주기 단계에 따른 생성정보의 명확화, 기존 디지털 모델의 재활용하기 위한 전략, 객체 라이브러리를 활용하는 방안 등을 중점 연구 ○ 철도인프라의 전 생애주기를 고려한 정보모델링 ○ 정립한 표준 절차에 기반하여 철도인프라 정보모델링의 전문인력 양성 프로그램 구성
□ 추진체계	○ 영역별 전문가 그룹간의 협업체 구성: 실질적 문제점에 따른 발전적 개발방향 모색, 철도인프라 생애주기에 근간한 합리적 모델 생성절차 도입 ○ 건축사례 및 해외 철도인프라 건설 선진 프로젝트의 벤치마킹 - 건설 프로젝트에서의 BIM 활용방법에 대한 벤치마킹 - 해외 철도인프라 건설 선진 프로젝트 참여자의 자문 - 해외 유명 학술대회/회의 참석 및 최신동향 반영

○ 철도인프라에 적합한 BIM 소프트웨어의 도입 및 개발
○ 철도인프라 정보모델링과 관련한 교육 프로그램 구성: 전문학회(대한토목학회, 한국철도학회, 한국건설관리학회, 한국BIM학회 등) 및 유관 연구센터 등을 통한 체계화된 교육 / 정보모델 활용기술 확산 / 노하우 축적

5. 최종성과물

○ 철도인프라 각 시설물별 객체 라이브러리 및 조합방안
○ 생애주기 고려 철도인프라 정보모델링 표준 절차 및 가이드
○ 철도인프라 디지털 모델의 정보모델화 방안
○ 철도인프라 정보모델 생성을 위한 교육 프로그램

6. 기대효과 및 파급효과

○ 기술적 파급효과
- 정확한 철도인프라 정보모델의 생성 가능
- 생애주기 단계별 필요정보의 명확화: 불필요 데이터 과잉생성 억제, 필요정보의 미생성 문제 제어
- 철도인프라 정보모델 생성 및 활용에 대한 접근성 향상
- 철도인프라 정보모델 생성 및 생성 데이터에 대한 일관성(consistency) 보장
- 생애주기 단계별 생성모델의 재활용성 증가
- 철도인프라분야 정보모델기반 응용기술의 확산

○ 경제적 파급효과
- 철도인프라 정보모델 생성, 재생성, 변경 등 업무의 시간적 효율성 향상
- 데이터 과잉생성 억제로 인한 시간적, 비용적 측면의 업무 효율성 향상
- 유지관리를 위한 정보모델 생성비용 감소
- 철도인프라 정보모델 생성 및 활용에 대한 접근 향상으로 인한 전문인력 활용비용 절감

○ 사회적 파급효과
- 철도인프라 정보모델링에 대한 국제적 경쟁력 확보
- 손쉬운 모델 생성에 따른 철도인프라에 대한 BIM활용 활성화
- 정보재활용률 향상에 따른 사회적 비용 감소

7. 연구기간 및 소요예산

○ 총 연구기간 : 2015년~2018년 (4년)
○ 총 정부출연금 : 35억

○ 1차년도 연구개발비 : 7억

○ 연차별 예산

구분	2015년	2016년	2017년	2018년
정부	7억	11억	10억	7억
민간	-	-	-	-
합계	7억	11억	10억	7억

8. 기타	

○ 본 과업에서 달성하고자 하는 기술의 핵심은 철도인프라 객체 라이브러리를 활용하여 파라메트릭 모델링이 가능한 고품질의 정보모델 생성의 표준 절차를 정립하는 것임.

○ 본 과업의 대상이 되는 분야는 철도인프라를 구성하고 있는 구조물 또는 시설물 중에서 차량 및 역사를 제외한 인프라 항목(지형, 교량, 터널, 궤도, 전기, 신호, 통신분야)으로 정보모델링을 위한 객체 라이브러리는 기능적 역할을 고려한 수준에서 생성함. 또한 철도인프라 각 시설물 간의 유기적인 결합을 위한 관계성 정의, 제약조건 설정 등의 방법론을 정립함.

7. 연차별 성과목표 및 평가방법(안)

세부 과제명	연차	핵심목표	목표 성과물	성과지표	평가방법
철도인프라 표준 정보모델링 기술개발	1차년도	철도인프라 정보모델 생성을 위한 기본체계의 구성	철도인프라 시설물별 LoD 및 시설물별 객체 특성도출 체계 COBie기반 철도인프라 정보모델 생성 공통개념	생애주기에 따른 철도인프라 시설물별 LoD 정립 여부 철도인프라 정보모델 생성 공통 개념정립 여부	생애주기에 따른 정 생성 공통개념 및 등의 학술적 검
			학술논문	게재 3건 이상	논문게재 건수
	2차년도	철도인프라 표준 정보모델링 기술개발(I)	철도인프라 구조물에 대한 객체 라이브러리 및 정보모델 생성 절차	철도인프라 구조물의 객체 라이브러리 생성 여부 및 철도인프라 구조물 정보모델 생성 일치도	객체 라이브러 파라메트릭 모델 철도인프라 정보 생성절차에 대한 검증
			학술논문	게재 5건 이상	논문게재 건수
			객체 라이브러리(구조물)	객체 라이브러리 생성	라이브러리 생성
	3차년도	철도인프라 표준 정보모델링 기술개발(II)	철도인프라 지반, 궤도 및 시스템분야 대상 정보모델 생성 절차 및 온톨로지기반 객체 의미정보 생성 절차	철도인프라의 객체 라이브러리 생성 여부 및 철도인프라 정보모델 생성 일치도	객체 라이브러 파라메트릭 모델 철도인프라 정보 생성절차에 대한 검증
			학술논문	게재 5건 이상	논문게재 건수
			객체 라이브러리	객체 라이브러리 생성	라이브러리 생성
	4차년도	철도인프라 표준 정보모델링 기술의 보완 및 보급/확산방안 정립	철도인프라 정보모델링 사용자 매뉴얼 및 철도인프라 정보모델	정보모델 생성 사용자 매뉴얼에 따른 모델생성 정확도	생애주기 단계에 정보모델 포함 데 검토
			학술논문	게재 3건 이상	논문게재 건수
			정보모델링 사용자 가이드	사용자 가이드 생성	사용자 가이드 생성

8. 추진일정(안)

세부 과제명	세부 수행 내용	1차년도				2차년도				3차년도	
		1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기
철도인프라 표준 정보모델링 기술 개발	생애주기를 고려한 철도인프라 시설물별 LoD 정립	■	■	■							
	COBie기반 철도인프라의 생애주기를 고려한 정보모델 생성 공통개념 정립		■	■	■						
	시설물별 객체의 특성도출 방안 개발		■	■	■						
	형상구현 매개변수 간 관계성 정의					■	■				
	철도인프라 구조물 대상 객체 라이브러리 생성					■	■	■			
	파라메트릭 기법을 활용한 객체 조합방안 개발						■	■			
	철도인프라의 구조물 대상 정보모델 생성 절차 및 모델링 환경 구성						■	■	■		
	철도인프라 지형 및 설비시설 대상 객체 라이브러리 생성									■	■
	철도인프라의 지형 및 설비시설 대상 정보모델 생성 절차 및 모델링 환경 구성										■
	디지털 모델 대상 철도인프라 부재요소의 객체 의미정보 생성방안 개발										■
	철도인프라 정보모델 생성절차 보완										
	철도인프라별 생애주기를 고려한 사용자의 정보모델 생성 매뉴얼 개발										
	철도시설물별 정보모델 생성절차에 따른 교육/확산방안 정립										

제7절. 철도인프라 BIM 정보 재활용 기술개발

1. 과제 개요

가. 추진배경

- ○ 철도인프라가 제공하는 서비스에 대한 더욱 향상된 기대치
  - 철도인프라분야는 기존의 철도수송으로써의 단순 역할을 넘어 이용객의 안전, 시간적/비용적 신뢰도 담보 등 보다 성숙한 서비스의 제공이 요구되고 있음.
  - 특히, 철도인프라에 대한 이용 접근성 향상, 철도의 고속화, 철도인프라의 대형화 등에 따라 구조적 안전성과 시공 및 운영의 효율성을 동시에 만족시켜야 함.
- ○ BIM 활용으로 인한 가시적 효과
  - 건축분야를 중심으로 적극적인 BIM의 활용으로 고객의 니즈를 더욱 충족시켜 주고 있음.
- ○ 철도인프라분야에서도 BIM을 도입한 건설 프로젝트 수행 사례가 있지만, 현재까지 실질적으로 주로 활용하는 부분은 구성요소 간섭검토, Digital MockUp (DMU), 시공 시뮬레이션 등 주로 3차원 형상모델의 활용에 그치고 있는 실정임.
- ○ BIM의 활용 잠재력의 측면에서 보았을 때, 모델이 포함하고 있는 내부 속성의 정보까지 적극적으로 이용한 응용분야에서의 정보활용에 대한 방안이 제시되어야 더욱 진일보한 효과를 얻을 수 있음.

나. 필요성

건설 프로젝트에 있어서 구조해석, 건설비용산정 등은 반드시 수행해야 하는 업무들로, 설계, 시공 및 유지관리 단계에 큰 영향을 미침. 특히 철도인프라의 경우에는 구조적 안전성의 검토 및 확보는 매우 중요한 영역 중 하나이며, 건설비용의 산정업무 역시 건축물의 업무에 비해 더욱 복잡함.

BIM의 실질적 효과는 이전에 생성되어 있던 정보를 시설물의 전 생애주기 동안의 각 단계에서 필요한 상황에 따라 적합하게 재활용할 수 있다는데 있음. 그럼에도 불구하고, 철도인프라분야에서 BIM을 활용하는 단계는 주로 3차원 형상모델을 활용한 가시화에 그치는 경우가 대부분임. 이러한 부분은 응용영역으로의 정보 재활용을 위한 정보전달 체계가 구축되지 않음에 기인하는 것으로, 국제적으로도 철도인프라에 대한 응용영역으로의 정보 활용체계의 구축은 미흡한 실정임.

국내 철도인프라 분야의 경우 정보 재활용의 명확한 체계가 구성되면, 일원화된 발주기관 및 프로세스로 인해 그 효과가 극대화될 수 있는 특징을 가지고 있으며, 국제적으로 기술을 선도할 수 있는 기회를 얻을 수 있어 조속한 기술개발이 필요

함. 특히, 철도교통이 전체 수송에서 차지하는 비율이 증가한다는 점과 공용기간이 수 십 년에 이르는 특성을 고려했을 때, 철도인프라를 대상으로 하는 BIM 정보 재활용의 기술개발은 노령화 시대에 따른 전문인력 감소에 대응할 수 있는 필수기술임.

다. 기술정의

형상의 표현과 함께 필요한 속성에 대한 정보를 생성하는 정보모델링의 과정을 통해 만들어지는 철도인프라 정보모델을 기반으로 구조해석이나 건설비용 산정과 같은 모델 활용의 영역에서 정보의 손실을 최소화하는 재활용의 기술을 개발함. 또한 생성한 정보모델을 저장하고 공유할 수 있는 사용자 환경 및 매뉴얼도 개발함.

라. 연구범위 설정

본 과업은 철도인프라에 대한 형상과 이에 대한 속성을 포함하는 정보모델이 구축되어 있는 상황에서 이를 활용하는 부분에 중점을 두는 것임. 이를 위하여 문서, 계측정보 등 응용분야에서 중추적으로 활용할 정보를 정보모델과 효과적으로 연계하는 요소기술과 이들의 연구결과를 활용하여 구조해석, 건설비용 산정 등과 같이 실제 업무에서 직접 활용이 가능한 응용기술을 개발하는 것을 범위로 함. 또한 생성한 정보모델을 저장하고 공유하기 위한 체계 및 플랫폼을 개발하여 정보재활용을 위한 기반환경을 제공함.

2. 현황 및 문제점

현재까지 건설분야에서 완전하게 자리 잡지 못한 BIM 시스템으로 인해, 정보모델의 구축과 정보모델을 활용하는 단계 사이에는 정보가 완전하게 공유되지 못한 문제점이 발생하고 있음.

특히, 국제적으로도 철도인프라분야 BIM의 도입이 비교적 최근에 이루어져, 결과물 중심으로 정보모델 생성에 주력하여 아래와 같이 장기적 관점에서 모델 활용에 대한 고려가 미흡한 상황임.

- 3차원 형상 가시화에 초점을 둔 정보모델의 생성으로 인해 구조해석을 위한 연결점에 대한 정보, 구조물 생성과정에서 사용되는 가시설에 대한 고려, 문서정보 및 계측정보 등 외부 정보와의 연결점 등에 대한 요소를 고려하지 않음.

건축분야 역시, 응용분야를 고려한 체계적인 정보모델의 생성 및 이에 대한 정보흐름에 대한 방식이 아직은 정형화되고 있지는 못한 실정인데, 이에 따라 구조해석, 물량 산출 등과 같은 응용분야에서의 정보모델의 활용은 상용 소프트웨어에서 제공

해주는 기능 중심이 대부분임. 이에 따라 아래 그림과 같이 응용분야에서의 정보 재활용을 위한 재작업 역시 이종 소프트웨어에 필요정보를 입력하는 부분의 비중이 큼.

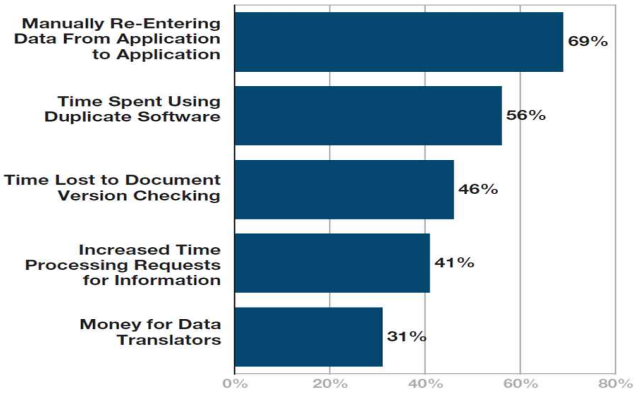


그림 82 응용분야 정보 재활용 저하 요인,
McGrawHill Construction, 2007

특히, 철도인프라분야의 경우는 건축분야와 달리 철도인프라 구성요소가 가지는 기능적 의미에 대한 식별과정에 대한 국제적 합의가 도출되지 못한 상황이라, 건물의 사례에 비해 작업자의 노동력이 더욱 많이 투입되어야 하며, 수작업에 따른 품질의 저하문제 발생할 가능성이 높음.

철도인프라분야에서 3차원 형상정보를 중심으로 관련 문서정보, 계측정보, 이력정보 등의 활용을 위한 부분은 정보모델이 포함하고 있지 않은, 또는 포함하기 힘든 외부정보와의 연계에 대한 문제로, 이는 기본적으로 철도인프라 정보모델이 가지고 있는 구성체계 및 구성요소의 기능적 문제를 고려해야 함. 따라서 이를 지원해줄 수 있는 연구개발은 필수적으로 수행되어야 하는 부분임.

3. 동향 분석

○ 건축분야에서 정보모델을 활용한 건물의 물량산출은 형상정보에 기인하며, 과정을 배제한 결과물 중심의 물량 도출은 대부분의 소프트웨어에서 지원하고 있음.

- 이러한 기술은 건물의 구성요소에 대한 의미식별을 기반으로 하는 것으로, 철도인프라 분야에 그대로 적용은 불가하며, 현재 대부분의 사례는 정보교환의 측면이 아닌 소프트웨어 내부 기능을 활용하는 경우임.

○ 정보교환의 측면에서의 건설비용 및 비용산출의 경제성 향상

- Quntity Takeoff Information Exchange (QTie): 미육군공병단(United States Army Corps of Engineers, USACE)과 AACE (The Association for the Advancement of Cost Engineers)를 중심으로 BIM을 기반으로 보다 명확한 수량산출을 위해 프로젝트 시작. 물량산출을 위해 IFC 데이터 모델 기반의 Information Delivery Manual (IDM)의 초안을 제공하였으며, 건설비용의 절감을 위해 객체의 양, 품질, 시설물의 설치방법의 세 가로 구분하는 방식을 제시함. 물량산출에 대한 단계를 구분하여 비용 평가에 대한 Level을 정의함.
- buildingSMART International의 건물의 물량 산출을 위한 IDM 개발 연구: 물량 산출을 위한 정보의 흐름에 초점이 맞추어진 연구 프로젝트로, 결과물로써의 정보모델이 가지고 있는 기본 형상정보를 바탕으로 전체 건설 물량을 연산해 나가는 방식으로 진행하고 있음.

○ 건축분야에서 정보모델을 활용한 구조해석은 대부분 응용영역의 전문프로그램과의 연동을 통해 이루어지며, 이 과정에서 접점 연결과 같은 세부 작업이 요구되고 있는 실정임.

- 건축분야에서도 보다 명확한 정보의 재활용을 위한 정보전달체계에 대한 연구 프로젝트가 지속적으로 진행 중에 있음.

○ 정보교환의 측면에서의 구재해석 정보와의 연동

- buildingSMART International의 구조해석 정보와의 연동을 위한 IDM 개발 연구: 건물의 기본 프레임 해석을 위한 접합점의 변환문제, 해중 재하문제 등을 다뤄왔으며, 최근에는 아직은 구체적인 고려대상이 되고 있지 않은 FEM 해석, 동적해석 등의 연구프로젝트도 시작하고 있음.

▷ 구조해석, 물량/비용 산출 등 응용영역에서의 정보모델 활용은 기본적으로 정보의 생성단계에서도 고려해야하는 부분으로, 건축분야의 IFC의 경우에는 Domain Layer 부분을 통해 일부 다루고 있음. 그러나 이는 정보의 생성 및 관리의 차원으로, 실질적인 활용을 위해서는 IDM 등과 같은 명확한 정보의 전달

방식/체계가 규정되어 있어야 시스템적으로 정보의 손실을 최소화할 수 있음. 철도인프라분야의 경우, 정보의 흐름 차원의 원천기술 차원의 응용분야 활용 프로세스에 대한 연구는 거의 없는 상황으로, 이에 대한 조속한 기술개발은 국제적으로도 기술을 선도할 수 있는 기회가 될 수 있음.

4. 연구과제 개발 및 추진전략

가. 핵심후보과제 주요내용 및 추진전략

(1) 후보과제 주요내용

연구과제를 통해 개발하고자 하는 분야로는 크게 응용분야에서 정보 재활용을 위한 데이터 가공기술을 개발하는 것과 응용분야 정보 재활용기술을 개발하는 것으로 구분할 수 있음.

○ 응용분야에서 정보 재활용을 위한 데이터 가공기술 개발
- 정보모델을 활용하여 이루어지는 생애주기의 모든 업무를 지원하는 BIM 시스템의 측면으로 고려했을 때, 정보모델은 시설물에 대한 정적인 결과물을 담당하는 것이므로, 엔지니어링 문서정보나 계측정보와 같이 외부의 동적인 정보들은 BIM 시스템 안에서 정보모델과의 연계가 필요함. 따라서 이러한 정보를 효과적으로 연계하기 위해서는 정보의 구조화, 정보연계의 표준화 기술 등이 개발되어야 함. 따라서 본 과업에서는 철도인프라를 대상으로 생애주기 동안 생성되는 문서, 계측정보 및 이력관리를 위한 표준화 기술을 연구함.

○ 응용분야 정보 재활용기술 개발
- 본 과업에서는 결과물 중심의 정보모델을 기반으로 구조해석 및 건설비용 산정에 필요한 정보의 흐름 분석을 통해 철도인프라의 시설물을 대상으로 이를 적용할 수 있는 기술을 개발함.

○ 철도인프라 정보모델 저장 및 활용기술 개발
- 생성한 정보모델을 저장할 수 있는 기술을 개발함. 정보모델의 저장은 생성한 정보의 손실이 없도록 객체 모델 단위의 저장기술이어야 함.
- 철도인프라 정보모델의 공유는 사용자가 손쉽게 접근하고 활용할 수 있어야 함.

이에 따른 연차별 연구 개발 내용은 다음과 같음.

○ 1차년도: 철도인프라 BIM 정보 재활용을 위한 기본 기술의 정립
- 정보 재활용을 위한 데이터 가공기술 개발의 측면

- 문서정보 수집 및 의미적 구조화 방법 개발
  - 응용분야 정보 재활용을 위한 기반기술 개발의 측면
- 정보모델의 외부정보 연계 표준 프로세스 개발
  - 철도인프라 정보모델 저장 및 활용기술 개발의 측면
- 철도인프라 정보모델의 저장 및 공유 기본 프레임워크 개발

○ 2차년도: 철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발(I)
  - 정보 재활용을 위한 데이터 가공기술 개발의 측면
- 정보모델기반 계측 및 이력정보 관리 표준화 기술 개발
  - 응용분야 정보 재활용을 위한 기반기술 개발의 측면
- 철도인프라 구조해석 IDM기반 형상정보-구조해석 연계기술 개발
  - 철도인프라 정보모델 저장 및 활용기술 개발의 측면
- 객체지향형 철도인프라 정보모델 저장 체계 개발

○ 3차년도: 철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발(II)
  - 정보 재활용을 위한 데이터 가공기술 개발의 측면
- 정보모델과 문서, 계측, 이력정보의 통합/연계방안 개발
  - 응용분야 정보 재활용을 위한 기반기술 개발의 측면
- 철도인프라 비용산정 IDM기반 형상정보-건설비용산정 연계기술 개발
  - 철도인프라 정보모델 저장 및 활용기술 개발의 측면
- 철도인프라 정보모델 공유 체계 개발

○ ○ 4차년도: 철도인프라 응용분야 정보 활용기술의 검토 및 보완
  - 철도인프라 응용분야 활용 모델의 생성을 통한 제시 방안의 검토 및 보완
  - 정보모델 저장 및 공유체계 보완
  - 철도인프라의 응용분야 정보 활용을 위한 가이드 개발

(2) 추진전략

○ 정보저장의 효율성 측면 고려
  - 정보모델링의 결과물적인 관점으로 정보모델과 통합해야하는 영역의 구분: 정보모델데이터로 통합관리
  - BIM 시스템적인 관점으로 외부정보로 연계해야하는 영역의 구분: 연계점 도출을 통한 외부 데이터베이스의 활용

○ 철도인프라 표준 데이터 모델기반
  - 정보의 상호운용성 및 영속성 확보
  - 활용 소프트웨어 대한 독립성 확보

○ 정보모델에 대한 접근성 향상
  - 국제표준의 방식에 따르는 모델공유 플랫폼의 제시
  - Cloud storage의 도입

○ 정보재활용 소프트웨어에 대한 사용자 경험(UX) 고려
- 기존에 사용하고 있던 응용영역의 전문 소프트웨어와 유사한 사용자 경험을 제공하여 체계전환에 대한 거부감 최소화

(3) 기술확보전략

○ 영역별 전문가들의 협업체 구성
- 철도인프라 설계/시공/운영 전문가 그룹: 철도인프라 각 시설물별 / 구성요소별 기능적 특징 고려
- 정보모델링 전문가 그룹: 응용영역을 고려한 정보모델의 생성 / 필요 외부정보의 연계
- 소프트웨어 개발자 그룹: 기존 응용역역 전문 소프트웨어와의 안정적 연계 고려

○ 국내 유사과제 연구진 및 유관 소프트웨어 개발진의 자문
- 초고층빌딩설계기술 개발사업, 도시건축연구사업 참여연구진의 자문: 철도인프라분야 특성화
- 정보모델링-구조해석-비용산출-외부정보연계 관련 소프트웨어들의 데이터 흐름 검토

○ 건설정보관련 국제표준기구 및 관련학회의 자문
- buildingSMART International User Group, Implementation Support Group, 아시안토목공학협의회 (ACECC) BIM 기술위원회, 유럽 INSPIRE, 대한토목학회, 한국건설관리학회, 한국BIM위원회 등

○ 건축사례 및 해외 선진 프로젝트 벤치마킹
- 건설 프로젝트에서의 BIM 활용방법에 대한 벤치마킹
- 해외 철도인프라 건설 선진 프로젝트 참여자의 자문
- 해외 유명 학술대회/회의 참석 및 최신동향 반영

나. 기존기술과의 차별성

표 80 세부과제 차이점 비교

과제명	연구 책임자	비고	
		상호유사성	코레일 적용 여부
가상건설시스템 개발사업	최철호 ((주) 두올테크)	•전체 연구내용 중 가상건설기반의 구조설계에 대한 연구내용을 포함하고 있음. •그러나 해당연구는 구조해석 모듈과의 연계에 초점을 두고 있어 표준정보모델을 활용하여 전 생애주기동안 구조해석정보를 관리하고자 하는 본 연구와는 차이가 있으며, 철도인프라를 다루고 있지도 않음.	×
설계생산성 향상을 위한 개방형 BIM기반 설계환경 개발 기획 (2012)	조찬원 (한국빌딩스마트협회)	•해당 기획연구는 BIM라이브러리 유통과 관련한 연구항목을 포함하고 있음. •해당연구는 기획단계의 것으로 라이브러리를 유통하기 위한 기술적 방법론은 상호 협조를 통한 최적의 방안을 도출해야 할 것으로 보임. •그러나 해당연구와는 대상 구조물이 다른 것으로, 구조물 및 구조물의 구성요소가 핵심적인 역할에 차이가 있어, 이를 공유 및 유통하는 방식에도 차이를 보임.	×
초고층빌딩설계기술 개발사업	정란 (단국대학교)	•전체 연구내용 중 BIM을 활용하여 설계단계에서 구조해석을 지원할 수 있는 방안에 대한 부분을 포함하고 있음. •그러나 해당연구는 건축구조물에 한정되어 있는 것으로, 동적 해석이 주요 요소인 철도인프라에 적용하기는 어려움.	×
분류체계 정립 및 개산 견적 시범 프로그램 개발을 통한 BIM 공사비 관리 강화	조찬원 (한국빌딩스마트협회)	•BIM을 활용하여 공사비를 개산할 수 있는 방안을 연구함. •공사비 산정의 기본이 IFC로 철도인프라에는 그대로 적용이 불가하며, 건축물의 공사비 산정이 비교적 규격화되어 있는 반면, 철도인프라의 경우, 고려해야할 항목이 더욱 많음.	×

다. 과제별 연차별 로드맵

표 81 과제별 연차별 로드맵

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
철도인프라 BIM 정보 재활용기술 개발	• 정보모델의 외부정보 연계 표준 프로세스 개발 • 철도인프라 정보모델의 저장 및 공유 기본 프레임워크 개발 • 문서정보 수집 및 의미적 구조화 방법 개발	• 정보모델기반 계측 및 이력정보 관리 표준화 기술 개발 • 철도인프라 구조해석 IDM기반 형상정보-구조해석 연계기술 개발 • 객체지향형 철도인프라 정보모델 저장 체계/플랫폼 개발	• 정보모델과 문서, 계측, 이력정보의 통합/연계방안 개발 • 철도인프라 비용산정 IDM기반 형상정보-건설비용산정 연계기술 개발 • 철도인프라 정보모델 공유 체계/플랫폼 개발	• 기본 정보모델을 활용한 응용분야 활용 모델의 생성 • 응용분야 활용모델의 검토 및 보완 • 정보모델 저장 및 공유 체계/플랫폼 보완
성과물	• 문서정보의 구조화 • 정보모델-외부정보 연계 표준 프로세스	• 철도인프라 정보모델과 문서정보의 의 통합/연계 방안 • 철도인프라의 정보모델-구조해석 연계 IDM	• 계측 및 이력정보 관리 표준화 방안 • 철도인프라의 정보모델-비용산정 연계 IDM	• 응용분야 활용 통합정보모델 • 정보모델 저장 및 공유 체계/플랫폼

라. 성과활용방안

표 82 성과활용방안

구 분	성과활용방안
엔지니어링 문서정보의 구조화 및 정보모델과의 연계 방안	• 문서정보 저장의 체계화 / 명확화 • 문서정보 검색의 효율성 향상 • 철도인프라 정보모델과 문서정보의 통합 / 의미적 연계
계측 및 이력정보 관리 표준화	• 계측정보 저장의 체계화 / 명확화 • 철도인프라 정보모델과의 계측정보 연계 • 계측정보 필요 단계에 대한 정보 전달 • 계측정보의 재활용
구조해석이 가능한 철도인프라 정보모델의 구성	• 구조적 안전성을 고려한 철도인프라 관리 • 설계변경에 따른 해석업무 효율성 향상
비용산정이 가능한 철도인프라 정보모델의 구성	• 시공, 유지관리 업무 계획 • 예산투입의 적절성 검토
철도인프라 정보모델 저장 및 공유 플랫폼	• 철도인프라 객체 라이브러리의 지식베이스화 • 철도인프라 객체 라이브러리의 재활용성 향상 • 객체 라이브러리 활용범위 확장 • 객체 라이브러리의 활용을 위한 사용자 접근성 향상

마. 기대효과

○ 기술적 효과
- 철도인프라 정보모델의 활용영역의 확대
- 문서 및 계측정보 관리의 체계화 / 명확화
- 철도인프라 생애주기 간의 정보 재활용성 향상 및 생애주기에 대한 정보 관리 일관성 확보

○ 경제적 효과
- 건설프로젝트의 초기단계에서의 설계오류 감소로 인한 시간적, 비용적 경쟁력 확보
- 구조해석 및 건설비용 산정의 효율성 향상
- 부가적 문서생성의 간소화로 인한 경제성 향상

○ 사회적 효과

- 정보모델의 실제업무 활용성 향상에 대한 기술 노하우 축적
- 철도인프라에 대한 BIM활용 활성화

5. 인력투입계획 및 소요예산산정

가. 연구일정에 따른 인력투입계획

○ 본 과제의 연구일정에 따른 연구인력 총 투입 연인원은 총 28명이다.

표 83 인력투입계획 총괄표

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
철도인프라 BIM정보 재활용기술 개발	6	9	8	5	28	23.0

나. 소요예산산정

○ 연구비 총괄표

- 철도인프라 BIM정보 재활용기술개발은 1차년도 5억, 2차년도 8억, 3차년도 7억, 4차년도 5억 등 총 25억으로 구성된다.

표 84 연구비 총괄표

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
철도인프라 BIM정보 재활용기술 개발	500	800	700	500	2,500	25

(단위 : 백만원)

○ 세부 총괄표

표 85 세부연구비 총괄표

비 목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합 계	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부 인건비		263,676	468,012	356,556	222,912	1,311,156	52
2) 직접비	연구장비재료비	연구기자재 및 시설비	50,000	50,000	50,000	40,000	190,000	8
		시작품 제작비	-	-	70,000	70,000	140,000	6
		재료비	20,000	25,000	25,000	20,000	90,000	4
	연구활동비	여비	26,368	37,441	28,524	22,291	114,624	5
		수용비 및 수수료	23,731	28,081	21,393	20,062	93,267	4
		기술정보 활동비	34,278	51,481	39,221	28,979	153,959	6
	연구수당		39,551	70,202	53,483	33,437	196,673	8
3) 간접비			42,396	69,783	55,822	42,319	210,320	8
4)	합계		500,000	800,000	700,000	500,000	2,500,000	100%

(단위 : 천원)

6. 과제제안요구서(RFP)

연구과제명	철도인프라 BIM 정보 재활용 기술개발
1. 연구개발 목표	
	○ 철도인프라 정보모델을 대상으로 문서정보 연계, 구조해석, 비용산출 등 응용영역에서의 효율적 정보 재활용을 위한 기본 기술을 개발하는 것을 목적으로 함.
2. 연구개발 필요성	
□ 연구개발의 필요성	○ 건설 프로젝트에 있어서 문서정보와의 연계, 구조해석, 건설비용산정 등은 반드시 필요한 업무영역으로, 설계, 시공, 운영 및 유지관리 단계에 큰 영향을 미침. 특히 철도인프라의 경우에는 구조적 안전성의 검토 및 확보는 매우 중요한 영역 중 하나이며, 건설비용의 산정업무 역시 건축물의 업무에 비해 더욱 복잡함. ○ 그럼에도 불구하고, 현재까지 실질적으로 주로 활용하는 부분은 구성요소 간섭검토, Digital MockUp, 시공 시뮬레이션 등 주로 3차원 형상모델의 활용에 그치고 있는 실정이며, 구조해석 등의 응용영역의 업무를 위해서 새롭게 모델을 재구성하는 경우가 대부분임. ○ 이러한 부분은 응용영역으로의 정보 재활용을 위한 정보전달체계가 구축되지 않음에 기인하는 것으로, 국제적으로도 철도인프라에 대한 응용영역으로의 정보 활용체계의 구축은 미흡한 실정임. ○ 국내 철도인프라 분야의 경우 정보 재활용의 명확한 체계가 구성되면, 일원화된 발주기관 및 프로세스로 인해 그 효과가 극대화될 수 있는 특징을 가지고 있으며, 국제적으로 기술을 선도할 수 있는 기회를 얻을 수 있어 조속한 기술개발이 필요함. ○ 특히, 철도교통이 전체 수송에서 차지하는 비율이 증가한다는 점과 공용기간이 수 십 년에 이르는 특성을 고려했을 때, 철도인프라를 대상으로 하는 BIM 정보 재활용의 기술개발은 노령화 시대에 따른 전문인력 감소에 대응할 수 있는 필수기술임.
□ 기술동향	○ 건축분야에서 정보모델을 활용한 건물의 물량산출은 형상정보에 기인하며, 과정을 배제한 결과물 중심의 물량 도출은 대부

분의 소프트웨어에서 지원하고 있음. 그러나 이러한 기술은 건물의 구성요소에 대한 의미식별을 기반으로 하는 것으로, 철도인프라 분야에 그대로 적용은 불가하며, 현재 대부분의 사례는 정보 교환의 측면이 아닌 소프트웨어 내부 기능을 활용하는 경우임.

○ 미육군공병단에서는 건물의 건설비용 및 산출의 경제성을 향상시키기 위해 QTie 프로젝트를 진행 중에 있음. QTie 프로젝트에서는 건설비용의 절감을 위해 객체의 양, 품질, 설치방법의 세 가지로 구분하고 있음.

○ buildingSMART International에서는 건물의 물량 산출을 위한 IDM 개발 연구 프로젝트를 진행 중에 있음. 해당 프로젝트는 물량 산출을 위한 정보의 흐름에 초점이 맞추어진 연구 프로젝트로, 결과물로써의 정보모델이 가지고 있는 기본 형상정보를 바탕으로 전체 건설 물량을 연산해 나가는 방식으로 진행하고 있음.

○ 건축분야에서 정보모델을 활용한 구조해석은 대부분 응용영역의 전문프로그램과의 연동을 통해 이루어지며, 이 과정에서 접점 연결과 같은 세부 작업이 요구되고 있는 실정임. 따라서 건축분야에서도 보다 명확한 정보의 재활용을 위한 정보전달 체계에 대한 연구 프로젝트가 지속적으로 진행 중에 있음.

○ buildingSMART International에서는 형상정보와 구조해석 정보의 안정적 연동을 위해 다양한 연구 프로젝트를 수행 중에 있음. 건물의 기본 프레임 해석을 위한 접합점의 변환문제, 해중 재하 문제 등을 다뤄왔으며, 최근에는 아직은 구체적인 고려대상이 되고 있지 않은 FEM 해석, 동적해석 등의 연구프로젝트도 시작하고 있음.

3. 연구개발 내용

○ 1차년도: 철도인프라 BIM 정보재활용을 위한 기본기술의 정립

□ 정보 재활용을 위한 데이터 가공기술 개발의 측면

- 문서정보 수집 및 의미적 구조화 방법 개발

□ 응용분야 정보 재활용을 위한 기반기술 개발의 측면

- 정보모델의 외부정보 연계 표준 프로세스 개발

□ 철도인프라 정보모델 저장 및 활용기술 개발의 측면

- 철도인프라 정보모델의 저장 및 공유 기본 프레임워크 개발

○ 2차년도: 철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발(I)

□ 정보 재활용을 위한 데이터 가공기술 개발의 측면

- 정보모델기반 계측 및 이력정보 관리 표준화 기술 개발

□ 응용분야 정보 재활용을 위한 기반기술 개발의 측면

- 철도인프라 구조해석 IDM기반 형상정보-구조해석 연계기술 개발

□ 철도인프라 정보모델 저장 및 활용기술 개발의 측면

- 객체지향형 철도인프라 정보모델 저장 체계 개발

○ 3차년도: 철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발(II)

□ 정보 재활용을 위한 데이터 가공기술 개발의 측면

- 정보모델과 문서, 계측, 이력정보의 통합/연계방안 개발

□ 응용분야 정보 재활용을 위한 기반기술 개발의 측면

- 철도인프라 비용산정 IDM기반 형상정보-건설비용산정 연계기술 개발

□ 철도인프라 정보모델 저장 및 활용기술 개발의 측면

- 철도인프라 정보모델 공유 체계 개발

○ 4차년도: 철도인프라 응용분야 정보 활용기술의 검토 및 보완

- 철도인프라 응용분야 활용 모델의 생성을 통한 제시 방안의 검토 및 보완
- 정보모델 저장 및 공유체계 보완
- 철도인프라의 응용분야 정보 활용을 위한 가이드 개발

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 정보저장의 효율성 측면 고려: 정보모델링의 결과물적인 관점으로 정보모델과 통합해야하는 영역과 BIM 시스템적인 관점으로 외부정보로 연계해야하는 영역으로 구분하여 실질적 업무 효율성 향상

○ 철도인프라 표준 데이터 모델기반: 철도인프라 표준 데이터 모델에 기반을 두어 정보의 흐름체계 구성 - 정보의 상호운용성 및 영속성 확보

○ 정보모델에 대한 접근성 향상: 국제표준의 방식에 따르는 모델공유 플랫폼의 제시로 정보사용자의 접근성 향상

○ 정보재활용 소프트웨어에 대한 사용자 경험(UX) 고려: 기존에 사용하고 있던 응용영역의 전문 소프트웨어와 유사한 사용자 경험을 제공하여 체계전환에 대한 거부감 최소화

□ 추진체계

○ 영역별 전문가들의 협업체 구성

- 철도인프라 설계/시공/운영 전문가 그룹: 철도인프라 각 시설물별 / 구성요소별 기능적 특징 고려
- 정보모델링 전문가 그룹: 응용영역을 고려한 정보모델의 생성 / 필요 외부정보의 연계

- 소프트웨어 개발자 그룹: 기존 응용역역 전문 소프트웨어와의 안정적 연계 고려

○ 국내 유사과제 연구진 및 유관 소프트웨어 개발진의 자문
- 초고층빌딩설계기술 개발사업, 도시건축연구사업 참여연구진의 자문: 철도인프라분야 특성화
- 정보모델링-구조해석-비용산출-외부정보연계 관련 소프트웨어들의 데이터 흐름 검토

○ 건설정보관련 국제표준기구 및 관련학회의 자문
- buildingSMART International User Group, Implementation Support Group, 아시안토목공학협의회 (ACECC) BIM 기술위원회, 유럽 INSPIRE, 대한토목학회, 한국건설관리학회, 한국BIM위원회 등

○ 건축사례 및 해외 선진 프로젝트 벤치마킹
- 건설 프로젝트에서의 BIM 활용방법에 대한 벤치마킹
- 해외 철도인프라 건설 선진 프로젝트 참여자의 자문
- 해외 유명 학술대회/회의 참석 및 최신동향 반영

5. 최종성과물

○ 정보모델과 문서, 계측, 이력정보의 통합/연계방안
○ 철도인프라 형상정보-구조해석 연계기술
○ 철도인프라 형상정보-건설비용산정 연계기술
○ 철도인프라 정보모델 저장 및 공유 체계

6. 기대효과 및 파급효과

○ 기술적 파급효과
- 철도인프라 정보모델 재활용성 강화
- 정보모델과 응용영역의 결합으로 인한 BIM System 구현
- 문서정보, 유지관리 이력정보의 연계 실현을 통한 행정업무 간소화
- 소프트웨어 독립적인 응용영역 업무의 수행
- 국내 철도인프라에 대한 BIM 환경 활성화

○ 경제적 파급효과
- 건설-IT 융합시장의 활성화
- 구조해석, 건설비용산정 등의 업무 간소화로 인한 시간적, 비용적 효과
- 철도인프라 응용영역 모델 생성비용 감소
- 철도인프라 정보모델 활용에 대한 전문인력 활용비용 절감

○ 사회적 파급효과

- BIM 정보 재활용에 대한 국제적 경쟁력 확보
- 정보재활용률 향상에 따른 사회적 비용 감소
- 철도인프라 분야 정보모델 활용 전문인력 양성
- 철도인프라 정보모델 활용에 대한 국제적 전문가 네트워크 구축

7. 연구기간 및 소요예산

○ 총 연구기간 : 2015년~2018년 (4년)
○ 총 정부출연금 : 25억
○ 1차년도 연구개발비 : 5억
◌ 연차별 예산

구분	2015년	2016년	2017년	2018년
정부	5억	8억	7억	5억
민간	-	-	-	-
합계	5억	8억	7억	5억

8. 기타

○ 본 과업에서 달성하고자 하는 기술의 핵심은 철도인프라 정보모델을 기반으로 구조해석이나 건설비용 산정과 같은 모델 활용의 응용영역에서 정보의 손실을 최소화하여 업무의 효율성을 향상시키는데 있음.
○ 본 과업은 철도인프라에 대한 형상과 이에 대한 속성을 포함하는 정보모델이 구축되어 있는 상황에서 이를 활용하는 부분에 중점을 두는 것임.

7. 연차별 성과목표 및 평가방법(안)

세부 과제명	연차	핵심목표	목표 성과물	성과지표	평가방법
철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발	1차년도	철도인프라 BIM 정보 재활용을 위한 기본 기술의 정립	외부정보 연계 표준 프로세스 및 정보모델 저장 및 공유 기본 프레임워크 엔지니어링 문서 구조화 방안	외부정보 연계 표준 프로세스 생성여부 엔지니어링 문서 구조화 가능 여부	표준 프로세스의 및 엔지니어링 대상 구조화 방 대한 학술적 검
			학술논문	게재 3건 이상	논문게재 건
	2차년도	철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발(I)	계측 및 이력정보 관리 표준화 방안 정보모델-구조해석 연계 방안 및 철도인프라 정보모델 저장방안	계측 및 이력정보 관리 표준 철도인프라 구조물 형상정보-구조해석 연계의 명확성 정보모델 객체 저장여부	계측 및 이력정보 표준의 포함 항 대한 학술적 검 저장한 객체의 재 검토
			학술논문	게재 4건 이상	논문게재 건
	3차년도	철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발(II)	정보모델-외부정보 연계 프로세스 정보모델-건설비용산정 연계 방안	정보모델-외부정보 연계 가능 여부 철도인프라 시설물 형상정보-건설비용산정 연계의 명확성	외부정보가 포함/ 정보모델의 생성
			학술논문	게재 4건 이상	논문게재 건
	4차년도	철도인프라 응용분야 정보 활용기술의 검토 및 보완	응용분야 활용 정보모델 및 정보모델 저장 및 공유 체계/플랫폼	응용분야 활용모델 생성여부 정보 저장 및 공유체계 제시 여부	응용분야 활용모 포함 데이터 검
			학술논문	게재 3건 이상	논문게재 건
			정보모델 공유 플랫폼	공유 플랫폼 생성	공유 플랫폼 생성

8. 추진일정(안)

세부 과제명	세부 수행 내용	1차년도				2차년도				3차년도	
		1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기
철도인프라 BIM 정보 재활용기술 개발	정보모델의 외부정보 연계 표준 프로세스 개발	■	■								
	철도인프라 정보모델의 저장 및 공유 기본 프레임워크 개발	■	■								
	문서정보 수집 및 의미적 구조화 방법 개발		■	■	■						
	정보모델기반 계측 및 이력정보 관리 표준화기술 개발					■	■				
	철도인프라의 구조해석 IDM기반 형상정보-구조해석 연계기술 개발					■	■	■			
	객체지향형 철도인프라 정보모델 저장체계 개발						■	■	■		
	정보모델과 문서, 계측, 이력정보의 통합/연계방안 개발									■	■
	철도인프라 비용산정 IDM기반 형상정보-건설비용산정 연계기술 개발									■	■
	철도인프라 정보모델 공유체계 개발										■
	응용분야 활용 모델의 생성 / 보완										
	정보모델 저장 및 공유체계/플랫폼 보완										

제8절. 능동형 BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 기술 개발

1. 과제 개요

가. 추진배경

○ 최근 국내외 건설산업은 첨단 IT를 중심으로 시장규모가 확대 중에 있으며, 생산성 및 경쟁력 향상을 위해 IT기술이 융합된 기술혁신이 요구되고 있음. 이러한 추세 속에 국내외에서는 다양한 연구가 이루어져 왔으며, 그 대안으로 BIM기술이 크게 부각되고 있음

○ BIM은 건축분야에 선도적으로 도입·활용되어 왔으며, 철도분야에서도 BIM은 도입이 적극적으로 검토되어야할 시기임. 건축분야가 한정된 공간에서 수직적, 반복적 공정이 주를 이루는 것과 달리, 철도사업은 토공사를 포함한 수평적, 비반복적 공정으로 이루어져 있으며, 공간적 광범위함은 철도분야에 BIM기술 적용이 늦춰진 이유이기도 함. 그러므로 건축에 활용되던 BIM과는 차원을 달리하여야하며, IT기술의 발전에 따라 조속히 도입하여야 하는 배경이기도 함

나. 필요성

○ 급증하는 국내외 고속철도 및 고속화철도인프라 수요에 대처하고, 향후 예상되는 고속철도 해외수주 경쟁에 선도적 기술력으로 대응하기 위해서는 첨단 기술기반의 철도건설 및 표준건설관리 플랫폼을 구축하고, 문제해결을 제시하는 능동적인 BIM정보를 기반으로 발주자를 위한 효과적인 사업관리 기술개발이 필요함

○ 토목/건축/전기/신호 등의 다양한 공학분야가 공존하는 철도사업은 철도시설 발주공단 측면에서 효과적인 사업관리를 할 수 있는 도구가 확립되지 않은 실정인데 반해, 현재 건축/플랜트 등의 타분야에서는 시각적인 공사정보에 더해 다차원 시뮬레이션을 통한 사업관리 운영체계를 활용하고 있으며, 그로 인한 효과가 검증되고 있음

○ 건축/플랜트 사업은 그 특성상 비교적 제한적인 공간에서 수직적, 반복적 작업에 집중되어 있는 반면, 철도시설공사는 대규모 토공작업, 광역작업현장에서의 수평적, 비반복적 작업과 다양한 공학분야가 유기적으로 연계되어 있으므로, 발주측면에서 전체 철도시설공사에 대한 효과적인 공정정보 관리를 위

해서는 전체공사에서 발생하는 복합적인 상황을 파악하고 문제을 해결할 수 있는 정보화도구 개발이 필요함

○ 이를 위해 철도시설 발주사업관리에 특화된 4D공정관리체계를 표준프레임워크 개념으로 구축하여, 발주기관에서 참여기관에 표준적 4D공정운영체계로 제공함으로써, 발주기관 측면에서는 사업구간 전체의 공정정보를 BIM기반으로 표준 관리가 가능하도록 할 필요가 있음. 또한 이는 중·소규모 기업들의 BIM정보 활용을 위한 투자비용 및 시간을 감소시킬 수 있으므로 장기적으로는 민간 BIM 생태계 활성화를 유도할 수 있음

○ 최근 국내외에서 BIM관련 연구들은 다양하게 진행됨에 따라, 다양한 시스템들이 개발되고 있으나, 기존의 연구는 공사정보에 대한 시각적인 정보만을 제공하는 수동적인 BIM정보의 활용 이였음. 철도시설공사의 전체사업관리를 위한 정보를 효율적으로 관리하고 활용하기 위해서는 사업을 진행하는 동안 발생하는 문제에 대한 해결방안까지 제시할 수 있는 능동적 BIM기반의 운영체계 구축이 필요함

○ 능동형 BIM은 기존의 일반 BIM이 공사정보를 단순 시각화하여 제공했던 것과는 달리 사업비/현장위험요인/작업공간간섭 및 일정중첩 등의 정보를 분석하여 사업참여자들이 최적의 대안을 결정할 수 있도록 지원하는 개념으로써 능동적 BIM기반의 다차원 시각화 체계를 구축하여, 보다 효과적인 첨단 발주관리 운영체계의 구축을 통해 해외 철도사업 수주 경쟁력의 확보 기술이 필요함

다. 기술정의

○ 능동형BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 기술개발
- 철도공사 발주관리를 위한 4D 공정관리 표준프레임워크 개발
- BIM기반 철도공사 사업비관리 효율화 시스템 개발
- BIM기반 철도공사 시공관리 최적 의사결정시스템 개발
- 능동형 BIM기술에 의한 철도공사 사업관리 통합플랫폼 개발

○ 표준프레임워크란 그림1과 같이 정보시스템을 개발하거나 운영할 때 필요한 기본기능이 구현되는 기본적 틀을 갖추고 있으며, 사용자가 보유한 정보와 각 기능모듈의 조합을 통해 결과물을 생성할 수 있도록 구성되어 있음. 따라서 프레임워크 사용자 측면에서는 보유하고 있는 정보와, 프레임워크의 모듈 조합을 통해서 필요한 기능을 개발함으로써 완성된 정보시스템을 구축할 수 있음. 또한, 프레임워크에 저장되는 정보는 프레임워크 제공자측에서 확인 및 관리가 가능하므로, 발주측면에서는 사업참여자들의 결과물에 대한 파악

이 용이하고, 전체 사업현장에 참여하는 다수의 참여기관에서 생성되는 정보를 제공하여 전체사업에 대한 통합적인 관리의 도구로 활용이 가능함



그림 83 표준프레임워크 개념도

○ 철도공사 발주관리를 위해 4D 공정관리 체계를 표준프레임워크 개념으로 구축하고, 능동형 BIM기반의 최적화 방법론을 통해 문제해결기능을 갖는 nD CAD 기반의사업관리 운영체계를 구축함으로써, 철도공사에 특화된 표준적 BIM 공정운영 및 사업관리가 가능하도록 하기 위한 기술

라. 연구범위

○ 시설물의 생애주기 정보를 다양한 시각적 정보로 표현하는 BIM정보를 활용하여, 기존의 시각적인 표현에 그치지 않고 BIM Tool안에서 공사현장에서 발생하는 문제상황을 점검하고, 최적화 방법론을 기반으로 대안을 제시하여 발주자를 중심으로 프로젝트참여자간 의사결정의 도구로 활용할 수 있도록 함

○ 이를 위해 철도공사 발주관리를 위한 4D 공정관리 표준프레임워크를 구축하여, 발주기관에서 각 공구별 공정정보를 통합관리할 수 있는 운영체계를 마련하고, 최적화 방법론을 통해 문제발생 시 의사결정 지원이 가능한 정보 분석체계를 더하여, 실무적용성 및 활용성의 향상을 도모하도록 함

○ 궁극적으로 기존의 시각적표현에 집중되었던 수동적인 BIM정보의 사용에서, 최적대안을 통한 사용자들간의 의사결정을 지원하는 능동적인 BIM으로의 도약적인 활용을 목표로 함

2. 현황 및 문제점

○ 철도분야는 토목의 전(全)분야와 전기, 신호, 궤도, 건축 등 거의 모든 공학 분야가 결합되어야 하는 시스템 엔지니어링 사업이며, 광범위한 공간적 특성, 비반복적 작업수행 등 그 특성으로 인해 기존에 건축에서 활용되던 BIM과는 차원을 달리하여야 함

○ 기존의 건설공사 사업관리 분야 BIM연구는 설계 및 시공사를 위한 요소기술 위주의 성과들로 구성되어있으므로, 이러한 성과들을 철도시설공사의 발주관리 목적으로 활용하기에는 기능적으로 부족함

○ 철도공사는 아직까지 2D도면의 사용이나, 시공자의 경험에 의존한 공사수행 등과 같이 현재 철도사업의 공정관리는 첨단기술이 부재된 상태로 수행되고 있음

3. 동향 분석

○ 기존 4D 및 nD에 관한 연구로는 건축 및 플랜트시설 위주의 시공 시뮬레이션 기능에 관한 연구가 다수 진행되었음

○ 기존에는 주로 수직작업으로 수행되는 건축물의 4D활성을 위한 기능과 방법들에 관한 연구가 활발히 진행되었으나 철도사업을 위한 광역 수평영역을 위한 4D구현에 관한 연구는 미흡한 실정

○ 현재 사용되고 있는 상용 4D 소프트웨어는 서로 다른 방식의 4D시뮬레이션 구현방식과 정보간의 연계방법을 갖추고 있고, 사용자의 시각적 편의를 위한 기능으로 구성되어 있음

- 상용 4D소프트웨어로는 Bentley Schedule Simulator, FourDviz, Smart Plant Review, Project Navigator, Visual Project Scheduler, Navisworks 등이 있으며, 각 소프트웨어간의 4D구현 방식이나 정보연계방식은 각각 독립적 운영체제를 가지고 있으며, 다수의 소프트웨어는 자체적인 3D모델 생성과 일정생성을 통한 시뮬레이션 보다는 외부의 소프트웨어를 불러와서 연계하는 방법을 채택하고 있음
- 또한 웹상에서 사용할 수 있도록 하는 기능과 세부기간에 따른 일정 시뮬레이션 기능과 같은 공사정보에 대한 시각적 정보제공기능에 집중되어 운용되고 있음

○ 프레임워크의 관한 연구로는 선박, 모바일, 교통,IT 등의 분야에서 다양하게 진행되었으나, 철도분야를 위한 프레임워크에 관한 연구는 아직 진행되지 않

음

○ 철도시설공사 공정관리에 관한 연구에서 다량의 정보를 효과적으로 관리하기위해 IT기술을 적용하거나 정보체계의 표준화방안을 제시하고 있음

○ 효과적인 철도시설공사 공정관리를 위해서 시공이전에 직관적으로 프로젝트의 수행사항을 파악할 수 있는 운영체계가 필요하며, 사업 참여자들 간의 의사소통의 도구가 필요함을 언급함

○ 효과적인 공정관리의 도구로써 일부 시스템의 기능을 보완하거나, 관리측이나 시공자측에 집중한 공정관리 방안에 관해 연구되었고, 사업전체 참여자를 위한 운영체계에 관한 연구는 미흡

○ 기존 4D/nD 소프트웨어와 표준프레임워크의 차이점

- 프레임워크란 정보시스템을 개발하거나 운영할 때 필요한 기본기능이 구현되는 틀을 각 기능요소별로 모듈화하여 구성한 체계로써, 기능이 구현될 수 있는 기본적인 정보입력의 틀과 각 개별 모듈의 기능에 의한 다양한 결과물 생성을 유도할 수 있도록 구성되어 있으며, 기존4D/nD소프트웨어와는 다음과 같은 차이점을 가짐
- 4D 표준프레임워크는 기능구현을 위한 틀이 오픈소스로 제공
  - 발주측에서 웹을 통해 무상제공하여 상용소프트웨어의 기능사용을 위한 구매나 개발에 대한 중복투자를 방지할 수 있음
  - 철도사업 발주측에서 오픈소스로 제공되는 표준프레임워크는 철도사업관리를 위한 기능들을 모듈화하여 구성됨. 따라서, 사업 참여자 측에서는 발주측에서 원하는 기능구현을 위한 상용소프트웨어의 구매나, 개발에 대한 투자비용 절감의 효과를 가짐
- BIM기반의 정보를 활용할 수 있도록 구성
  - 발주기관에서 BIM기반의 4D 표준프레임워크를 제공함으로서, 사업에 참여하는 민간기관은 해당기능의 활용을 위한 비용에 대한 부담없이 철도사업에 적용되는 BIM 정보의 활용이 가능하여, 민간기관으로부터 BIM에 대한 관심 유도가 가능함
- 사업 전체에 대한 공사정보를 관리하는 도구로 활용이 가능함
  - 발주측에서 필요로 하는 새로운 기능추가 시 기능을 모듈로 구성하여 프레임워크에 추가할 수 있고, 사용자는 웹을 통해 새로운 기능을 활용할 수 있으며, 표준프레임워크의 모듈을 통해 입력되는 각 사업현장의 정보는 서버를 통해 발주기관에서 취합하여, 이를 통해 발주기관은 전체 사업현장정보에 대한 통합적인 관리가 가능함
- 철도인프라의 BIM활성을 위한 어플리케이션 역할
  - 철도사업에 특화된 기능들로 구성된 모듈이 오픈소스로 제공되어 모듈의

조합을 통해 자신의 목적에 맞는 BIM기반의 공정관리 운영체계를 구축할 수 있음

- 철도표준업무를 기반으로 모듈을 구성하여 전체사업관리측면에서 통합정보관리의 도구가 되며, 발주측부터 사업 참여기관까지 철도사업 전반에 걸친 BIM활성을 유도할 수 있음

• 철도사업에 특화된 공정관리 운영체계 구축 지원

- 대표적인 상용 4D 소프트웨어인 Navisworks, Microstation은 수직작업과 정형객체로 표현되는 건축 및 플랜트사업에 그 활용도가 높은 반면, 수평작업영역을 가지며, 광역지역의 토공에 대한 효과적인 공정관리의 도구로 사용하기에는 다소 어려움이 있음

• 4D 표준프레임워크는 철도업무의 표준을 반영하여 공사관리를 수행할 수 있도록 철도분야 표준업무체계의 반영과 광역작업시뮬레이션 기능 등을 모듈화하여 철도사업에 적합한 공정관리체계 구성이 가능

○ 능동형개념에 의한 기존시스템과 차이점

• 기존의 4D CAD 시스템은 설계 및 시공단계의 현재 상황을 시각적으로 표현하는데 중점을 두고 있고, 문제의 상황을 시각적으로 표현할 수는 있지만 문제 발생시 해결을 위한 추가적인 의사결정기능이 부족함

• 능동형 개념에 의한 4D CAD 시스템은 문제시 되는 상황을 시각적으로 파악한 후, 문제해결을 위한 방법론을 이용하여 개선된 상황까지 시각적으로 표현하고, 경험이 부족한 프로젝트관리자에게 개선된 해법을 제공하여 의사결정기능까지 갖춘 체계를 의미함

• 설계단계에서 4D 시뮬레이션을 통해 간섭상황을 발견하였을 때, 간섭상황을 해소하기위해 부재를 재배치하거나 공사일정을 조정하여 간섭을 방지하는 기능을 제공함

• 공사일정, 작업공간의 중첩도를 분석하여 일정과 작업공간의 중첩이 최소화 되는 일정계획을 시뮬레이션하여 최적화 된 일정을 시각적으로 확인이 가능함

• 작업별 위험정도를 시각적으로 분석하여, 고위험 작업들간의 밀집도를 분산시켜 최적화된 리스크 관리계획을 제시할 수 있음

• 5D CAD는 공사일정에 따른 비용투입 현황의 단순시뮬레이션인데, 실제공사에서 년차별 할당 공사비가 당초 할당 공사비와 차이를 갖게 될 때, 실제 배정되는 공사비에 근접한 최적 공정계획표를 재수립하여 시뮬레이션까지 가능하게 함

4. 연구과제 개발 및 추진전략

가. 핵심후보과제 주요내용 및 추진전략

(1) 후보과제 주요내용

○ 철도공사 발주관리를 위한 4D 공정관리 표준프레임워크 개발

- 최근 첨단 IT기술을 적용한 공사정보관리의 도구로 BIM기반 4D에 관한 연구가 진행되고 있고, 또한 많은 4D소프트웨어가 개발되고 있으나, 이러한 도구의 활용을 위해서는 직접 개발 및 구매해야 하는 경제적 부담과, 다양한 소프트웨어들로 인한 표준정보의 관리체계가 부족한 실정으로 향후 사업발주확대와 세계적으로 사업발주 경쟁력의 확보를 위해서는 철도분야에 특화된 표준정보기반의 발주관리 운영체계가 구성되어야 함
- 공사발주기관에서 표준업무에 근거한 발주사업관리 도구로 4D공정관리 표준프레임워크를 참여기관에게 제공하여, 프레임워크의 특성상 참여기관의 공정관리 운영체계의 개발 및 구매에 대한 경제적 부담을 감소하고, 이를 제공하는 발주기관측에서는 프레임워크의 각 기능모듈을 통해 수집되는 전체 공구별 공정정보에 대한 통합관리 체계를 구축함
- 철도시설공사와 같이 다양한 공학분야가 공존하는 사업에서는 막대한 양의 정보가 발생하고, 광범위한 지역에서 수평영역의 공사구간을 가지므로, 막대한 분량의 정보를 시각적으로 활용할 수 있는 BIM기반의 기술개발이 필요하며, 철도사업에 특화하기 위해 기본적인 4D시뮬레이션을 통한 공정관리 기능과 수평영역에 대한 관리 기능, 키맵(key-map)과 같은 광역작업관리 기능을 모듈로 구성하여, 발주기관에서 BIM기반의 철도사업에 특화된 전체 사업에 대한 통합적인 공정관리가 가능하도록 기능모듈을 구성함

  - 철도사업 발주를 위한 4D표준 프레임워크의 구축을 위해서 입·출력 기능, 데이터베이스간 프로토콜 정의, 보완 및 로그관리 기능 등 프레임워크가 구현될 수 있는 기본적인 실행환경이 구축되어야 하며, 대량의 BIM정보를 신속하고 효과적으로 활용하기 위한 정보연계방법론이 필요하며, 언제든 발주기관에서 원하는 기능을 모듈로 추가구성하여 참여기관에서 사용할 수 있도록 전체 프레임워크 운영환경을 구성함
  - 서버상에서 프레임워크내의 기능모듈을 내려 받고 쉽게 설치하여 사용 할 수 있도록 각 기능들을 개별 모듈화하여, 조립식 구현환경을 구축하고, 오류점검 기능 및 프레임워크 사용 가이드 등의 프레임워크 사용환경을 구축함
  - 4D표준 프레임워크 내에 변경관리/현황관리/표준관리와 같이 철도사업 참여기관에서 표준프레임워크를 사용하면서 입력되는 사업정보를 실시간 수집하고, 발주측에서 제공하는 표준업무체계를 사용기관에서 받아 볼 수

있도록 구성함

- 이와 같이 철도사업에 특화된 사업발주관리 프레임워크 기능을 모듈로 구성하고, 4D공정관리를 위해 계획대비 실제진도를 점검할 수 있는 비교 시뮬레이션을 통해 발주측에서 집중관리가 필요한 영역을 시각적으로 확인 및 관리할 수 있도록 함

○ BIM 기반 철도공사 사업비관리 효율화 시스템 개발

- 철도시설공사에 대한 공정(Activity)/3D모델/공사비를 연계하여 사업관리자가 원하는 기간만큼의 일정에 대해 최적의 공사비를 분석하여, 최적의 사업비를 운영할 수 있는 사업계획 운영체계를 구성함
- 공정/3D모델/공사비의 연계는 WBS와 같은 하나의 공통된 코드로 연계한 후, 사용자가 지정하는 일정한 사업비에 대해 BIM기반의 사업정보를 사용자에게 제공함
- 철도시설공사 발주자는 집행되는 예산안에서 진행될 현장의 공사를 미리 시뮬레이션을 통해 점검하고, 프로젝트 진행중에 집중관리가 필요한 공정 및 시설물에 대한 3D모델을 시각적으로 확인하고, 이와 연계된 사업비를 점검할 수 있음

○ BIM기반 철도공사 시공관리 최적 의사결정 시스템 개발

- 철도시설공사의 시공관리를 위해 3D모델과 연계된 공정/사업비/진도정보 등의 BIM정보를 바탕으로 발주자가 원하는 공구/기간/공종에 대한 설계변경 및 공정일정의 변경이력 정보도 3D모델에 연계함
- 시공관리를 위한 현장의 일련의 이력정보를 4D시뮬레이션으로 표현하고, 당초 계획과 차이가 있는 부분은 색상으로 표현하여, 시각적인 시공관리가 가능하도록 함
- BIM기반으로 3D객체에 연계된 공사이력정보들에 대해 발주/설계/시공 참여자들이 같이 확인하고, 각 사업단계 참여자들의 의견을 반영하여, 반영된 의견을 적용하여 최적의 프로젝트 진행이 되도록 함

○ 능동형 BIM기반 철도공사 건설관리 통합플랫폼 개발

- 공사현장에 관한 정보를 시각적으로 표현하는데 그쳤던 기존의 수동적인 BIM은 다양한 공학분야가 유기복합적으로 연계되어 구성되는 철도시설공사에서는 그 활용성이 다소 부족하고, 향후 세계적인 철도사업관리의 대안으로는 공종간의 공간 및 일정간섭 등을 분석하고, 나아가 최적화 이론을 통해 대안을 제시하는 능동적인 BIM을 적용 및 활용하는 것이 필요함
- 능동형 BIM의 개념을 적용하여 철도시설공사정보에 대해 단순히 3D를 통한 시각적 정보의 제공에 그치지 않고, 시각적인 정보의 분석과 최적화 방법론을 통해 공정간 발생하는 문제점들에 대한 최적의 대안을 제공하여, 전체사업관리자가 철도사업전체에 대한 관리가 가능하도록 상기 기술들을

통합한 건설관리 표준플랫폼을 구축함

(2) 추진전략

○ 수요자·사용자 중심의 개발
- 철도인프라 건설 및 운영기관을 중심으로 한 기술협의체 의견 수렴
- 철도인프라 건설 및 운영기관으로의 현장적용 및 시스템 검증에 참여 유도

○ 국내외 기술 협력체계 구축 운영
- 국내외 전문기관 및 전문가와의 기술협조 체계 구축
- 기업의 기술 개발 투자 및 유도

○ 기초연구 수행 시 연구기관의 기술력을 보완하고 협력 체제를 구축함으로써 향후 독자적 연구개발 능력 확보
- 각 계층별 요구사항이 충분히 반영되고 현실에 적용 가능한 실체적 산출물의 생산과 활용 여부가 연구의 핵심
- 해외 선진기술 및 유사사례를 연구·분석하고 국내 적용의 타당성을 검토하여 구체적 실현 가능성을 사전에 검증

○ 연구 단계별 산·학·연·관의 연계를 활용한 역할분담과 효율적인 운영체계 확립하되, 기초연구는 학·연을 중심으로, 기반기술은 학연 및 산업체를 중심으로 개발

○ 개발 기술 성과물의 질적 향상을 도모하기 위하여 주관기관, 연구기관, 철도전문가 등으로 구성된 자문위원회를 구성하여 성능검증 및 평가체제 구축
- 올바른 연구방향 설정 및 연구과제 관련 사업 성과물의 질적 향상을 위하여 산·학·연·관의 전 방위적 연계와 역할 분담 및 각계전문가로 구성된 자문위원회 운영

(3) 기술확보전략

○ 선도기관과의 공동연구
- 철도인프라 사업관리 표준플랫폼 개발 기술 분야의 선도기관과 공동연구 추진뿐만 아니라 국외 연구기관과의 네트워크 구축을 통해 자료 공유 및 선진국 수준의 기술개발 역량 확보에 기여

○ 전문가 활용방안
- 당해 분야 산-학-연 전문가 자문그룹 구성 및 정기적 자문회의 개최
- 당해 기술개발의 수요처인 철도인프라 건설 및 운영기관, 건설업체 등의 실무자로 구성된 기술협의회 구성 및 상시 자문체계 구축

- 올바른 연구방향 설정 및 연구과제 관련 사업 성과물의 질적 향상을 위하여 산·학·연·관의 전 방위적 연계와 역할 분담 및 각계 전문가로 구성된 자문 위원회 운영
- 기초 자료조사 및 이론적 접근 부분은 대학교수 등 관계 전문가를 통해서 추진하고, 특정 분야에 대한 심도 있는 조사와 자문을 위해 각 분야의 전문가를 적극 활용하여 추진(외부 용역 및 장기자문 활용)

○ 실용화 방안

- 개발 성과물의 주요 수요처인 철도인프라 건설 및 운영기관의 요구사항을 초기 단계에서부터 적극 반영하여 사용자 중심의 S/W 개발을 추진하여 실용성을 확보
- 본 과제와의 연계를 통해 총괄 BIM 시스템에 인터페이스로 연결하여 개별적인 S/W 구현도 가능하면서 통합운영이 용이하도록 연구 성과물을 확보함으로써 전체적인 활용도 향상

○ 사후관리 방안

- 정기적인 데이터베이스 및 S/W 업데이트, 에러발생에 따른 운영체계 안정성 확보 등 BIM 총괄 시스템 운영에 반영하여 관리할 수 있도록 인터페이스 구성 시 고려

나. 기존기술과의 차별성

○ 국내에서 이미 국내 고속철도 공사 등에서 3D설계 성과품의 요구와 구간별 4D적용이 시도되고 있으나, 전 구간에 대하여 BIM기반의 철도인프라 건설관리를 위한 통합운영체계에 관한 연구는 진행된 바가 없음

표 86 세부과제 차이점 비교

과제명	연구자	비고	
		상호유사성	코레일 적용 여부
가상건설시스템 개발사업	최철호 ((주) 두올테크)	•BIM기반 시스템구축이나 건축 및 토목시설공사에 소요되는 BIM시스템 구축이고, 민간 기관에서 설계 및 시공시 필요로 하는 요소기술개발 중심의 성과물로 구성된 반면, 제안과제는 BIM기반 철도인프라의 건설관리를 위한 기획연구로 서로 상이 •토목 시공 시뮬레이션 시스템 개발인 반면, 철도인프라 사업관리를 위한 기획연구로 서로 상이	×

다. 과제별 연차별 로드맵

표 87 과제별 연차별 로드맵

연구과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
능동형 BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 개발 기술	-철도시설공사 표준정보기반 발주관리 업무체계 및 운영체계 분석 -철도시설공사에 특화된 4D 공정관리를 위한 기능 모듈 구성 -4D 표준프레임워크 운영환경 및 실행환경 구성 -4D 공정관리 표준프레임워크 인터페이스 구축 -철도공사 발주관리를 위한 4D 공정관리 표준프레임워크 개발	-공정과 3D 모델에 공사비 연계 및 분석 방법론 개발 -BIM기반 철도공사 사업비관리 시뮬레이션 구현 방법론 개발 -BIM기반 철도공사 사업비관리 효율화 시스템 인터페이스 구축 -BIM기반 철도공사 사업비관리 효율화 시스템 개발	-BIM기반 철도공사 시공관리 최적의사결정 방법론 개발 -공구별/기간별/공종별 변경이력여부 시뮬레이션 방법론 개발 -BIM기반 철도공사 시공관리 최적의사결정 시스템 인터페이스 구축 -BIM기반 철도공사 시공관리 최적의사결정 시스템 개발	-능동형BIM을 적용한 최적화 대안 방법론 개발 -능동형 BIM기반 철도공사 건설관리 통합플랫폼 사용 가이드라인 개발 -능동형 BIM기반 철도공사 건설관리 통합플랫폼 인터페이스 구축 -능동형 BIM기반 철도공사 건설관리 통합플랫폼 개발
성과물	- 철도공사 발주관리를 위한 4D공정관리 표준프레임워크 개발 - 연구개발보고서	- BIM기반 철도공사 사업비관리 효율화 시스템 개발 - 연구개발보고서	- BIM기반 철도공사 시공관리 최적의사결정 시스템 개발 - 연구개발보고서	- 능동형 BIM기반 철도공사 건설관리 통합플랫폼 개발 - 표준플랫폼 사용매뉴얼 - 연구개발보고서

라. 성과활용방안

표 88 성과활성방안

구 분	성과활용방안
건설관리 표준플랫폼	향후 예상되는 고속철도 및 고속화철도인프라 건설의 BIM기반의 통합 건설관리 도구로 활용 가능
4D 공정관리 표준프레임워크	국내 철도건설분야 BIM활성화를 위한 어플리케이션
건설관리 표준플랫폼	본 과제와의 연계를 통해 총괄 BIM 시스템에 인터페이스로 연결하여 통합 운영이 가능

마. 기대효과

○ 기술적 측면

- 철도공사 4D 표준프레임워크는 철도공사 발주기관의 표준정보 및 표준업무체계를 기반으로 운영되며, 특히 링크/광역현장관리/수평작업관리/간섭관리/진도관리 등을 표준 모듈로 구성하여 발주기관 측면에서 사업구간별 공사정보를 BIM기반으로 통합관리가 가능하고, 생애주기 공정정보로 재활용이 가능함
- 능동형 BIM정보 운영체계에서는 기존의 단순 시각적 정보중심의 BIM기능을 극복할 수 있게 최적화 방법론을 통한 정보분석체계로 구축되어, 문제 발생시 의사결정 지원이 가능하여 실무적 활용성이 높은 BIM기반 철도건설관리 운영체계로 활용할 수 있음

○ 경제적 측면

- 철도사업 BIM 공정관리 표준프레임워크와 사업비 및 현장위험요인 분석체계 등은 능동적인 BIM정보 운영체계로 구성되어, 공정오류 및 설계변경 등을 가시적으로 검증하고, 프로젝트의 최적 대안을 제공함으로써 공기단축 및 공사비 절감이 가능함
- 철도공사 발주기관에서 구축하여 제공하는 BIM기반 4D 표준공정관리 프레임워크를 통해 철도사업에 참여하는 민간업체는 BIM정보 활용을 위한 개발 및 운영부담을 최소화하여 중복개발 방지 및 철도사업 BIM분야의 민간생태 활성을 유도할 수 있음. 또한, 철도사업영역의 BIM정보 활용을 활성화 할 수 있고, 나아가 국내 토목분야의 BIM활성화에 기여할 수 있음

○ 국가차원 효과

- 국가 기반사업인 철도사업의 BIM기반 사업관리 운영체계를 표준프레임워크로 구성하여 참여업체에 제공함으로써, 향후 철도사업 수요증대에 대해 전체 철도사업현장의 공구별 공사정보를 통합 관리 할 수 있으며, 국내 BIM기반 표준철도사업관리 기술력을 구축함으로써, 국가 발주사업의 관리체계 확립과, 나아가 세계 철도사업 수주에 경쟁력을 확보 할 수 있음

○ 민간차원 효과

- 기존의 비시각적 정보를 통해 수행되었던 업무를 BIM기반의 시각적 정보로 활용할 수 있으며, 단순 시각적 표현이 아닌 사업비/위험요인/진도점검 등의 정보분석체계를 통해 능동적인 공사정보 운영이 가능하고, 발주공단으로부터 표준공사관리 플랫폼을 제공받아서 사용할 수 있으므로, BIM정보 운영에 대한 활성을 유도 할 수 있음

5. 인력투입계획 및 소요예산산정

가. 연구일정에 따른 인력투입계획

○ 본 과제의 연구일정에 따른 연구인력 총 투입 연인원은

표 89 인력투입계획 총괄표

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
능동형BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 개발기술	7	9	9	9	34	40

나. 소요예산산정

○ 연구비 총괄표

-

표 90 연구비 총괄표

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
능동형BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 개발기술	600	800	800	800	3000	43

(단위 : 백만원)

○ 세부 총괄표

표 91 세부연구비 총괄표

비 목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합 계	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부 인건비		294,636	390,096	390,096	390,096	1,464,924	49%
2) 직접비	연구장비재료비	연구기자재 및 시설비	16,000	24,000	24,000	24,000	88,000	3%
		시작품 제작비	20,000	30,000	30,000	30,000	110,000	4%
		재료비	10,736	20,025	20,025	20,025	70,811	2%
	연구활동비	여비	29,463	31,207	31,207	31,207	123,084	4%
		수용비 및 수수료	17,678	23,405	23,405	23,405	87,893	3%
		기술정보 활동비	32,409	42,910	42,910	42,910	161,139	5%
	연구수당		44,195	58,514	58,514	58,514	219,737	7%
3) 간접비			134,880	179,840	179,840	179,840	674,400	22%
4)	합계		599,997	799,997	799,997	799,997	2,999,988	100%

(단위 : 천원)

6.과제제안요구서(RFP)

연구과제명	능동형 BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 개발기술
1. 연구개발 목표	
	○ BIM정보의 시각적인 표현에 그치지 않고 능동형 BIM 적용을 통해 문제상황을 점검하고, 최적화 방법론을 기반으로 대안을 제시하여 효율적인 철도 프로젝트 관리가 가능하도록 능동형 BIM기반 철도인프라 사업관리체계를 구축함 ○ 철도시설사업에 특화된 시뮬레이션 기능과 4D 공정관리 체계를 표준프레임워크로 구축하여, 발주기관에서의 통합적인 사업관리를 목적으로 하는 철도특화 BIM 공정운영 플랫폼을 구축함
2. 연구개발 필요성	
□ 연구개발의 필요성	○ 국내외 고속철도 및 고속화철도인프라 수요가 급증하고 있고, 향후 예상되는 고속철도 해외수주 경쟁에 선도적 기술력으로 대응하기 위하여 첨단기술기반의 철도건설 및 표준적 건설관리 플랫폼 구축 시급 ○ 철도시설 발주사업관리에 특화된 4D공정관리체계를 표준프레임워크 개념으로 구축하여, 발주기관에서 참여기관에 표준적 4D공정운영체계로 제공함으로써, 발주기관 측면에서는 사업구간 전체의 공정정보를 BIM기반으로 표준 관리가 가능하도록 할 필요가 있음 ○ 능동형 BIM기반의 시각화 및 다차원 시뮬레이션 기술을 개발하여, 보다 효과적인 첨단 발주사업관리 운영체계의 구축을 통해 해외 철도사업수주 경쟁력의 확보 기술이 필요함
□ 기술동향	○ 기존 4D 및 nD에 관한 연구로는 건축 및 플랜트시설 위주의 시공 시뮬레이션 기능에 관한 연구가 다수 진행되었음 ○ 현재 사용되고 있는 상용 4D 소프트웨어는 서로 다른 방식의 4D시뮬레이션 구현방식과 정보간의 연계방법을 갖추고 있고, 사용자의 시각적 편의를 위한 기능으로 구성되어 있음 - 상용 4D소프트웨어로는 Bentley Schedule Simulator, FourDviz, Smart Plant Review, Project Navigator, Visual Project Scheduler, Navisworks 등이 있으며, 각 소프트웨어간의 4D구현 방식이나 정보연계방식은 각각 독립적 운영체제를 가지고 있으며, 다수의 소프트웨어는 자체적인 3D모델생성과 일정생성을 통한 시뮬레이션 보다는 외부의 소프트웨어를 불러와서 연계하는 방법을 채택하고 있음

- 또한 웹상에서 사용할 수 있도록 하는 기능과 세부기간에 따른 일정 시뮬레이션 기능과 같은 공사정보에 대한 시각적 정보제공기능에 집중되어 운용되고 있음

○ 프레임워크의 관한 연구로는 선박, 모바일, 교통,IT 등의 분야에서 다양하게 진행되었으나, 철도분야를 위한 프레임워크에 관한 연구는 아직 진행되지 않음

○ 철도시설공사 공정관리에 관한 연구에서 다량의 정보를 효과적으로 관리하기위해 IT기술을 적용하거나 정보체계의 표준화방안을 제시하고 있음

○ 효과적인 철도시설공사 공정관리를 위해서 시공이전에 직관적으로 프로젝트의 수행사항을 파악할 수 있는 운영체계가 필요하며, 사업 참여자들 간의 의사소통의 도구가 필요함을 언급함

○ 효과적인 공정관리의 도구로써 일부 시스템의 기능을 보완하거나, 관리측이나 시공자측에 집중한 공정관리 방안에 관해 연구되었고, 사업전체 참여자를 위한 운영체계에 관한 연구는 미흡

4. 연구개발 내용 *(**연차별** 수행 내용, 연차별 성과목표 포함)*

○1차년도 : 철도공사 발주관리를 위한 4D 공정관리 표준프레임워 개발

- 철도시설공사 표준정보기반 발주관리 업무체계 및 운영체계 분석
- 입력모듈, 링크모듈, 시뮬레이션 모듈 등 각 기능별 모듈 구성
- 수평작업 관리기능, 키맵과 같은 광역작업 관리 기능 등 철도시설공사에 특화된 4D 공정관리를 위한 기능 모듈 구성
- 표준업무체계에 근거하여 발주기관에서 통합적인 공정관리가 가능한 프레임워크 운영환경 및 실행환경 구성
- 4D 공정관리 표준프레임워크 인터페이스 구축
- 철도공사 발주관리를 위한 4D 공정관리 표준프레임워크 개발

○2차년도 : BIM기반 철도공사 사업비관리 효율화 시스템 개발

- BIM기반 철도공사 사업비관리 효율화 방법론 개발
- BIM기반 철도공사 사업비관리 효율화 시뮬레이션 구현 방법론 개발
- BIM기반 철도공사 사업비관리 효율화 시스템 인터페이스 구축
- BIM기반 철도공사 사업비관리 효율화 시스템 개발

○3차년도 : BIM기반 철도공사 시공관리 최적 의사결정 시스템 개발

- BIM기반 철도공사 시공관리 최적 의사결정 방법론 개발
- BIM기반 철도공사 시공관리를 위한 현장의 일련의 이력정보 4D

	시뮬레이션 구현 방법론 개발 - BIM기반 철도공사 시공관리 최적 의사결정 시스템 인터페이스 구축 - BIM기반 철도공사 시공관리 최적 의사결정 시스템 개발 ○4차년도 : 능동형 BIM기반 철도공사 건설관리 통합플랫폼 개발 - 철도공사 건설관리에 단순 시각적 정보의 제공이 아닌 최적대안을 제공할 수 있는 능동형 BIM을 적용한 최적화 대안 방법론 개발 - 능동형 BIM기반 철도공사 건설관리 통합플랫폼 사용 가이드라인 개발 - 상기 기술들을 통합한 능동형 BIM기반 철도공사 건설관리 통합플랫폼 인터페이스 구축 - 능동형 BIM기반 철도공사 건설관리 통합플랫폼 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 국내외 해당분야 전문가들로 구성된 기획 연구진을 구성 ○ 실질적인 연구 결과 도출을 위하여 국토해양부 및 주요 발주기관인 철도시설공단 등의 의견수렴을 시행하고 반영 ○ 객관적인 기획연구 결과 도출을 위하여 산학연 전문가로 구성된 자문위원회를 활용 - 실용적인 기획연구 결과 도출을 위하여 기업체 소속의 자문위원을 포함 ○ 국내·외 연구동향 조사를 바탕으로 본격적 연구방향 및 목표 재정립 ○ 기 수행되었거나(종료과제, 중단과제 등) 현재 수행중인 관련 연구개발과제와의 중복성 검토를 통해 중복투자 배제 및 연계방안 제시 ○ 기존의 확보된 연구성과와 인력을 최대한 활용
□ 추진체계	○ 본 사업단은 실용화 중심의 연구개발사업으로 산·학·연 공동연구 추진 ○ 참여연구기관간 협력을 통해 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조체계 구축 ○ 필요시 데이터 분석 분야에서 선도적 위치에 있는 국내외 주요 기관 및 전문가와 공동연구를 추진 할 수 있음
5. 최종성과물	
	○ 능동형 BIM기반 철도공사 건설관리 표준플랫폼 연구개발보고서

□ 주요 성과물	○ 능동형 BIM기반 철도공사 건설관리 표준플랫폼 사용 매뉴얼 ○ 능동형 BIM기반 철도공사 건설관리 표준플랫폼 관련 지식재산권 ○ 철도공사 발주관리를 위한 4D 공정관리 표준프레임워크 구축 ○ BIM기반 철도공사 사업비관리 효율화 시스템 구축 ○ BIM기반 철도공사 시공관리 최적 의사결정시스템 구축 ○ 능동형 BIM기술에 의한 철도공사 사업관리 통합플랫폼 구축

6. 기대효과 및 파급효과

○ 발주기관 측면에서 BIM기반의 사업구간별 공사정보에 대한 통합관리 가능

○ 철도분야 BIM활성을 위한 어플리케이션 역할을 함

○ 능동형 BIM 적용을 통한 최적화 방법론 및 정보분석체계의 구축으로 효율적인 BIM기반 철도건설관리 운영체계 구축

○ 민간업체의 BIM정보 활용을 위한 중복개발 방지 및 철도사업 BIM분야의 민간생태 활성화 유도

○ 국내 BIM기반 표준철도사업관리 기술력을 구축하고, 국가 발주사업의 관리체계 확립과 세계 철도사업 수주 경쟁력 확보

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구기간 : 2015년~2018년 (4년)

○ 총 정부출연금 : 30억

○ 1차년도 연구개발비 : 6억

◌ 연차별 예산

구분	2015년	2016년	2017년	2018년
정부	6억	8억	8억	8억
민간				
합계	6억	8억	8억	8억

8. 기타

7. 연차별 성과목표 및 평가방법(안)

세부 과제명	연차	핵심목표	목표 성과물	성과지표	평가방법
능동형 BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 개발기술	1차년도	4D 공정관리 표준프레임 워크 개발	보고서 논문 시스템	보고서제출 논문 건수 성능	보고서제출 발표/ 게재 건수 동작 시험
	2차년도	BIM기반 철도공사 사업비관리 효율화 시스템 개발	보고서 논문 시스템	보고서제출 논문 건수 성능	보고서제출 발표/ 게재 건수 동작 시험
	3차년도	BIM기반 철도공사 시공관리 최적 의사결정 시스템 개발	보고서 논문 시스템	보고서제출 논문 건수 성능	보고서제출 발표/ 게재 건수 동작 시험
	4차년도	능동형 BIM기술에 의한 철도공사 건설관리 통합플랫폼 개발	보고서 논문 시스템 특허	보고서제출 논문 건수 성능 특허 건수	보고서제출 발표/ 게재 건수 동작 시험 출원/ 동록 건수

8. 추진일정(안)

세부 과제명	세부 수행 내용	1차년도				2차년도				3차년도	
		1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기
능동형 BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 개발기술	철도공사 발주관리를 위한 4D 공정관리 표준프레임워크 개발	■	■	■	■						
	BIM기반 철도공사 사업비관리 효율화 시스템 개발					■	■	■	■		
	BIM기반 철도공사 시공관리 최적 의사결정 시스템 개발									■	■
	능동형 BIM기술에 의한 철도공사 사업관리 통합플랫폼 개발										

제9절. ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임워크 기술 개발

1. 과제 개요

가. 추진배경

○ 상이한 성격의 공정이 복합적으로 진행되고 기획부터 운영 및 유지관리 단계까지 장기적인 측면을 고려할 때, 이러한 철도시설공사의 특성상 협업관리는 공기단축 및 공사비절감을 위해 사업관리차원에서 필수적으로 요구되는 기술임. 따라서, BIM기반의 시각적 정보관리 운영체계와 첨단 기술기반의 의사결정지원도구를 활용한 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임워크를 구축함으로써 각 사업단계별/전문공정별 참여자간의 원활한 의사소통을 통해 최적의 협업관리를 할 수 있도록 하고자 함

나. 필요성

○ 철도사업은 설계와 시공을 중요시하는 토목/건축공사와는 달리 시설물의 완성 이후의 철도운영 및 보수 유지관리단계까지 고려하므로 건설정보의 연속적인 확보가 중요함. 또한 토목분야 외에 건축/전기/신호 등의 다양한 영역의 기술적 배경을 가진 기술자들이 참여하기 때문에, 상이한 기술 영역간의 의사소통을 통한 긴밀한 협업이 요구되고 있음. 따라서 철도시설공사 정보의 연속성을 확보하여 각 단계 참여자간의 원할한 의사소통을 지원할 수 있는 정보관리 및 협업체계가 필요함.

○ 특히, 철도시설공사는 토목/건축/전기/신호 등의 전문공정들이 복합적으로 진행되는 특성을 가지고 있어, 효율적인 공정관리를 위해서는 개별 전문공정들의 정보관리뿐만 아니라 철도사업 전체공정들의 정보관리가 요구됨. 또한, 전반적인 공정관리가 부실할 경우, 상이한 성격의 공정들간의 간섭현상이 빈번하게 발생하게 되어 공기 및 공사비 증대의 원인이 되므로, 이를 시각적 정보화하여 서로 다른 공종간의 간섭을 초기부터 최소화할 수 있는 정보관리 체계가 필요함

○ 철도시설공사의 여러 특성상 협업관리는 공기단축 및 공사비절감을 위해 사업관리차원에서 필수적으로 요구되는 기술로서, 발주자/시공자/설계자/감리자간 정보호환 및 공유를 위한 BIM ROOM 구축 기술을 개발할 필요가 있음.

다. 기술정의

○ ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임워크 기술 개발
- ICT기반 철도공사 설계/시공/유지관리정보 협업관리시스템 개발
- ICT기반 철도공사 토목/건축/전기/신호 간섭관리 효율화 시스템 개발
- ICT기반 철도공사 현장관리를 위한 원격 영상관리체계 구축
- 철도공사 BIM ROOM 구축기술 개발

○ 각 전문공정별 간섭을 최소화하기 위해 시각적 시설관리 정보체계를 구축하고, 전 생애주기동안 BIM기반 통합정보의 연속성을 확보하기 위한 플랫폼을 구축함으로써 각 사업단계별/전문공정별 협업관리가 가능함. 원격으로 현장을 관리하기 위해 Telepresence와 nD CAD를 연계한 원격영상관리체계의 구축하고 첨단 IT기술의 활용과 함께 최적의 대안도출을 지원하기 위한 BIM ROOM을 구축함으로써 철도인프라 프로젝트의 협업관리를 위한 프레임워크 개발 기술임

라. 연구범위 설정

○ 해외 수주를 위한 고속화/고속철도시설사업의 협업관리에 특화된 BIM기반 시각화 원천기술을 개발하고, 철도공사 설계/시공/유지관리의 전 생애주기 동안 BIM기반 통합정보가 연속적으로 재활용될 수 있는 플랫폼을 구축함. 또한, 다양한 공정분야가 유기적, 복합적으로 수행되는 철도사업의 특성에 맞는 시각적 시설관리 정보체계를 구축함으로써, 철도사업에 참여하는 전체 참여자들간의 의사소통 도구 확보함.

○ 해외 철도사업에 대해 선도적 경쟁력 확보를 위해, 발주부터 유지관리까지 참여하는 모든 관계자들이 BIM기반의 시각적인 사업관리 정보를 통해 협업과 최적의 대안을 도출할 수 있는 플랫폼 구축함

2. 현황 및 문제점

○ 건설사업의 특성상 각 단계별 업무가 다르고 발생하는 정보의 내용과 형식이 상이하므로 정보의 원활한 소통과 재활용성이 강조되고 있음

○ 각 분야간 업무체계의 분석을 통하여 협업관리 체계를 구축하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이를 위해 협업관련 지원도구 또는 부분적 협업관리시스템이 사용되고 있는 실정이나, 통합적 정보의 재활용 및 사업전체 참여자를 위한 운영체계에 관한 연구는 미흡한 실정

○ 이에 따라, ICT 기반의 통합적인 정보관리 시스템의 필요성이 대두되고 있으며 타 건설분야의 협업관리에서는 상용시스템 뿐만 아니라 기업내부의 자체시스템 개발사례도 점차 늘고 있는 실정임

3. 동향 분석

○ 건설현장의 협업관리를 위한 연구동향

- 양도철, 이경수, 조근식은 LDAP와 EAI를 이용하여 메신저시스템을 조직 내부에서 협업시스템의 중심축으로 활용하여 내부조직원간의 의사전달 속도를 향상시키고 기간 시스템을 메신저를 통하여 통합할 수 있는 방안을 제시함
- 강태욱은 BIM과 GIS간 상호운용성을 고찰하고 상호운용성에 필요한 플랫폼 기술요소들을 기술하였음
- 정도영외는 시공중인 교량현장에 대하여 BIM 적용목적을 구체화하여 참여주체간 협업체계를 도출하고 실제 적용사례를 제시함
- 이경하는 국내 BIM 협업 조직의 사회네트워크 분석을 통해 정보의 흐름정도를 파악하는 정량적 분석을 시도하였음
- 이수경은 발주자의 관점에서 접근하여 CM사의 외부협업 정보시스템 활용도 분석을 위한 평가요소를 도출하였음
- 노상도는 토목프로젝트 업무 프로세스 분석을 통해 기존의 업무 프로세스를 개선하고 데이터를 효율적으로 관리하기 위한 BIM기반 CPLM 시스템을 구축하였음
- 송규만은 시공단계에서 다양한 참여주체들의 모니터링, 조정, 협업에 요구되는 정보를 추출하여 정의하고, 프로젝트의 전반적인 상황을 직관적이고 통합적으로 이해할 수 있는 3차원 모델기반의 건설정보 시각화 기법을 제안함

○ 협업관리시스템 개발사례

- H건설의 'H-pms'
- H-pms는 건설프로젝트의 설계/공사/공정/사업비/품질/안전/문서관리 등 전 업

무를 체계적이고 효과적으로 관리하는 PMIS의 기본임무를 수행하도록 구성되었으며, 건설현장의 전사적 자원관리로써, 프로젝트에 참여하는 발주/감리/설계/시공 관계자들간의 효과적인 의사소통을 지원하는 도구로 개발되었음

- 그러나 이를 통한 자료의 보안 및 표준 문서관리에 대한 방안은 미흡하여, 개정작업이 진행중에 있으며, 각 업무단계별 관계자간의 의사소통보다는 본사측에서의 현장정보관리의 도구로 활용되고 있음
- G건설사의 eWorks21
- eWorks21는 온라인으로 문서/도면을 확인하도록 하여 건설프로젝트 참여자간 정보전달 시간을 감소하여, 전체 프로젝트의 공기를 단축하였고, 모든 업무 로그가 기록되어 업무투명성과 과거업무과정 추적에 대한 용이성을 확보하였으며, 시스템내에 회의(meeting)기능을 통해 도면이나 문서를 회의 참여자가 동시에 보면서 의견을 교환 할 수 있도록 하기 위하여 뷰어와 컨퍼런싱 기능을 포함하였음
- DW-eCOS : 이 시스템은 국내 D사의 온라인상에서 협력업체관리・외주구매관리・프로젝트 관리체계를 단계별로 구축해놓은 것으로 본사와 외부의 업무자동화 창구역할을 하며, 또한, 협럭업체 정보관리・외주견적의뢰・전자계약・근재보험관리・외주비 집행 현황정보 등을 제공함. 이에 따라 협력업체와의 웹을 통한 업무수행으로 편리성과 투명성증대, 공인인증서를 사용한 전자계약 도입으로 인감날인 불필요, 견적・계약 등에 문자메시징 서비스를 이용하여 업무 자동화와 신속성 향상, 신용평가기관을 통한 협력업체 정보공유로 협력업체의 서류제출 부담 감소 등의 효과를 기대함.
- BIM-COPIMS : 국내 L사에서 개발한 3D 입체 모델을 효과적으로 운영할 수 있는 온라인 협업 시스템으로 설계검토, 도면 및 물량산출, 각종 시뮬레이션 등 다양한 기능을 구현하는 프로세스이며, BIM의 효율성을 높이기 위해 입찰, 수주 및 시공단계에서 현장과 본사, 협력업체 등 관련 참여주체들이 정보를 공유하고 활용할 수 있도록 구성함. 또한 인테리어 마감재 비교와 각 세대 내 외부 조망분석 등이 가능하며, 친환경 설계를 위해 3D BIM 모델을 근거로 에너지 분석 시뮬레이션을 수행하여 세대의 창호유리 종류에 따라 소비되는 냉난방에너지를 분석하고 개선된 창호를 설계에 반영함.
- 협업설계시스템: eRevie(www.web4engineers.com), TeamSpace(www.ses.co.kr), Alibre(www.alibre.com)은 CAD등을 이용한 설계도면을 여러 설계자가 온라인상에서 서로 검토하고 생성할수 있도로 하는 시스템이며, 여러 참여자가 동시에 볼 수 있도록 하는 뷰어 기능과, 컨퍼런싱기능 그리고 도면회의의 효과향상을 위해 뷰어에 표시되는 도면에 여러 가지 밑줄이나 포인터와 같은 표식을 해주는 표식기능인 마크업(marking up)기능을 제공함
- 협업시스템: ProjectNet(www.citadon.com), ProjectPoint(www.buzzsaw.com), TeamBuilder(www.ebuilder.com)은 협업대상 문서가 설계도면에 한정되지 않고 프로젝트에서 생성되고 관리되는 모든 문서로 확장된 개념으로 문서관리/도면관

리/온라인회의/워크플로우/프로젝트 일정관리/ 작업양식처리/버전관리/접근제어 관리 등의 기능을 제공함

4. 연구과제 개발 및 추진전략

가. 핵심후보과제 주요내용 및 추진전략

(1) 후보과제 주요내용

○ ICT기반 철도공사 설계/시공/유지관리 정보 협업관리시스템 개발

- 철도시설 공사의 설계/시공/유지관리 단계 정보의 연속성을 확보할 수 있도록 정보의 호환 및 구성체계를 정의하고, 각 사업단계별 참여자간의 의사소통을 지원함. 이를 위해 첨단 IT기반의 생애주기 정보 생성 및 통합 기술을 개발하고, 정보의 시각화와 정보 재활용이 가능한 협업관리 기술을 개발함.

○ ICT기반 철도공사 토목/건축/전기/신호 간섭관리 효율화 시스템 개발

- 다양한 공정분야가 복합적으로 수행되는 철도사업의 특성에 따라 각 분야의 공종들을 시각적 정보화하고 이에 따른 시각적 시설관리 정보체계를 구축하여, 각 공종간의 간섭을 초기부터 최소화 할 수 있는 ICT기반 철도공사 토목/건축/전기/신호 간섭관리 효율화 시스템을 구축함

○ ICT기반 철도공사 현장관리를 위한 원격 영상관리체계 구축

- Telepresence기반의 원격현장관리를 통해 집중관리가 필요한 원거리 현장의 실시간 관리를 가능하게 하고, Telepresence와 nD CAD의 연계를 통해 계획대비 진도를 검토함. 이를 위해 다양한 현장의 영상정보를 취득하고 분석할 수 있게 Telepresence기반 영상관리 기술을 개발하고, nD CAD의 연계를 통한 진도관리 시뮬레이션 기능을 개발함.

○ 철도공사 BIM ROOM 구축기술 개발

- 철도시설공사 생애주기별 협업관리 시스템과 각 전문 공종별 간섭관리 효율화 시스템, 그리고 현장관리를 위한 원격 영상관리체계 구축 기술을 바탕으로 철도공사 BIM Room 구축기술을 개발함. 이를 통해 모든 철도사업 참여자들은 동일한 가상 공간에서 개별적인 업무활동을 수행하거나, 타 참여자들과의 정보전달, 정보교환 및 협의 등과 같이 의사결정 및 협업활동을 수행할 수 있음

(2) 추진전략

○ 수요자·사용자 중심의 개발

- 철도인프라 건설 및 운영기관을 중심으로 한 기술협의체 의견 수렴
- 철도인프라 건설 및 운영기관으로의 현장적용 및 시스템 검증에 참여 유도

○ 국내외 기술 협력체계 구축 운영

- 국내외 전문기관 및 전문가와의 기술협조 체계 구축
- 기업의 기술 개발 투자 및 유도

○ 기초연구 수행 시 연구기관의 기술력을 보완하고 협력 체제를 구축함으로써 향후 독자적 연구개발 능력 확보

- 각 계층별 요구사항이 충분히 반영되고 현실에 적용 가능한 실체적 산출물의 생산과 활용 여부가 연구의 핵심
- 해외 선진기술 및 유사사례를 연구·분석하고 국내 적용의 타당성을 검토하여 구체적 실현 가능성을 사전에 검증

○ 연구 단계별 산·학·연·관의 연계를 활용한 역할분담과 효율적인 운영체계 확립하되, 기초연구는 학·연을 중심으로, 기반기술은 학연 및 산업체를 중심으로 개발

○ 개발 기술 성과물의 질적 향상을 도모하기 위하여 주관기관, 연구기관, 철도 전문가 등으로 구성된 자문위원회를 구성하여 성능검증 및 평가체제 구축

- 올바른 연구방향 설정 및 연구과제 관련 사업 성과물의 질적 향상을 위하여 산·학·연·관의 전 방위적 연계와 역할 분담 및 각계전문가로 구성된 자문위원회 운영

(3) 기술확보전략

○ 선도기관과의 공동연구

- 철도인프라 사업관리 표준플랫폼 개발 기술 분야의 선도기관과 공동연구 추진뿐만 아니라 국외 연구기관과의 네트워크 구축을 통해 자료 공유 및 선진국 수준의 기술개발 역량 확보에 기여

○ 전문가 활용방안

- 당해 분야 산-학-연 전문가 자문그룹 구성 및 정기적 자문회의 개최
- 당해 기술개발의 수요처인 철도인프라 건설 및 운영기관, 건설업체 등의 실무자로 구성된 기술협의회 구성 및 상시 자문체계 구축
- 올바른 연구방향 설정 및 연구과제 관련 사업 성과물의 질적 향상을 위하여 산·학·연·관의 전 방위적 연계와 역할 분담 및 각계 전문가로 구성된 자문위원회 운영
- 기초 자료조사 및 이론적 접근 부분은 대학교수 등 관계 전문가를 통해서 추진하고, 특정 분야에 대한 심도 있는 조사와 자문을 위해 각 분야의 전문가를 적극 활용하여 추진(외부 용역 및 장기자문 활용)

○ 실용화 방안

- 개발 성과물의 주요 수요처인 철도인프라 건설 및 운영기관의 요구사항을 초기 단계에서부터 적극 반영하여 사용자 중심의 S/W 개발을 추진하여 실용성을 확보
- 본 과제와의 연계를 통해 총괄 BIM 시스템에 인터페이스로 연결하여 개별적인 S/W 구현도 가능하면서 통합운영이 용이하도록 연구 성과물을 확보함으로써 전체적인 활용도 향상

○ 사후관리 방안

- 정기적인 데이터베이스 및 S/W 업데이트, 에러발생에 따른 운영체계 안정성 확보 등 BIM 총괄 시스템 운영에 반영하여 관리할 수 있도록 인터페이스 구성 시 고려

나. 기존기술과의 차별성

○ 철도시설공사 사업전체 참여자를 위한 협업관리 운영체계에 관한 연구는 진행된 바가 없음

표 92 세부과제 차이점 비교

과제명	연구자	비고	
		상호유사성	코레일 적용 여부
가상건설시스템 개발사업	최철호 ((주) 두올테크)	•BIM기반 시스템구축이나 건축 및 토목시설공사에 소요되는 BIM시스템 구축이고, 민간 기관에서 설계 및 시공시 필요로 하는 요소기술개발 중심의 성과물로 구성된 반면, 제안과제는 BIM기반 철도인프라의 건설관리를 위한 기획연구로 서로 상이 •토목 시공 시뮬레이션 시스템 개발인 반면, 철도인프라 사업관리를 위한 기획연구로 서로 상이	×

다. 과제별 연차별 로드맵

표 93 과제별 연차별 로드맵

연구과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임워크 개발 기술	-설계/시공/유지관리정보 시각적 분석체계 구축 -각 사업단계별 사업참여자간의 의사소통 및 정보교환체계 구축 -설계/시공/유지관리정보 관리체계 구축 -ICT기반 철도공사 설계/시공/유지관리정보 협업관리시스템 인터페이스구축 -ICT기반 철도공사 설계/시공/유지관리정보 협업관리시스템 개발	-ICT기반 철도공사 토목/건축/전기/신호 간섭관리 효율화 방법론 개발 -각 전문공종별 시각적 시설관리 정보체계 구축 -ICT기반 철도공사 토목/건축/전기/신호 간섭관리 효율화 시스템 인터페이스 구축 -ICT기반 철도공사 토목/건축/전기/신호 간섭관리 효율화 시스템 개발	-ICT기반 철도공사 현장관리를 위한 원격 영상관리 방법론 개발 -Telepresence, nD CAD 연계를 통한 진도관리 시뮬레이션 구현 방법론 개발 -ICT기반 철도공사 현장관리를 위한 원격 영상관리체계 인터페이스 구축 -ICT기반 철도공사 현장관리를 위한 원격 영상관리체계 구축	-철도공사 BIM ROOM 구축 방법론 개발 -1~3차년도 기술들의 통합 인터페이스 구축 -철도공사 BIM ROOM 운영을 위한 인터페이스 구축 -철도공사 BIM ROOM 구축 기술 개발
성과물	- ICT기반 철도공사 설계/시공/유지관리정보 협업관리시스템 개발 - 연구개발보고서	- ICT기반 철도공사 토목/건축/전기/신호 간섭관리 효율화 시스템 개발 - 연구개발보고서	- ICT기반 철도공사 현장관리를 위한 원격 영상관리체계 구축 - 연구개발보고서	- 철도공사 BIM ROOM 구축기술 개발 - 연구개발보고서

라. 성과활용방안

표 94 성과활용방안

구 분	성과활용방안
협업관리 프레임워크	향후 예상되는 고속철도 및 고속화철도인프라 프로젝트의 협업관리 프레임워크로 활용
협업관리 프레임워크	국내 철도인프라 프로젝트에서 검증 후 해외시장 진출
협업관리 프레임워크	본 과제와의 연계를 통해 총괄 BIM 시스템에 인터페이스로 연결하여 통합 운영이 가능

마. 기대효과

○ 기술적 측면

- BIM기반의 설계/시공/유지관리정보 시뮬레이션 객체와 토목/건축/전기/신호정보 시뮬레이션 객체 등의 협업관리가 가능한 BIM Room을 구축함으로써 철도공사의 첨단기술기반 선도적 협업체계 기술을 확보함
- nD CAD, Telepresence 등 첨단 IT도구 활용이 가능한 BIM Room을 구축을 통해 프로젝트단계별 및 전문공정별 간섭최소화와 최적의 대안 결정을 지원하는 도구로 사용 가능하며, 이를 기반으로 공기 및 공사비를 절감하는 정보화 기반의 실시간 철도시설 공사관리 기술을 확보함

○ 경제적 측면

- 철도시설공사 전 단계에 활용성을 갖춘 공사정보 협업관리기술을 통해 기획부터 설계, 시공, 유지관리 전 단계 철도사업정보의 실시간 및 시각적 협업관리 플랫폼 구축하여 철도 BIM운영체계의 모든 발생정보를 생애주기동안 재활용이 가능하도록 함
- BIM기반의 정보화기술을 통해 다양한 철도시설 분야 간의 협업체계구축으로 상호간섭/공기/공사비의 최소화 방안을 결정할 수 있으며, 이를 통해 발주자에게 신뢰성 높은 공사정보 제공으로 해외수주사업에서 기술경쟁력을 확보할 수 있음
- 철도인프라 관리를 위해 차세대 첨단IT기술을 적용하여 생애주기 정보의 상호운용성 플랫폼 기술을 개발함으로써 철도인프라 프로젝트 협업관리 기술의 선진화를 도모할 수 있고, 급증하는 고속화철도인프라 수요에 선제적 대응기술의 확보가 가능함. 또한, 철도건설/운영/유지보수의 비용절감 및 정부 재정지원 감소가 가능하며, 첨단 친환경교통수단으로서의 철도의 이미지 제고 부여가 가능함
- ICT 기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 플랫폼을 개발하여 사용함으로써 프로

젝트 진행상의 많은 업무가 시스템화되고, 실제 수행한 업무 내용이 시스템에 기록으로 남기 때문에, 다른 프로젝트 수행에 활용할 수 있으며, 장기적으로는 프로젝트 단위를 넘어서 전사적 협업과 지식공유가 가능하므로 건설업무 지식경영의 기반 역할을 할 수 있음

5. 인력투입계획 및 소요예산산정

가. 연구일정에 따른 인력투입계획

○ 본 과제의 연구일정에 따른 연구인력 총 투입 연인원은

표 95 인력투입계획 총괄표

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 플랫폼 개발기술	5	8	6	6	25	30

나. 소요예산산정

○ 연구비 총괄표

표 96 연구비 총괄표

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 플랫폼 개발기술	400	600	500	500	2000	29

(단위 : 백만원)

○ 세부 총괄표

표 97 세부연구비 총괄표

비 목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합 계	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부 인건비		185,760	297,216	245,100	245,100	973,176	49%
2) 직접비	연구장비재료비	연구기자재 및 시설비	12,000	10,000	10,000	10,000	42,000	2%
		시작품 제작비	15,000	10,000	10,000	10,000	45,000	2%
		재료비	10,012	8,212	7,303	7,303	32,830	2%
	연구활동비	여비	18,576	29,721	24,510	24,510	97,317	5%
		수용비 및 수수료	16,718	26,749	22,059	22,059	87,585	4%
		기술정보 활동비	24,148	38,638	31,863	31,863	126,512	6%
	연구수당		27,864	44,582	36,765	36,765	145,976	7%
3) 간접비			89,923	134,884	112,404	112,404	449,615	22%
4)	합계		400,001	600,002	500,004	500,004	2,000,011	100%

(단위 : 천원)

6. 과제제안요구서(RFP)

연구과제명	ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임워크 개발 기술
1. 연구개발 목표	
	○ 고속화/고속철도시설사업의 협업관리에 특화된 BIM기반 시각화 원천기술을 개발하여, 철도공사 전 생애주기 동안의 BIM기반 통합정보가 연속적으로 재활용 될 수 있는 플랫폼 구축 ○ 철도시설공사의 특성에 맞는 시각적 시설관리 정보체계를 구축함으로써, 토목/전기/신호/통신 등 각 분야간 간섭관리 효율화를 위한 협업관리 플랫폼 구축 ○ 첨단 IT기술의 활용과 BIM기반의 시각적인 사업관리 정보를 통해 철도시설사업 모든 관계자들이 협업과 최적의 대안을 도출할 수 있는 BIM ROOM 구축 기술 개발
2. 연구개발 필요성	*(기술동향 포함)*
□ 연구개발의 필요성	○ 철도시설공사의 전 생애주기 동안 정보의 연속성을 확보할 필요가 있으며, 각 단계 참여자간의 의사소통 및 정보공유를 통한 최적의 사업관리를 할 수 있는 운영체계 필요 ○ 토목/건축/전기/신호 등 서로 다른 공종간의 간섭을 초기부터 최소화하고, 이러한 각 분야간 철도건설사업의 시각적 시설관리 정보체계 필요 ○ 위험요소 발생가능성이 높은 지역이나 특별 집중관리가 필요한 현장에 대하여, nD CAD와 Telepresence의 연계를 통해 시뮬레이션을 구현함으로써 계획대비 진도관리와 현장의 실시간 정보수집 및 공유가 가능한 원격 영상관리체계가 필요함 ○ BIM ROOM구축 기술 등 철도사업 참여자간 정보호환 및 공유를 위한 철도시설공사의 BIM기반 선도적 협업관리 시스템 구축기술이 필요함
□ 기술동향	○ 건설사업의 특성상 각 단계별 업무가 다르고 발생하는 정보의 내용과 형식이 상이하므로 정보의 원활한 소통과 재활용성이 강조되고 있음 ◯ 각 분야간 업무체계의 분석을 통하여 협업관리 체계를 구축하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 협업관련 지원도구 또는 부분적 협업관리시스템이 사용되고 있는 실정임 ◯ 이에 따라, ICT 기반의 통합적인 정보관리 시스템의 필요성이 대두되고 있으며 타 건설분야의 협업관리에서는 상용시스템 뿐만 아니라 기업내부의 자체시스템 개발사례도 점차 늘고 있는 실정임 - 기업내부의 협업관리시스템 자체개발사례

G건설사	eWorks21
D건설사	DW-eCOS
L건설사	BIM-COPIMS
H건설사	H-pms

○ 협업설계시스템: eRevie(www.web4engineers.com), TeamSpace (www.ses.co.kr), Alibre(www.alibre.com)은 CAD등을 이용한 설계도면을 여러 설계자가 온라인 상에서 서로 검토하고 생성할수 있도록 하는 시스템이며, 여러 참여자가 동시에 볼 수 있도록 하는 뷰어 기능과, 컨퍼런싱기능 그리고 도면회의의 효과향상을 위해 뷰어에 표시되는 도면에 여러 가지 밑줄이나 포인터와 같은 표식을 해주는 표식기능인 마크업(marking up)기능을 제공함

○ 협업시스템: ProjectNet(www.citadon.com), ProjectPoint (www.buzzsaw.com), TeamBuilder(www.ebuilder.com)은 협업대상 문서가 설계도면에 한정되지 않고 프로젝트에서 생성되고 관리되는 모든 문서로 확장된 개념으로 문서관리/도면관리/온라인회의/워크플로우/프로젝트 일정관리/ 작업양식처리/버전관리/접근제어관리 등의 기능을 제공함

4. 연구개발 내용

*(**연차별** 수행 내용, 연차별 성과목표 포함)*

○1차년도 : ICT기반 철도공사 설계/시공/유지관리정보 협업관리시스템 개발

- ICT기반 철도공사 설계/시공/유지관리정보 시각적 분석체계, 각 단계별 사업참여자간의 의사소통 및 정보교환체계 구축
- ICT기반 철도공사 설계/시공/유지관리정보 관리체계 구축
- ICT기반 철도공사 설계/시공/유지관리정보 협업관리 시스템 인터페이스 구축
- ICT기반 철도공사 설계/시공/유지관리정보 협업관리시스템 개발

○2차년도 : ICT기반 철도공사 토목/건축/전기/신호 간섭관리 효율화 시스템 개발

- ICT기반 철도공사 토목/건축/전기/신호 간섭관리 효율화 방법론 개발
- ICT기반 철도공사 토목/건축/전기/신호 시각적 시설관리 정보체계 구축
- ICT기반 철도공사 토목/건축/전기/신호 간섭관리 효율화시스템 인터페이스 구축
- ICT기반 철도공사 토목/건축/전기/신호 간섭관리 효율화시스템 개발

○3차년도 : ICT기반 철도공사 현장관리를 위한 원격 영상관리체계 구축

- ICT기반 철도공사 현장관리를 위한 원격 영상관리 방법론 개발

- Telepresence, nD CAD 연계를 통한 진도관리 시뮬레이션 구현 방법론 개발
- ICT기반 철도공사 현장관리를 위한 원격 영상관리체계 인터페이스 구축
- ICT기반 철도공사 현장관리를 위한 원격 영상관리체계 구축

○4차년도 : 철도공사 BIM ROOM 구축기술 개발
- 철도공사 BIM ROOM 구축 방법론 개발
- 1~3차년도 기술들의 통합 인터페이스 구축
- 철도공사 BIM ROOM 운영을 위한 인터페이스 구축
- 철도공사 BIM ROOM 구축 기술 개발

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 국내외 해당분야 전문가들로 구성된 기획 연구진을 구성
○ 실질적인 연구 결과 도출을 위하여 국토해양부 및 주요 발주기관인 철도시설공단 등의 의견수렴을 시행하고 반영
○ 객관적인 기획연구 결과 도출을 위하여 산학연 전문가로 구성된 자문위원회를 활용
- 실용적인 기획연구 결과 도출을 위하여 기업체 소속의 자문위원을 포함
○ 국내·외 연구동향 조사를 바탕으로 본격적 연구방향 및 목표 재정립
○ 기 수행되었거나(종료과제, 중단과제 등) 현재 수행중인 관련 연구개발과제와의 중복성 검토를 통해 중복투자 배제 및 연계방안 제시
○ 기존의 확보된 연구성과와 인력을 최대한 활용

□ 추진체계

○ 본 사업단은 실용화 중심의 연구개발사업으로 산·학·연 공동연구 추진
○ 참여연구기관간 협력을 통해 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조체계 구축
○ 필요시 데이터 분석 분야에서 선도적 위치에 있는 국내외 주요 기관 및 전문가와 공동연구를 추진 할 수 있음

5. 최종성과물

□ 주요 성과물

○ ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임워크 연구개발보고서
○ ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임워크 관련 지식재산권
○ ICT기반 철도공사 설계/시공/유지관리정보 협업관리시스템 구축
○ ICT기반 철도공사 토목/건축/전기/신호 간섭관리 효율화 시스템 구축
○ ICT기반 철도공사 현장관리를 위한 원격 영상관리체계 구축
○ 철도공사 BIM ROOM 구축기술 개발

6. 기대효과 및 파급효과

○ 협업관리가 가능한 BIM ROOM을 구축하여 철도 인프라의 효율적 통합운영 기술확보

○ 첨단 IT도구 활용이 가능한 BIM ROOM 구축을 통해 프로젝트 단계별 및 전문공정별 간섭최소화와 최적의 대안 결정을 지원하는 도구로 사용

○ 철도사업 전 생애주기에 걸쳐 실시간 및 시각적 정보의 상호 운용성 협업관리 플랫폼 구축을 통해 철도 BIM운영체계의 모든 발생정보의 연속성 확보

○ BIM기반의 정보화기술을 통한 다양한 철도시설 분야 간의 협업체계구축으로 상호간섭/공기/공사비 최소화 방안 확보

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구기간 : 2015년~2018년 (4년)

○ 총 정부출연금 : 20억

○ 1차년도 연구개발비 : 4억

○ 연차별 예산

구분	2015년	2016년	2017년	2018년
정부	4억	6억	5억	5억
민간				
합계	4억	6억	5억	5억

8. 기타

7. 연차별 성과목표 및 평가방법

세부 과제명	연차	핵심목표	목표 성과물	성과지표	평가방법
ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임웍 개발기술	1차년도	ICT기반 철도공사 설계/시공/유지관리정보 협업관리시스템 개발	보고서 논문 시스템	보고서제출 논문 건수 성능	보고서제출 발표/ 게재 건수 동작 시험
	2차년도	ICT기반 철도공사 토목/건축/전기/신호 간섭관리 효율화시스템 개발	보고서 논문 시스템	보고서제출 논문 건수 성능	보고서제출 발표/ 게재 건수 동작 시험
	3차년도	ICT기반 철도공사 현장관리를 위한 원격 영상관리체계 구축	보고서 논문 시스템	보고서제출 논문 건수 성능	보고서제출 발표/ 게재 건수 동작 시험
	4차년도	철도공사 BIM ROOM 구축	보고서 논문 시스템 특허	보고서제출 논문 건수 성능 특허 건수	보고서제출 발표/ 게재 건수 동작 시험 출원/ 동록 건수

8. 추진일정(안)

세부 과제명	세부 수행 내용	1차년도				2차년도				3차년도	
		1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기
ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임워크 개발기술	ICT기반 철도공사 설계/시공/유지관리정보 협업관리시스템 개발	■	■	■	■						
	ICT기반 철도공사 토목/건축/전기/신호 간섭관리 효율화 시스템 개발					■	■	■	■		
	ICT기반 철도공사 현장관리를 위한 원격 영상관리체계 구축									■	■
	철도공사 BIM ROOM 구축기술 개발										

제10절. BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 개발

1. 과제 개요

가. 추진배경

○ 그동안 국내 BIM기반 현상설계 및 턴키 발주는 BIM제출안에 대한 평가가 제대로 이루어지지 못하였음

○ BIM기반의 설계와 건설이 필요함은 이미 공감대가 형성된 상태로, 이제 제대로 된 BIM을 구현하자는 쪽으로 생각이 옮겨가고 있음. 이에 따라, 용역사와 발주자 입장에서는 BIM의 품질을 제대로 관리하는 것이 궁극적으로 건설 비용을 줄일 수 있는 유일한 방안임

○ 이미 해외 선진국에서 품질검토는 필수적으로 실시되는 항목이며, 많은 지침과 프로세스를 개발 및 보완하고 있음. 최근 국내에서도 BIM가이드라인 및 지침이 개발되고 있고 BIM발주가 늘어나는 추세이므로 BIM 데이터의 품질검증에 대한 신뢰성 확보 방안이 요구됨.

나. 필요성

○ 최근 건설분야에서는 BIM의 도입 및 확산이 증대되고 있으며, 이에 따라 BIM관련 성과품에 대한 합리적인 품질검증 방안이 요구되고 있음. 특히 미국, 싱가포르, 유럽 등의 해외에서는 이미 BIM기반 품질검토가 필수적으로 실시되고 있음. 국내에서는 일부 단체 및 기관에서 BIM 설계 및 납품에 관한 지침이나 기준 및 가이드라인 등을 제시하고 있으나, 대부분 원칙적이고 기본적인 수준으로 실무에 활용하기에는 어려운 실정임. 이에 따라 BIM 발주기관에서는 BIM 성과품의 품질검증이나 평가 등에 대한 신뢰성 확보 방안이 요구되고 있음. 따라서 철도인프라의 성과품 품질향상과 철도시설공사의 해외 경쟁력 확보를 위해서도 BIM기반 품질검증 체계 구축이 필요함.

○ 또한, 발주기관들이 요구하는 정보들이 점차 설계, 시공 및 시설물 운영단계까지 확대되면서 이를 위한 다양한 BIM시스템들의 운영이 필수적으로 요구되고 있음. 이러한 BIM시스템들의 효율적인 운영을 위해서는 BIM 성과품의 품질검증 뿐만 아니라 철도시설 2D설계도면의 3D활용성 검증체계 및 3D도면의 BIM운영체계 적

합성 검증 등이 필요함. 이러한 도면 검증체계는 후속단계 및 공정으로 오류도면의 전달을 방지하여 반복 및 재설계 작업을 최소화 할 수 있으므로 효율적인 철도공사를 위한 2D/3D 도면 품질검증 시스템 개발이 필요함.

○ 철도사업은 토목/건축/전기/신호 등의 다양한 전문공정들로 인하여 외부에서 가시적으로 확인이 어려운 공정들이 다수 포함되어있으므로, 사전에 시각적으로 공법의 적절성을 검토할 수 있는 방안이 요구되고 있음. 시각적으로 공법의 적절성을 검토하기 위해서는 시공이전에 공법별로 대안을 검증할 수 있는 시뮬레이션 기술과 시공중 계획대비 실제 시공에 대한 정보를 비교하는 진도정보 검토기능 등과 같이 BIM기반 철도사업에 특화된 시공성 향상 및 공법비교 시스템 개발이 필요함.

○ 건설분야에서는 BIM기술과 같이 가상현실을 활용한 시스템을 개발하여 건설관리 업무를 수행하고 있지만, 대다수 건설정보가 컴퓨터 그래픽으로만 표현됨으로써 실제공사현장을 현실감있게 표현하는데에는 어려움이 있음. 최근 이러한 가상현실의 단점을 극복할 수 있는 증강현실기술이 대두되고 있으며, 철근배근 검측 등과 같이 증강현실기술을 건설 업무에 적용하기 위한 연구들이 진행되고 있음. 철도공사의 경우, 전문공정들이 상호 복합적으로 구성되어 작업이 진행됨에 따라 현장에서의 공정별 시공정보관리가 보다 중요하므로, 현실감을 높여 공정별 시공정보를 구분할 수 있는 증강현실 활용시스템 개발이 필요한 시점임.

다. 기술정의

○ BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 개발
- BIM기술기반 철도공사 시공성 향상 및 공법비교 시스템 개발
- 철도공사 시공정보관리 향상을 위한 증강현실 활용시스템 개발
- 철도공사 2D/3D 도면 품질검증 시스템 개발
- 철도공사 준공품 품질검증 시스템 개발

○ 철도인프라의 시공성 향상을 위해 시공이전 공법별 대안검증 시뮬레이션 기술과 시공중 시뮬레이션 기술을 개발하고, 증강현실 기술을 활용한 시스템을 개발함으로써, 공법의 적정성 검토와 시공정보관리 향상이 가능하도록 하기 위한 개발 기술

○ 철도시설의 성과품 품질향상을 위해 2D/3D도면의 표준체계 및 적합성 검증체계를 구축하고, BIM기반의 품질검증 운영체계를 구축함으로써 성과품 향상 및 고품질의 준공품 확보를 위한 개발 기술

라. 연구범위 설정

○ 철도시설 공정 및 부위별 고품질의 준공품 확보를 위해 생애주기동안 2D/3D 도면에 대한 도면 적합성 검증체계를 구축하고, 준공 후 철도시설물의 준공품에 대한 품질검증 시스템을 개발하여 전체 철도사업 정보의 BIM기반 품질검증 운영체계를 구축

○ 시공이전과 시공중 시뮬레이션을 통해 시공성을 검증하고 시공정보관리 향상을 위해 증강현실 기술을 활용한 시스템을 구축함

2. 현황 및 문제점

○ 미국, 싱가포르, 유럽 등의 해외에서는 이미 BIM기반의 품질관리 프로세스가 필수 항목으로 실시되고 있음

○ 국내에도 몇몇 BIM 발주가 있어 왔으나 제대로 된 BIM 지침과 이에 따른 모델링이 실현되지 않아, BIM기반의 설계품질에 대한 신뢰도 확보가 화두로 제시되고 있음

○ 국외 BIM 관련 기준 현황

표 98 국외 BIM 관련 기준 현황

발행기관	명칭
미국 GSA	BIM Guide Series
핀란드	BIM Requirement
덴마크	CAD Manual 2008
미국 NIBS	National BIM Standard 지침

○ 국내 BIM 관련 기준 현황

표 99 국내 BIM 관련 기준 현황

발행기관	명칭
국토해양부	건축분야 BIM 적용가이드
조달청	시설사업 BIM 적용 기본지침서
한국건설기술연구원	건설정보모델 작성·납품 공통기준
가상건설연구단	BIM 적용 설계 가이드라인 - 3차원 건축 설계 지침

○ 국내에서는 일부 단체 및 기관에서 BIM 설계 및 납품에 관한 지침이나 기준 및

가이드라인 등을 제시하고 있으나, 대부분 원칙적이고 기본적인 수준으로 실무에 활용하기에는 어려운 실정임. 또한, 철도분야의 BIM성과품에 대한 품질검증 체계의 부재로 인해 BIM성과품이나 평가 등에 대한 신뢰성 확보 방안이 요구됨

3. 동향 분석

○ 기존연구동향

- 권오철(2011)은 국내외 BIM의 품질관리와 관련된 내용을 중점적으로 검토함으로써 향후 BIM 품질기준이 갖추어야할 방향과 항목을 제시하고 BIM발주의 품질관리에 대한 기준을 제안하였음
- 권오성(2012)는 품질관리 업무 중 검측업무를 대상으로 모바일 컴퓨팅 및 증강현실 기술을 활용한 시공 및 검측 어플리케이션을 개발하였음
- 조진종(2012)는 BIM기술을 활용한 설계의 사례 연구를 통해 설계 품질이 향상된 사례를 소개함
- 임수영(2013)은 설계품질 향상을 위해 국내 BIM 납품기준을 분석하여 BIM설계의 적용과 활용이 가능한 영향요소를 도출하고 설계단계에 앞서 수행되는 기획단계 또는 개념설계 단계에서 필요한 BIM 모델링 요소를 제시함
- 김인한(2010)은 BIM기반의 초고층건물 설계품질관리를 위해 품질관리 대상을 설계기준/시설기준/시공기준으로 분류하고, 품질관리 체크리스트를 제시함
- 이세잎(2012)는 시공단계에서의 BIM의 설계오류 유형을 파악하고, IFC기반의 도구인 Solibri를 통해 BIM모델의 점검과 품질 및 물리적인 안전성을 분석하여, 시공 전 설계오류검토를 통해 시공성의 향상을 도모함

○ 품질관리 기준으로는 크게 형상완성도/객체충돌/간섭 등을 검토하는 물리정보, 법규/기준 등 주요 설계조건을 관리하는 논리정보, 객체사용/속성부여 등을 관리하는 데이터 품질로 구분되고 있음(임수영, 2013)

○ 미국, 싱가포르, 유럽 등의 해외에서는 이미 BIM기반의 품질관리 프로세스가 필수 항목으로 실시되고 있음

○ 미국 연방조달청(GSA)은 법원 건물의 기획, 설계, 시공 및 유지관리를 위해 가이드라인(U.S. Courts Design Guide)에서 명시하는 사항에 BIM 기술을 접목, 자동화해 시설물의 품질을 관리하고 있음.

○ 2008년 게리 테크놀로지(Gehry Technologies) 사 발표에 의하면 홍콩의 One Island East 건물의 설계 시, 3차원 물리적인 충돌을 2,000군데 발견해 1,300만 달러를 절감했다고 함. 특히 BIM의 올바른 적용을 통해 시공성 검토만으로 공사비 10%절감, 공사비의 4~8%를 차지하는 예산변경 비용의 40% 절감, 공사비 예측정

확도 3%향상, 공사비 산정시간의 80%절감, 공정 7% 단축, BIM 투자대비 10~20배 회수 등의 절감이 가능하였다고 함

○ 품질관리관련 소프트웨어

표 100 품질관리관련 소프트웨어

분류	소프트웨어
디자인 소프트웨어	Archi CAD, Revit, Bently Architecture, Allplan 등
Viewer 소프트웨어	DDS-cad viewer, IFCsrorey viewer, Solibri viewer, Nemetscheck, IFC viewer 등
Rule 기반 검토 및 유효성 검토 소프트웨어	Solibri Model Checker, Navisworks, MSMLite 등

- SMC(Solibri Medel Checker)는 미국의 GSA, 핀란드의 Senate Properties, 덴마크의 BIPS등에서 널리 쓰이고 있는 BIM 품질관리를 위한 가장 대표적인 도구로써, 물리적검토, 논리적 검토가 가능하며 공간체크, 접근성체크, 구조검토, MEP검토, 수정모델 비교체크, 법큐체크 등 사용자가 Ruleset을 정의함에 따라 다양한 검토가 가능함
  → 물리/논리/공간/접근성/구조/시공성/법규 검토가능, 사용자 필요정보 추출가능
- Navisworks는 객체가 물리적 충돌체크, 자회사의 BIM모델과 높은 호환성, 시각화 검토, 간섭체크, 공정 시뮬레이션 기능으로 다양한 검토방식 지원
  → 물리적인 검토 가능

4. 연구과제 개발 및 추진전략

가. 핵심후보과제 주요내용 및 추진전략

(1) 후보과제 주요내용

○ BIM기술기반 철도공사 시공성 향상 및 공법비교 시스템 개발

- BIM기술기반 철도공사 시공성 향상 및 공법비교 시스템은 다양한 공정들로 구성되는 철도사업의 특성을 고려하여, 시공이전에 공법별 적정성 검토를 수행할 수 있는 시뮬레이션 기술을 구현함. 이를 통해 의사결정자들에게 공법의 적정성 및 대안공법 구현정보를 제공함으로써 최적의 대안을 도출하도록 함. 또한, 시공중 계획 대비 실제 시공에 대한 정보를 시각적으로 비교할 수 있는 진도정보 검토기능을 개발하여, 다양한 전문공정들의 진도를 상호 비교할 수 있도록 함.

○ 철도공사 시공정보관리 향상을 위한 증강현실 활용시스템 개발

- 철도공사 시공정보관리 향상을 위한 증강현실 활용을 통한 시스템 개발에서는 컴퓨터 그래픽 위주로 표현되고 있는 건설정보에 실제공사현장의 현실감이 반영될 수 있도록 증강현실 적용 기술을 개발함. 이를 통해 발주자 및 공사참여자들은 실제 작업현장에서나 웹카메라의 영상을 통해서나 현실감이 높아진 시공정보를 제공받아 공정별 시공정보를 쉽게 구분할 수 있게 함.

○ 철도공사 2D/3D 도면 품질검증 시스템 개발

- 철도공사 2D/3D 도면 품질검증 시스템은 발주기관에서 요구하는 수준의 3D도면 완성도를 확보할 수 있도록 철도시설 2D/3D 도면정보의 표준체계를 구축하여 품질검증을 자동화하는 것임. 이를 위해 2D설계도면의 3D 활용성 및 3D 도면의 BIM운영체계 적합성 검증 기술을 개발하여 BIM시스템의 효율적인 운영과 도면의 품질을 향상시킬 수 있게함.

○ 철도공사 준공품 품질검증 시스템 개발

- 철도공사 준공품 품질검증 시스템은 철도시설물의 준공품이 발주자의 의도대로 완성이 되었는지를 검증하기 위한 체계임. 특히 철도공사의 업무특성, 표준, 절차 등을 중심으로 준공품의 품질검증 운영체계를 구축하여, 철도사업에 특화하였음. 이를 통해 철도공사 준공품의 품질저하 요인을 사전에 예방하고, BIM데이터의 올바른 생산과 활용을 유도함.

(2) 추진전략

○ 수요자·사용자 중심의 개발

- 철도인프라 건설 및 운영기관을 중심으로 한 기술협의체 의견 수렴
- 철도인프라 건설 및 운영기관으로의 현장적용 및 시스템 검증에 참여 유도

○ 국내외 기술 협력체계 구축 운영

- 국내외 전문기관 및 전문가와의 기술협조 체계 구축
- 기업의 기술 개발 투자 및 유도

○ 기초연구 수행 시 연구기관의 기술력을 보완하고 협력 체제를 구축함으로써 향후 독자적 연구개발 능력 확보

- 각 계층별 요구사항이 충분히 반영되고 현실에 적용 가능한 실체적 산출물의 생산과 활용 여부가 연구의 핵심
- 해외 선진기술 및 유사사례를 연구·분석하고 국내 적용의 타당성을 검토하여 구체적 실현 가능성을 사전에 검증

○ 연구 단계별 산·학·연·관의 연계를 활용한 역할분담과 효율적인 운영체계 확립하되, 기초연구는 학·연을 중심으로, 기반기술은 학연 및 산업체를 중심으로 개발

○ 개발 기술 성과물의 질적 향상을 도모하기 위하여 주관기관, 연구기관, 철도 전문

가 등으로 구성된 자문위원회를 구성하여 성능검증 및 평가체제 구축

- 올바른 연구방향 설정 및 연구과제 관련 사업 성과물의 질적 향상을 위하여 산·학·연·관의 전 방위적 연계와 역할 분담 및 각계전문가로 구성된 자문위원회 운영

(3) 기술확보전략

○ 선도기관과의 공동연구

- 철도인프라 사업관리 표준플랫폼 개발 기술 분야의 선도기관과 공동연구 추진뿐만 아니라 국외 연구기관과의 네트워크 구축을 통해 자료 공유 및 선진국 수준의 기술개발 역량 확보에 기여

○ 전문가 활용방안

- 당해 분야 산-학-연 전문가 자문그룹 구성 및 정기적 자문회의 개최
- 당해 기술개발의 수요처인 철도인프라 건설 및 운영기관, 건설업체 등의 실무자로 구성된 기술협의회 구성 및 상시 자문체계 구축
- 올바른 연구방향 설정 및 연구과제 관련 사업 성과물의 질적 향상을 위하여 산·학·연·관의 전 방위적 연계와 역할 분담 및 각계 전문가로 구성된 자문위원회 운영
- 기초 자료조사 및 이론적 접근 부분은 대학교수 등 관계 전문가를 통해서 추진하고, 특정 분야에 대한 심도 있는 조사와 자문을 위해 각 분야의 전문가를 적극 활용하여 추진(외부 용역 및 장기자문 활용)

○ 실용화 방안

- 개발 성과물의 주요 수요처인 철도인프라 건설 및 운영기관의 요구사항을 초기 단계에서부터 적극 반영하여 사용자 중심의 S/W 개발을 추진하여 실용성을 확보
- 본 과제와의 연계를 통해 총괄 BIM 시스템에 인터페이스로 연결하여 개별적인 S/W 구현도 가능하면서 통합운영이 용이하도록 연구 성과물을 확보함으로써 전체적인 활용도 향상

○ 사후관리 방안

- 정기적인 데이터베이스 및 S/W 업데이트, 에러발생에 따른 운영체계 안정성 확보 등 BIM 총괄 시스템 운영에 반영하여 관리할 수 있도록 인터페이스 구성 시 고려

나. 기존기술과의 차별성

표 101 세부과제 차이점 비교

과제명	연구자	비고	
		상호유사성	코레일 적용 여부
가상건설시스템 개발사업	최철호 ((주) 두올테크)	•BIM기반 시스템구축이나 건축 및 토목시설공사에 소요되는 BIM시스템 구축이고, 민간 기관에서 설계 및 시공시 필요로 하는 요소기술개발 중심의 성과물로 구성된 반면, 제안과제는 BIM기반 철도인프라의 건설관리를 위한 기획연구로 서로 상이 •토목 시공 시뮬레이션 시스템 개발인 반면, 철도인프라 사업관리를 위한 기획연구로 서로 상이	×

다. 과제별 연차별 로드맵

표 102 과제별 연차별 로드맵

연구과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 개발	-BIM기술기반 철도공사 시공성 향상 및 공법비교 방법론 개발 -공법별 적정성 검토를 위한 시뮬레이션 구현 및 진도정보 검토 기능 개발 -BIM기술기반 철도공사 시공성 향상 및 공법비교 시스템 인터페이스 구축 -BIM기술기반 철도공사 시공성 향상 및 공법비교 시스템 개발	-광역현장정보와 전문공종정보에 대한 증강현실활용 방법론 개발 -철도공사 시공정보관리 향상을 위한 증강현실 활용시스템 인터페이스 구축 -철도공사 시공정보관리 향상을 위한 증강현실 활용시스템 개발	- 철도공사 2D/3D 도면 품질검증 방법론 개발 - 철도공사 2D/3D 도면정보 표준체계 구축 -2D/3D 도면의 BIM운영체계 적합성 및 활용성 검증 체계 개발 - 철도공사 2D/3D 도면 품질검증 시스템 인터페이스 구축 - 철도공사 2D/3D 도면 품질검증 시스템 개발	-철도공사 준공품 품질검증 방법론 개발 -전 생애주기 BIM정보의 품질검증 운영체계 구축 -철도사업 특화 BIM가이드라인 구축 -철도공사 준공품 품질검증 시스템 인터페이스 구축 -철도공사 준공품 품질검증 시스템 개발
성과물	- BIM기술기반 철도공사 시공성 향상 및 공법비교 시스템 개발 - 연구개발보고서	- 철도공사 시공정보관리 향상을 위한 증강현실 활용시스템 개발 - 연구개발보고서	- 철도공사 2D/3D 도면 품질검증 시스템 개발 - 연구개발보고서	- 철도공사 준공품 품질검증 시스템 개발 - 연구개발보고서

라. 성과활용방안

표 103 성과활용방안

구 분	성과활용방안
공법비교 시스템	철도인프라 건설공사에서 성능 검증 후 다른 토목 건설 분야에서의 활용도 가능할 것으로 보임
품질검증 시스템	향후 예상되는 고속철도 및 고속화철도인프라 건설의 도면, BIM데이터 및 준공품의 품질검증에 활용 가능
철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템	본 과제와의 연계를 통해 총괄 BIM 시스템에 인터페이스로 연결하여 통합 운영이 가능

마. 기대효과

○ 기술적 측면

- 철도시설사업은 장기간동안 수행되고, 특히 장대터널 등과 같이 외부에서 가시적으로 확인이 어려운 공정들이 다수 포함되므로, BIM기반 철도시설물 시공성 및 공법검증 운영체계를 통해 사전에 시각적으로 공법의 적정성 검토 및 대안도출, 시설물의 시공성 검증이 가능함
- BIM기반 철도시설물 2D/3D 표준도면정보의 검증체계 및 준공품 품질검증체계의 구축을 통해 발주기관에서 요구하는 수준의 3D도면 완성도를 확보할 수 있고, 철도시설물의 품질향상을 유도할 수 있음

○ 경제적 측면

- 주요 철도시설의 BIM기반 공법 시공성 검증 및 3D도면 검증체계 구축으로 후속 단계 및 공정으로 오류 성과품 전달을 최소화하여 공기 및 사업비 절감이 가능하고, 철도시설 시공성 및 공법 정보의 정확성을 향상 시킬 수 있음
- 발주기관의 BIM정보 검증체계 구축을 통해 사업단계별로 발생하는 다양한 BIM정보를 검증하여 BIM운영체계 활용의 효율성을 확보할 수 있고, 생애주기 BIM정보의 재활용이 가능하여 BIM정보의 생산성 향상에 기여함
- 수치적 정보관리체계와 비교시 시각적 정보관리체계로 공법 대안 검증절차의 효율성 확보가 가능하고, 단계별 도면 오류를 감소시킴으로써 공기단축과 사업비 절감에 기여할 수 있음

5. 인력투입계획 및 소요예산산정

가. 연구일정에 따른 인력투입계획

○ 본 과제의 연구일정에 따른 연구인력 총 투입 연인원은

표 104 인력투입계획 총괄표

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 개발기술	5	8	6	6	25	30

나. 소요예산산정

○ 연구비 총괄표

-

표 105 연구비 총괄표

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 개발기술	400	600	500	500	2000	29

(단위 : 백만원)

○ 세부 총괄표

표 106 세부연구비 총괄표

비 목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합 계	구성비 (%)
1) 인건비	내/외부 인건비		185,760	297,216	245,100	245,100	973,176	49%
2) 직접비	연구장비재료비	연구기자재 및 시설비	12,000	10,000	10,000	10,000	42,000	2%
		시작품 제작비	15,000	10,000	10,000	10,000	45,000	2%
		재료비	10,012	8,212	7,303	7,303	32,830	2%
	연구활동비	여비	18,576	29,721	24,510	24,510	97,317	5%
		수용비 및 수수료	16,718	26,749	22,059	22,059	87,585	4%
		기술정보 활동비	24,148	38,638	31,863	31,863	126,512	6%
	연구수당		27,864	44,582	36,765	36,765	145,976	7%
3) 간접비			89,923	134,884	112,404	112,404	449,615	22%
4)	합계		400,001	600,002	500,004	500,004	2,000,011	100%

(단위 : 천원)

6. 과제제안요구서(RFP)

연구과제명	BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 개발기술
1. 연구개발 목표	
	○ 철도시설 부위별 고품질의 준공품 확보를 위해 생애주기동안 2D/3D 도면에 대한 도면 적합성 검증체계를 구축하고, BIM성과품 및 준공품의 체계적이고 일관적인 검증이 가능하도록 철도시설공사의 자체업무특성, 절차, 표준 등을 고려하여 발주기관에서 사용할 수 있는 BIM기반 품질검증 운영체계 구축 ○ 철도시설 부위별 고품질의 준공품 확보를 위해 생애주기동안 2D/3D 도면에 대한 도면 적합성 검증체계를 구축함. 또한, BIM성과품 및 준공품의 체계적이고 일관적인 검증이 가능하도록 하기 위해, 철도시설공사의 자체업무특성, 절차, 표준 등을 고려하여 발주기관에서 사용할 수 있는 BIM기반 품질검증 운영체계 구축 ○ 시공이전과 시공중 시뮬레이션을 통해 공법의 적정성 검토 및 시공성을 검증하고, 시공정보관리 향상을 위해 BIM정보가 포함된 가상현실과 증강현실기술이 도입된 시스템을 구축하여 철도인프라의 시공성 향상과 준공품의 품질향상을 도모
2. 연구개발 필요성	*(기술동향 포함)*
□ 연구개발의 필요성	○ 미국, 싱가포르, 유럽 등의 해외에서는 이미 BIM기반 품질검토가 필수적으로 실시되고 있으며, 국내에서도 BIM관련 성과품에 대한 합리적인 품질검증 방안이 요구되고 있음. 따라서, 철도인프라의 성과품 품질향상과 철도시설공사의 해외 경쟁력 확보를 위해서도 BIM기반 품질검증 체계 구축이 필요함 ○ 효율적인 BIM시스템 운영을 위해서는 2D/3D 도면의 표준체계 및 적합성 검증체계가 필요하며, 이를 통해 반복/재설계 작업을 최소화 할 수 있으므로 효율적인 철도공사를 위한 2D/3D 품질검증 시스템 구축이 필요함 ○ 시공이전에 시각적으로 공법의 적정성 검토를 위해 공법별 대안검증 시뮬레이션 기술을 개발하고, 시공중 계획대비 실제 시공에 대한 정보를 비교하는 진도정보 검토기능 등과 같이 BIM기반 철도사업에 특화된 시공성 향상 및 공법비교 시스템 개발이 필요함 ○ 철도공사의 경우, 전문공정들이 상호 복합적으로 작업이 진행됨에 따라 현장에서의 공정별 시공정보관리가 보다 중요하므로, 현실감을 높여 공정별 시공정보를 효율적으로 관리할 수 있는

증강현실 활용시스템 개발이 필요함

□ 기술동향

○ 미국, 싱가포르, 유럽 등의 해외에서는 이미 BIM기반의 품질관리 프로세스가 필수항목으로 실시되고 있음

○ 미국 연방조달청(GSA)은 법원 건물의 기획, 설계, 시공 및 유지관리를 위해 가이드라인(U.S. Courts Design Guide)에서 명시하는 사항에 BIM 기술을 접목, 자동화해 시설물의 품질을 관리하고 있음.

○ 2008년 게리 테크놀로지(Gehry Technologies) 사 발표에 의하면 홍콩의 One Island East 건물의 설계 시, 3차원 물리적인 충돌을 2,000군데 발견해 1,300만 달러를 절감했다고 함. 특히 BIM의 올바른 적용을 통해 시공성 검토만으로 공사비 10%절감, 공사비의 4~8%를 차지하는 예산변경 비용의 40% 절감, 공사비 예측정확도 3%향상, 공사비 산정시간의 80%절감, 공정 7% 단축, BIM 투자대비 10~20배 회수 등의 절감이 가능하였다고 함

○ 품질관리 기준으로는 크게 형상완성도/객체충돌/간섭 등을 검토하는 물리정보, 법규/기준 등 주요 설계조건을 관리하는 논리정보, 객체사용/속성부여 등을 관리하는 데이터 품질로 구분되고 있음(임수영, 2013)

○ 국외 BIM 관련 기준 현황

발행기관	명칭
미국 GSA	BIM Guide Series
핀란드	BIM Requirement
덴마크	CAD Manual 2008
미국 NIBS	National BIM Standard 지침

○ 국내 BIM 관련 기준 현황

발행기관	명칭
국토해양부	건축분야 BIM 적용가이드
조달청	시설사업 BIM 적용 기본지침서
한국건설기술연구원	건설정보모델 작성·납품 공통기준
가상건설연구단	BIM 적용 설계 가이드라인 - 3차원 건축 설계 지침

◯ 품질관리관련 소프트웨어

분류	소프트웨어
디자인 소프트웨어	Archi CAD, Revit, Bently Architecture, Allplan 등
Viewer 소프트웨어	DDS-cad viewer, IFCsrorey viewer, Solibri viewer, Nemetscheck, IFC viewer 등

Rule 기반 검토 및 유효성 검토 소프트웨어	Solibri Model Checker, Navisworks, MSMLite 등

- SMC(Solibri Medel Checker)는 미국의 GSA, 핀란드의 Senate Properties, 덴마크의 BIPS등에서 널리 쓰이고 있는 BIM 품질관리를 위한 가장 대표적인 도구로써, 물리적검토, 논리적 검토가 가능하며 공간체크, 접근성체크, 구조검토, MEP검토, 수정모델 비교체크, 법큐체크 등 사용자가 Ruleset을 정의함에 따라 다양한 검토가 가능함
- Navisworks는 객체가 물리적 충돌체크, 자회사의 BIM모델과 높은 호환성, 시각화 검토, 간섭체크, 공정 시뮬레이션 기능으로 다양한 검토방식 지원

4. 연구개발 내용 *(**연차별** 수행 내용, 연차별 성과목표 포함)*

○1차년도 : BIM기술기반 철도공사 시공성 향상 및 공법비교 시스템 개발
- BIM기술기반 철도공사 시공성 향상 및 공법비교 방법론 개발
- 공법별 적정성 검토를 위한 시뮬레이션 구현 및 진도정보 검토 기능 개발
- BIM기술기반 철도공사 시공성 향상 및 공법비교 시스템 인터페이스 구축
- BIM기술기반 철도공사 시공성 향상 및 공법비교 시스템 개발

○2차년도 : 철도공사 시공정보관리 향상을 위한 증강현실 활용시스템 개발
- 철도공사 시공정보관리 향상을 위한 증강현실 활용 방법론 개발
- 철도공사 시공정보관리 향상을 위한 증강현실 활용시스템 인터페이스 구축
- 철도공사 시공정보관리 향상을 위한 증강현실 활용시스템 개발

○3차년도 : 철도공사 2D/3D 도면 품질검증 시스템 개발
- 철도공사 2D/3D 도면 품질검증 방법론 개발
- 철도시설 2D/3D 도면정보 표준체계 구축
- 2D 설계도면의 3D 활용성, 3D 도면의 BIM 운영체계 적합성 등 BIM기반 2D/3D 도면 품질검증체계 구축
- 철도공사 2D/3D 도면 품질검증 시스템 인터페이스 구축
- 철도공사 2D/3D 도면 품질검증 시스템 개발

○4차년도 : 철도공사 준공품 품질검증 시스템 개발

	- 철도공사 준공품 품질검증 방법론 개발 - 생애주기 BIM정보의 품질검증 운영체계 구축 - 철도공사 준공품 품질검증 시스템 인터페이스 구축 - 상기 기술들을 통합한 철도공사 준공품 품질검증 시스템 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 국내외 해당분야 전문가들로 구성된 기획 연구진을 구성 ○ 실질적인 연구 결과 도출을 위하여 국토해양부 및 주요 발주기관인 철도시설공단 등의 의견수렴을 시행하고 반영 ○ 객관적인 기획연구 결과 도출을 위하여 산학연 전문가로 구성된 자문위원회를 활용 - 실용적인 기획연구 결과 도출을 위하여 기업체 소속의 자문위원을 포함 ○ 국내·외 연구동향 조사를 바탕으로 본격적 연구방향 및 목표 재정립 ○ 기 수행되었거나(종료과제, 중단과제 등) 현재 수행중인 관련 연구개발과제와의 중복성 검토를 통해 중복투자 배제 및 연계방안 제시 ○ 기존의 확보된 연구성과와 인력을 최대한 활용
□ 추진체계	○ 본 사업단은 실용화 중심의 연구개발사업으로 산·학·연 공동연구 추진 ○ 참여연구기관간 협력을 통해 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조체계 구축 ○ 필요시 데이터 분석 분야에서 선도적 위치에 있는 국내외 주요 기관 및 전문가와 공동연구를 추진 할 수 있음
5. 최종성과물	
□ 주요 성과물	○ BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 연구개발보고서 ○ BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 관련 지식재산권 ○ BIM기술기반 철도공사 시공성 향상 및 공법비교 시스템 ○ 철도공사 시공정보관리 향상을 위한 증강현실 활용시스템 ○ 철도공사 2D/3D 도면 품질검증 시스템 ○ 철도공사 준공품 품질검증 시스템
6. 기대효과 및 파급효과	
	○ 사전에 시각적으로 공법의 적정성 검토 및 대안도출, 시설물의

시공성 검증 가능

○ 발주기관에서 요구하는 수준의 3D 도면 완성도 확보

○ 사업단계별로 발생하는 다양한 BIM정보의 검증을 통해 BIM 운영체계 활용의 효율성 확보

○ 단계별 도면 오류를 감소시켜 반복 및 재설계 작업을 최소화 함으로써 공기단축과 사업비 절감에 기여

○ 철도시설물의 시공성 향상 및 성과품의 품질향상에 기여함

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구기간 : 2015년~2018년 (4년)

○ 총 정부출연금 : 20억

○ 1차년도 연구개발비 : 4억

◌ 연차별 예산

구분	2015년	2016년	2017년	2018년
정부	4억	6억	5억	5억
민간				
합계	4억	6억	5억	5억

8. 기타

7. 연차별 성과목표 및 평가방법

세부 과제명	연차	핵심목표	목표 성과물	성과지표	평가방법
BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 시스템 개발기술	1차년도	BIM기술기반 철도공사 시공성 향상 및 공법비교 시스템 개발	보고서 논문 시스템	보고서제출 논문 건수 성능	보고서제출 발표/ 게재 건수 동작 시험
	2차년도	철도공사 시공정보관리 향상을 위한 증강현실 활용 시스템 개발	보고서 논문 시스템	보고서제출 논문 건수 성능	보고서제출 발표/ 게재 건수 동작 시험
	3차년도	철도공사 2D/3D 도면 품질검증 시스템 개발	보고서 논문 시스템	보고서제출 논문 건수 성능	보고서제출 발표/ 게재 건수 동작 시험
	4차년도	철도공사 준공품 품질검증 시스템 개발	보고서 논문 시스템 특허	보고서제출 논문 건수 성능 특허 건수	보고서제출 발표/ 게재 건수 동작 시험 출원/ 동록 건수

8. 추진일정

세부 과제명	세부 수행 내용	1차년도				2차년도				3차년도	
		1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기
BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 개발	BIM기술기반 철도공사 시공성 향상 및 공법비교 시스템 개발	■	■	■	■						
	철도공사 시공정보관리 향상을 위한 증강현실 활용시스템 개발					■	■	■	■		
	철도공사 2D/3D 도면 품질검증 시스템 개발									■	■
	철도공사 준공품 품질검증 시스템 개발										

제7장. 사전타당성 검토

제1절. 사전타당성 검토의 개요

1.분석의 틀

○ 본 기술개발사업(단) 추진에 대한 사전타당성은 정책적 타당성, 기술적 타당성, 그리고 경제적 타당성 측면에서 검토함.

- 사전타당성 검토는 여러 가지 접근 방법이 있겠지만, 본고에서는 KDI 및 KISTEP의 대형 R&D 사업의 예비타당성조사에 기반을 두고, 한국건설교통기술원(2012)의 주로 대형R&D사업에 적용된 조사항목을 기준으로 설정하여 분석함.
- 기술적 타당성에서는 1) 기술개발 계획의 적절성 2) 기술수준 및 성공가능성 3) 기존 사업과의 중복성 등 3가지 조사항목을 집중적으로 고찰함.
- 정책적 타당성에는 1) 국가전략의 중요성 2) 상위계획과의 부합성 3) 사업추진의지 및 관련 기관협조 체제 3) 사업추진상의 위험요인 및 대응방안을 검토함.
- 정책적 타당성에는 1) 경제성 2) 과학기술의 파급효과 3) 예산 및 인력투입의 적정성을 검토함.

○ 한편, 경제성 분석에는 일반적으로 적용되는 비용-편익분석이 적용되며, B/C분석에서 1 이상의 경우에 경제성이 있는 것으로 판단함.

○ 사전타당성의 조사항목 및 검토내용을 정리하고 있음.

표 107 사전타당성 조사 항목 및 내용

대분류	중분류	소분류	세분류
기술적 타당성	기술개발 계획의 적절성	사업목표와 내용의 구체성	사업목표의 구체성
			사업내용의 논리성 및 적절성
		사업추진전략의 적절성	사업추진 위험요소와 공헌요소를 고려한 추진전략의 적절성
			사업추진체계 및 절차의 적절성
			성과평가 및 관리체계의 적절성
		기술개발로드맵의 우수성	연구개발계획의 완성도
	기술수준 및 성공가능성	기술수준 및 역량분석	보유기술수준 및 기술개발의 기대수준
			기술개발 역량 및 잠재력
		기술개발의 성공가능성	기술적 위험요인
			기술개발성공가능성
	기존사업과의 중복성	기존사업과의 중복성	기존사업과의 중복성
정책적 타당성	국가전략적 중요성	국가전략적 중요성	산업정책적/국토개발정책적 중요성
			사회문화적 기여도와 중요성
			정부지원의 타당성
			사업 추진의 시급성
	상위계획과의 부합성	정책적 일관성	상위유관계획과의 부합성
			국가연구개발사업으로서의 지원타당성
	사업추진의지와 관련 기관협조체계	정책적 추진의지분석	본 과제와 관련한 국토해양부의 관련 사업추진의지
	사업추진상의 위험요인 및 대응방안	사업추진상의 위험요인 및 대응방안	사업추진상의 위험요인
			사업추진상의 위험요인에 대한 대응방안
경제적 타당성	경제성	경제성 분석	비용/혜택분석
	과학기술적 파급효과	과학기술적 및 기타 파급효과 분석	지적 재산권 및 학술적 성과 및 환경 개선 효과
			세계적인 수준의 신기술영역 개척 및 폭 넓은 영역에서의 활용 가능성
	예산 및 인력투입의 적정성	예산의 적정성분석	예산 운용 및 관리계획의 적정성

자료: 한국건설교통기술평가원(2012), 『Risk Map 기반 SOC통합관리기술 연구단 기획보고서』, 국토해양부, p.121.

제2절. 기술적 타당성

1.기술개발 계획의 적절성

가. 연구목표와 내용의 적절성

(1) 연구 목표의 구체성 분석

○ 기술개발 계획의 총괄목표는 정성적으로는 매우 구체적으로 설정되어 있는 것으로 평가됨.

- ‘철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획’ 과제의 비전을 ‘철도산업 경쟁력 강화 및 고부가가치 창출로 창조경제 기여’로 설정하였음.

  - 비전실현을 위한 최종 목표는 ‘BIM기반 철도인프라 생애주기 관리를 위한 표준기술 개발 및 운영체계 구축’으로 설정하였음.

○ 최종목표를 달성하기 위해서 본 과제는 6개의 세부 목표로 구분 및 정의하고 있는데 이러한 세부목표는 적절하다고 판단됨.

- 세부목표를 기술개발에 필요한 분야별로 구분하고 있으며, 각 분야별 중점추진분야를 설정하고, 그 기준을 제시하고 있음.

○ 중점추진분야는 목표달성을 위한 이슈트리를 만들어 개발해야 할 기술들의 필요성을 명확히 하는 것은 물론 R&D 니즈를 정확하게 기술하고 있음.

- 즉 분야별 기술개발에 필요한 이슈를 정의하고, 이에 맞는 R&D 니즈를 파악하고, 각 이슈별 R&D 니즈를 매칭시켜 중점 추진분야를 도출하고 있기 때문에 최종 목표가 명확하게 나타나는 것은 물론 향후 목표가 무엇인지를 정확하게 제시가 됨.

○ 더욱이 중점추진분야별로 기술개발의 배경, 기술개발의 주요 내용을 제시하여 기술계발 계획의 총괄목표 달성의 구체성을 확보함.

- 각 중점추진분야별로 연구개발의 주요 내용을 필요성에 따라 제시하고 있음.

○ 비전실현을 위한 단계적 일정이 구체적으로 제시되어 본 기술개발 계획의 구체성은 더욱 높아진 것으로 판단됨.

- 연구개발 계획을 총 2단계로 구분하고, 1단계에서는 시의성 및 정책적 추진 부합성을 고려하여 우선적으로 개발해야 할 기술들이 구체적으로 제시되었음.

- 2단계 연구는 기술개발의 완성에 필요한 연구개발 과제들을 분야별로 제시되어, 기술개발의 목표 달성 가능성을 제시하고 있음.

- 단계별 연구개발 계획은 기술개발 분야별로 연도별 계획을 도식화하여 구체적으로 제시하고 있기 때문에 기술개발계획의 목표가 더욱 뚜렷하게 표현되고 있음.

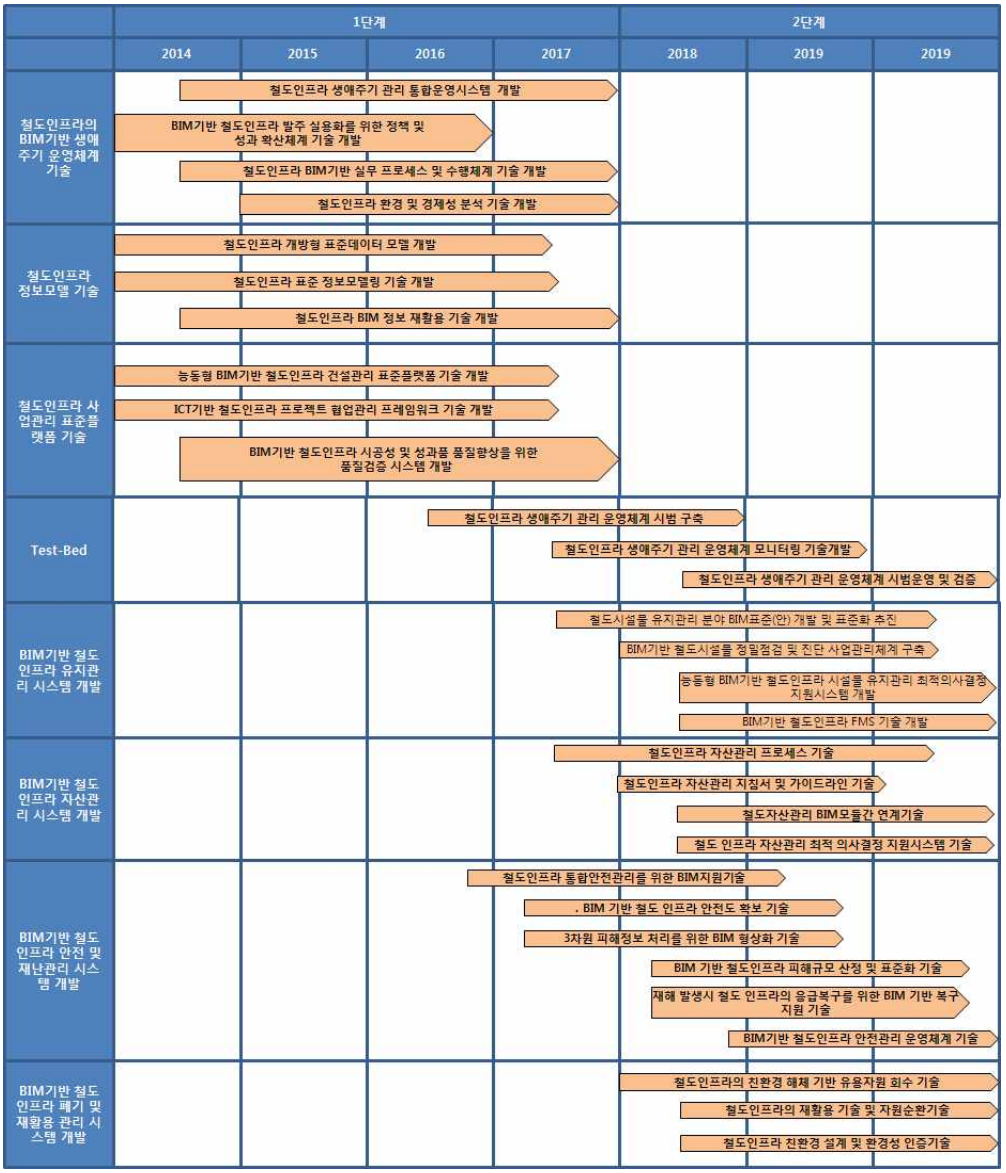


그림 84 단계별 연구개발 계획

(2) 사업 내용의 논리성 및 적절성

○ 기술개발 계획을 구체화하기 위해 기존의 연구개발의 동향과 개발 방향 등에 대하여 문헌적 연구는 물론 기획자문회의 등을 통한 기술개발 우선순위를 구체적으로 도출함.

- 기술개발 계획 내용은 국내외 기술개발 현황, 과제 기획을 위한 수차례의 세미나 및 워크숍과 기획자문위원회 회의 개최, 기술수요 조사 실시, SWOT 분석 등을 통하여 설정함.
- 이러한 절차에 따라 25개의 후보과제를 도출하고, 이를 후보과제별 주요 연구내용을 상세히 분석함.
- 특히 이러한 후보과제별 주요 연구내용을 연구의 비전과 목표에 적합하도록 제시됨.
- 이렇게 제시된 후보과제들을 단순평균, AHP 및 요인분석을 통하여 기술개발에 대한 우선순위를 결정함.

○ 우선순위결정에 따라 각 과제는 그 과제별 세부 목표를 달성할 수 있도록 각 과제의 성격에 따라 BIM기반 철도인프라의 생애주기에 걸쳐 관련 주체들 간의 정보 생성과 협업을 도모할 수 있도록 구성함.

- 더욱이 각 관련주체들이 성능향상, 비용 절감 및 일정 관리 등을 표준화하도록 기술들을 구성하는 것은 물론 운영이 효율적으로 추진할 수 있도록 과제들을 구축함.
- 특히 BIM기반 철도인프라의 생애주기 운영 및 유지보수의 효율성을 달성하기 위해 관련 주체들간의 연계성을 확보할 수 있도록 과제들을 구성함.
- 철도인프라 생애주기 관리를 위한 정보모델 구축을 위해서도 계획에서부터 운영까지 시스템을 완성할 수 있도록 기술개발추진 체계를 구축하고 있음.

나. 연구추진 전략의 적절성

(1) 사업 추진 위험요소와 공헌요소를 고려한 추진전략의 적절성

○ 기술개발 계획의 추진전략을 SWOT분석을 통하여 불확실성 및 위험성 검토를 기반으로 수립되어 타당성이 높은 것으로 판단됨.

- SWOT분석을 내부 환경과 외부환경을 고려하여 강점, 약점, 기회 및 위협 요인

들을 도출하고, 이를 분석하여 SWOT메트릭스를 작성하여 추진전략을 수립함.

- 전략의 수립에서 기회와 강점 요인에서는 집중화, 위협과 강점 요인에서는 다각화, 기회와 약점에서는 선회지향적, 그리고 위협과 약점 분석을 통하여 방어 전략을 제시하여 사업타당성의 완성 전략을 적절하게 제시함.

(2) 추진체계 및 절차의 적절성

○ 본 사업은 연구비 규모를 고려하여 연구단 형태로 추진함. 각 세부연구내용을 그 중요도, 시급성, 우선순위에 따라 1단계와 2단계로 나누어 추진함. 이상과 같은 전체 연구추진체계는 타당성이 높다고 판단됨.

○ 1단계과제는 철도인프라 생애주기 관리를 위한 표준기술의 획득에 중점을 두고, 철도인프라 BIM기반 생애주기 운영체계 기술 개발, 철도인프라 정보모델 기술 개발, 철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술 개발을 추진함.

○ 2단계과제는 철도인프라 생애주기 관리 기술에서 자산관리 시스템, 안전 및 재난관리 시스템, 폐기 및 재활용 관리 시스템 등의 기술개발을 목표로 함으로서 전체 기술개발의 완성을 고려한 추진체계가 설정된 것으로 판단됨.

- 더욱이 본 기술개발의 완성을 위한 Test-Bed을 추진하여 개발된 기술의 현장투입 전 실용화 과정을 거치도록 되어 있기 때문에 본 연구계획의 체계 및 절차는 매우 타당성이 높은 것으로 판단됨.

다. 기술개발로드맵의 우수성

(1) 연구개발계획의 완성도

○ 기술개발로드맵은 세부과제의 기술의 완성 및 성과, 구성기술의 기술적 성과의 연계관계를 기술별, 연도별, 단계별로 도식화하고 있기 때문에 구체성이 높음.

- 기술개발에 대한 세부과제를 연도별로, 그리고 단계별로 개발해야할 기술을 도식화하여 향후 기술개발의 목표와 완료시점을 명화하게 제시하고 있음.

○ 기술개발로드맵은 기술개발에 적합한 예산을 고려하여 세부기술의 선정은 물론 기술개발 일정을 제시하고 있음.

- 철도BIM 기술 개발을 위해서 향후 4년간 350억 수준의 기술개발비용을 체계적으로 산정하고, 이에 맞게 균형적으로 연구개발사업을 단계적으로 제시하고 있음.

○ 기술개발로드맵에서 선행연구결과와의 연계성 및 향후 기술개발의 방향 등을 묵시적으로 제시하고 있음.

- 비록 명시적으로 선행연구결과와의 연계성은 제시되고 있지는 않지만, 실질적으로 기존의 기술을 활용할 수 있는 것은 물론 개발된 기술의 발전 방향 및 활용 방향이 명확하게 제시되어 있음.

2. 기술수준 및 성공가능성

가. 기술수준 및 역량분석

(1) 보유기술수준 및 기술개발의 기대수준

○ 기술수준 및 역량은 BIM의 특허동향, 세계기술 수준, 시장별 세부기술 등을 대비하여 분석하고 있음.

- 특허분석을 활용하여 BIM특허시장에서 한국의 위치는 물론 기술수준을 평가하고 있음.
- 연도별 세계기술 수준 및 시장별 세부기술을 분석하고, 최고기술보유와의 기술격차 등을 조사 및 분석하여 적절한 시사점을 제시하고 있음.

○ 세계적인 기술수준의 분석을 토대로 향후 개발해야 할 기술개발 과제의 우선순위 도출에 직접 반영함.

- 세계시장으로의 진출을 고려하여 현재 시급하게 개발되어야 할 과제들을 우선적으로 도출하고, 이를 기술개발로드맵에 제시함.

(2) 기술개발 역량 및 잠재력

○ 기술예측조사 결과

- 미래사회 전망
  - 기존의 노후 시설물 및 향후 시설물의 생애주기 관리기법의 관심이 세계적으로 증대.
  - 건설된 기존 시설물의 노후화로 인한 유지보수 분야의 중요성이 국·내외로 증대
  - 세계시장의 대형프로젝트 발주국가의 BIM기반 설계 및 관리 요구 증대
  - 건설 및 플랜트 분야에 비해 철도분야의 BIM기반 설계 및 관리 체계의 개발은 아직 미비한 단계
  - 세계 각국은 에너지·자원 절감 및 재활용 등과 같은 기술수요 증대

- 기술 융복합 가속화로 인한 산업구조, 경제활동 등의 타분야에 파급효과 발생

• 미래사회 니즈
- 이용자들의 편의성, 안전성이 증대되는 BIM기술 연구
- 철도분야 전생애주기 통합관리체계 필요
- 표준 데이터 모델 기술 및 유지관리 매뉴얼 표준 필요
- 업계의 실용적 사용이 가능한 자동프로그램의 개발 필요
- 기존 BIM 개발 Tool에 비해 차별성을 갖추고 보다 유연한 모델링 기술등의 성능이 향상된 프로그램 개발 필요
- 자산관리 정보운영 기술이 필요
- 시공 및 사업비관리 최적 의사결정기술 필요
- 친환경 관리 기술 및 응급복구 지원기술 필요
- 유용자원 회수 및 폐기물 처리 기술 필요
- 철도인프라 관리 및 실시간 모니터링 기술 필요
  • 각 기관 및 업계의 협업관리 및 원격에서 관리할 수 있는 기술 필요

○ 기 제출한 국내외 기술현황 보고서에서 기술개발의 역량과 잠재력을 파악하기 위해 국내외 기술개발 인프라와 인력에 대한 분석을 충실하게 수행한 것으로 평가됨.
• 건축분야와 달리 철도 및 토목분야에서의 BIM 기술은 초보적인 수준임. 하지만, 최근 BIM 기술에 대한 인식이 높아지고 꾸준한 연구가 이루어지고 있어 본 연구를 통하여 최종 목표를 달성하기에는 무리가 없다고 판단됨.

나. 기술개발의 성공가능성

○ 기술적 위험요인에 대응하고 기술개발의 완성을 도모하기 위해 타 분야의 BIM 기술개발의 경험이 풍부한 기관들로 구성하여 과제를 기획함으로써, 기술개발의 성공가능성을 높임.

• 주요 기술과 도입 분야의 융합이 기존에 없는 새로운 시도이므로 각 기술과 도입 분야의 전문가 집단으로 구성하여 기술의 개발 위험요소를 최소화하고, 전생애주기를 대상으로 효과적 기술개발을 위해 타 분야의 적용 가능한 유사기술을 조사하여 접목시킴으로써 성공 가능성을 높임.
• 향후 2단계의 Test-Bed를 통하여 이 과정에서 미완성 및 새롭게 발견된 문제들을 해결함으로써 기술의 실용화를 위한 검증방안을 적절하게 모색.

3. 기존 사업과의 중복성

가. 기존사업과의 중복성

○ 기획과정에서 기존연구와의 중복성을 검토함.

- 본 연구의 중복성 검토는 NTIS 자료, 부처의 R&D계획 자료, 그리고 국토교통과학기술진흥원의 기존 자료를 검토하여 중복성을 최소화함.
- 특히 기존연구와의 차별성을 명확히 하여 기존연구와의 중복성을 최소화는 물론 향후 기술개발 과제의 수행에서 명확한 성과를 도출할 수 있도록 기획한 것으로 평가됨.

표 108 도시철도 운영 및 유지보수 후보과제 중복성 검토결과

연번	유사과제명	연구자	차별성
1	BIM 기반 골조공사 관리시스템 ConiForm 개발 기획연구 (2008)	김종호 ((주)창민우구조컨설탄트)	• 기획연구 대상이 BIM기반 골조공사 관리시스템인 반면 제안과제는 BIM기반 철도인프라의 생애주기 관리로 서로 상이 • 건축 골조공사 관리 시스템 개발인 반면, 철도인프라 정모모델링, 시각화, 공유, 재활용을 위한 기획연구로 대상이 서로 상이
2	BIM 기반 지능형 건축 및 단지설계 소프트웨어 개발 (2008)	김영태 (버츄얼빌더스(주))	• BIM기반 건축 및 단지 설계 소프트웨어 개발인 반면, 제안과제는 BIM기반 철도인프라의 생애주기 관리를 위한 기획연구로 서로 상이 • 단위 시스템 개발인 반면, 철도인프라 정모모델링, 시각화, 공유, 재활용을 위한 기획연구로 서로 상이
3	BIM/IFC 파일을 이용한 건축물 안내 및 관리 시스템 개발 (2009)	김성모 (코아텍)	• BIM기반 건축물 안내 및 관리를 위한 도구 개발인 반면, 제안 과제는 BIM기반 철도인프라의 생애주기 관리를 위한 기획연구로 서로 상이 • 단위 시스템 개발인 반면, 철도인프라 정모모델링, 시각화, 공유, 재활용을 위한 기획연구로 서로 상이
4	BIM-IFC 호환모델엔진을 기반으로 한 건설정보화 혁신 기술 개발 (2009-2010)	홍의재 (버츄얼빌더스(주))	• 건축물 계획, 설계, 시공을 위한 IFC 엔진 개발인 반면, 제안 과제는 BIM기반 철도인프라의 생애주기 관리를 위한 기획연구로 서로 상이 • 단위 시스템 개발인 반면, 철도인프라 정모모델링, 시각화, 공유, 재활용을 위한 기획연구로 서로 상이
5	차세대 유비쿼터스 공간 구축 및 서비스를 위한 BIM기반 실내외 통합 공간 저작 시스템 개발 (2008-2010)	박남희 (버츄얼빌더스(주))	• 연구대상이 공간저작시스템인 반면, 제안과제는 BIM기반 철도인프라의 생애주기 관리를 위한 기획연구로 서로 상이 • 단위 시스템 개발인 반면, 철도인프라 정모모델링, 시각화, 공유, 재활용을 위한 기획연구로 서로 상이
6	가상 건설 시스템 개발	최철호 ((주) 두올테크)	• BIM기반 시스템구축이나 건축 및 토목시설공사에 소요되는 BIM시스템 구

			축이고, 민간 기관에서 설계 및 시공 시 필요로 하는 요소기술개발 중심의 성과물로 구성된 반면, 제안과제는 BIM기반 철도인프라의 생애주기 관리를 위한 기획연구로 서로 상이 • 토목 시공 시뮬레이션 시스템 개발인 반면, 철도인프라 정모모델링, 시각화, 공유, 재활용을 위한 기획연구로 서로 상이
7	Web기반 Green BIM System 개발 (2009-2012)	김민성 (주)썬앤라이트	• 연구대상이 건물 에너지 요구량 분석 모듈 개발인 반면, 제안과제는 BIM기반 철도인프라의 생애주기 관리를 위한 기획연구로 서로 상이 • 단위 시스템 개발인 반면, 제안과제는 철도인프라 정모모델링, 시각화, 공유, 재활용을 위한 기획연구로 서로 상이
8	BIM 기반 RC구조와 강구조 표준상세 연구 및 데이터베이스구축 (2010-2012)	김민수 ((사)한국건축구조기술사회)	• 연구대상이 건축물 골조인 반면, 제안과제는 BIM기반 철도인프라의 생애주기 관리를 위한 기획연구로 서로 상이 • 골조단위 표준과 지침서 개발인 반면, 제안과제는 철도인프라 정모모델링, 시각화, 공유, 재활용을 위한 기획연구로 서로 상이
9	설계생산성 향상을 위한 개방형 BIM기반 설계환경 개발 기획 (2012)	조찬원 ((사단법인) 빌딩스마트협회)	• 건축분야의 BIM설계 를 통한 생산성 향상인 반면, 제안과제는 BIM기반 철도인프라의 생애주기 관리를 위한 기획연구로 서로 상이 • 기획연구 과제의 속성상 연구내용은 유사하나, 대상이 건축과 철도인프라로 서로 상이
10	강교 부재의 상세 설계정보 표현을 위한 IFC기반의 데이터 모델 확장	연세대학교	• IFC 관련연구는 건축부분을 중심으로 한정되어 있고, 토목부분에서는 도로시설물 등에 기초적 연구가 시작단계에 있음 • 특히, 철도 강교부재의 IFC데이터모델에 대해서는 일부 연계가 가능하나, 철도특성상 토목, 전기, 통신 등 융합적인 요소가 매우 강하여 연구대상 및 범위 등은 매우 상이함
11	유닛모듈러 주택의 BIM라이브러리 개발연구	한국건설기술연구원	• 연구대상이 조립식 주택의 BIM라이브러리 개발인 반면, 제안과제는 철도구성요소인 토목, 전기, 통신을 망라하는 라이브러리 개발이므로 대상 및 범위가 상이함

제3절. 정책적 타당성

1.국가전략의 중요성

가. 국가전략의 중요성

○ 향후 수 년내 국내외 철도인프라의 수요가 급증할 것으로 예상되므로, 선제적 첨단 철도인프라 운영체계 적용으로 공사비 및 공기 절감 목표달성 필요

- 국내의 경우 신설 고속철도 수요의 급증 및 일반 간선철도의 고속화 시설 변환으로 인한 신규 철도인프라 발주공사의 증대가 예상되고 있음
- 철도 확충을 통한 친환경교통 구현하는 정부정책의 성공적 추진을 위해서는 인프라 비용을 저감하기 위한 새로운 공법과 사업관리 기법의 도입이 필요
- 해외의 경우 브라질, 미국, 인도 등의 고속철도 신규 인프라 수요가 급증하고 있는 추세이고, 해외 수주 경쟁력 확보를 위해서는 차별화된 인프라 생애주기 관리 운영체계의 선도적 구축이 필요함

○ 철도인프라시설공사의 기술개발 국가적 중복투자 방지 및 관련 정보의 국가적 공유를 위해서는 정부차원의 기술개발 지원이 필수적임

○ 철도인프라의 설계, 시공, 유지관리 등 프로세스간 정보공유와 재활용성의 획득으로 년간 1조 2,000억원 이상의 예산절감 효과가 기대됨

- 한국철도시설공단 년간 예산 6조원 × 20% = 1조2,000억원/년
- 2000년도 1억 달러 규모의 공사에서 설계비 요율 7-8%인 설계단계에서 40%, 시공단계에서 15%, 총 16.8%의 원가절감 효과가 발생한 것으로 보고(미국)
- 유지관리에의 활용까지를 고려하면 엄청난 경제적 효과 창출이 가능함

○ 차세대 첨단 관리기법의 철도인프라 운영기술을 개발하여, 향후 예상되는 고속철도 해외수주 경쟁에 선도적 기술력으로 대응 필요

- 기존의 차량기계중심 철도분야 연구와 함께, 첨단기술기반의 철도인프라 운영체계 연구를 동반하여 해외 철도시장에서 차별화된 수주경쟁력을 갖출 필요가 있음
- 국내외의 신규 철도인프라가 고속화시설 중심으로 변화되므로, 고속화 철도인프라에 특화된 BIM기반 운영체계 및 시설표준 구축 필요
- 도인프라 분야의 선진 운영체계 구축기술은 향후 3천조원으로 예상되는

해외철도(고속철도, 도시철도) 시장에서 국가차원의 선도적 수주경쟁력 확보에 크게 기여할 것으로 기대됨

- 우리나라를 포함하여 고속철도 시공능력을 갖춘 6개국간의 해외 수주경쟁에서 차량기계분야는 프랑스 등의 선진국과 일정부분 격차가 있으나, 철도인프라의 설계시공부분은 우위를 점할수 있는 분야이고, 특히 국가 전략상 우리나라가 강점인 최신 정보화 건설기술에 의한 선도 기술력구축으로 수주경쟁력 확보가 가능함

○ 해외 고속철도인프라 수요가 급증하고 있는 시점에서, 해외수주 경쟁력확보 및 고속화철도시설의 BIM기반 표준운영체계 기술확보 및 BIM 설계가이드라인 제시는 시급한 국가과제로서 기획 필요

- 고속철도 차량중심의 기술력이외에 인프라의 생애주기 운영 기술력을 확보하여 차별화된 수주 경쟁력을 갖게 됨
- 신규 철도인프라가 고속화시설 중심으로 변화되므로, 고속화 철도인프라 운영체계에 특화된 BIM기반 시설표준 구축이 필요한 시점임

○ 철도인프라의 민간 BIM 생태계 활성화를 위한 국가차원의 표준기술 구축 필요

- 국내외에서 공공 및 민간 건설공사에 BIM활용이 확대되고 있는 시점에서, 철도인프라분야 민간 BIM활용의 활성화를 위해서는 국가차원의 BIM운영체계 표준을 구축하여 제시할 필요가 있음
- 프로젝트별 또는 기관별 BIM체계가 구성되는 것이 국가적 BIM기술발전 및 정보공유차원에서 바람직하고, 이를 위해서는 정부지원으로 철도인프라 BIM표준을 제시할 필요가 있음

○ 개발되는 기술이 지속성과 효과성을 얻기 위해서는 관련 제도와 법규 개선이 필요

- 계획부터 설계, 시공, 운영/유지보수, 폐기 등 전생애주기 단계에서 필요한 적절한 정보가 모델링되어 활용될 수 있어야 하므로 관련 표준 체계가 마련되어야 함
- 발주자인 정부차원에서 비용절감과 품질확보라는 상반된 가치를 만족시키는 최적대안을 마련해야 함
- 합리적인 이윤배분을 위한 도구도 정부차원에서 제시해야 할 역할임

2. 상위계획과의 부합성

가. 정책적 일관성 분석

(1) 상위 유관계획과의 부합성

○ 국토해양부 제5차 건설기술진흥기본계획에 의하면 시설물별 BIM기반 설계도서 작성 납품체계 마련 등으로 토목분야 BIM 도입기반 마련을 위한 제도적 시행이 예상되는 시점임

○ 국토해양부는 BIM을 육성할 10년 정책 로드맵을 마련하고 있으며, 국가표준으로서 BIM를 활용하기 위한 기반조성을 위하여 2010년 1월 '건축분야 BIM 적용가이드'를 4개 중앙행정기관과 16개 광역시도 및 6개 공공기관단체에 배부함

○ 국토해양부는 2008년에 구축한 인터넷 건축인허가 시스템인 '세움터'를 BIM 도면 납품이 가능한 체제로 개편 중에 있으며, 국가 표준 라이브러리 체계 구축, 자재 유통정보 표준화, 시공단계에서의 BIM 확대 적용 등의 관련기술 개발을 지원할 계획

- 세움터 서비스를 통한 미래의 건축행정은 건물의 생애주기 전체 영역에 대한 토털 서비스 구축을 목표로 추진 중이며, 세움터와의 연동을 통해 건축물에너지 절감을 위한 탄소배출을 실시간 체크할 수 있는 방안도 적극 검토 중임

○ 조달청은 2012년부터 500억원 이상의 신축 공공건물 입찰에 BIM 설계를 의무화하기로 했으며, 이를 활용해 에너지 절감 등 공공건물부터 친환경 설계 및 시공을 확산시키기로 함

표 109 조달청 BIM 추진계획

구분	단기계획(2010-12)	중기계획(2013-15)	장기계획(2016-)
목표	BIM 적용 확대를 통한 설계품질 향상	4D(Cost) 설계관리 시스템 구축을 통한 예산절감	시설사업 전체로 BIM 적용 확대하여 업무 혁신
대상	총공사비 500억원 이상의 턴키 또는 설계공모로 발주하는 공사	총공사비 500억원 이상의 건축공사	모든 건축공사
방법	BIM 발주 촉진 연차별 BIM 발주지침 개발 BIM적용시 인센티브 제공	BIM 사업 관리 전담팀 구성 3D 모델 데이터를 활용한 사업관리 시스템 구축	공사관리/공사계약/총사업비검토 업무에 BIM 모델 데이터 활용
기대효과	수요기관 만족도 향상 민간 부문의 BIM 인프라 조성 촉진 설계품질 향상	Total Service 원가관리 및 일정관리 향상 시공단계에서의 설계변경 최소화로 예산낭비 요인 제거	시설사업 혁신 및 재정집행관리 강화

제4절. 경제적 타당성

1. 경제성

가. 예산규모의 적정성 분석

○ 유사사업과의 비교를 통한 총 사업비 규모의 적정성, 세부사업/과제별 사업비의 적정성을 분석함.

- 전체 과제비용은 550억 원으로 세부과제 수 대비 사업비 규모는 연차별로 적절하게 분배되어 적정한 것으로 판단됨.
- 개발연구라는 점과 세계 선도의 최초기술 연구 또는 세계 최고와 동일한 수준의 연구를 수행한다는 점에서 세부과제의 연구비는 적정수준을 넘어서지 않은 것으로 평가됨.

표 110 철도인프라의 BIM기반 생애주기 운영체계 기술 연구비

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
1. 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템개발	700	1800	2,300	1,200	6,000	33.33
2. BIM기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계개발	500	800	700	-	2,000	11.11
3. 철도인프라 BIM 실무 프로세스 및 수행체계 기술개발	1,100	2,400	2,500	1,000	7,000	38.89
4. 철도인프라 환경 및 경제성 분석기술개발	500	1,000	1,000	500	3,000	16.67
합계	2,800	6,000	6,500	2,700	18,000	100%

(단위: 백만원)

표 111 철도인프라 정보모델 기술개발 연구비

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
1. 철도인프라 개방형 국제표준기반 데이터 모델 개발	800	1,200	1,200	800	4,000	40.0
2. 철도인프라 표준 정보모델링 기술개발	700	1,100	1,000	700	3,500	35.0
3. 철도인프라 BIM정보 재활용 기술개발	500	800	700	500	2,500	25.0
합계	2,000	3,100	2,900	2,000	10,000	100%

(단위: 백만원)

표 112 철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술 연구비

세부과제명	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비 (%)
1. 능동형BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 기술 개발	600	800	800	800	3,000	42.86%
2. ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임워크 기술 개발	400	600	500	500	2,000	28.57%
3. BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질 검증 시스템 기술개발	400	600	500	500	2,000	28.57%
합계	1,400	2,000	1,800	1,800	7,000	100%

(단위: 백만원)

나. 예산계획 수립체계 및 과정의 적절성

○ 세부과제별 구성은 국토교통기술 연구개발사업 관리지침 제24조에 의거하여 예산을 산출한 것으로 예산계획 수립은 적절하게 이루어진 것으로 판단됨.

- 본 과제를 수행하는데 소요되는 적정비용을 최소 연구단을 구성하는 것으로 작성하였으며, 이를 토대로 세부과제의 연구비를 산정하고 사업예산 규모를 확정함.
- 인건비는 '국토교통기술 연구개발사업 관리지침 별표4(연구개발비 비목별

세부계상 및 집행기준)'의 인건비 항목을 기준으로 작성하였음.

- 각 구성기술별 철도인프라에 대하여 전 생애주기 관리를 위한 운영체계, 성과확산 체계, 철도인프라 환경 및 경제성 분석기술, 철도인프라 BIM 실무 수행 프로세스, IFC확장기술, 표준 데이터 모델 및 모델링 기술, 정보재활용 기술, BIM라이브러리 개발, 능동형 BIM기술, 프로젝트 협업관리, 품질검증 시스템 등의 특성을 고려하여 정부출연금 기반의 예산을 작성함. 정부출연금의 연구개발비 출연 및 부담은 국가연구개발사업의관리등에관한규정 제12조제3항에 따른 별표1의4(중앙행정기관 및 참여기업의 연구개발비 출연·부담 기준) 기준을 활용함.
- 항목별 예산은 '국토교통기술 연구개발사업 관리지침 별표4'의 '연구개발비 비목별 계상 및 집행기준'을 기준으로 작성함

다. 과제별 예산 작성 및 배분의 합리성

○ 각 세부과제는 구성기술별, 연차별로 구분되어 제시되었음.

- 각 세부과제는 구성기술별로 연구의 성격을 고려하여 정부지원 예산으로 제시되었음.
- 각 세부과제는 인건비, 직·간접비를 연차별로 구분하여 제시함.
- 인건비는 연도별로 연구원 구분에 따라 참여개월과 참여율, M/M산출 근거로 산정함.
- 직접비는 연구장비, 재료비, 연구활동비, 시작품 제작비 등으로 구분하고, 연도별, 세부과제별로 산정함.

2. 비용편익분석

가. 분석방법론 개요

(1) 분석 방법 및 분석 대상

○ 분석방법은 비용-편익분석(Benefit-Cost Analysis) 또는 B/C분석을 채용함.

- B/C분석에서는 비용대비 편익이 1보다 큰 경우 경제성이 있다고 판단함.

○ 분석대상

- '철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획'에서 선정된 3개 세부과제로 한정함.

(2) 혜택의 범위 및 분석대상 시설

○ 혜택범위

- 본 기술개발의 연구기간은 2015년부터 시작하여 4년간 시행한 것으로 가정하여 2015~2018년까지로 산정하고, 시스템이 개발되면 2년간의 실용화 기간(2019~2020)이 필요함. 따라서 본 기술이 개발되고 현장에 투입되는 시기는 2021년부터 가능한 것으로 가정함.
- 개발된 기술의 수명주기는 IT와 철도기술의 융합이라는 점을 고려하여 향후 10년간 편익이 발생하는 것으로 가정함.
- 편익은 비용절감 및 수출수입증가(현재가치)×기술개발성공률×R&D기여도×기술기여도로 나타남.

○ 분석대상시설

- ① 국내 고속철도 ② 간선철도 ③ 광역철도 ④ 도시철도 등의 차량 및 역사를 제외한 모든 시설
- 본 시스템 개발로 인한 혜택을 받을 수 있는 2021년 이후의 ① 개보수 시설 ② 신규 설비 시설

(3) 편익 요소 및 분야별 편익

(가) 편익요소

○ 편익산출요소는 ① 설계비용절감 또는 증가 편익 ② 공기단축 편익 ③ 유지보수절감 편익 ④ 수출증가 편익으로 구분

○ 편익산출 요소들이 대부분 철도투자와 관련된 요소들이라는 점에서 편익산출을 위해서는 철도건설비용이 필요함.

- 철도건설비용은 연도별로 국토교통부의 내부 자료를 이용하였음. 아래의 <표 7.7>의 국토교통부의 내부 자료에 의하면, 2006~2011년까지 철도건설비용은 연도별로 차이는 있지만 대략 3~4조 정도로 나타났으며, 2020년까지는 88조원을 투자한다는 계획임.

표 113 연도별 철도건설비용

구분	합계	고속철도	일반철도	광역철도	도시철도
2006년	29,740	3,700	14,056	4,401	7,583
2007년	29,036	3,211	14,006	5,303	6,516
2008년	33,653	4,209	15,587	6,344	7,513
2009년	45,874	6,085	22,772	8,288	8,729
2010년	37,921	5,700	16,886	8,896	6,439
2011년	39,289	9,000	15,845	8,560	5,884
2020년까지	88조원 투자	16조	46조	26조	

(단위: 억원)

○ 본고에서 2020년까지 철도건설비용 계획을 그대로 활용할 경우, 이미 실질투자가 계획대비 비용보다 적게 이루어지고 있기 때문에, 이 자료를 그대로 사용하는 것은 현실적이지 못하다고 판단함.

- 그 이유는 만약에 2020년까지 88조 원을 투자한다고 한다면, 2030년까지 약 186조 원을 투자하는 것으로 나타나기 때문임.
- 이에 본고에서는 미래의 철도건설비용의 산정을 기존의 철도건설비용의 자료를 활용하고자 함.
- 향후 철도건설비용의 산정은 현재 자료가 완벽한 2006~2011년까지의 철도건설비용의 평균치와 연간 평균증감률을 계산함.
- 연도별 철도건설비용은 연간 평균 철도건설비용×연간 평균증감률로 계산함. 여기에서 현재가치로 산정해야 한다는 점을 고려하여 사회적 할인율을 이용하여 연간 철도건설비용을 조정함.

○ 연간 평균철도건설비용과 연평균 증감률을 통한 추정철도건설비용의 추정과정은 다음과 같음.

- 2006~2011년까지 평균철도건설비용은 35,918억 원이며, 연간 철도건설비용 증가율은 7.22%임.
- 따라서 2012년의 추정철도건설비용은 평균건설비용 35,918억 원 × 평균성장률(1+0.0722)=38,511억 원으로 추정됨.
- 이러한 방식으로 2030년까지 추정철도건설비용은 총 107조 원으로 추정됨. 즉 기존의 계획대비 상대적으로 크게 오차가 나지 않는 것으로 판단됨.

○ 다음으로 철도건설비용의 현재가치화하기 위하여 연도별 사회적 할인율로 조정해야 함.

- 2013년 10월 1일 10년 만기 국채금리는 3.42%로 조사되어, 본고에서는 동 국채금리를 사회적 할인율로 활용하기로 함.
- 사회적 할인율을 적용한 2012년~2030년 동안의 추정 실질철도건설비용은 약 78.8조 원으로 나타남.

표 114 철도건설비용 추정(2012~2027년)

연 도	추정건설비용	할인율	실질건설비용
2012년	38,511	1.034	39,828
2013년	38,789	1.000	38,789
2014년	41,590	0.966	40,168
2015년	41,890	0.933	39,074
2016년	44,915	0.901	40,462
2017년	45,239	0.870	39,361
2018년	48,505	0.840	40,759
2019년	48,855	0.812	39,649
2020년	52,383	0.784	41,058
2021년	52,761	0.757	39,940
2022년	56,570	0.731	41,359
2023년	56,979	0.706	40,233
2024년	61,093	0.682	41,663
2025년	61,534	0.659	40,528
2026년	65,976	0.636	41,968
2027년	70,740	0.614	43,460
2028년	75,847	0.593	45,004
2029년	81,324	0.573	46,603
2030년	87,195	0.553	48,259
합 계	1,070,697		788,166

(단위: 억 원)

○ 기술개발성공률, R&D기여율 및 기술기여도

- 기술개발성공률은 2010년 산업기술연구회 등에 대한 국정감사 결과에서 나타난 연구개발성과의 사업화 성공률 30%를 활용함(김진만 외 2012).
- R&D기여도는 본 기술개발을 통하여 달성된 기술개선의 기여도를 의미함. 본 연구에서는 KISTEP에 의해 작성된 '09 R&D분야 예비타당성 조사 수행을 위한 지침연구'의 R&D사업의 효과분석 사례에서 가장 많이 적용된 30.6%를 적요함.
- 기술기여도는 마케팅/제품/공법에서 기술이 차지하는 비중으로 이영찬(2006)이 산출한 29.7%를 활용함.
- 마지막으로 할인율은 기술개발로 발생한 부가가치의 증대부분에 대하여 현재가치로 조정하기 위해 필요한 것으로, 2013년 10월 1일 10년 만기 국채금리인 3.42%를 적용함.

(나) 편익의 계상

1) 설계비용절감 편익

○ 기존의 설비설계 비용대비 절감 또는 증감 편익 및 비용

- 기존의 설비설계대비 철도 BIM이 적용되는 경우 설계비용은 기존설계비용 대비 30% 절감할 것을 목표로 하여 평가함.
- Mcgraw-Hill Smart Market Report(2012년)에서는 BIM도입 후 설계비용의 절감효과로서 다음과 같이 제시함
  - BIM도입 후 설계비용의 절감효과는 투자수익률(ROI)로 근거하였으며, Mcgraw-Hill Smart Market Report에 제시된 BIM도입 후의 투자수익률은 북미의 경우 56%, 서유럽의 경우 66%이며, 한국의 경우에는 33%로 제시함
  - 따라서 국내 BIM 도입이 초기단계임을 감안하여, 투자수익률을 보수적인 관점에서 30%로 설정하여 설계비용 절감편익을 산정함.

○ 설계비용절감 편익은 총 철도건설비용 대비 설계비용을 고려하고, 이를 다시 설계비용 절감 효과를 곱하여 추정함.

○ 설계비용절감 편익=철도건설비용×설계비용비율(5%)×BIM기술적용에 따른 설계비용절감 효율(30%)

○ 일반적으로 철도건설비용에서 설계비용은 약 5%이며, 설계비용 절감 효율성은 위에서 언급한 30%의 절감 효과를 이용함.

- 예) 2018년 설계비용절감 편익 611억 원=실질건설비용 40,759억 원×설계비용비율5%×BIM기술적용에 따른 설계비용절감 효율 30%임.

○ 한편, 이러한 방법을 적용하여 2006~2011년까지의 설계비용 절감의 추정해 보면 다음과 같음.

- 총 분석대상 시설 설계비용의 추계는 2006~2011년 기간 동안 철도건설비용대비 일반적인 설계비용 비율 5%를 곱하여 추정한 값임.

표 115 설계비용 절감편익

구분	철도건설비용	설계비용	설계비용 절감편익
2006년	29,740	1,487	446
2007년	29,036	1,452	436
2008년	33,653	1,683	505
2009년	45,874	2,294	688
2010년	37,921	1,896	569
2011년	89,289	4,464	1,339

(단위 :억원)

주) 1. 철도건설비용: 국토부 내부자료, 2013년
2. 설계비용: 설계비용은 통상적으로 적용되는 건설비용의 5%로 산정
3. 절감편익: BIM적용시 30%의 투자수익률 적용(Mcgraw-Hill Smart Market Report, 2012년)

2) 공기단축 편익

○ BIM적용효과(공기단축, 예산절감): 현재 많은 건설공사에서 BIM적용을 통한 공기단축의 사례가 나오고 있으며, 기획 설계단계에서부터 BIM을 적용하여 설계오류, 작업공간간섭 등의 시행착오를 차단하여 재시공으로 인한 손실을 방지할 수 있고, 공법비교, 사전시뮬레이션, 설계변경에 대한 빠른 대응을 통한 공기단축과 예산절감이 가능함

○ BIM적용 공기단축 사례

- 호남고속철도의 오송 경부고속횡단고가 가설의 경우 BIM기반 시공 시뮬레이션을 통하여, 길이 160m 강박스형 거더를 위험요인에서 사전 차단하고 면밀하게 시공 완료함으로써 당초 90일 공기를 3일 만에 완료함
- 회현동 스테이트 타워 남산 공사의 경우 BIM을 도입하여 사전에 간섭검토, 설계변경에 대한 빠른 대응, 공법비교 등을 검토함으로써 약 7개월간의 공기단축 효과가 있었으며, 약 10%의 공사원가를 절감
- 중국 베이징 올림픽 수영장의 경우 BIM을 도입함으로써 엔지니어링 기간을 당초 15개월에서 7개월로 54%의 공기를 단축시킬 수 있었고, 예상비용 12억 5천만 원(엔지니어링비용)에서 60%인 7억 5천만 원으로 줄여 40%의 비용을 절감
- 미국 오웬스 브라더스의 콘크리트 공장은 콘크리트 패널 경사디자인 등에 BIM을 도입하여 시공오차를 줄이고 효율성을 극대화하여 공기 및 비용의 20%를 절감(예상비용 : 35억 원)

- 미국 GM(General Motors)의 Flint 공장의 경우, BIM을 적용하여 설계, 구조, 설비, 전기시설 등 모든 분야에 걸쳐 3D 모델링을 하여 설계변경을 최소화함으로써 당초 40주의 공기에서 13%인 5주를 절감하였음

○ 토목분야 및 철도분야 사례에 대한 BIM적용 자료들이 부족한 관계로 위 사례들의 분석을 통해 BIM적용을 통한 공기단축은 약 10% 가능하다고 판단하였으며, 이에 따른 예산절감은 공기단축에 의한 공사비절감과 재시공 및 설계변경최소화 등의 효과로 약 1% 이상이 가능하다고 판단

- 위에서 언급하였듯이 철도BIM의 적용에 따른 공기단축 편익 산출을 위해 연도별로 추정한 철도건설비용에 공기단축 효율 1%을 곱하였음.
- 예: 2018년 공기단축편인 408억 원= 실질건설비용 40,759억 원×효율성 증대비율 1%

3) 유지보수 절감 편익

○ 유지보수비 절감 편익을 산출하기 위해 유지보수 절감 효율성 비율을 추정하고, 여기에 추정실질 철도건설비용을 곱하여 산출함.

- 유지보수비 절감 효율성 비율 추정: 기존 대비 20% 단축 가능하며, 총 철도건설비용 중에서 유지보수비는 약 8%에 해당되는 것을 추정됨.

○ 따라서 2006~2011년 기간 동안의 철도건설비용 중에서 유지보수 비용은 다음과 같이 산출할 수 있음.

- 철도유지보수비의 산정은 총 철도건설비용×유지보수비율

  - 2006년~2011년 철도건설 비용 평균 = 35,918 억 원
  - 평균 철도건설 비용 대비 유지관리 비용 비율 = 8% (0.08)
  - 경험 통계치에 따르면 도시철도 차량 수명기간 동안 유지보수 비용은 초기 투자비의 3.92배 수준으로 통용(2007년 국가연구개발사업 조사·분석·평가자료 - 도시철도 표준화 연구개발사업, 건설교통부, 2007)
  - 년간 유지보수 비용 비율 = 3.92 / 30년 = 0.1307 (차량수명 30년)
  - 철도인프라의 경우 차량보다 더욱 다양한 수명주기를 가지고 있으며, 또한 유지보수 방법 및 비용의 편차가 심하므로, 보다 평균적이고 보수적 관점에서 임의 조정하여 8%로 추정하였음

예. 2020년 유지보수비 절감 편익 6657억 원= 철도건설비용×유지보수비 절감 효율성 비율 8%×평균 철도건설비용 대비 유지관리 비용 비율

4) 수출증가 수익 증대

○ 철도BIM의 기술개발 목적 중에 하나가 기술을 개발하여 향후 철도인프라의 해외진출에 기여한다는 점임.

- 철도수출증대 효과를 추정하기 위해 먼저 철도시장의 규모를 파악해야 함.
- 세계철도 시장은 Verkehr(2009)에 의하면, 2009년 말 현재 약 39,500 백만 유로로 나타났으며, 이를 2013년 10월 1일 환율 1EUR=1560KRW을 적용하여 계상하면 61조 6,200억 원의 시장규모가 산출됨.
- 산출된 시장규모를 다시 2029년까지 성장률을 고려하여 시장규모를 추정해야함.
- Verkehr(2009)의 자료에 따르면 2009~2014년 기간 동안의 평균시장성장

률은 5.5%로 나타남. 본고에서는 동 성장률을 적용하여 향후 시장규모 추정에 활용함.

- 추정된 시장규모는 다시 현재가치화하기 위해 시장할인율을 적용함. 시장할인율은 위에서 언급한 10년 만기 국채 금리를 적용함.
- 이렇게 추정된 인프라 철도시장의 시장규모는 아래 <표 7.10>와 같음

표 116 세계철도인프라 시장 규모의 추정

연도	추정시장규모	할인율	추정실질시장규모
2009년	616,200	1.144	704,920
2010년	650,091	1.106	719,097
2011년	685,846	1.070	733,560
2012년	723,568	1.034	748,314
2013년	763,364	1.000	763,364
2014년	805,349	0.966	777,806
2015년	849,643	0.933	792,521
2016년	896,373	0.901	807,515
2017년	945,674	0.870	822,792
2018년	997,686	0.840	838,359
2019년	1,052,559	0.812	854,220
2020년	1,110,449	0.784	870,381
2021년	1,171,524	0.757	886,847
2022년	1,235,958	0.731	903,626
2023년	1,303,936	0.706	920,721
2024년	1,375,652	0.682	938,140
2025년	1,451,313	0.659	955,889
2026년	1,531,135	0.636	973,973
2027년	1,615,348	0.614	992,400
2028년	1,704,192	0.593	1,011,175
2029년	1,797,922	0.573	1,030,306
2030년	1,896,808	0.553	1,049,798

(억원)

- 철도협회에서는 현재 해외철도시장 수출점유율 2%에서 4%로 증대시키는 수출목표를 정하고 있음.
- 본고에서는 2%에서 4% 증대로 증대 시키는 2%p와 본 기술개발이 기여할 수 있는 기여도 즉, BIM기술의 수출기여도를 5%로 산정함. BIM기술의 수출기여도는 기술개발에 대한 목표치임. 그 이유는 현재 BIM기술개발로 인한 수출을 한 경험이 없기 때문에 기존의 자료가 없음. 이에 본고에서는 BIM기술의 수출기여도 목표치를 산정하여 적용함.
- 따라서 수출기여도는 추정철도인프라 시장규모×수출증대목표2%×BI기술의 수출기여도 5% 적용하여 산출한 총 금액임.
- 하지만, 기술을 개발하고, 실용화 후 본 기술이 바로 수출을 한다는 것은 현실성이 떨어진다는 점을 고려하여 수출은 기술이 현장에 투여한 후 3년이 지난 후에 발생한다는 가정을 적용함.
- 예) 2012년 수출증대 수익 887억원= 추정실질시장규모 854,220억 원×수출증대목표 증대율 2%×BIM기술 적용 기여도 5%

○ 위의 방법으로 비용과 편익 부분을 각각 10년 동안의 효과를 현재가치로 수정하여 추정한 결과에 따라 계상된 B/C의 비율은 다음과 같음.

- 편익의 현재가치는 24,541억 원= 설계비용절감 6,435억 원+공기단축편익 4,290억 원+ 유지보수비용절감 6,864억 원+수출증대 수입 6,952억 원
- 실질편익은 10년 동안의 전체 편익에서 기술개발성공률, R&D기술율, 그리고 기술기여도를 고려하여 계산되어야 함.
- 또한 실질편익에서 현재 기획과제로 추진하고 있는 기술의 비율을 고려해야 함. 현재 추진 중인 기획과제에서 제안된 기술은 1단계(350억 원)와 2단계(200억)로 구분하고 있는데(1,2 단계 전체 연구비는 550억 원), 본 연구에서 제시된 기술개발은 1단계 사업에 한정됨.
- 따라서 현재 경제성 분석에 적용되는 철도BIM기술은 전체 기술에서 1단계의 기술임. 즉 전체(완성) 기술에서 현재 개발하려고 하는 기술의 비중은 전체 연구에 약 65%에 해당된다고 기술적으로 판단됨. 그러므로 현재의 기술개발이 전체 철도건설비용의 절감과 수출효과는 개발하려는 기술의 기여도가 포함되어야 함. 이러한 추가적인 기술기여도는 앞에서 구한 65%를 포함함.
- 실질편익 434.92억 원=편익의 현재가치 24,541억 원×기술개발성공률 30%×R&D기여도 30.6%×기술기여도 29.7%×BIM기술의 완성기여도 65%
- 비용(350 억 원)=연도별 소요 예산의 현재가치
- 편익/비용 1.24=실질편익 434.92억 원/비용 350억 원

표 117 철도BIM 기술개발의 비용편익 분석 결과

구분	편익				비용
	설계비용 절감	공기단축편익	유지보수비 절감	수출증대 수입	연차별연구비
2014년					
2015년					
2016년					
2017년					
2018년					
2019년					
2020년					
2021년	599	399	639		
2022년	620	414	662		
2023년	603	402	644		
2024년	625	417	667	938	
2025년	608	405	648	956	
2026년	630	420	671	974	
2027년	652	435	695	992	
2028년	675	450	720	1,011	
2029년	699	466	746	1,030	
2030년	724	483	772	1,050	
현재가치	24,541				
편익:비용	434.92				350
B/C					1.24

(단위: 억 원)

제8장. 평가기준 설정

제1절. 평가기준 설정

○ 연구목표의 적절성, 연구개발 필요성 및 타당성 : 배점 30점

1. 1연구과제

- 제안요청과제의 목적과 제안과제의 연구목표의 일치도 : 배점 10점

세부항목	평가내용	배점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
과제목적의 적합성	연구과제 요청된 과제의 목적에 적합한 과제인가?	20	15	10	5	1

- 연구목표 달성을 위한 전문성 및 추진체계 : 배점 50점

세부항목	평가내용	배점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
최종목표	연구개발 최종목표의 적절성(핵심기술도출의 정확성)	10	8	6	4	2
단계별 연구목표 및 내용	단계별 및 연차별 목표설정 및 내용의 적절성	10	8	6	4	2
연구추진 전문성	목표달성의 위한 기술전문성 보유 및 개발경험	10	8	6	4	2
연구추진체계	연구개발 전문기관 등 전체적인 추진체계가 잘 갖추어져 있는가?	10	8	6	4	2
연구추진방법	설계, 제작, 검증 및 시범구축을 위한 연구개발 프로세스의 적절성	10	8	6	4	2
소 계						

- 설정목표 달성 가능성 : 배점 30점

세부항목	평가내용	평가점수				
		우수	양호	보통	미흡	불량
연구성과	정량적 정성적 연구목표는 적정한가?	10	8	6	4	2
목표달성가능성	설정목표의 달성가능성은 높은가?	10	8	6	4	2
결과활용	연구성과의 검증/실용화의 적절성	10	8	6	4	2
소 계						

- 목표 달성시 파급효과 : 배점 10점

세부항목	평가내용	평가점수				
		우수	양호	보통	미흡	불량
목표달성에 의한 파급효과	기술적 파급효과?	5	4	3	2	1
	경제적/사회적 파급효과?	5	4	3	2	1
소 계						

주) 1. 기술적 파급효과란 연구성과의 실용화에 따른 철도분야 기술자립도 향상 및 관련련 산업의 기술적 파급효과.

2. 경제적/사회적 파급효과란 연구성과의 국산화에 따른 수입대체비용, 성능개선에 따른 운영비 절감 및 고장에방/사고감소 등으로 인한 사회적 비용

2. 2연구과제

- 제안요청과제의 목적과 제안과제의 연구목표의 일치도 : 배점 10점

세부항목	평가내용	배점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
과제목적의 적합성	연구과제 요청된 과제의 목적에 적합한 과제인가?	20	15	10	5	1

- 연구목표 달성을 위한 전문성 및 추진체계 : 배점 50점

세부항목	평가내용	배점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
최종목표	연구개발 최종목표의 적절성(핵심기술도출의 정확성)	10	8	6	4	2
단계별 연구목표 및 내용	단계별 및 연차별 목표설정 및 내용의 적절성	10	8	6	4	2
연구추진 전문성	목표달성의 위한 기술전문성 보유 및 개발경험	10	8	6	4	2
연구추진체계	연구개발 전문기관 등 전체적인 추진체계가 잘 갖추어져 있는가?	10	8	6	4	2
연구추진방법	설계, 제작, 검증 및 시범구축을 위한 연구개발 프로세스의 적절성	10	8	6	4	2
소 계						

- 설정목표 달성 가능성 : 배점 30점

세부항목	평가내용	평가점수				
		우수	양호	보통	미흡	불량
연구성과	정량적 연구목표는 적정한가?	10	8	6	4	2
목표달성가능성	설정목표의 달성가능성은 높은가?	10	8	6	4	2
결과활용	연구성과의 검증/실용화의 적절성	10	8	6	4	2
소 계						

- 목표 달성시 파급효과 : 배점 10점

세부항목	평가내용	평가점수				
		우	양	보	미	불

		수	호	통	흡	량
목표달성에 의한 파급효과	기술적 파급효과?	5	4	3	2	1
	경제적 파급효과?	5	4	3	2	1
소 계						

주) 1. 기술적 파급효과란 연구성과의 실용화에 따른 철도분야 기술자립도 향상 및 관련련 산업의 기술적 파급효과.
2. 경제적/사회적 파급효과란 연구성과의 공산화에 따른 수입대체비용, 성능개선에 따른 운영비 절감 및 고장예방/사고감소 등으로 인한 사회적 비용

3. 3연구과제

- 제안요청과제의 목적과 제안과제의 연구목표의 일치도 : 배점 10점

세부항목	평가내용	배점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
과제목적의 적합성	연구과제 요청된 과제의 목적에 적합한 과제인가?	20	15	10	5	1

- 연구목표 달성을 위한 전문성 및 추진체계 : 배점 50점

세부항목	평가내용	배점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
최종목표	연구개발 최종목표의 적절성(핵심기술도출의 정확성)	10	8	6	4	2
단계별 연구목표 및 내용	단계별 및 연차별 목표설정 및 내용의 적절성	10	8	6	4	2
연구추진 전문성	목표달성의 위한 기술전문성 보유 및 개발경험	10	8	6	4	2
연구추진체계	연구개발 전문기관 등 전체적인 추진체계가 잘 갖추어져 있는가?	10	8	6	4	2
연구추진방법	설계, 제작, 검증 및 시범구축을 위한 연구개발 프로세스의 적절성	10	8	6	4	2
소 계						

- 설정목표 달성 가능성 : 배점 30점

세부항목	평가내용	평가점수				
		우수	양호	보통	미흡	불량
연구성과	정량적 연구목표는 적정한가?	10	8	6	4	2
목표달성가능성	설정목표의 달성가능성은 높은가?	10	8	6	4	2
결과활용	연구성과의 검증/실용화의 적절성	10	8	6	4	2
소 계						

• 목표 달성시 파급효과 : 배점 10점

세부항목	평가내용	평가점수				
		우수	양호	보통	미흡	불량
목표달성에 의한 파급효과	기술적 파급효과?	5	4	3	2	1
	경제적 파급효과?	5	4	3	2	1
소 계						

주) 1. 기술적 파급효과란 연구성과의 실용화에 따른 철도분야 기술자립도 향상 및 관련 련산업의 기술적 파급효과.
2. 경제적/사회적 파급효과란 연구성과의 국산화에 따른 수입대체비용, 성능개선에 따른 운영비 절감 및 고장에방/사고감소 등으로 인한 사회적 비용

제9장. 참고문헌

[1] “Global Construction Perspectives & Oxford Economics, Global Construction”, 김정범 수석연구원, 해외 건설시장 현황 2020, 산업은행, 2009.11.

[2]“내년 국내 건설시장 공공부문↑민간↓”, 박한신 기자, 한국경제, 2011.10.27.

[3]“건설-IT융합 시장 전망”, 조충호, 건설-IT 융합기술시장 전망 세미나, 2010. 3. 3

[4] “시스템 엔지니어링 기반의 BIM적용방안” 신민호, 2012 추계시스템엔지니어링 학회 논문집 2012. 10

[5] “ISO/PAS 16739:2005 Industry Foundation Classes, Release 2x, Platform Specification (IFC 2X Platform)”, ISO, 2005.

[6] “ISO 12006-3:2007 Building construction - Organization of information about construction works - Part 3: Framework for object-oriented information”, ISO, 2007.

[7] “ISO 29481-1:2010 Building information modelling - Information delivery manual - Part 1: Methodology and format”, ISO, 2010.

[8] “ISO 29481-2:2012 Building information models - Information delivery manual - Part 2: Interaction framework”, ISO, 2012.

[9] “국내 시공분야의 BIM 활용사례를 통한 문제점과 향후 전망”, 김화성, 2010.

[10] “주요 선진국의 산업 IT 융합정책 비교분석 및 시사점”, 전경련, 2009.12.30.

[11] “10대 산업별 IT융합 현황 리포트 시리즈. IT융합 산업 동향과 개발 전략-건설. IT+건설 융합산업”, BIR

[12] “BIG BIM little bim: the practical approach to building information modeling: integrated practice done the right way!”, 4Site Press, Jernigan, F.E., 2007.

[13] “IFC Technical Guide - IFC Release 2x, Liebich, T. & Wix, J., 2000.

[14] “Enhancement of spatial and physical elements for IFC-based bridge data model”, The 28th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC2011), Seoul, Korea, B.-G. Kim and S.-H Lee, 2011.

[15] “IFC extension for road structures and digital modeling”, The 12th East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction (EASEC-12), HongKong, China, S.-H. Lee and B.-G. Kim, 2011.

[16] “IFC를 이용한 건축강구조 표준접합상세의 표현”, 대한건축학회 논문집 - 구조계 28(7), pp. 65-72, 이재철, 정종현, 김치경, 김지현, 김민수, 2012.

[17] “IFC를 이용한 기본설계단계 철근배근의 표현”, 대한건축학회 논문집 - 구조계 28(1), pp. 59-67, 정종현 , 김치경 , 이재철 , 김지현 , 김민수, 2012.

[18] “Industry Foundation Classes-based bridge modeling method - Adding new entities versus using user-defined property sets”, The 2nd International Conference on Computational Design in Engineering (CODE2012), Jeju, Korea, S.-H. Lee, S.I. Park, and H.J. An, 2012.

[19] “Metrics for quantifying the similarities and differences between IFC files”, Journal of Computing in Civil Engineering, 25(2), pp. 172-181, G. Lee, J. Won, S. Ham, and Y. Shin, 2011.

[20] “Query performance of the IFC model server using an object-relational database (ORDB) approach and a tradition-relational database (RDB) approach”, Journal of Computing in Civil Engineering (accepted), G. Lee, J. Jeong, J. Won, J. Cho, S.-J. You, and H. Kang, 2013.

[21] “User-defined property sets-based IFC extension for bridge application information model”, The 5th International Conference on Construction Engineering and Project Management (ICCEPM2013), Anaheim, California, U.S.A., S.-H. Lee, S.I. Park, and M. Yang, 2013.

[22] “BIM의 원리”, 강태욱, 시공문화사, 2011

[23] “BIM상호운용성과 플랫폼”, 강태욱, 유기찬, 최현상, 홍창희, CIR출판사, 2013

[24] “BIM Execution Planning”, CIC of Pennsylvania State Univeristy, 2010

[25] “사례 분석을 통한 국내 BIM 적용 문제점 및 대안 도출에 관한 연구”, 박정욱, 김상철, 이상수, 송하영, 2009

[26] “East London Line”, URS/Scott Wilson, 2010

[27] “Crossrail”, URS/Scott Wilson, 2010

[28] “Crossrail”, Crossrail Ltd, 2012

[29] “Contract for Doha's Red line announced next month”, 2013.2.5

[3]) “CMMS 자산관리시스템”, NEXTGEN, 2012

[31] “Central Japan Railway”, 일본 東JR, 2012

[32] “도시문화산업의 경쟁력 결정요인: 분석적 계층화(AHP) 기법을 이용한 상대적 중요도를 중심으로”, 김동진, 박종화, 한국행정논집 18(1), pp.311-333, 한국정부학회, 2006.

[33] “계층적 분석절차와 기획예측”, 나제민, 박영미, 한국행정학보 27(1), pp.155-169, 1993.

[34] “성과평가에 있어서 평가대상별 평가항목의 중요도 분석: AHP와 퍼지모형의 비교”, 박찬정, 기업경영연구 18(4), pp.225-242, 한국기업경영학회, 2011.

[35] “금융기관의 지식경영 측정지표 중요도에 관한 실증적 연구”, 박희종, 김민수, 지식연구, pp.189-211, 명지대학교 금융지식연구소, 2008.

[36] “AHP의 일관성 향상을 위한 척도 재구성 연구”, 송근영, 이영, 한국지방정부학회 학술발표논문집, pp.1-11, 한국지방정부학회, 2012.

[37] “The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting”, Saaty, T. L., Resource Allocation, NY: McGraw-Hill, 1980.

[38] “Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for

Decisions in a Complex World", Saaty, T. L., CA: Wadsworth, 1982.

[39] "사례 분석을 통한 국내 BIM 적용 문제점 및 대안 도출에 관한 연구", 박정욱, 김상철, 이상수, 송하영, 2009.

[40] "철도시설공사의 현장 공정관리를 위한 원격 영상 운영체계 개발" 한국철도학회 논문집, 신민호, 김현승, 박진정, 문현석. 2010. 2

[41] "경제성 환경성 통합평가를 위한 정보통합시스템" 대한토목학회논문집 신민호, 김창학, 2010. 11

[42] "건설공사의 경제성 환경성 통합평가시스템 개발" 대한토목학회 학술발표논문집 신민호, 김창학, 박지민 2009. 10

[43] "BIM/GIS 기반 건설 공간정보 융합기술 개발의 IP-R&D전략", 특허청, 2012.12

[44] "지하철 역사 시설관리를 위한 BIM적용 방안에 관한 연구", 한양대학교, 권상오, 2011.8

[45] "BIM 기반/스마트 BOM의 형상관리에 의한 전 생명주기를 고려한 철도건설사업 관리 시스템 및 방법에 관한 고찰", 한국철도학회, 정수영, 이종성, 박수종, 이근영, 2011

[46] "도시철도 시설사업의 유지관리 정보 활용을 위한 발주단계 적용 요소에 관한 연구", 한양대, 이기선, 2013.2

[47] "철도역사의 BIM Model 구축을 통한 BIM기반 협업에 관한 연구", 대한건축학회, 이상헌, 조현, 전한종, 2008.10

[48] Commercial Building Stock Growth by Building Type, World Markets: 2011-2020, Pike Research)

[49] "4D CAD와 IETM 연계를 통한 철도시설의 효율적인 공사정보 관리 방안", 강인석, 문현석, 박서영, 김현수, 안재규, 한국철도학회 학술발표대회 논문집 pp. 137-140, 2008.

[50] "3D TOOL을 이용한 배선 설계", 유무일, 권오엽, 한국철도학회 학술발표대회 논문집 pp. 964-969, 2012.

[51] “BIM 기반/스마트 BOM의 형상관리에 의한 전 생명주기를 고려한 철도건설가업관리 시스템 및 방법에 관한 고찰”, 정수영, 이종성, 박수중, 이근영, 한국철도학회 학술발표대회 논문집 pp. 2280-2285, 2011.

[52] “철도시설공사 BIM적용을 위한 4D 공정관리 표준 프레임워크 구축 연구”, 이근일, 민창훈, 조빛나, 신민호, 강인석, 한국BIM학회 2013년 정기학술대회 논문집 3권 1호 pp. 19-20, 2013.

[53]“도시문화산업의 경쟁력 결정요인: 분석적 계층화(AHP) 기법을 이용한 상대적 중요도를 중심으로,”김동진, 박종화. 2006. 『한국행정논집』 18(1), 한국정부학회. pp.311-333.

[54] “계층적 분석절차와 기획예측,”나제민, 박영미. 1993. 『한국행정학보』 27(1). pp.155-169.

[55] “특수교육연구에 있어 계층분석적 의사결정기법(AHP)의 적용가능성 탐색,”박상희・홍성두. 2011. 『중복지체불자유연구』 제54권(3호), 한국지체아자유아교육학회, pp.251-267.

[56] “성과평가에 있어서 평가대상별 평가항목의 중요도 분석: AHP와 퍼지모형의 비교”, 박찬정. 2011. 기업경영연구 18(4). 한국기업경영학회. pp.225-242.

[57] “금융기관의 지식경영 측정지표 중요도에 관한 실증적 연구”, 박희종, 김민수. 2008. . 지식연구, 명지대학교 금융지식연구소. pp.189-211.

[58] “AHP의 일관성 향상을 위한 척도 재구성 연구”, 송근영, 이영. 2012. 한국지방정부학회 학술발표논문집, 한국지방정부학회. pp.1-11.

[59] “앞서가는 리더들의 계층분석적 의사결정”, 조근태, 조용곤, 강현수. 2003. 서울: 동현출판사.

[60]“예비타당성조사 요구 R&D사업에 대한 기술성 평가 매뉴얼”, 한국과학기술기획평가원. 2012. Nardo, M., Saltelli, A. and S. Tarantola, 2005, “Tools for Composite Indicators Building,” European Commission, Joint Research Centre Working Paper EUR 21782 EN.

[61] “A new scale for the measurement of interpersonal trust", Rotter, J. B., 1967, " *Journal of Personality* (35), 651-665.

[62]“The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting”, Saaty, T. L. 1980. Resource Allocation. NY: McGraw-Hill.

[63]“Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World”, Saaty, T. L. 1982. , CA: Wadsworth.

<첨부 1> 기술성숙도 수준별 정의

기술성숙도(TRL) 수준별 정의

수준	정 의	설 명
TRL 1	기본 원리 이해 단계	기술개발의 가장 낮은 단계로, 과학적 연구결과가 응용연구개발 단계로 전이되기 직전 단계
TRL 2	기술개념 형성 및 응용분야 식별 단계	기본원리가 이해된 후 응용분야를 식별함. 응용내용이 아직은 이론 수준으로서 추론을 뒷받침할 실험적 증명이나 상세 분석이 이루어지지 않은 상태임
TRL 3	주요 기능에 대한 분석/실험 또는 특성에 대한 개념 입증 단계	활발한 연구개발이 시작됨. 기술을 적절한 대상에 응용하기 위한 분석적 연구, 분석결과가 물리적으로 유효함을 입증하는 실험실 수준의 연구를 포함. 타 부품에 적용되지 않았거나 성능이 완전하지 않은 부품 수준도 포함됨
TRL 4	실험실 환경에서 구성품 또는 실험용 조립품(Breadboard) 수준의 성능 입증 단계	부품(시제품)이 결합되어 불안정하지만 종합적으로 성능을 발휘함. 최종 체계에 비해서 성능이 상대적으로 불완전함
TRL 5	유사 운용환경에서 구성품 또는 실험용 조립품(Breadboard) 수준의 성능 입증 단계	시험 대상 구성품 및 실험용 조립품(Breadborad)의 성능 안정성이 상당히 향상됨. 성능의 충실성을 높이도록 실험실에서 구성품을 조립하는 것도 포함
TRL 6	유사 운용환경에서 체계/부체계 모델 또는 시제품의 성능 시험 단계	TRL 5 수준 이상의 대표적인 모델 또는 시제품이 유사 운용 환경에서 시험됨
TRL 7	운용환경에서 체계 시제품의 성능 시연 단계	운용환경에서 시제품에 대한 성능시현을 수행하는 단계로서, 체계공학과 개발 관리 신뢰성을 보증하는데 목적이 있음
TRL 8	시험 및 시범을 통해서 실체계의 완성 및 입증 단계	예상되는 조건하에서 최종 완성된 형태로 기술이 입증됨. TRL은 거의 모든 상태에서 실제 체계의 개발이 완성된 상태를 표현함(최초생산품에 대한 초도시험평가가 완료됨)
TRL 9	성공적인 임무 운용을 통한 실체계의 입증 단계	최종 형태 및 임무조건 하에서 기술의 실제적인 응용이 완성된 상태(최초운용능력(IOC) 확인으로 임무 및 운용성이 입증됨)

<첨부 2> 자문의견서

1. 1차 자문의견서

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">자문의견서</td><td rowspan="2">작성자</td><td>소속</td><td>배재대학교</td></tr>
<tr><td>성명</td><td>강 보 순</td></tr>
<tr><td>일 시</td><td colspan="3">2013년 7월 2일</td></tr>
<tr><td>장 소</td><td colspan="3">용산역 ITX3회의실</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="3">철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획</td></tr>
<tr><td>내 용</td><td colspan="3">과제 관련 기획자문회의</td></tr>
</table>

◎ 자문의견

◆ 기획 자문 의견

○ 철도특화 BIM 과제이므로 철도분야에 특화된 분류체계 구성이 절실

○ 전반적으로 과제의 범위가 폭넓게 분포되어 있음
=> 우선 기획/설계/시공에 초점을 잡고 과제를 작성하여 기존의 타분야 BIM의 연구를 벤치마킹하여 빠른 속도로 철도인프라에 적용가능하게 연구하고 유지관리는 추후 고려하여 집중적인 연구가 필요함.
=> 국내 BIM 성숙도를 고려하여 진행하여야 하므로, 현재 BIM에 대한 인지가 매우 부족하고 철도분야의 BIM이 적용된 사례가 부재하므로 모든 부분에 BIM을 도입하기에는 다소 무리가 따른다.

○ 다양한 BIM관련 기술을 모두 수용하여 구성하기보다는 추후 본 기술을 사용할 사용자들의 요구사항을 조사하여 구체적인 연구방향을 확립하고, 철도 BIM을 부각시킬 수 있는 우선순위를 도출하는 것이 중요함.

자문의견서	작성자	소속	서울메트로
		성명	고 영 환

일 시	2013년 7월 2일
장 소	용산역 ITX3회의실
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획
내 용	과제 관련 기획자문회의

◎ 자문의견

◆ 기획 자문 의견

○ 표준 데이터 및 라이브러리 구축은 BIM을 구성함에 있어 매우 중요하고, 추후 사용될 기준이 되는 것이므로 그 중요성은 매우 높다. 이를 구성함에 있어서 타 분야에서 시행되었던 시행착오를 사전에 조사 및 고려하여 구성할 필요가 있다. 그리고 각각의 시설물에 대한 전문가가 다르므로 시설물 별로 정리하여 연구 하는 방안을 모색하여야 한다.

○ 실제 개발될 운영체계의 가장 큰 사용자는 한국철도시설공단, 한국철도공사가 될 것이므로 두 기관이 사용 가능한 궤도/전기/신호를 포함한 모듈의 구성이 필요하다.

○ 한국철도시설공단과 한국철도공사가 기존에 사용하는 정보와 System과의 상호보완성이 유지되어야 하며 호환성이 고려되어야 한다. 그리고 Process의 연계가 충실히 가능하도록 구성해야 할 것이다.

자문의견서	작성자	소속	서울메트로
		성명	고 영 환

일 시	2013년 7월 2일
장 소	용산역 ITX3회의실
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획
내 용	과제 관련 기획자문회의

◎ 자문의견

◆ 기획 자문 의견

○ 표준 데이터 및 라이브러리 구축은 BIM을 구성함에 있어 매우 중요하고, 추후 사용될 기준이 되는 것이므로 그 중요성은 매우 높다. 이를 구성함에 있어서 타 분야에서 시행되었던 시행착오를 사전에 조사 및 고려하여 구성할 필요가 있다. 그리고 각각의 시설물에 대한 전문가가 다르므로 시설물 별로 정리하여 연구 하는 방안을 모색하여야 한다.

○ 실제 개발될 운영체계의 가장 큰 사용자는 한국철도시설공단, 한국철도공사가 될 것이므로 두 기관이 사용 가능한 궤도/전기/신호를 포함한 모듈의 구성이 필요하다.

○ 한국철도시설공단과 한국철도공사가 기존에 사용하는 정보와 System과의 상호보완성이 유지되어야 하며 호환성이 고려되어야 한다. 그리고 Process의 연계가 충실히 가능하도록 구성해야 할 것이다.

자문의견서	작성자	소속	배재대학교
		성명	구 상 욱

일 시	2013년 7월 2일
장 소	용산역 ITX3회의실
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획
내 용	과제 관련 기획자문회의

◎ 자문의견

◆ 기획 자문 의견

○ 기존 현업에서 low-data부족으로 output이 부실하며, 이를 보완하기 위해 시공사의 과제참여하여 low-data확보를 통한 output의 품질을 향상시킬 기초적인 시도가 절실히 필요하다.

○ 기존의 철도 프로그램들이 다양히 구성되어 있는데 이를 통합운영체계에서 활용할 수 있는 방안 모색 및 호환성 고려 방안 모색할 필요가 있다.

○ 기존의 계획인 3년 안에 본 과제의 수행이 힘들 것으로 사료되므로, 4~5년 정도로 확대하여 추진하는 것이 본 과제를 효과적으로 수행가능할 것으로 보인다.

자문의견서	작성자	소속	Korail
		성명	김 광 모

일 시	2013년 7월 2일
장 소	용산역 ITX3회의실
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획
내 용	과제 관련 기획자문회의

◎ 자문의견

◆ 기획 자문 의견

○ BIM기반을 처음부터 모든 것을 다시하기 보다 기존 인프라 설계, 시공 유지보수 관련 Program이나 Tool을 파악하고 이를 차별화하고 Upgrade시킬 수 있는 방향으로 진행되기는 희망함.

○ 그렇지 않을 경우 소요되는 시간과 비용이 너무 클것으로 예상됨.

○ 설계업체, 시공업체, 유지보수주체로부터 필요 Requirement를 조사하여 공통 Platform 및 개별 Platform을 다른 기존의 설계, 시공, 유지관리 Tool, Program과 연계

자문의견서	작성자	소속	태성에스엔아이
		성명	김 성 훈

일 시	2013년 7월 2일
장 소	용산역 ITX3회의실
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획
내 용	과제 관련 기획자문회의

◎ 자문의견

◆ 기획 자문 의견

○ 효과적인 운영체계의 확산을 위하여 통일된 하나의 표준지침이 마련될 필요가 있다.

○ 기존의 상용되고 있는 제품들이 다양하고 발전적으로 존재하고 있으므로 새로이 기존의 상용되는 제품과 동급의 제품을 만드는 것 보다는 기존 Software를 사용할 수 있는 방안을 연구하고 개발에 치우치지 않는 연구가 필요할 것으로 사료됨.

○ 해외에 다수의 연구가 진행되고 있으나 철도관련 연구는 미비하므로 본 과제를 통해 연구가 성공적으로 수행될 시 철도분야의 연구를 통해 선도가 가능하다고 사료.

자문의견서	작성자	소속	중앙대학교
		성명	심 창 수

일 시	2013년 7월 2일
장 소	용산역 ITX3회의실
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획
내 용	과제 관련 기획자문회의

◎ 자문의견

◆ 기획 자문 의견

○ As-is문제를 사업관리, 설계생산성, 기술패키징 등으로 구체화하여 수요기술 항목을 도출할 것

○ Cross rail프로젝트 분석을 통해 연구기간을 단축하고 기술 실용호하고 시범 프로젝트를 초기에 설정하여 진행하는 것이 철도 분야 적용을 위해 필수적인 사항임.

○ 목표 성과물을 명확히 하고 현재 기술시장에 존재하는 솔루션과의 비교 분석이 필요함

○ 이미 개발된 기술항목은 개발내용에서 제외하고 용역 형태로 실시

자문의견서	작성자	소속	빌딩스마트협회
		성명	조 찬 원

일 시	2013년 7월 2일
장 소	용산역 ITX3회의실
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획
내 용	과제 관련 기획자문회의

◎ 자문의견

◆ 기획 자문 의견

○ 전자정부프레임워크를 통한 플랫폼개발에 대한 기존 연구기간이 10년이 넘는 과정인데 반하여 본 연구는 3년 내에 적용하는 것에 대하여 대책방안을 강구해야 한다. 기존의 연구개발 된 기존 플랫폼에 유사 사항을 분석하거나 플랫폼 개발 Process를 고려하여 개발 방안을 강구해야 함.

○ 본 과제의 진행시 기존의 제도를 변화시켜야 되므로 연구결과를 충분히 활성화 시키기 위하여 제도개선이 필요하다.

○ Cobie 등을 국내에 반영시키기 위해서는 국내 상황에 맞게 변환할 방안을 모색할 필요가 있다.

자문의견서	작성자	소속	쌍용건설
		성명	조 현

일 시	2013년 7월 2일
장 소	용산역 ITX3회의실
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획
내 용	과제 관련 기획자문회의

◎ 자문의견

◆ 기획 자문 의견

○ 발주방식의 변경을 위해서는 해외와 마찬가지로 발주자의 역량개발이 필요하므로 충분히 BIM의 발주방식을 이해시키기 위한 발주자를 대상으로한 교육방안이 필요하다.

○ 전자정부 3.0의 Bigdata와 같이 철도분야 실시간 정보공개를 통하여, 기존의 건축 BIM으 개선하는 것이 아닌 독창적 철도 BIM으로 발전 유도를 해야한다.

자문의견서	작성자	소속	지이오엔티
		성명	지 상 복

일 시	2013년 7월 2일
장 소	용산역 ITX3회의실
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획
내 용	과제 관련 기획자문회의

◎ 자문의견

◆ 기획 자문 의견

○ 국내 및 해외 프로젝트 적용을 시도하여 프로그램의 상용가능성을 검증할 필요가 있으므로 Test-bed의 단계가 반드시 필요할 것으로 사료됨

○ 관련 솔루션의 국내 개발을 통한 해외진출 지원하여 본 과제를 통해 개발되는 기술이 국내에 머무르는게 아니라 세계시장 개척에 도움이 되도록 구성하여야 함. 이를 위해 국내의 규정뿐만아니라 해외 규정도 감안하여 연구개발을 해야함.

○ 철도기술 패키징을 통한 해외시장 개척의 주도를 철도시설공단이 할 수 있는 체계 및 팀 구성을 도울 필요가 있음.

자문의견서	작성자	소속	한국철도시설공단
		성명	최 원 일

일 시	2013년 7월 2일
장 소	용산역 ITX3회의실
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획
내 용	과제 관련 기획자문회의

◎ 자문의견

◆ 기획 자문 의견

○ 표준화 관련은 ISO 혹은 주요 캐드엔진 중에 최소 한 곳은 반영되도록 연구진 구성 및 목표 설정을 요구해야 함.

○ 시범사업을 조기에 설정하고 기술개발 내용을 조유해서 목표가 달성되도록 해야 함. 시범사업이 없이 연구가 진행될 경우 최종 output의 실용성을 검증할 방법이 없을뿐더러 현황에 맞는 최적의 운영체계를 구성시키기 어려움.

○ 철도, 지하철, 경전철로 확대 시행할 수 있도록 참여기관 구성이 반드시 필요하며 연구 중에서 유기적으로 연결가능한 체계 및 자문을 구성하여 연구진행해야함.

자문의견서	작성자	소속	한길아이티
		성명	황 규 환

일 시	2013년 7월 2일
장 소	용산역 ITX3회의실
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획
내 용	과제 관련 기획자문회의

◎ 자문의견

◆ 기획 자문 의견

○ 전 생애주기 과정을 총괄하여 연구를 진행하기에 막연한 연구대상을 상대로 계획성 없이 연구할 시 연구 진행에 차질이 우려됨. 연구의 방향을 초기에 일정 item으로 확정하여 진행하지 않을 시 연구 목표의 상실 및 최종 성과물의 질이 떨어질 가능성이 우려. 최대한의 연구 성과를 위하여 사전에 장래 사용자들의 요구사항 조사가 매우 중요하며 이를 위해 많은 시간과 노력이 요구됨.

○ 기존의 프로그램들을 최대한 이용하고 개량을 통한 개발로 철도분야에 BIM의 도입시간을 최소한으로 할 수 있도록 연구를 구성하는 것이 바람직.

○ 철도 분야의 BIM의 도입을 빠른 시간내에 하기 위하여 타 분야에 BIM(토목)이 초기 도입될 때 발생된 장애요인을 사전분석하여 불필요 시간소모를 없애야 함.

2. 2차 자문의견서

자문의견서	작성자	소속	서울과학기술대학교
		성명	구 본 상

일 시	2013년 7월 24일(수요일)
장 소	용산역 ITX3회의실
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획
내 용	과제 관련 기획자문회의

◎ 자문의견

◆ R&D 필요성

○ 이용자들의 편의성, 안전성 증대되는 BIM 연구

○ 해외 발주자 BIM요구조건 벤치마킹을 통한 필요기술 파악 필요

○ 철도인프라 유지관리 매뉴얼 표준 필요

◆ 비전 및 목표 제시

◆ 기타 의견

○ 도출과제 AHP분석 & 요인분석 & 단순평균 설문참여

○ 해외 철도 발주 사업들의 BIM요구사항분석을 통해 해외에서 요구하는 BIM수준을 파악하고 이를 통해 필요 기술개발 (ex. crossrail, 카타르 지하철공사, 싱가포르 BIM 발주사례)

○ 일반 철도이용자들의 편의 안전을 증대할 수 있는 BIM과 연계된 연구 토픽 발표

자문의견서	작성자	소속	배재대학교
		성명	구 상 욱

일 시	2013년 7월 24일(수요일)
장 소	용산역 ITX3회의실
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획
내 용	과제 관련 기획자문회의

◎ 자문의견

◆ R&D 필요성

○ 기존에 비해 더 유연한 모델링기술 필요

○ 정부정책 제도변화 및 지원기술 필요

◆ 비전 및 목표 제시

○ 고객 인지 가치 극대화, 사업효율화, 윤리적인 사업관리에 초점을 둔 철도산업의 창조경영을 통한 지속 가능성 극대화

○ BIM기반 철도이프라 생애주기 관리를 위한 표준기술 및 운영체계 개발을 통한 고객만족극대화, 서비스 운영효율화, 수익극대화, 지속적인 조직학습 등의 달성

◆ 기타 의견

○ 도출과제 AHP분석 & 요인분석 & 단순평균 설문참여

○ 철도사업들의 전략바향을 고려하여 철도 BIM이 영향을 미칠수 있는 철도 사업의 범주를 정할 필요가 있음

○ 또한, 정부(부처)가 철도 관련 공공기관, 민간기관과의 잠재적 갈등을 해결할 수 있는 역량과 조직을 구축할 필요가 있음

자문의견서	작성자	소속	서울메트로
		성명	권 상 오

일 시	2013년 7월 24일(수요일)
장 소	용산역 ITX3회의실
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획
내 용	과제 관련 기획자문회의

◎ 자문의견

◆ R&D 필요성

○ 업계 사용 가능한 자동프로그램 개발 필요

○ 기존 Tool에 비해 차별화, 상향된 프로그램 필요

○ 세부적으로 독립된 정책분야 구성 필요

◆ 비전 및 목표 제시

○ 미래 선진 철도 강국을 위한 경쟁력 제고

◆ 기타 의견

○ 기존 도로구조물을 BIM 적용하는 것보다, 더 복잡한 철도 시설물이 BIM으로 표현되야 하기 때문에 더 유연한 그래픽 기술 개선된 H/W의 적용이 필요

○ 좀 더 정확한 유지관리를 위해 3D 모델링(궤도, 전기, 통신, 제어시설 등)의 세부적인 표현이 가능해야 함.

자문의견서	작성자	소속	Korail
		성명	김 광 모

일 시	2013년 7월 24일(수요일)
장 소	용산역 ITX3회의실
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획
내 용	과제 관련 기획자문회의

◎ 자문의견

◆ R&D 필요성

○ 철도분야 전생애주기 통합관리체계 필요
○ 자산관리 정보운영 기술 필요
○ 시공 및 사업비관리 최적 의사결정기술 필요

◆ 비전 및 목표 제시

○ ICT기반 철도인프라 관리를 통한 신뢰성 기반 창조경제 기여
○ 철도인프라에 RAMS(Reliability 신뢰성 Availability 가용성 Maintenance 유지보수성 Safety 안전성) 적용하여 생애주기 동안 Quality Up, Price Down
○ 종국적으로 BIM을 적용하여 비용을 절감하고 품질을 향상시키는게 최종 목적이 될 것 임

◆ 기타 의견

○ 터널 교량 유지보수 시 작업계획설명시 활용
○ 침목, 레일교환, 분기기 교환시 또는 건축, 설계 전차선, 신호, 통신장비 사용시 (예 Crane) 작업반경 확인
○ 지중 시설물 고가 시설물 설계, 시공, 유지관리에 활용
○ Sensor를 BIM Platform과 연계, 화룡도를 제고
○ 노반점촉시스템에 적용

자문의견서	작성자	소속	상지대학교
		성명	노 병 철

일 시	2013년 7월 24일(수요일)
장 소	용산역 ITX3회의실
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획
내 용	과제 관련 기획자문회의

◎ 자문의견

◆ R&D 필요성

○ 안전관리 시각적 분석기술 필요

◆ 비전 및 목표 제시

○ Big Data에 기반한 BIM 개발

○ 경제성 향상, 시공기간, 시공가능성등을 부각하여, 사치성 연구가 아닌 미래시장에서 반드시 필요한 기술임을 부각시킬 필요가 있음

◆ 기타 의견

○ 철도인프라를 계획-설계-시공-유지관리-폐기의 생애주기로 구분하고 각 주기에 대한 관련 BIM기술을 도출하는 것이 바람직함.

○ 여기에 Web, 또는 Mobile화를 위한 것과 Virtual Reality, View Finder, LBS, GIS 기술이 접목된 BIM관련 요소기술의 개발이 필요함

○ 전생애주기에 대한 시뮬레이션 적용 및 Web상에서의 text, 도면 입출력을 위한 기술개발 필요

자문의견서	작성자	소속	중앙대학교
		성명	심 창 수

일 시	2013년 7월 24일(수요일)
장 소	용산역 ITX3회의실
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획
내 용	과제 관련 기획자문회의

◎ 자문의견

◆ R&D 필요성

○ 협업관리 및 원격관리 기술 필요

◆ 비전 및 목표 제시

○ 목표 ; '철도인프라 생애주기 관리를 위한 디지털기반 설계기술 및 사업관리 기술개발' 제시

◆ 기타 의견

○ 도출과제 AHP분석 & 요인분석 & 단순평균 설문참여

○ 기존 철도사업 프로세스를 분석하여 개선하는 As-is To-be 분석을 통한 기술목표설정

○ 개발기술적용 효과의 정량적 분석(성과확산을 위해 필요)

○ O&M을 위한 정보체계(ex. Cobie)

○ 기술의 수요자에 대한 정의가 명확해야함

자문의견서	작성자	소속	대림산업
		성명	오 동 호

일 시	2013년 7월 24일(수요일)
장 소	용산역 ITX3회의실
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획
내 용	과제 관련 기획자문회의

◎ 자문의견

◆ R&D 필요성

○ 품질검증 기술 필요

◆ 비전 및 목표 제시

○ BIM기반 철도인프라 생애주기 관리를 위한 Process 표준 특 구축
(운영체계, 정보, 플래폼)

◆ 기타 의견

○ 정부정책 제도변화
1. 발주방식 : 기술제안입찰 활성화
2. 예산 : 장기계속공사->계속비 공사 계약으로 추진

○ 전체 사업관리 단계
기획, 영업, 설계, 시공, 유지관리 Total Life Cycle 차원 접근 필요
Process : 단계별 접근 방식 검토
표준 : 표준분류체계, WBS, 수량산출검토
틀 : PMIS

○ 설계모델링 단계부터 시공성을 감안한 모델링 필요
예) EVMS-BIM 연계(공정계획대실적관리)
WBS기반의 수량산출 작성 및 물량분개 지침

자문의견서	작성자	소속	성균관대학교
		성명	이 광 명

일 시	2013년 7월 24일(수요일)
장 소	용산역 ITX3회의실
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획
내 용	과제 관련 기획자문회의

◎ 자문의견

◆ R&D 필요성

○ 표준 데이터 모델 기술 필요

◆ 비전 및 목표 제시

○

◆ 기타 의견

○ 추진 전략 및 방법에서 유사과제 통합 검토 요망

1세부과제 (1-1)&(1-3)
(1-2)&(1-9)
(1-4)&(1-6)&(1-8)
(1-5)&(1-7)

과제간 통합 검토

○ 철도 BIM 적용 확산으로 대 국민 홍보효과 증진 및 국민의 삶의 질 향상(사회적 활용 방안 및 기대효과 검토)

자문의견서	작성자	소속	선구엔지니어링
		성명	임 철 수

일 시	2013년 7월 24일(수요일)
장 소	용산역 ITX3회의실
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획
내 용	과제 관련 기획자문회의

◎ 자문의견

◆ R&D 필요성

○ 환경 및 경제성 통합평가관리 기술 필요

○ 친환경 관리 기술 필요

◆ 비전 및 목표 제시

○ 철도산업의 정보화를 통한 고부가가치 산업으로의 육성

◆ 기타 의견

○ 도출과제 AHP분석 & 요인분석 & 단순평균 설문참여

○ 기존 프로그램(CAD, EXCEL등)의 호환성을 충분히 고려하여 설계 및 기획하여야 한다.

○ 일본의 경우 RTRI주도로 산학연구를 통해 개발한 프로그램 또는 설계기준을 엔지니어링 업계에서 그대로 사용함. (예를 들어, '변위제한'에 의해 동적 해석 없이 정적해석으로 교량의 동적 안정성 검토 ; 상세 해석은 신칸세교량동적상호작용해석전용프로그램 사용)

○ 우리도 연구개발 및 상용화 과정에 업계를 다수 참여시키고 연구성과를 공개개발(프로그램 open 또는 판매)

○ 일반 엔지니어링사에서 사용할 수 있는 전용프로그램 개발 보급필요

자문의견서	작성자	소속	빌딩스마트협회
		성명	조 찬 원

일 시	2013년 7월 24일(수요일)
장 소	용산역 ITX3회의실
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획
내 용	과제 관련 기획자문회의

◎ 자문의견

◆ R&D 필요성

○ 응급복구 지원 기술 필요

◆ 비전 및 목표 제시

○ 스마트한 철도산업 창출로 국민 안전 기여

○ BIM기반 생애주기 관리를 위한 철도인프라 표준기술 및 운영체계

◆ 기타 의견

○ 기존의 BIM에 대한 전문가의 부재와 이해도 부족으로 개발된 철도 BIM이 안전히 정착하기 위한 방안 마련

○ 시스템 개발 뿐만 아닌 교육방법 고려 필요

자문의견서		작성자	소속	지이오엔티
			성명	지 상 복
일 시	2013년 7월 24일(수요일)			
장 소	용산역 ITX3회의실			
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획			
내 용	과제 관련 기획자문회의			

◎ 자문의견

◆ R&D 필요성

○ 유용자원 회수 및 폐기물 처리 기술 필요

◆ 비전 및 목표 제시

○ 창조경제 기반 전생애주기 철도인프라 표준기술 구축

◆ 기타 의견

○ 도출 과제를 위한 필요기술 정립 및 nD BIM의 구성 차원 설정

○ 4D(3D+시간)개념의 BIM구축을 이용한 유지보수 및 시공 단계 BIM구성 필요

○ 4D개념을 능가한 비용 및 타 정보를 이용하여 nD를 구성하고 철도인프라 운영체계 구축 시 필요한 정보 정립 필요

○ 표준 Platform에 사용될 기존 프로그램과의 호환성 및 서로 다른 두 개 이상의 BIM도면을 연계하여 사용할 방안 마련

자문의견서	작성자	소속	철도시설공단
		성명	최 원 일

일 시	2013년 7월 24일(수요일)
장 소	용산역 ITX3회의실
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획
내 용	과제 관련 기획자문회의

◎ 자문의견

◆ R&D 필요성

○ 철도인프라 관리 및 실시간 모니터링 기술 필요

◆ 비전 및 목표 제시

○ 본 기술개발 사업의 비전이 좀더 현실화 및 구체화 될 필요가 있다고 사료됨
- 정보 공유등을 통한 국민 행복 증진 등

◆ 기타 의견

○ 도출과제 AHP분석 & 요인분석 & 단순평균 설문참여

○ 본 기술개발사업이 정책적으로 추진되기 위하여 필요성 및 정부지원 당위성 등을 피력하기 위한 정책분야의 세부 파트가 필요할 것으로 판단

○ 실용화를 위해서는 국토교통부, 철도공단, 철도공사, 메트로 등 관리기관, 운영기관 등이 반드시 연구진에 참여해야 할 것으로 판단

자문의견서	작성자	소속	한길아이티
		성명	황 규 환

일 시	2013년 7월 24일(수요일)
장 소	용산역 ITX3회의실
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획
내 용	과제 관련 기획자문회의

◎ 자문의견

◆ R&D 필요성

○ 통합 센싱 기술 필요

◆ 비전 및 목표 제시

○ 철도산업 경쟁력 강화 및 고부가 가치 창출로 창조경제 협력 생태계 조성

◆ 기타 의견

○ 도출과제 AHP분석 & 요인분석 & 단순평균 설문참여

○ 모델링 기술 중 [설계지원시스템-자동물량산출 등]의 항목은 실제 생산성 증가에 도움이 될 것이다.

○ 상호 운용성 중 [국제 표준 및 범용 시스템] 연계 활용 방안 분야가 필요함.

<첨부 3>

1. 1세부과제 : 철도인프라의 BIM기반 생애주기 관리 운영체계 기술

세부과제	주요내용	기존 기술의 차별성 및 활용여부		최종성과물	활용	
		차별성	활용여부			
철도인프라 생애주기 관리 통합 운영시스템 개발	철도인프라 계획/설계/운영/유지관리 등 모든 생애주기단계 정보연계가 가능한 통합적 운영시스템 개발	○ 단계별 요소 기술이 아닌 전 생애주기단계 통합관리 운영체계임. • 기존의 대다수 요소 기술은 단계별로 특화되어 있거나 정보모델의 생성 및 재활용에 집중되어 있음. • 기존의 BIM기술은 건축에 특화되어 있음. • 본 과제의 경우 계획부터 철도인프라 이해당사자들이 서로 소통하여 정보의 생성부터 재활용, 소멸까지 구성하며 이를 이용한 단계별 운영기술을 통합 관리하는 기술을 개발하는 과제이므로 기존 과제와 차이를 가짐. ○ 통합운영체계를 구축하여 국내 철도인프라 기술의 향상 및 해외시장의 진출에 경쟁력을 확보하는 것이 목적	기존 기술을 참고하여 반영가능한 유효기술 및 연구 반영	○ 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 방법론 구성 결과 ○ 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 S/W ○ 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 시험절차서/시험성적서 ○ 전생애주기 통합운영체계 시스템 가이드라인	사회적	○철도인프라 건설 경쟁력 ○BIM기반의 를 도입함으 지관리 효율 ○국내 개발된 통합운영체 지니어링 산 가능
					경제적	○전생애주기 - 미국 NIS Building 고서에 손실액이 달러에 있음. ○최근 해외 대 발주에 BIM 요구 증대 - BIM기반 기 통합 관련 시
					기술적	○철도인프라이

						- 각 생애 BIM기반 있으나, 를 할 수 재 - 이를 구 선도적
BIM 기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 표준화	철도인프라에 BIM 기반 통합운영체계를 효과적으로 도입되어 실용화시키기 위한 정책 및 확산체계 개발	ㅇ 기존의 BIM관련 정책 및 성과확산체계를 건축 및 건설분야에 특화되어 있음. • 건축 및 건설분야에 비해 융복합적인 철도분야에 BIM이 도입되기 위해서는 기존의 표준, 지침, 법령을 제개정하여 철도인프라에 적합한 정책을 구성하는 것이 기존 과제와의 차이를 가짐. ㅇ 해외철도시장의 요구사항을 분석하여 이를 효과적으로 대응할 수 있는 방안 연구 및 정책, 성과 확산체계를 구성하는 것이 목적	기존 기술을 참고하여 반영가능한 유효 기술 및 연구 반영	○ BIM 기반 철도인프라 발주 실용화 정책 ○ 관련 표준, 지침, 법령 제개정안 ○ BIM 기반 철도인프라 성과확산체계 ○ 지침 활용 방안 및 효과성 평가모델 결과	사회적	○발주 실용화 산체계 구성 라 생태계
					경제적	○표준/지침/법 철도인프라 및 효과적
					기술적	○발주 실용화 산체계 개발 적 기반 확 확보로 시장
철도인프라 BIM기반 실무 프로세스	철도인프라의 효율적인 작업 프로세스 실행 및 관리 지원을 위한	ㅇ BIM과 PLM기술을 기반으로 한 철도 프로세스 수행체계 개발임 • 기존의 BIM 기술은 건축에 특화되어 있음	기존 기술을 참고하여 반영가능한 유효 기술 및	○ 철도 BIM 수행 프로세스 체계 개발 ○ 철도 BIM 전생애주기 차원 프로세스 R-PLM 협업 시스템 개발	사회적	○철도 건설 프 건설 경쟁력 ○BIM기반 프로 를 도입함으 개선을 통한

및 수행체계 기술개발	BIM기반 프로세스 수행/관리 기술 개발	• 철도 프로세스 수행 지원체계 관련 기술들은 대부분 PMIS와 같은 데이터베이스 기반 시스템 기술 개발에 초점이 맞춰져 있음 • PLM기술은 기계 분야에 응용되고 있고 토목 분야에는 아직 적용되지 않고 있음 • 본 과제의 경우 BIM과 PLM 기술을 기반으로 철도 프로세스 수행 지원체계를 개발하고자 하는 과제이므로 차별됨 O 철도 엔지니어링 수행 프로세스를 체계화해 엔지니어링 경쟁력을 확보하는 목적 • 철도 프로세스 수행체계는 단순 기술 개발 뿐 아니라 지침, 표준, 도구 등을 포함 • 해외 BIM 수행 프로세스 체계 및 표준을 반영해 해외 철도 과제 발주 시 국내 관련 업계 경쟁력을 확보하기 위한 기술 및 체계 연구임	연구 반영	○ BIM 기반 산출물 관리 및 연계 기술 개발 연구 ○ 철도 프로젝트 산출물 형상관리 기술 개발 ○ BIM 모델 확인 및 검토 기술 개발 ○ BIM 모델 관리 기술 개발 ○ BIM 실무 수행 프로세스 성숙도 모델 및 관리 기술 개발 ○ 관련 기술 활용 및 교육 지원 체계 개발		수 있음 ○국내에서 개 지침 및 체 며 이를 통 산업의 해외
					경제적	○철도 엔지니 한 작업효율 - 영국 Cr BIM과 전보다 280만파 고함 (U - 참고로 2012년 도면 파 ○최근 해외 I 사업 발주에 획 및 체계 있음 - 철도인프 행 및 관 엔지니어 시장 해 - 이는 국 시장이 철도인프 및 컨설 효과와 기대효과
					기술적	○철도 건설 프 술을 개발해

						- 미국 NI 성 부 (2004)에 Billon 달 정보 관 등을 주 ○국내 철도 건 에 필요한 기 - 선진국의 준인 Ba planning 등 인프 활용되도 는 자국 로 이어
철도인프라 환경 및 경제성 분석 기술 개발	철도인프라 공사·공종별 생애주기에 걸친 환경부하 및 비용편익 분석을 위해 BIM 기반을 연계한 환경·경제성 평가 S/W 개발	O 철도인프라의 환경·경제성 분석 기술을 BIM기반으로 개발하고자 하는 목적으로 수행되므로 기존의 연구과제와 중복성은 없으나, 기존의 연구과제에서 수행된 환경성 및 경제성 연구성과를 활용하여 연구를 수행할 필요가 있음 O 철도인프라의 환경·경제성 데이타를 하나의 워크벤치에서 통합하여 분석하고, 사용자 인터페이스를 일관성 있게 구성하여 분석 결과물의 활용성을 높이고 BIM기반 통합시스템에 입력자료로 활용이 가능	기존 기술을 참고하여 반영가능한 유효기술 및 연구 반영	○ 생애주기에 대한 공사·공종별 환경성 진단 및 경제성 시뮬레이션 평가를 통해 대안 및 유지관리 방안 확보 ○ 공사/공종별 지식정보를 기반으로 하는 철도인프라 운영방법의 과학적 관리체계 확보로 손실비용 절감 및 비용효율 최적화 ○ 해외기술 및 대체가능한 환경·경제적 효율적 모듈 국산화를 통한 기술료 절감 및 수입대	사회적	○BIM 기반으 한 국제철도 를 위해서는 한 평가관리 ○철도인프라 압력증가 및 성능 및 경 가상공간에서 라 생애주기 가 및 관리 폐기단계에 폐기물 처리
					경제적	○공사/공종별 는 철도 인 관리체계 확 비용효율 최

		하도록 데이터 형식을 일치화 함으로서 생애주기에 따른 변화를 효과적으로 파악할 수 있음		체 효과 기대	기술적	○철도인프라 성 향상의 을 이용하여 치 도출 가

2세부과제 : 철도인프라 정보모델 기술

세부과제	주요내용	기존 기술의 차별성 및 활용여부		최종성과물	활용
		차별성	활용여부		
철도인프라 개방형 국제표준 기반 데이터 모델 개발	•철도인프라의 정보통합을 위한 기본 기술의 정립 •철도인프라 데이터 모델의 개발 •철도인프라 데이터 모델의 검증 및 보완	○ 대상상이 -철도(지반, 궤도, 교량, 터널, 전기, 신호, 통신)의 물리적, 공간적 구성요소 개발(객체항목 및 속성)이나, 기존과제는 건축에 한정	기존 기술을 참고하여 반영가능한 유효기술 및 연구 반영	·데이터 모델 개발에 필요한 요소도출 ·재료조달, 활용 및 관리 등을 위한 기본 참조 문서 ·유지관리/자산관리를 위한 시설 및 구성요소 구분의 기본 프레임 ·자재조달과 관련한 기존 국내 표준과의 연계 ·시설물/시설물 구성요소의 기능적 역할 참조의 기본 문서 ·협업에 있어서 구성요소에 대한 정보범위 명확화 ·국제적 협업 / 기술력 수출 등 언어적 제약에 대한 정보학적 극복 ·철도인프라에 대한 한국어 부분 bsDD(buildingSMART Data Dictionary)로 활용 ·철도인프라 전 생애주기	·철도인프라 전 생애주기 상호운용성 확보의 기 ·유지관리/자산관리를 위 구분의 기본 프레임 ·시설물/시설물 구성요소 기본 문서 ·철도인프라 정보모델링 ·국제적 협업 / 기술력 대한 정보학적 극복 ·철도인프라 데이터 모델 국제표준으로의 활용

				/ 응용영역 간 정보 상호운용성 확보의 기본 프레임워크 ·정보모델의 저장/공유를 위한 데이터베이스의 기본 스키마 ·정보모델링 환경구축의 기본 스키마 ·철도인프라 데이터 모델로서 개방형 국제표준으로의 활용	
철도인프라 표준 정보모델링 기술개발	•철도인프라 정보모델 생성을 위한 기본체계의 구성 •철도인프라 표준 정보모델링 기술개발 •철도인프라 표준 정보모델링 기술의 보완 및 보	○ 대상상이 -철도(지반, 궤도, 교량, 터널, 전기, 신호, 통신) ○범위 상이 -철도과제는 전생애를 대상으로 하나, 건축과제는 설계단계를 대상	기존 기술을 참고하여 반영가능한 유효 기술 및 연구 반영	·불필요 데이터의 과잉생성 억제 ·필요정보의 미생성 문제에 대한 사전 제어 ·생애주기 단계별 정보생성 범위를 명확하게 하기 위한 기본 참조 ·철도인프라 시설물별 정보모델 생성 ·철도인프프라 시설물 정보모델링의 효율성 향상	·생애주기 단계별 정보생 하기 위한 기본 참조 ·객체 라이브러리기반 철 정보모델링 ·철도인프라 정보모델 생 참여자간의 협업 가이 ·효율적인 계획 / 설계반 수행 ·비 연속적 생애주기 단
		○ 대상 및 목적상이 -철도과제는 표준정보모델링 기반구축을 위한 가이드라인이고 기존과제는 실무적용으로 목적이 상이	기존 기술을 참고하여 반영가능한 유효 기술 및 연구 반영		

	급/확산방안 정립			·계획 및 설계변경 및 대안검토의 효율성 향상 ·응용영역에서의 손쉬운 재활용 ·유지관리를 고려한 정보모델 생성 ·철도인프라 정보모델 생성을 위한 여러 참여자간의 협업 가이드라인 ·특정 정보모델러(정보모델링 전문가)에 대한 독립성 유지 ·기존 철도인프라 대한 정보모델링 지원 ·정보생성의 사후 지원으로 인한 정보모델링에 대한 진입장벽 완화 ·비 연속적 생애주기 단계에서의 정보연계 지원	
철도인프라 BIM 정보 재활용기	• 철도인프라 BIM 정보재활용을 위한 기본기술의	○ 대상 및 목적이 상이하나, 향후 연구방법론에 대해서는 연계가능	기존 기술을 참고하여 반영가능한 유효	·문서정보 저장의 체계화 / 명확화 ·문서정보 검색의 효율성 향상	·엔지니어링 문서정보의 연계 ·계측 및 이력정보 관리 ·구조해석이 가능한 철도 ·비용산정이 가능한 철도

술 개발	정립 • 철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발 • 철도인프라 응용분야 정보 활용기술의 검토 및 보완		기술 및 연구 반영	·철도인프라 정보모델과 문서정보의 통합 / 의미적 연계 ·계측정보 저장의 체계화 / 명확화 ·철도인프라 정보모델과의 계측정보 연계 ·계측정보 필요 단계에 대한 정보 전달 ·계측정보의 재활용 ·구조적 안전성을 고려한 철도인프라 관리 ·설계변경에 따른 해석업무 효율성 향상 ·시공, 유지관리 업무 계획 ·예산투입의 적절성 검토 ·철도인프라 객체 라이브러리의 지식베이스화 ·철도인프라 객체 라이브러리의 재활용성 향상 ·객체 라이브러리 활용범위 확장 ·객체 라이브러리의 활용을 위한 사용자 접근성 향상	·철도인프라 정보모델
		○ 대상 및 목적이 상이하나, 향후 연구방법론에 대해서는 연계가능	기존 기술을 참고하여 반영가능한 유효 기술 및 연구 반영		

3세부과제 : 철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술

세부과제	주요내용	기존 기술의 차별성 및 활용여부		최종성과물	활용	
		차별성	활용여부			
능동형 BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 기술 개발	BIM기반의 철도인프라 건설사업 발주관리가 가능한 표준플랫폼 기술 개발	• 기존의 건설공사 사업관리 분야 BIM연구는 설계 및 시공사를 위한 요소기술 위주의 성과들로 구성되어있는 반면, 전체 철도시설공사의 발주사업관리를 위한 시스템의 개발 연구로 서로 상이 • 기존의 상용 4D CAD시스템은 설계 및 시공단계의 현재 상황을 시각적으로 표현하는데 중점을 두고 있고, 문제 발생시 해결을 위한 추가적인 의사결정기능이 부족함	기존 기술을 참고하여 반영가능한 유효기술 및 연구 반영	○ 철도공사 발주관리를 위한 4D 공정관리 표준프레임워크 ○ BIM기반 철도공사 사업비관리 효율화 시스템 ○ BIM기반 철도공사 시공관리 최적 의사결정 시스템 ○ 능동형 BIM기술에 의한 철도공사 사업관리 통합플랫폼	사회적	○철도인프라 관리 체계 건설의 경쟁 ○BIM기반의 준플랫폼 기 출을 지원
					경제적	○발주기관에서 BIM기반의 를 통해 철도 체는 BIM정 운영 부담을 지 및 철도 민간생태계를 극적으로 국 에도 기여할 ○4D공정관리 비 분석체계 체계의 활용 대안도출 및 을 가시적으 사비 절감이
					기술적	○철도인프라 계 및 정보체 건설관리 표 주기관의 사

						관리가 가능 재활용이 가 인프라의 통 가능 ○기존의 단순 기능을 문제 한 능동형 B 하여 실무적 체계로써 활
ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업 관리 프레임워크 기술 개발	철도인프라 프로젝트 각 사업단계별/분야별 협업관리 및 간섭관리를 위한 프레임워크 기술 개발	• 철도시설공사의 협업관리를 위한 시각적 정보관리 운영체계의 신기술 개발	기존 기술을 참고하여 반영가능한 유효기술 및 연구 반영	○ ICT기반 철도공사 설계/시공/유지관리정보 협업관리시스템 구축 ○ ICT기반 철도공사 토목/건축/전기/신호 간섭관리 효율화 시스템 구축 ○ ICT기반 철도공사 현장관리를 위한 원격 영상관리체계 구축 ○철도공사 BIM ROOM 구축 기술개발	사회적	○설계 및 시 업관리를 통 도시설 운영 사전에 감소 비용을 감소
					경제적	○기획부터 설 계 철도사업 협업관리 플 운영체계의 간 생애주기
					기술적	○nD CAD, T 도구 활용 ROOM구축을 전문공정별 통해 최적의 도구로 활용
BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품	철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위해	• 철도인프라의 BIM성과품 및 준공품 품질검증체계 구축을 위한 신기술 개발	기존 기술을 참고하여 반영가능한 유효	○ BIM기술기반 철도공사 시공성 향상 및 공법 비교 시스템 개발 ○ 철도공사 시공정보관	사회적	○BIM기반 철 템 구축을 통 이 가능하도 인프라의 안

품질향상을 위한 품질검증 시스템 개발	BIM기반의 공법비교 시스템 및 도면/준공품의 품질검증 시스템 개발		기술 및 연구 반영	리 향상을 위한 증강현실 활용 시스템 개발 ○ 철도공사 2D/3D 도면 품질검증 시스템 개발 ○ 철도공사 준공품 품질검증 시스템 개발	경제적	○주요 철도시 성 검증 및 로 후속 단 품 전달을 비 절감이 ○사업단계별 정보의 검증 영체계 활용 있고, 정확한 에 기여함
					기술적	○철도시설사업 히 장대터널 시적으로 확 수 포함되므 도시설물의 체계로써 활 ○발주기관에서 수 있는 체계 설계/시공에 능

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 건설교통연구기획사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서의 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 건설교통연구기획사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

이 보고서와 관련하여 문의를 원하시는 분은 아래로 연락을 주시기 바랍니다.

■ **문의처 : 국토교통과학기술진흥원** TEL 031) 389-6492

한국철도기술연구원 TEL 031) 460-5032

R&D / 13RDPP-C065285-01

철도인프라 생애주기 관리를 위한

차세대 표준기술 및 운영체계 기술개발 기획 연구보고서

■ **발행일 / 2013. 11. 29.**

■ **발행처 / 한국철도기술연구원**

경기도 의왕시 월암동 360-1 TEL : 031) 460-5000 (대)

■ **인쇄처 / 태양문화**