

과제
번호

철도차량 무선급전 실용화
기술개발 기획 보고서

2013 국토교통과학기술진흥원
국토교통부

Land Infrastructure and Transport
R&D Report

미래철도기술개발사업 기획보고서

R&D / 000

철도차량 무선급전 실용화 기술개발 기획 보고서

2013. 10. .

주관연구기관 / 한국과학기술원
공동연구기관 / 한국철도기술연구원
한국철도시설공단
한국교통연구원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

주 의

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

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원) 귀하

이 보고서를 "철도차량 무선급전 실용화 기술개발 기획" 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2013 . 10 .

주관연구기관명 : 한국과학기술원

주관연구책임자 : 안 승 영

연구원 : 여 화 수

" : 장 기 태

" : 김 종 우

" : 정 구 호

" : 윤 우 열

" : 남 진 우

" : 최 학 준

" : 황 기 원

" : 신 승 용

공동연구기관명 : 한국철도기술연구원

공동연구책임자 : 이 수 길

연구원 : 이 병 송

" : 이 준 호

" : 박 찬 배

" : 김 재 희

공동연구기관명 : 한국철도시설공단

공동연구책임자 : 이 영 흠

연구원 : 김 도 원

" : 정 상 국

" : 유 향 복

공동연구기관명 : 한국교통연구원

공동연구책임자 : 이 호

보고서 요약서

과제고유번호		해 당 단 계 연 구 기 간	2013. 4.30.~ 2013.10.29.	단 계 구 분	1/1
연구사업명	중 사업명	건설교통연구기획			
	세부사업명				
연구과제명	대 과 제 명	철도차량 무선급전 실용화 기술개발 기획			
	세부과제명				
연구책임자	안승영	해당단계 참 여 연구원수	총 : 20명 내부 : 14명 외부 : 6명	해당단계 연 구 비	정부 : 7천만원 기업 : 천원 계 : 7천만원
		해당단계 참 여 연구원수	총 : 20명 내부 : 14명 외부 : 6명	해당단계 연 구 비	정부 : 천만원 기업 : 천원 계 : 천만원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	한국과학기술원 /조천식녹색교통대학원		참여기관명	한국철도기술연구원, 한국철도시설공단, 한국교통연구원	
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위 탁 연 구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약				보고서면수	225
<p>○ 도시철도 차량용 고효율 무선급전시스템 실용화를 위한 핵심기술 및 시험차량 적용을 통한 실증 기술 개발 기획</p> <p>○ 고속철도 차량용 대용량 고효율 무선급전시스템 핵심기술 개발 기획</p> <p>○ 국내외 도시철도 및 고속철도 무선급전 방식 개발 현황 및 실용화 현황 조사</p> <p>－ 철도분야 무선급전 방식 개발 및 적용 현황(기술수준, 개발사양, 업체현황, 관련특허 등) 조사 및 장단점 분석</p> <p>－ 타분야 무선급전 방식 개발 및 적용 현황(적용분야, 기술수준, 개발사양, 업체현황, 관련특허 등) 조사</p> <p>○ 도시철도 및 고속철도 무선급전 기술개발 로드맵 작성 및 핵심기술 정의</p> <p>－ 철도 전력공급 기술과 무선급전 기술의 과거, 현재, 미래에 대한 로드맵 및 연계성 도출</p> <p>－ 기술 단계별 고효율, 고속화를 위한 중장기 기술개발 계획(목표 사양 및 기술개발 달성 시점 명시)</p> <p>－ 도시철도용 고효율 급전, 집전기술, 에너지 전송효율 향상기술, 방열기술, 급</p>					

전구간 구분기술, 비접촉 공극 저감기술, 시공비 저감기술 등 실용화를 위한 핵심기술 정의

- 고속철도용 대용량 급전, 집전기술, 에너지 전송효율 향상기술, 방열기술, 급전구간 구분기술, 비접촉 공극 저감기술, 시공비 저감기술 등 핵심기술 정의

○ 도시철도 및 고속철도 무선급전 시스템의 실용화 개발 사양 도출 및 추진과제 발굴 · 기획

- 고효율, 고속화를 위한 추가 기술개발 도출 및 철도 운영속도 대역별 적용기술 및 개발 요구사항 검토
- 추진과제별 기술개발 효과 및 경제성 분석
- 기술 단계별 실용화 적용 방안 및 Test-bed 추진 계획 수립
- 기술개발 우선순위 선정 및 소요예산, 추진방법 수립

○ 관련기술의 전자파 등 환경성능 평가 및 법제화 방안 마련

- 무선급전 시스템의 전자파에 대한 인체 영향성 평가 등 유해성 평가
- 실용화를 위한 법·제도 개선 사항 도출 등(철도안전법, 도로법, 전파관리법 등)
- 도시철도 및 고속철도 장치별 위험도 분석 및 안전성 평가 방안 마련

○ 기존선 개량 및 신규노선의 단계적 적용방안 마련

색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	무선 철도 시스템, 무선전력전송, 자기공진 및 형상, 도시철도/고속철도, 친환경 철도
	영 어	Wireless Railway system, Wireless power Transfer, Shaped magnetic Field In Resonance, Urban railway, High speed railway, Eco Friendly Railway

요 약 문

I. 제목

철도차량 무선급전 실용화 기술개발 기획

II. 연구목적 및 필요성

- 기존 철도차량의 접촉식 전력공급시스템의 에너지, 건설비, 유지보수 등 문제점 개선 필요
- 기 확보된 비접촉식 유도급전기술의 실용화 적용을 통해 차세대 친환경 철도시스템 구축 및 세계시장에서 기술적 우위 선점
 - 원천·핵심기술을 바탕으로 실용화 기술을 통해 시험선 구축 및 성능검증, 안전화 신뢰성 확보 필요
- 무선급전의 철도적용은 국내외에서 활발히 연구되고 있으며, 실용화 단계의 연구가 시급
 - 독일 초고속 자기부상열차에 비접촉 자기유도방식의 급전시스템을 적용하여 Emsland 시험선에서 시험운행 완료(비접촉 공극 40mm)
 - Bombardier Primove 경량전철에 비접촉 자기유도방식 급전시스템 기술을 적용하여 Bautzen 시험선 및 Augusburg 시험선(800m)에서 시험운행 완료(비접촉 공극 100mm)
 - 국내 전기버스용 50kw급 비접촉식 유도 급전시스템을 개발하여 구미시에서 온라인 전기버스 시범사업 실시('13.1)
 - 국내 철도용 240kw급 비접촉식 유도 급전시스템 핵심기술 개발 완료('12.12)
- 무선급전시스템의 도시철도 및 고속철도 적용을 위한 실용화기술 개발 필요

III. 연구내용 및 범위

- 국내외 도시철도 및 고속철도 무선급전 방식 개발 현황 및 실용화 현황 조사
 - 철도분야 무선급전 방식 개발 및 적용 현황(기술수준, 개발사양, 업체현황, 관련특허 등) 조사 및 장단점 분석
 - 타분야 무선급전 방식 개발 및 적용 현황(적용분야, 기술수준, 개발사양, 업체현황, 관련특허 등) 조사
- 도시철도 및 고속철도 무선급전 기술개발 로드맵 작성 및 핵심기술 정의
 - 철도 전력공급 기술과 무선급전 기술의 과거, 현재, 미래에 대한 로드맵 및 연계성 도출
 - 기술 단계별 고효율, 고속화를 위한 중장기 기술개발 계획(목표 사양 및 기술개발 달

성 시점 명시)

- 도시철도용 고효율 급전, 집전기술, 에너지 전송효율 향상기술, 방열기술, 급전구간 구분기술, 비접촉 공극 저감기술, 시공비 저감기술 등 실용화를 위한 핵심기술 정의
- 고속철도용 대용량 급전, 집전기술, 에너지 전송효율 향상기술, 방열기술, 급전구간 구분기술, 비접촉 공극 저감기술, 시공비 저감기술 등 핵심기술 정의
- 도시철도 및 고속철도 무선급전 시스템의 실용화 개발 사양 도출 및 추진과제 발굴·기획
 - 고효율, 고속화를 위한 추가 기술개발 도출 및 철도 운영속도 대역별 적용기술 및 개발 요구사항 검토
 - 추진과제별 기술개발 효과 및 경제성 분석
 - 기술 단계별 실용화 적용 방안 및 Test-bed 추진 계획 수립
 - 기술개발 우선순위 선정 및 소요예산, 추진방법 수립
- 관련기술의 전자파 등 환경성능 평가 및 법제화 방안 마련
 - 무선급전 시스템의 전자파에 대한 인체 영향성 평가 등 유해성 평가
 - 실용화를 위한 법·제도 개선 사항 도출 등(철도안전법, 도로법, 전파관리법 등)
 - 도시철도 및 고속철도 장치별 위험도 분석 및 안전성 평가 방안 마련
- 기존선 개량 및 신규노선의 단계적 적용방안 마련

IV. 기술 실용화 가능성 및 전략

- 핵심 기초 기술의 확보되었으며, 무가선 트램을 대상으로 철도 차량에 적용 및 시연 성공을 통하여 실용화 가능성 확보
- SE 및 무선 급전 시스템 기술을 개발과 Test-Bed 구축 및 시범사업 추진을 통하여 무선 급전 철도의 실용화를 위한 최적화 설계 및 경제성 확보

V. 기대 효과 및 전망

- 새로운 철도 시스템 개발로 인하여 세계적으로 철도 기술에서 우위를 확보할 수 있으며 향후 철도 시장에서의 경제적 우위 확보도 가능
- 무선급전 철도시스템 구축으로 인하여 상부가선의 구축 비용 감소 및 유지 보수 비용을 감소시킬 수 있으며 철도 시장에서 주도권을 확보할 수 있어 경제적 파급효과 확보 가능

목 차

1. 기획 필요성	1
1.1 기획 배경	1
1.2 기획 목적 및 추진방향	4
2. 기술개발 동향 및 환경분석	7
2.1 국내외 정책·시장·기술 동향분석	7
2.2 국내외 기술개발 현황 및 국내 기술 인프라·기술 인력 현황	35
2.3 기술수요 및 기술예측 조사	73
2.4 기술개발 추진방향	81
3. 기술개발 전략 수립	87
3.1 비전 및 기술 발전 시나리오	87
3.2 후보기술 도출	92
3.3 과제 연구수행 체계	118
4. 연구 목표 및 범위	136
4.1 목표, 연구범위	136
4.2 세부과제별 연구내용	137
4.3 세부과제별 연차별·단계별 성과목표 및 성과지표	141
5. 연구목표 달성을 위한 추진방안	144
5.1 기존 기술·인프라 등의 활용 및 연계 방안	144
5.2 연구추진체계	152
6. 연구성과 활용방안 및 실용화 추진방안	154
6.1 성과분석 및 검증방안	154
6.2 실용화 방안	157
7. 인력투입 계획 및 소요예산 산정	159
7.1 연구일정 및 인력투입계획	159
7.2 과제별 소요예산	164

8. 연구개발 사전 타당성 조사	167
8.1 정책적 타당성	167
8.2 기술적 타당성	171
8.3 경제적 타당성	182
8.4 정부지원 타당성	197

9. 과제 RFP 및 평가기준	199
------------------------	-----

[참고문헌]	224
--------------	-----

- [별첨 1] 기술수요 조사 설문지
- [별첨 2] 기술예측 조사 설문지
- [별첨 3] 우선순위 조사 설문지

<표 차례>

[표 1-1] 교통수단별 에너지 소모 및 CO2 발생비교	1
[표 2-1] 선진 주요국의 IT 기반 창조경제 전략	7
[표 2-2] 현재 시장과 2016년까지의 성장 예측률	14
[표 2-3] '09 ~'14년 분야별 성장 전망	15
[표 2-4] 교통약자 관련 해외 사례	18
[표 2-5] 무선급전기술 개발 현황 (Wireless Charger Developer)	19
[표 2-6] 국내외 소형기기 무선급전 기술동향	23
[표 2-7] 국내외 소형기기 무선급전 기술동향(계속)	24
[표 2-8] 교토의정서 국가 구분 및 주요 의무 사항	26
[표 2-9] 교통수단별 대기오염물질 배출량(단위 : 백만톤/년)	27
[표 2-10] 소음의 발생원인	28
[표 2-11] 3-point 측정방법으로 측정된 EMF의 값	31
[표 2-12] 동향 분석에 따른 주요 영향요인 도출	34
[표 2-13] 기술분류 기준	35
[표 2-14] 특허분석 기준	40
[표 2-15] 기술별 검색 조합식 및 대상특허건수	40
[표 2-16] 주요 핵심특허 현황	48
[표 2-17] 전기 구동차량의 유도전력 분배에 관한 주요 핵심특허	49
[표 2-18] 전기 자동차 및 차량의 전원 공급장치에 관한 주요 핵심특허	50
[표 2-19] 전비접촉식 동축 변압기 전력 전송시스템에 관한 주요 핵심특허	51
[표 2-20] 무선 모바일 수신기 에너지 전송방법에 관한 주요 핵심특허	52
[표 2-21] 자기장을 생성하여 무선 전력을 전송하는 방법에 관한 주요 핵심특허	53
[표 2-22] 논문 분석 기준	56
[표 2-23] 기술별 검색 조합식 및 대상논문건수	56
[표 2-24] 유효논문 현황 (총 20건)	57
[표 2-25] 집전장치 사양	66
[표 2-26] 집전장치 사양	70
[표 2-27] 기술수요 조사내용	74
[표 2-28] 기술예측 대상 연구 분야	78
[표 2-29] 무선급전 철도차량 미래기술 예측조사 항목	78
[표 2-30] 주요 요인별 현재 상태와 미래 예측	81
[표 2-31] 4대 이슈와 기술개발 니즈와의 연계성	85
[표 3-1] 의사결정계층 항목별 개념	96
[표 3-2] 우선순위 도출 대상 연구과제	97
[표 3-3] 평가항목 중요도 도출 결과	97
[표 3-4] 과제 우선순위 도출 결과	98
[표 3-5] 세부과제 우선순위 도출 결과	98
[표 3-6] 중점 고려사항 도출 대상 세부과제 및 세세부과제(경전철 및 중전철 도시철도)	103
[표 3-7] 중점 고려사항 도출 대상 세부과제 및 세세부과제(고속철도)	104
[표 3-8] 무선급전 경전철 도시철도 차량 실용화 운용기술 개발 세세부과제별 전문가 의견	105
[표 3-9] 무선급전 경전철 도시철도 인프라 인터페이스 개발 세세부과제별 전문가 의견	105

[표 3-10]	무선급전 경전철 도시철도 차량 인터페이스 기술개발 세세부과제별 전문가 의견	106
[표 3-11]	경전철 도시철도용 무선급전 성능향상 기술개발 세세부과제별 전문가 의견	106
[표 3-12]	무선급전 경전철 도시철도 차량 시범사업 및 실용화 방안 연구개발 세세부과제별 전문가 의견	106
[표 3-13]	무선급전 중전철 도시철도 차량 실용화 운용기술 개발 세세부과제별 전문가 의견	107
[표 3-14]	무선급전 중전철 도시철도 인프라 인터페이스 개발 세세부과제별 전문가 의견	107
[표 3-15]	무선급전 중전철 도시철도 차량 인터페이스 기술개발 세세부과제별 전문가 의견	108
[표 3-16]	중전철 도시철도용 무선급전 성능향상 기술개발 세세부과제별 전문가 의견	108
[표 3-17]	무선급전 중전철 도시철도 차량 시범사업 및 실용화 방안 연구개발 세세부과제별 전문가 의견	108
[표 3-18]	무선급전 고속철도 차량 실용화 운용기술 개발 세세부과제별 전문가 의견	109
[표 3-19]	무선급전 고속철도 인프라 인터페이스 개발 세세부과제별 전문가 의견	109
[표 3-20]	무선급전 고속철도 차량 인터페이스 기술개발 세세부과제별 전문가 의견	110
[표 3-21]	고속철도용 무선급전 성능향상 기술개발 세세부과제별 전문가 의견	110
[표 3-22]	경전철 도시철도 후보기술 과제 확정	111
[표 3-23]	중전철 도시철도 후보기술 과제 확정	112
[표 3-24]	고속철도 후보기술 과제 확정	116
[표 5-1]	무선급전관련 수행과제 현황 분석	144
[표 5-2]	도로법 시행령 변경사항	150
[표 5-3]	급전 인프라 구축 관련 인증	150
[표 5-4]	급전 인프라 인증기준	151
[표 5-5]	차량인증 내용 및 인증기준	151
[표 6-1]	경전철 도시철도 무선급전 실용화 노선 선정기준(예시)	158
[표 6-2]	무선급전 실용화 사업 진행시 고려사항	158
[표 8-1]	세부 부분 성능 및 안전 인증 상황	169
[표 8-2]	방송통신위원회고시 제 2011-31호 내용	170
[표 8-3]	기존사업 연구내용 및 차이점	172
[표 8-4]	기존사업 연구성과 및 연계방안	174
[표 8-5]	세부 기획과제 내용	176
[표 8-6]	무선급전기술 개발관련사업 비교분석	177
[표 8-7]	유도급전용 인버터 사양	178
[표 8-8]	유도급전용 전력변화 장치별 효율 측정 결과	179
[표 8-9]	시험용 대차 위치에 따른 EMF 측정치 (단위 : mG)	179
[표 8-10]	선로구축 시스템 단가	183
[표 8-11]	차량설치 시스템 단가	184
[표 8-12]	유지보수 비용 단가	185
[표 8-13]	1km당 추가 전력사용 비용	186
[표 8-14]	건설비저감 편익 단가	186
[표 8-15]	차량생산비용저감 편익 단가	187
[표 8-16]	감전사고감소 편익 단가	188
[표 8-17]	사고복구비용감소 편익 단가	189
[표 8-18]	선로구축 시스템 단가	190
[표 8-19]	차량설치 시스템 단가	191
[표 8-20]	유지보수 비용 단가	192
[표 8-21]	1km당 추가 전력사용 비용	193
[표 8-22]	건설비저감 편익 단가	193

[표 8-23] 차량생산비용저감 편익 단가	194
[표 8-24] 감전사고감소 편익 단가	195
[표 8-25] 사고복구비용감소 편익 단가	196
[표 8-26] 경제적 타당성 결과	196

<그림 차례>

[그림 1-1] 기존 철도차량의 전력공급시스템의 문제점	2
[그림 1-2] 연구개발의 필요성	3
[그림 1-3] 무선 급전 장점	3
[그림 1-4] 무선 급전 철도 시스템의 개념 및 원리	4
[그림 1-5] 기획연구 추진 방향	6
[그림 2-1] 차세대 고속철도 HEMU-430X	9
[그림 2-2] 유럽의 고속철도(프랑스, 독일, 스페인)	11
[그림 2-3] 중국의 4종 4형 고속철도 건설계획	12
[그림 2-4] 경기도 도시철도 기본계획	13
[그림 2-5] Global Market Share by Supplier Electrification (2007~2011)	15
[그림 2-6] 무선급전 기술의 응용 가능 분야	16
[그림 2-7] 무선전력 전송 매출 예상	16
[그림 2-8] WiT-3300Deployment Kit	21
[그림 2-9] Evatran Wireless Electric Vehicle Charge	21
[그림 2-10] KAIST 온라인 전기자동차(OLEV)	21
[그림 2-11] 무선전력 전송기술이 적용된 무가선티랩	22
[그림 2-12] 무선충전 전기버스 (구미시)	22
[그림 2-13] 독일 Augsburg 시험선 Primove 열차	22
[그림 2-14] Primove 열차의 에너지 전송 (개념도)	22
[그림 2-15] 특허기술 연계 기술발전 추이	25
[그림 2-16] 논문 발표 연계 기술발전 추이	25
[그림 2-17] 가상온라인 차량에서 3-point 측정방법 적용예시	31
[그림 2-18] IEC 62110의 평가방법(좌 : 3-point 우 : 5-point 평가방법)	32
[그림 2-19] Bombardier의 Primove 시스템 및 독일 Bautzen의 시험선	36
[그림 2-20] MITRAC Energy Saver를 탑재하여 에너지 사용량 최대 30% 감소	36
[그림 2-21] 차량에 장착된 전력 회로도	37
[그림 2-22] Augsburg에서 시험 완료한 Primove 2차 모델 주행 모습	37
[그림 2-23] 분포권 방식의 삼상 급전라인 (한 세그먼트)	38
[그림 2-24] Primove 2차 모델의 Augsburg에 설치된 삼상 급전 라인 및 인버터	38
[그림 2-25] 삼상 픽업 코어 형상 및 권선 방식	39
[그림 2-26] 차량 하부에 장착된 픽업 모듈	39
[그림 2-27] Primove 차량 구성도	40
[그림 2-28] 출원년도 및 국가별 출원추이	42
[그림 2-29] 세부기술별 특허출원동향	42
[그림 2-30] 주요 출원인 동향	43
[그림 2-31] 연도별 주요 출원인 동향	43
[그림 2-32] 국가별 기술분포(방사형)	44
[그림 2-33] 기술별/국가별 기술분포(버블형)	44
[그림 2-34] 국가별 출원건수 및 시장확보지수	45
[그림 2-35] 국가별 인용도지수	46
[그림 2-36] 국가별 영향력지수 및 기술력지수	46

[그림 2-37] 특허登高선 맵	47
[그림 2-38] 세부기술별 특허登高선 맵	48
[그림 2-39] 핵심특허(US7741734B2) 평가결과	54
[그림 2-40] 핵심논문 발표현황	60
[그림 2-41] 레귤레이터 회로도	62
[그림 2-42] 급/집전 시스템 간략 회로도	66
[그림 2-43] 무선 에너지 전송 회로도	67
[그림 2-44] 집전장치 공진 회로	67
[그림 2-45] 자동 공진 보상 시스템 알고리즘	68
[그림 2-46] 별도의 보상권선을 이용한 공진 시스템의 개략도	68
[그림 2-47] 무선 충전 철도 시스템 개략도	69
[그림 2-48] 전 기술의 에너지 변환도	69
[그림 2-49] 급/집전 시스템 간략 회로도	70
[그림 2-50] 집전장치 공진 회로	71
[그림 2-51] 자동 공진 보상 시스템 알고리즘	71
[그림 2-52] 별도의 보상권선을 이용한 공진 시스템의 개략도	72
[그림 2-53] 기술수요 조사대상 특성	73
[그림 2-54] 기술수요 절차	74
[그림 2-55] 철도차량 무선급전기술 필요성	75
[그림 2-56] 철도차량 무선급전기술 우선확보 분야	75
[그림 2-57] 철도차량 무선급전기술 관련 연구개발 내용	76
[그림 2-58] 철도차량 무선급전기술 연구개발 분야	76
[그림 2-59] 기술예측 조사대상 특성	77
[그림 2-60] 기술예측 조사 절차	78
[그림 2-61] 국내 무선급전기술 분야별 수준	79
[그림 2-62] 무선급전기술 획득 방식	79
[그림 2-63] 기술실현 예상시기	80
[그림 2-64] 기술실현 장애요인	80
[그림 2-65] 동향 분석 및 수요예측 조사에 따른 주요 이슈 도출 결과	86
[그림 3-1] 비전 및 목표	87
[그림 3-2] 비접촉 집전 시스템 개념도(한국철도기술연구원)	88
[그림 3-3] Rail-mounted E-Core Type CPS	89
[그림 3-4] 기술개발 목표 달성을 위한 중점추진분야	92
[그림 3-5] 후보기술 도출 절차	92
[그림 3-6] 기술개발 목표 달성을 위해 도출된 후보과제	93
[그림 3-7] 후보기술 우선순위 조사대상 특성	95
[그림 3-8] 우선순위 도출 절차	96
[그림 3-9] 우선순위 도출을 위한 의사결정계층	96
[그림 3-10] 연구주제 재분류 결과	101
[그림 3-11] 실용화 핵심 사항 검토 조사 절차	102
[그림 3-12] 과제 연구수행 체계	118
[그림 3-13] 무선급전 경전철 도시철도 차량 실용화 운용기술개발 연구수행 체계	119
[그림 3-14] 무선급전 경전철 도시철도 차량 실용화 운용기술개발 연구수행 체계	120
[그림 3-15] 무선급전 경전철 도시철도 인프라 인터페이스 기술개발 연구수행 체계	121

[그림 3-16] 무선급전 경전철 도시철도 차량 인터페이스 기술개발 연구수행 체계	122
[그림 3-17] 경전철 도시철도용 무선급전 성능향상 기술개발 연구수행 체계	123
[그림 3-18] 무선급전 경전철 도시철도 차량 시범사업 및 실용화 방안 연구개발	124
[그림 3-19] 무선급전 중전철 도시철도 차량 실용화 운용기술개발	125
[그림 3-20] 무선급전 중전철 도시철도 차량 실용화 운용기술개발	126
[그림 3-21] 무선급전 중전철 도시철도 인프라 인터페이스 기술개발	127
[그림 3-22] 무선급전 중전철 도시철도 차량 인터페이스 기술개발	128
[그림 3-23] 중전철 도시철도용 무선급전 성능향상 기술개발	129
[그림 3-24] 무선급전 중전철 도시철도 차량 시범사업 및 실용화 방안 연구개발	130
[그림 3-25] 무선급전 고속철도 차량 실용화 운용기술개발 연구수행 체계	131
[그림 3-26] 무선급전 고속철도 차량 실용화 운용기술개발 연구수행 체계	132
[그림 3-27] 무선급전 고속철도 인프라 인터페이스 기술개발 연구수행 체계	133
[그림 3-28] 무선급전 고속철도 차량 인터페이스 기술개발 연구수행 체계	134
[그림 3-29] 고속철도용 무선급전 성능향상 기술개발 연구수행 체계	135
[그림 5-1] 기존연구결과 활용 및 연계 방안	145
[그림 5-2] 전기철도용 유도급전 시스템 개념 및 전력 흐름도	147
[그림 5-3] 전기철도용 유도급전 시스템 무가선 트램 적용 예상도	147
[그림 5-4] 490kW 집전 출력 연동 시험 구성도	148
[그림 5-5] 선급전 180kW 핵심부품별 기술개발연구	148
[그림 5-6] 세그먼테이션 전자파 차폐 기술	149
[그림 5-7] 연구추진 체계	152
[그림 6-1] 철도차량용 무선급전 실용화 계획(안)	157
[그림 8-1] 창조경제의 정의	167
[그림 8-2] 철도산업의 현황 및 문제점	168
[그림 8-3] 철도공사 구조 전환 검토안	168
[그림 8-4] 세부 기획과제 연구분야	175
[그림 8-5] 세그먼테이션 전자파 차폐 기술	178
[그림 8-6] EMF 측정위치	179
[그림 8-7] 490kW 집전 출력 연동 시험 사진	180
[그림 8-8] 급전 인버터 성능시험	180
[그림 8-9] 무선급전 180kW 트램차량 적용시험(좌) 및 급전 효율 모니터링(우)	181
[그림 8-10] 경전철 및 중전철 가정 노선	182

1. 기획 필요성

1.1. 기획 배경

1.1.1. 배경

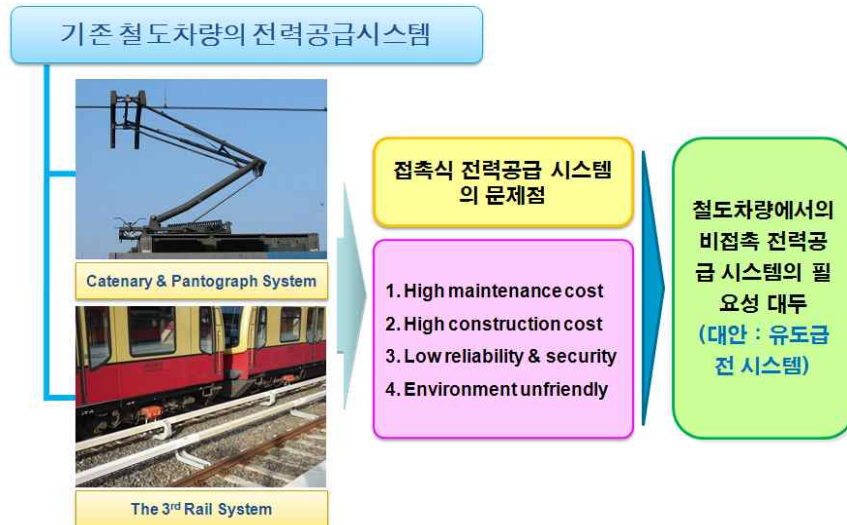
- 기후 변화에 따른 저탄소 녹색성장 추진과 에너지 관리 및 대체 에너지 개발 추진으로 인하여 환경과 에너지 효율성이 증가되고 있음
- 대량 수송이 가능하면서 친환경적, 에너지 효율성이 높은 교통수단으로 철도에 대한 선호도가 증가되고 있음

[표 1-1] 교통수단별 에너지 소모 및 CO2 발생비교

구분	구분	승용차	버스	철도	해운
화석연료 소모	여객 (TOE톤/백만인km)	5,703	1,583	661	9,827
	화물 (TOE톤/백만톤km)	9,520	-	971	3,423
이산화탄소 발생	여객 (톤/백만인km)	168.2	47.6	29.8	315.3
	화물 (톤/백만톤km)	299.6	-	35.9	110.6

※ 참조 : 제2차 국가철도망 구축 계획(2011.04.)

- 대량 수송이 가능하면서 친환경적인 수송시스템으로 철도에 대한 관심이 증대되고 있으나, 현재 사용하고 있는 상부가선 철도 시스템의 경우에는 구축시 상부가선 설치에 필요한 공간의 추가 확보와 충분한 터널 공간으로 인한 높은 구축비용과 선로가 노출되어 있어 발생할 수 있는 안전 문제, 관리를 위한 유지보수 비용 등의 문제가 있음
- 기존 철도 시스템의 장점인 정시성과 안정성을 보장하면서, 안전성을 확보하는 동시에 상부가선에 대한 유지보수 비용을 절감할 수 있는 새로운 급/집전 시스템 기술이 필요한 상황임
- 배터리를 사용하는 무가선 트램이나 접촉식 지면급전방식인 Third Rail 등 다양한 방식을 개발하여 적용하고 있으나 안전, 유지보수 등의 문제를 완전히 해결에는 한계가 있기에 기존의 접촉식 전력공급 장치나 전차선 설비가 필요 없어 유지보수 비용 절감이 가능하고 단선 및 전기접촉 등에 의한 위험성이 없는 친환경적인 전기철도 시스템 개발이 필요함



[그림 1-1] 기존 철도차량의 전력공급시스템의 문제점

- 이에 따라 기존 철도의 한계를 극복할 수 있는 대안으로 무선 급전 기술에 대한 기술 개발에 관심이 증대되고 있음

1.1.2. 필요성

- 국외는 Bombardier社에서 시험선을 구축하여 시험운행을 추진하고 있으며, 국내의 경우에는 2013년 2월에 철도 적용을 위한 60kHz급 기초 기술 확보 및 초기 시험에 성공하였으며 6월에는 오송에 있는 무가선 트램을 대상으로 적용 가능성에 대한 시험을 추진하여 철도 분야 적용에 가능성을 확인하였으며, 향후 고속 주행이 가능한 대전력 성공 가능성을 높일 수 있기에 세계 최초로 철도 분야에서 무선 전력전송 기술 확보를 위하여 실용 수준 기술 개발 기본이 확보된 상태임
- 기 확보된 비접촉식 유도급전기술의 실용화 적용을 통해 차세대 친환경 철도시스템 구축 및 세계 시장에서 기술적 우위선점이 가능하나, 무선 급전 시스템에 대한 기술 개발이 지속적으로 추진되고 있기 때문에 기술적 우위 선점을 위하여 지속적인 연구 개발 추진이 필요함
 - 원천·핵심기술을 바탕으로 실용화 기술을 통해 시험선 구축 및 성능 검증, 안전성과 신뢰성 확보가 필요함
- 철도 산업의 확대를 위하여 기존에 개발된 기술보다 향상된 새로운 개념의 철도 기술 확보가 필요하며, 이를 통하여 철도 시장에서의 시장 경쟁력 및 기술적 우위확보가 가능함



[그림 1-2] 연구개발의 필요성

- 무선 급전시스템의 경우에는 기존 철도차량에서 개선이 필요한 접촉식 전력 공급 시스템의 에너지 운영, 높은 건설비 및 유지보수비 등의 문제점을 해결할 수 있으며, 고속철도의 경우 현재 문제가 되고 있는 상부가선으로 인한 공기저항 및 마찰로 인한 속도의 한계점 등의 문제를 해결 할 수 있기 때문에 철도 분야에서는 획기적인 기술이 될 수 있음
- 비접촉식 유도급전 적용시 상부 전차선 설비가 불필요하여 터널구간 다면적 감소로 터널공사비 저감
- 지상구간 전차선 설비 구조물이 필요 없어 건설비 저감 가능
- 도심 내 거미줄과 같은 전차선 제거에 따른 도심 환경 개선
- 집전장치 및 전차선의 마찰이 없어 유지보수가 거의 없고, 단선에 의한 운행정지 및 감전사고 등의 위험이 없는 등 안전성 향상
- 접촉식 철도가 가지고 있는 마찰력으로 인한 속도의 한계를 해결할 수 있어 고속철도의 속도 증대



[그림 1-3] 무선 급전 장점

1.2. 기획목적 및 추진방향

1.2.1. 기획목적

- 도시철도 차량용 고효율 무선급전 시스템 실용화 핵심기술 및 실증 기술 개발과 고속철도 차량용 대용량 고효율 무선 급전시스템 핵심기술 개발 달성을 위한 기반 연구 조사 추진을 통하여 친환경 대중교통으로 철도 시스템이 구축될 수 있도록 무선 급전 시스템을 철도에 적용할 수 있는 실용화 기술 개발 연구 추진 방향 설정 및 이를 위한 기술 개발 로드맵 구축
- 무선 급전 시스템을 적용이 예상되는 도시철도 및 고속철도를 대상으로 관련 필요 기술 정의 및 기술 개발 할 수 있도록 핵심기술 도출 및 기술 개발 과제 추진 계획 방향 도출
- 개발될 기술에 대한 사양 도출 및 연구 추진 방향 설정 추진과 기술 및 환경 현황 조사를 통하여 기술 사양 정의



[그림 1-4] 무선 급전 철도 시스템의 개념 및 원리

1.2.2. 연구 추진 방향

- 기술개발 현황 파악을 위하여 국내외 도시철도 및 고속철도 무선급전 방식 개발 현황 및 실용화 현황 조사

- 철도분야에서의 무선급전 방식 개발 및 적용 현황(기술수준, 개발사양, 업체현황, 관련특허 등) 조사 및 장단점 분석과 전체적인 연구 추진 현황 파악을 위하여 타 분야에서의 무선급전 방식 개발 및 적용현황 조사
- 기술의 내외부 환경, 기술동향, 정책 동향, 시장 동향 등의 분석을 통하여 무선 급전 철도 기술의 현황 파악
- 관련기술의 전자파 등 환경성능 평가 및 법제화 방안 마련

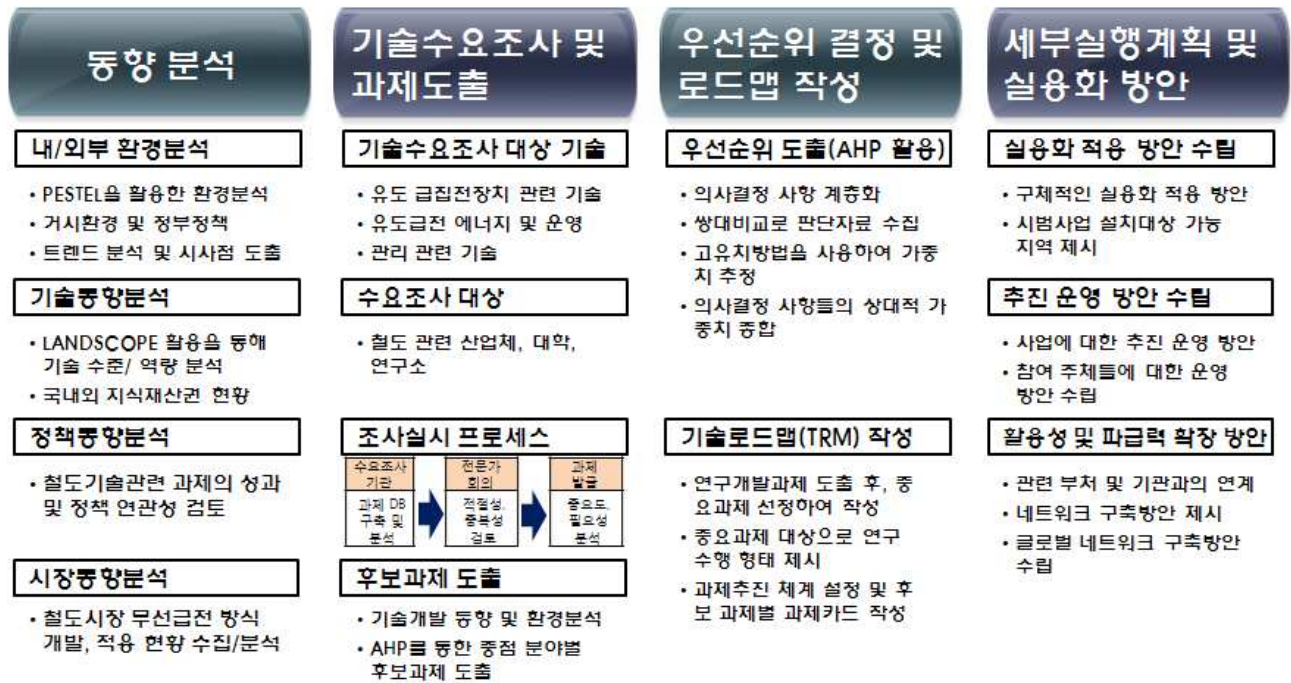
<검토 예시>

- 무선급전 시스템의 전자파에 대한 인체 영향성 평가 등 유해성 평가
- 실용화를 위한 법·제도 개선 사항 도출 등(철도안전법, 도로법, 전파관리법 등)
- 도시철도 및 고속철도 장치별 위험도 분석 및 안전성 평가 방안 마련

- 기 개발된 무선 급전 기술의 활용 가능성 분석을 통하여 기술 개발 효율화 추진 방안 도출
- 무선 급전 기술 개발에 필요한 기술 수요조사를 통하여 대상 기술을 도출 및 분류하고 이를 바탕으로 후보과제 도출
- 철도 분야에서 무선급전의 실용화를 위하여 도시철도용과 고속철도용의 핵심기술에 대한 정의
- 도시철도 및 고속철도 무선급전 시스템의 실용화 개발 사양 도출 및 추진과제 발굴 · 기획
- 고효율, 고속화를 위한 추가 기술개발 도출 및 철도 운영속도 대역별 적용기술 및 개발 요구사항 검토
- 추진과제별 기술개발 효과 및 경제성 분석
- 기술 단계별 실용화 적용 방안 및 Test-bed 추진 계획 수립
- 기술개발 우선순위 선정 및 소요예산, 추진방법 수립
- AHP분석을 통하여 과제의 우선순위를 결정하고 이를 통하여 기술 개발에 대한 로드맵 구축
- 철도 전력공급 기술과 무선급전 기술의 과거, 현재, 미래에 대한 로드맵 및 연계성 도출과 기술 단계별 고효율, 고속화를 위한 중장기 기술개발 계획(목표 사양 및 기술개발 달성 시점 명시) 추진 계획 도출
- 로드맵을 통하여 세부 과제별 기술 개발 추진 계획 및 실용 방안 도출
- 최종적으로 무선급전 방식을 적용하기 위한 관련 철도 기술개발을 위한 기존 기술 분석

및 분석 자료를 기반으로 한 세부과제(핵심요소기술) 도출

- 연구과제에 대한 추진체계 및 추진 전력 수립과 본 과제 공모를 위한 RFP 도출



[그림 1-5] 기획연구 추진 방향

2. 기술개발 동향 및 환경 분석

2.1. 국내외 정책·시장·기술 동향분석

2.1.1. PESTEL 관점의 국내외 동향

가. 정책적(Political) 동향

□ 박근혜 정부는 IT기반 신산업/신시장 개척이라는 창조경제 추진정책을 통한 창조형 新 성장 산업을 육성하고자 총력을 기울이고 있음

- 국토교통부는 고부가가치 신성장 동력으로서의 철도산업 육성을 통해 국민행복과 일자리 창출에 초점을 맞춘 새로운 철도 R&D 비전 발표
- 우리나라뿐만 아니라 주요 선진국 역시 특정산업에 대한 직접적 투자육성 지원방식 보다는 창조적 융·복합 시장창출을 위한 기반 제공의 정책을 추진하고 있음

[표 2-1] 선진 주요국의 IT 기반 창조경제 전략

국가	전략	주요 내용
미국	미국의 혁신을 위한 전략 (2009 & 2011)	<ul style="list-style-type: none"> • 국민의 창조성과 상상력에 투자하여, 미래의 일자리와 산업을 창조하는 것이 핵심 <ul style="list-style-type: none"> - 인력, 과학연구, 인프라 등 혁신 기반 투자 - 혁신의 엔진인 미국기업들의 독창성을 발휘하도록 시장기반의 혁신 촉진 - 기술 진보에 박차를 가하도록 정부가 국가우선과제 지원
EU	Digital Agenda for Europe의 2013-2014 7대 우선과제 (2012)	<ul style="list-style-type: none"> • 디지털 기술 및 일자리 창출을 위한 대연합 출범 <ul style="list-style-type: none"> - 2015년까지 예상되는 100만개의 숙련된 ICT 인력 부족 문제를 해결하기 위해 연합체 출범을 강조 • 유럽을 창업 친화적 환경으로 만들고, 장기적으로 380만개의 신규 일자리 창출을 전망
	클라우드 컴퓨팅 활성화 전략 (2012)	<ul style="list-style-type: none"> • 클라우드 컴퓨팅 활성화로 2020년까지 일자리 250만개 창출 및 1,600억 유로의 경제적 이익 창출 전망
	SME-DCL 이니셔티브 (2011)	<ul style="list-style-type: none"> • 디지털 콘텐츠와 언어장벽 해소를 통해 역내 중소기업의 창의적 비즈니스 활동을 지원

일본	일본재생전략 (2012)	<ul style="list-style-type: none"> • 본 전략의 기본가치는 모든 사회구성원의 능력과 자원의 창조적 결합을 통해 새로운 가치를 창출하는 것 • 클린(에너지, 환경), 라이프(건강), 농림어업(6차산업化), 중소기업 육성 등 4대 분야 프로젝트 추진
	신사업·신시장 창출을 향한 이니셔티브 (2012)	<ul style="list-style-type: none"> • IT 및 공공데이터 활용을 기반으로 신에너지산업, 헬스케어산업, 창조산업(관광, 문화), 첨단기술산업 육성 • 중소기업·대학 간 협업 지원을 통해 청년 인재 고용 촉진
독일	Digital Germany 2015 (2010)	<ul style="list-style-type: none"> • 디지털화를 통한 신성장 동력 및 일자리 창출 – 2015년까지 일자리 3만개 창출
이탈리아	웹 2.0 인큐베이팅 프로젝트 TreataBit (2013)	<ul style="list-style-type: none"> • 창업가들이 다양한 아이디어를 공유하고 사업화하도록 일종의 창업 놀이터를 제공하는 인큐베이팅 프로젝트 • 2013년 2월 현재 공식적으로 9개 기업이 런칭

□ 철도차량 무선급전기술은 창조경제 추진전략과의 정합성은 물론 전(全)산업분야에 걸친 파급효과로 인해 그 중요성이 지속적으로 증대되고 있음

- 무선급전기술은 세계경제포럼에서 2013년 세계 10대 유망기술 중 하나로 선정된 바 있는 미래기술로서 박근혜정부의 창조경제 추진계획에 부합하는 신기술 분야임
- 철도차량 무선급전기술은 우주항공, 자동차, 선박 등 운송 분야뿐만 아니라, 모바일 및 전자기기, 로봇 등 일상생활에 활용될 수 있는 산업 영역 전반에 걸쳐 매우 큰 파급효과 발생이 예상되고 있음

□ 친환경적인 철도 교통의 수용 용량 증가와 특히 온실가스 저감을 위한 다양한 철도 관련 지원 정책들이 세계적으로 추진되고 있는 실정임

- 철도분야에서 유도급전 및 배터리 기술을 적용한 친환경적인 미래형 전기철도 시스템을 위한 해외 선진국들의 R&D 투자가 증대되고 있음
- 국내에서도 정부 및 지자체의 친환경, 저비용, 고효율 수송시스템에 대한 관심이 고조되고 있는 실정임

□ 국토교통부의 철도관련 추진 정책은 고속철도 네트워크 확대와 도시 및 광역 철도 확충 등 철도 인프라 확대를 통한 녹색교통 구현을 주 내용으로 비용절감, 첨단기술 개발 및 해외진출 활성화 등이 있음

- 2011년 378km → 2020년 2,362km로 고속철도 네트워크를 확대하여 전국적인 KTX 고속철도망 구축
- 전국의 주요 거점을 90분대로 연결하여 하나의 거대 도심권(Mega City Region)으로 통합
- 현재 추진 중인 호남고속철도 오송~광주 구간은 오는 2013년까지, 광주~목포 구간은 2017년까지 완공할 예정
- 수도권 고속철도 수서~평택 노선, 경부고속철도 대전·대구 도심구간은 2014년까지 완공할 계획
- 원주~강릉, 중앙선 영천~도담 등 일반철도도 시속 230km급으로 고속화

□ 지속적인 도시 및 광역철도 확충으로 대도시권 안팎을 막힘없이 연결

- 지하 50m 이상 지하에 200km/h 이상의 속도로 서울과 외곽지역을 연결하는 수도권 광역급행철도망 구축
- 서울 외곽지역에서 도심까지의 통근시간을 30분대로 단축하여 대도시권의 지속가능한 교통인프라 구축
- 13개 노선 160.1km의 도시철도와 12개 노선 396km의 광역철도 건설 추진

□ 세계 최고수준의 첨단 철도기술 개발

- 2015년까지 최고속도 430km/h급 차세대 고속열차(HEMU) 개발
- 무가선 저상 트램, 도시형 자기부상열차 등 미래형 도시철도 기술 개발



[그림 2-1] 차세대 고속철도 HEMU-430X

□ 안전하고 편리한 철도 이용환경 구축

- KTX 서비스 지역을 전국(경남 진주, 인천공항, 경북포항 등)으로 확대하고, 대도시권의 광역
- 급행열차 운행을 지속 확대
- 편리하고 효율적인 환승체계 구축을 위해 철도역내 버스베이, 택시베이 설치, 에스컬레이터, 엘리베이터 등 생활환경(Barrier free)사업 지속 확대
- 안전하고 쾌적한 철도시설을 위해 지하·지상 철도역 스크린도어 확대 설치, 지하철역사 내 공기 질 개선 등

□ 2009년 12월 ‘노면 전차 건설관리법안’ 공동 발의

- 중앙정부가 지자체에 의해 추진되는 노면 전차 도입 시 온실가스 배출 감축 및 에너지 절약효과가 있다고 판단될 경우 도입 비용의 60% 이상 보조할 수 있는 법안을 발의한 상태이고 이를 통해 노면 전차를 크게 활성화 시킬 계획임

□ 유럽연합은 환경운송 프로그램인 ‘마르코폴로 프로젝트’ 시행

- 도로로 운송하던 물류를 철도, 해운, 파이프, 내륙수운 등 친환경 운송수단으로 바꾸면 보조금을 지원하는 친환경 물류수송 유도 재정지원 제도 추진
- 이 프로그램은 도로 운송이 증가하면서 주요 도시의 교통 막힘이 심해지고, 대기환경도 악화되자 이를 개선하기 위한 목적으로 마련되었음
- Revitalization of Railways 에서는 유럽 철도 네트워크 통합을 통한 철도의 수송비중 증대를 위한 5가지 전략을 내세웠음
 - 첫째, 안전도 인증을 통해, 철도의 안전성을 개선하고 모든 철도회사들은 유럽 철도 네트워크에서 철도를 운영하기 위해 안전인증을 확보
 - 둘째, Directives96/48과 2001/16을 통해 Interoperability의 기본원리들을 보장
 - 셋째, 효율적인 운영기구인 the European Railway Agency를 설립
 - 넷째, 철도물류시장의 개방을 확대하고 가속
 - 마지막으로 OTIF(the Intergovernmental Organization for International Carriage by Rail)에 가입
- ‘Revitalization of Railways’ 외에도 ‘Promotion of Intermodal Freight Transport’라는 정책으로 인터모달 물류교통 증대정책이 있음
- 본 정책의 일환으로 유럽 의회는 2002년 2월 4일, 인터모달 물류 교통을 지원하기 위해 Marcopolo 프로그램을 제안하였음

- 본 프로그램은 가능한 도로물류 개선책이 될 수 있는 새로운 국제솔루션을 재정적으로 뒷받침함
 - 연간 120억톤-킬로미터의 증가율이 예상되는 혼잡한 도로부문 물류를 철도, 단거리 해상물류와 내륙수로 등의 친환경 교통수단으로의 전환을 도와줌
 - 교통 협의회는 2002년 12월 5일, 마르코 폴로 프로그램에 대해 정치적 합의를 이루었고, 마르코 폴로 프로그램은 2003년-2006년 7,500백만 유로를 지원
- EU에서는 연구예산이 2천만 유로에 달하는 MODURBAN 연구 프로그램을 통해 차세대 유도궤도 차량 연구 개발을 목적으로 메트로와 경전철을 포함하고 있는 도시 철도 연구 과제를 추진하고 있음

□ 프랑스의 철도부문 최근 정책은 유럽의 정책과 같은 방향으로써, 도로교통을 철도교통으로의 대체에 초점을 맞추고 있음

- ‘Grands chantiers de transports complémentaires à la route’ 정책은 도로교통 대체를 위한 교통 개발 프로젝트로써, 특히 TGV 네트워크의 확장이 주요사항
- TGV 네트워크 확장을 위해서 재정, 건설, 새로운 고속도로의 개통을 가속화 하고 현재, 3개의 추가 TGV 고속철 노선을 동시에 진행 중에 있음



[그림 2-2] 유럽의 고속철도(프랑스, 독일, 스페인)

□ 영국의 철도정책은 철도부문의 수송용량을 늘리고 철도로의 수송모드변환, 철도자체의 온실가스 배출량 저감으로 요약할 수 있음

- 대표적인 철도로의 수송모드변환 프로젝트로는 ‘Delivering a Sustainable Railway’ 가 있음
- 본 프로젝트 내에서 영국정부는 철도의 수송용량을 늘리기 위해 2009년부터 2014년까지 100억 파운드 이상의 지원하고, 영국 정부의 총 철도 지원 자금으로는 150억 파운드를 책정하였음
- 2015년 말까지 런던 중심부를 통과하는 12차량 기차들을 시간당 24대 배치하는 Thameslink 프로그램을 실행 중임
 - 본 프로그램을 통해 결과적으로 14,500 자리를 추가 확보함으로써, 런던의 남부를

연결하여, 철도 교통으로의 Modal shift를 꾀하고 런던 이외의 도시에서도 열차 길이를 늘임으로써 증가하는 수송량에 대비할 것임

- 또한, 철도로의 Modal shift를 위한 방안으로, E-money를 티켓에 도입하는 All programme에 3억 7천 파운드를 2015년까지 투자함으로써 역내 및 객실 서비스를 향상시킬 것임

□ 미국은 도시 교통정책은 기본적으로 FTA(Federal Transit Administration)가 연방수준의 보조 제도를 통해 도로혼잡, 환경오염, 고령자/장애자(교통약자) 등의 관점에서 공공수송기관의 촉진을 지원하고 있음

□ 일본의 철도분야 기후변화 대책은 철도 자체의 에너지효율 향상 및 물류 효율화로 구분되며, 철도의 에너지 효율 향상을 위해 2010년까지 1995년 대비 에너지 소비원 단위를 약 7% 감축을 목표로 하고 있음

- 철도화물의 인프라 정비, 효율적인 철도화물 집배시스템구축, 선박적재량 조정, 국제해상터미널 정비. 트럭 적재 효율화를 빠른 시일 내에 50% 향상시킬 목적으로 자영(自營)전환, 공동 집배 및 수송 등의 여러 대책을 적극적으로 추진하고 있음

□ 중국은 [중장기 철도망 건설계획]에 의거 2020년 까지 4종 4횡의 여객전용선 건설을 통해 전 국토를 거미줄처럼 연결하여 국토의 균형 발전을 꾀하고 있음

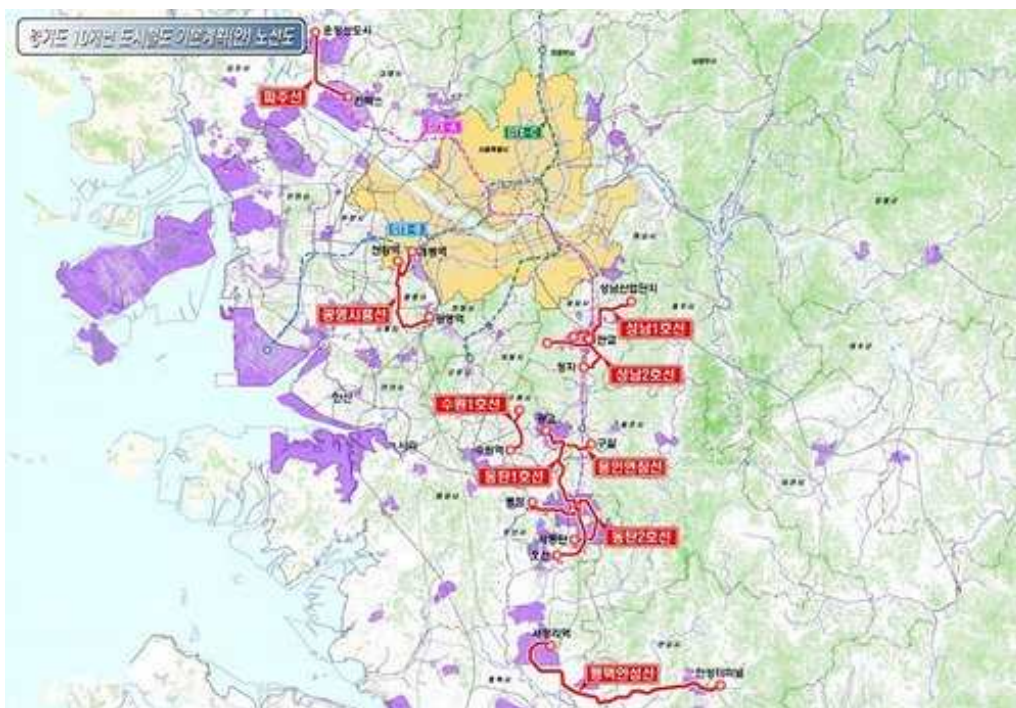
- 철도 속도 증강을 통해 철도가 경제도약의 원동력이 될 수 있도록 철도 정책을 추진하고 있음
- 도심 내 이동의 경우 지하철과 경전철을 주요 수단으로 추진 중



[그림 2-3] 중국의 4종 4횡 고속철도 건설계획

□ 무가선 철도에 대한 노선 계획 증가 및 무선급전 관련 기술 개발 경쟁 확대의 세계적 추세

- 경량전철은 유럽을 중심으로 하여 일본, 싱가포르, 말레이시아, 미국, 캐나다 등지에서 운행 중이며, 기존 지하철의 연결을 통한 교통망 구축, 환경정책과 교통 혼잡 문제 해결, 신 개발지역과 도심 연결을 주목적으로 하여 도입되고 있음
- 여러 국가/차량사의 무가선 트램 개발로 인해 우리나라는 물론 세계적으로 무가선 트램 노선 계획도시가 증가하고 있음
- 기 운행 도시 : 프랑스 보르도/양제/랭스/오를레앙(알스톰 APS), 니스(알스톰 배터리)
- 건설 중 도시 : UAE 두바이/브라질 리오데자네이로프랑스 투르(알스톰), 대만 카오슝(CAF), 중국 난징/쑤저우(CSR Fuzhen), 중국 광저우(CSR Zhuzhou)
- 우리나라의 경우 도시권별로 도시철도 구축을 통하여 교통 혼잡 감소 추진 중에 있으며, 기존선 속도를 향상을 위해 180km/h급 한국형 틸팅 열차를 개발('07.7)하고, 실용화를 위하여 시험 운행 중에 있음
- 도시철도의 보급을 위하여 경기도의 경우에는 총 136km에 약 5조의 예산을 투입하여 2020년까지 9개 노선의 도시철도를 건설하기 위하여 계획을 수립 중



[그림 2-4] 경기도 도시철도 기본계획

나. 경제적(Economic) 동향

□ 국내·외 철도 시장 및 철도차량용 무선급전 시장의 확대 및 성장 전망

- 2008년 금융위기로 인한 불황에도 철도시장은 침체 없이 성장하였으며, 지속적 확장이 이루어질 것으로 예상, 특히 고속철도의 경우 2020년에 약 22조원 규모로 성장
- 지역별 철도기술시장성장 전망은 아시아, NAFTA(북미자유무역협정), 아프리카/중동 지역을 중심으로 성장할 것으로 보임
 - 중국은 현재 세계 최고의 철도 시장으로, 중국의 높은 시장구매력은 도시철도 교통과 기관차, 화물열차에 초점을 맞춘 철도화물에 더 많은 투자를 계획하고 있으며 이는 장기간 지속될 것으로 예측됨
 - 이러한 장기간의 긍정적 전망을 제공하는 근거는 철도로 거대 지역권을 연결하기 위해 설계된 새로운 도시 간 철도노선과 통근철도 네트워크의 개발계획 때문임
 - 러시아 철도시장은 상당한 기초다지기 작업을 진행하여, 세계 제2의 철도시장인 미국과의 차이를 거의 좁히고 있음
 - 러시아는 과거와는 달리 현대적인 철도차량, 인프라 시설 그리고 신호시스템 등에 공격적인 투자가 이루어지고 있음
 - 독일은 세계 4위의 유럽 최대 철도시장으로서 긍정적 전망을 보이고 있음
 - 독일은 철도차량에 대한 대규모 투자를 지속적으로 추진하고 있으며, 손실이 자주 발생하는 철도화물, 교통 분야 보다는 주로 고속철도 차량과 전동차 개발 분야를 중점적으로 투자하고 있음
 - 브라질과 같은 경제의 상승세가 두드러지는 나라들을 중심으로 철도시장은 미래에 더욱 확장되어 활기를 띠 것으로 예상함
 - 시장 참여 회사들은 수익 확보를 위해 판매 후 시장 (after-sales)에 목표를 맞추어야 할 것임
 - 이러한 전략적인 정확성이 앞으로 다가올 몇 년간에 추가적인 성장을 보장할 것으로 보임

[표 2-2] 현재 시장과 2016년까지의 성장 예측률

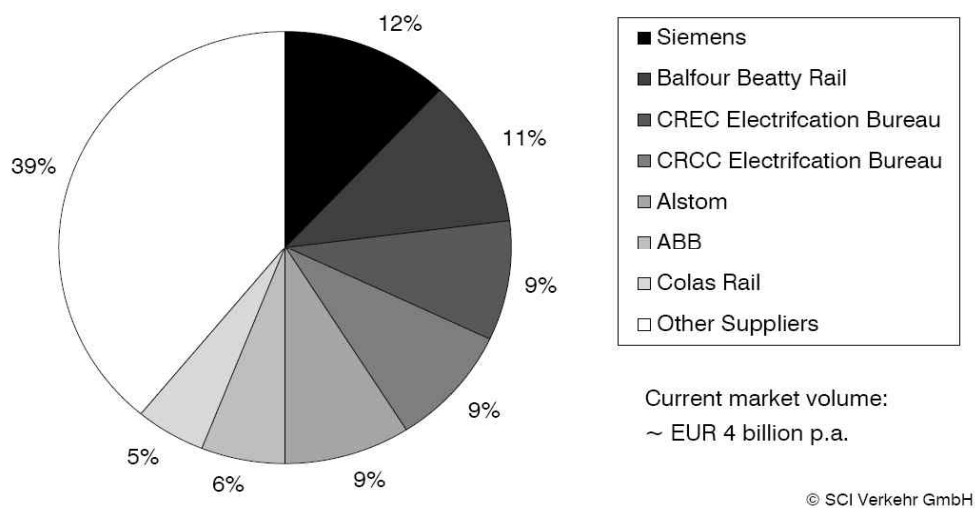
지역	현재(유로)	예측(%)	지역	현재(유로)	예측(%)
북미	19.9조	5%	중남미	4.1조	5%
서유럽	39.7조	3%	아프리카/중동	5.1조	10.6%
동유럽	9.4조	3.4%	독립국가연합	18.1조	3.2%
아시아	43.4조	1.8%	호주/태평양	3.2조	1.1%

- 세계 철도 시장은 2009년 기준 약 195조원 규모로 철도차량이 115조원으로 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 인프라가 65조원, 시스템이 21조원 등으로 시장이 형성되어 있음
- 분야별로는 새로운 철도계획과 건설에 따른 철도시설(Infra Structure)관련 시장이 지속적으로 성장할 것으로 전망

[표 2-3] '09 ~'14년 분야별 성장 전망

기술분야	시장규모(조원)	'09~'14년 평균시장 성장률
Infrastructure	62	4.2%
System Technology	21	5.5%
Rolling Stock	115	4.1%
총 계	198	3.2%

- 철도 전력공급 분야 세계시장은 40억 유로 규모로 Siemens, Balfour Beatty Rail 등이 시장을 주도하고 있으며, 2016년까지 연평균 3.0% 이상 성장할 것으로 예상됨(Worldwide Market for railway technology, 2012, 독일 SCI)



[그림 2-5] Global Market Share by Supplier Electrification (2007~2011)

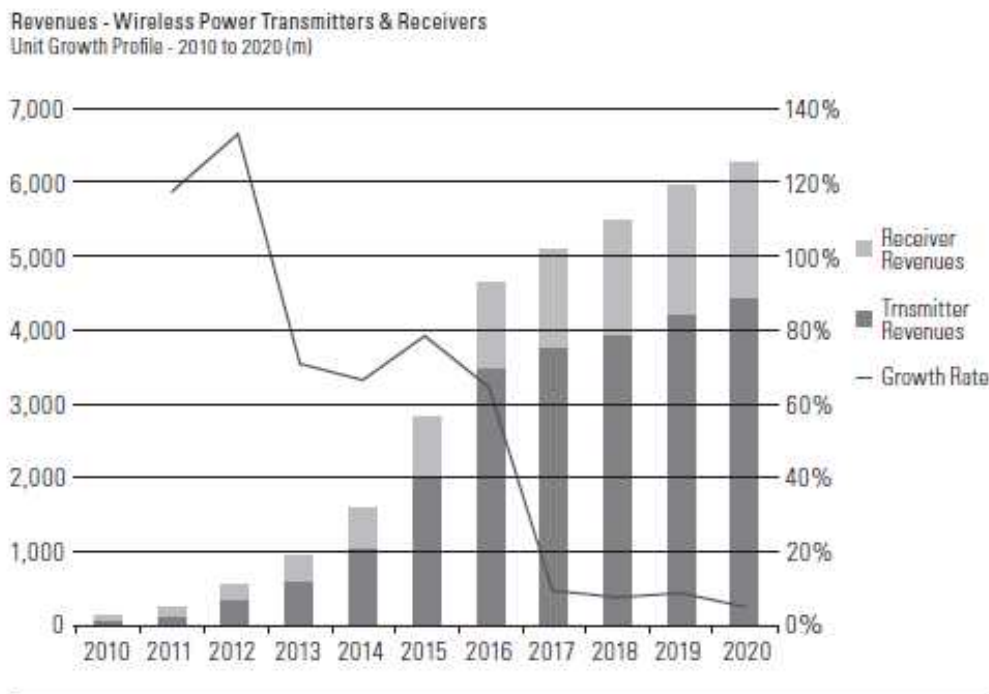
□ 기술 선점을 통한 신성장 동력 산업 창출 가능

- 무선급전분야는 많은 잠재력을 가지고 있는 기술로서 현재 대규모의 시장이 형성되어 있지는 않으나 개발 동향으로 볼 때 2012년을 기점으로 휴대용 기기를 필두로 다양한 분야에 시장이 형성될 것으로 예상됨



[그림 2-6] 무선급전 기술의 응용 가능 분야

- 무선급전 관련 세계시장은 2012년에서 2017년까지 연평균 57.46%씩 성장할 것으로 예상되며, 2011년 456백만 달러에서 2017년 7,161백만 달러까지 시장규모가 확대될 것으로 예상됨 (※ 출처 : Wireless Charging Market (2012-2017) Global Forecast & Analysis ByTechnology, Products & Applications, Markets and Markets, April 2012)



[그림 2-7] 무선전력 전송 매출 예상

다. 사회적(Social) 동향

□ 상부 가선에 따른 사고 위험 증가 및 철도차량의 안전·신뢰성 저하

- 철도차량의 가선으로 인한 사고 및 열차 이용객의 피해 발생
 - 2012년 7월 일본 아이치현에서 승용차의 전신주 충돌 사고로, 전신주와 전차의 가선에 접촉하여 국제 공항행 특급열차의 정지 및 승객의 비행기 미탑승 피해 발생
 - 2012년 10월 미야기현, 11월 도쿄도 JR(Japan Railway) 야마노테선에서 전차 가선의 장력 유지 인프라 시설의 사고 발생 및 출근시간대 승객 피해 발생
- 가선재의 공기 노출에 따른 부식으로 인해 열차 운행 안전성 저하
 - 대기 중에 노출되어 있는 전차선로 가선재는 증가하는 환경오염에 의해 대기 중에서 표면층부터 부식열화를 일으키며 부식으로 인하여 미세균열을 발생시켜 결국에는 안전사고를 발생시키는 요인이 됨

□ 친환경성 도시 이미지 제고

- 도시철도 및 노면전차의 상부에 건설된 각종 모양의 교각으로 인해 도시 이미지 훼손 및 이에 대한 도심환경의 심미성을 저하
- 유도 급/집전 기술 적용 전기철도시스템의 경우 노면전차의 가장 단점인 도시 내 거리에서의 전차선을 없애기 때문에 도시의 경관과 조화될 뿐만 아니라 첨단시설이라는 이미지의 제공이 가능하여 도시의 새로운 이미지 메이킹이 가능해짐
- 또한 유도 급/집전 기술 적용 전기철도시스템을 일반 트램시스템에 적용시킬 경우, 일반 자동차 도로에 건설이 가능하여 도시 이미지에 크게 영향을 미치는 교각의 건설 없이 운영이 가능하므로 기존 도심의 이미지를 그대로 유지할 수 있다는 장점이 있음
- 궤도건설에 있어서도 전용노선이 아닌 공용노선일 경우 일반 도로와 같은 형태를 유지함으로써 궤도노출에 따른 미적 저해요소도 해소 가능

□ 교통 약자의 접근성 증가로 인한 만족도 상승

- 현재 전 세계는 고령화의 시대로 진입하고 있으며, 이러한 측면에서 각 정부는 고령자뿐만 아니라 교통약자에 대한 각종 공공편의 시설의 제공에 많은 노력을 기울이고 있는 추세임
 - 모든 교통약자에게 스스로 이동하여 접근할 수 있도록 하는 접근성
- 한편, 한국교통연구원에서 2013년 5월에 발행한 교통약자를 위한 복지정책의 추진 방향에 따르면 교통약자의 교통수단으로는 버스 이용율(61.4%)이 가장 높았으며, 저상버스의 경우 일반인, 교통약자 모두의 만족도가 높은 것으로 조사됨
 - 교통약자들이 스스로 이동하여 교통수단에 접근하기 쉬운 접근성 여부가 만족도 상승에 중요한 영향요인으로 작용함

○ 국내외에서는 교통 약자를 위한 이동편의시설 지원 정책을 추진중

- 선진국의 교통 약자를 위한 이동편의시설 계획을 살펴보면, 스웨덴의 경우 휠체어 사용자의 이용이 의무화 되어있음
 - 독일의 경우 저상전동버스를 도입
 - 프랑스의 경우 국내 교통기본법에 따라 이동제약자대책의 추진에 관한 사항을 정함
 - 일본 가나자와시 북릉철도는 논스탑버스(바닥높이 35CM)를 운영하고 있으며, 버스정류장이 휠체어사용자가 혼자서 승하차가 가능하도록 정차위치와 휠체어사용자의 대기장소를 표시함

[표 2-4] 교통약자 관련 해외 사례

국가	사례
스웨덴	<ul style="list-style-type: none"> - 휠체어사용자의 이용(휠체어용 차내공간, 화장실 등) 의무화 - 장거리버스, 장거리열차, 선박, 50인승 이상의 항공기로 의무화
영국	<ul style="list-style-type: none"> - 복지교통 주요대책으로 보행이 가능한 이동제약자에게는 대중교통수단의 개선을 통해 대처 - 휠체어사용자는 특별수송서비스(STS) 또는 택시로 대처
독일	<ul style="list-style-type: none"> - 저상전동버스(디젤엔진으로 발전, 전동모터로 차륜을 움직이는 방식)를 도입
프랑스	<ul style="list-style-type: none"> - 국내교통기본법(LOTI)에 따라 이동제약자를 포함한 모든 사람에게 적절한 교통수단을 이용할 수 있는 권리가 인정되어 이동제약자대책의 추진에 관한 사항이 정해짐
일본	<ul style="list-style-type: none"> - 가나자와시 북릉철도는 논스탑 버스(Non-step bus바닥높이 35cm)를 운영 - 버스정류장이 휠체어사용자가 혼자서 승하차가 가능하도록 정차위치와 휠체어 사용자의 대기 장소를 표시

(국토교통부(2013.05), <http://weak.mltm.go.kr/>)

- 국내의 경우 「교통약자의 이동편의 증진법」 제 26조를 통해, 연구 개발사업 추진 시, 교통약자의 이동편의 증진을 위한 추진 규정을 제정하여 교통 약자의 이동편의성을 강화함
 - 제26조 6항의 ② ‘국토교통부장관은 제1항에 따른 연구·개발의 결과를 지방자치단체와 교통사업자 등에게 보급하여 교통약자의 이동편의를 촉진할 수 있도록 노력하여야 한다.’ <개정 2013.3.23>
 - 제26조 6항의 ③ ‘국토교통부장관은 제1항 제2호에 따른 저상버스 표준모델의 개발을 위하여 차량 크기, 편의시설 등 저상버스 표준모델의 세부기준을 정하여 고시할 수 있다.’ <개정 2013.3.23>
- 철도차량 무선급전 기술은 차량의 바닥높이가 다른 경전철시스템 보다 낮아 노약자와 같은 교통약자 및 휠체어 등을 이용하는 장애인에게 고품질의 서비스 제공할 수 있는 특징이 있으며, 소음이 적고, 승차감이 우수하며, 저상차량이라는 특징이 있음
- 이러한 장점 때문에 일반인뿐만 아니라 교통약자 및 장애인 등이 보다 쉽게 이용할 수 있기 때문에 향후 각 지자체로부터 많은 관심을 받게 될 것으로 판단됨

라. 기술적 동향

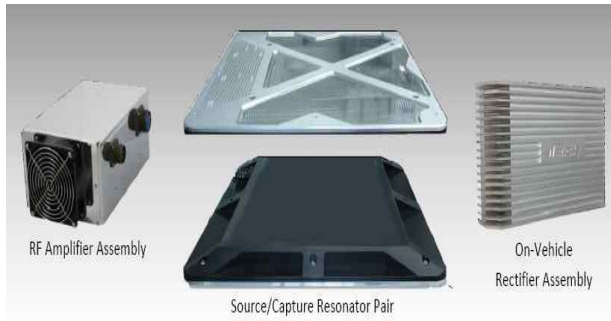
□ 교통분야 무선급전 기술의 긍정적 전망

- 교통분야의 무선급전(Noncontact charging)기술은 광범위하게 활용될 것이며, 버스나 트램과 같은 대중 교통수단에서 가장 먼저 활용될 것으로 예상됨 (Noncontact Charging in Transportation(Technical Insight), 2011, Frost & Sullivan)
- 충전 장치(Charging devices)는 버스 정류장이나 운행 도로 아래에 설치되며, 향후 약 10년 이내에 대중화되어 많은 곳에서 활용될 것으로 예상됨
- 무선급전에서 가장 중요한 기술은 움직이는 차량에서 전력을 공급(Dynamic in Motion Charging)받는 기술임, 이렇게 되면 전력공급을 위해 멈추거나 재충전 할 필요가 없어 장거리 운행이 가능하며, 배터리 사이즈도 작아지며 비용도 낮아지게 됨
- 무선급전기술의 대중화에는 시간이 걸릴 것으로 예상되나, 현재 美 WitricITY, Evatran, 英 HaloIPT, 韓 KAIST 등에서 관련 분야 R&D 및 상용화를 추진하고 있음 (Wireless Charging Infrastructure for Electric Vehicles (Technical Insights), 2012, Frost & Sullivan)

[표 2-5] 무선급전기술 개발 현황 (Wireless Charger Developer)

기관명	주요 기술/제품	기업 현황 및 기술개발 현황
WiTricity(美)	WiT-3300 Deployment Kit	<ul style="list-style-type: none"> -자기공명 원리를 이용하여 전기를 무선으로 전달하는 기술로, MIT가 개발한 기술(특허)로 설립되었음 -델파이 등 차량 부품회사와 공동으로 연구개발을 진행 중이며, 전세계 무선급전 관련 135건 이상의 특허를 출원하였음 -145kHz에서 작동하고, 90%의 효율로 10-20cm 떨어져 충전 할 수 있으며, 현재 자동 안내 차량의 무선 충전 인프라 개발을 추진하고 있음
Evatran(美)	Plugless Power (SAE Level 2 EVSE)	<ul style="list-style-type: none"> -충전 장소에서 15cm의 air cap을 통해 자동으로 충전(90%의 효율성으로 3.3KW 충전)할 수 있는 효율적 기술을 보유하고 있음

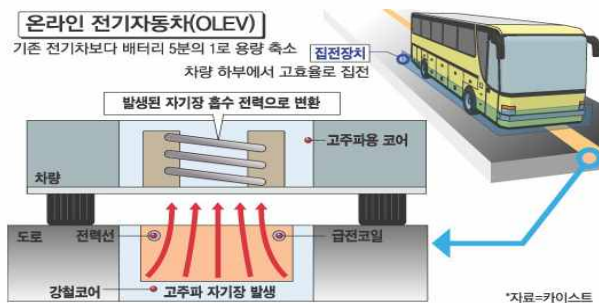
기관명	주요 기술/제품	기업 현황 및 기술개발 현황
HaloIPT (영국/뉴질랜드)	Inductive Power Transfer (IPT)	<ul style="list-style-type: none"> -전기자동차 유도전력전송(IPT)를 처음으로 상용화한 회사로, Auckland uniService(뉴질랜드 Auckland大 지적 재산권 업체)의 기술로 설립됨 (2010년 10월 이동 및 정지 자동차에 대한 세계 최초 비접촉 충전 시스템을 출시) -IPT 기술은 도로와 전기차 하부의 Pad를 통해 전력을 전송하는 기술로 이탈리아, 뉴질랜드 등에 설치되어 운영되고 있음 -15개 이상의 특허를 보유하고 있으며, 대부분 급전, 전자커패시터 등과 관련된 내용임 -장기적으로, 공공장소에서의 충전을 위해 버스와 택시에 대한 스택 전원 공급 장치 및 동적 충전을 포함하는 고성능 시스템을 개발하고 있음
Qualcomm(美)	Wireless Electric Vehicle Charging (WEVC)	<ul style="list-style-type: none"> -무선 급전 장비의 개발 및 제조업체로, 영국정부, 런던교통부와 공동으로 무선 전기자동차의 충전의 동급 상용 시험을 첫 번째로 시행함
Sew-Eurodrive	Inductive Charging Technology	<ul style="list-style-type: none"> -Brose Fahrz eugteile GmbH&Co.KG와 공동으로, 공진 변압기와 비슷한 20cm의 거리에서 효율적으로 전력을 전송하는 전기 자동차용 유도 충전 시스템을 개발하였음. 이 기술은 실제 VDE/DKE 코드 (VDE-AR-E 212 2-4-2) 표준에 따름
Vahle Inc(美)	CPS (Contactless Power System)	<ul style="list-style-type: none"> -이 시스템은 온보드와 오프 보드 부분 사이에 에어 갭이 장점이며, 극한 환경에서도 내구성이 강함
Conductix Wampfler(獨)	Automotive grade charging system for Benz B-Class e cell	<ul style="list-style-type: none"> -이 시스템은 전자 정류기와 하부 커버의 컬렉터 코일로 구성되어 있음 -다른 기능적 측면은 인프라 및 자동차, 충전 코일 정렬을 통한 운전자 지원기능, 충전 자동시작 프로세스와 차량확인간의 무선통신을 포함함
Siemens(獨)	Siemens Inductive Energy Transmission	<ul style="list-style-type: none"> -BMW와 공동으로, 100km 주행거리를 단 15분에 충전 할 수 있는 3.6KW DC 시스템 개발 중임
Delphi(美)	Wireless Charging System	<ul style="list-style-type: none"> -Witricity와 공동으로 3.3 KW 무선 충전 시스템을 개발, 이 시스템은 날씨에 잘 견디고 20cm의 거리에 3.3KW 에너지를 전송할 수 있음
KAIST(韓) (OLEV Technologies)	OLEV (On Line Electric Vehicle)	<ul style="list-style-type: none"> -온라인 전기자동차(OLEV)를 개발하고 있으며, 주행 및 정차 시에 무선으로 차량 배터리를 충전하는 기술임, 또한, 자기장으로 승객의 노출을 보호하는 기술도 개발하고 있음 -무선 전력 전송 (WPT)에 의한 도로 임베디드 파워 트랙을 이용하여 전기 자동차 충전기술로, 비교적 작은 온-보드 배터리 와 드라이브 트레인의 사용을 가능하게 하는 SMFIR (Shaped Magnetic Field In Resonance)의 개념을 기반으로 함



[그림 2-8] WiT-3300 Deployment Kit



[그림 2-9] Evatran Wireless Electric Vehicle Charge



[그림 2-10] KAIST 온라인 전기자동차(OLEV)

□ 철도차량 무선급전기술개발의 높은 성공 가능성

- 철도(연)과 KAIST가 협력하여 2013년 6월 4일 세계 최초로 대용량 고주파(60khz, 180kw급) 무선 전력전송 기술을 트램에 적용한 시험을 공개하여 향후 고속 주행이 가능한 대전력 무선전력전송 기술 개발의 성공가능성을 높임
- 특히, KAIST에서 개발한 무선 충전 기술은 09년도에 연구 개발을 추진하여 무선 충전 및 급전에 대한 원천기술 확보는 물론 상용 수준 기술 개발 및 인증 확보를 통하여 세계 최초로 도로를 주행하면서 무선충전이 가능한 무선충전 전기버스가 2013년 8월 6일 구미시에서 시범 개통되었음(구미~인동구간 24km, 전기버스 2대/급전시설 5곳)
 - 이격거리 20cm 이상에서 100kw의 전력을 75% 이상의 효율로 공급받을 수 있어 경제적이며, 비접촉 무선충전방식으로 감전위험이 없어, 향후 구미시 버스노선으로 확대 운행될 예정임
- ※ 무선급전 기술의 철도 차량 적용을 위해서는, 버스에 적용한 저속 주행용 무선급전 기술과는 차원이 다른, 고효율 대용량의 무선급전 기술 개발이 필요

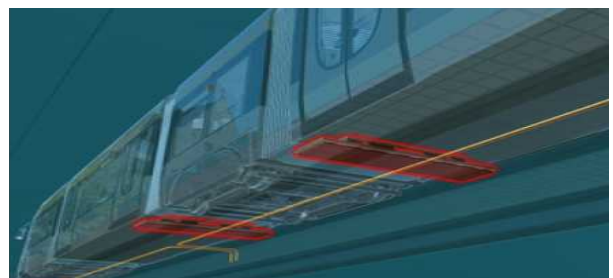


[그림 2-11] 무선전력 전송기술이 적용된 무가선티램

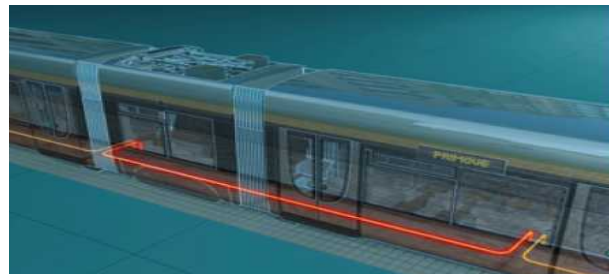


[그림 2-12] 무선충전 전기버스 (구미시)

- 철도분야에서 대전력 무선전력 전송기술을 개발하기 위해 독일 Bombardier社는 전차선 없이 무선 충전하는 Primove 경전철을 개발하였으며, 2010년 Augsburg 시험선에 총 800m 길이, 3개의 선로를 구축하고 무선급전시스템을 설치·운영 중임. 270KW 용량으로 최고속도 50km/h까지 운행이 가능함 (※출처 : EcoActive Technologies, PRIMOVE Contactless and Catenary-Free Operation, Transport System, BOMBARDIER)
- Bombardier社에서 주력하고 있는 부분은 크게 철도차량과 전기 버스 분야이며 먼저 철도차량으로는 LRV에 적용하여 주력 중으로 공급전원 400-600ac 또는 750Vdc이며, 급전 둘은 9m 단위 길이로 구성되며, 선로를 따라 설치되는 인버터에서 전원이 공급되는 시스템임
- 또한 자동차 및 버스 분야 적용을 위하여 노력 중에 있으며, Braunschweig에 버스 적용을 위해 German Federal Ministry of Transport와 Building and Urban Development 등과 협력하여 121km 시험노선을 건설하여 2013년부터 시험운행에 들어가며, Mannheim에 각종 전기 자동차를 시험할 수 있는 최첨단 설비의 eMobility 시험센터를 2011년부터 구축하여 운영하고 있음



[그림 2-13] 독일 Augsburg 시험선 Primove 열차



[그림 2-14] Primove 열차의 에너지 전송 (개념도)

□ 국내외 소형기기 관련 무선급전 기술 연구가 활발히 진행

- 국내는 스마트폰, 태블릿 등 휴대기기 부문에서 무선급전 기술의 연구 및 상용화가 진행 중이며 해외에서는 미국과 일본을 중심으로 소형 가전기기 분야에 적용 가능한 무선급전기술 연구가 진행 중임

[표 2-6] 국내외 소형기기 무선급전 기술동향

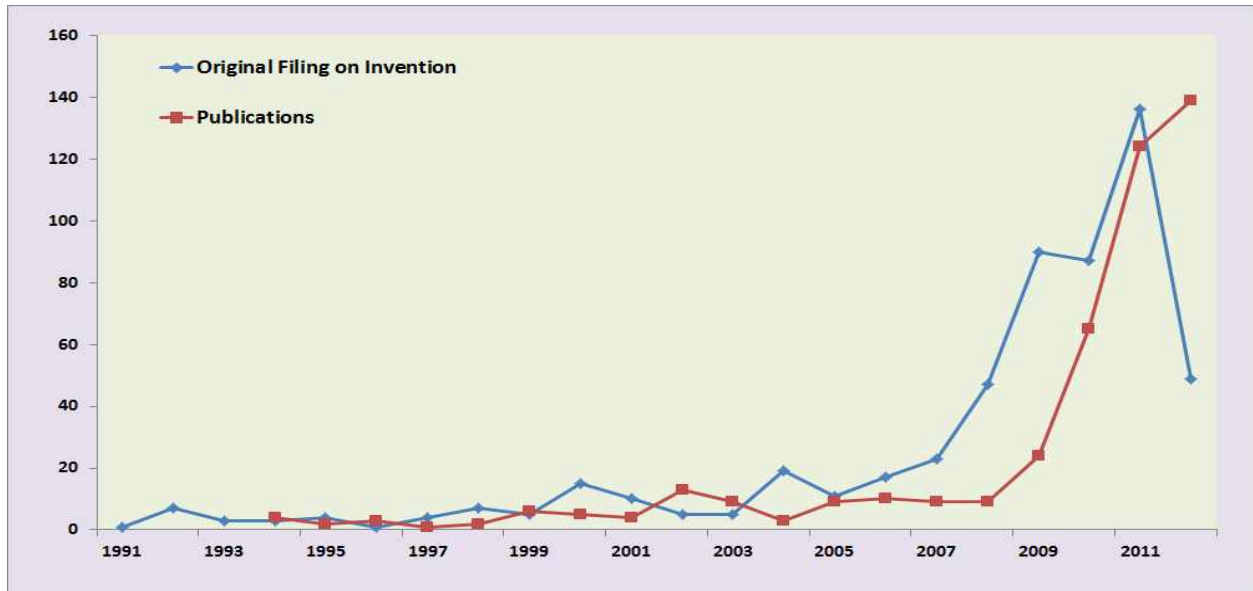
대상 기관	분야	제 품	특 징	단 점
와이즈파워	급전		<ul style="list-style-type: none"> - 용량: (최대) 72W, 효율: 65%(급집전 연계) - 집전모듈의 배치위치가 정해져 있음 	<ul style="list-style-type: none"> - 초단거리만 충전 가능 - 모듈 당 1개씩만 충전 가능 - 급전모듈 위치가 제한적임
	집전		<ul style="list-style-type: none"> - 용량: (최대) 72W, 효율 : 65%(급집전 연계) - 박형 구조(0.5mm)두께로 기기 외형에 영향을 주지 않음 - 휴대폰, E-book, 전자책자, 카메라용 급전모듈 상용화 	<ul style="list-style-type: none"> - 충전 효율이 떨어짐
	의견		<ul style="list-style-type: none"> - RFID방식을 사용, ID를 인증하여 선택적 충전 - 이물질 감지하여 전원 차단 	<ul style="list-style-type: none"> - 능동적 전원 관리 기능 없음
한림포스텍	급전		<ul style="list-style-type: none"> - 효율: 80%(급집전 연계) - 집전모듈 위치에 상관없이 효율이 일정 - 2개 휴대기기 동시충전 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 초단거리만 충전 가능
	집전		효율 : 80%(급집전 단계)	
	관리		<ul style="list-style-type: none"> - 적외선 통신 기능 추가 - 이물질 감지하여 피드백 제공 - 배터리팩과 통합하여 과충전, 과전류 방지 기능 	<ul style="list-style-type: none"> - 적외선 통신은 장애물 영향을 많이 받음
Powermat	급전		<ul style="list-style-type: none"> - 용량: 15W, 효율: 85%(급집전 연계) - 크기: 0.6x13x4.6 inch - 다중, 이중충전 지원 - Pad 상 최적의 충전 위치 표시 	<ul style="list-style-type: none"> - 초단거리만 충전 가능 - 단말 위치에 따라 효율성이 낮아짐
	집전		<ul style="list-style-type: none"> - 용량: 5W 용량, 효율: 85%(급집전 연계) - 단말 종류별로 리시버 모듈 판매 	
	관리		<ul style="list-style-type: none"> - RFID 기술을 적용해 단말의 tag를 인식해 적절한 전력 공급 - 배터리 모니터링 및 자동종료로 오작동 예방 	

[표 2-7] 국내외 소형기기 무선급전 기술동향(계속)

대상 기관	분야	제 품	특 징	단 점
MIT WiTricity	급전		<ul style="list-style-type: none"> - 용량: 60W, 효율: 40%@2m(급집전 연계) - 수 m거리 전송가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 모듈의 크기가 큼 - 효율성이 낮음 - 기초연구 수준
	집전		<ul style="list-style-type: none"> - 효율: 40%@2m(급집전 연계) - TV용, 휴대폰용 시제품 시연 	<ul style="list-style-type: none"> - 기초연구 수준
Fulton Innovation	급전		<ul style="list-style-type: none"> - 용량: 1400W, 효율: 98%(급집전 연계) - Amway와 합작으로 정수기 내부 살균램프에 적용 	<ul style="list-style-type: none"> - 초단거리만 충전 가능 - 정수기 전원은 유선 사용
	집전		<ul style="list-style-type: none"> - 효율: 98%(급집전 연계) - 정수기 내부 UV 램프에 적용, 감전 방지 	
Sony	급전		<ul style="list-style-type: none"> - 2009년 10월, 50cm 거리에서 60W 전력 공급 시스템 - 급/집전 효율 80%, 정류기를 포함하면 60% - 장치 사이의 금속이 뜨거워지지 않음 (자기 공명 방식) 	
	집전		<ul style="list-style-type: none"> - 송수신 사이에 중계장치를 설치하면 급전 거리를 늘릴 수 있음 (50cm→80cm) 	
Whirlpool	집전		<ul style="list-style-type: none"> - 가전기기 유선 네트워크를 구성하여 원격 제어 - 스케줄링 서비스를 통해 peak전력 및 전기요금 감소 	<ul style="list-style-type: none"> - 네트워크 구성을 위한 유선 통신선

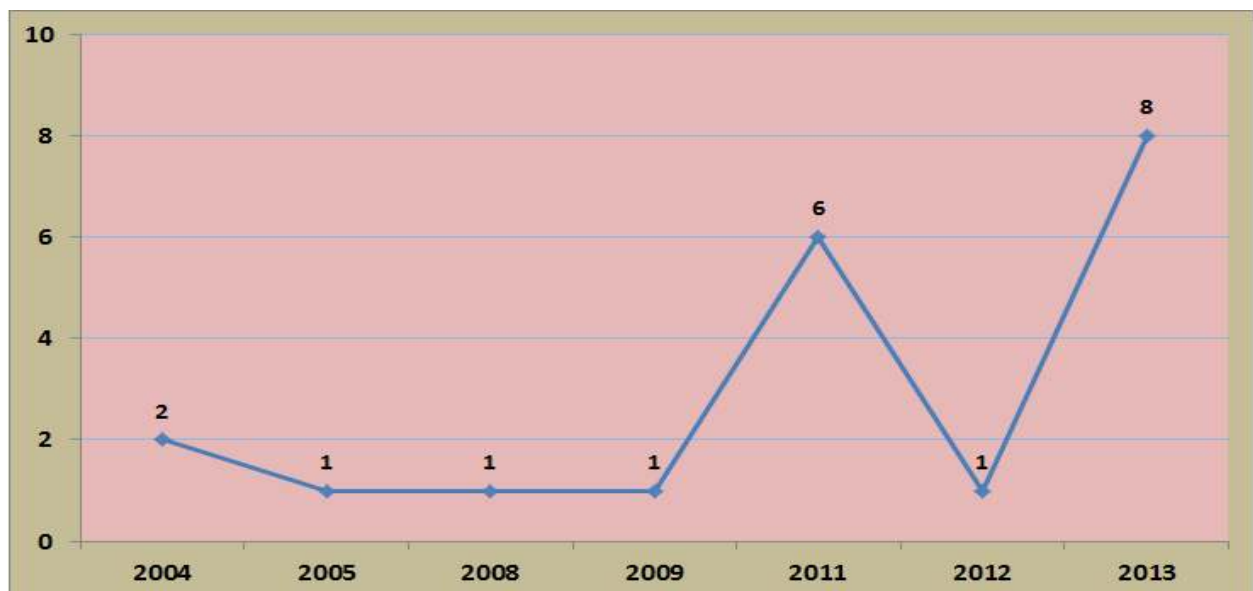
□ 철도차량용 무선급전시스템 기술의 특허 및 논문 증가 추세

- 철도차량용 무선급전시스템 기술의 특허 출원/공개 추이를 살펴보면, 2008년 이후 급격하게 증가하고 있는 것을 알 수 있으며, 2012년부터 출원 특허(청색선)보다 해외 공개 특허(적색선)가 더 많이 나타나 최근 해외시장에서 중요한 기술로 부각되고 있는 분야임을 알 수 있음



[그림 2-15] 특허기술 연계 기술발전 추이

- 철도차량용 무선급전시스템 기술의 논문 발표추이를 보면 발표건수는 적지만, 특허와 마찬가지로 최근 들어 급격하게 증가하고 있는 것으로 보아 현재 성장기에 있는 기술 분야로 판단할 수 있음



[그림 2-16] 논문 발표 연계 기술발전 추이

마. 환경적(Ecological) 동향

□ 탄소 배출 저감을 위한 국제적 노력 강화

- 최근 선진국을 중심으로 2020년 이후의 신 기후변화체제에 대한 합의가 도출되면서 정부의 온실가스 저감정책은 구체적인 성과를 확보하기 위한 방향으로 빠르게 전환되고 있음
- 지구온난화 규제 및 방지의 일환으로 교토의정서가 채택되며 의무이행 기간(2008~2012년) 동안 각 국은 목표치를 할당하여 자발적으로 온실가스 감축을 수행하였음
- 우리나라는 협약당시 OECD국가 중 멕시코와 함께 의무대상국에서 제외되었으나 2013년 이후의 새로운 체제에서는 감축 대상국가로 지정될 확률이 높은 것으로 나타남(지식경제부(現 산업통상자원부), 녹색성장과 건물에너지 효율개선, 2010, 세미나 자료집)
- 에너지 다소비형 산업구조를 가진 우리나라는 대체 에너지를 개발하는 것과 산업구조를 환경 친화적으로 바꿔나가는 것이 시급한 과제로 떠오르고 있음

[표 2-8] 교토의정서 국가 구분 및 주요 의무 사항

구분		해당 국가	주요 의무 사항
의무	부속서I 국가 (Annex I)	- 협약체결 당시 OECD 24개국(한국, 멕시코 제외), EU 및 동구권 국가 등 40개국	- 온실가스 배출량을 1990년 수준으로 감축 노력, 강제성 없음
	부속서II 국가 (Annex II)	- Annex I 국가에서 동구권 국가를 제외한 OECD 24개국 및 EU	- 개발도상국에 대한 지원 및 기술 이전 의무를 가짐
비 의무	비부속서I 국가 (Non-Annex I)	- OECD 국가 중 한국, 멕시코 및 그 외 브라질, 아르헨티나 등	- 감축의무가 없으며, 국가 보고서 제출 등의 협약 상 일반적 의무만 수행

국토환경정보센터, 기후변화협약 내용 재구성

- 2008년 기준으로 수송부문에서 발생하는 전 세계 온실가스 배출량의 72%는 도로교통부문에서 발생하고 있으며 철도부문은 2%로 가장 적은 비율을 차지하고 있음(국토해양부(2012), 철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라 구축 기술 기획 보고서)
- 승객 1명당(파리-프랑크푸르트) 발생하는 이산화탄소 수준은 철도가 16.4Kg으로 자동차의 1/4수준, 비행기의 1/5 수준임
- 화물 1TEU당(베이징-로테르담) 발생하는 이산화탄소 수준은 철도가 2.53Kg으로 트럭의 1/3 수준, 비행기의 1/25 수준임
- 유럽, 미국, 일본 등 주요 선진국에서는 이산화탄소의 저감을 위해 철도부문에 대한 투자확대를 통해 운송분담율을 높이려는 방안을 수립 및 추진 중

○ 한국의 온실가스 배출량 중 14%인 약 8,200만 톤이 교통부문에서 발생하고 있으며, 이 중 도로부문이 차지하는 비중은 95%수준으로 가장 많음

- 상대적으로 철도 및 연안해운 등과 같은 저탄소 고효율 교통수단에 대한 이용률이 저조함

□ 도시의 인구집중, 교통량 및 개발사업 증가에 따른 대기 오염 및 소음 문제 대두

○ 최근 대기오염에 의한 천식환자와 기관지염 환자가 급증하기 시작하면서 교통수단으로 인한 환경오염과 관련된 질환을 치료하는 비용이 교통사고 처리 비용을 능가하는 것으로 조사됨(최윤희 외 1인(2006), 자동차 대기오염 저감을 위한 대중교통활성화방안, 도로교통저널 103호, pp. 14-37)

- 최근 연구에 따르면 대기오염으로 인한 사회적 피해비용이 연간 10조원에 다다르며 조기 사망자수는 연간 1,940명으로 추정되는 가운데, 가장 큰 원인으로는 차량에서 뿜어내는 가스, 연기, 분진 등 이라고 보고되고 있음

- 때문에 이러한 불필요한 사회적 비용의 증가를 억제하고자 친환경 운송수단인 철도의 역할확대 필요성이 증대되고 있음

[표 2-9] 교통수단별 대기오염물질 배출량(단위 : 백만톤/년)

오염물질	철도	도로교통	해운	항공	합계
CO	7.87 (1.1%)	717.52 (97.7%)	5.67 (0.8%)	3.42 (0.5%)	734.5 (100%)
NOx	19.27 (2.8%)	605.22 (88.9%)	51.06 (7.5%)	5.08 (0.7%)	680.6 (100%)
VOC	3.18 (2.2%)	136.09 (96.0%)	2.23 (1.6%)	0.28 (0.2%)	141.8 (100%)
SOx	0.5 (0.9%)	8.3 (15.8%)	43.67 (82.9%)	0.19 (0.4%)	52.7 (100%)
PM	1.26 (3.2%)	36.24 (92.0%)	1.9 (4.8%)	0 (0%)	39.4 (100%)

조영민 외 3인(2006), 타교통수단과 철도의 환경 친화성 분석에 대한 연구, 한국철도학회 춘계학술대회 논문집

○ 교통소음은 다른 환경 공해와는 대조적으로 현재까지도 지속적으로 증가하고 있으며 정신적 또는 생리학적인 많은 문제를 야기하기 때문에 이미 여러 국가에서 심각한 사회문제로 대두되고 있음

- 교통소음 피해는 시장 가격 측정과 피해예방비용 및 복구비용(치료비용)을 종합하여 산출하며 국민소득의 0.1% ~ 1.4%정도를 차지하는 것으로 나타남

- 여러 교통수단 중에 철도는 공공성을 띠고 있기 때문에 소음기준 수립에 어려움이 많았으며 방음벽 같은 보편적인 저감 대책은 이미 한계에 도달함

- 또한, 점차 열차의 고속화가 진행되고 있기 때문에 고속 환경에서 발생 하는 팬터그래프 소음이나 공기역학적 매커니즘에 의해 발생하는 소음을 근본적으로 해결할 수 있는 연구가 필요하다고 판단됨

[표 2-10] 소음의 발생원인

종류	정의	소음발생원인
전동소음	차륜과 레일의 접촉에서 발생하는 차륜/레일 소음	<ul style="list-style-type: none"> - 레일 두부 상면 요철의 진동 - 레일과 접촉되는 차륜의 요철 - 레일 결선부 통과시 차륜과 레일사이의 충격 - 차량의 급곡선 주행시 선로외측에 발생하는 차륜의 마찰 - 크기는 속도의 3승에 비례
팬터그래프 소음	열차에 전력을 공급하는 팬터그래프시스템에서 발생하는 소음	<ul style="list-style-type: none"> - 열차의 속도에 따라서 그 중요도가 변화(차체 표면에서의 공력소음은 저속에서 문제가 되지 않지만 속도가 증가할수록 소음의 크기가 커져서 열차속도가 200km/h를 넘게 되면 모든 소음을 압도하는 지배적 소음이 됨 - 크기는 속도의 6~8승에 비례
공력소음	달리는 열차의 표면에서 공기역학적 메카니즘에 의해 발생하는 소음	
보조장치 소음	추진장치와 냉방장치 등 보조 장치에 의한 각종 소음	<ul style="list-style-type: none"> - 추진장치(전동기, 추진축 등)와 각종 보조장치(냉각팬, 에어컨 등)의 소음은 고속주행 시에는 다른 소음에 비해 상대적으로 중요도가 떨어지지만 저속주행 시에는 차륜/레일 소음에 버금가는 중요도를 갖음 - 크기는 속도에 비례
구조물 소음	차량 주행에 따른 진동이 구조물에 전달되어 발생하는 소음	<ul style="list-style-type: none"> - 궤도의 진동이 구조물에 전달되어 발생하는 소음 - 궤도의 불안정에 의한 충격과 충격흡수 능력 부족에 의한 소음 - 이음매 및 크로싱 결선부 통과 시 발생하는 충격등이 구조물에 전달되어 발생

환경부(2004), 인터넷 통신이용 중앙 통제식 실시간 환경소음 배출 특성 조사 및 평가 관리 시스템에 관한 연구

바. 법·제도적(Legislative) 동향

□ 무선 전력 전송(WPT) 기술의 국제 표준화 동향

- 무선 전력 전송 방식은 크게 3가지 방식으로 주로 전자기유도 방식(electromagnetic induction) 자기공진(magnetic resonance) 방식 두 가지가 주로 고려되고 있으며, 마이크로웨이브(microwave) 방식도 관심의 대상이 되고 있음
 - 전자기유도 방식은 1~2차 코일 간의 유도현상을 이용한 방식으로 수MHz의 주파수를 사용하며 전송거리는 수mm 이하이고, 전송효율은 1mm 이하에서 90% 정도임
 - 자기공진 방식은 전자기유도 현상의 특수한 경우로 공진 코일이라는 것을 사용하여 송수신 안테나 간의 공진현상을 이용한 방식임. 10~14MHz의 주파수를 사용하며 전송거리는 1m 이하이고 전송효율은 1m에서 70% 정도임
 - 마이크로웨이브 방식은 전자파를 안테나를 통해 직접 송수신하는 방식으로, 수 GHz의 주파수를 사용하며 전송 거리도 수 km 이상이고 전송효율은 1 마일에서 84% 정도임
- 무선전력전송의 표준화를 위해 전 세계적으로 많은 조직들이 결성되어 있고, 이들은 대부분 포럼이나 컨소시엄 형태로 존재하며, 표준개발기구에서도 표준을 개발하고 있음
- 무선전력 얼라이언스 (A4WP - Alliance for Wireless Power)
 - 삼성전자, 퀄컴 등 20 여 개의 회원사가 참여하고 있는 글로벌 컨소시엄으로 2012년 5월 자기공진 방식의 무선전력전송 기술의 표준화와 시장 확대를 위해 결성됨
 - 현재, A4WP 상호호환성 스펙 버전 1.0(A4WP Interoperability Specification version 1.0)이 개발되어 곧 발표될 예정임
 - 버전 1.0에는 전력전송 유닛(Power Transmitting Unit: PTU)과 전력수신 유닛(Power Receiving Unit: PRU) 간에 2.4GHz의 양방향 통신을 사용하며, 송수신공진기(Tx, Rx Resonator) 간에는 6.78MHz의 공진 커플링(Resonant Coupling)을 사용함
- 광대역 무선 포럼 (BWF - Broadband Wireless Forum)
 - 새로운 라디오 커뮤니케이션 기술에 관한 연구와 조사 등을 위해 2009년 7월에 설립된 포럼
 - 계획 전략 그룹(Planning and Strategy Group) 산하 기술 응용 부위원회(Technology Application Subcommittee)에 무선전력전송 워킹 그룹(Wireless Power Transmission Working Group: WPT-WG)과 WPT-WG 산하에 무선전력전송 표준개발 그룹(Wireless Power Transmission Standard Development Group: SDG)을 설치하여 WPT에 관한 표준화를 추진
 - ‘무선전력전송 기술의 사용을 위한 가이드라인’이라는 기술보고서 BWF TR-01 Edition 1.0이 발간되어 있음(2011년 4월 26일)
 - 전송전력 50W 이하, 전력전송거리 10cm 이하이고, 전송 주파수는 10kHz~10MHz, 13.56MHz, 27.12MHz, 40.68MHz를 사용

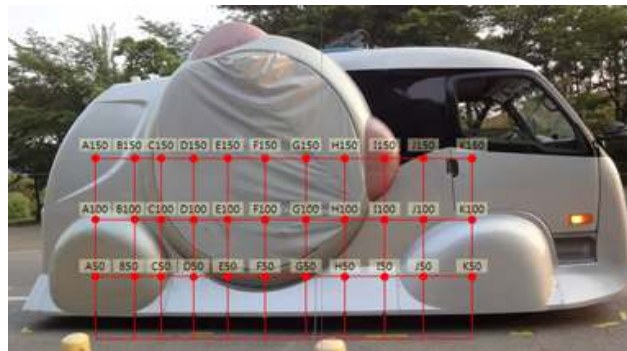
- BWF TR-01 Edition 2.0 이 조만간 발간 될 예정임
- 전미가전협회 (CEA - Consumer Electronics Association)
 - 1924 년 설립된 미국 가전산업의 표준화와 무역을 위한 협회로 70 개 이상의 위원회(committee)와 부위원회(subcommittee) 그리고 워킹 그룹이 존재
 - 무선전력전송은 R06 휴대용 핸드헬드 및 차량용 전자위원회(R06 Portable Handheld and In-Vehicle Electronics Committee) 산하의 R06.03 무선전력 부위원회에서 담당
 - 현재, R06.03 WG01 에서는 무선충전 용어 및 정의에 관한 문서인 CEA 표준문서 (CEA-2042.1-A)가 발간되어 있고(2012 년 7 월), R06.03 WG02 에서는 일반대중이 무선전력 기술을 안전하게 사용하는데 필요한 정보를 담은 백서(CEA-TR-2)가 발간됨
- 한국 무선전력전송 포럼 (KWPF - Korea Wireless Power Forum)
 - 방송통신위원회가 2011 년 12 월 설립한 포럼으로 삼성전자, LG 전자, 한림포스텍 등이 참여하고 있으며, 무선전력전송 기술개발, 표준안 도출 그리고 새로운 서비스모델 발굴을 목표로 함
- 자기장통신 융합포럼 (MFAN - Magnetic Field Area Network Forum)
 - 자기장 통신 및 무선 에너지 전송관련 프로토콜 규격을 개발하고 동시에 국내외 표준화 주도를 통해 국내 시장 창출 및 해외 시장 선점의 발판을 마련하기 위해 전자부품연구원을 중심으로 2008 년 10 월 설립
 - 현재 KS X 4651-1:2009 (정보기술-자기장통신 네트워크.저주파대역.제 1부; 물리적층 요구사항)과 KS X 4651-2:2009 (정보기술-자기장통신 네트워크.저주파대역.제 2 부; 매체접근제어계층 요구사항)의 2 가지 한국산업표준이 제정되어 있음
- 한국정보통신기술협회 (TTA - Telecommunications Technology Association)
 - 전파통신기술위원회(TC3) 산하의 자기장 및 음파통신 프로젝트 그룹(PG318), IT 응용기술 위원회(TC4) 산하의 IT 응용기기의 무선전력전송 및 응용 프로젝트 그룹(PG422) 및 이동통신기술위원회(TC7) 산하의 모바일 충전 및 응용 프로젝트 그룹(PG709)이 있음
 - PG318 에서는 자기장 통신기반 무선접속(PHY/MAC) 기술 표준화 등을 추진하고 있음
 - PG422 에서는 배터리로 구동하지 않는 IT 응용기기의 무선전력전송 응용 및 서비스관련 표준을 개발하고 있음
 - PG709 에서는 배터리로 구동하는 모바일 ICT 단말의 무선충전 표준화를 추진중에 있음
 - MFAN과 밀접한 관련을 맺고 표준화 진행 중에 있음
- 무선 전력 컨소시엄 (WPC - Wireless Power Consortium)
 - 2008 년 10 월 설립된 무선전력전송의 국제 컨소시엄으로 130 여개 이상의 업체가 참여하고 있음
 - 무선전력전송 방식으로는 자기 유도 방식을 채택하였으며 현재는 자기공진 방식도 고려하고

있는 것으로 발표되고 있음

- 자기유도 방식을 사용한 Qi(chi) 스펙 버전 1.0(Qi Specification version 1.0)이 2010 년 9 월 공개되었고, 최근 버전 1.1 이 공개되었음

□ 철도차량 무선급전기술의 전자파 평가 기준

- 철도차량에 적용할 무선급전 기술과 원천기술이 같은 온라인 전기자동차 조차도 적용 가능한 측정 표준은 현재 없으나 국립전파연구원에서 2012년 12월 교통수단에 적용 가능한 무선전력전송기기 전자파 측정기준 도출을 위한 연구를 수행하였음
- 연구에 따르면 무선급전 기술을 적용하는 차량의 전자파 인체노출량 평가 방법은 전자파 발생원이 인체의 옆 방향에 위치하는 경우와 아래 방향에 위치하는 경우 두 가지로 고려해 볼 수 있음
- 전자파 발생원이 인체의 옆에 있을 경우 IEC 62110의 3-point 방법으로 측정이 가능하며 주로 차량이 특정 장소에 정차 중일 때 적용 가능함



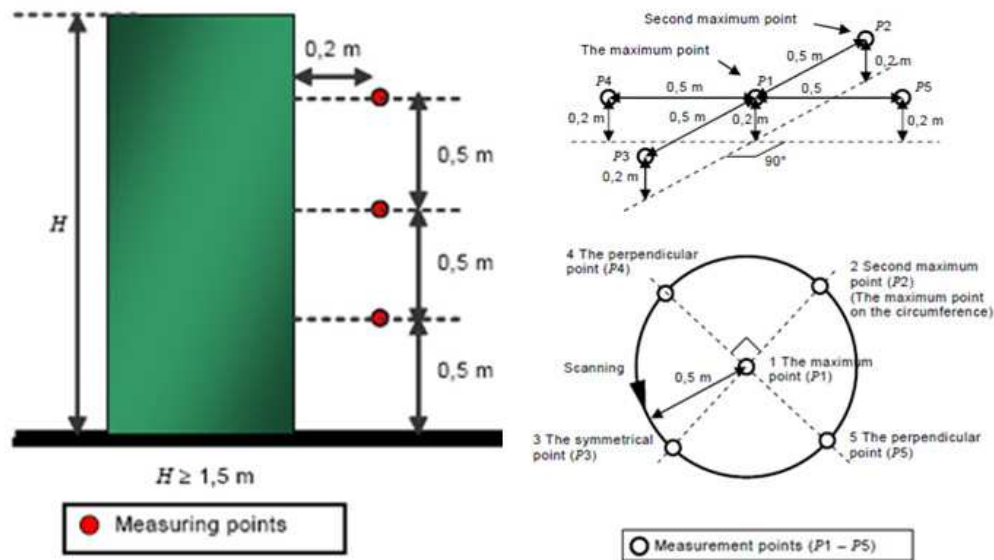
[그림 2-17] 가상온라인 차량에서 3-point 측정방법 적용예시

[표 2-11] 3-point 측정방법으로 측정된 EMF의 값

위치 높이(m)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
0.5	6.5	7.9	9.1	8.3	8.6	9.1	8.6	7.5	7.7	8.4	8.6
1	4.6	5.6	5.5	4.7	4.5	4.6	4.8	4.8	5.3	6.4	5.9
1.5	3.4	3.5	3.4	3.1	2.9	3.1	3.1	3.3	3.7	3.8	3.4
평균	4.83	5.67	6.0	5.3	5.3	5.6	5.5	5.2	5.6	6.2	6.0

- 전자파 발생원이 인체의 발아래 있을 경우 IEC 62110의 5-point 방법으로 측정이 가능하며 차량이 정해진 노선을 주행할 때 적용 가능함
- 무선급전 철도차량은 주행 시와 역내 정차 시 전자파 발생원이 주로 선로 상에 위치하기 때문에 앞서 언급한 두 가지 방법 중 5-point 방법이 적용 가능할 것으로 판단됨

* 출처 : 국립전파연구원(2012), 전자파 인체노출량 평가기준 연구



[그림 2-18] IEC 62110의 평가방법(좌 : 3-point 우 : 5-point 평가방법)

- 향후 무선급전 철도차량의 내부 및 외부에서 수치해석을 평가를 통해 5-point 평가 방법에 대한 타당성 검증이 필요하며 기준레벨인 전자파강도 뿐만 아니라 기본 한계에 대한 이론적 검토가 필요함

2.1.2. 동향 종합을 통한 철도차량 무선급전 기술 실용화에 대한 주요 영향 요인 도출

가. 동향 종합

- ☐ 무선급전(Noncontact/Wireless charging) 관련 세계시장은 현재 성장기에 있으며, 2012년에서 2017년까지 연평균 57.46%씩 성장할 것으로 예상되는 등 향후 급격하게 확대될 것으로 예상됨
- ☐ 이 중, 교통 분야 무선급전기술은 아직 대중화 되지 않았으나 향후 광범위한 활용이 예상되며, 자동차뿐 아니라 버스나 트램과 같은 대중 교통수단에서 활용이 증가될 것으로 전망되고 있음
- ☐ 이를 위해, 현재 Witri CITY, Evatran, Qualcomm, HaloIPT, KAIST 등 여러 기관에서 관련 분야 R&D 및 상용화를 추진하고 있으며, 전력 전송의 효율성을 높이고 차량 이동 중에도 전력공급이 가능한 새로운 분야의 기술 개발을 추진하고 있음
- ☐ 이를 위해, 현재 우리나라의 경우 철도(연)에서 세계 최초로 대용량 고주파(60khz, 180kw급) 무선 전력전송 기술을 트램에 적용하여 시험 주행을 하고 있으며, 구미시에서는 세계 최초로 도로를 주행하면서 무선충전이 가능한 무선충전 전기버스를 도입하여 운행 하고 있음
- ☐ 이러한 여러 자료 등을 통해 볼 때 무선급전기술은 현재 전세계적으로 주목받고 있는 새로운 기술 분야로 향후 시장규모가 크게 확대될 것으로 예상되며, 이에 따라 관련 기술의 선점을 위해서 정부차원의 R&D 예산 지원이 시급하게 이루어져야 할 것으로 판단됨

나. 철도차량 무선급전 기술의 주요 영향 요인 도출

- 철도차량 무선급전 기술과 관련된 동향 검토 종합 결과를 통해, 정책, 경제, 사회, 기술, 생태학적 환경, 법률·제도적인 측면에서 철도차량 무선급전 기술 개발 경쟁력에 영향을 미치는 주요 요인을 도출함

[표 2-12] 동향 분석에 따른 주요 영향요인 도출

관점	영향요인	키워드
정책(Political)	<ul style="list-style-type: none"> - 산업 육성 정책 · 변화된 정책과의 부합성 - · 정책적 지원 	<ul style="list-style-type: none"> - 정책 부합성 - 지원 정책
경제(Economic)	<ul style="list-style-type: none"> - 무선 급전 시장 동향 - 철도 구축 운영비용 	<ul style="list-style-type: none"> - 무선 급전 시장 - 구축 비용 - 운영 비용
사회(Social)	<ul style="list-style-type: none"> - 교통수단에 대한 사회적 니즈 · 인구 구조변화 · 고객의 심미성 추구 경향 · 고객 만족 및 선호도 	<ul style="list-style-type: none"> - 인구 구조 - 심미성 - 만족성
기술(Technological)	<ul style="list-style-type: none"> - 고속 주행의 가능성 · 무선 급·집전 기술 · 통합 제어 및 시험 운영 기술, Test-Bed 	<ul style="list-style-type: none"> - 급전 기술 - 집전 기술 - 통합 제어 - 시험 운영 기술 - Test-Bed
생태학적 환경(Ecological)	<ul style="list-style-type: none"> - 친환경 기술 · 지구의 온난화에 따른 이산화탄소 배출량의 중요성 · 상부 가선으로 인한 소음공해 저감 가능성 	<ul style="list-style-type: none"> - 이산화탄소 - 공해(소음, 대기오염) - 상부 가선
법률제도(Legal)	<ul style="list-style-type: none"> - 무선급전기술의 평가 기준 · 무선급전기술의 표준화 동향 · 무선급전기술을 위한 전자파 시험 평가 기준 	<ul style="list-style-type: none"> - 기술 표준화 - 시험 평가기준

2.2 국내외 기술개발 현황 및 국내 기술 인프라·기술 인력 현황

2.2.1 무선급전기술 개요

가. 기술의 정의

- 무선급전 기술은 차량에 전력을 전송하기 위하여 선을 사용하지 않고 지상과 차상에 형성되어있는 코일에 의해 전력을 유도하는 기술로, 1차 측에서 2차 측으로 전력을 전달하는 변압기와 같이 전자기유도 원리를 이용하며 변압기의 1, 2차 측 사이에 공극이 존재하는 구조로 구성되어 있음
- 이 기술은 2005년 이후 급격히 발전하고 있으며, 전기 차량의 증가로 매우 큰 시장을 형성할 것을 기대하고 있으며 그 중요성 또한 증대되고 있는 상황임
- 그러나, 현재 사용 중인 무선급전 기술은 용량이 작은 소형전자제품에서만 일부 사용되고 있음, 이는 고주파 대전력 전력변환장치 기술개발에 막대한 비용이 발생되어 현재 기술개발이 부족한 상황이기 때문임
- 따라서 대전력 무선전력전송을 위한 급전시스템, 집전시스템, 고효율 저가형 구현 구조 등의 개발이 절실히 필요함

나. 기술의 구성

- 철도차량용 대전력 무선급전시스템을 위한 기술은 3가지로 분류할 수 있으며, 무선급전 /집전기술 (무선급전설비기술, 무선집전설비기술), 고주파 전력변환장치 기술 (공진형 인버터, 정류기 및 레귤레이터, 배터리 연계기술),무선급전용 궤도 및 인프라 기술 (인프라 구축기술, 전자파 저감기술)으로 구성되어 있음

[표 2-13] 기술분류 기준

대분류	중분류	소분류
철도차량용 무선급전시스템 기술 (Wireless power transfer technologies for locomotive)	A.무선급전 /집전기술	AA.무선급전설비기술
		AB.무선집전설비기술
	B.고주파 전력변환 장치기술	BA.공진형 인버터기술
		BB.정류기 및 레귤레이터 기술
		BC.배터리 연계기술
	C. 무선급전용 궤도 및 인프라 기술	CA.인프라 구축기술
		CB.전자파 저감기술

다. 무선급전 유사 기술 분석(Bombardier Primove System)

- Primove는 노면전차인 경량전차로서, 일반적인 전철과 같이 추진, 공조, 신호 및 제어, 조명, 배터리 충전 등을 위해 차상으로 전력 공급이 필요하며, 도심지내의 전력선들을 제거하고자 비접촉식 자기유도방식을 적용하였음.

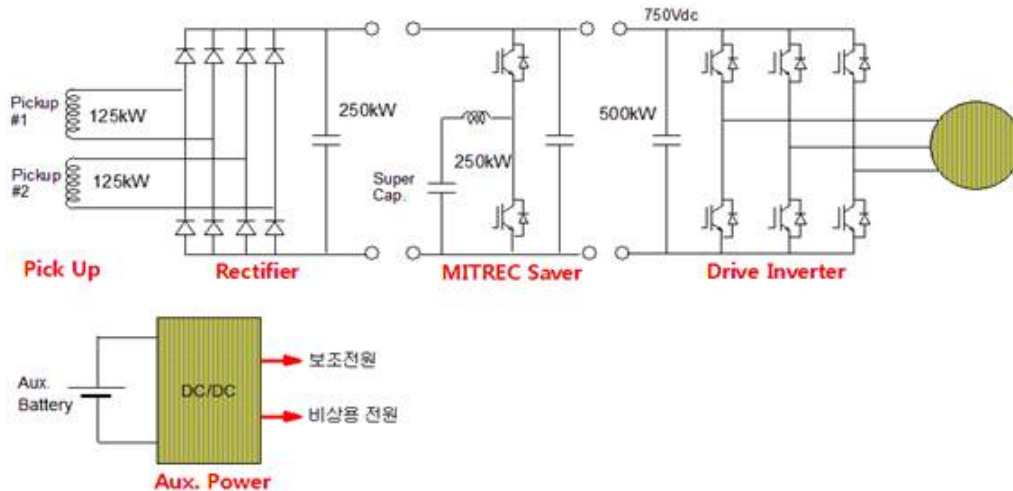


[그림 2-19] Bombardier의 Primove 시스템 및 독일 Bautzen의 시험선

- Primove 1차 모델은 급전선로 16.2m, 도로표면과 집전모듈과의 공극간격 65mm, 급전용량 250kW, 배터리 250kW, 에너지 전달 효율 93%, 집전전력 750Vdc, 800A, 최대출력 250kW로 설계되었으며, 독일의 Bautzen 시험선에서 시험운행이 완료되었음.
- Double layer capacitor를 기반으로 한 MITRAC Energy Saver를 탑재하여 차량의 제동 시 발생하는 회생 에너지를 다시 이용함으로써 에너지 사용량을 최대 30%까지 최소화하였음.
- 열차의 무인운행 분야의 경우 “EBI Drive 50” 운행 보조 시스템을 시계 최초로 적용함으로써 가속 또는 감속 시 최적의 차량 속도를 운전자에게 추천함으로써 차량 에너지 소모를 최소화 할 뿐만 아니라 열차의 부드러운 운행을 가능하게 함으로써 브레이크, 윤축, 엔진 그리고 궤도의 마모를 감소시킬 수 있는 최적의 운행 지원 기술을 개발함.



[그림 2-20] MITRAC Energy Saver를 탑재하여 에너지 사용량 최대 30% 감소



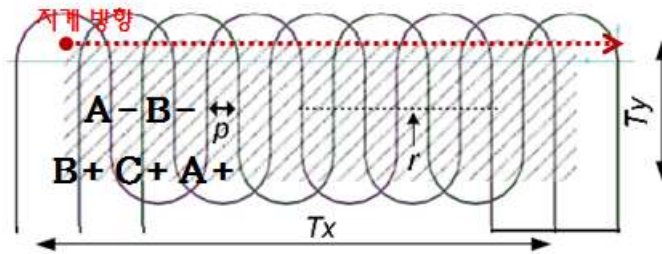
[그림 2-21] 차량에 장착된 전력 회로도

- Primove 2차 모델은 급전선로 8.1m, 급전용량 200kW, 집전모듈 100kW 2대, DC/DC 효율 95%로 설계되었음.



[그림 2-22] Augsburg에서 시험 완료한 Primove 2차 모델 주행 모습

- Primove 시스템은 유도작용을 통해 지상에서 차상으로 전기에너지를 전달하는데, 지상에는 주행레일 아래에 급전라인을 매설하여 전원을 공급함.
 - 20kHz의 교류전류가 급전라인을 통해 흐르게 되면, 자기장이 만들어지고, 차량 하부에 장착된 픽업 모듈 내의 코일에 유기 전압이 발생하여 에너지가 전달됨.
 - 지상의 급전라인은 분포권 방식의 삼상 급전라인을 배치하여 전동기의 회전자계와 같이 차량의 진행방향으로 자계를 형성시켜 에너지 전달 효율을 높임.



[그림 2-23] 분포권 방식의 삼상 급전라인 (한 세그먼트)

- 지상의 급전라인은 짧은 세그먼트 여러 개로 구성되어 있으며, 차량이 그 위를 지나갈 때에만 활성화되어 전력이 공급됨. 급전라인 위에는 아스팔트, 콘크리트 등 자기장의 흐름을 방해하지 않는 높은 강도를 가진 재료를 사용하여 매설할 수 있으며, 비활성화 시 사람, 자동차 등 지나갈 수 있음
- 삼상 급전라인은 구조적으로 각 상이 균등하게 분포하기 때문에 각 상에 의해 생성된 자기장 역시 균등하게 분포하여 섹션 전환 시 사구간이 존재하지 않아 끊임없이 지속적으로 차량에 전력 공급이 가능함

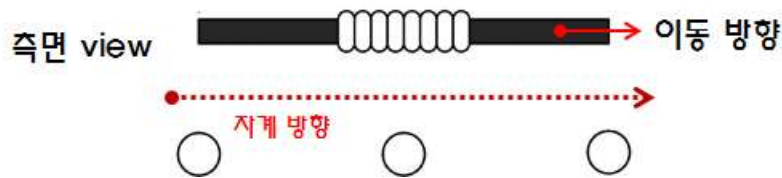


[그림 2-24] Primove 2차 모델의 Augsburg에 설치된 삼상 급전라인 및 인버터

- Primove 삼상 급전라인은 단상 급전라인과 비교하여 같은 전류 크기를 사용 시 약 1.7배 큰 전력을 공급할 수 있으며, 지상에 코어를 사용하지 않아 경제성 측면에서 유리함. 하지만, 단상과 비교하여 전선의 길이는 3배 더 필요한 단점이 있음.
- 삼상 급전라인의 각 상에 흐르는 전류에 의해 발생된 자기장은 측면(양옆의 선로

쪽)에서 서로 상쇄되기 때문에 선로(Track)에 유기 전류를 발생하지 않음.

- 8.1m의 급전라인들은 서로 직렬로 연결되어 있으며, 차량이 진입하기 전에 미리 전력을 공급하여 차량 진입 시 전력이 끊임없이 공급되도록 설계됨. 또한 차량이 급전 세그먼트를 벗어남과 동시에 전력을 차단하여 외부로의 불필요한 자기장 유출을 막음.
- 지상에 매설된 급전라인을 통해 생성된 자기장은 차상으로 전달되고 차상의 코일에 유기된 전압을 이용하여 전력을 공급함.
- 지상의 급전라인에 의해 생성된 자기장을 잘 포집하기 위해 단순한 형태의 bar type의 core를 사용하고, 삼상 권선 방식을 채택함. 삼상 권선 방식으로 인해 단상에 비해 정류된 전압의 변동 폭이 작아 차상에 레귤레이터 제거가 가능함.

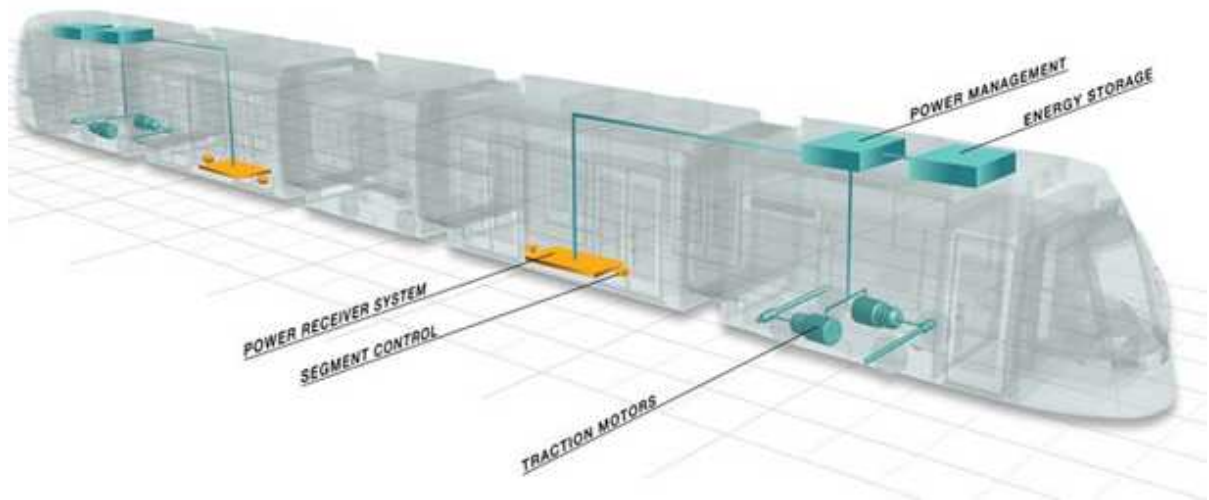


[그림 2-25] 삼상 픽업 코어 형상 및 권선 방식



[그림 2-26] 차량 하부에 장착된 픽업 모듈

- Primove에는 2개의 독립된 픽업 모듈이 장착되어 있으며, 각각 앞/뒤에 위치한 MITRAC Energy Saver 및 추진시스템에 전력을 공급함. 픽업 모듈이 독립적으로 운영되기 때문에 픽업 모듈 간 전력 밸런싱 문제를 고려할 필요가 없으므로 시스템이 단순함.



[그림 2-27] Primove 차량 구성도

2.2.2. 특허 현황 분석

가. 특허 분석 범위

- 특허 분석은 Thomson Innovation DB를 이용하여 1990년 1월부터 2013년 8월까지 미국, 유럽, 일본, 한국, 중국의 5개국에서 출원 및 등록된 특허를 대상으로 조사함

[표 2-14] 특허분석 기준

구 분	분석 기준				
특허검색 DB	Thomson Innovation				
검색국가	미국	유럽	일본	한국	중국
분석구간	출원, 등록	출원, 등록	출원, 등록	출원, 등록	출원
검색범위	1990.01.01.~2013.8.16				
	Title, Abstract, Claim				

나. 특허기술 동향

□ 출원년도 및 국가별 특허출원 동향

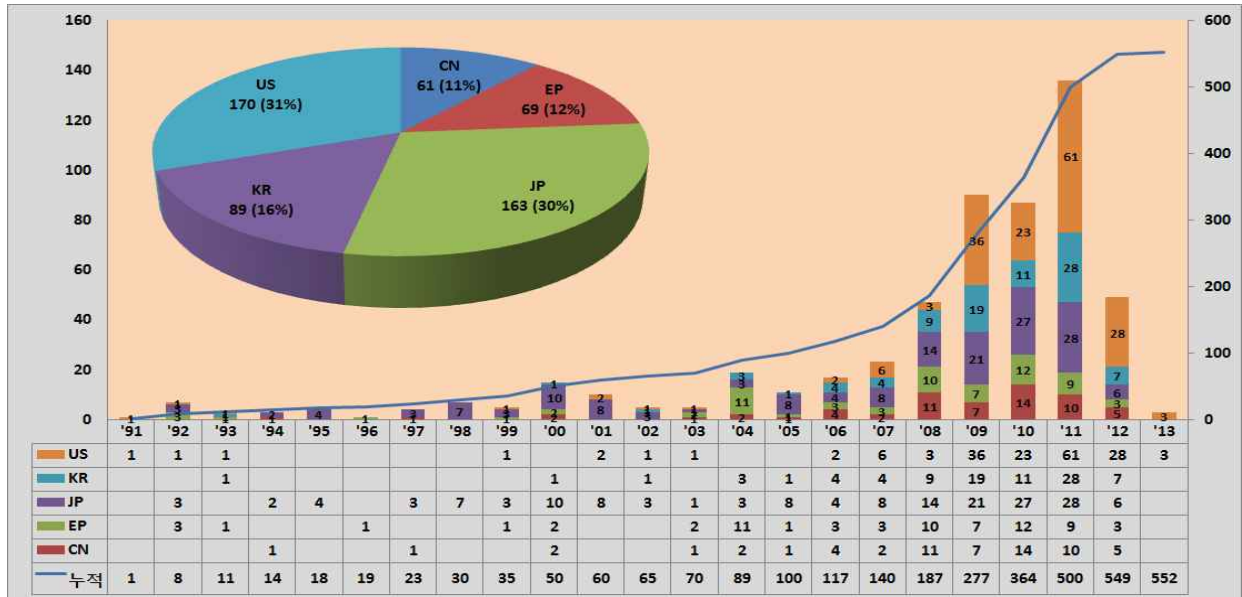
- 철도차량용 무선급전시스템 기술개발 분야의 전체적인 특허동향을 살펴보면, 1990년부터 현재까지 총 552건의 특허가 출원되고 있으며, 2008년 이후 급격하게 증가하는 추세를 보이고 있음

[표 2-15] 기술별 검색 조합식 및 대상특허건수

기술구분	검색 조합식	대상특허
A기술		
AA/ AB	CTB=((((railway or railroad or locomotive or train*1 or tram or (rolling adj stock) OR (rail* near2 (vehicle or car)) or subway or metro* or vehicle or automobile or bus)) AND ((Contactless* or wireless or (non adj contact) or on*line)) AND (((Resonant) or (Resonant adj frequency) or core or Ferrite or Amorphous or Airgap or (pick adj up))) NEAR4 (power adj (supply or charg* or transfer or feed* or collect* or coil or module))));	275건
B기술		
BA	CTB=((((railway or railroad or locomotive or train*1 or tram or (rolling adj stock) OR (rail* near2 (vehicle or car)) or subway or metro* or vehicle or automobile or bus)) AND ((Contactless* or wireless or (non adj contact) or on*line)) AND (((Resonant) or (Resonant adj frequency))) AND (INVERTER));	80건
BB	TAB=((((railway or railroad or locomotive or train*1 or tram or (rolling adj stock) OR (rail* near2 (vehicle or car)) or subway or metro* or vehicle or automobile or bus)) AND ((Contactless* or wireless or (non adj contact) or on*line)) AND (((Resonant) or (Resonant adj frequency))) AND (Rectifier or Converter or Regulator or (Load adj shar*)));	112건
BC	TAB=((((railway or railroad or locomotive or train*1 or tram or (rolling adj stock) OR (rail* near2 (vehicle or car)) or subway or metro* or vehicle or automobile or bus)) AND ((Contactless* or wireless or (non adj contact) or on*line)) AND (((Resonant) or (Resonant adj frequency))) and (Battery or capacity or charger or (bi adj direction*) or storag*));	220건
C기술		
CA	CTB=((((railway or railroad or locomotive or train*1 or tram or (rolling adj stock) OR (rail* near2 (vehicle or car)) or subway or metro* or vehicle or automobile or bus)) AND ((Contactless* or wireless or (non adj contact) or on*line)) AND (((Resonant) or (Resonant adj frequency))) and (infra* or facility or rail or orbit));	143건
CB	TAB=((((railway or railroad or locomotive or train*1 or tram or (rolling adj stock) OR (rail* near2 (vehicle or car)) or subway or metro* or vehicle or automobile or bus)) AND ((Contactless* or wireless or (non adj contact) or on*line)) AND (((Resonant) or (Resonant adj frequency))) and ((Electromagnetic adj wave) or EMI or EMC or (Electromagnetic adj interference) or (Electromagnetic adj compatibility) or Shield* or radiat*));	202건

- 국가별로는 미국이 31%로 최다이며, 일본, 한국, 유럽, 중국의 순으로 출원되고 있음
- 국가별 특허출원 추세를 보면, 모든 국가에서 2008년 이후 최근 특허가 급격하게 증가하고 있으며, 특히 최다 출원국인 미국은 약 90%의 특허가 2009년 이후 출원되고 있는 등 기술성장세가 급격하게 나타나고 있음

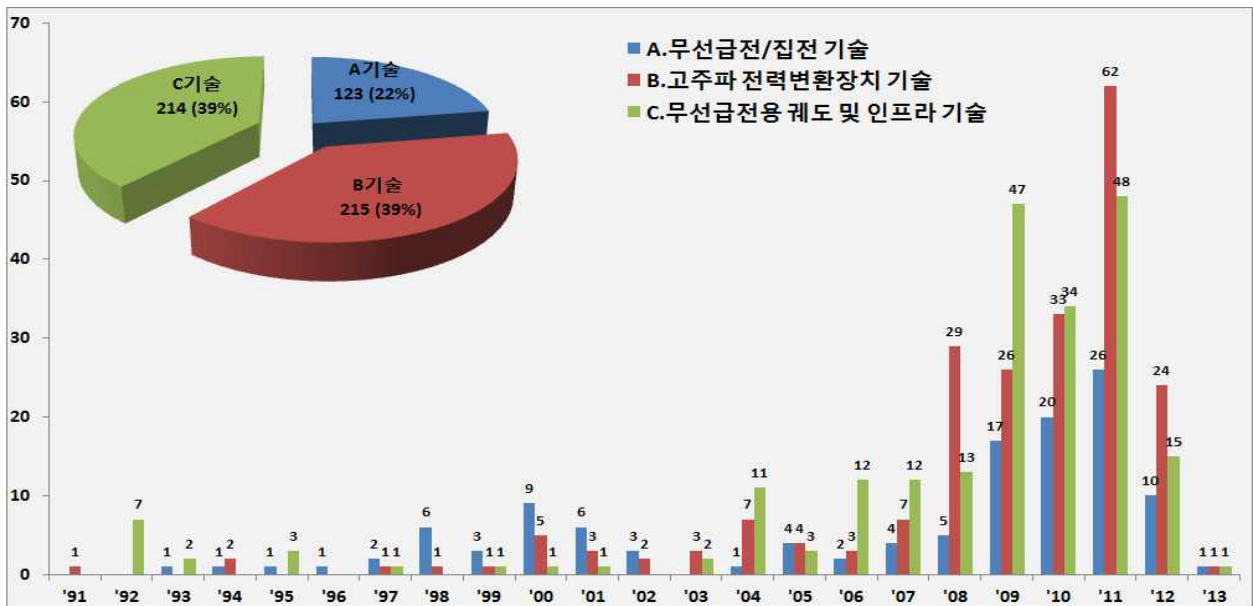
- 우리나라의 경우 특허 건수는 미국이나 일본에 비해 적지만, 2009년 이후 70% 이상의 특허를 출원하고 있어 최근 관련 분야 관심이 증가하고 있다고 판단할 수 있음



[그림 2-28] 출원년도 및 국가별 출원추이

□ 세부기술별 특허출원 동향

- 고주파 전력변환장치 기술(B기술) 및 무선급전용 궤도 및 인프라 기술(C기술) 분야에 특허가 많이 출원되고 있으며, 최근에도 여전히 높은 수준의 특허가 출원되고 있는 상황임



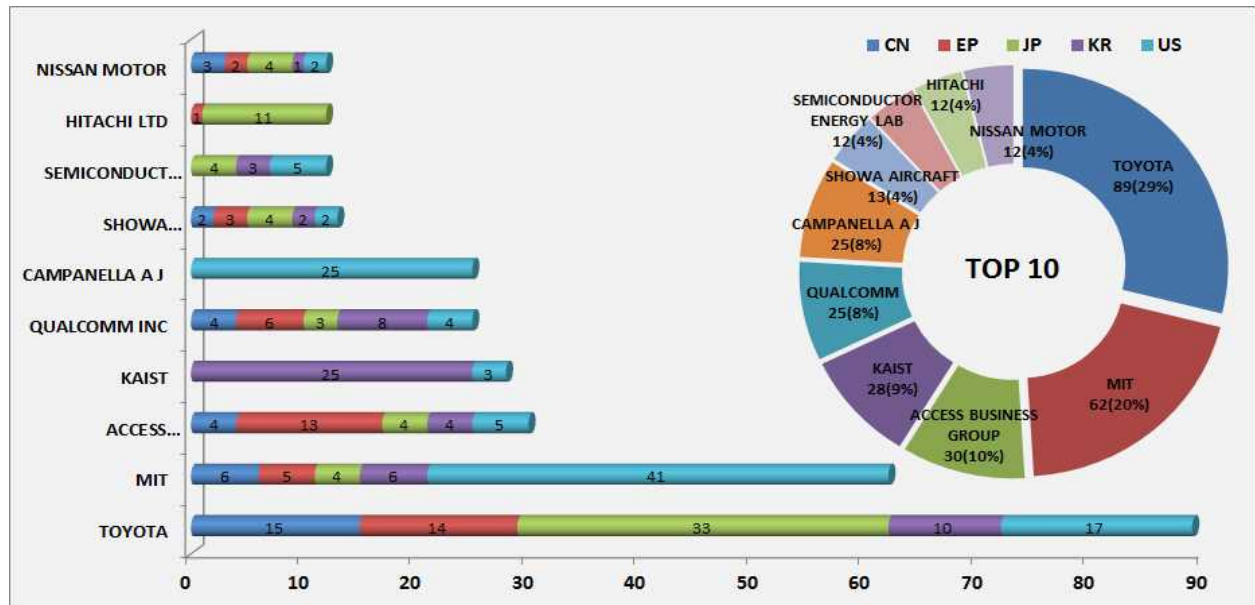
[그림 2-29] 세부기술별 특허출원동향

- 무선급전/집전 기술(A기술) 분야는 B기술 및 C기술과 비교하여 특허 건수는 적은 편이지만, 2009년 이후 특허가 급격하게 증가하고 있어 최근 관심이 증가하고 있는

분야로 판단할 수 있음

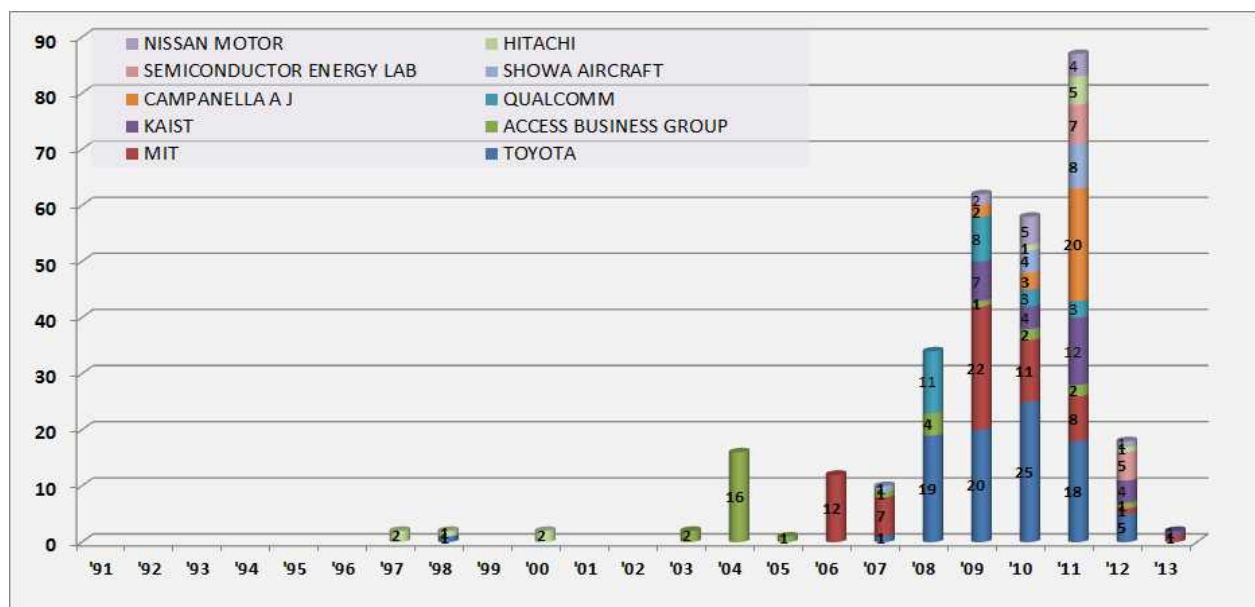
□ 주요 출원인 분석

- 특허를 많이 출원한 상위 10개의 출원인을 분석해 보면, 전기자동차 개발/생산업체인 日 TOYOTA, NISSAN, 무선전력전송 기술을 보유한 美 MIT, ACCESS BUSINESS GROUP, QUALCOMM, 韓 KAIST 등이 많은 특허를 출원하고 있음



[그림 2-30] 주요 출원인 동향

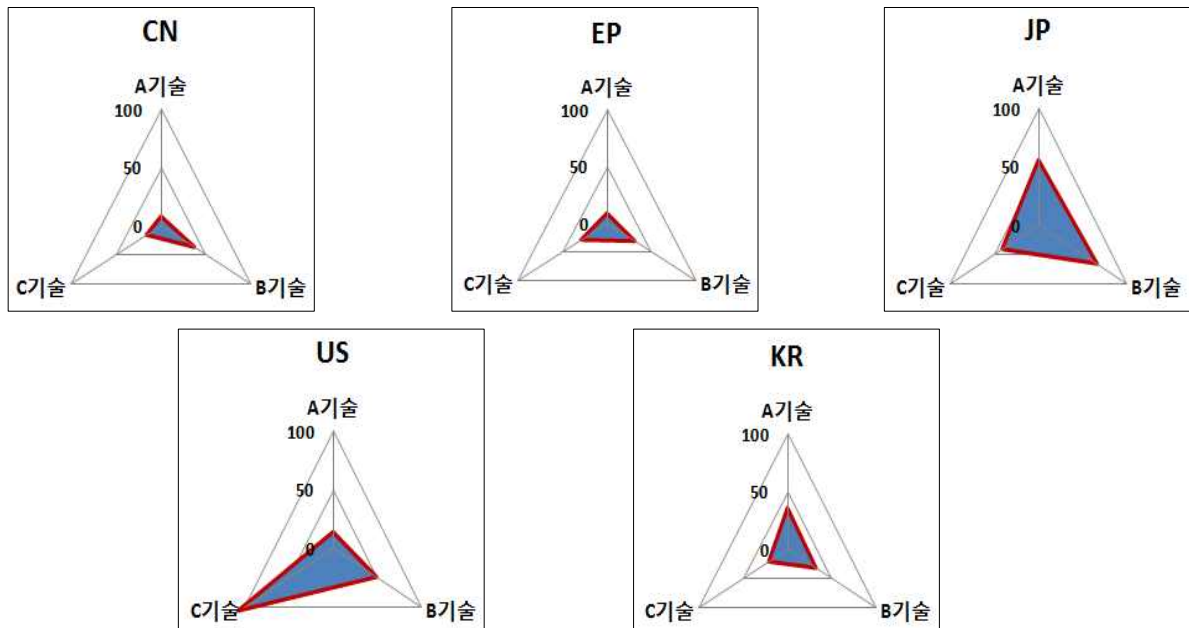
- 주요 출원인의 연도별 특허출원을 보면, 2004년 이전에는 ACCESS BUSINESS GROUP(Fulton Innovation社의 “eCoupled”기술 보유)社가 특허를 거의 독점적으로 출원하다, 최근 들어 TOYOTA, MIT, KAIST 등이 많은 출원을 하고 있는 것을 알 수 있음



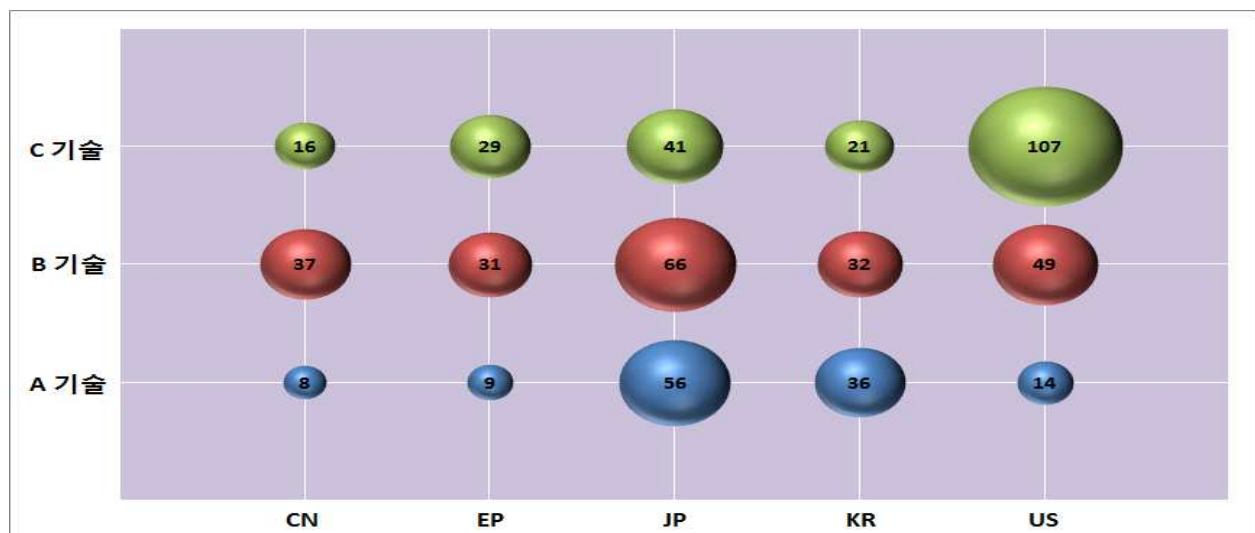
[그림 2-31] 연도별 주요 출원인 동향

□ 국가별 기술 분포

- 출원국가별 세부기술 특허분포를 살펴본 결과 미국은 무선급전용 궤도 및 인프라 기술(C기술)에 가장 많은 특허를 보유하고 있으며, 무선급전/집전 기술(A기술) 분야는 상대적으로 낮게 나타나고 있음
- 이에 반해, 일본은 전체적으로 모든 분야에서 고르게 특허를 보유하고 있으며, 특히 고주파 전력변환장치 기술(B기술)이 다른 분야에 비해 높게 나타나고 있음
- 한국의 경우 미국이나 일본과 달리 무선급전/집전 기술(A기술) 분야에 특허가 가장 많이 나타나고 있으며, 특히 무선급전용 궤도 및 인프라 기술(C기술)에 특허가 적어 향후 관련 분야 기술 확보가 시급한 상황으로 판단할 수 있음



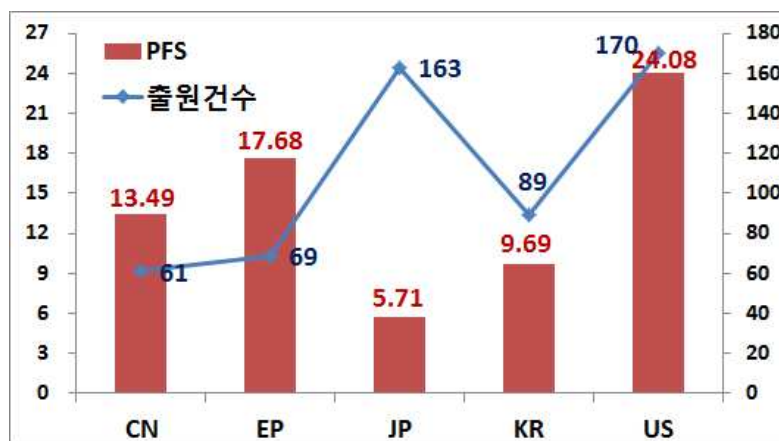
[그림 2-32] 국가별 기술분포(방사형)



[그림 2-33] 기술별/국가별 기술분포(버블형)

□ 국가별 특허분포 시장확보지수(PFS : Patent Family Size) 분석

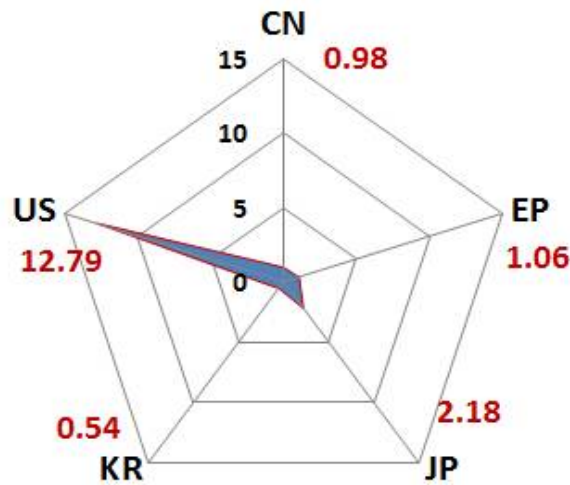
- 특정 국가에서 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 때 해외에 특허를 출원하므로, Family Patent 數가 많을 때 특허를 통한 시장성이 크다고 판단되어 이를 시장확보력의 지표로 사용함
- 국가별 시장확보지수(PFS) = (∑해당국가 특허別 패밀리) / 해당국가 특허건수
- 미국의 시장확보지수(PFS)가 24.08로 가장 높게 나타났으며 유럽, 한국 순으로 시장확보력이 높게 나타남
- 일본의 경우 특허 건수에 비해 시장확보력이 낮게 나타나고 있음



[그림 2-34] 국가별 출원건수 및 시장확보지수

□ 국가별 특허분포 인용도지수 (CPP : Cites Per Patent) 분석

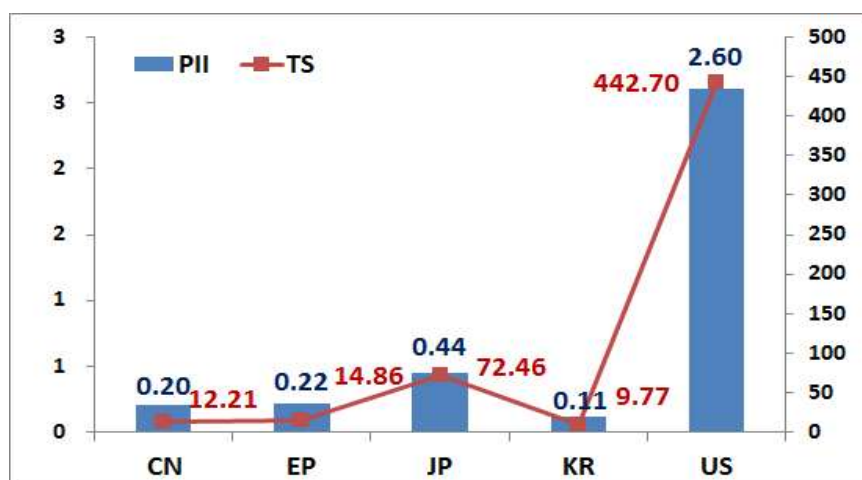
- 특정 국가의 특허들이 이후 등록되는 특허들에 의해 인용되는 회수가 많을수록 기술경쟁력이 높으므로, 인용도지수(CPP)가 클수록 원천특허 / 핵심특허를 많이 보유한 정도를 나타내는 지표로 사용함
- 국가별 인용도 지수(CPP) = (∑해당국가 특허別 피인용수) / 해당국가 특허건수
- 미국의 인용도지수(CPP)가 12.79로 가장 높아, 원천/핵심특허를 많이 보유한 것으로 판단할 수 있음
- 반면, 일본은 특허건수에 비해 인용도지수(CPP)가 많이 낮아, 원천/핵심특허 비중이 상대적으로 낮은 것으로 판단할 수 있음



[그림 2-35] 국가별 인용도지수

□ 국가별 특허분포영향력지수(PII : Patent Impact Index) 및 기술력지수(TS : Technology Strength)

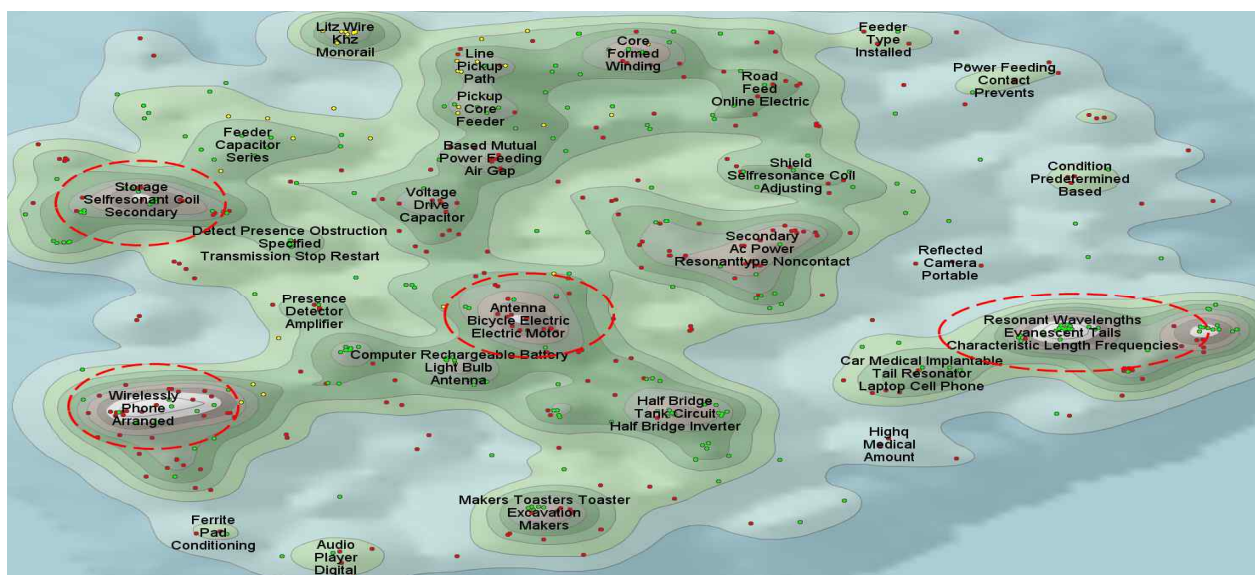
- 영향력지수는 특정 국가가 소유한 기술의 질적수준을 측정하는 지수이며, 기술력지수는 특정 국가의 기술보유 양적수준(특허건수)과 영향력지수(질적수준)을 함께 나타냄
- 국가별 영향력 지수(PII) = 해당국가 특허 인용도지수 / 전체(모든국가) 특허 인용도지수
- 국가별 기술력 지수(TS) = 해당국가 특허건수 × 해당국가 영향력 지수
- 미국의 영향력지수(PII)가 2.60로 가장 높아 질적 수준에서 가장 우수한 것으로 보여지며, 양적 수준(특허건수)을 고려한 기술력지수(TS)에서도 미국이 442.70으로 가장 높음
- 우리나라는 영향력지수, 기술력 지수 모두 최하위 수준으로, 향후 지속적인 기술역량 강화가 필요함



[그림 2-36] 국가별 영향력지수 및 기술력지수

□ Text mining을 통한 기술분야 특허 분포도

- 철도차량용 무선급전시스템 기술 관련 검색결과 결과 1,032건 중 검색 특허 중 최종 552건의 유효 특허기술이 분포함
- 등고선 꼭짓점이 높은 Wireless/Phone/Arranged, Storage/Selfresonant Coll/Secondary 등 4개 기술에 특허가 많이 분포하고 있어 관련 분야가 기술 집중도가 높은 기술임을 알 수 있음
- 특허 최근 특허기술 분석결과 Space-division power feeding apparatus for use in road, Electricity supply device for online electric-vehicle, Energy transferring method for wireless mobile receiver 등이 많이 나타나고 있어 관련기술이 최근 동향임을 알 수 있음



[그림 2-37] 특허 등고선 맵
 ● 2010년 이후 ● 2000-2009 ● 1990-1999

□ 핵심기술(중분류 기준)을 통한 기술분야특허 분포도

- 기술집중도가 높은 부분에 고주파 전력변환장치 기술(B기술) 및 무선급전용 웨도 및 인프라 기술(C기술) 특허가 많이 나타나고 있어 관련 분야의 경쟁이 치열함을 알 수 있으며, TOYOTA, MIT, ACCESS BUSINESS GROUP, QUALCOMM 등이 관련 특허를 많이 보유하고 있어 해당 분야 기술을 주도하고 있음을 알 수 있음
- 한국의 경우 KAIST에서 많은 특허를 출원하고 있지만, 대부분 무선급전/집전 기술(A기술)에 집중(총 28건 중 A기술 26건(93%))되어 있어 향후 B기술/C기술의 확보 노력이 필요한 것으로 보이며, 철도연도 특허가 1건에 불과하여 관련 기술개발이 시급한 것으로 판단됨

공개번호	발명의 명칭	출원인 정리	피인용수 (Forward)
US20100133920A1	WIRELESS ENERGY TRANSFER ACROSS A DISTANCE TO A MOVING DEVICE	MIT	45
US7522878B2	Adaptive inductive power supply with communication	ACCESS BUSINESS GROUP	44
US20100102639A1	Wireless non-radiative energy transfer	MIT	42

□ 주요 핵심특허의 권리성 분석

- 피인용수가 가장 많은 AUCKLAND UNISERVICES LTD社의 미국 등록특허 US5293308A건은 유도전력분배와 관련된 특허로, 특허 출원 후 20년이 경과하여 특허권이 소멸된 상태임, 하지만, 본 특허의 개량 특허들이 계속 출원되고 있어, 향후 관련 기술 개발 시 본 특허의 분석을 통해 참고가 필요할 것으로 판단됨

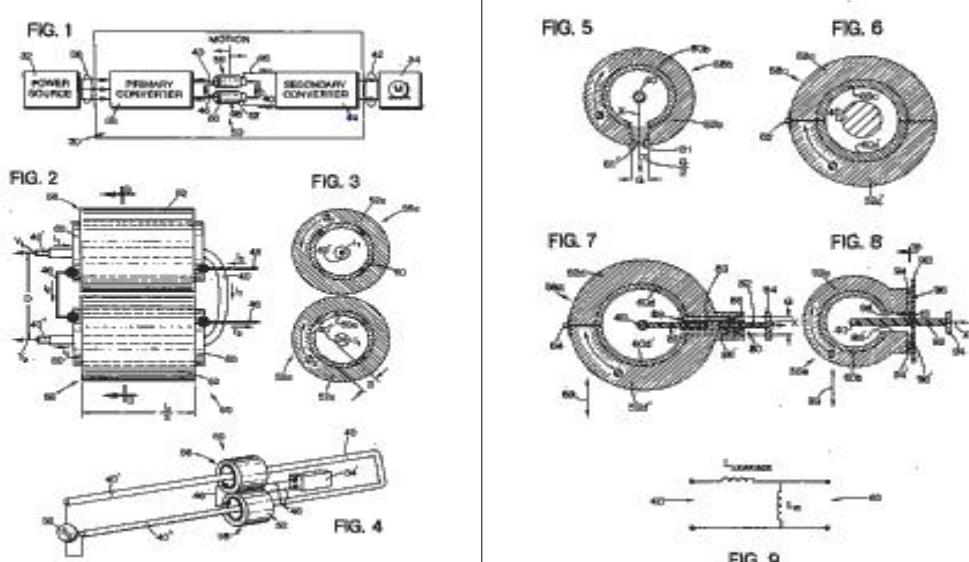
[표 2-17] 전기 구동차량의 유도전력 분배에 관한 주요 핵심특허

기술분류	C. 무선급전용 레도 및 인프라 기술	특허번호 (출원번호)	US1992827887A	특허번호 (공개번호)	US5293308A
출원인	AUCKLAND UNISERVICES	출원일	1992.01.30	공개일	1994.03.08
발명의 명칭	Inductive power distribution system				
대표도면	<div></div>				

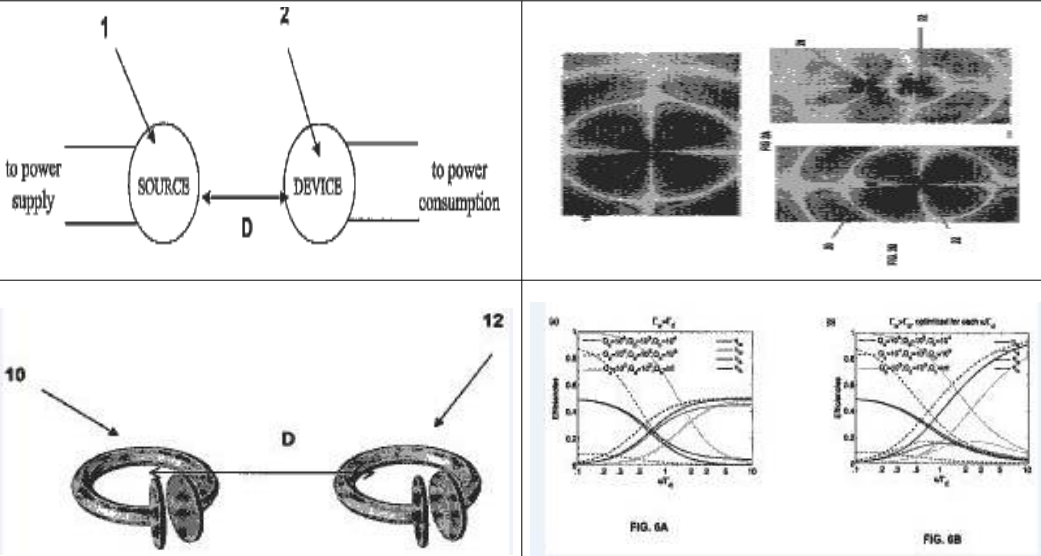
[표 2-18] 전기 자동차 및 차량의 전원 공급장치에 관한 주요 핵심특허

기술분류	B. 고주파 전력변환 장치 기술	특허번호 (출원번호)	JP2007277973A	특허번호 (공개번호)	JP2009106136A
출원인	TOYOTA	출원일	2007.10.25	공개일	2009.05.14
발명의 명칭	ELECTRIC VEHICLE AND POWER FEEDING DEVICE FOR VEHICLE				
대표도면					
주요 내용	전기 자동차 및 차량의 전원 공급장치에 관한 내용임				
주요 청구항	<p>1. The secondary self-resonance coil which was magnetically couple bonded by the resonance of the primary self-resonance coil of the vehicle exterior, and a magnetic field, and was comprised in electric power from the said primary self-resonance coil so that power receiving was possible,</p> <p>The secondary coil comprised by the electromagnetic induction from the said secondary self-resonance coil so that power receiving was possible,</p> <p>The rectifier which rectifies straightens the electric power which the said secondary coil power-received,</p> <p>The electrical storage apparatus in which the electric power rectified straightened by the said rectifier is stored,</p> <p>The electric vehicle provided with the electric motor which receives supply of electric power from the said electrical storage apparatus, and generate occur produces a vehicle driving force.</p>				
법적상태 (회피전략)	<p>- 본 특허는 2013년 2월 15일 연차료 납부를 통해, 현재 특허가 유지되고 있는 상태임</p> <p>- 향후, 관련 분야 연구를 진행함에 있어 해당 특허기술을 회피하여 기술 개발하는 것이 바람직할 것으로 판단됨</p>				

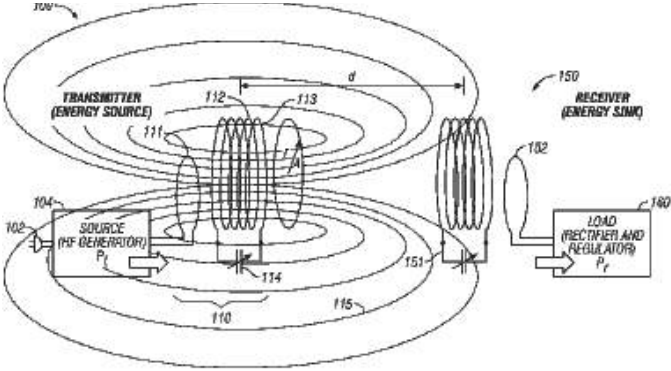
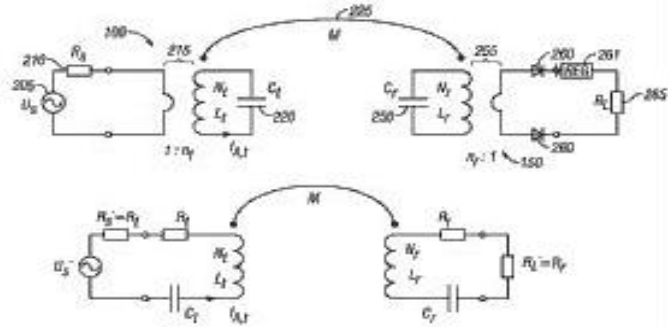
[표 2-19] 전비접촉식 동축 변압기 전력 전송시스템에 관한 주요 핵심특허

기술분류	B. 고주파 전력변환 장치 기술	특허번호 (출원번호)	US1991767024A	특허번호 (공개번호)	US5341280A
출원인	ELECTRIC POWER RES INST	출원일	1991.09.27	공개일	1994.08.23
발명의 명칭	Contactless coaxial winding transformer power transfer system				
대표도면					
주요 내용	비접촉식 동축 변압기 전력 전송시스템에 관한 내용임				
주요 청구항	<p>1. A contactless power transfer system for transferring power from a power source to an electric load, comprising:</p> <ul style="list-style-type: none"> - a first conductor coupled to one of the power source or the electric load; - a core-mounted conductor coupled to the other of the power source or the electric load, with the core-mounted conductor having an outer peripheral surface; and - a magnetic core supporting the core-mounted conductor and substantially surrounding the outer peripheral surface, with both the core-mounted conductor and the magnetic core surrounding a portion of the first conductor so as to transfer power from the power source to the electric load. 				
법적상태 (회피전략)	<ul style="list-style-type: none"> - 본 특허는 2002년 8월 23일 연차료 미납으로, 현재 특허가 만료된 상태임 - 다만, 이 특허와 패밀리 관계에 있는 특허가 존재하기 때문에, 향후 관련 분야 연구를 진행함에 있어 해당 특허들을 면밀히 검토하여 기술을 개발하는 것이 바람직할 것으로 판단됨 				

[표 2-20] 무선 모바일 수신기 에너지 전송방법에 관한 주요 핵심특허

기술분류	C. 무선급전용 궤도 및 인프라 기술	특허번호 (출원번호)	US2006481077A	특허번호 (공개번호)	US7741734B2
출원인	MIT	출원일	2006.07.05	공개일	2010.06.22
발명의 명칭	Wireless non-radiative energy transfer				
대표도면					
주요 내용	무선 모바일 수신기 에너지 전송방법에 관한 내용임				
주요 청구항	<p>1. A method of transferring electromagnetic energy comprising:</p> <ul style="list-style-type: none"> – providing a first electromagnetic resonator structure receiving energy from an external power supply, said first resonator structure having a first mode with a resonant frequency ω_1, an intrinsic loss rate Γ_1, and a first Q-factor $Q_1 = \omega_1 / (2\Gamma_1)$, – providing a second electromagnetic resonator structure being positioned distal from said first resonator structure and not electrically wired to the first resonator structure, said second resonator structure having a second mode with a resonant frequency ω_2, an intrinsic loss rate Γ_2, and a second Q-factor $Q_2 = \omega_2 / (2\Gamma_2)$, – transferring electromagnetic energy from said first resonator structure to said second resonator structure over a distance D that is smaller than each of the resonant wavelengths λ_1 and λ_2 corresponding to the resonant frequencies ω_1 and ω_2, respectively, – wherein the electromagnetic resonator structures are designed to have $Q_1 > 100$ and $Q_2 > 100$. 				
법적상태 (회피전략)	<ul style="list-style-type: none"> – 본 특허는 2012년 2월 10일 WiTricity社(MIT 특허로 설립된 회사)로 양도된 특허로, 현재 특허가 유지되고 있는 상태임 – 따라서, 향후 관련 분야 연구를 진행함에 있어 해당 특허기술을 회피하여 기술을 개발하는 것이 바람직할 것으로 판단됨 				

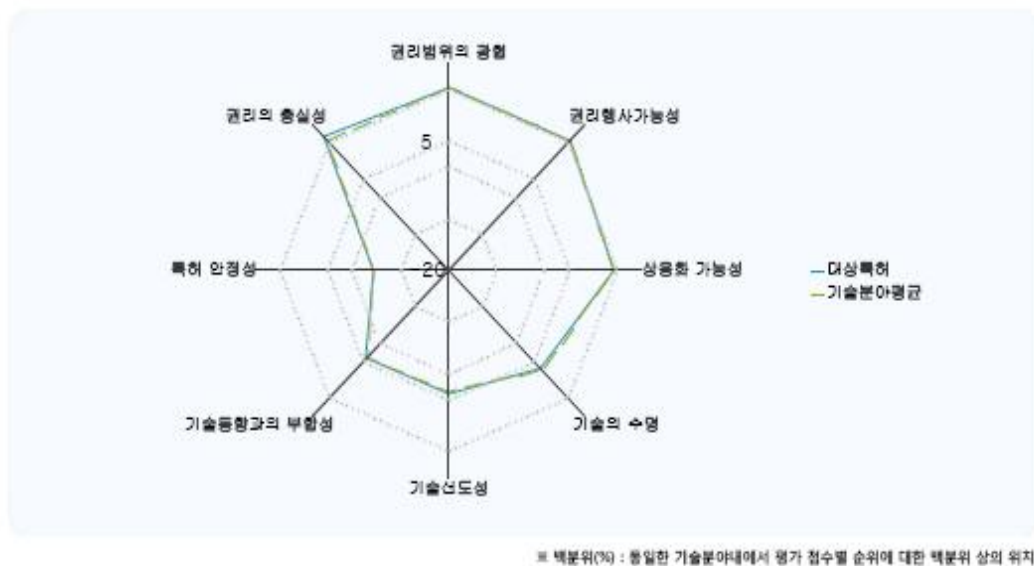
[표 2-21] 자기장을 생성하여 무선 전력을 전송하는 방법에 관한 주요 핵심특허

기술분류	C. 무선급전용 궤도 및 인프라 기술	특허번호 (출원번호)	US2007775168A	특허번호 (공개번호)	US20090015075A1
출원인	NIGEL POWER LLC	출원일	2007.07.09	공개일	2009.01.05
발명의 명칭	Wireless Energy Transfer Using Coupled Antennas				
대표도면					
	 <p style="text-align: center;">FIG. 2</p>				
주요 내용	자기장을 생성하여 무선 전력을 전송(안테나)하는 방법에 관한 내용임				
주요 청구항	<p>1. A method of transmitting power wirelessly, comprising:</p> <ul style="list-style-type: none"> – driving a series resonant antenna at a value near its resonant frequency to produce a magnetic field output, said non radiative antenna formed of a combination of resonant parts, including at least an inductive part formed by a wire loop, and a capacitor part that is separate from a material forming the inductive part; and – maintaining at least one characteristic of said antenna such that its usable range has a minimum usable distance over which power can be received, which minimum distance is set by a detuning effect when a receiver gets too close to said antenna. 				
법적상태 (회피전략)	<ul style="list-style-type: none"> – 본 특허는 2009년 5월 19일 QUALCOMM社로 양도된 특허로, 현재 특허가 유지되고 있는 상태임 – 따라서, 향후 관련 분야 연구를 진행함에 있어 해당 특허기술을 회피하여 기술을 개발하는 것이 바람직할 것으로 판단됨 				

□ 주요 핵심특허의 우수성 분석

- 특허청 발명진흥회의 특허분석 평가시스템(SMART3)를 활용하여 피인용도가 높은 특허 중 무선 모바일 수신기 에너지 전송방법에 관한 특허인 US7741734B2(특허명 : Wireless non-radiative energy transfer)에 대해 상세 분석한 결과, 종합평가점수가 72.5점으로 A로 평가됨
(※특허청 발명진흥회의 특허분석 평가시스템(SMART3)는 현재 유지되는 한국/미국 등록 특허만을 대상으로 분석이 가능하기 때문에, 피인용도가 높은 특허 중 현재 유지되는 미국 등록특허인 US7741734B2를 분석하였음)
- 전체 미국 등록특허 중 상위 13.5%에 위치하는 우수 특허로 다양한 기술적 관점을 권리화 하였으며, 패밀리 특허가 29건(미국 내 2건, 해외 27건)으로 시장 확보력도 높게 평가되었음
- 세부적으로는, 권리성 27.9점, 기술성 14.9점, 활용성 29.7점으로 전기/전자/IT분야 평균인 권리성 24.9점, 기술성 15.2점, 활용성 28.4점에 비하여 기술성은 낮고 권리성 및 활용성은 높게 평가되었음

평가지표	점수	등급	대분류(전기/전자/IT)			중분류(전기/전자/IT)			소분류(기본통신프로세스)		
			백분위(%)	평균	표준편차	백분위(%)	평균	표준편차	백분위(%)	평균	표준편차
권리성 (40점)	27.9	AA	11.0	24.9	2.6	11.1	24.9	2.6	8.2	24.9	2.5
기술성 (20점)	14.9	BB	50.3	15.2	1.0	50.4	15.2	1.0	48.5	15.2	0.9
활용성 (40점)	29.7	A	15.9	28.4	1.7	15.9	28.4	1.7	14.5	28.4	1.6
총점 (100점)	72.5	A	13.5	68.5	4.0	13.5	68.5	4.0	10.9	68.4	3.7



[그림 2-39] 핵심특허(US7741734B2) 평가결과

□ 종합 분석

- 철도차량용 무선 급전시스템 기술 분야의 전체적인 특허 동향을 살펴보면, 1990년부터 현재까지 총 522건 특허가 출원되고 있으며 국가별 특허 출원 추세를 보면 2008년~2009년 이후 미국, 일본, 한국 등 모든 국가에서 관련 분야 특허 출원이 급격하게 증가되고 있어 전 세계적으로 기술의 성장이 매우 빠르게 나타나고 있는 분야로 판단됨
- 세부 기술별로 보면, 고주파 전력변환장치 기술(B기술) 및 무선급전용 궤도 및 인프라 기술(C기술) 분야가 특허가 많이 출원되고 있으며, 무선급전/집전 기술(A기술) 분야의 경우 특허 건수는 적지만 최근 특허가 급격하게 증가하는 추세를 나타나고 있음
- 특허를 출원한 상위 10개의 출원인을 보면, 전기자동차 개발/생산업체인 日TOYOTA, NISSAN, 무선전력전송 기술을 보유한 美 MIT, ACCESS BUSINESS GROUP, QUALCOMM, 韓 KAIST 등이 특허를 많이 출원하고 있는 것으로 나타나고 있음, 특히, 2004년 이전에는 ACCESS BUSINESS GROUP(Fulton Innovation社의 “eCoupled”기술 보유)社가 특허를 거의 독점적으로 출원하다, 최근 들어 TOYOTA, MIT, KAIST 등이 많은 출원을 하고 있는 것을 알 수 있음
- 국가별 기술 분포를 보면, 미국은 무선급전용 궤도 및 인프라 기술(C기술)에, 일본은 고주파 전력변환장치 기술(B기술)에 특허를 많이 출원하고 있음, 한국의 경우 무선급전/집전 기술(A기술) 분야 특허는 높게 나타나고 있지만, 상대적으로 무선급전용 궤도 및 인프라 기술(C기술) 분야 특허는 낮게 나타나 향후 관련 분야 연구가 필요할 것으로 판단됨
- 국가별로 보면 해외 특허 시장확보력을 의미하는 시장확보지수(PFI)와 출원건수 및 원천/핵심 특허 보유와 관련이 높은 영향력지수(PII), 기술력지수(TS) 등 모든 지표에서 미국이 가장 높게 나타나고 있음, 따라서, 미국 특허가 量的·質的으로 가장 경쟁력이 높은 것으로 판단되며, 향후 연구를 진행함에 있어 미국 특허를 중심으로 세부 선행기술에 대한 분석이 반드시 필요함
- 한국의 경우 특허건수, 시장확보력, 인용도 등 기술영향력과 관계된 대부분의 지표에서 가장 낮은 수준을 보이고 있어 관련 분야 기술 확보가 시급히 요구되는 상황임

2.2.3. 논문 현황 분석

가. 논문 분석 범위

[표 2-22] 논문 분석 기준

구 분	분석 기준
논문검색 DB	Web of Science, Thomson Innovation
분석구간	1990.01.01.~2013.8.16
검색범위	Title, Abstract

[표 2-23] 기술별 검색 조합식 및 대상논문건수

기술구분	검색 조합식	대상논문
A기술		
AA/ AB	ALL=((railway or railroad or locomotive or train*1 or tram or (rolling adj stock) OR (rail* near2 (vehicle or car)) or subway or metro* or vehicle or automobile or bus)) AND ((Contactless* or wireless or (non adj contact) or on*line)) AND (((Resonant) or (Resonant adj frequency) or core or Ferrite or Amorphous or Airgap or (pick adj up))) AND (power adj (supply or charg* or transfer or feed* or collect* or coil or module)));	34건
B기술		
BA	ALL=((railway or railroad or locomotive or train*1 or tram or (rolling adj stock) OR (rail* near2 (vehicle or car)) or subway or metro* or vehicle or automobile or bus)) AND ((Contactless* or wireless or (non adj contact) or on*line)) AND (((Resonant) or (Resonant adj frequency))) AND (INVERTER));	4건
BB	ALL=((railway or railroad or locomotive or train*1 or tram or (rolling adj stock) OR (rail* near2 (vehicle or car)) or subway or metro* or vehicle or automobile or bus)) AND ((Contactless* or wireless or (non adj contact) or on*line)) AND (((Resonant) or (Resonant adj frequency))) AND (Rectifier or Converter or Regulator or (Load adj shar*)));	9건
BC	ALL=((railway or railroad or locomotive or train*1 or tram or (rolling adj stock) OR (rail* near2 (vehicle or car)) or subway or metro* or vehicle or automobile or bus)) AND ((Contactless* or wireless or (non adj contact) or on*line)) AND (((Resonant) or (Resonant adj frequency))) and (Battery or capacity or charger or (bi adj direction*) or storag*));	7건
C기술		
CA	ALL=((railway or railroad or locomotive or train*1 or tram or	5건

기술구분	검색 조합식	대상논문
	(rolling adj stock) OR (rail* near2 (vehicle or car)) or subway or metro* or vehicle or automobile or bus)) AND ((Contactless* or wireless or (non adj contact) or on*line)) AND (((Resonant) or (Resonant adj frequency))) and (infra* or facility or rail or orbit));	
CB	ALL=(((railway or railroad or locomotive or train*1 or tram or (rolling adj stock) OR (rail* near2 (vehicle or car)) or subway or metro* or vehicle or automobile or bus)) AND ((Contactless* or wireless or (non adj contact) or on*line)) AND (((Resonant) or (Resonant adj frequency))) and ((Electromagnetic adj wave) or EMI or EMC or (Electromagnetic adj interference) or (Electromagnetic adj compatibility) or Shield* or radiat*));	7건

나. 논문기술 동향

□ 논문발표 추이 분석

- 철도 차량용 무선급전 기술의 논문 동향 분석을 위해 해당 기술을 특허와 마찬가지로 3개의 세부기술로 분류하여 검색하였음

< 논문 검색기술 분류 >

- (A기술) 무선급전/ 집전기술, (B기술) 고주파 전력 변환장치 기술, (C기술) 무선급전용 궤도 및 인프라 기술

- 분류된 기술별로 관련 논문을 검색한 결과, 총 20건의 논문만이 해당 기술과 관련이 있는 유효 논문으로 검색되었음
- 이에 따라, 표나 그래프 등으로 도식화하는 것이 불가능하여, 유효논문 목록만 표로 표시하였음

[표 2-24] 유효논문 현황 (총 20건)

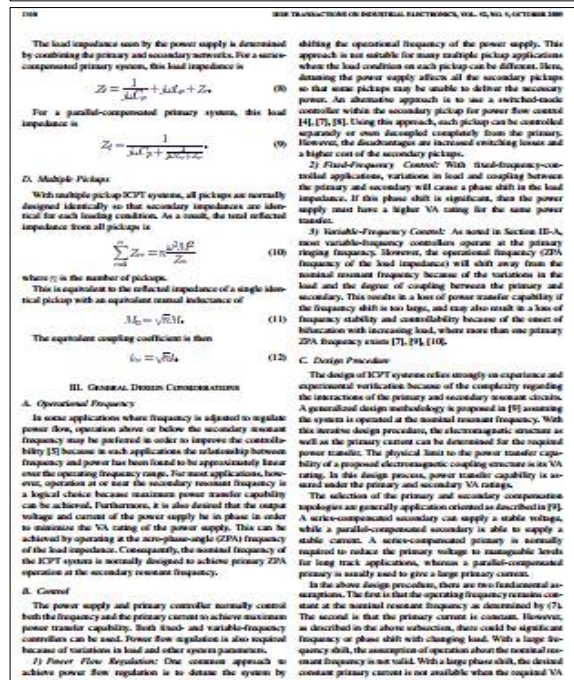
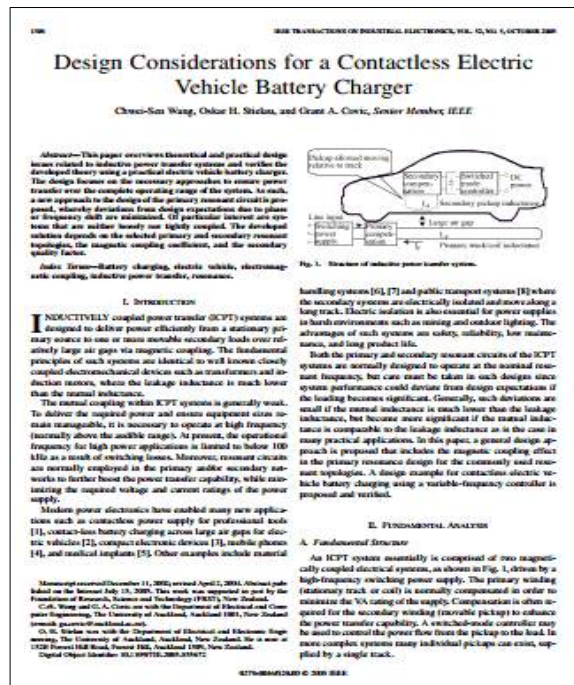
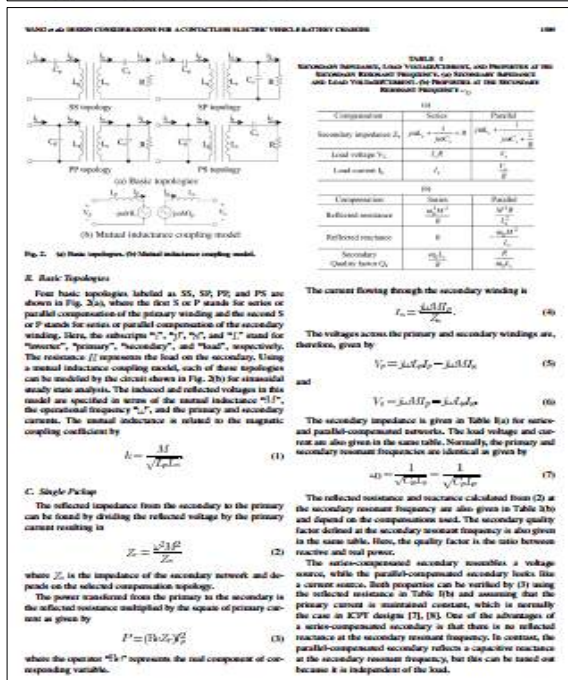
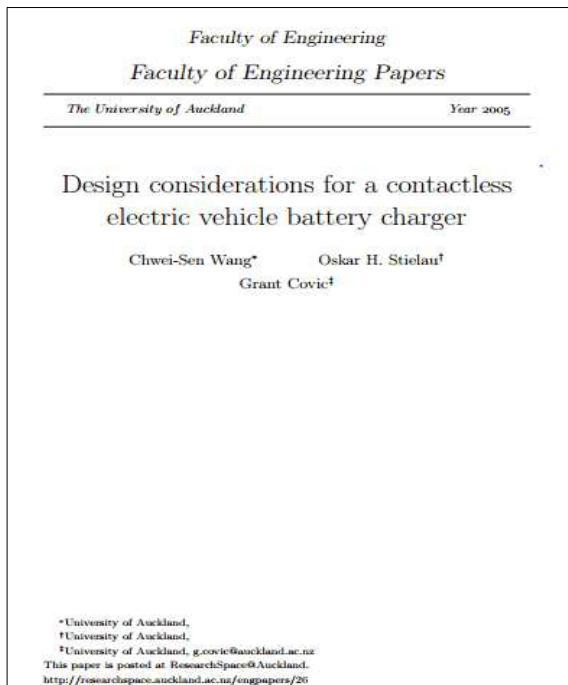
순번	논문 제목	발표 년도	저널명	피인용수 (Forward)
1	Design considerations for a contactless electric vehicle battery charger	2005	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	129
2	Power transfer capability and bifurcation phenomena of loosely coupled inductive power transfer systems	2004	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	90

순번	논문 제목	발표 년도	저널명	피인용수 (Forward)
3	Implementation of LLC-resonant driving circuit, and adaptive CMAC neural network control for linear piezoelectric ceramic motor	2004	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	51
4	Inductive coupler for contactless power transmission	2008	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	25
5	Interphase Mutual Inductance in Polyphase Inductive Power Transfer Systems	2009	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	22
6	Narrow-Width Inductive Power Transfer System for Online Electrical Vehicles	2011	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	19
7	Current sourced bi-directional inductive power transfer system	2011	INST ENGINEERING TECHNOLOGY-IET	9
8	Contactless power interface for plug-in electric vehicles in V2G systems	2011	POLISH ACAD SCIENCES DIV IV	4
9	High-Misalignment Tolerant Compensation Topology For ICPT Systems	2012	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	4
10	Practical Design Considerations for Contactless Power Transfer Quadrature Pick-Ups	2013	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	3
11	A Power-Frequency Controller for Bidirectional Inductive Power Transfer Systems	2013	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	1
12	Finite-Width Magnetic Mirror Models of Mono and Dual Coils for Wireless Electric Vehicles	2013	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	1

순번	논문 제목	발표 년도	저널명	피인용수 (Forward)
13	Improvement in Efficiency of Wireless Power Transfer of Magnetic Resonant Coupling Using Magnetoplated Wire	2011	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	1
14	Estimation of Output Voltage and Magnetic Flux Density for a Wireless Charging System with Different Magnetic Core Properties	2013	KOREAN MAGNETICS SOC	0
15	Low-Power Circuits and Energy Harvesting for Structural Health Monitoring of Bridges	2013	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	0
16	New Cross-Segmented Power Supply Rails for Roadway-Powered Electric Vehicles	2013	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	0
17	Novel Core Structure and Iron-Loss Modeling for Contactless Power Transfer System of Electric Vehicle	2013	WILEY-BLACKWELL	0
18	Contactless power supply system with bidirectional energy transfer for electric vehicle	2011	WYDAWNICTWO SIGMA-NOT SP Z O O	0
19	Numerical Analysis and Design of Moving Contactless High Power Transformer	2011	KOREAN MAGNETICS SOC	0
20	Coil Design and Shielding Methods for a Magnetic Resonant Wireless Power Transfer System	2013	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	0

□ 핵심논문 심층분석

- SCI 논문 : 「Design considerations for a contactless electric vehicle battery charger」
- 저널명 : IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC, 2005
- 저자 : Wang, CS (Univ Auckland, New Zealand)
- 주요 내용 : 본 논문은 유도 전력 전송 시스템과 관련된 이론 및 실제 설계를 이론화 하고, 실제 전기 차량 배터리 충전기를 사용하여 개발된 이론을 증명하는 연구에 대한 내용임



[그림 2-40] 핵심논문 발표현황

□ 종합 분석

- 철도 차량용 무선급전 기술 분야의 전체적인 논문동향을 살펴보면, 1990년부터 현재까지 총 20건의 논문에 불과해 관련 분야 논문이 많이 발표되지 않고 있음을 알 수 있음
- 이는 무선급전기술이 최근 주목받고 있는 신기술 분야로 아직 관련 논문이 많이 발표되지 않았기 때문이며, 또한 해당 기술이 핸드폰, 수송수단(자동차, 버스, 기차 등) 등의 무선전력전송과 관계된 것으로 통신 장비업체, 자동차업체 등 산업계와 관련이 높은 기술이기 때문에 선행기술인 논문 보다는 특허 위주로 기술이 개발되고 있기 때문임
- 다만, 검색된 논문 대부분이 미국의 IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC 저널에 발표(총 20건 중 15건(75%))된 것으로, 향후 연구를 수행함에 있어 관련 저널에 발표된 논문을 중심으로 선행기술을 면밀히 검토할 필요가 있음

2.2.4 철도차량용 무선급전시스템의 기술 개발 동향

가. 도시철도 및 고속철도 무선급전 핵심기술

□ 도시철도용 고효율(60kHz, 240kw급 이상) 핵심 기술

- 도시철도용 고효율(60kHz, 240kW급 이상) 급전기술
 - 인버터와 급전선로에서의 소비전력을 줄이는 것으로써의 효율향상 기술. 인버터 효율 관리를 위해 정전류 제어 방식을 채택함. 급집전 공진을 적절하게 튜닝하는 것을 통한 급전선로 효율 극대화 도모 급전 코일 내 전력 소비 최소화를 위한 적정 도선 사용. 효율적인 자기 밀도를 형성하기 위한 페라이트 코어 물성과 구조 결정
- 에너지 전송효율 향상 기술
 - 급전, 집전 간의 공진을 이용한 전력 공급 기술로서 전자기 유도를 통한 전력공급의 극대화를 도모하는 기술. 공극과 좌우편차 등을 고려한 코일과 코어의 적절한 구조를 갖는 기구 설계. 각 기구별 방열 및 소비에너지 축소를 통한 전반적 전송 효율을 극대화 시키는 기술. 구간 별 에너지 소모를 통제하기 위한 적정 전류 통제 기술. 기구별 부품 소자 변경과 인버터 내 변압기 개발을 통한 효율 향상 도모. 전송효율 향상을 위한 급전선로 코어, 축전기, 케이블의 물성 향상 기술
- 급전구간 구분기술
 - 정차 중 충전 구간과 주행 중 충전 구간을 나누어서 급전하는 기술. 정차 중의 경우만 충전할 때 보다 충전 구간을 많이 확보함으로써 저출력으로 많은 에너지를 배터리에 충전을 가능케 함. 이로써 보다 적은 자기장 방출로 인한 EMF, EMI를 축소하는

효과가 있음. 이와 같은 이유로 급전구간 구분기술은 대중교통에의 적용에 용이한 급전 구조로서 용이함

○ 비접촉 공극 저장기술

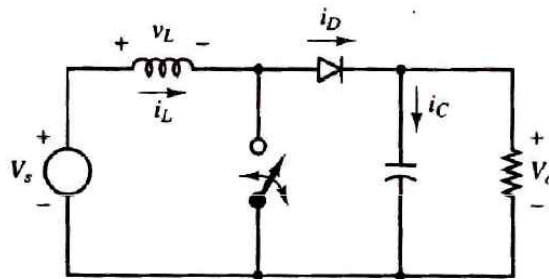
- 지면 하부에 급전 선로 설치 시 적절한 철골 구조물 및 콘크리트 구조를 만드는 것으로 도로 크랙 방지. 공극을 저장하는 기술. 적절한 코어 형태와 코일의 EMF 차폐판 반경을 최소화하는 것으로써 공극을 저장하는 기술

○ 시공비 저감기술 등 실용화를 위한 핵심기술 정의

- 효율적인 전력공급을 통한 인버터 수 최소화, 급전선로 폭 최소화, 케이블 사용량의 최소화에 따른 시공비 저감. 효율성과 원가 절감을 고려한 지면 하부 급전 선로 받침대 설계. 인버터와 캡박스의 최소화와 규격화. 플랫폼과 기구들 간의 실용성을 고려한 기구설계

○ 전압안정화 관련 기술

- 레귤레이터와 DC/DC를 연계한 전압 제어 기술 : 모터 구동과 배터리 방전에 따른 레귤레이터 뒷단 전압 변동을 제어하는 기술. 레귤레이터의 스위칭 타임을 이용하여 레귤레이터 뒷단에 걸리는 전압을 조정하는 기술로서 813V를 기준으로 790V이상의 범위 내에서 적용됨. 레귤레이터 뒷단 전압이 790V이하가 되는 경우 배터리에 충전된 전자가 DC/DC를 통해 방출하는 것으로써 레귤레이터 뒷단 전압제어를 보조함. 현재 사용되고 있는 레귤레이터는 부스트 컨버터로써 기능함. 부스트 컨버터의 회로도 [그림 54]와 같음



[그림 2-41] 레귤레이터 회로도

- 그 결과 레귤레이터 스위칭 타임(D)에 따른 입출력 전압의 관계는 $V_0 = \frac{V_s}{1-D}$ (1)
식(1)과 같이 기술되므로 출력 전압 V_0 는 D를 조정하는 것으로써 조정됨. D는 항상 1보다 작으므로 D가 클수록 큰 출력 전압을 제공함. 레귤레이터 뒷단의 전압이 급강하할 때 DC/DC 또한 부스트 컨버터로 작동하기 때문에 동작원리는 레귤레이터와 같음. 레귤레이터와 DC/DC 모두를 사용하기 때문에 전압변화가 급격한 경우 안정화 제어에 더욱 유리함
- 고속 스위칭을 통한 출력전압 변화율 축소화 기술 : 전압 변화율(f)은 $\frac{\Delta V_0}{V_0} = \frac{D}{RCf}$ (2)
식(2)와 같이 스위칭 주파수에 반비례하므로 고속 스위칭을 통해 축소됨. 이에 따라 레귤레이터 뒷단 전압의 상시적 안정화를 보조함

○ 방열기술

- 도시철도용 급전 인버터의 주요 열방출 소자부분에 집중적으로 열이 발생함. 이 열을 외부로 방출시키기 위한 방열기술 고안 및 설계/제작
- 도시철도용 급전 인버터 내부의 온도를 상승시키는 주요 열원부분을 직접 방열판에 부착하여 공랭식 혹은 수냉식 방법으로 내부에 누적되는 열을 급전 인버터 외부로 방출시킴
- 도시철도용 급전 인버터의 방열판을 설계할 경우, 공랭식의 경우 핀의 형상과 개수에 따른 열방출 모의테스트가 요구됨. 수냉식의 경우 수로의 경로와 단면의 형상에 따른 유동 모의테스트가 요구됨
- 도시철도용 급전 인버터는 60kHz의 높은 스위칭 주파수이기 때문에, 급전 인버터 내부의 스위칭 소자 온도가 급격히 상승할 수 있고, 온도를 빠르게 방출할 수 있는 메커니즘이 필요함
- 도시철도용 급전 인버터는 내부 열원에 의해 온도가 상승되었을 경우, 고온으로 인한 스위칭 소자의 소손을 방지하기 위한 프로텍션 기능이 필수적으로 요구됨
- 도시철도용 급전 선로의 페라이트 코어와 급전 케이블 부분에서 발생하는 열로 인해 공진 캐패시터의 오작동이 유발될 수 있어 방열 설계/제작이 필요함
- 도시철도용 급전 선로의 페라이트 코어에서 발생한 열을 공랭식 혹은 수냉식 방법으로 외부로 방출
- 도시철도용 급전 선로의 경우 주행중/정차중 상황에 따른 적절한 방열기술 선정 및 개발

나. 고속철도용 대용량(60kHz, 9.8Mw급 이상) 급전 인버터, 선로 방열기술

□ 고속철도용 고효율(60kHz, 9.8Mw급 이상) 핵심 기술

○ 고속철도용 대용량(60kHz, 9.8Mw급 이상) 급전

- 대용량 인버터 설계 : 최대 출력 9.8Mw 이상을 만족하기 위해서는 인버터는 최대 12MW 급의 파워를 전달할 수 있어야 함. 이를 하나의 인버터로 만들 경우 매우 큰 비용이 들고 유연성이 떨어지기 때문에 분산형 인버터의 활용이 필요함. 550Kw 급의 인버터 20개 의 병렬운전으로 파워를 공급할 수 있음
- 인버터의 입력 전원부 : 인버터의 입력단은 AC 입력, DC 입력으로 구분해서 고려해야 함. AC 입력 의 경우 인버터 내부의 정류장치를 필요로 함. PCR 정류기 혹은 IGBT 정류기를 이용하여 정류와 동시에 전압의 제어를 함. 추가적인 전력 변환 장치가 없이도 전압 제어를 할 수 있음. DC 입력의 경우 정류 전압을 이용함으로써 각 분산형 인버터의 크기를 줄일수 있음. 하지만 추가적인 전력 변환 장치가 필요함. 일반적으로 추가적인 전력 변환장치의 속도가 빠르기 때문에 과도상태 응답 측면에서 유리함

- 출력 전류 제어기 : 출력 전류 제어기는 PWM, PAM 방식의 두가지를 이용할 수 있음
PAM 방식은 정류 전압의 크기를 제어하여 출력 전류를 제어하는 방식으로 전압의 상이 항상 일정하기 때문에 선로의 공진 보상에 유리함. 하지만 DC 전압의 가변 성능에 따라 과도 상태 응답에서 불리함. PWM 방식은 전압의 폭을 조절함으로써 출력 전류를 제어하는 방식. 이는 매우 빠른 응답속도를 가지기 때문에 과도응답 특성이 좋음. 하지만 항상 전압의 폭이 변화하기 때문에 선로 공진 보상 측면에서 불리함. 이를 보완하기 위해 PAM-PWM을 동시에 이용하는 방식의 제어기가 필요함. 과도 상태에서는 PWM을 이용하고 정상상태에서는 PAM 방식을 이용하여 과도 특성과 정상상태 공진 보상 특성을 모두 만족하는 제어기의 설계가 필요함
- 출력전류 상 : 기존의 인버터 출력은 단상 교류 전원이었음. 이는 고속철도와 같은 고출력 시스템에서 3상 전원에 비해 효율이 떨어짐. 따라서 출력을 3상 교류 전원으로 생성하는 것이 전체 시스템에서 유리함. 따라서 60kHz 의 고주파 대전력 3상 출력 이 가능한 전기 회로와, 제어기의 설계가 필요함

○ 에너지 전송효율 향상기술

- 인버터 최적화 : 인버터의 손실을 줄일수 있는 최적의 설계가 필요. 인버터의 전기회로의 최적화 및 인버터 출력 변압기, 인버터 내부 전선 손실, 인버터 방열 등을 모두 고려한 손실 측정이 필요하고 이에 따른 최적 설계가 필요함.
- 급전 선로 최적화 : 급전선로에서 발생하는 전선 손실을 최소화하기 위한 전선의 개발이 필요함. 또한 직선구간에서의 공진 보상을 위한 60kHz 용 교류 전선을 개발이 필요함. 또한 급전 코어의 형상에 따른 코어 손실을 줄이기 위한 최적 설계안이 필요함

○ 급전구간 구분기술

- 급전 선로의 구분은 땅에 묻은 자석을 이용하여 차량에서 이를 감지함. 이를 차량정보와 함께 Master 제어기에 전송함. 인버터는 인버터의 상태정보를 상상 Master 제어기에 전송하고, Master 제어기에서는 각종 상태의 정보를 바탕으로 세그먼트이션을 구분함. 이는 자계 센서와 차량간의 통신, 차량과 Master 제어기와의 무선통신, Master 제어기와 인버터 간의 무선 통신으로 이루어지는 시스템으로 통신 속도와 통신 라인의 강인성이 연구되어 져야함. 또한 세그먼트의 길이와 구간간의 거리를 최적화 하여 통신 속도 내에서 충분한 제어가 이루어 질수 있도록 연구 하여야 함

○ 시공비 저감기술

- 인버터 가용범위 확장 : 한 대의 인버터를 이용하여 최대한 넓은 범위의 거리를 관리 할 수 있는 선로 구조를 연구. 이는 거리당 인버터의 가격을 낮추어 경제성을 확보하는데 매우 중요한 요소임. 이는 하나의 분산형 인버터가 여러개의 서로 인접하지 않은 세그먼트를 관리하는 것으로, 이를 바탕으로 거리의 확장을 할 수 있을 것이라 예상됨
- 급전 구조 최적 기구 설계 : 최소의 재료를 이용하여 최대의 효율과 전력전달을 이룰 수 있는 최적화 가 필요함. 전선의 수, 코어의 사이즈, 시공방법의 용이성이 모두

고려되어야 함. 이를 최적화함으로써 경제성을 확보할 수 있을 것으로 예상됨

○ 방열기술

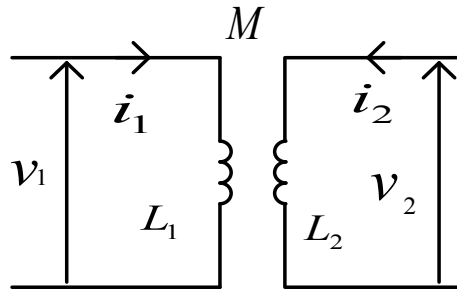
- 고속철도용 급전 인버터의 주요 열방출 소자부분에 집중적으로 열이 발생함. 이 열을 외부로 방출시키기 위한 방열기술 고안 및 설계/제작
- 고속철도용 급전 인버터 내부의 온도를 상승시키는 주요 열원부분을 직접 방열판에 부착하여 공랭식 혹은 수냉식 방법으로 내부에 누적되는 열을 급전 인버터 외부로 방출시킴
- 도시철도용 급전 인버터의 방열판을 설계할 경우, 공랭식의 경우 핀의 형상과 개수에 따른 열방출 모의테스트가 요구됨. 수냉식의 경우 수로의 경로와 단면의 형상에 따른 유동 모의테스트가 요구됨
- 고속철도용 급전 인버터는 60kHz의 높은 스위칭 주파수이기 때문에, 급전 인버터 내부의 스위칭 소자 온도가 급격히 상승할 수 있고, 온도를 빠르게 방출할 수 있는 메커니즘이 필요함
- 고속철도용 급전 인버터는 내부 열원에 의해 온도가 상승되었을 경우, 고온으로 인한 스위칭 소자의 소손을 방지하기 위한 프로텍션 기능이 필수적으로 요구됨
- 고속철도용 급전 선로의 페라이트 코어와 급전 케이블 부분에서 발생하는 열로 인해 공진 캐패시터의 오작동이 유발될 수 있어 방열 설계/제작이 필요함
- 고속철도용 급전 선로의 페라이트 코어에서 발생한 열을 공랭식 혹은 수냉식 방법으로 외부로 방출
- 고속철도용 급전 선로의 경우 주행중/정차중 상황에 따른 적절한 방열기술 선정 및 개발

다. 도시철도차량 적용을 위한 고효율 유도급전 핵심기술 개발 및 시험차량 적용

□ 도시철도용 집전 핵심기술 개발 (집전모듈 4MW)

○ 도시철도용 집전 핵심기술 (60kHz, 4MW급) 정의

- 기본적으로 집전장치는 다음 그림과 같이 코어와 코일로 구성됨. 코어의 재료는 투자율이 높은 자성체로 선정하여 공극을 통해 올라오는 자기장을 최대한 받아들이 수 있도록 하고 코어에 권선된 코일에 AC 전압이 유도됨. 이를 회로로 표현하면 다음 그림과 같음



[그림 2-42] 급/집전 시스템 간략 회로도

- 코일에 유도되는 전압은 급전의 전류, 주파수, 집전장치의 코일 턴 수, 코어의 크기에 비례하며 공극에 반비례함. 우리는 이러한 변수들의 최적화를 통해 원하는 용량의 집전장치를 설계할 수 있게 됨. 본 과제에서는 도시철도에 적용될 수 있는 아래 사양의 집전장치 개발을 목표로 함

[표 2-25] 집전장치 사양

구 분				내 용
집전 장치	전기적 사양	용량		100 kW/module
		공극		70 mm (코어 간 90 mm)
		교류 출력	정격전압	AC 4,000 V @ 60 kHz
			정격전류	60 A
		직류 출력	출력전압	DC 1,800 V
			출력전류	55 A
	기구적 사양	모듈 크기		1,600 (W) x 800 (D) x 180 (H) mm

라. 도시철도차량 고효율 유도급전기시스템 Test-Bed 구축 및 성능평가 기술 개발

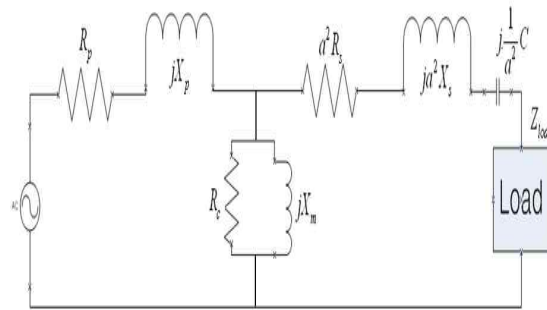
□ 도시철도용 집전 실용화기술 개발 (집전모듈의 전기철도차량 적용 및 실용화)

○ 도시철도용 대용량 (60kHz, 240 kW급 이상) 에너지 전송효율 향상기술 정의

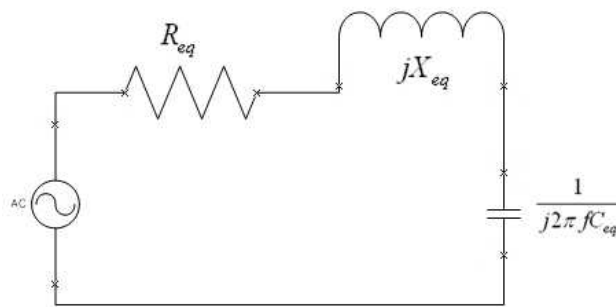
- 집전기술이 적용되는 무선 에너지 전송의 효율은 1차측과 2차측 간의 공진 매칭에 결정됨. 교류 에너지원의 사용으로 인해 에너지 전달의 저항이 임피던스 값이 되며 아래와 같이 표현됨

$$Z = R + jX$$

- 집전기술을 적용한 에너지 전송 시스템의 회로도는 아래 그림 2와 같으며 공진 매칭이 됐을 경우 다음 그림과 같이 표현할 수 있음



[그림 2-43] 무선 에너지 전송 회로도

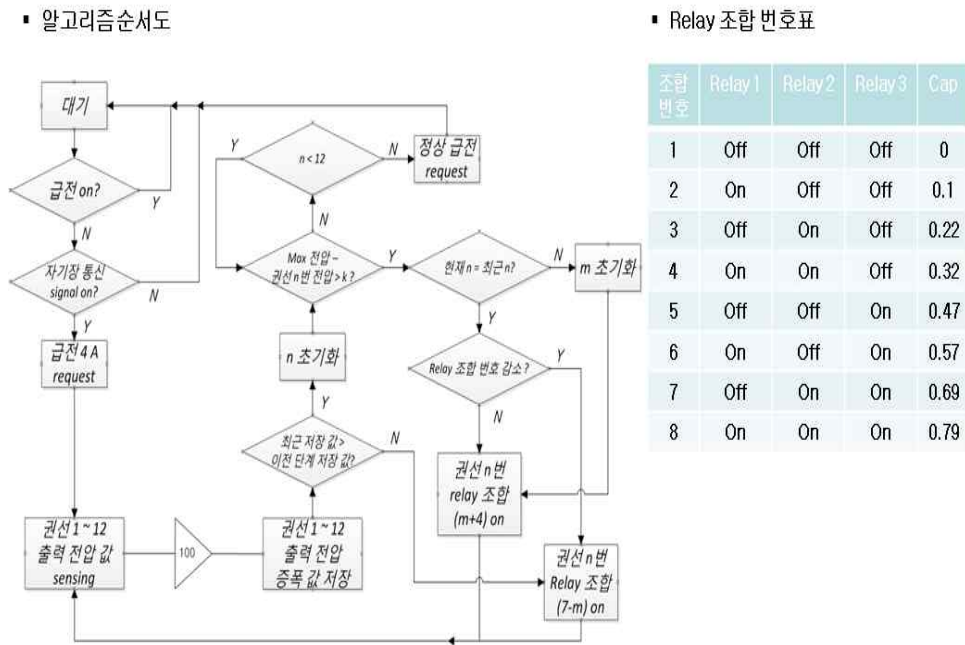


[그림 2-44] 집전장치 공진 회로

- 위의 회로와 같이 공진 매칭이 이루어진 경우 에너지 전달의 방해요소인 임피던스는 아래와 같이 변함

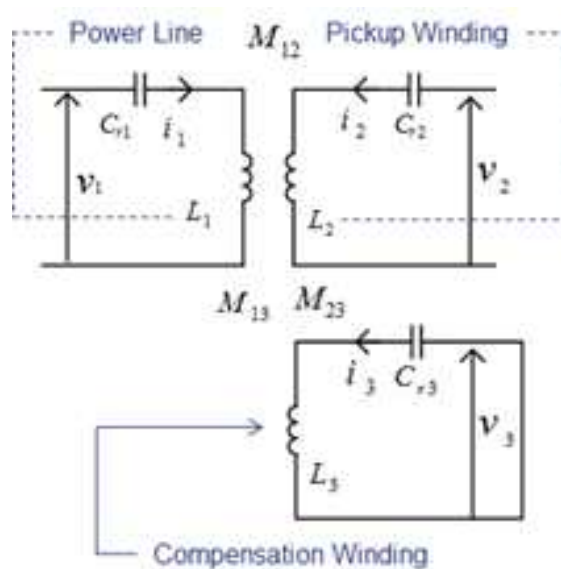
$$\begin{aligned} Z &= R + jX = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \\ \rightarrow j\omega L + \frac{1}{j\omega C} &= 0 \rightarrow f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \\ \rightarrow Z &= R \end{aligned}$$

- 이러한 공진 매칭을 위해서는 코일 권선으로 인해 생긴 정해진 L값에 맞는 C값 선정이 필요하며 이를 캐패시턴스 보상이라 하며 전송 전력의 크기를 tracking하며 각 시스템에 맞는 C값을 선정할 수 있는 자동 공진 보상 시스템을 통해 효율의 상승을 꾀할 수 있음
- 이러한 자동 공진 보상 시스템의 알고리즘은 다음과 같음



[그림 2-45] 자동 공진 보상 시스템 알고리즘

- 다른 방법으로는 보상 권선 기법이 사용될 수 있음



[그림 2-46] 별도의 보상권선을 이용한 공진 시스템의 개략도

○ 시철도용 대용량 (60kHz, 4MW급 이상) 집전 가격 저감기술 정의

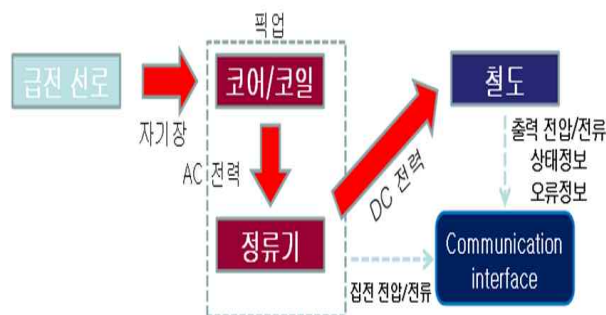
- 기존 버스에 적용되던 20 kHz 집전기술 대비하여 도시철도용 집전기술의 경우 집전 모듈 당 용량은 5배가 되었지만 가격은 오히려 더 저감시킬 수 있는 요소들을 갖추고 있음
- 버스 대비 줄어든 1차측과 2차측 코어 간 거리 (23 cm → 9 cm)와 상승된 공진 주파수 (20 kHz → 60 kHz)가 그것들임. 이 요소들을 고려하면 버스에 적용되던 집전기술을 철도에 그대로 적용할 경우 기존 20 kW 출력 대비 7.5배 정도의 출력을 얻을 수 있을 것으로 예상되며 이에 도시철도용 집전모듈은 더 큰 용량을 갖는 동시에 소형화 및 경량화 그리고 이에 따른 가격 저감이 가능함
- 감소한 공극과 상승한 주파수에서 얻어지는 gain을 코어 감량 혹은 코일 턴 수 감소에 활용할 수 있는 것임. 또한 코일 턴 수가 감소하면 필요한 공진 캐패시터의 개수도 줄어듦

마. 고속철도차량 적용을 위한 유도급전 핵심 및 실용화 기술 개발

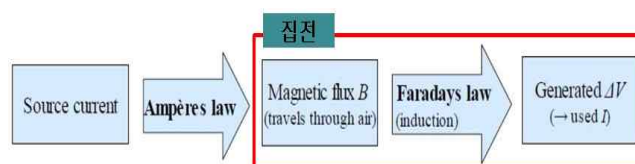
□ 고속철도용 집전 핵심 및 실용화기술 개발 (대용량 집전모듈)

○ 고속철도용 대용량 (60kHz, 9.8MW급 이상) 집전기술 정의

- 아래의 그림과 같이 고속철도용 집전 기술은 급전 선로에서 발생된 자기장 에너지를 받아들여 이를 전기 에너지로 변환하고 이를 철도 동력 장치 혹은 배터리에 공급하는 기술임. 기본적으로 이런 에너지 변환 과정은 암페어의 법칙과 패러데이의 법칙을 따름. 여기서 집전 기술은 패러데이의 법칙 부분임

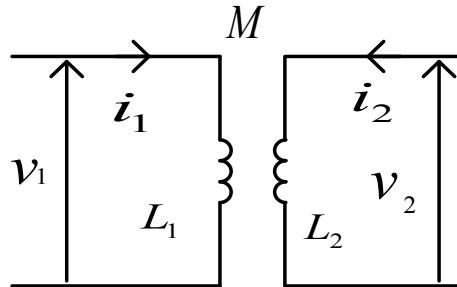


[그림 2-47] 무선 충전 철도 시스템 개략도



[그림 2-48] 전 기술의 에너지 변환도

- 기본적으로 집전장치는 다음 그림과 같이 코어와 코일로 구성됨. 코어의 재료는 투자율이 높은 자성체로 선정하여 공극을 통해 올라오는 자기장을 최대한 받아들이 수 있도록 하고 코어에 권선된 코일에 AC 전압이 유도됨. 이를 회로로 표현하면 다음 그림과 같음



[그림 2-49] 급/집전 시스템 간략 회로도

- 코일에 유도되는 전압은 급전의 전류, 주파수, 집전장치의 코일 턴 수, 코어의 크기에 비례하며 공극에 반비례함. 우리는 이러한 변수들의 최적화를 통해 원하는 용량의 집전장치를 설계할 수 있게 됨. 본 과제에서는 고속철도 HEMU에 적용될 수 있는 아래 사양의 집전장치 개발을 목표로 함

[표 2-26] 집전장치 사양

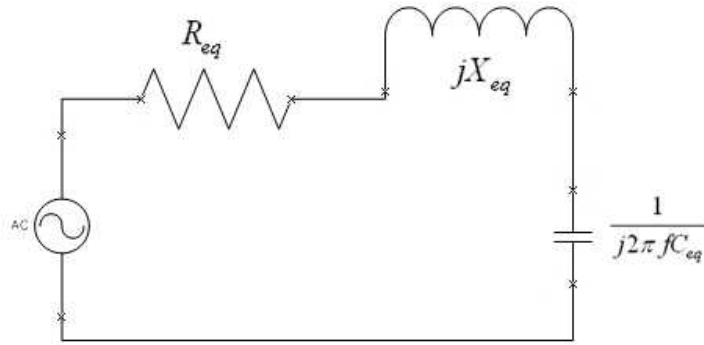
구 분				내 용
집전 장치	전기적 사양	용량		500 kW/module 이상
		공극		70 mm (코어 간 90 mm)
		교류 출력	정격전압	AC 5,000 V @ 60 kHz
			정격전류	70 A
		직류 출력	출력전압	DC 2,800 V
			출력전류	180 A
	기구적 사양	모듈 크기		1,600 (W) x 800 (D) x 180 (H) mm

○ 고속철도용 대용량 (60kHz, 9.8MW급 이상) 에너지 전송효율 향상기술 정의

- 집전기술이 적용되는 무선 에너지 전송의 효율은 1차측과 2차측 간의 공진 매칭에 결정됨. 교류 에너지원의 사용으로 인해 에너지 전달의 저항이 임피던스 값이 되며 아래와 같이 표현됨

$$Z = R + jX$$

- 집전기술을 적용한 에너지 전송 시스템의 회로도는 아래 그림 2와 같으며 공진 매칭이 됐을 경우 다음 그림과 같이 표현할 수 있음



[그림 2-50] 집전장치 공진 회로

- 위의 회로와 같이 공진 매칭이 이루어진 경우 에너지 전달의 방해요소인 임피던스는 아래와 같이 변함

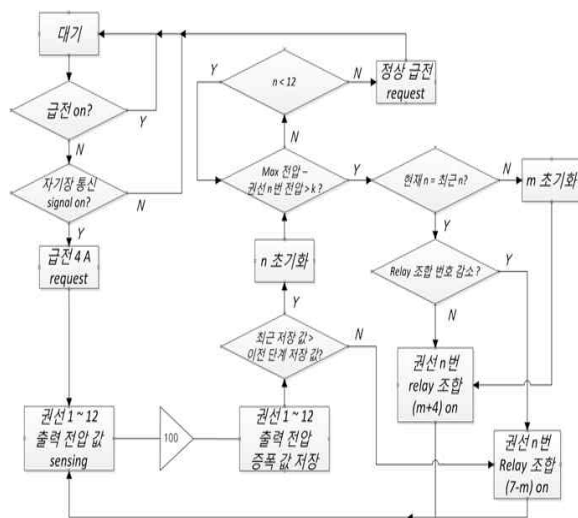
$$Z = R + jX = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}$$

$$\rightarrow j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = 0 \rightarrow f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$\rightarrow Z = R$$

- 이러한 공진 매칭을 위해서는 코일 권선으로 인해 생긴 정해진 L값에 맞는 C값 선정이 필요함. 이를 캐패시턴스 보상이라 하며 전송 전력의 크기를 tracking하며 각 시스템에 맞는 C값을 선정할 수 있는 자동 공진 보상 시스템을 통해 효율의 상승을 꾀할 수 있음
- 이러한 자동 공진 보상 시스템의 알고리즘은 다음과 같음

■ 알고리즘순서도

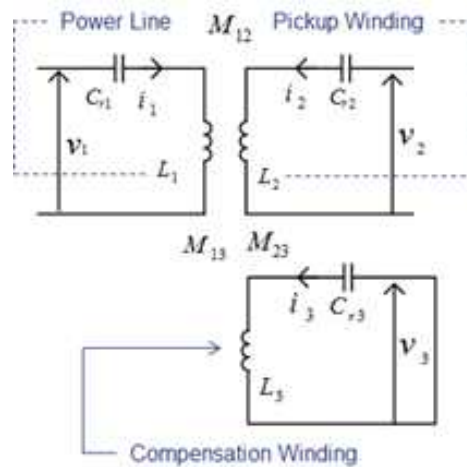


■ Relay 조합 번호표

조합 번호	Relay 1	Relay 2	Relay 3	Cap
1	Off	Off	Off	0
2	On	Off	Off	0.1
3	Off	On	Off	0.22
4	On	On	Off	0.32
5	Off	Off	On	0.47
6	On	Off	On	0.57
7	Off	On	On	0.69
8	On	On	On	0.79

[그림 2-51] 자동 공진 보상 시스템 알고리즘

- 다른 방법으로는 보상 권선 기법이 사용될 수 있음



[그림 2-52] 별도의 보상권선을 이용한 공진 시스템의 개략도

○ 고속철도용 대용량 (60kHz, 4MW급 이상) 집전 가격 저감기술 정의

- 기존 버스에 적용되던 20 kHz 집전기술 대비하여 도시철도용 집전기술의 경우 집전 모듈 당 용량은 5배가 되었지만 가격은 오히려 더 저감시킬 수 있는 요소들을 갖추고 있음. 버스 대비 줄어든 1차측과 2차측 코어 간 거리 (23 cm → 9 cm)와 상승된 공진 주파수 (20 kHz → 60 kHz)가 그것들임.
- 이 요소들을 고려하면 버스에 적용되던 집전기술을 철도에 그대로 적용할 경우 기존 20 kW 출력 대비 7.5배 정도의 출력을 얻을 수 있을 것으로 예상되며 이에 고속철도용 집전모듈은 더 큰 용량을 갖는 동시에 소형화 및 경량화 그리고 이에 따른 가격 저감이 가능함. 감소한 공극과 상승한 주파수에서 얻어지는 gain을 코어 감량 혹은 코일 턴 수 감소에 활용할 수 있는 것임 또한 코일 턴 수가 감소하면 필요한 공진 캐패시터의 개수도 줄어들음
- 150 kW 예상 출력 모듈을 100 kW 출력으로 맞추는 과정에서 집전모듈 무게에 가장 큰 영향을 미치는 코어 혹은 코일을 기존에 비해 1/3 정도 줄일 수 있어 소형 및 경량화가 가능하며 가격 저감 또한 이루어지게 됨

2.3. 기술수요 및 기술예측 조사

2.3.1. 기술수요 조사

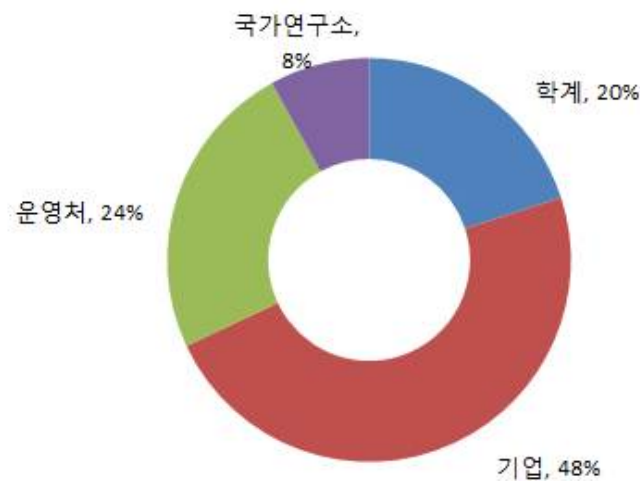
가. 조사 개요

□ 조사목적

- 국내 철도차량 분야에서 현재 적용 또는 개발 중인 무선급전기술을 이용하는 세부 적용분야를 조사하고, 철도건설 및 운영기관, 철도산업계에서 필요로 하는 무선급전 기술의 요구사항 및 활용분야 파악

□ 조사대상

- 철도차량 분야에 관련된 산업계(12명), 학계(5명), 연구기관(2명), 운영처(6명)의 전문가를 대상으로 기술수요 조사 실시



[그림 2-53] 기술수요 조사대상 특성

□ 조사기간

- 조사기간은 2013년 7월 1일에서 7월 19일까지 3주간 진행

□ 조사방법

- 분야별 전문가 그룹을 대상으로 워크숍 참석자, 방문 인터뷰를 통해 조사 진행

□ 조사절차

- 기술수요 조사의 절차는 수요조사 항목 개발, 조사 항목 검토, 수요조사 수행, 수요조사 결과분석, 연구개발 수요도출의 5단계로 진행



[그림 2-54] 기술수요 절차

□ 조사내용

- 설문 문항은 철도차량 무선급전기술 관련 문항(20개)과 인적사항 관련 문항으로 구성됨

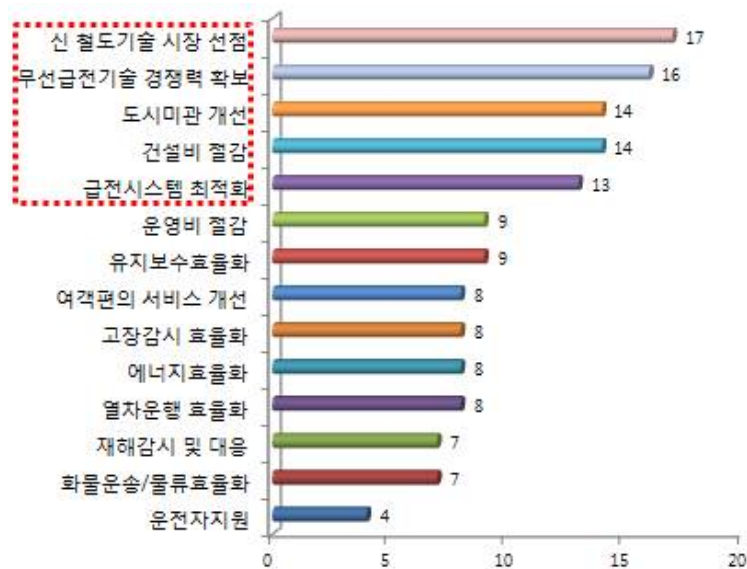
[표 2-27] 기술수요 조사내용

설문분류	설문내용	설문형태
철도차량 무선급전 기술 일반사항	1. 산업기술분야에서의 업무수행 분야	개방형
	2. 철도차량 무선급전기술의 중요성	선택형/개방형
	3. 철도차량 무선급전기술 또는 유사기술의 활용 여부	선택형/개방형
	4. 활발히 적용되고 있는 무선급전기술	개방형
	5. 시급한 연구가 필요한 철도차량 무선급전기술 분야	선택형/개방형
	6. 철도차량 무선급전기술 개발의 필요성	선택형
	7. 철도차량 무선급전기술의 성능요구사항 세부분야 정의 필요성	선택형
	8. 철도차량 무선급전기술의 성능요구사항 세부분야 분류 구분	선택형/기타
	9. 철도차량 무선급전기술의 성능요구사항 중요 항목	선택형/기타
	10. 고속철도차량 기술상의 문제점	선택형/개방형
	11. 국내외 무선급전기술 보유기관 또는 제작사	선택형/개방형
	12. 국내외 무선급전기술관련 전문가	선택형/개방형
	13. 철도차량 무선급전기술 활용시 기대효과	개방형
	14. 철도차량 무선급전기술 분야별 활용시 세부활용방안	개방형
철도차량 무선급전 기술 관련 과제제안	15. 제안하는 연구과제 제목	개방형
	16. 기술개발필요성	개방형
	17. 연구개발 내용	개방형
	18. 기대효과 및 파급효과	개방형
	19. 예산 및 기간	개방형
	20. 과제 제안자 정보	개방형
인적사항	성명, 회사명, 소속부서, 직위, 전화번호, e-mail	개방형

나. 조사 결과

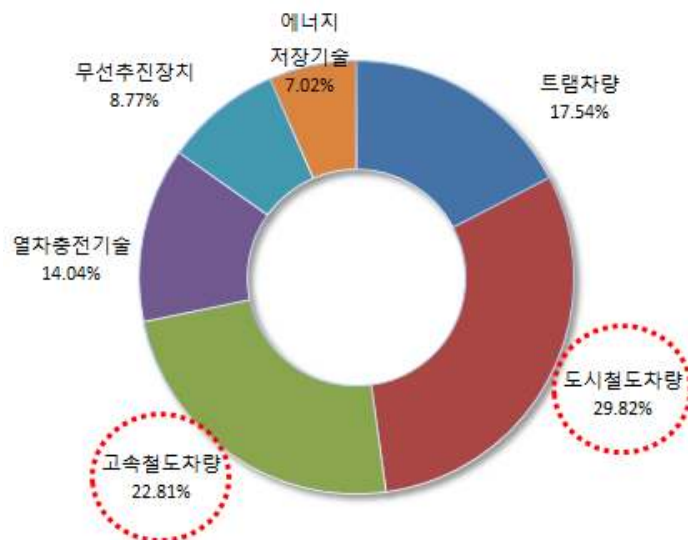
□ 수요조사 결과

- 철도차량 무선급전기술 필요성으로 기술확보를 통한 글로벌 시장 선점, 경쟁력 확보 및 도시미관 개선, 건설비 저감 등의 철도 선진화, 첨단화, 효율화 추진이 필요한 것으로 나타남



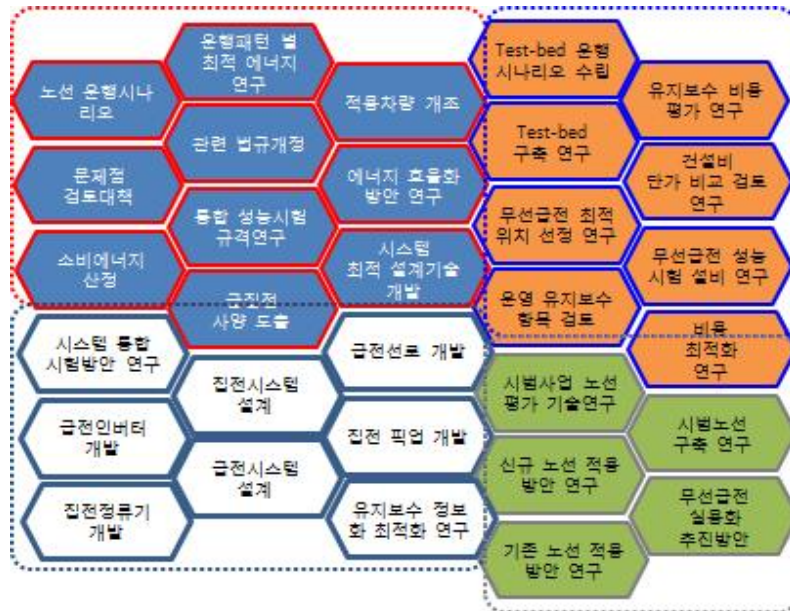
[그림 2-55] 철도차량 무선급전기술 필요성

- 철도차량 무선급전기술 우선확보 분야에서는 도시철도차량, 고속철도차량 분야의 무선급전 기술이 우선적으로 연구되어야 하는 것으로 나타남



[그림 2-56] 철도차량 무선급전기술 우선확보 분야

- 철도차량 무선급전 기술 관련 연구수요를 파악한 결과 노선 운행시나리오 등 총 31개의 무선급전 관련 연구가 필요한 것으로 파악됨
- 31개 무선급전 관련 연구는 크게 무선급전 통합 SE 및 성능 시험 기술, 무선 급집전 시스템 기술, 무선급전 Test-bed 기술, 무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구 개발의 4가지 연구내용으로 구분됨



[그림 2-57] 철도차량 무선급전기술 관련 연구개발 내용

- 31개의 연구개발 내용이 클러스터링된 4가지 연구내용을 기술수요 조사에서 도출된 연구개발분야(도시철도, 고속철도)로 구분한 결과 총 7개의 세부 연구분야가 도출되었음

연구내용	연구개발분야	
	도시철도용	고속철도용
무선급전 통합 SE 및 성능 시험 기술	도시철도용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발	고속철도용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발
무선 급집전 시스템 기술	도시철도용 무선급집전 시스템 기술 개발	고속철도용 무선급집전 시스템 기술 개발
무선급전 Test-bed 기술	도시철도용 무선급전 Test-bed 기술개발	고속철도용 무선급전 Test-bed 기술개발
무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구 개발		

[그림 2-58] 철도차량 무선급전기술 연구개발 분야

2.3.1. 기술예측 조사

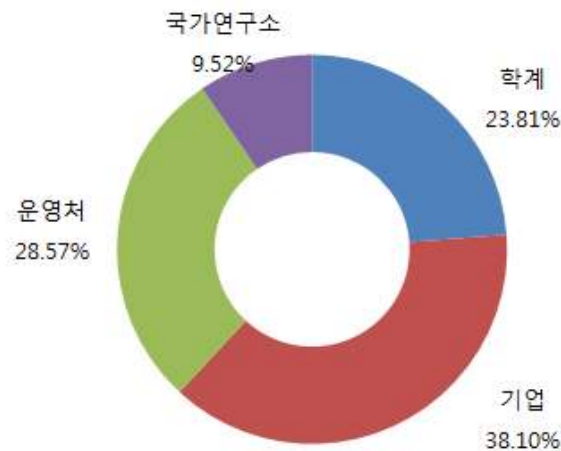
가. 조사 개요

□ 조사목적

- 수요조사에서 도출된 철도분야 무선급전기술 연구개발 분야를 토대로 1차적으로 선정된 기획과제 연구 분야들의 중요도, 국내기술 수준 등을 조사하여 기술개발 추진방향 수립을 위한 기초자료로 활용함

□ 조사대상

- 철도차량 분야에 관련된 산업계(8명), 학계(5명), 연구기관(2명), 운영처(6명)의 전문가를 대상으로 기술수요 조사 실시



[그림 2-59] 기술예측 조사대상 특성

□ 조사방법 및 기간

- 분야별 전문가 그룹을 대상으로 방문 인터뷰를 통한 기술예측 조사 수행
- 조사기간은 2013년 8월 5일에서 8월 19일까지 2주간 진행

□ 조사절차

- 기술예측 조사의 절차는 예측조사 항목 개발, 조사 항목 검토, 방문인터뷰 수행, 예측조사 결과분석의 5단계로 진행



[그림 2-60] 기술예측 조사 절차

□ 조사내용

- 기술예측 대상 연구 분야는 도시철도차량용 무선급전 기술개발 및 실용화 과제 4개와 고속철도 차량용 무선급전 기술개발 과제 3개로 총 7개로 구성됨

[표 2-28] 기술예측 대상 연구 분야

분류	연구분야 명
도시철도 차량용 무선급전 기술개발 및 실용화	도시철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발
	도시철도용 고효율 급집전시스템 기술개발
	도시철도차량용 무선급전 Test-Bed 기술개발
	도시철도차량용 무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구 개발
고속철도 차량용 무선급전 기술개발	고속철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발
	고속철도용 대용량 급집전시스템 기술개발
	고속철도용 무선급전 Test-Bed 기술개발

- 설문 문항은 철도차량 무선급전기술 관련 문항과 인적사항 관련 문항으로 구성됨

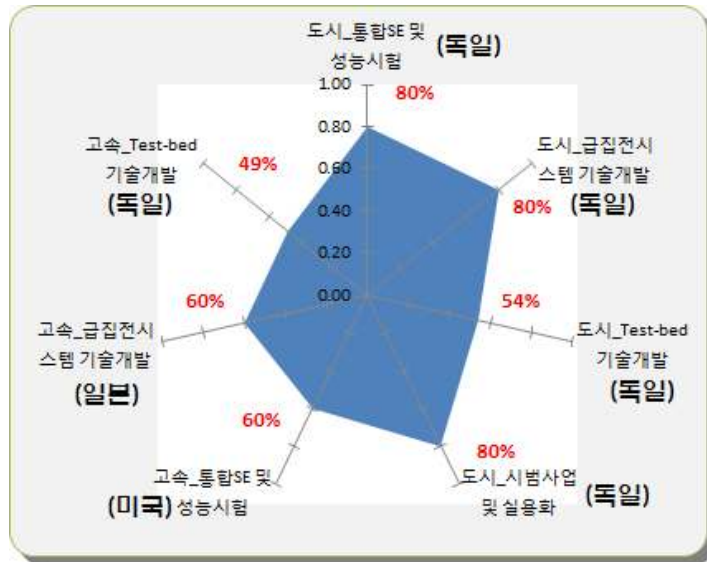
[표 2-29] 무선급전 철도차량 미래기술 예측조사 항목

조사 항목	내 용
전문도	델파이 조사에 응하는 전문가의 해당 분야(기술)에 대한 기술적 전문도
중요도	해당 기술의 무선급전 철도차량 실용화 기술, 사회경제 등의 발전에 미치는 영향 정도
국내기술 수준	최고 기술 보유국 기술수준(100%) 대비 국내의 현재 기술수준의 정도
최고기술보유국	해당 예측기술에 대한 현재 기술수준이 가장 앞서있는 국가 선정
기술 성숙도	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 기여도 구분
기술획득 방식	기술을 획득하기 위한 추진방식 선택
실현상의 장애요인	해당기술을 실현하는데 장애가 되는 요인을 모두 선택
인적사항	성명, 소속기관/회사명, 소속부서, 직위, 전화번호, e-mail을 기입

나. 조사 결과

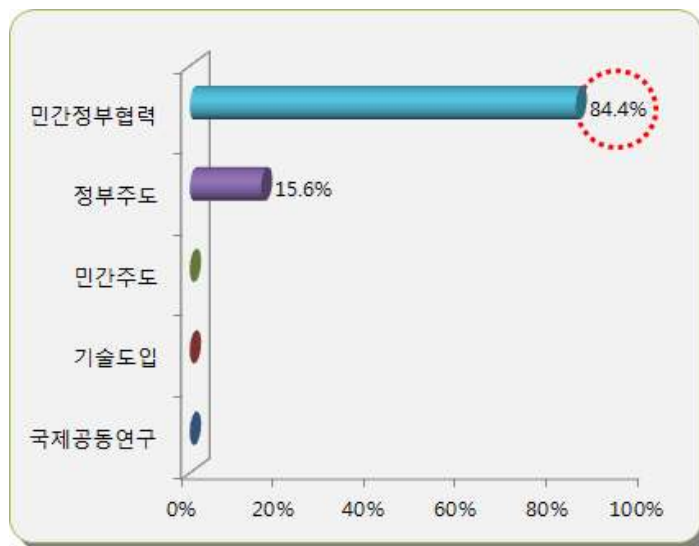
□ 예측조사 결과

- 무선급전기술 분야는 독일, 일본, 미국 등이 선도하고 있는 것으로 나타남



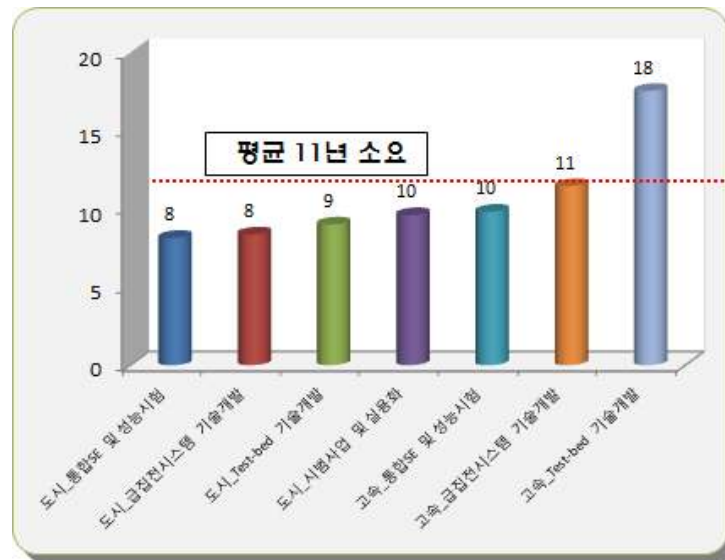
[그림 2-61] 국내 무선급전기술 분야별 수준

- 우리나라와 무선급전기술 최고수준 국가와의 격차를 좁히기 위해서는 민간정부협력 방식이 필요한 것으로 분석됨



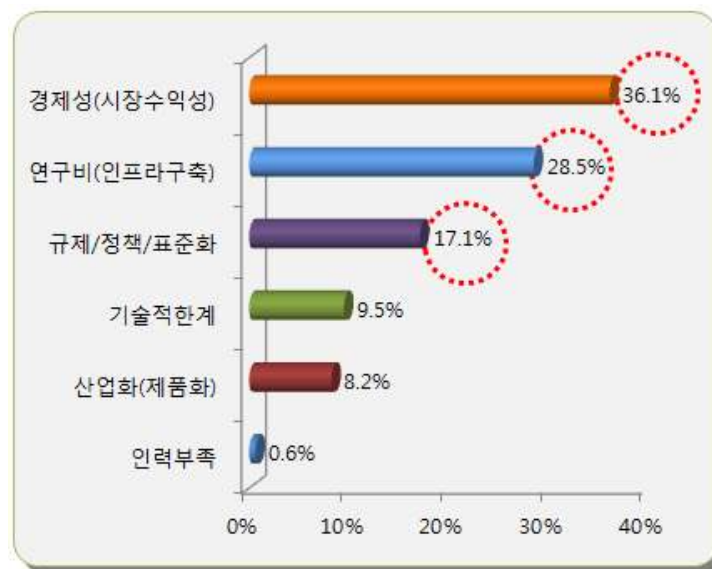
[그림 2-62] 무선급전기술 획득 방식

○ 무선급전기술 분야 별 기술실현은 평균 11년이 소요되는 것으로 나타남



[그림 2-63] 기술실현 예상시기

○ 무선급전기술 실현을 어렵게 하는 요인으로서는 경제성, 연구개발 자금, 정책 및 기술 표준화 등으로 나타남



[그림 2-64] 기술실현 장애요인

2.4 기술개발 추진방향

가. 주요 요인별 미래 상태 예측

□ 기술개발 추진방향 제시를 위한 시사점을 도출하기 위해, 2.1 및 2.2절에서 동향 분석 결과 도출된 PESTEL 관점의 주요 영향 요인 별로 현재 상태를 파악 및 미래 동향을 예측

- 2.1절에서 도출된 철도차량 무선급전 기술의 실용화에 대한 주요 영향 요인은 산업 육성 정책, 시장 동향, 철도 구축 및 운영비용, 미래형 교통수단에 대한 사회적 니즈, 고속주행의 가능성, 친환경 기술, 무선급전 기술의 평가 기준 등이 있음

[표 2-30] 주요 요인별 현재 상태와 미래 예측

영향 요인	As-is(현재 상태)	To-be(미래 상태)
<ul style="list-style-type: none"> - 산업 육성 정책 · 변화된 정책과의 부합성 · 정책적 지원 	<ul style="list-style-type: none"> - 특정 산업·시장 기술에 정부자금 투자를 통한 집중 육성 	<ul style="list-style-type: none"> - 산업간 융합을 통한 신시장 및 산업 적극 지원 예정
<ul style="list-style-type: none"> - 무선 급전 시장 동향 	<ul style="list-style-type: none"> - 가전 및 휴대기기용 무선급전 시장 성장기이나, 교통 수단을 위한 무선급전 시장은 도입기에서 성장기의 변화 시점 	<ul style="list-style-type: none"> - 무선급전 고효율/대용량의 무선급전기술 개발로 시장 확장 (철도 => 휴대기기/가전, 공항항만, 로봇, 자동차) 및 무선급전 관련 전체 시장의 부흥이 예상됨 - 철도차량용 무선급전 기술의 기존 철도 시장 대체
<ul style="list-style-type: none"> - 철도 구축·운영 비용 	<ul style="list-style-type: none"> - 상부 가선 구축 및 유지보수 비용 발생 - 철도차량을 위한 터널 공사비용 높음 	<ul style="list-style-type: none"> - 전차선 설비 불필요에 따라 1km당 유지비가 대폭 절감(458만원→219만원)되며, 터널 단면적이 20%까지 축소되어 건설비를 15% 절감 가능

<ul style="list-style-type: none"> - 교통 수단에 대한 미래지향적 니즈 <ul style="list-style-type: none"> · 인구 구조변화 · 고객의 심미성 추구 경향 · 고객 만족 및 선호도 	<ul style="list-style-type: none"> - 청장년층의 구성비(전체의 65.5%를 차지)에 따른 교통 수단 이용률의 대부분 차지 - 삶의 질 향상에 따른 국민의 예술성 추구 경향 증가 - 이용객의 대부분이 철도 안전에 대한 잠재적 불안감으로 철도보다 자동차 선호 경향 	<ul style="list-style-type: none"> - 2020년 한국은 노년층 비율이 2010년 대비 약 20% 증가한 고령 사회로 변화 예상 - 심미성 추구 경향 증가 예상 - 공공기관의 지방이전에 따른 출퇴근시 철도 이용 수요 증가 예상 - 상부가선 제거에 따른 안전성 확보로 철도 이용객의 선호도 증가 예상
<ul style="list-style-type: none"> - 고속 주행의 가능성 <ul style="list-style-type: none"> · 무선 급·집전 기술 · 시험 운영 기술 	<ul style="list-style-type: none"> - 최고 속도 70km까지 가능한 기술 개발로 전기 버스의 상용화 도입 단계 	<ul style="list-style-type: none"> - 고속 주행이 가능한 고효율/대용량 무선급전기술의 개발로 자동차, 철도 全 종목의 기술 대체 예상
<ul style="list-style-type: none"> - 친환경 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 지구의 온난화에 따른 이산화탄소 배출량의 중요성 · 상부 가선으로 인한 소음공해 저감 가능성 	<ul style="list-style-type: none"> - 이산화탄소 배출에 대한 국제적 노력 강화 - 주·야간의 철도 소음이 심각함 - 바이모달 트램 차량 앞부분의 CNG 엔진의 연소과정에서 탄소 및 대기오염 배출가스 발생 	<ul style="list-style-type: none"> - 엔진 발전기셋의 진동 소음 저감으로 승차감 개선 예상 - 엔진의 가스 배출 감소로 공해 발생 저감 효과 가능
<ul style="list-style-type: none"> - 무선급전기술의 평가 기준 <ul style="list-style-type: none"> · 무선급전기술의 표준화 동향 · 무선급전기술을 위한 전자파 시험 평가 기준 	<ul style="list-style-type: none"> - 휴대기기 전자 가전에 집중된 무선급전기술의 세계 표준화 선점 경쟁 - 철도, 버스 등 교통수단을 위한 표준화 부재 - 기술 인증의 필수 요소인 시험평가 기준의 부재 	<ul style="list-style-type: none"> - 차량용 무선급전기술 표준화 선점으로 인한 국내외 시장 장악 및 선순환 효과 발생 예상

나. 시사점 도출을 통한 기술개발 추진방향 제시

□ 현재와 미래 예측의 차이점에 따른 시사점을 도출하여 기술개발 추진방향 제시

□ 주요 영향 요인 별 시사점

○ 산업육성 정책 요인

- 고속화 기술이 가능한, 세계 최초의 무선급전기술 개발 성공에도 불구하고 실용화 지연 및 철도분야의 해외업체들의 빠른 시장 선점으로 인해 입지 약화 및 시장 진입 자체가 어려워 질 수 있으므로 조속히 실용화를 위한 정부의 적극적인 지원 정책 필요
 - “특정 산업 중심”에서 “산업간 융합을 통한 신산업 창출”로 정부정책 패러다임의 변화가 예고되고 있으며, 무선급전기술 개발은 이러한 정부기조에 매우 부합함
 - 무선급전기술의 실용화를 통해 자동차, 우주항공, 가전기기 등 타 산업으로의 거대한 파급효과가 예상되므로, 정부 정책 기조와 부합하는 정부의 정책적 지원이 시급

○ 무선급전 시장 동향 요인

- 향후 무선급전 시장의 거대한 부흥이 예상되며, 막대한 경제적 이익이 발생 가능한 시장의 선점을 위해 조속한 기술 실용화를 추진해야 함
 - 무선급전 시장은 현재 성장기에 있으며, 2012년에서 2017년까지 연평균 57.46%씩 성장할 것으로 예상되는 등 급격한 성장이 예상됨
 - 고효율/대용량 무선급전 기술의 개발로 버스 뿐 아니라, 철도, 자동차, 로봇, 공항항공 등의 기술 파급 효과에 따른 시장 확장이 가능하며, 이에 따라 무선급전기술의 부흥기로 단계 변화가 예상됨

○ 철도 구축 운영비용 요인

- 수익성이 약한 사회 기반시설에 해당하는 철도 비용은 막대하며, 이를 저감할 수 있는 무선급전기술의 실용화로, 상부 가선 부재에 따른 구축 비용 및 유지보수 비용 절감 필요
- 상부가선 설비 불필요에 따라 1km당 유지비가 대폭 절감(458만원→219만원)되며, 터널 단면적이 20%까지 축소되어 구축비를 15% 절감 가능

○ 미래형 교통수단에 대한 사회적 니즈 요인

- 철도차량 및 이용고객의 안전성 확보로 자동차, 버스를 대체하여 대규모 수송이 가능한 철도차량의 선호도 증가 및 이용도 증가 필요
 - 비접촉식 전원공급 기술인 철도차량용 무선급전기술은 궤도 높이 낮춤이 가능하여 교통 약자의 철도차량으로의 접근성을 강화시키고, 지방 출퇴근자의 철도차량 이용 확대, 심미성 확보에 따른 도시 이미지 제고 등 국민의 미래지향적 니즈 만족 가능
- 철도차량 안전성 확보 및 고객의 심미적 욕구 만족이 가능한 기존철도의 상부가선 제거

기술 필요

- 철도차량 무선급전기술은 상부 가선 없이 운행 가능한 필수사회적 기술임
- 국외에서 발생하고 있는 상부가선으로 인한 철도 사고를 미연에 방지하여 이용객의 안전성 확보 및 신뢰성 증가 가능

○ 고속 주행의 가능성 요인

- 해외철도기술의 국내외 시장 잠식 방지를 위해 시급히 무선급전 실용화 기술의 시험 성공을 위한 테스트베드 개발 필요
 - 중국 등 무선급전기술의 후발 업체들의 해외업체 제휴 시도 및 그에 따른 실적 확보 추진 등 철도차량 무선급전 시장의 선점을 위한 업체 간 경쟁 치열
 - 현재 철도차량 무선급전기술의 핵심 기술을 개발 중이나, 핵심 기술의 시험 평가에 적합한 시험 운영 기술 및 테스트베드가 없는 상황
- 속도 한계 극복이 가능한 철도차량용 무선급전의 급전/집전기술 및 통합 성능 제어 기술 필요
 - 현재 국외에서 철도차량 적용을 위해 개발 중인 무선급전 기술은 속도 한계를 가진 기술로 고속 주행이 필요한 자동차, 우주 항공 등 산업 전반에 적용되기 어려움

○ 친환경 기술 요인

- 온실가스 저감 및 공해 문제의 해결이 가능한 환경·친화적 철도차량 기술 필요
 - 무선급전기술을 철도차량에 적용할 경우, 엔진 발전기셋의 환경요소 배출 감소로 온실가스 주범인 이산화탄소 및 공해 수준의 철도 소음의 저감이 가능함

○ 무선급전기술 평가 기준 요인

- 성장기에 들어선 차량용 무선급전기술 시장 선점을 위해 해당기술의 표준화를 위한 기술 평가 기준 마련 시급
 - 해당기술에 대한 표준화가 없는 상태로, 개발된 기술의 표준화 제정 및 이를 위한 평가 기준을 마련하여 국내외 시장 先장악이 필요함

다. 철도차량 무선급전 실용화를 위한 주요이슈

□ 수요 및 예측 조사의 분석 결과를 종합하여 기술개발 니즈를 도출

- 2.3절에서 도출된 수요조사 및 예측조사의 결과를 반영하여 철도차량 무선급전 기술에 대한 5개의 기술개발 니즈를 도출함
 - 철도차량 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술
 - 철도차량 무선급전 Test-Bed 기술
 - 도시철도 고효율 무선 급·집전 기술
 - 고속철도 고효율 무선 급·집전 기술

- 철도차량 무선급전 실용화 기술

□ 철도차량 무선급전 기술의 내·외부 동향분석과 기술수요 조사 및 기술예측 조사를 통해 철도차량 무선급전기술의 실용화를 위한 주요 이슈 도출

- 철도 안전, 시스템 연계, 친환경 강화, 산업 육성 등 4개의 주요 이슈 도출

□ 이슈와 기술개발 니즈간 연계성 파악

- 4대 이슈와 5개의 기술개발 니즈와의 연계성을 [표 2-29]와 같이 분석하였음

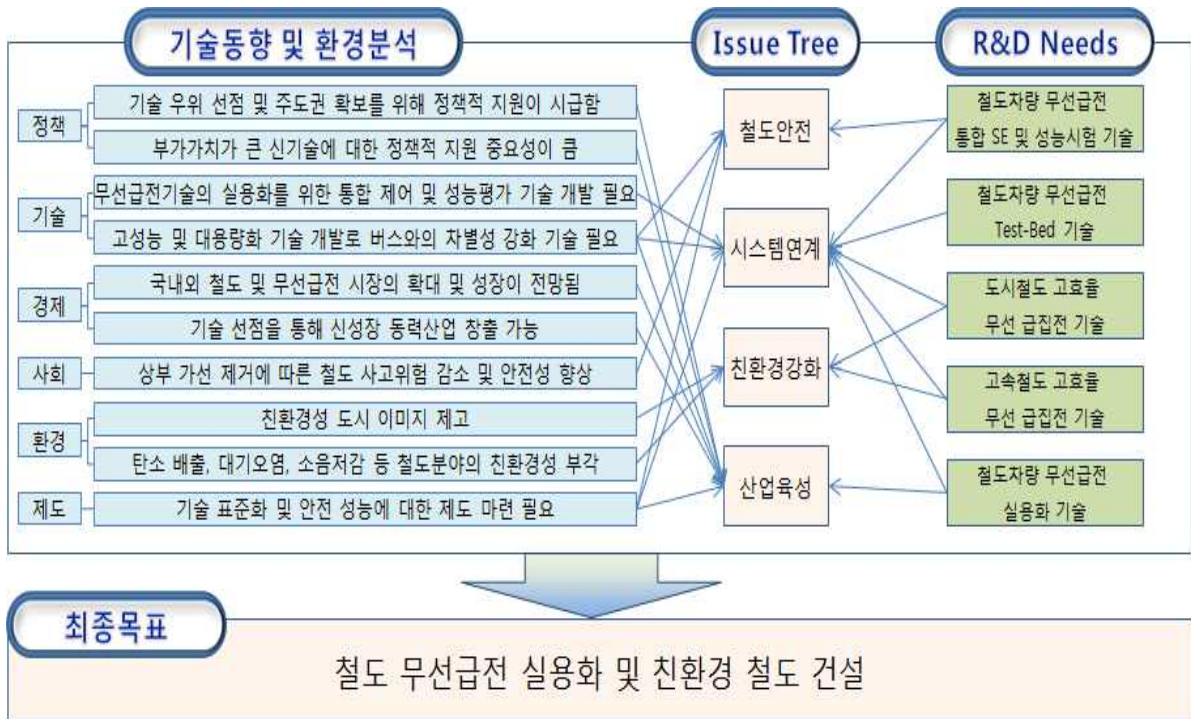
[표 2-31] 4대 이슈와 기술개발 니즈와의 연계성

구분	철도 안전	시스템 연계	산업 육성	친환경 강화
철도차량 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술	●	●	◎	○
철도차량 무선급전 Test-Bed 기술	◎	●	◎	○
도시철도 고효율 무선 급집전 기술	◎	●	◎	●
고속철도 고효율 무선 급집전 기술	◎	●	◎	●
철도차량 무선급전 실용화 기술	◎	●	●	◎

주) 연계성 높음(●) 보통(◎) 낮음(○)

□ 주요 이슈의 종합을 통한 철도차량 무선급전 기술의 최종 목표 선정

- 분석 및 기술수요/예측조사를 통해 도출된 키워드를 바탕으로 이슈트리를 작성한 결과, 네 가지의 주요 이슈사항이 도출되었으며 이를 해결 또는 충족시키기 위한 기술개발 목표를 제시함
- 주요 이슈를 종합하여 철도 무선급전 실용화 및 친환경 철도 건설이라는 최종목표를 도출함으로써, 기술개발의 추진방향을 제시함



[그림 2-65] 동향 분석 및 수요예측 조사에 따른 주요 이슈 도출 결과

3. 기술개발 전략 수립

3.1. 비전 및 기술 발전 시나리오

3.1.1. 비전 및 목표



[그림 3-1] 비전 및 목표

□ 비전 및 미션

- 철도 무선급전 실용화 및 친환경 철도 건설을 미션으로 제시하였고 효율성 증대를 통한 철도산업 경쟁력 강화를 비전으로 제시함

□ 연구 개발 목표

- 비전 및 미션 달성을 위해 친환경 고효율 철도 무선급전 기술 개발, 철도 급전 에너지 관리 효율 향상, 철도 건설 및 유지보수 비용 절감을 연구 개발 목표로 제시함

□ 추진전략

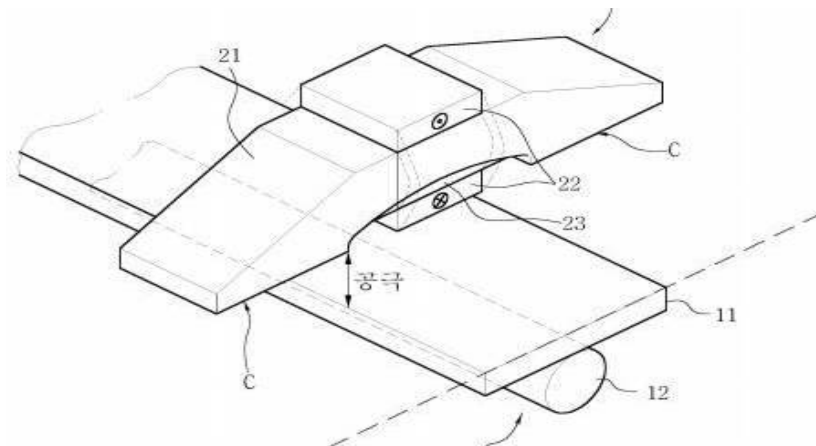
- 연구개발 목표를 달성하기 위한 4가지 추진전략을 수립하였음
 - 추진전략 1 : 무선급전 관련 연구들의 성과를 집대성하여 실용화를 추진함
 - 추진전략 2 : 무선급전 실용화를 위한 법/제도/인증에 대한 개선 및 확보를 추진함
 - 추진전략 3 : Test-bed 인프라 구축을 통한 철도 실용화 부문 기술을 선도함
 - 추진전략 4 : 산/학/연/관의 총체적인 협력연구 개발 체제를 구축하여 연구를 진행함

3.1.2 기술 발전 시나리오

가. 철도차량 무선급전 통합SE 및 성능시험 기술

□ 현재(As-Is)

- 전기 차량에 있어 차량 외부로부터 전력을 선택적으로 공급받아 동작하는 전원급전용 비접촉 집전시스템에 관한 ‘전기차량의 전원급전용 비접촉 집전 시스템’ 특허를 등록 완료
- 전자기유도 작용을 하는 전력집전장치를 차량 하부에 설치하여 비접촉 차량전력공급이 가능한 방식으로, 차량이 주행하는 도로상에 전력송전선을 설치하는 특징
- 유도급전기술은 기존 접촉식 전력공급 방식의 단점을 극복하기 위해 개발된 기술로써 현재, 자동차 및 철도차량에 대해 완전하게 상용화가 이뤄진 시스템은 없으며, 현재 신뢰성 평가 기법 및 기준이 개발되고 있는 수준임



[그림 3-2] 비접촉 집전 시스템 개념도(한국철도기술연구원)

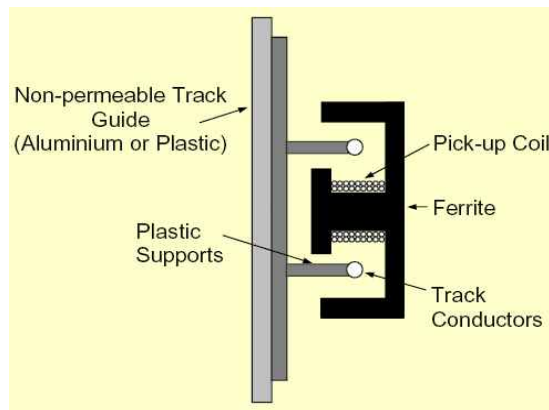
□ 미래(To-Be)

- 온라인 전기열차용 MIB, 인버터용 MIB를 비롯한 기반 기술 확보
- 철도차량 무선급전 통합 SE 및 성능시험 관련 원천기술 확보가 가능할 것이며, 성능시험이 가능한 제반 시설 구축 역량을 확보하여 산업 표준화를 주도
- 무선급전 통합 SE 및 성능시험 시스템은 향후 수입대체 효과를 불러일으킬 것이며 해외수출을 통해 로열티 확보 수단으로 자리매김
- 다양한 무선급전 성능시험을 활용하여 무선급전 철도차량의 요구사항 검토 및 반영이 수월해지며 이를 통해 안정성 및 신뢰성 확보

나. 철도차량 무선급전 Test-Bed 기술

□ 현재(As-Is)

- 국가연구개발 사업을 주관하는 부처에서 사업진행에 따라 자체적으로 테스트베드를 구축하는 사례는 아직 없으며, 연구 관리의 효율성을 높이기 위해 주관연구 기관 내 사업단을 중심으로 테스트베드를 구축·운영중
- 한국전기연구원에서 개발된 기술은 Rail-mounted E-Core Type으로 그린파워가 보유중인 상용화 제품은 출력용량이 0~100kW, 레일길이가 10~200m 임



[그림 3-3] Rail-mounted E-Core Type CPS

□ 미래(To-Be)

- Test-Bed 구축에 관한 자체적인 기술을 보유하게 되므로 국내 환경에 알맞게 무선급전 선로 건설을 커스터마이징 할 수 있어 유지보수 효율을 높일 수 있음
- 무선급전 Test - Bed 구축경험을 축적하여 무선급전 노선의 건설비용 저감이 가능해지며 건설기술 표준화 가능함
- 기존 접촉 방식이 가진 장점인 주행 중 차량의 집전과 차량 내부 배터리 충전을 위한 전력집전이 가능한 점을 살리면서, 접촉방식의 한계였던 기계적 마찰에 의한 마모, 소음 발생현상에 대한 해소가 가능함

다. 철도차량 고효율 및 대용량 무선 급집전 기술

□ 현재(As-Is)

- 240kW 고효율 공진형 인버터 및 양방향 DC/DC 컨버터 등 유도급전용 전력변환장치를 개발하였으며 성능 시험을 통해 최소/최적화함
- 급전 인버터와 집전 픽업, 레귤레이터를 환경 및 안전 기준을 만족할 수 있는 수준으로 보완/개발하는 등 급집전 시스템에 대한 성능 보완 및 최적화가 진행되고 있음
- 고속철도용 집전모듈, 대용량 급집전 최적 형상 구조에 대한 기술을 개발함
 - 대용량/고집전/고주파에 적합한 고속철도용 코일 기술을 개발함
 - 고출력 고효율을 위한 자기장 공진 및 형상 기술, 다중 픽업 장치 최적 배치 기술을 개발함

□ 미래(To-Be)

- 1.2MW급 급전인버터, 600kW급 급전 모듈 및 490kW급 급집전 시스템 개발이 가능해지면서 무선급전 철도차량의 고속화 기술기반을 확보함
- 도시철도용 급집전시스템의 성능보완 및 현장적용/최적화를 통해 안정적으로 선로에 매설하여 안전하게 전력을 공급할 수 있으며, 신뢰성 높은 인버터를 고속철도 및 타 산업 분야에 접목할 수 있음
- 향후 개발시스템의 보급을 위한 전기안전성 및 급집전 효율을 검증하고 실용화를 위해 관련 법제도를 개선함

라. 철도차량 무선급전 실용화 기술

□ 현재(As-Is)

- 무선급전에 대한 철도차량 적용가능성 검토를 위해 최소 운행 용량으로 현차 시험검증을 진행함
- 고속철도용 대용량 급전 인버터 기술, 고속철도용 실시간 세그멘테이션 급전선로 기술, 고속철도용 대용량 집전모듈 기술, 고속철도용 대용량 급집전 최적 형상구조 기술 및 능동형 EM 차폐기술을 개발함
- 전력장치 간 에너지 분담률 최적 알고리즘을 적용하여 효율을 극대화한 운영관리 시스템을 개발 및 실시간 모니터링 프로그램 개발함

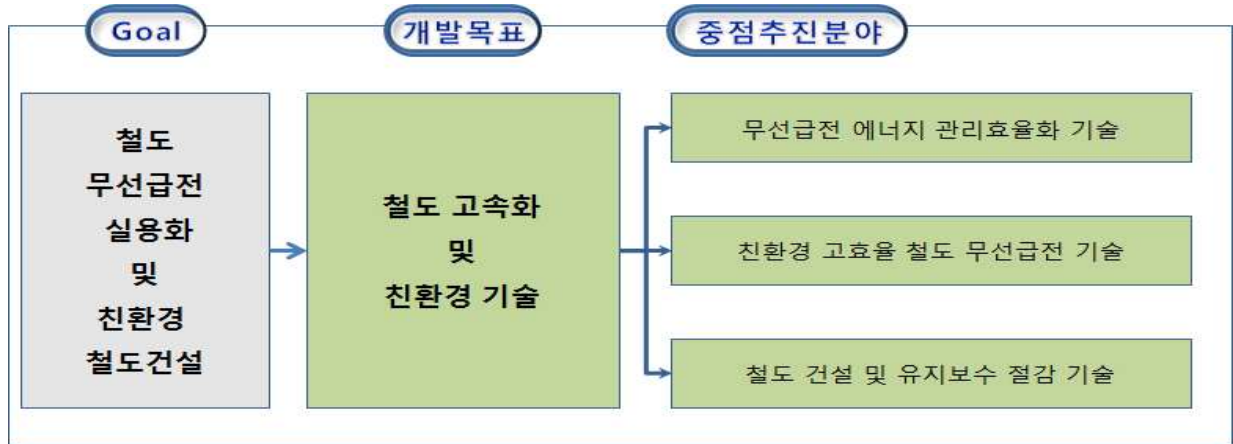
□ 미래(To-Be)

- 철도차량 무선급전 기술 실용화를 위해 Test-bed를 실제로 구축하여 통합 SE 및 성능 시험기술, 무선 급집전 시스템 기술을 도시철도와 고속철도에 대하여 각각 개발함
- 시험 노선이 선정되면 해당 지역을 대상으로 시범 사업을 진행하기 위한 타당성 조사를 수행하여 성공적인 시범 사업을 추진함
- 시험 노선의 결과를 토대로 기존 노선, 신규 노선에 대한 무선급전 기술 적용을 추진하고 개발한 기반기술을 토대로 파생 기술들에 대한 연구를 진행함
- 선도적으로 확보한 기술에 대한 기술선점을 통하여 해외로 기술수출을 추진하고 철도차량 무선급전 기술 선도국가로 발돋움함

3.2. 후보기술 도출

□ 최종목표에 부합하는 중점추진 분야 도출

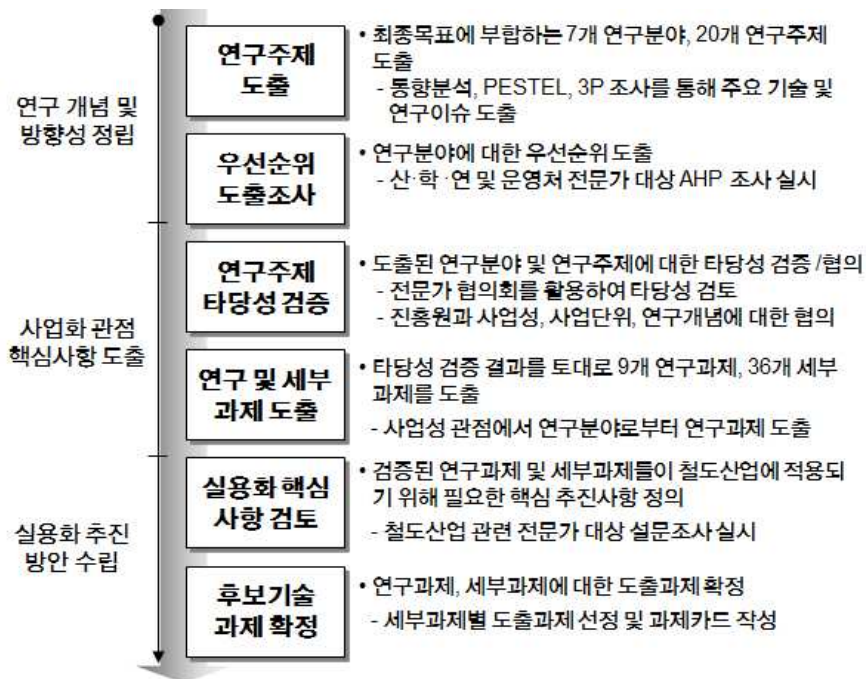
- 철도무선급전 실용화 및 친환경 철도건설을 이루기 위해 철도 고속화 및 친환경 기술의 기술개발 목표 도출
- 철도 고속화 및 친환경 기술 개발의 목표를 달성하기 위해 세 가지의 중점추진분야 선정



[그림 3-4] 기술개발 목표 달성을 위한 중점추진분야

□ 중점추진 분야에 따른 후보기술을 대상으로 체계적인 절차를 통해 도출

- 후보기술 도출 및 과제 선정을 위한 6단계 절차를 통해 후보기술 과제 도출의 타당성을 확보함



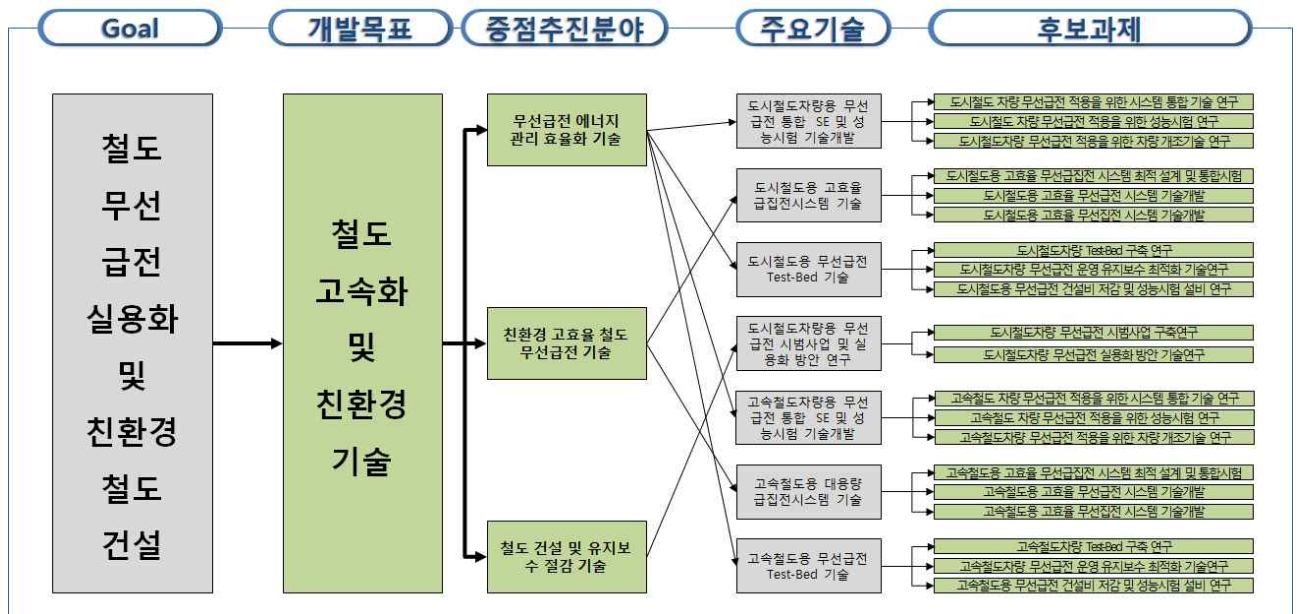
[그림 3-5] 후보기술 도출 절차

3.2.1. 연구주제 도출

□ 기술개발 목표 달성을 위한 후보과제 도출

○ 기술개발 목표 달성을 위해 선정된 중점추진분야에 7개의 주요 기술을 매핑함

- 무선급전 에너지 관리 효율화 기술은 도시/고속철도차량용 무선급전 통합SE 및 성능시험 기술개발, 도시/고속철도차량용 무선급전 Test Bed 기술과 연계성이 있음
- 친환경 고효율 철도 무선급전 기술은 도시철도 및 고속철도의 대용량 급·집전시스템 기술과 연계성이 있음
- 철도 건설 및 유지보수 절감 기술은 도시철도 차량용 무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구와 연계성이 있음



[그림 3-6] 기술개발 목표 달성을 위해 도출된 후보과제

○ 수요조사에서 제출된 31개의 과제와 주요기술을 맵핑하여 그룹화한 결과, 20개의 연구주제가 도출됨

- 도시철도용 고효율 무선 집전 시스템 기술 개발
- 도시철도용 고효율 무선 급전 시스템 기술 개발
- 도시철도용 고효율 무선 급집전 시스템 최적 설계 및 통합 시험
- 도시철도 차량 무선급전 적용에 대한 성능시험 기술 연구
- 도시철도 차량 무선급전 적용을 위한 시스템 통합 기술 연구
- 도시철도 차량 무선급전 차량 개조 기술 연구
- 도시철도용 무선급전 건설비 저감 및 성능시험 설비 연구
- 도시철도 차량 무선급전 운영 유지보수 최적화 기술 연구

- 도시철도 차량 무선급전 Test-Bed 구축 연구
- 고속철도용 고효율 무선 집전 시스템 기술 개발
- 고속철도용 고효율 무선 급전 시스템 기술 개발
- 고속철도용 고효율 무선 급집전 시스템 최적 설계 및 통합 시험
- 도시철도 차량 무선급전 실용화 방안 기술 연구
- 도시철도 차량 무선급전 시범사업 구축 연구
- 고속철도 차량 무선급전 적용을 위한 시스템 통합 기술 연구
- 고속철도 차량 무선급전 적용에 대한 성능시험 기술 연구
- 고속철도 차량 무선급전 차량 개조 기술 연구
- 고속철도용 무선급전 건설비 저감 및 성능시험 설비 연구
- 고속철도 차량 무선급전 운영 유지보수 최적화 기술 연구
- 고속철도 차량 무선급전 Test-Bed 구축 연구

3.2.2. 우선순위 도출조사

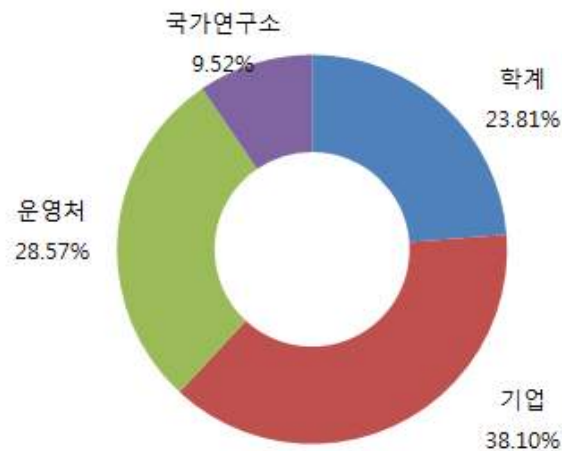
가. 조사 개요

□ 조사목적

- 철도차량 무선급전 실용화 기술개발 기획 후보과제의 우선순위 평가 설문조사를 통해 최종목표에 부합하는 중점추진 분야를 중심으로 1차적으로 도출된 후보기술 7개 연구분야, 20개 연구주제에 대한 우선순위 도출

□ 조사대상

- 철도차량 분야에 관련된 산업계(8명), 학계(5명), 연구기관(2명), 운영처(6명)의 전문가를 대상으로 연구분야 및 연구주제에 대한 우선순위 평가 조사 실시



[그림 3-7] 후보기술 우선순위 조사대상 특성

□ 조사방법 및 기간

- 분야별 전문가 그룹을 대상으로 워크숍(2013년 8월 28일)을 개최하여 오리엔테이션 후 조사 수행

□ 조사절차

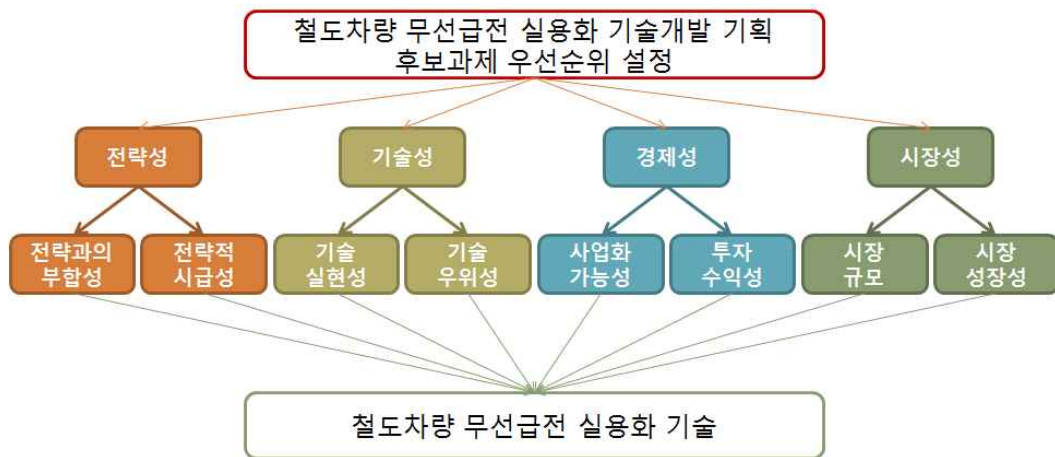
- 후보기술 우선순위 선정 조사의 절차는 설문지 구성, 설문조사 수행, 결과 분석, 우선순위 도출의 4단계로 진행



[그림 3-8] 우선순위 도출 절차

□ 조사내용

- 우선순위 도출을 위한 의사결정계층은 전략성, 기술성, 경제성, 시장성의 4가지 항목으로 구성되어 있음



[그림 3-9] 우선순위 도출을 위한 의사결정계층

- 대항목(전략성, 기술성, 경제성, 시장성)별 소항목과 그 개념은 [표 3-1]과 같음

[표 3-1] 의사결정계층 항목별 개념

대항목	소항목	소항목 개념
전략성	전략과의 부합성	해당기술이 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	기술 실현성	현재의 기술수준 등 기타 조건을 고려할 때 해당 기술이 실현될 가능성을 의미함.
	기술 우위성	해당 과제의 기술적 독창성의 크기로서, 해당 연구분야의 기여도 (선도 기술 및 원천기술 확보)가 높을 것으로 예상되는 정도를 의미함.
경제성	사업화가능성	해당 기술이 개발된 후 제품화/사업화의 가능 정도를 의미함.
	투자 수익성	해당기술의 개발비에 대한 수익의 비율의 크기를 의미함.
시장성	시장 규모	해당 기술의 시장규모의 크기를 의미함.
	시장 성장성	해당 기술의 시장의 성장가능성을 의미함.

- 1차적으로 도출된 중점추진분야 연구과제 7개와 기술개발 목표 달성을 위한 연구주제

20개에 대한 우선순위 도출 조사를 수행함

[표 3-2] 우선순위 도출 대상 연구과제

분류	연구분야
도시철도 차량용 무선급전 기술개발 및 실용화	도시철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발
	도시철도용 고효율 급집전시스템 기술개발
	도시철도차량용 무선급전 Test-Bed 기술개발
	도시철도차량용 무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구 개발
고속철도 차량용 무선급전 기술개발	고속철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발
	고속철도용 대용량 급집전시스템 기술개발
	고속철도용 무선급전 Test-Bed 기술개발

나. 조사 결과

□ 우선순위 도출 결과

- 평가항목들 간의 중요도를 도출한 결과 전략성, 기술성, 경제성, 시장성의 순서로 우선순위가 나타남

[표 3-3] 평가항목 중요도 도출 결과

평가항목	가중치	평가항목	가중치
전략성	0.297	전략과의 부합성	0.316
		전략적 시급성	0.684
기술성	0.272	기술실현성	0.770
		기술우위성	0.230
경제성	0.233	사업화 가능성	0.599
		투자수익성	0.401
시장성	0.199	시장규모	0.392
		시장성장성	0.608

- 평가항목의 중요도를 우선순위 도출에 활용하여 과제의 우선순위를 도출한 결과, 전문가들은 도시철도용 고효율 급집전시스템 기술개발을 가장 먼저 개발해야 한다고 판단하고 있음

[표 3-4] 과제 우선순위 도출 결과

분류	연구분야	가중치
1	도시철도용 고효율 급집전시스템 기술개발	0.818
2	도시철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발	0.741
3	도시철도차량용 무선급전 Test-Bed 기술개발	0.715
4	고속철도용 대용량 급집전시스템 기술개발	0.606
5	도시철도차량용 무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구 개발	0.585
6	고속철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발	0.553
7	고속철도용 무선급전 Test-Bed 기술개발	0.522

○ 과제 우선순위 도출 결과에 따른 연구주제 우선순위 도출결과는 [표 3-5]와 같음

[표 3-5] 세부과제 우선순위 도출 결과

순위	연구분야	가중치	순위	연구주제	가중치
1	도시철도용 고효율 급집전시스템 기술개발	0.818	1	도시철도용 고효율 무선 집전 시스템 기술 개발	0.785
			2	도시철도용 고효율 무선 급전 시스템 기술 개발	0.782
			3	도시철도용 고효율 무선 급집전 시스템 최적 설계 및 통합 시험	0.759
2	도시철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발	0.741	1	도시철도 차량 무선급전 적용에 대한 성능시험 기술 연구	0.775
			2	도시철도 차량 무선급전 적용을 위한 시스템 통합 기술 연구	0.762
			3	도시철도 차량 무선급전 차량 개조 기술 연구	0.689
3	도시철도차량용 무선급전 Test-Bed 기술개발	0.715	1	도시철도용 무선급전 건설비 저감 및 성능시험 설비 연구	0.774
			2	도시철도 차량 무선급전 운영 유지보수 최적화 기술 연구	0.735
			3	도시철도 차량 무선급전 Test-Bed 구축 연구	0.709
4	고속철도용 대용량 급집전시스템 기술개발	0.606	1	고속철도용 고효율 무선 집전 시스템 기술 개발	0.614
			2	고속철도용 고효율 무선 급전 시스템 기술 개발	0.610
			3	고속철도용 고효율 무선 급집전 시스템 최적 설계 및 통합 시험	0.608
5	도시철도차량용 무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구 개발	0.585	1	도시철도 차량 무선급전 실용화 방안 기술 연구	0.748
			2	도시철도 차량 무선급전 시범사업 구축 연구	0.732
6	고속철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발	0.553	1	고속철도 차량 무선급전 적용을 위한 시스템 통합 기술 연구	0.619
			2	고속철도 차량 무선급전 적용에 대한 성능시험 기술 연구	0.601
			3	고속철도 차량 무선급전 차량 개조 기술 연구	0.564
7	고속철도용 무선급전 Test-Bed 기술개발	0.522	1	고속철도용 무선급전 건설비 저감 및 성능시험 설비 연구	0.589
			2	고속철도 차량 무선급전 운영 유지보수 최적화 기술 연구	0.552
			3	고속철도 차량 무선급전 Test-Bed 구축 연구	0.540

3.2.3. 연구주제 타당성 검증

□ 검증목적

- 도출된 연구분야 및 연구주제에 대한 타당성 검증 및 협의

□ 검증방법 및 절차

- 내부 전문가 협의회를 활용하여 타당성 검토
 - 대상 : 내부 전문가 협의회 8인
 - 일시 : 2013년 10월 10일
 - 내용 : 기술 간 연관성 기반 연구개발 사업의 세분화 단위 타당성 검토
- 진흥원과 사업성, 사업단위, 연구개념에 대하여 협의
 - 대상 : 과제책임자 안승영 교수 외 3명
 - 일시 : 2013년 10월 22일
 - 내용 : 검증된 기술을 활용한 실용화 추진을 위해 경전철 우선적용 방안 검토 및 추진 방안 검토

□ 전문가 위원회 및 진흥원 검토 결과

- 연구 분야가 실용화 사업을 위해 명확한 기술범위를 갖는 연구과제로 재분류되어야 함
- 기존 기술 연구결과의 성과를 연계 활용하여 추가 개발 비용을 절감하고 단계적 개발 추진을 통해 충분한 검증이 이루어질 필요가 있음
 - 기존 기술의 검증된 연구결과를 토대로 새롭게 개발될 기술과 어떤 연관성이 있으며, 보완되었는지 제시되어야 함
- SE 관련 연구를 세분화하여 구성하여야 함
 - 차량 제동 시 회생에너지 및 에너지 Flow에 대한 고려가 필요함
- 집전과 급전 부분의 연구주제가 분리되어야 함
 - EMF/EMI 등 궤도 유기전압 및 신호 노이즈 관련부분이 부각되어야 함
 - 표준화 단계에 대한 부분이 고려되어야 함
 - 차량과 선로/궤도에 대한 연구주제가 분리되어야 함

□ 후보기술 수정 방향

- 연구관점의 연구분야에서 사업화관점의 연구과제로 관점을 바꾸어 연구주제에 대한 재분류 수행

- 중전철 실용화는 기술적 검증 및 운영 노하우가 필요하기 때문에 우선적으로 경전철 적용 및 운영을 통해 충분한 기술적 타당성 확보 및 효율적 운영 방법론을 우선적으로 확보토록 함
 - 기존 경산이나 부산, 서울 등의 운영 중인 경전철에 적용한다면 급집전 용량이 최소 500Kw 이상부터 1Mw 급이 개발되어야 함
 - 무선급전 경전철의 운영기술 및 Test-Bed 등에 대한 체계마련을 통해 기술적, 운영적 GAP을 최소화 함
- 경전철의 체계적 개발을 통해 기술 및 운영 노하우를 자체 습득하고자 단계적 세부연구를 수행하여 목적을 달성함
 - 세부연구 단계별 설계 - 개발 - 종합성능시험의 체계를 두어 기술의 검증과 안정적 추진을 지향하며, 실용화 운영을 위한 구체적인 운영시나리오 구성
- SE 관련 연구를 세분화하여 실용화 운용기술, 철도 인프라 인터페이스, 차량 인터페이스 관련 과제로 구성함
- 집전과 급전 부문의 연구주제를 철도 인프라 인터페이스와 차량 인터페이스, 무선급전 성능향상 관련 과제로 분리하여 구성함
- 철도 차량 인터페이스 기술개발 과제에서 차량 제동시 회생에너지 및 에너지 Flow에 대한 연구를 진행함
- 무선급전 성능향상 기술개발 과제에서 EMF/EMI 등 궤도 유기전압 및 신호 노이즈 관련 연구, 표준화 관련 연구를 진행함

□ 추가 의견

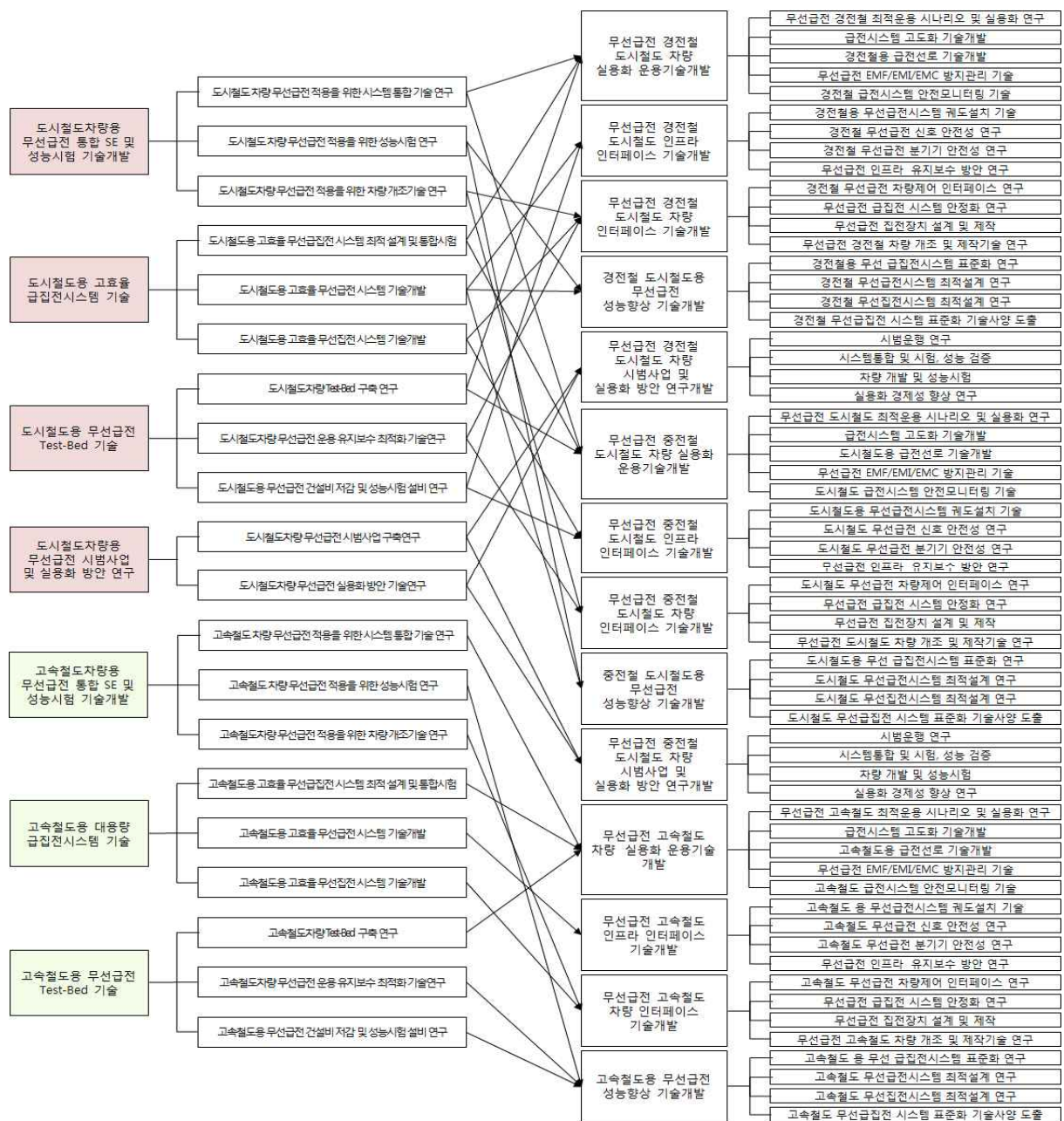
- 산학연 관련 전문가들의 의견과 더불어 세부과제 선정에 있어서 철도산업 관련 전문가 및 무선급전 관련 전문가의 무선급전기술 실용화 관련 의견을 반영할 필요가 있음
- 무선급전 실용화는 경전철 우선 적용을 통해 기술과 운영 타당성을 충분히 입증한 후 중전철 및 고속철도로 추진될 필요가 있으며, 경전철 적용 시 기존 경전철 라인, 신규 개발 라인 방향으로 확대하여 국민적 공감대 및 수용을 이끌어내는 것이 중요함
- 우선순위 선정에서 도출된 우선 수행해야하는 도시철도 관련 과제는 1단계, 고속철도 관련 과제는 2단계로 나누어 순차적으로 진행하여야 하나 단, 도시철도 무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구는 1단계 연구가 완료된 시점부터 진행함

3.2.4. 연구과제 및 세부과제 도출

□ 타당성 검증 단계를 토대로 후보기술 수정·보완하며, 사업화 관점에서의 구체화된 세부과제를 도출함

□ 세부과제는 연계성을 바탕으로 총 14개의 분야로 추진되며, 경전철 도시철도 추진분야 5개, 중전철 도시철도 5개와 고속철도 추진분야 4개로 구성됨

○ 기존의 20개 연구주제를 재분류하였고, 검토단계에서 언급된 세부과제를 추가하여 재구성하였음



[그림 3-10] 연구주제 재분류 결과

3.2.5. 실용화 핵심 사항 검토

가. 조사 개요

□ 조사목적

- 검증된 무선급전 관련 14개 세부과제 및 58개 세세부과제들이 철도산업에 적용되기 위해 필요한 핵심 연구 사항들을 파악하고 각 세세부과제별 수행과제를 선정하기 위함

□ 조사대상 및 방법

- 대상 : 철도기술 관련 산·학·연 전문가 8인
- 일시 : 2013년 10월 25일 오후 1시
- 장소 : 대전 카이스트 문지캠퍼스
- 내용 : 철도산업 및 무선급전 전문가 그룹을 대상으로 오리엔테이션 후 FGI 수행

□ 조사절차

- 실용화 핵심 사항 검토 절차는 FGI 내용구성, FGI 수행, 결과 분석, 수행과제 선정의 4단계로 진행



[그림 3-11] 실용화 핵심 사항 검토 조사 절차

□ FGI 내용 구성

- 중점 고려사항 도출 대상 세부과제 및 세세부과제
 - 기획과제의 세부과제는 총 14개로 경전철 도시철도, 중전철 도시철도, 고속철도로 구분되며, 각 세부과제들의 세세부과제를 대상으로 핵심 연구사항을 파악하고 연구내용을 도출함

[표 3-6] 중점 고려사항 도출 대상 세부과제 및 세세부과제(경전철 및 중전철 도시철도)

분류	세부과제	세세부과제
경전철 도시철도 차량용 무선급전 기술개발 및 실용화	무선급전 경전철차량 실용화 운용기술 개발	무선급전 경전철 최적운용 시나리오 및 실용화 연구
		급전시스템 고도화 기술개발
		경전철용 급전선로 기술개발
		무선급전 EMF/EMI/EMC 방지관리 기술
		경전철 급전시스템 안전모니터링기술
	무선급전 경전철 인프라 인터페이스 기술개발	경전철용 무선급전시스템 궤도설치 기술
		경전철 무선급전 신호 안전성 연구
		경전철 무선급전 분기기 안전성 연구
		무선급전 인프라 유지보수 방안 연구
	무선급전 경전철차량 인터페이스 기술개발	경전철 무선급전 차량제어 인터페이스 연구
		무선급전 급집전시스템 안정화 연구
		무선급전 집전장치 설계 및 제작
		무선급전 경전철 차량 개조 및 제작기술 연구
	경전철용 무선급전 성능향상 기술개발	경전철용 무선 급집전 시스템 표준화 연구
		경전철 무선급전 시스템 최적설계 연구
		경전철 무선집전시스템 최적설계 연구
		경전철 무선급집전 시스템 표준화 기술사양 도출
	무선급전 경전철차량 시험사업 및 실용화 방안 연구개발	시험운행 연구
		시스템통합 및 시험, 성능 검증
		차량 개발 및 성능시험
		실용화 경제성 향상 연구
중전철 도시철도 차량용 무선급전 기술개발 및 실용화	무선급전 도시철도차량 실용화 운용기술개발	무선급전 도시철도 최적운용 시나리오 및 실용화 연구
		급전시스템 고도화 기술개발
		도시철도용 급전선로 기술개발
		무선급전 EMF/EMI/EMC 방지관리 기술
		도시철도 급전시스템 안전모니터링기술
	무선급전 도시철도 인프라 인터페이스 기술개발	도시철도용 무선급전시스템 궤도설치 기술
		도시철도 무선급전 신호 안전성 연구
		도시철도 무선급전 분기기 안전성 연구
		무선급전 인프라 유지보수 방안 연구
	무선급전 도시철도차량 인터페이스 기술개발	도시철도 무선급전 차량제어 인터페이스 연구
		무선급전 급집전시스템 안정화 연구
		무선급전 집전장치 설계 및 제작
		무선급전 도시철도 차량 개조 및 제작기술 연구
	도시철도용 무선급전 성능향상 기술개발	도시철도용 무선 급집전 시스템 표준화 연구
		도시철도 무선급전 시스템 최적설계 연구
		도시철도 무선집전시스템 최적설계 연구
		도시철도 무선급집전 시스템 표준화 기술사양 도출
	무선급전 도시철도차량 시험사업 및 실용화 방안 연구개발	시험운행 연구
		시스템통합 및 시험, 성능 검증
		차량 개발 및 성능시험
		실용화 경제성 향상 연구

[표 3-7] 중점 고려사항 도출 대상 세부과제 및 세세부과제(고속철도)

분류	세부과제	세세부과제
고속철도 차량용 무선급전 기술개발	무선급전 고속철도차량 실용화 운용기술개발	무선급전 고속철도 최적운용 시나리오 및 실용화 연구
		급전시스템 고도화 기술개발
		고속철도용 급전선로 기술개발
		무선급전 EMF/EMI/EMC 방지관리 기술
		고속철도 급전시스템 안전모니터링기술
	무선급전 고속철도 인프라 인터페이스 기술개발	고속철도용 무선급전시스템 궤도설치 기술
		고속철도 무선급전 신호 안전성 연구
		고속철도 무선급전 분기기 안전성 연구
		무선급전 인프라 유지보수 방안 연구
	무선급전 고속철도차량 인터페이스 기술개발	고속철도 무선급전 차량제어 인터페이스 연구
		무선급전 급집전시스템 안정화 연구
		무선급전 집전장치 설계 및 제작
		무선급전 고속철도 차량 개조 및 제작기술 연구
	고속철도용 무선급전 성능향상 기술개발	고속철도용 무선 급집전 시스템 표준화 연구
		고속철도 무선급전 시스템 최적설계 연구
		고속철도 무선집전시스템 최적설계 연구
		고속철도 무선급집전 시스템 표준화 기술사양 도출

나. 조사 결과

□ 경전철 도시철도 차량용 무선급전 기술개발 및 실용화

○ 무선급전 경전철 도시철도 차량 실용화 운용기술 개발

[표 3-8] 무선급전 경전철 도시철도 차량 실용화 운용기술 개발 세세부과제별 전문가 의견

세세부과제	전문가 의견
무선급전 경전철 최적운용 시나리오 및 실용화 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 운용시나리오 관련 연구가 필요 - Test-Bed에 대한 설계 및 구축, 성능시험 관련 연구가 필요 - 시스템 적용 요구사항 및 사양서 제시가 필요 - 통합 유지보수 방안 필요 - 종합 성능 시험 관련 연구 필요 - 철도안전법 관련 개정 방향 제시 필요 - 급변부하관리 기술 확보 필요 - 회생에너지 최적활용 방안 기술 관련 연구 필요 - 경제성 향상 방안 연구 필요 - 경전철의 도로제도 운행 관련 연구 필요
급전시스템 고도화 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> - 경전철 운행에 필요한 급전 인버터 사양 확정 필요 - 급전 인버터 제작 및 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요 - 고주파 변압기 사양 및 설계 관련 연구 필요 - 고주파 변압기 제작 및 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요
경전철용 급전선로 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> - 급전선로 사양 및 설계 관련 연구 필요 - 급전선로 제작 및 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요
무선급전 EMF/EMI/EMC 방기관리 기술	<ul style="list-style-type: none"> - 경전철 시스템 EMF/EMI/EMC 방지 대책 관련 연구 필요 - 경전철 시스템 EMF/EMI/EMC 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요
경전철 급전시스템 안전모니터링기술	<ul style="list-style-type: none"> - 안전모니터링 사양서 관련 연구 필요 - 안전모니터링 시스템 구축 관련 연구 필요 - 안전모니터링 시스템 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요

○ 무선급전 경전철 도시철도 인프라 인터페이스 기술개발

[표 3-9] 무선급전 경전철 도시철도 인프라 인터페이스 개발 세세부과제별 전문가 의견

세세부과제	전문가 의견
경전철용 무선급전시스템 케도설치 기술	<ul style="list-style-type: none"> - 케도 부설 요구사항 검토 관련 연구 필요 - 케도 구조물 안전성 인터페이스 검토 관련 연구 필요 - 케도 구조물 부설 및 설치 사양서 관련 연구 필요 - 경전철 일반 도로제도 운행 관련 연구 필요 - 신호시스템 사양서 관련 연구 필요
경전철 무선급전 신호 안전성 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 신호시스템 요구사항 검토 관련 연구 필요 - 신호간섭 주파수 관련 연구 필요 - 신호시스템 사양 관련 연구 필요
경전철 무선급전 분기기 안전성 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 분기기 관련 사양 도출 연구 필요 - 분기기 안전성 및 최적 부설기준 관련 연구 필요
무선급전 인프라 유지보수 방안 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 인프라 시스템 유지보수 방안 관련 연구 필요 - 인프라 시스템 유지보수 설계 및 검증 관련 연구 필요

○ 무선급전 경전철 도시철도 차량 인터페이스 기술개발

[표 3-10] 무선급전 경전철 도시철도 차량 인터페이스 기술개발 세세부과제별 전문가 의견

세세부과제	전문가 의견
경전철 무선급전 차량제어 인터페이스 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 무선급전 인터페이스 요구사항 관련 연구 필요 - 무선급전 인터페이스 사양서 도출 관련 연구 필요
무선급전 급집전시스템 안정화 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 무선급전 회생에너지 요구사항 관련 연구 필요 - 무선급전 회생에너지 인터페이스 관련 연구 필요 - 무선급전 전원 안정화 장치 요구사항 관련 연구 필요 - 무선급전 전원 안정화 장치 최적용량 관련 연구 필요 - 무선급전 전원 안정화 장치 사양 및 설계 관련 연구 필요 - 무선급전 전원 안정화 장치 제작 및 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요
무선급전 집전장치 설계 및 제작	<ul style="list-style-type: none"> - 무선급전 집전장치 사양 및 설계 관련 연구 필요 - 무선급전 집전장치 제작 및 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요
무선급전 경전철 차량 개조 및 제작기술 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 무선급전 차량 기본 설계 및 상세설계 관련 연구 필요 - 무선급전 차량 인터페이스 상세 설계 관련 연구 필요 - 차량 개조설계 제작 및 종합 성능 시험 관련 연구 필요 - 차량 인터페이스 S/W 및 H/W 제작 및 종합 성능 시험 관련 연구 필요 - 차량 유지보수 방안 및 기준 관련 연구 필요

○ 경전철 도시철도용 무선급전 성능향상 기술개발

[표 3-11] 경전철 도시철도용 무선급전 성능향상 기술개발 세세부과제별 전문가 의견

세세부과제	전문가 의견
경전철용 무선 급집전 시스템 표준화 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 급집전 요구사항 검토 관련 연구 필요 - 급집전 통합 실용화 최적 설계 및 시뮬레이션 관련 연구 필요 - 급집전 통합 시스템 제작 및 성능 시험 관련 연구 필요
경전철 무선급전 시스템 최적설계 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 급전시스템 요구사항 및 실용화 설계 관련 연구 필요 - 급전시스템 시제품 및 최종사양서 관련 연구 필요 - 급전시스템 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요
경전철 무선집전시스템 최적설계 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 집전시스템 요구사항 및 실용화 설계 관련 연구 필요 - 집전시스템 시제품 및 최종사양서 관련 연구 필요 - 집전시스템 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요
경전철 무선급집전 시스템 표준화 기술사양 도출	<ul style="list-style-type: none"> - 급전시스템 표준화 기술사양 관련 연구 필요 - 집전시스템 표준화 기술사양 관련 연구 필요

○ 무선급전 경전철 도시철도 차량 시범사업 및 실용화 방안 연구개발

[표 3-12] 무선급전 경전철 도시철도 차량 시범사업 및 실용화 방안 연구개발 세세부과제별 전문가 의견

세세부과제	전문가 의견
시범운영 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 시범사업 선정 및 운용 시나리오 관련 연구 필요 - 시범사업 통합 운용 표준 사양 관련 연구 필요
시스템통합 및 시험, 성능 검증	<ul style="list-style-type: none"> - 시범사업 노선 적용 급집전 시스템 통합 관련 연구 필요 - 실용화 시스템 종합 시험 및 검증 관련 연구 필요 - 급집전 시스템 고도화 관련 연구 필요
차량 개발 및 성능시험	<ul style="list-style-type: none"> - 시범사업 운행차량 설계 및 개조 관련 연구 필요 - 실용화 시스템 성능시험 관련 연구 필요
실용화 경제성 향상 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 시범사업 급전인프라 경제성 향상 방안 관련 연구 필요 - 시범사업 차량 경제성 향상 방안 관련 연구 필요

□ 중전철 도시철도 차량용 무선급전 기술개발 및 실용화

○ 무선급전 중전철 도시철도 차량 실용화 운용기술 개발

[표 3-13] 무선급전 중전철 도시철도 차량 실용화 운용기술 개발 세세부과제별 전문가 의견

세세부과제	전문가 의견
무선급전 도시철도 최적운용 시나리오 및 실용화 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 운용시나리오 관련 연구가 필요 - Test-Bed에 대한 설계 및 구축, 성능시험 관련 연구가 필요 - 시스템 적용 요구사항 및 사양서 제시가 필요 - 통합 유지보수 방안 필요 - 종합 성능 시험 관련 연구 필요 - 철도안전법 관련 개정 방향 제시 필요 - 급변부하관리 기술 확보 필요 - 회생에너지 최적활용 방안 기술 관련 연구 필요 - 경제성 향상 방안 연구 필요
급전시스템 고도화 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> - 중전철 운행에 필요한 급전 인버터 사양 확정 필요 - 급전 인버터 제작 및 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요 - 고주파 변압기 사양 및 설계 관련 연구 필요 - 고주파 변압기 제작 및 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요
도시철도용 급전선로 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> - 급전선로 사양 및 설계 관련 연구 필요 - 급전선로 제작 및 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요
무선급전 EMF/EMI/EMC 방지관리 기술	<ul style="list-style-type: none"> - 중전철 시스템 EMF/EMI/EMC 방지 대책 관련 연구 필요 - 중전철 시스템 EMF/EMI/EMC 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요
도시철도 급전시스템 안전모니터링기술	<ul style="list-style-type: none"> - 안전모니터링 사양서 관련 연구 필요 - 안전모니터링 시스템 구축 관련 연구 필요 - 안전모니터링 시스템 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요

○ 무선급전 중전철 도시철도 인프라 인터페이스 기술개발

[표 3-14] 무선급전 중전철 도시철도 인프라 인터페이스 개발 세세부과제별 전문가 의견

세세부과제	전문가 의견
도시철도용 무선급전시스템 궤도설치 기술	<ul style="list-style-type: none"> - 궤도 부설 요구사항 검토 관련 연구 필요 - 궤도 구조물 안전성 인터페이스 검토 관련 연구 필요 - 궤도 구조물 부설 및 설치 사양서 관련 연구 필요 - 신호시스템 사양서 관련 연구 필요
도시철도 무선급전 신호 안전성 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 신호시스템 요구사항 검토 관련 연구 필요 - 신호간섭 주파수 관련 연구 필요 - 신호시스템 사양 관련 연구 필요
도시철도 무선급전 분기기 안전성 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 분기기 관련 사양 도출 연구 필요 - 분기기 안전성 및 최적 부설기준 관련 연구 필요
무선급전 인프라 유지보수 방안 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 인프라 시스템 유지보수 방안 관련 연구 필요 - 인프라 시스템 유지보수 설계 및 검증 관련 연구 필요

○ 무선급전 중전철 도시철도 차량 인터페이스 기술개발

[표 3-15] 무선급전 중전철 도시철도 차량 인터페이스 기술개발 세세부과제별 전문가 의견

세세부과제	전문가 의견
도시철도 무선급전 차량제어 인터페이스 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 무선급전 인터페이스 요구사항 관련 연구 필요 - 무선급전 인터페이스 사양서 도출 관련 연구 필요
무선급전 급집전시스템 안정화 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 무선급전 회생에너지 요구사항 관련 연구 필요 - 무선급전 회생에너지 인터페이스 관련 연구 필요 - 무선급전 전원 안정화 장치 요구사항 관련 연구 필요 - 무선급전 전원 안정화 장치 최적용량 관련 연구 필요 - 무선급전 전원 안정화 장치 사양 및 설계 관련 연구 필요 - 무선급전 전원 안정화 장치 제작 및 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요
무선급전 집전장치 설계 및 제작	<ul style="list-style-type: none"> - 무선급전 집전장치 사양 및 설계 관련 연구 필요 - 무선급전 집전장치 제작 및 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요
무선급전 도시철도 차량 개조 및 제작기술 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 무선급전 차량 기본 설계 및 상세설계 관련 연구 필요 - 무선급전 차량 인터페이스 상세 설계 관련 연구 필요 - 차량 개조설계 제작 및 종합 성능 시험 관련 연구 필요 - 차량 인터페이스 S/W 및 H/W 제작 및 종합 성능 시험 관련 연구 필요 - 차량 유지보수 방안 및 기준 관련 연구 필요

○ 중전철 도시철도용 무선급전 성능향상 기술개발

[표 3-16] 중전철 도시철도용 무선급전 성능향상 기술개발 세세부과제별 전문가 의견

세세부과제	전문가 의견
도시철도용 무선 급집전 시스템 표준화 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 급집전 요구사항 검토 관련 연구 필요 - 급집전 통합 실용화 최적 설계 및 시뮬레이션 관련 연구 필요 - 급집전 통합 시스템 제작 및 성능 시험 관련 연구 필요
도시철도 무선급전 시스템 최적설계 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 급전시스템 요구사항 및 실용화 설계 관련 연구 필요 - 급전시스템 시제품 및 최종사양서 관련 연구 필요 - 급전시스템 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요
도시철도 무선집전시스템 최적설계 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 집전시스템 요구사항 및 실용화 설계 관련 연구 필요 - 집전시스템 시제품 및 최종사양서 관련 연구 필요 - 집전시스템 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요
도시철도 무선급집전 시스템 표준화 기술사양 도출	<ul style="list-style-type: none"> - 급전시스템 표준화 기술사양 관련 연구 필요 - 집전시스템 표준화 기술사양 관련 연구 필요

○ 무선급전 중전철 도시철도 차량 시범사업 및 실용화 방안 연구개발

[표 3-17] 무선급전 중전철 도시철도 차량 시범사업 및 실용화 방안 연구개발 세세부과제별 전문가 의견

세세부과제	전문가 의견
시범운영 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 시범사업 선정 및 운용 시나리오 관련 연구 필요 - 시범사업 통합 운용 표준 사양 관련 연구 필요
시스템통합 및 시험, 성능 검증	<ul style="list-style-type: none"> - 시범사업 노선 적용 급집전 시스템 통합 관련 연구 필요 - 실용화 시스템 종합 시험 및 검증 관련 연구 필요 - 급집전 시스템 고도화 관련 연구 필요
차량 개발 및 성능시험	<ul style="list-style-type: none"> - 시범사업 운행차량 설계 및 개조 관련 연구 필요 - 실용화 시스템 성능시험 관련 연구 필요
실용화 경제성 향상 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 시범사업 급전인프라 경제성 향상 방안 관련 연구 필요 - 시범사업 차량 경제성 향상 방안 관련 연구 필요

□ 고속철도 차량용 무선급전 기술개발 및 실용화

○ 무선급전 고속철도 차량 실용화 운용기술 개발

[표 3-18] 무선급전 고속철도 차량 실용화 운용기술 개발 세세부과제별 전문가 의견

세세부과제	전문가 의견
무선급전 고속철도 최적운용 시나리오 및 실용화 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 운용시나리오 관련 연구가 필요 - Test-Bed에 대한 설계 및 구축, 성능시험 관련 연구가 필요 - 시스템 적용 요구사항 및 사양서 제시가 필요 - 통합 유지보수 방안 필요 - 종합 성능 시험 관련 연구 필요 - 철도안전법 관련 개정 방향 제시 필요 - 급변부하관리 기술 확보 필요 - 회생에너지 최적활용 방안 기술 관련 연구 필요 - 경제성 향상 방안 연구 필요
급전시스템 고도화 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> - 중전철 운행에 필요한 급전 인버터 사양 확정 필요 - 급전 인버터 제작 및 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요 - 고주파 변압기 사양 및 설계 관련 연구 필요 - 고주파 변압기 제작 및 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요
고속철도용 급전선로 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> - 급전선로 사양 및 설계 관련 연구 필요 - 급전선로 제작 및 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요
무선급전 EMF/EMI/EMC 방지관리 기술	<ul style="list-style-type: none"> - 중전철 시스템 EMF/EMI/EMC 방지 대책 관련 연구 필요 - 중전철 시스템 EMF/EMI/EMC 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요
고속철도 급전시스템 안전모니터링기술	<ul style="list-style-type: none"> - 안전모니터링 사양서 관련 연구 필요 - 안전모니터링 시스템 구축 관련 연구 필요 - 안전모니터링 시스템 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요

○ 무선급전 고속철도 인프라 인터페이스 기술개발

[표 3-19] 무선급전 고속철도 인프라 인터페이스 개발 세세부과제별 전문가 의견

세세부과제	전문가 의견
고속철도용 무선급전시스템 궤도설치 기술	<ul style="list-style-type: none"> - 궤도 부설 요구사항 검토 관련 연구 필요 - 궤도 구조물 안전성 인터페이스 검토 관련 연구 필요 - 궤도 구조물 부설 및 설치 사양서 관련 연구 필요 - 신호시스템 사양서 관련 연구 필요
고속철도 무선급전 신호 안전성 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 신호시스템 요구사항 검토 관련 연구 필요 - 신호간섭 주파수 관련 연구 필요 - 신호시스템 사양 관련 연구 필요
고속철도 무선급전 분기기 안전성 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 분기기 관련 사양 도출 연구 필요 - 분기기 안전성 및 최적 부설기준 관련 연구 필요
무선급전 인프라 유지보수 방안 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 인프라 시스템 유지보수 방안 관련 연구 필요 - 인프라 시스템 유지보수 설계 및 검증 관련 연구 필요

○ 무선급전 고속철도 차량 인터페이스 기술개발

[표 3-20] 무선급전 고속철도 차량 인터페이스 기술개발 세세부과제별 전문가 의견

세세부과제	전문가 의견
고속철도 무선급전 차량제어 인터페이스 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 무선급전 인터페이스 요구사항 관련 연구 필요 - 무선급전 인터페이스 사양서 도출 관련 연구 필요
무선급전 급집전시스템 안정화 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 무선급전 회생에너지 요구사항 관련 연구 필요 - 무선급전 회생에너지 인터페이스 관련 연구 필요 - 무선급전 전원 안정화 장치 요구사항 관련 연구 필요 - 무선급전 전원 안정화 장치 최적용량 관련 연구 필요 - 무선급전 전원 안정화 장치 사양 및 설계 관련 연구 필요 - 무선급전 전원 안정화 장치 제작 및 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요
무선급전 집전장치 설계 및 제작	<ul style="list-style-type: none"> - 무선급전 집전장치 사양 및 설계 관련 연구 필요 - 무선급전 집전장치 제작 및 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요
무선급전 고속철도 차량 개조 및 제작기술 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 무선급전 차량 기본 설계 및 상세설계 관련 연구 필요 - 무선급전 차량 인터페이스 상세 설계 관련 연구 필요 - 차량 개조설계 제작 및 종합 성능 시험 관련 연구 필요 - 차량 인터페이스 S/W 및 H/W 제작 및 종합 성능 시험 관련 연구 필요 - 차량 유지보수 방안 및 기준 관련 연구 필요

○ 고속철도용 무선급전 성능향상 기술개발

[표 3-21] 고속철도용 무선급전 성능향상 기술개발 세세부과제별 전문가 의견

세세부과제	전문가 의견
고속철도용 무선 급집전 시스템 표준화 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 급집전 요구사항 검토 관련 연구 필요 - 급집전 통합 실용화 최적 설계 및 시뮬레이션 관련 연구 필요 - 급집전 통합 시스템 제작 및 성능 시험 관련 연구 필요
고속철도 무선급전 시스템 최적설계 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 급전시스템 요구사항 및 실용화 설계 관련 연구 필요 - 급전시스템 시제품 및 최종사양서 관련 연구 필요 - 급전시스템 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요
고속철도 무선집전시스템 최적설계 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 집전시스템 요구사항 및 실용화 설계 관련 연구 필요 - 집전시스템 시제품 및 최종사양서 관련 연구 필요 - 집전시스템 종합 성능시험 관련 기술 연구 필요
고속철도 무선급집전 시스템 표준화 기술사양 도출	<ul style="list-style-type: none"> - 급전시스템 표준화 기술사양 관련 연구 필요 - 집전시스템 표준화 기술사양 관련 연구 필요

3.2.6. 후보기술 과제 확정

- 확정된 후보기술 과제는 세부과제, 세세부과제, 수행과제의 3-Level을 가지며 경전철 도시철도와 중전철 도시철도에서 각각 5개 세부과제, 고속철도에서 4개 세부과제가 도출되었음.

[표 3-22] 경전철 도시철도 후보기술 과제 확정

세부과제	세세부과제	수행과제
무선급전 경전철 도시철도 차량 실용화 운용기술 개발	무선급전 경전철 최적운용 시나리오 및 실용화 연구	무선급전 경전철 운용시나리오 시뮬레이션, 무선급전 경전철 운용시나리오 방안 제시, 무선급전 경전철 운용시나리오(안) 제시, 무선급전 Test-bed 기본 및 상세 설계, 무선급전 경전철 Test-Bed 구축, 무선급전 경전철 Test-Bed 구축 및 종합성능시험, 무선급전 경전철시스템 적용 요구사항 및 사양 도출, 무선급전 경전철시스템 사양서 검증, 무선급전 경전철시스템 사양서(안) 제시, 무선급전 경전철 통합 유지보수 방안 검토, 무선급전 경전철 통합 유지보수(안) 도출, 무선급전 경전철 통합 유지보수(안) 제시, 무선급전 경전철 종합 성능시험기술 항목 도출, 무선급전 경전철 종합 성능시험설비 구축, 무선급전 경전철 종합 성능시험 및 시험데이터 분석, 무선급전 철도안전법 적용 문제점 검토, 무선급전 철도안전법 개정사유 도출, 무선급전 급변부하관리 사양서 도출, 무선급전 철도안전법 개정(안) 제시, 무선급전 급변부하관리기술 시험 및 사양 확정, 무선급전 경전철 회생에너지 최적방안 기술 검토, 무선급전 경전철 회생에너지 최적방안 도출, 무선급전 경전철 회생에너지 종합성능시험, 무선급전 실용화를 위한 경제성 향상 인자 도출, 무선급전 실용화를 위한 경제성 향상 방안 도출, 무선급전 실용화를 위한 경제성 향상(안) 제시, 무선급전 경전철시스템 도로케도 운행 방안 검토, 무선급전 경전철시스템 도로케도 운행 사양서(안) 제시, 무선급전 경전철시스템 도로케도 시험운행 방안 제시
	급전시스템 고도화 기술개발	520kw 급 이상 급전 인버터 사양 및 상세설계, 520kw 급 이상 급전 인버터 제작 및 단품시험, 520kw 급 이상 급전 인버터 조합시험 및 종합성능시험, 무선급전용 고주파 변압기 사양 및 상세설계, 무선급전용 고주파 변압기 제작 및 단품시험, 무선급전용 고주파 변압기 조합시험 및 종합성능시험
	경전철용 급전선로 기술개발	무선급전 경전철 급전선로 사양 및 상세설계, 무선급전 경전철 급전선로 제작 및 단품시험, 무선급전 경전철 급전선로 조합시험 및 종합성능시험
	무선급전 EMF/EMI/EMC 방지관리 기술	무선급전 경전철 시스템 EMF/EMI/EMC 기술 검토, 무선급전 경전철 시스템 EMF/EMI/EMC 방지 대책, 무선급전 경전철 시스템 EMF/EMI/EMC 종합성능시험
	경전철 급전시스템 안전모니터링기술	무선급전 경전철 안전모니터링 사양서 도출, 무선급전 경전철 안전모니터링 시스템 구축, 무선급전 경전철 안전모니터링 시스템 종합성능시험
무선급전 경전철 도시철도 인프라 인터페이스 기술개발	경전철용 무선급전시스템 케도설치 기술	무선급전 경전철 케도 부설 요구사항 검토 및 도출, 무선급전 경전철 케도 구조물 안전성 인터페이스 검토, 무선급전 경전철 케도 부설 사양(안) 도출, 무선급전 경전철 케도 구조물 안전성 시험, 무선급전 경전철 케도 구조물 설치 사양서(안) 제시, 무선급전 경전철 일반 도로케도 운행 기술 검토, 무선급전 차량-케도 시설물 간섭 시험, 무선급전 경전철 신호시스템 사양서(안) 제시
	경전철 무선급전 신호 안전성 연구	무선급전 경전철 신호시스템 요구사항 검토 및 도출, 무선급전 경전철 신호간섭 주파수 범위 분석, 무선급전 경전철 신호시스템 사양(안) 도출, 무선급전 경전철 신호간섭 안전성 시험, 무선급전 경전철 신호시스템 사양서(안) 제시

	경전철 무선급전 분기기 안전성 연구	무선급전 경전철 분기 최적화 방안 도출, 무선급전 경전철 분기기 사양(안) 도출, 무선급전 경전철 분기기 안전성 시험 및 데이터 검토, 무선급전 경전철 분기기 설치 사양서(안) 제시, 무선급전 분기기 급전선로 최적 부설기준 연구
	무선급전 인프라 유지보수 방안 연구	무선급전 인프라 시스템 유지보수 방안 검토, 무선급전 인프라 시스템 유지보수 설계 및 검증, 무선급전 인프라 시스템 유지보수(안) 제시
무선급전 경전철 도시철도 차량 인터페이스 기술개발	경전철 무선급전 차량제어 인터페이스 연구	경전철 차량 무선급전 인터페이스 요구사항 및 사양서 도출, 경전철 차량 무선급전 인터페이스 사양서(안) 제시
	무선급전 급집전시스템 안정화 연구	경전철 무선급전 회생에너지 요구사항 및 사양서 도출, 경전철 무선급전 회생에너지 인터페이스 방안 제시, 경전철 무선급전 전원 안정화장치 요구사항 및 사양서 도출, 경전철 무선급전 전원 안정화장치 최적 용량 산정, 경전철 무선급전 전원안정화장치 상세설계, 경전철 무선급전 전원안정화장치 제작 및 단품시험, 경전철 무선급전 전원안정화장치 조합시험 및 종합성능시험
	무선급전 집전장치 설계 및 제작	경전철 무선급전 집전장치 요구사항 및 사양서 도출, 경전철 무선급전 집전장치 상세설계, 경전철 무선급전 집전장치 제작 및 단품시험, 경전철 무선급전 집전장치 조합시험 및 종합성능시험
	무선급전 경전철 차량 개조 및 제작기술 연구	경전철 무선급전 차량 기본설계 및 상세설계, 경전철 무선급전 차량 인터페이스 상세설계, 경전철 무선급전 차량 개조설계 제작, 경전철 무선급전 차량 인터페이스 S/W, H/W 제작, 경전철 무선급전 차량 개조설계 제작차량 종합성능시험, 경전철 무선급전 차량 인터페이스 S/W, H/W 종합성능시험, 무선급전 경전철 차량 유지보수 방안 검토, 무선급전 경전철 차량 유지보수 기준 검토, 무선급전 경전철 차량 유지보수 기준(안) 제시
경전철 도시철도용 무선급전 성능향상 기술개발	경전철용 무선급집전 시스템 표준화 연구	무선급전 경전철 급집전 요구사항 검토 및 도출, 무선급전 경전철 급집전 통합 실용화 최적 설계 및 시뮬레이션, 무선급전 경전철 급집전 통합 시제품 제작, 무선급전 경전철 급집전 통합 성능 시험 및 검증, 무선급전 경전철 급집전 통합 최적 사양서 제시, 무선급전 경전철 급집전 통합 성능 향상 검증
	경전철 무선급전 시스템 최적설계 연구	무선급전 경전철 급전시스템 요구사항 검토 및 도출, 무선급전 경전철 급전시스템 선로 실용화 설계 및 시뮬레이션, 무선급전 경전철 급전시스템 시제품 제작, 무선급전 경전철 급전시스템 단품 성능 시험 무선급전 경전철 급전시스템 최종 사양서 제시, 무선급전 경전철 급전시스템 성능 향상 검증
	경전철 무선집전시스템 최적설계 연구	무선급전 경전철 집전시스템 요구사항 검토 및 도출, 무선급전 경전철 집전시스템 실용화 설계 및 시뮬레이션, 무선급전 경전철 집전시스템 시제품 제작, 무선급전 경전철 집전시스템 단품 성능 시험, 무선급전 경전철 집전시스템 최종 사양서 제시, 무선급전 경전철 집전시스템 성능 향상 검증
	경전철 무선급집전 시스템 표준화 기술사양 도출	무선급전 경전철 급전시스템 표준화 기술사양 검토, 무선급전 경전철 집전시스템 표준화 기술사양 검토, 무선급전 경전철 급전시스템 표준화 사양 도출, 무선급전 경전철 집전시스템 표준화 사양 도출
무선급전 경전철 도시철도 차량 시범사업 및 실용화 방안 연구개발	시범운영 연구	시범사업 노선 선정, 시범사업 통합 운용 시나리오 연구, 시범사업 통합 운용 표준 사양 연구
	시스템통합 및 시험, 성능 검증	시범사업 노선 급집전 시스템 통합, 실용화 시스템 종합 시험 및 검증, 급집전시스템 고도화
	차량 개발 및 성능시험	시범사업 운행차량 설계 및 개조 연구, 실용화 시스템 성능시험 연구
	실용화 경제성 향상 연구	시범사업 급전인프라 경제성 향상 연구, 시범사업 차량 집전장치 경제성 향상 연구

[표 3-23] 중전철 도시철도 후보기술 과제 확정

연구과제	세부과제	도출과제
무선급전 중전철 도시철도 차량 실용화 운용기술 개발	무선급전 도시철도 최적운용 시나리오 및 실용화 연구	무선급전 도시철도 운용시나리오 시뮬레이션, 무선급전 도시철도 운용시나리오 방안 제시, 무선급전 도시철도 운용시나리오(안) 제시, 무선급전 Test-bed 기본 및 상세 설계, 무선급전 도시철도 Test-Bed 구축, 무선급전 도시철도 Test-Bed 구축 및 종합성능시험, 무선급전 도시철도시스템 적용 요구사항 및 사양 도출, 무선급전 도시철도시스템 사양서 검증, 무선급전 도시철도시스템 사양서(안) 제시, 무선급전 도시철도 통합 유지보수 방안 검토, 무선급전 도시철도 통합 유지보수(안) 도출, 무선급전 도시철도 통합 유지보수(안) 제시, 무선급전 도시철도 종합 성능시험기술 항목 도출, 무선급전 도시철도

		종합 성능시험설비 구축, 무선급전 도시철도 종합 성능시험 및 시험데이터 분석, 무선급전 철도안전법 적용 문제점 검토, 무선급전 철도안전법 개정사유 도출, 무선급전 급변부하관리 사양서 도출, 무선급전 철도안전법 개정(안) 제시, 무선급전 급변부하관리기술 시험 및 사양 확정, 무선급전 도시철도 회생에너지 최적방안 기술 검토, 무선급전 도시철도 회생에너지 최적방안 도출, 무선급전 도시철도 회생에너지 종합성능시험, 무선급전 실용화를 위한 경제성 향상 인자 도출, 무선급전 실용화를 위한 경제성 향상 방안 도출, 무선급전 실용화를 위한 경제성 향상(안) 제시
	급전시스템 고도화 기술개발	520kw 급 이상 급전 인버터 사양 및 상세설계, 520kw 급 이상 급전 인버터 제작 및 단품시험, 520kw 급 이상 급전 인버터 조합시험 및 종합성능시험, 무선급전용 고주파 변압기 사양 및 상세설계, 무선급전용 고주파 변압기 제작 및 단품시험, 무선급전용 고주파 변압기 조합시험 및 종합성능시험
	도시철도용 급전선로 기술개발	무선급전 도시철도 급전선로 사양 및 상세설계, 무선급전 도시철도 급전선로 제작 및 단품시험, 무선급전 도시철도 급전선로 조합시험 및 종합성능시험
	무선급전 EMF/EMI/EMC 방지관리 기술	무선급전 도시철도 시스템 EMF/EMI/EMC 기술 검토, 무선급전 도시철도 시스템 EMF/EMI/EMC 방지 대책, 무선급전 도시철도 시스템 EMF/EMI/EMC 종합성능시험
	도시철도 급전시스템 안전모니터링기술	무선급전 도시철도 안전모니터링 사양서 도출, 무선급전 도시철도 안전모니터링 시스템 구축, 무선급전 도시철도 안전모니터링 시스템 종합성능시험
무선급전 중전철 도시철도 인프라 인터페이스 기술개발	도시철도용 무선급전시스템 궤도설치 기술	무선급전 도시철도 궤도 부설 요구사항 검토 및 도출, 무선급전 도시철도 궤도 구조물 안전성 인터페이스 검토, 무선급전 도시철도 궤도 부설 사양(안) 도출, 무선급전 도시철도 궤도 구조물 안전성 시험, 무선급전 도시철도 궤도 구조물 설치 사양서(안) 제시
	도시철도 무선급전 신호 안전성 연구	무선급전 도시철도 신호시스템 요구사항 검토 및 도출, 무선급전 도시철도 신호간섭 주파수 범위 분석, 무선급전 도시철도 신호시스템 사양(안) 도출, 무선급전 도시철도 신호간섭 안전성 시험, 무선급전 도시철도 신호시스템 사양서(안) 제시
	도시철도 무선급전 분기기 안전성 연구	무선급전 도시철도 분기 최적화 방안 도출, 무선급전 도시철도 분기기 사양(안) 도출, 무선급전 도시철도 분기기 안전성 시험 및 데이터 검토, 무선급전 도시철도 분기기 설치 사양서(안) 제시
	무선급전 인프라 유지보수 방안 연구	무선급전 인프라 시스템 유지보수 방안 검토, 무선급전 인프라 시스템 유지보수 설계 및 검증, 무선급전 인프라 시스템 유지보수(안) 제시
무선급전 중전철 도시철도 차량 인터페이스 기술개발	도시철도 무선급전 차량제어 인터페이스 연구	도시철도 차량 무선급전 인터페이스 요구사항 및 사양서 도출, 도시철도 차량 무선급전 인터페이스 사양서(안) 제시
	무선급전 급집전시스템 안정화 연구	도시철도 무선급전 회생에너지 요구사항 및 사양서 도출, 도시철도 무선급전 회생에너지 인터페이스 방안 제시, 도시철도 무선급전 회생에너지 인터페이스 시험, 도시철도 무선급전 전원 안정화장치 요구사항 및 사양서 도출, 도시철도 무선급전 전원 안정화장치 최적 용량 산정, 도시철도 무선급전 전원안정화장치 상세설계, 도시철도 무선급전 전원안정화장치 제작 및 단품시험, 도시철도 무선급전 전원안정화장치 조합시험 및 종합성능시험
	무선급전 집전장치 설계 및 제작	도시철도 무선급전 집전장치 요구사항 및 사양서 도출, 도시철도 무선급전 집전장치 상세설계, 도시철도 무선급전 집전장치 제작 및 단품시험, 도시철도 무선급전 집전장치 조합시험 및 종합성능시험
	무선급전 도시철도 차량 개조 및 제작기술 연구	도시철도 무선급전 차량 기본설계 및 상세설계, 도시철도 무선급전 차량 인터페이스 상세설계, 도시철도 무선급전 차량 개조설계 제작, 도시철도 무선급전 차량 개조설계 제작차량 종합성능시험, 도시철도 무선급전 차량 인터페이스 S/W, H/W 종합성능시험, 무선급전 도시철도 차량 유지보수 방안 검토, 무선급전 도시철도 차량 유지보수 기준 검토, 무선급전 도시철도 차량 유지보수 기준(안) 제시
중전철 도시철도용	도시철도용 무선 급집전 시스템	무선급전 도시철도 급집전 요구사항 검토 및 도출, 무선급전 도시철도

무선급전 성능향상 기술개발	표준화 연구	급집전 통합 실용화 최적 설계 및 시뮬레이션, 무선급전 도시철도 급집전 통합 시제품 제작, 무선급전 도시철도 급집전 통합 성능 시험 및 검증, 무선급전 도시철도 급집전 통합 최적 사양서 제시, 무선급전 도시철도 급집전 통합 성능 향상 검증
	도시철도 무선급전 시스템 최적설계 연구	무선급전 도시철도 급전시스템 요구사항 검토 및 도출, 무선급전 도시철도 급전시스템 선로 실용화 설계 및 시뮬레이션, 무선급전 도시철도 급전시스템 시제품 제작, 무선급전 도시철도 급전시스템 단품 성능 시험, 무선급전 도시철도 급전시스템 최종 사양서 제시, 무선급전 도시철도 급전시스템 성능 향상 검증
	도시철도 무선집전시스템 최적설계 연구	무선급전 도시철도 집전시스템 요구사항 검토 및 도출, 무선급전 도시철도 집전시스템 실용화 설계 및 시뮬레이션, 무선급전 도시철도 집전시스템 시제품 제작, 무선급전 도시철도 집전시스템 단품 성능 시험, 무선급전 도시철도 집전시스템 최종 사양서 제시, 무선급전 도시철도 집전시스템 성능 향상 검증
	도시철도 무선급집전 시스템 표준화 기술사양 도출	무선급전 도시철도 급전시스템 표준화 기술사양 검토, 무선급전 도시철도 집전시스템 표준화 기술사양 검토, 무선급전 도시철도 급전시스템 표준화 사양 도출, 무선급전 도시철도 집전시스템 표준화 사양 도출
무선급전 중전철 도시철도 차량 시범사업 및 실용화 방안 연구개발	시범운영 연구	시범사업 노선 선정, 시범사업 통합 운용 시나리오 연구, 시범사업 통합 운용 표준 사양 연구
	시스템통합 및 시험, 성능 검증	시범사업 노선 급집전 시스템 통합, 실용화 시스템 종합 시험 및 검증, 급집전시스템 고도화
	차량 개발 및 성능시험	시범사업 운행차량 설계 및 개조 연구, 실용화 시스템 성능시험 연구
	실용화 경제성 향상 연구	시범사업 급전인프라 경제성 향상 연구, 시범사업 차량 집전장치 경제성 향상 연구

[표 3-24] 고속철도 후보기술 과제 확정

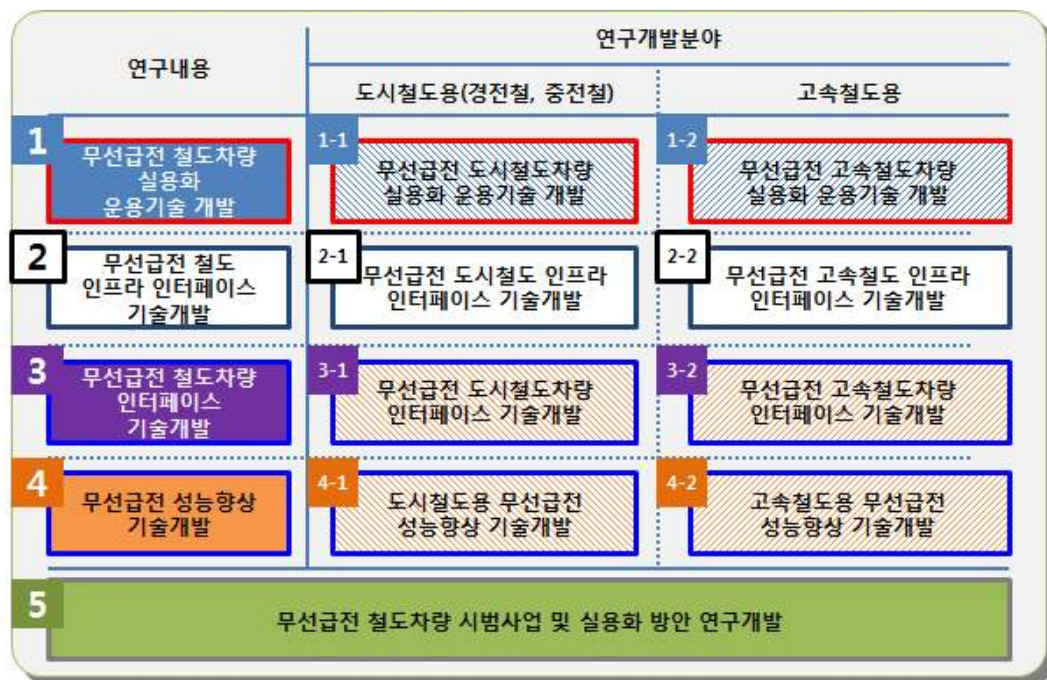
연구과제	세부과제	도출과제
무선급전 고속철도차량 실용화 운용기술 개발	무선급전 고속철도 최적운용 시나리오 및 실용화 연구	무선급전 고속철도 운용시나리오 시뮬레이션, 무선급전 고속철도 운용시나리오 방안 제시, 무선급전 고속철도 운용시나리오(안) 제시, 무선급전 Test-bed 기본 및 상세 설계, 무선급전 고속철도 Test-Bed 구축, 무선급전 고속철도 Test-Bed 구축 및 종합성능시험, 무선급전 고속철도시스템 적용 요구사항 및 사양 도출, 무선급전 고속철도시스템 사양서 검증, 무선급전 고속철도시스템 사양서(안) 제시, 무선급전 고속철도 통합 유지보수 방안 검토, 무선급전 고속철도 통합 유지보수(안) 도출, 무선급전 고속철도 통합 유지보수(안) 제시, 무선급전 고속철도 종합 성능시험기술 항목 도출, 무선급전 고속철도 종합 성능시험설비 구축, 무선급전 고속철도 종합 성능시험 및 시험데이터 분석, 무선급전 철도안전법 적용 문제점 검토, 무선급전 철도안전법 개정사유 도출, 무선급전 급변부하관리 사양서 도출, 무선급전 철도안전법 개정(안) 제시, 무선급전 급변부하관리기술 시험 및 사양 확정, 무선급전 고속철도 회생에너지 최적방안 기술 검토, 무선급전 고속철도 회생에너지 최적방안 도출, 무선급전 고속철도 회생에너지 종합성능시험, 무선급전 실용화를 위한 경제성 향상 인자 도출, 무선급전 실용화를 위한 경제성 향상 방안 도출, 무선급전 실용화를 위한 경제성 향상(안) 제시
	급전시스템 고도화 기술개발	520kw 급 이상 급전 인버터 사양 및 상세설계, 520kw 급 이상 급전 인버터 제작 및 단품시험, 520kw 급 이상 급전 인버터 조합시험 및 종합성능시험, 무선급전용 고주파 변압기 사양 및 상세설계, 무선급전용 고주파 변압기 제작 및 단품시험, 무선급전용 고주파 변압기 조합시험 및 종합성능시험
	고속철도용 급전선로 기술개발	무선급전 고속철도 급전선로 사양 및 상세설계, 무선급전 고속철도 급전선로 제작 및 단품시험, 무선급전 고속철도 급전선로 조합시험 및 종합성능시험
	무선급전 EMF/EMI/EMC 방지관리 기술	무선급전 고속철도 시스템 EMF/EMI/EMC 기술 검토, 무선급전 고속철도 시스템 EMF/EMI/EMC 방지 대책, 무선급전 고속철도 시스템 EMF/EMI/EMC 종합성능시험
	고속철도 급전시스템 안전모니터링기술	무선급전 고속철도 안전모니터링 사양서 도출, 무선급전 고속철도 안전모니터링 시스템 구축, 무선급전 고속철도 안전모니터링 시스템 종합성능시험
무선급전 고속철도 인프라 인터페이스 기술개발	고속철도용 무선급전시스템 케도설치 기술	무선급전 고속철도 케도 부설 요구사항 검토 및 도출, 무선급전 고속철도 케도 구조물 안전성 인터페이스 검토, 무선급전 고속철도 케도 부설 사양(안) 도출, 무선급전 고속철도 케도 구조물 안전성 시험, 무선급전 고속철도 케도 구조물 설치 사양서(안) 제시
	고속철도 무선급전 신호 안전성 연구	무선급전 고속철도 신호시스템 요구사항 검토 및 도출, 무선급전 고속철도 신호간섭 주파수 범위 분석, 무선급전 고속철도 신호시스템 사양(안) 도출, 무선급전 고속철도 신호간섭 안전성 시험, 무선급전 고속철도 신호시스템 사양서(안) 제시
	고속철도 무선급전 분기기 안전성 연구	무선급전 고속철도 분기 최적화 방안 도출, 무선급전 고속철도 분기기 사양(안) 도출, 무선급전 고속철도 분기기 안전성 시험 및 데이터 검토, 무선급전 고속철도 분기기 설치 사양서(안) 제시
	무선급전 인프라 유지보수 방안 연구	무선급전 인프라 시스템 유지보수 방안 검토, 무선급전 인프라 시스템 유지보수 설계 및 검증, 무선급전 인프라 시스템 유지보수(안) 제시
무선급전 고속철도차량 인터페이스 기술개발	고속철도 무선급전 차량제어 인터페이스 연구	고속철도 차량 무선급전 인터페이스 요구사항 및 사양서 도출, 고속철도 차량 무선급전 인터페이스 사양서(안) 제시
	무선급전 급집전시스템 안정화 연구	고속철도 무선급전 회생에너지 요구사항 및 사양서 도출, 고속철도 무선급전 회생에너지 인터페이스 방안 제시, 고속철도 무선급전 회생에너지 인터페이스 시험, 고속철도 무선급전 전원 안정화장치 요구사항 및 사양서 도출, 고속철도 무선급전 전원 안정화장치 최적 용량 산정, 고속철도 무선급전 전원안정화장치 상세설계, 고속철도 무선급전 전원안정화장치 제작 및 단품시험, 고속철도 무선급전 전원안정화장치 조합시험 및 종합성능시험

	무선급전 집전장치 설계 및 제작	고속철도 무선급전 집전장치 요구사항 및 사양서 도출, 고속철도 무선급전 집전장치 상세설계, 고속철도 무선급전 집전장치 제작 및 단품시험, 고속철도 무선급전 집전장치 조합시험 및 종합성능시험
	무선급전 고속철도 차량 개조 및 제작기술 연구	고속철도 무선급전 차량 기본설계 및 상세설계, 고속철도 무선급전 차량 인터페이스 상세설계, 고속철도 무선급전 차량 개조설계 제작, 고속철도 무선급전 차량 인터페이스 S/W, H/W 제작, 고속철도 무선급전 차량 개조설계 제작차량 종합성능시험, 고속철도 무선급전 차량 인터페이스 S/W, H/W 종합성능시험, 무선급전 고속철도 차량 유지보수 방안 검토, 무선급전 고속철도 차량 유지보수 기준 검토, 무선급전 고속철도 차량 유지보수 기준(안) 제시
고속철도용 무선급전 성능향상 기술개발	고속철도용 무선급집전 시스템 표준화 연구	무선급전 고속철도 급집전 요구사항 검토 및 도출, 무선급전 고속철도 급집전 통합 실용화 최적 설계 및 시뮬레이션, 무선급전 고속철도 급집전 통합 시제품 제작, 무선급전 고속철도 급집전 통합 성능 시험 및 검증, 무선급전 고속철도 급집전 통합 최적 사양서 제시, 무선급전 고속철도 급집전 통합 성능 향상 검증
	고속철도 무선급전 시스템 최적설계 연구	무선급전 고속철도 급전시스템 요구사항 검토 및 도출, 무선급전 고속철도 급전시스템 선로 실용화 설계 및 시뮬레이션, 무선급전 고속철도 급전시스템 시제품 제작, 무선급전 고속철도 급전시스템 단품 성능 시험, 무선급전 고속철도 급전시스템 최종 사양서 제시, 무선급전 고속철도 급전시스템 성능 향상 검증
	고속철도 무선집전시스템 최적설계 연구	무선급전 고속철도 집전시스템 요구사항 검토 및 도출, 무선급전 고속철도 집전시스템 실용화 설계 및 시뮬레이션, 무선급전 고속철도 집전시스템 시제품 제작, 무선급전 고속철도 집전시스템 단품 성능 시험, 무선급전 고속철도 집전시스템 최종 사양서 제시, 무선급전 고속철도 집전시스템 성능 향상 검증
	고속철도 무선급집전 시스템 표준화 기술사양 도출	무선급전 고속철도 급전시스템 표준화 기술사양 검토, 무선급전 고속철도 집전시스템 표준화 기술사양 검토, 무선급전 고속철도 급전시스템 표준화 사양 도출, 무선급전 고속철도 집전시스템 표준화 사양 도출

3.3. 과제 연구수행 체계

가. 과제 연구수행 체계

- 세부 기획과제는 경전철 도시철도 과제 5개, 중전철 도시철도 과제 5개, 고속철도 과제 4개의 순서로 구성되어 있음
- 차량 구분에 따라 크게 경전철 도시철도와 중전철 도시철도, 고속철도로 나눌 수 있으며 각각 무선급전 철도차량 실용화 운용기술개발, 무선급전 철도인프라 인터페이스 기술개발, 무선급전 철도차량 인터페이스 기술개발, 철도차량용 무선급전 성능향상 기술개발을 수행함

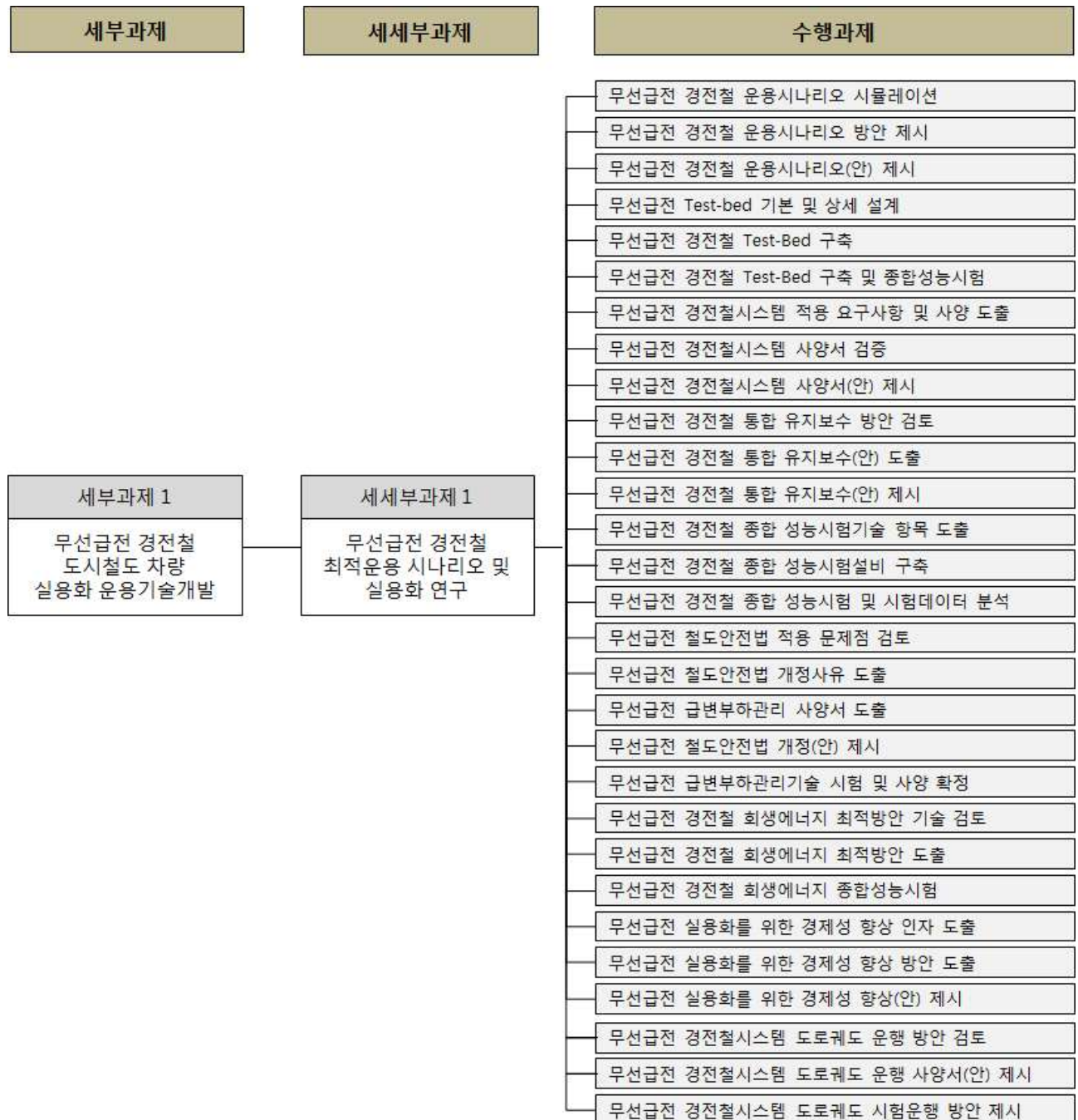


[그림 3-12] 과제 연구수행 체계

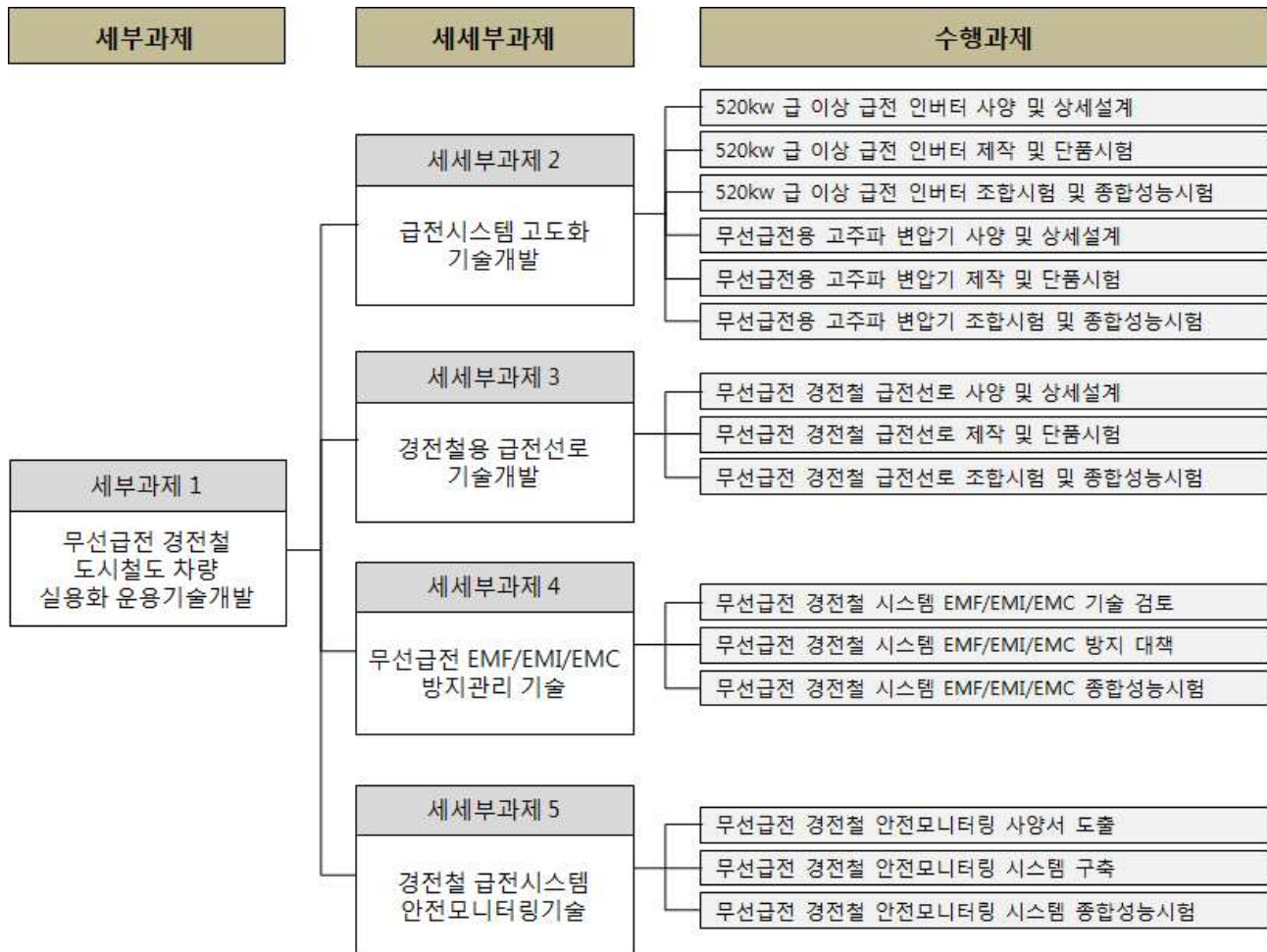
나. 과제별 연구수행 체계

□ 무선급전 경전철 도시철도 차량 실용화 운용기술개발

- 무선급전 경전철 도시철도 차량 실용화 운용기술개발은 5개의 세부과제와 44개의 수행과제로 진행됨



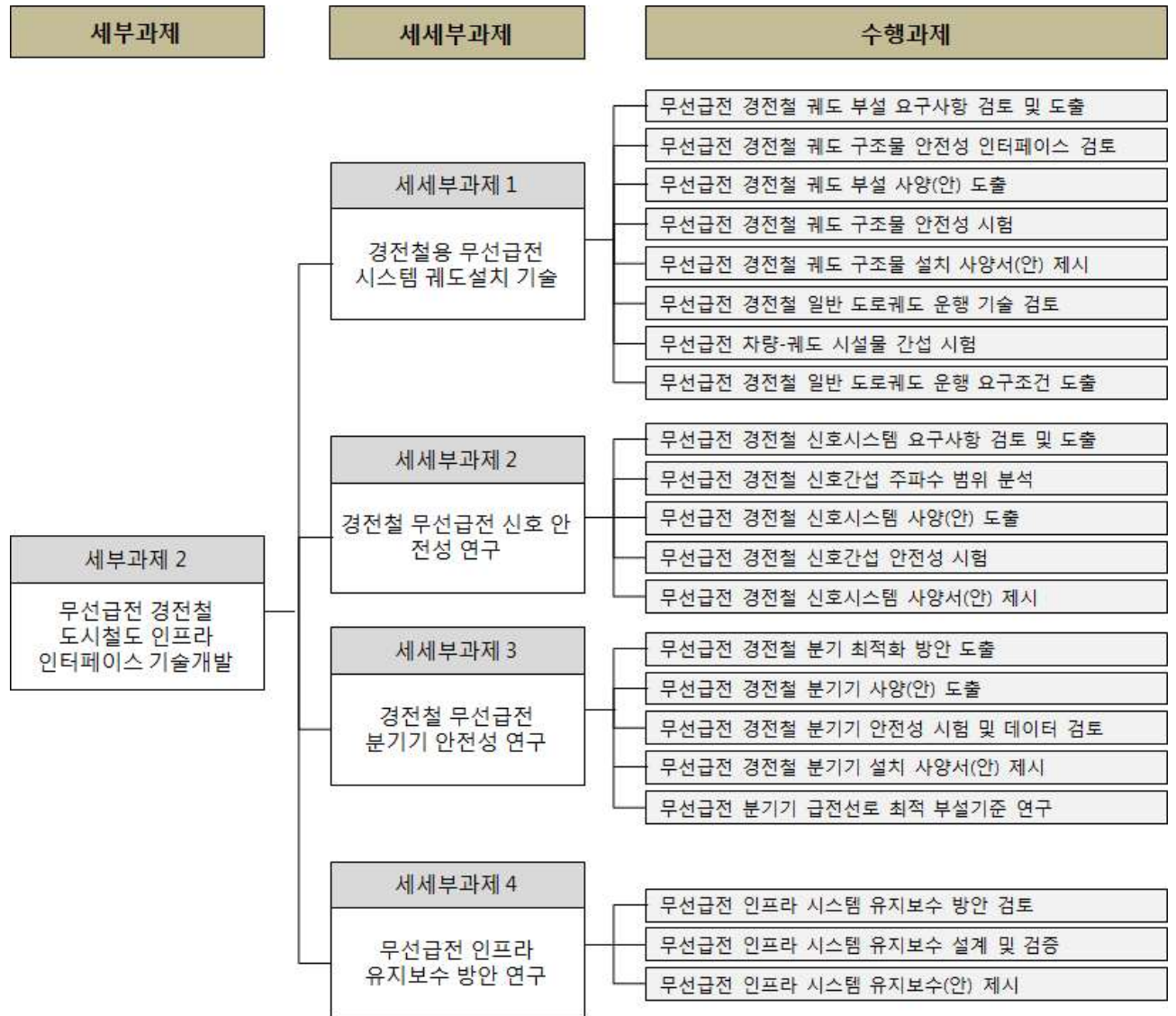
[그림 3-13] 무선급전 경전철 도시철도 차량 실용화 운용기술개발 연구수행 체계



[그림 3-14] 무선급전 경전철 도시철도 차량 실용화 운용기술개발 연구수행 체계

□ 무선급전 경전철 도시철도 인프라 인터페이스 기술개발

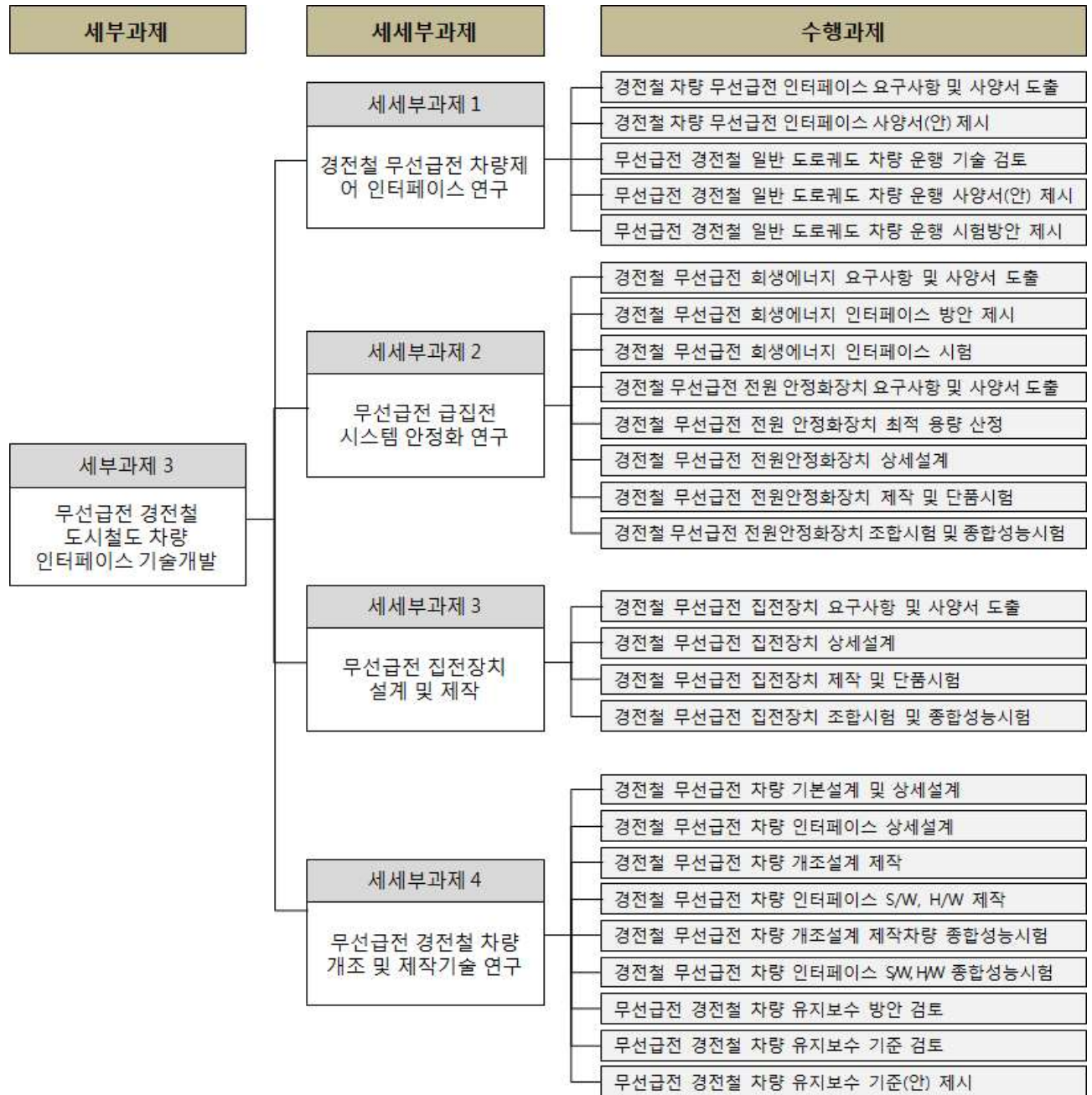
- 무선급전 경전철 도시철도 인프라 인터페이스 기술개발은 4개의 세세부과제와 21개의 수행과제로 진행됨



[그림 3-15] 무선급전 경전철 도시철도 인프라 인터페이스 기술개발 연구수행 체계

□ 무선급전 경전철 도시철도 차량 인터페이스 기술개발

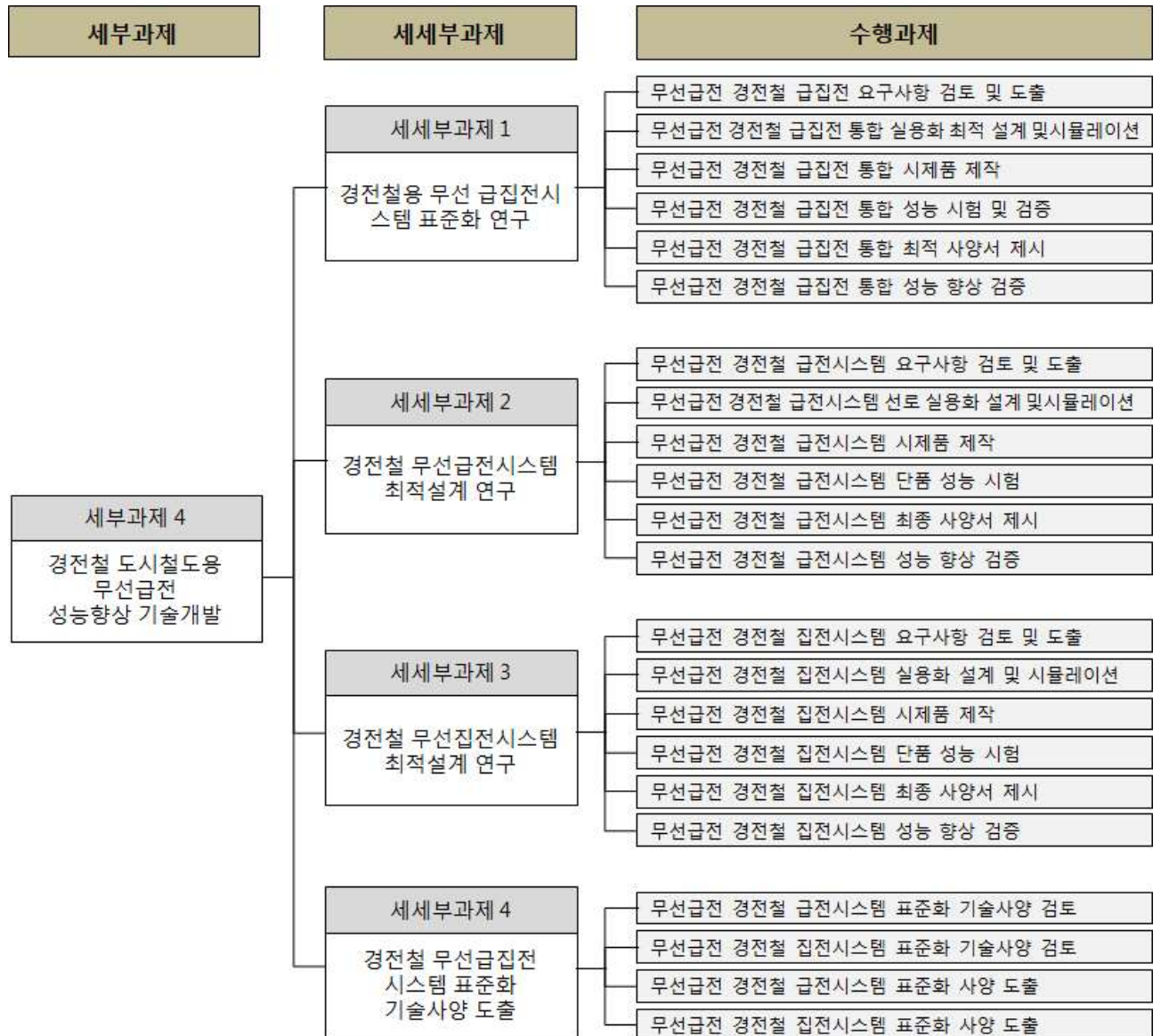
- 무선급전 경전철 도시철도 차량 인터페이스 기술개발은 4개의 세세부과제와 26개의 수행과제로 진행됨



[그림 3-16] 무선급전 경전철 도시철도 차량 인터페이스 기술개발 연구수행 체계

□ 경전철 도시철도용 무선급전 성능향상 기술개발

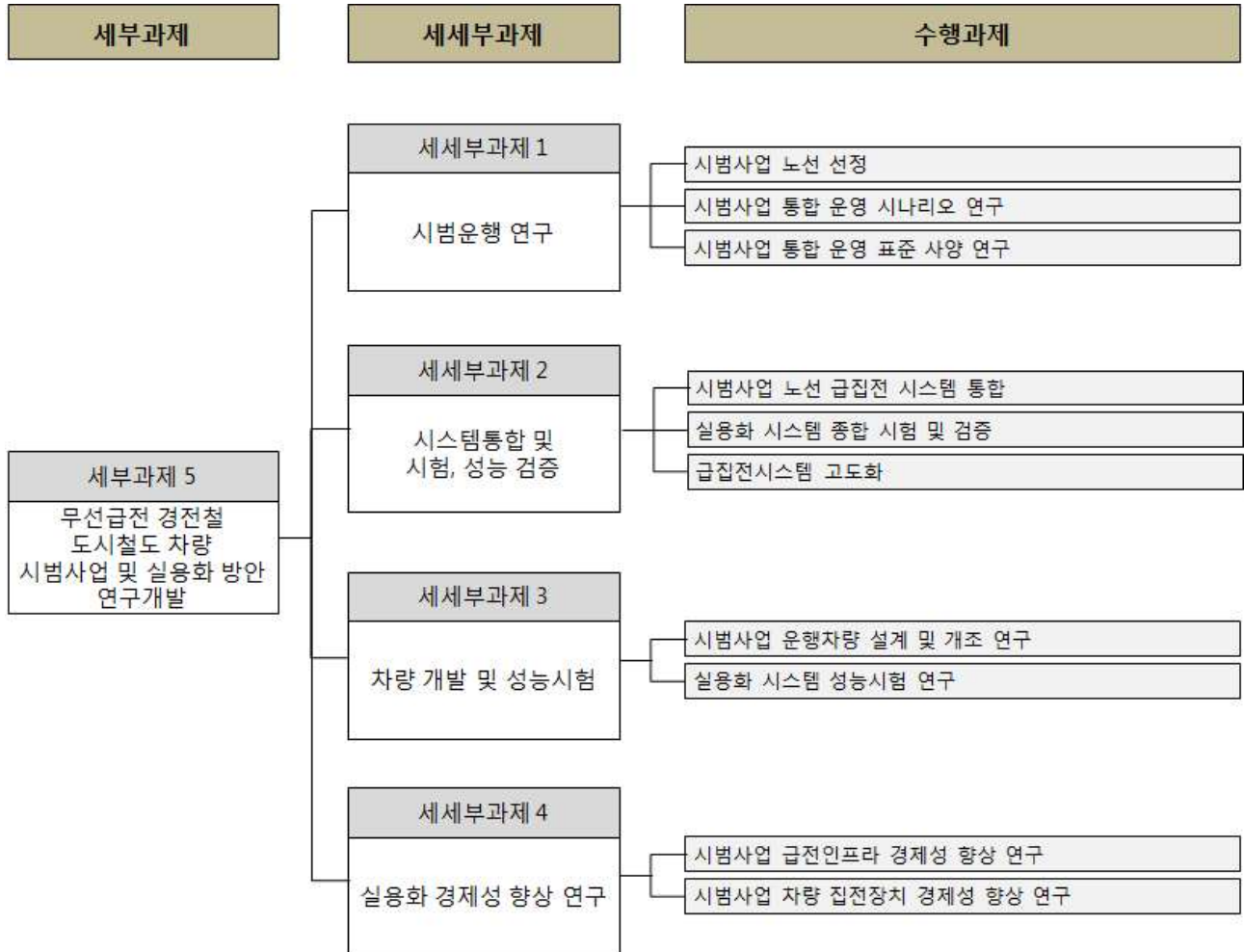
- 경전철 도시철도용 무선급전 성능향상 기술개발은 4개의 세세부과제와 22개의 수행과제로 진행됨



[그림 3-17] 경전철 도시철도용 무선급전 성능향상 기술개발 연구수행 체계

□ 무선급전 경전철 도시철도 차량 시범사업 및 실용화 방안 연구개발

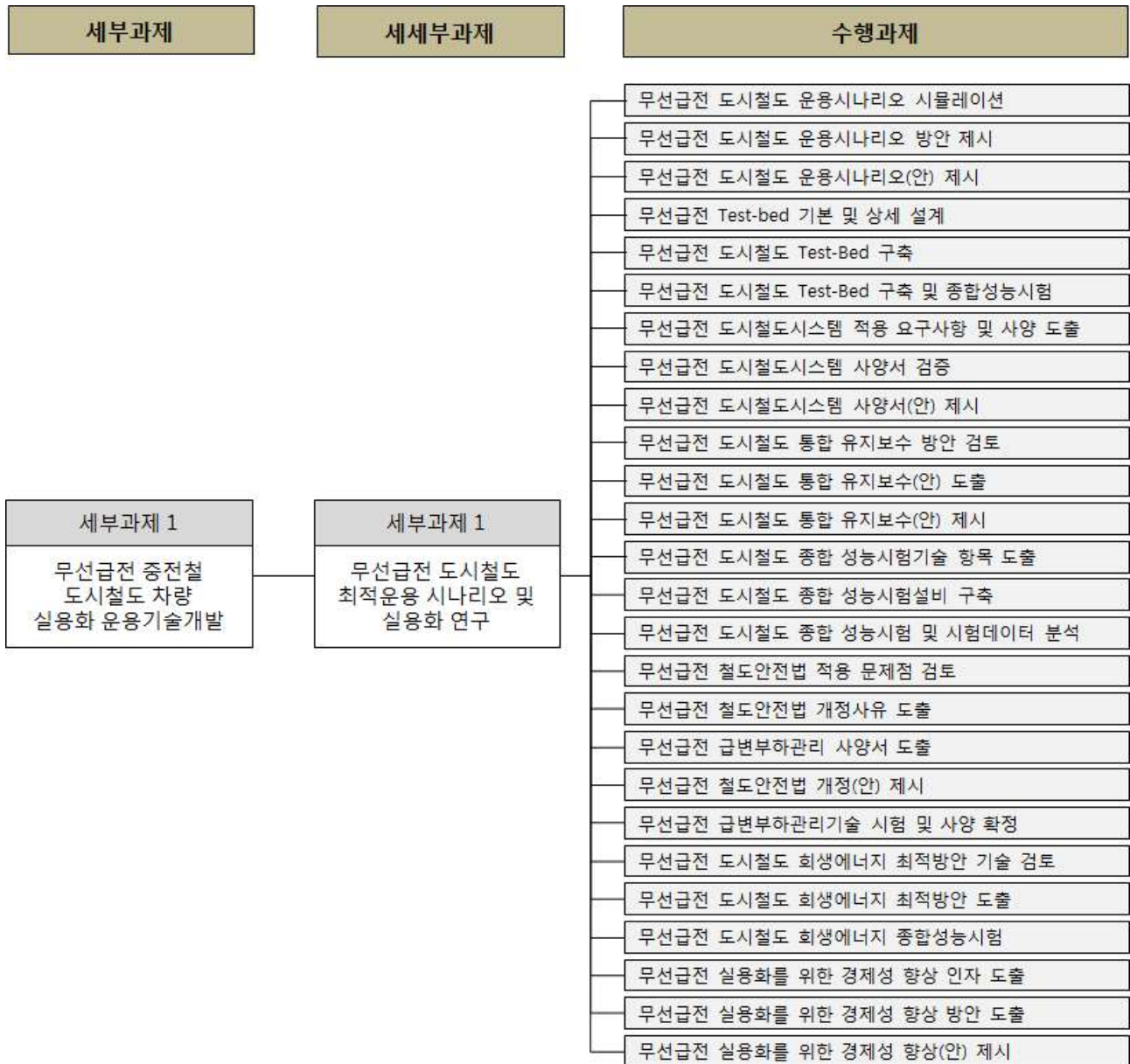
- 무선급전 경전철 도시철도 차량 시범사업 및 실용화 방안 연구개발은 4개의 세세부과제와 10개의 수행과제로 진행됨



[그림 3-18] 무선급전 경전철 도시철도 차량 시범사업 및 실용화 방안 연구개발

□ 무선급전 중전철 도시철도 차량 실용화 운용기술개발

- 무선급전 중전철 도시철도 차량 실용화 운용기술개발은 5개의 세세부과제와 41개의 수행과제로 진행됨



[그림 3-19] 무선급전 중전철 도시철도 차량 실용화 운용기술개발



[그림 3-20] 무선급전 중전철 도시철도 차량 실용화 운용기술개발

□ 무선급전 중전철 도시철도 인프라 인터페이스 기술개발

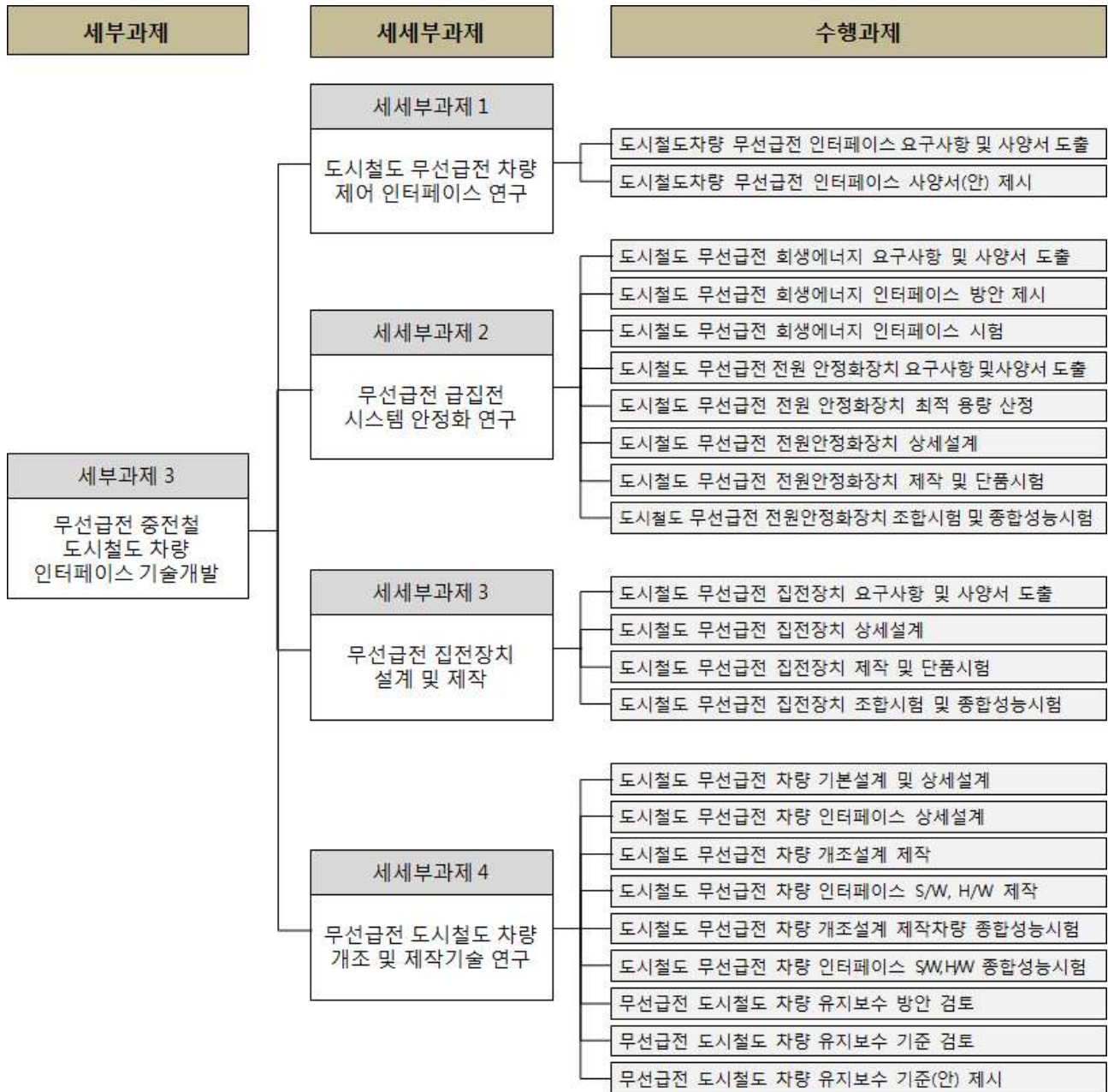
- 무선급전 중전철 도시철도 인프라 인터페이스 기술개발은 4개의 세세부과제와 17개의 수행과제로 진행됨



[그림 3-21] 무선급전 중전철 도시철도 인프라 인터페이스 기술개발

□ 무선급전 중전철 도시철도 차량 인터페이스 기술개발

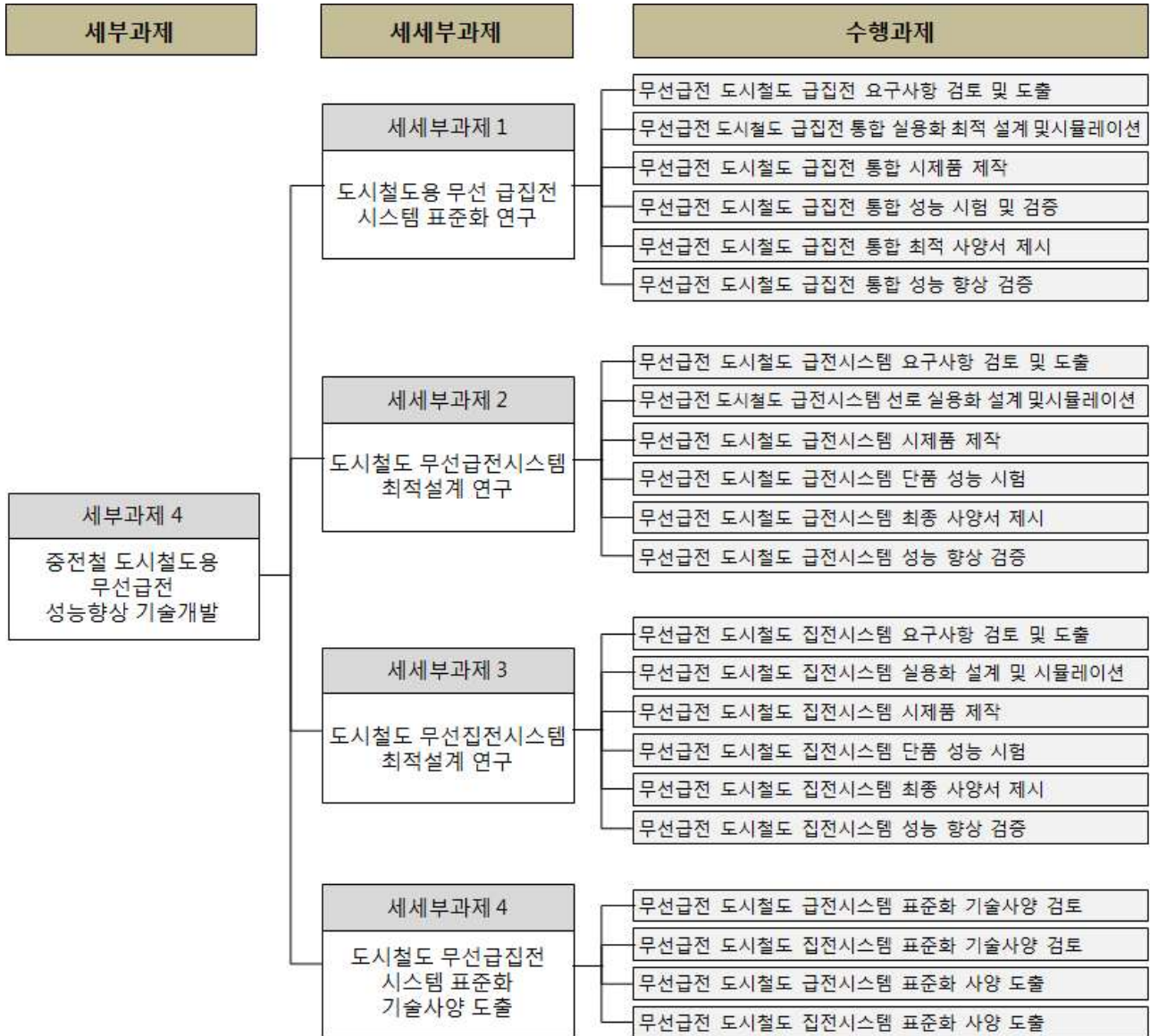
- 무선급전 중전철 도시철도 차량 인터페이스 기술개발은 4개의 세세부과제와 23개의 수행과제로 진행됨



[그림 3-22] 무선급전 중전철 도시철도 차량 인터페이스 기술개발

□ 중전철 도시철도용 무선급전 성능향상 기술개발

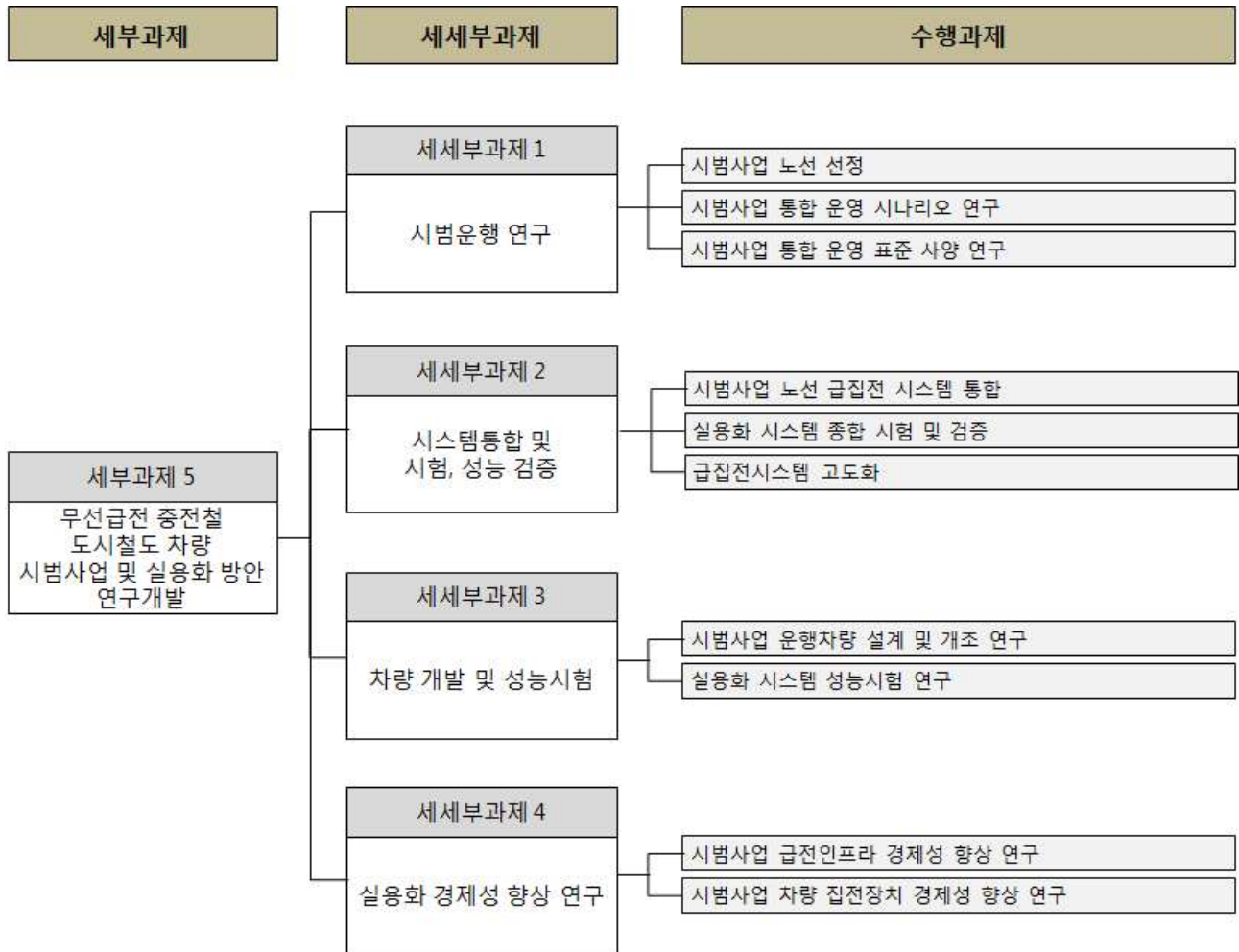
- 도시철도용 중전철 무선급전 성능향상 기술개발은 4개의 세세부과제와 22개의 수행과제로 진행됨



[그림 3-23] 중전철 도시철도용 무선급전 성능향상 기술개발

□ 무선급전 중전철 도시철도 차량 시범사업 및 실용화 방안 연구개발

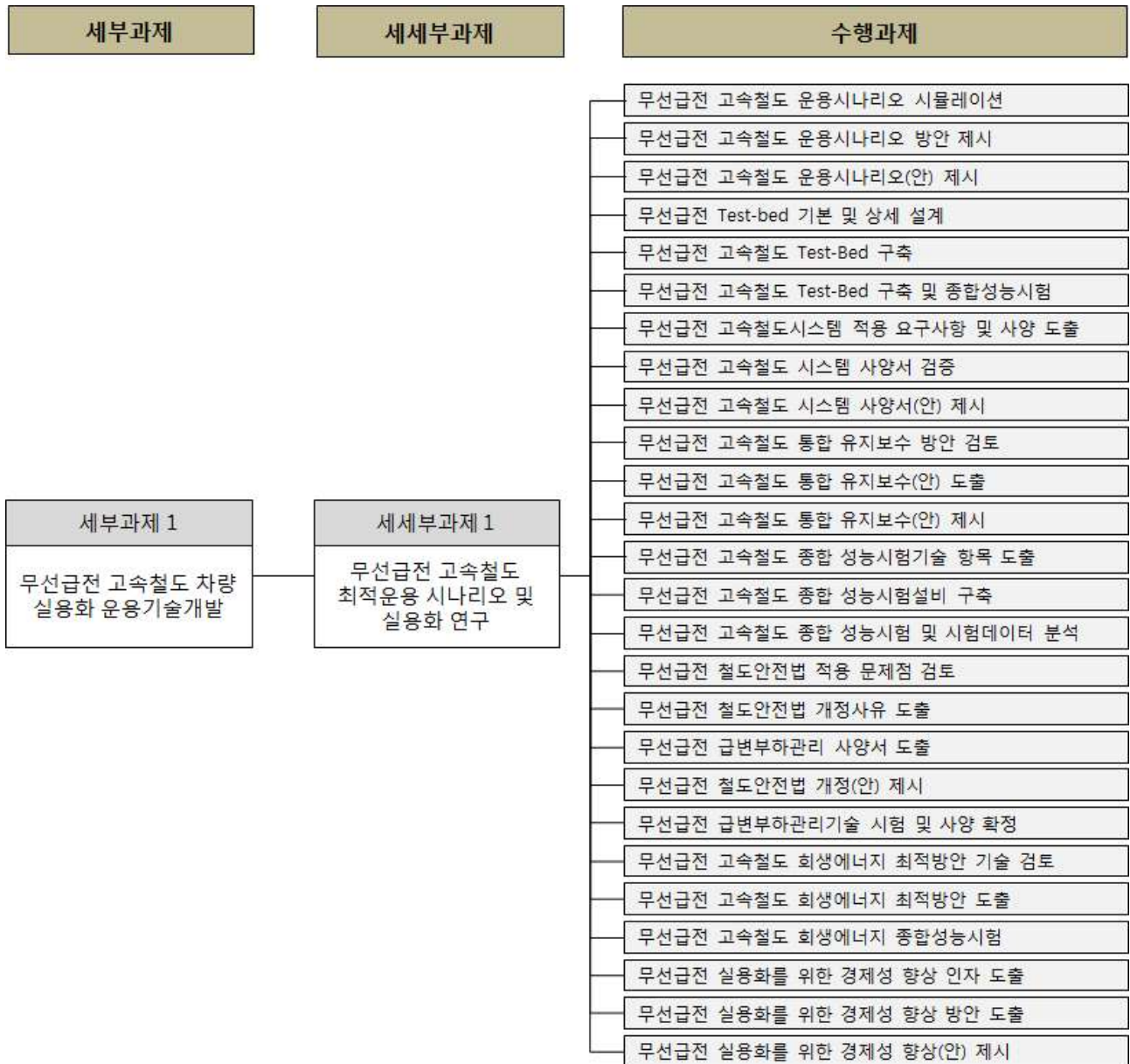
- 무선급전 중전철 도시철도 차량 시범사업 및 실용화 방안 연구개발은 4개의 세세부과제와 10개의 수행과제로 진행됨



[그림 3-24] 무선급전 중전철 도시철도 차량 시범사업 및 실용화 방안 연구개발

□ 무선급전 고속철도 차량 실용화 운용기술개발

- 무선급전 고속철도 차량 실용화 운용기술개발은 5개의 세세부과제와 41개의 수행과제로 진행됨



[그림 3-25] 무선급전 고속철도 차량 실용화 운용기술개발 연구수행 체계



[그림 3-26] 무선급전 고속철도 차량 실용화 운용기술개발 연구수행 체계

□ 무선급전 고속철도 인프라 인터페이스 기술개발

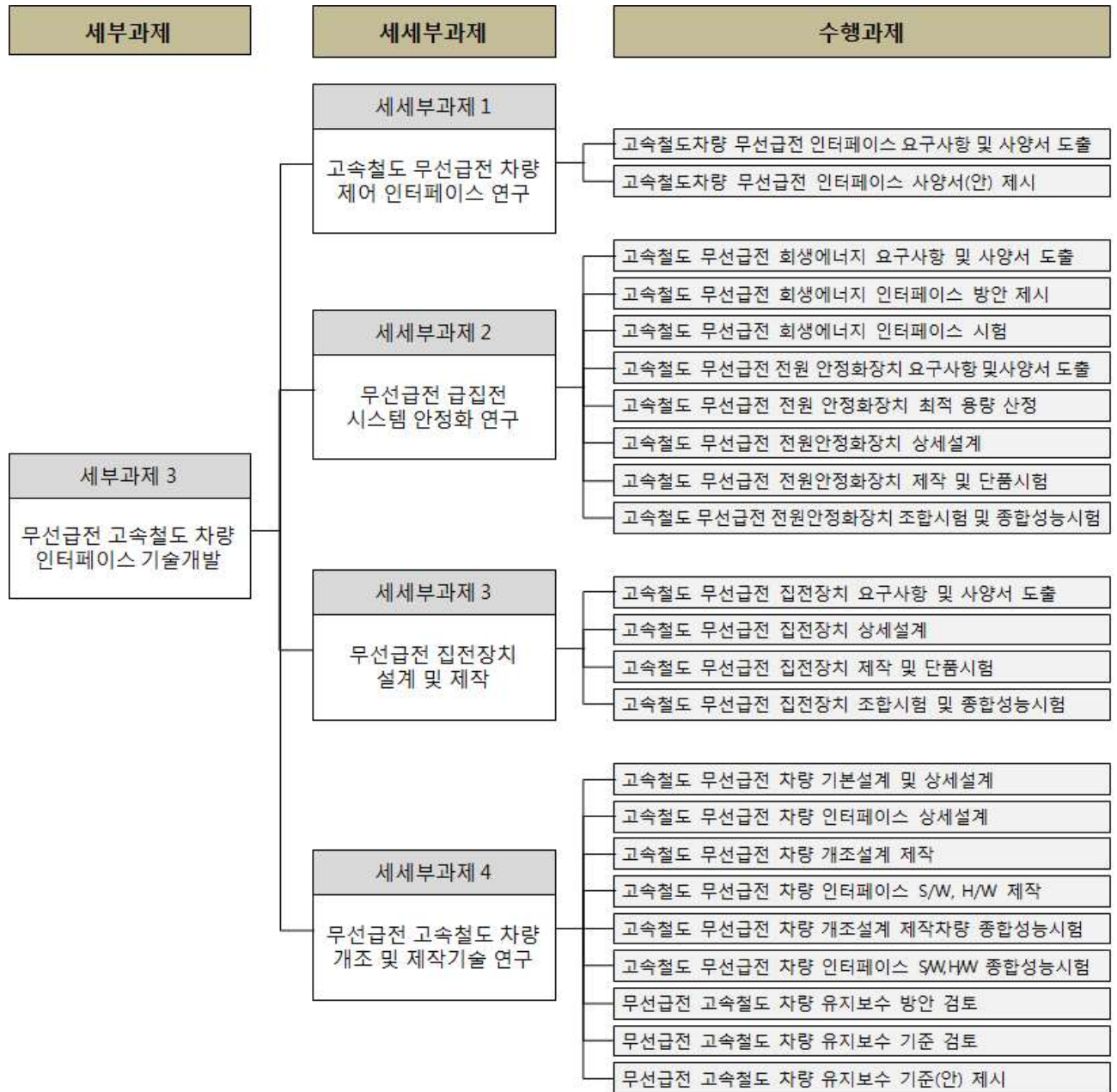
- 무선급전 고속철도 인프라 인터페이스 기술개발은 4개의 세세부과제와 17개의 수행과제로 진행됨



[그림 3-27] 무선급전 고속철도 인프라 인터페이스 기술개발 연구수행 체계

□ 무선급전 고속철도 차량 인터페이스 기술개발

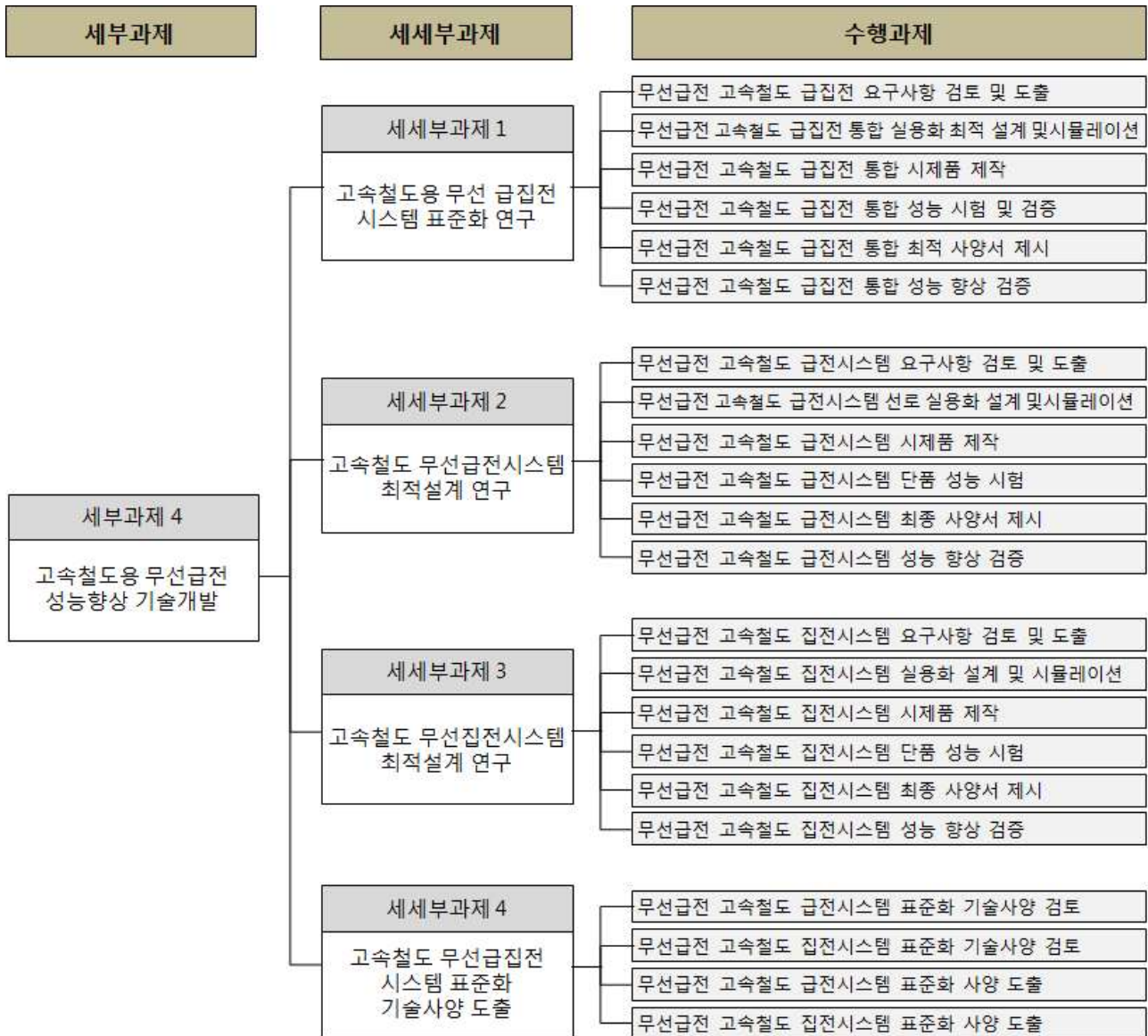
- 무선급전 고속철도 차량 인터페이스 기술개발은 4개의 세세부과제와 23개의 수행과제로 진행됨



[그림 3-28] 무선급전 고속철도 차량 인터페이스 기술개발 연구수행 체계

□ 고속철도용 무선급전 성능향상 기술개발

○ 고속철도용 무선급전 성능향상 기술개발은 4개의 세세부과제와 22개의 수행과제로 진행됨



[그림 3-29] 고속철도용 무선급전 성능향상 기술개발 연구수행 체계

4. 연구 목표 및 범위

4.1. 목표, 연구범위

4.1.1. 연구목표

- 실용 수준의 철도 무선급전 시스템 기술 개발을 위하여 경전철 도시철도를 대상으로 하여 무선 급전 핵심기술 및 실증 기술 개발
- 확보한 실용 수준의 철도 무선 급전 시스템을 활용하여 무선 급전 경전철 도시철도 Test - Bed 구축 및 성능 시험을 추진하여 실용 운영시 예상되는 문제점 및 해결방안을 확보
- Test-Bed 운영을 통하여 실제 적용시 최적화 할 수 있는 설계기술 개발 및 경제성을 확보할 수 있는 운용 유지보수 기술 개발하고 Test-Bed를 바탕으로 하여 시범사업을 추진하여 무선 급전 철도 기술의 실용화 추진 방안 확보

4.1.1. 연구범위

- 철도 고속화 및 친환경이라는 연구 추진 방향으로 경전철 철도차량 무선 급전에 대한 기술 개발과 이를 적용하는 철도 인프라/차량 인터페이스 기술 개발, 확보한 기술을 실제 적용 할 수 있도록 성능 향상 기술 개발 및 운영을 위한 경전철 철도차량 실용화 운용기술 개발 등을 연구 추진 예정
- 또한, 시범사업 추진을 통하여 신규노선 및 기존 노선에 대한 적용 방안을 연구하여 실용화 추진에 대한 방안 연구까지 추진 예정
 - 무선급전 경전철 도시철도 차량 실용화 운용기술 개발
 - 무선급전 경전철 도시철도 인프라 인터페이스 기술개발
 - 무선급전 경전철 도시철도 차량 인터페이스 기술개발
 - 경전철 도시철도용 무선급전 성능향상 기술개발

○ 무선급전 기술개발 과제간 비교 분석을 통한 개발사양 비교표(안)

기술개발 항목	유도급전 핵심기술	고속철도용 기초핵심기술	미래 녹색철도 시스템	무선급전시스템 실용화 사양(안)
급전장치	240kW	200kW*5	200kW*2대	1MW 이내
집전장치	240kW=80*3	500kW=100*5	180kW=60*3	900kW=300*3
급집전효율	최대 91.6%	최대90%@6m	평균 82%	평균 85%@100m 최대 90%@100m
급전선로길이	15m*2 섹션	6m	15m*2 섹션	100m 이내
적용차량	시험용 대차	-	무가선 트램	도시철도차량 (경전철, 지하철등)
에너지 저장장치	4MJ 슈퍼캡 저장장치	-	배터리 (200kWh)*2대	전원안정화장치
기술검증방법	실험실	실험실	오송시험트랙 30m	1km 시험선 구간선정후 시험 검증

4.2. 세부과제 별 연구내용

4.2.1. 무선급전 경전철 도시철도 차량 실용화 운용기술 개발

□ 연구 목표

- 무선급전 경량전철 실용화를 위한 운용기술개발 및 Test-Bed 구축 시험
 - 무선급전 경전철 최적운용 시나리오 개발
 - 무선급전 경전철 급전시스템 및 급전선로 기술개발을 통한 Test-Bed 구축
 - 무선급전 경전철 최적 유지보수 방안 연구 및 경제성 향상 방안 연구

□ 주요 연구 내용

- 무선급전 경전철 최적운용 시나리오 및 실용화 연구
- 급전시스템 고도화 기술
- 경전철용 급전선로 기술
- 무선급전 EMF/EMI/EMC 기술
- 경전철 급전시스템 안전모니터링 기술

□ 주요 최종 성과물

- 무선급전 520kW급 경전철용 고주파 급전인버터
- 무선급전 520kW급 경전철용 Test-Bed 시스템
- 무선급전 경전철용 종합성능시험 계측시스템
- 무선급전 경전철용 최적 운용 시나리오(안)
- 무선급전 종합성능시험 사양서
- 무선급전 종합성능시험 결과서

4.2.2. 무선급전 경전철 도시철도 인프라 인터페이스 기술개발

□ 연구 목표

- 무선급전 경전철 인프라 인터페이스 구축·기술 방안 제시 및 문제점 검토
 - 무선급전 경전철 궤도 인터페이스 기술검토 및 방안제시
 - 무선급전 경전철 신호 인터페이스 기술검토 및 방안제시
 - 경전철 분기기시스템 무선급전 상호 인터페이스 방안제시

□ 주요 연구 내용

- 경전철용 무선급전시스템 궤도설치 기술
- 경전철 무선급전 신호 안전성 연구
- 경전철 무선급전 분기기 안전성 연구
- 무선급전 인프라 유지보수 방안 연구

□ 주요 최종 성과물

- 무선급전 경전철 궤도 구조물 설치 사양서(안)
- 무선급전 경전철 신호시스템 사양서(안)
- 무선급전 경전철 분기기 사양서(안)
- 무선급전 경전철 인프라 유지보수(안)

4.2.3. 무선급전 경전철 도시철도 차량 인터페이스 기술개발

□ 연구 목표

- 무선급전 경전철 차량 최적 설계 및 성능시험
 - 무선급전 경전철 차량제어 인터페이스 방안 연구
 - 무선급전 경전철 전원공급 안정화 장치 최적 설계 및 성능확보
 - 무선급전 경전철 차량 개조설계 및 성능확보

□ 주요 연구 내용

- 경전철 무선급전 차량제어 인터페이스 연구
- 무선급전 급집전시스템 안정화 연구
- 무선급전 집전장치 설계 및 제작

- 무선급전 경전철 차량 개조 및 제작기술 연구

□ 주요 최종 성과물

- 무선급전 경전철 개조 차량 1편성
- 무선급전 경전철 520kW 급 집전장치 시스템
- 무선급전 경전철 전원 안정화장치
- 무선급전 경전철 차량 유지보수 기준(안)

4.2.4. 경전철 도시철도용 무선급전 성능향상 기술개발

□ 연구 목표

- 급집전 효율 90%로 향상된 경전철용 무선급전 기술개발

□ 주요 연구 내용

- 경전철용 무선급집전 시스템 표준화 연구
- 경전철 무선급전시스템 최적설계 연구
- 경전철 무선집전시스템 최적설계 연구
- 경전철 무선급집전 시스템 표준화 기술사양 도출

□ 주요 최종 성과물

- 무선급전 경전철 급집전시스템 통합 최적 설계 및 사양서(안)
- 무선급전 경전철 급전시스템 성능향상 최적 설계 및 사양서(안)
- 무선급전 경전철 집전시스템 성능향상 최적 설계 및 사양서(안)
- 무선급전 경전철 표준화(안)

4.2.5. 무선급전 경전철 도시철도 차량 시범사업 및 실용화 방안 연구개발

□ 연구 목표

- 무선급전 경전철차량 시범사업 수행 및 실용화 성능 검증

□ 주요 연구 내용

- 시범운행 연구
- 통합 및 시험 성능 검증
- 차량 개발 및 성능시험
- 실용화 경제성 향상 연구

□ 주요 최종 성과물

- 경전철 무선급전 시스템의 실제 노선 적용시 문제점 개선
- 시범사업 대상 지역을 하나의 사례로 삼아 무선급전 기술 확산을 위해 홍보
- 경전철 무선급전 신규 및 기존노선 활용방안 도출 가능
- 지방자치단체의 경전철 노선 건설투자 계획 수립참여를 촉진하여 지역 균형발전에 기여
- 기존 노후화 된 철도노선을 최소의 비용으로 최첨단 무선급전 노선으로 업그레이드하기 위한 기반 기술 준비

4.3. 세부과제별 연차별 성과목표 및 성과지표

4.3.1. 세부과제별 성과목표 및 성과지표

구분	성과목표	성과지표
1세부	무선급전 경전철 도시철도 차량 실용화 운용기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 무선급전 경전철 최적운용 시나리오 개발 - 무선급전 경전철 급전시스템 및 급전선로 기술개발을 통한 Test-Bed 구축 - 무선급전 경전철 최적 유지보수 방안 연구 및 경제성 향상 방안 연구
2세부	무선급전 경전철 도시철도 인프라 인터페이스 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> - 무선급전 경전철 궤도 인터페이스 기술검토 및 방안제시 - 무선급전 경전철 신호 인터페이스 기술검토 및 방안제시 - 경전철 분기기시스템 무선급전 상호 인터페이스 방안제시
3세부	무선급전 경전철 도시철도 차량 인터페이스 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> - 무선급전 경전철 차량제어 인터페이스 방안 연구 - 무선급전 경전철 정원공급 안정화 장치 최적 설계 및 성능확보 - 무선급전 경전철 차량 개조설계 및 성능확보
4세부	경전철 도시철도용 무선급전 성능향상 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> - 무선급전 경전철 급집전 최적설계 및 검증 - 무선급전 경전철 급전인프라 및 집전장치 성능향상 - 무선급전 경전철 급집전시스템 표준화

4.3.2. 연차별 성과목표 및 성과지표

가. 1차 년도 목표

유 형	지표구분	성과지표	1차(2015년)목표
산출 (Output) 지표	기술적 목표	무선급전 총출력 520kW 이상	- 무선급전 520kW 상세설계
		무선급전 효율 90% 이상	- 무선급전 부품별 효율제시
		자기장 차폐 62.5mG 이내	- 자기장 차폐 설계
		무선급전 차량 1편성 개조	- 무선급전 차량 개조설계
		집전모듈 520kW 이상	- 집전모듈 상세설계
		전원 안정화 장치 연동	- 전원안정화 장치 상세설계
		무선급전 경전철 시험노선 1km	- 무선급전 시험노선 상세설계
		무정전 섹션 전환기술	- 무선급전 섹션 전환 설계
	표준 지표	논문 발표	- SCI급 논문 0건 - 국내저널: 0건 - 해외발표: 1건 - 국내발표: 3건
		특허 출원/등록	- 국내특허 출원: 5건 - 국내특허 등록: 1건
결과 (Outcome) 지표	과제의 궁극적 목표	기술 종속 탈피 및 독자 기술 확보 여부	- 무선급전시스템 설계 및 인터페이스 기술 확보
	표준 지표	연구 성과의 활용 및 확산	-

나. 2차 년도 목표

유 형	지표구분	성과지표	2차(2016년)목표
산출 (Output) 지표	기술적 목표	무선급전 총출력 520kW 이상	- 무선급전 520kW 지상 인버터 급전선로 제작
		무선급전 효율 90% 이상	- 무선급전 효율 90% 단품시험
		자기장 차폐 62.5mG 이내	- 자기장 차폐 62.5mG 단품시험
		무선급전 차량 1편성 개조	- 무선급전 차량 개조 및 단품시험
		집전모듈 520kW 이상	- 집전모듈 520kW 제작 및 시험
		전원 안정화 장치 연동	- 전원안정화 장치 제작 및 시험
		무선급전 경전철 시험노선 1km	- 무선급전 시험노선 건설
		무정전 섹션 전환기술	- 무선급전 섹션 전환 단품시험
	표준 지표	논문 발표	- SCI급 논문 2건 - 국내저널: 3건 - 해외발표: 5건 - 국내발표: 8건
		특허 출원/등록	- 국내특허 출원: 5건 - 국내특허 등록: 5건
결과 (Outcome) 지표	과제의 궁극적 목표	기술 종속 탈피 및 독자 기술 확보 여부	- 무선급전시스템 제작 및 단품시험 기술 확보
	표준 지표	연구 성과의 활용 및 확산	- 홍보건수: 1건

다. 3차 년도 목표

유 형	지표구분	성과지표	3차(2017년)목표
산출 (Output) 지표	기술적 목표	무선급전 총출력 520kW 이상	- 무선급전 520kW 지상 인버터 급전선로 종합성능시험
		무선급전 효율 90% 이상	- 무선급전 효율 90% 종합시험
		자기장 차폐 62.5mG 이내	- 자기장 차폐 62.5mG 종합시험
		무선급전 차량 1편성 개조	- 무선급전 차량 종합성능시험
		집전모듈 520kW 이상	- 집전모듈 520kW 종합성능시험
		전원 안정화 장치 연동	- 전원안정화 장치 종합성능시험
		무선급전 경전철 시험노선 1km	- 무선급전 시험노선 종합성능시험
		무정전 섹션 전환기술	- 무선급전 섹션 전환 종합성능시험
	표준 지표	논문 발표	- SCI급 논문 2건 - 국내저널: 3건 - 해외발표: 5건 - 국내발표: 10건
		특허 출원/등록	- 국내특허 출원: 10건 - 국내특허 등록: 5건
결과 (Outcome) 지표	과제의 궁극적 목표	기술 종속 탈피 및 독자 기술 확보 여부	- 무선급전시스템 차량 종합성능시험 기술 확보
	표준 지표	연구 성과의 활용 및 확산	- 홍보건수: 2건

라. 최종 목표

유 형	지표구분	성과지표	최종 목표
산출 (Output) 지표	기술적 목표	무선급전 총출력 520kW 이상	- 520kW 이상 무선급전 시스템 설계/제작/시험 기술 확보
		무선급전 효율 90% 이상	
		자기장 차폐 62.5mG 이내	
		무선급전 차량 1편성 개조	- 무선급전 차량 인터페이스 설계/제작/시험 기술확보
		집전모듈 520kW 이상	
		전원 안정화 장치 연동	
		무선급전 경전철 시험노선 1km	- 무선급전 경전철 시험노선 설계/건설/시험 기술확보
		무정전 섹션 전환기술	
	표준 지표	논문 발표	- SCI급 논문 4건 - 국내저널: 6건 - 해외발표: 11건 - 국내발표: 21건
		특허 출원/등록	- 국내특허 출원: 20건 - 국내특허 등록: 11건
결과 (Outcome) 지표	과제의 궁극적 목표	기술 종속 탈피 및 독자 기술 확보 여부	- 무선급전 시스템 독자적 세계 최고 설계/제작/운용 기술 확보
	표준 지표	연구성과의 활용 및 확산	- 홍보건수: 3건

5. 연구목표 달성을 위한 추진방안

5.1 기존 기술·인프라 등의 활용 및 연계 방안

- 국내 무선급전의 기술적 성과를 토대로 지식경제부, 국토교통부에서 지속적으로 운송수단에 기술을 접목하는 연구가 추진되고 있음
- 국내 무선급전 연구는 카이스트에서 2009년 교과부에서 추진한 온라인 전기자동차 과제가 『국가연구개발사업』으로 처음 수행되었음
- 상기 5개의 과제는 서로 유기적으로 연결되어 진행되었고 향후 무선급전 실용화 과제의 기본으로 활용이 가능
- 연구과제와 밀접한 관련이 있는“전기철도용 유도급전시스템 핵심기술개발” 과제는 국토교통진흥원에서 추진한 과제로서 무선급전의 철도차량 적용에 대한 핵심기술에 대한 연구 진행
- 이 기술을 바탕으로 한국철도기술연구원에서는 “미래 녹색철도시스템 개발”의 일환으로 철도차량에 무선급전의 적용가능성을 최소용량의 실제모델로 증명하고 있음
- 철도차량 무선급전 실용화를 위해서는 각 과제의 결과물을 활용하여 최적의 무선급전 시스템을 설계하여야 함

[표 5-1] 무선급전관련 수행과제 현황 분석

지원부처	과제명	연구기간	기술분류	연구개요	중복성 검토 및 연계방안
국토부/ 진흥원	전기철도용 유도급전시 스템 핵심기술개 발	‘10.12~ ’12.12 (24개월)	240kW급 유도 급/집전 시스템 핵심 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전기철도용 240kW급 유도급전시스템 핵심기술 개발 ○ 4MJ급 Super Cap. Bank 및 240kW급 양방향 DC/DC 컨버터 개발 ○ 전기철도용 소형 시험 장치 개발 ○ 전기철도용 유도급전방식의 기술적·경제적 타당성 분석(분리공모) 	무선 급전 전기철도용 (20kHz) 핵심 기술 개발
철도시설 공단	고속철도용 대전력 비접촉식 급집전 기초 핵심기술개 발	‘11.10~ ’13.10 (24개월)	고속철도용 5.5MW 대용량(20kHz) 급전 모듈 및 4.9MW 집전모듈 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고속철도용 5.5MW 대용량 급전 인버터 기술 개발 ○ 고속철도용 실시간 세그멘테이션 급전선로 및 구조 기술 개발 ○ 고속철도용 4.9MW 대용량 집전모듈 기술개발 ○ 고속철도용 대용량 급집전 	무선 급전 고속철도용 (20kHz) 원천 기술 개발

				최적 형상구조 기술 및 능동형 EMF 차폐기술 개발 ○ 고속철도용 대용량 급전 시스템의 성능평가 시험	
철도연 자체사업	철도적용 무선급전 시험기술 개발	'12.12 ~ '13.2 (3개월)	고주파(60kHz) 대용량 공진형 인버터 핵심 부품 기술 검토 및 제작	○ 고주파(60kHz) 무선급전 가능성 검토 무선급전 철도적용을 위한 핵심 공진형 인버터단품 성능검증 연구	세계최초 고주파(60kHz) 무선급전 적용에 따른 핵심부품 인버터 개발 연구
산업기술 연구회	미래 녹색철도시 스템 개발	'13.1 ~ '15.12 (36개월)	200kW급/1MW급 유도급전시스템 개발 및 철도차량(경전철 및 중고속차량) 적용을 위한 사전 기술 개발	○ 무선급전시스템 철도차량 적용 핵심기술 개발 및 철도적용 가능성 검토 -트램차량 적용성 검토 -도시철도차량 적용성 검토 -고속철도차량 적용성 검토	무선급전 철도차량 적용가능성 검토를 위한 최소 운행 용량으로 현차 시험검증
국토부/ 진흥원	비접촉 전력전달방 식 친환경 대중교통시 스템 개발(OLEV)	'11.12 ~'13.10 (1년10개월)	100KW 무선충전 시스템 표준인프라 구축 및 시범사업 실시	○ 표준통합시스템 성능검증 및 운영관리기술 개발 ○ 무선 충전 급전도로 시공 및 유지 관리 기술 최적화 ○ 급전전 시스템 성능 보완 및 최적화 ○ 실용화를 위한 시범사업 실시	무선 충전 전기버스 상용화 운전 및 시험 검증

□ 기존 연구과제의 성과물을 활용하여 기획과제의 중점 연구분야에 대한 연구를 진행해 나가도록 과제 연구수행 체계를 구성하였음



[그림 5-1] 기존연구결과 활용 및 연계 방안

가. 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술

□ 표준 통합 시스템 성능 검증 및 운영 관리 기술 개발

- 표준 급전인프라 구축을 위해 무선충전 철도차량 시스템에 대한 공인인증 수행
- 급전시스템 인버터 및 케이블의 현장 운용을 위한 전기적 안정성 확보 방안 개발

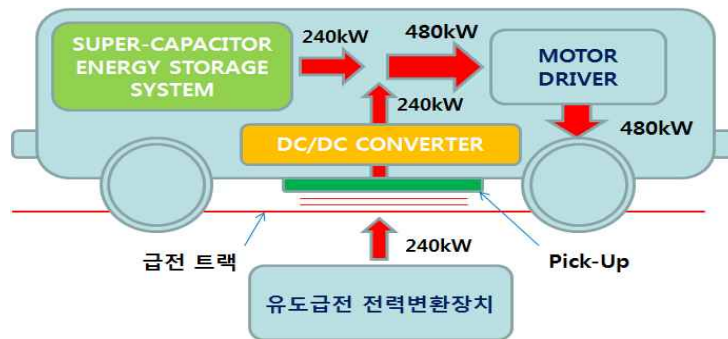
□ 철도적용 무선급전 시험기술

- 무선급전 고주파(60kHz) 대용량 공진형 인버터 기술은 국내 최초로 개발되는 기술로 철도차량 무선급전 적용을 위해 연구개발 필요
- 친환경적인 무선 급/집전 기술을 적용한 전기철도 시스템 개발을 위하여 고효율, 고주파, 대용량의 인버터 모듈 개발 및 총체적 기술 검토 및 시험 기술 개발이 필요

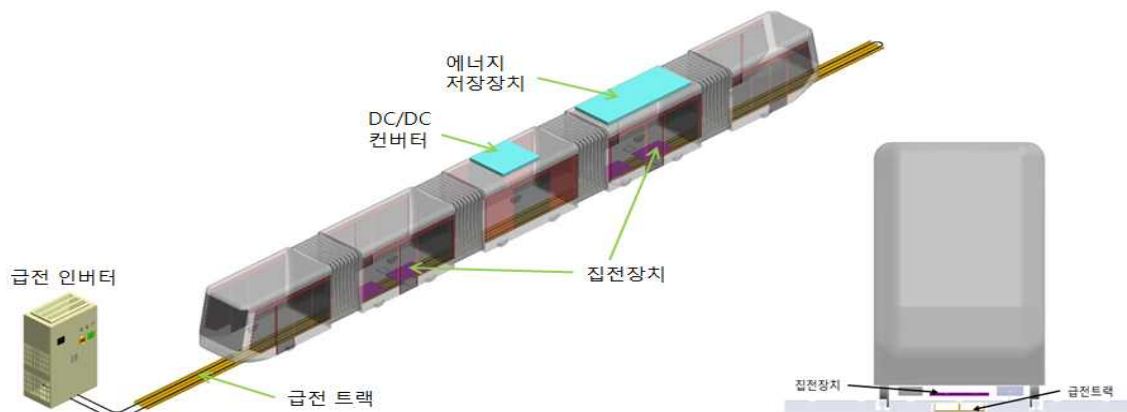
나. 고효율 급집전 시스템 기술

□ 전기철도용 유도급전시스템 핵심기술개발

- 팽창하고 있는 도시철도 시장 선점을 위해 주요 선진국에서는 유도급전시스템 등을 적용한 무가선 철도차량 개발을 적극 추진 중
 - * 트램의 경우 新철도교통 세계시장에서 연간 1.4조씩(6%) 성장
- 독일 뮌헨에서 세계 최초로 유도급전시스템을 무가선 트램에 적용
- 도심형 무가선 트램, 차세대 자기부상열차 등 新철도교통의 세계적 경쟁력 확보를 위해서 유도급전 핵심기술이 절대적으로 필요
 - * 차세대 자기부상열차/도심형 무가선 저상트램에 적용 검토 중



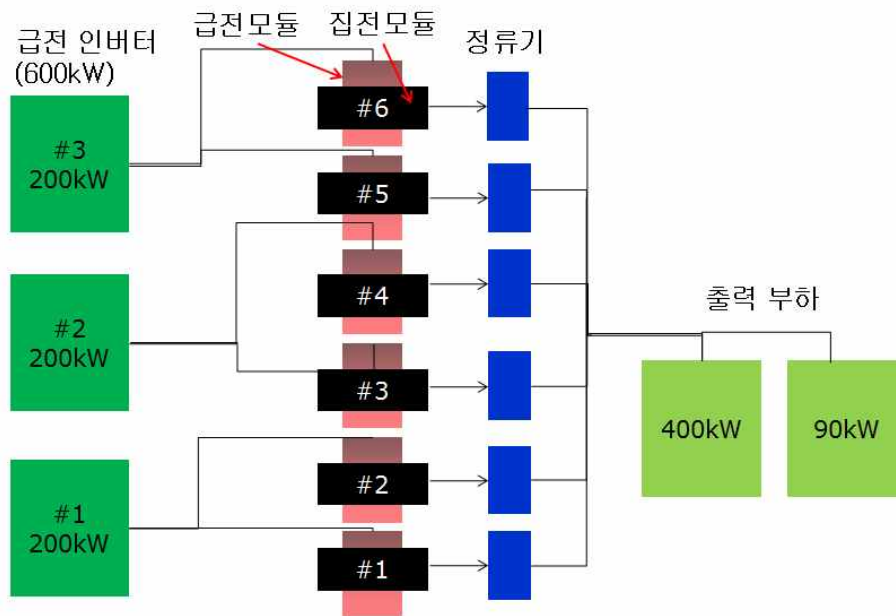
[그림 5-2] 전기철도용 유도급전 시스템 개념 및 전력 흐름도



[그림 5-3] 전기철도용 유도급전 시스템 무가선 트램 적용 예상도

□ 고속철도용 대전력 비접촉식 급집전 기초 핵심기술 개발

- KTX 도입과 KTX 산천의 개발을 통해 국내 고속철도 기반 기술이 확보되었으며, 차세대 고속철도사업을 통해 동력분산형 고속열차에 대한 기술력도 확보가 가능한 상태이나, 미래시장 개척을 위해서는 현재의 개발패턴을 넘어설 수 있는 차별적 기술 개발 및 원천기술 확보가 필요
- 비접촉식의 경우 전차선 설비가 불필요하고, 터널 단면적 축소가 가능하며 고속철도 교통수단을 구성하는 전체 시스템적인 측면(전차선, 레일, 차량, 터널 등)에서의 경량화와 비용절감을 도모할 수 있음
- 비접촉식의 경우 가선을 이용하지 않고 비접촉식으로 급전을 하므로 가선방식에서 문제가 되었던 팬토그래프의 기계적 마찰에 의한 속도제한 문제를 해결하여 고속철도 속도경쟁에서 우위를 점할 수 있음



[그림 5-4] 490kW 집전 출력 연동 시험 구성도

□ 무선급전 180kW 핵심부품별 기술개발연구

- 기존 철도차량의 접촉식 전력공급시스템의 경우, 높은 건설비 및 유지보수 비용, 낮은 신뢰성 및 안전성, 낮은 환경친화성 등의 문제점을 가지고 있기 때문에 미래 교통 시스템에 대응할 수 있는 신개념의 전력공급시스템 기술 개발이 필요한 상황임
- 정부에서 계획하고 있는 2013년까지 85%의 선진국 대비 기술력 달성 및 세계 7위의 철도시장 점유 목표 달성, 2018년까지 90%의 기술력 달성 및 세계 5위의 점유 목표 달성을 위해서는 기술 추종형 연구개발이 아닌 기술 선도형 연구개발이 반드시 필요함

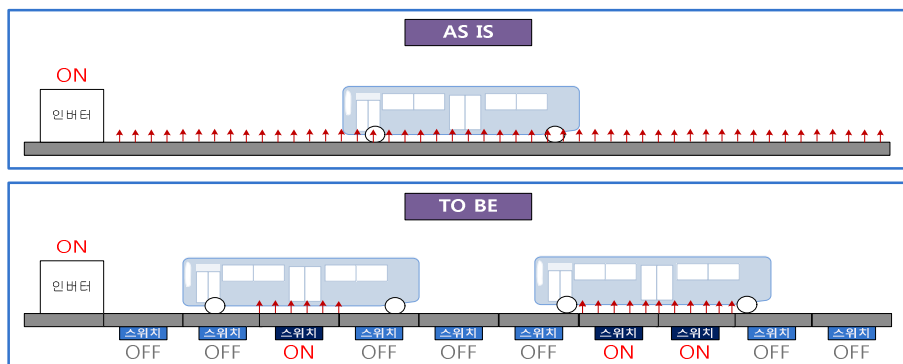


[그림 5-5] 선급전 180kW 핵심부품별 기술개발연구

다. 무선급전 Test-Bed 기술

□ EMF 차폐

- 급전선로와 집전장치로부터 발생하는 전자파 발생으로 인하여 인체에 미치는 영향을 감소시키기 위하여 초기에는 수동/능동 전자파 차폐 기술을 개발하여 적용시켰으나,
 - 세그멘테이션 기법을 도입하여 온라인전기자동차가 급전선로에 있을 때만 전원을 공급함으로써 기존 자동차, 주변 작업자, 보행자, 이륜 차량 등에 대한 전자파 노출 위험을 원천적으로 차단하였음
 - 차량 주변의 보행자, 탑승 대기자의 자기장 노출을 최소화 하면서 집전 용량을 최대한 확보할 수 있는 최적의 급집전 구조 개발로 전자파 차폐 기술로 감소시켜 국제 기준(ICNIRP)인 62.5mG 만족하고 있음



[그림 5-6] 세그멘테이션 전자파 차폐 기술

□ 법제도 및 인증

- 핵심 원천기술 개발과 동시에 신기술 상용화를 위한 법제도 기반 마련
 - 각 세부 부분에 대하여 성능 및 안전 검증을 위하여 전문 인증기관을 통해서 기술 평가를 통해 공인 인증 확보(전기, 전자파, 도로 및 차량 인증)
- (주파수) 방송통신위원회의 주파수 분배표가 개정을 통하여 무선 충전 전기버스에서 활용하는 20kHz를 공식적으로 활용 가능
 - 2011년 5월 12일 방송통신위원회의 주파수 분배표 개정을 통해서 19~21kHz와 59~61kHz에 대하여 전파응용설비용 주파수로 신규 분배됨에 따라서 현재 사용하고 있는 20kHz 뿐만 아니라 향후 개발 예정인 60kHz에 대한 주파수까지 확보 완료
- (도로) 도로법시행령 개정(시행일 2010.09.23.)을 통하여 무선 충전 전기버스의 급전 인프라 구축이 가능해졌으며, 급전 인프라 구축을 위하여 급전 구조물에 대한 인증 확보
 - 도로법 시행령 제28조(점용의 허가신청) 제1항에 따른 별표 1의2 제1호 라목 6)이 개정되어 전기자동차 충전 시설의 경우 매설 깊이 예외조항 신설

[표 5-2] 도로법 시행령 변경사항

기존 내용	최종 개정 공포내용
지하에 설치하는 전선의 상단부는 차도의 지하인 경우에는 0.8미터 이상, 보도의 지하인 경우에는 0.6미터 이상을 노면으로부터 띄울 것. 다만, 도로공사시행 및 도로 안전에 지장이 없는 경우에는 그러하지 아니하다.	지하에 설치하는 전선의 상단부는 차도의 지하인 경우에는 0.8미터 이상, 보도의 지하인 경우에는 0.6미터 이상을 노면으로부터 띄울 것. 다만, 「환경친화적 자동차의 개발 및 보급촉진에 관한 법률」 제2조제3호에 따른 전기자동차의 충전시설을 설치하는 경우 또는 도로공사의 시행 및 도로안전에 지장이 없는 경우에는 그러하지 아니한다.

- 급전 인프라 구축을 위한 최적화하여 설계한 급전 구조물에 대한 안전성을 검증 받기 위하여 전문기관인 한국건설생활환경시험연구원에 의뢰하여 압축강도 및 휨강도에 대한 시험을 받았으며 기준 만족하여 인증 확보

[표 5-3] 급전 인프라 구축 관련 인증

인증 내용	인증 기준	결과	평가일	검증기관
압축강도	KS F 2405 / 30 MPa 이상	31.2 MPa (적합)	2012.10.15.	한국건설생활환경 시험연구원
휨강도	KS F 2408 / 3등분점 하중법 (0.7 MPa 이상)	적합	2012.10.15	한국건설생활환경 시험연구원

- (급전 인프라 인증) OLEV 시스템은 무선 충전 전기버스에 전력을 공급하는 급전 인프라를 도로에 구축해야 하기 때문에 급전 인프라에 대한 전기안전 인증 확보가 필요
- 현행법상 OLEV 시스템에 대한 평가를 추진할 수 있는 적합한 인증 기준이 수립되지 않은 상황으로, 전기안전협회와 적합성평가위원회를 통하여 인증 규격 수립을 추진할 예정으로 현재 전기안전연구원 협력 체계를 구축하여 인증 기준 마련 중
- 시스템 전체에 대한 인증 규격 수립이외에 급전 인프라의 핵심 부분인 급전 인버터와 급집전 케이블에 대한 개별적 전기적 안전 인증을 수행하여 전기적 안전 확보

[표 5-4] 급전 인프라 인증기준

인증 내용	인증 기준	결과	평가일	검증기관
급전인버터	EN 50178 Electric equipment for use in power installations	만족	2012.04.10.	전기안전공사 안전인증센터
급전 Cable	LSS12-3A48 Rev.1(전력선 전기안전 기준)	만족	2012.09.05.~ 09.22.	한국기계전기전자 시험연구원
집전 Cable	LSS12-3A116 Rev.1(전력선 전기안전 기준)	만족	2012.09.05.~ 09.12.	한국기계전기전자 시험연구원

- (차량 인증) OLEV 사업의 상용화 추진시, 무선 충전 버스의 운영을 위해서는 차량 안전에 대한 공인 인증 확보가 필요하며, 이를 확보하기 위하여 자동차 인증에 대한 공인인증기관인 자동차안전연구원에 의뢰하여 차량 인증 추진
- '12년도부터 자동차안전연구원에서 자동차 안전기준에 관한 규칙에 따라 자동차성능시험이 추진되어 고전원전기장치안전성, 전자파적합성 등 주요 부분에 대한 인증 완료하여 안전성 확보
- 추가적으로 제동 시험과 전복 시험을 13년 4월까지 완료 예정

[표 5-5] 차량인증 내용 및 인증기준

인증 내용	인증 기준	결과	평가일	검증기관
차량전자파 인증	자동차안전기준에 관한 규칙 제111조의 2, 전자파적합성 시험	30 MHz ~ 1GHz 대역 자동차안전 기준 만족	2012.08.31. ~ 09.07.	자동차안전 연구원
고전원전기 장치 인증	자동차안전기준에 관한 규칙 제18조의 2, 고전원 전기장치	절연저항 500MΩ 이상 (실측: 870 MΩ)	2012.09.	

5.2 연구추진체계

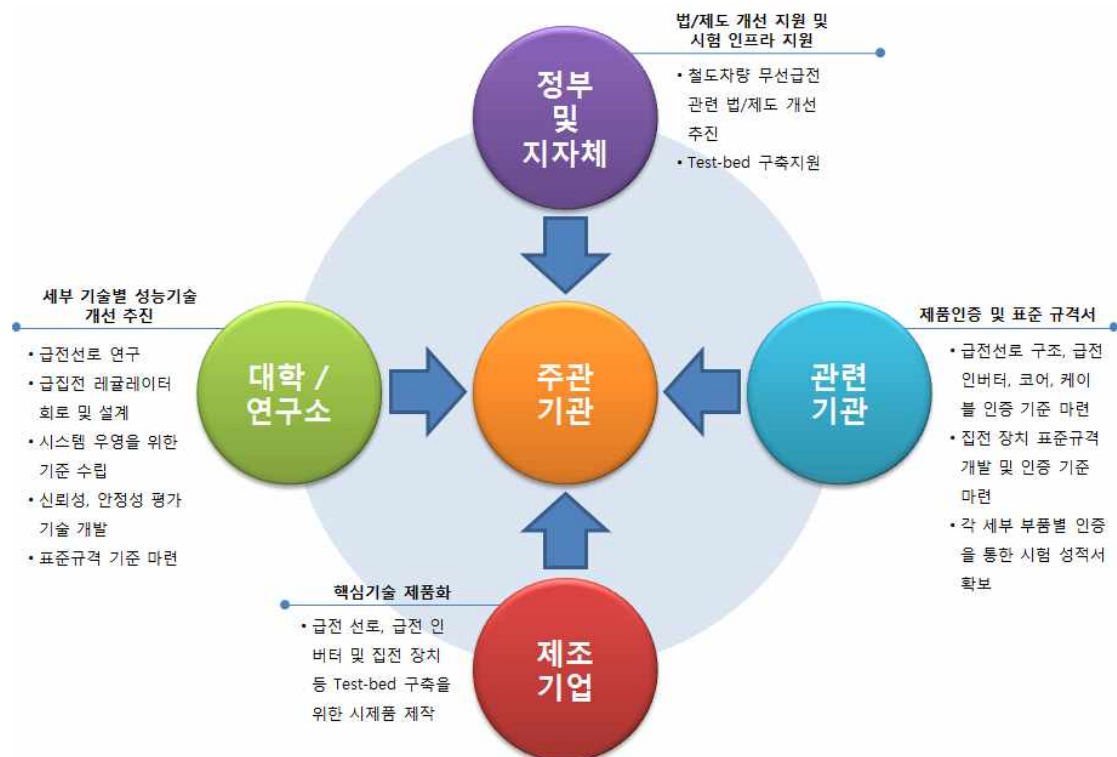
5.2.1 연구추진체계 구성

□ 철도차량 무선급전기술별 연관관계가 높기 때문에 세부적으로 추진하되 전체를 총괄 및 통합 할 수 있도록 연구단 형태로 추진하는 것이 바람직함

- 주요 연구 분야가 도시철도 및 고속철도차량, 무선급전인프라 분야로 개별적인 연구가 가능
- 그러나 개별적으로 연구가 수행될 경우에는 통합 시 운영이나 효율 등에 문제가 있기 때문에 세부 연구는 개별적으로 추진하되, 연구단 형태로 총괄하여 계획을 수립 및 추진되는 모습이 필요함

□ 주요 연구 추진 체계 방향

- 국가 철도전문연구소 및 학교, 전문 기관에서 기 확보된 주요 핵심 기술의 성능 보완 및 최적화를 추진하고 기업체에서 제품화를 추진 할 수 있도록 산학연 공동연구 추진
- 공인 인증기관과의 공동 협력 개발을 통해 조속한 시일 내에 국내외 공인기관의 표준 인증 획득



[그림 5-7] 연구추진 체계

5.2.2 추진체계 역할

☐ 추진체계 구성

- 무선급전방식은 기술분야가 크게 차량부분과 급전인프라 부분으로 나뉘기 때문에 각 연구분야를 총괄하여 운영할 수 있는 기관이 주관기관의 역할을 수행
- 상용화 및 인증을 위하여 시제품별 제작 기업과 인증 기준을 수립하고 인증할 수 있는 기관이 참여기관으로 참여하여 세부적으로 추진

☐ 주관기관

- 종합적으로 연구 진행 관리 및 연구 내용 관리를 하되, 빠른 상용화를 위하여 시제품 개발이나 추가적인 연구 개발 시 참여기업들의 적극적으로 참여 및 주도하여 추진

☐ 참여기관

- 무선급전 인프라 구축이 가능한 선로구축 전문업체
- 전기전문업체와 인증 및 평가, 시험을 위하여 철도차량성능연구소
- 전기안전공사, 한국산업기술시험원, 건설교통연구원 등 기타 관련 전문기관 참여 추진

5.2.3 추진 시 고려사항

☐ 참여기관 선정

- 과제 종료 후에도 협의체를 구성하여 Test-Bed의 유지 관리를 담당할 수 있도록 전문기관을 위주로 선정

☐ 정부 기관과의 협력

- 무선급전 철도차량 운행과 관련 규정 및 법률 검토를 통해 관련 규정/법률의 수정 또는 제정 추진

6. 연구성과 활용방안 및 실용화 추진방안

6.1 성과분석 및 검증방안

□ 성과분석

- 본 기획과제에서 수립된 연구과제들의 초기 계획된 목표 및 성과를 정량·정성적으로 파악하기 위해 세부과제별 성과요인을 도출함
- 세부과제별 도출된 성과요인의 측정가능성 및 데이터 확보방안을 지표로서 정의 및 확정

□ 검증방안

- 시뮬레이션 및 시제품 테스트를 통해 성과 측정
- 논문, 특허 등의 정량적 성과에 대해서는 내용의 관련성 여부를 통하여 검증
- 확보된 기술은 추진된 시뮬레이션의 연구결과와 실제 테스트를 통하여 목표 달성여부를 검증

6.1.1. 1차 년도 성과분석 및 검증방안

유 형	지표구분	성과지표	1차(2015년)목표	검증방안
산출 (Output) 지표	기술적 목표	무선급전 총출력 520kW 이상	- 무선급전 520kW 상세설계	테스트를 통한 목표 달성 여부 검증
		무선급전 효율 90% 이상	- 무선급전 부품별 효율제시	
		자기장 차폐 62.5mG 이내	- 자기장 차폐 설계	
		무선급전 차량 1편성 개조	- 무선급전 차량 개조설계	성과물 확인을 통한 검증
		집전모듈 520kW 이상	- 집전모듈 상세설계	
		전원 안정화 장치 연동	- 전원안정화 장치 상세설계	
		무선급전 경전철 시험노선 1km	- 무선급전 시험노선 상세설계	
		무정전 섹션 전환기술	- 무선급전 섹션 전환 설계	
	표준 지표	논문 발표	- SCI급 논문 0건 - 국내저널: 0건 - 해외발표: 1건 - 국내발표: 3건	성과물 확인을 통한 검증
		특허 출원/등록	- 국내특허 출원: 5건 - 국내특허 등록: 1건	성과물 확인을 통한 검증
결과 (Outcome) 지표	과제의 궁극적 목표	기술 종속 탈피 및 독자 기술 확보 여부	- 무선급전시스템 설계 및 인터페이스 기술 확보	성과물 확인을 통한 검증
	표준 지표	연구성과의 활용 및 확산	-	

6.1.2. 2차 년도 성과분석 및 검증방안

유 형	지표구분	성과지표	2차(2016년)목표	검증방안
산출 (Output) 지표	기술적 목표	무선급전 총출력 520kW 이상	- 무선급전 520kW 지상 인버터 급전선로 제작	성과물 확인을 통한 검증
		무선급전 효율 90% 이상	- 무선급전 효율 90% 단품시험	테스트를 통한 목표 달성 여부 검증
		자기장 차폐 62.5mG 이내	- 자기장 차폐 62.5mG 단품시험	
		무선급전 차량 1편성 개조	- 무선급전 차량 개조 및 단품시험	
		집전모듈 520kW 이상	- 집전모듈 520kW 제작 및 시험	
		전원 안정화 장치 연동	- 전원안정화 장치 제작 및 시험	
		무선급전 경전철 시험노선 1km	- 무선급전 시험노선 건설	성과물 확인을 통한 검증
		무정전 섹션 전환기술	- 무선급전 섹션 전환 단품시험	테스트를 통한 목표 달성 여부 검증
	표준 지표	논문 발표	- SCI급 논문 2건 - 국내저널: 3건 - 해외발표: 5건 - 국내발표: 8건	성과물 확인을 통한 검증
		특허 출원/등록	- 국내특허 출원: 5건 - 국내특허 등록: 5건	성과물 확인을 통한 검증
결과 (Outcome) 지표	과제의 궁극적 목표	기술 종속 탈피 및 독자 기술 확보 여부	- 무선급전시스템 제작 및 단품시험 기술 확보	테스트를 통한 목표 달성 여부 검증
	표준 지표	연구성과의 활용 및 확산	- 홍보건수: 1건	성과물 확인을 통한 검증

6.1.3. 3차 년도 성과분석 및 검증방안

유 형	지표구분	성과지표	3차(2017년)목표	검증방안
산출 (Output) 지표	기술적 목표	무선급전 총출력 520kW 이상	- 무선급전 520kW 지상 인버터 급전선로 종합성능시험	테스트를 통한 목표 달성 여부 검증
		무선급전 효율 90% 이상	- 무선급전 효율 90% 종합시험	테스트를 통한 목표 달성 여부 검증
		자기장 차폐 62.5mG 이내	- 자기장 차폐 62.5mG 종합시험	
		무선급전 차량 1편성 개조	- 무선급전 차량 종합성능시험	
		집전모듈 520kW 이상	- 집전모듈 520kW 종합성능시험	
		전원 안정화 장치 연동	- 전원안정화 장치 종합성능시험	
		무선급전 경전철 시험노선 1km	- 무선급전 시험노선 종합성능시험	성과물 확인을 통한 검증
		무정전 섹션 전환기술	- 무선급전 섹션 전환 종합성능시험	
	표준 지표	논문 발표	- SCI급 논문 2건 - 국내저널: 3건 - 해외발표: 5건 - 국내발표: 10건	성과물 확인을 통한 검증
		특허 출원/등록	- 국내특허 출원: 10건 - 국내특허 등록: 5건	성과물 확인을 통한 검증
결과 (Outcome) 지표	과제의 궁극적 목표	기술 종속 탈피 및 독자 기술 확보 여부	- 무선급전시스템 차량 종합성능시험 기술 확보	테스트를 통한 목표 달성 여부 검증
	표준 지표	연구성과의 활용 및 확산	- 홍보건수: 2건	성과물 확인을 통한 검증

6.1.4. 최종목표 성과분석 및 검증방안

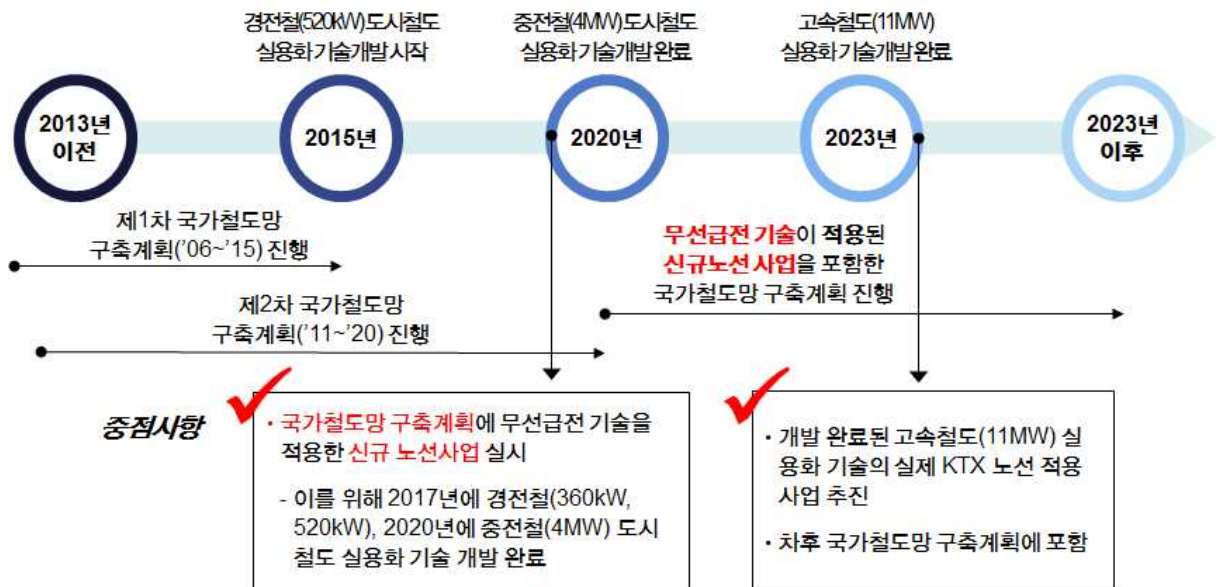
유 형	지표구분	성과지표	최종 목표	검증방안
산출 (Output) 지표	기술적 목표	무선급전 총출력 520kW 이상	- 520kW 이상 무선급전 시스템 설계/제작/시험 기술 확보	테스트를 통한 목표 달성 여부 검증
		무선급전 효율 90% 이상		
		자기장 차폐 62.5mG 이내		
		무선급전 차량 1편성 개조	- 무선급전 차량 인터페이스 설계/제작/시험 기술확보	테스트를 통한 목표 달성 여부 검증
		집전모듈 520kW 이상		
		전원 안정화 장치 연동		
		무선급전 경전철 시험노선 1km	- 무선급전 경전철 시험노선 설계/건설/시험 기술확보	테스트를 통한 목표 달성 여부 검증
		무정전 섹션 전환기술		
결과 (Outcome) 지표	표준 지표	논문 발표	- SCI급 논문 4건 - 국내저널: 6건 - 해외발표: 11건 - 국내발표: 21건	성과물 확인을 통한 검증
		특허 출원/등록	- 국내특허 출원: 20건 - 국내특허 등록: 11건	성과물 확인을 통한 검증
	과제의 궁극적 목표	기술 종속 탈피 및 독자 기술 확보 여부	- 무선급전 시스템 독자적 세계 최고 설계/제작/운용 기술 확보	-
	표준 지표	연구성과의 활용 및 확산	- 홍보건수: 3건	성과물 확인을 통한 검증

6.2 실용화 방안

- 기획과제의 무선급전 실용화 운용 기술개발 및 적용 방안 추진계획은 경전철 도시철도와 중전철 도시철도를 대상으로 진행함
- 경전철 무선급전 실용화 관련 연구는 초기 1단계에서 차량적용 및 검증기술 개발을 통해 실용화를 위한 기술을 준비하고 2단계에는 개발된 기술들을 경전철 시범사업 노선 선정 및 구축 관련 연구를 통하여 실제 노선에서 운영함으로써 실용화를 추진함

6.2.1. 철도차량용 무선급전 실용화 계획

- 철도차량용 무선급전 실용화를 위해 무선급전 기술을 도입한 노선을 국가철도망 구축계획에 포함시킬 수 있도록 도시철도(경전철, 중전철)에 적용 가능한 수준으로 실용화 기술을 준비시켜야함
- 국가철도망 구축계획에 무선급전기술을 적용한 신규노선 사업을 실시할 수 있도록 2017년에 경전철(520kW), 2020년에 중전철(4MW) 도시철도 실용화 기술을 개발 완료하도록 함
- 개발 완료된 고속철도(11MW) 실용화 기술의 실제 KTX 노선 적용 사업을 2023년에 추진하며 차후 국가철도망 구축계획에 포함시키고자 함



[그림 6-1] 철도차량용 무선급전 실용화 계획(안)

6.2.2. 경전철 적용 노선 선정 방안

- 경전철 도시철도 무선급전 실용화 노선선정은 [표 6-5]와 같은 선정기준을 수립하여, 이에 따라 적합성 여부 검토를 통하여 실용화 노선 구축 대상지역을 선정함
 - 평가기준(예시)는 경제적 측면, 기술적 측면, 사회·환경적 측면의 3가지로 구성되며, 경제적 타당성, 시공성, 사용기능성, 자연환경성, 생활환경성 등을 고려하여 선정함

[표 6-1] 경전철 도시철도 무선급전 실용화 노선 선정기준(예시)

평가기준	평가항목	세부 내용
경제적 측면	경제성	<ul style="list-style-type: none"> 초기건설비, 노선연장 시 비용의 최소화 토공량, 구조물 설치 최소화 정거장 입지, 운행거리, 사회적 비용 최소화
	시공성	<ul style="list-style-type: none"> 토공균형, 정거장과 배후도로 공간 최소화 연약지반 통과구간 최소화 시공의 용이성 확보
기술적 측면	사용기능성	<ul style="list-style-type: none"> 평면 및 종단선형, 안전한 곡선반경 확보 지장물 저축 최소, 도로 근접시공시 안전성 확보 도로 교차, 열차 최고속도의 향상
	자연환경성	<ul style="list-style-type: none"> 고성토 방지, 산림훼손, 생활환경 피해 최소 환경친화성, 토지이용효율, 농지잠식 등 최소화
사회·환경적 측면	생활환경성	<ul style="list-style-type: none"> 노선개설로 인한 인근주민 동의여부, 공항과의 접촉성 교통소음, 교통진동, 접근성, 문화재 등 고려

※ 출처 : 이종출(2005), 권석현(2008), 김동기(2009), 엄기영(2012)

- 선정된 실용화 대상 노선에 실제로 무선급전 적용 사업을 진행하기 위해서는 지자체 및 정부를 설득할 필요가 있음
- 무선급전 실용화 사업 진행시 [표 6-6]과 같은 사항을 고려해야 함

[표 6-2] 무선급전 실용화 사업 진행시 고려사항

기존 운행 노선 대상	신규 구축 노선 대상
<ul style="list-style-type: none"> - 기존 급전방식(팬타그래프 방식, 제 3레조 방식 등) 대신 무선급전 방식 적용시 얻는 이득을 토대로 설득해야함 - 무선급전 방식 적용시 얻는 이득에는 유지보수 비용 감소, 감전 사고 비용 감소, 도시 미관 개선 등이 있음 	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 급전방식 대신 무선급전 방식으로 신규 노선을 구축할 경우 얻는 이득뿐 아니라 추가적인 장점이 존재함을 활용하여 적극적으로 설득해야함 - 무선급전 도입시 도시미관을 저해하거나 소음을 발생하는 요소가 적고, 도로상으로 움직이는 경전철 도입도 가능하여 노선 경로, 정차역 설정이 좀 더 자유로운 추가적인 장점이 있음

7. 인력 투입계획 및 소요예산 산정

7.1. 연구일정 및 인력 투입계획

7.1.1. 전체사업 인력투입계획

연구 내용	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	6차 년도	7차 년도	8차 년도	9차 년도	합계
- 철도시스템 기술자	3	5	5	6	6	6	4	6	8	49
- 대차/차체시스템 인터페이스 기술자	2	2	2	5	4	3	2	4	4	28
- 차량 추진제어 기술자	5	5	5	8	9	6	7	6	5	56
- 차량 운전제어 기술자	2	3	3	2	2	2	2	2	2	20
- 급전 인버터 기술자	3	5	5	4	4	3	5	7	7	43
- 급전 코일설계 기술자	1	2	1	2	2	2	4	4	3	21
- 급전 유도기전력 기술자	2	2	2	3	2	2	5	5	8	31
- 급전 공진설계 기술자	3	3	3	3	2	2	3	4	4	27
- 집전 유기기전력 기술자	3	3	3	4	4	2	5	6	7	37
- 집전 코일설계 기술자	2	2	2	2	2	2	4	5	5	26
- 집전 레귤레이터 기술자	1	4	3	3	2	2	3	5	4	27
- 집전/차량 인터페이스기술자	4	5	3	3	3	2	4	5	8	37
- 선로구조설계 기술자	3	4	3	5	5	3	4	4	6	37
- 신호제어 기술자	3	4	3	4	4	2	5	5	7	37
- 전력시스템 기술자	3	3	3	5	5	2	6	6	4	37
- 토목구조 기술자	2	4	3	5	5	4	8	6	6	43
- 경제성 평가 및 효율화	4	5	5	4	3	3	6	6	7	43
- 유도급전 유지보수기술자	3	4	4	6	8	4	5	5	5	44
- EMF/EMI 기술자	7	7	7	4	4	2	4	6	6	47
- 전력시스템 기술자	1	2	1	2	2	2	5	5	5	25
- 철도안전 기술자	4	5	5	3	3	3	6	6	6	41
- 본선시험 성능 기술자	3	6	6	7	8	8	8	8	6	60
총 계	64	85	77	90	89	67	105	116	123	816

7.1.2. 세부과제별 인력투입

가. 1세부 : 무선급전 경전철차량 실용화 운용기술개발

연구 내용	1차 년도	2차 년도	3차 년도	합계
- 철도시스템 기술자	2	3	3	8
- 대차/차체시스템 인터페이스 기술자	1	1	1	3
- 차량 추진제어 기술자	2	2	2	6
- 차량 운전제어 기술자	1	1	1	3
- 급전 인버터 기술자	1	2	2	5
- 급전 코일설계 기술자		1		1
- 급전 유도기전력 기술자	1	1	1	3
- 급전 공진설계 기술자	1	1	1	3
- 집전 유기기전력 기술자				0
- 집전 코일설계 기술자				0
- 집전 레귤레이터 기술자		2	2	4
- 집전/차량 인터페이스기술자	1	1	1	3
- 선로구조설계 기술자	1	1	1	3
- 신호제어 기술자	1	1	1	3
- 전력시스템 기술자	1	1	1	3
- 토목구조 기술자	1	2	2	5
- 경제성 평가 및 효율화	1	2	2	5
- 유도급전 유지보수기술자	1	1	2	4
- EMF/EMI 기술자	2	2	2	6
- 전력시스템 기술자				0
- 철도안전 기술자	1	2	2	5
- 본선시험 성능 기술자	1	2	2	5
총 계	20	29	29	78

나. 2세부 : 무선급전 경전철 인프라 인터페이스 기술개발

연 구 내 용	1차 년도	2차 년도	3차 년도	합계
- 철도시스템 기술자	1	1	1	3
- 대차/차체시스템 인터페이스 기술자				0
- 차량 추진제어 기술자	1	1	1	3
- 차량 운전제어 기술자				0
- 급전 인버터 기술자	1	2	2	5
- 급전 코일설계 기술자				0
- 급전 유도기전력 기술자				0
- 급전 공진설계 기술자				0
- 집전 유기기전력 기술자				0
- 집전 코일설계 기술자				0
- 집전 레귤레이터 기술자				0
- 집전/차량 인터페이스기술자	1	2	1	4
- 선로구조설계 기술자	1	2	1	4
- 신호제어 기술자	1	1	1	3
- 전력시스템 기술자	1	1	1	3
- 토목구조 기술자	1	2	1	4
- 경제성 평가 및 효율화	1	1	1	3
- 유도급전 유지보수기술자	1	2	1	4
- EMF/EMI 기술자	2	2	2	6
- 전력시스템 기술자	1	2	1	4
- 철도안전 기술자	2	2	2	6
- 본선시험 성능 기술자	1	2	2	5
총 계	16	23	18	57

다. 3세부 : 무선급전 경전철 차량 인터페이스 기술개발

연 구 내 용	1차 년도	2차 년도	3차 년도	합계
- 철도시스템 기술자		1	1	2
- 대차/차체시스템 인터페이스 기술자	1	1	1	3
- 차량 추진제어 기술자	2	2	2	6
- 차량 운전제어 기술자	1	2	2	5
- 급전 인버터 기술자				0
- 급전 코일설계 기술자				0
- 급전 유도기전력 기술자				0
- 급전 공진설계 기술자	1	1	1	3
- 집전 유기기전력 기술자	2	2	2	6
- 집전 코일설계 기술자	1	1	1	3
- 집전 레귤레이터 기술자		1	1	2
- 집전/차량 인터페이스기술자	2	2	1	5
- 선로구조설계 기술자				0
- 신호제어 기술자	1	2	1	4
- 전력시스템 기술자	1	1	1	3
- 토목구조 기술자				0
- 경제성 평가 및 효율화	1	1	1	3
- 유도급전 유지보수기술자	1	1	1	3
- EMF/EMI 기술자	2	2	2	6
- 전력시스템 기술자				0
- 철도안전 기술자	1	1	1	3
- 본선시험 성능 기술자	1	2	2	5
총 계	18	23	21	62

라. 4세부 : 경전철용 무선급전 성능향상 기술개발

연 구 내 용	1차 년도	2차 년도	3차 년도	합계
- 철도시스템 기술자				0
- 대차/차체시스템 인터페이스 기술자				0
- 차량 추진제어 기술자				0
- 차량 운전제어 기술자				0
- 급전 인버터 기술자	1	1	1	3
- 급전 코일설계 기술자	1	1	1	3
- 급전 유도기전력 기술자	1	1	1	3
- 급전 공진설계 기술자	1	1	1	3
- 집전 유기기전력 기술자	1	1	1	3
- 집전 코일설계 기술자	1	1	1	3
- 집전 레귤레이터 기술자	1	1		2
- 집전/차량 인터페이스기술자				0
- 선로구조설계 기술자	1	1	1	3
- 신호제어 기술자				0
- 전력시스템 기술자				0
- 토목구조 기술자				0
- 경제성 평가 및 효율화	1	1	1	3
- 유도급전 유지보수기술자				0
- EMF/EMI 기술자	1	1	1	3
- 전력시스템 기술자				0
- 철도안전 기술자				0
- 본선시험 성능 기술자				0
총 계	10	10	9	29

7.2. 과제별 소요예산

7.2.1. 예산 산정방법

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

7.2.2. 전체사업 소요예산

☐ 총 연구기간 : 2015년 ~ 2023년 (7년간)

- 1단계 : 무선급전 경전철 차량 실용화 기술개발, 2015년 ~ 2017년 (3년간)
- 2단계 : 무선급전 도시철도 실용화 기술개발 및 무선급전 경전철 차량 시범사업, 2018년 ~ 2020년 (3년간)
- 3단계 : 무선급전 고속철도 실용화 기술개발 및 무선급전 도시철도 차량 시범사업, 2021년 ~ 2023년 (3년간)

☐ 연구비

- 정부출연한도 : 2015년 ~ 2023년 까지 9년간 총 1,970 억원
- 민간참여지분 : 2015년 ~ 2023년 까지 9년간 총 323 억원(시범사업 민간참여 제외)

[단위: 백만원]

구분	1단계			2단계			3단계			총액
	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	
정부	6,600	13,000	8,400	12,000	28,500	13,500	26,000	56,000	33,000	197,000
민간	2,000	2,800	1,600	2,000	4,000	2,600	3,700	9,300	4,300	32,300
계	8,600	15,800	10,000	14,000	32,500	16,100	29,700	65,300	37,300	229,300

7.2.3. 세부과제별 소요예산(1단계 예산)

가. 1세부 : 무선급전 경전철차량 실용화 운용기술개발

○ 연구기간 : 2015년~2017년(3년간)

[단위: 백만원]

구분	2015년	2016년	2017년	총액
정부	2,000	6,000	2,600	10,600
민간	600	1,000	500	2,100
계	2,600	7,000	3,100	12,700

나. 2세부 : 무선급전 경전철 인프라 인터페이스 기술개발

○ 연구기간 : 2015년~2017년(3년간)

[단위: 백만원]

구분	2015년	2016년	2017년	총액
정부	1,300	2,000	2,000	5,300
민간	400	500	400	1,300
계	1,700	2,500	2,400	6,600

다. 3세부 : 무선급전 경전철 차량 인터페이스 기술개발

○ 연구기간 : 2015년~2017년(3년간)

[단위: 백만원]

구분	2015년	2016년	2017년	총액
정부	1,600	2,500	2,000	6,100
민간	500	600	400	1,500
계	2,100	3,100	2,400	7,600

라. 4세부 : 경전철용 무선급전 성능향상 기술개발

○ 연구기간 : 2015년~2017년(3년간)

[단위: 백만원]

구분	2015년	2016년	2017년	총액
정부	1,700	2,500	1,800	6,000
민간	500	600	300	1,400
계	2,200	3,100	2,100	7,400

8. 연구개발 사전 타당성 조사

8.1 정책적 타당성

8.1.1 정부 주요 정책과의 부합성

- 철도차량 무선급전기술의 개발을 통하여 다양한 분야에 응용되어 시장과 산업을 개척하고 선점할 수 있어 창조경제 추진 방향과 부합하는 신기술 분야임
- 박근혜정부는 창의적 아이디어, 상상력과 과학기술, 정보통신기술이 결합되어 기존산업과 융합하여 신산업/신시장 개척을 통해 양질의 많은 일자리를 창출하는 새로운 성장전략으로 창조경제 추진정책을 추진하고 있음
- 무선급전기술은 세계경제포럼(2013년)에서 세계 10대 유망기술 중 하나로 선정되었으며, 우주항공, 자동차, 선박 등 운송분야 뿐만 아니라 모바일 및 전자기기 등 일상생활에 활용될 수 있는 산업 전반에 걸쳐 응용될 수 있음



[그림 8-1] 창조경제의 정의

- 철도차량 무선급전은 녹색교통인 철도의 역할 제고와 첨단기술을 통한 철도시장 기술선점으로 신규시장을 창출하고 고용창출을 일으키는 선순환 구조에 힘을 실어줄 수 있는 기획연구임
- 철도산업은 현재 국가의 투자는 증가하지만 비효율적인 운영으로 인하여 철도부채가 급증하고 있는 상황으로 계속되는 구조조정과 일자리 감소 등으로 인하여 철도산업의 활력이 저하되고 있는 상황임



[그림 8-2] 철도산업의 현황 및 문제점

- 이러한 문제점으로 인하여 철도공사를 개편하는 등 철도산업의 경쟁력 강화를 통한 철도 역할 제고를 위한 철도산업 발전방안을 제시하였음

<철도산업 비전> 철도산업의 경쟁력 강화를 통한 철도 역할 제고

- 철도공사는 투명성과 전문성 제고를 위해 지주회사형으로 전환
- 철도공사 중심으로 철도를 운영하되, 부분적 시장개방 추진

- 또한 철도공사를 사업 부문별 전문성을 토대로 독일형 시스템을 벤치마킹하여 ‘지주회사 + 자회사’ 구조로 전환하여 효율적인 운영을 도모함
 - 철도공사는 간선철도 중심의 여객운송사업을 영위하면서 지주회사 역할을 수행하는 형태로 운영체제를 개선함
 - 여객수송과 사업구조가 근본적으로 다른 철도물류, 철도차량정비, 시설유지보수 등은 단계적으로 자회사 형태로 전문화를 추진함



[그림 8-3] 철도공사 구조 전환 검토안

- 철도차량 무선급전기술 개발은 국토교통부의 철도산업 발전방안에서 요구하는 수익 증대와 녹색교통으로서의 철도의 모습을 모두 보여줄 수 있는 기술로 국토교통부의 정책방향과 부합함

8.1.2 정부 규제 및 법제도 기반 마련

□ 핵심 원천기술 개발과 동시에 신기술 상용화를 위한 법제도 기반 마련

- 각 세부 부분에 대하여 성능 및 안전 검증을 위하여 전문 인증기관을 통해서 기술 평가를 통해 공인 인증 확보

[표 8-1] 세부 부분 성능 및 안전 인증 상황

구분	진행상황	협조부처
주파수	- 전파응용설비용 주파수 배분(19~21kHz, 59~61kHz) 완료	방송통신위원회
도로구조	- 도로법시행령 개정완료 · 전기자동차 충전시설의 경우 매설깊이 예외조항 신설	국토해양부
전기안전	- OLEV 전기안전 상용기준 · 사도로 인증규격 : 완료 · 공공도로 인증규격 : 완료	지식경제부
차량인증	- OLEV 차량 안전기준 · 폐쇄지역 운행차량 인증규격 · 개방지역 운행차량 인증규격	국토해양부

□ (주파수) 방송통신위원회의 주파수 분배표가 개정을 통하여 무선 충전 전기 버스에서 활용하는 20kHz를 공식적으로 활용 가능

- 2011년 5월 12일 방송통신위원회의 주파수 분배표 개정을 통해서 19~21kHz와 59~61kHz에 대하여 전파응용설비용 주파수로 신규 분배됨에 따라서 현재 사용하고 있는 20kHz 뿐만 아니라 향후 개발 예정인 60kHz에 대한 주파수까지 확보 완료

[표 8-2] 방송통신위원회고시 제 2011-31호 내용

<div> <div><방송통신위원회고시 제2011-31호></div> <div>9-112 kHz</div> </div>				
국 제			한 국	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
제 1 지 역	제 2 지 역	제 3 지 역	주파수대별 분배	용 도 등
14-19.95	고정 해상이동 5.57 5.55 5.56		14-19.95 고정 해상이동 5.57	해안국용(무선전신) 전파응용설비 K205
19.95-20.25	표준주파수 및 시보	신호(20 kHz)	19.95-20.25 표준주파수 및 시보신호	20 kHz (표준주파수시보용) 전파응용설비 K205
20.25-70	고정 해상이동 5.57 5.56 5.58		20.25-70 고정 해상이동 5.57	해안국용(무선전신) 전파응용설비 K205

□ (급전 인프라 인증) OLEV 시스템은 무선 충전 전기버스에 전력을 공급하는 급전 인프라를 도로에 구축해야하기 때문에 급전 인프라에 대한 전기안전 인증 확보필요

- 현행법상 OLEV 시스템에 대한 평가를 추진할 수 있는 적합한 인증 기준이 수립되지 않은 상황으로, 전기안전협회와 적합성평가위원회를 통하여 인증 규격 수립을 추진할 예정으로 현재 전기안전연구원 협력 체계를 구축하여 인증 기준 마련 중
- 시스템 전체에 대한 인증 규격 수립이외에 급전 인프라의 핵심 부분인 급전 인버터와 급집전 케이블에 대한 개별적 전기적 안전 인증을 수행하여 전기적 안전 확보

8.2 기술적 타당성

8.2.1 기존 사업과의 관계

가. 기존 사업과의 차이점

□ 유기적으로 연결된 기존 과제를 분석하여 본 과제와의 차이점을 도출함

- 전기철도/고속철도용 유도급전시스템 핵심기술개발 과제는 핵심 부품 개발, 시스템 성능 최적화, 시험장치 구축 및 시험이 진행되었으며 20kHz 주파수 영역을 사용한 점과 기반기술의 확보를 주목표로 하는 점이 본 과제와 차이점으로 나타남
- 철도적용 무선급전 시험기술개발 과제는 고주파 대용량 인버터 개발 및 성능시험이 진행됐으며 60kHz 고주파 무선급전 적용에 따른 인버터 핵심부품 개발 연구라는 점이 본 과제와 차이점으로 나타남
- 미래 녹색철도시스템 개발과제에선 무선급전 철도차량 적용 핵심기술 개발 및 철도적용 가능성이 검토되었으며 적용가능성을 검토하기 위해 실차량을 최소 운행 용량으로 시험 검증 한 것이 차이점으로 나타남
- 비접촉 전력전달방식 친환경 대중교통시스템 개발과제에선 무선충전 전기버스 시스템 성능 검증 및 급전도로 관리 기술 개발이 진행되었으며 20kHz 영역의 주파수 사용과 도로를 이용하는 무선 충전 전기버스의 상용화 및 시험 검증이 차이점으로 나타남

[표 8-3] 기존사업 연구내용 및 차이점

과제명	연구 기관	연구내용	차이점
전기철도용 유도급전 시스템 핵심기술개발	(주)그린 파워	<ul style="list-style-type: none"> - 전기철도용 240kW급 유도급전시스템 핵심 기술 개발 - 4MJ급 Super Cap. Bank 및 240kW급 양방향 DC/DC 컨버터 개발 - 전기철도용 소형 시험 장치 개발 - 전기철도용 유도급전방식의 기술적·경제적 타당성 분석(분리공모) 	무선 급전 전기철도용 (20kHz) 핵심기술 개발
고속철도용 대전력 비접촉식 급집전기차 핵심기술개발	KAIST	<ul style="list-style-type: none"> - 고속철도용 5.5MW 대용량 급전 인버터 기술 개발 - 고속철도용 실시간 세그멘테이션 급전선로 및 구조 기술 개발 - 고속철도용 4.9MW 대용량 집전모듈 기술개발 - 고속철도용 대용량 급집전 최적 형상구조 기술 및 능동형 EMF 차폐기술 개발 - 고속철도용 대용량 급집전 시스템의 성능평가 시험 	무선 급전 고속철도용 (20kHz) 원천기술 개발
철도적용 무선급전시험 기술개발	철도연	<ul style="list-style-type: none"> - 고주파(60kHz) 무선급전 가능성 검토 - 무선급전 철도적용을 위한 핵심 공진형 인버터 단품 성능검증 연구 	세계최초 고주파(60kHz) 무선급전 적용에 따른 핵심부품 인버터 개발 연구
미래녹색철도 시스템개발	철도연	<ul style="list-style-type: none"> - 트램차량용 대용량 급/집전체 핵심 모듈 개발 - 급/집전용 고주파 전력변환 핵심기술 개발 - 개발된 핵심기술의 실차 적용 기술 개발 	무선급전 철도차량 적용가능성 검토를 위한 최소 운행 용량으로 현차 시험검증
비접촉 전력전달방식 친환경 대중교통 시스템 개발(OLEV)	KAIST	<ul style="list-style-type: none"> - 표준통합시스템 성능검증 및 운영관리기술 개발 - 무선 충전 급전도로 시공 및 유지 관리 기술 최적화 - 급집전 시스템 성능 보완 및 최적화 - 실용화를 위한 시범사업 실시 	무선 충전 전기버스 상용화 운전 및 시험 검증

나. 기존 사업과의 연계성

□ 기존 과제를 분석하여 연계성을 도출하며 이를 본 과제에 활용함

- 전기철도용 유도급전시스템 핵심기술 개발 과제의 유도급전시스템 핵심 기술의 현장 적용 및 시험운행 정보를 본 과제와 연계시켜 활용함
- 고속철도용 대전력 비접촉식 급집전 기초핵심기술 개발 과제 중 급전 인버터와 집전 모듈의 성능 평가 시험방법 및 절차를 본 과제에 활용함
- 철도적용 무선급전시험 기술개발 과제의 고주파 대용량 공진형 인버터 기초 기술 및 핵심장치를 본 과제에 활용 가능함
- 미래 녹색 철도시스템 개발 과제의 고주파 전력변환 핵심 기술을 본 과제에 연계시켜 활용하며 각 단계에서 개발된 핵심기술을 실차에 적용한 시험·검증 방법을 활용
- 비접촉 전력전달방식 친환경 대중교통시스템 개발 과제의 전기안정성 및 급집전 효율을 검증 방안을 활용하며 실용화 추진 과정에서 관련 법·제도 개선 사항을 본 과제와 연계함

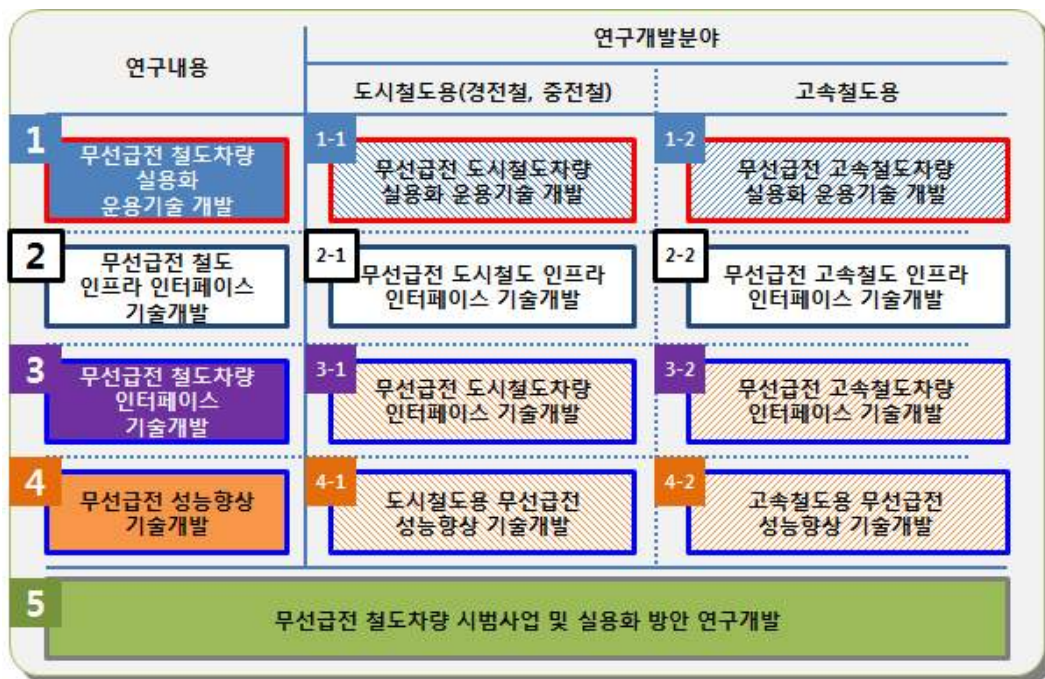
[표 8-4] 기존사업 연구성과 및 연계방안

과제명	연구기관	연구성과	연계방안
전기철도용 유도급전 시스템 핵심기술개발	(주)그린 파워	<ul style="list-style-type: none"> - 에너지 저장장치 (240kW)를 포함 최종 출력 480kW 달성 ('11.12) - 고밀도 (KAIST OLEV 대비 3.5배) 유도급전 기술개발 ('11.12) * 최대 시스템 효율 91% 달성 - EMF 감쇄 기술 개발로 모든 부하 영역에서 49mG 이하 달성(11.12) * EMF 환경기준 62.5mG 만족 	전기철도용 유도급전 시스템 핵심기술의 현장 적용 및 시험운행 정보를 활용
고속철도용 대전력 비접촉식 급집전기초 핵심기술개발	KAIST	<ul style="list-style-type: none"> - 고속철도용 1.2MW급 대용량 급전 인버터 기술 개발 - 고속철도용 1MW급 실시간 세그멘테이션 급전선로 및 구조 기술 개발 - 고속철도용 490kW급 대용량 집전 모듈 기술 개발 - 고속철도용 급/집전 최적 형상 자기 회로 설계 및 시뮬레이션 기술 개발 - 추진장치 성능시험설비를 활용한 고속철도용 대용량 급/집전시스템의 통합 성능 평가 방법, 절차 및 기준 개발 	고속철도용 대용량 급전 인버터 및 집전 모듈과 급집전시스템 성능 평가 시험 방법 및 절차를 활용
철도적용 무선급전시험 기술개발	철도연	<ul style="list-style-type: none"> - 고주파 대용량 공진형 인버터 핵심 부품개발 	고주파 대용량 공진형 인버터 기초 기술 및 핵심장치 활용
미래녹색철도 시스템개발	철도연	<ul style="list-style-type: none"> - 무선급전 180kW 핵심부품별 기술개발연구 	고주파 전력변환 핵심 기술 및 실차 적용 기술 활용
비접촉 전력전달방식 친환경 대중교통 시스템 개발(OLEV)	KAIST	<ul style="list-style-type: none"> - 상용화 수준으로 급집전 시스템 성능 개선 - 도로, 차량, 전기 인증서 - 인증인프라, 표준화, 시범사업 추진 	전기안전성 및 급집전 효율을 검증하고 실용화 관련 법제도를 활용함

8.2.2 기술 기획 과제의 우수성

가. 기획과제 내용

- 도시철도 차량용 고효율 무선급전 시스템 실용화 핵심기술 및 실증 기술 개발
과 고속철도 차량용 대용량 고효율 무선 급전시스템 핵심기술 개발 달성을 위
한 기반 연구 조사 추진
- 친환경 대중교통으로 철도 시스템이 구축될 수 있도록 무선 급전 시스템을 철도에
적용할 수 있는 실용화 기술 개발 연구 추진 방향 설정 및 이를 위한 기술 개발 로드맵
구축
- 무선 급전 시스템을 적용이 예상되는 도시철도 및 고속철도를 대상으로 관련 필요
기술을 정의하며 핵심기술 및 기술 개발 과제 추진 계획 방향 도출
- 세부 기획과제는 경전철 도시철도 과제 5개, 중전철 도시철도 과제 5개, 고속
철도 과제 4개로 나누어 진행됨
- 차량 구분에 따라 크게 도시철도용과 고속철도용 나눌 수 있으며 각각 무선급전
철도차량 실용화 운용기술개발, 무선급전 철도인프라 인터페이스 기술개발, 무선급전
철도차량 인터페이스 기술개발, 철도차량용 무선급전 성능향상 기술개발을 수행함



[그림 8-4] 세부 기획과제 연구분야

[표 8-5] 세부 기획과제 내용

세부 연구과제명	주요 연구 내용
무선급전 경전철 도시철도 차량 실용화 운용기술개발	<ul style="list-style-type: none"> - 무선급전 경전철 최적운용 시나리오 및 실용화 연구 - 급전시스템 고도화 기술개발 - 경전철용 급전선로 기술개발 - 무선급전 EMF/EMI/EMC 방지관리 기술 - 경전철 급전시스템 안전모니터링기술
무선급전 경전철 도시철도 인프라 인터페이스 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> - 경전철용 무선급전시스템 궤도설치 기술 - 경전철 무선급전 신호 안전성 연구 - 경전철 무선급전 분기기 안전성 연구 - 무선급전 인프라 유지보수 방안 연구
무선급전 경전철 도시철도 차량 인터페이스 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> - 경전철 무선급전 차량제어 인터페이스 연구 - 무선급전 급집전시스템 안정화 연구 - 무선급전 집전장치 설계 및 제작 - 무선급전 경전철 차량 개조 및 제작기술 연구
경전철 도시철도용 무선급전 성능향상 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> - 경전철용 무선 급집전 시스템 표준화 연구 - 경전철 무선급전 시스템 최적설계 연구 - 경전철 무선집전시스템 최적설계 연구 - 경전철 무선급집전 시스템 표준화 기술사양 도출
무선급전 경전철 도시철도 차량 시범사업 및 실용화 방안 연구개발	<ul style="list-style-type: none"> - 시범운행 연구 - 시스템통합 및 시험, 성능 검증 - 차량 개발 및 성능시험 - 실용화 경제성 향상 연구
무선급전 중전철 도시철도 차량 실용화 운용기술개발	<ul style="list-style-type: none"> - 무선급전 도시철도 최적운용 시나리오 및 실용화 연구 - 급전시스템 고도화 기술개발 - 도시철도용 급전선로 기술개발 - 무선급전 EMF/EMI/EMC 방지관리 기술 - 도시철도 급전시스템 안전모니터링기술
무선급전 중전철 도시철도 인프라 인터페이스 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> - 도시철도용 무선급전시스템 궤도설치 기술 - 도시철도 무선급전 신호 안전성 연구 - 도시철도 무선급전 분기기 안전성 연구 - 무선급전 인프라 유지보수 방안 연구
무선급전 중전철 도시철도 차량 인터페이스 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> - 도시철도 무선급전 차량제어 인터페이스 연구 - 무선급전 급집전시스템 안정화 연구 - 무선급전 집전장치 설계 및 제작 - 무선급전 도시철도 차량 개조 및 제작기술 연구
중전철 도시철도용 무선급전 성능향상 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> - 도시철도용 무선 급집전 시스템 표준화 연구 - 도시철도 무선급전 시스템 최적설계 연구 - 도시철도 무선집전시스템 최적설계 연구 - 도시철도 무선급집전 시스템 표준화 기술사양 도출
무선급전 중전철 도시철도 차량 시범사업 및 실용화 방안 연구개발	<ul style="list-style-type: none"> - 시범운행 연구 - 시스템통합 및 시험, 성능 검증 - 차량 개발 및 성능시험 - 실용화 경제성 향상 연구
무선급전 고속철도차량 실용화 운용기술개발	<ul style="list-style-type: none"> - 무선급전 고속철도 최적운용 시나리오 및 실용화 연구 - 급전시스템 고도화 기술개발 - 고속철도용 급전선로 기술개발 - 무선급전 EMF/EMI/EMC 방지관리 기술 - 고속철도 급전시스템 안전모니터링기술
무선급전 고속철도 인프라 인터페이스 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> - 고속철도용 무선급전시스템 궤도설치 기술 - 고속철도 무선급전 신호 안전성 연구 - 고속철도 무선급전 분기기 안전성 연구 - 무선급전 인프라 유지보수 방안 연구
무선급전 고속철도차량 인터페이스 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> - 고속철도 무선급전 차량제어 인터페이스 연구 - 무선급전 급집전시스템 안정화 연구 - 무선급전 집전장치 설계 및 제작 - 무선급전 고속철도 차량 개조 및 제작기술 연구
고속철도용 무선급전 성능향상 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> - 고속철도용 무선급집전 시스템 표준화 연구 - 고속철도 무선급전 시스템 최적설계 연구 - 고속철도 무선집전시스템 최적설계 연구 - 고속철도 무선급집전 시스템 표준화 기술사양 도출

8.2.3 기술 수준 및 개발 성공 가능성

가. 무선급전 관련 기술 수준

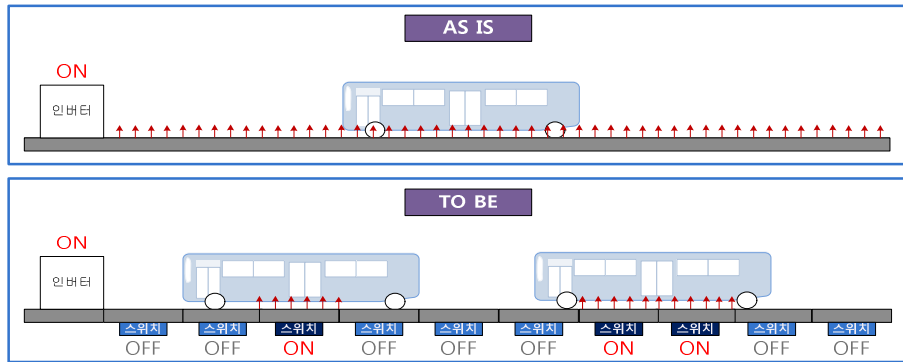
□ 비접촉 전력전달방식 친환경 대중교통시스템 개발(OLEV)

- (용량 및 효율)초기의 낮은 용량과 효율 문제를 원천기술 개발을 추진한 09년도부터 다양한 접근법을 통한 창의적 설계와 시뮬레이션을 통하여 지속적으로 연구 개발을 추진하여 상용화가 가능한 수준의 높은 용량과 효율 확보 성공
- 80년도에 미국에서 추진된 PATH프로젝트의 경우에는 7.5cm의 낮은 이격거리, 60% 수준의 낮은 효율, 60kW의 낮은 용량, 높은 구축비용과 관련 법규에 대한 미충족으로 인하여 상용화 개발 실패

[표 8-6] 무선급전기술 개발관련사업 비교분석

구분		'09년 교과부	'10년 지경부	'11~'13 국토부
사업명		온라인전기자동차 원천기술개발사업	온라인전기자동차기반 단기수송시스템기술개발	비접촉 전력전달방식 친환경 대중교통시스템 개발
사업기간		'09. 5 ~ '09. 12	'10. 5 ~ '11. 7	'11.12. ~ '13. 10
사업목적		기초원천기술개발	핵심요소기술 실용화	표준화, 실용화, 상용화
사업비		250억원	150억원	200억원
핵심지표	이격거리	20cm	25cm	25cm
	효율	평균 60% (최대 72%)	평균 70% (최대 80%)	평균 75%
	용량	60kW	100kW	100kW
결과물		- 기초원천기술을 적용한 온라인전기자동차 시험시제품	- 실용화 급집전시스템 - 대용량 모터, 전동 공조 시스템 등 공통 핵심기술	- 상용화 수준으로 급집전 시스템 성능 개선 - 도로, 차량, 전기 인증서 - 인증인프라, 표준화, 시험사업 추진

- (전자파 인체 영향)급전선로와 집전장치로부터 발생하는 전자파가 인체에 미치는 영향을 감소시키기 위하여 세그멘테이션 기법을 도입하여 차량이 급전선로에 있을 때만 전원을 공급함으로써 자동차, 주변 작업자, 보행자, 이륜 차량 등에 전자파 노출 위험을 원천적으로 차단
- (전자파 차폐 기술을 통한 전자파 감소) 차량 주변의 보행자, 탑승 대기자의 자기장 노출을 최소로 하면서 집전 용량을 최대로 확보할 수 있는 최적의 급집전 구조로서 국제 기준(ICNIRP)인 62.5mG 만족



[그림 8-5] 세그멘테이션 전자파 차폐 기술

□ 전기철도용 유도급전시스템 핵심기술개발

- 에너지 저장장치 (240kW)를 포함 최종 출력 480kW 달성
 - 유도급전 장치를 통하여 차량에 공급되는 전력이 240kW이고, 슈퍼커패시터 에너지 저장장치를 통하여 공급되는 전력이 240kW로 최종적으로 차량 구동을 위해 가용 가능한 전력은 480kW가 됨

[표 8-7] 유도급전용 인버터 사양

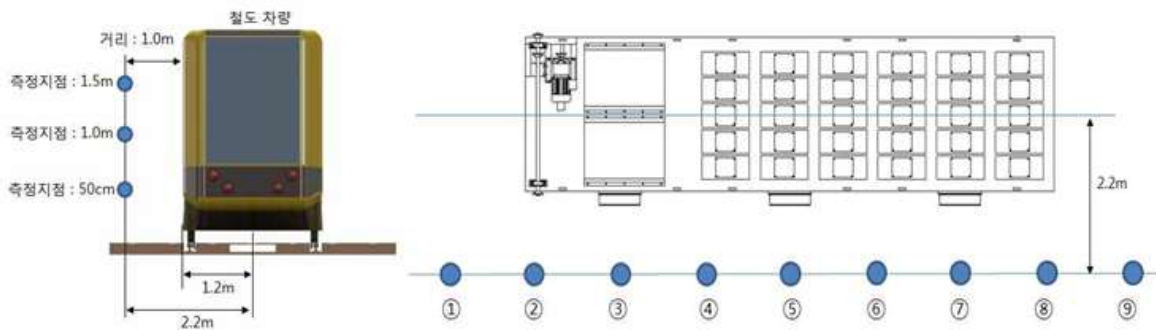
항목		사양
PWM Rectifier	입력전압	3상 380V
	입력전류	480A
	출력전력	300kW
	역률	0.95 이상
	직류링크전압	750Vmax
	스위칭 주파수	10kHz
	직류입력전압	750Vmax
Full-bridge inverter	출력전류	250A(트랙전류)
	스위칭 주파수	20kHz

- 고밀도 유도급전 기술개발
 - KAIST OLEV 대비 3.5배
 - 최대 시스템 효율 91% 달성

[표 8-8] 유도급전용 전력변화 장치별 효율 측정 결과

부하율	PWM정류기	인버터	트랙+픽업	양방향DC/DC
10%	96.0%	97.0%	97.2	97.2
20%	97.5%	97.7%	97.9	98.0
30%	97.9%	97.6%	97.8	98.0
40%	98.0%	97.8%	97.5	98.0
50%	98.2%	97.3%	97.0	98.1
60%	97.8%	97.0%	96.6	98.0
70%	97.7%	96.8%	96.2	97.8
80%	97.3%	96.7%	96.0	97.6
90%	96.8%	96.3%	95.8	97.4
100%	96.6%	95.9%	95.3	97.2

○ EMF 감쇄 기술 개발로 모든 부하 영역에서 49mG 이하 달성(EMF 환경기준 62.5mG)



[그림 8-6] EMF 측정위치

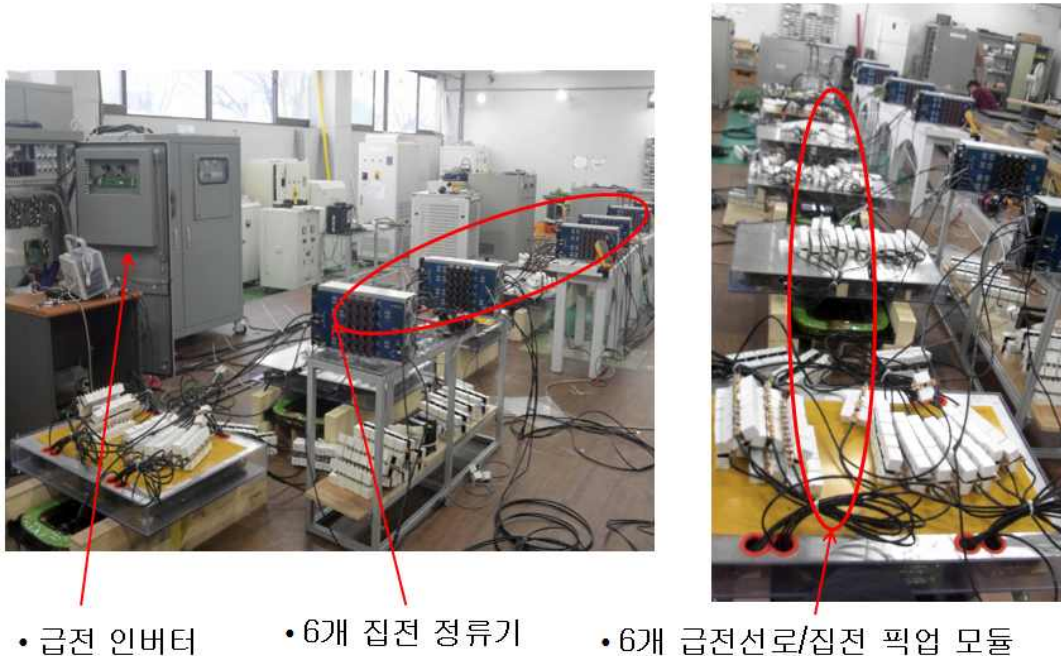
[표 8-9] 시험용 대차 위치에 따른 EMF 측정치 (단위 : mG)

부하	높이 (cm)	측정위치								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
무부하	50	16.4	14.8	6.1	5.6	9	5.3	6.5	14.2	17.0
	100	12.3	11.0	8.4	7.5	6.8	7.7	8.0	10.0	12.5
	150	8.9	7.5	7.5	7.1	7.3	7.4	7.2	7.2	9.1
풀부하	50	36.3	46.7	27.7	21.0	44.0	22.0	27.1	47.2	36.1
	100	27.3	34.3	35.3	29.9	30.1	28.8	36.1	34.5	26.9
	150	20.6	27.3	25.4	26.1	27.7	26.3	25.7	27.1	21.1

□ 고속철도용 대전력 비접촉식 급집전 기초 핵심기술 개발

- 고속철도용 1.2MW급 대용량 급전 인버터 기술 개발
- 고속철도용 1MW급 실시간 세그멘테이션 급전선로 및 구조 기술 개발
- 고속철도용 490kW급 대용량 집전 모듈 기술 개발

- 고속철도용 급/집전 최적 형상 자기 회로 설계 및 시뮬레이션 기술 개발
- 추진장치 성능시험설비를 활용한 고속철도용 대용량 급/집전시스템의 통합 성능 평가 방법, 절차 및 기준 개발



[그림 8-7] 490kW 집전 출력 연동 시험 사진

- 고속철도용 급/집전 최적 형상 자기 회로 설계 및 시뮬레이션 기술 개발
- 추진장치 성능시험설비를 활용한 고속철도용 대용량 급/집전시스템의 통합 성능 평가 방법, 절차 및 기준 개발

□ 철도적용 무선급전 시험기술 개발

- 고주파 대용량 공진형 인버터 핵심 부품개발



[그림 8-8] 급전 인버터 성능시험

□ 미래 녹색철도시스템 개발

- 무선급전 180kW 핵심부품별 기술개발연구
- 무선급전 180kW 트램차량 적용시험



[그림 8-9] 무선급전 180kW 트램차량 적용시험(좌) 및 급전 효율 모니터링(우)

8.3 경제적 타당성

8.3.1 기본 전제

□ 무선급전 기술이 적용될 노선에 대해 가정하여 기술을 도입하였을 때의 비용과 편익에 대하여 분석함

- 실제 적용할 시범노선 선정에 대한 연구가 진행되지 않았으므로 임의의 노선에 무선급전 기술을 적용하는 것으로 가정함
- 무선급전기술 적용대상 노선은 경전철 1개 노선(부산 도시철도 4호선), 중전철 1개(수도권광역급행철도) 노선을 대상으로 진행함
 - 경전철은 현재 운영 중인 부산 도시철도 4호선에 적용하는 것으로 가정하며, 노선연장은 10.8km이며 정거장은 10개임
 - 중전철은 현재 추진 중인 수도권광역급행철도(GTX) 사업의 노선A에 적용하는 것으로 가정하며, 노선연장은 신규 설치 노선 46.3km에 기존 KTX 노선 28.5km를 포함하여 총 74.8km임
- 분석기간은 사업계획 기간 7년과 시범사업 노선 개통 후 30년을 포함하여 37년으로 적용하며, 사회적 할인율은 5.5%를 적용함
 - 분석기간 및 사회적 할인율은 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)에 따름



[그림 8-10] 경전철 및 중전철 가정 노선

8.3.2 경전철(부산 도시철도 4호선) 비용 및 편익 분석

가. 비용 분석

□ 급전시스템 설치 비용

- 기존에 열차가 주행할 수 있는 선로는 구축되어 있다고 가정하며, 무선급전을 위한 시스템을 구축하는데 소요되는 비용을 산정함
- 선로구축에 필요한 급전시스템의 항목별 단가는 [표 1]과 같음

[표 8-10] 선로구축 시스템 단가

항목	단가(천원/100m)
급전 인버터	300,000
급전 케이블	30,000
급전 코어	32,000
급전 커패시터	8,000
급전지지부포설 (볼팅, 발린싱등)	5,000
급전선로매설 (cap, 코어등)	13,000
PC 패널 지지부	10,000
급전선 외함	45,000
합계	443,100

- 선로구축 비용을 산정하기 위한 계산식은 [수식 1]과 같음

[수식 8-8] 선로구축 비용 계산식

$$\text{선로구축 시스템 단가(천원/km)} \times \text{구간거리(km)} = \text{선로구축 비용(천원)}$$

- 선로구축 비용을 산정한 결과는 [수식 2]와 같음

[수식 8-9] 선로구축 비용 계산 결과

$$2,145,000(\text{천원/km}) \times 75(\text{km}) = 181,125,000(\text{천원})$$

□ 집전시스템 장착 비용

- 기존에 운행하는 도시철도 차량에 무선집전 관련 시스템을 장착하는데 소요되는 비용을 산정함
 - 가정노선(10.8km)상에서 운행하는 열차는 총 10편성이 운행함
- 차량에 필요한 집전시스템의 항목별 단가는 [표 2]와 같음

[표 8-11] 차량설치 시스템 단가

항 목	단 가 (천원)
집전 Core	12,000
집전 Coil	18,000
집전 Capacitor	15,000
집전기구부	12,000
집전 정류기	40,000
전력안정화장치	80,000
설치비	2,000
합 계	179,000

- 차량설치 비용을 산정하기 위한 계산식은 [수식 3]과 같음

[수식 8-10] 차량설치 비용 계산식

$$\text{차량설치시스템단가(천원)} \times \text{편성대수} = \text{차량설치비용(천원)}$$

- 차량설치 비용을 산정한 결과는 [수식 4]와 같음

[수식 8-11] 차량설치 비용 계산 결과

$$347,400 \times 20 = 6,948,000(\text{천원})$$

□ 유지보수 비용

- 선로개통 후 30년간의 집전 시스템 및 급전 시스템에 대한 유지보수 비용을 산정함
- 기존 유지보수 업무에 무선급전 관련 선로, 집전 유지보수 업무가 한 개 증가된 것으로 가정함
- 유지보수에 필요한 항목별 단가는 [표 3]과 같음

[표 8-12] 유지보수 비용 단가

항목	단가(천원/년)
선로 유지보수비	100,000
집전 유지보수비	50,000
합계	150,000

- 유지보수 비용을 산정하기 위한 계산식은 [수식 5]와 같음

[수식 8-12] 유지보수 비용 계산식

$$(\text{선로 유지보수비} + \text{집전 유지보수비})(\text{천원/년}) \times \text{운영기간(년)} = \text{유지보수비용(천원)}$$

- 유지보수 비용을 산정한 결과는 [수식 6]과 같음

[수식 8-13] 유지보수 비용 계산 결과

$$480,000 * 30 = 14,400,000(\text{천원})$$

□ 전력사용 비용

- 기존방식과 무선급전방식의 전력사용비용 차이를 기반으로 선로개통 후 30년간 운행시의 전력사용비용을 산정함
- 기존방식의 전력사용량에 대한 표준은 도시철도 7호선으로 가정하고 무선급전 방식의 전력 효율은 85%일 때를 기준으로 함
 - 2008년 기준, 지하철 7호선의 노선 길이는 46.9Km이며 전력사용비용 112,2억원임
 - 동일한 길이와 기간에 전력효율(85%) 적용시 132억원의 전력사용비용이 발생됨
 - 전력사용 비용은 가정노선 75km에 적용하여 산출함
- 1km당 추가 전력사용 비용 산정에 필요한 항목별 단가는 [표 4]와 같음

[표 8-13] 1km당 추가 전력사용 비용

항목	단가(천원/년)
1km당 무선급전 전기료	87,000
1km당 기존방식 전기료	74,000
1km당 추가 전력사용 비용	13,000

- 전력사용 비용을 산정하기 위한 계산식은 [수식 7]과 같음

[수식 8-14] 유지보수 비용 계산식

$$(1km당\ 추가\ 전력사용\ 비용)(천원/년 - km) \times 노선길이(km) \times 운영기간(년) = 전력사용\ 비용(천원)$$

- 전력사용 비용을 산정한 결과는 [수식 8]과 같음

[수식 8-15] 유지보수 비용 계산 결과

$$42,000 \times 75 \times 30 = 57,564,000(천원)_{(할인율적용)}$$

나. 편익 분석

□ 건설비저감 편익

- 철도차량 무선급전 기술 적용시 설치하지 않아도 되는 가선의 건설비용과 터널의 면적 축소로 인한 총 공사비용 감소율을 감안하여 건설비저감 편익을 산정함
- 철도차량 무선급전 기술 적용시 터널의 면적은 약 20%정도 감소되며 이에 따라 공사비용은 5~10% 가량 감소될 수 있으나 이번 분석에서는 중간값인 7.5%가 감소된다고 가정함
- 건설비 저감 편익에 관련된 항목별 단가는 [표 5]와 같음

[표 8-14] 건설비저감 편익 단가

항목	단가
3궤조설치비	1,800,000(천원/km)

- 건설비저감 편익을 산정하기 위한 계산식은 [수식 9]와 같음

[수식 8-16] 건설비저감 편익 계산식

$$\begin{aligned} & \text{감소된 공사비용(천원)} + \text{총가선설치비(천원)} = \text{건설비저감 편익(천원)} \\ & \text{가정노선공사비(천원)} \times \text{공사비감소비율(\%)} = \text{감소된 공사비용(천원)} \\ & \text{가선설치비(천원/km)} \times \text{가정노선길이(km)} = \text{총가선설치비용(천원)} \end{aligned}$$

- 건설비저감 편익을 산정한 결과는 [수식 10]과 같음

[수식 8-17] 건설비저감 편익 계산 결과

$$\begin{aligned} & 271,062,750(\text{천원}) + 111,000,000(\text{천원}) = 382,062,750(\text{천원}) \\ & 3,614,170,000(\text{천원}) \times 7.5(\%) = 271,062,750(\text{천원}) \\ & 1,480,000(\text{천원/km}) \times 75(\text{km}) = 111,000,000(\text{천원}) \end{aligned}$$

□ 차량생산비용저감 편익

- 철도차량 무선급전 기술을 적용시 기존 도시철도 차량에서 사용하지 않는 판토품, 주변압기 등의 집전/구동시스템에 대한 설치 비용을 저감한 편익을 산정함
- 차량생산비용저감 편익에 관련된 항목별 단가는 [표 6]과 같음

[표 8-15] 차량생산비용저감 편익 단가

항목	단가(천원/편성)
집전시스템	160,000

- 차량생산비용저감 편익을 산정하기 위한 계산식은 [수식 11]과 같음

[수식 8-18] 차량생산비용저감 편익 계산식

$$\begin{aligned} & 1\text{편성 차량 당 기준 집전관련 부품비용(천원/대)} \times \text{가정 운행 열차수(대)} \\ & = \text{차량생산비용저감 편익(천원)} \end{aligned}$$

- 차량생산비용저감 편익을 산정한 결과는 [수식 12]와 같음

[수식 8-19] 차량생산비용저감 편익 계산 결과

$$1,300,000(\text{천원/편성}) \times 20(\text{편성}) = 26,000,000(\text{천원})$$

□ 감전사고감소 편익

- 2007년에서 2011년까지의 감전 관련 사고 통계를 기반으로 운영기간 30년간의 연평균 감전사고 건수를 산정하며, 1건당 1명의 중상을 입는다고 가정함
 - 총 감전 관련 사고의 80%가 판토티그래프 혹은 가선과 관련이 있어서 무선급전 기술 도입시 발생하지 않는다고 가정하여 감전사고감소 편익을 산정함
 - 운영기간을 30년을 가정하고 할인율은 5.5%임
- 감전사고감소 편익에 관련된 항목별 단가는 [표 7]과 같음

[표 8-16] 감전사고감소 편익 단가

항목	단가
교통사고비용 원단위	30,170(천원/명)
연평균 감전사고	10.1(명/년)

- 감전사고감소 편익을 산정하기 위한 계산식은 [수식 13]과 같음

[수식 8-20] 감전사고감소 편익 계산식

$$\text{사고비용 원단위(천원/명)} \times \text{연평균 감전사고(명/년)} \times \text{운영기간(년)} \\ = \text{감전사고감소 편익(천원)}$$

- 감전사고감소 편익을 산정한 결과는 [수식 14]와 같음

[수식 8-21] 감전사고감소 편익 계산 결과

$$30,170(\text{천원/명}) \times 10.1(\text{명/년}) \times 30(\text{년}) \\ = 5,528,785(\text{천원})_{(\text{할인율적용})}$$

□ 사고복구비용감소 편익

- 2007년에서 2011년까지의 열차탈선 사고 통계를 기반으로 운영기간 30년간의 연평균 탈선사고 건수를 산정하였음
 - 복구지연시간에 대한 비용은 탈선사고 발생시 판토티그래프 및 가선으로 인해 2시간의 추가적인 사고복구시간이 생긴다고 가정하며, 일일 운행시간을 20시간, 일일 통행량을 880,841명(수도권 광역급행철도 계획과 경제적 타당성(2010)을 참조)으로 가정하였음
- 사고복구비용감소 편익에 관련된 항목별 단가는 [표 8]과 같음

[표 8-17] 사고복구비용감소 편익 단가

항목	단가
복구지연시간 원단위	290,677(천원/건)
연평균 탈선사고	3.6(건/년)

- 사고복구비용감소 편익을 산정하기 위한 계산식은 [수식 15]와 같음

[수식 8-22] 사고복구비용감소 편익 계산식

$$\text{복구지연시간 원단위(천원/건)} \times \text{연평균 탈선사고(건)} \times \text{운영기간(년)} \\ = \text{사고복구비용감소 편익(천원)}$$

- 사고복구비용감소 편익을 산정한 결과는 [수식 16]과 같음

[수식 8-23] 사고복구비용감소 편익 계산 결과

$$290,677(\text{천원/건}) \times 3.6(\text{건}) \times 30(\text{년}) = 19,024,263(\text{천원})_{(\text{할인을 적용})}$$

8.3.3 중전철(수도권광역급행철도) 비용 및 편익 분석

가. 비용 분석

□ 선로구축 비용

- 기존에 열차가 주행할 수 있는 선로는 구축되어 있다고 가정하며, 무선급전을 위한 시스템을 구축하는데 소요되는 비용을 산정함
- 선로구축에 필요한 시스템의 항목별 단가는 [표 1]과 같음

[표 8-18] 선로구축 시스템 단가

항목	단가(천원/km)
급전 인버터	1,400,000
급전 케이블	400,000
급전 코어	222,000
급전 커패시터	75,000
급전지지부포설 (볼팅, 발린싱등)	30,000
급전선로매설 (cap, 코어등)	83,000
PC 패널 지지부	60,000
급전선 외함	145,000
합계	2,415,000

- 선로구축 비용을 산정하기 위한 계산식은 [수식 1]과 같음

[수식 8-24] 선로구축 비용 계산식

$$\text{선로구축 시스템 단가(천원/km)} \times \text{구간거리(km)} = \text{선로구축 비용(천원)}$$

- 선로구축 비용을 산정한 결과는 [수식 2]와 같음

[수식 8-25] 선로구축 비용 계산 결과

$$2,415,000(\text{천원/km}) \times 75(\text{km}) = 181,125,000(\text{천원})$$

□ 차량설치 비용

- 기존에 운행하는 도시철도 차량에 무선집전 관련 시스템을 장착하는데 소요되는 비용을 산정함
 - 가정보선(75km)상에서 운행하는 열차는 정차역 당 상/하행 2편성과 예비열차 2편성을 포함하여 총 20편성이 있는 것으로 가정함
- 차량설치에 필요한 시스템의 항목별 단가는 [표 2]와 같음

[표 8-19] 차량설치 시스템 단가

항 목	단 가 (천원)
집전 Core	12,000
집전 Coil	28,000
집전 Capacitor	38,400
집전기구부	27,000
집전 정류기	120,000
전력안정화장치	120,000
설치비	2,000
합 계	347,400

- 차량설치 비용을 산정하기 위한 계산식은 [수식 3]과 같음

[수식 8-26] 차량설치 비용 계산식

$$\text{차량설치시스템단가(천원)} \times \text{편성대수} = \text{차량설치비용(천원)}$$

- 차량설치 비용을 산정한 결과는 [수식 4]와 같음

[수식 8-27] 차량설치 비용 계산 결과

$$347,400 \times 20 = 6,948,000(\text{천원})$$

□ 유지보수 비용

- 선로개통 후 30년간의 집전 시스템 및 급전 시스템에 대한 유지보수 비용을 산정함
- 기존 유지보수 업무에 무선급전 관련 선로, 집전 유지보수 업무가 한 개 증가된 것으로 가정함
- 유지보수에 필요한 항목별 단가는 [표 3]과 같음

[표 8-20] 유지보수 비용 단가

항목	단가(천원/년)
선로 유지보수비	300,000
집전 유지보수비	180,000
합계	480,000

- 유지보수 비용을 산정하기 위한 계산식은 [수식 5]와 같음

[수식 8-28] 유지보수 비용 계산식

$$(\text{선로 유지보수비} + \text{집전 유지보수비})(\text{천원/년}) \times \text{운영기간(년)} = \text{유지보수비용(천원)}$$

- 유지보수 비용을 산정한 결과는 [수식 6]과 같음

[수식 8-29] 유지보수 비용 계산 결과

$$480,000 * 30 = 14,400,000(\text{천원})$$

□ 전력사용 비용

- 기존방식과 무선급전방식의 전력사용비용 차이를 기반으로 선로개통 후 30년간 운행시의 전력사용비용을 산정함
- 기존방식의 전력사용량에 대한 표준은 도시철도 7호선으로 가정하고 무선급전 방식의 전력 효율은 85%일 때를 기준으로 함
 - 2008년 기준, 지하철 7호선의 노선 길이는 46.9Km이며 전력사용비용 112,2억원임
 - 동일한 길이와 기간에 전력효율(85%) 적용시 132억원의 전력사용비용이 발생됨
 - 전력사용 비용은 가정노선 75km에 적용하여 산출함
- 1km당 추가 전력사용 비용 산정에 필요한 항목별 단가는 [표 4]와 같음

[표 8-21] 1km당 추가 전력사용 비용

항목	단가(천원/년)
1km당 무선급전 전기료	281,000
1km당 기존방식 전기료	239,000
1km당 추가 전력사용 비용	42,000

- 전력사용 비용을 산정하기 위한 계산식은 [수식 7]과 같음

[수식 8-30] 유지보수 비용 계산식

$$(1km당\ 추가\ 전력사용\ 비용)(천원/년 - km) \times 노선길이(km) \times 운영기간(년) = 전력사용\ 비용(천원)$$

- 전력사용 비용을 산정한 결과는 [수식 8]과 같음

[수식 8-31] 유지보수 비용 계산 결과

$$42,000 \times 75 \times 30 = 57,564,000(천원)_{(할인율적용)}$$

나. 편익 분석

□ 건설비저감 편익

- 철도차량 무선급전 기술 적용시 설치하지 않아도 되는 가선의 건설비용과 터널의 면적 축소로 인한 총 공사비용 감소율을 감안하여 건설비저감 편익을 산정함
 - 철도차량 무선급전 기술 적용시 터널의 면적은 약 20%정도 감소되며 이에 따라 공사비용은 5~10% 가량 감소될 수 있으나 이번 분석에서는 중간값인 7.5%가 감소된다고 가정함
- 건설비 저감 편익에 관련된 항목별 단가는 [표 5]와 같음

[표 8-22] 건설비저감 편익 단가

항목	단가
가선설치비	1,480,000(천원/km)
가정노선공사비	3,614,170,000(천원)

- 건설비저감 편익을 산정하기 위한 계산식은 [수식 9]와 같음

[수식 8-32] 건설비저감 편익 계산식

$$\begin{aligned} \text{감소된 공사비용(천원)} + \text{총 가선설치비(천원)} &= \text{건설비저감 편익(천원)} \\ \text{가정노선공사비(천원)} \times \text{공사비감소비율(\%)} &= \text{감소된 공사비용(천원)} \\ \text{가선설치비(천원/km)} \times \text{가정노선길이(km)} &= \text{총 가선설치비용(천원)} \end{aligned}$$

- 건설비저감 편익을 산정한 결과는 [수식 10]과 같음

[수식 8-33] 건설비저감 편익 계산 결과

$$\begin{aligned} 271,062,750(\text{천원}) + 111,000,000(\text{천원}) &= 382,062,750(\text{천원}) \\ 3,614,170,000(\text{천원}) \times 7.5(\%) &= 271,062,750(\text{천원}) \\ 1,480,000(\text{천원/km}) \times 75(\text{km}) &= 111,000,000(\text{천원}) \end{aligned}$$

□ 차량생산비용저감 편익

- 철도차량 무선급전 기술을 적용시 기존 도시철도 차량에서 사용하지 않는 판토품그래프, 주변압기 등의 집전/구동시스템에 대한 설치 비용을 저감한 편익을 산정함
- 차량생산비용저감 편익에 관련된 항목별 단가는 [표 6]과 같음

[표 8-23] 차량생산비용저감 편익 단가

항목	단가(천원/편성)
판토품그래프(2개)	100,000
변압기(2대)	700,000
컨버터(5개)	500,000
총 액	1,300,000

- 차량생산비용저감 편익을 산정하기 위한 계산식은 [수식 11]과 같음

[수식 8-34] 차량생산비용저감 편익 계산식

$$\begin{aligned} 1\text{편성 차량 당 기존 집전관련 부품비용(천원/대)} \times \text{가정 운행 열차수(대)} \\ = \text{차량생산비용저감 편익(천원)} \end{aligned}$$

- 차량생산비용저감 편익을 산정한 결과는 [수식 12]와 같음

[수식 8-35] 차량생산비용저감 편익 계산 결과

$$1,300,000(\text{천원/편성}) \times 20(\text{편성}) = 26,000,000(\text{천원})$$

□ 감전사고감소 편익

- 2007년에서 2011년까지의 감전 관련 사고 통계를 기반으로 운영기간 30년간의 연평균 감전사고 건수를 산정하며, 1건당 1명의 중상을 입는다고 가정함
 - 총 감전 관련 사고의 80%가 판토티그래프 혹은 가선과 관련이 있어서 무선급전 기술 도입시 발생하지 않는다고 가정하여 감전사고감소 편익을 산정함
 - 운영기간을 30년을 가정하고 할인율은 5.5%임
- 감전사고감소 편익에 관련된 항목별 단가는 [표 7]과 같음

[표 8-24] 감전사고감소 편익 단가

항목	단가
교통사고비용 원단위	30,170(천원/명)
연평균 감전사고	10.1(명/년)

- 감전사고감소 편익을 산정하기 위한 계산식은 [수식 13]과 같음

[수식 8-36] 감전사고감소 편익 계산식

$$\text{사고비용 원단위(천원/명)} \times \text{연평균 감전사고(명/년)} \times \text{운영기간(년)} \\ = \text{감전사고감소 편익(천원)}$$

- 감전사고감소 편익을 산정한 결과는 [수식 14]와 같음

[수식 8-37] 감전사고감소 편익 계산 결과

$$30,170(\text{천원/명}) \times 10.1(\text{명/년}) \times 30(\text{년}) \\ = 5,528,785(\text{천원})_{(\text{할인율적용})}$$

□ 사고복구비용감소 편익

- 2007년에서 2011년까지의 열차탈선 사고 통계를 기반으로 운영기간 30년간의 연평균 탈선사고 건수를 산정하였음
 - 복구지연시간에 대한 비용은 탈선사고 발생시 판토티그래프 및 가선으로 인해 2시간의 추가적인 사고복구시간이 생긴다고 가정하며, 일일 운행시간을 20시간, 일일 통행량을 880,841명(수도권 광역급행철도 계획과 경제적 타당성(2010)을 참조)으로 가정하였음
- 사고복구비용감소 편익에 관련된 항목별 단가는 [표 8]과 같음

[표 8-25] 사고복구비용감소 편익 단가

항목	단가
복구지연시간 원단위	290,677(천원/건)
연평균 탈선사고	3.6(건/년)

○ 사고복구비용감소 편익을 산정하기 위한 계산식은 [수식 15]와 같음

[수식 8-38] 사고복구비용감소 편익 계산식

$$\text{복구지연시간 원단위(천원/건)} \times \text{연평균 탈선사고(건)} \times \text{운영기간(년)} \\ = \text{사고복구비용감소 편익(천원)}$$

○ 사고복구비용감소 편익을 산정한 결과는 [수식 16]과 같음

[수식 8-39] 사고복구비용감소 편익 계산 결과

$$290,677(\text{천원/건}) \times 3.6(\text{건}) \times 30(\text{년}) = 19,024,263(\text{천원})_{(\text{할인율 적용})}$$

8.3.4 경제적 타당성 검토 결과

□ 비용 및 수익 산출 검토 결과

○ 비용/수익 분석을 수행한 결과 본 기획과제에 대한 비용편익(B/C)은 1.204로 나타났음

[표 8-26] 경제적 타당성 결과

분류	항목	금 액 (천원)	총 액 (천원)
비용 (Cost)	급전선로구축 비용	3,101,000	31,881,000
	무선급전차량설치 비용	1,790,000	
	무선급전유지보수 비용	4,500,000	
	R&D 비용	18,200,000	
	전력사용 비용	4,290,000	
편익 (Benefit)	3궤조공사비저감 편익	19,800,000	30,953,048
	차량생산비용저감 편익	1,600,000	
	감전사고감소 편익	1,528,785	
	사고복구비용감소 편익	8,024,263	
비용편익(B/C)			0.97

* R&D 비용은 경전철 관련 과제 비용(1단계 : 182억)을 적용하였음

8.4 정부지원 타당성

□ 철도차량용 무선급전 기술 시장의 조기 선점을 위한 원천기술 확보 중요

- 현재 美 WitriCITY, Evatran, 英 HaloIPT 등 주요 선진국에서 무선급전 관련 분야 R&D 및 상용화를 추진하고 있으나, 상용화 단계에 이르기까지는 상당 시간이 걸릴 것으로 예상됨
- 특히, 철도차량용 무선급전 기술은 버스와 같은 저속 주행용 무선급전 기술과는 차원이 다른 고효율 대용량의 무선급전 기술 개발이 요구되며, 독일 등 철도산업 선진국에서도 아직까지 상용화에 이르지 못하고 있음
- 이런 측면에서 정부의 적극적인 지원은 관련 기술의 조기 개발 및 상용화를 가능하게 하여 해외 기술 시장의 조기 선점 및 원천기술 수출 등과 같은 경제적 파급효과를 유발시킬 것으로 예상됨

□ 미래 친환경 고에너지효율 시대를 대비하기 위한 친환경 기술 확보 지원

- 전기철도는 배터리에 의해 구동되는 교통수단으로 디젤 및 가솔린 기관의 교통수단보다 이산화탄소 등 각종 환경오염물질의 발생이 적은 친환경적인 교통수단임
- 무선급전 기술을 적용한 전기철도는 도심 내 철도서비스를 활성화하여 이산화탄소를 획기적으로 줄이고 환경오염물질의 발생을 억제하는 효과를 가져다주며 저탄소 친환경 인프라 구축을 가능하게 함
- 이런 측면에서 대기오염의 최소화, 에너지 효율성 향상 등 환경성과 경제성을 동시에 충족시키며, 미래 친환경 시대에서 활용성이 매우 높을 것으로 예상되는 철도차량용 무선급전 기술에 대한 정부의 지원은 필수적임

□ 고부가가치 창조형 신성장 동력 육성을 위한 철도분야의 핵심기술 R&D 지원

- 선진국형 산업 구조로의 전환 및 고부가가치의 창조형 신성장동력산업 발굴을 위해 제품, 생산 기술 중심의 R&D에서 핵심 및 원천 기술 확보 중심의 R&D, 인력 양성, 사업화의 노력이 필요함
- 철도차량 무선급전 기술은 KAIST에서 원천 및 핵심 기술을 개발하여 상용 직전 단계에 이른 기술로 고부가가치의 창조형 신성장동력산업으로 성장하기 위해 향후 관련 기술 인력 양성 및 기술 사업화에 대한 정부의 적극적인 지원이 요구됨

□ 타 교통수단간 기술적 연계로 사회적 비용 절감 및 고용 창출 기회 확보

- 무선급전 철도차량은 특성상 적은 공사비로 건설이 가능하고 지리적, 공간적 제약이

적어 규모가 작은 중·소도시에서부터 대도시의 지선교통까지 각각의 수요에 맞게 대응할 수 있는 장점을 가지고 있음

9. 과제 RFP 및 평가기준

9.1 본과제 RFP

1) 1세부과제 과제 제안 요구서(RFP)

연구과제명	무선급전 경전철차량 실용화 운용기술개발	
1. 연구개발목표	무선급전 경량전철 실용화를 위한 운용기술개발 및 Test_Bed 구축 시험	
<div>○ 무선급전 경전철 최적운용 시나리오 개발</div> <div>○ 무선급전 경전철 급전시스템 및 급전선로 기술개발을 통한 Test-Bed 구축</div> <div>○ 경전철 무선급전 최적 유지보수 방안 연구 및 경제성 향상 방안 연구</div>		
2. 연구개발 필요성 및 기술동향		
<div>□ 연구개발의 필요성</div>	<div>○ 기존 철도차량의 접촉식 전력공급시스템(전차선 & 판토틀그래프 방식, 제3궤조 방식)의 경우, 높은 건설비 및 유지보수 비용, 낮은 신뢰성 및 안전성, 낮은 환경친화성 등의 문제점을 가지고 있기 때문에 미래 교통 시스템에 대응할 수 있는 신개념의 전력공급시스템 기술 개발이 필요한 상황임</div> <div>○ 정부에서 계획하고 있는 2013년까지 85%의 선진국 대비 기술력 달성 및 세계 7위의 철도시장 점유 목표 달성, 2018년까지 90%의 기술력 달성 및 세계 5위의 점유 목표 달성을 위해서는철도 해외시장진출을 위한 기술 추종형 연구개발이 아닌 선도형 연구개발이 반드시 필요함</div> <div>○ 배터리를 사용하는 무가선 트램이나 접촉식 지면급전방식인 Third Rail 등 다양한 방식을 개발하여 적용하고 있으나 안전, 유지보수 등의 문제를 완전히 해결에는 한계가 있기에 기존의 접촉식 전력공급 장치나 전차선 설비가 필요 없어 유지보수 비용 절감이 가능하고 단선 및 전기접촉 등에 의한 위험성이 없는 친환경적인 전기철도 시스템 개발이 필요함</div> <div>○ 확보된 비접촉식 유도급전기술의 실용화 적용을 통해 차세대 친환경 철도시스템 구축 및 세계 시장에서 기술적 우위선점이 가능하나, 무선 급전 시스템에 대한 기술 개발이 지속적으로 추진되고 있기 때문에 기술적 우위 선점을 위하여 지속적인 연구</div>	

개발 추진이 필요함

- 원천·핵심기술을 바탕으로 실용화 기술을 통해 시험선 구축 및 성능 검증, 안전성과 신뢰성 확보가 필요함

- 철도 산업의 확대를 위하여 기존에 개발된 기술보다 향상된 새로운 개념의 철도 기술 확보가 필요하며, 이를 통하여 철도 시장에서의 시장 경쟁력 및 기술적 우위확보가 가능함



- 교통분야의 무선급전(Noncontact charging)기술은 광범위하게 활용될 것이며, 버스나 트램과 같은 대중 교통수단에서 가장 먼저 활용될 것으로 예상됨 (Noncontact Charging in Transportation(Technical Insight), 2011, Frost & Sullivan)

- 충전 장치(Charging devices)는 버스 정류장이나 운행 도로 아래에 설치되며, 향후 약 10년 이내에 대중화되어 많은 곳에서 활용될 것으로 예상됨

- 무선급전에서 가장 중요한 기술은 움직이는 차량에서 전력을 공급(Dynamic in Motion Charging)받는 기술임, 이렇게 되면 전력공급을 위해 멈추거나 재충전 할 필요가 없어 장거리 운행이 가능하며, 배터리 사이즈도 작아지며 비용도 낮아지게 됨

- 무선급전기술의 대중화에는 시간이 걸릴 것으로 예상되나, 현재 美 WitriCITY, Evatran, 英 HaloIPT, 韓 KAIST 등에서 관련 분야 R&D 및 상용화를 추진하고 있음 (Wireless Charging Infrastructure for Electric Vehicles (Technical Insights), 2012, Frost & Sullivan)

□ 기술개발 동향



Evatran Wireless Electric Vehicle Charge

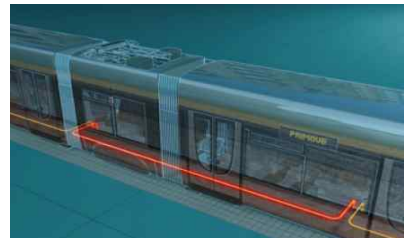
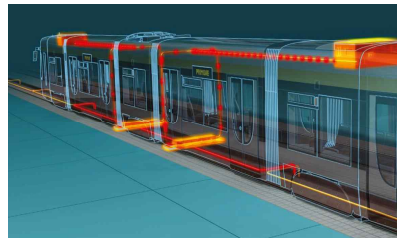


KAIST 온라인 전기자동차(OLEV)

- 철도분야에서 대전력 무선전력 전송기술을 개발하기 위해 독일 Bombardier社는 전차선 없이 무선 충전하는 Primove 경전철을 개발하였으며, 2010년 Augsburg 시험선에 총 800m 길이, 3개의 선로를 구축하고 무선급전시스템을 설치·운영 중임. 270KW 용량으로 최고속도 50km/h까지 운행이 가능함 (※출처 : EcoActive Technologies, PRIMOVE Contactless and Catenary-Free Operation, Transport System, BOMBARDIER)
 - Bombardier社에서 주력하고 있는 부분은 크게 철도차량과 전기 버스 분야이며 먼저 철도차량으로는 LRV에 적용하여 주력 중으로 공급전원 400-600ac 또는 750Vdc이며, 급전들은 9m 단위 길이로 구성되며, 선로를 따라 설치되는 인버터에서 전원이 공급되는 시스템임
 - 또한 자동차 및 버스 분야 적용을 위하여 노력 중에 있으며, Braunschweig에 버스 적용을 위해 German Federal Ministry of Transport와 Building and Urban Development 등과 협력하여 12km 시험노선을 건설하여 2013년부터 시험운행에 들어가며, Mannheim에 각종 전기 자동차를 시험할 수 있는 최첨단 설비의 eMobility 시험센터를 2011년부터 구축하여 운영하고 있음



독일 Augsburg 시험선 Primove 열차



Primove 열차의 에너지 전송 (개념도)

3. 연구개발 내용

○ 1 차년도

- 무선급전 경전철 최적운용 시나리오 및 실용화 연구
 - 무선급전 경전철 운용시나리오 시뮬레이션
 - 무선급전 경전철시스템 적용 요구사항 및 사양 도출
 - 무선급전 경전철 통합 유지보수 방안 검토
 - 무선급전 경전철 종합 성능시험기술 항목 도출
 - 무선급전 철도안전법 적용 문제점 검토
 - 무선급전 급변부하관리 사양서 도출
 - 무선급전 Test-bed 기본 및 상세 설계
 - 무선급전 경전철시스템 도로궤도 운행 방안 검토
- 경전철용 급전인버터 기술개발
 - 520kw 급 이상 급전 인버터 사양 및 상세설계
- 경전철용 고주파 변압기 기술개발
 - 무선급전용 고주파 변압기 사양 및 상세설계
- 경전철용 급전선로 기술개발
 - 무선급전 경전철 급전선로 사양 및 상세설계
- 경전철 급전시스템 회생에너지 인터페이스연구
 - 무선급전 경전철 회생에너지 최적방안 기술 검토
- 무선급전 EMF/EMI/EMC 방지관리 기술
 - 무선급전 경전철 시스템 EMF/EMI/EMC 기술 검토
- 경전철 급전시스템 안전모니터링기술
 - 무선급전 경전철 안전모니터링 사양서 도출
- 경전철 무선급전 경제성향상 방안연구
 - 무선급전 실용화를 위한 경제성 향상 인자 도출

○ 2 차년도

- 무선급전 경전철 최적운용 시나리오 및 실용화 연구
 - 무선급전 경전철 운용시나리오 방안 제시
 - 무선급전 경전철시스템 사양서 검증
 - 무선급전 경전철 통합 유지보수(안) 도출
 - 무선급전 경전철 종합 성능시험설비 구축
 - 무선급전 철도안전법 개정사유 도출
 - 무선급전 급변부하관리기술 시험 및 사양 확정
 - 무선급전 경전철 Test-Bed 구축
 - 무선급전 경전철시스템 도로궤도 운행 사양서(안) 제시
- 경전철용 급전인버터 기술개발
 - 520kw 급 이상 급전 인버터 제작 및 단품시험
- 경전철용 고주파 변압기 기술개발
 - 무선급전용 고주파 변압기 제작 및 단품시험
- 경전철용 급전선로 기술개발
 - 무선급전 경전철 급전선로 제작 및 단품시험
- 경전철 급전시스템 회생에너지 인터페이스연구
 - 무선급전 경전철 회생에너지 최적방안 도출
- 무선급전 EMF/EMI/EMC 방지관리 기술
 - 무선급전 경전철 시스템 EMF/EMI/EMC 방지 대책
- 경전철 급전시스템 안전모니터링기술
 - 무선급전 경전철 안전모니터링 시스템 구축
- 경전철 무선급전 경제성향상 방안연구
 - 무선급전 실용화를 위한 경제성 향상 방안 도출

○ 3 차년도

- 무선급전 경전철 최적운용 시나리오 및 실용화 연구
 - 무선급전 경전철 운용시나리오(안) 제시
 - 무선급전 경전철시스템 사양서(안) 제시
 - 무선급전 경전철 통합 유지보수(안) 제시
 - 무선급전 경전철 종합 성능시험 및 시험데이터 분석
 - 무선급전 철도안전법 개정(안) 제시
 - 무선급전 경전철 Test-Bed 구축 및 종합성능시험
 - 무선급전 경전철시스템 도로궤도 시험운행 방안 제시
- 경전철용 급전인버터 기술개발
 - 520kw 급 이상 급전 인버터 조합시험 및 종합성능시험
- 경전철용 고주파 변압기 기술개발
 - 무선급전용 고주파 변압기 조합시험 및 종합성능시험

<ul style="list-style-type: none"> - 경전철용 급전선로 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> · 무선급전 경전철 급전선로 조합시험 및 종합성능시험 - 경전철 급전시스템 회생에너지 인터페이스연구 <ul style="list-style-type: none"> · 무선급전 경전철 회생에너지 종합성능시험 - 무선급전 EMF/EMI/EMC 방지관리 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 무선급전 경전철 시스템 EMF/EMI/EMC 종합성능시험 - 경전철 급전시스템 안전모니터링기술 <ul style="list-style-type: none"> · 무선급전 경전철 안전모니터링 시스템 종합성능시험 - 경전철 무선급전 경제성향상 방안연구 <ul style="list-style-type: none"> · 무선급전 실용화를 위한 경제성 향상(안) 제시 	
4. 연구개발 추진방법	
<input type="checkbox"/> 추진전략	<ul style="list-style-type: none"> ■ 산학연의 협동연구개발 체계를 통한 실용화적용 연구와 설계 및 제작을 병행하여 수행 ■ 국내외 철도전문연구기관 및 철도운영기관과의 정례회의를 통하여 유지보수 및 안전성, 적용성 검증 창구확보를 통하여 실용성 높은 기술 개발 추구
<input type="checkbox"/> 추진체계	<ul style="list-style-type: none"> ■ 협력적 체제 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 월 1회 이상 정기공정회의 개최를 통하여 단계별 연구 실적에 대한 자료 및 방법론 검토 ■ 연구 자료에 대한 데이터베이스 확보 및 교류 체제 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 연구 내용 및 자료를 분야별로 데이터베이스화 하여 온라인을 통한 활발한 기술교류 ■ 연구성과 발표를 통한 과제의 검증 및 보완 <ul style="list-style-type: none"> - 연구종료 1개월 이전에 세미나 등을 통한 연구 성과 발표 - 철도운영기관/철도시설기관/철도차량 제작사/철도관련 연구원 등의 기술검토를 통한 각계 의견수렴, 문제점 보완 - 전문가 활용을 통한 기획연구의 합리적인 목적성, 타당성 및 실용성 검증 ■ 연구성과 관리 방안 <ul style="list-style-type: none"> - 연구 최종 목표에 따라 세부 성과를 객관화할 수 있도록 성과 지표를 설정하고 목표 달성 여부를 관리하여 연구 계획이 원활히 수행될 수 있도록 함과 동시에 성과물 활용에 따른 상호간 피드백이 활발히 이루어질 수 있도록 관리
5. 최종성과물	
<input type="checkbox"/> 주요최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ■ 무선급전 520kW급 경전철용 고주파 급전인버터 ■ 무선급전 520kW급 경전철용 Test-Bed 시스템

<ul style="list-style-type: none"> ■ 무선급전 경전철용 종합성능시험 계측시스템 ■ 무선급전 경전철용 최적 운용 시나리오(안) ■ 무선급전 종합성능시험 사양서 ■ 무선급전 종합성능시험 결과서 	
6. 사업기간 및 소요예산	
<ul style="list-style-type: none"> ■ 사업기간 <ul style="list-style-type: none"> - 총사업기간 : 3년(시운전 기간 6개월 포함) ■ 사업예산 <ul style="list-style-type: none"> • 추정 총사업비 : 10,600백만원(정부지원금) <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 2,000백만원 : 시스템 사양도출 및 상세설계 - 2차년도 6,000백만원 : 상세설계 검토 및 제작 - 3차년도 2,600백만원 : 조합시험 및 종합성능시험 <p>※ 연차별 지원예산은 선정평가, 정부예산 사정 또는 매칭펀드 비율에 따라 조정될 수 있음.</p>	
7. 기타	
<ul style="list-style-type: none"> ■ 연구신청자는 RFP에 제시된 연구개발 내용을 기준으로 연구개발계획서를 작성하되, 과제의 목표 달성에 반드시 필요하다고 판단되는 경우 연구내용을 수정하여 제안할 수 있음(명확한 사유 및 근거제시) ■ 성과목표(성과지표/목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제안하여야 하며, 과제선정 후 성과실적 및 수행실적은 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검, 관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용됨. ■ 과제 제안요구서(RFP)의 요구사항에 대응하는 연구개발계획서 조건표를 작성 제출 ■ 연구추진과정에서 관련기술 환경변화를 고려하기 위하여 Rolling Plan을 실시하여 연구내용(연구비 포함) 및 추진시기 등이 조정될 수 있음. ■ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 국토교통부소관 연구개발 사업 운영규정의 기준을 따르되, 추가 부담가능 	

2) 2세부과제 과제 제안 요구서(RFP)

연구과제명	무선급전 경전철 인프라 인터페이스 기술개발
1. 연구개발목표	무선급전 경량전철 인프라시스템 구축방안 및 인프라 인터페이스 문제점 검토 및 기술방안 제시
<ul style="list-style-type: none"> ○ 무선급전 경전철 궤도 인터페이스 기술검토 및 방안제시 ○ 무선급전 경전철 신호 인터페이스 기술검토 및 방안제시 ○ 경전철 분기기시스템 무선급전 상호 인터페이스 방안 제시 	
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 철도차량의 접촉식 전력공급시스템(전차선 & 판토틀레프 방식, 제3궤조 방식)의 경우, 높은 건설비 및 유지보수 비용, 낮은 신뢰성 및 안전성, 낮은 환경친화성 등의 문제점을 가지고 있기 때문에 미래 교통 시스템에 대응할 수 있는 신개념의 전력공급시스템 기술 개발이 필요한 상황임 ○ 정부에서 계획하고 있는 2013년까지 85%의 선진국 대비 기술력 달성 및 세계 7위의 철도시장 점유 목표 달성, 2018년까지 90%의 기술력 달성 및 세계 5위의 점유 목표 달성을 위해서는 철도 해외시장진출을 위한 기술 추종형 연구개발이 아닌 선도형 연구개발이 반드시 필요함 ○ 대량 수송이 가능하면서 친환경적인 수송시스템으로 철도에 대한 관심이 증대되고 있으나, 현재 사용하고 있는 상부가선 철도 시스템의 경우에는 구축시 상부가선 설치에 필요한 공간의 추가 확보와 충분한 터널 공간으로 인한 높은 구축비용과 선로가 노출되어 있어 발생할 수 있는 안전 문제, 관리를 위한 유지보수 비용 등의 문제가 있음 ○ 무선 급전시스템의 경우에는 기존 철도차량에서 개선이 필요한 접촉식 전력 공급 시스템의 에너지 운영, 높은 건설비 및 유지보수비 등의 문제점을 해결할 수 있으며, 고속철도의 경우 현재 문제가 되고 있는 상부가선으로 인한 공기저항 및 마찰로 인한 속도의 한계점 등의 문제를 해결 할 수 있기 때문에 철도 분야에서는 획기적인 기술이 될 수 있음 <ul style="list-style-type: none"> - 비접촉식 유도급전 적용시 상부 전차선 설비가 불필요하여 터널구간 다면적 감소로 터널공사비 저감

	<ul style="list-style-type: none"> - 지상구간 전차선 설비 구조물이 필요 없어 건설비 저감 가능 - 도심 내 거미줄과 같은 전차선 제거에 따른 도심 환경 개선 - 집전장치 및 전차선의 마찰이 없어 유지보수가 거의 없고, 단선에 의한 운행정지 및 감전사고 등의 위험이 없는 등 안전성 향상 - 접촉식 철도가 가지고 있는 마찰력으로 인한 속도의 한계를 해결할 수 있어 고속철도의 속도 증대
<p>□ 기술개발 동향</p>	<p>○ 교통분야의 무선급전(Noncontact charging)기술은 광범위하게 활용될 것이며, 버스나 트램과 같은 대중 교통수단에서 가장 먼저 활용될 것으로 예상됨 (Noncontact Charging in Transportation(Technical Insight), 2011, Frost & Sullivan)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 충전 장치(Charging devices)는 버스 정류장이나 운행 도로 아래에 설치되며, 향후 약 10년 이내에 대중화되어 많은 곳에서 활용될 것으로 예상됨 - 무선급전에서 가장 중요한 기술은 움직이는 차량에서 전력을 공급(Dynamic in Motion Charging)받는 기술임, 이렇게 되면 전력공급을 위해 멈추거나 재충전 할 필요가 없어 장거리 운행이 가능하며, 배터리 사이즈도 작아지며 비용도 낮아지게 됨 - 무선급전기술의 대중화에는 시간이 걸릴 것으로 예상되나, 현재 美 WitriCITY, Evatran, 英 HaloIPT, 韓 KAIST 등에서 관련 분야 R&D 및 상용화를 추진하고 있음 (Wireless Charging Infrastructure for Electric Vehicles (Technical Insights), 2012, Frost & Sullivan) <p>○ 철도분야에서 대전력 무선전력 전송기술을 개발하기 위해 독일 Bombardier社는 전차선 없이 무선 충전하는 Primove 경전철을 개발하였으며, 2010년 Augsburg 시험선에 총 800m 길이, 3개의 선로를 구축하고 무선급전시스템을 설치·운영 중임. 270KW 용량으로 최고속도 50km/h까지 운행이 가능함 (※출처 : EcoActive Technologies, PRIMOVE Contactless and Catenary-Free Operation, Transport System, BOMBARDIER)</p> <p>○ Primove는 노면전차인 경량전철로서, 일반적인 전철과 같이 추진, 공조, 신호 및 제어, 조명, 배터리 충전 등을 위해 차상으로 전력 공급이 필요하며, 도심지내의 전력선들을 제거하고자 비접촉식 자기유도방식을 적용하였음.</p>



Bombardier의 Primove 시스템 및 독일 Bautzen의 시험선

- Primove 1차 모델은 급전선로 16.2m, 도로표면과 집전모듈과의 공극간격 65mm, 급전용량 250kW, 배터리 250kW, 에너지 전달 효율 93%, 집전전력 750Vdc, 800A, 최대출력 250kW로 설계되었으며, 독일의 Bautzen 시험선에서 시험운행이 완료되었음.
- Double layer capacitor를 기반으로 한 MITRAC Energy Saver를 탑재하여 차량의 제동 시 발생하는 회생 에너지를 다시 이용함으로써 에너지 사용량을 최대 30%까지 최소화하였음.
- 열차의 무인운행 분야의 경우 “EBI Drive 50” 운행 보조 시스템을 시계 최초로 적용함으로써 가속 또는 감속 시 최적의 차량 속도를 운전자에게 추천함으로써 차량 에너지 소모를 최소화 할 뿐만 아니라 열차의 부드러운 운행을 가능하게 함으로써 브레이크, 윤축, 엔진 그리고 궤도의 마모를 감소시킬 수 있는 최적의 운행 지원 기술을 개발함.

3. 연구개발 내용

- 1 차년도
 - 경전철용 무선급전시스템 궤도설치 기술
 - 무선급전 경전철 궤도 부설 요구사항 검토 및 도출
 - 무선급전 경전철 궤도 구조물 안전성 인터페이스 검토
 - 무선급전 경전철 일반 도로궤도 운행 기술 검토
 - 경전철 무선급전 신호 안전성 연구
 - 무선급전 경전철 신호시스템 요구사항 검토 및 도출
 - 무선급전 경전철 신호간섭 주파수 범위 분석
 - 경전철 무선급전 분기기 안전성 연구

<ul style="list-style-type: none"> · 무선급전 경전철 분기 최적화 방안 도출 - 무선급전 인프라 유지보수 방안 연구 <ul style="list-style-type: none"> · 무선급전 인프라 시스템 유지보수 방안 검토 · 기존 인프라시스템 연계 유지보수 방안 검토 <p>○ 2 차년도</p> <ul style="list-style-type: none"> - 경전철용 무선급전시스템 궤도설치 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 무선급전 경전철 궤도 부설 사양(안) 도출 · 무선급전 경전철 궤도 구조물 안전성 시험 · 무선급전 차량-궤도 시설물 간섭 시험 · 무선급전 경전철 일반 도로궤도 운행 요구조건 도출 - 경전철 무선급전 신호 안전성 연구 <ul style="list-style-type: none"> · 무선급전 경전철 신호시스템 사양(안) 도출 · 무선급전 경전철 신호간섭 안전성 시험 - 경전철 무선급전 분기기 안전성 연구 <ul style="list-style-type: none"> · 무선급전 경전철 분기기 사양(안) 도출 · 무선급전 경전철 분기기 안전성 시험 · 무선급전 분기기 급전선로 최적 부설기준 연구 - 무선급전 인프라 유지보수 방안 연구 <ul style="list-style-type: none"> · 무선급전 인프라 시스템 유지보수 설계 및 검증 <p>○ 3 차년도</p> <ul style="list-style-type: none"> - 경전철용 무선급전시스템 궤도설치 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 무선급전 경전철 궤도 구조물 설치 사양서(안) 제시 - 경전철 무선급전 신호 안전성 연구 <ul style="list-style-type: none"> · 무선급전 경전철 신호시스템 사양서(안) 제시 - 경전철 무선급전 분기기 안전성 연구 <ul style="list-style-type: none"> · 무선급전 경전철 분기기 설치 사양서(안) 제시 - 무선급전 인프라 유지보수 방안 연구 <ul style="list-style-type: none"> · 무선급전 인프라 시스템 유지보수(안) 제시 	
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	<ul style="list-style-type: none"> ■ 산학연의 협동연구개발 체계를 통한 실용화적용 연구와 설계 및 제작을 병행하여 수행 ■ 국내외 철도전문연구기관 및 철도운영기관과의 정례회의를 통하여 유지보수 및 안전성, 적용성 검증 창구확보를 통하여 실용성 높은 기술 개발 추구
□ 추진체계	■ 협력적 체제 구축

	<ul style="list-style-type: none"> - 월 1회 이상 정기공정회의 개최를 통하여 단계별 연구 실적에 대한 자료 및 방법론 검토 ■ 연구 자료에 대한 데이터베이스 확보 및 교류 체제 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 연구 내용 및 자료를 분야별로 데이터베이스화 하여 온라인을 통한 활발한 기술교류 ■ 연구성과 발표를 통한 과제의 검증 및 보완 <ul style="list-style-type: none"> - 연구종료 1개월 이전에 세미나 등을 통한 연구 성과 발표 - 철도운영기관/철도시설기관/철도차량 제작사/철도관련 연구원 등의 기술검토를 통한 각계 의견수렴, 문제점 보완 - 전무가 활용을 통한 기획연구의 합리적인 목적성, 타당성 및 실용성 검증 ■ 연구성과 관리 방안 <ul style="list-style-type: none"> - 연구 최종 목표에 따라 세부 성과를 객관화할 수 있도록 성과 지표를 설정하고 목표 달성 여부를 관리하여 연구 계획이 원활히 수행될 수 있도록 함과 동시에 성과물 활용에 따른 상호간 피드백이 활발히 이루어질 수 있도록 관리
5. 최종성과물	
<input type="checkbox"/> 주요최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ■ 무선급전 경전철 궤도 구조물 설치 사양서(안) ■ 무선급전 경전철 신호시스템 사양서(안) ■ 무선급전 경전철 분기기 사양서(안) ■ 무선급전 경전철 인프라 유지보수(안)
6. 사업기간 및 소요예산	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 사업기간 <ul style="list-style-type: none"> - 총사업기간 : 3년 ■ 사업예산 <ul style="list-style-type: none"> • 추정 총사업비 : 5,300백만원(정부지원금) <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 1,300백만원 : 무선급전 인프라 상세설계 - 2차년도 2,000백만원 : 인프라 인터페이스 적합성 검증 - 3차년도 2,000백만원 : 무선급전 인프라 종합성능시험 <p>※ 연차별 지원예산은 선정평가, 정부예산 사정 또는 매칭펀드 비율에 따라 조정될 수 있음.</p>

7. 기타	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 연구신청자는 RFP에 제시된 연구개발 내용을 기준으로 연구개발계획서를 작성하되, 과제의 목표 달성에 반드시 필요하다고 판단되는 경우 연구내용을 수정하여 제안할 수 있음(명확한 사유 및 근거제시) ■ 성과목표(성과지표/목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제안하여야 하며, 과제선정 후 성과실적 및 수행실적은 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검, 관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용됨. ■ 과제 제안요구서(RFP)의 요구사항에 대응하는 연구개발계획서 조건표를 작성 제출 ■ 연구추진과정에서 관련기술 환경변화를 고려하기 위하여 Rolling Plan을 실시하여 연구내용(연구비 포함) 및 추진시기 등이 조정될 수 있음. ■ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 국토교통부소관 연구개발 사업 운영규정의 기준을 따르되, 추가 부담가능

3) 3세부과제 과제 제안 요구서(RFP)

연구과제명	무선급전 경전철 차량 인터페이스 기술개발
1. 연구개발목표	무선급전 경량전철 차량 최적 설계 및 성능시험
<ul style="list-style-type: none"> ○ 무선급전 경전철 차량제어 인터페이스 방안 연구 ○ 무선급전 경전철 정원공급 안정화 장치 최적 설계 및 성능확보 ○ 무선급전 경전철 차량 개조설계 및 성능확보 	
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 철도차량의 접촉식 전력공급시스템(전차선 & 판토틀레프 방식, 제3궤조 방식)의 경우, 높은 건설비 및 유지보수 비용, 낮은 신뢰성 및 안전성, 낮은 환경친화성 등의 문제점을 가지고 있기 때문에 미래 교통 시스템에 대응할 수 있는 신개념의 전력공급시스템 기술 개발이 필요한 상황임 ○ 정부에서 계획하고 있는 2013년까지 85%의 선진국 대비 기술력 달성 및 세계 7위의 철도시장 점유 목표 달성, 2018년까지 90%의 기술력 달성 및 세계 5위의 점유 목표 달성을 위해서는 철도 해외시장진출을 위한 기술 추종형 연구개발이 아닌 선도형 연구개발이 반드시 필요함 ○ 대량 수송이 가능하면서 친환경적인 수송시스템으로 철도에 대한 관심이 증대되고 있으나, 현재 사용하고 있는 상부가선 철도 시스템의 경우에는 구축시 상부가선 설치에 필요한 공간의 추가 확보와 충분한 터널 공간으로 인한 높은 구축비용과 선로가 노출되어 있어 발생할 수 있는 안전 문제, 관리를 위한 유지보수 비용 등의 문제가 있음 ○ 기존 철도 시스템의 장점인 정시성과 안정성을 보장하면서, 안전성을 확보하는 동시에 상부가선에 대한 유지보수 비용을 절감할 수 있는 새로운 급/집전 시스템 기술이 필요한 상황임 ○ 배터리를 사용하는 무가선 트램이나 접촉식 지면급전방식인 Third Rail 등 다양한 방식을 개발하여 적용하고 있으나 안전, 유지보수 등의 문제를 완전히 해결에는 한계가 있기에 기존의 접촉식 전력공급 장치나 전차선 설비가 필요 없어 유지보수 비용 절감이 가능하고 단선 및 전기접촉 등에 의한 위험성이 없는 친환경적인 전기철도 시스템 개발이 필요함

- 철도(연)과 KAIST가 협력하여 2013년 6월 4일 세계 최초로 대용량 고주파(60khz, 180kw급) 무선 전력전송 기술을 트램에 적용한 시험을 공개하여 향후 고속 주행이 가능한 대전력 무선전력전송 기술 개발의 성공가능성을 높임
- 특히, KAIST에서 개발한 무선 충전 기술은 09년도에 연구 개발을 추진하여 무선 충전 및 급전에 대한 원천기술 확보는 물론 상용 수준 기술 개발 및 인증 확보를 통하여 세계 최초로 도로를 주행하면서 무선충전이 가능한 무선충전 전기버스가 2013년 8월 6일 구미시에서 시범 개통되었음(구미~인동구간 24 km, 전기버스 2대/급전시설 5곳)
 - 이격거리 20cm 이상에서 100kw의 전력을 75% 이상의 효율로 공급받을 수 있어 경제적 이며, 비접촉 무선충전방식으로 감전위험이 없어, 향후 구미시 버스노선으로 확대 운행될 예정임
- ※ 무선급전 기술의 철도 차량 적용을 위해서는, 버스에 적용한 저속 주행용 무선급전 기술과는 차원이 다른, 고효율 대용량의 무선급전 기술 개발이 필요

□ 기술개발 동향



무선전력 전송기술이 적용된
무가선트램



무선충전 전기버스 (구미시)

- 철도분야에서 대전력 무선전력 전송기술을 개발하기 위해 독일 Bombardier社는 전차선 없이 무선 충전하는 Primove 경전철을 개발하였으며, 2010년 Augsburg 시험선에 총 800m 길이, 3개의 선로를 구축하고 무선급전시스템을 설치·운영 중임. 270KW 용량으로 최고속도 50km/h까지 운행이 가능함 (※출처 : EcoActive Technologies, PRIMOVE Contactless and Catenary-Free Operation, Transport System, BOMBARDIER)
 - Bombardier社에서 주력하고 있는 부분은 크게 철도차량과

전기 버스 분야이며 먼저 철도차량으로는 LRV에 적용하여 주력 중으로 공급전원 400-600ac 또는 750Vdc이며, 급전들은 9m 단위 길이로 구성되며, 선로를 따라 설치되는 인버터에서 전원이 공급되는 시스템임

- 또한 자동차 및 버스 분야 적용을 위하여 노력 중에 있으며, Braunschweig에 버스 적용을 위해 German Federal Ministry of Transport와 Building and Urban Development 등과 협력하여 12km 시험노선을 건설하여 2013년부터 시험운행에 들어가며, Mannheim에 각종 전기 자동차를 시험할 수 있는 최첨단 설비의 eMobility 시험센터를 2011년부터 구축하여 운영하고 있음

- Primove 2차 모델은 급전선로 8.1m, 급전용량 200kW, 집전모듈 100kW 2대, DC/DC 효율 95%로 설계되었음.



Augsburg에서 시험 완료한 Primove 2차 모델 주행 모습

- Primove 시스템은 유도작용을 통해 지상에서 차상으로 전기에너지를 전달하는데, 지상에는 주행레일 아래에 급전라인을 매설하여 전원을 공급함.

-20kHz의 교류전류가 급전라인을 통해 흐르게 되면, 자기장이 만들어지고, 차량 하부에 장착된 픽업 모듈 내의 코일에 유기 전압이 발생하여 에너지가 전달됨.

-지상의 급전라인은 분포권 방식의 삼상 급전라인을 배치하여 전동기의 회전자계와 같이 차량의 진행방향으로 자계를 형성시켜 에너지 전달 효율을 높임.

3. 연구개발 내용

○ 1 차년도

- 경전철 무선급전 차량제어 인터페이스 연구
- 경전철 차량 무선급전 인터페이스 요구사항 및 사양서 도출

- 무선급전 경전철 일반 도로궤도 차량 운행 기술 검토
- 경전철 집전시스템 회생에너지 인터페이스 연구
 - 경전철 무선급전 회생에너지 요구사항 및 사양서 도출
- 무선급전 공급전원 안정화장치 개발
 - 경전철 무선급전 전원 안정화장치 요구사항 및 사양서 도출
 - 경전철 무선급전 전원 안정화장치 최적 용량 산정
 - 경전철 무선급전 전원안정화장치 상세설계
- 무선급전 집전장치 설계 및 제작
 - 경전철 무선급전 집전장치 요구사항 및 사양서 도출
 - 경전철 무선급전 집전장치 상세설계
- 무선급전 경전철 차량 개조설계 및 제작기술
 - 경전철 무선급전 차량 기본설계 및 상세설계
 - 경전철 무선급전 차량 인터페이스 상세설계
- 무선급전 경전철 차량 유지보수 연구
 - 무선급전 경전철 차량 유지보수 방안 검토

○ 2 차년도

- 경전철 무선급전 차량제어 인터페이스 연구
 - 경전철 차량 무선급전 인터페이스 사양서(안) 제시
 - 무선급전 경전철 일반 도로궤도 차량 운행 사양서(안) 제시
- 경전철 집전시스템 회생에너지 인터페이스 연구
 - 경전철 무선급전 회생에너지 인터페이스 방안 제시
- 무선급전 공급전원 안정화장치 개발
 - 경전철 무선급전 전원안정화장치 제작 및 단품시험
- 무선급전 집전장치 설계 및 제작
 - 경전철 무선급전 집전장치 제작 및 단품시험
- 무선급전 경전철 차량 개조설계 및 제작기술
 - 경전철 무선급전 차량 개조설계 제작
 - 경전철 무선급전 차량 인터페이스 S/W, H/W 제작
- 무선급전 경전철 차량 유지보수 연구
 - 무선급전 경전철 차량 유지보수 기준 검토

○ 3 차년도

- 경전철 무선급전 차량제어 인터페이스 연구
 - 무선급전 경전철 일반 도로궤도 차량 운행 시험방안 제시
- 경전철 집전시스템 회생에너지 인터페이스 연구
 - 경전철 무선급전 회생에너지 인터페이스 시험
- 무선급전 공급전원 안정화장치 개발
 - 경전철 무선급전 전원안정화장치 조합시험 및 종합성능시험

<ul style="list-style-type: none"> - 무선급전 집전장치 설계 및 제작 <ul style="list-style-type: none"> · 경전철 무선급전 집전장치 조합시험 및 종합성능시험 - 무선급전 경전철 차량 개조설계 및 제작기술 <ul style="list-style-type: none"> · 경전철 무선급전 차량 개조설계 제작차량 종합성능시험 · 경전철 무선급전 차량 인터페이스 S/W, H/W 종합성능시험 - 무선급전 경전철 차량 유지보수 연구 <ul style="list-style-type: none"> · 무선급전 경전철 차량 유지보수 기준(안) 제시 	
4. 연구개발 추진방법	
<input type="checkbox"/> 추진전략	<ul style="list-style-type: none"> ■ 산학연의 협동연구개발 체계를 통한 실용화적용 연구와 설계 및 제작을 병행하여 수행 ■ 국내외 철도전문연구기관 및 철도운영기관과의 정례회의를 통하여 유지보수 및 안전성, 적용성 검증 창구확보를 통하여 실용성 높은 기술 개발 추구
<input type="checkbox"/> 추진체계	<ul style="list-style-type: none"> ■ 협력적 체제 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 월 1회 이상 정기공정회의 개최를 통하여 단계별 연구 실적에 대한 자료 및 방법론 검토 ■ 연구 자료에 대한 데이터베이스 확보 및 교류 체제 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 연구 내용 및 자료를 분야별로 데이터베이스화 하여 온라인을 통한 활발한 기술교류 ■ 연구성과 발표를 통한 과제의 검증 및 보완 <ul style="list-style-type: none"> - 연구종료 1개월 이전에 세미나 등을 통한 연구 성과 발표 - 철도운영기관/철도시설기관/철도차량 제작사/철도관련 연구원 등의 기술검토를 통한 각계 의견수렴, 문제점 보완 - 전문가 활용을 통한 기획연구의 합리적인 목적성, 타당성 및 실용성 검증 ■ 연구성과 관리 방안 <ul style="list-style-type: none"> - 연구 최종 목표에 따라 세부 성과를 객관화할 수 있도록 성과 지표를 설정하고 목표 달성 여부를 관리하여 연구 계획이 원활히 수행될 수 있도록 함과 동시에 성과물 활용에 따른 상호간 피드백이 활발히 이루어질 수 있도록 관리
5. 최종성과물	
<input type="checkbox"/> 주요최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ■ 무선급전 경전철 개조 차량 1편성 ■ 무선급전 경전철 520kW 급 집전장치 시스템 ■ 무선급전 경전철 전원 안정화장치 ■ 무선급전 경전철 차량 유지보수 기준(안)

6. 사업기간 및 소요예산	
<div data-bbox="523 398 676 432">■ 사업기간</div> <div data-bbox="560 443 809 477">- 총사업기간 : 3년</div> <div data-bbox="523 537 676 571">■ 사업예산</div> <div data-bbox="523 582 1090 616">• 추정 총사업비 : 6,100백만원(정부지원금)</div> <div data-bbox="560 627 1166 663">- 1차년도 1,600백만원 : 경전철 차량 개조설계</div> <div data-bbox="560 674 1294 710">- 2차년도 2,500백만원 : 무선급전 경전철 집전장치 제작</div> <div data-bbox="560 721 1249 757">- 3차년도 2,000백만원 : 무선급전 차량 종합성능시험</div> <div data-bbox="480 817 1388 898">※ 연차별 지원예산은 선정평가, 정부예산 사정 또는 매칭펀드 비율에 따라 조정될 수 있음.</div>	
7. 기타	
<div data-bbox="499 1043 1388 1214">■ 연구신청자는 RFP에 제시된 연구개발 내용을 기준으로 연구개발계획서를 작성하되, 과제의 목표 달성에 반드시 필요하다고 판단되는 경우 연구내용을 수정하여 제안할 수 있음(명확한 사유 및 근거제시)</div> <div data-bbox="499 1229 1388 1400">■ 성과목표(성과지표/목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제안하여야 하며, 과제선정 후 성과실적 및 수행실적은 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검, 관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용됨.</div> <div data-bbox="499 1415 1388 1496">■ 과제 제안요구서(RFP)의 요구사항에 대응하는 연구개발계획서 조건표를 작성 제출</div> <div data-bbox="499 1512 1388 1637">■ 연구추진과정에서 관련기술 환경변화를 고려하기 위하여 Rolling Plan을 실시하여 연구내용(연구비 포함) 및 추진시기 등이 조정될 수 있음.</div> <div data-bbox="499 1653 1388 1733">■ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 국토교통부소관 연구개발사업 운영규정의 기준을 따르되, 추가 부담가능</div>	

4) 4세부과제 과제 제안 요구서(RFP)

연구과제명	경전철용 무선급전 성능향상 기술개발
1. 연구개발목표	급·집전 효율 90%로 향상된 경전철 무선급전 기술개발
<ul style="list-style-type: none"> ○ 무선급전 경전철 급·집전 최적설계 및 검증 ○ 무선급전 경전철 급전인프라 및 집전장치 성능향상 ○ 무선급전 경전철 급·집전시스템 표준화 	
2.. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기 확보된 비접촉식 유도급전기술의 실용화 적용을 통해 차세대 친환경 철도시스템 구축 및 세계 시장에서 기술적 우위선점이 가능하나, 무선 급전 시스템에 대한 기술개발이 지속적으로 추진되고 있기 때문에 기술적 우위선점을 위하여 지속적인 연구 개발 추진이 필요함 - 원천·핵심기술을 바탕으로 실용화 기술을 통해 시험선 구축 및 성능 검증, 안전성과 신뢰성 확보가 필요함 ○ 철도 산업의 확대를 위하여 기존에 개발된 기술보다 향상된 새로운 개념의 철도 기술 확보가 필요하며, 이를 통하여 철도 시장에서의 시장 경쟁력 및 기술적 우위확보가 가능함 ○ 무선 급전시스템의 경우에는 기존 철도차량에서 개선이 필요한 접촉식 전력 공급 시스템의 에너지 운영, 높은 건설비 및 유지보수비 등의 문제점을 해결할 수 있으며, 고속철도의 경우 현재 문제가 되고 있는 상부가선으로 인한 공기저항 및 마찰로 인한 속도의 한계점 등의 문제를 해결할 수 있기 때문에 철도 분야에서는 획기적인 기술이 될 수 있음 - 비접촉식 유도급전 적용시 상부 전차선 설비가 불필요하여 터널구간 다면적 감소로 터널공사비 저감 - 지상구간 전차선 설비 구조물이 필요 없어 건설비 저감 가능 - 도심 내 거미줄과 같은 전차선 제거에 따른 도심 환경 개선 - 집전장치 및 전차선의 마찰이 없어 유지보수가 거의 없고, 단선에 의한 운행정지 및 감전사고 등의 위험이 없는 등

안전성 향상

- 접촉식 철도가 가지고 있는 마찰력으로 인한 속도의 한계를 해결할 수 있어 고속철도의 속도 증대

- 철도(연)과 KAIST가 협력하여 2013년 6월 4일 세계 최초로 대용량 고주파(60khz, 180kw급) 무선 전력전송 기술을 트램에 적용한 시험을 공개하여 향후 고속 주행이 가능한 대전력 무선전력전송 기술 개발의 성공 실용화 가능 시연



무선전력 전송기술이 적용된 무가선티램

- 특히, KAIST에서 개발한 무선 충전 기술은 09년도에 연구 개발을 추진하여 무선 충전 및 급전에 대한 원천기술 확보는 물론 상용 수준 기술 개발 및 인증 확보를 통하여 세계 최초로 도로를 주행하면서 무선충전이 가능한 무선충전 전기버스가 2013년 8월 6일 구미시에서 시범 개통하여 13년 12월까지 시범사업후 지자체로 이관 예정 (구미~인동구간 24km, 전기버스 2대/급전시설 5곳)

- 이격거리 20cm 이상에서 100kw의 전력을 정차중/주행중 평균 75% 이상의 효율로 공급받을 수 있어 경제적 이며, 비접촉 무선충전방식으로 감전위험이 없어, 향후 구미시 버스노선으로 시범운행



무선충전 전기버스 (구미시)

- Primove는 노면전차인 경량전철로서, 일반적인 전철과 같이 추진, 공조, 신호 및 제어, 조명, 배터리 충전 등을 위해 차상으로 전력 공급이 필요하며, 도심지내의 전력선들을

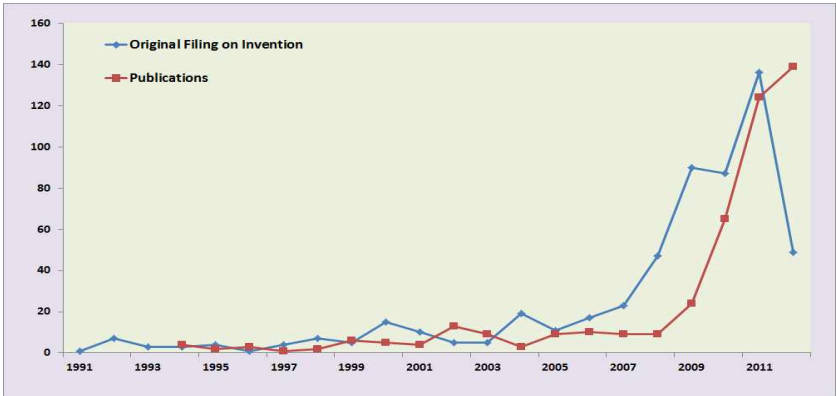
□ 기술개발 동향

제거하고자 비접촉식 자기유도방식을 적용하였음.



Bombardier의 Primove 시스템 및 독일 Bautzen의 시험선

- 철도차량용 무선급전시스템 기술의 특허 출원/공개 추이를 보면, 2008년 이후 급격하게 증가하고 있는 것을 볼 수 있으며, 2012년부터 출원 특허(청색선)보다 해외 공개 특허(적색선)가 더 많이 나타나 최근 해외시장에서 중요한 기술로 부각되고 있는 분야임을 알 수 있음



무선급전 특허기술 연계 기술발전 추이

3. 연구개발 내용

- 1 차년도
 - 경전철용 무선급·집전시스템 통합 최적설계
 - 무선급전 경전철 급집전 요구사항 검토 및 도출

- 무선급전 경전철 급집전 통합 실용화 최적 설계 및 시뮬레이션
- 경전철 무선급전시스템 최적설계
 - 무선급전 경전철 급전시스템 요구사항 검토 및 도출
 - 무선급전 경전철 급전시스템 선로 실용화 설계 및 시뮬레이션
- 경전철 무선집전시스템 최적설계
 - 무선급전 경전철 집전시스템 요구사항 검토 및 도출
 - 무선급전 경전철 집전시스템 실용화 설계 및 시뮬레이션
- 경전철 무선급집전시스템 표준화 기술사양 검토
 - 무선급전 경전철 급전시스템 표준화 기술사양 검토
 - 무선급전 경전철 집전시스템 표준화 기술사양 검토

○ 2 차년도

- 경전철용 무선급·집전시스템 통합 시제품 제작 및 검증
 - 무선급전 경전철 급집전 통합 시제품 제작
 - 무선급전 경전철 급집전 통합 성능 시험 및 검증
- 경전철 무선급전시스템 시제품 제작 및 단품 성능 시험
 - 무선급전 경전철 급전시스템 시제품 제작
 - 무선급전 경전철 급전시스템 단품 성능 시험
- 경전철 무선집전시스템 시제품 제작 및 단품 성능 시험
 - 무선급전 경전철 집전시스템 시제품 제작
 - 무선급전 경전철 집전시스템 단품 성능 시험
- 경전철 무선급집전시스템 표준화 사양 도출
 - 무선급전 경전철 급전시스템 표준화 사양 도출
 - 무선급전 경전철 집전시스템 표준화 사양 도출

○ 3 차년도

- 경전철용 무선급·집전시스템 통합 설계 제시
 - 무선급전 경전철 급집전 통합 최적 사양서 제시
 - 무선급전 경전철 급집전 통합 성능 향상 검증
- 경전철 무선급전시스템 최적 설계 제시
 - 무선급전 경전철 급전시스템 최종 사양서 제시
 - 무선급전 경전철 급전시스템 성능 향상 검증
- 경전철 무선집전시스템 최적 설계 제시
 - 무선급전 경전철 집전시스템 최종 사양서 제시
 - 무선급전 경전철 집전시스템 성능 향상 검증
- 경전철 무선급·집전시스템 표준화(안) 제시

4 연구개발 추진방법

☐ 추진전략

■ 산학연의 협동연구개발 체계를 통한 실용화연구와 설계 및 제작

	<p>을 병행하여 수행</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 국내외 철도전문연구기관, 대학 및 철도운영기관과의 정례회의를 통하여 급전성능 및 집전성능 향상 설계, 시뮬레이션/ 시제품제작 검증, 최적설계를 통하여 실용성 높은 기술대안 개발 추구
<p>□ 추진체계</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 협력적 체제 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 월 1회 이상 정기공정회의 개최를 통하여 단계별 연구 실적에 대한 자료 및 방법론 검토 ■ 연구 자료에 대한 데이터베이스 확보 및 교류 체제 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 연구 내용 및 자료를 분야별로 데이터베이스화 하여 온라인을 통한 활발한 기술교류 ■ 연구성과 발표를 통한 과제의 검증 및 보완 <ul style="list-style-type: none"> - 연구종료 1개월 이전에 세미나 등을 통한 연구 성과 발표 - 철도운영기관/철도시설기관/철도차량 제작사/철도관련 연구원 등의 기술검토를 통한 각계 의견수렴, 문제점 보완 - 전문가 활용을 통한 기획연구의 합리적인 목적성, 타당성 및 실용성 검증 ■ 연구성과 관리 방안 <ul style="list-style-type: none"> - 연구 최종 목표에 따라 세부 성과를 객관화할 수 있도록 성과 지표를 설정하고 목표 달성 여부를 관리하여 연구 계획이 원활히 수행될 수 있도록 함과 동시에 성과물 활용에 따른 상호간 피드백이 활발히 이루어질 수 있도록 관리
<p>5. 최종성과물</p>	
<p>□ 주요최종 성과물</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 무선급전 경전철 급·집전시스템 통합 최적 설계 및 사양서(안) ■ 무선급전 경전철 급전시스템 성능향상 최적 설계 및 사양서(안) ■ 무선급전 경전철 집전시스템 성능향상 최적 설계 및 사양서(안) ■ 무선급전 경전철 표준화(안)
<p>6. 사업기간 및 소요예산</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 사업기간 <ul style="list-style-type: none"> - 총사업기간 : 3년 ■ 사업예산 <ul style="list-style-type: none"> • 추정 총사업비 : 6,000백만원(정부지원금) <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 1,700백만원 : 무선급·집전 최적상세설계 - 2차년도 2,500백만원 : 무선급·집전 성능 검증

- 3차년도 1,800백만원 : 무선급·집전 최종사양

※ 연차별 지원예산은 선정평가, 정부예산 사정 또는 매칭펀드 비율에 따라 조정될 수 있음.

7. 기타

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

〈참고 문헌〉

- [1] 권석현(2008) 설계의 경제성 분석을 통한 최적노선 선정방안 연구 -OO경전철 민간투자사업 사례연구-, 한국철도학회 춘계학술대회 논문집, 한국철도학회, pp. 126-136
- [2] 김동기(2009) 철도노선선정에 영향을 미치는 주요환경항목 정량화에 관한 연구, 대한토목학회 논문집, 대한토목학회, 제29권 6호, pp. 761-770
- [3] 김정태 (2008) 도시철도 연구기획과제 추진현황, 철도학회 차량 및 정책분과 공동 세미나 자료집
- [4] 백종현 (2009) 무선통신기반 차상제어장치의 전동차 시험 분석, 한국산학기술학회논문지 Vol.10, No. 5, pp. 935~941
- [5] 삼안건설기술공사(2002), 쾌적한 도시교통을 위한 경량전철현황
- [6] 엄기영(2012) 고속철도 인프라시스템 성능평가를 위한 테스트베드 구축, 한국철도학회 춘계학술대회 논문집, 한국철도학회, pp. 1066-1072
- [7] 이종출(2005) 의사결정 시스템을 이용한 GIS 기반의 노선선정, 한국공간정보학회 GIS/RS 공동 춘계학술대회, 한국공간정보학회, pp. 407-412
- [8] 정락교 외5명(2000) “경량전철용 제3궤조 집전장치의 시제품 개발”, 한국철도학회 2000년도 춘계학술대회 논문집
- [9] 조성준(2005), 한국형 고속열차 주전력변환장치의 상용화 기술 확보에 관한 연구, 전력전자 학술대회 논문집, pp. 363-365
- [10] 포항공과대학교 정보통신연구소(1999), PRT 시스템 개념설계 보고서
- [11] 한국개발연구원(2008), 도로철도부문 사업의 예타조사 표준지침 수정보완연구
- [12] 한국건설교통기술평가원(2009), 건설교통기술연구개발사업 기획 매뉴얼
- [13] 한국건설교통기술평가원(2009), 경량전철시스템실용화사업 총괄요약보고서
- [14] 한국과학기술기획평가원(2005), 자기부상열차 실용화 사업에 대한 예비타당성 조사
- [15] 한국과학기술기획평가원(2010), 온라인 전기자동차기반 수송시스템 혁신사업 사업타당성 분석보고서
- [16] 한국과학기술기획평가원(2011), 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제1판)
- [17] 한국철도기술연구원 (2007) 철도시스템 기술의 이해
- [18] 한국철도기술연구원(2007), 한국형 모노레일 기술개발 기획 보고서
- [19] 한국철도기술연구원(2012), 무가선 하이브리드 저상트램 시스템기술 연구 3차년도 연구보고서

- [20] 한국철도대학(2005), 경량전철기술, 한국철도대학, pp. 5
- [21] 한국해양수산개발원(2007), 첨단항만 연구개발결과 조기 상용화를 위한 테스트베드 운용방안 연구
- [22] 한석운 (2007) “세계 경량전철 차량 시장 현황과 향후 전망”, 한국철도기술 연구원
- [23] A. Mirtchev (2005), AUTOMATIC RESTART FOR COMMUNICATION BASWD TRAIN CONTROL SYSTEM, Proceedings of JRC2005 Joint Rail Conference March 16~18
- [24] A.Esser, H.Skudelny(1991), A new approach to power supply for robots, IEEE Trans. on Industry Applications, Vol.27, No.5, September, pp. 872~875
- [25] A.W.Klontz, D.M.Owens(1989), Connectorless power supply for an aircraft – passenger entertainment system, IEEE Trans. on Power Electronics, Vol.4, No. 3, pp. 348~354
- [26] C. Wang, O. H. Stielau, G.A. Covic(2000), Load models and their application in the design of loosely coupled inductive power transfer systems, IEEE-PES/IEEE/DSEE International Conference of Power System Technology, POWERCON 2000, Perth Australia, December 4th~7th, pp.1053~1058
- [27] F.Sato(1997), Contactless energy transmission to mobile loads by CLPS-test driving of an EV with starter batteries, IEEE Trans. on magnetics, Vol.33, No.5, pp. 4203~4205
- [28] Hideki Ayano(2002), Highly efficient contactless electrical energy transmission system, IECON 02 [Industrial Electronics Society, Vol.2, 5~8, pp. 1364~1369
- [29] Hiroshi Sakamoto(1992), "A novel circuit for non-contact charging through electromagnetic coupling," in PESC'93 Record, pp.168~174
- [30] I. Andeasson(2001), Innovative Transit Systems – Survey of current developments, VINNOVIA Report VR 2001:3
- [31] J.M. Carrasco(2000), Analysis and experimentation of nonlinear adaptive controllers for the series resonant converter, Power Electronics, IEEE Transactions on Vol.15, pp. 536~544
- [32] J.M.Barnard(1997), Sliding transformers for linear contactless power delivery, IEEE Trans., Power Electron., vol.44, pp 774~779
- [33] K.Lashkari(1986), Inductive power transfer to an electric vehicle, 8th international electric vehicle symposium, October, pp. 258~267
- [34] Rong-Jong Wai(2004), Voltage-source resonant inverters for linear piezoelectric ceramic motor", Industrial Electronics Society, 2004. IECON 2004. 30th Annual Conference of IEEE Vol. 2, 2~6, pp.1195~1200
- [35] Ye, Z.M.(2004), Multiple frequency modeling of high frequency resonant inverter system, Power Electronics Specialists Conference, PESC 04. 2004 IEEE 35th Annual

[별첨 1]기술수요 조사 설문지

안녕하세요. 카이스트와 한국철도기술연구원, 한국철도시설공단, 교통연구원에서는 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원의 지원으로 “철도차량 무선급전 실용화 기술개발 기획”을 수행 중에 있으며, 본 기획과제는 기존 철도차량의 상부가선식 전력공급시스템의 구축비용, 전기안전 문제, 유지보수 및 미관 문제 등을 개선할 수 있는 신 철도 기술의 확보를 위하여 경제적, 기술적 타당성 검토 및 철도차량 무선급전 핵심기술 방안을 수립하는 것입니다.

이에 본 설문을 통해 국내 철도차량 분야에서 현재 적용 또는 개발 중인 무선급전기술을 이용하는 세부 적용분야를 조사하고, 철도건설 및 운영기관, 철도산업계에서 필요로 하는 무선급전기술의 요구사항 및 활용분야를 파악하여, 국내 철도차량의 무선급전기술의 실용화를 추진하고자 하오니 설문자 여러분의 참여를 부탁드립니다.

설문자 인적사항			
성명		회사명	
소속부서		직위	
전화번호		e-mail	

철도차량 무선급전 기술 일반사항

- 귀하(귀사)는 산업기술분야에서 구체적으로 어떤 업무를 수행하고 계십니까?
()
- 귀하(귀사)는 철도차량분야에서 무선급전기술이 중요하다고 생각하십니까?
☐ 예(이유:) ☐ 아니오
- 귀하(귀사)는 철도차량의 무선급전기술 또는 유사한 기술을 현업에 활용하고 계십니까?
☐ 예 (활용내용:) ☐ 아니오
- 귀하(귀사)는 최근 산업기술 또는 철도차량분야에서 가장 활발하게 적용되고 있는 무선급전기술은 어떤 기술이라고 생각하십니까?
()
- 귀하(귀사)는 다음의 철도차량의 무선급전기술 중 가장 시급하게 연구되어야 할 분야는 어떤 것이라고 생각하십니까?(중복응답가능)

☐ 트램차량 ☐ 도시철도차량 ☐ 고속철도차량 ☐ 열차충전기 ☐ 무선추진장치 ☐ 에너지저장기술 ☐ 기타()

6. 귀하(귀사)는 철도차량의 무선급전기술 개발이 필요하다고 생각하십니까?

☐ 예 ☐ 아니오

7. 귀하(귀사)는 철도차량의 무선급전기술의 성능요구사항이 철도차량의 세부분야별로 정의되어야 한다고 생각하십니까?

☐ 예(8번으로) ☐ 아니오(10번으로)

8. 귀하(귀사)는 철도차량의 무선급전기술의 성능요구사항이 철도교통 세부분야별로 정의되어야 한다면 어떤 분류구분으로 정의되어야 한다고 생각하십니까?

☐ 차량구분(예 : 고속철도, 일반철도, 광역도시철도 경량전철 등)

☐ 노선구분(예 : 고속선, 일반선, 광역도시철도노선 등)

☐ 적용구분(예 : 안정성, 추종성, 승차감, 안전성, 유지보수성 등)

☐ 기타구분()

9. 귀하(귀사)는 철도차량의 무선급전기술의 성능요구사항에 어떤 항목이 중요하다고 생각하십니까?(순서대로 번호로 표기해 주십시오)

☐ 안정성 ☐ 안전성 ☐ 신뢰성 ☐ 효율

☐ 기타()

10. 귀하(귀사)는 현 고속철도차량의 기술에 어떤 문제점이 있다고 생각하십니까?

☐ 문제없음 ☐ 문제있음(문제점 : _____)

11. 귀하(귀사)는 국내외 무선급전기술 보유기관 또는 제작사를 알고 계십니까?

☐ 예 () ☐ 아니요

12. 귀하(귀사)는 국내외 무선급전기술관련 전문가를 알고 계십니까?

☐ 예 () ☐ 아니요

13. 귀하(귀사)는 철도차량 무선급전기술을 활용 시 기대되는 효과는 무엇이라고 생각하십니까?

☞ 세부효과 예 : 급전시스템 최적화, 에너지효율화, 유지보수효율화, 운전자지원, 여객편의서비스개선, 화물운송/물류효율화, 고장감시효율화, 건설비절감, 운영비절감, 재해감시 및 대응, 열차운행효율화, 기타 등

14. 철도차량의 무선급전기술의 각 분야별 활용 시 세부적인 활용방안으로는 어떤 방안들이 있습니까?
(설치, 운영, 유지보수 관점)

- ☐ 차량()
- ☐ 시설()
- ☐ 전력()
- ☐ 운영()
- ☐ 안전()

철도차량의 무선급전기술 관련 과제제안

☞ 철도 기술발전에 기여 가능한 철도차량 무선급전기술 및 기술 기반 응용분야에 대하여 자유로운 연구개발 과제 제안

15. 귀하(귀사)가 제안하고자 하는 연구과제의 제목
☞ 제안하는 기술의 가장 핵심적인 내용을 표현하여야 합니다.

과제 제목	
-------	--

16. 기술개발 필요성
☞ 제안하는 기술의 경제적·산업적 중요성 측면에서 국내 기술개발 효과 및 정부지원의 필요성, 민간 부분과의 역할분담을 구체적으로 기술하여 주시기 바랍니다.

국내 기술개발 효과	
정부지원의 필요성	
민간부분과의 역할분담	

17. 연구개발 내용
☞ 제안하는 연구의 목표를 달성하기 위하여, 연구개발 결과물에 대해 명확히 기술하여 주시기 바랍니다.

연구개발내용	
--------	--

18. 기대효과 또는 파급효과
☞ 제안해주신 연구개발과제를 통한 활용성, 경제적·기술적·정책적 파급효과 등을 작성하여 주시기 바랍니다.

기대효과 및 파급효과	
-------------------	--

19. 예산 및 기간

☞ 제안하는 연구의 예상 예산과 소요 기간을 작성하여 주시기 바랍니다.

예산(백만원)		기간(년)	
---------	--	-------	--

20. 과제 제안자 정보

☞ 설문자와 제안자가 다를 경우 작성하여 주시기 바랍니다.

과제 제안자 정보	
--------------	--

지금까지 철도차량의 무선급전기술 적용현황 및 수요조사 설문에 응답해 주셔서 감사합니다. 본 설문과 관련한 문의는 아래의 연락처로 문의하여 주시기 바랍니다.

- 연락처 -

[437-757] 경기도 의왕시 월암동 360-1 한국철도기술연구원
고속철도연구본부 첨단추진무선급전시스템 연구단
이수길 책임연구원(031-460-5478, sglee@krri.re.kr)

전문가 대상 기술예측 조사 설문지

철도차량 무선급전 실용화 기술개발 기획의 미래핵심기술 기술예측을 위한 설문조사서

본 전문가 설문조사는 “철도차량 무선급전 실용화 기술개발 기획”관련 기술들에 대한 기술예측을 위함입니다. 기획과제 세부과제들의 중요도, 국내기술 수준 등을 조사하여 기술개발 추진방향 수립을 위한 기초자료로서 활용할 것입니다. 기술예측 조사 대상 세부과제로 선정된 7개의 과제들은 「철도차량 무선급전 실용화 기술개발 기획」을 위하여 국내외 철도기술개발 동향 및 환경 분석 및 한국철도기술연구원과 국토교통과학기술진흥원의 기획 타당성 검토 위원회의 검토를 거쳐 최종 확정된 것입니다.

귀하의 응답결과는 체계적으로 정리되어, 『철도차량 무선급전 실용화 기술개발 기획』에 반영될 것입니다. 귀하의 적극적인 참여를 부탁드립니다, 혹시 조사내용에 궁금하신 점이 있으시면 아래의 연락처로 문의하여 주십시오.

- 조 사 기 간 : 2013년 08월 28일 (수)
- 연구 책임자 : 안 승 영
- 주관 연구기관 : 한국과학기술원
- 공동 연구자 : 이 수 길
- 공동연구기관 : 한국철도기술연구원

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

설문자 인적사항			
성 명		소속 기관/회사명	
소속부서		직 위	
전화번호		e-mail	

설문 구성

□ 기술예측 대상 세부과제

○ 기술예측 조사의 대상이 되는 세부과제는 [표 1]과 같이 총 7개로 1단계와 2단계로 나뉘며 각각의 세부과제별로 조사항목에 따라 평가를 부탁드립니다.

[표 1] 기술예측 대상 세부과제

분류	세부과제명
도시철도 차량용 무선급전 기술개발 및 실용화	도시철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발
	도시철도용 고효율 급집전시스템 기술개발
	도시철도차량용 무선급전 Test-Bed 기술개발
	도시철도차량용 무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구 개발
고속철도 차량용 무선급전 기술개발	고속철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발
	고속철도용 대용량 급집전시스템 기술개발
	고속철도용 무선급전 Test-Bed 기술개발

□ 평가기준 설명

○ 기술예측 조사에 대한 평가기준은 전문도, 중요도, 최고기술보유국, 기술 성숙도, 기술실현 예측시기 등이 있습니다.

[표 2] 무선급전 철도차량 미래기술 예측조사 항목

조사 항목	내 용
전문도	델파이 조사에 응하는 전문가의 해당 분야(기술)에 대한 기술적 전문도
중요도	해당 기술의 무선급전 철도차량 실용화 기술, 사회경제 등의 발전에 미치는 영향 정도
기술 성숙도	해당 기술의 기술성숙도를 태동, 성장, 핵심, 기반 4단계로 구분
기술실현 예측시기	해당 기술의 실현 예측시기를 응답자가 직접 년도 선택
최고기술보유국	해당 예측기술에 대한 현재 기술수준이 가장 앞서있는 국가 선정
국내기술 수준	최고 기술 보유국 기술수준(100%) 대비 국내의 현재 기술수준의 정도
기술획득 방식	기술을 획득하기 위한 추진방식 선택
실현상의 장애요인	해당기술을 실현하는데 장애가 되는 요인을 모두 선택

===== 다 음 페 이 지 부 터 설 문 시 작 입 니 다 =====

[도시철도 차량용 무선급전 기술개발 및 실용화]

1. ‘도시철도 차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발 과제’에 대한 문항에 ‘√’ 체크 및 답변 해주시기 바랍니다.

- 목표 : 도시철도 차량 무선급전 적용을 위한 시스템 통합 및 성능시험 기술연구
- 연구내용 : 도시철도용 무선급전 적용 노선 운행시나리오 수립, 급집전 재질별 성능 검토, 무선급전 에너지 효율화 방안 연구 등

1.1. 귀하는 해당 기술 과제에 대해 기술적인 전문성을 어느 정도 가지고 계십니까?



1.2. 귀하는 해당 기술 과제가 무선급전 철도차량 실용화 기술, 사회경제 등의 발전에 미치는 영향에 있어서 어떤 면에서 중요하다고 생각하십니까?

- ① 관련 원천기술 독자적 확보 ② 시험 시설 및 운영역량 확보 ③ 산업 표준 확립
 ④ 관련 기술 수입대체 효과 ⑤ 로열티 수입 확보 ⑥ 도시 미관 개선
 ⑦ 교통약자 배려 ⑧ 타산업 기술 응용 ⑨ 기타()

1.3. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술의 기술성숙도는 어느 정도라고 생각하십니까?

- ① 태동 ② 성장 ③ 핵심 ④ 기반

1.4. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술의 실현 시기는 언제라고 예상하십니까?

기술 실현 예상 시기	년
-------------	---

1.5. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술의 최고 기술보유국이 어느 국가이며 국내 기술 수준은 최고 기술 보유국 대비 어느 정도 수준이라고 생각하십니까?

<응답 예시>

☞ 해당 분야 기술에서 가장 높은 수준의 기술보유국의 이름을 기입해주시고, 해당 국가 대비 국내 기술 수준을 백분율로 표시해주시기 바랍니다.

최고 기술 보유국	독일	국내 기술 수준	75%
--------------	----	----------	-----

최고 기술 보유국		국내 기술 수준	(%)
--------------	--	----------	-----

1.6. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술을 획득하기 위해 어떤 방식을 선택하는 것이 좋다고 생각하십니까?

- ①국제공동연구 ②기술도입 ③민간정부협력 ④정부주도 ⑤민간주도

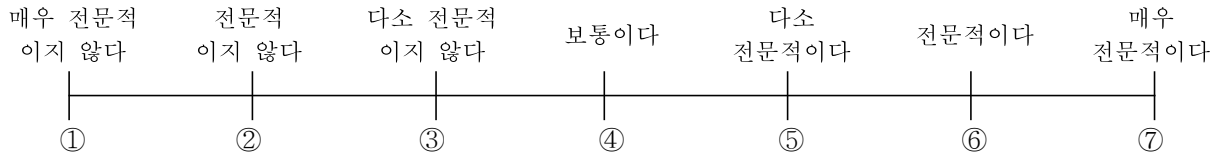
1.7. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술이 실현되기 위해 극복해야할 장애요인은 무엇이라고 생각하십니까?(다중 선택 가능)

- ①기술적 한계 ②산업화(제품화) ③연구비(인프라부족) ④경제성(시장수익성)
 ⑤규제/정책/표준화 ⑥인력부족 ⑦기타()

2. '도시철도용 고효율 급집전시스템 기술개발 과제'에 대한 문항에 '√' 체크 및 답변해주시기 바랍니다.

- 목표 : 도시철도용 고효율 무선 급집전 시스템 기술 개발
- 연구내용 : 도시철도용 고효율 무선 급집전 시스템 최적 설계 및 통합 시험, 도시철도용 고효율 무선 급전 시스템 기술 개발, 도시철도용 고효율 무선 집전 시스템 기술 개발 등

2.1. 귀하는 해당 기술 과제에 대해 기술적인 전문성을 어느 정도 가지고 계십니까?



2.2. 귀하는 해당 기술 과제가 무선급전 철도차량 실용화 기술, 사회경제 등의 발전에 미치는 영향에 있어서 어떤 면에서 중요하다고 생각하십니까?

- ① 관련 원천기술 독자적 확보 ② 시험 시설 및 운영역량 확보 ③ 산업 표준 확립
 ④ 관련 기술 수입대체 효과 ⑤ 로열티 수입 확보 ⑥ 도시 미관 개선
 ⑦ 교통약자 배려 ⑧ 타산업 기술 응용 ⑨ 기타()

2.3. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술의 기술성숙도는 어느 정도라고 생각하십니까?

- ① 태동 ② 성장 ③ 핵심 ④ 기반

2.4. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술의 실현 시기는 언제라고 예상하십니까?

기술 실현 예상 시기	년
-------------	---

2.5. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술의 최고 기술보유국이 어느 국가이며 국내 기술 수준은 최고 기술 보유국 대비 어느 정도 수준이라고 생각하십니까?

<응답 예시>

☞ 해당 분야 기술에서 가장 높은 수준의 기술보유국의 이름을 기입해주시고, 해당 국가 대비 국내 기술 수준을 백분율로 표시해주시기 바랍니다.

최고 기술 보유국	독일	국내 기술 수준	75%
-----------	----	----------	-----

최고 기술 보유국		국내 기술 수준	(%)
-----------	--	----------	-----

2.6. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술을 획득하기 위해 어떤 방식을 선택하는 것이 좋다고 생각하십니까?

- ①국제공동연구 ②기술도입 ③민간정부협력 ④정부주도 ⑤민간주도

2.7. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술이 실현되기 위해 극복해야할 장애요인은 무엇이라고 생각하십니까?(다중 선택 가능)

- ①기술적 한계 ②산업화(제품화) ③연구비(인프라부족) ④경제성(시장수익성)
 ⑤규제/정책/표준화 ⑥인력부족 ⑦기타()

3. ‘도시철도차량용 무선급전 Test-Bed 기술개발 과제’에 대한 문항에 ‘√’ 체크 및 답변해주시기 바랍니다.

- 목표 : 도시철도 차량 무선급전 성능시험을 위한 Test-Bed 구축 및 최적화 기술연구
- 연구내용 : 도시철도용 무선급전 건설비 저감 기술, Test-Bed 구축, 운영 유지보수 기술, 성능시험 설비 연구 등

3.1. 귀하는 해당 기술 과제에 대해 기술적인 전문성을 어느 정도 가지고 계십니까?



3.2. 귀하는 해당 기술 과제가 무선급전 철도차량 실용화 기술, 사회경제 등의 발전에 미치는 영향에 있어서 어떤 면에서 중요하다고 생각하십니까?

- ① 관련 원천기술 독자적 확보 ② 시험 시설 및 운영역량 확보 ③ 산업 표준 확립
 ④ 관련 기술 수입대체 효과 ⑤ 로열티 수입 확보 ⑥ 도시 미관 개선
 ⑦ 교통약자 배려 ⑧ 타산업 기술 응용 ⑨ 기타()

3.3. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술의 기술성숙도는 어느 정도라고 생각하십니까?

- ① 태동 ② 성장 ③ 핵심 ④ 기반

3.4. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술의 실현 시기는 언제라고 예상하십니까?

기술 실현 예상 시기	년
-------------	---

3.5. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술의 최고 기술보유국이 어느 국가이며 국내 기술 수준은 최고 기술 보유국 대비 어느 정도 수준이라고 생각하십니까?

<응답 예시>

☞ 해당 분야 기술에서 가장 높은 수준의 기술보유국의 이름을 기입해주시고, 해당 국가 대비 국내 기술 수준을 백분율로 표시해주시기 바랍니다.

최고 기술 보유국	독일	국내 기술 수준	75%
-----------	----	----------	-----

최고 기술 보유국		국내 기술 수준	(%)
-----------	--	----------	-----

3.6. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술을 획득하기 위해 어떤 방식을 선택하는 것이 좋다고 생각하십니까?

- ①국제공동연구 ②기술도입 ③민간정부협력 ④정부주도 ⑤민간주도

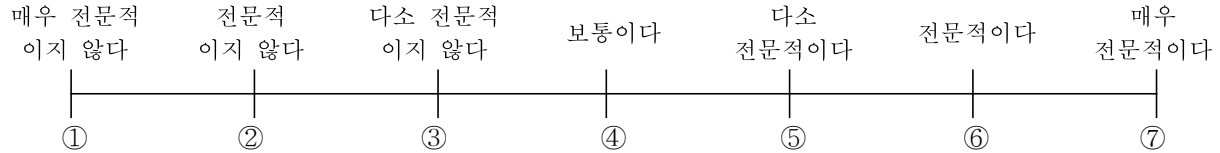
3.7. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술이 실현되기 위해 극복해야할 장애요인은 무엇이라고 생각하십니까?(다중 선택 가능)

- ①기술적 한계 ②산업화(제품화) ③연구비(인프라부족) ④경제성(시장수익성)
 ⑤규제/정책/표준화 ⑥인력부족 ⑦기타()

4. ‘도시철도차량용 무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구 개발 과제’에 대한 문항에 ‘√’ 체크 및 답변해주시기 바랍니다.

- 목표 : 도시철도 차량 무선급전 시범사업 구축 및 실용화 방안 기술연구
- 연구내용 : 도시철도 무선급전 시범사업 노선 평가 기술, 신규노선 적용 방안 기술, 기존노선 적용 방안 기술, 유지보수 정보화 최적화 방안 연구 등

4.1. 귀하는 해당 기술 과제에 대해 기술적인 전문성을 어느 정도 가지고 계십니까?



4.2. 귀하는 해당 기술 과제가 무선급전 철도차량 실용화 기술, 사회경제 등의 발전에 미치는 영향에 있어서 어떤 면에서 중요하다고 생각하십니까?

- ① 관련 원천기술 독자적 확보 ② 시험 시설 및 운영역량 확보 ③ 산업 표준 확립
 ④ 관련 기술 수입대체 효과 ⑤ 로열티 수입 확보 ⑥ 도시 미관 개선
 ⑦ 교통약자 배려 ⑧ 타산업 기술 응용 ⑨ 기타()

4.3. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술의 기술성숙도는 어느 정도라고 생각하십니까?

- ① 태동 ② 성장 ③ 핵심 ④ 기반

4.4. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술의 실현 시기는 언제라고 예상하십니까?

기술 실현 예상 시기	년
-------------	---

4.5. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술의 최고 기술보유국이 어느 국가이며 국내 기술 수준은 최고 기술 보유국 대비 어느 정도 수준이라고 생각하십니까?

<응답 예시>

☞ 해당 분야 기술에서 가장 높은 수준의 기술보유국의 이름을 기입해주시고, 해당 국가 대비 국내 기술 수준을 백분율로 표시해주시기 바랍니다.

최고 기술 보유국	독일	국내 기술 수준	75%
-----------	----	----------	-----

최고 기술 보유국		국내 기술 수준	(%)
-----------	--	----------	-----

4.6. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술을 획득하기 위해 어떤 방식을 선택하는 것이 좋다고 생각하십니까?

- ①국제공동연구 ②기술도입 ③민간정부협력 ④정부주도 ⑤민간주도

4.7. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술이 실현되기 위해 극복해야할 장애요인은 무엇이라고 생각하십니까?(다중 선택 가능)

- ①기술적 한계 ②산업화(제품화) ③연구비(인프라부족) ④경제성(시장수익성)
 ⑤규제/정책/표준화 ⑥인력부족 ⑦기타()

[고속철도 차량용 무선급전 기술개발]

5. '고속철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발 과제'에 대한 문항에 '✓' 체크 및 답변해 주시기 바랍니다.

- 목표 : 고속철도 차량 무선급전 적용을 위한 시스템 통합 기술 및 성능시험 기술연구
- 연구내용 : 고속철도용 무선급전 적용 노선 운행시나리오 수립, 차량 적용기술 관련 문제점 검토 대책 수립, 관련 법규개정, 통합 성능시험 규격연구 등

5.1. 귀하는 해당 기술 과제에 대해 기술적인 전문성을 어느 정도 가지고 계십니까?



5.2. 귀하는 해당 기술 과제가 무선급전 철도차량 실용화 기술, 사회경제 등의 발전에 미치는 영향에 있어서 어떤 면에서 중요하다고 생각하십니까?

- | | | |
|------------------|-------------------|------------------------------|
| ① 관련 원천기술 독자적 확보 | ② 시험 시설 및 운영역량 확보 | ③ 산업 표준 확립 |
| ④ 관련 기술 수입대체 효과 | ⑤ 로열티 수입 확보 | ⑥ 도시 미관 개선 |
| ⑦ 교통약자 배려 | ⑧ 타산업 기술 응용 | ⑨ 기타() |

5.3. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술의 기술성숙도는 어느 정도라고 생각하십니까?

- ① 태동 ② 성장 ③ 핵심 ④ 기반

5.4. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술의 실현 시기는 언제라고 예상하십니까?

기술 실현 예상 시기	년
-------------	---

5.5. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술의 최고 기술보유국이 어느 국가이며 국내 기술 수준은 최고 기술 보유국 대비 어느 정도 수준이라고 생각하십니까?

<응답 예시>

☞ 해당 분야 기술에서 가장 높은 수준의 기술보유국의 이름을 기입해주시고, 해당 국가 대비 국내 기술 수준을 백분율로 표시해주시기 바랍니다.

최고 기술 보유국	독일	국내 기술 수준	75%
--------------	----	----------	-----

최고 기술 보유국		국내 기술 수준	(%)
--------------	--	----------	-----

5.6. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술을 획득하기 위해 어떤 방식을 선택하는 것이 좋다고 생각하십니까?

- ①국제공동연구 ②기술도입 ③민간정부협력 ④정부주도 ⑤민간주도

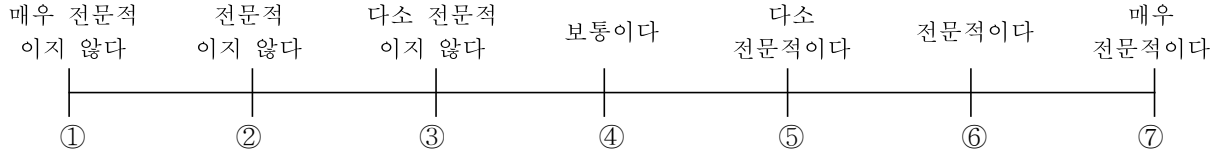
5.7. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술이 실현되기 위해 극복해야할 장애요인은 무엇이라고 생각하십니까?(다중 선택 가능)

- | | | | |
|------------|-----------|-----------------------------|-------------|
| ①기술적 한계 | ②산업화(제품화) | ③연구비(인프라부족) | ④경제성(시장수익성) |
| ⑤규제/정책/표준화 | ⑥인력부족 | ⑦기타() | |

6. ‘고속철도용 대용량 급집전시스템 기술개발 과제’에 대한 문항에 ‘√’ 체크 및 답변해주시기 바랍니다.

- 목표 : 고속철도용 고효율 무선 급집전 시스템 기술 개발
- 연구내용 : 고속철도용 고효율 무선 급집전 시스템 최적 설계 및 통합 시험, 고속철도용 고효율 무선 급전 시스템 기술 개발, 고속철도용 고효율 무선 집전 시스템 기술 개발 등

6.1. 귀하는 해당 기술 과제에 대해 기술적인 전문성을 어느 정도 가지고 계십니까?



6.2. 귀하는 해당 기술 과제가 무선급전 철도차량 실용화 기술, 사회경제 등의 발전에 미치는 영향에 있어서 어떤 면에서 중요하다고 생각하십니까?

- ① 관련 원천기술 독자적 확보 ② 시험 시설 및 운영역량 확보 ③ 산업 표준 확립
 ④ 관련 기술 수입대체 효과 ⑤ 로열티 수입 확보 ⑥ 도시 미관 개선
 ⑦ 교통약자 배려 ⑧ 타산업 기술 응용 ⑨ 기타()

6.3. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술의 기술성숙도는 어느 정도라고 생각하십니까?

- ① 태동 ② 성장 ③ 핵심 ④ 기반

6.4. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술의 실현 시기는 언제라고 예상하십니까?

기술 실현 예상 시기	년
-------------	---

6.5. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술의 최고 기술보유국이 어느 국가이며 국내 기술 수준은 최고 기술 보유국 대비 어느 정도 수준이라고 생각하십니까?

<응답 예시>

☞ 해당 분야 기술에서 가장 높은 수준의 기술보유국의 이름을 기입해주시고, 해당 국가 대비 국내 기술 수준을 백분율로 표시해주시기 바랍니다.

최고 기술 보유국	독일	국내 기술 수준	75%
--------------	----	----------	-----

최고 기술 보유국		국내 기술 수준	(%)
--------------	--	----------	-----

6.6. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술을 획득하기 위해 어떤 방식을 선택하는 것이 좋다고 생각하십니까?

- ①국제공동연구 ②기술도입 ③민간정부협력 ④정부주도 ⑤민간주도

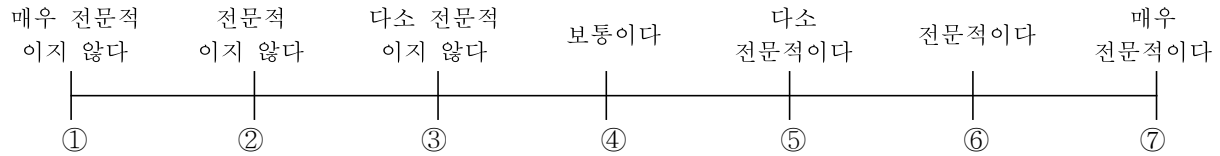
6.7. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술이 실현되기 위해 극복해야할 장애요인은 무엇이라고 생각하십니까?(다중 선택 가능)

- ①기술적 한계 ②산업화(제품화) ③연구비(인프라부족) ④경제성(시장수익성)
 ⑤규제/정책/표준화 ⑥인력부족 ⑦기타()

7. '고속철도용 무선급전 Test-bed 기술개발 과제'에 대한 문항에 '√' 체크 및 답변해주시기 바랍니다.

- 목표 : 고속철도 차량 무선급전 성능시험을 위한 Test-Bed 구축 및 최적화 기술연구
- 연구내용 : 고속철도용 무선급전 건설비 저감 기술, Test-Bed 구축, 설비 최적화 기술, 운영 유지보수 기술, 성능시험 설비 연구 등

7.1. 귀하는 해당 기술 과제에 대해 기술적인 전문성을 어느 정도 가지고 계십니까?



7.2. 귀하는 해당 기술 과제가 무선급전 철도차량 실용화 기술, 사회경제 등의 발전에 미치는 영향에 있어서 어떤 면에서 중요하다고 생각하십니까?

- ① 관련 원천기술 독자적 확보 ② 시험 시설 및 운영역량 확보 ③ 산업 표준 확립
 ④ 관련 기술 수입대체 효과 ⑤ 로열티 수입 확보 ⑥ 도시 미관 개선
 ⑦ 교통약자 배려 ⑧ 타산업 기술 응용 ⑨ 기타()

7.3. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술의 기술성숙도는 어느 정도라고 생각하십니까?

- ① 태동 ② 성장 ③ 핵심 ④ 기반

7.4. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술의 실현 시기는 언제라고 예상하십니까?

기술 실현 예상 시기	년
-------------	---

7.5. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술의 최고 기술보유국이 어느 국가이며 국내 기술 수준은 최고 기술 보유국 대비 어느 정도 수준이라고 생각하십니까?

<응답 예시>

☞ 해당 분야 기술에서 가장 높은 수준의 기술보유국의 이름을 기입해주시고, 해당 국가 대비 국내 기술 수준을 백분율로 표시해주시기 바랍니다.

최고 기술 보유국	독일	국내 기술 수준	75%
-----------	----	----------	-----

최고 기술 보유국		국내 기술 수준	(%)
-----------	--	----------	-----

7.6. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술을 획득하기 위해 어떤 방식을 선택하는 것이 좋다고 생각하십니까?

- ① 국제공동연구 ② 기술도입 ③ 민간정부협력 ④ 정부주도 ⑤ 민간주도

7.7. 귀하는 해당 기술 과제에 관련된 기술이 실현되기 위해 극복해야할 장애요인은 무엇이라고 생각하십니까?(다중 선택 가능)

- ① 기술적 한계 ② 산업화(제품화) ③ 연구비(인프라부족) ④ 경제성(시장수익성)
 ⑤ 규제/정책/표준화 ⑥ 인력부족 ⑦ 기타()

♣ 끝까지 성실하게 설문에 응해 주셔서 감사드립니다. ♣

AHP 기법을 활용한 후보과제 우선순위 도출 설문지

철도차량 무선급전 실용화 기술개발 기획 세부과제의 우선순위 도출을 위한 설문조사서

본 전문가 설문조사는 계층분석적 의사결정방법(Antalytic Hierarchy Process; AHP)을 활용하여 “철도차량 무선급전 실용화 기술개발 기획”관련 미래핵심기술들의 우선순위를 도출하기 위함입니다. 우선순위 도출 대상으로 최종 선정된 16개의 후보과제는 「철도차량 무선급전 실용화 기술개발 기획」을 위하여 한국철도기술연구원과 한국과학기술원의 검토를 거쳐 최종 확정된 것입니다.

본 설문지 분석 결과는 『철도차량 무선급전 실용화 기술개발 기획』 과제의 후보과제 우선순위 선정에 반영될 것입니다. 바쁘시더라도 시간을 내주셔서 성실하게 답변해 주시면 대단히 감사하겠습니다.

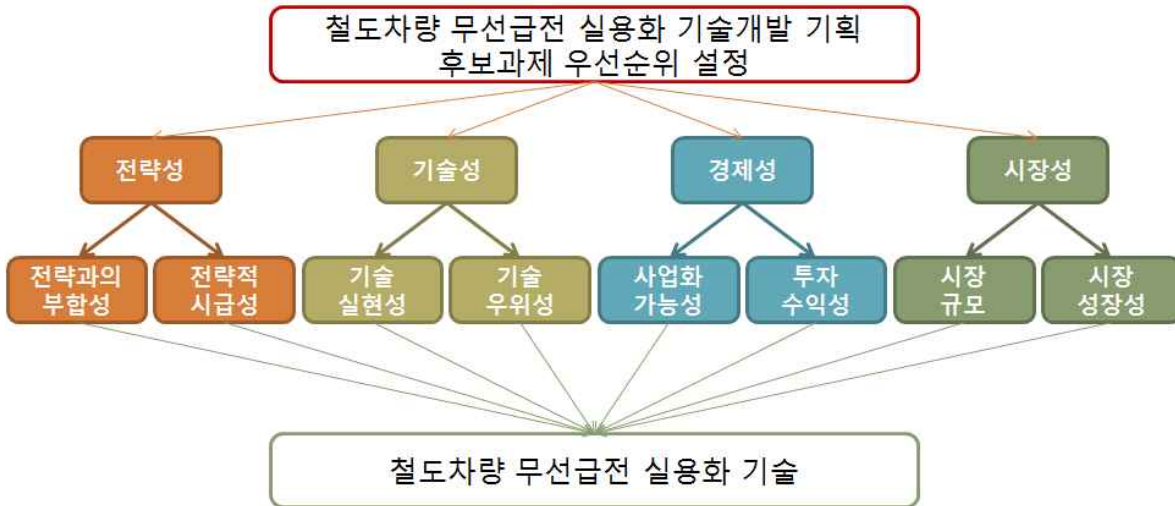
- 조 사 기 간 : 2013년 08월 28일 (수)
- 연구 책임자 : 안 승 영
- 주관 연구기관 : 한국과학기술원
- 공동 연구자 : 이 수 길
- 공동연구기관 : 한국철도기술연구원

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

설문자 인적사항			
성 명		소속 기관/회사명	
소속부서		직 위	
전화번호		e-mail	

설문작성 요령

- 응답하시기전에 아래의 ‘설문작성 요령’을 충분히 숙지하신 다음, 응답의 일관성이 유지될 수 있도록 신중한 답변을 부탁드립니다.
- 『철도차량 무선급전 실용화 기술개발 기획』의 평가항목 우선순위 선정에 위한구조는 아래와 같은 계층구조로 구성되어 있습니다.



[그림 24] 철도차량 무선급전 실용화 기술개발 기획 세부과제의
우선순위 도출을 위한 의사결정계층

□ 평가기준 설명

대항목	소항목	소항목 개념
전략성	전략과의 부합성	해당기술이 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	기술 실현성	현재의 기술수준 등 기타 조건을 고려할 때 해당 기술이 실현될 가능성을 의미함.
	기술 우위성	해당 과제의 기술적 독창성의 크기로서, 해당 연구분야의 기여도 (선도 기술 및 원천기술 확보)가 높을 것으로 예상이 되는 정도를 의미함.
경제성	사업화가능성	해당 기술이 개발된 후 제품화/사업화의 가능 정도를 의미함.
	투자 수익성	해당기술의 개발비에 대한 수익의 비율의 크기를 의미함.
시장성	시장 규모	해당 기술의 시장규모의 크기를 의미함.
	시장 성장성	해당 기술의 시장의 성장가능성을 의미함.

□ 설문작성방법, 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 두 개의 척도를 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 ○ 표시를 하시면 됩니다.

평가항목	절대중요 (9)	(8)	매우중요 (7)	(6)	중요 (5)	(4)	약간중요 (3)	(2)	보통 (1)	(2)	약간중요 (3)	(4)	중요 (5)	(6)	매우중요 (7)	(8)	절대중요 (9)	평가항목
전략성			○															기술성

만약에 ‘기술성’이 ‘전략성’에 비해 “중요하다”고 판단하시는 경우에는 기술성 쪽에 있는 척도 ‘5’ 란에 ○ 표시를 하시면 됩니다.

평가항목	절대중요 (9)	(8)	매우중요 (7)	(6)	중요 (5)	(4)	약간중요 (3)	(2)	보통 (1)	(2)	약간중요 (3)	(4)	중요 (5)	(6)	매우중요 (7)	(8)	절대중요 (9)	평가항목
전략성													○					기술성

===== 다 음 পে 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)	비중 (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. 다음은 '전략성(전략과의 부합성, 전략적 시급성)', '기술성(기술실현성, 기술우위성)', '경제성 (사업화 가능성, 투자 수익성)', '시장성(시장규모, 시장성장성)'의 하위 평가지표의 우선순위 설정을 위한 문항입니다.

- 2.1. '전략성(전략과의 부합성, 전략적 시급성)' 측면의 하위 판단기준들은 쌍대비교하였을 때, 상대적으로 어느 기준에 더 비중을 두어야 한다고 생각하십니까?

	평가항목	절대중요 (9)	(8)	매우중요 (7)	(6)	중요 (5)	(4)	약간중요 (3)	(2)	비중 (1)	(2)	약간중요 (3)	(4)	중요 (5)	(6)	매우중요 (7)	(8)	절대중요 (9)	평가항목
①	전략과의 부합성																		전략적 시급성

- 2.2. '기술성(기술실현성, 기술우위성)' 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)	비중 (1)	(2)	약간중요 (3)	(4)	중요 (5)	(6)	매우중요 (7)	(8)	절대중요 (9)	평가항목
①	기술실현성																		기술우위성

2.3. ‘경제성(사업화 가능성, 투자 수익성)’ 측면의 하위 판단기준들을 쌍대 비교하였을 때, 상대적으로 어느 기준에 더 비중을 두어야 한다고 생각하십니까?

	평가항목	절대중요 (9)	(8)	매우중요 (7)	(6)	중요 (5)	(4)	약간중요 (3)	(2)	보통 (1)	(2)	약간중요 (3)	(4)	중요 (5)	(6)	매우중요 (7)	(8)	절대중요 (9)	평가항목
①	사업화 가능성																		투자수익성

2.4. ‘시장성(시장규모, 시장성장성)’ 측면의 하위 판단기준들을 쌍대 비교하였을 때, 상대적으로 어느 기준에 더 비중을 두어야 한다고 생각하십니까?

	평가항목	절대중요 (9)	(8)	매우중요 (7)	(6)	중요 (5)	(4)	약간중요 (3)	(2)	보통 (1)	(2)	약간중요 (3)	(4)	중요 (5)	(6)	매우중요 (7)	(8)	절대중요 (9)	평가항목
①	시장규모																		시장성장성

철도차량 무선급전 실용화 기술개발 기획의 세부과제 및 세 세부과제 우선순위 도출을 위한 설문조사서

설문작성 요령

□ 설문작성방법, 평가기준에 대한 쌍대비교방법

○ 이 부분에서는 8개의 평가기준에 의해 각각의 기술을 독립적으로, 7점 척도를 사용하여 평가 하게 됩니다.

○ 작성예시

예를 들어 “전략과의 부합성”의 정도에 대해 각각의 최종대안을 독립적으로 평가할 때, 과제 1의 전략과의 부합성 정도가 작으면 “작다”에 ○ 표시를 해주시면 됩니다.

과제 2도 마찬가지로 전략과의 부합성 정도가 어느 정도 크다고 판단되시면 “다소 크다”에 ○ 표시를 해주시면 됩니다.

세 부 항 목	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우 작다	작다	다소 작다	보통	다소 크다	크다	매우 크다
과제 1			○					
과제 2						○		

===== 다 음 페 이 지 부 터 설 문 시 작 입 니 다 =====

철도차량 무선급전기술들의 중요도 평가를 위한 설문 (2)

○ 이 부분에서는 8개 최종 세부과제들의 절대등급을 조사하고자 합니다. 각 세부과제 및 세 세부과제를 독립적으로 7점 척도로 평가하여 ○로 표시하여 주십시오.

1. 다음은 국가 R&D 연구개발 과제목표 및 기획과제의 추진 전략과의 부합성을 의미하는 “**전략과의 부합성**”에 대한 질문입니다. “전략과의 부합성”의 정도에 대해 각각의 **세부과제**를 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
① 도시철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발								
② 도시철도용 고효율 급집전시스템 기술개발								
③ 도시철도차량용 무선급전 Test-Bed 기술개발								
④ 도시철도차량용 무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구 개발								
⑤ 고속철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발								
⑥ 고속철도용 대용량 급집전시스템 기술개발								
⑦ 고속철도용 무선급전 Test-Bed 기술개발								

1.1 다음은 “① 도시철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “전략과의 부합성”의 정도에 대해 각각의 **세 세부과제**를 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도 차량 무선급전 적용을 위한 시스템 통합 기술연구								
도시철도 차량 무선급전 적용에 대한 성능시험 기술연구								
도시철도 차량 무선급전 차량 개조 기술연구								

1.2 다음은 “② 도시철도용 고효율 급집전시스템 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “전략과의 부합성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도용 고효율 무선 급집전 시스템 최적 설계 및 통합 시험								
도시철도용 고효율 무선 급전 시스템 기술 개발								
도시철도용 고효율 무선 집전 시스템 기술 개발								

1.3 다음은 “③ 도시철도차량용 무선급전 Test-Bed 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “전략과의 부합성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도 차량 무선급전 Test-Bed 구축 연구								
도시철도 차량 무선급전 운영 유지보수 최적화 기술 연구								
도시철도용 무선급전 건설비 저감 및 성능시험 설비 연구								

1.4 다음은 “④ 도시철도차량용 무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구 개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “전략과의 부합성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도 차량 무선급전 시범사업 구축 연구								
도시철도 차량 무선급전 실용화 방안 기술연구								

1.5 다음은 “⑤ 고속철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “전략과의 부합성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
고속철도 차량 무선급전 적용을 위한 시스템 통합 기술연구								
고속철도 차량 무선급전 적용에 대한 성능시험 기술연구								
고속철도 차량 무선급전 차량 개조 기술연구								

1.6 다음은 “⑥ 고속철도용 대용량 급집전시스템 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “전략과의 부합성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
고속철도용 고효율 무선 급집전 시스템 최적 설계 및 통합 시험								
고속철도용 고효율 무선 급전 시스템 기술 개발								
고속철도용 고효율 무선 집전 시스템 기술 개발								

1.7 다음은 “⑦ 고속철도용 무선급전 Test-Bed 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “전략과의 부합성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
고속철도 차량 무선급전 Test-Bed 구축 연구								
고속철도 차량 무선급전 운영 유지보수 최적화 기술 연구								
고속철도용 무선급전 건설비 저감 및 성능시험 설비 연구								

2. 다음은 전략적으로 해당 기술을 적용해야 되는 시간적 시급성을 의미하는 “전략적 시급성”에 대한 질문입니다. “전략적 시급성”의 정도에 대해 각각의 세부과제를 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
① 도시철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발								
② 도시철도용 고효율 급집전시스템 기술개발								
③ 도시철도차량용 무선급전 Test-Bed 기술개발								
④ 도시철도차량용 무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구 개발								
⑤ 고속철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발								
⑥ 고속철도용 대용량 급집전시스템 기술개발								
⑦ 고속철도용 무선급전 Test-Bed 기술개발								

2.1 다음은 “① 도시철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “전략적 시급성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제를 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도 차량 무선급전 적용을 위한 시스템 통합 기술연구								
도시철도 차량 무선급전 적용에 대한 성능시험 기술연구								
도시철도 차량 무선급전 차량 개조 기술연구								

2.2 다음은 “② 도시철도용 고효율 급집전시스템 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “전략적 시급성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도용 고효율 무선 급집전 시스템 최적 설계 및 통합 시험								
도시철도용 고효율 무선 급전 시스템 기술 개발								
도시철도용 고효율 무선 집전 시스템 기술 개발								

2.3 다음은 “③ 도시철도차량용 무선급전 Test-Bed 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “전략적 시급성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도 차량 무선급전 Test-Bed 구축 연구								
도시철도 차량 무선급전 운영 유지보수 최적화 기술 연구								
도시철도용 무선급전 건설비 저감 및 성능시험 설비 연구								

2.4 다음은 “④ 도시철도차량용 무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구 개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “전략적 시급성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도 차량 무선급전 시범사업 구축 연구								
도시철도 차량 무선급전 실용화 방안 기술연구								

2.5 다음은 “⑤ 고속철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “전략적 시급성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
고속철도 차량 무선급전 적용을 위한 시스템 통합 기술연구								
고속철도 차량 무선급전 적용에 대한 성능시험 기술연구								
고속철도 차량 무선급전 차량 개조 기술연구								

2.6 다음은 “⑥ 고속철도용 대용량 급집전시스템 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “전략적 시급성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
고속철도용 고효율 무선 급집전 시스템 최적 설계 및 통합 시험								
고속철도용 고효율 무선 급전 시스템 기술 개발								
고속철도용 고효율 무선 집전 시스템 기술 개발								

2.7 다음은 “⑦ 고속철도용 무선급전 Test-Bed 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “전략적 시급성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
고속철도 차량 무선급전 Test-Bed 구축 연구								
고속철도 차량 무선급전 운영 유지보수 최적화 기술 연구								
고속철도용 무선급전 건설비 저감 및 성능시험 설비 연구								

3. 다음은 현재의 기술수준 등 기타 조건을 고려할 때 해당 기술이 실현될 가능성을 의미하는 "기술 실현성"에 대한 질문입니다. "기술 실현성"의 정도에 대해 각각의 세부과제를 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
① 도시철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발								
② 도시철도용 고효율 급집전시스템 기술개발								
③ 도시철도차량용 무선급전 Test-Bed 기술개발								
④ 도시철도차량용 무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구 개발								
⑤ 고속철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발								
⑥ 고속철도용 대용량 급집전시스템 기술개발								
⑦ 고속철도용 무선급전 Test-Bed 기술개발								

3.1 다음은 "① 도시철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발"의 세 세부과제에 대한 문항입니다. "기술 실현성"의 정도에 대해 각각의 세 세부과제를 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도 차량 무선급전 적용을 위한 시스템 통합 기술연구								
도시철도 차량 무선급전 적용에 대한 성능시험 기술연구								
도시철도 차량 무선급전 차량 개조 기술연구								

3.2 다음은 “② 도시철도용 고효율 급집전시스템 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “기술 실현성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도용 고효율 무선 급집전 시스템 최적 설계 및 통합 시험								
도시철도용 고효율 무선 급전 시스템 기술 개발								
도시철도용 고효율 무선 집전 시스템 기술 개발								

3.3 다음은 “③ 도시철도차량용 무선급전 Test-Bed 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “기술 실현성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도 차량 무선급전 Test-Bed 구축 연구								
도시철도 차량 무선급전 운영 유지보수 최적화 기술 연구								
도시철도용 무선급전 건설비 저감 및 성능시험 설비 연구								

3.4 다음은 “④ 도시철도차량용 무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구 개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “기술 실현성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도 차량 무선급전 시범사업 구축 연구								
도시철도 차량 무선급전 실용화 방안 기술연구								

3.5 다음은 “⑤ 고속철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “기술 실현성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우 작다	작다	다 소작다	보 통	다 소크다	크 다	매우 크다
고속철도 차량 무선급전 적용을 위한 시스템 통합 기술연구								
고속철도 차량 무선급전 적용에 대한 성능시험 기술연구								
고속철도 차량 무선급전 차량 개조 기술연구								

3.6 다음은 “⑥ 고속철도용 대용량 급집전시스템 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “기술 실현성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우 작다	작다	다 소작다	보 통	다 소크다	크 다	매우 크다
고속철도용 고효율 무선 급집전 시스템 최적 설계 및 통합 시험								
고속철도용 고효율 무선 급전 시스템 기술 개발								
고속철도용 고효율 무선 집전 시스템 기술 개발								

3.7 다음은 “⑦ 고속철도용 무선급전 Test-Bed 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “기술 실현성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우 작다	작다	다 소작다	보 통	다 소크다	크 다	매우 크다
고속철도 차량 무선급전 Test-Bed 구축 연구								
고속철도 차량 무선급전 운영 유지보수 최적화 기술 연구								
고속철도용 무선급전 건설비 저감 및 성능시험 설비 연구								

4. 다음은 해당 과제의 기술적 독창성의 크기로서, 해당 연구분야의 기여도 (선도 기술 및 원천기술 확보)가 높을 것으로 예상되는 정도를 의미하는 "기술 우위성"에 대한 질문입니다. "기술 우위성"의 정도에 대해 각각의 세부과제를 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
① 도시철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발								
② 도시철도용 고효율 급집전시스템 기술개발								
③ 도시철도차량용 무선급전 Test-Bed 기술개발								
④ 도시철도차량용 무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구 개발								
⑤ 고속철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발								
⑥ 고속철도용 대용량 급집전시스템 기술개발								
⑦ 고속철도용 무선급전 Test-Bed 기술개발								

4.1 다음은 "① 도시철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발"의 세 세부과제에 대한 문항입니다. "기술 우위성"의 정도에 대해 각각의 세 세부과제를 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도 차량 무선급전 적용을 위한 시스템 통합 기술연구								
도시철도 차량 무선급전 적용에 대한 성능시험 기술연구								
도시철도 차량 무선급전 차량 개조 기술연구								

4.2 다음은 “② 도시철도용 고효율 급집전시스템 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “기술 우위성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도용 고효율 무선 급집전 시스템 최적 설계 및 통합 시험								
도시철도용 고효율 무선 급전 시스템 기술 개발								
도시철도용 고효율 무선 집전 시스템 기술 개발								

4.3 다음은 “③ 도시철도차량용 무선급전 Test-Bed 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “기술 우위성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도 차량 무선급전 Test-Bed 구축 연구								
도시철도 차량 무선급전 운영 유지보수 최적화 기술 연구								
도시철도용 무선급전 건설비 저감 및 성능시험 설비 연구								

4.4 다음은 “④ 도시철도차량용 무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구 개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “기술 우위성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도 차량 무선급전 시범사업 구축 연구								
도시철도 차량 무선급전 실용화 방안 기술연구								

4.5 다음은 “⑤ 고속철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “기술 우위성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우 작다	작다	다소 작다	보통	다소 크다	크다	매우 크다
고속철도 차량 무선급전 적용을 위한 시스템 통합 기술연구								
고속철도 차량 무선급전 적용에 대한 성능시험 기술연구								
고속철도 차량 무선급전 차량 개조 기술연구								

4.6 다음은 “⑥ 고속철도용 대용량 급집전시스템 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “기술 우위성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우 작다	작다	다소 작다	보통	다소 크다	크다	매우 크다
고속철도용 고효율 무선 급집전 시스템 최적 설계 및 통합 시험								
고속철도용 고효율 무선 급전 시스템 기술 개발								
고속철도용 고효율 무선 집전 시스템 기술 개발								

4.7 다음은 “⑦ 고속철도용 무선급전 Test-Bed 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “기술 우위성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우 작다	작다	다소 작다	보통	다소 크다	크다	매우 크다
고속철도 차량 무선급전 Test-Bed 구축 연구								
고속철도 차량 무선급전 운영 유지보수 최적화 기술 연구								
고속철도용 무선급전 건설비 저감 및 성능시험 설비 연구								

5. 다음은 해당 기술이 개발된 후 제품화/사업화의 가능 정도를 의미하는 "사업화 가능성"에 대한 질문입니다. "사업화 가능성"의 정도에 대해 각각의 세부과제를 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
① 도시철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발								
② 도시철도용 고효율 급집전시스템 기술개발								
③ 도시철도차량용 무선급전 Test-Bed 기술개발								
④ 도시철도차량용 무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구 개발								
⑤ 고속철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발								
⑥ 고속철도용 대용량 급집전시스템 기술개발								
⑦ 고속철도용 무선급전 Test-Bed 기술개발								

5.1 다음은 "① 도시철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발"의 세 세부과제에 대한 문항입니다. "사업화 가능성"의 정도에 대해 각각의 세 세부과제를 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도 차량 무선급전 적용을 위한 시스템 통합 기술연구								
도시철도 차량 무선급전 적용에 대한 성능시험 기술연구								
도시철도 차량 무선급전 차량 개조 기술연구								

5.2 다음은 “② 도시철도용 고효율 급집전시스템 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “사업화 가능성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도용 고효율 무선 급집전 시스템 최적 설계 및 통합 시험								
도시철도용 고효율 무선 급전 시스템 기술 개발								
도시철도용 고효율 무선 집전 시스템 기술 개발								

5.3 다음은 “③ 도시철도차량용 무선급전 Test-Bed 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “사업화 가능성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도 차량 무선급전 Test-Bed 구축 연구								
도시철도 차량 무선급전 운영 유지보수 최적화 기술 연구								
도시철도용 무선급전 건설비 저감 및 성능시험 설비 연구								

5.4 다음은 “④ 도시철도차량용 무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구 개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “사업화 가능성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도 차량 무선급전 시범사업 구축 연구								
도시철도 차량 무선급전 실용화 방안 기술연구								

5.5 다음은 “⑤ 고속철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “사업화 가능성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
고속철도 차량 무선급전 적용을 위한 시스템 통합 기술연구								
고속철도 차량 무선급전 적용에 대한 성능시험 기술연구								
고속철도 차량 무선급전 차량 개조 기술연구								

5.6 다음은 “⑥ 고속철도용 대용량 급집전시스템 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “사업화 가능성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
고속철도용 고효율 무선 급집전 시스템 최적 설계 및 통합 시험								
고속철도용 고효율 무선 급전 시스템 기술 개발								
고속철도용 고효율 무선 집전 시스템 기술 개발								

5.7 다음은 “⑦ 고속철도용 무선급전 Test-Bed 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “사업화 가능성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
고속철도 차량 무선급전 Test-Bed 구축 연구								
고속철도 차량 무선급전 운영 유지보수 최적화 기술 연구								
고속철도용 무선급전 건설비 저감 및 성능시험 설비 연구								

6. 다음은 해당기술의 개발비에 대한 수익의 비율의 크기를 의미하는 "투자 수익성"에 대한 질문입니다. "투자 수익성"의 정도에 대해 각각의 세부과제를 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
① 도시철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발								
② 도시철도용 고효율 급집전시스템 기술개발								
③ 도시철도차량용 무선급전 Test-Bed 기술개발								
④ 도시철도차량용 무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구 개발								
⑤ 고속철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발								
⑥ 고속철도용 대용량 급집전시스템 기술개발								
⑦ 고속철도용 무선급전 Test-Bed 기술개발								

6.1 다음은 "① 도시철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발"의 세 세부과제에 대한 문항입니다. "투자 수익성"의 정도에 대해 각각의 세 세부과제를 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도 차량 무선급전 적용을 위한 시스템 통합 기술연구								
도시철도 차량 무선급전 적용에 대한 성능시험 기술연구								
도시철도 차량 무선급전 차량 개조 기술연구								

6.2 다음은 “② 도시철도용 고효율 급집전시스템 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “투자 수익성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도용 고효율 무선 급집전 시스템 최적 설계 및 통합 시험								
도시철도용 고효율 무선 급전 시스템 기술 개발								
도시철도용 고효율 무선 집전 시스템 기술 개발								

6.3 다음은 “③ 도시철도차량용 무선급전 Test-Bed 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “투자 수익성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도 차량 무선급전 Test-Bed 구축 연구								
도시철도 차량 무선급전 운영 유지보수 최적화 기술 연구								
도시철도용 무선급전 건설비 저감 및 성능시험 설비 연구								

6.4 다음은 “④ 도시철도차량용 무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구 개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “투자 수익성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도 차량 무선급전 시범사업 구축 연구								
도시철도 차량 무선급전 실용화 방안 기술연구								

6.5 다음은 “⑤ 고속철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “투자 수익성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우 작다	작다	다 소작다	보 통	다 소크다	크 다	매우 크다
고속철도 차량 무선급전 적용을 위한 시스템 통합 기술연구								
고속철도 차량 무선급전 적용에 대한 성능시험 기술연구								
고속철도 차량 무선급전 차량 개조 기술연구								

6.6 다음은 “⑥ 고속철도용 대용량 급집전시스템 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “투자 수익성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우 작다	작다	다 소작다	보 통	다 소크다	크 다	매우 크다
고속철도용 고효율 무선 급집전 시스템 최적 설계 및 통합 시험								
고속철도용 고효율 무선 급전 시스템 기술 개발								
고속철도용 고효율 무선 집전 시스템 기술 개발								

6.7 다음은 “⑦ 고속철도용 무선급전 Test-Bed 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “투자 수익성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우 작다	작다	다 소작다	보 통	다 소크다	크 다	매우 크다
고속철도 차량 무선급전 Test-Bed 구축 연구								
고속철도 차량 무선급전 운영 유지보수 최적화 기술 연구								
고속철도용 무선급전 건설비 저감 및 성능시험 설비 연구								

7. 다음은 해당 기술의 시장규모의 크기를 의미하는 "시장 규모"에 대한 질문입니다. "시장 규모"의 정도에 대해 각각의 세부과제를 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
① 도시철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발								
② 도시철도용 고효율 급집전시스템 기술개발								
③ 도시철도차량용 무선급전 Test-Bed 기술개발								
④ 도시철도차량용 무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구 개발								
⑤ 고속철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발								
⑥ 고속철도용 대용량 급집전시스템 기술개발								
⑦ 고속철도용 무선급전 Test-Bed 기술개발								

7.1 다음은 "① 도시철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발"의 세 세부과제에 대한 문항입니다. "시장 규모"의 정도에 대해 각각의 세 세부과제를 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도 차량 무선급전 적용을 위한 시스템 통합 기술연구								
도시철도 차량 무선급전 적용에 대한 성능시험 기술연구								
도시철도 차량 무선급전 차량 개조 기술연구								

7.2 다음은 “② 도시철도용 고효율 급집전시스템 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “시장 규모”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도용 고효율 무선 급집전 시스템 최적 설계 및 통합 시험								
도시철도용 고효율 무선 급전 시스템 기술 개발								
도시철도용 고효율 무선 집전 시스템 기술 개발								

7.3 다음은 “③ 도시철도차량용 무선급전 Test-Bed 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “시장 규모”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도 차량 무선급전 Test-Bed 구축 연구								
도시철도 차량 무선급전 운영 유지보수 최적화 기술 연구								
도시철도용 무선급전 건설비 저감 및 성능시험 설비 연구								

7.4 다음은 “④ 도시철도차량용 무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구 개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “시장 규모”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도 차량 무선급전 시범사업 구축 연구								
도시철도 차량 무선급전 실용화 방안 기술연구								

7.5 다음은 “⑤ 고속철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “시장 규모”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
고속철도 차량 무선급전 적용을 위한 시스템 통합 기술연구								
고속철도 차량 무선급전 적용에 대한 성능시험 기술연구								
고속철도 차량 무선급전 차량 개조 기술연구								

7.6 다음은 “⑥ 고속철도용 대용량 급집전시스템 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “시장 규모”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
고속철도용 고효율 무선 급집전 시스템 최적 설계 및 통합 시험								
고속철도용 고효율 무선 급전 시스템 기술 개발								
고속철도용 고효율 무선 집전 시스템 기술 개발								

7.7 다음은 “⑦ 고속철도용 무선급전 Test-Bed 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “시장 규모”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
고속철도 차량 무선급전 Test-Bed 구축 연구								
고속철도 차량 무선급전 운영 유지보수 최적화 기술 연구								
고속철도용 무선급전 건설비 저감 및 성능시험 설비 연구								

8. 다음은 해당 기술의 시장의 성장가능성을 의미하는 "시장 성장성"에 대한 질문입니다. "시장 성장성"의 정도에 대해 각각의 **세부과제**를 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
① 도시철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발								
② 도시철도용 고효율 급집전시스템 기술개발								
③ 도시철도차량용 무선급전 Test-Bed 기술개발								
④ 도시철도차량용 무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구 개발								
⑤ 고속철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발								
⑥ 고속철도용 대용량 급집전시스템 기술개발								
⑦ 고속철도용 무선급전 Test-Bed 기술개발								

8.1 다음은 "① 도시철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발"의 세 세부과제에 대한 문항입니다. "시장 성장성"의 정도에 대해 각각의 **세 세부과제**를 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도 차량 무선급전 적용을 위한 시스템 통합 기술연구								
도시철도 차량 무선급전 적용에 대한 성능시험 기술연구								
도시철도 차량 무선급전 차량 개조 기술연구								

8.2 다음은 “② 도시철도용 고효율 급집전시스템 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “시장 성장성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도용 고효율 무선 급집전 시스템 최적 설계 및 통합 시험								
도시철도용 고효율 무선 급전 시스템 기술 개발								
도시철도용 고효율 무선 집전 시스템 기술 개발								

8.3 다음은 “③ 도시철도차량용 무선급전 Test-Bed 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “시장 성장성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도 차량 무선급전 Test-Bed 구축 연구								
도시철도 차량 무선급전 운영 유지보수 최적화 기술 연구								
도시철도용 무선급전 건설비 저감 및 성능시험 설비 연구								

8.4 다음은 “④ 도시철도차량용 무선급전 시범사업 및 실용화 방안 연구 개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “시장 성장성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
도시철도 차량 무선급전 시범사업 구축 연구								
도시철도 차량 무선급전 실용화 방안 기술연구								

8.5 다음은 “⑤ 고속철도차량용 무선급전 통합 SE 및 성능시험 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “시장 성장성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
고속철도 차량 무선급전 적용을 위한 시스템 통합 기술연구								
고속철도 차량 무선급전 적용에 대한 성능시험 기술연구								
고속철도 차량 무선급전 차량 개조 기술연구								

8.6 다음은 “⑥ 고속철도용 대용량 급집전시스템 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “시장 성장성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
고속철도용 고효율 무선 급집전 시스템 최적 설계 및 통합 시험								
고속철도용 고효율 무선 급전 시스템 기술 개발								
고속철도용 고효율 무선 집전 시스템 기술 개발								

8.7 다음은 “⑦ 고속철도용 무선급전 Test-Bed 기술개발”의 세 세부과제에 대한 문항입니다. “시장 성장성”의 정도에 대해 각각의 세 세부과제들을 독립적으로 평가하여 주십시오.

세 세 부 과 제	등 급	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
		매우작다	작다	다소작다	보통	다소크다	크다	매우크다
고속철도 차량 무선급전 Test-Bed 구축 연구								
고속철도 차량 무선급전 운영 유지보수 최적화 기술 연구								
고속철도용 무선급전 건설비 저감 및 성능시험 설비 연구								