

건설교통연구기획사업

R&D / 12-연구기획-33

고속철도망 건설 및 운영비용 절감을 위한 고속차량 능동제어기술 개발 기획보고서

2012. 9.

주관연구기관 / 동국대학교
공동연구기관 / 한국철도기술연구원

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 건설교통연구기획사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 건설교통연구기획사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

제 출 문

국토해양부장관 귀하

이 보고서를 “고속철도망 건설 및 운영비용 절감을 위한 고속차량능
동제어 기술 개발 기획”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2012. 9.

주관연구기관명 : 동국대학교

주관연구책임자 : 박문규

연 구 원 : 김홍수

” : 양동호

” : 이재하

” : 이상우

” : 전형진

공동연구기관명 : 한국철도기술연구원

공동연구책임자 : 이수길

보 고 서 요 약 서

과제고유번호	33	해 당 단 계 연 구 기 간	2012.4.15 ~ 2012.9.14	단 계 구 분	1/1
연 구 사 업 명		2012 건설교통연구기획사업			
연 구 과 제 명	세부과제명	고속철도망 건설 및 운영비용 절감을 위한 고속차량능동제어기술 개발 기획			
연 구 책 임 자	곽문규	해당단계 참 여 연구원수	총 : 7 명 내부 : 7 명 외부 : - 명	해당단계 연 구 비	정부: 50,000천원 기업: - 계 : 50,000천원
		총연구기간 참 여 연구원수	총 : 7 명 내부 : 7 명 외부 : - 명	총연구비	정부: 50,000천원 기업: - 계 : 50,000천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	동국대학교 기계공학과		참여기업명	-	
국제공동연구	상대국명 : -		상대국연구기관명 : -		
위 탁 연 구	연구기관명 : 한국철도기술연구원 연구책임자 : 이수길				
요 약				보고서 면수	269p
○ 신규 고속철도 및 기존 건설된 일반철도 선로의 고속화 운영을 효율적으로 달성하기 위하여 차량의 고속주행안정성, 곡선부 주행성능, 승차감 성능향상이 가능한 고속차량 능동제어 기술개발 기획 ○ KTX 고속철도망 확충계획 및 일반철도 건설선 250km/h급 고속화 추진전략에 따라 고속철도노선에서의 최고속도향상과 일반철도 노선의 평균속도향상을 확보할 수 있는 경제적 고속화 서비스 기술 연구가 필요함. ○ 국내에서 기 확보된 200km/h급 준고속틸팅기술을 기반으로 고속주행안전성 및 곡선부 추종 성능을 동시에 만족할 수 있는 최적화된 고속열차 능동서스펜션 핵심기술 확보가 절실함. ○ 고속철도 운행노선의 다양화를 위해 일반철도와 고속선을 직결운행할 수 있는 다목적형 고속열차 차량기술이 요구됨. ○ 능동제어열차 기술개발을 통해 지역간 균형발전을 도모할수 있으며, 국가기간산업인 철도산업을 단기간 신 성장 동력화하기 위해서는 정부의 전략적 접근 및 집중적 지원이 필요 ○ 철도차량 능동제어기술의 적용성 검토 연구 - 고속열차 직결운행 노선 운영 시나리오 검토 - 고속열차 운행기반 직결연계 교통수요 예측연구 ○ 철도차량 주행 및 승차감 향상 능동서스펜션 최적화 기술 - 고속화 주행안정성 향상 능동 서스펜션 기술 - 고속화 곡선부 주행성능 향상 능동 서스펜션 기술					

- 고속화 집전성능향상 능동 서스펜션 기술 - 고속화 틸팅관절대차 기술 - 능동제어시스템 컨트롤러, 센싱, 통신네트워크 기술 ○ 고속화 철도차량과 인프라 시스템간 상호 능동제어기술 적용 I/F 검토 - 궤도 구조물과의 능동제어기술 적용 효과 - 전차선로 구조물과의 능동제어기술 적용 효과		
색 인 어	한글	고속철도차량, 능동제어, 승차감, 진동성능, 주행안정성, 틸팅관절대차
	영어	High speed train, Active control, Ride comfort, Vibration performance, Tilting articulate bogie, Running stability

< 목 차 >

요약문	i
1. 기획 필요성	1
1.1 기획 배경	2
1.2 기획 목적 및 추진방향	5
2. 기술개발 동향 및 환경분석	8
2.1 국내외 정책·시장·기술 동향분석	8
2.2 국내외 기술개발 현황 및 국내 기술 인프라·기술 인력 현황	20
2.3 기술수요 및 기술예측 조사	71
2.4 기술개발 추진방향	72
2.5 특허 및 논문동향 분석	74
3. 기술개발 전략 수립	193
3.1 비전 및 기술발전 시나리오	193
3.2 후보과제 도출	195
3.3 후보과제 우선순위 선정	196
3.4 과제 연구수행 체계 및 후보과제 과제카드	197
4. 연구 목표 및 범위	202
4.1 목표, 연구범위	202
4.2 세부과제별 연구내용	204
4.3 세부과제별 연차별·단계별 성과목표 및 성과지표	206
5. 연구목표 달성을 위한 추진방안	215
5.1 기존 기술·인프라 등의 활용 및 연계 방안	215
5.2 연구추진체계	217
6. 연구성과 활용방안 및 실용화 추진방안	220
6.1 성과분석 및 검증방안	220
6.2 실용화 방안	220
7. 인력투입 계획 및 소요예산 산정	223
7.1 연구일정 및 인력투입계획	223
7.2 과제별 소요예산	226
8. 연구개발 사전 타당성 조사	228

8.1 정책적 타당성	228
8.2 기술적 타당성	239
8.3 경제적 타당성	241
9. 과제 RFP 및 평가기준	247
9.1 본과제 RFP	247
9.2 연차별 연구성과 평가방법 및 기준 설정	263
9.3 성과분석 및 검증방안	267

< 표 차례 >

표 2.1	국외 철도 정책 동향	9
표 2.2	거대지역권 경쟁력 비교	9
표 2.3	철도기술 시장의 분야별 규모	16
표 2.4	철도기술 시장의 지역별 규모	16
표 2.5	향후 철도기술 3개 분야 전체시장전망	17
표 2.6	운영기관 현황	18
표 2.7	국내 도시철도 및 경량전철 건설 중인 노선 현황	19
표 2.8	국내 도시철도 및 경량전철 건설예정노선(향후 10년 이내)	19
표 2.9	제어패턴과 제어대상 모드	35
표 2.10	주행시험의 평가 구간	35
표 2.11	유/공압 방식과 전기-기계식 구동 장치의 장·단점	44
표 2.12	TGV와 능동차체제어 열차 TGV-P 투입 시 비교	46
표 2.13	최신 고속차량 능동제어 운영 현황	49
표 2.14	KTX-TTX 차량제원 비교	54
표 2.15	대차시스템 주요기능품 비교분석	55
표 2.16	KTX 고속열차 틸팅적용(안) 검토	61
표 2.17	고속열차 능동틸팅제어 시스템 비교	68
표 2.18	철도차량 능동제어 SWOT 분석	72
표 2.19	특허 검색 DB 및 검색범위	75
표 2.20	논문 검색 DB 및 검색범위	76
표 2.21	분석대상 기술분류	77
표 2.22	분석대상 기술분류기준	78
표 2.23	기술분류체계에 따른 최종 검색식	80
표 2.24	유효 특허 및 논문 선별 기준	82
표 2.25	고속차량능동제어기술의 유효특허 및 논문 선별결과	83
표 2.26	IP로 본 각국의 질적 수준 및 시장	96
표 2.27	경쟁자 Landscape	99
표 2.28	세부기술 a1 시장점유율 분석	114
표 2.29	세부기술 a2 시장점유율 분석	115
표 2.30	세부기술 b1 시장점유율 분석	116
표 2.31	세부기술 b2 시장점유율 분석	116
표 2.32	세부기술 c1 시장점유율 분석	117
표 2.33	세부기술 c2 시장점유율 분석	118
표 2.34	IP로 본 각국의 질적 수준 및 시장	120
표 2.35	주요 저자별 Landscape	123
표 8.1	도로·철도시설의 국제비교	234
표 8.2	교통수단별 장래 여객수송 수요	234
표 8.3	교통수단별 장래 화물수송 수요	235

표 8.4	국토해양부 2011년도 성과계획	237
표 8.5	국토해양부 2011년도 부문별 예산 현황	239
표 8.6	전철화 건설 추진계획	243

< 그림 차례 >

그림 1.1 고속화철도차량용 능동제어시스템 구성(예)	3
그림 2.1 해외 지능형 고속열차 기술개발 현황	10
그림 2.2 고속철도 성능 고도화 및 운영 효율화 문제점	12
그림 2.3 국가철도망 구축계획	14
그림 2.4 철도기술 시장의 분야별 비율(%)	16
그림 2.5 능동현가시스템 적용 신간선 열차	21
그림 2.6 스미토모고속 능동현가시스템	21
그림 2.7 능동제어 현가시스템 적용시의 승차감 개선효과	22
그림 2.8 가와사키중공업의 능동현가 액추에이터와 승차감	23
그림 2.9 능동현가시스템 적용에 따른 승차감 개선(독일 DB)	23
그림 2.10 독일 DB 능동현가시스템 액추에이터 및 진동제어 효과	24
그림 2.11 댐퍼의 감쇄력 변경에 대한 차체굽힘진동과 승차감 지수	27
그림 2.12 능동 일차상하현가장치 시스템의 설치 구조	28
그림 2.13 능동 일차상하댐퍼 구조	29
그림 2.14 능동 일차상하현가장치 설치	29
그림 2.15 능동 일차상하현가장치 채용 시 신간선 차량의 현차시험 결과	31
그림 2.16 시험결과의 승차감지수 비교(차체 중앙부 바닥)	32
그림 2.17 현차시험에서 차체 중앙부에 대한 승차감 지수	32
그림 2.18 능동 2차상하현가장치의 제어 시스템	33
그림 2.19 능동 2차상하현가장치 시스템	33
그림 2.20 능동 2차상하현가장치의 차량에 취부	34
그림 2.21 감쇄제어 유무에 의한 차체 상하진동(주행속도 92KPH, 구간a)	36
그림 2.22 감쇄제어 유무에 의한 차체 상하진동(주행속도 83KPH, 구간b)	37
그림 2.23 감쇄제어 유무에 의한 승차감지수 보정 상하진동	38
그림 2.24 감쇄제어 유무에 의한 차체 상하진동(주행속도 103KPH, 구간c)	39
그림 2.25 감쇄제어 유무에 의한 물진동 저감 효과(주행속도 42KPH, 구간d)	40
그림 2.26 신간선 현차 주행시험 결과(차체 중앙부 진동가속도 PSD)	41
그림 2.27 독일 봄바르디어사의 메카트로닉 보기	42
그림 2.28 메카트로닉 보기의 주행성능 향상을 위한 능동 제어실험 결과	43
그림 2.29 REGINA 250과 능동액추에이터 실물	45
그림 2.30 봄바르디어사의 ALS 시스템	45
그림 2.31 New Pendolino	46
그림 2.32 ET411/ET415 능동제어 차량	47
그림 2.33 고속신간선 열차(Fastech 360, N700)	48
그림 2.34 클래스 390 팬도리노	48
그림 2.35 TGV의 중간 객차 2대 사이의 관절대차	51
그림 2.36 TGV의 틸팅 원리 (일반 TGV/틸팅 TGV)	52
그림 2.37 틸팅 시범 열차 (볼스타-객차간 연결 부분 변경 사항)	52

그림 2.38 TGV Atlantique의 공기스프링 장치 컨셉	53
그림 2.39 KTX 고속열차와 TTX 틸팅열차의 차체 외형도	56
그림 2.40 Sledge 장치의 설치도	57
그림 2.41 KTX 고속열차의 차체 6° 틸팅운동	57
그림 2.42 KTX 고속열차의 객차대차에 틸팅장치 적용 개념설계	58
그림 2.43 대차의 사이드 프레임과 트랜스부 형상	59
그림 2.44 KTX 고속열차 대차프레임 형상	59
그림 2.45 KTX 고속열차와 TTX 틸팅열차의 대차프레임 형상	59
그림 2.46 Breknell, Wills사의 판토크래프의 팬 헤드	62
그림 2.47 팬헤드제어의개념도	63
그림 2.48 Faievely사의 능동판토크래프	64
그림 2.49 신칸센 500계의 윈 판토크래프	65
그림 2.50 능동형 판토크래프기술	66
그림 2.51 캐나다 봄바디어사의 ECO4 Train	67
그림 2.52 ECO4 Train의 경량화 및 지능화 대차 설계기술	67
그림 2.53 한국형 고속열차에 시도된 반능동 댐퍼시스템	70
그림 2.54 전체 연도별 동향	88
그림 2.55 주요시장국 내·외국인 특허출원현황	90
그림 2.56 연도별 주요시장국 내·외국인 특허출원현황	90
그림 2.57 국가별 기술위치 포트폴리오	92
그림 2.58 IP로 본 각국의 질적 수준 및 시장 확보력	97
그림 2.59 세부기술별 추세선 분석	102
그림 2.60 세부기술별 추세선 분석	103
그림 2.61 세부기술별 점유율 분석	106
그림 2.62 시장별 세부기술 동향	108
그림 2.63 세부기술별 주요 출원인 기술 동향 분석	109
그림 2.64 세부기술별 주요 포트폴리오	111
그림 2.65 세부기술별 주요 포트폴리오	112
그림 2.66 세부기술별 주요 포트폴리오	113
그림 2.67 전체 연도별 동향	119
그림 2.68 IP로 본 각국의 질적 수준 및 시장 확보력	120
그림 2.69 세부기술별 논문 발표 동향	122
그림 2.70 주요저자의 년도별 논문 발표 현황	123
그림 2.71 주요저자의 분야별 발행 건수 현황	124
그림 2.72 논문과 특허의 분야별 비교	125

요 약 문

I. 제 목

- 고속철도망 건설 및 운영비용 절감을 위한 고속화차량능동제어 기술 개발 기획

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 목적
 - KTX 고속철도망 확충계획 및 일반철도 건설선 250km/h급 고속화 추진전략에 따라 고속철도노선에서의 최고속도향상과 일반철도 노선의 평균속도향상을 동시에 확보할 수 있는 경제적 고속화 서비스 기술로서 고속차량능동제어 기술개발연구가 필요함.
 - 신규 고속철도노선 및 기존 건설된 일반철도 선로의 고속화 운영을 효율적으로 달성하기 위하여 고속선과 일반선로를 혼용하여 운행할 수 있는 첨단 KTX 고속철도 차량기술이 요구됨.
 - 따라서 기존 KTX고속열차의 고속주행안정성, 곡선부 주행성능, 승차감, 집전 성능 성능향상을 추가적으로 달성할 수 있는 KTX 고속차량 능동제어 기술개발이 시급히 요구됨.
- 필요성
 - 국내에서 기 확보된 200km/h급 준고속 능동형 톨팅기술의 고속주행안정성 및 곡선부 주행성능을 동시에 만족할 수 있는 최적화된 고속열차 능동서스펜션 핵심기술 확보가 절실함.
 - 고속철도 운행노선의 확대 이전에 일반철도노선 구간에서의 속도 향상 및 고속선 운행시 발생할 수 있는 문제점들을 해결할 수 있는 지능형 고속열차의 차량기술이 요구됨.
 - 지능형고속열차의 능동제어 기술개발을 통해 고속철도 운행 노선 건설 이전에 열차의 속도를 향상시켜 지역 간 균형발전을 도모할 수 있음.
 - 국가기간산업인 철도산업을 단기간 신 성장 동력화하기 위해서는 정부의 전략적 접근 및 집중적 지원이 필요

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 기술개발 동향 및 환경 분석
- 연구개발 사전 타당성 조사
- 기술개발과제의 최종목표 및 범위 설정
- 세부과제, 추진전략, 추진체계, 소요예산 도출
- 본 과제 공모를 위한 RFP 도출

IV. 연구개발 결과

- 기술 동향 및 특허 분석
 - 고속화 차량 능동제어 기술과제는 능동형 차체제어, 능동형 집전성능 제어 개발을 주요 목표로 하는 것
 - 고속화 차량 능동제어 기술 분야에서 한국의 출원 점유율은 다른 주요국과 비슷한 상태를 보이고 있으므로 양적으로는 일정 수준의 성장을 이뤘다고 볼 수 있으나, 외국 출원, 패밀리수, 시장확보지수, 피인용지수 등을 고려할 때 질적 수준이 아직 낮은 것으로 판단됨.
 - 따라서, 양적 수준을 유지함과 더불어 기술의 질적 수준을 향상시키기 위해 지속적인 연구 개발과 투자가 필요함
 - 고속화 철도 능동제어 관련 기술 중, 능동형 현가 시스템의 경우 한국, 미국, 일본 및 유럽 모두가 많은 출원수를 확보하고 있을 뿐만 아니라 지속적인 증가세 있는 것으로 미루어볼 때 해당 기술분야에서의 기술 수준을 유지하기 위한 꾸준한 연구 개발과 투자가 필요함.
 - 또한, 능동형 현가 시스템, 능동형 판토품, 능동형대차 제어 분야는 특허 점유율 측면에 낮기 때문에, 집중적인 연구 개발이 이뤄질 경우 해당 분야에서 기술 경쟁력을 갖고, 시장을 선점할 수 있음.
 - 특허분석 결과, 개량특허가 우선적으로 가능하며 해외특허 출원 가능
 - 기존 연구사례와의 중복성은 없음
- 정책적/기술적/경제적 타당성 검토
 - 정부 녹색성장 국민 삶의 질 향상, 국토해양부 연구개발 정책 및 TRM에 부합
 - 해외 능동제어 사례, 기술적 검토 분석 결과, 기술적 우수성, 개발 가능성 증대

- 경제적 효과 기대, 진동승차감 향상 기대, KTX 고속화를 대비한 기반기술 확보

○ 기술개발(안) 도출

구분	내용
목표	- 고속화 철도차량의 운행 효율 향상을 위한 철도차량용 능동 상하 현가장치, 능동형 판토틀라프, 능동형틸팅시스템 기술개발 - 철도차량 열차운행의 고속화를 위한 능동상하현가장치 핵심기술개발 - 주행안정성 향상 및 승차감 향상을 위한 능동 1차, 2차 현가시스템 기술개발 - 철도차량 열차운행의 고속화를 위한 능동 판토틀라프 핵심기술개발 - 집전성능 향상을 위한 능동집전제어기술개발 - 곡선부 주행성능 향상을 위한 능동틸팅관절대차 기술개발 - 철도차량 주행 향상을 위한 전차선 인터페이스 향상기술개발
주요 연구 내용	- 고속화 철도차량의 운행 효율 향상을 위한 능동 상하 현가장치 기술개발 - 목표성능 달성을 위한 대용량 고속화 철도차량용 능동제어시스템 요소 부품별 상세사양 도출 - 고속화 철도차량용 능동 상하 현가 시스템 장착 철도차량 동특성 해석 - 능동 상하 현가 시스템상세설계 - 능동 상하 현가 시스템 대상 차량 인터페이스/개량설계 - 능동 상하 현가 시스템 시제품 제작 - 능동 상하 현가 시스템 제작 및 시험평가 - 대상 차량 개량 및 품질시험 - 철도차량용 능동 상하 현가 시스템 시제 단품 성능시험 - 철도차량용 능동 상하 현가 시스템 주행시험대 시험 및 평가 - 성능시험 분석 결과에 따른 고속철도차량용 능동 상하 현가 시스템 현차적용시험 - 능동 상하 현가 시스템 표준설계 사양서 - 고속철도차량의 운행 효율 향상을 위한 능동 판토틀라프 기술개발 - 고속철도차량용 능동 판토틀라프 모델링 및 기초해석 - 고속철도차량용 능동 판토틀라프 장착 철도차량 동특성 해석 - 능동 판토틀라프 상세설계 - 능동 판토틀라프 시제품 제작 - 판토틀라프 제작 및 시험평가 - 판토틀라프 시제 단품 성능시험 - 능동 판토틀라프 주행시험대 시험 및 평가 - 성능시험 분석 결과에 따른 고속철도차량용 능동 판토틀라프 현차적용시험 - 능동 판토틀라프 표준설계사양서 - 고속화 철도차량의 운행 효율 향상을 위한 능동틸팅관절대차 기술개발 - 철도차량용 능동 틸팅관절대차 모델링 및 기초해석

	- 철도차량용 능동 틸팅관절대차 장착 철도차량 동특성 해석 - 능동 틸팅관절대차 상세설계 - 능동 틸팅관절대차 시제품 제작 - 능동 틸팅관절대차 시제 단품 성능시험 - 능동 틸팅관절대차 주행시험대 시험 및 평가 - 성능시험 분석 결과에 따른 고속철도차량용 능동 틸팅관절대차 현차적용시험 - 능동 틸팅관절대차 표준설계사양서
예산, 기간	- 소요예산: 21,900,000천원(정부: 16,400,000천원, 민간: 5,500,000천원) - 연구기간: 5년(2013~2018)
과제유형	연구단과제 및 일반과제
추진체계	산학연 공동연구 추진

V. 최종성과물, 활용 계획, 기대성과

○ 최종성과물

- 철도차량용 능동 상하 현가 시스템 시작품
- 철도차량용 지능형 능동 상하 현가 시스템 인터페이스 기술 도면
- 철도차량용 지능형 능동 상하 현가 시스템 성능시험 절차서
- 철도차량용 지능형 능동 상하 현가 시스템 본선시험 절차서
- 철도차량용 지능형 능동 상하 현가 시스템 표준사양서
- 철도차량용 능동 판토틀라프 시작품
- 철도차량용 능동 판토틀라프 인터페이스 기술 도면
- 철도차량용 능동 판토틀라프 성능시험 절차서
- 철도차량용 능동 판토틀라프 본선시험 절차서
- 철도차량용 능동 판토틀라프 표준사양서
- 철도차량용 능동 틸팅관절대차 시작품
- 철도차량용 능동 틸팅관절대차 인터페이스 기술 도면
- 철도차량용 능동 틸팅관절대차 성능시험 절차서
- 철도차량용 능동 틸팅관절대차 본선시험 절차서
- 철도차량용 능동 틸팅관절대차 표준사양서

○ 활용계획

- “고속철도차량용 능동제어시스템(상하현가시스템, 능동판토포그래프, 능동틸팅관절대차)기술개발” 연구개발사업 기획안으로 활용
- 고속열차의 대차시스템 및 판토포그래프 시스템의 구조적 특성과 용량은 크게 바뀌지 않으면서 제어기법을 유효하게 활용할 수 있는 알고리즘 및 기법의 개발을 통하여 열차추행 및 집전성능장치에 대한 최소한의 보안을 통한 능동제어를 구현
- 능동제어시스템의 단품 및 조합시험은 과제 범위에서 가능하며, 현차 검증시험의 경우 200km/h 이상의 고속열차가 필요함. 이에 현차 검증시험에서 차세대 고속열차(HEMU)의 활용이 가능하며, 한국형 틸팅열차도 현차 검증 시험이 가능함
- 상기와 같은 현차검증 시험 1년 동안의 주행 데이터를 확보한 후 참여기업인 철도공사에서 최종 적용차량을 선정하고 실용화를 추진할 계획임.

○ 기대효과

- 고속철도차량 능동제어기술의 개발로 차량의 주행안정성 및 승차감과 안전성이 향상되어 철도교통에 대한 대국민 신뢰 회복과 친환경적이며 안전한 철도중심의 교통체계가 구축되어 국가 녹색성장에 발판이 됨
- 한국형 고속철도 능동제어기술의 선진화 기술 확보로 유사한 규모나 경제수준의 국가에 대한 해외수출이 유리하며, 고속차량의 개발, 고속철도의 건설, 철도의 운영 및 유지관리 경험과 함께 고속철도유지관리 기술의 핵심인 능동제어기술을 결합하여 명실상부한 철도선진국으로 도약
- 지속적으로 발생하고 있는 고속철도차량의 운행 장애를 최소화하여 철도안전사고 감소 및 국민의 안전 확보
- 능동제어 원천기술을 이용한 대차 및 하부기기 시스템 구축으로 인한 KTX 차량 가용성 증가로 향후 요구되는 예비편성 수량 감소, 비용절감 및 승객 편의성 증대
- 고속철도 안전요구사항 및 규격 관련 대응 기술로서, 정부지원의 기술개발로 국내 고속철도차량의 안전성 향상 및 해외 진출 지원 필요

1. 기획 필요성

- 철도차량은 대용량의 대중교통시스템으로 수요가 한정되어 있으며, 개발에서 적용까지 많은 기간이 소요됨. 그러나 철도차량은 환경친화적인 녹색수송시스템으로서 현재 그 수요가 매우 증가되고 있으며, 향후로도 이 추세는 계속될 것임. 그에 따라 승객의 요구는 점차 고급화 될 것이며, 고급화 중에서도 가장 중요한 요소인 양질의 승차감에 대한 요구는 필연적인 것으로서 향후 철도차량 산업의 핵심적인 경쟁요소가 될 것이며, 조기에 개발에 성공할 경우 다른 나라와의 경쟁에서 우위를 점할 수 있음.
- 철도선진국이라 할 수 있는 일본이나 유럽의 여러 나라는 이미 고속열차에 능동형 현가기술을 적용하고 있으며, 우리나라와 유사한 수준을 유지하고 있는 중국 또한 능동형 현가기술 개발에 전력을 다하고 있음. 우리나라도 철도차량용 관련하여 해외에 적극적으로 진출하기 위해서는 또한 동 기술의 개발이 시급한 시점임.
- 국내에서 기 확보된 200km/h급 준고속틸팅기술의 고속주행안전성 및 곡선부 추종성능을 동시에 만족할 수 있는 최적화된 고속열차 능동서스펜션 핵심기술 확보가 절실함.
- 국토해양부가 추진하고 있는 고속철도망 구축 및 일반철도 고속화 방안에 크게 기여할 수 있으며, 철도에 의한 국토통합으로 지역갈등이라는 고질적 사회문제 해소할 수 있음
- 능동형 현가장치 기술은 철도차량을 이용하는 승객에게 양질의 서비스를 제공하기 위한 고급기술로서 철도를 이용하는 국민에게 양질의 서비스를 제공하는 것은 정부의 역할 중의 하나이므로 정부의 지원이 필수적임.
- 철도차량은 녹색수송시스템으로서 지식경제부에서 추진하고 있는 산업원천 전략기술에 크게 부합하는 산업분야임. 따라서 정부의 지원이 필수적임.
- 곡선부에서의 횡방향 승차감 향상을 위한 능동형 현가장치 기술은 일본 및 유럽의 선진 철도국에서는 이미 오래 전에 개발된 기술로서, 일본의 경우에는 10여 년 전부터 신간선 철도차량에 적용하여 실용화 된 기술임.
- 철도차량의 고속화와 더불어 기존의 곡선반경을 가진 곡선부에서 철도차량의 속도를 향상시킬 경우 틸팅시스템에 의해 제어되는 준정적 가속도 성분 이외에 승차감에 영향을 주는 동적 가속도 성분이 증가됨으로써 필연적으로 승차감에 저하를 가져오게 됨. 따라서 철도차량의 속도를 향상시키는 동시에 양질의 횡방향 승차감을 확보하기 위해서는 능동형 현가장치의 도입이 필수적임.

- 능동현가장치를 가장 많이 채택한 나라는 일본과 독일, 스웨덴 및 프랑스 등임. 선진국들에서의 능동현가장치 채택 상황 및 적용 추세를 보면 앞으로 철도차량에 능동현가장치가 얼마나 많이 도입될지의 추정이 가능함.
- 최근 일본에서 선두차량과 특실에 능동현가장치를 적용하였음. 이는 철도차량의 고속화에 따라 승차감 확보를 위하여 더 우수한 현가장치를 채용하는 전망을 보여 주는 사례이며, 과거 일부차량에만 적용되었던 능동현가장치 적용이 일반화되어 가는 추세임.
- 일본의 경우, 능동현가장치의 적용 초기에는 반능동현가장치 만을 적용하였으나, 지속적으로 속도 향상이 이루어지고 있는 현재에는 능동현가장치의 적용이 점차 확대되는 추세임. 최근에 개발된 최대 운전속도가 360km/h급인 FASTECH360에는 전자기식 선형액추에이터의 능동현가장치를 장착하였음.
- 고속철도차량의 수명은 장거리 운행 및 최고의 요구 성능으로 약 25~35년으로 간주함. 현재 고속철도의 도입이 활성화된 지 많은 시간이 지나지는 않았으나, 앞으로 고속철도차량이 그 수명을 다하여 새로운 열차가 투입될 때에는 고속철도차량에 능동현가장치를 채택할 가능성이 매우 높은 것으로 전망됨. 또한, 신규로 투입될 열차들은 일본이나 스웨덴 등의 경우에서 보는 바와 같이 능동현가장치를 채용할 가능성이 매우 크고 점점 증가하고 있는 추세임.
- 철도 시스템이 고속화됨에 따라 기존의 가선계 및 판토타그래프의 한계는 점점 명확해지고 있으며 이를 극복하기 위한 하나의 방법으로 능동 판토타그래프에 대한 관심이 고조되고 있음. 능동제어를 통해 집전판의 압상력을 일정하게 유지하면 이선을 방지하고 아크나 스파크의 발생을 배제시켜 안정적인 전류 공급 및 집전판의 마모를 줄일 수 있기 때문에 고속철도용으로 각국에서 개발이 추진중임

1.1 기획 배경

- 철도 교통은 환경 친화적인 녹색수송교통시스템으로서 장점과 중요성이 더욱 더 부각되고 있다. 최근 고속화 경향과 더불어 승객을 쾌적하고 편안하게 해주는 철도차량 기술의 발전이 철도차량 산업의 핵심 경쟁요소가 되고 있다. 특히, 미래 철도차량기술은 기존 철도차량의 주행성능의 한계를 극복하기 위하여 능동제어기술을 응용하고 있다. 응용분야로 능동현가, 능동조향, 능동판토, 능동제동, 능동틸팅 등으로 구성되고 이중 승객 서비스와

밀접한 능동현가시스템은 차량의 고속화로 악화되는 승차감을 혁신적으로 향상시킬 수 있는 핵심기술이라 할 수 있다. 또한 능동판토는 현재 고속 철도 차량에 도입이 절실히 요구되는 기술로서 철도 차량의 고속화에 있어 반드시 해결해야할 과제이다.

- 고속철도차량의 능동제어기술 적용의 한 예로 횡방향 승차감을 향상시키기 위한 횡방향 능동현가시스템과 상하방향 승차감을 향상시키기 위한 상하방향 능동현가시스템을 그림 1.1에 나타내었다. 철도선진국이라 할 수 있는 일본이나 독일, 스웨덴 등의 여러 나라는 이미 고속열차에 능동 혹은 반능동형 현가기술을 적용하고 있으며, 우리나라와 유사한 기술수준을 보유하고 있는 중국 또한 능동 현가기술 개발에 대한 연구가 활발하다. 이는 기술 개발 성공 시 기존 차량 대비 성능 우위와 경제적 부가가치를 높일 수 있는 철도차량 미래 핵심기술로서 미래 철도차량기술 선점측면에서 선행 연구를 수행하고 있다.

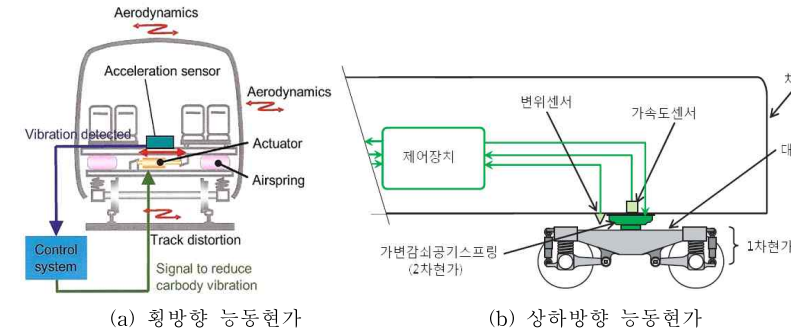


그림 1.1 고속화철도차량용 능동제어시스템 구성(예)

- 선로-차량 인터페이스 최적화 : 가볍지만 튼튼한 차량이 정밀하게 시공되고 면밀한 유지보수를 거친 선로에서 주행하며, 주행에너지 소모 및 선로 유지보수 비용 및 진동, 소음을 줄일 수 있음.
- 신뢰도 향상 및 시스템의 지능화 : 인프라 및 차량 분야에 있어 세계적 수준의 신뢰성 확보, 선로 변 설비를 최소화 한 인프라 디자인, 초기 고장을 예견하고 인프라와 차량 간에 상호 모니터링을 통한 지능형 승차감향상 능동제어기술이 가능함.
- 단순하고 유연하며, 정확도가 높은 제어시스템 : 통신기반 차상 신호를 통하여 인프라의

복잡성과 고비용 구조를 낮추며, 지능화된 관리(intelligent management) 방법을 도입하여 네트워크상에서 열차 이동을 정밀하게 제어함. 이를 통해 불필요한 정차를 감소하고 운전 상황에 적합한 속도제어로 열차의 고속화 효율성을 높이며, 가능한 한 철도용량을 최대로 사용하는 것이 가능하게 됨.

- 견인력과 에너지 사용의 최적화 : 전철화 네트워크 또는 차상 에너지 저장장치를 활용하여 모든 열차에서 회생 제동 사용, 에너지 저장 장치 또는 필요한 곳에서만 차상동력을 활용함으로써 가선유무에 관계없이 운전할 수 있는 고속 열차의 운행
- 안전/보안 및 공공보건의 통합 고려 : 철도운영체계 범위 내에서 장애 또는 비정상적인 움직임을 자동적으로 탐지하며, 안전/보안상의 위협에 반응하는 관리시스템의 성능 향상, 공공 보건의식이 향상됨에 따라 차체 재료 및 공기 정화 시설 등에 대한 인식 강화
- 승객관점의 서비스 기능 강화 : 승객들의 전 통행시간 동안 양질의 정보서비스를 제공하기 위해 승차권 발권, 승객들의 통행 흐름, 열차 이동 및 열차 탑승률 등과 같은 자료(data) 관리 시스템을 개발함으로써 저렴한 열차 옵션, 좌석의 이용가능성, 선택할 수 있는 서비스 대안, 통행노선 및 수단(버스/택시 등 경쟁관계에 있는 포함) 정보 등을 제공함. 또한 비정상적인 교통 또는 승객 흐름 발생 시 이와 같은 정보를 활용하여 적절한 해소 방법을 제시함.

1.2 기획 목적 및 추진방향

(1) 연구목표 및 연구내용

연구목표	주요 연구내용
▪ 기술개발 전략 수립	▪ 철도산업 및 기술의 동향조사 및 환경분석 주요국의 철도기술 R&D 정책방향, 투자현황 등 외부환경분석 국내 철도기술 R&D수준 및 육성방안 등 내부환경 분석 특허분석을 통한 기술동향 및 기술경쟁력 분석 국내외 고속철도차량 능동제어 고도화 관련 정책 동향 분석 ▪ 고속화 철도차량 능동제어 고도화 기술 수요조사 및 기술예측 국내 및 철도기술연구원의 기술 수준 분석 철도분야 R&D 여건과 미래전망, R&D 니즈 발굴 ▪ 고속화 철도차량 능동제어 고도화기술의 연구 추진방향 수립 중장기 개발 목표 및 단계별 개발 목표 수립(SWOT 분석) 철도차량 능동제어 고도화 관련 이슈 분석을 통한 추진방향 수립 ▪ 비전 및 시나리오 설정 현황분석 및 미래전망을 통한 중장기 비전과 목표 수립 비전과 목표 달성을 위한 철도 R&D 정책목표 설정
▪ 과제 기획	▪ 우선순위 도출 연구개발과제 후보과제 우선순위 도출 과제추진체계 설정 - 후보과제별 과제카드 작성 ▪ 연구과제별 기획 연구개발과제별 목표 및 범위 설정 - 연구개발과제별 연구목표달성을 위한 추진방안 수립 - 연구개발과제별 성과물에 대한 활용방안 및 실용화 추진방안 제시 - 연구개발과제별 인력투입계획 및 소요예산 산정
▪ 타당성 조사	▪ 연구개발 사전 타당성 검토 - 정책적 타당성 검토 - 기술적 타당성 검토 - 경제적 타당성 검토
▪ RFP 작성	▪ 연구개발과제별 RFP 작성 및 평가기준 설정 - 과제공모를 위한 제안요구서(RFP) 작성 - 연차별 평가를 위한 평가방법 및 기준 설정

(2)연구내용 및 범위

연구내용	주요 연구범위
• 철도산업 및 기술의 동향조사 및 환경분석	• 주요국의 철도기술 R&D 정책방향, 투자현황 등 외부환경분석 • 국내 철도기술 R&D수준 및 육성방안 등 내부환경분석 • 특허분석을 통한 기술동향 및 기술경쟁력 분석 • 국내외 고속철도 능동제어기술 고도화 관련 정책 동향 분석
• 철도차량 능동제어기술 고도화 수요조사 및 기술예측	• 국내 및 철도기술연구원의 기술 수준 분석 • 철도분야 R&D 여건과 미래전망, R&D 니즈 발굴
• 철도차량 능동제어기술 고도화의 연구 추진방향 수립	• 중장기 개발 목표 및 단계별 개발 목표 수립(SWOT 분석) • 고속철도 능동제어기술 고도화 관련 이슈 분석을 통한 추진방향 수립
• 기술로드맵 작성, 과제별 목표 및 범위 설정	• 과제추진 체계설정 • 후보과제별 과제카드 작성 • 목표 및 범위 설정 • 핵심요소기술, 연구내용 도출 • 성과목표, 성과지표, 성과맵
• 추진방안수립, 활용방안 및 실용화 추진방안 제시	• 기존기술/인프라 활용/연계 • 최적 연구추진체계 제안 • 성과분석 및 검증방안 제시 • 기획과제의 실용화를 위한 방안제시
• 제안요구서(RFP)작성 및 평가기준 설정	• 본과제 공모를 위한 RFP작성 • 연차별 평가방법/기준 설정
• 사전타당성 검토	• 정책적 타당성 제시 • 기술적 타당성 제시 • 경제적 타당성 제시
• 보고서 작성	• 중간보고서(단계보고서) • 최종보고서

(3)주요 추진 일정

일련 번호	연구내용	추진 일정 (주)																				비중 (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	철도산업 및 기술의 동향조사 및 환경분석 •주요국의 철도기술 R&D 정책방향, 투자현황 등 외부환경분석 •국내외 철도 운영 효율화 관련 정책 동향 분석																					5
2	철도차량 능동제어기술 수요조사 및 기술예측 •국내 및 철도기술연구원의 기술 수준 분석 •철도분야 R&D 여건과 미래전망, R&D 니즈 발굴																					10
3	철도차량 능동제어기술의 연구 추진방향 수립 •철도 운영 효율화 관련 이슈 분석을 통한 추진방향 수립																					10
4	기술로드맵 작성 •과제추진 체계설정 •후보과제별 과제카드 작성																					10
5	과제별 목표 및 범위 설정 •목표 및 범위 설정 •핵심요소기술, 연구내용 도출 •성과목표, 성과지표, 성과맵																					10
6	추진방안수립 •기존기술/인프라 활용/연계 •최적 연구추진체계 제안																					10
7	활용방안 및 실용화 추진방안 제시 •성과분석 및 검증방안 제시 •기획과제의 실용화를 위한 방안 제시																					10
8	사전타당성 검토 •정책적 타당성 제시 •기술적 타당성 제시 •경제적 타당성 제시																					10
9	제안요구서(RFP)작성 및 평가기준 설정 •본과제 공모를 위한 RFP작성 •연차별 평가방법/기준 설정																					10
10	자문회의 및 타당성검토위원회 •중간보고회 •최종보고회 •자문회의 •타당성검토 위원회																					10
11	보고서 작성 •중간보고서 •최종보고서																					5

2. 기술개발 동향 및 환경분석

2.1 국내외 정책·시장·기술 동향분석

2.1.1 국내외 정책동향

1) 국외 정책동향

- 유럽연합(EU)에서는 유럽 2020 전력의 핵심인 스마트, 지속가능, 사회통합 성장을 위해 철도중심의 범유럽 교통망(TEN-T) 계획을 추진하고 있다. 유럽 고속철도망 확대, 화물 수송을 위한 용량부족 구간 개선, 노후화된 기존 철도 인프라 유지보수와 에너지 문제 및 기후변화에 대비한 철도기술 개발과 상호 운용 가능성을 위해 정부주도의 철도투자 확대를 추진하고 있다.
- 철도 시스템 제품 및 구성품에 대한 규모의 경제 구현을 위해 표준화, 유럽철도 제조업체의 경쟁력 강화를 위해 제품의 기술적 개선 및 비용절감을 추진하고 있는데 대표적인 예로서 경량화 자재 도입, 열차·선로간 인터페이스 강화 및 혁신적 유지보수 개발 등 비용 효율성 기반의 기술개발, 수단간 통합운영을 도모할 수 있도록 기술적·제도적 장애요소를 제거하는 인증체계 개선을 꾀하고 있다.
- 영국은 철도의 안정성, 신뢰성, 용량 개선을 위해 중·단기 계획인 HLOS(2009년 ~ 2014년)을 추진하고 있으며, 중·단기 차원에서는 기존 기술 활용의 최적화를 도모하고 장기적으로는 신기술 도입에 주안점을 두고 있다. 또한 철도의 환경관련 잠재력을 확대 제공할 수 있도록 철도망 건설, 전철화를 추진하고 있다.
- 일본은 미래철도, 실용화, 기초 기술 연구에 중점을 둔 철도기술 연구개발을 추진하고 있다. 향후 5~10년 이내에 실용화 할 수 있는 기술을 개발하되, 경쟁력을 좌우하는 핵심 기술 분야에 초점을 두고 있으며, 신기술, 신소재 등 철도와 관련된 다양한 문제를 해결하기 위해 필요한 요소들에 대한 연구를 수행하고 있다.

표 2.1 국외 철도 정책 동향

국 가	철도 정책 동향
영국	철도산업의 발전을 위해 지속가능 철도공급 정책 추진 약 1백억 파운드의 예산을 투입하여 중·단기 계획인 HLOS(2009~2014) 추진
미국	국가교통체계 성능 개선을 위해 여객, 화물철도 성능 향상 여객철도 투자 및 개선에 관한 법령(PRIIA)를 제정, 여객철도 활성화 추진
중국	중장기 철도망 계획(2005 ~ 2020) 수립 2020년까지 8종8형의 구간선을 강화하고, 4종4형 여객전용 고속철도 건설

※ 자료 : 2011 국토해양부, 제2차 국가철도망 구축계획(2011 - 2020)

- 세계는 거대지역권(Mega-Region) 중심으로 대도시(Mega-City)를 유기적으로 연계, 집적에 따른 규모의 경제추구
 - 10대 거대지역권의 인구는 전세계 6.5%(40대 거대지역권 18%)로, 생산의 43%(66%) 특허권의 57%(86%) 차지

표 2.2 거대지역권 경쟁력 비교

거대지역권	동경권	보스톤 워싱턴	암스테르담 앤티워프	오사카 나고야 + 고베 교토	서울 부산	홍콩 선전 + 광저우	상하이
인구(백만)	55	54	59	36 → 60	45	45 → 95	45
총생산 (천억불)	25 (1위)	22 (2위)	15 (4위)	14 (5위)	5.0 (13위)	2.2 (23위)	1.3 (31위)
면적 (천km ²)	90	170	120	50 → 60	70	30 → 170	50

- 거대지역권내 산업간 유기적 연계, 시너지 효과 창출을 통한 경쟁력 강화를 위해 고속교통망 연결에 집중투자
 - (일본) 운영 중인 신간선 2,387km 이외에 1,173km를 추가 건설하고, 도쿄-오사카간 초고속 자기부상열차 투입계획
 - (중국) 1.7만km 고속철도망 건설, 향후 3년간 360조원 투자
 - (미국) 11개 고속철도망 사업(240km/h 이상) 확정(13,760km)

- (유럽) 5,765km(2009년) → 21,180km(2020년)로 고속철도망 확충

* 철도연장, km(고속철도) : 한국 3,378(240), 일본 20,052(2,387), 중국 86,000(3,300)프랑스 31,347(1,893), 독일 38,005(1,286)



그림 2.1 해외 지능형 고속열차 기술개발 현황

2) 국내 정책동향

○ 국토해양부의 전략목표 및 성과목표 체계

- 녹색성장 실현 기반을 마련하기 위해 도시, 건축물, 교통 분야에서 발생하는 온실가스 감축을 위한 체계적인 대책을 마련하고 있으며, 에너지절감형 교통물류체계 전환 및 확충을 지원하기 위한 지속가능교통물류발전법을 2009년에 제정하였음
- 그러나 운영효율화 보다는 시설확장 위주의 교통 SCO 정책추진과 에너지 과소비 관행이 지속되고 있어 보다 실천적인 대책마련이 필요하여 국토해양부는 교통 SOC 투자를 도로에서 철도위주로 전환하고 저탄소 녹색 교통 및 물류 체계를 본격적으로 구축하려는 계획을 수립함

○ 국토해양부 철도부문 예산 확대

- 국토해양부의 2011년도 예산규모가 전체적으로 감소한 가운데, 철도부문의 예산은 전년

대비 7.1% 상승한 4조 4,985억원을 기록하여 정부의 지속적인 철도분야에 대한 투자의지가 반영되었음

- 2008년 이후 경제위기의 조기극복을 위한 한시적인 도로 및 철도 부문의 SOC 예산 증가가 이루어졌으나, 경제정상화 추세에 따라 그 규모도 재조정되었음
- 그러나 철도부문의 예산은 2010년 조정 이후, 2011년도에 다시 증가하여 지속가능한 녹색성장 추진을 위한 단계적인 정부 투자 확대 계획을 반영하고 있음
- 또한 철도부문의 투자는 기존 철도의 복선화 및 전철화, 시설투자 확대 등을 통해 철도 수요를 증가시키고 철도운영의 효율화를 추진하기 위한 기본방향에 적합하도록 확대되고 있음

○ 2009년 11월 정부는 국제사회의 기후협약에 대응하기 위해 2020년까지 온실가스 배출 전망치(BAU : Business as Usual) 대비 30%를 감축하겠다는 자발적 감축계획을 발표하였으며, 이 중에서 교통부문은 BAU 대비 약 37% 감축을 목표로 하고 있다. 이는 2005년 온실가스 배출량 대비 약 24% 감축에 해당되는 것이고, 이를 실천하기 위해 2010년 4월 [녹색성장기본법]을 제정하였고 2011년 6월 시행하였다.

○ 철도투자 부족에 따른 철도 네트워크가 부족한 실정으로 2006년을 기준으로 최근 5년간 (2006년 ~ 2010년) 교통 SOC 투자 중 철도산업에 대한 투자는 24%에 불과하다. 도로가 46.9%, 도시철도 8.0%, 항만 11.8% 등이며 도로중심의 투자가 주류를 이루고 있다. 뿐만 아니라 지난 20년간(1989년 ~ 2009년) 지역간 철도 연장도 287km 증가에 불과한 실정이다. 투자부족에 따른 시설낙후로 다른 교통수단에 비해 철도의 속도경쟁력이 취약하고 이로 인해 철도이용을 기피하고, 연계되어 철도투자가 정체되는 악순환이 지속되고 있다.

❖ 2020년 KTX고속철도망을 통한 전국 주요 도시의 1시간 30분대 도달화
(관련근거: 국토부 제2차 국가철도망구축계획(2011-2020) 2011.4)

- 고속철도 서비스범위가 인구의 60% → 83%로 확대
- 230km/h급 이상의 고속(화)철도 368.5km → 2,362.4km 로 약 6.4배로 확대
- 철도연장 4,934km중 복선화율 49.6 → 79.1%, 전철화율 60.4% → 85.0%로 향상

☞ 보다 경제적이고 고도화된 고속철도 운영전략의 필요성 절실



전 국토 230km/h이상 고속철도 시대의 도래: 고속철도 성능고도화 및 운영효율화 기술 준비

그림 2.2 고속철도 성능 고도화 및 운영 효율화 문제점

- 주요 철도선진국은 철도분야의 경쟁력을 높이기 위하여 기술개발 계획을 수립하고 이에 의거하여 체계적인 연구개발을 수행하고 있어, 우리나라도 고유가 시대에 맞이하러 화석 연료 에너지를 절감하기 위한 차원에서 철도분야의 경쟁력 강화 및 기술수준의 제고를 위해 체계적인 연구개발계획의 수립을 통한 전략적 연구개발의 필요성이 점점 부각되고 있다.
- 철도산업은 다양한 첨단기술이 융합된 고부가가치 기술 및 산업 활성화되어 철도시장이 지속적인 확대되는 경향이 세계적 추세이다. 이에 정부에서 각종 지원정책을 추진하고 있는데, 기술수요조사를 거쳐 로드맵(RTRM) 작성 및 재원확보를 통해 중장기 철도기술 개발 5개년 계획 수립(2006년)하여 시행하고 있다. 특히 R&D분야를 신설하여 예산확보 및 연도별 시행계획 수립·추진 등을 통해 2005년 500억원에서 2010년 2,100억원으로 국가 R&D 사업을 확충하고 있다.
- 최근 사회·경제적 여건변화로 철도에 대한 선호도가 증가하고 있다. 즉 기후변화에 따른 저탄소 녹색성장 정책과 에너지 관리 및 대체 에너지 개발정책이 사회·산업 전반에 걸쳐 추진되고 있다. 그리고 환경과 에너지 효율성의 중요성이 부각되면서 환경친화적이고 에너지 효율적인 철도에 대한 선호도가 증가되고 있어 국가 정책적으로 추진하고 있다.
- 또한 국가 차원으로 응용 잠재력이 크지만 제품 개발에 따른 민간투자가 어렵고 공공부

문이 담당하여 발전시켜야 하는 기술이나 기술적 성공으로 기술 이용범위가 넓어 기술 경제적 파급효과가 큰 원천 기술에 대한 정책 지원이 활발히 이루어지고 있다.

- 따라서 정부주도하에 체계적인 연구개발 계획에 의거하여 철도기술에 대한 투자우선순위 결정기준에 따라 선택을 하고 이에 대한 집중적인 투자가 이루어져야 한다. 이를 위해서는 철도기술의 경쟁력 확보를 위한 핵심 원천기술의 개발, 철도기술과 신기술의 융합을 통한 첨단기술 확보 및 철도기술 고도화를 위한 노력이 그 어느 때보다 절실한 시점이다.
- 철도차량시스템은 에너지 생산이라는 측면에서 보면 차량 속도 제어부문의 혁신적 기술 발전이 진행되었다. 즉, 철도차량의 제동이 VVVF 시스템으로 발전되면서 회생제동이 가능해 졌으며, 국내 철도 운영기관에서는 열차가 제동시 발생하는 전기에너지를 전력발전 소로 전개시켜야 할 필요가 있다.
- 현재 초퍼제어와 저항제어 시스템을 적용한 서울 지하철 1 ~ 3호선 역에서 제동시 발생하는 전력을 열로서 소비시킬 경우 역사 내부의 온도 상승이 발생하고, 특히 여름철 냉방 시스템을 추가 가동까지 영향을 미쳐 에너지 소비에 악영향을 미치게 된다.
- VVVF 인버터 제어차량의 경우 전력선 전압이 상승하여 철도시스템의 수명단축, 정거장 정위치 정차기능 저하, 브레이크 유지보수 비용 증가 등의 영향을 미치고 있음
- 계획 및 설계 중인 노선 : 250km/h급으로 고속화
 - (동서축) 원주 ~ 강릉 노선 건설(111km), 춘천 ~ 속초 구간(92km)은 민간투자과 연계
 - (내륙축) 중앙선 원주 ~ 신경주 노선 건설(212km), 대전 ~ 김천 ~ 거제 구간(200km 내외)은 민간투자과 연계하여 추진시기 검토
 - (수도권 연결) 서울 ~ 원주구간(90km)은 건설중인 노선 활용



그림 2.3 국가철도망 구축계획

- 초고속열차 개발(최고 430km/h), 평면 승하차, 환승 체계 등 운영개선을 통해 이동시간 추가 단축
- 거점도시권내 광역, 급행 교통망 정비
 - 수도권 광역급행철도(GTX)는 지자체의 주도적 참여로 지역실정에 맞게 추진
 - 도시 광역철도는 공사 중인 사업 적기완공과 기존선은 급행열차 위주로 운영방식 개선
 - 간선급행버스(BRT)를 수도권 전역 및 전국 대도시권으로 확대하여 KTX와 연계 강화
 - 복합환승센터의 본격 개발(2012년까지 10개소), KTX역에서 주변 도시 연결 리무진 운행(열차 + 리무진 통합 탑승권 발행)
- 제2차 철도산업발전기본계획 수립
 - 철도산업발전기본법 제5조에 근거하여 철도산업 관련 정책을 종합하고 체계화하는 기본계획이 수립되었으며 1차 기본계획(2006~2010)의 종료에 따른 2차 기본계획(2011~2015)임
 - 세계 일류 철도국가로의 도약을 비전을 제시하고 있으며, 2015년까지 달성해야 할 목표를 제시하였음

- 수송분담률 제고(수송인Km) : 15.9%('08) → 24%('15)
- 철도사고 감축(백만Km당) : 0.108건('10) → 0.100건('15)
- 철도 기술력 제고(선진국 대비) : 74%('09) → 95%('15)
- 해외진출 확대(차량시장 점유율) : 2%('09) → 4%('15)
- 주요 추진계획으로는 KTX 고속철도 중심의 국가철도망 구축, 고객 지향적 서비스 제공 및 철도운영의 경쟁력 제고, 녹색철도물류 활성화 기반 마련, 세계 최고수준의 철도 안전 확보, 미래성장동력 확충 및 해외철도 진출기반 강화가 있음
- 향후 5년간 철도산업에 총 48.6조원을 투자할 계획을 수립하였으며, 이를 통해 철도 인프라 확충, 고부가가치 수출전략산업으로의 육성, 친환경/에너지 고효율/안전 중심의 철도교통 서비스 제공 등을 계획하고 있음

2.1.2 국내외 시장동향

1) 국외 시장동향

- 세계 철도시장규모는 프로젝트를 포함해서 2007년 기준 1,200억 달러를 넘어서고 있으며, 그 중 차량분야가 37%인 453억 달러로 가장 크며, 서비스분야는 31%인 382억 달러, 인프라와 통신 및 제어분야가 32억 달러로 2000년 700억 규모에서 1.7배 증가한 규모를 가지고 있다. 2014년과 2016년까지의 세계철도시장의 장기전망은 1,500억 달러로 성장할 것으로 예측하고 있으며, 차량 35%, 서비스 33%, 인프라와 통신 및 제어분야가 31%를 차지할 것이라는 전망을 내놓고 있다(2008년 9월 UNIFE 세계시장동향)
- SCI/Verkehr(2009)의 철도기술시장 분석보고서에서는 일반토목을 포함하지 않는 인프라 구조물분야와 고속철도를 포함한 일반철도차량과 신교통시스템을 포함하는 도시철도차량으로 구성된 철도차량분야, 열차제어, 통신 및 여객서비스를 위한 IT사업인 S/W적 시스템기술분야로 구분하였을 때 철도기술 시장의 분야별 규모와 분야별 비율은 표 2.3과 그림 2.4와 같다.

표 2.3 철도기술 시장의 분야별 규모

1 EUR(유로) = 1560KRW(원)

분 야	현재 시장규모		2009년 ~ 2014년 평균시장성장률(%)
	백만유로	십억원	
인프라 구조물 분야 (Infrastructure)	39,500	61,620	+5.5
시스템기술분야 (System Technology)	13,200	20,592	+4.1
철도차량분야 (Rolling Stock)	73,800	115,128	+3.7
합 계	126,500	197,340	+4.2

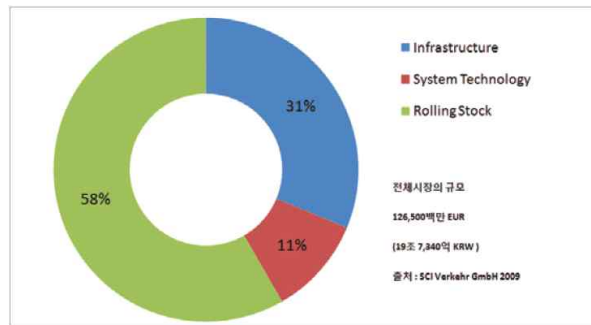


그림 2.4 철도기술 시장의 분야별 비율(%)

표 2.4 철도기술 시장의 지역별 규모

지 역	현재 시장규모		2009년 ~ 2014년 평균시장성장률(%)
	백만유로	십억원	
서유럽	39,000	60,840	+3.5
동유럽	8,850	13,806	+3.3
북미	23,500	36,660	+4.3
남미/중미	3,000	4,680	+7.1
아시아	31,700	49,452	+5.2
아프리카/중동	4,250	6,630	+5.8
CIS	13,700	21,372	+3.7
오스트레일리아/태평양	2,500	3,900	+3.8
합 계	126,500	197,340	+4.2

※ 자료 : The worldwide market for railway technology 2009-2014, SCI/Verkehr 2009

- 세계 철도차량 시장은 매년 4.2% 증가 추세에 있으며 주요 시장은 신조차량의 56%를 차지하고 있는 유럽 및 아시아 지역이며, 특히 중국은 경기부양정책에 따라 철도 인프라 건설을 앞세워 급격한 성장세에 있다. 표 2.5에서 철도기술 시장을 각 지역별로 구분한 현재의 시장규모와 향후 2014년까지의 시장성장률(%)을 나타내고 있다.
- 2015년 이후에는 이전에 비하여 2배 이상의 시장규모를 나타내지만, 아시아 시장, 오세아니아 시장은 정체될 것이며 아프리카/중동 시장은 절반 이하의 규모로 큰 축소가 예상된다. 2014년까지의 시장은 중국을 비롯한 아시아 시장이 가장 큰 규모를 차지할 것이나, 2015년 이후에는 북미시장이 3배 이상 커져 아시아 시장의 3배, 서유럽 시장의 1.7배 규모로 확대될 것으로 예상된다.

표 2.5 향후 철도기술 3개 분야 전체시장전망

	서유럽	동유럽	북미	중남미	아시아	아프리카/중동	CIS	오세아니아	계	
									백만 EUR	조원
'14년까지	34,970	18,763	8,900	15,621	123,983	54,356	35,355	3,006.7	297,954.7	454.6
'15년 이후	182,471	29,132	309,172	33,499	101,786	25,915	70,155	3,289.3	755,419.3	1164.3
계	217,411	47,895	318,072	49,120	225,769	80,271	105,510	6,296	1,050,374	1,618.9

※ 자료 : The worldwide market for railway technology 2009-2014, SCI/Verkehr 2009

- 철도차량분야 시장은 신차 시장과 판매 후 시장의 규모가 거의 비슷하며, 서유럽과 아시아 시장이 비슷한 규모로 가장 큰 부분을 차지하고 있다. 판매 후 시장은 상대적으로 차량이 높은 서유럽 지역에서 신차시장보다 조금 큰 규모를 나타내며, 아시아의 경우에는 일본을 제외하고는 차량이 상대적으로 낮음으로 인하여 판매 후 시장의 규모는 작다.
- 이상과 같이 세계 철도차량 시장이 증가 및 전철화가 지속적으로 이루어짐에 따라 보조 전원장치에 대해 수요는 증가할 것으로 예상된다. 뿐만 아니라 에너지 고갈 및 환경오염에 대한 경각심 등으로 인해 고효율 친환경 전력용 반도체가 적용된 제품들의 수요가 증가 추세에 있다.

2) 국내 시장동향

- 국내의 철도시장은 크게 고속철도, 일반철도, 도시철도 시장으로 분류된다. 고속철도의 경우 '90년대 초반 서울-부산간 경부고속철도 도입추진 및 2004년 개통이후 2010년 호남 고속철도를 착공하여 2017년 개통 예정으로 있다.
- 일반철도의 경우 국토해양부에서 중장기 철도기본계획 수립에 따라 남북한간 연계철도, 동서-남북간 균형발전을 위한 네트워킹형 간선철도 건설계획을 수립, 건설 또는 건설예정으로 건설완료 된 노선으로는 중앙선, 경춘선의 전철화, 경의선의 전철화 연장, 민간투자사업으로 건설 중인 수도권 노선으로는 신분당선, 원시-소사-대곡선, 신안산선 등과 부산-마산간 노선 등이 추진되고 있다.

표 2.6 운영기관 현황

(2011.3월 기준)

기관명	운영현황						비고
	차량기지	노선수	보유편성	보유차량수	역수	영업거리	
한국철도공사	-	9	251	2,340	200	478.9	
서울메트로	5	4	200	1954	120	137.9	
서울도시철도공사	6	4	200	1561	148	152.0	
부산교통공사	5	4	138	902	107	108.5	
인천메트로	1	1	34	272	29	29.4	
대구도시철도공사	3	2	64	384	56	53.9	
광주도시철도공사	1	1	23	92	20	20.5	
대전도시철도공사	2	1	21	84	22	22.6	
메트로9호선	1	1	24	96	25	25.5	
신분당선	-	1	6	72	6	17.3	
용인경전철	1	1	30	30	15	18.4	
의정부경전철	1	1	64	30	15	11.9	
부산김해경전철	1	1	25	50	21	23.5	
한국철도기술연구원	2	2	3	10	6	-	
코레일공항철도	1	1	12	72	10	61.0	
인천공항서틀트레인	-	1	3	9	2	0.9	
인천공항자기부상열차	1	1	-	-	6	6.1	
합 계	31	36	1,098	7,958	808	1,167.5	

- 최근에는 중소도시와 대도시의 지선역할을 할 경량전철건설 기본계획수립과 동시에 전국적으로 경량전철 도입 추진을 활발히 검토하는 추세이다. 표 2.7은 경량전철 건설을 진해 있거나 건설추진 중인 노선을 나타낸다.

표 2.7 국내 도시철도 및 경량전철 건설 중인 노선 현황

(2011.3월 기준)

노선명	시스템형식	편성수	노선연장(km)	비고
부산반송선	고무차륜	17	12.7	
대구3호선	모노레일	-	24	
인천2호선	철제차륜	37	29.2	
의정부경전철	고무차륜	64	11.085	
용인경전철	LIM방식	30	18.404	
부산김해경전철	철제차륜	25	23.5	
우이-신설선	철제차륜	18	14.19	
동북선	고무차륜	-	12.34	
신림선	고무차륜	-	7.82	
합 계			153.239	

표 2.8 국내 도시철도 및 경량전철 건설예정노선(향후 10년 이내)

지 역	노선수	노선연장(km)	비 고
서울	7	65.84	
인천	6	37.9	
경기	10	194.14	
수도권	4	148.57	
대전	4	94.195	
충청	1	11.58	
전북	1	24.29	
대구, 경북	4	29.92	
광주, 전남	3	72	
부산, 경남	18	254.96	
합 계	58	933.395	

※ 자료 : 미래철도 사이트(<http://frdb.railplus.kr>)

- 수도권 및 광역시 등 지방자치단체에서 중장기 도시철도건설 기본계획을 수립하여 경제성 분석결과 사업성이 있는 노선에 대해 건설 중에 있으며 표 2.6은 운영기관현황, 표 2.7은 기본계획에 반영된 경량전철건설 계획노선을 나타낸다. 그리고 표 2.8은 향후 10년 이내에 국내 도시철도 및 경량전철 건설 예정인 노선이다.

2.2 국내의 기술개발 현황 및 국내 기술 인프라·기술 인력 현황

- 승차감 향상을 위한 능동현가장치 기술은 일본 및 유럽의 선진 철도국에서는 능동형 혹은 반능동형으로 개발되고 있고 일본의 경우에는 10여 년 전부터 횡방향 승차감 개선을 위한 능동현가시스템이 신간선 차량에 적용되고 있다.
- 능동형과 반능동형은 각 각 장단점을 가지고 있다. 능동현가장치는 승차감 제어 성능은 매우 우수하나 구현이 어렵고 장치가 복잡하며 비용이 증가하는 단점이 있다. 반면, 반능동현가장치는 능동현가장치에 비하여 제어성능은 다소 떨어지나 장치가 간단하고 비용이 저렴하며 에너지소모가 적다는 장점이 있다. 최근에는 기존 신간선 차량에 적용되고 있는 솔레노이드 유압밸브를 이용한 가변형 댐퍼방식의 문제점을 극복하고 응답속도가 빠르며 장치 구성이 단순한 MR댐퍼를 이용한 반능동현가시스템 연구가 활발히 진행되고 있다.
- 미국 Virginia Tech. 대학은 Lord사의 MR유체를 이용하여 자동차 현가장치 및 트럭 운전석 진동제어장치 등에 사용되었던 기술을 철도차량에 도입하여 연구를 하고 있으며, 중국 및 이탈리아 등에서는 철도차량 반능동현가장치에 사용될 대용량 고효율의 MR댐퍼를 개발하고 있다.
- 일본에서는 1995년 고속철도차량용 진동제어기술로 반능동형 현가장치를 개발하여 세계 최초로 신간선 철도차량에 양산 적용하기 시작하였으며, 그 후 전자기 기술을 적용한 능동형 현가장치를 개발하여 2001년 8월부터 신간선에 세계 최초로 적용하여 영업운전을 시작하고 있다. 현재 생산되고 있는 신간선 전 편성에는 횡방향 능동 현가장치를 채택하고 있으며 특히, 열차 1편성 중 횡방향 허용기준을 초과하는 차량들만을 대상으로 선택적으로 능동형 현가장치를 적용하고 있다.



(a) 500계 (b) 700계

그림 2.5 능동현가시스템 적용 신간선 열차

- 그림 2.5는 신간선 탄환열차와 특급열차 1등실에 적용하고 있는 스미토모금속의 공압 액추에이터를 적용한 능동현가시스템을 나타낸다. 차체와 대차간에 횡방향 액추에이터를 적용하고 있으며 횡진동을 약 50% 저감시켜 승차감 향상 효과를 보고 있다. 그림 2.7은 능동현가시스템을 적용 한 E2계 신간선의 승차감 개선 효과를 나타낸다. 반능동형에 비하여 능동형 현가시스템 적용 시의 승차감 개선 효과가 큼을 알 수 있다.



그림 2.6 스미토모금속 능동현가시스템

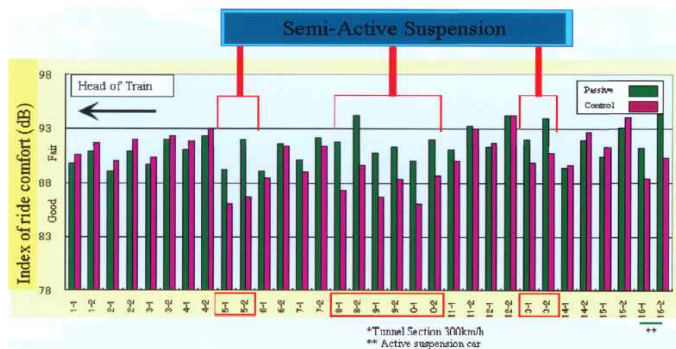
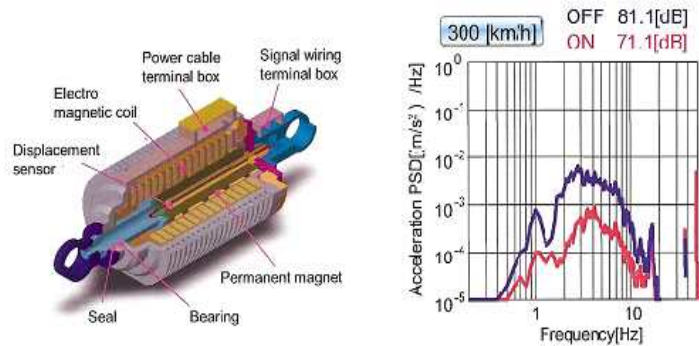


그림 2.7 능동제어 현가시스템 적용시의 승차감 개선효과

- 일본 고속철도차량 선도 제작사인 가와사키중공업은 Mechatronics 기술을 응용한 능동현가시스템과 틸팅시스템을 적용한 중고속용 시제 대차를 개발하여 시운전 중에 있다. 이 현가시스템은 기존선의 속도향상을 위한 틸팅열차의 횡방향 승차감에 영향을 미치는 차체의 횡진동을 저감할 목적으로 개발된 것으로서 기존 신간선 차량에서 사용되는 공압 및 유압 액추에이터를 대체할 목적으로 응답성과 내구성이 우수한 선형모터형식 솔레노이드 액추에이터를 적용함으로써 신뢰성이 향상된 것을 특징으로 한다. 신간선 차량에 적용 시험결과 차체진동이 최대 약 10dB 저감되었으며 선형모터형식 선형액추에이터 개발로 철도차량 능동현가시스템기술 분야에서 선도적 위치를 선점하였다고 할 수 있으며 향후 고속철도시장에서 기술 경쟁력 제고가 기대된다.

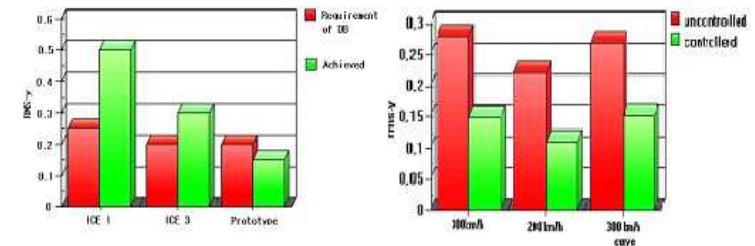


(a) solenoid actuator

(b) 승차감 시험결과

그림 2.8 가와사키중공업의 능동현가 액추에이터와 승차감

- 독일의 경우에도 일본과 마찬가지로 산악지형이 많아 철도 선형이 취약하고 그로인한 승차감 저하의 문제점을 안고 있었다. 이를 극복하기 위한 승차감 개선을 위한 능동현가장치 개발에 많은 노력을 기울이고 있으며 최근에 들어 더욱 활발한 연구가 진행되고 있다. ICE-1 및 ICE-3의 경우 독일철도청(DB)에서 요구하는 승차감 기준을 초과하고 있고 있었는데 능동현가장치를 개발 적용한 시제열차 주행시험 결과, 승차감 기준을 충족하는 개선 효과를 보고 있다.



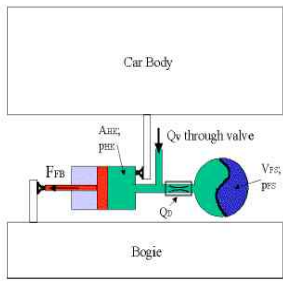
(a) DB의 승차감 수준

(b) 승차감 개선 효과

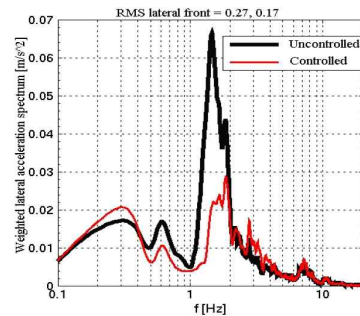
그림 2.9 능동현가시스템 적용에 따른 승차감 개선(독일 DB)

- 능동현가시스템에 적용되는 액추에이터는 hydro-pneumatic 액추에이터로서 기존의 철

도차량이 가지고 있는 기계식 브레이크용 컴프레서에서 발생하는 공기를 이용하여 유압피스톤을 밀어주는 독특한 방식을 적용하고 있다. 이것의 장점 중의 하나는 공압이 작용하지 않는 상태에서는 2차 현가장치의 스프링과 함께 수동댐퍼로서 역할을 수행한다는 것이다. 또한, 횡방향 승차감의 경우 최대 1Hz까지, 수직 승차감의 경우 6~10Hz 범위에서 동시에 제어할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 액추에이터 구조가 복잡해질 가능성이 있으며, 공압과 유압을 동시에 제어해야 하는 고난도의 제어기술이 필요하고, 유압과 공압 모두 추가적인 유지보수를 해야 하는 단점이 있다. 또한, 차체 하부에 공압 및 유압을 위한 부품들이 부가된다는 단점도 있다.



(a) hydro-pneumatic Actuator



(b) 진동제어 효과

그림 2.10 독일 DB 능동현가시스템 액추에이터 및 진동제어 효과

- 철도차량이 대중 운송수단으로 경쟁력을 확보하는 하나의 방법은 운행속도를 높여 고속화를 이루 것이다. 그러나 철도차량의 고속화는 일반적으로 차체에 진동을 유발하여 승객의 승차감(ride quality)을 악화시키므로 재래방식 현가장치로는 승객의 승차감을 양호한 수준으로 유지하기 어려운 것이 현실이다. 따라서 철도차량의 고속화 및 그에 따른 승객의 요구사항을 만족하기 위해서는 철도차량에 능동현가장치(active suspension system)의 적용이 필연적이다.
- 철도차량의 현가장치(suspension system)에 능동기술(active system)을 채용하여 차량의 고속화에 따른 승객의 승차감 저하를 양호하게 유지하고, 또한 선로상태가 대체로 좋지 않은 재래선 구간에서 승객의 승차감을 양호한 수준으로 향상시키는 능동현가장치를 개발하는 것이다. 철도차량에서 능동기술은 틸팅장치, 현가장치 그리고 조향장치

분야 등에 적용하는 연구가 많이 진행되고 있으며, 특히 틸팅장치에서 능동기술은 국내외에서 장기간 수많은 연구, 시제차량 제작 및 시험운전을 통하여 현재 영업차량에 채용되고 있다.

- 능동현가장치(active suspension system) 역시 오래 전부터 국외에서 많은 연구 및 개발이 되어 왔으나, 최근에 하드웨어 제작 및 제어가 다소 용이한 능동 좌우이차현가장치(active secondary lateral suspension system)이 일본 신간선 영업차량에 일부 채용되어 차량의 횡방향 승차감을 현저하게 향상시켰다. 반면에 승객은 지금 횡방향 진동 승차감보다 상하방향 진동 승차감에 더 민감하게 반응하는 경향이 있다. 인간이 4~10Hz주파수대역의 상하진동에 노출되었을 때 아주 민감하게 반응하여 피로감을 많이 느낀다. 차체의 일차굽힘모드(bending mode) 진동이 사람의 피로감에 많은 영향을 미치는 8~12Hz 주파수 대역에 있으므로 승객은 차량 탑승 내내 이러한 진동에 노출되어 많은 피로감을 느끼고 있는 것이 현실이다. 그러나 능동 상하현가장치(active vertical suspension system)개발의 중요성 및 필요성은 모두 인정하고 있으나, 하드웨어 제작 및 제어가 난해하여 국외에서 아직 연구개발 및 시험 중에 있으며 영업운영 차량에는 채용되고 있지 않은 실정이다. 철도차량에 능동 상하현가장치를 채용하므로서 다른 어떤 분야보다 얻어지는 성과물이 많다는 이점이 있다.

· 양호한 승차감 유지

철도차량의 고속화에 따른 승객의 승차감 저하를 양호한 수준으로 유지함

· 차체 굽힘모드 진동저감으로 승차감 향상

승객의 피로감에 많은 영향을 미치는 8~12Hz 주파수 대역의 차체 굽힘모드(bending mode) 진동의 저감으로 승차감 향상

· 차체 중량 저감

통상 설계 단계에서 차체의 굽힘진동을 규정이상으로 만족하기 위하여 차체에 많은 부재를 사용하여 차체의 강성을 높이거나, 이것이 차체의 중량을 높이는 주된 요인이 된다. 그러나 철도차량이 트랙과 환경적인 제약조건을 극복하면서 고속으로 주행하기 위해서 가능한 가벼워야 하므로 차체의 굽힘진동과 차체중량은 상호 상반되는 문제를 갖는다. 능동 상하현가장치는 차체의 강성이 낮아지더라도 승차감의 저하를 보상할 수 있으므로 이러한 문제를 해결할 수 있다. 따라서 차체의 강성 저감으로 인하여 상당한 차체의 중량 저감을 할 수 있다. 차체의 중량저감은 차량제작, 차량운영 그리고 유지보수분야 등에 경제적으로 파급효과 상당히 큼.

· 트랙 유지보수비 저감

트랙조건이 다소 좋지 않더라도 양호한 승차감을 유지하므로 트랙 유지보수기간을 늘릴 수 있어 트랙 유지보수비 저감 기대

· 곡선통과 속도 향상

차량의 곡선통과 시 원심력에 의한 곡선 바깥 방향으로 움직이는 차체의 롤모드 운동을 제어하므로 약 1°의 차체 틸팅효과가 있어 승차감의 저하 없이 곡선통과 속도를 5% 향상시킬 수 있음.

· 구성품 수량의 감소

차체의 롤모드 운동을 제어하므로 기존 차량에서 적용하고 있는 엔티롤바시스템을 제거하여 구성품의 수량 감소 도모

- 능동형 상하현가장치는 양호한 승차감으로 철도차량의 고속화 도모, 차체중량 저감효과 그리고 곡선통과속도 향상 등 여러 가지 장점이 있으며 또한 아직 해외에서 상용화가 되지 않았으므로 향후 세계에서 철도차량의 능동현가장치 기술에 대한 선도적인 위치를 확보하기 위하여 본 연구의 능동형 상하현가장치의 연구 및 개발에 대한 필요성이 요구됨.

- 철도차량에서 일차현가장치는 대차프레임과 액슬박스 사이에 스프링과 댐퍼로 구성된다. 일반적으로 일차현가장치는 직선구간에서 차량의 주행안정성을 확보하고 곡선구간에서는 우수한 곡선통과속도를 확보하여 차륜의 마모 저감 및 트랙에 작용하는 힘을 저감하는 기능을 한다. 그러나 일차현가장치를 어떻게 설계하는가에 따라서 차체의 승차감을 저감할 수가 있다. 일차현가장치에서 차체의 승차감에 영향을 미치는 부품은 대차프레임과 축상박스 사이에 연결되는 축상댐퍼이다. 즉 축상댐퍼를 적합하게 설계하면 윤축에서 대차프레임에 전달되는 진동을 완화시켜 차체의 승차감을 향상시키게 된다. 그림 2.11에서 나타난 바와 같이 축상댐퍼의 댐핑계수가 클수록 대차프레임에 전달되는 진동이 낮아지므로 차체의 승차감이 향상되나, 차륜과 레일사이의 작용하는 힘이 크고 짧은 파장의 트랙불규칙이 직접 차체에 전달되는 단점이 있으므로 수동댐퍼로 차량의 승차감을 향상시키는데 한계가 있다.

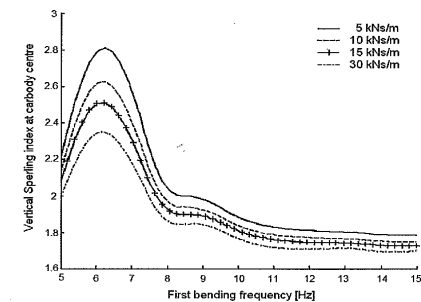


그림 2.11 댐퍼의 감쇄력 변경에 대한 차체굽힘진동과 승차감 지수

- 상하방향에서 차체구조진동(carbody structure vibration) 특히 8~12Hz근처에 고유진동수를 갖는 일차굽힘모드진동(the first bending mode vibration)은 억제 될 필요성이 있다. 이것은 차체의 고유진동수가 인간이 아주 민감한 상하진동 주파수대역 4~10Hz와 근접 및 중첩하기 때문이다. 일차굽힘진동은 철도차량이 트랙과 환경적인 제약조건을 극복하면서 고속으로 주행하기 위해서 가능한 가벼워야 하므로 문제가 된다. 차체의 굽힘진동을 억제하기 위하여 많은 방법을 동원하여 시도하였지만 큰 효과를 얻지 못하였다.

- 일본에서는 차량의 일차현가장치에서 상하댐핑력을 제어하여 차체의 굽힘진동을 억제하는 방안이 시도되었다. 먼저 능동 일차상하현가장치를 포함하여 차체를 모델링하여 동특성 해석을 수행하였으며, 또한 시험실 내에서 실제 차량을 대상으로 차량의 주행특성을 평가하는 롤라리그시험(roller rig test)을 수행하였다. 그 결과 특히 차체진동의 주된 원인인 대차 프레임의 상하진동이 차량의 일차현가장치시스템을 제어하여 억제되었으며, 그것으로 인하여 차례로 차체의 상하진동이 억제되었다는 것을 발견하였다. 이 방법의 큰 특징은 차체와 이차현가장치의 변경 없이 실차에 적용이 용이함에 따라 신간선차량을 대상으로 이 방법을 채용하여 실제 현차 주행시험을 실시하므로써 차체진동 억제 효과를 검증하였다.

- 그림 2.12는 제안된 시스템의 전반적인 구조를 나타낸 것으로서, 그림에 나타난 바와 같이 능동 일차상하댐퍼는 축상스프링과 평행하게 설치되었으며, 각 차량에 8개의 능

동 일차상하댐퍼를 장착하였다. 제어시스템은 차내에 위치되었으며, 가속도 센서는 대차프레임과 차체 상면에 각각 설치되었다.

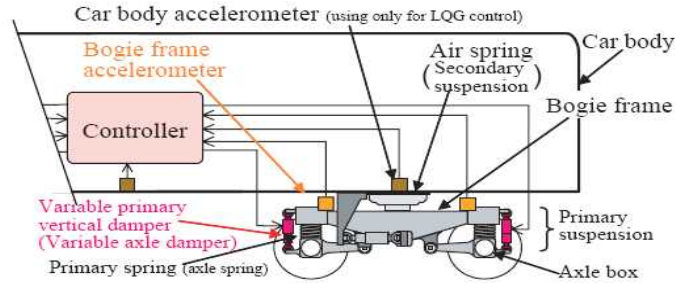


그림 2.12 능동 일차상하현가장치 시스템의 설치 구조

- 그림 2.13은 개발된 능동 일차상하현가장치를 나타낸 것이며, 댐핑력을 제어하기 위하여 솔레노이드 제어 릴리프밸브(solenoid control relief valve)를 적용하였으며, 능동기능의 오류 시 수동댐퍼 기능을 할 수 있도록 실패 구원밸브(fail dave valve)를 채용하였다. 또한 축상과 대차프레임 사이의 운동을 허용할 수 있도록 능동현가장치의 양단부에는 구형고무부쉬(spherical rubber bush)를 압입하여 장착시켰다. 능동 일차상하현가장치의 제어는 스카이 훅(sky hook) 및 LQG(linear quadratic Gaussian) 두가지를 동시에 적용하였으며, 스카이 훅은 축상댐퍼로 대차프레임의 상하진동을 제어하여 차체의 굽힘진동을 억제하는 방법이며, LQG는 축상댐퍼로 차체 및 대차프레임의 진동을 선택적으로 제어하여 차체의 굽힘진동을 억제하는 방법이다.

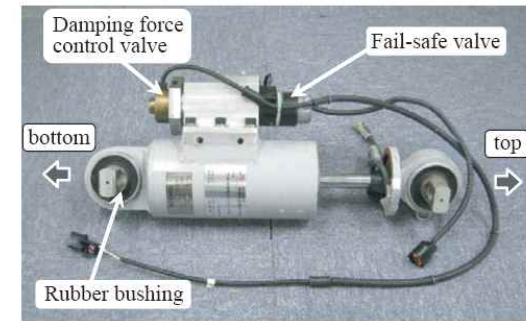


그림 2.13 능동 일차상하댐퍼 구조

- 현차시험은 서일본철도회사의 협조 하에 산요 신간선 전로에서 수행되었다. 시험차량은 차체 길이가 24.5m, 차체중량이 27톤인 신간선 차량을 대상으로 하였으며 능동 일차현가장치는 그림 2.14에 나타난 바와 같이 시험차량에 장착되었다. 현차 주행시험에서 차량은 능동현가장치의 여러 가지 댐핑력에 대한 진동을 측정하기 위하여 50Km 시험구간을 일정속도로 여러 번 주행하였다. 시험구간은 곡선 및 직선타랙, 터널, 교량, 역, 그리고 자갈 및 콘크리트 슬라브 트랙이 포함된 다양한 트랙조건을 포함하였다.

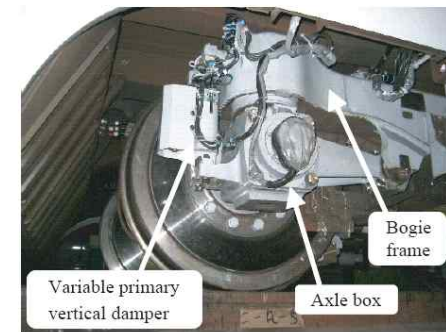
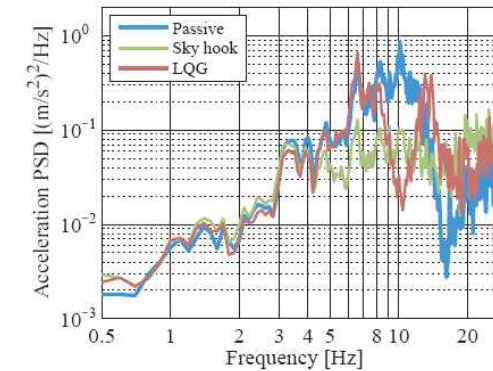


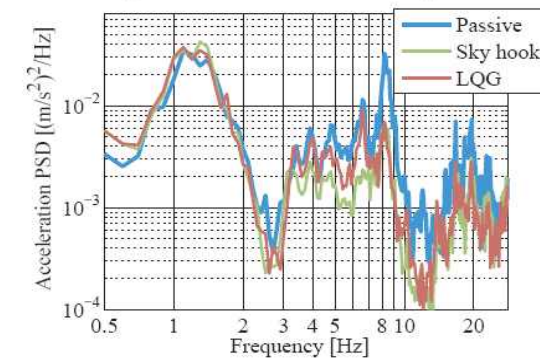
그림 2.14 능동 일차상하현가장치 설치

- 그림 2.15 (a) 및 (b)는 현저한 차체 굽힘진동이 발생한 5Km구간(약 60초 추정)에 대한 상하진동가속도의 파워스펙트럼(power spectrum)을 나타낸 것으로서, 그림 2.15 (a)는

후방대차프레임의 진동가속도 PSD이며, 그림 2.15 (b)는 차체 중앙부 진동가속도 PSD이다. 이때 차량은 일정한 속도 300KPH로 주행하였다. 그림 2.15 (a)에서 나타난 바와 같이 스카이 훅 제어 적용 시 후방대차의 진동가속도 PSD가 약 4~12Hz 주파수 대역에서 수동댐퍼가 채용되었을 때와 비교해 아주 많이 낮아졌음을 볼 수 있다. 결과적으로 그림 2.15 (b)에서 차체 중앙부에서 진동가속도 PSD가 약 4~12Hz 주파수 대역 근처에서 또한 현저하게 줄었음을 볼 수가 있다. 특히 8.6Hz에서 진동가속도 PSD 최대치가 약 80%가 낮아졌다. 다른 한편 LQG 제어 적용 시 대차프레임의 상하진동 PSD는 8~11Hz 영역에서 저감되었으며, 결과적으로 차체 중앙부의 진동가속도 PSD 역시 8~11Hz 영역에서 저감되었으며, 또한 주파수 8.6Hz에서 가속도 PSD 최대치가 스카이 훅 제어와 비슷하게 80%가 저감되었다. 따라서 능동 일차현가장치에 의하여 대차프레임의 상하 진동가속도 저감으로 인하여 차체 중앙부의 진동가속도 저감 즉 차체 일차 굽힘모드 진동이 저감되는 것을 검증하였다.



(a) 후방대차프레임의 진동가속도 PSD



(b) 차체 중앙부의 진동가속도 PSD

그림 2.15 능동 일차상하현가장치 채용 시 신간선 차량의 현차시험 결과

- 그림 2.16은 진동시험 결과를 승차감지수 평가 보정치가 적용된 가속도 파워(weighted acceleration power)로 나타낸 것으로서, 수동댐퍼를 적용한 경우에 8Hz 주파수 밴드에서 진동성분이 다른 주파수 밴드보다 현저하게 크다는 것을 볼 수가 있다. 이 진동성분은 축상 댐퍼를 제어하므로써 약 70%가 저감되었으며, 승차감으로는 수동댐퍼 적용 시 보다 스카이 훅 및 LQG 제어에 의해 3.2dB와 2.6dB가 저감되었다.

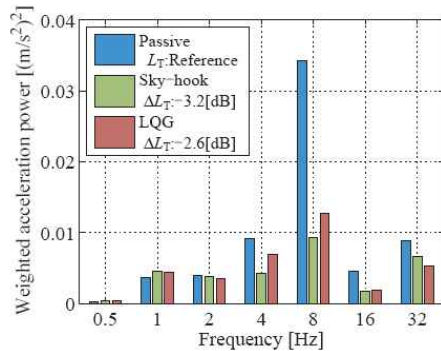


그림 2.16 시험결과와 승차감지수 비교(차체 중앙부 바닥)

- 그림 2.17은 제안된 시스템이 전 시험구간(약 50Km)에 대해 주행시험을 수행하여 승차감이 향상되었는가를 검증하기 위하여 나타낸 것이다. 이 그림에서 능동 일차상하 현가장치를 적용하여 승차감이 전 시험구간에서 전반적으로 향상되었다는 것을 볼 수가 있다. 더 상세하게 말하자면 현차 주행시험에서 차량이 속도 300KPH로 할 때 시험구간 전역에서 승차감은 적어도 2.5dB가 저감되었다.

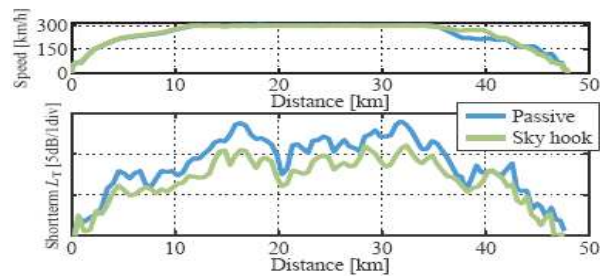


그림 2.17 현차시험에서 차체 중앙부에 대한 승차감 지수

- 철도차량의 상하진동을 저감하기 위하여 지금까지 능동현가장치나 공기스프링에 의한 감쇄방법이 제안 및 시험되고 있다. 능동현가장치는 진동제어성능이 우수하나 비용적인 측면에서 불리하고 공기스프링에 의한 감쇄방법은 비용적인 측면에서는 유리하나

진동제어성능면에서 향상의 여지가 있다. 따라서 일본에서는 진동제어시스템의 비용과 성능이 잘 조합된 현가장치시스템을 개발하였다. 새로 개발된 진동제어시스템의 구성은 그림 2.18에 나타난 바와 같이 진동제어가 용이한 능동 이차상하댐퍼를 공기스프링과 병렬로 차량당 4개를 설치하고, 진동제어장치는 대차당 1개를 탑재하고, 가속도센서의 수량과 설치위치는 진동제어의 대상으로 하는 차체 진동모드와 종류에 의하여 다르지만 일반적으로 2개에서 4개를 적용한다.

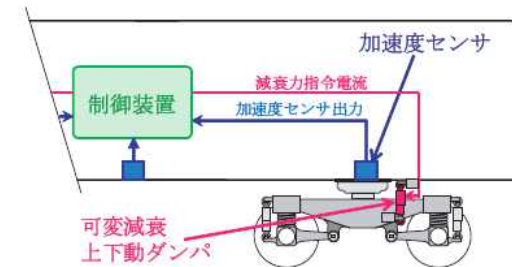


그림 2.18 능동 2차상하현가장치의 제어 시스템

- 능동 이차상하현가장치 시스템은 그림 2.19에 나타나 있으며, 댐퍼에는 감쇄력을 제어하기 위한 감쇄력 제어밸브와 본 장치가 작동불능 시 통상의 댐퍼 기능을 할 수 있도록 하였다.



그림 2.19 능동 2차상하현가장치 시스템

- 제안 시스템의 성능을 검증하기 위하여 서일본 여객철도의 협력을 얻어 재래선에서 주행시험을 실시하였다. 시험 차량은 차체길이가 20m이고, 대차 중간간 거리가 13.8m 근

교형 통근전차이다. 그림 2.20은 능동 이차상하현가장치를 차량에 취부한 그림이다. 금번 현차시험에서는 능동 이차댐퍼의 감쇄 제어성능을 최대한 이용하기 위하여 공기스프링 내부에 있는 오리피스를 제거하고 이차 스프링계의 감쇄는 전적으로 능동 이차댐퍼가 부담하는 것으로 하였다. 주행시험은 궤도틀림이 크거나 차량의 주행속도 차이에 의한 차체의 진동, 승차감 그리고 제어에 의한 진동저감, 승차감 향상 효과를 확인하기 위하여 궤도정비조건이 차이가 있는 복수의 선로에서 실시하였다. 제어파라미터의 조정순서는 동일구간을 동일속도로 수회 주행을 하고 차체 바운싱, 피칭, 1차굽힘 그리고 롤링모드와 함께 여러 가지 스카이훅 제어 파라미터를 조정하고 또한 그것을 조합하여 복수모드로 진동제어 조정을 하였다. 또한 제어파라미터는 궤도틀림이 커서 진동이 현저한 구간에서 조정을 하였고 궤도틀림이 작은 구간에서는 그 제어가 승차감에 대하여 악영향을 주는가를 확인하였다.

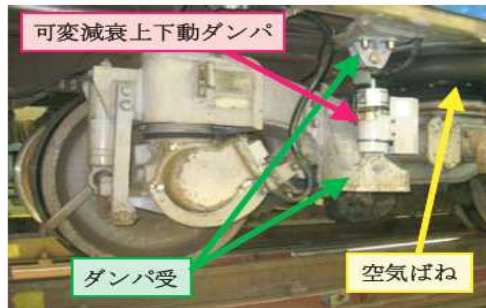


그림 2.20 능동 2차상하현가장치의 차량에 취부

- 대표적인 제어의 예는 표 2.9에 나타난 제어패턴으로 시험을 실시하였다. 이 가운데 특히 조합제어 B 및 B'는 대차 상부 차체상면에 가해진 진동을 차체중앙에 설치된 가속도센서로 측정하므로써 차체의 1차굽힘진동을 고려한 제어를 하였다. 또한 조합제어 B'는 기본적으로 B와 동일하나 주행속도 50KPH이하에서 롤링제어를 하는 것이다. 이것은 통상 주행속도 50KPH이상에서는 롤링모드의 진동에 비하여 바운싱, 피칭 및 굽힘진동이 지배적이므로 역구내 등 저속구간에 한하여 롤링모드를 제어하였다. 먼저 시험시험 평가 구간은 궤도상태나 주행속도에 따라 차량의 진동상태가 달라서 표 2.10에 나타난 바와 같이 4종류로 하였다.

표 2.9 제어패턴과 제어대상 모드

제어조건	바운싱	피칭	굽힘	롤
조합 A	○	○		
조합 B	○	○	○	
조합 B'	○	○	○	※
댐퍼 무	공기스프링 오리피스 댐핑			
댐퍼 C40	수동댐퍼(c=40KN(m/s))			

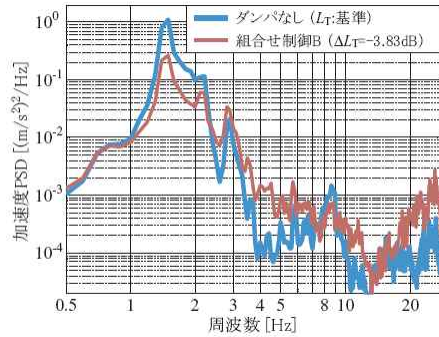
○ : 제어 ※ : 주행속도 50KPH이하에서 제어

표 2.10 주행시험의 평가 구간

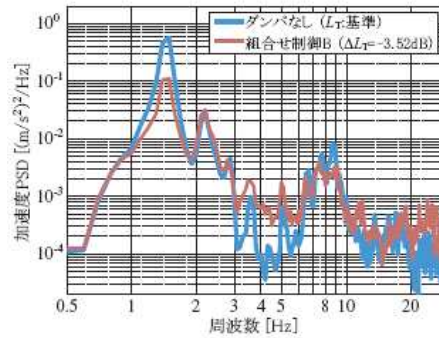
기호	구간	주행속도	선형	비고
a	1	62KPH	곡선	강체모드의 진동이 주
b	1	83KPH	직선	전체적으로 진동이 큼
c	2	103KPH	직선	교량 포함
d	2	42KPH	역구내	롤진동이 현저

구간 1 : 궤도틀림이 비교적 큼 구간 2 : 궤도틀림이 비교적 작음

- 시험결과에서 차체의 강체모드 진동이 큰 구간(표 2.10의 구간a, 주행속도 62KPH)의 차체 후위 대차상부 및 중앙부 상하진동가속도 파워 스펙트럼(PSD)가 그림 2.21에 나타나 있으며, 1.5Hz 부근에서 상하 바운싱 성분을 주체로 한 진동에 의하여 가속도 스펙트럼이 최대값을 형성하고 있으나, 상하댐퍼를 제어하는 경우(조합 B)에 이 최대값이 약 1/5로 감소되었다. 그 결과 승차감지수가 후위대차 상부부에서 약 3.8dB 및 중앙부에서 약 3.5dB가 저감되었다.



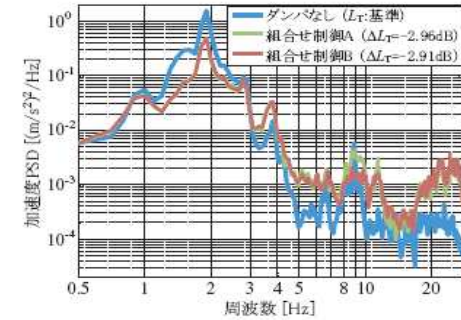
(a) 후방대차프레임의 진동가속도 PSD



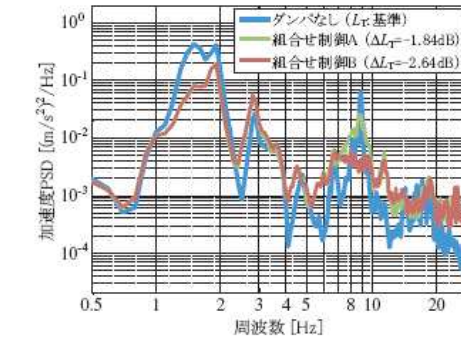
(b) 차체 중앙부의 진동가속도 PSD

그림 2.21 감쇄제어 유무에 의한 차체 상하진동(주행속도 92KPH, 구간a)

- 또한 차체의 강체모드 진동에 부가하여 굽힘진동도 현저한 구간 (표 2.10 구간b, 주행 속도 83KPH)의 차체 상하진동가속도 스펙트럼이 그림 2.22에 나타나 있다. 이 구간에서는 1.5Hz 및 1.9Hz에서 차체의 바운싱 및 피칭모드가 주 진동으로 가속도 PSD의 최대치가 관측되는 것 외에 9Hz에서 차체의 굽힘진동에 의하여 피크가 나타남을 볼 수 있다. 강체모드로만 제어를 한다면(그림 2.22의 조합제어 A) 1.5Hz 및 1.9Hz 주파수에서 최대치는 저감되지만 9Hz 부근의 진동저감 효과는 그렇게 큰 정도는 아니다. 그러나 강체모드에 부가하여 차체굽힘 모드도 제어를 한다면 1~2Hz 부근의 진동저감 효과를 유지할 뿐만 아니라 9Hz의 굽힘진동에 의한 피크치를 약 1/10로 저감효과를 얻을 수 있다.



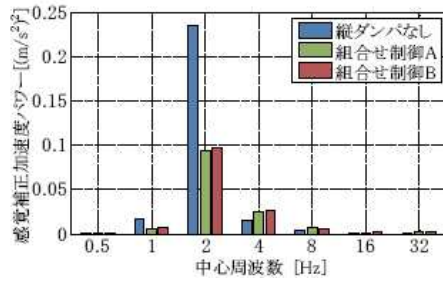
(a) 후방대차프레임의 진동가속도 PSD



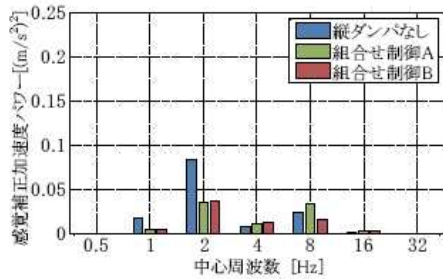
(b) 차체 중앙부의 진동가속도 PSD

그림 2.22 감쇄제어 유무에 의한 차체 상하진동(주행속도 83KPH, 구간b)

- 진동제어시스템에 의한 승차감저감 효과를 확인하기 위하여 진동가속도 PSD에 감각보정 및 옥타브 밴드 등을 장착하여 계산한 것이 그림 2.23에 나타나 있다. 대차 상부부에서는 2Hz대역의 진동이 크나, 조합제어 A에 의하여 이 진동성분이 반으로 줄었으므로 승차감지수가 저감됨을 알 수가 있다. 한편 차체중앙부에서는 1~2Hz 대역의 진동성분이 감소하여 승차감지수가 저감됨을 알 수 있지만 8Hz대역에서는 약간 증가하였다. 그래서 차체강체모드에 부가하여 굽힘모드의 진동제어를 한다면 8Hz대역에서 감각보정 진동가속도 파워가 1/2로 저감됨을 볼 수가 있다. 차체 중앙부에서 진동저감 효과는 1.8dB에서 2.6dB이므로 승차감을 효과적으로 향상시킬 수 있었다.



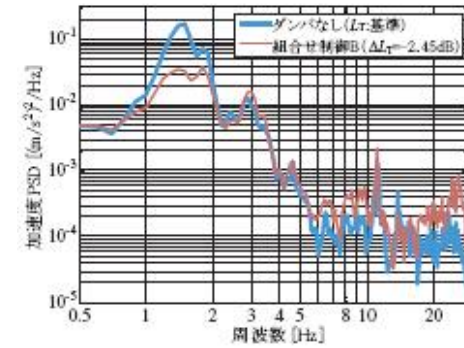
(a) 후방대차프레임



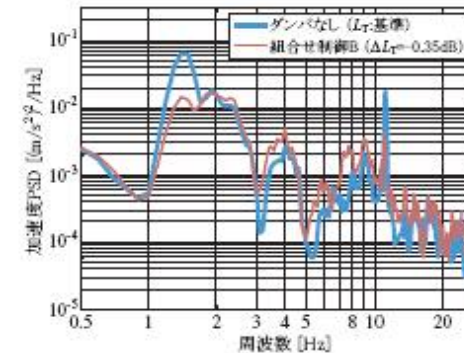
(b) 차체 중앙부

그림 2.23 감쇄제어 유무에 의한 승차감지수 보정 상하진동

- 제어파라미터를 변경하지 않고 궤도틀림이 큰 구간과 작은 구간을 주행하는 경우를 상정하여 시험을 실시한 것으로서, 궤도틀림이 큰 구간에 대해서는 우수한 진동저감 효과를 얻을 수 있었던 파라미터를 그대로 이용하여 궤도틀림이 작은 구간을 주행하는 시험을 수행하였다. 그림 2.24는 교량을 포함한 직선구간을 속도 103KPH로 주행한 경우의 차체 진동가속도 PSD를 나타낸 것이다. 전위대차에서는 1~2Hz의 강제모드에 의한 진동가속도 PSD가 제어에 의하여 1/5정도 저감되었고 승차감지수는 약 2.5dB가 저감되었다. 한편 차체 중앙부에서는 2~8Hz 주파수대역에서 진동이 미세하게 증가하여 승차감지감 효과를 크게 얻을 수 없었다. 이것은 차체중앙부에서 강제모드의 진동성분이 비교적 적기 때문이다.



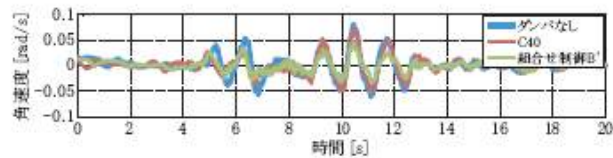
(a) 후방대차프레임의 진동가속도 PSD



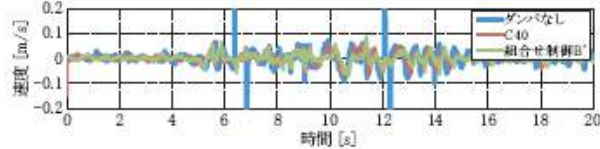
(b) 차체 중앙부의 진동가속도 PSD

그림 2.24 감쇄제어 유무에 의한 차체 상하진동(주행속도 103KPH, 구간c)

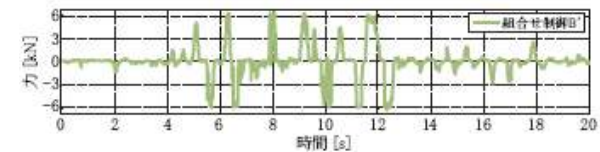
- 역구내의 분기거나 국소적으로 궤도틀림이 큰 구간을 통과할 때 비교적 큰 물진동이 발생할 수가 있다. 이와 같은 경우에 본 시스템에 의하여 물진동을 저감할 수 있는지를 시험하였다. 역구내를 42KPH로 통과 시 차체의 물진동 각속도, 댐퍼 피스톤 속도 및 감쇄력을 그림 2.25에 나타내었다. 댐퍼가 없는 경우와 비교해 댐핑력을 제어하는 경우 물각속도의 진폭치가 약 60% 저감되었으며, 수동댐퍼를 적용하였을 경우 물진동은 거의 저감되지 않음 볼 수가 있다.



(a). 차체 물각속도



(b). 댐퍼 피스톤 속도



(c). 댐퍼 감쇄력

그림 2.25 감쇄제어 유무에 의한 물진동 저감 효과(주행속도 42KPH, 구간d)

- 일본에서 승차감을 더 향상시키기 위하여 일차 및 이차현가장치에 준능동댐퍼를 채용하는 것을 고려하였다. 즉 대차의 진동을 저감하여 차체의 일차 상하굽힘모드를 낮추기 위하여 액슬박스에 준능동댐퍼를 설치하고 또한 이차현가장치에서 상하 능동댐핑은 공기스프링 내 오리피스를 통과하는 공기의 유동량을 제어하여 댐핑기능을 하도록 하였다. 이 시스템을 신간선 차량에 적용하여 주행시험을 실시하였으며, 주행시험 결과는 하기와 같다.

- 일차현가장치만 능동댐퍼 적용한 경우

차체 중앙에서 8.2Hz 부근의 차체굽힘모드 진동이 수동댐퍼 적용 시 보다 20% 저감되었다.

- 이차현가장치만 능동댐퍼 기능 적용한 경우

공기스프링에 능동댐퍼 채용 시 차체의 강체 진동 모드인 피칭 및 마운싱 주파수인 1Hz 근방의 진동이 수동댐퍼 채용 시 보다 약 50%가 저감된 것으로 나타났다.

- 일차 및 이차현가장치 모두 능동댐퍼 적용한 경우

공기스프링에 의한 능동댐퍼가 적용되더라도 8.2Hz 부근의 진동개선은 그대로 유지되었으며, 그림 2.26에서 나타난 바와 같이 3.5dB의 승차감 저감 효과가 있는 것으로 나타났다.

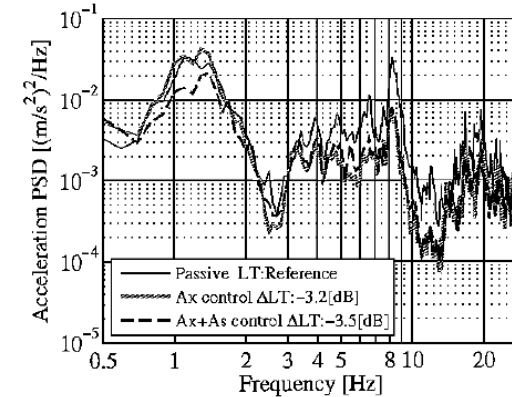


그림 2.26 신간선 현차 주행시험 결과(차체 중앙부 진동가속도 PSD)

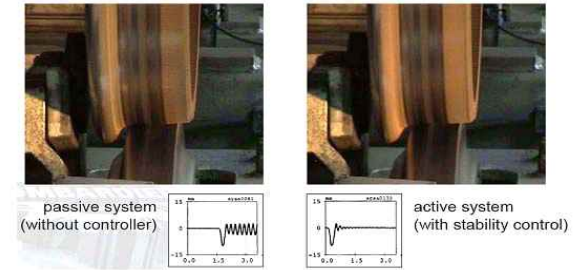
- (반)능동 조향 대차 시스템에 대한 지속적인 연구 끝에 실제 크기의 시작품을 제작하여 주행 시험 장치(Roller Rig)이상의 시험 환경에서 실험을 수행한 기관은 독일의 봄바르디어사와 일본의 수다 교수 등이 있다. 독일의 봄바르디어사는 “메카트로닉 보기”라는 능동 제어가 가미된 대차 시스템을 개발하였다. “메카트로닉 보기”에서 능동 제어 요소는 주행 안정성 향상과 곡선부 주행 성능 향상이라는 두 목표를 동시에 만족시키기 위하여 적용되었다. “메카트로닉 보기”는 전기 모터와 휠셋의 액슬 박스를 링크를 통해 연결하고 휠셋의 좌우 차를 또한 링크로 연결되어 모터가 회전하게 되면 휠셋에 요운동이 발생하는 메커니즘으로 구성되어 있다. 이 시스템은 앞서 분석한 제어 기술 중에서 능동 감쇠 기술 기법을 통하여 주행 안정성을 확보하였으며 모드 제어(Modal Control) 기법을 기반으로 하여 여기에 곡선부 주행 성능 향상을 위한 제어를 설계하고 있다. “메카트로닉 보기”는 주행 시험 장치 위에서의 안정성향상 실험에서는 만족할 만한 결과를 나타내었으며 실차에 설치되어 2006년에 시험 선로에 대한 실험을 완료하고 2008년에 상용화할 것을 목표로 하고 있다. 아래 그림은 독일 봄바르디어사에서 개발한 “메카트로닉 보기”의 프로토타입에 대한 실물사진이다. 능동 제어 요소를 통하여

주행 안정성의 확대를 도모하였지만 신뢰성(Fail-safe)을 확보하기 위하여 최소한의 일차원가장치를 통한 강성을 유지하고 있다.

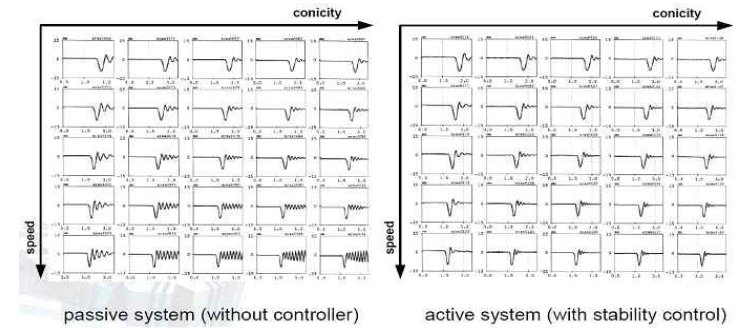


그림 2.27 독일 봄바르디어사의 메카트로닉 보기

- 메카트로닉 보기의 능동 제어를 이용한 주행 성능 향상 시험에 대한 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 능동 제어를 통해 휠셋의 사행동을 크게 감소시켰으며 특히 주행 속도와 휠의 답면 구배에 상관없이 높은 제어 성능을 보이고 있다. 이는 향후 메카트로닉 보기의 능동 요소를 이용한 곡선부 조향 제어 시에 차륜 답면 구배를 기본 보다 크게 하여 보다 원활한 조향 성능을 얻을 수 있다는 것을 의미한다. 실제로 국내 대부분의 차륜 답면 구배가 1/20인데 비해 메카트로닉 보기는 3/10의 차륜 답면 구배를 이용하였다.



(a)



(b)

그림 2.28 메카트로닉 보기의 주행성능 향상을 위한 능동 제어실험 결과

- 현재 철도 시스템에 적용되고 있는 대부분의 (반)능동 요소는 틸팅 시스템에 사용되는 전기-기계 메커니즘과 승차감 향상을 위하여 사용되는 요댐퍼 및 횡 댐퍼가 주로 적용되고 있으며 최근에는 이차 현가계에 (반)능동 요소를 추가하려는 경향이 있다. (반)능동 조향 대차 기술이 현재까지는 상용화 되지 못했기 때문에 (반)능동 조향을 위한 능동 요소를 개발한 사례는 아직까지 보고된 바 없다. 일반적인 유/공압 액추에이터와 전기-기계식 액추에이터의 장단점을 비교한 것으로 설계 및 적용 범위에 따라 그 특징은 달라질 수 있다. 철도 시스템용 액추에이터는 유/공압 형태의 시스템이 많이 사용되었으나 최근에는 작동 유 및 공기의 누설, 크기의 한계 등의 문제와 전기-기계 시스템의 지속적인 발전에 힘입어 유/공압 액추에이터의 적용은 점차 줄어들고 있으며 전기-기계 시스템의 사용이 늘어나는 추세이다. 특히 전기-기계 액추에이터는 효율이 높고 제

어가 용이하며 친환경적인 장점이 있다.

표 2.11 유/공압 방식과 전기-기계식 구동 장치의 장·단점

	유-공압	전기-기계식
장점	○ 부피당 힘이 크다 ○ Fail-safe 능력을 어느 정도 갖고 있다. ○ 대용량 액추에이터가 광범위하게 쓰이고 있다. ○ 제어하기가 용이하다	○ 반응 속도가 빠르다 ○ 대역폭이 광범위 하다 ○ 비교적 깨끗하다 ○ 다양한 설계가 가능하다 ○ 제어하기가 용이하다 ○ 효율이 높다
단점	○ 효율이 낮다 ○ 반응 속도가 느리다 ○ 대역폭이 좁다 ○ 누설 등의 위험이 있어 친환경적이지 못하다 ○ 부수적인 장치들이 필요하다	○ 부피당 힘이 상대적으로 작다 ○ Fail-safe에서 불리하다 (별도의 메커니즘을 고려해야 한다)

- 스웨덴의 경우 현재 200km/h급 틸팅열차(X-2000)를 동일한 노선에서 250km / h 의 EMU형 틸팅열차(REGINA250)로 대체하기 위한 “Green Project”를 수행하고 있다. 이 차량은 봄바르디어사가 개발한 차량으로 고속화에 따른 승차감 저하를 해결하기 위하여 2차현가장치를 능동적으로 제어하기 위한 ALS 시스템을 적용하고 있다. 현재 시제차가 개발되어 실선로에서 시험운행 중에 있다. 능동액추에이터는 모터와 볼스크류로 조합된 평균 추력 13kN, 피크 추력 37kN 용량의 전기기계식(Electric Mechanical) 액추에이터를 적용하고 있다. 시험결과, 250km/h 주행 시의 승차감은 200km/h 주행 시와 동급으로 평가되고 있다.



(a) REGINA250

(b) 능동액추에이터

그림 2.29 REGINA 250과 능동액추에이터 실물

The ALS system

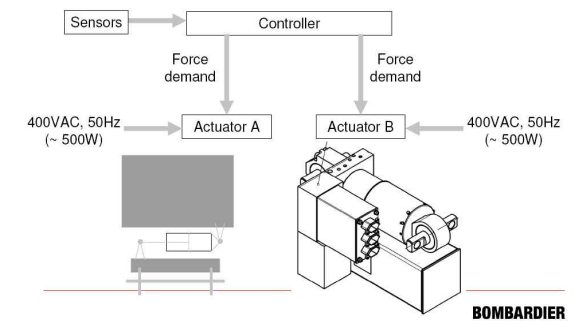


그림 2.30 봄바르디어사의 ALS 시스템

- 횡방향 능동현가시스템이 실용화되고 있는 반면 상하방향 능동현가시스템은 아직 연구 개발 단계에 있다. 능동현가요소로서 2차현가용 가변감쇠형 공기스프링, 가변댐퍼나 1차현가용 가변형 댐퍼 시제가 개발, 적용되고 있다. 공기스프링의 비선형에 의하여 동역학적으로 제어하기가 어려운 점이 있다. 승차감 제어 시험결과 그 효과는 횡방향 능동현가시스템에 비하여 크지 않으나 1차현가용 가변댐퍼 적용 시 약 3dB이상 저감효과가 있다고 보고되고 있다. 현재 내구 주행시험 중에 있으며 2년내 실용화를 목표로 신뢰성 향상, 저비용화를 위한 제품 개발이 진행 중에 있다.

- 고속차체능동제어 차량기술의 경우 프랑스, 이탈리아 Pendolino가 대표적이며 프랑스는 대부분의 국토가 평지로 이루어져 있기 때문에 고속 신선을 건설하는 데 그다지 큰 비용이 들지 않는다. 따라서 일찍부터 전 국토의 TGV화를 추진하였으나, 영토가 크고 노선이 길어 막대한 신선건설비를 감당하기가 어려워지고 있다. 이로 인해 일부 기존선에는 틸팅 시스템이 설비된 TGV-Pendular를 투입하여 표정속도와 승차감을 향상 시키고 있다. 기존 TGV와 틸팅 TGV (TGV- Pendular)의 시간단축효과와 시설 투자비용은 TGV로 300km/h 주행 시 50% 시간단축과 분당 단축 투자비가 480~600억원이 소요되고, TGV-Pendular로 220km/h 주행 시 10~15% 시간단축과 분당 단축 투자비 24~72억원이 소요되는 것으로 검토된다. 2006년에는 성능을 개선한 운행속도 250km/h급 4세대 New-Pendolino 를 개발하여 이탈리아에 Trenitalia에 12편성을 공급하였고 2007년에는 이탈리아에 Cisalpino 14편성을 공급하여 상업운행중에 있다.

표 2.12 TGV와 능동차체제어 열차 TGV-P 투입 시 비교

구분	최고운행속도	시간단축	1분당 단축 투자비
TGV	300/320km/h	50%	480 ~ 600억원/분
TGV-P	220km/h	10 ~ 15%	24 ~ 72억원/분



(a) New Pendolino



(b) New Pendolino 실내

그림 2.31 New Pendolino

- 독일 ICE-T 고속틸팅열차는 지멘스, 봄바르디아 및 알스톰은 컨소시움을 구성하여 독일철도(DB AG)의 전기철도에 ICE3의 설계기술을 많이 사용한 틸팅차량을 개발하여 1999~2000년에 시리즈 1 ICE-T(ET411, ET415) 틸팅차량 43편성을 공급한다. 상기

틸팅열차는 독일철도 고속선 및 기존선 네트워크와 스위스 철도의 기존선에서 230km/h의 속도로 운행하고 있다. 차량의 틸팅각도는 8도를 경사 시키며 승차감 개선과 15~20%의 여행시간 단축한다. 시리즈 2 ICE-T2는 ICE-T의 편의시설 등을 개량하였으며 2004~2006년에 28편성이 공급되어 운영 중에 있다. 고속선-기존선 틸팅 직결운행은 함부르크에서부터 라이프찌히의 노선은 평평하고 직선으로 되어있고 ICE T는 230km/h의 최대속도로 운행한다. 라이프찌히로부터 뉘른베르크(320km)의 곡선 구간(최소 곡선반경: 300m)과 25%의 급구배에서 ICE-T는 틸팅기술을 사용하여 운행 시간을 14% 줄인다. 뉘른베르크에서부터 뮌헨까지의 노선에서 ICE T는 230km/h의 최대속도로 새롭게 만들어진 노선을 운행한다.



그림 2.32 ET411/ET415 능동제어 차량

- 일본 FASTECH 360/N700계 신간선 능동제어 틸팅차량은 JR Central에서 350km/h급 신간선 300X계를 개발하여 운영하였고 JR 서일본은 신간선 500계를 개발하여 1997년부터 도호큐신간선~서일본신간선에서 최고운행속도 300km/h로 상업 운영한다. 최근에 JR 동일본에서는 FASTECH 360 고속 신간선 시험열차를 2006년에 개발 완료하여 2007년부터 도호큐 신간선에서 시운전시험을 수행하고있다. N700계 틸팅열차 최고영업 속도 300km/h 급으로 속도향상 목적으로 틸팅시스템을 장착하여 영업운전(틸팅 1도 동작)하고 있다. 도카이도 노선은 최고속도 270km/h를 낼수있지만 곡선반경 2500m(R) /200mm(C)(약 60개소)에서는 250km/h로 감속운전하여야 하였다. 그러나 도카이도 고속선 구간에 N700계 틸팅열차 투입으로 곡선반경 2500m을 270km/h로 증속 운전하여 5분 여행시간 단축하였다.

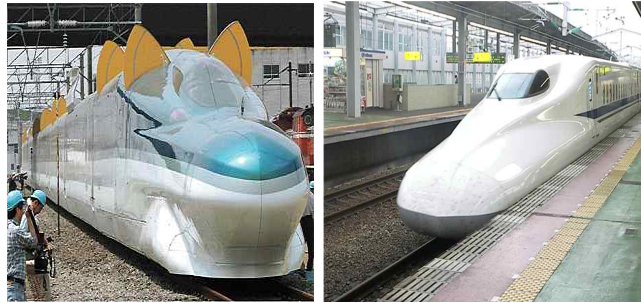


그림 2.33 고속신간선 열차(Fastech 360, N700)



그림 2.34 클래스 390 펜도리노

- 영국 클래스 221, 390 시리즈는 영국에서 교통수익이 가장 높은 노선 중에 하나인 WCML(West Cost Main Line)의 Virgin 레일은 틸팅차량을 도입하기로 하여 1999년 Virgin 레일은 클래스 390 펜도리노 등 총 53편성의 최고운행속도 225km/h의 틸팅차량과 유지보수를 GEC-Alsthom, Fiat-Ferrovialia 컨소시엄과 12억 5천만 파운드(한화 약 2조 3천억원)에 계약을 체결하여 2001년부터 최고운행속도 200km/h로 상업운행 중에 있다. 2005년에는 런던~글라스고 구간에서 현재보다 약 1시간 정도의 여행시간 단축(약 22% 감축)하였다.

표 2.13 최신 고속차량 능동제어 운영 현황

운영국가	독일	이탈리아	영국	일본
열차명	ICE-T	New Pendolino Eurostar	CL390 팬드리노	N700
개통년도	2004~2006	2006~2007	2001~2004	2007~2011
운행구간	하노바~원헨, 슈트트가르트~베를린	토리노~밀라노~로마, 로마~베니스	런던~서해안선/북웨일스해안선	도카이도(동경~신오사카)
차량형식	EMU	EMU	EMU	EMU
운행속도 (Km/h)	230	250	200	300
공급편성수	28	Trenitalia : 12 Cisalpino : 14	53	54
편성당량수	7	7	5	16
정원좌석수(석)	390	432/431	174(4량 편성)	1,323
열차중량(Ton)	366	448/450	-	700
차체재질	알루미늄 합금	알루미늄 합금	-	알루미늄 합금
추진동력(Kw)	4,000	5,500	-	17,080
전원공급	AC15kV 16-2/3	3kV DC, 25kV AC, 15kV AC	-	AC25kV 60Hz
틸팅각도	8	8	8	1
틸팅방법	전기/기계	전기/기계	전기/기계	공압식
특징	비디오석, 승객서비스, Bar/Bistro, 전자좌석표시기, 가족공간, 티켓예약서비스, 노트북전원, 화장실예약시스템	TV스크린/오디오, 외부/내부정보판, 터치스크린, W-Lan/WiFi 인터넷, CCTV, 바/레스토랑	휠체어설비 및 화장실, 좌석오락기능, 정보현시장치	250km/h에서 270km/h속도항상틸팅, 저소음/공력저항저감, 기밀설계, 눈녹임장치/지진대비설비

- 프랑스 국철은 3가지 기준에 대한 틸팅 기술의 적합성을 검토하였고, 실험 열차 세 대 (TGV, AXIS, XTER)에 이루어진 반(反)틸팅 제어, 볼스타, 판토그래프에 대한 다양한 시스템의 개발에 참여하였다. 최대 300mm 캔트 부족량에서 이루어진 전체 시험에서 허가, 안전, 그리고 승차감의 기준이 모두 지켜진 것으로 조사되었다. 또한 이번 시험으로 여러 기술적 해결책에 대한 입증도 되었다. TGV 틸팅차량은 기존 TGV 열차의 승차감과 별반 차이가 없으며, 궤도 부가하중이 규정된 제한치를 넘지 않았으며, 이로 인해 틸팅 차량으로 개조될 수 있음을 확인한 것은 아주 중요한 성과였다.
- 프랑스 국철(SNCF)은 장거리 교통의 절반 이상을 담당하는 대규모 TGV 열차를(약 400대) 보유하고 있다. 해외의 우수 대형 철도와는 달리 프랑스 국철은 장거리 교통에 틸팅 열차를 투입하지 않는다. 프랑스 국철은 고속 철도 신설을 선호하기 때문이다. 고속 철도 신선에 대한 마스터플랜이 재정비용이 문제가 되자, 관련 기관은 틸팅 기술로 신선을 깔거나 혹은 아예 틸팅 노선으로 대체(전 구간 혹은 부분구간)하는 것도 검토하고 있다. 프랑스 TGV 철도망 지도를 보면 1천5백km이상의 고속 철도 구간이 철도망으로 연계되어 있는 것을 알 수 있다. 파리-슈트라스부르크 고속주행구간이 정상 영업 운전에 들어가면 총 고속 철도망은 2천km에 달할 것이다. 틸팅 고속 열차가 교통 연결 개선에 기여할 수 있는 구간은 잘 알려져 있다. 그 중에서도 특히 틸팅 열차의 투입이 필요한 구간이 두 군데 있다.
 - 목적지 정차역까지의 운행시간을 단축하기 위해 고속 철도 구간 확장. Rennes-Brest와 Rennes-Quimper구간이 그 예이다.
 - 고속 철도구간 철도망에 연결된 대규모 곡선구간이다. 프랑스의 중심인 Ile de France와 Limousin, Midi-Pyrenees간의 연결선이 대표적인 예이다.
- 이 프로젝트가 해결해야 할 기술적인 문제를 보면 프로젝트가 추진하는 개발이 아주 새로운 양상을 띠는 것을 보여준다. 프랑스 국철은 전체 TGV 열차에 대해 완전히 새로운 야콥스-볼스타가 장착된 관절차체 컨셉을 개발하였다. 이 컨셉은 특히 주행안정성과 승차감에서 탁월한 성능을 입증하였다. 틸팅 기술로 관절 대차를 개조하려면 각 기계의 결합, 2차 현가장치, 그리고 철도 차량 연결부를 전반적으로 바꾸어 주어야 한다. 그렇게 해야 열차의 해당 부품들이 틸팅식 주행에 필요한 자유도(自由度)가 확보된다. 틸팅식 주행을 위해 열차를 개조한 것이 열차의 고속주행 혹은 주행 안정성을 해쳐서는 안 된다. 이 프로젝트에서 가장 중요한 사항은 TGV가 틸팅 기술로 개조되어도 여전히 TGV로서의 성격을 유지하는 것이다. 축간거리를 3m로 크게 잡고 특수한 현가 장치를 장착한 볼스타의 사용으로 고속 철도 주행에서 주행안정성과 고속 주행 시 안전을 동시에 확보할 수 있다.

축간거리 3m와 특수 현가 장치는 틸팅 열차가 추구하는 작은 반경의 곡선 구간에서 볼스타의 성능에 이상적이지는 않다. 그래서 선로에서 발생하는 힘이 규정된 한계치를 넘지 않도록 세세하게 점검해야 한다. 틸팅식으로 개조된 TGV가 준수해야 하는 두 번째 중요한 사항은 캔트 부족분이 큰 급 곡선 구간까지 무리 없이 주행할 수 있도록 하는 것이다. 마지막 세 번째 준수 사항은 앞서 언급된 것과는 다른 성격의 것으로서 승객의 승차감에 관한 것이다. 차체의 틸팅 움직임은 기존 열차의 움직임과는 다르며(진동수와 진폭(振幅)에서) 차멀미를 쉽게 유발할 수 있다. 배 멀미로 잘 알려진 어지러움과 메스꺼움 현상은 지금까지 철도 교통에 나타난 적은 거의 없다. 그래서 프랑스 국철(SNCF)은 틸팅-TGV 실험 열차의 개발과 병행하여 차멀미에 대한 자체적인 연구 프로그램을 진행하였다. 특수 연구실과 협력으로 실시된 포괄적 연구를 통해 차멀미의 원인과 차멀미를 유발시키는 요인이 밝혀지면 차멀미 예방 대책을 펼 수 있을 것이다.

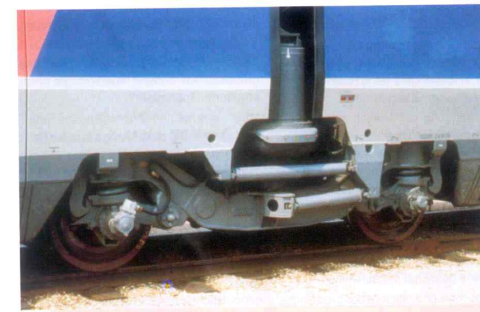


그림 2.35 TGV의 중간 객차 2대 사이의 관절대차

- 틸팅-TGV의 관절대차(carrying bogie) 컨셉에서 두 가지 문제점이 해결되어야 한다.
 - 틸팅 장치의 조립 설치할 공간 확보
 - 실린더 두 개로 작동되는 pendulum의 운동학(運動學) 생성
- 알스톰과 SNCF의 기술부서가 개발한 해결책이다. pendulum은 볼스타 프레임에 대해 6.3도로 기운다. 틸팅 계수(係數)를 고려하면 차체는 선로에 5.4도 기운다. 최대 주행 조건인 260mm일 경우 승객들은 현재 캔트 부족분 160mm 및 180mm대신 120mm 정도로 느낄 것이다.

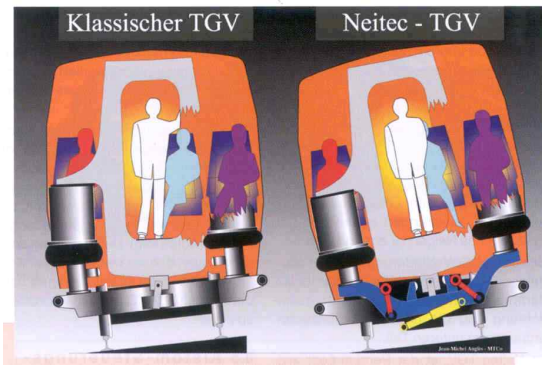


그림 2.36 TGV의 틸팅 원리 (일반 TGV/틸팅 TGV)

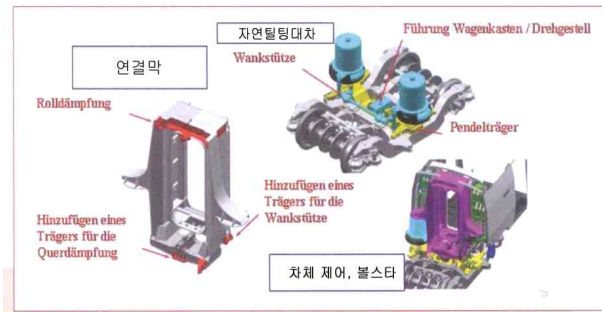


그림 2.37 틸팅 시범 열차 (볼스타-객차간 연결 부분 변경 사항)

- 틸팅 열차가 직선 선로와 곡선 선로간의 완화곡선 구간에 접어들면 차량은 차례대로 진행 방향을 틀게 된다. 이렇게 직선에서 곡선으로 차체의 진행 방향이 틀어지면서 각 차량의 기울기는 앞 차량과 뒤 차량의 기울기에 따라 달라진다. 프랑스 철도 노선망에서 곡선 선로 선형은 차체 두 대 사이의 각도가 3.5도까지 허용된다. 그래서 원래 관절식 열차 각도의 한계치는 약 1도로 3.5도 각도는 허용되지 않는다. 이 문제를 해결하려면 서로 맞물리는 교차 건널목과 서로 연결되는 차량 간에 흔들림 방지 연결부가 근본적으로 개조되어야 한다. 고속 주행에서도 주행 승차감을 저해하지 않기 위해 관절 대차(각 차체는 전후 차체를 지지한다)와 종단 범퍼로 구성되는 차체 연결부 몇 스프링 장치 부품 조립은 현재 형태대로 유지되어야 한다. 이들 부품은 서로 연결되는 센터 트레일러(centre trailer)의 움직

임을 상당 부분 제한한다. 고속 주행 시 주행 안정성을 책임지고 있는 이들 연결부를 변함 없이 유지하면서도 틸팅 주행을 하는 것이 관건이다. 틸팅 TGV에서 pendulum은 볼스타 프레임과 차체사이에 위치한다. pendulum이 2차 현가장치를 장착하고 있기 때문에, 2차 현가장치가 곡선 선로에서 pendulum과 함께 기울면 기존 TGV에서 현가장치보다 횡응력이 더 커서는 안 된다. 이렇게 배열된 틸팅 TGV의 장점은 차체에 재(再)중심 장치가 필요 없다는 것이다.

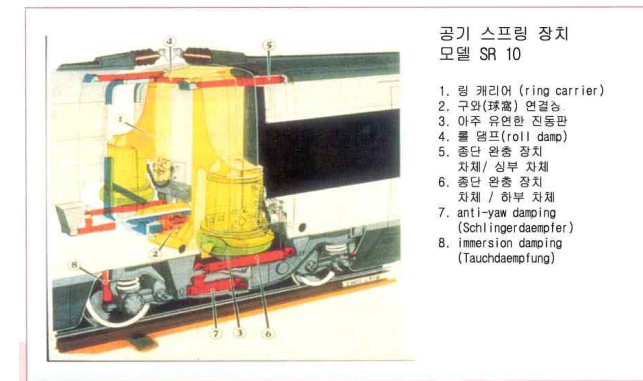


그림 2.38 TGV Atlantique의 공기스프링 장치 컨셉

- 현재 운영되고 있는 KTX 고속열차 차량에 국내 독자기술로 개발 완료한 틸팅기능 적용 시 KTX 고속열차 차량에서 변경 및 수정되어야 할 주요 구성품 즉 차체와 대차의 구조적인 측면에 대하여 하기와 같이 개괄적으로 검토하였다.

(단위:mm)

표 2.14 KTX-TTX 차량제원 비교

순번	구 분	차 량 제 원		비 고
		KTX 고속열차	TTX 틸팅열차	
1	차체 길이	18,700	23,030	
2	차체 폭	2,904	2,970	건축한계 유리
3	차체 높이(레일상면 기준)	3,484	3,520	
4	차체 볼스타 하면 높이	961	1,000	일부수정 필요
5	차체 언더프레임 상면 높이	1,160	1,125	
6	차체 공기스프링 취부간 거리	2,100	1,750	
7	대차 중심간 거리	18,700	15,900	
8	대차 고정축거	2,900	2,600	
9	대차 저어널중심간 거리	2,032	2,050	
10	대차 공기스프링간 거리	2,080	1,750	
11	대차 사이드프레임 높이	980	790	일부수정 필요
12	차륜경	920	860	
13	저어널부 차축 경	150	130	

표 2.15 대차시스템 주요기능품 비교분석

순 번	구 분		대 차 주 요 기 능 품		비 고
			KTX 고속열차	TTX 틸팅열차	
1	대차 형식		볼스타레스	볼스타	틸팅기능부여
2	대차프레임	형식	H자 용접구조	H자 용접구조	
		사이드프레임	박스형 용접구조	박스형 용접구조	
		트랜섬	박스형 용접구조	박스형 용접구조	
3	차륜경		920mm	860mm	
4	차축베어링	형식	테이퍼롤라	테이퍼롤라	
		크기	150x250x185	130x230x160	
5	1차 현가장치	액슬박스	Guide arm 방식	Wing 형식	
		스프링	코일스프링	고무스프링	
		축상댐퍼	유	무	
6	2차 현가장치	스프링	공기스프링	공기스프링	
		보조공기통	외부별도 공기통	볼스타 내부	
		상하댐퍼	유	무	
		좌우댐퍼	유	유	
		요댐퍼	유	유	
7	안티롤바 장치		유	유	
8	견인장치	센타피봇	유	무	
		Link형식	Z link	Mono link	
9	기초제동장치	구동대차	차륜 디스크	차륜 디스크	
		부수대차	차축디스크(3EA)	차축디스크(2EA)	
10	틸팅장치	틸팅볼스타	무	유	틸팅기능부여
		스윙링크	무	유	
		엑츄에이터	무	유	
11	조향장치		무	유	

- KTX 고속열차에 틸팅기능 적용 시 검토사항

· 차체분야

아래 그림은 KTX 고속열차와 TTX 틸팅열차의 차체 외형도를 나타낸 것으로서, KTX 고속열차의 차체 크기 즉 높이 및 폭이 TTX 틸팅열차 보다 다소 작은 것으로 나타났다.

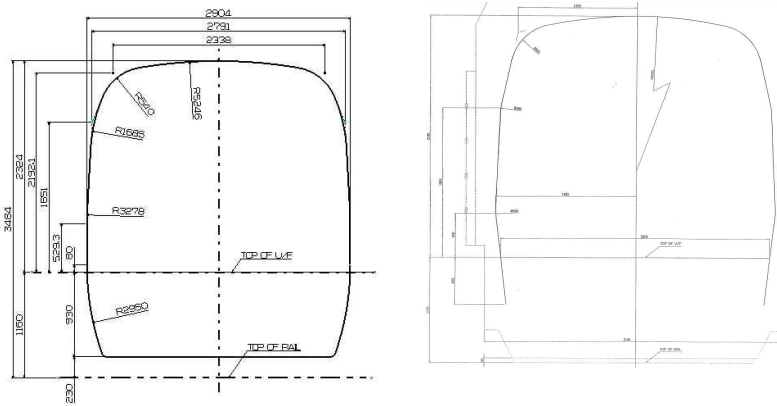


그림 2.39 KTX 고속열차와 TTX 틸팅열차의 차체 외형도

틸팅열차는 아래 그림에서 나타난 바와 같이 차체 틸팅 시 판토품라프가 가선으로부터 이탈되지 않도록 틸팅운동의 반대방향으로 운동하는 sledge장치가 판토품라프 하면과 차체 지붕에 설치되어야 한다. 그림 2.35에 나타난 바와 같이 KTX 고속열차의 차체 높이가 TTX 틸팅열차 보다 36mm 낮은 것으로 나타났다. 따라서 KTX 고속열차에 틸팅기능을 추가하기 위한 sledge 장치의 설치가 가능하다고 판단된다.

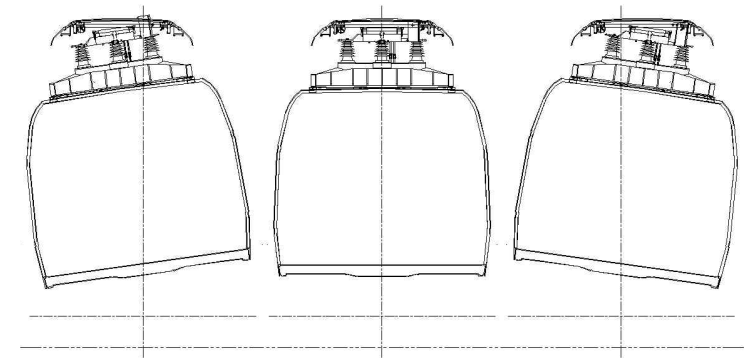


그림 2.40 Sledge 장치의 설치도

그림 2.25 에 나타난 바와 같이 KTX 고속열차의 차체 폭이 TTX 틸팅열차 보다 66mm 작은 것으로 나타났다. 따라서 KTX 고속열차의 차체 외형도로 최대 6° 차체 틸팅운동 시 차체가 차량한계 내에 있는 지를 검토결과, 차량한계를 만족하는 것으로 나타났다.

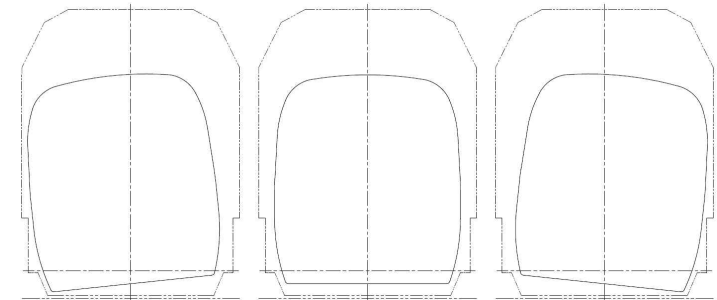


그림 2.41 KTX 고속열차의 차체 6° 틸팅운동

· 대차분야

본 항에서는 KTX고속열차의 객차대차에 틸팅장치 적용 시 변경사항에 대하여 하기와 같이 검토하였다. 그림 2.38은 KTX 고속열차 객차 대차에 틸팅장치를 적용한 개

넘설계로서 대차프레임을 KTX 고속열차 대차를 그대로 사용하고 틸팅 볼스타는 KTX 고속열차의 차체에 적합하게 설계하였다. 하기 그림에 나타난 바와 같이 틸팅장치가 $\pm 6^\circ$ 작용 시 대차프레임과 틸팅장치사이 간섭현상은 발생되지 않았다.

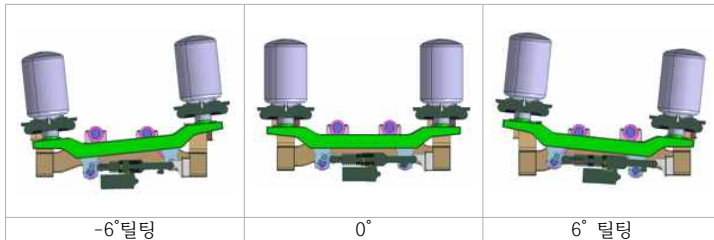
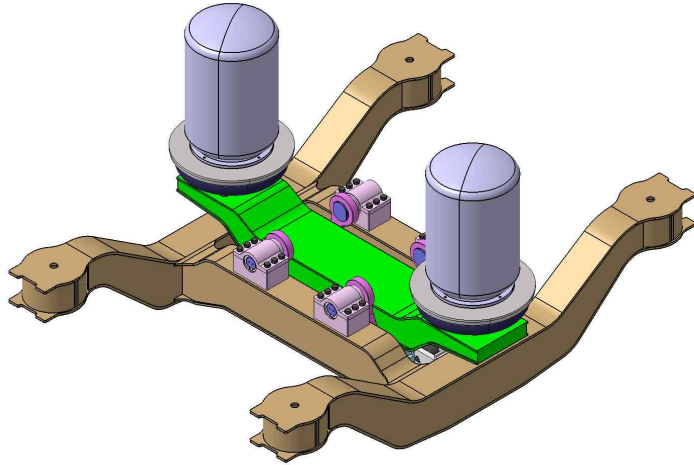


그림 2.42 KTX 고속열차의 객차대차에 틸팅장치 적용 개념설계

그림 2.39 에서 나타난 바와 같이 KTX 고속열차와의 객차대차에 틸팅장치 조립 채용시 대차의 트랜쇼와 사이드프레임의 높이가 일치하지 않아 강도상의 문제가 되므로 대차의 사이드 프레임의 형상 변경이 요구된다. 또한 그림 2.40, 그림 2.41 에 나타난 바와 같이 KTX 고속열차의 대차프레임 높이가 TTX 틸팅열차 보다 높아서 1차현가장치 및 액슬박스 형식을 변경하여 대차프레임의 높이를 낮추어야 한다.

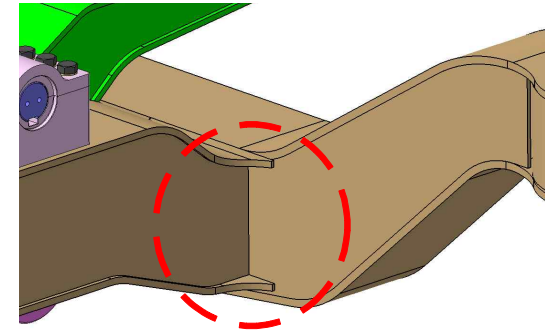


그림 2.43 대차의 사이드 프레임과 트랜쇼부 형상

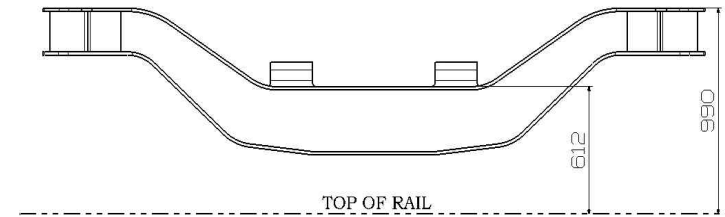


그림 2.44 KTX 고속열차 대차프레임 형상

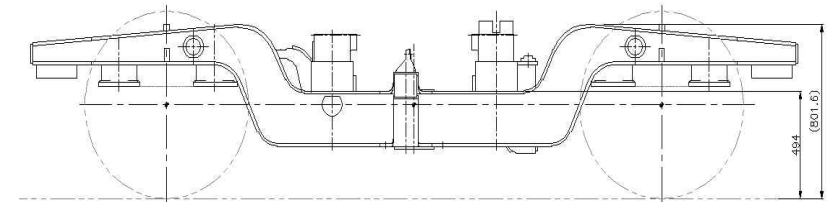
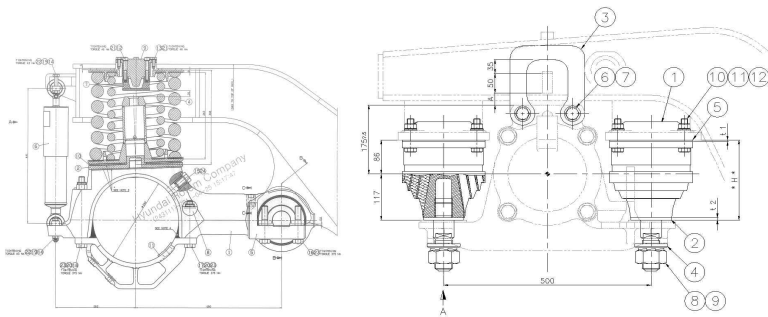


그림 2.45 KTX 고속열차와 TTX 틸팅열차의 대차프레임 형상

KTX 고속열차 객차대차와 TTX 톨딩열차의 대차의 1차현가장치는 그림 2.42에 나타난 바와 같이 각각 guide arm방식의 코일스프링과 고무스프링을 채택하고 있다. KTX 고속열차 객차대차에서 적용한 guide arm방식의 코일스프링은 액슬박스 상면에 코일스프링을 장착함으로써 대차프레임의 높이가 높게 되므로 대차에 톨딩볼스타를 적용하기에는 공간적인 한계가 있다. 따라서 KTX 고속열차 객차대차에서 적용한 guide arm방식의 코일스프링을 고무스프링이나 다른 형식의 스프링을 채용하여 대차프레임의 높이를 낮추어야 하며, 또한 1차현가장치는 차량의 주행안정성(Stability)와 상관관계가 높으므로 차량의 동특성해석을 수행하여 주행안정성을 확보하여야 한다.



고속열차 1차 현가장치 TTX 톨딩대차 1차현가장치

그림 2.45 KTX 고속열차와 TTX 톨딩대차의 1차현가장치

KTX 고속열차에 톨딩기능 적용 시 수정 및 변경이 요구되는 사항에 대하여 상기와 같이 개괄적으로 검토하여 수정·변경 항목을 하기 표에 정리하였다. 하기 표에 나타난 수정(안)은 하나의 방안 및 범위를 제시한 것이며, 수정·변경 사항을 명확하게 결정하기 위해서는 상세한 기술검토가 수행되어야 한다.

표 2.16 KTX 고속열차 톨딩적용(안) 검토

구 분		KTX 고속열차 수정·변경(안)	비 고
차체 높이(mm)		만족	Sledge장치 설치공간
차체 폭		만족	톨딩운동 및 횡변위
대차프레임	트랜스폼상	일자형→블록형 박스형식	스윙링크 핀 공간확보
	프레임높이	990/627 → 860/550이하	볼스타 설치 공간확보
1차현가장치	액슬박스	Guide arm형식 → Wing형식	대차프레임 높이를 낮추고 볼스타 설치 공간 확보
	1차현가장치	코일스프링 → 코일스프링+고무스프링	

- 현재 철도 시스템에 사용되고 있는 집전장치인 판토티그래프는 대부분 수동형 시스템을 사용하고 있으며 대칭형 판토티그래프 장치가 초기부터 지금까지 널리 쓰이고있는 구조 중의 하나이다. 최근에는 고속선을 중심으로 비대칭형의 형태로 그 추세가 옮겨가고 있다. 집전장치의 구조를 설계하는데 있어 가장 중요하게 고려되어야 하는 항목은 경량화로서 대칭형 암(arm)형태의 구조는 상대적으로 가볍게 만들 수 있음과 동시에 높은 기계적인 강성을 얻을 수 있는 장점이 있다. 또한 집전을 하지 않을 때는 판토티그래프를 접어 공간을 줄일 수 있으며 암의 길이나 스프링 등 요소부품 등을 필요에 따라 간단하게 교체하여 판토티그래프의 기구학적, 동역학적 거동을 손쉽게 개선시킬 수 있다. 그러나 기존의 판토티그래프 장치는 철도가 고속으로 운행함에 따라 발생하는 공기부양력 및 가선계로부터 전달되는 고주파 진동에 대한 적용에 한계가 있으며 집전 성능 향상에도 어려움이 있다. 따라서 해외 철도 선진국에서는 이를 극복하기 위하여 다양한 연구가 시도되고 있다.
- 판토티그래프에 대한 연구는 유럽 여러 나라에서 수행되었는데, 그 중 대표적인 것이 러시아의 모스크바와 레닌그라드를 잇는 철도에 사용된 판토티그래프이다. 이 장치는 시속 200km의 속도에서도 성능이 발휘될 수 있도록 제작되었으며 두개의 프레임의 조합으로 이루어져 있다. 평행사변형 구조로 되어 있는 하단부 프레임이 팬 헤드(pan

head)가 포함되어 있는 대칭 구조의 판토크래프와 연결되어 있다. 각 시스템은 기계적으로 제어되는 공압 액추에이터로 연결되어 있다.

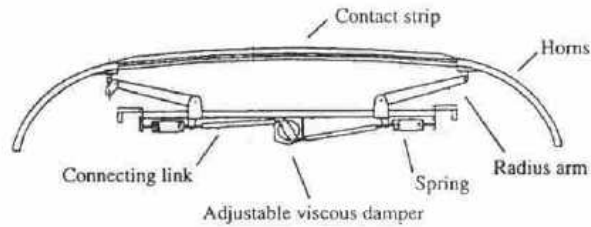


그림 2.46 Breknell, Wills사의 판토크래프의 펜 헤드

- 능동 판토크래프의 기본 개념은 판토크래프의 등가 질량을 능동 제어를 통해 줄임으로써 접촉력을 줄이고 접촉력의 저감은 집전판 및 접촉선의 마모를 줄일 수 있다는 것이다. 이와 동시에 외란에 강건하게 작용하여 언제나 일정한 접촉력이 유지될 수 있도록 하여 아크나 스파크의 발생을 배제시켜 전기적인 마모가 발생하지 않도록 한다. 특히 철도 시스템이 고속화됨에 따라 기존의 가선계 및 판토크래프의 한계는 점점 명확해지고 있으며 이를 극복하기 위한 하나의 방법으로 능동 판토크래프에 대한 관심이 고조되고 있다. 기본적으로 400km/h 이상의 속도에서 집전 성능을 유지하기 위해서는 두 가지 방법이 존재한다. 첫째로 기존의 판토크래프를 사용하되 가선계를 고도화시켜 고속선에 적합하게 만드는 방법이며 둘째, 기존의 표준 가선계를 사용하되, 좀 더 복잡해진 능동 판토크래프를 사용하는 방법이 있다. 이와 같은 두 방법은 상황에 따라 적절히 선택될 수 있는데, 우리나라의 KTX와 같이 고속선로를 신규로 건설하는 경우에는 고도화된 가선계를 함께 건설하는 것과 표준 가선계로 건설하고 능동 판토크래프를 도입하는 것에 대한 경제적 비용을 고려하여 선택되어야 한다. 그러나 기존선로 시스템이 갖추어져 있는 기존선과 같은 경우에는 능동 판토크래프를 도입하는 것이 보다 더 효과적이다. 이러한 이유로 유럽에서는 능동 판토크래프에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다.
- 능동 판토크래프 연구의 대부분은 기존의 수동형 판토크래프의 구조를 기본으로 사용하는 방향으로 진행되고 있다. 그러므로 기존 판토크래프의 구조를 최대한 유지하며 여기에 서보(servo)장치를 추가하는 방향으로 연구가 진행되고 있다. 1993년에는 기

존의 대칭형 판토크래프의 골격은 유지하며 상부 압과 집전판 사이에 선형모터를 부착하여 집전판을 제어하거나 하부 압의 거동을 제어 가능한 전기 모터를 사용하여 제어하는 방법이 제안되었다. 또한 비대칭형 판토크래프에 팬 헤드를 도입하고 하부 압과 팬 헤드를 액추에이터를 통해 제어하는 방법이 제안되었다.

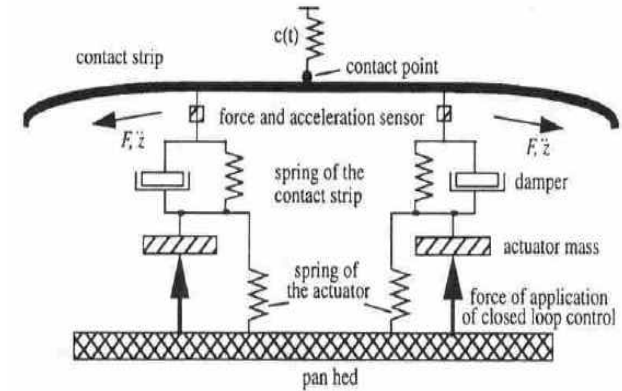


그림 2.47 팬헤드제어의개념도

- 독일의 Deutsche Bahn AG, DLR은 집전판의 능동 서스펜션(suspension) 장치를 제안하였으며 또한 Adtranz도 이와 유사한 개념을 제안하였다. DLR에서는 또한 공압 벨로우(bellow)나 판토크래프 구조의 관절 부위에 압전 구동기를 이용한 능동 요소를 배치한 능동 판토크래프를 제안하였다. Faiveley사는 최근에 비대칭형 능동 판토크래프를 상용화하였다. 이 판토크래프는 하부 압을 공압을 이용하여 능동 제어를 수행하도록 되어있으며 최신 TGV 차량에 적용되어 시속 300km 이상 속도에서의 집전 성능을 검증하였다.

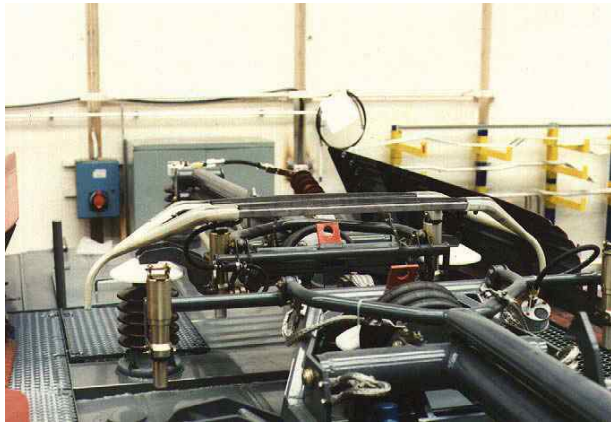


그림 2.48 Faiveley사의 능동판토티그래프

- 일본의 판토티그래프는 초기에는 대칭형 판토티그래프가 널리 사용되어 왔다. 일본에서 사용된 판토티그래프는 집전판의 교체가 용이하여 마모에 의한 수명이 다했을 경우에는 교체하도록 되어있으며 집전판은 접촉선으로부터 이탈시 발생할 수 있는 아크에 대하여 견딜 수 있도록 되어 있다. 집전판은 프레임에 지지되어 있는 컬렉터 슈(collector shoe)에 고정되어 있는 형태이다. 비대칭형은 원래 유럽에서 전통적으로 사용되어 왔으나 일본에서 고속선의 도입으로 공력 소음을 줄이기 위하여 현재에는 일본에서 그 사용량이 증가하고 있다. 일본에서는 앞서 언급한 바와 같이 최근에는 공력에 의한 압상력 및 공력소음을 저감시키기 위한 연구가 우선되고 있으며 그 결과 최근에 여러 가지 가지적인 성과를 내고 있다.
- JR West의 500시리즈 신칸센에는 고속 주행 시에 발생하는 공력 소음을 줄이기 위하여 윙(Wing) 판토티그래프를 개발하여 적용하였다. 윙 판토티그래프는 기존의 암(arm) 형태인 판토티그래프 프레임을 비행기 날개와 유사한 형상을 지닌 텔레스코프(telescope)형으로 바꾼 유선형 구조로 이루어져있어 공력 현상을 크게 줄였다. 또한 '윙'의 좌우에 요철 또는 홈을 만들어서 날개를 타고 흐르는 공기가 미세한 와류 현상을 일으키게 함으로써 공력 문제를 해결하였다.



그림 2.49 신칸센 500계의 윙 판토티그래프

- 능동 판토티그래프 기술은 앞서 언급한 바와 같이 유럽에서 집중적으로 연구하고 있는 분야이다. 일본의 경우에는 현재 적용 여부를 검토하고 있는 중이며 프랑스의 TGV의 경우에는 최신 기종에 능동 판토티그래프를 탑재하였다. 고속 차량의 주행 시에 판토티그래프에 작용하는 동적 힘(dynamic force)은 저주파 대역과 고주파 대역으로 나눌 수 있다. 저주파 대역은 1~2Hz로 판토티그래프를 가진하며 주로 경간(span)을 통과할 때 발생한다. 고주파 대역은 10~20Hz로 판토티그래프가 드로퍼(dropper)를 통과할 때 발생하는 주파수로 특히 고속 철도에서 많이 발생하는 주파수이다. 따라서 능동 판토티그래프를 개발하는 경우 어떤 주파수 대역에 대응하게 개발할 것이냐에 따라 그 특성이 달라진다. 판토티그래프를 제어하기 위해서는 능동 요소를 가미하여야 하는데, 능동 요소를 프레임의 관절에 부착하는 경우와 팬 헤드나 집전판에 부착하는 경우로 나누어 볼 수 있다. 전자는 능동 요소의 크기나, 동력(power), 액추에이터의 종류 등에 관하여 큰 제한이 없는 장점이 있는 반면에 저주파 대역의 제어에 유용하며, 팬 헤드나 집전판을 제어하는 경우에는 능동 요소를 부착할 수 있는 장소가 협소하여 액추에이터 선정에 많은 제한이 있다. 또한 능동 요소의 질량이 시스템 대역폭을 낮출 수 있기 때문에 되도록이면 가벼운 액추에이터를 선정해야한다. 그러나 이와 같은 방법은 고주파 대역에 대응할 수 있어 최근의 고속 철도 시스템을 감안하면 후자의 방법이 더 경쟁력이 있다고 할 수 있다.



그림 2.50 능동형 판토티크기술

- 유럽에서 능동 판토티크에 대한 연구가 진행되는 배경은 다음과 같다. 기존 선로에 고속 철도가 주행하여야 하거나 국가 간 철도 운행 시에 발생하는 가선계의 변화 등 가선계의 진폭이 커서 적절한 집전 능력을 갖기 위해서는 판토티크-가선계를 개선하여야 하는 경우, 기존의 판토티크에 가선계를 새로 건설하는 것 보다 기존 가선계에 능동 판토티크를 적용하는 것이 경제적으로 더 효율적이라는 판단 때문이다. 이는 일본과는 다른데, 일본은 고속 철도의 경우 엄격히 관리되는 전용 궤도와 전용 가선계가 있어 가선계의 진폭이 작다. 또한 철도가 국경을 넘어야 하는 상황이 없기 때문에 통일된 가선계가 사용될 수 있다. 따라서 일본은 능동 판토티크를 적용하는데 있어 유럽보다 적극적이지 않다. 이와 같이 유럽의 경우에는 경제적인 측면에 의해 능동 판토티크 기술을 적용하기 때문에 능동 판토티크 자체가 가격 경쟁력을 갖추는 방향으로 발달되고 있다. 즉, 기존 판토티크의 골격을 최대한 유지하며 거기에 능동 요소를 덧붙이는 방향으로 진행되고 있으며 능동 요소 또한 신개념의 액추에이터를 적용하는 것이 아니라 타 분야에도 광범위하게 쓰이고 있어 경제적이고 효과적인 액추에이터를 사용하려는 노력을 하고 있다.

- 최근 외국 철도차량 제작사에서는 전문연구기관과 협력하여 새로운 차량제어를 통한

운영비용 절감을 추구하고 있다. 캐나다 봄바디어사는 최근 능동 기능성 보기, 경량화 보기, 에너지 능동저장시스템, 지능형 냉난방제어, 능동 운전 보조제어 등의 신개념 철도차량을 개발하고 있으며, 동일본 철도에서는 신개념 제동장치를 기술개발하여 현재 시험 중에 있다.

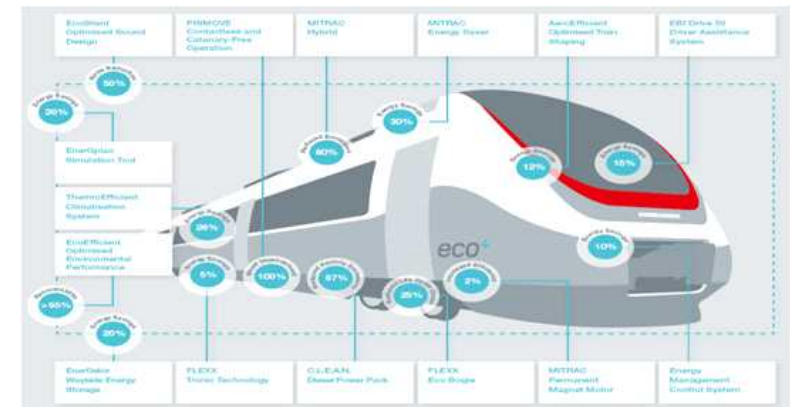


그림 2.51 캐나다 봄바디어사의 ECO4 Train



그림 2.52 ECO4 Train의 경량화 및 지능화 대차 설계기술

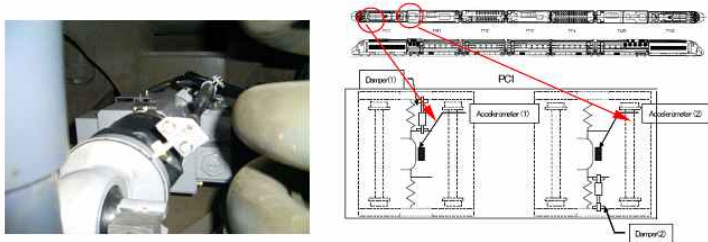
표 2.17 고속열차 능동틸팅제어 시스템 비교

항목	Eurostar(New Pendolino)	ETR470	ICE T Series 2	N700
운행구간	로마~밀라노, 베니스	로마~밀라노~쾰리히	하노버~프랑크푸르트~쾰리히, 프랑크푸르트~비엔나	도카이도노선 (동경-신오사카)
개통년도	2006~2007	1998	2004~2006	2007~2011
편성구성	7량(4M3T)	9량(6M3T)	7량(4M), 28편성	16량(14M2T)
추진방식	EMU	EMU	EMU	EMU
궤간	1,435mm	1,435mm	1,435mm	1,435mm
전원공급 방식	DC3kV, AC15kV 16 2/3 Hz 25kV 50Hz	DC3kV, AC15kV 16 2/3 Hz	AC15kV 16 2/3 Hz	AC25kV 60Hz
출력	5,500kW/편성	6,000kW (500kW/모터)	4,000kW (500kW/모터)	17,080kW (305kW/M)
최고운행 속도	250km/h	250km/h	230km/h	300km/h
가속도	-	-	-	2.6km/h/s
틸팅방식	강제링크 전기식	강제링크 유압	강제링크 유압	액티브 서스펜션 공압
틸팅각도	8도	10도	8도	1도
각속도	원심가속도 : 0.48m/s^2	6도/초	원심가속도 : 1.35m/s^2	-
틸팅반응 시간	0.1초	0.3초	0.2초	0.1초
차체크기	편성길이 : 187.4m, 폭 2,830mm	편성길이: 237m	편성길이 : 136m	편성길이: 404m
차체재질	알루미늄 합금	알루미늄 합금	알루미늄 합금	알루미늄 합금
승객정원	432/431	412	390	1,323
안전기준	UIC566	UIC566	UIC566	JR 기준
승차감	ISO2361	ISO2631	UIC513	JR 승차감기준
소음기준	65dB(A)	-	65dB(A)	65dB(A)

항목	Eurostar(New Pendolino)	ETR470	ICE T Series 2	N700
기밀수준	최대압력변화 400Pa/sec	최대압력변화 400pa/sec	최대압력변화 400Pa/sec	최대압력변화 400Pa/sec
압축하중	200톤	200톤	200톤	100톤
중량	열차자중 443/450톤, 17톤	447톤, 축중13.5톤	404톤(만차), 축중 16.8톤	-
승객정보시스템	방송장치, 내부/외부디스플레이, WiFi 인트라넷, GSM 리퍼터, 열차위치 GPS, 열차/지상 GSM-R/GPRS, W-LAN 통신시스템, 좌석 오디오, 천정 LCD 모니터, 승강대 터치스크린, 차상인트라넷	승객정보시스템, 냉방천장, 의자 : 오디오	내부/외부 열행노선 디스플레이, 전자자석예약 표시, Paging, Service Call, 의자 오디오, 공중전화, Answer phone, 인터콤, Open plan car display, 개인용 GSM을 위한 설비, 여행정보 스크린, 1등석 비디오, Fax 설비	승객정보시스템, 냉방천장
운전실 설비	-	-	인체공학적 설비배치 운전실 개방형 파티션 (필요시 격리 가능)	인체공학적 설비배치
레스토랑	바/레스토랑	바/레스토랑	바/레스토랑, 스넥바(5량편성)	-
서비스실	열차 매니저실	-	-	-
수화물실	수화물실	수화물실	수화물실	-
기타	-	-	자전거 보관대(2등차 끝에)	-
냉난방시스템	HVAC, 압력보호시스템	-	HVAC, 압력보호시스템	HVAC, 압력보호시스템
추진제어 시스템	PWM VVVF	PWM VVVF	PWM VVVF 견인전동기-차체 취부	PWM VVVF
대차	틸팅대차	틸팅대차	틸팅대차 능동회전가장치	틸팅대차 공압, 능동회전가장치
판토타그래프	대차와 연동	대차와 연동	없음	안됨
제동장치	회생제동, 디스크제동, 레일제동	발전제동, 디스크 제동	회생제동, 디스크 제동, 레일제동	회생제동, 차륜디스크 제동, 디스크제동

2) 국내 기술동향

- 해외선진국가의 활발한 능동제어시스템 연구 분위기와 달리 국내에선 이에 대한 연구가 매우 미미한 수준이다. 2004년, 철도차량 제작사에서 횡방향 능동현가시스템에 대한 기초연구 수준의 이론해석 연구가 최초로 시도된 바 있다. 2007년~2008년엔 한국철도기술연구원에서 한국형 고속열차에 신간선에서 사용되고 있는 반능동형 댐퍼를 적용한 시험이 시도된 바 있다. 그림 2.42는 한국형 고속열차에 적용되었던 가변형 댐퍼와 시제차 장착 위치를 나타낸다.



(a) 가변형 댐퍼

(b) 시제차 장착 위치

그림 2.53 한국형 고속열차에 시도된 반능동 댐퍼시스템

- 또한, 2007년 한국철도기술연구원에서는 기존의 유압식 가변형 댐퍼의 응답성능 향상을 위하여 고용량의 MR댐퍼 시제 개발을 시도한 바 있다. 철도차량을 위한 고용량 MR댐퍼로는 세계 최초로 시도된 사례라 할 수 있으며 2회의 시제 개발을 통하여 철도차량에 적합한 고용량 MR댐퍼개발에 대한 가능성을 제시한 바 있다.
- 국외 선진국에 비하여 뒤늦게 시작하여 능동현가 설계 및 차량시스템 인터페이스관련 기술은 미흡하나 선형모터형식 액추에이터 기술 및 IT응용 일부 요소기술은 상대적으로 그 격차가 크지 않아 단기간의 기술개발로 선진국 수준에 진입할 수 있을 것으로 기대된다.

2.3 기술수요 및 기술예측 조사

전문가 자문회의 및 워크숍 등을 통해 얻어진 기술 수요 및 기술 예측은 다음과 같다.

- 기존 철도 노선의 고속선화 정책에 부응하는 기술을 개발하여야 함
- 기존 철도 노선의 고속선화 구축이 단시일내에 이루어질 수 없으므로 기존 노선에서 철도차량의 고속화를 이룩할 수 있는 기술 개발이 필요함
- 특히, 능동 판토의 경우 현재 운영중인 고속철도 차량의 집전 성능 향상에 바로 적용될 수 있는 기술로 시급히 개발되어야 함
- 승차감과 연결되어 있는 능동 2차 상하 현가장치와 안정성 및 능동 판토, 경량화와 직결되어 있는 능동 1차 상하 현가장치가 동시에 개발되어야 실용성이 높음
- 언급한 세가지 기술 외에 이들 능동 제어 시스템의 Fail-Safe를 모니터링할 수 있는 기술이 동시에 개발되어야 함
- 이들 기술들은 고속화 정책에 비추어 시급히 개발되어야 할 과제로 인식됨

2.4 기술개발 추진방향

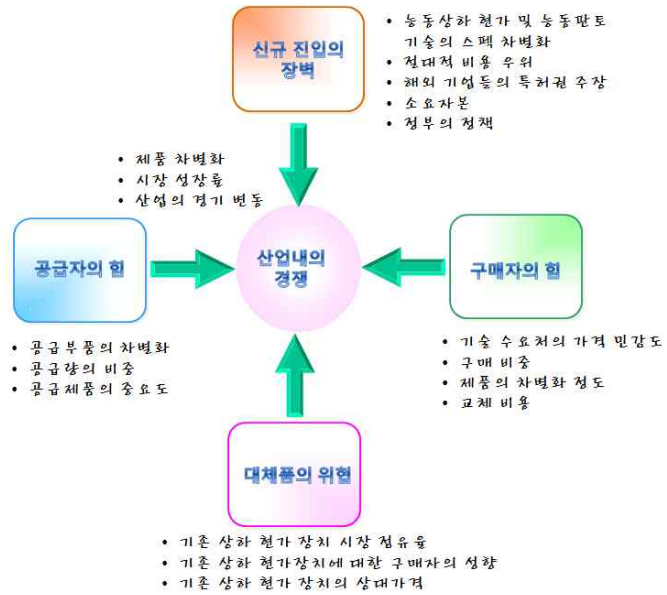


표 2.18 철도차량 능동제어 SWOT 분석

	강점 (S) List Strength	약점 (W) List Weaknesses
기회 (O) List Opportunities	SO 전략(시너지 창출전략) • 성숙한 철도차량 제작 기술개발 • 제어기 설계 및 운용 기술 인력 확보 • 빠른 추진력 문화 • 정부 정책과 부합	WO 전략(보완전략) • 요소 부품 기술 취약 • 기술 인력 부족 • 장기적 비전화 실천 부족 • 부품생산 업체의 열세성 • 연구개발 지원체계 부족
위협 (T) List Threats	ST 전략(위협 최소화 전략) • IT/바이오 산업에서 고전 에너지 산업으로 전환되고 있음 • 미래 선도 기술로 타 분야 파급 효과가 큼 • 국내 기술의 대외 경쟁력 제고 • 국민들에게 안전한 교통수단 제공이 가능해짐	WT 전략(위협 극복 전략) • 시장 미성숙 • 강력한 해외 경쟁자 • 해외에서 기업 위주로 실용화 단계 • 기술의 대외 외국도가 높음

2.5 특허 및 논문동향 분석

1) 특허분석 및 논문분석 배경 및 목적

가. 분석 배경

본 『고속차량 능동제어 기술』은 국토해양부의 건설교통기술 기획사업으로서, 지능형 고속 열차 능동 제어 시스템의 기술 개발현황을 파악함에 있어, 객관적인 데이터인 특허 정보 및 논문으로 이를 뒷받침할 수 있도록 국토해양부의 요청에 의해 특허청이 발주하고 R&D 특허 센터가 주관하는 사업임

고속차량 능동제어기술은 능동형 차체 제어, 능동형 집진 성능 제어, 능동형 통합 운영 제어를 이용하여 주행 안정성, 승차감 향상, 철도 유지 보수 효율 향상, 철도에 에너지 소비/관리 효율 향상을 통해 보다 안전하고 만족도 있는 고속 철도 서비스를 사용자에게 제공하는 고부가가치 기술임

이러한 고속차량 능동제어기술은 타 산업 분야로의 부가가치 및 파급효과가 큰 주력 기간 산업으로 성장하고 있으므로, 이에 대한 국가 경쟁력확보가 요구됨

의미::: 분석 배경은 특허적 관점에서 분석하고자 하는 해당 기술분야에 대한 현재 기술수준, 기술개발동향, 시장 및 산업의 동향 등을 바탕으로 선정된 기술배경과 국가 R&D사업임을 밝힘과 동시에 특허청이 발주하고 R&D특허센터가 주관하는 사업임을 밝혀야 함

나. 분석 목적

본 보고서는 고속차량 능동제어기술을 개발함에 있어, 능동 제어의 핵심 기술인 현가 시스템, 조향 시스템, 판토품자 제어, 전력 품질 제어, 각 제어 시스템의 모니터링, 열차 위치 감지 및 궤도 상태 모니터링 등을 포함하는 지능형 고속 열차 능동 제어 시스템에 대하여 특허 및 논문 동향분석을 실시함

이를 통하여 국제 특허현황 및 국가별 기술경쟁력 등의 분석을 실시하고, 최근 부상기술 등을 도출하여, 전략적인 연구개발 계획 수립에 활용할 수 있도록 함으로써, 중복연구를 방지하고, 본 연구개발과제 수행의 타당성에 대한 객관적인 특허 및 논문정보를 제공하고자 함

의미::: 분석 목적은 특허정보를 통해 제시하고자 하는 내용이 포함되어야하며, 그를 통하여 본 연구개발과제 수행의 타당성에 대한 객관적인 특허정보를 제공해야 함

2) 분석 범위

본 분석에서는 1980년 1월(출원일 기준)부터 2012년 6월까지 출원공개 된 한국, 일본, 유럽 및 미국 공개특허와, 2012년 6월까지 출원등록 된 미국등록특허와, 2012년 6월까지 공개된 논문을 분석 대상으로 함

의미::: 분석 범위는 특허정보의 조사범위, 조사기간, 출원국가, 대상문헌 및 정보조사 시 사용되는 특허정보 DB의 종류가 포함됨

가. 분석대상 특허 및 논문 검색 DB 및 검색범위 한정

(1) 분석대상 특허¹⁾

표 2.19 특허 검색 DB 및 검색범위

자료 구분	국 가	검색 DB	분석구간	검색범위
공개·등록특허 (공개·등록일 기준)	한국	WIPS	1980. 01. 01. ~ 현재 (검색일)	특허공개 및 등록 전체문서
	일본	WIPS		특허공개 및 등록 전체문서
	미국	WIPS		특허공개, 특허공개 (공표), 특허공개 (재공표) 전체문서
	유럽	WIPS		EP-A (Applications) 및 EP-B (Granted) 전체문서

※ 분석구간: 한국, 미국, 일본, 유럽 - 1980~2010(출원년도 기준)

1) ※ 출원일 기준으로 분석하며, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있음. 따라서 아직 미공개 상태의 데이터가 존재하는 2011~2012년 출원된 특허는 그 경량적 의미가 유효하지 않으므로 **정량분석은 ~2010년까지 한정함.**

(2) 분석대상 논문

표 2.20 논문 검색 DB 및 검색범위

자료 구분	국 가	검색 DB	분석구간	검색범위
발행일 기준	한국	NDSL ²⁾	~ 현재 (검색일)	논문 초록 및 전체 문서
	일본	Thomson Innovation ³⁾		논문 초록 및 전체 문서
	미국	Thomson Innovation		논문 초록 및 전체 문서
	유럽	Thomson Innovation		논문 초록 및 전체 문서

2) <http://www.ndsl.kr>
3) <http://www.thomsoninnovation.com>

나. 분석대상 기술 및 검색식 도출

(1) 기술분류체계

본 분석에서는 과제의 RFP 제안서와 고속차량 능동제어기술의 자문위원들과의 회의를 기초로 기술분류체계를 확립하여 분석을 수행하였으며, 그 내역은 아래의 표 2.17과 같음

의미::: 분석대상 기술의 기술분류체계에서는 과제의 RFP(제안요청서) 또는 기술요약서를 기초로하여 기획범위내의 기술을 기술분류별로 구분하여 대분류부터 소분류까지 가지치기식으로 분류함

표 2.21 분석대상 기술분류

대분류	중분류	소분류
지능형 고속 열차 능동 제어 시스템	능동형 주행장치 (차체, 대차) 제어	능동형 현가시스템
		능동형 조향 시스템
	능동형 집전성능 제어	능동형 판토품그래프 제어
		전력 품질 제어
	능동형 통합 운영 제어	능동형 제어 시스템의 모니터링
		주변 모니터링

(2) 기술분류기준

기술분류기준은 과제의 RFP 제안서와 고속차량 능동제어기술의 자문위원들과의 회의를 기초로 검색 기술 범위를 확립하여 분석하였으며, 그 내역은 아래의 표 2.18와 같음

의미::: 기술분류기준은 위에 작성된 기술분류체계의 가장 하위분류인 소분류의 기술범위를 한정함

표 2.22 분석대상 기술분류기준

대분류	중분류	소분류	검색개요 (기술범위)
지능형 고속 열차 능동 제어 시스템	능동형 주행장치(차체,대차) 제어	능동형 현가 시스템	능동형 롤 방향, 횡 방향, 상하 방향 복합 현가 장치 및 능동형 현가 장치의 제어 기술
		능동형 조향 시스템	곡선 추종성 향상을 위한 능동형 제어 장치 및 방법, 자기 조향, 강제 조향 및 유도 조향 기술
	능동형 집전 성능 제어	능동형 판토품 제어	능동형 판토품 구조 및 제어 방법, 판토품 이선롤 제어, 판토품 압상력 제어 및 이상 감지 기술
		전력 품질 제어	판토품을 통해 공급되는 전력의 품질 제어, 에코능동 고주파 필터, 전력 손실 제어 기술
	능동형 통합 운영 제어	능동형 제어 시스템의 모니터링	능동형 현가 시스템, 조향 시스템, 판토품 제어 시스템의 모니터링 방법과 시스템들의 페일-세이프 기술
		주변 모니터링	열차 위치 감지, 궤도 상태 모니터링 기술

(3) 핵심 키워드 도출

철도기술연구원에서 제공한 제안서에 기초하여 특허분석을 위한 1차 키워드를 도출하였으며, 추가적으로 기술 자문위원들과의 기술미팅을 거쳐 2차 키워드를 도출하였음

의미::: 기술분류체계의 한정된 기술범위를 기초로 하고 RFP의 세부 내용을 꼼꼼히 분석하여 기술의 본질을 정확히 파악하여 핵심 키워드를 도출함

도출된 키워드는 수요자의 검수를 통하여 1~2차례의 수정과정을 거쳐 최종 키워드를 도출해야함

(4) 검색식 도출 과정

본 보고서에 사용된 검색식은 상기 방법을 통해 도출된 핵심키워드를 바탕으로 해당 기술 분류를 포함할 수 있는 검색식을 작성하였으며, 기술 자문위원들의 검토를 반영하여 최종 검색식을 완성함

(5) 검색식

기술분류체계에 따른 최종 검색식은 표 2.19와 같음

표 2.23 기술분류체계에 따른 최종 검색식

대분류	중분류	소분류	검색식					
				KR	US	JP	EP	합계
지능형 고속 열차 능동 제어 시스템	능동형 주행 장치 (차체, 대차) 제어	능동형 현가시스템	((철도* 철로* 기차* 열차* 전차* 전동차* ((전동* 전기*)adj(철도* 열차* 기차*)) 전철* railway* train* railroad* locomo* ((elect* track*) adj (vehicle* train* railcar*))) and (현가* 서스펜* ((충격* 진동*) adj2 (흡수* 완화* 저감*)) suspension ((shock* vibrat*) near2 (absorb* orreduc* ordecreas*)) 액츄에이터 actuator* 액추에이터 댐퍼* (active* adj2 suspension))) AND (B61* E01* B21* G01*).IPCM.	636	668	738	506	2548
		능동형 조향 시스템	((철도* 철로* 기차* 열차* 전차* 전동차* 전동열차* ((전동* 전기*) adj (철도* 열차* 기차*)) 전철* railway* train* railroad* locomo* ((elect* track*) adj (vehicle* train* railcar*))) and (조향* or 스티어링* or 선회* or 조타* steer* or (방향* adj2 (조절* 제어* 변환* 조작*))) AND (B61* E01* B21* G01*).IPCM.	180	349	237	143	909
	능동형 집전 성능 제어	능동형 관토폴라프 제어	(철도* or 철로* or 기차* or 열차* or 전차* or 전동차* or 전동열차* or ((전동* 전기*) adj (철도* 열차* 기차*)) or 전철* or railway* train* railroad* locomo* ((elect* track*) adj (vehicle* train* railcar*))) and (판토* or 팬토* 팬터* or 집전* or pantograph* (collect* near current*) collector*) AND (B61* E01* B21* G01*).IPCM.	70	100	50	30	250
		전력 품질 제어	(철도* 철로* 기차* 열차* 전차*	132	101	746	175	1154

대분류	중분류	소분류	검색식					
				KR	US	JP	EP	합계
이동통신용어	동통신용어		전동차* 전동열차* ((전동* 전기*) adj (철도* 열차* 기차*)) 전철* railway* train* railroad* locomo* ((elect* track*) adj (vehicle* train* railcar*))) and (((전력* 전압* 전류* 고주파*) near3 (품질* or 손실* or 필터*)) ((power or voltage or current or frequency) near3 (quality or loss* or filter*)))					
		능동형 제어 시스템의 모니터링	(철도* 철로* 기차* 열차* 전차* 전동차* ((전동* 전기*) adj (철도* 열차* 기차*)) 전철* railway* train* railroad* locomo* ((elect* track*) adj (vehicle* train* railcar*))) and (현가* 서스펜* ((충격* 진동*) adj2 (흡수* 완화* 저감*)) suspension ((shock* vibrat*) near2 (absorb* orreduc* ordecreas*)) 액츄에이터 actuator* 액추에이터 댐퍼* (active* adj2 suspension) 조향* 스티어링* 선회* 조타* steer* (방향* adj2 (조절* 제어* 변환* 조작*)) 판토* or 팬토* 팬터* or 집전* or pantograph* (collect* near current*) collector*) and (모니터링 monitor* 모니터* 감시* ((fail* 고장) adj2 (안전* safe*)) 페일 세이프* surveillance observ*)	105	51	535	65	756
		주변 모니터링	(철도* 철로* 기차* 열차* 전차* 전동차* ((전동* 전기*) adj (철도* 열차* 기차*)) 전철* railway* train* railroad* locomo* ((elect* track*) adj (vehicle* train* railcar*))) and (((철도* 철로* railway* railroad* track* 궤도*) adj2 (위치* loca* environment* circumstanc* surrounding*)) GPS 위성* 지피에스*)	312	411	836	106	1665

다. 유효특허 및 논문 선별 기준 및 결과

(1) 유효특허 및 논문 선별 기준

고속차량능동제어기술의 Raw Data에 대해 아래의 표 2.20과 같은 유효특허 및 논문 선별 기준을 적용함

표 2.24 유효 특허 및 논문 선별 기준

대분류	중분류	소분류	노이즈제거 및 유효특허(논문)추출기준
지능형 고속 열차 능동 제어 시스템	능동형 주행장치 (차체/대차) 제어	능동형 현가시스템	능동형 롤방향, 횡방향, 상하방향 복합 현가 장치 중 액추에이터와 반능동형(MR 방식)이 포함되도록 하고, 철도(열차) 기술에 관련된 IPC 분류인 B6* E0* B2* G01* 등으로 노이즈를 제거함
		능동형 조향 시스템	곡선 추종성 향상을 위한 능동형 장치 및 제어 방법으로 자기 조향, 강제 조향, 유도 조향 등이 포함되도록 하고, 철도(열차) 기술에 IPC 분류인 B6* E0* B2* G01* 등으로 노이즈를 제거함
	능동형 집전성능 제어	능동형 판토품그래프 제어	능동형 판토품그래프 구조 및 제어 방법으로, 판토품 이선룰 제어, 판토품 압상력 제어, 이상 감지 등의 기술이 포함되도록 함
		전력 품질 제어	판토품그래프를 통해 공급되는 전력의 품질 제어, 능동 고주파 필터, 전력 손실 제어 기술이 포함되도록 하고, 철도(열차) 기술에 IPC 분류인 B6* E0* B2* G01* 등으로 노이즈를 제거함
	능동형 통합 운영 제어	능동형 제어 시스템의 모니터링	능동형 현가 및 조향 시스템과 판토품그래프 제어 관련 특허에서 모니터링, 검사 및 페일-세이프(fail-safe) 관련 특허를 추출함
		주변 모니터링	열차 위치를 감지하기 위한 GPS 기술, 궤도 상태가 직진이나 곡선이나 등을 판단하는 기술, 활상 기술(영상 기반 기술)을 사용한 궤도 상태 모니터링 기술을 추출함

의미::: 유효특허 선별기준은 상위에서 조사된 특허에서 추구하고자하는 기술을 선별적으로 추출하고 노이즈를 제거하는 방법 및 기준을 작성함

본 기술과 관련하여 연구시 문제가 될 수 있는 특허를 중심으로 유효특허를 선별함

(2) 유효특허 및 논문 선별 결과

고속차량능동제어기술의 Raw Data 특허 건수 7282건과 논문 1521건 중 유효특허 및 논문 선별 기준을 적용하여 아래의 표 2.21과 같이 유효특허 1490건과 유효논문 287건을 추출함

표 2.25 고속차량능동제어기술의 유효특허 및 논문 선별결과

소분류	유효데이터 건수					유효 논문 건수
	한국	미국	일본	유럽	계	
능동형 현가시스템	93	172	182	156	603	80
능동형 조향 시스템	73	95	110	46	324	60
능동형 판토품그래프 제어	39	29	74	23	165	53
전력 품질 제어	50	41	47	37	175	58
능동형 제어 시스템의 모니터링	23	19	18	19	79	21
주변 모니터링	36	30	60	18	144	15

라. 분석 방법

본 분석에서는 고속차량능동제어 기술분야의 특허기술의 Landscape, 핵심기술 분석으로 나누어 분석하고, 논문의 Landscape로 나누어 분석하며, 논문과 특허를 분야별로 비교 분석함

○ 특허기술 Landscape

특허기술 Landscape에서는 조사대상국인 한국, 미국, 일본 및 유럽에서의 주요시장국 기술 개발 활동현황, 구간별 출원인수와 출원건수의 증감정도의 분석을 통한 기술시장 성장단계 파악 및 미국등록특허에서 나타나는 피인용지수, 시장력지수, 인용지수, 비특허문헌 인용지수 등의 분석을 통한 국가간 기술경쟁력 현황 분석 등을 통해 국가별 Landscape를 분석함

또한, 상위 Top20의 다출원인 도출을 통하여 주요 경쟁자 현황 및 IP로 본 주요 시장국을 분석하고, 주요 경쟁자들의 시장확보력 및 기술력, 주력기술분야에 대한 파악을 통하여 경쟁자 Landscape를 분석함

○ 세부기술 분석

핵심기술 분석에서는 세부기술별로 구간별 특허출원 동향, 주요시장국별 세부기술 동향, 다출원인의 특허동향 등을 분석하고, 이를 분석한 의미가 시장·환경 분석결과를 반영할 수 있도록 하여, 시장·환경과 특허와의 관계를 분석함

또한, 출원증가율 분석, 유효특허를 구간별로 나누어 세부기술의 구간별 점유증가율 분석, 주요출원인의 구간별 점유증가율 및 구간별 외국인 출원증가율, 결론에서 요소기술 현황표를 제시하여 정량적인 특허현황을 한눈에 알아볼 수 있도록 정리함

○ 논문 Landscape

논문 Landscape에서는 연도별 논문 발행건수의 증감정도의 분석을 통한 기술 연구 개발 성

장단계 파악 및 논문의 인용도의 분석을 통한 국가의 기술력과 기술활동 위치 분석 등을 통해 국가별 Landscape를 분석함

또한, 상위 Top7의 주요저자 도출을 통하여 각 주요저자의 주력기술분야, 활동년도 등에 대한 파악을 통하여 경쟁자 Landscape를 분석함

○ 논문과 특허 비교 분석

논문과 특허의 발행건수 및 출원건수간의 비교를 통해 각 기술분야별 현재 기술 위치와 연구 개발 현황을 분석하고, 공백 기술 분야를 분석함

의미::: 상위 조사된 유효특허를 방법으로 차후 작성될 각각의 3가지 관점에서의 분석방법을 제시함

Main IPC 분류(1차) - 중분류 / 소분류

중분류별/ 소분류로 특허조사시 사용된 IPC분포를 통해 해당 기술의 기술 코드 분포를 파악
-서치된 특허를 대분류단으로 전체특허를 취합 / Main IPC로 분류하여 중분류로 다시 구성



Main IPC	IPC설명	건수
B61F	기관차 또는 동력차용 견인 대차 또는 선도 대차	641
B61L	선로 상의 차량 또는 열차와 연동되어 제어되는 장치	188
B61D	무개화차 또는 유개화차 또는 수송용 차량	104
B60L	철도 차량의 전기적 추진 장치	71
B61C	특별한 방식 또는 목적에 사용되는데 특징이 있는 기관차 또는 동력차	54
B61B	현수 차량을 가진 고가 철도 방식	37
기타		396

의미::: 해당 과제의 기술군의 분포를 IPC를 바탕으로 살펴봄으로써, 과제의 기술적 파급력을 볼 수있음. (IPC가 다양하게 나올수록 기술적 파급력이 높다고 할 수 있음)

고속차량 능동제어와 관련된 기술은, IPC의 코드를 서브클래스 기준으로 분석한 결과 B61F, B61L, B61D, B60L, B61C, B61B 순으로 출원 건수가 많은 것으로 조사되었음

고속차량 능동제어 기술의 핵심은 철도 차량과 이와 관련된 제어(능동형 현가 및 조향 장치)라고 할 수 있는데, 이와 관련된 B61F(기관차 또는 동력차용 견인 대차 또는 선도 대차), B60L(선로 상의 차량 또는 열차와 연동되어 제어되는 장치)에 관한 기술이 전체의 약 55%를 차지하는 것으로 파악됨

전체 자료의 IPC의 서브클래스는 총 63개로 조사되었으나, 상위 2개의 IPC 서브클래스를 제외한 나머지 서브클래스는 그 비중이 매우 작으므로, 기술의 파급력이 크지는 않을 것으로 예상됨

3) 국가별 Landscape

가. 주요시장국 기술개발 활동현황

(1) 주요시장국 연도별 특허동향

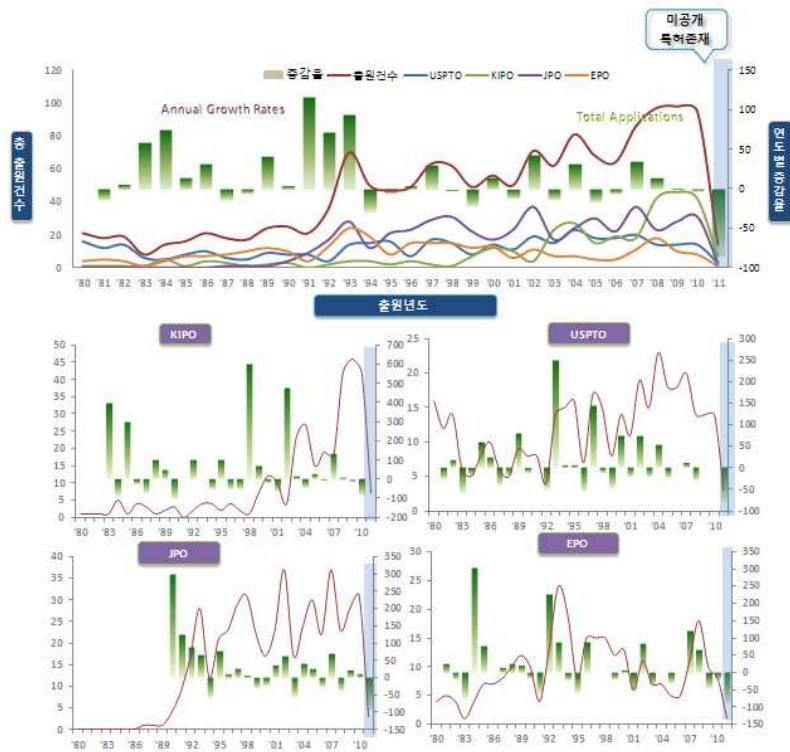


그림 2.54 전체 연도별 동향

고속차량 능동제어 기술분야의 연도별 전체 특허동향을 살펴보면, 거시적인 관점에서 분석 초기기간인 1993년부터 지속적으로 증가세에 있다가, 2008년을 최고점으로 최근 유효기간인 2009년과 2010년에는 증감없이 유지하고 있는 것으로 나타남

이와 같은 추세는 2000년대 후반을 기점으로 하여 국내외의 고속차량제어 기술 분야 주요

출원인들이 양보다는 질에 치중하기 시작한 것에 영향을 받은 것으로 보임

한국의 연도별 동향을 살펴보면, 2000년도 초반부터 증가세에 있는 것으로 보아 2000년도 부터 고속 열차 관련 기술에 대한 관심이 집중된 것으로 보이는데, 이는 2004년도에 개통된 고속 열차에 대한 운용 효율화를 통해 사용자들의 승차감 만족도 및 안전도를 제고하고, 사회적 및 경제적 비용을 줄이는 한편, 친환경적인 철도 인프라 구축하여 타 교통수단과 비교하여 경쟁력을 확보하기 위한 국가 정책이 반영된 것으로 보임

한편, 미국의 연도별 동향을 살펴보면, 1980년대 초반에도 출원수가 상당하다가 1980년대 후반에 다소 주춤하며, 1990년대 초반부터 다시 출원수가 증가하여 현재 증감 없이 그 상태를 유지하는 것으로 미루어볼 때, 해당 기술분야에 대한 관심이 오래전부터 형성되어 있는 것으로 보임

일본의 연도별 동향을 살펴보면, 1990년대 초반부터 급증한 것으로 미루어볼 때, 1995년에 개통된 신칸센 능동 제어 적용을 위한 준비 작업으로 1990년대 초반부터 특허출원이 이루어진 것으로 예상되며, 현재까지 급증 이후 일정 수준의 출원세를 유지하고 있는 것으로 나타남

유럽의 연도별 동향을 살펴보면, 1990년대 중반까지 점진적으로 증가하다가 2000년대 초반까지 다소 하락세에 접어든 후 다시 출원이 증가하는 것으로 미루어볼 때, 고유가 시대에 따라 다시 고속 열차 관련 기술 분야에 대한 관심이 집중된 것으로 보임

결과적으로, 한국은 미국, 일본 및 유럽에 비해 기술의 발전이 늦어진 것으로 보이기 때문에 연구 및 기술 개발을 통해 고속 철도 관련 기술을 양적 및 질적 확장이 필요할 것으로 판단됨. 특히, 양적 및 질적 확장을 위해 한국철도기술원과 같은 연구소에서 미국, 일본 및 유럽에서 개발된 기술들을 기반으로 한 회피, 응용 기술과 독자적인 기술 개발이 필요할 뿐만 아니라 한국철도기술원에서 도출된 많은 연구 결과를 특허 출원으로 이어갈 필요성이 있음

(2) 주요시장국 내·외국인 특허출원 현황

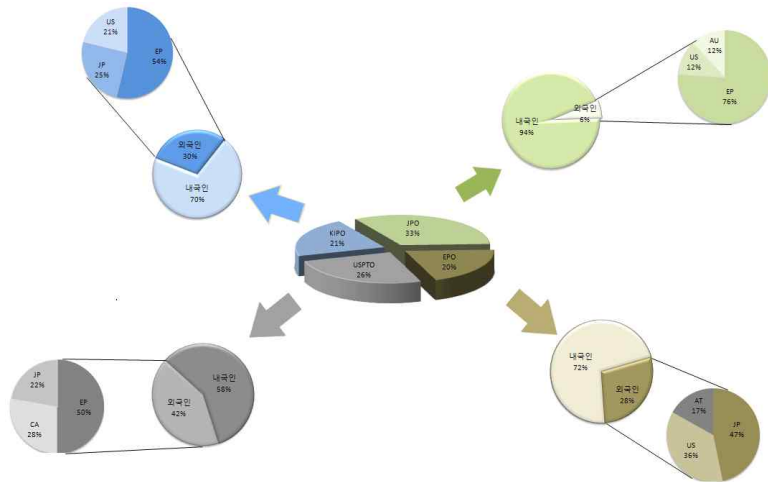


그림 2.55 주요시장국 내·외국인 특허출원현황



그림 2.56 연도별 주요시장국 내·외국인 특허출원현황

고속차량능동제어기술의 국가별/출원인 국적별 특허동향을 살펴보면, 전반적으로 출원 규모가 양적으로 비슷한 것으로 나타나지만, 그 중 고속차량능동제어기술 분야의 연구 개발은 일본에서 주도하고 있는 것으로 보임

주요시장국의 내·외국인 특허출원현황을 살펴보면, 미국 및 유럽은 외국인의 점유율이 각각 53%, 64%로서 내국인 보다 외국인에 의한 특허활동이 활발한 것으로 나타났으며, 한국 및 일본은 외국인의 점유율이 각각 25%, 13%로서 내국인에 의한 특허활동이 대다수를 차지하는 것으로 나타남

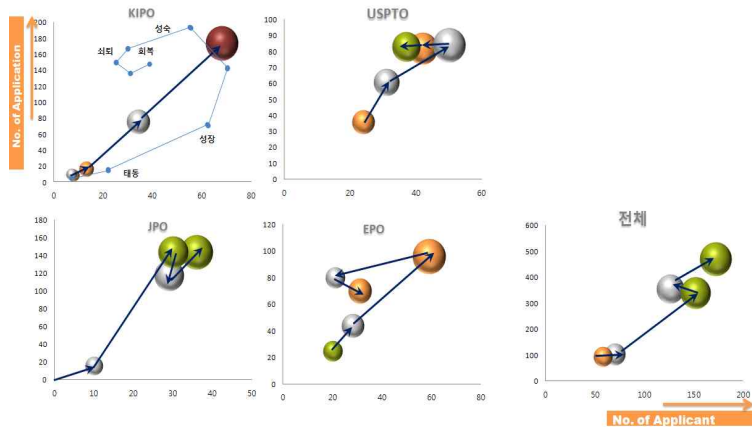
이는, 한국 및 일본 국적의 출원인들이 내국 위주의 특허활동을 하고 있는 동시에, 타 주요시장국에서 한국과 일본 시장에 진출하는 비율이 높지 않기 때문인 것으로 판단되며, 이를 볼 때, 해외 국적의 출원인들이 한국 및 일본의 시장성을 미국 및 유럽에 비하여 상대적으로 더 낮은 것으로 판단하여 한국 및 일본 시장에 적극적으로 진입하지 않고 있기 때문인 것으로 볼 수 있음

미국에서는 유럽 국적의 출원인들이 점유율 42%의 외국인 점유율을 기록하여, 가장 활발한 특허활동을 하고 있는 것으로 나타났으며, 일본 국적 및 캐나다 국적의 출원인들은 각각 22%, 28%로 유사 점유율을 차지하고 있는 것으로 나타남. 한편, 미국의 연도별 출원동향을 보면, 전반적으로 증감없이 꾸준한 유지세에 있으며, 2000년대 후반에 진입하여 내국인에 의한 특허출원이 감소세에 있는 가운데, 외국인에 의한 특허출원은 증가세에 있는 것으로 나타난 점이 주목할 만하며, 이는 외국인 중 가장 많은 점유율을 나타낸 유럽 등이 내국에서 연구 개발된 기술을 바탕으로 미국 시장에 활발히 진출했기 때문으로 분석할 수 있음

유럽에서는 일본 국적의 출원인들이 47%, 미국 국적의 출원인들이 36%의 점유율을 기록하였으며, 유럽 국적의 출원인들은 한국, 미국 및 일본에서 점유율이 높게 나타나는 것으로 미루어볼 때, 시장 개척에 활발한 것으로 분석됨. 반면에, 한국 국적의 출원인들은 미국, 일본 및 유럽에서의 점유율이 없는 것으로 나타나는 것으로 미루어볼 때 아직 연구 초기 단계로 해외 시장에서의 진출이 부진한 것으로 분석됨

다만, 연도별 동향그래프에서 2010년 이후 출원이 감소하고 있는 것은 특허출원 후 1년 6개월이 경과하여야 공개되는 특허제도의 특성상, 실제 출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않아 특허분석 데이터상에 포함되지 않았기 때문일 수 있음

나. 기술시장 성장단계 파악



한국 : 80-85 , 86-91, 92-98, 99-04, 05-11
 미국 : 80-85 , 86-91, 92-98, 99-04, 05-11
 일본 : 80-85 , 86-91, 92-98, 99-04, 05-11
 유럽 : 80-85 , 86-91, 92-98, 99-04, 05-11

그림 2.57 국가별 기술위치 포트폴리오

본 그래프는 전 세계 기술 위치를 포트폴리오로 나타낸 것으로 전반적으로 1구간(1980년~1985년)부터 3구간(1992년~1998년)까지 출원 건수와 출원인 수가 계속 증가하는 발전기

단계에 있으며, 4구간(1999년~2004년)으로 넘어가면서 해당 출원인 수가 소폭 줄어드는 양상을 보였으나 이후 5구간(2005년~2011년)으로 넘어가면서 다시 증가하는 발전기 단계에 있음. 출원인 수가 소폭 줄어드는 4구간(1999년~2004년)은 주요 출원국인 유럽의 출원인의 수가 감소 추세에 있기 때문으로 분석됨

고속차량 능동제어기술 분야의 전체 및 해당 국가의 기술 위치를 포트폴리오로 나타낸 것으로 전체 출원 중 최근의 출원 동향을 5개의 구간으로 나누어 각각의 구간별 특허 출원인 수 및 출원 건수를 나타내어 특허 출원 동향을 통한 기술의 위치를 살펴볼 수 있음. 각 구간은 1구간(1980년~1985년), 2구간(1986년~1991년), 3구간(1992년~1998년), 4구간(1999년~2004년), 5구간(2005년~2011년)으로 나누었음

포트폴리오로 나타낸 전체특허의 기술 위치는 대체적으로 1구간(1980년~1985년)부터 3구간(1992년~1998년)까지 출원 건수와 출원인의 수가 계속 증가하는 발전기의 단계에 있으며, 4구간(1999년~2004년)부터 5구간(2005년~2011년)까지 출원 건수 및 출원인 수가 소폭 증가하고 있어 이 분야에 꾸준한 기술 개발이 이루어진 것으로 분석됨

4구간(1999년~2004년)부터 5구간(2005년~2011년)까지 출원 건수 및 출원인 수가 소폭 증가하는 성장기의 양상은 앞에서 분석된 내용과 연관지어볼 때, 고유가 시대에 따른 고속 차량에 대한 국가적 관심이 반영되어 국가 지원에 따라 해당 기술의 특허 출원이 꾸준히 증가되는 것으로 보임

[KIPO] 포트폴리오로 나타낸 한국특허의 기술위치는 1구간(1980년~1985년)부터 5구간(2005년~2011년)까지 출원 건수와 출원인의 수가 계속 증가하는 성장기의 단계에 있음. 또한 4구간(1999년~2004년)부터 5구간(2005년~2011년)까지 출원 건수 및 출원인 수가 크게 증가하고 있어 급격한 기술 개발이 이루어지고 있는 것으로 분석됨. 이는 한국 내 고속 열차 도입에 따른 국가 정책이 반영된 것으로 보임

[USPTO] 포트폴리오로 나타낸 미국특허의 기술위치는 1구간(1980년~1985년)부터 3구간(1992년~1998년)까지 출원건수와 출원인의 수가 급격하게 증가한 후 4구간(1999년~2004년)부터 5구간(2005년~2011년)까지는 출원인 수는 감소하는 한편 출원 건수가 유지되는 성숙기의

단계에 있음

[JPO] 포트폴리오로 나타낸 일본특허의 기술위치는 2구간(1986년~1991년)부터 3구간(1992년~1998년)까지 출원 건수와 출원인의 수가 급격하게 증가하고, 4구간(1999년~2004년)부터 5구간(2005년~2011년)까지는 출원 건수와 출원인 수가 비슷한 양상을 보이는 성숙기의 단계에 있음. 또한 2구간(1986년~1991년)부터 3구간(1992년~1998년)까지 출원 건수 및 출원인 수가 크게 증가하고 있어 이 시기에 급격한 기술 개발이 이루어지고 있는 것으로 분석됨

[EPO] 포트폴리오로 나타낸 유럽특허의 기술위치는 1구간(1988년~1985년)부터 3구간(1992년~1998년)까지 출원건수와 출원인의 수가 계속 증가하는 성장기의 단계에 있으나, 4구간(1999년~2004년)까지 출원 건수와 출원인수가 점차 감소하다가 5구간(2005년~2011년)까지 다시 출원건수와 출원인 수가 다소 증가하는 회복기로 분석됨

의미::: 각 출원구간으로 구분하여 출원건수(특허건수)와 출원인수(특허권자수)를 2차원 버블 차트로 구현한 그래프임. 버블의 크기는 출원인수(특허권자수)임
출원건수는 기술개발의 활동정도를 나타내고, 출원인수의 증가는 시장의 신규진입자가 증가하는 것을 의미하며, 이는 해당기술분야의 시장이 커지고 있다는 것을 의미함
발전기 단계에서는 출원인과 출원건수가 활발하게 진행되는 단계로써 연구활동이 활발한 것을 판단할 수 있으며, 성숙기 단계는 출원건수 및 출원인의 증가율이 낮아지면서 시장진입자들이 빠져나가는 단계임. 퇴조기 단계는 출원인 뿐 아니라 출원건수도 감소하여 해당기술의 시장이 위축되는 단계로 해석할 수 있음. 부활기 단계는 원천기술을 이용하여 현 시장에 맞는 기술들이 다시 개발되어 새로운 아이디어와 함께 시장이 재형성되는 단계로 볼 수 있음

해석 및 활용 시 유의사항::: 모든 출원국은 속지주의 원칙, 즉 동일한 발명에 대하여 상이한 국가에서 획득한 특허는 각각 독립적으로 해당국가의 법률에 따라 존속·소멸한다는 원칙⁴⁾에 따라 독립적으로 권리의 효력이 발생하기 때문에, 해당출원국가에 특허출원한다는 것은 해당 시장에서 권리를 이행하려는 의지가 있다고 볼 수 있음

이에 출원국가별로 해당기술의 시장 및 개발현황을 비교해봄으로써, 어느 시장이 활발한지, 기술개발형성이 어디까지 진행되었는지 판단할 수 있음. 주요 시장국과 우리나라의 상황을

4) 특허와 정보분석(개정판), 한국발명진흥회, '07

비교해 보고, 우리나라보다 기술개발단계가 앞서있는 시장국을 파악하여, 현재 기술개발과 기술시장에 진입하기 위한 기술적인 강점은 무엇이며, 기회요인이 어떤 것들이 있는지 연구 기획시 주도면밀하게 분석해야 할 것임

연계분석항목::: 연구기획단계는 성장기, 발전기 등에 위치하는 것이 바람직함. 특히 건수가 많고 출원인수의 증가가 큰 경우 시장국에 대하여 다출원인 현황([다출원인 특허현황, 다출원인 출원국가별 특허현황] 연계)과 최근 신규 시장 진입자를 파악하고 이들의 특허문헌을 Review하고 비교함으로써 새로운 기술들을 모니터링 할 수 있음

본 예시에서도 볼 수 있듯이 각 출원국가별로 출원(특허)건수의 기준치가 모두 다르기 때문에 그래프의 해석이 와전될 수도 있음. 따라서 모든 기준치를 동일하게 적용하여 비교해야 함

다. 미국특허로 살펴본 국가간 기술경쟁력 현황

(1) IP로 본 각국의 질적 수준 및 시장 확보력

미국등록특허를 통하여 분석된 IP로 본 각국의 질적 수준⁵⁾, IP시장 확보력⁶⁾ 및 특허활동 위치⁷⁾가 표 2.22과 그림 2.47에 나타남

표 2.26 IP로 본 각국의 질적 수준 및 시장

국적	기술력 (특허 Quality)	IP 시장확보력	특허활동 위치
미국 (US)	높음 (리딩그룹)	높음	pioneer (성숙한 시장)
독일 (DE)	높음 (리딩 그룹)	높음	pioneer (성숙한 시장)
프랑스 (FR)	높음 (리딩 그룹)	높음	pioneer (성숙한 시장)
일본 (JP)	낮음 (후발그룹)	낮음	initiator (초기시장)
캐나다 (CA)	평균 (리딩 그룹)	높음	initiator (초기시장)
한국 (KR)	낮음 (후발그룹)	낮음	initiator (초기시장)

5) 피인용도지수(CPP : Cites per Patent) : 특허당 피인용횟수, 즉 인용되는 빈도(Forward Citation)가 높을수록 기술력이 강하고 반대로 낮을 경우에는 기술력이 약함을 의미하므로, 질적 수준을 나타냄
6) 시장력지수(PFS : Patent Family Size) : 한 발명에 대해 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 경우에만 해외에 특허를 출원하므로, 패밀리특허수가 많을 때에는 특허를 통한 시장성이 크다고 판단되어 시장 확보력이 큼을 의미하므로 시장 확보력을 나타냄
7) 인용도지수 : 특허당 인용횟수, 즉 인용하는 빈도(Backward Citation)가 많으면 상대적으로 성숙단계에 들어선 기술임을 의미하며 반대로 적으면 기술의 개발단계가 초기임을 의미하므로 특허활동 위치를 나타냄

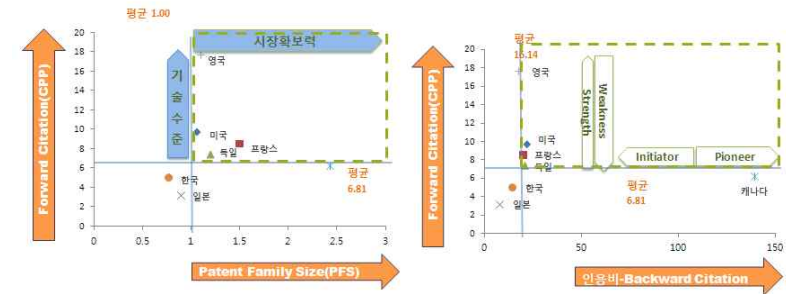


그림 2.58 IP로 본 각국의 질적 수준 및 시장 확보력

미국등록특허를 통하여 제공되는 특허 피인용/인용지수 및 패밀리 특허 정보를 활용한 시장력 지수를 이용하여 각국의 질적 수준 및 시장 확보력을 분석한 결과, 미국, 프랑스 및 독일이 기술력, 시장 확보력 및 인용도 지수서 모두 평균 이상으로 나타나며, 여러 국가에 패밀리 특허를 다수 출원한 점을 고려할 때 시장 확보력이 상대적으로 큰 것으로 분석됨

캐나다는 기술력이 평균 수준으로 나타나고 있고, 시장 확보력이 상대적으로 높게 나타나고 있으며, 또한 인용도 지수가 평균에 인접한 정도로 나타나기 때문에, 초기시장의 리딩 그룹으로 분석됨

한국 및 일본은 기술력과 시장 확보력이 모두 낮게 나타나고, 인용도 지수가 평균 이하로 초기 시장의 후발 그룹으로 분석됨. 초기 시장 그룹 중 일본은 일본 업체가 자국 출원 경향이 높고 미국에서의 특허 활동의 중요성에 대한 인식이 낮고, 일본 출원인 특허에 대한 인용도를 기피하는 미국 심사 경향과 관련된 것으로 분석됨

미국, 독일 및 프랑스는 기술력과 시장 확보력이 모두 높게 나타나고, 인용도 지수가 평균 이상으로 성숙한 시장의 리딩 그룹으로 분석됨. 이는 미국, 독일 및 프랑스가 양적 성장뿐만 아니라 질적으로도 기술력이 확보된 것으로 분석됨

캐나다는 시장 확보력과 인용도 지수 모두 높게 나타나지만, 기술력에 있어서 평균 근처로

나타난 것으로 미루어볼 때 초기 시장의 리딩 그룹으로 분석됨

종합해서 분석할 때, 고속차량 능동제어기술 분야에서 어느 정도의 기술력과 시장 확보력을 가진 미국, 독일 및 프랑스와 비교적 기술력을 갖춘 캐나다는 시장의 리딩 그룹으로 분석되며, 그 외 한국, 일본은 초기 시장의 후발 그룹으로 분석되는데, 이는 한국이 특히 활동의 양적 확대가 이루어지고 있는데 반해 질적으로 아직 미비한 것으로 분석되기 때문에 적극적인 투자 증대와 연구개발을 통해 초기 시장의 후발 그룹에서 리딩 그룹으로 진출할 필요가 있음

4) 경쟁자 Landscape

표 2.27 경쟁자 Landscape

분석항목 출원인	출원인국 적	주요IP시장국 (건수)					3국 패밀리수 (건)	미국특허로 본		주력기술분야
		한국	미국	일본	유럽	IP시장국 종합		시장확 보지수	피인용 지수	
		KR	US	JP	EP					
HITACHI	JP	5	9	59	13	일본	13	9.33	0.83	능동형 헨가 시스템
SUMITOMO	JP	0	1	57	1	일본	0			능동형 헨가 시스템
KAYABA IND	JP	0	0	21	0	일본	0			능동형 헨가 시스템
NIPPON SHARYO SEIZO KAISHA	JP	0	0	24	0	일본	0			능동형 헨가 시스템
Siemens	DE	2	27	2	42	유럽	11	8.95	8.14	능동형 헨가 시스템
Alstom Transport	DE	9	8	4	32	유럽	10	11.67	1	능동형 헨가 시스템
Bombardier Transportation	US	3	15	3	36	유럽	11	8.95	1.92	능동형 헨가 시스템
Fiat Ferroviaria	IT	0	5	0	13	유럽	8	10.6	3.4	능동형 헨가 시스템
The Budd Company	US	3	13	0	1	미국	4	9.46	3.31	능동형 헨가 시스템
General Electric	US	0	15	0	1	미국	2	10.67	5.11	능동형 헨가 시스템
한국철도기술연구원	KR	91	2	1	0	한국	0	4	0	능동형 조향 시스템
MITSUBISHI	JP	5	10	26	1	일본	3	3.5	0	능동형 조향 시스템
KAWASAKI HEAVY	JP	0	2	20	5	일본	5	8	1	능동형 조향 시스템
TOSHIBA CORP	JP	0	0	16	0	일본	0			능동형 조향 시스템
RAILWAY TECHNICAL RESEARCH	JP	0	0	75	1	일본	0			능동형 조향 시스템
National Steel Car	CA	4	25	0	1	미국	0	41	3.05	능동형 조향 시스템
EAST JAPAN RAILWAY	JP	0	0	17	0	일본	0			능동형 판토타프 제어
Central Japan Railway Company	JP	0	0	19	2	일본	1			능동형 판토타프 제어
현대로템 주식회사	KR	17	0	0	0	한국	0			전력 품질 제어
WESTINGHOUSE	US	4	13	3	4	미국	9	5.92	16.08	전력품질제어

* 해당 출원인의 출원수 중 주요 출원국가의 출원비중 중 10% 이상인 국가(대분류 대상 상위 20개 출원인)

고속차량능동제어기술 분야의 주요출원인 Top20을 추출한 결과, 국내 한국철도연구원이 미소한 차이로 1위를 차지한 것으로 미루어 볼 때 양적으로 성장이 이루어진 것으로 분석되지만 패밀리수, 시장확보지수, 피인용지수 등으로 미루어볼 때 질적 수준은 아직 낮은 것으로 분석됨

일본의 HITACHI 및 RAILWAY TECHNICAL RESEARCH, SUMITOMO 및 유럽의 ALSTOM 등이 이 분야에서 다수의 특허를 출원하고 있는 것으로 나타남. 특히, 주요출원인 Top20 중 일본 국적의 출원인이 10명으로 나타나 고속차량능동제어 기술 분야에서 일본이 두각을 나타내는 것으로 분석됨

한편, 주요 출원인에 대한 3극 패밀리 수를 근거하여 볼 때, 유럽의 ALSTOM, BOMBARDIER TRANSPORTATION, FIAT FERROVIARIA, Siemens 등과 미국의 WESTINGHOUSE, THE BUDD COMPANY, NATIONAL STEEL CAR 등 및 일본의 HITACHI 등이 강세를 보이고 있는 점을 고려할 때 관련 기술 분야에 대한 유럽, 미국 및 일본 기업의 전방위적인 경쟁력이 한국에 비해 상대적으로 강세를 보이고 있는 것으로 분석됨

또한, 주요 출원인에 대한 피인용 지수 및 시장 확보 지수를 근거하여 볼 때, 유럽의 ALSTOM, BOMBARDIER TRANSPORTATION, Siemens와 미국의 WESTINGHOUSE, NATIONAL STEEL CAR 등이 강세를 보이고 있는 것으로 보아 시장을 선도하는 기업으로 분석되며, 주요 출원인 중 HITACHI, ALSTOM, BOMBARDIER, Siemens, MITSUBISHI, NATIONAL STEEL CAR 등이 한국 출원이 다수 존재하는 것으로 미루어 볼 때, 한국 시장에 관심이 있는 것으로 분석됨

일본의 HITACHI, MITSUBISHI 및 유럽의 ALSTOM, Siemens 및 미국의 BOMBARDIER TRANSPORTATION 등은 공통적으로 주요시장국 모두에서 고르게 활발한 특허출원을 하고 있고, 3극 패밀리수도 많은 것으로 나타나 국제적인 시장경쟁력을 확보한 것으로 분석됨

그 외, 주요출원인 Top20에서 두각을 나타내고 있는 출원인들 중 이탈리아의 FIAT FERROVIARIA, 미국의 WESTINGHOUSE 및 General electric 또한 3극 패밀리수를 많이 보유하고 있을 뿐만 아니라 시장확보지수 및 피인용지수 모두 평균 이상으로 나타남

종합하면, 고속차량능동제어기술 분야에서 한국의 한국철도기술연구원의 경우 시장확보지수 및 피인용도 지수가 평균보다 낮기 때문에 보유한 특허수에 비하여 기술력은 낮을 뿐만 아니라 시장확보력이 낮기 때문에 기술력과 시장확보력을 높이기 위한 기술 투자가 이루어져야 할 것으로 분석됨. 또한, 한국의 경우 한국철도기술연구원과 같은 연구소 중심으로 출원건수가 존재하는 것과 3극 패밀리수, 시장확보지수 및 피인용도지수 모두 낮게 나타나고 있는 것으로 볼 때 아직 연구 단계 수준으로 분석됨

의미::: 출원인별 특허현황 분석을 나열식으로 정리한 것으로 하나의 표로 표기함으로써, 분석 대상 기술의 주요출원인의 주요 시장국과 최근 연구활동 및 미국특허로 본 기술 수준, 주력 기술분야를 한 번에 용이하게 파악할 수 있음

5). 특허동향으로 본 세부기술

가. 세부기술별 출원증가율 및 점유율 분석

(1) 세부기술별 추세선을 통한 출원증가율 분석

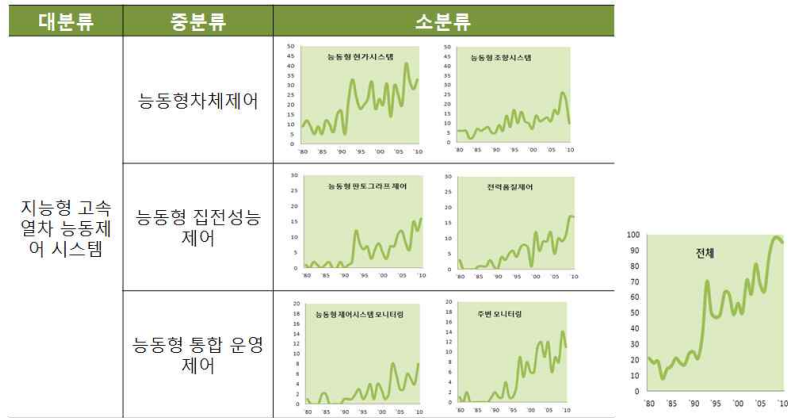


그림 2.59 세부기술별 추세선 분석

고속차량 능동제어기술 분야의 소분류별 추세선 분석에 따르면, 본 기술 분야는 최근 전체적으로 증가세를 보이고 있으며, 분석 초기구간에 비해서 크게 성장한 것으로 나타남

능동형 차체제어 분야에서는 능동형 현가시스템이 증가세를 보이고 있으며, 능동형 집전성 제어 분야에서는 능동형 판토틀로그래프 제어 및 전력 품질 제어 부분 모두에서 증가세를 보이고 있음

능동형 통합 운영제어 분야에서는 특히 주변 모니터링 분야에서 증가세를 보이고 있음

(2) 핵심기술 추세선을 통한 국가별 출원증가율 분석

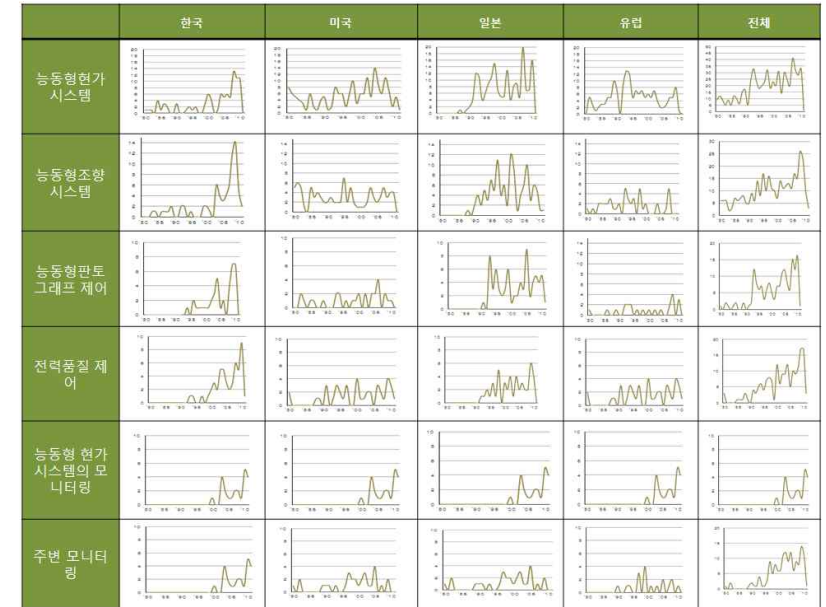


그림 2.60 세부기술별 추세선 분석

고속차량 능동제어 기술 분야의 능동형 현가 시스템의 소분류별/국가별 추세 분석에 따르면, 본 기술 분야는 모든 국가에서 지속적인 증가세를 보이고 있음

한국의 경우 다른 국가에 비해 출원이 다소 늦게 시작되는 패턴을 볼 수 있는데, 이는 한국이 다른 국가에 비해 고속차량 능동제어기술과 관련한 세계적인 메가트렌드를 선도하지 못하고 있음을 반증하며, 아직 개발 초기 단계로 판단됨

미국, 일본 및 유럽의 경우 출원의 분포가 꾸준한 것으로 보아, 관련 기술 분야에 따른 꾸준한 연구개발이 진행된 것으로 판단됨

한편, 능동형 현가 시스템은 한국, 미국, 일본 및 유럽 모두가 많은 출원수를 확보하고 있음

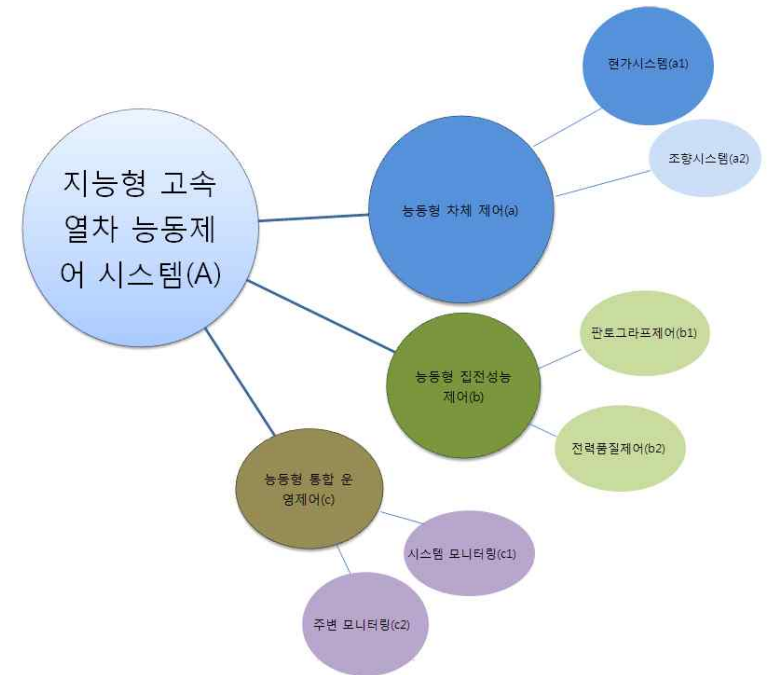
뿐만 아니라 지속적인 증가세에 있는 것으로 미루어볼 때, 이에 대한 투자 및 연구 개발에 소홀히 할 경우 빠르게 뒤쳐질 수 있다고 판단됨

모니터링 관련 분야는 한국, 미국, 일본 및 유럽의 출원수로 미루어볼 때 현재 시작 단계로 분석되기 때문에 투자와 연구 개발을 통해 시장을 선점할 필요가 있을 것으로 판단됨

능동형 조향, 판토틀라프 및 전력 품질 제어 분야는 미국, 일본 및 유럽에 비해 한국의 기술 연구가 늦은 것으로 판단되나, 최근 증가세에 있는 것으로 분석됨. 그러나, 미국, 일본 및 유럽이 꾸준한 투자를 통해 출원수가 유지되는 시장 상황을 미루어 볼 때 연구 및 기술 개발의 집중이 필요하다고 사료됨

(3) 세부기술별 점유율 분석

아래의 그래프에서는 세부기술별로 연도 구간별 특허기술의 출원 경향을 알 수가 있음. 왼쪽의 그래프는 출원건수를 통한 절대치를 나타내며, 오른쪽 그래프는 세부기술에 대한 연도 구간별 상대비교를 보여주고 있음



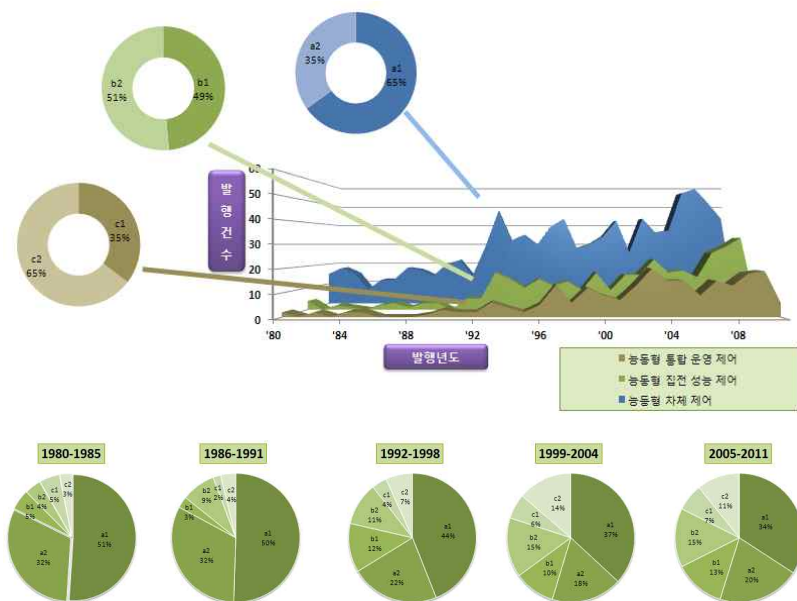


그림 2.61 세부기술별 점유율 분석

의미::

중심의 가장 큰 원 : 대분류

두 번째 원 : 중분류

세 번째 라인 원 : 소분류

원의 사이즈는 건수와 비례하며, 원과 원사이의 거리가 멀수록 해당 중분류내의 소분류 혹은 해당 대분류 내의 중분류의 건수가 많은 것임

활용방법::

원그래프 하단의 연도별 분포 그래프는 중분류의 연도별 추이이며, 이와 연결되는 도넛 그래프는 해당 중분류에 속하는 소분류의 점유율 분포임

가장 아래있는 연도 구간별 파이그래프는 연도 구간별 해당 기술의 분포변화를 통해 연도에

따라 기술이 어떤 방향으로 발전하고 있는지 볼 수 있도록 가시적으로 보여줌

대/중/소분류의 분포를 시각적으로 나타냄으로써, 연도별 추이 변화 및 연도구간별 세부기술의 발전 Trend 및 분포 비율을 살펴 볼 수 있음

고속차량 능동제어기술에 관한 세부기술별 점유율을 분석해본 결과, 능동형 차체 제어 관련 기술이 가장 큰 비중을 차지하고, 그 다음으로 능동형 집진 성능 제어와 능동형 통합 운영 제어 관련 기술 순으로 점유율을 차지하고 있는 것으로 판단됨. 이는 고속차량 능동제어기술 중 능동형 차체 제어 기술의 중요도가 높기 때문에 이와 같은 결과가 나타난 것으로 판단됨

능동형 차체 제어 기술 중에서는 능동형 현가 시스템에 관련된 기술(a1)이 약 2/3 정도의 점유율을 차지하고 있었으며, 능동형 조향 시스템(a2)과 관련된 기술이 약 1/3 정도의 점유율을 차지하고 있는 것으로 나타남. 능동형 차체 제어 관련 기술에서 능동형 현가 시스템에 관련된 기술(a1)의 중요도가 능동형 조향 시스템(a2) 보다 높기 때문에 이와 같은 결과가 나타난 것으로 판단됨

능동형 집진 성능 제어에 관련된 기술 중에서는 판토틀라프 제어(b1) 및 전력 품질 제어(b2)와 관련된 기술이 거의 비슷한 점유율을 차지하고 있는 것으로 나타남

능동형 통합 운영 제어 관련 기술 중에서는 주변 모니터링 기술(c2)이 대략 2/3 정도의 점유율을 차지하고 있었으며, 시스템 모니터링과 관련된 기술(c1)이 약 1/3 정도의 점유율을 차지하고 있는 것으로 나타남. 시스템 모니터링과 관련된 기술(c1)은 능동형 차체 제어 및 능동형 집진 성능 제어 기술 내에서 추출되기 때문에 이와 같은 결과가 나타난 것으로 판단됨

연도 구간별 세부기술의 점유율을 살펴보면, 능동형 차체 제어와 관련된 기술은 꾸준히 점유율이 높았음. 이 두 분야는 기술 발전의 여지도 많고 기업간의 경쟁이 치열한 분야로 판단됨. 능동형 집진 성능 제어에 관련된 기술과 능동형 통합 운영 제어에 관련된 기술은 전체에서 차지하는 비중은 적으나, 시간이 갈수록 점유율이 소폭 상승하는 경향을 나타내는 것으로 보아, 이에 대한 기술적인 관심이 증가하고 있다고 판단됨

나. 시장별 세부기술 동향

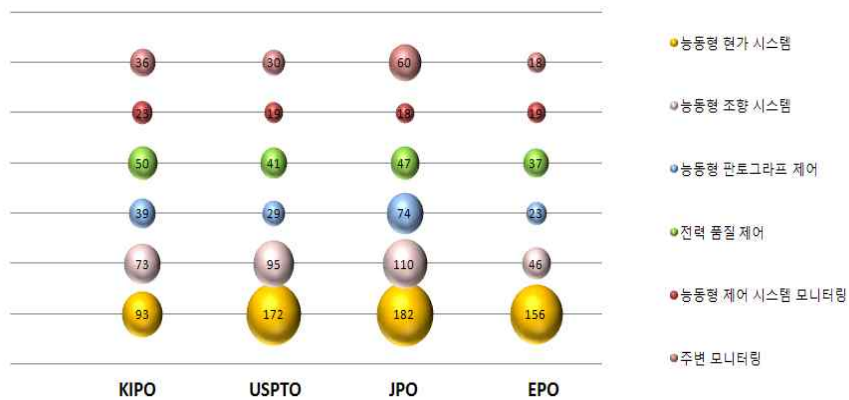


그림 2.62 시장별 세부기술 동향

시장별 세부기술 동향에서는 각국의 특허청에 출원된 출원 데이터를 기준으로 세부기술의 집중도 및 공백영역 등을 위의 그림과 같이 버블그래프로 나타내어 해당 시장의 관심도를 나타내고자 함

시장별 세부기술 동향은 한국특허(KIPO), 미국특허(USPTO)와 일본(JPO) 및 유럽특허(EPO) 시장에서는 능동형 현가 및 조향 시스템 분야에서 다수의 출원이 이루어지고 있으며, 능동형 판토틀라프 제어, 전력 품질 제어, 능동형 제어 시스템의 모니터링 및 주변 모니터링 분야에서는 출원 수가 적은 것으로 나타남. 특히, 능동형 제어 시스템 모니터링 기술 분야의 경우 한국, 미국, 유럽 및 일본에서 출원건수가 적은 것으로 미루어볼 때, 공백 기술로 판단되나, 시스템을 모니터링하는 기술 분야에 해당되기 때문에 능동형 현가 및 조향 시스템에 종속될 수밖에 없는 한계가 있어 공백 기술로 정확하게 판단하기에는 어려움이 있음

일본의 경우, 미국, 한국 및 유럽과 달리 능동형 판토틀라프 제어와 주변 모니터링에서 출원수가 많은 것을 볼 때 이에 대한 관심도가 높은 것으로 볼 수 있음. 이는 일본이 해당 기술분야의 가치를 빠르게 인식하고 연구 개발이 이루어진 것으로 분석되기 때문에 한국도 해당 기술분야에 관심을 가질 필요성이 있다고 판단됨

의미: '시장별 세부기술 동향'을 통해 세부기술별 시장의 관심도와 집중도를 파악할 수 있다. 전담기관의 담당자와 기술전문가에게는 과제에 해당하는 기술이 어느 시장에서 관심이 많은지 알 수 있으며, 기술 개발시 target으로 해야하는 시장이 어디인지 파악할 수 있다.

활용방법:

기술전문가가 정해준 기술트리를 중심으로 각국 특허청의 특허출원 데이터를 따로 분류하여 버블 그래프로 나타낸다. 시장별 세부기술의 크기를 가로축을 통해서 볼 수 있으며, 각 시장의 집중 또는 공백 기술 영역을 세로 축을 통해서 파악할 수 있다.

다. 세부기술별 주요출원인 기술 개발 동향분석

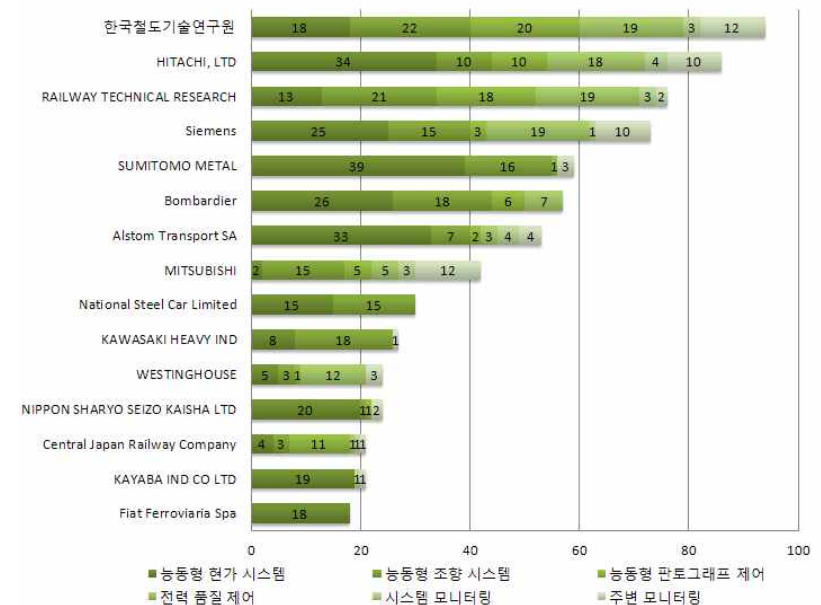


그림 2.63 세부기술별 주요 출원인 기술 동향 분석

고속차량 능동제어 기술에 관련된, 출원인 Top16의 세부기술별 출원현황을 살펴보면, 대부분의 출원인이 능동형 현가 시스템과 능동형 조향 시스템에 관련된 기술을 주 기술분야로 하고 있음. 이는 고속차량 능동 제어 기술 분야에서 현가 시스템과 조향 시스템이 매우 중요하게 판단되기 때문에 관련 출원인의 연구 개발이 집중된 결과라고 판단됨

최다 출원인인 한국철도기술연구원과 HITACHI, RAILWAY TECHNICAL RESEARCH, Siemens는 모든 분야에서 골고루 일정 수준의 기술을 확보하고 있으며, 특히 능동형 현가 및 조향 시스템과 능동형 판토틀라프 제어 및 전력 품질 제어 분야에 집중되어 있는 것으로 분석됨

SUMITOMO, Bombardier, ALSTOM 및 NATIONAL STEEL CAR은 능동형 현가 및 조향 시스템을 주 기술분야로 하고 다른 기술분야에서는 출원 건수가 비교적 적은 것으로 분석됨

MISHUBISHI 및 KAWASAKI는 특히 능동형 차체 제어 분야 중 조향 시스템에 관련된 기술을 주 기술분야로 하고 있는 것으로 분석됨

의미::: ‘세부기술별 주요출원인의 특허 현황’을 통해 중분류보다 더 심층적인 소분류 차원에서 기술의 집중도를 특허출원을 중심으로 파악한다. 세부기술별로 특허된 기술로 출원을 많이 한 출원인이 각각 다르데 그 동향을 알아보는 것을 목표로 함

활용방법::: 세부기술 별로 각각의 기술트리를 중심으로 나누고, 해당 세부기술의 다출원인을 찾아냄. 또한 각각의 세부기술별로 집중하고 있는 소기술에 대해 파악함

라. 세부기술별 주요출원인 포트폴리오

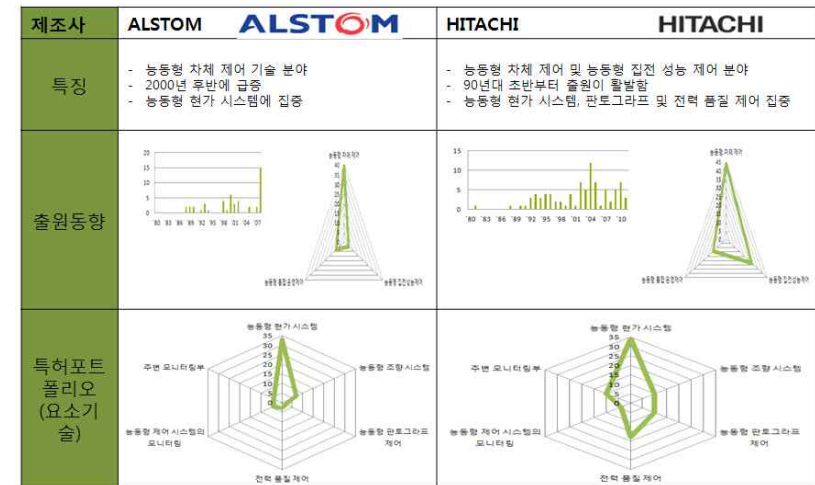


그림 2.64 세부기술별 주요 포트폴리오

알스톰(Alstom)사는 열차 제작에 관련된 기술을 제공하는 회사로서, 1980년대 후반부터 최근까지 꾸준한 출원을 유지하고 있으며, 특히 2000년대 후반에 출원이 급증한 것으로 미루어 볼 때, 최근 기술에 대한 관심도가 증가한 것으로 보임. 요소 기술로서는 능동형 차체 제어 기술 분야 중 현가 시스템에 집중되어 있으며, 꾸준한 특허 출원이 이루어지고 있음

HITACHI사는 도로 관제 및 철도 시스템 관련된 기술을 제공하는 회사로서, 1990년대 초반부터 2000년대 중반까지 특허 출원이 활발히 이루어지고 2000년대 중반이후 하락세에 있는 것으로 나타남. 요소 기술로서는 능동형 차체 제어 및 집전 성능 제어 분야에서 능동형 현가 시스템과 더불어 판토틀라프 및 전력 품질 제어에 집중되어 있는 것으로 나타남

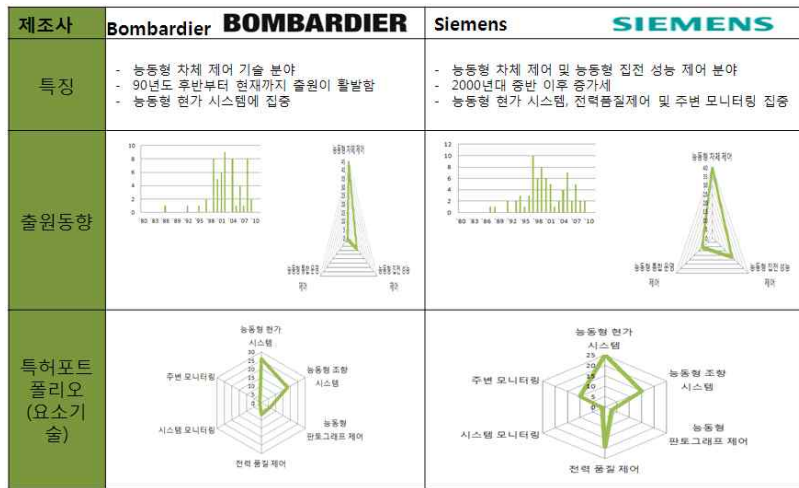


그림 2.65 세부기술별 주요 포트폴리오

Bombardier社は 항공기 및 열차 등을 제조하는 회사로서, 1990년대 후반부터 현재까지 출원건수가 증가하는 것으로 미루어볼 때 최근 기술에 대한 관심이 증가된 것으로 보이며, 요소기술로서는 능동형 차체 제어 기술 분야 중 현가 시스템에 집중되어 있는 것으로 나타남

Siemens社は 철도 관련 인프라를 제공하는 회사로서, 2000년대 초반까지 증가세에 있다가 2000년대 중반에 급감한 후 최근 다시 소폭 증가세에 있는 것으로 미루어볼 때 최근 기술에 대한 관심이 증가된 것으로 보이며, 요소기술로서는 현가 시스템에 집중되고 있을 뿐만 아니라 타사에서 집중도가 떨어지는 전력 품질 제어 및 주변 모니터링에 관심을 보이는 것으로 나타남

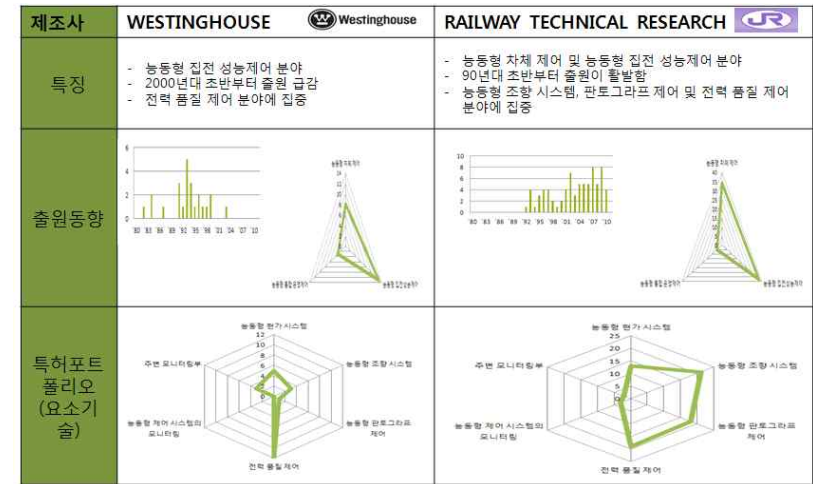


그림 2.66 세부기술별 주요 포트폴리오

WESTINGHOUSE社は 철도 전반에 관련된 기술을 제공하는 회사로서, 1990년대 에 특허 활동이 집중되고, 2000년대 초반부터 출원이 급감하고 있음. 요소기술로서는 능동형 집전 성능 제어 분야의 전력 품질 제어 분야에 기술력이 집중되어 있는 것으로 나타남

RAILWAY TECHNICAL RESEARCH는 철도의 속도 향상에 필요한 기술을 제공하는 연구단체로서, 1990년대 초반부터 특허 출원이 활발히 이루어지고 현재까지도 꾸준한 특허 출원이 이루어지고 있음. 요소 기술로서는 능동형 현가 시스템, 능동형 조향 시스템, 판토틀레프 및 전력 품질 제어 분야의 다양한 분야에 기술력이 집중되어 있는 것으로 나타남

의미:: ‘세부기술별 주요출원인의 특허 현황’을 통해 주요 출원인들의 전략적 개발분야를 파악하고, 개량기술 확보가 필요한 부분과, 지재권 확보가 가능한 부분들을 파악하여 개발하고자 하는 기술분야에 대한 전략을 제시함

활용방법:: 전체적인 전략제시를 위해 해당기술분야를 리드하는 Top Player의 개발 방향을 파악하는데 활용 할 수 있음

마. 시장별 세부기술 시장점유율 분석(CR4)

(1) 세부기술 능동형 현가 시스템(a1)

기술독점 현황분석을 위한 지수 중 하나인 집중률 지수(CRn)을 통해 상위 출원인 4개사의 시장점유율을 살펴봄.

이 분석 보고서에서는 특허점유율을 통해 주요 출원인의 특허점유율로써 집중률 지수를 산정하였음

표 2.28 세부기술 a1 시장점유율 분석

출원인	출원건수	특허점유율	CRn	n
SUMITOMO	39	7%	7%	1
HITACHI	34	6%		2
Alstom	33	5%		3
Bombardier	26	4%	22%	4
Siemens	25	4%		5
NIPPON SHARYO SEIZO	20	3%		6
KAYABA	19	3%		7
Fiat Ferroviaria	18	3%		8
	214	35%	CR4=22	

소분류 a1의 전체 출원건수를 기준으로 각 출원인별 특허점유율을 구한 뒤 상위 4개사의 점유율을 나타낸 결과가 CR4=22로 나타났음. 이는 상위 주요 출원인에 의한 독과점 수준이 낮음을 의미하는데, 즉 다수의 출원인들에 의한 기술 개발이 활발한 상황으로 빠른 투자와 기술 개발을 통해 출원건수를 늘려 경쟁력을 확보하는 것이 요망됨

(2) 세부기술 능동형 조향 시스템(a2)

기술독점 현황분석을 위한 지수 중 하나인 집중률 지수(CRn)을 통해 상위 출원인 4개사의 시장점유율을 살펴봄.

이 분석 보고서에서는 특허점유율을 통해 주요 출원인의 특허점유율로써 집중률 지수를 산정하였음

표 2.29 세부기술 a2 시장점유율 분석

출원인	출원건수	특허점유율	CRn	n
한국철도기술연구원	22	7%	7%	1
RAILWAY TECHNICAL	21	7%		2
Bombardier	18	6%		3
KAWASAKI HEAVY	18	6%	26%	4
SUMITOMO	16	5%		5
Siemens	15	4%		6
National Steel Car	15	4%		7
mitsubishi	15	4%		8
	140	43%	CR4=53	

소분류 a2의 전체 출원건수를 기준으로 각 출원인별 특허점유율을 구한 뒤 상위 4개사의 점유율을 나타낸 결과가 CR4=26로 나타났음. 이는 상위 주요 출원인에 의한 독과점이 낮음을 의미하며, 다수의 출원인들에 의한 기술 개발이 활발한 상황으로 빠른 투자와 기술 개발을 통해 출원건수를 늘려 경쟁력을 확보하는 것이 요망됨

(3) 세부기술 능동형 판토품상 제어(b1)

기술독점 현황분석을 위한 지수 중 하나인 집중률 지수(CRn)을 통해 상위 출원인 4개사의 시장점유율을 살펴봄.

이 분석 보고서에서는 특허점유율을 통해 주요 출원인의 특허점유율로써 집중률 지수를 산정하였음

표 2.30 세부기술 b1 시장점유율 분석

출원인	출원건수	특허점유율	CRn	n
한국철도기술연구원	20	12%	12%	1
RAILWAY TECHNICAL	18	11%		2
Central Japan Railway	11	7%		3
HITACHI	10	6%	36%	4
Bombardier	6	4%		5
mitsubishi	5	3%		6
EAST JAPAN RAILWAY	5	3%		7
Siemens	3	2%		8
	73	47%	CR4=36	

세부기술 b1의 전체 출원건수를 기준으로 각 출원인별 특허점유율을 구한 뒤 상위 4개사의 점유율을 나타낸 결과가 CR4=36 나타났음. 이는 상위 주요 출원인에 의한 독과점이 낮음을 의미하며, 다수의 출원인들에 의한 기술 개발이 활발한 상황으로 빠른 투자와 기술 개발을 통해 출원건수를 늘려 경쟁력을 확보하는 것이 요망됨

(4) 세부기술 전력 품질 제어(b2)

기술독점 현황분석을 위한 지수 중 하나인 집중률 지수(CRn)을 통해 상위 출원인 4개사의 시장점유율을 살펴봄.

이 분석 보고서에서는 특허점유율을 통해 주요 출원인의 특허점유율로써 집중률 지수를 산정하였음

표 2.31 세부기술 b2 시장점유율 분석

출원인	출원건수	특허점유율	CRn	n
한국철도기술연구원	19	11%	11%	1
RAILWAY TECHNICAL	19	11%		2
Siemens	19	11%		3
HITACHI	18	10%	43%	4
WESTINGHOUSE	12	7%		5
Bombardier	7	4%		6
mitsubishi	5	3%		7
TOSHIBA CORP	5	3%		8
	104	59%	CR4=77	

세부기술 b2의 전체 출원건수를 기준으로 각 출원인별 특허점유율을 구한 뒤 상위 4개사의 점유율을 나타낸 결과가 CR4=43로 나타났음. 이는 새로운 기술을 적용시킬 수 있는 최적의 시장 상태를 의미하기 때문에 해당 분야에 새로운 기술 개발을 위한 연구 개발 및 투자가 이루어져야 할 것임

(5) 세부기술 능동 제어 시스템의 모니터링(c1)

기술독점 현황분석을 위한 지수 중 하나인 집중률 지수(CRn)을 통해 상위 출원인 4개사의 시장점유율을 살펴봄.

이 분석 보고서에서는 특허점유율을 통해 주요 출원인의 특허점유율로써 집중률 지수를 산정하였음

표 2.32 세부기술 c1 시장점유율 분석

출원인	출원건수	특허점유율	CRn	n
HITACHI	4	5%	5%	1
Alstom	4	5%		2
한국철도기술연구원	3	4%		3
RAILWAY TECHNICAL	3	4%	18%	4
mitsubishi	3	4%		5
Siemens	1	1%		6
Central Japan Railway	1	1%		7
EAST JAPAN RAILWAY	1	1%		8
	20	25%	CR4=18	

세부기술 c1의 전체 출원건수를 기준으로 각 출원인별 특허점유율을 구한 뒤 상위 4개사의 점유율을 나타낸 결과가 CR4=18로 나타났음. 이는 상위 주요 출원인에 의한 독과점이 낮음을 의미하며, 다수의 출원인들에 의한 기술 개발이 활발한 상황으로 빠른 투자와 기술 개발을 통해 출원건수를 늘려 경쟁력을 확보하는 것이 요망됨

(6) 세부기술 주변 모니터링(c2)

기술독점 현황분석을 위한 지수 중 하나인 집중률 지수(CRn)을 통해 상위 출원인 4개사의 시장점유율을 살펴봄.

이 분석 보고서에서는 특허점유율을 통해 주요 출원인의 특허점유율로써 집중률 지수를 산정하였음

표 2.33 세부기술 c2 시장점유율 분석

출원인	출원건수	특허점유율	CRn	n
한국철도기술연구원	12	8%	8%	1
mitsubishi	12	8%		2
HITACHI	10	7%		3
Siemens	10	7%	30%	4
Alstom	4	3%		5
EAST JAPAN RAILWAY	3	2%		6
WESTINGHOUSE	3	2%		7
현대로템	3	2%		8
	57	39%	CR4=30	

세부기술 c2의 전체 출원건수를 기준으로 각 출원인별 특허점유율을 구한 뒤 상위 4개사의 점유율을 나타낸 결과가 CR4=30로 나타났음. 이는 상위 주요 출원인에 의한 독과점이 낮음을 의미하며, 다수의 출원인들에 의한 기술 개발이 활발한 상황으로 빠른 투자와 기술 개발을 통해 출원건수를 늘려 경쟁력을 확보하는 것이 요망됨

의미:: CR(Concentration Ratio) 지표는 상위 몇개 기업의 시장점유율을 합한 것으로, CR1, CR2, CR3, CR4 등으로 표시함. 즉 CR1은 시장점유율 1위 기업의 시장점유율을 말함. CR2는 1위와 2위의 시장점유율을 합한 것, CR3는 1~3위의 시장점유율을 합계한 것임

활용방법::

0에 가까울수록 시장의 독과점 수준이 낮음

100에 가까울수록 시장의 독과점 수준이 높음

40 또는 45 ~ 60일 때 새로운 기술의 적용을 유발시키는 최적의 시장경쟁 상태로 평가함

6) 국가별 Landscape(논문)

가. 연구 활동현황

(1) 연도별 논문동향



그림 2.67 전체 연도별 동향

고속차량 능동제어 기술분야의 연도별 전체 논문동향을 살펴보면, 거시적인 관점에서 분석 초기구간인 1993년부터 지속적으로 증가세에 있다가, 2009년을 최고점으로 최근 유효기간인 2010년과 2011년에는 증감없이 유지하고 있는 것으로 나타남

한국의 연도별 논문 동향을 살펴보면, 2000년도 초반부터 증가세에 있는 것으로 보아 2000년도부터 고속 열차 관련 기술에 대한 관심이 집중된 것으로 보이는데, 이는 2004년도에 개통된 고속 열차에 대한 운용 효율화를 통해 사용자들의 승차감 만족도 및 안전도를 제고하고, 사회적 및 경제적 비용을 줄이는 한편, 친환경적인 철도 인프라를 구축하여 타 교통수단과 비교하여 경쟁력을 확보하기 위한 국가 정책이 반영된 것으로 보임

나. 논문 동향으로 본 국가간 기술경쟁력 현황

(1) 각국의 질적 수준

각 논문의 인용비로 본 각국의 질적 수준이 표 2.30과 그림 2.57에 나타남

표 2.34 IP로 본 각국의 질적 수준 및 시장

국적	기술력 (특허 Quality)	기술활동 위치
미국 (US)	높음 (리딩그룹)	pioneer (성숙한 시장)
영국 (GB)	높음 (리딩 그룹)	pioneer (성숙한 시장)
스위스 (CH)	높음 (리딩 그룹)	pioneer (성숙한 시장)
일본 (JP)	높음 (리딩 그룹)	initiator (초기시장)
네델란드 (NL)	높음 (리딩 그룹)	initiator (초기시장)
한국 (KR)	낮음 (후발그룹)	initiator (초기시장)

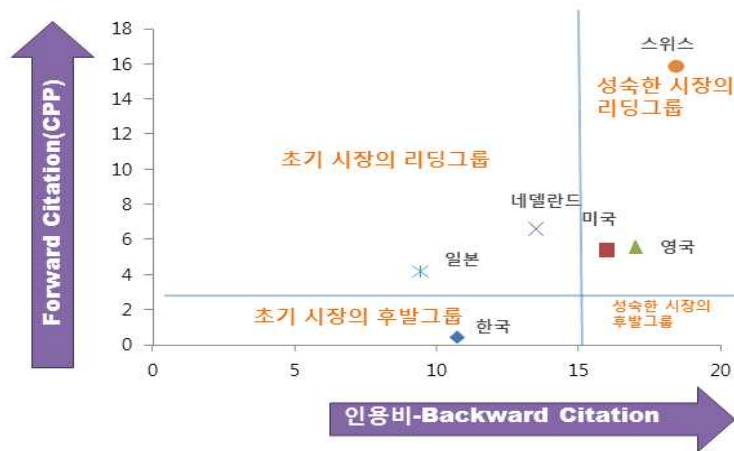


그림 2.68 IP로 본 각국의 질적 수준 및 시장 확보력

논문에서 제공되는 특허 피인용/인용지수를 활용하여 각국의 기술 질적 수준을 분석한 결과, 미국, 영국 및 스위스가 인용도 지수 및 인용도에서 모두 평균 이상으로 나타나며, 여러 논문에서 해당 국가에서 제출한 논문을 다수 인용한 점을 고려할 때 기술력이 높은 것으로 분석됨

일본 및 네델란드는 인용도 지수가 평균 이상이고, 인용비가 평균 이하인 점을 고려해볼 때 기술력은 높으나, 초기 시장으로 분석되기 때문에, 초기시장의 리딩 그룹으로 분석됨. 특히, 일본의 경우 자국 내 기술 활동을 중요시 하는 경향이 높고 미국에서의 기술 활동의 중요성에 대한 인식이 낮기 때문임

한국은 인용도 지수가 평균 이하라는 점을 고려해 볼 때 기술력이 낮게 나타나고, 기술적 활동 위치를 고려할 때 초기 시장의 후발 그룹으로 분석됨

한국은 기술력, 시장 확보력 및 인용도 지수에서 모두 낮은 수준을 보이므로, 기술 활동의 양적 확대뿐만 아니라 질적 개선이 요구되며, 특히 미국, 영국 및 스위스를 제외한 나라가 초기 시장에 머무르고 있기 때문에 적극적인 투자 증대와 연구개발을 통해 초기 시장의 후발 그룹에서 리딩 그룹으로 진출할 필요가 있음

종합해서 분석할 때, 고속차량 능동제어기술 분야에서 어느 정도의 기술력과 시장 확보력을 가진 미국, 영국, 스위스, 일본 및 네델란드는 시장의 리딩 그룹으로 분석되며, 한국은 기술력의 양적 및 질적 수준이 떨어지는 후발 그룹으로 분석되는데, 이는 여전히 기술 개발이 초기 시장에 있다고 판단되기 때문에 적극적인 투자 및 연구개발을 점진적으로 확대시켜 초기 시장에서 성숙한 시장으로, 후발 그룹에서 리딩 그룹으로의 진출이 요망됨

다. 세부기술별 논문 동향

논문을 발행한 주요 국가에 대한 세부 기술별 논문 수는 아래의 그림 2.58에 나타남. 아래의 그림은 논문 publisher 국적을 기준으로 함

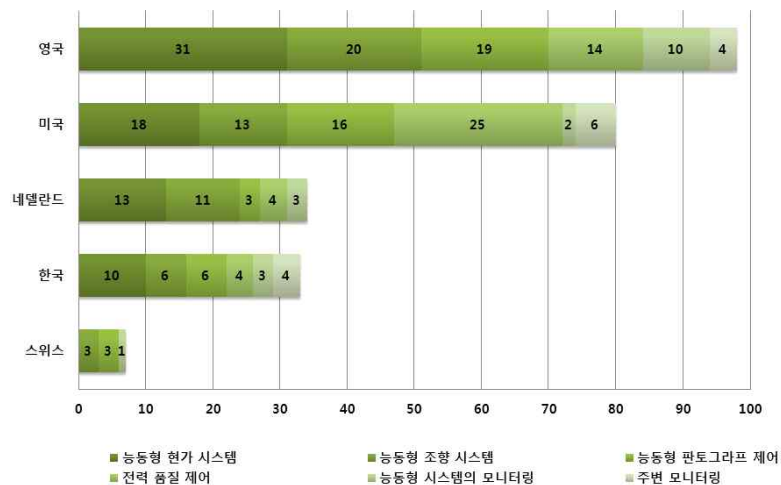


그림 2.69 세부기술별 논문 발표 동향

세부기술별 논문 동향을 살펴보면, 영국 및 미국이 모든 분야에서 골고루 논문을 발표한 것으로 나타나기 때문에 전반적인 분야에서의 연구 개발이 이루어지고 있는 것으로 분석됨. 영국은 능동형 현가 및 조향 시스템과 판토티그래프 제어 관련 기술에 집중되어 있는 것으로 보이며, 미국은 능동형 현가 및 조향 시스템과 전력 품질 제어 관련 기술에 집중되어 있는 것으로 보임

네델란드는 능동형 현가 및 조향 시스템에서 많은 논문이 발표된 것으로 나타나며, 한국은 능동형 현가 시스템에서 많은 논문이 발표된 것으로 나타남. 특히, 한국의 경우 발행건수는 적지만 능동형 조향 시스템, 능동형 판토티그래프 제어, 전력 품질 제어 등의 다양한 분야에서 논문 발표가 이루어진 것으로 미루어볼 때, 다양한 분야에서 초기 단계의 연구 개발이 이루어지고 있는 것으로 보임

7) 경쟁자별 Landscape(논문)

가. 주요저자별 활동현황

주요저자 Top7를 추출한 후 Top7 각각의 논문 발행 건수, 활동년도, 활동 국가 및 주력 기술 분야를 분석함

표 2.35 주요 저자별 Landscape

주요저자	발행건수	활동년도	활동국가	주력 기술분야
Goodall, RM	13	1990년대 후반	영국 및 네델란드	능동형 현가 시스템
Simson, S	8	2000년대 후반	영국	능동형 조향 시스템
이수인	7	2000년대 후반	한국	능동형 현가 및 조향 시스템
Zboinski, K	5	2000년대 중반	미국	능동형 조향 시스템
Mei, TX	5	2000년대 초반	영국 및 네델란드	능동형 조향 시스템
Tan, PC	4	2000년대 중반	미국	전력 품질 제어
Mariscotti, A	4	2000년대 중후반	미국	전력 품질 제어

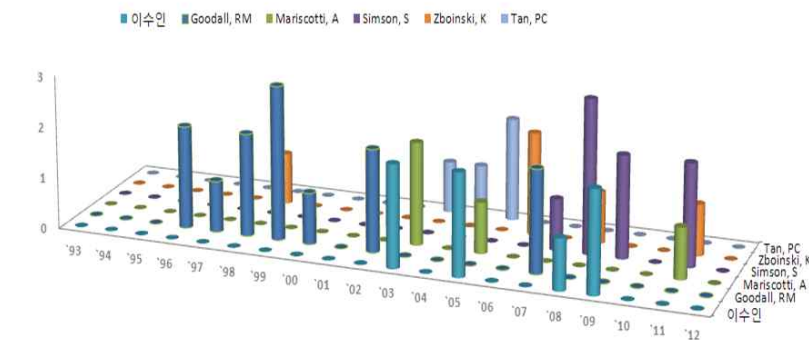


그림 2.70 주요저자의 년도별 논문 발표 현황

고속차량능동제어기술 분야의 주요저자 Top7를 추출한 결과, 영국 및 네델란드에서 기술 활동이 활발한 Goodall, RM이 1위를 차지한 것으로 나타나고 있으며, 그 뒤로 영국에서 기술 활동이 활발한 Simson, S이 이 분야에서 다수의 논문을 발표한 것으로 나타남. 특히, 주요저자 Top7의 활동 국가를 볼 때 고속차량능동제어 기술 분야에서 미국, 영국 및 네델란드

등이 한국에 비해 강세를 보이고 있는 것으로 분석됨

각 저자의 주력 기술분야를 볼 때, 능동형 조향 및 현가 시스템이 대부분인 것으로 보아 조향 및 현가 시스템에서는 상당한 기술 발전이 이루어져 있는 상태로 분석되며, 그 외 기술분야, 즉 능동형 판토틀라프 제어, 전력 품질 제어, 모니터링 기술 분야에 대한 기술 활동이 상대적으로 저조한 것으로 분석됨

각 저자의 활동년도를 볼 때, 1990년대 후반부터 많은 논문 발표가 이루어진 것으로 분석됨. 특히 주요저자 중 1위를 차지한 Goodall, RM은 1990년대 후반부터 능동형 현가 시스템에 대한 연구를 수행하여 논문으로 발표한 것으로 분석되며, 그 외 저자들은 2000년대부터 논문을 발표한 것으로 분석됨

이를 고려하여 볼 때, 한국의 경우 능동형 현가 및 조향 시스템 분야에서는 다른 나라의 논문을 기반으로 다양한 응용 기술을 개발할 뿐만 아니라 해당 분야에 뒤처지지 않도록 꾸준한 연구가 필요하며, 이 외 기술 분야에서는 기술 투자를 통해 다른 나라보다 우위를 확보할 수 있는 기술 개발이 필요할 것으로 판단됨

나. 주요저자의 세부기술별 발표 동향

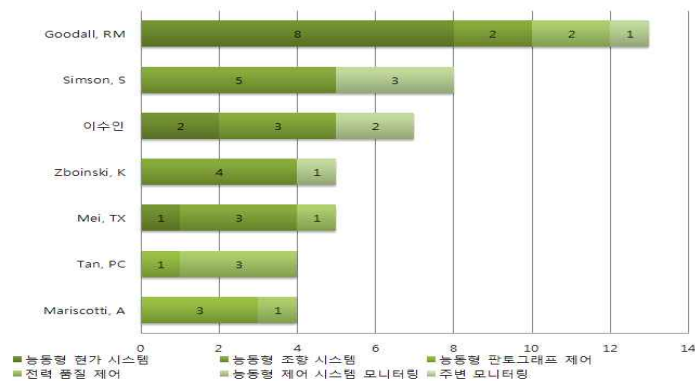


그림 2.71 주요저자의 분야별 발행 건수 현황

고속차량 능동제어 기술에 관련된, 주요저자 Top7의 세부기술별 논문 발표 현황을 살펴보면, 대부분의 출원인이 능동형 현가 시스템과 능동형 조향 시스템에 관련된 기술을 주 기술분야로 하고 있음. 이는 고속차량 능동 제어 기술 분야에서 현가 시스템과 조향 시스템이 매우 중요하게 판단되기 때문에 관련 출원인의 연구 개발이 집중된 결과라고 판단됨

다수의 논문을 발표한 Goodall, RM은 능동형 현가 및 조향 시스템에 관련된 연구를 집중함과 더불어 능동형 판토틀라프 제어 및 전력 품질 제어 분야에서도 논문을 발표한 것으로 이루어 볼 때, 다양한 분야에서 골고루 일정 수준의 기술 활동을 하고 있는 것으로 판단됨

Simson, S는 능동형 현가 및 조향 시스템에 집중적인 연구 활동을 한 것으로 판단되며, 이외 이수인은 다른 분야에 비해 능동형 현가 및 조향 시스템 분야에 집중적으로 연구 활동을 한 것으로 판단되며, Zboinski, K는 능동형 현가 시스템 분야에 집중적으로 연구 활동을 한 것으로 판단됨

다. 세부기술별 특허와 논문 비교



그림 2.72 논문과 특허의 분야별 비교

고속차량 능동제어 기술분야에서 능동형 현가 및 조향 시스템 분야에 논문 발행 건수와

특허 출원 건수가 다른 분야에 비해 상대적으로 많은 것으로 미루어 볼 때, 해당 분야가 어느 정도의 기술 개발이 이루어진 것으로 판단되며, 이는 해당 기술에 대한 활발한 연구뿐만 아니라 그에 대응되는 상용화 기술 개발이 이루어진 것으로 판단됨

한편, 논문의 경우 능동형 조향 시스템, 판토틀라프 제어 및 전력 품질 제어 분야가 능동형 현가 시스템의 70% 정도의 수준으로 해당 분야에 고르게 연구 개발이 이루어지고 있는데 반해, 특허의 경우 능동형 조향 시스템, 판토틀라프 제어 및 전력 품질 제어 분야가 능동형 현가 시스템의 50%, 20% 수준인 것을 미루어 볼 때, 능동형 조향 시스템, 판토틀라프 제어 및 전력 품질 제어 분야의 논문에 대한 특허적 접근이 아직 미미한 것으로 판단됨. 따라서, 능동형 조향 시스템, 판토틀라프 제어 및 전력 품질 제어 분야의 논문의 분석을 통해 아이디어 창출이 가능할 것으로 판단됨

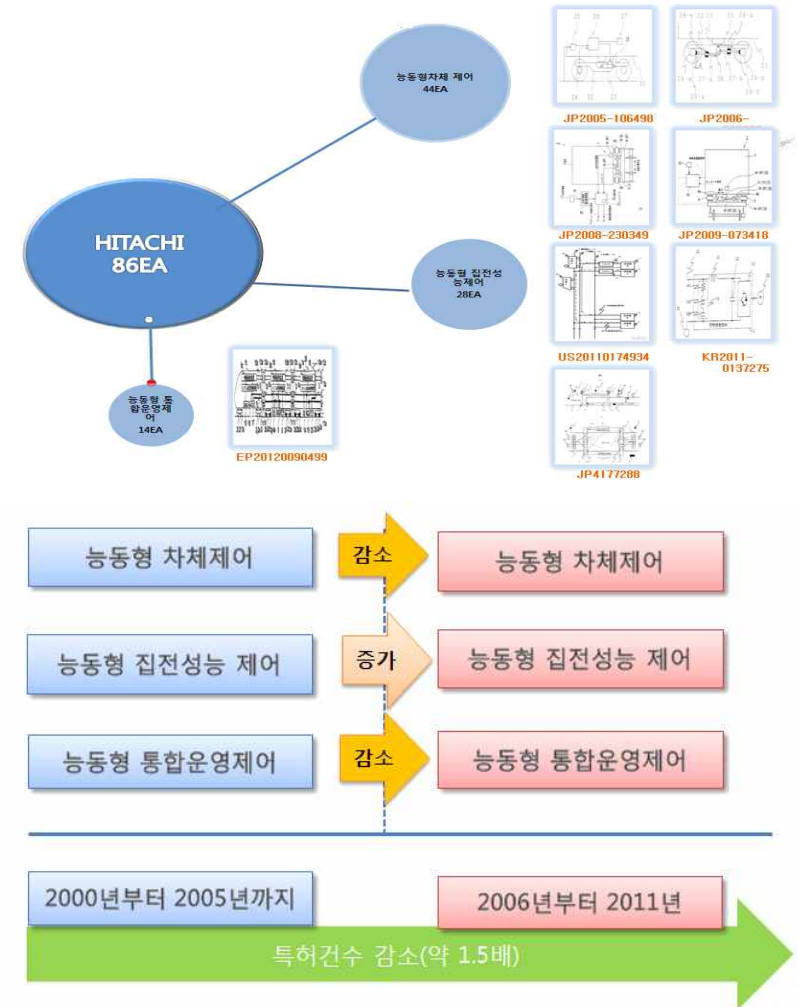
한편, 시스템 모니터링과 주변 모니터링 관련 기술의 경우 논문과 특허 출원 모두 타 분야에 비해 적은 것으로 미루어 볼 때, 현재 연구 및 상용화 기술 개발 모두 미미한 것으로 판단됨

이러한 판단으로 미루어 볼 때, 한국의 경우 능동형 현가 및 조향 시스템 분야에서는 기 발행 또는 출원된 논문 및 특허를 기반으로 한 응용 및 활용 기술 개발이 필요할 것으로 판단되며, 능동형 판토틀라프 제어, 전력 품질 제어, 모니터링 분야에서는 연구를 통한 기술 개발을 통해 해당 분야의 기술 선점이 필요한 것으로 판단됨

8) 주요 출원인별 IP History 분석 (Top 5~10 이내)

(1) Key Player의 IP History

○ HITACHI

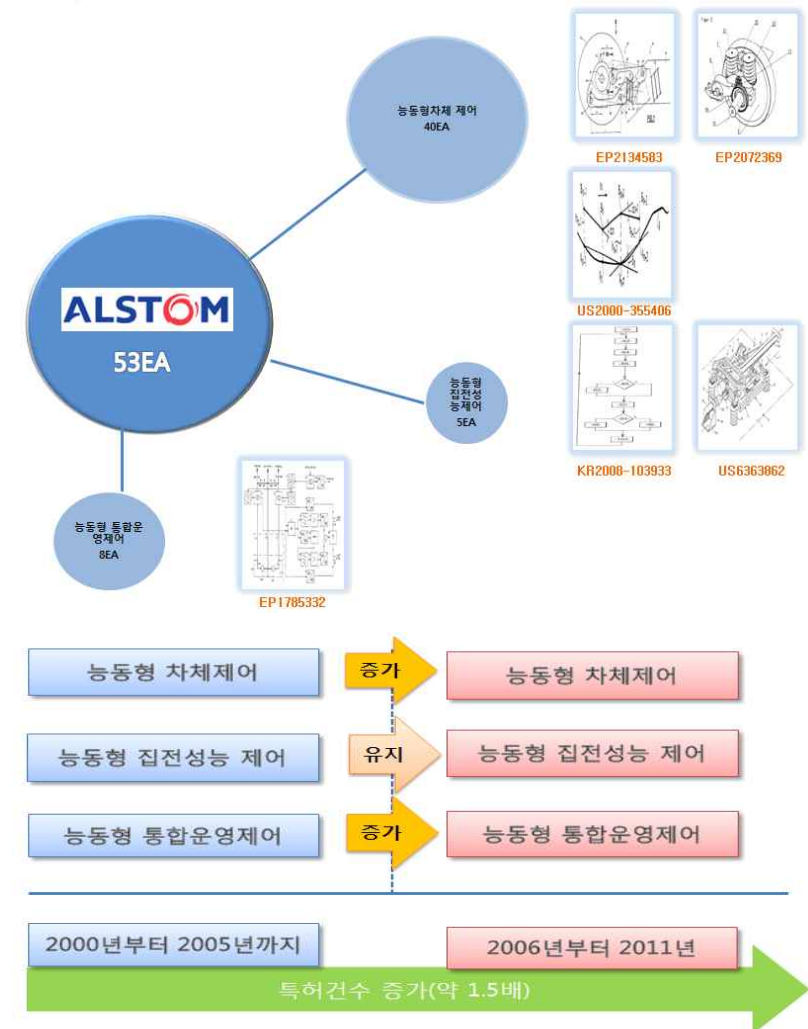


원의 크기는 기술분류별 특허규모를 나타내며, 나열된 특허출원번호 및 도면은 비교적 최근에 출원된 특허들을 선별하여 기재함

HITACHI社의 경우 전체 86건의 특허 중, 능동형 차체제어 기술 44건, 능동형 집전성능 제어기술 28건 및 능동형 통합 운영제어기술 14건 등으로 특히, 능동형 차체 제어기술의 특허에 집중하고 있는 것으로 나타남

한편, 년도별로는 2000년대 초반과 비교하여 2000년대 후반 특허출원 감소 추세에 있는 것으로 나타남. 또한, 2000년대 초반과 비교하여 능동차체제어 기술과 능동형 통합 운영제어 기술은 2000년대 후반 특허출원건수가 감소하고 있는 반면, 능동형 집전제어 기술은 2000년대 후반으로 갈수록 특허출원건수가 증가하고 있는 것으로 나타남.

○ ALSTOM



원의 크기는 기술분류별 특허규모를 나타내며, 나열된 특허출원번호 및 도면은 비교적 최근에 출원된 특허들을 선별하여 기재함

ALSTOM 社の 경우 전체 53건의 특허 중, 능동형 차체제어 기술 40건, 능동형 집전성능 제어기술 8건 및 능동형 통합 운영제어기술 5건 등으로 특허, 능동형 차체 제어기술의 특허에 집중하고 있는 것으로 나타남

한편, 년도별로는 2000년대 초반과 비교하여 2000년대 후반 특허출원 증가 추세에 있는 것으로 나타남. 또한 2000년대 초반과 비교하여 능동차체제어 기술과 능동형 통합 운영제어 기술은 2000년대 후반 특허출원건수가 증가하고 있는 반면, 능동형 집전제어 기술은 2000년대 초반과 후반의 특허출원건수가 거의 비슷한 것으로 나타남.

의미:: 세부기술별 주요특허를 선별하여 출원연도별로 주요 기술들을 나열한 것임. 기술발전도는 해당기술에서 주요특허를 관별해 내어 시계열적으로 펼쳐 놓은 그림이며, 이러한 주요특허의 흐름을 파악하여 기술의 변화추이를 예측할 수 있음. 국가 R&D사업에는 기획위원들이 선정한 주요특허를 시계열 순으로 나열하여 표시함. 즉, 각 기술분야별 주요 출원인별 특허들 중 과제와 부합되며 패밀리수와 인용도수가 높은 특허를 위주로 선별하고, 시계열적으로 나열하여 시간적인 특허흐름을 분석함. 또한 정량적 통계분석을 통해 도출된 주요 연구그룹의 특허를 대상으로 기술발전도를 작성하면, 특정세부기술에서 주요 연구그룹의 기술개발 흐름을 파악할 수 있음

활용방법:: 시계열 흐름을 통해 기술변화를 분석하면, 전체적인 기술의 개발방향을 파악할 수 있음. 연구기획 시 세부기술에 대한 기술발전도 또는 주요 연구그룹의 기술발전도 등을 통해 특정연구개발 주체에 있어서 시간의 흐름에 따라 어떻게 변화하고 응용되어 왔는지 기술개발의 변화 및 방향을 예측할 수 있음. 기술분야별/출원인별/인용정보 등 여러 가지 목적에 의한 분석을 진행한다면 연구목적에 부합될 수 있는 정보를 얻을 수 있을 것임

해석 및 활용 시 유의사항:: 기술발전도는 관련 분야의 키워드를 이용하여 산출된 특허들을 연구원 또는 기획자가 선별한 관련특허를 통하여 시간의 흐름에 따라 나열하였기 때문에 각 주요특허에 따라 직접적인 상관성이 있는지 파악해야 함. 그러나 주요특허를 단순히 시간의 흐름에 따라 나열하였다면, 기술의 변화패턴을 파악하기 어려움

연계분석 항목:: 기술발전도는 기술이 시간적으로 변해가는 양상을 보여주기 때문에 자세한 기술분석을 이행할 수 없기 때문에 기술흐름과 기술성능(관련특허의 요약 및 청구항을 토대로 기술적인 성능을 기술)을 비교함으로써 더 자세한 분석을 시행할 수 있음. 또한 기술발전도의 주요특허와 권리범위 분석을 연계함으로써 기술발전도를 통해 더 구체적인 의미를 부여할 수 있음

9) 기술개발 분야의 R&D현황 분석(논문도 분석대상에 포함)

가. 능동형 현가 시스템(핵심기술 1)

조사대상 핵심기술	
능동형 현가 시스템 기술 (핵심기술 a1)	요소기술
	① 액추에이터 타입 ② MR 댐퍼 타입 ③ 복합형 현가 장치

- 능동형 현가 시스템의 유사 특허 및 논문 List

국가	특허번호	출원인 (논문저자)	출원일 (등록일)	관련 기술	유사도 (중요도)
국내	KR 659, 708	한국철도기술연구원	2006. 12. 21	②	★☆☆
	KR 2012-0058997	주식회사 우진산전	2010. 11. 30	③	★☆☆
	KR 604, 379	한국철도기술연구원	2006. 07. 25	③	★☆☆
	논문	하성훈 ; 최승복 ; 유원희	2008	②	★☆☆
	논문	이규섭 ; 안채현 ; 구형욱	2011	②	★☆☆
	논문	하성훈 ; 최승복 ; 이규섭	2011	②	★☆☆
국외	US 6684139	ALSTOM TRANSPORT	2000. 03. 14	①	★☆☆
	US 8196721	Stromsholmen AB	2012. 06. 12	②	★★☆
	EP 01122872	DaimlerChrysler Rail Systems	2001. 09. 24	①	★☆☆
	US 2007-0023245	The Chinese University of Hong Kong	2006. 07. 28	②	★★☆
	JP 2001-336504	SUMITOMO HEAVY	2000. 05. 25	①	★☆☆
	JP 2008-230349	HITACHI LTD	2007. 03. 19	①	★☆☆
	논문	Wang, WL	2009	②	★☆☆

- 능동형 현가 시스템 관련 유사 선행 문헌 분석

핵심기술1		연구개발방향(요소기술)		
능동형 현가 시스템 (핵심기술 a2)		① 액추에이터 타입 ② MR 댐퍼 타입 ③ 복합형 현가 장치		
유사특허 비교분석				
구 분	특허(등록출원)번호	비 고	관련 핵심기술	권리비교
국내	논문 (저자: 이규섭, 안채현, 구형욱)	유사점	②	고속 철도의 반능동형 현가장치용 MR 댐퍼의 설계와 관련된 ② 기술이 개시되어 있음
		차이점		액추에이터 타입 및 복합형 현가장치에 관련된 기술 ①, ③에 대해서는 개시가 없을 뿐만 아니라, ② 기술에 있어서도 MR 댐퍼를 이용한 현가장치의 구체적인 설계 방안에 대해 전혀 기재되어 있지 않음
	KR 604, 379 (출원인: 한국철도기술원)	유사점	③	1차, 2차 및 3차 현수 장치를 포함하는 철도 차량용 대차로서, 복합형 현가장치에 관련된 ③의 기술이 개시되어 있음
		차이점		액추에이터 타입 및 MR 댐퍼 타입에 관련된 기술 ①, ②에 대해서는 개시가 없으며, ③ 기술에 있어서 액추에이터와 MR 댐퍼를 이용하는 타입이 아니기 때문에 차이점이 있음

해외	US2007-0023245 (출원인: The Chinese University of Hong Kong)	유사점	②	자기 유연 액체 (MR)를 포함하는 장치를 이용하여 철도 차량 서스펜션 시스템에 관한 기술로서, MR 댐퍼와 관련된 기술 ②가 개시되어 있음
		차이점		액추에이터 타입 및 복합형 현가장치에 관련된 기술 ①, ③에 대해서는 개시가 없음
	JP2008-230349 (출원인: HITACHI LTD)	유사점	①	액추에이터를 이용한 철도 차량용 서스펜션 장치로서, 액추에이터와 관련된 기술 ①이 개시되어 있음
		차이점		MR 댐퍼와 복합형 현가장치 (서스펜션)에 관한 기술 ②, ③에 대해서는 개시가 없음
검토 의견	능동형 현가 시스템에서 국내의 경우 복수형 현가장치에 관련된 기술②와 MR 댐퍼 관련 설계 관련 기술③이 선행문헌을 통해 공지되어 있는 것으로 사료되지만, 액추에이터를 이용하는 기술과 상하 방향 복합 현가장치에 관한 기술이 내포된 선행문헌들이 거의 존재하지 않을 뿐임. 또한, 능동형 현가 시스템에 관한 기술이 연구소 또는 논문에 의해 발표된 것으로 미루어볼 때 아직 실용화 단계에 있지 않은 것으로 파악됨			
	외국의 경우 MR 댐퍼 및 액추에이터 관련 기술 ② 및 ①이 선행문헌들에 의해 공지되어 있으며, 다양한 기업체들에 의한 선행문헌들이 다수 검색되는 것으로 미루어볼 때 활발한 연구와 발명이 활발히 진행되고 있는 것으로 파악됨 결과적으로, 국내는 핵심특허 확보가 거의 이루어 지지 않았고, 국외에는 일본 및 유럽을 중심으로 특허 확보가 이루어지고 있는 상황이므로 기술 개발과 함께 해외특허확보 전략이 필요할 것으로 사료됨			

- 능동형 현가 시스템 주요특허 세부기술별 대비분석
- 국내특허장벽 비교

세부기술 비교	국내 선행문헌 권리분석 현황 종합(핵심특허)	
	논문 (이규섭)	한국철도기술원 (KR 604,379)
① 액추에이터 타입	×	×
② MR 댐퍼 타입	△ 고속철도용 MR 댐퍼 설계	×
③ 복합형 현가 장치	×	△ 세 가지 현수 장치 이용
주요특허 특허장벽도	낮음 ★☆☆☆	낮음 ★☆☆☆
참고자료		
KR 2008-0086258	MR댐퍼를 이용한 지능형 궤도레일방진 시스템 (Intelligent Rail Track Vibration Isolation System Using MR Damper)	
KR 2006-0094591	MR댐퍼를 이용한 고정밀장비 방진용 모션 컨트롤러 및 이를 이용한 운동 제어 시스템 (Motion Controller with MR Damper for Vibration Isolation of High Precision Equipment and Motion Control System Using That)	
논문 박준혁	철도차량 능동이차현가장치의 동적 성능 해석	
논문 김상수	한국형고속열차 세미액티브 진동 제어	
논문 신유정	철도차량 이차현가장치 댐퍼 매개변수 변화에 따른 고유모드 특성에 대한 연구	

※ 범례 : ○ 매우 유사, △ 일부유사, X 관련도 낮음

· 국외특허장벽 비교

기술요소 비교	국외 선행문헌 권리분석 현황 종합(핵심특허)	
	US2007-0023245 (출원인: The Chinese University of Hong Kong)	JP2008-230349 (출원인: HITACHI LTD)
① 액추에이터 타입	×	○ 액추에이터 현가 장치
② MR 댐퍼 타입	○ MR 댐퍼	△ 유압 댐퍼의 감쇠 계수 제어
③ 복합형 현가 장치	×	×
주요특허 장벽도	보통 ★★☆☆	높음 ★★★★
참고자료		
US 2008-594797	Primary Suspension Device for a Railway Vehicle Bogie	
US 2008-594807	Railway Vehicle Comprising Pivoting End Bogies	
JP 1992-892713	Axle box suspension with resilient elements adhered to the movable components such that all relative movement between the components occurs by deformation of the resilient elements	
EP 00890037	Suspension for a railway vehicle	
논문 Wang, DH	Semi-active suspension systems for railway vehicles using magnetorheological dampers. Par	

※ 범례 : ○ 매우 유사, △ 일부유사, X 관련도 낮음

- 주요 핵심특허별 권리분석

발명의 명칭	PRESSURIZED MAGNETORHEOLOGICAL FLUID DAMPERS		
출원인	The Chinese University of Hong Kong	출원국가	미국
출원번호/공개번호	2006-460728/20070023245	출원일	2006. 07. 28
기술 분야	능동형 현가 시스템	법적상태	공개
기술요약	A magnetorheological (MR) fluid device including a pressurized MR liquid with an improved performance is provided. Also provided is a method for minimizing cavitation of a common magnetorheological device, comprising providing an MR fluid within the device with a pressure of at least 100 psi. The device as provided minimizes cavitation in the device, and can be broadly used in the railway vehicle suspension system with excellent performance.		
대표도면			
분석결과 종합	기술의견 - 본 특허는 적어도 100psi의 압력을 갖는 MR 유체와 유변 변화를 발생시키기 위해 MR 유체에 자기장을 발생시키는 자기 유변 유체 장치를 이용한 철도 차량용 현가 장치에 관한 것임. - 중공을 포함한 하우징과 중공 내의 이동 기구, 적어도 100psi의 압력을 갖는 MR 유체, 유변 변화를 발생시키기 위해 MR 유체 내부에 자기장을 발생시키기 위한 자기장 발생부를 포함하는 자기 유변 유체 장치를 이용한 현가 시스템으로서, 이를 통해 고주파수 고동요 모드에서 철도 차량의 성능을 저하시키지 않으면서 저동요 모드에서 댐핑력을 증가시킬 수 있다는 것임 법적상태		

	- 2006년 7월 28일 출원되었으며 2007년 02월 01일 공개된 특허임 - 한국에 패밀리특허가 출원되었으며, 2011년 03월 15일에 등록됨 ※ MR 유체에 적어도 100psi의 압력을 갖는 MR 유체를 이용하여 현가 시스템을 구현한다는 것으로서, MR 유체의 압력을 한정하고 있기 때문에 권리범위가 넓다고 볼 수 없음 - 미국의 경우 현재 심사 중이지만, 한국의 경우 등록된 상태로 미루어볼 때, 위 특허를 기반으로 독자적인 능동형 현가 시스템에 대한 연구 개발이 필요할 것으로 사료됨
--	---

발명의 명칭	철도 차량용 전자 서스펜션 장치		
출원인	HITACHI LTD	출원국가	일본
출원번호/공개번호	2007-070761/2008-230349	출원일	2007. 03. 19
기술 분야	능동형 현가 시스템	법적상태	공개
기술요약	車体3及び台車4間に介在される電磁アクチュエータ7に電力を供給するAC400V電源17の電圧の低下を監視するAC400V電源電圧監視装置20を設け、AC400V電源電圧監視装置20が電圧低下を検知した場合には、コントローラ10が油圧ダンパ8の減衰係数を高くする。鉄道車両2がセクション通過する際に電磁アクチュエータ7に対する供給電圧が低下した場合においても、鉄道車両2の良好な走行安全性及び乗り心地を確保できる。		
대표도면			
분석결과 종합	기술의견 - 본 특허는 섹션 통과 시 철도 차량의 주행성 및 승차감을 향상시키기 위한 철도 차량용 서스펜션 장치에 관한 것임 - 액추에이터의 전력을 공급하는 수단의 전압 저하를 감시하고, 전압 저하가 발생될 때 유압 댐퍼의 감쇠 계수를 높게 함으로써, 철도 차량의 주행 안전성과 승차감을 확보할 수 있다는 것임 법적상태 - 2007년 3월 19일 출원되었으며 2008년 10월 02일 공개된 특허		

	입 ※ 액추에이터와 유압 댐퍼를 이용하는 능동형 현가 시스템의 복합 기술로서, 액추에이터의 상태에 따라 유압 댐퍼의 감쇠 계수를 제어하기 위한 중요 기술이라고 볼 수 있음 -다만, 액추에이터의 전압 저하 발생 시에 유압 댐퍼의 감쇠 계수를 높게 한다는 점으로 한정되어 있기 때문에 권리범위가 넓다고 볼 수 없음 -이러한 기술적 사상과 구성을 기반으로 액추에이터에 대한 다양한 상태에 따라 유압 댐퍼를 제어하는 기술로서 회피 설계가 가능할 것으로 사료되는 바, 이러한 점을 고려하여 연구 개발이 필요한 것으로 판단됨
--	---

나. 능동형 조향 시스템(핵심기술 2)

조사대상 핵심기술	
능동형 조향 시스템 기술 (핵심기술 a2)	요소기술
	① 자기 조향 ② 반강제 조향 ③ 감제 조향

- 능동형 조향 시스템의 유사 특허 및 논문 List

국가	특허번호	출원인 (논문저자)	출원일 (등록일)	관련 기술	유사도 (중요도)
국내	KR 993, 192	현대로템 주식회사	2010. 11. 09	①	★☆☆
	KR 936, 822	한국철도기술연구원	2010. 01. 06	③	★☆☆
	KR 921, 550	한국철도기술연구원	2009. 10. 12	①	★☆☆
	KR 916, 594	한국철도기술연구원	2009. 09. 11	①	★☆☆
	논문	박준혁	2010	③	★☆☆
	논문	김민수	2008	③	★☆☆
국외	US 70007611	Bombardier Transportation	2006. 03. 07	①	★☆☆
	JP 2006-282059	HITACHI LTD	2005. 04. 01	③	★★☆
	JP 4, 788, 955	SUMITOMO METAL IND LTD	2011. 07. 29	③	★★☆
	JP 1999-115757	TOSHIBA TRANSPORT	2006. 07. 28	②	★☆☆
	US 6, 247, 413	Siemens	1999. 08. 06	③	★★☆
	JP 2011-079407	RAILWAY TECHNICAL RES INST	2009. 10. 06	①	★☆☆
	논문	Simson, SA	2009	③	★★☆

- 능동형 조향 시스템 관련 유사 선행 문헌 분석

핵심기술1		연구개발방향(요소기술)		
능동형 조향 시스템 (핵심기술 a2)		① 자기 조향 ② 반강제 조향 ③ 강제 조향		
유사특허 비교분석				
구 분	특허(등록출원)번호	비 고	관련 핵심기술	권리비교
국내	KR 993, 192 (출원인 : 현대로템 주식회사)	유사점	①	윤축 조향 성능을 향상시켜 곡선 주행 시 성능 향상에 관한 것으로, 자기 조 향 관련 ① 기술이 개시되어 있음
		차이점		능동형 조향 시스템에서 반강제 조향 및 강제 조향 관련 기술 ②, ③에 대해 서는 개시가 없음
	KR 936, 822 (출원인: 한국철 도기술원)	유사점	③	가변 댐퍼를 이용한 강제 조향에 관련 된 ③의 기술이 개시되어 있음
		차이점		액추에이터 방식이 아닌 가변 댐퍼를 이용한다는 점에서 강제 조향에 관련된 ③ 기술에 있어서 다소 차이점이 있으 며, 자기 조향 및 반강제 조향 관련 기 술 ①, ②에 대해서는 개시가 없음
해외	JP 2006-282059 (출 원 인 : HITACHI LTD)	유사점	③	요 댐퍼를 이용한 강제 조향에 관련된 ③의 기술이 개시되어 있음
		차이점		액추에이터 방식이 아닌 요 댐퍼를 이 용한다는 점에서 강제 조향에 관련된 ③ 기술에 있어서 다소 차이점이 있으 며, 자기 조향 및 반강제 조향 관련 기 술 ①, ②에 대해서는 개시가 없음
	US 6, 247, 413 (출원인 : Siemens)	유사점	③	종방향에 대해 횡방향으로 배치된 액 추에이터를 이용한 조향 장치로서, 강 제 조향에 관련된 기술①이 기재되어 있음
		차이점		자기 조향 및 반강제 조향 관련 기술 ①, ②에 대해서는 개시가 없음

검토 의견	능동형 조향 시스템에서 국내의 경우 자기 조향에 관련된 기술①과 강제 조향에 관련된 기술③이 선행문헌을 통해 공지되어 있는 것으로 사료되지만, 액추에이터를 이용하는 기술이 내포된 선행문헌들이 거의 존재하지 않음. 또한, 능동형 조향 시스템에 관한 기술이 주로 연구소 또는 논문에 의해 발표된 것으로 미루어볼 때 아직 실용화 단계에 있지 않은 것으로 파악됨 외국의 경우 능동형 조향 시스템의 전 분야, 즉 자기 조향, 반강제 조향 및 강제 조향 관련 기술 ①, ②, ③ 등이 선행문헌들에 의해 공지되어 있으며, 다양한 기업체들에 의한 선행문헌들이 다수 검색되는 것으로 미루어볼 때 활발한 연구와 발명이 진행되고 있는 것으로 파악됨 결과적으로, 국내는 핵심특허 확보가 거의 이루어 지지 않았고 연구 단계에 있는 것으로 판단되며, 국외에는 일본을 중심으로 특허 확보가 이루어지고 있는 상황이므로 기술 개발과 함께 해외특허확보 전략이 필요할 것으로 사료됨
----------	---

- 능동형 조향 시스템 주요특허 세부기술별 대비분석

· 국내특허장벽 비교

기술요소 비교	국내 선행문헌 권리분석 현황 종합(핵심특허)	
	KR 993,192 (출원인 : 현대로템 주식회사)	KR 936,822 (출원인: 한국철도기술원)
① 자기 조향	△ 윤축 조향	×
② 반강제 조향	×	×
③ 강제 조향	×	△ 가변 댐퍼를 이용한 조향
주요특허 장벽도	낮음 ★☆☆☆	보통 ★★☆☆
참고자료		
KR 2008-0086258	MR댐퍼를 이용한 지능형 궤도레이방진 시스템	
KR 2006-0094591	MR댐퍼를 이용한 고정밀장비 방진용 모션 컨트롤러 및 이를 이용한 운동 제어 시스템	
논문 박준혁	철도차량 능동이차현가장치의 동적 성능 해석	
논문 김상수	한국형고속열차 세미액티브 진동 제어	
논문 신유정	철도차량 이차현가장치 댐퍼 매개변수 변화에 따른 고유모드 특성에 대한 연구	

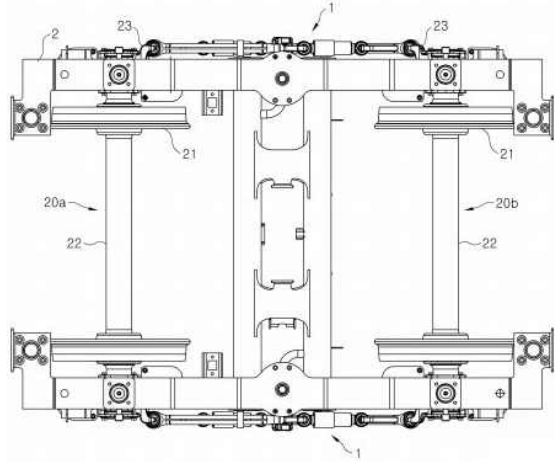
※ 범례 : ○ 매우 유사, △ 일부유사, X 관련도 낮음

· 국외특허장벽 비교

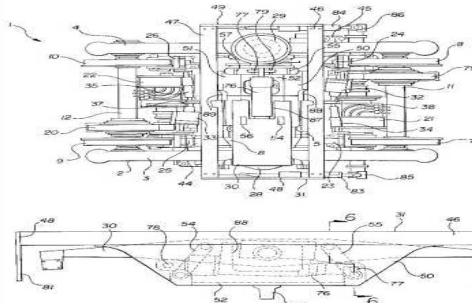
기술요소 비교	국외 선행문헌 권리분석 현황 종합(핵심특허)	
	JP 2006-282059 (출원인: HITACHI LTD)	US 6,247,413 (출원인 : Siemens)
① 자기 조향	×	×
② 반강제 조향	×	×
③ 강제 조향	△ 요 댐퍼를 이용한 조향	○ 액추에이터 방식의 조향
주요특허 장벽도	보통 ★★☆☆	높음 ★★★★
참고자료		
EP 1116637	Railway vehicle bogie with an active steering device	
JP 2005-148118	철도 차량용 요 댐퍼 장치	
JP 1999-226116	안내 궤도식 차량용 대차 및 그에 이용하는 안내 차륜의 배치 설정 방법	
논문 Perez, J	Control strategies for active steering of bogie-based railway vehicles	
논문 Simson, SA	Simulation of traction curving for active yaw - force steered bogies in locomotives	

※ 범례 : ○ 매우 유사, △ 일부유사, X 관련도 낮음

- 주요 핵심특허별 권리분석

발명의 명칭		철도 차량용 윤축 조향 장치	
출원인	현대로템 주식회사	출원국가	한국
출원번호/공개번호	2008-0102907/2010-0043734	출원일	2008. 10. 21
기술 분야	능동형 조향 시스템	법적상태	등록
기술요약	본 발명은 철도차량의 윤축 조향 장치에 관한 것으로, 특히 윤축 사이를 링크 구조로 연결하고 1차 현가장치의 길이방향 강성을 소프트하게 하여 윤축의 조향 성능을 향상시킴으로써 차륜 플랜지 마모를 저감시킴과 아울러, 각 링크(link)에 댐퍼(damper)를 설치하여 높은 주파수의 하중에 대한 강성을 강화하여 직진 안정성을 확보할 수 있는 철도차량용 윤축 조향 장치를 제공하는 것을 과제로 한다.; 상기 과제를 해결하기 위하여, 본 발명에 따른 철도차량의 윤축 조향 장치는 대차 프레임에 회전가능하게 결합하는 회전축과, 상기 회전축을 중심으로 대향하는 상·하부 암으로 이루어지고 상기 철도차량의 전·후방 윤축의 가운데에 배치되는 레버 부재와, 일단이 상기 전방 윤축의 저널 박스에 연결되고 타단이 상기 레버 부재의 상기 상부 암에 연결되는 제 1 링크와, 일단이 상기 후방 윤축의 저널 박스에 연결되고 타단이 상기 레버 부재의 상기 하부 암에 연결되는 제 2 링크와, 일단이 상기 제 1 링크의 일단에 연결되고 타단이 상기 제 2 링크의 타단에 연결되는 제 1 댐퍼와, 일단이 상기 제 2 링크의 일단에 연결되고 타단이 상기 제 1 링크의 타단에 연결되는 제 2 댐퍼를 포함함으로써, 철도차량의 직선주행시에는 상기 제 1 댐퍼 및 제 2 댐퍼에 의해 길이방향 강성이 유지되어 직진 안정성이 유지되고, 곡선주행시에는 길이방향의 강성을 줄여 윤축의 조향 성능을 향상시킬 수 있도록 한 것을 특징으로 한다.		
대표도면			

분석결과 종합	기술의견 - 본 특허는 차륜 플랜지 마모를 저감시킴과 더불어 각 링크에 댐퍼를 설치하여 고주파수의 하중에 대한 강성을 강화하여 직진 안정성을 확보할 수 있도록 하기 위한 철도 차량용 윤축 조향 장치에 관한 것임 - 대차 프레임에 회전 가능하게 결합된 회전축을 중심으로 대향하는 상하부암으로 이루어지고, 철도 차량의 전후방 윤축의 가운데에 배치되는 레버 부재와 일단이 전방 윤축의 저널 박스에 연결되고 타단이 레버 부재의 상부 암에 연결되는 제1 링크와 일단이 후방 윤축의 저널 박스에 연결되고 타단이 레버 부재의 하부 암에 연결되는 제 2 링크와 제 1 링크의 일단에 연결되고 타단이 제 2 링크의 타단에 연결되는 제 1 댐퍼 및 제 1 링크의 타단에 연결되고 일단이 제 2 링크의 일단에 연결되는 제 2 댐퍼를 포함하는 조향 장치에 관한 것으로서, 이를 이용하여 철도 차량의 곡선 주행 시에 길이 방향의 강성을 줄여 윤축의 조향 성능을 향상시킬 수 있다는 것임
	법적상태 - 2008년 10월 21일 출원되었으며 2010년 4월 29일 공개되어 2010년 11월 03일에 등록된 특허임
	※ 상하부암으로 구성된 레버 부재와 제 1 및 제 2 링크에 연결되는 제 1 및 제 2 댐퍼의 구조에 관한 것으로서, 조향 장치의 내부 연결 구조에 대한 기술적 구성에 있어서 한정되어 있기 때문에 권리범위가 넓다고 볼 수 없음 - 등록된 특허로서, 해당 특허에 기재된 기술적 구성과 연결 관계 등을 면밀히 연구하여 구조 및 연결 관계의 변경을 통해 대한 회피 설계가 가능할 것으로 판단되며, 상기의 조향 시스템에 대한 모니터링 기술 개발이 가능할 것으로 판단됨

발명의 명칭	Truck frame for railway rolling stock		
출원인	Siemens	출원국가	미국
출원번호/등록번호	1999-319537/6, 247, 413	출원일	1999. 08. 06
기술 분야	능동형 조향 시스템	법적상태	등록
기술요약	The present invention pertains to a truck frame for railway rolling stock with a two-axle undercarriage secured by means of a primary suspension to a frame on which, through the intermediate setting (28, 29) of a secondary suspension, a hinged bracket (30) is mounted, transversally oriented relative to the direction of movement, said hinged bracket (30) being attached through oscillation about an axle oriented longitudinally relative to the car to an inclinable cross-bar bearing the car body. This cross-bar is designed as a frame and has two crossbearers (46, 47) mounted prior to or past the hinged bracket (30), while the crossbearers (46, 47) take their bearing against the hinged bracket in direction of movement and are mounted transversally mobile relative to direction of movement. Furthermore, the crossbar has preferably a central segment (50, 51, 52) connected to the frame (2) of the undercarriage to absorb the longitudinal forces through a guide in the form of a lemniscate, so that the cross-bar (31) can rotate about a substantially vertical axis and hinge in a substantially transversal plane relative to the direction of movement.		
대표도면			
분석결과 종합	기술의견 - 본 특허는 1차 스프링 시스템을 개재하여 프레임에 고정된 2차축 주행기어를 구비하고, 이 프레임에는 2차 스프링 시스템을 개재하여 주행 방향에 대해 횡으로 정렬되고 차량의 종 방향으로 연장되는 축에 대해 회동될 수 있는 방식으로 선회 교차 부품에 연결되는 진자 운동부가 배치되는 궤도 차량 회동식 보기 대차에 관한 것임		

- 주행 방향에 대해 횡으로 정렬되어 배치되는 진자 운동부가 차량의 종방향으로 연장되는 축에 대해 회동(pivot)될 수 있는 방식으로 4-막대 관절(four-bar articulation) 진자 설치를 통해 횡방향 배치 교차 부품(transverse-lying cross piece)에 연결되며, 4-막대 관절 진자 설치의 구조에 관한 것으로서, 2개씩의 진자들은 전방 또는 후방에서 보았을 사다리꼴 형태로 배치되며 주행 기어의 종방향 중간면에 대해 대칭이고 진자 운동부에서의 진자 관절 지점의 측면 거리는 그 아래에 위치되는 교차 부품에서의 진자의 관절 지점의 측면 거리보다 더 작은 구조를 가짐
법적상태 - 1999년 8월 6일 출원되었으며 2001년 6월 19일에 등록된 특허임 ※ 횡방향 배치 교차 부품에 연결되는 4 막대 관절 진자 설치 구조에 관한 것으로서, 진자 설치 구조 및 모양이 사다리꼴 형태로 한정되어 있을 뿐만 아니라 진자 운동부에서의 진자 관절 지점의 측면 거리에 대해 한정되어 있기 때문에 권리범위가 넓다고 볼 수 없음 - 등록된 특허로서, 해당 특허에 기재된 궤도 차량용 회동식 구동 장치에 대한 세부 구성 및 연결 관계 등을 면밀히 검토하여 회피 설계가 가능할 것으로 판단됨

다. 능동형 판토티라프 제어(핵심기술 3)

조사대상 핵심기술	
능동형 판타그래프 제어 기술 (핵심기술 b1)	요소기술
	① 능동형 판토티라프 구조 ② 판토티라프 이션 제어 ③ 판토티라프 압상력

- 능동형 판토티라프 제어의 유사 특허 및 논문 List

국가	특허번호	출원인 (논문저자)	출원일 (등록일)	관련 기술	유사도 (중요도)
국내	KR 540, 164	한국철도기술연구원	2005. 12. 23	①, ③	★☆☆
	KR 520, 797	한국철도기술연구원	2005. 10. 05	①	★☆☆
	KR 531, 749	한국생산기술연구원	2005. 11. 22	①, ③	★☆☆
	KR 1067840	이머전윤	2011. 09. 20	②	★☆☆
	논문	김휘준	2001	①, ③	★☆☆
	논문	정경렬	2001	①	★☆☆
국외	JP 2012-050230	RAILWAY TECHNICAL RES INST	2012. 03. 08	①, ③	★★★
	JP 2012-050229	RAILWAY TECHNICAL RES INST	2012. 03. 08	①, ③	★★★
	US 6591953	Faiveley Transport	2003. 07. 15	①	★☆☆
	JP 4478090	RAILWAY TECHNICAL RES INST	2010. 03. 19	①	★☆☆
	JP 2009-055778	RAILWAY TECHNICAL RES INST	2008. 02. 12	②	★☆☆
	논문	Midya, S	2009	①	★☆☆

- 능동형 판토티라프 제어 관련 유사 선행문헌 분석

핵심기술1		연구개발방향(요소기술)		
능동형 판토티라프 제어 (핵심기술 b1)		① 능동형 판토티라프 구조 ② 판토티라프 이션 제어 ③ 판토티라프 압상력 제어		
유사특허 비교분석				
구 분	특허(등록출원)번호	비 고	관련 핵심기술	권리비교
국내	KR 531,749 (출원인 : 한국생산기술연구 구원)	유사점	①, ③	판토티라프의 구조와 판토티라프에서 발생되는 압상력을 제어에 관련된 기술 ①, ③에 대해 기재되어 있음
		차이점		능동 판타그래프의 이션 제어와 관련 된 ②에 대한 기술에 대해서는 개시가 없으며, 기술 ①, ③에 있어서 능동형 판토티라프의 구조 및 이션 제어보다는 일반적인 판토티라프의 구조에 관련된 기술이기 때문에 다소 차이점이 있음
	논문 (저자: 김휘준)	유사점	①, ③	판토티라프의 구조 및 설계에 관련된 ①의 기술과 압상력을 제어하기 위한 기술 ③이 개시되어 있음
		차이점		판토티라프 이션 제어에 관련된 기술 ②에 대해서는 개시가 없으며, 기술 ①, ③에 있어서 탭퍼 또는 액츄에이터에 의한 판토티라프 제어 관련 기술이 아 니기 때문에 다소 차이점이 있음
해외	JP 2012-050230 (출원인 : RAILWAY TECHNICAL RES INST)	유사점	①, ③	액츄에이터가 구비된 판토티라프 제어 에 관련된 기술 ①과 트롤리션과 판토티 라프 사이에 작용하는 접촉력을 효과 적으로 감소시키기 위한 기술 ③에 대 해 기재되어 있음
		차이점		능동 판타그래프의 이션 제어와 관련 된 ②에 대한 기술에 대해서는 개시가 없음
	JP 4478090 (출원인 : RAILWAY TECHNICAL RES INST)	유사점	①	비대칭형 판토티라프의 구조에 관련된 기술 ① 및 판토티라프의 회전 시 이를 제어하기 위한 기재되어 있음
		차이점		판토티라프 이션 제어 및 압상력 제 어에 관련된 기술 ②, ③에 대해서는 개시가 없음

검토 의견	능동형 판토티라프 제어 시스템에서 국내의 경우 판토티라프 구조에 관련된 기술 ① 및 압상력 제어 관련기술 ③이 선행문헌을 통해 공지되어 있는 것으로 사료되지만, 기술 ①의 경우 능동형 판토티라프 구조보다는 일반적인 판토티라프 구조에 관련된 기술 위주로 검색되는 것으로 미루어볼 때 아직 본격적인 능동형 판토티라프 관련 기술 개발이 이루어지고 있지 않는 것으로 파악됨 국외의 경우 능동형 판토티라프 제어 시스템의 전 분야, 즉 능동형 판토티라프 구조, 이선 제어 및 압상력 제어 관련 기술 ①, ②, ③ 들이 선행문헌들에 의해 공지되어 있으나, 대부분이 연구소에 의해 개발된 기술임 특히, 국외에는 일본을 중심으로 특허 확보가 이루어지고 있는 상황이지만, 기업체보다는 연구소 위주로 기술 개발이 이루어지고 있는 것으로 미루어 볼 때, 연구 단계에서 상용화를 위한 기술 개발이 진행 중일 것으로 파악됨 결과적으로, 국내는 아직 연구 개발 초기 단계로 이에 대한 적극적인 투자가 필요할 것으로 사료되며, 국외에는 일본을 중심으로 특허 확보가 이루어지고 있는 상황이므로 기술 개발과 함께 해외특허확보 전략이 필요할 것으로 사료됨
----------	---

- 능동형 판토티라프 제어 주요특허 세부기술별 대비분석

· 국내특허장벽 비교

세부기술 비교	국내 선행문헌 권리분석 현황 종합(핵심특허)	
	KR 531,749 (출원인 : 한국생산기술연구원)	논문 (저자: 김휘준)
① 능동형 판토티라프 구조	△ 판토티라프의 구조	△ 한국형 고속 전철 판토티라프 구조
② 판토티라프 이선 제어	×	×
③ 판토티라프 압상력 제어	△ 양력 조절판을 이용한 압상력 제어	△ 압상력 유지를 위한 설계 구조
주요특허 특허장벽도	낮음 ★☆☆☆	낮음 ★☆☆☆
참고자료		
KR 2004-0018419	틸팅 판토티라프 구동용 벨트의장력 조절 장치	
KR 2009-0082277	전차선의 압상량 및 진동 검측 장치 및 그 방법	
논문 박찬경	고속철도용 판토티라프 접촉력 측정을 위한 스트레인 게이지 내장형 하중센서 개발	
논문 조용현	고속전철 집전용 팬더그래프의 동적 추종 특성 향상에 관한 연구	

※ 범례 : ○ 매우 유사, △ 일부유사, X 관련도 낮음

· 국외특허장벽 비교

기술요소 비교	국외 선행문헌 권리분석 현황 종합(핵심특허)	
	JP 2012-050230 (출원인 : RAILWAY TECHNICAL RES INST)	JP 4478090 (출원인 : RAILWAY TECHNICAL RES INST)
① 능동형 판토품라프 구조	○ 액주에이터를 구비한 판토품라프	○ 비대칭형 판토품라프 구조
② 판토품라프 이션 제어	×	×
③ 판토품라프 압상력 제어	△ 접촉력 제어	×
주요특허 장벽도	높음 ★★★☆	보통 ★★☆☆☆
참고자료		
US 1991-646643	Air-cushion pantograph	
EP 03009389	Pantograph for a current collector	
JP 2009-062564	팬터그래프	
논문 Midya, S	Pantograph Arcing in Electrified Railways-Mechanism and Influence of Various Parameters-Part II: With AC Traction Power Supply	
논문 Wu, TX	Dynamic stiffness of a railway overhead wire system and its effect on pantograph-catenary system dynamics	

※ 범례 : ○ 매우 유사, △ 일부유사, X 관련도 낮음

- 주요 핵심특허별 권리분석

[illegible]

	경우 지붕에서부터 판토틀라프 집전판 표면까지의 높이를 708.5mm가 되도록 함 ※ 시속 350km의 주행 속도를 갖는 한국형 고속철도 차량에 장착될 판토틀라프의 구조에 관한 것으로서, 캠, 주 스프링, 공압 실린더, 서스펜션 등의 요소 부품으로 구성된 한국형 고속 철도용 판토틀라프의 설계 구조에 관한 것임 - 해당 논문과 관련된 특허를 검색해 본 결과, 아직 출원이 안되어 있는 것으로 보아, 해당 논문을 기반으로 한 현재 고속철도에 맞는 판토틀라프의 설계에 있어서 필요한 기술로 사료되며, 기술 개발 더불어 빠른 특허 출원이 필요할 것으로 사료됨
--	---

제목	한국형 고속전체 시제 차량용 판토틀라프의 기본 설계		
출원인	RAILWAY TECHNICAL RES INST	발행국가	일본
출원번호/공개번호	2005-266384/2007-082320	출원일	2005. 09. 14
기술 분야	능동형 판토틀라프 제어	법적상태	등록
기술요약	非対称型パンタグラフ回転機構は、下面の中心部に回転軸3が固着され且つ上面に非対称型パンタグラフ7が取付けられた導電性上部回転盤1と、中心部に設けられた貫通穴2aに回転軸3を回転自在に貫挿させて導電性上部回転盤1が座着する導電性下部固定盤2と、導電性上部回転盤1の下面と導電性下部固定盤2の上面との間に圧縮空気を供給する圧力供給管4と、導電性上部回転盤1の回転軸3を回転駆動するピニオン・ラック機構の如く運動変換機構5を含む回転駆動手段とから構成されている		
대표도면			
분석결과 종합	기술의견 - 본 특허는 비대칭형 팬터그래프의 방향을 전환시키기 위한 장치에 관한 것임 - 상부 회전부의 하면과 하부 고정부의 상면과의 사이에 압축 공기를 공급하는 압축 공기 공급부를 이용하여 비 대칭형 팬터그래프를 회전시키기 위한 것임 법적상태 - 2005년 9월 4일 출원되었으며 2007년 3월 29일에 공개되어 2010년 3월 19일에 등록된 특허임 ※ 비대칭형 팬터그래프를 회전시키기 위한 방법으로 압축 공기를 이용한다는 것으로서, 압축 공기를 이용한다는 것으로 한정되		

	어 있기 때문에 권리범위가 넓다고 볼 수 없음 - 등록된 특허로서, 해당 특허에 기재된 압축 공기 방식의 비대칭형 팬터그래프의 회전 기구를 면밀히 검토하여 다른 방식으로 회전시킬 수 있는 기술 개발이 가능할 것으로 판단됨 - 해당 특허를 기반으로 한 팬터그래프의 상태를 모니터링할 수 있는 기술 개발이 가능할 것으로 사료됨
--	---

라. 전력품질제어(핵심기술 4)

조사대상 핵심기술	
전력품질제어 (핵심기술 b2)	요소기술
	① 고속철도용 능동형 고주파 필터 ② 전력 손실 제어

- 전력품질제어의 유사 특허 및 논문 List

국가	특허번호	출원인 (논문저자)	출원일 (등록일)	관련 기술	유사도 (중요도)
국내	KR 603, 993	시엔에이전기 주식회사	2006. 07. 14	①, ②	★☆☆
	KR 964, 631	한국철도기술연구원	2010. 06. 10	①, ②	★☆☆
	KR 2010-0044961	태안이앤지	2008. 10. 23	①, ②	★☆☆
	논문	이동명 ; 홍찬희	2009	②	★☆☆
	논문	이장무 ; 한문섭	2004	①, ②	★☆☆
국외	US 7800330	Alstom Transport	2010. 09. 21	①	★☆☆
	US 6799096	Bombardier Transportation	2004. 09. 28	②	★★☆
	JP 2007-028860	HITACHI LTD	2005. 07. 21	②	★☆☆
	JP 4478090	HITACHI LTD	2010. 03. 19	①	★☆☆
	US 5521487	Alstom Transport	1996. 05. 28	①, ②	★★☆
	논문	Tan, PC	2003	②	★☆☆

- 전력품질제어 관련 유사 선행문헌 분석

핵심기술1		연구개발방향(요소기술)		
전력품질제어 (핵심기술 b2)		① 고속전철용 능동 고주파 필터 ② 전력 손실 제어		
유사특허 비교분석				
구 분	특허(등록출원)번호	비 고	관련 핵심기술	권리비교
국내	KR 603,993 (출원인 : 시엔에이전기 주식회사)	유사점	①, ②	능동형 전력 필터를 이용한 전력 회생 장치를 제공하여 전력 소모를 크게 하지 않고 실제 변압기 출력단의 주파수를 높일 수 있는 기술로서, 능동형 필터 관련 기술 ①과 전력 손실을 제어하기 위한 기술 ②가 개시되어 있음
		차이점		능동 고주파 필터에 관련된 기술 ①의 측면에서 볼 때 능동형 고주파 필터가 아닌 전력 필터를 이용한다는 점과 고속철도가 아닌 전동차에 적용되는 기술이라는 점에서 차이점이 있음
	KR 2010-0044961 (출원인 : 태안이앤지)	유사점	①, ②	철도 차량용 액티브 필터 정현파 보조 전원 장치를 이용하여 고조파 전류에 역극성의 전류를 투입하여 고조파 전류를 상쇄시켜 고품질의 출력 전류를 공급하기 위한 것으로, 액티브 필터 관련 기술 ①과 전력 손실을 제어하기 위한 기술 ②가 개시되어 있음
		차이점		능동형 고조파 필터에 관한 세부적 구성에 대해서는 개시가 없기 때문에 능동 필터 관련 기술 ①의 측면에서 다소 차이점이 있음

해외	JP 2007-028860 (출원인 : HITACHI LTD)	유사점	②	멀티레벨 전력 변환 장치의 전력 손실을 감소시키기 위한 것으로, 전력 품질 제어 관련 기술 ②가 개시되어 있음
	차이점	능동형 고조파 필터에 관련된 기술 ①에 대해서는 개시가 없음		
	US 5521487 (출원인 : Alstom Transport)		①, ②	능동형 필터를 이용하여 고조파 주파수를 보상함과 더불어 무효 전력을 선택적으로 보상한다는 것으로, 능동형 필터 관련 기술 ①과 전력 손실을 제어하기 위한 기술 ②가 개시되어 있음
		차이점		능동 고주파 필터에 관련된 기술 ①의 측면에서 볼 때 능동형 필터가 전동차의 견인 장치와 보조 장치에 전압을 분배하기 위해 이용된다는 점에서 고속철도가 아닌 전동차에 적용되는 기술이라는 점에서 차이점이 있음
검토 의견	전력 품질 제어에서 국내의 경우 능동 필터에 관련된 기술 ① 및 전력 손실 제어에 관련된 기술②가 선행문헌을 통해 공지되어 있는 것으로 사료되지만, 기술 ①의 경우 고속 철도에 관련된 기술보다는 일반 전동차 및 일반 철도 관련기술 위주로 검색되는 것으로 미루어볼 때 아직 고속 철도 분야에서의 본격적인 기술 개발이 이루어지고 있지 않는 것으로 파악됨. 또한, 대부분의 선행 문헌이 능동 필터의 세부 구성보다는 능동 필터를 이용한 전력 손실 제어, 즉 ①+②의 결합 형태를 갖는 것으로 미루어볼 때 고속 철도 분야의 능동 필터 내부 회로에 대한 연구가 미약한 것으로 파악됨			
	국외의 경우 전력 손실 제어 및 능동형 필터 관련 기술이 선행문헌에 의해 검색되었지만, 선행문헌 대부분이 고속철도보다는 일반적인 전동차에 관련된 기술로서, 본 연구과제와 유사성을 갖지만, 주변 기술에 해당되는 것으로 파악됨 결과적으로, 국내는 국외의 특허를 기반으로 고속철도에 맞는 능동형 고조파 필터의 개발과 더불어 이러한 필터를 기반으로 한 전력 손실 제어 관련 기술을 개발함으로써, 차별화된 특허를 확보할 수 있을 것으로 사료됨			

- 전력품질제어 주요특허 세부기술별 대비분석

· 국내특허장벽 비교

세부기술 비교	국내 선행문헌 권리분석 현황 종합(핵심특허)	
	KR 603,993 (출원인 : 시엔에이전기 주식회사)	KR 2010-0044961 (출원인 : 태안이앤지)
① 고속전철용 능동 고주파 필터	△ 능동형 전력 필터	△ 액티브 필터 정현파 보조 전원 장치
② 전력 손실 제어	△ 전력 손실 제어	△ 전력 손실 제어
주요특허 특허장벽도	보통 ★★☆☆	보통 ★★☆☆
참고자료		
KR 2009-0085746	교류 전동차 탑재용 회생전력 저장 시스템	
KR 2006-0107986	전기 철도 차량용 3상 아몰퍼스 유도 급전 시스템	
논문 박수철	교류전기철도 전력품질 향상을 위한 직.병렬 보상장치 적용에 관한 연구	
논문 최준호	교류철도급전계통에 전력품질보상장치 적용에 관한 연구	

※ 범례 : ○ 매우 유사, △ 일부유사, X 관련도 낮음

· 국외특허장벽 비교

기술요소 비교	국외 선행문헌 권리분석 현황 종합(핵심특허)	
	JP 2007-028860 (출원인 : HITACHI LTD)	US 5521487 (출원인 : Alsthom Transport)
① 고속전철용 능동 고주파 필터	×	○ 능동형 고주파 필터
② 전력 손실 제어	△ 멀티레벨의 전력 손실 제어	△ 전력 손실 제어
주요특허 장벽도	보통 ★★☆☆	높음 ★★☆☆
참고자료		
EP 08760002	POWER SUPPLY INSTALLATION FOR A RAILWAY VEHICLE	
EP 09162053	Electric supply for the power train of a rail vehicle	
JP 2005-210720	전력 변환 장치 및 이것을 가진 철도 차량	
논문 Battistelli, L	Control strategy of advanced 25kV-50Hz electrified railway systems	
논문 Brenna, M	DElectromagnetic Model of High Speed Railway Lines for Power Quality Studies	

※ 범례 : ○ 매우 유사, △ 일부유사, X 관련도 낮음

발명의 명칭		능동형 전력 필터 기능을 갖는 전동차 시스템의 전력회생 장치	
출원인	시엔에이전기 주식회사	출원국가	한국
출원번호/공개번호	2004-0025448/2005-0100237	출원일	2004. 04. 13
기술 분야	전력 품질 제어	법적상태	등록
기술요약	본 발명은 비교적 저주파수의 인버터를 직류급전선로에 서로 병렬로 연결하고 송전 선로에 고압 변압기를 연결하여 인버터의 스위칭 로스에 따른 전력 소모를 크게 하지 않고서도 실제 변압기 출력단의 주파수를 높일 수 있도록 하여 보다 정현파에 가까운 AC파형을 얻을 수 있도록 함에 따라 그 제어성능을 향상시킬 수 있도록 한 능동형 전력 필터 기능을 갖는 전동차시스템의 전력회생장치를 제공한다.; 이는 전동차의 직류급전선로에 서로 병렬로 연결되어 전동차의 직류급전선로부터 인가되는 DC전원을 서로 반대의 위상을 가지는 캐리어를 이용하여 그 자체의 스위칭 주파수보다 높은 주파수를 갖는 AC전원으로 출력하기 위한 제1, 제2 인버터; 상기 제1, 제2 인버터의 출력을 합산하여 AC전력라인으로 출력하기 위한 제1, 제2 계통연계트랜스를 구비함에 의해 달성될 수 있다		
대표도면			
분석결과 종합	기술의견 - 본 특허는 비교적 저주파수의 인버터를 직류급전선로에 서로 병렬로 연결하고, 송전 선로에 고압 변압기를 연결하여 인버터의 스위칭 로스에 따른 전력 소모를 크게 하지 않고서도 실제 변압기 출력단의 주파수를 높일 수 있도록 한다는 것임 - 스위칭 주파수보다 높은 주파수를 갖는 AC 전원으로 출력하기 위한 제 1, 2 인버터와 제 1, 2 인버터의 출력을 합산하여 AC 전력 라인으로 출력하기 위한 제 1, 2 계통 연계 트랜스를 구비하는 능동형 전력 필터 기능을 갖는 전동차 시스템의 전력 회생		

장치에 관한 것임	
법적상태 - 2004년 4월 13일 출원되었으며 2005년 10월 18일 공개되어 2006년 7월 14일에 등록된 특허임 ※ 능동형 전력 필터 기능을 제 1, 2 인버터와 제 1, 2 계통 연계 트랜스를 이용하여 구현하여 제어 성능을 향상시킨다는 것으로, 능동형 전력 필터 기능을 수행하기 위한 구성을 한정하고 있기 때문에 권리범위가 넓다고 볼 수 없음 - 등록된 특허지만, 본 특허의 능동형 전력 필터 기능을 위한 구성이 한정된 점을 고려하여 본 특허의 분석을 통해 능동형 전력 필터에 관련된 응용 기술 또는 회피 기술 설계가 필요하다고 판단됨	

발명의 명칭	Active filter for single-phase overhead contact wire energized locomotive		
출원인	Alstom	출원국가	미국
출원번호/등록번호	1993-109926/5, 521, 487	출원일	1993. 08. 23
기술 분야	전력 품질 제어	법적상태	등록
기술요약	본 발명은 비교적 저주파수의 인버터를 직류급전선로에 서로 병렬로 연결하고 송전 선로에 고압 변압기를 연결하여 인버터의 스위칭 로스에 따른 전력 소모를 크게 하지 않고서도 실제 변압기 출력단의 주파수를 높일 수 있도록 하여 보다 정현파에 가까운 AC파형을 얻을 수 있도록 함에 따라 그 제어성능을 향상시킬 수 있도록 한 능동형 전력 필터 기능을 갖는 전동차시스템의 전력회생장치를 제공한다.; 이는 전동차의 직류급전선로에 서로 병렬로 연결되어 전동차의 직류급전선로부터 인가되는 DC전원을 서로 반대의 위상을 가지는 캐리어를 이용하여 그 자체의 스위칭 주파수보다 높은 주파수를 갖는 AC전원으로 출력하기 위한 제1, 제2 인버터; 상기 제1, 제2 인버터의 출력을 합산하여 AC전력라인으로 출력하기 위한 제1, 제2 계통연계트랜스를 구비함에 의해 달성될 수 있다		
대표도면			
분석결과 종합	기술의전 - 본 특허는 단상 오버헤드 접촉 와이어 전동차의 역률을 선택적으로 향상시키고, 전류를 필터링하기 위한 능동 필터에 관한 것임 - 각각의 독립적인 직류 전압이 공급되는 2개 이상의 강제 스위칭 모드 브릿지 회로와 브릿지 회로들로부터의 직류 전압들의 합성 결과 생기는 여러 가지 전압 레벨들로부터 단상측에 교류를 발생시키도록 브릿지 회로의 스위칭을 강제로 제어하는 제어 시스템을 구비하는 능동 필터에 관한 것임 법적상태 - 1993년 8월 23일 출원되었으며 1996년 5월 28일에 등록된 특		

	허임 ※ 고조파 주파수들을 보상하고 견인 장치와 보조 장치에 소모되는 오버레드 접촉 와이어에 재전송되는 무효 전력을 보상하기 위한 능동 필터에 대한 기술로서, 제어 시스템에 의해 강제 스위칭 제어되는 강제 스위칭 모드 브릿지 회로로 구성을 한정하고 있기 때문에 권리범위가 넓다고 볼 수 없음 - 등록된 특허이면서 다수의 패밀리 특허(26건)를 갖고 있는 것을 고려해보면, 본 특허를 기반으로 한 응용 기술 또는 회피 설계가 필요할 것으로 사료되며, 제품 적용 여부를 고려한 기술 개발이 절실히 필요할 것으로 사료됨
--	--

마. 시스템 모니터링(핵심기술 5)

조사대상 핵심기술	
시스템 모니터링 (핵심기술 c1)	요소기술
	① 현가 시스템 모니터링 ② 조향 시스템 모니터링 ③ 판토품라프 모니터링

- 시스템 모니터링의 유사 특허 및 논문 List

국가	특허번호	출원인 (논문저자)	출원일 (등록일)	관련 기술	유사도 (중요도)
국내	KR 581187	현대 로템 주식회사	2006. 05. 11	①	★☆☆
	KR 1063946	한국철도기술연구원	2011. 09. 02	②	★☆☆
	KR 2012-0031554	한국철도기술연구원	2010. 09. 27	③	★☆☆
국외	JP 3345572	SUMITOMO METAL	2002. 08. 30	①, ②	★★☆
	JP 2011-051518	RAILWAY TECHNICAL RES INST	2009. 09. 03	①, ②	★★☆
	JP 2010-187432	RAILWAY TECHNICAL RES INST	2009. 02. 10	③	★☆☆
	JP 2004-312832	HITACHI LTD	2003. 04. 04	③	★☆☆
	US 2012-0013743	Alstom Transport	2011. 07. 06	③	★★☆
	논문	Simson, S	2011	②	★☆☆

- 시스템 모니터링 관련 유사 선행문헌 분석

핵심기술1		연구개발방향(요소기술)		
시스템 모니터링 (핵심기술 c1)		① 현가 시스템 모니터링 ② 조향 시스템 모니터링 ③ 판토타그래프 모니터링		
유사특허 비교분석				
구 분	특허(등록출원)번호	비 고	관련 핵심기술	권리비교
국내	KR 1063946 (출원인 : 한국철도기술연구 구원)	유사점	②	영상을 이용하여 차륜과 레일의 상대 변위를 계측하여 철도 차량의 조향 대 차를 검사하는 것으로, 조향 시스템과 관련된 기술 ②이 개시되어 있음
		차이점		현가시스템 및 판토타그래프 모니터링 기술 ① 및 ③의 기술이 개시되어 있지 않음
	KR 581187 (출원인 : 현대로템주식회 사)	유사점	①	1차 및 2차 현수 장치를 이용하여 열 차의 거동을 분석하는 것으로서, 현가 시스템의 모니터링 기술 ①이 기재되어 있음
		차이점		조향 시스템 및 판토타그래프 모니터링 기술 ② 및 ③의 기술이 개시되어 있지 않음

해외	JP 3345572 (출원인 : SUMITOMO METAL)	유사점	①, ②	차량의 진동 제어 장치를 감지하기 위한 것으로, 감쇠력 발생 기구, 액추에이터 및 공기 스프링 등으로 이루어진 현가 및 조향 시스템의 검사 관련 기술인 ①, ②가 개시되어 있음
		차이점		판토타그래프 모니터링과 관련된 기술 ③에 대해서는 개시가 없으며, 기술 ① ②에 있어서 차량의 진동 제어 장치를 감지하기 위한 기술로서, 상하 진동을 제어하는 능동형 현가 시스템과 곡선 추종성 향상을 위한 조향 시스템의 모니터링 기술에 대한 언급이 없기 때문에 차이점이 있음
	US 2012-0013743 (출원인 : Alstom Transport)	유사점	③	판토타그래프의 헤드에 연결된 전원 라인의 상태를 모니터링하기 위한 것으로, 판토타그래프 모니터링 관련 기술 ③이 개시되어 있음
		차이점		현가시스템 및 조향 시스템의 모니터링 기술 ① 및 ②의 기술이 개시되어 있지 않으며, 기술 ③에 있어서 능동형 판토타그래프에 대한 모니터링에 대한 언급이 없기 때문에 다소 차이점이 있음
검토 의견	시스템 모니터링 분야에서 국내의 경우 현가 시스템의 모니터링 ①, 조향 시스템의 모니터링에 관련된 기술 ② 및 판토타그래프 모니터링에 관련된 기술 ③이 선행문헌을 통해 공지되어 있는 것으로 사료되지만, 고속 철도에 관련된 기술보다는 일반 전동차 및 일반 철도 관련기술과 일반적인 현가, 조향 및 판토타그래프에 대한 모니터링 기술 위주로 검색되는 것으로 미루어볼 때, 아직 고속 철도 분야와 능동형 제어 시스템에서의 모니터링 기술 개발이 이루어지고 있지 않기 때문에 선행문헌들 대부분이 본 연구과제의 주변 기술에 해당되는 것으로 파악됨 국외의 경우 현가 시스템의 모니터링, 조향 시스템의 모니터링, 판토타그래프의 모니터링 관련 기술 ①, ②, ③ 등이 선행문헌들에 의해 공지되어 있으나, 이러한 선행문헌들 대부분이 능동형 시스템 보다는 일반적인 시스템 또는 장치에 대한 모니터링 기술에 해당되기 때문에 본 연구과제의 주변 기술에 해당되는 것으로 파악됨 결과적으로, 기존의 능동형 제어 시스템에 관련된 선행특허의 분석을 통해 능동형 제어 시스템의 모니터링 기술을 개발함으로써, 핵심특허의 확보가 가능할 것으로 사료됨			

- 시스템 모니터링 주요특허 세부기술별 대비분석

- 국내특허장벽 비교

세부기술 비교	국내 선행문헌 권리분석 현황 종합(핵심특허)	
	KR 1063946 (출원인 : 한국철도기술연구원)	KR 581187 (출원인 : 현대로템주식회사)
① 현가시스템 모니터링	×	△ 1차 및 2차 현수 장치의 검사
② 조향시스템 모니터링	△ 조향 대차 검사	×
③ 판토타그래프 모니터링	×	×
주요특허 특허장벽도	낮음 ★☆☆☆	낮음 ★☆☆☆
참고자료		
KR 2003-0011020	철도차량 차륜 및 팬터그래프 이상검지 장치	
KR 2010-0092996	전압 및 전류 측정을 통한 판토타그래프와 전차선 접촉 모니터링 시스템 및 그 방법	
KR 2000-0056941	조향 펌프를 감시하는 무한궤도차량 조향 시스템	

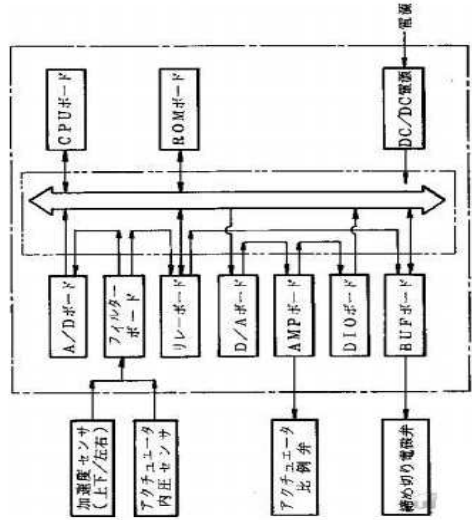
※ 범례 : ○ 매우 유사, △ 일부유사, X 관련도 낮음

· 국외특허장벽 비교

기술요소 비교	국외 선행문헌 권리분석 현황 종합(핵심특허)	
	JP 3345572 (출원인 : SUMITOMO METAL)	US 2012-0013743 (출원인 : Alsthom Transport)
① 현가시스템 모니터링	○ 감쇠력 발생 기구 검사	△ 판토프의 헤드에 연결된 전력선 검사
② 조향시스템 모니터링	△ 좌우 액추에이터 검사	×
③ 판토프 모니터링	×	×
주요특허 장벽도	보통 ★★☆☆	낮음 ★☆☆☆
참고자료		
EP 05425805	Actuating and monitoring module, particularly for operating units, i.e. wayside equipment, of railway systems or the like	
US 2011-177017	Device for Monitoring Condition of a Railway Supply Line	
JP 1999-117746	1축 독립 차륜 대차의 페일세이프 기구	
EP 05425805	Actuating and monitoring module, particularly for operating units, i.e. wayside equipment, of railway systems or the like	
논문 Simson, SA	Simulation of traction curving for active yaw - force steered bogies in locomotives	

※ 범례 : ○ 매우 유사, △ 일부유사, X 관련도 낮음

- 주요 핵심특허별 권리분석

발명의 명칭	철도 차량의 진동 제어 장치의 고장 검지 방법		
출원인	SUMITOMO	출원국가	일본
출원번호/공개번호	1997-242045/1999-059416	출원일	1997. 08. 22
기술 분야	시스템 모니터링	법적상태	등록
기술요약	車体と台車間に制御アクチュエータを設けた振動制御系において、制御器内で制御演算を行なうソフトの主ルーチンに上下・左右加速度センサ、アクチュエータ内圧センサの健全性を判断するルーチンを入れ、各センサと各ボードの挙動を監視する。また、上下・左右加速度センサの値をCPUとは別個に独立したリレーボードに入力し、そのボード自身で加速度センサの異常振動を検知できるように異常検知回路を組んで、異常振動発生と判断したとき、締切り電磁弁を閉じて制御に使用する圧縮空気の供給を断ち制御動作を停止する。		
대표도면			
분석결과 종합	기술의견 - 본 특허는 각종 센서 및 제어 보드의 감시를 통해 철도 차량의 진동 제어 장치의 고장을 감지하기 위한 것임 - 상하 및 좌우 가속도 센서 및 액추에이터 내압 센서의 단선 및 센서 출력치를 기반으로 이상 유무를 검출한 후 이를 기반으로 진동 제어 장치의 고장 감지한다는 것임		

	법적상태 - 1997년 8월 22일 출원되었으며 1999년 3월 2일 공개되어 2002년 8월 30일에 등록된 특허임 ※ 액추에이터 내압 센서의 이상 유무를 검지하여 감쇠력 발생 장치와 공기 스프링 등의 진동 제어 장치의 고장을 감지하기 위한 기술로서, 센서 배선 또는 센서 출력치를 이용한다고 한정하고 있기 때문에 권리범위가 넓다고 볼 수 없음 - 진동 제어 부분에 있어서 현가 관련 고장 검사에만 한정되어 있기 때문에 본 특허를 기반으로 현가뿐만 아니라 곡선 방향 주행 시 조향 시스템의 이상 유무를 감지할 수 있는 기술 개발이 가능할 것으로 사료됨
--	---

발명의 명칭	Device for Monitoring Condition of a Railway Supply Line		
출원인	Alstom TRANSPORT	출원국가	미국
출원번호/공개번호	2011-177017/20120013743	출원일	2011. 07. 06
기술 분야	시스템 모니터링	법적상태	공개
기술요약	The present invention provides a monitor for monitoring a condition of a railway supply line when the supply line is in contact with a head of a pantograph of a vehicle in order to power the vehicle. The monitor includes a camera for monitoring parameters indicative of operating capability of the railway supply line and a reflective element including a pattern arranged on the pantograph head. The camera is arranged on the vehicle so as to register the pattern position with respect to a vertical direction. A pantograph and a vehicle are also provided.		
대표도면			
분석결과 종합	기술의견 - 본 특허는 철도 차량에 전력을 공급하기 위한 팬토그래프 헤드 부분에 연결된 전력 라인 상태를 감시하기 위한 것임 - 전력 라인의 동작 성능을 관련된 파라미터를 모니터링하기 위한 카메라와 팬토그래프 헤드의 배치 패턴을 포함한 요소들 및 배치된 패턴을 이용하여 전력 라인의 상태를 감시한다는 것임 법적상태 - 2011년 7월 6일 출원되었으며 2012년 1월 19일 공개된 특허임 ※ 현재 공개된 상태로 심사 결과를 지켜본 후 그 결과에 따라 본 특허에 대한 분석을 통해 판토그래프 헤드에 연결되는 전력선		

	을 모니터링하기 위한 기술 개발에 활용될 수 있을 것으로 사료됨
	- 본 특허가 카메라를 이용한 점을 착안하여 카메라를 이용한 팬토폴로그래프 모니터링 기술 개발에 활용될 수 있을 것으로 사료됨

바. 주변 모니터링(핵심기술 6)

조사대상 핵심기술	
주변 모니터링 (핵심기술 c2)	요소기술
	① 영상을 이용한 주변 상태 모니터링 ② GPS와 영상을 이용한 철도 차량 위치 추적 ③ 영상을 이용한 궤도 상태 모니터링

- 주변 모니터링의 유사 특허 및 논문 List

국가	특허번호	출원인 (논문저자)	출원일 (등록일)	관련 기술	유사도 (중요도)
국내	KR 2006-0004203	넥스트 테크놀로지	2004. 07. 8	①	★☆☆
	KR 2012-0014093	이명관	2010. 08. 08	③	★☆☆
	KR 2010-0030424	현대로템 주식회사	2008. 09. 10	②	★☆☆
	논문	송현삼	2011	①	★☆☆
	논문	최만기	2010	②	★☆☆
국외	JP 2010-163118	TOSHIBA CORP	2009. 01. 19	②	★★★
	JP 4056813	MATSUSHITA ELECTRIC	2007. 12. 21	①	★★★
	US 8214091	Wabtec Holding Corp	2012. 07. 03	②	★☆☆
	JP 3898967	RAILWAY TECHNICAL RES INST	2007. 01. 05	②	★☆☆

㉔. 주변 모니터링 관련 유사 선행문헌 분석

핵심기술1		연구개발방향(요소기술)		
주변모니터링 (핵심기술 c2)		① 영상을 이용한 주변 상태 모니터링 ② GPS와 영상을 이용한 철도 차량 위치 추적 ③ 영상을 이용한 궤도 상태 모니터링		
유사특허 비교분석				
구 분	특허(등록출원)번호	비 고	관련 핵심기술	권리비교
국내	KR 2006-0004203 (출원인 : 넥스트 테크놀로지)	유사점	①	카메라에 의해 촬영된 영상과 GPS 신호를 이용하여 차량의 전방을 감시하는 것으로, 영로, 주변 상태 모니터링과 열차 위치 추적 관련 기술 ①이 개시되어 있음
		차이점		철도 차량 위치 추적 관련 기술 ② 및 궤도 상태 모니터링 관련 기술 ③이 개시되어 있지 않음
	KR 2012-0014093 (출원인 : 이명관)	유사점	③	열차 진행 방향 전방의 선로 영상을 순차적으로 촬영하여 선로 영상을 모니터링하는 것으로, 궤도 상태 모니터링과 관련된 기술 ③이 기재되어 있음
		차이점		열차 주변 상태 모니터링 및 위치 추적에 관련된 기술 ① 및 ②의 기술이 개시되어 있지 않음
해외	JP 2010-163118 (출원인 : TOSHIBA CORP)	유사점	②	위성 신호를 이용하여 열차 위치를 감지하는 것으로, GPS 신호를 이용한 열차 위치 추적 기술 ②가 개시되어 있음
		차이점		영상을 이용하여 열차 주변 상태 모니터링 및 궤도 상태 모니터링과 관련된 기술 ①, ③의 개시가 없으며, 기술 ②에 있어서도 영상을 이용한다는 것이 기재되어 있지 않기 때문에 차이점이 있음
	JP 4056813 (출원인 : MATSUSHITA ELECTRIC)	유사점	①	카메라로부터 촬영된 영상을 이용하여 장애물을 감지한다는 것으로, 열차의 주변 상태를 모니터링하는 기술 ①이 개시되어 있음
		차이점		철도 차량 위치 추적 관련 기술 ② 및 궤도 상태 모니터링 관련 기술 ③이 개시되어 있지 않음

검토 의견	주변 모니터링 분야에서 국내의 경우 영상을 이용한 주변 상태 모니터링 ①, 열차 위치 추적 관련 기술 ② 및 영상을 이용한 궤도 상태 모니터링 기술이 선행문헌을 통해 공지되어 있지만, 영상과 GPS 신호 둘 다 이용하는 경우가 거의 없고 국내에는 비교적 관련 출원들이 많지 않을 뿐만 아니라 ①, ③ 기술들에 대해 일부 유사한 문헌들이 발견되었으나, 개인 출원 등으로 비교적 제한된 영역의 연구와 발명들로 파악되며, 영상과 GPS 신호를 이용하는 기술 ②에 대해서는 선행문헌이 검색되지 않았기 때문에 아직 기술 개발이 이루어지지 않고 있는 것으로 판단됨
	외국의 경우에는 특히 일본에서 관련 연구와 발명이 활발히 진행되고 있는 것으로 파악되나, 영상을 이용하기 보다는 일반적인 GPS 신호를 이용하는 기술이 대부분이기 때문에 선행문헌들이 본 연구과제의 주변 기술에 해당된다고 판단됨
	결과적으로, 영상과 GPS 신호를 이용한 열차 위치 추적과 관련된 기술 개발을 통해 본 연구과제의 핵심특허 확보가 가능할 것으로 사료됨

- 주변 모니터링 주요특허 세부기술별 대비분석

· 국내특허장벽 비교

세부기술 비교	국내 선행문헌 권리분석 현황 종합(핵심특허)	
	KR 2006-0004203 (출원인 : 넥스트 테크놀로지)	KR 2012-0014093 (출원인 : 이명관)
① 영상을 이용한 주변 상태 모니터링	△ 영상을 이용한 열차 전방 감시	×
② GPS와 영상을 이용한 철도 차량 위치 추적	△ GPS 신호 이용	×
③ 영상을 이용한 궤도 상태 모니터링	×	△ 영상을 이용한 궤도 상태 모니터링
주요특허 특허장벽도	보통 ★★☆☆	낮음 ★☆☆☆
참고자료		
KR 2008-0126842	카메라 영상을 이용한 철도차량의 차륜과 레일의 상대변위 계측 시스템 및 방법	
KR 2009-0062373	궤도차량 위치 검지 시스템	
논문 최만기	철도차량 IP 카메라 시스템 적용에 대한 고찰	
논문 송현삼	영상해석을 통한 철도건널목 장애물 검지방법 개선	

※ 범례 : ○ 매우 유사, △ 일부유사, X 관련도 낮음

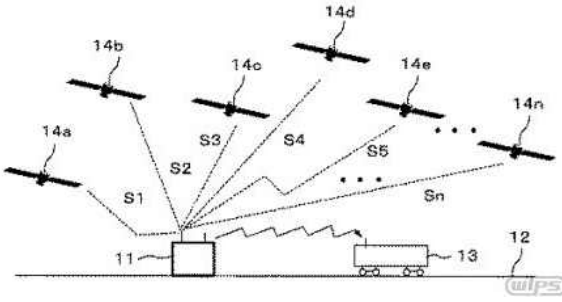
· 국외특허장벽 비교

기술요소 비교	국외 선행문헌 권리분석 현황 종합(핵심특허)	
	JP 2010-163118 (출원인 : TOSHIBA CORP)	JP 4056813 (출원인 : MATSUSHITA ELECTRIC)
① 영상을 이용한 주변 상태 모니터링	×	○ 카메라 촬영을 이용한 장애물 검지
② GPS와 영상을 이용한 철도 차량 위치 추적	△ GPS 신호를 이용한 열차 위치 추적	×
③ 영상을 이용한 궤도 상태 모니터링	×	×
주요특허 장벽도	낮음 ★★☆☆	보통 ★★☆☆
참고자료		
EP 94915201	IMAGING OFFSET SYSTEM APPLIED TO THE DRIVING OF VEHICLES AND TRAINS	
US 2004-963606	Method and system for checking track integrity	
JP 2003-150158	열차 위치 검지 시스템	
논문 Chen, DW	Modeling and Algorithms of GPS Data Reduction for the Qinghai-Tibet Railway	

※ 범례 : ○ 매우 유사, △ 일부유사, X 관련도 낮음

발명의 명칭	위성항법 장치와 선로정보를 적용한 차량의 전방 영상감시 장치		
출원인	(주) 넥스트 테크놀로지	출원국가	한국
출원번호/공개번호	2004-0053222/2006-0004203	출원일	2004. 07. 08
기술 분야	주변 모니터링	법적상태	공개
기술요약	본 발명은 철도의 선로, 역사, 교량, 터널, 건널목 등의 안전을 요하는 곳의 감시영상을 열차의 기관실(12)에서 미리 볼 수 있도록 함으로써 열차사고를 미연에 방지하기 위한 철도안전 영상 감시 장치에 관한 것으로서, 운행 중인 열차의 전방차량에 설치되는 줌렌즈(9)가 장착된 카메라(10)부와 열차의 현재위치를 얻기 위한 GPS수신(1)부와 열차가 진행하는 선로 정보를 얻기 위한 GIS(13) 와 현재위치와 진행방향, GIS정보를 종합 연산하는 차량단말기(14)와 차량단말기에서 연산된 결과로서 제어리시버를 통하여 카메라회전(8)부와 렌즈제어(9)부를 제어하며, 영상표시를 위한 영상표시부(5)부로 구성된다. 또한 위험 예상지역 진입중임을 알리기 위한 수단과 운행 중에 특정 지역을 고정하여 감시할 수 있는 선택수단으로 비콘송신(11)부, 비콘수신(2)부를 포함한 GPS와 선로정보를 적용한 차량의 전방 영상 감시 장치이다.		
대표도면			
분석결과와 종합	기술의견 - 본 특허는 철도의 선로, 역사, 교량, 터널, 건널목 등의 안전을 요하는 감시 영상을 열차의 기관실에서 미리 볼 수 있도록 함 - GPS 수신기, 주행 열차의 전방 상황을 감시하기 위한 카메라, 궤도 정보를 유지하는 선로 데이터베이스부, 카메라를 제어하기 위한 제어 리시버 및 카메라에 의해 촬영된 영상을 표시하는 영		

	상 표시 장치를 이용하여 차량의 전방의 영상을 감시할 수 있음 법적상태 - 2004년 7월 8일 출원되었으며 2006년 1월 12일 공개된 특허임 ※ GPS 신호와 카메라에 의해 촬영된 영상을 기반으로 철도 차량의 전방을 감시하는 것으로서, GPS 신호와 영상뿐만 아니라 선로 데이터베이스부 및 제어 리시버를 이용한다는 점을 고려할 때, 권리범위가 넓다고 할 수 없어 회피 설계가 용이할 것으로 사료되며, 특히 영상과 GPS 신호를 이용한 철도 차량 위치 산출 기술을 해당 특허에 적용할 경우 본 특허의 회피 설계가 가능할 뿐만 아니라 향상된 기술 개발이 가능할 것으로 사료됨
--	--

발명의 명칭	열차 위치 검지 시스템		
출원인	TOSHIBA CORP	출원국가	일본
출원번호/공개번호	2009-008404/2010-163118	출원일	2009. 01. 19
기술 분야	주변 모니터링	법적상태	공개
기술요약	衛星24からの衛星信号を受信する地上に設置された1つ以上の基準局11は、受信した衛星信号の中から所定個数の衛星組合せを選択し、選択した衛星信号から基準局11の位置を算出し、誤差の小さい衛星の組合せのリストである高優先度衛星組合せ情報を生成して列車13に送信する。列車13の車上装置は、衛星14からの衛星信号を受信するとともに、基準局11で生成された高優先度衛星組合せ情報を受信し、受信した衛星信号の中から位置誤差の小さくなる衛星組合せを選択し、選択された衛星信号を利用して受信した衛星信号に基づき列車の位置を算出する。		
대표도면			
분석결과 종합	기술의견 - 본 특허는 다수의 위성으로부터 수신된 위성 신호 중 소정 개수의 신호를 조합하여 열차 위치를 결정한다는 것임 - 다수의 위성으로부터 위성 신호를 수신한 후 소정 개수의 위성 신호를 조합하여 다수개의 위성 조합을 생성한 후 이를 기준국의 위치를 각각 산출하고, 산출된 위치와 기준국의 실제 위치 간의 연산을 통해 오차가 작은 위성 조합을 선택하여 철도 차량에 제공하며, 철도 차량에서 제공받은 위성 조합에 해당하는 위성으로부터 수신된 위성 신호를 근거하여 철도 차량의 위치를 검출한다는 것임 법적상태 - 2009년 1월 9일 출원되었으며 2010년 7월 29일 공개된 특허임 ※ 기준국의 실제 위치와 위성 조합으로부터 산출된 기준국의 위		

	치를 근거하여 최적의 위성 조합을 선택하고, 선택된 위성 조합에 해당하는 위성 신호를 이용하여 철도 차량의 위치를 산출한다는 것으로, 위치 산출을 위해 기준국의 위치와 위성 조합을 이용한다는 점을 고려할 때, 권리범위가 넓다고 할 수 없어 회피설계가 용이할 것으로 사료되며, 특히 영상을 이용하지 않기 때문에 영상과 본 특허의 기술적 사상을 결합한 결합 기술이 개발 가능할 것으로 사료됨 -본 특허는 본 동향조사에 관련된 연구과제에서 연구하고자 하는 기술의 주변기술 정도에 불과하다는 점을 고려할 때, 과제 방향설정에 있어서 선행기술로서 이용 가능할 것으로 사료됨
--	---

특허기술 Landscape 현황 정리표

대분류	중분류	소분류	IP시장성 (구간별 외국인 출원 증가율)	출원증가율 및 점유율	상위출원인 동향	시사점
A	a	a1	미국, 일본 및 유럽 등에 외국인의 출원 증가율이 증가세이므 로 해당 시장에 대한 진출 의지가 높은 것 으로 볼 수 있음	출원증가율이 꾸준 한 증가상태에서 최 근 급격하게 상승하 는 상태임	1출원인:Sumitomo 2출원인:Hitachi 3출원인:Alstom Alstom만 최근 점유 율이 상승함	주요출원인 및 시장국의 출원이 계속해서 증가하는 추세로 미루어 볼 때, 해당 기술 분야에서 다른 주요 시장국에 뒤처지지 않기 위 한 기술 개발 및 투자가 필 요함
		a2	미국, 일본 및 유럽 등에 외국인의 출원 증가율이 증가세이므 로 해당 시장에 대한 진출 의지가 높은 것 으로 볼 수 있음	출원증가율과 점유 율이 꾸준한 상태임	1 출원인: Railway research 2출원인:siemens 3출원인:한국철도기술 원 모든 주요 출원인들의 최근 점유율 상승	주요 출원인 및 시장국 모 두 출원을 꾸준히 유지하고 있는 추세를 미루어 볼 때, 꾸준한 투자가 필요함
	b	b1	미국, 일본 및 유럽 등에 외국인의 출원 증가율이 소폭 증가 세이므로 해당 시장 에 대한 진출 의지가 있으나, 아직 기술 개발의 초기 단계로	출원이 꾸준히 증가 되는 상태이고, 출 원 점유율이 다소 낮은 수준에서 소폭 상승 중임	1출원인:한국철도기술 연구원 2출원인:Hitachi 3 출원인: Railway research 상위 출원인 모두 출원점유율이 거의 비슷함	점유율이 낮은 가운데, 모든 지표들이 상승하고 있으며 로, 최근 관련연구가 활발한 분야로서, 해외시장 선점을 위한 적극적 관리화 및 연 구개발 투자가 필요함
		b2	미국, 일본 및 유럽 등에 외국인의 출원 증가율이 소폭 증가 세이므로 해당 시장 에 대한 진출 의지가 있으나, 아직 기술 개발의 초기 단계로 보임	출원증가율은 정체 되고 있으며, 점유 율도 낮은 수준에서 소폭 상승 중임	1출원인:Siemens 2출원인:Hitachi 3 출원인: Railway research 상위 출원인 모두 출원점유율이 거의 비슷함	낮은 점유율에서 출원 증가 율로 정체되어 있는 상태로 관련 기술개발이 활발하지 않은 상태이나, 점진적으로 기술 개발을 확대하는 추세 이기 때문에 기술 선점을 위해 연구 개발과 투자가 필요함
	c	c1	미국, 일본 및 유럽 등에 외국인의 출원 증가율이 소폭 증가 세이므로 해당 시장 에 대한 진출 의지가 있으나, 아직 기술 개발의 초기 단계로	출원증가율이 정체 되고 있으며, 전체 적인 점유율이 낮은 수준임	1출원인:Hitachi 2출원인:Alstom 상위 출원인 모두 출원점유율이 비슷함	낮은 점유율에서 출원 증가 율로 정체되어 있는 상태로 관련 기술개발이 활발하지 않은 상태이기 때문에 기술 선점을 위해 연구 개발과 투자가 필요함
		c2	미국, 일본 및 유럽 등에 외국인의 출원 증가율이 소폭 증가 세이므로 해당 시장 에 대한 진출 의지가 있으나, 아직 기술 개발의 초기 단계로	출원증가율이 정체 되고 있으며, 전체 적인 점유율이 낮은 수준임	1출원인:한국철도기술 연구원 2출원인:Siemens 3출원인:Hitachi 상위 출원인 모두 출원점유율이 비슷함	낮은 점유율에서 출원 증가 율로 소폭 증가 상태로 관 련 기술개발이 활발하지 않 은 상태이기 때문에 기술 선점을 위해 연구 개발과 투자가 필요함

고속차량 능동제어 기술분야는 전반적으로 1900년대 초반부터 지속적인 증가세에 있으며, 출원건수와 출원인 수가 계속 증가하는 발전기 단계를 거쳐 성숙기로 접어들었음. 이는 친환 경적이며 고부가가치를 실현할 수 있는 기술에 대한 전 세계적인 관심이 지속적으로 이루어지고 있다는 것을 반증함

주요 시장국 모두 능동형 현가 및 조향 시스템에 대한 출원 점유율이 높고, 출원이 지속적으로 증가하고 있을 뿐만 아니라 시장 가능성이 보인 신흥 시장국에 대한 출원 또한 증가세에 있는 것으로 보아, 주요 시장국의 출원에서 시장 가능성이 보이는 신흥 시장국의 출원으로 파급이 이루어지는 단계임

능동형 집전 성능 제어 및 전력 품질 제어 분야와 능동형 제어 시스템의 모니터링 및 주변 모니터링 분야는 출원 점유율은 다소 낮으나, 소폭의 증가세를 유지하는 것으로 보아, 기술 개발 초기 단계임

11) 분류별 지재권 확보 가능성 결과

지재권 확보 가능성 현황 정리표

핵심기술 a1	
지재권 장벽성	액추에이터와 MR 댐퍼 등을 이용한 능동형 현가 시스템에 관한 것으로, 알스통, 한국철도기술원, 스미토모, 히타치 등에 의해 출원된 특허와 유사 관련성이 많으며, 본 연구과제의 요소 기술에 해당되기 때문에 기 출원된 특허에 대한 장벽도가 높은 것으로 파악됨
국내외 경쟁력	국내에는 핵심특허가 MR 댐퍼 타입이나 복합형 현가 장치에 관한 것이고, 국외는 MR 댐퍼, 액추에이터 타입 및 복합형 현가 장치에 관한 것으로, 국내 및 국외 경쟁력은 보통/높음으로 파악됨
지재권 확보 가능성	기 출원된 능동형 현가 시스템 관련 특허에 대한 분석과 연구를 통해 대응 전략이 필요하며, 기 출원된 특허와 차별화될 수 있는 응용 기술의 발굴이 필요할 것으로 사료됨
핵심기술 a2	
지재권 장벽성	능동형 조향 시스템에 관한 것으로, 한국철도기술연구원, 봄바디어, 지멘스, 스미토모, 히타치 등에 의해 출원된 특허와 유사 관련성이 많으며, 본 연구과제의 기술 요소 일부에 해당되기 때문에 기 출원된 특허에 대한 장벽도가 평균적으로 높은 것으로 파악됨
국내외 경쟁력	국내의 핵심특허 대부분이 자기 조향 및 강제 조향에 관한 것이고, 국외의 핵심특허는 능동형 조향 시스템의 요소 기술 전체에 대한 것으로, 국내 및 국외 경쟁력은 보통/높음으로 파악됨
지재권 확보 가능성	기 출원된 특허 및 논문에 대한 분석과 연구를 통한 대응 전략이 필요하며, 기 출원된 특허와 차별화된 기술 개발이 필요할 것으로 사료됨
핵심기술 b1	
지재권 장벽성	능동형 판토틀로그 제어 기술에 관한 것으로, 한국철도기술연구원, 레일웨이기술연구원 등과 같은 연구소 중심이 특허가 대부분이며, 대부분의 특허가 일반적인 판

	토그래프의 구조에 관련된 것으로 판단되기 때문에 특허장벽도가 낮은 것으로 파악됨
국내외 경쟁력	국내 및 해외는 능동형 판토틀로그 제어 기술의 일부분에 해당되는 일반적인 판토틀로그 구조 및 제어에 관한 특허가 주류를 이루기 때문에 국내 및 국외 경쟁력이 높음으로 파악됨
지재권 확보 가능성	능동형 판토틀로그의 구조 및 이를 이용한 이선율 및 압상력 제어에 관련된 특허 개발을 통해 핵심특허 확보가 가능할 것으로 사료됨
핵심기술 b2	
지재권 장벽성	전력 품질 제어에 관한 것으로, 한국철도기술연구원, 알스통, 히타치 등에 의해 출원된 특허와 어느 정도 유사 관련성을 갖기는 하지만, 본 연구과제의 주변 또는 일부 요소 기술에 해당되기 때문에 기 출원된 특허에 대한 장벽도가 낮음으로 파악됨
국내외 경쟁력	국내 및 해외 모두 본 연구과제의 핵심기술에 해당되는 고속철도용 능동형 고주파 필터 및 전력 손실 제어 부분에 특화된 기술보다는 일반적인 능동 필터 및 전력 손실을 막기 위한 특허가 주류를 이루기 때문에 국내 및 국외 경쟁력이 높음으로 파악됨
지재권 확보 가능성	기 출원된 특허를 이용하여 고속철도에 맞는 능동형 고주파 필터 및 전력 손실 제어에 대한 연구개발을 통해 핵심특허 확보가 가능할 것으로 사료됨
핵심기술 c1	
지재권 장벽성	능동형 시스템들의 모니터링에 관한 것으로, 한국철도기술연구원, 레일웨이연구소, 알스통, 히타치 등에 의해 출원된 특허와 어느 정도 유사 관련성을 갖기는 하지만, 본 연구과제의 주변 또는 일부 요소 기술에 해당되기 때문에 기 출원된 특허에 대한 장벽도가 낮음으로 파악됨
국내외 경쟁력	국내 및 국외 모두 능동형 시스템의 모니터링보다는 일반적인 현가 및 조향 시스템에 대한 모니터링 기술이 대부분이기 때문에 국내 및 해외 경쟁력은 높음으로 파악됨

지재권 확보 가능성	기 출원된 특허를 이용하여 능동형 제어 시스템에 맞는 기술을 개발하여 핵심특허 확보가 가능할 것으로 사료됨
핵심기술 c2	
지재권 장벽성	고속 열차 위치 및 주변 모니터링에 관한 것으로, 한국철도기술연구원, 레일웨이연구소, 도시바, 와덱 홀딩 등에 의해 출원된 특허와 어느 정도 유사 관련성을 갖기는 하지만, 본 연구과제의 주변 또는 일부 요소 기술에 해당되기 때문에 기 출원된 특허에 대한 장벽도가 낮음으로 파악됨
국내외 경쟁력	국내 및 국외 모두 영상 자체 또는 영상과 GPS 신호를 이용하여 열차 위치 또는 주변을 모니터링하는 기술보다는 GPS 신호를 이용하는 기술이 대부분이기 때문에 국내 및 해외 경쟁력은 높음으로 파악됨
지재권 확보 가능성	영상 처리 관련 기술을 고속 열차 시스템에 접목한 기술 개발을 통해 핵심특허 확보가 가능할 것으로 사료됨

12) 종합결론

고속차량 능동제어 기술분야에서 한국의 출원 점유율은 다른 주요국과 비슷한 상태를 보이고 있으므로 양적으로는 일정 수준의 성장을 이뤘다고 볼 수 있으나, 외국 출원, 패밀리수, 시장확보지수, 피인용지수 등을 고려할 때 질적 수준이 아직 낮은 것으로 판단됨. 따라서, 양적 수준을 유지함과 더불어 기술의 질적 수준을 향상시키기 위해 지속적인 연구 개발과 투자가 필요함

고속철도 능동제어 관련 기술 중, 능동형 현가 시스템의 경우 한국, 미국, 일본 및 유럽 모두가 많은 출원수를 확보하고 있을 뿐만 아니라 지속적인 증가세 있는 것으로 미루어볼 때 해당 기술분야에서의 기술 수준을 유지하기 위한 꾸준한 연구 개발과 투자가 필요함. 또한, 능동형 조향 시스템, 능동형 판토틀라프 제어, 전력 품질 제어, 시스템 모니터링 및 주변 모니터링 분야는 특허 점유율 측면에 낮기 때문에, 집중적인 연구 개발이 이뤄질 경우 해당 분야에서 기술 경쟁력을 갖고, 시장을 선점할 수 있음.

특히, 한국의 경우 다른 주요국에 비해 후발 그룹에 속하기 때문에, 다른 주요국의 공개특허, 논문 등이 한국의 독자 기술을 개발하는데 장벽이 될 수 있음. 따라서, 다른 주요국들의 특허들로부터 우리의 기술을 보호하고, 우리의 기술에 대한 권리 대항을 방지할 뿐만 아니라 안정적인 실시를 확보하기 위한 특허포트폴리오 전략을 수립할 필요가 있다고 판단됨

이와 함께, 다른 주요국들이 한국 내 출원을 강화하고 있는 것으로 미루어볼 때, 다른 주요국들과의 경쟁을 준비하기 위한 기술 개발이 필요할 뿐만 아니라 전세계적인 경쟁을 위해 국제특허출원의 활성화가 적실히 요구됨

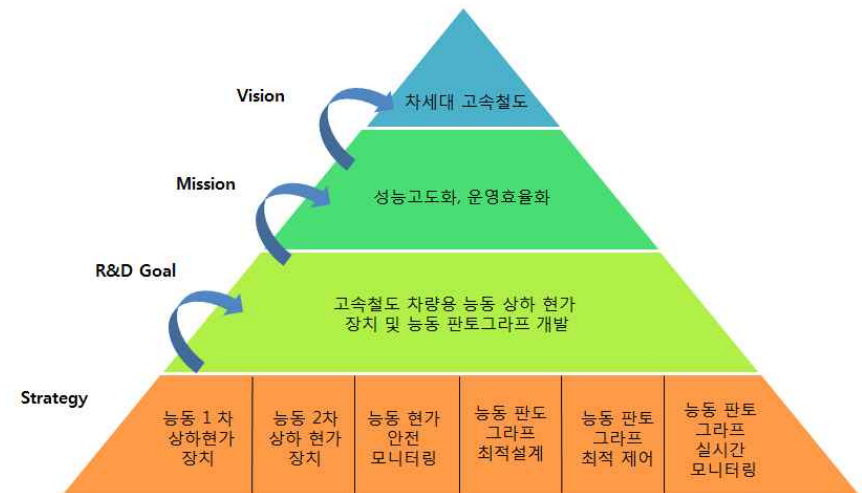
한편, 논문의 경우 현가 관련 기술에 비해 조향, 판토틀라프, 전력 품질 제어 등의 기술이 고른 분포를 갖는데 반해, 특허의 경우 현가 관련 기술에 집중되어 있는 것으로 미루어볼 때, 논문을 기반으로 한 아이디어 창출을 통한 관련 특허 창출 가능하다고 판단됨. 따라서, 논문의 분석을 통하여 조향, 판토틀라프, 전력 품질 제어 등의 기술을 개발하여 기술 선점이 필요할 것으로 판단됨

고속차량 능동제어 기술분야의 경우 1990년대부터 시장이 활성화되어 있기 때문에 기술적으로 성숙해 있다고 볼 수 있음. 따라서, 기 출원된 핵심특허의 분석을 통해 능동제어 기술분야 관련 연구 개발 사업을 위한 로드맵을 수립하고, 이를 기반으로 효율적인 기술 개발과 투자가 필요할 것으로 사료됨

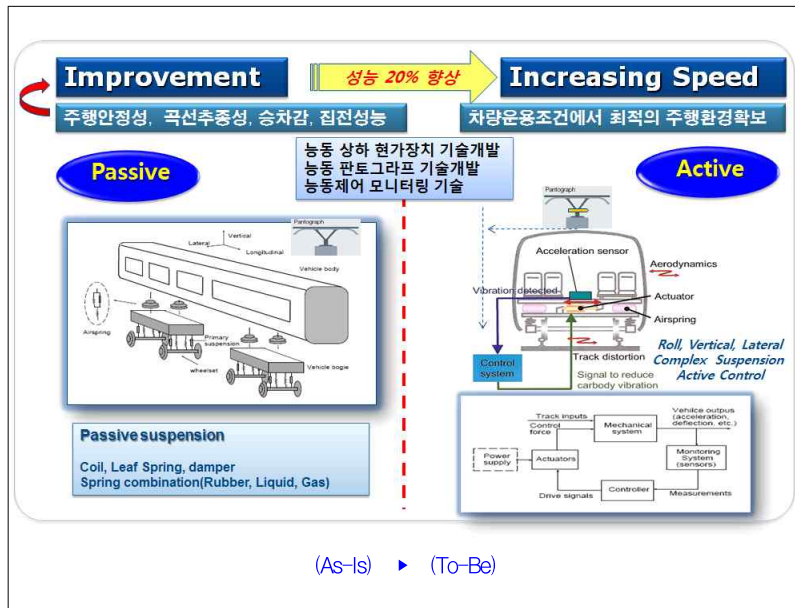
3. 기술개발 전략 수립

3.1 비전 및 기술발전 시나리오

차세대 고속 철도는 기본적으로 고속화를 통해 국민의 이동성 보장 및 지역간 격차를 해결할 수 있는 그린 수송 수단이다. 이와 같은 차세대 고속 철도를 구현하기 위해서는 무엇보다도 현재의 고속철도가 가지고 있는 문제를 해결해 성능을 고도화하고 운영을 효율화하는 임무를 수행해야 한다. 이런 임무의 기술적인 문제를 해결하기 위해 본 기획과제에서는 고속 철도 차량용 능동 상하 현가 장치와 능동 판토품도를 개발하는 것을 과제로 제안하였다. 다음 그림은 차세대 고속 철도 구현을 위한 비전 및 기술 발전 시나리오를 보여준다.



다음 그림은 현재 기술 상태와 본 기획과제에서 제안한 전략을 토대로 개발된 최종 성과물의 목표를 보여준다. 위에서 언급한 차세대 고속철도의 구현을 위해 현재 차량의 성능을 종합적으로 20% 향상해야 한다는 목표를 설정하였다.



이런 성능 향상을 위한 후보 과제는 다음과 같이 도출되었다.

3.2 후보과제 도출



연번	후보과제명	후보과제 정의
1.1	능동1차 상하 현가장치 개발	차체 경량화에 따라 발생하는 차량의 굽힘 모드에 의한 구조진동을 줄이기 위해 필요한 1차 상하 현가장치 개발
1.2	능동2차 상하 현가장치 개발	차량의 고속화에 따라 발생하는 진동에 의한 승차감의 저하를 방지하기 위해 필요한 2차 상하 현가장치 개발
1.3	능동상하 현가장치 실시간 안전 모니터링 기술 개발	능동상하 현가장치 적용에 따른 안전성 보장을 위한 페일세이프 모니터링 기술 개발
2.1	능동판토틀라프 최적설계 기술연구	판토틀라프 능동제어를 위한 최적의 판토틀라프 메카니즘 설계 기술 개발
2.2	능동판토틀라프용 최적제어 알고리즘 개발	능동판토틀라프 개발을 위해 실시간 피드백을 이용한 최적제어알고리즘 기술 개발
2.3	능동판토틀라프 실시간 안전 모니터링 기술 개발	판토틀라프 능동제어를 통한 효율 극대화를 달성하는 동시에 안전 보장을 위한 페일세이프 모니터링 기술 개발
3.1	철도차량용 능동틸팅관절대차	능동틸팅관절대차 제어를 위한 최적의 관절대차 메카니즘 설계 기술 개발

	기술개발	
3.2	철도차량용 능동틸팅관절대차 능동제어 기술개발	능동틸팅관절대차 개발을 위해 실시간 피드백을 이용한 최적 틸팅제어알고리즘 기술 개발
3.3	철도차량용 능동틸팅관절대차 모니터링시스템 기술개발	능동틸팅관절대차 성능시험을 통한 효율 극대화를 달성하는 동시에 안전 보장을 위한 페일세이프 모니터링 기술 개발

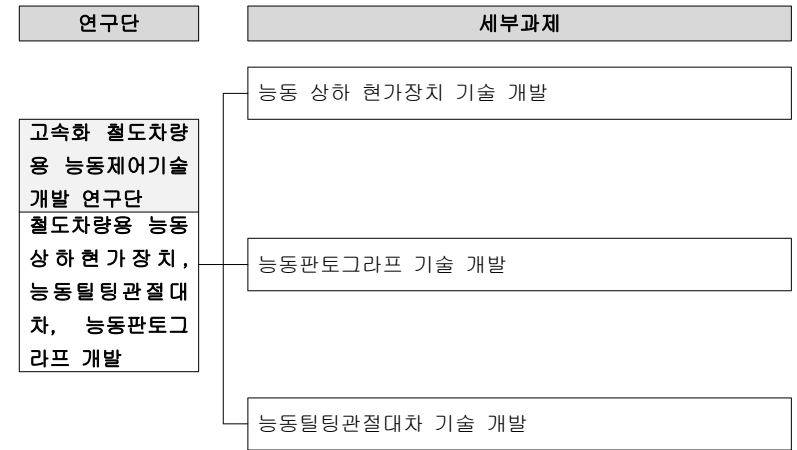
3.3 후보과제 우선순위 선정

후보과제 우선 순위를 선정하기 위해 다음과 같은 표를 활용하였다.

		기술개발환경 Needs 평가항목						우선 순위	
		기술개발 수행성	기술개발 필요성	기술개발 경제성	기술개발 환경성	기술개발 안전성	기술개발 효율성	기술개발 환경성	기술개발 효율성
기술개발	진통리벨	●	●						
	에너지 효율			●					
산업/시장	차제 경쟁력	○	○						
	그루가 가치자랑					●			
정책/사회	첨단기술								
	그룹 인력 양성								
중소기업	중소기업 역량강화								
	일자리 창출								
점수									
순위									
기술수준	현재 최고 기술 보유국가	일본	일본	프랑스	프랑스	일본	일본		
	최고 기술수준 대비 현재기술 수준	90	70	50	50	70	50		
	기술개발완료 후 추정 수준	100	100	100	100	100	100		
후보과제별	기술개발 목표	시제품	시제품	시제품	시제품	시제품	시제품		
	기술개발 최종 성과물	시제품	시제품	시제품	시제품	시제품	시제품		
기술개발 전략	진통 리벨 저감	√							
	송차감		√						
	안정성						√		
	에너지 효율				√	√			

3.4 과제 연구수행 체계 및 후보과제 과제카드

본 연구팀은 제안한 과제를 수행하기 위해 3개의 세부과제로 이루어진 차세대 고속철도 요소 기술인 고속철도차량용 능동제어기술개발 연구단을 후보과제로 선택하고 세부과제로 다음과 같은 내용을 제안한다.



또한 고속철도차량용 상하능동현가 및 능동판토 연구단 과제에 대한 연구 개발 목표, 기술개발 및 산업/시장 동향, 기존기술 활용방안, 기술개발 필요성 주요연구개발내용, 정부지원의 타당성, 기술확보 전략, 기술개발 최종성과물 및 활용방안, 연구개발 과제의 규모 등에 대한 후보과제 카드를 다음과 같이 작성하였다.

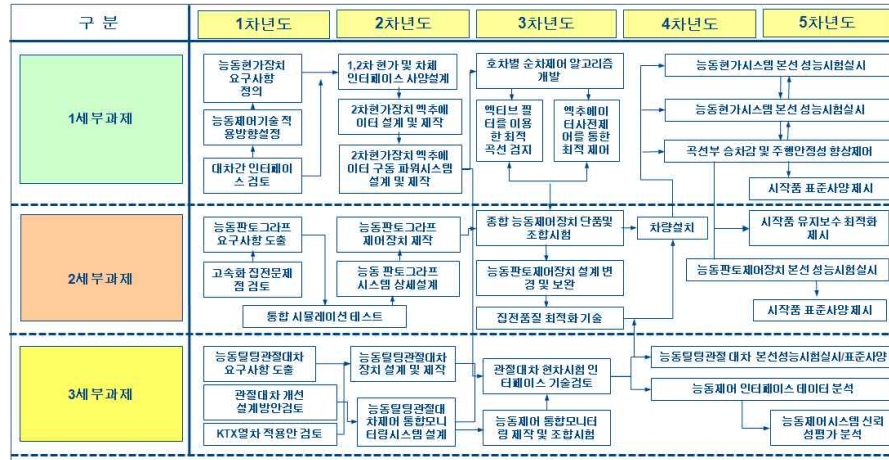
1. 과제명	철도차량용 능동제어시스템 기술개발 연구단
2. 연구개발 목표	철도차량의 경량화에 따라 발생하는 구조진동 저감을 위한 능동 1차원가 장치, 고속화에 따라 발생하는 승차감 저감을 방지하기 위한 2차원가 장치기술개발, 곡선부 속도향상을 위한 틸팅관절대차기술개발 및 안정적인 전원 공급 및 판토틀라프 내구성 향상을 위한 능동판토틀라프 기술 개발
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	철도 차량의 고속화 및 에너지 효율 향상을 위한 경량화 기술이 개발 적용됨에 따라 발생하는 고속 철도 차량의 진동레벨 증가와 이에 따른 안전성 및 판토틀라프의 과부하에 의한 내구성, 에너지 효율 저감에 따라 능동제어 기술을 대차, 조향, 현가, 판토틀라프에 적용하기 위한 기술 개발이 선진 각국에서 추진중에 있으며, 일본은 신간선에 능동제어 기술을 적용하여, 상용 운전에 투입하고 있는 실정임. 일본의 교통 분담율에서 철도가 차지하는 부분이 크기 때문에 가장 앞선 기술을 가지고 있으며, 유럽 또한 능동조향 부분은 상용화 수준이며, 능동현가 기술 개발을 활발하게 추진중임. 국내에서는 능동 조향은 틸팅 기술 개발로 일정한 기술 수준에 도달해 있지만 고속화에 따른 능동상하 현가장치, 능동판토틀라프, 능동틸팅관절대차 기술 개발은 현재 전무한 상태임. 따라서 능동상하현가장치, 능동판토틀라프, 능동틸팅관절대차 기술 개발은 선진국과의 기술 격차 해소를 위해 시급히 개발하여야 하는 기술임
4. 기존기술 활용방안	철도차량의 능동제어 기술은 틸팅차량 개발과제를 통해 능동 조향 및 능동대차 기술이 어느 정도 개발되어 있으며, 현재 능동조향 기술이 내년부터 개발 및 상용화 연구가 진행될 예정임. 따라서 고속철도 차량의 능동제어 기술은 국내에 기반 기술이 있으며, 국내 기반 기술을 능동상하 현가장치 개발, 능동 판토틀라프제어기술, 능동틸팅관절대차기술에 연계하여 적용이 가능함
5. 기술개발 필요성	철도차량의 고속화 및 경량화에 따라 필수적으로 발생하는 차체 구조진동의 저감 및 판토틀라프 이선에 따른 에너지 효율과 내구성 향상을 위한 기술 개발이 필요하고 이를 위해 능동상하현가장치, 능동판토틀라프, 능동틸팅관절대차 제어기술이 필요함
6. 주요연구 개발내용	1. 철도차량 경량화에 따라 발생하는 구조진동 저감을 위한 능동 1차상하현가장치 개발 2. 철도 차량 고속화에 따라 발생하는 승차감 저감을 위한 능동 2차 상하현가장치 개발 3. 능동상하 현가장치의 이상 징후를 실시간으로 모니터링하여 시스템의 안전성을 보장하는 실시간 안전모니터링 기술 개발 4. 고속철도차량 곡선부 속도향상을 위한 능동틸팅관절대차시스템 개발 5. 능동판토틀라프 개발을 위한 판토틀라프 메카니즘 연구 및 이를 통한 능동판토틀라프 최적설계 기술 개발 6. 실시간 판토틀라프 피드백 제어를 위한 판토틀라프용 최적 제어알고리즘 개발 7. 능동판토틀라프의 이상 징후를 실시간으로 모니터링하여 시스템의 안전성을 보장하는 능동판토틀라프 실시간 안전 모니터링 기술 개발

7. 정부지원 의 타당성	온실가스 배출 저감 협약에 따라 친환경 교통수단으로 각광을 받고 있는 철도차량의 기술개발을 위해 유럽 일본을 비롯한 선진국들이 많은 연구 개발을 하고 있으며, 특히 최근 철도차량의 고속화 및 에너지 효율 향상을 위해 능동제어기술을 철도차량에 접목하는 연구가 많이 진행되고 있음. 하지만 철도차량기술 개발을 위해서는 많은 연구개발비가 들어가며, 주요 요소 부품을 제작하고 있는 중소기업의 연구 역량이 충분하지 못하기 때문에 정부 주도의 기술 개발이 필요함. 현재 철도 기술연구원 및 대학 등에서는 능동제어 기술에 대한 충분한 기술력을 가지고 있지만 연구 개발을 위한 연구비가 충분하지 못하기 때문에 정부 주도의 연구비 지원을 통해 차세대 철도차량용 능동상하현가장치, 능동판토틀라프, 능동틸팅대차 기술 개발이 가능하고 기술 개발을 완료할 경우 현재 철도차량 능동제어분야에서 가장 앞서 있는 일본의 기술 수준으로 업그레이드 가능함							
8. 기술확보 전략	1. 능동제어 분야의 기초 기술은 국내 대학에서 많이 보유하고 있음 2. 능동제어 기술의 철도차량 접목에 대해서는 철도기술연구원이 기존의 틸팅차량 개발 및 다양한 능동제어 관련 과제수행을 통해 기 확보하고 있음 3. 현가장치 및 판토틀라프는 현재 RMS테크, 유진기공 등 국내 중소기업에서 반능동 현가 장치 및 수동 판토틀라프 제어 장치를 제작하고 있음 4. 따라서 산학연 협력을 통해 능동상하현가장치 및 능동판토틀라프 개발이 가능함							
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물		능동 상하 1차, 2차 현가장치, 능동틸팅대차, 능동판토틀라프 시제품					
	활용방안		노후화된 고속철도 차량의 유지보수를 위한 성능 현대화 및 신규 고속 철도 차량의 상하 현가시스템, 판토틀라프, 대차시스템에 적용					
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
	연차별 연구비 (백만원)	정부	2,700	3,900	4,700	3,000	2,100	
		민간 (추정)	900	1,300	1,600	1,000	700	
	합 계		3,600	5,200	6,300	4,000	2,800	
	총 연구비 (백만원)	정부	16,400			총 연구기간	5년	
		민간	5,500					
		총합계	21,900			연도별 평균소요인력	50명	
11. 기대효과 및 파급효과	※연구개발과제의 성공적인 수행을 통한 활용성, 경제적·기술적·정책적 파급효과 등을 작성							

3.5 연구개발과제 및 로드맵

철도차량용 상하능동현가 장치, 능동판토그래프, 능동틸팅관절대차 개발을 위해 3개의 중점 과제를 다음과 같은 로드맵으로 추진해야 할 것으로 예상된다. 각 중점 과제에 대한 로드맵은 아래 그림과 같다.

고속화 철도차량 능동제어 기술개발 로드맵



4. 연구 목표 및 범위

4.1 목표, 연구범위

- 신규 고속철도 및 기존 건설된 일반철도 선로의 고속화 운영을 효율적으로 달성하기 위하여 차량의 고속주행안정성, 곡선부 추종성, 승차감, 집전 성능향상이 가능한 고속차량 능동제어 기술개발 기획
- 철도차량 능동제어기술개발 중점 추진분야 도출 및 추진전략 수립
 - 기존 국내 철도기술의 한계점, 국내외 기술개발 동향 및 환경 분석, 기술개발전략 수립, 세부과제 도출, 연구범위 설정, 타당성 조사 등을 통하여 국가연구개발사업으로 추진해야 할 중점 추진분야 도출하고 연구개발과제별 추진전략 기획
 - RFP 상 중점추진 분야별 기획대상 기술 범위
 - 국내외 기술개발 정책, 시장, 기술 동향 분석
 - 기술개발 전략 수립
 - 해외 능동제어기술의 철도차량 활용 및 적용 사례 분석
 - 고속열차 능동제어 기술개발에 필요한 핵심기술 분석
(소요기술 분석, 기술 적용 가능성 분석, 위험요소분석, 국내 기술 한계 극복 대응 방안 등)
 - 기술개발 로드맵, 연구내용 및 추진전략 수립
 - 세부 연구과제 후보 도출
 - 세부 연구과제별 인력투입 계획 및 소요예산 산정
 - 경제성 분석 및 기술 파급 효과
 - 본 과제 제안요구서(RFP) 및 평가 기준(안) 수립
 - 성과물에 대한 활용방안 및 실용화 추진방안 제시
- 기술개발전략에 따른 연구개발 후보과제를 도출하고, 후보과제별 기술수준 분석, 최종 성과물 설정 및 과제간 연계 및 중복성 등을 종합적으로 검토하여 우선순위를 도출함.
- 우선순위에 따라 연구개발과제별 상세기획을 통하여 타당성을 조사하고 실용성/활용방안에 대한 사전 검토
 - 연구개발과제별 연구개발목표와 연구범위를 설정하고 연구수행을 위한 추진전략 및 추진체계를 수립하고, 소요예산 및 일정을 계획함.
 - 정책적, 기술적, 경제적 타당성을 종합 평가한 후, 유관기관(업계, 운영기관, 학계)의

의견을 반영하여 연구개발의 최종목표 및 범위를 검증하고, 철도분야 및 타 산업분야 활용방안을 제시함.

- 설정된 연구목표와 내용, 추진전략을 바탕으로 본 과제를 공모하기 위한 RFP 작성 및 평가기준을 설정함.

4.2 세부과제별 연구내용



1) 1세부과제

1세부과제 -철도 차량용 능동상하 현가장치 기술개발

연구목표 및 내용

대차 현가장치 능동제어 기술

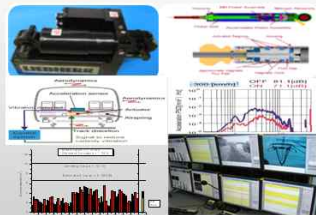
- 고속열차의 대차 현가장치는 차량의 진동 승차감 개선을 위한 장치로 능동제어를 통한 성능 개선
- 철도선전국의 경우 능동현가장치 기술개발을 지속적으로 연구하여 현재 많은 차량에 적용하여 운용중에 있으나, 국내 연구개발은 미미함.
- 능동형 현가장치 기술개발은 차량의 진동 승차감을 10% 이상 감소할 수 있어 열차운용에 필요한 기술임.
- 철도차량 능동제어시스템의 성능평가를 위한 차량/궤도 인터페이스 현차 시험 및 분석
- 고속철도 능동 제어시스템의 차량 시험 인터페이스 기술 연구
- 고속열차 종합성능 개측 및 감수를 위해 무선통신기반 능동형 열차간 감수시험 기술개발



연구추진전략

주요 검토 사항 분석

- 국내 철도차량 운용환경 및 진동특성 데이터 분석
- 대차 현가장치 기능분석 및 능동제어 적용성 검토
- 1차 및 2차 현가장치에 대한 기술개발 방향 및 달링기술 적용을 위한 인터페이스 검토
- 국내외 고속열차 능동시스템에 대한 현차 성능평가 기술 분석
- 고속철도차량 능동시스템에 대한 차량 인터페이스 적용 및 방향 검토
- 국내외 전문 연구인력과의 교류를 통한 지능형 종합감수 시험평가 기술 연구



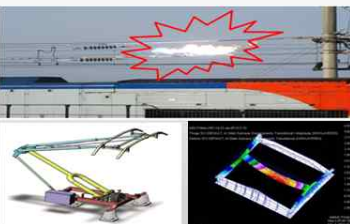
2) 2세부과제

2세부과제 -철도 차량용 능동판도그래프 기술개발

연구목표 및 내용

집전최적화를 위한 능동판도제어기술

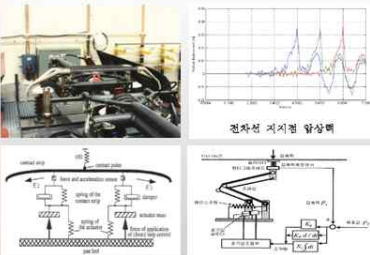
- 철도차량 주행특성에 따른 전차선 추종성 향상 및 집전효율 향상 능동판도그래프 제어
- 철도차량 판도그래프는 집전성능에 따라 이선율 및 급전 전력품질이 현저히 문제가 발생하여 기술개발이 필요함
- 국내 기존선 고속선 혼용구간의 전차선 마모 및 가선편위에 대한 문제 해결을 위해 능동 판도제어기술 적용



연구추진전략

주요 검토 사항 분석

- 국내외 고속열차전차선 능동제어 선행연구 조사 및 분석
- 판도그래프 능동제어 특성 분석 및 집전성능 향상 방안 연구
- 국내외 전문 연구인력과의 교류를 통한 고속선 및 기존선 판도그래프전차선 추종성 향상 기술연구



3) 3세부과제

3세부과제 -철도 차량용 능동달링관절대차 기술개발

연구목표 및 내용

능동달링관절대차 시스템

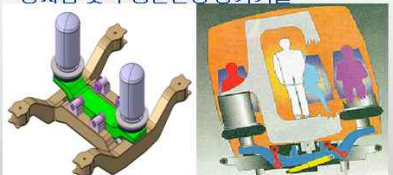
- 고속열차의 관절대차 달링장치는 차량의 곡선부 승차감 개선을 위한 장치로 능동제어를 통한 고속화 성능 개선
- 철도선전국의 경우 능동달링대차 기술개발을 지속적으로 연구하여 현재 많은 차량에 적용하여 운용 중에 있으나, 국내 연구개발은 미미함.
- 능동형 달링관절대차 기술개발은 차량의 곡선부



연구추진전략

주요 검토 기술사항 분석

- 능동달링관절대차 제어기술, 차체/대차 인터페이스기술, 능동달링용 액추에이터 기술, 능동달링장치 설계기술
- 능동달링장치 메커니즘설계기술, 능동조향 액추에이터 기술, 능동달링제어 성능평가기술
- 곡선부 인식을 위한 센싱기술, 곡선부 승차감 및 주행안전성 평가기술



4.3 세부과제별 연차별·단계별 성과목표 및 성과지표

1) 세부 1 과제 : 철도차량용 능동 상하현가장치 기술 개발

□ 최종 목표 및 주요내용

○ 최종 목표

- 철도차량 열차운행의 고속화를 위한 능동 상하 현가시스템 핵심기술개발
- 주행안정성 향상을 위한 능동 상하 현가시스템 능동제어기술개발
- 철도차량 능동 상하 현가시스템 통합제어 및 모니터링 기술개발
- 철도차량 능동 상하 현가시스템 실시간 모니터링 기술
- 철도차량 능동 상하 현가시스템 운영효율화 기술개발
- 철도차량 능동 상하 현가시스템 안전 제어장치 성능 평가기술
- 철도차량 능동 상하 현가시스템 안전 제어장치 설계 및 제작기술

○ 주요 연구 내용

구 분	1단계 (시제품 제작 및 성능확보)			2단계 (현차시험 및 신뢰성 시험평가)	
	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
연도별 연구목표	○철도차량용 능 동 상하 현가시스 템 개발 수립 및 기본 설계	○철도차량용 능 동 상하 현가시스 템 상세 설계 및 시제품 제작	○능동상하현가시스 스템 시제품 제 작보안 및 구성 품 성능시험 평 가	○능동상하 현가 시스템 조합성능 검증 및 완성차 시험	○능동형 상하 현가 차량시스템 최종 신뢰성 검증 및 지보수최적화 방 안 제시 (시험선로 시험)
연도별 연구내용	○철도차량용 능 동상하현가시스 템장착 차량의 모델링 및 기초 해석 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 엔지니어링 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 모니터링 및 운전보조장치 사양선정 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 대상 선정 및 데이터 특성 분석 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 적용열차 운 행 안전제어를 위한 요구사항 검토 ○차량 능동제어 시스템 레이션을 통한 제어성능 분석 ○목표성능 달성 을 위한 대응량 철도차량용 능 동제어시스템 요소부품별 기 본사양 도출	○철도차량용 능 동상하현가시스 템 장착 철도차 량 특성 해석 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 상세설계 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 대상 차량 인터페이스/개 량설계 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 시제품 제작 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 모니터링 및 운전보조장치 시작품 제작 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 실시간 모니 터링 장치 설계 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 능동제어 이 상시 안전을 위 한 Fail-safe 시 스템 상세설계	○시스템 설계 보 안 및 최적화 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 제작 및 시 험평가 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 시제 단순성 능시험 ○단품 성능시험 분 석 결과에 따른 시제품 보완 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 모니터링 및 운전보조장치 단품시험 및 조 합시험 ○철도차량용 능 동상하현가시스 스템 안전 제어장 치 단품시험 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 안전 제어장 치 조합시험 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 운전보조장 치 현차시험 절 차서 검토	○철도차량용 능 동상하현가시스 템 주행시험대 및 평가 ○요소기술 보완 및 시스템 최적 화 ○성능시험 분석 결과에 따른 철 도차량용 능동상 하현가시스템현 차적용완성차 시 험 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 모니터링 및 운전보조장치 현 차시험 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 모니터링 및 운전보조장치 신 뢰성 평가 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 안전제어장치 현차시험 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 안전제어장치 신뢰성 평가 ○모니터링 및 운 전 보조장치 현 차 시험을 위한 인터페이스 기술 검토 및 설계 변 경	○능동형 상하 현가 차량시스템 시험 선로 시험 및 평가 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 표준 사양연구 ○능동형 상하 현가 시스템 유지보수 최적화 기술 방 안 연구 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 모니터링 및 운전보조장 치 현차시험 및 평가 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 모니터링 및 운전보조장 치 표준사양 제 시 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 안전 제어장치 현차 시험 및 평가 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 안전 제어장치 표준 사양 제시 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 운전 보조장치 실 용화 방안제시 ○철도차량용 능 동상하현가시스 템 운행 안전제어장치 실용 화 방안 제시

□ 추진 전략

기존에 선행연구로 확보된 기술을 활용하고 신규로 자체개발할 기술을 분류하여 과제의 중복성은 피하고 연구결과와 극대화 도출을 지향한다.

- 자체개발 기술

- 전기철도차량 능동형 주행성능향상 열차제어 SE 기술
- 철도차량 능동 상하 현가시스템 제어 시뮬레이션 해석기술
- 철도차량 능동 상하 현가시스템 제어기 설계 및 제작기술
- 철도차량 능동 상하 현가시스템 제어 알고리즘 개발 및 성능평가기술
- 철도차량 능동 상하 현가시스템 신뢰성 평가 및 분석기술
- 철도차량 능동 상하 현가시스템 유지보수 최적화 방안제시 기술
- 철도차량 능동 상하 현가시스템 통합제어 및 모니터링 기술

- 기존기술 활용

- 철도차량 횡진동 제어용 반능동, 능동현가용 액추에이터(반능동 MR댐퍼) 기술
- 철도차량용 수동형 자기조향대차 기술
- 철도차량용 능동형 차체 롤링현가 제어 기술
- 대용량 액추에이터 설계 및 제작기술
- 대용량 액추에이터 구동 드라이버/제어기 설계 및 제작 기술
- 철도차량 열차종합제어장치 통신 네트워크 및 모니터링 기술

2) 세부 2 과제 : 철도 차량용 능동 판토틀라프 기술개발

○ 최종 목표

- 철도차량 능동 판토틀라프 시스템 설계 및 제작 기술
- 철도차량 능동 판토틀라프 제어 알고리즘 개발
- 철도차량 능동 판토틀라프 시스템 실시간 모니터링 기술
- 철도차량 능동 판토틀라프 시스템 운영효율화 기술개발
- 철도차량 능동 판토틀라프 시스템 안전 제어장치 성능 평가기술
- 철도차량 능동 판토틀라프 시스템 안전 제어장치 설계 및 제작기술
- 전기철도차량의 전력품질 향상을 위한 열차전력품질 제어기술 개발

○ 주요 연구 내용

구 분	1단계 (시제품 제작 및 성능확보)			2단계 (현차시험 및 신뢰성 시험평가)	
	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
연도별 연구목표	○철도차량용 능 동 판토틀로그 사양 수립 및 기본 설계	○철도차량용 능 동 판토틀로그 상세 설계 및 시제품 제작	○능동 판토틀로그 시제품 제작 보안 및 구성품 성능시험 평가	○능동 판토틀로그 조립성능 검증 및 완성차 시험	○능동 판토틀로그 최 종 신뢰성 검증 및 유지보수최적화 방 안제시 (시험선로 시험)
연도별 연구내용	○철도차량용 능 동 판토틀로그 장착 차량의 모 델링 및 기초해 석 ○철도차량용 능 동 판토틀로그 시스템 엔지니어 링 ○목표성능 달성 을 위한 대응량 철도차량용 능 동 판토틀로그 요소부품별 기 본사양 도출 ○철도차량용 능 동 판토틀로그 시스템 모니터 링 및 운전보조 장치 사양 선정 ○철도차량용 능 동 판토틀로그 시스템 운행안 전제어를 위한 요구사항 검토 ○철도차량용 능 동 판토틀로그 시스템 대상 선 경 및 데이터 특성 분석 ○철도차량용 능 동 판토틀로그 시스템의 시물 레이션을 통한 제어성능 분석	○철도차량용 능 동 판토틀로그 장착 철도차량 동특성 해석 ○철도차량용 능 동 판토틀로그 상세설계 ○철도차량용 능 동 판토틀로그 대상 차량 인터 페이스/ 개량설 계 ○철도차량용 능 동 판토틀로그 시제품 제작 ○ 철도차량용 능 동 판토틀로그 시스템 운전보 조장치 상세 설 계 ○철도차량용 능 동 판토틀로그 시스템 모니터 링 및 운전보조 장치 시작품 제 작 ○철도차량용 능 동 판토틀로그 시스템 안전제 어장치 상세설 계 ○ 철도차량용 능 동 판토틀로그 시스템 안전제 어장치 시작품 제작 ○철도차량용 능 동 판토틀로그 시스템 단품 시 험 정차서 ○모니터링 및 운 전보조장치 단 품시험	○시스템 설계 보 완 및 최적화 ○철도차량용 능 동 판토틀로그 제작 및 시험평 가 ○철도차량용 능 동 판토틀로그 시제 단품 성능 시험 ○ 단품 성능시험 분석 결과에 따른 시제품 보완 ○철도차량용 능 동 판토틀로그 시스템 모니터 링 및 운전보조 장치 단품시험 및 조합시험 ○철도차량 능동 열차운행 안전 제어장치 단품 시험 ○ 철도차량용 능 동 판토틀로그 시스템 안전제 어장치 조합 시 험 ○철도차량용 능 동 판토틀로그 시스템 모니터 링 및 운전보조 장치 현차시험 및 절차서 검토 ○철도차량용 능 동 판토틀로그 시스템 운행안 전 제어장치 현 차 시험 절차서 검토	○철도차량용 능동 판토틀로그 주행 시험대 시험 및 평가 ○요소기술 보완 및 시스템 최적화 ○성능시험 분석 결 과에 따른 철도차 량용 능동판토틀 로그 현차적용완 성차 시험 ○철도차량용 능동 판토틀로그시스템 모니터링 및 운전 보조장치 현차 시 험 ○ 철도차량용 능동 판토틀로그시스템 모니터링 및 운전 보조장치 신뢰성 평가 ○철도차량용 능동 판토틀로그시스템 안전제어장치 현 차시험 ○철도차량용 능동 판토틀로그시스템 안전제어장치 신 뢰성 평가 ○철도차량용 능동 판토틀로그시스템 현차 조합을 위한 인터페이스 검토 ○철도차량용 능동 판토틀로그시스템 현차 시험을 위한 인터페이스 기술 검토 및 설계 변 경	○철도차량용 능동 판 토틀로그 표준사양 연구 ○능동 판토틀로그 유지보수 최적화 기 술 방안연구 ○철도차량용 능동 판 토틀로그시스템 모 니터링 및 운전보조 장치 현차시험 및 평가 ○철도차량용 능동 판 토틀로그시스템 모 니터링 및 운전보조 장치 표준사양 제시 ○철도차량용 능동 판 토틀로그시스템 철 도차량 능동열차 운 행 안전제어장치 현 차시험 및 평가 ○철도차량용 능동 판 토틀로그시스템 안 전제어장치 표준사 양 제시 ○철도차량용 능동 판 토틀로그시스템 운 전보조장치 실용화 방안 제시 ○철도차량용 능동 판 토틀로그시스템 운 행 안전제어장치 실 용화 방안 제시

□ 추진 전략

- 자체개발 기술

- 철도차량 능동 판토틀로그 제어기 설계 및 제작기술
- 철도차량 능동 판토틀로그 제어기 성능 평가기술
- 철도차량 능동 판토틀로그 제어기 신뢰성 평가 및 분석기술
- 철도차량 능동 판토틀로그 유지보수 최적화 방안제시 기술
- 철도차량 능동 판토틀로그 통합제어 및 모니터링 기술
- 철도차량 능동 판토틀로그 제어 시뮬레이션 해석기술
- 철도차량 능동 열차전력품질 성능 평가기술

- 기존기술 활용

- 철도차량 전력품질 계측 및 분석 데이터
- 철도차량 반능동, 능동현가용 액츄에이터(반능동 MR댐퍼) 기술
- 철도차량 판토틀로그 공압 제어 기술
- 철도차량용 판토틀로그 수동 제어 기술
- 철도차량 열차종합제어장치 통신 네트워크 및 모니터링 기술

○ 최종 목표

- 주요 연구 내용

구 분	1단계 (시제품 제작 및 성능확보)			2단계 (현차시험 및 신뢰성 시험평가)	
	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
연도별 연구목표	○철도차량용 능 동 틸팅관절대 차 사양 수립 및 기본 설계	○철도차량용 능 동 틸팅관절대 차 상세 설계 및 시제품 제작	○능동 틸팅관절 대차 시제품 제 작보안 및 구성 품 성능시험 평 가	○능동 틸팅관절대 차 조합성능 검증 및 완성차 시험	○능동 틸팅관절대차 최종 신뢰성 검증 및 유지보수 최적화 방안제시 (시험선로 시험)
연도별 연구내용	○철도차량용 능 동 틸팅관절대 차 장착 차량의 모델링 및 기조 해석	○철도차량용 능 동 틸팅관절대 차 장착 철도차 량 동특성 해석	○시스템 설계 보 안 및 최적화 ○철도차량용 능 동 틸팅관절대 차 제작 및 시 험평가	○철도차량용 능동 틸팅관절대차 주 행시험대 시험 및 평가	○능동 틸팅관절대차 표준사 양연구
	○철도차량용 능 동 틸팅관절대 차 시스템 엔지 니어링	○철도차량용 능 동 틸팅관절대 차 상세설계	○철도차량용 능 동 틸팅관절대 차 시제 단품 성 능시험	○요소기술 보완 및 시스템 최적화	○능동 틸팅관절대차 유지보수 최적화 기 술 방안연구
	○목표성능 달성 을 위한 대응량 철도차량용 능 동 틸팅관절대 차 요소부품별 기본사양 도출	○철도차량용 능 동 틸팅관절대 차 대상 차량 인터페이스 / 개 량설계	○단품 성능시험 분석 결과에 따른 시제품 보완	○성능시험 분석 결 과에 따른 철도차 량용 능동틸팅관 절대차 현차적용 완성차 시험	○철도차량용 능동 틸팅관절대차시스 템 모니터링 및 운전보조장치 현 차 시험
	○철도차량용 능 동 틸팅관절대 차시스템 모니 터링 및 운전보 조장치 사양 선 정	○철도차량용 능 동 틸팅관절대 차시스템 운전 보조장치 상세 설계	○철도차량용 능 동 틸팅관절대 차시스템 모니 터링 및 운전보 조장치 단품시 험 및 조립시험	○철도차량용 능동 틸팅관절대차시스 템 모니터링 및 운전보조장치 신 뢰성 평가	○철도차량용 능동 틸팅관절대차시스 템 모니터링 및 운전보조장치 표 준 사양 제 시
	○철도차량용 능 동 틸팅관절대 차시스템 운행 안전제어를 위 한 요구사항 검 토	○철도차량용 능 동 틸팅관절대 차시스템 모니 터링 및 운전보 조장치 시제품 제작	○철도차량용 능 동 틸팅관절대 차시스템 안전 제어장치 단품 시험	○철도차량용 능동 틸팅관절대차시스 템 안전제어장치 현차시험	○철도차량용 능동 틸팅관절대차시스 템 안전제어장치 표준 사양 제 시
	○철도차량용 능 동 틸팅관절대 차시스템 대상 선정 및 데이터 특성 분석	○철도차량용 능 동 틸팅관절대 차시스템 안전 제어장치 상세 설계	○철도차량용 능 동 틸팅관절대 차시스템 모니 터링 및 운전보 조장치 조합 시험	○철도차량용 능동 틸팅관절대차시스 템 안전제어장치 신뢰성 평가	○철도차량용 능동 틸팅관절대차시스 템 운전보조장치 활용 방안 제시
	○철도차량용 능 동 틸팅관절대 차시스템의 시 물레이션을 통 한 제어성능 분 석	○철도차량용 능 동 틸팅관절대 차시스템 안전 제어장치 시차 품 제작	○철도차량용 능 동 틸팅관절대 차시스템 모니 터링 및 운전보 조장치 현차시 험 및 절차서 검토	○철도차량용 능동 틸팅관절대차시스 템 현차 조합을 위한 인터페이스 검토	○철도차량용 능동 틸팅관절대차시스 템 현차 시험을 위한 인터페이스 기술 검토 및 설 계 변경
		○철도차량용 능 동 틸팅관절대 차시스템 단품 시험 절차서	○철도차량용 능 동 틸팅관절대 차시스템 운행 안전 제어장치 현차 시험 절차 서 검토		
		○모니터링 및 운 전보조장치 단 품시험			

□ 추진 전략

- 자체개발 기술

- 철도차량 능동 틸팅관절대차 제어기 설계 및 제작기술
- 철도차량 능동 틸팅관절대차 제어기 성능 평가기술
- 철도차량 능동 틸팅관절대차 제어기 신뢰성 평가 및 분석기술
- 철도차량 능동 틸팅관절대차 유지보수 최적화 방안제시 기술
- 철도차량 능동 틸팅관절대차 통합제어 및 모니터링 기술
- 철도차량 능동 틸팅관절대차 제어 시뮬레이션 해석기술
- 철도차량 능동 열차주행장치 곡선부 주행성능 평가기술

- 기존기술 활용

- 철도차량 곡선부 주행성능 예측 및 분석 데이터
- 철도차량 능동틸팅장치용 액츄에이터 기술
- 철도차량 능동틸팅관절대차 메카니즘 설계 및 동적성능 평가 기술
- 철도차량용 능동틸팅관절대차 차체인터페이스 기술
- 철도차량 열차종합제어장치 통신 네트워크 연계 기술

5. 연구목표 달성을 위한 추진방안

5.1 기존 기술·인프라 등의 활용 및 연계 방안

□ 1세부 : 철도차량용 능동 상하현가장치 기술개발

세부과제명		기존 연구과제(최상위 과제명)			검토결과	
과제명	주요내용	과제명	주요내용	연구기관 (연구기간)	차별성	연계방안
철도차량용 능동 상하현가장치 기술개발	·능동 1차 상하현가장치 기술개발 ·능동 2차 상하현가장치 기술개발 ·능동상하 현가장치 실시간 안전 모니터링 기술개발	철도차량 능동 현가장치 기술개발	·철도차량 능동현가시스템 기반기술 및 성능시험기술개발 ·철도차량 능동현가장치용 대차기술개발 ·철도차량 반능동현가장치용 대용량 MR 덤퍼 개발	한국철도기술연구원 ('10.4~'15.3)	·산업원천기술개발사업으로 횡방향 전자기 선형액추에이터 및 MR 덤퍼 시제품 개발을 목표로 하고 있음. ·본 기획과제는 철도차량 시스템 전체분야에서의 주행성능과 승차감향상 기술개발을 목적으로 하며 1차, 2차 상하수직현가능동제어기술 개발을 목표로 하기 때문에 대상 및 활용 측면에서 중복성이 없음.	·이 사업에서 개발되는 MR덤퍼 및 전자기 선형액추에이터 시제품 및 설계제작 기술을 활용할 수 있음.
		신개년열차기술개발	·철도차량 능동현가시스템 기반 기술에 대한 기초자료 조사 ·차체 횡방향 승차감 제어를 통한 열차 안정화 ·차체 상하방향의 능동제어를 통해 일부 차체 고유진동주파수에 대한 감소가 가능한 것으로 판단하고 있음.	한국철도기술연구원 ('06.1~'06.12)	·철도차량의 능동현가시스템에 대한 필요성 위주로 연구되었었으며, 차후 어떠한 방법으로 추진할 것인지에 대한 명확한 연구는 없음 ·철도차량의 능동현가시스템에 대한 국내외 기술현황 자료 위주 이므로 본 연구과제에서는 실제 능동현가시스템 개발 및 시험이 포함되어 있음	·철도차량 능동현가시스템에 대한 전반적인 기술자료 수집을 추진하였으므로 본 연구과제에서 국내외 기술동향에 대한 자료로 활용가능함

□ 2세부 : 철도차량용 능동판토그래프 기술개발

세부과제명		기존 연구과제(최상위 과제명)			검토결과	
과제명	주요내용	과제명	주요내용	연구기관 (연구기간)	차별성	연계방안
철도차량용 능동판토그래프 기술	·능동판토그래프 최적설계 기술연구 ·능동판토그래프 능동제어 최적 설계연구 ·능동판토그래프 실시간 안전 모니터링 기술개발	차세대 고속철도기술평가사업	·분산형 고속철도시스템 통합 및 총괄 ·시스템성능평가 기술개발 ·고속화를 위한 선로구축물 핵심기술개발 ·저진동 궤도시스템 핵심기술개발	한국철도기술연구원 ('07.7~'12.8)	·차세대 분산형 고속철도시스템에서 필요한 반능동형 접전장치 압상력 제어 OPEN LOOP제어수준의 기본 기술개발함. ·전차선로의 경경 및 드로퍼에서 도출되는 저주파, 고주파 진동성능을 능동제어를	·차세대 분산형고속열차에 적용한 심플오픈루프제어 기술을 이용하여 기초자료로 활용함 ·시험평가 계속데이터를 기반으로 기본설계에 벤치마킹할 수 있음.

개발					통해 감쇄시키는 피드백제어수준을 목적으로 개발함.	
		한국형틸팅열차기술개발사업	•준고속 틸팅개발을 위한 판도그래프 틸팅이 필요함 •능동형 틸팅판도그래프 제어를 위해 차체 틸팅시스템과 연동하여 제작 시험됨 •기존선 고속화를 위한 판도 집전성능 향상을 위해 판도능동 틸팅제어를 수행함	한국철도기술연구원 ('07.8~'12.6)	•능동형 판도그래프의 경우 좌우 방향의 틸팅제어는 국내외 기술이 많이 있지만 상향방향의 능동제어를 통한 집전성능 향상 기술은 외국의 경우 우도 상당히 고난이도 기술임 •고속열차의 속도증속을 위해 판도그래프의 이선율 향상에 적극적 활용이 되어야 함.	•고속열차의 증속에 큰문제 중 하나가 판도그래프의 집전성능 저하이며 이를 해결하기 위해 능동판도그래프 제어가 필요하며, 관련 연구기술에 대한 조사와 활용성에 대해 기술적 검토가 필요함 •능동 틸팅판도그래프 제어의 센싱기술을 활용하여 능동상하판도제어에 활용이 가능함

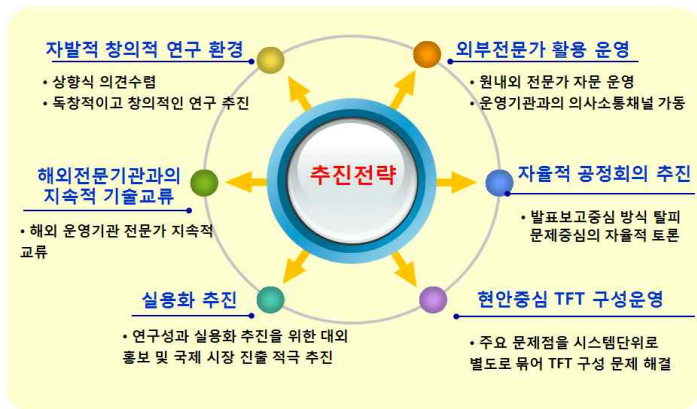
□ 3세부 : 철도차량용 능동틸팅관절대차 기술개발

세부과제명		기존 연구과제(최상위 과제명)			검토결과	
과제명	주요내용	과제명	주요내용	연구기관 (연구기간)	차별성	연계방안
철도차량용 능동틸팅관절대차 기술개발	•철도차량 능동틸팅관절대차 설계기술 •철도차량 능동틸팅관절대차 제작기술 •철도차량 능동틸팅관절대차 최적제어 알고리즘 •철도차량 능동틸팅관절대차 성능시험기술 •철도차량 능동틸팅관절대차 안전회로 설계 기술	한국형틸팅열차기술개발사업	•준고속 틸팅적용을 통한 기존선 속도향상 기술개발 •시스템성능평가 기술개발 •고속화를 위한 일반철도 틸팅적용기술	한국철도기술연구원 ('07.8~'12.6)	•준고속 EMU 시스템에 대한 틸팅적용을 통한 일반철도 고속화를 달성함. •고속열차의 기존선 병행운영에 따른 일반노선 고속화 및 고속철도노선 고속화가 필요함	•준고속 틸팅기술개발 과제에서 개발된 틸팅시스템을 활용하여 관절대차시스템에 적용 가능하도록 연구개발추진 •시험평가 계속데이터를 기반으로 기본설계에 벤치마킹할 수 있음.
		신개년열차기술개발	•철도차량 능동형현가시스템 중 틸팅시스템에 대한 기술적 검토를 수행하였음 •차체 승차감 향상을 위해 틸팅제어가 수행되어야 하며, 고속시 사전틸팅제어에 대한 기술적 검토를 수행함 •고속차량에 대한 틸팅기술은 고속철도 노선건설 및 기존노선 인터페이스 기술에 대한 기술적 검토	한국철도기술연구원 ('06.1~'06.12)	•철도차량의 고속틸팅시스템에 대한 필요성 위주로 연구되었으나, 기술개발에 대한 구체적인 사항이 없음 •철도차량의 능동틸팅관절대차 기술개발의 경우 국내기술이 전무하지만 기존 대차설계 및 제작기술을 적극적으로 활용하여야 함	•철도차량의 능동틸팅관절대차 기술의 핵심은 관절틸팅대차 설계 및 제작 기술과 고속틸팅제어기술로 구분할 수 있으며, 이러한 기존 자료를 활용하여 가장 적합한 기술을 적용하여 함

5.2 연구추진체계

1). 연구개발 추진방법

- 산학연의 협동연구개발 체계를 통한 기초연구와 설계 및 제작을 병행하여 수행
- 국내외 철도운영기관과의 정례회의를 통하여 유지보수 및 안정성, 적용성 검증/창구확보를 통하여 실용성 높은 기술대안 개발 추구
- 해외선진국가의 기술 수출을 목표로 국제 경쟁력을 갖춘 저비용 고효율 스마트 보조전원장치에 대한 기술 선도 및 수출 산업화 기반 구축
- 국내/외 동향조사 및 기술예측, 연구개발과제 도출 등을 위하여 전문 연구기관 및 관련 외부 전문가들로 구성된 기획 연구진을 구성
- 독창적이고 창의적인 연구추진을 위해 자발적이고 창의적인 연구환경을 구축하여 운영하고 상시 자율적 공정회의를 추진하여 문제중심의 연구토론을 추진하도록함.
- 실용적인 연구 결과 도출을 위하여 해외 운영기관 및 국내 기업체 소속의 자문위원을 통해 지속적인 정보 기술교류를 할 것이며 연구성과의 실용화 추진을 위한 대외 홍보 및 해외관련 동향파악을 적극적으로 추진할 예정임.
- 해외 선진기술에 대한 지속적인 벤치마킹을 위한 외국기업체 및 연구기관과의 협력 추진
- 기 수행되었거나(종료과제, 중단과제 등) 현재 수행중인 관련 연구개발과제와의 중복성 검토를 통해 중복투자 배제 및 연계방안 제시



- 연구종료 1개월 이전에 세미나 등을 통한 연구성과발표
- 철도운영기관/철도시설기관/철도차량 제작사/철도관련연구원 등의 기술검토를 통한 가계 의견수렴, 문제점 보완
- 전문가 활용을 통한 기획연구의 합리적인 목적성, 타당성 및 실용성 검증
- 연구성과 관리 방안
 - 연구 최종 목표에 따라 세부 성과를 객관화 할 수 있도록 성과지표를 설정하고 목표달성 여부를 관리하여 연구 계획이 원활히 수행될 수 있도록 함과 동시에 성과물 활용에 따른 상호간 피드백이 활발히 이루어질 수 있도록 관리



2) 추진체계

- 협력적 체제 구축
 - 월 1회 또는 2회 이상 정기공정회의 개최를 통하여 단계별 연구 실적물에 대한 자료 및 방법론에 대한 검토
- 연구 자료에 대한 데이터 베이스 확보 및 교류 체제 구축
 - 연구내용 및 자료를 분야별로 데이터베이스화 하여 웹서버나 전자메일, 웹하드 등을 통한 활발한 기술 교류
- 연구성과 발표를 통한 과제의 검증 및 보완

6. 연구성과 활용방안 및 실용화 추진방안

6.1 성과분석 및 검증방안

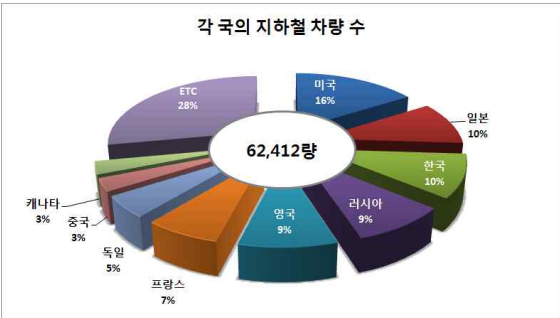
- 철도 차량용 능동 상하 현가장치 기술의 성과 분석은 능동 상하 현가 장치 도입전, 즉 수동 상하 2차 현가 장치를 사용한 경우와 능동 상하 2차 현가 장치 도입후의 승차감을 비교를 통해 이루어진다.
- 능동 1차 현가 장치의 도입에 따른 성과는 안정성 측면에서 다루어지게 되며, 능동 판토틀라프의 성능과 연동되어 평가된다.
- 능동 판토틀라프의 성과 분석은 이선율로 평가되며, 압상력의 표준 편차를 분석을 통해 수행된다.
- 이와 같은 성과 평가를 통해 승차감, 안정성, 집전 성능에 대한 검증이 이루어질 것이다.

6.2 실용화 방안

가. 기술수요 및 기술예측 조사

- 능동 상하 현가 장치는 현재 개발중인 능동 횡진동제어 장치와 더불어 현 고속 철도 차량의 지능화에 기여할 것으로 예상됨.
- 철도 차량이 고속화될 경우 반드시 수반되는 문제는 승차감과 안정성임. 따라서 능동 상하 현가 장치는 고속화 이전에 반드시 확보되어야 하는 기술임.
- 또한 현재 고속화에 걸림돌이 되고 있는 수동 판토틀라프의 성능 개선을 위해서는 반드시 능동 판토틀라프가 개발되어야 함. 이 기술은 현재 시급히 개발이 요구되고 있는 기술로서 기술 수요가 충분한 것으로 사료됨.
- 이와 같은 기술에 대한 수요와 예측을 위해 전문가 및 수요처와의 회의를 진행할 것임.
- 또한, 한국의 지하철은 미국과 일본 다음으로 큰 시장이며 향후 더 많은 성장을 기대하고 있는데, 너무 다양한 시스템들이 도입되어서 전동차 수명 연장의 비전 퇴색은 물론, 현실

적인 여러 가지 문제들을 야기하고 있음.



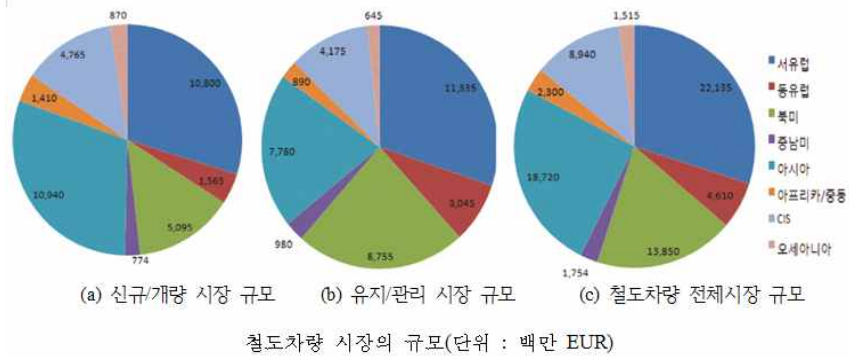
- 능동 상하 현가장치 및 능동 판토틀라프 장치는 전 종류의 철도차량에 적용되는 부품이며 판매후 유지/보수의 비용보다는 신차 제작시 부착되는 부품으로 철도차량의 시장규모에 비례한다고 예상할 수 있음.

철도차량 시장규모(2009)

(단위 : 백만 EUR)

		서유럽	동유럽	북미	중남미	아시아	아프리카/중동	CIS	오세아니아	계	
										백만 EUR	조원
전기기관차	신차	1,030	170	40	0	1,320	190	700	70	3,520	5.4
	판매후	1,100	310	20	10	520	60	340	20	2,380	3.7
고속열차	신차	1,425	75	0	0	2,455	35	100	0	4,090	6.3
	판매후	1,535	10	15	0	850	0	5	10	2,425	3.7
EMU	신차	3,340	330	220	60	1,250	210	250	340	6,000	9.2
	판매후	1,980	240	140	110	2,050	130	480	170	5,300	8.2
DMU	신차	750	70	15	5	75	75	30	50	1,070	1.6
	판매후	810	135	10	15	225	10	35	20	1,260	1.9
경전철	신차	865	275	245	4	120	130	55	15	1,709	2.6
	판매후	950	370	280	5	55	30	185	35	1,910	2.9
도시철도	신차	1,180	120	965	290	1,320	280	45	0	4,200	6.5
	판매후	950	80	860	90	480	30	110	0	2,600	4.0
계(백만 EUR)		15,915	2,185	2,810	589	10,720	1,180	2,335	730	36,464	56
계(조원)		24.4	3.4	4.3	0.9	16.4	1.8	3.6	1.1	55.9	

※ 자료 : The worldwide market for railway technology 2009-2014, SCI/V



나. 기술개발 실용화 방안

- 고속열차의 대차시스템 및 판토품시스템의 구조적 특성과 용량은 크게 바꾸지 않으면서 제어기법을 유효하게 활용할 수 있는 알고리즘 및 기법의 개발을 통하여 열차주행 및 집전성능장치에 대한 최소한의 보완을 통하여 열차주행 및 집전 성능장치에 대한 최소한의 보완을 통한 능동제어를 구현
- 능동제어시스템의 단품 및 조합시험은 과제 범위에서 가능하며, 현차 검증시험의 경우 200km/h 이상의 고속열차가 필요함. 이에 현차검증시험에서 차세대 고속열차(HEMU)의 활용이 가능하며, 한국형 틸팅열차도 현차검증 시험에 활용 가능함.
- 상기와 같은 현차검증 시험 1년 동안의 주행 데이터를 확보한 후 참여기업인 철도공사에서 최종 적용차량을 선정하고 실용화를 추진할 계획임.

7. 인력투입 계획 및 소요예산 산정

7.1 연구일정 및 인력투입계획

가. 전체사업 인력투입계획

연구 내용	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
- 철도시스템 공정기술자	4	4	4	4	4	20
- 대차시스템 인터페이스 기술자	4	4	4	4	4	20
- 판토/틸팅시스템 인터페이스 기술자	9	11	10	8	8	46
- 액추에이터 설계 기술자	10	10	11	3	1	35
- 제어기 설계 기술자	6	7	7	5	5	30
- 차량시스템 시험기술자	4	5	4	5	5	23
- 신뢰성 시험기술자	0	3	4	4	6	17
- 본선시험 성능 기술자	0	3	6	8	9	26
총 계	37	47	50	41	42	217

나. 세부과제별 인력투입

1) 1세부과제 인력투입계획

연 구 내 용	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
- 철도시스템 공정기술자	4	4	4	4	4	20
- 대차시스템 인터페이스 기술자	4	4	4	4	4	20
- 판토시스템 인터페이스 기술자	0	0	0	0	0	0
- 액추에이터 설계 기술자	4	4	4	1	0	13
- 제어기 설계 기술자	3	3	3	3	3	15
- 차량시스템 시험기술자	1	1	1	3	3	9
- 신뢰성 시험기술자	0	1	1	1	3	6
- 본선시험 성능 기술자	0	1	2	4	4	11
총 계	16	18	19	20	21	94

2) 2세부과제 인력투입계획

연 구 내 용	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
- 철도시스템 공정기술자	0	0	0	0	0	0
- 대차시스템 인터페이스 기술자	0	0	0	0	0	0
- 판토시스템 인터페이스 기술자	4	4	4	4	4	20
- 액추에이터 설계 기술자	2	2	2	1	0	7
- 제어기 설계 기술자	1	1	1	1	1	5
- 차량시스템 시험기술자	1	1	1	1	1	5
- 신뢰성 시험기술자	0	1	1	1	1	4
- 본선시험 성능 기술자	0	1	2	2	2	7
총 계	8	10	11	10	9	48

3) 3세부과제 인력투입계획

연 구 내 용	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
- 톨팅시스템 인터페이스 기술자	5	7	6	4	4	26
- 톨팅액추에이터 설계 기술자	4	4	5	1	1	15
- 제어기 설계 기술자	2	3	3	1	1	10
- 차량시스템 시험기술자	2	3	2	1	1	9
- 신뢰성 시험기술자	0	1	1	2	2	6
- 본선시험 성능 기술자	0	1	2	2	3	8
총 계	13	19	19	11	12	74

7.2 과제별 소요예산

가. 예산 산정방법

- 민간부담금은 주관 또는 참여기관이 산업체일 경우 추진체계상 중소기업 또는 대기업 참여 여부 등을 판단하여 아래의 기준으로 작성
- 대기업인 경우 : 총사업비(정부 + 민간)의 50% 이상
- 중소기업인 경우 : 총사업비(정부 + 민간)의 25% 이상
- 총괄과제 연구비는 각 세부과제 연구비의 합임

나. 전체사업 소요예산

☐ 총 연구기간 : 2013년 ~ 2017년 (5년간)

1단계 : 시제품개발 및 조합성능 확보, 2013년 ~ 2015년 (3년간)

2단계 : 완성차 적용 및 신뢰성 확보, 2016년 ~ 2017년 (2년간)

☐ 정부출연한도 : 2013년~2017년까지 5년간 총 164억원

(민간참여지분 : 2013년~2017년까지 5년간 총 55억원)

[단위: 백만원]

구분	1단계			2단계		총액
	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	
정부	2,700	3,900	4,700	3,000	2,100	16,400
민간	900	1,300	1,600	1,000	700	5,500
계	3,600	5,200	6,300	4,000	2,800	21,900

다. 세부과제별 소요예

1) 세부 1과제 : 철도 차량용 능동상하 현가장치 기술개발

☐ 연구기간 : 2013년~2017년(5년간)

(단위: 백만원)

구분	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	총액
정부	1,200	1,500	2,000	1,200	900	6,800
민간	400	500	700	400	300	2,300
계	1,600	2,000	2,700	1,600	1,200	9,100

2) 세부 2과제 : 철도차량용 능동판토틀로그라프 기술개발

☐ 연구기간 : 2013년~2017년(5년간)

(단위: 백만원)

구분	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	총액
정부	600	900	900	600	300	3,300
민간	200	300	300	200	100	1,100
계	800	1,200	1,200	800	400	4,400

2) 세부 2과제 : 철도차량용 능동틸팅시스템 기술개발

☐ 연구기간 : 2013년~2017년(5년간)

(단위: 백만원)

구분	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	총액
정부	900	1,500	1,800	1,200	900	6,300
민간	300	500	600	400	300	2,100
계	1,200	2,000	2,400	1,600	1,200	8,400

8. 연구개발 사전 타당성 조사

8.1 정책적 타당성

1) 국가 전략적 중요성

가) 국가 차원에서의 필요성

○ 저탄소 녹색성장 기본법 제 53조

- 저탄소 녹색성장 기본법 제 53조는 정부가 교통부문의 온실가스 감축을 위한 환경을 조성하고 온실가스 배출 및 에너지의 효율적 관리를 위해 제정함
- 이 법에 따르면, 정부는 에너지 소비량과 온실가스 배출량을 최소화하는 저탄소 교통체계를 구축하기 위하여 대중교통분담률, 철도수송분담률 등에 대한 중장기 및 단계별 목표를 설정 및 관리해야 한다고 정하고 있음
- 정부는 철도가 국가기간교통망의 근간이 되도록 철도에 대한 투자를 지속적으로 확대하고 버스·지하철·경전철 등 대중교통수단을 확대하며, 자전거 등의 이용 및 연안 해운을 활성화하여야 한다고 제시하고 있음

○ 환경과 에너지 자원 문제의 심화

- 2020년경 환경문제 중 온실가스 배출증가에 따른 지구 온난화 현상은 가장 큰 위협이 될 전망이다 예측됨
- 세계 에너지수요는 2030년까지 60%가 증가('02년 대비)할 것으로 전망되며 매년 약 5,680억달러의 추가재원 소요 예상됨
- 이와 관련해 철도 운영사는 매년 막대한 비용의 전력비를 소비하고 있는 상황이고, 철도 운행에 있어 가장 많은 에너지를 소모하고 있는 운행단계에서 전력 소비를 줄일 수 있는 혁신적인 에너지 효율화 기술개발이 필요함

나) 정부 지원의 타당성

○ 정부정책방향

- 현재 정부는 3대전략과 그에 맞는 10대 정책 방향을 제시함
- 3대 전략은 기후변화 적응 및 에너지 자립, 신성장 동력 창출, 삶의 질 개선과 국가위상 강화임
- 10대 정책과제로는 효율적 온실가스 감축, 탈석유·에너지자립 강화, 기후변화 적응역량 강화, 녹색기술개발 및 성장동력화, 산업의 녹색화 및 녹색산업 육성, 산업구조의 고도화, 녹색경제 기반 조성, 녹색국토·교통의 조성, 생활의 녹색혁명, 세계적인 녹색성장 모범국가 구현으로 제시되어 있음
- 해당기술은 철도차량의 능동제어장치 개발을 통해 산업구조의 고도화를 달성시킬 수 있는 기술이므로, 이 기술이 개발되면 철도건설의 막대한 비용이 줄어들어 녹색국토 교통의 조성이 가능하다고 할 수 있음.
- 따라서 '철도차량 능동제어장치'의 핵심기술개발은 정부의 정책방향과 일치한다고 봄

○ 녹색기술 국가 연구 개발사업

- 2010년도 녹색기술 국가연구개발사업을 참고하면, 정부는 녹색강국 건설을 위하여 녹색기술에 대한 투자를 2012년까지 2008년 대비 2배 이상으로 확대하고자 '09년 1월 R&D투자 목표를 세움
- 기술별 27대 중점녹색기술별 투자실적을 보면, 지능형 교통, 물류기술이 2,510억원(7.8%)로 가장 많음
- 2009년 전체 녹색기술 투자 규모 및 중점녹색기술 투자 비중은 정부 계획대로 이행되고 있으나, 녹색기술에 대한 투자 목표 달성을 위해 지속적인 투자 확대정책이 요구됨
- 녹색기초연구 투자목표달성을 위해 중장기적인 관점에서 전략적인 기초연구 확대가 필요함

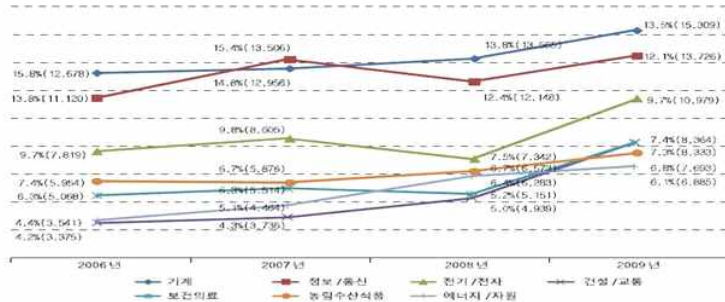
○ 국가 연구 개발사업

- 국가과학기술위원회와 교육과학기술부가 작성한 2010년도 국가연구개발사업 조사 분석

보고서에 따르면 건설/교통분야에 투자되는 비중이 2006년 4.4%에서 2008년 급격히 증가되어 2009년에는 7.4%에 달함을 알 수 있음

[과학기술표준분류별 투자 비중 추이 : 2006~2009]

(억원)



○ 2010 산업기술 주요 통계분석

- KIAT가 작성한 2010 산업기술 주요통계분석을 참고하면 국가연구개발사업의 부처별 투자를 볼 때, 전체 10조 9,936억원 중 지식경제부, 교육과학기술부, 방위사업청, 국토해양부, 중소기업청, 농촌진흥청 등 6개 부.청이 전체의 89.3%를 차지함
- 2008년 건설교통의 경우 협력연구의 비중이 72.6%(3,407억원) 협력연구 없음이 27.4%(1,285억원)으로 협력연구가 비교적 많은 편에 속함

○ 국가 R&D Total 사업

- 국가 R&D Total 사업 중 에너지 및 자원 부분을 보면 에너지 안보 등 대내외 환경변화에 능동적으로 대처하고 국가 기술경쟁력 강화를 위한 핵심기반기술 개발에 주력하는 것을 목표로 함
- 목표의 현실화를 위해 '에너지소비 절감을 위해 에너지이용효율 향상기술 개발에 단기 중점 투자하고 수소·연료전지기술 개발에 투자 지속' 및 '에너지 자립도의 획기적 개선을 위해 신·재생에너지, 차세대원자로 및 핵융합기술개발에 장기적 투자'를 계획하고 있음

다) 사업 추진의 시급성

○ 연구개발 필요성

- 현재 기존선 전기철도차량의 경우 일반철도 고속화 사업이 활발해짐에 따라, 효율적 인 국내 고속철도의 확대화 및 운영효율화를 위해 철도차량에 지능형 능동제어기술적용이 필요해짐
- 철도차량의 고속화에 따른 선로에 적합한 여객열차의 운용이 필요하게 되며 고급 KTX 고속열차의 비효율적인 활용확대로 차량유지보수 및 선로 인프라 유지보수 문제가 크게 대두되고 있음.
- 현재 철도차량의 수동적 메카니즘으로는 다양한 선로 운용 환경에 효율적으로 대처하기가 어려우며, 또한 한계를 갖고 있어 이를 차량내에서 능동적으로 대처할 수 있는 제어 응용기술의 적용이 절실히 요구되고 있음.

라) 사업 목적의 명료성

○ 국가R&D 사업 Total Roadmap

- 국가R&D 사업 Total Roadmap을 참고하면, 우리나라는 정보·전자, 생명, 기계·제조공학, 에너지·자원, 우주·항공·해양, 환경, 소재·나노, 건설·교통·안전, 기초과학으로 분야를 세분화 하여 추진전략을 수립함
- 그 중 건설·교통·안전분야 를 보면, 국민 생활환경 개선, 생명·재산 안전성 확보 등 공공 분야와 첨단산업화가 가능한 분야에 투자한다고 명시됨

2) 상위 계획과의 부합성

가) 국가/산업차원 계획과의 부합성

○ 국가 재정운용계획

- 기획재정부에서 작성한 ‘2011~2015년 국가재정운용계획요약’중 ‘분야별 재원배분방향’을 참고함
- 재원배분 목적은 ‘맞춤형 복지체계 구축 및 삶의 질 선진화’, ‘녹색성장 등 미래대비 투자 강화’, ‘국민 안전 및 국제제고’로 나누어짐
- 재원배분은 크게 12가지 분야로 나누어 배분되는데, 그 중 R&D 분야는 2011년부터 2015년 까지 매년 14.9조원, 16.0조원, 16.9조원, 17.8조원, 18.3조원이 지원될 계획이며, SOC분야에는 24.4조원, 22.6조원, 22.8조원, 22.8조원, 22.8조원이 지원될 예정임
- 분야별 재원배분방향을 살펴보면 ‘녹색성장 등 미래대비 투자강화’항목이 있는데, 이 항목은 녹색기술 개발, 온실가스·에너지 목표관리제 정착 등 기후변화에 선제적으로 대응하고 녹색성장을 뒷받침, 바이오, IT 융·복합, 그린에너지 등 미래 유망분야에 대한 R&D 투자 확대를 통한 성장동력 창출 지원 등의 상세항목을 포함하고 있음
- 또한, 환경분야의 ‘온실가스 등 미래 환경위기에 대비한 대응투자 확대’라는 항목은 온실가스·에너지 목표관리제 확대, 관리인력 양성 등 체계적인 온실가스 감축대책을 차질 없는 지원이라는 항목과 탄소배출이 적은 녹색제품 보급 촉진, 그린카드 확대 등 녹색생활을 실천할 수 있는 기반 지원이라는 상세항목을 가지고 있음
- 이러한 항목들을 살펴봄으로써, 정부는 녹색기술개발을 통한 온실가스 배출저감을 중요하게 생각하고 있다고 판단 할 수 있음

○ 과학기술 기본계획

- 기획재정부, 교육과학기술부, 외교통상부, 통일부, 국방부 행정안전부, 문화체육관광부, 농림수산식품부, 지식경제부 보건복지부, 환경부, 고용노동부, 국토해양부, 국무총리실 방위사업청, 소방방재청, 농촌진흥청, 산림청, 중소기업청 특허청, 식품의약품안전청, 기상청, 방송통신위원회가 함께 만든 ‘이명박정부의 과학기술기본계획(577전략) 2011년도 시행계획(안)’을 보면, ‘2011년도 주요 추진계획’은 5%투자달성, 7대 R&D 집중육성, ‘7대 시스템 선진화·효율화’를 포함하고 있음
- 집중육성 될 7대 R&D는 주력 기간산업 기술 고도화(자동차·조선, 기계·제조공정, 반도체 등), 신산업창출을 위한 핵심기술개발 강화(차세대시스템 S/W, 암 진단·치료 등), 지식기반서비스 산업기술개발 확대(융합형 콘텐츠, 첨단물류 등), 국가주도기술 핵심역량 확보(우주·항공, 원자력·핵융합, 국방 등), 현안관련 특정분야 연구개발 강화(인수공통전염병,

부품·소재 등), 글로벌 이슈관련 연구개발 추진(신재생에너지, 기후변화 예측·적응 등), 기초·기반·융합기술 개발 활성화(바이오칩·센서, 지능형 로봇 등)로 이루어져 있음

- 7대 R&D 주력기간 산업 중‘국가주도기술 핵심역량 확보’의 목적 중 하나는 국민생활환경 개선, 생명·재산 안전 확보 등 공익목적 달성과 첨단 건설·교통·물류 기술개발임
- 건설기술혁신사업, 교통체계효율화사업, 미래도시철도기술개발, 미래철도기술개발사업, 첨단도시개발사업(국토부) 등의 사업들을 포함하고 있음
- 7대 시스템 선진화·효율화에 포함된 7대 시스템은 세계적 과학기술인재 양성·활용, 기초원천연구 진흥, 중소·벤처기업 기술혁신 지원, 전략적 과학기술 국제화, 지역 기술혁신역량 강화, 과학기술 하부구조 고도화, 과학기술 문화확산(생활화), 과학기술 문화확산(사회적 역할 증대)으로 이루어짐
- 이 외에도 2011년도 주요 내용은 ‘과학기술인력 양성 및 일자리 창출’, ‘창조형 기초·원천연구 강화’, ‘녹색기술 및 신산업창출 기술 지원’, ‘미래 국력 제고를 위한 지원 강화’를 포함하고 있음
- 녹색기술 및 신산업창출 기술 지원은 ‘저탄소 녹색성장’을 뒷받침하기 위한 핵심 녹색기술 개발과 미래 성장을 주도할 신산업 R&D 투자확대를 목적으로 하고 있음

○ 국가 R&D사업 Total Roadmap

- 과학기술부, KISTEP이 2006년 12월에 함께 작성한 국가 R&D사업 Total Roadmap을 참고함
- Total Roadmap의 분야별 추진전략 중 건설·교통·안전 분야를 보면, 국민 생활환경 개선, 생명·재산 안전성 확보 등 공공 분야와 첨단산업화가 가능한 분야에 투자하는 것을 추진 전략으로 정하고 있음
- 세부항목으로는 자연 및 인위재해·재난의 예방·대응 등 국민의 삶과 직접 연관된 분야에 투자확대, 미래형 SOC건설, 국토의 효율적 활용 등 국가 기간시설 확충 및 개선을 위한 핵심 분야와 첨단물류기술 분야에 투자지속이라 명시되어 있음

○ 국토 종합계획

- 정부에서 발간한 ‘제4차 국토종합계획 수정계획(2006~2020)’을 참고함
- 현재 우리나라는 교통부문의 예산증가율이 일반회계증가율보다 낮은 추세임

- 현재 우리나라는 다른 OECD국가들과 비교했을 때 도로·철도시설이 잘 되어 있지 않은 상태임

표 8.1 도로·철도시설의 국제비교

항 목	국토면적 대비 도로 연장		국토면적 대비 철도 연장	
	km/km2	순위*	km/km2	순위*
기준연도	1999/2000		2000/2001	
한 국	0.88	15	0.03	13
일 본	3.19	3	0.06	11
미 국	0.69	18	0.02	20
프랑스	1.63	9	0.06	11
독 일	0.65	19	0.10	3
아일랜드	1.34	11	0.03	15
네덜란드	3.44	2	0.08	5
영 국	1.54	10	0.07	7

* :OECD국가 중 순위를 나타냄(자료 : 세계은행, 2003)

- 국내 교통수단별 장래 여객·화물수송 수요 전망에 따르면, 2020년도에 도로 76.8%, 철도 20.1%, 해운 0.3%, 항공 2.8%에 이를 것으로 전망하고 있음

표 8.2 교통수단별 장래 여객수송 수요

(단위: 백만 인·km/년, %)					
연도	도로	철도	해운	항공	합계
2002	206,737 (89.0)	18,287 (7.5)	621 (0.3)	7,809 (3.2)	243,454 (100.0)
2012	283,131 (80.9)	57,378 (16.4)	879 (0.3)	8,691 (2.5)	350,076 (100.0)
2020	306,272 (76.8)	80,081 (20.1)	1,022 (0.3)	11,170 (2.8)	398,545 (100.0)

자료: 건설교통부, 1999 (단, 항공부문의 화물수송수요 자료는 건설교통부, 2005)

표 8.3 교통수단별 장래 화물수송 수요

(단위: 백만 톤·km/년, %)					
연도	도로	철도	해운	항공	합계
2002	79,716 (50.5)	14,235 (9.0)	63,766 (40.4)	170 (0.1)	157,557 (100.0)
2012	101,507 (44.6)	26,025 (11.4)	99,682 (43.2)	200 (0.1)	227,414 (100.0)
2020	110,960 (41.3)	30,368 (11.3)	127,166 (47.3)	266 (0.1)	268,760 (100.0)

자료: 건설교통부, 1999 (단, 항공부문의 화물수송수요 자료는 건설교통부, 2005)

- 이러한 변화와 함께 환경친화적 교통수단 개발 및 교통안전 증진에 대한 사회적 요구 증대, 주 40시간 근무제 시행으로 인해 여가 통행 전망, 고령자·교통약자를 위한 교통시설 및 교통서비스 공급 요구 증대, 대도시권 통근통행의 광역화 심화 등의 예측이 가능함
 - 이러한 요구사항들을 충족시키기 위한 추진과제 중 하나가 '반일생활권의 국가기간교통망 구축'임
 - 그 중 철도 부문을 보면 수송수요 증가 및 지역개발 유도를 위한 고속철도망을 건설하고, 간선철도망을 정비하는 등의 고속철도와 일반철도망이 연계되는 체계적인 국가철도망구축계획의 수립 및 추진을 계획함
 - 또 다른 추진과제인 '안전하고 환경친화적인 교통체계 구축'의 하위항목에는 '안전을 고려한 교통체계 구축'과 '환경친화적 교통체계 구축'이 있음
 - 이 둘 중 '환경친화적 교통체계 구축'은 미연결 철도구간을 연결하여 적국적인 철도 네트워크를 구축하고 대도시와 주변 신도시 간의 교통계획에서 철도건설을 우선 검토한다는 항목이 포함되어있음
- 건설교통 R&D 중기계획
- 국토해양부의 비전은 녹색기술과 청정에너지로 신성장동력과 일자리를 창출하는 신국가 발전 정책임. 이를 위해 국토·도시, 건물, 교통·물류를 저탄소체계로 배편하고, 녹색기술 및 산업을 육성하여 신성장동력을 창출하는 목표로 하고 있음
 - 추진전략을 국토·도시, 건물, 교통, 수자원, 해양 다섯 가지로 나누어 제시하는데 이 중

교통부분은 ‘저탄소 녹색교통·물류체계로의 전환’을 전략으로 하고 있으며, 이를 위해 철도·대중교통 확대 및 Intermodalism구현을 필요로함

- 특히 철도·연안해운 위주의 녹색물류체계 구축을 위해서는 철도 복합일관수송 확대와 녹색교통수단으로 전환촉진이 필요하며, 녹색교통기술 개발 및 보급을 위해서는 첨단녹색교통수단 즉, 차세대 고속열차, 도시형 자기부상열차등의 친환경 첨단 교통수단의 개발이 필요하다고 제시하고 있음

나) 국토해양부(건교부) 및 관련 부처 정책 목표와 계획

○ 국토해양부 비전

- 국토해양부의 비전은 녹색기술과 청정에너지로 신성장동력과 일자리를 창출하는 신 국가 발전정책임. 이를 위해 국토·도시, 건물, 교통·물류를 저탄소체제로 배편하고, 녹색기술 및 산업을 육성하여 신성장동력을 창출하는 목표로 하고 있음
- 추진전략을 국토·도시, 건물, 교통, 수자원, 해양 다섯 가지로 나누어 제시하는데 이 중 교통부분은 ‘저탄소 녹색교통·물류체계로의 전환’을 전략으로 하고 있으며, 이를 위해 철도·대중교통 확대 및 Intermodalism구현을 필요로함

○ 정책 과제

- 특히 철도·연안해운 위주의 녹색물류체계 구축을 위해서는 철도 복합일관수송 확대와 녹색교통수단으로 전환촉진이 필요함
- 녹색교통기술 개발 및 보급을 위해서는 첨단녹색교통수단, 즉, 차세대 고속열차, 도시형 자기부상열차등의 친환경 첨단 교통수단의 개발이 필요하다고 제시하고 있음

○ 국토해양부 녹색성장 추진계획

- 국토해양부의 녹색성장 추진계획은 저탄소 녹색성장과 기후변화에 대응하는 것을 목표로 함
- 녹색성장 국가전략을 효율적·체계적으로 이행하기 위해 부처별로 소관 분야의 추진계획이 마련되었음
- 현재 우리나라는 OECD국가 중 멕시코를 제외하고, 지난 5년간(‘00~’05년)온실가스 배출

증가율이 4위를 차지하고 있음

- 전 세계적으로 온실가스 감축에 대한 국제사회의 압력이 증대하고 있고, 이에 따라 저탄소 기술에 대한 주변국가의 수요가 급증될 것으로 예상됨

3) 사업추진의지 및 관련기관 협조체계

가) 조직 및 기관의 사업 추진의지

○ 국토해양부의 전략목표 및 성과목표

- 녹색성장 실현 기반을 마련하기 위해 도시, 건축물, 교통 분야에서 발생하는 온실가스 감축을 위한 체계적인 대책을 마련하고 있으며, 에너지절감형 교통물류체계 전환 및 확충을 지원하기 위한 지속가능 교통물류발전법을 2009년에 제정하였음
- 그러나 운영효율화 보다는 시설확장 위주의 교통 SCO 정책추진과 에너지 과소비 관행이 지속되고 있어 보다 실천적인 대책마련이 필요하여 국토해양부는 교통 SOC 투자를 도로에서 철도위주로 전환하고 저탄소 녹색 교통 및 물류 체계를 본격적으로 구축하려는 계획을 수립함

표 8.4 국토해양부 2011년도 성과계획

전략목표	성과목표
경쟁력 있고 품격있는 국토 창조	- 물문제를 근원적으로 해결하고 하천관리를 선진화 - 지역 경쟁력 강화 - 안전하고 매력있는 국토환경을 조성
서민중상층의 삶의 질 개선	- 부동산 시장의 안정을 달성 - 서민중상층의 주거안정을 도모 - 서민중상층의 생활여건을 개선
기후변화에 대비하여 저탄소 녹색성장 구현	- 교통 SOC를 재정비하고 녹색교통물류를 실현 - 녹색국토해양 기반을 조성
국토해양산업의 경쟁력 제고	- 국토해양산업을 선진화 - 국토해양 신성장 동력을 확충 - 국토해양산업의 세계진출을 확대 - 공공투자의 효율성을 제고

나) 조직(기관)의 사업 추진의 적합성

○ 조직과의 적합성

- 사업의 주관기관은 기술의 특성상 철도차량의 신기술 적용에 대한 전문지식이 있는 철도 전문연구기관이 수행하는 것이 바람직하며, 철도전문부품연구기관 및 운영기관 등과 긴밀한 협조를 통해 본과제를 수행하여야 한다.

다) 사업 수행 지원 체계

○ 국토해양부 철도부문 예산확대

- 국토해양부의 2011년도 예산규모가 전체적으로 감소한 가운데, 철도부문의 예산은 전년 대비 7.1% 상승한 4조 4,985억원을 기록하여 정부의 지속적인 철도분야에 대한 투자의지가 반영되었음
- 2008년 이후 경제위기의 조기극복을 위한 한시적인 도로 및 철도 부문의 SOC 예산 증가가 이루어졌으나, 경제정상화 추세에 따라 그 규모도 재조정되었음
- 그러나 철도부문의 예산은 2010년 조정 이후, 2011년도에 다시 증가하여 지속가능한 녹색성장 추진을 위한 단계적인 정부 투자 확대 계획을 반영하고 있음

표 8.5 국토해양부 2011년도 부문별 예산 현황

부문	2010년(A) (억원)	2011년(B) (억원)	증감	
			2010년 대비(B-A)	비율(%)
예산	241,204	233,767	(7,437)	(3.1)
교통 및 물류	168,643	160,279	(8,364)	(5.0)
도로	77,281	69,432	(7,849)	(10.2)
철도	42,020	44,985	2,965	7.1
도시철도	11,492	9,537	(1,955)	(17.0)
해운·항만	18,565	16,043	(2,522)	(13.6)
항공·공항	666	664	(2)	(0.3)
물류 등 기타	18,619	19,618	999	5.4
국토 및 지역개발	68,945	69,693	748	1.1
수자원	51,076	52,092	1,016	2.0
지역 및 도시	8,976	8,518	(458)	(5.1)
산업단지	8,893	9,083	190	2.1
환경(해양환경)	1,816	1,681	(135)	(7.4)
사회복지(주택)	1,800	2,114	314	17.4

- 또한 철도부문의 투자는 기존 철도의 복선화 및 전철화, 시설투자 확대 등을 통해 철도 수요를 증가시키고 철도운영의 효율화를 추진하기 위한 기본방향에 적합하도록 확대되고 있음

8.2 기술적 타당성

1) 사업의 창의성과 연계성

- 현재 능동제어장치를 이용한 능동형현가장치, 능동형조향장치, 능동형 집전장치 기술개발 방향은 장치의 기능 구현 및 대상 차종 따라 차량 사양에 부합되도록 개발되어 왔으나, 고속화를 목적으로 한 성능 향상 측면 및 차량 전체 시스템을 고려한 개발은 이번에 처음으로 시도되는 것으로 판단됨.
- 차량 전체시스템에서 효율적 능동제어에 따른 지능형 주행장치의 활용을 통해 능동제어가 가능한 능동제어장치 개발은 차량 전체시스템과 연계하여 연구개발해야 하는 과제로 판단되며 연구개발이 시급함
- 능동형 제어장치 핵심부품개발은 기존 개발된 차량에 추가하여 관리할 수 있으며, 중장기

리용 전용 차량을 활용하여 특성 파악 및 효과 분석을 통하여 실용화가 용이 하며, 나아가 신규 개발되는 차량에 연계하여 적용할 수 있어 그 적용범위가 매우 넓다고 할 수 있음.

2) 기술개발의 적절성

가) 기술개발계획의 완성도

- 능동형 제어 핵심장치 개발을 위해 철도차량 운행에 따른 차량의 진동특성의 검토와 승차감평가시스템 구축, 궤도의 불규칙성을 고려한 선로상태검지 기술 등 연구 내용의 구성이 적절함.
- 지능형 차량제어시스템 사양을 선정하고 진동패턴과 주행안정화 성능에 대한 실 데이터 취득 및 이를 통한 시작품/개선품 개발 및 실차 운영을 통한 검증 체계는 적절함.
- 대차시스템 및 판토그래프 장치는 차량의 일부 부품이므로 대상 차량을 우선 선정하여 차량에 인터페이스 및 차량과의 보호협조회로, 차량이 요구하는 성능을 구체화 하여 개발하고, 조합시험시 차체시스템과 종합제어장치와 연계성을 충분히 검토해야 하며, 시제품 개발시 성능 검증 절차 및 목표를 구체화하는 작업이 필요함

나) 기술 개발 계획의 우수성

- 현재까지는 수동형 댐퍼기술로 직선선로의 주행안정성, 곡선주종성, 판토그래프의 집전성능을 담당하고 있었으나 새로운 연구 개발 통하여 실증 및 효과 분석을 실시한다면 향후 기존의 진동승차감 및 집전성능을 향상시킨 시스템이 적용될 수 있기 때문에 기술개발 계획은 매우 우수하다고 판단됨
- 신규 제작이나 향후 연후에 함께 연계할 수 있을 뿐 아니라 기존 보급된 제품과도 쉽게 접목시킬 수 있기 때문에 그 활용범위는 광범위하다고 판단됨
- 산학연 협동연구를 통한 협력적 체제 구축과 DB확보 및 교류체제 구축, 성과발표를 통한 과제 검증 및 보완, 성과물 활용에 따른 피드백 관리 등의 추진체계는 유효적절하다고 판

단됨

다) 기술 수준 및 개발성공 가능성

- 대차시스템 및 판토그래프 시스템의 구조적 특성과 용량은 크게 바꾸지 않으면서 제어기법을 유효하게 활용할 수 있는 알고리즘 및 기법의 개발을 통하여 열차주행 및 집전성능 장치에 대한 기본적 기술수준을 가져야 함
- 개발활용 데이터 확보와 실차운용시험을 위해 철도운영기관과의 연계 및 연구 자료에 대한 DB확보와 기술교류 체계를 가지기 위한 네트워크 구성 및 관리시스템 구축.
- 차종에 따라 실증, 현차 시험 절차가 변동되므로 대상 차량을 선정하여 발생하는 문제점을 예측하여 준비하는 과정을 거친다면 개발에 성공할 가능성이 높음

8.3 경제적 타당성

1) 경제적 파급효과

가) 비용절감효과

- 고속열차의 주행성능향상을 위한 능동제어시스템은 기존의 차체제어기술과 집전제어기술로서 선로환경에 가장 최적화된 성능을 제공하기위해 필요함 장치임. 따라서 승차감과 승객편의를 위한 장치와 각종제어 전원을 담당하고 있기 때문에 능동제어장치의 활용이 매우 효과적임.
- 고유가 시대에 맞이하여 화석연료 에너지를 절감하고 철도부문의 경쟁력 강화 및 기술수준의 제고를 위해 체계적인 연구개발계획의 수립을 통한 전략적 연구개발의 필요성이 부각됨.
- 최근 개통한 부산-김해 경전철처럼 전기철도를 사용함으로써 해서 많은 비용절감의 효과를 누림. 하루 승객 17만6천명 중 30%가 실제 경전철을 이용하는 것을 기준으로 통행시간

비용 267억원, 차량운행 비용 208억원, 교통사고 비용 23억원, 환경비용 27억원 등 연간 526억원의 주민 편익뿐 아니라 경제적 비용 역시 감소가 나타날 것으로 분석 됨

나) 생산증대효과

- KTX가 도입된 2004년 이후의 우리나라의 철도 네트워크 사업이 활성화 되고는 있지만, 교통 SOC투자 중 도로(46.9%)에 비해 철도는 24%에 불과함.
- 그러나, 에너지 및 기후변화에 대비한 철도기술 개발과 상호운용 가능성의 세계화 추세는 ‘유럽연합(EU) 2020년 전력의 핵심 달성을 위한 철도중심의 범 유럽교통망(TEN-T)계획’으로 나타나고 정부주도의 철도투자 확대가 추진되고 있음
- 철도산업은 다양한 첨단기술이 융합된 고부가 가치기술로서 지속적으로 산업 활성화뿐 아니라 철도시장이 확대되는 경향. 대도시 지하철의 지속적인 확장과 주요 간선의 전철화 등 철도의 주 동력원인 전기에너지 수요가 크게 증가하고 있고, 특히 도심 교통난 해결을 위한 도시철도 확충 수요는 앞으로도 지속될 것으로 판단됨
- 2012년 2월 부산-김해 경전철이 개통되면서 지역경제 유발효과와 주민편익 효과가 크게 나타남. 일반철도의 경우 국토해양부에서 중장기 철도기본계획 수립에 따라 남북한간 연계철도, 동서-남북 등 지역균형발전을 위한 네트워크형 간선철도 건설계획을 계속해서 수립되고 있는 실정임

표 8.6 전철화 건설 추진계획

2012	미정	낙동강~진주	90.9	단선→복선전철
	동해남부선	울산~포항	76.5	단선→복선전철
	경의선	용산~문산	48.6	단선→복선전철
	경전선	삼랑진~진주	95.5	단선→복선전철
	중앙선	덕소~원주	90.4	단선→복선전철
	분당선	왕십리~선릉	6.8	복선전철
	영동선	동백산~도계(이설)	17.8	단선전철
2013	미정	오리~수원	19.5	단선→복선전철
2014	미정	포항~삼척	165.8	단선→복선전철
	미정	소사~원시	23.4	단선→복선전철
2015	수인선	수원~인천	52.8	단선→복선전철
	동해남부선	부산~울산	72.1	단선→복선전철
	미정	대곡~소사	19.5	단선→복선전철
2017	호남고속	오송~목포	230.9	복선전철 건설
	미정	부전~마산	30.4	단선→복선전철
	대구선	동대구~영천	34.9	단선→복선전철
2021	신안산선	안산~청량리	50.9	단선→복선전철

자료) 한국철도시설공단 사업시행계획(2009)

- 주요 철도선진국은 철도분야의 경쟁력을 높이기 위하여 기술개발 계획을 수립하고 체계적인 연구개발을 수행하고 있음
- 우리나라도 고유가 시대의 흐름 속에서 화석연료 에너지를 절감하기 위해 철도부문의 경쟁력 강화 및 기술수준을 높이고 있으며, 높은 기술수준을 획득하기 위한 체계적인 연구개발계획의 수립 및 전략적 연구개발의 필요성이 점점 부각됨
- 전기에너지를 이용한 전기철도 운용의 증가는 에너지 이용의 효율증대뿐 아니라 여러 가지 원가 절감 방안을 강구하게 되었으며, 전기에너지 절감방안의 일환으로 스마트능동제어기술의 개발을 통해 전동차의 성능과 효율에 대한 활용방안에 대한 연구개발이 필요하게 됨
- 하지만 국가 차원으로 응용 잠재력은 크지만 제품 개발에 따른 민간투자가 어렵고 공공 부문이 담당하여 발전시켜야 하는 기술이기 때문에 기술적 성공으로 기술 이용범위가 넓어지거나 경제적 파급효과가 크게 나타날 수 없어 원천 기술에 대한 정책 지원이 활발히

이루어 저야함.

다) 대외무역증진효과

- 세계 철도차량 시장은 매년 4.2% 증가 추세에 있으며 주요 시장은 신조차량의 56%를 차지하고 있는 유럽 및 아시아 지역이며, 특히 중국은 경기부양정책에 따라 철도 인프라 건설을 앞세워 급격한 성장세가 나타남. 국외 철도시장은 고효율 철도차량 기기에 대한 수요가 매년 증가하고 있어 능동제어시스템 수출이 가능함
- 유럽 고속철도망 확대, 화물수송을 위한 용량부족 구간 개선, 노후화된 기존 철도 인프라 유지보수와 에너지 문제 및 기후변화에 대비한 철도기술 개발과 상호 운용 가능성을 위해 정부주도의 철도투자 확대를 추진
- 2014년까지의 시장은 중국을 비롯한 아시아 시장이 가장 큰 규모를 차지할 것이나, 2015년 이후에는 북미시장이 3배 이상 커져 아시아 시장의 3배, 서유럽 시장의 1.7배 규모로 확대될 것으로 예상.
- 해외 철도시장에서의 인프라 수출시 향후 고효율 전동차 개발입지가 강화되어 경쟁력 확보가 가능하기 때문에 기술자립을 위한 국가의 재정적 지원이 절실히 필요
- 그 대표적인 예로 우리나라에서는 한국철도시설공단과 코레일·현대로템·현대중공업 등 15개 회사가 컨소시엄을 이뤄 고속철 차량 제작.
 - 브라질 고속철은 약 331억 해알(약 22조6800억원)을 투자해 2016년 리우데자네이루 여름 올림픽 개최에 맞춰 총 511km에 고속철도를 건설하는 초대형 사업진행
- 국내 고속철도의 경우 시속 300km/h 로 영업운전을 하고 있으나, 기존선 구간에서는 시속 160km/h(호남선 일부 구간)로 운행하고 있어 고속선-기존선 직결운행에 속도차이로 인한 여행시간 증가, 인프라시스템 인터페이스 문제 등이 발생하고 있음.
- 고속철도 선형특성과 우리나라의 산악지형 조건으로 인하여 고속철도 신선 건설시, 터널 및 교량에 대한 건설 투자비중이 상당히 높음.
 - 현재 고속신선 건설시 최소곡선 반경(R)/켄트(C)는 4000m/ 180mm이며, 고속틸팅열차 투입시 동일 속도에서 2500m/ 180mm로 건설이 가능하며 이는 건설비용을 절감할 수 있

음.

○ 350km/h 틸팅 투입시 건설비 절감 효과 (조건:터널60%, 교량20%, 토공20%)

열차 구분	곡선반경	운행속도	운행시간	건설비(100km)
고속열차 (350km/h)	5000m	350km/h	22.1분	23,680억
고속틸팅열차 (350km/h)	5000m 2500m	350km/h 300km/h	25.3분	16,516억

❖ 운행시간 3분 증가, 건설비용 7164억(30.3%) 감소

○ 춘천-속초간 고속신선 건설시 노선 선정 검토

열차 구분	주행거리	운행시간	평균속도	건설비
고속열차 (350km/h)	91.9km	26.7분	206.2km/h	35,732억
고속틸팅열차 (230km/h)	94.7km	31.7분	179.3km/h	27,167억

❖ 운행시간 5분 증가, 건설비용 8565억(24%) 감소

2) 사회적 파급효과

가) 저탄소 녹색성장으로 통한 국가 이미지 제고

- 전기철도는 소음, 매연, 폐유처리 등 환경오염을 거의 발생시키지 않는 환경 친화적인 대중 교통수단. 오염을 비교해 보면 전기철도를 기준으로 자동차는 8.3배, 트럭은 30배 정도의 많은 대기오염을 배출하고 있어 환경보존을 위한 최적의 교통수단
 - 지구온난화의 주범으로 지적되고 있는 온실가스(CO2) 배출측면에서 보면 2005년 평균 8.4kg CO2/km의 온실가스 배출량을 감축할 수 있으며 이를 금액으로 환산하면 1km당 약 1,750원의 온실가스 비용절감을 기대함
- 지능형고속열차 능동제어장치의 경우 고품질 승객서비스 및 저탄소/저에너지 활용기술로 국가 고속철도망 구축 및 친환경기술체계에 적합하지만 국내 기업의 친환경 투자가 미미하고, 기술개발에 대한 불확실성 등으로 기업의 자체 투자가 어려운 실정임.
- 최근 사회·경제적 여건변화로 철도에 대한 선호도가 증가하고 있으며 시대와 환경의 변

화에 따른 저탄소 녹색성장 정책과 에너지 관리 및 대체 에너지 개발정책이 사회·산업 전반에 걸쳐 추진되고 있음. 또한 환경과 에너지 효율성의 중요성이 부각되면서 환경 친화적이고 에너지 효율적인 철도에 대한 선호도가 증가되고 있음

나) 대국민 신뢰도 상승 효과

- 최근 사회, 경제적 여건 변화로 철도에 대한 선호도가 증가하고 기후변화에 따른 저탄소 녹색성장 정책과 에너지 관리 및 대체 에너지 개발 정책이 사회, 산업 전반에 걸쳐 추진 되어 환경과 에너지 효율성 부각
- 코레일은 KTX 고속철도운영을 확대하기 위해 유지보수 고장 및 전력 비상사태, 전력난 에 대비하기 위해 유지보수부품 강화 및 일부시간대에 수도권 전철의 운행을 줄였으며 이는 시민들의 불편과 신뢰도 감소로 이어짐
- 지능형 능동제어장치 기술을 활용해 기존의 철도차량의 주행안정성 및 승차감 향상과 전력량의 조절을 손쉽게 하여 운영선로의 속도제한을 극복하고 많은 양의 전력량을 줄임으로써 전철의 운행을 줄일 필요가 없게 됨. 따라서 절감한 비용을 활용해 승객을 위한 편의 시설을 확충하거나 노인 및 장애인 무인승차, 요금인상률 인하 등 사회적 서비스를 제 공함으로써 대국민 신뢰도 상승효과를 유발시킬 수 있음
- 전기차의 특성상 Maintenance- Free가 가능하고, 장거리 운전을 할 수 있어 동일 수송량 처리에 적은 수의 차량 운용과 생산성 향상으로 운행시간 단축, 속도 향상, 선로용량 증 대에 따른 고빈도 운행이 가능해짐으로써 수송서비스 운용효율 향상 물류비 절감
- 지역서비스 발전을 통해 지역사회의 발전뿐 아니라 국민들의 통행시간, 차량운행, 교통사고, 환경 비용이 감소하고 직, 간접 고용효과를 얻게 됨으로써 경제적 비용의 감소뿐 아니라 일자리 창출의 효과가 기대됨

9. 과제 RFP 및 평가기준

9.1 본과제 RFP

1) 1세부과제 과제 제안 요구서(RFP)

연구과제명	철도차량용 능동상하현가장치 기술개발
1. 연구개발목표	철도차량의 운행 효율 향상을 위한 지능형 철도차량의 능동 상하현가장치 기술개발
○ 철도차량 열차운행의 고속화를 위한 일반철도 능동상하현가장치 핵심기술개발 ○ 주행안정성 향상을 위한 능동 1차 현가시스템 기술개발 ○ 철도차량 승차감 향상을 위한 능동 2차 현가시스템 기술개발	
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 미래녹색국토구현을 위한 KTX 고속철도망 구축전략(2010.9.1)에서는 건설운영중인 노선의 경우 최고속도 230km/h급으로 고속화할 계획이며 선로직선화, 신호시스템, 전차선 등 일부시설 개량을 통해 선형조건에 따라 180에서 230km/h까지 고속화 할 예정임. ○ 따라서 일반철도 건설선 250km/h급 고속화 추진전략에 따라 고속철도노선에서의 최고속도향상과 일반철도 노선의 평균속도향상을 확보할 수 있는 경제적 고속화 서비스 기술 연구가 필요함. ○ 2011년 4월에 발표된 제 2차 국가철도망 구축계획(2011-2022)에 따르면 설계속도별 수요와 사업비와의 관계를 분석하여 노선별 최적의 속도를 선정하고 신규건설노선은 설계속도 250km/h 내외로 고속화 달성하도록 함. ○ 건설비용 절감과 운영비용 절감을 고려하여 일반철도의 경쟁력을 확보하고 기존 건설선의 고속화를 추진하기 위해서는 250km/h급 고속열차가 필요하며, 저속화물열차와의 혼용선로로서의 취약점을 개선하기 위해서는 철도차량의 지능형 능동제어 기술을 접목함으로써 여객수송의 고급화 및 안전성을 동시에 확보하는 기술을 확보하는 것임. ○ 국토해양부가 추진하고 있는 고속철도망 구축 및 일반철도 고

	속화 방안에 크게 기여할 수 있으며, 철도에 의한 국토통합으로 지역갈등이라는 고질적 사회문제 해소할 수 있음 ○ 능동형 현가장치 기술은 철도차량을 이용하는 승객에게 양질의 서비스를 제공하기 위한 고급기술로서 철도를 이용하는 국민에게 양질의 서비스를 제공하는 것은 정부의 역할 중의 하나이므로 정부의 지원이 필수적임. ○ 철도차량의 고속화와 더불어 기존의 곡선반경을 가진 곡선부에서 철도차량의 속도를 향상시킬 경우 틸팅시스템에 의해 제어되는 준정적 가속도 성분이외에 승차감에 영향을 주는 동적 가속도 성분이 증가됨으로써 필연적으로 승차감에 저하를 가져오게 됨. 따라서 철도차량의 속도를 향상시키는 동시에 양질의 횡방향 승차감을 확보하기 위해서는 능동형 현가장치의 도입이 필수적임.
□ 기술개발 동향	○ 철도선진국이라 할 수 있는 일본이나 유럽의 여러 나라는 이미 고속열차에 능동형 현가기술을 적용하고 있으며, 우리나라와 유사한 수준을 유지하고 있는 중국 또한 능동형 현가기술 개발에 전력을 다하고 있음. 우리나라도 철도차량용 관련하여 해외에 적극적으로 진출하기위해서는 또한 동 기술의 개발이 시급한 시점임. ○ 국내에서 기 확보된 200km/h급 준고속틸팅기술을 기반으로 고속주행안전성 및 곡선부 추종성능을 동시에 만족할 수 있는 최적화된 고속열차 능동서스펜션 핵심기술 확보가 절실함. ○ 능동현가장치를 가장 많이 채택한 나라는 일본과 독일, 스웨덴 및 프랑스 등임. 선진국들에서의 능동현가장치 채택 상황 및 적용 추세를 보면 앞으로 철도차량에 능동현가장치가 얼마나 많이 도입될지의 추정이 가능함. ○ 최근 일본에서 선두차량과 특실에 능동현가장치를 적용하였음. 이는 철도차량의 고속화에 따라 승차감 확보를 위하여 더 우수한 현가장치를 채용하는 전망을 보여 주는 사례이며, 과거 일부 차량에만 적용되었던 능동현가장치 적용이 일반화되어 가는 추세임. ○ 일본의 경우, 능동현가장치의 적용 초기에는 반능동현가장치만을 적용하였으나, 지속적으로 속도 향상이 이루어지고 있는 현재에는 능동현가장치의 적용이 점차 확대되는 추세임. 최근에 개발된 최대 운전속도가 360km/h급인 FASTECH360에는 전자

	기식 선형액추에이터의 능동현가장치를 장착하였음. ○ 고속철도차량의 수명은 장거리 운행 및 최고의 요구 성능으로 약 25~35년으로 간주함. 현재 고속철도의 도입이 활성화된 지 많은 시간이 지나지는 않았으나, 앞으로 고속철도차량이 그 수명을 다하여 새로운 열차가 투입될 때에는 고속철도차량에 능동현가장치를 채택할 가능성이 매우 높은 것으로 전망됨. 또한, 신규로 투입될 열차들은 일본이나 스웨덴 등의 경우에서 보는 바와 같이 능동현가장치를 채용할 가능성이 매우 크고 점점 증가하고 있는 추세임. [고속차량 능동제어기술개발 사례]
3. 연구개발 내용	○ 1 차년도 - 철도차량용 능동 상하 현가 시스템장착 차량의 모델링 및 기초해석 - 철도차량용 능동 상하 현가 제어 시스템 엔지니어링 - 목표성능 달성을 위한 대용량 철도차량용 능동제어시스템 요소부품별 상세사양 도출 ○ 2 차년도 - 철도차량용 능동상하현가 시스템 장착 철도차량 동특성 해석 - 철도차량용 능동상하현가 시스템상세설계 - 철도차량용 능동상하현가 시스템 대상 차량 인터페이스/개량설계 - 철도차량용 능동 상하 현가 시스템 시제품 제작

○ 3 차년도 - 시스템 설계 보완 및 최적화 - 철도차량용 능동 상하 현가 시스템 제작 및 시험평가 - 대상 차량 개량 및 품질시험 - 철도차량용 능동 상하 현가 시스템 시제 단품 성능시험 - 단품 성능시험 분석 결과에 따른 시제품 보완 ○ 4 차년도 - 철도차량용 능동상하 현가 시스템 주행시험대 시험 및 평가 - 요소기술 보완 및 시스템 최적화(1) - 성능시험 분석 결과에 따른 철도차량용 능동 상하 현가 시스템 현차적용시험 ○ 5 차년도 - 시험선로 주행성능시험 결과 보고서 - 표준설계사양서 - 개발품에 대한 신뢰성 평가 시험 및 분석서	
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	■ 산학연의 협동연구개발 체계를 통한 기초연구와 설계 및 제작을 병행하여 수행 ■ 국내외 철도전문연구기관 및 철도운영기관과의 정례회의를 통하여 유지보수 및 안전성, 적용성 검증/ 창구확보를 통하여 실용성 높은 기술대안 개발 추구
□ 추진체계	■ 협력적 체제 구축 - 월 1회 이상 정기공정회의 개최를 통하여 단계별 연구 실적에 대한 자료 및 방법론 검토 ■ 연구 자료에 대한 데이터베이스 확보 및 교류 체제 구축 - 연구 내용 및 자료를 분야별로 데이터베이스화 하여 온라인을 통한 활발한 기술교류 ■ 연구성과 발표를 통한 과제의 검증 및 보완

- 연구종료 1개월 이전에 세미나 등을 통한 연구 성과 발표 - 철도운영기관/철도시설기관/철도차량 제작사/철도관련 연구원 등의 기술검토를 통한 각계 의견수렴, 문제점 보완 - 전문가 활용을 통한 기획연구의 합리적인 목적성, 타당성 및 실용성 검증 ■ 연구성과 관리 방안 - 연구 최종 목표에 따라 세부 성과를 객관화할 수 있도록 성과 지표를 설정하고 목표 달성 여부를 관리하여 연구 계획이 원활히 수행될 수 있도록 함과 동시에 성과를 활용에 따른 상호간 피드백이 활발히 이루어질 수 있도록 관리	
5. 최종성과물	
□ 주요최종성과물	■ 철도차량용 능동 상하 현가 시스템 시작품 ■ 철도차량용 지능형능동상하 현가 시스템 인터페이스 기술 도면 ■ 철도차량용 지능형능동상하 현가 시스템 성능시험 절차서 ■ 철도차량용 지능형능동상하 현가 시스템 본선시험 절차서 ■ 철도차량용 지능형능동상하 현가 시스템 표준사양서
6. 사업기간 및 소요예산	
■ 사업기간 - 총사업기간 : 5년(시운전 기간 12개월 포함) ■ 사업예산 • 추정 총사업비 : 6,800백만원(정부지원금) - 1차년도 1,200백만원 : 자료조사/기술확보/기본설계 - 2차년도 1,500백만원 : 상세설계 및 1차 시제품 제작 - 3차년도 2,000백만원 : 단품성능시험 - 4차년도 1,200백만원 : 조합성능시험 및 완성차시험 - 5차년도 900백만원 : 신뢰성 시험 및 시운전 시험 ※ 연차별 지원예산은 선정평가, 정부예산 사정 또는 매칭펀드 비율에 따라 조정될 수 있음.	
7. 기타	
■ 연구신청자는 RFP에 제시된 연구개발 내용을 기준으로 연구개발계획서를 작성하되, 과제의 목표 달성에 반드시 필요하다고 판단	

되는 경우 연구내용을 수정하여 제안할 수 있음(명확한 사유 및 근거 제시)

■ 성과목표(성과지표/목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제안하여야 하며, 과제 선정 후 성과실적 및 수행실적은 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도 점검, 관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용됨.

■ 과제 제안요구서(RFP)의 요구사항에 대응하는 연구개발계획서 조건표를 작성 제출

■ 연구추진과정에서 관련기술 환경변화를 고려하기 위하여 Rolling Plan을 실시하여 연구내용(연구비 포함) 및 추진시기 등이 조정될 수 있음.

■ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 국토해양부소관 연구개발 사업 운영규정의 기준을 따르되, 추가 부담가능

2) 2세부과제 과제 제안 요구서(RFP)

연구과제명	철도 차량용 능동 판토티그래프 기술개발
1. 연구개발목표	철도차량의 운행 효율 향상을 위한 능동 판토티그래프 기술개발
○ 철도차량 열차운행의 고속화를 위한 능동 판토티그래프 핵심기술개발 ○ 집전성능 향상을 위한 능동집전제어기술개발 ○ 철도차량 주행 향상을 위한 전차선 인터페이스 향상기술개발	
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
☐ 연구개발의 필요성	○ 철도차량의 판토티그래프는 이선율 방지를 위해 적정의 압상력을 유지해야하는 전력 부품임. ○ 미래녹색국토구현을 위한 KTX 고속철도망 구축전략(2010.9.1)에서는 건설운영중인 노선의 경우 최고속도 230km/h급으로 고속화할 계획이며 선로직선화, 신호시스템, 전차선 등 일부시설개발을 통해 선형조건에 따라 180에서 230km/h까지 고속화 할 예정임. ○ 철도차량의 고속화는 필연적으로 판토티그래프의 이선율 및 아크과다 발생으로 이어짐. 따라서 일반철도 건설선 250km/h급 고속화 추진전략에 따라 고속철도노선에서의 최고속도향상과 일반철도 노선의 평균속도향상을 확보할 수 있는 안정적 판토티그래프 기술에 대한 연구가 필요함. ○ 능동 판토티그래프는 철도차량의 상하 진동과 관련이 있기 때문에 단독으로 다룰 수 없는 부품임. 능동 판토티그래프 기술은 철도차량을 이용하는 승객에게 양질의 서비스를 제공하기 위한 고급기술로서 정부의 역할과 지원이 필수적임.
☐ 기술개발 동향	○ 철도선진국이라 할 수 있는 일본이나 유럽의 여러 나라는 이미 고속열차의 판토티그래프에 능동 제어 기술을 적용하고 있음. 우리나라의 철도차량을 해외에 수출하기위해서는 또한 동 기술의 개발이 시급한 시점임. ○ 국내에서 이미 개발된 준능동형 판토티그래프 기술을 기반으로 이선율 및 아크 발생율을 낮출 수 있는 능동 판토티그래프 핵심기술 확보가 절실함. ○ 고속철도차량의 수명은 장거리 운행 및 최고의 요구 성능으로 약

25~35년으로 간주함. 현재 고속철도의 도입이 활성화된 지 많은 시간이 지나지는 않았으나, 앞으로 기존 고속철도차량의 수동 판토품을 교체할 경우 새로운 능동 판토품 장치의 채택할 가능성이 매우 높은 것으로 전망됨. 또한, 신규로 투입될 고속 열차들은 능동 판토품을 채용할 가능성이 매우 큼.



Construction of the ASP



Sensor module

Electronic module for the sensors

능동 판토품 기술개발 사례

3. 연구개발 내용

○ 1 차년도

- 철도차량용 능동 판토품 모델링 및 기초해석
- 철도차량용 능동 판토품 전차선 인터페이스 엔지니어링 기술개발
- 목표성능 달성을 위한 능동 판토품 요소부품별 상세사양 도출

○ 2 차년도

- 철도차량용 능동 판토품 장착 철도차량 동특성 해석
- 철도차량용 능동 판토품 상세설계

- 철도차량 능동제어 판토품상력제어 상세설계
- 철도차량 급전 전력품질 제어기술 상세설계
- 철도차량용 능동 판토품 대상 차량 인터페이스/개량설계
- 철도차량용 능동 판토품 시제품 제작

○ 3 차년도

- 시스템 설계 보완 및 최적화
- 철도차량용 능동 판토품 제작 및 시험평가
 - 철도차량 능동제어 판토품상력제어 제작 및 시험평가
 - 철도차량 급전 전력품질 향상제어기술 제작 및 시험평가
- 대상 차량 개량 및 품질시험
- 철도차량용 능동 판토품 시제 단품 성능시험
- 단품 성능시험 분석 결과에 따른 시제품 보완

○ 4 차년도

- 철도차량용 능동 판토품 주형시험대 시험 및 평가
- 요소기술 보완 및 시스템 최적화(1)
 - 고속차량 능동 판토품 최적화 보완
 - 고속차량 급전 전력품질 최적화 보완
- 성능시험 분석 결과에 따른 철도차량용 능동 판토품 현차 적용 시험

○ 5 차년도

- 시험선로 주행성능시험 결과 보고서
- 표준설계사양서
- 개발품에 대한 신뢰성 평가 시험 및 분석서
 - 고속차량 능동 판토품 장치 완성

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

- 산학연의 공동연구개발 체계를 통한 기초연구와 설계 및 제작을 병행하여 수행
- 국내외 철도전문연구기관 및 철도운영기관과의 정례회의를 통하여 유지보수 및 안전성, 적용성 검증/ 장구확보를 통하여 실용성 높은 기술대안 개발 추구

□ 추진체계

- 협력적 체제 구축
 - 월 1회 이상 정기공정회의 개최를 통하여 단계별 연구

실적에 대한 자료 및 방법론 검토 ■ 연구 자료에 대한 데이터베이스 확보 및 교류 체제 구축 - 연구 내용 및 자료를 분야별로 데이터베이스화 하여 온라인을 통한 활발한 기술교류 ■ 연구성과 발표를 통한 과제의 검증 및 보완 - 연구종료 1개월 이전에 세미나 등을 통한 연구 성과 발표 - 철도운영기관/철도시설기관/철도차량 제작사/철도관련 연구원 등의 기술검토를 통한 각계 의견수렴, 문제점 보완 - 전무가 활용을 통한 기획연구의 합리적인 목적성, 타당성 및 실용성 검증 ■ 연구성과 관리 방안 - 연구 최종 목표에 따라 세부 성과를 객관화할 수 있도록 성과 지표를 설정하고 목표 달성 여부를 관리하여 연구 계획이 원활히 수행될 수 있도록 함과 동시에 성과물 활용에 따른 상호간 피드백이 활발히 이루어질 수 있도록 관리	
5. 최종성과물	
☐ 주요최종성과물	■ 철도차량용 능동 판토틀로그프 시작품 ■ 철도차량용 능동 판토틀로그프 인터페이스 기술 도면 ■ 철도차량용 능동 판토틀로그프 성능시험 절차서 ■ 철도차량용 능동 판토틀로그프 본선시험 절차서 ■ 철도차량용 능동 판토틀로그프 표준 사양서
6. 사업기간 및 소요예산	
■ 사업기간 - 총사업기간 : 5년(시운전 기간 12개월 포함) ■ 사업예산 • 추정 총사업비 : 3,300백만원(정부지원금) - 1차년도 600백만원 : 자료조사/기술확보/기본설계 - 2차년도 900백만원 : 상세설계 및 1차 시제품 제작 - 3차년도 900백만원 : 단품성능시험 - 4차년도 600백만원 : 조합성능시험 및 완성차시험 - 5차년도 300백만원 : 신뢰성 시험 및 시운전 시험 ※ 연차별 지원예산은 선정평가, 정부예산 사정 또는 매칭펀드 비율에 따라 조정될 수 있음.	

7. 기타	
■ 연구신청자는 RFP에 제시된 연구개발 내용을 기준으로 연구개발 계획서를 작성하되, 과제의 목표 달성에 반드시 필요하다고 판단되는 경우 연구내용을 수정하여 제안할 수 있음(명확한 사유 및 근거제시) ■ 성과목표(성과지표/목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제안하여야 하며, 과제선정 후 성과실적 및 수행실적은 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검, 관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용됨. ■ 과제 제안요구서(RFP)의 요구사항에 대응하는 연구개발계획서 조건표를 작성 제출 ■ 연구추진과정에서 관련기술 환경변화를 고려하기 위하여 Rolling Plan을 실시하여 연구내용(연구비 포함) 및 추진시기 등이 조정될 수 있음. ■ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 국토해양부소관 연구개발 사업 운영규정의 기준을 따르되, 추가 부담가능	

3) 3세부과제 과제 제안 요구서(RFP)

연구과제명	철도 차량용 능동틸팅관절대차 기술개발
1. 연구개발목표	철도차량의 운행 효율 향상을 위한 능동틸팅관절대차 기술개발
○ 철도차량 열차운행의 고속화를 위한 능동틸팅관절대차 핵심기술개발 ○ 철도차량 주행성능향상을 위한 능동틸팅관절대차 기술개발 ○ 철도차량 주행 향상을 위한 차량궤도 인터페이스 향상기술개발	
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성 ○ 국내 간선철도의 경우 건설선 고속화 추진방향에 따라 영업운행 속도를 시속 230km/h이상으로 상향조정됨에 따라 향후 경제적 효율성이 뛰어난 고속철도노선-간선철도노선간 노선 직결/단일화 운행이 가능한 열차수송관리 시스템기술이 필요함. ○ 미래녹색국토구현을 위한 KTX 고속철도망 구축전략(2010.9.1)에서는 건설운영중인 노선의 경우 최고속도 230km/h급으로 고속화할 계획이며 선로직선화, 신호시스템, 전차선 등 일부시설개량을 통해 선형조건에 따라 180에서 230km/h까지 고속화 할 예정임. ○ 최근 선진 유럽국가의 고속철도선로의 경우 300km/h급 열차와 함께 영업속도 230km/h-250km/h로 운행할 수 있는 고속틸팅열차(차체틸팅 경사각 8도 가능)를 병행하여 직결 운영하고 있는 추세임. ○ 우리나라 산악지형의 조건과 고속철도노선의 선형특성으로 인해 고속철도 건설시 요구되는 막대한 건설투자비용을 줄일 수 있는 건설비용절감형 열차운영기술이 절실히 요구됨. ○ 고속철도 건설시 도심권의 주거환경의 저해해소 및 비전철화 구간에 서도 고속철도 운영서비스가 가능한 무가선/가선 겸용 친환경 고속열차 수송시스템의 개발이 매우 필요함.	
□ 기술개발 동향 ○ 철도선진국이라 할 수 있는 일본이나 유럽의 여러 나라는 이미 고속열차에 능동틸팅 제어 기술을 적용하고 있음. 우리나라의 철도차량을 해외에 수출하기위해서는 또한 동 기술의 개발이 시급한 시점임. ○ 국내에서 이미 개발된 능동틸팅제어 기술을 기반으로 고속틸팅제어 및 관절틸팅대차 기술의 핵심기술 확보가 절실함. ○ 외국의 경우 고속선-기존선 틸팅직결운행을 통한 속도향상으로	

주행시간을 현저히 단축시킴

- 함부르크에서부터 라이프찌히의 노선은 평평하고 직선으로 되어있고 ICE T는 230km/h의 최대속도로 운행.
- 라이프찌히로부터 뉘른베르크(320km)의 곡선구간(최소 곡선반경: 300m)과 25‰의 급구배에서 ICE-T는 틸팅기술을 사용하여 운행시간을 14% 줄임.
- 뉘른베르크에서부터 뮌헨까지의 노선에서 ICE T는 230km/h의 최대속도로 새롭게 만들어진 노선을 운행.



국외 고속 능동틸팅제어 기술개발 사례

3. 연구개발 내용

- 1 차년도
 - 철도차량용 능동틸팅관절대차 모델링 및 기초해석
 - 철도차량용 능동틸팅관절대차 차량궤도 인터페이스 엔지니어링 기술개발
 - 목표성능 달성을 위한 능동틸팅관절대차 요소부품별 상세사양 도출
- 2 차년도
 - 철도차량용 능동틸팅관절대차 장착 철도차량 동특성 해석
 - 철도차량용 능동틸팅관절대차 상세설계
 - 철도차량 능동틸팅관절대차 상세설계
 - 철도차량 능동틸팅관절대차 틸팅제어기술 상세설계
 - 철도차량용 능동틸팅관절대차 대량 차량 인터페이스/개량설계
 - 철도차량용 능동틸팅관절대차 시제품 제작

○ 3 차년도 - 시스템 설계 보완 및 최적화 - 철도차량용 능동틸팅관절대차 제작 및 시험평가 · 철도차량 능동틸팅관절대차 제작 및 시험평가 · 철도차량 능동틸팅관절대차 틸팅제어기술 제작 및 시험평가 - 대상 차량 개량 및 품질시험 - 철도차량용 능동틸팅관절대차 시제 단품 성능시험 - 단품 성능시험 분석 결과에 따른 시제품 보완 ○ 4 차년도 - 철도차량용 능동틸팅관절대차 주행시험대 시험 및 평가 - 요소기술 보완 및 시스템 최적화(1) · 고속차량 능동틸팅관절대차 최적화 보완 · 고속차량 능동틸팅관절대차 틸팅제어기술 최적화 보완 - 성능시험 분석 결과에 따른 철도차량용 능동틸팅관절대차 현차적용시험 ○ 5 차년도 - 시험선로 주행성능시험 결과 보고서 - 표준설계사양서 - 개발품에 대한 신뢰성 평가 시험 및 분석서 · 고속차량 능동틸팅관절대차 장치 완성	
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	■ 산학연의 협동연구개발 체계를 통한 기초연구와 설계 및 제작을 병행하여 수행 ■ 국내외 철도전문연구기관 및 철도운영기관과의 정례회의를 통하여 유지보수 및 안전성, 적용성 검증/ 창구확보를 통하여 실용성 높은 기술대안 개발 추구
□ 추진체계	■ 협력적 체제 구축 - 월 1회 이상 정기공정회의 개최를 통하여 단계별 연구 실적에 대한 자료 및 방법론 검토 ■ 연구 자료에 대한 데이터베이스 확보 및 교류 체제 구축 - 연구 내용 및 자료를 분야별로 데이터베이스화 하여 온라인을 통한 활발한 기술교류 ■ 연구성과 발표를 통한 과제의 검증 및 보완

- 연구종료 1개월 이전에 세미나 등을 통한 연구 성과 발표 - 철도운영기관/철도시설기관/철도차량 제작사/철도관련 연구원 등의 기술검토를 통한 각계 의견수렴, 문제점 보완 - 전무가 활용을 통한 기획연구의 합리적인 목적성, 타당성 및 실용성 검증 ■ 연구성과 관리 방안 - 연구 최종 목표에 따라 세부 성과를 객관화할 수 있도록 성과 지표를 설정하고 목표 달성 여부를 관리하여 연구 계획이 원활히 수행될 수 있도록 함과 동시에 성과물 활용에 따른 상호간 피드백이 활발히 이루어질 수 있도록 관리	
5. 최종성과물	
□ 주요최종성과물	■ 철도차량용 능동틸팅관절대차 시제품 ■ 철도차량용 능동틸팅관절대차 인터페이스 기술 도면 ■ 철도차량용 능동틸팅관절대차 성능시험 절차서 ■ 철도차량용 능동틸팅관절대차 본선시험 절차서 ■ 철도차량용 능동틸팅관절대차 표준사양서
6. 사업기간 및 소요예산	
■ 사업기간 - 총사업기간 : 5년(시운전 기간 12개월 포함) ■ 사업예산 • 추정 총사업비 : 6,300백만원(정부지원금) - 1차년도 900백만원 : 자료조사/기술확보/기본설계 - 2차년도 1,500백만원 : 상세설계 및 1차 시제품 제작 - 3차년도 1,800백만원 : 단품성능시험 - 4차년도 1,200백만원 : 조합성능시험 및 완성차시험 - 5차년도 900백만원 : 신뢰성 시험 및 시운전 시험 ※ 연차별 지원예산은 선정평가, 정부예산 사정 또는 매칭펀드 비율에 따라 조정될 수 있음.	
7. 기타	
■ 연구신청자는 RFP에 제시된 연구개발 내용을 기준으로 연구개발 계획서를 작성하되, 과제의 목표 달성에 반드시 필요하다고 판단되는 경우 연구내용을 수정하여 제안할 수 있음(명확한 사유 및 근거제시)	

- 성과목표(성과지표/목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제안하여야 하며, 과제선정 후 성과실적 및 수행실적은 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점거, 관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용됨.
- 과제 제안요구서(RFP)의 요구사항에 대응하는 연구개발계획서 조건표를 작성 제출
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화를 고려하기 위하여 Rolling Plan을 실시하여 연구내용(연구비 포함) 및 추진시기 등이 조정될 수 있음.
- 기업참여시 기업부담금은 연차별로 국토해양부소관 연구개발 사업 운영규정의 기준을 따르되, 추가 부담가능

9.2 연차별 연구성과 평가방법 및 기준 설정

1) 1세부과제

가. 제안요청과제의 목적과 제안과제의 연구목표의 일치도 : 배점 20점

세부항목	평가내용	배점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
과제목적의 적합성	연구과제 요청된 과제의 목적에 적합한 과제인가?	20	15	10	5	1

나. 연구목표 달성을 위한 전문성 및 추진체계 : 배점 40점

세부항목	평가내용	배점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
최종목표	연구개발 최종목표의 적절성(핵심기술 도출의 정확성)	10	8	6	4	2
단계별 목표	단계별 및 연차별 목표설정 및 내용의 적절성	10	8	6	4	2
연구추진 전문성	목표달성의 위한 기술전문성 보유?	10	8	6	4	2
연구추진체계	목표달성을 위한 전체적인 추진체계가 잘 갖추어져 있는가?	10	8	6	4	2
소 계						

다. 자체설정목표 달성 가능성 : 배점 30점

세부항목	평가내용	평가점수				
		우수	양호	보통	미흡	불량
연구성과	정량적 연구목표는 적정한가?	10	8	6	4	2
결과활용	기대성과 및 활용방안의 적정성은?	10	8	6	4	2

목표달성가능성	자체설정목표의 달성가능성은 높은가?	10	8	6	4	2
소 계						

라. 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						

2) 2세부과제

가. 제안요청과제의 목적과 제안과제의 연구목표의 일치도 : 배점 20점

세부항목	평가내용	배점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
과제목적의 적합성	연구과제 요청된 과제의 목적에 적합한 과제인가?	20	15	10	5	1

나. 연구목표 달성을 위한 전문성 및 추진체계 : 배점 40점

세부항목	평가내용	배점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
최종목표	연구개발 최종목표의 적절성(핵심기술 도출의 정확성)	10	8	6	4	2
단계별 목표	단계별 및 연차별 목표설정 및 내용의 적절성	10	8	6	4	2
연구추진 전문성	목표달성의 위한 기술전문성 보유?	10	8	6	4	2
연구추진체계	목표달성을 위한 전체적인 추진체계가 잘 갖추어져 있는가?	10	8	6	4	2

소 계						

다. 자체설정목표 달성 가능성 : 배점 30점

세부항목	평가내용	평가점수				
		우수	양호	보통	미흡	불량
연구성과	정량적 연구목표는 적정한가?	10	8	6	4	2
결과활용	기대성과 및 활용방안의 적정성은?	10	8	6	4	2
목표달성가능성	자체설정목표의 달성가능성은 높은가?	10	8	6	4	2
소 계						

라. 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						

3) 3세부과제

가. 제안요청과제의 목적과 제안과제의 연구목표의 일치도 : 배점 20점

세부항목	평가내용	배점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
과제목적의 적합성	연구과제 요청된 과제의 목적에 적합한 과제인가?	20	15	10	5	1

나. 연구목표 달성을 위한 전문성 및 추진체계 : 배점 40점

세부항목	평가내용	배점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
최종목표	연구개발 최종목표의 적절성(핵심기술 도출의 정확성)	10	8	6	4	2
단계별 목표	단계별 및 연차별 목표설정 및 내용의 적절성	10	8	6	4	2
연구추진 전문성	목표달성의 위한 기술전문성 보유?	10	8	6	4	2
연구추진체계	목표달성을 위한 전체적인 추진체계가 잘 갖추어져 있는가?	10	8	6	4	2
소 계						

다. 자체설정목표 달성 가능성 : 배점 30점

세부항목	평가내용	평가점수				
		우수	양호	보통	미흡	불량
연구성과	정량적 연구목표는 적정한가?	10	8	6	4	2
결과활용	기대성과 및 활용방안의 적정성은?	10	8	6	4	2
목표달성가능성	자체설정목표의 달성가능성은 높은가?	10	8	6	4	2
소 계						

라. 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						

9.3. 성과분석 및 검증방안

1) 1세부과제

유 형	성과지표	검증방안
제안 성과지표	철도차량 능동 상하 현가장치 사양서	연차별 보고서
	철도차량 운행에 따른 진동승차감 패턴도	연차별 보고서
	철도차량 능동 상하 현가장치 실시간 상태진단 사양서	연차별 보고서
	철도차량 능동 상하 현가제어시스템 설계도(1차년도)	설계도면
	철도차량 능동 상하 현가제어시스템 구성품 시험 절차서 및 성적서(2차년도)	공인기관 시험성적서
	철도차량 능동 상하 현가제어시스템 조합 시험 절차서 및 성적서(3차년도)	공인기관 시험성적서
	철도차량 능동 상하 현가제어시스템 현차 시험 절차서 및 성적서(4,5차년도)	공인기관 시험성적서
	철도차량 능동 상하 현가제어시스템 표준사양서(5차년도)	연차별 보고서
표준지표		
	논문 게재 × 3건/년	게재자료
	특허 출원 × 3건/년	출원번호
	특허 등록 × 2건/년	등록번호
	S/W 등록 × 5건/년	등록번호
	언론 홍보 × 2건/년	홍보물

2) 2세부과제

유 형	성과지표	검증방안
제안 성과지표	철도차량용 능동 판토품그래프 사양서(1차년도)	연차별 보고서
	철도차량용 능동 판토품그래프 제어장치 설계도(1차년도)	설계도면
	철도차량용 능동 판토품그래프 단품성능시험 절차서 및 성적서(2차년도)	공인기관 시험성적서
	철도차량용 능동 판토품그래프 조합성능시험 절차서 및 성적서(3차년도)	공인기관 시험성적서
	철도차량용 능동 판토품그래프 현차성능시험 절차서 및 성적서(4,5차년도)	공인기관 시험성적서
	철도차량용 능동 판토품그래프 표준사양서(5차년도)	연차별 보고서
표준지표	논문 발표 × 10건/년	발표자료
	논문 게재 × 3건/년	게재자료
	특허 출원 × 3건/년	출원번호
	특허 등록 × 2건/년	등록번호
	S/W 등록 × 5건/년	등록번호
	언론 홍보 × 2건/년	홍보물

3) 3세부과제

유 형	성과지표	검증방안
제안 성과지표	철도차량용 능동틸팅관절대차 사양서	연차별 보고서
	철도차량용 능동틸팅관절대차 설계도(1차년도)	설계도면
	철도차량용 능동틸팅관절대차 단품성능시험 절차서 및 성적서(2차년도)	공인기관 시험성적서
	철도차량용 능동틸팅관절대차 조합성능시험 절차서 및 성적서(3차년도)	공인기관 시험성적서
	철도차량용 능동틸팅관절대차 현차성능시험 절차서 및 성적서(4,5차년도)	공인기관 시험성적서
	철도차량용 능동틸팅관절대차 표준사양서(5차년도)	연차별 보고서
표준지표	논문 발표 × 10건/년	발표자료
	논문 게재 × 3건/년	게재자료
	특허 출원 × 5건/년	출원번호
	특허 등록 × 3건/년	등록번호
	S/W 등록 × 5건/년	등록번호
	언론 홍보 × 2건/년	홍보물