3cm

R&D/
11-연구
기획-04
-01

4cm

Green
-up 30

(총괄)

철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축 기술 기획보고서

Land Transpot and Maritime
R&D Report

2012

국 토 해 양 부

한국건설교통기술평가원

5cm

3cm

(견고딕 17p)

(견고딕 25p)

건설교통연구기획사업 (견고딕13p)

3cm

0.5cm R&D / 11-연구기획-04-01

2.5cm 9cm

(견고딕31p) 5cm

[Green-up 30]

철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축 기술 기획보고서

(0.1cm)

2012. 3. 13.

0.15cm (견고딕15p)

(별색바탕 : C50, M20, Y59, K0)

주관연구기관 / 한국철도기술연구원
공동연구기관 / ㈜기술과가치
공동연구기관 / 성균관대 산학협력단

(견고딕 15.5p)

(백색바탕)

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

(견고딕 20p)

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 건설교통연구기획사업의 연구보고서 입니다.

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 “철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축 기술 기획” 과제의 보고서로 제출합니다.

2012. 3. 13

주관연구기관명 : 한국철도기술연구원
주관연구책임자 : 노학래 책임연구원
연 구 원 : 이지하 선임연구원
" : 이관섭 수석연구원
" : 이철규 선임연구원
" : 이수길 선임연구원
" : 이준호 선임연구원
" : 정호성 선임연구원
공동연구기관명 : (주)기술과가치
공동연구책임자 : 신익호 이사
공동연구기관명 : 성균관대학교 산학협력단
공동연구책임자 : 조근태 교수

보 고 서 요 약 서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>11-연구기획
-04-01</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2011.6.14~
2012.3.13</td><td>단 계 구 분</td><td>1단계/총1단계</td></tr>
<tr><td colspan="2">연 구 사 업 명</td><td colspan="4">건설교통연구기획사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4">철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축 기술 기획</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">노학래</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 21명
내부 : 7명
외부 : 14명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부: 150백만원
기업: 백만원
계: 150백만원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 21명
내부 : 7명
외부 : 14명</td><td>총연구비</td><td>정부: 150백만원
기업: 백만원
계: 150백만원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">한국철도기술연구원
고속철도연구본부</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명 :-</td><td colspan="2">상대국연구기관명 :-</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="3">연구기관명 : (주) 기술과가치
연구기관명 : 성균관대학교</td><td colspan="2">연구책임자 : 신 익 호
연구책임자 : 조 근 태</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약</td><td>보고서면수</td><td>446</td></tr>
<tr><td colspan="6">『저탄소 녹색성장 시대』에 맞는『지속가능한 친환경 교통체계 구축』을 위해 철도기술개발 방향을 정립하고 철도교통의 시간/가격 경쟁력을 확보할 수 있는 미래 기술개발 추진전략을 수립할 필요가 있다. 이러한 배경 하에 본 기획연구에서는 철도분야의 미래 핵심기술 개발사업 추진을 위해『인간과 환경이 함께하는 철도 기술력 확보』라는 비젼을 설정하고, “철도 유지보수/관리 최적화 및 비용저감”, “철도에너지 효율 제고 및 운영 최적화”, “철도 전과정 환경성 유지관리 및 자원재활용 효율 향상” 이라는 3대 중점목표와 “고속 검측차량 기술”, “IT 기술을 융합한 실시간 철도차량 유지관리 시스템 기술”, “고효율 에너지 절감 및 운영최적화 기술”, “도시철도차량 자원효율화 및 저탄소 철도시설 건설비용 저감 기술”의 4대 중점추진분야에서 16개 후보과제(주요기술)를 도출하였다. 기획타당성검토위원회의 평가결과에 따라 총 16개 후보과제 중 9개 과제가 상세기획 대상과제로 선정되었으며, 본 기획연구에서는 9개 상세기획 대상과제를 그룹핑하여 총 6개 과제(5개 연구단 과제 및 1개 일반과제)에 대하여 과제별로 상세기획을 수립하였다. 상세기획이 진행된 연구개발과제는 다음과 같다.
- 고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속종합검측차량 기술개발 (연구단)
- 스마트미터링 기반의 도시철도차량 피크전력 분산제어 기술개발 (연구단)
- 철도차량 스마트 유지보수 기술개발 (연구단)
- 철도시설 탄소통합평가 및 에너지 관리 기술개발 (연구단)
- 폐 철도차량의 유용자원 회수시스템 기술개발 (연구단)
- 철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술개발 (일반과제)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">고속종합검측차, 전력미터링, 상태기반 유지보수, 철도 재활용, 스마트 보조전원</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">High-speed Inspection Car, Metering System, Condition based-Maintenance, Rail Recycling, Smart SIV (static inverter)</td></tr>
</table>

목 차

[국문요약문] ····· v
[영문요약문] ····· vii

1장. 연구과제 개요 ····· 3
1절.『철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축 기술 기획』의 개요 ····· 3
1.『철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축 기술 기획』의 추진배경 ····· 3
2.『철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축 기술 기획』의 필요성 ····· 5

2장. 기술개발 전략 수립 ····· 9
1절. 기획 필요성 ····· 9
1. 기획 배경 ····· 9
2. 기획 목적 및 추진방향 ····· 12
2절. 국내외 동향 및 환경분석 ····· 13
1. 국내외 정책동향 및 분석 ····· 13
2. 국내외 경제동향 및 분석 ····· 22
3. 국내외 기술개발 동향조사 및 분석 ····· 37
4. 기술개발을 위한 인프라 및 기반 역량 분석 ····· 55
3절. 기술수요 및 예측 ····· 59
1. 기술수요조사 및 결과 ····· 59
2. 기술예측조사 및 결과 ····· 65
4절. 기술개발 방향 설정 ····· 70
1. 분석결과 종합 ····· 70
2. 중점추진분야 설정 ····· 82
3. 중점추진분야별 기술발전단계 ····· 197
5절. 비전 및 목표 수립 ····· 203
1. 비전 및 목표 ····· 203
2. 기술개발에 따른 미래상 ····· 205
6절. 후보과제 도출 및 정의 ····· 217

3장. 연구개발과제 추진체계 ····· 221
1절. 기획대상과제 선정결과 ····· 221
2절. 기획대상과제 조정결과 ····· 222
3절. 연구개발과제 추진체계 ····· 223

4장. 연구개발과제 주요내용 및 기대효과 ····· 231
1절. 연구개발과제 주요내용 ····· 231
2절. 연구개발과제 성과활용방안 ····· 242
3절. 기대효과 ····· 252

5장. 연구개발과제 소요예산 ····· 261

[부록] 1. 후보과제 우선순위 도출결과 ····· 273
[부록] 2. 후보과제별 과제카드 ····· 295
[부록] 3. 후보과제 우선순위 도출 설문지 ····· 317
[부록] 4. 특허분석자료 ····· 331
[부록] 5. 기술수요조사 자료 ····· 407

(별권 1) 고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속종합검측차량 기술 기획보고서
(별권 2) 스마트 미터링 기반의 도시철도차량 피크전력 분산제어 기술 기획보고서
(별권 3) 철도차량 스마트 유비보수 기술 기획보고서
(별권 4) 철도시설 탄소통합평가 및 에너지 관리 기술 기획보고서
(별권 5) 폐 철도차량의 유용자원 회수시스템 기술 기획보고서
(별권 6) 철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술 기획보고서

요 약 (SUMMARY)

요 약 문

[기획과제명 : 철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축 기술 기획]

○ 경제성장과 더불어 자동차는 우리 생활에 필수적인 수단이 되었고 이에 따라 환경오염에 미치는 영향도 지속적으로 증대되어 가고 있다. 지속적인 경제발전은 자연스럽게 교통량 증가와 에너지 소비증가로 이어지지만, 우리나라의 문제는 사용되는 에너지의 대부분을 수입에 의존하고 있으며 더 큰 문제는 에너지를 많이 사용하는 산업 및 소비구조를 가지고 있다는 점이다.

○ 전 세계적으로 교토협약 및 지속가능 발전의 이행수단으로서 철도의 역할이 증대되고 있으며, “철도 재활성화”를 통하여 도로에서 철도이용으로 기본 교통구조를 전환하려는 노력들이 시도되고 있다. 따라서『저탄소 녹색성장 시대』에 맞는『지속가능한 친환경 교통체계 구축』을 위해 철도 기술개발 방향을 정립하고 철도교통의 시간/가격 경쟁력을 확보할 수 있는 미래 기술개발 추진전략을 수립할 필요가 있다.

○ 이러한 배경하에 1단계『기술개발전략 수립』기획연구에서는 철도분야의 국내외 정책, 경제 및 기술개발 부문별로 동향 및 환경을 분석하고, 분야별 전문가 설문조사를 통한 기술수요조사와 문헌조사를 통한 기술수요예측조사를 실시하였다. STEEP 분석 및 SWOT 분석을 통해 도출된 keyword를 바탕으로 Issue tree를 작성하고, 연구개발 Needs와의 맵핑을 통해 3가지 중점목표, 4가지 중점추진분야 및 16개 후보과제(주요기술)을 도출하였다.

○ 2단계『후보과제 우선순위 도출』에서는 후보과제별로 연구개발목표, 기존기술 활용방안, 기술개발 필요성, 주요 연구내용, 과제규모 등을 검토하여 과제카드를 작성하였다. 우선순위 평가를 위해 4개 대항목과 8개 세부항목의 평가지표를 계층구조로 설계하였으며, 계층적 의사결정방법 (AHP: Analytic Hierarchy Process)을 활용한 전문가 설문조사로 16개 후보과제 평가를 실시하고 우선순위를 제안하였다.

○ 제2차 기획타당성검토위원회 평가를 통하여 16개 후보과제 중 9개 과제가 상세기획 대상과제로 선정되었으며 이중 3개 후보과제는 1개 과제로 통합하라는 평가결과에 따라, 최종 7개 과제가 상세기획 대상과제로 확정되었다. 7개 기획대상과제 중 2개 과제를 그룹핑하여 총 6개 과제를 최종 연구개발 대상과제로 결정하였으며 이는 5개 연구단과제와 1개 일반과제로 구성되었다.

○ 3단계『연구개발과제별 상세기획』에서는 연구개발과제별 목표 및 범위 설정과 세부과제 및 연구내용 도출, 연구과제 추진체계, 인력투입 및 소요예산 등을 제시하였다. 또한 정책적, 기술적, 경제적 측면에서의 타당성을 검토하고, 연구개발과제별로 과제제안요구서(RFP)를 작성하고 연차별 평가를 위한 평가기준을 설정하였다.

○ 이러한 과정을 거쳐 5개 연구단과제 및 1개 일반과제의 연구기간 및 소요예산 규모 등은 다음과 같이 제안되었다.

연번	기획 과제명	추진체계	연구기간	총연구비 (백만원)
1	고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속종합검측차량 기술개발	연구단	4년	18,200
2	스마트미터링 기반의 도시철도차량 피크전력 분산제어 기술개발	연구단	3년	10,450
3	철도차량 스마트 유지보수 기술개발	연구단	4년	17,370
4	철도시설 탄소통합평가 및 에너지 관리 기술개발	연구단	3년	12,550
5	폐 철도차량의 유용자원 회수시스템 기술개발	연구단	3년	13,900
6	철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술개발	일반과제	3년	5,750

※ 총 연구비는 민간부담금 포함

SUMMARY

Title : A study on the development planning of rail vehicle and ecofriendly infrastructure technologies for the efficient rail-traffic operation

○ With economic growth, automobiles have become an essential instrument in our lives, resulting in continuously increasing impacts on environmental pollution. Continuous economic development normally leads to the increase in traffic volume and energy consumption, but the problem of this country is that the people heavily rely on imported energies and the bigger problem is that the industrial and consumption structures utilize much energy.

○ Around the world, the role of railways as an implementation means of the Kyoto Agreement and a sustainable development is on the increase, and attempts have been made to change the fundamental transport element from highways to railways by "revitalizing railways." Therefore, there is a need to establish the strategy for future technological development with the time and price competitiveness of railways as well as to define the principles of railway technology development in order to establish a sustainable, ecofriendly transport system compatible with the "low-carbon green-growth era."

○ Against this backdrop, in research phase 1 involving the establishment of technological development strategy, the trends and surroundings of home and abroad political, economic and technological developments in the railway sector were analyzed with surveys conducted for technological demand and literature searches for technological demand forecasting. Based on the keywords induced from the STEEP analysis and SWOT analysis, an issue tree was developed. By mapping the R&D needs, three targets, four fields and sixteen candidate tasks (major technologies) were drawn.

○ In phase 2 involving the prioritization of candidate tasks, R&D objectives for each candidate task, ways to utilize existing technologies, the need for technology development, major research contents, magnitude of tasks, etc. were reviewed with task cards developed. For the prioritization purposes, evaluation indices were developed which consist of four major items and eight sub items. Through a survey over experts utilizing an analytic hierarchy process (AHP), sixteen candidate tasks were assessed with their priority orders suggested.

○ Following the second evaluation by the Planning Feasibility Review Committee, nine out of the sixteen candidate tasks were selected as detailed tasks subject to planning. As the evaluation indicated that three of them should be united into one, two out of seven tasks subject to planning were grouped, so that a total of six tasks were selected as those subject to final R&D. They consist of five tasks to be performed by the research group and one ordinary task.

○ In phase 3 involving the detailed planning of R&D tasks, the objectives and scope of each R&D task were defined with detailed tasks and research contents drawn, and the implementation scheme of research tasks, staff mobilization, required budgets, etc. were proposed. In addition, a feasibility review is provided in political, technological and economic aspects, RFPs (Request for Proposals) were developed for each R&D task, and evaluation criteria were defined for a yearly evaluation.

○ Through this process, the followings are proposed regarding the research periods of five tasks to be performed by the research group and one ordinary task and required budgets.

No.	Task	To be performed by	Research Period	Total Funds (mil. KRW)
1	High-speed general inspection vehicle technology development for maintenance of high-speed infrastructure	Research Group	4 years	18,200
2	Technology development for peak power distribution control of metro system vehicles based on smart-metering	Research Group	3 years	10,450
3	Smart maintenance technology development for rolling stock	Research Group	4 years	17,370
4	Technology development for energy control and carbon integration evaluation	Research Group	3 years	12,550
5	Technology development for useful resources collection system from end-of-life rolling stock	Research Group	3 years	13,900
6	Technology development for high-efficiency auxiliary power supply of rolling stock	Ordinary task	3 years	5,750

※ Private funds are included in the total funds.

제1장

연구과제 개요

1절 『철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축 기술 기획』의 개요

1장 연구과제 개요

1절『철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축 기술 기획』의 개요

1.『철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축 기술 기획』추진배경

○ 국토해양 R&D 사업은 2005년 이후 투자증가에 힘입어 KTX-Ⅱ 실용화, 해수담수화 기술개발, 쇄빙선 아라온호 건조, 리튬 추출 성공 등 의 대형성과를 창출하였으나「저탄소 녹색성장」패러다임에 부합하는 발전전략으로 전환 필요

- 기획·평가·성과활용 등 R&D 프로세스의 선진화와 국토해양 분야 연구인력·시설 등 연구 인프라에 대한 투자 필요

- 또한, 저탄소 녹색성장에 부합하는 녹색 R&D 투자확대와 VC-10 사업 이후 미래 성장동력을 창출할 선도과제 선정 시점 도래

- 이에 따라, 국토해양부는 R&D 거버넌스·프로세스 개선 및 미래핵심기술 등 국토해양 R&D의 미래 발전방향에 대한「국토해양 R&D 발전전략」을 수립

  · 녹색기술을 향상시키고 온실가스 감축목표를 조기에 달성하기 위한 시스템차원의 사업구조 재편을 실시하고, 미래핵심기술을 발굴하여 “품격 높은 국토해양공간을 창조하는 Green Growth Leader”의 비전 제시

  · R&D 거버넌스・사업구조・프로세스・성과창출 등의 4개 분야 12개 추진전략을 마련하여 국토해양 R&D의 종합적인 사업구조 재편을 실시

  · 미래 국토해양 분야의 녹색성장 견인 및 신성장 동력 창출을 위해 미래핵심기술『Green-up 30』선정

    ◦ **철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라구축 기술**을 포함한 건설 12개 분야, 교통 9개 분야, 해양 9개 분야

○『저탄소 녹색성장』에 맞는『지속가능한 친환경 교통체계 구축』을 위해 철도 기술개발 방향 정립 및 전략 수립 필요

- 경제성장과 더불어 자동차는 우리 생활에 필수적인 수단이 되었고 이에 따라 환경오염에 미치는 영향도 지속적으로 증대되어 가고 있음.

- 지속적인 경제발전은 자연스럽게 교통량 증가와 에너지 소비증가로 이어지지만, 우리나라의 문제는 사용되는 에너지 대부분을 수입에 의존하고 있으며 더 큰 문제는 에너지를 많이 사용하는 산업 및 소비구조를 가지고 있다는 것임.

- 『인류의 지속가능한 생존』이라는 관점에서 에너지 다소비형 산업구조를 극복하기 위한 다양한 노력을 기울일 필요가 있으며, 우선 비효율적인 수송체계 개선과 교통부문의 환경피해를 저감할 수 있는 교통정책 수립을 통한 실천이 필요함.

- 우리나라는 『인간과 환경이 함께하는 교통체계 구축』이라는 비전을 가지고 2009년 12월 『지속가능 교통물류 발전법』을 제정, 시행함으로서 자동차 도로교통 중심에서 철도를 중심으로 한 대중교통 위주의 교통체계 구축으로 정책방향을 전환할 수 있는 계기를 마련함.

- 국가교통정책의 패러다임이 "저탄소 녹색성장 시대에 맞는 지속가능한 친환경 교통체계 구축"으로 변화해 가는 상황에서 다음 [표 1-1]에서 보는 바와 같이 철도는 비용 및 환경성 관리가 용이하고 사회적으로 안전하고 경제적인 이동수단으로 제공될 수 있다는 측면에서 다시 주목을 받고 있음.

- 전 세계적으로 교토협약 및 지속가능 발전의 이행수단으로서 철도의 역할이 증대되고 있으며 "철도 재활성화"를 통하여 도로에서 철도이용으로 기본 교통구조를 전환하려는 노력들이 시도되고 있음.

- 철도가 자동차의 문전수송(door-to-door service)과 같은 접근성의 한계를 극복하고 이용자가 선호하는 매력적인 교통수단이 되기 위해서는 철도의 시간/가격 경쟁력을 향상시켜야 하며, 철도의 경쟁력을 확보할 수 있는 미래 기술개발 전략 수립과 기술수준과 지식(knowledge)수준의 차이를 규명(identify)하여 철도분야의 연구개발 전략을 수립할 필요가 있음.

[표 1-1] Why Rail Transport? (Case : Europe)

	교통부문의 이슈	철도부문의 기여
에너지 소비	- 총 에너지 소비의 30% - 이중 98%가 오일 의존	- 철도: 가장 효율적 수송수단 - 동일 물동량 수송 시 도로 대비 3~6배 에너지 소비 절감
오염물질 배출	- 1990년 이후 34.9% 증가 - 타 부문 3.1% 감소	- 철도 : 가장 친환경적 교통수단 - 화물수송에 있어 철도의 오염물질 배출은 트럭 대비 ⅓ 이하
기후 변화	- 총 CO2 배출량의 25% 이상이 교통부문에서 배출	- EU 교통부문의 총 온실가스 배출량 중 철도 분담율은 단지 0.6%
외부비용*	- EU 교통부문의 년간 오염비용은 1,600억 € (1인당 년간 360€)	- 철도 화물의 외부 비용은 도로 화물 대비 ¼ 이하 수준
수요증가 (growing demand)	- 1995년 이후 EU 27개국의 년간 여객수송 증가율은 1.7%, 화물수송의 경우 2.8% - 에너지 및 토지 소비, 혼잡 증가	- 철도로의 Modal Shift는 에너지 및 토지 소비, 도로 혼잡 감소 - 복선철도의 수송능력은 왕복 16차선의 간선 고속도로(superhighway)와 동일
안전	- 도로교통에 집중 (사망 및 상해사고)	- 상해를 포함한 사고 빈도는 도로교통 대비 철도가 훨씬 적음

* 사고, 대기오염, 기후변화, 소음, 자연경관/서식지/도시환경의 악화 등
자료: Innotran 2008 Dialog Forum, Technologies Drive Markets – Railway Rolling Stock, 24th September 2008

2. 『철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축 기술 기획』의 필요성

○ 국토해양 R&D는 녹색성장, 국민 삶의 질 등 공공부문의 역할이 지대하여 국가차원의 육성대책 필요

- 저탄소 녹색성장 패러다임에 따라 CO2 배출의 40% 이상을 차지하는 건축·교통 분야 R&D의 역할과 중요성이 증가
- 살기 좋은 국토환경 조성, 편리한 교통물류 서비스를 제공하여 국민 삶의 질 향상과 안전 확보에 기여 필요
- 기술경쟁력 강화를 토대로 해외 철도시장을 개척하여 새로운 국부창출의 추진 동력 확보 필요

○ 철도교통의 도전 목표 (경쟁력, 수익성, 효율성) 달성에 필요한 신규기술 정의

- 철도가 국가교통의 핵심 수단으로 경쟁력을 가지기 위해서는 최종 상품 단위인 여객열차와 화물열차 서비스가 상품으로서의 경쟁력을 확보하여야 함.
- 따라서 철도교통에는 「사회적/경제적 비용소비가 적고, 국민들에게 만족도/안전도가 높으며, 환경 친화적인 철도수송 상품의 개발/제공」이라는 목표가 있음.
- 이를 위해 장래 철도교통의 도전 요구조건(needs)을 규명(identify)하고, 중·단기적으로는 기존 기술을 최상으로 활용할 수 있는 체계로의 전환이 필요하며, 장기적으로는 이러한 도전조건들에 의한 장래 철도망의 변화를 예측하여 철도의 미래를 새로 디자인(re-engineered)할 수 있는 신규기술 개발전략이 필요함.

· 철도교통의 도전목표: 경쟁력(competitiveness), 수익성(profitability), 효율성(efficiency)



[그림 1-3] 철도교통의 도전 목표

○ 장래 철도시스템의 특성에 적합한 철도기술 도출 및 전략 수립 필요

- 타 수송수단 대비 철도 수송상품의 경쟁력은 속도(시간) 및 가격 측면에서 경쟁력이 필요하며, 최근에는 환경비용 절감을 위한 환경 경쟁력(environmental competition)도 경쟁력 판단의 주요 요소임.
- 그동안 철도는 고속철도 개통 및 운영, 호남고속철도 추진과 철도건설선 고속화, 차세대 고속열차 개발 등을 통하여 시간 및 속도경쟁력 확보를 위한 기술개발 기반을 확보하여 왔음.
- 그러나 가격 경쟁력 확보를 위한 비용 및 원가절감을 위한 노력에는 상대적으로 기술개발 노력이 미흡하였음.
- 철도는 환경 효과적인 교통수단(environmentally-efficient form of transport)으로 인식되고 있지만, 전반적인 환경오염 절감목표에 철도가 기여함으로서 철도가 다른 수단보다 환경경쟁력에 앞서 있다는 것을 구체적으로 제시하지 못하고 있음.
- 장래 철도기술개발의 기본방향은 원가/비용 절감을 통한 가격 및 환경 경쟁력을 확보할 수 있는 유지보수 자동화/선진화 기술, 환경비용 저감 기술, 철도에너지 소비 및 관리체계 효율화 기술 등에 연구개발의 초점을 맞출 필요가 있음.

· 유지보수 자동화/선진화 기술

◦ 검측시스템을 전전으로 수입에 의존하고 있는 실정으로 철도기술의 해외진출을 위해서 차량 및 선로 구축물 개발 뿐 아니라 유지관리 기술분야의 경쟁력 확보가 시급하여 검측관련 기술 확보 필요

◦ 철도시스템 유지보수의 신뢰성과 운영의 안전성 확보를 위해 Intelligent 모니터링 기술을 이용한 최적의 유지보수관리 구현과 실시간 안전관리가 필수적임.

· 환경비용 저감 및 철도에너지 소비 효율 향상 기술

◦ 선진국에서는 철도차량 구매 시 폐기단계를 포함한 친환경성능 제시 요구 : 폐기단계를 포함한 전과정 환경성 정책 및 기술개발이 필요하며 폐기차량 증가에 따라 자원순환을 위한 기술개발 및 적용이 시급히 요구됨 (녹색교통수단으로서 철도의 전과정적 환경성 개선과 지속가능한 발전을 위하여 국가연구개발사업으로 정부지원 기술개발 필요)

◦ 국가 전력망의 스마트 그리드 변경추세에 따라 철도분야에서도 스마트 그리드 환경에 적합한 철도 전력망 구축 및 철도에너지 소비, 관리, 운영체계의 효율화 기술 개발 필요

제2장

기술개발 전략 수립

1절 기획 필요성
2절 국내외 동향 및 환경분석
3절 기술수요 및 예측
4절 기술개발 방향 설정
5절 비젼 및 목표 수립
6절 후보과제 도출 및 정의`

2장 기술개발전략 수립

1절 기획 필요성

1. 기획 배경

가. 철도분야의 미래핵심기술 개발 사업 추진

○ 국토해양부는 기후변화 대응을 위한 온실가스 감축의 필요성과 저탄소 녹색국토를 실현하기 위한 사명을 바탕으로 2020년 R&D 비전을 '품격 높은 국토해양공간을 창조하는 Green Growth Leader'로 설정하였음

○ 또한, 연구개발사업의 목표를 달성하기 위해서 4대 분야 12개 추진전략을 도출하였으며 이 중, R&D사업구조 개선 측면에서는 기존 23개 사업체계를 개편하고 미래핵심기술을 도출하여 제시하였음

○ 새롭게 변경된 건설교통분야의 11대 사업체계 중 철도분야에 해당되는 친환경 철도사업은 철도 시스템 구성요소인 차량, 선로, 운영/관리 시스템 기술 개발 및 철도 교통 안전기술 개발 등의 내용을 포함하고 있음



[그림 2-1] 국토해양 R&D의 발전방향

○ 또한 미래 국토해양 분야의 녹색성장을 견인하고 신성장 동력을 창출할 수 있는 미래 핵심기술(Green-up 30)을 선정하여 건설, 교통, 해양 분야별 기획연구를 실시하고 있음

○ 교통부문에서는 에너지 고효율, 온실가스 저감 측면에서 5개의 핵심기술이 선별되었고 공공 및 성장동력 창출 측면에서는 4개의 핵심기술이 선정되었으며, 철도 분야에서의 미래핵심기술은 철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라구축 기술로 확정되었음

나. 철도교통의 도전목표와 연계된 미래핵심기술 개발

○ 철도교통의 도전목표는 국민들의 만족도 및 안전도를 제고하고 사회적 및 경제적 비용을 줄이는 한편, 친환경적인 철도인프라를 구축하여 타 교통수단과 비교하여 경쟁력을 확보하는 것임

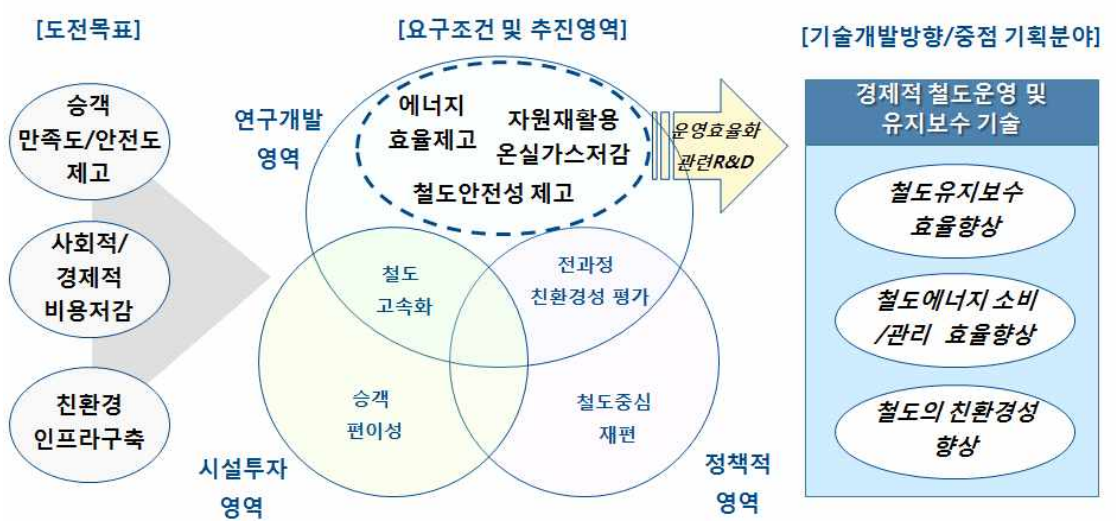
- 만족도/안전도 제고 : 효율적인 유지보수를 통해 체계적으로 철도운행을 관리하여 철도이용 승객의 만족도를 제고하는 한편, 철도 관련 사고요인을 정확히 파악하고 분석함으로써 선진국 수준의 철도 안전성을 확보하기 위한 노력이 필요
- 사회적/경제적 비용절감 : 도로 중심의 교통체계로 인하여 발생하는 막대한 환경오염 및 각종 차량 사고 발생에 따른 인명/재산 피해를 저감하는 한편, 철도부문에서의 효율적인 에너지 사용 및 활용을 통한 운영관리비용의 절감 노력이 필요
- 친환경 철도운영 인프라구축 : 철도부문 전과정에 걸친 친환경성 강화를 달성하기 위해서 재활용 가능한 자원을 확보하고 저탄소 철도시설 건설기술을 개발하여 온실가스 배출을 저감할 수 있도록 노력

○ 철도 경쟁력 확보를 위해 고려할 수 있는 미래철도시스템의 주요 특성으로는 선로-차량 인터페이스 최적화, 신뢰도 향상 및 시스템의 지능화, 견인력과 에너지 사용의 최적화, 안전/보안 및 공공보건의 통합 고려, 승객관점의 서비스 기능 강화, 합리적 철도자산관리 및 표준화, 단순하고 유연하며 정확도가 높은 제어시스템 등이 있음

○ 따라서 미래핵심기술로 도출된 철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라구축 기술개발을 통해 철도분야의 경쟁력을 확보하기 위해서는 철도유지보수 효율향상, 철도에너지 소비/관리 효율향상, 철도의 친환경성 향상을 위한 연구가 필요한 시점임

- 철도 고속화를 통한 속도경쟁력 확보는 관련 고속차량 및 선로 기술개발사업추진 및 시설투자가 필요하며, 승객 서비스 경쟁력을 강화하기 위해서는 역사 및 승강장 등에 대한 시설투자가 필요함
- 도로 중심의 교통체계를 개편하기 위해서는 철도분야의 연구개발 노력과 함께 정책 및 제도적 뒷받침이 병행되어야 하며, 친환경 철도시스템 구축을 위해서는 전 과정에 대한 기술적/경제적 검토 등을 실시하여 투자 대비 효과가 우수한 연구개발 아이템에 대한 발굴이 필요함
- 이처럼 철도교통 부문의 도전목표를 달성하기 위해서는 연구개발, 시설투자, 정책적

지원 등이 함께 추진되어야 하며 연구개발 영역 특히, 운영효율화와 관련해서는 철도 유지보수 효율 향상, 철도에너지 소비/관리 효율향상, 철도의 친환경성 향상 등의 연구가 추진되어야 함



[그림 2-2] 본 과제의 중점기술개발 기획분야

- 철도운영 효율화 관점에서 철도유지보수 효율향상, 철도에너지 소비/관리 효율향상, 철도의 친환경성 향상 분야를 기술개발 영역으로 정리해 보면 [표 2-1]과 같음.

[표 2-1] 철도운영 효율화 관점에서의 기술개발 영역

기획분야	기술개발영역	내용	RFP상의 연구기획 중점분야
철도유지보수 효율향상	고속종합검측 시스템 기술	검측의 신뢰성/정확성 향상을 위한 종합검측차량 및 관련 검측기술개발	고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속종합검측차량 기술개발
	철도차량 유지보수기술	실시간으로 철도차량의 상태를 점검/진단/예측할 수 있는 철도유지관리시스템 개발	IT기술을 융합한 실시간 철도 유지관리시스템 개발
철도 에너지 소비/ 관리 효율향상	철도에너지 효율화 기술	철도 에너지 절감 및 최적화를 위한 고효율 에너지 부품개발 및 전력망 기술개발	회생에너지와 신재생에너지 및 에너지 하베스팅 기술을 연계한 철도전력망 구성 및 친환경 고효율 에너지 절약형 철도 운영, 관리, 평가시스템 개발
철도의 친환경성 향상	자원재활용, 온실가스 저감 기술	철도 폐차량을 재활용하고 온실가스를 저감할 수 있는 철도시설 건설기술 개발을 통한 친환경 철도시스템 구축	철도 전과정 환경성 유지관리 및 자원재활용기술 개발

2. 기획 목적 및 추진방향

가. 기획목적

○ 국토해양부는 녹색성장 기조에 근거한 녹생성장 추진계획을 수립하여, 저탄소 녹색성장에 실질적으로 기여할 수 있는 기술개발을 추진하고 있음.

○ 정부에서 추진중인 저탄소 녹색성장 국가계획의 실천을 위하여 본 기획연구에서는 저탄소 녹색성장 시대에 철도중심의 교통체계구축을 위한 철도분야 기술개발방향 기획

○ 또한 철도교통의 경쟁력 확보와 기술변화(technical changes)에 대응할 수 있는 철도유지보수 효율 향상, 철도에너지 소비, 관리 효율 향상, 철도의 친환경성 향상 기술개발 기획을 통하여 기후변화·녹색성장 등 최근의 연구수요와 연계된 철도운영 효율화 연구개발과제를 도출하고자 함.

나. 추진방향

○ 상위계획 및 철도교통 도전목표와 연계된 기술개발전략 수립 : 내/외부 환경 분석, 기술수요 및 예측조사 결과를 바탕으로 기술개발 방향을 도출하고 전체 연구개발의 비전 및 목표, 중점추진 분야를 설정한 다음, 분야별 개발목표/주요내용 작성을 실시함

- 내/외부 환경분석을 위해 국토해양 R&D 발전전략을 비롯하여 철도산업발전계획, 지속가능 교통물류 수립계획, 철도안전종합계획 등과 같은 상위 정부정책 방향성 확인
- 국내 기술역량 파악을 위해 특허 및 논문분석을 통한 철도부문의 기술동향 파악, 특허지수를 활용한 국내외 기술력 수준비교, 철도분야 IPC 코드 관련 특허분석 등 실시
- 또한, 관련 전문가들을 대상으로 기술수요 조사를 실시하여 실제 연구개발 니즈를 파악하는 한편, 향후 기술개발 방향에 대한 의견을 수렴하여 이를 종합적으로 검토
- 이러한 결과물을 바탕으로 STEEP을 통한 시사점 도출, SWOT 분석을 통한 기술개발 전략 모색, 관련 키워드 도출을 통한 이슈트리 작성 등을 실시하여 연구개발의 비전 및 목표를 설정토록 함
- 기술개발 목표에 따른 중점추진 분야 설정, 분야별 개발목표 및 주요내용을 작성함.

○ 기술개발전략에 따른 연구개발 후보과제를 도출하고, 후보과제별 기술수준 분석, 최종 성과물 설정 및 과제간 연계 및 중복성 등을 종합적으로 검토하고, 계층적 의사결정 방법(Analytic Hierarchy Process: AHP)을 통하여 후보과제의 우선순위를 도출함.

○ 기획타당성 검토위원회에서 선정한 기획 대상과제를 대상으로 연구개발과제별 상세기획연구 추진

- 연구개발과제별 연구개발목표와 연구범위를 설정하고 연구수행을 위한 추진전략 및 추진체계를 수립하고, 소요예산 및 일정을 계획함.
- 설정된 연구목표와 내용, 추진전략을 바탕으로 본 과제를 공모하기 위한 RFP 작성 및 평가기준을 설정함.

2절 국내외 동향 및 환경분석

1. 국내외 정책동향 및 분석

가. 철도부문 관련 정부정책 동향

○ 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 전년대비 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 철도수요를 증가시키고 철도운영의 효율화를 추진하기 위한 기본방향에 적합하도록 확대되고 있음

○ 지속가능 교통물류 기본계획 수립

- 지속가능 교통물류 발전법 제7조 및 저탄소 녹색성장 기본법 제53조에서 정하는 사항을 포함하여 정책의 기본방향과 목표, 교통물류분야 온실가스 감축 및 에너지 절약 목표를 설정하였으며 발전대책, 제도적 기반 조성방안, 재원 조달방안 등을 수립하였음
  - 지속가능 교통물류 발전법은 2009년에 제정되었으며 기후변화, 에너지 위기 및 환경보호 요구 등 교통물류 여건 변화에 대응하는 지속가능 교통물류정책의 기본방향과 그 수립 및 추진 등에 관한 사항을 규정
  - 저탄소 녹색성장 기본법은 경제와 환경의 조화로운 발전을 위하여 저탄소 녹색성장에 필요한 기반을 조성하고 녹색기술 및 녹색산업을 새로운 성장동력으로 활용하기 위해 2010년에 제정됨

- 지속가능 교통물류체계 구현을 위해 기존 교통부문 수단간 투자비율에 대한 조정안을 제시하여 도로중심에서 철도중심으로 전환할 수 있는 기반을 조성하고자 함

  · 철도부문의 투자비율을 2010년 24.9%에서 향후 10년간 평균 38.9%로 확대하는 한편, 도로부문의 투자비율은 45.8%에서 37.9%로 감소하려는 계획을 수립함

○ 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 철도안전 확보, 미래성장동력 확충 및 해외철도 진출기반 강화가 있음

- 향후 5년간 철도산업에 총 48.6조원을 투자할 계획을 수립하였으며, 이를 통해 철도인프라 확충, 고부가가치 수출전략산업으로의 육성, 친환경/에너지 고효율/안전 중심의 철도교통 서비스 제공 등을 계획하고 있음

○ 제2차 철도안전종합계획

- 철도안전법 제5조 및 제6조에 의거하여 철도안전정책의 발전방향을 제시하는 국가종합계획이 2010년에 수립됨

  · 철도안전을 종합하고 체계화하는 법정 기본계획으로서 재난 및 안전관리기본법 제22조에 따른 국가안전관리 기본계획, 교통안전법 제15조에 따른 국가교통안전기본계획, 철도산업발전기본법 제5조에 따른 철도산업발전기본계획과 연계되어 있음

  · 철도안전종합계획의 주요내용은 추진목표 및 방향, 철도안전시설의 확충·개량 및 점검, 철도차량의 정비 및 점검, 관련 법령의 정비 등 제도개선, 교육훈련, 연구 및 기술개발에 관한 사항임

- 인구구조 변화에 따른 교통약자의 철도이용 증가, 고품질 철도서비스에 대한 요구 증대, 테러 및 철도파업 발생에 따른 사회적 파장 확대 가능성으로 인하여 철도안전에 대한 중요성이 더욱 강조되고 있음

- 제2차 계획의 추진방향으로 안전관리 효율화 및 제도개선, 철도운영기관 자율과 책임 강화, 인적요인의 체계적 관리, 사고원인분석에 기초한 안전관리가 제시됨

· 철도 시설 및 차량 등에 대한 하드웨어적인 투자성과를 고려하여 향후에는 시설 및 차량에 대한 효율적 안전관리 방안 마련에 중점을 두며 이에 대한 예산이 4,910억원 규모로 1차 계획시보다 1,680억원 가량 증가됨

· 그동안 화재안전설비, 역사내 안전설비, 승강장 스크린도어 설치 등에 예산이 주로 투입되어 향후에는 철도시스템의 종류, 운행여건에 따른 안전설비 투자가 필요함

· 사고원인 분석 중심의 안전관리를 실시하고 철도사고 위험도 평가, 안전과 관련된 정보시스템의 운영 등을 계획

- 철도차량의 안전성 향상을 위해 IT기술을 활용한 철도안전관리 효율화, 다자간 무선통신망 구축, 노후 철도차량의 관리강화, 차량 검수시설 및 장비의 현대화 등의 추진과제를 제시하고 있음

○ 제1차 자원순환기본계획

- 국토해양부를 포함한 환경부, 행정안전부, 지식경제부, 농림수산식품부 등 관계부처에서는 저탄소 녹색성장을 위한 폐기자원의 최소화, 천연자원의 사용 저감을 위한 자원순환기본계획을 수립하여 발표하였음

- 기본계획에서는 저탄소 자원순환형 사회 정착이라는 비전을 제시하고 2015년까지 폐자원 업사이클링 기반을 조성하여 자원순환율을 20.3%로 제고하고 2009년 대비 최종 매립량을 26% 감축하려는 목표를 제시함

- 2011년부터 2015년까지 자원순환형 사회구조로의 전환, 가치상향형 자원순환 실현, 통합형 폐기물 처리 인프라 구축, 기술개발 및 산업육성, 국가 자원순환성 평가 등 주요사업에 총 1.6조원을 공공부문에서 투자할 계획을 가지고 있음

- 이 중 고부가가치 기술개발 촉진을 위해서 민자를 포함하여 총 2,600억원 규모의 투자계획을 수립하였으며, 폐금속 및 희유금속의 회수, 해체선별, 추출, 정련 및 대체금속 개발 등의 재활용 기술개발과 실증화 사업을 추진하기로 하였음

- 주로 환경부와 지경부가 주도하여 재활용기술 사업단을 운용하고 도시광산 관련 기술개발을 계획하고 있으나, 철도분야에서도 이러한 범부처차원의 정책추진에 발맞추어 철도차량 등의 자원재활용을 제고하려는 노력이 필요한 시점임

○ 철도투자 확대를 위한 철도투자평가 편람 개정

- 국내 교통정책의 패러다임도 저탄소 녹색성장 시대에 적합한 지속가능한 친환경 교통체계 구축으로 변화해가면서 철도에 대한 관심과 투자가 확대되고 있음

· 저탄소 녹색성장에 기여할 수 있는 철도투자에 대한 평가체계가 녹색가치를 충분히 반영하지 못하고 현재 당면하고 있는 국가차원의 에너지 문제, 도로 투자사업과의 형평성, 투자타당성 조사시 반영하고 있는 자료의 업데이트 측면에서 개선이 필요하다는 지적이 있었음

- 이러한 문제점을 보완하기 위해 2010년 철도투자평가편람을 전면 개정하여 철도투자를 확대할 수 있는 근거를 마련하였음

· 경제성 분석기준을 철도시설의 실제 내구연한에 맞추어 30년에서 50년으로 연장하였으며 사회적 할인율은 완공 후 30년까지는 5.5%, 30년 이후에는 4.5%를 적용하도록 변경함

· 온실가스 비용원단위 산정기준을 시장가치(44,000원/톤)에서 정책가치(150,000원/톤)로 전환하였으며 환경성평가를 경제성분석과 동일한 1순위로 조정함

· 수요분석 및 차량운행비용 절감편익 분석에서 유가변동성을 반영하여 유류비 보정계수를 적용 및 계산토록 함

· 유류비 산정을 2009년 자료로 업데이트하였으며, 유지관리비 및 감가상각비 등도 최근 자료를 활용하여 재산정하고 공사비의 경우에도 2006년 개정된 건설공사 표준품셈을 적용하였음

· 운영 및 유지보수비에 포함되어 있는 영업비용(판매관리비)를 제외하여 비용 과다계상 요인을 없앴음

· 교통사고 절감편익 계산시 도로부문은 물적피해(차량손해, 대물피해)를 제외하고 있으나 형평성 측면에서 모두 고려하여 산정토록 함

○ 정부정책 동향 분석 시사점

- 정부의 저탄소 녹색성장 정책이 강력하게 추진되고 있는 가운데, 교통분야 중에서도 철도부문에 대한 투자의 필요성과 중요성이 점차 강조되고 있으며 부처 예산의 증감 현황에서도 국토해양부의 정책적 의지가 반영되고 있음

- 철도와 관련된 국가 상위 기본계획에서도 온실가스 저감 및 에너지 절약, 철도사고 저감, 자원재활용 등의 목표가 제시되고 있으며 이를 달성하기 위한 정책적/제도적 노력과 함께 다양한 상세계획들이 수립되고 있음

- 정책목표를 달성하기 위한 다양한 방안 중에서도 연구개발을 통한 성과물을 철도부문에 적극적으로 활용하여 중장기적인 성과 및 기대효과를 창출할 수 있을 것으로 예상되고 있음

- 철도분야의 연구개발투자 가치를 평가하는 과정에서도 그동안 저평가 되었던 친환경 및 저탄소 녹색 투자가치를 반영토록 하고 있으며 이러한 변화는 철도운영 효율화 뿐만 아니라 철도분야 연구개발을 촉진하는 역할을 담당할 것으로 예상됨

나. 철도부문에서의 사회적 니즈

○ 철도교통 및 안전사고 발생추세

- 철도교통 및 안전사고는 매년 줄어들고 있는 추세를 보이고 있으나, 운영기관별 철도사고 추세를 살펴보면 코레일이 담당하고 있는 열차부문에서의 철도교통사고 및 인명/재산피해 규모는 오히려 증가하였음

- 또한, 전체 사고건수 및 피해규모에서 열차부문이 차지하는 비중은 매년 증가하고 있음

· 철도교통사고에서 차지하는 비중은 2006년 74.2%에서 2010년 92.0%로 증가하였으며, 철도안전사고 비중은 2006년 54.2%에서 2010년 90.2%로 급격하게 증가하고 있는 추세임

· 인명피해 중 사망자수 비중에서도 2006년 69.5%에서 지속적으로 증가하여 2010년에는 91.1% 수준으로 늘어났음

· 재산피해 규모 면에서는 2007년, 2008년에 각각 98.9%, 97.0%까지 증가하였다가 2009년에 34.8%로 감소하였으나 2010년도에 74.1%로 증가함

○ 국내 KTX 사고로 인한 열차안전에 대한 니즈 확대

- 최근 들어 KTX 관련 사고(탈선사고 및 급정거 등)가 지속적으로 발생하면서 철도사고 및 고장에 따른 국민들의 불신이 증가하고 있으며, 정부와 코레일은 운행 편수를 줄이면서 전면 안전점검을 실시하기로 하였음

· 현대로템이 개발 및 제작한 고속열차인 케이티엑스-산천은 2010년 3월 이후, 신호장치·공기배관 이상이 각 10건, 고압회로 이상 4건, 모터블록·승강문 고장 각 3건, 보호장치 오작동 2건 등이 발생하였음

· 프랑스 알스톰이 제작한 구형 케이티엑스도 2011년 5월에 사흘연속 운행 중 문제가 발생하는 등 승객들의 불안 및 불만이 증가하고 있음

· 코레일은 계속되는 KTX 고장으로 인해 항공기 수준의 안전정비를 실시하겠다는 안전대책을 제시하였으나 이후에도 각종 고장문제가 발생하고 있는 상황임

- 유럽 주요국과의 철도사고 수준을 비교해보면, 유럽국가 중에서도 철도 선진국에 해당하는 독일, 영국, 이탈리아의 열차운행 백만Km당 사고건수는 국내보다 낮은 수준을 기록하고 있음

· 한국의 경우, 2005년 열차 백만Km당 운전사고(열차사고 및 건널목사고)는 0.12건으로 지난 5년간 0.012건 감소하였으며 제2차 철도산업발전기본계획에 따르면 2015년까지 0.1건으로 감축하려는 목표치를 제시함

- 고속철도의 경우, 사고발생시 발생하는 인명 및 재산피해가 대형화될 수 있어 사고발생을 미연에 방지하려는 노력이 더욱 요구되고 있으며, 주기적 또는 상시적으로 사고발생요인을 탐색 및 제거하기 위한 노력증대

· 코레일은 철도 안전관리 강화를 위해 사장 직속에 안전실을 신설하였으며, 위험도 평가기반의 '철도 시스템 안전프로그램'을 도입해 안전인증 획득 등 예방 중심의 안전관리 체계를 구축을 계획하고 있음

· 또한, 경영진이 직접 참여하는 철도안전심의위원회를 설치하여 철도안전대책과 종합안전계획, 사고재발 방지대책 등 안전확보를 위한 중요 사항을 심의하고 추진사항을 점검키로 하였음

○ 철도분야 사회적 니즈 분석 시사점

- 철도의 고속화 및 KTX 운행 증가 등에 따라 열차 안전에 대한 국민의 관심이 확대

되고 있는 가운데 최근 발생한 KTX 고장 및 사고에 대한 언론보도가 증가하면서 사전예방에 대한 니즈가 증대되고 있음

- 열차사고 저감을 위해서는 안전사고 방지를 위한 시설투자 및 열차운행의 효율적 관리 등 종합적인 안전 시스템 구축 및 보완이 필요하며 코레일을 비롯한 유관 기관들도 지속적인 노력을 추진하고 있음
- 그러나 보다 중장기적인 관점에서 안전사고 수준을 철도 선진국 수준으로 제고하기 위해서는 철도사고에 대한 명확한 원인조사 및 대책마련이 필요하며 이를 위한 선로 및 열차에 대한 실시간 모니터링 자료 확보 및 분석, 더 나아가 사전예방을 위한 부품수명 주기 및 교체시점 예측 등을 위한 기술개발이 필요한 시점임

다. 철도부문의 친환경성 관련 이슈

○ 철도부문의 친환경성

- 2008년 기준으로 운송부문에서 발생하는 전 세계 온실가스 배출량의 72%는 도로교통부문에서 발생하고 있으며 철도부문은 2%로 가장 적은 비율을 차지하고 있는 것으로 조사되었음
- 승객 및 화물 운송에 따른 이산화탄소 배출 수준을 비교해보면 상대적으로 철도부문의 친환경성을 확인할 수 있음
  - 승객 1명당(파리-프랑크푸르트) 발생하는 이산화탄소 수준은 철도가 16.4Kg으로 자동차의 1/4 수준, 비행기의 1/5 수준임
  - 화물 1TEU당(베이징-로테르담) 발생하는 이산화탄소 수준은 철도가 2.53Kg으로 트럭의 1/3 수준, 비행기의 1/25 수준임
  - 철도부문의 확대를 통한 이산화탄소 저감효과 때문에 유럽, 미국, 일본 등 주요 철도 선진국에서는 철도부문에 대한 투자확대를 통해 운송분담율을 높이려는 방안을 수립 및 추진하고 있음

○ 철도부문에서의 친환경 전략

- 유럽 및 일본에서는 이산화탄소 저감을 위한 중장기 목표를 수립하여 이를 달성하기 위해 노력하고 있음
  - 유럽철도 및 동일본 철도회사는 2017년도까지 현재보다 30% 정도 이산화탄소를 저감하려는 계획을 수립하고 있으며, 2030년까지 50%를 저감하려는 중장기 목표를 설정하고 있음
  - 유럽철도의 경우 2050년까지 이산화탄소 배출 없이 철도를 운영할 수 있도록 계획을 세우고 있음
- 주요국가에서 추진하고 있는 철도부문에서의 친환경 노력은 다음과 같음
  - 유럽 : TRAINER 프로젝트는 철도 운전자 교육 및 훈련을 통한 에너지 효율성 제고를 추진하고 있음

· 미국 : 열차 브레이크에서 발생하는 가용 전력을 활용하여 에너지 소비를 줄이려는 'Regenerative Braking' 시스템을 활용

· 스웨덴 : 열차좌석수 증대 및 회생에너지 용량 증대를 통한 에너지 소비를 줄이려는 'Green Train' 연구를 진행하고 있음

· 일본 : 신칸센의 경우 차량 디자인에 대한 개선을 통해 속도는 증가시키고 에너지 소비는 저감하려는 노력을 하고 있음

- 또한, 일본에서는 하이브리드 기술을 적용하여 에너지 소비를 줄이는 한편, 보다 친환경적인 연료를 활용하려는 노력이 이루어지고 있음

· 일본의 디젤 하이브리드 기술은 기존보다 9% 정도의 에너지 효율 향상효과를 거둘 수 있는 것으로 파악됨

· 동일본 철도회사는 세계 최초로 연료전지 하이브리드 열차개발을 앞서서 구축하였음

○ 국내의 온실가스 배출량 저감계획

- 2008년 기준, 한국의 온실가스 배출량 중 14%인 약 8천 2백만 톤이 교통부문에서 발생하고 있으며, 이중 도로부문이 차지하는 비중은 95%수준으로 가장 많음

· 상대적으로 철도 및 연안해운 등과 같은 저탄소, 에너지 고효율 교통수단에 대한 이용률이 저조함

- 교토의정서 이행기간(2008~2012년) 이후 한국은 감축 의무국가가 될 가능성이 높으며 이에 대비하여 정부는 2020년 온실가스 배출 전망치 대비 30% 감축한다는 목표를 설정하였음

· 이를 위해서는 도로중심, 자동차 중심의 교통물류 패러다임을 친환경 교통수단으로 전환해야 하며, R&D를 통한 철도부문의 시설, 장비, 시스템 개발 투자를 확대가 필요함

· 온실가스 배출량 감축을 위한 정책시행을 통해 1,426만 톤, 연비 등 기술개선을 통해 2,024만 톤을 감축하려는 계획이며 2015년도에는 배출 전망치의 9.6%를 감축하고자 함

○ 철도부문의 친환경성 분석 시사점

- 현재 전 세계 주요국가들은 철도의 친환경성에 주목하고 있으며, 철도중심의 물류체계 및 운송시스템을 구축하기 위해 노력하고 있어 향후 철도운행은 더욱 증가될 것으로 전망됨

- 따라서 도로교통 부문에서 온실가스 배출이 가장 적은 부문이 철도분야이지만 현재 철도 운행에서 사용하고 있는 에너지 소비의 효율성을 보다 제고하려는 노력이 지속적으로 이루어지고 있음

- 이러한 배경 하에서, 철도분야의 에너지 소비 낭비 및 손실을 최소화하기 위한 기술

적 대안을 마련하는 것은 온실가스 저감효과를 더욱 극대화할 수 있는 해결책이 될 수 있음

라. 철도부문 관련 해외 기술동향

○ 미국 교통기술센터의 연구개발 동향

- 미국철도협회 산하기관인 교통기술센터에서는 북미철도업계의 공동연구 프로그램인 전략적 연구 이니셔티브 수행을 책임지고 있으며 안전성, 효율성, 신뢰성과 같은 철도산업 업계의 주요 연구개발 니즈를 충족시키기 위한 연구를 수행하고 있음

  · 차륜균열검출시스템 : 비접촉 레일 검사용 U-Rail 시스템을 개발하여 시험하고 있으며 고출력 레이저를 이용하여 레일 내부에 초음파 신호를 생성하여 검사를 실시

  · 차륜 및 차축 균열검출 : 열차 주행 중 차륜 및 차축의 내부 결함을 초음파 기술을 활용하여 검사할 수 있음

  · 예측적 차량보수 : 철도운행의 신뢰성과 효율성에 악영향을 주는 차량파악을 위해 연구를 진행하였으며 차량 및 차량요소의 설계, 운행 중 성능 등에 대한 연구결과가 축적

  · 기술주도형 열차검사 : 고속 비디오 화면을 분석하는 장치 및 소프트웨어인 머신비전기술을 개발 및 활용하기 위해 노력하고 있음

○ 일본의 철도기술개발 방향

- 일본은 저출산/고령화, 지구온난화, 석유에너지 고갈, 정보화 고도 등의 환경변화에 맞추어 향후 기술개발의 방향성을 안전/신뢰, 지구환경, 저비용, 매력 측면으로 구분하여 검토하고 있음

- 2009년도에 추진된 기술개발의 주내용을 살펴보면, 회생제동 활용(에너지 재활용), 레일검사 자동화, 신호시스템 개발 등이 포함되어 있음

  · 에너지 재이용 측면에서는 상세제어를 통해 에너지 효율을 높이고 전력축장 장치 개발 및 회생효율 향상차량 개발을 추진하여 소비전력의 5~10% 저감효과를 기대하고 있음

  · 레일검사의 자동화를 위한 측정장치 개발을 통해 유지관리비용의 50%를 절감하려는 계획을 수립 및 추진하고 있음

  · 설비의 간소화를 위한 GPS, 무선 활용 신호시스템을 개발하여 신호설비 등 유지관리비용의 50%를 절감하려는 계획을 추진중임

- 일본 철도종합기술연구소에서는 2010년부터 5년간 추진할 연구개발목표를 안전성 향상, 환경과의 조화, 저비용화, 편리성 향상으로 설정하고 대과제별 목표와 개별과제를 제시하였음

○ 유럽의 철도시스템 개발내용

- UIC(국제철도연맹)에서 발표한 철도분야의 기술동향에 따르면 철도의 안전성 제고를 위한 운영 및 유지보수 부분의 신기술 개발 노력이 증대되고 있음을 확인할 수 있음

  · 안전 및 건강에 대한 니즈 확대로 인하여 이를 충족시켜 줄 수 있는 철도기술개발에 대한 요구가 증대하고 있음

  · 무선정보 전송방식인 GSM-R(Global System for Mobile Communication)을 통한 ERTMS-ETCS(European Railway Traffic Management System - European Train Control System)를 도입

  · 새로운 철도 재료 및 모니터링 시스템 개발, 철도 유지보수를 위한 IT 기반 확충 및 관련 기술개발, 유지보수 기계/기기에 대한 신기술 개발, 철도기반시설의 활용 증진 및 고장시간 저감을 위한 센서개발 등이 추진되고 있음

- 벨기에의 철도네트워크 운영기업인 Infrabel은 네덜란드의 암스테르담과 벨기에의 Antwerp 사이의 E19 고속도로를 따라 열차 터널 위에 대략 16,000개의 태양패널을 설치하여 고속열차 동력에너지 및 Antwerp North-South juction과 Antwerp Central Station의 신호, 조명, 난방 등에 연간 3,300Mwh의 전력을 생산·공급할 예정임

- 독일에서는 2006년 4월 재생에너지법(Renewable Energy Laws, EEG)의 도입 이후 태양광 에너지 및 재생 에너지를 이용하여 Freiburg Central 역, Uelzen역, 베를린 Lehrter 역 등의 역사지붕에 태양전지를 설치하여 철도역사 에너지로 이용하고 있음

- 프랑스와 독일을 중심으로 시작된 철도시스템 연구는 유럽연합과 국제철도연맹의 후원을 통해 본격적인 ERTMS 개발로 확대추진되고 있음

  · 프랑스는 1985년부터 ASTREE(실시간 열차 추적 자동화) 연구를 통해 모든 선로의 안전성을 제고하기 위한 차세대 열차제어시스템을 구성을 추진하였음

  · 독일에서는 지상-차상간의 상호 인터페이스 연구가 진행중이었고 양국간의 공동연구(고속열차에 대한 프랑스-독일 공동연구 일반 프로토콜)로 연계되면서 이후, 국경없는 유럽열차운행을 위한 열차제어시스템 필요성이 제기됨

  · ERTMS는 개별 국가에서 사용하는 열차제어 및 안전관련 설비 운영방법을 통합하는데 목적이 있으며 신호시스템 통합 및 표준화, 열차 운행 안전성, 에너지 효율성에 중점을 두고 개발이 진행되고 있음

  · ERTMS는 열차 운행의 안전성을 확보하기 위한 ETCS (European Train Control System)와 무선정보 전송방식인 GSM-R (Global System Mobile for Railway), 운영을 위한 ETML (European Traffic Management Layer)로 분류할 수 있음

○ 해외 주요국 기술동향의 시사점

- 철도분야에서 기술개발을 주도하고 있는 주요 선진국들은 최근 철도의 안전성, 효율성, 신뢰성 증대를 위한 연구를 중점적으로 추진하고 있으며 철도운영 효율화를 위한 기술개발에 대한 투자를 지속적으로 하고 있음

- 미국을 중심으로 철도사고를 저감할 수 있도록 관련 검측기술의 정확성과 신뢰성을 제고할 수 있도록 연구개발을 추진하고 있는 한편, 유럽에서는 열차 운행의 안정성 제고를 위한 통신기술개발 등을 통해 차량 운행에 대한 모니터링 활동을 강화해나가고 있음

- 또한, 에너지 소비효율을 향상시키고 온실가스를 저감할 수 있는 기술개발과제를 중점분야로 선정하여 정책적으로 해당 분야의 기술역량 제고를 지원하고 있음

2. 국내외 경제동향 및 분석

가. 시장환경

○ 철도기술 분야별 시장규모

- SCI/Verkehr에서 2009년 발간한 철도시장 보고서에 따르면 전 세계 철도기술 관련 시장규모는 197조원 규모이며 인프라 부문이 61조원, 시스템 부문이 20조원, 철도차량 부문은 115조원인 것으로 파악하고 있음

  · 인프라 구조물(Infrastructure) 분야에서는 일반토목에 해당하는 부분은 제외하고 철도와 직접 관련성이 높은 궤도 및 전철화 등의 부문을 포함하고 있음

  · 시스템기술(System Technology) 분야에서는 열차제어, 통신 및 여객서비스를 위한 정보통신기술을 포함하고 있음

  · 철도차량(Rolling Stock) 분야에서는 고속 및 일반 철도차량과 신교통시스템을 포함하는 도시철도차량으로 구성하고 있음

- 글로벌 경제 활성화 및 저탄소 녹색교통수단 확대를 위한 대규모 철도사업의 계획 및 추진으로 인하여 향후에도 인프라구조물에 대한 시장성장이 지속될 것으로 예상되고 있음

[표 2-1] 철도기술 시장의 분야별 규모

기술 분야	현 시장규모(2009년)		2009~2014년 평균시장성장률(%)
	백만유로	십억원	
Infrastructure	39,500	61,620	5.5
System Technology	13,200	20,592	4.1
Rolling Stock	73,800	115,128	3.7
총계	126,500	197,340	4.2

자료) SCI/Verkehr (2009), 철도시장보고서
주) 1 EUR(유로) = 1,560원

- 지역별 시장규모를 살펴보면, 서유럽이 2009년 현재 60.8조원으로 가장 큰 시장을 형성하고 있으며 그 다음으로 아시아가 49.5조원, 북미가 36.7조원 규모이나 향후 시장성장률 측면에서는 남미/중미(7.1%), 아프리카/중동(5.8%), 아시아(5.2%) 순임

○ 철도사업 분야별 시장규모

- 철도시스템의 구축이 확대됨에 따라 기존 및 신규 철도운영에 대한 사업이 점차 확대될 것으로 예상되고 있음

[표 2-2] 철도기술 시장의 사업유형별 규모

사업유형	현 시장규모(2009년)		2009~2014년 평균시장성장률(%)
	백만유로	십억원	
OEM 사업	55,100	85,956	5.1
After-sales 사업	71,400	111,384	3.6
총계	126,500	197,340	4.2

자료) SCI/Verkehr (2009), 철도시장보고서
주) 1 EUR(유로) = 1,560원

- 철도시장을 신규/개량 부문과 유지/관리 부문으로 구분하여 살펴보면, 유지/관리 부문 시장이 전체 110.2조원 규모이며 특히 철도차량 및 궤도 부문의 비중이 높은 것을 확인할 수 있음

· 현재 거대시장을 형성하고 있는 서유럽, 아시아, 북미 지역의 유지/관리 시장규모가 높은 비중을 차지하고 있음

[표 2-3] 기술분야별 시장세분화 (신규/개량, 유지/관리)

구분		신규/개량(조원)	유지/관리(조원)
인프라	궤도	14.2	38.1
	전철화	4.7	3.9
	소계	18.9	42.0
시스템	신호/제어	7.8	9.6
	여객정보시스템	2.3	0.6
	소계	10.1	10.2
철도차량		55.8	58.0
합계		84.8	110.2

자료) SCI/Verkehr (2009), 철도시장보고서

- UNIFE(유럽철도산업연맹)의 철도플랜트 시장자료(2003년~2007년)를 바탕으로 향후 시장을 전망한 분석자료에 따르면, 유지보수 시장은 2011년 이후 80억 달러 규모로 성장할 것으로 예측됨

· 철도제어시장 : 입찰국가에 차등을 두지 않는 개방시장으로 입찰개방률이 100%임

· 토목건축 : 자국내 기술 확보를 위해 20~25%의 로컬 업체를 의무적으로 참여시키며 컨소시엄 형태로 활용, 입찰개방률은 78% 수준임

· 철도차량 : 고속철도 수출국의 기술적 우위로 84% 전후의 입찰개방률을 유지하고 있음

· 유지보수 : 발주처의 기술이전 유도 또는 강제로 인해 입찰개방율이 51%에 불과함

[표 2-4] 세계 철도시장 및 입찰개방시장 규모(2011~2015년)

구분	2011~2013		2013~2015	
	전체규모 (억달러)	입찰개방 (억달러)	전체규모 (억달러)	입찰개방 (억달러)
철도제어	15	15	16	16
토목건축	32	25	34	26
철도차량	54	45	57	48
유지보수	77	39	82	42
합계	178	124	189	132

자료) KB투자(2010), 시장분석리포트

- 세계 철도플랜트 지역별 시장규모는 서유럽, 아시아, 북미 순이며 서유럽의 현대화작업, 중국시장의 확대, 미주지역의 고속철도 발주계획이 시장확대의 주요인임

· 서유럽지역 : 2014년까지 28개 유로스타열차 현대화, 44개의 ICE2 열차 현대화(독일), 2020년까지 TGV파리-남동부 열차 현대화(프랑스) 등 1세대 고속철도열차에 대한 교체와 철도차량 현대화 추진

· 북미지역 : 미국 캘리포니아 및 플로리다 고속철도 건설, 도시간 철도건설 투자 등 철도인프라투자로 약 568억 달러가 투입될 것으로 추정되고 있음

· 아시아지역 : 중국의 4종 4횡 광역철도망구축계획으로 인하여 시장이 확대되고 있으며 2025년까지 러시아대륙횡단철도, 중앙아시아횡단철도, 동남아연결철도를 합한 유라시아연결고속철도망을 추진할 계획임

· 러시아지역 : 2009년 모스크바-상트페테르부르크 연결 고속철도를 교체하였으며 시베리아횡단철도의 노후화가 진행되어 현대화의 필요성이 높음

○ 경제적 철도운영 및 유지보수 관련 시장규모 추정

- 철도운영 효율화 관련 시장규모를 추정하기 위해서 관련 시장을 검측차량, 철도유지관리 시스템, 철도 에너지 절감 및 최적화, 친환경 철도시스템으로 구분하여 관련 시장정보를 취합하였으며 이를 바탕으로 해당 시장규모 및 향후 전망치를 제시하였음

- 국내 검측차량은 전량 해외에서 수입해 오고 있으며, 궤도검사차량에 해당되는 무역코드(HS 8604-00-4000)에 따른 수입현황은 2001년부터 10년간 29백만 달러(시기별 환율 고려시 약 380~390억원) 규모임

- 한국철도공사 등에서 국내에 도입한 검측차량(종합검측차량 포함)의 비용을 기준으로 2010년 현재 국내시장규모를 파악해보면 약 390억원으로 추정됨

[표 2-5] 국내 검측차량 도입현황

구분	검측차	비용
한국철도공사	궤도검측차(EM120)	약 20억원
	종합검측차(Roger 1000K)	약 120억원
	선로검측차(ATM) 3대	약 90억원
서울메트로	종합검측차(Roger 600)	약 120억원
대전지하철	궤도검측차(차량국내제작)	약 25억원
도시철도공사	EM30개조(레일마모 추가)	약 15억원
계	-	약 390억원

자료) 국토해양부(2010), 철도업무편람 자료 재가공

- 한국의 시장규모를 전세계 시장의 2.5%로 가정하면, 검측차량의 세계시장규모는 1.6조원 규모인 것으로 추정됨

  · 세계철도연맹(International Union of Railways)의 자료에 따르면, 2010년 전세계 고속철도의 운영구간은 13,414Km로 한국은 전체의 2.5% 수준인 330km가 운영 중임

- 독일 철도통계 회사인 SCI/Verkehr(2009)의 시장전망에 따르면, 철도차량 부문의 2009~2014년 평균시장성장률은 3.7%로서 이를 활용하면 2017년 국내 및 세계 검측차량 시장규모는 다음과 같음

[표 2-6] 검측차량 부문 국내외 시장규모 전망

구분	2010년	2015년
국내시장	390억원 규모	503억원 규모
세계시장	1.6조원 규모	2.1조원 규모

- SCI/Verkehr의 시장자료에 따르면 철도시스템 중 열차제어와 관련된 신호/제어 분야의 시장규모를 2009년 17.4조원으로 추정하였으며, 연평균 시장성장률 4.1%를 적용할 경우 2017년 24조원 규모로 성장할 것으로 예측하고 있음

  · 신호/제어 분야는 철도의 차량간 운행거리, 운행속도, 시간 등 철도운행을 제어하는 분야로서 열차집중제어시스템(Centralized Traffic Control System), 무선통신기반 열차제어시스템(Communication Based Train Control System), 자동열차제어시스템(Automatic Train Control), 자동열차방호시스템(Automatic Train Protection) 등에서 IT 기술과의 결합을 통해 발전해나가고 있음

[표 2-7] 철도시스템(신호/제어) 분야 시장규모

구분		2009년	2017년
신호/제어	신규/개량	7.8조원	10.8조원
	유지/관리	9.6조원	13.2조원
합계		17.4조원	24.0조원

- IT분야 중에서도 무선센서, BcN장비 시스템 SW 관련 시장규모는 2010년 1,940억 달러에서 2017년 3,917억 달러 규모로 성장할 것으로 전망됨

  · 2007년 기준 전체 센서 시장규모는 512억불 규모이며 무선센서 시장은 전체 시장의 0.5%를 차지하고 있으나 연평균 성장률은 34.7%로 높음

  · BcN 장비 시장은 2008년 1,012억불 규모에서 연평균 6.3%의 성장률을 기록하여 2015년 1,755억불 규모로 성장할 것으로 전망됨

  · 시스템SW 시장은 연평균 15.1%의 시장성장률을 보이고 있으며 2017년 2,114억불 규모로 성장할 것으로 전망됨

[표 2-8] IT분야 시장규모

구분	2010년	2017년
무선센서	6억불	48억불
BcN 장비	1144억불	1,755억불
시스템 SW	790억불	2,114억불
세계시장 규모	1940억불	3,917억불

- 지능형 철도 모니터링 시장 규모를 추정한 결과, 2010년 잠재 국내시장규모는 530억원에서 2017년 736억원 규모로 성장할 것으로 예측가능하며, 세계시장규모는 2.1조원에서 3.0조원으로 확대될 것으로 보임

  · OnWorld(2008)의 세계 USN분야별 시장분포 자료에서는 산업모니터링 및 제어 부문의 2010년 시장규모를 6.7%로 추정하고 있으며, 2017년에는 12%대로 확대될 것으로 전망

  · 산업모니터링 및 제어 부문에서 철도시장이 차지하는 비율은 ETRI가 전망한 IT융합시장 규모 대비 철도시장 규모비율을 적용하여 추산함

[표 2-9] 철도유지관리 부문 국내외 시장규모 전망

구분	2010년	2017년
국내시장	530억원	736억원
세계시장	2.1조원	3.0조원

- 국내에서 신재생에너지(태양열, 태양광, 풍력)를 활용하여 생산할 수 있는 기술적 잠재량은 14.6억 TOE(석유환산톤) 규모로 추산됨

  · 에너지 활용을 위한 설비가 입지할 수 있는 지리적인 여건을 고려한 활용가능 에너지양을 가용 잠재량이라고 하고, 현재의 기술 수준(변환효율 등)으로 산출될 수 있는 최종 에너지양을 기술적 잠재량이라고 함

  · 태양열 및 태양광 시스템 변환효율을 각각 25%, 15%로 고려하였으며 2MW급 국산 풍력발전기를 적용한 값으로 계산함

[표 2-10] 신재생 에너지 전체 잠재량

구분	가용잠재량(천 TOE)	기술적 잠재량(천 TOE)
태양열에너지	3,483,910	870,977
태양광에너지		585,315
육상 풍력에너지	24,293	8,097
합계	3,508,203	1,464,389

자료) 지식경제부(2011). 2010년 신재생에너지백서

- 연평균 1일 수평면 전일사량 3,105Kcal/㎡을 적용하면 역사에서 연간 생산가능한 에너지양은 1만 3천 TOE 규모이며 금액으로 환산하면 127억원 규모임(원유 1톤 7.3배럴, 원유 1배럴당 125달러, 1달러 1,072원 기준)

[표 2-11] 역사를 활용한 태양에너지 생산규모

(단위 : ㎡, TOE)

구분	면적	가용잠재력	기술적잠재력
광명역사	78,495	8,896.0	3,558.4
천안아산역사	33,430	3,788.7	1,515.5
대전통합역사	22,094	2,504.0	1,001.6
동대구통합역사	13,083	1,482.7	593.1
부산통합역사	52,395	5,938.1	2,375.2
오송역사	20,076	2,275.3	910.1
김천구미역사	7,101	804.8	321.9
신경주역사	36,197	4,102.3	1,640.9
울산역사	26,875	3,045.8	1,218.3
합계	289,746	32.837.6	13,135.1

자료) 한국철도시설공단 홈페이지 자료 가공

- 육상 풍력자원의 잠재량은 이론적으로 태양에너지 잠재량의 2% 수준(62.1Kcal/㎡)이며 고속철도 역사 부지면적(11.5백만㎡)을 고려한 연간 생산가능한 에너지양은 1,040 TOE 규모로서 이를 금액으로 환산하면 10억원 정도임

- 2010년 기준으로 한국의 태양전지 시스템 생산용량이 전 세계 시장의 1.1%이고 풍력발전은 아직 실용화되지 못하고 있는 점을 고려했을 때, 전세계 철도분야 신재생에너지(태양 및 풍력) 시장규모는 1조 2,454억원 규모로 추정됨

- SCI/Verkehr에서 예측한 2009~2014년의 철도기술 시장의 연평균 성장률은 4.2%로서 이를 고려한 2017년 시장규모를 전망해보면 국내시장은 175억원 규모로 성장할 것으로 예측됨

  · 정부의 신재생에너지 공급정책 강화로 인하여 전체 생산 에너지 중에서 신재생 에너지 분야가 차지하는 비중은 점차 높아질 것으로 예상됨

  · 또한 태양 및 풍력발전이 가능한 철도 역사의 확대와 함께 철도차량을 활용한 에너지 발전 적용가능성 등을 감안하면 향후에도 지속적인 시장 성장이 예상됨

[표 2-12] 신재생에너지 철도연계 부문 국내외 시장규모 전망

구분	2010년	2017년
국내시장	137억원 규모	175억원 규모
세계시장	1.2조원 규모	1.6조원 규모

- 고효율에너지 절약형 부품과 관련된 플라이휠, 초전도 모터 및 진동에너지 하베스팅의 시장규모를 추정해보면 2010년 4.9억 달러규모에서 2015년 14.5억 달러규모로 성장이 예상됨

  · BCC(Business Communication Company)의 2008년 시장조사 보고서에 따르면, 플라이휠 분야의 세계시장 규모는 2008년 316백만불 규모로 연평균 9.5% 정도의 시장 성장률을 예상하고 있음

  · 초전도 모터시장의 경우, Conectus Market Forecast는 2010년 1억 달러 규모로 시장이 성장할 것으로 전망하였으며, 향후 2017년까지 7억불 시장규모로 확대될 것으로 예측됨

  · iRAP의 시장자료에 따르면 에너지 하베스팅 시장 중에서 진동에너지 부문은 연평균 53.7%로 급성장할 것으로 전망됨

[표 2-13] 철도 에너지 절감 및 최적화 관련 세계시장 규모

구분	2010년	2017년
플라이휠	380 백만불	714 백만불
초전도 모터	100 백만불	696 백만불
진동에너지 하베스팅	8 백만불	154 백만불
합계	488 백만불	1,449 백만불

- 세계시장 규모의 확대와 함께 국내시장 규모도 지속적으로 증가할 것으로 전망되며 철도부문을 비롯하여 다양한 산업 및 시장에 적용이 가능한 에너지 고효율 부품이기 때문에 글로벌 기술경쟁력 확보가 더욱 중요시됨

[표 2-14] 철도 에너지 절감 및 최적화 관련 국내외 시장규모 전망

구분	2010년	2017년
국내시장	135억원 규모	413억원 규모
세계시장	5,400억원 규모	1.7조원 규모

- 탄소시장은 온실가스를 배출할 수 있는 권한을 탄소배출권이라는 도구로 상품화하여 장외시장이나 거래소를 통해 거래하는 특수한 시장을 의미함

  · 할당량 시장은 국가와 기업 혹은 시설에 할당된 배출량 중 일부를 거래하는 시장을 의미하며, 프로젝트 기반 거래시장은 온실가스 저감사업을 개발하고 사업에서 발생하는 배출권을 거래하는 시장을 의미함

· 글로벌 탄소시장의 규모는 2005년 100억 달러에서 급속하게 증가하였으며 2010년에는 약 1,500억 달러 규모로 확대

[표 2-15] 세계 탄소시장 현황

구분	2008년	2009년
할당량 시장	101,492 백만불	122,822 백만불
현물과 유통시장	26,277 백만불	17,543 백만불
프로젝트 기반 거래시장	7,297 백만불	3,370 백만불
합계	135,066 백만불	143,735 백만불

자료) World Bank(2010), 세계탄소시장 현황자료

- 정부에서 추진하고 있는 온실가스등록사업은 연간 온실가스 감축량이 500톤 이상 발생하는 감축사업을 정부가 관리하고 지원하는 제도로서 매년 감축실적에 대한 모니터링을 통해 감축량을 인증받은 양을 구매함

· 감축실적 인정기간은 5년이고, 구매금액은 감축 톤당 최저 4,000원에서 최대 6,000원을 정부예산을 통해 지원하여 현재까지 약 356억의 정부구매가 이루어짐

· 현재까지 도시철도 분야에서의 이산화탄소 감축사업은 등록되어 있지 않은 상황임

[표 2-16] 감축사업 및 정부구매 현황

연도	등록신청	등록완료	인증완료	정부구매수	구매량
2007	171	60	38	37	940,602톤
2008	64	86	88	82	1,576,968톤
2009	70	65	161	141	2,229,080톤
2010	44	46	204	121	2,224,277톤
누계	460	310	642	404	7,126,734톤

자료) 에너지관리공단 온실가스 배출감축사업 등록/거래시스템 자료 가공

- 온실가스 저감을 통한 탄소시장 규모를 기초로 국내외 시장규모를 추정한 결과, 국내시장의 경우 2017년까지 67억원 규모로 시장이 확대될 전망임

· 전세계 온실가스 배출현황을 살펴보면, 수송부문이 차지하는 비율이 17% 정도이며 이 중 철도부문의 비중은 2% 정도 수준인 것으로 조사됨

· 세계 탄소시장 규모에 철도부문이 차지하는 비중은 이를 고려하여 추정하였으며 국내 시장 규모는 전 세계 온실가스 배출량의 1.3% 수준임을 감안하여 추정함

[표 2-17] 친환경 철도시스템 부문 관련 국내외 시장규모 전망

구분	2010년	2017년
국내시장	60억원 규모	67억원 규모
세계시장	4,900억원 규모	5,400억원 규모

○ 시장환경 분석 시사점

- 시장조사자료를 바탕으로 향후 시장규모를 추정해본 결과, 경제적 철도운영 및 유지보수와 관련된 국내외 시장은 계속해서 확대될 것으로 보이며 향후 신성장동력 산업으로 육성할 경우, 경제적 파급효과가 클 것으로 추산됨

- 따라서 철도운영 효율화와 관련된 기술개발을 통해 국내 기술역량을 제고하는 한편, 글로벌 기술경쟁력을 확보할 경우 향후 시장점유율을 확보 및 유지하는데 유리한 고지를 선점할 수 있음

나. 산업구조 및 경쟁력

○ 검측차량 분야

- 국내에 도입된 종합검측차 Roger 1000K는 2004년에 국내에 도입되어 한국철도시설공단에서 운용관리하고 있음

  · 경부고속철도 개통에 맞춰 이탈리아 MERMEC으로 도입된 Roger 1000K는 자가 디젤동력을 가지고 있으며 최고속도 170km/h, 운행속도 160Km/h의 종합궤도 검측차량임

  · 주요 검측 항목은 승차감과 안정감과 관련된 수직/수평기면 상 특정 매개변수의 평균, 궤도 외형특질, 궤간면, 주행 테이블 등임

[표 2-18] 고속철도 궤도검측차 및 종합검측차 비교

구분	종합검측차 Roger 1000K	궤도검측차 EM30	궤도검측차 EM120	궤도검측차 EM160	궤도검측차 EM250
제작국가	이탈리아 MERMEC	오스트리아 PLASSER & THEURER			
국내 도입년도	2004년	1976년	1992년	-	-
측정항목	궤도, 레일마모, 파상마모, 전차선, 건축한계 등	궤간, 고저틀림, 줄틀림, 수평틀림 등	궤간, 면마춤, 줄마춤, 수평 등	방향, 고저, 궤간, 곡률, 수평, 거리 등	궤간, 고저, 방향, 곡률, 수평, 차체동요, 레일형상 등
중량	약 50톤	약 20톤	약 40톤	약 60톤	약 51톤
운행속도	160Km/h	50Km/h	120Km/h	160Km/h	250Km/h
측정방식	비접촉식, 자주식	차륜 측정방식	차륜 측정방식	비접촉식 및 관성측정	비접촉식 및 관성측정

자료) 철도시설관리공단 경영공시 자료 가공

- JR동일본 철도회사는 기존 922계 차량을 개조한 검측차인 Doctor Yellow와는 다른 East-i를 개발하여 운영중임

  · 운행 중에 비정상 데이터가 검측되면 신칸센 중앙사령실로 정보를 전송하고 분석결

과를 유지보수 소속 단말기로 전송하여 실시간 자동화 진단을 통한 최적운용을 가능케함

· Tohoku, Joetsu 및 Nagano 신칸센 라인은 10일에 한 번씩, Yamagata 및 Akita 라인은 연 4회씩 검측을 하며 신칸센에서는 최고 275km/h, 기존선에서는 130km/h의 최고속도 가능함

- 프랑스 철도청에서는 320Km/h에서 궤도, 전차선, 신호 및 통신시스템을 점검하기 위한 IRIS320을 2006년 6월부터 운영중임

· 매주 3,500km ~ 5,000km 또는 매년 200,000Km를 검측하고 매분기 일주일 가량은 차량과 검측시스템을 유지보수함

- 국내의 경우, 도입된 검측차량의 기능을 모두 사용하여 종합 검측을 하지 못하고 있으며 몇 가지 검측 항목에 대한 부분적인 검측만이 이루어지고 있는 실정임

· 종합검측차 운용을 도입국가에 의존할 경우 검측차량의 기능을 자체적으로 제대로 활용할 수 없을 뿐만 아니라 보수기간의 연장 및 보수비용 증가 등의 문제가 발생하게 됨

· 관련 기술을 국내에서 개발하여 국산화가 가능할 경우, 기존 검측차량의 효과/효율적인 운영을 위한 역량을 확보함은 물론 비접촉식 레이저 광학시스템을 이용한 검측분야에서의 기술수준을 해외 주요 선진국 수준으로 향상시킬 수 있음

○ 철도유지관리 시스템 분야

- 해외 철도선진국은 철도 유지관리에 IT기술을 접목하여 전산화와 기계화를 통한 예산운용의 효율화 제고를 위해 노력하고 있음

· 유지관리 데이터베이스화를 통해 관련 정보를 확보하고 이를 기반으로 객관적인 보수관리를 실시하기 위해 노력

· 또한 데이터베이스를 통한 통계 분석 및 자료 처리 기능을 강화하여 유지보수 관련 의사결정 지원시스템을 개발

- 코레일은 RCM 및 KTX OIS를 사용하여 안전한 차량운행을 지원함

· 코레일에서는 신뢰성 분석용 소프트웨어 시스템(RCM)을 사용하여 지표를 관리하고 있으며 특정지표의 성과가 미흡하게 나타날 때 원인을 분석 할 수 있는 자료를 제공하여 신뢰성 분석과 조치를 취할 수 있게 함

· 2000년대에 들어 KTXRCM이 개발 운용되고 있으며 도시철도차량을 위한 유지보수 정보화시스템이 개발 운영되고 있으나 이들 시스템은 고장/유지보수 정보수집 및 신뢰성 분석에 중점을 두고 있으며 유지보수주기 및 예비품 소요량 산정에는 사용되고 있지 못함

· 고속차량 운행중 KTX OIS (KTX 운영정보 시스템), 고장코드 무선전송시스템을 통해 차량 운행의 안전성을 지원하고 있음

· KTX OIS (KTX 운영정보시스템)

◦ 고속철도 관련시스템들과 연계하여 상호 데이터 통합, 분석 처리 후 시스템에 재분배하여 차량운행 안전성 및 정시성 지원

◦ 사전기동, 고장정보전달, 스케줄 정보조회, 차량상태 정보조회, 열차운행 표시, 차량할당 등



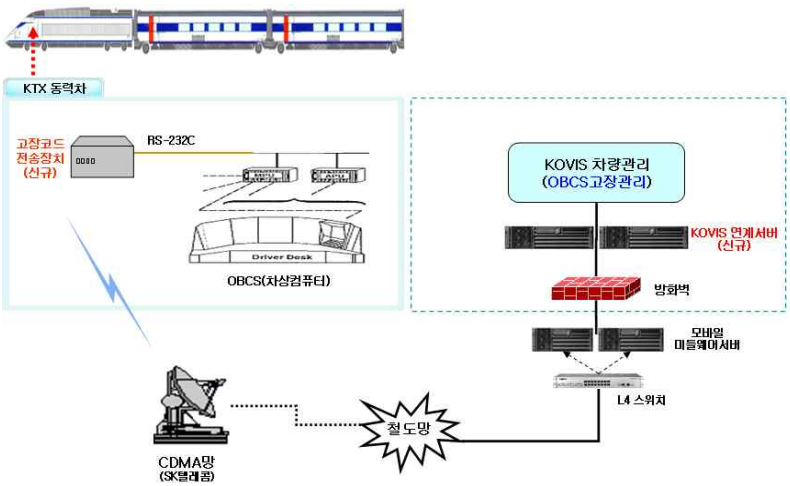
[그림 2-1] KTX-OIS 시스템 구성도

· 고장코드 무선전송시스템

① 차상컴퓨터에 저장된 열차고장기록을 CDMA기술을 이용하여 원거리에서 다운로드할 수 있도록 하는 무선전송 시스템

② 고장코드 다운로드 및 업로드 업무효율화(25분/편성)

③ 주요고장 발생시 상세 고장코드 분석 및 원격기술지원



[그림 2-2] 고장코드 무선전송시스템 구성도

○ 철도 에너지 절감 및 최적화 분야

- 태양광 산업은 가치사슬에 따라 폴리실리콘, 잉곳/웨이퍼, 태양전지, 모듈, 시스템으로 구분이 가능하며 국내외 주요 업체와 국내 기술수준은 다음과 같음

· 태양광 분야에서는 반도체, LCD 산업의 경쟁력을 바탕으로 폴리실리콘, 잉곳웨이퍼, 셀, 모듈, 발전시스템까지 일괄생산체제를 구축하였음

[표 2-19] 태양광 산업 가치사슬별 주요 업체현황

구분	폴리실리콘	잉곳/웨이퍼	태양전지	모듈	시스템
해외	Hamlock(미) Wacker(독)	MEMC(미) GCL(중)	First Solar(미) Suntech(중)	Sharp(일) Yingli(중)	-
국내	OCI, KCC, 한국실리콘, 웅진 폴리실리콘	넥솔론, 오성LST, 렉서, 실트론, 웅진에너지, 글로실	현대중공업, LG전자, 신성홀딩스, 미리넷솔라, KPE	현대중공업, LG전자, 에스에너지, 심포니에너지, 쏠라 월드코리아, 경동솔라	현대중공업, LG CNS, 삼성 에버랜드, SDN
기술경쟁력 (선진국=100)	98~100	91	90~91	91	91~95

자료) 지식경제부(2011), 2010년 신재생에너지백서

[표 2-20] 국내 신재생에너지 분야 기업현황

구분	태양광	풍력	연료전지	태양열	바이오	지열	합계
대기업	12	6	6	-	5	1	30
중소/중견	48	17	2	14	27	8	116
계	60	23	8	14	32	9	146

자료) 지식경제부(2011), 2010년 신재생에너지백서

- 풍력분야에서는 조선 및 중공업 대기업 업체가 시스템 부문에서, 중소/중견기업들이 타워 및 부품 등 중간제품 생산을 주로 담당하고 있음

· 해외 선진국 대비 기술력 수준은 블레이드 분야가 75, 발전기 분야가 50, 베어링 및 기어박스 분야가 50 정도임

[표 2-21] 풍력분야 주요 업체현황

구분		주요 기업
부품	블레이드	KM, 데크, 도하인더스트리, 광동FRP, 화신FRP 등
	타워	동국S&C, 유니슨, CS Wind, 스패코, Win&P 등
	부품	평산, 태웅, 용현BM, 현진소재, 유니슨, 마이스코 등
시스템		두산, 현대, 효성, STX, 삼성중공업, 대우조선해양 등

자료) 지식경제부(2011), 2010년 신재생에너지백서

- 정부는 신재생 에너지 분야의 산업화 촉진을 위해 10대 그린프로젝트를 계획하고 있어 철도부문에서 선도적으로 관련 기술역량을 확보할 경우 시장을 선도할 수 있음

· 10대 그린프로젝트는 주요 시설 및 부지에 태양광/태양열, 지열, 풍력, 연료전지 등의 신재생에너지 기반 설비 및 장비를 구축하는 사업임

· 철도부문에서의 연구개발 결과물을 적극 활용할 경우, 공공부문 주도의 시장창출 및 확대가 더욱 가속화될 수 있을 것으로 전망됨

[표 2-22] 10대 그린프로젝트

구분	내용
Green Post	체신청, 집중국, 우체국, 부속건물 및 유휴부지
Green Port	무역항 및 배후물류단지
Green School	초중고 학교건물, 부속건물 및 유휴부지
Green Island	독립전원을 사용하는 도서
Green Logistics	대규모 물류창고 및 유휴부지
Green Industrial Complex	국가산업단지, 일반, 농공, 도시첨단 전역
Green Highway	휴게소, 도로공사 시설 및 도로주변
Green Army	군 시설 및 유휴부지
Green Factory	공장건물 및 유휴부지
Green Power	한국전력, 발전사 및 발전소 부지

자료) 지식경제부(2011), 2010년 신재생에너지백서

- 플라이휠 분야의 세계 최고 기술업체는 미국 보잉사이며 국내에서는 전력연구원을 중심으로 한 연구가 진행되어 현재 세계최고 수준 대비 원천부문은 70, 부품소재 부문은 60, 제조부문은 70 정도의 기술력을 확보

· 한전 전력연구원은 초전도 플라이휠 에너지 저장장치(7Wh)를 세계 최초로 개발하였으며 하이브리드형 플라이휠을 세계최초로 제작하였음

· 또한, 세계 최고 수준 규모(5kWh)의 초전도 플라이휠 시스템 제작 후 시험 중이며, 100kWh급 개발을 진행중에 있음

[표 2-23] 해외 플라이휠 주요 업체현황

업체명(국적)	생산품목과 주요특징	비고
Int'l Computer Products(미)	UPS, 5kW ~ 1,000kW, 15sec 방전 2분 충전	기계식
Flywheel Energy Systems, Inc(캐)	복합재 휠, 모터/발전기, 자기베어링	전자석
US Flywheel Systems(미)	NASA와 공동연구	전자석
Trinity Flywheel Power	100kW(5sec)-750kW(3sec), Power conditioner, UPS	전자석
Active Power(미)	Power conditioner와 UPS 65-1200kVA	전자석
Boeing(미)	5kWh급 개발	초전도베어링
MGE UPS Systems(미)	UPS 80-800kVA	전자석

자료) 지식경제부(2011), 2010년 신재생에너지백서

- 초전도 모터 분야에서의 국내외 주요 개발업체를 현황은 다음과 같음

· 두산중공업은 정부사업과 연계하여 전기연구원과의 협력연구를 통해 2004년 75kW 급 모터 개발에 성공하였으며 2007년에는 1MW급 초전도 모터개발에 성공하였음

· 미국 American Superconductor는 미 함정 선박추진용 모터 개발에 주력하여 5MW, 36.5MW급 초전도 모터를 개발

· 유럽 지멘스는 4MW급 초전도 발전기를 개발 완료했으며, 일본 IHI사와 스미토모사는 12.5kW, 400kW 선박 추진용 초전도 모터를 개발

[표 2-24] 해외 초전도 모터 주요 업체현황

구분	주요 업체 및 기관
한국	전기연구원, 두산중공업
미국	American Superconductor Corp, Rockwell Automation, GE, ORNL, LANL, Northrop Grumman Ship System, Reliance Electric Tech
일본	Sumitomo Electric Ind, Hitachi Ltd, Mitsubishi Electirc, Toshiba, Matsushita Electirc Ind
유럽	Siemens(독), European Adavanced Super(독), Althow Power(영)

자료) KISTI(2005), 초전도 전력기기(2005)

- 에너지 하베스팅 분야별 주요 해외 연구주체는 다음과 같으며, 진동에너지 하베스팅 관련 연구주체는 조지아 공대, IMEC, 사운드파워 등이 있음

· 국내에서는 (주)센불이 보도블럭형 발전장치인 에너지블럭을 개발하여 제품화하였으며 최근에는 한국세라믹기술원과 공동개발하여 소형 에너지하베스터 시제품을 개발

· 신비앤썬은 태양광 발전에 진동인 압력, 충격 등으로부터 전기를 생산하는 압전발전을 추가적용하는 기술개발을 추진중에 있음

[표 2-25] 에너지 하베스팅 분야별 주요 연구주체

구분	주요 업체 및 대학
열전 변환기술	AIST, 코마츠, 세이코, 도시바, 무라타, 야마하, GE, BST, GMZ 등
열음향 기술	도쿄대, 펠로우 연구그룹, 유타 대학 등
압전효과	사운드파워, 조지아 공과대학, IMEC, 유타 대학 등
전자기 유도	펠로우 연구그룹, M2E 파워 등
정전용량 결합	오므론, 산요전기 등
터빈	MIT, NTT에너지환경시스템 연구소 등

자료) 압전에너지센터 홈페이지 자료 가공

[표 2-26] 진동으로 발전하는 소자의 비교

생산업체	발전원리	주파수	발전수준
조지아공대	압전효과	1Hz	50mW
IMEC	압전효과	500Hz	60μW
사운드파워	압전효과	1~2Hz	0.5W

자료) 압전에너지센터 홈페이지 자료 가공

- 2009년 기준, 신재생에너지 제조업체 중 태양광/태양열 분야 업체는 74개이며 풍력 분야 업체는 23개인 것으로 파악됨

○ 친환경 철도시스템 부문

- 국내 탄소시장의 경우, CDM사업으로 19개 사업이 UN에 등록되어 있으며 연간 140만톤의 탄소배출권을 확보하였으며 이중 4개 사업에서 CER을 발급받아 6,600억원 규모의 경제효과를 얻을 것으로 추산되나 철도 관련 사업은 현재까지 진행되지 않고 있음

[표 2-27] 국내 CDM 사업 등록현황

사업명	사업참여자	예상감축량(연간)
울산 HFC 분해사업	후성, UPC	1.4백만톤
온산 N2O 감축사업	에관공, 로디아	9.15백만톤
강원풍력 발전사업	유니슨, 강원풍력	149,536톤
영덕풍력 발전사업	유니슨, 강원풍력	60,071톤
시화호 조력사업	한국 수자원공사	315,440톤
동해 태양광발전	동서 발전	565톤
저유황유 천연가스 연료전환	한국지역난방공사	34,703톤
수자원공사 소수력발전I	한국수자원공사	9,689톤
휴켐스 질산공장 N2O 감축사업	카본 코리아	1.27백만톤
수자원공사 소수력발전II	한국수자원공사	8,697톤
양양 재생에너지사업	한국중부발전	8,620톤
남동발전 소수력발전사업	한국남동발전	21,189톤
수도권 매립지 가스발전사업	수도권매립지공사	1.21백만톤
한화 N2O 촉매 감축사업	한화	281,272톤
대구방천리 매립가스발전사업	대구광역시	404,872톤
한경풍력 2단계	한국남부발전	28,893톤
방아머리 풍력발전	한국수자원공사	4,000톤
동부한농 N2O 감축사업	동부한농, UPC	241,000톤
포스코 광영 수소력발전사업	포스코	2,700톤

자료) 에너지관리공단 CDM인증원(2010) CDM 사업현황자료

- 도시철도 부문에서도 최근 들어 CDM 사업 참여를 통한 탄소배출권 확보를 통한 수익창출 노력이 이루어지고 있음

· 인천도시철도 2호선의 경우 CDM 사업의 전문업체인 스위스 그루터사 및 (주)사우스퍼시픽과 합의각서를 체결하고 향후 연간 이산화탄소 11만톤을 감축하여 21년간(7년, 2회 연장) 최소 460억원 이상의 수익이 발생할 것으로 전망하고 있음

· 두산건설이 주간사로 참여하는 신분당선 연장선 사업 시행자 경기철도(주)도 CDM 사업으로 연간 6만여 톤을 감축하여 향후 21년간 400억원의 수익을 기대하고 있음

· 서울도시철도공사의 8호선 연장선, 부산교통공단 1호선 연장선, 대구도시철도본부의 3호선 등도 전문 컨설팅회사와의 계약을 통해 사업을 추진중에 있음

○ 관련 산업분석 시사점

- 기술개발을 통해 관련 산업에서 경쟁력을 확보하기 위해서는 기존 산업에서 활동하고 있는 주요 경쟁자 및 잠재 경쟁주체들의 기술개발 및 사업추진 동향에 대한 꾸준한 파악 및 분석이 요구됨

- 현재 철도운영 효율화와 관련된 국내 전문기업들이 많지 않으며, 관련 공사 및 공단이 산업을 주도해나가고 있는 상황이기 때문에 향후 시장확대 및 경쟁력 강화를 위해서는 공공부문의 역할이 중요함

- 역량있는 민간기업들이 참여하여 시장을 형성 및 발전시켜 나갈 수 있도록 초기 시장을 주도하는 한편, 해외 기업들에게 시장을 잠식당하지 않도록 하기 위해서는 무엇보다도 연구개발투자를 통한 기술경쟁력 확보가 가장 우선시되어야 함

3. 국내외 기술개발 동향 및 분석

가. 특허분석

○ 철도분야의 기술동향

- 국제특허분류 기준에 의거하여 IPC 코드 B61(철도)에 해당하는 세부기술 동향을 분석하였으며, 9개 중분류 및 이하 세분류에 해당하는 특허수를 기준으로 분석을 실시하였음

- 분석대상은 2001년부터 2010년까지 등록된 한국, 미국, 일본, 유럽특허이며, 특허DB업체인 WIPS 자료를 활용하였음

- 각 국가별로 등록된 연도별 특허현황, 출원인의 국적분포, 주요출원인, 국가별 IPC 분야별 특허분포 및 연도별 등록추세 등을 파악하였음

[표 2-28] 특허분석 방법론

구분	내용
분석기간	2001년 ~ 2010년 (10년간)
분석국가	한국, 미국, 일본, 유럽 등록특허
분석범위	등록특허의 IPC가 B61(철도)로 분류된 특허
분석DB	WIPS 특허DB
분석방법	연도별 특허현황, 출원인 국적분포, 주요출원인, 국가별 IPC 특허분포 및 연도별 등록추세 등

- 미국등록특허는 2005년까지 지속적인 감소세를 보였으나 2009년까지 완만한 감소 및 증가를 기록했다가 2010년 다시 207건으로 증가하였음

- 일본특허의 경우, 2005년부터 2009년까지 큰 폭의 증가를 보이다가 2010년 다시 538

건으로 감소하였음

- 유럽특허의 경우, 매년 200건 내외 특허등록을 기록하면서 비슷한 수준을 유지하고 있는 것으로 나타났음
- 한국 등록특허의 경우, 2007년까지 증가추세를 보이다가 2008년, 2009년 등록특허수가 감소하였으나 2010년에는 181건으로 다시 증가하고 있어 연구개발 투자규모 대비 양적인 특허성과 창출은 부족하지 않은 상황임

[표 2-29] 각국별 철도 분야 등록특허 연도별 현황

(단위 : 건)

구분	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
한국	41	63	67	43	133	128	213	173	128	181
미국	258	235	201	170	141	165	149	142	158	207
일본	349	365	417	399	289	336	448	634	638	538
유럽	104	162	235	252	197	189	157	238	206	178

- 한국 등록특허를 보유하고 있는 출원인의 국적 분포를 살펴보면, 한국을 제외하고 일본, 독일, 프랑스, 미국 순임
- 미국특허에서는 독일, 일본, 캐나다, 프랑스 순으로 등록특허수를 많이 보유하고 있으며, 유럽특허의 경우에는 독일이 가장 많은 특허를 보유하고 있는 가운데 프랑스, 오스트리아, 미국, 중국 순임
- 전반적으로 미국, 독일 및 프랑스가 다양한 국가에서 철도 관련 특허를 보유하고 있는 것으로 조사되었으며, 일본은 미국과 한국 특허보유 비율이 상대적으로 높음
- 한국의 경우, 해외특허보유가 상대적으로 적어 기술경쟁력 확보가 미흡한 것으로 나타났으며, 중국은 유럽특허를 많이 확보해나가고 있는 것을 확인할 수 있음
- 철도분야에서 글로벌 경쟁력을 확보하기 위해서는 자국 뿐만 아니라 시장진출 국가의 특허권을 확보함으로써 시장진입 시 기술적 장벽을 제거하려는 노력이 꾸준이 이루어져야 함

[표 2-30] 각국별 특허출원인 국가별 분포

구분	한국특허수(건)		미국특허수(건)		유럽특허수(건)	
1	한국	952	미국	856	독일	874
2	일본	106	독일	164	프랑스	257
3	독일	45	일본	132	오스트리아	160
4	프랑스	24	캐나다	113	미국	135
5	미국	13	프랑스	60	중국	117

- 히다치(일본)는 각국에 자사특허를 등록하여 특허포트폴리오를 구축하고 있으며, 지멘스(독일) 및 알스톰(프랑스), 봄바디어(캐나다) 역시 유럽 및 미국특허를 중심으로 특허를 확보하여 글로벌 경쟁력을 확보하고 있음

- 국내에서는 한국철도기술연구소가 보유한 등록특허가 192건으로 가장 많은 가운데 한국철도공사(16건), 서울메트로(15건) 등의 유관기관 특허는 많지 않은 것으로 조사되었음
- 세계적인 글로벌 기업인 GE는 철도부분 사업을 추진하면서 미국에서 가장 많은 특허를 보유하고 있으며 National Steel Car는 캐나다 철도차량 제조업체로서 62건의 특허를 보유하고 있음
- 일본에서는 히다치에 이어 일본철도종합연구소가 351건의 특허를 보유하고 있는 것으로 조사되었으며 철도신호 주식회사의 특허가 291건인 것으로 파악되었음
- 국내에서는 철도기술연구원의 연구활동이 가장 두드러지고 있으며, 단기간에 해외 선진 기술주체들의 기술수준에 도달하고 기술경쟁력을 확보하기 위해서는 해외 연구주체와의 공동연구 또는 산학협력을 바탕으로 한 특정 연구분야에서의 실용화 R&D 아이템을 발굴하려는 노력이 요구됨

[표 2-31] 각국별 특허출원인 분포

구분	한국특허수(건)		미국특허수(건)		일본특허수(건)		유럽특허수(건)	
1	한국철도 기술연구원	192	General Electric	90	Hitachi	394	Simens	208
2	현대로템 주식회사	73	National Steel Car	62	Railway Technical Research	351	Bombardier Transportation	112
3	주식회사 로템	35	Hitachi	34	Nippon Signal	291	Alstom	66
4	히다치	34	Miner Enterprise	29	East Japan Railway	287	Alcatel	50
5	혁신전공사	19	TRN Business Trust	27	Central Japan Railway	268	Hitachi	49
6	샬롬 엔지니어링	17	Westinghouse Air Brake Technology	26	Nippon Sharyo Seizo	206	Knorr-Bremse	41
7	한국철도 공사	16	Siemens	24	Mitsubishi Electric	200	Innova Patent	38
8	서울메트로	15	ASF-Keystone	18	Kawasaki Heavy Industry	195	Voith Turbo Scharfenberg	32
9	디유에이 엔아이	13	Alstom	18	Daifuku	173	Schwab Verkehrste-chnik	20
10	나부테스코	11	New York Air Brake	16	Toshiba	151	Daimler Chrysler	19

- 미국특허의 경우에는 B61D(철도 차량 종류, 차체 세부) 특허가 565건으로 가장 많으며, 그 다음으로 B61B(철도방식), B61L(철도 교통 안내, 철도 교통 보안)의 등록특허가 높은 비율을 차지하고 있음

- 일본특허의 경우에는 B61B(철도방식), B61L(철도 교통 안내, 철도 교통 보안) 분야의 특허수가 비슷한 수준에서 가장 많으며, 그 다음으로 B61D(철도 차량 종류, 차체 세부) 특허가 많음

- 유럽특허의 경우에는, B61D(철도 차량 종류, 차체 세부) 및 B61L(철도 교통 안내, 철도 교통 보안) 분야 특허가 가장 높은 비율을 차지하고 있는 가운데 B61F(철도 차량 현가장치) 특허도 292건으로 많음

- 한국에서는 B61L(철도 교통의 안내, 철도 교통의 보안)에 속하는 특허가 391건으로 가장 높은 비율을 차지하고 있으며, B61D(철도 차량의 종류와 차체 세부) 특허도 323건으로 상대적으로 많음

[표 2-32] IPC 중분류 수준에서의 특허분포

구분	한국 특허수	미국 특허수	일본 특허수	유럽 특허수
B61B(철도방식; 달리 분류되지 않는 설비)	190	317	1,241	224
B61C(기관차; 동력차)	25	160	215	145
B61D(철도 차량의 종류와 차체 세부)	323	565	1,159	610
B61F(철도 차량 현가장치)	124	199	584	292
B61G(철도 차량에 특별히 이용되는 연결기)	41	129	90	179
B61H(철도 차량에 특유한 제동장치 또는 기타 감속장치)	59	74	179	86
B61J(차량을 이동하는 것 또는 교환하는 것)	11	42	54	13
B61K(철도를 위한 다른 보조장치)	62	91	220	111
B61L(철도 교통의 안내; 철도 교통의 보안)	391	288	1,236	503

- 각국별 IPC 중분류 분포 비율을 비교해보면 전반적으로 기술분야별 분포는 유사한 형태를 보이고 있으나 B61L, B61B에서는 각각 한국 및 일본의 특허비율이 상대적으로 높음

- 한국과 일본의 경우 B61L 분야의 특허비율은 미국 및 유럽수준을 상회하고 있으며, B61B 및 B61D 분야에서도 상대적으로 그 비율이 높거나 비슷한 수준을 기록하고 있음

- 미국 및 유럽의 특허에서는 B61D 분야의 특허비율이 상대적으로 높은 것으로 조사되었음

○ 철도분야별 특허성과 비교

- 철도분야를 8개 중분류(시스템 엔지니어링, 운영, 차량, 궤도토목, 전기신호, 환경, 안전방재, 역사) 수준으로 구분하여 각각 미국등록특허를 기준으로 키워드 검색을 실시하여 주요국의 특허보유 수준을 비교하였음

[표 2-33] 철도 기술분야 분류

대분류	중분류	소분류
철도	시스템 엔지니어링	철도시스템 평가 및 검증
	운영	운영효율화 기술
	차량	차체 및 실내외 설비기술
		제동제어 기술
		대차 및 현가장치 기술
		차량전기기술
		차량제어기술
		차량유지보수
	궤도토목	궤도기술
		철도교량기술
		철도터널기술
		노반기술
		궤도유지보수
	전기신호	전력설비 기술
		신호통신
		전기신호유지보수
	환경	소음저감기술
		온실가스저감기술
	안전방재	안전방재기술
	역사	플랫폼

자료) 한국과학기술기획평가원(2007), 건설교통기술 특허·논문 동향조사

- 또한, 본 연구기획을 통해 연구 중점추진분야를 도출하기 위해서 4대 세부분야별로 키워드 검색을 통해 각 분야에서의 연도별 동향, 국가별 특허의 양적/질적 성과수준 비교 등을 실시함

- 분석대상은 2001년부터 2010년까지 등록된 한국, 미국, 일본, 유럽특허이며, 특허DB업체인 WIPS 자료를 활용하였음

[표 2-34] 특허분석 방법론

구분	내용
분석기간	2001년 ~ 2010년 (10년간)
분석국가	한국, 미국, 일본, 유럽 등록특허
분석범위	철도 8대 분야별 특허, 기획을 위한 4대 세부분야별 특허
분석DB	WIPS 특허DB
분석방법	연도별 특허현황, 출원인 국적분포, 주요출원인, 국가별 IPC 특허분포 및 연도별 등록추세 등

- 미국특허를 중심으로 비교한 자료이기 때문에 미국이 대부분의 특허를 차지하고 있는 것으로 조사되었음

- 그러나 일본, 독일의 경우 운영, 차량, 궤도토목, 전기신호 등의 분야에서 전략적으로 미국특허를 보유하면서 국제 경쟁력 확보를 위해 노력하고 있음을 확인할 수 있음

- 상대적으로 한국의 경우, 미국특허보유수 자체가 많지 않으며 환경 및 안전방재/역사 분야에서는 한 건의 특허도 보유하고 있지 않은 것으로 조사되었음

[표 2-35] 분야별 특허성과 비교결과

분야	미국	일본	독일	프랑스	영국	한국
시스템 엔지니어링	37	0	8	1	1	3
운영	181	50	19	9	5	7
차량	491	104	114	35	7	3
궤도토목	375	38	128	17	50	12
전기신호	188	35	28	11	4	3
환경	21	8	1	1	0	0
안전방재 /역사	87	11	12	2	2	0
합계	1,283	235	298	73	67	28

- 국내등록특허를 보유한 주요 주체들의 현황을 살펴보면, 한국철도기술연구원이 전 분야에서 기술력을 확보하고 있는 것을 확인할 수 있으며, 현대로템, 철도공사, 삼표이앤씨 등이 일부 해당 분야에서 관련 특허를 상당수 보유하고 있음

○ 4대 분야별 특허성과 비교

- 철도운영 효율화 관련 기술분야를 4대 분야로 구분하여 특허성과를 비교하였으며, 유지보수 자동화 선진화 측면에서 검측차량, 철도유지관리 시스템 분야를 구분하였고 철도에너지 관리 효율화 측면에서 철도 에너지 절감 및 최적화 분야, 환경비용 저감 측면에서 친환경 철도시스템을 구분하였음

- 철도유지관리 시스템에 활용가능한 IT 관련 기술이 상당수 존재하여 가장 많은 특허성과가 창출되고 있는 것으로 조사되었으며, 에너지 및 환경 관련 분야의 특허는 상대적으로 많지 않음

[표 2-36] 4대 분야 특허성과 추세

분야	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	합계
검측차량	29	31	35	37	27	30	29	38	22	278
철도유지관리 시스템	45	52	63	63	65	52	64	61	43	508
철도에너지 절감/최적화	10	9	15	17	17	18	15	13	15	129
친환경 철도시스템	8	0	11	17	25	8	36	22	5	132

주) 등록특허로 검색된 결과를 출원연도를 기준으로 기록하여 2009년 특허수가 감소

- 미국이 가장 많은 특허수를 보유하고 있는 가운데, 일본은 철도 에너지 절감 및 최적화 분야에서, 유럽국가들은 친환경 철도시스템 분야에서 가장 많은 특허를 보유하고 있음

[표 2-37] 분야별 미국/유럽 특허성과 비교결과

분야	1위	2위	3위	4위	5위	한국
검측차량	미국 (98)	유럽 (37)	일본 (30)	중국 (6)	대만 (3)	6위 (2)
철도유지관리 시스템	미국 (212)	유럽 (103)	캐나다 (16)	일본 (13)	중국 (5)	6위 (4)
철도에너지 절감 및 최적화	일본 (30)	미국 (24)	유럽 (9)	한국 (8)	캐나다 (5)	4위 (8)
친환경 철도시스템	유럽 (47)	일본 (20)	미국 (16)	-	-	-

주) 분야별 주요국의 특허보유 수준비교는 미국 및 유럽특허 검색결과만을 활용하여 집계. 유럽특허의 경우, 유럽 개별국가에 대한 정보가 세분화되지 않아 유럽(EP)로 통합하여 집계

- 전반적으로 특허 피인용도는 높지 않으며 미국의 피인용도 수준이 상대적으로 높음

[표 2-38] 분야별 주요국의 평균 피인용도 비교

분야	미국	일본	유럽	전체평균
검측차량	1.09	0.47	0.22	0.75
IT기술융합 철도유지관리 시스템	1.84	0.38	1.09	1.54
철도에너지 절감 및 최적화	1.03	0.72	1.01	0.76
친환경 철도시스템	6.44	0.2	0.21	1.41

- 철도유지관리 시스템 분야에서는 타 분야보다 많은 특허수가 검색되어 해당 특허를 6개의 세분류로 다시 구분하여 기술분포를 파악하였음

· 철도차량 차상상태에 대한 모니터링 및 진단/예측 분야에서는 철도차량 구성 요소 및 부품에 대한 상태 측정 관련 특허들이 대다수이며 이를 보수유지 주기 및 수명 예측과 연계한 특허는 거의 없음

· 철도차량 모니터링 센싱 분야에서는 유선 센서와 관련된 특허가 많이 분포하며, 무선센서 및 이와 연계된 무전원, 에너지 하베스팅 관련 특허가 다수 파악되었음

· 철도차량 유지보수 분야에서는 관련 시설 및 장비, 도구 등에 대한 특허가 대부분이며 유지관리 의사결정에 필요한 시스템 개발 및 SW 개발 특허는 거의 없음

· 철도차량 무선통신 분야에서는 다양한 IT 통신기술을 철도분야에 적용하기 위한 특허들은 다수 있으나, 통신의 신뢰성/안정성/대용량화 관련 특허는 많지 않음

· 선로구축물 및 전기/신호 유지관리 특허는 주로 궤도, 노반, 교량, 터널, 역사 및 신호/급전 설비 관련 유지관련 기술이 조사되었음

[표 2-39] 철도유지관리 시스템 분야별 특허수 분포

구분	철도차량 차상상태 진단/예측	철도차량 모니터링 센싱	철도차량 유지보수	철도차량 무선통신	선로 구축물 유지관리	전기/ 신호 유지관리
특허수	106	62	60	68	102	110

○ 특허성과 분석 시사점

- 분야별 특허를 바탕으로 Micropatent의 Aureka 프로그램을 활용하여 특허맵을 작성하였으며 주요 특허를 선별하여 검토를 실시하여 시사점을 도출

- 검측차량 분야에서는 선로검측 분야의 기술이 기계식, 접촉식에서 비접촉 방식으로 변화하고 있으며, 광학 시스템 또는 카메라 및 비주얼 장비를 활용하는 기술이 증가



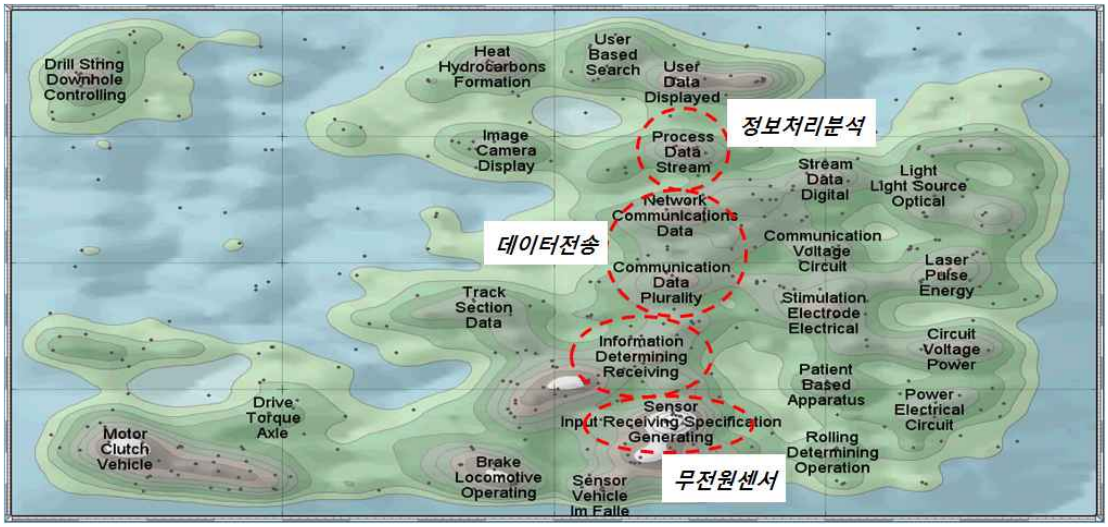
[그림 2-3] 검측차량 분야의 특허맵

- 고속종합 검측 시스템 개발에 필요한 주요 검측기술들이 지속적으로 개발되고 있어 이에 대한 사전검토 및 기개발 기술 활용을 통한 국내 기술개발 역량강화가 요구됨

[표 2-40] 검측차량 분야의 주요 특허

출원번호	특허상태	출원인	발명의 명칭
2007-0130921	한국등록	철도기술연구원	고속철도차량용 고정밀 속도 및 위치 검측장치
2008-0080198	한국등록	한국철도공사, 금천시스템	궤도틀림실시간감시 시스템
2009-201649	일본공개	Hitachi, Central Japan Railway	Vehicle Inspection Apparatus
2005-224084	일본공개	Hitachi	Detection of track maintenance facility data and inspection device
01830013	유럽공개	Vision Device	Device to optically measure the wheels of railway vehicle
2004-836629	미국등록	Ensco	Video inspection system for inspection of rail components and method thereof
1999-404262	미국등록	National Railroad Passenger Corp	Automated track inspection vehicle and method
2003-449655	미국등록	Johns Hopkins Univ.	Laser-air, hybrid , ultrasonic testing of railroad tracks
2006-307601	미국등록	Spirit Solutions	Smart thermal imaging and inspection device for wheels and components therof and method
2008-260059	미국등록	Herzog Services	Apparatus for detecting, identifying and recording the location of defects in a railway rail

- 센서를 활용한 철도 차량 모니터링, IT네트워크를 통한 검측 정보 활용, 관련 정보의 분석 등과 관련된 특허가 증가하고 있으나, 현재까지 유지관리 및 예측에 대한 기술 개발을 많지 않은 것으로 판단됨



[그림 2-4] 철도유지관리 시스템 분야의 특허맵

- 차상 상태 측정, 무전원/무선 센서, 철도용 무선통신 관련 기존 특허기술 내용을 검토하여 보다 신뢰성이 높고 안정적인 모니터링 시스템을 구축해야 할 것이며, 기존에 연구가 많이 이루어지지 못한 실시간 모니터링 정보처리를 위한 네트워크 기술, 차량 상태 진단 및 예측기술, 통합적 유지관리 시스템 구축을 위한 분석 및 최적화 기술개발이 요구됨

[표 2-41] 철도유지관리 시스템 분야의 주요 특허

출원번호	특허상태	출원인	발명의 명칭
2009-0135819	한국공개	국민대 산학협력단	무전원 기동 센서 노드
2006-0062604	한국등록	엠디티	에너지 포집형 표면탄성파 기반의 무전원/무선센서
2005-084541	미국등록	MicroStrain	Wireless sensor system
2004-023191	미국등록	MicroStrain	Energy harvesting for wireless sensor operation and data transmission
2007-822272	미국등록	Hitachi	Sensor with wireless communication function
2007-655672	미국등록	L-3 Communications	Self-assembling wireless network, vehicle communication system, railroad wheel and bearing monitoring system and methods therefor
2001-861477	미국등록	TC License	Method, apparatus and system for wireless data collection and communication for interconnected mobile systems, such as for railways
1999-390699	미국등록	New York Air Brake Corp	Intra-train communication network
2003-686660	미국등록	Denso	Vehicle data communication system having supervised coordination of networks which control respective basic operating functions of vehicle
2004-563808	미국등록	Dofasco	Diagnostic method for predicting maintenance requirements in rotating equipment

- 철도 에너지 절감 및 최적화 분야에서는 풍력에너지 발전 관련 특허가 증가하고 있으나, 압전 및 회생에너지 관련 특허, 철도분야에 초전도 기술을 활용하는 특허, 전력망과의 연계 관련 특허는 아직 많지 않아 기술개발을 통한 경쟁력 강화가 필요함



[그림 2-5] 철도 에너지 절감 및 최적화 분야의 특허맵

- 기존에 개발된 플라이휠, 에너지 하베스팅, 초전도 모터 관련 기술을 철도분야에 적합하게 응용개발하는 한편, 에너지 소비효율화를 위한 차상 시스템 및 지상 전력망 구축 기술개발이 요구됨

[표 2-42] 철도 에너지 절감 및 최적화 분야의 주요특허

출원번호	특허상태	출원인	발명의 명칭
2009-0103928	한국등록	한국 전력공사	플라이휠 에너지 저장장치
2009-0116532	한국등록	한국생산 기술연구원	소리 또는 진동에너지를 이용한 발전모듈과 발전방법
2004-0026512	한국등록	한국 전기연구원	연료전지가 결합된 초전도 모터
2003-098235	일본공개	Hitachi	Energy transmission/reception control system, railway vehicle, and drive system thereof
1999-351358	일본공개	Railway Tech Res Inst	Superconducting electric motor for vehicle
2009-207238	일본공개	Toshiba	Comprehensive monitoring and control system for smart grids and micro grids
04727531	유럽공개	Siemens	Superconducting motor device with a superconducting winding and colling by thermal siphon
01960918	유럽공개	Gibbs Int' Technology	Power Train
1999-338223	미국공개	Boeing	Magnetic systems for energy storage flywheels
2008-195670	미국등록	Innowattech	Power harvesting from railway; apparatus, system and method
2002-488032	미국등록	Siemens	Superconducting electrical machines for use in navy ships
2003-652474	미국등록	Lyden	Solar cell, module, array, network, and power grid

- 친환경 철도시스템 분야에서는 회생에너지를 활용한 에너지 소비 효율 증대, 친환경 재료 개발을 통한 온실가스 저감 등과 관련된 특허가 증가하고 있으나 자원재활용 분야에서의 특허는 많지 않음



[그림 2-6] 친환경 철도시스템 분야의 특허맵

- 기개발 기술 및 관련 특허를 활용한 도시철도차량 운행 상에서의 에너지 효율제고, 친환경 자원재활용 폐차 프로세스의 철도부문 응용 및 적용, 저탄소 콘크리크 생산기술의 철도 시설물 건설 활용, 철도부분의 친환경성 평가 기술 및 모니터링 시스템 구축 등에 대한 연구가 요구됨

[표 2-43] 친환경 철도시스템 분야 주요 특허

출원번호	특허상태	출원인	발명의 명칭
2008-0067343	한국등록	도시철도공사	철도부하 시스템의 피크전력 관리방법
2008-0057915	한국등록	철도기술연구원	전기철도 차량의 회생 에너지 저장 시스템
2011-0014447	한국등록	대림산업, 삼표, 트라이포드	콘크리트의 이온화 촉진을 위한 혼화제 조성물 및 이를 포함한 친환경 저탄소 콘크리트 조성물
2004-0012015	한국등록	오토에코	친환경적인 폐차 처리 시스템
2009-232927	일본공개	GE	Energy management system for improving efficiency of electric and hybrid drive train
05292035	유럽등록	Services Petroliers Schlumberger	Cement compostion for a carbon dioxide supercritical environment
2006-063748	미국등록	Mitsubishi	Control apparatus for electric train
2003-426915	미국등록	Procedo Enterprise	Process for producing blended cements with reduced carbon dioxide emissions
2007-998662	미국등록	Siracusa	Refuse recycling plant
2000-585176	미국등록	Simon Family Partners	Method and apparatus for sorting recyclable products

나. 논문분석

○ 분석 방법론

- 철도분야의 전반적인 각국별 논문성과를 비교해보기 위해서 7개 중분류(시스템 엔지니어링, 운영, 차량, 궤도토목, 전기신호, 환경, 안전방재/역사)에 대한 키워드 검색을 통해 해당 분야에서의 각국별 논문성과수를 비교함

[표 2-44] 철도분야별 논문성과 비교 방법론

구분	논문성과
분석범위	2000년 ~ 2011년 Science Citation Index Expanded, Social Sciences Citation Index, Arts&Humanities Citation Index 게재논문
분석방법	7개 중분류로 구분하여 논문타이틀 키워드 검색 실시
분석DB	Thomson Reuters의 Web of Science DB
분석방법	주요 논문게재 국가비교, 분야별 국내 주요 연구주체파악

- 본 연구기획을 통해 연구 중점추진분야를 도출하기 위해서 4대 세부분야별로 키워드 검색을 통해 각 분야에서의 연도별 동향, 국가별 논문의 양적/질적 성과수준 비교 등을 실시

○ 철도분야별 논문성과 비교결과

- 한국은 전반적으로 8위권 이내의 논문성과를 창출하고 있는 것으로 나타났으며 시스템 엔지니어링 분야에서 상대적으로 타 국가보다 많은 논문을 보유하고 있음

- 그러나 철도운영 및 차량부문, 환경(소음)분야에서는 상대적으로 경쟁력이 낮은 것으로 조사되었으며 전기신호 및 안전방재/역사 분야에서의 논문성과는 많지 않음

[표 2-45] 분야별 논문성과 비교결과

구분	1위	2위	3위	4위	5위	6위	7위	8위	한국
시스템 엔지니어링	미국 (158)	영국 (83)	중국 (80)	한국 (67)	이태리 (65)	독일 (61)	일본 (60)	프랑스 (42)	4위 (67)
운영	미국 (287)	중국 (135)	영국 (127)	독일 (86)	이태리 (59)	일본 (59)	스페인 (59)	네덜란드 (58)	11위 (49)
차량	중국 (253)	미국 (252)	영국 (229)	일본 (199)	이태리 (147)	독일 (145)	스웨덴 (116)	한국 (109)	8위 (109)
궤도토목	미국 (155)	중국 (128)	영국 (115)	일본 (72)	호주 (65)	스웨덴 (63)	한국 (57)	이태리 (55)	7위 (57)
전기신호	미국 (25)	중국 (11)	한국 (10)	독일 (9)	이태리 (9)	일본 (8)	인도 (7)	스페인 (7)	3위 (10)
환경	미국 (99)	중국 (87)	영국 (78)	일본 (64)	프랑스 (39)	스웨덴 (38)	독일 (33)	네덜란드 (31)	10위 (22)
안전방재/ 역사	미국 (111)	영국 (47)	중국 (44)	일본 (24)	이태리 (20)	한국 (20)	호주 (17)	독일 (16)	6위 (20)

- 국내 논문보유 주체를 살펴보면, 철도기술연구원이 대부분의 성과를 차지하고 있는 가운데, 주요 대학들의 연구성과가 창출되고 있는 것을 확인할 수 있음

[표 2-46] 세부기술별 논문 검색결과

세분류	1위	2위	3위
시스템엔지니어링	철도기술연구원(27)	서울대(8)	한양대(7)
운영	서울대(8)	한양대(6)	철도기술연구원(6)
차량	철도기술연구원(31)	한양대(12)	성균관대(9)
궤도토목	서울대(18)	철도기술연구원(5)	한양대(4)
전기신호	철도기술연구원(5)	한양대(2)	부경대(2)
환경	철도기술연구원(3)	서울대(3)	KAIST(2)
안전방재/역사	철도기술연구원(2)	한양대(2)	경희대(2)

○ 4대 분야별 논문성과 비교

- 철도부문에 적용가능한 IT 관련 기술이 많아 철도유지관리 시스템 분야에서 가장 많은 논문이 창출되고 있는 것으로 조사되었으며, 철도 에너지 절감 및 최적화 분야에서는 최근 들어 연구가 활발해지는 추세를 나타내고 있음

[표 2-47] 4대 분야 논문성과 추세

분야	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	합계
검측차량	11	16	21	26	27	31	27	29	25	32	245
철도유지관리 시스템	32	34	50	54	53	47	69	85	69	89	582
철도에너지 절감/최적화	19	19	21	27	20	30	38	41	42	47	304
친환경 철도시스템	11	12	13	13	10	13	17	21	19	25	154

- 분야별로 각국의 논문성과수를 비교해보면, 미국이 전 분야에서 가장 많은 논문을 보유하고 있는 가운데 철도 에너지 절감 및 최적화 분야에서 일본의 연구개발투자가 증가하고 있는 것을 확인할 수 있음

[표 2-48] 분야별 논문성과 비교결과

분야	1위	2위	3위	4위	5위	6위	7위	8위	한국
검측차량	미국 (59)	영국 (52)	이태리 (30)	독일 (22)	일본 (16)	한국 (11)	중국 (9)	러시아 (9)	6위 (11)
철도유지 관리시스템	미국 (116)	영국 (80)	이태리 (60)	중국 (53)	독일 (37)	호주 (32)	일본 (30)	프랑스 (28)	10위 (22)
철도에너지 절감/최적화	미국 (88)	일본 (47)	독일 (22)	프랑스 (15)	영국 (13)	이태리 (13)	호주 (!2)	캐나다 (11)	10위 (9)
친환경 철도시스템	미국 (37)	일본 (16)	중국 (14)	영국 (13)	프랑스 (11)	한국 (6)	독일 (6)	호주 (6)	공동 6위(6)

- 분야별 주요국의 논문성과를 질적으로 비교해 보기 위해 논문 인용도 수준을 파악하였으며, 미국이 논문의 질적성과 면에서도 전반적으로 높은 수치를 나타내고 있는 가운데, 분야별로 일본, 프랑스 보유 논문수는 상대적으로 적지만 우수한 연구성과를 창출하고 있는 것으로 파악됨

  · 일본의 경우 검측차량 분야의 논문은 많지 않으나 평균 피인용도는 가장 높아 질적 우수성이 높은 것으로 파악되며, 에너지 절감 및 최적화 분야에서는 양적인 측면에서는 미국과 일본의 논문이 많으나 피인용도 측면에서는 프랑스 논문의 질적 우수성이 높음

  · 한국의 경우, 전반적으로 주요국가의 논문 질적 수준보다는 낮은 것으로 나타나고 있으나 철도 에너지 절감 및 최적화 분야의 피인용도는 높은 것으로 파악됨

[표 2-49] 분야별 주요국의 평균 피인용도 비교

분야	미국	일본	독일	프랑스	한국
검측차량	8.71	11.75	6.64	4.0	1.55
철도유지관리 시스템	6.93	5.07	5.54	3.89	1.45
철도 에너지 절감 및 최적화	5.89	6.05	4.6	7.47	5.22
친환경 철도시스템	5.84	2.62	4.0	5.18	1.17

○ 논문성과 분석 시사점

- 특허성과에 비해 상대적으로 논문성과는 양적, 질적으로 우수한 것으로 판단되어 산업적 권리확보보다는 학술적인 연구중심으로 그동안 연구개발이 이루어져 왔음을 확인할 수 있음

- 그러나 주요국과의 기술격차는 여전히 존재하고 있어 향후 이러한 학문적 성과물도 적극적으로 활용할 경우, 선진국과의 기술격차를 줄여나가는데 도움이 될 것으로 판단됨

- 기술개발 상세기획 단계에서는 특허 뿐만 아니라 논문성과에 대한 추가적인 검토를 통해 활용가능한 연구성과물을 선별하고 적극 활용해야 할 것으로 판단됨

다. 기술경쟁력 분석

○ 철도기술 수준비교

- 한국의 철도기술은 지속적으로 발전하고 있으나 선진국 대비 기술수준은 2009년 기준으로 74% 정도인 것으로 평가하고 있음

  · 2001년 발간된 철도기술백서에서는 선진국 대비 기술수준을 40% 내외로 평가하였으며, 2002년 국가기술지도에서도 40~50% 수준으로 평가함

  · 2005년 한국철도시설공단 전문가 설문조사 결과에서는 선진국 대비 60~70% 수준의 기술력을 보유하고 있다고 평가함

· 2007년 건설교통기술 중장기 R&D로드맵에서는 주요국(독일, 프랑스, 일본) 기술수준 대비 76.2%이라고 평가함

- 분야별 기술수준을 살펴보면, 시스템 엔지니어링, 전철/전력, 환경/에너지, 안전방재 분야에서 국내 기술수준이 상대적으로 더 낮으며, 운영/물류 분야에서는 기술수준은 79% 정도 수준이나 기술격차가 7.3년임

[표 2-50] 국내 철도기술의 수준비교

분야	기술수준(%)	기술격차(년)	최고수준국가
시스템 엔지니어링	67.2	6.8	독일
운영/물류	79.0	7.3	프랑스
차량	79.2	6.1	독일
궤도토목	87.7	7.0	독일
전철/전력	61.4	13.0	일본
신호/통신	79.8	5.1	프랑스
환경/에너지	65.0	11.0	독일
안전방재	62.5	10.3	프랑스
역사	80.9	3.8	프랑스
유지관리	78.4	5.8	일본
종합	76.2	7.0	독일

자료) 한국과학기술기획평가원(2007), 건설교통기술연구개발사업 중장기계획수립연구

○ 철도 기술 분야별 최고 국가 대비 기술수준

- 철도 핵심 기술 분야로 고속화, 안전/방재, 친환경/에너지, 물류, 대륙철도, 표준화, 철도정책 및 운영, 유지보수 기술이 있음

· 유지보수, 물류, 철도정책 및 운영, 안전/방재, 표준화 기술 분야에서는 일본이 최고수준 국가이며 고속화, 대륙철도 기술 분야에서는 프랑스가, 친환경/에너지 기술 분야에서는 독일이 최고수준 국가로 평가됨

· 최고 국가 대비 기술수준이 가장 높은 철도 핵심 기술은 유지보수 기술로써 세계최고 기술수준 대비 평균 80.40%, 기술격차는 평균 6.49년이며, 기술수준이 가장 낮은 기술은 친환경/에너지 기술로 세계최고 기술수준 대비 평균 76%, 기술격차는 평균 7.91년으로 분석됨

[표 2-51] 철도 기술 선진국 대비 기술수준 및 기술격차

철도기술 분야	최고수준국가	세계최고 대비 기술수준(%)	세계최고 대비 기술격차(년)
유지보수 기술	일본	80.4	6.49
고속화 기술	프랑스	79.7	7.29
물류 기술	일본	78.7	6.78
철도정책 및 운영 기술	일본	78.4	7.5
안전/방재 기술	일본	78.3	7.33
표준화 기술	일본	77.8	7.25
대륙철도 기술	프랑스	76.6	7.36
친환경/에너지 기술	독일	76	7.91
평균	-	78.24	7.24

자료) 철도기술연구원(2008), 철도기술수준조사 결과 보고서

- 철도 핵심 기술 분야 상세 기술별 기술개발 인식도 현황을 Likert 5점 척도로 설문 분석한 결과에 따르면 평균적으로 연구개발의 필요성 4.36점, 연구개발의 시급성 4.13점, 연구개발의 중요성 4.28점, 연구개발의 파급효과 4.21점으로 인식하고 있었음

[표 2-52] 철도기술 기술개발 인식도 현황

철도기술 분야	기술개발 인식도 현황 (Likert 5점 척도)			
	필요성	시급성	중요성	파급효과
유지보수 기술	4.37	4.16	4.32	4.12
고속화 기술	4.34	3.98	4.26	4.36
물류 기술	4.29	4.13	4.21	4.21
철도정책 및 운영 기술	4.30	4.07	4.17	4.08
안전/방재 기술	4.48	4.30	4.47	4.21
표준화 기술	4.45	4.26	4.38	4.26
대륙철도 기술	4.10	3.77	3.96	4.07
친환경/에너지 기술	4.58	4.38	4.49	4.38
평균	4.36	4.13	4.28	4.21

자료) 철도기술연구원(2008), 2008년 철도기술수준조사 결과 보고서

○ 철도 요소기술 분야 최고 국가 대비 기술수준

- 철도 요소기술 분야에는 급전/전력, 역사건설/운영, 궤도/토목, 유지보수, 철도차량, 철도정책/운영/물류, 안전/방재, 환경/에너지, 신호통신/제어, 시스템 엔지니어링이 있음

· 최고 국가 대비 기술수준이 가장 높은 철도 요소기술은 급전/전력 기술로써 세계최고 기술수준 대비 평균 84.93%, 기술격차는 평균 5.64년이며, 기술수준이 가장 낮은 기술은 시스템 엔지니어링 기술로 세계최고 기술수준 대비 평균 76.18%, 기술격차는 평균 7.57년으로 분석됨

[표 2-53] 철도 요소기술 분야 선진국대비 기술수준 및 기술격차

철도 요소기술 분야	최고수준국가	세계최고 대비 기술수준(%)	세계최고 대비 기술격차(년)
급전/전력	일본	84.93	5.64
역사건설/운영	일본	84.45	5.77
궤도/토목	독일	83.61	6.58
유지보수 기술	일본	82.13	6.82
철도차량	일본	80.39	7.07
철도정책/운영/물류	일본	80.1	7.2
안전/방재	일본	79.3	7.21
환경/에너지	독일	77.3	7.41
신호통신/제어	일본	76.5	7.63
시스템 엔지니어링	일본	76.18	7.57
평균	-	80.49	6.89

자료) 철도기술연구원(2008), 2008년 철도기술수준조사 결과 보고서

- 철도 요소기술 분야 상세 기술별 기술개발 인식도 현황을 Likert 5점 척도로 설문 분석하였고, 평균적으로 연구개발의 필요성 4.41점, 연구개발의 시급성 4.22점, 연구개발의 중요성 4.34점, 연구개발의 파급효과 4.27점으로 인식하고 있었음

[표 2-54] 철도 요소기술 분야 기술개발 인식도 현황

철도 요소기술 분야	기술개발 인식도 현황 (Likert 5점 척도)			
	필요성	시급성	중요성	파급효과
급전/전력	4.19	3.91	4.19	4.08
역사건설/운영	4.07	3.87	4.07	4.13
궤도/토목	4.39	4.19	4.31	4.23
유지보수 기술	4.36	4.19	4.31	4.16
철도차량	4.42	4.15	4.29	4.33
철도정책/운영/물류	4.52	4.38	4.43	4.31
안전/방재	4.48	4.31	4.38	4.16
환경/에너지	4.52	4.35	4.41	4.48
신호통신/제어	4.62	4.48	4.52	4.42
시스템 엔지니어링	4.50	4.35	4.45	4.38
평균	4.41	4.22	4.34	4.27

자료) 철도기술연구원(2008), 2008년 철도기술수준조사 결과 보고서

○ 특허분석을 통한 경쟁력 분석

- 기술분야별 주요국의 기술경쟁력을 분석하기 위해 특허분석 지표를 활용하였으며 관련 데이터는 특허분석시 확보된 자료를 바탕으로 지수값을 계산하였음

· 특허활동지수(Activity Index) : 특정 국가가 보유하고 있는 전체 특허건수 대비 특정 기술분야에서 보유하고 있는 특허수의 비율을 의미하며 1보다 큰 경우는 특허집중도가 높은 것으로 판단할 수 있음

· 기술영향력지수(Current Impact Index) : 타 특허로부터 인용된 정도를 나타내는 지표로서 값이 클수록 신규 특허에 대한 영향력이 크며 해당 연구가 지속적으로 이루어지고 있다고 판단할 수 있음

· 시장확보지수(Patent Family Size) : 전체 특허의 평균 패밀리 특허수 대비 한 국가의 평균 패밀리 특허수를 계산한 값이며 해당 지수가 높을수록 상업적 가치가 높은 특허를 많이 보유하고 있는 것으로 판단함

[표 2-55] 특허분석 지표

지표	의미	정의
특허활동지수	상대적 특허활동	$\frac{\frac{\text{특정기술분야 특정출원인 특허건수}}{\text{특정기술분야 전체 특허건수}}}{\frac{\text{특정출원인 총 특허건수}}{\text{전체 총 특허건수}}}$
기술영향력지수	상대적 영향력	해당국가 피인용비/전체피인용비
시장확보지수	시장규모와 관련	해당출원인 평균 특허패밀리수/ 전체평균 특허패밀리수

○ 특허활동지수(Activity Index) 비교

- 미국은 검측차량, 철도유지관리 시스템 분야에서의 기술활동이 상대적으로 활발하며, 일본과 유럽은 철도 에너지 절감 및 최적화, 친환경 철도시스템 분야에서의 기술개발 활동이 상대적으로 높음
- 한국의 경우, 철도 검측에 대한 관련 기술개발이 상대적으로 활발히 이루어지고 있는 가운데 철도 에너지 절감 및 최적화, 친환경 철도시스템 분야에서의 연구개발을 통한 특허확보는 상대적으로 부족한 상황임
- 따라서 검측차량 및 철도유지관리 시스템 분야에서는 기존 연구성과물을 적극적으로 활용하는 한편, 해외 선진기술을 국산화할 수 있는 연구개발 전략이 필요하며 철도 에너지 절감 및 최적화, 친환경 철도시스템 분야의 경우 연구개발 투자규모를 확대하여 글로벌 경쟁력을 확보할 수 있도록 정책적으로 지원할 필요성이 있음

[표 2-56] 분야별 주요국의 특허활동지수

분야	미국	일본	유럽	한국
검측차량	1.07	0.91	0.87	1.02
철도유지관리 시스템	1.09	0.84	0.98	0.98
철도 에너지 절감 및 최적화	0.80	1.86	1.00	0.40
친환경 철도시스템	0.44	1.33	1.83	0.45

○ 기술영향력지수(Current Impact Index) 비교

- 분야별 전체 인용도 대비 각국의 분야별 인용도 수준인 기술영향력지수에서는 미국이 고속종합 검측차량, 철도유지관리 시스템 분야에서 인용도가 높은 특허를 다수 보유하고 있으며 유럽국가는 철도 에너지 절감 및 최적화분야에서 질적으로 우수한 특허를 다수 보유하고 있음
- 한국의 경우, 특허의 양적/질적 성과가 부족하여 해당 기술개발 분야를 선도하지 못하고 있는 것으로 나타나 국가차원의 연구개발투자를 통해 관련 분야의 연구 활성화를 촉진할 필요가 있는 것으로 파악됨
- 특히 글로벌 기술경쟁력을 확보하기 위해서는 특허인용도가 높은 선진기술에 대한 검토를 실시하여 해외 주요 연구주체들이 구축하고 있는 특허포트폴리오를 회피하여 특허권을 확보할 필요가 있으며 공백기술 영역을 파악하여 집중적인 연구개발을 추진할 필요가 있음

[표 2-57] 분야별 주요국의 영향력지수

분야	미국	일본	유럽
검측차량	1.45	0.62	0.29
철도유지관리 시스템	1.20	0.25	0.71
철도 에너지 절감 및 최적화	0.40	1.04	2.02
친환경 철도시스템	4.57	0.14	0.15

○ 시장확보지수(Patent Family Size) 비교

- 해외 패밀리 특허를 많이 보유하여 해당 분야에서의 국제 경쟁력을 확보하고 있는지를 살펴보면, 미국의 글로벌 경쟁력이 가장 높은 것으로 나타났으며 한국의 경우, 고속종합 검측차량, 철도유지관리 시스템, 철도 에너지 절감 및 최적화 분야에서 해외특허를 일부 확보하고 있는 것으로 나타남
- 한국의 경우, 그동안 철도분야의 세계시장 진출보다는 국내 기술력 확보 및 제고에 중점을 두었기 때문에 해외특허 보유가 상대적으로 미흡하였으며 특히, 철도운영 효율화 관련 분야의 연구에 대한 투자가 부족하였음
- 글로벌 철도산업에서 활동하고 있는 주요 주체들이 자국의 특허뿐만 아니라 세계 각국에 특허를 출원하고 산업적 권리를 확보하고 있는 추세를 감안해보면 향후 미래성장동력 산업으로의 육성을 위해서는 꾸준한 해외특허권 확보가 절실한 상황임

[표 2-58] 분야별 주요국의 시장확보지수

분야	미국	일본	유럽	한국
검측차량	1.02	0.96	1.05	0.72
철도유지관리 시스템	1.60	0.26	0.19	0.17
철도 에너지 절감 및 최적화	1.91	0.62	0.54	0.23
친환경 철도시스템	2.17	0.77	0.70	-

○ 기술경쟁력 분석 시사점

- 전반적으로 선진국 대비 기술격차가 줄어들고 있으나 기술개발투자가 더욱 요구되는 분야로서 안전, 에너지, 환경 분야를 들 수 있음
- 이들 분야는 타 분야에 비해 상대적으로 기술격차가 더 큰 것으로 조사되었으며 연구개발에 대한 인식도 조사에서도 투자확대가 필요한 것으로 나타났음
- 특허지수를 활용한 주요국과의 비교에서도 상당한 격차를 나타내고 있어 기술개발을 통해 양적/질적으로 우수한 특허를 확보하기 위한 노력이 더욱 요구됨

4. 기술개발을 위한 인프라 및 기반역량 분석

○ 연구 인프라 현황

- 연구분야별로 국내 관련기관 및 연구자, 연구영역을 정리하는 한편, 기조사 자료를 종합하여 전문인력 보유정도, 기가재, 산학연 공동연구기반, 기술이전 및 거래, 국제기술협력기반, 업계현황 수준 등을 정성적으로 평가하고 선진국 대비 인프라 수준을 파악하였음

[표 2-59] 연구분야별 관련 국내 연구주체 현황

연구분야	관련 기관	대표 연구자	연구영역
검측 차량	한국철도시설공단	김정한	고속종합검측차
	한국철도시설공단	윤학선	고속철도 검측시스템
	한국철도공사	김해곤	고속종합검측차
	서울메트로	이규천	고속종합검측차
	명지대학교 전기과	김갑일	검측차량 분석시스템
	서울상사	최경환	검측장비
	현대 로템	김국진	철도차량 개발 및 생산 관련 연구
	유니텍	최정환	고속선 검측 차량
	세종기술	안영훈	시설물 모니터링 검측 및 진단
철도유지 관리 시스템	한국철도기술연구원	김재훈	유지보수, 모니터링시스템
	한국철도기술연구원	채은경	철도신호, 통신네트워크
	한국철도기술연구원	박준서	유지보수 비용 분석
	한국철도기술연구원	김종운	신뢰성, 유지보수성 분석
	한국철도공사	김영훈	유지보수 분석
	한국철도공사	이강현	신뢰성 분석
	서울메트로	김관수	철도차량 전기신호
	서울메트로	조관현	유지보수
	서울도시철도공사	신건영	신뢰성분석, 유지보수
	서울도시철도공사	이상승	유지보수
	한양대학교 산업공학과	배석주	DATA 처리, CBM
	한양대학교 기계공학과	장건희	소형구동시스템 설계
	서강대학교 전자공학과	김영록	저전력 네트워크 시스템 설계
	서강대학교 기계공학과	정현용	진단 및 상태 예측 분석
	군산대학교 기계자동차공학부	강기원	신뢰성 및 고장분석
	서울대학교 기계항공우주공학부	윤병동	시스템 신뢰성 분석
	서울과학기술대학교	최규형	전기철도 IT
	서울과학기술대학교	구정서	시스템안전
	카아엠	정운찬	DB구축, S/W개발
	코아칩스	오재근	센서네트워크 및 자가발전 개발
철도 에너지 절감 및 최적화	한국전기연구원	이종주	스마트그리드
	한국전기연구원	김호민	초전도 전력저장장치
	한전전력연구원	송일근	스마트 배전시스템
	한국전력연구원	한상철	초전도 에너지저장장치
	한전KDN(주)	정준홍	송변전IT연구
	한국철도시설공단	최승혁	송변전시설
	대전도시철도공사	이경복	회생에너지
	광주도시철도공사	김성태	회생전력/인버터
	LS전선	박래혁	전력전송장치
	포스코ICT	조상훈	도시철도 전력망 최적화
	비츠로테크	김진호	전력기기
	인텍전기전자	안태풍	송배전 전력기기
	고려대학교	장길수	신재생에너지관련 에너지저장장치
	한국철도대학	김재문	철도 전력변환장치
	한밭대학교	강현일	철도전력 최적화
	명지대학교	강상희	발전소/변전소 전력계통
	한양대학교	성태현	압전하베스팅

연구분야	관련 기관	대표 연구자	연구영역
	충남대학교	노명규	철도차량용 플라이휠
	두산중공업	김영춘	초전도모터
친환경 철도 시스템	한국철도기술연구원	김동희	철도차량 운영에너지 저감
	한국철도기술연구원	정우태	철도차량 운영에너지 저감
	한국철도기술연구원	박덕신	철도차량 재활용
	한국철도기술연구원	조영민	친환경 철도건설기술
	한국철도기술연구원	황현철	철도차량 운영에너지 최적화
	한국철도기술연구원	조봉관	철도차량 운영에너지 저감
	한국철도기술연구원	엄진기	철도시스템 저비용 친환경기술
	아주대학교 제품환경기술연구실	천윤영	온실가스 배출산정 및 물류효율화
	(주)오토에코	정호원	철도차량 친환경적 처리/자원순환

[표 2-60] 기술분야별 선진국 대비 국내 연구 인프라 수준

기술분야	인프라 항목	선진국 대비 인프라 수준				
		부족	다소 부족	동등	우월	보다 우월
검측차량	전문인력 보유정도		O			
	기자재		O			
	산학연 공동연구기반		O			
	기술이전 및 거래	O				
	국제기술협력기반		O			
	업계현황	O				
철도유지 관리 시스템	전문인력 보유정도			O		
	기자재			O		
	산학연 공동연구기반			O		
	기술이전 및 거래	O				
	국제기술협력기반		O			
	업계현황		O			
철도에너지 절감 및 최적화	전문인력 보유정도			O		
	기자재		O			
	산학연 공동연구기반		O			
	기술이전 및 거래	O				
	국제기술협력기반		O			
	업계현황		O			
친환경 철도시스템	전문인력 보유정도		O			
	기자재		O			
	산학연 공동연구기반		O			
	기술이전 및 거래	O				
	국제기술협력기반		O			
	업계현황	O				

○ 인프라 분석 시사점

- 검측차량의 경우, 철도운영 유관기관을 중심으로 관련 업체들의 연구 및 산업활동이 이루어지고 있으며 전반적인 인프라 수준이 과거에 비해 향상되어가고 있으나 공공부문에 비해 상대적으로 민간부문의 기술역량 및 경쟁력이 부족한 실정임
- 철도유지관리 시스템 분야에서는 산학연 주체들의 관련 연구가 활발하게 이루어지고 있으나 주로 IT관련 인프라를 기반으로 한 연구로서 철도부문에 적합하게 적용 및 활용하기 위한 지속적인 노력이 요구되고 있음
- 철도에너지 절감 및 최적화 분야에서는 전기 및 전력 관련 연구소와 대학을 중심으로 연구기반이 조성되고 있으며 철도유지관리 시스템 분야와 마찬가지로 철도차량 및 철도전력계통 등에 대한 전문화되고 특화된 연구개발 노력이 요구됨
- 친환경 철도시스템에 대한 연구기반은 공공부문의 연구를 중심으로 조성되고 있으며 아직까지 관련 주체들의 연구활동이 활성화되지 못하고 있어 향후 전략적인 투자를 통한 연구역량 축적이 필요할 것으로 판단됨

3절 기술 수요 및 예측

1. 기술수요조사 및 결과

가. 기술수요조사 추진

○ 조사대상 : 철도운영 효율화와 관련된 산학연 전문가를 대상으로 기술수요조사 실시

- 관련 학회 회원을 대상으로 온라인 조사 실시(철도학회, 대한토목학회, 대한전기학회, 대한기계학회, 대한환경공학회, 대한교통학회)
- 분야별 전문가 그룹을 대상으로 메일 발송 및 독려 등을 통해 기술수요 발굴진행

○ 조사내용 : 기술개발 과제 제안배경, 제안 기술의 필요성, 기술개발 목표, 소요예산 및 기간 등에 대한 사항

○ 조사기간 : 2011년 7월 18일 ~ 8월 8일(3주간)

○ 조사방식 : 온라인 웹설문

나. 수요조사 결과

○ 수요조사 결과, 산학연 전문가들의 다양한 의견을 수렴하였으며 개발 및 상용화 관련 연구수요가 많은 것으로 나타났음

○ 검측차량 분야의 경우, 실질적으로 검측에 활용할 상용화 기술에 대한 수요가 많았으며 주로 철도공사, 철도시설관리공단 등에서 기술개발 제안함

○ 철도유지 관리시스템의 경우, IT기술을 철도에 응용하기 위한 기술수요가 산학연 골고루 분포하였으며 응용 및 개발 연구수요가 많음

○ 철도에너지 절감 및 최적화의 경우, 에너지 부품관련 기술과 전력망 계통 관련 응용 및 개발 연구수요가 산학부문에서 조사되었음

○ 친환경 철도시스템의 경우, 아직까지 관련 연구가 활성화되지 않고 있어 관련 연구를 추진한 경험이 있는 연구소를 중심으로 개발연구에 대한 수요가 조사되었음

[표 2-61] 분야별 기술수요 조사 결과 집계

연구분야	주체별 구분			개발단계				합계
	산	학	연	기초	응용	개발	상용화	
검측차량	5	1	1	0	0	1	6	7
철도유지 관리시스템	3	8	4	0	5	8	2	15
철도에너지 절감 및 최적화	4	4	2	1	3	6	0	10
친환경 철도시스템	1	1	11	1	0	10	2	13
기타	4	2	0	0	1	3	2	6
합계	17	16	18	2	9	28	12	51

다. 검측차량 분야 제안과제

○ 검측차량 분야에서는 기존개발 기술을 활용하는 한편, 국내환경에 적합한 기술을 추가로 개발하기 위한 상용화 연구수요가 대부분이었으며 검측요소기술개발부터 종합검측차량 및 검측시스템 구축에 이르기까지 다양한 연구개발 니즈를 확인할 수 있었음

[표 2-62] 검측차량 분야 기술수요

제안기술 과제명	해당 기술의 연구개발 단계	필요 연구기간(년)	필요 연구비 규모(백만원)	주요내용
고속선의 한국형 검측 차량용 궤도 회로의 지능형 분석시스템	개발연구	3~5년	300/년 (총1,000 ~1,500)	궤도회로분석기법, 설치/교화시스템 구축 등 한국형 궤도회로모델 분석 및 수정, 어플리케이션 모델 개발
고속선 검측을 위한 종합검측차 개발	상용화연구	3년	4000	궤도재료검사, 레일두부검사, 단면검측, 전차선측정기술개발
고속주행 종합검측차량	상용화연구	5년	20000	궤도변형, 레일변형, 각종체결장치변형, 도상변형, 터널변형, 교량진동에 따른 변형, 전차선변형여부 확인기술
고속종합검측차량 기술개발	상용화연구	5년	미기재	궤도변형, 레일변형, 각종체결구, 도상변형, 전차선변형, 교량진동변형, 터널부변형 확인기술
전기시설물의 모니터링을 위한 종합 검측 및 진단 시스템의 개발	상용화연구	3년	6000	전차선로의 전선류 검측 및 진단장치, 터널내 전력설비의 검측 및 진단장치, 전차선로의 설비 검측/진단장치개발
고속종합검측차 국내 자체 개발	상용화연구	3~4년	25000	고속열차와 검측시스템 통합/설치 및 시험운영, 오차범위 최소화 및 설치, 검측차 운용 및 유지관리 기술개발
고속철도종합시스템 검측/진단/예방보수체계구축 및 시스템개발	상용화연구	2.5년	45000	철도자산관리를 위한 검측/진단/예방보수체계 수립, 철도자산관리 체계구축 시스템 개발 및 실용화

라. 철도유지 관리시스템 분야 제안과제

○ 철도유지 관리시스템 분야에서는 윤축 베어링 및 차륜 상태진단과 같은 철도차량의 특정 부품에 대한 모니터링 개발에서부터 저전력 센서개발, 상태진단을 위한 분석 및 관리시스템 개발, 실시간 모니터링을 위한 IT네트워크 기술 등 다양한 기술수요가 조사되었음

[표 2-63] 철도유지 관리 시스템 분야 기술수요

제안기술 과제명	해당 기술의 연구개발 단계	필요 연구기간(년)	필요 연구비 규모(백만원)	주요내용
윤축 베어링 차상 상태 진단 및 손상 예측 기술개발	응용연구	5	3000	실시간 윤축 베어링 상태진단 기법도입, 초고주기 피로특성 기반 수명 및 손상예측 기술개발
진동 특성에 의한 차륜 이상 마모 진단 및 정비 예측 기술	응용연구	5	3000	발생가능 마모손상 분류/정량화, 진동특성평가 및 상관분석, 마모상태 임계치 개발, 손상감지 및 식별 알고리즘 개발, 소재피로특성 평가, 마모손상 누적법칙개발, 손상예측 알고리즘, 예측모델 개발 등
고효율 자가발전 변환 기술 개발	응용연구	5	5000	독립적 전원공급 가능한 하이브리드 에너지칩 개발 및 최적화, 관련 공정기술개발, 성능 안정화 확보 위한 테스트베드 및 검증기술개발
저전력 무선 데이터 통신 기술 개발	응용연구	5	4000	무선채널 환경에 적합한 RF기술, 수신신호처리기술, 암호화기술, 다중센서 네트워킹 기술, 집적회로 기술, 시스템검증/구현 기술
소형 저전력 센서 모니터링 시스템 (센서-통신-회로 일체화 기술)개발	상용화연구	5	5000	통합형 자가발전 에너지 관리 시스템 및 전력관리 시스템 개발, 스마트 모니터링 시스템 개발 등
초고속 가혹 환경 WSN 기술 개발	개발연구	5	2000	무선 채널 전파 환경 모델링 기술, 다중 채널 왜곡 및 잡음 간섭 제거 기술, 무선 송수신기 구현 기술, 보안 확보 기술
상태진단 및 예측 SW 구현 기술	개발연구	5	1000	철도 부품 및 시스템에 대한 열화 및 고장과 관련된 센서 저보 취득, 데이터 처리 알고리즘 구현, 고장판단 등의 진단 및 수명 예측기술
상태기반정비 최적화 기법 및 기술	개발연구	5	2000	열화 및 신호데이터 분석을 통한 시스템 신뢰도 예측방법 연구, 예지보전 정책 최적화 알고리즘 개발, 교정 및 보전주기 산출 전문가 시스템 개발

제안기술 과제명	해당 기술의 연구개발 단계	필요 연구기간(년)	필요 연구비 규모(백만원)	주요내용
CBM 시스템 구축을 위한 통합 정보 모델 구축	개발연구	5	1000	상태기반정비관리 정보 모델링 기술, 데이터베이스 구축기술개발
운영사의 유지관리시스템 연계기술	응용연구	3	600	운영사 시스템과 연동을 통해 고장판단결과 및 정비주기조정 정보를 전송, 각종 분석을 위한 정보수신
CBM 기반 유지보수 효과도 분석	개발연구	4	800	상태기반정보 도입 효과 우선순위 설정, 시뮬레이션 기반 효과도 평가모델 및 SW개발, 도입 전후 평가지표 정의 등
QoS 기반의 무선 통신 기술 개발	상용화연구	3	2000	데이터 전송 보장, 우선권 부여 등을 통한 데이터의 효율적 전송, 안전 문제 관련 데이터 최우선 정보전송 기술개발
초고속 철도차량 무선통신	개발연구	5	3000	500km/h 이상 철도에서 모니터링 데이터 전송이 가능한 무선통신 기술개발
다중채널 수용 무선통신	개발연구	5	3000	다중채널 전송기술, 다자간 통신지원 기술, 다중전파 채널에 의한 간섭 및 왜곡 현상 제거 기술개발
무선통신 보안 향상 개발	개발연구	5	1000	인증기술, 데이터 보안기술, 연동 보안 기술, 보안위협 대응, 전자파간섭 최소화 기술개발

마. 철도 에너지 절감 및 최적화 분야 제안과제

○ 철도 에너지 절감 및 최적화 분야에서는 에너지 저장장치 기술개발에서부터 전력하베스팅 기술, 초전도 전동기 개발, 철도분야 전력계통에 대한 연구에 이르기까지 다양한 기술개발 수요가 조사되었음

[표 2-64] 철도 에너지 절감 및 최적화 분야 기술수요

제안기술 과제명	해당 기술의 연구개발 단계	필요 연구기간(년)	필요 연구비 규모(백만원)	주요내용
철도차량용 자기부상 플라이휠 에너지 저장 장치 설계 및 개발	기초연구	5	200	소비전력 최소화 자기부상 시스템 설계 및 개발, 철도차량용 전동발전기 개발, 전력변환기 개발
영구자석 혼합형 전자석 베어링을 이용한 2kW급 플라이휠(Flywheel) 에너지 저장 시스템 개발	개발연구	5	10000	Fiber reinforced composite rotor개발, 영구자석 혼합형 전자석 베어링 개발, 모터/제너레이터 개발, 플라이휠 마운팅 구조개발

제안기술 과제명	해당 기술의 연구개발 단계	필요 연구기간(년)	필요 연구비 규모(백만원)	주요내용
철도 차량 진동을 이용한 압전 하베스팅 시스템 및 저장 연구 개발	개발연구	5	8500	압전소자 제작공정 확립, 주행시 진동특성분석, 압전구조 설계, 전기에너지 정류/변환/저장회로기술
다수의 에너지 하베스트용 압전 소자의 최대전력 추종제어가 가능한 저가형 초경량 전력 변환장치 (전력조절기)	응용연구	2	30/yr.	다수 압전소자 연결시 전기적 임피던스특성 곡선 모델링, 최대전력추종 제어기법, 고효율 전력 변환회로 토폴로지 개발
철도 차량의 회생에너지 활용을 위한 초전도 에너지 저장시스템 기술 개발	개발연구	3	1000	초전도코일 설계 및 제작, 저장시스템용 Cryostat 및 냉각시스템, 전력변환장치기술개발
고효율 친환경 차세대 철도차량용 초전도전동기 개발	응용연구	4	2850	고효율 초전도 회전기 개발, 공심형 고정자 개발, 고효율 냉각장치 개발, 시험평가 및 차량 적용기술 개발
철도전기에너지 최적활용을 위한 스마트그리드 통합관리 시스템개발	개발연구	5	80000	전력망 연계 철도전력 시뮬레이션, 철도변전소 표준용량 설정, 표준설비 설정, 연계설비 개발
에너지 최적활용을 위한 철도전력망 지능화 기술	개발연구	3	20000	전력데이터 취득/통합관리 네트워크, 전력품질 및 보호시스템 통합 제어기술, 지능형 전력관리시스템 개발
주행풍을 이용한 에너지 개발 및 그에 따른 철도전력망 구성	응용연구	4	250	주행풍 이용 풍력발전기 도입, 발전기 안전성 분석, 연계 계통 안정도 분석, 통합에너지 솔루션 개발
고속철도 고효율화 정지형 인버터 개발	개발연구	2	2000	회생전력을 직접 SIV의 공급전원으로 사용하는 이중전원을 가진 정지형 인터버 개발

(바) 친환경 철도시스템 분야 제안과제

○ 친환경 철도시스템 분야에서는 온실가스 저감을 위한 철도건설기술 뿐만 아니라 철도차량 운영시 에너지 효율을 제고할 수 있는 기술개발, 폐철도차량의 자원재활용, 도시철도 전력망의 최적화 관련 기술개발 수요가 조사되었음

[표 2-65] 친환경철도시스템 분야 기술수요

제안기술 과제명	해당 기술의 연구개발 단계	필요 연구기간(년)	필요 연구비 규모(백만원)	주요내용
친환경 철도건설기술 개발	기초연구	3	1000	철도건설시 생태부하 최소화 기술, 건설시 대기 및 수질오염부하 저감기술, 철도건설 소음 및 진동부하 저감기술개발
온실가스 저감을 위한 철도시설물 신재생에너지 적용 기술 개발	개발연구	3	4500	중대형 풍력발전기 적용 전력공급기술, 철도역사 태양광발전기 적용 및 철도계통 연계기술, 지열에너지 활용기술개발
철도시스템 저비용 친환경기술 개발	개발연구	5	5000	철도차량 운영에너지 저감기술, 철도시설물 온실가스 저감기술, 환승시스템 복합수단 에너지 저감기술
RFID를 활용한 CO2 배출저감량 산정 및 물류 효율화 시범사업	개발연구	3	270	제조-물류업체간 RFID를 이용한 그린물류 기술개발
철도차량 운영에너지 저감을 위한 Eco-Operation 기술 개발	개발연구	5	20000	운행환경에 따른 차상/지상장치 용량 및 네트워크 위치 분석기술, 다중차량 에너지 네트워크 및 제어기술, 네트워크 최적화 운행패턴 분석기술등
철도차량 운영에너지 저감기술	개발연구	3	2500	운행여정 데이터 기반의 최적 에너지 제어 알고리즘 개발, 여정데이터 분석 및 필수인자 도출, 검증 및 에너지 효율성 분석
철도차량 운영에너지 최적화 기술	개발연구	3	5000	차상에너지 최적화 기술, 인프라 소모에너지 저감기술
철도차량 운영에너지 저감기술	개발연구	5	10000	경량전철차량 설치용 에너지 저장장치 설계, 차량운행 방식연구, 성능시험/평가/경제성 분석 등
사용 후 철도차량의 환경친화적 처리 및 자원순환 기술개발	개발연구	8	10000	환경친화적 차량처리기술, 해체기술, 재활용 시설 현장 작업 가이드라인 구축
폐철도차량 재활용 및 리모델링 기술 개발	개발연구	3	1500	폐철도차량 단계별 처리시스템 개발, 부품별 재활용/재이용/폐기방안 개발, 기존 폐자동차 처리시스템 활용연구

제안기술 과제명	해당 기술의 연구개발 단계	필요 연구기간(년)	필요 연구비 규모(백만원)	주요내용
도시철도차량 에너지 차상장치	개발연구	5	10000	기존차량 설치 경제성검토, 에너지효율성과 유지보수 효율성 검토, 안전성 향상방안 도출
도시철도 전력망 최적화 운영시스템 및 충전인프라 구축	상용화연구	3	500	환승주차장 전기자동차 충전시스템 지능화, 회생전력 흡수장치통한 잉여 회생전력 재활용 장치 경제성 확보, 교환형 BAT 충전시스템 운영

2. 기술예측조사 및 결과

가. 기술예측조사 방법

○ 기술예측조사는 2010년 8월 한국건설교통기술평가원에서 발간된 건설교통분야 기술수요 및 기술수준 조사(건설교통분야 미래기술 예측조사)를 참고하였으며, 추가적으로 4개 기술분야별 전문가를 대상으로 해당 기술분야에서의 연구개발 필요성, 국내외 기술수준, 향후 연구 방향성, 연구의 기대효과 등을 조사하여 정리하였음

- 평가원의 조사는 2011~2030년, 20년간의 예측기간을 설정하고 건설, 교통, 해양분야의 전문가들을 대상으로 델파이법을 이용하여 시행되었으며 총 9개 항목에 대한 의견을 수렴하였음

- 조사항목

[표 2-66] 건설교통분야 미래기술 예측조사 항목

항목	내용
전문도	델파이 조사에 응하는 전문가의 해당 분야(기술)에 대한 기술적 전문도
중요도	해당 기술의 국내 저탄소 녹색성장 및 국토해양기술, 사회경제 등의 발전에 미치는 영향의 정도
국내기술수준	최고 기술 보유국 기술수준(100%) 대비 국내의 현재 기술수준의 정도
최고기술보유국	해당 예측기술에 대한 현재 기술수준이 가장 앞서있는 국가를 선택
기술성숙도	해당 기술의 기술성숙도를 태동, 성장, 핵심, 기반 4단계로 구분
기술실현 예측시기	해당 기술의 실현 예측시기를 응답자가 직접 년도 선택
기대효과	해당 기술이 실현될 경우 기대되는 효과로 단기와 중기로 기여도를 구분
기술획득방식	기술을 획득하기 위한 추진방식을 선택
실현상의 장애요인	해당 기술을 실현하는데 장애가 되는 요인을 모두 선택

나. 기술예측조사 결과

○ 친환경철도차량, 그린철도교통운영시스템, 친환경 고효율화 철도인프라 부문에서 조사된 기술예측 조사결과 중 본 기획과제와 연관성이 높은 10가지 기술을 선별하여 전문도 지수, 중요도 지수, 국내 기술수준, 기술성숙도, 기술실현시기, 최고기술보유국, 기대효과지수, 기술획득방식, 실현상의 장애요인 등을 정리함

[표 2-67] 철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축관련 기술

예측기술 번호	예측기술명	응답수
23-3	고속철도 운행조건이 반영된 차량/궤도 검측차량을 개발하여 고속철도 사고발생율을 0으로 하고 유지보수 비용의 절감을 목표로 한다.	17
23-13	0%의 CO2 발생을 목표로 하는 철도신재생에너지 기술개발, 연료전지 차량시스템, 운행인프라, 기술연구, 철도차량 친환경 접합기술개발연구	18
24-2	안정된 고속열차의 차상/지상 신호시스템의 구축을 통한 무사고 철도차량 운영을 목표로 한다.	13
24-3	철도 전력망에 스마트 Managing, 스마트 Metering, 스마트 Powering 기술을 적용하여 에너지를 통합적으로 최적 관리한다.	13
24-5	IT기술 및 첨단센서 기술을 철도 감시 체계에 적용하여 철도시스템의 성능 및 환경성을 자동으로 감시한다.	13
24-11	철도차량의 운행에너지 분석시스템 개발을 통해 에코드라이빙의 보급과 촉진을 도모하고 통합관리시스템 구축을 통한 경제운전 기반 철도차량 운행에너지 및 탄소배출 최소화를 실현한다.	13
24-12	첨단 IT기술과 철도 시스템 엔지니어링 융복합 기술로 운영/관리 효율화, 서비스 강화를 통해 녹색교통 수단인 철도의 수송분담율을 10% 향상시킨다.	13
25-4	차륜레일 유지보수탐상자동화 기술적용을 통한 차량 안전사고 방지 및 유지보수 비용 10%의 절감을 목표로 한다. 또한 고속철도 해외진출에 따른 차량유지보수 공동수출로 한국고속철도 차량의 신뢰성 증대를 목표로 한다.	18
25-5	철도 인프라 및 차량의 유지보수에 종합적으로 시스템엔지니어링 기술을 적용하여 유지보수 비용을 30% 이상 감소시킨다.	19
25-10	신재생에너지(풍력, 태양광, 지열, 압전소자 등)의 철도차량/역사 적용 및 계통 연계시스템 개발로 신재생 에너지 적용을 80% 이상으로 증가시킨다.	20

○ 전문도 지수에서는 철도분야 중 전통적으로 연구가 진행되어 왔던 차상/지상 신호시스템 분야가 가장 높은 값을 기록한 반면, 새롭게 주목을 받고 있는 신재생에너지 및 철도전력망 연계 분야가 가장 낮은 것으로 나타나고 있음

○ 중요도 지수에서는 철도차량 운영 측면에서의 안정성/효율성 강화(예측기술번호 24-2, 25-4, 24-12, 23-3)부문이 상대적으로 높은 것으로 조사되었음

○ 국내기술수준은 전반적으로 최고기술 수준 대비 60%인 것으로 나타났으며, 특히 신

재생에너지 연계시스템 기술은 54.2%로 가장 낮은 것으로 조사되었음

○ 기술성숙도 측면에서는 대부분의 기술이 성장기에 있는 것으로 파악되었으며, 기술실현시기도 2017~2020년 정도로 전망되고 있음

○ 최고기술보유국 현황에서는 신호시스템 부문의 프랑스, 검측차량 부문 맞 신재생에너지 연계시스템 부문의 독일, 철도전력망 부문의 미국을 제외하면 전 부문에서 일본의 기술력이 우수한 것으로 파악되었음

○ 기대효과 측면에서는 친환경 철도기술 개발을 통한 온실가스 저감, 철도운영 신호시스템 개발을 통한 안전성 강화 등의 파급효과가 큰 것으로 조사되었음

[표 2-68] 10대 기술별 기술예측조사결과I

예측 기술 번호	전문도 지수	중요도 지수	국내 기술 수준(%)	기술성숙도				실현 시기(년)	최고 기술 보유국 (1순위)	기대 효과 지수
				태동	성장	핵심	기반			
23-3	69.1	72.9	61.1	4	13	0	0	2018	독일	6.1
23-13	70.8	78.9	60.7	6	12	0	0	2020	일본	8.5
24-2	80.8	90.8	64.8	0	13	0	0	2018	프랑스	8.0
24-3	48.1	69.2	60.4	4	8	0	1	2018	미국	7.3
24-5	53.8	70.8	64.6	1	10	2	0	2018	일본	6.7
24-11	65.4	66.2	60.6	2	10	0	1	2016	일본	6.5
24-12	53.8	78.5	68.1	0	13	0	0	2017	일본	7.5
25-4	54.2	80.0	70.3	0	16	0	2	2018	일본	7.5
25-5	51.3	65.3	61.3	1	16	1	1	2017	일본	6.2
25-10	42.5	72.0	54.2	4	14	1	1	2020	독일	7.2

○ 기술획득방식에서는 대부분 민간 및 정부의 협력연구가 필요한 것으로 의견을 모았으며, 실현상의 장애요인으로서는 연구비 부족과 같은 인프라 구축 미흡, 경제성 측면에서의 연구개발 추진 타당성 등이 주로 지적되고 있음

[표 2-69] 10대 기술별 기술예측조사결과II

예측 기술 번호	기술획득방식					실현상의 장애요인(다중선택)						
	국제 공동 연구	기술 도입	민간 정부 협력	정부 주도	민간 주도	기술적 한계	산업화 (제품화)	연구비 (인프라 부족)	경제성 (시장 수익성)	규제/ 정책/ 표준화	인력 부족	기타
23-3	0	0	9	6	2	4	4	10	8	0	3	0
23-13	0	0	12	5	1	3	2	10	10	5	3	0
24-2	0	0	11	2	0	0	1	10	8	1	1	0
24-3	0	1	12	0	0	0	0	10	6	5	1	0
24-5	0	0	12	0	1	0	0	9	7	4	1	0
24-11	1	0	10	2	0	0	1	3	11	4	1	0
24-12	1	0	12	0	0	1	1	6	6	6	0	0
25-4	0	0	11	5	2	0	1	8	12	2	2	0
25-5	0	0	14	4	1	0	2	7	11	2	3	0
25-10	1	2	12	3	2	2	2	9	10	0	4	0

○ 본 기획과제와 연관성이 높은 10개 기술에 대한 기술예측 조사결과는 전반적으로 친환경철도차량, 그린철도교통운영시스템, 친환경고효율화철도인프라, 철도교통 환경 및 안전 등 철도분야의 기술예측 조사결과와 유사한 형태를 보이고 있음

○ 분야별로 해당 기술개발의 필요성, 국내외 기술수준, 향후 연구방향, 연구개발의 기대효과를 표로 정리하였음

[표 2-70] 분야별 전문가 의견

분야	기술개발 필요성	국내외 기술수준	향후 연구방향성	기대효과
검측차량	- 고속선 유지보수 대상 증가 - 검측기간 단축을 통한 유지보수 시간절약 필요	- 검측시스템 해외 의존도 심화 - 자체개발 검측차 없음 - 해외 검측시스템 도입시 핵심기술 이전 및 국내개발 본격화 가능 - 해외의 경우, 고속주행시 검측 가능한 비접촉 방식 기술개발	- 도입검측시스템의 국내 고속차량 접목 및 운영필요 - 검측차 도입 및 운영시 핵심기술 이전 필요 - 국내 기술과의 접목을 통한 검측 시스템 개발 - 자체 검측차 개발 및 성능검증/보완	- 수입의존 검측 시스템에 대한 수입대체효과 - 해외 고속철도 시공에서 검사에 이르는 경쟁력 확보 - 검측차량 판매 및 선로유지 보수 위한 차량임대 가능
철도유지 관리시스템	- KTX 주요부품에 대한 고장감지, 적기 부품교체를 위한 실시간상태 진단 및 수명예측 기술개발 필요 - 유선센서의 설치 한계 및 무선센서 전력공급 문제 - 사고예방 보전 중요성 증대/강조	- 최고기술 보유국 대비 국내수준60%-국내기술개발단계 성장기 해당 - 국내서는 단편적 센서 및 분석기술 개발, 통합적 상태 기반보전 기술개발 미흡	- 산학연 공동연구 등을 통해 고장 이력데이터 확보, 부품선정기준마련, 센서네트워크구축, 센서설치기준마련, 상태진단시험 등을 추진 - 소형, 저전력센싱 기술마련, 무선 네트워크를 통한 실시간 모니터링	- 철도서비스 안전성 보장 및 유지관리 비용절감 - 철도차량 상태 진단 및 예측기술 역량 확보/제고 - 타산업 및 유비쿼터스 인프라 조성에 대한 가술적 파급효과
철도에너지 절감 및 최적화	- 주요 핵심부품의 소형화, 경량화, 고출력화, 에너지 효율향상 기술개발 필요 - 핵심부품의 성능 향상 및 국산화 개발 시급 - 전력설비확장에서 친환경 에너지로의 전환, 전력계통의 효율화 강조	- 저장매체기술의 경우, 고밀도, 고출력, 고효율, 신속성, 장수명, 친환경성 등 강조 (슈퍼캐패시터, 플라이휠, 초전도 에너지저장장치, 2차전지 등) - 신재생에너지등의 철도전력망연계는 5~10년, 에너지 저장기술 10년이상 지속적인 연구필요	- 기존 에너지 변환 저장기술, 축전량 및 에너지 제어 기술, 하이브리드 기술 등과의 연계 - 철도전력망 구성 관련 제품, 시스템 성능 개선, 부품/소재 기술개발필요	- 고출력/고효율 추진제어장치개발 통해 전기에너지 소비 감소 및 전력 요금 절감 가능 - 차상 회생에너지 저장장치 개빌을 통해 온실가스 배출저감, 전력요금 절감, 수입대체, 해외시장 개척 등이 가능 - 전력계통 안정화 달성
친환경 철도시스템	- 전 과정 기반의 친환경 철도시설 건설 달성가능한 평가기술개발필요-철도산업의 친환경성 확보를 위한 폐기기술 개발 필요	- 해외에서는 제작, 운행, 폐기 단계별 친환경 기술을 개발/확보 - 국내에서는 철도 차량 에너지효율 개선, 철도차량 리모델링 기술보유	- 국제 공동연구 또는 기술이전을 통한 기술격차해소 - 연구기관 및 학계 기초연구와 산업체 현장적용 기술을 접목하여 상용화 기술개발 추진	- 자원순환 촉진을 통한 자원재활용 수익창출, 온실 가스 저감 효과

4절 기술개발 방향 설정

1. 분석결과 종합

가. STEEP 분석에 따른 시사점

○ 철도안전에 대한 사회적 니즈 증가

- KTX 운행과 관련된 각종 사고가 언론을 통해 연일 보도되면서 철도안전에 대한 국민의 불안과 불만이 증가하고 있으며, 대형사고 발생을 사전에 방지하기 위한 노력이 더욱 필요하다는 공감대가 형성되고 있음
- 철도공사에서는 고속철도 운행 이후, 지속적인 기술적/제도적 구축 마련 및 보완 등을 통해 해외 주요 철도 선진국 수준의 철도안전을 갖추기 위해 노력하고 있으나 최근 연이은 KTX 고장 및 사고로 인하여 철도안전에 대한 국민의 신뢰도가 낮아졌음
- 특히, 해외에서 발생하는 대형 철도사고로 인한 인명 및 재산피해와 시설복구에 따르는 막대한 비용 등에 대한 국민들의 인식수준이 높아지면서 사후 문제점 파악 및 대응책 마련보다는 사전 대비/대응에 대한 필요성 및 중요성이 부각되고 있음
- 또한, 해외에서 도입한 검측차량이 국내에서 효과/효율적으로 활용되지 못하고 있다는 사실이 알려지면서 유지보수 및 운영관리 측면에서의 보완이 필요한 의견이 제시되고 있음
- 사고원인 파악 및 조사 측면에서도 명확한 원인을 규명하지 못하는 경우가 발생하고 있어 이에 대한 철저한 분석을 통해 신속하게 사후 대응을 실시하고 사고를 방지하려는 노력이 필요함
- 이를 위해서는 주기적인 철도안전 관리 및 지속적인 모니터링 등을 통해 사고 발생 원인을 탐지하고 철도사고가 발생하기 전에 위험요인을 제거할 수 있는 기술역량이 확보되어야 함

○ 철도운영 효율화를 위한 관련 연구 추진 필요

- 국내 고속검측차량의 운영측면에서 효과/효율적인 관리가 이루어지지 못하고 있는 이유 중 하나는 독자적인 고속검측차량 관련 기술력을 확보하지 못하고 있기 때문임
- 또한, 비접촉식 레이저 광학시스템을 활용한 고속검측개발이 가속화되고 있는 시점에서 해외 검측차의 독자적인 운영 측면 뿐만 아니라 장기적인 관점에서 국내 기술로 설계/생산/운영할 수 있는 고속검측차량 개발에 대한 필요성이 높아지고 있음
- 국내 IT기술력은 세계 수준에 근접하고 있으나 이를 철도부문에 응용 및 활용하여 철도 운영 상태를 실시간을 관리하고 철도 사고 발생 가능성을 평가하여 사전에 대응하기 위한 기술개발은 상대적으로 미흡하였음
- 축상발열검지장치 등과 같이 선로상에 설치된 장치를 활용하여 운행 구간에 따른 열차차량의 상태를 확인하는 노력도 중요하지만 차상에서 실시간으로 문제점을 파악하

여 즉각적으로 대응하기 위한 센서 개발, 무선 네트워크를 통한 정보 교환 및 DB화, 상태기반 정비관리 시스템 개발의 중요성이 더욱 커지고 있음

- 태양광/태양열 및 풍력 등 신재생 에너지를 활용하기 위한 노력은 산업 전부문에 걸쳐 확대되고 있으며 양방향 전력시스템과 연계시키기 위한 기술개발이 추진되고 있으나 철도 부문에서의 관련 연구는 미약한 상황이어서 이에 대한 관심과 투자가 필요한 시점임

- 또한, 철도 운영 과정에서의 에너지 소비 효율 측면에서 기존 모터에 초전도 방식을 적용하고 회생전력을 저장 및 활용하여 피크 전력을 줄이는 한편, 압전효과를 통한 에너지 생산을 통해 객차에서 소비가능한 전력을 활용할 수 있는 관련 연구 역량 확보가 필요함

- 이러한 노력은 도시철도 부문에서도 마찬가지이며, 온실가스 저감을 위한 친환경 콘크리트 개발 및 수명연장 기술, 차량 재활용을 통한 수익창출 노력 등은 철도 전과정에서의 친환경성을 제고하려는 노력의 일환임

○ 시장/산업 측면에서의 성장가능성

- 고속검측차량의 경우, 해외에서 전량 수입하고 있는 상황이기 때문에 국내 기술개발을 통한 국산화를 달성할 경우 수입대체 효과가 크며 지속적인 경쟁력 확보를 통해 해외 수출로 연계할 수 있는 가능성이 큰 분야라고 할 수 있음

- IT기술을 활용한 철도유지 관리 시스템을 구축할 경우, 국내외 잠재적인 시장을 선점할 수 있는 기회가 크며 철도 운영과 관련된 DB를 경쟁자보다 신속하게 구축하고 이를 통해 철도 상태 예측 기술력을 확보할 경우 하드웨어 및 소프트웨어 측면에서 국제경쟁력을 확보할 수 있음

- 회생에너지 및 에너지 저장기술 개발 등을 통해 고효율 에너지 부품을 자체적으로 생산할 경우 에너지 비용절감 효과와 함께 관련 부품을 국내외에 공급할 수 있어 국내 철도 부품 시장의 확대 및 경쟁력 강화에 기여함

- 신재생에너지를 활용하는 한편, 고속철도 전력망을 효율적으로 설계 및 구축하게 될 경우, 전력사용에 대한 비용절감 효과가 크며 공공부문 중심으로 시장을 확대하려는 정책 방향과 맞물려 관련 산업의 발전과 성장을 촉진시켜 주는 경제적 파급효과도 우수하다고 할 수 있음

- 도시철도 부문에서의 폐차의 재활용을 통한 신규 수익창출, 친환경 콘크리트 개발 등을 통한 온실가스 저감효과 등은 국내 환경산업의 성장에 기여할 수 있으며 전과정 친환경 기술개발을 통해 해외시장 진출도 가능함

○ 철도운영의 친환경성 부각

- 전 세계 온실가스 발생량의 대부분은 도로교통 부문이며 운송부문에서 온실가스 배출비율이 가장 낮은 부문은 철도로서 가장 친환경적인 교통수단이라는 평가를 받고 있음

- 세계 각국에서는 철도 부문의 친환경성을 더욱 강화하기 위해 에너지 효율을 향상시킬 수 있는 기술개발을 추진하고 있으며 정부의 정책적 지원과 함께 관련 연구가 추진되고 있음

- 한국도 온실가스 감축 의무국가로 지정될 가능성이 높으며 이에 정부는 장기적인 계획을 통해 온실가스 배출을 지속적으로 감축하려는 노력을 추진하고 있음

- 철도부문의 에너지 효율을 제고하고 온실가스 저감을 추진하기 위해서 가장 중요한 분야가 운영 효율화 부문이며 신재생 에너지를 통한 전력생산, 회생전력의 적극적인 활용 등은 국내 온실가스 저감정책 추진을 보다 촉진할 수 있는 역할을 담당할 수 있음

○ 철도 부문에 대한 정책적 투자 확대

- 철도부문에 대한 정부 예산은 계속해서 증가하고 있으며 이는 지속가능한 녹색성장 추진을 위한 산업육성이라는 정책목표에 가장 부합한 투자라고 파악할 수 있음

- 국토해양부에서는 미래 국토해양 분야의 녹색성장 견인, 신성장 동력창출을 위한 미래핵심기술로서 “Green-up 30"를 제시하고 있으며 교통부문에서 유일하게 철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축 사업이 선정됨

- 또한, 지속가능 교통물류 기본계획, 제2차 철도산업발전기본계획, 제2차 철도안전종합계획 등과 같이 법률에 근거한 철도 부문 발전계획에서도 철도운영 효율화에 대한 중요성과 투자 필요성을 언급하고 있음

- 이러한 노력의 일환으로 미래철도기술개발사업이 추진되고 있으며, 철도투자평가 편람도 개정되어 철도투자 확대를 위한 제도적 기반이 계속해서 정비되고 있음

- 유럽 및 일본 등을 비롯한 철도 선진 주요국에서도 철도 부문의 안전성을 강화하고 친환경적인 수송체계를 구축하기 위한 관련 기술의 연구개발이 꾸준히 이루어지고 있으며, 운영효율성 제고를 위한 다각적인 노력이 이루어지고 있음

나. SWOT 분석

○ 검측차량 분야

[표 2-71] 검측차량 분야 SWOT

구분	내용
강점 (Strengths)	- 철도분야 검측기술 개발 연구역량 및 경험보유 - 국내 출연(연) 및 대학 등 협력가능한 연구주체들의 관련 연구역량 활용가능
약점 (Weaknesses)	- 고속검측차를 수입에 의존하여 독자개발역량 부족 - 고속검측차 운영/관리 측면의 경험 및 노하우 부족 - 관련 해외특허 보유 수준 미흡
기회 (Opportunities)	- 철도안전에 대한 국민적 공감대 형성으로 인하여 기술개발에 대한 니즈가 높음 - 고속철도부문의 성장과 발전에 따라 검측에 대한 수요가 지속적으로 증대
위협 (Threats)	- 기존 경쟁업체와의 기술격차 극복이 용이하지 않음 - 특허포트폴리오 구축 등을 통한 특허장벽으로 인하여 시장진입이 어려움 - 국내 연구개발 추진시 기술이전에 대한 견제로 인하여 기술력 확보가 어려움

[표 2-72] 검측차량 분야의 추진전략 도출

구분	기회	위협
강점	SO전략	ST전략
	- 고속검측차량의 독자개발을 통한 국산모델 개발 - 해외경쟁력 강화를 통한 해외 시장 진출	- 주요 고속검측차량 해외업체와의 공동연구개발 추진 - 관련 요소기술 분야에서의 기술력을 확보하여 경쟁력 강화
약점	WO전략	WT전략
	- 수입모델의 운영/관리 역량강화 추진을 통해 효율적인 운용화 방안 모색 - 검측차량 관련 기반역량 확보를 위한 인프라(인력/시설/장비)조성	- 기술이전 등을 통한 관련 기술 확보 및 국내 기술력 배양 - 해외 연구동향에 대한 지속적인 파악을 통해 추격형 혁신전략추진

○ 철도유지관리 시스템 분야

[표 2-73] 철도유지관리 시스템 분야 SWOT

구분	내용
강점 (Strengths)	- 국내 IT 기술기반이 우수하여 관련 역량을 확보 - 관련 산업과의 동반성장이 용이하며 기술개발역량 확보 시, 타 산업 및 관련 모니터링 시장에 확대적용이 가능
약점 (Weaknesses)	- 철도전용 무선 통신망 확보가 되어있지 않음 - 철도 상태 모니터링을 위한 센서 설치가 차량설계 및 제작과 연계되어 있음 - 상태기반 정비관리 시스템 개발을 위해서는 관련 철도 부품회사와의 협조와 자료공유가 필요
기회 (Opportunities)	- 기존 모니터링 설비 및 장치에 대한 신뢰성 저하 - 철도 고속화에 따른 보다 정확한 차상 실시간 모니터링에 대한 수요가 증대 - 철도분야에 IT기술을 융합하는 것으로 선진국과의 기술 격차가 크지 않은 분야이며 해외수출 확대가 가능
위협 (Threats)	- 현재 통신망 활용시 대용량 자료 전송 및 축적 등이 용이하지 않음 - 시스템 정확성 및 안정성을 제고하기 위해서는 DB축적 및 진단분석 고도화 등의 기간이 장시간 소요 - 연구 후발주자로서 경쟁주체들과의 기술경쟁 예상

[표 2-74] 철도유지관리 시스템 분야의 추진전략 도출

구분	기회	위협
강점	SO전략	ST전략
	- 산학연 협력연구를 통한 기술 개발 선도 및 상용화 주도 - 연구성과물의 활용 및 확산을 통해 관련 산업 발전 및 육성에 기여	- 철도 전용 통신망 확보를 위한 정책적 노력 지속 - 모니터링 적용 대상 관련 주체와의 협력을 통한 진단 및 예측 기술력 확보
약점	WO전략	WT전략
	- 모니터링 부품에 대한 선택과 집중을 통해 철도안전과 관련된 핵심 부품에 우선 적용 - 철도 적용전 충분한 검사 및 시뮬레이션을 통해 시스템 안정성 확보에 주력	- 중장기적인 개발기간 및 목표를 설정하여 단계적인 기술개발 추진 - 해외 관련 주체와의 연구협력 강화를 통해 장기적인 기술 역량 확보

○ 철도 에너지 절감 및 최적화 분야

[표 2-75] 철도 에너지 절감 및 최적화 분야 SWOT

구분	내용
강점 (Strengths)	- 에너지 하베스팅과 관련된 국내 연구역량이 축적되고 있으며 일부 도시철도 등에 실제 설치운영하고 있는 등 상용화 가능성이 높음 - 에너지 하베스팅을 통해 얻은 전력을 열차 내 기기에 활용함으로써 에너지 소비를 효율화하는 효과가 발생함 - 무게가 가벼운 플라이휠을 에너지 저장장치로 활용함으로써 피크전력 감소 효과를 얻을 수 있음 - 신재생에너지 분야에서 활동하고 있는 국내 연구주체와의 협력이 가능
약점 (Weaknesses)	- 에너지 소비 저감 효과 수준에 대한 불확실성이 존재 - 초전도 모터의 경우 철도부문에의 적용연구가 많지 않음 - 철도 전력망 설계 및 구축에 장기간이 소요될 것으로 전망
기회 (Opportunities)	- 전력수요 증가로 인하여 철도차량 운영에 요구되는 피크 전력 감소에 대한 요구 증대 - 초전도 응용기술의 발달에 따른 초전도 모터 시장수요증대 - 에너지 하베스팅 및 에너지 저장, 신재생에너지 관련 시장규모의 확대
위협 (Threats)	- 플라이휠 분야의 글로벌 경쟁력 확보를 위한 노력이 요구 - 초전도 모터에 대한 주요 연구주체들과의 경쟁 예상

[표 2-76] 철도 에너지 절감 및 최적화 분야의 추진전략 도출

구분	기회	위협
강점	SO전략	ST전략
	- 압전소재, 플라이휠, 초전도 모터 통합운영에 따른 에너지 소비 효율화를 추진 - 관련 부품의 경쟁력 확보를 통해 해외시장 진출 - 철도전력망의 효율화 기술개발 추진	- 관련 분야 연구주체들과의 협력을 바탕으로 공동연구개발 추진 및 상용화 제품 조기 출시
약점	WO전략	WT전략
	- 피크전력 감소에 초점을 맞추어 에너지 최적화 관리 기술개발 - 에너지 소비 절감 효과에 대한 검증을 통한 신뢰도 확보	- 관련된 국내 독자기술 개발에 중점을 두고 기술역량 확보후 시장/산업 진입에서는 후발 전략을 추진

○ 친환경 철도시스템 부문

[표 2-77] 친환경 철도시스템 분야 SWOT

구분	내용
강점 (Strengths)	- 도시철도차량 운행단계에서의 에너지 사용효율 증대효과 (회생전력 활용) - 철도 폐기차량의 재활용을 통한 자원효율화 가능 - 철도시설 저탄소 건설기술 개발에 따른 중장기적인 온실가스 저감효과 발생
약점 (Weaknesses)	- 자동차 폐기 프로세스 및 관련 기술과 차별화된 기술개발 내용이 부족 - 철도폐차물량의 불규칙성, 적은 수량에 따른 재활용 투자 대비 경제성 문제
기회 (Opportunities)	- 온실가스 저감을 위한 국가적 차원의 노력이 이루어지고 있어 철도부문에서의 기술개발 필요성에 대한 인식제고 - 국내외 온실가스 거래시장이 점차 확대되고 있어 온실저감 효과와 함께 경제적 이윤창출이 가능
위협 (Threats)	- 탄소배출권을 포함한 탄소시장의 근본적인 불확실성 존재 - 탄소배출권 가격의 하락 가능성

[표 2-78] 친환경 철도시스템 분야의 추진전략 도출

구분	기회	위협
강점	SO전략	ST전략
	- 철도 전과정 중에서 에너지절감 효과 및 온실가스 저감효과가 큰 분야에 활용가능한 기술개발 우선 추진	- 탄소배출권을 통한 신규수익 창출보다는 전력 비용 절감 및 자원재활용 관점에서의 연구개발 추진
약점	WO전략	WT전략
	- 철도차량 폐차 프로세스 및 작업 효율화를 달성할 수 있는 관련 기술개발 추진	- 도시철도 부문에서의 회생전력 활용을 극대화할 수 있는 기술적 대안 마련을 위한 연구 추진

다. Keyword 도출

○ 기술동향 및 환경분석을 통한 키워드 도출

- STEEP 분석결과를 바탕으로 도출한 주요 키워드는 다음과 같음
  - 철도분야의 안전성 강화
  - 사후 대응보다 사전예방 중심의 철도운영 관리 필요성
  - 다양한 기술분야에서 개발된 연구성과물의 철도 적용 및 활용
  - 신재생 에너지 및 친환경 기술개발의 확대
  - 국내 철도분야의 기술경쟁력 강화
  - 성장가능성이 높은 시장 진출을 통한 신성장동력 산업 육성
  - 친환경 철도기술개발을 통한 지속가능한 성장
  - 철도부문의 친환경성 강화
  - 철도분야에 대한 정부 정책적 투자 확대
  - 강화를 기본계획 수립

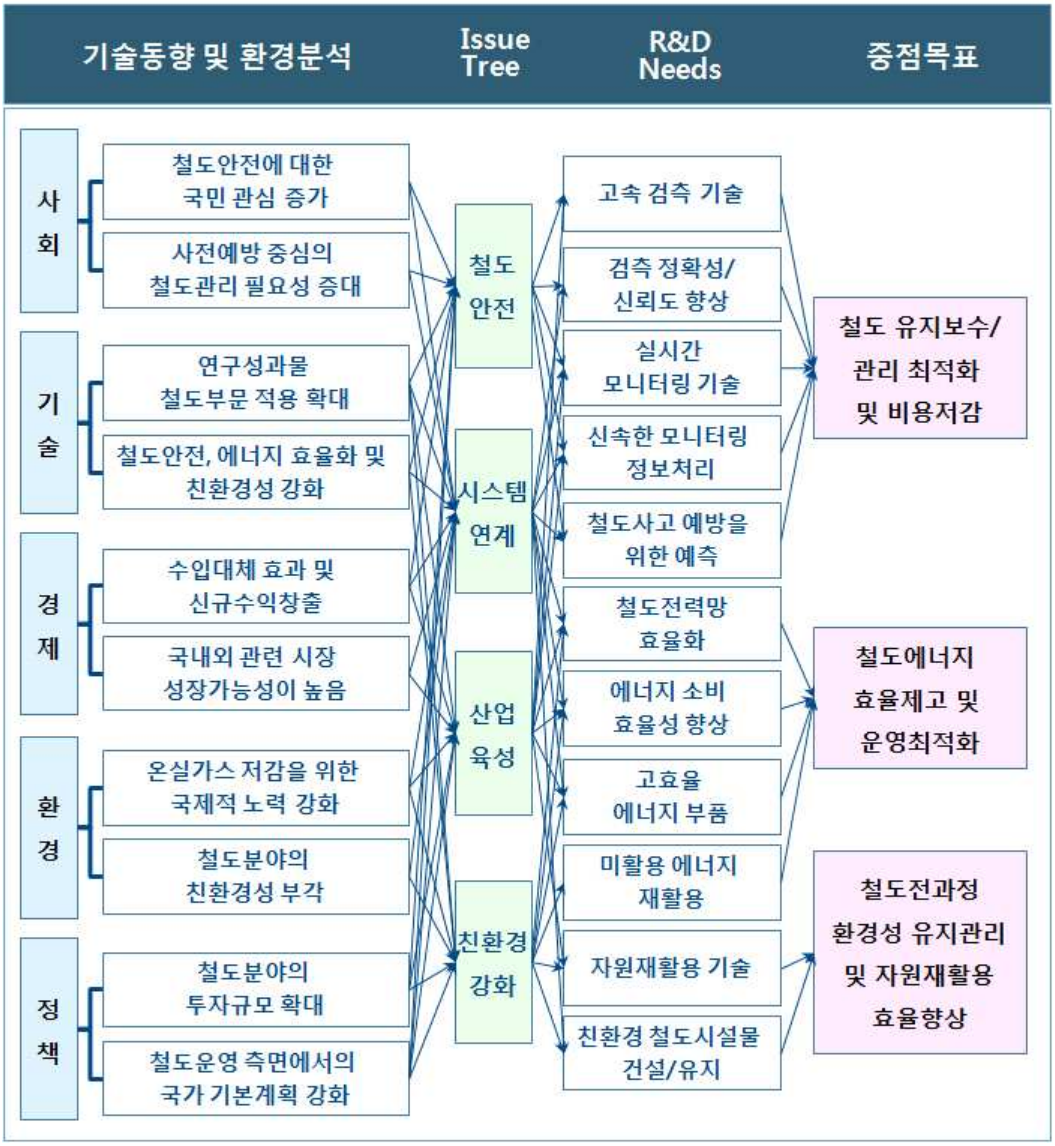
○ 기술수요 및 예측을 통한 키워드 도출

- 기술수요 및 예측조사를 바탕으로 도출한 키워드는 다음과 같음
  - 철도안전을 위한 검측 및 모니터링 강화
  - 실시간 모니터링 및 관련 DB 확보를 통한 분석 및 예측
  - 녹색성장을 위한 신재생 에너지 활용
  - 에너지 소비 효율 제고를 위한 철도 부품 개발
  - 미활용 에너지 및 자원에 대한 재활용
  - 친환경 철도 시스템 구축을 위한 노력

라. Issue Tree 작성

○ 이슈트리 작성을 통한 연구 중점목표 도출

- STEEP 분석 및 기술수요/예측조사를 통해 도출된 키워드를 바탕으로 이슈트리를 작성한 결과, 네 가지의 주요 이슈사항이 도출되었으며 이를 해결 또는 충족시키기 위한 기술개발 목표를 제시함



[그림 2-7] 분석결과를 바탕으로 한 이슈트리

○ STEEP 결과를 통한 이슈분석

- 환경분석 결과를 통해 주요 이슈가 도출되었으며 각각의 연계성을 정성적으로 판단하여 맵핑을 실시하였음

· 국내외 철도사고에 대한 언론보도를 통해 국민들의 철도안전에 대한 인식수준이 제고되었고 철도 고속화에 따른 대형사고 발생 가능성에 대한 우려가 높아지면서 기술개발을 통한 사전예방을 강화하고 검측 및 모니터링에 대한 역량제고가 요구되고 있음

· 다양한 기술분야의 연구성과물이 적용 및 활용되는 철도분야의 특성상 미래철도시스템이 요구하는 안전성, 효율성, 환경성 측면에서의 니즈를 충족시키기 위해서는 관련 기술간의 유기적인 연계 및 시스템적 활용이 필요함

· 국내 기술력 확보 및 제고를 통해 관련 철도기술에 대한 의존도를 낮추는 한편, 독자적인 운영 역량을 제고하고 국내 관련 시장의 성장을 촉진하여 중장기적으로 해외시장 경쟁력 확보에 기여할 수 있음

· 현재 국내외에서 다양한 방식 및 형태를 통해 추진되고 있는 온실가스 저감노력에 발맞추어 철도부문에서도 차량 및 시설 등의 전주기적 관리측면에서의 친환경성 강화가 요구되고 있음

· 철도부문에 대한 투자규모 확대, 관련 기본계획의 수립 및 추진을 통해 경제적 철도운영 및 유지보수 기술개발을 통한 운영효율화에 대한 추진 타당성이 확보되고 있음

[표 2-79] 환경분석 결과와 주요 이슈와의 연계성

구분		철도 안전	시스템 연계	산업 육성	친환경 강화
사회	철도안전에 대한 국민 관심증가	●	●	◎	○
	사전예방 중심의 철도관리 필요성 증대	●	●	◎	○
기술	연구성과물 철도부문 적용확대	●	●	●	●
	철도안전, 에너지 효율화 및 친환경성 강화	●	●	◎	●
경제	수입대체 효과 및 신규수익창출	●	●	●	○
	국내외 관련 시장성장 가능성	◎	●	●	○
환경	온실가스 저감을 위한 국제적 노력 강화	○	●	◎	●
	철도분야의 친환경성 부각	○	●	○	●
정책	철도분야의 투자규모 확대	●	◎	●	●
	철도운영 측면에서의 국가 기본계획 강화	●	◎	●	●

주) 연계성 높음(●) 보통(◎) 낮음(○)

○ 4대 이슈와 연구개발 니즈와의 연계성 파악

- 철도안전성 강화, 개발기술의 철도시스템 연계, 철도 및 관련 산업 육성, 온실가스 저감을 통한 친환경성 제고를 위한 연구개발 니즈를 정성평가를 통해 연계성을 파악함

· 고속검측기술의 경우, 철도사고의 사전예방을 위해 개발이 필요한 기술이며 다양한 검측기술을 활용하여 철도 차량 또는 시설물을 효과/효율적으로 관리하는데 사용가능함

· 검측의 정확성과 신뢰도를 향상하기 위해 검측차량에 적용할 수 있는 다양한 요소기술에 대한 검토를 실시하고 기술적/경제적으로 우수한 기술적 대안을 마련함

· 실시간 모니터링 기술개발은 철도분야 뿐만 아니라 고도의 안전성을 요하는 시설 및 장비 등에 대한 지속적인 점검 등 다양한 분야에서 폭넓게 활용될 수 있음

· 신속한 모니터링 정보처리 기술은 무선통신 연구분야의 성과물과 연계되어 있어 관련 IT시장의 발전과 함께 철도 모니터링 시장규모 확대에 기여할 수 있음

· 철도사고 예방을 위한 부품 수명주기 예측은 모니터링 정보의 구축 및 분석 등을 통해 가능하며 주요 부품별 시뮬레이션 등을 통한 검증 노력이 병행되어야 함

· 철도전력망 효율화는 철도차량 및 시설물에 전기가 공급되는 과정에서 발생하는 손실을 최소화하여 전력수급의 안정화를 가져올 수 있으며, 향후 신재생에너지 활용 및 지능형 전력망 구축에 기여하여 전력산업 발전에 기여할 수 있음

· 철도 에너지 소비 효율성 향상은 지상 및 차상에서 발생하는 에너지 손실에 대한 검토를 통해 전력 손실을 방지할 수 있는 기술적 대안을 마련하고 철도시스템에 적용토록 함

· 고효율 에너지 부품 개발은 철도차량에서 전력손실이 가장 큰 모터부문의 기술개발을 통해 에너지 소비 효율화를 추구함

· 또한, 압전 및 회생 전력을 활용하여 열차에 필요한 전력을 공급할 수 있도록 하여 에너지 소비를 저감토록 함

· 자원재활용 기술은 철도차량 폐기단계에서 발생하는 온실가스를 저감하는 한편, 산업적으로 재활용 가능한 자원을 최대한 많이 회수할 수 있도록 관련 기술을 개발함

· 친환경 철도시설물 건설/유지를 위한 친환경 건축 및 유지보수 기술을 개발하여 콘크리트 사용에 따른 온실가스 발생을 저감토록 함

[표 2-80] 4대 이슈와 연구개발 니즈와의 연계성

구분	철도 안전	시스템 연계	산업 육성	친환경 강화
고속검측기술	●	●	◎	○
검측 정확성/신뢰도 향상	●	◎	◎	○
실시간 모니터링 기술	●	●	●	○
신속한 모니터링 정보처리	●	●	●	○
철도사고 예방을 위한 예측	●	●	◎	○
철도전력망 효율화	◎	◎	●	◎
에너지 소비 효율성 향상	○	●	◎	●
고효율 에너지 부품 개발	○	●	●	●
미활용 에너지 재활용	○	●	◎	●
자원재활용 기술	○	◎	●	●
친환경 철도시설물 건설/유지	○	◎	●	●

주) 연계성 높음(●) 보통(◎) 낮음(○)

○ 연구개발 니즈와의 중점목표와의 연계

- 연구개발 니즈를 보다 구체화하여 연구개발 사업 또는 과제 등을 추진하여 달성할 R&D 추진목표를 도출하면 다음표와 같이 세 개의 중점목표가 도출됨

· 고속검측기술 및 검측 정확성/신뢰도 향상은 고속철도 선로를 중심으로 종합적인 검측을 실시할 수 있는 고속검측차량 개발 및 관련 검측기술개발로 구체화

· 실시간 모니터링 기술, 신속한 모니터링 정보처리, 철도사고 예방을 위한 예측은 철도차량에 대한 실시간 모니터링 시스템을 구축하고 관련 자료축적 및 분석 등을 통해 상태진단 및 예측을 수행할 수 있는 기술개발로 구체화

· 철도전력망 효율화, 에너지 소비 효율성 향상, 고효율 에너지 부품개발, 미활용 에너지 재활용은 지상 및 차상 부문의 전력손실을 규명하고 에너지 소비를 절감 및 효율화할 수 있는 기술개발로 구체화

· 자원재활용 기술, 친환경 철도시설물 건설/유지는 철도의 전과정에서 발생할 수 있는 온실가스를 저감하는 노력의 일환으로 폐차자원의 재활용 및 철도시설물 건설에 사용되는 콘크리트의 친환경성 확보 등의 기술개발로 구체화

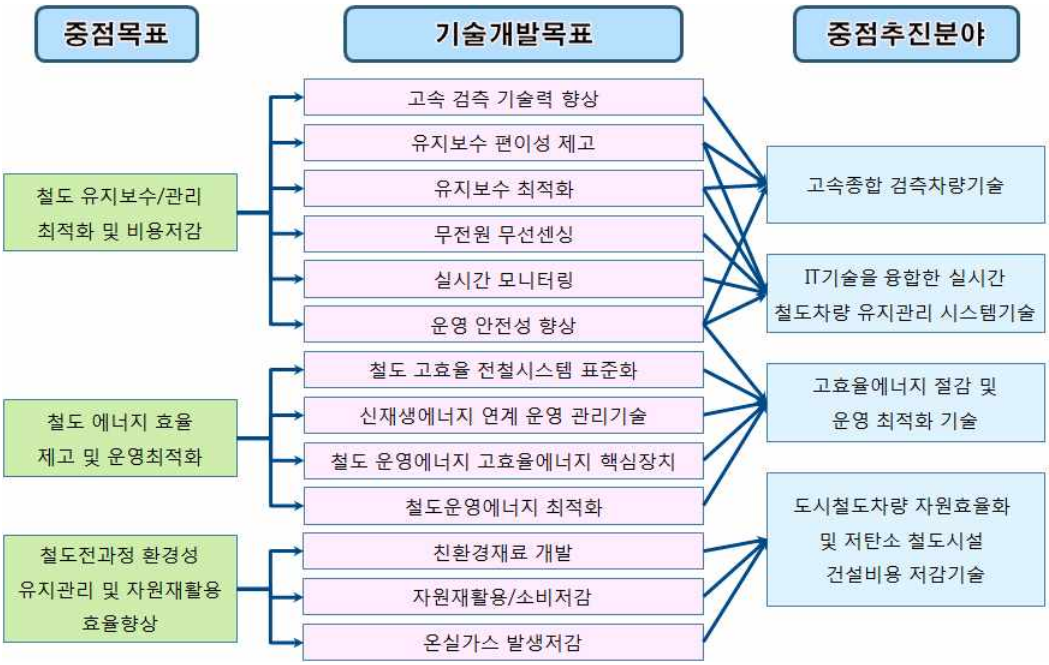
[표 2-81] 연구개발 니즈와 중점목표와의 맵핑

<table>
<tr><th>구분</th><th>연구개발 니즈의 구체화</th><th>중점목표 도출</th></tr>
<tr><td>고속검측기술</td><td rowspan="2">진동, 궤도틀림, 레일마모, 침목균열, 전차선, 신호 등에 대한 종합 검측시스템 개발</td><td rowspan="5">철도 유지보수/관리 최적화 및 비용저감</td></tr>
<tr><td>검측 정확성/신뢰도 향상</td></tr>
<tr><td>실시간 모니터링 기술</td><td rowspan="3">철도차량에 대한 실시간 모니터링 및 유지관리를 위한 상태점검/예측기술 개발</td></tr>
<tr><td>신속한 모니터링 정보처리</td></tr>
<tr><td>철도사고 예방을 위한 예측</td></tr>
<tr><td>철도전력망 효율화</td><td rowspan="4">지상 및 차상 전력손실 최소화 및 소비 효율화를 위한 부품 및 시스템 개발</td><td rowspan="4">철도에너지 효율제고 및 운영최적화</td></tr>
<tr><td>에너지 소비 효율성 향상</td></tr>
<tr><td>고효율 에너지 부품 개발</td></tr>
<tr><td>미활용 에너지 재활용</td></tr>
<tr><td>자원재활용 기술</td><td rowspan="2">철도차량의 자원순환 촉진 및 온실가스 저감을 위한 평가/설계/적용 기술개발</td><td rowspan="2">철도전과정 환경성 유지 관리 및 자원재활용 효율향상</td></tr>
<tr><td>친환경 철도시설물 건설/유지</td></tr>
</table>

2. 중점추진분야 설정

가. 중점추진분야 설정

○ 세 가지 중점목표(철도 유지보수/관리 최적화 및 비용저감, 철도 에너지 효율제고 및 운영최적화, 철도전과정 환경성 유지관리 및 자원재활용 효율향상) 달성을 위한 기술개발 목표를 설정하고 이를 다시 그룹핑하면 네 개의 중점추진분야가 도출됨



[그림 2-8] 중점추진분야의 도출

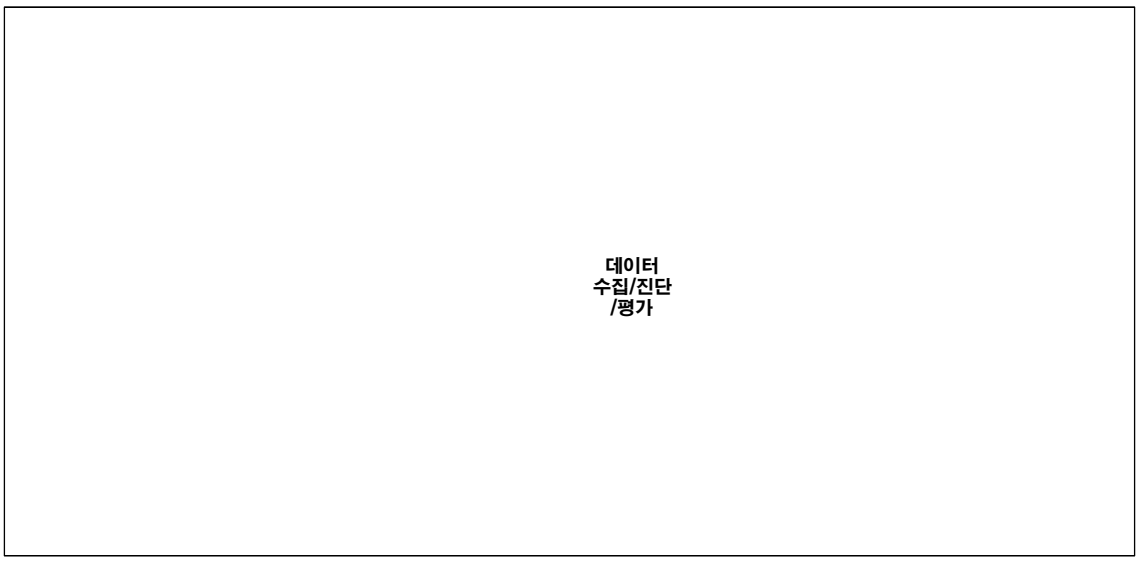
나. 고속종합검측차량 기술 분야

(1) 기술의 정의

○ 고속 종합검측차는 200km/h이상의 고속으로 주행하면서 궤도, 전기, 신호 등 구조물의 상태를 동시에 종합적으로 검측할 수 있는 차량이며 다양한 검측장비를 탑재하고 고속 시제동을 위하여 6량 이상을 1편성으로 하고 있음. 다량편성의 고속 종합검측차의 경우 상용판매는 일반적으로 하고 있지 않으며, 각국의 필요에 의해 개발하여 사용하고 있음.

[표 2-82] 해외 고속 종합검측차 사례

검측차명	아르키메데 (Roger2000)	닥터옐로우 (Dr.Yellow T4)	아이리스320 (IRIS 320)
국가	이탈리아	일본	프랑스
속도	250km/h	270km/h	320km/h
운용사진			
편성	6량 1편성	7량 1편성	10량 1편성
주요 측정 항목	궤도틀림 레일단면/마모 선호순회 전차선 신호/통신	궤도틀림 레일단면/마모 선호순회 전차선 신호/통신	궤도틀림 레일단면/마모 레일표면결함 전차선 신호/통신



[그림 2-12] 고속종합검측차 검측 항목

(2) 고속 궤도검측차 분야 필요기술 (전체적 분석)

[표 2-83] 고속 궤도 검측차 분야 필요기술 (전체적 분석)

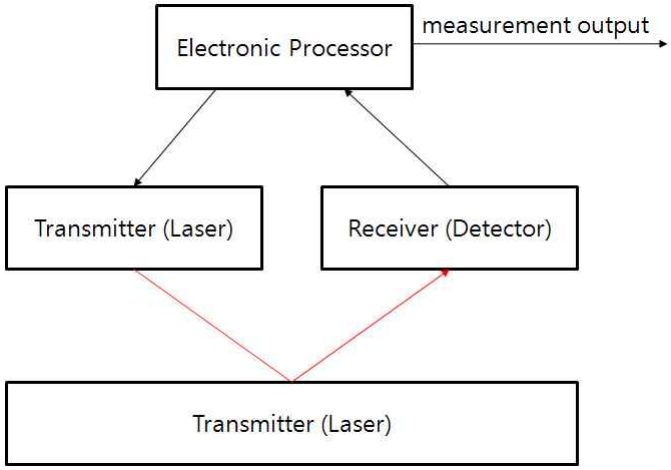
구분	필요기술	내용	설명
센서/부품 개발	고내구성/고신뢰도 센서 개발	레이저 장치	라인레이저를 이용한 고속/고정밀 형상 측정
		고속카메라	고해상도 촬영 및 고속 이미지처리(83.3m/sec)
		고해상도 비디오	
		관성측정장치	가속도계, 자이로스코프 이용 변위측정기술
전문측정 모듈 개발	궤도 측정 모듈 개발	궤도틀림 검측	차분법 및 IMU를 이용한 궤도틀림 검측데이타 확보
		레일단면/마모 측정	레일단면 형상을 레이저 광학시스템으로 측정
		레일표면결함 탐지	레일표면을 고속카메라로 촬영후 영상분석/균열,파손,결함 탐지
		침목/체결구 결함	
		레일균열 탐상	초음파로 레일내부균열 탐상
		선로순회	고해상도 비디오를 이용하여 선로연변 지장물/이상 탐지
	전기/신호 측정 모듈 개발	전차선/전력 측정	전차선 측위, 고속집전상태, 팬터그래프 접촉력 측정
		신호/통신	무선통신검측, 궤도신호검측
	토목시설 측정 모듈 개발	터널	터널내공단면 축소,라이닝 건전성을 레이져 및 화상으로 측정
		교량	특별한 이동식 검측방안 없음
		노반지지강성	이동식 노반지지강성 측정
	위치검지 기술 개발	위치검지	선로상의 위치를 1m이내의 정밀도로 검측장비에 입력
차량 개량 및 장착	차량 개발 및 시운전	설계 및 개량	검측장비의 차량 장착 및 저진동 성능 개선
		시운전 및 보완	검측장비 장착후 시운전을 통한 성능개선
시스템 통합	통합 S/W 개발 및 시스템 엔지니어링	시스템 엔지니어링	시스템 통합 및 조정
		운영 S/W 개발	통합 인터페이스 개발 DB시스템 개발 고용량 데이터분석기술 개발

① 검측 센서 및 부품 개발 : 레이저/고속카메라 이미지 측정 기술

○ 기술 개요

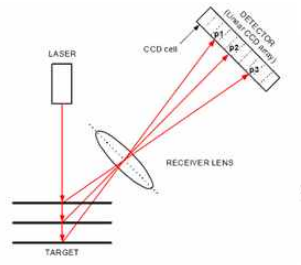
- 레이저는 일반 광파에서 볼 수 없는 간섭성과 지향성을 가져 계측에 많이 활용됨. 레이저를 이용한 계측 분야는 다양하지만 거리계측의 경우 간섭계(interferometer)방식, 3각 측량법(triangulation), 반사펄스의 도달시간을 측정하는 Time-of-Flight(TOF)가 주로 사용됨.

- 일반적인 거리 측정시스템의 구조는 비접촉 측정(contactless measurement)을 위해 광원(가시광선, 적외선, 레이저 등)을 측정 대상에 조사하고 측정 대상 표면에서 반사되어 돌아오는 레이저광을 광센서(light-detecting sensor)를 이용하여 감지, 분석하게 됨. 그림에 나와 있듯이 송신부(transmitter), 수신부(receiver), 처리부(processor)로 구성.

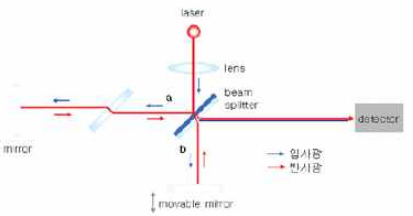


[그림 2-13] 레이저 측정시스템 구조

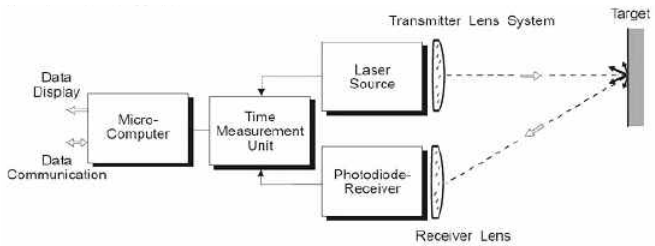
- 대표적인 측정 방법인 삼각측량법, 간섭계, Time-of-Flight 방식의 거리측정 원리를 다음 그림에 나타내었음.



(a) 삼각측량법



(b) 간섭계



(c) Time-of-Flight

[그림 2-14] 대표적인 레이저 거리 측정원리

· 삼각측량법

◦ 삼각측량법은 측정 대상에 반사되어 수신기에 도달하는 레이저를 linear CCD array로 수신하고 레이저가 수신된 CCD array cell의 위치를 이용하여 측정대상까지의 거리를 계산함. 주로 근거리, 정밀 측정에 적합.

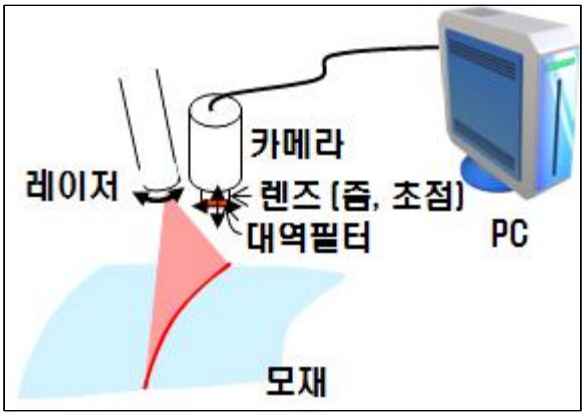
· 간섭계

◦ 레이저 측정 방식 중 가장 유효 측정 거리가 짧은 정밀거리 측정 방식. 같은 광원으로부터 나오는 빛을 적당한 방법으로 두 개 이상의 광행로로 나누고, 그것을 간섭시켜 간섭무늬를 관측하여 거리를 측정. 이동거울의 움직임이 필요함.

· Time-of-Flight

◦ 특정 주파수의 빛을 발사하고 측정 대상에서 반사되어 같은 주파수의 빛이 돌아오는 데까지 걸린 시간을 측정하여 빛의 속도 C와 시간 t의 관계로써 계측을 수행하게 됨. 정밀한 시간 측정이 필요하고, 장거리 계측 시 대상물의 각도, 외부 환경 등으로 수신 시 문제가 생길 수 있음.

- 고속의 측정을 위해서는 고속 카메라를 이용하여 측정 속도를 높이고 한 번에 많은 데이터의 획득이 필요함. 이를 위해 삼각측량법의 일종이라 할 수 있는 광절단 측정법이 많이 사용됨. 특정 패턴을 띄는(라인형태가 많음) 구조화된 빔을 조사하여 측정 대상물에 생성되는 광절 단면의 형상 데이터(profile)를 한 번에 취득할 수 있음. 또한 철도차량 고속주행 시 발생할 수 있는 진동에 저항이 강하도록 액츄에이터에 의한 동작이 필요 없는 고정구조 형태가 바람직함. 기본적인 구조는 그림과 같이 고속 카메라와 레이저, 영상처리를 담당할 PC나 DSP와 같은 임베디드 프로세서로 구성이 됨.



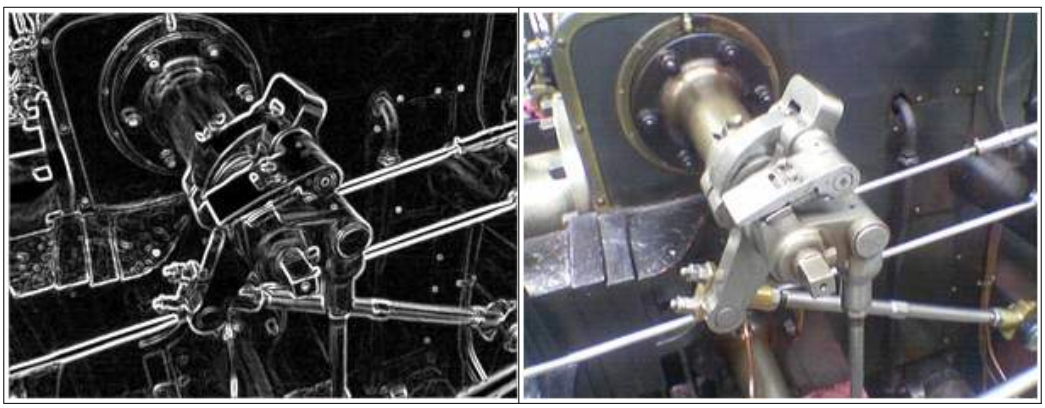
[그림 2-15] 레이저 광절단 측정법

- 고속철도 선로를 고속 촬영하여 실시간으로 획득되는 영상에 대한 최적화된 영상처리 알고리듬이 필요함. 주행의 안정성 및 선로 유지보수를 위한 정확한 동체 변형 데이터를 수집하기 위해 고속 주행하는 시험차량에 장착된 카메라를 이용하여 촬영 시 발생하는 회전, 흔들림 요소를 제거하는 기술, 선로의 뒤틀림을 판별하기 위해 촬영 영상 내의 선로의 윤곽을 정확히 분별하여 추출하는 기술, 단순화된 선로 영상에 대해 기준에 비해 변형된 정도를 판별, 진단할 수 있도록 동체 변형 파라미터를 설계, 계산하는 알고리듬 개발이 필요함.

- 다양한 산업 현장에서 전산 촬영된 영상을 활용하여 안전성 검사, 수익률 제고 및 효율 개선 등의 효과를 보고 있음. 생산 공정 최적화를 위한 생산 프로세스 모니터링

및 분석 뿐 만 아니라, 산업 현장의 안전성 모니터링 등의 다양한 활용 예를 볼 수 있음. 특히 영상의료 분야에서 의료비용을 절감하고, 진단 정확도를 높이기 위해 세계 유수의 의료 영상 연구개발 그룹에서 판독정확도를 높이기 위한 치열한 경쟁을 벌이고 있음. 그 결과 최근 특히 방사선 영상 및 초음파 영상 진단 분야에서 눈부신 개발성과가 있었음.

- 획득된 의료영상에서 noise reduction, registration 등의 기법을 통해 다양한 촬영 현장에서 발생하는 다양한 촬영오차를 줄이고 진단 정확도를 높이기 위한 노력이 있어왔고, 패턴 추출 및 segmentation을 수행하기 위하여 지난 수십 년간 다양한 분야에서 다양한 영상 처리 기법이 도입 적용되어왔고, Sobel operator, Scharr operator, Canny edge detector 등의 edge detection algorithm이 개발되었음. 고속 촬영된 선로 영상에서 선로 부분을 정확하게 윤곽을 추출하여 선로 변형 진단을 위한 영상을 추출할 수 있어야 함.
- 고속 촬영된 선로 영상이 단순화 된 후, 안전 기준과 비교하여 선로의 변형상태를 실시간으로 판단할 수 있는 동체 변형 계수 추출 및 DB 구축이 필요함. 축적된 DB에 대한 분석을 토대로 축약적으로 제시하는 뒤틀림 파라미터 제안이 필요함.
- 고용량 촬영 영상이 고속으로 획득되는 상황에서, 실시간 분석 및 진단결과가 도출되기 위해 GPU 등의 고속 영상처리 특화 부품을 활용한 알고리듬 최적화 및 벡터화가 필요함. 또한 계산 용량을 최소화하면서도 선로의 안전진단의 정확성을 유지할 수 있는 뒤틀림 파라미터 분석 및 축약이 필요함.



[그림 2-16] 벡터화 영상처리

○ 고속화 요구 성능

· 고속 영상획득 기술 : 고속 디지털 카메라를 이용한 고속 레일 영상획득 기술

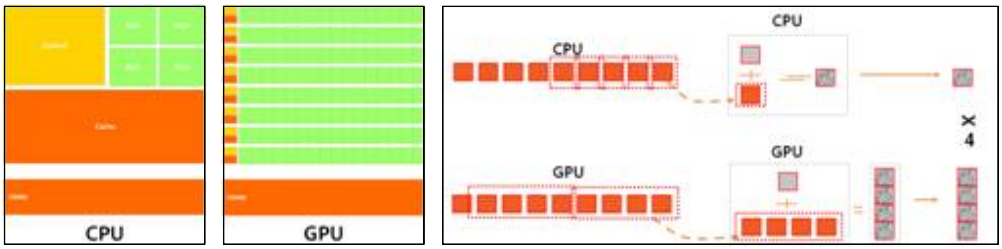
· 고속 영상처리 기술 : 획득된 영상에서 레이저라인 분리를 위한 DSP 기반 영상 처리 기술

· 고속 영상분석 기술 : 분리된 레이저라인 영상으로부터 레일프로파일 추출을 위한 DSP 기반 영상분석 기술

- 300km/h(=8.3cm/msec) 이상의 고속 주행하는 진단차량에 장착되어 있는 촬영카메라가

측정간격 25cm 간격으로 선로를 측정하는 조건에서, 최소 3.0 msec/25cm ~ 333.3 frame/sec 처리속도가 요구됨. 초당 500 frame 이상의 속도로 획득된 레일 촬영 영상의 요구 해상도는 25cm×25cm 크기에 대해 0.1mm 이하의 해상도를 유지하여 0.1mm까지의 뒤틀림을 구별할 수 있어야 함. ex) (5K×5K pixels 영상 × 2(좌우)) × 500.0 frame/sec의 경우, 초당 25.0 GB pixels의 픽셀데이터에 대해 뒤틀림 정보를 추출하여야 함. 현재 1,800 GFLops 계산 성능의 영상처리 전산장비를 활용할 경우, 각 영상분석에 필요한 process 수는 병렬처리 조건하에서 72 Flops/pixel 이하로 최적화되어야 함.

- 현재 고속 영상처리 수요가 급증하고 있는 의료영상 등의 각 분야에서 다양한 사양의 고속 영상처리 전문 부품 개발이 진행되고 있음. Nvidia GeForce 8800 GTX295의 경우, 최대 1,788 GFlops의 계산 성능이 확보되어 있음.
- 의료영상의 경우, GPU를 활용하여 콘빔용 3D 재구성 알고리즘 속도 개선, (>30배) GPU 병렬 아키텍처를 사용하여 FDK 가속 알고리듬 구현되었음. GPU는 FPGA보다 더 빠르고 flexible하여 속도 개선 방법으로 적합함. 선로 진단용 영상처리의 경우, 뒤틀림 진단용 촬영 영상처리 알고리듬은 병렬연산이 가능하도록 최적화되어야 함.



[그림 2-17] GPU 병렬 아키텍처

- 콘 빔용 3D 재구성 알고리듬을 GPU 병렬처리에 적합하도록 최적화한 결과, 영상처리 가속 알고리듬 성능은, Graphics API: DirectX 10 on Windows 7 조건에서 필터링 성능: CPU 대비 약 13배 향상, 재구성 성능: CPU 대비 약 35배 향상, 전체성능: CPU 대비 약 30배 향상되었음.

[표 2-84] 콘 빔용 3D 알고리듬 개선 효과

구분	GPU	CPU	속도개선
필터링 시간	3초	40초	13배
재구성 시간	9초	320초	35배
전체 시간	12초	360초	30배
하드웨어 사양	-Image: 10002x400 → 5122x512 -CPU: Intel Core2Quad Q6600 -Ram: DDR2 PC6400 8GB -GPU: NVidia GTX 8800 (768MB)		

○ 국내 기술수준

- 일반적인 형상측정 시스템의 경우 의료, 리버스 엔지니어링, 프로토타입, 용접 등 다양한 분야에서 필요로 함. 범용의 형상측정 관련하여서는 업체가 없으며 선문대학교, 한양대학교, KAIST 등 학교를 위주로 반도체, 용접 등 특정 용도로 개발된 바 있음.
- 선로 검측을 위한 고속 측정 시스템의 경우 외국에서 도입한 제품을 주로 사용하고 있음. 자체 고속 측정 시스템 기술을 확보하기 위해 한국철도기술연구원 위주로 일부 개발이 수행된 바 있음.
- 한국철도기술연구원에서 2006년 레이저-카메라 조합에 의한 광 절단 측정방법과 DSP 기반 고속영상처리시스템을 이용한 300 km/h 속도에서 최소 25cm 간격으로 레일의 단면형상측정시스템을 개발. 측정형상을 이용하여 일부 정보를 제공하고 있으나, 아직 차량에 실적용 되고 있지는 못한 실정임.
- 한국철도기술연구원에서 2008년 1메가급 해상도 영상을 480프레임의 속도로 처리할 수 있는 DSP와 FPGA기반의 고성능 영상처리보드를 개발한 바 있음.



[그림 2-18] 한국철도기술연구원 궤도 고속측정 시스템

○ 국외기술수준

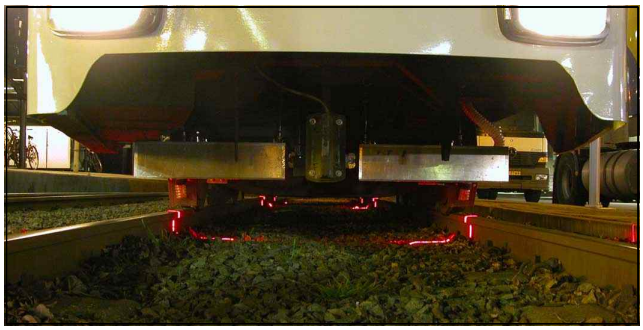
- 이탈리아, 독일, 일본에서 레이저와 화상카메라를 이용한 측정시스템에 대한 연구가 수행되고 있으며, 차량 고속화에 따라 측정 속도와 정밀도 등의 기능이 지속적으로 업그레이드되고 있음.
- 유럽
  - 유럽 여러 국가들에서 고속기차에 카메라 등 영상센서를 탑재하여 선로의 뒤틀림, 단절 등을 자동적으로 검출하는 시스템을 개발 중
  - 프랑스 Cybernetix, 영국 Network Rail사에서 New Measurement Train (NMT)라는 측정 차량을 운영 중이며, 이탈리아 Politecnino di Milano에서 카메라를 이용한 선로의 다양한 상태를 분석하는 연구를 수행함.
  - 영국 Loughborough대학에서 컴퓨터 비전 알고리즘을 적용한 영상처리기반 고장선로 인식기술연구를 수행함.

· 이탈리아 MerMec, TecnoGamma, 스위스의 Leica에서 레이저를 이용한 레일검측 장비를 개발, 공급하고 있음. TecnoGamma사 시스템 성능은 200km/h에서 분해능 0.1mm, ±0.2mm의 정확도를 가지고 있음.

· 최근 GPU를 이용한 고속영상처리에 대한 연구개발이 많이 진행되고 있으며 독일 UBM, 영국 Imperial College London, 스위스 ETH Zurich, 오스트리아 AIT등에서 GPU를 이용한 다양한 영상분석 및 처리기술을 연구하고 있음.

- 미국

· 이탈리아 MerMec사로 인수 합병된 ImageMap사에서는 고속카메라, 레이저를 이용한 레일검측, 레일 표면분석, 레일검측 전용시스템을 개발, 공급하고 있음. ImageMap사의 레이저/카메라와 IMU(Inertia Measurement Unit)을 이용한 관성식 궤도틀림 검측시스템은 5~360km/h의 검측속도에서 궤간 ±1.0mm, 수평 ±2.5mm, 줄맞춤(3m<λ≤25m) ±1.1mm와 면맞춤 줄맞춤(3m<λ≤25m) ±0.8mm 정확도를 가지고 있음.



[그림 2-19] ImageMap사의 Laserail

- 일본

· 일본 동경대 Ishikawa Komuro 연구실(http://www.k2.t.u-tokyo.ac.jp/)에서는 200fps 이상의 고속카메라를 이용 사람이 던진 공을 잡거나 쳐내는 등의 다양한 비전응용에 관한 연구를 수행하고 있으며, 고속 영상 처리를 위해 GPU나 비전칩 (FPGA)을 사용.

· 일본 JR East, Dr. Yellow, East i (측정전용차량 형태): 세계적 철도강국인 일본은 1982년부터 Doctor Yellow라는 검측차량을 개발하여 운영하여 왔으며 현재는 여객수송용 상업운전차량의 속도와 동일한 210Km/h의 속도로 궤도 및 전차선에 대한 검측이 가능하다. 최근에는 이를 더욱 개량하여 고속전철 환경의 270Km/h 검측이 가능한 "East i"를 2001년부터 운영하고 있음. East i는 10일 간격으로 운행되고 있음.

· 일본 Tokimec Rail Techno Inc. 에서는 초음파 기반의 선로 결합 검측 장비인 SM-2R을 개발하고, 이를 탑재한 검측 차량인 URIC 등을 개발하였음. URIC는 최대 시속 40km/h까지 이동하면서 검측이 가능함.

· F. A. Systems Corp. (http://www.jfas.co.jp/e_html/product/index_mv.htm) 에서는 ASIC과 FPGA를 이용한 다양한 초고속 비전 시스템을 개발 판매하고 있으며, 특히 검측 관련한 영상처리 프로세서 및 소프트웨어를 주로 다루고 있음.

② 전문 측정모듈 개발

○ 검측장비별 검측항목 및 목표사양

검측항목			Roger -1000k	MERMEC		Korail 선로점검차	G7 검측차	목표 사양
궤도틀림								
Accuracy	측정속도		160km/h	0~320km/h	5~360km/h		320km/h	200~300km/h
	측정방식		광학 현방식	광학 현방식	관성식		관성식	관성식
	측정간격		25cm				25cm	25cm
	궤간		±1.0mm	±0.7mm	±1.0mm		±1.0mm	±1.0mm
	수평		±1.0mm	±2.5mm	±2.5mm		±3.0mm	±2.5mm
	비틀림		±1.0mm	±0.8mm	±1.0mm		±3.0mm	±1.0mm
	줄틀림	D1	±1.0mm	±1.0mm	±1.1mm		±1.5mm	±1.1mm
		D2	±3.0mm	±3.0mm	±3.0mm		±4.0mm	±3.0mm
		D3	±5.0mm	±7.0mm	±7.0mm		±10.0mm	±7.0mm
	면틀림	D1	±1.0mm	±0.8mm	±0.8mm		±1.0mm	±0.8mm
		D2	±3.0mm	±2.0mm	±2.0mm		±3.0mm	±2.0mm
		D3	±5.0mm	±5.0mm	±5.0mm		±5.0mm	±5.0mm
레일답면 마모								
	측정속도		160km/h	0~350 km/h				200~300km/h
	Sampling Rate			25cm				25cm
	Accuracy		±0.2 mm	±0.2 mm				±0.2 mm
레일요철								
	측정속도			~ 200 km/h	~ 320 km/h			200~300km/h
	Sampling Rate			5 to 10 mm	5 to 10 mm			5 to 10 mm
	재현성	L1		±10μm	±20μm			±20μm
		L2		±30μm	±50μm			±50μm
		L3		±100μm	±200μm			±200μm
레일 표면결함								
	측정속도		200km/h			120km/h		200~300km/h
	측정방식		디지털카메라			라인스캔카메라/6대		디지털카메라
	Sampling Rate		65,000/초			80,000/초		80,000/초
	해상도		512화소 (<0.5mm)			512화소 (0.4mm)		512화소 (0.4mm)
체결구/침목 결함								
	측정속도					120km/h		200~300km/h
	측정방식					라인스캔카메라/6대		디지털카메라
	Sampling Rate					80,000/초		80,000/초
	해상도					512화소(0.4mm)		512화소 (0.4mm)
선로순회점검								
	측정속도					120km/h		200~300km/h
	측정방식					디지털비디오 2대(칼라/흑백 각 1대, Frame scan		디지털비디오
	해상도					1024*1024		1024*1024
	Sampling Rate					1장/2.2m		1장/2.2m
자갈 높이 측정								
	측정속도					120km/h		200~300km/h
	측정방식					CMOS/Frame scan 카메라2대		CMOS
	해상도					512*512		512*512
	Sampling Rate					2,000면/초		2,000면/초
레일탐상								
	측정속도							200~300km/h
	측정방식							초음파
터널 내공단면 측정								
	측정속도							200~300km/h
	측정방식							레이저 스캔
위치검지								
	측정속도		160km/h	320km/h	360km/h	120km/h	320km/h	200~300km/h
	위치정확도		±5.0m	-	-	-	-	±0.3m

EN-13848-1 참조) D1 : 3-25m, D2 : 25-70m, D3 : 70-250m
EN-13231-3 참조) L1 : Low Speed(현방식) 10-100mm, High Speed(관성식) 30-100mm, L2 : 100-300mm, L3 : 300-1,000mm

○ 고속 궤도 검측모듈 개발

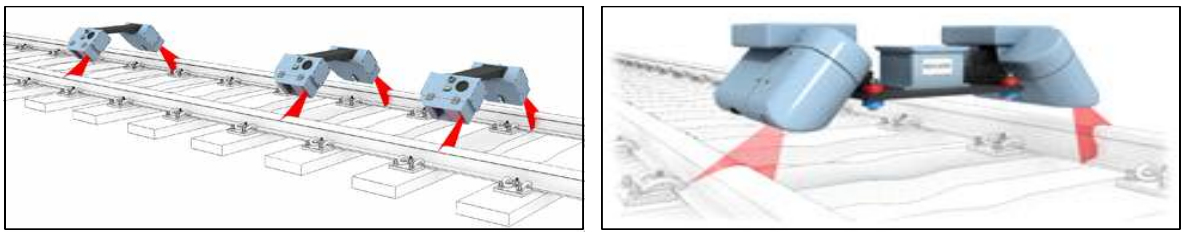
- 궤도틀림 측정

· 장비개요

◦ 점검차에 레이저 및 카메라를 장착

◦ 현방식의 경우 궤도틀림을 측정하기 위하여 3개의 측정대차에 센서장착

◦ 관성식의 경우 IMU 장착



(a) 현방식 궤도틀림 측정 (b) 관성식 궤도틀림 측정

[그림 2-20] 광학식 궤도틀림 측정 방법

· 측정내용

◦ 궤간 : 양쪽 레일 내면간 거리

◦ 수평 : 양쪽 레일 상면의 상대적 높이차

◦ 비틀림 : 3m 간격으로 측정한 수평의 차이

◦ 면틀림(고저틀림) : 레일의 수직방향 변위(양쪽 레일을 따로 측정)

◦ 줄틀림(좌우틀림) : 레일의 횡방향 변위(양쪽 레일을 따로 측정)

· 측정개요(예)

◦ 광학 현방식 : 레일면의 연속된 3개 점을 측정하여 산출함



(a) 측정센서 배치 (b)측정 예 (c)측정 결과 산출물

[그림 2-21] 현방식 궤도틀림 측정방법

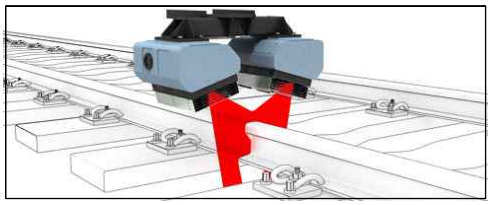
- 레일 단면/마모 측정

· 장비개요

◦ 점검차에 레이저 및 카메라를 장착

◦ 레일의 두부 단면 마모량을 연속적으로 측정

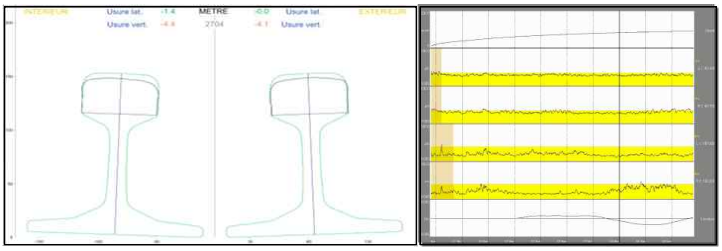
· 측정개요



(a)측정원리



(b)측정장면



(c) 측정 결과물

[그림 2-22] 레일 단면/마모 측정 방법

- 레일요철(Rail corrugation) 측정

· 장비개요

◦ 점검차에 레이저 및 카메라를 장착

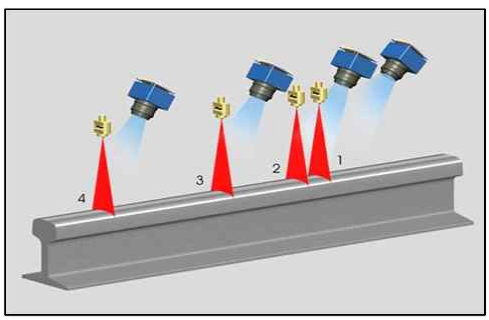
◦ 1m 이내에 4개의 측정점을 설치하여 3개의 파장대역에 대한 틀림 측정

◦ 파장대역

*L1 : Low Speed(현방식) 10-100mm, High Speed(관성식) 30-100mm

*L2 : 100-300mm

*L3 : 300-1,000mm





[그림 2-23] 측정원리 및 측정 장면

- 레일표면결함 측정

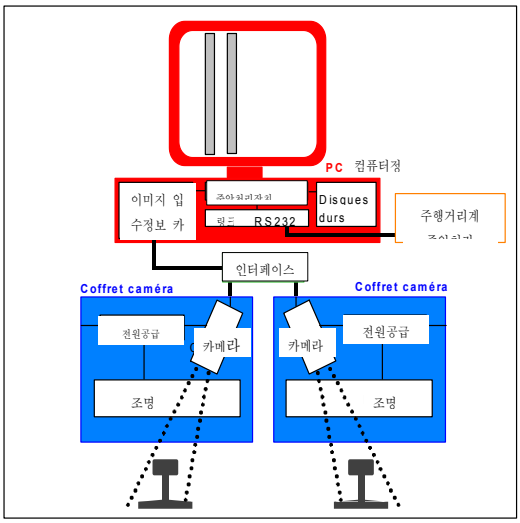
· 장비개요

◦ 고속용 시스템은 Ivoire Ⅱ(Inspection de la Voie par Imagerie Rapide Embarquee, 프랑스)이며 현재 시속 300km/h의 맬루진 차량 하부에 설치된 카메라와 차량 내부에 설치된 컴퓨터에 의해 레일표면결함 감지(detection), 위치측정(localization), 결함의 양(quantification) 및 결함정도(recognition)를 분석

◦ 고속선의 레일표면 결함을 매 km마다 카운트 되고 결함면적의 크기로 분류

◦ 장비개발은 프랑스 SNCF가 시작하여 나중에 사이버네틱스사와 협력

◦ 활용기술 : 고속선 스캐닝 카메라, 파형과 형태에 따른 이미지 처리



[그림 2-24] 레일 표면결함 측정 개념도

· 개발과정

◦ IVOIRE I 단계 (1995-1998) : SNCF의 연구/기술부에서 300km/h에서의 이미지 획득 및 데이터 처리에 대한 알고리즘(algorithms)개발하고 비디오 테이프 레코더를 이용한 프로토 타입 시연

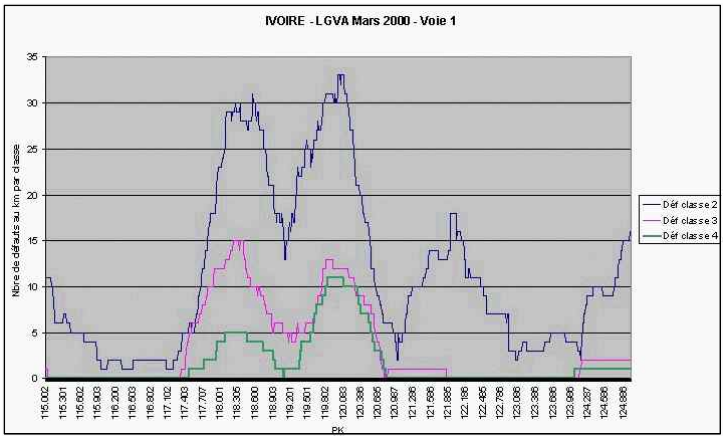
◦ IVOIRE II 단계 (1999-2001) : SNCF와 사이버네틱스 협력, 디지털 비디오 레코더 활용, 2000년 초 운행선 운영 및 디스플레이 결과의 개선

*시속 300km/h 에서의 자동 레일 검사 : 주행면에서의 결함 특성 감지 획득(acquisition) : 100 000 라인/초

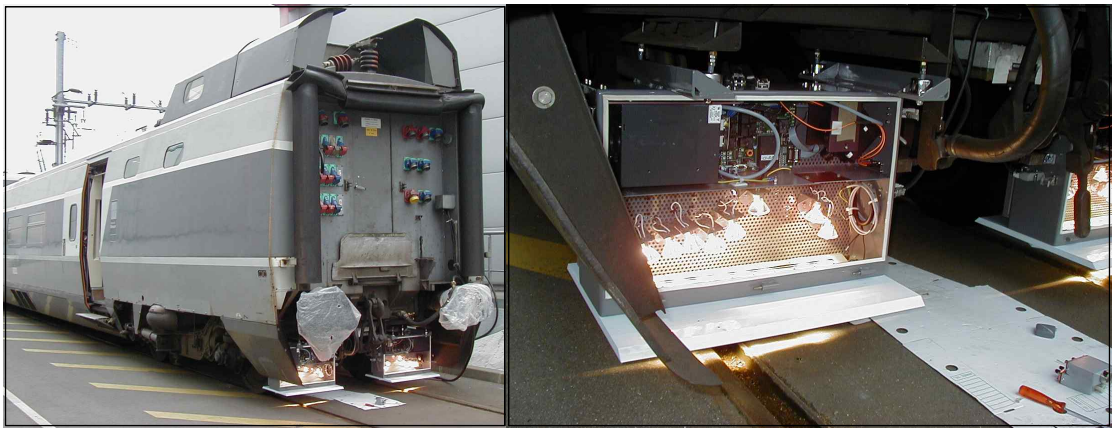
*싱(sing)2 디지털 라인 스캔 카메라: (20 메가픽셀 /초) :레일 영역의 자동감지에 의하여 데이터 변화 및 한 라인의 절반 저장

*저장능력 : 레일 연장 양쪽에 대하여 지속적인 600 km 선로

* 이미지 분석 : 파형과 수학적인 형태에 기초한 알고리즘을 활용하여 포트 처리



[그림 2-25] Ivoire Ⅱ 로 검측 생성된 측정그래프



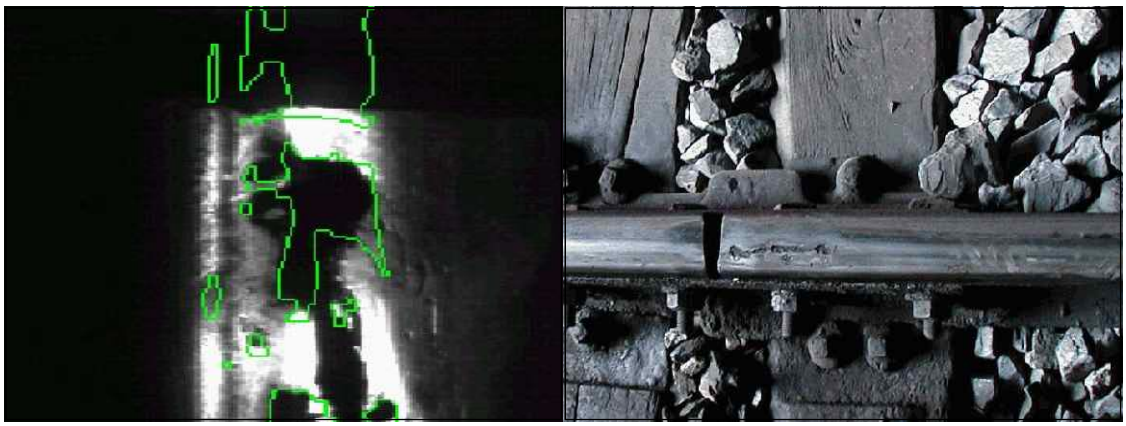
[그림 2-26] Ivoire Ⅱ 로 검측 생성된 측정그래프

· 궤도표면 결함의 측정례

◦ Ivoire Ⅱ : 패임 (Squats)



◦ Ivoire Ⅱ : 스폴링 (Spalling)



◦ Ivoire Ⅱ : 휠번 (Wheel burn)



[그림 2-27] 결함부 처리결과 기록상태 및 같은 고장의 현장 실물사진

- 체결구/침목 결함

· 장비개요

◦ ivoire Ⅲ의 개량형

◦ 적외선 비디오를 이용한 감시환경

◦ 측정 속도는 현재 120km/h로 제한

◦ 체결시스템 : 체결구, 스크류, 플레이트

◦ 강재, 목재, 콘크리트 침목

◦ 레일 사이의 발라스트(도상자갈) 높이

· 측정 내용

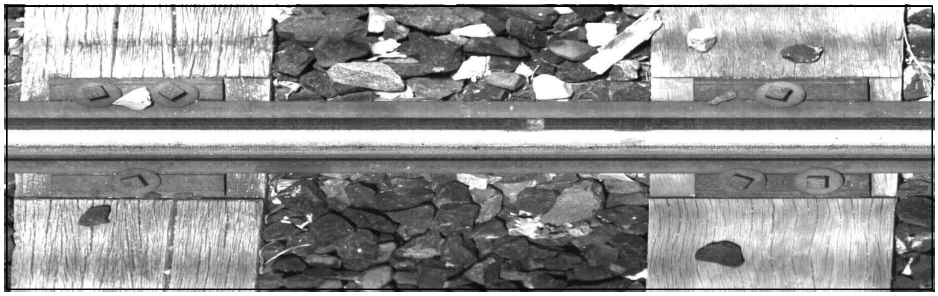
◦ 체결구 이미지는 여러 각도의 초점을 가지는 분리된 라인 스캔 카메라로 촬영

◦ 침목 감지 / 침목 분석(크랙 등)

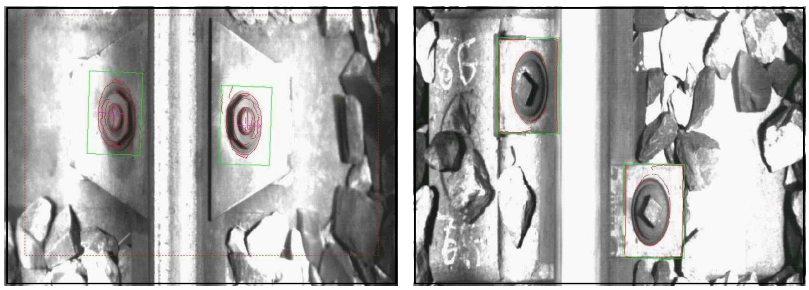
◦ 체결구 조화 및 데이터 베이스 : 자동인식, 근원점검

◦ 체결장치 부속(스프링, 볼트) 탈락 감지

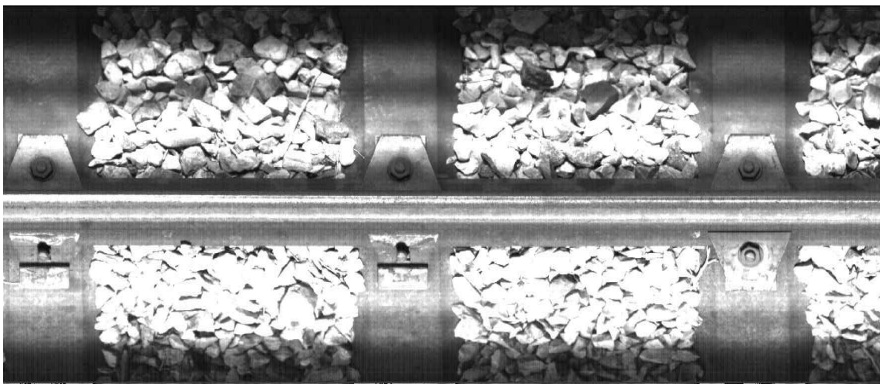
· 측정례



[그림 2-28] ivoire Ⅲ의 검측 촬영 장면



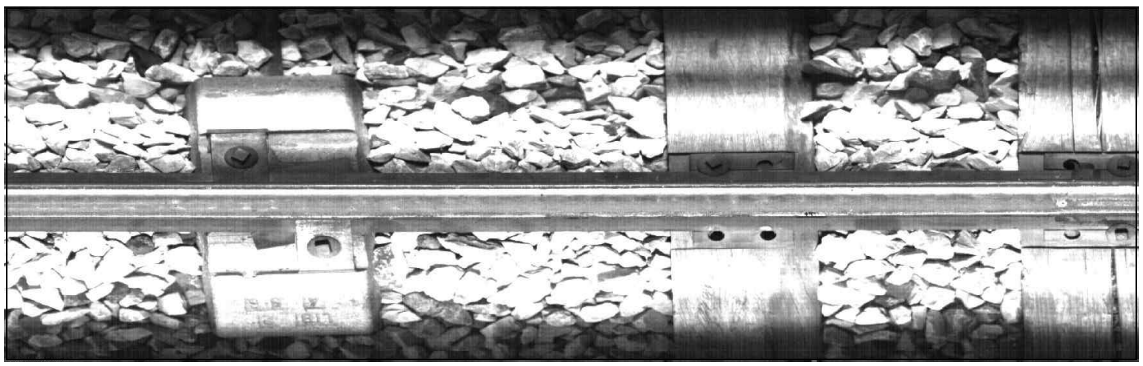
[그림 2-29] 체결구 검측 장면



[그림 2-30] 체결구 판스프링 탈락 검지 (ivoire Ⅲ)



[그림 2-31] 플레이트 부족 현장 확인사진



[그림 2-32] 체결볼트 탈락(ivoire Ⅲ)



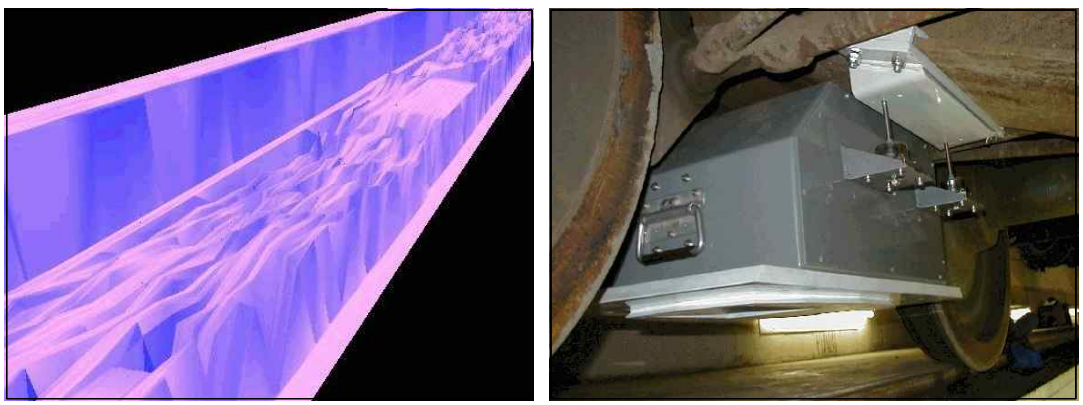
[그림 2-33] 볼트탈락 현장 확인사진

- 자갈 높이 측정

· 측정개요

◦ 도상자갈의 높이 및 프로파일은 이저 쉬트 프로젝션과 IVOIRE III고속 카메라로 측정

◦ 레일 사이의 발라스트 레벨의 측정은 고속철도 운영에 있어서 매우 중요한 요소임. 특히 고속에서 불규칙한 도상은 자갈이 비산하여 레일 표면에 결함을 만들게 되므로 이를 측정 관리 할 필요가 있음. 이 장비는 컴퓨터를 이용 정확한 3D 이미지 생성



[그림 2-34] 3D 도상자갈 이미지 및 도상자갈 형상 측정장치

- 선로 순회 점검

· 장비개요

◦ 점검차의 전두부에 장착하여 라이트를 켠상태로 측정하며 주행

· 측정개요

◦ 선로의 주변에 열차의 통행에 지장을 주는 장애물 및 환경 측정

◦ 측정장치 구성

*차량의 전면부에 설치된장비

▷ IR(적외선) 라이트

▷ 비디오 카메라

*언더 프래임(박스 포함)에 설치된장비

▷ 체결구와 침목 촬영용 와이드 디지털 카메라

▷ 레일 헤드 촬영용 카메라

▷ 장점 : 주 야간 동작, 와이드 다 초점 - 반대방향에서 오는 열차에서의 역광 영향이 없음



[그림 2-35] 선로 순회 데이타

- 레일탐상 측정

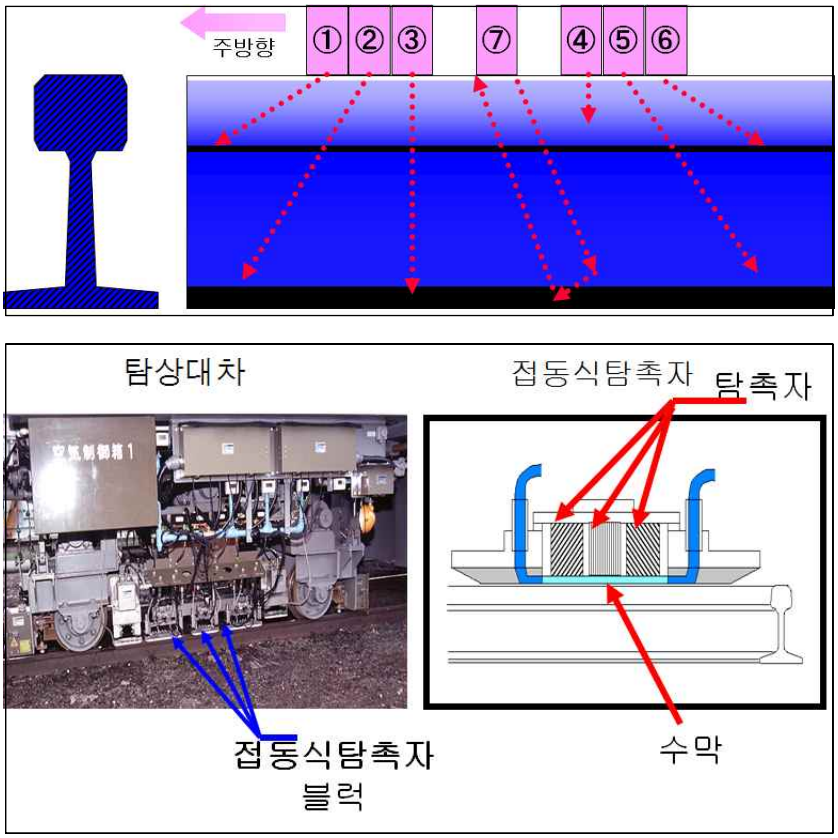
· 장비개요

◦ 레일의 내부 균열을 탐지

◦ 초음파 탐상

◦ 매질은 물을 사용

· 측정개요 : 6개의 탐촉자를 일렬로 배치



[그림 2-36] 레일 탐상 개념도

- 터널 내공단면 측정 예

· 장비개요

◦ EPISILON, Cybernetix, 프랑스

◦ 터널 내공단면 및 차량한계 동시 검측

· 측정개요

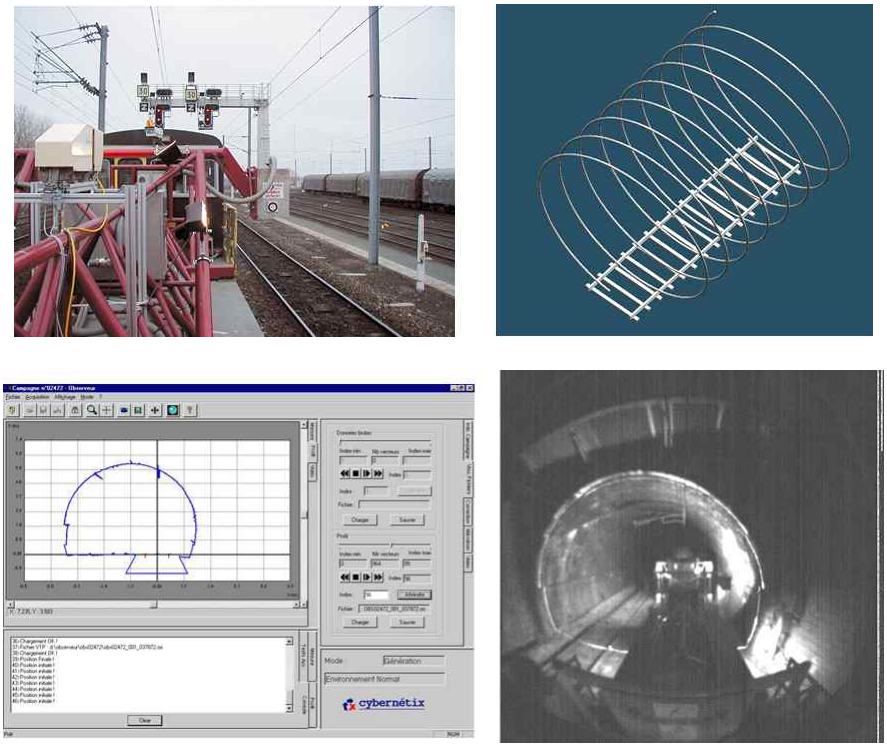
◦ 시속 30 km하에서의 검측과 기록 : 광섬유에 의한 검측과 전송(1Gbit/sec)

◦ 스텝당 83mm로 400km 거리의 검측과 기록

◦ 주행 기록계에 의한 위치 자동 조정

◦ 회전식 레이저 검측 : 검측거울을 초당 100회 이상 회전

◦ 측정감도 : 5mm



[그림 2-37] 터널 내공단면 측정 사진

- 위치 검지

· 기술개요

◦ 차량의 위치추적 기술은 텔레매틱스, ITS 등의 분야에서 자동차 및 열차의 고정밀 위치추적 기술이 연구 개발되어져 오고 있음. 차량의 위치추적을 할 수 있는 방법은 크게 GPS, DR/INS, RFID/궤도회로, 및 복합항법으로 나누어져 연구되고 있음.

*GPS 동향: 고속 철도에서 GPS를 이용하는 경우 DGPS(Differential GPS) 또는 CDGPS(Carrier Differential GPS)/RTK GPS(Real Time Kinematics GPS) 등을 고려할 수 있음. 이 중에서 서브 미터 수준의 위치정확도 요구 사항을 만족하기 위해 CDGPS를 고려할 수 있음. 본 기술은 철도에 장착된 GPS 수신기의 반송파 측정값과 위치를 알고 있는 근처 기준국의 GPS 수신기로부터 수신한 반송파 측정값을 비교하여 미지의 반송파 미지정수 오차 등을 추정 후 제거하여 두 수신기의 상대 위치를 구함으로써 정확한 철도의 위치를 결정할 수 있음. 열차에 장착되는 GPS 수신기는 기준국으로 부터 기저거리의 한계를 극복하기 위해 이중 주파수(L1/L2 or 향후 L1/L5)를 사용하여 GPS의 가장 큰 오차 성분 중의 하나인 전리층 지연 오차를 제거함으로써 150km 이상의 기저거리에서 서브 미터의 위치 정확도를 만족할 수 있음. 현재 국토해양부에서 운영 중인 NDGPS 네트워크를 발전시켜 고정밀 NDGPS 네트워크 구축이 필요함.

*DR 동향: DR(Dead Reckoning)은 Tachometer를 사용하여 속도를 측정하고 지자계 센서/자이로 등을 사용하여 이동 방향을 계산한 다음 위치를 추정해 나가는 방법임. 그러나 철도의 경우 1D 선로 위를 달리므로 방향정보 없이 속도 정보에

시간을 곱하여 이동거리를 계산하고 이 정보를 1차원 Rail에 Mapping 하여 위치를 추정함. Tachometer는 바퀴의 회전속도를 측정하는 것으로 적산회전계라고도 함. Tachometer H/W 장치와 센서가 필요하며, H/W 장치는 국산으로 하고 센서는 외산으로 하는 경우와 H/W 장치 및 센서 모두를 외산으로 하는 경우가 있음. 성능은 바퀴의 온도 및 마모 그리고 가감속에 의한 Slip에 영향을 받음. 정확한 성능은 등속 및 가감속, 바퀴의 연식 등에 따라 다르게 나옴.

*INS 동향: INS(Inertial Navigation System)는 비접촉식 DR로 가속도와 회전각속도를 측정할 수 있는 관성센서로 구성된 IMU(Inertial Measurement Unit)를 사용하여 이동체의 위치 및 속도, 자세를 추정하는데 사용됨. IMU의 성능에 따라 INS의 성능이 달라지며 RLG/FOG 등의 중급 자이로를 사용하는 IMU의 경우 미사일, 항공기 등에 사용되며 MEMS형의 저급 자이로를 사용하는 IMU의 경우 미사일, UAV 등에서부터 자동차에까지 다양하게 사용됨. 중급 IMU의 경우 주로 군사용으로 사용하므로 구입이 쉽지 않으며 최근 MEMS 기술의 발달에 따라 MEMS형 IMU의 성능이 향상되고 있으며 그 응용도 증가하고 있음. 그러나 MEMS 센서의 열에 대한 영향 및 고장 등을 고려해야 하므로 센서를 중첩으로 배치하여 고장을 검출하는 FDI(Fault Detection & Isolation) 기술이 연구되고 있음.

*RFID 동향: Passive RFID Tag를 바닥에 장착하고 트랜시버를 차량에 장착한 다음 Tag의 수신 Coverage 안에 차량에 장착된 트랜시버가 위치하는 경우 트랜시버에서 송출된 신호를 RFID Tag에서 수신 후 자신의 ID를 포함한 저장된 정보를 송출함으로써 해당 Tag의 위치를 추정하는 방법. 성능은 일반적으로 수신율에 의존적이며 우천 시 및 눈이 오는 경우 Tag의 인식률이 현저하게 떨어지는 현상이 발생함. 또한 고속의 경우 인식률이 떨어져 위치추적이 불가능할 수 있으며 현재 300km/h에서는 문제없이 동작함.

*궤도회로 동향: 궤도회로는 설치된 Loop Coil을 차량이 지나가면 Loop Coil에 흐르게 되는 전류를 측정하여 해당 위치에 차량이 위치함을 인식하는 것으로 도로, 철도 등에 광범위하게 사용되고 있음. 성능은 궤도회로 장치의 크기 및 설치 간격에 의존하며, 크기 및 설치 간격을 줄이는 방법이 필요함.

*복합항법 동향: 위치를 추정할 수 있는 기술들은 각각 장단점을 갖고 있으며 신뢰성 있는 항법을 위해 각 기술을 장점들을 결합할 수 있는 복합항법 기술이 연구되고 사용되고 있음. GPS는 활용도가 높지만 터널 안에서는 사용할 수 없으며 DR 및 INS는 단시간에서는 정확도가 높지만 시간에 따라 오차가 증가하게 됨. RFID/궤도회로 등은 오차가 작지만 인식률이 낮으며 인프라 구축간격에 따라 항법결과의 획득주기가 길어짐. 이런 장단점을 고려하여 DR(INS)/GPS 및 DR/궤도회로, GPS/RFID 등 다수의 위치추정 기술들을 결합함으로써 시간, 장소 등에 관계없이 정확도가 높은 위치정보를 추정할 수 있으며 이를 위한 다양한 결합기법들이 연구되고 있음.

· 고속화 요구 성능

◦ 350km/h의 속도로 열차가 달리는 경우 1초에 약 97m를 이동하므로 시간에 대한 정확도가 매우 중요함. 철도의 고정밀 위치추정을 위해서는 사용하는 항법장치에 따라 다른 요구사항이 존재함.

◦ GPS의 경우 일반적으로 수신기에서 위성데이터를 수신하여 위치를 계산하고 그 결과를 제공하기까지 시간이 소요되므로 시간지연에 의해 발생하는 위치 오차를 보상해 주어야 함.

◦ INS/GPS와 같은 복합항법의 경우 GPS의 시간 지연된 데이터에 의해 INS와의 데이터 시각 비동기 문제가 발생하며 복합항법의 결과가 위치 뿐 아니라 다른 파라미터 추정에도 영형을 미치게 되므로 복합항법에서는 각 센서 간 데이터 동기 문제를 반드시 해결해야 함.

◦ RFID를 사용하는 경우 고속에서 Tag를 인식해야 하는 문제가 발생함. 현재 300km/h 정도에서 인식이 가능하지만 그 이상의 경우 100% 인식률을 보장하기 어려우며 우천 시나 눈이 내리는 경우 그 인식률은 더 감소하게 되므로 단독으로 위치추정을 위해 사용하기 어려움.

③ 차량 개량 및 장착

○ 철도 안전 및 승차감 확보는 물론 선로유지관리 비용 등의 절감을 위하여 검측 및 궤도틀림 관리에 많은 관심을 기울이고 있으며, 검측시스템 관련 기술에 대한 연구개발을 통하여 검측차량에 대한 자체 기술을 보유하고 있음.

○ 일본 JR은 1962년부터 Dr. Yellow라는 검측차량을 운영하였고 210km/h의 속도로 궤도 및 전차선에 대한 검측이 가능하며, 2001년에는 이를 발전시켜 275km/h에서 측정이 가능한 East-I (E926)를 개발하여 운영하고 있음.

○ 이탈리아 MerMec사는 레이저 비접촉방식으로 궤도와 전차선을 측정하는 ROGER-1000을 개발하였으며, 현재 한국형 모델 ROGER-1000K가 도입되어 운영되고 있고, 220km/h에서 50cm 간격으로 측정이 가능함. 또한 미국 ImageMap사를 인수 합병하여 레이저-카메라와 IMU를 이용한 관성식 궤도검측시스템(검측속도 360km/h)을 개발 상용화하였음.

○ 프랑스 Cybernetix는 철도 운영사 SNCF와 TGV에 탑재되는 IVOIRE를 개발하여 사용하고 있으며, 고속비디오카메라를 이용하여 최고 320km/h속도에서 동작가능하며 레일의 결함을 찾아내고 이를 분류할 수 있음. 최고 800km까지 측정 데이터를 기록할 수 있음.

○ 영국의 New Measurement Train(NMT)는 200km/h로 궤도 및 전차선에 대한 측정이 가능하며 2003년부터 운영되고 있으며, 이 외에 이탈리아 TecnoGamma, 미국 ImageMap, 스위스 Leica Geosystems사에서 레일검측장비를 개발, 공급하고 있음.

○ 미국의 ENSCO에서는 검측차량을 개발하여 미국 및 해외에 검측차를 공급하고 있음.

[그림 2-38] 해외 궤도검측차량 구성 및 검측 항목

명칭	Roger 2000, ITALY		Dr.Yellow, Japan		IRIS 320, France		CRH380B-002		ITX 350	
운영 사진										
편성	6량 1편성		7량 1편성		10량 1편성		8량 1편성		10량 1편성	
속도	250km/h		270 km/h		320km/h		400km/h		350km/h	
차량 구성	- 1호: 운전, 멀티미디어실 - 2호: 전차선, 통신측정 - 3호: 궤도, 주행항목측정 - 4,5호: 수화물,보조시스템 - 6호: 기관차,선로순회 (선로순회, 비디오검사, 전화, 안전. 위치정보 등 탑재)		- 1호: 전력・신호・통신 - 2호: 궤도관련측정 - 7호: 첨승자용 - 3,4호: 측정팬터그래프 설치 - 5,6호: 가선상태 감시용 관측돔 탑재		- 검측차 4대, 기관차 2대 - VIP손님 및 회의실차 1대 - 승무원 및 작업인원차 1대 (전기,기계예비품 저장) - 업무용차 2대로 구성. (조리부,샤워실,침실, 등)		- 1호: 신호・통신 - 2호: 전차선 - 3호: 궤도 - 4,5,6호: 회의실,장비실,식당 - 7호: 분석실 - 8호: 시험실		- 1호: 선로순회・통신 - 2호: 전차선 - 3호: 궤도 - 4호: 전차선,신호 - 5호: 토목시설물(저속) - 6호: DB/분석실 - 7,8,9회: 회의실,장비실,식당 - 10호: 운전실	
검측 항목	궤도틀림	○	궤도틀림	○	궤도틀림	○	궤도틀림	○	궤도틀림	○
	레일단면 및 파상마모	○	레일단면 및 파상마모	○	레일단면 및 파상마모	○	레일단면 및 파상마모	○	레일단면 및 파상마모	○
	레일표면결함	X	레일표면결함	X	레일표면결함	○	레일표면결함	○	레일표면결함	○
	선로순회	○	선로순회	○	선로순회	X	선로순회	○	선로순회	○
	차륜-레일 작용력	○	차륜-레일 작용력	○	차륜-레일 작용력	○	차륜-레일 작용력	○	차륜-레일 작용력	○
	차량 가속도	○	차량 가속도	X	차량 가속도	○	차량 가속도	○	차량 가속도	○
	전차선 위치	○	전차선 위치	○	전차선 위치	○	전차선 위치	○	전차선 위치	○
	전차선 전류/전압	○	전차선 전류/전압	○	전차선 전류/전압	X	전차선 전류/전압	○	전차선 전류/전압	○
	팬터그래프 상호작용	○	팬터그래프 상호작용	○	팬터그래프 상호작용	○	팬터그래프 상호작용	○	팬터그래프 상호작용	○
	아크검지	○	아크검지	○	아크검지	○	아크검지	○	아크검지	○
	통신신호	○	통신신호	○	통신신호	○	통신신호	○	통신신호	○
	위치정보	○	위치정보	○	위치정보	○	위치정보	○	위치정보	○
	토목시설물 (저속측정)	X	토목시설물 (저속측정)	X	토목시설물 (저속측정)	X	토목시설물 (저속측정)	X	토목시설물 (저속측정)	○

(3) 고속종합검측 분야 기술수준 분석

○ 분야별 요소기술의 수준을 명확히 파악하여 집중적인 개술개발 분야를 선정하고, 국내개발 또는 국외기술도입 등 기획 전략을 수립하기 위하여 요소기술의 수준을 분석

[표 2-85] 고속종합검측 분야 기술수준

구분	국내 기술 수준	국외 기술 수준	연구기관 기술수준
궤도 검측기술	※ 세계최고대비 40%	※ 세계최고 이태리 MerMec/ 미국 ENSCO	※ 세계최고대비 40%
	- 국내 관련 측정 기술 부재로 국외에서 개발된 시스템을 도입 운영하고 있음	○이태리 MerMec - 레이저/카메라 및 IMU를 이용한 검측속도 360km/h 고속 궤도틀림 검측시스템 개발 및 상용화(한빛 350, 프랑스 IRIS320 검측시스템) - 광학삼각측정법을 이용한 레일단면 검측시스템 개발 및 상용화(검측속도 : 350km/h) - 광학 관성측정법을 이용한 파상마모 검측시스템 개발 및 상용화(검측속도 : 320km/h) ○미국 ENSCO - 레이저/카메라를 이용한 궤도틀림, 레일단면 및 파상마모 검측시스템 상용화(New Jersey Transit 검측차, 베이징 메트로 검측차) - 고속화상을 이용한 궤도 Inspection 시스템 개발 및 상용화	○KRRI - 레이저/카메라를 이용한 레일단면 검측시스템 기반기술 확보 및 시작품 개발 (검측속도 : 4km/h, 정밀도 : 신뢰도 95%수준 ±0.24mm)
고속카메라 이미지 측정 및 프로세싱 기술	※ 세계최고대비 60%	※ 세계최고 이태리 MerMec/ 미국 ENSCO	※ 세계최고대비 60%
	- KRRI 주도로 철도 인프라(레일, 전차선, 등) 검측을 위한 고속카메라 이미지 측정기술이 수행됨(협동기관 기술수준 참조)	○이태리 MerMec/미국 ENSCO - 고속, 고정밀 선로 측정시스템을 활발히 개발하고 실용화 화하였음. - 궤도 마모도, 궤도 틀림, 궤도 결함 등 궤도 정보와 더불어 체결부, 침목, 자갈도상 정보 제공 - 국내에도 일부 도입	○KRRI - KRRI 주도로 개발한 시스템은 450fps 고속 카메라를 적용하여 300km/h급 측정 시제품 개발 - ETRI와 KIMM은 비전처리 전문가를 확보하여 있으며 형상 측정 기술 기 보유.
	○이미지 프로세싱 기술 - 촬영 영상 경계면 추출 기술 확보 - 경계면 추출 영상 registration시 진동 및 가속도에 의한 영상 왜곡 보정 기술 부족 - registration 영상에 대한 변형 성분 분석 툴 및 파라미터에 관한 연구 부족 - 촬영 레일 변형 파라미터 및 진단 분석 결과 DB 미비 및 연구개발 경험 부족	- 컴퓨터 비전 알고리즘을 적용한 영상처리기반 고장선로 인식기술연구 - 최근 GPU이나 FPGA 이용 고속영상처리에 대한 연구개발 진행 중: 독일 UBM, 영국 Imperial College London, 스위스 ETH Zurich, 오스트리아 AIT, 일본 동경대 등 - F. A. Systems. Corp.에서 ASIC, FPGA 등 다양한 초고속 비전 시스템 판매 중	○ETR - 촬영 영상의 경계면 추출 기술 및 registration 기술 확보 가능 - 진동 및 가속도에 의한 영상 왜곡 보정 기술 부족 - 선로 변형 벡터 계산 기술 연구개발 미비 - 레일 변형 파라미터 및 진단 분석 결과 DB 미비 및 연구개발 경험 부족
	○모듈화 기술 - 기구적인 부분의 모듈화 기술은 선진국과 큰 차이가 나지 않음	- 자갈의 비산으로부터 카메라, 레이저 모듈 보호	○KIMM - KIMM에서 기구부 모듈화 및 진동 저감 기술 확보

구분	국내 기술 수준	국외 기술 수준	연구기관 기술수준
위치검지 기술	※ 세계최고대비 60%	※ 세계최고 미국 Honeywell/ 캐나다 Novatel	※ 세계최고대비 60%
	○복합항법기술 - Tachometer를 위한 H/W는 국내에서 개발되고 있으나 센서는 외산을 주로 사용하고 있음 - GPS 수신기는 국내에서 개발은 되고 있으나 민간용으로 양산은 하고 있지 않음 - INS 및 INS/GPS는 국내에서 MEMS센서 기반의 IMU를 개발하고 있으며 GPS와 결합한 복합항법 시스템도 개발되고 있으나 MEMS센서 사용에서 반드시 필요한 FDI(Fault Detection & Isolation) 기술을 포함한 시스템은 대학에서 연구만 수행되고 있는 수준 - 다중 센서 및 시스템 복합항법 기술과 지상 고속이동체 위치추정을 위한 기술은 대학에서 연구만 수행하고 있는 수준	○복합항법기술 - 고성능 GPS 칩셋 및 수신기를 개발하여 민간용으로 양산을 하고 있음 - INS 및 INS/GPS는 중급 IMU를 개발한 곳에서 MEMS센서 기반으로 중저급 IMU를 개발하고 있으며 GPS와 결합한 복합항법 시스템도 개발되고 있음. 그러나 MEMS센서 사용에서 반드시 필요한 FDI 기술을 포함한 시스템은 중급 이상의 시스템에서만 적용되고 있음 - 다중 센서 및 시스템 복합항법 기술과 지상 고속이동체 위치추정을 위한 기술이 개발되어 사용되고 있음	○복합항법기술 - MEMS 센서 기반의 중첩 IMU를 설계 개발하고 FDI 기술을 포함한 시스템을 개발할 수 있는 기술을 보유하고 있음 - 시각동기 기술을 포함한 INS/GPS 및 다중 센서 결합 복합항법 시스템을 개발할 수 있는 기술을 보유하고 있으며, INS/GPS 결합시스템을 개발하였음

○ 고속철도 실시간 선로상태 검측시스템 개발 기획의 목표 및 전략을 설정하기 위해 국내에서 보유한 내부자원 및 능력의 강점과 약점을 가감 없이 분석하고 내외적으로 사업을 둘러싼 주변 여건의 위협과 그로부터 오는 도약과 발전의 기회를 파악하기 위한 SWOT(Strength, Weakness, Opportunity, Threats) 분석을 실시함

[표 2-86] 고속종합검측 분야 SWOT 분석

	O(기회)	T(위협)
	・저탄소 배출 이동수단으로서의 철도의 활용가치 ・극한 촬영 및 영상처리 환경에서의 솔루션개발 경험 축적의 기회 ・측정 장비의 국산화 대체 및 수출 활로 개척의 기회	・선진국의 지적재산권 선점 ・중국 등 신흥 발전 국가의 도전
S(강점)	SO전략	ST전략
・세계적 수준의 영상처리 개발 인력 ・세계 최고 수준의 메모리 및 전산부품 생산시설 ・수준급 IT 산업 개발인력 활용 가능	・기 확보된 영상처리 개발 인력 및 생산시설의 활용 방면 다각화의 기회	・지적재산권 확보 실패할 경우 개발 결과 활용불가 ・신흥 발전 국가의 추격에 대응한 생산시설 및 인력의 재배치 필요
W(약점)	WO전략	WT전략
・기존 연구 성과 미비로 인한 초기 연구개발 비용 ・소프트웨어 개발자의 관련 경험 부족으로 인한 시행착오 ・좁은 시장으로 인한 민간 투자 유치의 한계	・협소하면서 단순한 국내시장 다양화의 기회 ・연구개발 인력의 경험축적으로 수출 활로 개척의 기회 ・저탄소 철도 활용도를 높이고 연구개발 인력의 경험축적의 기회	・선진국과 신흥개발 국가 사이에서 연구개발 인력의 질적 개선의 기회 ・신흥개발 국가의 연구개발결과와의 차별화가 필요.

(4) 문제해결을 위한 필요 기술 분석

[표 2-87] 고속 궤도 검측차 분야 기술

구분	필요기술	내용	기술개발 시급성
센서/부품 개발	고내구성/고신뢰도 센서 개발	레이저 장치	범용 센서류는 구매 기술개발 필요 없음 요구성능사양만 도출
		고속카메라	
		고해상도 비디오	
		관성측정장치	
전문측정 모듈 개발	궤도 측정 모듈 개발	궤도틀림 검측	기존 연구성과를 활용하여 300km/h급 기술개발 필요. IMU를 이용한 기술개발 필요
		레일단면/마모 측정	
		레일표면결함 탐지	관련 모듈의 연구개발 필요
		침목/체결구 결함	
		레일균열 탐상	현재 100km/h급의 저속 탐상만 가능하므로 기술개발 검토 필요
		선로순회	관련 모듈의 연구개발 필요
	전기/신호 측정 모듈 개발	전차선/전력 측정	철도공사의 연구개발 결과를 통합
		신호/통신	
	토목시설 측정 모듈 개발	터널	50km/h 미만의 저속의 측정기술 개발 필요
		교량	기술개발 필요성 없음
		노반지지강성	50km/h 미만의 저속의 측정기술 개발 필요
	위치검지 기술 개발	위치검지	추후 연구개발 결과를 통합
차량 개량 및 장착	차량 개발 및 시운전	설계 및 개량	과제의 초기단계부터 수행 필요
		시운전 및 보완	기본 모듈의 개발 후 지속적으로 수행 필요
시스템 통합	통합 S/W 개발 및 시스템 엔지니어링	시스템 엔지니어링	시스템의 효율적인 통합 필요
		운영 S/W 개발	철도공사의 연구개발 내용을 일부 활용, 통합S/W 및 DB개발 필요

○ 센서/부품개발 기술은 요구성능 사양만 도출하여 국외에서 도입하고, 전기/신호분야의 연구는 한국철도공사에서 수행하고 있는 선행연구과제의 결과를 활용하여 통합하도록 한다. 위치검지기술도 별도의 연구과제로 추진되고 있으므로 본 연구과제에서는 궤도 측정모듈, 토목시설 측정 모듈, 차량개발 및 시운전, 시스템엔지니어링 및 통합S/W에 대한 연구 개발이 필요함

(5) 기술개발의 중복성 검토

○ 기존에 수행완료 또는 수행중인 타 연구과제의 기술항목과 중복되는 기술을 배제하고 본 과제수행에 적합한 철도 환경성 개선기술 항목 도출을 위하여 국가과학기술종합정보서비스 (www.ntis.go.kr) 등에서 핵심어 검색을 통하여 타 사업과의 중복성, 차별성 및 연계성 여부를 검토하였음

[표 2-88] 고속 궤도 검측차 분야 정부과제 중복성 검토

본 기획과제		유사 국가 R&D 과제		차별성
세세부 과제명	주요내용	과제명	주요내용	
고속검측 통합 S/W 개발 및 시스템 엔지니어링	• 시스템 통합 • 시스템 설계 • 시스템 엔지니어링 • 고속검측 차량 시운전	o해당사항 없음		o본 과제는 고속철도 인프라의 유지보수 효율화를 위한 고속검측시스템을 개발하기 위한 연구과제로서 고속차량, 궤도, 전기, DB등 세부시스템을 통합하여 유기적인 시스템을 구축하기 위한 것으로 기존과제와 중복성 없음
	• 고속검측차량 설계 • 고속검측차량 개조 및 제작 • 검측장비 설치	o고속철도 기술개발 사업(G7) (한국철도기술연구원) 2006.11~2007.10	- 한국형 고속열차 검측시스템 구축 - 미국 ImageMap 궤도검측시스템 도입 및 시운전 차량에 부착/시험 실시	o장비를 미국에서 도입하여 차량의 장착함. 본 과제에서 국내기술로 장비의 설치 및 개조 수행하므로 중복성 없음
	• 검측 데이터 분석/관리 DB개발 • 유지보수 작업 계획 S/W 개발	o고속선 궤도관리 의사결정지원시스템(KTMSYS)(한국철도공사) 2006.8~2010.7	- KTMSYS 개발을 위하여 필요한 다양한 검측 데이터와 관리기준을 저장하고 처리할 수 있는 대규모 데이터 관리기술 - 궤도 상태평가 및 틀림 예측 기술 - 자원과 작업조건에 따른 궤도 유지보수 작업 최적화 기술 - 모든 작업계획 과정에서 궤도관리 유관부서간에 상호협업이 편리하게 이루어질 수 있는 웹기반 협업지원기술 개발	o검측데이타의 활용을 위한 DB 및 S/W 개발시 기 연구 성과를 활용하고 고도화하는 연구로 추진
고속 궤도 측정 모듈 개발	• 궤도틀림 검측 기술개발 • 차량 운동측정 기술개발 • 레일 단면 마모측정 기술개발 • 침목 균열측정 기술개발 • 고속 선로순회 기술개발	o철도시설물 검측자동화를 위한 Robo-Rail 시스템 기초기술 개발 (한국철도기술연구원) 2006.1~2008.12	- 관성시스템을 이용한 선형 검측 기술 개발 - 고속 정밀 선형측정을 위한 신호처리 알고리즘 개발 - 측정 정밀도 향상을 위한 오차 보정 알고리즘 개발 - IMU를 이용한 궤도측위 알고리즘 성능 고도화 - 레일단면 영상측정시스템 고도화 기술 개발	o궤도틀림 검측기술의 일부 요소기술의 연구결과를 활용하여 궤도검측분야 요소기술 개발 예정
		o틸팅열차 운행 유지보수 효율화 SE연구 (한국철도기술연구원) 2009.6~2010.5	- 200km/h급 레일단면 측정시스템 개발 - DSP보드, 및 차장탑재 기구물 개발 - 정/동적 환경시험 및 주행시험 - 차량 탑재를 위한 Ethernet 인터페이스 적용 - 실시간 레일단면 분석 및 시스템 운전제어 기능을 통합한 통합운영 프로그램 개발	o200km/h급 속도에 대한 레일 단면 마모측정기술의 연구결과를 활용하여 궤도검측분야 요소기술 개발 예정

본 기획과제		유사 국가 R&D 과제		차별성
세세부 과제명	주요내용	과제명	주요내용	
고속 검측 차량 개발 및 시운전	• 고속검측차량 설계 및 개량 • 시운전시험 및 보완	o해당사항 없음		
토목시설물 통합 검측시스템 개발	• 터널 내공단면 측정 • 노반지지강성 측정 • 고속 레일균열 탐상	o철도시설물 검측자동화를 위한 Robo-Rail 시스템 기초기술 개발 (한국철도기술연구원) 2006.1~2008.12	- 터널 내공단면 측정시스템 개발 - 고정식 레이저 측정장치의 시험	o고정식 내공단면 측정장비의 원천기술을 활용하여 이동식 측정장비 개발

○ 중복성있는 연구항목은 제외하였으며, 기존의 연구성과를 최대한 활용하고 고도화하여 연구비 및 연구기간을 단축하도록 하였음

(6) 기술개발 분야 검토

○ 기술개발 필요 분야 검토

[표 2-89] 고속종합검측차량 기술개발 필요 분야 검토

구분	필요기술	기 추진과제	시급성 부족과제	현실성 부족과제	수요조사 제시과제	기술개발 시급과제
센서/부품 개발	고내구성/고신뢰도 센서 개발			○		
전문측정 모듈 개발	궤도 측정 모듈 개발				○	○
	전기/신호 측정 모듈 개발	○				
	토목시설 측정 모듈 개발				○	○
	위치검지 기술 개발	○				
차량 개량 및 장착	차량 개발 및 시운전				○	○
시스템 통합	통합 S/W 개발 및 시스템 엔지니어링				○	○

① 전문 측정모듈 개발

○ 궤도측정모듈과 터널 등 토목시설물 측정모듈 개발

- 궤도 측정 모듈 개발 (300km/h 급 고속 측정 항목)

· 궤도틀림 검측

· 레일단면/마모 측정

· 레일표면결함 탐지

· 침목/체결구 결함

· 선로순회

- 토목시설 측정 모듈 개발 (50km/h 미만의 저속 측정 항목)

· 레일균열 탐상

· 터널 단면 측정 및 라이닝 균열 탐지

· 콘크리트 도상 표면균열 탐지

· 노반지지강성

- Geo-V 와 같은 프레임 형태의 기구물을 제작하여 모듈화한 궤도검측장비를 차량에 장착함.

- 토목시설 측정모듈은 50km/h 미만의 저속의 측정항목을 하나의 모듈로 통합하여 개발하며 별도의 차량에 구성함



[그림 2-39] 궤도틀림 측정 모듈 구성

[표 2-90] 검측항목별 성능 목표

검측항목			목표 사양
궤도틀림			
Accuracy	측정속도		200~300km/h
	측정방식		관성식
	측정간격		25cm
	궤간		±1.0mm
	수평		±2.5mm
	비틀림		±1.0mm
	줄틀림	D1	±1.1mm
		D2	±3.0mm
		D3	±7.0mm
	면틀림	D1	±0.8mm
		D2	±2.0mm
		D3	±5.0mm
레일답면 마모			
	측정속도		200~300km/h
	Sampling Rate		25cm
	Accuracy		±0.2 mm
레일요철			
	측정속도		200~300km/h
	Sampling Rate		5 to 10 mm
	재현성	L1	±20μm
		L2	±50μm
		L3	±200μm
레일 표면결함			
	측정속도		200~300km/h
	측정방식		디지털카메라
	Sampling Rate		80,000/초
	해상도		512화소 (0.4mm)
체결구/침목 결함			
	측정속도		200~300km/h
	측정방식		디지털카메라
	Sampling Rate		80,000/초
	해상도		512화소 (0.4mm)
선로순회점검			
	측정속도		200~300km/h
	측정방식		디지털비디오
	해상도		1024*1024
	Sampling Rate		1장/2.2m
자갈 높이 측정			
	측정속도		200~300km/h
	측정방식		CMOS
	해상도		512*512
	Sampling Rate		2,000면/초
레일탐상			
	측정속도		200~300km/h
	측정방식		초음파
터널 내공단면 측정			
	측정속도		200~300km/h
	측정방식		레이저 스캔
위치검지			
	측정속도		200~300km/h
	위치정확도		±0.3m

② 차량 개량 및 장착

○ 차량 개발 및 시운전

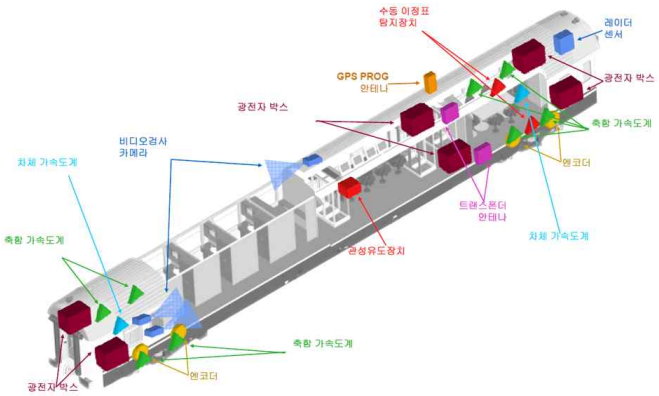
· 설계 및 개량

· 시운전 및 보완

- 검측차는 상용열차 편성을 개조하여 시스템을 구성하므로 이를 위한 설계와 개조작업이 필요함. 개발시간의 단축을 위하여 과제 초기단계에서 검측장비의 설치공간 및 요구사항을 확보하여 제작 실시.

- 시운전 기간은 1년이상으로 확보하여 시운전 및 성능확인/ 개량을 지속적으로 수행





[그림 2-40] 궤도검측차량 구성 예

③ 시스템 통합

○ 통합 S/W 개발 및 시스템 엔지니어링

· 시스템 엔지니어링

· 운영 S/W 개발

- 시스템엔지니어링은 검측차의 사용자요구사항을 분석하여 성능기준을 수립하고, 각 검측시스템간의 간섭을 최소화하여 통합 시스템의 성능을 극대화함

- 운영S/W 는 다양한 검측장비의 데이터를 하나의 워크벤치에서 통합하고, 사용자인터페이스를 표준화하여 검측데이타의 활용성을 높이고, 궤도유지관리시스템에 입력자료로서 활용이 가능하도록 데이터 형식을 일치화 함



[그림 2-41] 시스템 통합 및 조정 업무 구성

- 궤도 검측차 구성 방안(6량 1편성의 경우)

· 운행선 영업차량과 동일한 차량을 이용 (신조 또는 중고차량 구입 후 개조)

◦ 1호차, 6호차 : 동력차

◦ 2호차 : 회의실 및 장비보관실,

◦ 3호차 : 궤도검측차량

◦ 4호차 : 전기검측차량

◦ 5호차 : 서버실 또는 토목검측차량



[그림 2-42] 고속검측차량 편성 예

(7) 중점추진 분야 설정

○ 중점추진분야는 고속종합검측시스템 개발과제 하나로 설정하고 주요기술을 시스템엔지니어링과 S/W개발, 고속 궤도측정모듈개발, 차량개발 및 시운전, 시설물 검측시스템 개발의 4개로 분류하였음

중점추진분야	주요기술	내용
고속 종합 검측 시스템 개발	고속검측 통합 S/W 개발 및 시스템 엔지니어링	시스템 엔지니어링
		운영 S/W 개발
	고속 궤도 측정 모듈 개발	궤도틀림 검측
		레일단면/마모 측정
		레일표면결함 탐지
		침목/체결구 결함
		선로순회
	고속 검측 차량 개발 및 시운전	설계 및 개량
		시운전시험 및 보완
	토목시설물 통합 검측시스템 개발	터널
		노반지지강성
		레일균열 탐상

[그림 2-43] 중점추진분야별 주요 기술 및 내용

○ 고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술 분야별 기술개발방향

배경	- 고속철도 선로연장의 증가와 운행시간 연장으로 유지보수 시간이 감소되어 철도시설물에 대한 유지보수 품질을 유지하기 어려움 - 고속 검측시스템의 개발로 차량의 주행안정성 및 승차감과 안전성이 향상되어 철도교통에 대한 대국민 신뢰 회복 필요 - 검측차를 전량 수입에 의존하여 고장시 과다한 유지보수 비용 청구 및 장기간 수리로 인한 검측업무 공백 사례가 발생함 - 맞춤형 기능구성과 검측빈도 확대로 검측차의 활용성을 증대하여 유지보수 효율화 필요 - 국가 성장동력으로서의 철도산업발전에 토대가 되나, 국내 산업기반이 미약하여 국가의 지원을 통한 관련 시장형성 및 기반기술 육성 필요 - 고속차량의 개발, 고속철도의 건설, 철도의 운영 및 유지관리 경험과 함께 철도 유지관리 기술의 핵심인 종합검측기술을 결합하여 명실상부한 철도선진국으로 도약 필요 - 한국형 철도 자산관리 및 유지관리 시스템의 구축으로 유사한 규모나 경제수준의 국가에 대한 국내 철도기술 해외수출 지원

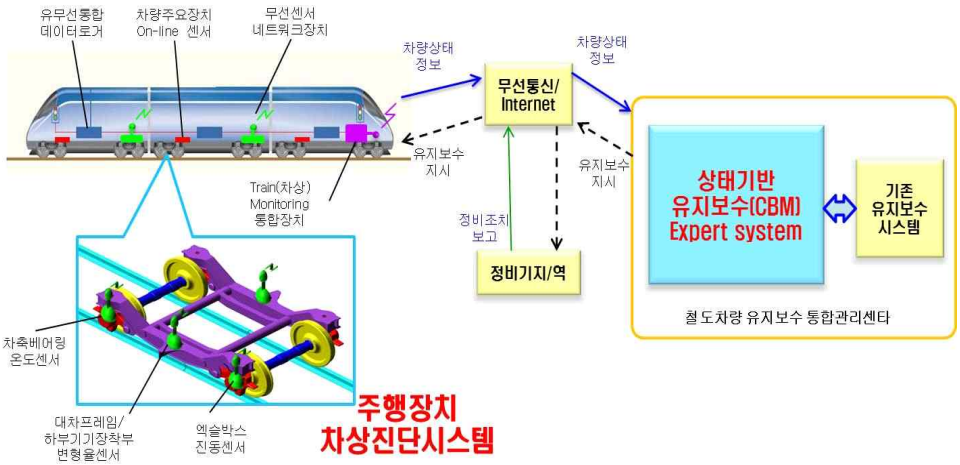
목표	300km/h이상의 고속으로 주행하면서 궤도, 전기 등 구조물의 상태를 동시에 종합적으로 검측할 수 있는 기술 및 차량 개발
주요 내용	○ 고속검측 통합 S/W 개발 및 시스템 엔지니어링 - 시스템 엔지니어링 - 운영 S/W 개발 ○ 고속 궤도 측정 모듈 개발 - 궤도틀림 검측 - 레일단면/마모 측정 - 레일표면결함 탐지 - 침목/체결구 결함 - 선로순회 ○ 고속 검측 차량 개발 및 시운전 - 설계 및 개량 - 시운전시험 및 보완 ○ 토목시설물 통합 검측시스템 개발 - 터널 내공단면 측정 및 표면결함 검지 - 노반지지강성 측정 - 레일균열 탐상

다. IT기술을 융합한 실시간 철도차량 유지관리 시스템 기술 분야

(1) 실시간 철도차량 유지관리 분야의 기술개발전략 설정

① 기술의 정의

○ 세계 최고수준의 국내 IT 인프라를 응용하고 철도차량 주행장치 차상 모니터링 기술을 개발하여 철도차량 주행장치에 대한 상태를 진단하고 고장을 예측하는 기술을 개발함으로써 차량상태에 따른 최적의 고 신뢰성 스마트 유지보수(CBM : Condition Based Maintenance)관리를 할 수 있는 핵심기술을 개발하여 철도차량 유지관리의 효율성, 안전성, 친환경성을 제고하고자 함.



[그림 2-44] 철도차량 스마트 유지보수 기술 개발

② 기술 현황 및 문제점

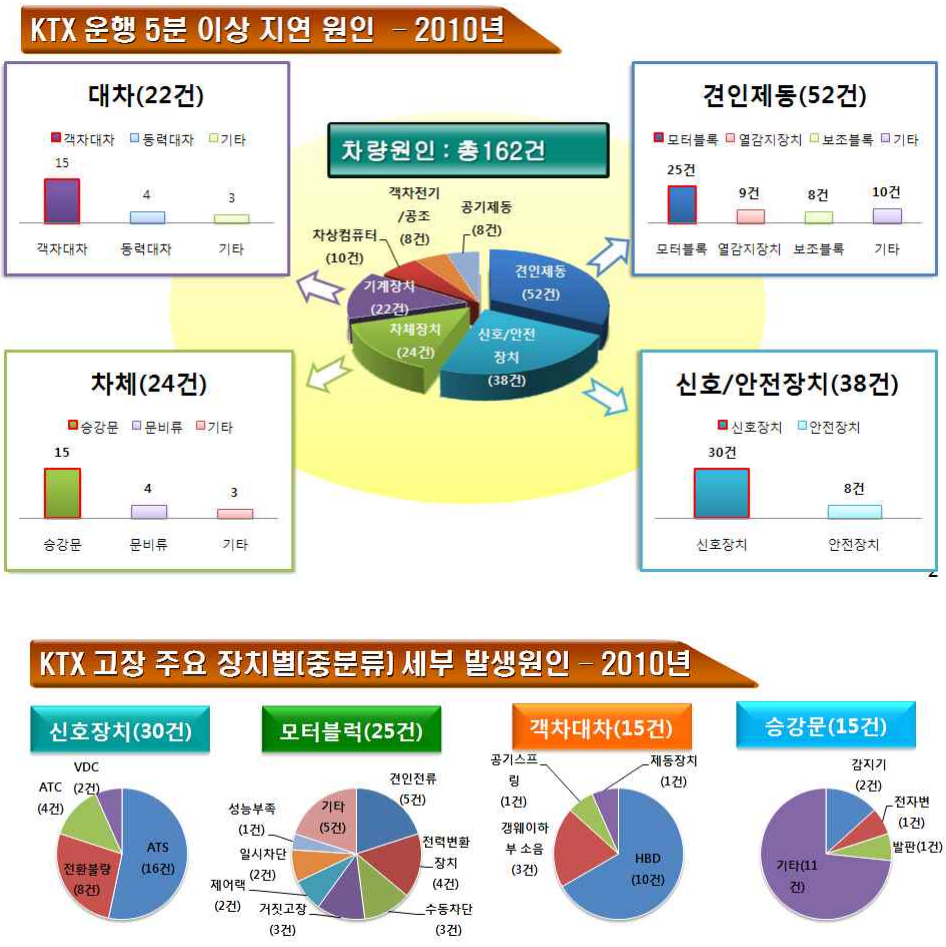
○ KTX 고속철도차량 운행지연 현황 및 문제점

- 현황

· 2010년도에 국내에서 운행되고 있는 KTX 고속철도차량이 5분 이상 운행 지연된 것 중 차량이 원인이 된 것이 총 162건으로 보고되고 있음.

· 차량 원인을 부품별로 분석해 보면, 견인제동 52건, 신호/안전장치 38건, 차체 24건, 대차 22건 순으로 보고되고 있으며, 견인제동이 원인이 된 운행지연 중 모터블럭이 25건으로 가장 많은 원인이 되고 있고, 신호/안전장치에서는 신호장치, 차체에서는 승강문, 그리고 대차에서는 객차대차가 가장 높은 순위를 차지하고 있음.

· 주요장치별 세부원인을 분석해 보면, 신호장치는 ATS, 모터블럭은 견인전류, 객차대차는 HBD(Hot Box Detector : 지상 윤축베어링 온도 측정장치), 승강문은 기타(즉, 다양한 원인이 있음)로 나타났음.



[그림 2-45] KTX 운행 5분 이상 지연 원인 및 KTX 고장 주요 장치별 세부 발생원인 (2010년)

- 문제점

· 차량이 원인이 되는 운행장애는 차량 유지보수의 문제점을 내포하고 있음. 즉, 최적의 유지보수는 차량 운행장애의 많은 부분을 감소시킬 수 있음.

· 모터블럭, 승강문, 신호장치 등은 차상에서 모니터링을 하고 있으나, 이상이 있을 경우 고장 code만 생성하도록 되어 있음으로써 고장의 원인은 파악할 수 없고, 고장을 사전에 방지할 수 없음.

· 지상 HBD의 오보율은 50%에 달하며, HBD의 빈번한 오작동은 기관사 및 관제사의 규정위반 원인을 제공하고 있어 윤축베어링 온도로 인한 차량운행정지와 같은 크고 작은 운행 및 안전사고가 발생함으로써 유지관리의 보완이 필요

· 주요장치에 대해 고장을 사전에 방지할 수 있는 유지보수체계가 요구됨.

○ KTX 고속철도차량 유지보수체계 현황 및 문제점

- 현황

· 2000년대에 들어 코레일에서는 경영정보시스템인 KOVIS와 신뢰성 분석용 소프트웨어 시스템(KTX-RCM)을 연계하여 신뢰성 지표를 관리하고 있으며 특정지표의 성과가 미흡하게 나타날 때 원인을 분석 할 수 있는 자료를 제공하여 신뢰성 분석과 조치를 취할 수 있게 함

· KTX-RCM은 차량유지보수에 신뢰성 개념을 접목한 시스템으로 차량 검수주기, 부품교환주기 등 검수정책 수립에 필요한 정보(MKBSF, MKBS, RAMS 등) 제공이 가능한 시스템임.



[그림 2-46] KTX 유지보수체계 현황

- 문제점

· KTS-RCM이 KOVIS와 연계되면서 완벽한 RCM의 기능을 발휘하지 못하고 있음.

· KTX-RCM은 고장/유지보수 정보수집 및 신뢰성 분석에 중점을 두고 있으며 유지보수주기 및 예비품 소요량 산정에는 거의 사용되고 있지 못함

· 실질적으로 주기적 예방정비 중심의 유지보수체계를 유지하고 있음으로써 고장코드에 의한 정비, 주기 도래한 부품에 대한 정기적인 교환 등 비효율적인 유지보수체계가 고속철도차량에 대해서도 적용되고 있음.

· 부품, 장치의 상태에 따라 예지정비가 가능한 상태기반 유지보수체계 도입이 요구됨.

○ KTX 고속철도차량 모니터링 현황 및 문제점

- 현황

· KTX 고속철도차량은 운행 중 차량에 장착된 built-in sensor에 의해 다음과 같은 주요대상 38종에 대해 상태감시를 하고 있음.

◦ 시스템 기능(4종) : 열차상태 모니터 고장시 백업기능 등

◦ 열차운영 제어 및 감시(8종) : 운전실 선택/전후진, 승강문, 신호장치감시 등

◦ 고압시스템 제어 및 감시(3종) : 판토그래프, 주차단기 감시 및 제어 등

◦ 견인시스템 제어 및 감시(6종) : 모터블럭 감시, 열차속도 제어 및 감시 등

◦ 제동시스템 제어 및 감시(7종) : 비상제동 감시 및 제어, 대차 불안정 검지 등

◦ 보조전원장치 제어 및 감시(5종) : 보조블럭 감시, 밧데리 차단제어 등

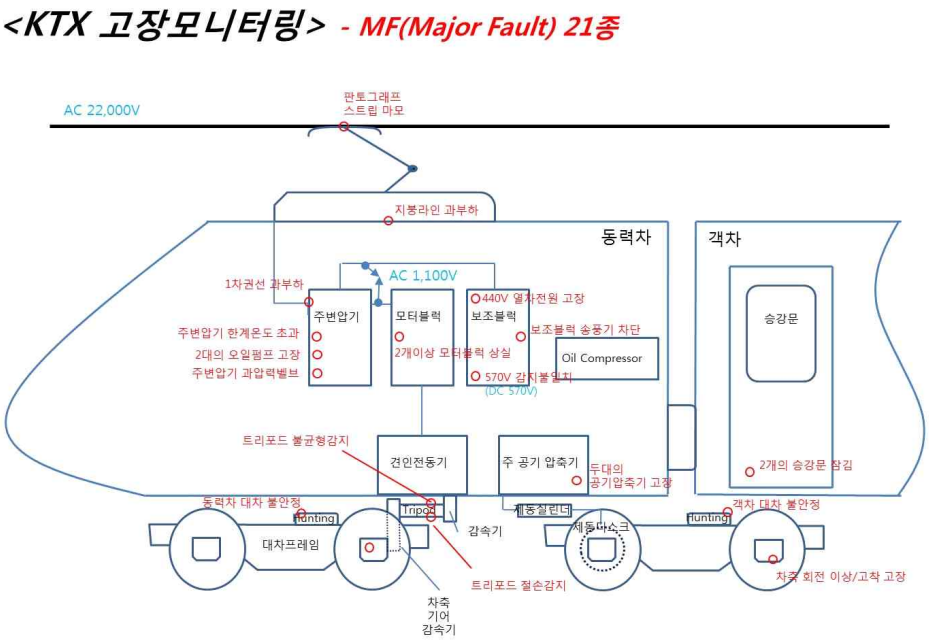
◦ 차체전기장치 제어 및 감시(5종) : 객차용 HVAC 제어, 열 및 화재검지 감시 등

◦ KTX-산천인 경우 상기 이외에 중련연결 감시기능(3종)이 추가됨.

· 상기와 같이 상태를 감시하여 장치 또는 부품에서 고장이 발생할 경우 다음 표와 같이 총 425개의 고장코드를 차상컴퓨터에 저장시킴. 이 중에서 주요고장(MF)은 45가지 코드가 있으며, 주요고장 감시대상은 아래 그림과 같이 주변압기 한계온도 초과, 2개 이상 모터블럭 상실, 두 대의 공기압축기 고장, 동력차 대차 불안정, 두 개의 승강문 잠김 등 21종임.

[표 2-91] KTX 고장코드

분야	MF (Major Fault)	MCF (Major Complementary Fault)	OF (Other Fault)	AF	EM (Event Marker)	계
기계장치	4	5	5			14
견인제동	7	24	51	34		116
제어안전	28	43	19		4	94
차상컴퓨터	1	12	97		19	129
보조전원	3	15	6			24
공기제동	1	7	10		1	19
차체장치	1	9	4			14
공기조화		4	11			15
계	45	119	203	34	24	425



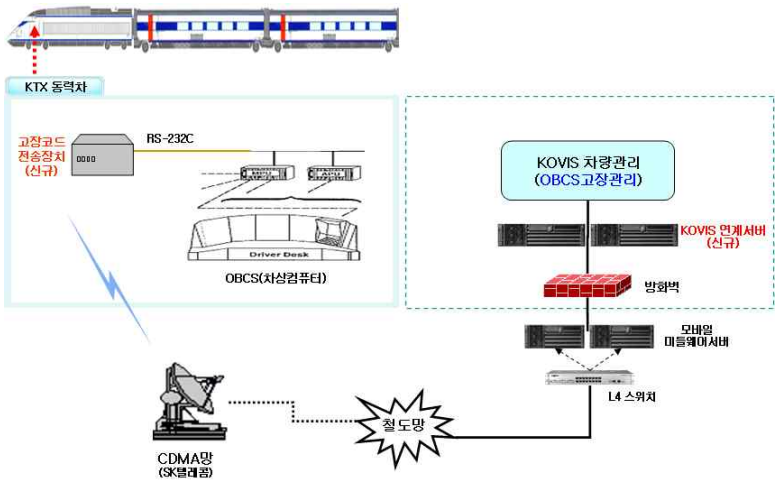
[그림 2-47] KTX 주요고장(MF) 감시대상

· 고장코드 무선전송시스템

◦ 차상컴퓨터에 저장된 열차고장기록을 CDMA기술을 이용하여 원거리에서 다운로드할 수 있도록 하는 무선전송 시스템

◦ 고장코드 다운로드 및 업로드 업무효율화(25분/편성)

◦ 주요고장 발생시 상세 고장코드 분석 및 원격기술지원



[그림 2-48] 고장코드 무선전송시스템 구성도

- 문제점

· 장치 또는 부품에 고장이 난 경우에만 감시함으로써 고장을 사전에 예방하기 위한 대책 불가

· Built-in Sensor 등은 주로 시스템 제어용으로 활용되고 있음으로써 시스템의 상태감시에 대한 모니터링은 미흡

· 차체에 대한 고장이 주로 이루어지고 대차의 고장에 대한 모니터링은 미흡함으로써 주행안전사고(탈선)와 같은 중대사고의 위험성 상존

○ 고속철도차량의 차축발열감지장치(HBD) 현황 및 문제점

- 현황

· 차축발열검지장치(Hot Box Detector, HBD)란 지상 선로 주변에 비접촉 적외선 온도센서가 설치되어 열차 운행 시 차축 베어링 온도를 측정하여 차축 베어링 이상으로 인해 일정온도 이상으로 베어링 온도가 상승할 경우 이를 검지하여 차축 베어링 손상에 의한 열차 탈선 등 대형 사고를 막기 위해 열차의 운행속도를 제한하거나 정지시키게 하는 장치임

· 현재 경부고속철의 경우, 매송, 둔포, 고등, 문곡, 회동, 김천, 칠곡 등 12개소에 HBD를 설치하여 운용 중

· 현재 코레일의 운행규정에 따르면 HBD에서 차축 베어링 온도의 기준값 이상을 알리는 알람이 발생하게 되면 열차속도를 제한하며 경우에 따라서는 열차를 정차한

후 실제로 차축의 표면온도를 측정한 후 이상 유무를 판단하고 나서 열차를 출발시키는 등 HBD는 열차운행에 매우 밀접한 관계가 있음

· 이후 이상 알람이 발생한 차축 베어링의 경우 차축을 교환하거나 베어링 분해점검을 실시하도록 규정하고 있음.

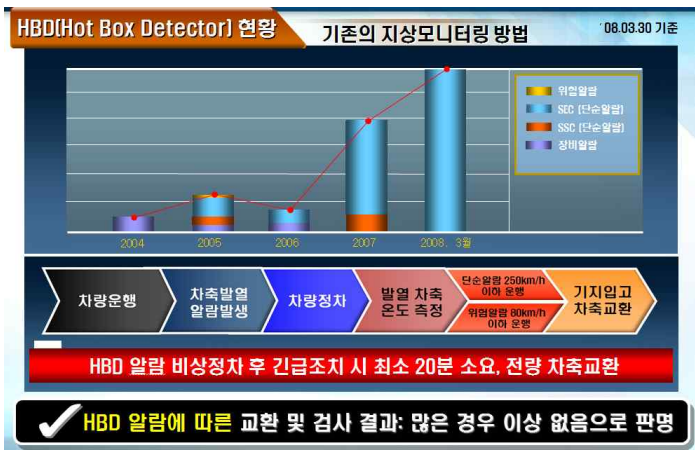
· 유럽의 철도차량 기술사양인 TSI(European Technical Specification for Interoperability)에서는 철도차량에 대한 실시간 차상 모니터링 방안에 대해 규정함으로써 철도차량의 탈선감지 및 오작동 검측을 강화하고 있음. 특히 TSI 의 Directive 96/48/EC 규격에서는 구체적으로 차량 서브시스템의 부품 단위별 요구조건 및 기술수준, 특성 등에 관하여 명시하고 있으며, 최고속도 250km/h 이상의 고속열차 윤축베어링에 대하여 실시간 차상 모니터링 시스템을 통한 안전관리가 이루어져야 된다고 규정하고 있음.

· 유럽의 고속열차제작사 및 부품 공급사는 TSI 규격을 만족하기 위하여 철도차량 결함의 조기 감지 및 중대 결함 방지, 보수교체 시기의 판단, 상태 기반 정비(CBM : Condition Based Maintenance) 관리체계의 입력자료 제공 등을 목적으로 차상 on-line 상태 모니터링 시스템을 개발하고 있으며, 우선 대상으로 최고속도 250Km/h 이상의 고속열차의 차상 윤축베어링 온도 모니터링 시스템을 개발 중에 있음.

· 프랑스 SNCF는 철도차량의 안전성 제고와 유지관리의 효율성을 위해 무전원 WSN(Wireless Sensor Network) 연구를 착수하였으며, 1단계로 고속철도차량의 윤축베어링 및 축상조립장치(Axle Box)에 무선 온도 계측 시스템 연구를 수행 중에 있음.



[그림 2-49] 국내 KTX HBD 설치개소 및 운영모습



[그림 2-50] HBD 감지 현황 및 발생시 조치 과정

- 문제점

· 최근 KTX 사용 년수의 증가로 인하여 차축 발열검지 장치에서 이상알람 발생이 증가하고 있음.

· 운행 중 이상 알람이 발생한 경우, 긴급 조치 후 해당 차축을 교환하고 정밀 검사를 통해 문제점을 조사하고 있으나, 많은 경우 차축 베어링에서 문제점을 찾지 못하고 있음.

· 이러한 문제는 지상에 설치된 차축 발열검지 장치의 비연속적인 실시간 검측의 한계에 기인함.

· 해외의 경우에도 차축 발열검지 장치 검측 한계에 의한 사고 발생: 호주 수송안전국(Australian Transport Safety Bureau, ATSB)의 차축베어링 파손에 따른 화차 탈선 사고 사례를 보면 2005년 3월 1일, 7일에 연달아 2건의 사고 발생이 보고되고 있음. 사고 후 조사에서 CB76 화차의 경우, 사고 전 50km에서 차축 발열검지 장치 검측 결과 69℃ 정상인 것으로 나타났으며, 1WB3 화차의 경우, 사고 전 269km에서 차축 발열검지 장치 검측 결과 정상인 것으로 나타났음. 하지만 두 화차 모두 이 후의 운행 중 차축베어링 손상으로 인한 탈선 사고가 발생하였으며, 차축 발열검지 장치의 실시간 검측 한계로 인해 이상을 사전에 감지하지 못한 것으로 판명됨.

○ 일반철도차량의 유지보수체계 현황 및 문제점

- 현황

· 도시철도차량을 제외한 일반철도차량은 기관차, 객차, 화차, 특수차 등으로 코레일이 운영하고 있음.

· 기간이나 주행거리에 따라 정기적으로 차종에 적합한 검수규정을 정하여 검수하는 주기적 유지보수체계를 적용하고 있음.

· 검수는 열차검수, 정기점수, 임시검수로 구분됨.

· 기간기준 검수종류는 사업검수, 1개월 검수, 3개월 검수, 6개월 검수, 1년 검수, 2년 검수, 4년 검수, 12년 검수, 임시 검수 등으로 구분되며, 차종에 따라 검수종류별 검수항목이 다르게 적용됨.

· 주행거리 기준 검수종류는 2만 Km, 4만 Km, 8만 Km 등으로 구분되며, 차종에 따라 검수종류별 검수항목이 다르게 적용됨.

· KOVIS를 통해 예비품 관리, 정비관리 등이 수행되고 있음.

· 신형 전기기관차 및 일부 전기기관차의 대해서는 추진제어 및 전원계통의 상태를 모니터링하고 있으나, 디젤전기기관차, 객차, 화차를 포함하여 대부분의 일반철도차량은 상태 모니터링이 거의 적용되지 않고 있음.

- 문제점

· 주기적 검수체계에 따른 비효율적 부품 교체, 경직된 유지보수업무 등으로 유지보수

비 증가 및 생산성 저하요인이 상존하고 있음.

· 차량 및 부품에 대한 유지보수 이력관리의 정보화가 완전하지 못하여 RCM의 적용이 어려운 실정임.

· 안전필수 주요장치에 대한 사전고장예측이 가능한 상태기반 유지보수 필요성 제기

○ 도시철도차량의 유지보수체계 현황 및 문제점

- 현황

· 도시철도차량은 코레일, 서울메트로, 서울도시철도공사, 부산, 대구, 광주, 인천, 대전 도시철도공사 등이 운영하고 있음.

· 국내 도시철도차량 기지의 검수종류는 차량기지 또는 운행하는 차량의 종류에 따라 상이한 점이 있을 수 있으나 주기적 유지보수체계를 기본으로 한 검수개념은 동일하며 차량기지의 검수업무는 크게 정기검수와 비정기검수로 대별됨.

· 정기검수는 예방검수의 측면에서 정확한 계획공정에 의해 실시하며 일상검수 및 월상검수, 중간검수, 전반검수가 여기에 속함. 비정기검수는 우발 또는 비상사태 발생시 실시하는 비정기적인 임시검수로서 작업의 성질 및 경중에 따라 검수고에서 실시하거나 정비고로 보내어 실시하고 있음.

[표 2-92] 주요 검수종류 및 주기

검수종류			검수주기	소요시간	검수내용	작업장소
도착점검			기지입고시	30분~45분	차량의 영업 운행 후 외관 및 이상상태 검수, 내부청소	기지 유치선
정기검수	경정비	3일 검사	3일이내	2시간	집전장치, 견인전동기, 제어장치, 보조전원장치, 대차, 제동장치 등 주요부분에 대한 상태 및 기능검사	검사고
		3월 검사	3개월이내	8시간	집전장치, 견인전동기, 제어장치, 보조전원장치, 대차, 제동장치 등 주요부분에 대한 상태 및 기능검사와 급유 및 청소, 부품교환	검사고
	중정비	3년 검사	3년이내 (40만㎞이내)	14일	차량 주요부분의 분해, 검수 및 시험	주공장
		6년 검사	6년이내 (80만㎞이내)	16일	차량의 전반적인 분해, 검수 및 시험	주공장
비정기검사	임시검사		필요시	필요시간	고장 발생 우려시 차량의 일부 또는 전반에 걸쳐 하는 검수	주공장 및 임시검사고
	특별검사		필요시	필요시간	노후 차량에 대한 유지관리	주공장 및 임시검사고
	차륜전삭 및 교환		필요시	필요시간	차륜의 상태가 교환 한도에 도달 혹은 찰상, 균열, 파손 등으로 전삭 및 교환하기 위하여 시행	전삭고
	인수검사		필요시	필요시간	신규제작 및 주요 부위를 개조 도입된 차량의 상태, 기능 등을 확인하는 검수	전삭고

· 도시철도차량 유지보수체계 표준화/정보화를 통해 차량유지보수 BOM(Bill Of Material) 표준화, 물품분류체계 표준화, 사고/고장 코드 표준화, 유지보수문서 표준화, 유지보수 자재시스템 정보화, 기술자료 지원시스템 정보화, 유지보수 지원시스템 정보화, 유지보수 응용시스템 정보화 등이 사용되고 있음.

· 도시철도차량의 모니터링시스템은 추진제어장치, 보조전원장치, 고전압장치, 제동장치, 출입문 등 주요장치에 대한 상태를 감시하여 종합제어장치(TCMS)에 의해 운전실의 모니터에 현시되고 차상컴퓨터에 저장하여 기지에 입고 시 또는 필요시 실시간으로 무선으로 정비기지에 전송하도록 되어 있음.

· 도시철도 운영효율화향상 기획연구(2008.12.19, 서울메트로)에서 운영기관의 애로사항을 수렴하여 다음과 같은 연구 필요성 제기

  ◦ 차륜과 레일의 과다 수직마모에 대한 정확한 원인 분석 및 대책 수립을 통한 비용절감 방안 도출

  ◦ 유비쿼터스 기술 도입 및 정보화 시스템을 개발 활용함으로써 도시철도차량 유지관리 효율 향상 및 비용 절감, 운행안전성 향상

  ◦ 도시철도차량의 주요 장치들에 대한 실시간 감시 및 진단을 할 수 있도록 유비쿼터스 기술 도입하고, 예지정비체계로 전환을 통해 획기적인 유지보수 비용 절감 및 안전성 향상

  ◦ 유비쿼터스 기술 적용을 통해 각종 검수/정비 업무의 자동화, 지능화를 통해 유지보수 효율성 극대화

  ◦ 유비쿼터스 기술 도입 및 정보화로 최근 이슈로 대두되고 있는 유지보수 주기 연장에 대한 최적의 대안을 제시

- 문제점

· 일반철도와 동일하게 주기적 검수체계에 따른 비효율적 부품 교체, 경직된 유지보수 업무 등으로 유지보수비 증가 및 생산성 저하요인이 상존하고 있음.

· 유지보수 정보화가 기존의 유지보수 자료를 표준화하고 전산화하는 수준이며, 부품의 상태에 따른 유지보수 방식과는 거리가 먼 것임.

· 윤축과 같은 안전필수 주행장치에 대한 실시간 모니터링 부재로 대형사고 유발 위험도 상존

· 도시철도 운영효율화향상 기획연구에서 실시간 감시 및 진단, 유비쿼터스 기반 예지정비체계로 전환을 통해 획기적인 유지보수 비용 절감 및 안전성 향상의 필요성을 제기하였으나, 중점추진 연구내용은 RFID를 이용한 주요장치의 인식 및 유지보수정보에 활용에 국한됨으로써 실시간 건전성 예지(PHM)와는 관련 없음

· 안전필수 주요장치에 대한 사전고장예측이 가능한 상태기반 유지보수 필요

③ 철도차량 모니터링 해외 기술동향

○ RailBAM 모니터링 시스템

- 호주의 철도 궤도 시설물을 관리하는 ARTC (Australian Rail Track Corporation)는 차축 베어링 이상상태의 추적관리 및 예방보수를 통해 차축 베어링 발열 및 고착을 모니터링하기 위해 HBD와는 다르게 주행 중 철도차량 차축베어링에서 발생하는 음파 데이터를 취득/분석하여 차축베어링 이상상태를 지속적으로 추적 및 감지하는 RailBAM 모니터링 시스템을 호주 남부의 철도망에 시범적으로 운용 중에 있음.

- ARTC에서 도입한 VIPAC사의 RailBAM은 30~130km/h까지의 철도차량 운용 속도범위에서 열차가 통과하는 순간 베어링이나 차륜의 이상으로 발생하는 음파 특성을 식별하여 열차편성에 속하는 전 차량에 대해 차축베어링 이상 및 차륜 상태를 검지하며 차량에 설치된 차량 식별 Tag를 이용하여 해당 차량 각각의 차축 베어링의 상태이력을 DB로 구축하고 지속적으로 추적 관리하는 베어링 상태 모니터링 시스템임.



[그림 2-51] ARTC의 RailBAM 시스템

○ Axle Mover 모니터링 시스템

- BANNER Worldwide사의 Axle Mover 모니터링 시스템은 광전센서(Photoelectric sensor)를 이용한 선로 고정 비접촉방식으로 차륜 상태 및 선적에 따른 Axle pushing arm 상태를 모니터링 함.

- 유무선 데이터 통신 방식으로 배터리에 의해 구동되며, 모니터링을 요하는 부위에 직접 설치가 가능한 장점이 있음.

- 하나의 게이트웨이를 사용하여 한 개 또는 다수의 동일 무선 주파수의 노드를 사용할 수 있어 모니터링 네트워크를 형성할 수 있음.

- 기기 작동의 경우 배터리 타입, 태양열 에너지 타입, 그리고 DC전원 타입 등 플렉스파워(FlexPower) 옵션을 가지며 900MHz와 2.4GHz 대역의 통신 주파수, 다중 계층 보안 프로토콜을 형성할 수 있음.



[그림 2-52] Axle Mover 모니터링 시스템 적용 예

○ T/BOGI 모니터링 시스템

- WID사의 T/BOGI시스템은 HBD, RailBAM과는 달리 레이저 센서를 이용한 비접촉식 선로 고정 모니터링 시스템으로서, 데이터 통신을 이용하며 유선의 별도 구동 전원을 필요로 함. 이 시스템은 축 하중, 축 정렬, 차륜상태, 차축 베어링 등을 검사할 수 있으며, 이 동부 지역에 설치, 운영 중에 있음.
- 250km/h까지의 열차 운행속도에서 모니터링이 가능하며, 인터넷, RFID 등의 무선 센서 네트워크를 활용하여 다른 차량 모니터링 시스템들과의 유기적 구성을 통해 통합 감시체계를 구축할 수 있음.
- 2000~2009년 시스템 설치 운용이 증가하고 있으며, 대표적으로 미국의 BNSF, Norfolk Southern, AMTRAK, 캐나다 Canadian Pacific, 브라질 VALE, 인도 MOR, 호주 RailCrop, ARTC 등에서 사용.



[그림 2-53] T/BOGI 모니터링 시스템

○ Cotcha 모니터링 시스템

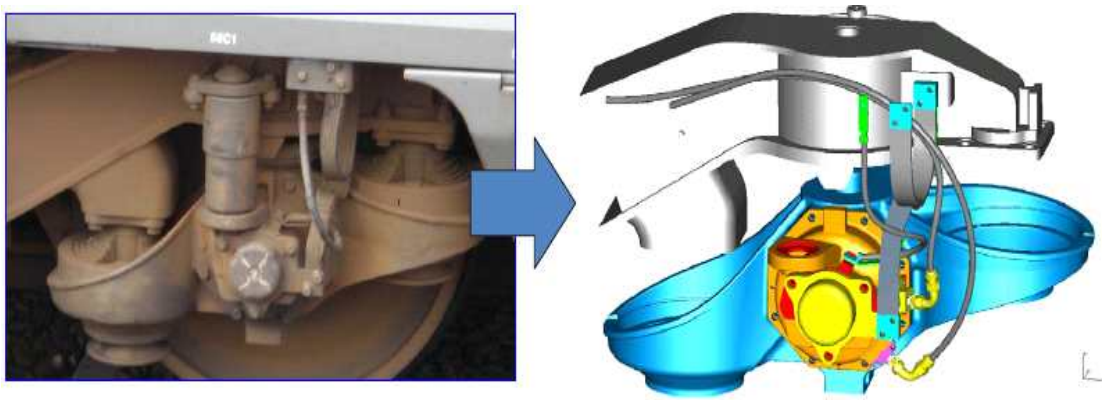
- Lloyd's Resister사에서는 광섬유 센서를 이용한 선로 고정 간접방식으로 시스템을 개발하여 영국, 프랑스, 네덜란드 등에 설치운용 중에 있음.
- 다양한 모듈의 추가 설치가 가능한 개방형 플랫폼 형태로 구성되어 있어 플러그 앤 플레이와 같은 트리거링 및 정보통신기술, 구동전력, 차량식별 기술 등을 추가할 수 있음.
- 기본적으로 유선 전원을 이용한 유무선 데이터 통신 방식으로 실시간으로 축 하중 분포, 윤증, 차륜상태, 소음, 차륜 베어링 등의 상태를 모니터링 함.



[그림 2-54] Cotcha 모니터링 시스템(track-based/train-based)

○ 유럽 차상 모니터링 연구

- 철도 부품 제작사의 경우 기존 자사 제품에 실시간 모니터링 기능을 위해 센서 내장 시스템 연구를 수행하고 있음.
- NTN SNR사의 경우, 철도차량 대차의 기어박스, 베어링에 온도센서, 진동센서, 가속도센서 등을 내장하여 모니터링 시스템을 개발하였음.
- 차축베어링 모니터링 시스템 구성은 4개의 속도 센서와 2개의 온도 센서를 유선으로 연결하여 2가지 형태의 모듈을 구성할 수 있으며, 각각의 센서들은 온도 센서의 경우 -50 ~ 150℃까지 측정가능하며, 속도 센서의 경우 2500rpm, 진동센서의 경우 PZT타입으로 ±500g까지 측정 가능한 범위를 가짐.
- 이러한 모듈화를 통한 차축베어링의 상태를 열차의 주행중에 실시간으로 모니터링 할 수 있음.



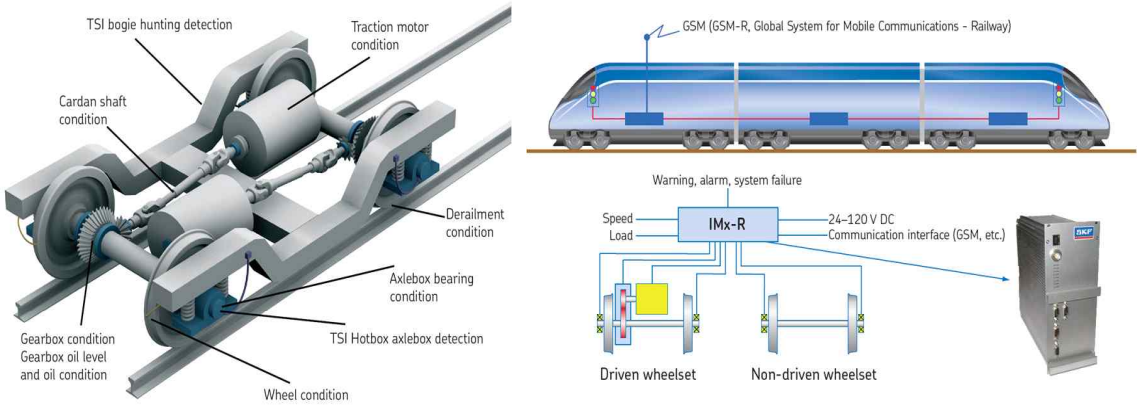
[그림 2-55] NTN_SNR Railway의 베어링, 커버 등의 센서 내장 설계

- 유럽철도기관인 UIC의 경우에는 철도의 속도 증가에 따른 신뢰성 및 안전성 향상 및 유지보수 효율화를 위하여 유로연합 연구기금을 시용하여 On board train control and information system 개발중에 있으며 이 연구의 핵심 또한 차상에서 철도차량 중요 부품 및 부위에 대한 실시간 모니터링 연구임.



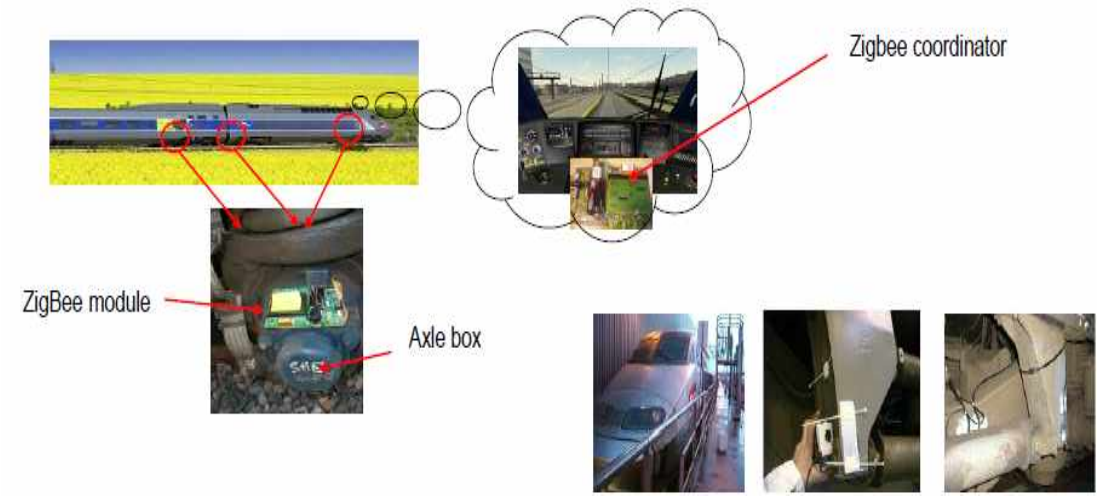
[그림 2-56] SKF의 베어링 센서 내장 설계

- SKF사의 경우에도 유럽 EN표준의 ETCS, 이탈리아의 SCMT에서 요구하는 차상 모니터링 시스템을 구축하기 위해 SNR사와 유사하여 베어링 등의 부품 단위에 센서를 내장하여 베어링 내부의 온도, 가속도 등을 모니터링 할 수 있는 제품을 개발 중에 있음
- 이 제품은 베어링 커버 표면의 4곳에 7채널의 센서를 장착한 Quardruple Head 시스템을 구축하여 WSP 태코그래프 무브먼트를 모니터링 함.
- 기존 베어링 유닛에 센서를 설치하기 위해서는 기어 끝에 위치한 톱니바퀴와 기어박스 집 사이에 별도의 공간을 마련하여 센서를 부착하였으나 SKF사의 센서내장 등의 새로운 설계에서는 별도의 추가적인 공간을 없앰으로서 적은 부품사용과 공간절약을 추구하였으며 베어링 상부의 새로운 폴리머 스페이서를 설치하여 그 공간에 센서를 설치함으로써 베어링에 부하가 걸리는 부분에 직접적으로 온도를 확인할 수 있도록 하였음.
- 또한 SKF의 경우에 추가로 센서 내장 부품들을 이용하여 열차차량 제작시 ETCS Level 2 수준에 준하는 차상진단 및 제어 시스템(IMx-R System)을 연구 중에 있음.
- SKF의 IMx-R System은 대차의 모니터링을 위해 대차의 차축, 모터 등의 구동부에 진동, 온도, 속도의 3가지 타입의 유선센서를 설치하여 차상 I/O Board에서 실시간 데이터를 모니터링한 후, TCP/IP 방식으로 무선 커뮤니케이션 시스템과 철도 컨트롤 시스템에 전송하는 시스템으로 전송된 데이터는 외부 안테나를 통해 인터넷망으로 전송되어 중앙 관리되며, 데이터 분석을 통한 실시간 차량이상 상태 진단 및 대응조치 방안을 수립하며 모든 채널의 실시간 동시 측정이 가능하여 데이터 송수신이 다운되었을 때 메모리 데이터의 버퍼링이 가능함.



[그림 2-57] 대차 상태 모니터링과 IMx-R system(SKF 社)

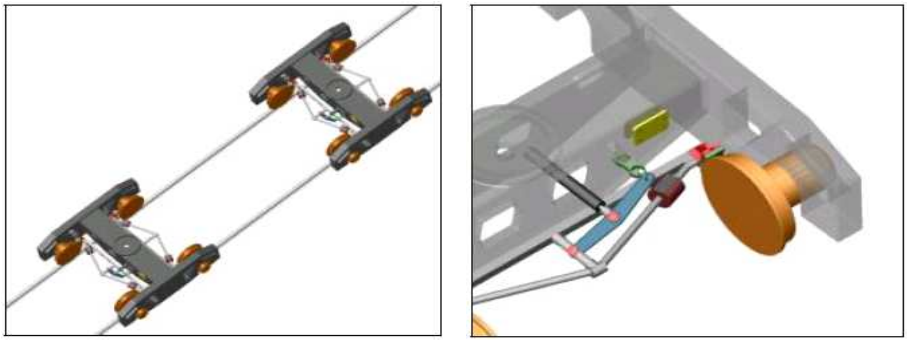
- 프랑스 철도 운영기관인 SNCF에서도 차량부품사와 유사하게 철도차량에 온도와 진동센서를 설치하여 실시간 모니터링을 연구중이며, 시속 300km/h이상 운행하는 TGV 고속열차나 화차 등에서 무선 센서 네트워크를 이용한 모니터링 모듈을 제작하여 실차 주행 테스트를 수행하였음.
- 그러나 배터리 전원의 무선모듈을 이용하여 SNR, SKF의 유선 시스템과 구별되며, 열차의 주행시 실시간으로 차축베어링 온도와 대차의 진동을 모니터링 하고자 개발 중에 있음.



[그림 2-58] Axle box 모니터링 시스템(SNCF 社)

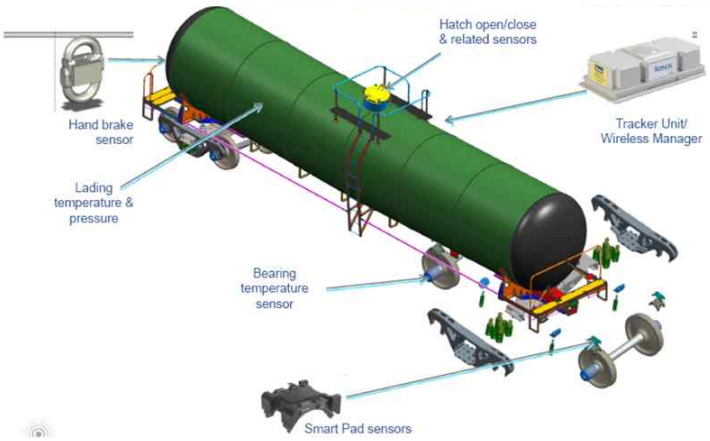
○ 미국 FRA 모니터링 연구

- 미국 Mide Technology Corportaion의 경우, 미연방철도청의 펀드로 철도차량의 자가발전 무선 브레이크 상태 모니터링 시스템을 연구중에 있으며, 열차의 운행 중 진동에너지를 이용한 PZT 타입의 에너지 하베스터를 사용하여 브레이크 상태를 모니터링 함.



[그림 2-59] 브레이크 상태 모니터 구성 모습

- FRA는 미국 Amstedt 사와 INOX Edge 모니터링 시스템을 개발하였으며, 이 시스템은 유류 탱크차 및 화물 열차 등 구동 전력을 공급할 수 없는 철도차량에 배터리를 이용하여 작동하며 핸드브레이크나 베어링 등에 무선 센서를 부착하여 위성통신 또는 CDMA 통신이 가능한 장치를 경유하여 원격에서 열차의 상태를 모니터링 할 수 있도록 구현됨.

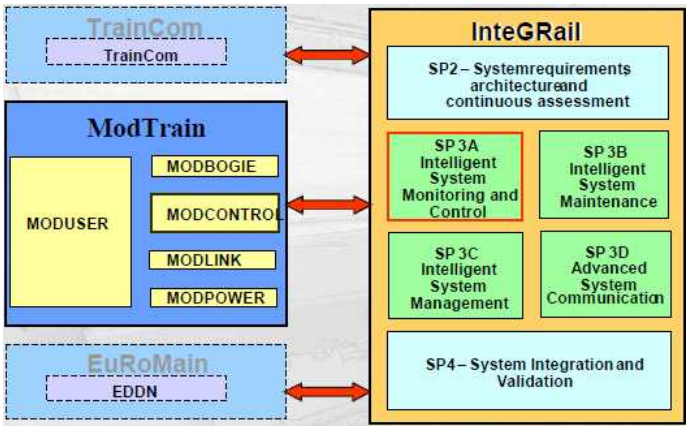


[그림 2-60] INOX Product Placment(Amsted 社)

· FRA에서는 철도차량 모니터링 시스템의 센서 설치제약 문제를 극복하기 위해 무선 데이터 통신방식을 이용한 원격 모니터링 연구가 진행되고 있으며 휴대폰/CPPD 모뎀을 이용한 차량용 가속도계 모니터링을 개발함

○ InteGRail 프로젝트

- 유럽연합은 철도시스템 Intelligent 모니터링/유지보수/운영관리 등에 대한 연구인 InteGRail Project를 39개 기관이 참여하여 2000만 유로(약 300억원)의 예산으로 수행중에 있음. 이 프로젝트는 2000년 기준 대비 철도의 신뢰성 50%향상, 정비비용 10% 감축, 정시성 5% 증대 등을 목표로 함.



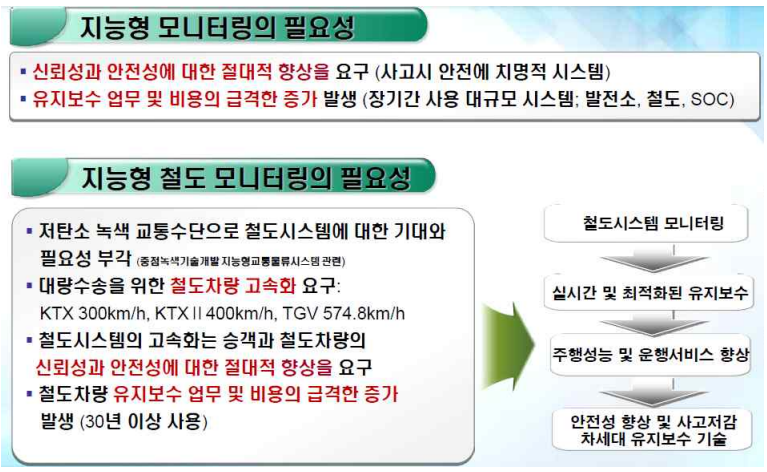
[그림 2-61] InteGRail Project의 구성 항목

④ 철도차량 지능형 모니터링의 필요성

○ 2010년에 KTX 차량고장으로 인한 5분 이상 운행지연이 162건에 달하고 있다는 사실은 대형 철도사고를 야기시킬 수 있는 잠재적 위험이 있다는 것을 의미함. 따라서 철도시스템에서 위험도가 높은 부분의 상태를 실시간으로 모니터링하고 사고예방을 위한 시스템제어 조치가 필요하며, 이와 관련하여 주행 안전성을 위한 통합 모니터링 개발에 대한 필요성이 제기됨(국토부).

○ 철도시스템에 있어 시스템의 고도화는 승객과 열차의 신뢰성과 안전성에 대한 절대적인 향상을 요구하고 있으며, 이에 따른 시스템 유지보수 비용의 증가는 또 다른 문제점으로 대두되고 있음. 따라서 시스템 고속화에 따른 신뢰성 및 안전성 향상과 유지보수 비용 절감이라는 두 가지 측면을 모두 충족시키기기 위한 새로운 기술개발 노력이 필요하며, 이를 위해 철도시스템 지능형 모니터링이 개발되어야 함.

○ 철도차량 상태에 대한 실시간 모니터링을 통해 안전성을 확보하기 위해서 설치 및 관리가 용이한 무선센싱 기술, 자가발전이 가능한 센서개발, 신뢰성 높은 네트워크 기술, 모니터링 정보의 분석을 통한 리스크 관리 등에 대한 기술수요가 증가하고 있음.



[그림 2-62] 철도차량 지능형 모니터링의 필요성

○ 사고예방을 위한 안전관리의 경우 일부 철도시설에 대해 안전 모니터링을 실시하고 있으나, 한정된 장소와 시간 범위에서 실시되고 있으며, 대부분 off-line 또는 철도사고가 발생한 이후에 안전관리가 실시되고 있는 실정임, 철도차량 차상 실시간 모니터링 연구의 필요성이 대두됨.

○ 국내에서는 실제 철도차량에 첨단 모니터링 기법을 자체기술로 접목하여 실시간으로 파악하기 위한 시도가 많지 않았으며, 구조물이나 주요 부품/구성품의 이상상태를 모니터링하기 위한 연구가 단편적으로 이루어져 왔음.

○ 일반적으로 모니터링 시스템은 대상 시스템의 이상 징후를 조기 발견하여 위험상황에 처하기 이전에 예방 및 대응 조치를 취할 수 있도록 지속적인 감시를 하기 위해서 필요함.

○ 철도 차량 유지보수에 대한 연구가 이루어지고 있으나 시스템적인 접근이 이루어지지 않고 있으며 일부 분야에서는 정비에 대한 지식관리 시스템을 개발하여 활용하고 있으나 대부분 해외 소프트웨어에 의존하고 있는 상황임.

○ 세계 4번째 고속철도 개발 국가로서 고속철도기술의 해외진출시 가장 중요시 되는 부분은 기술이전 뿐만 아니라 철도시스템 유지보수의 신뢰성과 운영의 안전성 확보이며, 철도시스템에 있어 IT 기술을 이용한 유지보수관리 구현과 실시간 안전관리가 세계적인 추세이며 필수적인 사항임.

○ 고속철도의 첨단 IT 기술경쟁력 강화를 토대로 해외 고속철도시장을 개척하여 새로운 국부창출의 추진 동력 확보 필요.

○ 철도가 국가교통의 핵심 수단으로 경쟁력을 가지기 위해서는 최종 상품 단위인 고속열차의 유지보수 효율화를 통해 상품으로서의 경쟁력을 확보하여야 함.

⑤ 문제해결을 위한 필요기술 분석

○ 상기 철도차량 유지관리 분야 현황 및 문제점으로부터 모니터링 대상 주요장치를 선정하여 필요기술에 포함하였고, 아래 표와 같이 기술수요 조사를 통해 필요기술을 추가로 도출하여 아래 그림과 같이 총 28개의 필요기술을 도출하였다.

[표 2-93] 철도유지 관리 시스템 분야 기술수요

제안기술 과제명	해당 기술의 연구개발 단계	필요 연구기간 (년)	필요 연구비 규모 (백만원)
윤축 베어링 차상 상태 진단 및 손상 예측 기술개발	응용연구	5	3000
진동 특성에 의한 차륜 이상 마모 진단 및 정비 예측 기술	응용연구	5	3000
고효율 자가발전 변환 기술 개발	응용연구	5	5000
저전력 무선 데이터 통신 기술 개발	응용연구	5	4000
소형 저전력 센서 모니터링 시스템 (센서-통신-회로 일체화 기술)개발	상용화연구	5	5000
초고속 가혹 환경 WSN 기술 개발	개발연구	5	2000
상태진단 및 예측 SW 구현 기술	개발연구	5	1000
상태기반정비 최적화 기법 및 기술	개발연구	5	2000
CBM 시스템 구축을 위한 통합 정보 모델 구축	개발연구	5	1000
운영사의 유지관리시스템 연계기술	응용연구	3	600
CBM 기반 유지보수 효과도 분석	개발연구	4	800
QoS 기반의 무선 통신 기술 개발	상용화연구	3	2000
초고속 철도차량 무선통신	개발연구	5	3000
다중채널 수용 무선통신	개발연구	5	3000
무선통신 보안 향상 개발	개발연구	5	1000

○ 필요기술 종합


Goal
기술개발목표
기술영역
필요 주요기술
철도차량 실시간 유지관리 최적화 및 비용절감
무전원 무선 센싱
실시간 PHM (진단및고장예측)
유지 보수 최적화
철도/IT 기술 융합
운영 안전성 향상
철도차량 진단 및 고장예측(PHM) 기술
무선/무전원 실시간 차상 모니터링 기술
스마트 유지관리(CBM) 기술
철도용IT 융용기술
윤축 베어링(Hot Box Bearing) 차상 상태 진단 및 손상 예측 기술
진동 특성에 의한 차륜 (Wheel) 이상 마모 진단 및 정비 예측 기술
Axle Box 진동 특성에 의한 주행 안정성 예측 기술
모터 블록 TCP 접촉기 상태 진단 및 손상 예측 기술
견인전동기 송풍기 이상 진단 및 파손 예측 기술
트리포드 이상 상태 진단 및 손상 예측 기술
감속기 건전성 진단 및 손상 예측 기술
비접촉 전력및데이터전송기술을 이용한 대차프레임의 피로손상모니터링기법
견인전동기 상태 진단 및 예측 기술
차량 하부 기기 장착 부위 진단 및 손상 예측 기술
판토그라프 진단 및 고장 예측 기술
주변압기 진단 및 고장 예측 기술
모터블럭 진단 및 고장 예측 기술
보조블럭 진단 및 고장 예측 기술
제동장치 진단 및 고장 예측 기술
현수장치 진단 및 고장 예측 기술
승강문 진단 및 고장 예측 기술
고효율 자가 발전 변환 기술
저전력 무선 데이터 통신 기술
소형 저전력 센서 모니터링 시스템 (센서/통신/회로 일체화 기술)
초고속 가혹 환경 WSN 기술
철도 차량 정비 효과도 분석 기술
기존 유지 관리 시스템 연계 기술
CBM 및 비용 기반 유지 보수 최적화 기술
유지 관리 의사 결정 Expert 시스템
QoS 기반의 무선 통신 기술
초고속 철도 차량용 무선 통신 기술
다중 채널 수용 무선 통신 기술
무선 통신 보안 향상 기술

(2) 실시간 철도차량 유지관리분야의 중점추진과제(후보과제) 도출 및 정의

① 필요기술 영역별 기술발전 전망 분석

○ 철도차량 차상 상태진단 및 예측 기술

기술개발의 필요성	- 국토해양부에서는 올 4월 KTX 안전 강화 대책을 발표하였는데 그 주요 골자로 문제 부품 조기 전량 교체, 부족 인력의 확충, 주기적인 확인 진단 평가 등이 포함되어 있음 - 그러나 제안된 대책은 강건한 부품의 교체, 잦은 점검을 유발하여 불필요한 비용을 발생시키는 문제를 안고 있음 - 따라서 사전에 KTX 주요 부품의 고장을 감지하고 적기에 부품 교체가 가능한 실시간 상태 진단 및 수명 예측 기술 개발이 필요함 - 기계구조물의 파손중 약 80%가 피로파손과 관련되며 특히 철도차량과 같이 장기 운영 구조물의 경우 이의 중요성은 더욱 증가됨 - 철도차량의 안전성에 막대한 영향을 미치는 윤축베어링, 차륜 및 구조물 등은 대부분 피로하중에 의한 파손이 발생하므로 이러한 부품에 대한 정확한 수명 예측(life prediction) 및 누적 손상량(cumulative damage) 평가는 KTX 차량 전체의 신뢰성, 효율성 및 안전성 향상에 지극히 중요한 요소임
국내·외 기술수준	- 피로파손에 대비한 수명 예측 및 누적 손상량 평가 분야는 미국, 독일 및 일본 등에서 최고 기술을 가진 것으로 평가됨 - 미국의 경우, 항공우주산업을 중심으로 해당분야에 대한 연구가 집중되고 있으며, 독일과 일본의 경우 전통적인 기계부품 분야에 대한 최고의 기술을 보유하고 있음 - 특히 일본의 경우, 발달된 자동차 및 철도 산업분야를 배경으로 하여 윤축베어링 및 베어링 소재의 피로수명 예측에 최고의 기술을 가진 것으로 판단됨 - 최고 기술 보유국 대비 국내 기술수준은 60% 수준으로 기술격차가 주로발생하고 있는 연구분야는 피로수명 예측 분야, 누적 손상량 평가 분야, 초고주기 피로물성 평가 분야, 고신뢰성의 설계 기법 개발 분야임 - 국내의 기술개발 단계는 성장기에 해당되며 경북대, 군산대 등에서 추진하고 있는 연구내용은 다음과 같음 ・ 경북대 : 베어링강의 기가 사이클 피로 특성에 관한 연구(전통적인 회전굽힘 시험을 통하여 베어링강의 기가 사이클 피로 특성에 대한 숏피닝(shot peening)의 영향 평가) ・ 군산대 / 일진글로벌 : Experimental Investigation o9n Static and Fatigue Behavior of Bearing Steel with Heat Treatment(열처리 특성에 따른 차량용 베어링 강의 피로 특성을 평가하였으며 베어링의 신뢰성 평가에 반드시 요구되는 피로수명에 대한 확률론적 해석을 수행)
향후 연구방향	- 피로설계 분야의 기술격차는 약 10년 정도로서 향후 기초 및 원천기술 개발 등을 목표로 하여 산학연 공동 연구개발 추진이 바람직함 - 고장이력 데이터 확보 : 기존 운행 중 발생한 고장부위, 고장횟수, 운행조건, 환경조건 등 데이터 확보 - 상태진단/예측 우선대상 부품선정 기준마련 : 위험도, 신뢰도, 비용대비효과 등 다양한 기준검토 - 상태진단/예측을 위한 대상 부품별 유무선 센서 네트워크 구축 : 센서종류, 위치, 개수에 대한 의사결정 - 센서 네트워크 최적설계법 개발 : 센서 네트워크 설계 기준인 diagnostic/prognostic 성능함수 개발 - 센서 설치기준 마련: 센서별 설치 가이드라인을 제시(예: 유선종류, 데이터전송주기, 배터리/자가발전 등) - 대상 부품별 오프라인 상태진단 시험법 개발 : 상태 진단 기술 개발을 위한 데이터 수집 데이터 확보 및 진단 기술 검증을 위한 시험법 개발 - 데이터기반 상태진단법 실시간데이터 프로세싱 개발 : de-noising, feature extraction 등 대상 부품별 건전성 인자(health index) 정의, 부품의 건전성을 정량화하기 위한 건전성 인자 정의 및 추출 방법 결정

	- 고장물리(Physics-of-failure)기반 상태진단법 : 대상 부품별 고장물리 조사(문헌 조사를 통한 고장물리 및 고장 증상 조사), 대상 고장물리 모델링 개발(문헌 조사 및 수집한 데이터 분석을 통한 고장물리 모델링 개발), 건전성 인자관련 모델인자 추출(민감도 분석을 통한 모델 건전성 인자의 추출) - 건전성 배경지식(background health knowledge) 구축 : Run-to-failure 시험수행(부품 Failure까지의 정보 및 Failure 조건을 얻기 위한 시험 수행), 건전성 인자데이터 확보(수집한 데이터로부터 부품 수명과 연관이 있는 건전성 인자를 추출), 성능저하함수의 통계적 회귀(regression) 모델링(상태 진단 및 수명 예측을 위한 통계적 회귀 모델링 개발 및 건전성 배경지식 구축)
기대효과	- 해당 기술은 철도시스템의 실시간 상태 모니터링 데이터를 처리하고 분석하여, 운영 및 유지보수에 필요한 잔여 수명 정보를 제공하며 이를 통하여 철도서비스 안전성을 보장하면서도, 철도차량 유지관리 비용의 절감이 가능할 것으로 판단됨

○ 무전원/무선 실시간 차상 모니터링 기술

기술개발의 필요성	- 차량의 상태를 실시간 모니터링하기 위해서는 차량별로 여러 가지 센서가 설치되어야 함 - 유선으로 설치할 경우 센서 수량이 많아지고 베어링 등은 회전하기 때문에 배선 문제 발생하여 무선 센싱 및 네트워킹에 대한 기술개발 필요성이 증대하고 있음 - 또한, 무선센서를 활용할 경우 외부 전원 공급없이 Energy Harvesting 등을 이용하여 전원을 공급할 수 있게 하는 기술개발이 필요함 - 철도 차량 차상에 다양한 무선 센서가 사용될 경우, 관련 정보량이 많아지게 되므로 실시간 정보 교환 등을 통한 모니터링이 효율적으로 이루어지기 위해서는 유기적인 센서 간 네트워킹 기술이 필요함 - 그리고 무선 기기의 증가에 따라 동종 혹은 이종 기기에 의한 무선 간섭에 의한 수신 신호 문제가 있어 철도 차량의 실시간 모니터링을 위해서는 주파수 간섭 현상에 대한 개선 연구가 필요함 - 또한, 철도 차량의 정보 보안을 강화하는 방안 연구가 필요함
국내·외 기술수준	- Zigbee · 삼성, LG, ETRI가 Zigbee Alliance의 Participant로 참여하여 표준화 회의 참석 및 모든 자료 공유 참여할 수 있는 자격 있음 · 전자부품 연구원은 2005년 세계에서 두 번째로 RFIC Chip을 개발하여 삼성전자에 원천 기술 이전 · Radio Pulse는 세계 최초로 듀얼밴드 단일칩을 개발 · 누리텔레콤, TSC, 오렌지 로직등은 SKT, KT등과 협력하여 홈 오토메이션을 위한 다양한 솔루션을 개발 · 한국 무선네트워크는 Zigbee 휴대폰 솔류션 개발 · 코윈, Radio Pulse, 옥타컴, 휴인즈등의 업체들은 호환 장비 개발 · Radio Pulse는 Zigbee 칩 개발 업체로 국내 Zigbee 칩 시장에서 외국업체인 Ember, Jennic, TI, Freescale등을 제치고 가장 높은 점유율 확보국제 표준화 활동 및 칩, 모듈, 플랫폼에 대한 가시적 결과를 보이고 있음 - 6LoWPAN · ETRI가 표준 제정에 참여하고 있음 · 비교적 신생 기술로 다른 그룹에 비하여 상대적으로 많은 한국 기관들이 참여하고 있어 한국 기관간 조율과 협조를 통해 국내 기술의 국제화에 시너지 효과를 창출하는 방법으로 접근 필요 - ULP(Ultra Low Power) 센서네트워크 · Batteryless Zigbee TG와 Bluetooth SIG의 표준화에 적극 참여 · 스마트 그리드, u-City와 같은 정부 주도의 사업과 관심이 증대되고 배터리로 운용되는 센서의 배터리 교체로 인한 유지 보수 문제가 예상되어 자가 전력 공급 기술이 적용된 초저전력 센서네트워크 기술 개발 및 적용을 표준화와 병행

	· 국내 표준안을 바탕으로 한 시제품 개발 및 시연을 통행 국제 경쟁력 확보 및 표준 채택을 위한 노력을 진행 중
향후 연구방향	- 소형, 저전력의 센싱기술을 마련하고 에너지 하베스팅을 통한 자가발전이 이루어질 수 있는 무선 센서 개발 추진 - 철도차량에 설치된 다양한 무선 센서의 정보를 네트워크로 연결하여 실시간 모니터링이 이루어질 수 있도록 함 - WPAN 기술 개발 중소기업의 표준화 의지 결여, 정부 차원의 WPAN 실증/시범 단지 조성으로 관련 기술의 시장 활성화 필요 - 산업체 Alliance 단체 표준에서 인프라 기반의 구가 표준화 전환 필요 - IEEE802/ISO, Alliance 산업체 중심의 장단기적 표준 참여 대응 체계 부족, 표준 전문가 부족, 국제 표준전문가 양성 - 포럼과의 표준 추진체계 정립 및 역할 분담
기대효과	- 무전원 센스 및 무선 네트워킹을 통해 실시간 열차 모니터링이 가능해져 차량 사고를 미연에 방지할 수 있을 뿐만 아니라 관련 데이터 축적 및 분석 등을 통해 철도차량 상태진단 및 예측기술력 확보 및 제고에 기여할 수 있는 기반을 마련할 수 있음 - 또한, 과학, 의학, 군사, 상업용 등으로 다양한 범위에 적용이 가능하여 기술적 파급효과가 큼 - 홈네트워크, 빌딩 및 산업 기기의 자동화, 가전제품 제어, 스마트 그리드, 원격 검침, 상태 모니터링, 건강 관리나 환자 관리와 같은 휴먼 인터페이스 등 다양한 유비쿼터스 환경 시장에 폭넓게 적용 가능이 가능하여 산업적 파급효과고 큼 - u-Home, u-City, 스마트그리드, Green-IT등 정부 정책과 관련된 시장 잠재력은 매우 높은 것으로 전망되고 있음

○ 상태기반 스마트 유지관리 기술

기술개발의 필요성	- 일련의 KTX의 운용 중 고장으로 인해 작동중단의 사례가 빈번히 언론매체를 통해 소개되고 있으며, 최근의 중국의 고속철도의 신호체계의 고장으로 인해 큰 인명피해의 사례가 발생하여 어느 때보다도 고속철도 시스템의 안전 및 보전/정비활동에 대한 관심과 필요성이 증대되고 있음 - 시스템의 한 부품이 가동 중 고장 날 경우 전체 시스템이 고장 난 부품으로 인해 작동이 멈출 수 있으며, 때로는 시스템 운용자의 안전까지 위협하는 상황에 도달하게 됨 - 보전활동의 목적은 안전하고 경제적으로 운용될 수 있는 조건으로 장비 및 설비를 유지하는 것이며 일반적으로 운용 장비나 설비의 효율감소로부터 증가하는 경제적 손실이 유효 보수비용보다 클 경우 비용측면에서 보전활동이 요구되며, 이익을 최대화하고 총비용이 최소가 되도록 하는 보전방법에 대한 많은 연구가 진행되어 왔음 - 일반적으로 보전방식은 크게 사후보전 (breakdown maintenance) 및 예방보전 (preventive maintenance) 활동으로 나눌 수 있으며, 사후보전은 run-to-failure maintenance로도 불리며 점검 및 정기교환을 전혀 실시하지 않고 설비고장 후 수리, 교체하는 방식으로 고장발생 후 인접 시스템/부품에 영향이나 손실이 미미한 경우 혹은 열화경향의 산포가 크고 점검, 검사가 불가능할 경우에 적합한 보전활동임 - 수명이 다할 때까지 완전히 사용하기 때문에 2차고장이 없을 경우 보전비용이나 수리비용이 저렴하다는 장점이 있지만, 시스템의 돌발고장에 기인한 운행정지는 장비운용 효율측면에서 악영향을 미칠 수 있다는 단점이 있음 - 이러한 돌발고장을 미연에 방지하기 위하여 최근에는 예방보전 (preventive maintenance)을 주로 실시하고 있는데 크게 시간기준보전 (Time-Based Maintenance:TBM) 및 상태기반 보전(Condition-Based Maintenance:CBM)으로 나눌 수 있음 - 시간기준보전은 정기예방보전 (periodic preventive maintenance)이라고도 하며, 시스템 열화에 가장 비례하는 파라미터(생산성, 작동회수 등)를 바탕으로 수리주기를 결정하고 주기까지 사용하면 무조건 수리하는 것으로 기존에 가장 많이 사용하고 있는

	보전방식으로 보통 비 수리계의 시스템에 적용하며, Gertsbakh, Barlow 등에 의해 보전정책으로서 이론연구가 확립되었음 - 시간기준 보전활동은 가능한 한 자주 보전하는 정책 (as-frequent-as possible maintenance policy)로서 점검비용은 크게 발생하지 않지만 보전주기와 기능열화주기가 완전히 일치하지 않기 때문에 잔존수명에 대한 손실비용이 발생, 과잉 보전활동이 될 수 있으며, 또한 보전주기 동안 고장이 발생할 수 있기 때문에 사후보전비용 및 생산손실비용이 발생할 가능성이 항상 존재함 - 또한 과잉 보전활동으로 인해 충분히 사용 가능한 부품/시스템을 폐기처분함에 따라 불필요한 폐기품 증가로 인해 환경에 악영향을 줄 가능성을 내포하고 있음 - 고가의 첨단장비 탑재 및 복합화 경향에 따라 고장을 사전에 예방하여 비용을 최소화하고 새로운 녹색성장의 기조 하에 폐기물을 절감할 수 있는 보전 방법론에 대한 사회적 요구가 끊임없이 증가하고 있음 - 하지만 기존의 시간기준 보전활동은 고장 방지를 100% 보장할 수 없기 때문에 새로운 개념의 보전활동, 즉 상태기반 보전시스템의 도입의 필요성이 대두되고 있음 - 상태기반 보전활동의 핵심요소는 장비/설비의 열화를 측정, 분석하여 장비/설비의 잔여수명을 정확하게 예측하며 고장이 일어나기 바로 직전에 보전을 실시함으로써 종래 시간기준 보전방식의 보전주기보다 보전간격을 확장, 보전비용 및 인력을 최소화시키는 데 있음 - 상태기반 정비활동은 장비/설비의 열화를 성능 파라미터(performance parameter)를 통해 상태를 감시하고 보전시점의 정확한 예측을 위한 신뢰성 모형화 작업은 필수적임
국내·외 기술수준	- 상태기반정비 방법론에 대한 연구가 시간기준 보전정책 연구에 비해 국내에서는 거의 진행되지 못한 상태임 - 또한 기존의 관련연구도 단편적인 센서기술 및 분석기술에 국한되어 통합적인 상태기반보전 개념을 제시하는 데는 크게 미흡함 - 일반적으로 상태기반 보전정책은 시간기준 보전정책에서 중점을 두는 최적화 및 수학적 모델링뿐만 아니라 시스템의 열화를 온라인 또는 주기적으로 점검할 수 있는 센서 및 측정기기, 신호처리를 포함한 IT기반의 의사결정시스템의 지원 없이는 성공적으로 수행하기 힘듦 - 보전활동에 대한 많은 연구결과가 그동안 많이 제시되어졌지만 상태기반보전과 관련된 연구결과는 미비한 실정이며 주요한 이유 중 하나가 상태기반 보전활동은 발전된 센서 및 IT기반의 의사결정시스템을 바탕으로 전개되어야 하기 때문임 - 시간기준보전에 대한 연구가 주로 산업공학 및 통계학 기반으로 연구가 수행되었지만 상태기준보전 활동은 이외에도 경영정보시스템(MIS), 센서 및 신호처리(signal processing)기술 등 폭넓은 다학제간(interdisciplinary) 지식을 요구하고 있음 - 상태기반보전과 관련된 기존의 연구 활동으로 Tanaka 및 Takakusagi는 필드데이터의 와이블 분석을 통해 평균고장간격(MTBF)등을 추정하고, 내구수명 기간에서의 고장은 우발적으로 발생함을 제시하였으며, 이는 상태기반보전을 통해 신뢰성을 향상시키기 적당한 것으로 파악하였음 - Saranga and Knezevic은 시스템의 신뢰성 예측을 위하여 상태기반보전 하에 Relevant Condition Predictor(RCP)을 기반으로 하는 방법론을 제시하였음 - Lin et al은 진동시그널로부터 유용한 condition indicator를 추출하고, 추출된 정보를 기반으로 기어박스(gearbox)의 최적보전정책을 개발하기 위하여 비례위험(proportional-hazard) 모형을 활용하였음 - 하지만 이러한 연구들은 신호처리, 신뢰도 예측 및 의사결정시스템 개개의 단편적인 연구에 국한되어 통합적인 상태기반보전 개념을 제시하는 데는 불충분하였으며 상태기반 보전활동을 위해서는 데이터 수집, 데이터 가공 및 보전유무 의사결정 순으로 전개되어야 하고 이러한 일련의 과정은 통합적으로 수행되어야만 올바른 보전정책을 수립할 수 있음 - 현재까지 상태기반 정비기술 및 이론에 대하여 연구가 진행중에 있기 때문에 특별한 기술력을 보유한 기업 및 국가가 없으며, 특히 철도기술에 대한 상태기반 정비 기술 및 이론에 대한 연구는 거의 전무한 상태이기 때문에 만약 이 연구를 진행할 경우 파급효과가 크리라 판단됨

향후 연구방향	- 상태기반 보전활동을 위해서는 데이터 수집, 데이터 가공 및 보전유무 의사결정 순으로 전개되어야 하며, 이러한 일련의 과정은 통합적으로 수행되어야만 올바른 보전정책을 수립할 수 있음 - 따라서 기본적으로 데이터 수집 및 가공에 대한 연구가 향후 5~10년동안 연구가 진행되어야 할 것으로 보여 실제적인 적용시기는 2020년 이후가 될 것으로 판단됨 - 또한 실시간으로 모니터링을 하기위한 하드웨어 및 데이터 computing 능력을 보유할 수 있어야 가능할 것으로 생각됨
기대효과	- 실시간 모니터링으로 운영 신뢰성을 보장하고, 표준 프로세스 구축에 따른 과학화, 합리화를 이룰 수 있으며, 고장 예측기법을 통한 정비 프로세스 최적화를 통해 부품수명 잔존비용 낭비 최소화가 기대됨 - 또한 예지보전 최적화 의사결정 체계의 구축을 통해, 그동안 선진국들에 비해 연구와 산업계 응용이 덜 이루어져 왔던 국내 예지보전 연구의 활성화에 기여할 것으로 기대됨 - 최적 보전주기를 시스템/제품 상태정보를 바탕으로 과학적으로 예측하여 결정하는 것은 총 보전비용의 절감과 더불어 시스템/제품의 가동율 증가에 큰 영향을 미칠 수 있으며 따라서, 이로 인한 경비 절감효과와 생산성 향상을 가져올 수 있을 것으로 기대됨 - 한 시스템/제품에 대한 예지보전 업무에 대해서 뿐만 아니라, 그룹단위의 시스템/제품들에 대해 효율적으로 보전업무를 수행할 수 있는 예지보전 최적의사결정 방안을 도출함으로써, 일반적으로 유사 시스템/제품들을 복수개 운용하고 있는 산업체들의 총 보전비용을 많이 절감할 수 있기 때문에 산업/경제적 파급효과가 상당할 것으로 기대됨 - 상태기반 예지 보전 의사결정의 최적화를 위해 필요한 구성요소들에 대한 정의와 구성요소들 간의 관계정의 등 예지보전 의사결정 최적화 시스템구축을 위해 필요한 체계적인 요소들이 잘 정립된다면, 예지보전 활동 추진 시 대상 시스템/제품 도메인에 상관없이 예지보전 체계 시스템을 구축하는데 큰 밑거름으로 활용되어질 수 있을 것으로 기대됨

○ 철도용 IT 응용 기술

기술개발의 필요성	- 철도 차량의 상태를 모니터링하고 실시간으로 상태 정보를 중앙관제소 및 유지 보수 인원에게 전송하기 위해 무선 통신 기술 필요 - 현재 열차 무선 통신 시스템은 3종류(VHF/TRS-ASTRO/TRS-TETRA)가 혼용되어 구간별 무전기를 교체하여야 하며 유지보수 과다 및 장애시 신속 대처 곤란 - VHF 구간의 통신 적체 현상과 설비 노후로 개선이 시급한 상황임 - 음성 통신 및 제한적 데이터 통신용으로 유지 관리 데이터 및 영상 전송지원이 불가능함 - 철도 전용 통합 무선망을 구축하기 위한 무선 주파수 배정을 위한 노력을 하고 있고 통합 무선 통신 시스템으로 LTE 통신 방식을 고려하고 있음 - 시간 경제적 측면에서 이미 상용화된 무선 통신망을 사용하여 정보 전송 검토하며 공용 통신 서비스를 사용할 경우 철도 차량의 안전 운행을 위한 무선 통신의 신뢰성 및 안전성 확보가 중요 - 세계적으로 열차제어시스템 및 상태 모니터링 기술은 무선 통신망을 기본으로 개발하고 있음
국내·외 기술수준	- 실시간 상태 정보 전송 ·정보의 손실 및 지연 시간 최소화를 통한 통신 신뢰성 극대화 ·정보의 종류에 따른 QoS(Quality of Service)를 구현하여 비상상태는 최우선 전송하여 차량의 사고 예방 - 정보의 안전성을 위한 보안 강화 ·악의적인 의도의 통신 방해시 통신 왜곡 및 손실 방지 ·정보 유출 방지를 보안 강화

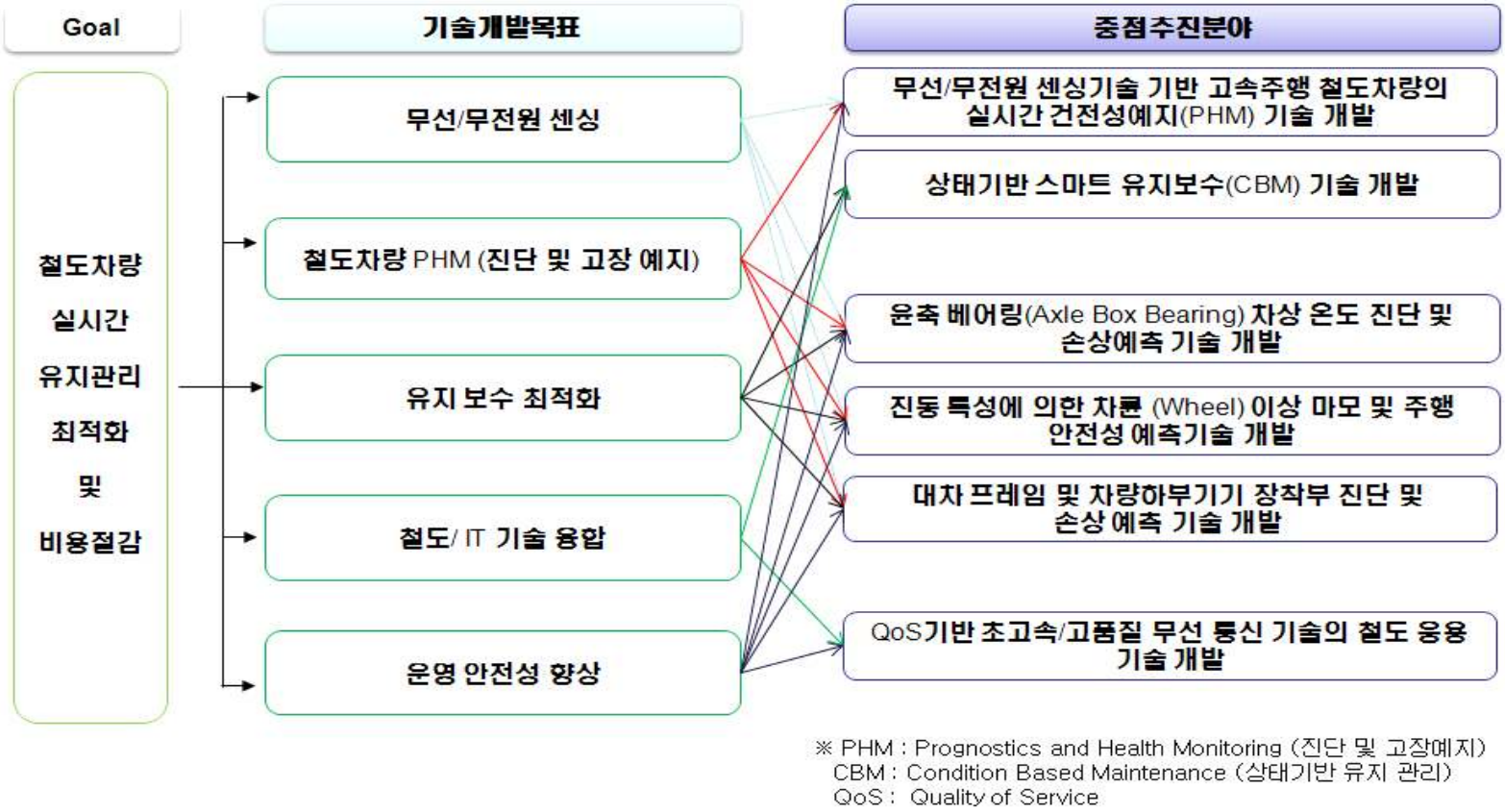
	- 초고속 철도 차량의 운행 중에서도 안전정인 통신 보장 - 다중 채널 무선 통신으로 데이터 전송 속도 향상 및 전송 용량 증대
향후 연구방향	- 상용 무선 통신망에서 철도 차량의 안전을 위한 보안 기술 개발 ·사용자 인증 및 암호화 기술 ·보안 위협에 대한 대응 기술 및 전파 간섭 최소화 기술 - 상용 무선통신망에 철도의 안전을 위한 QoS 기반의 무선 통신 기술 개발 ·낮은 전송 지연과 높은 전송률을 보장한 통신 기술 ·데이터 종류에 따른 QoS 보장 기술 - 초고속 철도의 무선 통신기술 개발 ·500 km/h 이상의 철도에서 모니터링 데이터 무선 전송 기술 ·전송 데이터 최소화와 데이터 고속화 기술 및 로밍 기술 개발 - 다중 채널 수용 무선 통신 기술 개발 ·다중 채널 사용으로 전송 속도 향상 ·다중 전파 채널로 인한 전파 간섭의 영향 최소화 ·철도 통신의 특성상 여러 사람에게 동시에 정보를 제공하거나 응답이 필요한 경우가 있기 때문에 다자간 통화 기술 개발
기대효과	- 실시간으로 철도 차량의 상태를 감시 및 진단하여 안전사고 예방 및 유지보수 최적화 - 모니터링 정보 및 기타 철도 차량의 무선 통신 시스템으로 활용 가능 - 철도 차량의 장애 발생 시 신속 대처를 통한 운행 지연의 최소화 및 승객 편의 증대 - 이동 통신 분야를 선도하고 있는 국내 기술을 철도에 적용하여 철도 기술의 선진화 - 국내 기술을 이용한 외국 장비 수입 대체 및 해외 시장 진출

② 필요기술에 대한 중복성/연계성/시급성 검토

필요 기술 분야	기존 기술 활용	추진 예정 과제	유사 연구 진행	현실성 부족 과제	기술개발 시급과제
윤축 베어링(Hot Box Bearing) 차상 상태 진단 및 손상 예측 기술					○
진동 특성에 의한 차륜 (Wheel) 이상 마모 진단 및 정비 예측 기술					○
Axle Box 진동 특성에 의한 주행 안정성 예측 기술					○
모터 블록 TCP 접촉기 상태 진단 및 손상 예측 기술			○		
견인전동기 송풍기 이상 진단 및 파손 예측 기술			○		
트리포드 이상 상태 진단 및 손상 예측 기술	○				
감속기 건전성 진단 및 손상 예측 기술		○			
비접촉 전력 및 데이터 전송 기술을 이용한 대차 프레임의 피로 손상 모니터링 기법					○
견인전동기 상태 진단 및 예측 기술	○				
차량 하부기기 장착부위 진단 및 손상 예측 기술					○
판토그라프 진단 및 고장 예측 기술	○				
주변압기 진단 및 고장 예측 기술	○				
모터블럭 진단 및 고장 예측 기술	○				
보조블럭 진단 및 고장 예측 기술	○				
제동장치 진단 및 고장 예측 기술	○				
현수장치 진단 및 고장 예측 기술				○	
승강문 진단 및 고장 예측 기술	○				
고효율 자가 발전 변환 기술			○		
저전력 무선 데이터 통신 기술			○		
소형 저전력 센서 모니터링 시스템 (센서/통신/회로 일체화 기술)			○		
초고속 가혹 환경 WSN 기술					○
철도 차량 정비 효과도 분석 기술				○	
기존 유지 관리 시스템 연계 기술	○				
CBM 및 비용 기반 유지 보수 최적화 기술					○
유지 관리 의사 결정 Expert 시스템				○	
QoS 기반의 무선 통신 기술	○				
초고속 철도 차량용 무선 통신 기술				○	
다중 채널 수용 무선 통신 기술	○				
무선 통신 보안 향상 기술					○

③ 중점추진과제(후보과제) 설정

○ 필요기술 중에서 기개발 또는 기존 활용이 가능한 모니터링 기술, 향후 개발이 예정된 기술, 유사연구 기술, 현실성이 부족한 과제를 제외하고 일부 기술을 통합하여 최종적으로 중점추진과제를 아래 그림과 같이 6개로 설정하였다.



※ PHM : Prognostics and Health Monitoring (진단 및 고장예지)
CBM : Condition Based Maintenance (상태기반 유지 관리)
QoS : Quality of Service

④ 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

세부과제명		기존 연구과제(최상위 과제명)			검토결과	
과제명	주요내용	과제명	주요내용	연구기관 (연구기간)	차별성	연계방안
상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술 개발	• 유지보수 최적화를 위한 의사결정 전문가 시스템 개발 • 예비품 등의 유지보수 자원에 대한 최적 소요량 산출 시스템 개발 • 통합 상태기반 스마트 유지보수(CBM) 패키지 개발 • 철도차량 유지보수부품 상태진단 기법 개발	원전기기 진단신뢰도 향상 및 표준형 통합 상태기반 정비 기술개발	• 다차원 통합 신호 취득 기술 • 표준형 상태기반 정비 플랫폼 설계 • 펌프 상태진단 DB 구축용 시험장치 설계 • 제어루프 및 제어 밸브 조사	한국원자력연구원 ('11.7~'16.6)	• 기존 과제는 상태진단을 중심으로 진행되었으나 본 과제는 상태 진단 및 예지를 포함하는 운영환경에 적합한 전문가 시스템 개발 연구임. • 철도 분야 대상 부품이 아니기 때문에 고장물리 특성에 차이가 있음.	• 상태기반 유지보수 시스템 구축시 기 연구된 상태기반 정비 플랫폼 설계 연구기법 참조
		KTX-RCM 구축 사업	• 차량정보 및 운용정보 관리 • MKBSF, 지연시간 관리 • RAMS 관리 • RCM 관리	한국철도공사 ('06.1~'10.12)	• 기존 과제는 운용 및 검수 정보를 기반으로 통계적인 방법으로 RAMS 지표를 산출하고 이를 기반으로 정비주기를 판단하고 있음. 본 과제에서는 상태기반 유지보수 체계를 구축하고자 함.	• 실시간 상태 모니터링이 필요하지 않은 부품의 경우 통계적인 분석 방법으로 접근이 필요함. 따라서 KTX-RCM 체계와 보완적인 관계에서 연계 발전시킴.
		철도전력 시스템의 신뢰성공학 기반 유지보수 기술개발	• 전력시스템 RCM 적용, 신뢰성 공학기반 유지보수 체계 연구	한국철도기술연구원 ('07.1~'07.12)	• 유지보수 효율성을 목표로 하는 것은 동일하나, 기존 연구는 유지보수 업무와 고장 분석에 대한 신뢰성 관점에서 유지보수 체계 구축을 목적으로 하며, 본 연구목적인 상태기반 유지보수 실용화 S/W 및 H/W 개발과는 중복성이 없음.	• 신뢰성 관점에서 기 연구된 신뢰성 기반 유지보수 업무 및 고장 분석 체계 연구내용 참조
		선박 및 해양플랜트의 운영 단계 생애주기 관리시스템 개발	• 선박 및 해양플랜트의 생애주기 데이터 통합 플랫폼 개발 • 선박해양 통합 정보 모델 개발 • 조선소 등의 기간 시스템과의 정보 인터페이스 개발 • 선박 및 해양플랜트의 생애주기 통합 플랫폼과의 인터페이스개발 • 선박 및 해양플랜트의 운영단계 지원 응용시스템 개발	(사) 한국선급 ('11.6~'15.5)	• 기존 과제는 선박 및 해양 플랜트를 대상으로 함. • 기존과제는 Product Life cycle의 제품 정보관리 측면에서 접근하고 있으나, 본 과제에서는 고장물리 특성에 따른 상태 진단 및 예지를 기반으로 하는 철도차량에 적합한 CBM 체계를 구축하고자 함	• 연계할 필요 없음

		USN기반 설비(선박 건조용 크레인) 예지보전 시스템 개발	• 선박건조용 대형 크레인 상태를 실시간으로 모니터링하는 상태기반 유지보수 적용하는 것을 목표 • USN 기술을 활용하여 무선으로 크레인의 상태를 실시간 모니터링하여 그 데이터를 기반으로 크레인 설비 상태 분석 및 알고리즘을 통해 고장의 원인을 실시간으로 예측, 진단	주)씨에프정보통신 ('10.3~'12.2)	• CBM은 대상부품에 따라 고장물리 특성에 차이가 있음. • USN 기술에 사용된 무선 모니터링 기술의 경우 기존 연구에서는 배터리 전원 무선 통신 시스템을 사용하였으나 본 연구체서는 철도차량 유지보수 특성을 고려 무전원 기술을 개발 무선/무전원 모니터링 시스템 적용하고자 함	• 연계할 필요 없음

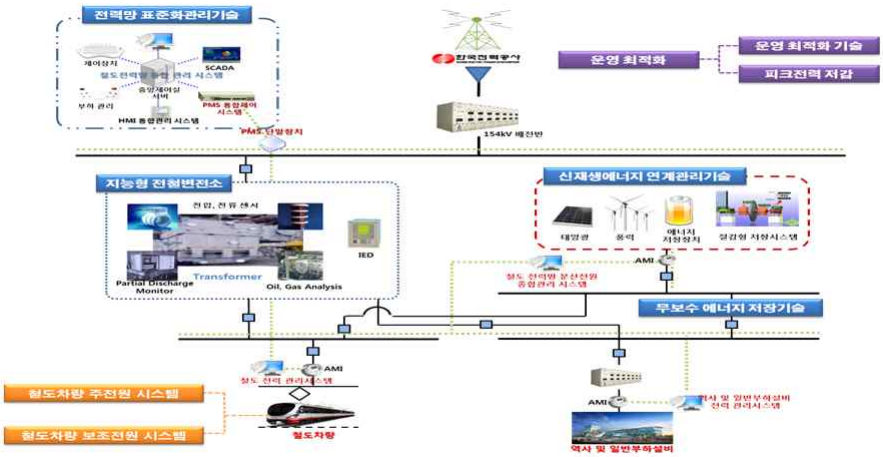
세부과제명		기존 연구과제(최상위 과제명)			검토결과	
과제명	주요내용	과제명	주요내용	연구기관 (연구기간)	차별성	연계방안
철도차량 주행장치 차상 상태진단 및 예측 기술 개발	• 윤축 베어링 차상 상태 진단 및 예측 기술 개발 • 진동 특성에 의한 차륜 상태 진단 및 주행 안전성 예측 기술 개발 • 대차 프레임 및 차량 하부기기 장착부 상태 진단 및 예측 기술 개발	미래철도기술개발사업(철도핵심부품 및 장치 기술개발 1단계)	• 고속철도용 차축 발열검지장치(HBD) 개발 • 차축발열검지장치(HBD) 시스템 엔지니어링 • 차축발열검지장치(HBD) 개발을 위한 센서모듈 및 전자랙 개발 • 통합시험 및 사양서(기술/유지보수)	한국철도공사 ('11.12~'14.9)	• 지상 설비인 HBD 시스템의 국산 상용화 기술 개발을 목표로 하고 있음. • 본 연구에서는 유럽 TSI에서 차축 발열검지 기준과 관련하여 2008년에 개정한 Directive 96/48/EC 기준에 적합한 차상(on board) 모니터링 시스템 개발을 목표함으로 중복성 없음. • 향후 고속철도차량 해외진출 및 주행 안전성 통합 모니터링 기술의 국산화를 위해 반드시 필요.	• TSI 규정 Directive 96/48/EC “Class 2"의 250km 이하의 열차를 대상으로 국산화 HBD 시스템의 적용 방안 부분 고려. • 그러나 기존철도의 고속화 추세에 따라 장기적인으로는 차상 모니터링 시스템을 적용하는 것이 타당함.
		철도차량용 휠 베어링의 고수명 고밀폐 오일실 개발	• 윤축용 베어링의 최적 시일구조 설계 • 신제품 제조를 위한 성형 금형 설계 및 평가분석	(주)대성화학공업 ('04.4~'05.3)	• 기존 과제는 철도차량의 윤축 베어링에 사용되는 오일실의 개발 과제이나 본 과제는 윤축 베어링의 주요 위험 표시 인자인 온도의 차상 실시간 모니터링에 대한 연구를 목표로 함고 있음.	• 연계 필요 내용 없음.

		콤바인 주요부품의 실시간 고장진단 시스템 개발	● 고장 감지를 위한 센서의 구성 및 신호 처리부 개발 ● 무선랜 환경을 구현할 수 있는 임베디드 시스템 하드웨어 개발 ● 이상징후, 고장 판별을 위한 알고리즘 및 진단 모듈 개발	성균관대학교 ('04.5~'05.5)	● 기존 연구는 콤바인 주요 부품의 고장 감지를 위한 계측시스템, 무선랜 및 고장 진단 모듈을 개발하였으나 본 과제는 고장 모드가 온도로 명확하고 철도 환경이라는 특수한 환경하에서의 온도 및 진단시스템 개발을 목표로 하고 있음.	● 콤바인 고장 모드에 온도가 존재하는 경우 온도 감지 기법에 대한 데이터 활용 가능
		철도차륜 마모와 소음 개선을 위한 도유 시스템 개발	● 지정위치에서 윤활유를 분사하는 곡선 감지시스템 개발 ● 마모 최소화 기능을 갖는 윤활제 개발	(주)플러스산업 ('08.6~'11.5)	● 기존 과제는 차륜 마모 저감을 위한 자동 급유 시스템 및 이에 사용되는 윤활제를 개발하였으나 본 과제는 차륜 마모 감지 및 진단과 동시에 주행안전성을 예측 하는 기술 개발을 목표로 하고 있음.	● 연계 필요성 없음.
		철도차량 탈선안전성능 평가 및 사고방지 기술개발	● 탈선현상 규명 및 평가기술 개발 ● 탈선위험 평가기법 개발 ● 레일절손 안전도 평가 ● 차축압입부 접촉피로 손상 검지장치 제작 ● 차륜탈선 안전성능 평가	한국철도기술연구원 ('05.9~'11.8)	● 기존 연구는 철도차량의 탈선현상 규명과 탈선계수 평가 기법을 개발하였으나 본 과제는 가혹한 운행조건을 갖는 KTX 차량의 차상 차륜 이상 및 주행안전성 모니터링 시스템 연구를 목표로 하고 있음.	● 탈선 현상 기구 및 탈선계수 평가 기법에 대한 결과 연계 가능
		철도차량 건전성 모니터링 기초연구	● 다중센서 인식 시스템 개발 ● 주행환경을 이용한 시스템 신호 특성 연구 ● 차축베어링 온도 측정	한국철도기술연구원 ('09.1~'11.12)	● 기존 과제는 측정 및 주행환경 평가 위주로 구성되었나, 본 과제는 구조물 내부의 손상 및 이로 인한 수명 특성 변화에 대한 연구 및 이를 모니터링 할 수 있는 신기술 개발을 목표로 하고 있음.	● 철도차량 주행 환경데이터 활용
		구조계 맞춤형 스마트 건전성 평가기술의 개발	● 교량 구조물의 위험 유형 분석 ● 각종 균열에 대한 손상 평가 기법 개발 ● 혼합형 손상 평가 체계 개발	한국부경대학교 ('10.3~'11.2)	● 기존 연구는 구조물의 손상평가를 위한 혼합형 손상평가 체계를 개발하였으며 그 대상이 교량구조물로 한정되어 있으나 본 과제는 차량구조물의 손상 및 수명에 대한 영향평가를 목표로 하고 있음.	● 상태 진단 및 예측 기법 자료 일부 벤치마킹

라. 고효율 에너지 절감 및 운영 최적화 기술 분야

(1) 기술의 정의

○ 일반철도(교류구간) 및 도시철도에서의 최적화된 에너지 활용을 위해 전력공급 인프라와 철도차량의 시스템 및 핵심장치를 개발하는 기술임. 이를 위해 전력공급 인프라 측면에서는 에너지 효율 향상을 위한 무보수 속응형 전력공급 안정화 향상 기술, 신재생에너지원의 계통연계에 따른 에너지 관리기술, 통신 기반의 지능형 전철변전소 개발 및 전철변전소 표준모델을 제시하는 것이며, 차량 측면에서는 초전도 전동기, 변압기를 포함한 주전원 시스템 개발 및 차량 내에서 사용하는 보조전원장치의 스마트화를 달성하는 것임.



[그림 2-65] 철도에너지 흐름 개념도

- 무보수 속응형 전력공급 안정화 향상기술

· 고밀도 에너지 저장기술을 활용하여 교류구간의 전력 공급 안정화 향상기술

- 신재생에너지 연계 철도 전력망 구축 및 관리기술

· 분산전원으로서 신재생에너지(풍력, 태양열 등)원을 철도급전계통에 연계하는 기술과 신재생에너지를 통합 관리 및 최적 운영하는 기술

- 고효율 에너지 지능형 교류철도 변전소 기술

· 에너지 최적 관리를 위해 기존의 아날로그형 전철변전소를 디지털 통신기반의 차세대 표준을 적용한 지능형 전철변전소로 구축하기 위한 인프라 및 핵심장치 개발과 통합 운영하는 기술임.

- 고효율 에너지 교류철도 전력망 표준화 기술

· 고속철도 전력망의 에너지 최적 활용을 위한 주요 설비간 및 시스템 전반에 대한 에너지 효율을 분석하고, 이를 통해 최적 설계, 제작 및 운영을 위한 고속철도 변전소의 표준모델을 제시하며, 에너지 효율 향상을 위한 고효율 지상설비(고효율 변압기 등)를 개발하는 기술임.

- 고효율 경량화 초전도 융합 주전원장치 기술 개발

· 철도차량용 고효율, 경량화 초전도 융합 주전원장치(주변압기, 견인전동기) 핵심 기술개발

- 철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술개발

· 철도차량에 사용되는 차량의 기저부하에 대한 효율적 관리시스템 구축을 통한 고효율 보조전원시스템 개발하는 기술

· 철도차량의 회생에너지를 차량내 부하에서 분담 사용하여 에너지 재활용 향상기술 개발

(2) 기술현황 및 문제점

① 무보수 속응형 전력공급 안정화 향상 기술

○ 철도차량의 하구배시 또는 제동시 발생하는 회생에너지를 활용하기 위한 연구가 최근 활발하게 진행되고 있으며, 지상설비로는 회생인버터, 수퍼 커패시터를 이용한 에너지 저장시스템이 개발되었음

○ 철도시스템의 전력운영 방식은 직류 및 교류 방식으로 구분되어 있으며 일반철도 및 고속철도는 교류방식을 도시철도는 직류와 교류방식을 선택적으로 적용하고 있음

○ 직류 도시철도의 경우 슈퍼캐퍼시터를 활용한 에너지 저장 시스템을 도입하여 열차의 회생에너지를 저장하고 있음

○ 교류구간에서는 슈퍼캐퍼시터를 활용한 에너지 저장 시스템이 일부 도입되어 있으나 용량상의 문제로 고효율화에 어려움이 있음

○ 일반철도 및 고속철도는 교류 전력을 사용하고 역간 간격이 길기 때문에 에너지 효율화를 위해서 채용되어야하는 에너지 저장 매체는 대용량의 에너지를 저장할 수 있는 고밀도 에너지 저장 장치가 필수적임 (도시철도의 교류구간에도 적용가능)

[표 2-103] 에너지 저장시스템 설치 현황(지상용)

	도시철도(지상)		일반철도(지상)	고속철도(지상)	비고
전력공급방식	DC	AC	AC	AC	
슈퍼개퍼시터	설치 시험중	-	설치 시험중 (대용량화의 어려움)	-	
신개념의 대용량 고밀도 플라이휠	-	-	-	-	
이차전지	-	-	-	-	

○ 위 표에서 보는 것과 같이 에너지 저장 매체에 따른 적용 기술개발은 슈퍼캐퍼시터가 이미 도시철도의 DC 구간에 적용되고 있으며 AC 구간에서 일부 설치 시험 중에 있지만 대용량화에 어려움이 있음

○ 세계적 철도차량 회사인 Bombardier 사는 대용량 에너지 저장이 가능한 신개념의 지상용 플라이휠 에너지 저장시스템을 캐나다 시험선에서 2011년 10월부터 실증 시험중에 있음

○ 플라이휠 에너지 저장장치는 철도 차량의 제동시 발생하는 전기적 에너지를 고속으로 회전하는 플라이휠에 기계적 에너지로 저장하는 기술로서 비접촉식 베어링을 채용하는 방식의 경우 효율 저하를 방지할 수 있으며, 접촉방식에서 반드시 필요로 하는 윤활제를 필요로 하지 않고 소음이 발생하지 않기 때문에 환경오염 문제로부터 자유로운 장점을 갖추고 있음. 따라서 플라이휠 에너지 저장장치는 타 에너지 저장시스템과 비교했을 때 단위 무게당 에너지 저장 밀도가 월등히 뛰어나고 순간 출력량도 우수함.

○ 국내 플라이휠 에너지 저장시스템에 대한 연구는 한국원자력연구소와 한전 전력연구원을 중심으로 이루어지고 있으며, 전력연구원에서 개발된 5kWh 초전도 플라이휠 에너지 저장장치는 전체 시스템의 효율을 대폭 향상시켰으며 100kWh급 개발연구를 진행하고 있음.

○ 미국은 우주산업에서부터 도심형 버스까지 다양한 분야에 활용할 수 있는 플라이휠 관련 연구를 진행하고 있으며, ANL에서는 초전도 베어링 관련 연구를 주로 수행하고 보잉사에서는 플라이휠 시스템 개발을 주도하고 있음.

[표 2 - 104] 해외 플라이휠 주요 업체현황

업체명(국적)	생산품목과 주요특징	비고
Int'l Computer Products(미)	UPS, 5kW ~ 1,000kW, 15sec 방전 2분 충전	기계식
Flywheel Energy Systems, Inc(캐)	복합재 휠, 모터/발전기, 자기베어링	전자석
US Flywheel Systems(미)	NASA와 공동연구	전자석
Trinity Flywheel Power	100kW(5sec)-750kW(3sec), Power conditioner, UPS	전자석
Active Power(미)	Power conditioner와 UPS 65-1200kVA	전자석
Boeing(미)	5kWh급 개발	초전도베어링
MGE UPS Systems(미)	UPS 80-800kVA	전자석

자료) 지식경제부(2011), 2010년 신재생에너지백서

② 신재생에너지 연계 철도 전력망 구축 및 관리기술

○ 에너지 시장의 불안정으로 고유가가 지속되고 있으며, 화석연료의 경우 IEA 보고서에 따르면 2020년경, 미 에너지부의 경우 2030년 전후로 세계 원유 생산의 Peak 한계가 도래할 것이라 함. 따라서 태양, 바람 등과 같은 자연에너지의 개발은‘저탄소 사회’로 가기 위해 필수이고, 우리나라 전체에 존재하는 자연에너지의 총량 가운데 기기・시스템 효율 등 현재의 기술 수준으로 확보 가능한 신재생에너지 잠재량은 연간 약 17억 5만 TOE(석유환산톤)에 이르는 것으로 분석되며, 이는 석유・석탄・천연가스 등 국내 1차 에너지 연간 공급량(2억4075만TOE/2008년 기준)의 7배가 넘는 규모임.

○ 또한 신에너지 및 재생에너지 개발・이용・보급 촉진법(2011.6.10.시행)에서는 신재생에너지 산업에의 투자권고 및 신재생에너지 이용의무화 등을 규정하고 있으며, 국가 및 지방자치단체를 포함하여 공기업 및 정부가 대통령령으로 정하는 금액 이상을 출연한 정부출연기관 등에 신재생에너지를 이용하도록 신재생에너지 설비를 의무적으로 설치하도록 유도하고 있음.

○ 국내 철도 분야에서도 시범적인 태양광, 풍력 발전 등을 활용한 신재생에너지 활용을 위한 시도가 진행되고 있으며, 특히, 한국철도시설공단은 철도 5개 노선 총 65개 역사 승강장 지붕에 신재생에너지 시설을 설치할 계획을 가지고 있으며, 2012년부터는 전국 주요 철도역사 승강장 지붕 및 폐선 부지로 신재생에너지 시설 설치를 확대할 계획을 가지고 있음.

○ 미국, 일본, 유럽에서는 태양광발전 등 재생가능에너지의 보급촉진을 목적으로서, 보조금제도 등의 경제적 제도의 정비와 더불어 계통연계기술조건 등의 기술적 측면에도 가이드라인의 정비를 꾀하고 있음

○ 뉴욕지하철에서 운영하고 있는 Coney Island-Stillwell Avenue 역은 2005년 재건축이 완공되었으며 독일 Schott사의 건물일체형 박막 태양전지 모듈 2,800여개를 설치하였음.

○ 유럽은 EC(신재생에너지) 백서 Take off 캠페인의 일환으로 EU역 Roof Top 태양광 시스템 개발 프로젝트를 실시하였으며, 일본은 1992년부터 공공시설용 Field test 사업으로 총 86건 4,900kW의 태양광 시스템을 설치하고 죠에츠 신칸센 다카사키역 홈 지붕의 양단부에 지붕재 기능을 겸비한 건재 일체형 태양광 발전 모듈에 의한 태양광 발전 패널을 설치함.

○ 하지만 철도분야에서의 신재생에너지원의 대규모 연계는 전력품질 및 보호시스템에 대한 문제를 발생할 수 있어 계통 연계에 따른 기술적인 검토가 선행 되어야 하며, 에너지 최적 활용 측면에서 대규모 신재생에너지원을 포함한 전기에너지를 관리하기 위한 네트워크 구축과 통합 에너지 관리시스템에 대한 연구가 미비함.

③ 고효율 에너지 지능형 교류철도 변전소 기술

○ 변전자동화 분야 국제표준 통신규격인 IEC 61850가 2003년 제정되었으며, 국내에서도 2005년부터 IEC 61850 기반의 변전시스템 프로토타입을 개발하였으며, 2011년까지 IntelliStation 구축용 차세대 변전시스템 프로토타입 개발 연구가 진행되고 있으며, 2015년까지 국제표준형 디지털변전소를 75개소로 확대하는 등 궁극적으로 모든 변전소를 디지털화하는 계획을 추진 중임.

○ 국내외 전력기술은 발전소부터 말단 수용가까지 전력의 모든 정보를 네트워크상에서 공유하면서 시스템의 분산화와 중앙제어를 모두 꾀하는 방향으로 진화하고 있으며, 변전소 역시 운영과 관련된 감시·보호·제어시스템 및 전력설비에 대한 유지보수, 진단 등 다양한 정보가 소통되며 아날로그 시스템이 지능형 전자장치 IED(Intelligent Electronic Device)기반의 디지털 변전시스템으로 대체되고 있음.

○ 북미, 유럽을 비롯한 각국의 전력회사는 IEC61850 국제규격 제정에 발맞추어 사용 운전 중인 변전소에 IEC61850 SA 시스템을 구축하고 있음. 특히, 각 전력회사의 전력계통시스템에 적용할 수 있는 건설/운영기준, 자재 규격 및 절차 등을 독자적으로 구축하여 운영하고 있으며, 이러한 SA 표준화를 통하여 변전소내 전력설비의 대체, 증설, 건설 Project를 SA 시스템으로 확대 구축하고 있음.

○ 미국 Bradley 변전소에서는 사례 연구를 위해 멀티벤더가 참여하는 IEC61850 규격을 따르는 변전소 자동화 시스템을 적용하고 현재 운전 중이며, 독일 RWE Net AG, 캐나다 hydro One, 이태리 Terna, 미국 GPUD, 말레이시아 Tenaga, 세네갈, 베네수엘라, 인도, 오만, 불가리아 등 세계적으로 IEC61850을 이용한 변전소 자동화 사업이 급속도로 확대되는 추세임

○ 하지만 국내의 전철변전소의 경우에는 아직까지 기존의 변전소의 보호·제어시스템 방식의 다량의 제어 케이블과 각종 보조접점, 전자접촉기 등으로 구성된 아날로그 방식으로 구성되어 있어, 변전설비 설치의 복잡성 및 넓은 설치 공간의 필요에 따른 건설 및 유지보수 비용의 증가는 물론 오동작에 의한 고장으로 설비운영의 신뢰성을 떨어뜨리고 있음

○ 따라서 디지털 기반의 변전자동화 시스템은 기존의 시스템에서 제어기기들을 연결하기 위하여 필요했던 수많은 제어 케이블들을 네트워크용 지능형 제어기인 IED(Intelligent Electronic Devices)와 통신 네트워크 및 상위 HMI 시스템으로 대체함으로써 제어케이블과 보조계전기의 사용이 급격하게 감소하게 되고, 따라서 오동작이나 부동작에 의한 고장요인이 현저하게 줄어들고 신속한 사고 분석, 예방제어, 복구제어, 사고파급의 극소화를 실현할 수 있는 기반이 됨으로써 공급신뢰도 향상되며, 이에 따른 에너지의 효율적 관리 및 경제적 비용 절감 등이 예상됨.

④ 고효율에너지 교류철도 전력망 표준화 기술

○ 고속철도 급전계통은 한국전력공사로부터 154kV 전력을 수전하여 전철변전소에 설치된 스코트변압기와 AT변압기를 통해 차량에서 요구하는 단상 25kV 전력을 M상, T상으로 변환하고 전차선로를 통해 철도차량에 전력을 공급하는 방식임. 교류전기철도분야에서의 전기에너지 사용은 전철전력사용량과 일반전력사용량의 매년 3.6%정도로 증가하고 있으며, 향후 호남고속철도 개통 및 전철화의 확대로 인해 전기사용량의 대폭적인 증가가 예상됨.

[표 2-105] 전기에너지 사용현황 - 전철전력사용량

(단위 : 천kWh, 백만원)

구분	산업선		수도권		고속선		기타선		계		증가율(%)
	사용량	요금	사용량	요금	사용량	요금	사용량	요금	사용량	요금	
2007	194,302	16,569	895,644	61,285	390,974	30,669	286,664	23,566	1,767,584	132,088	3.9
2008	209,585	18,047	902,477	62,251	417,015	32,894	306,937	25,029	1,836,014	138,221	3.9
2009	185,189	16,948	884,261	61,466	481,029	35,687	306,044	25,361	1,856,523	139,462	1.1
2010	177,411	16,982	921,782	68,344	558,808	46,308	307,210	26,567	1,965,212	158,201	5.8

※ 증가율 : 연도별 증가(사용량 기준), ※ 전철변전소의 한국전력공사 거래량 기준임
자료) 2011년 전기업무자료(2011)

[표 2-106] 전기에너지 사용현황 - 일반전력사용량

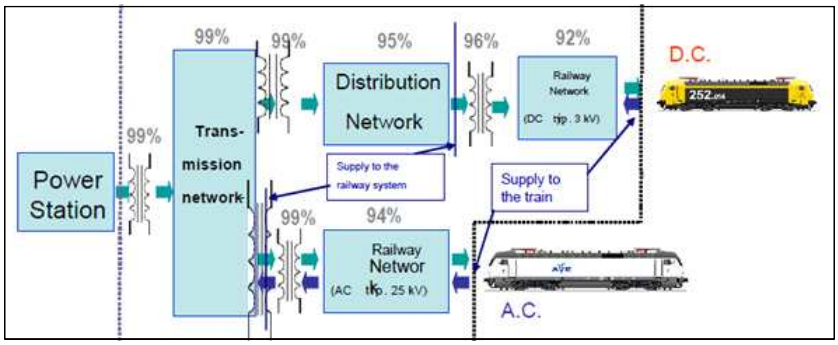
(단위 : 천kWh)

구분	전철일반용전력					일 반 용 전 력									계	증가율
	서울 수도권	충북 경북	부산	오송	소계	서울 수도권	강원	대전 충남북	광주 전남북	대구 경북	부산 경남	오송 경주	관리단 사옥관제	소 계		
2007	92,312	6,037	6,062	42,893	147,304	120,835	5,839	35,331	23,359	31,458	21,544	14,281	10,954	263,601	410,905	3.8
2008	96,546	5,859	5,774	42,770	150,949	118,755	5,845	38,310	23,225	30,976	20,694	12,662	11,048	261,515	412,646	0.4
2009	88,803	6,066	5,486	42,232	142,587	137,623	5,924	41,562	23,325	29,564	19,389	12,082	11,134	280,603	423,190	2.6
2010	94,901	3,167	5,380	38,807	142,255	150,055	5,722	53,859	25,407	29,340	22,770	12,613	12,249	312,015	454,270	7.3

※ 증가율 : 연도별 증가(사용량 기준), ※ 전철변전소의 한국전력공사 거래량 기준임

자료) 2011년 전기업무자료(2011)

○ 교류철도 변전소는 부하용량 및 사용전압 등에 따라 절연레벨, 설비용량 및 보호시스템 등을 설계하고 있으나 에너지 측면을 고려한 설계는 미비한 실정이며, 특히, 국내에서는 전력공급설비에 대한 에너지 효율에 대한 검토가 전무한 실정임. 해외에서는 단위 설비별 에너지 손실에 대한 분석을 통해 단위 설비의 효율 향상, 회생에너지 활용, 에너지 통합 관리 등의 연구가 활발히 진행 중임.



[그림 2-66] 철도공급시스템에서의 에너지 손실 사례(스페인)

○ 또한 해외에서는 변전소와 배전계통, 수용가를 통합 관리하는 시스템을 발주하고 있으며, 또 분산전원 도입이 확대되고 있어서 다양한 분산전원이 배전계통에 연계돼 운전할 경우 안정성을 보장하고 완벽한 통합운영 체계를 마련하는 데 집중하고 있음

○ 미국전력연구소(EPRI)는 2001년부터 전력과 IT를 결합한 스마트 전력망인 인텔리 그리드(IntelliGrid) 구축사업을 추진 중이며, Intel, Google, Dell, MS, NEC 컨소시엄은 전력절약기술 개발 및 IT 활용의 환경부하 감소 연구를 위해 CSIC 프로젝트 사업을 추진중임

○ EU는 국가간 경계를 넘어선 지능형 전력망 프로젝트를 추진하고 있고, 풍력 등의 신재생에너지의 확산에 적극적이며, 국가간 전력 거래에 초점을 맞추고 있음. 온실가스 감축과 에너지 보존 목표 달성을 위해 보다 친화적인 정책을 추진하고, EU 회원국의 온실가스 배출량을 2020년까지 1990년 대비 20% 감축을 목표로 점진적으로 2030년까지 지능형 전력 네트워크 분야에 투자하고 있음

○ 일본 전력중앙연구소에서는 전력의 안정공급, 재생가능 에너지의 원활한 도입과 활용, 수요측과 일체화된 에너지절약 및 에너지 유효 이용을 실현하기 위하여 지적(intelligent), 상호영향적(interactive), 통합적(integrated)의 뜻을 가지는 TIPS(Triple “I”

Power Systems)를 제안하여 추진중에 있음.

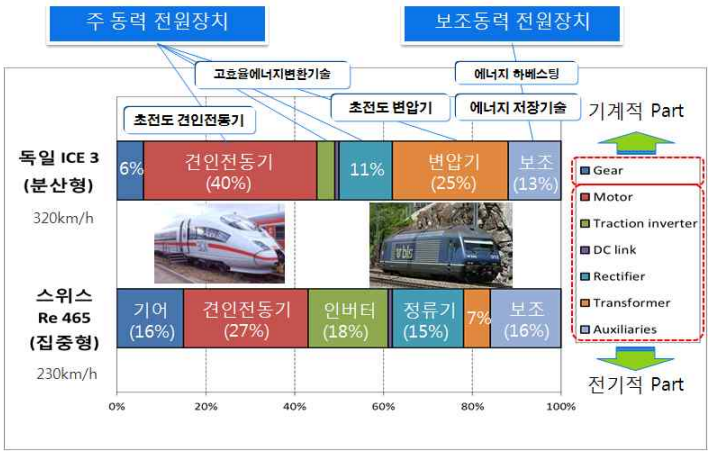
○ 따라서 현재 교류철도 전력망은 전력회사로부터의 전력 수전과 전력 변환/전달 등의 과정을 통해 0~25km 거리의 열차에 공급되기 때문에 변환 및 전달과정 에서의 에너지 손실이 발생하고 있어 고속철도에서의 에너지 고효율/운영 최적화를 위한 철도 전력망 개선을 위해 개별 설비에서 시스템까지 설계부터 운영까지 종합적인 분석/개발이 필요하며, 현장 적용을 통한 효율 및 신뢰성을 입증할 기술개발이 요구됨

⑤ 고효율 경량화 초전도 융합 주전원장치 기술 개발

○ 기존 엔진 기반의 철도에서 전동력을 이용한 전철로의 변화가 빠르게 진행되는 시점에서 견인전동기, 전력변환장치, 에너지 활용장치 등 전기동력 시스템에 대한 요소기술 확보 및 성능향상 연구개발이 필요함

○ 최근 고속차량의 동력방식이 점차 동력분산식으로 정착되고 2층열차, 저상 트랩 등의 확산에 따라 중량과 점유공간을 최소화 할 수 있도록 주요 핵심부품 및 장치의 소형화, 경량화, 고출력화 및 에너지효율 향상을 위한 기술개발이 필요함. 또한 동력방식에 따른 철도차량에서의 에너지 소비비율을 제시한 사례에서 알 수 있듯이, 철도 차량의 부품별 에너지 소비 형태를 보면 집중형과 분산형 모두 모터블럭의 에너지 소비가 가장 많은 것으로 나타나고 있음.

○ 또한 국내 철도차량에 적용되는 견인전동기의 출력밀도는 0.2~0.77kW/kg으로 전기자동차의 2.0kW/kg보다 낮은 수준이며, 추진 전력변환장치의 경우도 모듈화를 통한 소형 경량화가 이루어지지 않고 있음.



[그림 2-67] 철도차량 에너지소비 비율

[표 2-107] 국내 철도차량 견인전동기 출력밀도 수준비교

열차종류	KTX	TGV-POS	AGV
견인전동기 모터당 출력 (kW)	1,130	1,160	720
중량 (kg)	1,525	1,350	720
중량 대비 출력 (kW/kg)	0.74	0.87	1

○ 이러한 이유로 기존의 견인 전동기(3상 유도 전동기)가 가지고 있는 손실을 최소화함으로써 차량에서 소비되는 에너지를 최소화할 수 있으며, 이를 위해 초전도 기술을 도입한 초전도 견인 전동기에 대한 연구가 필요한 상황임.

○ 초전도 모터는 기존 모터 대비 70%의 대폭적인 손실을 저감할 수 있어 0.3~2% 이상의 효율 향상이 가능하고, 로터의 손실에 의한 열 발생으로 야기되는 반복 열 충격(thermal cycling)에 의한 수명저하문제를 해결할 수 있어 제품 수명이 기존 모터에 비해 연장되어 제품 제작비용을 절감하고 건설비용을 절감함으로써 원가 경쟁력을 확보할 수 있다는 장점이 있음.

○ 우리나라는 1MW(1300마력), 3600rpm 고속 초전도 모터를 개발하고 장기실증 시험 중에 있으며, 한국전기연구원과 두산중공업은 현재 5MW(6700마력)급 초전도 모터 개발을 목표로 프로젝트를 진행하고 있음. 한국전기연구원과 두산중공업은 2007년 기존 모터의 크기 및 무게의 1/3로 소형화하면서도 에너지 효율을 높일 수 있는 초전도 모터를 개발하여 산업용 모터로 활용하기 위해 노력하고 있음.

○ 일본은 NEDO 지원하에 국가과제로 연구기관과 기업간 상호 협력을 촉진하여 초전도 플라이휠 시스템에 대한 연구를 진행하고 있으며 ISTEC과 중부전력, 시코쿠 전력과 미쓰비시 중공업에서 5kWh급 제품을 제작하였음. 미국 AMSC은 미해군 군함 추진용으로 5MW, 36.5MW급 초전도 모터를 개발하였으며 독일 Siemens는 선박용 4MW급 초전도 발전기를 개발하였음.

○ 250Kw 3상 유도 견인 전동기 2대를 500Kw 1대의 초전도 견인전동기로 대체했을 경우 기본적인 효율 및 출력 밀도를 나타낸 것으로 초전도 견인전동기의 경우는 출력을 500Kw로 향상 시켰지만 무게는 기존의 250Kw 유도 견인전동기 보다 경량화가 가능하며, 효율도 월등히 향상되는 것을 알 수 있으며, 출력이 증가함에도 불구하고 견인전동기의 경량화로 인해서 출력밀도가 상당히 향상되는 것을 알 수 있음.

[표 2-108] 3상 및 초전도 견인 전동기 비교

3상 견인 전동기		초전도 견인 전동기	
출력	250Kw	출력	500Kw
무게	620Kg	무게	501Kg
부피	0.238m3	부피	0.355m3
효율	92%	효율	97.2%
출력밀도	0.4Kw/Kg	출력밀도	1Kw/Kg

⑥ 철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술개발

○ 일반적인 철도차량의 보조전원장치는 현재 전기차량에 적용되어 널리 사용되고 있으나, 장치에 대한 효율 및 용량, 무게 등에 대한 관리는 이루어지지 않고 있음

○ 철도차량의 보조전원장치의 경우 주 동력원을 담당하고 있는 주컨버터 인버터에 비해 기술개발 투자가 많이 이루어지지 않았음.

○ 그러나 철도차량의 보조전원장치는 주 동력장치에 비해 전력이 소비가 적으나 고정적인 부하로 인해 차량기동시 항상 소비되는 부하를 담당하고 있음

○ 이는 철도차량의 보조전원장치의 고효율 및 스마트 기술 접목을 통한 기술개발 이득이 상대적으로 많음

○ 철도차량의 보조전원장치는 모든 전기철도차량에 사용되고 있으며, 고효율 스마트 보조전원 장치 개발로 차량기술을 한단계 상승 시킬수 있음.

(3) 문제해결을 위한 필요 기술 분석

○ 고속철도는 한국전력으로부터 전력을 수전 받아 변환 및 전달하여 철도 견인에 이용하기 때문에 전력의 변환과 전달에서 발생하는 손실이 발생함으로 설비 및 시스템 단위의 에너지 손실에 대한 분석이 요구되며, 이를 바탕으로 손실저감, 안정적인 전력공급 및 에너지 효율을 높이기 위한 장치 개발이 요구됨.

○ 에너지 최적 활용을 위해 기존의 아날로그 변전소를 차세대 표준방식의 지능형 디지털 변전소로 변경하기 위한 기술개발이 요구됨.

○ 신재생에너지원의 확대에 따라 철도급전계통과의 연계기술 및 활용기술이 필요함.

○ 철도차량이 소비하는 에너지의 약 80%는 주동력(견인전동기 및 변압기)에서 소비되고 나머지 약 20%는 차량의 전등 및 냉난방 시스템과 같은 보조전원에서 소비되기 때문에 차량분야에서 에너지 효율을 극대화하기 위해서는 동력공급 장치 및 부하측에서 효율 개선을 위한 기술 도입 및 개발이 요구됨.

① 무보수 속응형 전력공급 안정화 향상기술

○ 에너지 저장시스템을 활용하여 전력공급을 안정적으로 유지시키기 위해서는 교류구간의 경우 직류 구간에 비해서 대용량의 에너지 저장 매체가 필요하며 또한 빠른 충방전 응답특성을 갖는 에너지 저장 시스템을 필요로 함

[표 2-109] 에너지 저장매체 특성 비교

특성	슈퍼캐퍼시터	배터리	비접촉식플라이휠
방전시간	< a few minutes	0.3 ~ 3hours	second order
충전시간	second order	hour order	second order
에너지 밀도[KWh/kg]	0.005 ~ 0.01	20 ~ 100	0.02 ~0.04
출력 밀도[KW/kg]	1 ~ 2	0.05 ~ 0.2	MG 의 출력능력에 따름
수명(회)	>5 · 105	< 1000	반영구적

○ 위 표는 에너지 저장매체의 특성을 비교한 것으로서 충방전의 속응성과 에너지 저장밀도에서 비접촉식 플라이휠이 우수한 특성을 보이고 있음.

○ 교류구간의 피크전력을 저감함으로서 에너지 효율화를 달성하기위해서는 지상의 1개소당 약 1000Kw의 출력을 감당할 수 있는 에너지 저장 매체가 필요하며 이러한 출력은 에너지를 저장할 수 있는 용량에 의해서 결정되어짐

○ 아래표는 지상의 임의의 변전소에서 3%가량의 에너지 절감을 달성하기 위해서 약 1000Kw의 출력을 감당할 수 있는 에너지 저장매체에 대해서 기본 전기요금기준으로 경제성을 간단히 분석한 것을 보여줌

○ 표에서 보듯이 지상 1개소에서 최대 약 6천만원의 에너지 사용비용 절감효과를 달성할 수 있으며 지상의 여러개소에 이러한 에너지 저장매체가 설치되면 경제적 파급효과는 더욱 커질것으로 판단됨

[표 2-110] 3% 에너지 절감에 따른 경제성

전기사용량	기본요금	전력량	합계	비 고
계산 방식	Peak전력 / 15분 * 4910원/1Kw	사용량	기본요금 + 전력사용량	
계산 예	34,000Kw/ 15분 *4910원/1Kw = 약 1.67억	-	-	
3% saving	33,000Kw/ 15분 *4910원/1Kw = 약 1.62억	-	-	최대 6천만원 절약/년

○ 이상의 간단한 경제성 분석에 의하면 가장 효과적으로 에너지 소비비용절감 효과를 달성하기 위해서는 약1000Kw 출력을 감당할 수 있는 에너지 저장 매체가 필요하고, 저장매체의 운영에 소비되는 유지보수비용을 최소화시킴으로서 회수기간을 단축시킬 수 있는 저장매체의 선정이 중요함

○ 이상의 분석을 통하여 고밀도 대용량 에너지 저장매체를 필요로 하는 교류구간에서는 비접촉식 플라이휠 에너지 저장 시스템이 적합하다고 판단됨

② 신재생에너지 연계 철도 전력망 구축 및 관리기술

○ 신재생에너지 시스템은 신재생전력만으로 부하에 전력을 공급하는 독립형 시스템, 급전계통에 직접 연계되어 전력을 공급하는 계통 연계형 시스템으로 나뉨. 이러한 에너지원은 전력계통과 연계 운전함으로써 보다 안정한 전원을 얻을 수 있음과 동시에 잉여전력을 계통에 공급함으로써 다양한 에너지원의 효율적 활용도 가능하다는 점에서 기존의 배전계통과 연계를 취하는 형태로 도입・보급되는 것이 바람직함.

○ 철도전력망 연계를 위한 신재생 에너지의 발전 기술 중 근접성이 높은 분야간 기술연계를 통해 기술개발의 효율을 극대화하고 시너지 효과를 제고, 태양광, 풍력 등 에너지 생산, 전달, 이용과 관련된 전 프로세스에서 다양한 기술간 연계성을 확보하는 것이 필요함.

○ 이를 위해 신재생에너지 철도전력 효율성 및 경제성 분석에 따라 분산전원으로서 신재생 에너지(풍력, 태양열 등) 철도급전계통연계 기술과 신재생에너지 통합 관리 및 최적운영시스템 개발이 요구됨.

③ 고효율 에너지 지능형 교류철도 변전소 기술

○ 국제 표준의 변전자동화 시스템의 도입에 따라 철도변전소에 대한 표준화된 시스템에 대한 연구가 필요하며, 해외에서 수입되고 있는 급전계통 보호시스템의 국산화 및 향후 신재생에너지 연계에 따른 전력망 구성을 고려한 기술개발이 필요함.

○ 이를 위해 지능형 고속철도 변전소 기술은 기존의 아날로그형 전철변전소를 차세대 변전소 표준을 적용한 디지털기반의 변전소로 개발하고 종합 운영하는 기술이 요구됨.

④ 고효율에너지 교류철도 전력망 표준화 기술

○ 에너지 고효율/운영최적화를 위한 철도 전력망 개선은 개별 설비에서 시스템까지 설계부터 운영까지 종합적인 분석/개발이 필요하며, 현장 적용을 통한 효율 및 신뢰성을 입증할 기술개발이 요구됨.

○ 이를 위해 교류철도 전력망을 구성하는 주요 설비들을 기준으로 한 에너지 맵 작성 및 분석을 통한 전력망 내 핵심 전력 전달/변환 설비의 효율 향상 방안 및 핵심장치를 개발하는 기술이 필요함.

○ 에너지 고효율화 및 운영 최적화를 위한 교류철도 전력망의 요구사항(절연, 설비용량, 보호시스템 등)을 분석하여 교류철도 전력망의 표준 설계 모델을 제시하고 종합 성능 평가 기술이 요구됨.

⑤ 고효율 경량화 초전도 융합 주전원장치 기술개발

○ 철도차량의 주전원시스템의 경우 기존의 코일/철심을 기반으로 제작된 손실에 의한 시스템 고효율화 달성에 한계가 있으나 기존 시스템을 기반으로 초전도 기술을 도입함으로써 기존 철도차량의 전체 고효율화를 달성하는 기술임.

○ 선박과 전력망에 적용하기 위해 확보된 초전도 원천기술은 국내기술이 이미 선진화를 달성한 상태이므로 이를 적극활용하여 철도차량에 필요한 사양을 도출하고 최적화하는 연구가 중요함.

○ 철도차량의 경우 추진시스템은 일반적으로 3상 유도전동기를 채용하고 있지만 유도전동기는 일반적으로 고정자 철심에 의한 손실, 회전자의 와류손 등과 같은 손실 등으로 효율이 최대 92%를 넘기 어려우며 철심의 무게로 인해서 경량화 설계가 어려운 단점이 있음.

○ 따라서 추진시스템에 초전도 기술을 도입하여 회전자 코일을 초전도 코일로 대체하고, 고정자 철심의 손실을 없애기 위해서 철심 대신에 경량화가 가능한 복합재를 이용할 경우 모터의 효율을 97%까지 향상시키는 것이 가능하며 무게 또한 상당히 가볍게 하는 것이 가능함

○ 이를 위해서 기존 엔진 기반의 철도에서 전동력을 이용한 전철로의 변화가 빠르게 진행되는 시점에서 견인전동기, 전력변환장치, 에너지 활용장치 등 전기동력시스템에 대한 요소기술 확보 및 성능향상 연구개발이 필요함

⑥ 철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술개발

○ 현재 기존선 전기철도차량의 경우 전철화 사업이 최근에 활발히 진행되고 있어 앞으로 발주되는 차량의 경우 대부분 전기차량이며, 이러한 전기차량의 효율적 차내 부하 관리를 위해 고효율 스마트 보조전원장치 개발이 필요함.

○ 차량의 주된 에너지 사용은 추진전력이지만 승객의 편의시설 및 각종제어 전원은 보조전원장치에서 담당하고 있어 보조전원장치의 효을화는 차량 전반의 전력사용량을 절감할 수 있음.

○ 차량의 회생에너지는 가선으로 회생하는데는 한계가 있어 별도의 회생에너지 충전시설이 필요하지만, 본 시스템의 경우 차내 기저부하를 활용함으로서 충전설비에 비해 효과적으로 운용할 수 있음

[표 2-111] 철도 에너지 관련 필요기술 분야 정의 및 내용

필요 기술 분야	정의 및 내용
무보수 속응형 전력공급 안정화 향상기술 개발	고밀도 에너지 저장기술을 활용하여 교류구간의 전력 공급 안정화 향상기술
신재생에너지 연계 철도 전력망 구축 및 관리기술	분산전원으로서 신재생 에너지(풍력, 태양열 등) 철도급전계통연계 기술 및 신재생에너지 통합 관리 및 최적운영시스템 기술
고효율 에너지 지능형 교류철도 변전소 기술개발	에너지 최적 관리를 위해 기존의 아날로그형 전철변전소를 차세대 변전소 표준을 적용한 디지털 통신기반의 지능형 변전소로 개발하고 종합 운영하는 기술
고효율에너지 교류철도 전력망 표준화 기술	고속철도 전력망의 고효율화, 운영최적화 및 설비의 안정성을 위해 주요 단품설비로부터 시스템의 현황을 분석하고, 현재 설비 및 시스템의 에너지 효율 및 신뢰도를 향상시키는 표준화된 설계, 제작 및 운영기술
고효율 경량화 초전도 융합 주전원장치 기술	철도차량용 고효율, 경량화 초전도 융합 주전원장치(주변압기, 견인전동기) 핵심 기술개
철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술개발	철도차량의 차량내 부하를 효율적으로 관리하고, 차량에서 발생하는 회생에너지를 차량내 부하에 재사용하는 기술로 친환경 에너지 활용가능한 고효율 스마트 보조전원장치를 개발

(4) 기술개발의 중복성 검토

필요기술	세세부 과제명	주요내용	유사 국가 R&D 과제용		차별성
			과제명	주요내용	
무보수 속응형 전력공급 안정화 향상 기술	- 비접촉식 고속회전 기술 - 전력변환 기술 - 진공 및 냉각 기술 - 철도 시스템 적용기술	- 플라이휠 로터 설계 및 해석 기술 - 플라이휠 제작 기술 - 플라이휠 지지 베어링부 설계 및 제작 기술 - 제어 및 power electronics - 회전 및 발전을 위한 모터/발전기 설계 및 제작 기술 - 진공 및 안전을 위한 프로텍터 설계 및 제작 기술 - 철도시스템 적용 기술	100Kwh 급 초전도 베어링 및 냉각기술 개발(한국에너지기술평가원 '08.11-'11.10)	초전도 벌크 type의 베어링을 이용하여 100kwh의 에너지를 저장하기 위한 에너지 저장 시스템으로 풍력 발전에 적용하는 것으로 목적으로 함	본 과제에서는 자기베어링을 이용한 1kwh급의 철도 전용 에너지 저장 시스템을 제안하고 있으며, 값비싼 초전도 재료를 채용하지 않기 때문에 비용절감을 통한 기술구현이 가능하고, 자기베어링에 의한 에너지 저장 시스템의 개발은 시도된 적이 없음
			차상 회생에너지 저장장치 개발 (철도핵심부품 및 장치고도화 개발 기획보고서)	전동차 탑재용 에너지 저장장치 설계 및 BMS(Battery Management System) HW, SW 설계 제작	본 기획과제는 지상용 대용량 플라이휠 에너지 저장 장치의 저장 기술 및 관련 제어기술에 대한 기획을 수행하는 것을 목표로 하고 있지만 철도핵심부품 및 장치 고도화 기획보고서에는 이러한 내용은 포함되어 있지 않음
			2011 미래 도시철도 기술개발사업 - 도시철도차량 탑재용 회생에너지 저장 및 활용기술개발 기획 (2012 년 1월 과제 수행 개시예정)	도시철도차량에서 발생하는 회생에너지를 차상에서 효율적으로 저장하여 재활용함으로써, 차량의 전력소모량 절감을 위한 상세 연구개발내용 도출 및 추진전략 수립	- 본 기획과제에서 다루는 지상용 대용량 플라이휠 에너지 저장시스템과 관련된 구체적인 기획내용은 포함되어 있지 않음 - 철도핵심부품 및 장치고도화 개발기획의 내용과 유사함
신재생에너지 연계 철도 전력망 구축 및 관리기술	신재생에너지 (분산전원) 철도전력망 연계기술	• 신재생 에너지원별 효율분석기술 • 고효율 전력변환장치 기술 • 철도 전력품질 향상 기술 • 신재생에너지원 연계 표준화 체계구축기술	미래철도 기반기술 개발 기획과제 (한국건설교통기술평가원/2009)	o 신재생 에너지(풍력, 태양열, 압전소자 등)를 이용한 에너지 절약형 철도 시스템 개발 및 신재생 에너지 전력 계통 연계기술개발 과제 기획 o 철도 인프라 향상을 위한 핵심기술 개발 과제 상세기획 검증	o 본 과제는 신재생에너지(분산전원)를 이용하기 위해 철도전력망에 연계하기 위한 기술로 신재생 에너지원 분석 및 전력변환장치, 전력품질 및 연계 표준화 구축기술임. 유사과제의 경우 철도에 적용하기 위한 다양한 신재생 에너지원에 대한 적용 타당성 조사에 국한되어 기획된 과제로 철도전력망 연계를 위한 기술과는 중복성이 존재하지 않음.

필요기술	세세부 과제명	주요내용	유사 국가 R&D 과제용		차별성
			과제명	주요내용	
	신재생에너지 관리를 위한 네트워크 구성기술	• 철도 전력데이터 계측 및 수집 기술 • 철도 전력데이터 통합 저장 및 관리/분석기술 • 철도전력망용 데이터 취득장치 개발 기술	NTIS 중복성 검토결과	o 신재생에너지 연구내용 유사과제 17건 o 에너지효율 - 연구목표 유사과제 1건 o 전력품질 - 연구목표 유사과제 1건 - 연구내용 유사과제 22건	o NTIS 중복성 검토 결과 과제의 상세 내용 확인이 불가능하며, 유사과제 검토 결과 건수에 해당하는 과제에 대한 조사가 더 필요할 것으로 판단되나, 철도분야에서의 신재생 에너지 적용과 관련한 연구사업 수행 사례가 없는 것으로 조사되어 중복성은 없음.
	신재생에너지 최적 활용 기술	• 분산형 전원 철도 최적 설치 위치 분석 • 분산형 전원 적정 설치 용량 분석 • 신재생 에너지원 운영 기술 • 철도전력 최적화 운영 기술 • 피크부하 관리기술			
	신재생에너지 통합관리 시스템 및 운영 기술	• 철도전력망 보호 및 자동제어기술 • 전력품질 감시 기술 • 통합시스템 운영기술			
고효율 에너지 지능형 교류철도 변전소 기술개발	표준 네트워크 기반의 지능형 전철변전소 구축기술	• 지능형 전철변전소 자동화 모델 및 사양 작성 • 지능형 전철변전소 통합 설계기술 • 전철변전소 통합 네트워크 및 통신시스템 구축기술 • 네트워크 관리 및 보안 기술 • 외부(상위)시스템 연계 기술 및 핵심장치 개발	경량전철용 전력공급 시스템 기술개발 (한국건설교통기술 평가원/1999~2004)	o 변전소 설계 수정 및 보완 - 표준 변전소 설계 미비점 보완 o 시스템 엔지니어링 자료작성 - 시스템 주요 설비 분석 및 설계 o 기기별 사양서 제정 o 변전설비 및 전차선 설비 기술자문 o 기기별 시험 및 평가 방안 작성	o 본 과제는 표준 네트워크 기반의 지능형 변전소의 자동화를 위한 기술이고, 경량 전철용 전력공급시스템 기술은 한국형 경량전철 시스템을 위한 경량전철용 변전소에 설계 및 기기사양 등을 제시 하는 기술로 기술적 연관성이 미비하며, 적용되는 대상에서도 차별성이 있음.

필요기술	세세부 과제명	주요내용	유사 국가 R&D 과제용		차별성
			과제명	주요내용	
	지능형 전철 변전소 통합 운영기술	• 지능형 전철변전소 감시 보호제어 기술 • 전력품질 제어기술 • 전력설비 예방진단기술 • 에너지 최적화 기술 • 변전소 운영 통합 HMI 개발	도시철도 급전시스템 표준화 연구 (한국건설교통기술 평가원/2001~2004)	o 도시철도전력시스템 표준화 기준서 작성 o 도시철도 전력분야 핵심장치 국산화 기술개발 o 도시철도 전력 시스템 설계검증/ 시험용 시뮬레이터 구축	o 도시철도 급전시스템 표준화 연구는 직류 1500V 시스템에 전력을 공급하기 위한 도시철도 급전시스템의 표준화 기준 및 핵심장치를 연구하는 과제로 고속철도 변전소 운영을 위한 감시, 보호제어, 에너지 최적화 등 통합 운영 기술과는 기술적 연관성이 미비하고, 적용 대상에서도 차별성이 있음.
	지능형 단말 장치 및 데이터 취득 장치 개발	• 급전회로 보호/제어용 IED 기술 • 전력품질 IED 기술 • 전력설비 예방진단 IED 기술 • 기존 단말장치 연계형 RTU	NTIS 중복성 검토 결과	o 계측기술 -연구목표 유사과제 5건 o 수집기술 -연구목표 유사과제 5건 o 저장, 관리, 분석 -연구목표 유사과제 5건 -연구내용 유사과제 1건 o 피크부하 -연구목표 유사과제 93건 -연구내용 유사과제 3건 o 전력품질 감시 -연구내용 유사과제 37건	o NTIS 중복성 검토 결과 과제의 상세 내용 확인이 불가능하여 유사과제 검토 결과 건수에 해당하는 과제에 대한 조사가 더 필요할 것으로 판단되나, 철도변전소 자동화를 위한 연구사업 수행 사례가 없는 것으로 조사되어 중복성은 없음.
	지능형 전철 변전소 자동화 검증기술	• 변전소 자동화 검증 시스템 개발 • 전력설비 진단용 센서 기술개발 • 데이터 취득장치(MU)			
고효율에너지 교류철도 전력망 표준화 기술	고속철도 전력망 최적화 기술(효율, 용량, 절연등급, 보호 등)	• 전력설비별 전력 변환 효율 분석 • 전력설비별 전력량 분석 및 최적화 • 전력설비별 절연등급 분석 및 최적화 기술 • 급전계통 보호시스템 최적화	경량전철용 전력공급시스템 기술개발 (한국건설교통기술 평가원/1999~2004)	o 변전소 설계 수정 및 보완 - 표준 변전소 설계 미비점 보완 o 시스템 엔지니어링 자료작성 - 시스템 주요 설비 분석 및 설계 o 기기별 사양서 제정 o 변전설비 및 전차선 설비 기술자문 o 기기별 시험 및	o 본 과제는 고속철도 전력망의 에너지 효율적 사용을 위한 설비별 전력변환 효율, 설비용량, 절연 등급 등에 대한 최적화를 위한 연구이며, 경량전철용 전력공급시스템 기술은 한국형 경량전철 시스템을 위한 경량전철용 변전소에 설계 및 기기사양 등을 제시하는 기술로 기술적 연관성이 미비하며, 적용되는 대상에서도 차별성이 있음.

필요기술	세세부 과제명	주요내용	유사 국가 R&D 과제용		차별성
			과제명	주요내용	
				평가 방안 작성	
	고속철도 전력망 설계 표준모델 개발	• 에너지 효율 및 운영 최적화를 위한 급전계통 구성 • 고속철도 급전계통 표준 모델 개발 • 고속철도 전철변전소 성능검증 및 안전성 향상 방안 마련	도시철도 급전시스템 표준화 연구 (한국건설교통기술 평가원/2001~2004)	o 도시철도 전력 시스템 표준화 기준서 작성 o 도시철도 전력분야 핵심장치 국산화 기술개발 o 도시철도 전력 시스템 설계 검증 /시험용 시뮬레이터 구축	o 도시철도 급전시스템 표준화 연구는 직류 1500V 시스템에 전력을 공급하기 위한 도시철도 급전시스템의 표준화 기준 및 핵심장치를 연구하는 과제로 고속철도망의 설계 표준모델과는 기술적 연관성이 미미하며, 적용 대상에서도 차별성이 있음.
	고효율 변압기 기술개발	• 고효율 변압기 설계 표준화 및 표준규격 작성 • 고효율 변압기 제작 • 성능시험기준 작성 및 운영노선 현장시험	o 해당사항 없음		o 건교평 연구관리시스템 및 NTIS 중복성 검토 결과 교류 철도전력망 최적화에 관한 유사과제가 존재하지 않아 중복성 존재하지 않음
고효율 경량화 초전도 융합 주전원장치 기술	- 고효율추진시스템 설계 및 제작기술 - 초전도 전동기 설계 및 제작기술 - 냉각 시스템 설계 및 제작 기술	- 계자코일 석계 및 제작 기술 - 고정자/회전자 살계 및 제작 기술 - 초전도 동력기반 전원 시스템 설계 및 제작	NTIS 중복성 검토결과	초전도 관련 연구내용(5편)	- 본 과제에서는 고속열차의 추진시스템 효율을 높이기 위한 초전도 모터의 적용성 연구로서 철도차량에 적합한 초전모터의 개발이 과제 목표임. - 따라서 기존의 초전도 모터 개발과는 차별화간 가능하며 특히 철도차량을 위한 초전도 모터의 개발 및 적용은 세계최초임
			고출력밀도 추진시스템 개발 (철도핵심부품 및 장치고도화 개발 기획보고서)	- 영구자석 매입 동기형 견이전동기 설계 및 제작기술 - 모터최대효율 93% 달성 - 출력밀도 20%향상 달성	- 본 기획과제에서는 철도차량 탑재용 초전도 견인전동기의 설계 및 제작기술에관해서 기획을 수행함 - 모터최대효율 97.2% 달성 - 출력밀도 40% 향상 달성

필요기술	세세부 과제명	주요내용	유사 국가 R&D 과제용		차별성
			과제명	주요내용	
철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술개발	- 차량부하 관리를 통한 고효율 스마트 보조전원장치 개발	- 차량의 부하관리를 통한 고효율 보조전원장치 개발 - 차량의 부하간 최적효율을 유지하기 위한 모니터링시스템 개발	- 해당사항 없음		- 차량내 부하는 현재 설계된 용량에 따라 사용되고 있으나 부하관리를 통해 모니터링 및 효율향상을 위한 고효율 스마트 보조전원장치 개발을 추진함
	- 차량 회생에너지 차량 내 부하를 활용한 재사용 기술개발	- 차량내 회생에너지를 차량 내부 부하에 상용하는 기술 - 차량의 부하를 관리할 수 있는 부하관리시스템 개발	- 해당사항 없음		- 철도차량의 에너지 재활용 문제는 연구개발이 지속적으로 이루어 지지만, 차량내 부하를 활용한 재사용을 연구된적이 없어 본 연구를 통한 철도차량 에너지 재활용 고효율 스마트 보조전원장치 개발을 추진함
고속철도차량 에너지 하베스팅 적용 기술	- 열차진동특성 분석기술 - 하베스터 구조설계 기술 - 고효율 회로설계 및 적용기술	- 압전 하베스터기술의 철도차량 적용을 위한 시스템 기술 개발	2011년도 미래철도 기술개발사업 - 철도차량 적용을 위한 압전 하베스팅 시스템 개발 (9억/2년6개월)	- 압전 하베스팅 기술의 철도차량 적용을위한 압전 하베스팅 기술개발	- 본 기획과제 수행 기간중 건설교통기술평가원의 상시제안과제로 유사과제가 제안되었으며 현재 협약 완료 상태로 본 기획과제내에서 압전하베스팅 관련 기술개발을 위한 기획은 중복 기획이므로 필요하지 않다고 판단됨

○ 중복성 검토 의견

- 무보수 속응형 전력공급 안정화 향상 (비접촉식 플라이휠)기술관련 과제는 지상 교류구간 설치용 고밀도 대용량 에너지 저장 시스템과 관련된 기술로서 수행된 바가 없으며 기 기획된 철도 핵심부품 및 장치 고도화 개발 기획에서도 밧데리 혼합형 차상용 에너지 저장시스템에 대해서 간략하게 다루고 있어 고밀도 대용량 지상교류구간용 비접촉식 플라이휠 에너지 저장 시스템 기술개발과는 중복성은 없다고 판단됨

- 신재생에너지(분산전원)를 이용하기 위해 철도전력망에 연계하기 위한 기술로 신재생에너지원 분석 및 전력변환장치, 전력품질 및 연계 표준화 구축기술임. 유사과제의 경우 철도에 적용하기 위한 다양한 신재생 에너지원에 대한 적용 타당성 조사에 국한되어 기획된 과제로 철도전력망 연계를 위한 기술과는 중복성이 존재하지 않음. 또한 신재생에너지 네트웨크 구성, 최적 활용 기술, 통합관리 기술 등도 철도에서의 신재생 에너지 적용과 관련한 연구사업 수행 사례가 없는 것으로 조사되어 중복성이 없음.

- 고효율 에너지 교류철도 전력망 표준화기술은 일반철도 전력망의 에너지 효율적 사용을 위한 설비별 전력변환 효율, 설비용량, 절연 등급 등에 대한 최적화를 위한 연구이며, 고효율 에너지 지능형 교류철도 변전소 기술은 표준 네트워크 기반의 지능형 변전소의 자동화를 위한 기술로 타과제와의 기술적 연관성이 미비하며, 적용되는 대상에서도 차별성이 있음.

- 고효율 경량화 초전도 융합 주전원장치 기술은 기존의 견인전동기 및 주전원 핵심부품인 변압기의 효율을 향상시키기 위해서 초전도 전동기 및 초전도 변압기의 설계기술을 철도차량에 적용하기위한 기술개발로서 지금까지 시도된 적이 없는 새로운 기술개발 영역임. 또한 설계 목표 효율을 초전도 전동기의 경우 97.2%로 함으로서 기존의 기술로는 달성하기 어려운 목표 사양을 제시함으로서 기술의 차별성이 명확하다고 판단됨.

(5) 기술개발 분야 검토

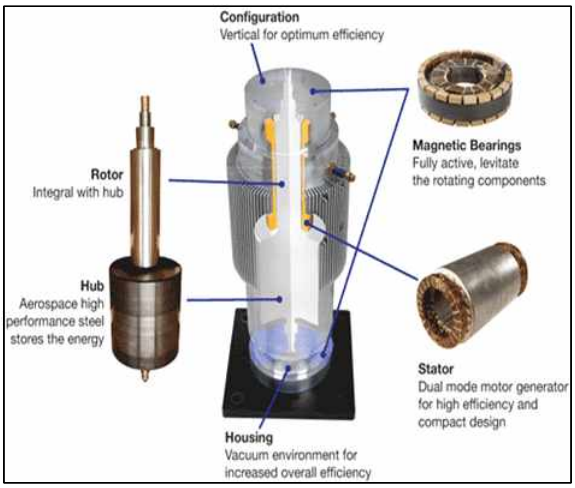
[표 2-118] 기술개발 필요 분야 검토

필요기술분야	기 추진과제	시급성 부족과제	현실성 부족 과제	수요조사 제시 과제	기술개발 시급 과제	기술개발 필요 여부
무보수 속응형 전력공급 안정화 향상기술				○	○	○
신재생에너지 연계 철도 전력망 구축 및 관리기술				○	○	○
고효율 에너지 지능형 교류철도 변전소 기술				○	○	○
고효율에너지 교류철도 전력망 표준화 기술				○	○	○
고효율 경량화 초전도 융합 주전원장치 기술				○	○	○
철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술개발				○	○	○

① 무보수 속응형 전력공급 안정화 향상 기술

○ 대용량 고밀도 비접촉식 플라이휠 에너지 저장기술을 활용하여 교류구간의 전력 공급 안정성을 향상 시키는 기술로서, 철도 차량의 제동시 발생하는 전기적 에너지를 고속으로 회전하는 플라이휠에 기계적 에너지로 저장하며 기존 연구와의 중복성이 없으며, 영구자속 혼합형 전자석 베어링을 이용한 2kW급 플라이휠 에너지 저장시스템 개발 등의 수요조사가 제시되었으며, 연구개발이 시급한 기술이며, 주요 핵심 연구 분야는 다음과 같음.

- 플라이휠 로터 설계 및 해석 기술
- 플라이휠 제작 기술
- 플라이휠 지지 베어링부 설계 및 제작 기술
- 제어 및 power electronics
- 회전 및 발전을 위한 모터/발전기 설계 및 제작 기술
- 진공 및 안전을 위한 프로텍터 설계 및 제작 기술
- 철도시스템 적용 기술



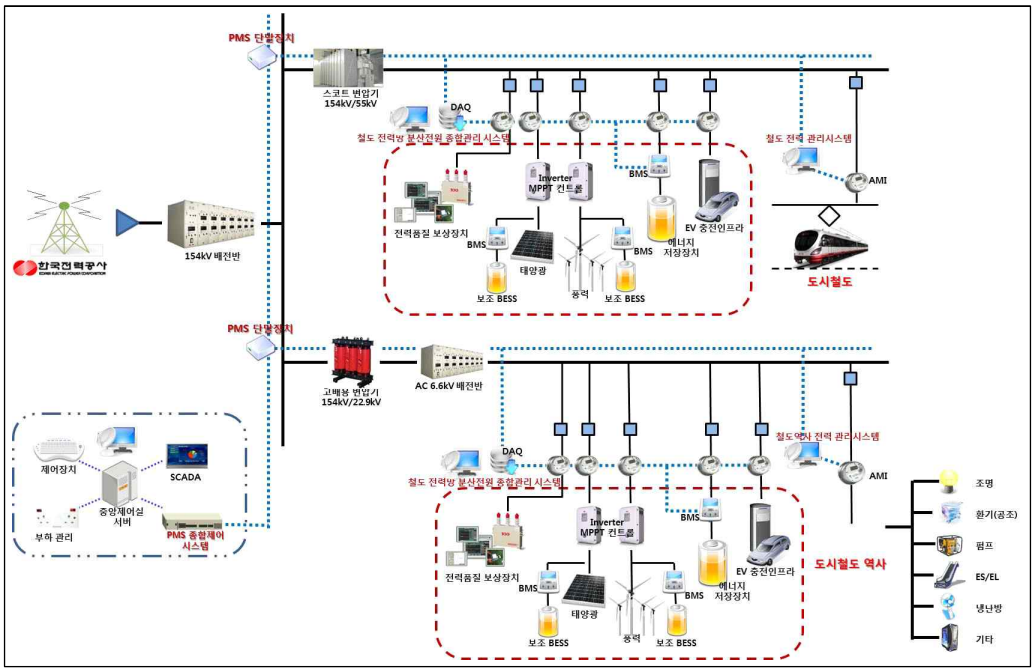
[그림 2-68] 플라이휠 에너지저장장치 구성도

② 신재생에너지 연계 철도 전력망 구축 및 관리기술

○ 분산전원으로서 신재생 에너지(풍력, 태양열 등) 철도급전계통연계 기술 및 신재생에너지 통합 관리 및 최적운영시스템 기술로 기존 연구와의 중복성이 없으며, 주행풍을 이용한 에너지 개발 및 그에 따른 철도전력망 구성 등의 수요조사가 제시되었으며, 연구개발이 시급한 기술이며, 주요 핵심 연구분야는 다음과 같음.

- 신재생에너지(분산전원) 철도전력망 연계기술
- 신재생에너지 관리를 위한 네트워크 구성기술

- 신재생에너지 최적 활용 기술
- 신재생에너지 통합관리 시스템 및 운영 기술

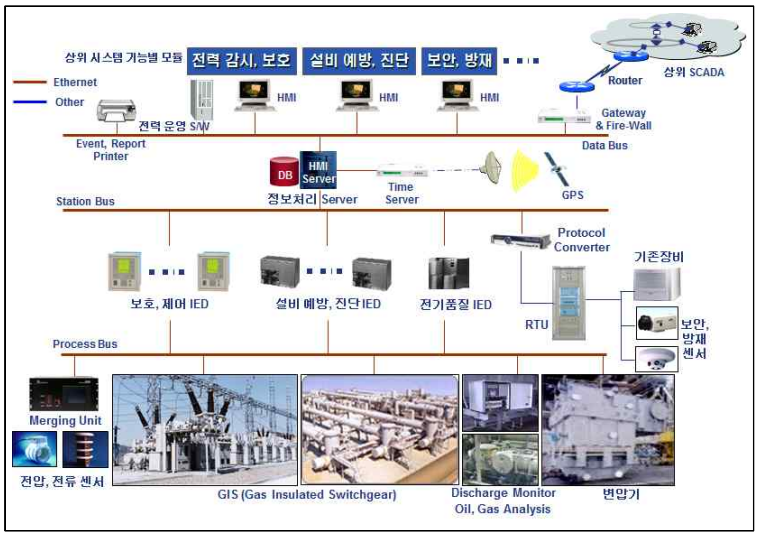


[그림 2-69] 신재생에너지원 연계 전철전력망 구성도

③ 고효율 에너지 지능형 교류철도 변전소 기술

○ 에너지 최적 관리를 위해 기존의 아날로그형 전철변전소를 차세대 변전소 표준을 적용한 디지털 통신기반의 변전소로 개발하고 종합 운영하는 기술로 기존 연구와의 중복성이 없으며, 에너지 최적 활용을 위한 철도전력망 지능화 기술 등의 수요조사가 제시되었으며, 연구개발이 시급한 기술이며, 주요 핵심 연구분야는 다음과 같음.

- 표준 네트워크 기반의 지능형 전철변전소 구축기술
- 지능형 전철변전소 통합 운영기술
- 지능형 단말장치 및 데이터취득장치 개발
- 지능형 전철변전소 자동화 검증기술

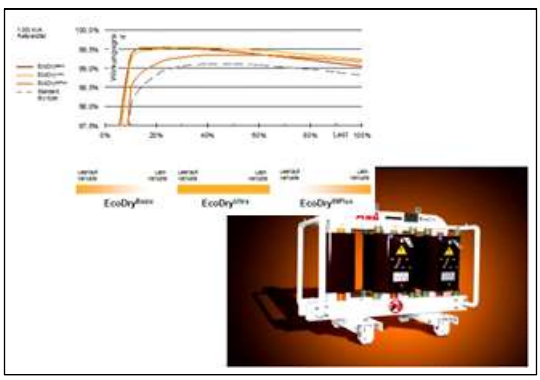


[그림 2-70] 지능형 전철변전소 종합보호시스템 구성도

④ 고효율에너지 교류철도 전력망 표준화 기술

○ 교류철도 전력망의 고효율화, 운영최적화 및 설비의 안정성을 위해 주요 단품설비로부터 시스템의 현황을 분석하고, 현재 설비 및 시스템의 에너지 효율 및 신뢰도를 향상시키는 표준화된 설계, 제작 및 운영기술로 기존 연구와의 중복성이 없으며, 에너지 최적 활용을 위한 스마트드리드 통합관리 시스템 개발 등의 수요조사가 제시되었으며, 연구개발이 시급한 기술이며, 주요 핵심 연구분야는 다음과 같음.

- 교류철도 전력망을 구성하는 주요 설비들을 기준으로 한 에너지 맵 작성 및 분석 기술
- 에너지 맵 분석을 통한 전력망 내 핵심 전력 전달/변환 설비의 효율 향상 방안 기술
- 재료 및 구조 최적화를 통한 교류철도 전력망 설비의 에너지 효율 향상
- 에너지 고효율화 및 운영 최적화를 위한 교류철도 전력망의 요구사항 분석 기술
- 효율 및 안정성에 기반한 교류철도 전력망의 표준 설계 지침
- 고효율 설비 및 시스템의 종합 성능 평가 기술

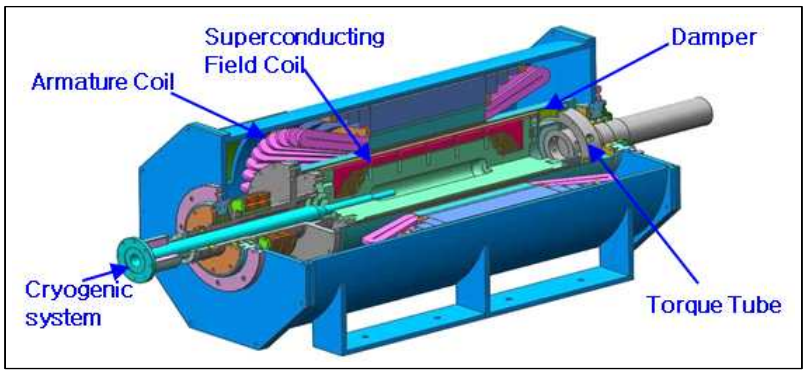


[그림 2-71] 고효율 지상용 변압기(사례)

⑤ 고효율 경량화 초전도 융합 주전원장치 기술

○ 철도 차량의 주전원 시스템의 에너지 효율 향상을 위해 초전도 기술을 철도차량의 추진시스템(견인전동기, 변압기)에 적용함으로서 열차의 주행에너지 성능을 향상시키는 기술로 기존 연구와의 중복성이 없으며, 고효율 친환경 차세대 철도차량용 초전도전동기 개발 등의 수요조사가 제시되었으며, 연구개발이 시급한 기술이며, 주요 핵심 연구분야는 다음과 같음.

- 고효율 초전도 융합 주전원시스템 설계 및 해석 기술
- 고효율 초전도 견인 전동기 기술개발
- 초전도 융합기반 전력변환 제어시스템 기술개발
- 고효율 경량화 초전도 주변압기 기술개발
- 특성 평가 기술



[그림 2-72] 초전도 견인전동기 구성도

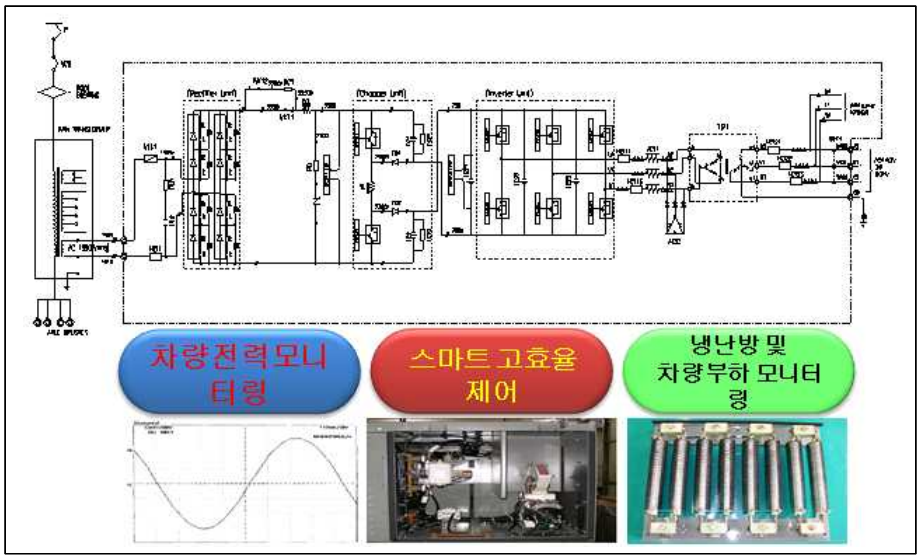
⑥ 철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술개발

○ 현재 기존선 전기철도차량의 경우 전철화 사업이 최근에 활발히 진행되고 있어 앞으로 발주되는 차량의 경우 대부분 전기차량이며, 이러한 전기차량의 효율적 차내 부하관리를 위해 고효율 스마트 보조전원장치 개발이 필요하며, 차량의 주된 에너지 사용은 추진전력이지만 승객의 편의시설 및 각종제어 전원은 보조전원장치에서 담당하고 있어 보조전원장치의 효을화는 차량 전반의 전력사용량을 절감할 수 있다. 차량의 회생에너지는 가선으로 회생하는데는 한계가 있어 별도의 회생에너지 충전시설이 필요하지만, 본 시스템의 경우 차내 기저부하를 활용함으로서 충전설비에 비해 효과적으로 운용할 수 있으며 관련기술은 다음과 같다.

- 고효율 보조전원장치의 설계 및 해석 기술
- 차량내 부하관리 시스템 해석 기술
- 차량내 에너지 회생 및 재사용 기술
- 차량내 냉난방 부하의 에너지 사용 기술

- 차량 추진 및 보조전원 시스템 인터페이스 기술

- 차량 내 부하 특성 평가 기술



[그림 2-73] 스마트 보조전원장치 기술개발 개념도

(6) 중점추진 분야 설정

① 중점추진 분야 설정



② 고효율 에너지 절감 및 운영 최적화 기술 개발 방향

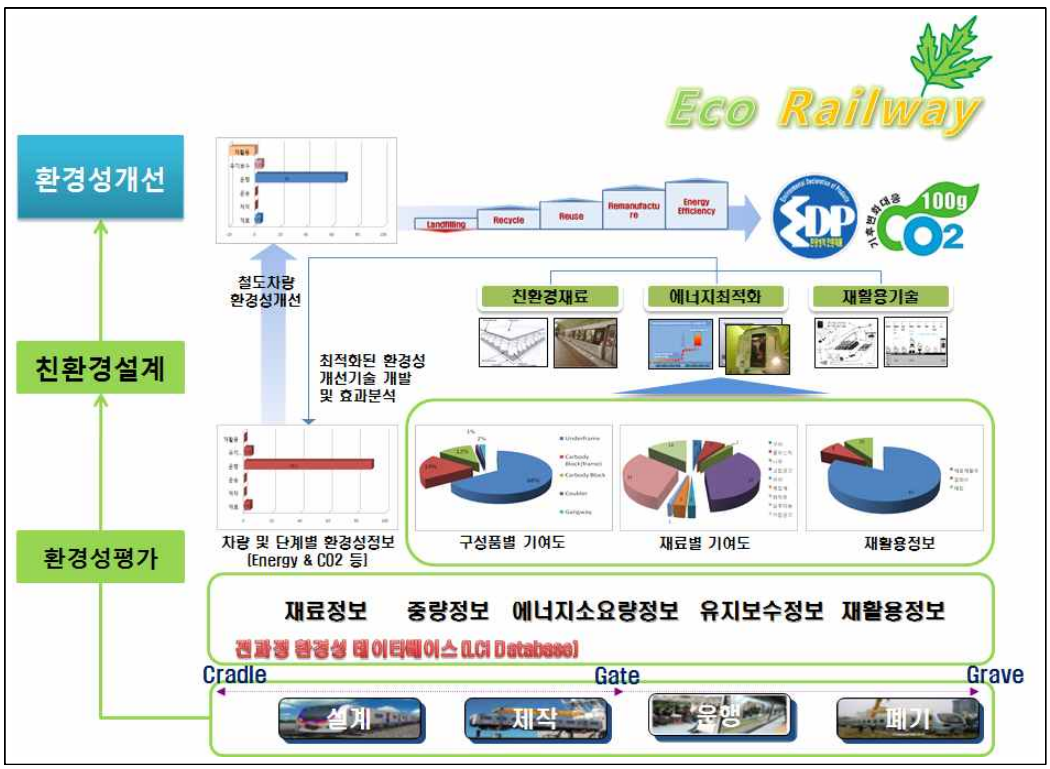
배경	○ 현재 철도차량은 전력회사로부터의 전력을 수전 받아 철도차량에서 요구하는 전력으로 변환/전달하고 차량에서 전력을 소비하는 시스템으로 전력전송과 철도차량에서 전력 손실이 발생되고 있음. ○ 하지만 전력 인프라 및 철도차량에서의 단위 설비 및 시스템 단위의 전력손실에 대한 분석 및 평가가 미비한 실정으로 에너지 최적 활용을 위한 인프라 및 차량에서 사용되는 에너지에 대한 평가가 이뤄져야 하며, 이를 통해 고효율 설비에 대한 기술개발 및 운영 시스템에 대한 연구가 요구됨. ○ 또한 신재생에너지원의 대규모 도입이 예상됨에 따라 이에 대한 철도 전력망의 변화가 필요하며, 회생에너지의 활용성을 높이기 위한 에너지 저장시스템에 대한 연구도 필요함.
목표	○ 일반철도(교류구간) 및 도시철도에서의 최적화된 에너지 활용을 위해 전력공급 인프라와 철도차량의 시스템 및 핵심장치를 개발하는 기술임. ○ 이를 위해 전력공급 인프라 측면에서는 에너지 효율 향상을 위한 전력공급 안정화 기술, 신재생에너지원의 계통연계에 따른 에너지 관리기술, 통신 기반의 지능형 전철변전소 개발 및 전철변전소 표준모델을 제시하는 것이며, 차량 측면에서는 초전도 전동기, 변압기를 포함한 주전원 시스템 개발 및 차량내에서 사용하는 보조전원장치의 스마트화를 달성하는 것이며, 피크전력 분산제어 기술을 통한 열차 운행에 따른 에너지 평가 및 관리기술을 개발하는 것임
주요 내용	○ 무보수 속응형 전력공급 안정화 향상기술 - 플라이휠 로터 설계 및 해석 기술 - 플라이휠 제작 기술 - 플라이휠 지지 베어링부 설계 및 제작 기술 - 제어 및 power electronics - 회전 및 발전을 위한 모터/발전기 설계 및 제작 기술 - 진공 및 안전을 위한 프로텍터 설계 및 제작 기술 - 철도시스템 적용 기술 ○ 신재생에너지 연계 철도 전력망 구축 및 관리기술 - 신재생에너지(분산전원) 철도전력망 연계기술 - 신재생에너지 관리를 위한 네트워크 구성기술 - 신재생에너지 최적 활용 기술 - 신재생에너지 통합관리 시스템 및 운영 기술 ○ 고효율 에너지 지능형 교류철도 변전소 기술 - 표준 네트워크 기반의 지능형 전철변전소 구축기술 - 지능형 전철변전소 통합 운영기술 - 지능형 단말장치 및 데이터취득장치 개발 - 지능형 전철변전소 자동화 검증기술 ○ 고효율 에너지 교류철도 전력망 표준화 기술 - 교류철도 전력망을 구성하는 주요 설비들을 기준으로 한 에너지 맵 작성 및 분석 기술 - 에너지 맵 분석을 통한 전력망 내 핵심 전력 전달/변환 설비의 효율 향상 방안 기술 - 재료 및 구조 최적화를 통한 교류철도 전력망 설비의 에너지 효율 향상 - 에너지 고효율화 및 운영 최적화를 위한 교류철도 전력망의 요구사항 분석 기술 - 효율 및 안정성에 기반한 교류철도 전력망의 표준 설계 지침 - 고효율 설비 및 시스템의 종합 성능 평가 기술 ○ 고효율 경량화 초전도 융합 주전원장치 기술 - 고효율 초전도 융합 주전원시스템 설계 및 해석 기술 - 고효율 초전도 견인 전동기 기술개발 - 초전도 융합기반 전력변환 제어시스템 기술개발 - 고효율 경량화 초전도 주변압기 기술개발 - 특성 평가 기술 ○ 철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술개발 - 고효율 보조전원장치의 설계 및 해석 기술 - 차량내 부하관리 시스템 해석 기술 - 차량내 에너지 회생 및 재사용 기술 - 차량내 냉난방 부하의 에너지 사용 기술 - 차량 추진 및 보조전원 시스템 인터페이스 기술 - 차량내 부하 특성 평가 기술

마. 도시철도차량 자원효율화 및 저탄소 철도시설 건설비용 저감 기술 분야

(1) 기술의 정의

○ 기후변화 대응 및 적응과 관련하여 최근의 환경규제는 온실가스발생량 저감을 위하여 재료에서 폐기단계까지 전과정에서의 제품 환경성 개선을 유도하는 방향으로 전환되고 있음. 기존의 제품 사용단계만을 규제하던 패러다임이 전과정을 고려한 사전환경성 개선을 위한 규제로 변화된 것을 의미하며 탄소발생량 측면에서 환경은 온실가스와 에너지를 통합, 관리하는 추세임.

○ 따라서, '도시철도차량 자원효율화 및 저탄소 철도시설 건설비용 저감 기술 (철도 전과정 환경성 유지관리 및 자원재활용 효율 향상)' 분야 기획은 철도시스템의 전과정 환경성을 분석하여 전과정 환경성 개선을 위한 최적의 기술을 도출하는 것임. 이를 위하여 각 단계 즉, 재료부터 폐기까지의 단계별 환경성 개선기술 및 기술별 환경성 개선효과를 분석함으로서 궁극적으로 온실가스저감측면에서의 최적의 기술을 기획, 도출하는 것임.



[그림 2-75] 철도 전과정 환경성 유지관리 및 자원재활용 기술비전

○ **<u>전과정평가(Life Cycle Assessment, LCA)</u>** : 제품 제조공정 및 서비스를 포함한 모든 산업 활동이 환경에 미치는 영향을 평가하는 방법이다. 제품의 원료채취, 제조, 사용 및 폐기처리에 이르는 전과정에 걸쳐 소모되고 배출되는 물질과 에너지의 양을 정량화하여, 이들이 환경에 미치는 영향을 평가하고 환경개선을 모색하는 평가 방법이다.

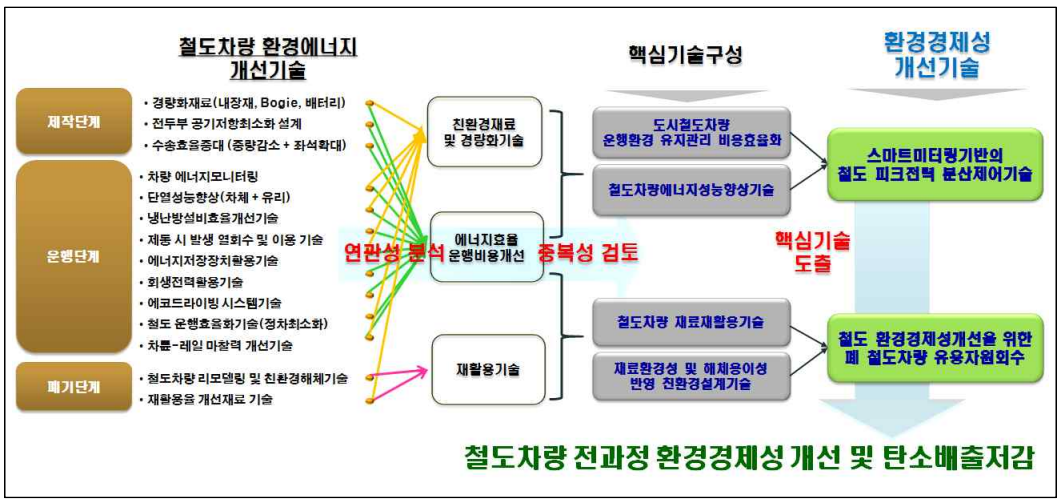
① 중점추진 기술개발 과제 도출 방향

○ 철도차량 분야 전과정 환경성개선 기술전략 도출

- 철도차량분야 환경·에너지 기술개발동향을 분석한 결과 도출된 기술목록을 분석하여 본 기획연구에서 추진해야할 기술을 아래 그림과 같이 상호연관성 및 기존과제와의 중복성검토를 수행하여 최종 도출함.

- 철도차량의 전과정 환경성 유지관리 및 재활용기술을 개발하기 위한 기술로 국내외 철도차량분야 환경·에너지개선기술을 분석한 결과 친환경재료기술, 경량화기술, 에너지효율기술, 운행비용개선기술 및 재활용기술로 분류 되었으며 이로부터 기존과제와의 중복성분석을 통하여 도출된 핵심기술은 철도차량 운행환경 유지관리 및 비용효율화, 철도차량 에너지성능향상기술, 철도차량 재료재활용기술 및 재료환경성 및 해체용이성반영 친환경설계기술임.

- 최종적으로 도시철도 운영처의 환경 경제성을 개선기술로 스마트미터링 기반의 철도차량 피크전력 실시간 분산제어 기술과 철도차량 환경 경제성 개선을 위한 폐 철도차량 유용자원 회수시스템개발이 도출됨.



[그림 2-77] 철도차량 환경성 유지관리 기술 도출

○ 철도시설 분야 연구내용 조정

- '[1단계]기술개발전략수립'에서 도출된 '저탄소 철도시설 건설 및 유지보수' 기술과 'IT융합 실시간 환경영향평가시스템' 기술은 건설단계에서 대부분의 환경부하가 발생하는 철도시설물에 대하여 환경성을 설계단계부터 사전 평가하여 전과정에 걸친 환경성 개선을 검토하고 개선함으로서, 철도시설물에서 배출되는 온실가스를 혁신적으로 저감하고 유지보수비용을 동시에 절감할 수 있는 기술을 개발하는 것임.

- 그러나 2개 기술이 서로 상호 보완적이고 설계단계에서 동시에 고려하는 것이 효율적이라는 판단 하에 2개 기술을 통합하여 기획함. : 저탄소, 저비용 철도노선건설을 위한 지능형 통합영향평가도구 및 실시간 온실가스 모니터링시스템 개발

② 스마트미터링기반의 도시철도차량 피크전력 분산제어 기술

○ 차상 탑재형 도시철도차량의 소비전력량 모니터링시스템 구축을 통한 실시간 소비전력을 차량단위로 측정하고 전력소비량측면에서의 차량-변전소-관제소 간의 실시간 소비전력모니터링을 통한 차량의 에너지효율 최적화 운전정보를 제공하고 관리하는 시스템을 개발



[그림 2-78] 도시철도차량 소비전력 미터링 기반의 피크전력제어 기술개요

② 철도차량 유용자원회수를 위한 친환경 재활용시스템개발기술

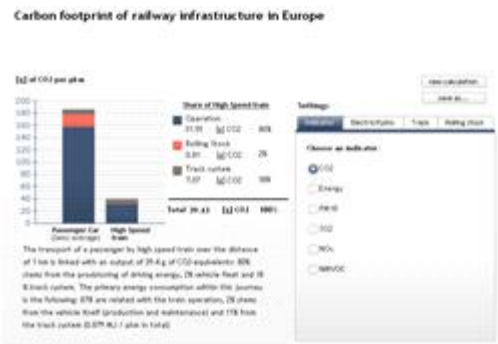
○ 타 산업의 체계적인 재활용시스템을 철도산업에 적용함으로서 폐 철도차량의 재료 재활용율을 95% 달성할 수 있는 시스템을 구축하고 이를 통한 운영경제성 수익을 향상할 수 있도록 하며, 주요부품에 대한 재이용시스템을 체계적으로 구축함으로서 철도차량의 안전성을 향상할 수 있도록 하고자 함



[그림 2-79] 철도차량 재료재활용 및 부품 재이용 기술개요

③ 저탄소, 저비용 철도노선건설을 위한 지능형 통합영향평가도구 및 실시간 온실가스 모니터링시스템 개발

○ 철도시설물은 재료 및 건설단계에서 약 70%, 운영단계에서 20%, 폐기단계를 포함한 각 단계에서 약 10%의 온실가스가 발생한다. 따라서, 재료 및 건설단계와 유지보수 단계에서의 저탄소 철도건설기술이 요구된다. 이를 위한 기술방안으로 철도노선 건설 단계에서 온실가스 항목을 사전에 평가하고 설계할 수 있는 도구의 개발, 철도시설 건설공법별 탄소발생량 평가, 저탄소 철도노선 건설기술, 시설물의 수명을 보장할 수 있는 기술을 제안함.



[그림 2-80] 철도시설물 온실가스항목 평가도구

(2) 기술 현황 및 문제점

① 철도분야 환경·에너지 기술개발동향

○ 철도차량

- UIC RAVEL project

· UIC 주관으로 2001년까지 수행된 전과정평가기반의 철도차량 및 전동차량의 친환경 제품 설계(Design for Environment ; DfE)와 생태 효율성(Eco-efficiency) 향상을 위한 웹 기반 software(RAVEL DfE Workbench) 기술개발을 목적으로 수행됨.

· 그 결과, 환경측면을 고려하여 철도차량을 설계할 때 평가 시 사용될 수 있는 환경성과지표(Environmental Performance Indicator; 이하 EPI)를 다음과 같이 도출함.

[표 2-121] 철도차량 환경성인자

제품	운행	폐기
(재료)	(에너지)	(재료 및 재활용)
Degree of inventoried material	Total energy consumption	Existence of disposal/recycling manuals
System mass	Secondary energy use	해체
Amount of restricted material	대기오염	Component complexity
Amount of prohibited material	Combustion emission	Disassembly time
Cradle-to-gate material Index	유지보수	Recycling
Fraction of renewable material	Spare parts of consumable	Possible material recycling rate
Fraction of recycled material	Tuning of wheels	Marking of selected material and component group
Fraction of reused components		보관
제조		Possible hazardous waste rate
Supplied with EMS		Possible landfill rate

- UIC REPID project

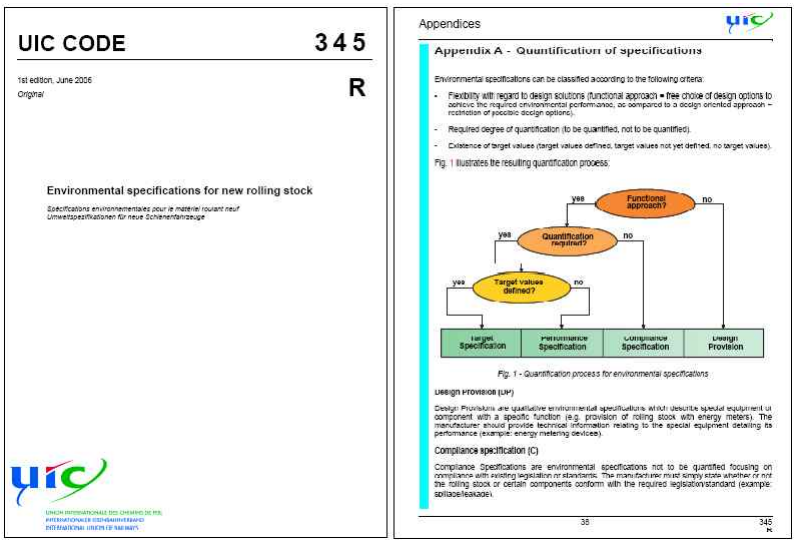
· RAVEL 프로젝트의 후속으로 2004년까지 철도 산업 특성에 적합한 환경성평가지표 등을 표준화하기 위한 법률적인 프레임워크를 구성하고, 환경성평가지표 등의 활용성을 향상도구를 개발하여, RAVEL 프로젝트 수행에 자금을 제공한 참여 철도회사들이 이용할 수 있도록 하였음.

- UIC PROSPER Ⅱ project

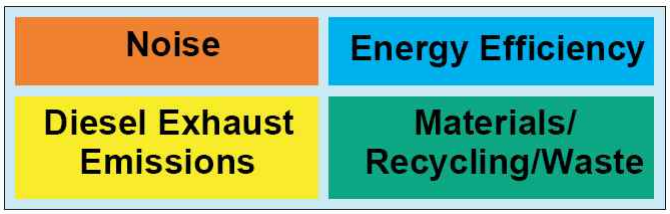
· PROSPER 프로젝트를 통하여 신규 철도차량 구매 시에 환경성능(Environmental Specification for New Rolling Stocks)을 제시하도록 하는 지표를 구성한 UIC leaflet을 완성하였다. 이러한 UIC leaflet을 통하여 국외 철도차량 수출 시 환경성을 고려하여 입찰을 진행할 수 있도록 하고 있음.

- UIC leaflet 345 & 330

· UIC(International Union of Railway) 345는 구매과정 내 환경적 요소를 통합한 모든 사항을 언급하고 있음. 입찰 시 철도차량의 환경성능을 고려한 입찰이 가능하도록 함.

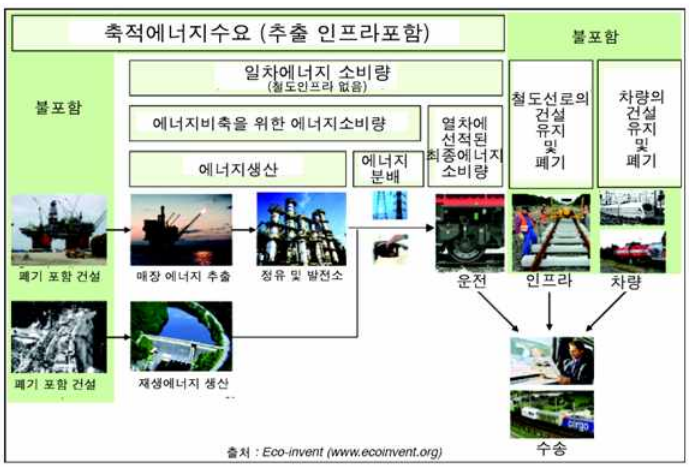


[그림 2-81] UIC code 345



[그림 2-82] UIC 345의 철도차량 환경성지표

· UIC(International Union of Railway) 330은 철도와 타 교통수단과의 환경성을 비교할 수 있도록 환경성능지표를 설정하고 절차를 기술하고 있음.



[그림 2-83] UIC code 330의 시스템 경계

- 철도차량 친환경제작가이드

· UIC에서는 친환경설계 체크리스트를 활용한 철도차량 친환경 설계가이드를 제공하고 있다. 주요 범주들과 항목들은 LCT(Life Cycle Thinking; 전과정 사고) Matrix를 기초로 한 철도차량의 환경적 요구사항과 이와는 별도로 이해관계자 요구사항을 고려하여 설정하였다.

◦ 환경적 핵심요소 고려

*설계자는 철도차량 설계 시 고려해야할 핵심환경요소를 선정하여 설계 및 기획 단계에서부터 고려해야 한다. 아래에는 철도차량이 환경에 미칠 수 있는 핵심요소들을 열거하였다. 설계자는 다음 요소들 중의 일부 또는 전체를 환경성 요구사양 또는 제작사 내부지침에 따라 철도차량 설계에 반영함으로 친환경 철도차량을 설계할 수 있다.

▷ 에너지 및 자원 사용의 효율성

▷ 배출물 및 폐기물 저감

▷ (포장재를 포함한) 철도차량에 물질 사용 최소화

▷ 물질 종류 저감

▷ 유해물질 사용 저감 및 대체

▷ 반조립품 및 부품의 재사용/역제조(refurbishing)

▷ 기술적 업그레이드(upgrade) 가능성

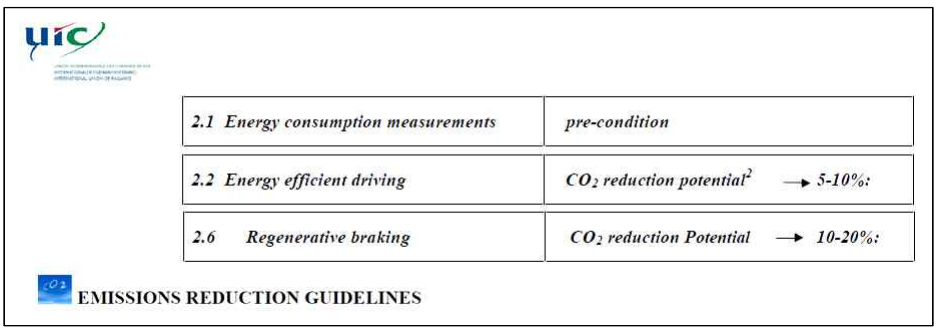
▷ 유지보수가능성, 재활용 및 해체를 고려한 설계

▷ 재활용가능성을 저해하는 표면 코팅이나 물질 조합 배제

▷ 표지(marking)

▷ 사용자를 위한 적절한 환경성 안내서/정보

- UIC 철도 온실가스저감가이드



[그림 2-84] UIC CO2 배출저감가이드 및 에너지 미터링

· UIC에서는 철도산업에서의 온실가스 직접배출과 간접배루에 대한 저감방안에 대한 기술적인 항목과 적용시의 개선효과를 다음과 같이 제시하고 있다.

◦ 에너지소비량측정

◦ 에너지효율운전 - CO2 저감효과 5~10%

◦ 운송효율개선 - ~ 30%

◦ 신규 철도차량 에코효율 개선 - ~30% (lower train mass, improved aerodynamics and higher number of seats can lead to important CO2 specific emissions reduction)

◦ 회생전력활용 - 10~20%

◦ 철도시설에너지관리 - 5~10%

◦ 전철화 및 신재생에너지 활용 - 50%

· 철도차량 운영 전력비용의 혁신적 절감필요

◦ 철도차량 운행에너지 소비량 예측 및 분산제어의 필요성

*철도차량은 운행단계에서 대부분의 온실가스를 배출함 (운행단계 CO2 배출기여율 90%)

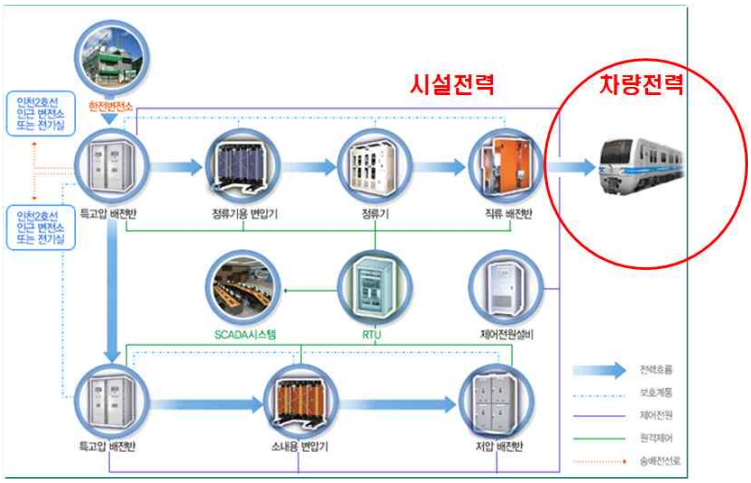
*철도차량의 온실가스배출은 막대한 전력소비량이 원인이다. (861 백만kWh/year, 서울메트로)

*도시철도를 포함한 철도산업은 매년 막대한 적자로 인하여 사회비용을 소비함에 따라 운행단계에서의 에너지 효율개선기술이 시급하다.

*현재, 철도차량 운행전력은 한전-철도변전소-철도차량 및 철도시설물로 공급되며 철도차량 전체 및 철도시설 전체로 통합되어 관리되고 있다.

*철도차량 전체 운행전력만 집계하고 있어 개별 철도차량 운행에너지 효율개선이 어려우며 운행전력상승에 대한 원인분석이 불가능한 상황이다.

*철도차량의 운행에너지 효율개선을 위하여 실시간으로 개별 철도차량 운행에너지 소비량을 모니터링하고 예측할 수 있는 기술개발이 필수적이다.



[그림 2-85] 도시철도 전력관리현황(시설분야)

◦ 철도 운영에너지 비용혁신의 필요성

*국내 철도산업은 매년 운영적자로 인하여 65세 이상 노인 무임승차 폐지검토, 인력구조조정 요구 등의 많은 문제를 안고 있다.

*철도운영사는 매년 막대한 비용의 전력비를 한전에 납부하고 있는 상황이다.(500,000 백만원/year, 코레일)

*따라서, 철도운영사는 철도차량 운행에너지비용을 절감할 수 있는 혁신기술개발이 요구됨

*철도산업은 계약전력 1,000kW이상의 산업으로 한전의 전력요금부과방식은 피크전력에 사용전력을 더하여 부과됨

*이러한 피크전력요금제로 인하여 사용하지 않으면서 부과되는 전력요금이 서울메트로의 경우 매년 17억원임

*철도시설물에 대한 피크전력 대응시스템이 구축되어 있으나 철도차량과 철도시설의 에너지소비량은 철도차량이 월등히 높음 (철도차량용 에너지소비량 66 %, 철도시설 에너지소비량 34%)

[표 2-122] 도시철도 전력소비현황

구분	소비전력량	비율
전동차용	566,950,215	65.8%
일반부대설비용	294,056,942	34.2%
총 계	861,007,158	100%

*따라서, 철도차량 운행에너지 소비량 예측을 통한 피크전력 예측 및 분산기술개발이 절대적으로 요구됨

*하지만, 국내에서 개별 철도차량에 대한 운행에너지 소비량 모니터링시스템의 부재로 인하여 운행에너지 피크관리가 불가능함

*개별 철도차량 운행에너지 피크관리기술을 적용하여 기존 피크전력의 1 %만 낮추더라도 서울메트로의 경우 년간 80억원의 비용절감효과를 기대할 수 있음

· 철도차량 폐기단계 환경경제성 향상기술 개발필요

◦ 국내 철도운영사가 보유중인 철도차량(화차포함)은 총 21,795량으로 코레일은 18,280량, 서울메트로는 1,954량, 서울도시철도공사는 1,561량이다. 이들 철도차량은 차량별로 25년에서 30년의 운행수명을 가지기 때문에 내년부터 발생되는 폐차는 1984년도부터 구매한 철도차량들이 해당된다. 따라서, 앞으로 상당한 수준의 철도차량 폐차물량이 꾸준히 발생될 것으로 예상된다.

◦ 코레일의 경우 매년 평균 300량 이상의 철도차량을 폐차매각하고 있음을 알 수 있다.

[표 2-123] 연도별 철도차량 도입 및 폐기물량

(단위: 량, 2011년 현재)5

구분 / 년도	서울메트로			서울도시철도공사			코레일		
	도입량	폐차량	보유량	도입량	폐차량	보유량	도입량	폐차량	보유량
1984	84		84				54	2	19565
1985	214		298				334	365	19545
1986							146	367	19123
1987							201	417	18911
1988							169	464	18626
1989	142		440				342	362	18645
1990	138		578				557	273	18944
1991	208		786				589	385	19148
1992	144		930				870	410	19609
1993	202		1,132				974	725	19858
1994	310		1,442	16		16	671	1619	18907
1995	72		1,514	366		382	621	1310	18218
1996				452		834	1202	1312	18115
1997						834	1622	1510	18238
1998	20		1,534			834	877	1212	17914
1999	40		1,574	418		1252	1135	1577	17469
2000				312		1564	918	837	17530
2001							740	591	17694
2002	36		1,610				1320	597	18417
2003							1703	811	19323
2004							1145	954	19512
2005	54		1,664				309	764	19037
2006							502	939	18600
2007	70		1,734				255	291	18554
2008	210		1,944				129	288	18419
2009	20		1,964				271	530	18160
2010		10	1,954				321	190	18280
2011					3				
총계	1,964	10	1,954	1,564		1,561	17,977	19,102	18,280

◦ 현재 폐 철도차량은 운영사별 내부지침(철도차량 폐차에 관한 지침)에 의거하여 시행하고 있으며 간략히 폐차선정 후 심의 및 승인을 거쳐 일부 재이용 부품회수 후에 고철단가로 원형매각을 하고 있다. 따라서, 전과정 환경성에서 철도차량의 재활용율 산정 및 제시가 불가능한 상태이다. 내부지침 또한 처리지침을 간략하게 제시하고 있어 구체적이고 합리적이지 못한 부분이 상당수 발생하고 있어 보다 세부적이고 환경경제적인 폐차처리기준 수립이 요구된다.

◦ 폐 철도차량 원형매각에 따른 문제점

*단순 고철단가로 원형매각을 함으로서 경제적인 수익저하(량당 10 백만원에서 동차의 경우 약 50 백만원에 매각하고 있음)

[표 2-124] 폐 철도차량 매각수량 및 수익현황

(단위: 천원/량)

구 분	매각금액	수량	단위당금액	매각일
새마을호	100,010	3	33,337	2011년 6월
전기동차	406,900	29	14,031	2011년 6월
PMC디젤동차	872,000	17	45,895	2010년 10월
무궁화호객차	20,000	2	10,000	2008년 1월
자갈화차	174,000	6	29.000	2009년 6월

*원형매각으로인하여 폐 철도차량의 단순 재사용처리 후 재운행 투입 위험성 및 이로인한 안전성 위협가능성

*항공 등 타 산업에서는 폐기단계에서 이러한 잠재적 위험성을 배제하기위하여 완전해체하는 과정을 거치게 됨

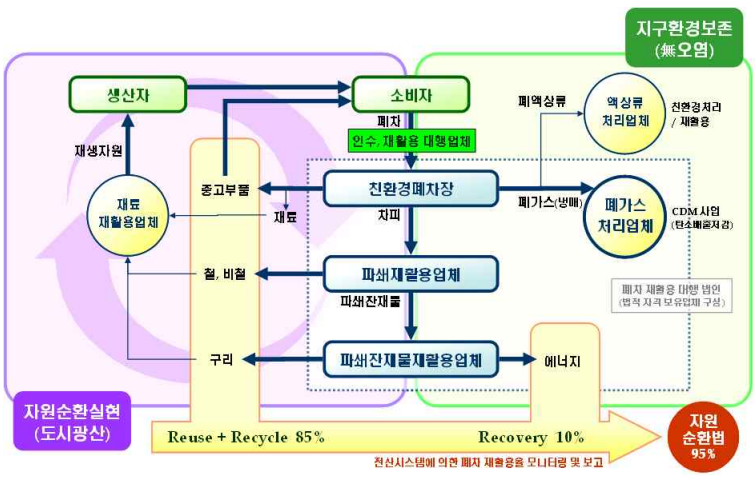
*기존 단순 원형매각 후 영세 고철상의 수작업 처리에 따른 환경오염 발생



[그림 2-86] 폐 철도차량 처리현황

◦ 폐 철도차량 전용 재활용 처리시스템 구축 필요

*단순 고철로만 처리되는 폐 철도차량을 전용해체처리시스템을 이용하여 성분, 재질별로 완전 분리하여 판매할 수 있도록 함으로서 비철, 희귀금속 등의 판매 등으로 인한 경제성을 확보할 수 있으며 친환경적으로 처리할 수 있다. 동시에 폐 철도차량의 재활용율을 국내외 법적기준인 95% 까지 개선함으로서 자원순환 효과를 기대할 수 있다.

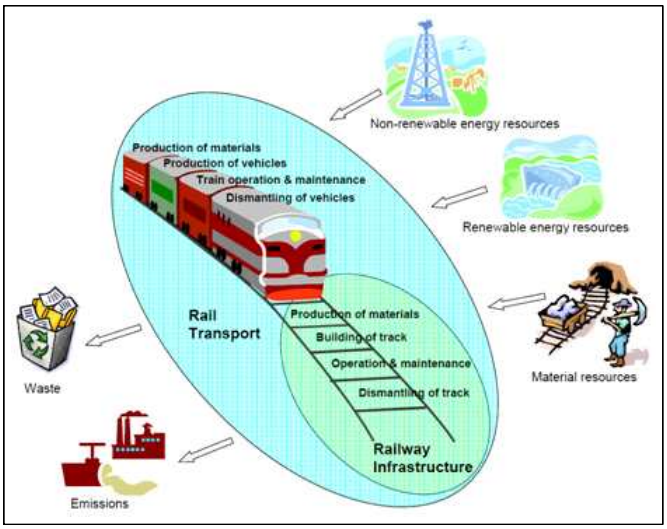


[그림 2-87] 그린철도차량 재활용시스템 개념

○ 철도시설

- UIC 철도시설 전과정평가

· UIC에서는 철도시스템의 전과정 온실가스 발생량 평가를 위한 절차서를 작성하였으며 그 경계는 아래 그림과 같다. 철도 시설물의 시스템 경계는, 철로 건설, 운영, 유지보수에 필요한 모든 공정을 포함한다.



[그림 2-88] 철도시스템 전과정평가 시스템경계

· 철도 시설물을 위한 시스템 경계

◦ 하부구조 건설

*노반 건설에 필요한 모든 제품 및 건축 공정을 포함. 또한 교량, 터널이 이 하부구조에 포함된다. 제품과 공정의 예: 토양과 바위의 굴착, 바위 파쇄, 콘크리트, 철강, 하수 및 수로 등

◦ 궤도 건설

*궤도 시스템 건설에 필요한, 자갈, 침목, 레일, 노선 분기기와 다른 모든 제품 및 건축 공정

◦ 전력 공급 시스템 구축

*차량에 전력이나 경유를 공급하는데에 필요한 제품과 건축 공정을 포함. 제품 및 공정의 예: 전차선용 전주, 전력분전반, 전력 공급 케이블, 변전소, 접촉라인, 전력 제어 시스템 등. 노선으로의 공공전력망에서 노선으로 분전하기 위해 필요한 전력공급선 또한 여기에 포함.

◦ 신호 시스템 구축

*철도에 사용되는 신호를 운영하는데 필요한 모든 제품 및 건축 공정을 포함. 제품 및 공정의 예: 케이블, 신호 설비, 표지 설비, 철도 제어 시스템 등

◦ 통신 시스템 구축

*일부 철도노선에서는 철도노선을 따라 통신시스템이 건설됨. 이 경우, 이 통신 시스템의 건축 공정과 제품을 포함해야 함

◦ 역사 설치

*역사와 부지를 위한 모든 제품과 건축 공정을 포함한다. 제품과 공정의 예: 조명, 승강장, 입환통제탑, 열차 및 기관차의 예열설비 등.

◦ 기타 설비 설치

*철도의 안전 운영에 필요한 모든 제품 및 건축공정을 포함. 단, 앞서 기술한 하위 시스템에 포함되지는 않음. 제품 및 공정의 예: 유지보수용 도로, 역사 건물, 운하화, 소음방지벽, 동물 출입 방지벽 등

◦ 운영과 유지보수

*철도시설물 운영과 유지보수에 필요한 모든 기능을 포함. 공정의 예: 철로 가열 장치, 자갈 세척, 레일 연마 등

◦ 유지보수

*철도 시설물의 일부 또는 전체를 같거나 비슷한 것으로 교체하는 것과 관련한 모든 활동을 포함. 예: 레일 또는 침목의 교체

- UIC 철도시설 친환경건설가이드

· UIC에서는 철도시설물에 대한 온실가스 발생량 전과정평가 결과를 활용하여 보다 친환경적인 철도시설물 건설방안을 다음과 같이 단계별로 제안하고 있다.

◦ How to design a Sustainable Project

*Design tender stage : Initiatives, change in perception, design to deconstruct, consider life expectancy and maintenance durability issues

*Optioneering Stage : Opportunity to influence option, design life

*Design Stages : Through material choice, LCA

*Construction Issues : Transportation, construction method

*Operational Issues : Drainage, durability, maintenance

*Demolition : Salvaging of materials, reuse, recycle

◦ Design for Deconstruction : Pre-determine ‘end of pipe’ scenario through resource (material) management

*Consider ease of deconstruction, *Reclamation of materials

*Re-use of materials, *Refurbishment of components

*Cost benefits, *Community benefits

· 지속가능한 철도시설물을 위한 건설재료 선택방안을 다음과 같이 제안함.

◦ Top 6 sustainability gains through material choice

*Specify cement replacement materials (such as GGBS and PFA….cement production accounts for 7% of global CO2)

*Performance specification of alternative aggregates (eg Slag, ash, recycled concrete, glass and brick)

▷ Implement a local sourcing strategy (transporting 100t of material over 1km produces around 5kg of CO2 by road and 3kg of CO2 by rail)

▷ Reduce waste on site (Construction and demolition waste accounted for 89.6 million tonnes, or 32% of total waste produced in the UK in 2004).

▷ Use reclaimed, recycled and site-won materials(For every tonne of virgin aggregate used, the equivalent of 10kg of CO2 is produced through quarrying activities)

▷ Increase durability of through better detailing Repairs and maintenance projects account for half of the construction industry budget

- UIC 철도시설 온실가스항목 전과정평가

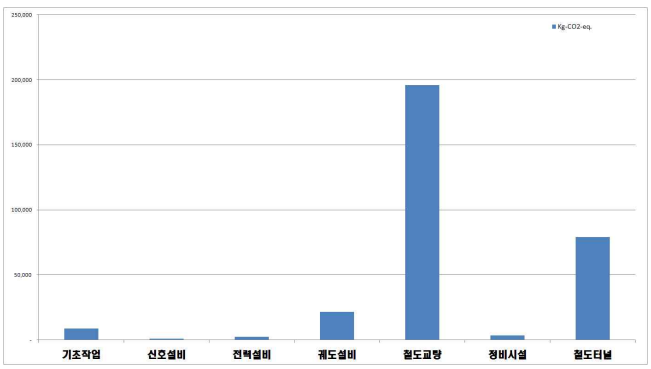
· UIC에서는 다음과 같이 철도시설물에 대한 온실가스항목 전과정평가를 수행함.



<기초작업> <궤도> <신호설비> <전력설비> <정비설비> <철도교량> <철도터널>

[그림 2-89] UIC의 전과정평가 대상 철도시설물 항목

· UIC의 유럽 고속철도 시설물의 온실가스발생량 전과정평가 결과, 철도시설물의 온실가스 발생량은 철도교량>철도터널>궤도설비 순으로 발생함을 확인할 수 있다. 재료별 기여도를 분석한 결과, 콘크리트에 의한 온실가스발생량이 가장 높은 것으로 분석되었다.



[그림 2-90] UIC의 철도시설물 유형별 전과정 온실가스 발생량 평가 결과

(자료 : Carbon footprint of high speed railway infrastructure, 2009)

(3) 문제해결을 위한 필요 기술 분석

① 철도시스템과 온실가스발생특성

○ UIC 등의 연구결과를 활용하여 철도시스템의 전과정에서의 온실가스발생특성을 분석한 결과 철도차량은 운행단계에서 대부분의 에너지를 소비하는 제품에 해당되며 철도시설물은 건설단계에서 전체의 70% 이상의 온실가스가 배출되는 재료집약형 제품군임을 확인할 수 있다.



[그림 2-91] 철도시스템 전과정 온실가스 발생특성 및 개선방향

○ 철도차량

- 온실가스 발생특성 분석결과에서와 같이 철도차량의 경우에는 운행단계 온실가스 저감기술이 필수적이다. UIC에서 정리한 철도차량의 운행단계 환경성개선을 위한 기술항목을 아래 표에 정리하였다. 이와 함께, UIC에서 제시한 철도차량 환경성 평가지표에 재활용을 고려하도록 되어 있기 때문에 재료 재활용을 고려한 잠재적인 온실가스 저감을 동시에 고려하여야 한다.

- 다음 표는 UIC에서 제시하고 있는 차량분야 환경에너지 개선기술 목록이며 기술별 개선효과를 명시하고 있다. 환경에너지 기술목록을 활용하여 본 기획연구에서 도출할 기술을 다음과 같이 기술목록별 상호연관성 및 기존과제와의 중복성검토를 수행하였다.

[표 2-125] 재료경량화 기술

기술구분	기술개요	개선효과(기존대비)
알루미늄차체기술	알루미늄 차체소재기술 중량감소, 초기가속증가	5%
샌드위치재료기술	Honeycomb 타입 소재 기술로 차체 경량화	5%
복합소재	복합소재 대차기술	5%
내장재경량화	승객좌석 및 내장재료 경량화	5%

[표 2-126] 철도차량 운행에너지 개선기술

기술구분	기술개요	개선효과 (기존대비)
차체단열 기술	복합소재유리기술 외부온도조건 변화에 따른 열전도율 개선기술	7%
마찰저감기술	차륜-레일 마찰계수 저감 기술	10%
에너지저장장치	첨단 전지기술 적용 에너지효율개선 및 경량화	10%
에코드라이빙	에너지효율최적운행기술 차량내부에너지관리기술	15%
냉난방및공조기술	차량 내부공조 및 난방시스템 운영효율 최적화	7%

- 재료 및 제작단계 기술은 경량화 및 운행효율성 향상, 운행단계의 기술은 에너지효율성, 폐기단계의 기술은 재활용 및 재이용율 향상을 위한 것으로 각 단계별 기술은 상호밀접한 연관성을 가지고 있다고 볼 수 있다. 예를 들어 재료경량화기술은 운행단계 에너지 효율성 향상에 기여하며 재활용율 향상을 고려한 재료기술은 제작단계에 반영되어야 할 기술이다.

- 철도차량의 전과정 환경성 유지관리 및 재활용기술을 개발하기위한 기술로 국내외 철도차량분야 환경·에너지개선기술을 분석한 결과 크게 친환경재료기술, 경량화기술, 에너지효율기술, 운행비용개선기술 및 재활용기술로 분류가 되었으며 기존과제와의 중복성분석을 통하여 도출된 핵심기술은 1단계에서 제안한 기술과 같이 철도차량 운행환경 유지관리 및 비용효율화, 철도차량 에너지성능향상기술, 철도차량 재료재활용기술 및 재료환경성 및 해체용이성반영 친환경설계기술이다. 1단계에서 제안한 기술을 보다 구체화하여 2단계에서 최종적으로 철도운영처의 환경경제성을 고려한 기술로 구성한 결과 스마트미터링기반의 철도차량 피크전력 실시간 분산제어 기술과 철도차량 환경경제성개선을 위한 폐 철도차량 유용자원 회수시스템개발로 다음과 같이 도출하였다.

○ 철도시설

- 운행단계에서 대부분의 온실가스를 발생하는 철도차량과 달리 철도시설물의 경우에는 초기 건설단계와 운영에 따른 유지보수단계에서의 온실가스 발생량이 대부분을 차지하고 있음을 알 수 있다. 이러한 단계별 온실가스발생량 분석과 함께 앞에서 살펴본 철도시설물 유형별 온실가스 발생량 및 각 유형의 하위구성품별 온실가스 발생량을 분석한 결과 철도시설물의 온실가스 발생량은 대부분 재료단계에서 기인함을 확인할 수 있다.

- 따라서 본 기획연구에서는 철도시설물의 전과정평가를 통하여 건설단계, 유지관리단계, 해체 및 폐기단계를 고려한 환경성개선 기술을 도출하는 것을 연구방향으로 수립하였다.

- 철도시설물의 온실가스 발생특성 분석결과와 같이 철도시설물은 재료 및 건설단계에서 약 70%, 운영단계에서 20%, 폐기단계를 포함한 각 단계에서 약 10%의 온실가스가 발생한다. 따라서, 재료 및 건설단계, 운영 및 유지보수 단계를 중심으로 한 친환경 철도건설기술개발이 요구된다.

(4) 기술개발의 중복성 검토

○ 기존에 수행완료 또는 수행중인 타 연구과제의 기술항목과 중복되는 기술을 배제하고 본 과제수행에 적합한 철도 환경성 개선기술 항목 도출을 위하여 한국환경산업기술원(www.keiti.re.kr) 및 국가과학기술종합정보서비스(www.ntis.go.kr), 한국건설교통평가기술원(www.kicttep.re.kr) 등에서 핵심어 검색을 통하여 타 사업과의 중복성, 차별성 및 연계성 여부를 검토하였다.

① 실시간 차상 소비전력 측정기반의 피크전력 제어기술

○ 도시철도 급전시스템 표준화연구

- 추진부서 (추진기관) : 한국건설교통기술평가원
- 추진연도 : 2001/03 ~ 2006/06

연구 내용	- 도시철도 직류 1500V 급전계통의 표준모델 및 설계시공지침(안) 작성 - 국내외 도시철도 직류급전시스템 조사분석 - 직류전력설비 설계/시공지침(안) 작성 - 도시철도 직류급전시스템 신뢰도 평가 및 표준전력해석모델개발 - 도시철도 전력품질관리 및 제어 기준서 작성 - 철도 급전계통 설계 검증용 소프트웨어 개발
중복성 검토결과	- 지상에서의 급전계통 표준화연구로 차상 전력량관리기술과 중복성 없음

○ 철도 환경성개선 및 평가시스템개발

- 추진부서 (추진기관) : 한국철도기술연구원
- 추진연도 : 2009/01 ~ 2011/12

연구 내용	- 철도에너지 이용효율 평가지표개발-교통에너지 사용패턴 조사 - 운행패턴에 따른 에너지 소비량 예측모델 개발 - 에너지 효율성 향상을 위한 급전시스템구축 구성방안 - 열차군 관리 최적화관련 자료조사 및 수리모형 개발
중복성 검토결과	- off-line상에서의 회생전력동기화 운전스케쥴기술개발로 실시간 회생전력 동기화 운전기술개발에 활용가능함

○ 수퍼단열재 개발

- 추진부서 (추진기관) : 한국과학기술원
- 추진연도 : 2008/01 ~ 2010/12

연구 내용	- 다중왕복구조의 내부 심재 개발
중복성 검토결과	- 차상에서의 에너지효율개선기술을 위한 철도차량용 단열재료를 개발하는데 활용할 수 있음

② 철도차량 재료 재활용 및 부품 재이용 기술개발

○ 폐자동차 재활용을 위한 해체 시스템 및 자원화 기술 개발

- 추진부서 (추진기관) : 한국과학재단

- 추진연도 : 2006/03 ~ 2010/06

연구 내용	- 폐차 처리 시스템 개발 및 보완, 개선을 통한 처리량 확대 연구 - 부품 사전처리 기술완성 - 시스템 최적화 및 통합 - 시스템 운전 D/B마련 - 유통과의 연계정보시스템 구축 - ASR의 재료별 재생원료화를 위한 기반설비 제작 및 운전 - ASR의 수요처 다변화 및 고부가가치화 연구 - ASR의 효율적이고 고부가가치 재활용을 위한 사전처리 결과분석 및 기술개선 - 재활용율 모니터링 S/W 및 장비 설치: 폐차재활용 실적관리 시스템
중복성 검토결과	- 자동차의 소형 재활용기술개발과제로 철도차량 등 중대형 교통수단의 재활용시스템 구축에 활용가능함

○ EU 환경규제 대응을 위한 폐자동차의 재자원화 기술

- 추진부서 (추진기관) : 한국산업기술평가원

- 추진연도 : 2005/03 ~ 2008/06

연구 내용	- 전처리 및 후처리 Pilot 설비 특성분석 및 제작 - 폐유리재활용 가공조건 확립 - 폐 PU foam 및 폐섬유 최적가공 프로세서 개발 - ASR 시멘트 열원 적용방안 - ASR 가스화/용율 기술개발 및 운전조건 도출 - 폐자동차의 의무회수로 보관 및 환경친화적 처리기술
중복성 검토결과	- 자동차의 소형 재활용기술개발과제로 철도차량 등 중대형 교통수단의 재활용시스템 구축에 활용가능함

③ 저탄소, 저비용 철도노선건설을 위한 지능형 통합영향평가도구 및 실시간 온실가스 모니터링시스템 개발

○ 탄소중립도시를 위한 계획기술 설계 및 적용 모델 개발

- 추진부서 (추진기관) : 한국환경산업기술원

- 추진연도 : 2009/01 ~ 2011/12

연구 내용	- 기상관측망을 이용한 탄소 측정 - 탄소정보지도 작성 - GIS 기반 탄소정보 지도 작성
중복성 검토결과	- 탄소저감형 철도교통망구축기술에 활용가능하나, 본 과제에서 제안한 통합영향평가기술과 차별화됨

○ 사회기반시설 장수명화를 위한 고성능 방수/방식 요소 기술 개발

- 추진부서 (추진기관) : 한국건설교통기술평가원

- 추진연도 : 2010/01 ~ 2013/12

연구 내용	- 사회기반시설 요소별 요구성능 충족하는 방수/방식재 개발 - 요구 성능 만족을 위해, 다관능기 이소이아네이트를 도입한, 중합도 향상 수지 설계 - 상온경화형 폴리우레아 수지개발 - 폴리우레아 전용 Primer 개발을 통한 부착성능 향상 - 고기능성 폴리우레아 이송시스템 구축, 시공품질관리 매뉴얼 작성 및 KS 시공표준 제안 - 방수/방식재 분사장치 설계
중복성 검토결과	- 특정제품의 방수/방식에 관한 기술이며, 콘크리트 균열에 대한 열화방지대책에 대한 기술항목이 없음

○ 콘크리트 구조물의 장수명화를 위한 Multi-Scale 성능평가 프로그램 개발

- 추진부서 (추진기관) : 한국산업기술평가관리원(중소기업청)

- 추진연도 : 2009/06 ~ 2011/05

연구 내용	- 신설되는 콘크리트 구조물의 경우 콘크리트의 재료적 특성으로 인하여 수화 및 미세구조를 형성하게 되고, 재령경과에 따라 수분이동 및 열화인자의 콘크리트 내 침투를 통해 구조물의 열화가 발생하게 된다. 열화인자의 콘크리트 구조물 내료의 침투는 콘크리트 내 철근의 부식을 발생시켜 응력부식에 따른 균열을 조장하며 이와 동시에 구조적 하중재하 및 외력에 따른 구조물의 사용성 및 내하성이 점차 감소하며 구조물의 내구수명을 마감하게 된다. 이러한 일련의 과정은 일반적인 구조거동 해석 및 내구성 해석으로만 각각 수행되어 왔기 때문에 실제 구조물의 성능평가에 있어서 현실적잊 못하다는 지적이 지배적이다. 따라서 재료적인 개념과 구조적인 개념을 통합한 multi-scale 성능평가 프로그램을 통하여 안전성, 사용성, 내구성에 입각한 구조물의 통합형 성능평가가가 실현가능하다. 연구의 범위는 다음과 같다. ・콘크리트 구조물의 Multi-scale 성능평가 프로그램 개발 - 재료단계에서 구조단계까지의 multi-scale 모델링 - 콘크리트 구조물의 초기거동 및 장기거동을 통합 해석할 수 있는 요소기술 개발 -구조적인 성능저하 및 내구적인 성능저하 통합해석모델 개발 ・사회기반시설의 통합형 성능평가 시스템 구축 - 기존 구조물의 잔존수명 예측을 통한 보수/보강 필요성 및 시기결정 - 성능평가형 설계개념에 근거한 경제적인 설계/시공/유지관리 기법 제시 -Multi-scale 성능평가프로그램을 이용한 정량적인 성능평가시스템 구축
중복성 검토결과	- 콘크리트구조물의 열화방지를 위한 성능평가프로그램으로 유지보수 최적화에 대한 연구개발임. 따라서, 본 과제에서 제안하는 콘크리트구조물의 열화방지를 통한 수명연장기술과 차별화 됨

○ 탄소중립형 도로기술

- 추진부서 (추진기관) : 한국건설교통기술평가원

- 추진연도 : 2010/01 ~ 2011/12

연구 내용	- CO2 배출 저감형 및 환경부하 저감형 도로설계 및 시공기술 개발 - 저 탄소 도로포장재료 개발 - 탄소 포집이 가능한 도로포장 재료 및 시공 기술 - 배기가스 감소를 위한 도로 선형화 및 노면 개선 기술 - 교통혼잡관리 시스템 개발 - 온실가스 관리시스템 통합 환경 구축
중복성 검토결과	- 탄소저감형 철도노선기술에 적용가능하나, 본 과제에서 제안하는 통합영향평가기술과 차별화 됨

○ 기후변화 적응을 위한 한국형 그린 인프라구축방안 연구

- 추진부서 (추진기관) : 한국환경산업기술원

- 추진연도 : 2010/01 ~ 2011/12

연구 내용	- 한국형 그린 인프라 정립 - 한국형 그린 인프라 분석(도시 물환경 중심) - 지속가능한 자원 관리 및 친환경 공간 전략적 계획 관리 기술 - 저탄소 도로포장재료 개발 - 탄소 포집이 가능한 도로포장 재료 및 시공 기술 - 배기가스 감소를 위한 도로 선형화 및 노면 개선 기술 - 교통혼잡관리 시스템 개발 - 온실가스 관리시스템 통합 환경 구축
중복성 검토결과	중복 해당사항 없음

④ 검토의견

○ 철도시스템의 전과정을 고려한 환경성개선기술을 제안하고자 하는 본 과제의 제안기술인 운행단계 에너지효율화 운전과 피크전력저감기술, 환경경제성을 고려한 폐 철도차량의 유용자원회수기술과 철도시설물 저탄소 건설을 위한 환경경제적인 통합영향평가기술과 차별성을 가지며, 검토한 과제들과의 중복성은 없는 것으로 판단됨

(5) 기술개발 분야 검토

① 기술개발 필요 분야 검토

필요기술분야	기 추진과제	시급성 부족과제	현실성 부족과제	수요조사 제시과제	기술개발 시급과제	기술개발 필요여부
스마트미터링기반의 도시철도차량 피크전력 분산제어 기술				○	○	○
철도 환경경제성 개선을 위한 폐철도차량의 유용자원회수시스템기술개발				○	○	○
저탄소, 저비용 철도노선건설을 위한 지능형 통합영향평가도구 및 실시간 온실가스 모니터링 시스템 개발				○	○	○

① 스마트미터링기반의 도시철도차량 피크전력 분산제어 기술

○ 철도차량의 개별 소비전력 사용량을 실시간으로 모니터링하고 전력사용량을 예측, 분산제어할 수 있는 시스템을 구축함으로서 도시철도차량의 에너지효율을 최적화하고 운영전력 비용을 혁신적으로 절감할 수 있는 기술개발

○ 기술의 구성

- 철도차량 실시간 운행에너지 스마트미터링 기술

· 전차선에서부터 들어오거나 회생전력으로 인하여 차상에서 발생되는 전력의 전압 및 전류 측정이 가능하고 이를 기반으로 에너지 소비량 예측이 가능한 핵심시스템 구축

◦ 실시간 개별 철도차량 차상 전력량 모니터링시스템 개발

◦ 실시간 데이터 처리 및 무선전송시스템 개발

- 스마트미터링기반의 철도차량 운행에너지 효율화기술 (차상형, 지상형)

· 지상시스템 : 관제에서 전체 차량의 운행 에너지를 파악해서 운행패턴을 가이드 해주거나, 피크 전력이 예측 될 때 부하전력을 분산시켜주는 알고리즘 개발하여 신호제어, 시각표 재생성 등 에너지 소비량을 최적화 할 수 있는 정보를 제공해 주는 시스템 개발

◦ 피크 전력 분산제어 알고리즘 개발

◦ 차량 에너지 관제시스템 개발

◦ 실시간 에너지 동기화 운행스케쥴 생성시스템 개발

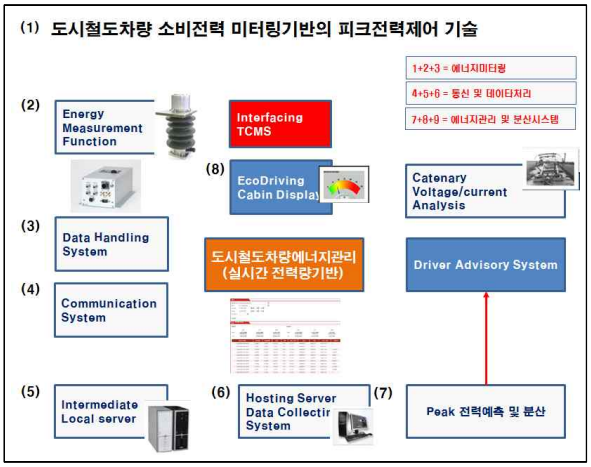
· 차상시스템 : 운전자에게 에너지 저감 차원에서 최적화된 열차 운행정보를 제공해주어 운전자가 운행패턴을 결정 할 수 있도록 해주며, 열차 내 소모되는 전체 에너지의 사용량 분석 및 기타 에너지 관련한 시스템들을 종합적으로 제어할 수 있는 시스템

◦ 운행 에너지 최적화 알고리즘 개발

◦ 에너지 모니터링 및 운전정보 제공 HMI 개발

◦ 차량 운행 정보 연계 기술

◦ 차량 신호 시스템 연동 제어 기술



[그림 2-92] 스마트미터링 기술구성

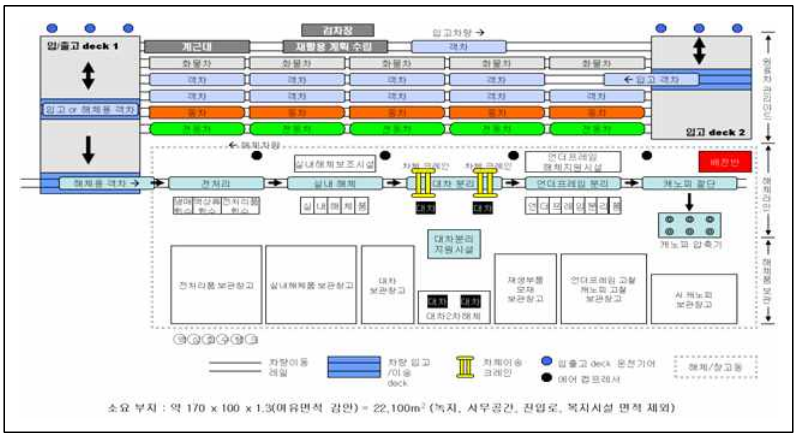
② 철도 환경경제성 개선을 위한 폐 철도차량의 유용자원회수시스템기술개발

○ 폐 철도차량, 대형트럭, 선박, 항공기 등 중대형 교통수단으로부터 유용자원회수를 위한 핵심기술개발로 95 % 이상의 자원을 회수할 수 있는 기반기술개발로 국가 환경부가가치 창출에 기여 및 국제 교통 환경시장을 주도할 수 있는 기술을 개발

○ 유용자원 회수를 위한 친환경 해체시스템 기술

- 폐차량 해체/재활용 시설 layout 개발 및 설계
- 차량 전처리 기술 : 액상류, 냉매, 오염물질 등
- 차량 해체설비 및 공정 기술
- 자원 재활용 기술 및 재활용 용도개발: 금속, 비금속 자원 재질별 재생 기술
- 회수 자원 및 부품 관리 기술 : 상태관리, 재고관리, 유통관리
- 온실가스 저감결과 분석, 모니터링 및 전과정 평가 기술
- 환경경제성 향상을 위한 재활용 네트워크시스템 기술

- 화물차량 등 중대형 교통수단 및 군수품의 자원순환시스템 활용네트워크 구축기술
- 기존 재료 재활용 수익시장의 철도재료 적용네트워크 구축
- 철도부품 관리시스템 및 재이용 네트워크 구축



[그림 2-93] 철도차량 친환경해체시스템(안)

③ 저탄소, 저비용 철도노선건설을 위한 지능형 통합영향평가도구 및 실시간 온실가스 모니터링시스템 개발

○ 기존의 환경영향평가기법에 IT기술을 접목하고 더하여 철도시설물별 온실가스 발생량 원단위 데이터를 이용하여 신규 철도 노선 건설 시 기존의 자연 및 인간환경을 보호하고 온실가스 발생량을 설계단계에서부터 예측하여 지구온난화대응 및 적용 등의 실질적인 환경규제의 요구사항을 적합하도록 건설할 수 있게 하는 기술이다.

○ 지능형 통합영향평가기법 및 실시간 온실가스 모니터링시스템 개발
- 철도노선의 환경영향평가항목 및 평가모델 표준화
- 철도노선의 탄소발생량 항목 정량화 및 평가모델 반영방안
- 철도시설물 및 유형별 전과정 온실가스발생량 데이터베이스 구축 및 연계기술
- 온난화대응 및 적응형 통합영향평가시스템 체계구축
- 지능형 통합영향평가모델제시 및 개발
- 철도시설물 실시간 온실가스 모니터링 및 전송시스템 개발

○ 철도시설 환경영향평가 자동화시스템 개발
- 철도시설 환경영향평가 특성에 적합한 평가절차 및 자동화 연계시스템 개발
- 기존의 TMS 대비 정밀도 85~90%의 수준을 만족하는 간이식 측정 장비개발
- 국내외 측정장비 SWOT(strength; weakness; opportunity; threat) 분석
- 대기오염물질 측정 전 항목 센서링기술 개발
- 수질 항목 (온도, pH, DO, SS, COD, TN, TP)측정 장비 개발

(6) 중점추진 분야 설정

① 중점추진 분야 설정



② 도시철도차량 자원효율화 및 저탄소 철도시설 건설비용 저감 기술개발방향

배경	○ 철도시스템의 전과정에서의 온실가스발생특성을 분석한 결과 철도차량은 운행단계에서 대부분의 에너지를 소비하는 제품에 해당되며 철도시설물은 건설단계에서 전체의 70% 이상의 온실가스가 배출되는 재료집약형 제품군임. ○ 철도운영처의 환경경제성분석결과 운행단계에서 사용된 전력에 따른 비용지출규모가 상당한 규모임(코레일 6천억원/년). ○ 따라서, 철도차량의 운행단계 환경경제성 개선기술이 필수적임. (피크전력 예측 및 관리기술, 회생전력 동기화 운전제어기술) ○ 자원순환법 등의 국내외 환경규제 강화와 철도선진국의 친환경철도개발 기술동향에 따라 국내 철도산업의 친환경성확보를 위하여 폐기단계의 철도차량에 대한 친환경폐기기술개발이 요구됨. ○ 철도시설물은 건설 후 장시간 활용되는 국가기간시설물로 설계단계에서 온실가스를 고려한 친환경 건설기술이 요구됨에 따라 사전 온실가스 통합평가기법의 개발이 필요함.
목표	○ 국가 철도산업의 환경경제성확보를 위하여 운행단계 에너지효율개선을 통한 온실가스 저감과 폐기단계 자원순환법 등의 환경규제 요구사항을 만족할 수 있는 지속가능한 철도교통 기술을 개발 - 스마트미터링기반의 도시철도차량 피크전력 분산제어기술 - 철도 환경경제성 개선을 위한 폐 철도차량의 유용자원회수시스템기술개발 - 저탄소, 저비용 철도노선건설을 위한 지능형 통합영향평가도구 및 실시간 온실가스 모니터링시스템 개발
주요 내용	○ 스마트미터링기반의 도시철도차량 피크전력 분산제어기술 - 도시철도차량 실시간 개별 소비전력량 미터링 기술 · 도시철도차량 차상형 실시간 에너지미터기 개발 · 데이터 처리 및 전력량 송신시스템 구성 기술 · 실시간 에너지 데이터 처리 N/W 아키텍처 기술 · 에너지 측정을 통해 생성된 데이터와 더불어 시간 및 위치 정보와 동기화 하여 보관 및 무선통신 장치를 통해 데이터 송수신이 가능하도록 데이터 처리 및 네트워크 구성 ○ 차량 에너지 관리시스템 개발 및 최적화 운영기술 (차상/지상시스템) - 차상시스템 · 열차운행시각, 정차시각 및 제한속도 등의 운행정보와 연계한 에너지최적화 운행정보 제공시스템 · 도시철도차량 실시간 에너지현황분석 및 최적화 운행패턴 종합제어시스템 개발

	- 지상시스템 · 실시간 차량 에너지소비량 기반의 피크전력 예측, 최적화 및 분산제어 알고리즘 개발 · 피크전력 분산제어를 위한 실시간 차량운행패턴생성 및 실시간 신호제어, 시각표 제어 연계시스템 개발 ○ 철도 환경경제성 개선을 위한 폐 철도차량의 유용자원회수시스템기술개발 - 유용자원 회수를 위한 친환경 해체시스템 기술 - 폐차량 해체/재활용 시설 layout 개발 및 설계 - 차량 전처리 기술 : 액상류, 냉매, 오염물질 등 - 차량 해체설비 및 공정 기술 - 자원 재활용 기술 및 재활용 용도개발 : 금속, 비금속 자원 재질별 재생기술 - 회수 자원 및 부품 관리 기술 : 상태관리, 재고관리, 유통관리 - 온실가스 저감결과 분석, 모니터링 및 전과정 평가 기술 - 환경경제성 향상을 위한 재활용 네트워크시스템 기술 - 화물차량 등 중대형 교통수단 및 군수품의 자원순환시스템 활용네트워크 구축기술 - 기존 재료 재활용 수익시장의 철도재료 적용네트워크 구축 - 철도부품 관리시스템 및 재이용 네트워크 구축 ○ 저탄소, 저비용 철도노선건설을 위한 지능형 통합영향평가도구 및 실시간 온실가스 모니터링시스템 개발 - 지능형 통합영향평가기법 및 실시간 온실가스 모니터링시스템 개발 · 철도노선의 환경영향평가항목 및 평가모델 표준화 · 철도노선의 탄소발생량 항목 정량화 및 평가모델 반영방안 · 철도시설물 및 유형별 전과정 온실가스발생량 데이터베이스 구축 및 연계기술 · 온난화대응 및 적응형 통합영향평가시스템 체계구축 · 지능형 통합영향평가모델제시 및 개발 · 철도시설물 실시간 온실가스 모니터링 및 전송시스템 개발 · 철도시설 환경영향평가 자동화시스템 개발 · 철도시설 환경영향평가 특성에 적합한 평가절차 및 자동화 연계시스템 개발 · 기존의 TMS 대비 정밀도 85~90%의 수준을 만족하는 간이식 측정 장비 개발 · 국내외 측정장비 SWOT(strength; weakness; opportunity; threat) 분석 · 대기오염물질 측정 전 항목 센서링기술 개발 · 수질 항목 (온도, pH, DO, SS, COD, TN, TP)측정 장비 개발

3. 중점추진분야별 기술발전단계

가. 고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술 분야

○ 고속선이 아닌 기존선에서의 궤도검측방법은 주로 3대차 (대칭현, 10m versine) 접촉식이 주류를 이루고 있었으나 1990년대 이후 검측차의 고속화가 진행되면서 레이저 기술을 사용한 비대칭현·비접촉식의 검측방법과 전기·신호검측차를 통합한 종합검측차가 개발되고 있다. 최근에는 고속철도의 주행속도가 400km/h에 이르면서 400km/h 급 고속 종합검측차가 개발되고 있다.

① 궤도 단독의 검측차로부터 종합 검측차로 개발

○ 기존에는 궤도 검측과 전기 및 신호 통신 검측은 별개의 검측차에서 측정해 왔으나 최근에는 검측의 효율을 높이기 위하여 궤도/전기/신호/통신을 동시에 측정할 수 있는 종합검측차가 개발되고 있다. 이를 통하여 검측시간을 단축하고 종합적인 원인분석 및유지보수 계획의 수립이 가능하다.

② 상용열차의 최고 속도에 대응하여 검측차 속도 증가

○ 기존의 저속열차에서 최근에는 300km/h 급 이상의 속도를 가진 고속열차가 상용 노선에 투입됨에 따라 이의 효율적인 유지보수를 위하여 검측차의 속도도 증가하고 있다. 프랑스의 경우 TGV선의 운행속도와 맞추기 위하여 IRIS320 검측차는 320km/h으로 검측이 가능하며, 일본의 East-i 등 검측차도 300km/h 급의 고속검측이 가능하다. 최근에는 중국에서 400km/h 급 검측시험을 성공적으로 수행하는 등 상용열차의 최고속도가 증가함에 따라 검측차의 속도도 증가하고 있다.

③ 측정방식의 변경 ; 10m 대칭현에서 비대칭현 방식으로 변경

○ 기존의 검측차는 3개의 대차를 5m간격으로 배치해 10m현의 실을 펼치는 것과 같은 원리인 대칭현방식이었으나 이 방식의 경우 고속차량의 승차감에 대한 영향을 파악할 수 있는 장파장 궤도틀림을 신뢰성 있게 측정할 수 없어서 측정현의 길이를 다르게 하는 비대칭현 방식으로 변경되었다. 이를 통하여 40m 이상의 장파장 궤도틀림도 비교적 신뢰성있게 측정이 가능하게 되었다.

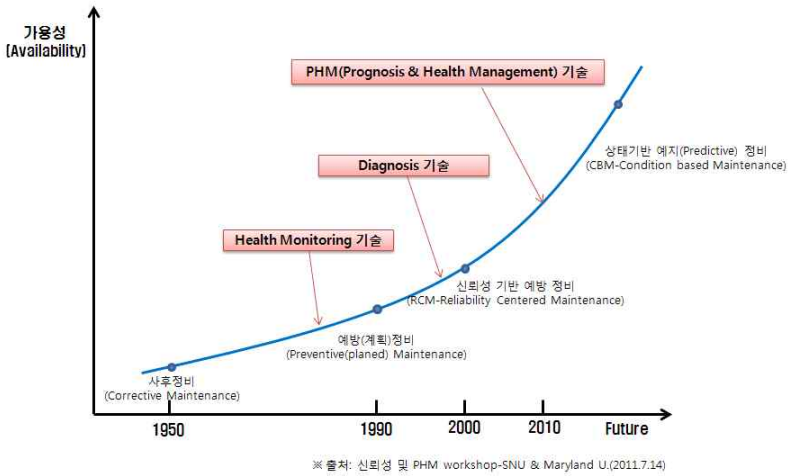
④ 접촉식(기계식)에서 비접촉식으로 변경

○ 기존의 검측차에서는 측정 차륜을 레일표면에 접촉하여 측정하는 방법이었으나 이 방법에서는 눈이 많이 쌓여 있으면 수평과 궤간의 측정을 할 수 없거나 측정 요원이 수동으로 차륜을 setting하는 작업을 해야 하는 등의 문제가 있었다. 신형 궤도 검측차에서는 새로운 광학식과 전자식의 검출기를 채용함으로서 이러한 문제를 해결하였으며 검측차 탑승인원도 적어지게 된다.

나. IT 기술을 융합한 실시간 철도차량 유지관리 시스템 기술 분야

(1) 유지관리 기술발전단계

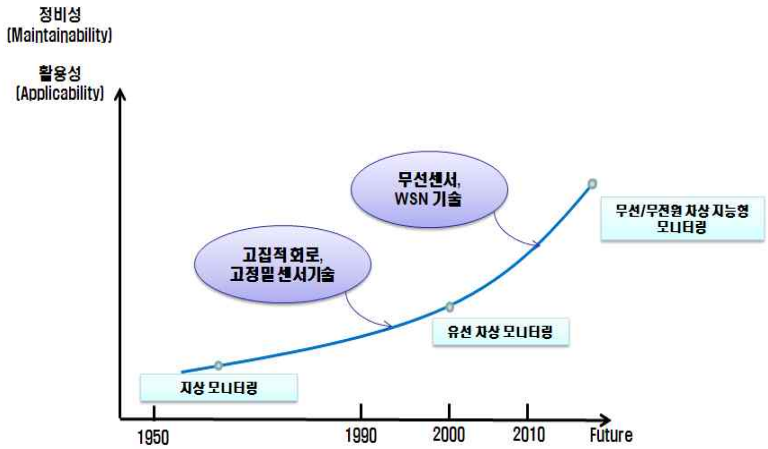
○ 일반적으로 초기의 유지보수는 고장정비 (breakdown maintenance) 및 예방정비 (preventive maintenance) 활동으로 구별 되었다. 고장정비는 run-to-failure maintenance로도 불리며, 점검 및 정기교환을 전혀 실시하지 않고 설비고장 후 수리, 교체하는 방식으로, 고장발생 후 인접 시스템/부품에 영향이나 손실이 미미한 경우 혹은 열화 경향의 산포가 크고 점검, 검사가 불가능할 경우에 적합한 유지보수 활동이다. 수명이 다할 때까지 완전 사용하기 때문에 2차고장이 없을 경우 유지보수 비용이나 수리비용이 저렴하다는 장점이 있지만, 시스템의 돌발고장에 기인한 운행정지는 장비운용 효율측면에서 악영향을 미칠 수 있다는 단점이 있다. 하지만 이러한 돌발고장을 미연에 방지하기 위하여 예방(계획)정비 (preventive maintenance)이 실시되었으며, 일반적으로 시간기준정비 (Time-Based Maintenance: TBM)을 중심으로 수행되었다. 시간기준정비는 정기예방정비 (periodic preventive maintenance)이라고도 하며, 시스템 열화에 가장 비례하는 파라미터(생산성, 작동회수 등)를 바탕으로 수리주기를 결정하고 주기까지 사용하면 무조건 수리하는 것으로 기존에 가장 많이 사용하고 있는 유지보수 방식이다. 보통 비 수리계의 시스템에 적용하며, Gertsbakh, Barlow 등에 의해 정비정책으로서 이론연구가 확립되었다. 시간기준 유지보수 활동은 가능한 한 자주 정비하는 정책 (as-frequent-as possible maintenance policy)로서 점검비용은 크게 발생하지 않지만 유지보수 주기와 기능열화주기가 완전히 일치하지 않기 때문에 잔존수명에 대한 손실비용이 발생, 과잉 유지보수 활동이 될 수 있으며, 또한 유지보수 주기 동안 고장이 발생할 수 있기 때문에 사후정비비용 및 생산손실비용이 발생할 가능성이 항상 존재한다. 또한 과잉 유지보수 활동으로 인해 충분히 사용 가능한 부품/시스템을 폐기처분함에 따라 불필요한 폐기품 증가로 인해 환경에 악영향을 줄 가능성을 내포하고 있다. 따라서 첨단장비 탑재 및 복합화 경향에 따라 고장을 사전에 예방하여 비용을 최소화하고 새로운 녹색성장의 기조 하에 폐기물을 절감할 수 있는 정비 방법론에 대한 사회적 요구가 끊임없이 증가하고 있다. 하지만 기존의 시간기준 유지보수 활동은 고장방지를 100% 보장할 수 없기 때문에 새로운 개념의 유지보수 활동, 즉 상태기반 유지보수(Condition based Maintenance)의 도입의 필요성이 대두되고 있다. 상태기반 유지보수 활동의 핵심요소는 장비/설비의 열화를 측정, 분석하여 장비/설비의 잔여수명을 정확하게 예측하며 고장이 일어나기 바로 직전에 유지보수를 실시함으로써 종래 시간기준 유지보수 방식의 유지보수 주기보다 간격을 확장, 유지보수비용 및 인력을 최소화시키는 데 있다. 상태기반 유지보수 활동은 장비/설비의 열화를 성능 파라미터 (performance parameter)를 통해 상태를 감시하고 유지보수 시점의 정확한 예측을 위한 신뢰성 모형화 작업은 필수적이다. 그리고 최근에는 이를 확장하여 고장을 예방할 뿐만 아니라 상태를 미리 예지하여 선행적으로 유지보수를 실시하는 건전성 예지(PHM : Prognosis & Health Management) 정비 기술이 요구되고 있다. 이에 따라 해외 철도 선진국에서는 유지보수 관리를 위해 IT 기술을 접목하여 전산화 및 자동화를 통한 예산 운용의 효율성 향상을 위해 노력하고 있다.



[그림 2-95] 유지보수 기술 발전 단계

(2) 철도차량 모니터링 기술발전단계

○ 정비 정책의 발전에 따라 상태를 진단하는 모니터링 기술도 발전하여 초기의 지상 모니터링에서 유선 시스템을 이용한 차상 모니터링 시스템이 현재 철도차량의 많은 곳에서 사용되고 있지만, 구동부위 등의 설치 제약 및 적용성의 한계 등에 의해 최근 급속도로 발전하고 있는 무선센서와 무선 센서 네트워크(WSN) 기술을 기반으로 한 무선센서 모니터링 시스템이 연구되고 있으며, 더 나아가 무선 시스템의 전원 한계까지도 극복하여 배터리 교체 등의 유지보수 업무의 추가 없이도 무선으로 모니터링 할 수 있는 반영구적인 무선/무전원 차상 모니터링 기술이 요구되고 있다.



[그림 2-96] 철도차량 모니터링 기술발전 단계

○ 철도차량 모니터링 기술 요구조건

- 모니터링을 요구하는 대상의 실시간 검측이 가능하여야 한다. 이를 위해서는 모니터링을 요구하는 대상에서 직접 모니터링이 가능한 철도차량 차상 설치하여 실시간 모니터링하는 방식이어야 한다.

- 원격계측 및 감시를 위한 무선(wireless) 네트워크 기술이 요구된다. 이를 통해 기존 유선 센서 모니터링 시스템의 설치 한계를 극복할 수 있으며 또한 무선 통신 등을 이용하면 기존 개별 모니터링 위주에서 다중 센서 및 모니터링 시스템의 통합이 가능하다.
- 반영구적 수명, 설치 한계 및 유지보수 업무 개선 등 위 두 가지 요구조건 충족을 위해서 반드시 필요한 자가발전 구동(=에너지 하비스터) 기술이 요구된다. 자가발전 구동 기술은 기존 배터리나 외부전원 공급에 따른 수명의 한계를 극복할 수 있으며, 구동 전력 공급에 따른 모니터링 시스템의 설치 제약, 유지보수 업무의 개선 등 복합적인 문제를 해결할 수 있다.
- 모니터링의 목적이 단순한 상태 진단(Diagnosis) 뿐만 아니라 대상물의 손상을 예측(Prognosis)하는 것을 요구하고 있다.



[그림 2-97] 지능형 철도차량 모니터링 기술발전 방향

다. 고효율 에너지 절감 및 운영 최적화 기술 분야

○ 고효율 에너지 절감 및 운영최적화 기술개발 분야는 총 6개의 세부기술로 구성되어 있으며 각 기술에 대한 기술발전 전망은 아래 그림과 같음



[그림 2-98] 분야별 기술발전 전망

○ 철도 시스템에서 에너지 절감효과를 극대화하기 위해서는 전력을 공급하는 지상 전력공급 기술과 공급전력을 소비하는 차량의 전력 소비 효율화 기술, 이들의 운영을 최적화하기 위한 운영최적화 기술로 대별됨

○ 지상전력 공급기술은 에너지저장의 어려움에 따른 전력공급 안정화 향상의 어려움, 화석연료 에너지 소비에 의한 소비효율 저감, 아날로그기반 변전소에 따른 지능화의 어려움 등에 당면하고 있으며 이러한 문제들은 무보수, 고밀도 에너지 저장 및 운영관리 기술, 신재생에너지 연계 전력망 효율 증대 기술, 변전소의 지능화, 디지털화 기술에 의한 전력 소비효율 최적화기술 개발에 의해서 극복할 수 있을 것으로 판단함

○ 차량의 전력소비는 약80% 정도가 주전원 연계 시스템 (견인전동기 및 변압기), 약 20% 정도가 보조전원 연계 시스템(냉난방 및 등구류)에서 발생하고 있으며 이러한 장치들의 에너지소비 효율을 극대화시키기 위해서는 현재의 기술로는 한계에 이른 상황이며 초전도 기술과 같은 미래기술의 도입에 의해서 현재의 당면하고 있는 기술의 벽을 극복할 수 있을 것으로 판단함

라. 도시철도차량 자원효율화 및 저탄소 철도시설 건설비용 저감 기술 분야

○ 환경기술은 후처리 위주의 1세대 기술(end-of-pipe)에서 벗어나 오염 물질의 배출을 억제하고 사전 예방하는 2세대 기술(pollution prevention)을 거쳐 통합적인 환경관리의 3세대 기술과 나노수준의 환경문제로 접근하는 4세대 기술로 전환되고 있다. 따라서 제품(혹은 공정)의 개발단계에서부터 설계, 사용, 폐기까지의 전과정(life cycle)을 고려하여 환경부하(environment impact)를 사전에 평가하고 환경개선 방안을 도출하여 적용함으로써 사후에 발생하는 환경비용을 절감할 수 있는 방법들이 활발하게 사용되고 있다. 대표적인 방법으로는 전과정평가(LCA, Life Cycle Assessment)가 있다.



[그림 2-99] 환경패러다임의 변화



[그림 2-100] 기술발전단계

5절 비전 및 목표 수립

1. 비전 및 목표



[그림 2-101] 인간/환경 중심의 철도기술력 확보

○ 비전/미션 : 철도안전성 강화 및 온실가스 저감에 기여하는 녹색철도 인프라 조성을 통해 인간과 환경을 함께 생각하는 기술개발 방향성을 제시

○ 연구개발 목표 : 철도사고 예방을 위한 검측 시스템 개발 및 실시간 모니터링/상태기반 유지보수 등을 통해 철도유지보수 효율을 향상하는 한편, 철도전력계통 효율화 및 소비전력의 저감 등을 통한 철도에너지 소비효율 향상, 친환경 철도기술개발을 통한 철도자원 재활용 효율향상을 촉진토록 함

○ 전략 : 연구개발 목표를 달성하기 위한 4대 추진전략으로서 연구역량 제고, 기술 활용 및 융합을 통한 집적화, 기술적/경제적 파급효과가 큰 연구성과물 창출, 글로벌 기술을 선도하는 'RAIL 전략'을 제시

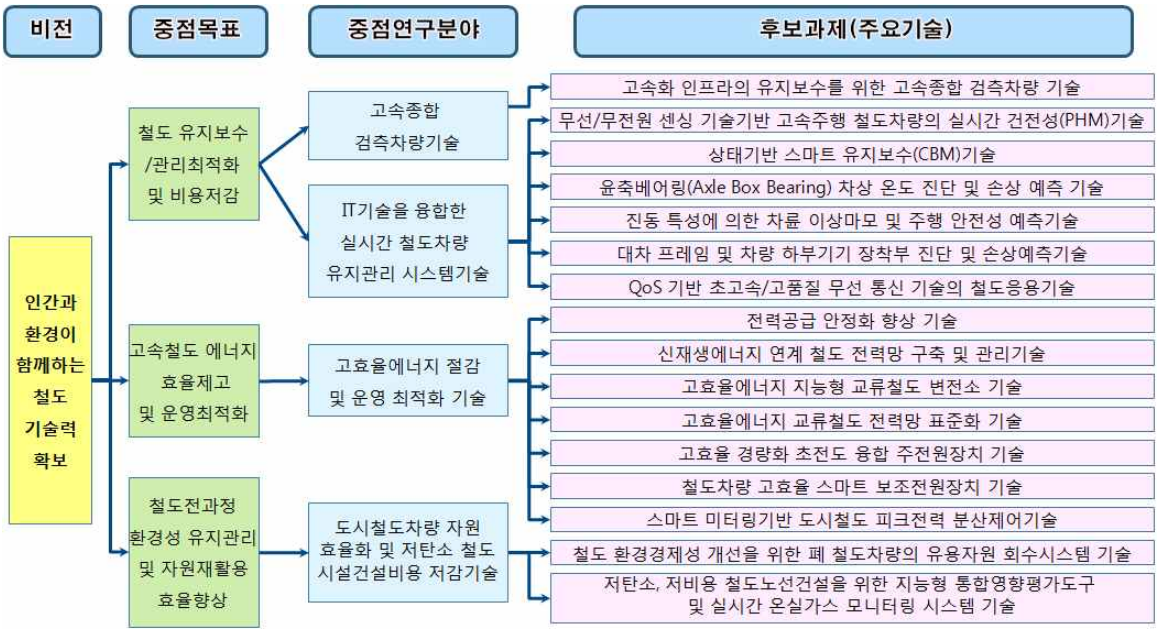
- Research capabilities (연구역량 제고) : 철도운영 효율화 부문에서의 글로벌 기술경쟁력을 확보하기 위해서는 그동안 축적된 해당 분야의 국내 연구성과물을 적극적으로 활용하는 한편, 기초-응용-개발-상용화 단계에서의 관련 연구역량 확보에 주력해야 함

- Aggregation abilities (기술집적화) : 철도분야의 특성상 다양한 분야의 연구성과물이 적용 및 활용될 수 있기 때문에 철도운영 시스템 개선이라는 큰 목표 아래 직간접적으로 관련되어 있는 요소기술의 발굴 및 개발, 통합화 노력이 지속적으로 이루어져야 함

- Impact effect (파급효과 제고) : 철도부문에서 개발된 기술이 다양한 기술 및 산업 발전에 기여할 수 있도록 철도 운영 효율화에만 국한하지 않고 관련 분야의 전반적인 기술력 향상에 기여할 수 있도록 함

- Leading edge (기술선도) : 단기적인 성과창출을 통해 연구개발 목표를 달성하는 것도 중요하지만 중장기적인 관점에서 해당 분야의 글로벌 기술을 선도하기 위해서는 향후 연구개발의 방향성을 제시할 수 있는 인프라 조성 및 기반/핵심기술 개발이 필요함

○ 기술개발전략 설정



[그림 2-102] 연구개발 비전-중점목표-연구분야-후보과제(주요기술)

2. 기술개발에 따른 미래상

가. 고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술 분야

(1) 현재

○ 국내 검측관련 기술 부재로 전량 수입에 의존

○ 해외 철도 진출시 검측/유지관리 분야 해외 경쟁력 약화

○ 장기간 수리로 인한 검측업무 공백

○ 국내 유지관리 기준과의 불일치 등 국내 요구사항 반영 불가

○ 과다한 검측차 유지보수비용 청구 등 운영·유지관리의 비효율성 발생

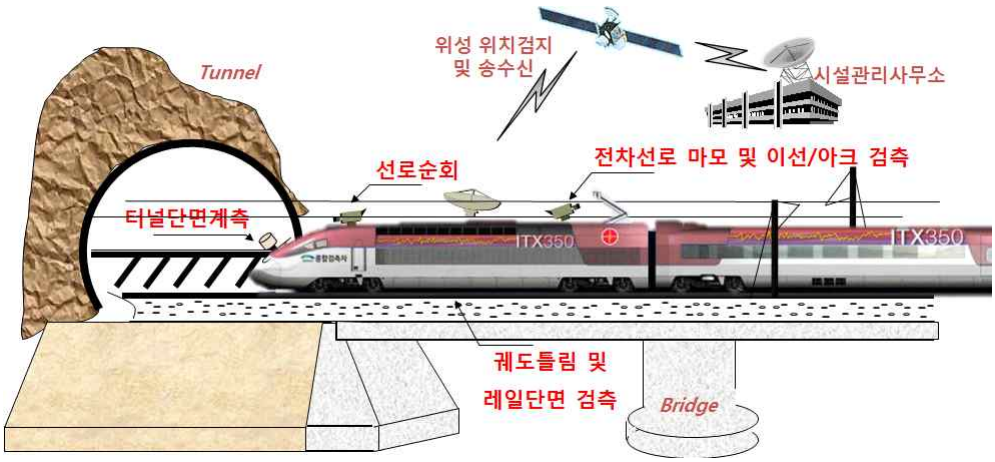
(2) 미래

○ 고속 검측을 통한 점검시간 단축으로 적정 유지보수시간 확보가 가능하여 관리가능한 선로용량 증대

○ 1회 검측대상구간이 길어지므로 검측 빈도 및 품질 향상으로 안전성 및 승차감 향상으로 최고급 교통수단으로서 고속철도 자리매김

○ 고속검측에 관한 원천기술을 확보하므로 향후 운행속도의 향상이나 사양 업그레이드 시 능동적으로 대응할 수 있고 신속한 고장수리로 장비의 활용률이 향상되고 해외 기술수출

○ 선로의 상태평가에 핵심적인 기술로 자체기술을 보유하게 되므로, 선로의 유지보수 환경에 맞게 커스터 마이징할 수 있어서 전체 유지보수 시스템을 효율화할 수 있으며 관련기술에 파급효과가 크며, 철도 분야 국내 기업이 세계시장 선도



[그림 2-103] 미래의 검측 개념

나. IT기술을 융합한 실시간 철도차량 유지관리 시스템 기술 분야

(1) 기술개발에 따른 미래상

○ 기술개발이 완료되면, 현재 고장 코드에 의해서만 유지 보수하던 것이 “상태기반 스마트 유지보수(CBM)”를 통해 고장을 사전에 예측하여 수리하게 되는 것으로 변경됨으로써 운행 장애가 10% 이상 감소하게 되고, 유지보수비용도 10% 이상 절감할 수 있을 것으로 기대.

○ 현재 유선으로 데이터를 획득하고 있는 모니터링이 “차상 무선/무전원” 모니터링으로 됨으로써 실시간으로 반영구적 수명을 가지며 설치한계를 극복할 수 있게 됨.

- KTX의 운행지연장애 감소 : 연간 16건 이상,
- 철도차량 유지보수비 절감 : 연간 600억원(30년 기준 : 1.8조원)
- 세계 철도차량 CBM 및 차상 모니터링 시장 선점: ‘15년 지능형 모니터링 시장: 2.5조



[그림 2-104] 상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술개발 미래상

(2) 철도차량 유지보수비용 절감효과 분석

○ 2010년도 한국철도공사의 결산서를 근거로 총 영업비용과 철도공사의 인원구성에 따른 차량 유지보수 인건비 산정, 총 유지보수 비용 산정, 그리고 차량유지보수 비용을 산정하였으며, 그 내용은 다음과 같음.

- 영업비용(2010 철도공사 경영실적)

항목	비용(억원)
인건비	20,660
- 기본인건비	(14,208)
- 성과상여금	(2,369)
- 퇴직급여	(1,074)
- 복기후생비	(3,009)
선로사용료	5,710
동력비	4,183
감가상각비	3,918
수선유지비	4,060
- 재료비	(1,722)
- 공비	(2,225)
- 나머지(전기,기계,건축 등)	(113)
기타	3,581
총액	42,112

- 철도공사 인원구성 (2010.12.31기준)

구분	합계	영업		유지보수			지원
		역	승무	차량	시설	전기	
정원(명)	27,456	6,142	6,911	5,125	3,909	2,688	2,678
구성비(%)	100	22.4	25.2	18.7	14.2	9.8	9.8

- 총 유지보수 비용 (차량, 시설, 전기)

항목	산출근거 : 인건비=직원비율×인건비총액(억원) 수선유지비=영업비용 비목 총액(억원)	금액(억원)	총액(억원)
인건비	차량 : 18.7%×20,660	3,863.42	9,686
	시설 : 14.2%×20,660	2,933.72	
	전기 : 9.8% ×20,660	2,024.68	
	간접비용 (지원 : 9.8%×20,660×유지보수직원비율42.7%)	864.54	
수선유지비	차량+전기+시설 수선비 합 (재료비/공비/철도차량/기계장치 포함)	4,060	4,060
총액	인건비 + 수선유지비		13,746

※ 총 영업비용 중 총 유지보수비용 비율 : 32.6%

- 차량 유지보수비용

항목	산출근거	금액(억원)
인건비	차량팀(직원비율×인건비총액) + 간접비용(지원팀직원비율×차량직원비율×인건비총액) = (18.7%×20,660)+(9.8%×18.7%×20,660)	4,242
수선유지비(추정)	유지보수비용×(차량유지보수인력/유지보수인력) = 4060×0.4372	1,775
총액	인건비 + 수선유지비	6,017

※ 총 영업비용 중 철도차량 유지보수비용 비율 : 14.3%

○ 차량, 시설, 전기 등 모든 철도분야의 유지보수에 소요된 비용은 총 영업비용의 32.6%로 산정되었으며, 이는 외국의 사례와 유사한 비율을 보여주었음. 이 중에서 철도차량이 차지하는 비용을 산정하기 위해 인건비는 차량유지보수인원과 이에 비례하는 지원팀 인건비를 반영하여 산정하였고, 수선유지비는 철도공사의 자료공개 거부로 인건비 비율로 추정하여 산정하였음. 산정된 차량유지보수비용은 총 영업비용의 14.3%이고, 총 유지보수비용의 43.8%를 차지하였음.

○ 본 기술개발을 완료하고 이를 철도공사에 적용할 경우 주기적으로 시행하던 유지보수를 부품의 상태에 따라 유지보수로 변경하게 됨으로써 부품의 유지보수 주기가 연장되고 유지보수 시간이 단축됨. 또한, 유지보수 예비품을 최적의 상태로 준비할 수 있게 되며, 유지보수 인력의 최적의 배치 및 관리가 가능하여 생산성을 제고하는 효과가 있음. 결과적으로 유지보수 인건비 감소 및 부품 재고 감소에 따른 유지관리비 절감 효과가 있게 되어 전체적으로 10% 이상의 유지보수비 절감효과(연간 약 600억원)가 있을 것으로 기대됨.

다. 고효율 에너지 절감 및 운영 최적화 기술 분야

고효율 에너지절감 및 운영최적화 기술개발

현재(As-Is)	미래(To-Be)
- 철도차량의 회생에너지를 활용하기 위한 연구가 최근 활발하게 진행되고 있으며, 지상설비로는 회생인버터, 슈퍼커패시터를 이용한 에너지 저장시스템이 개발되었음 -철도분야의 에너지 최적 활용 측면에서 대규모 신재생에너지원을 포함한 전기에너지를 관리하기 위한 네트워크 구축과 통합 에너지 관리 시스템에 대한 연구가 미비함 - 변전설비 설치의 복잡성 및 넓은 설치 공간의 필요에 따른 건설 및 유지보수 비용의 증가는 물론 오동작에 의한 고장으로 설비운영의 신뢰성을 떨어뜨리고 있음 -기존 모터의 크기 및 무게의 1/3로 소형화하면서도 에너지 효율을 높일 수 있는 초전도 모터를 개발하여 산업용 모터로 활용하기 위해 노력하고 있음	-교류구간의 경우 직류 구간에 비해서 대용량의 에너지 저장 매체가 필요하며, 빠른 충방전 응답특성을 갖는 에너지 저장 시스템을 필요로 함 -신재생 에너지(풍력, 태양열 등) 철도급전계통연계 기술과 신재생에너지 통합 관리 및 최적운영시스템 개발이 요구됨 -철도 전력망 개선을 위한 종합적인 분석/개발이 필요하며, 현장 적용을 통한 효율 및 신뢰성을 입증할 기술개발이 요구됨 -기존 엔진 기반의 철도에서 전동력을 이용한 전철로의 변화가 빠르게 진행되는 시점에서 견인전동기, 전력변환장치, 에너지 활용장치 등 전기동력시스템에 대한 요소기술 확보 및 성능향상 연구개발이 필요함



라. 도시철도차량 자원효율화 및 저탄소 철도시설 건설비용 저감 기술 분야

○ 국내외 철도산업은 에너지효율 향상 및 에너지원 전환을 통하여 온실가스 발생저감 등의 환경성을 개선할 수 있는 기술에 지원이 집중되고 있다. 최근의 환경적 요구사항은 기존의 사용단계에서 발생하는 대기오염 및 소음 등의 개선과 같이 사후처리 기술개발로 달성 가능한 개념이 아닌 설계단계부터 폐기단계까지의 전반적인 환경적 혁신을 요구하고 있다.

○ 강화된 국제 환경규제의 요구사항을 만족하고 지속적인 환경적 개선을 위하여 유럽 등의 철도선진국은 철도차량의 환경성을 재료별 환경적 기여율, 운행단계 철도차량의 기능별 환경성 기여정도 및 폐기단계 재료별 재활용가능성 등에 대한 정보를 타 산업과 연계하여 광범위하게 구축하였으며 이러한 기반을 활용하여 재료선택에 따른 철도차량의 전과정적 환경성 분석을 제작 이전단계에서 수행함으로서 친환경 재료사용과 이에 따른 재활용율 개선이 가능하도록 하고 있다. 동시에 에너지효율개선을 위하여 운행단계 기능 및 구성품별 에너지사용 기여율 분석을 통하여 개선기술에 대한 환경적 효과를 사전평가함으로서 파급효과와 경제성이 우수한 기술을 도출하고 이를 종합적이고 시스템적으로 최적화한 기술을 개발하고 있다.

○ 따라서 국내 철도산업의 환경경쟁력과 타 교통수단대비 지속적인 친환경적 우위확보를 위하여 철도시스템의 전반적인 환경성을 개선할 수 있도록 개발단계에서부터 환경적 개선정도를 정량적으로 평가할 수 있는 기반기술이 절실하다. 이를 통하여 운행 및 폐기단계서 발생 가능한 환경오염을 사전에 개선하고 설계단계에서부터 자원 재활용을 고려한 설계 및 재료의 사용으로 철도산업의 자원 순환율을 선진국 및 타 산업과 동등한 수준으로 개선할 수 있는 기반기술 개발이 가능하다.

○ 본 기획연구에서 제안하는 다음의 과제들을 성공적으로 수행할 경우 예상할 수 있는 기대효과를 아래에 기술하였다.

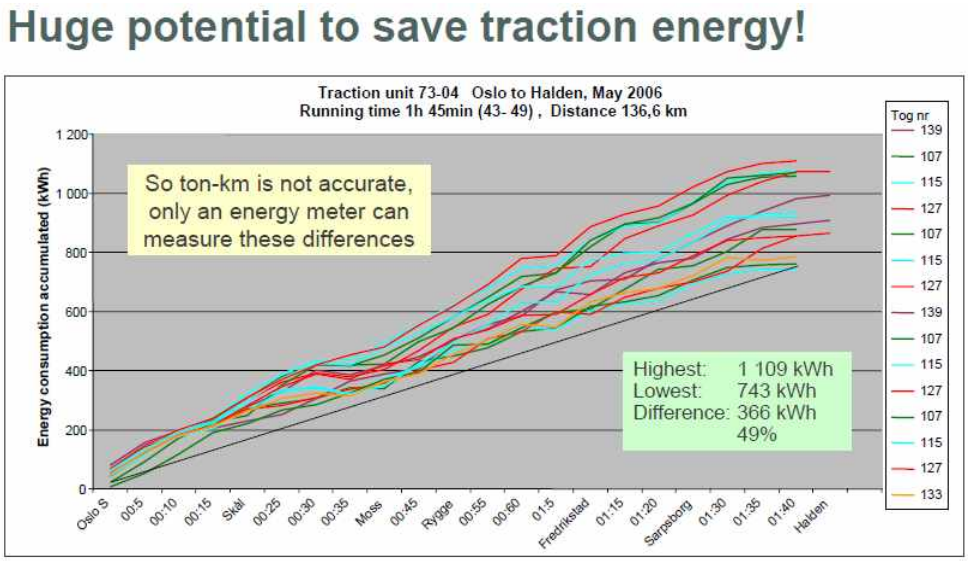
(1) 스마트미터링기반의 도시철도차량 피크전력 분산제어 기술

○ 국제철도연맹(UIC)에서 제안하고 있는 철도분야 온실가스저감기술의 기본으로 차량에서의 에너지소비량 측정장치를 전제조건으로 삼고 있다.

○ 대상제품의 효율개선은 객관적인 현상파악에서부터 출발한다는 점에서 기존에는 철도차량 전반에 걸친 에너지소비량을 관리하였다면 지구온난화로 온실가스배출량 저감을 위한 에너지효율향상은 에너지소비현황의 정량화분석에서 시작한다.

○ 이를 기반으로 에너지효율운전이 가능하며 이러한 에너지효율화 기술개발을 달성할 경우 예상되는 기대효과는 10% 이상임을 알 수 있다.

○ 대상제품의 효율개선은 객관적인 현상파악에서부터 출발한다는 점에서 기존에는 철도차량 전반에 걸친 에너지소비량을 관리하였다면 지구온난화로 온실가스배출량 저감을 위한 에너지효율향상은 에너지소비현황의 정량화분석에서 시작한다.



[그림 2-106] 스마트미터링기술의 필요성(출처 : UIC)

○ 스마트 모니터링 기반의 피크전력 분산제어기술 확산

- DC 1500V, AC25kV 등 확대적용 가능한 범용적인 시스템을 개발함으로서 개별 철도차량 운행에너지 소비전력 모니터링을 통한 피크전력 분산제어기술 및 실시간 전력량 기반의 회생전력동기화 운행제어기술의 철도산업 적용확산

- 철도 운영비용 혁신

· 실시간 철도 피크전력 분산제어 및 회생전력동기화 제어기술개발로 인한 철도 운행전력 비용의 혁신적 절감(600 억원/년간, 코레일/서울메트로)

- 친환경 철도차량 이미지 확고 및 운영환경 개선

· 전력비용의 혁신적 절감으로 인한 인력구조조정 요구저감 및 노인 무인승차 등에 대한 사회적 서비스 제공으로 인한 철도산업의 운영환경개선기대

(2) 철도 환경경제성 개선을 위한 폐 철도차량의 유용자원회수시스템기술개발

○ Bombardier사는 철도차량에 대해 전과정적인 사고(Life Cycle Thinking)를 적용하여 제조에서부터 사용, 폐기단계에 이르기까지 환경성능을 평가하고, 친환경 철도차량 설계기법을 전사적으로 적용하여 지속적으로 환경성을 개선하고 있다. 또한 철도차량의 환경성 정량화 결과를 활용하여 환경제품선언, EPD(Environmental Product Declaration) 보고서를 작성, 철도차량 판매 시 제공하고 있다. Siemens에서도 Bombardier사와 동일하게 추진하고 있는 상황이다.

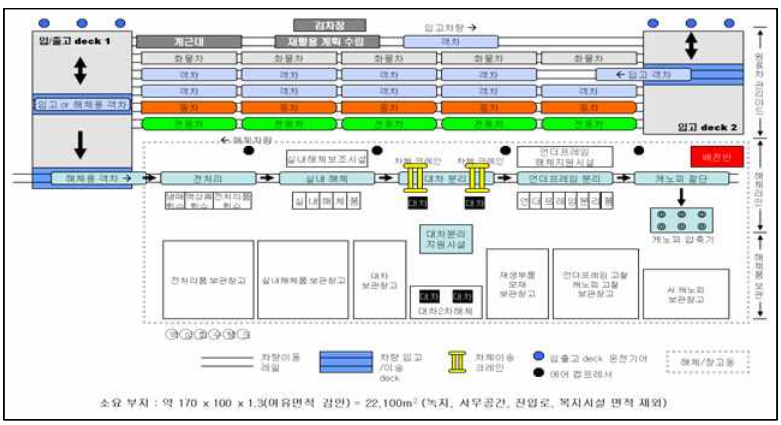


[그림 2-107] 유럽 철도차량의 EPD 인증사례

○ 철도차량 친환경구매기준인 UIC leaflet 345의 환경사양(Environmental Specification for New Rolling Stocks)에는 철도차량의 공공구매 시 폐기단계 재활용율을 포함한 아래 4가지의 환경성 항목을 고려하여 평가하고 있다.

○ 이러한 기준에 부합하여 유럽철도차량제작사에서 제작한 대부분의 철도차량은 재활용율 95%에 이르고 있으나, 국내 철도차량의 경우 재활용율 산정, 파악 자체가 불가능하며 환경부데이타베이스를 적용하여 산출한 결과 70% 수준의 저조한 상태이다.

○ 그림은 경제성을 고려하여 자동차 산업에서 개발된 재료 재활용기술, 부품 재이용시스템 등 공통되는 기술을 철도에 접목하는 것을 고려한 합리적인 철도차량 자원순환시스템으로 철도차량 고유특성(차량크기 및 부품 수)을 반영한 필수설비(해체기술 등) 개발기술로 달성가능하다. 철도차량 전용설비는 폐기단계 철도차량 해체를 위한 전처리시스템, 중고부품회수도구 및 재생자원회수시스템으로 판단되며 아래그림은 이를 적용한 예상 철도차량 재활용 절차이다.



[그림 2-108] 철도차량 자원순환시스템(안)

○ 철도차량을 중심으로 중대형 교통자산(대형트럭, 버스, 장갑차 등의 군용장비) 등을 친환경처리할 수 있도록 구축한다면 경제적인 파급효과가 우수하며 국가의 지속가능한 발전을 유도하는데 선두적인 역할을 수행할 수 있을 것이다.

○ 이러한 중대형 친환경 재활용시스템구축에 따른 기대효과는 아래와 같다.

- 철도차량산업(폐 철도차량 예상발생량)

· 국내 철도운영사가 보유중인 철도차량(화차포함)은 총 21,795량으로 코레일은 18,280량, 서울메트로는 1,954량, 서울도시철도공사는 1,561량임(지방 대도시 철도운영기관 제외)

· 국내 철도산업은 1984년 이후 본격적인 영업운행이 시작되어 매년 상당량이ㅡ 차량이 도입되었음. 철도차량은 차량별로 25년에서 30년의 법적 내구수명을 가지기 때문에 매년 상당향의 폐차물량이 발생됨.

· 코레일의 경우 매년 평균 300량 이상의 철도차량을 폐차매각하고 있음을 알 수 있다.

- 철도차량 유용자원회수 경제성분석

· 철도차량 1량의 평균 자원가치 산정 : 재료별 선별 후 판매 시 량당 40백만원 수익

재료	중량 (톤)	단가 (원)	금액 (천원)
플라스틱	0.63	350	222
페인트	0.35	-200	-70
판넬	0.57	50	29
복합소재	1.96	100	196
고무류	0.84	240	201
유리류	0.67	85	57
비철금속	8.05	3,550	24,970
금속류	29.20	550	15,474
목재류	1.97	0	0
전자제품	1.07	1200	1,289
총량	45.31		42,368

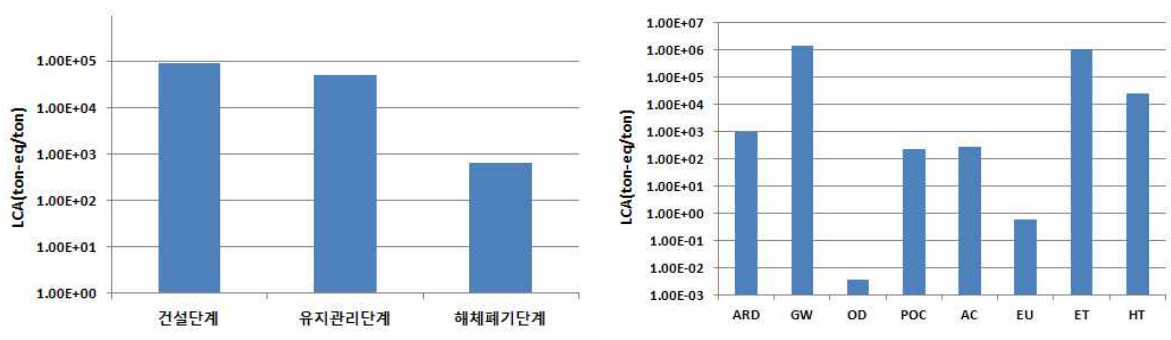
· 매년 300량 처리 시 12,600 백만원의 환경부가가치 창출 (300량 × 42백만원/량 = 12,600 백만원)

· 기존 단순고철 매각시와 수익비교 시 매년 52 억원의 비교수익 창출 (고철매각 시 고철단가 530원/kg×42 ton = 24백만원/량 으로 산정)

- 중대형 교통수단(중형버스, 트럭, 군수장비 등)으로 확대적용에 따른 환경부가가치 추가창출기대

(3) 저탄소, 저비용 철도노선건설을 위한 지능형 통합영향평가도구 및 실시간 온실가스 모니터링시스템 개발

○ 철도시설물에 대한 전과정평가(LCA)관련연구를 분석한 결과 철도시설물은 철도차량과 달리 건설단계의 환경영향이 61.5%로 가장 큰 비중을 차지하였고, 온실가스배출 또한 상당한 량에 달하는 것으로 분석되었다.



(a) Life Cycle 단계별 전과정평가(LCA) (b) 환경영향범주별 전과정평가(LCA)

[그림 2-210] 철도시설 전과정평가(LCA) 결과

○ UIC 주관으로 온실가스 측면에서 추진된 유럽 고속철도 차량의 철도시설물 전과정평가 결과, 철도시설물 유형별 온실가스 발생량 기여를 분석한 결과는 아래 그림과 같다. 여기서 철도시설물의 온실가스 발생량은 철도교량>철도터널>궤도설비 순으로 발생함을 확인할 수 있다. 이러한 분석결과로부터 각 유형별 온실가스 배출량 세부원인 분석이 가능하며 이를 통한 개선기술 도출과 온실가스 배출량 저감을 위한 철도시설물의 친환경설계가 가능하다.

○ 문헌분석 결과로부터 철도시설물은 재료 및 건설단계와 운영단계에서 대부분의 온실가스가 발생함에 따라 재료 및 건설단계의 온실가스 발생량 저감을 위한 기술개발이 요구된다. 이러한 측면에서 UIC에서 제안하는 철도시설물 온실가스 배출저감에 대한 가이드는 아래와 같다.



[그림 2-211] 철도시설물 온실가스배출저감 UIC 가이드라인

○ 시멘트대체재료사용, 대체 재료의 성능표준화, 건설자원의 현지조달 전략수립(수송거리 최소화), 건설현장 폐기물발생 최소화, 재활용물질 사용 및 현장 재활용, 유지보수 최소화(구조물 성능향상)

○ 통합영향평가기술을 경부2단계 및 호남선 건설에 적용하였을 경우의 효과를 산정한 효과는 다음과 같다. 이러한 효과를 산정하기 위하여 경부고속선 1단계에서의 교량 등의 구조물 비율을 분석하였다. 분석한 결과는 아래 표와 같다.

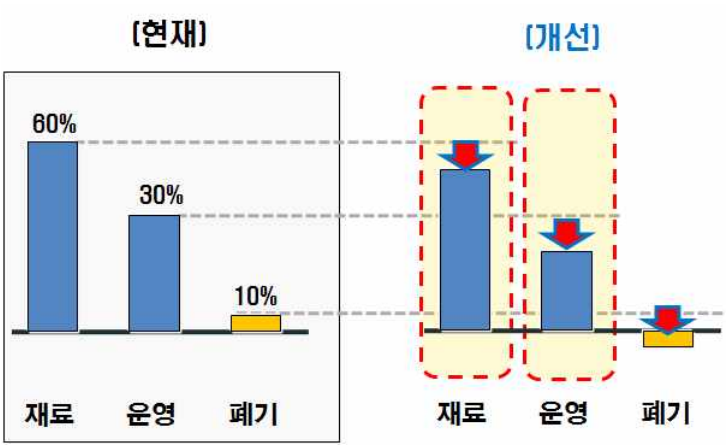
- 경부 고속선 1단계에서 교량과 터널의 비율은 각 26.3 %와 39.3% 이다.

[표 2-146] 경부고속선 노선현황

구분	거리 (km)	비율 (%)
콘크리트 궤도	53.8	12.0
터널	175.7	39.3
교량	117.5	26.3
노선	447.2	100

- 이러한 비율이 경부 2단계 및 호남선에 적용되었을 경우를 가정하여 기존 대비 1 % 의 노선을 단축할 수 있다고 가정하였을 경우 경부2단계 및 호남선의 총 노선길이 398.1 km 중에서 교량이 차지하게 되는 노선길이는 139.3 km로 약 17km를 설계단계에서 줄일 수 있다.

○ 앞에서 살펴본 바와 같이 철도 노선의 주요 하위 시설물 중에서 온실가스 발생량 측면에서 교량과 터널이 차지하는 비중은 상당히 높다. 따라서 설계단계에서 교량과 터널의 비율을 1 %만 줄일 수 있다고 하더라도 온실가스 발생량 저감효과는 상당히 높을 것으로 예상할 수 있다. 그 효과를 분석한 결과 약 316 tonCO2-eq.임을 확인 할 수 있었다. 이러한 분석은 상세한 효과라기보다 개략적인 효과를 분석한 사례로 친환경 저탄소 노선설계기술을 활용할 경우 상당 수준의 온실가스발생량을 철도건설단계에서 저감할 수 있을 것으로 판단된다.



[그림 2-212] 통합영향평가기술의 비전

(4) 기술개발 미래상

현재(As-Is)	미래(To-Be)
- 강화되는 국제 환경규제에 대응하고 있는 국외 철도산업과 달리 국내 철도환경기술력은 낙후되어 있으며 투명한 환경성이 부족함 - 철도차량은 대부분이 철도차량 운영전력으로부터 온실가스배출과 비용이 발생하고 있음 - 하지만 운행전력량에 대한 개별관리가 이루어지고 있지 않고 있어 운영전력효율 개선이 어려움 - 국외철도차량과 달리 국내 철도차량의 경우 재활용에 대한 투명성이 부족하며 열악한 처리로 인하여 환경오염이 재 유발되고 있음 - 철도차량과 달리 철도시설물의 경우 건설단계에서 대부분의 환경부하가 발생함에도 불구하고 설계단계에서 전과정을 고려한 온실가스고려 설계를 위한 도구와 시스템이 부족함	- 철도차량 개별 전력소비량 현황을 실시간으로 모니터링하고 예상되는 피크전력을 분산할 수 있도록 제어하는 기술을 통하여 철도운영사의 재정적자 등을 감소하고 이를 통한 국가 예산지출을 줄일 수 있어 국내 철도운영상의 건전성을 달성할 수 있음 - 철도차량을 중심으로 중대형 교통수단의 친환경 재활용을 통한 유용자산을 회수하고 이를 통한 경제성을 확보함으로서 재활용율을 향상하고 운영수익을 개선함과 동시에 친환경 차량설계에 반영할 수 있는 기반을 조성할 수 있어 국제 경쟁력을 확보할 수 있음 - 철도시설물에 대한 설계단계 전과정을 고려한 온실가스배출저감이 달성가능하며 동시에 유지보수비용을 개선할 수 있는 부가효과를 창출할 수 있어 친환경 철도시스템 구축이 가능함
	

6절 후보과제 도출 및 정의

[표 2-149] 후보과제 목록

연번	후 보 과 제 명	후 보 과 제 정 의
1	고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합 검측차량 기술	- 고속으로(200km/h이상) 주행하면서 궤도, 전기 등 구조물의 상태를 동시에 종합적으로 검측할 수 있는 기술 개발
2	무선·무전원 센싱 기술기반 고속주행 철도차량의 실시간 건전성 예지(PHM) 기술	- 자가발전 에너지칩 내장 일체형 자가구동 무선·무전원 모니터링 시스템 개발 - 고속 가혹환경에 적용 가능한 신뢰성, 안정성, 보안성을 보장하는 무선센서 네트워크 시스템 개발 - 실시간 차상 모니터링 시스템 기반 건전성 예지 시스템 개발
3	상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술	- 통합된 상태기반유지보수 소프트웨어 개발 - 유지보수 최적 주기를 산정하기 위한 의사결정 전문가 시스템 개발 - 예비품 등 유지보수자원에 대한 최적 소요량 산출 기술 개발
4	윤축 베어링 (Axle Box Bearing) 차상 상태 진단 및 예측 기술	- 일체형 자가구동 무선·무전원 모니터링기술 기반 윤축베어링 차상 모니터링 시스템 개발 - 실시간 윤축베어링 상태 진단 기법 및 예측 개발
5	진동 특성에 의한 차륜 상태 진단 및 주행 안전성 예측 기술	- Axle Box 진동 기반 차륜 상태 및 주행 안전성 모니터링 시스템 개발 - 실시간 차륜 상태 및 주행 안전성(Hunting) 상태 진단 기법 개발
6	대차 프레임 및 차량 하부기기 장착부 상태 진단 및 예측 기술	- 스마트 센서(PZT, FBG: 분포형 광섬유)를 이용한 대차 프레임 및 하부기기 장착부 검사 시스템 개발 - 대차 프레임 및 하부기기 장착부 상태 진단 기법 개발
7	QoS 기반 초고속/고품질 무선 통신 기술의 철도 응용 기술	- 상용 무선 통신망에서 철도 차량의 안전을 위한 보안 기술 개발 - 상용 무선 통신망에 철도의 안전을 위한 QoS 기반의 무선 통신 기술 개발 - 초고속 철도의 무선 통신기술 개발 - 다중 채널 수용 무선 통신 기술 개발
8	무보수 속응형 전력공급 안정화 향상 기술	- 에너지저장 시스템을 활용한 교류구간의 전력품질 향상기술
9	신재생에너지 연계 철도 전력망 구축 및 관리기술	- 신재생에너지 철도전력 효율성 및 경제성 분석하고 분산전원으로서 신재생 에너지(풍력, 태양열 등) 철도급전계통연계 기술 개발 및 신재생에너지 통합 관리 및 최적운영시스템 개발

연번	후 보 과 제 명	후 보 과 제 정 의
10	고효율 에너지 지능형 교류철도 변전소 기술	- 에너지 최적 관리를 위해 기존의 아날로그형 전철변전소를 차세대 변전소 표준을 적용한 디지털 통신기반의 변전소로 개발하고 종합 운영하는 기술개발
11	고효율 에너지 교류철도 전력망 표준화 기술	- 교류철도 전력망의 고효율화, 운영최적화 및 설비의 안정성을 위해 주요 단품 설비에서부터 시스템 전반적인 현황을 분석하고, 현재 설비(시스템)을 효율 및 신뢰도를 향상시키는 설계, 제작 및 운영 기술 개발
12	고효율 경량화 초전도 융합 주전원장치 기술	- 철도차량용 고효율, 경량화 초전도 융합 주전원장치(주변압기, 견인전동기) 핵심 기술개발
13	철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술	- 전기철도차량 차량부하의 효율적 관리를 위한 스마트 보조전원장치 개발 - 전기철도 차량 기저부하 전원공급에 대한 효율향상을 통한 에너지 절감 - 차량에서 발생되는 회생전력을 차량내 부하에 분담하여 에너지 재활용율 향상기술 개발 - 차량내 부하 패턴 분석을 통한 고효율 지능형 보조전원장치 개발
14	스마트 미터링기반 도시철도 피크전력 분산제어 기술	- 도시철도차량의 개별 소비전력 사용량을 실시간으로 모니터링하고 예측, 분산제어할 수 있는 시스템을 구축함으로서 도시철도차량의 에너지효율을 최적화하고 운영전력 비용혁신
15	철도 환경경제성 개선을 위한 폐 철도차량의 유용자원 회수시스템 기술	- 95% 재활용이 가능한 중대형규모의 환경친화적인 폐철도차량 유용자원회수시스템 구축으로 철도산업의 환경부가가치 창출 및 화물차 등의 중대형 교통수단의 자원순환 시장주도
16	저탄소, 저비용 철도노선건설을 위한 지능형 통합영향평가도구 및 실시간 온실가스 모니터링시스템 기술	- 설계단계에서 철도노선, 시공타입별 전과정 온실가스 발생량을 평가할 수 있는 지능형 도구와 철도노선에 적합한 환경영향평가 자동화시스템을 통합할 수 있는 도구를 개발함으로서 철도노선의 저탄소, 저비용 건설 달성

제3장

연구개발과제 추진체계

1절 기획대상과제 선정결과
2절 기획대상과제 조정결과
3절 연구개발과제 추진체계

3장 연구개발과제 추진체계

1절 기획대상과제 선정결과

○ 제2차 기획타당성 평가위원회 평가 결과 : 9개 과제 선정 → 7개 과제 상세기획 대상 과제 확정 (3개 후보과제 1개로 통합)

연번	과 제 명	제안 기관	비고
1	- 고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술	한국철도기술연구원	
2	- 스마트미터링 기반의 도시철도차량 피크전력 분산제어 기술	한국철도기술연구원	
3	- 상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술	한국철도기술연구원	
4	- 윤축 베어링(Axle Box Bearing) 차상 상태진단 및 예측 기술 - 진동 특성에 의한 차륜(Wheel) 상태 진단 및 주행안전성 예측기술 - 대차 프레임 및 차량 하부기기 장착부 상태 진단 및 예측 기술 개발	한국철도기술연구원	과제통합
5	- 저탄소 저비용 철도노선건설을 위한 지능형 통합영향평가도구 및 실시간 온실가스 모니터링 시스템 기술	한국철도기술연구원	과제명 재검토
6	- 철도 환경경제성 개선을 위한 폐 철도차량의 유용자원 회수시스템 기술	한국철도기술연구원	후보
7	- 철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술	한국철도기술연구원	후보

2절 기획대상과제 조정결과

연번	기존과제		조정결과			조정사유
	과제명	예산 (백만원)	과제명	과제 성격	예산 (백만원)	
1	고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속종합검측차량 기술	1안:580억원 2안:280억원 3안:520억원	동일	실용화	1안:580억원 2안:280억원 3안:520억원 4안:242억원 5안:182억원	- - - - 종합평가 반영 - 3차기획위 반영
2	스마트미터링 기반의 도시철도차량 피크전력 분산제어 기술	11.300	동일	실용화	10,450	- 3차기획위 반영: 3세부과제 예산 축소조정
3	상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술	9,600	동일	실용화	7,830	- 종합평가 반영:『QoS 기반 초고속/고품질 무선통신기술의 철도응용 기술』추가 - 3차기획위 반영: 예산조정
4	윤축베어링(Axle Box Bearing) 차상 상태 진단 및 예측 기술	4,500	철도차량 주행장치 차상 상태 진단 및 예측 기술	실용화	9,540	- 2차기획타당성 검토 위원회 의견반영 : 3개과제 연구 내용을 포함하는 대표과제명으로 통합 - 3차기획위 반영 : 예산조정
	진동 특성에 의한 차륜(Wheel) 상태 진단 및 주행안전성 예측기술	3,400				
	대차프레임 및 차량 하부기기 장착부 상태 진단 및 예측 기술 개발	2,000				
5	저탄소 저비용 철도노선건설을 위한 지능형 통합영향평가도구 및 실시간 온실가스 모니터링 시스템 기술	15,150	철도시설 탄소통합평가 및 에너지 관리 기술	실용화	12,550	- 2차기획위 의견반영: 과제명 재조정 - 3차기획위 반영: 1-3공동과제 제외
6	철도 환경경제성 개선을 위한 폐 철도차량의 유용자원 회수시스템 기술	13,900	폐 철도차량의 유용자원 회수시스템 기술	실용화	13,900	- 연구개발과제명 명확화를 위해 수식어구 제외
7	철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술	5,750	동일	실용화	5,750	-

○ 고속화의 유지보수를 위한 고속종합검측차량 기술
- 제1안 : 전문측정모듈 국내연구개발 + 고속종합검측차량 (KTX 산천)
- 제2안 : 전문측정모듈 국내연구개발 + 고속종합검측차량(HEMU:차세대 고속열차 시제차)
- 제3안 : 전문측정모듈 국외상용화제품 도입 + 고속종합검측차량 (KTX 산천)
- 제4안 : 1단계) 전문측정모듈 국내연구개발
  2단계) 종합검측차 실용화 개발 (운행차량 2량 개조 활용)
- 제5안 : 전문측정모듈 국내연구개발 + 검측모듈 시험 차량(HEMU 활용)

※ 제3차 기획타당성검토위원회 평가의견을 반영하여 제5안을 최종안으로 제안

※ 각 안별 내용은『(별권 1) 고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속종합검측차량 기술 과제 기획보고서』참조

3절 연구개발과제 추진체계

1. 연구개발과제 도출결과

○ 기획대상 조정결과를 바탕으로 한 기획대상과제 그룹핑

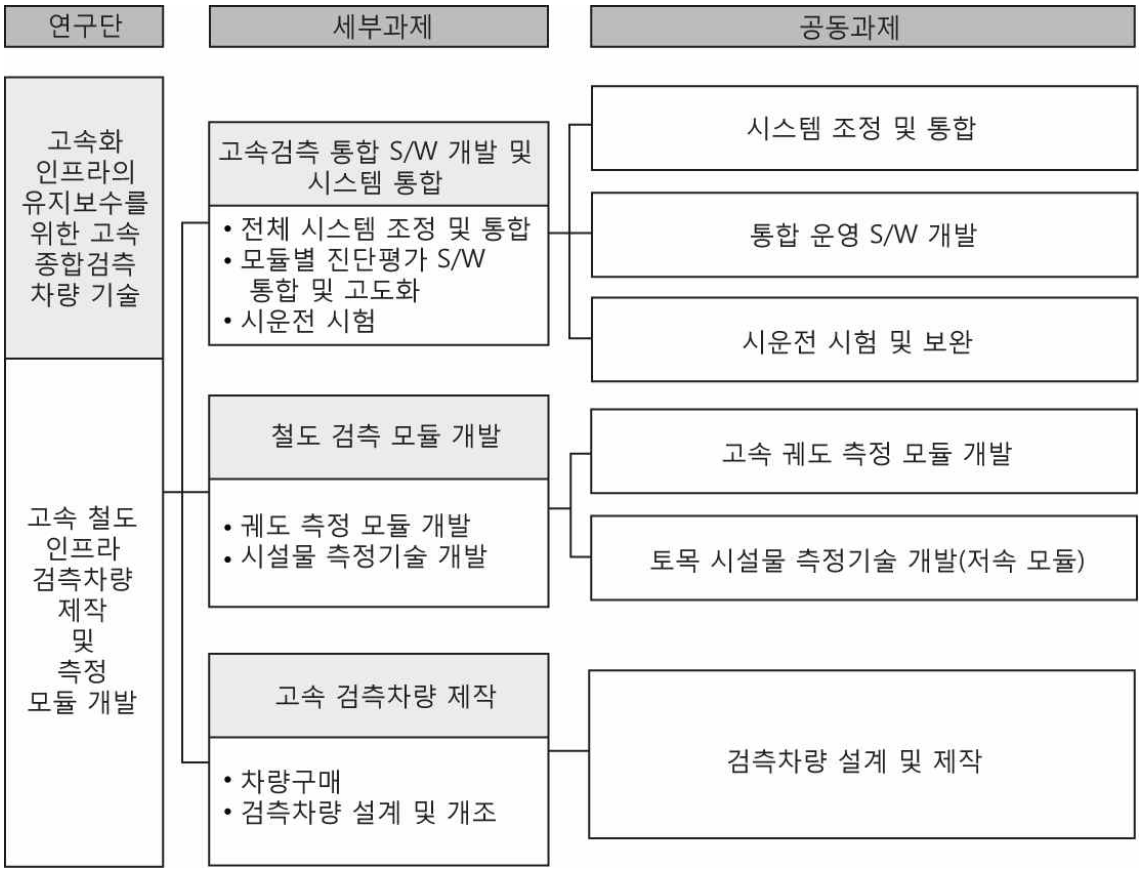
- 기획대상 조정결과 대상과제 7개 과제 중 2개 과제 그룹핑하여 연구단 과제로 추진
  · 상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술, 철도차량 주행장치 차상 진단 및 손상예측 기술
- 기획대상과제 6개 : 5개 연구단 과제, 1개 일반과제

기획대상 조정결과		기획대상과제		추진체계 그룹핑(안)
연번	과제명	연번	과제명	
1	고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속종합검측차량 기술	1	고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속종합검측차량 기술	연구단
2	스마트미터링 기반의 도시철도차량 피크전력 분산제어 기술	2	스마트미터링 기반의 도시철도차량 피크전력 분산제어 기술	연구단
3	상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술	3	철도차량 스마트 유지보수 기술	그룹핑 : 연구단 - 철도차량 주행장치에 대한 상태를 진단하고 고장을 예측하는 모니터링 기술을 통해 철도차량의 장치 또는 부품의 상태를 지속적으로 획득하여 부품의 상태에 따라 차량을 유지보수하는 상태기반 스마트 유지보수 기술 개발의 유기적 연결
4	철도차량 주행장치 차상 상태 진단 및 예측 기술			
5	철도시설 탄소통합평가 및 에너지 관리 기술	4	철도시설 탄소통합평가 및 에너지 관리 기술	연구단
6	폐 철도차량의 유용자원 회수시스템 기술	5	폐 철도차량의 유용자원 회수시스템 기술	연구단
7	철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술	6	철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술	일반과제

2. (연구단) 고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속종합검측차량 기술

○ 궤도/전기/신호의 상태를 고속으로 주행하면서 검측할 수 있는 차량 및 고속 검측기술 개발

○ 세계 최고급 검측기술의 국산화개발



※ 토목시설물 측정기술 개발 (저속 모듈)은 기술개발 대안에 따라 제외될 수 있음.

※ 5안에서는 3세부[고속검측차량제작]이 제외되고, 1세부[고속검측 통합 S/W 개발 및 시스템 통합]에 검측모듈과 차량의 인터페이스 시험 등을 위한 검측모듈 시험 차량의 개조설계 및 차량 개조 내용이 추가 됨.

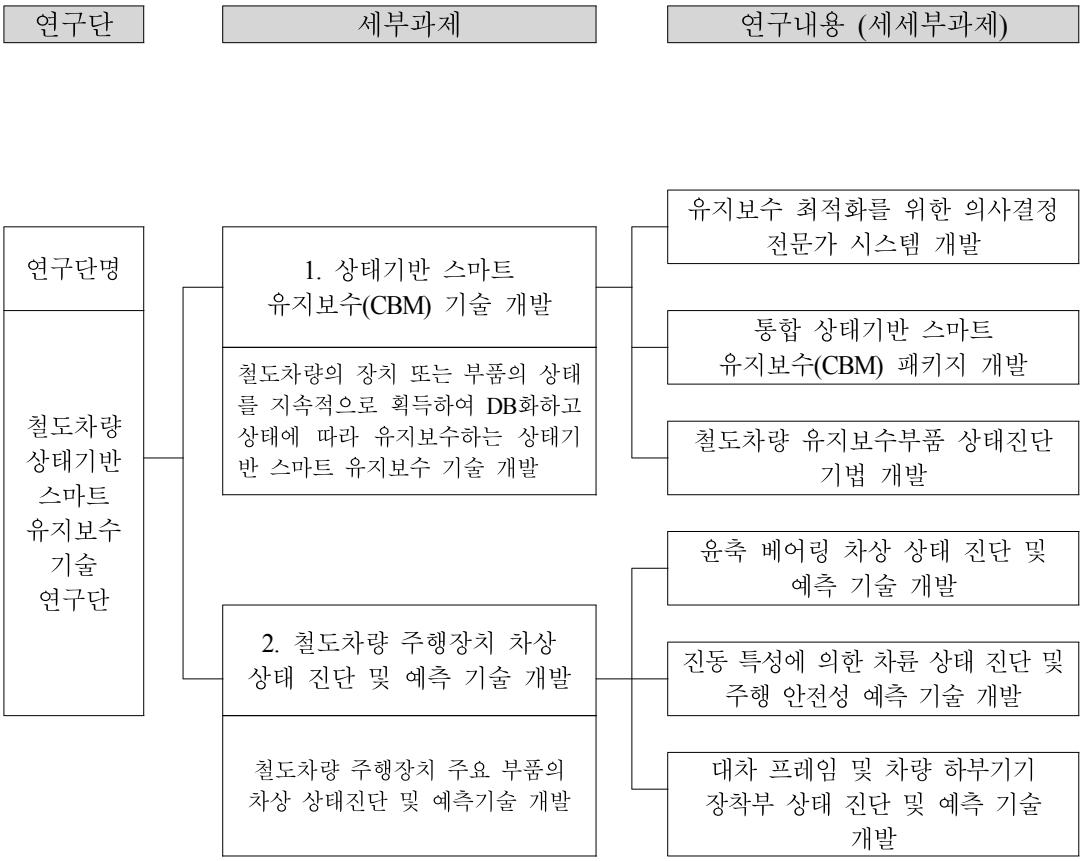
3. (연구단) 스마트미터링 기반의 도시철도차량 피크전력 분산제어 기술



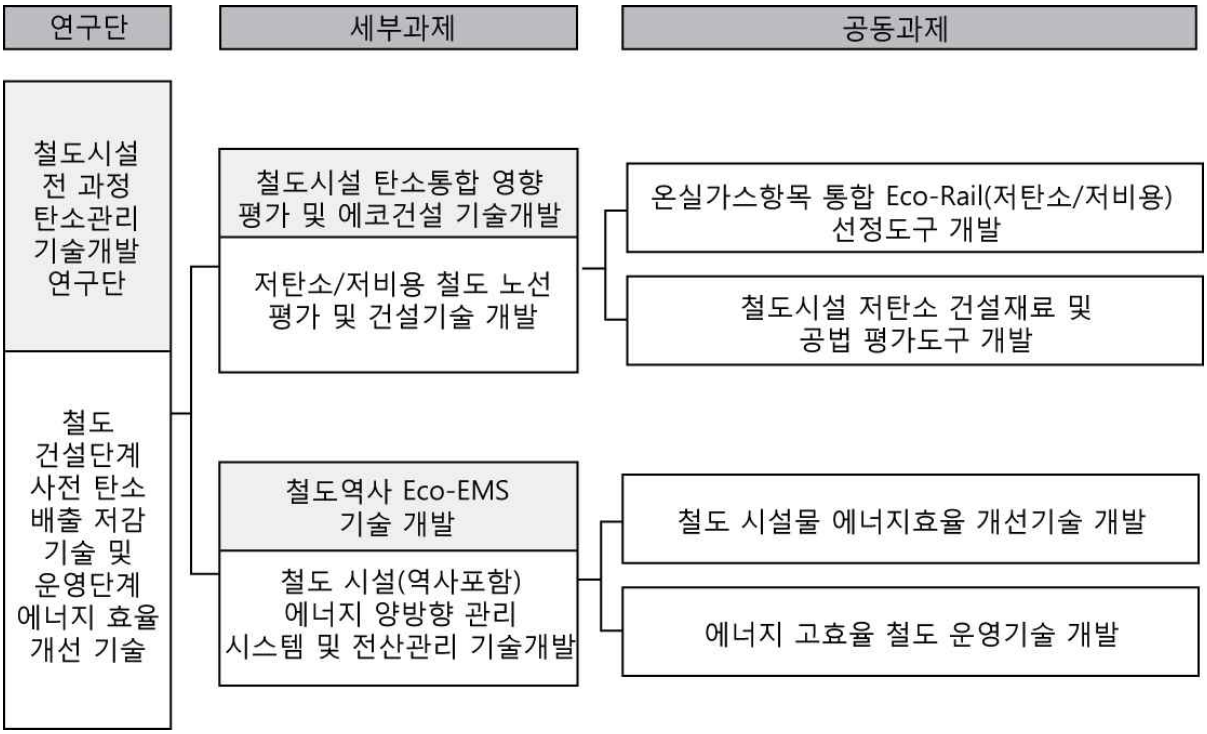
4. (연구단) 철도차량 스마트 유지보수 기술

○ 세계 최고수준의 국내 IT 인프라를 응용하고 철도차량 주행장치 차상 모니터링 기술을 개발하여 철도차량 주행장치에 대한 상태를 진단하고 고장을 예측하는 기술을 개발함으로써 차량상태에 따른 최적의 고 신뢰성 스마트 유지보수(CBM : Condition Based Maintenance)관리를 할 수 있는 핵심기술을 개발하여 철도차량 유지관리의 효율성, 안전성, 친환경성을 제고하고자 함.

○ 연구단 과제 구성 : 철도차량 주행장치에 대한 상태를 진단하고 고장을 예측하는 모니터링 기술을 통해 철도차량의 장치 또는 부품의 상태를 지속적으로 획득하여 부품의 상태에 따라 차량을 유지보수하는 상태기반 스마트 유지보수(CBM : Condition Based Maintenance) 기술 개발과 유기적 연결

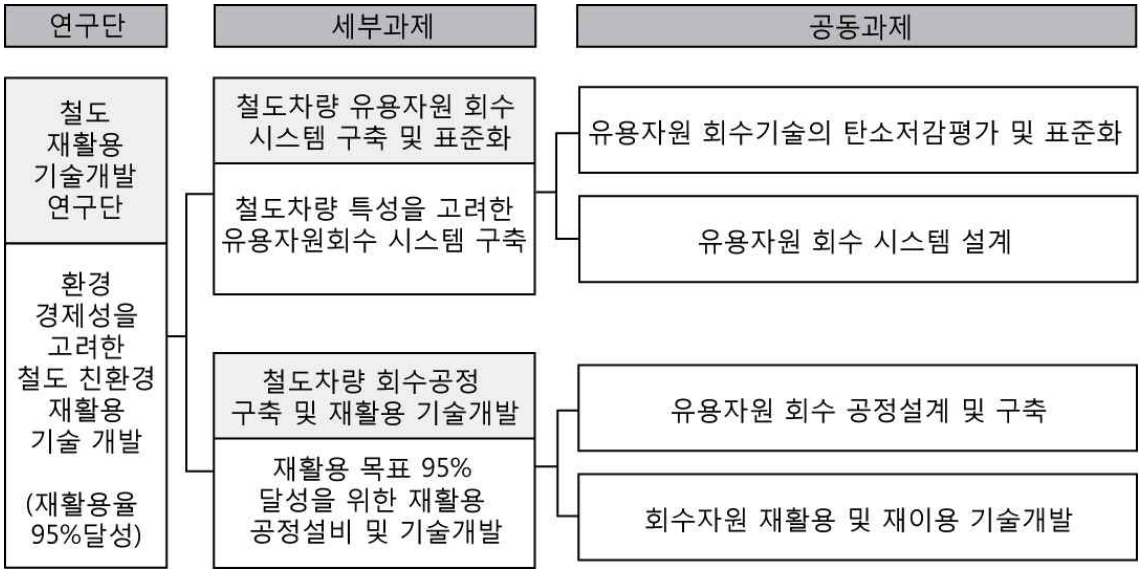


5. (연구단) 철도시설 탄소통합평가 및 에너지 관리 기술

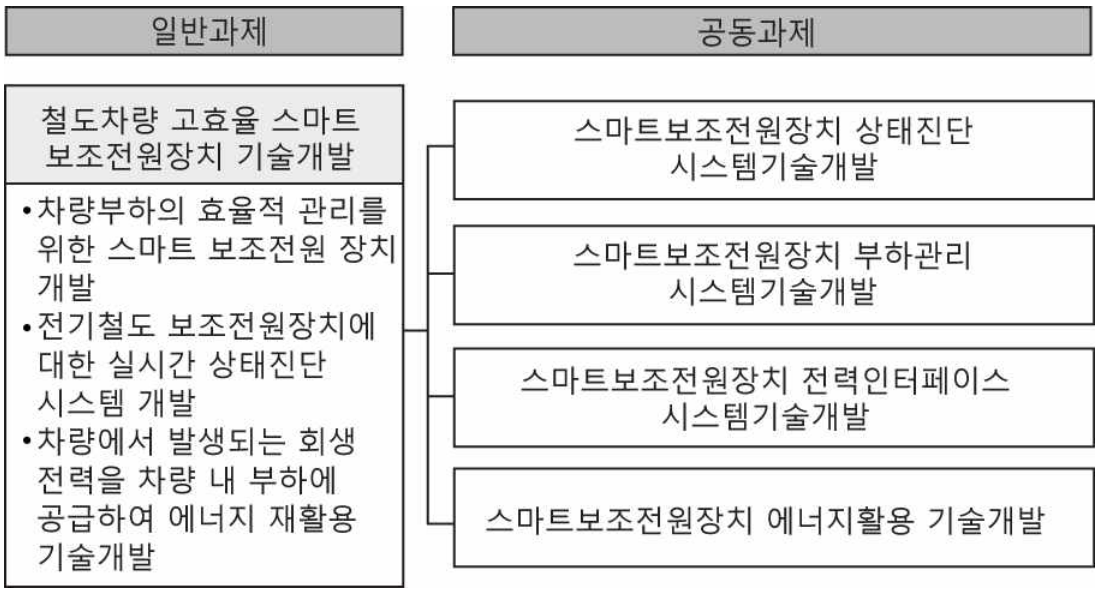


※ Eco-EMS : Eco(Environmental & Economic)-Energy Management System

6. (연구단) 폐 철도차량의 유용자원 회수시스템 기술



7. (일반과제) 철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술



제4장

연구개발과제 주요내용 및 기대효과

1절 연구개발과제 주요내용
2절 연구개발과제 성과활용방안
3절 기대효과

4장 연구개발과제 주요내용 및 기대효과

1절 연구개발과제 주요내용

1. (연구단) 고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속종합검측차량 기술 과제

(제1안)

구분	과제명	주요내용	최종 성과물
연구단 총괄	**고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술**	• 고속검측 통합 S/W 개발 및 시스템 통합 • 철도 검측 모듈 개발 • 고속 검측차량 제작	• 철도 검측 모듈 • 고속 검측 차량
1세부과제	**고속검측 통합 S/W 개발 및 시스템 통합**	• 전체 시스템 조정 및 통합 • 모듈별 진단평가 S/W 통합 및 고도화 • 시운전 시험 및 보완	• 고속검측차량 시스템 요구사항 및 아키텍처 보고서 • 고속검측차 통합운영 S/W • 시운전 시험 절차 및 결과 보고서
1-1 (공동)	시스템 조정 및 통합	• 전체 시스템 조정 및 통합 • 시스템 엔지니어링 • 고속전기 측정 모듈 통합 및 개선 • 시스템아키텍처구축 • 시스템요구사항 정의	
1-2 (공동)	통합 운영 S/W 개발	• 검측데이터 종합평가시스템 개발 • 모듈별 진단평가 S/W 통합 및 고도화	
1-3 (공동)	시운전 시험 및 보완	• 시운전 시험 • 성능 보완 및 고도화	
2세부과제	**철도 검측 모듈 개발**	• 궤도 측정 모듈 개발 • 시설물 측정기술 개발	• 궤도 검측모듈 – 궤도틀림검측 – 레일단면/마모 측정모듈 – 레일표면결함 탐지모듈 – 침목/체결구 결함 측정모듈 – 선로순회 모듈 • 시설 검측모듈 – 터널검측 – 노반지지강성 – 레일균열탐상
2-1 (공동)	고속 궤도 측정 모듈 개발	• 궤도틀림 검측 • 레일단면/마모 측정 • 레일표면결함 탐지 • 침목/체결구 결함 • 선로순회 모듈 • 성능 및 환경시험	
2-2 (공동)	토목 시설물 측정기술 개발(저속 모듈)	• 터널 • 노반지지강성 • 레일균열 탐상	
3세부과제	**고속 검측차량 제작**	• 검측차량 설계 및 제작	• 고속검측차량
3-1 (공동)	검측차량 설계 및 제작	• 차량구매 • 검측차량 설계 및 개조	

(제2안)

구분	과제명	주요내용	최종 성과물
연구단 총괄	**고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술**	• 고속검측 통합 S/W 개발 및 시스템 통합 • 철도 검측 모듈 개발 • 고속 검측차량 제작	• 철도 검측 모듈 • 고속 검측 차량
1세부과제	**고속검측 통합 S/W 개발 및 시스템 통합**	• 전체 시스템 조정 및 통합 • 모듈별 진단평가 S/W 통합 및 고도화 • 시운전 시험 및 보완	• 고속검측차량 시스템 요구사항 및 아키텍처 보고서 • 고속검측차 통합운영 S/W • 시운전 시험 절차 및 결과 보고서
1-1 (공동)	시스템 조정 및 통합	• 전체 시스템 조정 및 통합 • 시스템 엔지니어링 • 고속전기 측정 모듈 통합 및 개선 • 시스템아키텍처구축 • 시스템요구사항 정의	
1-2 (공동)	통합 운영 S/W 개발	• 검측데이터 종합평가시스템 개발 • 모듈별 진단평가 S/W 통합 및 고도화	
1-3 (공동)	시운전 시험 및 보완	• 시운전 시험 • 성능 보완 및 고도화	
2세부과제	**철도 검측 모듈 개발**	• 궤도 측정 모듈 개발 • 시설물 측정기술 개발	• 궤도 검측모듈 – 궤도틀림검측 – 레일단면/마모 측정모듈 – 레일표면결함 탐지모듈 – 침목/체결구 결함 측정모듈 – 선로순회 모듈 • 시설 검측모듈 – 터널검측 – 노반지지강성 – 레일균열탐상
2-1 (공동)	고속 궤도 측정 모듈 개발	• 궤도틀림 검측 • 레일단면/마모 측정 • 레일표면결함 탐지 • 침목/체결구 결함 • 선로순회 모듈 • 성능 및 환경시험	
2-2 (공동)	토목 시설물 측정기술 개발(저속 모듈)	• 터널 • 노반지지강성 • 레일균열 탐상	
3세부과제	**HEMU 시제차량 개조**	• 검측차량 설계 및 제작	• 고속검측차량
3-1 (공동)	HEMU 시제차량 개조설계 및 개조	• 검측차량 설계 및 개조	

(제3안)

구분	과제명	주요내용	최종 성과물
연구단 총괄	**고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술**	• 고속검측 통합 S/W 개발 및 시스템 통합 • 철도 검측 모듈 개발 • 고속 검측차량 제작	• 철도 검측 모듈 • 고속 검측 차량
1세부과제	**고속검측 통합 S/W 개발 및 시스템 통합**	• 전체 시스템 조정 및 통합 • 모듈별 진단평가 S/W 통합 및 고도화 • 시운전 시험	• 고속검측차량 시스템 요구사항 및 아키텍처 보고서 • 고속검측차 통합운영 S/W • 시운전 시험 절차 및 결과 보고서
1-1 (공동)	시스템 조정 및 통합	• 전체 시스템 조정 및 통합 • 시스템 엔지니어링 • 고속전기 측정 모듈 통합 및 개선 • 시스템아키텍처구축 • 시스템요구사항 정의	
1-2 (공동)	통합 운영 S/W 개발	• 검측데이터 종합평가시스템 개발 • 모듈별 진단평가 S/W 통합 및 고도화	
1-3 (공동)	시운전 시험 및 보완	• 시운전 시험 • 성능 보완 및 고도화	
2세부과제	**철도 검측 모듈 구매**	• 궤도 측정 모듈 구매 • 사양결정 및 기술 이전	• 궤도 검측모듈 – 궤도틀림검측 – 레일단면/마모 측정모듈 – 레일표면결함 탐지모듈 – 침목/체결구 결함 측정모듈 – 선로순회 모듈
2-1 (공동)	고속 궤도 검측 모듈 구매 및 기술이전 전수	• 궤도틀림 검측 모듈 구매 • 레일단면/마모 측정 모듈 구매 • 레일표면결함 탐지 모듈 구매 • 침목/체결구 결함 측정 모듈 구매 • 선로순회 모듈 구매 • 사양결정 및 기술 이전 전수	
3세부과제	**고속 검측차량 제작**	• 검측차량 설계 및 제작	• 고속검측차량
3-1 (공동)	검측차량 설계 및 제작	• 차량구매 • 검측차량 설계 및 개조	

(제4안)

구분	과제명	주요내용	최종성과물
1단계	**고속검측 모듈 개발**	• **시스템 조정 및 통합** • **고속 궤도측정모듈 개발**	• 철도검측모듈 시제품
1-1 (공동)	시스템 조정 및 통합	• 전체 시스템 조정 및 통합 • 시스템 엔지니어링 • 고속전기 측정 모듈 통합 및 개선 • 운영 S/W 기본설계	• 고속검측모듈 요구사항 및 아키텍처 보고서 • 운영 S/W 기본설계
1-2 (공동)	고속 궤도 측정 모듈 개발	• 궤도틀림 검측 • 레일단면/마모 측정 • 레일표면결함 탐지 • 침목/체결구 결함 • 선로순회 모듈 • 성능 및 환경시험	• 궤도 검측모듈 - 궤도틀림검측 - 레일단면/마모 측정모듈 - 레일표면결함 탐지모듈 - 침목/체결구 결함 측정모듈 - 선로순회 모듈
2단계	**종합검측차 실용화 개발**	• **고속검측 모듈 실용화 개발** • **차량 제작 및 시운전**	• 철도 검측모듈 실용화 시제품 • 검측차량
2-1 (공동)	시스템 조정 및 통합	• 전체 시스템 조정 및 통합 • 시스템 엔지니어링 • 고속전기 측정 모듈 통합 및 개선	• 고속검측차량 시스템 요구사항 및 아키텍처 보고서
2-2 (공동)	통합 운영 S/W 개발	• 검측데이터 종합평가시스템 개발 • 모듈별 진단평가 S/W 통합 및 고도화	• 통합운용 S/W
2-3 (공동)	고속검측 모듈 실용화 개발	• 궤도 검측 모듈 실용화 개발 • 성능 및 환경시험	• 궤도 검측 실용화 모듈 - 궤도틀림검측 - 레일단면/마모 측정모듈 - 레일표면결함 탐지모듈 - 침목/체결구 결함 측정모듈 - 선로순회 모듈
2-4 (공동)	검측차량 설계 및 제작	• 검측차량(2량) 설계 및 개조	• 고속검측차량
2-5 (공동)	시운전 시험 및 보완	• 시운전 시험 • 성능 보완 및 고도화	

(제5안)

구분	과제명	주요내용	최종 성과물
연구단 총괄	**고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술**	• 고속검측 통합 S/W 개발 및 시스템 통합 • 철도 검측 모듈 개발	• 철도 검측 모듈 • 고속 검측 모듈과 고속차량의 인터페이스 기술
1세부과제	**고속검측 통합 S/W 개발 및 시스템 통합**	• 전체 시스템 조정 및 통합 • 모듈별 진단평가 S/W 통합 및 고도화 • 시운전 시험 및 보완	• 고속검측차량 시스템 요구사항 및 아키텍처 보고서 • 고속검측차 통합운영 S/W • 시운전 시험 절차 및 결과 보고서 • 300km/h급 고속차량의 검측차 개조설계 및 개조기술
1-1 (공동)	시스템 조정 및 통합	• 전체 시스템 조정 및 통합 • 시스템 엔지니어링 • 고속전기 측정 모듈 통합 및 개선 • 시스템아키텍처구축 • 시스템요구사항 정의	
1-2 (공동)	통합 운영 S/W 개발	• 검측데이터 종합평가시스템 개발 • 모듈별 진단평가 S/W 통합 및 고도화	
1-3 (공동)	시운전 시험 및 보완	• 시운전 시험 • 성능 보완 및 고도화	
1-4 (공동)	차량 개조설계 및 개조	• 검측모듈과 차량의 인터페이스를 고려한 개조설계 및 개조	
2세부과제	**철도 검측 모듈 개발**	• 궤도 측정 모듈 개발	• 궤도 검측모듈 – 궤도틀림검측 – 레일단면/마모 측정모듈 – 레일표면결함 탐지모듈 – 침목/체결구 결함 측정모듈 – 선로순회 모듈
2-1 (공동)	고속 궤도 측정 모듈 개발	• 궤도틀림 검측 • 레일단면/마모 측정 • 레일표면결함 탐지 • 침목/체결구 결함 • 선로순회 모듈 • 성능 및 환경시험	

2. (연구단) 스마트 미터링 기반의 도시철도차량 피크전력 분산제어 기술 과제

구분	과제명	주요내용	최종 성과물
연구단 총괄	도시철도 운행전력효율화 연구단		
1세부과제	도시철도 피크전력 목표관리기술개발		● 도시철도최대전력 대응시스템 ● 열차전력미터링시스템 ● 도시철도전력효율 개선운행제어 ● 열차전력분산제어 ● 열차미터링표준화 ● 전력량전송시스템 ● 회생전력활용운전모델 ● 전력효율운전제어모델 ● 기관사에코운전지원시스템 ● 도시철도친환경철도차량구매지침
1-1 (공동)	에너지효율운전지원 및 관리기술개발	● 도시철도 에너지 온실가스 목표관리와 연계한 열차전력 관리방안 제시 ● 에너지 온실가스 저감량 산정을 위한 베이스라인 구축 ● 피크전력분산제어 및 에너지효율운전기술 환경경제성평가 ● 에너지 고효율 도시철도차량 성능평가방안연구 및 표준화 ● 에너지효율운전 기관사 정보제공 항목도출 및 GUI제작 ● 환경경제성 및 현장성을 고려한 피크전력 분산제어 운영방안 제시	
1-2 (공동)	도시철도차량 전력미터링 제작 및 적용	● 국외 미터링 장치도입, 현장적용 및 실시간 소비전력량 측정 ● BS EN 50463 기준분석 및 국내 철도차량 특성에 적합한 미터링 장치설계 및 제작 ● 열차전력량관리를 위한 열차미터링시스템 표준화	
1-3 (공동)	실시간 전력량 전송시스템 개발	● 열차전력 데이터 형식 정의 및 전송망 설계 ● 전력데이터 수신서버 및 실시간 통합관리 시스템 제작 ● 열차전력데이터와 TCMS 연계방안 및 적용성 검토 ● 시범구간의 차/지상 무선전송망 제작	
1-4 (공동)	에너지기반 도시철도 효율운전기술개발	● 도시철도 열차피크전력 예측모델설계 ● 실시간 에너지효율 운행패턴 생성 ● 피크구간에서의 전력소비데이터분석 및 예측, 분산모델 개발 ● 도시철도운영현황 및 이벤트를 고려한 실시간 피크분산제어시스템 연구	
2세부과제	피크전력 예측 및 분산제어기술개발		● 열차전력정보제공 시스템 ● 차상/지상통합최대전력관리시스템 ● 열차전력관리모델
2-1 (공동)	열차피크전력예측 및 분산모델설계	● 열차전력 실시간DB화 및 집계-전송시스템 설계 ● 열차전력 예측-분산제어시스템 구축방안연구 ● 회생전력 실시간 발생 및 활용정보제공시스템 구축 ● 실시간 피크분산제어시스템 모델의 신뢰성평가	
2-2 (공동)	도시철도 최대전력 관리시스템 구축	● 도시철도 차상/지상에너지소비량 분석 ● 도시철도 온실가스에너지목표관리와 연계한 도시철도차량 최대전력 관리시스템 설계 ● 지상전력을 고려한 열차전력예측 및 최적제어모델개발(연동 APC모델) ● 차상/지상 통합전력 분산제어시스템 구축 방안제시	
3세부과제	도시철도차량 최대전력관리 및 에너지효율운전시스템 시범적용		● 열차미터링장착차량 ● 열차전력관리시범시스템 ● 피크전력관리시범시스템 ● 에코운전모듈
3-1 (공동)	피크전력 분산제어 현장적용 기반연구 및 관리기술	● 열차 미터링시스템 적용을 위한 안전성 요구조건도출 ● 국외 미터링시스템 현장시범적용 및 전력패턴 수집 ● 열차전력집계시스템, 운영시스템, 제어시스템의 통합화 방안 연구	

3. (연구단) 철도차량 스마트 유지보수 기술 과제

구분	과제명	주요내용	최종 성과물
연구단 총괄	철도차량 스마트 유지보수 기술 개발	• 상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술 개발 • 철도차량 주행장치 차상 상태 진단 및 예측 기술 개발	• 상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술 • 철도차량 주행장치 차상 상태 진단 및 예측 기술
1세부과제	상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술 개발	• 유지보수 최적화를 위한 의사결정 전문가 시스템 개발 • 예비품 등의 유지보수 자원에 대한 최적 소요량 산출 시스템 개발 • 통합 상태기반 스마트 유지보수(CBM) 패키지 개발 • 철도차량 유지보수부품 건전성 진단 및 예지 기법 개발	• 유지보수 최적 주기를 산정하기 위한 의사결정 전문가 시스템 (S/W, H/W) • 예비품 등 유지보수 자원에 대한 최적 소요량 시스템 (S/W, H/W) • 상용 무선 통신망의 철도 응용을 위한 인터페이스 시스템 및 초고속 철도 무선통신 응용기술(H/W 및 S/W) • 철도 차량의 안전을 위한 무선통신 보안 기술(S/W) • 통합 상태기반 스마트 유지보수(CBM) 패키지 (S/W, H/W)
1-1 (공동)	유지보수 최적화를 위한 의사결정 전문가 시스템 개발	• 유지보수 최적화 의사결정 시스템 구축 • 유지보수 최적화 추론 엔진 구축 • 상태기반 신뢰성 분석 모듈 구축 • 의사결정지원 시스템 H/W 구축 • 예비품 등의 유지보수 자원에 대한 최적 소요량 산출 시스템 개발 • QoS 기반 초고속/고품질 무선통신 철도응용 기술개발 • Testbed 구축	
1-2 (공동)	통합 상태기반 스마트 유지보수(CBM) 패키지 개발	• 통합 정보 모델 개발 및 시스템 구축 • 통합 모델 기준 데이터베이스 구축 • 로직 구축 및 사용자 인터페이스 개발 • 확장 프레임워크 설계 • 기간 시스템과의 정보 인터페이스 구축 • CBM 효과도/가용도 평가 지표 개발 • CBM 패키지 서버 (H/W) 구축 • System Validation Test	
1-3 (공동)	철도차량 유지보수부품 상태진단 기법 개발	• 대상 부품 선정 및 상태진단 알고리즘 개발 • 차상 모니터링 적용 성능시험 연구 및 데이터 기반 상태진단법 개발 • 상태진단 인자 데이터 구축 및 성능저하함수의 통계적 회기 모델링 개발 • 잔여수명예측 알고리즘 개발 및 예측결과 검증기법 연구	
2세부과제	철도차량 주행장치 차상 상태 진단 및 예측 기술 개발	• 윤축 베어링 차상 상태 진단 및 예측 기술 개발 • 진동 특성에 의한 차륜 상태 진단 및 주행 안전성 예측 기술 개발 • 대차 프레임 및 차량 하부기기 장착부 상태진단 및 예측 기술 개발	• 윤축베어링 차상 모니터링 시스템(H/W) • 실시간 윤축베어링 상태 진단 기법(S/W) • Axle Box 진동 기반 차륜 상태 모니터링 장치(H/W) • 실시간 차륜 상태 진단 알고리즘 (S/W) • 차상 탈선안전성 모니터링 시스템(H/W) 및 탈선예측 알고리즘 (S/W) • 스마트 센서(PZT, FBG: 분포형 광섬유)를 이용한 대차 프레임 및 하부기기 장착부 검사 시스템(HW) • 대차 프레임 및 하부기기 장착부 상태 진단 기법(S/W)
2-1 (공동)	윤축 베어링 차상 상태진단 및 예측 기술 개발	• 윤축 베어링 차상 모니터링 시스템 개발 • 자가구동형 유무선 센싱 통합 모듈 개발 • 고속철도 환경에 적합한 모니터링 데이터 통신 기술 개발 • 윤축 베어링의 실시간 상태진단 기술 개발	
2-2 (공동)	진동 특성에 의한 차륜 상태 진단 및 주행 안전성 예측 기술 개발	• Axle Box 진동 기반 유무선 차륜 상태 및 주행 안전성 모니터링 시스템 개발 • 차륜 상태진단 기법 개발 • 실시간 동특성 계측기법을 이용한 탈선안전성 모니터링 시스템 개발 • 저전력 센서 네트워크 신호처리 기술 개발	
2-3 (공동)	대차 프레임 및 차량 하부기기 장착부 상태 진단 및 예측 기술 개발	• 스마트 센서(PZT, FBG)를 이용한 대차 프레임 및 하부기기 장착부 검사 시스템 개발 • 대차 프레임 및 하부기기 장착부 상태진단 기법 개발	

4. (연구단) 철도시설 탄소통합평가 및 에너지 관리 기술 과제

구분	과제명	주요내용	최종 성과물
연구단 총괄	철도시설 전과정 탄소관리 기술개발 연구단		
1세부과제	철도시설탄소통합 영향평가 및 에코건설 기술개발		• 철도노선 온실가스항목 통합 영향평가도구 • 지형정보와 철도차량 운행패턴을 고려한 저탄소 철도노선 설계도구 • 저탄소/저비용 철도건설 및 유지를 위한 인증지침 • 철도건설공법 및 자재 탄소배출 DB • 철도시설 및 건설자재 저탄소 인증지침
1-1 (공동)	온실가스 항목통합 Eco-rail(저탄소/저비용) 선정도구 개발	• 지형정보를 고려한 철도노선 입체 설계 기술개발 • 철도시설 탄소배출 원단위를 활용한 저탄소 노선선형 및 설계기술 개발 • 탄소배출 및 환경영향 통합평가 기술개발 • 설계단계에서의 철도노선 탄소배출 사전 예측도구 개발	
1-2 (공동)	철도시설 저탄소 건설재료 및 공법 평가도구개발	• 철도건설자재 및 공법별 전과정 (유지보수 포함) 탄소배출 DB 구축 및 기존 DB 활용방안 연구 • 철도시설물 분야별/공법별 전과정 탄소배출 기반 비용평가 도구개발 • 철도건설자재 및 시설물 저탄소 인증시스템 운영방안 연구	
2세부과제	철도역사 Eco-EMS 기술개발		• 철도시설 에너지 소비량 실시간 모니터링 장치 • 역사 에너지 양방향 관리시스템 • 철도시설 에너지 소비량 모니터링 및 온실가스 배출량 산정 통합 프로그램 • 에너지 소비패턴 및 수요예측 프로그램 • 철도운행에너지 및 전력설비 최적설계 프로그램 • 철도운행에너지 관리 프로그램 • 에너지고효율 철도시설 인증지침
2-1 (공동)	철도시설물 에너지효율 개선기술 개발	• 철도역사 및 시설물에 대한 IT 기반 에너지소비량 실시간 모니터링 및 데이터 집계시스템 구축 • 역사 에너지 양방향 관리시스템 (S-EMS) 및 고효율 운영기술 개발 • 실시간 철도시설 에너지효율 제어 알고리즘 개발 및 시범역사 적용 • 철도시설물 온실가스?에너지 목표관리 자동화 프로그램 개발 • 철도역사 및 시설물 친환경인증 요구사항 분석 및 인증시스템 구축	
2-2 (공동)	에너지고효율 철도 운영기술 개발	• 철도전력시설(변전소 등) 건설현황 분석 • 철도노선에서 운행에너지 소비현황 및 전력시설과의 상호관계 분석 • 철도차량 운행전력량 측정을 통한 전력수요 현황분석 • 운행에너지 패턴(차량 수, 최대 전력사용량 등), 변전소 용량 및 전력비용과의 최적설계 프로그램 개발 • 철도 운행에너지 관리 프로그램 개발 • 전력량 공급수요를 고려한 에너지 최적화 철도전력설비 건설방안 제시	

5. (연구단) 폐 철도차량의 유용자원 회수시스템 기술 과제

구분	과제명	주요내용	최종 성과물
연구단 총괄	철도 재활용기술개발 연구단		
1세부과제	철도차량 유용자원회수시스템 구축 및 표준화		● 차량유용자원 회수시스템 ● 폐철차이송시스템 ● 재활용 및 재이용부품관리 설비 ● 철차재료재활용탄소배출저감데이타베이스 ● 철도차량친환경폐기지침 ● 철도차량재활용지침
1-1 (공동)	유용자원회수기술의 탄소저감평가 및 표준화	● 차종별, 형태별 철도차량 회수재료별 환경경제적 최적 재활용 처리방안 연구 ● 철도차량 해체/재활용 전과정 평가 ● 철도 재료별 폐기단계 재활용 탄소저감 DB구축 ● 철도차량 폐기단계 재활용율 예측 및 탄소저감 산정도구 개발 ● 철도차량제작사, 철도운영처 재활용기술의 홍보 및 활용연계방안 제시 ● 철도재활용 환경성인증(GR 인증, 환경마크, 녹색기술 등)	
1-2 (공동)	유용자원회수시스템설계 및 구축	● 진입로, 보관시설, 자원화 시설 건물 설계 ● 개발설비 및 장치의 처리용량 및 규모 설정 ● 재활용 사업장 & stock house 설계 ● 차량입고, 상태확인, 보관, 작업장 인입 등 원료차 관리시설 구축 ● 재활용 사업장 건물 건설 및 기반시설 구축 ● 해체지원 전산시스템 S/W, H/W 개발 ● 철도차량 종합 자원순환 체계 구축	
2세부과제	철도차량 회수공정 구축 및 재활용 기술개발		● 유용자원회수공정설비 ● 재료선별해체도구 ● 철차금속절단설비 ● 철차재료선별회수기술 ● 차량부품관리시스템 ● 철차재료재활용기술 ● 회수재료재활용네트워크 ● 재활용관리/지원시스템 ● 회수부품관리/지원시스템
2-1 (공동)	유용자원회수공정구축 및 효율화	● 차량 종류별 부위별 해체단계 및 방법 결정 ● 해체 Station, Platform, 전처리 설비 및 해체지원시스템 설계 ● 캐노피 절단 속도 개선 및 효율화 설비 개발 ● 언더프레임 해체효율 개선기술 개발 ● Bogie 주요부품 해체 효율화 설비 개발 ● 동력차 주요부품 해체기술 개발 (해체, 운송, 안정보관) ● 해체공정, Station, 개별장비 최종 라인업 완성	
2-2 (공동)	회수자원 재활용 및 재이용 기술개발	● 재질별 재활용 인프라 구축 ● 최종 재활용률 95% 달성을 위한 해체/재활용 기준마련 ● floor board, 유리, 고무류 물질재활용 기술개발 ● 재질별 분리선별 전용 공구 개발 ● 재사용 가능부품 범위 확정 및 재사용부품 시장 수요파악 ● 동력차 주요부품 전산관리 기술개발 ● 부품재사용 전산시스템 최적화 ● 철도차량 종합 자원순환 시설 시범운영	

6. (일반과제) 철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술 과제

구분		과제명	주요내용	최종 성과물
일반과제		철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술개발	● 차량 부하관리 패턴 최적화 연구 ● 현차시험을 통한 스마트보조전원 시스템 신뢰성 평가 ● 스마트보조전원 통합시스템 인터페이스	● 스마트보조전원 신재품 ● 에너지최적제어 S/W ● 스마트보조전원시스템에 대한 성능지침서 ● 차량부하제어용 S/W ● 스마트보조전원 모니터링 시스템 ● 부하절체기술 및 에너지 컨버전 설계도
	공동 1	고효율스마트보조전원장치 시스템기술개발	● 스마트보조전원 인터페이스 기술연구 ● 스마트보조전원 회생에너지 활용에 대한 검토 ● 스마트보조전원 상태진단 및 성능시험 연구	
	공동 2	스마트보조전원장치 상태진단시스템기술개발	● 스마트보조전원 상태진단 대상연구 ● 스마트보조전원 최적 진단시스템 구성 ● 스마트보조전원 상태진단 전문가시스템 설계 및 제작	
	공동 3	스마트보조전원장치 전력인터페이스 시스템기술개발	● 스마트보조전원 장치별 인터페이스 기술 연구 ● 차량운행에 따른 에너지 변환 및 제어특성 연구	
	공동 4	스마트보조전원장치 에너지활용기술개발	● 차량에너지 흐름에 따른 최적활용기술 연구 ● 차량용 에너지 재활용 방안연구	

2절 연구개발과제 성과활용방안

1. (연구단) 고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속종합검측차량 기술 과제

(제1안)

구분		과제명	최종성과물	최종 수요처	활용방안
연구단 총괄		**고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술**	• 철도 검측 모듈 • 고속 검측 차량	•철도시설자산 보유 기관 •철도시설관리 기관	•철도시설 상태평가 •철도시설 유지보수
	1세부과제	**고속검측 통합 S/W 개발 및 시스템 통합**		•고속종합 검측차 제작사 •철도시설자산 보유 기관 •철도시설관리 기관	•고속종합검측차 제작 •철도시설 상태평가 •철도시설 유지보수
	1-1 (공동)	시스템 조정 및 통합	• 고속검측차량 시스템 요구사항 및 아키텍처 보고서		
	1-2 (공동)	통합 운영 S/W 개발	• 고속검측차 통합운영 S/W		
	1-3 (공동)	시운전 시험 및 보완	• 시운전 시험 절차 및 시험결과 보고서		
	2세부과제	**철도 검측 모듈 개발**		•철도시설자산 보유 기관 •철도시설관리 기관	•철도시설 상태평가 •철도시설 유지보수
	2-1 (공동)	고속 궤도 측정 모듈 개발 및 환경시험	• 궤도 검측모듈 – 궤도틀림검측 – 레일단면/마모 측정모듈 – 레일표면결함 탐지모듈 – 침목/체결구 결함 측정모듈 – 선로순회 모듈		
	2-2 (공동)	토목 시설물 측정기술 개발(저속 모듈)	• 시설 검측모듈 – 터널검측 – 노반지지강성 – 레일균열탐상		
	3세부과제	**고속 검측차량 제작**		•철도시설자산 보유 기관 •철도시설관리 기관	•철도시설 상태평가 •철도시설 유지보수
	3-1 (공동)	검측차량 설계 및 제작	• 고속검측차량		

(제2안)

구분	과제명	최종 성과물	최종 수요처	활용방안
연구단 총괄	**고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술**	• 철도 검측 모듈 • 고속 검측 차량	•철도시설자산 보유 기관 •철도시설관리 기관	•철도시설 상태평가 •철도시설 유지보수
1세부과제	**고속검측 통합 S/W 개발 및 시스템 통합**	• 고속검측차량 시스템 요구사항 및 아키텍처 보고서 • 고속검측차 통합운영 S/W • 시운전 시험 절차 및 결과 보고서	•고속종합 검측차 제작사 •철도시설자산 보유 기관 •철도시설관리 기관	•고속종합검측차 제작 •철도시설 상태평가 •철도시설 유지보수
1-1 (공동)	시스템 조정 및 통합			
1-2 (공동)	통합 운영 S/W 개발			
1-3 (공동)	시운전 시험 및 보완			
2세부과제	**철도 검측 모듈 개발**	• 궤도 검측모듈 – 궤도틀림검측 – 레일단면/마모 측정모듈 – 레일표면결함 탐지모듈 – 침목/체결구 결함 측정모듈 – 선로순회 모듈 • 시설 검측모듈 – 터널검측 – 노반지지강성 – 레일균열탐상	•철도시설자산 보유 기관 •철도시설관리 기관	•철도시설 상태평가 •철도시설 유지보수
2-1 (공동)	고속 궤도 측정 모듈 개발			
2-2 (공동)	토목 시설물 측정기술 개발(저속 모듈)			
3세부과제	**HEMU 시제차량 개조**	• 고속검측차량	•철도시설자산 보유 기관 •철도시설관리 기관	•철도시설 상태평가 •철도시설 유지보수
3-1 (공동)	HEMU 시제차량 개조설계 및 개조			

(제3안)

구분	과제명	최종 성과물	최종 수요처	활용방안
연구단 총괄	**고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술**	• 철도 검측 모듈 • 고속 검측 차량	•철도시설자산 보유 기관 •철도시설관리 기관	•철도시설 상태평가 •철도시설 유지보수
1세부과제	**고속검측 통합 S/W 개발 및 시스템 통합**	• 고속검측차량 시스템 요구사항 및 아키텍처 보고서 • 고속검측차 통합운영 S/W • 시운전 시험 절차 및 결과 보고서	•고속종합 검측차 제작사 •철도시설자산 보유 기관 •철도시설관리 기관	•고속종합검측차 제작 •철도시설 상태평가 •철도시설 유지보수
1-1 (공동)	시스템 조정 및 통합			
1-2 (공동)	통합 운영 S/W 개발			
1-3 (공동)	시운전 시험 및 보완			
2세부과제	**철도 검측 모듈 구매**	• 궤도 검측모듈 – 궤도틀림검측 – 레일단면/마모 측정모듈 – 레일표면결함 탐지모듈 – 침목/체결구 결함 측정모듈 – 선로순회 모듈	•철도시설자산 보유 기관 •철도시설관리 기관	•철도시설 상태평가 •철도시설 유지보수
2-1 (공동)	고속 궤도 검측 모듈 구매 및 기술이전 전수			
3세부과제	**고속 검측차량 제작**	• 고속검측차량	•철도시설자산 보유 기관 •철도시설관리 기관	•철도시설 상태평가 •철도시설 유지보수
3-1 (공동)	검측차량 설계 및 제작			

(제4안)

구분		과제명	최종성과물	최종 수요처	활용방안
1단계		**고속검측 모듈 개발**	• 철도검측모듈 시제품	•철도시설자산 보유 기관 •철도시설관리 기관	•철도시설 상태평가 •철도시설 유지보수
	1-1 (공동)	시스템 조정 및 통합	• 고속검측모듈 요구사항 및 아키텍처 보고서 • 운영 S/W 기본설계	•고속종합 검측차 제작사 •철도시설자산 보유 기관 •철도시설관리 기관	•고속종합검측차 제작 •철도시설 상태평가 •철도시설 유지보수
	1-2 (공동)	고속 궤도 측정 모듈 개발	• 궤도 검측모듈 – 궤도틀림검측 – 레일단면/마모 측정모듈 – 레일표면결함 탐지모듈 – 침목/체결구 결함 측정모듈 – 선로순회 모듈		
2단계		**종합검측차 실용화 개발**	• 철도 검측모듈 실용화 시제품 • 검측차량	•철도시설자산 보유 기관 •철도시설관리 기관	•철도시설 상태평가 •철도시설 유지보수
	2-1 (공동)	시스템 조정 및 통합	• 고속검측차량 시스템 요구사항 및 아키텍처 보고서	•고속종합 검측차 제작사 •철도시설자산 보유 기관 •철도시설관리 기관	•고속종합검측차 제작 •철도시설 상태평가 •철도시설 유지보수
	2-2 (공동)	통합 운영 S/W 개발	• 통합운용 S/W		
	2-3 (공동)	고속검측 모듈 실용화 개발	• 궤도 검측 실용화 모듈 – 궤도틀림검측 – 레일단면/마모 측정모듈 – 레일표면결함 탐지모듈 – 침목/체결구 결함 측정모듈 – 선로순회 모듈		
	2-4 (공동)	검측차량 설계 및 제작	• 고속검측차량		
	2-5 (공동)	시운전 시험 및 보완			

(제5안)

구분	과제명	최종 성과물	최종 수요처	활용방안
연구단 총괄	**고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술**	• 철도 검측 모듈 • 고속 검측 모듈과 고속차량의 인터페이스 기술	•철도시설자산 보유 기관 •철도시설관리 기관	•철도시설 상태평가 •철도시설 유지보수
1세부과제	**고속검측 통합 S/W 개발 및 시스템 통합**	• 고속검측차량 시스템 요구사항 및 아키텍처 보고서 • 고속검측차 통합운영 S/W • 시운전 시험 절차 및 결과 보고서 • 300km/h급 고속차량의 검측차 개조설계 및 개조기술	•고속종합 검측차 제작사 •철도시설자산 보유 기관 •철도시설관리 기관	•고속종합검측차 제작 •철도시설 상태평가 •철도시설 유지보수
1-1 (공동)	시스템 조정 및 통합			
1-2 (공동)	통합 운영 S/W 개발			
1-3 (공동)	시운전 시험 및 보완			
1-4 (공동)	차량개조 및 설계			
2세부과제	**철도 검측 모듈 개발**	• 궤도 검측모듈 – 궤도틀림검측 – 레일단면/마모 측정모듈 – 레일표면결함 탐지모듈 – 침목/체결구 결함 측정모듈 – 선로순회 모듈	•철도시설자산 보유 기관 •철도시설관리 기관	•철도시설 상태평가 •철도시설 유지보수
2-1 (공동)	고속 궤도 측정 모듈 개발 및 환경시험			

2. (연구단) 스마트 미터링 기반의 도시철도차량 피크전력 분산제어 기술 과제

구분	과제명	최종 성과물	최종 수요처	활용방안
연구단 총괄	도시철도 운행전력효율화 연구단			• DC 1500V, AC25kV 등 차종별 적용 가능한시스템을 개발함으로서 개별 철도차량 운행에너지 소비전력 모니터링을 통한 피크전력 분산제어기술 및 실시간 전력량 기반의 회생전력동기화 운행제어기술의 철도산업 전반에 확산적용
1세부과제	도시철도 피크전력 목표관리기술개발		• 국토해양부 • 도시철도 운영사 • 철도차량 제작사 • 철도시설공단	
1-1 (공동)	에너지효율운전지원 및 관리기술개발	• 제품1:기관사에코운전지원시스템 • S/W1:도시철도에너지목표관리운영 • 지침1:도시철도최대전력관리지침 • 지침2:도시철도전력효율개선운행제어 • 지침3:도시철도친환경철도차량구매지침		
1-2 (공동)	도시철도차량 전력미터링 제작 및 적용	• 제품1:열차전력미터링시스템 • 지침1:열차미터링표준화		
1-3 (공동)	실시간 전력량 전송시스템 개발	• 제품1:전력량전송시스템		
1-4 (공동)	에너지기반 도시철도 효율운전기술 개발	• S/W1:전력분산제어 • S/W2:회생전력활용운전제어 • S/W3:전력효율운전제어모델 • 지침1:도시철도전력효율개선운행제어		
2세부과제	피크전력 예측 및 산제어기술개발			
2-1 (공동)	열차피크전력 예측 및 분산모델설계	• S/W1:열차전력관리모델 • 제품1:열차전력정보제공시스템		
2-2 (공동)	도시철도 최대전력 관리시스템 구축	• 제품1:차상/지상통합최대전력관리시스템		
3세부과제	도시철도차량 최대전력관리 및 에너지효율운전시스템 시범적용			
3-1 (공동)	피크전력 분산제어 현장적용 기반연구 및 관리기술	• 제품1:열차미터링장착차량 • 제품2:열차전력관리시범시스템 • 제품3:피크전력관리시범시스템 • 제품4:에코운전모듈		

3. (연구단) 철도차량 스마트 유지보수 기술 과제

구분	과제명	최종 수요처	활용방안
연구단 총괄	철도차량 스마트 유지보수 기술 개발	• 운영사(코레일, 서울메트로 등) • 철도차량 및 부품 제작사 • 해외 수출 고속열차 시스템 및 사업 예, 독일 Simens 는 전통적인 고정 주기 유지보수의 문제점을 극복하기 위하여, 새롭게 개발하여 제작 납품한 러시아 RZD Velaro Train에 차상 모니터링 시스템을 활용한 상태기반 유지보수 기술을 도입. -차량이 운행을 마치고 정비창에 도착하기 이전에 이미 차량의 상태를 진단 및 예측하여, 사전에 필요한 유지보수 업무 및 장비를 준비하고 최적의 유지보수를 수행함으로써 유지보수 시간 및 비용 절감. -2009년 9월 개통 이후 2011년 4월 현까지 단 한건의 운행 중 장애로 인한 운행 고장(Broken down)이 없었으며, 99.4%의 운행 정시율을 기록. -Simens 는 이러한 실시간 상태 진단 및 예측을 통한 CBM 기법을 ICE tilting train에 적용하여 최적화된 유지보수를 수행하려 준비 중에 있음.	• 고속철도 차량, 중·저속 철도차량에 활용. • 철도차량 결함의 조기 감지 및 중대 결함 방지, 보수교체 시기의 판단, 상태 기반 정비(CBM) 보수체계에 활용. • 세계4번째 고속철도 개발 국가로서 해외 진출시 기술요구사항 충족뿐만 아니라 유지보수성 및 시스템 가용성 향상에 기여. • 국제 기준에 부응하도록 국내 차량안전기준에 반영하여 개발기술의 활용 활성화 • 운영사 및 관련 기업에 관련 원천기술 이전 및 실용화 • 국가차원의 철도차량 주행 안전성을 위한 통합 모니터링 기술 필요에 대응 기술로 활용
1세부과제	상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술 개발		
1-1 (공동)	유지보수 최적화를 위한 의사결정 전문가 시스템 개발		
1-2 (공동)	통합 상태기반 스마트 유지보수(CBM) 패키지 개발		
1-3 (공동)	철도차량 유지보수부품 상태 진단 기법 개발		
2세부과제	철도차량 주행장치 차상 상태 진단 및 예측 기술 개발		
2-1 (공동)	윤축 베어링 차상 상태 진단 및 예측 기술 개발		
2-2 (공동)	진동 특성에 의한 차륜 상태 진단 및 주행 안전성 예측 기술 개발		
2-3 (공동)	대차 프레임 및 차량 하부기기 장착부 상태 진단 및 예측 기술 개발		

4. (연구단) 철도시설 탄소통합평가 및 에너지 관리 기술 과제

구분	과제명	최종 성과물	최종 수요처	활용방안
연구단 총괄	철도시설 전과정 탄소관리 기술개발 연구단			• 본 기술은 건설단계에서 철도시설공단의 온실가스 및 에너지 효율개선을 고려한 철도노선 건설 및 운영단계에서 코레일의 에너지 고효율 운영에 필요한 핵심기술 개발로 철도양대 기관을 통합하는 연구개발과제이며 성과는 양 기관 모두 활용 가능함에 따라 기술 실용성이 우수하며 효율성이 높을 것으로 기대할 수 있음 • 연구성과는 국외의 사례와 같이 국내 철도운영기관 및 철도차량 제작사와 공동, 활용토록 할 수 있도록 함으로서 성과를 확산하겠음
1세부과제	철도시설탄소통합 영향평가 및 에코건설 기술개발		• 국토부, 철도시설공단 • 국토부, 환경부, 철도시설공단	
1-1 (공동)	온실가스 항목통합 Eco-rail(저탄소/저비용) 선정도구 개발	• S/W1:철도노선 온실가스항목 통합 영향평가 도구 • S/W2:지형정보와 철도차량 운행패턴을 고려한 저탄소 철도노선 설계도구 • 지침1:저탄소/저비용 철도건설 및 유지를 위한 인증지침		
1-2 (공동)	철도시설 저탄소 건설재료 및 공법 평가도구개발	• S/W1:철도건설 공법 및 자재 탄소배출 DB • 지침1:철도시설 및 건설자재 저탄소 인증지침		
2세부과제	철도역사 Eco-EMS 기술개발		• 국토부, 코레일	
2-1 (공동)	철도시설물 에너지효율 개선기술 개발	• 제품1:철도시설 에너지소비량 실시간 모니터링 장치 • 인프라1:역사 에너지 양방향 관리시스템 • S/W1: 철도시설 에너지소비량 모니터링 및 온실가스 배출량 산정 통합 프로그램		
2-2 (공동)	에너지고효율 철도 운영기술 개발	• S/W1:에너지 소비패턴 및 수요예측 프로그램 • S/W2:철도운행 에너지 및 전력설비 최적설계 프로그램 • S/W3:철도운행 에너지 관리 프로그램 • 지침1:에너지고효율 철도시설 인증지침		

5. (연구단) 폐 철도차량의 유용자원 회수시스템 기술 과제

구분	과제명	최종 성과물	최종 수요처	활용방안
연구단 총괄	철도 재활용기술개발 연구단			• 본 기술은 점차 증가하고 있는 폐 철도차량의 자원을 재활용, 재이용할 수 있는 시스템을 구축함으로서 철도산업의 환경성을 보다 극대화하고 경제적인 수익을 창출할 수 있는 기회를 제공할 수 있을 것으로 판단됨 • 또한, 폐 철도차량 중심의 재료 재활용율을 95% 달성할 수 있는 시스템을 구축하고 이를 타 교통수단(군수장비, 항공기 등)으로 확대, 적용할 수 있을 것으로 예상됨에 따라 그 활용성은 높을 것임 • 연구성과는 국외의 사례와 같이 국내 철도운영기관 및 철도차량 제작사와 공동, 활용토록 할 수 있도록 함으로서 성과를 확산하겠음
1세부과제	철도차량 유용자원회수시스템 구축 및 표준화		• 국토부, 환경부 • 코레일, 도시철도공사 • 철도차량제작사 • 철도시설공단	
1-1 (공동)	유용자원회수기술의 탄소저감평가 및 표준화	• S/W1: 철차재료재활용탄소배출저감데이타베이스 • 지침1: 철도차량친환경폐기지침 • 지침2: 철도차량재활용지침		
1-2 (공동)	유용자원회수시스템설계 및 구축	• 인프라1: 차량유용자원회수시스템 • 인프라2: 폐철차이송시스템 • 인프라3: 재활용 및 재이용부품관리설비		
2세부과제	철도차량 회수공정 구축 및 재활용기술개발			
2-1 (공동)	유용자원회수공정구축 및 효율화	• 인프라1: 유용자원회수공정설비 • 제품1: 재료선별해체도구 • 제품2: 철차금속절단설비 • 제품3: 철차재료선별회수기술		
2-2 (공동)	회수자원 재활용 및 재이용 기술개발	• 제품1: 차량부품관리시스템 • 제품2: 철차재료재활용기술 • 인프라1: 회수재료재활용네트워크 • S/W1: 재활용관리/지원시스템 • S/W2: 회수부품관리/지원시스템		

6. (일반과제) 철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술 과제

구분		과제명	최종 성과물	최종 수요처	활용방안
일반과제		철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술개발	• 스마트보조 전원 신재품 • 에너지최적 제어 S/W • 스마트보조 전원시스템 에 대한 성능지침서	• 한국철도공사 • 서울메트로 • 도시철도공사 • 부산교통공사 • 대구도시철도 공사 • 인천교통공사 • 대전도시철도 공사 • 광주도시철도 공사	• 열차 에너지절감을 위한 최적방안 • 신규 및 기존차량에 모두 적용되는 보조전원장치를 스마트보조전원 장치로 대체 적용 가능함. • 본 장치의 활용으로 에너지 10% 절감을 기술적으로 증명후 영업노선차량 우선 시험 적용
	공동 1	고효율스마트보조전원장치 시스템기술개발	• 스마트보조 전원 제품개발 인터페이스 검토서 및 성능시험 결과서 • 스마트보조 전원 신뢰성시험 데이터		
	공동 2	스마트보조전원 장치 상태진단시스템 기술개발	• 스마트보조 전원 모니터링 시스템 • 모니터링요 소기술적용 검토서		
	공동 3	스마트보조전원 장치 전력인터페이스 시스템기술개발	• 부하절체기 술 및 에너지컨버 전 설계도 • 차량부하제 어용 S/W		
	공동 4	스마트보조전원 장치 에너지활용기술 개발	• 차량부하 검측 및 검토서 • 에너지활용 기술 요구검토서		

3절 기대효과

1. (연구단) 고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속종합검측차량 기술 과제 기대효과

가. 경제적 효과

○ 검측차의 유지보수 비용절감 및 기간단축(국내 유지보수)

○ 고속종합검측차 수입대체 및 해외수출

○ 고속검측관련 원천기술 확보로 인한 기술료 수입

나. 기술적 효과

○ 국내 기존 연구개발 성과 활용 및 고도화

○ 국내 연구개발 동기부여로 국가 철도기술경쟁력 향상

○ 기술이전 및 파급효과가 커서 철도기술 저변이 확대됨

○ 선로 검측관련 데이터의 장기간 축적이 가능하여 향후 타 연구 개발시에 활용 가능

○ 국내 유지관리 기준과의 적합성 향상

○ 다양한 검측기능의 활용 가능

○ 사용자 요구사항 반영이 용이함

다. 정책적 효과

○ 철도교통에 대한 대국민 신뢰 회복.

○ 친환경적이며 안전한 철도중심의 교통체계가 구축

○ 고속차량의 개발, 고속철도의 건설, 철도의 운영 및 유지관리 경험과 함께 철도 유지관리 기술의 핵심인 종합검측기술을 결합하여 명실상부한 철도선진국으로 도약

2. (연구단) 스마트 미터링 기반의 도시철도차량 피크전력 분산제어 기술 과제 기대효과

가. 경제적 효과

○ 철도 운영비용 혁신

- 실시간 철도 피크전력 분산제어 및 회생전력동기화 제어기술개발로 인한 철도 운행 전력 비용의 혁신적 절감 (코레일 및 서울메트로 연간 사용전력 비용절감 예상액 : 13,000 백만원/년)

나. 기술적 효과

○ 에너지 효율화를 위한 국내 철도차량 전력미터링 기술 표준화

- DC 1500V, AC25kV 등 범용적인 시스템을 개발함으로서 개별 철도차량 운행에너지 소비전력 모니터링을 통한 피크전력 분산제어기술 및 실시간 전력량 기반의 회생전력동기화 운행제어기술의 철도산업 적용확산
- 열차군 전력량 소비 모니터링을 통한 도시철도 최대전력관리
- 열차전력 소비인자 분석가능
- 기관사 에너지효율운전경쟁유도
- 철도차량 경량화 효과 등의 에너지효율화 기술의 직접 측정가능
- 친환경 철도차량 평가 및 구매선진화
- 개별열차의 회생전력발생량 모니터링 및 재활용량 관리
- 회생전력활용기술평가가능
- 회생전력활용에 따른 철도운행에너지 효율개선
- 열차전력 소비인자 분석가능
- 도시철도 에너지관리 선진화

다. 정책적 효과

[연구개발 관련정책]
□ 환경부, 「온실가스·에너지 목표관리」 2012년 시행 - 6개 철도운영사 포함
□ 지식경제부, 공공기관 에너지이용합리화법
□ 공공기관 에너지절약 강화지침

○ 친환경 철도차량 이미지 확고 및 운영환경 개선

- 전력비용의 혁신적 절감으로 인한 인력구조조정 요구저감 및 노인 무인승차 등에 대한 사회적 서비스 제공으로 인한 철도산업의 운영환경개선기대

3. (연구단) 철도차량 스마트 유지보수 기술 과제 기대효과

가. 경제적 효과

○ 고속철도, 중·저속 철도 차량에 활용

○ 세계 최초의 철도차량 CBM 기술 및 세계 최고수준의 철도차량 주행장치 차상 모니터링 기술 확보

○ 세계4번째 고속철도 개발 국가로서 해외 진출시 기술요구사항 충족뿐만 아니라 유지보수성 및 시스템 가용성 향상에 기여

나. 경제적 기대효과

○ 효율적인 상태기반 스마트 유지보수(CBM) 시스템에 PHM을 접목한 새로운 유지보수 체계를 완료할 경우 철도차량 유지보수비 절감효과

○ 부품의 상태에 따라 고장을 예측하고 최적의 유지보수 시기를 결정하여 시행함으로써 운행장애 10%, 유지보수비 10% 이상 절감
※ KTX의 운행지연장애 감소 : 연간 16건 이상
※ 철도차량 유지보수비 절감 : 연간 600억원(30년 기준 : 1.8조원)

○ 세계 철도차량 CBM 및 차상 모니터링 시장 선점
※ 2015년 세계 철도 지능형 모니터링 시장 규모 예상 : 2.5조

○ 주행부 주요장치의 고장 이상감지로 인한 운행정지 경제적 손실비용(360억/년, 년4건 기준) 저감
※ KTX 1일 운행 정지로 인한 운영수입 손실액 30억원×3일(유지보수 소요일)

○ 고장 예방정비로 인해 안전성 증대 및 수리 예비품 감소

다. 기술적 기대효과

○ 세계 최고수준의 철도차량 차상 온도모니터링 기술, 차륜 이상마모 모니터링 기술, 탈선계수 실시간 측정 및 탈선안전 예측기술 확보

○ 유럽의 철도차량 기술사양인 TSI에서는 최고속도 250km/h 이상의 고속열차 윤축베어링에 대하여 기존 지상설비인 윤축베어링 검지장치의 오작동에 의한 한계 및 주행안전성을 위하여 구체적으로 실시간 차상 모니터링 시스템을 통한 안전관리가 이루어져야 된다고 규정함으로써 철도차량의 탈선감지 및 오작동 검측을 강화하고 있음. 특히있음. 그리고 이 규정은 향후 유럽 이외에 모든 고속철도 차량 발주에 기본 기술요구사항이 될 것으로 판단되어 국내 고속철도의 주행 안전성 향상 및 해외 수출을 위해서도 반드시 개발되어야 할 기술임.

○ 세계 최초의 스마트 센서를 이용한 대차 프레임 및 하부기기 장착부 진단 시스템 개발

○ 개발된 기술은 철도차량의 유지보수 뿐만 아니라 철도 통합안전 감시제어시스템, SOC 관련 타 산업분야에 광범위하게 활용

4. (연구단) 철도시설 탄소통합평가 및 에너지 관리 기술 과제 기대효과

가. 경제적 효과

○ 건설 및 유지관리, 개보수 등 건물의 총 생애비용(total life cycle cost)을 절감하고, 에너지 절약으로 환경친화형 건물건축에 기여함

○ 건물의 에너지소비 절약으로 건물의 유지관리 경제성을 확보하고, 수명이 연장되며, 관련기술 국산화로 수입대체 효과를 극대화함

○ ISO, KS에 규정한 자동제어 표준 통신규격인 BACnet 기반의 운영 시스템으로 수입대체 및 국내 건물로 적용성을 확대할 수 있음

○ 실시간 에너지 모니터링을 통한 에너지 공급 지속성 및 질(quality)과 관련된 정보를 측정 기록하여 다른 데이터와 함께 웹 기반 데이터베이스를 구축함으로서 관련데이터를 산업화에 이용 가능함

○ 최적 제어를 통한 쾌적한 환경 제공으로 건물가치를 향상시키고, 초기 투자비용과 에너지소비 비용 절감으로 경제성 및 경쟁력 확보가 가능함

○ 본 기술개발의 경제적 효과는 크게 기존에 소요되던 비용감축, 향후 발생할 것으로 예상되는 비용의 회피, 경제적 이윤 창출의 세 가지 측면에서 살펴볼 수 있음. 에너지 절약 기술적용을 통해 기대할 수 있는 에너지 소비 절감은 소요비용의 절감을 통해 일차적인 경제적 효과를 가짐. 열원, 그 중에서도 화석연료 소비를 줄임으로써 기대할 수 있는, 교토의정서에 따른 탄소배출권 거래 비용 회피 및 친환경적인 주거환경 조성으로 인한 건강비용의 축소는 비용의 회피에 해당. 마지막으로 기술개발에 따른 환경산업 시장에의 기여는 고용창출 효과를 가짐

나. 기술적 효과

○ 현재 국내 관련 기술 수준은 주요 선진국에 비해 뒤쳐져 있는 실정임. 본 과제에서 각각의 관련 세부기술에 대한 면밀한 분석을 토대로 이루어지게 될 관련 기술 전반에 대한 연구 개발은 기존의 산발적인 연구 형태보다 선진국과의 기술 격차를 효과적으로 줄여나갈 수 있는 방안이고, 일부기술은 선진국을 앞서가는 기술임

○ 본 기술개발은 실증적인 연구를 토대로 각각의 관련 요소기술을 국내 실정에 맞게 개발하여 관련 산업에서의 실용화 정도가 매우 높으며, 해외 수입 기술보다 시장 적응성이 높아 관련 기업의 해외 기술 의존도를 크게 개선할 수 있을 것으로 판단됨. 또한 과제 수행을 통해 축적된 관련 요소기술 전반에 대한 방대한 기초 데이터 및 실증 데이터는 관련 산업 전반은 물론, 이후 다양한 관련 기술개발 연구에서 활용도가 높을 것으로 예상됨

○ 에너지 절약형 시스템의 적용 활성화가 가능하며, 건물 자동화 시스템 설계 및 시스템 구축을 위한 기술자립화가 가능함

○ 에너지 성능평가가 에너지 총량을 기준으로 재편되면 실제 각 건물에 대한 진단 및 평가에 대한 수요가 급격하게 증가할 것이며, 건물 커미셔닝 기법으로 건물에너지 시뮬레이션을 통한 다양한 요소 기술의 적용 효과를 예측하는 사업이 필요하며, 개발된 정보 서비스 시스템에 축적된 관련 건물 및 에너지 데이터베이스 건물에너지 예측에 적극적으로 활용 가능함

다. 정책적 효과

[연구개발 관련정책]
□ 환경부, 「온실가스·에너지 목표관리」 2012년 시행, 6개 철도운영사 포함
□지식경제부, 공공기관 에너지이용합리화법
□공공기관 에너지절약 강화지침

○ 정부의 「저탄소 녹색성장」, 환경부 「온실가스 항목 환경영향평가」, 「온실가스에너지 목표관리제도」, 「탄소배출권 거래제」 등에 직접 연관되는 과제로 구성됨

○ 건물에너지는 국가에너지 소비량의 24%를 차지하고 건물 LCC(총생애주기비용)의 30% 이상을 차지할 뿐만 아니라 온실가스 감축잠재량도 매우 크다는 측면에서 “저탄소 녹색성장”을 표방하는 『3E 新국가발전 패러다임』을 현실화할 수 있는 가장 가능성이 있는 분야 및 기술이라 할 수 있음

○ 건물 에너지 및 온실가스 절감은 신축건물보다 기존건물에서 더 큰 효과를 나타낼 수 있으며, 이를 위한 효과적인 기술분야로는 에너지 설비 운영관리라 할 수 있음

○ 본 기술은 기존 시스템에 비해 큰 추가비용 없이 효과를 달성 할 수 있다는 장점이 있음

○ 앞에서 언급한 것처럼 건물 에너지 절약 및 온실가스 저감을 위해 관련부처에서 다양한 정책을 추진하고 있으며, 본 기술은 이를 구체화 할 수 있는 효과적인 시스템으로 판단됨

5. (연구단) 폐 철도차량의 유용자원 회수시스템 기술 과제 기대효과

가. 경제적 효과

○ 철도차량의 법적내구연한을 25년으로 고려하였을 때 경제성장기인 1990년대 도입한 철도차량 물량이 폐차로 대량 발생할 예정임 (2011년 이후 매년 600~1,100 량의 폐철도차량 물량이 발생될 것으로 예상됨)

○ 연 평균 300량 정도를 친환경적으로 처리할 수 있는 시스템을 구축할 경우 예상되는 환경경제적 기대효과를 산정한 결과

- 재료재활용율 95% 달성 시 온실가스배출 저감량 : 39,900 톤CO2eq/년
- 재료재활용율 95% 달성 시 경제적 수익창출 효과 : 78억원/년

· 효과산정기준 : 기존의 단순원형매각 시 재활용율을 75%로 가정, 95% 목표달성 시 20% gap에서의 효과를 산정하였음

나. 기술적 효과

○ 철도선진국인 유럽에서는 ELV(End-of-Life Vehicle) Directive, WEEE(Waste Electric and Electronic Equipment) 등의 친환경 재활용에 관한 규제를 철도차량에도 적용하여 제작

단계에서부터 재활용 등을 고려한 철도차량 제작기술을 개발, 규제화하고 있음

○ 차량 등의 재활용율 산정기준인 ISO 22628(Road vehicles . Recyclability and recoverability . Calculation method) 요구절차를 만족하기위해서는 자동차의 재활용시스템과 같이 체계적인 해체 및 재활용율 관리시스템 구축기술이 요구됨

다. 정책적 효과

○ 환경부의 폐기물관리법, 자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률, 전기/전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률 및 건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률 등 폐 철도차량의 친환경 자원순환시스템 구축을 위한 기술개발이 요구됨

6. (일반과제) 철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술 과제 기대효과

가. 경제적 효과

○ 국내 철도시장의 보조전원시스템에 대한 대체 수요를 통한 국내시장 선점

○ 세계 최초의 스마트 보조전원 시스템 개발을 통한 에너지 절감 효과 차량부하에 대한 10% 달성

○ 세계 최조 에너지 저감형 스마트 보조전원 시스템 개발을 통한 세계시장 진출 확대

○ 국외 철도시장은 고효율 철도차량 기기에 대한 수요가 매년 증가하고 있어 고효율 스마트 보조전원시스템 수출이 가능함

나. 기술적 효과

○ 철도차량의 보조전원장치의 경우 기존 전기차량에 대부분 포함되어 있는 기술로 기존 철도차량 내 기저부하에 대한 전력공급기술을 활용

○ 철도차량의 회생전력에 대한 차량내 부하 전력 공급에 사용함으로서 기존 전력변환기술을 활용하여 추진

○ 국내 신규 및 교체 전기차량에 대한 보조전원 시스템에 적용가능함

○ 차량에너지 관리 및 변환기술 축적을 통한 풍력발전, BESS 시스템, 분산전원 등의 에너지 저장관련 산업에 즉시 적용가능한 기술임

다. 정책적 효과

○ 철도차량 운영의 에너지 절감을 통한 국내 에너지 소비감소를 촉진할수 있으며, 철도피크 전력 감소효과에 기여할수 있어 산업전반의 에너지 정책 로드맵 작성에 활용가능함

○ 철도차량의 에너지 저감기술은 철도운영에 대한 운영비 절감이 이루어 지며, 타 운행 서비스에 대한 서비스 확대로 운영 효율화를 도모할수 있음

○ 세계최초의 스마트 보조전원시스템에 대한 기술개발 성공으로 국내 친환경 철도차량 이미지 제고 및 타 국가에 대한 친환경 기술 제공 기회 발생

제5장 연구개발과제 소요예산

5장 연구개발과제 소요예산

1절 (연구단) 고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속종합검측차량 기술 과제 소요예산

[제1안] (단위 : 천원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년		6차년		합 계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	4,125,000	875,000	2,575,000	625,000	34,375,000	625,000	5,375,000	625,000	5,350,000	450,000	3,000,000		54,800,000	3,200,000
1세부과제: 고속검측 통합 S/W 개발 및 시스템 통합	1,500,000		700,000		1,000,000		1,500,000		2,500,000		3,000,000		10,200,000	
1-1(공동) 시스템 조정 및 통합	1,500,000		700,000		1,000,000		1,000,000		1,000,000		1,000,000		6,200,000	
1-2(공동) 통합 운영 S/W 개발							500,000		1,000,000		1,000,000		2,500,000	
1-3(공동) 시운전 시험 및 보완									500,000		1,000,000		1,500,000	
2세부과제: 철도 검측 모듈 개발	2,625,000	875,000	1,875,000	625,000	1,875,000	625,000	1,875,000	625,000	1,350,000	450,000			9,600,000	3,200,000
2-1(공동) 고속 궤도 측정 모듈 개발 및 환경시험	1,875,000	625,000	1,125,000	375,000	1,125,000	375,000	1,125,000	375,000	750,000	250,000			6,000,000	2,000,000
2-2(공동) 토목 시설물 측정기술 개발	750,000	250,000	750,000	250,000	750,000	250,000	750,000	250,000	600,000	200,000			3,600,000	1,200,000
3세부과제: 고속 검측차량 제작					31,500,000		2,000,000		1,500,000				35,000,000	
3-1(공동) 검측차량 설계 및 제작					31,500,000		2,000,000		1,500,000				35,000,000	

- 261 -

[제2안] (단위 : 천원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년		6차년		합 계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	4,125,000	875,000	2,575,000	625,000	4,375,000	625,000	5,375,000	625,000	5,350,000	450,000	3,000,000		24,800,000	3,200,000
1세부과제 고속검측 통합 S/W 개발 및 시스템 통합	1,500,000		700,000		1,000,000		1,500,000		2,500,000		3,000,000		10,200,000	
1-1(공동) 시스템 조정 및 통합	1,500,000		700,000		1,000,000		1,000,000		1,000,000		1,000,000		6,200,000	
1-2(공동) 통합 운영 S/W 개발							500,000		1,000,000		1,000,000		2,500,000	
1-3(공동) 시운전 시험 및 보완									500,000		1,000,000		1,500,000	
2세부과제 철도 검측 모듈 개발	2,625,000	875,000	1,875,000	625,000	1,875,000	625,000	1,875,000	625,000	1,350,000	450,000			9,600,000	3,200,000
2-1(공동) 고속 궤도 측정 모듈 개발 및 환경시험	1,875,000	625,000	1,125,000	375,000	1,125,000	375,000	1,125,000	375,000	750,000	250,000			6,000,000	2,000,000
2-2(공동) 토목 시설물 측정기술 개발	750,000	250,000	750,000	250,000	750,000	250,000	750,000	250,000	600,000	200,000			3,600,000	1,200,000
3세부과제 HEMU 시제차량 개조					1,500,000		2,000,000		1,500,000				5,000,000	
3-1(공동) HEMU 시제차량 개조설계 및 개조					1,500,000		2,000,000		1,500,000				5,000,000	

- 262 -

[제3안] (단위 : 천원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년		6차년		합 계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	34,800,000		5,800,000		6,200,000		5,200,000						52,000,0000	
세부과제1 고속검측 통합 S/W 개발 및 시스템 통합	800,000		1,300,000		2,200,000		2,700,000						7,000,000	
1-1(공동) 시스템 조정 및 통합	800,000		800,000		700,000		700,000						3,000,000	
1-2(공동) 통합운영 S/W 개발			500,000		1,000,000		1,000,000						2,500,000	
1-3(공동) 시운전 시험 및 보완					500,000		1,000,000						1,500,000	
세부과제2 철도 검측 모듈 개발	2,500,000		2,500,000		2,500,000		2,500,000						10,000,000	
2-1(공동) 고속 궤도 검측모듈 구매 및 기술이전 전수	2,500,000		2,500,000		2,500,000		2,500,000						10,000,000	
세부과제3 고속 검측차량 제작	31,500,000		2,000,000		1,500,000								35,000,000	
2-1(공동) 검측차량 설계 및 제작	31,500,000		2,000,000		1,500,000								35,000,000	

- 263 -

[제4안] (단위 : 천원)

과제명	1단계						2단계						합 계	
	1차년		2차년		3차년		1차년		2차년		3차년			
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
1 단계 : 고속 검측 모듈 개발	**3,400,000**		**2,900,000**		3,400,000								**9,700,000**	
1-1(공동) : 시스템 조정 및 통합	900,000		900,000		900,000								2,700,000	
1-2(공동) : 고속 궤도 측정 모듈 개발	2,500,000		2,000,000		2,500,000								7,000,000	
2 단계: 종합 검측차 실용화 개발							**4,350,000**	**650,000**	**3,900,000**	**600,000**	**4,650,000**	**350,000**	**12,900,000**	**1,600,000**
2-1(공동) : 시스템 조정 및 통합							1,000,000		1,000,000		1,000,000		3,000,000	
2-2(공동) : 통합 운영 S/W 개발									750,000	250,000	1,150,000	350,000	1,900,000	600,000
2-3(공동) : 고속검측 모듈 실용화 개발							1,850,000	650,000	1,150,000	350,000			4,000,000	1,000,000
2-4(공동) : 검측차량 설계 및 제작							1,500,000		1,000,000		1,000,000		3,500,000	
2-5(공동) : 시운전 시험 및 보완											1,500,000		1,500,000	

- 264 -

[제5안] (단위 : 천원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		합 계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	4,300,000	800,000	6,400,000	900,000	6,300,000	1,000,000	2,800,000		16,200,000	2,000,000
1세부과제 고속검측 통합 S/W 개발 및 시스템 통합	**1,800,000**		**3,000,000**		**3,000,000**		**2,400,000**		**10,200,000**	
1-1(공동) 시스템 조정 및 통합	1,300,000		700,000		700,000		900,000		3,600,000	
1-2(공동) 통합 운영 S/W 개발	500,000		1,000,000		1,000,000				2,500,000	
1-3(공동) 시운전 시험 및 보완							1,500,000		1,500,000	
1-4(공동) 차량 개조설계 및 개조			1,300,000		1,300,000				2,600,000	
2세부과제 철도 검측 모듈 개발	**1,875,000**	**600,000**	**2,250,000**	**800,000**	**1,875,000**	**600,000**			**6,000,000**	**2,000,000**
2-1(공동) 고속 궤도 측정 모듈 개발 및 환경시험	**1,875,000**	**600,000**	**2,250,000**	**800,000**	**1,875,000**	**600,000**			6,000,000	2,000,000

- 265 -

2절 (연구단) 스마트미터링 기반의 도시철도차량 피크전력 분산제어 기술 과제 소요예산

(단위 : 천원)

과제명	1차년		2차년		3차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	2,950,000	375,000	3,550,000	525,000	2,600,000	450,000	9,100,000	1,350,000
1세부과제:도시철도 피크전력 목표관리기술개발	2,200,000	-	2,500,000	-	1,800,000	-	6,500,000	-
1-1.에너지목표관리시스템 및 실용화	600,000	-	600,000	-	500,000	-	1,700,000	-
1-2. 도시철도차량 미터링시스템 제작 및 적용	500,000	-	700,000	-	300,000	-	1,500,000	-
1-3. 실시간 전력량 전송시스템 개발	500,000	-	600,000	-	500,000	-	1,600,000	-
1-4. 에너지기반 도시철도 효율운전기술개발	600,000	-	600,000	-	500,000	-	1,700,000	-
2세부과제:피크전력 예측 및 분산제어 모델개발	600,000	300,000	900,000	450,000	600,000	300,000	2,100,000	1,050,000
2-1. 열차피크전력 예측, 분산모델설계	300,000	150,000	400,000	200,000	300,000	150,000	1,000,000	500,000
2-2. 최대전력관리시스템 시범구축	300,000	150,000	500,000	250,000	300,000	150,000	1,100,000	550,000
3세부과제:도시철도차량 최대전력관리 및 에너지효율운전시스템 시범적용	150,000	75,000	150,000	75,000	150,000	75,000	500,000	300,000
3-1. 피크전력 분산제어 현장적용 및 관리기술	150,000	75,000	150,000	75,000	150,000	75,000	500,000	300,000

- 266 -

3절 (연구단) 철도차량 스마트 유지보수 기술 과제 소요예산

(단위 : 천원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	2,771.000	924.000	2,948.000	983.000	4,625.000	1,542.000	2,683.000	894.000	13,027.000	4,343.000
1세부과제 상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술 개발	1,508.000	503.000	1,264.000	422.000	2,100.000	700.000	1,000.000	333.000	5,872.000	1,958.000
1-1(공동) 유지보수 최적화를 위한 의사결정 전문가 시스템 개발	829.000	277.000	695.000	232.000	1,155.000	385.000	550.000	183.000	3,229.000	1,077.000
1-2(공동) 통합 상태기반 스마트 유지보수(CBM) 패키지 개발	528.000	176.000	443.000	148.000	735.000	245.000	350.000	117.000	2,056.000	686.000
1-3(공동) 철도차량 유지보수부품 건전성 진단 및 예지 기법 개발	151.000	50.000	126.000	42.000	210.000	70.000	100.000	33.000	587.000	195.000
2세부과제 철도차량 주행장치 차상 상태 진단 및 예측 기술 개발	1,263.000	421.000	1,684.000	561.000	2,525.000	842.000	1,683.000	561.000	7,155.000	2,385.000
2-1(공동) 윤축 베어링 차상 상태 진단 및 예측 기술 개발	581.000	194.000	775.000	258.000	1,162.000	387.000	774.000	258.000	3,292.000	1,097.000
2-2(공동) 진동 특성에 의한 차륜 상태 진단 및 주행 안전성 예측 기술 개발	480.000	160.000	640.000	213.000	959.000	320.000	640.000	213.000	2,719.000	906.000
2-3(공동) 대차 프레임 및 차량 하부기기 장착부 상태 진단 및 예측 기술 개발	202.000	67.000	269.000	90.000	404.000	135.000	269.000	90.000	1,144.000	382.000

- 267 -

4절 (연구단) 철도시설 탄소통합평가 및 에너지 관리 기술 과제 소요예산

(단위 : 천원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년(max)		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	3,140,000	740,000	3,800,000	860,000	3,172,000	838,000					10,112,000	2,438,000
1세부과제 철도시설 탄소통합영향평가 및 에코건설 기술개발	700,000	-	1,100,000	-	1,000,000	-					2,800,000	-
1-1(공동) 온실가스 항목 통합 Eco-rail 선정 도구 개발	400,000	-	600,000	-	500,000	-					1,500,000	-
1-2(공동) 철도시설 저탄소 건설재료 및 공법 평가도구 개발	300,000	-	500,000	-	500,000	-					1,300,000	-
2세부과제 철도시설 Eco-EMS 기술 개발	2,440,000	740,000	2,700,000	860	2,172,000	838,000					7,312,000	2,438,000
2-1(공동) 철도시설물 에너지효율 개선기술 개발	1,600,000	430,000	2,000,000	550	1,441,000	475,000					5,041,000	1,455,000
2-2(공동) 에너지고효율 철도 운영기술 개발	840,000	310,000	700,000	310	731,000	363,000					2,271,000	983,000

- 268 -

5절 (연구단) 폐 철도차량의 유용자원 회수시스템 기술 과제 소요예산

(단위 : 천원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년(max)		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	3,400,000	460,000	4,725,000	790,000	3,900,000	625,000					12,025,000	1,875,000
1세부과제 철도차량 유용자원회수시스템 구축 및 표준화	1,900,000	-	2,500,000	-	2,000,000	-					6,400,000	-
1-1(공동) 유용자원회수기술의 탄소저감평가 및 표준화	400,000	-	500,000	-	500,000	-					1,400,000	-
1-2(공동) 유용자원회수시스템설계	1,500,000	-	2,000,000	-	1,500,000	-					5,000,000	-
2세부과제 철도차량 회수공정 구축 및 재활용 기술개발	1,500,000	460,000	2,225,000	790,000	1,900,000	625,000					5,625,000	1,875,000
2-1(공동) 유용자원회수공정설계 및 구축	1,000,000	310,000	1,225,000	470,000	1,400,000	470,000					3,625,000	1,250,000
2-2(공동) 회수자원 재활용 및 재이용 기술개발	500,000	150,000	1,000,000	320,000	500,000	155,000					2,000,000	625,000

- 269 -

6절 (일반과제) 철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술 과제 소요예산

(단위 : 천원)

과제명	1차년		2차년		3차년(max)		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
일반과제 총괄	1,000,000	350,000	1,800,000	600,000	1,500,000	500,000	4,300,000	1,450,000
공동 1 : 고효율스마트보조전원장치 시스템기술개발	300,000	0	500,000	0	400,000	0	1,200,000	0
공동 2 : 스마트보조전원장치 상태진단시스템기술개발	100,000	40,000	200,000	80,000	200,000	80,000	500,000	200,000
공동 3 : 스마트보조전원장치 전력인터페이스 시스템기술개발	300,000	160,000	600,000	280,000	400,000	210,000	1,300,000	650,000
공동 4 : 스마트보조전원장치 에너지활용기술개발	300,000	150,000	500,000	240,000	500,000	210,000	1,300,000	600,000

- 270 -

부록

1. 후보과제 우선순위 도출결과
2. 후보과제별 과제카드
3. 후보과제 우선순위 도출 설문지
4. 특허분석자료
5. 기술수요조사 자료

[부 록]

1. 후보과제 우선순위 도출결과

가. 평가방법

○ 널리 사용되는 평가방법에는 AHP(Analytic Hierarchy Process), DEA(Data Envelopment Analysis), System Dynamics, BSC(Balanced Scorecard), Risk management & simulation, 통계, 6시그마, SPC(Statistical Process Control), PAT(Process Analytical Technology) 등이 있음

○ AHP는 상충되는 복수의 기준(Criteria)을 가지고 있어 의사결정이 힘든 경우에 적합하며 기존의 의사결정이론 체계에서 보면 다속성 의사결정분석(multi-attribute decision making)의 선호보정이 있는 모형(Compensatory model)에 속하며 도시·환경·건설·컴퓨터·정보·국방 분야의 순으로 많이 이용되고 있음 (조근태 외, 2003)[1)]

○ 또한 AHP는 정책결정, 마케팅계획 수립, 리스크 평가, 최적의 예산배정 등 다양한 분야에서 의사결정을 위하여 활용되고 있으며 주로 평가, 선택, 예측을 위한 의사결정대안의 우선순위 결정과 관련된 문제에 많이 이용되고 그 유용성도 인정되고 있는 방법임 (김향자, 1998)[2)]

○ AHP는 정성적 요인과 정량적 요인들의 단계별 분석을 통해 통합된 데이터로 산출 할 수 있으며 특히 설문대상자의 지식, 경험, 감정의 통합을 통해 결과를 도출 할 수 있다는 점에서 본 연구에 활용가능성이 높음

○ 본 연구는 철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축을 위한 미래핵심기술의 우선순위를 도출하기 위하여 AHP 평가방법을 활용함

나. 계층분석적 의사결정방법 (Analytic Hierarchy Process: AHP)

○ 1970년대 초반 T. Saaty에 의하여 개발된 계층분석적 평가방법(Analytic Hierarchy Process: AHP)은 의사결정의 계층구조를 구성하고 있는 요소간의 쌍대비교(pairwise comparison)에 의한 판단을 통하여 평가자의 지식, 경험 및 직관을 포착하고자 하는 하나의 새로운 의사결정 방법론임[3)]

○ AHP는 이론의 단순성 및 명확성, 적용의 간편성 및 범용성이라는 특징으로 말미암아 여러 의사결정분야에서 널리 응용되어 왔으며, 이론구조 자체에 관해서도 활발한 연구가 진행되고 있음

○ 일반적으로 의사결정 문제는 서로 상반된 기준과 불완전한 정보 및 제한된 자원 하에서 최적의 대안을 선택해야 하는 문제를 내포하고 있음

---

1) 조근태 외, 계층분석적 의사결정, 동현출판사, 2003
2) 김향자, 분석적 계층과정(AHP)에 의한 관광정책 우선순위 설정에 관한 연구, 관광학연구 22(2), 1998
3) Saaty, T, L, The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, 1980

○ AHP는 이러한 다수 기준 하에서 평가되는 다수 대안들의 우선순위를 선정하는 문제를 다루며, 기존의 의사결정이론 체계에서 보면 다속성 의사결정분석(multi-attribute decision making)의 선호보정이 있는 모형(compensatory preference model)으로서 그 속성을 위치시킬 수 있음

○ AHP는 먼저, 상위계층에 있는 요소를 기준으로 하위계층에 있는 각 요소의 가중치를 측정하는 방식을 통하여, 상위계층의 요소 하에서 각 하위요소가 다른 하위요소에 비하여 우수한 정도를 나타내 주는 수치로 구성되는 쌍대비교행렬(pairwise comparison matrix)을 작성하게 됨

○ 그리고 이 행렬로부터 고유치 방법(eigenvalue method)을 이용하여 계층의 각 레벨마다 정규화한 하나의 우선순위 벡터를 산출함

○ 마지막으로 계층의 최상위에 위치한 의사결정의 목적을 달성할 수 있도록 해주는 최하위 단계에 있는 대안들의 상대적인 우선순위를 나타내 주는 전체 계층에 대한 하나의 복합 우선순위 벡터(priority vector)를 산출하게 됨

○ AHP는 의사결정 대안의 수가 9개 이하인 경우의 상대측정방법과 10개 이상인 경우의 절대측정방법으로 구분할 수 있음

○ 다수의 연구개발과제를 평가 및 선정하고자 하는 경우에서처럼, 대안의 수가 너무 많으면(10개 이상) 쌍대비교의 횟수가 기하급수적으로 증가하기 때문에 상대측정이 거의 불가능하므로, 10개 이상의 대안의 수인 경우에는 평가기준에 따라 절대비교를 통한 절대측정방식을 취하는 것이 바람직함

(1) 상대측정 방법

○ 이상의 이론적 배경을 근거로 하여 실제로 의사결정과 관련된 문제를 해결하기 위하여 AHP를 사용하는 경우, 일반적으로 다음과 같은 네 단계의 작업이 수행됨

- <단계 1> 의사결정문제를 상호 관련된 의사결정 사항들의 계층으로 분류하여 의사결정계층(decision hierarchy)을 설정함

  · AHP의 적용에서 가장 중요한 단계라 할 수 있는 첫 번째 단계에서 상호 관련되어 있는 여러 의사결정 사항들을 계층화함

  · 계층의 최상층에는 가장 포괄적인 의사결정의 목적이 놓이며, 그 다음의 계층들은 의사결정의 목적에 영향을 미치는 다양한 요소들로 구성됨. 이들 요소들은 낮은 계층에 있는 것일수록 구체적인 것이 됨

- <단계 2> 의사결정 요소들 간의 쌍대비교로 판단자료를 수집함

  · 이 단계에서는 상위계층에 있는 요소들의 목표를 달성하는데 공헌하는 직계 하위계층에 있는 요소들을 쌍대비교하여 행렬을 작성함

  · 쌍대비교를 통하여 상위요소에 기여하는 정도를 다음 [표 A-1]과 같이 9점 척도로 중요도를 부여함

[표 A-1] 쌍대비교의 척도

중요도	정의	설명
1	비슷함 (Equal importance)	어떤 기준에 대하여 두 활동이 비슷한 공헌도를 가진다고 판단됨
3	약간 중요함 (Moderate importance)	경험과 판단에 의하여 한 활동이 다른 활동보다 약간 선호됨
5	중요함 (Strong importance)	경험과 판단에 의하여 한 활동이 다른 활동보다 확실하게 선호됨
7	매우 중요함 (very strong importance)	경험과 판단에 의하여 한 활동이 다른 활동보다 강하게 선호됨
9	극히 중요함 (Extreme importance)	경험과 판단에 의하여 한 활동이 다른 활동보다 극히 선호됨
2,4,6,8	위 값들의 중간값	경험과 판단에 의하여 비교값이 위 값들의 중간값에 해당한다고 판단될 경우 사용함
역수값	활동 i가 활동 j에 대하여 위의 특정값을 갖는다고 할 때, 활동 j는 활동 i에 대하여 그 특정값의 역수값을 갖는다.	

· 작성된 쌍대비교행렬은 다음과 같이 행렬의 대각을 중심으로 역수의 형태를 취함

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{2} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{여기서,} \quad a_{ij} = 1/a_{ji}\,, \qquad a_{ii} = 1, \quad \forall\, i$$

· AHP에서의 판단자료는 계층 내 요소간의 쌍대비교를 통하여 도출한 요소간의 상대적 중요도를 나타내는 점 추정치를 사용하는데, 쌍대비교를 통한 계량적인 판단을 수행하기 위해서는 신뢰할만하고 이용 가능한 척도가 필요하며, 이를 위하여 통상 9점 척도가 많이 이용되고 있음

· 본 연구에서도 9점 척도를 활용함

- <단계 3> 고유치방법을 사용하여 의사결정요소들의 상대적인 가중치를 추정함

· $n \times n$행렬의 고유치는 선형대수론에서의 고유치문제를 푸는 방법으로 그 특성방정식을 풀어서 구할 수 있음. 그러나 일반적인 문제, 즉 특별히 큰 행렬(n이 3이상)을 포함하는 문제에서 고유치를 구하는 과정은 여러 가지 계산적인 어려움이 있으므로 고유치를 구하는 다른 방법이 요구됨

· 여기서, λmax는 항상 n보다 크거나 같기 때문에 계산된 λmax가 n에 근접하는 값일수록 쌍대비교행렬 A의 수치들이 일관성을 가진다고 말할 수 있음

· 이러한 일관성의 정도는 다음과 같이 일관성지수(Consistency Index: CI)와 일관성비율(Consistency Ratio: CR)을 통하여 구할 수 있음

$$\text{일관성 지수 } (CI) = (\lambda_{max} - n)/(n-1)$$

$$\text{일관성 비율 } (CR) = (CI/RI) \times 100\%$$

· 일관성 비율의 수식에 있는 RI는 난수지수(Random Index)를 의미하며, 이는 1에서 9까지의 수치를 임의로 설정하여 역수행렬을 작성하고 이 행렬의 평균 일관성지수를 산출한 값으로 일관성의 허용한도를 나타냄

· n이 1에서 10까지 변화할 때의 난수지수는 다음 [표 A-2]와 같음. 경험법칙에 의하여 위 식에서 구한 일관성비율이 10% 이내에 들 경우, 해당 쌍대비교행렬은 일관성이 있다고 규정함. 그러나 경우에 따라 20%까지 허용하기도 함 (Saaty, 1980)

[표 A-2] 난수지수(RI) 표

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
난수지수	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

- <단계 4> 평가대상이 되는 여러 대안들에 대한 종합순위를 얻기 위하여 의사결정 요소들의 상대적인 가중치를 종합화함

· 이 단계에서는 계층의 최상위에 있는 의사결정의 목적을 달성하기 위하여 최하위에 있는 대안들의 우선순위를 결정하는 종합중요도벡터를 산출하는데, 이는 <단계 3>에서 구한 각 계층에서의 가중치를 종합함으로써 가능함

· 구체적으로, 최상위 계층에 대하여 k번째 하위계층에 있는 대안들의 종합중요도는 다음 식을 통하여 구할 수 있음

$$C[1, k] = \prod_{i=2}^{k} B_i$$

여기서, $C[1, k]$: 첫번째 계층에 대한 k번째 계층항목의 복합가중치

B_i: 추정된 w벡터를 구성하는 행을 포함하는 $n_{i-1} \cdot n_i$ 행렬

n_i: i번째 계층의 항목 수

· 전체 계층의 종합중요도를 최하위 계층에 대한 직계 상위계층의 가중치행렬에 그 상위계층에서 구한 가중치행렬을 곱하고 이 과정을 상위계층으로 반복하여 구하는 방법은 논란의 여지가 없이 인정되고 있음

○ 본 연구에서 상대측정(쌍대비교) 방법은, 의사결정계층구조에서 평가대항목과 평가 소항목의 중요도를 평가하고 평가기준간의 가중치를 도출하기 위해 활용함

(2) 절대측정 방법

○ 절대비교는 경험을 통해 얻게 된 표준을 기억 속에 갖고서 대안을 비교하는 경우인데 AHP에서 계층의 요소 간 1 대 1로 쌍대비교를 행하는 상대측정과는 달리, 절대비교를 통한 절대측정은 각 기준별로 등급화 되어있는 척도 또는 강도(intensity)에 따라 독립적인 대안에 한 번에 하나씩 순위를 부여하기 위해 이용됨

○ 대개 쌍대비교가 곤란하다고 알려져 있는 10개 이상의 대안의 수인 경우에는 평가기준에 따라 절대비교를 통한 절대측정방식을 취하는 것이 바람직함. 이 접근방식은 기준의 강도(intensity)에 대한 우선순위를 설정할 수만 있다면 언제든지 사용이 가능함

○ 본 연구에서는 평가기준들에 대한 강도(intensity)를 7점 척도로 평가하여, 중요도가 부여된 평가항목들과 최종적으로 취합하여 후보과제들의 우선순위를 정하게 됨

○ 적용절차는 다음과 같음

- <단계 1> 의사결정계층을 구성한다. 이 때, 평가기준 각각에 대해 등급척도(rating scale)를 부여함
  - · 상대측정을 위한 의사결정계층을 구성할 때와의 차이점은 바로 평가기준 또는 평가항목에 대해 등급척도(rating scale)를 구성하는 것임
  - · 등급척도는 평가기준 또는 평가항목이 갖는 강도(intensity)임. 강도는 각 기준에 대해 대안의 질을 구별할 수 있게 해주는 기준의 변동의 범위임
  - · 가령, '전략적 부합성'정도라는 기준일 경우에 등급척도를 만들고자 할 때는 '매우 크다', '크다', '다소 크다' '보통이다', '다소 낮다', '낮다', '매우 낮다' 등 7단계로 등급화 할 수 있음
- <단계 2> 평가기준에 대해 쌍대비교를 행함
  - · 상대측정에서처럼, 평가기준에 대해 1～9까지의 척도를 이용하여 평가한 후, 상대적 중요도를 구함
- <단계 3> 등급척도에 대해 쌍대비교를 행함
  - · 상대측정에서처럼, 등급척도에 대해 1～9까지의 척도를 이용하여 평가한 후, 상대적 중요도를 구함
  - · 단, 본 연구에서는 등급척도들에 대해 쌍대비교를 하지 않고, 7단계의 등급이 1배의 차이로 되어 있다고 가정함. 즉 '매우 크다'는 '크다'의 정도보다 1배 크고, '크다'는 '다소 크다'의 정도보다 1배 크다는 가정으로 7단계의 등급을 쌍대비교는 하지 않음
- <단계 4> 평가기준의 상대적 중요도와 등급척도의 상대적 중요도를 곱하여 등급척도에 대한 최종적인 상대적 중요도를 도출함
- <단계 5> 대안 각각에 대해 각 기준별 마련되어있는 등급을 부여하여, 대안에 대한 최종적인 복합 상대적 중요도를 도출함

다. AHP 평가모형

(1) 평가기준

○ 평가기준을 설정하기 위해 본 기획연구에서는 기존 문헌들을 검토하여 가능한 모든 평가기준을 추출 정리하였음

- 기존 문헌검토를 통해 전략성, 기술성, 사회성(공공성), 경제성, 시장성 등으 6개 대항목과 24개의 소항목을 도출하였고, 이중 철도연구원과 연구진의 검토를 거쳐 철도분야 평가대상 과제의 속성에 맞는 평가기준으로 최종 확정

- 최종 확정된 평가기준은 철도분야 미래핵심기술 개발사업의 니즈를 반영하여, 전략성, 기술성, 경제성, 시장성 등 4개 항목으로 구성하였고, 각 평가기준의 특성을 나타내는 소항목을 전략과의 부합성, 전략적 시급성, 기술실현성, 기술우위성, 사업화 가능성, 투자수익성, 시장규모, 시장성장성 등 8개 세부항목으로 구성하였음

- 평가기준의 선정은 다음과 같은 세 가지의 기준 선정원리, 즉, 항목 간 독립성을 유지하는 성호배타성(Exclusiveness), 상위항목에 대한 하위항목의 종속성이 확보되는 완전결합성(Completeness), 처리 가능한 항목수를 유지하는 적정규모성(Optimum size)이라고 하는 3대 기본원리를 충족시키도록 하였음

○ 철도분야 미래핵심기술 개발사업의 니즈를 반영한 평가기준

- 전략성 : 전략과의 부합성, 전략적 시급성

  · 국가연구개발 사업의 규모가 점차 대형화되고 연구기간이 중장기화 됨에 따라 연구개발 사업의 전략에 부합하는 기획의 중요성이 대두됨

  · 온실가스 저감을 위한 국제적 노력이 강화됨에 따라 철도분야의 친환경성 부각

    ◦ 철도와 관련된 국가 상위 기본계획에서는 온실가스 저감 및 에너지 절약, 자원재활용 등의 목표가 제시되고 있으며 이를 달성하기 위한 정책적/제도적 노력과 함께 다양한 상세계획들이 수립되고 있음

  · 철도 분야의 투자규모 확대

    ◦ 정부의 저탄소 녹색성장 정책이 강력하게 추진되고 있는 가운데, 철도부문에 대한 투자의 필요성과 중요성이 점차 강조되고 있으며 부처 예산의 증감현황에서도 국토해양부의 정책적 의지가 반영되고 있음

  · 철도 안전에 대한 국민의 관심 증가

    ◦ 철도의 고속화 및 KTX 운행 증가 등에 따라 열차 안전에 대한 국민의 관심이 확대되고 있는 가운데 최근 발생한 KTX 고장 및 사고에 대한 언론보도가 증가하면서 사전예방에 대한 니즈가 증대되고 있음

  · 미래핵심기술의 우선순위 도출시, 사회·기술·경제·환경·정책적 니즈와 주요 이슈를 기반으로 하여 도출된 미래핵심기술이 국가연구개발 사업과 기획과제의 추진 전략과 부합의 정도에 대한 평가가 필요함

· 고속종합검측차량 기술개발, 철도차량 실시간 유지관리 최적화 및 비용절감, 고속철도 고효율 에너지 절감 및 운영최적화, 철도차량 자원 효율화 및 저탄소 철도시설 건설/비용 저감 등 주요 4개의 핵심 분야에서 해당 기술이 정부가 추진하고자 하는 중장기 연구개발 전략에 부합하고 적용해야 되는 시간적 시급성이 반영될 수 있도록 지표를 선정함

- 기술성 : 기술실현성, 기술우위성

· 기술개발을 통해 관련 산업에서 경쟁력을 확보하기 위해서는 기존 산업에서 활동하고 있는 주요 경쟁자 및 잠재 경쟁주체들의 기술개발 및 사업추진 동향에 대한 꾸준한 파악 및 분석이 요구되며, 기술수준에 맞는 연구개발 목표 설정이 중요함

· 현재 철도운영 효율화와 관련된 국내 전문기업들이 많지 않으며, 관련 공사 및 공단이 산업을 주도해나가고 있는 상황이기 때문에 향후 시장 확대 및 기술경쟁력 강화를 위해서는 공공부문의 역할이 중요함

· 역량 있는 민간 기업들이 참여하여 시장을 형성 및 발전시켜 나갈 수 있도록 초기 시장을 주도하는 한편, 해외 기업들에게 시장을 잠식당하지 않도록 하기 위해서는 연구개발투자를 통한 기술경쟁력 확보가 우선시되어야 함

· 현재의 기술수준 등 국내외 기술개발 환경을 고려할 때 해당 기술이 국내에서 충분히 실현될 가능성이 있는 연구개발 과제가 선정 되어야 하며, 국가 연구개발 사업의 기획 시 해당 연구 분야의 기술경쟁력 확보에 기여 할 수 있는 선도 기술 및 원천기술 확보 가능성이 높은 기술이 선정 되어야 함

· 철도안전성 강화, 개발 기술의 철도 시스템 연계, 철도 및 관련 산업 육성, 온실가스 저감을 통한 친환경성 제고를 위한 연구개발 니즈를 반영하고, 해당 기술 분야에서 기술실현성, 기술우위성을 고려하는 평가기준을 선정하여 평가함

- 경제성 - 사업화 가능성, 투자수익성

· 철도부문의 국가연구개발사업의 예산규모가 확대됨에 따라 연구개발 사업의 실패 또는 성과 미비에 따른 예산 낭비를 방지하고 연구개발 투자 효율성을 증대시키기 위한 미래핵심기술의 선정이 중요함

· 해당 기술이 개발된 후 제품화/사업화를 통화여 즉시 활용 가능하며, 연구개발 투자 대비 수익성이 높은 기술을 선정하기 위하여 연구개발 투자의 효율성을 고려한 평가기준으로 사업화 가능하고 투자 수익성을 평가기준으로 선정

- 시장성 - 시장규모/시장성장성

· 향후 시장규모를 추정결과, 경제적 철도운영 및 유지보수와 관련된 국내외 시장은 계속해서 확대될 것으로 보이며, 향후 신성장동력 산업으로 육성할 경우, 경제적 파급효과가 클 것으로 추산됨

· 국내 기술력 확보 및 제고를 통해 해외 기술의존도를 낮추고, 연구개발 성과로부터 이익을 창출하고, 경제적 파급효과를 고려하기 위한 지표로써, 향후 미래핵심기술의 시장규모 및 시장 성장성을 평가기준으로 고려함

[표 A-3] 평가기준

대항목	소항목	소항목 개념
전략성	전략과의 부합성	해당 기술이 정부가 추진하고자 하는 중장기 연구개발 전략에 부합되는 정도를 의미함. ※국가 R&D 연구개발 과제목표 및 기획과제의 추진 전략과의 부합성
	전략적 시급성	전략적으로 해당 기술을 적용해야 되는 시간적 시급성을 의미함.
기술성	기술실현성	현재의 기술수준 등 기타 조건을 고려할 때 해당 기술이 실현될 가능성을 의미함.
	기술우위성	해당 과제의 기술적 독창성의 크기로서, 해당 연구분야의 기여도(선도기술 및 원천기술 확보)가 높을 것으로 예상이 되는 정도를 의미함
경제성	사업화가능성	해당 기술이 개발된 후 제품화/사업화의 가능 정도를 의미함
	투자수익성	해당 기술의 개발비에 대한 수익의 비율의 크기를 의미함
시장성	시장규모	해당 기술의 시장규모의 크기를 의미함.
	시장성장성	해당 기술의 시장의 성장가능성을 의미함.

(2) 평가대안

○ 16개의 평가대안은 「철도운영 효율화를 위한 차량 개발 및 친환경 인프라 구축 기술 기획」을 위하여 국내외 철도기술개발 동향 및 환경 분석 및 한국철도기술연구원과 한국건설교통기술평가원의 기획 타당성 검토 위원회의 검토를 거쳐 최종 확정됨

○ 평가대상 기술은 다음 [A-4]와 같이 “고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술개발”, “IT기술을 융합한 실시간 철도차량 유지관리 시스템”, “고효율 에너지 절감 및 운영 최적화 기술개발”, “철도 전과정 환경성 유지관리 및 자원 재활용 기술개발” 등 4가지 분야의 16개 기술임

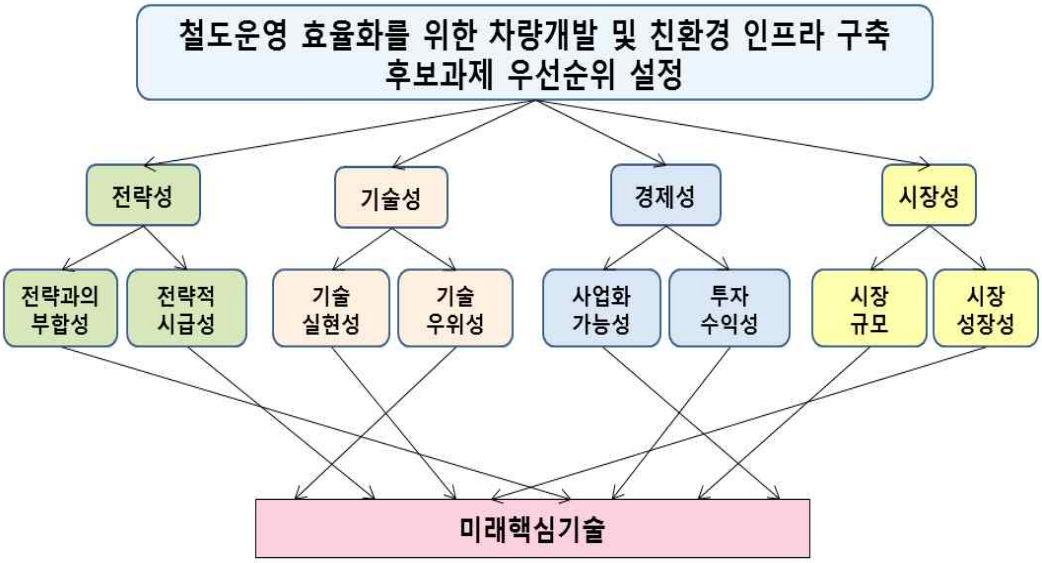
○ 각 16개의 기술의 우선순위는 전략성, 기술성, 경제성, 시장성의 대항목과 전략과의 부합성, 전략적 시급성, 기술실현성, 기술우위성, 사업화 가능성, 투자수익성, 시장규모, 시장성장성 등 8개 소항목의 평가기준 가중치를 도출하고, 각 평가기준에 따른 평가결과를 종합하여 도출함

[표 A-4] 분야 별 기술리스트

기술분야	번호	평가대상 기술명
고속종합검측차량 기술 (1)	T1	고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술
IT기술을 융합한 실시간 철도차량 유지관리 시스템 기술 (6)	T2	무선·무전원 센싱 기술기반 고속주행 철도차량의 실시간 건전성 예지(PHM) 기술
	T3	상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술
	T4	윤축 베어링 (Axle Box Bearing) 차상 온도 진단 및 손상 예측 기술
	T5	진동 특성에 의한 차륜 이상마모 및 주행 안전성 예측 기술
	T6	대차 프레임 및 차량 하부기기 장착부 진단 및 손상예측 기술
	T7	QoS 기반 초고속/고품질 무선 통신 기술의 철도 응용 기술
고효율 에너지 절감 및 운영 최적화 기술 (7)	T8	무보수 속응형 전력공급 안정화 향상 기술
	T9	신재생에너지 연계 철도 전력망 구축 및 관리기술
	T10	고효율 에너지 지능형 교류철도 변전소 기술
	T11	고효율 에너지 교류철도 전력망 표준화 기술
	T12	고효율 경량화 초전도 융합 주전원장치 기술
	T13	철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술
	T14	스마트 미터링기반 도시철도 피크전력 분산제어 기술
도시철도차량 자원효율화 및 저탄소 철도시설 건설비용 저감 기술(2)	T15	철도 환경경제성 개선을 위한 폐 철도차량의 유용자원 회수시스템 기술
	T16	저탄소, 저비용 철도노선건설을 위한 지능형 통합영향평가도구 및 실시간 온실가스 모니터링시스템 기술

(3) 평가모형

○ 『철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축』의 우선순위 선정을 위한 평가기준 및 평가대안은 아래와 같은 계층구조로 구성됨



[그림 A-1] 평가모형

- AHP 계층구조는 『철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축』 후보과제 우선순위 설정하기 위해 구성 되었으며, 평가기준은 크게 4가지 평가 대항목, 세부적으로 총 8가지 평가 소항목으로 구성되어 있으며, 평가 항목간의 가중치는 쌍대비교방법으로 중요도를 도출
- AHP에서는 평가대안의 수가 너무 많으면 쌍대비교의 횟수가 기하급수적으로 증가하기 때문에 상대측정이 불가능하여 실질적으로 AHP를 적용하기가 어려우므로, 대안의 수가 10개 이상인 경우에는 평가기준에 따른 절대측정방법을 취하는 것이 바람직하며, 본 연구에서는 최종 대안의 수가 16개 미래핵심기술 이므로 절대측정방법을 취함
- 최종적으로 우선순위를 도출하기 위한 16개의 기술들은 전략과의 부합성, 전략적 시급성, 기술실현성, 기술우위성, 사업화 가능성, 투자수익성, 시장규모, 시장성장성 등의 8개 평가기준에 의해서 7점 척도로 절대평가 됨

라. 평가모형의 적용

(1) AHP 설문조사

○ 설문목적 : 철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축을 위한 미래 핵심기술의 우선순위 도출

○ 설문일정 : 2011년 11월 23일(수), 2:00 ~ 5:30 pm

○ 설문대상 : 철도연구원 내부전문가 5명, 외부전문가 14명으로 구성함

○ 우선순위 도출을 위한 후보기술 : 4 개 중점 추진분야 총 16 개 기술

○ 설문조사지의 구성

평가자들의 기술의 내용을 상세히 알 수 있도록 기술설명서를 제공하고, 평가기준간의 가중치 도출하여 평가기준에 따른 기술의 우선순위를 종합평가 할 수 있도록 AHP 설문지를 크게 두 부분으로 구성함

- 기술설명서 : 미래핵심기술 (16개 기술)에 대한 설명

· 기획의 비전 및 목표

· 미래핵심기술의 요약 설명 (기술명, 기술정의)

· 미래핵심기술별 과제카드

◦ 후보과제카드를 기반으로 작성되었으며, 각 기술수준, 최고기술의 보유, 기술개발 최종성과물 및 활용방안 등의 내용을 포함

· 설문조사지 1 : 평가기준 4개 대항목, 8개 소항목의 쌍대측정 설문지

· 설문조사지 2 : 8개 평가기준에 따른 16개 기술의 절대측정 설문지

*[첨부] 3 참조 : 철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축의 미래핵심기술 우선순위 도출을 위한 설문조사지1·2

○ 설문조사를 진행하기 전에 평가의 최종 대안인 16개 미래핵심기술에 대한 내용을 설명하고, 응답의 일관성을 유지하기 위해서 전문가들을 대상으로 AHP 기법의 기본 원리와 설문내용에 대해 사전교육을 실시함

○ 결과분석 : Expert Choice 2000(EC2000) 프로그램을 사용[4)]

나. 평가위원의 구성

○ 평가기준 및 대안에 대한 상대적인 중요도의 판단은 대안설정에 절대적 영향을 미치므로, 철도분야 연구개발 과제의 산업적 특성 및 기술적 특성과 16개 후보기술에 대한 전문지식을 가지고 있는 전문가들로 구성하였음

○ 공공기관, 준정부 평가기관, 공기업 연구소, 민간기업 연구소, 대학 등 조직에서 10년 이상의 해당분야 연구경력을 가지고 있는 14명의 외부전문가와 5명의 철도연구원 내부전문가로 총 19명의 전문가 그룹으로 구성함

○ 평가는 2011년 11월 23일(수) 전문가자문회의에 참석한 각 산·학·연 전문가를 대상으로 실시되었으며, 참석한 평가위원은 내부전문가 11명 외부 전문가 4명으로 총 15명이 AHP 평가에 참여함

[표 A-5] 평가위원 소속분야

소속	산업계	학계	출연연	기타	계
인원	3명	3명	5명	4명	15명

4) Expert Choice Offical Website, http://expertchoice.com/products-services/consulting-services

○ 판단자료의 일관성 검증은 전문가 판단을 모형에 적용하기 위해서 점검해야 하는 필수적인 사항으로, 연구 설문에 응답한 쌍대비교행렬에 대해 일관성비율을 점검 후, AHP 평가의 일관성 기준을 만족하는 15명 중 12명의 설문 결과만을 분석에 포함함

○ AHP 평가에서 일관성(Consistency)이란 쌍대비교 시 평가자가 내린 판단의 논리적인 모순을 측정하는 것으로, 평가자의 판단에 대한 전이적 모순을 측정하여 제거하거나 재검토하고자 하는 개념임

○ 평가자가 동일한 계층 내에 있는 2개의 요인씩을 짝지어 비교할 때 그 선호의 강도가 일관되게 나타나야 함을 의미하며, 일관되게 평가가 되려면, A가 B 보다 중요하고 (A>B) B가 C보다 중요한 경우(B>C), A는 C보다 중요하게 평가 되어야 함(A>C). 이와 반대로 만약 C가 A보다 중요하게 평가되는 경우 (C>A), 즉 평가자의 판단에 모순이 있는 경우, 일관성 검증을 통하여 설문분석에서 제외함

○ 본 연구에서는 일관성지수를 평균 무작위지수로 나눈 일관성 비율(Consistency Ratio; CR)을 통해 일관성을 검증하였으며, CR값이 0.2 이상으로 일관성이 부족한 응답은 평가분석에서 제외함

○ 최종 후보과제의 우선순위 도출 결과는 일관성 비율 (Consistency Ratio; CR) 0.2 이하를 만족하는 평가자 12명의 설문을 분석함

마. 후보과제의 우선순위 도출 결과

(1) 평가기준의 중요도

○ 평가자들의 설문을 통하여 평가항목들 간의 중요도를 도출한 결과, 다음 [표 A-6]과 같이 전략성, 기술성, 경제성, 시장성의 4개 대항목 중에서 전략성이 0.305로 가장 높게 나타났고, 그 다음으로는 기술성으로 0.293으로 높게 나타났으며, 경제성 0.203, 기술성 0.199의 우선순위로 나타남

○ 평가기준의 중요도 가중치는 평가자들이『철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축』을 위한 연구개발과제의 우선순위 선정에 있어, 전략성, 기술성, 경제성, 시장성의 순으로 중요하게 판단하고 있음을 의미하며, 이는 최종 우선순위 도출 결과에 반영됨

○ 평가기준의 우선순위 결과는 철도기술이 정책적으로 공공성이 강한 측면이 반영된 결과로 보이며, 평가자들이 철도분야의 연구개발 과제는 정책적으로 시급하고 국가 연구개발 목표 및『철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축』의 기획목표 및 전략에 부합되는 과제의 개발을 중요하게 판단하고 있음을 알 수 있음

○ 기술성은 기술의 실현성과 기술의 우위성을 나타내는 평가기준으로, 전략성 다음으로 중요하게 나타났으며, 미래핵심기술 과제 선정 시 현재 국내 기술수준에 맞는 기술을 개발함으로써 개술의 실현 가능성을 높이고 기술선점과 원천기술 확보를 통한 기술경쟁력 확보를 상대적으로 중요하게 판단하고 있음을 알 수 있음

○ 전략성에서는 전략적 시급성이, 기술성에서는 기술의 실현성, 경제성에서는 사업화 가능성, 시장성에서는 시장의 성장성이 각각 상대적으로 우선시 되어야 하는 평가항목으로 나타남

[표 A-6] 평가기준의 중요도

평가항목	가중치	평가소항목	가중치
전략성	0.305	전략적 시급성	0.659
		전략과의 부합성	0.341
기술성	0.293	기술실현성	0.647
		기술우위성	0.353
경제성	0.203	사업화 가능성	0.530
		투자수익성	0.470
시장성	0.199	시장성장성	0.794
		시장규모	0.206

(2) 대안의 중요도

○ 평가기준을 종합한 대안에 대한 최종 분석결과, 다음 [표 A-7]과 같이 16개 기술에 대하여 상대적으로 가장 중요하다고 판단된 기술은 가중치 0.077을 얻은 무선·무전원 센싱 기술기반 고속주행 철도차량의 실시간 건전성 예지(PHM) 기술임

○ 무보수 속응형 전력공급 안정화 향상 기술, 스마트 미터링기반 도시철도 피크전력 분산제어 기술, 철도환경 경제성 개선을 위한 폐철도 차량의 요용자원 회수 시스템 기술의 가중치가 0.074로 그 뒤를 이음

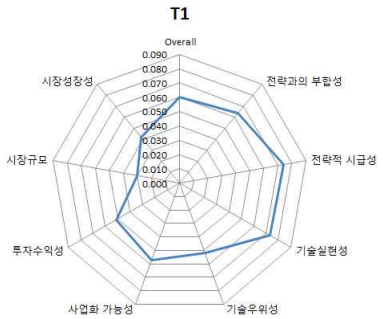
○ 그 뒤를 이어 가중치 0.05 이상 되는 과제로는 상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술, 윤축 베어링 (Axle Box Bearing) 차상 온도 진단 및 손상 예측 기술, 진동 특성에 의한 차륜 이상마모 및 주행 안전성 예측 기술, 고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술 등의 기술의 순으로 나타남

[표 A-7] 과제별 우선순위

순위	기술	가중치	기술명
1	T2	0.077	무선·무전원 센싱 기술기반 고속주행 철도차량의 실시간 건전성 예지(PHM) 기술
2	T8	0.074	무보수 속응형 전력공급 안정화 향상 기술
2	T14	0.074	스마트 미터링기반 도시철도 피크전력 분산제어 기술
2	T15	0.074	철도환경 경제성 개선을 위한 폐철도 차량의 유용자원 회수시스템 기술
5	T12	0.073	고효율 경량화 초전도 융합 주전원장치 기술
6	T3	0.070	상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술
7	T4	0.066	윤축 베어링 (Axle Box Bearing) 차상 온도 진단 및 손상 예측 기술
8	T5	0.064	진동 특성에 의한 차륜 이상마모 및 주행 안전성 예측 기술
9	T1	0.060	고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술
10	T9	0.059	신재생에너지 연계 철도 전력망 구축 및 관리 기술
11	T6	0.057	대차 프레임 및 차량 하부기기 장착부 진단 및 손상예측 기술
12	T16	0.056	저탄소, 저비용 철도노선 건설을 위한 지능형 통합 영향평가 도구 및 실시간 온실가스 모니터링시스템 기술
13	T7	0.052	QoS 기반 초고속/고품질 무선 통신 기술의 철도 응용 기술
13	T13	0.052	철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술
15	T10	0.049	고효율 에너지 지능형 교류철도 변전소 기술
16	T11	0.043	고효율 에너지 교류철도 전력망 표준화 기술

(3) 평가대안별 중요도 특성

① 고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술



[그림 A-2] 기술 1의 평가기준별 중요도 점수 차트

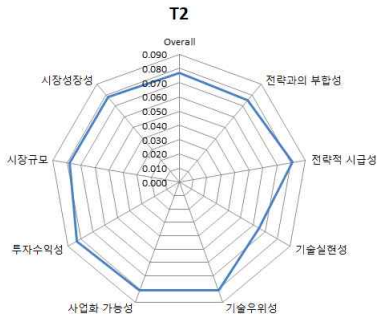
[표 A-8] 기술 1의 평가기준별 중요도 점수 도표

Overall	전략과의 부합성	전략적 시급성	기술 실현성	기술 우위성	사업화 가능성	투자 수익성	시장 규모	시장 성장성
0.060	0.064	0.074	0.073	0.052	0.057	0.051	0.030	0.042

○ 기술 1: “고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술"은 최종 가중치 0.06점으로 평가됨

- 평가기준 중에서 “전략적 시급성”과 “기술실현성”측면에서 우선순위가 높게 평가되었고, “시장규모”측면에서는 낮게 평가됨
- 고속인프라 유지 보수를 위한 고속 종합검측차량 기술은 “시장성”과 “경제성 부문”에서는 낮게 평가되었지만 기술실현 가능성이 높고, 전략적으로 시급한 기술임

②무선・무전원 센싱 기술기반 고속주행 철도차량의 실시간 건전성 예지 기술



[그림 A-3] 기술 2의 평가기준별 중요도 점수 차트

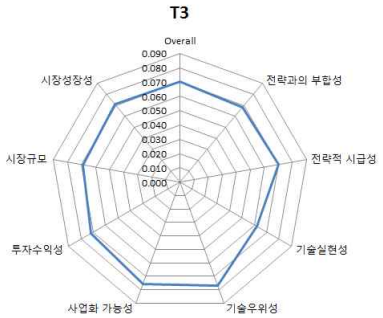
[표 A-9] 기술 2의 평가기준별 중요도 점수 도표

Overall	전략과의 부합성	전략적 시급성	기술 실현성	기술 우위성	사업화 가능성	투자 수익성	시장 규모	시장 성장성
0.077	0.075	0.081	0.065	0.081	0.081	0.083	0.078	0.078

○ 기술 2: “무선・무전원 센싱 기술기반 고속주행 철도차량의 실시간 건전성 예지(PHM) 기술"은 최종 가중치 0.077점으로 평가됨

- 평가기준 중에서 “투자수익성”, “기술우위성”, “사업화 가능성”측면에서 우선순위가 높게 평가되었고, “기술실현성”측면에서는 낮게 평가되었지만, 8개 평가기준 전반적으로 높게 나타남

③ 상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술



[그림 A-4] 기술 3의 평가기준별 중요도 점수 차트

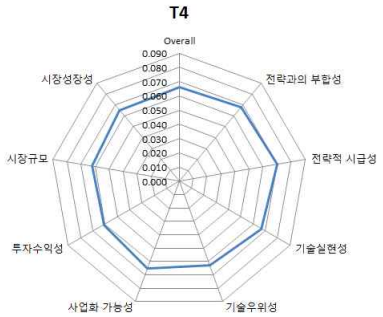
[표 A-10] 기술 3의 평가기준별 중요도 점수 도표

Overall	전략과의 부합성	전략적 시급성	기술 실현성	기술 우위성	사업화 가능성	투자 수익성	시장 규모	시장 성장성
0.070	0.068	0.070	0.062	0.077	0.076	0.072	0.069	0.071

○ 기술 3: “상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술"은 최종 가중치 0.07점으로 평가됨

- 평가기준 중에서 “기술우위성”과 “사업화 가능성”측면에서 우선순위가 높게 평가되었고, “기술실현성”측면에서는 낮게 평가되었지만, 8개 평가기준 전반적으로 높음

④ 윤축 베어링 (Axle Box Bearing) 차상 온도 진단 및 손상 예측 기술



[그림 A-5] 기술 4의 평가기준별 중요도 점수 차트

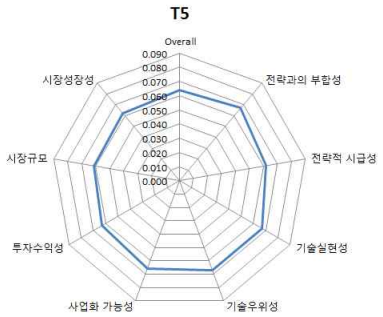
[표 A-11] 기술 4의 평가기준별 중요도 점수 도표

Overall	전략과의 부합성	전략적 시급성	기술 실현성	기술 우위성	사업화 가능성	투자 수익성	시장 규모	시장 성장성
0.066	0.068	0.070	0.067	0.063	0.065	0.061	0.062	0.065

○ 기술 4: “윤축 베어링 (Axle Box Bearing) 차상 온도 진단 및 손상 예측 기술"은 최종 가중치 0.066점으로 평가됨

- 평가기준 중에서 “전략적 시급성”과 “기술실현성”측면에서 우선순위가 높게 평가되었고, “투자수익성”측면에서는 낮게 평가됨

⑤ 진동 특성에 의한 차륜 이상마모 및 주행 안전성 예측 기술



[그림 A-6] 기술 5의 평가기준별 중요도 점수 차트

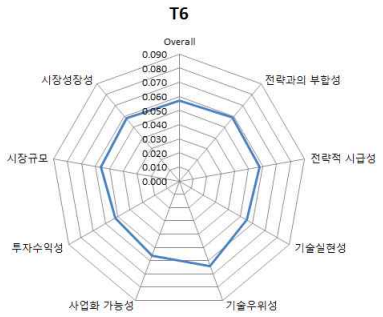
[표 A-12] 기술 5의 평가기준별 중요도 점수 도표

Overall	전략과의 부합성	전략적 시급성	기술 실현성	기술 우위성	사업화 가능성	투자 수익성	시장 규모	시장 성장성
0.064	0.067	0.062	0.067	0.067	0.066	0.063	0.061	0.062

○ 기술 5: “진동 특성에 의한 차륜 이상마모 및 주행 안전성 예측 기술"은 최종 가중치 0.064점으로 평가됨

- 평가기준 중에서 “전략과의 부합성”, “기술실현성”, “기술우위성”측면에서 우선순위가 높게 평가되었고, “시장규모”측면에서는 낮게 평가됨

⑥ 대차 프레임 및 차량 하부기기 장착부 진단 및 손상예측 기술



[그림 A-7] 기술 6의 평가기준별 중요도 점수 차트

[표 A-13] 기술 6의 평가기준별 중요도 점수 도표

Overall	전략과의 부합성	전략적 시급성	기술 실현성	기술 우위성	사업화 가능성	투자 수익성	시장 규모	시장 성장성
0.057	0.059	0.058	0.055	0.064	0.056	0.052	0.056	0.058

○ 기술 6: “대차 프레임 및 차량 하부기기 장착부 진단 및 손상예측 기술"은 최종 가중치 0.057점으로 평가됨

- 평가기준 중에서 “기술우위성”측면에서 우선순위가 높게 평가되었고, “투자수익성”측면에서는 낮게 평가됨

⑦ QoS 기반 초고속/고품질 무선 통신 기술의 철도 응용 기술



[그림 A-8] 기술 7의 평가기준별 중요도 점수차트

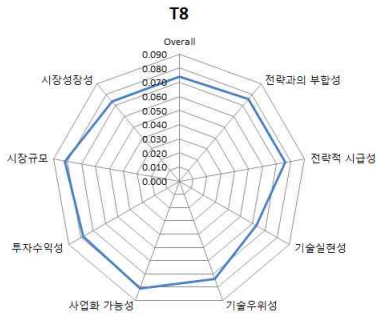
[표 A-14] 기술 7의 평가기준별 중요도 점수 도표

Overall	전략과의 부합성	전략적 시급성	기술 실현성	기술 우위성	사업화 가능성	투자 수익성	시장 규모	시장 성장성
0.052	0.057	0.046	0.057	0.050	0.058	0.050	0.053	0.052

○ 기술 7: “QoS 기반 초고속/고품질 무선 통신 기술의 철도 응용 기술"은 최종 가중치 0.052점으로 평가됨

- 평가기준 중에서 ”사업화 가능성”측면에서 우선순위가 높게 평가되었고, “전략적 시급성”측면에서는 낮게 평가되었는데, 8개 평가항목 전반적으로 낮게 나타남

⑧ 무보수 속응형 전력공급 안정화 향상 기술



[그림 A-9] 기술 8의 평가기준별 중요도 점수 차트

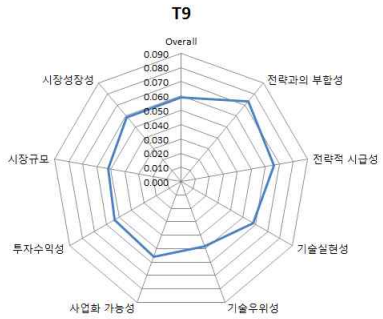
[표 A-15] 기술 8의 평가기준별 중요도 점수 도표

Overall	전략과의 부합성	전략적 시급성	기술 실현성	기술 우위성	사업화 가능성	투자 수익성	시장 규모	시장 성장성
0.074	0.076	0.076	0.063	0.074	0.081	0.078	0.082	0.074

○ 기술 8: “무보수 속응형 전력공급 안정화 향상 기술"은 최종 가중치 0.074점으로 평가

- 평가기준 중에서 “사업화 가능성”과 “시장규모”측면에서 우선순위가 높게 평가되었고, “기술실현성”측면에서는 낮게 평가되지만, 8개 평가기준 전반적으로 높게 나타남

⑨ 신재생에너지 연계 철도 전력망 구축 및 관리기술



[그림 A-10] 기술 9의 평가기준별 중요도 점수 차트

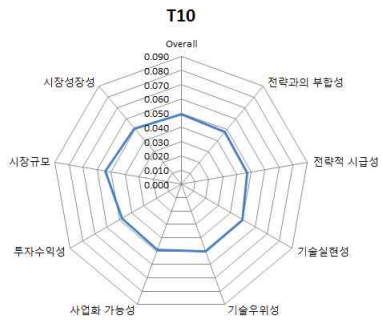
[표 A-16] 기술 9의 평가기준별 중요도 점수 도표

Overall	전략과의 부합성	전략적 시급성	기술 실현성	기술 우위성	사업화 가능성	투자 수익성	시장 규모	시장 성장성
0.059	0.073	0.066	0.058	0.048	0.056	0.054	0.052	0.059

○ 기술 9: “신재생에너지 연계 철도 전력망 구축 및 관리기술"은 최종 가중치 0.059점으로 평가됨

- 평가기준 중에서 “전략과의 부합성”측면에서 우선순위가 높게 평가되었고, “기술우위성”측면에서는 낮게 평가됨

⑩ 고효율 에너지 지능형 교류철도 변전소 기술



[그림 A-11] 기술 10의 평가기준별 중요도 점수 차트

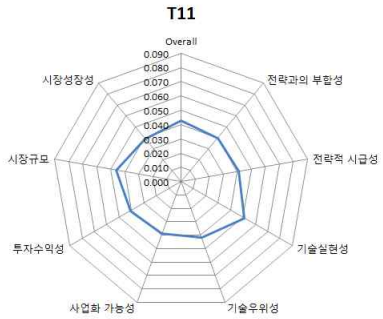
[표 A-17] 기술 10의 평가기준별 중요도 점수 도표

Overall	전략과의 부합성	전략적 시급성	기술 실현성	기술 우위성	사업화 가능성	투자 수익성	시장 규모	시장 성장성
0.049	0.048	0.047	0.050	0.050	0.049	0.048	0.054	0.051

○ 기술 10: “고효율 에너지 지능형 교류철도 변전소 기술"은 최종 가중치 0.049점으로 평가됨

- 평가기준 중에서 “시장규모”측면에서 우선순위가 높게 평가되었고, “전략적 시급성” 측면에서는 낮게 평가되었으며, 8개 평가항목 전반적으로 낮게 나타남

⑪ 고효율 에너지 교류철도 전력망 표준화 기술



[그림 A-12] 기술 11의 평가기준별 중요도 점수 차트

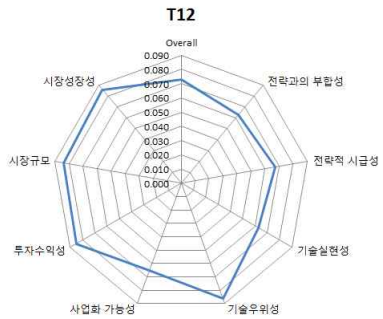
[표 A-18] 기술 11의 평가기준별 중요도 점수 도표

Overall	전략과의 부합성	전략적 시급성	기술 실현성	기술 우위성	사업화 가능성	투자 수익성	시장 규모	시장 성장성
0.043	0.040	0.041	0.051	0.042	0.039	0.041	0.046	0.039

○ 기술 11: “고효율에너지 교류철도전력망 표준화 기술"은 최종가중치 0.043점으로 평가

- 평가기준 중에서 “기술실현성”측면에서는 우선순위가 높게 평가되었으며, “사업화 가능성”, “시장성장성”측면에서는 낮게 평가되었으며, 8개 평가항목 전반적으로 낮게 나타남

⑫ 고효율 경량화 초전도 융합 주전원장치 기술



[그림 A-13] 기술 12의 평가기준별 중요도 점수 차트

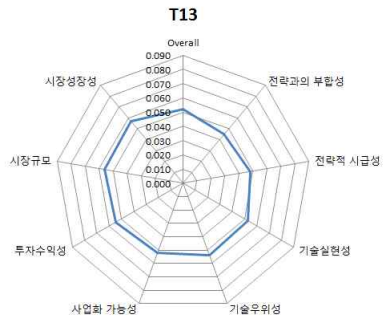
[표 A-19] 기술 12의 평가기준별 중요도 점수 도표

Overall	전략과의 부합성	전략적 시급성	기술 실현성	기술 우위성	사업화 가능성	투자 수익성	시장 규모	시장 성장성
0.073	0.063	0.067	0.063	0.086	0.065	0.085	0.084	0.086

○ 기술 12: “고효율 경량화 초전도 융합 주전원장치 기술"은 최종 가중치 0.073점으로 평가됨

- 평가기준 중에서 “기술우위성”과 “투자수익성”측면에서 우선순위가 높게 평가되었고, “전략과의 부합성”측면에서는 낮게 평가됨

⑬ 철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술



[그림 A-14] 기술 13의 평가기준별 중요도 점수 차트

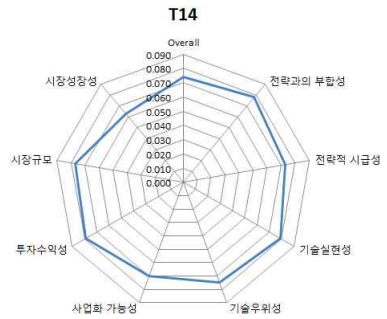
[표 A-20] 기술 13의 평가기준별 중요도 점수 도표

Overall	전략과의 부합성	전략적 시급성	기술 실현성	기술 우위성	사업화 가능성	투자 수익성	시장 규모	시장 성장성
0.052	0.045	0.048	0.053	0.054	0.052	0.055	0.056	0.057

○ 기술 13: “철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술"은 최종 가중치 0.052점으로 평가됨

- 평가기준 중에서 “시장성장성”과 “시장규모”측면에서 우선순위가 높게 평가되었고, “전6략과의 부합성”측면에서는 낮게 평가되었으며, 8개 평가항목 전반적으로 낮게 나타남

⑭ 스마트 미터링 기반 도시철도 피크전력 분산제어 기술



[그림 A-15] 기술 14의 평가기준별 중요도 점수 차트

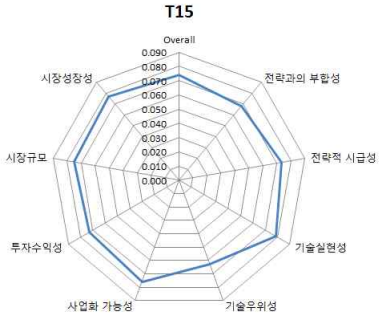
[표 A-21] 기술 14의 평가기준별 중요도 점수 도표

Overall	전략과의 부합성	전략적 시급성	기술 실현성	기술 우위성	사업화 가능성	투자 수익성	시장 규모	시장 성장성
0.074	0.078	0.073	0.079	0.075	0.070	0.079	0.077	0.063

○ 기술 14: “스마트 미터링기반 도시철도 피크전력 분산제어 기술"은 최종 가중치 0.074점으로 평가됨

- 평가기준 중에서 “기술실현성”과 “투자수익성”측면에서 우선순위가 높게 평가되었고, “시장성장성”측면에서는 낮게 평가됨

⑮ 철도 환경경제성 개선을 위한 폐 철도차량의 유용자원 회수시스템 기술



[그림 A-16] 기술 15의 평가기준별 중요도 점수 차트

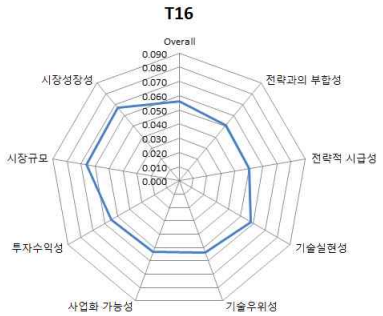
[표 A-22] 기술 15의 평가기준별 중요도 점수 도표

Overall	전략과의 부합성	전략적 시급성	기술 실현성	기술 우위성	사업화 가능성	투자 수익성	시장 규모	시장 성장성
0.074	0.068	0.073	0.079	0.063	0.076	0.073	0.075	0.077

○ 기술 15: “철도 환경경제성 개선을 위한 폐 철도차량의 유용자원 회수시스템 기술"은 최종 가중치 0.074점으로 평가됨

- 평가기준 중에서 “기술실현성”과 “시장성장성”측면에서 우선순위가 높게 평가되었고, “기술우위성”측면에서는 낮게 평가됨

⑯ 저탄소, 저비용 철도노선건설을 위한 지능형 통합영향평가도구 및 실시간 온실가스 모니터링시스템 기술



[그림 A-17] 기술 16의 평가기준별 중요도 점수차트

[표 A-23] 기술 16의 평가기준별 중요도 점수 도표

Overall	전략과의 부합성	전략적 시급성	기술 실현성	기술 우위성	사업화 가능성	투자 수익성	시장 규모	시장 성장성
0.056	0.051	0.050	0.058	0.054	0.053	0.055	0.066	0.067

○ 기술 16: “저탄소, 저비용 철도노선건설을 위한 지능형 통합영향평가도구 및 실시간 온실가스 모니터링시스템 기술"은 최종 가중치 0.056점으로 평가됨

- 평가기준 중에서 “시장성장성”과 “시장규모”측면에서 우선순위가 높게 평가되었고, “전략과의 부합성”측면에서는 낮게 평가됨

2. 후보과제별 과제카드

<table>
<tr><td>과제명 1</td><td colspan="4">고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="4">■ 300km/h이상의 고속으로 주행하면서 궤도, 전기 등 구조물의 상태를 동시에 종합적으로 검측할 수 있는 기술 및 차량 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 및 산업/시장 동향</td><td>동향</td><td colspan="3">■ 프랑스 : 2006년, IRIS320, 320km/h, 10량 1편성
■ 일본 : 2005년, Dr. Yellow, 270km/h, 7량 1편성
■ 이탈리아 : 2005년, Roger 2000, 250km/h, 6량 1편성</td></tr>
<tr><td>최고기술보유국</td><td>프랑스, 이태리, 일본</td><td>현재 보유한 기술의 수준</td><td>프랑스 대비 60%</td></tr>
<tr><td>기존기술 활용방안</td><td colspan="4">■ 고속열차 생산기술 확보
- KTX-산천 : “G7 고속철도 기술개발사업 (1996~2001)”, 현대로템, 한국철도기술연구원
- 400km/h 급 동력분산형 고속열차(HEMU): “차세대 고속철도 기술개발사업 (2007~2012)”, 한국철도기술연구원, 현대로템
■ 궤도 검측시스템 요소기술 연구
- 궤도틀림 검측 요소기술 개발 : “철도시설물 검측자동화를 위한 로보레일시스템 연구 (2005~2008)”, 한국철도기술연구원
■ 전기 검측시스템 개발 진행중
- 전기 검측 요소기술개발 : “고속철도 차상 전기검측시스템 자동화 진단기술 개발 (2010~2014)”, 한국철도공사</td></tr>
<tr><td>기술개발 필요성</td><td colspan="4">■ 경제적 측면
- 검측차의 수리 및 유지보수비용/기간의 절감
- 수입대체 및 해외수출
- 원천기술 확보로 인한 기술료 수입
■ 기술적 측면
- 국내 관련기술 연구개발 성과물의 활용을 통한 기술 고도화(차량, 궤도, 전기 등)
- 철도 및 타분야에 기술파급 효과 있음
- 맞춤형 기능구성으로 검측차의 활용성이 증대
- 국내 철도 유지보수 기술 수준 향상
- 향후 기술적 확장성 증대
- 세계 최고수준의 철도 유지관리 기술수준 확보(한국형 궤도검측 시스템)
■ 사회적 측면
- 철도교통에 대한 대국민 신뢰 회복.
- 친환경적이며 안전한 철도중심의 교통체계가 구축
■ 국산화 요구 사례
- 과다한 유지보수 비용 청구 및 장기간 수리로 인한 검측업무 공백 사례 등</td></tr>
<tr><td>주요연구 개발내용</td><td colspan="4"><table>
<tr><td rowspan="2">고속검측 통합 S/W 개발 및 시스템 엔지니어링</td><td>시스템 엔지니어링</td></tr>
<tr><td>운영 S/W 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="5">고속 궤도 측정 모듈 개발</td><td>궤도틀림 검측</td></tr>
<tr><td>레일단면/마모 측정</td></tr>
<tr><td>레일표면결함 탐지</td></tr>
<tr><td>침목/체결구 결함</td></tr>
<tr><td>선로순회</td></tr>
<tr><td rowspan="2">고속 검측 차량 개발 및 시운전</td><td>설계 및 개량</td></tr>
<tr><td>시운전시험 및 보완</td></tr>
<tr><td rowspan="3">토목시설물 통합 검측시스템 개발</td><td>터널</td></tr>
<tr><td>노반지지강성</td></tr>
<tr><td>레일균열 탐상</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>과제명 1</td><td colspan="8">고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술</td></tr>
<tr><td>정부지원의 타당성</td><td colspan="8">■ 고속 검측시스템의 개발로 차량의 주행안정성 및 승차감과 안전성이 향상되어 철도교통에 대한 대국민 신뢰 회복
■ 친환경적이며 안전한 철도중심의 교통체계가 구축되어 국가 녹색성장에 발판이 됨
■ 한국형 철도 자산관리 및 유지관리 시스템의 구축으로 유사한 규모나 경제수준의 국가에 대한 해외수출이 유리함
■ 고속차량의 개발, 고속철도의 건설, 철도의 운영 및 유지관리 경험과 함께 철도 유지관리 기술의 핵심인 종합검측기술을 결합하여 명실상부한 철도선진국으로 도약
■ 국가 성장동력으로서의 철도산업발전에 토대가 되나, 국내 산업기반이 미약하여 국가의 지원을 통한 관련 시장형성 및 기반기술 육성 필요</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="8">■ 유관기관 기획 TFT 구성
- 고속검측차는 차량과 각 시스템간의 통합 연계기술이 중요하므로 연구기획 초기에 관련 유관기관의 전문가로 구성된 TFT를 구성하여 주요 의사 결정
- 호남고속철도에 투입을 감안하여 운영속도 결정(TPS검토를 통하여 표정속도 결정
■ 조기 실용화 추진
- 긴급히 소요되는 검측장비는 기존 운행차 부착형으로 구매하여 운용하도록 하며 데이터분석을 하여 연구개발 기초 자료로 활용함.
- 6년 이내에 개발 완료 (시운전시험 포함)
- 국산 고속차량을 조기에 제작하여 시험주행 및 요소기술개발을 병행
- 검측장비 부착을 위한 차량 설계를 초기에 수행
■ 기존 연구성과 활용
- 기존에 수행되었던 연구성과를 최대한 활용하여 적용(차량, 궤도, 전기, 위치검지 등)
■ 개발항목의 선택과 집중
- 범용성의 고정밀 부품은 구매 우선
- 철도에 특화된 검측모듈은 연구 개발 수행
■ 성과물의 운영·관리방안 마련 및 시행
- 국산 고속차량을 이용하여 지속적인 유지보수가 용이하도록 함(유지보수 계약)
- 검측장비의 유지보수는 별도의 전문회사 육성 또는 공사, 공단 내 전담부서 신설
- 관련·법 규정 개정 검토 및 매뉴얼 및 교육시스템 마련</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="7">■ 5량 1편성의 종합고속검측차 및 차량탑재형 전문 검측 모듈</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="7">■ 철도 운영 또는 유지보수 기관에서 구매하여 철도시설물의 상태평가를 효율적으로 수행하여 시설물 관리수준을 향상하여 안전도를 높임</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td><td>6차년도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>5,000</td><td>3,200</td><td>35,000</td><td>6,000</td><td>5,800</td><td>3,000</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계 (1안 기준)</td><td>5,000</td><td>3,200</td><td>35,000</td><td>6,000</td><td>5,800</td><td>3,000</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="3">58,000</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">6년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="3">-</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">40명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="3">58,000
(차량구매 포함)</td></tr>
<tr><td>기대효과 및 파급효과</td><td colspan="8">■ 기술발전 측면
- 국내 기존 연구개발 성과 활용 및 고도화
- 국내 연구개발 동기부여로 국가 철도기술경쟁력 향상
- 기술이전 및 파급효과가 커서 철도기술 저변이 확대됨
- 선로 검측관련 데이터의 장기간 축적이 가능하여 향후 타 연구 개발시에 활용</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>과제명 1</td><td colspan="2">고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">가능
■ 활용 및 유지보수 측면
- 유지보수 비용절감 및 기간단축(국내 유지보수)
- 운영·유지관리의 비효율성 발생
- 국내 유지관리 기준과의 적합성 향상
- 다양한 검측기능의 활용 가능
- 사용자 요구사항 반영이 용이함</td></tr>
<tr><td rowspan="2">중복 및 연계가능성 검토</td><td>후보과제간의 연계성</td><td>- 타 후보과제와 연계성 없음</td></tr>
<tr><td>기존 과제와의 차별성</td><td>
<table>
<tr><th>제목</th><th>중복성 검토</th><th>연계성 검토</th></tr>
<tr><td>고속철도 기술개발 사업 (G7)200.11~2007.10</td><td>궤도검측분야 활용기술 중복</td><td>궤도 검측 시스템의 일부 모듈의 활용</td></tr>
<tr><td>고속선 증속을 고려한 설계기준 및 성능평가 핵심연구</td><td>측정을 통한 데이터 확보로 중복성 없음</td><td>검측시스템의 활용방안 검토시 활용</td></tr>
<tr><td>고속철도 차상 전기검측시스템 자동화 진단기술 개발 과제 (철도공사)/2010.11~2014.5</td><td>전차선/신호 분야 검측요소기술이 내용의 동일함</td><td>전차선/신호 분야 요소기술은 활용</td></tr>
<tr><td>고속선 궤도관리 의사결정지원시스템(KTMSYS)(철도공사)/</td><td>S/W 개발과제로 중복성 없음</td><td>검측데이타의 활용을 위한 S/W 개발시 결과 활용</td></tr>
<tr><td>KTX-36호 검측장비</td><td>전차선/신호 검측분야로 중복성 없음</td><td>검측데이타 활용 검토</td></tr>
<tr><td>틸팅열차 운행 유지보수 효율화 SE연구 /2007.8~2012.6</td><td>궤도틀림 검측 및 영상정보 처리 요소기술 중복됨</td><td>개발된 연구결과를 활용하여 궤도검측분야 요소기술 개발</td></tr>
<tr><td>철도시설물 검측자동화를 위한 Robo-Rail 시스템 기초기술 개발 /2006.1~2008.12</td><td>궤도틀림 검측 및 영상정보 처리 요소기술 중복됨</td><td>개발된 연구결과를 활용하여 궤도검측분야 요소기술 개발</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>과제명 2</td><td colspan="4">스마트미터링기반의 도시철도차량 피크전력 분산제어 기술</td></tr>
<tr><td>연구개발목표</td><td colspan="4">■ 도시철도차량의 개별 소비전력 사용량을 실시간으로 모니터링하고 예측, 분산제어할 수 있는 시스템을 구축함으로서 도시철도차량의 에너지효율을 최적화하고 운영전력 비용혁신</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">동향
■ 유럽 철도시장을 중심으로 철도차량 전력량 미터링에 대한 개발 및 표준 재정 진행 중(UIC 930, EN 50463, European Rail Infrastructure Managers)
■ 철도차량 에너지미터링 장치 및 관리 S/W 개발 (FAR Systems社 TEMS, Solvera Lynx社 GEMA Logic, ÖBB-Infrastruktur AG社 RailBOX)</td></tr>
<tr><td>최고기술보유국</td><td>독일, 이탈리아</td><td>현재 보유한 기술의 수준</td><td>0 % 수준</td></tr>
<tr><td>기존기술 활용방안</td><td colspan="4">■ 차량 신호 시스템 기술 활용
- ATO 연계를 통한 에너지 저감 운행 프로파일 생성기술 개발
- 분산제어 필요시 차량 정지점 제어, 스케줄 생성등과 연계기술 개발</td></tr>
<tr><td>기술개발 필요성</td><td colspan="4">■ 철도차량 실시간 운행에너지 스마트미터링 및 분산제어의 필요성
- 철도 운행단계에서 소비 되는 전력 에너지 (861 백만kWh/year, 서울메트로)는 전체 소비 전력의 약 60% 이상을 차지함
- 도시철도를 포함한 철도산업은 매년 막대한 적자로 인하여 사회비용을 소비함에 따라 운행단계에서의 에너지 효율개선기술이 시급함
- 현재, 철도차량 운행전력은 한전-철도변전소-철도차량 및 철도시설물로 공급되며 철도차량 전체 및 철도시설 전체로 통합되어 관리되고 있음
- 전체 철도차량 운행전력만 집계하고 있어 개별 철도차량 운행에너지 효율개선이 어려우며 운행전력상승에 대한 원인분석이 불가능함
- 철도차량의 운행에너지 효율개선을 위하여 실시간으로 개별 철도차량 운행에너지 소비량을 모니터링하고 피크전력을 예측, 분산할 수 있는 기술개발이 필수적임
- 철도차량별 실시간 운행에너지소비량을 집계하고 이를 지상 운영관제시스템에 송신 후 이를 기반으로 동시 추진되는 철도차량에 대한 분산제어와 에너지최적화 운행패턴을 생성하고 기관사에 재송신 함으로서 실시간 전력량을 관리할 수 있는 스마트미터링기반의 시스템기술개발이 요구됨</td></tr>
<tr><td>주요연구 개발내용</td><td colspan="4">■ 도시철도차량 실시간 개별 소비전력량 미터링 기술
- 도시철도차량 차상형 실시간 에너지미터기 개발
- 데이터 처리 및 전력량 송신시스템 구성 기술
■ 실시간 에너지 데이터 처리 N/W 아키텍처 기술
- 에너지 측정을 통해 생성된 데이터와 더불어 시간 및 위치 정보와 동기화 하여 보관 및 무선통신 장치를 통해 데이터 송수신이 가능하도록 데이터 처리 및 네트워크 구성
■ 차량 에너지 관리시스템 개발 및 최적화 운영기술 (차상/지상시스템)
- 차상시스템
. 열차운행시각, 정차시각 및 제한속도 등의 운행정보와 연계한 에너지최적화 운행정보 제공시스템
. 도시철도차량 실시간 에너지 현황분석 및 최적화 운행패턴 종합제어시스템 개발
- 지상시스템
. 실시간 차량 에너지소비량 기반의 피크전력 예측, 최적화 및 분산제어 알고리즘 개발
. 피크전력 분산제어를 위한 실시간 차량운행패턴생성 및 실시간 신호제어, 시각표 제어 연계시스템 개발</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>과제명 2</td><td colspan="7">스마트미터링기반의 도시철도차량 피크전력 분산제어 기술</td></tr>
<tr><td>정부지원의 타당성</td><td colspan="7">■ 저탄소 녹색성장 정책 실천
- 정부의 저탄소 녹색성장 정책의 일환책으로 全 산업별로 에너지 효율화 기술 개발을 통한 에너지 자립도를 높여 나가는 일은 국가적으로 매우 중차대한 업무임.
■ 철도 운영비용에 대한 경제적 효과 창출
- 철도 운영사는 매년 막대한 비용의 전력비를 (500,000 백만원/year, 코레일) 소비하고 있는 상황이고, 철도 운행에 있어 가장 많은 에너지를 소모하고 있는 운행단계에서 전력 소비를 줄일 수 있는 혁신적인 에너지 효율화 기술개발이 절실히 요구됨.</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">산.학.연 협력 체계를 통한 기술 개발 추진
■ 차량 소비전력 에너지 미터링 기술
- 국내 표준 미터링 기술 정의 - 차량 소비 전력측정 미터기 개발
■ 에너지 데이터 처리 N/W 아키텍처 기술
- 전력 데이터 처리 및 네트워크 구성 - Test 및 시운전
■ 차량 에너지 관리 시스템 개발 및 운영기술 (차상형, 지상형)
- 에너지 관리 요구기술 및 Spec 정의 - 전력 데이터 처리 및 네트워크 구성
- Test 및 시운전</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="6">■ 실시간 도시철차량 에너지미터링장치
■ 차상형 에너지 관리시스템
■ 지상 관제용 에너지 관리시스템</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="6">■ 도시철도 운행사 및 코레일을 대상으로 차량 소비 전력 저감을 위한 차량 운영기술로 적용가능</td></tr>
<tr><td rowspan="8">연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>2,950</td><td>3,550</td><td>2,600</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>민간</td><td>375</td><td>525</td><td>450</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>3,325</td><td>4,075</td><td>3,050</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">9,100</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">3년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">1,350</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">10,450</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">30명</td></tr>
<tr><td colspan="7"></td></tr>
<tr><td colspan="7"></td></tr>
<tr><td>기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">■ 에너지 효율화를 위한 국내 표준 미터링 기술 개발
- DC 1500V, AC25kV 등 범용적인 시스템을 개발함으로서 개별 철도차량 운행 에너지 소비전력 모니터링을 통한 피크전력 분산제어기술 및 실시간 전력량 기반의 회생전력동기화 운행제어기술의 철도산업 적용확산
■ 철도 운영비용 혁신
- 실시간 철도 피크전력 분산제어 및 회생전력동기화 제어기술개발로 인한 철도 운행 전력 비용의 혁신적 절감 (코레일 및 서울메트로 연간 사용전력 비용절감 예상액 : 13,000 백만원/년)
■ 친환경 철도차량 이미지 확고 및 운영환경 개선
- 전력비용의 혁신적 절감으로 인한 인력구조조정 요구저감 및 노인 무인승차 등에 대한 사회적 서비스 제공으로 인한 철도산업의 운영환경개선기대</td></tr>
<tr><td>중복 및 연계 가능성 검토</td><td>후보과제간의 연계성</td><td colspan="6">저장장치기술개발과제와 연계할 경우 높은 파급효과를 기대할 수 있음</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>과제명 3</td><td colspan="4">상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="4">■ 상태기반 스마트 유지보수(CBM : Condition Based Maintenance) 기술 개발
- 유지보수 최적화를 위한 의사결정 전문가 시스템 개발
- 예비품 등 유지보수자원에 대한 최적 소요량 산출 시스템 개발
- 통합 상태기반 스마트 유지보수(CBM) 패키지 개발
- 철도차량 유지보수부품 상태진단 알고리즘 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 및 산업/시장 동향</td><td>동향</td><td colspan="3">■ 유럽의 철도차량 기술사양인 TSI(European Technical Specification for Interoperability)에서는 철도차량에 대한 실시간 차상 모니터링 방안에 대해 규정하여 철도차량의 탈선감지 및 주행안전성 진단을 강화하고 있음.
■ 유럽의 고속열차제작사 및 부품 공급사는 TSI 규격을 만족하기 위하여 철도차량 결함의 조기 감지 및 중대 결함 방지, 보수교체 시기의 판단, 상태 기반 정비(CBM) 보수체계의 입력자료 제공 등을 목적으로 차상 on-line 상태 모니터링 시스템을 개발 중에 있음.
■ 유럽연합은 철도시스템 Intelligent 모니터링/유지보수/운영관리 등에 대한 연구인 InteGRail Project를 39개 기관이 참여하여 2000만 유로(약 300억원)의 예산으로 수행 중에 있음. 이 프로젝트는 2000년 기준 대비 철도의 신뢰성 50%향상, 정비비용 10% 감축, 정시성 5% 증대 등을 목표로 함.
■ 미국방부는 CBM에 대한 연구를 수행하고 Condition Based Maintenance Plus DoD Guidebook 발간, 우선적으로 국방분야에 CBM의 확산을 도모하고 있음.
■ 국내의 경우 2002년 KTX에 대한 RCM (Reliability Centered Maintenance) 체계를 개발, 신뢰성 중심의 유지보수 시스템을 운영 중에 있으나 고장의 사전예방에는 한계가 있음.
■ Saranga and Knezevic는 시스템의 신뢰성 예측을 위하여 CBM 하에 relevant condition predictor (RCP)을 기반으로 하는 방법론 제시
■ Lin et al.는 진동시그널로부터 유용한 상태지시자(condition indicator)를 추출하고, 추출된 정보를 기반으로 기어박스(gearbox)의 최적 정비주기를 산출하기 위하여 비례위험(proportional hazard) 모형을 활용한 연구 수행
■ Lilley는 철도차량에서 발생되는 sound pressure level을 활용하여 차량의 유지보수 유무를 결정하는 방법론을 제시함.
■ Fararooy and Allan은 철도 rotary-door-operator로부터 인터넷을 통해 원격으로 데이터를 획득하고 Matlab기반의 신경망 분석툴을 활용, rotary-door-operator 상태감시에 대한 방법론 제시.
■ 기존의 방법론은 단편적인 신호획득, 신호분석 및 하부시스템 수준의 CBM 적용가능성을 제시하였지만 KTX 전체 운용 시스템의 종합적인 CBM 방법을 제시하지 못함.</td></tr>
<tr><td colspan="2">최고기술보유국</td><td>유럽</td><td>현재 보유한 기술의 수준</td><td>55 %수준</td></tr>
</table>

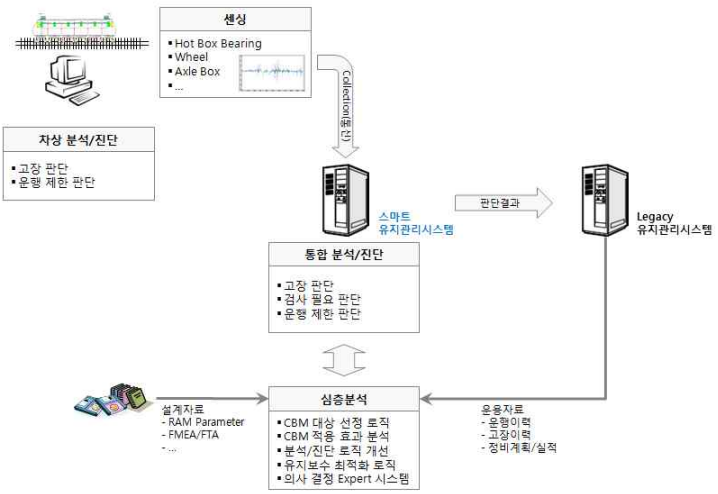
과제명 3	상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술 개발
기존기술 활용방안	■ 철도시스템에 대한 G7 고속전철 및 틸팅열차 등 최신의 철도 차량에 실시간 모니터링 기술이 반영되어 있으나, 이는 주로 유선을 이용한 고전적이고 보수적인 모니터링 방법으로 획득한 자료는 주요 장치의 현황 파악이나 안전선 판단 자료로서만 활용됨. 따라서 철도차량의 노후화에 따라 발생하는 열화를 관측하고 이로 인해 발생할 수 있는 고장을 예측, 모니터링하는 CBM으로 발전시킬 필요가 있음. ■ 철도종합안전기술개발사업을 통해 개발된 분야별 안전 기술을 활용하고 세계 최고수준의 국내 IT기술 및 네트워크 기술을 활용하면, 철도차량 실시간 차상 안전상태를 모니터링하고 위험도를 분석하여 안전 허용수준을 넘을 경우 즉각적인 안전 조치(제어)를 취할 수 있는 세계 최고수준의 실시간 차상 통합안전 감시제어시스템 개발이 가능함.
기술개발 필요성	■ 일련의 KTX의 운용 중 고장으로 인해 작동중단의 사례가 빈번히 발생하여 언론매체를 통해 국민에 소개되고 있으며, 부품의 노후화로 인해 고속철도 시스템의 안전 및 유지보수 활동에 대한 관심과 필요성이 증대되고 있음. ■ 철도시스템에 있어 시스템의 고속화는 승객과 열차의 신뢰성과 안전성에 대한 절대적인 향상을 요구하며, 이를 위해 철도시스템의 지능화가 선결되어야 함. 철도시스템 지능화의 기본은 지속적인 실시간 감시기술에 있으며, 이를 위해 철도 선진국에서는 지능화 모니터링 시스템에 대한 다양한 연구활동이 철도연구기관, 운영사, 제작사 등을 중심으로 이루어지고 있음. ■ 철도 운용 중 발생한 고장으로 인한 추가 손실 및 불필요한 수리부속 교체 활동은 운영사 입장에서 큰 경제적인 손실을 유발시키는 요인임. 실례로 KTX 고장으로 인한 운행중단은 운용사의 경제적 손실 뿐 아니라 사회전반에 안전에 대한 큰 심리적 부담을 주고 있음. 따라서 고장을 사전 예방하거나 문제 발생이 예상되는 부분에 대해 신속한 정비를 수행함으로써 운영사의 수익성 개선 및 고객만족 증진 ■ 안전성을 높이고 효율적인 운영이 가능한 환경을 제공함으로써 수송수단으로서 철도시스템에 대한 대외 경쟁력을 확보하는 것은 물론 국가적인 차원에서 철도 선진화 및 고속철도의 대외수출에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대함.
주요연구 개발내용	■ 유지보수 최적화를 위한 의사결정 전문가 시스템 개발 - 실시간 센서데이터의 경우 이상여부를 판단할 수 있는 알고리즘을 개발, 실시간 유지보수 가능 시스템 및 상태기반 신뢰성 분석 모듈 구축 - 철도차량의 운영/고장/정비 이력 데이터와 센서 진단 결과를 기반으로 해당 시스템의 최적 정비주기를 판단할 수 있는 의사결정 시스템 구축 - 과거의 경험이나 축적된 고장/정비 데이터를 활용하여 하이브리드(규칙기반, 사례기반) 추론 및 정비정책의 수학적/통계적 모델링을 통해 추론 엔진 구축 - 상태기반 최적 정비주기 의사결정지원 시스템 H/W 구축 - QoS 기반 초고속/고품질 무선통신 철도응용 기술 개발(상용 무선 통신망의 철도 응용을 위한 인터레이스 기술 개발, 상용 무선 통신망에서 철도 차량의 안전을 위한 보안 기술 개발, 초고속 철도의 무선 통신기술 개발, 다중 채널 수용 무선 통신 기술 개발) - 최적 정비주기 판단 결과를 검증하기 위한 시뮬레이션 시스템 및 Testbed 구축 ■ 예비품 등 유지보수자원에 대한 최적 소요량 산출 시스템 개발 - 철도차량 구조도, RAM 특성, FMEA, RCM분석, 정비 자료 및 상태기반 정비 판단 자료등 가용한 자료를 이용하여 예비품, 정비인력, 시설 등에 대한 최적

과제명 3	상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술 개발

소요량 산출을 위한 시뮬레이션 방법론 개발
- 최적 정비자원 가용계획 대안을 생성하기 위한 유전자 알고리즘 및 메타 휴리스틱 방법론 개발
- 가용도, 비용 및 최적 유지보수 주기 산출을 통해 확률적 수요기반의 최적 소요량 산출 방법론 개발
- 시뮬레이션 방법론, 최적화 방법론 등을 구현할 수 있는 프레임워크 설계 및 시스템 구축
- 예비품 등의 유지보수 자원에 대한 최적 소요량 산출을 위한 고성능 H/W 구축

■ 통합 상태기반 스마트 유지보수(CBM) 패키지 개발
- 시스템 형상정보, 구성품 정보 등을 기반으로 측정, 신호처리, 상태감시, 진단, 예측, 의사결정이라는 일련의 과정에서 발생하는 센서 데이터, 가공 정보, 판단 기준에 대한 통합 정보 모델 개발 및 시스템 구축
- 통합 모델 기준 데이터베이스 구축, 응용 로직 구축 및 사용자 인터페이스 개발
- 유지보수 부품별 진단/예측 알고리즘이 확장 용이하도록 프레임워크 설계
- 운영사의 기간 시스템과의 정보 인터페이스 구축 (데이터 모델간 스키마 매핑 및 입/출력 기술)
- CBM 효과도/가용도 평가 지표를 개발하고 효과도/가용도를 평가, 개선하기 위한 기술 및 운영사의 운용/고장/정비 이력을 이용하여 효과도/가용도를 평가할 수 있는 모듈 구축
- 통합 상태기반 유지보수 패키지를 운용할 수 있는 대용량 고성능의 서버(H/W) 구축
- 시스템 검증을 위한 Testbed 구축 (System Validation Test)

■ 철도차량 유지보수부품 상태진단 알고리즘 개발
- 기 운용중인 센서 및 계측장비 등의 신호 데이터를 이용한 CBM 적용 가능성 검토 후 CBM 대상 부품 선정 및 상태진단 알고리즘 개발
- 상태진단/예측 대상 부품의 위험도, 신뢰도, 효과도 등 다양한 기준검토
- 차상 모니터링 적용 성능시험 연구 및 데이터 기반 상태진단법 개발 : 실시간 데이터 프로세싱 개발, 건전성 인자(health index) 정의 및 추출 등
- 센서 데이터에 대한 자동화된 신호처리 및 특성 추출 (feature extraction) 기법 및 센서 데이터 기반의 노이즈 제거 및 시그널 분류 기술 개발
- 상태진단 인자 데이터 구축 및 성능저하함수의 통계적 회기 모델링 개발
- 잔여수명예측 알고리즘 개발 및 예측결과 검증기법 연구 : 개발한 알고리즘으로 계측한 상태 및 예측 알고리즘의 유효성 검증 방법 개발 (열화데이터 상태진단 및 예측, 베이지안 상태 진단 및 예측, Fuzzy 방법, ARMA 모형, Gaussian Process, Gamma Process 모형화를 통한 상태 진단 및 예측방법 등)

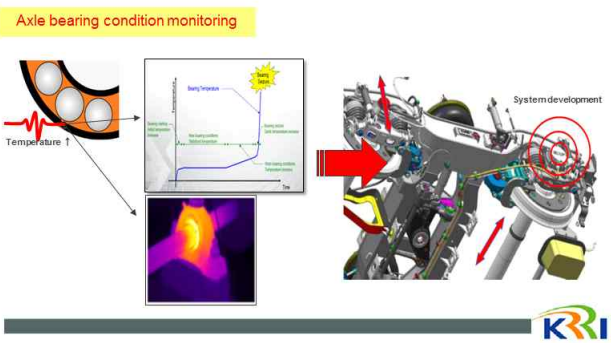


<table>
<tr><td>과제명 3</td><td colspan="7">상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술 개발</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="7"></td></tr>
<tr><td>정부지원의 타당성</td><td colspan="7">■ 국내에서는 철도안전법 및 도시철도법을 기반으로 철도안전관리를 수행하고 있으나, 아직 실시간 진단의 위험도를 기반으로 하는 안전관리체계가 정착되지 않는 상태임.
■ 고속철도 안전요구사항 및 규격 관련 대응 기술로서, 정부지원의 기술개발로 국내 고속철도차량의 안전성 향상 및 해외 진출 지원 필요
■ 철도는 국민이 이용하는 국가기반 교통시설로서 철도시스템의 신뢰성 및 안전성 향상은 국민의 생명과 재산, 환경보호라는 국가 본연의 임무를 수행하는 분야이므로 공공성 및 국민복지 증진 측면에서 정부 투자가 반드시 필요함.
■ 효과적인 CBM 활동은 모든 부품/시스템을 최대한 활용할 수 있도록 하여 폐기물을 절감, 환경 친화적인 유지보수 방법으로서 추후 다른 산업에 보급, 확장함으로서 그 파급효과가 지대할 것으로 판단함.</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">■ 철도운영기관과의 긴밀한 협조로 실제 고장이력 데이터를 이용한 상태 분석 및 연구 수행
■ 시험품 단위 성능테스트 방안: 한국철도기술연구원에서 보유중인 “대차시험기(Roller Rig)”등 을 활용하여 다양한 조건을 시험용 대차에 구현하여 개발한 성과물의 시험품 단위 성능 및 신뢰성 검증 예정
■ 철도차량 장착 성능테스트 방안: 한국철도기술연구에서 개발 중인 “분산형 차세대고속철도 (HEMU)” 등 실제 주행 열차에 장착하여 개발한 성과물의 시제품 단위 성능 및 신뢰성 검증 예정
■ 국내외 전문가 연구체계 구성을 통한 최적 역량 도출 및 의견 반영
■ 다양한 분야 전문가 및 유관기관 협조를 통한 정확한 연구결과 검증 및 향후 시스템 실용화 기반이 될 수 있도록 연구 추진</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="6">■ 유지보수 최적 주기를 산정하기 위한 의사결정 전문가 시스템(S/W)
■ 예비품 등 유지보수자원에 대한 최적 소요량 산출 기법(S/W)
■ 상용 무선 통신망의 철도 응용을 위한 인터페이스 시스템 및 초고속 철도 무선통신 응용기술(H/W 및 S/W)
■ 철도 차량의 안전을 위한 무선 통신 보안 기술(S/W)
■ 통합된 상태기반유지보수(CBM) 패키지(H/W 및 S/W)</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="6">■ 중·저속, 고속 철도차량에 활용
■ 철도차량 결함의 조기 감지 및 중대 결함 방지, 보수교체 시기의 판단, 상태 기반 정비(CBM) 보수체계에 활용
■ 세계4번째 고속철도 개발 국가로서 해외 진출시 기술요구사항 충족뿐만 아니라 유지보수성 및 가용성 향상에 기여
■ 운영사 및 관련 기업에 관련 원천기술 이전 및 실용화</td></tr>
<tr><td rowspan="5">연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>1,508</td><td>1,264</td><td>2,100</td><td>1,000</td><td></td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>503</td><td>422</td><td>700</td><td>333</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>2,011</td><td>1,686</td><td>2,800</td><td>1,333</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">5,872</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">4 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">1,958</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">50 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">7,830</td></tr>
<tr><td>기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">■ 세계 최초 철도차량용 CBM 기술 확보
■ 효율적인 상태기반 스마트 유지보수(CBM) 시스템에 PHM을 접목한 새로운 유지보수체계를 완료할 경우 철도차량 유지보수비 절감효과
- 철도차량 유지보수비 연간 600억원 절감
(2010년 Korail 의 철도차량 유지보수비 6,000억원 × 10% = 600억원)
■ CBM 구축으로 인한 가용성 증가로 예비편성 및 수리 예비품 감소</td></tr>
</table>

과제명 3	상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술 개발
	■ 세계 철도차량 CBM 시장 선점

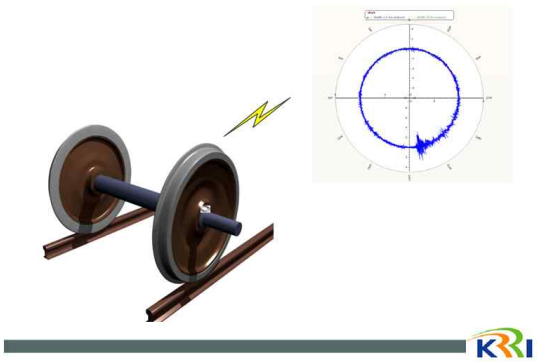
과제명 4	철도차량 주행장치 차상 상태 진단 및 예측기술 개발	
연구개발 목표	■ 철도차량 주행장치 차상 상태 진단 및 예측기술 개발 - 윤축 베어링 차상 상태 상태 진단 및 예측 기술 개발 - 진동 특성에 의한 차륜 상태 진단 및 주행 안전성 예측 기술 개발 - 대차 프레임 및 차량 하부기기 장착부 상태 진단 및 예측 기술 개발	
기술개발 및 산업/시장 동향	동향	■ 2004년 운행을 시작한 KTX는 대차 주행안전성에 대한 실시간 모니터링이 이루어지지 않음, 2010년 운행장애의 경우 고장오보가 약 23.5%를 차지하며, 예로 HBD의 오보율은 50%에 달하며, HBD의 빈번한 오작동은 기관사 및 관제사의 규정위반 원인을 제공하고 있어 윤축베어링 온도로 인한 차량운행정지와 같은 크고 작은 운행 및 안전사고가 발생함으로써 안전관리의 보완이 필요한 시점임. * HBD : Hot Box Detctor. ■ 또한, 철도차량의 차륜 손상에 의한 운행 중 이상 진동으로 차량 운행정지 및 승객환승 사건발생, 현재의 주기적인 검사에 의해서는 예방에 한계가 있으며, 이를 해결하기 위해 해외에서도 주행 중 차상 실시간 차륜손상 진단 기술 요구. 또한, 주행 안전성 측정 장치의 경우 노후화 및 신뢰성 저하로 인해 오작동이 증가하고 있으며, 이에 따른 가용성 저하 및 유지보수 비용의 증가가 야기되고 있음. ■ KTX-산천의 경우 견인전동기 장착부위의 용접결함이 발견되어 제작사의 후속 조치가 진행되고 있는 사항이며, 차량의 사용수명의 증대 및 고속화에 따라 차량하부기기 및 대차 프레임 용접부의 이상진단 및 손상예측이 요구되고 있음, 하지만 기존의 자분탐상방법은 검수시간이 오래 걸리는 단점으로 인해 차량의 가용성을 낮추며 검사의 빈도가 낮기 때문에 이를 대체할 수 있는 신속하고 정확도 높은 진단 및 손상예측 기술 요구, 특히 고속철도의 고속화에 따른 정/동적 하중에 의한 복합 피로 하중으로 인해 대차 프레임 및 하부기기 장착부위에 대한 신뢰성 높은 유지관리 기술 확보의 필요성 대두. ■ 유럽의 철도차량 기술사양인 TSI (European Technical Specification for Interoperability) 에서는 철도차량에 대한 실시간 차상 모니터링 방안에 대해 규정함으로써 철도차량의 탈선감지 및 오작동 검측을 강화하고 있음. 특히 TSI 의 Directive 96/48/EC 규격에서는 구체적으로 차량 서브시스템의 부품 단위별 요구조건 및 기술수준, 특성 등에 관하여 명시하고 있으며, 최고속도 250km/h 이상의 고속열차 윤축베어링에 대하여 실시간 차상 모니터링 시스템을 통한 안전관리가 이루어져야 된다고 규정하고 있음. ■ 유럽의 고속열차제작사 Alstom 및 부품 공급사는 TSI 규격을 만족하기 위하여 철도차량 결함의 조기 감지 및 중대 결함 방지, 보수교체 시기의 판단, 상태 기반 정비(CBM : Condition Based Maintenance) 관리체계의 입력자료 제공 등을 목적으로 차상 on-line 상태 모니터링 시스템을 개발하고 있으며, 우선 대상으로 최고속도 250Km/h 이상의 고속열차의 차상 윤축베어링 온도 모니터링 시스템을 개발 중에 있음. 또한, 철도차량에 대한 실시간 차상 모니터링 방안에 대해 규정함으로써 철도차량의 탈선감지 및 주행안전성 진단을 강화하고 있음.

<table>
<tr><td>과제명 4</td><td colspan="4">철도차량 주행장치 차상 상태 진단 및 예측기술 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td colspan="4">■ 프랑스 SNCF는 철도차량의 안전성 제고와 유지관리의 효율성을 위해 무전원 WSN(Wireless Sensor Network) 연구를 착수하였으며, 1단계로 고속철도차량의 윤축베어링 및 축상 조립장치(Axle Box)에 무선 온도 및 진동 계측 시스템 연구를 수행 중에 있음.
■ 다국적기업인 SKF의 경우 TSI의 기술요구에 대응하기 위하여 유선 센서 시스템을 활용한 고속열차 차상 실시간 차륜 손상 모니터링 장치를 개발 중에 있음.
■ 사고예방을 위한 안전관리의 경우 일부 철도시설에 대해 안전 모니터링을 실시하고 있으나, 한정된 장소와 시간 범위에서 실시되고 있으며, 새로운 첨단기술을 활용한 진단장비나, 자동화된 계측기를 통하여 실시간으로 차량의 상태를 진단하고 조치하는 방법이 기존의 숙련된 기능인에 의존하는 것보다 효율성이 높아지고 있기 때문에 신뢰도 확보측면이나 유지보수 비용관리 측면에서 유리한 것으로 분석 (International Railway Journal, 2009. 5).
■ 핀란드 VVT 기술연구소 등 유럽에서는 TSI 규격을 만족하기 위하여 철도차량 결함의 조기 감지 및 중대 결함 방지, 보수교체 시기의 판단, 상태기반 정비(CBM : Condition Based Maintenance) 관리체계의 입력자료 제공 등을 목적으로 스마트 센서를 적용한 진단 시스템을 개발하고 있음.</td></tr>
<tr><td>최고기술보유국</td><td>유럽</td><td>현재 보유한 기술의 수준</td><td>70% 수준</td></tr>
<tr><td>기존기술
활용방안</td><td colspan="4">■ 정부의 지원을 통해, 한국철도기술연구원을 중심으로 2003년부터 2011년까지 철도종합안전기술개발사업이 수행되고 있고 이를 통해 탈선, 화재, 충돌 등 분야별 안전기술과 위험도 평가 및 안전체계 등의 기반기술이 개발됨으로써 위험도 기반 안전관리 기술기반이 구축된 상태임.
■ 철도종합안전기술개발사업을 통해 개발된 분야별 안전 기술을 활용하고 세계 최고수준의 국내 IT기술 및 네트워크 기술을 활용하면, 철도차량 실시간 차상 안전상태를 모니터링하고 위험도를 분석하여 안전 허용수준을 넘을 경우 즉각적인 안전 조치(제어)를 취할 수 있는 세계 최고수준의 실시간 차상 통합안전 감시제어시스템 개발이 가능함.</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="4">■ 2010년에 KTX 차량고장으로 인한 5분 이상 운행지연이 162건에 달하고 있다는 사실은 대형 철도사고를 야기시킬 수 있는 잠재적 위험이 있다는 것을 의미함. 따라서 철도시스템에서 위험도가 높은 부분의 상태를 실시간으로 모니터링하고 사고예방을 위한 시스템제어 조치가 필요하며, 이와 관련하여 주행 안전성을 위한 통합 모니터링 개발에 대한 필요성이 제기됨(국토부).
■ 철도시스템에 있어 시스템의 고속화는 승객과 열차의 신뢰성과 안전성에 대한 절대적인 향상을 요구하며, 이를 위해 철도시스템의 지능화가 선결 되어야 함. 철도시스템 지능화의 기본은 지속적인 실시간 감지기술에 있으며, 이를 위해 철도 선진국에서는 지능화 모니터링 시스템에 대한 다양한 연구활동이 철도연구기관, 운영사, 제작사 등을 중심으로 이루어지고 있음.
■ 2008년2월에 기준(KTX-RCM 출처) 전체 KTX 운행 중 차량고장 중 약 32%가 차륜·차축 관련 이상이었다는 사실은 현재 주기적으로 수행하고 있는 차륜·차축에 대한 유지보수에 한계가 있음을 의미함. 따라서 철도시스템에서 위험도가 높은 부분의 상태를 실시간으로 모니터링하고 사고예방을 위한 시스템제어조치가 필요함.</td></tr>
</table>

과제명 4	철도차량 주행장치 차상 상태 진단 및 예측기술 개발
	■ 안전성 향상을 위하여 단순한 대차 주행안전성 측정이 아닌 그 원인이 되는 차륜 상태를 기반으로 한 주행 안전성 감시 기술이 요구되며, 이를 위한 실시간 차상 모니터링 개발 필요. 특히, 주행 중 열차환경과 같은 특수 조건하에서 강건한 내구성능과 작동성능이 보장될 수 있는 모니터링을 위한 핵심 부품의 개발이 필요함. ■ 2010년 KTX-산천의 경우 견인전동기 장착부의 용접결함이 발견되어 제작사의 후속 조치가 진행되고 있는 사항이며, 차량의 고속화 및 차량의 사용수명의 증대에 따라 이상 발생 빈도는 낮지만 발생 시 치명적인 대차 프레임 및 하부기기 장착 용접부 등에 대하여 차량 신속하고 정확도 높은 진단 기법 요구. ■ 자분탐상법과 같은 비파괴 검사법은 많은 인력 투입 및 별도의 검사 장비나 전문 검사 인원의 운용이 요구되며, 이에 따른 막대한 시간 및 검사 비용 요구 ■ 구조물에 스트레인 게이지(strain gauge)나 가속도계 등과 같은 센서를 부착하여 변형률, 하중, 변위, 진동 등을 측정하여 구조물의 건전성을 감시하는 기술이 주로 진행되어 왔으나, 기존 방법들은 전자기적 간섭이나 부식 등으로 인한 열악한 측정 환경, 고가의 측정 장비 등의 어려움으로 인해 현실적인 문제를 안고 있으며, 실시간으로 감시 하는데 어려움이 있음. ■ 열차와 같은 강한 전자기장에서 작동할 수 있으며 부식 등 열악한 환경하에서도 지속적인 작동이 가능한 시스템 체계가 필요한데 그 중에서도 가장 중요한 센서 시스템의 반영구적인 작동수명을 보장할 수 있는 전원체계와 다수의 센서들이 통신을 수행하되 열악한 환경하에서도 오류없이 센싱데이터를 전송할 수 있는 체계의 개발이 필수적임. ■ 철도차량 고속화에 따른 정/동적 고하중에 대한 대차 프레임 및 하부기기 장착부 지속적인 안전성 및 신뢰성 확보, 최적의 수명 예측을 통한 가용성 증대 필요. ■ 유지보수성 향상 및 유지보수 최적화를 통한 운영비용 감소 필요
주요연구 개발내용	 ■ 윤축 베어링 (Axle Box Bearing) 차상 상태 진단 및 예측 기술 개발 - 윤축베어링 차상 모니터링 시스템 개발 · 고장이력 데이터 기반 윤축베어링 이상상태 현황 분석: 기존 운행 중 발생한 고장부위, 고장횟수, 운행조건, 환경조건 등 · 이상상태 현황 분석 기반 윤축베어링 진단 시스템 요구조건 분석 · 베어링 및 대상체 일체형 자가구동 무선.무전원 센싱 기술 특성 평가 연구 및 기본 설계 파라미터 추출 및 구조 결정 · 일체형 자가구동 무선.무전원 센싱 기술 기반 윤축베어링 온도 차상 모니터링 시스템 구축 연구

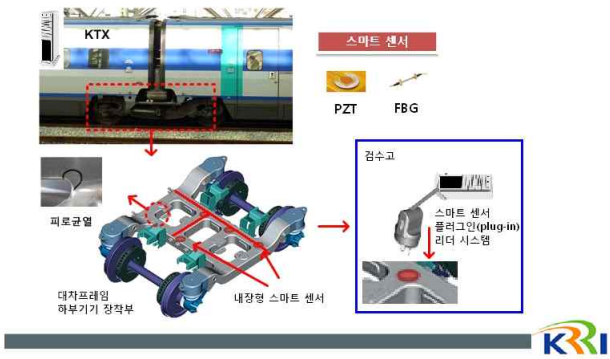
과제명 4	철도차량 주행장치 차상 상태 진단 및 예측기술 개발
	· 유선 윤축베어링 차상 모니터링 장치 응용 연구 · 윤축베어링 차상 모니터링 적용 일체형 유무선 센싱 시스템 특성 시험 및 검증 연구 · 윤축베어링 차상 모니터링 적용 특성 시험 및 검증 연구 기반 시스템 성능 개선 · 시스템 Validation Test (Mil-Spec 기준 환경시험, 비교시험) - 자가구동형 유무선 센싱 통합 모듈 개발 · 자가구동 유무선 시스템의 안정적 전원 공급을 위한 에너지 변환 및 저장체계 모듈 구현 · 열차 환경에 적용 가능한 센서 노드용 초저전력 무선 통신 부품 체계 확립 · 일체형 패키지 기술 개발 · 다양한 자가구동 메커니즘에 대응할 수 있는 하이브리드 에너지 변환회로 및 단일 패키지화(SoP : System on a Package) 기술 개발 · 열차 장착형 안테나 기술 개발 - 고속철도 환경에 적합한 모니터링 데이터 통신 기술 개발 · 고온, 진동, 초고속, 금속 차폐와 같은 가혹 환경의 무선 채널 분석 및 모델링 · 센서 신호의 양자화 수준, 다중 접속 방식, 전송주파수에 따른 파형 형태(pulse shaping), 대역폭(bandwidth)에 대한 특성 평가 및 시스템 기준 개발 · 차상 모니터링 시스템에 적합한 저전력 고속 RF 송수신 기술 개발 및 구현 · 신호 동기화, 오프셋(offset) 보정, 채널등화를 고려한 송신 신호 처리 기법 연구 개발 · 윤축베어링 온도 차상 모니터링 적용을 통한 성능 검증 및 개선 - 온도 및 진동특성에 의한 윤축 베어링의 실시간 상태진단 기술 개발 · 대형 실주행 시험기를 활용한 윤축베어링 진동특성 분석 · 상태진단/예측 대상 부품의 위험도, 신뢰도, 효과도 등 다양한 기준검토 · 윤축베어링 온도 차상 모니터링 적용 성능시험 연구 및 데이터 기반 상태진단법 개발: 실시간 데이터 프로세싱 개발, 건전성 인자(health index) 정의 및 추출 등 · 주요 상태 진단 인자 도입 및 물리적 현상과의 일치성 평가 · 민감도 분석을 통한 상태진단 인자 추출 및 성능저하함수의 통계적 회기 모델링(하이브리드 진단법) · 상태진단 알고리즘 개발 및 검증기법 연구 · CBM 시스템 연계 기술 개발 ■ 진동 특성에 의한 차륜 상태 진단 및 주행 안전성 예측 기술 개발 - Axle Box 진동 기반 유무선 차륜 상태 및 주행 안전성 모니터링 시스템 개발 · 주행 환경시험 및 해석, 실스케일 시험을 통한 설계 파라미터 추출 및 구조 설정 · 상태진단/예측 차륜 및 주행 안전성 상태진단 기준 개발 · 위험도, 신뢰도, 비용대비효과 등 다양한 기준 분석 · Axle Box 진동 기반 유무선 차륜 상태 및 주행 안전성 모니터링 장치 설계 및 제작 · 진동 기반 차륜 상태 및 주행 안전성 모니터링을 위한 초소형 일체형 센서 설계 및 제작 · 시스템 Validation Test (Mil-Spec 기준 환경시험, 비교시험)

과제명 4	철도차량 주행장치 차상 상태 진단 및 예측기술 개발



- 차륜 상태진단 기법 개발
  · 차륜 마모, 찰상, 박리 등 발생 가능한 차륜 손상 상태 분류, 특성 평가 및 정량화
  · Diagnostic/prognostic 성능함수 개발(신뢰 수준 고려한 상태 임계치 개발)
  · 차륜 상태 및 주행 안전성 실시간 상태 예측 기법 연구
  · CBM 시스템 연계 통합 기술 개발
- 실시간 동특성 계측기법을 이용한 탈선안전성 모니터링 시스템 개발
  · 차축 작용하중, 윤축 횡가속도, 변위 등을 이용한 단일윤축의 동역학적 탈선예측 이론식 개발
  · 차축 작용하중, 윤축 횡가속도 및 변위 계측방법 개발
  · 단일윤축 탈선 예측이론식의 다물체동역학 시뮬레이션 검증
  · 차축 작용하중, 윤축 횡가속도 및 변위 계측용 센서개발
  · 편성열차 동역학 모델의 주행안전성 시뮬레이션 및 개발된 탈선예측 이론식 검증
  · 차축 작용하중, 윤축 횡가속도, 변위 등 계측장치 모듈 개발
  · 개발된 계측장치 모듈 탈선 이론식 검증 및 on-line 탈선 계측장치 통합 시험평가
- 저전력 센서 네트워크 신호처리 기술 개발
  · 저전력 시스템 구현을 위한 수신부 후처리(postprocessing) 위주의 실시간 수준 집적 회로(DSP, FPGA. MPW) 개발, 구현 및 검증
  · 낮은 SINR 환경에서의 채널 간 간섭 제거 및 보안성을 보장하는 적응형 다중 센서 네트워킹 기술 적용 개발
  · 저전력 송신 신호의 신뢰도 향상을 위한 배열 신호처리 및 다중 채널 탐지 기법 최적화 기술 개발
  · 진동 기반 모니터링 시스템 적용을 통한 성능 검증 및 개선

■ 대차 프레임 및 차량 하부기기 장착부 상태 진단 및 예측 기술 개발



과제명 4	철도차량 주행장치 차상 상태 진단 및 예측기술 개발
	- 스마트 센서(PZT, FBG: 분포형 광섬유)를 이용한 대차 프레임 및 하부기기 장착부 검사 시스템 개발 · 주행 환경시험 및 해석, 실스케일 시험을 통한 설계 파라미터 추출 및 구조 설정 · 스마트 센서를 이용한 고감도 검지 시스템 설계 및 기본 성능 평가 · 스마트 센서 기반 변형률 측정 기술 개발 · 센서 시스템 구동 및 측정 결과의 고속 신호 처리를 위한 로직 개발 · 차상형 모니터링 장치 개발 · 검수고 스마트 센서 플러그인 리더 시스템 개발 · 시스템 Validation Test (Mil-Spec 기준 환경시험, 비교시험) - 대차 프레임 및 하부기기 장착부 상태진단 기법 개발 · 대상 부품별 오프라인 상태진단 시험법 개발: 상태 진단 기술 개발을 위한 데이터 수집 데이터 확보 및 진단 기술 검증을 위한 시험법 개발 · 취약 부위에서 발생 가능한 각종 손상과 관련된, 대상 부위 소재의 공정 인자을 고려한 물리적·기계적 특성 평가, 신뢰성 평가 및 DB화 · 센서 데이터에 대한 자동화된 신호처리 및 특성추출 기법 · PHM 인자데이터 구축 및 성능저하함수의 통계적 회귀 모델링 · 대차 프레임 및 하부기기 장착부 상태 예측 기법 연구 · 상태 진단 알고리즘 개발 및 예측결과 검증기법 연구 · CBM 시스템 연계 기술 개발
정부지원의 타당성	■ 지속적으로 발생하고 있는 철도차량의 운행 장애를 최소화하여 철도안전사고 감소 및 국민의 안전 확보. ■ 유럽을 중심으로 국제적으로 적용하고 있는 철도차량 안전요구사항 및 규격과 관련한 대응 기술개발로서, 국내 철도차량의 안전성 향상 및 해외수출 경쟁력 향상을 위해 정부지원 필요. ■ 차상윤축베어링 및 차륜 상태 진단 및 손상 예측, 스마트 센서를 이용한 대차 프레임 및 하부기기 장착부 진단 시스템 구축 시스템 구축으로 인한 KTX 차량 가용성 증가로 향후 요구되는 예비편성 수량 감소, 비용절감 및 승객 편익성 증대.
기술확보 전략	■ 철도운영기관과의 긴밀한 협조로 실제 고장이력 데이터 기반한 상태분석 및 연구수행 ■ 시험품 단위 성능테스트 방안: 한국철도기술연구원에서 보유중인 “대차시험기(Roller Rig)”등 을 활용하여 다양한 조건을 시험용 대차에 구현하여 개발한 성과물의 시험품 단위 성능 및 신뢰성 검증 예정 ■ 철도차량 장착 성능테스트 방안: 한국철도기술연구에서 개발 중인 “분산형 차세대 고속철도 (HEMU)” 등 실제 주행 열차에 장착하여 개발한 성과물의 시제품 단위 성능 및 신뢰성 검증 예정 ■ 국내외 전문가 연구체계 구성을 통한 최적 역량 도출 및 의견 반영 ■ 다양한 분야 전문가 및 유관기관 협조를 통한 정확한 연구결과 검증 및 향후 시스템 실용화 기반이 될 수 있도록 연구 추진

<table>
<tr><td>과제명 4</td><td colspan="7">철도차량 주행장치 차상 상태 진단 및 예측기술 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발
최종성과물
및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="6">■ 윤축베어링 차상 모니터링 시스템(H/W)
■ 실시간 윤축베어링 상태진단 기법(S/W)
■ Axle Box 진동 기반 차륜 상태 모니터링 장치(H/W)
■ 실시간 차륜 상태진단 알고리즘 (S/W)
■ 차상 탈선안전성 모니터링 시스템(H/W) 및 탈선예측 알고리즘 (S/W)
■ 스마트 센서(PZT, FBG: 분포형 광섬유)를 이용한 대차 프레임 및 하부기기 장착부 검사 시스템(HW)
■ 대차 프레임 및 하부기기 장착부 상태진단 기법(S/W)</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="6">■ 고속철도, 중·저속 철도 차량에 활용
■ 국제기준을 만족하는 철도차량 윤축베어링, 차륜, 대차프레임 및 차량하부 장착부 결함의 조기 감지 및 중대 결함 방지, 수리 또는 교체 시기의 판단을 위한 상태 기반 정비(CBM : Condition Based Maintenance) 관리체계에 활용
■ 세계4번째 고속철도 개발 국가로서 해외 진출시 기술요구사항 충족뿐만 아니라 유지보수성 및 시스템 가용성 향상에 기여
■ 국제 기준에 부응하도록 국내 차량안전기준에 반영하여 개발기술의 활용 활성화
■ 운영사 및 관련 기업에 관련 원천기술 이전 및 실용화</td></tr>
<tr><td rowspan="5">연구개발
과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>1,263</td><td>1,684</td><td>2,525</td><td>1,683</td><td></td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>421</td><td>561</td><td>842</td><td>561</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>1,684</td><td>2,245</td><td>3,367</td><td>2,244</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">7,155</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">4년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">2,385</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">55명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">9,540</td></tr>
<tr><td>기대효과 및
파급효과</td><td colspan="7">■ 세계 최고수준의 철도차량 차상 모니터링 기술, 차륜 상태 모니터링 기술, 탈선계수 실시간 측정 및 탈선안전 예측기술 확보
■ 세계 최초의 스마트 센서를 이용한 대차 프레임 및 하부기기 장착부 상태 진단 시스템 개발
■ 주행부 주요장치의 고장 이상감지로 인한 운행정지 경제적 손실비용(360억/년, 년 4건 기준) 저감
- KTX 1일 운행 정지로 인한 운영수입 손실액 30억 원 × 3일(유지보수 소요일)
■ 고장 예방정비로 인해 안전성 증대 및 수리 예비품 감소</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>과제명 5</td><td colspan="4">철도시설 탄소통합평가 및 에너지 관리 기술</td></tr>
<tr><td>연구개발목표</td><td colspan="4">■ 설계단계에서 철도노선, 시공타입별 전과정 온실가스 발생량을 평가할 수 있는 지능형 도구와 철도노선에 적합한 환경영향평가 자동화시스템을 통합할 수 있는 도구를 개발함으로서 철도노선의 저탄소, 저비용 건설달성</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 및 산업/시장 동향</td><td>동향</td><td colspan="3">■ 최근 환경부에서는 ‘온실가스항목 사전평가제도’를 시행하고 있으며 철도시설물도 여기에 포함되고 있어 이에 대한 대응기술이 요구됨
■ 기존 환경영향평가방법의 신뢰성 등 다양한 문제발생으로 인하여 철도환경영향평가에 대한 비용절감 및 자동화시스템 구축이 요구됨
■ 실시간 모니터링이 요구되는 현장측정의 경우 대부분 외국의 TMS를 수입해서 설치 및 운영하며 국내기술은 개발 수준에 머물고 있음</td></tr>
<tr><td colspan="2">최고기술보유국</td><td>미국</td><td>현재 보유한 기술의 수준</td><td>50%</td></tr>
<tr><td>기존기술 활용방안</td><td colspan="4">■ 철도시설물 전과정 온실가스발생량 관련 국가 LCI 데이터베이스
■ 국가 스마트미터링 기반기술
■ 환경영향평가 자동화시스템 TMS 기술
- 현재 운영중인 대기 및 수질 TMS 기술 활용
- 간이식 TMS 대체 장비 개발</td></tr>
<tr><td>기술개발 필요성</td><td colspan="4">■ 철도시설물은 막대한 초기투입물량으로 높은 초기비용과 전체탄소발생량 중 70% 이상이 초기에 발생하는 특성을 가지고 있기 때문에 설계단계에서 저비용, 저탄소의 환경경제성 평가 및 에너지효율화 기술개발이 요구된다.
■ 대형 국책사업 및 개발사업에서 환경영향평가는 필수적으로 이루어지고 있지만 데이터의 신뢰성에 대한 문제가 지속적으로 제기되고 있는 상황임
■ 데이터의 신뢰성을 위해서는 영향평가를 수행한 회사의 데이터를 검증하기 위한 장비개발이 필요함
■ 기존의 TMS(Tele-Monitoring System) 기술을 사용하면 바람직하겠지만 가격이 고가이므로 현장에 적용하는 것은 많은 어려움이 따름
■ 개발사업은 환경적으로 건전하고 지속가능하여야하며 개발사업의 적합성을 검증하고또한 환경사고 시 신속한 대처를 하여 환경에 미치는 영향을 최소화하여야 하므로 저비용·고효율의 간이식 측정장비가 시급히 필요한 상황임</td></tr>
<tr><td>주요연구 개발내용</td><td colspan="4">■ 지능형 통합영향평가기법 및 실시간 온실가스 모니터링시스템 개발
- 철도노선의 환경영향평가항목 및 평가모델 표준화
- 철도노선의 탄소발생량 항목 정량화 및 평가모델 반영방안
- 철도시설물 및 유형별 전과정 온실가스발생량 데이터베이스 구축 및 연계기술
- 온난화대응 및 적응형 통합영향평가시스템 체계구축
- 지능형 통합영향평가모델제시 및 개발
- 철도시설물 실시간 온실가스 모니터링 및 전송시스템 개발
■ 철도시설 환경영향평가 자동화시스템 개발
- 철도시설 환경영향평가 특성에 적합한 평가절차 및 자동화 연계시스템 개발
- 기존의 TMS 대비 정밀도 85~90%의 수준을 만족하는 간이식 측정 장비개발
- 국내외 측정장비 SWOT(strength; weakness; opportunity; threat) 분석
- 대기오염물질 측정 전 항목 센서링기술 개발
- 수질 항목 (온도, pH, DO, SS, COD, TN, TP)측정 장비 개발</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>과제명 5</td><td colspan="7">철도시설 탄소통합평가 및 에너지 관리 기술</td></tr>
<tr><td>정부지원의 타당성</td><td colspan="7">■ 국가기반시설물인 철도시설물의 온실가스발생량 저감을 위한 기술개발이 요구됨
■ 대형국책사업 또는 개발사업이 시행되면 생태 및 자연환경에 막대한 영향을 미치게 됨.
■ 따라서 사업이 완료된 이후 환경영향평가를 실시하여 환경에 미치는 영향에 대해 정량적 평가를 해야 하고 결과에 따라 조치가 필요할 수 있음
■ 환경영향평가의 결과에 대한 데이터의 신뢰성 부족으로 인하여 신속한 대처가 필요한 경우에 대응을 하지 못하는 경우가 빈번히 발생하는 실정임
■ TMS는 실시간 모니터링으로 결과를 제공하므로 현장에서 발생하는 응급상황에 대처가 가능하나 고비용으로 인하여 적용이 어려움
■ 현재 상용화된 센서기술 및 오염물질 측정 방법을 적용하여 비용을 낮추고 효율을 높인 장비를 개발한다면 환경영향평가의 신뢰성을 확보하게 되어 개발사업이 미치는 영향에 대한 보다 정확한 평가 및 신속한 대응을 할 수 있게 됨
■ 본 분야는 집중 연구개발 지원을 통하여 글로벌 경쟁력 확보가 가능한 분야이며, 기술수출, 장비수출 등이 가능한 분야임
■ 오염물질 제어, 환경사고에 대한 신속한 대응, 과련 산업 육성, 고용창출의 효과를 동시에 거둘 수 있으므로 본 연구과제의 집중적인 수행을 위하여 정부지원이 필요한 상황임</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">■ 국내 대기 및 수질 측정용 저비용·고효율 간이식 장비를 개발함
■ 현재 대기 및 수질 오염물질 측정 간이식 장비의 적용기술 및 문제점을 파악하여 실제 현장에 적용할 수 있는 개선된 장비를 개발함
■ 국내외 관련 전문가의 기술자문 및 기술세미나를 통하여 기술노하우를 업그레이드할 계획임
■ 국내산업과 연계하여 상용화/사업화가 가능한 현장 적응형으로 개발하여 국산화기술 확보함</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="6">■ 지능형 철도노선 온실가스발생량 등 통합영향평가도구
■ 실시간 철도시설물 온실가스 발생량 모니터링 및 관리시스템
■ 대기오염물질 측정 환경센서 국산화 기술개발
■ 수질오염물질 측정 환경센서 국산화 기술개발
■ 간이식 대기오염물질/수질오염물질 측정장비 개발</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="6">■ 국책사업 및 개발사업이 환경에 미치는 영향분석 시 오염물질 측정 데이터 신뢰성 확보
■ 국산화 기술확보로 인한 수출효과
■ 센서 기술확보로 인한 각 오염물질 항목별 측정장비의 센서부품 대체 효과로 인한 산업적·국가적 경제적 편익</td></tr>
<tr><td rowspan="7">연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>3,140</td><td>3,800</td><td>3,172</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>740</td><td>860</td><td>838</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>3,880</td><td>4,660</td><td>4,010</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">10,112</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">3년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">2,438</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">12,500</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">32명</td></tr>
<tr><td>기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">■ 철도시설 및 노선의 온실가스 저감
■ 철도시설물 에너지 사용효율 향상
■ 간이식 환경 TMS 국내 독자 기술 획득
■ 환경영향평가 데이터 조작 방지</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>과제명 6</td><td colspan="4">폐 철도차량의 유용자원 회수시스템 기술</td></tr>
<tr><td>연구개발
목표</td><td colspan="4">■ 95 % 재활용이 가능한 중대형규모의 환경친화적인 폐 철도차량 유용자원회수시스템 구축으로 철도산업의 환경부가가치 창출 및 화물차 등의 중대형 교통수단의 자원순환 시장주도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 및
산업/시장 동향</td><td>동향</td><td colspan="3">■ Bombardier, Siemens, Alstom 등의 국외 철도차량 제조사들은 친환경소재 적용과 재활용을 고려한 설계에 중점을 두고, 제조단계에서부터 95% 이상의 재활용이 가능한 제품을 제조하기 위해 프로젝트를 수행중임
■ 국내 및 대부분의 차량 폐각 방식은 차고지에서 재활용업체로 육로 수송 후 일반적인 고철 처리 방식으로 단순 절단/해체된 후 고철로 매각되는 상황임</td></tr>
<tr><td>최고기술보유국</td><td>캐나다</td><td>현재 보유한 기술의 수준</td><td>50%</td></tr>
<tr><td>기존기술
활용방안</td><td colspan="4">■ 교육과학기술부의 21세기 프론티어연구개발사업‘을 통해 개발된 ‘폐자동차 해체/재활용 기술((주)오토에코)’을 응용하여 폐철도차량의 재활용 시설 layout, 오염물질(냉매, 액상폐기물 등) 처리 및 해체공정을 개발하는 한 편, 중고부품 재사용 기술을 응용하여 철도차량 해체부품의 재활용 기술을 개발함
■ 지식경제부의 ‘청정생산기술개발사업’을 통해 개발된 ‘자동차 해체 잔재물 재활용 기술(현대자동차(주))’을 응용하여 폐철도차량의 자원을 재활용하는 기술을 개발하고, 회수자원의 재활용 용도를 개발함</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="4">■ 국내 운영중인 철도차량은 약 22,000량으로 매년 300~500량이 폐차처리되고 있음. 현재 폐 철도차량은 운영사별 내부지침(철도차량 폐차에 관한 지침)에 의거하여 시행하고 있으며 간략히 폐차선정 후 심의 및 승인을 거쳐 일부 재이용 부품 회수 후에 고철단가로 원형매각을 하고 있음.
■ 단순 고철단가로 원형매각을 함으로서 경제적인 수익저하 (량당 10 백만원에서 동차의 경우 약 40 백만원에 매각하고 있음) 원형매각은 폐 철도차량을 단순 재사용처리 후 운행에 재투입될 수 있는 잠재적인 위험성을 가지고 있으며 궁극적으로 철도안전성을 크게 위협할 수 있음
■ 항공 등 타 산업에서는 폐기단계에서 이러한 잠재적 위험성을 배제하기위하여 완전해체하는 과정을 거치게 됨. 철도차량은 차령초과, 차량의 노후화는 물론 신기술 적용차량의 활용 등에 따라 향후 폐차 발생량이 지속적으로 증가할 것으로 예상되며, 현재 원형매각을 통해 고철로 판매되는 상황이며, 이 과정을 통해 폐냉매, 액상폐기물, 해체 잔재물 등이 폐기물로 배출되고 재활용률이 집계되지 않는 상황임.
■ 캐나다, 독일, 일본 등 철도 선진국을 중심으로 철도차량의 95% 이상 재활용을 위한 기술개발이 진행되고 있는 상황임. 국제철도연맹(UIC)에서 작성한 친환경 철도차량 구매기준인 UIC 345에는 철도차량의 재활용율을 제시하도록 규정하고 있음
■ 폐기 자원, 부품재사용, 오염물질 처리 등을 통하여 자원순환 기술을 확보하고, 이산화탄소 발생을 최소화하기 위하여 신규 재활용 기술의 개발이 필요한 상황임</td></tr>
<tr><td>주요연구
개발내용</td><td colspan="4">■ 유용자원 회수를 위한 친환경 해체시스템 기술
- 폐차량 해체/재활용 시설 layout 개발 및 설계
- 차량 전처리 기술 : 액상류, 냉매, 오염물질 등
- 차량 해체설비 및 공정 기술
- 자원 재활용 기술 및 재활용 용도개발 : 금속, 비금속 자원 재질별 재생 기술
- 회수 자원 및 부품 관리 기술 : 상태관리, 재고관리, 유통관리
- 온실가스 저감결과 분석, 모니터링 및 전과정 평가 기술
■ 환경경제성 향상을 위한 재활용 네트워크시스템 기술
- 화물차량 등 중대형 교통수단 및 군수품의 자원순환시스템 활용네트워크 구축기술
- 기존 재료 재활용 수익시장의 철도재료 적용네트워크 구축
- 철도부품 관리시스템 및 재이용 네트워크 구축
■ 연구개발 결과
- 철도차량의 친환경 고부가가치 자원순환 공정 및 인프라 구축
- 철도차량 자원순환 파일럿 플랜트
- 철도차량 온실가스 저감 기술</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>과제명 6</td><td colspan="7">폐 철도차량의 유용자원 회수시스템 기술</td></tr>
<tr><td>정부지원의 타당성</td><td colspan="7">■ 본 분야는 집중 연구개발 지원을 통하여 글로벌 경쟁력 확보가 가능한 분야이며, 기술수출, 현지사업화 등이 가능한 분야임. 또한 해당기술의 수출을 통하여 고철, 비철금속 등의 자원을 국내에 조달할 수 있는 활용성이 높은 기술임.
■ 오염물질 제어, 자원 순환, 온실가스 저감, 고용창출(100인 이상)의 효과를 동시에 거둘 수 있는 본 연구과제의 집중적인 수행을 위하여 정부지원이 필요한 상황임</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">■ 타 산업분야의 유관 기술을 벤치마킹하여 연구개발의 기본전략을 구축함
■ 현재 철도차량 유지보수 현장의 적용기술/애로사항을 정확하게 파악하여 실제 현장에서 필요로 하는 기술 및 설비를 개발함
■ 국내 육상교통분야, 자원재활용 분야 연구기관과의 협업/분업을 통한 핵심 기술 확보
■ 국내 산업과 연계하여 상용화/사업화가 가능한 현장 적응형 기술 개발
■ LCA 분석을 통하여 고부가가치, 탄소저감 최적화 기술개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종 성과물</td><td colspan="6">■ 철도차량의 친환경 고부가가치 자원순환 공정 (기존 매각 대비 50% 이상 매출상승 가능)
■ 철도차량 자원순환 파일럿 플랜트
■ 철도차량 온실가스 저감 기술
■ 철도차량 자원순환 전문인력</td></tr>
<tr><td>활용 방안</td><td colspan="6">■ 철도차량의 친환경, 고부가가치 자원순환 기술을 개발하여 다음과 같이 활용하고자 함
■ 철도차량 전용 해체/재활용 시설 운영을 통한 고부가가치 처리
■ 철도차량 회수 자원 및 부품의 재활용
■ 연구개발을 통한 재활용 용이성 설계 기술 관련 정보를 취합하여 신차량 설계 및 제조에 활용 가능 (feedback)
■ 기술개발 후 대형트럭, 버스, 선박, 항공기 등 대형 교통수단의 재활용 기술로 응용이 가능함</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>3,400</td><td>4,725</td><td>3,900</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>민간</td><td>460</td><td>790</td><td>625</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>3,860</td><td>5,515</td><td>4,525</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">12,025</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">3년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">1,875</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">34명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">13,900</td></tr>
<tr><td>기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">■ 철도차량 해체 전용 시설 개발(연간 200대 이상 처리 가능 시설)
■ 철도차량 자원 및 부품의 순환체계 구축 (연간 150억원 이상 매출 가능)
■ 글로벌 경쟁력을 갖춘 기술개발을 통한 기술수출 및 현지 사업화 가능
■ 연간 8천톤 이상의 온실가스 저감</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>과제명 6</th><td colspan="4">철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술</td></tr>
<tr><th>연구개발
목표</th><td colspan="4">■ 전기철도차량 차량부하의 효율적 관리를 위한 스마트 보조전원장치 개발
■ 전기철도 차량 기저부하 전원공급에 대한 효율향상을 통한 에너지 절감
■ 차량에서 발생되는 회생전력을 차량내 부하에 분담하여 에너지 재활용율 향상기술 개발
■ 차량내 부하 패턴 분석을 통한 고효율 지능형 보조전원장치 개발</td></tr>
<tr><th rowspan="2">기술개발 및
산업/시장
동향</th><td>동향</td><td colspan="3">■ 일반적인 철도차량의 보조전원장치는 현재 전기차량에 적용되어 널리 사용되고 있으나, 장치에 대한 효율 및 용량, 무게 등에 대한 관리는 이루어지지 않고 있음
■ 철도차량의 보조전원장치의 경우 주 동력원을 담당하고 있는 주컨버터 인버터에 비해 기술개발 투자가 많이 이루어지지 않았음.
■ 그러나 철도차량의 보조전원장치는 주 동력장치에 비해 전력이 소비가 적으나 고정적인 부하로 인해 차량기동시 항상 소비되는 부하를 담당하고 있음
■ 이는 철도차량의 보조전원장치의 고효율 및 스마트 기술 접목을 통한 기술개발 이득이 상대적으로 많음
■ 철도차량의 보조전원장치는 모든 전기철도차량에 사용되고 있으며, 고효율 스마트 보조전원 장치 개발로 차량기술을 한단계 상승 시킬수 있음.</td></tr>
<tr><td colspan="4">최고기술보유국 일본 현재 보유한 기술의 수준 최고기술보유국 대비 60%수준</td></tr>
<tr><th>기존기술
활용방안</th><td colspan="4">■ 철도차량의 보조전원장치의 경우 기존 전기차량에 대부분 포함되어 있는 기술로 기존 철도차량 내 기저부하에 대한 전력공급기술을 활용
■ 철도차량의 회생전력에 대한 차량내 부하 전력 공급에 사용함으로서 기존 전력변환기술을 활용하여 추진
■ 철도차량의 부하관리를 통한 고효율 보조전원장치 개발추진</td></tr>
<tr><th>기술개발
필요성</th><td colspan="4">■ 현재 기존선 전기철도차량의 경우 전철화 사업이 최근에 활발히 진행되고 있어 앞으로 발주되는 차량의 경우 대부분 전기차량이며, 이러한 전기차량의 효율적 차내 부하관리를 위해 고효율 스마트 보조전원장치 개발이 필요함.
■ 차량의 주된 에너지 사용은 추진전력이지만 승객의 편의시설 및 각종제어 전원은 보조전원장치에서 담당하고 있어 보조전원장치의 효율화는 차량 전반의 전력사용량을 절감할 수 있음.
■ 차량의 회생에너지는 가선으로 회생하는 데는 한계가 있어 별도의 회생에너지 충전시설이 필요하지만, 본 시스템의 경우 차내 기저부하를 활용함으로서 충전설비에 비해 효과적으로 운용할 수 있음</td></tr>
<tr><th>주요연구
개발내용</th><td colspan="4">■ 전기철도차량 차량부하의 효율적 관리를 위한 스마트 보조전원장치 개발
■ 전기철도 차량 기저부하 전원공급에 대한 효율향상을 통한 에너지 2% 절감
■ 차량에서 발생되는 회생전력을 차량내 부하에 분담하여 에너지 재활용 기술개발
■ 차량내 부하 패턴 분석을 통한 고효율 지능형 보조전원장치 개발</td></tr>
<tr><th>정부지원의
타당성</th><td colspan="4">■ 일반적인 보조전원장치의 경우 기술개발이 완료되어 현재 제품이 상용되고 있어 기업의 고효율 스마트 보조전원기술개발 미약함.
■ 고효율 스마트 보조전원장치의 경우 저탄소/저에너지 활용기술로 국가 친환경 기술체계에 적합하나 국내 기업의 친환경 투자가 미미하고, 기술개발에 대한 불확실성 등으로 인해 국내기업의 자체 투자가 어려워 정부지원이 절설히 필요함.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>과제명 6</td><td colspan="7">철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술</td></tr>
<tr><td>기술확보 전략</td><td colspan="7">■ 고효율 스마트 보조전원장치의 핵심 요소기술로는 효율적 스마트 에너지변환 분야, 경제적 스마트 부하관리 분야, 고효율 전력전자제어 분야, 에너지 저장 및 부하제어 분야 등 분류 할 수 있음
■ 고효율 스마트 보조전원 장치 의 에너지 변환분야에서는 기존 국내 에너지 변환분야의 기술을 적극적으로 활용하여 고효율 시스템을 확보할 것임
■ 특히 차량내 스마트 부하관리 및 에너지 저장/소비 관리는 기존 전력시스템 관련 분야의 전문가를 활용하여 산.학.연 협력 체제를 구축 추진함.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="6">■ 전기철도차량에 적합한 고효율 스마트 보조전원시스템
■ 전기차량 회생에너지 저장 및 소비관리 시스템</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="6">■ 국내 신규 및 교체 전기차량에 대한 보조전원 시스템에 적용 가능함.
■ 국외 철도시장은 고효율 철도차량 기기에 대한 수요가 매년 증가하고 있어 고효율 스마트 보조전원시스템 수출이 가능함.</td></tr>
<tr><td rowspan="7">연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>1,000</td><td>1,800</td><td>1500</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>350</td><td>600</td><td>500</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>1,350</td><td>2,400</td><td>2,000</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">4,300</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">3년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">1,450</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">73명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">5,750</td></tr>
<tr><td>기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">■ 고효율 스마트 보조전원장치의 경우 차량에 부착된후 약 20년간 사용되는 장치로 본 기기 1대 부착으로 인해 차량 소비에너지의 약 2%를 감소할 수 있음.
■ 관련 에너지 변환기술, 에너지 저장 및 활용기술, 부하제어기술의 발달로 타 전장품의 품질을 향상 시킬 수 있음</td></tr>
<tr><td rowspan="2">중복 및 연계가능성 검토</td><td>후보과제간의 연계성</td><td colspan="6">■ 고효율 에너지 철도차량 기술개발을 위한 고효율 보조전원장치 개발이 필수적임
■ 고효율 에너지 활용을 위한 차내 부하를 활용한다는 새로운 개념을 도입하여 친환경 열차부품 개발이 가능함</td></tr>
<tr><td>기존과제와의 차별성</td><td colspan="6">■ 고효율 스마트 보조전원장치 개발과제는 기존 기술을 활용한 철도차량부 하제어, 에너지 효율화기술, 에너지 재활용 기술등이 접목된 융복합 기술로 기존과제에서는 시도되지 않았음.</td></tr>
</table>

3. AHP 기법을 활용한 후보과제 우선순위 도출 설문지

철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축의 미래핵심기술 우선순위 도출을 위한 설문조사서 1

본 전문가 설문조사는 계층분석적 의사결정방법(Analytic Hierarchy Process; AHP)을 활용하여 "철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축"관련 미래핵심기술들의 우선순위를 도출하기 위함입니다. 우선순위 도출 대상으로 최종 선정된 16개의 후보과제는「철도운영 효율화를 위한 차량 개발 및 친환경 인프라 구축 기술기획」을 위하여 국내외 철도기술개발 동향 및 환경 분석 및 한국철도기술연구원과 한국건설교통기술평가원의 기획 타당성 검토 위원회의 검토를 거쳐 최종 확정된 것입니다.

귀하의 응답결과는 체계적으로 정리되어,『철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축』에 반영될 것입니다. 귀하의 적극적인 참여를 부탁드리며, 혹시 조사내용에 궁금하신 점이 있으시면 아래의 연락처로 문의하여 주십시오.

○ 조 사 기 간 : 2011년 11월 23일 (수)

○ 연 구 책 임 자 : 노학래 책임연구원

○ 책 임 기 관 : 한국철도기술연구원

○ 공 동 연 구 자 : 조근태 교수

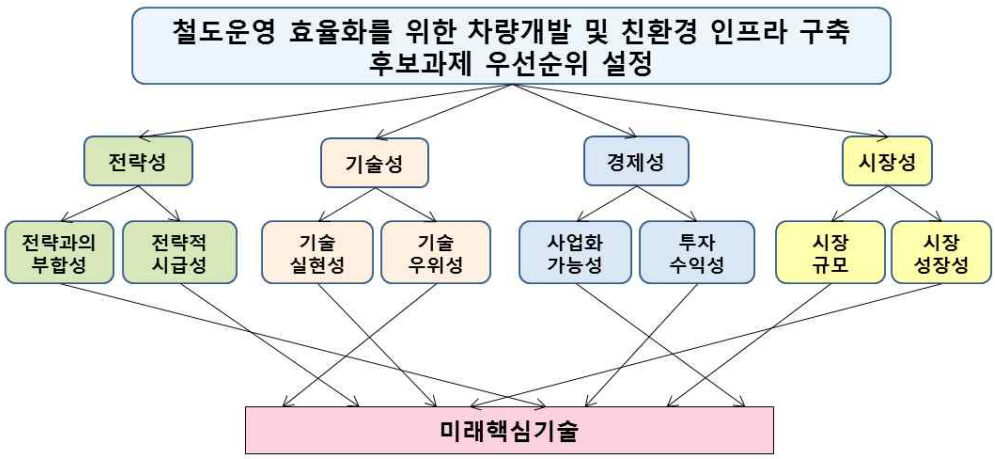
○ 공동연구기관 : 성균관대학교 기술경영학과

이 조사표에 조사된 모든 내용은 통계 목적 이외에는 절대 사용하지 않을 것이며, 통계법 제33조(비밀의 보호), 통계법 제34조(통계종사자 등의 의무)의 규정에 의해 응답자 개인 신상에 대한 정보는 엄격히 보호되어질 것입니다.

설문작성 요령

○ 응답하시기전에 아래의 '설문작성 요령'을 충분히 숙지하신 다음, 응답의 일관성이 유지될 수 있도록 신중한 답변을 부탁드립니다.

○ 철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축』의 평가항목 우선순위 선정을 위한 구조는 아래와 같은 계층구조로 구성되어 있습니다.



<철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축
우선순위 도출을 위한 의사결정계층>

□ **평가기준 설명**

대항목	소항목	소항목 개념
전략성	전략과의 부합성	해당 기술이 정부가 추진하고자 하는 중장기 연구개발 전략에 부합되는 정도를 의미함. ※국가 R&D 연구개발 과제목표 및 기획과제의 추진 전략과의 부합성
	전략적 시급성	전략적으로 해당 기술을 적용해야 되는 시간적 시급성을 의미함.
기술성	기술실현성	현재의 기술수준 등 기타 조건을 고려할 때 해당 기술이 실현될 가능성을 의미함.
	기술우위성	해당 과제의 기술적 독창성의 크기로서, 해당 연구분야의 기여도(선도기술 및 원천기술 확보)가 높을 것으로 예상이 되는 정도를 의미함.
경제성	사업화가능성	해당 기술이 개발된 후 제품화/사업화의 가능 정도를 의미함.
	투자수익성	해당 기술의 개발비에 대한 수익의 비율의 크기를 의미함.
시장성	시장규모	해당 기술의 시장규모의 크기를 의미함.
	시장성장성	해당 기술의 시장의 성장가능성을 의미함.

□ **설문작성 방법; 평가기준에 대한 쌍대비교방법**

○ 본 조사에서 사용되는 상대적 중요도에 대한 평가척도는 다음과 같습니다.

척도	1	3	5	7	9
용어	'동등'	'약간 중요'	'중요'	'매우 중요'	'절대 중요'
설명	동등하게 중요 (equal)	약간 더 중요 (weak)	더욱 더 중요 (strong)	대단히 더 중요 (very strong)	절대적으로 중요 (absolute)

주) 2, 4, 6, 8은 근접해 있는 두개의 척도들 사이의 중간정도의 중요도를 나타냄

○ 작성예시

평가기준들을 2개씩 서로 쌍대비교를 하였을 때, 어느 평가항목이 얼마나 더 중요한지를 응답하시면 됩니다.

예를 들어 **'전략성'이 '기술성'에** 비해 **"매우 중요하다"**고 판단하시는 경우 아래 표에서 보시는 바와 같이 **전략성 쪽에 있는 척도 '7'** 란에 O 표시를 하시면 됩니다.

평가항목	절대중요 (9)	(8)	**매우중요 (7)**	(6)	중요 (5)	(4)	약간중요 (3)	(2)	동등 (1)	(2)	약간중요 (3)	(4)	중요 (5)	(6)	매우중요 (7)	(8)	절대중요 (9)	평가항목
전략성			**O**															기술성

만약에 **'기술성'이 '전략성'에** 비해 **"중요하다"**고 판단하시는 경우에는 **기술성 쪽에 있는 척도 '5'** 란에 O 표시를 하시면 됩니다.

평가항목(A)	절대중요 (9)	(8)	매우중요 (7)	(6)	중요 (5)	(4)	약간중요 (3)	(2)	동등 (1)	(2)	약간중요 (3)	(4)	**중요 (5)**	(6)	매우중요 (7)	(8)	절대중요 (9)	평가항목(B)
전략성													**O**					기술성

=======다 음 페 이 지 부 터 설 문 시 작 입 니 다======

평가지표 우선순위 설정을 위한 설문

1.1 평가지표의 평가를 위하여 '전략성', '기술성', '경제성', '시장성'을 두 개씩 서로 쌍대비교 하였을 때, 상대적으로 어느 판단 기준에 더 비중을 두어야 한다고 생각하십니까?

	평가항목	절대중요 (9)	(8)	매우중요 (7)	(6)	중요 (5)	(4)	약간중요 (3)	(2)	동등 (1)	(2)	약간중요 (3)	(4)	중요 (5)	(6)	매우중요 (7)	(8)	절대중요 (9)	평가항목
①	전략성																		기술성
②	전략성																		경제성
③	전략성																		시장성
④	기술성																		경제성
⑤	기술성																		시장성
⑥	경제성																		시장성

2.1. '전략성' 측면의 하위 판단기준들을 쌍대비교하였을 때, 상대적으로 어느 기준에 더 비중을 두어야 한다고 생각하십니까?

	평가항목	절대중요 (9)	(8)	매우중요 (7)	(6)	중요 (5)	(4)	약간중요 (3)	(2)	동등 (1)	(2)	약간중요 (3)	(4)	중요 (5)	(6)	매우중요 (7)	(8)	절대중요 (9)	평가항목
①	전략과의 부합성																		전략적 시급성

2.2. '기술성' 측면의 하위 판단기준들을 쌍대비교하였을 때, 상대적으로 어느 기준에 더 비중을 두어야 한다고 생각하십니까?

	평가항목	절대중요 (9)	(8)	매우중요 (7)	(6)	중요 (5)	(4)	약간중요 (3)	(2)	동등 (1)	(2)	약간중요 (3)	(4)	중요 (5)	(6)	매우중요 (7)	(8)	절대중요 (9)	평가항목
①	기술실현성																		기술우위성

2.3. '경제성' 측면의 하위 판단기준들을 쌍대비교하였을 때, 상대적으로 어느 기준에 더 비중을 두어야 한다고 생각하십니까?

	평가항목	절대중요 (9)	(8)	매우중요 (7)	(6)	중요 (5)	(4)	약간중요 (3)	(2)	동등 (1)	(2)	약간중요 (3)	(4)	중요 (5)	(6)	매우중요 (7)	(8)	절대중요 (9)	평가항목
①	사업화 가능성																		투자수익성

2.4. '시장성' 측면의 하위 판단기준들을 쌍대비교하였을 때, 상대적으로 어느 기준에 더 비중을 두어야 한다고 생각하십니까?

	평가항목	절대중요 (9)	(8)	매우중요 (7)	(6)	중요 (5)	(4)	약간중요 (3)	(2)	동등 (1)	(2)	약간중요 (3)	(4)	중요 (5)	(6)	매우중요 (7)	(8)	절대중요 (9)	평가항목
①	시장규모																		시장성장성

철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축의 미래핵심기술 우선순위 도출을 위한 설문조사서 2

본 전문가 설문조사는 계층분석적 의사결정방법(Analytic Hierarchy Process; AHP)을 활용하여 “철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축”관련 미래핵심기술들의 우선순위를 도출하기 위함입니다. 우선순위 도출 대상으로 최종 선정된 16개의 후보과제는「철도운영 효율화를 위한 차량 개발 및 친환경 인프라 구축 기술기획」을 위하여 국내외 철도기술개발 동향 및 환경 분석 및 한국철도기술연구원과 한국건설교통기술평가원의 기획 타당성 검토 위원회의 검토를 거쳐 최종 확정된 것입니다.

귀하의 응답결과는 체계적으로 정리되어,『철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축』에 반영될 것입니다. 귀하의 적극적인 참여를 부탁드리며, 혹시 조사내용에 궁금하신 점이 있으시면 아래의 연락처로 문의하여 주십시오.

○ 조 사 기 간 : 2011년 11월 23일 (수)

○ 연 구 책 임 자 : 노학래 책임연구원

○ 책 임 기 관 : 한국철도기술연구원

○ 공 동 연 구 자 : 조근태 교수

○ 공동연구기관 : 성균관대학교 기술경영학과

이 조사표에 조사된 모든 내용은 통계 목적 이외에는 절대 사용하지 않을 것이며, 통계법 제33조(비밀의 보호), 통계법 제34조(통계종사자 등의 의무)의 규정에 의해 응답자 개인 신상에 대한 정보는 엄격히 보호되어질 것입니다.

설문작성 요령

□ **설문작성 방법; 대안(미래핵심기술)에 대한 7점 척도 평가**

○ 이 부분에서는 8개의 평가기준에 의해 **각각의 기술을 독립적으로,** 7점 척도를 사용하여 평가하게 됩니다.

○ 작성예시

예를 들어 **"전략과의 부합성"의 정도**에 대해 각각의 최종대안을 **독립적으로** 평가할 때, 기술 1의 전략과의 부합성 정도가 작으면 **"작다"**에 O 표시를 해주시면 됩니다.

기술 2도 마찬가지로 전략과의 부합성 정도가 어느 정도 크다고 판단되시면 **"다소 크다"**에 O 표시를 해주시면 됩니다.

세 부 항 목 \ 등 급	R1 매우 작다	R2 작다	R3 다소 작다	R4 보통	R5 다소 크다	R6 크다	R7 매우 크다
기술 1		O					
기술 2					O		

========다 음 페 이 지 부 터 설 문 시 작 입 니 다=======

미래핵심기술들의 중요도 평가를 위한 설문

○ 이 부분에서는 16개 최종기술들의 절대등급을 조사하고자 합니다. 각 세부기술들을 **독립적으로** 7점 척도로 평가하여 **O**로 표시하여 주십시오.

3.1. "전략과의 부합성"의 정도에 대해 각각의 미래핵심기술들을 **독립적으로** 평가하시오.

세 부 항 목 \ 등 급	R1 매우작다	R2 작다	R3 다소작다	R4 보통	R5 다소크다	R6 크다	R7 매우크다
고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술							
무선.무전원 센싱 기술기반 고속주행 철도차량의 실시간 건전성 예지(PHM) 기술							
상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술							
윤축 베어링 (Axle Box Bearing) 차상 온도 진단 및 손상 예측 기술							
진동 특성에 의한 차륜 이상마모 및 주행 안전성 예측 기술							
대차 프레임 및 차량 하부기기 장착부 진단 및 손상예측 기술							
QoS 기반 초고속/고품질 무선 통신 기술의 철도 응용 기술							
무보수 속응형 전력공급 안정화 향상 기술							
신재생에너지 연계 철도 전력망 구축 및 관리 기술							
고효율 에너지 지능형 교류철도 변전소 기술							
고효율 에너지 교류철도 전력망 표준화 기술							
고효율 경량화 초전도 융합 주전원장치 기술							
철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술							
스마트 미터링기반 도시철도 피크전력 분산제어 기술							
철도 환경경제성 개선을 위한 폐 철도차량의 유용자원회수시스템 기술							
저탄소, 저비용 철도노선건설을 위한 지능형 통합영향평가 도구 및 실시간 온실가스 모니터링시스템 기술							

3.2. "전략적 시급성"의 정도에 대해 각각의 미래핵심기술들을 **독립적으로** 평가하시오.

세 부 항 목 \ 등 급	R1 매우작다	R2 작다	R3 다소작다	R4 보통	R5 다소크다	R6 크다	R7 매우크다
고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술							
무선.무전원 센싱 기술기반 고속주행 철도차량의 실시간 건전성 예지(PHM) 기술							
상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술							
윤축 베어링 (Axle Box Bearing) 차상 온도 진단 및 손상 예측 기술							
진동 특성에 의한 차륜 이상마모 및 주행 안전성 예측 기술							
대차 프레임 및 차량 하부기기 장착부 진단 및 손상예측 기술							
QoS 기반 초고속/고품질 무선 통신 기술의 철도 응용 기술							
무보수 속응형 전력공급 안정화 향상 기술							
신재생에너지 연계 철도 전력망 구축 및 관리 기술							
고효율 에너지 지능형 교류철도 변전소 기술							
고효율 에너지 교류철도 전력망 표준화 기술							
고효율 경량화 초전도 융합 주전원장치 기술							
철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술							
스마트 미터링기반 도시철도 피크전력 분산제어 기술							
철도 환경경제성 개선을 위한 폐 철도차량의 유용자원회수시스템 기술							
저탄소, 저비용 철도노선건설을 위한 지능형 통합영향평가 도구 및 실시간 온실가스 모니터링시스템 기술							

3.3. "기술실현성"의 정도에 대해 각각의 미래핵심기술들을 **독립적으로** 평가하시오.

세 부 항 목 \ 등 급	R1 매우작다	R2 작다	R3 다소작다	R4 보통	R5 다소크다	R6 크다	R7 매우크다
고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술							
무선.무전원 센싱 기술기반 고속주행 철도차량의 실시간 건전성 예지(PHM) 기술							
상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술							
윤축 베어링 (Axle Box Bearing) 차상 온도 진단 및 손상 예측 기술							
진동 특성에 의한 차륜 이상마모 및 주행 안전성 예측 기술							
대차 프레임 및 차량 하부기기 장착부 진단 및 손상예측 기술							
QoS 기반 초고속/고품질 무선 통신 기술의 철도 응용 기술							
무보수 속응형 전력공급 안정화 향상 기술							
신재생에너지 연계 철도 전력망 구축 및 관리 기술							
고효율 에너지 지능형 교류철도 변전소 기술							
고효율 에너지 교류철도 전력망 표준화 기술							
고효율 경량화 초전도 융합 주전원장치 기술							
철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술							
스마트 미터링기반 도시철도 피크전력 분산제어 기술							
철도 환경경제성 개선을 위한 폐 철도차량의 유용자원회수시스템 기술							
저탄소, 저비용 철도노선건설을 위한 지능형 통합영향평가 도구 및 실시간 온실가스 모니터링시스템 기술							

3.4. "기술우위성"의 정도에 대해 각각의 미래핵심기술들을 **독립적으로** 평가하시오.

세 부 항 목 \ 등 급	R1 매우작다	R2 작다	R3 다소작다	R4 보통	R5 다소크다	R6 크다	R7 매우크다
고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술							
무선.무전원 센싱 기술기반 고속주행 철도차량의 실시간 건전성 예지(PHM) 기술							
상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술							
윤축 베어링 (Axle Box Bearing) 차상 온도 진단 및 손상 예측 기술							
진동 특성에 의한 차륜 이상마모 및 주행 안전성 예측 기술							
대차 프레임 및 차량 하부기기 장착부 진단 및 손상예측 기술							
QoS 기반 초고속/고품질 무선 통신 기술의 철도 응용 기술							
무보수 속응형 전력공급 안정화 향상 기술							
신재생에너지 연계 철도 전력망 구축 및 관리 기술							
고효율 에너지 지능형 교류철도 변전소 기술							
고효율 에너지 교류철도 전력망 표준화 기술							
고효율 경량화 초전도 융합 주전원장치 기술							
철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술							
스마트 미터링기반 도시철도 피크전력 분산제어 기술							
철도 환경경제성 개선을 위한 폐 철도차량의 유용자원회수시스템 기술							
저탄소, 저비용 철도노선건설을 위한 지능형 통합영향평가 도구 및 실시간 온실가스 모니터링시스템 기술							

3.5. "사업화 가능성"의 정도에 대해 각각의 미래핵심기술들을 **독립적으로** 평가하시오.

세 부 항 목 \ 등 급	R1 매우작다	R2 작다	R3 다소작다	R4 보통	R5 다소크다	R6 크다	R7 매우크다
고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술							
무선.무전원 센싱 기술기반 고속주행 철도차량의 실시간 건전성 예지(PHM) 기술							
상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술							
윤축 베어링 (Axle Box Bearing) 차상 온도 진단 및 손상 예측 기술							
진동 특성에 의한 차륜 이상마모 및 주행 안전성 예측 기술							
대차 프레임 및 차량 하부기기 장착부 진단 및 손상예측 기술							
QoS 기반 초고속/고품질 무선 통신 기술의 철도 응용 기술							
무보수 속응형 전력공급 안정화 향상 기술							
신재생에너지 연계 철도 전력망 구축 및 관리 기술							
고효율 에너지 지능형 교류철도 변전소 기술							
고효율 에너지 교류철도 전력망 표준화 기술							
고효율 경량화 초전도 융합 주전원장치 기술							
철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술							
스마트 미터링기반 도시철도 피크전력 분산제어 기술							
철도 환경경제성 개선을 위한 폐 철도차량의 유용자원회수시스템 기술							
저탄소, 저비용 철도노선건설을 위한 지능형 통합영향평가 도구 및 실시간 온실가스 모니터링시스템 기술							

3.6. "투자수익성"의 정도에 대해 각각의 미래핵심기술들을 **독립적으로** 평가하시오.

세 부 항 목 \ 등 급	R1 매우작다	R2 작다	R3 다소작다	R4 보통	R5 다소크다	R6 크다	R7 매우크다
고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술							
무선.무전원 센싱 기술기반 고속주행 철도차량의 실시간 건전성 예지(PHM) 기술							
상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술							
윤축 베어링 (Axle Box Bearing) 차상 온도 진단 및 손상 예측 기술							
진동 특성에 의한 차륜 이상마모 및 주행 안전성 예측 기술							
대차 프레임 및 차량 하부기기 장착부 진단 및 손상예측 기술							
QoS 기반 초고속/고품질 무선 통신 기술의 철도 응용 기술							
무보수 속응형 전력공급 안정화 향상 기술							
신재생에너지 연계 철도 전력망 구축 및 관리 기술							
고효율 에너지 지능형 교류철도 변전소 기술							
고효율 에너지 교류철도 전력망 표준화 기술							
고효율 경량화 초전도 융합 주전원장치 기술							
철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술							
스마트 미터링기반 도시철도 피크전력 분산제어 기술							
철도 환경경제성 개선을 위한 폐 철도차량의 유용자원회수시스템 기술							
저탄소, 저비용 철도노선건설을 위한 지능형 통합영향평가 도구 및 실시간 온실가스 모니터링시스템 기술							

3.7. "시장규모"의 정도에 대해 각각의 미래핵심기술들을 **독립적으로** 평가하시오.

세 부 항 목 \ 등 급	R1 매우작다	R2 작다	R3 다소작다	R4 보통	R5 다소크다	R6 크다	R7 매우크다
고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술							
무선.무전원 센싱 기술기반 고속주행 철도차량의 실시간 건전성 예지(PHM) 기술							
상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술							
윤축 베어링 (Axle Box Bearing) 차상 온도 진단 및 손상 예측 기술							
진동 특성에 의한 차륜 이상마모 및 주행 안전성 예측 기술							
대차 프레임 및 차량 하부기기 장착부 진단 및 손상예측 기술							
QoS 기반 초고속/고품질 무선 통신 기술의 철도 응용 기술							
무보수 속응형 전력공급 안정화 향상 기술							
신재생에너지 연계 철도 전력망 구축 및 관리 기술							
고효율 에너지 지능형 교류철도 변전소 기술							
고효율 에너지 교류철도 전력망 표준화 기술							
고효율 경량화 초전도 융합 주전원장치 기술							
철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술							
스마트 미터링기반 도시철도 피크전력 분산제어 기술							
철도 환경경제성 개선을 위한 폐 철도차량의 유용자원회수시스템 기술							
저탄소, 저비용 철도노선건설을 위한 지능형 통합영향평가 도구 및 실시간 온실가스 모니터링시스템 기술							

3.8. "시장성장성"의 정도에 대해 각각의 미래핵심기술들을 **독립적으로** 평가하시오.

세 부 항 목 \ 등 급	R1 매우작다	R2 작다	R3 다소작다	R4 보통	R5 다소크다	R6 크다	R7 매우크다
고속화 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측차량 기술							
무선.무전원 센싱 기술기반 고속주행 철도차량의 실시간 건전성 예지(PHM) 기술							
상태기반 스마트 유지보수(CBM) 기술							
윤축 베어링 (Axle Box Bearing) 차상 온도 진단 및 손상 예측 기술							
진동 특성에 의한 차륜 이상마모 및 주행 안전성 예측 기술							
대차 프레임 및 차량 하부기기 장착부 진단 및 손상예측 기술							
QoS 기반 초고속/고품질 무선 통신 기술의 철도 응용 기술							
무보수 속응형 전력공급 안정화 향상 기술							
신재생에너지 연계 철도 전력망 구축 및 관리 기술							
고효율 에너지 지능형 교류철도 변전소 기술							
고효율 에너지 교류철도 전력망 표준화 기술							
고효율 경량화 초전도 융합 주전원장치 기술							
철도차량 고효율 스마트 보조전원장치 기술							
스마트 미터링기반 도시철도 피크전력 분산제어 기술							
철도 환경경제성 개선을 위한 폐 철도차량의 유용자원회수시스템 기술							
저탄소, 저비용 철도노선건설을 위한 지능형 통합영향평가 도구 및 실시간 온실가스 모니터링시스템 기술							

4. 특허분석 조사자료

가. 철도기술 특허분석(IPC분류)

(1) 분석방법론

○ IPC 분석을 통한 분석방법

- 국제특허분류 기준에 의거하여 IPC 코드 B61(철도)에 해당하는 세부기술 동향을 분석하였으며, 9개 중분류 및 이하 세분류에 해당하는 특허수를 기준으로 분석을 실시하였음
- 분석대상은 2001년부터 2010년까지 등록된 한국, 미국, 일본, 유럽특허이며, 특허DB업체인 WIPS 자료를 활용하였음
- 각 국가별로 등록된 연도별 특허현황, 출원인의 국적분포, 주요출원인, 국가별 IPC 분야별 특허분포 및 연도별 등록추세 등을 파악하였음

[표 D-1] IPC 분석 방법론

구분	내용
분석기간	2001년 ~ 2010년 (10년간)
분석국가	한국, 미국, 일본, 유럽 등록특허
분석범위	등록특허의 IPC가 B61(철도)로 분류된 특허
분석DB	WIPS 특허DB
분석방법	연도별 특허현황, 출원인 국적분포, 주요출원인, 국가별 IPC 특허분포 및 연도별 등록추세 등

(2) 분석결과

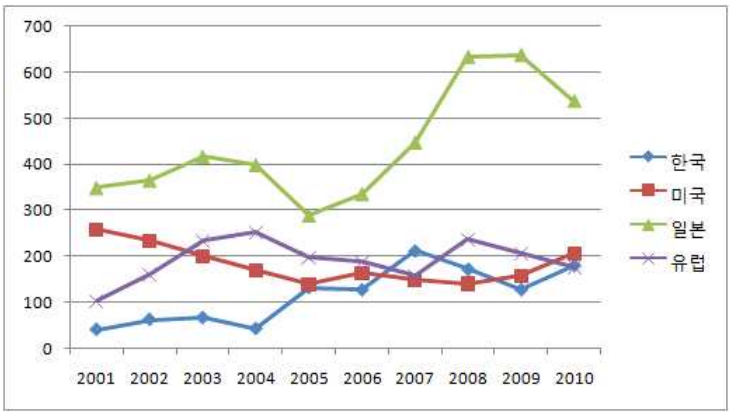
○ 연도별 특허등록 현황

- 한국 등록특허의 경우, 2007년까지 증가추세를 보이다가 2008년, 2009년 등록특허수가 감소하였으나 2010년에는 181건으로 다시 증가하였음
- 미국등록특허는 2005년까지 지속적인 감소세를 보였으나 2009년까지 완만한 감소 및 증가를 기록했다가 2010년 다시 207건으로 증가하였음
- 일본특허의 경우, 2005년부터 2009년까지 큰 폭의 증가를 보이다가 2010년 다시 538건으로 감소하였음
- 유럽특허의 경우, 매년 200건 내외 특허등록을 기록하면서 비슷한 수준을 유지하고 있는 것으로 나타났음

[표 D-2] 각국별 철도 분야 등록특허 연도별 현황

(단위 : 건)

구분	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
한국	41	63	67	43	133	128	213	173	128	181
미국	258	235	201	170	141	165	149	142	158	207
일본	349	365	417	399	289	336	448	634	638	538
유럽	104	162	235	252	197	189	157	238	206	178



[그림 D-1] 각국별 철도 분야 등록특허 연도별 추세

○ 국가별 특허출원인의 국적비율

- 한국 등록특허를 보유하고 있는 출원인의 국적 분포를 살펴보면, 한국을 제외하고 일본, 독일, 프랑스, 미국 순임
- 미국특허에서는 독일, 일본, 캐나다, 프랑스 순으로 등록특허수를 많이 보유하고 있으며, 유럽특허의 경우에는 독일이 가장 많은 특허를 보유하고 있는 가운데 프랑스, 오스트리아, 미국, 중국 순임
- 전반적으로 미국, 독일 및 프랑스가 다양한 국가에서 철도 관련 특허를 보유하고 있는 것으로 조사되었으며, 일본은 미국과 한국 특허보유 비율이 상대적으로 높음
- 한국의 경우, 해외특허보유가 상대적으로 적어 기술경쟁력 확보가 미흡한 것으로 나타났으며, 중국은 유럽특허를 많이 확보해나가고 있는 것을 확인할 수 있음

[표 D-3] 각국별 특허출원인 국가별 분포

구분	한국특허수(건)		미국특허수(건)		유럽특허수(건)	
1	한국	952	미국	856	독일	874
2	일본	106	독일	164	프랑스	257
3	독일	45	일본	132	오스트리아	160
4	프랑스	24	캐나다	113	미국	135
5	미국	13	프랑스	60	중국	117

○ 국가별 특허출원인 비율

- 히다치(일본)는 각국에 자사특허를 등록하여 특허포트폴리오를 구축하고 있으며, 지멘스(독일) 및 알스톰(프랑스), 봄바디어(캐나다) 역시 유럽 및 미국특허를 중심으로 특허를 확보하여 글로벌 경쟁력을 확보하고 있음
- 국내에서는 한국철도기술연구소가 보유한 등록특허가 192건으로 가장 많은 가운데 한국철도공사(16건), 서울메트로(15건) 등의 유관기관 특허는 많지 않은 것으로 조사되었음
- 세계적인 글로벌 기업인 GE는 철도부분 사업을 추진하면서 미국에서 가장 많은 특허를 보유하고 있으며 National Steel Car는 캐나다 철도차량 제조업체로서 62건의 특허를 보유하고 있음
- 일본에서는 히다치에 이어 일본철도종합연구소가 351건의 특허를 보유하고 있는 것으로 조사되었으며 철도신호 주식회사의 특허가 291건인 것으로 파악되었음

[표 D-4] 각국별 특허출원인 분포

구분	한국특허수(건)		미국특허수(건)		일본특허수(건)		유럽특허수(건)	
1	한국철도 기술연구원	192	General Electric	90	Hitachi	394	Simens	208
2	현대로템 주식회사	73	National Steel Car	62	Railway Technical Research	351	Bombardier Transportation	112
3	주식회사 로템	35	Hitachi	34	Nippon Signal	291	Alstom	66
4	히다치	34	Miner Enterprise	29	East Japan Railway	287	Alcatel	50
5	혁신전공사	19	TRN Business Trust	27	Central Japan Railway	268	Hitachi	49
6	샬롬 엔지니어링	17	Westinghouse Air Brake Technology	26	Nippon Sharyo Seizo	206	Knorr-Bremse	41
7	한국철도 공사	16	Siemens	24	Mitsubishi Electric	200	Innova Patent	38
8	서울메트로	15	ASF-Keystone	18	Kawasaki Heavy Industry	195	Voith Turbo Scharfenberg	32
9	디유에이 엔아이	13	Alstom	18	Daifuku	173	Schwab Verkehrste-chnik	20
10	나부테스코	11	New York Air Brake	16	Toshiba	151	Daimler Chrysler	19

○ 국가별 IPC 분포

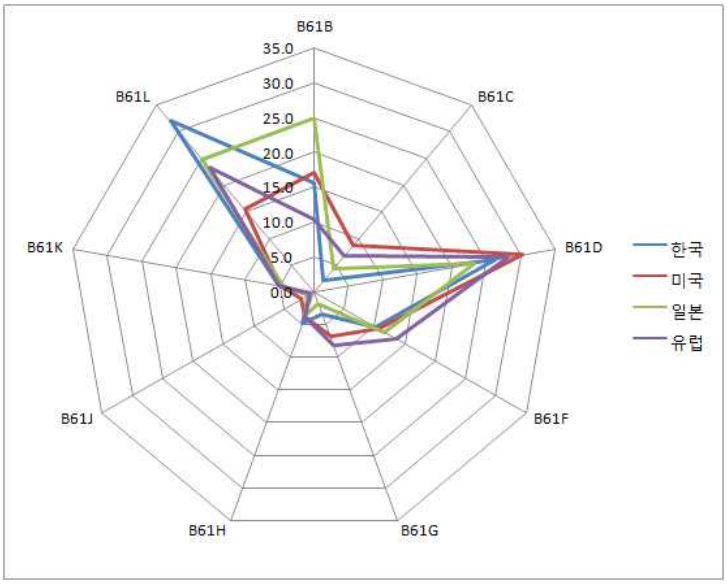
- 한국에서는 B61L(철도 교통의 안내, 철도 교통의 보안)에 속하는 특허가 391건으로 가장 높은 비율을 차지하고 있으며, B61D(철도 차량의 종류와 차체 세부) 특허도 323건으로 상대적으로 많음
- 미국특허의 경우에는 B61D(철도 차량 종류, 차체 세부) 특허가 565건으로 가장 많으며, 그 다음으로 B61B(철도방식), B61L(철도 교통 안내, 철도 교통 보안)의 등록특허가 높은 비율을 차지하고 있음
- 일본특허의 경우에는 B61B(철도방식), B61L(철도 교통 안내, 철도 교통 보안) 분야의 특허수가 비슷한 수준에서 가장 많으며, 그 다음으로 B61D(철도 차량 종류, 차체 세부) 특허가 많음
- 유럽특허의 경우에는, B61D(철도 차량 종류, 차체 세부) 및 B61L(철도 교통 안내, 철도 교통 보안) 분야 특허가 가장 높은 비율을 차지하고 있는 가운데 B61F(철도 차량 현가장치) 특허도 292건으로 많음

[표 D-5] IPC 중분류 수준에서의 특허분포

구분	한국특허수 (건)	미국특허수 (건)	일본특허수 (건)	유럽특허수 (건)
B61B(철도방식; 달리 분류되지 않는 설비)	190	317	1,241	224
B61C(기관차; 동력차)	25	160	215	145
B61D(철도 차량의 종류와 차체 세부)	323	565	1,159	610
B61F(철도 차량 현가장치)	124	199	584	292
B61G(철도 차량에 특별히 이용되는 연결기)	41	129	90	179
B61H(철도 차량에 특유한 제동장치 또는 기타 감속장치)	59	74	179	86
B61J(차량을 이동하는 것 또는 교환하는 것)	11	42	54	13
B61K(철도를 위한 다른 보조장치)	62	91	220	111
B61L(철도 교통의 안내; 철도 교통의 보안)	391	288	1,236	503

- 각국별 IPC 중분류 분포 비율을 비교해보면 전반적으로 기술분야별 분포는 유사한 형태를 보이고 있으나 B61L, B61B에서는 각각 한국 및 일본의 특허비율이 상대적으로 높음
  · 한국과 일본의 경우 B61L 분야의 특허비율은 미국 및 유럽수준을 상회하고 있으며, B61B 및 B61D 분야에서도 상대적으로 그 비율이 높거나 비슷한 수준을 기록하고 있음

- 미국 및 유럽의 특허에서는 B61D 분야의 특허비율이 상대적으로 높은 것으로 조사되었음



[그림] IPC 중분류 수준에서의 각국별 특허분포 비율 비교

- 각국별 IPC 중분류 수준에서의 특허분포를 특허다각화지수를 활용하여 살펴보면, 모두 밸런스형에 해당되지만 한국특허의 경우 타 국가보다 다각화 수준이 낮아서 일부 기술 분야에 특허가 집중되어 있는 경향을 나타내고 있음

· 특허다각화지수(Patent Diversification Index)는 기술개발 분야의 집중 및 다각화 정도를 측정하는 지수임

· 계산방식 : [1-∑(IPC 서브클래스별 특허건수가 차지하는 비율)2] X 100

· 한국특허의 경우 78.8을 기록하고 있으며 미국특허는 82.7, 일본특허는 80.3, 유럽특허는 82.2를 나타내고 있음

[표 D-6] 특허다각화 지수값에 따른 형태구분

형태구분	특허다각화지수 값
초분산형	96 이상
분산형	90이상 ~ 96미만
밸런스형	76이상 ~ 90미만
집중형	50이상 ~ 76미만
초집중형	50미만

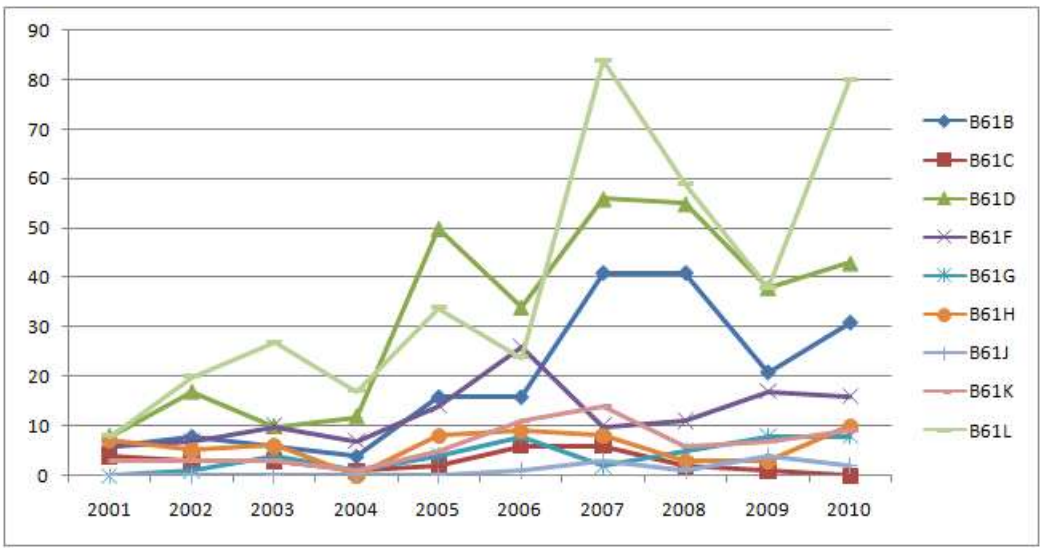
○ 국가별 IPC의 연도별 추세

- 한국 등록특허의 경우, B61L(철도 교통 안내; 철도 교통 보안), B61D(철도 차량 종류, 차체 세부), B61B(철도방식) 분야의 특허등록수가 증가 및 감소를 반복하고 있으나 상대적으로 지속적인 증가추세를 보이고 있음
- 반면, 그 외 분야에서의 특허는 매년 20건 미만의 특허가 등록되고 있는 가운데 소폭으로 증가하거나 비슷한 수준을 유지하고 있음

[표 D-7] IPC 중분류 수준에서의 한국특허 추세

(단위 : 건)

구분	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
B61B	6	8	6	4	16	16	41	41	21	31
B61C	4	3	3	1	2	6	6	2	1	0
B61D	8	17	10	12	50	34	56	55	38	43
B61F	6	7	10	7	14	26	10	11	17	16
B61G	0	1	4	1	4	8	2	5	8	8
B61H	7	5	6	0	8	9	8	3	3	10
B61J	0	0	0	0	0	1	3	1	4	2
B61K	3	3	3	1	5	11	14	6	7	9
B61L	8	20	27	17	34	24	84	59	38	80



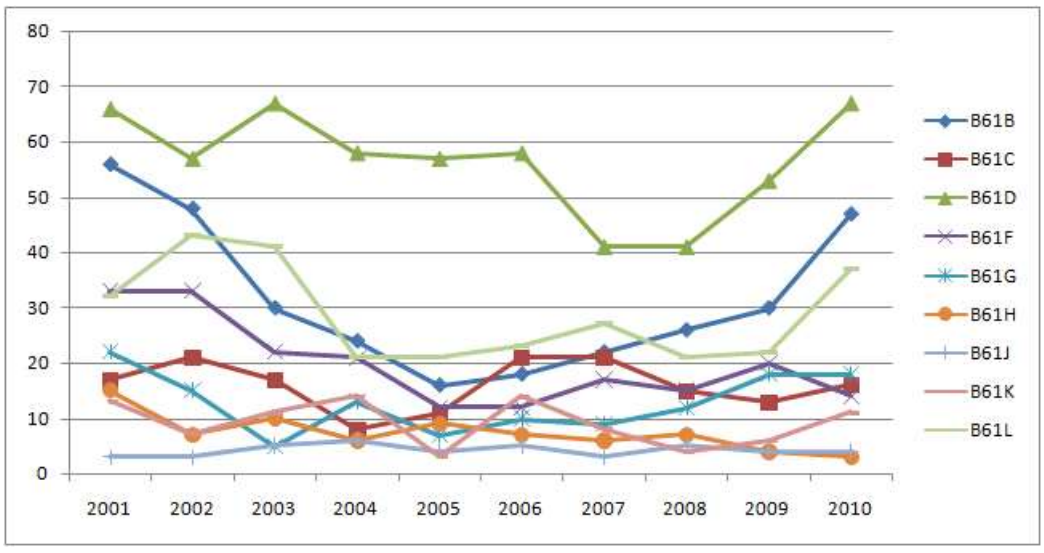
[그림 D-3] IPC 중분류 수준에서의 한국 등록특허 연도별 추세

- 미국특허의 경우, B61D(철도 차량 종류, 차체 세부) 분야의 특허수가 2007년 감소하였으나 이후 다시 증가하고 있는 추세를 보이고 있으며, B61B(철도방식) 특허는 2005년 이후 꾸준한 증가추세를 나타내고 있음
- 한국과 마찬가지로 3개 분야 이외의 등록특허수는 20건 미만으로 비슷한 수준을 유지하고 있는 것으로 나타남

[표 D-8] IPC 중분류 수준에서의 미국특허 추세

(단위 : 건)

구분	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
B61B	56	48	30	24	16	18	22	26	30	47
B61C	17	21	17	8	11	21	21	15	13	16
B61D	66	57	67	58	57	58	41	41	53	67
B61F	33	33	22	21	12	12	17	15	20	14
B61G	22	15	5	13	7	10	9	12	18	18
B61H	15	7	10	6	9	7	6	7	4	3
B61J	3	3	5	6	4	5	3	5	4	4
B61K	13	7	11	14	3	14	8	4	6	11
B61L	32	43	41	21	21	23	27	21	22	37



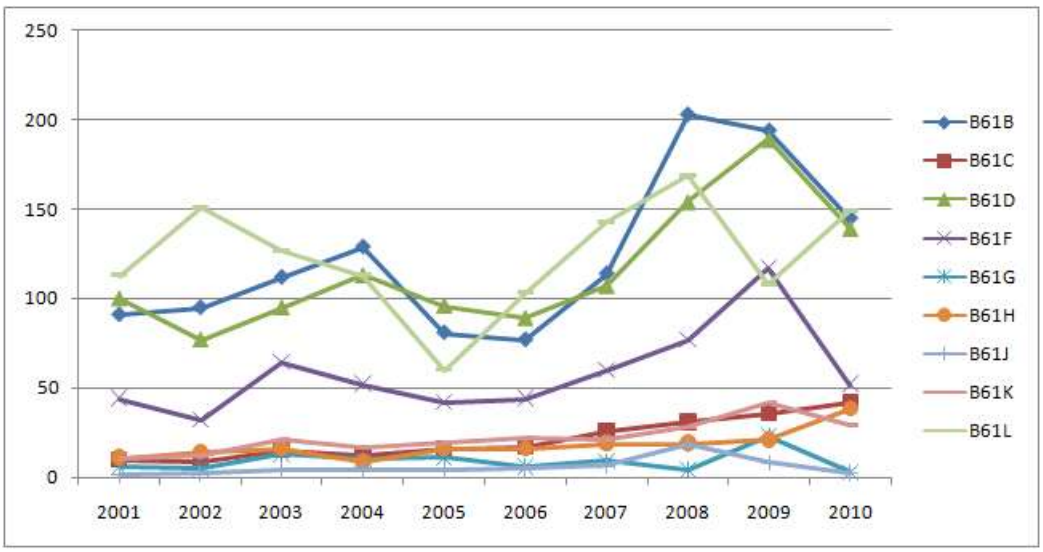
[그림 D-4] IPC 중분류 수준에서의 미국 등록특허 연도별 추세

- 일본특허의 경우, B61B(철도방식), B61D(철도 차량 종류, 차체 세부), B61F(철도 차량 현가 장치) 분야의 특허수가 2008년 이후 급격하게 감소하고 있는 것으로 나타났음
- B61L(철도 교통 안내; 철도 교통 보안)에서의 특허수는 지속적으로 증가하다가 2009년 감소 후, 다시 증가하고 있음

[표 D-9] IPC 중분류 수준에서의 일본특허 추세

(단위 : 건)

구분	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
B61B	91	95	112	129	81	77	114	203	194	145
B61C	10	9	15	13	16	17	26	31	36	42
B61D	100	77	95	113	96	89	107	154	189	139
B61F	44	32	64	52	42	44	60	77	117	52
B61G	6	5	13	10	11	6	9	4	23	3
B61H	11	14	16	9	16	16	19	19	21	38
B61J	1	2	4	4	4	5	6	18	8	2
B61K	10	12	21	16	19	22	21	28	42	29
B61L	113	151	127	113	60	103	143	169	108	149



[그림 D-5] IPC 중분류 수준에서의 일본 등록특허 연도별 추세

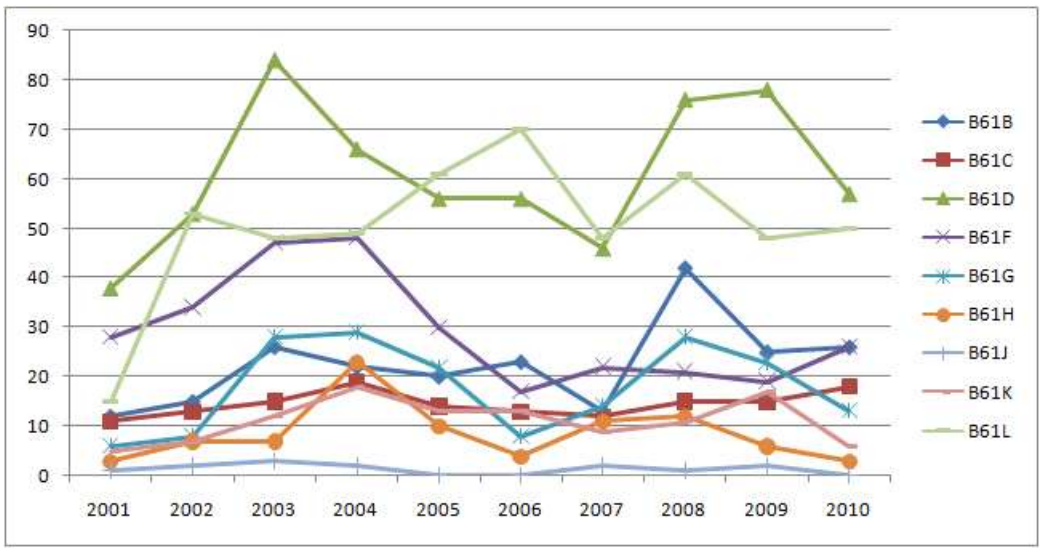
- 유럽특허의 경우에는 B61D(철도 차량 종류, 차체 세부), B61L(철도 교통 안내; 철도 교통 보안) 특허가 증가 및 감소를 반복하면서도 상대적으로 높은 비율을 차지하고 있음

- B61F(철도 차량 현가 장치) 분야의 특허는 2004년 48건으로 증가하였으나 이후 계속해서 감소하는 추세를 보이고 있음

[표 D-10] IPC 중분류 수준에서의 유럽특허 추세

(단위 : 건)

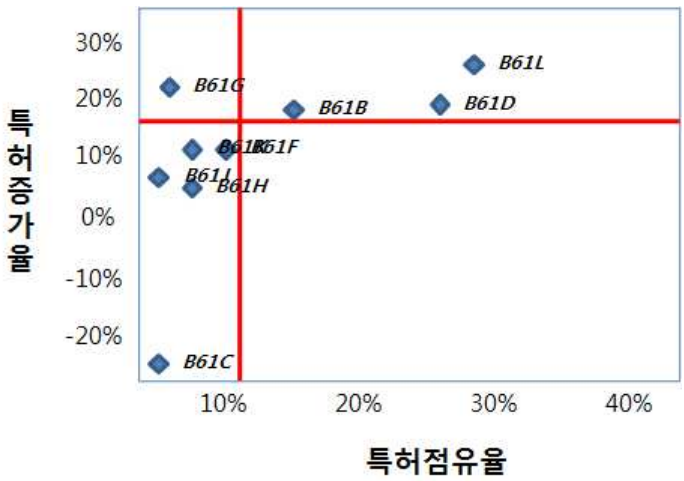
구분	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
B61B	12	15	26	22	20	23	13	42	25	26
B61C	11	13	15	19	14	13	12	15	15	18
B61D	38	53	84	66	56	56	46	76	78	57
B61F	28	34	47	48	30	17	22	21	19	26
B61G	6	8	28	29	22	8	14	28	23	13
B61H	3	7	7	23	10	4	11	12	6	3
B61J	1	2	3	2	0	0	2	1	2	0
B61K	5	7	12	18	13	13	9	11	17	6
B61L	15	53	48	49	61	70	48	61	48	50



[그림 D-6] IPC 중분류 수준에서의 유럽 등록특허 연도별 추세

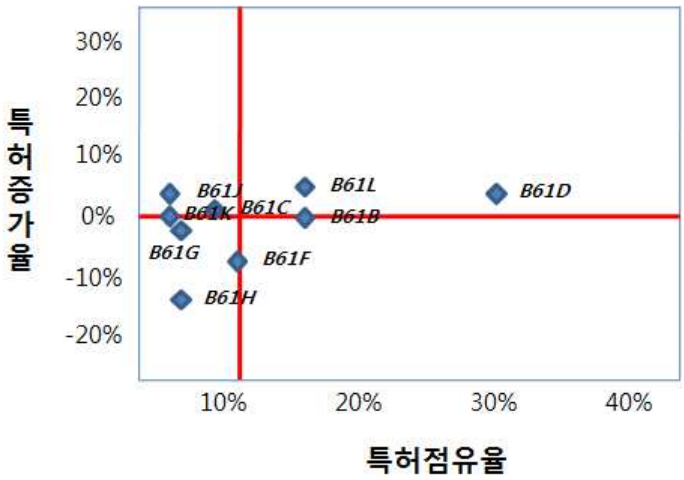
○ 세부기술별 포트폴리오 분석

- 각국 세부기술별 등록특허의 특허점유율과 특허증가율을 전체 분야의 평균값과 비교하여 해당 기술의 개발동향을 파악
- X축은 전체 특허수에 대한 해당 IPC 분야 특허수의 비율을 의미하며, Y축은 분석구간의 연평균 증가율을 의미함
- 각 사분면에 해당되는 기술분야는 다음과 같은 특징을 나타냄
  · 1사분면 : 지속적인 기술개발 및 특허등록이 활발하게 이루어지고 있음
  · 2사분면 : 최근 기술개발 및 특허등록이 이루어지고 있음
  · 3사분면 : 기술개발이 활성화되지 않고 있음
  · 4사분면 : 기술개발 및 특허등록이 둔화되고 있음
- 한국특허의 경우, B61L(철도교통 안내; 보안), B61D(철도차량 종류, 차체 세부), B61B(철도방식) 분야의 기술개발이 활발하게 이루어지고 있으며 B61G(철도 차량에 특별히 이용되는 연결기) 분야의 특허가 최근 증가하고 있음



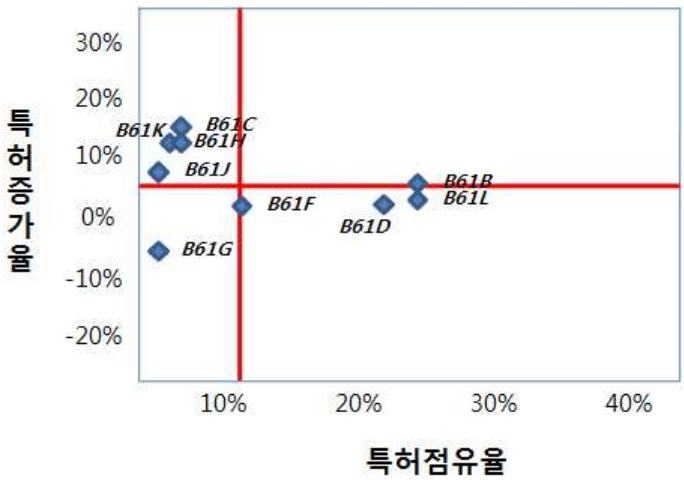
[그림 D-7] 특허점유율-증가율 포트폴리오 분석(한국특허)

- 미국특허의 경우, B61D(철도 차량의 종류, 차체세부) 및 B61L(철도교토 안내; 보안) 분야의 연구활동이 활발한 가운데 B61J(차량 이동, 교환하는 것) 분야의 특허는 꾸준히 등록되고 있음



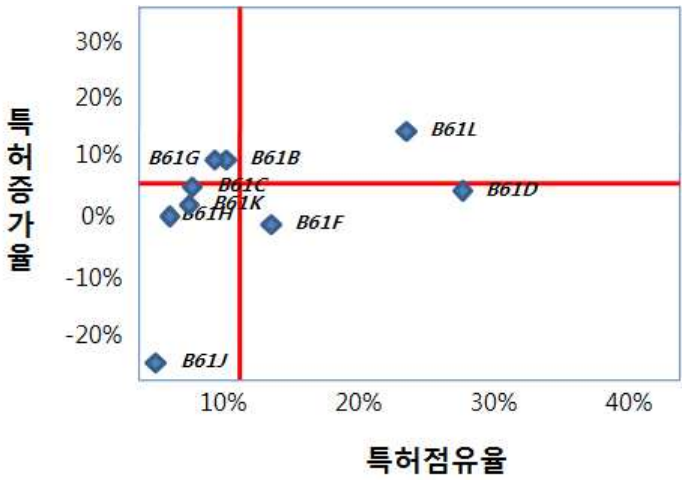
[그림 D-8] 특허점유율-증가율 포트폴리오 분석(미국특허)

- 일본특허의 경우, B61B(철도방식), B61L(철도교통 안내; 보안), B61D(철도차량 종류, 차체세부) 분야의 기술개발이 활발하게 이루어지다 등록특허 증가율이 조금씩 둔화되고 있음
- 그러나 B61C(기관차; 동력차), B61K(철도 보조장치), B61H(철도 차량 특유 제동장치) 분야의 기술개발이 꾸준히 이루어지는 가운데 등록특허가 지속적으로 소폭 상승하고 있음



[그림 D-9] 특허점유율-증가율 포트폴리오 분석(일본특허)

○ 유럽특허의 경우, B61L(철도교통 안내; 보안), B61D(철도차량 종류, 차체 세부) 분야를 제외하면 대부분의 분야에서 비슷한 수준의 특허등록이 유지되고 있음



[그림 D-10] 특허점유율-증가율 포트폴리오 분석(유럽특허)

○ 한국등록특허의 IPC 세분류 분포현황

- B61L(철도교통 안내; 보안) 부문에서 차량 및 선로/궤도 제어 관련 특허가 대부분을 차지하고 있는 것으로 조사됨

[표 D-11] B61L 세분류 수준에서의 특허분포 현황

세분류	특허수(건)
23 (차량 또는 열차간의 선로에 따른 제어경보 또는 보안장치)	95
25 (차량, 열차 또는 궤도에 설치한 장치의 위치, 상태를 기록 또는 표시)	90
3 (차량 또는 열차 위의 제어 장치를 위하여 선로를 따라 설치된 장치)	79
27 (집중 제어 방식)	65
7 (전철기, 신호기 또는 궤도 설치의 차륜 멈추개 블록용 구간 조작장치의 원격제어)	27
1 (선로를 따라 차량 또는 열차와 연동되어 제어되는 장치)	22
5 (차철기 또는 궤도 설치 차량 멈추개 블록용의 구간조작 기구)	22
29 (건널목의 보안 및 신호 장치)	22
9 (전철기, 형표시 신호기 또는 게이트용에 특히 적응시킨 조명)	7
13 (차량에서의 또는 차량 통과에 의한 신호의 조작)	6
11 (차량에서의 또는 차량 통과에 의한 전철기의 조작)	3
21 (역구내의 신호소 사이의 폐쇄 장치)	3
19 (단일 연동 장치에 의하여 전철기와 신호기를 연동시키기 위한 장치)	2
15 (신호의 목적으로 차량 또는 열차위에 설치한 표시기)	1
합계	444

- B61D분야에서는 차체구조와 관련된 특허가 높은 비중을 차지하고 있음

[표 D-12] B61D 세분류 수준에서의 특허분포 현황

세분류	특허수(건)
17 (차체 구조의 세부)	85
19 (철도 차량을 위한 독특한 도어 장치)	61
27 (난방, 냉방, 환기 또는 공기조화)	44
37 (기타 가구 및 비품)	38
49 (기타 세부)	25
23 (철도 차량용 스텝 구조)	23
15 (다른 철도 차량)	21
3 (무개화차 또는 유개화차)	20
33 (좌석)	17
29 (철도 차량을 위한 조명장치)	12
25 (철도 차량을 위한 독특한 창 장치)	8
47 (차량에 부착된 적하, 제하장치)	6
35 (위생 설비)	2
39 (무개화차 또는 그와 같은 것을 씌우는 카버)	2
5 (유체 운반용 탱크차)	1
7 (호퍼차)	1
11 (광차)	1
13 (시가 철도 차량)	1
45 (충격으로부터 보호하는 것을 포함하는, 화물의 고정 또는 지지수단 또는 장치)	1
합계	369

- B61B 분야에서는 고가방식, 케이블방식, 글곡 자유로이 현가된 궤도, 무궤도, 파워 앤드 프리 방식, 구성부품에 대한 특허보다는 일반방식에 대한 특허비율이 높음

[표 D-13] B61B 세분류 수준에서의 특허분포 현황

세분류	특허수(건)
1 (정차장; 플랫폼 또는 측선의 일반적 배치; 철도 네트워크; 차량의 조차 방식)	120
13 (다른 철도 방식)	48
7 (현가된 굴곡이 자유로운 궤도를 가진 로우프 철도 방식)	7
3 (현수차량을 가진 고가 철도 방식)	6
5 (현수차량을 갖지 않은 고가 철도 방식)	3
11 (안내되는 견인 케이블만을 갖는 스키/썰매 리프트 또는 유사한 무궤도방식)	3
10 (파워 앤드 프리 방식)	2
12 (로프철도 또는 파워앤드 프리 방식의 구성 부품, 세부 또는 부속품)	2
9 (강체 궤도 또는 견인 케이블을 가진 시가 철도 또는 강삭 철도 방식)	1
합계	192

- B61F 분야에서는 대프레임에 대한 특허가 대부분을 차지하고 있으며 차륜 보호장치 관련 특허가 상대적으로 높은 비율을 나타냄

[표 D-14] B61F 세분류 수준에서의 특허분포 현황

세분류	특허수(건)
5 (대차 구조의 세부 대차, 차량 대프레임과의 접속 곡선 통과시 차축 또는 대차조정)	66
19 (차륜 보호 장치; 범퍼; 방애물 제거 또는 유사한 것)	18
1 (대프레임 - 단조 또는 프레스 가공에 의한 철도 차량의 대프레임 제조)	11
13 (차륜 장치에 특징이 있는 철도 차량으로 달리 분류되지 않는 것)	11
7 (다른 궤간에 사용하기 위하여 장치되는 철도 차량)	9
3 (대차의 형식)	7
9 (탈선 방지 장치에 특징이 있는 철도 차량)	6
15 (축상)	2
17 (철도 차량의 축상용으로서 특징이 있는 윤활)	1
합계	132

○ 미국등록특허의 IPC 세분류 분포 현황

- B61D분야에서 한국과 마찬가지로 차체구조와 관련된 특허가 가장 많지만 충격보호 수단/장치에 대한 특허가 116건을 기록하여 철도안전 관련기술에 대한 권리확보가 중요시되고 있음을 확인할 수 있음

- 또한, 화물운송 차량(무개화차, 유개화차, 호퍼차)에 대한 특허가 국내에 비해 상대적으로 많이 등록되고 있음을 확인할 수 있음

[표 D-15] B61D 세분류 수준에서의 특허분포 현황

세분류	특허수(건)
17 (차체 구조의 세부)	177
45 (충격으로부터 보호하는 것을 포함하는, 화물의 고정 또는 지지수단 또는 장치)	116
3 (무개화차 또는 유개화차)	90
7 (호퍼차)	37
1 (일반적인 철도객차)	29
27 (난방, 냉방, 환기 또는 공기조화)	26
15 (다른 철도 차량)	24
5 (유체 운반용 탱크차)	22
23 (철도 차량용 스텝구조)	13
39 (무개화차 또는 그와 같은 것을 씌우는 카버)	13
19 (철도 차량을 위한 독특한 도어 장치)	10
11 (광차)	8
9 (티플러)	7
47 (차량에 부착된 적하, 제하장치)	7
49 (기타 세부)	6
25 (철도 차량을 위한 독특한 창 장치)	5
43 (차량의 운동 에너지를 사용하는 장치)	2
13 (시가 철도 차량)	1
33 (좌석)	1
35 (위생설비)	1
합계	595

- 한국등록특허가 일반적인 철도 방식에 관련된 특허가 많은 반면, 미국특허 중 B61B 분야에서는 '현수차량을 가진 고가 철도 방식'에 대한 특허가 가장 많은 것으로 나타나고 있음

- 완충장치를 통해 승객의 안전과 편안함을 제고하려는 기술적인 연구성과물이 축적되고 있음

[표 D-16] B61B 세분류 수준에서의 특허분포 현황

세분류	특허수(건)
3 (현수차량을 가진 고가 철도 방식)	71
13 (다른 철도 방식)	70
12 (로프철도 또는 파워앤드 프리 방식의 구성 부품, 세부 또는 부속품)	57
7 (현가된 굴곡이 자유로운 궤도를 가진 로우프 철도 방식)	37
1 (정차장; 플랫폼 또는 측선의 일반적 배치; 철도 네트워크; 차량의 조차 방식)	34
10 (파워 앤드 프리 방식)	20
5 (현수차량을 갖지 않은 고가 철도 방식)	14
11 (안내되는 견인 케이블만을 갖는 스키/썰매 리프트 또는 유사한 무궤도방식)	12
15 (철도 방식의 결합)	7
9 (강체 궤도 또는 견인 케이블을 가진 시가 철도 또는 강삭 철도 방식)	6
합계	328

- 차량 및 선로 제어관련 특허가 가장 높음 비중을 차지하고 있는 가운데 '선로를 따라 차량 또는 열차와 연동되어 제어되는 장치'에 대한 특허가 36건으로 많음

[표 D-17] B61L 세분류 수준에서의 특허분포 현황

세분류	특허수(건)
3 (차량 또는 열차 위의 제어 장치를 위하여 선로를 따라 설치된 장치)	51
23 (차량 또는 열차간의 선로에 따른 제어경보 또는 보안장치)	46
1 (선로를 따라 차량 또는 열차와 연동되어 제어되는 장치)	36
5 (차철기 또는 궤도 설치 차량 멈추개 블록용의 구간조작 기구)	36
25 (차량, 열차 또는 궤도에 설치한 장치의 위치, 상태를 기록 또는 표시)	33
29 (건널목의 보안 및 신호 장치)	25
21 (역구내의 신호소 사이의 폐쇄 장치)	16
27 (집중 제어 방식)	16
17 (조작작용의 전철 장치)	12
7 (전철기, 신호기 또는 궤도 설치의 차륜 멈추개 블록용 구간 조작 장치의 원격제어)	11
11 (차량에서의 또는 차량 통과에 의한 전철기의 조작)	7
13 (차량에서의 또는 차량 통과에 의한 신호의 조작)	5
19 (단일 연동 장치에 의하여 전철기와 신호기를 연동시키기 위한 장치)	5
15 (신호의 목적으로 차량 또는 열차위에 설치한 표시기)	4
9 (전철기, 형표시 신호기 또는 게이트용에 특히 적응시킨 조명)	2
합계	305

- B61F 분야에서 차체중량을 지지하고 철도차량의 주행안내를 쉽게 하는 장치인 '대차의 형식' 관련 특허가 44건으로 많은 것이 한국특허 현황과 상이한 점임

[표 D-18] B61F 세분류 수준에서의 특허분포 현황

세분류	특허수(건)
5 (대차 구조의 세부 대차, 차량 대프레임과의 접속 곡선 통과시 차축 또는 대차조정)	86
3 (대차의 형식)	44
1 (대프레임 - 단조 또는 프레스 가공에 의한 철도 차량의 대프레임 제조)	19
9 (탈선 방지 장치에 특징이 있는 철도 차량)	14
13 (차륜 장치에 특징이 있는 철도 차량으로 달리 분류되지 않는 것)	13
15 (축상)	13
9 (탈선 방지 장치에 특징이 있는 철도 차량)	9
11 (차륜 이외의 장치에 의한 궤도와의 결합에 특징이 있는 철도 차량)	2
7 (다른 궤간에 사용하기 위하여 장치되는 철도 차량)	9
17 (철도 차량의 축상용으로서 특징이 있는 윤활)	1
합계	210

○ 일본등록특허의 IPC 세분류 분포 현황

- 일본특허 중 B61L 분야에서는 차량 및 선로 제어관련 특허와 함께 집중제어방식에 대한 특허가 234건으로 많은 것을 확인할 수 있음

[표 D-19] B61L 세분류 수준에서의 특허분포 현황

세분류	특허수(건)
23 (차량 또는 열차간의 선로에 따른 제어경보 또는 보안장치)	308
3 (차량 또는 열차 위의 제어 장치를 위하여 선로를 따라 설치된 장치)	253
27 (집중 제어 방식)	234
25 (차량, 열차 또는 궤도에 설치한 장치의 위치, 상태를 기록 또는 표시)	227
29 (건널목의 보안 및 신호 장치)	146
1 (선로를 따라 차량 또는 열차와 연동되어 제어되는 장치)	106
5 (차철기 또는 궤도 설치 차량 멈추개 블록용의 구간조작 기구)	88
19 (단일 연동 장치에 의하여 전철기와 신호기를 연동시키기 위한 장치)	69
7 (전철기, 신호기 또는 궤도 설치의 차륜 멈추개 블록용 구간 조작 장치의 원격제어)	10
11 (차량에서의 또는 차량 통과에 의한 전철기의 조작)	5
21 (역구내의 신호소 사이의 폐쇄 장치)	2
13 (차량에서의 또는 차량 통과에 의한 신호의 조작)	2
17 (조작작용의 전철 장치)	1
9 (전철기, 형표시 신호기 또는 게이트용에 특히 적응시킨 조명)	1
합계	1,452

- B61B분야에서는 일반적인 철도방식보다는 접동 또는 부양방식 등과 같은 새로운 방식의 특허가 많이 등록되고 있음

[표 D-20] B61B 세분류 수준에서의 특허분포 현황

세분류	특허수(건)
13 (다른 철도 방식)	884
1 (정차장; 플랫폼 또는 측선의 일반적 배치; 철도 네트워크; 차량의 조차 방식)	184
12 (로프철도 또는 파워앤드 프리 방식의 구성 부품, 세부 또는 부속품)	114
10 (파워 앤드 프리 방식)	79
9 (강체 궤도 또는 견인 케이블을 가진 시가 철도 또는 강삭 철도 방식)	32
3 (현수차량을 가진 고가 철도 방식)	21
11 (안내되는 견인 케이블만을 갖는 스키/썰매 리프트 또는 유사한 무궤도방식)	20
7 (현가된 굴곡이 자유로운 궤도를 가진 로우프 철도 방식)	15
15 (철도 방식의 결합)	6
합계	192

- B61D분야에서 차체구조 등에 대한 특허와 함께 충돌시 차량을 보호하기 위한 철도 차량의 구조 또는 장치와 관련된 특허가 상대적으로 많은 수를 기록하고 있음

[표 D-21] B61D 세분류 수준에서의 특허분포 현황

세분류	특허수(건)
17 (차체 구조의 세부)	436
27 (난방, 냉방, 환기 또는 공기조화)	140
15 (다른 철도 차량)	134
19 (철도 차량을 위한 독특한 도어 장치)	111
49 (기타 세부)	110
37 (기타 가구 및 비품)	102
33 (좌석)	70
47 (차량에 부착된 적하, 제하장치)	61
25 (철도 차량을 위한 독특한 창 장치)	38
3 (무개화차 또는 유개화차)	34
23 (철도 차량용 스텝 구조)	28
35 (위생 설비)	23
29 (철도 차량을 위한 조명장치)	17
13 (시가 철도 차량)	15
1 (일반적인 철도객차)	15
45 (충격으로부터 보호하는 것을 포함하는, 화물의 고정 또는 지지수단 또는 장치)	8
9 (티플러)	6
5 (유체 운반용 탱크차)	4
11 (광차)	4
7 (호퍼차)	3
31 (침대설비)	3
43 (차량의 운동 에너지를 사용하는 장치)	2
합계	1,364

- 미국특허에서와 마찬가지로 일본특허 B61F 분야에도 대차의 형식과 관련된 특허가 61건으로 대차 구조 관련 특허를 제외하면 가장 많은 수를 기록하고 있음

[표 D-22] B61F 세분류 수준에서의 특허분포 현황

세분류	특허수(건)
5 (대차 구조의 세부 대차, 차량 대프레임과의 접속 곡선 통과시 차축 또는 대차조정)	351
3 (대차의 형식)	61
19 (차륜 보호 장치; 범퍼; 방애물 제거 또는 유사한 것)	48
7 (다른 궤간에 사용하기 위하여 장치되는 철도 차량)	44
1 (대프레임 - 단조 또는 프레스 가공에 의한 철도 차량의 대프레임 제조)	42
15 (축상)	39
13 (차륜 장치에 특징이 있는 철도 차량으로 달리 분류되지 않는 것)	37
9 (탈선 방지 장치에 특징이 있는 철도 차량)	26
17 (철도 차량의 축상용으로서 특징이 있는 윤활)	9
11 (차륜 이외의 장치에 의한 궤도와의 결합에 특징이 있는 철도 차량)	1
합계	132

○ 유럽등록특허의 IPC 세분류 분포 현황

- B61D 분야에서 차체구조 관련 특허가 가장 높은 비율을 차지하고 있으며, 철도 차량의 유형과 관련된 특허가 많이 등록되고 있음

[표 D-23] B61D 세분류 수준에서의 특허분포 현황

세분류	특허수(건)
17 (차체 구조의 세부)	226
3 (무개화차 또는 유개화차)	96
15 (다른 철도 차량)	85
19 (철도 차량을 위한 독특한 도어 장치)	73
27 (난방, 냉방, 환기 또는 공기조화)	39
47 (차량에 부착된 적하, 제하장치)	36
45 (충격으로부터 보호하는 것을 포함하는, 화물의 고정 또는 지지수단 또는 장치)	31
23 (철도 차량용 스텝구조)	23
39 (무개화차 또는 그와 같은 것을 씌우는 카버)	23
37 (기타 가구 및 비품)	16
1 (일반적인 철도객차)	13
33 (좌석)	13
25 (철도 차량을 위한 독특한 창 장치)	11
35 (위생설비)	9
5 (유체 운반용 탱크차)	7
49 (기타 세부)	7
7 (호퍼차)	6
13 (시가 철도 차량)	6
29 (철도 차량을 위한 조명장치)	3
31 (침대설비)	2
41 (예약석의 표시기)	2
43 (차량의 운동 에너지를 사용하는 장치)	2
9 (티플러)	1
11 (광차)	1
합계	725

- B61B 분야에서는 로프철도 케이블 관련 특허가 가장 많은 95건을 기록하고 있음

[표 D-24] B61B 세분류 수준에서의 특허분포 현황

세분류	특허수(건)
12 (로프철도 또는 파워앤드 프리 방식의 구성 부품, 세부 또는 부속품)	95
13 (다른 철도 방식)	53
1 (정차장; 플랫폼 또는 측선의 일반적 배치; 철도 네트워크; 차량의 조차 방식)	25
10 (파워 앤드 프리 방식)	25
3 (현수차량을 가진 고가 철도 방식)	24
7 (현가된 굴곡이 자유로운 궤도를 가진 로우프 철도 방식)	20
9 (강체 궤도 또는 견인 케이블을 가진 시가 철도 또는 강삭 철도 방식)	10
5 (현수차량을 갖지 않은 고가 철도 방식)	6
11 (안내되는 견인 케이블만을 갖는 스키/썰매 리프트 또는 유사한 무궤도방식)	6
15 (철도 방식의 결합)	3
합계	267

- B61L 분야에서 다른 국가와는 상이하게 ‘차철기 또는 궤도 설치 차량 멈추개 블록용의 구간조작 기구’와 관련된 특허가 가장 많은 것을 확인함

- 전철차 또는 차륜 멈추개 블록을 조작하기 위한 기계적, 유체 압력식, 전기식 장치에 대한 특허가 많음

[표 D-25] B61L 세분류 수준에서의 특허분포 현황

세분류	특허수(건)
5 (차철기 또는 궤도 설치 차량 멈추개 블록용의 구간조작 기구)	96
3 (차량 또는 열차 위의 제어 장치를 위하여 선로를 따라 설치된 장치)	86
23 (차량 또는 열차간의 선로에 따른 제어경보 또는 보안장치)	79
27 (집중 제어 방식)	79
1 (선로를 따라 차량 또는 열차와 연동되어 제어되는 장치)	68
25 (차량, 열차 또는 궤도에 설치한 장치의 위치, 상태를 기록 또는 표시)	59
15 (신호의 목적으로 차량 또는 열차위에 설치한 표시기)	50
21 (역구내의 신호소 사이의 폐쇄 장치)	28
7 (전철기, 신호기 또는 궤도 설치의 차륜 멈추개 블록용 구간 조작 장치의 원격제어)	25
29 (건널목의 보안 및 신호 장치)	20
17 (조작작용의 전철 장치)	15
19 (단일 연동 장치에 의하여 전철기와 신호기를 연동시키기 위한 장치)	12
11 (차량에서의 또는 차량 통과에 의한 전철기의 조작)	4
9 (전철기, 형표시 신호기 또는 게이트용에 특히 적응시킨 조명)	1
합계	622

- B61F 분야에서는 대차 구조 및 형식, 대프레임에 대한 특허가 높은 비중을 차지하고 있음

[표 D-26] B61F 세분류 수준에서의 특허분포 현황

세분류	특허수(건)
5 (대차 구조의 세부 대차, 차량 대프레임과의 접속 곡선 통과시 차축 또는 대차조정)	184
3 (대차의 형식)	61
1 (대프레임 - 단조 또는 프레스 가공에 의한 철도 차량의 대프레임 제조)	32
7 (다른 궤간에 사용하기 위하여 장치되는 철도 차량)	18
15 (축상)	18
19 (차륜 보호 장치; 범퍼; 장애물 제거 또는 유사한 것)	15
9 (탈선 방지 장치에 특징이 있는 철도 차량)	8
13 (차륜 장치에 특징이 있는 철도 차량으로 달리 분류되지 않는 것)	3
합계	339

나. 철도기술 동향분석(분야별 분석)

(1)분석방법론

○ 철도기술 분야별 동향분석

- 철도 기술분야를 중분류 및 소분류로 나누어 구조화하고 키워드 검색을 통해 해당 분야에서 한국이 보유하고 있는 논문 및 특허수를 주요국의 성과와 비교함

[표 D-27] 철도 기술분야 분류

대분류	중분류	소분류
철도	시스템 엔지니어링	철도시스템 평가 및 검증
	운영	운영효율화 기술
	차량	차체 및 실내외 설비기술
		제동제어 기술
		대차 및 현가장치 기술
		차량전기기술
		차량제어기술
		차량유지보수
	궤도토목	궤도기술
		철도교량기술
		철도터널기술
		노반기술
		궤도유지보수
	전기신호	전력설비 기술
		신호통신
		전기신호유지보수
	환경	소음저감기술
		온실가스저감기술
	안전방재	안전방재기술
	역사	플랫폼

자료) 한국과학기술기획평가원(2007), 건설교통기술 특허·논문 동향조사

[표 D-28] 동향분석 방법론

구분	논문성과	특허성과
분석범위	2000년 ~ 2011년 Science Citation Index Expanded, Social Sciences Citation Index, Arts&Humanities Citation Index 게재논문	미국 등록특허 (2001년~2010년)
분석방법	7개 중분류로 구분하여 논문타이플 키워드 검색 실시	8개 중분류, 19개 세분류로 구분, 키워드(특허명, 초록, 청구항) 및 IPC검색 실시
분석DB	Thomson Reuters의 Web of Science DB	WIPS Database
분석방법	주요 논문게재 국가비교, 분야별 국내 주요 연구주체파악	주요국의 특허보유 수준비교, 한국특허 보유 주요출원인 파악

[표 D-29] 세부기술별 논문 검색식

세분류	검색식
시스템엔지니어링	TI=((rail* or railroad* or train or trains or "rolling stock" or LRT or metro or BRT or underground or subway or AGT or APM or monorail or streetcar or PRT or Maglev or Shinkansen) and (finite-element or assessment* or test or measure or measurement or evaluation or verification or diagnosis or diagnose))
운영	TI=((rail* or railroad* or train or trains or "rolling stock" or LRT or metro or BRT or underground or subway or AGT or APM or monorail or streetcar or PRT or Maglev or Shinkansen) and (network* or schedul* or traffic or management or timeable* or policy or service* or passenger* or algorithm* or strategy or station or diagram* or network* or (operat* same (process* or device*)) or (information same system*) or (real* same monitor* same system) or (wireless same bridge) or lan or wan or telemetering* or ((manag* or operat*) same system*) or (communication same device) or (informat* same system*)))
차량	TI=((rail* or railroad* or train or trains or "rolling stock" or LRT or metro or BRT or underground or subway or AGT or APM or monorail or streetcar or PRT or Maglev or Shinkansen) and (wheel* or railhead* or material or steel or crack or fatigue or "residual stress*"or crashworth* or (finite same element) or body or truck* or curve* or collision* or traction or "air condition*" or rolling-sliding or door or ventilat* or seat* or coupling* or coupler or drawbar or draught or frame or articulat* or collector* or pantograph* or control* or "natural frequency" or brak* or bogie* or interior or sleeping or suspension* or generator* or convertor or inverter or propulsion or propeller or power or motor))
궤도토목	TI=((rail* or railroad* or train or trains or "rolling stock" or LRT or metro or BRT or underground or subway or AGT or APM or monorail or streetcar or PRT or Maglev or Shinkansen) and (ballast or tie or sleeper* or track or operation* or railpad* or brige* or tunnel or corrugation or fastening or stiffness or roadbed* or trackbed* or (road same bed) or (track near bed) or ground* or (land same subsidence) or (reinforce* same soil) or cantenary or "third rail" or trolley)
전기신호	TI=((rail* or railroad* or train or trains or "rolling stock" or LRT or metro or BRT or underground or subway or AGT or APM or monorail or streetcar or PRT or Maglev or Shinkansen) and ("overhead line" or "contact wire" or "contact line" or ATC or CTC or ABS or ATS or ATPS or ATP or ERTMS or ETCS or GSM-R or ATO or CBTC or relay* or interlock* or (overhead same conductor) or (conductor same equipment) or ((rail* or level) same crossing) or (protect* same (device* or system* or machine*)) or (safe* same (equipment* or device* or machine*)) or (signal* same (safety or system*)) or (train same radio) or ((radio or rail*) same communication))
환경	TI=((rail* or railroad* or train or trains or "rolling stock" or LRT or metro or BRT or underground or subway or AGT or APM or monorail or streetcar or PRT or Maglev or Shinkansen) and (vibration or noise or environment* or contamination* or pollution* or sound*))
안전방재/역사	TI=((rail* or railroad* or train or trains or "rolling stock" or LRT or metro or BRT or underground or subway or AGT or APM or monorail or streetcar or PRT or Maglev or Shinkansen) and (earthquake or fire or disaster or hazard* or safe* or guardrail* or "check rail*" or derailment or protection* or platform* or terminal or depot))

[표 D-30] 세부기술별 특허검색식

중분류	소분류	검색식
시스템 엔지니어링	철도시스템 평가 및 검증	((rail* or (rolling adj stock) or train) and system and (test or measure or measurement or evaluation or verification or diagnosis or diagnose)).KEY. AND (G06F-015/00 or B61K-013/00 or G01M* or B61L-025/00 or G01N-003/60).IPC.
운영	운영효율화 기술	(((rail* or (rolling adj stock) or train or trains) and (diagram* or traffic* or rail-traffic or network* or (operat* near (process* or device*)) or (information near system*) or (real* near monitor* near system) or (wireless near2 bridge) or lan or wan or telemetering* or ((manag* or opera*) near2 system*) or (communication near device) or (informat* near3 system*))) not (((portable or pay) near telephone*) or cellular* or health or trained or training or cross-rail)).KEY. AND (H04* or G06F* or B61L* or B60L-015/40).IPC.
차량	차체 및 실내외 설비기술	((((rail* or (rolling adj stock) or train*) and ((internal adj (accommodation* or fitting*)) or (interior adj fitting*) or door or (sliding adj door) or window or heating or cooling or (air adj conditio*) or ventilat* or (ari adj condil*) or lighting or (sleeping adj car) or sleeper or seat* or Sanitation or couplings or coupler or drawbar or draught or ((buffingor draft*) adj gear) or buffer or ((resilient or buffer) adj rubber) or (vehicle adj bod*) or bod* or (car adj body) or carbody or frame or underframe*)) not articulate*)).KEY. AND (B61D* or B61G* or B21D-053/00 or B61F-001/03).IPC.
	제동제어 기술	((rail* or (rolling adj stock) or train*) and (braking or brake)).KEY. AND (B61H*).IPC.
	대차 및 현가장치 기술	((((rail* or (rolling adj stock) or train*) and (suspension* or (articulated adj (truck* or bogie*)) or truck* or bogie*)) not (conveyor or cleaning or printer))).KEY. AND (B61F*).IPC.
	차량전기기술	(((rail* or (rolling adj stock) or train*) and ((((current or power adj collector*) or collect*) or *pantograph* or ((concentrat* near linear) near generator) or ((distribut* near linear) near generator) or converter or inverter or propulsion or traction or propeller or power or motor or (auxiliary near2 power))))).KEY. AND (B60L* or H02K* or H02M*).IPC.
	차량제어기술	(((rail* or (rolling adj stock) or train*) and ((power or propulsion or traction or motor) near3 (control or controller or control*)))).KEY. AND (H02K* or H02P*).IPC.
	차량유지보수	(((rail* or (rolling adj stock) or train*) and (repair* or maintenance*))).KEY. AND (B61* or H01K* or H02K* or B60L*).IPC.

중분류	소분류	검색식
궤도토목	궤도기술	((rail or (rolling adj stock) or train) and (guardrail* or (check adj rail*) or rail or sleeper* or (resilient adj tie*) or (resilient adj sleepers) or stringer* or (impregnated adj tie*) or (steel adj tie*) or (reinforced near concrete near tie*) or (reinforced near concrete near sleeper*) or (bridge adj tie*) or (bridge adj sleeper*) or ((track or regular) adj tie*) or (prestress* near concrete near (tie* or sleeper*)) or (switch near (sleeper* or tie*)) or (cross adj sleeper) or tie bar or tie* or (concrete adj bed) or *ballast* or (ballast* adj track))).KEY. AND (E01B*).IPC.
	철도교량기술	((rail* and bridge* and (connection or girder or fixing or structure or bolt or joint or analysis or connectoer or (crossway near power) or earthquake or (expansion and contraction) or wind or vibration or elementso or composition or construction or performance or improve* or connecting))).KEY. AND (E01D* or E01B* or F16B-035/00 or F16B-035/04 or B61*).IPC.
	철도터널기술	(railway or railroad or train) and tunnel and (hood or (draft near hole) or (vertical and air and hole) or (microatmospheric and pressure) or (water and proof) or falling or (smoke near2 control) or ventilat* or paching or (section and profile) or analysis or evaluation or aerodynamic or design or submarine or (ground and stabilization) or grouting or stability or (shield and tunneling) or (method and (measurement or construction or special or reinforcement)) or (contiguity and construction) or lining or (soft near ground) or (under and pinning) or vibration or blasting or (evaluation and stability) or measurement or (ground and settlement) or movement or air or (wind and load)).KEY.
	노반기술	(((rail* or (rolling adj stock) or train*) and ((roadbed* or trackbed* or (road near bed) or (track near bed)) or *ground* or (land adj subsidence) or (reinforced near soil)))).KEY.
	궤도유지보수	(((track or rail or ballast or tie or sleeper) with (maintenance* or repair* or management*))).KEY. AND (E01B*).IPC.
전기신호	전력설비 기술	((rail* or (rolling adj stock) or train*) and ((contact near (line or wire)) or (overhead near rigid near conductor) or (rigid near conductor near equipment) or (third near rail) or (polygonal near equipment) or (trolley near voltage near detector) or (contact near wire) or (trolley near wire) or (catenary near equipment*) or catenary or (overhead near2 line))).KEY.
	신호통신	((rail* or (rolling adj stock) or train*) and (ATC or CTC or ABS or ATS or ATPS or ATP or ERTMS or ETCS or GSM-R or ATO or CBTC or relay* or interlock* or ((rail* or level) adj crossing) or (protect* adj (device* or system* or machine*)) or (safe* adj (equipment* or device* or machine*)) or (signal* adj (safety or system*)) or (train near radio) or ((radio or rail*) adj communication*))).KEY. AND (B60L-011/00 or B60L-015/00 or B61L* or B61G-003/00 or H01H* or H02H*).IPC.
	전기신호유지 보수	(rail* or (rolling adj stock) or train*) and (repair* or maintenance* or reinforcement).KEY. AND (B60M* or B60L-011/00 or B60L-015/00 or B61* or H01H* or H02H*).IPC.
환경	소음저감기술	(((track or wheel or train or rail* or collector or pantograph* or catenary or trolley or aerodynamic or ground or roadbed or ((micro-pressure or micropressure) and (tunnel or wave))) and (noise* or vibration*))).KEY. AND (B61*).IPC.
안전방재	안전방재기술	(((rail* or (rolling adj stock) or train or trains) and (safe* or guardrail* or (check near rail*)or protection* or crashworthiness crushworthiness or derailment or ((guard or check) near angle) or (fire near (prevention* or containment*)) or ((alarm* or warning*) near (light or device or system*)) or (disaster* near5 prevent*) or (disaster near10 prevent* near10 natural near10 hazard*) or (control* near5 hazard*)))).KEY. AND (B61D* or B61H* or E01B* E02D* or B61L* or B61K* or B61F* or E01F*).IPC.
역사	플랫폼	(rail* or (rolling adj stock) or train or trains) and (platform*).KEY. AND (E01F-001/00 or B61B-001/00 or B61B-001/02, E05F-015/14 or E04F-001/15).IPC.

(2) 분석결과

○ 철도분야별 논문성과 비교결과

- 차량, 운영 및 궤도토목 분야의 논문성과가 가장 많은 가운데 상대적으로 전기신호, 안전방재/역사, 환경 분야에서의 논문이 차지하는 비중은 낮은 상황임

[표 D-31] 세부기술별 논문 검색결과

세분류	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	계
시스템 엔지니어링	57	33	51	64	72	78	90	84	102	104	94	57	886
운영	86	80	77	95	123	102	108	150	150	148	164	104	1,387
차량	125	126	141	131	165	152	211	199	250	235	236	174	2,145
궤도토목	63	55	65	103	73	82	110	112	124	104	132	69	1,092
전기신호	9	5	7	13	17	12	17	19	14	8	13	8	142
환경	66	27	38	54	52	45	74	55	56	62	69	44	642
안전방재/ 역사	37	45	36	42	49	58	51	56	63	53	42	24	556

- 한국은 전반적으로 8위권 이내의 논문성과를 창출하고 있는 것으로 나타났으며 시스템 엔지니어링 분야에서 상대적으로 타 국가보다 많은 논문을 보유하고 있음
- 그러나 철도운영 및 차량부문, 환경(소음)분야에서는 상대적으로 경쟁력이 낮은 것으로 조사되었으며 전기신호 및 안전방재/역사 분야에서의 논문성과는 많지 않음

[표 D-32] 분야별 논문성과 비교결과

구분	1위	2위	3위	4위	5위	6위	7위	8위	한국
시스템 엔지니어링	미국 (158)	영국 (83)	중국 (80)	한국 (67)	이태리 (65)	독일 (61)	일본 (60)	프랑스 (42)	4위 (67)
운영	미국 (287)	중국 (135)	영국 (127)	독일 (86)	이태리 (59)	일본 (59)	스페인 (59)	네덜란드 (58)	11위 (49)
차량	중국 (253)	미국 (252)	영국 (229)	일본 (199)	이태리 (147)	독일 (145)	스웨덴 (116)	한국 (109)	8위 (109)
궤도토목	미국 (155)	중국 (128)	영국 (115)	일본 (72)	호주 (65)	스웨덴 (63)	한국 (57)	이태리 (55)	7위 (57)
전기신호	미국 (25)	중국 (11)	한국 (10)	독일 (9)	이태리 (9)	일본 (8)	인도 (7)	스페인 (7)	3위 (10)
환경	미국 (99)	중국 (87)	영국 (78)	일본 (64)	프랑스 (39)	스웨덴 (38)	독일 (33)	네덜란드 (31)	10위 (22)
안전방재/ 역사	미국 (111)	영국 (47)	중국 (44)	일본 (24)	이태리 (20)	한국 (20)	호주 (17)	독일 (16)	6위 (20)

- 국내 논문보유 주체를 살펴보면, 철도기술연구원이 대부분의 성과를 차지하고 있는 가운데, 주요 대학들의 연구성과가 창출되고 있는 것을 확인할 수 있음

[표 D-33] 세부기술별 논문 검색결과

세분류	1위	2위	3위
시스템엔지니어링	철도기술연구원(27)	서울대(8)	한양대(7)
운영	서울대(8)	한양대(6)	철도기술연구원(6)
차량	철도기술연구원(31)	한양대(12)	성균관대(9)
궤도토목	서울대(18)	철도기술연구원(5)	한양대(4)
전기신호	철도기술연구원(5)	한양대(2)	부경대(2)
환경	철도기술연구원(3)	서울대(3)	KAIST(2)
안전방재/역사	철도기술연구원(2)	한양대(2)	경희대(2)

○ 철도분야별 특허성과 비교결과

- 차량 및 궤도토목 분야의 특허성과가 가장 높은 비중을 차지하고 있는 가운데, 차량 내에서는 차체 및 실내외 설비, 차량전기 관련 특허가 많고 궤도토목 내에서는 궤도 유지 보수 및 궤도 관련 특허가 대부분을 차지하고 있음

[표 D-34] 세부기술별 검색결과

중분류	소분류	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	계
시스템 엔지니어링	철도시스템 평가/검증	1	5	5	8	5	5	5	3	10	5	7	3	62
운영	운영 효율화	24	22	26	16	30	30	34	35	37	29	41	15	339
차량	차체 및 실내외 설비	36	39	37	37	23	31	31	19	29	31	44	17	374
	제동제어	8	10	5	6	4	6	4	2	6	2	1	2	56
	대차 및 현가장치	16	21	20	11	9	9	6	10	7	12	10	8	139
	차량전기	44	29	45	22	24	33	26	34	19	27	21	6	330
	차량제어	11	1	10	2	6	4	10	11	6	5	5	4	75
	차량 유지보수	4	3	7	4	3	2	2	6	2	4	2	0	39
	소계	119	103	124	82	69	85	79	82	69	81	83	37	1,013
궤도 토목	궤도	39	46	50	47	27	18	29	17	20	28	53	19	393
	철도교량	6	3	5	3	2	2	1	1	3	0	4	0	30
	철도터널	5	3	2	5	9	2	6	1	2	4	7	3	49
	노반	6	2	4	4	7	4	2	2	1	3	7	1	43
	궤도 유지보수	49	61	65	59	37	29	37	24	28	31	59	23	502
	소계	105	115	126	118	82	55	75	45	54	66	130	46	1,017
전기 신호	전력설비	28	27	24	13	19	16	13	20	19	25	26	10	240
	신호통신	7	9	7	8	9	10	10	5	3	5	7	8	88
	전기신호 유지보수	6	5	9	7	3	2	2	7	1	5	7	2	56
	소계	41	41	40	28	31	28	25	32	23	35	40	20	384
환경	소음저감	2	5	8	3	1	0	4	1	4	1	2	1	32
안전 방재	안전방재	12	25	18	17	12	10	13	11	8	12	11	7	156
역사	플랫폼	5	4	1	1	1	1	0	1	3	1	7	1	25

- 미국특허를 중심으로 비교한 자료이기 때문에 미국이 대부분의 특허를 차지하고 있는 것으로 조사되었음
- 그러나 일본, 독일의 경우 운영, 차량, 궤도토목, 전기신호 등의 분야에서 전략적으로 미국특허를 보유하면서 국제 경쟁력 확보를 위해 노력하고 있음을 확인할 수 있음
- 상대적으로 한국의 경우, 미국특허보유수 자체가 많지 않으며 환경 및 안전방재/역사 분야에서는 한 건의 특허도 보유하고 있지 않은 것으로 조사되었음

[표 D-35] 분야별 특허성과 비교결과

분야	미국	일본	독일	프랑스	영국	한국
시스템 엔지니어링	37	0	8	1	1	3
운영	181	50	19	9	5	7
차량	491	104	114	35	7	3
궤도토목	375	38	128	17	50	12
전기신호	188	35	28	11	4	3
환경	11	8	1	0	0	0
안전방재/역사	87	11	12	2	2	0
합계	1283	235	298	73	67	28

[표 D-36] 세부기술별 검색결과

중분류	소분류	미국	일본	독일	프랑스	영국	한국
시스템 엔지니어링	철도 시스템 평가/검증	37	0	8	1	1	3
운영	운영효율화	181	50	19	9	5	7
차량	차체 및 실내외 설비	212	19	32	8	0	1
	제동제어	33	0	5	2	0	0
	대차 및 현가장치	65	4	18	8	1	0
	차량전기	128	62	48	14	4	1
	차량제어	33	14	7	3	2	1
	차량유지보수	20	5	4	0	0	0
궤도토목	궤도	137	16	57	7	23	5
	철도교량	17	1	3	0	1	1
	철도터널	37	2	1	0	1	1
	노반	16	0	3	1	2	0
	궤도유지보수	168	19	64	9	23	5
전기신호	전력설비	110	28	16	7	3	3
	신호통신	49	4	8	3	1	0
	전기신호 유지보수	29	3	4	1	0	0
환경	소음저감	11	8	1	0	0	0
안전방재	안전방재	79	8	11	1	2	0
역사	플랫폼	8	3	1	1	0	0

- 국내등록특허를 보유한 주요 주체들의 현황을 살펴보면, 한국철도기술연구원이 전 분야에서 기술력을 확보하고 있는 것을 확인할 수 있으며, 현대로템, 철도공사, 삼표이앤씨 등이 일부 해당 분야에서 관련 특허를 상당수 보유하고 있음

[표 D-37] 분야별 국내특허 보유주체 현황

중분류	소분류	1위	2위	3위	합계
시스템 엔지니어링	철도시스템 평가/검증	한국철도 기술연구원(17)	한국철도 공사(1)	현대자동차 (1)	19
운영	운영효율화	한국철도 기술연구원(11)	대아티아이 (3)	미쓰비시 (3)	58
차량	차체 및 실내외 설비	현대로템 (19)	한국철도 기술연구원(18)	나브코 (3)	94
	제동제어	한국철도 기술연구원(5)	삼영기계 (2)	현대로템 (2)	26
	대차 및 현가장치	한국철도 기술연구원(12)	히다치 (2)	지멘스 (2)	25
	차량전기	한국철도 기술연구원(12)	현대자동차 (9)	현대로템 (6)	65
	차량제어	삼성전자(1)	-	-	1
	차량유지보수	한국철도 기술연구원(1)	유진정공 (1)	정설시스템 (1)	7
궤도토목	궤도	삼표이앤씨 (20)	한국철도 기술연구원(13)	대륙철도 (6)	156
	철도교량	석정건설 (4)	포항산업과학 연구원(4)	코벡 (3)	48
	철도터널	한국철도 기술연구원(8)	한국철도 공사(3)	건설기술연 구원(3)	27
	노반	철도안전 연구소(1)	세렉스(1)	삼표이앤씨 (1)	6
	궤도유지보수	한국철도 기술연구원(33)	삼표이앤씨(31)	동원궤도 (8)	259
전기신호	전력설비	한국철도 기술연구원(2)	강이엠테크(2)	조일전설 (1)	13
	신호통신	한국철도 기술연구원(18)	샬롬 엔지니어링(5)	대아티아이 (4)	69
	전기신호 유지보수	한국철도 기술연구원(1)	유진정공(1)	대아티아이 (1)	7
환경	소음저감	서울메트로 (1)	대구지하철 공사(1)	케이이엘 (1)	4
안전방재	안전방재	한국철도 기술연구원(10)	샬롬 엔지니어링(4)	대아티아이 (2)	57
역사	플랫폼	현대로템 (1)	디유에이엔아이 (1)	에스케이디 (1)	8

다. 철도운영 효율화 관련 4대 연구분야 기술동향 분석

(1) 분석방법론

○ 철도기술 분야별 동향분석

- 기획과제에서 철도운영 효율화 분야의 기술개발 영역으로 고려하고 있는 검측차량, 철도유지관리 시스템, 철도에너지 절감 및 최적화, 친환경 철도시스템 관련 기술동향을 파악하기 위해서 키워드 검색을 통한 주요국 등록특허 현황을 파악하였음

[표 D-38] 4대 분야 동향분석 방법론

구분	논문성과	특허성과
분석범위	2001년 ~ 2010년 Science Citation Index Expanded, Social Sciences Citation Index, Arts&Humanities Citation Index 게재논문	미국 등록특허 (2001년~2009년)
분석방법	논문타이틀 키워드 검색 실시	키워드(특허명, 초록, 청구항) 검색
분석DB	Thomson Reuters의 Web of Science DB	WIPS Database
분석방법	연도별 논문성과 추세, 주요국의 논문보유 수준비교 및 피인용도 수준비교	연도별 특허성과 추세, 주요국의 논문보유 수준비교 및 피인용도 수준비교

[표 D-39] 4대 분야 동향분석 논문 및 특허검색식

구분	검색식
검측 차량	(rail track or railroad or railway) and ((non-contact and (monitoring or recording or inspection)) or ((running near stability) and ((ride near comfort) or acceleration or measurement)) or ((bridge or tunnel or track bed or sub-layer, fastener, sleeper, ballast) and (inspection or monitoring)) or ((((high near speed) and camera) or image or surface or fault) and (measurement or processing)) or (((high near speed) or data) and (collection or signal process or diagnosis or evaluation)) or ((optimization and (analysis or maintenance or planning))) or ((high near speed) or ((low near vibration) or vibration or (vibration near isolation)) and (control or remodeling))
철도 유지 관리 시스템	((real time near monitoring) and (sensor or sensor node) and (((rolling near stock) or (railroad near vehicle) or train or bogie or onboard or axle box or hot box detector) or energy harvesting or powerless) and (safety or reliability or diagnosis or prognosis)) or ((rail track or railroad or railway or rolling stock or railroad vehicle) and ((wireless and (sensor adj network)) or (((maintenance and (condition near based) or (reliability near centered)) or safety or reliability) and (axle box or hot box detector or bogie hunting or axle bearing))
철도 에너지 절감 및 최적화	(((recycle near energy) or storage) and ((capacitor or super capacitor) and recycle)) or (((solar or photovoltaic or fuelcell or SOFC or MCFC or PEMFC or wind turbine) or renewable near energy) and (DG or blade or inverter or PCS or battery or (distributed adj generator))) or ((piezoelectric or scavenging or (harvesting and (energy or power))) or ((flywheel and (rotational energy or dynamics or generator or (electrical adj power conversion))) or (((supercondoctor or cooling system) or efficiency or improvement) and (motor or generator)) or ((smart near grid) and (DG or DC or building or EMS or PCS or PMS or AMI or smart meter or distributed or conditioning))
친환경 철도 시스템	(rail or railway or railroad or train) and (((assessment or measurement) and (greenhouse gas or CO2 or inventory))) or ((reduction and (greenhouse gas or CO2 or emission source)) or ((assessment and (environment near impact) or (greenhouse adj gas emission)) or ((energy and (improvement or efficiency)) or (emission near reduction)) or ((railway or system) and (maintenance or operation) and (eco- or enviornmental or friendly)) or ((eco-design and (railway or system)) or ((minimizing near pollution) or (pollution near prevention) and design) or (recycling near material)) or ((eco or eco-) and (city or transportation or railway)) or ((deterioration adj prevention) and (concrete or life extension))

(2) 분석결과

○ 4대 분야별 논문성과 비교

- 철도부문에 적용가능한 IT 관련 기술이 많아 철도유지관리 시스템 분야에서 가장 많은 논문이 창출되고 있는 것으로 조사되었으며, 철도 에너지 절감 및 최적화 분야에서는 최근 들어 연구가 활발해지는 추세를 나타내고 있음

[표 D-40] 4대 분야 논문성과 추세

분야	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	합계
검측차량	11	16	21	26	27	31	27	29	25	32	245
철도유지관리 시스템	32	34	50	54	53	47	69	85	69	89	582
철도에너지 절감/최적화	19	19	21	27	20	30	38	41	42	47	304
친환경 철도시스템	11	12	13	13	10	13	17	21	19	25	154

- 분야별로 각국의 논문성과수를 비교해보면, 미국이 전 분야에서 가장 많은 논문을 보유하고 있는 가운데 철도 에너지 절감 및 최적화 분야에서 일본의 연구개발투자가 증가하고 있는 것을 확인할 수 있음

[표 D-41] 분야별 논문성과 비교결과

분야	1위	2위	3위	4위	5위	6위	7위	8위	한국
검측차량	미국 (59)	영국 (52)	이탈리아 (30)	독일 (22)	일본 (16)	한국 (11)	중국 (9)	러시아 (9)	6위 (11)
철도유지 관리시스템	미국 (116)	영국 (80)	이탈리아 (60)	중국 (53)	독일 (37)	호주 (32)	일본 (30)	프랑스 (28)	10위 (22)
철도에너지 절감/최적화	미국 (88)	일본 (47)	독일 (22)	프랑스 (15)	영국 (13)	이탈리아 (13)	호주 (!2)	캐나다 (11)	10위 (9)
친환경 철도시스템	미국 (37)	일본 (16)	중국 (14)	영국 (13)	프랑스 (11)	한국 (6)	독일 (6)	호주 (6)	공동 6위(6)

- 분야별 주요국의 논문성과를 질적으로 비교해 보기 위해 논문 인용도 수준을 파악하였으며, 미국이 논문의 질적성과 면에서도 전반적으로 높은 수치를 나타내고 있는 가운데, 분야별로 일본, 프랑스 보유 논문수는 상대적으로 적지만 우수한 연구성과를 창출하고 있는 것으로 파악됨

· 일본의 경우 검측차량 분야의 논문은 많지 않으나 평균 피인용도는 가장 높아 질적 우수성이 높은 것으로 파악되며, 에너지 절감 및 최적화 분야에서는 양적인 측면에서는 미국과 일본의 논문이 많으나 피인용도 측면에서는 프랑스 논문의 질적 우수성이 높음

· 한국의 경우, 전반적으로 주요국가의 논문 질적 수준보다는 낮은 것으로 나타나고 있으나 철도 에너지 절감 및 최적화 분야의 피인용도는 높은 것으로 파악됨

[표 D-42] 분야별 주요국의 평균 피인용도 비교

분야	미국	일본	독일	프랑스	한국
검측차량	8.71	11.75	6.64	4.0	1.55
철도유지관리 시스템	6.93	5.07	5.54	3.89	1.45
철도 에너지 절감 및 최적화	5.89	6.05	4.6	7.47	5.22
친환경 철도시스템	5.84	2.62	4.0	5.18	1.17

○ 4대 분야별 특허성과 비교

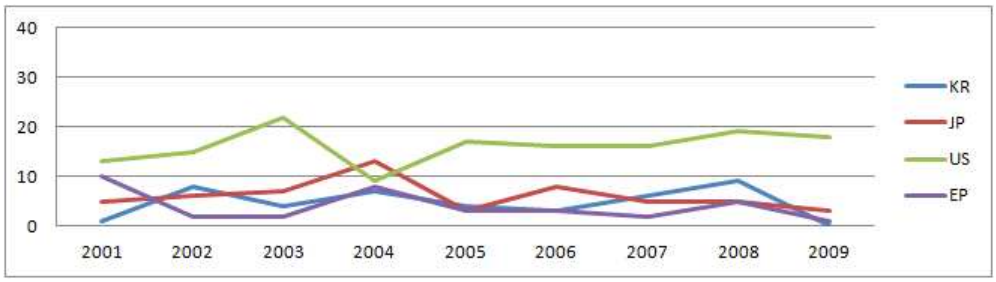
- 철도운영 효율화 관련 기술분야를 4대 분야로 구분하여 특허성과를 비교하였으며, 유지보수 자동화 선진화 측면에서 검측차량, 철도유지관리 시스템 분야를 구분하였고 철도에너지 관리 효율화 측면에서 철도 에너지 절감 및 최적화 분야, 환경비용 저감 측면에서 친환경 철도시스템을 구분하였음

- 철도유지관리 시스템에 활용가능한 IT 관련 기술이 상당수 존재하여 가장 많은 특허성과가 창출되고 있는 것으로 조사되었으며, 에너지 및 환경 관련 분야의 특허는 상대적으로 많지 않음

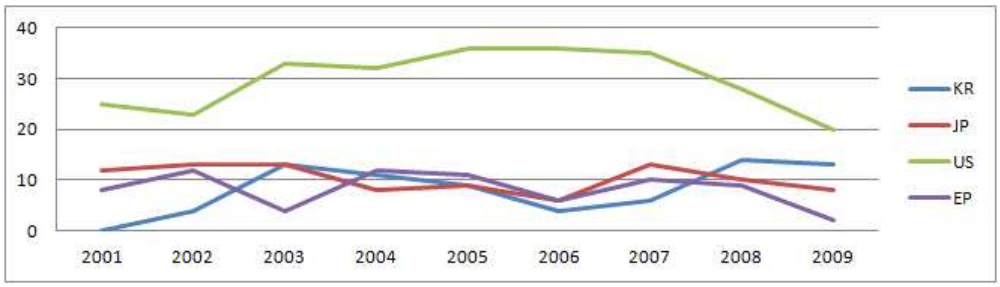
[표 D-43] 4대 분야 특허성과 추세

분야	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	합계
검측차량	29	31	35	37	27	30	29	38	22	278
철도유지관리 시스템	45	52	63	63	65	52	64	61	43	508
철도에너지 절감/최적화	10	9	15	17	17	18	15	13	15	129
친환경 철도시스템	8	0	11	17	25	8	36	22	5	132

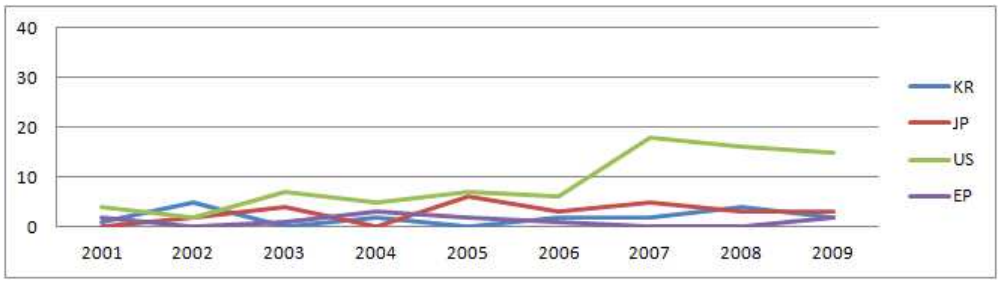
주) 등록특허로 검색된 결과를 출원연도를 기준으로 기록하여 2009년 특허수가 감소



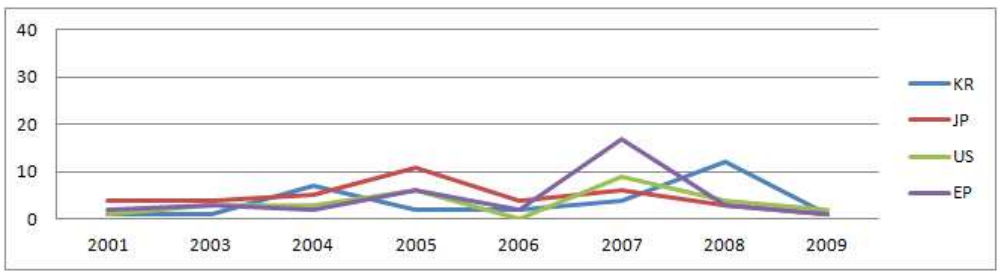
[그림 D-11] 검측차량 분야 특허추세



[그림 D-12] 철도유지관리 시스템 분야 특허추세



[그림 D-13] 철도에너지 절감 및 최적화 분야 특허추세



[그림 D-14] 친환경 철도시스템 분야 특허추세

- 미국이 가장 많은 특허수를 보유하고 있는 가운데, 일본은 철도 에너지 절감 및 최적화 분야에서, 유럽국가들은 친환경 철도시스템 분야에서 가장 많은 특허를 보유하고 있음

[표 D-44] 분야별 미국/유럽 특허성과 비교결과

분야	1위	2위	3위	4위	5위	한국
검측차량	미국 (98)	유럽 (37)	일본 (30)	중국 (6)	대만 (3)	6위 (2)
철도유지관리 시스템	미국 (212)	유럽 (103)	캐나다 (16)	일본 (13)	중국 (5)	6위 (4)
철도에너지 절감 및 최적화	일본 (30)	미국 (24)	유럽 (9)	한국 (8)	캐나다 (5)	4위 (8)
친환경 철도시스템	유럽 (47)	일본 (20)	미국 (16)	-	-	-

주) 분야별 주요국의 특허보유 수준비교는 미국 및 유럽특허 검색결과만을 활용하여 집계
유럽특허의 경우, 유럽 개별국가에 대한 정보가 세분화되지 않아 유럽(EP)로 통합하여 집계

- 전반적으로 특허 피인용도는 높지 않으며 미국의 피인용도 수준이 상대적으로 높음

[표 D-45] 분야별 주요국의 평균 피인용도 비교

분야	미국	일본	유럽	전체평균
검측차량	1.09	0.47	0.22	0.75
IT기술융합 철도유지관리 시스템	1.84	0.38	1.09	1.54
철도에너지 절감 및 최적화	1.03	0.72	1.01	0.76
친환경 철도시스템	6.44	0.2	0.21	1.41

라. 관련 특허 검토

일련번호	1-1	대한민국공개특허 10-2009-0063530		
출원일자		2007. 12. 14	공개일자	2009. 06. 18
출원인		한국철도기술연구원		
제목		고속철도차량용 고정밀 속도 및 위치 접촉장치		

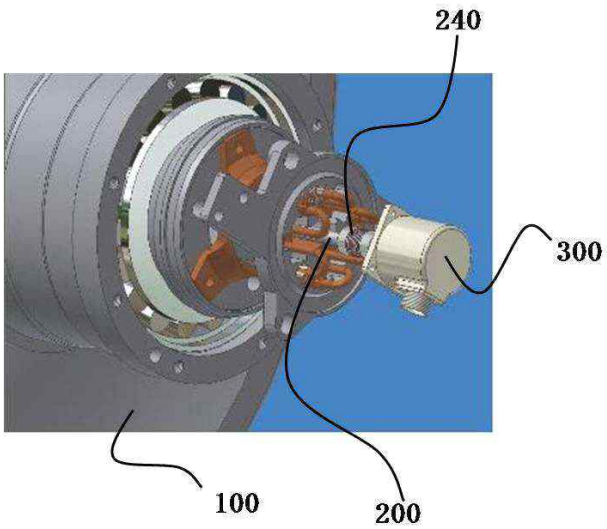
특허 개요

■ 기술요지

고속철도차량의 대차에 고해상도의 엔코더를 안전, 용이하게 장착하여 고속철도차량의 이동거리 및 속도를 고정밀도로 계측할 수 있도록 한 고속철도차량용 고정밀 속도 및 위치 검측장치에 관한 것

■ 과제기술 관련

회전체의 속도를 고도로 정밀하게 계측할 수 있는 상용화된 엔코더를 고속철도차량에 보다 안정적이면서 엔코더 자체의 구조 변경 없이 곧바로 부착 사용할 수 있도록 함으로써 정밀한 고속철도차량의 속도를 검측하고 이를 통해 이동거리 및 위치정보를 쉽게 산출할 수 있도록 해줌



검토의견

관련 기술은 고속차량의 속도 및 이동거리, 위치정보 등을 파악할 수 있는 기술로써 고속주행 중 검측관련 요소기술은 고속검측차량에서 활용할 수 있을 것으로 판단되며 활용가능성 및 적용방식에 대한 추가적인 검토가 필요함

일련번호	1-2	대한민국공개특허 10-2010-0021327		
출원일자		2008. 08. 14	공개일자	2010. 02. 24
출원인		한국철도공사		
제목		궤도틀림실시간감시시스템		

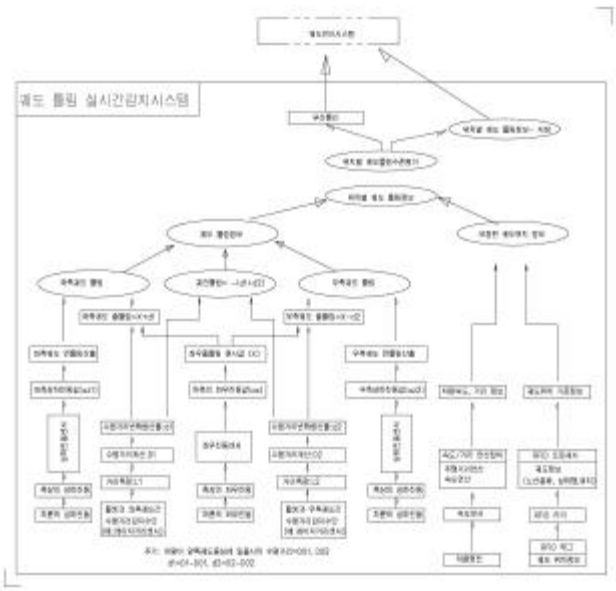
특허 개요

■ 기술요지

철도궤도의 유지보수를 위한 궤도틀림도의 측정방법 및 위치인식과 무선 데이터전송을 통한 효율적인 궤도틀림측정 및 관리시스템에 관한 것

■ 과제기술 관련

철도차량에 탑재하는 궤도검측시스템으로써 상하진동센서, 좌우진동센서, 차량속도센서, 휠셋과 궤도간의 수평거리감지수단, RFID시스템, 데이터처리장치, 무선통신장치로 구성되며 주행하는 철도 차량에 탑재되어 궤도틀림상태를 비접촉식으로 검측하여 이를 실시간으로 무선으로 송신하여 궤도관리에 활용할 수 있는 수단을 제공함



검토의견

검측차량에 활용가능한 비접촉식 궤도 검측기술로서 향후 연구개발시 고속 검측시 정확성, 신뢰도 향상 등을 목표로 실질적인 검측에 활용할 수 있는 방안 마련이 필요할 것으로 판단됨

일련번호	1-3	일본공개특허 P2011-53059A		
출원일자		2009. 09. 01	공개일자	2011.03.17
출원인		Hitachi, Central Japan Railway		
제목		Vehicle Inspection Apparatus		

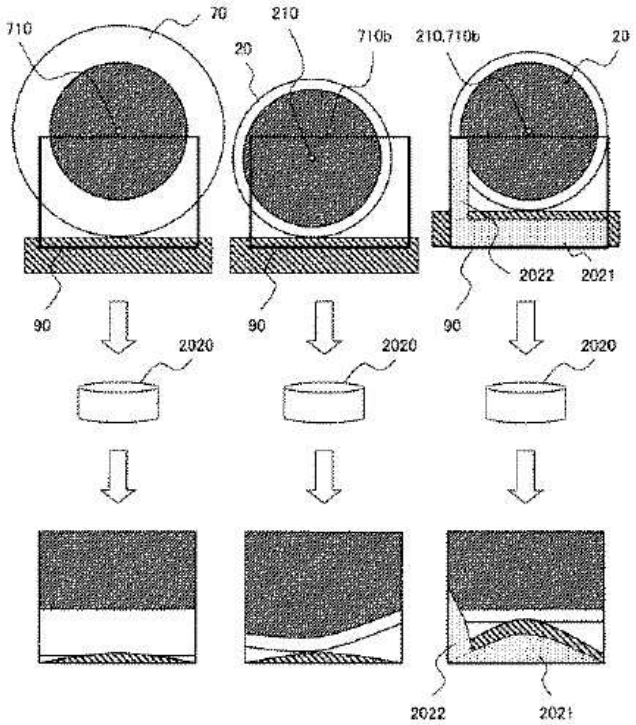
특허 개요

■ 기술요지

차륜 측면을 찍고 검사할 수 있는 차량 검사 장치를 제공하는 것

■ 과제기술 관련

선로에 따라 설치되고 화상 취득장치, 화상 보존 장치, 화상 처리 장치를 포함하며, 차륜 마모의 양, 차륜의 반경 계측을 통하여 복수 카메라 간의 각차륜의 회전각에 근거하고 보정하는 것으로 복수의 부분 화상으로부터 검사에 매우 적합한 차륜 전 둘레의 검사 화상을 제공함



검토의견

선로에 설치되어 차륜을 검측하는 기술로서 검측차량에 적용하기는 어려우나 카메라를 통한 이미징 자료 확보 및 전송, 분석 등과 관련된 내용은 추가적으로 검토하여 기술개발에 참고가능함

일련번호	1-4	일본공개특허 P2007-38784A		
출원일자		2005. 08. 02	공개일자	2007. 02. 15
출원인		Hitachi		
제목		Detection of track maintenance facility data and inspection device		

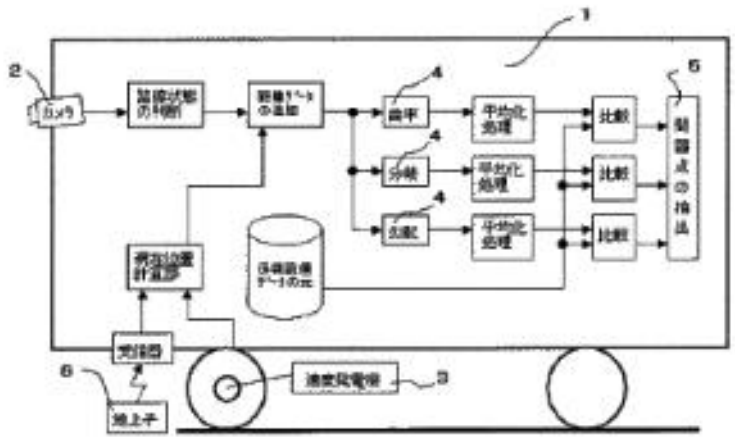
특허 개요

■ 기술요지

검측차의 주행에 의하여 보선 설비 데이터를 취득하고, 취득한 데이터에 의하여 보선 설비 데이터의 검사를 가능하게 하는 장치 및 수단에 관한 것

■ 과제기술 관련

검측차의 편성의 선두, 최후방 등에 카메라 등의 계측기를 가지고 차축이나 주전동기축에 설치한 속도 발전기를 가지고 있으며, 검측차의 주행에 의하여 각 장치로부터 얻어지는 신호를 기록 처리하여 검사하는 것



검토의견

카메라를 활용한 검측기술이 차량에 활용된 것으로서 검측가능한 범위와 수준에 대한 검토를 통해 향후 연구개발 시 활용 또는 적용가능한지에 대한 판단이 필요함

일련번호	1-5	EUROPEAN PATENT APPLICATION EP1118834A3		
출원일자		2001. 07. 25	공개일자	A3 2003. 05. 02 A2 2003. 07. 25
출원인		Vision Device		
제목		Device to optically measure the wheels of railway vehicles		

특허 개요

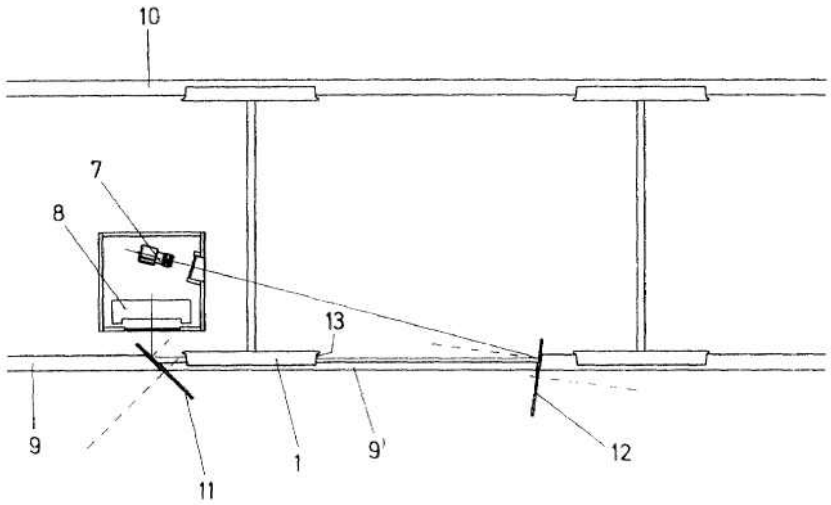
■ 기술요지

철도 차량 차륜의 광학적 측정 장치에 관한 것

■ 과제기술 관련

철도차량 차륜의 기하학적 차원의 자동 검측 및 제어에 관련된 광학 시스템기술로써, 광학 이미지 검측을 위하여 광원, 거울1, 거울2로 구성되며 차륜쌍의 안 또는 밖에 일정한 거리를 유지하며 위치함

거울1에 선로와 평행하게 광원이 전달되며, 거울2에 거울1의 광원이 전달되어 차륜의 상태를 광학적으로 검측 하는 기술임



검토의견

차륜 검측을 위한 광학 시스템 기술로서 비접촉식 및 고속 검측기술개발 추진시 활용가능할 것으로 판단되며 국내에서 개발하려는 스펙의 검측차량에 대한 적용가능성에 대한 추가검토가 필요함

일련번호	1-6	미국공개특허 US 7,755,660 B2		
출원일자		2004. 05. 03	공개일자	2010. 07. 13
출원인		Ensco, Inc., Falls Church		
제목		VIDEO INSPECTION SYSTEM FOR INSPECTION OF RAIL COMPONENTS AND METHOD THEREOF		

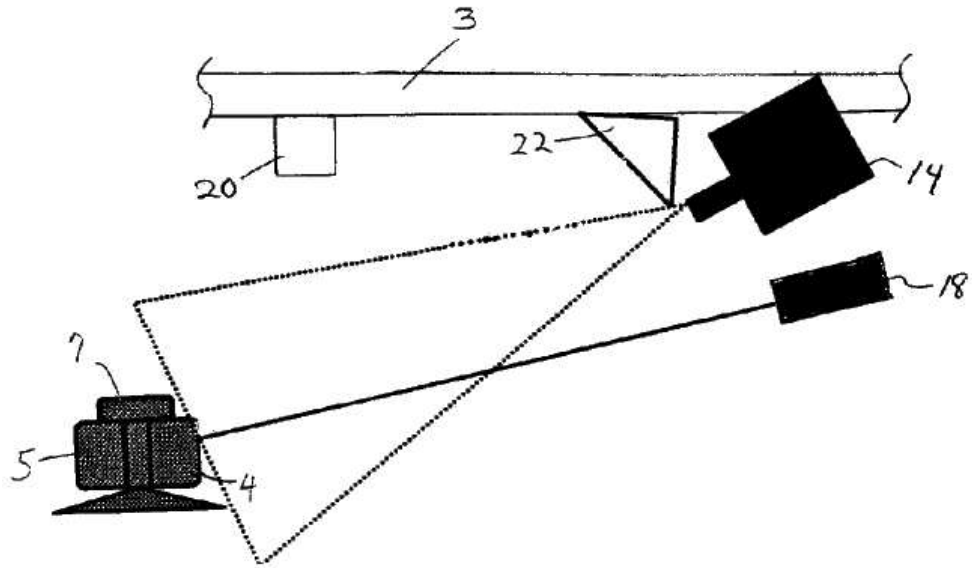
특허 개요

■ 기술요지

선로 결함의 비디오 검측 시스템에 관한 것

■ 과제기술 관련

선로를 비추는 조명 장비와, 트리거 장치, 카메라, 이미지 제공 장치 등으로 구성되어 선로 결함의 자동 검측이 가능한 기술임



검토의견

비디오 검측 시스템을 활용하여 선로결함을 파악할 수 있는 기술로서 국내에서 개발하고자 하는 검측차량에 적용가능할 것으로 판단되나 검측차량 속도 및 구조 등과의 적합성에 대한 검토가 필요함

일련번호	1-7	미국공개특허 US 6,356,299 B1		
출원일자		1999.09.22	공개일자	2002. 03. 12
출원인		National Railroad Passenger Corporation		
제목		AUTOMATED TRACK INSPECTION VEHICLE AND METHOD		

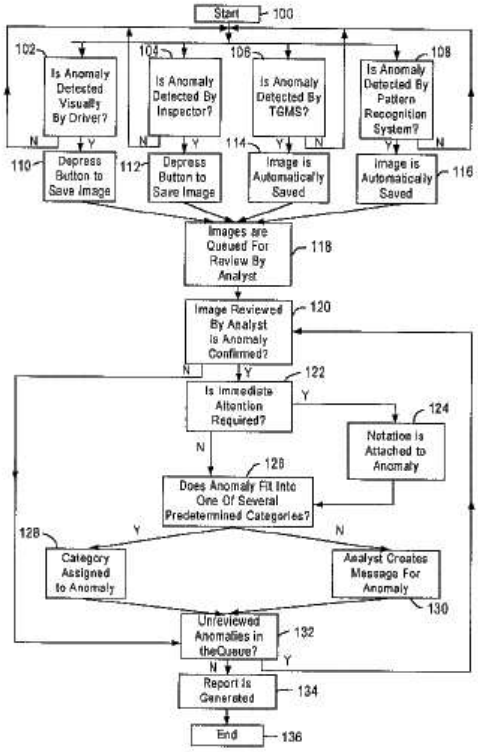
특허 개요

■ 기술요지

자동 선로 검측 장비와 검측 방법에 관한 것

■ 과제기술 관련

선로 결함의 자동 검측 장비로써 검측 차량에 카메라 장비가 구축되어 있으며 차량 운전자, 검측자, 검측 시스템을 통하여 실시간 화면으로 분석이 가능하고, 분석이 어려운 경우 비디오 자료를 저장하여 선로 결함, 선로 결함 장소 등의 심층 분석이 가능한 기술임



검토의견

선로결함에 대한 실시간 모니터링 및 데이터 축적을 통한 분석이 가능한 기술로서 국내 검측차량 개발시 목표수준을 고려하여 활용할 수 있는 방안을 모색할 필요가 있음

일련번호	1-8	미국공개특허 US 6,945,114 B2		
출원일자		2003. 05. 30	공개일자	2005. 09. 20
출원인		The Johns Hopkins University		
제목		LASER-AIR, HYBRID, ULTRASONIC TESTING OF RAILROAD TRACKS		

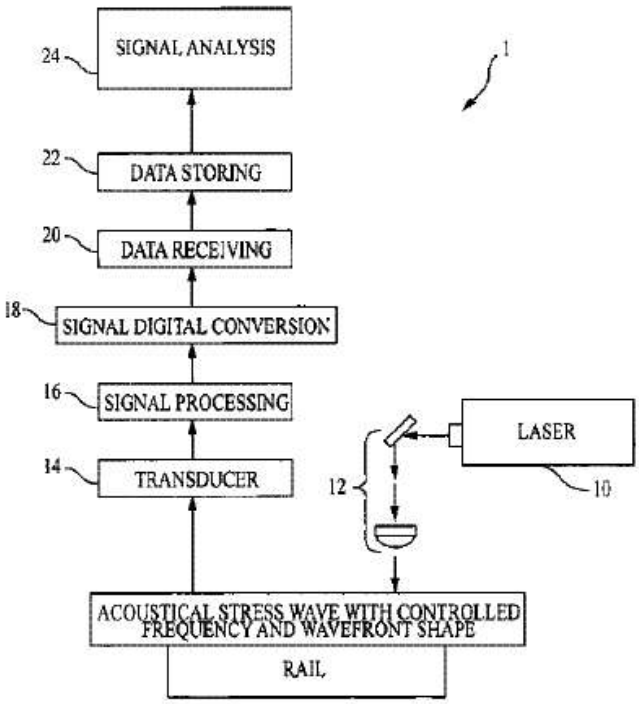
특허 개요

■ 기술요지

선로 검측에 있어서 레이저, 하이브리드, 초음파 기술 활용에 관한 것

■ 과제기술 관련

펄스 레이저 광원을 사용하여 다양한 파장을 선로 검측에 활용한 비접촉 방식으로 선로의 결함을 검측하고, 검측 속도가 빠르며 선로 검측이 어려운 부분도 손쉽게 검측할수 있는 검측 기술임



검토의견

비접촉 방식의 선로검측 기술로서 본 연구개발 기획 및 추진시 참고하는 한편, 국내 적용 가능성과 함께 대학과의 공동연구 가능성도 검토해볼 필요가 있음

일련번호	1-9	미국공개특허 US 7,507,965 B2		
출원일자		2006. 02. 14	공개일자	2009. 03. 24
출원인		Spirit Solutions, Inc		
제목		SMART THERMAL IMAGING AND INSPECTION DEVICE FOR WHEELS AND COMPONENTS THEREOF AND METHOD		

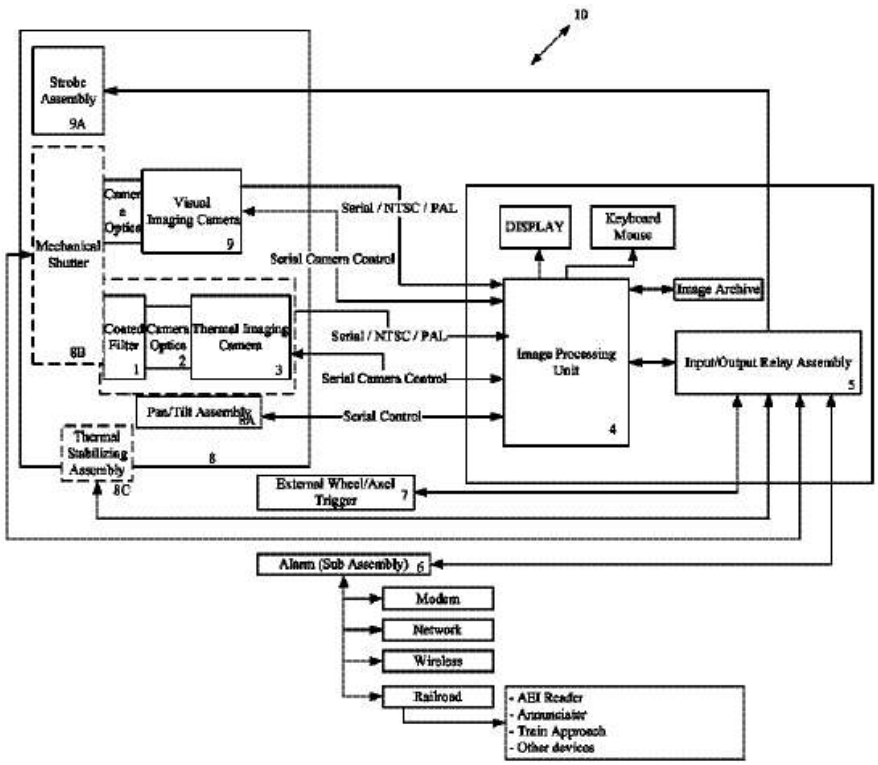
특허 개요

■ 기술요지

차륜의 결함의 스마트 검측 및 열화상 이미지에 관한 것

■ 과제기술 관련

발명 장치는 열화상 카메라, 비주얼 카메라, 이미지 처리장치를 포함하며, 검측 자동차/검측 트럭의 바퀴의 자동 검측 및 분석이 가능함



검토의견

열화상 카메라를 활용한 검측기술로서 국내 검측차량 개발시 적용가능한 다양한 기술적 대안의 검토차원에서 특허를 파악해 볼 필요가 있으며, 고속주행시 검측 수준에 대한 추가적인 검토가 필요함

일련번호	1-10	미국공개특허 US 7,882,742 B1		
출원일자		2008. 10. 28	공개일자	2011. 02. 08
출원인		Herzog Services, Inc.		
제목		APPARATUS FOR DETECTING, IDENTIFYING AND RECORDING THE LOCATION OF DEFECTS IN A RAILWAY RAIL		

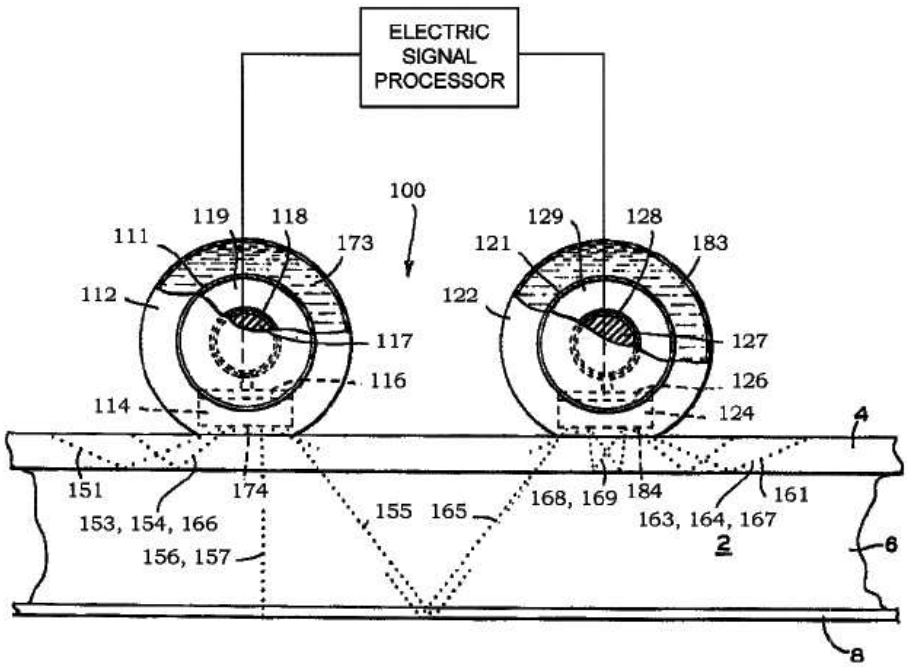
특허 개요

■ 기술요지

선로 결함 검측 및 기록을 위한 기구에 관한 것

■ 과제기술 관련

초음파를 활용하여 선로를 검측하는 장비이며, 유체 및 변환기로 구성된 타이어는 고정되어 있으며 그것이 물체와 접촉하여 전기적 신호를 발생시킴에 따라 선로의 결함을 검측할 수 있음



검토의견

초음파를 활용한 검측기술로서 다양한 기술적 대안에 대한 검토차원에서 관련 내용을 파악해 볼 필요가 있으며, 개발하려는 목표 및 세부내용에 따라 응용/활용가능성을 점검해볼 필요가 있음

일련번호	2-1	대한민국공개특허 10-2011-0078905		
출원일자		2009. 12. 31	공개일자	2011. 07. 07
출원인		국민대학교산학협력단		
제목		무전원 기동 센서 노드		

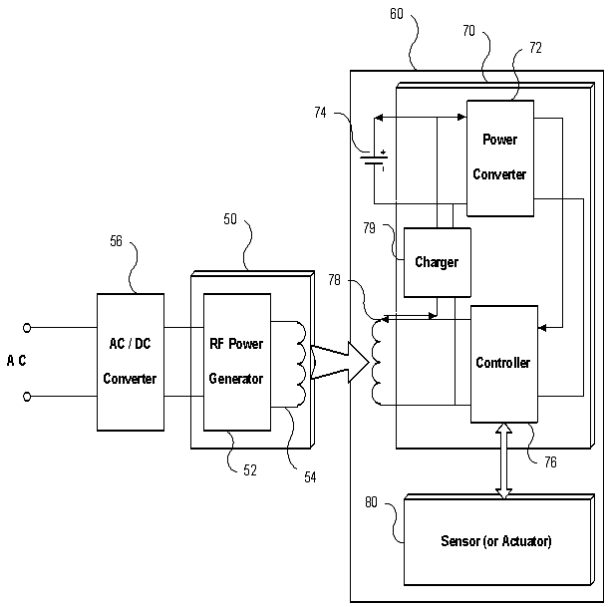
특허 개요

■ 기술요지

별도의 배터리를 구비하지 않고도 동작이 가능한 무전원 기동 센서 노드에 관한 것

■ 과제기술 관련

주위 환경 정보를 센싱하기 위한 센서와, 외부와의 통신을 위한 송수신기 및 센서 노드의전반적인 동작을 제어하는 컨트롤러로 구성된 동작부, 주위 환경으로부터 에너지를 획득하여 전기 에너지를 생성하는 스캐빈저, 생성된 전기 에너지를 인가받아 충전되며 충전된 전기 에너지가 소정 기준 이상일 경우 충전된 전기 에너지를 동작부에 공급하는 커패시터를 포함하며 배터리와 같은 별도의 전원저장수단 없이도 반영구적인 사용이 가능함



검토의견

배터리를 사용하지 않고 반영구적 사용이 가능한 센서기술로서 철도 차량 실시간 모니터링에 필요한 차량 센서 개발시 참고할 수 있을 것으로 판단되며, 철도차량에 적합한 설계 및 설치가 가능한지 검토가 필요

일련번호	2-2	대한민국공개특허 10-2006-0062604		
출원일자		2004. 12. 04	공개일자	2006. 06. 12
출원인		주식회사 엠디티		
제목		에너지 포집형 표면탄성파 기반의 무전원/무선 센서		

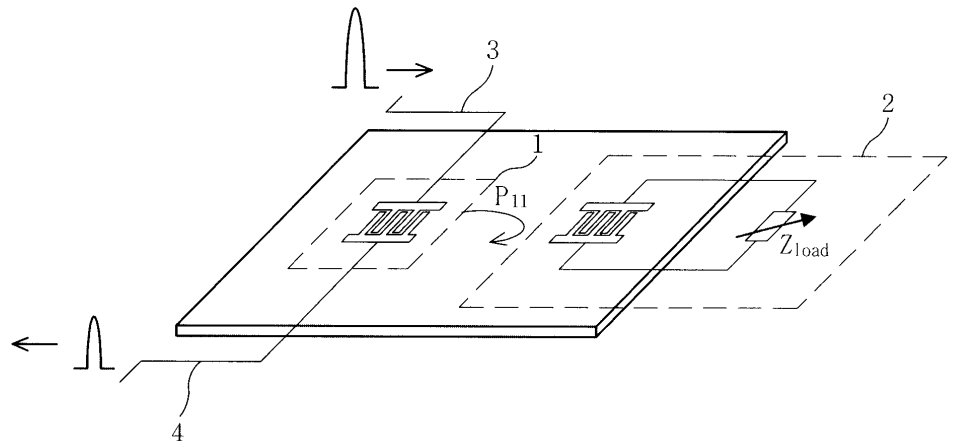
특허 개요

■ 기술요지

에너지 포집형 표면탄성파 기반의 무전원/무선 센서를 구비하는 것

■ 과제기술 관련

무전원/무선 센서는 주변의 물리적 환경 변화에 따른 기계적 에너지를 전기적 에너지로 변환하는 에너지변환부, 발생된 전기 에너지를 저장하는 에너지저장부, 저장된 전기 에너지를 공급받아 RF 신호를 발생시켜 출력하는 펄스발생부, 외부에서 가해지는 압력을 감지하는 압력센서, 펄스발생부로부터 RF 신호를 인가받아 표면탄성파를 발생시키고 가해진 압력의 크기에 따라 표면탄성파를 가변시켜 크기를 계측한 후 계측된 데이터를 RF 신호로 출력하는 SAW 트랜스폰더를 구비하여 외부의 전원공급 없이 압력을 센싱하여 계측 데이터를 원거리까지 무선으로 전송함으로써 센서의 소형화, 지능화, 무선화 경향에 부합할 수 있으며 설치 이후 반영구적으로 사용할 수 있고 유지보수도 필요없는 센서를 제공함



검토의견

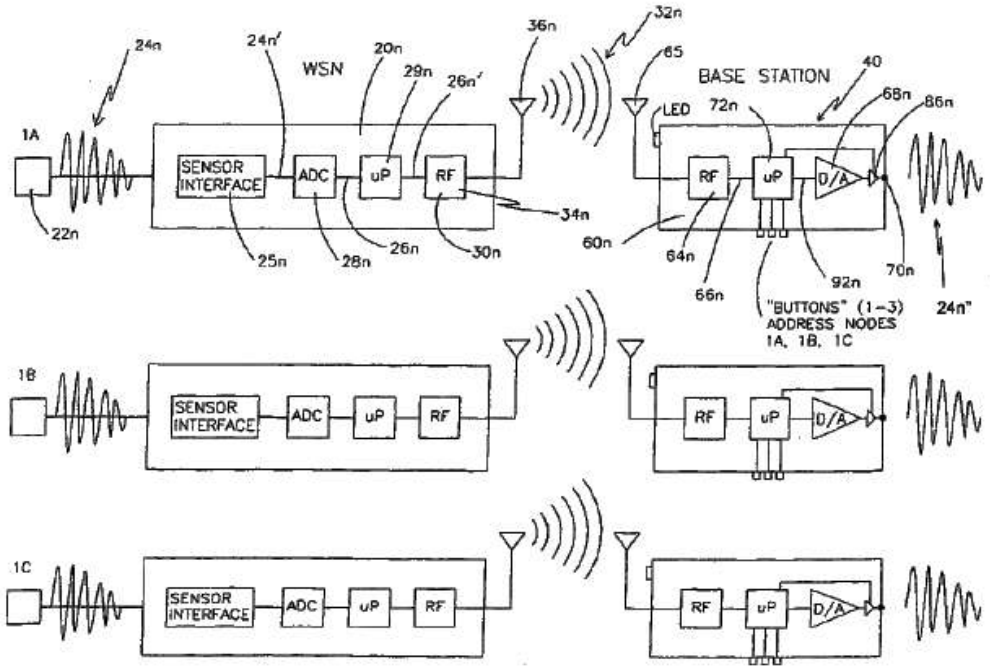
무전원 소형, 지능, 무선 센서 관련 기술로서 기술개발 과정에서 활용이 가능할 것으로 판단되며, 관련 기술을 철도차량에 활용하기 위한 방안을 마련하기 위한 개발 및 상용화 연구가 필요함

일련번호	2-3	미국공개특허 US 7,764,958 B2		
출원일자		2005. 03. 18	공개일자	2010. 07. 27
출원인		MicroStrain, Inc.		
제목		WIRELESS SENSOR SYSTEM		

특허 개요

■ 기술요지
무선 센서 시스템에 관한 것

■ 과제기술 관련
센서 노드는 기지국으로부터 수신한 분리된 주파수 링크들의 실시간 스트리밍 정보 제공이 가능하며, 기지국은 다양한 주파수 수신이 가능하며 또한 전송 오류 여부를 인지할 수 있는 정보를 제공함



검토의견

무선센서를 활용한 네트워크 시스템에 관한 기술로서 철도차량에 IT 기술을 접목한다는 측면에서 일반적인 기술이지만 세부내용에 대한 검토를 통해 기술개발시 참고자료로 활용가능함

일련번호	2-4	미국공개특허 US 7,429,805 B2		
출원일자		2004. 12. 24	공개일자	2008. 09. 30
출원인		MicroStrain, Inc.		
제목		ENERGY HARVESTING FOR WIRELESS SENSOR OPERATION AND DATA TRANSMISSION		

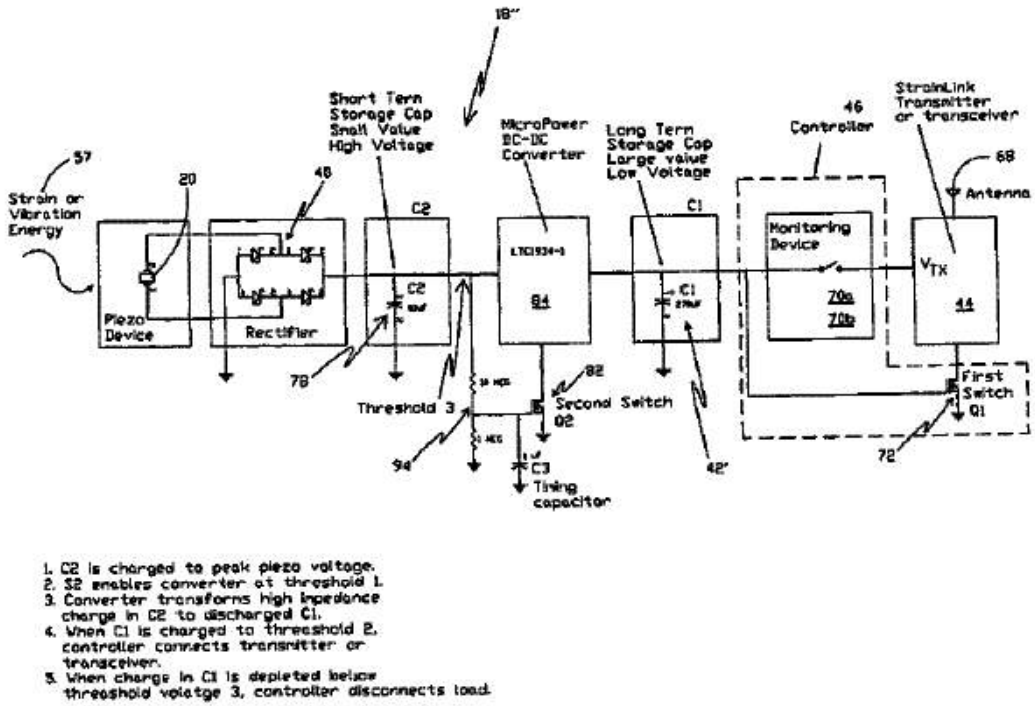
특허 개요

■ 기술요지

무선 센서 작동과 데이터 전송을 위한 에너지 harvesting 기술에 관한 것

■ 과제기술 관련

개발한 장치는 에너지 harvesting 장치를 포함하고 에너지 저장 장치와 연결되어 있으며, 콘트롤러의 경우 에너지 저장 장치와 연결되어 전기 에너지 양을 감시하는 시스템을 개발함 개발된 시스템으로부터 센서 및 정보 전송에 필요한 전력 생산이 가능함



검토의견

센서에 적용가능한 에너지 하베스팅 기술로서 무전원 센서 개발시 참고할만한 가치가 있으며 에너지의 효율적인 생산/소비 측면에서 추가적인 검토가 필요하다고 판단됨

일련번호	2-5	미국공개특허 US 7,808,397 B2		
출원일자		2007. 07. 03	공개일자	2010. 10. 05
출원인		Hitachi, Ltd.		
제목		SENSOR WITH WIRELESS COMMUNICATION FUNCTION		

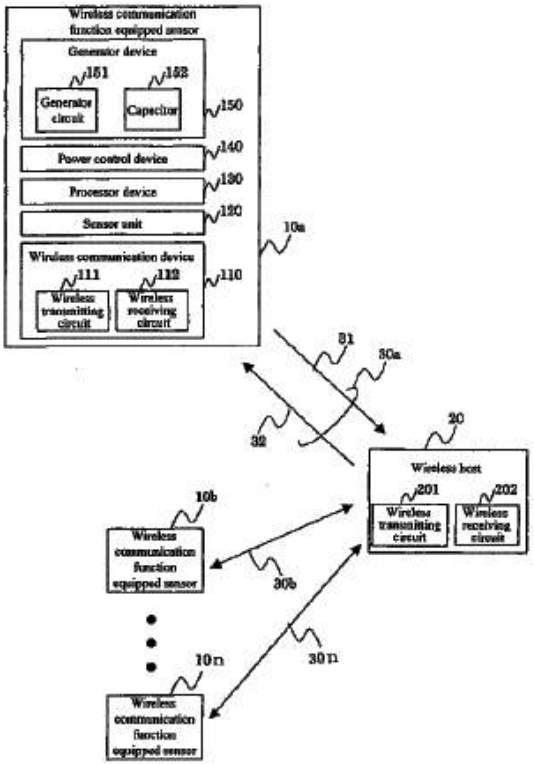
특허 개요

■ 기술요지

무선 통신 기능의 센서에 관한 것

■ 과제기술 관련

무선 전송 회로와 무선 수신 회로가 전기 생성회로가 이미 정해진 캐패시터에 도달함으로써 작동하는 센서 유닛을 개발하고, 센싱 정보를 무선 작동 회로에 제공함으로써 무선 통신이 가능한 기술을 개발함



검토의견

센싱정보를 무선통신을 활용하여 전송 및 교환할 수 있는 기술로서 철도차량 내에서의 무선통신과 전체 철도 통신망과의 연계과정에서 필요한 기술개발 시 검토하여 활용방안을 모색해 볼 필요가 있음

일련번호	2-6	미국공개특허 US 7,705,743 B2		
출원일자		2007. 06. 19	공개일자	2010. 04. 27
출원인		L-3 Communications Corporation		
제목		SELF-ASSEMBLING WIRELESS NETWORK, VEHICLE COMMUNICATION SYSTEM, RAILROAD WHEEL AND BEARING MONITORING SYSTEM AND METHODS THEREFOR		

특허 개요

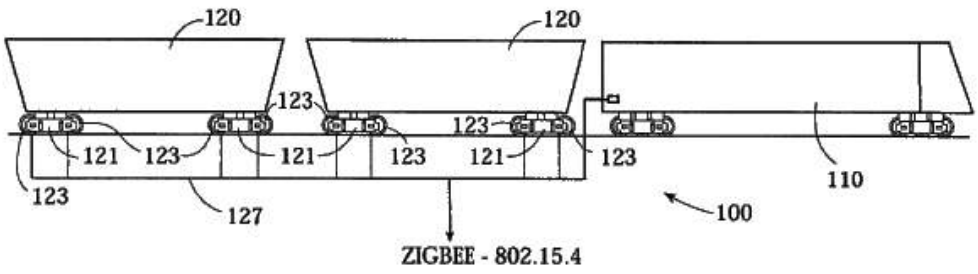
■ 기술요지

무선 네트워크 자기조립 시스템, 차량 통신 시스템, 철도 차륜과 베어링 모니터링 시스템과 방법에 관한 것

■ 과제기술 관련

저전력의 자기조립 네트워크는 다수의 무선 통신 노드들로 구성되며, 각 토드들은 센서기반으로 차륜의 베어링으로부터 전기적 신호를 센싱하고, 센싱 정보를 제공하고, Zigbee 프로토콜에 따라 통신이 가능함

메인 노드는 고전력 통신시스템과 전송을 거쳐 다른 컴퓨터와 통신함



검토의견

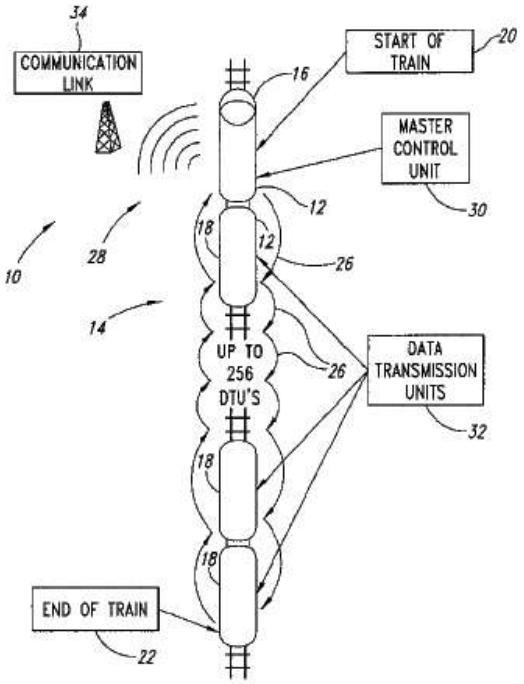
지그비를 활용하여 차륜과 베어링 모니터링 정보를 통신하는 기술로서 철도차량의 모니터링 대상 영역의 위치 및 주변환경 등의 특성에 따라 해당 기술을 활용할 수 있을지에 대한 추가검토가 필요함

일련번호	2-7	미국공개특허 US 6,668,216 B2		
출원일자		2001. 05. 18	공개일자	2003. 12. 23
출원인		TC (Bermuda) License, Ltd.		
제목		METHOD, APPARATUS AND SYSTEM FOR WIRELESS DATA COLLECTION AND COMMUNICATION FOR INTERCONNECTED MOBILE SYSTEMS, SUCH AS FOR RAILWAYS		

특허 개요

■ 기술요지
철도 운행 중의 정보 수집 및 정보 통신에 있어서 무선시스템 및 장비에 관한 것

■ 과제기술 관련
근거리 무선 정보 통신 시스템 기술을 적용하여 철도 차량의 이동 중에도 실시간으로 정보 교환이 가능하며, 위성통신, 휴대 전화 연결 등이 대표적인 사례임
발명된 기술로부터 차량 상태의 확인, 사고 위치 확인, 경고 등의 정보를 얻을 수 있음



검토의견

철도 무선 정보 시스템에 관한 기술로서 철도 통신망 전체 시스템 관점에서 해당 특허를 파악해볼 가치가 있으며, 철도차량 내에서의 통신시스템은 실시간 모니터링 기술개발시 적용이 가능할 것으로 판단됨

일련번호	2-8	미국공개특허 US 6,689,918 B1		
출원일자		1999. 09. 07	공개일자	2004. 01. 20
출원인		New York Air Brake Corporation		
제목		INTRA-TRAIN COMMUNICATION NETWORK		

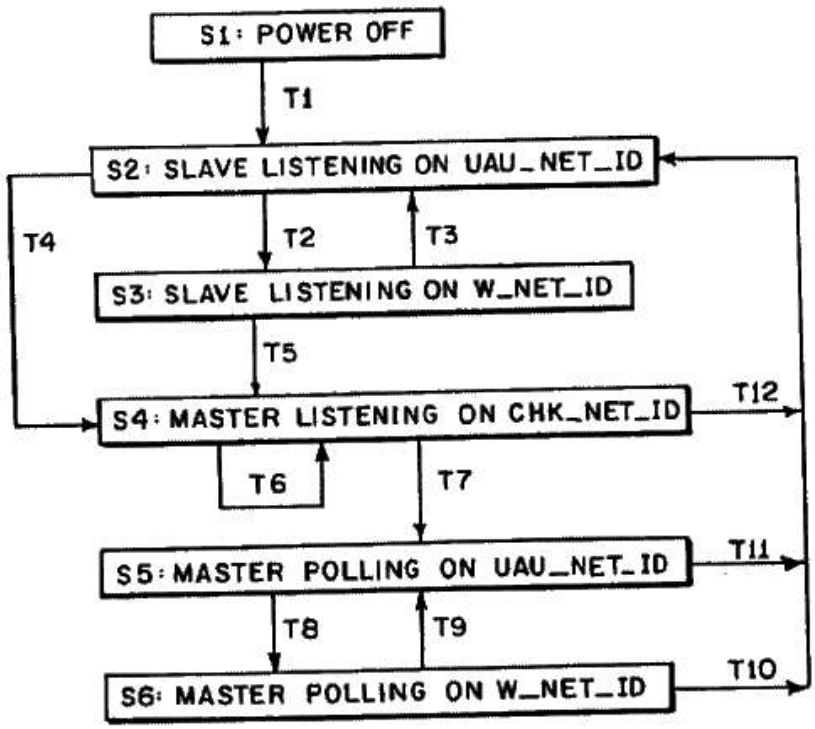
특허 개요

■ 기술요지

철도 차량 내의 통신 네트워크에 관한 것

■ 과제기술 관련

차량 내 통신 네트워크는 각 차량별 다수의 트랜스시버(transceiver)장치들로 구성되며, master 장치와 slave 장치가 연결 요청 및 승인을 연속적으로 전송함으로써 가능함



검토의견

철도차량 내 통신시스템에 관한 기술로서 일반적인 철도 통신시스템 검토뿐만 아니라 개별 센서와의 네트워크 구축에 관한 기술개발시 일부 활용이 가능할 것으로 판단됨

일련번호	2-9	미국공개특허 US 6,862,508 B2		
출원일자		2003. 10. 17	공개일자	2005. 03. 01
출원인		Denso Corporation		
제목		VEHICLE DATA COMMUNICATION SYSTEM HAVING SUPERVISED COORDINATION OF NETWORKS WHICH CONTROL RESPECTIVE BASIC OPERATING FUNCTIONS OF VEHICLE		

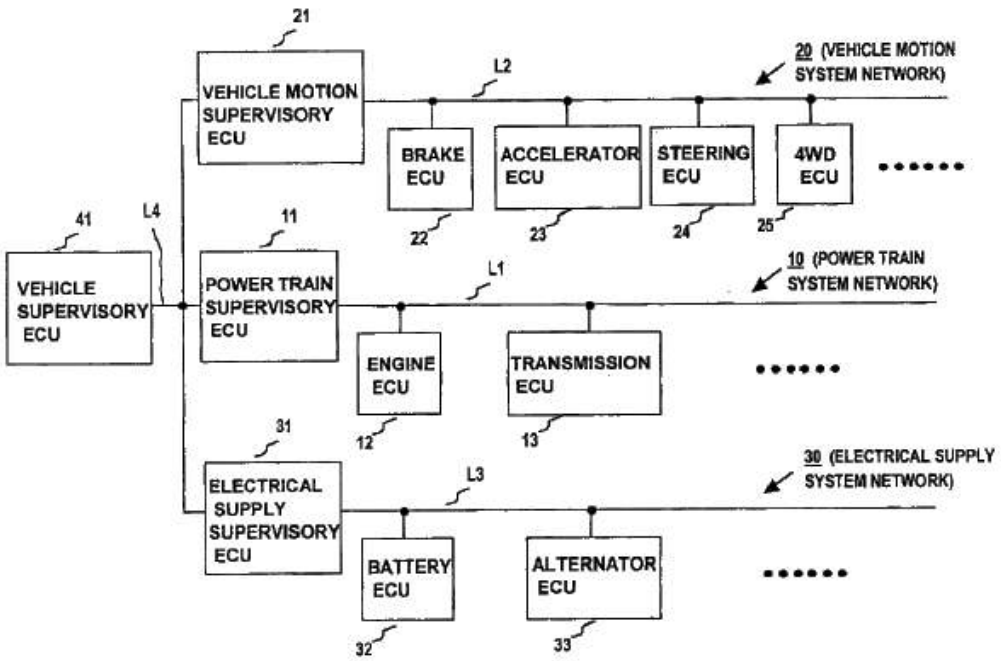
특허 개요

■ 기술요지

차량 운행에 있어서 개별적인 기능들을 네트워크로 연결하여 총괄 감독할 수 있는 차량 정보 통신시스템에 관한 것

■ 과제기술 관련

차량의 엔진, 자동변속기 등 운행에 있어서 개별적 전자제어장치들을 근거리통신망 기술을 접목시켜 정보를 공유할 수 있도록 네트워크를 구축하여 총괄 감독이 가능함



검토의견

차량 운행 관련 네트워크 시스템 기술로서 철도차량의 모니터링 영역별 실시간 관리를 위한 기술개발 시 참고하여 활용이 가능하다고 판단됨

일련번호	2-10	미국공개특허 US 7,206,719 B2		
출원일자		2004. 07. 07	공개일자	2007. 04. 17
출원인		Dofasco Inc.		
제목		DIAGNOSTIC METHOD FOR PREDICTING MAINTENANCE REQUIREMENTS IN ROTATING EQUIPMENT		

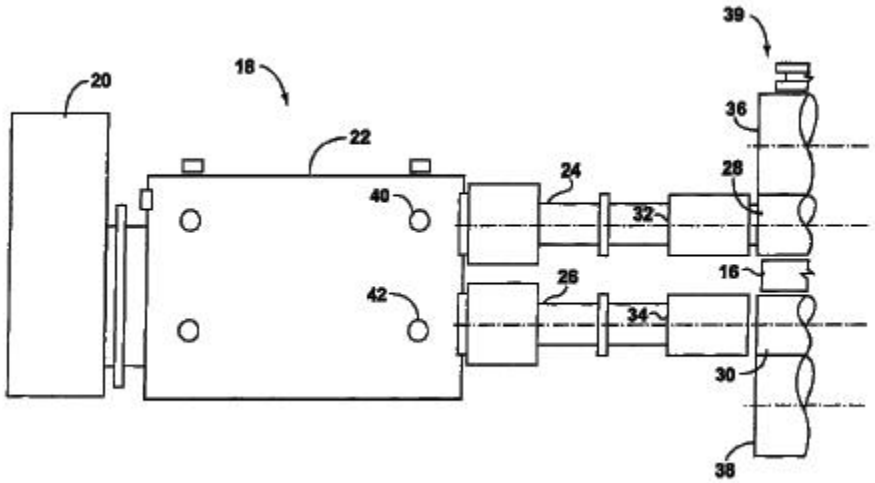
특허 개요

■ 기술요지

회전 장비에 있어서 유지보수 요구사항을 예측 진단하는 방법에 관한 것

■ 과제기술 관련

드라이브 스핀들 회전 장비 유지보수 또는 교체의 적절한 시기를 결정하기 위하여 고안된 방법으로 회전 장비에 다양한 센서를 부착하고 진동에너지레벨을 전기 신호로 검측함으로써 장비의 상태를 점검할 수 있음



검토의견

유지보수 관련 예측/진단 기술로서 상태기반 모니터링 시스템 구축 개발시 활용이 가능할 것으로 판단되며, 모니터링 부품에 따른 예측/진단 관련 기술개발시 참고가능함

일련번호	3-1	대한민국공개특허 10-2011-0047338		
출원일자		2009. 10. 30	공개일자	2011. 05. 09
출원인		한국전력공사		
제목		플라이휠 에너지 저장장치		

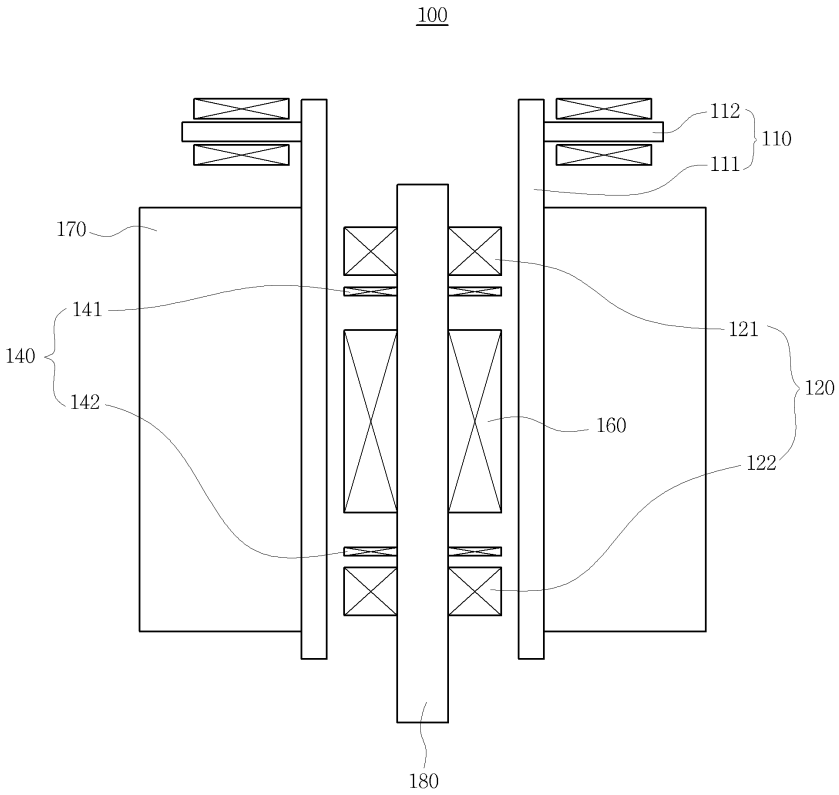
특허 개요

■ 기술요지

진동을 저감 및 운전 신뢰도가 높은 플라이휠 에너지 저장장치에 관한 것

■ 과제기술 관련

코일이 권선되는 반경방향 자기베어링과, 반경방향 자기베어링의 외측에 배치되어 회전하는 회전축과, 회전축에서 생성된 운동에너지를 전기에너지로 변환시키는 전동발전기를 포함하는 플라이휠 에너지 저장장치를 제공하는 것으로 위치감지센서 및 코일의 고장에 관계없이 구동이 가능함



검토의견

플라이휠 에너지 저장장치 관련 기술로서 철도차량에 설치하여 목표로 하는 전력을 생산 및 활용할 수 있을지에 대한 검토 시 해당 특허를 참고할 수 있으며, 기술개발 과정에서 연구성과를 활용할 수 있을 것으로 판단됨

일련번호	3-2	대한민국공개특허 10-1025562		
출원일자		2009. 11. 30	공개일자	2011. 03. 28
출원인		한국생산기술연구원		
제목		소리 또는 진동에너지를 이용한 발전모듈과 발전방법		

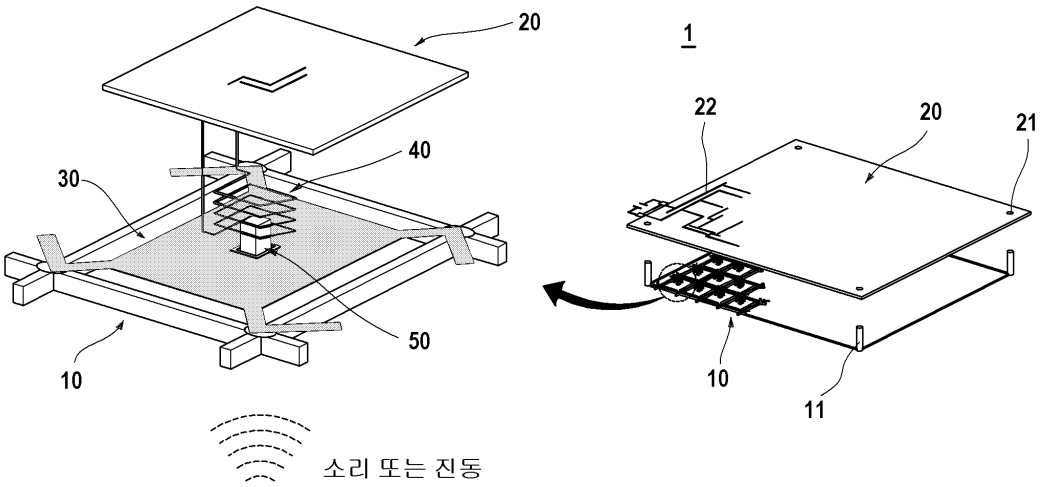
특허 개요

■ 기술요지

소리 또는 진동에너지를 이용한 발전모듈과 발전방법에 관한 것

■ 과제기술 관련

소리 또는 진동에너지를 이용하여 전기에너지를 생성하는 발전모듈로서, 프레임, 프레임에 이격하여 고정되는 기판, 프레임에 부착되며 음파를 프레임과 기판의 사이로 유입시키는 다수개의 절개부가 형성된 진동막, 진동막에 대향하여 기판에 고정되는 복수개의 코일, 코일 내부에서 진동할 수 있도록 진동막 상에 고정되는 복수개의 자석을 포함함



검토의견

소리 또는 진동을 활용한 에너지 생산 기술로서 철도차량의 부수적인 전력소비를 위한 장치개발로서 활용이 가능하며, 필요 전력 수준을 생산하기 위한 장치의 설계 및 설치 시 참고할 수 있음

일련번호	3-3	대한민국공개특허 10-0571679		
출원일자		2004. 04. 19	공개일자	2005. 10. 25
출원인		한국전기연구원		
제목		연료전지가 결합된 초전도 모터		

특허 개요

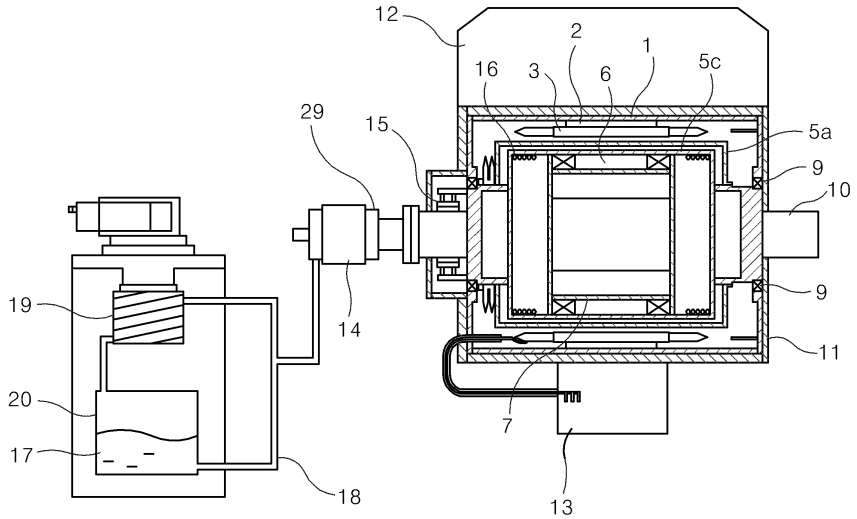
■ 기술요지

연료전지가 결합된 초전도 모터에 관한 것

■ 과제기술 관련

수소를 냉매로 하여 운전되는 초전도 모터에 있어서 냉매로 사용되어 증발된 수소가스를연료전지의 에너지원으로 사용하여 발전을 하고, 발전된 전기를 다시 모터의 구동전력으로 사용하는 연료전지가 결합된 초전도 모터에 관한 것

초전도 계자코일, 계자코일 지지부, 아마추어 코일, 아마추어 코일 지지부, 토크 튜브, 극저온용기 내통, 극저온용기 외통, 연료전지, 전력변환기, 극저온 냉동기를 포함하며 이로부터 고성능 무공해의 새로운 구동원을 구현할 수 있음



검토의견

초전도 모터 기술로서 철도에서 활용하기 위한 모터 수준 결정 및 개발과정에서 해당 기술을 활용 및 참고하여 기술개발 목표을 수립할 수 있을 것으로 판단됨

일련번호	3-4	일본공개특허 P2004-304989A		
출원일자		2003. 04. 01	공개일자	2004. 10. 28
출원인		Hitachi		
제목		Energy transmission/reception control system, railway vehicle, and drive system thereof		

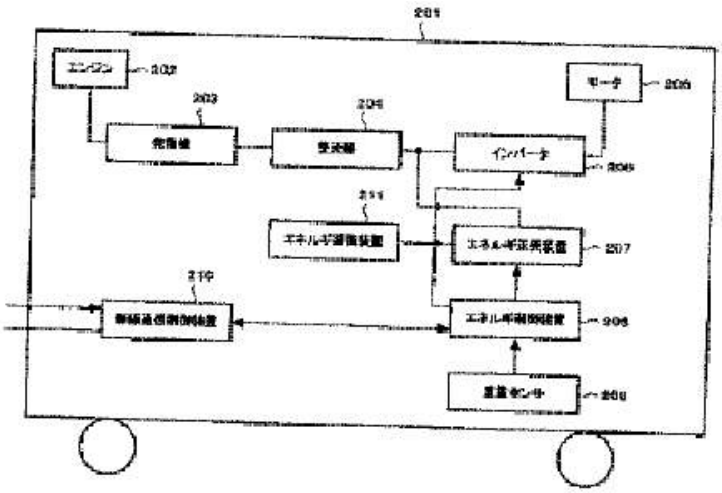
특허 개요

■ 기술요지

회생 에너지 활용을 통한 에너지 절약, 피크 전력의 저감화 등 철도 시스템 전반의 에너지 절약이 가능한 철도 차량에 관한 것

■ 과제기술 관련

인버터, 모터, 에너지축적장치, 무선통신제어장치, 에너지제어장치를 포함하는 시스템을 탑재한 차량으로 열차 각각의 집전장치 전압을 제어하고, 열차 간에 에너지 이동이 가능한 것으로 회생에너지 손실을 줄이고, 피크 전력의 저감이 가능한 것



검토의견

회생에너지를 활용하여 철도운행시 피크전력을 저감할 수 있는 기술로서 기술개발시 본 특허를 포함한 관련 기술의 권리를 파악하여 차별화되고 경쟁력 있는 회생에너지 활용 기술개발이 필요할 것으로 판단됨

일련번호	3-5	일본공개특허 P2001-178112A		
출원일자		1999. 12. 10	공개일자	2001. 06. 29
출원인		Railway Tech Res Inst		
제목		Superconducting electric motor for vehicle		

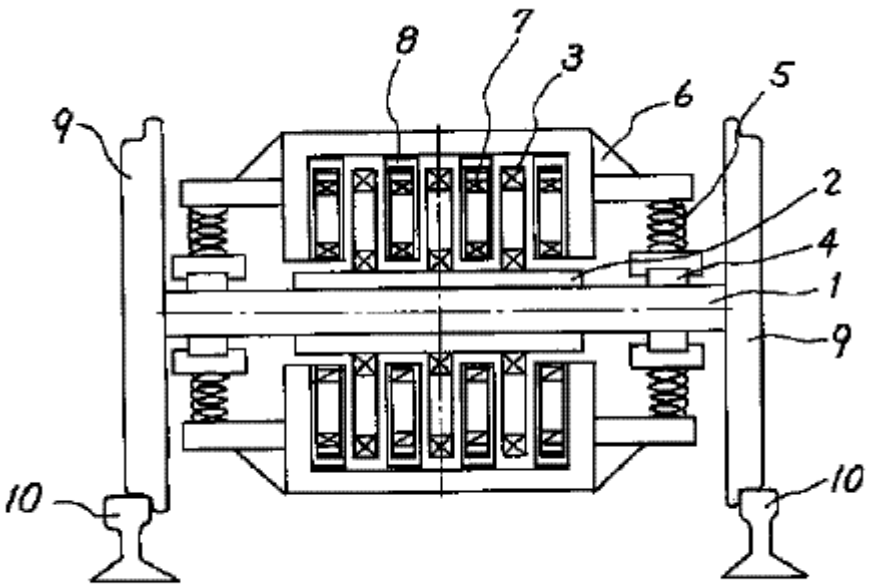
특허 개요

■ 기술요지

대차의 스프링 하중을 감소하여 손상을 적게 하는 것과 동시에 차량의 승차감을 개선할 수 있는 차량용 초전도 전동기를 제공하는 것

■ 과제기술 관련

차륜의 차축에 설치되는 전기자를 가지는 회전자, 계자용 초전도 자석을 가지는 고정자, 고정자와 차축 사이에 베어링과 직렬에 설치되는 스프링을 구비하고, 계자와 전기자와의 상대 변위를 적극적으로 허용하는 것에 의해 스프링의 하중을 감소하게 하는 차량용 초전도 전동기



검토의견

철도차량용 초전도 모터 적용기술로서 국내 철도차량에 적합한 모터 개발 및 설계 과정에서 검토가 필요하며, 초전도 모터의 철도적용 가능성 및 해당 특허의 실제 효과에 대한 추가적인 조사가 필요할 것으로 판단됨

일련번호	3-6	PCT특허, WO 2004/102779 A1		
출원일자			공개일자	2004. 11. 25
출원인		FRANK, Michael		
제목		SUPERCONDUCTING MOTOR DEVICE WITH A SUPERCONDUCTING WINDING AND COOLING BY THERMAL SIPHON		

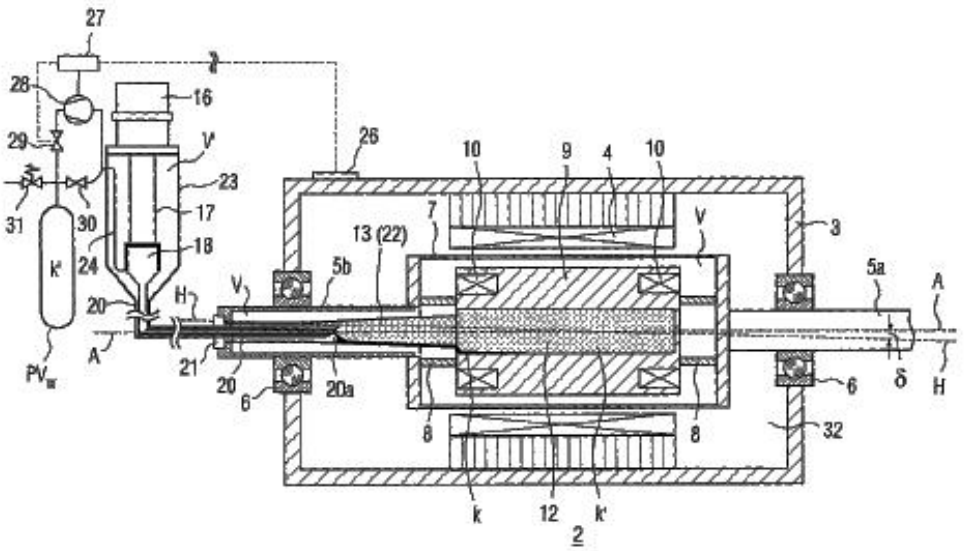
특허 개요

■ 기술요지

열 사이펀을 이용하여 초전도 모터의 열을 식히는 초전도성 모터 장치에 관한 것

■ 과제기술 관련

모터 장치는 축을 회전시키는 회전장치로 구성되어 중앙 냉각 장치의 온도를 통제하며, 중앙의 응축 챔버는 모터 바깥에 위치하여 회전 시 열 사이펀 역할을 함.



검토의견

초전도 모터의 냉각관련 기술로서 보다 안정적인 초전도 모터의 철도적용 측면에서 검토가 필요하며, 실제 운행시 냉각효과에 대한 추가조사가 필요함

일련번호	3-7	PCT특허, WO 02/16157 A1		
출원일자		2000.08.25	공개일자	2002. 02. 28
출원인		GIBBS, Alan, Tim-othy		
제목		POWER TRAIN		

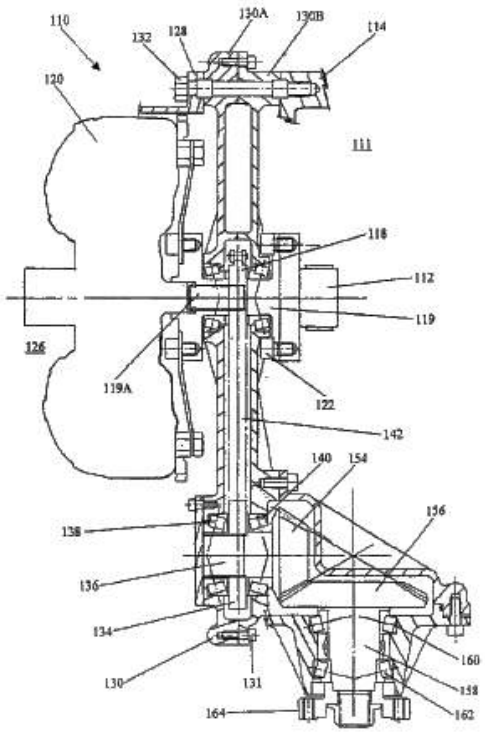
특허 개요

■ 기술요지

연쇄 전동 장치에 관한 것 (Power train)

■ 과제기술 관련

본 기술은 크랭크축, 고체/유체 플라이휠, 크랭크축 선상의 변속기, 추진장치, PTO(Power take off)로 구성되어짐



검토의견

철도 전동장치 관련 기술로서 철도에너지의 효율적인 사용 측면에서 일반적인 검토가 가능할 것으로 판단됨

일련번호	3-8	미국공개특허 US 6,211,589 B1		
출원일자		1999. 06. 22	공개일자	2001. 04. 03
출원인		The Boeing Company		
제목		MAGNETIC SYSTEMS FOR ENERGY STORAGE FLYWHEELS		

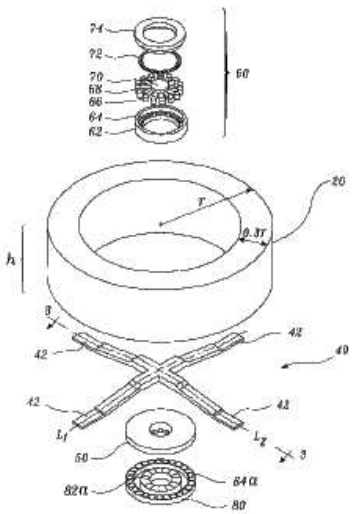
특허 개요

■ 기술요지

플라이휠 에너지 저장장치의 작동 시스템에 관한 것

■ 과제기술 관련

플라이휠은 저용량 에너지 저장장치로써 회전식 구성요소로 링 외부 반경 길이의 30% 이내 내부 반경의 금속성 유리 링과 외부 바퀴로 구성되며, 열경화성 레진으로 구성됨. 또한 마그네틱 베어링은 원심력으로 인하여 분리되지 않도록 위치가 고정되었으며, 또한 모터와 발전기 플라이휠 베어링은 영구 자석으로 구성되어 마그네틱 드랙를 줄이고, 효율을 향상시켜 높은 토그를 생산하고 있음. 또한 플라이휠 마그네틱의 경우 고온의 초전도 마그넷으로 구성되어 있음



검토의견

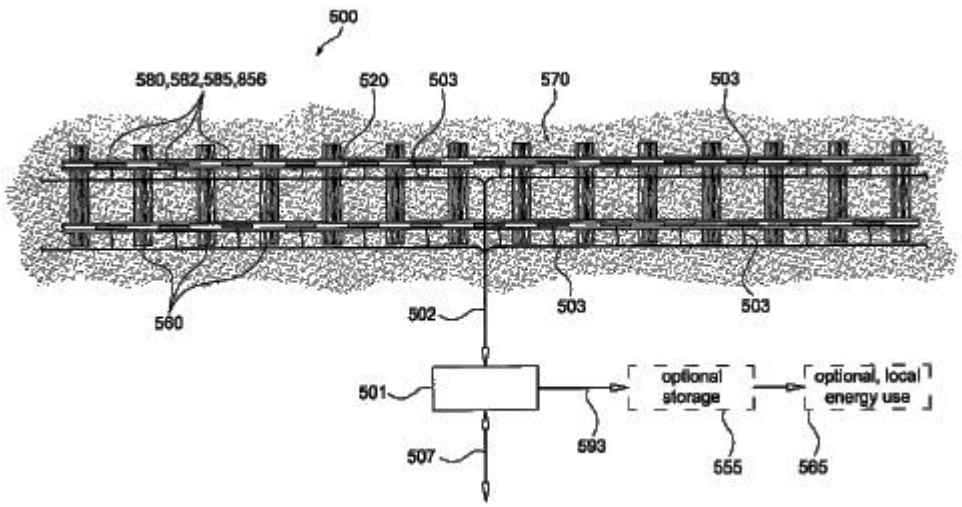
플라이휠 에너지 저장장치 관련 기술로서 철도분야에 적용가능한 기술대안 모색시 검토 가능하며, 에너지 효율측면에서 판단이 요구됨

일련번호	3-9	미국공개특허 US 7,812,508 B2		
출원일자		2008. 08. 21	공개일자	2010. 10 .12
출원인		Innowattech Ltd.		
제목		POWER HARVESTING FROM RAILWAY; APPARATUS, SYSTEM AND METHOD		

특허 개요

■ 기술요지
철도 선로의 에너지 하베스팅 장치와 시스템 방법에 관한 것

■ 과제기술 관련
철도 선로에 가해지는 압력으로부터 전기를 발전하는 에너지 하베스팅 방법과 그 시스템에 관한 것으로 다수의 압력 전자 소자들을 선로에 부착하여 철도 차량이 지나가는 순간 전기를 생산할 수 있는 시스템임



검토의견

철도 선로 압력을 활용한 에너지 하베스팅 기술로서 다양한 에너지 하베스팅 방법에 대한 기술적 대안으로서 검토가능하며, 생산전력의 활용 측면과 효율면에서의 추가적인 조사분석이 필요할 것으로 판단됨

일련번호	3-10	미국공개특허 US 7,061,147 B2		
출원일자		2002. 08. 30	공개일자	2006. 06. 13
출원인		Siemens Aktiengesellschaft		
제목		SUPERCONDUCTING ELECTRICAL MACHINES FOR USE IN NAVY SHIPS		

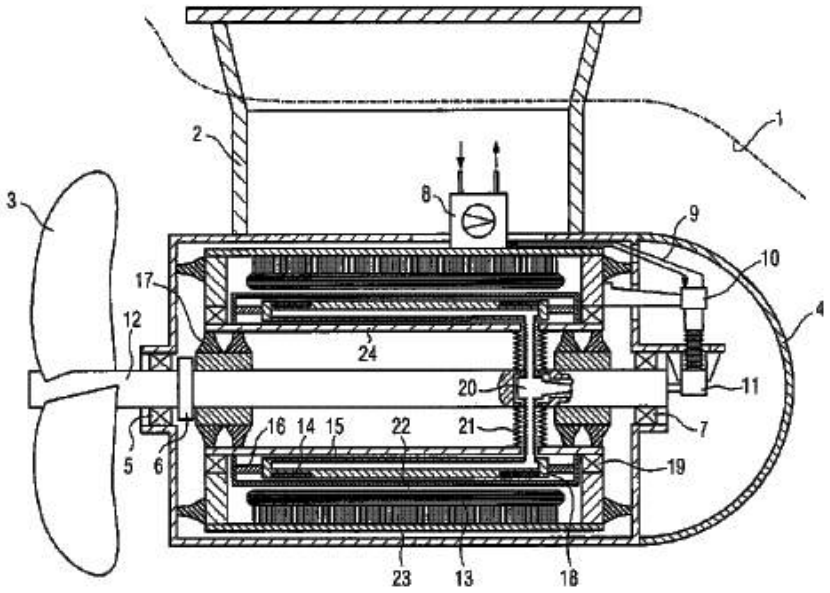
특허 개요

■ 기술요지

해군함에 사용을 위한 초전도 전기 기계에 관한 것

■ 과제기술 관련

초전도 전기 기계의 예로 모터, 발전기, 고온 초전도 기계가 있으며, 이들은 냉각장치와 연결되어 고온장치의 축과 냉각장치의 축들을 통제하며 탄력적으로 작동할 수 있도록 배에 구성되어있음



검토의견

선박에 활용하기 위한 초전도 모터 기술로서 철도부문에서의 적용가능성에 대한 검토와 함께 초전도 모터의 기술개발 동향 및 수준파악을 위해 관련 특허 조사/파악이 필요할 것으로 판단됨

일련번호	3-11	미국공개특허 US 7,888,584 B2		
출원일자		2003. 08. 03	공개일자	2011. 02. 15
출원인		Robert M.Lyden		
제목		SOLAR CELL, MODULE, ARRAY, NETWORK, AND POWER GRID		

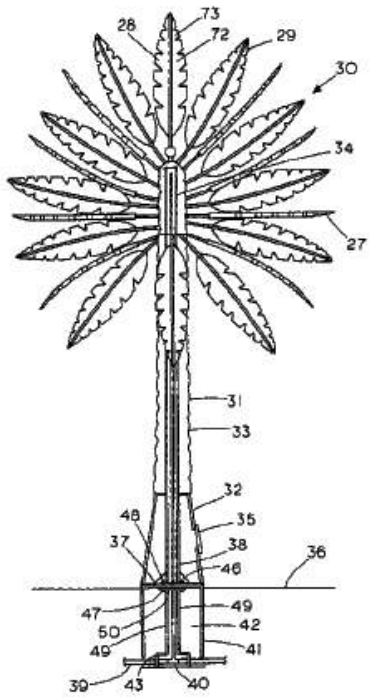
특허 개요

■ 기술요지

태양광 셀, 태양광 모듈, 태양광 어레이 네트워크, 태양광 전력 그리드에 관한 것

■ 과제기술 관련

다수의 태양광 셀을 포함한 태양광 모듈은 자연의 나무 잎과 같으며, 다수의 태양광 모듈을 포함한 태양광 어레이는 Parm나무와 같으며, 철길을 따라 설치된 태양광 어레이로부터 생성된 전기 에너지는 차량 운행에 사용이 가능함



검토의견

태양광 에너지를 활용한 신재생 에너지의 철도활용과 관련된 기술로서 신재생 에너지의 철도부문 적용 및 활용 측면에서 참고할 필요가 있으며 철도전력망과의 연계 등을 고려하여 기술개발 시 활용이 가능함

일련번호	4-1	대한민국공개특허 10-1012145		
출원일자		2008. 12. 11	공개일자	2011. 02. 07
출원인		서울특별시도시철도공사		
제목		철도부하 시스템의 피크전력 관리 방법		

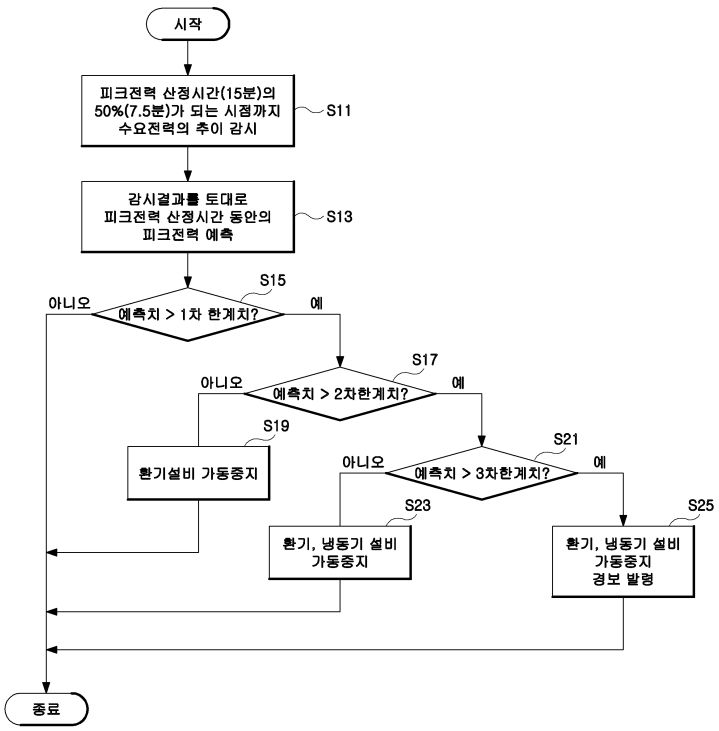
특허 개요

■ 기술요지

피크전력 제어기에 의한 부하시스템의 피크전력 관리방법에 관한 것

■ 과제기술 관련

부하설비의 가동에 의해 소모되는 전력의 추이를 실시간 감시하는 것으로, 수요전력의 추이를 감시하는 단계, 감시한 결과를 토대로 평균전력인 피크전력을 예측하는 단계, 예측치가 한계치를 초과하는 경우 부하설비의 가동을 중지시키는 단계를 포함하여 에너지 절감이 가능함



검토의견

피크전력 관리와 관련된 기술로서 에너지 하베스팅 및 회생전력을 통해 철도전력 에너지 절감 및 최적화를 위한 기본 프로세스를 이해하고 관련 연구개발을 추진하는데 참고가능함

일련번호	4-2	대한민국공개특허 10-0981305		
출원일자		2008. 06. 19	공개일자	2010. 09. 10
출원인		한국철도기술연구원		
제목		전기철도 차량의 회생 에너지 저장 시스템		

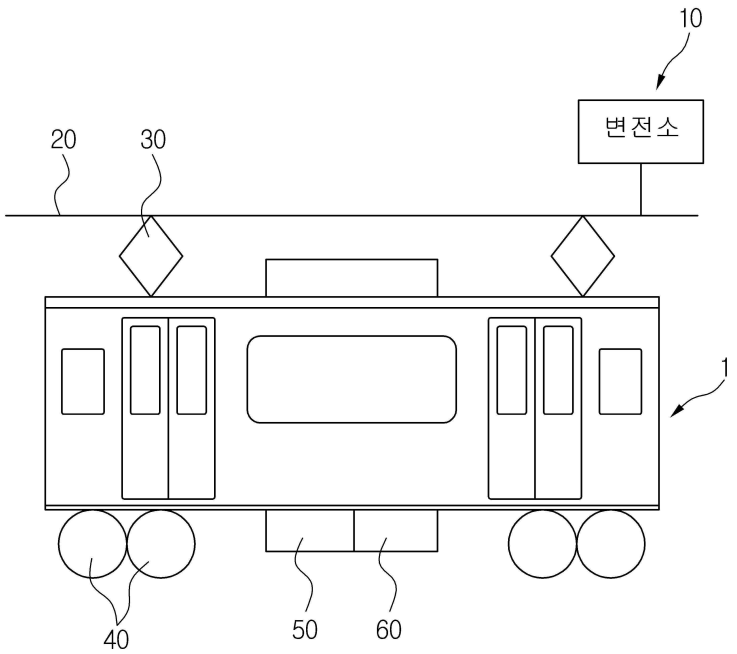
특허 개요

■ 기술요지

전기철도 차량의 회생 에너지 저장 시스템에 관한 것

■ 과제기술 관련

전기철도차량에 동력을 공급하는 전동기, 판토그라프를 통해 전원이 공급되고, 전동기에 공급되는 전압과 주파수를 제어하여 열차의 속도를 제어하는 전력변환장치, 회생 전기에너지를 충전 또는 방전하는 에너지 저장장치, 제어장치를 포함하여 에너지 절감을 구현함



검토의견

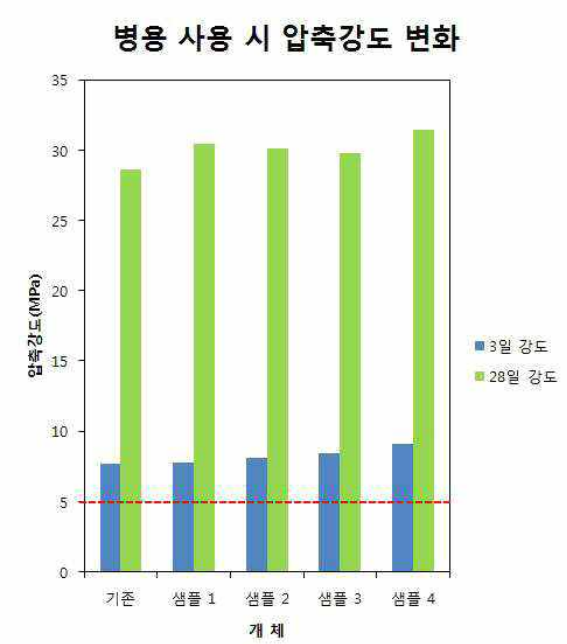
회생에너지 저장 시스템 관련 기술로서 에너지 소비 효율화 및 절감차원에서의 활용이 가능하며, 전력계통의 관리 측면에서도 참고가 가능함

일련번호	4-3	대한민국공개특허 10-1042817		
출원일자		2011. 02. 18	공개일자	2011. 06. 20
출원인		대림산업 주식회사, 주식회사트라이포드, 주식회사 삼표		
제목		콘크리트의 이온화 촉진을 위한 혼화제 조성물 및 이를 포함한 친환경 저탄소 콘크리트 조성물		

특허 개요

■ 기술요지
친환경 저탄소 콘크리트 조성물에 관한 것

■ 과제기술 관련
질산염계 화합물 및 황산염계 화합물 중 어느 1종 이상이 포함된 콘크리트의 이온화촉진을 위한 혼화제 조성물과, 이를 포함시킴으로서 결합재 중 시멘트 사용량을 줄이는 대신 플라이애쉬와 고로슬래그 미분말의 치환율을 높일 때의 초기강도 및 압축강도 저하에 대한 문제점을 해소할 수 있는 친환경 저탄소 콘크리트 조성물에 관한 것임



검토의견

저탄소 콘크리트 생산과 관련된 기술로서 철도 건설 및 유지측면에서 친환경성을 강화하는데 활용이 가능함

일련번호	4-4	대한민국공개특허 10-0723607		
출원일자		2004. 02. 23	공개일자	2007. 06. 04
출원인		주식회사 오토에코		
제목		친환경적인 폐차 처리 시스템		

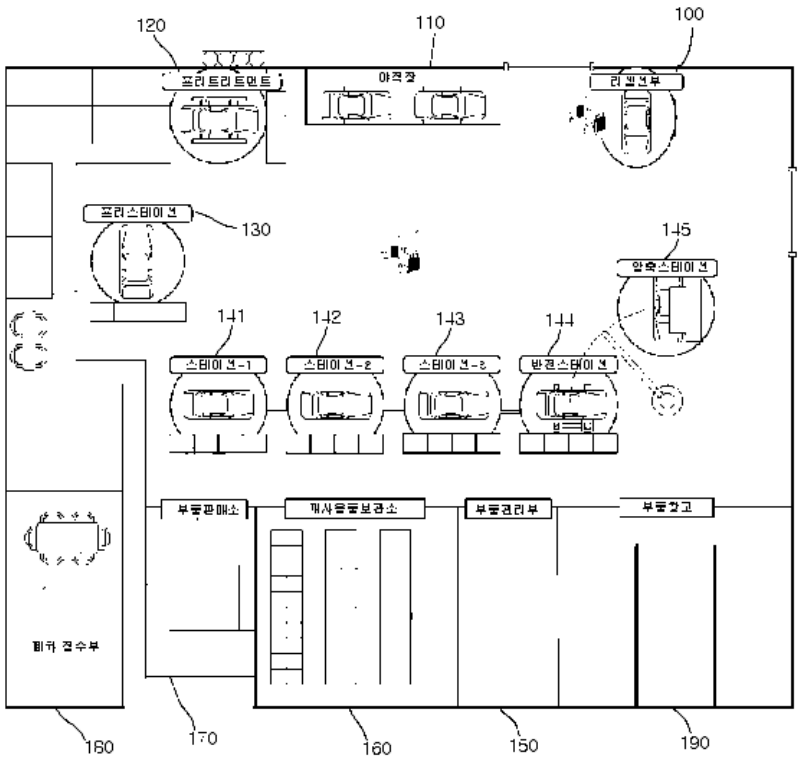
특허 개요

■ 기술요지

환경 친화적인 폐차 처리 시스템에 관한 것

■ 과제기술 관련

레일장치, 고정 운반대, 이동 운반대, 리프트 장치, 회송 장치, 해체 정보 관리 시스템을 포함하는 폐차 처리장치를 제공함



검토의견

폐차 처리 시스템과 관련된 특허로서 철도차량의 재활용 측면에서 보다 효율적인 처리방안을 모색하는데 참고할 수 있음

일련번호	4-5	일본공개특허 P2010-94016A		
출원일자		2009. 10. 07	공개일자	2010. 04 .22
출원인		GE		
제목		Energy management system for improving efficiency of electric and hybrid drive train		

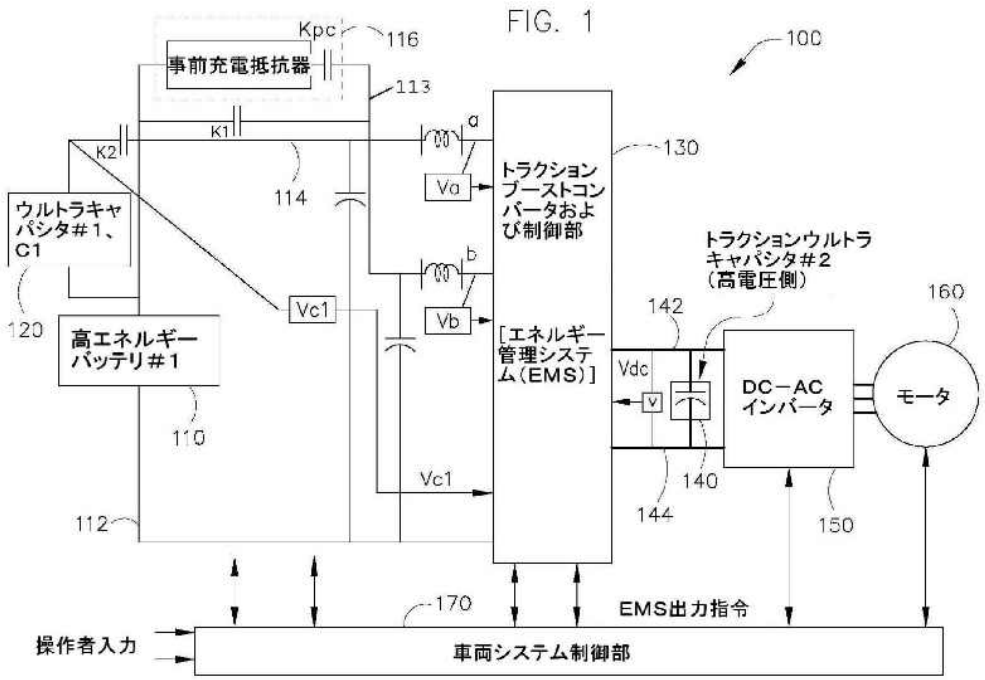
특허 개요

■ 기술요지

회생에너지 활용을 통한 추진 시스템의 효율을 높이는 것

■ 과제기술 관련

전기드라이브, 제1 에너지 축적시스템, 제2 에너지 축적시스템, 다채널 쌍방향 부스트 컨버터, 직렬로 접속되는 배터리로부터 회생에너지의 효율을 높이는 것



검토의견

회생에너지 활용을 통한 전력소비의 효율화 관련 기술로서 에너지 효율제고를 통한 친환경성 강화 측면에서 검토가 가능할 것으로 판단됨

일련번호	4-6	EUROPEAN PATENT APPLICATION		EP 1 770 073 A1
출원일자		2005. 09. 29	공개일자	2007. 04. 04
출원인		Barlet-Gouedard, Veronique, James, Simon, Drochon, Bruno, Piot, Bernard, Caritey, Jean-Philippe		
제목		Cement composition for a carbon dioxide supercritical environment		

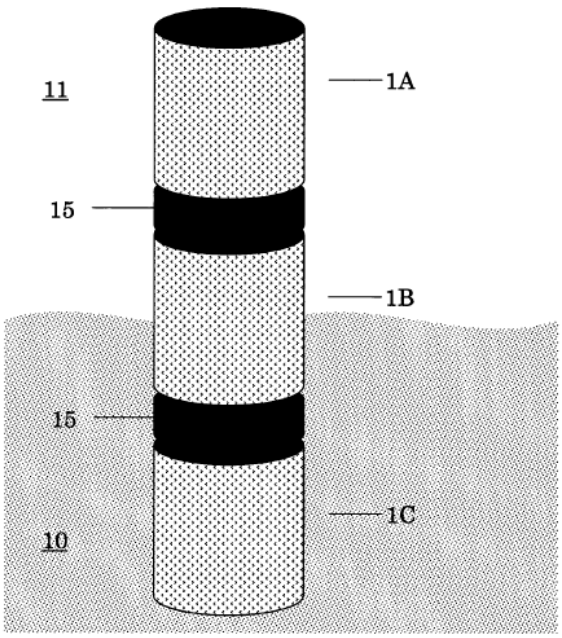
특허 개요

■ 기술요지

초임계 환경의 이산화탄소 시멘트 조성에 관한 것

■ 과제기술 관련

본 발명은 이산화탄소 포집이 가능한 구멍들로 구성된 시멘트 생성에 관한 것으로 소디움-칼슘-보로 실리케이트 분말과, 실리카-알루미나 마이크로 분말들로 생성이 가능하며, 또한 시멘트에 나이트로젠 화합물 기체를 가하여 구멍들을 생성할 수 있음. 이렇게 생성된 시멘트는 이산화탄소를 포집할 수 있음



검토의견

온실가스 저감에 기여할 수 있는 시멘트 기술로서 철도시설물에서의 친환경성 강화 측면에서 검토가 가능함

일련번호	4-7	미국공개특허 US 7,808,195 B2		
출원일자		2006. 05. 15	공개일자	2010. 10. 05
출원인		Mitsubishi Electric Corporation		
제목		CONTROL APPARATUS FOR ELECTRIC TRAIN		

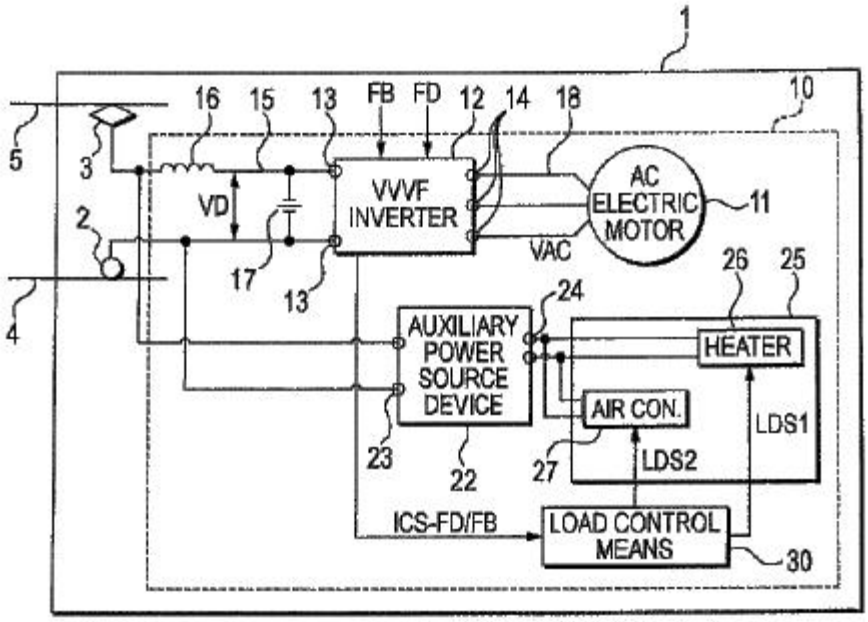
특허 개요

■ 기술요지

전기 철도의 통제 장치에 관한 것

■ 과제기술 관련

전기 철도의 통제 장치는 다양한 전압과 다양한 주파수 변환이 가능한 교류 전력 모터와, 회선 부하 제어에 보조 장치로써 직류 장치에 관한 것으로 통제 장치가 가능하도록 발명함



검토의견

전기 철도의 효과적인 관리방법과 관련된 특허로서 전력소비의 최적화 측면에서 검토가 가능함

일련번호	4-8	미국공개특허 US 6,936,098 B2		
출원일자		2003. 04. 30	공개일자	2005. 08. 30
출원인		Procedo Enterprises		
제목		PROCESS FOR PRODUCING BLENDED CEMENTS WITH REDUCED CARBON DIOXIDE EMISSIONS		

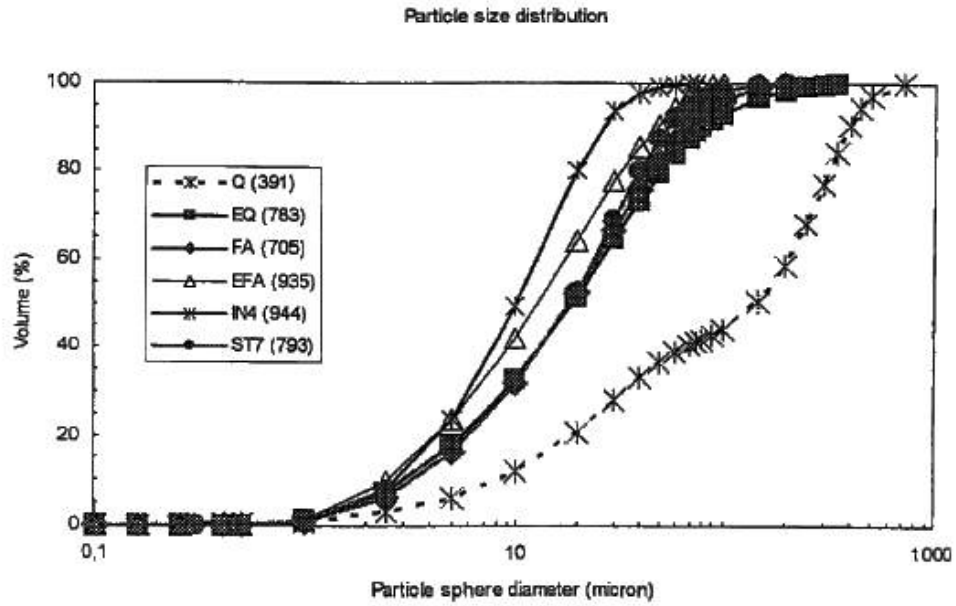
특허 개요

■ 기술요지

이산화탄소 배출 저감이 가능한 혼합 시멘트 생산 과정에 관한 것

■ 과제기술 관련

마이크로 필터, 수분 절감 물질, furnace slag, flyash, 석영, 실리카, 무결정 실리콘 다이옥사이드, 석회석, 재활용 콘크리트로 혼합된 Portland 시멘트 생산 과정에 관한 것으로, 건조 상태에서 재료들을 최소 1000cm2/g 세밀하게 분쇄한 후 반응성이 높은 시멘트 혼합물과 혼합하여 생산함



검토의견

친환경성이 강화된 시멘트 생산기술로서 철도 시설물의 건설재료로 활용되는 시멘트의 기능성 및 환경성 제고 측면에서 검토가능함

일련번호	4-9	미국공개특허 US 7,494,079 B1		
출원일자		2007. 11. 30	공개일자	2009. 02. 24
출원인		Gianni Siracusa		
제목		REFUSE RECYCLING PLANT		

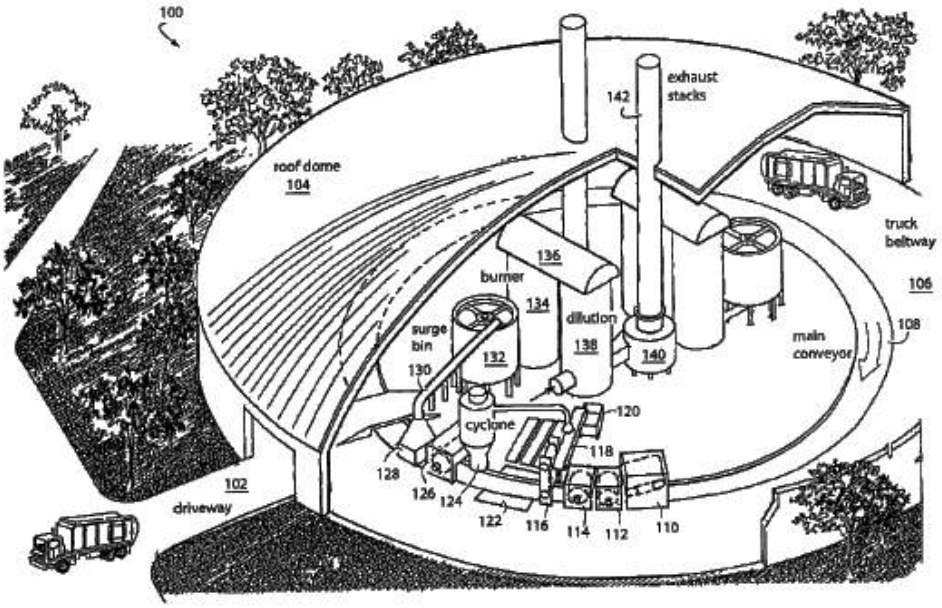
특허 개요

■ 기술요지

쓰레기 재활용 공장에 관한 것

■ 과제기술 관련

재활용 공장에서는 혼합된 쓰레기 더미를 여러 컨베어 벨트를 거치면서 분리하는데, 고철의 경우 자석을 이용하여 분리하고, 이어서 유리, 종이, 플라스틱, 소각이 필요한 쓰레기 등으로 분리하여 재활용 할 수 있음



검토의견

일반적인 재활용 프로세스 점검차원에서 참고가 가능하며 철도차량의 폐차 및 재활용 수준에 따른 공간 및 재활용 설비/장비의 설계/배치 등에 대한 검토가 필요할 것으로 판단됨

일련번호	4-10	미국공개특허 US 6,578,783 B2		
출원일자		2001. 07. 02	공개일자	2003. 06. 17
출원인		Simon Family Patrners; Wroxham Partners; LJB Partners		
제목		METHOD AND APPARATUS FOR SORTING RECYCLABLE PRODUCTS		

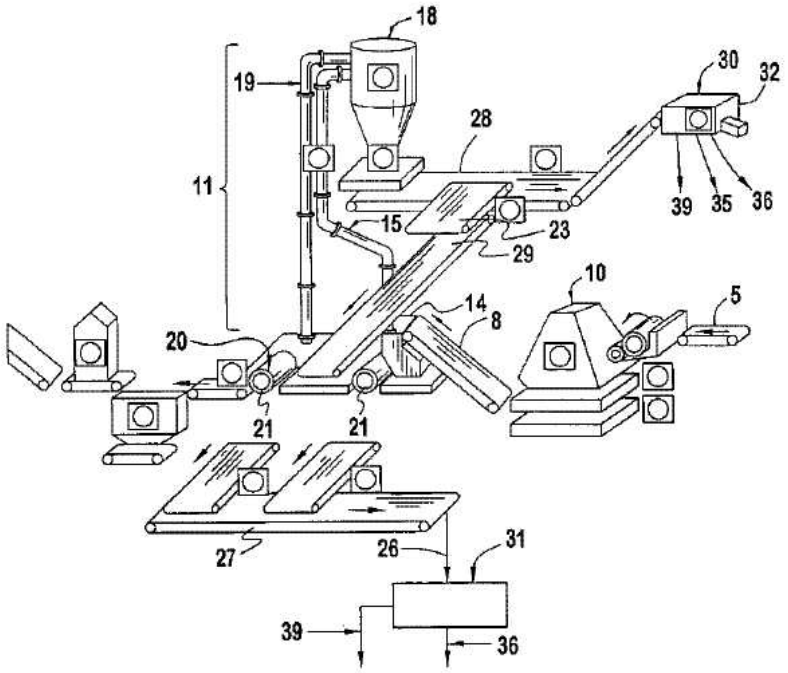
특허 개요

■ 기술요지

재활용이 가능한 물건의 분리 장치 및 그 방법에 관한 것

■ 과제기술 관련

비 분리된 물건들의 경우 무게에 따라 분리되며, 무거운 것들의 경우 자석에 의하여 금속과 비금속으로 분리되고, 가벼운 것들의 경우 금속과 비금속으로 분리되고 크기에 따라 분리된 후 매립지로 보내어짐



검토의견

재활용 프로세스 관련 특허로서 철도차량의 재활용 측면에서 참고가 가능할 것으로 보이며, 자원재순환의 효과/효율 측면에서의 관련 기술 확인이 추가적으로 필요함

5. 기술수요조사 자료

가. 고속검측차량 분야

고속종합검측시스템기술 분야			
과제명	고속선의 한국형 검측차량용 궤도회로의 지능형 분석시스템 개발		
연구개발단계	개발연구		
연구기간(년)	3~5년	연구비 규모 (백만원)	300 백만원/년
연구 배경 및 필요성	· 고속선은 길이가 길어서 유지보수가 어려움. · 현재는 프랑스에서 개발된 검측 차량을 사용하므로 우리 나라 실정에 적용 어려운 부분 발생 · 잦은 고속선사고에 대비		
연구 목표 및 내용	· 유지보수가간편한한국형검측차량용궤도회로분석기법개발 · 보상콘덴서이상유무판단을통한설치및교환시스템구축 · 환경변수에따른궤도회로전기적특성변화에자동대처하는기술확보 · 궤도회로의모델링에대한재해석및한국형모델개발 · 사고에대비한모의사고설정방법연구및시뮬레이션 · 사고자동검출/추출알고리즘개발 · 궤도회로장거리구간모델링을통한한국형궤도회로모델의분석및수정 · 다양한한국형어플리케이션모델의개발		

<table>
<tr><td colspan="4">고속종합검측시스템기술 분야</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="3">고속선 검측을 위한 종합검측차 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발단계</td><td colspan="3">상용화연구</td></tr>
<tr><td>연구기간(년)</td><td>3년</td><td>연구비 규모 (백만원)</td><td>4000백만원</td></tr>
<tr><td>연구 배경 및 필요성</td><td colspan="3">・인력 순회 및 각 분야의 개별적 접촉방식 탈피
・종합검측차를 이용 단일화 및 신속한 유지 보수
・검측 관련자료의 체계화 과학화 및 database 구축
・선로통신신호전기의 동시검측으로 인한 장비의 효율적 운용으로 인한 비용 감소
・궤도의장파장 궤도 틀림 사전 관리로 인한 승차감 향상
・고속선의 차량운행에 적용 가능한 선로 구축물 시스템의 성능향상과 신속한 유지보수
・선로 구축물에 대한 종합적 관리가 용이</td></tr>
<tr><td>연구 목표 및 내용</td><td colspan="3">・궤도재료검사
- 라이스캔 카메라와 할로겐등을 이용한 검사방식 (주야간, 눈, 우천 시 검측 가능
- 실시간 이미지 현시 및 데이타 관리시 불량개소 이미지 첨부로 관리
・레일 두부 검사
- 비접촉식 검측방식으로 반영구적 검측 가능
- 결합시 자동 분류로 인한 효율적 운영
- pc 및 카메라간 광케이블 이용 실시간 검측
・차량검측한 계
- 광케이블에 의한 검측과 전송
- 선로 건축한 계측정
・단면검측
- 벽체와의 거리 및 단면 형상
- 고정물까지의 거리 및 단면
- 전차선 위치 확인
・선로정보 테이타
- 킬로정, 선로 종류, 구조물(교량, 역, 터널, 분기기) 데이타 파악
・전차선측정
- 높이, 편위, 마모 등를 실시간 측정</td></tr>
</table>

고속종합검측시스템기술 분야			
과제명	고속주행 종합검측차량		
연구개발단계	상용화연구		
연구기간(년)	5년	연구비 규모 (백만원)	20000
연구 배경 및 필요성	고속주행에 따른 궤도시설의 유지관리, 사고예방을 위한 검측 및 유지관리시스템 예측을 위한 검측데이터관리로 유지관리 및 새로운 시설에 대한 데이터 제공		
연구 목표 및 내용	・궤도 변형여부 확인 ・고속주행에 따른 레일 변형여부 ・각종 체결장치 변형여부 확인 ・도상변형여부 확인 ・터널 변형여부 확인 ・교량진동에 따른 변형 ・전차선 변형여부 확인		

고속종합검측시스템기술 분야			
과제명	고속종합검측차량 기술개발		
연구개발단계	상용화연구		
연구기간(년)	5년	연구비 규모 (백만원)	
연구 배경 및 필요성	고속주행시 발생되는 각종 시설의 변화추이를 예측할 수 있는 데이터 확보 필요하고 데이터를 이용하여 과학적이 관리와 시설선로의 건설시 설계 반영할 수 있는 기술확보 필요		
연구 목표 및 내용	・궤도변형 ・레일변형 ・각종체결구확인 ・도상변형확인 ・전차선변형확인 ・교량진동변형확인 ・터널부변형확인		

고속종합검측시스템기술 분야			
과제명	전기시설물의 모니터링를 위한 종합 검측 및 진단 시스템의 개발		
연구개발단계	상용화연구		
연구기간(년)	3년	연구비 규모 (백만원)	6000
연구 배경 및 필요성	경부고속철도가 1단계,2단계가 모두 완료되어 경부고철이 전면개통 운행중이고, 호남고속철도 및 수서~평택간 고속철도가 건설중에 있어 2014년 이후에는 300km/h 이상의 상업 최고속도로 영업하는 고속철도의 운행노선이 3개가 될 전망이고, 수정 확정된 국가철도망계획에 의하면 신설되는 간선 철도는 250km/h 이상으로, 개량되는 간선 철도는 230km/h 이상으로 건설되어야 하므로 2020년까지는 UIC 고속철도기준인 200km/h를 넘는 전기철도연장노선이 약 2500km에 근접하게 될 전망이다. 열차속도가 증속되고 전기시설물이 급속히 증가함으로써 선로변의 전기시설물을 유지보수 인력 증원에 의존하여 관리하는 것은 불가능한 수준이 될 것이다. 전문 유지보수인력의 손과 발이 될 뿐만아니라 명석한 판단력을 제시할 수 있는 전기시설물의 종합 검측 및 진단시스템이 개발되어 종합검측 차량에 탑재되어 실시간으로 시설물의 상태가 검측되어 사고전에 예방보수가 이루어지도록 신속한 판단이 이루어져 신속한 유지보수가 되어야만 전기시설물의 안정성이 확보되고 이로 인한 고속차량의 안전운행성이 확보될 수 있다.		
연구 목표 및 내용	・전차선로의 전선류 검측 및 진단 장치 - 측정항목 : 전선열화, 전차선의 높위, 편위, 탄성계수, 압상력, 경점, 마모상태 ・터널내 전력설비의 검측 및 진단장치 - 측정항목 : 조도상태. 전력케이블 열화, 접속부의 열화 및 방전상태 ・전차선로의 각종 애자류와 금구류의 검측 및 진단장치 - 측정항목 : 애자류의 열화 및 방전상태, 금구류의 크랙 및 파단 상태 그리고 접속부의 열화 부식 유무, 진동상태, 볼트 및 너트풀림 상태		

<table>
<tr><td colspan="4">고속종합검측시스템기술 분야</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="3">고속종합검측차 국내 자체 개발(도입)</td></tr>
<tr><td>연구개발단계</td><td colspan="3">상용화연구</td></tr>
<tr><td>연구기간(년)</td><td>3~4년</td><td>연구비 규모 (백만원)</td><td>250억원</td></tr>
<tr><td>연구 배경 및 필요성</td><td colspan="3">・배경
- 경부고속철도 개통에 이어 호남고속철도와 수도권 고속철도가 본격적으로 추진중에 있으며 기존선 고속화 등 고속선은 지속적으로 증가예정
- 원활한 선로보수시간 확보와 고속선 관리(열차 안전운행확보)를 위해서는 주간 시간대 고속종합검측차 개발이 필요
・국내 기술개발 동향
- (고속종합검측차 개념정립 필요) 예를 들면 "고속종합검측차란 고속으로 주행하는 열차에 궤도 및 시스템 등 각 분야별 검측시스템을 설치하여 고속운행/검측이 가능한 열차"를 말한다.
- (고속열차) 국내 고속열차 기술은 이미 개발 완료
- (시스템분야 검측) 건교평에서 발주하여 철도공사에서 2014년 개발완료 예정
・시사점 : 국내개발된 기술개발을 종합하고 부족한 부분에 대한 연구개발을 추가한다면 국내 고속종합검측차 자체개발이 가능 (해외 차량 수입 시 여러문제점 해소 효과 등)</td></tr>
<tr><td>연구 목표 및 내용</td><td colspan="3">・개발 목표 : 국내 고속 종합검측 차량 개발
・주요 기술개발내용
- (1단계) 고속열차와 각 검측시스템을 통합(종합)하는 기술
※우선 고속열차를 선정하여 각 검측시스템 설치공간을 반영(개조)하여 구매
※분야별검측시스템 개발단계별 고속열차에 설치 / 시험운영
- (2단계) 각 검측시스템의 고속검측데이터의 오차범위 최소화 기술
※연구개발이 완료된 검측시스템을 고속열차에 최종 설치(통합)
- (3단계) 고속종합검측차 운용 및 유지관리 기술
※개발이 완료된 종합검측차의 운영 / 유지관리방안 마련 시행
(연구개발로 끝나는 것이 아니라 운영 / 유지관리방안까지 포함하여 시행)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="4">고속종합검측시스템기술 분야</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="3">고속철도종합시스템검측/진단/예방보수체계구축및시스템개발</td></tr>
<tr><td>연구개발단계</td><td colspan="3">상용화연구</td></tr>
<tr><td>연구기간(년)</td><td>2.5년</td><td>연구비 규모 (백만원)</td><td>45000</td></tr>
<tr><td>연구 배경 및 필요성</td><td colspan="3">· KTX 산천 등 차량 개발기술 일정 부분 국산화 및 자립화 성공 궤도, 분기기(선로 전환기), 신호, 전력, 통신시스템 등 상당 부분 국산화단계 및 국산화완료로 건설비 절감 가시적인 효과발생시기도래
· 운영기관에 실질적으로 도움되는 철도 전반 시스템에 대한 검측 / 진단 / 예방 보수체계 구축 및 시스템 개발부분 매우 취약 및 낙후됨
· 철도 선진국은 이미 RAMS 단계에서 RCM(신뢰성 중심 유지보수) 단계로 나아가 Asset management로 이동중, 국내 환경도 RCM, 및 자산관리체계로 철도 유지보수체계로 변화 필요.
· 국내의 첨단IT기술과 철도 선진국의 철도 자산관리 기법의 벤치마킹을
통한 국내 환경에 적합한 체계 구축 및 해외진출 모색</td></tr>
<tr><td>연구 목표 및 내용</td><td colspan="3">· 체계적인 철도 자산관리를 위한 검측 / 진단 / 예방 보수체계 수립
· 건설 단계부터 LCC, RAMS, RCM 기법을 응용한 자산관리 기법 개발
· 철도 자산관리를 위한 체계 구축시스템 개발 및 실용화</td></tr>
</table>

나. 철도차량 유지보수 기술 분야

<table>
<tr><td colspan="4">철도차량 유지보수 기술 분야</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="3">윤축 베어링 차상 상태 진단 및 손상 예측 기술개발</td></tr>
<tr><td>연구개발단계</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>연구기간(년)</td><td>5년</td><td>연구비 규모(백만원)</td><td>3000</td></tr>
<tr><td>연구 배경</td><td colspan="3">・윤축 베어링의 파손 발생 시 차량의 안전성에 심각한 악영향 발생함.
・현재 HBD(hot box detector)를 통한 윤축 베어링의 상태 진단 기법은
높은 오경보율을 보이고 있음.
・또한 윤축 베어링의 보수유지에 필수적인 피로 손상 누적량에 대한 예측이
불가능한 실정임.</td></tr>
<tr><td>연구 목표</td><td colspan="3">이의 해결을 위해서는 지속적이고 실시간적인 윤축 베어링 상태 진단 기법의 도입과 이의 피로 손상 누적량을 준실시간적으로 평가 및 예측할 수 있는 기법의 개발이 요구됨.

・실시간 윤축 베어링 상태 진단 기법 도입
- 1 W급 차상 탑재 윤축 베어링 계측시스템 개발
- 상태 평가 주요 인자 및 윤축베어링 물리적 특성간의 상관관계 개발
- 신뢰성 개념 기반 상태 평가 주요 인자 한계치(threshold) 개발
・초고주 기피로 특성을 기반 윤축 베어링 수명 및 손상 예측 기술
- 윤축 베어링 소재의 초고주기피로 특성 평가 (≒ 1012)
- 윤축 베어링의 윤활 및 하중 조건 기반응력 해석 기법 개발
- 피로파손 기구와의 일치성을 골한 손상누적 법칙 개발</td></tr>
<tr><td>연구 내용</td><td colspan="3">・신호데이터 전처리 및 특성추출방법 연구 및 확률계수모형 및 손상 프로세스를
통한 오프라인 열화데이터 분석
・실시간 윤축 베어링 상태 진단 기법 도입
- 자가 발전용 차량 환경 조건 평가모니터링용 계측시스템 개발
- 주요 상태 진단인자도입 및 물리적 현상과의 일치성 평가
- 철도차량의 신뢰도 수준을 고려한 임계치 개발
- 손상 감지 및 식별 알고리듬개발
・초고주 기피로 특성 기반 윤축 베어링 수 명예측 및 손상 예측 기술, 고장
예측 알고리듬개발
- 윤축 베어링의 공정 인자를 고려한 초고주기(≥109) 피로 특성
- 표면하부국 부응력 및 피로 손상을 고려한 손상 누적 모델 개발
- 철도차량의 운영하중을 고려한 내구수명예측모델 개발
- 손상 예측 알고리듬개발</td></tr>
</table>

철도차량 유지보수 기술 분야			
과제명	진동 특성에 의한 차륜 이상 마모 진단 및 정비 예측 기술		
연구개발단계			
연구기간(년)	5년	연구비 규모 (백만원)	3000
연구 배경	・차륜(wheel)에 발생하는 이상 마모 현상은 차량 승차감 저하 및 안전성에 심각한 위해 요인이 됨. ・또한 차륜 마모현상은 지속적으로 발생하고 이에 의한 사고를 방지하기 위한 보수유지 작업에 상당한 비용을 소모하고 있음. ・현재 육안 검사에 의하여 차륜 이상 마모 현상을 진단하고 있지만 실시간 진단 및 정비 시기 예측은 불가능한 실정임.		
연구 목표	이의 해결을 위해서는 지속적이고 실시간적인 차륜 상태 진단 기법의 도입과 이의 피로 손상 누적량 예측을 통한 정비 주기 예측 기법의 개발이 요구됨. ・차륜 이상 마모진단기법 개발 - 차륜 마모현상의 분류 및 이의 수준 평가 인 자개발 - 마모 종류 및 수준에 따른 차륜 진동 특성 DB화 - 신뢰성 개념 기반 차륜 마모 상태 진단 한계치(threshold) 개발 ・차륜 마모 정비 예측 기술 개발 - 차륜소재의 이상 마모 관련 피로 특성 평가 - 차륜 마모현상을 고려한 손상누적 법칙 개발 - 차량 주행 특성을 고려한 정비 주기 예측 기술 개발		
연구 내용	・차륜 이상 마모진단기법 개발 - 플랜지 마모, 쉘링 등 발생 가능 마모 손상의 분류 및 정량화 - 인공 마모 조건 및 실차 조건하에서의 진동 특성 평가 및 이의 상관관계 분석 - 철도차량에 요구되는 신뢰도 수준을 고려한 마모 상태 임계치 개발 - 손상 감지 및 식별 알고리듬개발 ・차륜 마모 정비 예측 기술 개발 - 차륜 마모 특성과 관련된 소재의 피로 특성 평가 - 마모 발생 원인 및 이의 기구를 고려한 마모 손상 누적 법칙 개발 - 차량의 운영하중을 고려한 손상예측 알고리듬, 내구수명 및 정비 주기 예측모델 개발		

철도차량 유지보수 기술 분야			
과제명	고효율 자가발전 변환 기술 개발		
연구개발단계			
연구기간(년)	5년	연구비 규모 (백만원)	5000
연구 배경	전세계적으로 에너지 자원문제에 대응하기 위하여 주변에 광범위하게 존재하는 에너지원인 열, 진동, 전자기파 등을 전기에너지로 변환하는 에너지 수확기술은 에너지 활용의 효율성을 극대화 시킬 수 있는 녹색기술임. 연료전지, 태양전지 등 타 신재생에너지 분야와 동시 활용으로 에너지 효율을 증진시킬 수 있을 뿐 아니라, 2차전지 등의 에너지 저장장치와의 접목으로 독립전원으로 활용 가능한 기술로, “언제라도, 어디서라도, 누구라도” 네트워크로 연결되는 유비쿼터스 사회의 실현에 필수적인 기술. 연료나 배터리가 없이도 지속적인 전력 공급이 가능한 전원의 필요성이 나날이 증가되고 있다. 따라서 효율이 좋은 압전 혹은 전자기 유도방식을 이용한 자가 발전소자 기술 연구가 전세계적으로 많이 진행되고 있다 일본에서는 2010년 NTT, 일본전기, 파나소닉, 토요다 등 일본 12개 회사가 “에너지 하베스트 콘소시엄”을 형성하여 국제적인 경쟁력을 강화하고 있음. 국내에서는 아직 기존의 소재 및 공정을 이용한 가능성 탐색 수준의 연구가 진행 중임. 철도시스템의 지능형 모니터링을 위해서는 주변에너지의 재활용을 통해 친환경적이며, 반영구적인 작동성능의 “자가발전(Energy Harvesting)” 구동 모니터링 기술 개발이 필요함. 자가 발전된 전력원은 실시간 모니터링이 가능하도록 무선 센서 시스템의 영구적 사용을 가능하게 함. 프랑스 국영철도회사인 SNCF 등 철도선진국의 경우에는 이미 철도시스템의 모니터링을 위하여 열차의 진동에너지를 이용한 자가발전 구동 기술을 적용하기 위해 연구를 시작하였다. 그리고 자가발전 기술의 필요성은 철도차량뿐만 아니라, 철도역사, 철도교량, 레일 등 다양한 철도시스템 구조물의 안전진단이나 USN 기반의 모니터링 시스템에서도 요구되고 있다. 기존 방식으로는 크기와 체적이 크고, 대량생산이 용이하지 않음. MEMS 기술과 웨이퍼 레벨 패키징 기술을 접목과 저차원 미세구조 단위에서 소재조립 및 구조제어의 최적화를 통한 에너지 하베스팅 효율의 혁신적 도약이 필수적임.		
연구 목표	철도 차량의 실시간 지능형 모니터링을 위해 주행 차량 주변의 에너지를 활용하여 무선 센서 노드의 독립적 전원 공급이 가능한 철도 차량 적용을 목표한 하이브리드 에너지칩 개발을 목표로, 칩 레벨의 자가 발전을 위한 하이브리드 에너지 수확장치의 구조 개발과 칩 구조의 시스템 개발을 위한 미세 가공 기술의 공정 조건 확립, 테스트 베드 구축을 통해 철도 환경의 조건에서 에너지 칩의 내구성 및 안정성 검증을 관한 연구를 세부 목표로 함 ・철도 차량 환경에서의 하이브리드 에너지칩 개발을 위해 차량 주변에서 발생하는 에너지의 활용 증대를 위한 최적화 구조에 관한 연구를 수행함. ・자가 발전 에너지칩 개발을 위한 미세 가공 기술의 공정 조건 개발과 핵심 IP 기술을 개발 구축하여, 에너지칩의 표준 공정을 확립하고자 함. ・실차 환경/자가 발전 in-situ 측정 장치와 주행 차량 모사가 가능한 시뮬레이터 개발을 통해 요소 기술 개발의 기능과 테스트 베드를 통한 에너지 칩의 내구성 및 안정성 확보를 위한 연구를 수행함.		
연구 내용	철도 차량 적용형 고효율, 고내구성 에너지칩 개발 ・철도 차량 주변 에너지를 활용한 하이브리드 에너지칩 최적화 - bandwidth 확장과 내구성 향상을 통한 주행진동 기반 자가발전 개발 (Electromagnetic, Piezo) - 열전 재료 개선 및 공냉 구조 최적화를 통한 자가발전 개발 - 하이브리드 에너지칩의 구조 최적화 연구 ・에너지 칩을 위한 공정 기술 개발 - 미세가공 기술을 이용한 본딩 및 박막 공정 개발 ※장기 신뢰성 확보를 위한 본딩 기술 개발 ※에너지 변환 소재 공정 개발 - 에너지칩 패키지 구조 개발 ※자가 발전 성능 및 구조 안정성 확보를 위한 구조 개발 ※실차장착성 확보를 위한 구조 개발 - 에너지 칩 제작을 위한 표준 공정 수립 ・에너지칩의 성능 안정성 확보를 위한 테스트 베드 구축 및 검증 - 복합 물리량 측정 및 in-situ 측정 시스템 개발 - 실차 조건 구현을 위한 시뮬레이터 제작 ※ 진동, 풍압, 온도 조건 가변 가능한 시뮬레이터 개발 - 철도 차량 테스트 베드 구축		

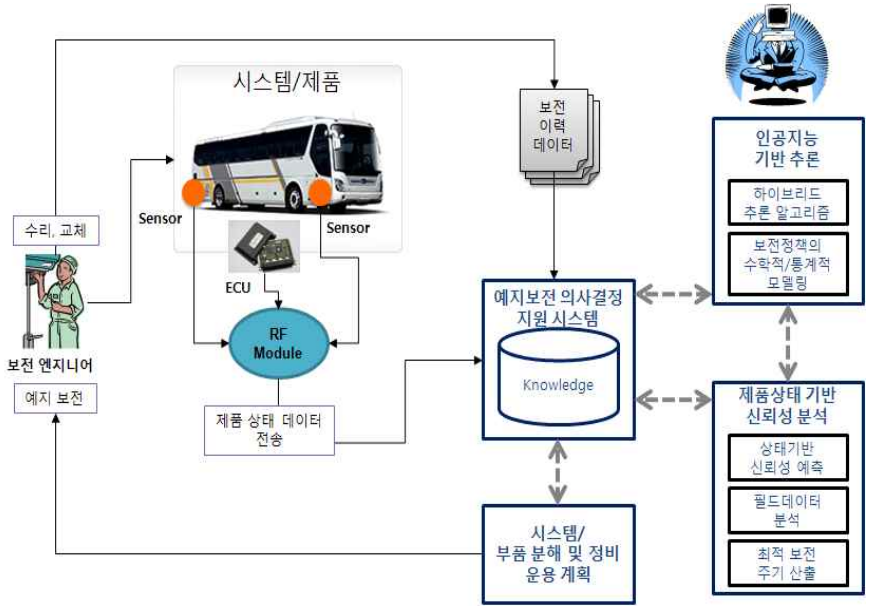
<table>
<tr><td colspan="4">철도차량 유지보수 기술 분야</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="3">저전력 무선 데이터 통신 기술 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발단계</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>연구기간(년)</td><td>5년</td><td>연구비 규모 (백만원)</td><td>4000</td></tr>
<tr><td>연구 배경</td><td colspan="3">· 무전원 무선 실시간 모니터링 연구는 공간 활용의 제약으로 무선 송수신단을 포함한 wireless sensor network (WSN)을 기반으로 구축된다. 기존 무선 송수신 시스템 및 WSN이 전력의 제한이 없고, 양호한 무선 환경에서 성능이 보장되는 반면, 고속 철도 차량 환경에서의 무선센서와 차상 네트워크 사이의 무선 전송을 위해서는 무선 환경에 적합한 특성화 된 무선 송수신 시스템이 요구된다.
· 저전력 송수신 모듈의 경우 개발 자체가 다국적 제휴에 의해 이루어지고 있으며, 미국, 유럽, 아시아를 포함한 다수의 국가에서 통합 표준에 의해 Zigbee, Bluetooth 4.0, 6LoWPAN, UWB 등 다양한 표준의 제품군을 출시하고 있으나 대부분이 양호한 무선 환경에서 그 신뢰도를 보장하므로, 고속 철도 환경에서의 신뢰도를 위한 별도의 수신 모듈 개발이 필요하다.
· 고속의 이동과 금속으로 차폐된 공간, 저전력 등의 환경에서 신뢰성을 갖는 무선 송수신 시스템 관련 연구가 전무한 미개척 분야이다. 해당 연구의 성과는 원천기술로서 기술적 우위를 선점하는 기회가 되며, 무선 통신 분야의 특성 상 IP 및 모듈화를 통한 제품화 및 다양한 분야로의 응용이 용이하다.</td></tr>
<tr><td>연구 목표</td><td colspan="3">철도용 저전력 무선 센서 네트워크를 위한 무선 송수신 시스템의 주요 기술은 다음과 같이 구분된다.
· 해당 무선 채널 환경에 적합한 RF기술
· 저전력 송수신 기술
· 수신신호 처리기술
· 다중채널의 간섭 및 보안을 위한 암호화 기술
· 다중 센서 네트워킹 기술
· 집적회로 기술
· 기타 시스템 검증 및 구현 기술
시스템 개발에 요구되는 정량적 목표는 중점추진 분야 참고.</td></tr>
<tr><td>연구 내용</td><td colspan="3">· 해당 무선 채널 환경에 적합한 RF 기술(저전력) : 센서의 개수, data의 형태, 전송속도, 센서 및 송수신 시스템간의 거리, line of sight(LOS) 및 차폐정도, 이동 속도와 fading, 공간의 구조와 반사율, 열화 및 기타 잡음, 고전압 등 무선 통신에 영향을 미치는 무선 채널 환경의 특성을 파악하고, 가용 전력, 사용 가능 대역 및 대역폭등을 고려한 최적화 된 RF 시스템 규격 및 방식 연구
· 수신신호 처리기술 : 무선 환경으로 유입된 신호의 왜곡, 간섭 각종 잡음 등을 제거함으로써 수신신호의 신뢰도를 향상시킬 수 있다. 저전력 송신을 위해 대부분의 신호 처리는 수신단에서 이루어지며, 실질적으로 기존 무선 시스템과의 차별화 및 경쟁력 우위를 확보
· 다중 채널의 간섭 및 보안을 위한 암호화 기술 : 무선 채널 모델링, 채널 추정 및 등화, 간섭 제거, 암호화 등의 기술 개발을 통해 신뢰도 높은 무선 네트워크 시스템 개발
· 다중 센서 네트워킹 기술 : Quantization(양자화), multiple access(다중접속) 방식, scrambling, 암호화 등의 기술 분석 및 개발을 통해 저전력 무선 센서 네트워크에 적합한 시스템을 개발
· 집적회로 기술 : 저전력, 데이터 전송률, 센서부와의 연계, 기존 네트워크망과의 연계 등 다양한 조건과 임베디드, FPGA, MPW, SoC 등 다양한 하드웨어 구현 기술을 비교 분석하여 최적의 집적 회로 시스템 구현
· 기타 시스템 검증 및 구현 기술</td></tr>
</table>

철도차량 유지보수 기술 분야			
과제명	소형 저전력 센서 모니터링 시스템 (센서-통신-회로 일제화 기술) 개발		
연구개발단계			
연구기간(년)	5년	연구비 규모 (백만원)	5000
연구 배경	・센서 장치들을 무선으로 연결하여 네트워크를 형성하는 무선센서네트워크 (WSN) 기술은 사람을 중심으로 하던 정보 운용 형태를 확장하여 사람과 사물뿐 아니라 사물 간의 정보 공유를 언제 어디서든 가능하게 하는 유비쿼터스 환경으로의 패러다임 구현에 초석을 마련해 나가고 있음. ・특히 이동체 유비쿼터스 환경의 도래에 따라 언제 어디서나 편리한 정보서비스가 가능한 지능형 센서망이 필요하고 이에 대하여 최근 독립적 전원 공급 체계 구축을 위한 자가발전형 시스템 개발을 위하여 많은 연구 그룹이 참여하고 있음. ・특히, 자가발전형 스마트 센서 적용을 위한 최적의 환경인 이동체(열차/자동차/선박/비행기 등) 유비 쿼터스 환경 구축을 위해서는 저전력 통신 회로 및 고효율 에너지 저장 체계가 요망되는데, “이동체 유비 쿼터스 환경 적용형 자가발전 스마트 센서의 충전을 위한 저전력 소형 전원 모듈, 효율적 전력 관리를 위한 제어시스템 및 저전력 무선 시스템”개발이 이에 부합됨. ・이동체 유비쿼터스 환경 구축을 위한 자가발전형 스마트 센서 전원 및 통신 시스템은 이동체 주변의 열, 진동 등 자연 환경 에너지뿐 아니라 최근 통신의 발달로 점점 고밀도 주변 에너지화하고 있는 주변의 전파기파(Ambient Radio frequency)를 유용한 에너지원으로 지속적인 활용이 가능하도록 “배열형 Reconfigurable 에너지 변환소자와 에너지 저장소자”로 구성되는 친환경 자가충전 소형 전원 모듈 뿐 아니라 “저전력 스마트 모니터링 저전력 통신 모듈”의 개발이 필요함. ・에너지 자원의 효율적 활용 면에서도 열/진동 /무선(RF) 에너지 변환소자, 고효율 안테나와 에너지 저장소자가 일체화된 패키지로 결합된 자가 충전형 소형 전원 모듈이 가장자가 발전형 열차 유비 쿼터스 환경 구축에 유망하지만, 동시에 이 전원 모듈 내의 효율적 전력관리를 위해서는 자가발전된 전력만으로 구동되는 SoP(System on Package) 수준의 반도체 칩형 구조 개발이 필수적임. ・“So P 수준의 자가발전/충전관리 및 스마트 모니터링 일체형 시스템(Smart EPMS)”은 열/ 진동 /무선 에너지 변환소자와 저장소자 간 에너지 관리를 위한 EMS(Energy Management System)과 전원 모듈로부터 응용 서비스로 공급되는 전력관리를 위한 PMS(Power Management System) 및 저전력스마트 모니터링 시스템(Low Power Smart Monitoring System)으로 구성됨. ・자가 발전형 센서 적용을 위한 Smart EPMS는 이동체 및 이동체 주변 환경의 모니터링시스템 뿐 아니라 향후 능동형 RFID 및 USN 센서노드 시스템의 반영구적 독립전원으로 응용할 수 있으며, 향후 인체 삽입/내장용 의료기의 전원으로서도 활용할 수 있을 뿐 아니라 주변에 산재해 있는 자연환경 에너지를 수확하여 전원으로 사용하고 집적화, 일체화 및 모듈화로 기술개발이 이루어지는 전원모듈은 저전력, 고성능 및 친환경 기술구현이 가능하고, 실시간으로 정보를 지능적으로 제공하여 공공 보안/안전, 환경감시, 국방 등의 서비스에 활용 가능함. ・Smart EPMS의 시장성 측면에서, 2008년 현재 소형 2차 전지 세계시장은 4조 원 규모이며 그중 한국은 20%(2위)의 시장 점유율을 차지하고 있으며 (한국전지연구조합, 2006 후 지경제), 다양한 유비 쿼터스 기기들의 발전에 따라 2018년에는 신규 서비스 시장이 35조 원 규모로 확대될 것으로 예측 (LG경제연구소, 삼성경제연구소, 전자신문) ・Smart EPMS 기술은 국내 우수한 전원모듈 관련 인프라를 바탕으로 신기술을 조기에 개발하고 핵심·원천기술을 확보함으로써 세계 전원 모듈시장 선점 및 신산업을 창출 가능함. ・Smart EPMS의 주요 응용분야인 RFID/USN의 전체 세계시장은 2008년 327.8억 달러 규모에서 2010년 540.8억 달러 규모로 성장 예상하고, 국내 시장 규모는 2010년에 39억 달러로 전망 ・일본 Fuji Chimera 연구소의 2006년 Frontier Ceramics 보고서에 의하면, 압전소재 및 관련 부품의 시장규모는 1,000억엔 정도로 추산되며, 압전 재료를 이용한 충전 및 무선 센서 시스템을 개발할 경우, 시장선점 및 동점적 아이템 으로 그 규모상 1억 달러 이상의 수출효과가 발생하리라 예측됨.		
연구 목표	・열차 주행 중 자체적으로 주변에 산재한 자연환경 에너지(열, 진동, 전파 에너지 등)를 적극적이고 효율적으로 재생/ 활용함으로써 지속적으로 사용 가능한 Smart EPMS의 열차 적용 및 실용화 기술 개발 ・열차 환경에 적합한 Smart EPMS의 상용화 기반 구축을 위한 부품 신뢰성 구축		
연구 내용	・통합형 자가발전 에너지 관리 시스템(EMS) 및 전력관리 시스템(PMS) 개발 - 변환열전에너지 저장 기술 - 변환 압전(진동) 에너지 저장 기술 - 전파 에너지 변환 및 저장 기술 ※고효율 RF-DC 변환 회로 개발 ※고효율 Rectenna 개발 - 자가 충전 다중 전원의 에너지관리 시스템(EMS) 개발 - EMS와 연계된 전력관리 시스템(PMS) 개발 ※고 안전성 Reconfigurable 에너지 저장 회로 기술 (리튬2차전지, 박막전지, 슈퍼 캐패시터 및 EDLC 통합 적용형 기술) ※출력 전압 제어/분배 기술 ※Dynamic voltage scaling 기술 ※진동 에너지용 Dynamic frequency scaling 기술 ※AC/DC 입력에 대한 통합 정류/Buck-boost 및 가변 선형 LDO 개발 - EMS와 PMS의 통합 EPMS 기술 개발 ・EPMS 연동형 스마트 모니터링 시스템 개발 - 주변 무선 환경 최적화를 위한 Reconfigurable beam-steering antenna 기술 - 열차 적용형 저전력 스마트 모니터링 통신 기술 - 열차 환경에 최적화된 Flexible radio 기술 개발 ※Configurable RF 시스템 (S/W에 의한 통합 가변형 구조) ※안정성 확보를 위한 O/S 미탑재형 통신 제어시스템 개발 ・통합형 SoP 구조의 Smart EPMS 상용화 기술 개발 - 열차 적용형 고 내구성(진동 / 온도 / 노이즈/강전계) 패키지 기술 개발 - EMS/PMS 및 스마트 모니터링 시스템 일체화 패키지 구현 - Fail safe 및 Fault tolerant 향상 기술 개발 - 개발 단품에 대한 차량(기존 및 신규) 장착 기술 개발 - 열차 탑재 및 Smart EPMS테스트 베드 구축 - Smart EPMS 신뢰성 평가 및 시험 기술 개발		

<table>
<tr><td colspan="4">철도차량 유지보수 기술 분야</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="3">초고속 가혹 환경 WSN 기술 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발단계</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>연구기간(년)</td><td>5년</td><td>연구비 규모 (백만원)</td><td>2000</td></tr>
<tr><td>연구 배경</td><td colspan="3">철도 차량의 모니터링 센서는 대부분의 경우 차량 하부에 설치됨.
다양한 센서의 설치 편리성을 위해 유선 연결보다 무선 송수신 센서 필요
차량의 하부는 추진장치, 전원공급장치, 제동장치, 견인전동기 등의 각종 전장품이 설치되어 있어서 여러 종류의 잡음의 존재하고 있음.
철도 차량은 고압의 전원을 사용하고 있고 각종 스위칭 소자를 사용하기 때문에 저주파수의 강한 잡음이 발생하고 있음.
철도 차량의 무선 장치 및 열차 방호 장치는 높은 출력의 송신 장치를 사용하므로 송신 주파수 및 고조파잡음을 발생하고 있음.
철도 차량의 전장품은 금속 물체의 외함을 사용하고 있고 각 전장품외함은 크기와 재질이 다르며 일부 전장품은 레일에 근접하여 설치됨.
전자파는 직진하는 성질이 있으며 주변 환경의 구조나 재질등의 의해 반사, 투과, 산란, 회절 등의 복잡한 특성을 나타내며 금속 물질은 투과하지 못함.
센서의 무선 통신 경로는 직진(Line of Sight) 및 주변 물질에 의한 반사등 다양한 경로를 통하기 때문에 다중 전파 경로에 의한 신호 왜곡 발생 가능.
저전력을 사용하여 송수신 신호의 전력에 제한이 있음.
송수신 전력이 낮을 경우 전파도달거리가 짧아지며 주변 잡음에 취약해지는 등의 문제 있음.
비허가 주파수 대역 사용으로 인한 주파수 간섭 및 보안 문제 있음.</td></tr>
<tr><td>연구 목표</td><td colspan="3">주변 잡음에 의한 영향을 최소화한 무선 송수신 시스템 개발
다중 전파 경로에 의한 왜곡 최소화하여 무선 데이터의 신뢰성 확보</td></tr>
<tr><td>연구 내용</td><td colspan="3">무선 채널 전파 환경 모델링 기술
· 분석적인 도구(수학적 모델링) 및 실측 데이터를 이용한 전파현상 규명
· 통계적인 방법 및 확정적인 방법 등을 이용한 전파환경 묘사
· 반송 주파수 대역, 전송데이터의 Bandwidth, 전파환경 등에 적합한 채널 모델링
다중채널 왜곡 및 잡음 간섭 제거 기술
· 다중 경로, 지연 시간, 경로별 전력 및 도래각등 파라미터 연구
· 무선 채널의 신호를 최대한 정확하게 추정 기술 개발
· 다중 경로의 왜곡을 보상하는 등화 기법 개발 무선 송수신기구현
· 신호대 잡음비(SNR)을 최대화하는 선형 수신 시스템 기술
· EMC 향상 기술
· 보안 확보 기술
· 사용자 인증 및 암호화 기술</td></tr>
</table>

철도차량 유지보수 기술 분야			
과제명	상태진단 및 예측 SW 구현 기술		
연구개발단계			
연구기간(년)	5년	연구비 규모 (백만원)	1000
연구 배경	・안정성 제고 및 CBM 기반 효율적인 유지보수 기법 개발 필요. ・철도차량 상태에 대하여 on-line/off-line 센서를 활용하여 다량의 데이터를 수집하고 있으나 health 상태에 대한 정확한 진단이 힘든 관계로 고장 예측이 힘듬. 따라서 health Condition에 대한 진단 및 예측 이론 정립 필요		
연구 목표	・주요 철도 부품 및 시스템에 대하여 열화 및 고장과 연관된 센서 정보를 취득하고 데이터 처리 알고리듬 구현 ・센서 정보로 부터 고장 판단 등의 진단 및 수명 예측		
연구 내용	센서 종류별 정보취득 기술 물리적/수리적 특성 분석 구현 기술 고장 진단에 대해서는 두 가지 측면에서 접근 1. 물리적인 특성 중점추진과제인 “철도차량상태 진단 및 예측기술개발”에서 센싱 대상별 센서의 종류 및 판단 모델을 물리적인 측면에서 개발하고 개발된 모델을 S/W로 구현하는 기술 2. 수리(통계)적인 특성 열화가 진행중인 대상체의 센싱 정보를 이용하여 수명분포를 파악하고 수명분포를 활용하여 시스템의 정비주기를 진단할 수 있는 모델을 개발하고 개발된 모델을 S/W로 구현하는 기술 두 가지 접근 방식은 의사 결정에 반영하여 궁극적으로 고장 판단 논리를 완성한다. 센싱 대상체에 대해서 센서의 종류, 센서 정보로부터의 고장을 판단하는 논리를 정의한다. 센서 데이터에는 차량을 식별할 수 있는 정보 및 누적운행 정보 등을 포함해야 한다.		

철도차량 유지보수 기술 분야			
과제명	상태기반정비 최적화 기법 및 기술		
연구개발단계			
연구기간(년)	5년	연구비 규모	2000
연구 배경	・고가의 첨단장비 탑재 및 복합화 경향에 따라 고장을 사전에 예방하여 비용을 최소화하고 새로운 녹색성장의 기조 하에 폐기물을 절감할 수 있는 보전 방법론에 대한 사회적 요구가 끊임없이 증가하고 있음. 하지만 기존의 시간기준 보전활동은 고장 방지를 100% 보장할 수 없기 때문에 새로운 개념의 보전활동, 즉 상태기반 보전시스템의 도입의 필요성이 대두되고 있음. ・상태기반 보전활동의 핵심요소는 장비/설비의 열화를 측정, 분석하여 장비/ 설비의 잔여수명을 정확하게 예측하며 고장이 일어나기 바로 직전에 보전을 실시함으로써 종래 시간기준 보전방식의 보전주기보다 보전간격을 확장, 보전비용 및 인력을 최소화시키는 데 있다. 상태기반 정비활동은 장비/설비의 열화를 성능 파라미터(performance parameter)를 통해 상태를 감시하고 보전 시점의 정확한 예측을 위한 신뢰성 모형화 작업은 필수적. ・상태기반정비 방법론에 대한 연구가 시간기준 보전정책 연구에 비해 상당히 미비한 실정이며, 또한 기존의 관련연구도 단편적인 센서기술 및 분석기술에 국한되어 통합적인 상태기반보전 개념을 제시하는 데는 불충분하였다. 일반적으로 상태기반 보전정책은 시간기준 보전정책에서 중점을 두는 최적화 및 수학적 모델링뿐만 아니라 시스템의 열화를 온라인 또는 주기적으로 점검 할 수 있는 센서 및 측정기기, 신호처리를 포함한 IT기반의 의사결정시스템의 지원 없이는 성공적으로 수행하기 힘듬. ・일련의 KTX의 운용중 고장으로 인해 작동중단의 사례가 빈번히 언론매체를 통해 소개되고 있으며, 최근의 중국의 고속철도의 신호체계의 고장으로 인해 큰 인명피해의 사례가 발생 어느때 보다도 고속철도 시스템의 안전 및 보전/ 정비활동에 대한 관심과 필요성이 증대되고 있음. 이러한 일련의 고장으로 인한 비용 및 인명손실을 예방하기 위해서는 철도 주요 부품 및 시스템의 열화 및 고장 데이터 분석을 토대로 시스템의 신뢰도를 예측하며, 언제 시스템/제품을 어떻게 수리하는 것이 최적인지를 결정하는 의사결정 알고리즘의 개발이 필요하다. 언제 어떠한 방법으로 시스템/제품의 보전 업무를 수행하느냐에 따라 보전 수준이 달라지며, 이에 따른 보전 만족도 및 보전 비용이 달라질 것이다. 예지 보전 의사결정 최적화 지원체계 정립을 위해서 여러 측면에서 다양한 요소들에 대한 구체적인 정의 및 그들간 연관 관계의 정의가 선행되어야 하며, 또한 온/오프 센서 기술을 응용한 상태기반 예지 보전 시스템에 필요한 하드웨어, 소프트웨어 및 그 응용분야인 비즈니스 모델들에 대한 구체적인 정의가 필요함. 하드웨어 측면에서는, 상태기반 예지 보전 최적화 의사결정 지원을 위해 필요한, device 레벨, 네트워크 레벨, 시스템 레벨의 구성요소들 및 그 특징들에 대해 고찰이 필요함. 소프트웨어 측면에서는, 최적 의사결정을 위해 필요한 의사결정 알고리즘들에 대한 기술과, 이들 알고리즘들 간 관계정립이 필요함. 비즈니스 모델 측면에서는, 이러한 예지 보전업무를 수행하는데 있어서 필요한, 비즈니스 동인 (Business initiatives), 비즈니스 시나리오 및 실행 측면에서 고려해야 할 측면들을 고찰하여야 하며, 마지막으로 예지 보전 그리고 이를 시스템으로 구현하기에 필요한 어플리케이션 계층에 대한 정의를 기술하고, 전체 하드웨어, 소프트웨어, 비지니즈 모델 관점에서 각 구성 요소들간의 관계성을 보여줄 수 있는 시스템 아키텍쳐가 필요함.		
연구 목표	・열화되는 시스템 및 장비의 관련된 신호를 분석, 주요 철도 장비 및 부속품의 고장시점을 사전에 예측, 수리보수가 가능하도록 하는 알고리듬 개발. ・이를 통한 최적 보전주기를 결정할 수 있는 상태기반 보전정책을 제시 ・연구의 궁극적인 목표는 이러한 상태기반 보전활동을 온라인으로 지원할 있는 의사결정시스템 및 IT 지원시스템 체계 구축을 위한 개념을 확립, 이론적 토대를 구축. ・본 과제는 열화되는 장비/설비의 상태정보를 통해 고장진단 및 예측정보를 유/무선 시스템에 제공하고 적기에 시스템 보전활동을 실시함으로써 시스템의 가용도를 최대화하고 고장으로 인해 야기되는 불안을 최소화하는 것을 목표.・정보 시스템이 시스템/제품의 보전 이력 데이터와 수학적 모델등을 관리하면서, 문제가 주어지면 해당 시스템/제품의 보전 이력을 읽고 인공지능 의사 결정 시스템의 판단에 따라 그 데이터를 효율적으로 분석할 수 있는 가장 적합한 수학적 모델을 찾아내고, 그 모델로 최적보전 주기를 계산.		

연구 내용	궁극적으로 개발하고자 하는 유지보수 관련 의사결정 시스템을 도시하면 아래와 같음.  ○열화 및 신호데이터 분석을 통한 시스템 신뢰도 예측방법 연구 - 상태기반보전 활동의 마지막 단계는 보전 의사결정을 내리는 것으로 일반적으로 고장진단 및 고장예측으로 구분할 수 있다. 고장진단 활동은 고장발생시 고장 감지(detection), 격리(isolation) 및 확인(identification)을 중심으로 한다. 센서를 통해 확보한 데이터를 기반으로 시스템/제품의 고장을 진단하는 방법으로 패턴인식이 가장 널리 활용되고 있는데, 매뉴얼 패턴인식을 위해서는 특수한 고장진단 응용분야에서의 고도로 훈련된 전문가 가 필요로 하기 때문에 자동화된 패턴인식 방법이 중요하다. - 이를 위해서는 얻어진 신호로부터 추출된 정보 또는 특성을 기반으로 하여 신호를 분류해야만 한다. 신호분류(signal classification)를 위한 방법으로는 통계적 접근 및 인공지능 접근방법이 있는데, 통계적 접근방법으로는 고장진단을 위한 가설검정 방법, 통계적 공정관리(statistical process control: SPC)를 활용한 방법 및 클러스터 분석방법 등이 있으며, 인공지능 접근방법으로는 인공 신경망(artificial neural network), self-organizing map(SOM) 및 adaptive resonance theory(ART) 방법 등이 많이 활용되고 있다. - 고장예측을 위해서는 현재의 시스템상태 및 과거의 운용 프로파일 하에 고장이 언제 발생할지를 예측해야만 한다. 이를 위해서는 잔존수명을 예측해야만 하는데, 잔존수명을 예측하기 위한 많은 방법들이 연구되어 왔다. - 하지만 발전소에서의 고장발생은 치명적인 결과를 야기할 수 있기 때문에 잔존수명을 예측하는 것 보다는 다음 점검기간까지 고장 발생 없이 시스템이 작동할 확률을 예측하는 것이 필요하다. 이를 위해서는 기존의 점검주기의 적합성을 검증하고 시스템의 열화주기를 고려한 최적의 예방점검주기를 설정하는 연구를 진행하고자 한다. ○예지보전 정책 최적화 알고리즘 개발 - 열화데이터 분석을 통한 고장 및 시스템 신뢰도 예측 결과를 바탕으로, 언제 시스템/제품을 어떻게 수리하는 것이 최적인지를 결정하는 의사결정 알고리즘의 개발이 필요하다. 언제 어떠한 방법으로 시스템/제품의 보전 업무를 수행하느냐에 따라, 보전 수준이 달라진다고 할 수 있다. 이 보전 수준에 따라 보전 만족도 및 보전 비용이 달라질 것이다. - 본 연구에서는 보전 만족도와 관련있는 신뢰도 (Reliability) 및 보전도 (Maintainability)를 제약조건으로 간주하고, 가용도 (Availability)를 고려했을 때 보전비용을 최소화하는 최적 보전 수준 결정 문제를 다루고자 한다. - 이를 위해 전체 예지 보전 비용 모델을 도출하고, 이를 바탕으로 제품 열화 상태에 따른 예지보전 시기와 방법등에 대한 대안 수립후, 이 대안들 가운데 시스템/제품 보전 비용이 최소가 되는 최적 보전 수준을 결정하고자 한다. - 이러한 보전 정책에 대한 의사결정 알고리즘은 한 시스템/제품에 대한 예지 보전업무에 대해서 뿐만 아니라, 비슷한 사용 환경을 갖는 시스템/제품 그룹으로 확장, 효율적으로 보전업무를 수행할 수 있는 보편적 방안이 도출되면 그 파급효과가 상당할 것으로 기대된다. 이를 위해 본 연구에서는 단일 시스템/제품뿐만 아니라 복수개의 시스템/제품들에 대한 예지보전 정책 최적화 알고리즘을 개발하고자 한다.

	- 그룹단위의 예지보전을 위해서는 각각의 개별 예지보전 주기에 대한 제약 조건들을 어기지 않는 범위 안에서 전체 그룹단위의 보전 비용을 최소화할 수 있는 예지보전 주기를 결정하는 문제를 다룰 것이다. ○신호 및 고장분류 의사결정 시스템 개발 - 얻어진 신호로부터 추출된 정보 또는 특성을 기반으로 하여 신호를 분류하거나 신호를 토대로 고장인지 아닌지를 결정해야만 한다. 신호분류(signal classification)를 위한 방법으로는 통계적 접근 및 인공지능 접근방법이 있는데, 통계적 접근방법으로는 고장진단을 위한 가설검정 방법, 통계적 공정관리(statistical process control: SPC)를 활용한 방법 및 클러스터 분석방법 등이 있으며, 인공지능 접근방법으로는 인공 신경망(artificial neural network), self-organizing map(SOM) 및 adaptive resonance theory(ART) 방법 등이 많이 활용되고 있다. 이러한 방법들을 활용하여 자동으로 고장을 분류할 수 있는 경험적 의사결정 시스템 개발. · 고장/에러 교정 및 최적 보전주기를 산출하는 전문가 시스템 개발 - 인공지능 의사결정 추론 알고리즘의 개발을 위해 규칙기반 추론과 사례기반 추론을 순차적으로 활용한 복합적 추론을 사용하여 최적 정비주기 산출을 위한 수학적 모델을 도출. - 과거의 경험이나 축적된 고장 데이터를 활용하여, 보전정책을 선택할 때 규칙기반 추론(rule-based reasoning), 사례기반추론(case-based reasoning)등을 활용하거나 이러한 추론과정의 장점을 활용한 하이브리드 추론과정을 고려하는 알고리듬 개발

철도차량 유지보수 기술 분야			
과제명	CBM 시스템 구축을 위한 통합 정보 모델 구축		
연구개발단계			
연구기간(년)	5년	연구비 규모 (백만원)	1000
연구 배경	안정성 제고 및 CBM 기반 효율적인 유지보수 기법 개발 필요. 개발된 CBM 기법을 정보 시스템으로 구축하기 위하여 통합된 정보 모델 즉 데이터베이스가 필요함.		
연구 목표	CBM 시스템 구축을 위한 통합 정보 모델 구축		
연구 내용	· 상태기반정비관리 정보 모델링 기술 · 상태기반정비관리 기법의 정보 모델링 · 데이터베이스 구축 기술 · 통합 정보 모델의 범위 - CBM 효과도 분석을 위한 정보 - 센서 데이터 취득 정보 및 가공 정보 (Raw 데이터는 파일 형태로 관리하고 Raw 데이터에 대한 메타 정보를 관리하는 방향으로 정보 모델 정의) - 대상별 센서 정보 및 판단 기준(Threshold) 정보 등등 통합 정보 모델은 CBM을 위한 환경(플랫폼) 측면의 내용을 제외한 모든 정보를 대상으로 해야 함. - 정보 모델을 통해 데이터가 축적되었을 경우 이를 이용하여 CBM 판단을 재분석하거나 새로운 지표를 생성하는 데 도움이 될 수 있어야 함. 예를 들어 차상 진동 상태에 대해 일정구간에 대해 측정한 결과를 이용하여 차륜에 가해지는 중력이 가중치를 이용하여 분석할 때 차륜 고장과의 연관성이 있는지를 판단할 수 있도록 정보가 축적될 수 있어야 함.		

철도차량 유지보수 기술 분야			
과제명	운영사의 유지관리시스템 연계 기술		
연구개발단계			
연구기간(년)	3년	연구비 규모 (백만원)	600
연구 배경	안정성 제고 및 CBM 기반 효율적인 유지보수 기법 개발 필요.		
연구 목표	운영사의 유지관리시스템과 연동을 통해 고장 판단 결과 및 정비주기조정 정보를 전송하고 각종 분석을 위한 정보를 수신한다.		
연구 내용	・송/수신 통신은 EAI(Enterprise Application Integration) 기술적용 검토 - 데이터 모델 간의 스키마 매핑 기술 - 기간 시스템의 데이터 입/출력 기술 ・CBM 기반 정비의 진단 및 분석 정보를 기존 유지관리시스템에 전송하고 분석에 필요한 자료를 수신하는데 있어서 어떠한 자료를 송/수신할 것인지에 대한 분석이 필요함. - CBM 도입에 대한 우선순위를 위한 자료 - CBM 도입 전/후를 비교 평가하기 위한 자료 - 센서 데이터의 특성과 운용 간의 관계를 분석하기 위한 자료 등등에 따라 연동 자료의 범위를 정의해야 함. ・정의한 자료를 연동하기 위해 기존 유지관리시스템의 대상 스키마 분석이 필요함.		

철도차량 유지보수 기술 분야			
과제명	CBM 기반 유지보수 효과도 분석		
연구개발단계			
연구기간(년)	4년	연구비 규모 (백만원)	800
연구 배경	안정성 제고 및 CBM 기반 효율적인 유지보수 기법 개발 필요. CBM 대상의 우선 순위를 선정해야 하고 선정된 CBM 대상에 대해 CBM 적용 전/후 효과를 각종 지표로 제공할 필요가 있음.		
연구 목표	・상태기반정비 도입 효과도 평가 기술 - 상태기반정비 도입 효과 우선 순위 설정 - 시뮬레이션 기반 효과도 평가 모델 및 S/W 개발 ・상태기반정비 도입 결과 평가 기술 - 도입 전/후를 평가할 수 있는 지표 정의 - 평가 지표를 도출하기 위한 자료 수집 및 분석		
연구 내용	・상태기반정비 효과도 평가 지표 정의 - 상태기반정비를 통해 개선될 수 있거나 영향을 줄 수 있는 지표를 선정하여 이를 평가 지표로 선정한다. 상태기반정비 도입 전/후에 개선을 확인할 수 있는 평가지표 선택이 중요하며, 또한 평가지표를 통한 상태기반 정비 우선순위를 결정. - 시스템 수명 및 신뢰도, 가용도 및 안전도를 평가할 수 있는 자료 수집 및 분석 - 예방보전 우선 아이템 선정 및 정비를 통한 신뢰도 개선 효과 평가모델 개발 - 평가지표를 기반으로 비용 절감 효과를 평가할 수 있는 모델 개발 - 주요 부품 및 시스템의 주기적 리포팅 및 감시할 수 있는 관리시템 개발 (예를 들면 시스템의 신뢰도, 가용도의 변화를 모니터링할 수 있는 관리도 개념의 시스템 개발) - 오프라인 데이터를 기반으로 주요 부품/시스템의 최적 정비주기를 결정할 수 있는 알고리듬 개발 ・시뮬레이션 기반 효과도 평가 모델 - 평가 지표를 기준으로 요구되는 안전성, 신뢰성 요소 등을 식별하고 안전성, 신뢰성 등과 관련되는 기능적 요소를 식별하고 기능적 요소와 관련되는 물리적인 객체를 식별하여 우선 순위를 식별한다. ・도입 전/후 평가를 위한 자료 수집 및 분석 - 도입 전/후 평가 지표를 분석할 수 있는 항목을 이용하여 평가한다. 평가를 위해 레거시 유지보수관리시스템의 항목을 조사하여 연동한다.		

철도차량 유지보수 기술 분야			
과제명	QoS 기반의 무선 통신 기술 개발		
연구개발단계			
연구기간(년)	3년	연구비 규모 (백만원)	2000
연구 배경	무선 통신을 위해서 사용할 수 있는 주파수 자원이 한정적이기 때문에 여러 사용자가 동시에 접속하는 경우가 대부분이며 사용자가 많을 경우 데이터 전송 속도는 저하되고 데이터 통신이 지연되거나 손실될 수 있어 무선 통신의 품질 보장 필요 철도 차량의 상태 모니터링 정보는 일상적인 정보 전송 및 즉각적인 조치가 필요한 위험한 상황 전달등 여러 가지의 경우가 있음. 안전 문제와 관련된 데이터의 전송은 실시간으로 전송되어야 사고를 예방할 수 있음.		
연구 목표	・다양한 데이터의 지정된 속도 및 지정된 시간에 데이터를 전송 보장 - 낮은 전송 지연과 높은 전송률 ・데이터의 종류에 따라 우선권을 부여하여 여러 사용자가 동시에 무선 통신을 사용할 경우 데이터의 효율적인 전송 ・안전 문제와 관련된 데이터의 경우 최우선적인 정보 전송 보장		
연구 내용	・철도 차량의 상태 정보 전송을 위한 QoS 요구 사항 규정 - 철도 차량의 상태 정보 모니터링에 최적화된 최대 지연시간, 데이터 전송율, 서비스 가용도, 전송속도, 대역폭등 규정 ・철도 차량의 상태 정보 전송을 위한 QoS 보장 기술 연구 - 가중치 함수 및 스케줄링 알고리즘 연구등 ・효과적인 유무선 QoS 제공을 위한 기술 개발 - All-IP 기반 유무선 네트워크 진화에 적응하고 유무선 통신 시스템을 수용할 수 있는 기능 정립 ・상태 정보의 우선 순위 지정 및 차등화 기법 연구 ・무선 채널 상태를 반영한 QoS 보장 기술		

철도차량 유지보수 기술 분야			
과제명	초고속 철도차량 무선통신		
연구개발단계			
연구기간(년)	5년	연구비 규모 (백만원)	3000
연구 배경	이동 시간의 단축을 위한 철도 차량의 속도 향상은 지속적 요구 사항임. 현재 350km/h급의 차량이 운행 중이며 500 km/h 이상의 차량에 대한 연구가 진행 중임. 초고속 철도 차량의 상태 모니터링 정보의 무선 전송 필요 현재 무선 통신 방식은 최대 350 km/h에 대한 이동성을 지원(LTE)하나 데이터 전송 속도는 낮아짐. 초고속 열차의 운행 구간은 광범위하지만 기지국의 서비스 영역은 제한적이기 때문에 운행 중 여러 개의 기지국에 연결되어야 하므로 고속 이동중에도 끊김없는 데이터 전송 기술이 필요		
연구 목표	500 km/h 이상의 철도에서 모니터링 데이터 전송이 가능한 무선 통신		
연구 내용	・고속 핸드오프 및 로밍 향상 기술 연구 - 기존 방식인 수신 신호 강도에 측정과 셀내의 위치와 이동 방향 정보를 이용한 셀 선택 기술로 핸드오프 및 로밍 시간 단축 - 핸드오프 및 로밍 절차 향상 기술 - 핸드오프 및 로밍 지연 시간 단축을 통한 성능 향상 (상용 망 서비스 제공자와의 협력 필요) ・고속 데이터 전송 기술 - 전송 데이터 최소화 (모니터링에 필수적인 데이터 최소화 및 압축 기술) - 데이터 전송 속도의 향상에 따라 불필요한 전송 오류 제어나 흐름 제어등의・기능을 최소화하고 고속 전송 - 데이터 계층에서의 전송 효율 향상과 전송 속도의 고속화 방법		

철도차량 유지보수 기술 분야			
과제명	다중채널 수용 무선통신		
연구개발단계			
연구기간(년)	5년	연구비 규모 (백만원)	3000
연구 배경	철도 차량의 모니터링 정보의 양은 필요에 의해 증가될 수 있고 초고속 이동성의 지원을 위해서 전송 속도 향상 및 전송 용량 증대 필요(영상전송등) 철도 차량의 특성상 모니터링 정보를 여러 사람에게 동시에 제공하는 기능만 필요한 경우와 응답이 필요한 경우 있음. (비상 상태일 경우 중앙관제소 및 유지보수인원, 주변차량에 동시 정보 제공 및 조치 사항 확인 필요) 현재 이동 통신망은 다자간 통화를 위해서는 별도의 서비스가 필요함. 무선 통신 환경의 여러 가지 경로 채널에 의한 간섭 및 왜곡 발생		
연구 목표	·데이터 전송 향상 및 전송 용량 증대 ·다중 경로에 의한 전파 간섭 최소화 무선 통신 ·다자간 통신 지원 무선 통신		
연구 내용	·다중 채널 전송 기술 연구 - 채널 최적화에 의한 전송 효율 향상 - 다중 안테나를 사용한 전송 효율 향상 및 무선 정보의 신뢰성 향상 기술 ·다자간 통신 지원 기술 - 그룹 통신의 형태와 통신 특성 정의 - 그룹 통신 채널 연결방식, 그룹 통신에서의 QoS, 그룹 생성 및 해제 단계 연구 ·다중 전파 채널에 의한 간섭 및 왜곡 현상 제거 기술 - 무선 채널 전파 환경 분석 - 무선 채널의 신호 추정 및 등화 기법 개발		

철도차량 유지보수 기술 분야			
과제명	무선통신 보안 향상 개발		
연구개발단계			
연구기간(년)	5년	연구비 규모 (백만원)	1000
연구 배경	무선 통신은 송수신 영역내의 불특정 다수가 데이터의 수신이 가능하여 의도된 수신자이외 다른 사용자로부터 데이터 보호 필요 무선 전파를 전송하는 장비에 대한 공격 가능 무선 통신은 의도적인 전파 신호의 도청이나 전파 방해로 인한 위변조의 침해가 일어날 수 있는 보안에 취약한 통신 환경임. 무선 통신 기술의 성장으로 속도가 향상되고 사용자가 증가함에 따라 보안 문제는 점점 중요성은 높아지고 있는 상황 매년 개인정보유출등의 보안사고가 반복적으로 발생하고 있음.		
연구 목표	·모니터링 데이터의 안전한 전송을 위한 보안 기술 개발 - 사용자 인증 및 암호화를 통한 안전한 무선 데이터 전송		
연구 내용	·인증 기술 - 단일 인증 - 사용자와 망간의 상호 인증 기술 - 안전한 프로토콜을 이용한 인증 키 관리 기법 - 접근 제어 기술 및 권한 검증 기술 ·데이터 보안 기술 - 데이터의 암호화 기술 및 데이터 무결성 확인 기술 - 데이터를 안전하게 저장하고 관리할 수 있는 하드웨어 보안 기술 ·연동 보안 기술 연구 - 개별 네트워크의 보안 및 연동되는 네트워크상에서의 보안 제공 기술 ·보안 위협에 대한 대응책 - 침입 탐지 기술 - 서비스 거부 공격 방어 기술 ·전자파 간섭 최소 기술 - 사용 범위 및 사용자 최적화 구성 방안		

다. 철도에너지 효율화 기술 분야

철도에너지 효율화 기술 분야			
과제명	철도차량용 자기부상 플라이휠 에너지 저장 장치 설계 및 개발		
연구개발단계	기초연구		
연구기간(년)	5	연구비 규모 (백만원)	200
연구 배경 및 필요성	전기에너지의 저장은 2차전지와 같은 화학에너지, 슈퍼커패시터와 같은 전기장을 이용하여, 혹은 플라이휠의 운동에너지를 이용하여 이루어질 수 있다. 이중, 플라이휠 에너지 저장은 친환경적이면, 반영구적수명을 가지고 있고, 타저장기술에 비해 단위무게당 높은 출력을 낼 수 있다. 기존의 플라이휠 에너지 저장 장치는, UPS, 전력망의 주파수 개선, 부하 평준화 등의 용도로 사용되기 위해 주로 대용량 위주로 개발되어 왔다. 철도차량에서 에너지 하베스팅이나 에너지 저장을 위해 플라이휠 에너지 저장 장치가 사용되는 경우, 장치의 설계는 용량보다는 전력변환장치, 전동발전기, 베어링 시스템에 초점이 맞춰져야 한다. 철도차량의 에너지저장/에너지 하베스팅을 위해 플라이휠 에너지 저장장치의 설계 및 개발이 필요함		
연구 목표 및 내용	・철도차량용자기부상플라이휠에너지저장장치설계및개발 - 소비전력을최소화하는자기부상시스템설계및개발 - 철도차량에적합한전동발전기개발 - 철도차량의요구조건을만족하는전력변환기개발		

<table>
<tr><td colspan="4">철도에너지 효율화 기술 분야</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="3">영구자석 혼합형 전자석 베어링을 이용한
2kW급 플라이휠(Flywheel) 에너지 저장 시스템 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발단계</td><td colspan="3">개발연구</td></tr>
<tr><td>연구기간(년)</td><td>5</td><td>연구비 규모 (백만원)</td><td>10000</td></tr>
<tr><td>연구 배경 및 필요성</td><td colspan="3">에너지 저장 기술은 자원 문제와 환경 문제에 대한 관심이 증가함에 따라 에너지의 효율적인 사용에 기인하여 그 중요성이 증가되고 있다. 에너지 저장 기술중 플라이 휠 에너지 저장 기술은 기존의 에너지 저장 장치인 배터리 보다 우수한 성능에 기인하여 에너지 저장 장치로 최근 들어 각광을 받고 있다.
플라이휠 에너지 저장 장치는 에너지를 저장하기 위한 전기-기계적인 접근이다. 전기를 저장하기 위하여 외부전원으로부터 공급되는 전기를 플라이휠의 회전 에너지로 변환하기 위해 전동기가 사용된다. 플라이휠이 회전함에 따라 에너지가 기계적으로 저장되고, 회전이 증가함에 따라 에너지가 저장된다. 반면에, 동력으로 에너지를 전달함에 따라 플라이휠의 회전 속도가 느려지고, 이러한 기계적 에너지의 감속은 발전기에 의해 전기적인 에너지로 변환된다.
이러한 플라이휠 에너지 저장장치는 특히, 철도 관련 분야에서 철도 시스템의 과중 부하 해결 및 철도 차량의 감속을 막는 하나의 대체안이 될 것이다.</td></tr>
<tr><td>연구 목표 및 내용</td><td colspan="3">・개발 목표 : 영구자석 혼합형 전자석 베어링을 이용한 2kW급 플라이휠(Flywheel) 에너지 저장 시스템 개발
・기술 개발 내용:
- Fiber reinforced composite rotor 개발
- 영구자석 혼합형 전자석 베어링 개발
- 모터/제너레이터 개발
- 플라이휠 마운팅 구조 개발
- 플라이휠 containment 개발</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="4">철도에너지 효율화 기술 분야</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="3">철도 차량 진동을 이용한 압전 하베스팅 시스템 및 저장 연구 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발단계</td><td colspan="3">개발연구</td></tr>
<tr><td>연구기간(년)</td><td>5</td><td>연구비 규모 (백만원)</td><td>8500</td></tr>
<tr><td>연구 배경 및 필요성</td><td colspan="3">· 압전하베스팅이란 압전소자에 변형(stress)이 생기면 소자 내에서 분극현상이 발생하여 전기 에너지로 변환 됨
· 본 연구 개발사업에서는 개발하고자하는 기술은 열차의 진동 특성을 압전(壓電)성 소재를 활용하여 전기적 에너지로 변환하고자 함
- 열차 주행시 발생되는 진동(좌우, 상하, 앞뒤)을 최대로 압전 소자에 전달하여 압전 변형에 의한 전기에너지 발전
· 압전소자의 크기와 형태에 따른 주파수 특성, 소자 특성, 진동 특성 영향을 분석하여 압전하베스팅 모듈을 진동특성에 맞게 최적화하는 연구 개발이 필요함
· 지속적이고 불규칙적인 진동에의해 발전된 전력을 저장장치에 저장하여 안정된 정격출력을 얻는 저장 기술이 필요함</td></tr>
<tr><td>연구 목표 및 내용</td><td colspan="3">· 압전소자제작공정확립
· 열차주행시발생하는진동특성분석
· 열차진동에적합한압전구조설계기술
· 압전하베스팅에의한전기에너지정류/변환/저장회로기술
- 발전 효율 향상을 위해 손실을 최소화 하고 역률개선 회로 설계
· 압전하베스팅에적합한저장장치분석실험을통해선정
· 반영구적사용을위해높은내구성설계</td></tr>
</table>

철도에너지 효율화 기술 분야			
과제명	다수의 에너지 하베스트용 압전소자의 최대전력추종제어가 가능한 저가형 초경량 전력변환장치(전력조절기)		
연구개발단계	응용연구		
연구기간(년)	2	연구비 규모 (백만원)	60
연구 배경 및 필요성	・압전소자는 같은 진동에너지 동작에서도 부하의 임피던스에 따라서 발전량이 달라짐.발전량최대1/10으로감소. ・따라서, 이런 임피던스 값을 찾아야하는데, 문제는 실시간으로 진동 에너지량이 변동하므로 실시간으로 최대 발전 동작점을 찾는 능동적 부하임피던스 변동기법이 필요. ・이는 이미 태양광 및 풍력발전에서 사용되고 있는데, 능동적 임피던스 매칭하는 회로가 발전전원과 실부하 사이에서 인터페이스하는 역할을 하므로 '전력조절기'라고함. 문제는 이러한 기존 알고리즘은 복잡한 제어로 인하여 디지털 신호처리 장치가 필요. ・더 큰문제는, 여러개의 압전소자를 연결하여 쓰는 경우, 최대전력 동작점이 제각각이므로 이 상황에서 최적발전 전력을 생성하기 위해서는 분산형마이크로 전력조절기가 장착되어, 각각의 최적 동작점에서 동작 할 수 있어야함. ・디지털회로로 구현해야하는 복잡한 제어알고리즘이 아닌, 아날로그회로로 구현가능한 간단한 최대전력 추종제어 알고리즘 필요. ・이러한 마이크로전력 조절기가 적용 될 경우, 중량 및 가격적 부담이 커지지 않도록 새로운 전력변환 회로가 필요. 특히 효율이 낮은 경우 발열이 심해져서 방열판에 의한 중량 및 가격적 부담이 생기므로, 고효율을 유지하는 것이 중요함. ・기술개발이 성공적으로 완수될 경우 열차내의 전등 및 에어컨등의 보조전원 장치로 활용이 가능함.		
연구 목표 및 내용	・압전소자를 이용한 단일 마이크로 발전기의 능동적 임피던스 매칭을 통한 최대 전력추종(발전)기법 제안. ・다수의 압전소자 연결시 발전량 차이에 따른 전기적 임피던스 특성 곡선 모델링. ・다수의 압전소자 연결시에도 각각의 최대전력을 뽑아 낼 수 있는 최대전력 추종제어기법 제안. ・가격적 경쟁력 확보 및 경량화 가능한 고효율 전력 변환회로 토폴로지 개발 ・하드웨어시제작 : 압전-배터리 전력 인터페이스를 위한 AC-DC 전력조절기(10와트정격, 효율최대 80%이상), 압전-LED 혹은 배터리-LED 전력인터페이스를 위한 AC-DC 전력조절기(10와트정격,효율최대80%이상).		

철도에너지 효율화 기술 분야			
과제명	철도 차량의 회생에너지 활용을 위한 초전도 에너지 저장시스템 기술 개발		
연구개발단계	개발연구		
연구기간(년)	1000	연구비 규모 (백만원)	3
연구 배경 및 필요성	현재 우리나라는 6000량 이상의 철도차량이 운행되고 있으며, 이중 95% 이상의 차량은 회생이 가능한 시스템 구조로운행되고 있다. 그중에서도 VVVF 인버터 철도차량은 에너지 회생율이 높은 시스템이나 회생된 에너지 활용이 떨어지고 있으며, 대내·외적으로는 유가상승으로 인한 운영기관의 전력비용 상승 등에너지 활용이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 기존의 인버터 방식을 활용한 전력회생은 전원에 전력을 회생하였으나, 전원의 상태에 따라 회생 전력사용이 효율적이지 못하고 회생 전력으로 인한 가선전압 변동도 발생하고 있어, 차량 고장의 원인이 되고 철도 시스템의 안전운행에 영향을 미칠 수도 있다. 이러한 문제점들을 해결하고 효율적인 철도차량의 회생에너지를 활용하기 위한 방법으로 SMES와 같은 초전도에너지 저장시스템의 개발이 필요하다.		
연구 목표 및 내용	2007년 한국철도 기술 연원에서 서울 메트로 2호선 낙성대변전소를 중심으로 신림, 서초 변전소 3개소에서 측정한 회생에너지 측정 기록을 토대로 할 경우, 변전소마다 1세트의 장치 설치시, 차량의 운행시격과 만차, 차량속도 등을 고려하여 약 6 MJ의 에너지 저장시스템이 필요하다. 따라서 본 제안기술은 '회생에너지 활용을 위한 6 MJ급 초전도에너지 저장시스템 개발'을 최종 목표로 하며, 이를 위한 주요 기술개발내용은 아래와 같다. ・초전도에너지 저장시스템용 초전도 코일 설계 및 제작 기술개발 ・초전도에너지자 장시스템용 Cryostat 및 냉각시스템기술개발 ・초전도에너지 저장시스템 용전력변환장치 개발		

철도에너지 효율화 기술 분야			
과제명	고효율 친환경 차세대 철도차량용 초전도전동기 개발		
연구개발단계	응용연구		
연구기간(년)	4	연구비 규모 (백만원)	2850
연구 배경 및 필요성	교통 및 화물운송 등의 수송수단으로 오랜 시간 인류의 문명을 이끌어 온 철도와 선박은 몇 년 전부터 화석 연료를 사용하는 추진체에서 전기 에너지를 이용하는 전기 추진체로의 전환이 빠른 속도록 진행되어 왔다. 특히 철도인 경우 시속 300 km를 넘는 고속철도 시대가 실용화되어 우리 나라에서 서울과 부산을 2시간 30분 만에 연결하고 있다. 우리 나라의 산업구조상 차세대 철도차량 개발은 차세대 수출 전략산업 육성은 물론이고 우리 나라의 독자적인 산업화 기술을 구축한다는 의미에서도 매우 중요한다. 고효율 친환경전기 추진체 기술인 초전도 전동기 개발은 해외 선진사에서 산업용 회전기와 선박 추진용 전기 추진기로 이미 개발이 진행되고 있으므로 국내 독자모델 개발을 조기에 완료한다면 해외 선진사와 동등한 자격으로 새로운 시장을 형성하는 초기 단계부터 경쟁할 수 있다. 초전도 전동기를 접목한 차세대 철도차량기술개발은 전력망과 함께 국가의 안보와 경제발전의 초석으로서 미래 선진 한국을 위한 반드시 필요한 투자이며 차세대 철도차량 개발에 핵심기술 중 하나이다.		
연구 목표 및 내용	・개발목표 수백kW급 초전도 전동기 제작 및 철도차량 적용기술 개발 ・주요 기술개발 내용 - 고효율 초전도 회전기 개발 - 작고 가벼운 공심형 고정자 개발 - 고효율 냉각장치 개발 - 초전도전동기 시험평가 기술 개발 - 철도차량 적용기술 개발		

철도에너지 효율화 기술 분야			
과제명	철도전기에너지최적활용을위한스마트그리드통합관리시스템개발		
연구개발단계	개발연구		
연구기간(년)	5	연구비 규모 (백만원)	80000
연구 배경 및 필요성	고속철도노선이 경부, 호남, 수도권으로 확대되고 전라선, 경전선이 전철화되고 철도 종합계획에 의거하면 2020년까지 전기 철도 영업 노선이 2500Km에 근접하여 확대됨으로써 전기 철도차량의 에너지 원인 철도용 변전소의 건설이 증가할 전망이므로 그동안 노선별로 계획되고 건설되던 변전소를 철도망 전체의 차원에서 전기 에너지를 통합관리하여 차량이 필요로 하는 에너지를 전력망의 정상시나 이상시 어떤 경우라도 충분히 공급할 수 있고 효율적으로 관리하여 에너지를 낭비하지 않고 절약하거나 세이빙할 필요성이 대두되고 있으므로 전철 변전소를 전기 에너지 공급망의 개념에서 전력 그리드로 보고 정상 시 비상 시상호 연계하여 전력망으로 네트워크화를 이루어스마트 그리드 개념을 도입하여 통합 관리하는 시스템 개발이 필요함.		
연구 목표 및 내용	・전력망 연계 개념을 가진 철도 전력 시뮬레이션의 개발 ・철도변전소 표준용량 설정 ・철도변전소 표준 설비 설정 ・철도 전력망 연계설비의 개발 - 초전도 전력송전선 - 초전도 전력송전선 접속설비 - 철도 전력망스마트 그리드 연계설비 - 초전도 에너지저장장치 개발 - 고효율 삼권선 스코트 변압기 개발 - 철도 전력망스마트 그리드 SCADA 설비		

철도에너지 효율화 기술 분야			
과제명	에너지 최적활용을 위한 철도전력망 지능화 기술		
연구개발단계	개발연구		
연구기간(년)	3	연구비 규모 (백만원)	20000
연구 배경 및 필요성	현재 철도 전력망은 전력회사(한국전력공사)로부터 철도차량 및 일반 전기 설비에서 요구하는 전력을 수전받아 단순히 공급해 주고 있음. 또한 신재생 에너지원의 철도 연계가 확대 보급되고 있음. 이러한 상황에서 철도 전력망에서 에너지의 최적 활용을 위해서는 전력을 공급하는 부분과 소비하는 부분의 전력데이터의 취득하고 이를 분석함으로써 각각의 설비의 에너지의 공급 및 소비를 제어하며, 통합보호 및 감시를 통한 에너지 최적관리 및 보호를 위한 지능화된 시스템 구축이 필요함.		
연구 목표 및 내용	・철도 전력망의 데이터 통합관리를 위한 네트워크 구축 기술과 지능화된 통합에너지관리시스템을 통한 에너지 효율 향상 - 전력데이터 취득 및 통합관리를 위한 네트워크 구축 기술 - 철도 전력망 통한 전력 품질 및 보호 시스템통합 제어기술 - 지능형 통합전력관리시스템 개발기술		

철도에너지 효율화 기술 분야			
과제명	주행풍을 이용한 에너지 개발 및 그에 따른 철도전력망 구성		
연구개발단계	응용연구		
연구기간(년)	4	연구비 규모 (백만원)	250
연구 배경 및 필요성	신재생 에너지는 필수적으로 수행되어야 하는 국가산업이며, 철도 산업에서 가장 적용이 가능한 분야가 주행풍을 이용하는 방법이다. 특히 전기 에너지를 많이 요구하는 철도에서는 대규모의 에너지를 생산하는 것이 필요하며 그중 가장 유용한 것이 주행풍을 이용한 풍력이다. 신재생 에너지를 개발하여 전력계통에 연계하지 않고 단독으로 쓰는 것은 에너지 절약 차원에서 효과가 미미하다고 볼 수 있다. 그러므로 대규모 전력생산이 가능한 주행풍을 이용한 풍력발전기의 개발이 필요하다. 또한 이러한 에너지를 사용하여 계통에 연계하여야만 에너지를 효율적으로 사용이 가능한 EMS(Energy management system)을 만들 수 있다.		
연구 목표 및 내용	・주행풍을 이용한 풍력발전기 도입 ・대규모 Wind farm의 철도에너지 적용 ・풍력발전기의 안전성 분석 ・신재생 에너지 연계에 따른 계통안정도 분석 ・통합에너지 솔류션 개발		

라. 자원재활용 온실가스 저감 기술 분야

자원재활용 온실가스 저감 기술 분야			
과제명	친환경 철도건설기술 개발		
연구개발단계	기초연구		
연구기간(년)	3	연구비 규모 (백만원)	1000
연구 배경 및 필요성	최근 KTX 2단계 공사에서 불거졌던 천성산 터널 문제처럼 철도건설에 의한 환경부하에 대한 사회적 관심이 커지고 있음. 따라서, 철도건설 시 환경부하를 미리 예측하여 환경부하를 최소화하면서도 경제성 있는 노선을 선정할 수 있는 대안 제시가 필요함.		
연구 목표 및 내용	·개발 목표 : 환경친화적 철도건설기술개발 - 철도건설시 생태부하 최소화기술개발 - 철도건설시대기 및 수질오염 부하 저감 기술개발 - 철도건설의 소음 및 진동부하저감 기술개발		

자원재활용 온실가스 저감 기술 분야			
과제명	온실가스 저감을 위한 철도시설물 신재생에너지 적용 기술 개발		
연구개발단계	개발연구		
연구기간(년)	3	연구비 규모 (백만원)	4500
연구 배경 및 필요성	현재 한국은 OECD 국가 중 온실가스 저감 대책이 미흡한 국가로 지목받고 있다. 온실가스 저감을 위한 적극적 방법 중 하나가 신 재생 에너지를 적용하여 화석연료 사용을 억제하는 것이 포함되어 있다. 신재생에너지를 사용할 경우 CDM 사업으로의 확장이 가능하며 온실가스 감축으로 인정을 받게 된다.		
연구 목표 및 내용	·철도 시설물 신재생 에너지 적용 기술개발 - 중대형 풍력발전기를 적용하여 역사 자체 전력공급 기술개발 - 철도역사태양광 발전기 적용 및 철도 계통 연계기술 - 지열 에너지를 활용하여 철도역사 냉난방에너지 자체 해결 기술개발		

자원재활용 온실가스 저감 기술 분야			
과제명	철도시스템 저비용 친환경기술 개발		
연구개발단계	개발연구		
연구기간(년)	5	연구비 규모 (백만원)	5000
연구 배경 및 필요성	개별적인 철도시스템의 환경 SE를 통한 고효율 친환경 시스템 구현이 필요함		
연구 목표 및 내용	·철도차량운영에너지 저감 기술 ·철도 시설물 온실가스 저감 기술 ·환승시스템 복합 수단에너지 저감 기술		

자원재활용 온실가스 저감 기술 분야			
과제명	RFID를활용한CO2배출저감량산정및물류효율화시범사업		
연구개발단계	개발연구		
연구기간(년)	3	연구비 규모 (백만원)	270
연구 배경 및 필요성	·2013년 이후의 무감축이 예상되고 있으며 화석 연료의 의존도가 높은 교통, 물류부문에서의 온실가스 감축이 시급히 요구됨 ·물류사업자는 생산부터 판매까지 수요와 공급을 동기화하여 낭비를 최소화 하는 종합물류서비스를 제공하고 있으나, 운송수단의 전환 이외의 온실가스 저감 정책이 많지 않음. 또한 운송수단의 전환을 위한 정량적인 수치 및 근거 산출이 아직 불분명함 ·일본 등 주요 물류 선진국에서는 RFID를 이용한 배송용 상자, 팔레트, 컨테이너 등 순환 물류시스템의 구축으로의 전환을 통하여 CO2 배출량의 산정 및 삭감 대책을 마련, 온실가스를 저감하고 있음 ·물류와 IT기술을 접목한 센서기술(센서 네트워크 기술)은 고객서비스 및 생산, IT(저장소 및 중계소 등) 관련 사업에의 파급효과도 클 것으로 예상됨		
연구 목표 및 내용	·1차년도 : 철도 산업을 이용한 물류업체간 RFID 시범사업 - RFID 활용 국내외 CO2 저 감사례 조사 분석 - 그린 물류 벤치마킹 및 적용타당성 조사(modal shift 등) - CO2 감축량에 대한 온실가스 감축사업 진행 타당성 분석 - CO2 배출 저감량 산정 방법론 개발 - 개별 기술적용 시범사업 진행: RFID 부착물류 기재(팔레트, 상자, 컨테이너) ·2-3차년도 : 제조-물류업체간 RFID를 이용한 그린 물류혁신 시범사업 - SCM을 활용한 제조업체(제품의 물류관련 정보 및 CO2 저감량 파악) 및 물류 전체에 대한 시범사업 진행 - 제조업: LCA를 이용한 CO2 저감량 및 제품, 배송 정보RFID에 기록 - 물류업: 물류 전체(1 차 운송-보관-하역-2차 운송-통관-배송)에 대한 CO2 저감량 산출방법론 개발 및 산출 - 관련 CO2 배출 저감 사업 발굴 - 그린 물류-그린 IT를 적용한 로드맵수립		

자원재활용 온실가스 저감 기술 분야			
과제명	철도차량 운영에너지 저감을 위한 Eco-Operation 기술 개발		
연구개발단계	개발연구		
연구기간(년)	5	연구비 규모 (백만원)	20000
연구 배경 및 필요성	철도차량의 에코운행기술을 Level 1 ~3로 구분하였을때, Level 1은 보조에너지저장장치 없이 단일 차량의 주행 에너지소모를 최소화하는 Eco-Driving, Level 2는 차상 저장장치를 탑재한 차량의 주행 에너지소모를 최소화하는 Eco-Train, Level 3는 차상과 지상 저장장치가 모두 탑재/설치되어 공유 네트워크화된 상태에서 다수 차량의 주행 에너지소모를 최소화하는 Eco-Operation으로 정의 할 수 있다. Level 3의 Eco-Operation 기술은 국내외적으로 선도기술로서 에너지소모와 주행성능의 반비례 특성을 극복할 수 있는 차세대 기술로서 차상 및 지상 에너지 저장장치가 타 R&D사업에서 개발되고 있는 시점에서 반드시 추진되어야 할 기술개발이다.		
연구 목표 및 내용	・개발목표 : 외부 급전총에너지 소모를 20% 이상 절감할 수 있는 Eco-Operation 기술개발 ・주요 기술개발내용 - 운행환경에 적합한 차상/지상장치 용량 및 네트워크 위치 분석 기술 개발 - 다중 차량 회생전력 저장 / 재활용 / 공유를 위한 에너지 네트워크 및 제어 기술 개발 - 에너지 네트워크 최적화 운행패턴 분석 기술 개발 - 운행 상태별 에너지 네트워크 및 제어 효과 예측 기술 개발 - 주행 및 에너지 상태 모니터링 및 관제 기술 개발		

자원재활용 온실가스 저감 기술 분야			
과제명	철도차량 운영에너지 저감기술		
연구개발단계	개발연구		
연구기간(년)	3	연구비 규모 (백만원)	2500
연구 배경 및 필요성	・철도차량의 운영단계에서의 에너지 저감은 환경성과 에너지 효율성의 효과를 거둘 수 있음 ・운영에너지 저감 기술은 알고리즘이 단순해야 적용에 대한 거부감이 적고, 응용성이 높으므로 운행여정 데이타를 기반으로 한 운영 효율화가 필요함		
연구 목표 및 내용	・운행여정데이타 기반의 최적 에너지 제어 알고리듬개발 - 여정데이타의 분석 및 필수인자 도출 - 실측데이타를 바탕으로 한 검증 및 실차적용 - 반복 여정을 통한 에너지 효율성 분석		

자원재활용 온실가스 저감 기술 분야			
과제명	철도차량 운영에너지 최적화 기술		
연구개발단계	개발연구		
연구기간(년)	3	연구비 규모 (백만원)	5000
연구 배경 및 필요성	소모 에너지 저감을 통해 직접적으로 온실가스 저감 가능		
연구 목표 및 내용	・차상에너지최적화기술 ・인프라소모에너지저감기술		

자원재활용 온실가스 저감 기술 분야			
과제명	철도차량 운영에너지 저감기술		
연구개발단계	개발연구		
연구기간(년)	5	연구비 규모 (백만원)	10000
연구 배경 및 필요성	경량전철은 대중교통수요의 증가를 효율적으로 분담하는 역할을 담당하고 있으며 건설비용과 운영비용 측면에서 경쟁력을 요구하고 있다. 이와 같은 목적에 부합하도록 에너지 효율 측면에 대한 연구가 필요하다. 현재, 회생에너지 저장장치가 연구되고 있으나 실효성에 대해 한계가 있으며 차량운영 측면을 고려한 새로운 차상에너지 저장장치의 필요성이 대두되고 있다. 차량에 탑재하는 방식의 에너지 저장장치를 이용하면 회생에너지를 최대한 활용할 수 있으며 기존보다 효율성이 높고 불필요하게 소비되는 전력을 적극적으로 활용할 수 있다.		
연구 목표 및 내용	새롭게 계획하고 있는 경량전철 노선 및 차량에 개발한 차 상용 에너지 저장장치를 설치하여 운영비용을 최소화하고 에너지 소비효율을 극대화시킴. ・개발 목표 - 경량전철에 적합한 차상 에너지저장장치개발을 통하여 운영에너지 효율의 극대화 ・기술개발내용 - 경량전철차량에 설치할 수 있도록 에너지저장장치 설계 - 효율성을 극대화시킬 수 있도록 차량 운행 방식 연구 - 개발 장치의 성능시험 방안 및 평가기법 분석 - 차량설치에 따른 경제성 검토 - 차량설치에 따른 RAMS 분석 - 경량전철 차량의 LCC 산출		

자원재활용 온실가스 저감 기술 분야			
과제명	사용 후 철도차량의 환경친화적 처리 및 자원순환 기술개발		
연구개발단계	개발연구		
연구기간(년)	8	연구비 규모 (백만원)	10000
연구 배경 및 필요성	철도차량은 사용이 종료된 후 국내에서 해체되거나 국외로 수출되는 것이 일반적인 처리방법임. 현재 철도차량내의 액상폐기물, 폐냉매, 유해물질 함유부품 등의 적정 처리 기술이 개발되어 있지 않은 상황이며, 철도차량 내부의 철, 비철금속을 제외한 플라스틱, 기타내외장재 등의 고효율, 고부가가치 재활용 기술이 국내에 확보되어 있지 않은 상황임. 철도차량도 폐자동차와 마찬가지로 재활용 사업장내에서의 작업 효율과 안전을 고려한 전용해체시설과, 98% 이상 최종 재활용을 위한 표준기술 개발이 필요한 실정임. 특히 철도차량의 부품 재활용 비율이 낮은 실정이므로, 자동차 중 고부품산업과 유사한 형태의 철도차량부품 재활용 기술개발은 철도차량 자원순환 산업의 정착과 발전을 위해 필수적인 상황임.		
연구 목표 및 내용	기술개발 목표 : ・사용 후 철도차량의 환경친화적 처리 기술개발 - 차량 보관 기술개발 (보관 야드 시설 개발) - 액상폐기물 및 냉매 처리 기술 - 유해물질 함유부품 처리기술 개발 ・사용 후 철도차량해체기술개발 - 재활용률 향상을 위한 철도차량의 고효율 해체기술 및 설비 개발 - 철도차량의 재질별자원 재활용 기술개발 - 철도차량 부품 재사용 기술 및 전산시스템 개발 - 친환경 철도차량 해체기술 개발 (하이브리드, 누리로, 연료전지, 등) ・철도차량 재활용 시설 현장 작업가이드 라인		

자원재활용 온실가스 저감 기술 분야			
과제명	폐철도차량 재활용 및 리모델링 기술 개발		
연구개발단계	개발연구		
연구기간(년)	3	연구비 규모 (백만원)	1500
연구 배경 및 필요성	・차량 노쇠화에 따른 폐기 처리되는 철도차량 수 증대 ・폐기물 다량 발생에 따른 환경오염 심각 ・기존 매각/폐기 처리방식으로 인한 자원낭비 심화		
연구 목표 및 내용	・폐철도차량 단계별 처리시스템 개발 ・폐철도차량 부품별 재활용/재이용/폐기 방안 개발 ・중고 주요부품의 품질/구조개선을 통한 재제조(리모델링) 방법 개발 ・기존 폐자동차 처리시스템 활용방안 연구		

자원재활용 온실가스 저감 기술 분야			
과제명	폐철도차량 및 차량재료 재활용기술		
연구개발단계	상용화연구		
연구기간(년)	5	연구비 규모 (백만원)	80000
연구 배경 및 필요성	자동차, 선박 등 타 운송수단은 설계단계에서 폐기후의 폐기물 발생량을 고려하는데 철도차량의 경우 재활용 비율이 낮은 게 현실이다. 이에 대한 연구과제로서의 접근이 요구된다.		
연구 목표 및 내용	·폐기후 재활용을 고려한 철도차량 설계 - 철도차량전과정평가 - 철도차량 폐기시스템 구축 등		

자원재활용 온실가스 저감 기술 분야			
과제명	도시철도차량 에너지 차상장치		
연구개발단계	개발연구		
연구기간(년)	5	연구비 규모 (백만원)	10000
연구 배경 및 필요성	현 도시철도차량은 날로 늘어나는 수송량으로 인해 시격 단축과 수송환경을 개선하기 위하여 다방면으로 노력을 기울이고 있으나 세계적으로 보기 드물 정도의 많은 수송량을 감당하고 있는 서울지하철의 경우 늘어나는 부 하와 발마추어 인프라시스템은 개선되지 못하는 문제을 가지고 있다 이러한 문제는 특히 전력량의 부족 현상으로 다가오고 있는데 기존의 에너지 저장장치가 하나의 대안이 될 수 있으나 설치 장소의 한계적 문제로 바로 시행하기에는 여러 가지 문제점을 가지고 있다 이러한 점에서 볼 때 차상 내 에너지 저장장치를 설치하여 회생에너지를 활용할 수 있다면 기존에 40%의 회 생율 중 13% 정도 이용되지 못하는 에너지를 이용하여 버려지는 전력을 적극 활용할 필요성이 있다.		
연구 목표 및 내용	도시철도에 운행중에 있는 기존차량 중 오래되어 내구연한이 다되어가는 차량을 이용차상에너지저장 장치를 설치하여 기존차량 활용에 대한 거부감을 줄이고 에너지 저장장치의 개발시험의 효율을 올릴 수 있어 여러 가지 장점이 있다 ·개발 목표 - 기존차량에 설치할 수 있는 장비의 상세 설계검토 - 차상장치 설치 방안 검토 - 차상장치 설치자량 운행 방안 검토 - 성능시험 항목별 평가분석 ·기술개발내용 - 기존차량에 설치할 경우 경재성 검토 - 기존차량 설치에 따른 위험도 신뢰도 검토 - 철도차량 설치에 따른 에너지효유성과 유지보수효율성 검토 - 신조차 적용에 따른 문제를 최소화하고 안전성과 신뢰성 향상 방안도출		

자원재활용 온실가스 저감 기술 분야			
과제명	도시철도 전력망 최적화 운영시스템 및 충전인프라 구축		
연구개발단계	상용화연구		
연구기간(년)	3	연구비 규모 (백만원)	500
연구 배경 및 필요성	·국가 전력망 최적화 필요성 현재 국내 순간 최대 수요 전력이 한계값에 근접함에 따라 국가 차원에서 정책 수립이 진행되고 있음. 특히 전력수요가 집중되고 있는 대도시의 대중교통수단인 도시철도노선은 부하 특성상 전력계통의 안정화에 중요한 FACTOR로서 고려될 수밖에 없으며, 이를 관리하기 위하여 고효율기기를 적용하는 등 전력절감에 최선을 다하고 있다. 그럼에도 불구하고 제어의 한계점에 도달하여 차량 잉여 회생 전력을 활용하는 등 새로운 접근을 시도하고 있으나 주요소자에 대한 기술종속으로 경제성이 다소 낮아시스템 적용이 활발히 이루어지지 못하고 있음. ·전기 자동차 활성화에 따른 충전인프라 필요성 도시철도노선을 따라 대규모 고압 전력망이 구성되어 있을 뿐 아니라 환승 주차장이 인접하여 있으므로, 전력계통 연계운영 및 전기 자동차 충전시스템의 설치가 용이함.		
연구 목표 및 내용	·환승 주차장 전기 자동차충전시스템 지능화 - 최대전력 발생시점과 비발생시점의 충전요금을 차별화를 통한 전력운영 효율화 (예) 심야시간 충전 시 심야할인, 최대전력 발생시점 충전시 할증 등 - 고압 배전선로 계통 연계가 용이하여 고속충전 시스템 적용 용이함, ·차량 회생 전력 흡수 장치를 통한 잉여 회생 전력 재활용 장치의 경제성 확보 - 차량제동시 발생되는 잉여회생전력을 충전하여 가속 차량에 재공급하는 시스템을 개발하여, 전력요금 절감 뿐 아니라 최대전력 감소로 인한 기본 요금 절감 유도 (부수적으로 한전 최대수요전력 안정화 가능) - 현재 사용되는 BAT 및 CAPACITOR는 해외제품을 사용하고 있으므로 경제성이 다소 낮을 뿐 아니라 원활한 공급이 되지 못하고 있으므로, 국내 자동차에서 적용되고 있는 BAT를 활용하고 철도에 적합한 제어로직을 개발할 필요가 있음. ·교환형 BAT충전시스템 운영 - 충전시간 선택형 시스템을 적용하여 최대전력 억제할 뿐 아니라, 지속운전이 필요한 경우에 유익함.		

마. 기타

기타 분야			
과제명	사막횡단 고속철도의 Sand dune 피해 저감을 위한 노반구조 개발		
연구개발단계	개발연구		
연구기간(년)	3	연구비 규모 (백만원)	300
연구 배경 및 필요성	· 사막 지역을 통과하는 해외 철도, 고속철도 시장의 확대 · sanddune의 발생을 최소화하는 노선 설계 및 노반구조 개발 필요 · 국내 환경과 상이한 해외시장의 지역여건을 고려한 기술개발 필요 · 중동, 북아프리카, 중앙아시아 등 철도 시장 진출 확대		
연구 목표 및 내용	· sanddune의 발생형태 및 주요 예정노선의 피해 현황 조사 · sanddune 생성 메카니즘에 대한 풍동실험연구 · sanddune 생성을 억제하고 피해를 최소화하는 노선 설계 기술연구 · 모래 축적을 방지할 수 있는 궤도노반구조 개발 · 풍동실험연구를 통한 실증효과 입증		

기타 분야			
과제명	전동차 에너지 효율적 운영		
연구개발단계	개발연구		
연구기간(년)	-	연구비 규모 (백만원)	-
연구 배경 및 필요성	전동차에서 냉방설비로 인한 에너지 낭비가 심함에 따른 대안 모색		
연구 목표 및 내용	· 운전실과 객차간의 냉방설비분리 · 열차 출입문이 열렸을 때 자동으로 냉방설비 중지, 닫혔을 때 다시 가동 · 객실의 승객인 원에 따른 냉방설비 자동 온도 조정 · 설계시 신규제작열차에 반영함 좋을 듯함. · 기존 열차 개선시 많은 비용 소요		

기타 분야			
과제명	여행자 중심의 열차 내 정보 시스템 구축		
연구개발단계	개발연구		
연구기간(년)	3	연구비 규모 (백만원)	300
연구 배경 및 필요성	· 열차로 여행 시 따분하고 여행지(도착지)에 대한 정보를 얻을 방법이 없음 비행기에서와 같이 각 좌석에 디스플레이를 설치하여 여행자가 쉽게 모든 정보에 접근토록 함. · 열차에서의 무선접속은 비행기에서 보다 수월하므로 여행자가 부담없이 사용 가능함. · 열차와 비행기가 현재 경쟁중이므로 싼값에 동등한 서비스를 받는다는 만족감이 들 것임.		
연구 목표 및 내용	· 여행자라는 수요자 중심의 정보 전달시스템을 설치 · 사용되는 디스플레이의 수급증으로 소모전력이 급증하므로 저전력 디스플레이 구현 기술개발		

<table>
<tr><td colspan="4">기타 분야</td></tr>
<tr><td>과제명</td><td colspan="3">철도역사의 방진시스템을 통한 최적의 소음저감 기법개발</td></tr>
<tr><td>연구개발단계</td><td colspan="3">응용연구</td></tr>
<tr><td>연구기간(년)</td><td>2</td><td>연구비 규모
(백만원)</td><td>250</td></tr>
<tr><td>연구 배경 및 필요성</td><td colspan="3">최근의 철도는 활용의 극대화, 이용자의 편의성 증대 등을 위해 고속화, 쾌적화에 몰두하고 있다. 따라서 현재 운행중인 고속철도와 기존 철도의 고속화가 이루어지고 있으며, 도심지내의 건물 인접 구간에 철도선로 및 역사 부설 또한 크게 증가되고 있다. 그러나 열차의 고속화, 중량화는 인접지역의 소음 및 진동을 증가시켜 민원유발, 구조물의 사용성저하 등 다양한 문제를 야기하고, 이에 대한 소음 및 진동환경 기준은 점차 강화되고 있는 실정이다. 이러한 엄격한 환경 기준을 만족시키기 위한 방음·방진 기술개발은 철도건설에 있어서 중요한 필요조건이며, 향후 고속철도노선 확대에 따라 소음, 진동저감 문제는 큰 이슈로 떠오를 것으로 판단된다.
또한 방음 및 방진기술과 관련하여 이미 국내·외에서는 관련 기술이 확보되어 그 시스템이 정립되어가는 단계이고, 현재 국내에서도 방음 및 방진 제품의 시스템 관련 기술이 연구 또는 개발 중이다. 그러나 방음과 방진은 상호 연계되어 발생하는 문제임에도 연구의 편의를 위해 방음장치와 방진장치를 별도로 나누어 연구하고 있는 실정이다.
따라서, 효율적이고 경제적인 방음, 방진효과를 기대하기 위해서는 방진시스템이 가져오는 방음효과를 정확히 판별하는 기법이 필요할 것으로 판단된다. 이러한 기법을 통해 진동문제는 방진시스템으로 해결하고, 소음문제는 방음시스템으로 해결하는 수동적인 유지관리 기술이 아니라 방음과 방진을 동시에 평가할 수 있는 능동적인 기법으로 철도시설물의 친환경에 보다 근접할 수 있을 것으로 판단된다.</td></tr>
<tr><td>연구 목표 및 내용</td><td colspan="3">・개발 목표 : 철도역사에 적용되는 방진 시스템을 활용하여 최적의 소음저감을 일으킬 수 있도록 하는 기법 개발을 하는 것이 목표이다.
・기술개발내용:
- 개별 방진시스템과 소음과의 관계 분석
- 개별 방진시스템이 소음에 미치는 민감도 분석
- 개별 방진시스템이 전체 방진시스템에 미치는 영향도 분석
- 전체 방진시스템을 통한 최적의 소음저감 기법개발</td></tr>
</table>

기타 분야			
과제명	철도신호시스템 독립안전성평가기관 도입 연구		
연구개발단계	상용화연구		
연구기간(년)	2	연구비 규모 (백만원)	30000
연구 배경 및 필요성	・광명역 탈선사고, ktx 운행구간선로 전환기 문제, 중국 고속철도 추돌 탈선사고 등 고속화, 고밀도화, 짧은 운전시격 등 현대 철도의 요구를 만족하기위하여 핵심 안전 설비의 성능 검증, 평가를 시행하고 안전성 인증을 전담하는 조직구성을 위한 연구 필요 ・유럽, 북미, 일본 등 철도 선진국은 안전 설비에 대한 기술성능 평가 및 인증을 위한 체계적인 관리체계와 더불어 제3 인 인증기관(민간, 산업체, 학계, 연구계망라)을 두고 체계적인 관리를 하고 있음		
연구 목표 및 내용	・철도 신호 시스템 독립안전성 평가기관도입(공공기관, 민간부문) ・안전성 평가기관도입을 위한 국내외법체계 및 기준 조사 ・유럽, 미주, 일본 등 선진국 도입 및 운영 사례검토 ・독립안전성 평가비용 및 기법 구축연구		

기타 분야			
과제명	전동차 디지털 공기조화시스템 개발 및 구축 운영		
연구개발단계	상용화연구		
연구기간(년)	1	연구비 규모 (백만원)	200
연구 배경 및 필요성	서울 등 대도시 대중교통수단으로 운용중인 도시철도차량 객실의 온도, 습도제어를 기관사에 의한 수동제어 또는 센서에 의한 자동제어로 작동되고 있으나 출, 퇴근시간대 많은 승차인원과 짧은 역간 거리, 지하구간 등 운행조건이 열악한 관계로 냉난방관련 불만민원이 집중적으로 발생. 이를 해소코자 냉방용량 증대, 온.습도제어센서 추가설치 등으로 운영기관에서 차량 개량하나 효과가 미비하여 전동차 각 량을 개별적으로 자동제어가 되고, 기관사는 운전실에서 각 량의 CCTV로 승차인원 및 객실상태 확인, 온 습도 디지털 현시 등 모니터링 하고, 안내방송과 LCD모니터 등 활용하여 이용승객에게 보여주는 디지털공기조화시스템을 개발이 필요함.		
연구 목표 및 내용	전동차 각 량을 개별적으로 자동 제어가 될 수 있도록 운전실에서 기관사가 각량의 CCTV로 승차인원 및 객실상태 확인, 온습도 디지털 현시 등 모니터링하고, 안내방송과 LCD 모니터 등 활용하여 이용 승객에게 보여주는 디지털 공기 조화시스템을 개발 필요.		