

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

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

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

2013. 11.

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

협동연구기관명 : 한국건설기술연구원
협동연구책임자 : 우제운 연구위원
연구원 : 최현상 연구위원
" : 주기범 수석연구원
" : 강태욱 수석연구원

협동연구기관명 : 연세대학교
협동연구책임자 : 이상호 교수
연구원 : 박상일 연구원

협동연구기관명 : 경상대학교
협동연구책임자 : 강인석 교수
연구원 : 김현승 연구원

위탁연구기관명 : 부산외국어대학교
위탁연구책임자 : 이순철 교수

보고서 요약서

과제고유 번호		해당 단계 연구 기간	2013.4.30.~ 2013.11.29	단 계 구 분	
연구사 업명	중사업명				
	세부사업명	건설교통연구기획사업			
연구과 제명	대과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획			
	세부과제명	공동	개발 과제별 기획		
			기술 우선순위 도출		
			기술개발 로드맵		
위탁	사전타당성 조사				
연구책 임자	신민호	해당단계 참여 연구원수	총 : 15명 내부 : 12명 외부 : 3명	해당단계 연구비	정부 : 70,000천원 기업 : 0천원 계 : 70,000천원
		총연구기간 참여 연구원수	총 : 15명 내부 : 12명 외부 : 3명	총연구비	정부 : 70,000천원 기업 : 0천원 계 : 70,000천원
연구기관명 및 소속부서명	한국철도기술연구원 첨단인프라연구단TFT		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위탁연구	연구기관명 : 부산외국어대학교		연구책임자 : 이 순 철		
요약				보고서면수	371
<p>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.</p>					
색인어	한글	철도인프라, 건설정보모델링, 사업관리, 모델링표준화, 생애주기관리			
	영어	Railway Infrastructures, BIM, Project Management, Standardization Modeling, Life Cycle Management			

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

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 주제별 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

그림 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 Management - 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 Specification 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 Guideline 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 홍콩 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 가상시물레이션	57
그림 47 수도권 고속철도 웹기반 4D 시물레이션	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 원활한 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 km에서 길게는 수백 km까지를 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 요구한 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 Qatar 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 연간 1조 2,000억원 이상의 예산절감 효과가 기대됨
 - 한국철도시설공단 연간 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 효율 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 설계 도서 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 수준으로, 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

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 연간 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

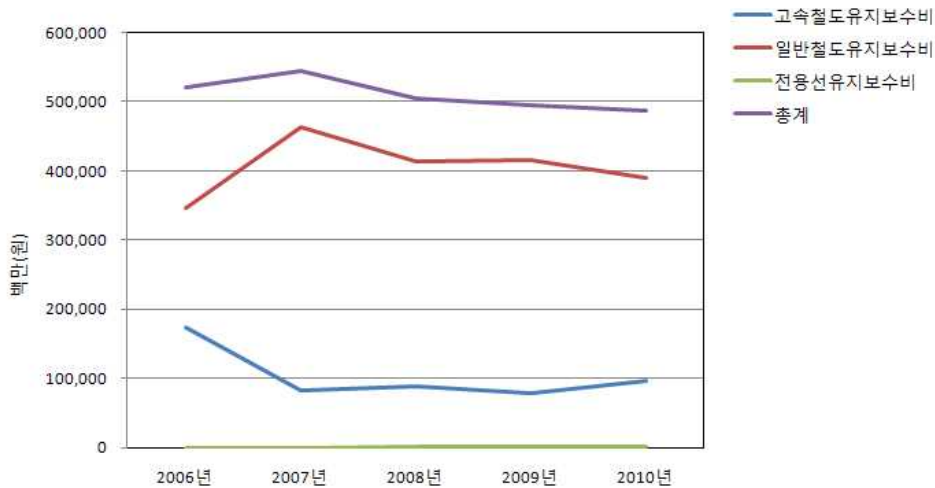


그림 1 철도 유지보수비용 추이

표 3 노후 철도시설물 현황

구분	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%)
교량	2,793	790	281	381	232	216	893
터널	607	157	54	46	22	112	216
옹벽	5,951	1,236	423	649	293	836	2,514
구교	3,674	645	135	334	138	316	2,106
기타	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 연속성, 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 서비스(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

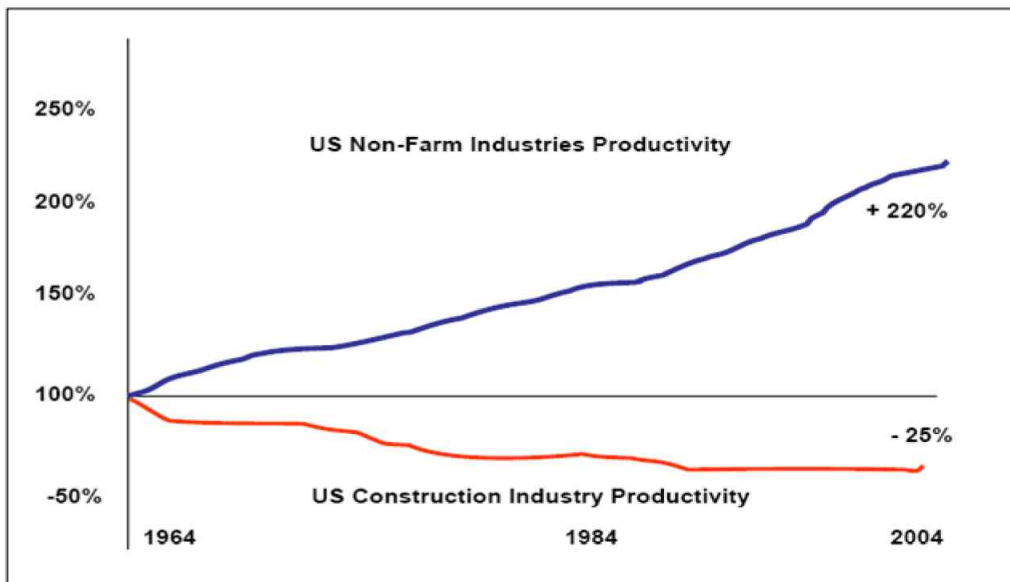


그림 2 United States Construction Industry Productivity: 1964-2004 (U.S. Department of Labor's Bureau of Labor Statistics (1964 = 100%))

- 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

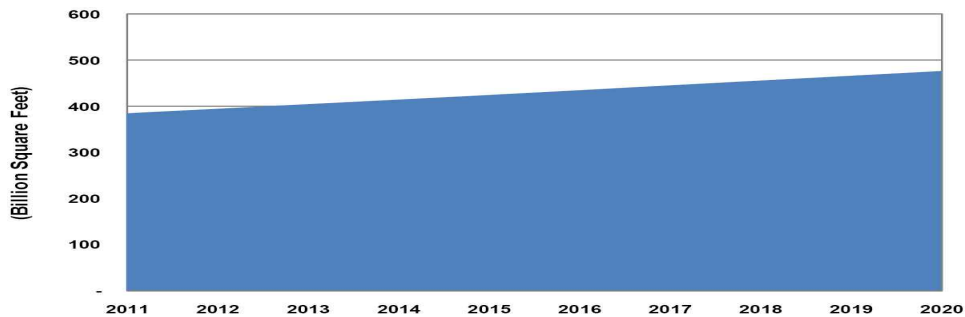


그림 3 Commercial Building Stock Growth, World Markets: 2011-2020 (Pike Research)

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

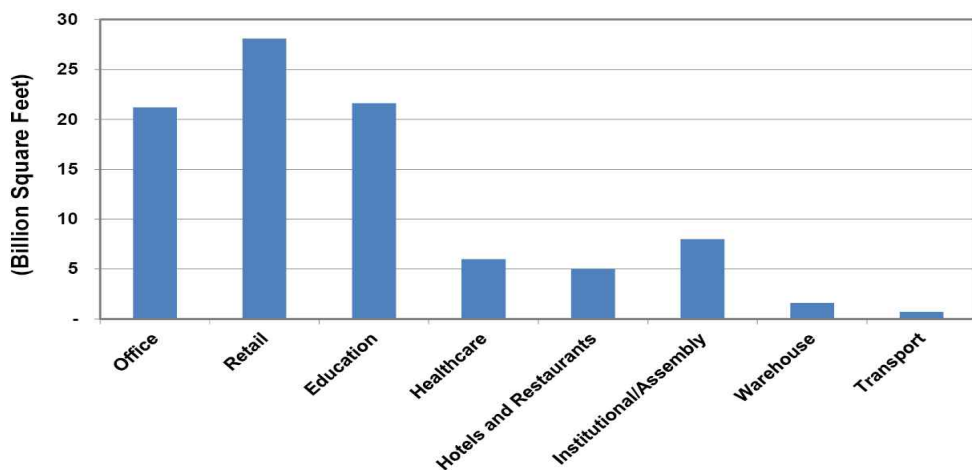


그림 4 Commercial Building Stock Growth by Building Type, World Markets: 2011-2020 (Pike Research)

○ 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
- 싱가포르
 - 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 운영하고 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 운영하고 있으며, 이들은 BIM기반 시스템에서 활용할 수 있을 것으로 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

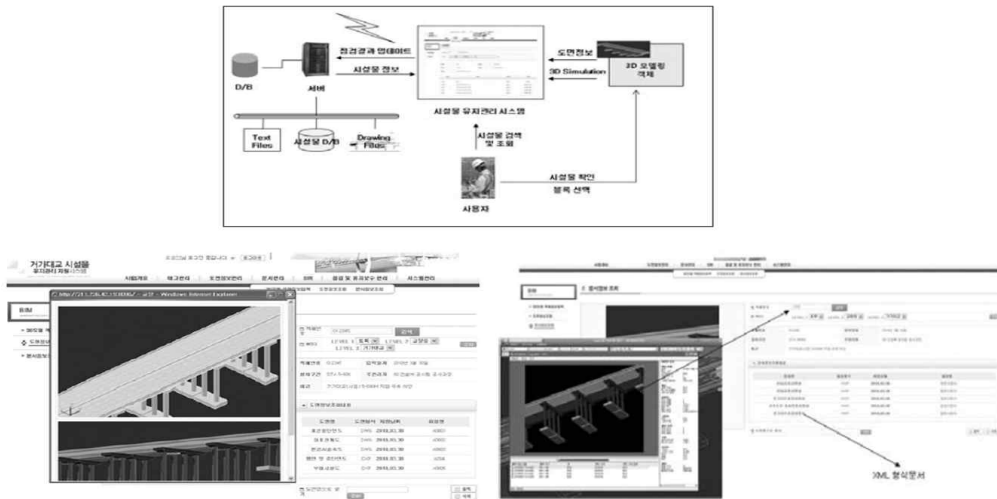


그림 6 A BIM-based Bridge Facility Management in Korea (문성우 외 2인, 2011)

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

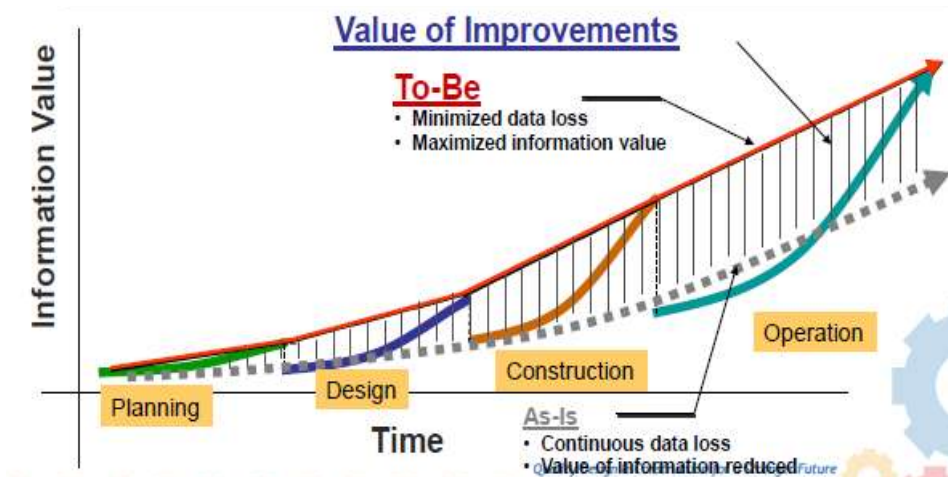


그림 7 Information Exchange Effects with Current BIM Approach (John M. Prezybyla, BIM to Facilities Management – The Next Big Thing for Sustainability)

- 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 of Materials)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 제조사에서 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 Needed 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, Cmpnenet, System, Attribute and Coordinate worksheets를 구성하는 새로운 또는 기존의 COBie Microsoft Excel(.xls) spread sheet를 직접적으로 Export가 가능함. 여기에는 Omniclass나 Uniclass와 같은 분류시스템을 포함

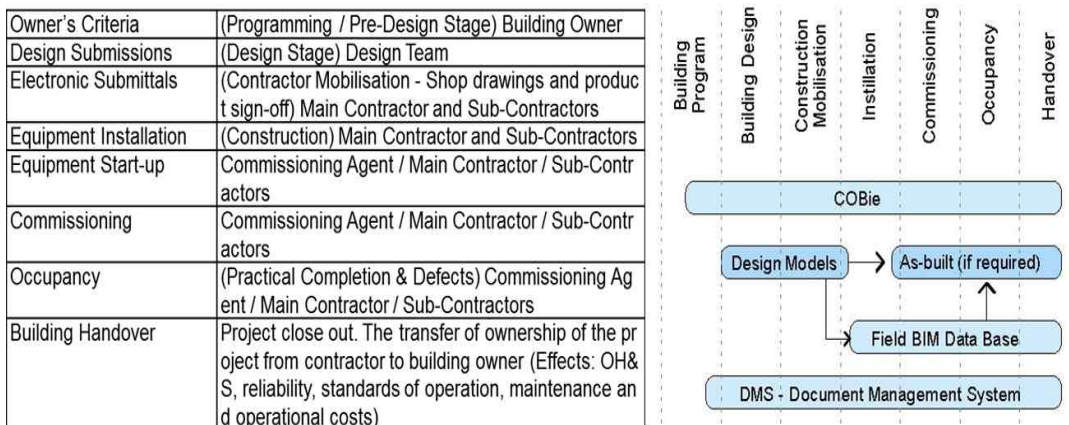


그림 10 The COBie Process of The Information Gathering Stages and Simplified COBie Relation to Design

- COBie Work Book는 COBie Contract Specification V1.1 (2009.12)에서 확인되며, COBie.Contacts Worksheet, COBie.Facility Worksheet, COBie.Floor Worksheet, COBie.Spaces Worksheet, 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 REFERENCES

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 ARCHITECTURAL DESIGN PHASE

1.3.3 COORDINATED DESIGN PHASE

1.3.4 CONSTRUCTION DOCUMENTS PHASE

1.3.5 CONSTRUCTION MOBILIZATION PHASE

1.3.6 CONSTRUCTION 60% COMPLETE PHASE

1.3.7 BENEFICIAL OCCUPANCY PHASE

1.3.8 FISCAL COMPLETION

그림 11 COBie Contract Specification V1.1 (2009.12)

표 4 COBie worksheet sample (Partial)

Worksheet	Template																																																																																																																																																																																																								
- COBie.Contacts Worksheet	<table border="1"> <thead> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> <th>13</th> <th>14</th> <th>15</th> <th>16</th> <th>17</th> <th>18</th> <th>19</th> <th>20</th> <th>21</th> <th>22</th> <th>23</th> <th>24</th> <th>25</th> </tr> <tr> <th>Name</th> <th>Organization</th> <th>Address</th> <th>City</th> <th>State</th> <th>Zip</th> <th>Phone</th> <th>Fax</th> <th>Website</th> <th>Email</th> <th>Person</th> <th>Title</th> <th>Start Date</th> <th>End Date</th> <th>Contract Code</th> <th>Contract</th> <th>Contract Value</th> <th>Contract Type</th> <th>Contract Status</th> <th>Contract Description</th> <th>Contract Location</th> <th>Contract Country</th> <th>Contract Currency</th> <th>Contract Language</th> <th>Contract Units</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>rich.mitre</td> <td>1212-11-14</td> <td>141-55</td> <td>141</td> <td>Mass</td> <td>617-253-4100</td> <td></td> <td>Autodesk</td> <td>Autodesk</td> <td>fa257128</td> <td>n/a</td> <td>n/a</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> </tbody> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Name	Organization	Address	City	State	Zip	Phone	Fax	Website	Email	Person	Title	Start Date	End Date	Contract Code	Contract	Contract Value	Contract Type	Contract Status	Contract Description	Contract Location	Contract Country	Contract Currency	Contract Language	Contract Units	1	rich.mitre	1212-11-14	141-55	141	Mass	617-253-4100		Autodesk	Autodesk	fa257128	n/a	n/a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																																																																																																																												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25																																																																																																																																																																																	
Name	Organization	Address	City	State	Zip	Phone	Fax	Website	Email	Person	Title	Start Date	End Date	Contract Code	Contract	Contract Value	Contract Type	Contract Status	Contract Description	Contract Location	Contract Country	Contract Currency	Contract Language	Contract Units																																																																																																																																																																																	
1	rich.mitre	1212-11-14	141-55	141	Mass	617-253-4100		Autodesk	Autodesk	fa257128	n/a	n/a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																																																																																																																																																																																
- COBie.Facility Worksheet	<table border="1"> <thead> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> <th>13</th> <th>14</th> <th>15</th> <th>16</th> <th>17</th> <th>18</th> <th>19</th> <th>20</th> <th>21</th> <th>22</th> <th>23</th> <th>24</th> <th>25</th> </tr> <tr> <th>Name</th> <th>Organization</th> <th>Address</th> <th>City</th> <th>State</th> <th>Zip</th> <th>Phone</th> <th>Fax</th> <th>Website</th> <th>Email</th> <th>Person</th> <th>Title</th> <th>Start Date</th> <th>End Date</th> <th>Contract Code</th> <th>Contract</th> <th>Contract Value</th> <th>Contract Type</th> <th>Contract Status</th> <th>Contract Description</th> <th>Contract Location</th> <th>Contract Country</th> <th>Contract Currency</th> <th>Contract Language</th> <th>Contract Units</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>rich.mitre</td> <td>1212-11-14</td> <td>141-55</td> <td>141</td> <td>Mass</td> <td>617-253-4100</td> <td></td> <td>Autodesk</td> <td>Autodesk</td> <td>fa257128</td> <td>n/a</td> <td>n/a</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> </tbody> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Name	Organization	Address	City	State	Zip	Phone	Fax	Website	Email	Person	Title	Start Date	End Date	Contract Code	Contract	Contract Value	Contract Type	Contract Status	Contract Description	Contract Location	Contract Country	Contract Currency	Contract Language	Contract Units	1	rich.mitre	1212-11-14	141-55	141	Mass	617-253-4100		Autodesk	Autodesk	fa257128	n/a	n/a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																																																																																																																													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25																																																																																																																																																																																	
Name	Organization	Address	City	State	Zip	Phone	Fax	Website	Email	Person	Title	Start Date	End Date	Contract Code	Contract	Contract Value	Contract Type	Contract Status	Contract Description	Contract Location	Contract Country	Contract Currency	Contract Language	Contract Units																																																																																																																																																																																	
1	rich.mitre	1212-11-14	141-55	141	Mass	617-253-4100		Autodesk	Autodesk	fa257128	n/a	n/a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																																																																																																																																																																																	
- COBie.Floor Worksheet	<table border="1"> <thead> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> <th>13</th> <th>14</th> <th>15</th> <th>16</th> <th>17</th> <th>18</th> <th>19</th> <th>20</th> <th>21</th> <th>22</th> <th>23</th> <th>24</th> <th>25</th> </tr> <tr> <th>Name</th> <th>CreatedBy</th> <th>CreatedIn</th> <th>Category</th> <th>EstSystem</th> <th>EstObject</th> <th>EstIdentifier</th> <th>Description</th> <th>Deviation</th> <th>Height</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>TOF Foot</td> <td>rich.mitre</td> <td>2012-11-1</td> <td>Floor</td> <td>Autodesk</td> <td>Autodesk</td> <td>fa257128-TOF Foot</td> <td>-1.00</td> <td>n/a</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>First Floor</td> <td>rich.mitre</td> <td>2012-11-1</td> <td>Floor</td> <td>Autodesk</td> <td>Autodesk</td> <td>fa257128-First Floor</td> <td>0.00</td> <td>2.40</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Second Fl</td> <td>rich.mitre</td> <td>2012-11-1</td> <td>Floor</td> <td>Autodesk</td> <td>Autodesk</td> <td>fa257128-Second Fl</td> <td>4.57</td> <td>2.60</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Roof - Main</td> <td>rich.mitre</td> <td>2012-11-1</td> <td>Roof</td> <td>Autodesk</td> <td>Autodesk</td> <td>fa257128-Roof - Main</td> <td>9.25</td> <td>n/a</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Site</td> <td>rich.mitre</td> <td>2012-12-1</td> <td>Site</td> <td>Autodesk</td> <td>Autodesk</td> <td>5bfreeba-Site</td> <td>0.00</td> <td>n/a</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Name	CreatedBy	CreatedIn	Category	EstSystem	EstObject	EstIdentifier	Description	Deviation	Height																1	TOF Foot	rich.mitre	2012-11-1	Floor	Autodesk	Autodesk	fa257128-TOF Foot	-1.00	n/a																2	First Floor	rich.mitre	2012-11-1	Floor	Autodesk	Autodesk	fa257128-First Floor	0.00	2.40																3	Second Fl	rich.mitre	2012-11-1	Floor	Autodesk	Autodesk	fa257128-Second Fl	4.57	2.60																4	Roof - Main	rich.mitre	2012-11-1	Roof	Autodesk	Autodesk	fa257128-Roof - Main	9.25	n/a																5	Site	rich.mitre	2012-12-1	Site	Autodesk	Autodesk	5bfreeba-Site	0.00	n/a																																								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25																																																																																																																																																																																	
Name	CreatedBy	CreatedIn	Category	EstSystem	EstObject	EstIdentifier	Description	Deviation	Height																																																																																																																																																																																																
1	TOF Foot	rich.mitre	2012-11-1	Floor	Autodesk	Autodesk	fa257128-TOF Foot	-1.00	n/a																																																																																																																																																																																																
2	First Floor	rich.mitre	2012-11-1	Floor	Autodesk	Autodesk	fa257128-First Floor	0.00	2.40																																																																																																																																																																																																
3	Second Fl	rich.mitre	2012-11-1	Floor	Autodesk	Autodesk	fa257128-Second Fl	4.57	2.60																																																																																																																																																																																																
4	Roof - Main	rich.mitre	2012-11-1	Roof	Autodesk	Autodesk	fa257128-Roof - Main	9.25	n/a																																																																																																																																																																																																
5	Site	rich.mitre	2012-12-1	Site	Autodesk	Autodesk	5bfreeba-Site	0.00	n/a																																																																																																																																																																																																
- COBie.Spaces Worksheet	<table border="1"> <thead> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> <th>13</th> <th>14</th> <th>15</th> <th>16</th> <th>17</th> <th>18</th> <th>19</th> <th>20</th> <th>21</th> <th>22</th> <th>23</th> <th>24</th> <th>25</th> </tr> <tr> <th>Name</th> <th>CreatedBy</th> <th>CreatedIn</th> <th>Category</th> <th>Floor Name</th> <th>Description</th> <th>EstSystem</th> <th>EstObject</th> <th>EstIdentifier</th> <th>Rooming</th> <th>Room Height</th> <th>Gross Area</th> <th>Net Area</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>LAC1</td> <td>rich.mitre</td> <td>2012-11-14</td> <td>13-51-31-1</td> <td>First Floor</td> <td>CENTRAL</td> <td>Autodesk</td> <td>Autodesk</td> <td>30de7303</td> <td>n/a</td> <td>4.57</td> <td>135.75</td> <td>n/a</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>LAC2</td> <td>rich.mitre</td> <td>2012-11-14</td> <td>13-85-11-1</td> <td>First Floor</td> <td>CORRIDO</td> <td>Autodesk</td> <td>Autodesk</td> <td>30de7303</td> <td>n/a</td> <td>2.80</td> <td>19.40</td> <td>n/a</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>LAC3</td> <td>rich.mitre</td> <td>2012-11-14</td> <td>13-85-11-1</td> <td>First Floor</td> <td>CORRIDO</td> <td>Autodesk</td> <td>Autodesk</td> <td>30de7303</td> <td>n/a</td> <td>2.80</td> <td>16.29</td> <td>n/a</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>LAC4</td> <td>rich.mitre</td> <td>2012-11-14</td> <td>13-85-11-1</td> <td>First Floor</td> <td>CORRIDO</td> <td>Autodesk</td> <td>Autodesk</td> <td>30de7303</td> <td>n/a</td> <td>2.80</td> <td>3.95</td> <td>n/a</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>LAC5</td> <td>rich.mitre</td> <td>2012-11-14</td> <td>13-85-11-1</td> <td>First Floor</td> <td>CORRIDO</td> <td>Autodesk</td> <td>Autodesk</td> <td>30de7303</td> <td>n/a</td> <td>2.80</td> <td>20.30</td> <td>n/a</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Lam</td> <td>rich.mitre</td> <td>2013-11-11</td> <td>13-11-11</td> <td>1st Floor</td> <td>PA TRIST</td> <td>Autodesk</td> <td>Autodesk</td> <td>30de7303</td> <td>n/a</td> <td>2.80</td> <td>14.77</td> <td>n/a</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Name	CreatedBy	CreatedIn	Category	Floor Name	Description	EstSystem	EstObject	EstIdentifier	Rooming	Room Height	Gross Area	Net Area													1	LAC1	rich.mitre	2012-11-14	13-51-31-1	First Floor	CENTRAL	Autodesk	Autodesk	30de7303	n/a	4.57	135.75	n/a												2	LAC2	rich.mitre	2012-11-14	13-85-11-1	First Floor	CORRIDO	Autodesk	Autodesk	30de7303	n/a	2.80	19.40	n/a												3	LAC3	rich.mitre	2012-11-14	13-85-11-1	First Floor	CORRIDO	Autodesk	Autodesk	30de7303	n/a	2.80	16.29	n/a												4	LAC4	rich.mitre	2012-11-14	13-85-11-1	First Floor	CORRIDO	Autodesk	Autodesk	30de7303	n/a	2.80	3.95	n/a												5	LAC5	rich.mitre	2012-11-14	13-85-11-1	First Floor	CORRIDO	Autodesk	Autodesk	30de7303	n/a	2.80	20.30	n/a												6	Lam	rich.mitre	2013-11-11	13-11-11	1st Floor	PA TRIST	Autodesk	Autodesk	30de7303	n/a	2.80	14.77	n/a											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25																																																																																																																																																																																	
Name	CreatedBy	CreatedIn	Category	Floor Name	Description	EstSystem	EstObject	EstIdentifier	Rooming	Room Height	Gross Area	Net Area																																																																																																																																																																																													
1	LAC1	rich.mitre	2012-11-14	13-51-31-1	First Floor	CENTRAL	Autodesk	Autodesk	30de7303	n/a	4.57	135.75	n/a																																																																																																																																																																																												
2	LAC2	rich.mitre	2012-11-14	13-85-11-1	First Floor	CORRIDO	Autodesk	Autodesk	30de7303	n/a	2.80	19.40	n/a																																																																																																																																																																																												
3	LAC3	rich.mitre	2012-11-14	13-85-11-1	First Floor	CORRIDO	Autodesk	Autodesk	30de7303	n/a	2.80	16.29	n/a																																																																																																																																																																																												
4	LAC4	rich.mitre	2012-11-14	13-85-11-1	First Floor	CORRIDO	Autodesk	Autodesk	30de7303	n/a	2.80	3.95	n/a																																																																																																																																																																																												
5	LAC5	rich.mitre	2012-11-14	13-85-11-1	First Floor	CORRIDO	Autodesk	Autodesk	30de7303	n/a	2.80	20.30	n/a																																																																																																																																																																																												
6	Lam	rich.mitre	2013-11-11	13-11-11	1st Floor	PA TRIST	Autodesk	Autodesk	30de7303	n/a	2.80	14.77	n/a																																																																																																																																																																																												

○ 전자매뉴얼 표준 동향

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

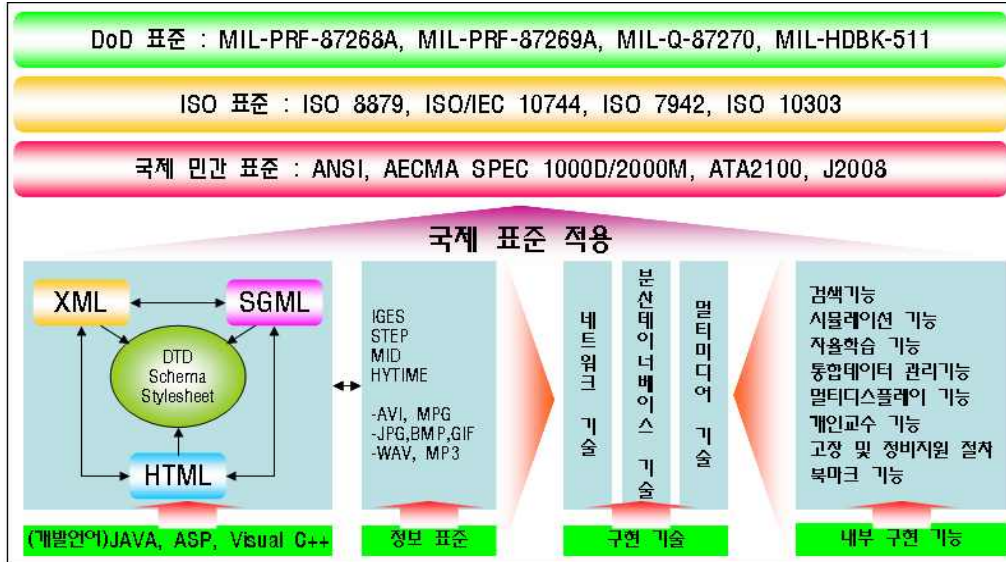


그림 12 전자매뉴얼 표준 동향

- 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

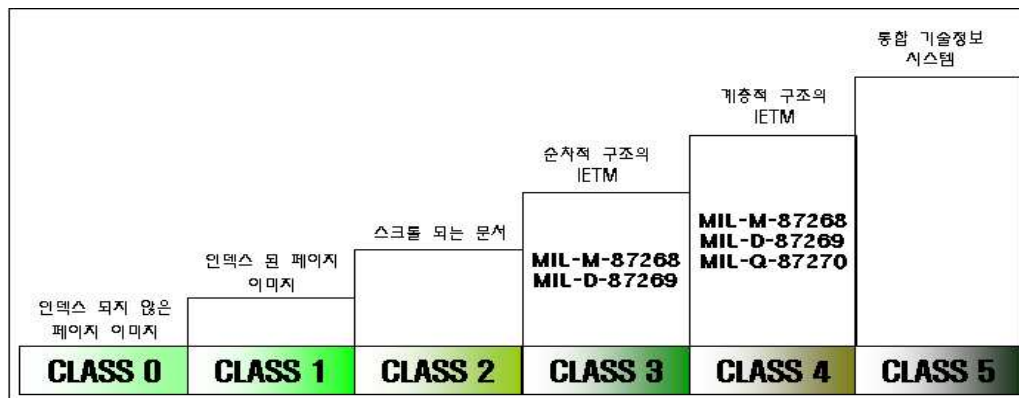


그림 13 전자매뉴얼 발전단계

- 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	표준 기술	년도
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

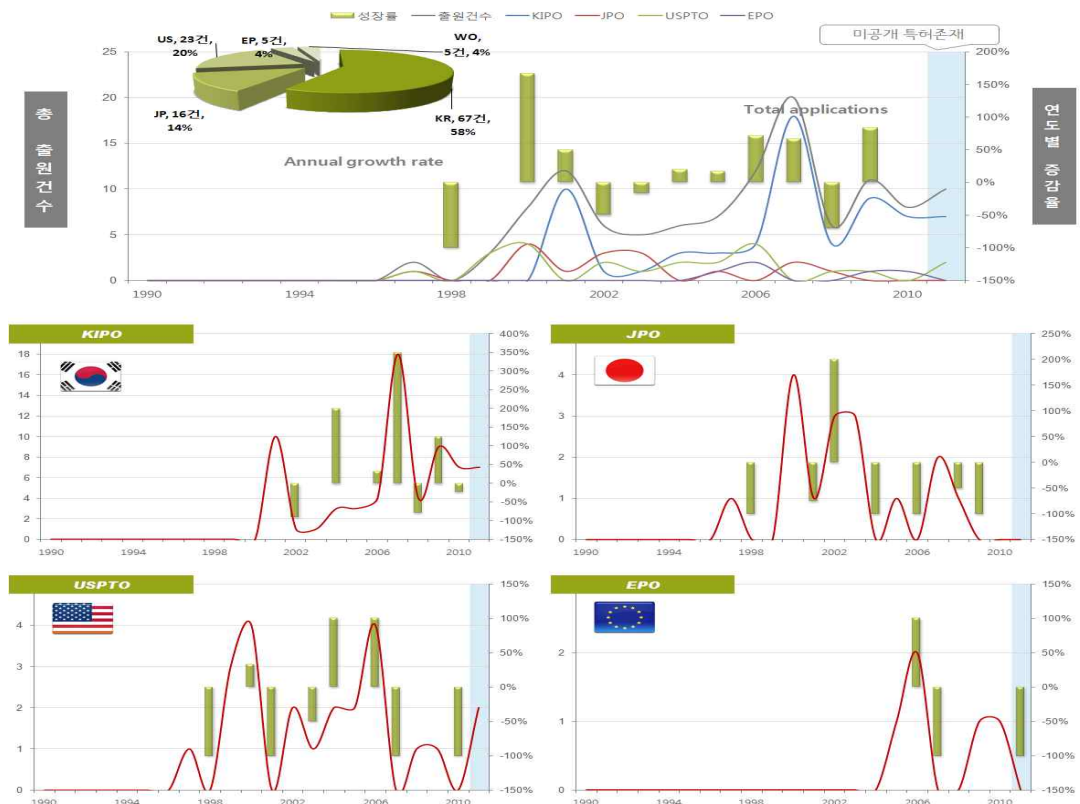


그림 14 주요국의 연도별 특허출원 동향

※ 분석구간: 한국, 일본, 미국, 유럽특허 ~2012(출원년도)

○ 세부기술별 동향

- 연도 구간별 세부기술 동향

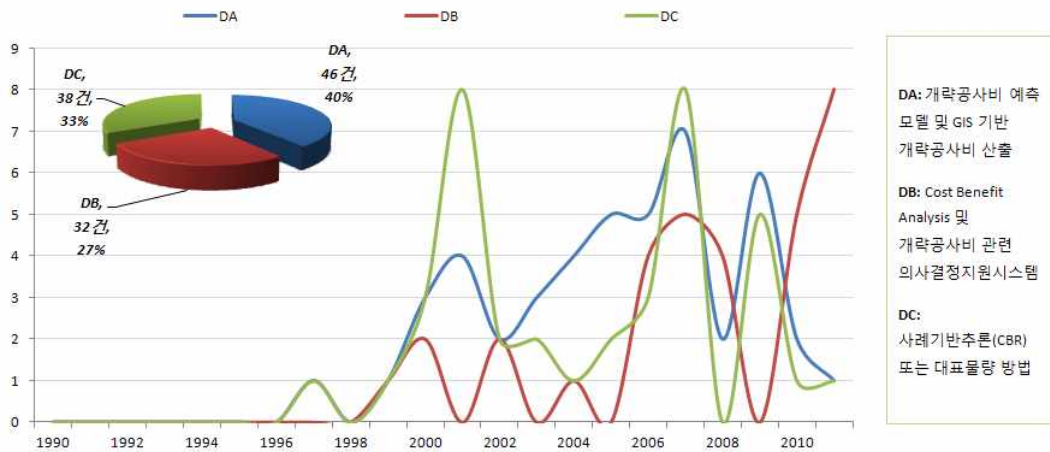


그림 15 연도 구간별 세부기술 동향

- 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 제시하였으므로 본 항목에서는 관심있는 시장에서 어떠한 세부기술이 관심있게 특허출원되고 있는가를 파악하고자 하며, 또한 해당 세부기술에 대한 시장별(특허청별) 비교 분석도 가능함

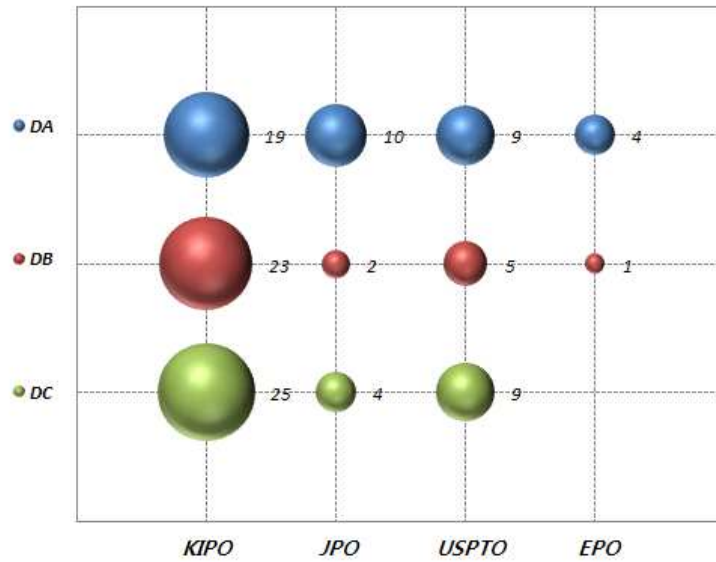


그림 16 시장별 세부기술 동향

- 한국 시장에서는 프로세스 협업과 관련된 의사결정지원시스템(DB), 사례 기반추론 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

출원인	분석항목	출원인 국적	주요 IP시장국(건수,%)					특허출원 증가율 (최근5년)	주력기술 분야
			한국	일본	미국	유럽	IP시장국중 합*		
			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 기술 분야의 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

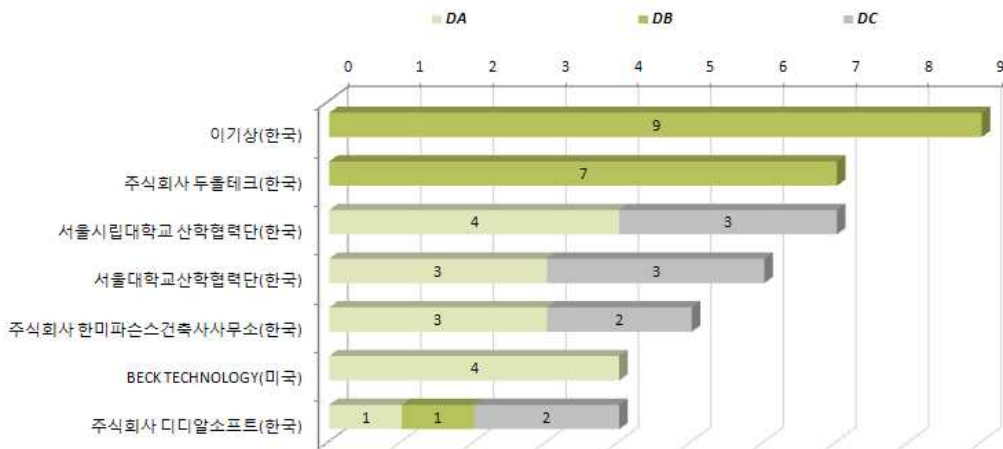


그림 17 다출원인의 기술별 특허동향

- 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

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 프리스트레스트 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 파생된 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 통합 관리를 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 발생하는 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, 수행 결과에 대한 장/단점 검토 및 문제점에 대한 대안을 제시함
 - 안태기(안태기 외, 2006)는 형상정보시스템을 이용하여 도면관리, 전자정비 매뉴얼, 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 고려되어야 할 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 AgroSciences는 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	<ul style="list-style-type: none"> - 물량산출 건적/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	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<ul style="list-style-type: none"> - 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 관리자로서의 역할을 할 수 있는 환경 및 여건 필요 - 공중별 Coordinator 역할 (공중별 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	<ul style="list-style-type: none"> - 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 장점으로서는 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

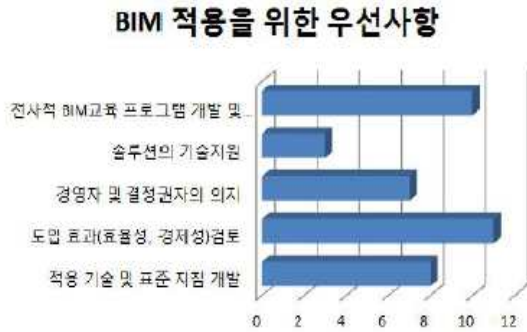
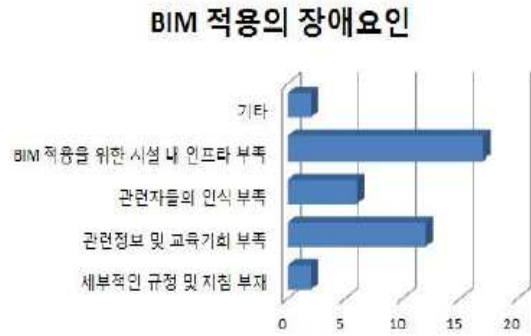
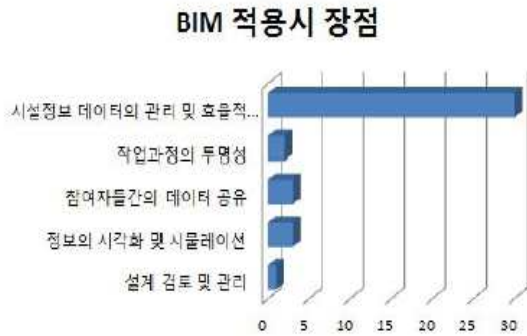
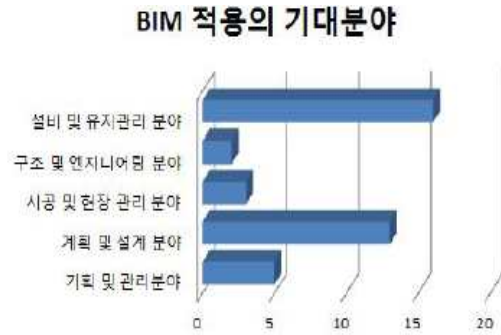
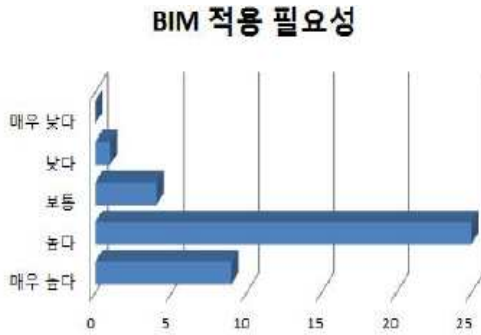


그림 19 지하철 역사 시설관리의 BIM 적용 가능성에 대한 응답결과
(지하철 역사 시설관리를 위한 BIM적용 방안에 관한 연구, 2011)

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 강점	설계 검토 및 관리	1	39
	정보의 시각화 및 시뮬레이션	3	
	참여자들간의 데이터 공유	3	
	작업과정의 투명성	2	
	시설정보 데이터의 관리 및 효율적 제어용	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	
	술무선의 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.

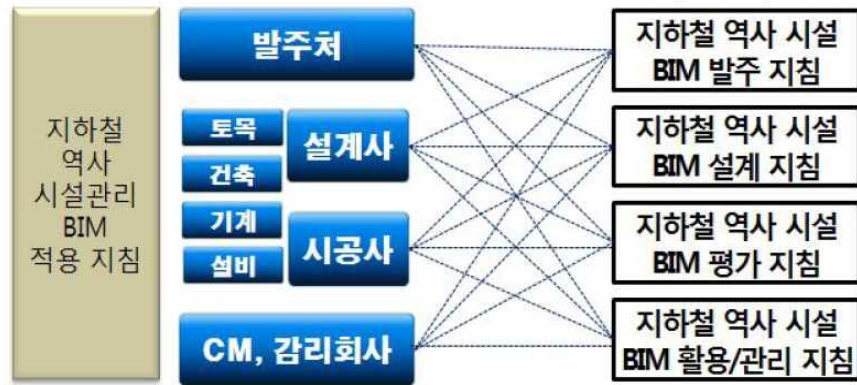


그림 21 지하철 역사 시설관리의 BIM적용 기술의 표준 지침
(지하철 역사 시설관리를 위한 BIM적용 방안에 관한 연구, 2011)

- 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 대상으로 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(Integratedproject 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 지원체제로 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

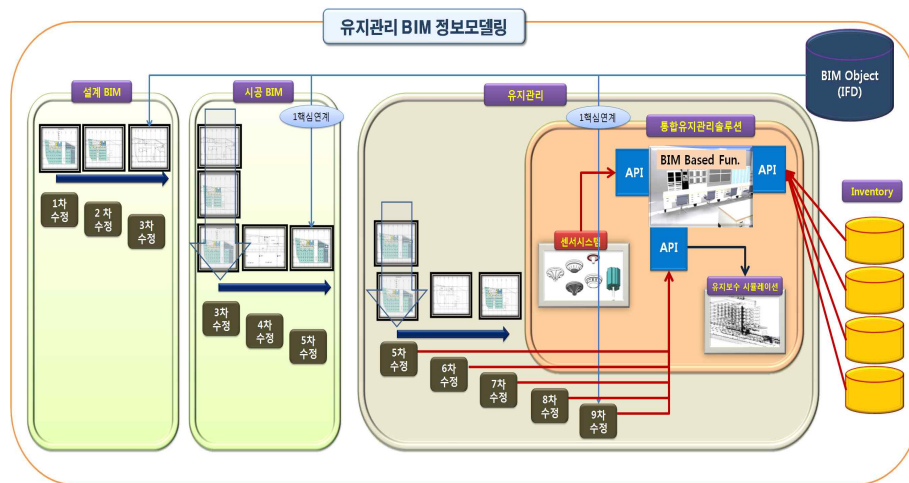


그림 22 유지관리 BIM 정보모델링 (한국건설기술연구원, BIM기반 유지관리 정보모델링 지침 개발 보고서, 2010)

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

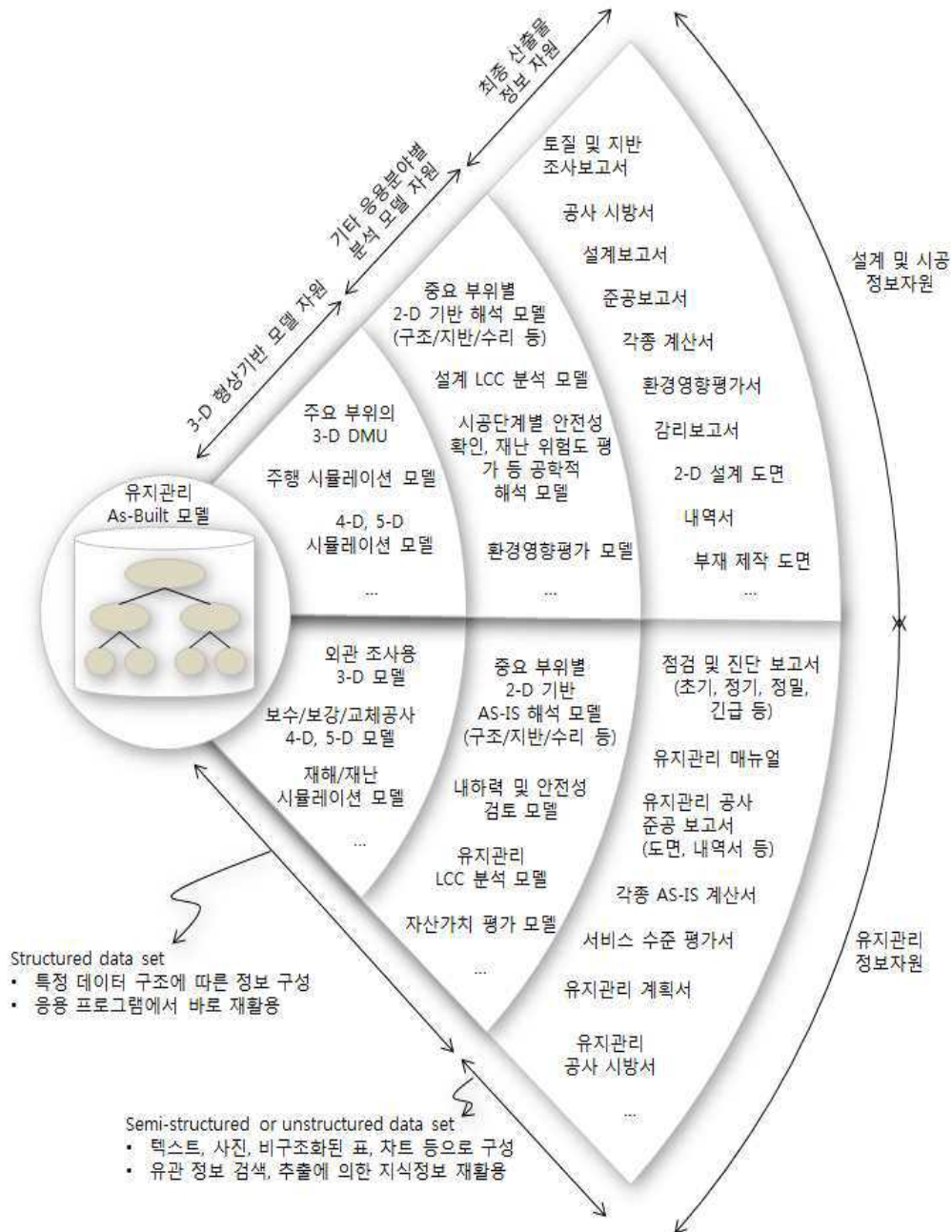


그림 23 시설물별 전자정보 자원의 구성체계 (참조: 한국시설안전공단, BIM기반 스마트 유지관리기술 도입방안 연구, 2012.12)

- 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

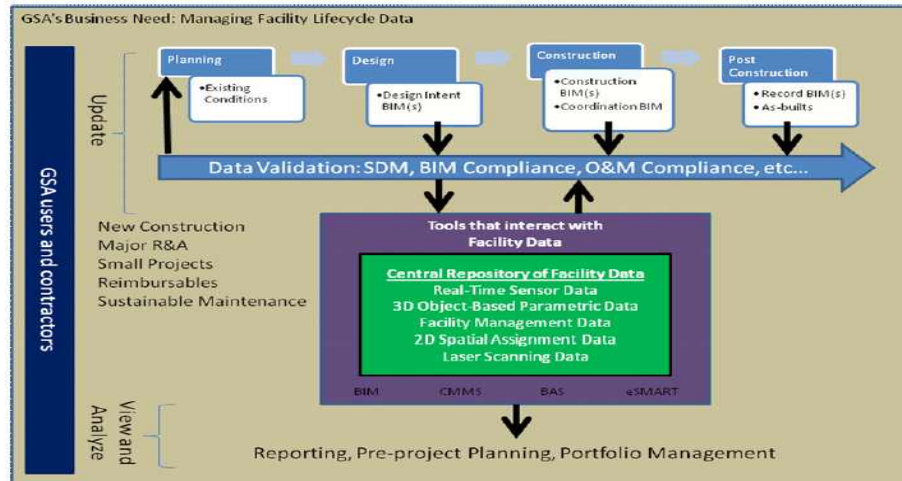


그림 24 Vision for BIM for Facility Management Integration (참고: GSA, BIM Guidel Series Facility Management, 2011)

- 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

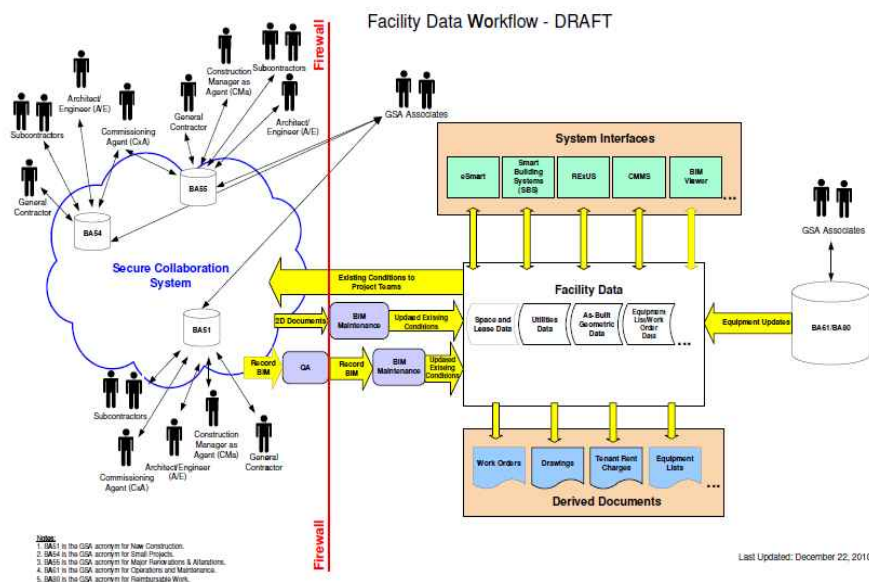


그림 25 Facility Data Workflow for Current BIM Deployment

○ 건설 유지관리 분야 표준 현황

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

국토해양부 고시 제2012-96호
시설물의 안전관리에 관한 특별법 제3조제1항의 규정에 의하여 「제3차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획(2013~2017)」을 다음과 같이 수립·고시함.

2012년 12월 20일
국토해양부장관

제3차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획 (2013-2017년)

I. 추진 배경

제2차 기본계획이 종료되면서, 향후 5년(13~17년) 국정부와 함께 안전시설물의 제도 정착 로드맵과 기술발전 향상을 제시 필요
· 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획: 정책·제도 선진화, 연구개발 촉진, 우수인력 양성, 효율적인 정보체계 구축에 관한 5년 단위 국가계획(연간 시행법 제3호)

□ (시설안전의 중요성) 시설안전은 복지안전사회 구현을 위한 필수적 수단
◇ 삶의 질 향상 및 행복한 사회의 관제 조건은 국민의 안전
· 한국사회 5세대 국가 로드맵(Roadmap) 중 하나인 '국민의 삶의 질이 향상되는 복지사회'와 일치하는 안전 위협요소로부터 국민이 적극 보호되는 '건강사회'

IV. 제3차 기본계획 추진방향

비전	시설안전의 Blue와 [®] 를 통한 행복사회 [®] 구현
목표	① 안전한 시설물(Safe) ② 자연과 함께 하는 시설물(Sustainable) ③ 스마트한 시설물(Smart)
성과지표	① 시설물 주사고 저축 ② 안전등급 A, B 시설물 비율 85% 유지 ③ 시설안전에 대한 국민 불만율 5%p 개선(22%→17%)

4대 전략

선진적 안전관리체계 확립	국민과 함께 하는 안전관리 실현
환경변화 선제대응형 안전관리로 전환	지능형 기술축진 및 효율화

중요사항

1) '시설안전의 Blue와'는 Safe, Sustainable, Smart 시설물 안전 및 유지관리로 전환을 의미
· 중요 분야: 화재, 세균성 오염, 낙상사고, 폭설, 폭우, 강진, 조류, 조류, 열파, 방사능, 감염

2) '행복사회'는 시설물의 안전·사용성에서 확보되어 국민이 안심하고 편리한 삶을 누리는 국가·안전사회가 될 것임 (사회적 당면)

4-2-2 유지관리 분야 BIM 도입기반 마련

□ 추진 목적

- BIM 확산에도 불구하고 유지관리 분야 활용 저조
- 기존 BIM을 이용한 3차원의 정보제공도 시설물 설계·시공이 되고 있으나, 유지관리업무에는 적극적으로 활용되지 못하고 있는 실정
- BIM(Building Information Modeling) 시설물 생애주기에 정보·관계하는 정보 활용이 용이하도록 구현된 디지털 모델
- 다양한 주체가 참여하는 시설물 안전 및 유지관리 업무의 수행 상 정보요구가 필수이나, BIM을 통한 정보 교환 및 통합관리는 부족
- 시설물 정보의 활용 부족
- 행정 시설물 정보가 Text와 CAD로 표현된 2차원 정보로 저장되어 각종 시각적으로 시설물 정보 파악이 어렵고 정보의 활용성 저하
- 시설물 정보: 시설물 상태, 위치 및 상태부터 정비일정·예산, 유지·보수 정보 등

□ 추진 방안

- BIM 기술의 유지관리 분야 적용을 위한 장기 로드맵을 작성하고, 시설물 유지관리의 특성상 고려한 BIM 기술기준 마련
- 시설물 유지관리 분야 BIM 활용기반 기술 개발
- 유지관리 분야에서 실제 활용 가능한 BIM 표준화 모델을 개발하고, 기존의 2차원 정보 DB를 BIM기반의 3차원 시각화 DB로 전환하여 유지관리정보의 활용성을 극대화
- 모바일 기반 유지관리정보의 시각화 연동기술과 의사결정 모델을 개발하고 활용 가이드라인을 마련해 BIM의 유지관리 분야 활용도 증대 방안

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 축진 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 지원 체계 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

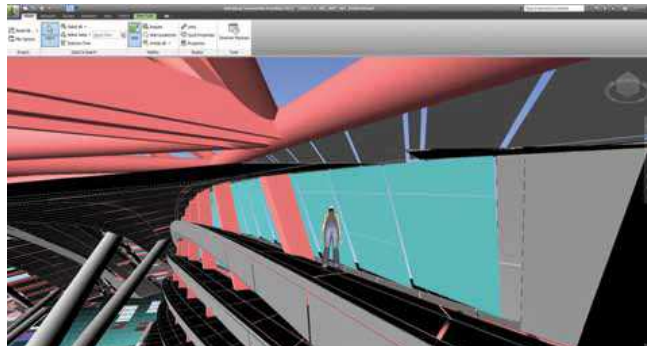


그림 28 홍콩 MTR의 시공/안전관리 시뮬레이션

○ 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

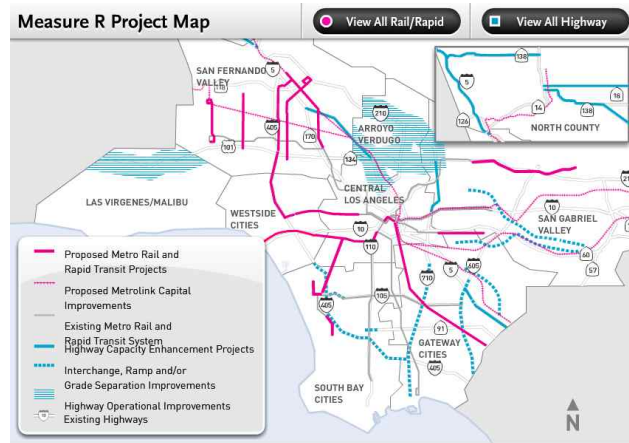


그림 29 미국 Measure 'R' 프로젝트 노선

○ 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

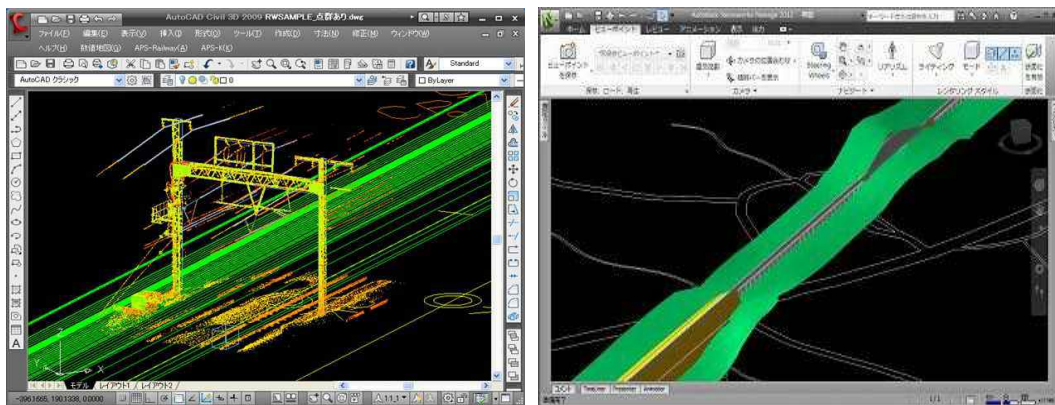


그림 30 일본 東JR 모델링 및 시뮬레이션

- 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

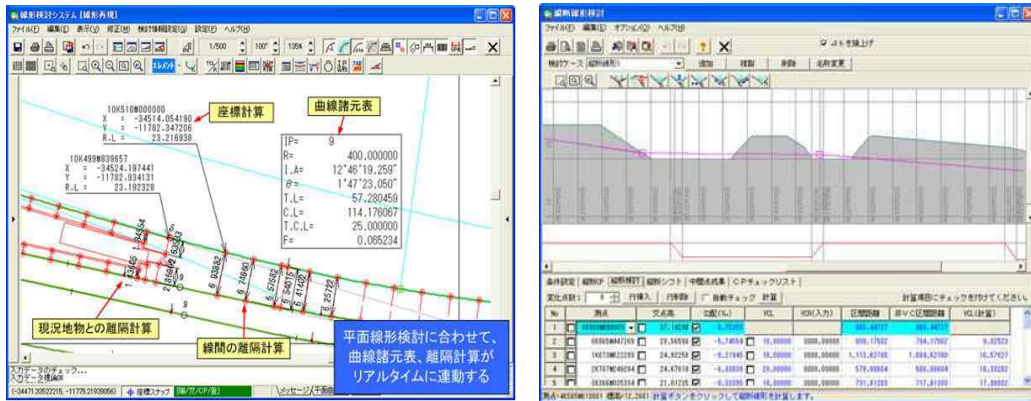


그림 32 일본 東JR의 평면선형 및 종단선형 설계 화면

○ 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

"...URS/Scott Wilson have suggested that by using Bentley ProjectWise engineers were able to search for, locate and validate engineering information 25% quicker than they could on previous projects..."

Total Project Man Hours	660,000
Engineering Hours	462,000
CAD Related Hours	323,000
*Suggested Time Saving	25%
*Reduced Project Hours	108,000
*Related Cost Saving	£4,750,000




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 118km에 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

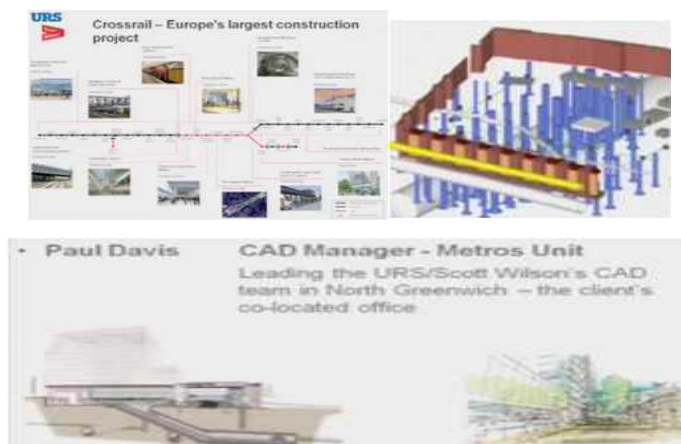


그림 34 영국 Crossrail (URS/Scott Wilson, 2010)

- 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 9만2천 개에서 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)

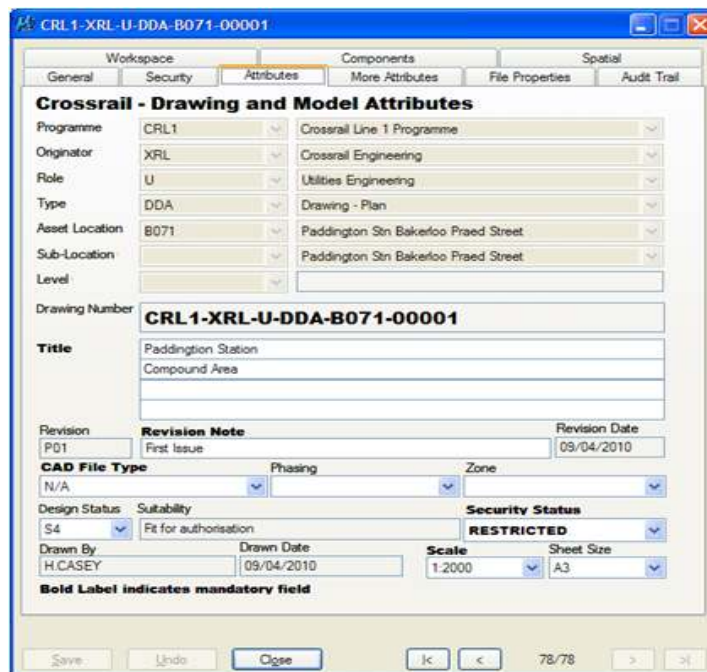
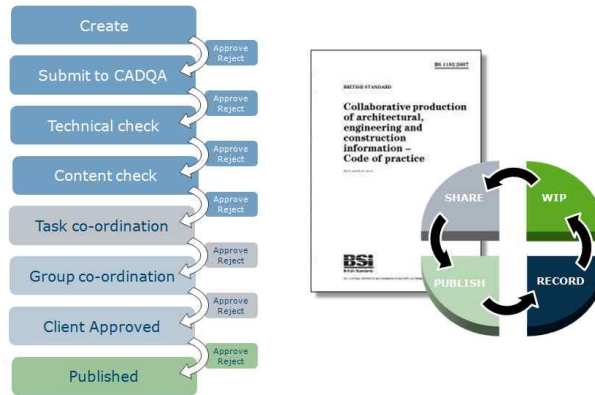


그림 35 문서 협업 흐름 및 파일 형상 관리(Crossrail, Ltd, 2012)

- 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

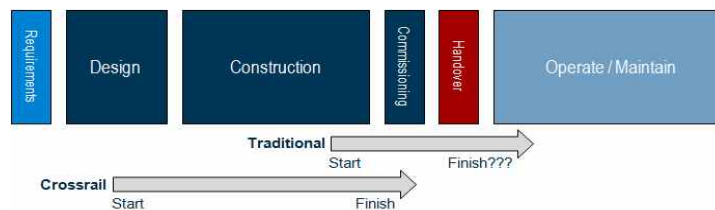


그림 36 Crossrail 자산정보관리 시스템(Crossrail, Ltd, 2012)

- 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

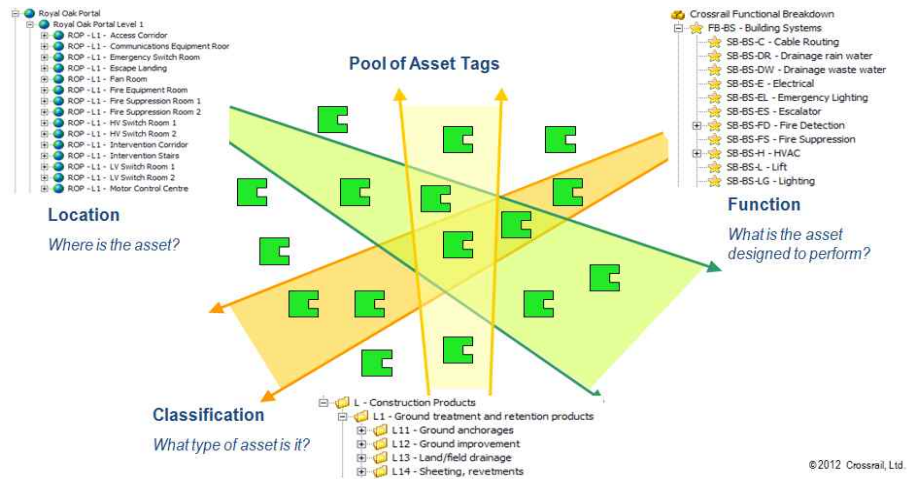


그림 37 자산 위치/모델/분류 체계 정의(Crossrail, Ltd, 2012)

○ Qatar 철도 프로젝트 사례

- 최근 Qatar에서 DOHA 2022년 FIFA월드컵 유치로 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 명세), 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(Computerized 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

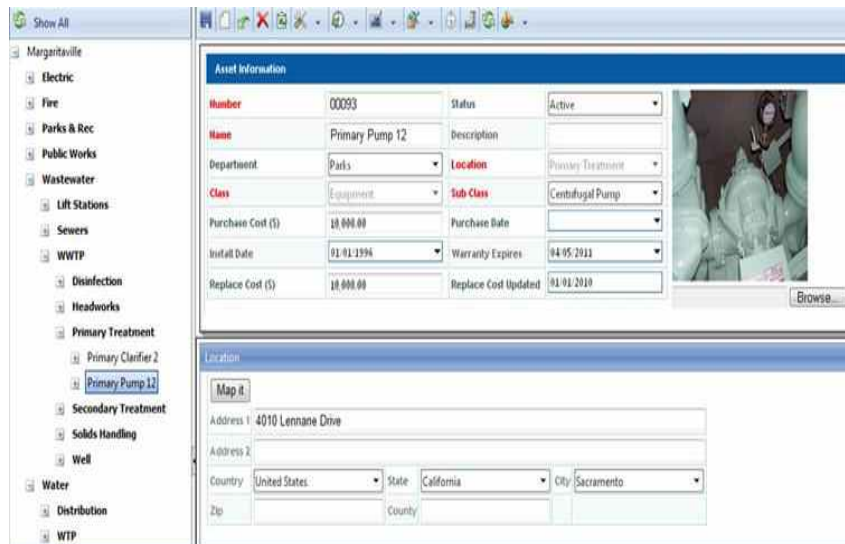


그림 40 GIS 기반 유지보수시스템

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

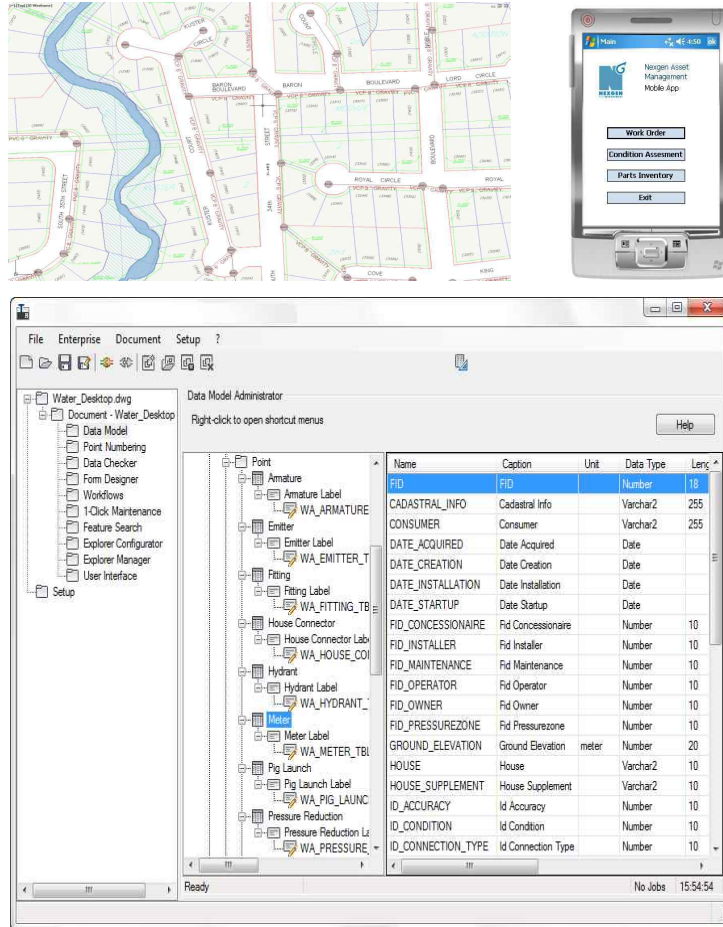


그림 41 모바일 CMMS 연계

- 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 비용 분석이 가능한 체계를 지원
- 이와 같이 BIM/GIS기반의 CMMS를 제공하고 있으나, 철도 전 분야를 대상으로 수행이 어려운 한계점을 보유했다

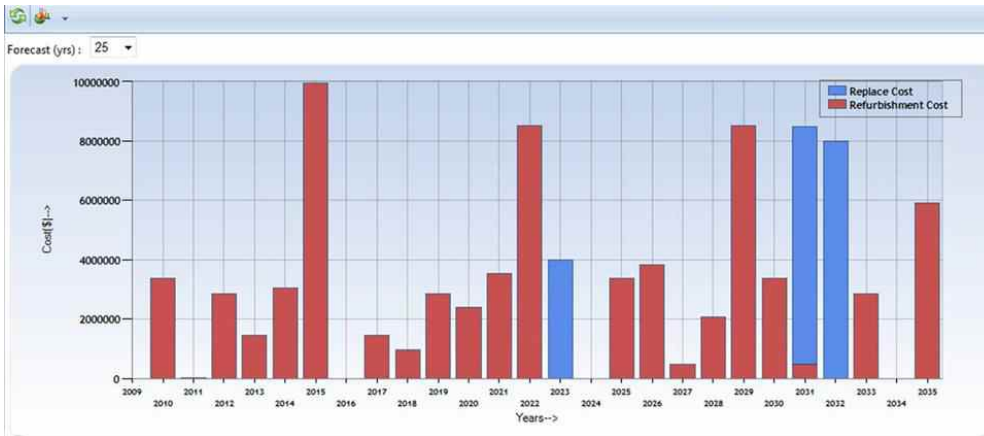


Index	Category	Condition Description
86-100	Excellent	Very few defects. Track function is not impaired. No immediate work action is required, but routine or preventive maintenance could be scheduled for accomplishment.
71-85	Very Good	Minor deterioration. Track function is not impaired. No immediate 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	<small>Weight Consequences of Failure Scores</small>	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								Project Total	
			Prior to 2008	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014		Total 09-14
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	38,513,269
	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	-	-	-	-	-	-	225,000
65411	Safety and Security Upgrade	Authorized	185,594	37,279	39,846	-	-	-	-	-	-	262,719
65501	Intermodal Garage Bus Locator System	Authorized	-	-	1,250,000	-	-	-	-	-	-	1,250,000
65505	Rail Operations Backup Generator	Authorized	-	-	45,000	-	-	-	-	-	-	45,000
65506	Passenger Info TCP/IP Sigs	Authorized	175,006	218,654	-	-	-	-	-	-	-	393,750
65511	Regional Transit Security Grant	Authorized	716,691	322,609	600,000	-	-	-	-	-	-	1,639,300
65611	Safety and Security Projects	Authorized	164,638	77,938	258,240	-	-	-	-	-	-	500,814
65612	Transit Enhancement Projects	Authorized	34,808	315,916	150,000	-	-	-	-	-	-	500,724
65651	Hawthth LRT - Signals for Single Track Reverse Direction	Authorized	5,277	1,456,723	1,038,000	-	-	-	-	-	-	2,500,000
65651e	Hawthth LRT - Signals for Single Track Reverse Direction	Future	-	-	-	500,000	500,000	-	-	900,000	-	1,900,000
65702	New Facebook Hardware	Authorized	-	-	1,807,500	207,670	-	-	-	-	-	1,815,170
65702e	New Facebook Hardware - Replacement Fleet	Future	-	-	2,650,190	1,738,280	1,741,457	1,530,200	1,121,200	1,121,200	-	9,882,545
65711	Safety Marking	Authorized	2,721	72,279	-	-	-	-	-	-	-	75,000
65790	Support Equipment	Authorized	48,022	1,314,093	1,275,552	-	-	-	-	-	-	2,675,522
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	-	8,544,423
65792	Support Equip -HLRT Non-Rev Vehicles	Authorized	-	374,000	26,000	-	-	-	-	-	-	400,000
65810	Re-Key Lock System	Authorized	-	-	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 성능평가, 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 CO₂모니터링 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 프로토타입모델 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 연계모델 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 건설도면정보의 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 특장별 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 전자 문서 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

제6절. 인력 분석

1. 주요 출원인 동향

○ 주요 출원인 동향

표 12 주요 출원인 동향

분석항목 출원인	출원인 국적	주요 IP시장국(건수,%)					특허출원 증가율 (최근5년)	주력기술분 야
		한국	일본	미국	유럽	IP시장국중 합*		
		KIPO	JPO	USPTO	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
버추얼빌더스 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, 건설프로젝 트 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 (주)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 기술 분야의 파악을 위하여, 주요 시장국별 출원건수 및 최근 5년간의 특허출원 증가율을 비교분석한 결과, 주요출원인들은 전반적으로 자국에서 활발한 특허활동을 하고 있는 것으로 나타남
- 국내 주요출원인인 (주)그린공간정보, 버추얼빌더스 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 버추얼빌더스 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 버추얼빌더스 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	(주)그린공간정보(한국)	29	Bentley System(미국)	33	MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD(일본)	19	HITACHI(일본)	8
2	비츄얼빌더스 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	(주)태일아이엔지(한국)	12	Boundary Solutions, Inc.(미국)	9				
10	(주)선운 이엔지(한국)	11						

* 분석구간: 한국, 일본, 미국, 유럽- ~2012년(출원년도)

- 각 국가별 주요 출원인 Top10을 살펴보면, 한국은 (주)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 버추얼빌더스의 경우 건설공간정보 통합운영 분야에서 독보적인 출원건수를 나타내었음. 건설프로젝트 관리 분야의 경우 주요출원인 중 4개의 출원인만이 출원하고 있어 상대적으로 공백기술로 판단됨

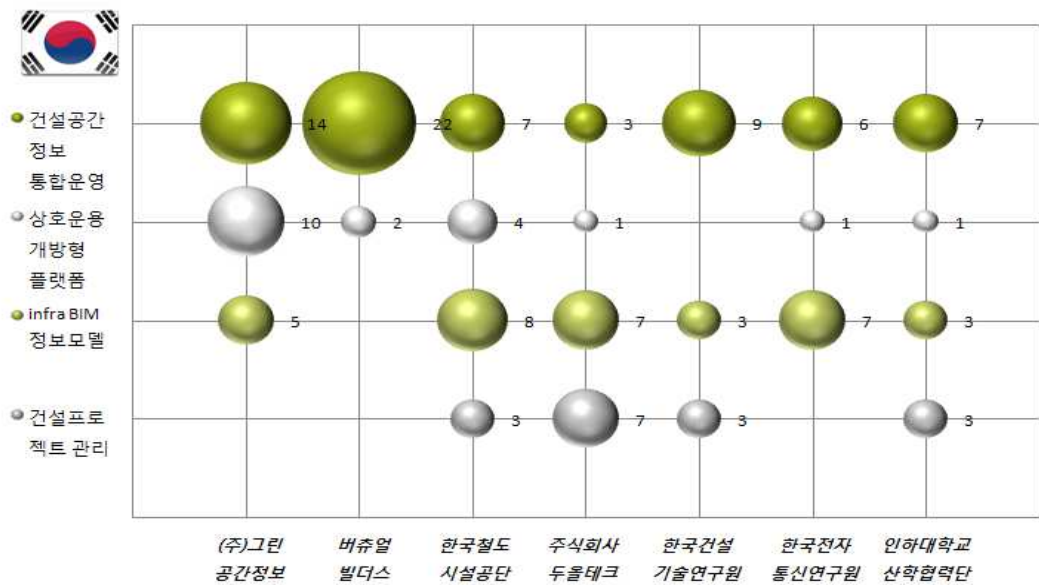


그림 49 한국특허의 기업별 역점분야 및 공백기술

- 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

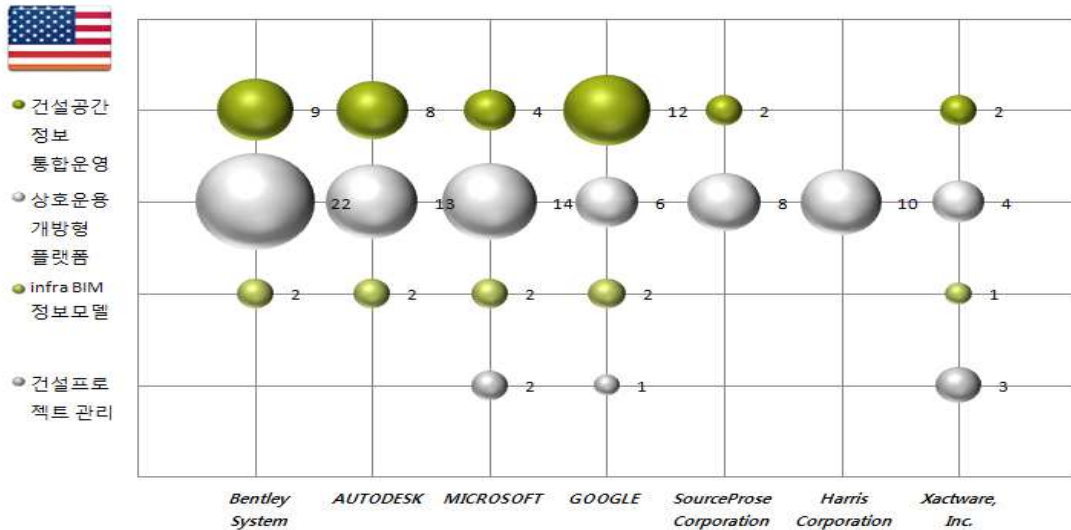


그림 50 미국특허의 기업별 역점분야 및 공백기술

- 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

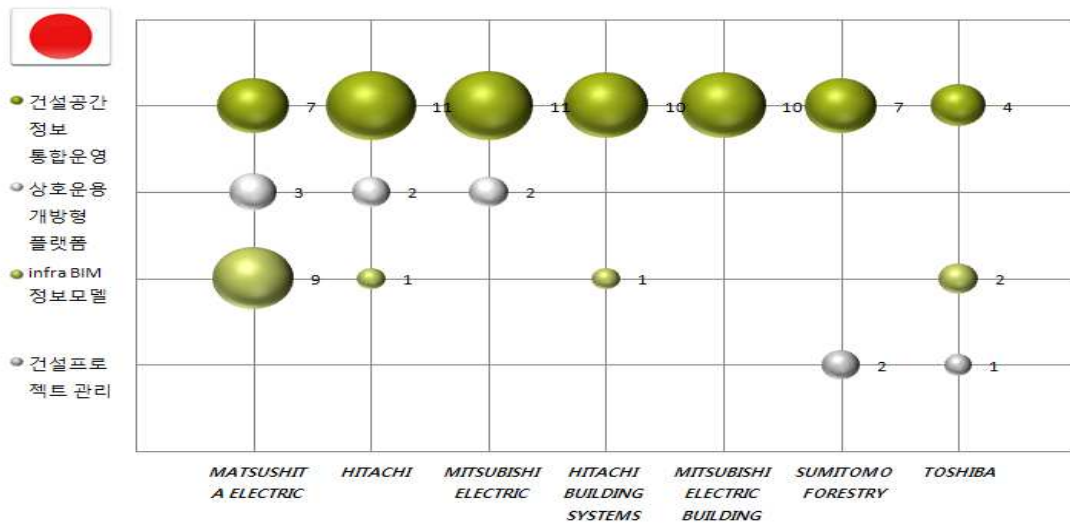


그림 51 일본특허의 기업별 역점분야 및 공백기술

- 유럽특허의 기업별 역점분야 및 공백기술
 - 유럽특허는 건설공간정보 통합운영 분야에서 주요 출원인들의 특허출원이 많은 것으로 나타났고, 협업 시스템과 관련된 상호운영 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

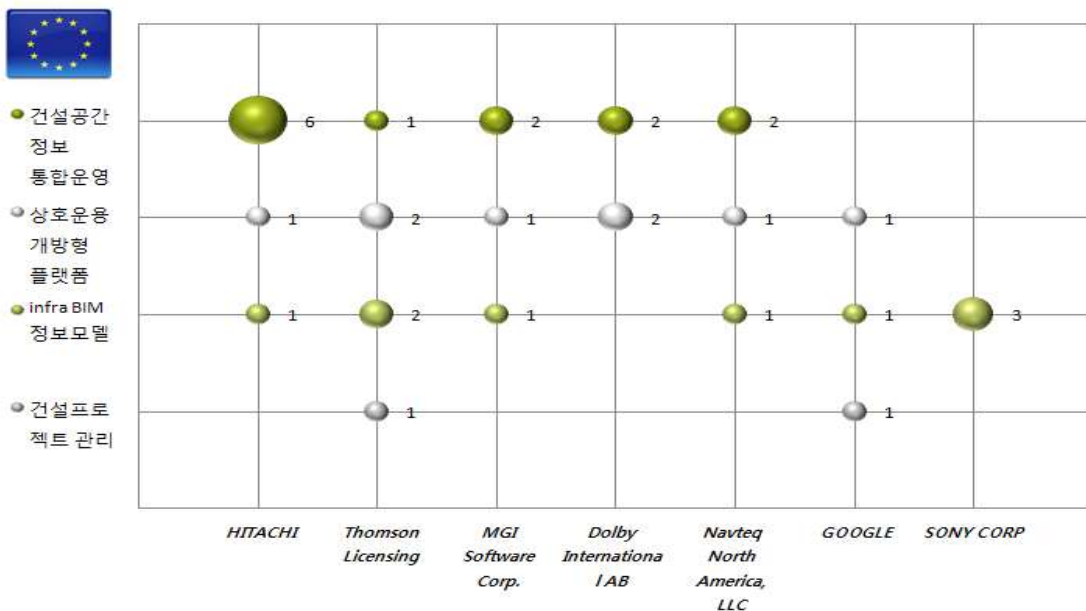


그림 52 유럽특허의 기업별 역점분야 및 공백기술

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

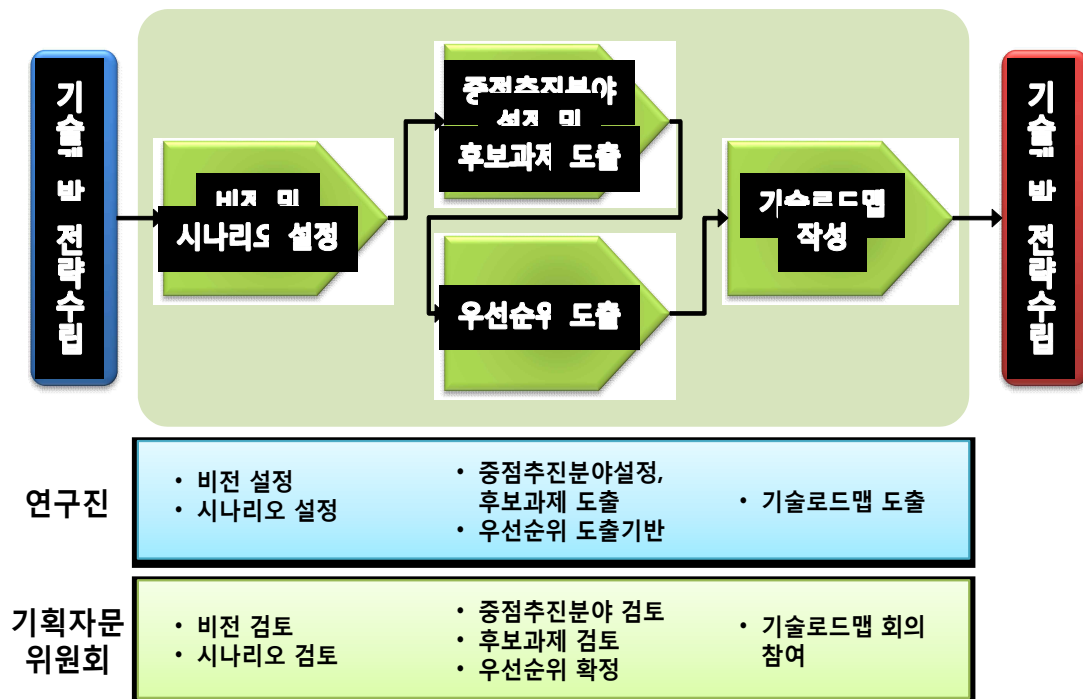


그림 53 유럽특허의 기업별 역점분야 및 공백기술

제3절. 기술수요조사 실시

- 후보과제와 연구제용 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, 세부 기술과제 수준으로 도출하는 것을 목적으로 함.

○ 조사지

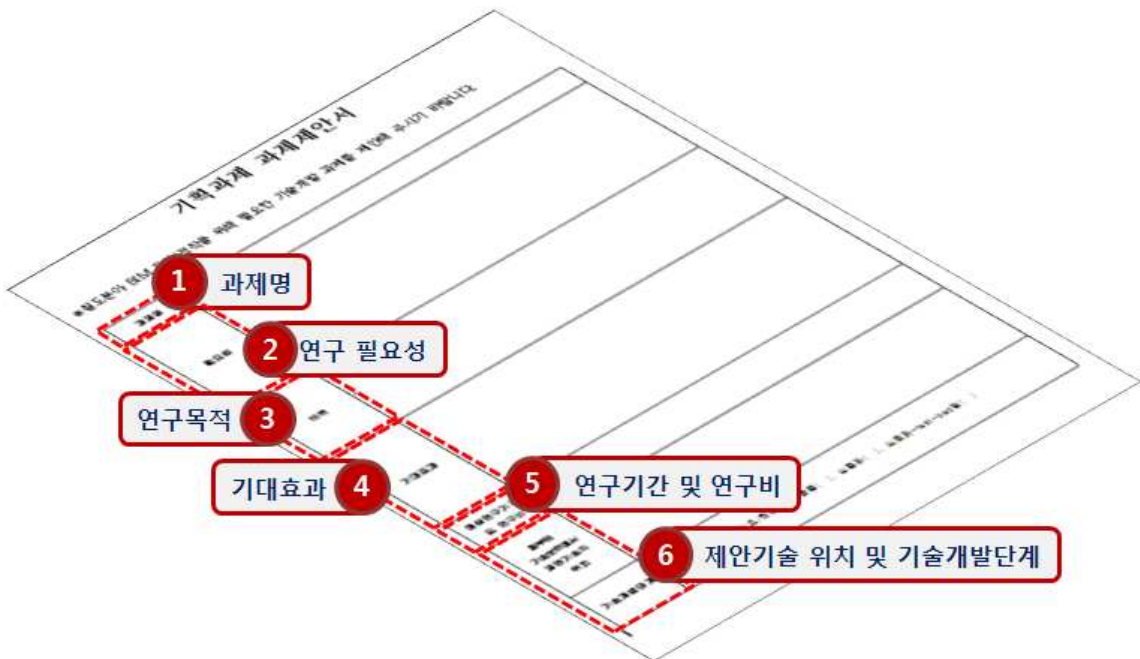


그림 54 기획과제 과제제안서

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)
 - 구분상 (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 기획자문회의의 (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)
 - 이송현 (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

내부환경	강점(S)	약점(W)
	<ul style="list-style-type: none"> • 철도인프라 유지관리 및 ICT 역량이 뛰어난 전문인력 보유 • 타 분야와 다르게 단일의 발주기관으로 인한 요구사항 반영 우수 • 유관기관과 유기적 유대관계 형성 	<ul style="list-style-type: none"> • 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
외부환경	기회(O)	위협(T)
	<ul style="list-style-type: none"> • 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 	<ul style="list-style-type: none"> • 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 적용 사례 부재

그림 57 SWOT 분석

SWOT 매트릭스		외부환경	
		기회(O)	위협(T)
내부환경	강점(S)	SO : 집중화 <ul style="list-style-type: none"> • 국내 시설물 유지관리, ICT 기반 프레임워크, 모델 및 모델링 등 기반기술 전문가 Pool 구성 및 협업체계 구축 • 기존 보유 기술 활용 전략 수립을 통한 조속한 기술개발 결과물 산출 	ST : 다각화 <ul style="list-style-type: none"> • 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 <ul style="list-style-type: none"> • 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 <ul style="list-style-type: none"> • 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 발주평가 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 프레임워크 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

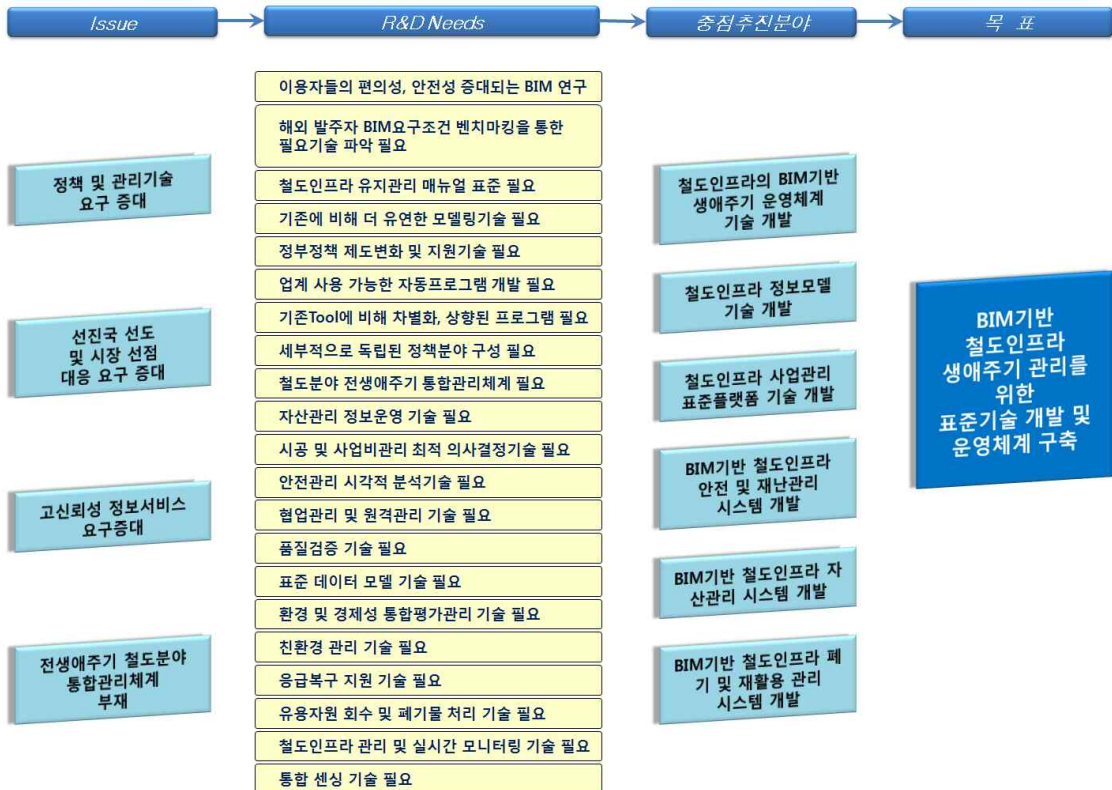


그림 60 중점추진분야 선정

2. 중점추진분야 1

○ 철도인프라의 BIM기반 생애주기 운영체계 기술 개발

표 16 철도인프라의 BIM기반 생애주기 운영체계 기술 개발

배경	<ul style="list-style-type: none"> • 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(KR C - 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	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • 150억 / 3년

3. 중점추진분야 2

○ 철도인프라 정보모델 기술 개발

표 17 철도인프라 정보모델 기술 개발

배경	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • 100억 / 3년

4. 중점추진분야 3

○ 철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술 개발

표 18 철도인프라 사업관리 표준플랫폼 기술 개발

<p>배경</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 철도시설 발주사업관리에 특화된 4D공정관리체계를 표준 프레임워크 개념으로 구축하여, 발주기관에서 참여기관에 표준적 4D공정운영체계로 제공함으로써, 발주기관 측면에서는 사업구간 전체의 공정정보를 BIM기반으로 표준 관리가 가능하도록 할 필요가 있음 • 해외 철도사업 수주경쟁에서 인프라분야의 첨단 정보화관리체계를 구축함으로써 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/시공사/설계자/감리자간 정보호환 및 공유를 위한 철도시설공사 협업관리시스템 구축기술이 필요함 • 효율적 BIM시스템 운영을 위해서는 철도시설 2D설계도면의 3D활용성 검증 체계 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
<p>주요 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 능동형 BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 기술개발 • ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임워크 기술개발 • BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 개발
<p>예산 소요 예산</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 100억 / 5년

5. 중점추진분야 4

○ BIM기반 철도인프라 자산관리 시스템 개발

표 19 BIM기반 철도인프라 자산관리 시스템 개발

<p>배경</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 국내의 대부분의 사회기반시설물이 경제성장기에 건설된 자산으로 30-50년 이 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/km, 한국: 1.9억원/km)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 못 하였음 • 이에 BIM을 기반으로 철도 전수명주기 동안 다양한 분야에서 적용되는 모든 정보를 생산하고 관리하여 정보의 재활용 및 업무의 일관성지원을 위한 철도 인프라 자산관리시스템 개발이 필요
<p>주요 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 철도인프라 자산관리 프로세스 개발 • 철도인프라 자산관리 지침서 및 가이드라인 개발 • 철도자산관리 BIM모듈간 연계 기술 • 철도인프라 자산관리 최적 의사결정 지원시스템 개발
<p>예산 소요 예산</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 50억 / 5년

6. 중점추진분야 5

○ BIM기반 철도인프라 안전 및 재난관리 시스템 개발

표 20 BIM기반 철도인프라 안전 및 재난관리 시스템 개발

<p>배경</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 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.
<p>주요 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 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
<p>예산 소요 예산</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 125억 / 4년

7. 중점추진분야 6

○ BIM기반 철도인프라 폐기 및 재활용 관리 시스템 개발

표 21 BIM기반 철도인프라 폐기 및 재활용 관리 시스템 개발

<p>배경</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2000년대 초반이후로 철도건설현장에 있어 턴키, 민자사업(BTL, BTO) 등 대규모 건설사업이 증가함으로써 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
<p>주요 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 철도인프라의 친환경 해체기반 유용자원 회수 기술 • 철도인프라의 재활용 기술 및 자원순환 기술 • 철도인프라 친환경 설계 및 환경성 인증기술
<p>예상 소요 예산</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 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 기술개발과제분류 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 편향(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 추측하여 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 나타낼 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
 - 앞서서도 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

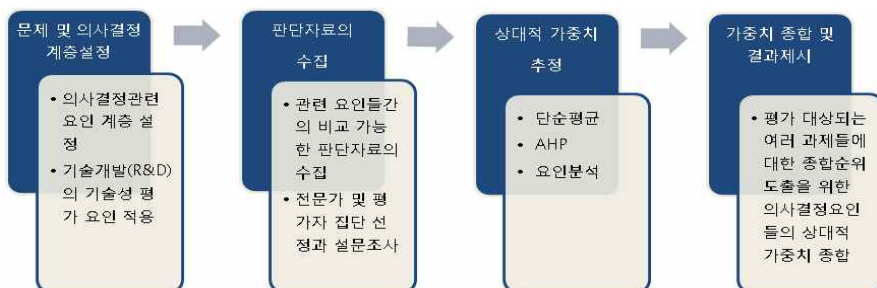


그림 61 우선순위 결정을 위한 지수산출 방법론

○ 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

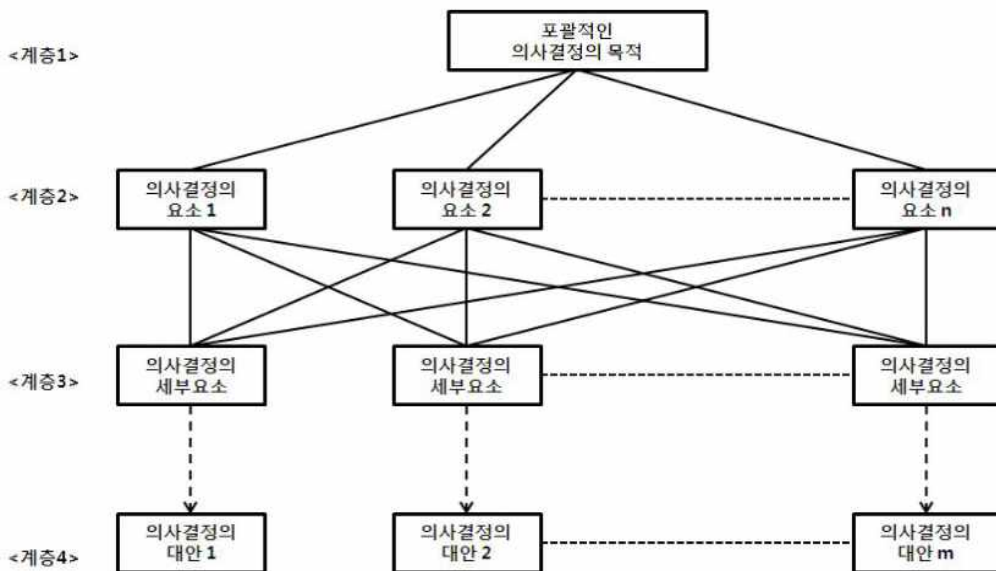


그림 62 AHP의 표준계층 구조화

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.

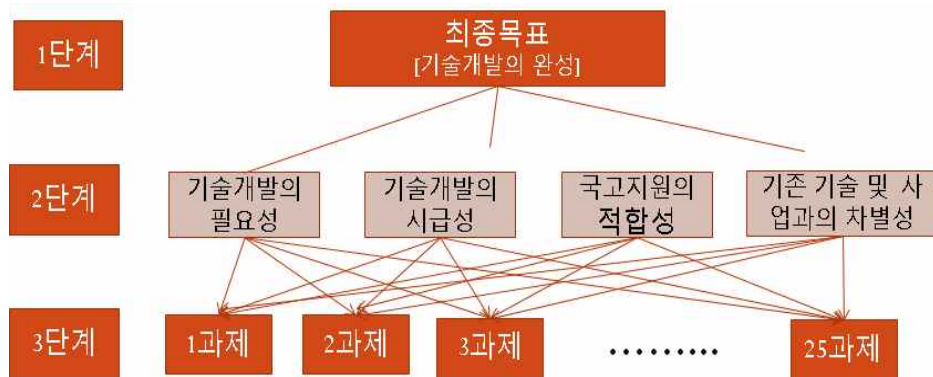


그림 63 철도BIM 후보과제의 우선순위 결정을 위한 계층 구조화 개념도

- 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 사업계획이 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 철도 BIM에 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 검증 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 결정하기 위해 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 요소가 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
위의 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	절대 중요		매우 중요		중요		약간 중요		동등	약간 중요		매우 중요		절대 중요	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 $n(n-1)/2$ 개가 되어야 하며, 이를 행렬로 나타내면 다음과 같음

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

- 작성된 쌍대비교 행렬 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 $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ 이라고 할 때 각 요소들의 중요도를 두 개씩 짝지어 쌍대비교함
- 이러한 쌍대비교 행렬 A는 다음과 같이 표현이 가능함

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} A_1 & A_2 & \cdots & A_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{bmatrix} \end{matrix}$$

- 여기에서 w_i/w_j 는 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 λ 는 A에 대한 고유치(eigen value)이며, 이러한 고유치는 다음과 같은 성질을 만족함

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

- 이때 최대 고유치를 λ_{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 λ 값을 구한 후 가장 큰 λ_{\max} 에 대응하는 W 를 찾으면 됨

• 일치성 분석

- 문제는 λ_{\max} 가 가장 큰 값을 가지는 행렬 A 만이 오직 일관성 행렬 (consistency matrix)인 경우에 그 값이 n 이 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 Δ 최대고유치(principal eigenvalue)인 λ_{\max} 도출 Δ λ_{\max} 를 이용하여 일치성 지수 CI (Consistency index) 도출 Δ 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 크기별 무작위(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)

차원 (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 A 가 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:

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

- 여기에서 X_i 는 평균 0과 분산 1을 갖는 변수이며, α_{ij} 는 X_i 와 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_i 의 상관행렬 A가 있을 때, 고유값(Eigenvalue) 또는 고유벡터는 다음 식을 만족하는 λ 와 X로 정의됨

$$AX = \lambda X$$

- 여기에서 λ 는 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \lambda_m \geq 0$ 이 된다. 고유치 λ_i 의 고유벡터 (a_1, a_2, \dots, a_m) 을 구하고, 이로부터 i 번째 주성분 $C_i = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1m}X_m$ 을 얻을 수 있음
- 추출하고자 하는 변수에서 고유값의 기여율이 중요함. 기여율은 주성분이 원데이터를 어느 정도 반영하고 있는가를 보여줌
- 여기에서 i 번째 주성분의 기여율 k_i 는 $\frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^m \lambda_i}$ 에 의해 산출됨. 첫 번째 요인에서 i 번째까지의 기여율 합계를 누적기여율이라고 하며, 이것은 데이터가 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 락크척도를 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 $0 \leq w_i \leq 1$ 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 적합성’은 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 종합점수를 제시하는데 사용된 동일한 방법으로 우선순위를 추정하여 제시함
 - 세세분류별 과제의 종합점수에 따라 우선순위가 제시되었지만, 그 점수를 이용하여 각 세분류내의 세세분류별 기술과제의 우선순위도 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	세분류 과제명	기술성별 과제 점수				과제별 순위	
		필요성	시급성	적합성	차별성	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
	04. 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 프레임워크 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)	01. 철도인프라 통합안전관리를 위한 BIM지원기술(V-1)	13.00	9.04	10.28	7.80	40.12	12
	02. 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 기술(III)’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 순위 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	세분류 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
	04. 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 프레임워크 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 개발(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)	01. 철도인프라 통합안전관리를 위한 BIM지원기술(V-1)	0.016	0.004	0.006	0.003	0.028	12
	02. 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 회수 기술(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 I군에 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	세분류 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
	04. 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 표준 플랫폼 기술개발(III-1))	0.013	0.013	0.012	0.009	0.047	3
	02. ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임워크 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. 철도인프라 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)	01. 철도인프라 통합안전관리를 위한 BIM지원 기술(V-1)	0.008	0.007	0.007	0.006	0.028	12
	02. BIM 기반 철도인프라 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 철도인프라의 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 재활용관리시스템 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 프레임워크 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 단순히 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 단순히 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
	04. 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 프레임워크 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 방법론을 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 재 실시하여 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

	1단계				2단계		
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2019
철도인프라의 BIM기반 생애주기 운영체계 기술	철도인프라 생애주기 관리 통합운영시스템 개발						
	BIM기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산체계 기술 개발						
	철도인프라 BIM기반 실무 프로세스 및 수행체계 기술 개발						
	철도인프라 환경 및 경제성 분석 기술 개발						
철도인프라 정보모델 기술	철도인프라 개방형 표준데이터 모델 개발						
	철도인프라 표준 정보모델링 기술 개발						
	철도인프라 BIM 정보 재활용 기술 개발						
철도인프라 사업관리 표준 플랫폼 기술	능동형 BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 기술 개발						
	ICT기반 철도인프라 프로젝트 협업관리 프레임워크 기술 개발						
	BIM기반 철도인프라 시공성 및 성과품 품질향상을 위한 품질검증 시스템 개발						
Test-Bed			철도인프라 생애주기 관리 운영체계 시범 구축		철도인프라 생애주기 관리 운영체계 모니터링 기술개발		철도인프라 생애주기 관리 운영체계 시범운영 및 검증
BIM기반 철도인프라 유지관리 시스템 개발				철도시설을 유지관리 분야 BIM(표준(안) 개발 및 표준화 추진		BIM기반 철도시설을 정밀점검 및 진단 사업관리체계 구축	
				능동형 BIM기반 철도인프라 시설물 유지관리 최적의사결정 지원시스템 개발		BIM기반 철도인프라 FMS 기술 개발	
BIM기반 철도인프라 자산관리 시스템 개발				철도인프라 자산관리 프로세스 기술		철도인프라 자산관리 지침서 및 가이드라인 기술	
				철도자산관리 BIM 모듈간 연계기술		철도인프라 자산관리 최적 의사결정 지원시스템 기술	
BIM기반 철도인프라 안전 및 재난관리 시스템 개발			철도인프라 통합안전관리를 위한 BIM지원기술		BIM 기반 철도인프라 안전도 확보 기술		3차원 피해정보 처리를 위한 BIM 영상화 기술
				BIM 기반 철도인프라 피해규모 산정 및 표준화 기술		재해 발생시 철도 인프라의 응급복구를 위한 BIM 기반 복구 지원 기술	
				BIM기반 철도인프라 안전관리 운영체계 기술			
BIM기반 철도인프라 폐기 및 재활용 관리 시스템 개발				철도인프라의 친환경 해체 기반 유용자원 회수 기술		철도인프라의 재활용 기술 및 자원순환기술	
				철도인프라 친환경 설계 및 환경성 인증기술			

그림 64 연구개발 로드맵(안)

5. 기술간 연계성

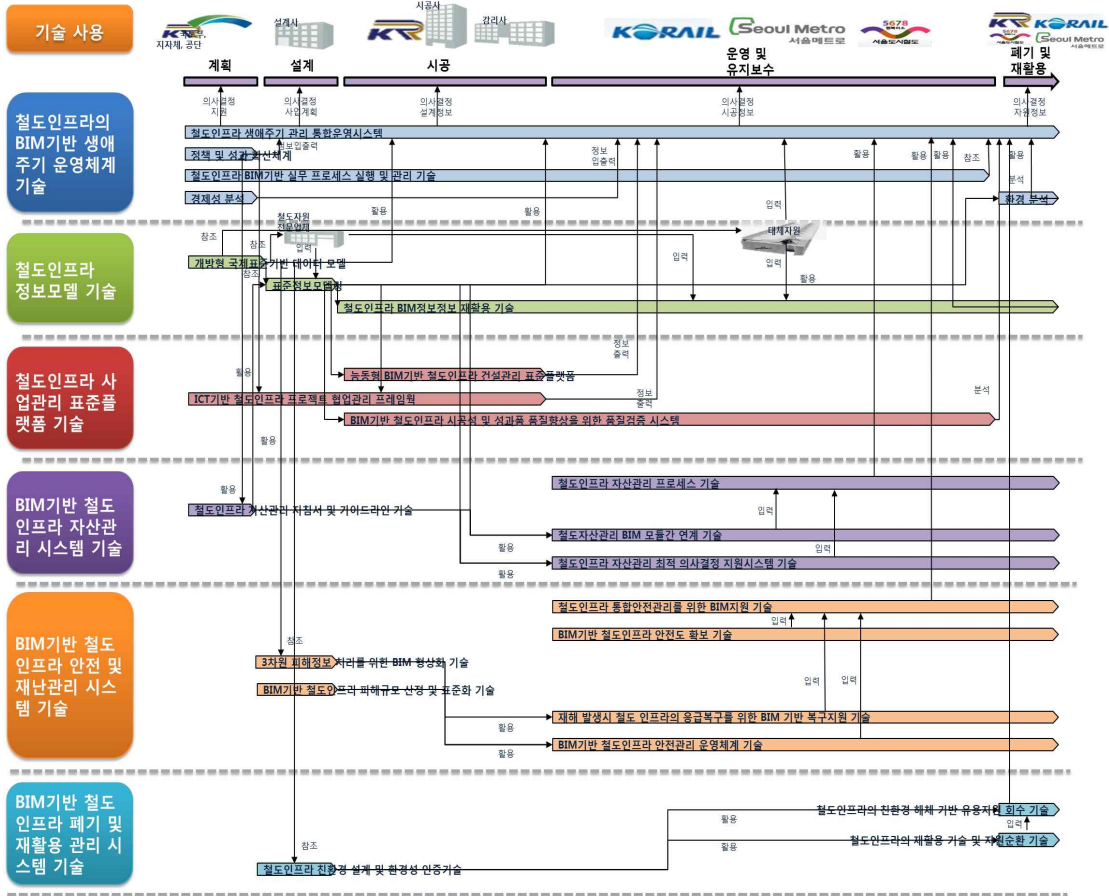


그림 65 기술간 연계성

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
구 체 적 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
범 위	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 사용 가능하며, 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

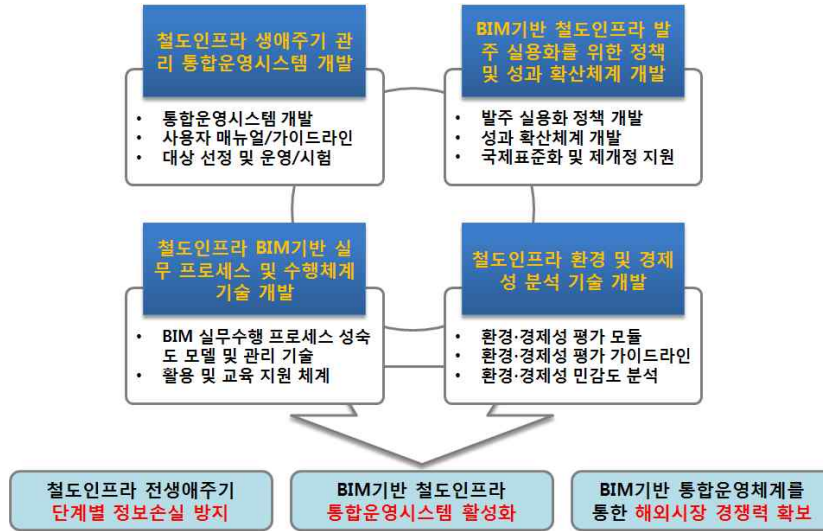


그림 66 세부의 목표 및 연구내용

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 발생하는 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 연간 1조 2,000억원 이상의 예산절감 효과가 기대됨
 - 한국철도시설공단 연간 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 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 수준으로, 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 연간 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 통합 관리체계 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 연속성, 생성 모델의 응용 및 활용 등의 측면에서 생각할 때 매우 불안정한 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 경쟁력 확보 및 고속화철도시설의 BIM기반 표준운영체계 기술 확보 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 BIM기반 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

세부과제명	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)

- 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	<ul style="list-style-type: none"> •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)	<ul style="list-style-type: none"> •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)	<ul style="list-style-type: none"> •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)	<ul style="list-style-type: none"> •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	<ul style="list-style-type: none"> 정보모델의 외부정보 연계 표준 프로세스 개발 철도인프라 정보모델의 저장 및 공유 기본 프레임워크 개발 문서정보 수집 및 의미적 구조화 방법 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 정보모델기반 계측 및 이력정보 관리 표준화 기술 개발 철도인프라 구조해석 IDM기반 형상정보-구조해석 연계기술 개발 객체지향형 철도인프라 정보모델 저장 체계/플랫폼 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 정보모델과 문서, 계측, 이력정보의 통합/연계방안 개발 철도인프라 비용산정 IDM기반 형상정보-건설비용산정 연계기술 개발 철도인프라 정보모델 공유 체계/플랫폼 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 기본 정보모델을 활용한 응용분야 활용 모델의 생성 응용분야 활용모델의 검토 및 보완 정보모델 저장 및 공유 체계/플랫폼 보완
성과물	<ul style="list-style-type: none"> 문서정보의 구조화 정보모델-외부정보 연계 표준 프로세스 	<ul style="list-style-type: none"> 철도인프라 정보모델과 문서정보의 통합/연계 방안 철도인프라의 정보모델-구조해석 연계 IDM 	<ul style="list-style-type: none"> 계측 및 이력정보 관리 표준화 방안 철도인프라의 정보모델-비용산정 연계 IDM 	<ul style="list-style-type: none"> 응용분야 활용 통합정보모델 정보모델 저장 및 공유 체계/플랫폼

라. 성과활용방안

표 82 성과활용방안

구 분	성과활용방안
엔지니어링 문서정보의 구조화 및 정보모델과의 연계 방안	<ul style="list-style-type: none"> • 문서정보 저장의 체계화 / 명확화 • 문서정보 검색의 효율성 향상 • 철도인프라 정보모델과 문서정보의 통합 / 의미적 연계
계측 및 이력정보 관리 표준화	<ul style="list-style-type: none"> • 계측정보 저장의 체계화 / 명확화 • 철도인프라 정보모델과의 계측정보 연계 • 계측정보 필요 단계에 대한 정보 전달 • 계측정보의 재활용
구조해석이 가능한 철도인프라 정보모델의 구성	<ul style="list-style-type: none"> • 구조적 안전성을 고려한 철도인프라 관리 • 설계변경에 따른 해석업무 효율성 향상
비용산정이 가능한 철도인프라 정보모델의 구성	<ul style="list-style-type: none"> • 시공, 유지관리 업무 계획 • 예산투입의 적절성 검토
철도인프라 정보모델 저장 및 공유 플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> • 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)

- 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 운영체제 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	비교	
		상호유사성	코레일 적용 여부
가상건설시스템 개발사업	최철호 ((주) 두올테크)	<ul style="list-style-type: none"> •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
<p>능동형 BIM기반 철도인프라 건설관리 표준플랫폼 개발 기술</p>	<ul style="list-style-type: none"> -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 	<ul style="list-style-type: none"> -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 	<ul style="list-style-type: none"> - BIM 기 반 철 도 공 사 시 공 관 리 최 적 의 사 결 정 방 법 론 개 발 -공구별/기간 별/공종 별 변경이력여 부 시뮬레 이션 방 법 론 개 발 - BIM 기 반 철 도 공 사 시 공 관 리 최 적 의 사 결 정 시 스템 인 터 페 이 스 구 축 - BIM 기 반 철 도 공 사 시 공 관 리 최 적 의 사 결 정 시 스템 개 발 	<ul style="list-style-type: none"> -능동형BIM을 적 용한 최 적 화 대안 방 법 론 개 발 -능동형 BIM기반 철도공사 건설관 리 통합플랫폼 사 용 가 이 드 라 인 개 발 -능동형 BIM기반 철도공사 건설관 리 통합플랫폼 인 터 페 이 스 구 축 -능동형 BIM기반 철도공사 건설관 리 통합플랫폼 개 발
<p>성과물</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 철도공사 발주관 리를 위한 4D공 정관리 표준프레 임워크 개발 - 연구개발보고서 	<ul style="list-style-type: none"> - BIM 기 반 철 도 공 사 시 공 관 리 최 적 의 사 결 정 시 스템 개 발 - 연구개발보 고서 	<ul style="list-style-type: none"> - BIM 기 반 철 도 공 사 시 공 관 리 최 적 의 사 결 정 시 스템 개 발 - 연구개발보 고서 	<ul style="list-style-type: none"> - 능동형 BIM기반 철도공사 건설관 리 통합플랫폼 개 발 - 표준플랫폼 사 용 매뉴얼 - 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 통 합 운영이 가능

마. 기대효과

○ 기술적 측면

- 철도공사 4D 표준프레임워크는 철도공사 발주기관의 표준정보 및 표준업무체계를 기반으로 운영되며, 특히 링크/광역현장관리/수평작업관리/간접관리/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 운영체제로 활용할 수 있음

○ 경제적 측면

- 철도사업 BIM 공정관리 표준프레임워크와 사업비 및 현장위험요인 분석체계 등은 능동적인 BIM정보 운영체제로 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 운영 부담을 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

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, 개정 작업이 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, 협력업체 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 조망 분석 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 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/도면관

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
- 조진중(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, Bentley 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, 법규체크 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, 시공 중 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 3D도면의 BIM운영체계 적합성 검증 기술을 개발하여 BIM시스템의 효율적인 운영과도면의 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	<ul style="list-style-type: none"> •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 	×

- 기술개발로드맵에서 선행연구결과와의 연계성 및 향후 기술개발의 방향 등을 명시적으로 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 기술 격차 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)창민우구 조건설탄트)	<ul style="list-style-type: none"> • 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 (버추얼빌더스(주))	<ul style="list-style-type: none"> • 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)	<ul style="list-style-type: none"> • 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 (버추얼빌더스(주))	<ul style="list-style-type: none"> • 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 (버추얼빌더스(주))	<ul style="list-style-type: none"> • 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)	<ul style="list-style-type: none"> • BIM기반 시스템구축이나 건축 및 토목시설공사에 소요되는 BIM시스템 구

			<p>축이고, 민간 기관에서 설계 및 시공 시 필요로 하는 요소기술개발 중심의 성과물로 구성된 반면, 제안과제는 BIM기반 철도인프라의 생애주기 관리를 위한 기획연구로 서로 상이</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • 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)한국건축 구조기술사회)	<ul style="list-style-type: none"> • 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)	<ul style="list-style-type: none"> • 건축분야의 BIM설계를 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	<ul style="list-style-type: none"> • IFC 관련연구는 건축부분을 중심으로 한정되어 있고, 토목부분에서는 도로 시설물 등에 기초적 연구가 시작단계에 있음 <ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • 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 연간 1조 2,000억원 이상의 예산절감 효과가 기대됨
 - 한국철도시설공단 연간 예산 6조원 × 20% = 1조2,000억원/년
 - 2000년도 1억 달러 규모의 공사에서 설계비 효율 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, 철도 인프라의 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 경쟁력 확보 및 고속화철도시설의 BIM기반 표준운영체계 기술 확보 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 설계 도서 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 BIM도면 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 넘어 서지 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)

- 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	공기단축편 익	유지보수비 절감	수출증대 수입	연차별연구 비
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 관련연
산업의 기술적 파급효과.
2. 경제적/사회적 파급효과란 연구성과의 국산화에 따른 수입대체비용, 성능개선에 따
른 운영비 절감 및 고장예방/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	합	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 관련
 2. 경제적/사회적 파급효과란 연구성과의 공산화에 따른 수입대체비용, 성능개선에 따
 른 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 산업의 기술적 파급효과.
 2. 경제적/사회적 파급효과란 연구성과의 국산화에 따른 수입대체비용, 성능개선에 따른 운영비 절감 및 고장예방/사고감소 등으로 인한 사회적 비용

<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(Breadboard)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 성능시험을 수행하는 단계로서, 체계공학과 개발 관리 신뢰성을 보증하는데 목적이 있음
TRL 8	시험 및 시범을 통해서 실제체계의 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 실제체계의 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

자문의견서		작성 자	소속	배재대학교
			성명	강 보 순
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			
<p>◎ 자문의견</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 기획 자문 의견 ○ 철도특화 BIM 과제이므로 철도분야에 특화된 분류체계 구성이 절실 ○ 전반적으로 과제의 범위가 폭넓게 분포되어 있음 <ul style="list-style-type: none"> => 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		작성 자	소속	서울메트로
			성명	고영환
일시	2013년 7월 2일			
장소	용산역 ITX3회의실			
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획			
내용	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		작성 자	소속	서울메트로
			성명	고영환
일시	2013년 7월 2일			
장소	용산역 ITX3회의실			
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체제 개발 기획			
내용	과제 관련 기획자문회의			
<p>◎ 자문의견</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 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 운영체제의 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. 				

<h1>자문의견서</h1>		작성 자	소속	배재대학교
			성명	구 상 옥
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			
<p>◎ 자문의견</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 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		작성 자	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 유지 보수 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		작성 자	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			
<p>◎ 자문의견</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 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		작성 자	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			
<p>◎ 자문의견</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 기획 자문 의견 ○ As-is문제를 사업관리, 설계생산성, 기술패키징 등으로 구체화하여 수요기술 항목을 도출할 것 ○ Cross rail프로젝트 분석을 통해 연구기간을 단축하고 기술 실용화하고 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	작성 자	소속	빌딩스마트협회
		성명	조 찬 원
일 시	2013년 7월 2일		
장 소	용산역 ITX3회의실		
과제명	철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체제 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		작성 자	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			
<p>◎ 자문의견</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 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		작성 자	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			
<p>◎ 자문의견</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 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	작성 자	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	작성 자	소속	지이오엔터
		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		작성 자	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			
<p>◎ 자문의견</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ R&D 필요성 <ul style="list-style-type: none"> ○ 철도인프라 관리 및 실시간 모니터링 기술 필요 ◆ 비전 및 목표 제시 <ul style="list-style-type: none"> ○ 본 기술개발 사업의 비전이 좀더 현실화 및 구체화 될 필요가 있다고 사료됨 <ul style="list-style-type: none"> - 정보 공유등을 통한 국민 행복 증진 등 ◆ 기타 의견 <ul style="list-style-type: none"> ○ 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		작성 자	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			
<p>◎ 자문의견</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ R&D 필요성 <ul style="list-style-type: none"> ○ 통합 센싱 기술 필요 ◆ 비전 및 목표 제시 <ul style="list-style-type: none"> ○ 철도산업 경쟁력 강화 및 고부가 가치 창출로 창조경제 협력 생태계 조성 ◆ 기타 의견 <ul style="list-style-type: none"> ○ 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		
		차별성	활용여부			
철도인프라 생애주기 관리 통합 운영 시스템 개발	철도인프라 계획/설계/운영/유지관리 등 모든 생애주기단계 정보연계가 가능한 통합적 운영 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 단계별 요소 기술이 아닌 전 생애주기단계 통합관리 운영 체계임. • 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 유효 기술 및 연구 반영	<ul style="list-style-type: none"> ○ 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 방법론 구성 결과 ○ 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 S/W ○ 철도인프라 전생애주기 통합운영시스템 시험절차서/시험성적서 ○ 전생애주기 통합운영체계 시스템 가이드라인 	사회적	<ul style="list-style-type: none"> ○철도인프라 건설 경제성 ○BIM기반의 효율성을 도입 ○국내 개발된 통합운영지니언어 ○전생애주기
					경제적	<ul style="list-style-type: none"> - 미국 Build 고서 손실 - 달러 있음. ○최근 해외 발주에 요구 증 - BIM기 기 통 관련
					기술적	○철도인프라

						<ul style="list-style-type: none"> - 각 상 BIM기 있으 를 활 채 - 이를 선도
BIM 기반 철도인프라 발주 실용화를 위한 정책 및 성과 확산 체계 표준화	철도인프라에 BIM 기반 통합운영체계를 효과적으로 도입되어 실용화시키기 위한 정책 및 확산체계 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존의 BIM관련 정책 및 성과확산체계를 건축 및 건설분야에 특화되어 있음. • 건축 및 건설분야에 비해 융복합적인 철도분야에 BIM이 도입되기 위해서는 기존의 표준, 지침, 법령을 재개정하여 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 	기존 기술을 참고하여 반영가능한 유효 기술 연구 반영	<ul style="list-style-type: none"> ○ BIM 기반 철도인프라 발주 실용화 정책 ○ 관련 표준, 지침, 법령 재개정안 ○ BIM 기반 철도인프라 성과확산체계 ○ 지침 활용 방안 및 효과성 평가모델 결과 	<ul style="list-style-type: none"> 사회적 경제적 기술적 	<ul style="list-style-type: none"> ○발주 실용화 산체계 라 생태계 ○표준/지침 생태계 ○표준/지침 철도인프라 및 효과 ○발주 실용화 산체계 적 기반 확보로
철도인프라 BIM기반 실무 프로세스	철도인프라의 효율적인 작업 프로세스 실행 및 관리 지원을 위한	<ul style="list-style-type: none"> ○ BIM과 PLM기술을 기반으로 한 철도 프로세스 수행체계 개발임 • 기존의 BIM 기술은 건축에 특화되어 있음 	기존 기술을 참고하여 반영가능한 유효 기술 및	<ul style="list-style-type: none"> ○ 철도 BIM 수행 프로세스 체계 개발 ○ 철도 BIM 전생애주기 차원 프로세스 R-PLM 협업 시스템 개발 	사회적	<ul style="list-style-type: none"> ○철도 건설 건설 경제 ○BIM기반 를 도입 개선

및 수행체계 기술개발	BIM기반 프 로세스 수행/ 관리 기술 개 발	<ul style="list-style-type: none"> • 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 PLM 기술을 기반으로 철도 프로세스 수행 지원체계를 개발하고자 하는 과제이므로 차별됨 	연구 반영	<ul style="list-style-type: none"> ○ 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 지침 및 며 이를 산업의 현	
					경제적	<ul style="list-style-type: none"> ○철도 엔지니어링 한 작업 - 영국 BIM과 전보 2809 고향 - 참고 2012 도면 ○최근 해외 사업 발 획 및 있음 - 철도 행 및 엔지 시장 - 이는 시장 철도 및 컨 효과 기대
		<ul style="list-style-type: none"> ○ 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 			기술적	○철도 건설 술을 개발

						<ul style="list-style-type: none"> - 미국성 (2004 Billion 정보 등을 ○국내 철도에 필요한 - 선진기준인 planr 등 안 활용는 자로 0
<p>철도인프라 환경 및 경제성 분석 기술 개발</p>	<p>철도인프라 공사·공종별 생애주기에 걸친 환경부하 및 비용편익 분석을 위해 BIM 기반을 연계한 환경·경제성 평가 S/W 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 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 데이터를 하나의 워크벤치에서 통합하여 분석하고, 사용자 인터페이스를 일관성 있게 구성하여 분석 결과물의 활용성을 높이고 BIM기반 통합시스템에 입력자료로 활용이 가능 	<p>기존 기술을 참고하여 반영가능한 유효 기술 및 연구 반영</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 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 비용 효율 최적화 ○ 해외기술 및 대체가능한 환경·경제적 효율적 모듈 국산화를 통한 기술료 절감 및 수입대 	<p>사회적</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○BIM 기반한 국제를 위한 평가관 ○철도인프라 압력증가 성능 및 가상공간라 생애가 및 폐기단계 폐기물
					<p>경제적</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○공사/공종는 철도관리체계 비용효율

		<p>하도록 데이터 형식을 일치화 함으로서 생애주기에 따른 변 화를 효과적으로 파악할 수 있음</p>		<p>체 효과 기대</p>	<p>기술적</p>	<p>○철도인프 성 향상 을 이용 치 도출</p>
--	--	--	--	----------------	------------	---

2세부과제 : 철도인프라 정보모델 기술

세부과제	주요내용	기존 기술의 차별성 및 활용여부		최종성과물	
		차별성	활용여부		
철도인프라 개방형 국제표준 기반 데이터 모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> •철도인프라의 정보통합을 위한 기본 기술의 정립 •철도인프라 데이터 모델의 개발 •철도인프라 데이터 모델의 검증 및 보완 	<p>○ 대상상이</p> <p>-철도(지반, 궤도, 교량, 터널, 전기, 신호, 통신)의 물리적, 공간적 구성요소 개발(객체항목 및 속성)이나, 기존과제는 건축에 한정</p>	<p>기존 기술을 참고하여 반영가능한 유효 기술 및 연구 반영</p>	<ul style="list-style-type: none"> ·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 	<ul style="list-style-type: none"> ·철도인프라 전 생애 상호운용성 확보의 ·유지관리/자산관리를 위한 기본 프레임 ·시설물/시설물 구성 기본 문서 ·철도인프라 정보모델 ·국제적 협업 / 기술력 대한 정보학적 극복 ·철도인프라 데이터 국제표준으로의 활용