과제
번호

Land Transpot and Maritime
R&D Report

한국건설교통기술평가원
국 토 해 양 부

교통체계효율화사업

비접촉 전력전달방식의 친환경 대중교통시스템 개발 기획과제 기획보고서

2011. . .

주관연구기관 / 한국과학기술원

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

(견고딕 20p)

<제출문>

제 출 문

한국건설교통기술평가원장 귀하

이 보고서를 "비접촉 전력전달방식의 친환경 대중교통시스템 개발 기획"과제의 보고서로 제출합니다.

2011 . 10 .

주관연구기관명 : 한국과학기술원
주관연구책임자 : 정 용 훈
연 구 원 : 전 양 배
" : 정 구 호
" : 이 흥 열
" : 송 보 윤
" : 이 순 종
" : 최 주 영
" : 최 유 준
" : 박 종 한
" : 서 대 원

보 고 서 요 약 서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>10교통체계
-미래04</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2010.12~2011
.6</td><td>단 계
구 분</td><td>1차년도
/1차년도</td></tr>
<tr><td colspan="2">연 구 사 업 명</td><td colspan="4">교통체계 효율화 사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4">비접촉 전력전달방식 친환경 대중 교통시스템 개발 기획</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">정용훈</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 10명
내부 : 1명
외부 : 9명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부 : 80,000천원
기업 : 천원
계 : 80,000천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 10명
내부 : 1명
외부 : 9명</td><td>총연구비</td><td>정부 : 80,000천원
기업 : 천원
계 :80,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">한국과학기술원</td><td>참여기업명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="5">연구기관명 : 연구책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서면수</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">환경문제와 운영의 경제성을 고려하여 친환경 전기버스에 대한 필요성이 대두되고 있으나, 배터리가 갖고 있는 한계로 인하여 비접촉 전력전송 방식을 사용하는 전기버스에 대한 필요성이 대두되면서, 기 확보된 원천기술 및 공통 핵심기술을 바탕으로 무선 충전 전기버스 상용화를 위한 Test Bed 구축이 필요함. 따라서 본 보고서에서는 기술적, 경제적 분석을 통해 타당성을 검증한 후에 무선 충전 방식의 전기버스 및 인프라 시스템 성능 보완 및 Test bed 구축을 위한 시제품 개발을 위하여 3개의 세부과제를 도출하였으며, 각 세부과제별 RFP를 도출하여 제시하였음.
o 1 세부과제 : 통합시스템 검증 및 운영관리 기술 개발
o 2 세부과제 : 무선 충전 급전도로 시공 및 유지관리 기술 최적화
o 3 세부과제 : 급/집전 시스템 성능 보완 및 최적화</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">무선전력전송, 자기공진 및 형상, 자기장 차폐, 운행지원 시스템, 친환경 대중교통</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">Wireless Power Transfer, Shaped Magnetic Field In Resonance, EMF Cancellation, Driving Support System, Eco Friendly Public Transportation</td></tr>
</table>

<국문 목차>

목 차

[국문 요약문] ····· vii
[영문 요약문] ····· xi

1장. 연구과제 개요 ····· 1
1절. 비접촉식 전력전달 방식의 친환경대중교통시스템 기술개발 과제의 개요 ····· 1
1. 비접촉식 전력전달 방식의 친환경대중교통시스템 기술개발 과제추진배경 ····· 1
2. 비접촉식 전력전달 방식의 친환경대중교통시스템 기술개발 과제 필요성 ····· 2

2장. 기술개발 전략 수립 ····· 4
1절. 기획 필요성 ····· 4
1. 기획 배경 ····· 4
2. 기획 목적 및 추진방향 ····· 5
2절. 국내외 동향 및 환경분석 ····· 6
1. 국내외 정책동향 및 분석 ····· 6
2. 국내외 경제동향 및 분석 ····· 23
3. 국내외 기술개발 동향조사 및 분석 ····· 33
4. 기술개발을 위한 인프라 및 기반 역량 분석 ····· 65
3절. 기술수요 및 예측 ····· 81
1. 기술수요조사 및 결과 ····· 81
2. 기술예측조사 및 결과 ····· 96
4절. 기술개발 방향 설정 ····· 108
1. 분석결과 종합 ····· 108
2. 비전 및 목표 ····· 116

3. 기술개발에 따른 미래상 ····· 117
5절. 후보과제 도출 및 정의 ····· 126

3장. 연구개발과제 추진체계 ····· 128
1절. 기획대상과제 선정 및 조정결과 ····· 128
2절. 연구개발과제 추진체계 ····· 141

4장. 연구개발과제 주요내용 및 기대효과 ····· 142
1절. 연구개발과제 주요내용 ····· 142
2절. 연구개발과제 성과활용방안 ····· 145
3절. 기대효과 ····· 148

5장. 연구개발과제 소요예산 ····· 153

[첨부] 후보과제 우선순위 도출결과 및 과제카드 ····· 155

(별권1) 비접촉 전력전달 방식의 친환경 대중교통시스템 기술 개발 기획 보고서

요 약 문

Ⅰ 제 목

o 비접촉식 전력전달 방식의 친환경 대중교통시스템 기술 개발 기획

Ⅱ 과제 기획의 필요성 및 목적

1. 필요성

o 화석연료의 환경오염, 고비용, 고갈 등의 문제로 인하여 친환경 고효율의 대중교통수단 개발 필요성이 증대되고 있음

o 배터리 전기차의 경우 운행거리 한계, 배터리 비용, 충전의 불편함 등으로 인하여 대중교통으로 활용하기에는 한계가 존재함

o 배터리 용량을 줄이고 운행의 편리성 및 효율성 보장할 수 있는 무선충전 방식의 전기버스 도입 필요성 증대

o 국내에서는 KAIST 주도로 SMFIR(Shaped Magnetic Field in Resonance)방식을 활용하여 2009년도 지상고 17cm에서 최대효율 80% 이상을 확보할 수 있는 원천기술을 개발하였고, 이후 지경부 과제를 통해 실용 수준의 전기버스 공통 핵심원천기술 개발

o 따라서, 우리나라가 무선충전 전기차 기반 대중교통 분야의 원천기술을 상용화한다면 시장을 선도할 수 있음. 성공적인 상용화를 위해서는 기 개발된 급집전 시스템의 성능 보완과 Test Bed 구축, 현장적용을 통한 기술의 최적화가 필요하며 이를 국가주도실증사업으로 추진할 필요성이 있음

2. 목적

o 비접촉 전력전달방식을 사용하는 친환경 대중교통시스템(전기버스)의 실증에 필요한 성능개선, Test Bed 구축 및 현장적용을 통한 최적화를 위한 세부과제 도출

o 연구과제에 대한 추진 체계 및 추진 전략 수립과 본 과제 공모를 위한 RFP 도출

Ⅲ 과제 기획의 내용 및 범위

1. 연구추진 방향

o 기 개발된 비접촉 전력전달 방식 기술의 활용 및 보완 방안 마련

o 제도 및 법률, 정책 등에 대한 연구를 통한 기반구축 방안 마련

o 대중교통 시스템 적용 시 경제성 분석 및 파급효과 분석

o Test Bed 구축을 통한 실증 중심 연구방향 설정

2. 연구 내용

o 연구목표 및 연구내용, 추진 전략 수립

- 세부 과제 도출 및 세부과제별 연구내용 수립
- 과제별/연차별 연구내용 및 목표 제시
- 연구성과 달성 기준 및 측정 방안 마련
- 연구목표의 구체화 및 정량화
- 사전 타당성 검토

o 연구개발 사업 제안서(RFP) 도출

- 세부 추진 과제 도출 및 개발 목표 설정
- 연구 개발 내용 및 추진전략 도출
- 연구성과 활용방안 및 기대효과 제시

Ⅳ. 과제 기획의 결과

o 국내외 정책 동향 및 환경분석, 기술 분석을 통해 기술 개발의 타당성 확보 및 연구 방향 설정
o Test Bed 구축 및 최적화를 위한 핵심 추진 요소 기술을 도출하여 3개 과제 도출
o 도출한 3개 과제별 연차별, 기술별 연구목표 및 내용 확정
o 연구과제 및 연구개발 내용 개요
- 표준 통합시스템 성능검증 및 운영 관리 기술 개발
  • 표준 급전인프라 구축 및 성능 검증
  • 차량 통합기술 및 성능검증
  • 통합시스템 적용성 검증 및 운영관리 기술
- 무선 충전 급전 도로 시공 및 유지관리 최적화 기술
  • 급전 인버터 설치 기술
  • 급전선로 부품 보완/최적화
  • 급전구조물 기술
  • 급전도로 시공 및 유지관리 기술
- 급/집전 시스템 성능 보완 및 최적화
  • 급전 인버터 기술
  • 집전픽업 기술
  • 레귤레이터 기술

Ⅴ. 기대효과

1. 사회·경제적 기대효과

o 친환경 자동차 산업의 기술 경쟁력 확보 및 전기자동차 관련 부품의 국제기술 표준화 주도로 차세대 전기버스 산업 선점
o 탄산가스 배출량 감소 및 대기오염물질 발생감소효과를 통한 녹색환경 조성으로 국민의 삶의 질 향상에 기여
o 온라인전기자동차 생산 및 인프라 설비 생산과 인프라 구축 사업을 통한 GDP 증대 효과

2. 기술적 기대효과

o 새로운 방식의 전기자동차 기술 개발을 통해 기존에 선진국들이 선점한 전기자동차 기술 시장에서의 경쟁력 확보
o 배터리 한계와 용량을 획기적으로 줄임으로써 전기자동차 보급에 기여
o 무선 충전 방식 전기버스 상용화 추진과 타 분야에서의 응용을 통한 무선 충전 기술의 표준화 주도

SUMMARY

Ⅰ. Title

- Research planning for developing the eco-friendly public transportation system based on the wireless power transfer technology

Ⅱ. Objectives and Necessity of the study

1. Necessity of the planning

- Necessity of the eco-friendly and highly efficient public transportation technology is increased because of the problems associated with the use of fossil fuels: pollution, price and depletion.
- Use of battery electric vehicle is limited by its limited driving range, high price of the battery pack, inconvenience of charging etc..
- There is need of introducing wireless charging technology for electric bus for reduced battery size and convenient and efficient operation.
- In Korea, KAIST leaded the research project for developing wireless power transfer technology for the electric bus with 17cm of surface clearance and 80% of efficiency in 2009 funded by the ministry of education, science and technology. The project has been being done for developing common core technologies at practical level funded by ministry of knowledge economy of Korea.
- If the developed technology can be applied in a commercial scale, Korea can lead the market for the eco-friendly public transportation. For the successful commercialization of the technology, several things have to be done: modification of the technology, construction of the test bed, test of the system and optimization of the system.

2. Purpose of the study

o Planning of the tasks has to be done for the demonstration of the wireless power transfer based electric bus system: technology modification, construction of the test bed, test and optimization.
o Specification of the RFP for the research project

Ⅲ Scope and contents of the study

1. Research direction

o Utilization of the basic technologies developed by the previous works and modification of them for the demonstration
o Regulations, laws and policies will be surveyed to develop the foundation of the successful commercialization.
o Economic effect and spin-off effects will be analyzed.

2. Contents of the research tasks

o Identifying research objectives, development of tasks and research strategy
- Identifying sub tasks and define the work scopes
- Proposing research items and goals of the sub tasks
- Development of success criteria of tasks and assessment methods
- Materialization and quantification of the research goals
- Pre-feasibility study

o Drafting the request for proposals
- Listing sub tasks and setting up goals of the tasks
- Development of work scopes and research strategy
- Presenting impact of the research and utilization plan

Ⅳ. Result of study

- o Research direction was set by assessing feasibility in terms of technology and economics of electric bus system charged wirelessly.
- o Three sub tasks were identified according to the research areas, and goals and scopes of the tasks were defined.
- o Details of the three sub tasks were identified and specified.
- o The details of the three sub tasks are as follows:
  - Construction of the test bed and development of the operation system
    - Construction of test bed and technology optimization
    - Modification, test and optimization of system operation technology
  - Optimization of the roadway construction and maintenance technology
    - Modification of the roadway power line for better performance and its optimization after testing on the test bed
    - Modification of the roadway construction and maintenance technology, test, and optimization
  - Optimization of the power supply and pick up system
    - Improvement of the inverter system for higher efficiency and better urban-landscape
    - Optimization of the pick-up for better install-ability and higher efficiency
    - Improvement of the regulator for higher efficiency, higher power and smaller volume with vehicle applicability

V. Expected Benefits

1. Socio-economic benefits

- o Playing a major role in the advanced electric bus technology by having technological competitiveness and leading the technology standardization for the electric bus and its components
- o Contribution to enhancing the quality of life by providing green transportation solution based on the low-carbon foot print and reduced local pollution
- o Producing additional GDP by production of the electric bus and installation of the infrastructure

2. Technical benefits

- o Securing technical competitiveness by developing new electric bus system based on the wireless power transfer
- o Catalyzing commercialization of the electric vehicle by providing solution with small battery
- o Leading the technology standard by spinning off the wireless power transfer technology to other areas

1장 연구과제 개요

1절 비접촉 전력전달방식 친환경 대중교통시스템 개발의 개요

1. 비접촉 전력전달방식 친환경 대중교통시스템 개발 추진배경

o 내연기관의 사용이 증대됨에 따라 환경오염과 석유 에너지 고갈이라는 문제의 발생으로 인하여 세계 각국 정부 및 자동차회사에서는 친환경 교통수단의 개발에 많은 재원을 투자 하고 있는 상황임

o 전 세계적으로 수송 부분에서 배출하는 이산화탄소는 전체 배출량 기준으로 23%, 한국은 이보다 약간 낮은 20% 정도 수준이고, 국내 수송 분야에서 도로가 차지하고 있는 수송량 비중(80%)과 이산화탄소 배출량(94%) 비중이 매우 높으므로 도로 부분에서 배출량 감소가 전체 배출량 감소에 중요한 영향을 미침

o 수송 분야에서 이산화탄소 배출량을 줄이기 위해서는 수송량이 많은 대중교통 시스템부터 상대적으로 이산화탄소 배출이 적은 친환경 에너지를 사용하는 방식으로 변화해야 함

o 하이브리드 자동차와 클린 디젤, CNG 등 다양한 방식을 대중교통 시스템에 적용하는 계획이 수립되었으나, 기존의 내연기관을 완전하게 대체하는 데에는 한계를 지니고 있기 때문에 전기를 사용하는 친환경 대중교통 시스템에 대한 필요성이 지속적으로 증대되고 있음

o 그러나, 배터리가 가지고 있는 한계와 낮은 안전성 및 편의성으로 인하여 무선 충전 방식에 대한 관심이 증대되고 있음

o KAIST에서는 SMFIR (Shaped Magnetic Field in Resonance) 방식을 활용하여 비접촉 전력전달방식의 전기자동차 개발을 추진하여 09년도 '온라인전기자동차 원천기술 개발사업'을 통해 비접촉 전력전달방식에 필요한 원천기술 확보하였으며, 지상고 17cm에서 최대효율 80% 이상을 확보하여 활용 가능성을 입증하였고, 10년도에는 기 확보된 원천기술을 바탕으로 지경부의 '온라인전기자동차 기반 단기수송시스템 기술 개발 사업'을 수행을 통해 실용 수준의 전기버스 공통 핵심원천 기술 개발을 추진 중에 있음

o KAIST가 개발한 무선 충전 기술은 '10년도 Time 지에 '세계 50대 발명품'으로 선정되어 기술적 우수성을 입증하였으며, 우리나라가 전기자동차 시장에서 우위를 점할 수 있는 기술적 기반을 마련하였음

o 따라서, 현재 확보한 기술적 기반을 바탕으로 우리나라가 전기자동차 시장에서 우위를 확보할 수 있도록 상용화 추진이 필요하며, 이를 위해서는 급집전 시스템의 성능 보완 추진과 관련 기술을 통합하여 현장적용을 위한 표준 급전 인프

라 구축 및 최적화 추진이 필요한 상황임

2. 비접촉 전력전달방식 친환경 대중교통시스템 개발의 필요성

o 지금까지의 자동차시장은 가솔린 엔진이 절대적 우위를 점하고 있었으나, 화석연료가 고갈되고 환경오염이 심해지면서 이산화탄소 배출이 적고 연료를 덜 소모하는 친환경 고효율의 그린카 시장으로 전환되고 있음

o 환경오염의 주범인 기존의 내연기관을 대체하는 새로운 동력을 기반으로 하는 자동차 산업 기술이 필요한 실정임

- 자동차의 주된 동력은 석유자원(가솔린, 디젤 등)을 소비하는 내연기관 방식(가솔린/디젤 엔진차량)이 주류로 이산화탄소(CO2), 산화질소(NOx)와 같은 온실가스 배출의 주범임
  · 2005년 수송 분야의 전 세계 이산화탄소 배출은 23%(출처 : IEA, CO2 Emission from fuel combustion 2005)
- 내연기관 차량의 이산화탄소 발생량은 167~224g/km 이나 전기자동차의 전력공급을 위한 이산화탄소 발생량은 내연기관 차량의 22%~46% 수준인 51~77g/km로 매우 낮음(캐나다 사례). 국내의 경우에는 원자력, 가스, 수력 등의 청정발전 비율이 절반 이상이므로 발전을 위한 이산화탄소 배출량이 캐나다와 유사함
- 2006년 기준으로 배출된 자동차의 전체 이산화탄소량은 56백만 톤으로, 이는 30년생 소나무 한 그루의 연간 CO2 흡수량이 약 12kg인 것을 감안할 때, 56백만 톤은 소나무 46억 그루가 연간 흡수하는 CO2량과 맞먹음
- 특히, 석유자원이 없는 우리나라는 막대한 양을 수입에 의존해야 하고(세계 5위의 원유 수입국, 9억 배럴/년, 약 143조 원 수입), 차량중심의 육상수송 부문으로 매년 29백만 TOE(Tonnage of Oil Equivalent: 석유환산톤)이상을 수입해야 하며, 금액으로 환산하면 약 150억 달러(70$/원유 1배럴 기준)이상이 되고 매년 3.42%씩 증가하는 추세임

<표 1 연도별 육상수송부문 에너지 사용량>

(단위: 천TOE)

연도	석유										전력	합 계
	합계	에너지유							L.P.G			
		합계	휘발유	경유	B-A유	B-C유	JA-1유	기타유	합계	부탄		
2000	23,554	20,102	7,884	12,208	0	3	0	7	3,452	3,446	0	23,554
2001	24,833	20,888	7,847	12,988	4	35	0	15	3,945	3,943	0	24,841
2002	26,405	22,177	7,961	14,161	3	26	0	26	4,227	4,218	0	26,485
2003	27,273	22,859	7,633	15,193	3	7	0	24	4,414	4,405	0	27,419
2004	27,442	22,877	7,335	15,522	1	6	0	13	4,565	4,558	0	27,685
2005	27,791	23,087	7,512	15,538	5	22	0	10	4,704	4,703	0	28,144
2006	28,059	23,215	7,574	15,620	2	11	0	8	4,844	4,844	0	28,588
2007	28,485	23,311	7,686	15,608	2	9	0	5	5,173	5,173	0	29,195

※자료 : 에너지 관리공단 통계

o 환경오염과 석유자원 고갈문제 등을 해결하기 위해 자동차 산업에서는 전기에너지 및 수소, 천연가스, 에탄올 등의 대체에너지를 사용한 친환경 자동차 기술로 발전하고 있음

o 특히, 현재 도시의 대중교통시스템은 디젤 버스나 CNG 버스에 의존하여 운영되고 있으나 비싼 연료비와 이산화탄소와 같은 공해 물질의 배출로 보다 비용이 저렴하고, 깨끗한 에너지인 전기 에너지를 활용하는 시스템으로의 변환이 시급히 요구됨. 최근 가장 많이 활용되는 CNG 버스의 경우 디젤 버스보다 상대적으로 연료비가 저렴하고 친환경적인 버스이지만, 최근 여러 차례의 폭발 사고로 위험성에 대한 심각한 고려가 필요함

o 서울시 시내버스의 경우 2007년 1,703억, 2008년 2,056억 적자를 내고 있음. 1Km 운행하는데 CNG 버스의 경우 연료비가 약 300원 정도 소요되지만 이를 전기에너지를 바꿀 경우 약 100원 정도의 전기료가 소요되므로 연료비를 1/3로 줄일 수 있어 경제성 확보가 가능해짐

o 전기에너지를 대중교통시스템에 적용하기 위해서는 운행 가능 거리와 충전의 편의성이 중요하나 배터리 전기자동차의 경우, 1회 충전으로 운행할 수 있는 거리에 한계가 있으며, 별도의 충전 공간이 필요하기에 대중교통으로 활용하기 위해서는 한계가 존재함

o 비접촉 전력전송 방식을 쓰게 되면 주행 중 충전이 가능하여 적은 용량의 배터리로 전기버스를 운행 가능하고, 주행의 자율성 및 안정성이 보장할 수 있는 무선 충전 방식의 전기버스 도입이 필요함

o 현재까지 기 확보된 기술은 실용 수준의 기술로 차량부분에 중점을 두어 기술의 구현 및 주요 기술 확보를 주요 목표로 추진하였기 때문에 무선 충전 방식의 전

기버스를 기업의 상용화 추진을 위해서는 기술 보완 및 Test Bed 구축이 필요함

- 기술 보완은 기 확보된 원천기술 및 공통 핵심 기술을 Test Bed 구축을 통한 현장 적용이 가능한 수준으로 진행되어야 함

o 특히 상용화 기술을 개발하기 위해서는 기 확보된 기술들을 통합하여 현장에 적용하는 표준 급전 인프라 구축이 필수적이며, 표준 급전 인프라 구축을 위해서는 차량 운행을 위한 급집전 시스템 기술의 보완과 차량에 전기를 공급하는 급전 도로의 시공방법 및 유지관리 기술 개발, 그리고 안전성과 신뢰성에 대한 인증 기준 마련 및 인증이 필요함

2장 기술개발전략 수립

1절 기획 필요성

1. 기획 배경

o 환경오염 문제와 석유에너지 고갈 문제로 인해 세계 각국 정부 및 자동차 회사에서는 친환경 교통수단의 개발에 많은 재원을 투자하고 있으나, 현재의 내연기관 교통수단을 완전하게 대체할 효과적인 시스템 개발에는 한계를 지님

o 대표적인 친환경 교통수단으로 전기자동차에 대한 개발이 진행 중이나 배터리의 무게, 가격, 주행거리, 성능 상의 제약과 차량 대수 증가에 비례하는 충전인프라 구축의 문제로 본격적인 상용화에는 한계를 지님

o 특히, 전기자동차의 경우 승용차 위주의 소형 차량의 전기 동력화가 주로 진행되고 있어 대용량의 에너지를 필요로 하는 버스 중심의 대중교통수단에는 직접적인 접목이 어려운 상황임

o 따라서 대용량 에너지를 필요로 하는 교통시스템의 경우 현재와 다른 접근 방법으로 전기 동력화를 추진할 필요가 있으며, 이를 위해 국내외에서 최근 연구가 진행되고 있는 비접촉 전력전달 방식을 활용한 기술개발을 통해 문제를 해결할 필요가 있음

o 비접촉 전력전달 방식의 경우 향후 모든 차종에 대한 급전 인프라 사용 및 공유가 가능하므로 소비자 입장에서 전기자동차 사용의 편의성이 증대되고, 상용화가 가속화 될 수 있음

o 비접촉 전력전달 방식의 상용화를 하기 위해 개별 기술 및 전체 통합 시스템의 신뢰성, 내구성, 안전성의 확보가 필요하며, 이를 위해 해당 기술들의 개발 및 인증 및 표준화 작업, 다양한 환경시험이 필요함

o 상용화에 필요한 통합 성능 및 안전 문제를 해결하기 위해 개별 기술의 안전성 및 전체 통합시스템의 성능 및 안전성 검증연구가 필요함

o 결국 현재 개발이 진행 중인 전기자동차의 배터리와 충전인프라 문제를 해결할 수 있는 친환경적인 대중교통시스템 개발을 위해서는 비접촉 전력전달방식을 수송시스템에 접목하기 위한 연구가 필요하며, 지금까지의 국내외 연구 성과를 확인하고, 기술적 타당성을 검증, 추가 개발 필요성에 대한 기획연구를 추진할 필요가 있음

o 국내에서는 KAIST 중심의 학연산 공동연구를 통해 ’09년, ’10년 자기장 구조화를 통해서 큰 공극을 사이에 두고 전력을 전달할 수 있는 원천 기술을 확보하였음

o 특히 무선전력전송 기술은 버스와 같은 대중교통 분야에 적용할 경우 에너지 및 경제 효과가 가장 극대화 될 수 있으므로 교과부('09), 지경부('10) 사업의 결과를 대중교통 주무 부서인 국토해양부의 사업으로 ('11-12)로 연계하여 추진하는 것이 타당하여 이를 위한 기술 보완과 표준 급전인프라(표준인증/시험운영 급전인프라) 구축에 대하여 연구기획을 추진함

2. 기획 목적 및 추진방향

가. 기획목적

o 비접촉 전력전달방식을 사용하는 친환경 대중교통시스템(전기버스)의 실증에 필요한 성능개선, 표준 급전인프라(표준인증/시험운영 급전인프라) 구축 및 현장적용을 통한 최적화를 위한 세부과제 도출

o 연구과제에 대한 추진 체계 및 추진 전략 수립과 본 과제 공모를 위한 RFP 도출

나. 추진 방향

o 기 개발된 비접촉 전력전달 방식 기술의 활용 및 보완 방안 마련
- 09년도 교과부 사업을 통해 확보한 무선 충전 전기버스의 원천기술과 10년도 지경부 사업을 통해 확보한 공통 핵심 원천기술의 기술적 가치 검토를 통해 상용화 추진시 보완해야 할 부분을 도출하고 보완 방안 검토

o 제도 및 법률, 정책 등에 대한 연구를 통한 기반구축 방안 마련
- 인버터, 급전도로 등 급전 인프라 구축시 관련되는 전기, 도로 구축, 안전 등에 대한 제도 및 법률과 국가의 환경 관련 정책을 함께 검토하여 무선 충전 전기버스 상용화 추진을 위한 법적 기반 방안 검토

o 대중교통 시스템 적용 시 경제성 분석 및 파급효과 분석
- 대중교통 시스템에 적용할 수 있는 전기버스 형태별로 구축 및 운영시 소요되는 비용을 비교하는 방식과 B/C 분석을 통해 경제성 분석을 추진하고 이를 통해 미치는 사회, 경제적, 기술적 파급효과 분석 추진

o 표준인증 및 시험운영 급전인프라 구축을 통한 실증 중심 연구방향 설정
- 상용화 추진을 위한 각 연구분야별 기술을 현장 적용을 위한 표준인증 급전인프라를 구축 및 운영 구축을 목표로하여 각 연구분야별로 보완 방안 검토

< 그림 1. 기술실증 로드맵 >

2절 국내외 동향 및 환경분석

1. 국내외 정책동향 및 분석

o 자동차 메이커들의 친환경 전기자동차개발과는 별개로 세계 주요 국가들은 정책적인 차원에서 친환경개발을 지원하고 있음

<표 2 세계 주요국가의 친환경 개발 자금지원 현황>

국가	주요 내용	규모
미국	친환경차 개발 자금 저리/무이자 융자 및 대출보증	250억 달러
EU		400억 유로
독일		5억 유로
영국		23억 파운드
스페인		8억 유로
스웨덴	친환경 연구개발센터 설립	4억 달러
중국	친환경 기술개발 펀드 조성	15억 달러

※자료 : 한국자동차 산업연구소 2009년 5월 발표자료

가. 해외 세제 지원정책 동향

(1) 미국

o 2005년부터 에너지 정책법을 발의하여 시행함

- 적용기간 2006.1.1 ~2010.12.31
- 혜택 : 연방소득세 세액공제

구분	공제액
하이브리드차/고급 디젤차	~3,400$ 세액 공제
대체 연료차	~4,000$ 세액 공제
연료 전지차	~8,000$ 세액 공제

o 전기자동차(EV) 개발 업체 및 구매하는 소비자에 대한 보조금 또는 세제 혜택
- 전기자동차 개발에 2.4 billion 달러 지원
- 미국산 HEV 자동차 2,500대 관용차 구입
- EV 구입 시 개인소득세 환급 (4,000 달러 한도. 2010년 3월 한)
- Michigan주 : EV 개발업체에 335 million 달러의 세금감면 혜택 부여

o 하이브리드카(HEV) 관련 보조금 정책
- 2006년 1월 1일 이후부터 소형 하이브리드 자동차 및 트럭(8,500 파운드 이하)에 대해 연비, 절약, 세금 인센티브를 부여함
- 연비 인센티브는 2002년도 모델의 시가지(City) 주행연비 기준값 대비 25% 이상 연비를 향상시켰을 때 U$400 ~ U$2,400까지의 보조금을 지급
- 절약 인센티브는 제품주기 동안 1,200갤런 이상을 절약할 수 있는 차량에 대해 U$250~U$1,000까지의 보조금을 지급함
- 세금 인센티브는 IRS(IRS Internal Revenue Service 미국 국세청) 에서 결정한 차량 당 인센티브를 ACREE(American Council for an Energy-Efficient Economy)에서 고시(www.fueleconomy.gov/Feg/tax _hybrid)함. 대당 3,400달러까지 소득세 세액공제(Personal Income Tax Credit)

o 연료과소비세 부과 : 1980년부터 연방정부 차원에서 연비가 갤런 당 22.5마일 미달하는 신규 차량에는 연료과소비세(gas guzzler tax)를 취득단계에 부과하여 연료의 과소비 여부에 따라 최고 7,500달러의 세금 부과
- 2005년 8월에 제정된 '에너지정책법(Energy Policy Act of 2005)'에 따라 2006년 1월 1일 이후부터 2010년 12월 31일까지 차량 제조사별로 6만대까지 연비 향상률 및 연료 절감량 산정 기준에 따라 차량모델별로 차별화하여 혜택 부여

<표 3 미국의 2005 에너지정책법>

구분	이전	에너지정책법(Energy Policy Act of 2005)
기간	~2005.12	2006.1.1~2010.12.31
혜택	하이브리드차, 전기차: ~$2,000 세액공제	하이브리드차/고급디젤차 : ~$3,400 세액공제 대체연료차: ~$4,000 세액공제 연료전지차: ~$8,000 세액공제
대상	-	차량메이커별 최대 6만대까지

※자료 : www.irs.gov

(2) 유럽

o CO2 배출기준 자동차세 차등 적용

- 유럽은 보급지원 정책으로 등록, 보유세 감면, 주차비 면제 등을 제공하고, 정부 보조금으로 1,500 유로정도를 지원하고 있음(이태리 등)

o 독일에서는 저공해차 구입을 촉진하기 위한 EURO IV 기준을 조기 달성하는 차량과 CO2를 적게 배출하는 차량에 대해 자동차세의 일정액을 감면하고 전기자동차에 대해서는 등록시점부터 5년간 자동차세를 면제하고 있으며, 5년이 지나면 휘발유차의 2분의 1을 부과

o 영국은 1992년까지는 자동차 보유세인 VED(Vehicle Excise Duty)를 모든 차에 정액으로 부과하였으나, 이후 점차 개정하여 2001년 3월에 기존의 보유단계 자동차세의 과세표준을 CO2 배출량으로 개편하여 완전히 배기가스 배출량과 유류에 따라 부과함

- 경유차의 세율은 동급의 연료 차량의 세율에 비해 3%를 추가로 부과
- 전기자동차는 최저세율인 15%보다 낮은 9%의 세율을 적용하고, 하이브리드차 및 가스차에 대해서는 더 낮은 세율 적용

o 스웨덴은 경유차의 자동차세는 휘발유차의 약 5배를 부과하고, 전기자동차에 대해서는 취득세를 면제함

o 오스트리아 : Motor Vehicle Registration Tax

- 연비기준 자동차세 부과
- 사용 유류(휘발유/경유)에 따른 차등 부과
- 전기자동차 취득세 면제

o 덴마크 : Green Owner's Tax

- 연비기준 보유세 부과
- LPG, 전기차량의 취득세와 등록세 면제

(3) 일본

o 일본은 자동차세 그린화를 통해 체계적으로 지원하고, 이를 통해 친환경차량의 시장을 창출함

- 하이브리드차(승용) : 자동차 취득세 2.2% 경감
- 하이브리드차(상용) : 자동차 취득세 2.7% 경감
- 전기자동차(연료전지차 등 포함) : 자동차세 50% 경감, 취득세 2.7% 경감

<표 4 일본의 자동차세 그린화 내역 (2004 ~2006년)>

구분	신☆☆☆차(저배출가스차) (2005년 배출가스기준 50%달성)	신☆☆☆☆차(저배출가스차) (2005년 배출가스기준 75%달성)
2010년도 연비기준 달성차	-	자동차세 25%감면 자동차 취득세 20만엔 공제
2010년도 연비기준 +5%달성차	자동차세 25%감면 자동차 취득세 20만엔 공제	자동차세 50%감면 자동차 취득세 30만엔 공제

※자료 : 일본 국토교통성(http://www.mlit.go.jp)

o 일본 정부는 친환경차 보급을 위한 2,100억 엔의 감세대책 발표(2009년 1월)하였으며, 한시적으로(2009년 1월 31일까지) 친환경차 구입 시 보조금을 지급하였으며, 향후 유사한 제도를 유지할 계획임

o 전기자동차(EV) 개발 업체 및 구매하는 소비자에 대한 보조금 또는 세제 혜택
- 친환경차 구입 시 취득세, 중량세 감면(180만 엔 소형차 구입 시 13만7천 엔 효과). 하이브리드 차에 최고 25만 엔 보조금 지급
- 2010년 3월까지 전기차에 최대 139만 엔 보조금 지급
- 미쓰비시 전기차인 i-MiEV를 구입 시 소비자는 일반차와 가격 차이의 25%만 지불하면 전기차를 소유할 수 있음(일반차 가격 차이의 50%를 중앙정부가 보조 + 닛산이 위치한 일본 지방정부(지자체)의 25% 추가 보조)

<표 5 일본의 친환경차 세제 혜택>

구분	2005년 배출가스기준 75%저감차 (신☆☆☆☆차(저배출가스차))
하이브리드차(승용차)	자동차취득세 : 2.2% 경감
하이브리드차(상용차)	자동차취득세 : 2.7% 경감
전기자동차(연료전지차 포함), CNG차, 메탄올차	자동차세 : 50%경감 자동차취득세 : 2.7%경감

※자료 : 일본 국토교통성(http://www.mlit.go.jp)

o 지자체 지원정책
- 일본 가나가와 현은 일본에서 가장 빨리 전기차 보급 정책을 추진 중
- 초기수요 창출관련 정책은 관용차 등의 전기차 도입, 현 단위의 보조금 지급 및 세제 혜택 등을 주요 내용으로 함
- 가나가와 현과 도쿄전력은 2014년까지 관용차, 업무용차를 순차적으로 전기차로 전환할 계획임
- 정부 보조와는 별도로 현 단위에서 정부 보조금의 절반 정도를 지원할 예정이며 자동차세와 자동차 취득세의 90%를 경감할 예정임
- 현 직영 주차장의 요금 할인과 고속도로 요금 할인 등을 추진할 것이며 전기

차 구입자금 저리 대출 및 관련 자동차 보험 상품 개발을 촉진할 계획임

(4) 중국

o HEV 구매 시 증치세(17%) 면제 추진

o 중국 중앙과 지방 정부 할 것 없이 하이브리드 및 전기 자동차의 개발에 지원을 아끼지 않고 있음. 중국 13개 성시는 하이브리드나 전기 자동차 구입하는 택시 회사와 정부기관에 8,800달러씩 보조금을 지급하고 있음. 중앙정부는 자동차 업체의 전기자동차 디자인 개발에 보조금을 지원해 주고, 대체에너지 자동차 구입 시 세금을 감면해 줄 예정임

나. 국내 세제 지원정책 동향

o 정부는 관련법을 개정(조세특례제한법, 지방세법, 도시철도법 시행령)하여 '09.7.1 일부터 하이브리드 자동차에 대해 세제혜택을 부여하기로 결정함

- 2009년 7월 1일부터 자동차 제조창 또는 보세구역에서 반출되는 하이브리드차를 구입한 사람이며, 취·등록세 감면은 출고 또는 수입되는 신차 뿐 아니라 중고차도 가능
- 현재 정부가 마련한 기준에 따르면 휘발유 하이브리드차가 배기량 1000cc 미만인 경우는 연비가 25.5㎞/ℓ 이상, 배기량 1000~1600cc 미만인 경우와 1600~2000cc 미만인 경우는 각각 20.6㎞/ℓ, 16.8㎞/ℓ 이상 되어야 세제혜택을 받을 수 있게 되어 있음.

<표 6 하이브리드 자동차에 대한 세제혜택>

구 분		최고 지원액	관련규정	추진현황
구매 단계	개별소비세	100만원	조세특례제한법 제109조 ('09.7.1~'12.12.31 한시적 시행)	확정
	교육세	30만원		
등록 단계	취득세	40만원	지방세법 제268조의 2 제3항 신설 ('09.7.1~'12.12.31 한시적 시행)	확정
	등록세	100만원		
	공 채	200만원 매입면제	도시철도법 시행령 별표2 카목신설 ('09.7.1~'12.12.31 한시적 시행)	확정

※자료 : 지식경제부 보도자료, 2009년 6월 11일

o 향후 하이브리드 자동차의 보급을 위해 2009년부터 2015년까지를 2단계로 구분하여 국세 및 지방세의 다양한 세제혜택을 통해 국내 소비자의 하이브리드 자동차 구매를 지원할 계획

- 1단계('09~'11년)에서는 국산화 및 양산진입 단계로 국내 시장에 총 75,000대를 정부지원을 통해 보급하는 것을 목표

- 2단계('12~'15년)에는 하이브리드차의 양산 및 수출 산업화 단계로 국내 시장에는 41만대를 정부지원을 통해 보급하고, 34만대는 수출

o 서울시의 경우, 세계 5대 도시 진입을 위하여 대기질 및 교통 부문 보완을 추진을 위하여 2014년까지 전기버스 대수를 시내버스 인가대수(7,548대)의 11.5% 수준인 657대, 2020년까지는 시내버스의 50% 보급을 목표로 지원 계획을 수립하여 추진 중에 있음

- 현재 CNG 버스의 경우에는 국가(50%)와 서울시에서(50%) 보조금을 지원하고 서울시에서 추가적으로 장기저기 융자금과 경유버스와의 차액 전액 지원하고 있어, 전기버스 증대를 위해서 전기버스 도입시에는 추가적인 지원 예정

<표 7 전기버스 도입비용 및 지원>

구분	차량가격	지원		업체부담	대당 예산지원	소요예산
		서울시	국토부			
초기 2대(대당)	6억5천	6천	4천	1억	4억5천	9억
이후 13대	4억5천	6천	4천	1억	2억5천	32억5천
계	71억5천	9억	6억	15억	-	41억5천

다. 환경 규제 동향

o 세계 각국은 지구 온난화를 방지와 친환경 지향 정책으로 전향하고 있으며, 자동차업계도 이런 정책적인 규제활동에 예외가 될 수 없음

o 규제정책은 연비규제, 온실가스 규제로 나뉘고 혼합하는 경우도 있음

- 유럽은 온실가스 배출규제 EURO I~VI의 기준을 제시하여 강화 및 CO_2 배출 기준의 자동차세제 도입함
- 미국은 자동차업체 평균 연비를 규제하는 CAFE(Cooperate Average Fuel Economy: 기업평균연비) 규정이 있음

<그림2 연비규제와 온실가스 규제>

<표8 주요국가 환경규제 동향>

국가	환경규제
미국 (연비, 온실가스 혼합) 규제)	2012년 : 약 22% CO_2 배출 감축 2016년 : 약 30% CO_2 배출 감축 2020년 : 1갤런 당 35마일(14.9km/ℓ)로 연비 강화
일본 (연비규제)	2015년 : 16.8km/ℓ 2004년 대비 연비 23.5% 강화 2020 : 20km/ℓ 예상
유럽 (온실가스 규제)	2008년 : 승용차 탄소세 부과 (프랑스) 2010년 : EURO5 적용 2012년 :평균 CO_2 배출량 120g/km 이하로 규제(현행대비 25% 감축의무)

※자료 : 한국은행 조사국 산업분석팀, '자동차산업의 현황과 과제' 2008년 5월

o 이런 규제는 점차적으로 강화되고 있으며, 온라인 자동차와 같은 친환경 차량의 개발이 시급한 시점임

(1) 미국의 환경규제

o 2009년 5월 미국은 자동차 배출가스와 주행거리 기준을 대폭 강화하는 조치 발표 (2016년까지 업체당 평균연비 35.3mile/gallon, CO_2 250g/mile)

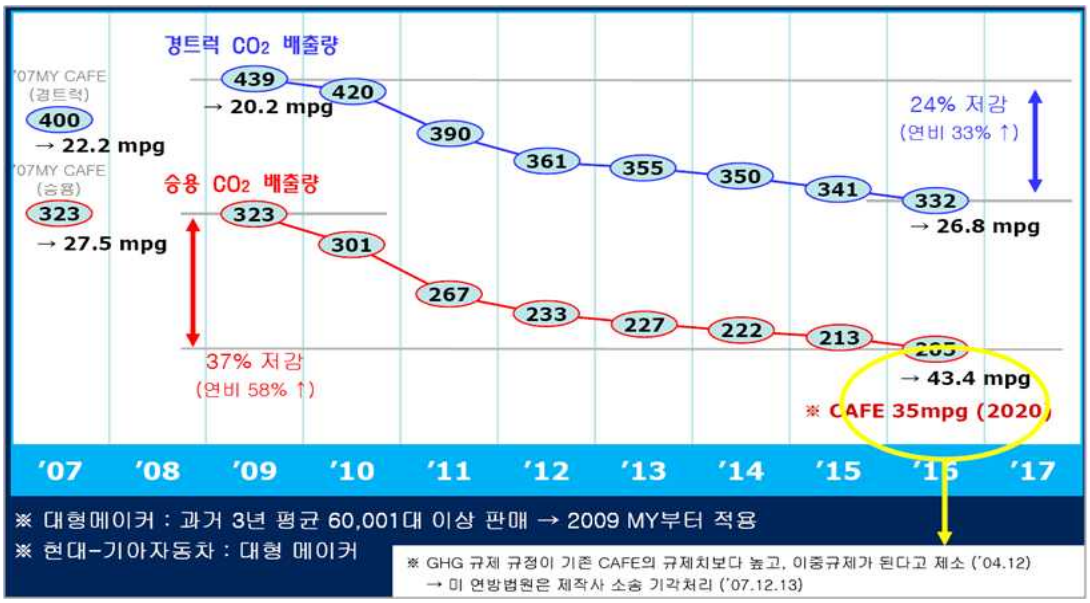
o 미국의 경우 LEV(Low Emission Vehicle), Tier 규제 등을 통해 2020년까지 현재보다 약 30% 보완된 연비를 요구하고 있음

o 미국은 하이브리드, 연료전지차의 판매 의무화를 통해 친환경차량의 시장을 창출함

<그림3 미국의 무공해차 규제현황>

※자료 : 지식경제부, '그린카 4대강국 도전전략' 2008.10

o 미국 캘리포니아 주의 온실가스 규제는 강화되는 추세이고, 2005년 9월 기준으로 12개주가 이미 CO_2, CH_4 등의 온실가스 규제 법안을 최종 확정한 상태



<그림4 미국 캘리포니아주의 CO_2 규제추이>

※자료 : 울산 발전 연구원, 기후변화협약과 미래 자동차 산업, 2008.7

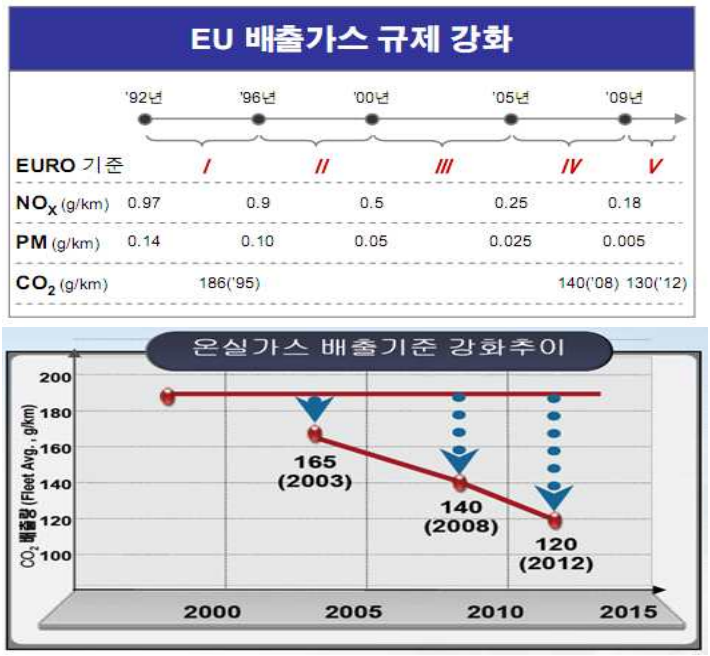
o 그 외에도 폐차과정에서 생성되는 폐기물에 대한 유해물질 규약/유해고형폐기물법 적용, Low Emission Vehicle과 미 환경부 배출가스규제기준 강화, 2016년부터 승용차 39mpg, 경트럭 30mpg의 연비 제한 실시 등으로 더욱더 강화하는 추세임

(2) 유럽(EU)의 환경규제

o 2008년 12월 유럽(EU)의회는 각국 정상들이 20-20-20(CO_2 20%감축, 에너지소비 20%를 재생에너지로부터 조달, 20% 에너지소비 감소) 친환경법안 승인

o 온실가스 배출규제 EURO I~VI 기준은 강화하고 있으며 점차적으로 강제 법제화 되어가고 있음

- 2012년 CO_2 평균배출량 120g/km로 강화. 기존의 권고방식에서 2012년 강제의무방식으로 변경



<그림5 유럽의 온실가스 배출규제 추이>

※자료 : Global Insight '07.4, JATO, CO_2 Report + 지식경제부, '그린카 4대강국 도전전략' 2008.10

o 아울러 CO_2 배출량 규제를 설정하여 신차비중에 따라 벌금을 부과함

<표9 유럽연합의 CO_2 과징금>

구분	규제 내용			
배출기준	-총 120g/km 이하 -신차기술(엔진기술, 경량화 등)로 130g/km 이하달성. 추가 10g/km는 타이어, 경제 주행, 바이오 연료 등을 통해 감축가능			
적용대상	- 2012년 이후 유럽 내 판매되는 모든 승용차 및 경상용 자동차 단, 연간 30만대 이하를 판매하는 업체는 25% 충족의무			
규제되는 신차비중	2012년	2013년	2014년	2015년
	65%	75%	80%	100%
벌금부과	1g 초과	2g 초과	3g 초과	4g 초과
	5유로	5+15=20유로	20+25=45유로	45+95=140유로
	- 초과 g당 누적으로 1g 시 5유로, 2g 시 추가 15유로, 3g 시 추가 25 유로, 4g이상 시 추가 95유로 부과 - 2019년 이후에는 초과 g당 95유로 부과			

※자료 : 한국자동차산업연구소, '주간브리프' 2008년 12월

o 그 외에도 중금속 및 유해물질 사용규제, 배출가스 성능검사 인증제, 폐차차량(ELV, End of Life Vehicle) 법규 시행으로 폐차부담을 업체에 의무화하고 있음

(3) 일본의 환경규제

o 배출가스 규제강화 시행 및 연비보완 의무화 방안발표 ('04년 대비 '15년 20%보완)

o 유럽의 폐차차량(ELV)과 유사한 자동차 리사이클법 시행 : '04년 이후

o 아울러 오래된 자동차를 보유한 운전자에게 과세를 강화하고 있음

(4) 중국의 환경규제

o 중국은 연비규제 2단계 시행 중('05년도 1단계대비 10%내외 강화)으로, 최근 미국보다 강화된 2015년 갤런 당 42.2마일 적용을 발표하기로 하는 등 환경규제가 경쟁적으로 강화되는 추세임

o 배기가스 규제도 강화되어 2010년도 EURO IV 기준 도입하고 있으며, 아울러 단계적 자동차 재활용 기능을 도입하여, 자동차 제품회수 이용기술을 정책에 적용 예정('2010년) 임

(5) 국내 환경규제

o 국내에서도 녹색성장 중심의 친환경정책과 더불어 연비와 자동차에 대한 환경기준을 강화하고 있는 추세임

o 국내는 기업평균 연비 제도를 2006년 1월 1일부터 도입함
- 기준 평균 연비는 배기량 1,600cc 이하 차량은 12.4km/L, 1,600cc 초과 차량은 9.6km/L 임
- 경차 및 LPG 승용차는 기준평균(조화평균 이용)연비 산정 대상에서 제외
- 크레딧 규정도 존재하며 다음과 같음

<표10 국내 크레딧(Credit) 규정>

구분	내용
경차 Credit	(경차 평균연비-1,600cc이하 기준평균연비)* (경차판매량/1,600cc이하 판매량)
기준 평균연비 초과분에 대한 Credit	기준 평균연비 초과분 * (1,600cc(또는 초과)판매량/1,600cc초과(또는 이하)판매량)

o 현행 기준평균연비는 2012년부터 15% 가량 강화됨
- 1,600cc 이하 14.3km/l, 1,600CC 이하11.0km/l로 변경

<표11 국내 정책동향>

	추진 정책
산업정책	· 경차하이브리드 LPG허용 · 친환경차량 정책 : 고효율 그린카 프로젝트 추진
환경정책	· 배출가스 기준강화 · 배출가스 자기진단장치 적용의무 · 자동차용 연료기준 강화 · 배출가스 보증기간 확대 · 저공해차 보급비율 상향조정 · 저공해차 배출가스 기준강화 · 폐자동차 재활용비율 도입
세제정책	· 하이브리드자동차 세금감면 : 개별소비세, 취-등록세 · 시험 연구용 수입 승용차 개별소비세 면제 · 경형 자동차 취-등록세 면제 · 화물-> 승용 변경차종 세금 인상 : 자동차세, 등록세 · 7~10인승 자동차세 단계적 인상
연비정책	· 평균연비제도 강화 : 2012년부터 기준평균연비 강화 → 1600 cc 이하 자동차 : 12.4 km → 14.5 km/L → 1600 cc 초과 자동차 : 9.6 km → 11.2 km/L
기타	· 배출가스 기준강화 · 배출가스 자기진단장치 적용의무 · 자동차용 연료기준 강화 · 배출가스 보증기간 확대 · 저공해차 보급비율 상향조정 · 저공해차 배출가스 기준강화 · 폐자동차 재활용비율 도입 · 사전 지불 · 리콜 비용 · 보상 비용 · 신차 실내 유해물질 관리 · 저상버스 표준모델 도입 안전기준 · 어린이 운송용 승합차

라. 국내외 20kHz 관련 주파수 사용현황

1) 국외 사용 현황

(1) 일본

o 일본 무선충전방식 운용 현황

- 하네다공항 무료셔틀버스의 경우 온라인전기자동차와 비슷한 비접촉 충전방식의 차량을 운행 중이며 이 또한 20 ㎑ 주파수를 이용

o 일본 20 ㎑ 전자파 인증 현황

- 현행 사용 중인 하네다 공항 셔틀버스의 무선전력전송은 20 ㎾급의 소출력이라 기존 1 ㎷/m를 만족하나, 150 ㎾급의 경우 일본 현행 법규에 만족 못해 관련 협의체 논의 중이며 협의체에서 협의 내용은 법규 초과 Level에 대한 대응 방법 연구를 수행하기로 결론 (NICT의 Kanako Wake 및 Soichi Watanabe 박사, 동경대 Yoichi Hori 교수 등을 중심으로 관련 전문가 협의체 구성하여 논의 중)

o 일본의 주파수 분배 현황을 보면, 세계 주파수 분배표 상에는 일본도 20 ㎑가 '표준 시보'로 분배되어 있지만 실제 확인한 결과 20 ㎑는 현재 사용되고 있지 않음.

보낸 사람: Kanako Wake [kana@nict.go.jp]
받는 사람: 전양배
참조: wata@nict.go.jp; 'Lira Hamada'; '薙井'; 'SangWook PARK'; '山中GL (NICT) '; minjas@kaist.ac.kr
제목: Re: [Question] 20kHz frequency permission from goverment

Dear Dr. Chun,

Japan Standard Time and frequency-signal uses 40 and 60 kHz.
20 kHz is not allocated for specific system.

(2) 뉴질랜드

o 뉴질랜드의 오클랜드대학에서 비접촉 무선충전 시스템을 개발하여 "Uni Service"라는 업체를 통해 보급 중에 있으며 이 또한 20 ㎑를 사용하고 있음

o 뉴질랜드도 자국 주파수 분배표 상에는 20 ㎑가 '표준 시보'로 되어 있으나 현재 사용하고 있지 않음

보낸 사람: Anthony Thomson [anthonythomson@yahoo.com] 보낸 날짜: 2010-08-17 (화) 오후 9:11
받는 사람: 전양배
참조:
제목: Re: [Question] 20kHz frequency permission from goverment
첨부 파일: PastedGraphic-3.pdf (14 KB); ATT00018.htm (39 KB)

Dear Yangbae

Thanks for your note and for you interest in our response.

We use a range of frequencies in our Inductive Power Technologies.

In years gone by in Japan with our partner Daifuku we used 10kHz. We now use 20kHz in most of the industrial applications such as materials handling, clean room robotics, medical devices, road lighting, security camera systems, lighting, and industrial slip rings and low power systems.

In the case of our bus and car systems we have mainly used 20kHz. These systems were installed without issue in New Zealand(1996) and Italy(2001) and are still operating successfully without issue.

The bus systems transfer 60kW and have very good magnetics design and thus magnetic emissions beyond the coupled area are very low.

We always shield our systems to prevent EMI of sensitive vehicle electronics.

(3) 독일

o 독일은 WAMPFLER社라는 업체에서 비접촉 무선충전 시스템을 개발하여 보급 중에 있으며, 이 시스템 또한 20 ㎑를 사용하고 있음.

o 독일의 경우도 EU 주파수 분배표 상 20 ㎑는 '표준 시보'이나 현재 사용하고 있지 않음

2) 국내 사용 현황

o 20 ㎑는 국내도 주파수 분배표 상 '표준 시보'로 분배되어 있으나 현재 표준 시보는 2.5 ㎒ 및 5 ㎒로 필요시에만 공급하고 있으며, 대부분 위성통신에 의한 GPS 기능으로 표준 시보를 제공함

o 국내 전파응용설비 사용 현황

- 용광로의 용융온도 측정기로 20 ㎑ 이용 : 포스코 (대구전파관리소) 6개소 등 포함 총 13개소
- 용융온도 측정기 및 우유 열처리 온도 측정기로 60 ㎑ 이용 : (주)남양유업 (서울전파관리소) 3개소 등 포함 총 12개소

보낸 사람: Taeweon Kang [twkang@kriss.re.kr] 보낸 날짜: 2010-07-30 (금) 오후 1:30
받는 사람: ybchun@kaist.ac.kr
참조: tykwon@kriss.re.kr
제목: Fw: [KAIST] 20 kHz 주파수 배분에 대한 질문

전양배 박사님께

아래는 저희 연구원 시간표준분야 책임자이시고 절이시간센터 센터장이신 권택용 박사님 (tykwon@kriss.re.kr)의 답변입니다.
궁금하신 사항은 직접 문의하시면 되겠습니다.
그럼 더위에 건강하십시오.

강태원 드림.

----- Original Message -----
From: Taeg Yong Kwon
To: Taeweon Kang
Sent: Friday, July 30, 2010 12:16 PM
Subject: Re: [KAIST] 20 kHz 주파수 배분에 대한 질문

안녕하십니까?

20 kHz 는 국제적으로 분배된 것으로 국내에만 적용되는 것이 아닙니다.

현재, 국내에서는 20 kHz 를 사용하여 표준시를 송출하고 있지 않지만,

국제적으로는 파악하기 힘듭니다.

권택용 드림.

o 국내 통신설비 사용 현황

- 의무선박국으로 20 ㎑ 대역 이용 (선박용 통신) : 부산해양항만청 (부산전파관리소) 등 5개소 - 20.70 ㎑ 사용 (해안에서 무선전신을 사용하는 해안국에 한함. 최근 사용 안함)
- 고정형 아마추어 무선국으로 20 ㎑ 대역 및 20 ㎑ 주변 주파수 이용 : 22.225 ㎑ / 24.95 ㎑ / 28 ㎑ 등 포함 총 54개소
- 고정형 아마추어 무선국으로 60 ㎑ 주변 주파수 이용 : 52 ㎑ 등 포함 총 50개소
- 이상과 같이 국내외 주파수 사용현황을 파악해 본 결과 온라인전기자동차가 현재 사용하는 20 ㎑에 대해 "전파응용설비"로서 신규 주파수 분배가 가능

함을 확인하고 주파수 분배를 결정

o 방송통신위원회 주파수 분배 내용

- 2011년 5월 12일 방통위고시 제2011-32호 “대한민국 주파수 분배표 일부 개정 고시”
- 개정 사유 : 19-21 ㎑, 59－61 ㎑ 대역의 전파응용설비 사용조건 신설(K205)

1. 개정사유

o 전파응용설비용 주파수를 신규 분배 및 무선마이크 용도로 사용 중인 942~950㎒ 주파수 대역의 이용기간 연장

2. 주요내용

o 19~21 ㎑ 및 59~61 ㎑를 전파응용설비용으로 용도 신규 지정

o 대한민국 주파수 분배표 주석 개정 및 신설

- 942~950㎒의 주파수대역에서 운용중인 방송프로그램 제작의 무선마이크의 주파수 이전기간을 2011년 6월 30일에서 2015년 6월 30일까지 연장(K91)
- 19-21 ㎑, 59－61 ㎑ 대역의 전파응용설비 사용조건 신설(K205)

3. 참고사항

가. 관련법령 : 생략

나. 예산조치 : 별도조치 필요 없음

다. 기　　타 : 신·구조문대비표, 별첨

K91

942~959 ㎒의 방송중계를 위한 고정국용 주파수는 2015년 6월 30일까지 사용하고, 이후에는 1.7㎓대역 또는 방송중계용으로 지정된 대역으로 이전하여야 한다. 다만, 950~959 ㎒에서 사용중인 방송중계용 주파수는 2011년 3월 31일까지만 사용을 허용한다. 942~950 ㎒의 주파수대역에서 운용중인 방송프로그램 제작의 무선마이크는 2009년 6월 30일까지 형식등록을 할 수 있고, 2015년 6월 30일까지 새로이 정해진 주파수 대역으로 이전하여야 한다.

K205(신설)

19-21 ㎑, 59－61 ㎑ 대역은 전파응용설비용으로 사용한다. 다만, 다른 무선국에 유해한 간섭을 주지 않고 사용하여야 한다.

부칙

이 고시는 2011년 5월 12일부터 시행한다.

라. 전기자동차 인프라 및 운영 시스템 기술 및 정책 동향

o 전기차 상용화에 가장 중요한 요소인 충전 방식에 대한 다양한 기술이 개발되어 지고 있음

o 접촉식 충전 방식의 경우 효율은 높으나(90% 수준) 감전에 대한 위험이 있고, 급속 충전기 비용이 매우 비싸고, 급속 충전을 위한 기저 전력을 공급하는데 추가 비용이 많이 소요됨

o 배터리 교환식 충전 방식은 전기차 초기 구입 비용을 절약할 수 있고 충전시간을 단축 가능하나, 배터리를 자동차 수 보다 3-4배로 유지해야 하므로 비싸고 자원이 한정된 배터리를 필요 이상으로 보유해야 하고, 자동화된 배터리 교체시설의 경우 과다한 설비투자비가 필요하므로 효율성 검토가 필요함

o 비접촉 충전 기술은 효율(80% 수준)은 상대적으로 낮으나 안전성이 높고 주행의 자율성을 보장해줄 수 있어 현재 정차 중 비접촉 충전 기술뿐만 아니라 주행중 비접촉 충전 기술에 대한 요구가 증대하고 있고 보급을 위한 기술 개발이 활발히 이루어지고 있음

(1) 접촉식 충전 기술

o 전 세계적으로 충전인프라 개발 및 구축은 초기 단계로서 충전기 인터페이스 등 관련 표준은 확립되지 않은 상황임

o 일본 및 미국, 유럽 등 각국은 자국의 전기자동차 산업 육성정책에 맞추어 다양한 규격의 접촉식 충전기 개발을 추진 중

o 일본 50kW급, 미국 200kW급, 유럽의 일부 국가에서는 300kW급 급속 충전기 개발 중

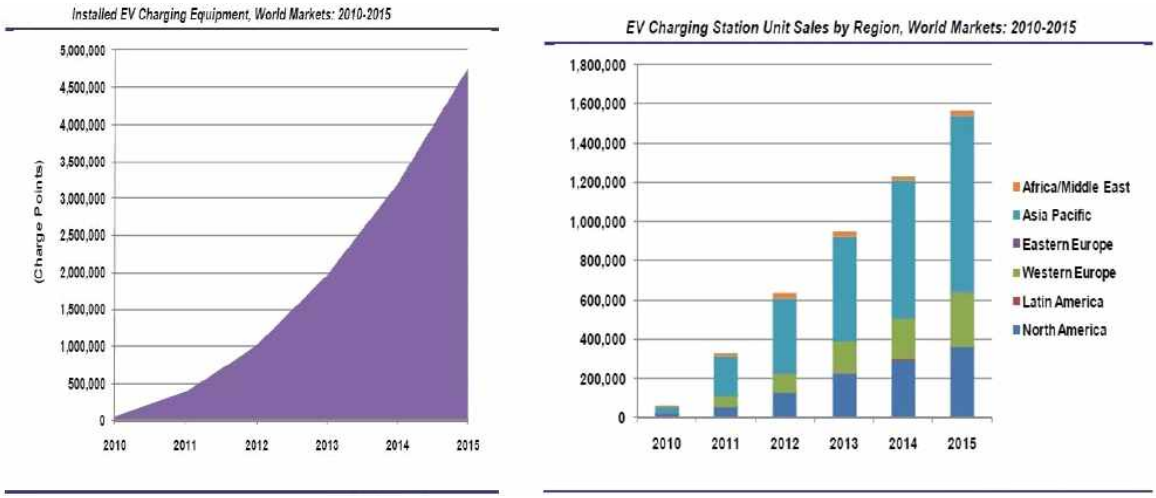
<표12 주요 제조사 충전기 개발 현황>

회 사 차 종		입 력 전 압 (Vac)	출 력 전 압 (Vdc)	정 격 용 량 (kW)	출 력 전 류 (Adc)	분류	출 시
하세텍 (일본)		3상 200V	500	50	125	급속	'08.7
다카사고 (일본)		3상 200V	500	50	125	급속	'09.5
다카오카 (일본)		3상 200V	500	50	125	급속	'09.7
템펠 (일본)		3상 200V	400	60	150	-	-
Elektromotive (영국)		240V	-	4.8	-	-	'07
Coulomb Technologies (미국)		208V	240	7.2	30	-	'08
		240V	120	1.9	16	-	'08
Park & Charge (유럽)		230V	230	3.6	-	-	-

※ 자료 : 한국 스마트그리드 사업단

o 주요 선진국 중심으로 충전인프라가 일부 구축되어 있으며, 향후 세계 자동차 산업 방향 및 각국 정부의 정책적 지원과 맞물려 순차적으로 확대 예상

o 2010 ~ 2015년 470만개 충전 장치 설치, 2015년 충전기 시장 규모 $1.55억불 전망



<그림6 충전기 세계 시장 전망>

※ 자료 : Pike Research

o 표준화 문제와 급속 충전기 보급 시 비용 문제 등으로 현재 완충 충전기의 보급은 일부 이루어지고 있으나 오랜 충전 시간이 요구되고, 접촉식 충전 방식으로 인해 안전성 문제로 비오는 날 등 위험성이 높아 거의 활용되지 못하고 있는 실정임

(2) 배터리 교환식

o 충전 대신 충전된 배터리로 교체하는 방식으로 베터플레이스란 미국 실리콘 밸리의 한 회사가 제안, 르노 닛산과 제휴해 개발한 배터리를 교환하거나 임대하는 비즈니스 모델로 양사는 배터리 교환 방식의 '퀵 드롭' 시스템까지 갖춰 이스라엘과 덴마크에 시범 실시하고 있음

<그림7 배터리 교환소>

o 베터플레이스의 전기차 프로젝트는 리튬이온 배터리를 싼 가격이나 무상으로 공급하는 대신 전기를 판매해 수익을 내는 사업 모델임

o 지난해 출시한 닛산의 전기차 '리프'와 르노의 플루언스 Z.E에 배터플레이스의 배터리 교환방식을 채택했고, 일본 요코하마에도 최근 이 배터리를 쓸 수 있는 충전소가 설치됐음

o 르노닛산과 베터플레이스 연합은 지난해 5월까지 이스라엘을 포함한 60개 국가 및 도시와 파트너십을 맺고 이를 확산시킨다는 방침임

PBP(Project Better Place)의 개요

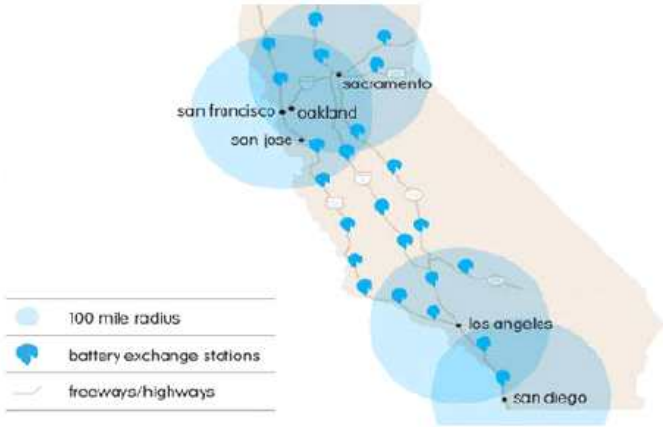
- CEO : Shai Agassi(미국과 이스라엘 이중국적 보유)
- 설립연도 : 2007년
- 자본금 : 2억 달러
- 주요 투자처 : Vantage Point Venture Partners, Israel Corporation, Israel Cleantech Ventures, Morgan Stanley 외 개인투자자 등
- 사업 경과 : 2008년 이스라엘과 덴마크에서 전기차 전지 충전 및 교체 인프라 구축권 획득

<그림8 PBP의 개요>

※자료 : 한국자동차 산업연구소 전기차 조기상용화 가능성과 신비즈니스,2008.9

o 보급 현황

- 이스라엘
  - '08년 1월 Renault社-Nissan社가 전기자동차를 공급하고, Project-Better-Place社가 인프라를 구축하며 이스라엘 정부가 제도적 지원을 하는 방식의 전기자동차 보급 계획 발표
  - Project-Better-Place社는 '12년까지 전국에 50만 개소의 전기자동차 충전장치 및 125개소의 전지교환 네트워크를 구축 중
  - 이스라엘의 경우,10만대 전기자동차에 대해 25만대(2.5배)충전장치와 150개소 전지교환소가 필요한 것으로 추정
- 미국 사례
  - 캘리포니아 지역에 고속도로 주변과 주요 거점 지역에 배터리 교환소 건설 예정



<그림9 캘리포니아 지역 배터리 교환소 건설 계획>

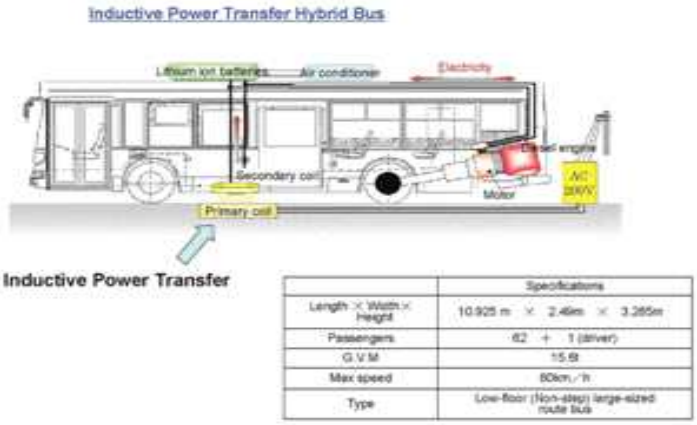
o 배터리 교환방식이 자리 잡기 위해선 배터리 표준화와 자동차 표준화 등 넘어야 할 과정이 많음

- 표준화된 자동차와 배터리 설계에서 많은 비용이 드는데다 금융지원 등 보조가 없이는 시스템이 정착하는 데는 오랜 시간이 소요될 것임
- 충전소 건설 가격과 추가적인 배터리가 요구되므로 경제성 확보가 어려운 방안임
- 우리나라의 경우 전국 주요소는 2009년 현재 1만 3천개 내외로 추산되며, 여기에 배터리 교환소 건설 시 65억$ (50만$/1개소, 환율 1,200원 기준으로 7.8조원에 해당. 이스라엘 Project Better Place 홈페이지 자료 인용)이상의 소요비용이 추가로 예상됨. 이외도 추가적으로 보조 충전시설이 별도로 요구될 수 있어 현실적 타당성이 적어 보임

(3) 비접촉 충전 기술

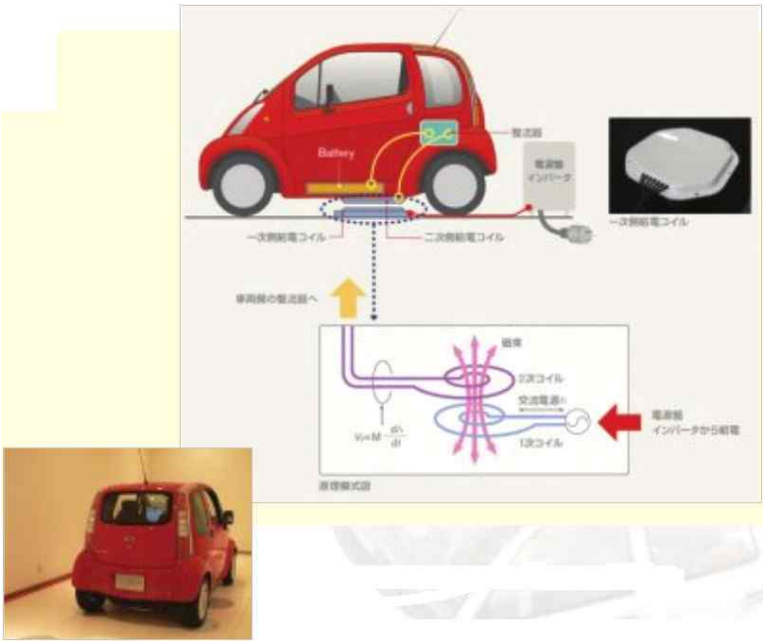
o 일본의 하이브리드 버스 정차중 비접촉 자기충전 기술

- 일본 국토교통성이 2002년부터 '차세대 저공해차 개발 및 실용화 촉진 프로젝트'를 시행하여 2008년 2월부터 하네다 공항에서 시험운행 중. 정차 중 도로에 매립된 급전장치에서 비접촉으로 급속 충전하는 방식 이용



<그림10 일본 정차중 비접촉 자기충전 기술>

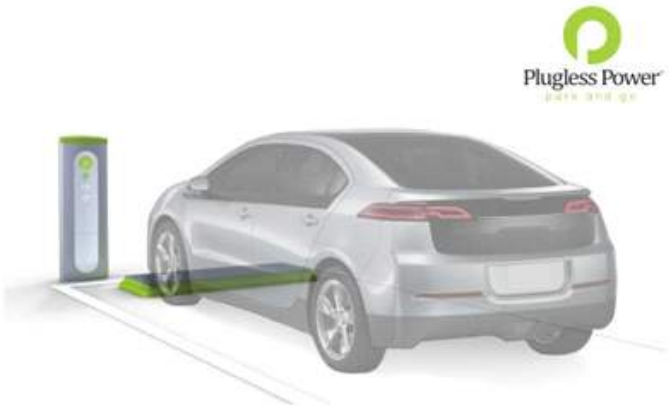
o 2009년 7월에 개최된 닛산의 “첨단기술설명회-시승회 2009”에서 전기자동차용 정차중 비접촉 충전시스템을 공개함.



<그림11 닛산의 하이퍼미니 비접촉 충전시스템 적용>

o 미국 버지니사에 위치한 MTC Transformaers가 설립한 에바트랜에서 전기자동차를 근접에서 충전할 수 있는 자기유도방식의 ‘플러그리스 파워 (Plugless Power)’ 무선 충전 솔루션 출시

- 현 시스템은 배터리 충전 시 약 20%의 에너지 손실이 발생하지만 2011년 시판 시 90%이상으로 에너지 효율성을 보완할 계획임



<그림12 에바트랜의 플러그리스 파워>

o 델파이오토모티브는 무선 에너지 전송 기술 공급업체인 와이트리시티(WiTricity Corp.)와 제휴를 통해 가정용 / 상용 무선 충전 인프라 시스템 개발 계획을 발표함 (2010년 10월)

o KAIST에서는 공진형 자기유도 기술을 적용하여 주행중 비접촉 충전 방식의 원천 기술을 확보하고 실용화를 위해 기술 개발 중임

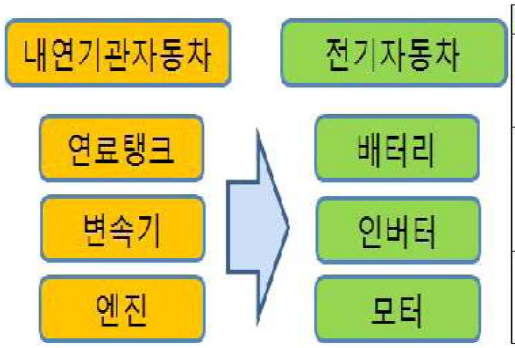
- 공극이 17cm이상에서 80%의 효율을 달성하고 전자파 문제와 같은 안전성 문제를 해결할 수 있는 원천 기술 확보함
- 정부지원을 통해 2009년도부터 현재까지 4대의 온라인전기버스 시제품을 개발하여 캠퍼스 내에서 시험 운행 중임.

o 비접촉식 충전 방식은 현재 기술적인 완성도를 높일 필요성은 있으나 비접촉으로 인해 안전하고, 주행의 자율성이 보장되어 대중 교통시스템에 가장 적합한 대안으로 대두되고 있음

2. 국내외 경제동향 및 분석

가. 시장환경

o 전기자동차는 내연기관의 엔진을 대신하여 외부로부터 충전된 배터리의 에너지를 사용하는 전기모터만으로 구동하는 자동차를 의미함



구분	주요특징
에너지 사용효율	내연기관 자동차(소형 기준) 대비 약 7.3% 우수
단위 연료비당 주행 가능거리	내연기관 자동차(소형 기준) 대비 6.3배 우수
온실가스 (탄소) 배출	내연기관 자동차(소형 기준) 대비 55% 절감

<그림 13 전기자동차 충전 인프라 구축방안>

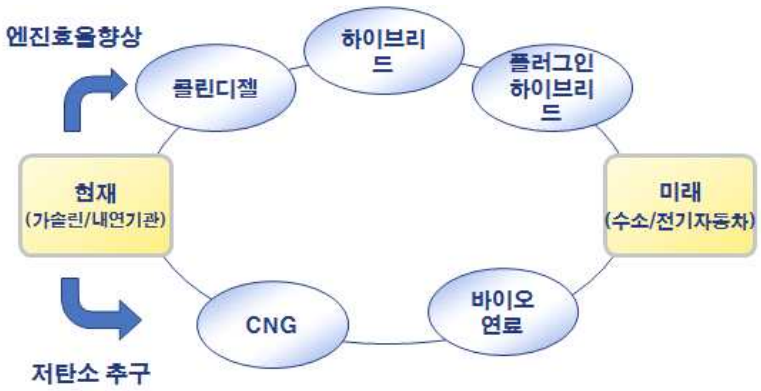
※ 자료 : 한국 스마트그리드 사업단

o 친환경 자동차 시장은 2009년부터 급속히 시장성장이 되고, 2015년경에 미국 내 친환경 자동차 시장은 2007년 대비 5배 이상의 성장을 전망함(출처 : EIA Annual Energy Outlook 2009)

o 미래의 자동차 구입기준도 연료의 효율과 환경 친화적으로 바뀔 예정임.

o 자동차 시장에서의 친환경차(Green Car, 그린카) 기술의 발전을 예측하기는 쉽지 않으나 장기적인 관점으로 보면 현재 판매되고 있는 하이브리드 자동차와 클린디젤 자동차가 플러그인 하이브리드 자동차로 발전한 다음, 2020년 이후 수소 연

료전지 자동차와 전기자동차 형태로 진화하는 것으로 대체적으로 의견이 일치하고 있음. 친환경차량의 비중은 지속적인 상승이 예상되며, 온라인 전기자동차는 전기자동차의 새로운 진화형태로 인식될 수 있음



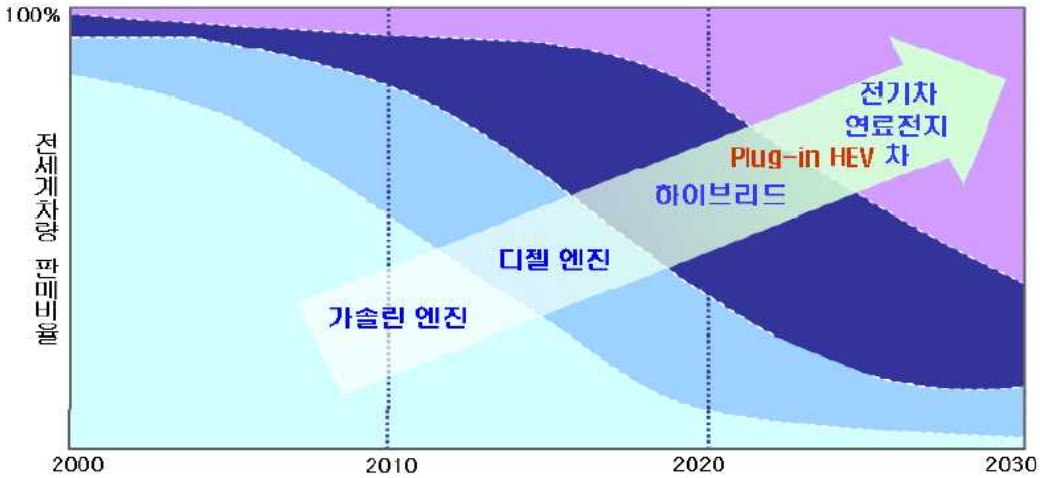
<그림14 미래 그린카 발전 방향>

※자료 : LG Business Insight 2009년4월 22일자

o 수소 연료전지와 배터리의 경우 연료전지의 촉매 및 배터리의 전극기술 등에서 꾸준한 발전이 이루어지고 있지만, 가격과 성능 부분에서 해결할 사항이 아직 많이 남아 있음

o 하이브리드 전기자동차 시장은 2015년까지 연평균 33%의 고성장이 예상됨(2015년 400만대 시장 형성). 2025년 이후는 점차로 전기자동차 중심의 시장으로 변환 예상

o 자금난에 시달리는 GM등 미국 자동차 메이커보다는 기술적, 경제적으로 앞선 일본 자동차 메이커가 시장의 주축을 이룰 전망임



<그림15 친환경 자동차 시장 전망>

※자료 : Holden Advanced Engineering

(1) 해외 전기자동차 수요전망

o 전기자동차의 향후 시장 전망은 조사 관점이나 조사 주체, 조사 시기에 따라 다양한 예측이 제시되고 있으나 그 비중이 급속히 증가할 것이라는 공통된 예측을 보임

o 미국 보스턴 컨설팅 그룹
- '20년에 전기자동차와 PHEV 등 전지를 주동력으로 하는 자동차의 전 세계 판매 대수가 300만대를 전망
- 전기자동차는 서유럽을 중심으로, PHEV는 북미를 중심으로 '20년에 각각 150만대씩 판매될 수 있을 것으로 전망
- '20년의 대표적인 친환경차는 여전히 HEV로 1,100만대 판매전망

o 프로스트 앤 설리반 컨설팅
- 표준적인 예측에서는 '15년에 121만대의 전기자동차가 판매되고 2020년에는 전체 승용차 판매대수의 7%를 전기자동차가 차지할 것으로 전망

o 후지경제
- '15년 전 세계 전기자동차 시장의 규모가 7,700억엔 규모에 달할 것으로 전망
- 당분간은 HEV가 전기자동차 시장을 견인하면서 '15년에 10조엔 가량의 시장을 형성할 것이라 전망

o 독일 전력회사 RWE
- 독일 내 신차판매에서 차지하는 전기자동차(PHEV 포함)판매비중이 '20년에 최고 23%에 달할 것으로 전망
- 낙관적 시나리오의 경우, '15년에 전기자동차는 신차판매의 4%를 차지하고 2020년 이후에는 23% 가량을 차지할 것으로 전망
- 비관적 시나리오에서는 '20년 이후에도 전기자동차 판매비중이 2%대에 불과

o 노무라연구소
- '15년 전기자동차에 대한 전 세계적 수요는 전 세계적으로 50만대에 이를 것으로 예상
- '20년에는 전 세계 자동차 수요의 10%인 600만대를 예측

o J.D Power-'09년 7월
- 서유럽에서의 전기자동차 시장전망 조사결과에 따르면 유가변동, 기술력 향상에 따라 '20년에 31만~107만대 수요 예측

(2) 국내 전기자동차 수요전망(자료 : 전기자동차 충전인프라 구축방안 - 한국 스마트그리드 사업단)

o 서울시가 '10년 상반기 근거리 저속자동차 35대 업무용으로 활용하고, 하반기현대-기아차에서 시제품으로 약30대를 제작하여 제주실증단지 및 관공서에 배치하여 운행할 예정이나,'11년 하반기부터 양산품 전기자동차가 출시될 전망

o 전기자동차 양산체계가 구축되고, 관련법·제도가 보완되는 '12년을 기점으로 전기자동차가 본격적인 판매가 예상

o '12년 약 4,000대 수준의 판매 예상, 이후 '15년 까지 연평균 200%의 고도 신장세

o '20년 기준 총 내수의 약 20%인 100만대 전기자동차 보급예상

o 차종별 전기자동차 생산물량 예측
- 초기단계에는 소형차 및 경차 위주로 보급, '20년 이후 중·대형차까지 전기자동차의 개발 및 보급 확대 예상

<표13 차종별 전기자동차 생산물량 예측>

구분	2011년	2012년	2013년	2015년	2020년	비고
경차	0.2	0.6	6.2	18.1	137.1	경차비중 점차 확대
소형차	0.6	2.6	18.7	32.5	259.2	당분간 소형차 중심
중형차	0	0	0	0	0	중형이상 '20년 이후
대형차	0	0	0	0	0	
합 계	0.8	3.2	24.9	50.6	396.3	연평균 60% 증가

※자료 : 전기자동차 충전인프라 구축방안 - 한국 스마트그리드 사업단

(3) 국내외 전기 버스 출시 현황

(가) 해외 현황

o 미국 : 프로테라(버스 제조회사)
- 내구성이 뛰어난 알테어 나노 배터리를 탑재하여 10분 충전으로 40-60km를 운행하며, 버스의 브레이킹 시 90%에 이르는 자체 회생제동 기능을 이용하여 주행거리를 30-40마일 확대함. 그러나 고가의 배터리 사용 및 주기적인 배터리 교체 및 교환관리의 어려움이 있음

<그림16 미국 배터리 전기버스 출시내역>

o 호주 : 틴도 (Tindo) 전기버스

- 호주 애들레이드시에서 운행하는 전기버스로 최고시속은 80km/h이고 한번 충전에 최고 200km 주행 가능. 버스 집합소에 설치된 태양 전지판을 통해 집전된 전기를 사용함. 무료로 운행 중임. 비용이 고가임

<그림17 호주 전기버스 Tindo>

o 스위스 취리히 : 노면전철 및 전기버스

- 지하철도 전혀 없고, 가스(기름)로 움직이는 버스도 전혀 다니지 않는 도시임
- 대중교통은 전기를 동력으로 하는 노면전철과 버스로만 구성됨. 노면전철은 취리히의 주요 거점지역을 연결하고, 전기버스는 노면전철을 보조하는 교통망으로 형성함. 온라인 전기버스도 취리히 경우처럼 지하철/경전철과 함께 연계하여 연결하면, 친환경 효과를 극대화시킬 수 있음

<그림18 스위스 취리히의 노면전철과 버스>

o 중국

- 중국은 이미 상당수의 전기버스를 운행 중
- 항저우(杭州)에서는 지난 4년간 완샹의 전기버스가 운행되었음

(나) 국내 현황

o 청강문화산업대학의 교내순환버스를 미니 전기버스로 적용함. 향후 온라인 전기자동차를 이용해서 이와 같은 국공립학교를 중심으로 교내 무료셔틀버스 시장의 진입이 가능하다고 판단됨

<그림19 청강문화산업대학 교내 순환 미니전기버스>

※자료 : http://www.chungkang.ac.kr/

o 현대차에서는 2006년 연료전지버스 독자 개발에 착수함

- 200kW급 연료전지를 탑재해 독자 제작한 이 버스는 외관이 일반 버스와 동일하지만 탱크에 저장된 수소와 바깥 공기의 산소를 반응시켜 발생하는 전기를 동력으로 사용함
- 한번 충전하면 400km를 달릴 수 있으며, 최고 속도는 시속 100km에 달함
- 버스 제작비는 대당 약 15억 원이 들었지만, 2010년에는 기술이 보완되어 10억 원 안팎으로 떨어질 것으로 예상함

<그림20 현대차 연료전지버스>

o 한국화이버의 땅콩 모양 전기버스 개발 및 시범운행

- 서울특별시의 지원으로 한국화이버와 현대중공업이 주축이 되어 87kw/h 급 리튬 배터리를 탑재한 전기버스를 개발하여 서울 남산 순환버스 노선에 투입하여 시범서비스를 진행 중임
- 남산 순환도로의 도로 특성으로 사업 초기 목표로 하였던 1회 충전 100km 주행에 문제점을 드러내고 있으며, 향후 20km 이내의 단거리 노선에 투입이 가능할 것으로 분석
- 차량 대당 가격은 초기 투자비용을 포함하여 6.5억원, 이후 개발되는 차량은 4.5억원의 가격을 확보할 수 있을 것으로 보임
- 배터리 탑재 무게가 1.2ton 가량으로 무거운 배터리 문제를 해결하기 위해 fiber 계열의 복합소재를 사용함으로써 차체 강성을 보강하고 배터리 탑재가 가능 및 차체 경량화를 달성함.

o 현대 자동차의 순수 전기버스 일렉시티 개발

- 현대 중공업에서는 2010년 105kw/h 수준의 배터리를 탑재한 순수 전기버스 일렉시티를 개발하여 일부 도시에서 시범운행 중임.
- 배터리 무게는 1.4ton 가량으로 1회 충전시 120km 이상을 주행하는 것으로 되어 있으며, 차체경량화 및 강성을 위해 바디 일체형 차체를 개발하였으며, 저상버스 표준으로 개발되어 향후 현대 자동차의 표준 전기버스 모델로 개발이 진행 중임.

o 레오모터스의 마을버스용 전기버스 개발

- 산업계에서 120kW급 대용량 모터와 리튬 폴리머 배터리를 장착해 1회 충전 시 주행거리 70km, 최고 속도 80km인 마을버스용 25인승 전기 버스 개발함
- 배터리를 대량 장착해야 하므로 버스 비용이 고가이며, 배터리만으로 구동을 하므로 배터리 사용 시간에 한계가 있음

<그림 21 PEV 전기버스 - 프랑스에서 운행되는 레오모터스 전기버스 모델>

나. 산업구조 및 경쟁력

(1) 무선 충전 전기버스 이외의 친환경 버스 차량

o 전기버스 : PEV, BREV, HEV, PHEV

o 고효율 내연기관(ICV - Internal Combustion Vehicle) 차량

o 대체연료 에너지 차량 : 수소연료전지버스(FCEV)

- 이들 경쟁시스템은 앞에서 언급한 승용부문의 내용과 동일경쟁 양상

(2) 궤도형 대중교통수단과의 비교 : 잠재적 경쟁시스템

o 온라인 전기버스 외의 대중교통수단은 경전철, 지하철/전철 등이 있음

o 전차나 전철은 전기를 "접촉식"으로 공중의 전선으로부터 접촉을 통해 전기를 받아들여 구동하는 방식이고, 온라인 전기자동차는 도로 바닥에 매설한 전력선으로부터 자기유도방식으로 전기를 받아들이는 개념임

o 지하철/전철의 특성

- 온라인 전기버스와는 시장 성격이 다름. 1회 수송능력이 우수하므로, 고정적으로 대규모 인원을 수송하는데 적합
- 전철은 차량규모에 따라 서울에서 도입 운영 중인 대형전철(HRT)과 부산, 대구 등 지방도시의 중형전철(MRT)로 구분
- 대규모 도시에서는 통근·통학을 위한 기간수송수단임. 주로 간선교통축에 대한 서비스를 제공하기에 적합한 수단임. 수요변화에 신축적 대응이용이하지 않다는 단점이 있음(노선이 고정된 형태)

o 경전철/현수형 궤도전차의 특성

- 일정한 궤도를 따라 주행하는 신교통수단의 대중교통시스템임. 완전자동무인운전으로 시스템비용이 많이 소요됨. 온라인 전기버스와 경합 혹은 상호 보완될 수 있는 시장. 또한, 온라인 전기자동차 원천 핵심기술을 활용하여 온라인 경전철에 대한 연구도 향후 가능
- 국제적으로 경전철은 공항연결수단으로 많이 활용되고 있으며, 노르웨이 오슬로, 홍콩, 미국 유타주(州)의 솔트레이크시티, 일본의 교토 등이 대표적임. 2000년 이후 한국철도기술연구원에서 철제차륜형·고무차륜형 경전철 등을 대상으로 경전철 기술개발사업을 추진 중이며 국내에서는 지자체별로 경쟁적으로 경전철 유치를 위해 노력 중(하단 그림 참조)

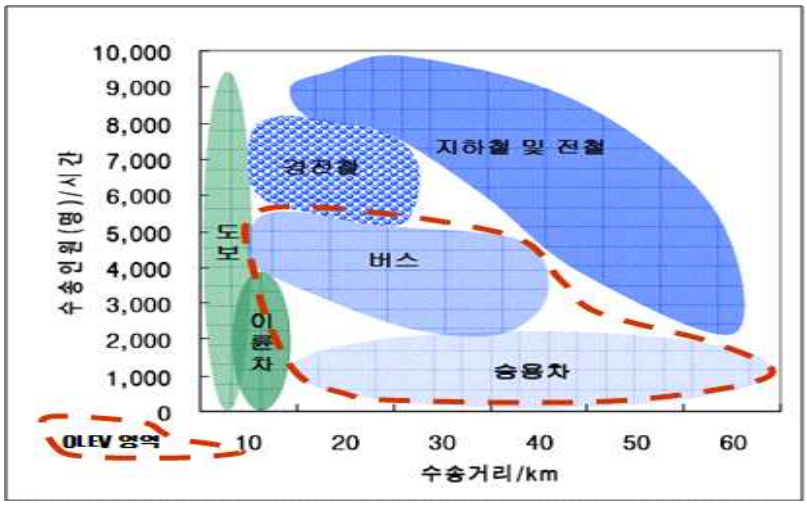
<그림 22 전국 경전철 추진 현황>

o 기타 : 이륜차, 삼륜차

- 온라인 전기자동차와는 특성상 핵심 경쟁대상 시장이 아님. 해외에서는 국가의 특성에 따라 이륜차, 삼륜차에 대한 온라인 전기자동차 모델이 필요할 수도 있음

(3) 상용부문 잠재적 경쟁시스템과의 비교분석

o 지하철/전철, 경전철은 시간당 수송능력이 우수한 장점이 있으나, 노선변경에 제약이 있고, 역사나 철로의 공사비가 많이 들어 대규모 투자가 되어야하는 수단임



<그림 23 비 차량부문 OLEV 경쟁시스템 종류>

※자료 : 한국철도기술연구원 2008년 12월 발표자료 '경전철 현황 및 성공적인 사업추진 방안'

o 특히, 경전철은 전용노선을 이용하고 주로 고가, 지상, 지하에 설치해야 하므로 공사 및 미관상의 문제가 있을 수 있으나 시간당 수송능력이 뛰어남

o 이에 비해 온라인 전기버스는 수요변화 대응이 용이하고, 노선 변경이 가능하므로 전철, 경전철과 상호보완적으로 활용될 수 있음(스위스 취리히도 전기버스와 경전철을 혼합하여 도시 전체를 친환경 도시화하고 있음)

<표 14 주요 신 대중교통수단 비교 >

구분		도입공간	노선형태	운행관리	승객수(명)
경전철	노면전차	지상	부분공용	기사	30~100
	무인자동궤도전차	고가, 지상, 지하	전용/공용	컴퓨터	60~130
	모노레일	고가	전용	기사	40~80
	자기부상열차	고가, 지상, 지하	전용	기사	50~150
현수형궤도전차		공중	전용	컴퓨터	50~150
대여용전기자동차 / 온라인 전기자동차		일반도로	공용	기사/승객	1~5
버스 / 온라인 전기버스		일반도로	공용	기사	1~80

※자료 : Washington University, Innovative Transportation Technologies. 2007년

o 온라인 전기버스는 기존 도로망을 재활용하므로, 상대적으로 공사비, 운영비용이 저렴함

<표 15 시설투자비용 비교 >

구분	시설투자비(억원/km)	수송능력(인/시간)
지하철	700 ~ 900	40,000 ~ 80,000
중량전철	800~1,000	30,000 ~ 50,000
경전철	**200~500**	**7,000 ~ 30,000**
현수형 궤도전차	30~70	5,000 ~ 20,000
온라인 전기버스	**3.07~3.73**	**1 ~ 5500**

※자료 : "우리나라 경전철 도입 현황과 보완방안에 대한 연구", 2007년 철도학회. 자료 일부 추가

o 1km당 경전철과 현수형 궤도전차의 시설비용은 각각 지하철의 53%, 31% 수준이나, 온라인 전기버스는 경전철의 평균 1% 수준임. 수송인구를 고려한 시설투자비용으로 비교해도 경전철의 7% 수준이므로 훨씬 더 저렴한 비용으로 친환경 교통을 조성할 수 있음

3. 국내외 기술개발 동향 및 분석

가. 특허분석

o 현재 무선 충전 방식 전기자동차 관련 기술은 09년도 교과부 과제 수행을 통해 원천기술을 확보하였고, 10년도에는 원천기술을 실증 수준으로 개발하고 전기자동차 공통 핵심 기술 개발을 추진 및 확보하였음

o 이러한 기술을 바탕으로 무선 충전 전기버스의 상용화 추진을 위하여 Test Bed 구축 및 최적화를 목표로 하여 실제 Test Bed 구축 및 운영에 대한 분야, 차량 운행을 위한 급전 도로 시공 및 유지 관련 분야, 그리고 Test Bed 구축이 가능하기 위하여 기 확보된 기술을 보완하는 세 분야로 분류하여 연구 추진 예정임

o 세 분야를 중심으로 기술개발분석(특허, 논문)분석을 추진하였으며, 자료는 NDSL과 Landmark를 활용하였음

o 표준급전 인프라 구축에 대한 직접적인 특허는 없고, 대부분이 인증에 관련된 특허이며 기존에는 일본과 미국이 주축이 되어 추진하였으나, 최근에는 한국에서도 특허는 내고 있는 상태임. 향후에는 표준 급전인프라 구축에 따른 전기차 인증 관련 국내외 특허 출원에 관심을 많이 기울여야 할 것으로 판단되고 있음

o 시스템 운영 관리의 경우에는 1999년부터 꾸준히 특허를 내고 있으며, 미국이 가장 많고 다음을 한국, PCT, 일본 순임. 차량의 위치정보나 운행 정보 전송에 대한 특허가 많고 그 뒤로 데이터 취득 및 저장에 관련된 특허가 주를 이루고 있음

o 급전 도로분야는 급전선로와 급전도로 시공 및 유지관리로 나눌 수 있으며 급전선로는 대부분이 자기결합 방식에 대한 특허이며 향후에는 공진형 자기결합 방식에 대한 특허도 출원될 것으로 예상됨. 급전도로는 신속한 시공을 위하여 Precast 구조물형태로 연구를 추진하였음

o 급집전 시스템 성능 보완 분야는 레귤레이터, 인버터를 위주로 연구가 추진되었으며, 인버터는 대부분이 무선 전력 기술이 주도할 것으로 예상됨

(1) 표준 통합 시스템 성능검증 및 운영관리기술 개발

(가) 표준급전인프라구축 및 통합시스템 검증

o 전기차의 급전인프라 구축에 대한 특허는 다양한 경로를 통해 조사해 보아도 나타나지 않는데, 그 이유는 지금까지의 전기차는 급전인프라 구축이 필요하지 않는 순수한 전기차의 차체에 대한 개발이며 그 중에서도 배터리와 구동 모터의 성능 보완과 차체 적용에 집중하였고 급전인프라는 대개 일반 도로를 중심으로 진행되었기에 Test Bed 구축에 대한 직접적 특허는 없음.

o 하지만 Test Bed를 구축하기 위해서는 무엇을 시험하고 평가할 지에 대한 항목과 시험방법, 시험 기준 등이 명확하여야 하기에 인증평가 관련한 특허 내용을 분석하는데 중점을 두고 진행함.

o 전기차에 대한 인증과 관련해서는 전 세계적으로 개발 및 상용화를 도입하는 단계이므로 지속적으로 평가방법 및 평가 기준에 대한 연구가 미국과 일본을 주축으로 진행되었으며 최근 들어 한국 또한 인증 및 평가 관련 특허가 증가하고 있어, Test Bed 구축에 따른 인증 관련 특허에 비중을 높여야 함을 알 수 있고 향

후 인증에 대한 표준화 주도권 쟁탈전이 국가별로 치열할 것으로 전망됨.

o 본 특허 조사는 주로 국토해양부 홈페이지의 NDSL 및 Landmark(특허분석 시스템)를 이용하였음.

o 본 특허분석에서는 급전인프라 구축에 따른 인증 관련한 특허 분석에 중점을 두었고, 향후 인증평가 관련한 표준화 주도권 쟁탈전이 국가별로 치열할 것으로 전망되므로 본 국토해양부 과제 수행에 있어서 표준인프라 구축에 따른 전기차 인증 관련 국내외 특허 출원에 집중해야 할 것으로 판단됨.

<그림 24 전기차 인증 평가 관련 국가별 특허 출원 현황>
※ 출처 : NDSL 및 Landmark

o 전기차의 인증 관련 특허 중 국가별 연도별 상황을 살펴보면 미국이 50%, 일본이 45.45%로 대부분의 특허를 주도하고 있는데 이는 PATH Project를 마무리했던 2004년도에 미국이 가장 많은 특허를 냈고, 하네다공항에 설치된 정차 중 충전 시스템을 도입한 2006년과 2007년도에 일본이 관련 인증 특허를 출원하여 그 뒤를 따르고 있음.

<표> 국가별/연도별 출원 동향(2001년 ~ 현재까지)

구분	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	합계
유럽	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
일본	0	0	0	2	2	3	2	0	1	0	10
한국	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
미국	1	0	1	4	0	1	0	2	2	2	13
국제	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
총합계	1	0	1	7	2	4	2	2	3	2	24

<그림 25 전기차 인증 평가 관련 연도별 특허 출원 현황>

※ 출처 : NDSL 및 Landmark

o 또한, 국가별 연도별 전기차 인증 특허를 살펴보면 2004년부터 PATH Project에 힘입어 미국에서 전기차 관련 인증 특허가 증가하다가 그 이후로 줄어들고 일본도 하네다공항의 정차 중 충전 시스템이 도입되는 2004년부터 2007년 사이에 집중되다가 이후 감소되고 있음.

<표> 국가별/연도별 출원 동향(2001년 ~ 현재까지)

구분	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	합계
유럽	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
일본	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
한국	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4
미국	1	3	0	5	1	3	1	0	3	0	17
국제	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
총합계	1	3	0	5	1	3	1	2	8	0	24

<그림 26 전자파안전 관련 연도 및 국가별 특허 출원 현황>

※ 출처 : NDSL 및 Landmark

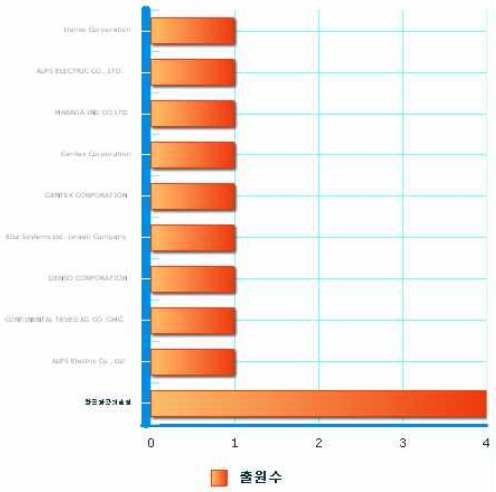
o 반면, 전자파안전(인증) 관련 특허를 국가별 연도별로 살펴보면 전기차 인증과 맞물려 미국이 주도적으로 특허 출원을 주도하고 있으나, 한국은 KAIST의 온라인전기자동차 개발이 착수되는 2009년부터 특허 출원이 늘어나고 있음.

한국과학기술원 이 4 건으로 가장 많은 출원를 한 것으로 나타났으며, 가장 최근에 특허를 출원한 상위 10명은 <표>와 같다.

<표> 출원인별 건수 및 순위 (2001년 ~ 현재까지)

순위	출원인	건수
1	한국과학기술원	4
2	Gentex Corporation	1
2	Denso Corporation	1
2	DENSO CORPORATION	1
2	ALPS Electric Co., Ltd.	1
2	Elta Systems Ltd. Israeli Company	1
2	HARADA IND CO LTD	1
2	ALPS ELECTRIC CO., LTD.	1
2	GENTEX CORPORATION	1
2	CONTINENTAL TEVES AG CO. OHG	1

<그림> 출원인별 동향 (2001년 ~ 현재까지)



<그림 27 전자파안전 관련 특허 출원인 동향>

※ 출처 : NDSL 및 Landmark

o 또한, 전자파안전 출원인 동향을 보면 한국과학기술원(KAIST)에서 가장 많은 특허(4건)를 출원하고 있음.

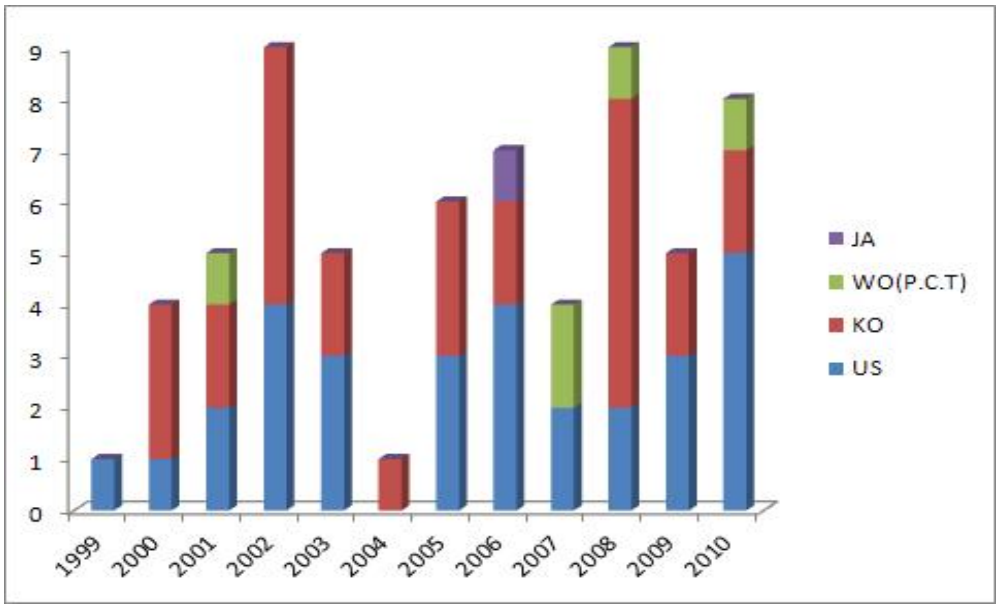
(나) 통합시스템 운영관리 기술 개발

o 운영관리 시스템 분야의 경우 1999년부터 꾸준히 차량 및 인프라 운영 시스템 분야에 대한 특허가 출원되고 있음

o 등록 국가별로 보면 미국이 30건으로 가장 많은 건수를 차지하고 있으며 한국, PCT 그리고 일본 순임

o 시스템 운영관리 특허 동향을 고려할 때 차량의 위치 정보를 파악하고 차량 및 인프라의 운행 정보를 수집 및 관리하는 운행 지원 시스템 관련 기술 개발이 주로 이루어지고 있으며, 앞으로 더 많이 개발되어야 할 기술이라 판단됨.

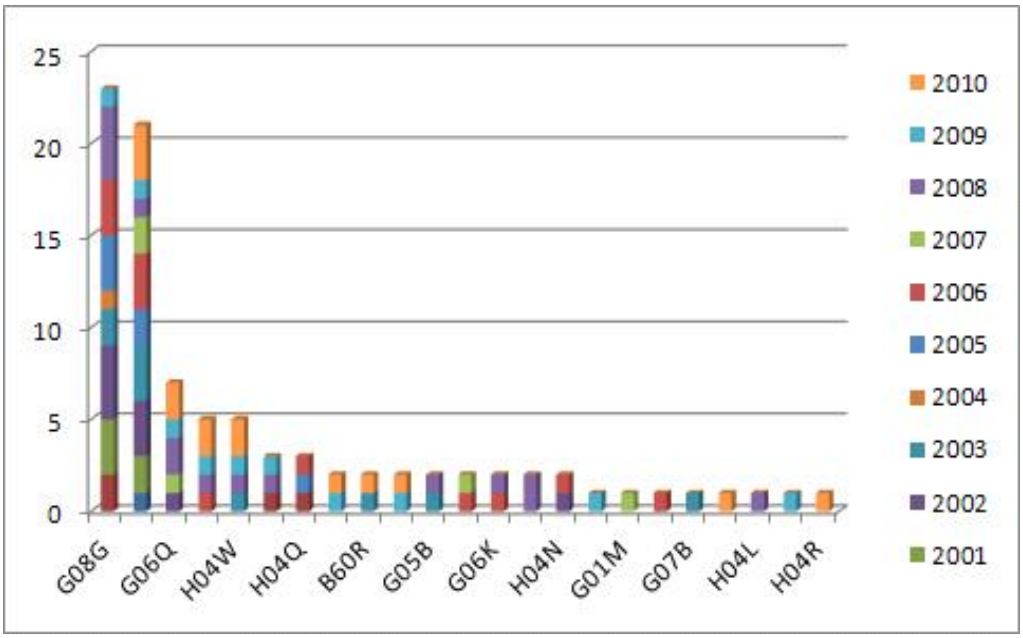
o 각 국가별로 시스템 운영관리에 대한 특허 확보가 진행되고 있으므로 국토해양부 과제에서 시스템 운영관리에 대한 기술을 구축하고 상용화하여 기술 선점을 주도하기 위해 특허 출원 및 확보에 중점을 두어야 함.



<그림 28 연도 및 국가별 운영 관리 시스템 관련 특허 출원 현황>

※ 출처 : NDSL 및 landscope

o 분야별 특허를 보면 차량의 위치 정보나 운행 정보를 전송하는 G08G 관련 특허가 가장 많이 출원되었으며, 데이터를 취득하고 저장하며 처리와 관련된 특허인 G06F와 관련된 특허와 데이터를 디지털로 처리하는 G06Q와 같은 특허 순임.



<그림 29 통합운영관리 시스템 관련 연도 및 분야별 특허 출원 현황>

※ 출처 : NDSL 및 landscope, 분류 기호 : IPC 2011 참고

(2) 무선 충전 급전도로 구조 시공 및 유지관리

o 특허 검색은 NDSL의 특허 데이터베이스를 이용하여 1999년부터 2009년까지 약 10년 동안 출원된 특허를 대상으로 하였음.

o 급전선로 분야는 (Induction Power transfer and magnetic) or (core structure) or (Inductively coupled power transfer) and (primary core or pickup) or (power line) and (Contactless) and (high frequency)를 대상으로 관련 키워드로 검색함.

o 급전도로 시공 및 유지관리 분야는 (Precast concrete) or (Precast pavements or Concrete pavements and Asphalt pavements) or (Concrete construction and Pavement construction) or (Concrete blocks and Concrete slabs) or (Pavements and Pre-cast and Asphalt) or (Repair and Pavement repair)를 대상으로 관련 키워드로 검색함.

o 본 특허 동향조사는 연구 범위에 맞춰 정량 분석을 실시하였고 NDSL의 등록된 특허를 대상으로 각 분야의 키워드로 검색한 결과 총 56건의 특허 중 급전선로는 30건, 급전도로 시공 및 유지관리 관련 기술은 26건으로 선별됨.

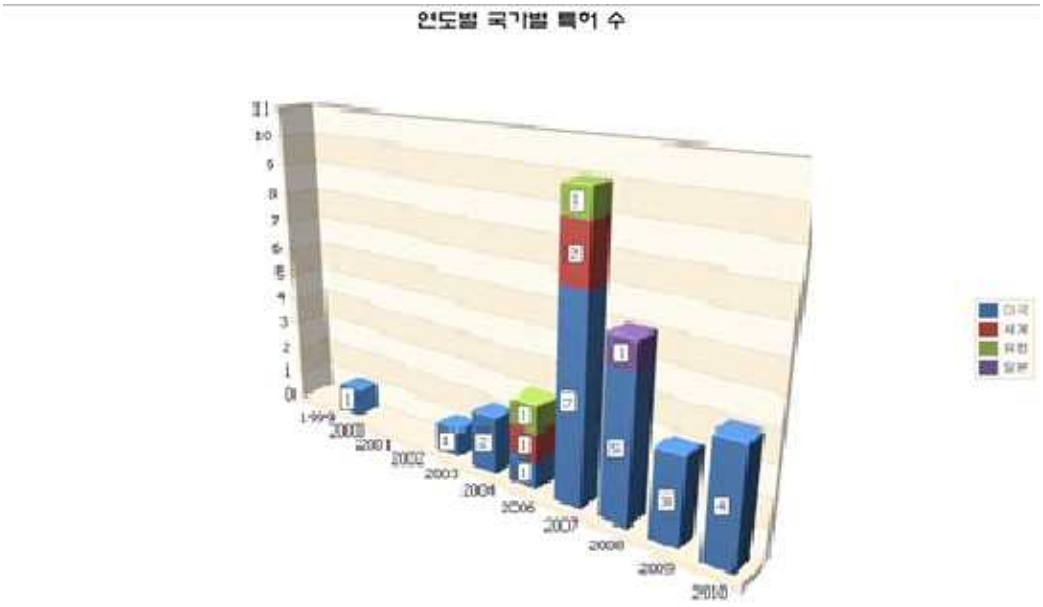
o 무선전력전송용 급전선로에 대한 기술은 향후 무선충전식 전기자동차 시장을 주도할 핵심 분야로써 이 기술의 상용 보급을 촉진하고 세계적 기술 우위를 선도적으로 점유하기 위해서 국토해양부 과제에서는 전송 선로에 대한 독자적 기술 확보와 특허 출원에 주력해야함.

o 또한, 국토해양부 과제를 통해 기존도로와 급전도로의 공존과 상호 문제점 해결을 위해 KAIST에서 개발된 급전구조물 Precast 기술과 기존 특허 등록된 일반도로용 Precast 포장 기술을 상호 보완하여 독자적 무선충전 급전도로 시공 기술 개발이 요구됨

(가) 급전선로

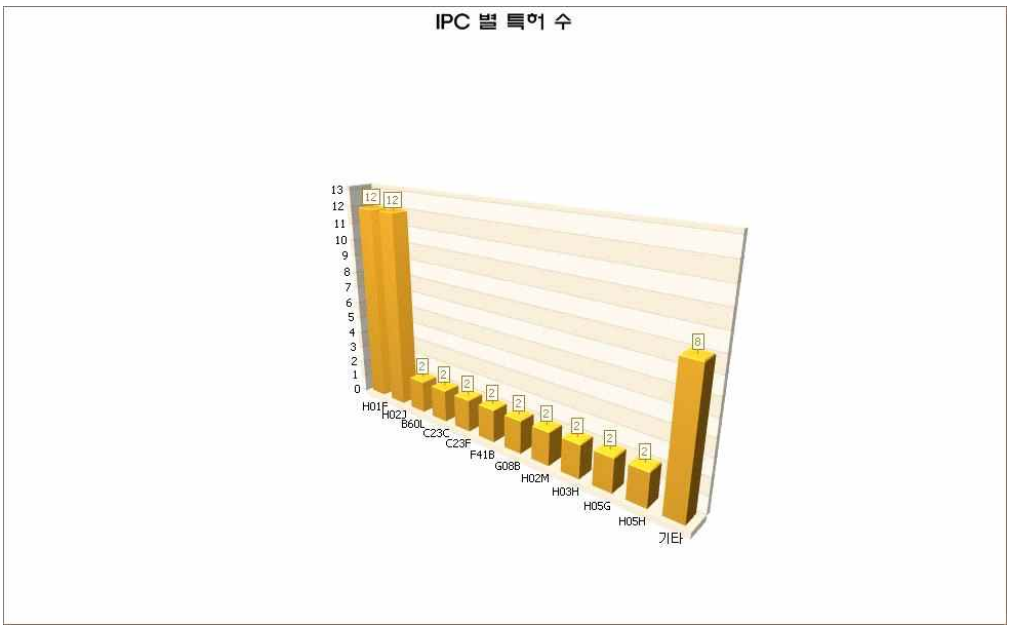
o 급전선로에 대한 특허는 1999년부터 꾸준히 출원되고 있으며 2000대 후반부터 증가하므로 무선전력전송을 위한 급전선로에 대한 관심이 증가함을 알 수 있음

o 특허 출원 국가별 동향을 살펴보면 미국이 24건으로 가장 많은 건수를 차지하고 있으며 유럽이 뒤따르고 있음.



o IPC분류상으로는 H01F(자석, 인덕턴스, 변성기, 다기특성에 의한 재료의 선택) 부분에서 12건의 특허건수가 출원되었으며, H02J(전력급전 또는 전력배전을 위한 방식) 부분 역시 12건으로 대부분의 특허가 이 두 분야에서 출원되었음

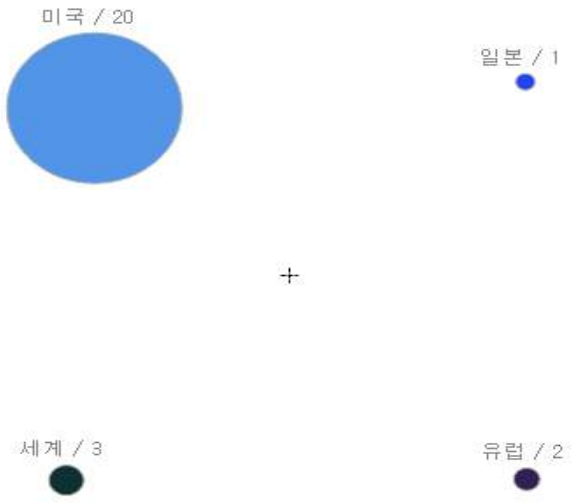
o 현재까지 출원된 대부분의 급전선로 특허는 자기결합 방식에 의한 것이며, 이보다 진보적 기술인 자기공진 방식의 급전선로 특허는 상대적으로 많지 않으며, 이 기술은 또한 한국을 중심으로 최근 들어 주도적으로 개발이 이루어져 왔으므로 국토해양부 과제 수행 시 이에 대한 특허 출원에 중점을 두어야 할 것으로 판단됨.



<그림 31 급전선로 관련 국제특허 분류별(IPC) 특허 출원 비율 현황>

※ 출처 : NDSL 및 Landmark

o 국가별 네트워크 분석 결과 특허 간의 네트워크가 존재 하지 않는데 이는 무선 전력전송 분야의 최신 기술에 대한 국가 간의 기술 경쟁력 확보를 위해 국가별로 치열하게 경쟁하고 있는 단계인 것으로 분석됨.



<그림 32 급전선로 관련 국가 네트워크 특허 현황 분석>
※ 출처 : NDSL 및 Landmark

o 국토해양부 과제를 통해 급전선로의 진보 기술에 대한 특허를 확보하고 상용화 시키기 위한 기술 보완이 이루어진다면 세계적으로 기술적 우위를 점할 수 있을 것으로 판단함.

(나) 급전도로 시공 및 유지관리

o 신설도로가 아닌 기존도로에 급전도로를 구축하기 위해서는 교통통제에 따른 사용자들의 불편함을 최소화하기 위해 정확하고 신속한 급전도로 시공이 이루어져야함

o 급전구조물의 경우 시공기간 단축과 품질관리를 위해 구조물을 조립식으로 현장 설치하여 급전도로를 구현할 수 있는 시공기술이 필요함. 따라서 급전도로 관련 특허 분석을 Precast 콘크리트포장 시공에 대한 키워드로 조사를 실시함

o Precast 콘크리트포장 시공 분야에 대한 특허는 최근 10년간(1999~2009년) 총 26건이 등록되었으며, 2005년 이후 연평균 3건 이상의 특허가 꾸준히 출원되고 있음

o 국가별 Precast 콘크리트포장 관련 특허 출원 비율을 살펴보면 총 26건 중 일본이 19건으로 가장 많았으며, 한국은 총 6건으로 2004년 이후 매년 1건씩의 특허를 출원하였고 2009년 2건의 등록으로 출원비율이 늘었으나 그 수가 상대적으로 적음

o 국토해양부 과제를 통해 기존 조립식 Precast 콘크리트포장 기술을 급전구조물

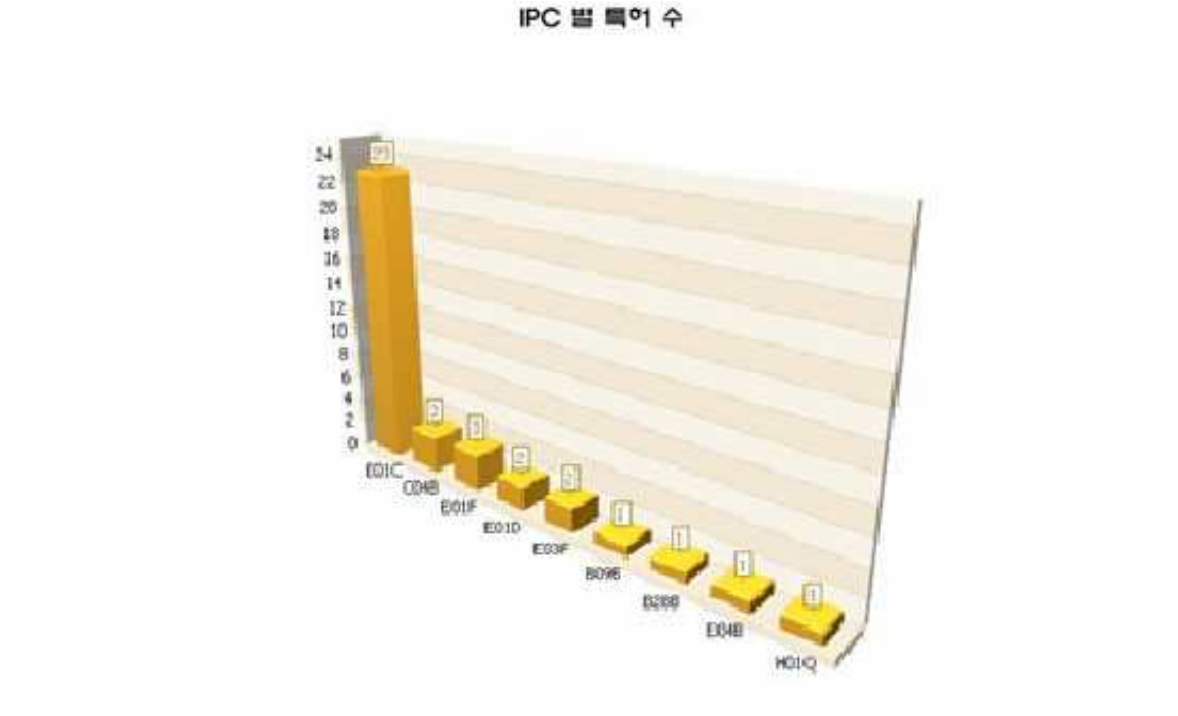
시공에 적용하여 급전도로의 Precast 포장에 대한 특허 출원이 추가되어야 할 것으로 판단되지만 현장타설형 공법과 Precast형 공법을 실제 도로환경 조건에 최적화시켜 공간적, 시간적, 환경적 제반 조건을 고려하여 병행하거나 더 나은 공법을 찾아내어 특허를 확보하는 것도 함께 추진되어야 함.

<그림 33 Precast 콘크리트포장 관련 연도별 국가별 특허 출원 비율 현황>
※ 출처 : NDSL 및 Landmark

o Precast 콘크리트포장 관련 특허를 국제특허 분류별로 살펴보면 도로, 경기장 또는 그와 유사한 것의 건설 또는 그 표면의 시공; 건설 및 보수용 기계 또는 보조 공구 분야(E01C)가 대부분을 차지하고 있으며, 석회, 마그네시아, 슬래그, 시멘트 등 재료 관련 분야(C04B)와 굴착; 토사의 이송 분야(E01D)가 있음.

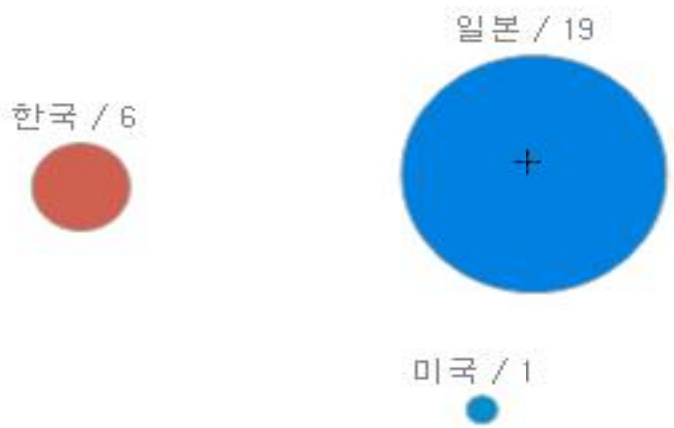
<표 16 국제특허 분류별(IPC) 현황>

IPC	상세설명
E01C	도로, 경기장 또는 그와 유사한 것의 건설 또는 그 표면의 시공; 건설 및 보수용 기계 또는 보조 공구
C04B	석회; 마그네시아; 슬래그; 시멘트; 그 조성물, 예. 모르타르, 콘크리트 또는 유사한 건축재료; 인조석; 세라믹; 내화물, 천역석의 처리
E01F	굴착; 토사의 이송
E01D	교량
E03F	하수; 오수 구덩이
B09B	고체 폐기물의 처리
B28B	점토 또는 다른 세라믹 조성물, 슬래그 또는 시멘트 함유 혼합물, 예. 플래스터의 성형
E04B	건축구조일반; 벽, 예. 칸막이벽; 지붕; 바닥; 천정; 건축물의 절연 또는 기타 보호
H01Q	공중선



<그림 34 Precast 콘크리트포장 관련 국제특허 분류별(IPC) 특허 출원 비율 현황>
※ 출처 : NDSL 및 Landmark

o 국가별 특허 현황을 살펴보면 Precast 콘크리트포장 기술은 일본이 주도하고 있고, 그 뒤를 한국이 따라가고 있지만 국가별 네트워크 분석의 결과는 특허 간의 네트워크가 존재 하지 않음.



<그림 35 Precast 콘크리트포장 관련 국가 네트워크 특허 현황 분석>
※ 출처 : NDSL 및 Landmark

o 현재 등록된 특허 출원 비율 현황을 살펴볼 때 Precast 콘크리트 구조의 포장공법에 관한 연구는 아직 미흡한 실정이지만 조립식 Precast 콘크리트포장 기술을 급전도로 시공 및 유지관리 기술에 응용하여 적용함으로써 효율적이고 경제적인 급전도로 구조에 대한 연구가 이루어질 수 있을 것으로 판단됨

o 국토해양부 과제를 통해 기존도로와 급전도로의 공존과 상호 문제점 해결을 위해 KAIST에서 개발된 급전도로 Precast 기술과 기존 특허 등록된 일반도로용 Precast 포장 기술을 상호 보완하여 독자적 무선 충전 급전도로 시공 기술 개발이 요구됨

(3) 급/집전 시스템

o 급전 인버터 분야의 검색은 IPC 분류의 H02J-017/00(전자파를 이용한 전력 전달)과 인버터를 동시에 포함하여 검색 하였고, NDSL의 특허 데이터베이스를 이용하여 1999년~2010년 사이 출원된 특허 중 총 81건이 검색되었음.

o 집전/레귤레이터분야의 검색은 (IC:H02J-017/00) AND (resonan* OR inductive* OR coil) AND (regulator or pick*) AND (contactless OR wireless)을 Keyword로 하여 무선전력전송에 관련된 특허를 조사하여 총 15 건의 특허가 검색되었음.

o 급전인버터는 2009년 교과부 과제에서부터 원천기술 확보와 실증 차원에서 중점적으로 개발되고 있어 한국이 기술 경쟁국과 동등하거나 우위의 기술력 및 특허를 확보한 것으로 판단되지만 Test Bed 구축을 통해 실외의 천재지변 및 악천후 환경 조건에서 신뢰성 확보와 운용 안정성 등을 보완, 개선하여 상용화를 위한 실질적 기술과 특허 출원이 집중되어야 함.

o 집전장치 및 레귤레이터 분야는 기존 KAIST에서 개발한 기술과 성능을 보완하여 친환경대중교통시스템에 적합한 상용 보급을 위한 기술 확보 및 특허 출원에 집중하도록 국토해양부 과제에서는 중점을 두어야함.

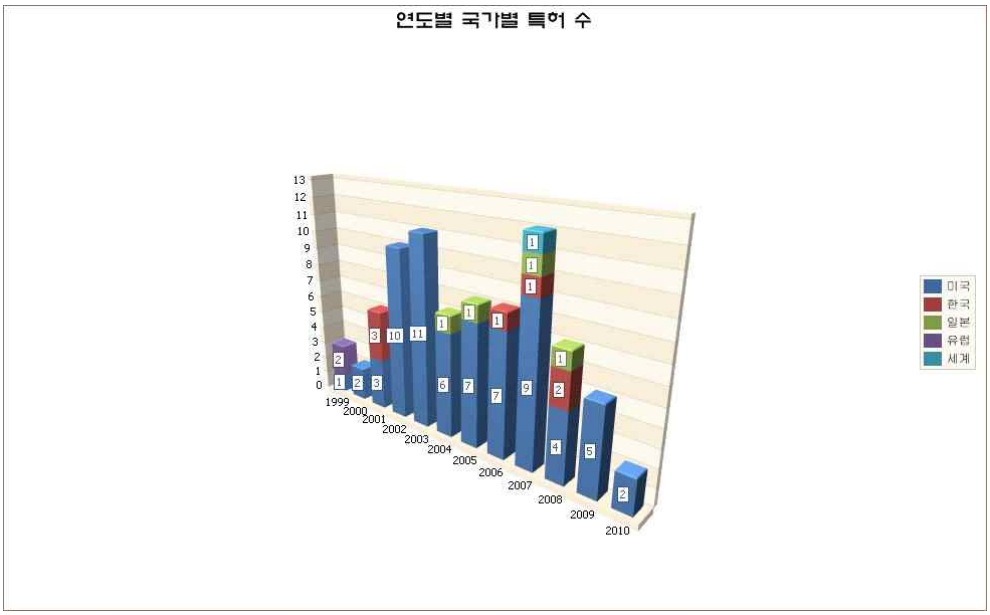
(가) 급전 인버터 분야

o 무선 전력 전송용 인버터에 관한 특허는 1999년 이후 꾸준히 출원되고 있으며, 출원된 특허는 총 81 건으로 미국이 67건으로 약 81%를 차지하고 있으며, 한국은 7건을 발표하여 약 9%를 점유 하고 있음.

o 일반 산업용 인버터와는 달리 특허가 출원이 꾸준히 증가하는 것은 무선전력 전송용 인버터에 관한 연구가 국가별로 활발히 진행 되고 있음을 알 수 있음.

o 급전인버터는 한국 또한 기술 경쟁국과 동등하거나 우위의 기술력을 확보한 것으로 판단되지만 국토해양부 과제에서는 Test Bed 구축을 통해 실외의 다양한 환경 조건에서 신뢰성과 운영 안정성 등을 확보하여 상용화를 위한 실질적 기술과 특허 출원이 집중되어 세계적으로 기술을 선도해 나가야 기술 표준 및 세계

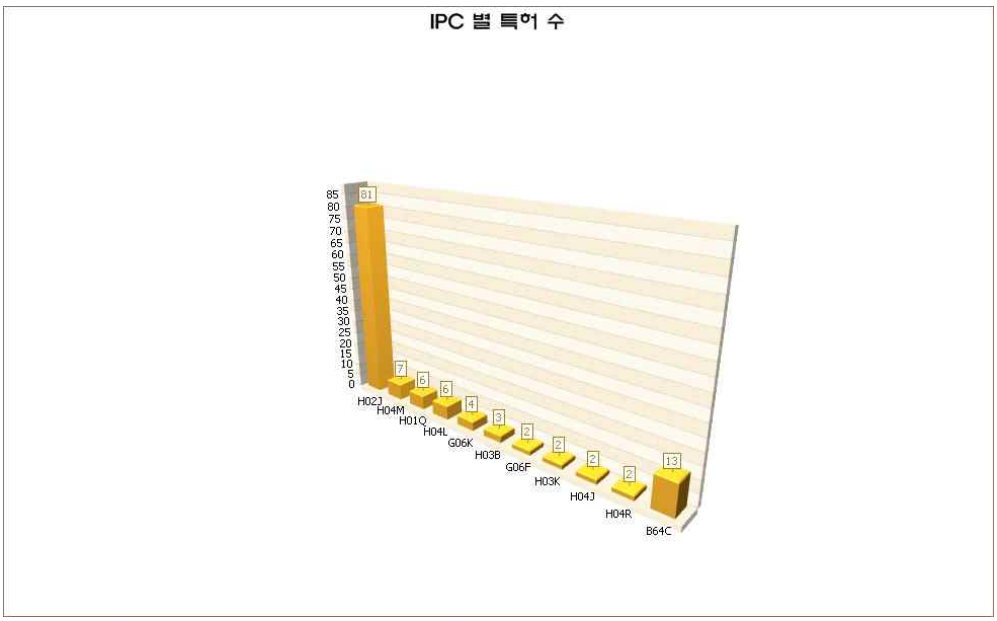
시장 주도가 가능함.



<그림 36 급전인버터 관련 연도별 국가별 특허 출원 비율 현황>

※ 출처 : NDSL 및 Landmark

o 대부분의 특허는 산업용 플랜트의 실내 환경에서 구동되는 인버터에 관한 것으로, 실외 환경에서 무선전력전송용 인버터 기술은 KAIST가 그 독창성에서 우위에 있음.



<그림 37 급전인버터 관련 국제특허 분류별(IPC) 특허 출원 비율 현황>

※ 출처 : NDSL 및 Landmark

o 국가별 네트워크 분석 결과 국가 간의 네트워크가 존재 하지 않음.

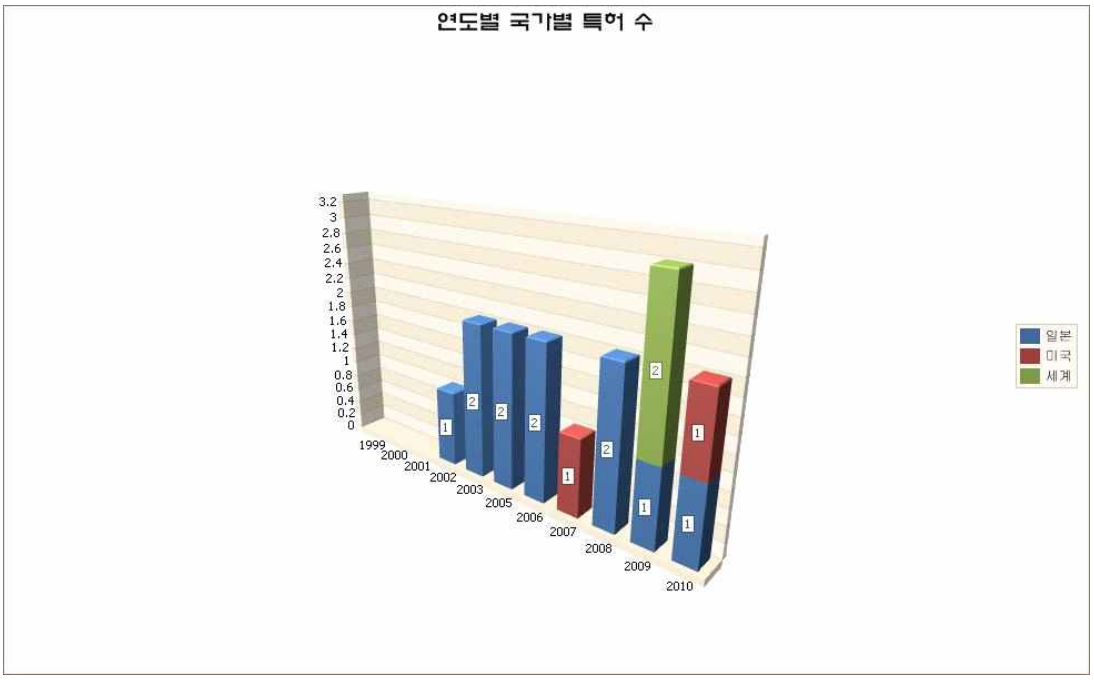
<그림 38 급전인버터 관련 국가 네트워크 특허 현황 분석>
※ 출처 : NDSL 및 Landmark

(나) 집전장치 및 레귤레이터

o 집전장치 및 레귤레이터에 관한 특허는 2002년~2010년까지 활발히 특허 건수가 증가 하고 있고, 무선전력전송용 집전장치 및 레귤레이터 기술을 중심으로 진행되고 있음.

o 국가별 출원 수를 보면 일본이 전체 15건 중 11건으로 약 73%를 차지하며 기술 주도국을 선점하는데 이는 하네다공항의 정차 중 충전방식에 대한 집전장치 및 레귤레이터 기술개발이 시작되면서 집중적으로 특허를 출원한 것으로 보임.

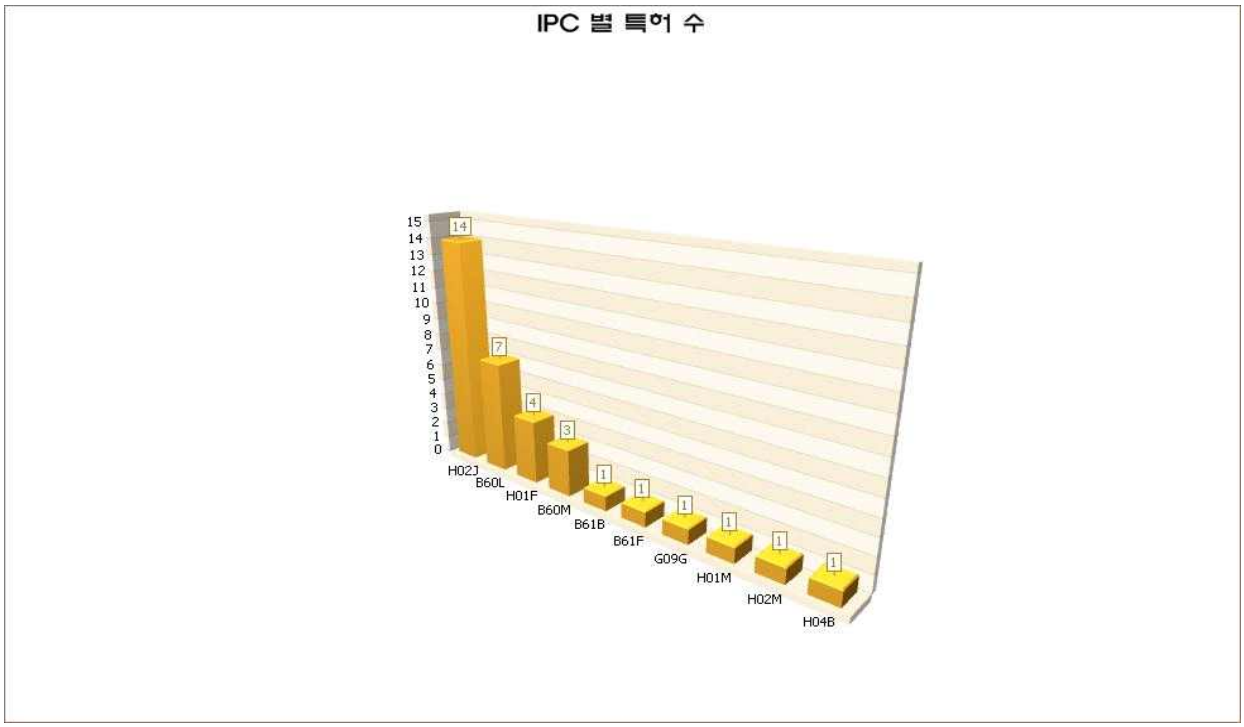
o KAIST에서 개발한 집전장치 및 레귤레이터 기술은 일본보다 더 진보된 형태로, 정차 중뿐만 아니라 주행중에도 무선충전이 가능한 기술을 확보하고 있으므로 국토해양부 과제에서 이 기술에 대한 상용화를 추진하고 특허 출원에 중점을 두어 세계적으로 치열한 무선충전 기술 경쟁에서 기술 우위를 확보해야함.



<그림 39 집전장치 및 레귤레이터 관련 연도별 국가별 특허 출원 비율 현황>

※ 출처 : NDSL 및 Landmark

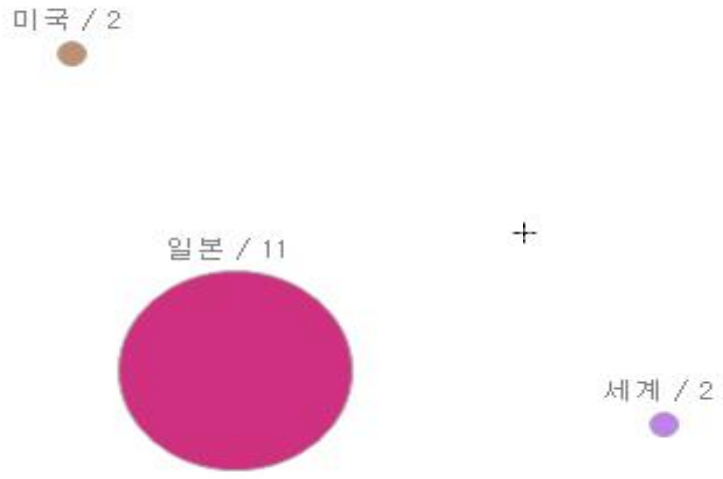
o IPC 별로는 H02J(전력급전 또는 전력배전을 위한 방식) B60L(전기적 추진차량의 전기장치 또는 추진장치) 분야의 특허가 대다수임.



<그림 40 Precast 집전장치 및 레귤레이터 관련 국제특허 분류별(IPC) 특허 출원 비율 현황>

※ 출처 : NDSL 및 Landmark

o 국가별 네트워크 분석 결과 국가 간의 네트워크가 존재 하지 않음.



<그림 41 집전장치 및 레귤레이터 관련 국가 네트워크 특허 현황 분석>
※ 출처 : NDSL 및 Landmark

o 국내외의 비접촉 무선충전 특허는 기존 플랜트 산업분야에서 활용되던 기술을 진보 확장시켜 차량 등의 운송 수단에 접목시켜 발전하고 있음.

o 이러한 추세로 볼 때 무선 전력전송용 집전 및 레귤레이터 관련 기술은 꾸준히 성장할 것이며 특히 무선충전식 전기자동차에 접목된 기술은 그 파급력이 매우 클 것으로 기대됨.

나. 논문분석

o 특허와 동일하게 논문도 3개 분야로 나누어 시행하였음

o Test Bed 구축 관련된 내용의 논문은 아직까지 없으며, 그 이유는 기존 플러그인 방식의 전기차 개발에 국한되어 차체 개발에만 집중되어 있음

o 운영지원 분야는 인프라에 대한 논문이 많으며, 향후에는 차량 인프라간 통신과 원격지 관리 시스템을 융합한 차량 운행 지원 시스템 연구가 진행 될 것으로 판단됨

o 급전선로는 주로 코어의 최적화 및 손실에 관한 것으로 코어의 최적화에 대한 연구가 주를 이룸

o 급집전 시스템은 급전 인버터는 공진형 인버터에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 향후에도 지속적으로 연구가 추진될 것으로 판단됨

(1) 표준통합 시스템 검증 및 운영관리기술 개발

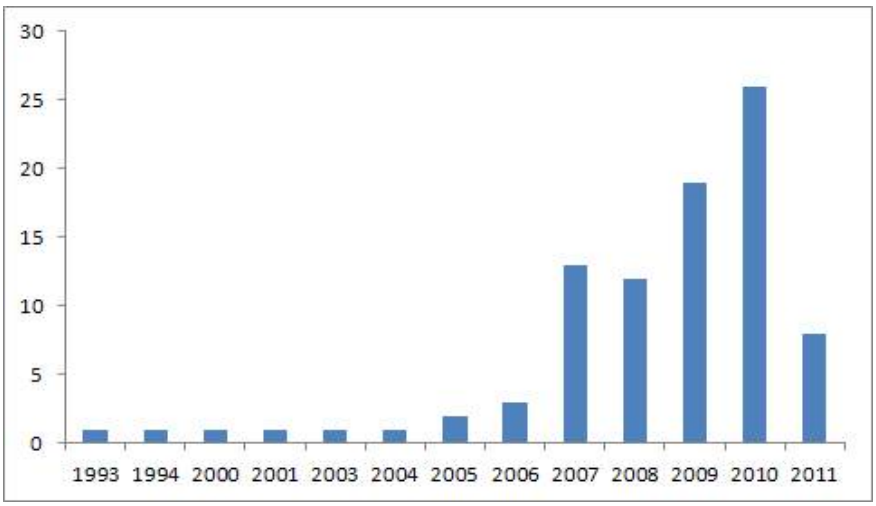
(가) 표준급전인프라 구축 및 통합 시스템 검증

o 전기차에 대한 표준급전인프라 구축 및 시스템통합과 관련하여 발표된 논문은 현재까지 없으며 그 이유는 현행 대다수의 전기차 개발은 차량에만 국한하여 개발되고 있어 표준 급전 인프라구축 및 시스템 통합에 대한 개념이 존재하지 않았음.

(나) 통합시스템 운영관리 기술 개발

o 논문 검색 대상은 NDSL 및 SCOPUS의 논문 데이터베이스를 이용하여 1993년부터 2011년 현재까지 게재된 논문을 대상으로 하였음

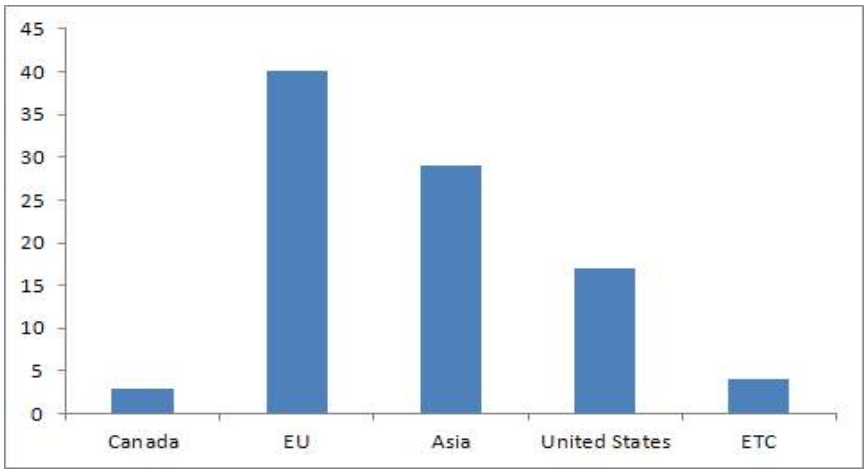
o 운영 시스템과 관련하여 원격지 관리 시스템관련 논문은 1993년부터 꾸준히 나오고 있으며 2007년을 기점으로 점점 증가 추세에 있음.



<그림 42 년도별 운행 지원 시스템 관련 논문 수>

※ 출처 : SCOPUS 및 landscope

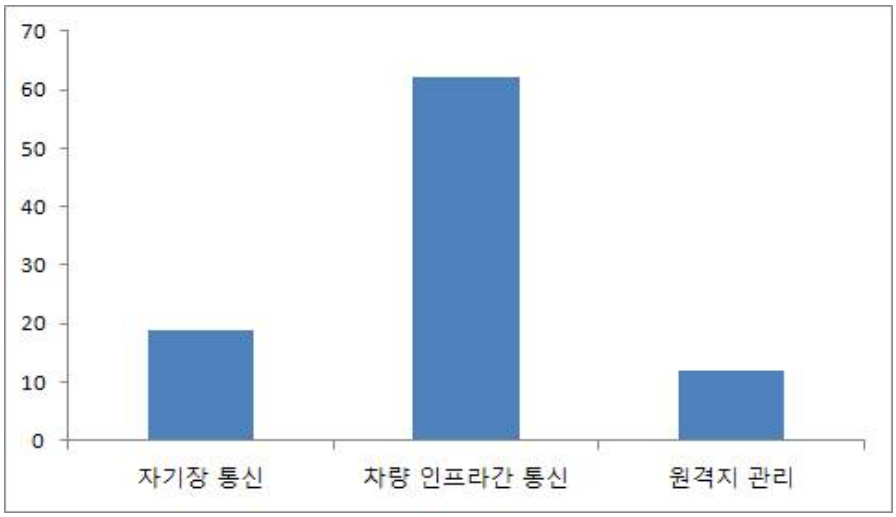
o 운영 시스템 관련 국가별 논문 게재 수는 EU가 40건으로 가장 높았으며 단일 국가로서는 미국이 17건으로 가장 높은 기제 수를 보이고 있음.



<그림 43 운행 지원 시스템 관련 국가별 논문 수>

※ 출처 : SCOPUS 및 landscope

o 운영 시스템 관련 분야별 논문 게재 수는 차량 인프라간 통신 관련 논문이 62건으로 가장 많음



<그림 44 분야별 운행 지원 시스템 관련 논문 게재 수>

※ 출처 : SCOPUS 및 landscope

o 이러한 추세로 볼 때 자기장 통신을 이용한 운영 시스템 관리 연구는 아직은 초기단계이나 지속적으로 그 연구가 이루어지고 있음을 분석할 수 있으며, 차량 인프라간 통신 방식을 이용한 연구가 지속적으로 이루어 질 것으로 판단됨.

o 또한 원격지에서 인프라 및 차량을 모니터링하고 관리하는 분야의 경우 최근에 관련 논문이 지속적으로 개제되고 있는 것으로 분석됨.

o 따라서 향후 2-3년간은 차량 인프라간 통신과 원격지 관리 시스템을 융합한 차량 운행지원 시스템에 대한 연구가 활발히 이루어 질 것으로 판단되며, 자기장 통신을 이용한 차량 인프라간 통신에 관련된 연구는 미래 지향적인 연구가 될

것으로 판단됨.

(2) 무선 충전 급전도로 시공 및 유지관리

o 논문 검색 대상은 NDSL 및 SCOPUS의 논문 데이터베이스를 이용하여 1999년부터 2011년 현재까지 게재된 논문을 대상으로 하였음

o 급전선로 분야는 (Induction Power transfer and magnetic flux and design) or (ininductively coupled power transfer or core) or (power cable and contactless and ritz wire) or (large air gap) or (high efficiency)를 대상으로 관련 키워드로 검색함

o 급전도로 시공 및 유지관리 분야는 (Precast concrete) or (Precast pavements or Concrete pavements and Asphalt pavements) or (Concrete construction and Pavement construction) or (Concrete blocks and Concrete slabs) or (Pavements and Pre-cast and Asphalt) or (Repair and Pavement repair)를 대상으로 관련 키워드로 검색함

o NDSL 및 SCOPUS의 등록된 논문을 대상으로 각 분야의 키워드로 검색한 결과 총 76건의 논문이 검색되었으며, 그 중 급전선로는 21건, 급전도로 시공 및 유지관리 관련 기술은 55건이 선별됨

o 본 동향조사 과제의 연구 범위에 맞게 정량 분석만 실시하였음

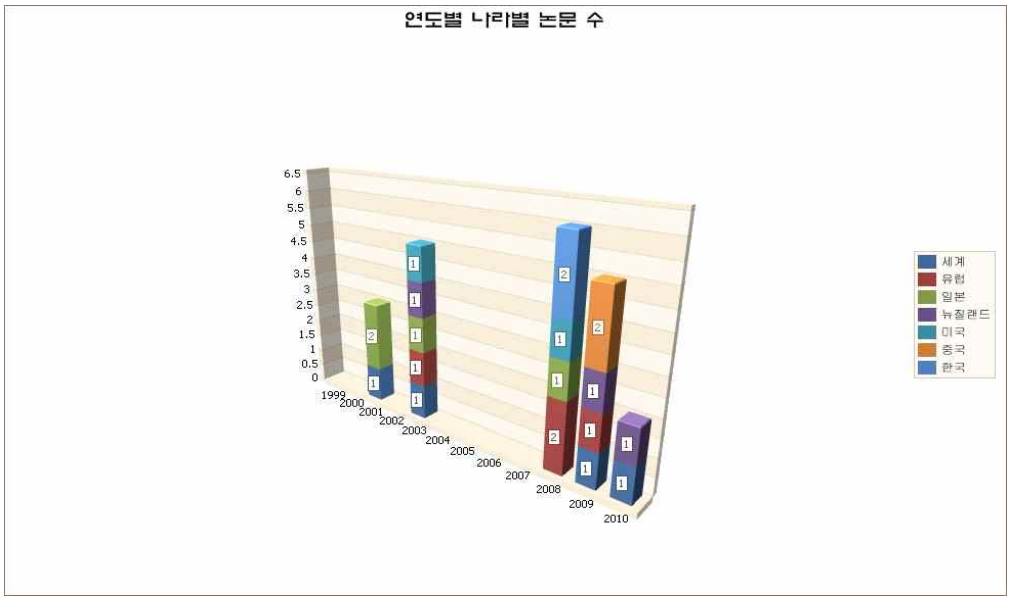
o 급전도로 시공 및 유지관리의 논문 분석 결과 무선 충전에 대한 급전기술은 향후 급전시스템 인프라 관련 분야의 기술을 주도 할 것으로 보이며, 국토해양부 과제의 수행으로 자기 공진 방식의 차량용 급전선로와 급전도로 포장시공 및 유지관리에 대한 기술 개발로 급전도로 구축 시장에 선점을 주도할 수 있을 것으로 기대

(가) 급전선로

o 급전선로 관련 연구는 지속적으로 진행되었으나, Inductively Coupled Power Transfer(ICPT) 중 대용량 및 인프라 구축 관련 분야에 대한 논문 발표가 많지 않아 향후 지속적인 연구와 논문게재가 필요할 것으로 보임. 국내의 경우에는 무선충전 시스템 관련 급전 코어의 설계 및 분석에 대한 연구가 많이 진행되고 있음

o 주요 논문으로는 급전선로의 손실 최소화, 급전코어의 디자인 및 최적화에 대한 연구는 지속적 많이 진행되고 있음

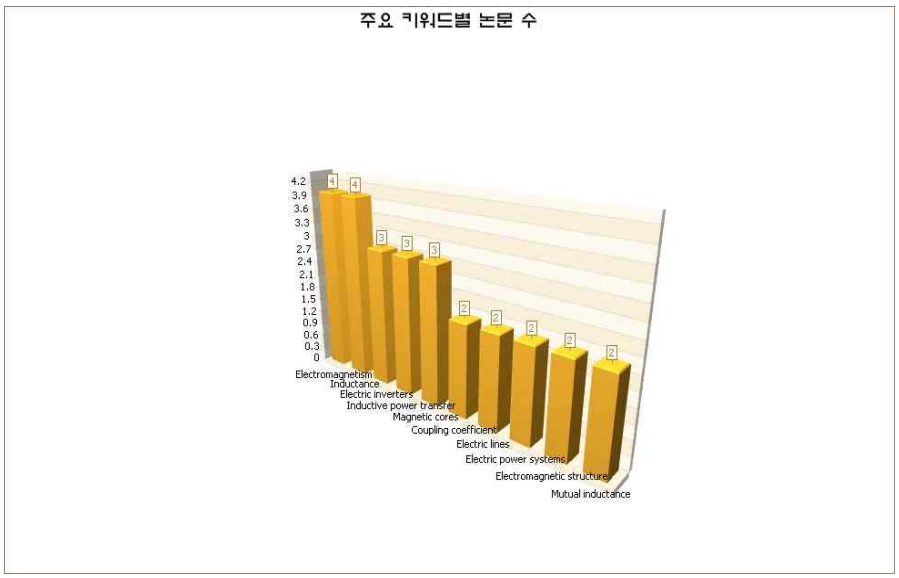
o 국내의 경우 2008년에는 급/집전 분야의 연구개발을 시작한 철도연구원에서 논문이 게재되었고 특히 2008년 이후 논문이 증가하는 것으로 보아 무선충전 관련 급전선로에 대한 기술적 관심이 증가한 것을 알 수 있음



<그림45 연도별 국가별 급전선로 관련 논문 수>

※ 출처 : SCOPUS 및 landscope

o 키워드별로는 전자기장, 인덕턴스, 전력 전달 등의 논문이 주를 이루고 있음을 볼 때 비접촉 전력전송용 급전선로의 개발은 손실 최소화, 전자기장, 인던턱스, 전력전송 효율 개선 등의 기술이 주도할 것으로 예상됨

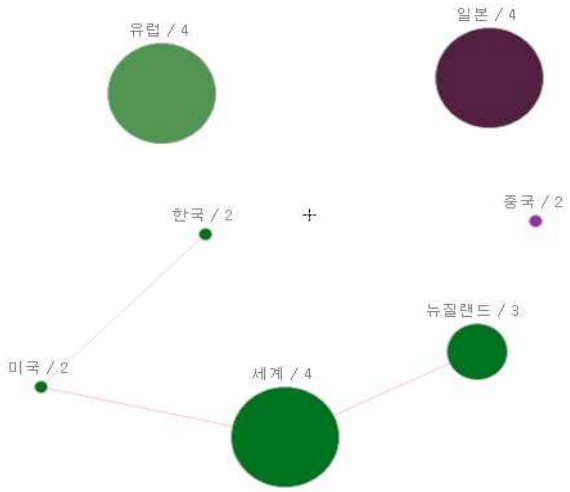


<그림 46 주요 키워드별 급전선로 관련 논문 수>

※ 출처 : SCOPUS 및 landscope

o 국가 네트워크를 보면 한국, 뉴질랜드, 미국 등이 관련 논문을 참조하여 연구 중이고, 유럽과 일본은 독자적 진행을 하고 있는데 이는 국가별로 치열한 기술 선

점 경쟁을 벌이고 있어 국토해양부과제에서 상용화 수준의 기술을 확보하고 빠른 시일 내에 국제표준화를 추진할 수 있는 활동이 필요함.



<그림 47 국가 네트워크 급전선로 관련 논문 분석>

※ 출처 : SCOPUS 및 landscope

o 무선 전력전송용 급전 선로 관련 기술은 향후 시스템 인프라 관련 분야의 기술을 주도 할 것으로 보이며, 특히 운송 수단에의 기술 접목은 그 파급력이 매우 클 것으로 기대됨

o 따라서 국토해양부 과제에서는 고성능의 무선 전력전송용 급전선로 관련 기술을 확보해야 함

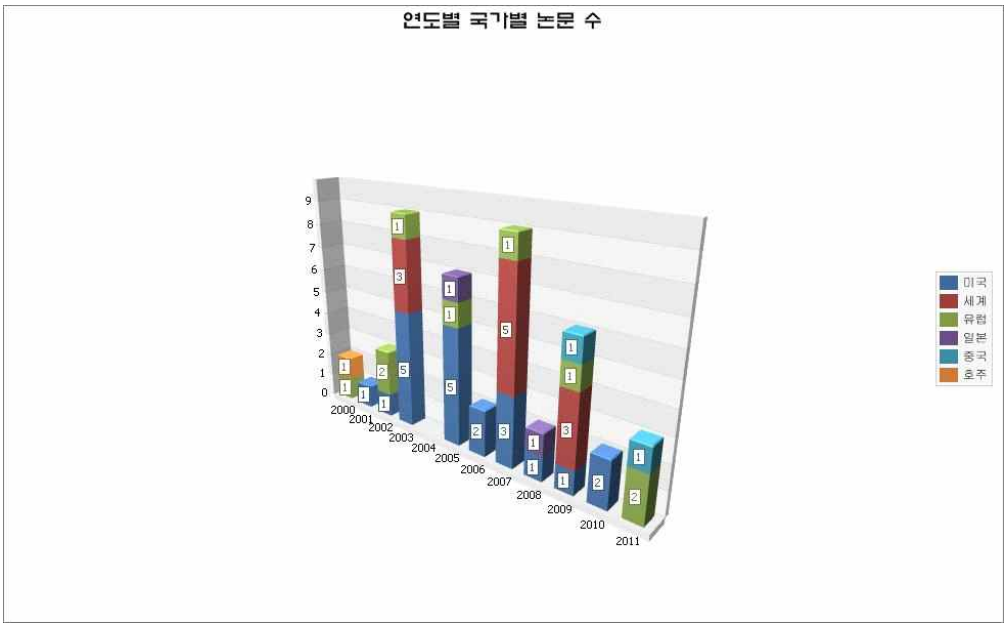
(나) 급전도로 시공 및 유지관리

o 조립식 Precast 콘크리트포장 관련 키워드를 가진 논문을 조사한 결과 크게 포장 시공 분야와 유지관리를 위한 재포장 시공 분야로 나누어져 연구 되고 있음

o 조립식 포장의 경우 Precast 콘크리트포장으로 시공할 경우 빠른 시공이 가능하여 최근 많은 수의 논문들이 발표되고 있으며, 재포장 시공시 교통통제를 최소화 할 수 있는 이점으로 조립식 Precast 재포장에 대한 연구가 활발히 진행되고 있음

o 조립식 Precast 콘크리트포장 관련 논문은 1999년 이후 현재까지 총 55건으로 꾸준히 발표되고 있으며, 2005년에 10건으로 가장 많이 게재되었으며, 이후 매년 2~8편의 논문들이 발표되고 있음

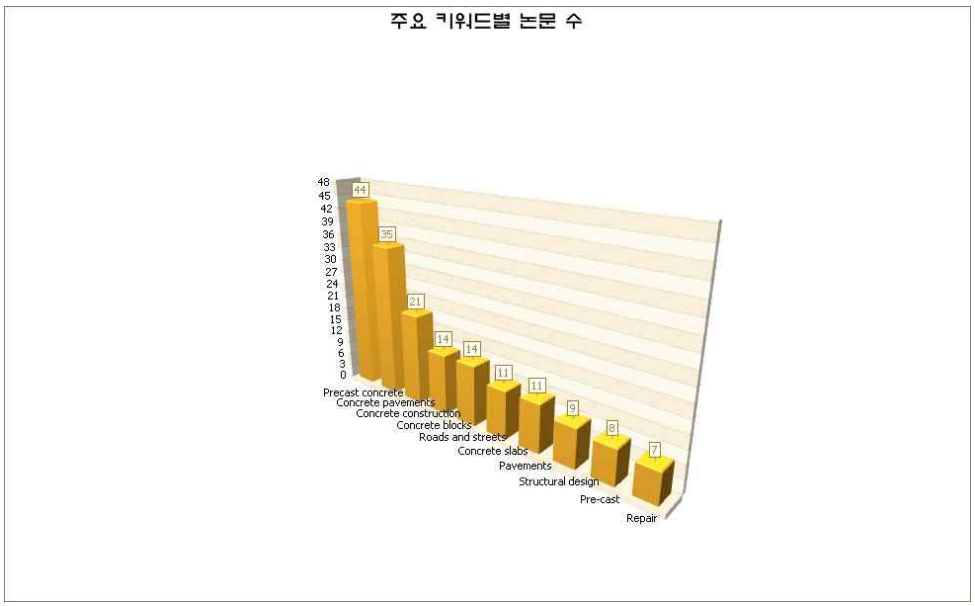
o 논문 검색 결과 총 55건 중 미국이 17건으로 약 30.9%로 가장 많이 차지하고 있으며, 유럽이 9건, 일본과 중국이 각각 2건으로 점유하고 있음



<그림 48 연도별 국가별 Precast 콘크리트포장 관련 논문 현황>

※ 출처 : SCOPUS 및 landscope

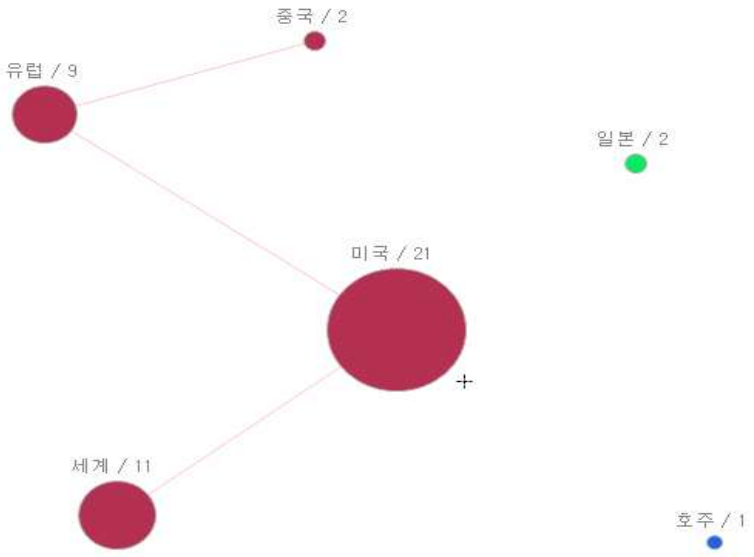
o 주요 키워드별 논문을 살펴보면 Precast 콘크리트와 콘크리트 포장, 콘크리트 시공 등의 키워드가 대다수를 차지하고 있음



<그림 49 주요 키워드별 Precast 콘크리트포장 관련 논문 현황>

※ 출처 : SCOPUS 및 landscope

o 국가 네트워크를 보면 미국을 중심으로 유럽과 중국 등의 국가가 그룹을 형성하여 연구를 진행하고 있으며, 일본과 호주는 독자적 진행을 하고 있는데 이는 국가별로 치열한 기술 선점 경쟁을 벌이고 있어 국토해양부 과제에서 상용화 수준의 기술을 확보하고 빠른 시일 내에 국제 표준화를 활동이 필요함



<그림 50 국가 네트워크 Precast 콘크리트포장 관련 논문 분석>
※ 출처 : SCOPUS 및 landscope

o 교통량이 많은 기존도로에 급전도로 구축을 하기 위해서는 공사기간을 단축해야 하는 문제점이 있으므로, 사용자와 관리자를 동시에 만족시킬 수 있는 조립식 Precast 콘크리트포장 기술을 급전도로 공사에 응용하여 적용할 필요성이 있음

o 국토해양부 과제를 통해 기존의 Precast 콘크리트 관련 기술을 축적하여 급전도로 시공 기술에 보완하여 현장 적용함으로써 국내 및 국외의 무선 충전 급전도로 구축을 위한 선도적 역할을 수행해야 함

(3) 급/집전 시스템

o 논문 검색은 Scopus의 논문 데이터베이스를 이용하여 1999년 이후 발표된 전체 논문을 대상으로 하였음.

o 급전 인버터 분야는 ((inverter AND 인버터) AND ("ICPT" OR "CPT" OR "contactless")) 키워드를 이용하여 1999년~2011년 사이에 발표된 논문을 검색하였고, 집전 및 레귤레이터 분야는 inductive AND (pick up OR Regulator)을 키워드로 1999년~2011년 사이에 발표된 논문을 검색하였음

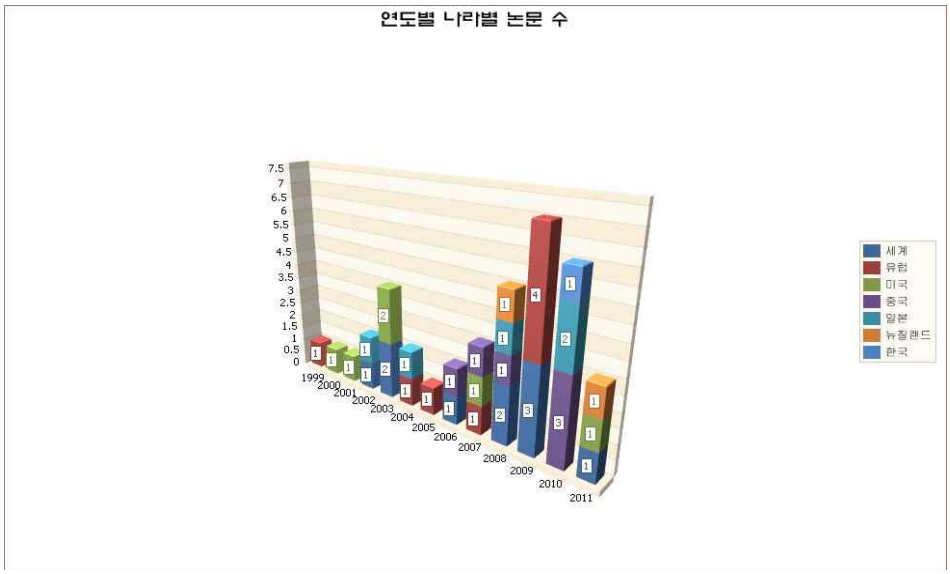
o 검색된 논문을 바탕으로 실제 과제의 범위에 맞는 논문을 선별하였음

o 결과 급전 인버터에 관련된 논문 41건, 집전 및 레귤레이터에 관련된 논문 110건으로 총 151 건의 논문을 검색하였음.

(가) 급전 인버터

o 논문분석 결과 Zero Voltage Switching (ZVS), 여러 인버터들 간의 교차 운전, 무선 전력 전송용 공진형 인버터에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있음.

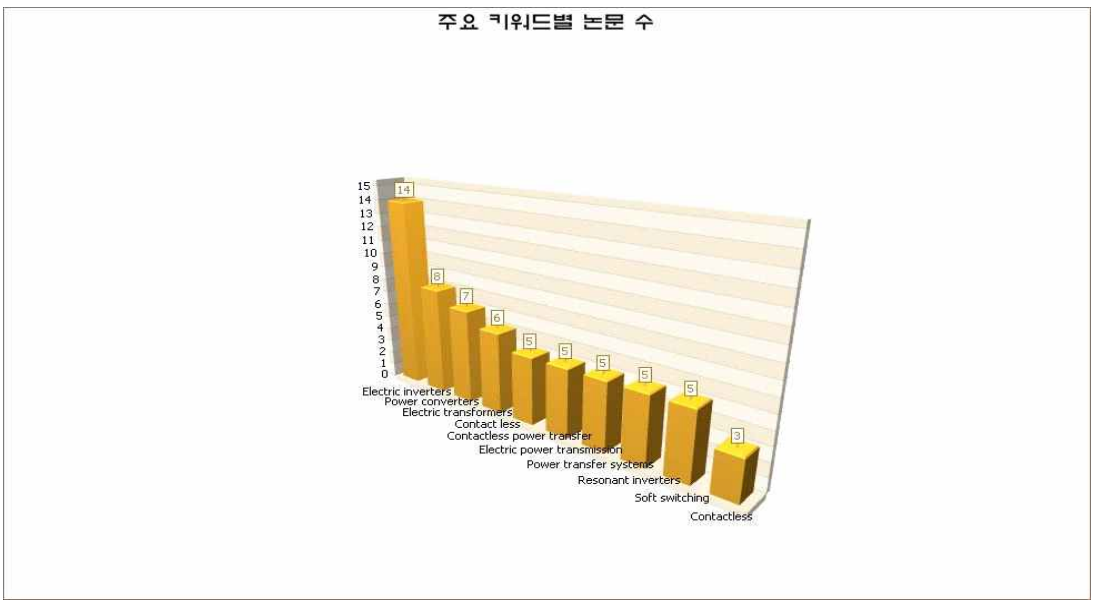
o 무선 전력 전달을 위한 인버터에 관한 논문은 최근(1999년~2011년) 까지 꾸준히 발표 되고 있으며 2008 년 이후 논문건수가 증가되고 있는 분야임.



<그림 51연도별 국가별 급전인버터 관련 논문 수>

※ 출처 : SCOPUS 및 landscope

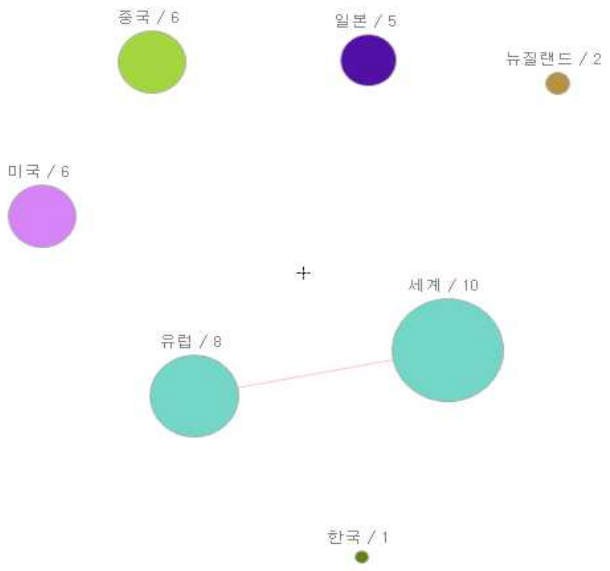
o 주요 키워드별 논문을 보면 인버터 전력변환, 비접촉 등의 키워드가 핵심임.



<그림 52 주요 키워드별 급전인버터 관련 논문 수>

※ 출처 : SCOPUS 및 landscope

o 국가 네트워크 별로 보면 유럽, 미국, 중국, 일본 등 각 국가별로 치열하게 기술 선점 경쟁이 진행되고 있으므로 국토해양부 과제에서 빠른 시일 내에 무선 전력 전송 공진형 인버터를 상용화 시켜 국제적으로 보급하여야함.



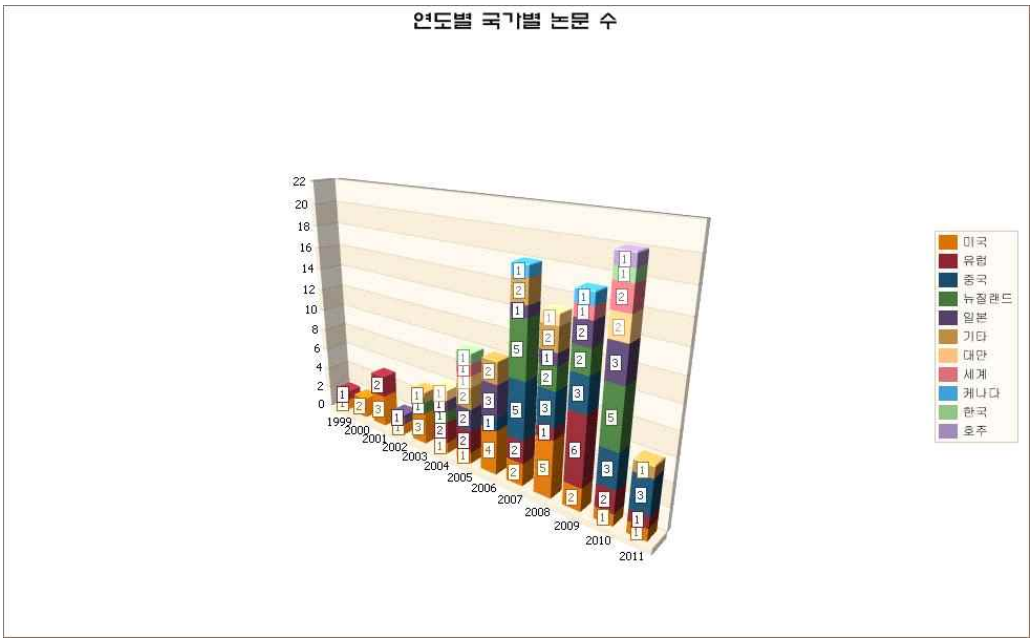
<그림 53 국가 네트워크 급전인버터 관련 논문 분석>
※ 출처 : SCOPUS 및 landscope

(나) 집전장치 및 레귤레이터

o 논문분석 결과 무선 전력 전송, pickup의 튜닝, pick up의 최적 형상 구조, 차량용 레귤레이터의 능동 제어, 레귤레이터의 효율 등에 관한 연구가 이루어지고 있음.

o 집전장치 및 레귤레이터 분야는 최근 13년간(1999 ~ 2011년) 증가하고 있으며, 2007년부터 논문 발표건수가 빠르게 증가하고 있는 분야임

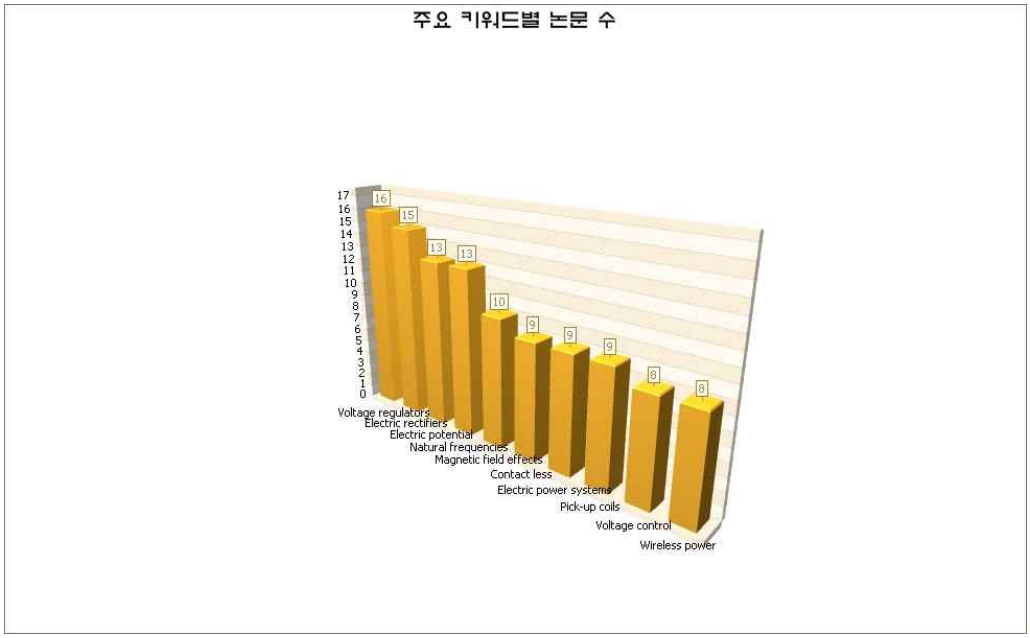
o 미국 논문 수가 전체 110건 중 31건으로 약 28%를 차지하고 있으며 유럽과 중국이 그 뒤를 따르고 있는 기술 주도국임.



<그림 54 연도별 국가별 집전장치 및 레귤레이터 관련 논문 현황>

※ 출처 : SCOPUS 및 landscope

o 전압 레귤레이터, Rectifier, 자기장, 공진 주파수 등의 키워드가 핵심



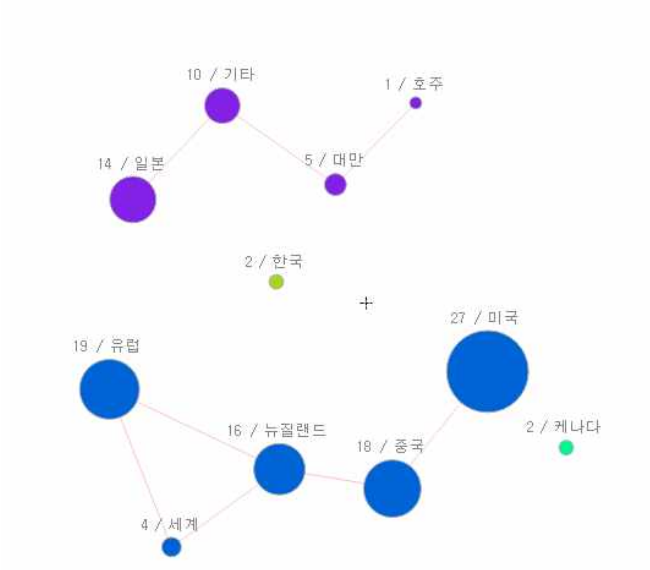
<그림 55 주요 키워드별 집전장치 및 레귤레이터 관련 논문 현황>

※ 출처 : SCOPUS 및 landscope

o 국가 네트워크를 보면 미국, 유럽, 중국, 뉴질랜드를 중심으로 하나의 그룹을 형성하고 있고 일본, 대만, 호주와 함께 세계 여러 국가들이 또 다른 그룹을 형성하고 있음.

o 미국, 유럽, 일본 등은 치열한 기술 선점 경쟁을 벌이고 있어 국토해양부과제에

서 빠른 시일 내에 상용화 수준의 기술을 확보하고 국제표준화를 추진할 수 있는 활동이 필요함.



<그림 56 국가 네트워크 논문 분석>
※ 출처 : SCOPUS 및 landscope

o 이러한 추세로 볼 때 무선 전력전송 기술을 이용한 집전 및 레귤레이터 관련 기술은 꾸준히 개발되어야 할 기술로써 무선 충전식 전기자동차 기술의 적용시 그 파급력이 매우 클 것으로 기대됨

다. 기술경쟁력 분석

(1) 표준통합 시스템 검증 및 운영관리기술 개발

(가) 표준급전인프라 구축 및 통합 시스템 검증

o 표준급전인프라 구축 기술 구현 및 실차 인증을 획득하기 위한 차량 개발 필요

o 표준급전인프라 구축을 위한 인증 Tool 개발로 실차 적합성에 대한 사전 인증 필요

o 무선충전식 전기버스의 차량의 에너지 효율을 보완할 경량화 구조 및 유지보수 간소화를 위한 시스템 장착구조 기술개발 필요

- 기존 차량(버스)의 총중량을 벗어나지 않을 뿐만 아니라 전기버스의 에너지 효율을 보완하기 위해서 경량화 구조 시스템을 개발해야하고 유지관리를 간소화하기 위해서도 집전장치와 레귤레이터 장착 구조 기술을 개발해야 함.

o 급전인프라 상용 보급을 위해서는 다양한 환경(도로 길이, 정차장의 수, 운행 차량의 수, 도로의 경사도, 구축비용 등등)에서 가장 알맞은 최적화 설계를 위한

정밀한 시뮬레이션 Tool 필요

- 급전인프라에 대한 최적 설계는 주어지는 다양한 도로 환경 조건(도로 길이, 정차장의 수, 운행 차량의 수, 도로의 경사도, 시간대별 유동 인구, 도로의 차량 정체 시간대 등등)에서 실질적으로 구현되어야 하며 이러한 조건을 분석 및 계산하여 시뮬레이션 후 급전인프라에 대한 구축비용까지 산출할 수 있어야 하고 또한 급전인프라 각 시스템이 구성되어 전체적인 성능, 안정성(Stability), 전기안전, 전자파안전, 신뢰성을 평가하여 인증할 수 있는 Tool도 개발되어야 함

(나) 통합시스템 운영관리 기술 개발

o KETI는 USN 관련 기술과 RFID 기반 기술을 기반으로 하고, 자기장 통신 기술을 특징으로 하는 능동형 저주파 센서 태그 기술에 대한 기초 연구가 진행 중임

- 자기장 통신 기술은 전송율이 아직은 많은 데이터를 한번에 송/수신하기에는 낮으며(1Mbps), 차량이 고속으로 이동할 경우 통신 실패율이 높아지므로 이를 해결하기위한 자기장 통신 기술에 대한 추가적인 연구가 필요함

o 한국건설기초연구원은 KETI와 자기장 통신 기반 지중시설물 관리 통합 시스템 기술 개발한 대한 기초 연구를 수행중임

- 자기장 통신을 이용한 지중 계측 및 모니터링과 관련된 기술 개발 과제로 차량과 같은 이동체와 인프라간의 양방향 통신이 가능한 자기장 통신 기법을 개발하기 위해서는 추가적인 연구가 더욱 필요함

o 유럽 철도 회사 Bombardier에서 PRIMOVE 라고 하여 비접촉식으로 전원 공급받아서 가는 트램을 개발하고 있으나 아직 운영관리용 에이전트 및 시스템에 대한 개발은 이뤄지지 않고 있음

(2) 무선 충전 급전도로 시공 및 유지관리

(가) 급전선로

o 한국 건설기술 연구원과 KETI는 지중 또는 콘크리트와 같은 환경에서 통신이 가능하며 센서노드와 리더간의 데이터 중계, 무선충전, 데이터 암호화, 데이터 압축, 에러 최소화 등과 같은 기능을 갖는 자기장 통신기술을 개발 중

o KAIST는 저속(10km/h)에서의 1kbps의 전송속도를 가지는 자기장 통신 프로토타입과 지자계 센서를 이용한 차량-인프라간 통신 기술을 개발함.

o KETI는 USN 관련 기술과 RFID 기반 기술을 기반으로 하고, 자기장 통신 기술을 특징으로 하는 능동형 저주파 센서 태그 기술에 대한 기초 연구가 진행 중임

- 자기장 통신 기술은 전송율이 아직은 많은 데이터를 한번에 송/수신하기에는 낮으며(1Mbps), 차량이 고속으로 이동할 경우 통신 실패율이 높아지므로 이를 해결하기위한 자기장 통신 기술에 대한 추가적인 연구가 필요함

o Wampfler, UNISERVICES 및 쇼와 비행기 공업 등에서는 coreless 기술을 이용하여 무선 주정차중 충전을 하였음. 그러나 이러한 coreless 기술은 저출력대의 충전 기술이며 주정차중시 활용되는 무선전력 기술로써, 주행중 충전하는 경우에는 적합하지 못함.

o PATH에서는 주행중 충전에 적합한 Roadway core등을 활용하여 기술을 구현하고 있음. 그러나 PATH의 경우 2000A 전류 사용과 연속적인 core 사용으로 인하여 경제성이 떨어져 실용화를 추진하지 못하였음.

o 쇼와 비행기 공업사의 경우는 주정차중 충전에 초점이 맞추어져서 코일이 설계되었으나 선로가 긴 주행중 충전 기술에의 활용은 어려움.

o 미국 버클리 대학교의 PATH팀은 자기장 기반 센서인 자기마커 센서를 이용하여 이동 중인 차량의 위치를 판별하여 수집된 정보를 바탕으로 차량의 자동항법 기능을 제공하는 등의 연구를 수행하였음
- 상기 프로젝트에서 수행한 연구 결과로 55mph의 고속 자동 운행을 실험실 환경에서 성공하였으나 실제 운행에 있어서는 자성체, 센서, 그리고 매설 환경의 특성 등에 관한 지속적인 연구가 필요함
- 자기마커 센서의 성능 면에 있어서 센서의 위치, 개수, 지구의 자기장 및 다른 차량 및 기기로부터의 전자기 방해 등에 관한 연구가 진행되었으며, 이에 대한 성능 보완에 대한 연구는 더욱 진행되어야 하는 상태임
- 특히, 설치 시 지형의 높낮이와 자기장 변화 감지 기기의 위치 및 설치작업 중 혹은 설치 후 도로 매설 환경 및 기후로 인해 야기될 수 있는 다양한 변수에 대한 고려가 필요함

(나) 급전도로 시공 및 유지관리

o 독일 Wampfler사
- 급전도로 구조 모듈은 크기 2240*2000*270mm의 프리캐스트 방식을 채택하여 신속한 급전 인프라 구축 시공기술을 적용함
- 급전 모듈은 1600lb의 콘크리트로 구성되어 있으며, 22000lb의 차량 축하중에 견딜 수 있는 구조로 설계됨
- 짧은 급전 선로의 이점을 이용한 효율적인 급전 시스템 기술 확보

독일 Wampfler 급전도로 구조

o 미국 PATH는 전기자동차에 전력을 공급해 줄 수 있는 테스트 트랙을 도심에 설치하여 일부 버스 정류소에 급전시스템을 구현하여 정차중 충전실험 실시

- 급전시스템은 Epoxy-sand 혼합제 위에 얇은 철판과 C형의 코어가 놓이는 형태이며, 급전도로의 표면에는 slurry 0.2inch(5.08mm) 두께로 포장
- PATH의 급전시스템은 모듈크기(B*H*L-510mm*110mm*2.8m)의 문제와 시공기술에 대한 경제성, 효율 등에 의해 상용화에 한계

o 일본 쇼와비행기공업은 NEDO의 지속적인 지원하에 2002년부터 8년째 전기차를 개발

- 고주파 고압 cable은 유연한 파이프를 사용하여 절연시킨 후 파이프를 방수처리하고, 콘크리트관 안에 넣어서 인버터 부스까지 연결함
- 일반차량들의 동선 제한 및 급전 모듈의 소손으로 인하여 잦은 유지보수 필요
- 급전시스템의 경우 도로에 매설하지 않고 도로바닥 위에 1차코일을 공중에 띄워놓은 구조형식으로 도로공사에 대한 기술정립이 되어있지 않은 상태임

일본 쇼와비행기공업 flexible pipe 및 콘크리트관

o 국내의 급전도로 인프라 구축에 대한 기술은 KAIST에 의해 개발된 기술만이 존재함

- 2009년 교육과학기술부 지원으로 급전구조물에 폴리머 콘크리트로 도로포장 시공한 구조이며, 콘크리트의 오랜 양생기간으로 충분한 강도발현이 요구되는 신설도로 구축공사에 적용 가능한 현장 타설형(B*H-800mm*350mm) 급전도로 시공 기술을 개발
- 2010년 지식경제부 지원으로 오랜 양생기간이 소요되는 현장 타설형 급전도로 시공 기술에 비해 급전도로 구조체의 공장제작으로 이러한 구조체의 시공기간이 절약되는 프리캐스트형(B*H*L-820mm*400mm*10m) 급전도로 시공 기술을 개발

(3) 급/집전 시스템

(가) 급전 인버터

o KAIST는 2009년 교과부 과제를 통하여 기계식 스위치를 이용한 20kHz, 100kW급 비접촉식 급전 인버터를 개발하여 서울 대공원 및 KAIST 문지동 캠퍼스 테스트 베드의 급전 인프라에 적용하여 현재 운영중.

o KAIST는 2010년에 지경부 과제를 통해 전자식 스위치를 이용한 세그먼테이션 스위칭이 가능한 20kHz 급전 인버터를 개발 중.

o 그린파워는 자기-비접촉방식으로 20 kW (10~20kHz 주파수)의 교류전력을 공급하여 10km/h 속도로 이송하는 시스템 상용화 후 삼성 LCD, LG Philips LCD Stocker 장비에 20/40/75kW급 CPTS(Contactless Power Transfer System: CPTS)를 다수 적용.

o 신성 이엔지는 한국전기연구원을 통해서 개발한 10kW급 CPTS(Contactless Power Transfer System : CPTS)를 현재 5세대 LCD Stocker에 적용

o 미국 Vahle사는 20kHz, 4/11/45kW 급 인버터를 개발하여 미국/Spartanburg의 BMW에 2005년 245m의 트랙과 2005년 363m의 엘리베이터 내부 전원용을 무선 전력공급 시스템 제공

o 독일 Wampler사는 20kHz, 35/48/70kW급 인버터를 개발하여 공장 내에 모터 부하에 전원을 공급하기 위한 IPT-Rail 및 IPT Floor에 적용하여 사용하고 있으며, 전기 자동차의 비접촉 충전 시스템에 적용 중

o 미국 PATH사는 1989~1996년 비접촉 충전용 테스트 트랙을 설치하여 정차 및 주행 중 지상고 7cm 이하에서 급집전 효율 60% 이하를 획득하였으며, 사용된 인버터는 공진주파수가 180~400Hz이고, 전력용량은 200kW임.

(나) 집전장치

o KAIST OLEV 기술과 경쟁 기술력을 지닌 업체로 평가되는 업체로는 국내에선 한국 철도 기술 연구원과 한국 전기 연구원을 꼽을 수 있으며, 국외에서는 쇼와 비행기, 뱀플러 등을 꼽을 수 있음.

- 오클랜드 UNISERVICES의 경우 2008년 기술 동향을 보듯이 IPT 적용 출력대가 낮은 출력대로 본 기술과 기술 적용 범위가 다르며, 주정차중 충전에 연구 범위가 초점이 맞추어져 진행되고 있는 실정으로 기술적으로 주행중 충전 기술과 고출력대의 무선 전력 전송 기술 개발이 필요한 실정임.

o 한국 철도 기술 연구원의 경우 2003년 '비접촉 급전 방식을 이용한 전기 차량 운행 시스템' 특허를 출원함으로써 국내에선 선구적으로 비접촉 무선 충전 시스템을 차량에 적용한 기술을 선보인바 있으나, 출원된 기술이 개념적인 부분으로 한정되어진 단점이 있으며, 구현 및 시현을 통한 기술 확보를 이루고 있지 못한 실정임.

o 쇼와비행기의 경우 이미 정차중 무선충전 특허에 대한 상품으로 집전 모듈이 상용품으로 나와 있으나, 급전모듈은 도로에 매설되지 않은 상황임. 그러나 주행중 무선 충전에 대해서는 아직 필요성 인지정도로, KAIST OLEV 사업단의 주행중 무선 충전 기술에 비해 낮은 기술 수준을 보유하고 있음.

o Wampfler의 경우 2000년 초에 무선 충전 시스템의 시범 사업 등을 성공적으로 마친 경험을 통해 현재 많은 곳에 주정차중 무선 충전 시스템 시범 사업을 진행 중에 있으며, 그들의 제품을 세계로 수출하고 있는 상황임. 단정적인 예로 일본 Hino 버스에 그들의 제품을 제공하였으며, 이탈리아에 자사의 제품으로 운행중인 차량을 확보하고 있는 실정이나, 급전 선로 매설 및 좌우편차 문제에 있어서는 취약한 실정임.

o KAIST OLEV 기술은 주행중 충전이라는 장점을 지니는 동시에 주행중 발생되는 좌우편차 문제에 대한 실증적인 연구를 진행하였으며, 고출력의 집전을 구현 및 시연을 통해 기술을 입증한 상황임.

(다) 레귤레이터

o KAIST는 2009년 교과부 과제를 통하여 60kW급 비접촉식 집전 레귤레이터를 개발하여 서울 대공원 및 KAIST 문지동 캠퍼스 테스트 베드의 급전 인프라에 적용하여 현재 운영 중.

o KAIST는 20010년에 지경부 과제를 통해 100kW급 레귤레이터 개발 중.

o 미국 Vahle사는 40kW, 288~680Vdc급 레귤레이터를 개발.

o 독일 Wampler사는 4.4kW, 560Vdc/24Vdc급 레귤레이터를 개발하여 공장 내에 모터 부하에 전원을 공급하기 위해 IPT-Rail에 적용.

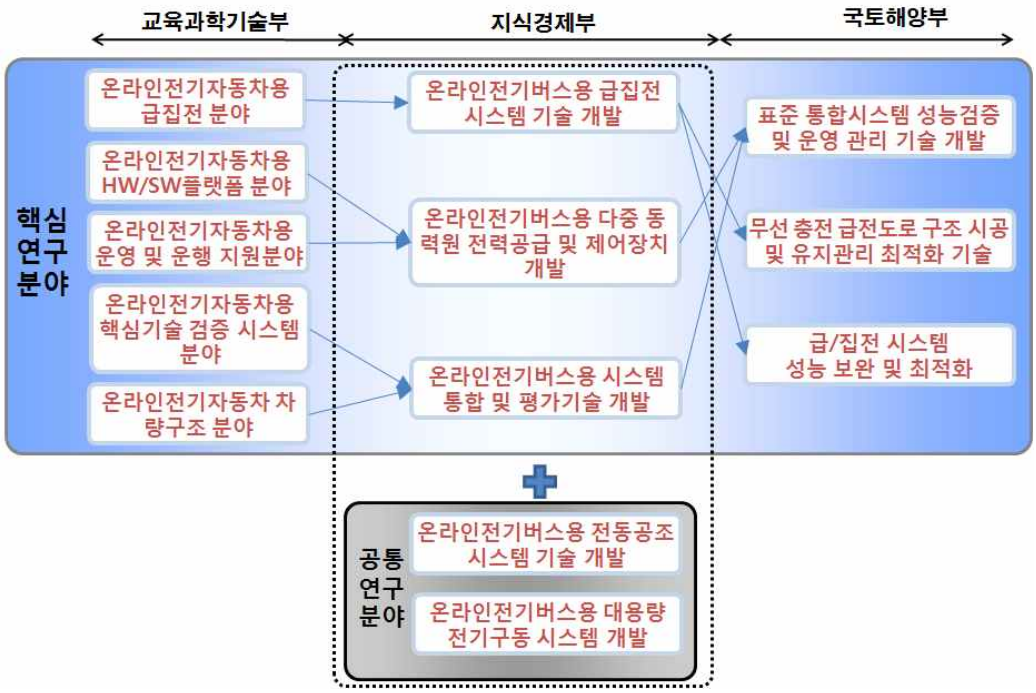
o 미국 PATH에서는 1989~1996년 비접촉 충전용 테스트 트랙을 지상고 7cm 이하에서 설치하여 정차 및 주행 중 최대 급집전 효율 60%를 획득.

4. 기술개발을 위한 인프라 및 기반역량 분석

가. 연관성 및 연도별 연구 내용

o 09년도 교과부 과제 수행을 통해 원천기술을 확보하였으며, 10년도에는 원천기술을 실용 수준으로 개발하고 전기자동차 공통 핵심 기술 개발을 추진하였음

o 무선 충전방식 전기버스의 상용화 추진을 위하여 기 확보한 원천·핵심 기술을 보완하고 이를 바탕으로 현장적용과 Test Bed 구축 추진



< 그림 57 연구내용의 연관성>

(1) 09년도 과제 개요

o 차량 하부에 장착된 고효율 집전장치를 통해 주행 및 정차 중 도로에 설치된 급전라인으로부터 비접촉 자기유도 방식으로 전력을 공급 받아 충전 걱정이 없이 운행하는 신개념의 온라인 전기자동차 원천기술 개발

o 주요 연구내용

- 온라인전기자동차용 급집전 시스템 개발
  - · 최저 지상고(도로교통안전법)70% 이상의 효율을 획득할 수 있는 자기 유도식 급·집전 시험시제품 개발
  - · 내연기관과 동등한 성능을 확보할 수 있도록 레귤레이터, 집전장치, 배터리, BMS 등을 장착할 수 있는 탑재용 전력시스템 시험시제품 개발
  - · 급전도로에서 차량 운행에 따라 세그먼트를 제어할 수 있는 광역도로 급·집전 종합제어 시스템 시험 시제품 개발
- 온라인전기자동차용 HW/SW 플랫폼 개발
  - · 집전기, 배터리, 모터 등의 전장품의 전력선과 CAN 통신선에서 발생할 수 있는 과전압/과전류 차단회로, 세가지 전장품을 체결할 수 있는 범용 포트의 제공과 전장품 간 전력경로를 설절할 수 있는 HW 플랫폼 시험시제품 개발
  - · 집전기, 배터리, 모터 등의 전장품을 자동으로 인식하고 안정적으로 제어하고 관리를 할 수 있는 플러그&플레이 기반 온라인전기자동차용 SW 플랫폼 시험시제품 개발
  - · 배터리, 모터, 레귤레이터 등 복잡한 동력원을 종합적으로 제어하고 관리할 수 있는 동력관리 플랫폼 시험시제품 개발

· 전력 전달효율 최대화하여 전력손실을 최소화하는 설계 및 방법을 구축하기 위한 급·집전 시스템 시뮬레이터 시험시제품 개발

- 온라인전기자동차용 운영 및 운행 시스템 개발
  · 차량 위치 확인을 통하여 세그먼트 동작을 위한 도로위치정보 획득 기술 개발-위치인식 시스템 시제품 개발
  · 집전장치, 자율주행 센서, CAN 통신의 이상 유무를 감지하여 발생할 수 있는 긴급상황에 대한 처리 기술 개발
  · 위치인식 시스템을 활용한 급전선 기반 자율주행 기술 개발
- 온라인전기자동차용 핵심기술 검증 시스템 개발
  · 각 구성요소의 센서 출력 및 고장 진단을 확인할 수 있는 스마트 종합 시험 Tool 개발
  · 온라인전기자동차 시제품에 대한 성능/신뢰성/전자파 등 각종 검증 시험용 장비 개발 및 구축
- 온라인전기자동차 차량구조 개발
  · 전력을 공급하는 온라인 전기자동차 급/집전 시스템 원천기술을 바탕으로 일반 차량에 온라인 전기자동차 전력공급 시스템 구축 기술을 접목할 수 있는 차량 집적 기술 개발

o 연구목표

연구 분야		평가지표		목표치		완료
급전/집전	⇨	지상고	⇨	12㎝ 이상	⇨	12월
		효율	⇨	60% 이상	⇨	12월
		EMF	⇨	62.5 mG	⇨	12월
		승용차 집전용량	⇨	20KW	⇨	12월
		버스 집전용량	⇨	60KW	⇨	12월

<2009년 급집전 평가지표 및 목표치>

- 지상고 : 국토해양부령 “자동차안전기준에 관한 규칙”<국토해양부령> 제5조에서 정한 최저 지상고 기준에 따라 지상고 12cm를 성과목표로 설정하였음
- 효율 : 지상고 목표 상태에서 실용화가 가능한 최대효율 60%로 설정하여 연구개발을 수행하였음
- 전자기파 순시노출 기준(EMF) : 전파법 제47조 2항, 방송통신위원회 고시 2008-37호 ‘전자기파 인체보호기준’에 따라 설정하였음

일반인에 대한 전자파강도기준(제3조제1항 관련)

주파수 범위	전기장강도 (V/m)	자기장강도 (A/m)	자속밀도 (μT)	전력밀도 (W/m²)
3㎑ 이상 ~ 150㎑ 미만	87	5	6.25	/

<그림 58 전자파 인체보호 기준>

o 연구결과

- 지상고 12cm 이상에서 70% 이상의 효율을 달성함으로서 실용 가능성을 확보하였음
- EMF 를 62.5mG이하로 달성함으로써 자기장 안전성 확보함

<표17 핵심 기술개발 지표 달성 현황>

구분	'09년 목표	'09년 최종성과
지상고	12cm	OLEV 버스 : 20cm OLEV 승용차 : 12cm OLEV 열차 : 12cm
최대효율	60%	OLEV 버스 : 83% OLEV 승용차 : 71% OLEV 열차 : 74%
집전용량	승용차 : 20kW 버스 : 60kW	OLEV 승용차 : 20kW 이상 OLEV 버스 : 최대 75kW OLEV 열차 : 최대 64kW
급전 폭	-	80cm
세그먼트	-	종합시험장 : 3m 서울대공원 : 24m
EMF	62.5mG 이하	62.5mG 이하 (모든 접근 가능한 지점에서 안전 보장)
차량개조	버스 1대 승용차 1대	버스 5대, 마을버스 1대, 승용차 1대, 온라인전기열차 1대

(2) 10년도 과제 개요

o 주행 중 급집전 기술을 실용 수준으로 개발하고, 다중동력원 전력공급 기술 등 전기자동차 기반 공통 핵심기술 개발

o 주요 연구내용

- 온라인전기버스용 급집전 시스템 기술 개발
  - · 구조해석 및 열전달 해석 등 검증을 통한 급·집전 시스템의 최적 설계 기술 개발
  - · 최적설계를 기반으로한 지상고 20cm 이상의 고효율 급전장치 및 급전 선로 개발
  - · 고출력, 고효율(95%이상), 경량화 집전 모듈 및 안정화 전원장치 기술 개발
  - · 급·집전 자기회로(전달)효율 80% 이상 달성
- 온라인전기버스용 다중 동력원 전력공급 및 제어장치 개발
  - · 온라인전기버스용 커패시터 및 배터리 모듈 개발
  - · 120kW급 출력, 고효율(95%)의 온라인전기버스용 양방향 DC-DC 컨버터 개발
  - · 실시간으로 차량 에너지 를 확인할 수 있는 에너지 모니터링 기술 개발
  - · 모듈간 통신프로토콜 및 슈퍼커패시터와 배터리 연계를 통한 통합제어 기술 개발
- 온라인전기버스용 전동공조 시스템 기술 개발
  - · 대용량 전동기와 감속기 일체형 결합 시스템의 성능 평가용 시뮬레이터 개발 및 최적화된 설계 사양 개발
  - · 200kW급 대용량 고출력 수냉식 IPM 동기 전동기 및 240kW급 인버터 개발
  - · 고내구성 및 고신뢰성을 갖는 온라인전기버스용 대용량 전기구동 시스템 개발 및 평가 시스템 구축
- 대용량 전기구동 시스템 개발
  - · 온라인전기버스용 대용량 전동식 복합 전동 공조시스템 개발
  - · 온라인전기버스용 복합 냉/난방 시스템의 개념 설계 및 평가/해석 기술 개발
  - · 온라인전기버스용 대용량 복합 전동공조시스템 핵심부품 개발 및 실차 장착 평가
- 온라인전기버스용 시스템 통합 및 평가기술 개발
  - · 자기장 차폐(50mG)가 가능하고 A/S가 용이한 온라인전기버스의 차량구조 및 전장구조 개발
  - · HIL 기반 전기버스 컴포넌트 통합 설계 및 평가 시스템 개발
  - · 급전 인버터, 도로 매설용 케이블, 집전 모듈 등의 인증을 위한 성능, 신뢰성, 안정성 평가 기술 개발
  - · CAN을 활용하여 차량 내 주요 컨트롤러 간의 통신 메시지를 실시간으로 계측하고 기능 및 성능을 판독하여 현상과 문제점을 확인할 수 있는 통시평가 기술 개발

o 연구목표

구분	교과부 '09년 목표	교과부 '09년 결과(12월기준)	지경부 최종목표
지상고	12cm	20cm	20cm 이상
인버터 효율	90% 이상	90%	95%이상
주행시 집전효율	최고효율대비 90%		95%이상
급집전 시스템 효율	60%	70%	80%이상
집전용량	60kW	60kW	100kW
전자파(EMF)	62.5mG 이하	62.5mG이하	62.5mG이하

o 연구결과

- 연구기간이 기존 12개월에서(2010.5.1.~2011.4.30.) 15개월로(2010.5.1.~2011.7.31.) 변경되었으며, 현재는 각 분야별로 확보된 기술을 차량에 통합하는 최종 작업을 추진하고 있음
- 차량 통합 작업을 통해 기술 성능 평가를 추진할 예정이며, 이 결과를 향후 국토해양부 사업에 반영하여 보완 예정임

나. 세부 과제별 연계

(1) 표준통합 시스템 성능검증 및 운영관리기술 개발

	연구 개발 내용	기술적 의의
교과부 (2009 ~ 2010)	o 급전장치의 각종 전기적, 기계적, 환경적인 시험을 할 수 있는 급전장치 시험도구 실용화 기술 개발	o 신뢰성 시험 기법 및 기준은 신개념 온라인전기자동차에 대한 특화된 표준 확보
지경부 (2010 ~ 2011)	o OLEV 버스용 차량구조 및 전장구조 개발 o HILS 기반 전기버스 컴포넌트 통합 설계 및 평가 시스템 개발 o 성능·신뢰성·안전성 평가 기술 개발	o 완성차의 신뢰성 향상 및 경쟁력 강화를 위해서 자동차 부품의 신뢰성 확보
국토부 (2011 ~ 2013)	o Test Bed 구축 및 현장 적용 최적화 o 시스템 운영관리 기술 현장 적용 최적화	o Test Bed 구축으로 전체 시스템 상용화 능력 확보 o 상용 시스템 운영 관리 기술 구축

o 종합적 관점에서 볼 때 국내 기술개발을 통해 원천기술(특허)이 확보되어 있고, 관련 연구 인프라(산학연 협력체계, 인력, 장비 등)가 구축되어 있어 국외의 연구개발 이상의 경쟁력을 가진 것으로 판단되며 1차년도의 표준인증 급전인프라와 2차년도에 시행할 시험운영 급전인프라 구축을 통하여 원활히 상용화를 추진할 수 있을 것으로 기대함

(2) 무선 충전 급전도로 시공 및 유지관리 최적화 기술

(가) 급전선로의 인프라 및 기반역량 분석

o KAIST는 2009년부터 전기자동차 및 버스에 비접촉 충전을 하기 위한 급전 코어 및 케이블이 내장된 급전 선로를 개발하여, KAIST 문지동 캠퍼스 테스트 트랙 및 서울 대공원에 적용하여 현재 운영 중임.

- 적용된 급전 케이블은 20kHz, 200A이며, 급전 코어는 고주파 페라이트 계열을 사용하였음.
- KAIST OLEV의 경우 불연속적이며, 전자기적 특성이 고려된 Rib type 의 코어 기술을 적용하여, 가격 경쟁력을 높이는 동시에 core 전자기적 특성을 확보하여 실용화 수준에 근접한 기술 수준을 보이고 있는 상황임.

	연구 개발 내용	기술적 의의
교과부 (2009 ~ 2010)	o 1차 시연용 급전 시스템 개발 o 급전 시스템의 신뢰성 및 안정성 시험 o 서울시 시험 인프라용 급전시스템 개발 o 최적의 급전레일 개발 o 최종 시연용 급전 시스템 개발	o 급전 시스템의 시제품 개발과 신뢰성/안정성 시험 및 검증을 통해 최적 형상 급전레일 구조 원천기술 확보 o 다양한 형태의 급전레일 형상 구조개발을 통해 최적 급전시스템을 서울대공원 인프라 시범사업에 구현하여 급전선로 시범 단계 기술 확보
지경부 (2010 ~ 2011)	o 20cm 이상 지상고를 허용하는 급전선로 개발 o 고주파(20kHz) 대전류(260A) 교류용 전자식 세그멘테이션 기술 개발 o 고주파(20kHz) 고전압, 대전류용 도로매설용 케이블/코어 개발 o 도로환경 및 전자기환경에 적합한 외장시스템 설계/검증	o 고주파/고전압/대전류용 급전 케이블 및 코어의 실용수준 시제품 개발로 고지상고에서 고효율 급전이 가능해져 실용수준 기술을 확보
국토부 (2011 ~ 2013)	o 고주파/고효율/고신뢰성/대용량의 급전 케이블 및 급전 코어와 고속/고신뢰성의 자기장 통신을	o 기존 과제에서 개발된 급전 케이블 및 급전코어, 자기장 통신을 포함하는 급전선로의

	포함하는 급전선로 시제품의 성능 보완과 Test Bed 구축을 통한 현장적용 및 최적화	성능 보완을 통해 안정적이고 고신뢰성의 검증된 급전선로 인프라가 가능 할 것으로 기대

o 종합적 관점에서 볼 때 2009년 교육과학기술부, 2010년 지식경제부 과제를 통해 급전선로의 원천기술 및 실용수준 기술이 확보되었고, 관련 연구 인프라(산학연 협력체계, 인력, 장비 등)가 구축되어 있어 2년간의 기존 시제품의 성능 보완과 Test Bed 구축을 통한 현장 적용성 검증을 통하여 상용화를 추진할 수 있을 것으로 기대함

(나) 급전도로 시공 및 유지관리의 인프라 및 기반역량 분석

o 2009년 교육과학기술부 지원으로 KAIST는 모노형과 듀얼형의 급전도로 시공 및 유지관리에 대한 원천기술을 개발한 상태임

- 급전선로 매설 및 시공은 기존 도로의 균열 및 융기를 막기 위해 재료들이 팽창/수축 할 수 있는 공간을 확보하도록 시공이 이루어짐
- 전력선의 소손, 누수 방지 및 유지보수를 용이하게 하기 위하여 FRP pipe 및 단자함을 사용하여 급전선로를 매설하여 시공하였음

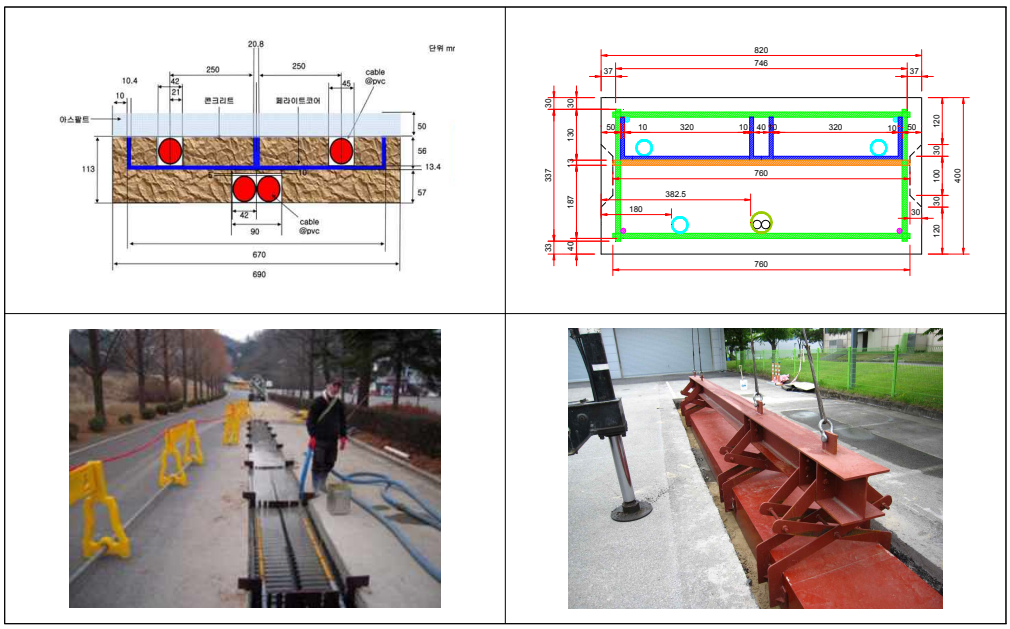
o 2010년 지식경제부 지원으로 오랜 양생기간이 소요되는 현장 타설형 급전도로 시공 기술에 비해 급전구조물 구조체의 공장제작으로 시공기간이 절약되는 프리캐스트형(B*H*L-820mm*400mm*10m) 급전도로 시공에 대한 실용 수준 기술을 개발한 상태임

- 현장시공시 설치가 힘든 급전코어와 급전 케이블 보호관을 포함하는 급전구조물 세그먼트를 공장제작하여 시공기간을 단축하였고, 일정한 지상고 확보로 급/집전 시스템의 효율에 대한 문제점을 개선하였음

<2009년 교과부 과제 Mono type 급전선로 시공>

<2009년 교과부 과제 급전선로 유제 작업 및 아스콘 작업>

o 2010년 개발된 급전도로 프리캐스트 콘크리트 구조형식은 현재 국내의 버스정거장 시공 등 실제 도로포장 시공에 많이 적용하고 있는 조립식 포장 공법과 유사하며, 이러한 기술을 급전도로 시공 기술에 응용하기 위해 급전시스템 구성요소의 모듈화 및 포장 공법의 기술이 필요



2009년 현장타설형 급전구조물　　2010년 프리캐스트 급전구조물

	연구 개발 내용	기술적 의의
교과부 (2009 ~ 2010)	o 서울시 시험 인프라용 급전도로 개발 o 최적의 도로급전 구조 개발	o 현장 타설형 급전도로 시공 기술 개발을 통해 급전시스템을 포함하는 급전도로용 시방서 및 지침서를 작성하여 현장 적용성에 대해 검증 o 서울대공원 인프라 시범사업에 현장타설형 급전도로 시공 기술을 구현하여 급전선로 시범단계 기술 확보
지경부 (2010 ~ 2011)	o 도로환경에 강인한 95%이상의 고효율 선로모듈 개발 o 도로환경 및 전자기환경에 적합한 외장시스템 설계/검증	o 차량하중에 안전한 프리캐스트 급전구조물 시제품의 개발로 시공기간의 단축이 가능해 졌으며, 다양한 환경적 요인에 의한 재료적 품질의 균일성과 우수성을 확보
국토부 (2011 ~ 2013)	o 경제적이고 신속한 급전도로 인프라 구축을 위한 도로 시공 및 유지관리 기술 보완과 Test Bed 구축을 통한 현장적용 및 최적화	o 급전도로 시공 기술 구현으로 일반도로 적용에 따른 환경적 문제점 발생을 최소화 하고, 급전 케이블을 고려한 유지보수/교체 기술의 적용으로 신속, 정확한 공사가 가능할 것으로 기대

o 종합적 관점에서 볼 때 2009년 교육과학기술부, 2010년 지식경제부 과제를 통해 급전도로 시공/유지관리 기술의 원천기술 및 실용수준 기술이 확보되었고, 관련 연구 인프라(산학연 협력체계, 인력, 장비 등)가 구축되어 있어 기존 시공/유지관리 기술의 보완과 Test Bed 구축을 통한 Feedback을 받아서 현장적용성에 대한 검증을 마무리하면서 상용화를 추진할 수 있을 것으로 기대함

(3) 급집전 시스템 성능 보완 및 최적화

(가) 급전 인버터의 인프라 및 기반 역량 분석

o KAIST OLEV 급전 인버터 기술은 2009년 원천기술 개발 및 2010년 실용화 수준의 급전 인버터 기술 개발을 통하여 현장적용 및 최적화 기술의 기반 역량을 구축하고 있는 상황임.

	연구 개발 내용	기술적 의의
교과부 (2009 ~ 2010)	o 최적의 인버터 o 급전 시스템 종합 시험	o 급전인버터의 원천 기술 및 시제품 제작/시험/검증 등을 통하여 도로에 설치되어 급전이 가능한 급전 인버터 시스템의 원천 기술 확보 o 급전 인버터 개발과정을 통하여 급전 인버터 기술 노하우 확보

		o 집적된 급전 인버터 기술 노하우를 바탕으로 서울 대공원 시범사업에 기술 구현
지경부 (2010 ~ 2011)	o 최적 설계를 기반으로 한 고효율 급전 장치 개발	o 대용량 고효율 급전 인버터 기술 개발 및 시제품 제작/시험/검증/버스 적용 등을 통하여 실용 수준의 대용량 급전 인버터 기술 확보
국토부 (2011 ~ 2013)	o 유지보수가 용이한 대용량 모듈 구조를 갖는 전자식 세그먼테이션이 가능한 고효율 고신뢰성의 소형 급전 인버터 성능 개선 o Test Bed 구축을 통한 성능 개선된 급전 인버터 시제품의 현장 적용 및 최적화	o 주변경관을 고려하여 차량의 고속 주행 시의 고속 세그먼테이션 절체및 다수의 차량이 동시에 충전이 가능한 실용화 기술 확보 o Test Bed 구축 후 현장 적용 시험을 통해 미관을 고려한 설치방안, 전기적 안전 및 성능, 신뢰성이 고려된 급전 인버터의 실용화 기술 확보

o KAIST OLEV의 급전인버터(~2010)는 직렬 공진을 이용한 전류원 제어 방식을 이용하였으며 스위칭 주파수는 20kHz, 출력 전류는 단상 200Arms이었으며, 기계적 스위치를 이용한 세그먼테이션 절체를 하였음. 이렇게 개발된 급전 인버터는 서울 대공원 시범사업 및 문지동 test bed를 통해 동작 및 성능 확인을 하였으며, 이로부터 실용화 수준의 급전 인버터 기술 개발의 초석이 마련되었으며, 사업성과 기술적 가치를 확보함.

o KAIST OLEV의 급전인버터(~2011)는 전자식 스위치를 포함하는 새로운 전력 회로 방식이 적용되었으며, 이로부터 차량의 고속 주행 시 고속 세그먼트 절체및 집전 출력 100kW가 가능한 실용화 수준의 급전 인버터가 개발되었음. 이를 통해 세계적 수준의 주행 중 무선충전 기술이 가능하게 되었음.

o 2011~2013년에 보완 및 개선될 급전인버터는 차량의 고속 주행 시의 고속 세그먼테이션 절체 및 다수 차량의 동시 충전이 가능하게 되며, 도시 미관을 고려한 지하화, 반지하화 및 지상화를 포함하는 인버터 설치 방안이 연구 및 적용될 예정이며, test bed 구축 후 현장 적용 시험을 통해 전기적 기계적 안전성과 성능, 신뢰성 및 고수명이 고려된 실용화에 적합한 급전 인버터의 보완 및 개선이 가능하게 됨.

(나) 집전 시스템의 인프라 및 기반역량 분석

o KAIST OLEV 집전 시스템 기술은 2009년 원천기술 개발 및 2010년 실용화 수준의 집전 시스템 기술 개발을 통하여 현장적용 및 최적화 기술의 기반 역량을 구축하고 있는 상황임.

	연구 개발 내용	기술적 의의
교과부 (2009 ~ 2010)	o 1차 시연용 버스 집전시스템 o 버스집전 시스템의 신뢰성 및 안정성 시험 o 서울시 시험 인프라용 버스 집전시스템 o 최적의 I자형 집전시스템 o 최적의 브러시형 집전시스템 개발 o 최적의 기계식 집전시스템 o 최적 시연용 버스/승용차 집전시스템 o 버스/승용차 집전시스템 종합시험	o 집전장치의 원천 기술 및 시제품 제작/시험/검증 등을 통하여 버스에 적용되는 집전시스템의 원천 기술 확보 o 4세대에 걸친 집전장치 기술 개발과정을 통하여 집전장치 기술 노하우 확보 o 집적된 집전장치 기술 노하우를 바탕으로 서울 대공원 시범사업에 기술 구현
지경부 (2010 ~ 2011)	o 20kW/집전모듈 실용수준의 집전장치 개발 o 집전모듈 효율 95% 이상의 고효율 집전장치 개발	o 대용량 고효율 집전장치 기술 개발 및 시제품 제작/시험/검증/버스적용 등을 통하여 실용 수준의 대용량 집전 기술 확보
국토부 (2011 ~ 2013)	o 집전장치 경량화(9kg/kW) 성능개선 및 EMF 차폐장치 통합기술 성능보완 o집전장치고출력화(20kW/module), 고안정화(좌우편차 30cm, 10kW 이상) 성능보완 o Test Bed 구축을 통한 성능 보완된 집전장치 시제품의 현장 적용 및 최적화	o 실용 대용량 집전기술을 바탕으로 실용 시제품 및 시범사업 가속화 방안 확보 o 제품수준의 집전 시스템 상용화 능력 확보 및 운영/관리 기술 구축

o KAIST OLEV의 집전장치(~2010)의 경우 4세대에 걸친 집전장치의 연구를 통해 시범사업을 진행하였으며, 이러한 시범사업을 통해 실용화 수준의 집전장치 기술 개발의 초석을 마련하였음. 또한 서울대공원에서 기술 구현을 통해 사업성과 기술적 가치를 확보함.

o KAIST OLEV의 집전장치(~2011) 기술 개발의 경우 대용량 고효율 집전장치 개발을 통해 세계적인 수준의 주행중 무선충전 기술을 선보임. KAIST OLEV의 집전장치의 경우 주행중/정차중 무선 충전이 가능하며 또한 주행중/정차중 무선 충전을 하는 PATH와 비교시 KAIST OLEV의 기술적 우위를 확인 할 수 있음.

연구기관	방식	사용 주파수 (kHz)	용량 (kW)	효율 (%)	집전 크기/부피/무게	급전 전압/전류 (V/A)	집전 전압/전류 (V/A)	1/2차 turn수	이격거리 (mm)
KAIST OLEV 2011 (한국)	SMFIR (주행중/정차중)	20	100	80	1250×700×185mm (장착 BRK. 포함) (130kG)/픽업 1모듈	200~600V/ 200A	300~600V/ 50A 이내	1/100	200 (지상고)
PATH (미국)	IPT (주행중/정차중)	0.4	60	60	4360×1000×?mm 545kg/픽업 1모듈	2000A	400V/ 150A	2차측 2	70 이하
Wampfler (독일)	IPT (정차중)	20	70	-	800×800×70mm 내외/픽업 1모듈	0~600V/ 0~250A	300Vac/ 100A	-	30~ 150
Auckland 대학 및 UNISERVICES (뉴질랜드)	IPT (정차중)	50	2	85	Ø350mm × 30mm 내외(5~6kg)/픽업 (외함제외)	25A rms	-	1/1	200
쇼와 비행기공업 (일본)	IPT (정차중)	20	30	92	847x847 X33mm (35kg)/픽업 1모듈	250A	300V (30kW)	-	100
			60	92	1200x1200x33mm (70kg)/픽업 1모듈				
			150	93	902x1854X48mm (150kg)/픽업 1모듈				
HINO (일본)	IPT (정차중)	-	30	83.2 (S.OC. 51%)	-	-	-	-	50~ 180
				84.1 (S.OC. 42%)					

(다) 레귤레이터의 인프라 및 기반 역량

o KAIST OLEV 레귤레이터 기술은 2009년 원천기술 개발 및 2010년 실용화 수준의 레귤레이터 기술 개발을 통하여 현장적용 및 최적화 기술의 기반 역량을 구축하고 있는 상황임.

	연구 개발 내용	기술적 의의
교과부 (2009 ~ 2010)	o 최적 시연용 버스/승용차 집전 시스템 o 버스/승용차 집전 시스템 종합 시험	o 레귤레이터의 원천 기술 및 시제품 제작/시험/검증 등을 통하여 차량에 설치되어 집전이 가능한 레귤레이터 시스템의 원천 기술 확보 o 레귤레이터 개발과정을 통하여 레귤레이터 기술 노하우 확보 o 집적된 레귤레이터 기술 노하우를 바탕으로 서울 대공원 시범사업에 기술 구현
지경부 (2010 ~ 2011)	o 경량화 안정화 전원장치 기술 개발	o 대용량 고효율 레귤레이터 기술 개발 및 시제품 제작/시험/검증/버스 적용 등을 통하여 실용 수준의 대용량 경량 레귤레이터 기술 확보

국토부 (2011 ~ 2013)	o 유지보수가 용이하며, 고속 주행에 적합한 고신뢰성의 레귤레이터 성능 개선 o Test Bed 구축을 통한 성능 개선된 레귤레이터의 현장 적용 및 최적화	o 차량의 고속 주행 시의 고속 세그먼테이션 절체, 차량 진동, 저소음화(가청 주파수 배제). 픽업 일체화를 고려한 실용화 기술 확보 o Test Bed 구축 후 현장 적용 시험을 통해 유지보수가 용이한 레귤레이터 구조연구, 레귤레이터와 배터리/집전장치 간의 인터페이스 최적화, 전기적 기계적 안전 및 성능, 신뢰성이 고려된 레귤레이터의 실용화 기술 확보

o KAIST OLEV의 레귤레이터(~2010)는 boost 방식의 DC/DC 컨버터를 이용하였으며 5개의 집전장치를 제어하기 위하여 최적의 전류 밸런싱 방법을 사용하였음. 이렇게 개발된 집전 레귤레이터는 서울 대공원 시범사업 및 문지동 test bed를 통해 동작 및 성능 확인을 하였으며, 이로부터 실용화 수준의 레귤레이터 기술 개발의 초석이 마련되었으며, 사업성과 기술적 가치를 확보함.

o KAIST OLEV의 집전 레귤레이터(~2011)는 Interleaving boost 방식의 DC/DC 컨버터를 사용하여 출력 전압 리플 크기를 최소화하였으며, 집전 픽업 내부의 2개의 집전 코일 전류를 각각 제어함으로써, 좀더 안정된 전류 밸런싱 제어가 가능하게 되었음. 특히, 집전 출력 전력 용량 및 효율을 100kW, 97%까지 증가시켜 차량의 고속 주행 시 고속 세그먼트 절체 및 집전 출력 100kW가 가능한 실용화 수준의 레귤레이터가 개발되었음. 이를 통해 세계적 수준의 주행 중 무선충전 기술이 가능하게 되었음.

o 2011~2013년에 보완 및 개선될 레귤레이터는 차량의 고속 주행 시의 고속 세그먼테이션 절체, 차량 진동, 저소음화(가청 주파수 배제), 픽업 일체화를 고려한 구조, 회로 및 제어가 적용될 예정이며, test bed 구축 후 현장 적용 시험을 통해 전기적 기계적 안전성과 성능, 신뢰성 및 고수명, 레귤레이터와 배터리/집전장치 간의 인터페이스가 고려된 상용화가 가능한 레귤레이터의 보완 및 개선

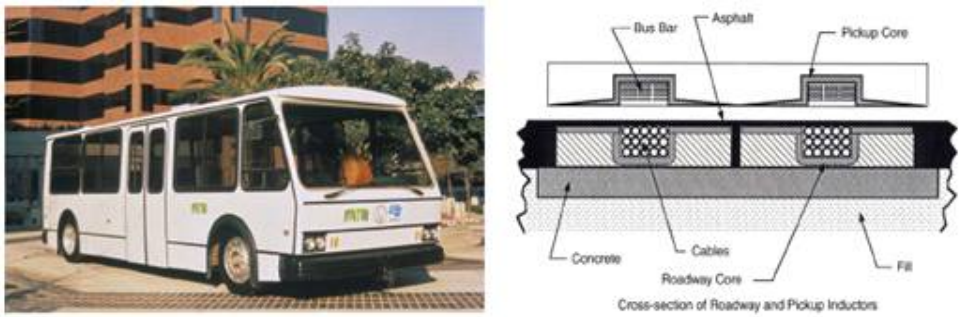
다. 관련 기술 개발 현황

o 주행 중 충전 시스템은 전기트램 산업에서는 개발되어 시험 중이지만, 버스나 승용차 시장에서는 미국의 PATH 프로젝트에서 추진했으나 실패하고 현재 상용화된 제품은 개발 되지 않았으므로 조기 상용화를 통한 시장 선점이 필요함

o 미국 PATH 프로젝트: 1989~1996년 전기자동차에 전력을 공급해 줄 수 있는 테

스트 트랙을 도심에 설치하여 일부 버스 정류소에서 충전실험 실시(PATH,미국)

- 전력 공급 효율문제 : 도로상 설치된 케이블선과 코어 등에서의 손실로 인해 60%의 낮은 효율(이동 중 기준)
- 도로상 설치된 전력 공급선의 폭이 1m 정도로서 타 차량이 이 위를 지날 때 차량 전체에 걸쳐 상당한 수준의 전자기 간섭 발생
- 설치된 전력 공급 모듈의 폭이 너무 넓어서 자동차가 전력 공급 모듈 위를 지날 때 미끄러질 수 있어 급회전하는 문제 발생
- 진행 방향의 좌우로 5cm만 어긋나도 급전효율이 10% 감소함
- 비싼 케이블과 코어가격으로 인해 도로 인프라 건설비 과다 (0.74 ~ 1.22 M$/km)



<그림 59 미국 PATH 시스템 적용 버스 및 기술 구성도 >

o Bombardier사의 PRIMOVE는 비접촉식 자기유도방식을 적용하여 연구개발을 추진하였으며, 공극간격 6.5cm에서 효율 93% 달성

<그림 60 Bombardier의 PRIMOVE 시스템 및 독일 Bautzen의 시험라인>

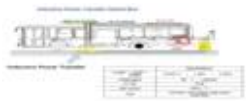
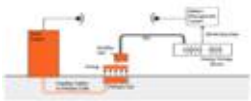
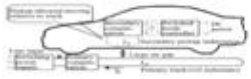
o 국내에서는 KAIST가 09년부터 공진상태에서 자기장 형상화 기술인 SMFIR(Shaped Magnetic Field in Resonance) 기술을 적용하여 주행 중 비접촉

충전 방식의 원천 기술을 확보하고 실용화를 위해 기술 개발 중임

- 이격거리 20cm에서 집전용량 75kW, 80% 이상의 전력전달 효율을 달성하고 전자파 문제와 같은 안전성 문제를 해결할 수 있는 원천 기술 확보
- 4대의 온라인전기버스를 개발하였고, 이것 이외에도 온라인전기승용차(SUV, 2009년 8월), 코끼리 열차, 마을버스 등 다수의 온라인전기자동차 작동 모형 개발
- 2010년 11월에는 2010년을 빛낸 세계 50대 발명품으로 선정되어 독창성과 혁신성을 인정받기도 하였음

<그림 61 KAIST가 개발한 온라인전기자동차 및 집전구조>

<표 18 국내외 비접촉 충전기술 비교>

구분	기술 방식	수행 기관	적용 분야		공극	최대 효율	최대 출력
국내	공장 자동화	전기연구원, 그린파워	LCD Stocker		1cm 이하	90% 이상	10kW
	정차·주행 충전	**KAIST**	**온라인 전기 버스**		**17cm 이상**	**70% 이상**	**50kW**
		KAIST			**20cm 이상**	**80% 이상**	**60kW**
국외	정차 충전	일본 HINO	전기 버스		3cm	95%	비공개
		독일 Wampfler	열차		15cm	비공개	60kW
		뉴질랜드 Auckland	전기 승용차		4.5cm	93%	32kW
	정차·주행 충전	미국 PATH	소형 전기 버스		7cm 이하	60%	6~10kW
		독일 Bombardier	열차		6.5cm	93%	250kW

o 적은 배터리 용량으로 주행중 충전하여 다닐 수 있는 무선충전 전기버스를 조기에 상용화하기 위해서는 급집전 시스템 기술의 현장 적용을 위한 Test Bed 구축이 시급함

- 산학연계 협력에 의한 무선충전 전기버스용 Test Bed 구축을 통한 기술적 안정성과 성능 및 운행 효율성의 검증

o 무선충전 전기버스의 상용화와 국내시장 정착으로, 향후 예견되는 고유가 및 리튬 등의 자원 전쟁에 대비하며, 온실가스 감축에 의한 대중 교통부분에서의 녹색성장 실현 가능

o 무선충전 전기버스의 국내시장 성공사례를 바탕으로 해외시장에 진출하여, 국내 자동차업계가 세계시장에서의 새로운 수요를 창출할 수 있도록 함으로써 국가경쟁력을 높이는데 일조함

o 아울러, 원천 핵심기술의 확보에 따른 요소기술의 지적재산권 상품화 및 세계 전기자동차 시장의 표준화 주도

o 무선충전 전기버스 사업을 성공적으로 수행하기 위해서는 자동차업체, 전력전자업체, 학계/연구기관, 중앙정부 및 지방자치단체의 유기적인 협력이 반드시 필요

o 종합적 관점에서 볼 때 국내 기술개발을 통해 원천기술(특허)이 확보되어 있고, 관련 연구 인프라(산학연 협력체계, 인력, 장비 등)가 구축되어 있어 국외의 연구개발 이상의 경쟁력을 가진 것으로 판단되며 2년간의 Test Bed 실증을 통하여 상용화를 추진할 수 있을 것으로 기대함

3절 기술수요 및 예측

1. 기술수요조사 및 결과

o 기술수요 조사는 문헌조사를 중심으로 기술별 정의, 개발의 필요성, 추진 내용 등에 대하여 조사하였음

o 조사 대상기술이 국내에는 KAIST 중심으로 추진한 교과부 및 지경부 사업이 유일하며, 국외에는 향후 경쟁관계에 있는 연구소와 업체 중심으로 이루어졌음.

o 이를 감안하여 기관에 대한 기술수요 조사 설문은 하지 않았음 특히 외국기관에 대한 설문 추진이 특허/기술 유출, 전력 노출의 우려점이 있어 문헌조사 및 필요시 교과부 및 지경부 연구개발 추진인력에 대한 개인면담 내용을 중심으로 정리하였음

o 전기자동차에 대한 수요와 특히 무선 충전 방식 전기버스에 대한 내용은 기존 KAIST에서 09년도와 10년도에 추진한 연구 추진방향과 연구 수행을 통해 확보한 원천기술 및 공통핵심기술을 중심으로 본 과제의 연구목표인 Test Bed 구축과 상용화 추진을 위하여 필요한 분야로 구분하여 기술의 정의, 동향, 개발의 필요성 및 개발 내용 등에 대하여 조사를 수행하였음

가. 표준 통합시스템 성능검증 및 운영 관리 기술 개발

(1) 표준 급전인프라 구축 및 차량 통합 기술 성능 검증

o 표준 급전인프라구축에 따른 기술 수요를 확인해 보면 최근 친환경 그린카 시장도입이 가시화 되고 지자체 중심의 전기자동차 시범 도입이 늘어나고 있는 가운데 그에 따른 상용 도입을 앞당기기 위해 무선충전식 전기버스에 대한 사전 검증과 확인이 필요한 표준 급전인프라 구축은 반드시 필요한 시점에 있음.

o 표준 급전인프라 구축에 따라 무선충전식 전기자동차가 상용화 시장 진입에 성공하도록 기반을 조성하고 2013년 이후에는 민간업체에서 직접 수익 모델을 추구하는 전략적 기반의 바탕이 됨.

분야	항목	내용
표준급전인프	목표	o 무선충전 전기버스의 최적 설계와 최적화된 차량 제작 및 표준급전인프라 최적 설계를 통해 표준 급전인프라 구축을 완성하고 이를 통

		해 차량 및 급전 인프라에 대한 공인 인증을 획득하여 실제 도로에 시험운영 급전 인프라 구축
	기술정의	o 최적 설계가 반영된 표준 급전 인프라 구축을 구현하기 위해 차량 및 급전인프라에 대한 최적 설계 시뮬레이션 Tool을 개발하고, 그 최적 설계 기술이 반영된 표준 급전인프라와 무선충전 전기버스를 통해 인증 기술과 관련한 도구를 개발하며 최종적으로 성능, 안전, 신뢰성 등이 인증된 인증서를 확보하는 것
	기술개발 필요성	o 무선충전식 전기버스의 차량의 에너지 효율을 보완할 경량화 및 유지보수 간소화를 위한 시스템 장착구조 기술개발 필요 o 급전인프라 및 차량에 대한 최적의 통합 시스템 구축을 위해 가장 저렴하고 다양한 도로 환경 조건에 최적화된 시뮬레이션 Tool의 개발과 그 환경에 대한 다양한 인증과 시험을 위한 표준급전인프라 및 차량으로 실제 공인 인증을 받는 것이 필요
라 구축 및 통합 시스템 검증	기술개발 동향	o 국내 기술 개발 동향 - KAIST는 2009년도~2010년도 연구개발을 통해 주행 및 정차 중 충전이 가능한 무선충전식 전기열차(서울대공원) 및 전기버스(KAIST 문지캠퍼스) 충전시스템을 구현 - KAIST가 개발한 급전인프라의 전기안전과 관련한 기준과 평가방법이 없어 2010년과 2011년에 걸쳐 전기협회의 전문가로부터 전기안전성을 평가받았으며, 전자파 안전에 대해서는 2010년 방송통신위원회가 산학연 각계 전문가로 구성된 "무선전력전송제도보완연구반"을 통해 전자파안전 평가기준을 마련. (방통위에서는 무선전력전송을 위한 "전파응용설비"용으로 20 ㎑ 및 60 ㎑ 주파수 분배 완료) o 국외 기술 개발 동향 - 하네다공항 비접촉 자기충전 하이브리드 버스 일본 국토교통성이 2002년부터 '차세대 저공해차 개발 및 실용화 촉진 프로젝트'를 시행하여 2008년 2월부터 하네다 공항에서 시험운행 중. 정차 중 도로에 매립된 급전장치에서 비접촉으로 급속 충전하는 방식 이용 - 일본 닛산의 비접촉 충전 자동차 (Leaf) 2009년 7월에 개최된 "닛산 첨단기술설명회-시승회 2009"에서 닛산에서 정차중 비접촉 충전 전기자동차 Leaf를 공개. 전자유도 기술을 이용한 것으로 쇼와비행기공업과 공동 개발했으며 정격출력은 10㎾ 수준
	기술개발 내용	o 차량 최적 설계 및 인증 도구 기술 개발 - 급전인프라 시험운영구간 구축 - 급전인프라 성능 검증 o 표준 급전인프라 구축 및 성능 검증 기술 개발 - 시스템통합 기술을 통한 표준 급전인프라 현장 적용 최적화 - 표준 급전인프라의 적합성 인증 확보

	기술개발 소요예산	o 차량 최적 설계, 시스템통합 기술을 통한 차량 개발 (29.3억) o 표준 급전인프라구축 및 시뮬레이션 Tool 개발 (79.1억)

(2) 통합시스템 운영관리 기술

o 무전 충전 시스템의 최적 입지 기준 및 배차, 차간 간격, 신호, 정류장 운영/서비스 및 긴급 상황 대비 안전 관리 등 교통 운영 대응 방안 기술 개발이 반드시 필요함

o 악천후, 폭설/폭우, 침수 상황 시 긴급 차량 전자장비, 통신기기 안전 대응 방안도 필수적으로 개발되어야 함.

o 운행을 위해서는 자원관리, 구성관리, 상황관리, 성능 관리, 보안관리, 과금 관리 기능을 급전/집전 종합 제어 시스템 관리에 적용할 필요가 있음

o 안정적이고 효율적으로 무선충전식 전기자동차를 운영하기 위해 급전/집전 설비 및 차체를 포함한 전 설비를 중앙 관제 센터에서 실시간 감시/제어할 수 있는 운행 시스템 관련 기술의 성능 보완 및 현장 적용 최적화 필요

분야	항목	내용
통합 시스템 운영 관리 기술 개발	목표	o 무선 충전 시스템의 최적 입지 기준 및 운영 서비스(배차 간격, 신호 시스템, 정류장 운영 등) 및 긴급 상황 대비 안전관리 등 교통 대응 방안 기술 개발 o 악천후, 폭설/폭우, 침수 상황 시 안전 대응 방안 개발 o 무선충전식 전기자동차의 급전 인프라 및 차량의 운영관리를 위한 에이전트 및 종합관리센터 시스템을 구축하고 이를 기반으로 무선충전식 전기자동차 급전시스템 구성모듈 및 차량-인프라간 자기장 통신 및 전력선 통신 기술을 개발하며, 차량의 위치인식을 위한 자기장 센서 기반 차량위치인식기술을 개발함으로써 관련 도로인프라, 자동차, IT융합 산업의 활성화와 국가 경쟁력 확보를 위한 융합신기술 개발 및 시스템 구축
	기술정의	o 네트워크 관리의 주요 기능인 시스템 자원 관리, 구성 관리, 상황 관리, 성능 관리, 보안 관리, 과금 관리 기능을 급전/집전 종합 제어 시스템 관리에 적용함으로써 무선충전식 전기자동차와 급전시스템에서 실시간으로 수집한 차량 및 급전 정보를 중앙 관제 센터에서 관리하는 종합 운영 관리 시스템
	기술개발 필요성	o 급전선도로 기반 무선충전식 전기자동차를 안정적이고 효율적으로 운영하기 위해 급전/집전 설비 및 차체를 포함한 전 설비를 중앙 관제 센터에서 운영자들이 실시간 감시/제어할 수 있는 운행 시스템관련 기술의 성능 보완 및 현장 적용 최적화 필요
	기술개발 동향	o 국내 기술 개발 동향 - 포휴먼에서 네트워크 관리, 시스템 관리, 전자 정부 시스템 관리, 트래픽 관리에 대한 솔루션 보유 - 누리텔레콤에서 네트워크 관리, 원격 검침에 관한 솔루션 보유

		- KT에서 유무선 통신망 관리, 트래픽 관리, 과금 관리, 르완다의 인터넷 구축과 통신망운용센터 구축 중. 통신망 서비스용 관제 센터 구축 - 국내 업체인 이우티이씨는 지하 매설 배관 상단부에 부착되어, 자기 탐지기에 의해 위치를 추적할 수 있는 자기 마커 기반으로 지하 매설물 관리 시스템을 개발. 자력이 고정되어 있으므로 위치 이외 다른 정보를 전달할 수 없는 단점이 있음 - KETI는 수백 ㎑ 저주파 대역을 사용하는 능동형 센서 태그 기술을 연구하고 있으며, 이를 기반으로 한 무선 원격 관리/감시 시스템을 검토 중임. - 한국전력에서는 고속 PLC 모듈이 탑재된 디지털 전력량계를 사용하여 원격검침 및 다양한 초고속 데이터 서비스를 실현하기 위한 BPL (브로드밴드 전력선) 통신 시범 사업을 실시하였음. 약 6,500호에 원격 검침을 시범 실시하여 전압, 전류 등의 안전상태를 감시하였고, 약 3Mbps 속도의 데이터 통신과 화재, 가스, 침입자 감시 등의 방범 방재서비스도 실시. BPL은 PLC와 같은 개념이며, 단지 차이점은 PLC 모뎀보다 통신 신호가 더 멀리, 강하게 전송되며, 다중의 PLC 모뎀과 연결되는 개념임. 이러한 이유로 옥외 및 전신주 부착 타입으로 개발. 통합원격검침 서비스는 수도, 가스, 난방, 온수 등의 검침을 전력선통신 기반으로 실시하는 서비스이며, 전기, 수도, 가스 통합 검침 시범사업을 목동과 제주도에서 완료하였음 o 국외 기술 개발 동향 - 3M은 지하에 매설된 파이프, 케이블 등의 모니터링을 위한 인식 및 위치정보 제공을 위하여 RFID 형태의 수동형 마커와 이를 인식하는 로케이터를 개발 - 일본 SAKATA DENKI Co.,Ltd.는 지중 및 수중 환경 모니터링을 위하여 자기장 유도 방식의 통신 개념을 적용하여, 자체 개발한 자기장 센서와 결합하여 무선으로 정보를 수집하는 logger를 개발 - 미국 Visible Assets Inc.사의 132㎑ 대역 자기장을 이용한 능동형 RuBee tag는 일반적으로 약 3m까지, 금속 물질로 둘러싸여 있는 경우에는 약 0.6m까지 통신이 가능함 - 미국의 Echelon, 이스라엘의 Yitran 등의 업체가 저속 PLC 기술을 개발, 젤라인(한국), DS2(스페인), 인텔론(미국), 파나소닉(일본)등의 업체가 고속 PLC 기술 개발 중
	기술개발 내용	o 운영관리 시스템 성능 보완 - 차량(레귤레이터, 픽업 등) 및 급전 인프라와 같은 로컬 망에 대한 모든 등록 요소(자원)의 상태를 종합적으로 관리(자원/구성/장애/보안/과금)할 수 있는 로컬 망 운영 관리 시스템 성능 보완 - 여러 곳에 산재되어 있는 로컬 망을 통합 관리 할 수 있는 광역 망 Test Bed 구축 운영 관리(자원/구성/장애/보안/과금) 시스템 성능 보완 - 차량 인프라간 통신을 위한 자기장 통신 시스템 성능 보완 - 자원 관리를 위한 중앙 관제 시스템 관련 GUI 성능 보완

		o 운영 관리 시스템 표준 시제품 성능 보완 및 현장적용 최적화 - 통합 운영 관리 시스템의 실용화 기술을 바탕으로 통합 운영 관리 시스템의 HW/SW 인터페이스 표준 및 규격을 만족시키는 운영관리 시스템 현장 적용 최적화 - 원격 시스템 관리를 위한 Web 또는 스마트 폰을 이용한 실시간 운행 관리 시스템 현장 적용 최적화
	기술개발 소요예산	o 차량의 종합적인 운행 상황 및 급전 인프라의 효율적인 사용을 위한 자기장 통신 기반 운영 관리 성능 보완 및 현장 적용 최적화(13억) o 무선 충전 시스템의 최적계획(입지) 및 교통 운영 대응 시스템 기술(20.3억)

나. 무선 충전 급전도로 시공 및 유지관리 최적화 기술

o 급전도로 시공 및 유지관리에 따른 기술 수요는 일반도로 시공 관련 시장에서 무선 충전 급전도로 구축으로 인한 기술적, 경제적 가치를 평가하는데 중점을 두어 관련 문헌을 토대로 조사하고 분석하였음

o 급전도로 구축에 따른 수요는 OLEV 사업 타당성 분석 보고서의 특별, 광역, 시, 구로 나누어 급/집전시스템의 효율을 감안한 급전구간과 비급전구간을 산정하여 에너지 효율적 측면에서 최적의 급전도로 구축에 대한 비율을 산정함

o 전체 도로구간에 대한 도로 등급별, 차로별, 연도별 급전도로 구축 계획을 세워 급전도로 공사에 따른 비용과 유지보수에 따른 비용에 대한 수요를 예측함

(1) 급전선로

o 급전선로 구축에 따른 기술 수요는 현재까지 개발된 무선 충전용 급전 케이블 및 급전코어, 세그먼테이션 기술을 위한 자기장 통신 모듈에 대해 국내외 문헌과 전문가 자문을 토대로 조사하고 분석함

o 기술 수요 조사 결과 KAIST에서 2009년부터 무선 충전 전기자동차용 대용량 급전 케이블, 급전코어 등 급전선로에 대한 기술 개발이 진행되고 있으며, 도로 환경 및 도로 매설에 따른 문제점 개선을 위한 성능 보완과 현장적용성 검증이 필요

o 기존 개발된 급전선로 기술의 상용화를 위해 2년간 급전케이블, 급전코어 형상, 자기장 통신 모듈의 성능을 보완하고 Test Bed 구축에 따른 Feedback을 통해 향후 국내는 물론 해외시장의 관련업계에서 선도적 역할을 주도할 수 있을 것으로 기대

분야	항목	내용

급전 선로	목표	o 고주파/고효율/고신뢰성/대용량의 급전 케이블 및 고속/고신뢰성의 자기장 통신을 포함하는 급전선로 시제품의 성능 보완
	기술정의	o 비접촉 전달 방식의 급전 선로는 급전 케이블, 급전 코어 및 자기장 통신 모듈로 구성되어 있으며, 도로 환경, 고주파, 대전류에 적합한 구성요소들의 설계 및 선정이 중요하며, 특히, 급전도로 구조 내부에 매설된 자기장 통신 모듈은 차량과의 자기장 통신을 통하여 차량의 위치 및 ID를 급전 인버터에 알려주는 역할을 함. 본 세부과제에서는 급전선로의 상용화를 위해 이들 급전선로의 구성요소들의 신뢰성 및 내환경성 등과 관련 시제품의 기능적 성능보완과 Test Bed 구축을 통한 급전선로 기술의 현장적용 및 최적화로 구성되어 있음.
	기술개발 필요성	o 도로 환경(온도변화, 습도변화, 염/산 등등), 내전압 및 전류 누설에 적합한 고주파용 고효율 케이블 성능 보완과 최적화 설계 필요 o 도로 환경(온도변화, 습도변화, 염/산 등등) 및 전자기적 특성이 우수(낮은 손실, 높은 포화자속밀도)한 고주파용 고효율 급전 코어의 현장적용성과 성능 보완 필요 o 차량진입센서를 급전선로 외부에 매설할 경우, 세그먼트간 간격이 멀어져 총 시공길이가 길어지는 문제점이 있음. 이러한 문제를 해결하기 위해 급전선로 내부 매설용 진입센서 필요
	기술개발 동향	o 국내 기술 개발 동향 - KAIST는 2009년부터 전기자동차 및 버스에 비접촉 충전을 하기 위한 급전 코어 및 케이블이 내장된 급전 선로를 개발하여, KAIST 문지동 캠퍼스 테스트 트랙 및 서울 대공원에 적용하여 현재 운영 중임. 적용된 급전 케이블은 20kHz, 200A이며, 급전 코어는 고주파 페라이트 계열을 사용하였음. KAIST OLEV의 경우 불연속적이며, 전자기적 특성이 고려된 Rib type 의 코어 기술을 적용하여, 가격 경쟁력을 높이는 동시에 core 전자기적 특성을 확보하여 실용화 수준에 근접한 기술 수준을 보이고 있는 상황임. - 한국 건설기술 연구원과 KETI는 지중 또는 콘크리트와 같은 환경에서 통신이 가능하며 센서노드와 리더간의 데이터 중계, 무선충전, 데이터 암호화, 데이터 압축, 에러 최소화 등과 같은 기능을 갖는 자기장 통신기술을 개발 중 ※ KETI/한국건설기술연구원의 자기장 통신 테스트

테스트 환경	자기장 통신 가능 거리
 콘크리트 벽	15cm
 지중	70cm

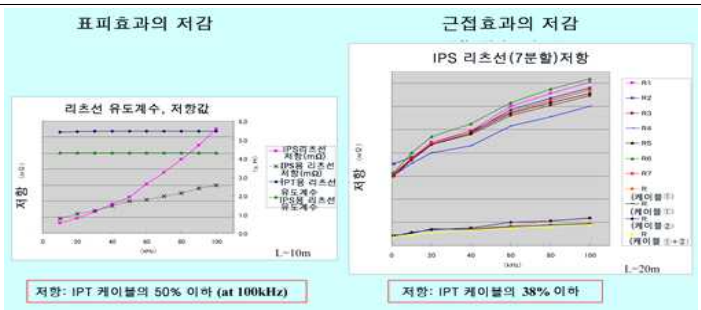
- 자기장 통신기술은 2008년부터 KETI, 한국건설기술연구원과 같은 연구기관과 TTA, 기술표준원과 같은 표준기관을 중심으로한 자기장통신융합포럼을 통하여 자기장 통신 및 자기장통신을 이용한 무선에너지 전송에 대한 국내 및 국제 표준화가 진행 중이며, 무선 충전 및 자기장 통신 관련 과제가 2010년부터 정보통신분야 국제표준을 관장하는 기술위원회(ISO/IEC JTCI/SC6)에서 신규 국제 표준 프로젝트로 채택되었음.
- KAIST는 저속(10km/h)에서의 1kbps의 전송속도를 가지는 자기장 통신 프로토타입과 지자계 센서를 이용한 차량-인프라간 통신 기술을 개발함.

o 국외 기술 개발 동향

- Wampfler, UNISERVICES 및 쇼와 비행기 공업 등에서는 coreless 기술을 이용하여 무선 주정차중 충전을 하였음. 그러나 이러한 coreless 기술은 저출력대의 충전 기술이며 주정차중시 활용되는 무선전력 기술로써, 주행중 충전하는 경우에는 적합하지 못함.

<UNISERVICES와 Wampfler사의 core-less 기술 구현도>

- PATH에서는 주행중 충전에 적합한 Roadway core등을 활용하여 기술을 구현하고 있음. 그러나 PATH의 경우 2000A 전류 사용과 연속적인 core 사용으로 인하여 경제성이 떨어져 실용화를 추진하지 못하였음.
- 쇼와 비행기 공업사의 경우는 주정차중 충전에 초점이 맞추어져서 코일이 설계되었으나 선로가 긴 주행중 충전 기술에의 활용은 어려움

		
	기술개발 내용	□ 급전인버터 설치 기술 o 유지보수, 도로미관, 충격 및 침수를 고려한 급전 인버터 최적 매설 구조 설계 및 개발 o 급전인버터의 급전선로 및 도로환경 적용 시 문제점 도출 및 보완 기술 □ 급전선로 부품 보완/최적화 o 주행시 집전픽업 출력 향상 guidance 시스템 개발 o 안전을 고려한 급전 케이블 보완 - 누설전류와 유도전압을 고려한 급전 케이블 보완 o 자기장 통신 모듈 성능 보완 - 고속 주행용 자기장 통신 모듈 사양 결정, 설계 및 샘플 제작, 환경 시험 o 급전선로 구성요소 유지관리 기술 개발 - 급전선로 판입이 편리한 케이블 유지관리 기술 개발 - 급전코어 변형 및 성능변경에 따른 유지관리 기술 개발 - 차량 및 급전선로간 자기장 통신 방수방식에 따른 유지관리 기술 개발
	기술개발 소요예산	o 유지보수가 용이하고 도로미관, 충격 및 침수를 고려한 급전 인버터 최적의 매설 구조 설계 및 개발(5억) o 주행시 집전픽업 출력 향상 guidance 시스템 개발(6억) o 안전을 고려한 급전 케이블 보완(3억) o 자기장 통신 모듈 성능 보완(7억) o 급전인버터를 급전선로 및 도로주변에 적용 시 문제점 도출 및 보완(5.2억) o 급전케이블, 급전코어 등을 급전선로 모듈에 적용시 문제점 도출 및 보완(6.2억) o 여러 세그먼트로 구성된 급전선로 모듈의 안전성 보완 및 최적화(10.6억)

(2) 급전도로 시공 및 유지관리

o 급전도로 시공 및 유지관리 기술에 따른 기술 수요는 상용화된 일반도로포장 시공기술 및 설계지침서에 중점을 두어 급전도로 구축에 대한 국내외 문헌과 전문가 자문을 토대로 조사하고 분석함

o 기술 수요 조사 결과 KAIST에서 2009년부터 무선 충전 전기자동차용 급전도로 시공 및 유지관리 기술 개발이 진행되고 있으며, 도로환경을 고려한 포장 재료의 선정과 주행성, 안전성, 경제성 등을 만족하기 위한 시공 기술 보완과 현장적용성 검증이 필요

o 급전도로 구축의 상용화를 위해 2년간 급전도로 시공 및 유지관리 기술을 개발하고 통합 테스트 및 Test Bed 구축에 따른 Feedback을 통해 향후 국내는 물론 해외시장의 관련업계에서 선도적 역할을 주도할 수 있을 것으로 기대

분야	항목	내용
급전도로 시공 및 유지관리	목표	o 급전도로 구축을 위한 고효율, 고내구성을 가진 급전구조물 시제품 성능 보완, 도로환경을 고려한 포장 재료의 선정과 주행성, 안전성, 비용절감, 내구성에 대한 보완책 마련을 위한 급전도로 시공 및 유지관리 기술 개발
	기술정의	o 급전구조물 시제품 성능의 보완 및 기존도로와 신설도로에 빠르고 정확한 시공이 가능한 시공 및 유지관리 기술을 개발하고 Test Bed 구축 및 통합 테스트를 통한 Feedback으로 도로의 계획, 설계, 시공, 유지관리 기술의 현장 적용 및 검증
	기술개발 필요성	o 급전구조물 시제품 규격화로 품질 보증, 시제품 제작 업체의 경쟁을 통한 가격 저하, 급전도로 전반에 걸친 시공과정 등을 최적화하여 급전도로 시공 및 유지관리 과정을 단순화할 수 있는 기술이 필요함
	기술개발 동향	o 국내 기술 개발 동향 - 국내의 급전도로 시공 및 유지관리에 대한 기술은 KAIST가 유일하며 09년도부터 다년간 연구 개발을 통해 급전구조물에 대한 시공 기술이 확보된 상태임 - KAIST에 의해 2009년 급전구조물에 폴리머 콘크리트로 도로포장한 모노형과 듀얼형의 현장타설 기법 급전도로 시공 기술이 개발되었으며, 2010년 현장에서의 급전시스템 조립시간 절약과 품질의 균일화를 위하여 프리캐스트 공법을 도입한 10m 길이의 시제품을 제작하여 이에 대한 시공기술이 개발된 상태임 o 국외 기술 개발 동향 - 국외의 경우 Wampler, PATH, 일본 쇼와비행기공업 등이 급전시스템에 대한 시공 기술 개발을 추진하였으나, 도로구조에 대한 시공 및 유지관리에 대한 연구 미진한 실정임 - Wampler사의 급전모듈제품은 버스노선에 따라 노면과 같은 높이로 매설되었으며, 시공은 Pre-cast 방식을 통하여 신속한 급전 인프라 구축 기술을 구현하였으나 크기/부피/무게의 한계성을 지님 - 미국 PATH의 급전코어를 모듈화 하여 도로구조에 시공되었으나 크기와 효율, 그리고 시공재료에 대한 경제성 등의 문제점에 의해 상용화에 한계를 지님 - 일본 쇼와비행기공업은 NEDO의 지속적인 지원하에 2002년부터 8년째 전기차를 개발하고 있으나, 급전시스템의 경우 도로에 매설하지 않고 상부에 놓이는 구조형식으로 도로공사에 대한 기술정립이 되어

		있지 않은 상태임
	기술개발 내용	□ 급전구조물 기술 o 급전선로 모듈화 기술 개발 - 차량 하중에 안전한 급전선로 구성요소의 모듈화 기술 개발 - 급전구조물용 콘크리트 배합설계 및 시편시험 o 급전구조물 규격 및 성능 보완 - 우수한 품질관리와 양중장비를 고려한 급전구조물 최적 길이 도출을 위한 시뮬레이션 - 급전구조물 품질관리 시험 및 양중시험 - 노면 각층의 기능을 유지하며 도로단면에 적용하기 위한 급전구조물 최적 높이 설계기술 개발 - 도로단면 형상 파악을 파악, 지내력 시험 및 도로구조 진단 o 윤하중 특성평가 및 내구수명 예측기법 - 급전시스템 구성요소의 윤하중 특성평가 및 내구수명 예측기법 개발 - 급전구조물 모사 목업시편 제작 및 윤하중 시험 □ 급전도로 시공 및 유지관리 기술 o 급전구조물 시공 및 포장 기술 개발 - 급전선로 효율 및 급전구조물 강도 손실 최소화를 위한 급전구조물의 환경 내구성평가 - 온도균열 방지를 위한 항온항습 시험 및 동결융해 시험 - 세그먼트 이음부 거동 특성 시뮬레이션 - 도로환경을 고려한 세그먼트간 이음부 설계 및 시공 기술 개발 - 설계속도 및 도로환경에 따른 기능성 포장재료 적용 기술 개발 - 기능성 포장재료의 노면평탄성 시험 / 미끄럼 시험 / 마모저항성 시험 / 피로시험 - 기존도로와 무단차 접합부 처리를 위한 시뮬레이션 - 무단차 접합부 이음 재료물성 및 성능 평가 o 신설/기존도로에 대한 시공 기술 개발 - 급전도로 적용 신설도로 현장시공 시방서 및 품질관리 매뉴얼 개발 - 교통통제를 고려한 기존시공기술 대비 급속시공 기술 및 기술적용 절차서 개발 o 도로포장 유지관리 기술 개발 - 주요 열화 및 파손 원인 분석 및 신재료를 이용한 초속경/고내구성 도로포장 보수공법 개발 - 포장재료 분석 및 시험 - 급전도로 및 기존도로의 재포장 시공지침서 개발 - 급전도로의 생애주기비용 분석
	기술개발 소요예산	o 차량 하중에 안전한 급전선로 구성요소의 모듈화 기술 개발(4억) o 노면 각층의 기능을 유지하며 도로단면에 적용하기 위한 급전구조물 규격 및 성능 보완(3억)

		o 급전시스템 구성요소의 윤하중 특성 평가 및 내구수명 예측기법 개발(8억) o 급전선로 효율 및 급전구조물 강도 손실 최소화를 위한 급전구조물의 환경 내구성 평가(3억) o 도로환경을 고려한 세그먼트간 이음부 설계 및 시공 기술 개발(6.5억) o 무단차 접합부 이음 재료물성 및 성능 평가(4.5억) o 기존도로 및 신설도로에 적용 가능한 급전도로의 계획, 설계 및 시공 및 유지관리 기술 개발(5.7억) o 급전도로 시공 및 유지관리 기술의 Feed back(2.6억) o 신설/기존도로에 대한 급전도로 적용 시방서 및 품질관리 매뉴얼 개발(3억) o 교통통제를 고려한 기존시공기술 대비 급속시공 기술 및 기숙적용 절차서 개발(1.55억) o 주요 열화 및 파손 원인 분석 및 신재료를 이용한 초속경/고내구성 도로포장 보수공법 개발(2억)

다. 급/집전 시스템 성능 보완 및 최적화

(1) 급전 인버터

o 지경부 과제를 통해 산출된 실용화 수준의 인버터 기술과 국내외 기술 동향을 고려한 급전 인버터의 성능 개선 사양, 보완 및 개선 사항들을 도출하고, 실용화에 적합한 급전 인버터가 가능하도록 이를 보완 및 개선할 예정임. 특히, 국내외 기술 동향은 관련 특허 및 논문 검색 및 분석을 통하여 진행하였음.

분야	항목	내용
급전 인버터분야	목표	o 도로환경, 전력 품질, 인체 안전 및 고주파 접지 기준을 만족하는 급전 인버터 시스템 구현
	기술정의	o 비접촉 전달 방식의 급전 인버터는 도로에 매설된 급전선로에 고주파 전력을 공급하는 역할을 함. 본 세부과제에서는 급전 인버터의 신뢰성 및 내환경성 등이 보완된 인버터 시제품과 현장적용 및 최적화 기술이 구현된 급전 인버터 시제품의 2가지로 구성되어 있음.
	기술개발 필요성	o 주변 경관 및 미관을 고려한 인버터 구조 연구 필요 o 인버터의 모듈화를 통해 수 대의 차량이 동시에 충전 가능하도록 인버터 용량 증대 o 다양한 도로 환경(지락, 소음, 방수 등), 주행 속도, 세그먼테이션 길이, 충전 시간 등에 따라 최적화된 인버터의 용량, 크기, 부피 설계 필요 o 전력 품질 유지 및 평가 기술 개발 필요 o 고주파 접지 시스템 안전성 평가기법 및 기준 개발 필요

	기술개발 동향	o 국내 기술 개발 동향 - KAIST는 2009년 교과부 과제를 통하여 기계식 스위치를 이용한 20kHz, 100kW급 비접촉식 급전 인버터를 개발하여 서울대공원 및 KAIST 문지동 캠퍼스 테스트 베드의 급전 인프라에 적용하여 현재 운영중. - KAIST는 20010년에 지경부 과제를 통해 전자식 스위치를 이용한 고속 세그먼테이션 스위칭이 가능한 20kHz 비접촉식 급전 인버터를 개발 중. - 그린파워는 자기-비접촉방식으로 20 kW (10~20kHz 주파수)의 교류전력을 공급하여 10km/h 속도로 이송하는 시스템 상용화 후 삼성 LCD, LG Philips LCD Stocker 장비에 20/40/75kW급 CPTS(Contactless Power Transfer System: CPTS)를 다수 적용 - 신성 이엔지는 한국전기연구원을 통해서 개발한 10kW급 CPTS(Contactless Power Transfer System : CPTS)를 현재 5세대 LCD Stocker에 적용 o 국외 기술 개발 동향 - 미국 Vahle사는 20kHz, 4/11/45kW 급 인버터를 개발하여 미국/Spartanburg의 BMW에 2005년 245m의 트랙과 2005년 363m의 엘리베이터 내부 전원용을 무선전력공급 시스템 제공 - 독일 Wampler사는 20kHz, 35/48/70kW급 인버터를 개발하여 공장 내에 모터 부하에 전원을 공급하기 위한 IPT-Rail 및 IPT Floor에 적용하여 사용하고 있으며, 전기 자동차의 비접촉 충전 시스템에 적용 중 - 미국 PATH사는 1989~1996년 비접촉 충전용 테스트 트랙을 설치하여 정차 및 주행 중 지상고 7cm 이하에서 급집전 효율 60% 이하를 획득하였으며, 사용된 인버터는 공진주파수가 180~400Hz이고, 전력용량은 200kW임.
	기술개발 내용	o 도로환경 및 안전기준을 만족하는 급전 인버터 보완 - 도로환경(소음, 방수, 침수 등) 및 안전기준을 만족하는 인버터 보완, 현장적용 및 보완 - 저상 슬림 구조의 중앙선에 설치 가능한 인버터 구조 개발 및 보완 o 전력품질, 인체안전 및 고주파 접지에 대한 성능 보완 - 3상 입력 전압/전류 고조파 기준 만족 및 고조파 제거용 3상 능동 필터 개발, 현장적용 및 최적화 - 지락 보호 회로 기술 개발 및 환경 시험 - 안전을 고려한 고주파 대역에서의 접지 시스템 기술 개발 및 급집전 시험 - 고주파 대역에서의 인체 감전사고 해석, 현장적용 및 최적화 - 고주파 전력시스템을 고려한 전원품질 평가 - 대규모 급전 인버터 운전에 의한 배전계통 파급 영향 평가,

		현장 적용 및 최적화 - 전기안전 구축을 위한 안전관리 기술 개발 - 인버터 및 급전 케이블 2차 사고방지를 위한 모니터링 및 사고방지 시스템 개발
	기술개발 소요예산	o 도로환경 및 안전기준을 만족하는 급전인버터 보완(3억) o 전력품질, 인체안전 및 고주파 접지에 대한 성능 보완(45억)

(2) 집전장치

o 지경부 과제를 통해 산출된 실용화 수준의 집전장치와 국내외 기술 동향을 고려한 집전장치의 성능 개선 사양, 보완 및 개선 사항들을 도출하고, 실용화에 적합한 집전장치가 가능하도록 이를 보완 및 개선할 예정임. 특히, 국내외 기술 동향은 관련 특허 및 논문 검색 및 분석을 통하여 진행하였음.

분야	항목	내용
집전장치	목표	o 다양한 저상 전기버스에 범용으로 차량 장착 가능한 차량, 도로환경 및 안전기준을 만족하는 집전장치 구현
	기술정의	o 비접촉 전달 방식의 집전장치는 차량 하부에 장착된 집전장치로부터 고주파 유도 전압을 받아 렉티파이어에 교류 전원을 송달함. 본 세부과제에서는 다양한 저상 전기버스에 범용으로 차량 장착 가능한 차량, 도로환경 및 안전기준을 만족하는 집전장치 구현 및 이의 현장 적용 및 최적화로 구성
	기술개발 필요성	o 전기저상버스에 적합한 안전하고 고신뢰성이 요구되는 집전장치 연구 o 집전장치 현장 적용 및 최적화를 통해 친환경 차량 시장에서의 가격 경쟁력 증대 필요 o 전기저상버스 장착 및 유지 보수 용이성을 위해 집전장치와 레귤레이터 현장 적용 및 최적화 연구 필요 o 기존 비접촉식 충전방식의 집전장치의 경우 좌우 편차에 의한 사용자 편리성이 낮은 편이며, 좌우편차에 의한 출력 저감 문제가 있어 이러한 문제를 해결할 수 있는 최적화 대안이 필요 o 버스 적용 및 최적화 연구를 위하여 날씨 변동 및 기계적인 오작동 문제가 발생되지 않도록 하는 외부 비 노출된 차폐 기술이 접목된 집전장치 성능 보완이 필요 o 전기저상버스 하부에 장착된 집전모듈로 인해 예상되는 다양한 안전 문제(절연저항, 절연전압, 난연, 방수, 발열, 방진, 충격 및 충돌, EMF 등)에 집전 모듈 적용 기술이 필요
	기술개발 동향	o 국내 기술 개발 동향 - KAIST는 2009년 교과부 과제를 통하여 60kW급 비접촉식 집전 레귤레이터를 개발하여 서울 대공원 및 KAIST 문지동 캠퍼스 테스트 베드의 급전 인프라에 적용하여 현재 운영 중 - KAIST는 20010년에 지경부 과제를 통해 100kW급 비접촉식

		집전 레귤레이터를 개발 중. - 그린파워는 자기-비접촉방식으로 20 kW (10~20kHz 주파수)의 교류전력을 공급하여 10km/h 속도로 이송하는 시스템 상용화 후 삼성 LCD, LG Philips LCD Stocker 장비에 20/40/75kW 급 CPTS(Contactless Power Transfer System: CPTS)를 다수 적용 . o 국외 기술 개발 동향 - 미국 Vahle사는 40kW, 288~680Vdc급 레귤레이터를 개발. - 독일 Wampler사는 4.4kW, 560Vdc/24Vdc급 레귤레이터를 개발하여 공장 내에 모터 부하에 전원을 공급하기 위한 IPT-Rail에 적용하여 사용하고 있음 - 미국 PATH사는 1989~1996년 비접촉 충전용 테스트 트랙을 설치하여 정치 및 주행 중 충전을 지상고 7cm 이하에서 급집전 효율 60% 이하로 진행하였으며, 출력은 60kW임.
	기술개발 내용	o 차량 도로 환경 및 안전 기준을 만족하는 집전 픽업 보완 - 안전을 고려한 Rectifier 및 EMF 차폐장치가 통합된 소형의 일체형 집전모듈 구조물 보완, 현장적용 및 최적화 - 차량에 장착된 집전장치에 대한 다양한 도로환경(고속 주행, 충격, 충돌, 방수, 침수, 감전, EMI 등) 및 보완 - 전기 버스 픽업용 EMI 차폐 및 방열 소재의 안정성 기준 제안 및 평가
	기술개발 소요예산	o 차량, 도로환경 및 안전기준을 만족하는 집전픽업 보완(11억)

(3) 레귤레이터

o 지경부 과제를 통해 산출된 실용화 수준의 레귤레이터 기술과 국내외 기술 동향을 고려한 레귤레이터의 성능 개선 사양, 보완 및 개선 사항들을 도출하고, 실용화에 적합한 레귤레이터가 가능하도록 이를 보완 및 개선할 예정임. 특히, 국내외 기술 동향은 관련 특허 및 논문 검색 및 분석을 통하여 진행하였음

분야	항목	내용
레귤레이터	목표	o 저상 전기버스 장착을 고려한 차량 환경 및 안전기준을 만족하는 레귤레이터 구현
	기술정의	o 무선 충전방식의 레귤레이터는 차량 하부에 장착된 집전장치로부터 고주파 전압을 받아 배터리용 직류전압으로 승압 및 변환하는 역할을 함. 본 세부과제에서는 저상 전기버스 장착을 고려한 차량 환경 및 안전기준을 만족하는 레귤레이터 구현, 이의 현장 적용 및 최적화로 구성되어 있음
	기술개발 필요성	o 전기 차량에 적합한 안전하고 고신뢰성이 요구되는 레귤레이터 연구 필요

		o 레귤레이터의 현장적용 및 최적화를 통해 친환경 전기 저상버스 시장에서의 가격 경쟁력 증대 필요 o 다중 집전 픽업의 안정적인 제어를 위한 버스 장착 시 최적의 고속 고신뢰성의 레귤레이터 연구 필요 o 전기저상버스 장착 및 유지보수 용이성을 위해 집전장치와 레귤레이터 현장 적용 및 최적화 연구 필요
	기술개발 동향	o 국내 기술 개발 동향 - KAIST는 2009년 교과부 과제를 통하여 60kW급 비접촉식 집전 레귤레이터를 개발하여 서울 대공원 및 KAIST 문지동 캠퍼스 테스트 베드의 급전 인프라에 적용하여 현재 운영 중. - KAIST는 20010년에 지경부 과제를 통해 100kW급 레귤레이터 개발 중. - 그린파워는 자기-비접촉방식으로 20 kW (10~20kHz 주파수)의 교류전력을 공급하여 10km/h 속도로 이송하는 시스템 상용화 후 삼성 LCD, LG Philips LCD Stocker 장비에 20/40/75kW급 CPTS(Contactless Power Transfer System: CPTS)를 다수 적용함. o 국외 기술 개발 동향 - 미국 Vahle사는 40kW, 288~680Vdc급 레귤레이터를 개발 - 독일 Wampler사는 4.4kW, 560Vdc/24Vdc급 레귤레이터를 개발하여 공장 내에 모터 부하에 전원을 공급하기 위해 IPT-Rail에 적용 - 미국 PATH에서는 1989~1996년 비접촉 충전용 테스트 트랙을 지상고 7cm 이하에서 설치하여 정차 및 주행 중 최대 급집전 효율 60%를 획득
	기술개발 내용	o 차량 환경 및 안전기준을 만족하는 레귤레이터 보완 - 차량 환경 및 안전기준을 만족하는 레귤레이터 보완
	기술개발 소요예산	o 차량 환경 및 안전기준을 만족하는 레귤레이터 보완, 현장적용 및 최적화(1.5억)

2. 기술예측조사 및 결과

o 기술수요 조사는 문헌조사를 중심으로 추진하였음

o 현 시점에서 각 기술이 국내에서 갖는 중요성을 분석하고 국내 기술 수준을 정의하였음

o 정의한 기술 수준을 기준으로 하여 각 기술별 최고 수준을 국내 기술과 비교하여 개발 추진 방식과 향후 발전 방향에 대하여 조사하였음

가. 표준통합 시스템 성능 검증 및 운영관리기술 개발

(1) 표준급전인프라 구축 및 통합 시스템 검증

o 표준급전인프라 구축은 무선 충전 시스템의 핵심으로 최적 설계 기술 확보가 중요한 요인으로 비용 절감 및 효율적인 유지보수가 가능하도록 설계가 필요함.

o 구축 기술의 경우, KAIST가 최고 기술을 확보하고 있는 상태이나, 시뮬레이션 Tool 개발을 통한 사전 검증과 차량 인증 기법 확보가 필요한 상태임.

o 차량 제조업체 및 공인인증기관과의 공동 협력 개발과 전문가 자문을 통해 최적 설계 기술을 개발하고 표준 공증 인증 획득을 추진하게 되면 관련 기술이 실현될 것으로 예상됨

분야	항목	내용
표준 급전 이늪라 구축 및 통합 시스템 검증	한국에서의 중요도	o 무선충전방식의 전기자동차에 있어서 급전인프라(급전선로 및 급전인버터)와 차량의 Test Bed 구축은 무선충전시스템의 핵심으로 이에 대한 최적 설계 기술 확보는 매우 중요 o 급전인프라는 다양한 도로 환경에 가장 알맞은 시스템 구축 기술을 확보해야 비용을 절감하고 효율적인 유지보수 관리가 가능하므로 최적 설계 및 그 Test Bed 구축은 매우 중요
	국내 기술 수준	o KAIST의 경우 2009년과 2010년에 걸쳐 급전인프라 구조와 차량에 대한 기본적인 시스템 구축을 확보하였으나 시스템의 기능과 성능 구현이 주목적이었으며 이에 대한 시스템 최적 설계가 반영된 Test Bed 구축 기술은 없음
	최고기술 보유국	o Test Bed 구축 및 통합 시스템 검증 기술 (한국) - 한국을 제외한 기타 국가는 기능 및 성능을 확보하는데 집중 - KAIST의 경우 2009년과 2010년에 걸쳐 시스템 구축 기술 보유
	국내 기술 성숙도	o 현재 KAIST에서 확보한 시스템 구축 기술이 유일함
	국내 기술실현 예측시기	o 2010년 운행 시스템 관련 원천 기술을 KAIST가 확보하고 있으므로 본 Test Bed 구축 기술개발이 완료된 2년 후면 관련 기술이 실현 될 것으로 예상됨
	기술획득방식	차량 제조업체 및 공인 인증기관과의 공동 협력 개발과 관련 산학연 전문가와 자문을 확보하여 최적 설계 기술을 개발하고 표준 공인 인증 획득
	실현상의 장애요인	o 급전인프라와 차량의 Test Bed 구축 기술 개발은 아직 확보되지 않은 기술로서 우선적으로 시뮬레이션 Tool 개발을 통한 사전 검증과 Test Bed 구축이 필요 o 무선충전방식의 전기버스에 대한 실질적인 차량 인증 기법이 확보되지 않아 자동차 성능 평가 기관과 유기적인 협조 체계 구축이 필수적이고 이를 바탕으로 차량 시스템에 대한 통합 구축이 필요
	기대효과	- 차량의 집전장치 및 레귤레이터 시스템 장착 최적 설계로 설계 구축 비용 최소화 가능

		- 급전인프라 Test Bed의 구축 및 현장적용 최적화 기술 확보로 실제 도로에 시공하기 전에 다양하게 시뮬레이션 설계 기법 극대화 - 세계 전기차 표준을 주도하고 무선충전식 전기차 해외 보급 가속화 - 친환경 대중교통시스템으로 전기버스 도입을 추진체 역할 수행 - 무선충전 전기버스의 시스템통합 및 Test Bed 구축 기술을 통해 무선 충전방식의 자동차 상용화 촉진

(2) 통합 시스템 운영관리 기술

o OLEV 최적 입지 기준 및 배차, 차간 간격, 신호, 정류장 운영 등 운영/서비스와 긴급 상황 대비 안전관리 등 교통 운영 측면 대응 방안 기술 개발이 중요함.

o 자기장을 통한 무선 충전 방식으로 현재 기술로써는 무선 통신이 불가능한 상황이므로 자기장 영역을 활용한 무선 통신 규격 개발이 중요함.

o 자기장 통신 관련해서는 미국이 금속 및 액체 등의 환경에서 3~6m까지 통신할 수 있어 최고의 기술을 보유하고 있으며, 우리나라는 네트워크 관리, 트래픽 관리 등의 통신 분야 관리 시스템 개발은 이미 확보되었으나, 무선 충전식 전기자동차를 위한 운영관리는 아직 연구되지 않은 상태이며, 자기장 통신을 이용한 고속 통신기법에 대한 개발이 필요함

o 운행 시스템 관련 원천기술을 바탕으로 산학연 공동연구 추진을 통해 상용화 기술 획득 가능함

분야	항목	내용
시스템 운영 관리	한국에서의 중요도	o 한국의 다양한 기후 환경에 대비하여 악천후, 폭설/폭우, 침수 상황 시 안전 대응 방안 기술 확보가 필요하며 OLEV 최적 입지 기준 및 복잡한 도로 환경에 적절히 대처할 수 있는 차간 간격, 배차, 신호, 정류장 운영 및 긴급 상황 대비 안전 관리에 대한 교통 운영 대응 방안을 확보하여 어떠한 기후 환경과 도로 조건에서도 안전하고 체계적으로 대응할 수 있는 기술 확보로 세계 전기차 시장을 주도할 수 있음 o 자기장통신 기반 무선통신기술은 자기장 영역을 이용한 무선통신기술을 기반으로 기존의 RFID 기술과 USN 기술의 문제점을 해결하고 무선통신 기술의 활용 범위를 확대할 수 있는 차세대 무선통신기술의 핵심기술로써 본 기술을 개발하여 세계 무선 통신 시장을 우선 선점할 수 있음 o 자기장통신 기반 무선통신기술은 현재 센서네트워크 시장의 기술적 한계를 극복하고 새로운 센서네트워크 시장뿐만 아니라 센서IT 융합 관련 신시장 창출을 통해 국가 경쟁력을 높일 수 있음
	국내 기술 수준	o 국내의 네트워크 관리, 트래픽 관리 등의 통신 분야 관리시스템 개발 기술은 이미 확보되어있는 상황 o 무선충전식 전기자동차를 위한 운영관리시스템의 경우, 무선충전식 전기자동차용 MIB를 비롯한 기반 기술이 전혀 연구된 바 없음 o 전력선 통신이나 자기장 통신을 이용한 관리시스템에 대해 연구된

		바 없음
	최고기술 보유국	o 자기장 통신(미국/Visible Assets Inc.사) - 금속 및 액체 등의 환경에서 3~6m까지 통신 가능 - 금속물질로 둘러싸여 있는 경우에는 약 0.6m까지 통신 가능 - 리튬 셀 배터리를 사용함으로써 약 10년간 사용 가능 - IEEE1902..1 표준화 작업 진행 중
	국내 기술 성숙도	o 국내 기술은 네트워크 및 통신 분야 관리 시스템의 기술은 확보되어 있으나, 자기장 통신 기술이 적용된 운행 관리 시스템에 대한 성숙도는 아직 미비한 상황임
	국내 기술실현 예측시기	o 무선충전식 전기자동차 사업단의 경우 2010년 운행 시스템 관련 원천 기술을 확보하였으므로 실용화/표준화 기술개발이 완료된 2년 후면 관련 기술이 실현 될 것으로 예상됨
	기술획득방식	o 운행 시스템관련 원천 기술을 바탕으로 산/학/연 공동 연구를 통한 운행 시스템관련 상용화/표준화 기술 획득
	실현상의 장애요인	o 자기장 통신을 이용한 고속 통신기법은 아직 국내에서 개발되지 않은 기술이며, 특히 운행 시스템 기술 실행을 위하여 주행 중 차량-인프라간 자기장 고속통신관련 문제가 해결되어야 함 o 운행 시스템을 원격지에서 관리하기 위하여 급전 인프라 및 차량의 망 구성(기존 망 사용 또는 독립 망 사용) 문제가 해결되어야 함
	기대효과	- 중앙 관제 센터의 주요 상황 정보를 가공하여 영향 범위 내의 운전자에게 실시간으로 제공함으로써 안전하고 효율적인 주행이 가능하도록 유도하여 에너지 절감의 효과를 기대 - 급전/집전 설비의 고도화로 인해 정밀 감시 및 정밀 제어 기술에 파급효과를 가짐 - 정보 공유에 따라 전기자동차 운영 관리의 주체는 물론, 운전자, 승객 관점에서의 안전성 향상 기술 및 편의성 증대를 가져옴 - 효율적인 차급전도로 인프라 및 차량 운영관리는 친환경 전기자동차의 에너지 사용 효율을 최적화 하여 11조원의 원유 수입 절감 효과를 기대할 수 있음 - 급전도로 인프라 및 차량 운영관리를 통하여 친환경 대중교통 시스템 구현으로 약 58조원의 탄소배출 감소효과와 7천억원의 대기오염물질 발생감소 효과를 가지는 기술임 - 무선충전식 전기자동차의 운영관리 실용화 기술은 도로인프라, 그린에너지, 자동차, IT 융합 신산업 원천기술의 개발과 원활한 운용관리를 통해 신속한 시장 진출 및 신성장 동력의 확보로 다양한 신기술 산업 확장과 기술 비즈니스의 창출 - 무선충전식 전기자동차의 운영관리 원천기술의 실용화 개발을 통한 국가 연구개발의 경쟁력 강화와 도로인프라, 그린에너지, 자동차, IT 융합 관련 선진기술그룹과의 효율적인 네트워크 및 기술협력 기초 제공

나. 무선 충전 급전도로 시공 및 유지관리 최적화 기술

(1) 급전선로

o 현재까지 개발된 무선 충전용 급전 케이블 및 급전코어, 세그먼테이션 기술을 위한 자기장 통신 모듈에 대해 국내외 문헌과 전문가 자문 의견을 토대로 기술 예측조사를 실시함

o 대중교통 시스템에 적용된 무선 충전 급전선로 시스템 기술의 선례가 없으며, 국내의 경우 KAIST에서 2009년부터 무선 충전 전기자동차용 대용량 급전 케이블, 급전코어 등 급전선로에 대한 기술 개발이 유일함

o 기존 개발된 급전선로 기술의 상용화를 위해 2년간의 성능 보완과 Test Bed 구축에 따른 검증을 통해 급전선로 시스템 표준 기술 확보와 세계의 친환경교통시스템 시장을 선점하여 급전선로 제품뿐만 아니라 개발된 기술까지 수출 가능

분야	항목	내용
급전선로	한국에서의 중요도	o 무선 충전용 급전 선로 구축을 위해서는 도로환경에 최적화된 고주파 급전 케이블의 개발이 반드시 필요하며, 이를 통해 급전 케이블 시장 주도 및 표준화를 통한 새로운 시장의 개척이 가능 o 고속 주행 시 차량의 좌우 편이로 인한 집전 효율감소를 개선하고 픽업 중량 감소를 위해 비접촉식 전기버스 용 guidance 시스템 개발 필요하며, 표준화를 통한 새로운 시장의 개척으로 인한 선도적인 역할이 가능함.
	국내 기술 수준	o 산업 전반적으로 사용되는 급전선로의 케이블의 경우 높은 대기 손실 및 저 효율의 급전선로로 아직 전력전달 선로로써 만족할 수준이 아님. 특히, 현재의 급전 케이블의 경우 대부분 저주파 케이블이며 대용량 고주파 케이블 기술은 낮은 수준임. o 또한 대중교통에 접목된 무선충전 기술에 대해 급전선로를 적용한 선례가 없으므로 급전선로의 권취, 배치 기술 등이 부족한 실정임
	최고기술 보유국	o KAIST OLEV(한국) - 대기전력 손실 10kW 이하의 낮은 대기전력 손실 기술을 지님. - 97%이상의 고효율 급전선로 기술을 지님 (급/집전 효율 80% 경우)
	국내 기술 성숙도	o 국내 기술은 KAIST OLEV를 제외하고 대중교통에 접목된 급전선로 기술이 아직 원천기술/응용기술 단계에 국한된 실정임 o KAIST OLEV의 경우 실용화 수준에 이르는 것으로 평가됨.
	국내 기술실현 예측시기	o KAIST OLEV의 경우 2010년 급전선로 관련 실용수준 기술을 확보하였으므로 시제품에 대한 성능개선과 Test Bed 구축을 통한 현장적용 및 최적화 단계를 거쳐 기술의 검증이 완료된 2년 후면 관련 기술이 실현 될 것으로 예상됨
	기술획득방식	o 급전선로 관련 실용 기술을 바탕으로 산/학/연 공동 연구를 통한 급전선로 성능 보완과 현장적용 및 최적화 기술 획득
	실현상의 장애요인	o 보완된 급전선로의 실제 도로 주행을 위한 법/제도 기반 마련이 필요
	기대효과	o 무선 충전 급전선로 관련 전기자동차 EMF 기준의 국제 표준화 주도.

		o 온라인 전기자동차의 급전선로 원천기술의 실용화 개발을 통한 국가 연구개발의 경쟁력 강화와 도로인프라, 그린에너지, 자동차, IT융합 관련 선진기술그룹과의 효율적인 네트워크 및 기술협력 기초 제공 o 급전 선로의 핵심 구성품인 대용량 고주파 급전 케이블 및 코어, 그리고 차량과의 고속 통신용 자기장 모듈의 개발 및 양산 o 비접촉 전력전달 방식을 이용한 친환경 대중교통 시스템 급전인프라 기술 연구를 통한 급전도로 시장 주도 및 일자리 고용창출 효과 예상 o 철도 등의 기술 접목을 통한 철도 시스템으로 이전을 통한 타 산업으로의 시너지 효과 창출 o 경제성 있는 협폭의 급전선로와 코어재료 및 구조 개발로 온라인전기자동차 사용화가 가능할 것으로 기대 o 10톤 하중과 극심한 온습도 변화, 각종 기상변화에도 강인하면서도 전기적으로 고효율을 기대 o 기존의 케이블 구조를 개선하여 아크방전이 일어나지 않는 케이블을 개발하여 온라인 전기자동차 급전인프라를 안전하게 하고, 고주파 대전류용의 타 산업분야에도 적용할 것으로 기대

(2) 급전도로 시공 및 유지관리

o 현재까지 개발된 무선 충전 급전도로 포장 및 유지관리 기술예측을 위해 일반도로포장에 대한 시공 및 유지관리에 대한 시방서/지침서 설계기준을 조사하였고, 국내외 문헌과 전문가 자문 의견을 토대로 기술예측조사를 실시함

o 국내의 경우 무선 충전 전기자동차 급전도로 시공 및 유지관리에 대한 기술은 전무한 실정이며, KAIST에서 2009년부터 급전도로에 대한 시공 및 시범사업을 시행한 경험이 유일함

o 기존 연구된 급전도로 시공 및 유지관리의 상용화를 위해 2년간의 기술 개발 보완이 필요하며 Test Bed 구축 및 통합 테스트 검증을 통해 급전도로 구축에 따른 표준화된 시공 기술 확보가 가능할 것으로 기대하며, 세계의 친환경교통시스템 인프라 구축 시장을 선점하여 급전시스템 관련 급전구조물 및 급전도로 시공과 유지관리 기술 수출 가능

분야	항목	내용
급전도로 시공 및 유지관리	한국에서의 중요도	o 급전도로는 이용자의 안전성 및 쾌적성과 가장 밀접한 관련된 부분이며 시공 및 유지관리에 관련된 기술발전이 크게 요구되는 분야라고 할 수 있음 o 우리나라의 도로는 경부고속도로를 필두로 국가 경제발전을 선도해 왔으며 현재 여객수송의 90%와 화물수송의 93%를 처리하는 국가 핵심 교통시설로서의 역할을 수행하고 있으며, 친환경적 온라인 전기자동차의 보급으로 급전도로 시공 기술은 도로건설 기술 발전에 막대한 영향을 끼칠 것으로 기대됨 o 앞으로 급전도로 시공 및 유지관리 기술에 대한 신공법의 연구와 도

		입으로 다양한 분야에서 자체적인 기술개발이 활발히 이루어지고, 또한 현장에 적용됨으로서 저비용 고효율 효과를 기대할 수 있으며, 보다 튼튼한 급전도로를 만드는 기틀을 마련할 것으로 기대됨
	국내 기술 수준	o 무선전력 공급 시스템에 대한 도로적용 기술은 전무한 실정임 o 도로포장에 무선 전력 전달을 위한 급전도로 시공을 적용한 경우는 KAIST OLEV가 유일한 연구를 진행함
	최고기술 보유국	o KAIST OLEV(한국) - 급전시스템에 대한 시공기술을 현장 타설형과 프리캐스트형으로 개발 - 현장 타설형의 급전도로 단면크기는 800mm*350mm이며, 프리캐스트형 급전구조물의 크기는 820mm*400mm*10m로 철근콘크리트 구조형식임 - 도로포장에 대한 마찰계수를 고려하기 위해 폴리머콘크리트를 표면에 시공하여 차륜에 대한 마찰성능을 높임
	국내 기술 성숙도	o 국내 일반도로에 대한 시공 및 유지관리 기술은 다양한 도로환경과 포장에 대해 많은 기술이 개발되어 있는 상황이지만, 무선전력 공급 급전시스템을 포함하는 도로단면 구조설계와 시공 및 유지관리 기술에 대한 성숙도는 아직 미비한 상황임
	국내 기술실현 예측시기	o KAIST OLEV의 경우 2010년 급전도로 구조 시공 및 유지보수 관련 실용수준 기술을 확보하였으므로 시제품에 대한 성능개선과 Test Bed 구축을 통한 현장적용 및 최적화 단계를 거쳐 기술의 검증이 완료된 2년 후면 관련 기술이 실현 될 것으로 예상됨
	기술획득방식	o 앞서 개발된 원천/실용 수준 기술을 바탕으로 국내 건설사의 도로포장 보유기술을 적극적 활용하여 급전도로 구조 관련 시공 및 유지관리 기술을 획득
	실현상의 장애요인	o 급전구조물 매립 부위와 기존도로의 경계부위에서 발생하는 단차와 이격, 포장파손에 대한 유형 및 원인을 정확히 분석해야 하며, 급전도로의 유지관리를 위한 보수방법 및 재포장 주기에 대한 추정이 필요함
	기대효과	o 기존도로포장과 유사한 급전도로 포장 기술의 개발로 차량 운전자에 대한 주행성능과 심리적 안정감을 기대 o 프리캐스트 기법의 확립으로 급전구조물 제작, 안치, 접합부 처리에 대한 기술 개선으로 보다 정밀하고 빠른 시공이 가능할 것으로 기대됨 o 기존도로 유지관리 공법과 더불어 급전도로 포장균열 및 포장파손 등에 대한 기능적, 구조적, 안전적 공용성의 자료들을 수집하여 관리함으로써 통합적인 유지관리 체계를 구현할 수 있을 것으로 기대 o 급전도로에 대한 전반적인 기술 구현에 따라 국내는 물론 해외시장의 선도적 역할을 주도할 수 있는 기술을 제공 할 수 있음 o 급전도로 시공 기술의 확산으로 급전도로 구축에 따른 친환경적 대중교통시스템 도입이 앞당겨질 것으로 기대됨 o 급전도로 시공 및 유지관리 기술 개발로 관련업계 시공기술을 주도 o 급전도로 구축에 따른 급전시스템의 구성부품 및 신소재 연구개발에 따른 시장의 증대효과를 기대 o 도로는 기반 시설 분야로 가격에 따른 건설비용 부담이 크므로, 기존 공법과 유사한 급전도로 시공 및 유지보수 기술의 개발로 예산절감

		효과 창출 o 모듈화 된 급전구조물 기술 개발로 전기철도 시스템 등에 기술 이전으로 국내는 물론 해외진출을 포함한 경제적 파급효과를 유발할 것으로 예상

다. 급/집전 시스템 성능 보완과 현장적용 및 최적화 기술

(1) 급전 인버터

o 급전 인버터는 도로에 매설된 급전선로에 고주파 교류 전류를 도통시켜 고주파 자계를 발생시키는 장치이며, 이는 1차년도 교과부 과제를 통하여 기계적 스위치를 이용한 세그먼테이션 절체가 가능한 20kHz, 200Arms 급 인버터를 개발하였으며, 2차년도 지경부 과제를 통하여 전자 스위치를 이용한 고속 주행이 가능한 회로 구조의 인버터를 개발하였으며, 마지막으로 차후 국토부 과제를 통하여 고속 주행 시의 고속 세그먼테이션 절체, 다수 차량의 동시 충전, 도시미관을 고려한 인버터 매설 방법, 도로 환경에 적합한 내환경성, 전기/기계적 안전성, 신뢰성 등이 고려한 실용화용으로 적합한 급전 인버터의 보완 및 개선이 진행될 예정임. 현재 국내에서는 KAIST가 무선 충전용 급전 인버터에 대한 많은 연구, 시험 및 검증이 진행된 상태이며, 해외에서는 Wampler, Vahle 등이 정차중 충전용 급전 인버터에 대한 개발을 진행하는 것으로 확인됨. 차후에 지속적인 비접촉 충전용 급전 인버터의 개발을 통해 향후 2020년까지 주정차 충전이 가능한 전기 자동차용 최적의 급전 인프라 구축이 가능할 것으로 생각되며, 이중에서 급전 인버터는 이의 핵심적인 역할을 담당할 것으로 생각되며, 전기 자동차 인프라의 전세계적인 주도권을 가질 수 있을 것으로 생각됨

분야	항목	내용
급전 인버터 분야	한국에서의 중요도	o 도로환경 및 급전선로에 최적화된 대용량 소형 급전인버터의 성능 보완과 현장적용 및 최적화 기술을 통한 급전 인버터 시장 주도 및 일자리 고용 창출 효과 예상 o 개발된 전기버스에 충전용 급전 인버터는 향후에 승용차용으로도 적용 가능
	국내 기술 수준	o 산업체 등에서는 이송장비 등에 무선전력 공급 시스템을 적용한 사례들이 있으나, 대중교통용 무선 전력 전달을 위한 급전 인버터 기반 기술이 전혀 연구된 바 없음 o 대중교통에 무선 전력 전달 시스템을 적용한 경우는 KAIST OLEV가 유일한 연구를 진행함.
	최고기술 보유국	o KAIST OLEV(한국) - 무선 충전 기술을 대중교통에 접목 시도. - 100kW 이상의 출력 용량을 지님 - 고효율을 지님. (95%)

	국내 기술 성숙도	o 국내 기술은 KAIST OLEV를 제외하곤 대중교통에 접목된 급전 인버터 기술이 아직 원천기술/응용기술 단계에 국한된 실정임 o KAIST OLEV의 경우 실용 수준에 이르는 것으로 평가됨.
	국내 기술실현 예측시기	o 온라인 전기자동차 사업단의 경우 2010년 급전 인버터 관련 실용 기술을 확보하였으므로 성능 보완과 현장적용 및 최적화 기술개발이 완료된 2년 후면 관련 기술이 실현 될 것으로 예상됨
	기술획득방식	o 급전 인버터 관련 실용 기술을 바탕으로 산/학/연 공동 연구를 통한 급전 인버터 성능 보완과 현장적용 및 최적화 기술 획득
	실현상의 장애요인	o 실제 도로 인프라 구축을 위한 법/제도 기반 마련이 필요
	기대효과	o 급전 인버터의 개발을 통한 급전도로 및 차량의 감시, 보수 기술 및 과금 기술 확보 o 휴대기기, 가정용 전기기기, 로봇, 레져, 자동차 및 철도 등의 집전이 필요한 산업전반의 기술 수요처에 수kW ~ 수백 KW 급 이상의 급전 인버터 개발을 통해 산업 전반적으로 비제약적으로 응용 기대 o 급전 인버터 핵심 기술 상용화를 통한 급전 시스템의 국제 표준화 주도 o 온라인 전기자동차의 급전 인버터 원천기술의 실용화 개발을 통한 국가 연구개발의 경쟁력 강화와 도로인프라, 그린에너지, 자동차, IT융합 관련 선진기술그룹과의 효율적인 네트워크 및 기술협력 기초 제공 o 도로 미관을 고려한 인버터 설치, 차량의 고속 주행을 위한 고속 세그먼테이션 절체, 도로환경에 적합한 내환경성, 전기적 기계적 안전성 등이 고려된 실용화 급전 인버터의 보완 및 개선 o 대용량 고주파 급전 인버터의 양산 o 급전 인버터 관련 부품·소재 및 서비스/유지보수 관련 시장의 증대 효과 o 철도 등의 기술 접목을 통한 철도 시스템으로 이전을 통한 타 산업으로의 시너지 효과 창출 o 고용 창출, 에너지 저감, 석유 수입 대처, 탄소 배출권등의 다양한 이윤을 창출. 또한 융합 기술로서 산업 전반적으로 기술력 발전에 시너지 효과 창출

(2) 집전장치

o 집전장치의 기술예측 조사 및 결과는 최고 집전 기술을 바탕으로 진행된 국가지원 또는 지방자치제와의 관계를 통한 연구개발을 초점으로 조사 및 결과를 진행함. 또한 기술예측을 위해 한국에서의 중요도, 국내 기술 수준, 최고기술 보유국, 기술의 성숙도, 기술실현 예측시기, 기대효과, 기술획득방식, 기술의 실현상의 장애요인 등으로 항목을 나누어 정리하여 분석함. 일례로, wampfler의 경우 2003년 제노바에 IPT 주정차중 충전 기술 시스템 도입을 위해 정부가 보조금을 지원하여 제노바 지역에 IPT 기술을 구현, 일본 국토교통성의 경우 HINO 차량에 IPT 기술을 접목하여 하네다 공항에서 시험 주행을 2008년 진행. 또한 일

분야	항목	내용
집전장치분야	한국에서의 중요도	o 국제적으로 주행중 무선 충전에 대한 중요성이 부각되고 있는 세계 전기자동차 시장에서 핵심 기술을 기 확보한 몇몇 선진 연구기관(Wampfler, NISSAN 자동차, 쇼와 비행기 공업, 와세다 WEB, 오클랜드 대학연구진 등등)들은 기술 교류를 기피하며 앞 다투어 실용화·상용화 단계를 단축시키고자 국가적인 차원에서 지원을 받고 있는 상황임. 무선 충전 기술의 핵심 기술인 집전 기술의 실용화·상용화 기술 선점을 통해 선진 연구기관들과의 기술 격차를 벌여 놓는 것이 중요함 o 무선 충전 집전 기술이 확보되면 산업체 활용뿐만 아니라, 전 세계 연 1.5조 달러 시장규모를 가지는 자동차 산업에 있어 기술 경쟁력을 확보할 수 있으며 철도, 레져 등 산업 전반에 걸쳐 친환경적인 성장이 가능하며 이는 곧 지속 가능한 경제 성장으로 이루어지므로 집전기술은 개발은 매우 중요한 기술임. o EMF 차폐기술이 접목된 집전장치 개선과 현장적용 및 최적화 기술을 통해 산업 전반에 걸친 EMF 기술을 선도함으로써 국제 집전장치 시장조기 선점 가능
	국내 기술 수준	o 산업체 등에서는 물류 이송 장비등에 무선전력 공급 시스템을 적용한 사례들이 있으나, 대중교통용 무선 전력 전달을 위한 집전장치 기반 기술이 전혀 연구된 바 없음 o 대중교통에 무선 전력 전달 시스템을 적용한 경우는 KAIST OLEV가 유일한 연구를 진행함..
	최고기술 보유국	o KAIST OLEV(한국) - 무선 충전 기술을 대중교통에 접목 시도. - 100kW의 높은 집전 출력 지님(지상고 20cm) - 고효율의 급/집전 기술을 지님. (80%)
	국내 기술 성숙도	o 국내 기술은 KAIST OLEV를 제외하곤 대중교통에 접목된 집전장치 기술이 아직 원천기술/응용기술 단계에 국한된 실정임 o KAIST OLEV의 경우 실용 수준에 이르는 것으로 평가됨.
	국내 기술실현 예측시기	o 온라인 전기자동차 사업단의 경우 2010년 집전장치 관련 실용 수준 기술을 확보하였으므로 성능 개선과 현장적용 및 최적화 기술개발이 완료된 2년 후면 관련 기술이 실현 될 것으로 예상됨
	기술획득방식	o 집전 시스템관련 실용 기술을 바탕으로 산/학/연 공동 연구를 통한 집전 레귤레이터 성능 보완과 현장적용 및 최적화 기술 획득
	실현상의 장애요인	o 실제 도로 주행을 위한 법/제도 기반 마련이 필요
	기대효과	o 휴대기기, 가정용 전기기기, 로봇, 레져, 자동차 및 철도 등의 집전이 필요한 산업전반의 기술 수요처에 수kW ~ 수백 KW 급 이상의 집전장치 개발을 통해 산업 전반적으로 비제약 적으로 응용 기대 o 무선 충전 집전 장치 관련 전기자동차 EMF 기준의 국제 표준화 주도. o 온라인 전기자동차의 집전장치 원천기술의 실용화 개발을 통한 국가 연구개발의 경쟁력 강화와 도로인프라, 그린에너지,

		자동차, IT융합 관련 선진기술그룹과의 효율적인 네트워크 및 기술협력 기초 제공 o 집전장치 양산을 통해 가격을 낮춰 온라인 전기 자동차의 상용화 주도 o 집전 인프라 구축 및 집전 시스템의 집전시설과 집전장치 관련 부품·소재 및 서비스/유지보수 관련 시장의 증대효과 o 경량의 집전장치를 통해 차량 에너지 소비 저감 o 철도 등의 기술 접목을 통한 철도 시스템으로 이전을 통한 타 산업으로의 시너지 효과 창출 o 고용 창출, 에너지 저감, 석유 수입 대처, 탄소 배출권 등의 다양한 이윤을 창출. 또한 융합 기술로서 산업 전반적으로 기술력 발전에 시너지 효과 창출

본의 경우 와세다 대학 및 쇼와 비행기 공업 등등을 통해 과제를 진행. 이를 통해 무선 충전 기술을 개발하고 있는 추세임. 향 후 국가 지원 또는 지방자치제와의 협조를 통한 기술 수요가 창출 되리라 예상됨.

(3) 레귤레이터

o 레귤레이터는 차량의 하부에 장착된 집전 장치 및 정류기로부터 출력된 저전압 직류 전압을 배터리 입력에 적합한 고전압 고주파 직류 전압으로 변환하는 장치이며, 이는 1차년도 교과부 과제를 통하여 정차 및 저속 주행에 적합한 세그먼테이션 절체가 가능한 60kW 급 레귤레이터를 개발하였으며, 2차년도 지경부 과제를 통하여 고속 주행이 가능한 집전 장치의 안정성 및 용량을 100kW로 증대한 레귤레이터를 개발하였으며, 마지막으로 차후 국토부 과제를 통하여 고속 주행 시의 고속 세그먼테이션 절체 및 내진동성, 차량 및 도로 환경에 적합한 내환경성, 전기/기계적 안전성, 신뢰성 등을 고려한 실용화용으로 적합한 레귤레이터의 보완 및 개선이 진행될 예정임. 현재 국내에서는 KAIST가 무선 충전용 레귤레이터에 대한 많은 연구, 시험 및 검증이 진행된 상태이며, 해외에서는 Wampler, Vahle 등이 정차중 충전용 집전장치 및 레귤레이터에 대한 개발을 진행하는 것으로 확인됨. 차후에 지속적인 비접촉 충전용 레귤레이터의 개발을 통해 향후 2020년까지 주정차 충전이 가능한 전기 자동차용 최적의 레귤레이터 상용화가 가능할 것으로 생각되며, 이중에서 레귤레이터는 이의 핵심적인 역할을 담당할 것으로 생각되며, 이로부터 전기 자동차용 비접촉 충전기의 전세계적인 주도권을 가질 수 있을 것으로 생각됨.

분야	항목	내용
레귤레이터분야	한국에서의 중요도	o 국제적으로 주행 중 무선 충전에 대한 중요성이 부각되고 있는 세계 전기자동차 시장에서 핵심 기술을 기 확보한 몇몇 선진 연구기관(Wampfler, NISSAN 자동차, 쇼와 비행기 공업, 와세다 WEB, 오클랜드 대학연구진 등등)들은 기술 교류를 기

		피하며 앞 다투어 실용화·상용화 단계를 단축시키고자 국가적인 차원에서 지원을 받고 있는 상황임. 무선 충전 기술의 핵심 기술인 집전 레귤레이터 기술의 실용화·상용화 기술 선점을 통해 선진 연구기관들과의 기술 격차를 벌여 놓는 것이 중요함 o 무선 충전 집전 기술이 확보되면 산업체 활용 뿐만 아니라, 전 세계 연 1.5조 달러 시장규모를 가지는 자동차 산업에 있어 기술 경쟁력을 확보할 수 있으며 철도, 레져 등 산업 전반에 걸쳐 친환경적인 성장이 가능하며 이는 곧 지속 가능한 경제 성장으로 이루어지므로 집전기술은 개발은 매우 중요한 기술임. o 집전장치와 일체화된 레귤레이터 기술과 현장적용 및 최적화 기술 개발을 통해 국제 집전 레귤레이터 시장 조기 선점 가능
	국내 기술 수준	o 산업체 등에서는 물류 이송 장비 등에 무선전력 공급 시스템을 적용한 사례들이 있으나, 대중교통용 무선 전력 전달을 위한 집전 레귤레이터 기반 기술이 전혀 연구된 바 없음 o 대중교통에 무선 전력 전달 시스템을 적용한 경우는 KAIST OLEV가 유일한 연구를 진행함.
	최고기술 보유국	o KAIST OLEV(한국) - 무선 충전 기술을 대중교통에 접목 시도. - 100kW의 높은 집전 출력 지님(지상고 20cm). - 고효율의 급/집전 기술을 지님. (80%)
	국내 기술 성숙도	o 국내 기술은 KAIST OLEV를 제외하곤 대중교통에 접목된 집전장치 기술이 아직 원천기술/응용기술 단계에 국한된 실정임 o KAIST OLEV의 경우 실용 수준에 이르는 것으로 평가됨.
	국내 기술실현 예측시기	o 온라인 전기자동차 사업단의 경우 2010년 집전장치 관련 실용수준 기술을 확보하였으므로 성능 보완과 현장적용 및 최적화 기술개발이 완료된 2년 후면 관련 기술이 실현 될 것으로 예상됨
	기술획득방식	o 집전 시스템 관련 실용 기술을 바탕으로 산/학/연 공동 연구를 통한 집전 레귤레이터 성능 보완과 현장적용 및 최적화 기술 획득
	실현상의 장애요인	o 실제 도로 주행을 위한 법/제도 기반 마련이 필요
	기대효과	o 집전장치, rectifier와의 일체형 혹은 분리형을 통해 관련 기술 활용 확대 기대 o 경량의 레귤레이터를 통한 시스템 인테그레이션 부담 저감 및 고속 주행에 대한 적합성 향상 o 휴대기기, 가정용 전기기기, 로봇, 레져, 자동차 및 철도 등의 집전이 필요한 산업전반의 기술 수요처에 수kW ~ 수백 KW 급 이상의 레귤레이터 개발을 통해 산업 전반적으로 비제약적으로 응용 기대 o 무선 충전 레귤레이터 관련 전기자동차 EMF 기준의 국제 표준화 주도. o 온라인 전기자동차의 레귤레이터 원천기술의 실용화 개발을 통한 국가 연구개발의 경쟁력 강화와 도로인프라, 그린에너지,

		자동차, IT융합 관련 선진기술그룹과의 효율적인 네트워크 및 기술협력 기초 제공 o 차량의 고속 주행 시의 고속 세그먼테이션 절체, 차량에 적합한 내진동성, 환경성, 전기적 기계적 안전성 등이 고려된 실용화 레귤레이터의 보완 및 개선 o 경량의 소형 레귤레이터 양산을 통해 가격을 낮춰 온라인 전기자동차의 상용화 주도 o 레귤레이터 관련 부품·소재 및 서비스/유지보수 관련 시장의 증대효과 o 철도 등의 기술 접목을 통한 철도 시스템으로 이전을 통한 타 산업으로의 시너지 효과 창출 o 고용 창출, 에너지 저감, 석유 수입 대처, 탄소 배출권등의 다양한 이윤을 창출. 또한 융합 기술로서 산업 전반적으로 기술력 발전에 시너지 효과 창출 o 기술적 측면 - 집전장치, rectifier와의 일체형 혹은 분리형을 통해 관련 기술 활용 확대 기대 - 경량의 집전 레귤레이터를 통한 시스템 인테그레이션 부담 저감 및 고속 주행에 대한 기대 향상 - 휴대기기, 가정용 전기기기, 로봇, 레져, 자동차 및 철도 등의 집전이 필요한 산업전반의 기술 수요처에 수kW ~ 수백 KW급 이상의 집전 레귤레이터 개발을 통해 산업 전반적으로 비제약적으로 응용 기대 - 온라인 전기자동차의 집전 레귤레이터 원천기술의 실용화 개발을 통한 국가 연구개발의 경쟁력 강화와 도로인프라, 그린에너지, 자동차, IT융합 관련 선진기술그룹과의 효율적인 네트워크 및 기술협력 기초 제공 o 경제적 측면 - 집전 레귤레이터 양산을 통해 가격을 낮춰 온라인 전기 자동차의 상용화 주도 - 집전 레귤레이터 관련 부품·소재 및 서비스/유지보수 관련 시장의 증대효과 - 경량의 집전 레귤레이터를 통해 차량 에너지 소비 저감 - 철도 등의 기술 접목을 통한 철도 시스템으로 이전을 통한 타 산업으로의 시너지 효과 창출 - 고용 창출, 에너지 저감, 석유 수입 대처, 탄소 배출권등의 다양한 이윤을 창출. 또한 융합 기술로서 산업 전반적으로 기술력 발전에 시너지 효과 창출

4절 기술개발 방향 설정

1. 분석결과 종합

가. 정책 동향 분석

- o 현재 국내외의 여러 국가에서 친환경 자동차 개발 및 판매에 다양한 지원을 추진하고 있으며, 환경 규제를 강화하고 있는 상황에서 전기자동차의 시장 확대가 예상되며, 무선 충전 방식에 대한 요구가 증대되고 있는 상황임
- o 트램에 비교해서 전기버스는 초기자본이 적게 투입되고 트램에 비하여 운행이 자유로와 지자체/정부의 선호도가 있을 것으로 예상
- o 전기버스 시장의 후발 주자로 현재 실용시제품 개발단계인 온라인 전기버스 개발사업을 성공적으로 추진하기 위해서는 산학연계 및 정부, 지자체의 지원과 협업을 통해 조속히 상용화 제품을 개발하고 세계 시장에서 표준을 선도해 나가야 함

나. 경제 동향 분석

- o 총 비용관점(전기버스 비용, 배터리 교체비용, 운영비용)에서 다른 친환경 대중교통 수단 대비 장점이 있는 온라인 전기버스에 대해 적당한 대안이 없는 현재 상황에서 시장 선점이 용이한 상황임
- o 온라인 전기버스는 운행 시나리오에 따라 고효율 내연기관 차량과 상호 보완적 시장으로 자리 매김될 것이고, 배터리 성능의 보완, 충전소의 증가에 따라 온라인 전기버스 시장은 위협받을 수 있으나, 사회적 고비용 구조와 배터리 성능의 한계 및 장시간 충전 시간의 한계를 극복하지 못하면 대체 위협이 적음

다. 기술 개발 동향 분석

- o 온라인 전기버스의 핵심기술은 자기공진 및 형상화 기술(Shaped Magnetic Field In Resonance ; SMFIR)을 활용한 급전/집전장치, 동력관리 플랫폼, 인터페이스, 시뮬레이터 등으로 원천기술에 대한 특허와 지적재산권을 이미 확보한 기술로 다른 경쟁 상대에 대한 기술적 진입장벽이 매우 큼
- o 친환경 자동차 시장의 대체 위협재인 타 전기자동차와의 경쟁은 적대적인 대립이기 보다는 보완적 대체재로써 친환경차량의 시장 규모를 확대 및 성장을 견인

하는 역할을 할 것으로 예상됨. 급전도로의 경우 온라인 전기버스이외에도 일반 전기버스나 전기승용차, PHEV 등에서도 활용 가능한 공통의 인프라임

o 급전선로 시스템 및 급전도로 관련 특허와 논문 분석결과 무선 충전에 대한 내용이 많지 않아 기술적 시장 주도를 위한 지속적인 연구가 이루어져야 하며, 기존 연구 개발된 급전선로의 성능과 도로 시공 관련 기술의 보완으로 친환경적 대중교통 시스템의 도입이 앞당겨질 것으로 기대됨

라. 기술수요 및 예측

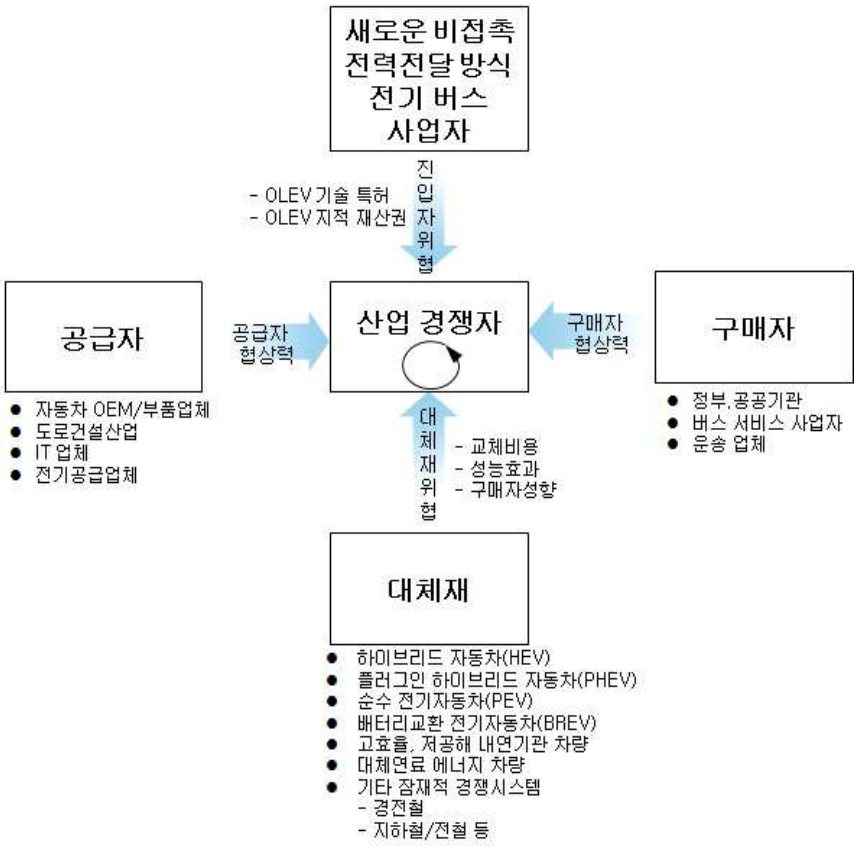
o 무선 충전 방식에 대한 급집전 시스템에 대한 기술을 KAIST가 확보한 기술이 최고 수준이며, 이를 바탕으로 대중교통 시스템에 접목할 경우, 전기자동차 시장에서 우위를 확보할 것으로 예상됨

o 환경 규제 및 친환경 대중 교통수단에 대한 수요의 증가에 맞춰 기존 전기버스의 비용, 무게, 충전의 불편함을 해결할 수 있는 온라인 전기버스를 조속히 개발해야함

o 비용, 안전성, 편리성, 문화적 추이는 고객 선택의 구매의사결정 주요 요소로서 온라인 전기버스는 친환경 문화의 성숙과 주행중 충전이라는 편리성 및 적은 용량의 배터리로 인한 비용 절감 측면에서의 경쟁력이 있음

마. 경쟁세력 분석

o 온라인 전기버스 기술개발 전략 수립을 위해 온라인 전기버스와 관련된 시장 경쟁 구조를 마이클 포터의 5 Forces 분석 방법을 통해 분석함



<그림61 온라인 전기버스 경쟁모델 분석>

o 진입장벽 : 조기선점이 되면 후발주자의 진입은 어려울 것으로 생각됨

- 원천기술 : 온라인 전기버스의 핵심부품은 고효율 자기유도식 급전/집전장치, 동력관리 플랫폼, 인터페이스, 시뮬레이터 등으로 원천기술에 대한 특허와 지적재산권에 대한 진입장벽이 클 것임
- 제품 차별화 : 비 접촉식 급전/집적방식은 시험, 시범운영을 통해 축적된 노하우를 바탕으로 제품의 성능과 안전성에서 차별화시킬 수 있어 후발주자와의 기술우위를 점할 수 있음

o 공급자 협상력

- 일반적으로 자동차 산업의 특성상 후방산업인 자동차 메이커(OEM)업체의 교섭력이 강하나, 온라인 전기버스는 급전도로 건설시 전기관련 공급업체의 교섭력이 강할 수 있음
- 온라인 전기버스가 상용화되는 시점에서 전기공급은 사회간접자본화 되고, 온라인 전기버스의 원천 핵심기술 부품에 해당하는 전방산업의 교섭력이 점차적으로 더 강해질 것으로 예상됨

o 구매자 협상력

- 온라인 전기버스 시장은 정해진 노선을 다니는 시내버스가 지자체별 친환경 자동차에 대한 요구에 따라 보급될 것으로 예상됨
- 총 비용관점(전기버스 비용, 배터리 교체비용, 운영비용)에서 다른 친환경 대중

교통 수단 대비 장점이 있는 온라인 전기버스에 대해 적당한 대안이 없는 현재 상황에서 버스 운행업체들의 교섭력이 커지 않을 것으로 예상됨

o 대체재 위협
- 고효율 내연기관 차량은 에너지 가격의 변화에 따라 수요대체가 가능할 수 있으므로, 상호 보완적 시장으로 자리 매김될 것임
- 배터리 성능의 보완, 충전소의 증가에 따라 온라인 전기버스 시장은 위협받을 수 있으나, 사회적 고비용 구조와 배터리 성능의 한계를 극복하지 못하면 대체 위협이 적음
- 트램에 비교해서 전기버스는 초기자본이 적게 투입되므로, 지자체/정부의 선호도가 있을 것으로 예상

o 경쟁구도
- 국제 경쟁구도 : 전 세계적 경제 환경의 블록화와 동시에 글로벌화 추이 속에 국가 경쟁력의 주요 이슈인 녹색성장이 더욱 강조될 것임. 온라인 전기버스와 유사한 제품의 산업 표준화 선점 및 원천 기술을 통한 진입장벽 고도화와 지식 재산권 확보 경쟁이 치열하리라 예상됨
- 자동차 산업 내 경쟁구도 : 동일 목표 시장의 대체 위협재인 타 전기자동차와의 경쟁은 적대적인 대립이기 보다는 보완적 대체재로써 친환경차량의 시장 규모를 확대 및 성장을 견인하는 역할을 할 것으로 예상됨. 급전도로의 경우 온라인 전기버스이외에도 일반 전기버스나 전기승용차, PHEV 등에서도 활용 가능한 공통의 인프라임
- 비용, 안전성, 편리성, 문화적 추이는 고객 선택의 구매의사결정 주요 요소로서 온라인 전기버스는 친환경 문화의 성숙과 주행중 충전이라는 편리성 및 적은 용량의 배터리로 인한 비용 절감 측면에서의 경쟁력이 있음

바. SWOT 분석

o 온라인 전기버스 기술 개발에 대한 SWOT 분석을 통해 강점과 약점을 분석하고, 기회요인과 위협요인을 파악하여 적합한 기술개발 전략에 활용하고자 함

o 온라인 전기버스사업의 강점
- 친환경자동차 개발을 주도하고 있는 선진국 대비 온라인 전기버스 관련 급전/집전, 동력관리, HW/SW 플랫폼 등 핵심 기술을 이미 보유하고, 우수한 기술력을 확보하고 있음
- 시험 운행 및 시범사업을 통해 기술 시연의 성공으로 기술적 실현가능성을 확보함
- 원천 핵심기술의 확보로 온라인 전기버스 시장 선점에 유리한 위치를 차지함
- 정부의 녹색성장정책 등 친환경 자동차 개발에 강력한 정책적 지원
- 배터리 사용에만 의존하는 기존 전기버스나 배터리 교환 방식의 전기버스와

대비하여 온라인 전기버스는 주행중 충전 기술을 이용하여 적은 배터리를 사용함으로써 전기 버스가격이 저렴하여 전기버스 시장을 일찍 활성화 시킬 수 있음
- 급전 인프라는 추후 다양한 전기자동차들이 공유할 수 있음
- 온라인 전기버스를 위해 구축된 인프라는 센서 및 전자기장 통신 등에 의해 다양하게 활용 가능

o 온라인 전기버스 사업의 약점
- 현재 원천 기술 확보를 통한 핵심 기술만 보유하고 실용화를 위한 추가적인 연구가 시급히 필요함
- 지속적 연구개발 및 산학연 협력에 의한 온라인 전기버스의 실용화 및 상용화 검증 필요
- 현재 실용기술 개발 단계로 상용제품 개발시 기존의 내연기관 자동차 및 하이브리드 자동차를 포함한 전기자동차 대비 온라인 전기버스의 환경적, 기술적, 경제적 우수성 입증이 필요
- 급전도로의 파손 시 등에도 안정적으로 운행할 수 있도록 효율적인 유지보수 체계가 마련되어야 함

o 온라인 전기버스사업의 기회요인
- 전 세계적으로 온실가스 감축 등 환경규제 강화에 따른 녹색산업 성장이 예상되므로 친환경자동차에 대한 수요 증가
- 한정된 석유자원의 고갈 및 장기적 유가 상승으로 차량 유지비에 대한 압박 증가
- 배터리의 무게 및 가격, 충전시간, 주행거리, 충전소 건립 비용과다 등에 의한 배터리 전기자동차의 한계
- 경전철, 트램 등은 인프라 구축비용과 기간이 과다하게 소요될 뿐만 아니라 도시 미관을 해치는 등 기존 전력기반 대중교통의 문제점이 있음
- 지방자치 단체들의 친환경 대중교통수단에 대한 지원 확대
- 친환경 대중교통수단에 대한 해외 수요 확대와 FTA체결로 자동차 잠재시장 확대

o 온라인 전기버스사업의 위협요인
- 현재 일본, 유럽, 미국 등 선진국이 전기자동차 개발을 선도, 세계시장을 선점하고 있으며 중국 또한 전기자동차 개발에 박차를 가하고 있음
- 전기버스 시장에서 후발 주자로 표준 기술로 자리 잡는데 어려움이 있을 수 있음
- 하이브리드 자동차나 순수전기자동차, 배터리교환 전기자동차, 연료전지 자동차 등 다른 전기자동차 모델이 지속적으로 개발되고 있으며 성능보완이 이루어지고 있음
- 가솔린자동차 및 하이브리드 자동차에는 불필요한 급전도로 건설에 따른 교통정체와 시민 불편이 예상됨

o 온라인 전기버스 사업의 강점과 약점, 기회와 위협요인을 요약하면 다음 표와 같음

<표 19 온라인 전기버스 사업의 SWOT 분석>

강점(Strength)	약점(Weakness)
- 선진국 대비 주행중 충전분에 있어 우수한 기술력 보유 - 온라인 전기버스의 기술적 실현가능성 높음 - 주행중 충전 전기버스시장 선점에 유리한 위치 - 기존 전기자동차 대비 가격경쟁력 우수 - 구축 인프라의 다양한 활용성	- 온라인 전기버스의 핵심기술 확보 단계로 실용시제품 및 표준 시제품 개발이 필요함 - 지속적 연구개발 및 산학연 협력에 의한 온라인 전기버스의 실용화 및 상용화 검증 필요 - 기존의 자동차/전기자동차 대비 상용화 시점의 온라인 전기버스의 기술적, 경제적 우수성 입증 필요 - 효율적인 유지보수 체계 마련 필요
기회(Opportunity)	**위협(Threat)**
- 환경규제 강화에 따른 녹색산업 성장 - 석유자원 고갈 및 장기적 유가 상승 - 배터리 전기자동차의 한계 (무게, 가격, 충전시간, 주행거리, 충전소 건립 비용과다) - 경전철, 트램 등 기존 전력기반 대중교통의 문제점(인프라구축 비용과다, 도시 미관) - 지방자치단체들의 친환경 대중교통수단에 대한 지원 확대 - 친환경 대중교통에 대한 세계 시장 증대 및 FTA체결로 자동차 잠재시장 확대	- 선진국(일본, 유럽, 미국)의 전기자동차 시장 선도 및 선점 - 다른 전기자동차 모델의 개발 및 편제 - 전기버스 시장의 후발 주자로 표준기술로 자리 잡는데 어려움이 예상됨 - 급전도로 건설에 따른 교통정체와 시민 불편

o 분석 결과, 환경 규제, 석유 자원의 고갈 및 친환경 대중 교통수단에 대한 수요의 증가로 인해 전기자동차 수요가 증대되고 있고, 현재 개발되고 있는 배터리 기반의 전기자동차는 무게, 가격, 충전 시간 등의 한계로 인해 시장성이 약함.

o 카이스트가 개발하고 있는 온라인 전기버스는 주행중 충전이 가능한 강점을 가지고 있는 버스 시스템으로 기존 전기자동차의 배터리 및 충전 시간 문제를 해결할 수 있는 경제적인 대안이며 현재 카이스트에서 세계적인 핵심 기술을 보유하고 있음

o 시장의 기회 요인과 주행중 충전이 가능한 온라인 전기버스의 강점을 통해 조속히 온라인 전기버스를 상품화 하여 전기 버스 시장을 선점할 필요가 있음

o 카이스트의 온라인 전기버스 기술은 현재 핵심 기술을 확보하고는 있으나 상용화 제품 개발을 위한 연구 개발이 추가적으로 필요하고, 이런 연구 개발이 늦어질 경우, 배터리 기반의 전기버스에 시장을 선점 당해 기술이 사장 될 수 있으므로 조속한 연구 개발 투자가 요구됨

o 전기버스 시장의 후발 주자로 현재 실용시제품 개발단계인 온라인 전기버스 개발 사업을 성공적으로 추진하기 위해서는 산학연계 및 정부, 지자체의 지원과 협업을 통해 조속히 상용 제품을 개발하고 세계 시장에서 표준을 선도해 나가야 함

2. 비전 및 목표

o 본 과제의 추진을 통하여 궁극적으로 지향하는 방향은 세계 최고 수준의 비접촉 전력전달방식 친환경 대중교통시스템 개발을 통한 교통혁신 추진으로 신 대중교통 시스템 개발과 이를 통한 전기자동차 시장에서의 기술적 우위 및 경쟁력 확보임

o 기획을 통해 기술 동향 및 전기자동차 시장을 분석한 결과 전세계적으로 비접촉 전력전달방식에 대한 관심이 증대되고 있는 현 시점에서 전기자동차 기술 분야의 후발주자인 우리나라가 전기자동차 시장에서의 기술적 우위 및 경쟁력 확보하기 위해서는 기 확보한 비접촉 충전방식 전기버스의 원천 및 핵심 기술의 상용화가 필수적임

o 빠른 상용화를 추진하기 위해서는 기 확보한 기술을 실제 현장에 적용하고 이를 운영을 통하여 기술을 최적화하고 상용화를 위한 각 주요 시스템에 대한 표준 및 인증을 확보 할 수 있는 표준 급전인프라의 구축이 반드시 필요함

o 본 과제에서는 비접촉식 충전기술의 상용화를 위한 보와 및 검증·인증이 필요하기 때문에 '주행 중 급전 및 충전이 가능한 전기버스 시스템 표준급전인프라

구축/평가 및 최적화'를 본 사업의 목표로 선정하였음

o 기술의 성능 보완과 이를 통하여 표준급전인프라 구축에 필요한 연구분야와 구축 프로세스에 따라서 3개의 후보과제를 도출하였음

o 기술 성능의 보완을 위해서는 기 확보된 기술을 바탕으로 전문 인력과 기술 역량이 높은 산학연과의 공동 및 협력 연구가 필요함

o 따라서 전문 인력을 바탕으로 기술역량이 있는 산업체, 학교, 연구소, 유관기관들과 공동(협동) 체계 구축을 통해 기 확보된 원천기술의 성능 보완에 필요한 기반을 마련하고 이를 바탕으로 3개의 세부 과제를 추진하여 표준인증시험인프라를 구축하여 시스템에 대한 성능, 안전, 신뢰성에 대한 시험을 통해 인증을 확보하여 본과제의 최종 목표인 무선 충전 방식 전기버스의 표준급전인프라 구축을 추진할 예정임

3. 기술개발에 따른 미래상

o 효율적인 비접촉 전력전달 방식의 개발은 향후 많은 분야에 다양한 혜택을 제공 가능함

o 비접촉 전력 전달에 의해 운행 중 충전이 가능해 짐으로써 장기간 충전을 위해 시간을 사용할 필요가 없고, 직접 충전에 의한 전기 감전 위험 등의 위험으로부터 안전해질 수 있음

o 전기 버스 적용
- 전기 버스 적용 시 직접 충전 방식보다 적은 배터리로 운행 가능하고, 고속 충전 시 직접 충전 방식에 의해 발행할 수 있는 감전 위험 등으로부터 안전성 확보 가능
- 비싼 전기버스를 충전하는데 많은 시간을 소요하면서 운행 효율이 떨어지는 것을 막아, 경제성 확보 가능
- 주유소 보다 더 비싼 고가의 충전 설비가 필요 없어짐

<그림 62 접촉식 충전 방식>

<그림 63 주행중 비접촉 충전 방식>

o 노면 전차 적용

- 대중교통 수단으로 노면 전차의 수요가 증가하고 있으나 기존 상부 가선 방식의 노면 전차는 전선이 노출되어 있어 감전의 위험이 있고, 도시 미관을 해침으로써 도입에 한계를 보이고 있음
- 비접촉 전력전달 방식을 노면 전차에 적용할 경우, 전력선을 매립함으로써 감전의 위험을 없애고, 도시 미관을 유지할 수 있음

<그림 64 상부가선 노면전차>

<그림 65 비접촉 충전방식을 적용한 노면전차>

o 고속철도 적용

- 상부가선식의 고속 철도 운행 시 접촉식 전력 전달 방식에 의한 속도 증대에 한계가 있음
- 상부가선식 접촉식 전력 전달방식을 사용할 경우 터널 단면적의 증가로 공사비가 증가
- 비접촉 전력 전달방식을 고속철도에 적용할 경우 속도의 한계를 뛰어넘을 수 있고, 터널 공사비용을 대폭 줄일 수 있음

<그림 66 상부가선 고속철도>

<그림 67 비접촉 충전방식을 적용한 고속철도>

가. 표준 통합 시스템 성능검증 및 운영관리기술 개발

(1) 차량통합기술

- o 무선충전식 전기버스에 대한 표준인증인프라 및 시험운영 급전인프라 구축과 성능 및 안전에 대한 각 인증 기술 확보
- o 급전인프라에 대해 주요 인증기관과 연계한 표준인증 인프라 구축 기술과 지자체 연계한 시험운영 급전인프라 구축 및 각 인증 기술 확보
- o 실제 공용도로에 적용 가능한 급전인프라 시험운영 급전인프라 구축 기술을 성공적으로 수행하여 상용화 일정을 단축하여 현행 대중교통시스템에 조기 적용
- o 인증 기술 확보를 통해 안정성과 신뢰성 확보

(2) 차량 통합기술 및 성능검증

- o 실차 공인 인증 기술 개발을 통해 공인 인증 능력을 획득하고 무선 충전식 전기버스 보급을 촉진
- o 무선충전 전기버스의 집전장치 및 레귤레이터 장착 기술 개발을 통하여 무선충전방식의 자동차 상용화 촉진
- o 표준 기술 확보를 통해 세계의 친환경 전기버스 시장을 선점하여 제품뿐만 아니라 개발 기술까지 수출 가능
- o 인증 기술 확보를 통해 안정성과 신뢰성이 확보된 친환경 대중교통 전기버스시스템을 전 세계로 보급 확대

(3) 통합 시스템 적용성 검증 및 운영관리 기술 개발

- o 차량 기반 안전운영 시스템과 과금 시스템 구축
- o 악천후, 폭설/폭우, 침수 상황 시 안전 대응 방안 개발

o 무선 충전 시스템의 최적 계획(입지) 및 교통운영 대응 방안 개발

o 급전인프라 및 차량 운영관리 시스템을 통한 다양한 이용자 부가서비스 제공 기술 확보

o 무선충전식 전기자동차의 통합 운영관리 시스템 구축을 통한 전체 시스템 안정화 및 국제 표준화 주도

o 급전인프라의 통합 시스템 운영관리 기술 구축을 통한 전체 시스템 안정화 및 국제 표준화 주도

구분	As-Is	To-Be
차량 통합 기술	- 무선충전 전기버스 관련 원천기술 확보 · 기본적 전기안전, 전자파안전 및 성능에 대한 안전성 확인	- 최적설계 및 통합기술이 완성된 차량 확보 - 차량 안전 및 성능 인증 기술 개발 - 차량 시퀀스 안전 알고리즘 및 제어기술 개발
급전인프라 통합 기술	- 급전인프라 관련 통합 구축 기술 확보 · 기본적 전기안전, 전자파안전 및 성능에 대한 안전 확인	- 표준 급전 인프라 통합 구축 및 유지보수 기술 개발 - 표준급전인프라 최적 시뮬레이션 Tool 개발 - 표준급전인프라의 적합성 인증을 위한 인증 도구 기술 개발
통합시스템 운영관리 기술 개발	- 교통 운영 대응 방안 개발 - 안전 운영 대응 방안 개발 - 운영 관리 시스템 관련 Network 구축 기	o 교통 운영 및 안전 운영 대응 방안 개발 - 무선 충전 시스템의 최적 입지 기준 및 교통 운영 대응 방안 개발 - 악천후, 폭설/폭우, 침수 상황 시 안전 대응 방안 개발 - 차량(레귤레이터, 픽업 등) 및 급전인프라에

	술 확보	대한 모든 등록 요소(자원)의 상태를 종합적으로 관리(보안/구성/장애/보안/과금)할 수 있는 사설 차량 및 사설 인프라 Agent 성능 보완 - 자원 관리를 위한 사설 통합 관리자 성능 보완 o 시스템 운영관리 기술 현장 적용 최적화 - 여러 곳에 산재되어 있는 로컬 망을 통합 관리 할 수 있는 광역 관리 네트워크 구축 - 광역 망 내 차량(레귤레이터, 픽업 등) 및 급전인프라에 대한 모든 등록 요소(자원)의 상태를 종합적으로 관리(보안/구성/장애/과금)할 수 있는 공증 차량 및 공증 인프라 Agent 현장 적용 최적화 - 자원 관리를 위한 공증 통합 관리자 현장 적용 최적화

나. 무선 충전 급전도로 시공 및 유지관리 최적화 기술

(1) 급전선로

o 기존의 개발된 급전선로 시스템의 성능 보완을 통하여 안정적으로 차량 하부의 집전장치에 전력을 공급할 수 있으며, 이러한 고신뢰성의 급전선로를 버스 및 전철/철도 등의 대중교통에 접목할 수 있음

o 2009년도 교육과학기술부 과제를 통해 효율적인 급전이 가능한 모노, 듀얼형 급전선로 모듈 기술 개발로 기초연구단계까지 연구개발이 진행되었음

o 2010년도 지식경제부 과제를 통해 지상고 20cm이상을 만족하는 급전선로 모듈 설계와 제작 기술 개발로 시작품 성능평가 단계까지 연구개발이 진행되었음

o 앞으로 2년간의 국토해양부 과제를 통해 급전선로 최종목표인 1차년도 급전시스템 설치 기술, 급전선로 부품 보완/최적화, 급전도로 시공 및 유지관리와 2차년도 시험운영 급전 인프라적용 및 최적화를 통해 상용화 단계까지 연구를 진행할 예정

구분	As-Is	To-Be
급전선로	- 현재까지의 급전선로는 실용수준의	· 급전선로의 성능 만족뿐만 아니

	성능 만족 단계로 연구가 수행되어옴 · 실용화를 위한 정격 출력(100kW) 및 급집전효율(80%) 만족 - 내환경성/내구성/신뢰성/유지 보수 측면의 연구 개발 필요	라, 사용자의 편리성과 안전성을 만족하는 시제품 성능보완을 통해 시범 사업 및 타 산업과의 연계 연구 촉진 · 차량을 정중앙으로 운행하기 위해서 저상 전기버스용 guidance 시스템, 안전을 고려한 급전케이블, 고속 고신뢰성 자기장 통신 모듈 등의 급전선로 부품 보완 및 유지관리 방법 도출

(2) 급전도로 시공 및 유지관리

o 급전시스템의 구성요소들을 모듈화 한 급전도로 시제품의 성능의 보완과 차량의 주행성과 안전성을 만족하는 비접촉 충전방식의 급전도로 시공 및 유지관리 기술의 현장보급으로 침체된 국내 건설사업 활성화에 선도적 역할을 할 수 있음

o 2009년도 교육과학기술부 과제를 통해 차량하중에 안전하고 도로환경을 고려한 급전도로 구조 기술 개발로 기초연구단계까지 연구개발이 진행되었음

o 2010년도 지식경제부 과제를 통해 현장타설형 급전구조물에 비해 신속한 시공이 가능한 프리캐스트형 급전구조물을 제작하여 기존도로에 설치함으로써 시작품 성능평가 단계까지 연구개발이 진행되었음

o 앞으로 2년간의 국토해양부 과제를 통해 급전도로 구조 최종목표인 1차년도 급전도로 시공 및 유지관리에 대한 기술을 개선하고, 2차년도 Test Bed 현장적용 및 최적화 시공 및 유지관리 기술을 통해 실용화 단계까지 연구를 진행할 예정

구분	As-Is	To-Be
급전도로 시공 및 유지관리	- 급전도로 시공 관련 원천기술로 급전시스템 구성요소(급전코어, 케이블, 보호관, 자기장센서 등)를 현장에서 조립한 현장타설형 시공기술이 개발됨 - 급전도로 시공기술의 경우 기존 도로와의 경계부에 단차발생과 시공이음 및 수축균열 발생의 개선이 필요함 - 급전 인버터를 중앙 차선 정류장 근처의 상하행 중앙분리대 내부에 설치 시 높이가 70cm	- 콘크리트를 제외한 급전시스템 구성요소(급전코어, 케이블, 보호관, 자기장센서 등)의 모듈화로 현장타설형 급전도로 시공시 구성요소의 현장조립 시간을 절약할 수 있을 것으로 기대 - 급전도로 구간에 대한 포장계획 검토로 공용중 균열 발생을 최소화하여 유지관리가 용이할 것으로 기대 - 급전 인버터를 중앙 차선 정류장 근처의 상하행 중앙 분리대에 설

	이하이며, 폭이 1m 이하이므로, 설치가 용이하지 않음. - 인버터 입력에 3상 전원을 공급하기 위해서는 도로 외부 혹은 중앙 분리대 내부에 별도의 저전압 변압기를 설치하기 위해서는, 도로 외부의 변전소로부터 3상 배전 케이블을 도로 하부에 매설하여야 하며, 이를 위해 추가적인 도로 공사 및 비용이 발생함. - 차량을 정중앙으로 운행하기 위해서 도로하부에 guidance 센서 혹은 관련 설치물을 설치하여야 하며, 차량 진입 시 차량 감지 센서를 도로 하부에 설치하여야 하므로, 이로 인한 추가적인 공사 및 배선이 필요함. - 주야간 시에 급전과 비급전 구간을 구분 및 식별이 어려움.	치하기 위해서는 인버터 하단 지지부 및 차량 충격 흡시설 설치로 인해, 높이가 1.2m 이상, 폭이 1.2m 이상이 필요함. - 인버터 입력에 공급되는 3상 전원의 전압 강하 최소화, 도로 미관 및 3상 배전 케이블 비용 최소화를 고려한 최적의 변압기 설치가 필요하며, 만일 중앙 분리대에 설치한다면, 중앙 분리대의 높이 및 폭을 증가시킬 경우가 필요함. - 차량을 정중앙으로 운행하기 위한 guidance 센서 및 차량 진입 감지 센서를 용이하게 매설 및 배선하기 위한 급전선로와의 모듈화가 필요함. - 주야간 시에 급전과 비급전 구간을 구분 및 식별할 수 있도록 도로에 표시가 필요함.
	- 급전도로 현장타설형 시공 기술은 콘크리트 양생기간이 필요하여 오랜 시공기간이 소요됨 - 이러한 문제점 보완으로 콘크리트와 구성요소를 일체형으로 공장제작하여 현장에서 구조물의 설치만으로 시공기간일 짧아진 프리캐스트형 급전구조 시공기술이 개발됨	- 기존 프리캐스트형 급전구조물은 대형의 양중장비가 필요하였으나, 향후 보완설계를 통하여 양중장비의 소형화로 공사비용의 절약을 기대 - 기존 프리캐스트 급전구조물에 대한 연구는 구조물 제작을 중심으로 연구가 진행되었으며, 주행성/안정성을 만족하는 현장시공 및 도로포장 기술이 접목된다면 실용화사업 기술로 촉진 될 것으로 기대
	- 현장타설형 및 프리캐스트 급전도로 시공기술은 구성요소와 콘크리트가 일체화되어 구성요소간의 유지관리가 어려운 문제점이 있음	- 급전구조물을 구성하는 콘크리트를 제외한 급전시스템 구성요소만의 모듈화는 국부적 공사로 보수 및 교체가 가능하게 되어 유지관리 기술 분야에 편리성을 가져올 것으로 기대

다. 급/집전 시스템 성능 보완 및 최적화

(1) 급전인버터

o 급전인버터 시스템 성능보완 및 현장적용/최적화를 통하여 안전하며 안정적으로 도로에 매설된 급전선로에 전력을 공급할 수 있으며, 이러한 고 신뢰성의 급전 인버터를 버스 및 전철/철도 등의 대중교통에 접목할 수 있음

o 2009년도 교육과학기술부 과제를 통해 60kW 집전 출력, 60% 급집전 효율 및 기계적 세그먼테이션 동작이 가능한 급전 인버터 기술 개발로 기초연구단계까지 연구개발이 진행되었음

o 2010년도 지식경제부 과제를 통해 100kW 집전 출력, 80% 급집전 효율 및 전기적 세그먼테이션 동작이 가능한 급전 인버터 기술을 개발함으로써 시작품 성능 평가 단계까지 연구개발이 진행되었음

o 앞으로 2년간의 국토해양부 과제를 통해 급전 인버터 최종 목표인 1차년도 도로환경, 전력품질, 인체안전 및 고주파 접지 기준을 만족하는 급전 인버터 시스템에 대한 기술을 개선하고, 2차년도 test bed 구축을 통한 성능 보완된 급전 인버터 시제품의 현장 적용 및 최적화 기술을 통해 실용화 단계까지 연구를 진행할 예정

구분	As-Is	To-Be
급전 인버터	- 현재까지의 급전인버터는 실용수준의 성능 만족 단계로 연구가 수행되어옴 · 실용화를 위한 정격 출력(100kW) 및 효율(95%) 만족 - 고속 전자식 세그먼테이션 절체/내구성/신뢰성/유지 보수 측면의 성능 보완 필요	- 급전인버터의 실용화 및 표준화를 1년에 통합 진행하여 조기 달성함으로써, 표준화 주도 촉진 기대 - 급전 인버터의 성능 만족뿐만 아니라, 사용자의 편리성과 안전성 및 실 주행 안정성을 만족하는 현장적용 기술 및 최적화 연구 촉진을 통해 타 산업과의 연계 연구 촉진

(2) 집전장치

o 집전장치 시스템의 성능보완 및 현장적용/최적화를 통하여 안전하며 안정적으로 전력을 공급할 수 있는 고 신뢰성의 집전장치를 버스 및 전철/철도 등의 대중교통에 접목할 수 있음

o 2009년도 교육과학기술부 과제를 통해 60kW 집전 출력, 60% 급집전 효율이 가능한 집전장치 기술 개발로 기초연구단계까지 연구개발이 진행되었음

o 2010년도 지식경제부 과제를 통해 100kW 집전 출력, 80% 급집전 효율이 가능한

집전장치 기술을 개발함으로써 시작품 성능평가 단계까지 연구개발이 진행되었음

o 앞으로 2년간의 국토해양부 과제를 통해 집전장치 최종 목표인 1차년도 다양한 저상 전기버스에 범용으로 차량 장착 가능한 차량, 도로환경 및 안전기준을 만족하는 집전 장치에 대한 기술을 개선하고, 2차년도 시험운영 급전인프라 구축을 통한 성능 보완된 집전장치 시제품의 현장 적용 및 최적화 기술을 통해 실용화 단계까지 연구를 진행할 예정

구분	As-Is	To-Be
집전장치	- 현재까지의 집전장치는 실용수준의 성능 만족 단계로 연구가 수행되어옴 · 실용화를 위한 정격 출력(100kW) 및 효율(80%) 만족 - 좌우편차/내구성/신뢰성/유지 보수 측면의 성능 보완 필요	- 집전장치의 실용화 및 표준화를 1년에 통합 진행하여 조기 달성함으로써, 표준화 주도 촉진 기대 - 집전장치의 성능 보완 만족뿐만 아니라, 사용자의 편리성과 안전성 및 실주행 안정성을 만족하는 현장적용 기술 및 최적화 연구 촉진을 통해 타 산업과의 연계 연구 촉진

(3) 레귤레이터

o 레귤레이터 시스템의 성능보완 및 현장적용/최적화를 통하여 집전장치로부터 얻은 전력을 안전하고 안정적으로 배터리로 공급할 수 있으며, 이러한 고 신뢰성의 레귤레이터를 버스 및 전철/철도 등의 대중교통에 접목할 수 있음

o 2009년도 교육과학기술부 과제를 통해 60kW 집전 출력, 60% 급집전 효율이 가능한 레귤레이터 기술 개발로 기초연구단계까지 연구개발이 진행되었음

o 2010년도 지식경제부 과제를 통해 100kW 집전 출력, 80% 급집전 효율이 가능한 레귤레이터 기술을 개발함으로써 시작품 성능평가 단계까지 연구개발이 진행되었음

o 앞으로 2년간의 국토해양부 과제를 통해 레귤레이터 최종 목표인 1차년도 저상 전기버스 장착을 고려하는 차량 환경 및 안전기준을 만족하는 레귤레이터에 대한 기술을 개선하고, 2차년도 test bed 구축을 통한 성능 보완된 레귤레이터 시제품의 현장 적용 및 최적화 기술을 통해 실용화 단계까지 연구를 진행할 예정임

구분	As-Is	To-Be
레귤레이터	- 현재까지의 레귤레이터는 실용 수준의 성능 만족 단계로 연구가 수행되어옴 · 실용화를 위한 정격 출력(100kW) 및 효율(80%) 만족 - 픽업 일체형/내구성/신뢰성/유지 보수 측면의 성능 보완 필요 - 고속 주행 시 차량을 정중앙으로 운행하여 급집전 효율 감소를 방지할 필요	- 레귤레이터의 성능 만족뿐만 아니라, 사용자의 편리성과 안전성 및 실 주행 안정성을 만족하는 현장적용 기술 및 최적화 연구 촉진을 통해 타 산업과의 연계 연구 촉진 - 차량을 정중앙으로 운행하기 위해서 차량에 guidance 시스템을 개발하여 레귤레이터와 연계 시험

5절 후보과제 도출 및 정의

o 연구 기획 초기에는 주요 연구분야를 위주로 각 연구분야를 세분화하여 급전 및 운영 시스템, 집전 및 레귤레이터 그리고 시스템 통합 및 자기장 차폐 기술로 총 3개로 구성하였음

o 연구 중간 평가와 전문가 자문을 통해 도로의 시공 및 유지관리기술 개발의 중요성이 부각되어 '무선 충전 급전도로구조 시공 및 유지관리기술 개발' 과제가 별도로 분리 강화하여 4개 후보과제로 도출하였으나, 과제 추진을 통하여 검토 결과 빠른 상용화 추진을 위하여 표준 급전인프라 구축에 대한 필요성이 도출되었음

o 이에 따라 표준급전인프라 구축 및 최적화를 목표로 하여 최종적으로 아래 같이 3개의 후보과제가 도출되었음.
- 표준 통합시스템 성능검증 및 운영관리 기술 개발
- 무선 충전 급전 도로 시공 및 유지관리 최적화 기술
- 급/집전 시스템 성능 보완 및 최적화

<표 20 최초의 후보과제>

연번	후보과제명	후보과제 정의
1	비접촉 전력전달방식의 급전 인프라 및 운영시스템 개발	급전인프라의 요소인 급전 선로 및 급전 인버터 개발과 구축한 급전 인프라의 운영 관리를 위한 실용/표준 시제품 개발
2	비접촉 전력전달방식의 집전장치 및 레귤레이터 개발	- 집전장치: EMF/출력/효율/좌우편차/크기/무게/가격 경쟁력 등이 고려된 최적의 실용화 집전구조 기술 개발 및 최적의 집전구조가 반영된 실용/표준 시제품 개발 - 레귤레이터: 안정적인 제어가 가능하고 내구성/신뢰성을 확보한 레귤레이터 실용/표준 시제품 개발
3	시스템 통합 및 자기장 차폐 기술 개발	급/집전 시스템과 차량 구동시스템, 에너지저장시스템, 전력분배시스템, 전동공조시스템 등 서브시스템을 통합하여 차량에 장착할 수 있는 시스템 통합 실용/표준 기술과 자기장 차폐 실용/표준 시제품 개발

<표 21 1차 수정된 후보과제>

연번	후보과제명	후보과제 정의
1	무선 충전 급전도로구조 시공 및 유지관리 기술 개발	다양한 도로환경에 시공 가능한 모듈화된 급전구조물 실용/표준 시제품 개발과 이를 이용한 급전도로 구축에 따른 시공 및 유지 관리 기술 개발
2	무선 충전 급전 인프라 시스템 개발	급전 선로, 급전 인버터로 구성된 급전 인프라 시스템 실용 및 표준 시제품 개발
3	무선 충전 집전장치 및 레귤레이터 개발	차량환경에 적합하면서 EMF 차폐 기능이 통합된 집전장치와 소형화 고효율 레귤레이터 실용 및 표준 시제품 개발
4	시스템 통합 및 시스템 운영 관리 기술 개발	무선 충전 전기버스의 최적 설계, 시스템 통합 구현, 인증 도구와 실용/표준 시제품 차량 개발을 통하여 급전 인프라 시제품 개발하여 공인인증 기술과 공인증서 확보하고 급전 인프라와 차량의 관리를 위한 운영관리 시스템 실용/표준 시제품 개발

<표 22 최종적으로 확정된 후보 과제 >

연번	후보과제명	후보과제 정의
1	표준 통합시스템 성능 검증 및 운영관리 기술 개발	차량과 급전인프라의 최적 설계, 통합 및 인증도구 기술을 개발하여 표준인증 인프라를 구축한 후에 보완된 운영관리 시스템을 적용하여 유지보수 관리 시스템의 현장 최적화
2	무선 충전 급전도로 시공 및 유지관리 기술 최적화	다양한 도로환경에 시공 가능한 모듈화 된 급전선로 시제품의 기능적 성능 보완과 표준인증 인프라 구축을 통한 도로시공 및 유지관리 기술의 현장적용 및 최적화
3	급/집전 시스템 성능 보완 및 최적화 기술	급전 인버터, 레귤레이터 및 집전장치로 구성된 급/집전 시스템의 성능 보완, 표준 인증 인프라 구축을 통한 급/집전 기술의 현장 적용 및 최적화

3장 연구개발과제 추진체계

1절 기획대상과제 선정 및 조정결과

1. 세부과제 검토 의견 제시 및 보완 결과

연번	검토내용	검토결과
1	o 연구분야 분류에 도로 시공/운영 및 유지관리/시험/법제도 등 중요한 분야 포함 검토	o 도로 시공 및 유지관리를 별도의 연구분야로 제시하고 Test Bed 실증을 추진할 수 있도록 연구 분야를 재분류하였음 - 급전과 집전으로 세분화 했던 것을 통합하고, 도로시공 및 유지관리를 별도의 연구분야로 독립하여 연구 추진 - 연구의 시너지 효과를 증대시키기 위하여 관련이 높은 급전과 집전을 통합하여 두 분야 연계시 발생 가능한 문제점들을 검토하고 발생시 즉각적인 원인파악을 통한 개선 추진 - 또한, 차량과 인프라를 전체적으로 운영할 수 있는 운영 시스템 구축 및 Test Bed 구축을 통해 상용화 시 발생 할 수 있는 문제에 개선 추진
2	o 교과부, 지경부 과제에서 수행한 내용과의 중복성 및 차별성 검토	o 수행 과제별 비교표 - *주1) 참조
3	o 중간평가 시 도출된 현안과 예상되는 문제점들에 대한 대책·해결방안 제시	o 주요 현안별 내용 - **주2) 참조
4	o 지경부에서 개발된 온라인전기버스를 시험운행/평가하여 문제점 및 이슈사항에 대해 평가하고, 개선사항을 도출하여 상용운행에 부합하는 버스 시제품 제작 필요성 검토	o 국토부 과제의 연구내용을 1차년도, 2차년도로 구분하여 1차년도에는 교과부(09년), 지경부(10년)과제를 통해 확보한 기술에 대한 검토를 통해 실제 적용할 수 있도록 기술 개선을 추진하고 이를 검증 할 수 있는 Test bed설계 추진 o 2차년도에는 1차년도에 확보한 보완 기술을 Test bed 구축을 통해 검증하고 이를 통해 발생하는 문제점에 대한 보완 추진하여 상용운행에 부합하는 Upgrade 된 인프라 및 버스 시제품 제작할 수 있도록 연구내용을 수정하였음
5	o 과제의 궁극적 성과물-지재권-해당예산-실용화 방향을 일관되게 정리하고 각 목표와 지표 달성여부 측정방법 및 상세 제시	o 본 과제의 최종 결과물은 실용성을 가지는 Test bed(차량, 인프라 포함)임. o 초기에는 원천기술과 공통 핵심 기술을 확보하는 방향으로 지재권을 확보하였음. 국

연번	검토내용	검토결과
		토부 과제에서는 기 확보된 기술을 실제 적용이 가능하도록 실용화하는 최종 목표를 위해 단계적으로 추진하도록 차별화된 연구 목표를 설정하였음 o 별권의 RFP 및 평가 기준 참조
6	o 후보과제 도출 적정성 검토	o 교과부 및 지경부 과제는 원천핵심 기술 개발이 목표였기 때문에 해당 기술분야에 따라 과제 내용을 구분하였으나 이번 과제에서는 기술 실증이 목표이므로 도로시공 및 유지관리분야, 급집전분야, 운영시스템 및 테스트베드 분야로 실증을 위한 연구 분야로 재분류하였음. o 상용화 시 연관성이 있는 연구내용별로 연계하였고, Test Bed 구축 및 실증을 통해 실제 적용 시 보완할 부분을 도출하고 보완할 수 있도록 연구 내용을 구성하였음
7	o 후보과제 내용 관련하여 충분한 의견 수렴하여 경제성, 실용성 확보	o 경제적 타당성 검토를 위하여 주행 중 충전 방식, 정차 중 충전 방식, 배터리 교환 충전 방식의 3가지 다른 충전 방식을 BRT 사업에 적용하여 각 분야별로 구축비용, 운영비용, 유지보수 비용 등을 비교하여 경제성을 분석하였음 o 이해관계기관의 의견을 수렴하여 연구목표 및 연구내용에 반영하였음. 도로시공 및 유지관리 연구개발 내용, 도로 인프라의 요구조건, 성능 및 안전 평가 내용 등 세부 연구 내용에 반영하였음.

주1) 연차별 연구 내용

구분	'09년 교과부사업	'10년 지경부사업	'11년 국토부사업
사업명	온라인전기자동차 원천기술개발사업	온라인전기자동차기반 단기수송시스템기술개발	비접촉 전력전달방식 친환경 대중교통 시스템 개발
사업 기간	2009. 5. 1 - 2009. 12. 31	2010. 5. 1 - 2011. 7. 31	2011. 9. 1 - 2013. 8. 31
사업 목적	기초원천기술개발 및 검증	실용 수준의 핵심 요소 기술 개발	급전인프라 테스트베드 구축 및 시스템통합이 완성된 차량 개발
사업 내용	- 기초 원천기술 구현 가능성 검증	- 기초원천기술의 실제 응용 가능한 핵심 요소 기술의 개발 및 검증	- 실제 상용 목적의 사용이 가능하며 경제적이고 호환성이 보장된 테스트베드 구축 및 시스템 통합과 공인 인증을 획득한 차량 확보

사업비	250억원	150억원 정부출연	200억원 정부 출연
지원 방식	출연(100%)	출연(총사업비 75% 이내 정부지원)	출연
결과물	- 기초원천기술을 적용한 온라인전기자동차 시험 시제품(버스, 승용차)	- 실용화 단계의 급·집전시스템 - 대용량 모터, 전동 공조 시스템 등 온라인전기차 기반 공통 핵심기술	- 급전인프라 테스트베드 성능 보완 및 시스템통합을 위한 최적 설계 기술 확보 - 급전인프라 테스트베드와 공인 인증된 무선충전 전기버스

** 주2) 중간 평가시 주요 현안별 내용

주요 의견	해결방안
각 단계별 연구내용의 차별화	o 09년도 사업 : 원천기술 개발하는 단계로 실험실 환경에서 개발한 기술의 실현 가능한지에 대한 검증 추진 o 10년도 사업 : 기 확보한 원천기술을 바탕으로 설계, 재료 등에 대한 최적화 기술 확보 및 실용 수준까지의 기술 개발 추진 o 11~12년도 사업 : 실제 환경에서 운행이 가능한 수준으로 주요 기술에 대한 성능 보완을 추진하고, Test bed 구축을 통하여 실제 적용을 통하여 기술의 완성도 증대
용량 증대시 대안	o 인버터 용량 120kW - 120kW를 기본으로 하여 모듈화하여 필요에 따라 용량 증대
급전 인버터의 상용화시 주변환경과의 조화 가능성에 대한 대안여부	o 주변 경관을 위한 인버터 지하화 필요 - 한전 및 관련 연구에서 수행한 사항에 대하여 검토하여 지하화시 발생 예상되는 문제와 해결방안정리 - 지하화 시 발생되는 예상 문제점들은 다음과 같음 1) 인버터를 설치하기 위한 지하에 설치된 맨홀, 배수를 위한 공동구, 집수된 물을 지상 혹은 외부로 방출하기 위한 집수정 맨홀 및 펌프가 필요함. 2) 인버터 내부의 강제 공랭식 방열을 위해 지상에 공기 입출구를 놓는 방식을 이용하여야 하며, 인버터 판넬은 완전방수 타입으로 제작되어야 함. 혹은 지하 공동구를 이용하여 방열하는 방식을 사용하여야 함. 3) 위의 1), 2)로 인해 인도의 지하에 설치된 인버터 간에 공동구를 설치하여야 하며, 이로부터 추가 설치비용이 필요함 - 지하화 요구사항이 없는 구간은 지상화 및 반지하화 하고 요구사항이 있는 구간에 지하화 추진 - 지하화를 위한 인버터 구조 연구 추진

효율에 대한 측정 방식	o 주행중 효율이 어떻게 나오는지 정리, 향후 정량화 방안 까지 정리 - 2009년 교과부 원천기술 과제의 경우 지상고 20cm에서 정차중인 경우 효율이 약 80% 가량이 출력되었으며, 이 경우에 효율은 레귤레이터 출력 전력/인버터 3상 입력 전압의 비로 계산됨. 이 경우에 측정된 효율은 정차 중 최대 효율임. - 이 경우에 주행 중 효율의 경우 차량의 저속 주행 시, 세그먼테이션 길이, 정차 중 충전 시간에 따라 60~70% 사이가 됨을 확인하였음. - 향후 주행 중 효율의 정량화를 위해서는 정차 시간, 주행 속도, 세그먼테이션 길이 등을 고려하여 경제성 분석시 적용
경제성 분석	o 온라인전기자동차에 대한 경제성 분석 결과를 추진하고 있으며, 이를 바탕으로 자료를 연구담당자와 협력하여 관련 지표, 산출 금액 등을 수정 완료 o 원가분석 및 비교 분석 - 기존 온라인 급전 시설 관련 원가는 2009년 예타 자료를 바탕으로 작성된 것임 - 가격 비교의 신뢰성을 높이기 위하여 최종 상용시 가격을 변경하여 비교 추진(변경된 원가 : 집전장치 가격, 충전 설비 단가, 충전설비 비용 등 주요 기준 원가 변경) - 다른 전기자동차 형태에 대한 원가 분석 자료가 없거나 비공개여서 관련 자료를 근거로 하여 분석 추진 - 추가적인 자료 조사를 통해 차량 가격, 설치 비용, 충전기 단가 등을 보완 o 방법론 - 전기자동차와 다른 방식의 교통수단을 비교하는 방식이 아닌, 동일한 전기자동차이기는 하나 충전방식에 따라 시설 구축 형태와 가격이 다르기 때문에 일정기간동안 운행시 소요되는 비용을 기준으로 비교하는 것이 적절한 것으로 판단되어 기존의 방식과 동일하게 비교 추진 o 현재 내용을 바탕으로 필요한 사항이 있으면 추가적으로 정리 - BRT 관련 사례 검토 결과, 특이 사항이 없었으며, 비교시 중요한 요인이 될 수 있는 배터리 가격과 차량 가격 등을 현시점의 가격으로 변경하여 타당성 검토 추진하였음

2. 후보과제 조정결과

o 연구 초기 상용화 추진을 위한 필요 기술 분야별로 구분하여 3개의 후보과제로 하였으나, 연구 중간 평가와 전문가 자문을 통해 도로의 시공 및 유지관리기술 개발의 중요성이 부각되어 '무선 충전 급전도로구조 시공 및 유지관리기술 개발' 과제가 별도로 분리 강화되어 4개로 수정하였음

o 기획위원회 검토의견 및 관련 이해기관, 전문가들과의 자문을 통해 최적화된 기술 확보 및 기술의 검증·인증, 상용화 추진을 위하여 Test Bed 구축 필요성이 강화되어 최종적으로 아래 같이 3개의 후보과제를 도출하였음.

연번	기존후보과제			조정결과		
	과제명	주요연구내용	예산	과제명	주요연구내용	예산
1	무선 충전 급전도로구조 시공 및 유지 관리 기술 개발	- 급전구조물 시제품 개발 - 급전도로 유지관리 기술 개발	40.1억	표준 통합 시스템 성능검증 및 운영관리 기술 개발	- 표준인증인프라 구축 및 인증 확보 - 차량통합기술 및 성능 검증 - 통합 운영 관리 시스템 개발	146억
2	무선 충전 급전 인프라 시스템 개발	- 급전 선로 개발 - 급전 인버터 개발	80.1억	무선 충전 급전도로 시공 및 유지관리 기술 최적화	- 급전구조물 시제품 성능 보완, 현장적용 및 최적화 - 급전도로 시공 및 유지관리 기술 개발, 현장적용 및 최적화	73억
3	무선 충전 집전 장치 및 레귤레이터 개발	- 집전장치 개발 - 레귤레이터 개발	66.7억	급/집전 시스템 성능 보완 및 최적화	- 도로환경, 전력품질, 인체안전 및 고주파 접지 기준을 만족하는 급전 인버터 시스템 - 다양한 저상 전기버스에 범용으로 차량 장착 가능한 차량, 도로환경 및 안전기준을 만족하는 집전장치 - 저상 전기버스 장착을 고려한 차량 환경 및 안전 기준을 만족하는 레귤레이터	46.6억
4	시스템 통합 및 통합시스템 운영관리 기술 개발	- 최적화 설계 기술과 실제구현(시뮬레이션 포함) 및 인증 확보 - 시스템 통합 및 실차 인증 확보	80.1억		-	

연번	기존후보과제			조정결과		
	과제명	주요연구내용	예산	과제명	주요연구내용	예산
		- 통합 운영 관리 시스템 개발				

가. 기획위원회

o 기획위원회는 총 2회 개최하였으며, 산학연의 전문가들로 구성하여 추진하였으며, 주요 내용으로 연구 추진 현황의 검토와 연구 추진 방향에 대한 의견을 제시하였음

1) 1차 기획위원회

o 개요

- 일시 : 2011년 6월 2일
- 참석자 : 기획위원 5명을 포함하여 총 11명 참석
- 기획위원

No	성 명	소 속
1	임용수	대우버스
2	이병송	철기연
3	김문식	자부연
4	유시복	자부연
5	김윤명	단국대

o 검토의견

- 위원별 의견

No	성 명	내 용
1	임용수 (대우버스)	o OLEV 차량 차별화 필요 – 사업효과 증대를 위하여 현재 사용하고 있는 일반 시내버스와 차별화가 필요 · 저상고 시내버스보다 고상의 직행 좌석급으로 변경 검토 필요 o 차량 외관, 운전자 공간 등 개선 필요 · OLEV 전용 GUI와 같은 운전자 공간 및 차량 외관 등에 대한 개선 필요 o 집전장치 시스템 변경 – 기존 고정형에서 가변형으로 변경하여 운전자가 필요에 따라 제어 가능할 수 있도록 개발 필요
2	이병송(철기연)	o 본과제(2년) 종료후, 실용화 목표 관점에서 개발된 시스템의 효율 및 성능 관련의 객관적 시험평가 검증 계획 반영 필요(기준

		포함) o 관련 부처의 고시를 전제로 하는 시험기준, 성능, 품질, 안전과 관련된 기준의 제정 및 설명서 등의 연구내용이 필요 o 검토 의견이 반영된 시스템 개발 및 실 검증을 위한 계획의 검토와 연구내용이 포함되어야 할 것으로 판단됨
3	김문식(자부연)	o 지경부와 국토부 과제 간의 차별성이 모호함(성능 향상 관점으로만 보여짐) - 새로운 개념(서비스)적인 내용이 필요:도로 o 배터리는 줄어드나, 레귤레이터나 집전장치 등 다른 부품의 무게가 증대되며, 이에 따라 연비 방안 마련 필요 o 모든 EV, HEV를 대체 할 수 있다고 하거나 고속도로를 대체할 수 있다고 하는 것은 설득력이 떨어져 보이기 때문에 활용 타겟을 선정 필요 o 도로 정비 관련 기술 개발 필요 - 도로 매설 케이블 정비 관련 o OLEV의 기본적인 문제에 대한 논리적 답변이 필요
4	유시복(자부연)	o 전체적인 진행 상황이 양호하며, 실용화를 위하여 개발이 필요한 기술로 판단됨 o Smart Grid Network와의 Information Network 연계기술을 추가하여 기존 EV보다 상대적으로 배터리가 작은 상황을 고려하여 교통상황 및 냉·난방 상황을 연계한 Soc 자동 최적 운영 기술 필요 o EV 표준 중 일반 EV 표준에 맞출 사항과 OLEV 만을 위한 새로운 표준을 분리하여 개발 필요 o 자동차 부문 개발 중, 기존 EV와 차별화를 갖을 수 있는 HMI 및 차별적 기능 추가 필요 o 고려할 EV 관련 표준사항 - Energy storage - Performance, safety, failure prevention - Human Electric shock - Power System performance Test Procedure - EMC/EMI - EV Standard Test Procedure(Whole vehicle)
5	김윤명(단국대)	o 표준화 기술 개발에 주력하여 실용화 촉진 필요 o 실용화 및 표준화를 위한 핵심기술을 도출하고 필요한 관련 제도와 법률 등의 연구를 추진 필요

o 결론

- 실용화 및 표준화를 위한 기술 도출 및 기존의 연구 내용과 차별화가 필요
- 법률, 규정에 대한 연구 추진 필요
- OLEV 사업 추진을 위해서는 사업의 차별화가 필요
- 도로분야에 대한 추가적인 연구 필요
- 모든 운행 패턴을 감안한 최적의 운영 기술 개발 필요

o 과제 내용 반영

- 기획위원회에서 도출된 내용을 과제에 반영하여 연구 내용 추가
- 도로부분에 대한 연구 내용을 확대하여 도로 구축 이외에도 도로 정비, 유지보수에 대한 내용도 포함
- 과제의 차별성을 확보하기 위하여 교과부, 지경부 과제 내용을 비교하여 정리하였으며, 이것을 바탕으로 국토부 연구 내용을 재정비

2) 2차 기획위원회

o 개요

- 일시 : 2011년 8월 5일
- 참석자 : 기획위원 6명을 포함하여 총 11명 참석
- 기획위원

No	성 명	소 속
1	김윤명	단국대
2	김상우	KIST
3	이병송	철기연
4	정용채	남서울대
5	김규옥	한국교통연구원
6	한운기	전기안전연구원

o 검토의견

- 위원별 의견

No	성 명	구분	내 용
1	김윤명	보고서 검토의견	- KAIST에서 개발한 비접촉식 무선 충전 기술을 이용한 전기자동차의 실증 사업을 위한 제시한 3개 세부과제내용은 대체로 적정함 - 지속적인 연구개발로 무선 충전식 전기자동차 기술의 실용화(상용화)를 위하여 노력을 지속해야 할 것임
2	김상우	보고서 검토의견	- 온라인 방식의 비접촉식 전력전달 대중교통 시스템이 장기적으로(타 전기자동차와 비교하여) 발전할 수 있는 로드맵을 제시할 필요가 있고 그에 따른 성능개선 방향으로 제시되어야함 - Risk에 대비한 운행시스템 내용을 추가할 필요가 있음 - 고주파에 대한 중·장기적인 검토 필요
		세부과제 내용 및 RFP에 대한 적절성 검토 및 제안	- 전자파 안전, EMF에 대한 성능 지표가 빠져있는 것 같음 - 급전도로 수명 기준이 20년 이상으로 되어 있는데 수명 Test를 20년간 할 수 없으므로 다른 대안을 제시할 필요가 있음
3	이병송	보고서	- Test Bed 구축 적용 최적화 부분에서 공인인증성적서 확

		검토의견	보를 위한 기준 제정(안)도 연구 필요함(성능시험기준 등) - 기 수행했던 전기버스과제와의 차별화 명시 필요
		세부과제 내용 및 RFP에 대한 적절성 검토 및 제안	- 비접촉식 전력전달 방식 교통시스템법(안) 구축 필요 - 성능 시험기준(안), 안전기준(안) 제정 필요 * 도시철도법에 준하는 신규 '무선충전식 전기차법(가칭)' 제정을 위한 案을 마련.
4	정용채	보고서 검토의견	- 다른 부분은 잘 작성되었음 (수정필요)
		세부과제 내용 및 RFP에 대한 적절성 검토 및 제안	- 제3세부과제 : 급전인버터에 대한 세부목표가 다소 부족함. - "고효율 소형화"이라는 용어를 사용하려면 효율과 Size에 대한 목표의 추가가 필요함: 인버터 지중매설과도 관련되므로 '효율은 급/집전 최대효율 80%이상을 만족하는, 소형화-도로미관을 고려한' 으로 변경 - "최적화"를 한다면 구체적으로 어떤 부분을 최적화할 지를 명시하고 목표도 설정 필요: 지락, 소음, 방수 등을 고려한 최적화
5	김규옥	보고서 검토의견	- BRT 적용 기술 부분이 보완되었으면 좋겠음 · BRT 운행지원 시스템 · BIS/BMS처럼 모니터링 할 수 있는 센터 (운영시스템 개발에 포함 예정) - 차량 중앙 운행 지원 시스템 필요
		세부과제 내용 및 RFP에 대한 적절성 검토 및 제안	- 인프라 최적 설계 지침과 방법 마련 필요
6	한운기	보고서 검토의견	- 무선 충전 전기버스 현장적용 시 전력계통망 운용 및 설계 기술 추가 필요함 - 급전인프라(케이블, 인버터) 등의 사고에 대한 유지관리 기술 개발 필요함
		세부과제 내용 및 RFP에 대한 적절성 검토 및 제안	- Test Bed 전력설비, 전력계통(Network)설계 기술 제안 - 인버터, 케이블 사고방지 모니터링 기술 제안 - 전기안전에 대한 평가 기술 제안 - Test Bed에서는 성능기준, 제품개발 위주 보다는 개발된 제품에 대한 실증 운용시 문제보완 목표 선정 필요

o 과제 내용 반영

- 평가 지표에 대한 의견을 분야별 전문가와 검토를 통해 과제별로 반영
- 차량 및 인프라의 운영관리 부분에 대한 연구 내용 추가
- 전기안전 확보 및 안전관리 기준 개발 등 전기분야에 대한 연구 범위 추가
- 1차년도에 추진할 표준인증인프라를 통해 차량 및 급전 인프라에 대한 인증 확보 계획 수립

나. 기타 전문가 자문 의견

o 기획위원회 개최하여 의견을 수렴한 것 이외에도 도로분야 전문가 및 차량 통합 등에 대한 전문가들의 의견도 자문 받아 연구과제 내용 선정시 포함하였음

1) 도로 분야

o '무선 충전 급전도로구조 시공 및 유지관리기술 개발' 과제의 연구개발 내용에 대한 외부의견은 카이스트(건설 및 환경공학과), 국민대(건설시스템공학부) 등의 학계와 승화명품건설(기술연구소), 평화엔지니어링(구조부/시설안전팀) 등의 산업계, 한국도로공사 도로교통연구원(포장연구팀), 한국건설생활환경시험연구원(방수방식팀) 등의 연구소에 자문을 구하였으며, 각각의 의견을 총괄하여 연구개발 내용에 반영함

o 카이스트(건설 및 환경공학과)
- 전체적인 연구 추진 방향에 대한 검토 및 의견을 제시하였음
- 콘크리트 포장 및 아스팔트 포장이 가능한 급전도로 시공방법 개발 필요
- 급전선로의 효율을 고려한 급전구조물 시공 및 유지관리 기술 필요

o 국민대(건설시스템공학부)
- 연구 내용 검토 및 추진 방향에 대한 의견 제시
- 복합소재를 활용한 무선급전 구조체 최적설계 필요 : ex) 복합소재 거푸집 일체형, 복합소재 Wraping, 복합소재 보강근 또는 이들을 조합하여 설계
- 위에서 제시된 무선 급전구조체 시험 : 가장 위험한 경계조건에 대한 단기 및 장기거동 시험 필요
- 무선 급전에 유리한 포장체 개발 및 적용 : 포장체로서의 역할을 충분히 수행하면서 무선급전에 유리한(재료특성 및 두께 등) 포장체 개발 필요
- 무선 급전구조체 적용시 최적설계(교량 등 도로 유형별 구분) 필요
- 효율적인 무선 급전구조체 시공법 및 보수/교체방법 개발 : 구조체 내부의 전선을 고려한 신속한 시공 및 보수/교체 방법 개발 필요

o 승화명품건설(기술연구소)
- 연구 RFP 및 연구 평가 기준 검토, 의견 제시
- 연구개발 목표 중 평가기준 중에 콘크리트 압축강도나 휨강도, 골재치수, 단위수량 등은 기술 목표와 무관함
- 연구내용 및 목표 : ex) '부분적 구조물 유지보수 가능성(가능/불가능)', '교통차단 최소화 급속시공 기술(20m/8시간) 등의 항목이 들어가야 할 것으로 판단

o 평화엔지니어링(구조부/시설안전팀)
- 연구 내용 검토 및 추진 방향에 대한 의견 제시
- 급전구조물과 급전도로에 대한 용어정의가 필요
  ・급전구조물 : 도로에 매립되어 온라인전기자동차에 전기를 공급하는 구조물

· 급전도로 : 급전구조물이 설치된 도로

- 콘크리트 압축강도와 휨인장강도는 콘크리트 성능관련 항목이므로 지표로 적절하나, 골재치수와 단위수량은 콘크리트 지표로 적절치 못함
- 전체적인 RFP 흐름과 도로포장에 대한 용어의 어휘 수정

o 한국도로공사 도로교통연구원(포장연구팀)

(1) 총괄의견

(가) 도로 부분의 내용은 다음과 같은 개념 구조에서 기술

- 도로 설계
  · 도로수명 : 도로수명, 신뢰도(적용 도로의 레벨, 국도, 지방도 등)
  · 하중조건 : 교통하중, 환경하중
  · 저항조건 : 구조형식 및 제원, 재료
  · 급전 시스템과의 정합성, 규격화
- 시공
  · 시공방법 : 신설도로 설치, 기존도로 설치
  · 시공관리 : 시공순서, 시공장비, 급전시스템 설치와의 연계
  · 품질관리 : 현장 품질관리 (재료성능, 구조성능, 주행성능)
- 유지관리
  · 일상 유지관리 내용
  · 예상되는 주요 파손 유형 및 원인 도출
  · 파손시 대응 방안의 도출
  · 생애주기비용(LCC) 분석

(나) 도로부분 연구의 주요 키워드

- 규격화, 경제적 구조, 신속 시공, 정합성, 파손 방지(건전성 유지)

(2) 세부의견

위치	원 안	수정 의견
1. 연구개발목표 □ 세부목표	▪ 지표 중 - 콘크리트 압축강도 - 콘크리트 휨강도 - 굵은 골재 최대 치수 - 급전도로 수명 - 콘크리트 단위수량	▪ 지표의 레벨에 차이가 있는 것으로 판단. 수명은 상위레벨, 강도는 역학성능 표현인 중간레벨, 굵은골재 최대치수와 단위수량은 재료배합설계의 세부 하위레벨인 것으로 판단 ▪ 따라서 수명과 휨강도(압축강도는 도로시방서에 규정된 설계인자가 아님) 정도의 표현이 적절할 것으로 판단
2. 연구개발 필요성		▪ 앞서 기술한 개념구조에 근거해서 문장 작성. ▪ 설계, 시공, 유지관리 순서로 작성

4. 연구개발내용 □ 급전도로 시공..	▪ 도로환경에 따라 요구조건(크기,무게,길이,시공성,주행성)을....	▪ 도로환경에 따라 요구조건(공용성능, 시공성능, 주행성능)을....

(3) 기타의견

- 프리캐스트 기법이 확립된 기법인지에 따라 세부 내용 기술 가능
  · 프리캐스트 제작, 안치, 접합부 처리 등
- 신설 도로와 기존 도로에 대한 설치를 구분하여 세부 기술을 언급할 수 있음
- 전체적으로 설계, 시공, 유지관리 등의 순서로 문장을 구성하고, 급전시스템과의 정합성에 대한 언급이 필요

(4) 결론

o 일반적인 수준의 내용 수록이므로, 용어의 사용이나 내용에 문제가 있지는 않은 것으로 판단. 몇 가지 서술상의 나열에서 동일 레벨의 항목인지에 대한 검토와 정립된 체계에서 순서에 따른 기술방법을 검토 필요

o 한국건설생활환경시험연구원(방수방식팀)

- 급전구조물 기술개발 내용 중 시험항목에 대한 전반적인 정리와 용어 수정
- 급전도로 침수에 대한 방수시스템 개발이 필요
- 급전시 전자파 차단을 효율적으로 하기 위한 중량콘크리트에 대한 연구 검토 필요(중량콘크리트 : 중량 골재를 사용하여 만든 콘크리트로 방사선 차단 목적으로 사용됨)

2) 차량 통합 및 검증·인증

o 기존의 온라인전기자동차에 대한 성능 측정시 자동차성능연구소와 토의한 내용을 바탕으로 차량 통합 및 검증·인증에 대한 내용을 위주로 연구내용을 구성하였음

o 1차 회의

- 일시 : 2010년 4월 26일(월) @자동차성능연구소, 전자파시험팀
- 주요 내용 : 온라인전기자동차 (자동차 관련) “전자파 적합성” 과제 진행 결정
  · KATRI에서 전자파 적합성뿐만 아니라 고전원전기장치에 대한 검증까지 진행 확인
  · 본 측정 결과를 바탕으로 향후 온라인전기자동차 전자파적합성 기준으로 입법 추진

o 2차 회의

- 일시 : 2010년 5월 25일(화) 15:00~@자동차성능연구소, 전자파시험팀
- 주요 내용 : OLEV (자동차 관련) “전자파 적합성” 시뮬레이션 결과 검토 회의

· KAIST에서 진행한 온라인전기자동차 전자파 방사 Level 시뮬레이션 결과 검토
· 본 결과를 바탕으로 KATRI에서 실측 일정 결정 (문지캠퍼스 6/10~6/11)

o 3차 회의
- 일시 : 2010년 7월 8일(목) ~ 9일(금) KAIST문지캠퍼스, 전자파시험팀
- 주요 내용 : 온라인전기버스 1호차 및 4호차에 대한 고전원전기장치 전기안전성 1차 측정
- 결과 : 절연 저항 측정 결과
  · Battery +와 차체 : 870MΩ (기준 500MΩ 이상)
  · Battery –와 차체 : 저항값 계속 변동함 (Y-Cap에 의한 영향, 다른 전기차와 현상 동일; 추후 비교 검토)
  · Regulator와 차체 : 1.4GΩ (기준 500MΩ 이상)
  · Pick-up과 차체 : 1.2GΩ (기준 500MΩ 이상)
  ※ 전자파 방사와 절연저항 모두 현행 기준으로도 만족하나 Y-Cap에 의한 영향 검토 필요

o 4차 회의
- 일시 : 2010년 10월 1일(금) 11:00@KAIST문지캠퍼스, 김성범책임
- 주요 내용 : 온라인전기버스 1호차 및 4호차 고전원전기장치 전기안전성 측정
- 결과 : 절연 저항 측정 결과
  · Battery +와 차체 : 1.1GΩ (기준 500MΩ 이상)
  · 1차 Battery –와 차체: 저항값 계속 변동함 (Y-Cap에 의한 영향, 다른 전기차와 현상 동일; 추후 비교 검토)
  · 2차 Battery –와 차체 : 시동 켠 상태에서 측정 680MΩ 측정
  · 3차 Battery +와 차체 : 시동 켠 상태에서 측정 820MΩ 측정
  · 4차 Battery –와 차체 : Ignition On 상태에서 측정 690MΩ 측정
  · Regulator와 차체: 1.6GΩ (기준 500MΩ 이상)
  · Pick-up과 차체: 1.4GΩ (기준 500MΩ 이상)
  ※ Battery와 차체는 Y-Cap에 의한 영향이 있으므로 Ignition-On 또는 시동 켠 상태로 측정 (공식 측정 절차 등록)

o 최종 결론
- 온라인전기자동차는 전자파적합성 및 고전원전기장치에 대해 측정한 결과, 현행 자동차안전기준에 준하여 측정해도 모두 만족함.
- 다만, Battery와 차체 間 측정 시에만 Ignition-On 또는 시동 켠 상태로 측정 (他 전기자동차도 모두 동일함 확임)

2절 연구개발과제 추진체계

연구단	세부과제	공동과제
무선 충전 대중교통 시스템 연구단	**표준 통합시스템 성능 검증 및 운영관리 기술 개발** 표준급전 인프라 구축 및 운영을 통해 확보한 최적화된 기술을 바탕으로 시험급전 인프라구축과 시스템통합이 구현된 차량, 시스템 통합 최적 설계 기술 및 인프라 운영관리 기술 확보	표준 급전인프라 구축 및 성능 검증 차량 통합기술 및 성능검증 통합 시스템 적용성 검증 및 운영관리기술
비접촉 전력전달방식의 대중교통 시스템 기술 개발	**무선 충전 급전도로 시공 및 유지관리 최적화 기술** 모듈화된 무선 전력공급구조물(급전구조물)의 성능 보완/최적화와 차량의 주행성, 안전성을 만족하는 급전도로 시공 및 유지관리 기술의 개발 및 통합 테스트	급전 시스템 설치 기술 급전선로 부품 보완/최적화 급전구조물 기술 급전도로 시공 및 유지관리 기술
	급/집전 시스템 성능 보완 및 최적화 급전 인버터, 레귤레이터 및 집전장치로 구성된 급/집전 시스템 성능 보완 및 성능 보완 급/집전 기술의 현장적용과 최적화	급전 인버터 기술 집전픽업 기술 레귤레이터 기술

4장 연구개발과제 주요내용 및 기대효과

1절 연구개발과제 주요내용

1. 비접촉 전력전달방식의 친환경 대중교통시스템 개발 과제

구분	과제명	주요내용	최종 성과물
연구단 총괄	비접촉 전력전달방식의 친환경 대중교통시스템 개발	• 무선충전 급전도로 시공 및 유지관리 기술 최적화 • 급/집전 시스템 성능 보완 및 최적화 • 통합시스템 검증 및 시스템 운영관리 기술	• 무선 충전 전기버스 • 표준급전인프라(표준인증, 시험운영 인프라)
1세부과제	표준 통합 시스템 성능 검증 및 운영관리기술 개발	• 현장 적용 최적화된 급전인프라 구축(표준인증, 시험운영 급전인프라) • 시스템통합 최적설계에 의한 실차 인증용 무선충전 전기버스 제작 • 악천후, 폭설/폭우, 침수 상황 시 안전 대응 방안 기술 확보	• 차량 최적 설계 및 인증 도구 • 실차 인증된 무선충전식 전기버스 • 차량의 성능, 안전, 신뢰성에 대한 실차 공인 인증서 • 급전인프라 최적 설계 인증 도구 • 표준인증 급전인프라 구축 • 표준 급전인프라의 성능, 안전, 신뢰성 공인 인증서 • 차량 및 인프라 운영관리 시스템 (SW)
1-1 (공동)	표준 급전인프라 구축 및 성능 검증	• 급전인프라 시험운영구간 구축(표준인증 급전인프라, 시험운영 급전인프라) • 성능, 안정성(Stability), 신뢰성에 대한 급전인프라 성능 검증 • 공인기관 안전성 확인 검증 및 인증(전자파안전, 전기안전, 도로안전 등) • 고주파 전력 시스템을 고려한 전원품질평가 • 전기안전 구축을 위한 안전관리 기술 개발	
1-2 (공동)	차량 통합기술 및 성능 검증	• 차량 경량화 및 차량 장착구조 기술 확보 • 무선충전식전기버스의 전장 하드웨어 최적 Packaging 기술 확보 • 차량 통합 시스템의 안전성 / 내진성 / 내구성 / 소음에 대한 인증 기술 개발 • 각 분야별 인증 확보	
1-3 (공동)	통합시스템 적용성 검증 및 운영관리 기술	• 통합운영관리시스템 개발 • 무선 충전 시스템의 최적 계획(입지) 및 교통 운영 대응 시스템 기술	

2세부과제		무선 충전 급전도로 시공 및 유지관리 최적화 기술	• 급전인버터 설치기술 • 주행 시 집전픽업 출력 향상 guidance 시스템 개발 • 안전을 고려한 급전 케이블 성능 보완 • 자기장 통신 모듈 성능 보완 • 급전선로 구성요소 유지관리 기술 개발 • 급전선로 모듈화 기술 개발 • 급전구조물 규격 및 성능 보완 • 윤하중 특성평가 및 내구수명 예측기법 • 급전구조물 시공 및 포장 기술 개발 • 신설/기존도로에 대한 시공 기술 개발 • 도로포장 유지관리 기술 개발	• 유지보수가 용이하고 도로미관, 충격 및 침수를 고려한 급전 인버터 최적의 매설 구조 • 고속 주행을 고려한 고정밀 guidance 시스템 • 안전을 고려한 급전케이블 시제품 • 최적화된 고속 고신뢰성 자기장 통신 모듈 시제품 • 급전선로 내부 구성요소(급전 코어, 케이블, 자기장 통신 모듈) 유지관리 지침서 • 모듈화 된 급전구조물 설계도서 및 시제품 • 도로설계기준을 만족하는 급전도로 공사 시방서 • 급전도로 포장 유지관리 지침서
	2-1 (공동)	급전인버터 설치 기술	• 유지보수, 도로미관, 충격 및 침수를 고려한 급전인버터 최적의 매설 구조 설계 및 개발 • 급전인버터를 급전선로 및 도로환경 적용시 문제점 도출 및 보완 기술	
	2-2 (공동)	급전선로 부품 보완/최적화	• 주행 시 집전픽업 출력 향상 guidance 시스템 개발 • 안전을 고려한 급전케이블 성능 보완 • 고속 주행용 자기장 통신 모듈 사양 결정, 설계 및 샘플 제작, 환경시험 등 자기장 통신 모듈 성능 보완 • 급전선로 구성요소 유지관리기술 개발	
	2-3 (공동)	급전구조물 기술	• 차량 하중에 안전한 급전선로 구성요소의 모듈화 기술 개발 • 급전구조물용 콘크리트 배합설계 및 시편시험 • 품질관리와 양중장비를 고려한 급전구조물 최적 길이 도출을 위한 시뮬레이션 • 급전구조물 품질관리 시험 및 양중시험 • 노면 각층의 기능을 유지하며 도로단면에 적용하기 위한 급전구조물 최적 높이 설계기술 개발 • 도로단면 형상 파악을 파악, 지내력 시험 및 도로구조 진단 • 급전시스템 구성요소의 윤하중 특성평가 및 내구수명 예측기법 개발 • 급전구조물 모사 목업시편 제작 및 윤하중 시험	

	2-4 (공동)	급전도로 시공 및 유지관리 기술 개발과 현장적용	• 급전선로 효율 및 급전구조물 강도 손실 최소화를 위한 •급전구조물의 환경 내구성평가 • 온도균열 방지를 위한 항온항습 시험 및 동결융해 시험 • 세그먼트 이음부 거동 특성 시뮬레이션 • 도로환경을 고려한 세그먼트간 이음부 설계 및 시공 기술 개발 • 설계속도 및 도로환경에 따른 기능성 포장재료 적용 기술 개발 • 기능성 포장재료의 노면평탄성 시험/미끄럼 시험/마모저항성 시험/피로시험 • 기존도로와 무단차 접합부 처리를 위한 시뮬레이션 • 무단차 접합부 이음 재료물성 및 성능 평가 • 급전도로 적용 신설도로 현장시공 시방서 및 품질관리 매뉴얼 개발 • 교통통제를 고려한 기존시공기술 대비 급속시공 기술 및 기술적용 절차서 개발 • 주요 열화 및 파손 원인 분석 및 신재료를 이용한 초속경/고내구성 도로포장 보수공법 개발 • 포장재료 분석 및 시험 • 급전도로 및 기존도로의 재포장 시공지침서 개발 • 급전도로의 생애주기비용 분석	
3세부과제		급/집전 시스템 성능 보완 및 최적화	• 급전인버터기술 • 집전픽업 기술 • 레귤레이터 기술	• 성능 보완된 급전인버터, 레귤레이터, 집전장치 설계도 및 현장적용/최적화 시제품
	3-1 (공동)	급전인버터	• 도로환경 및 안전기준을 만족하는 급전인버터 보완 • 전력품질, 인체안전 및 고주파 접지에 대한 성능 보완	
	3-2 (공동	집전장치	• 차량, 도로 환경 및 안전 기준을 만족하는 집전 픽업 보완	
	3-3 (공동)	레귤레이터	• 차량 환경 및 안전기준을 만족하는 레귤레이터 보완	

2절 연구개발과제 활용방안

1. 비접촉 전력전달방식의 친환경 대중교통시스템 개발 과제

<table>
<tr><th colspan="2">구분</th><th>과제명</th><th>최종 성과물</th><th>최종 수요처</th><th>활용방안</th></tr>
<tr><td colspan="2">연구단 총괄</td><td>비접촉 전력전달 방식의 친환경 대중교통시스템 개발</td><td>• 무선 충전 방식의 전기버스
• 전기버스 운행을 위한 운행 시스템</td><td>• 국가 대중교통 산업 관련 기관
• 지방자치단체
• 세부 연구결과에 대한 관련 기관</td><td>• 친환경 대중교통시스템 구축 사업 활용
• 세부 연구결과에 대한 개별적 사업별 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="4"></td><td colspan="2">1세부과제</td><td>표준 통합시스템 성능 검증 및 운영관리 기술 개발</td><td>• 표준 급전인프라 구축 및 인증 확보
• 시스템통합 차량 개발 및 인증 확보</td><td rowspan="4">• 무선충전식 전기버스 제조사
• 지자체</td><td rowspan="4">• 무선충전식 전기버스를 대중교통시스템에 적용할 수 있도록 차량구조 기술 활용 가능
• 무선 충전식 전기버스의 표준 설계 기술을 플러그인 타입 전기버스의 설계 시 활용가능
• 무선충전식 전기버스의 실차 인증기술을 타 전기자동차의 평가 지표로 활용 가능
• 차량 및 인프라의 원격 관리를 통한 전체 시스템 관리 및 유지보수 기술로 활용</td></tr>
<tr><td></td><td>1-1
(공동)</td><td>표준 급전인프라 구축 및 성능 검증</td><td>• 표준 급전인프라 확보
• 급전인프라 성능, 안전, 신뢰성 공인 성적서</td></tr>
<tr><td></td><td>1-2
(공동)</td><td>차량 통합기술 및 성능 검증</td><td>• 성능이 개선된 무선 충전전기버스
• 실차 공인 인증서</td></tr>
<tr><td></td><td>1-3
(공동)</td><td>통합시스템 적용성 검증 및 운영관리 기술</td><td>• In-Vehicle/Infra Agent측 MIB/Process 설계서
• V2I SNMP 통신 프로토콜 및 DB 구조 설계서
• 자기장 통신 및 무선통신기반 통합 운영관리 시스템</td></tr>
</table>

2세부과제	무선 충전 급전도로 시공 및 유지관리 최적화 기술	• 급전선로 시제품 • 급전도로 공사 관련 시방서 및 유지관리 지침서	• 급전선로 구성요소 생산 및 관리 업체 • 도로공사 관련 기관 • 도로공사 설계/시공관련 업체	• 급전선로의 모듈화로 다양한 도로환경 및 교통량이 많은 도심지 등에 빠른 시공이 가능하도록 활용 • 버스전용 차선(BRT) 등 급전도로 기반시설 구축 사업에 활용
2-1 (공동)	급전시스템 설치 기술	• 유지보수가 용이하고 도로 미관, 충격 및 침수를 고려한 급전 인버터 최적의 매설 구조		
2-2 (공동)	급전선로 부품 보완/최적화	• 주행시 집전 픽업 출력 향상을 위한 고정밀 guidance 시스템 • 안전을 고려한 급전케이블 시제품 • 최적화된 고속 고신뢰성 자기장 통신 모듈 시제품 • 급전선로 내부 구성요소 유지관리 지침서		
2-3 (공동)	급전구조물 기술	• 모듈화 된 급전구조물 설계도서 및 시제품		
2-4 (공동)	급전도로 시공 및 유지관리 기술 개발과 현장적용	• 급전도로 공사 시방서 • 급전도로포장 유지관리 지침서		
3세부과제	급/집전 시스템 성능 보완 및 최적화	•도로설계기준을 만족하는 급전도로 공사시방서 •급전도로포장 유지관리 지침서	• 전기버스 업체/전철/고속철 업체 및 서울시 등 지자체	• 시범사업 적용

3-1 (공동)	급전인버터	• 안전시험 성적서 • 정차 및 주행 중 급집전 효율 기준을 만족하는 시험성적서 •급/집전장치의 최적화된 시제품 • 급전 시스템의 안전관리 매뉴얼 • 급전 인버터, 집전장치 (EMF 차폐장치, Rectifier 포함)의 최적화된 설계 도면 • 급전용 전기적 안전성 확보를 위한 모니터링 시작품 • 전력품질 및 인체 감전 안전성 관련 규격안 및 해석기술 제시		
3-2 (공동)	집전장치	•급전 인버터 최적화된 시제품 • 급전 시스템의 안전관리 매뉴얼 • 급전 인버터의 최적화된 설계 도면 • 급전용		

			전기적 안전성 확보를 위한 모니터링 시작품 • 전력품질 및 인체 감전 안전성 관련 규격안 및 해석기술 제시		
	2-3 (공동)	레귤레이터	• 집전장치의 최적화된 시제품 • 집전장치의 최적화된 설계 도면		

3절 기대효과

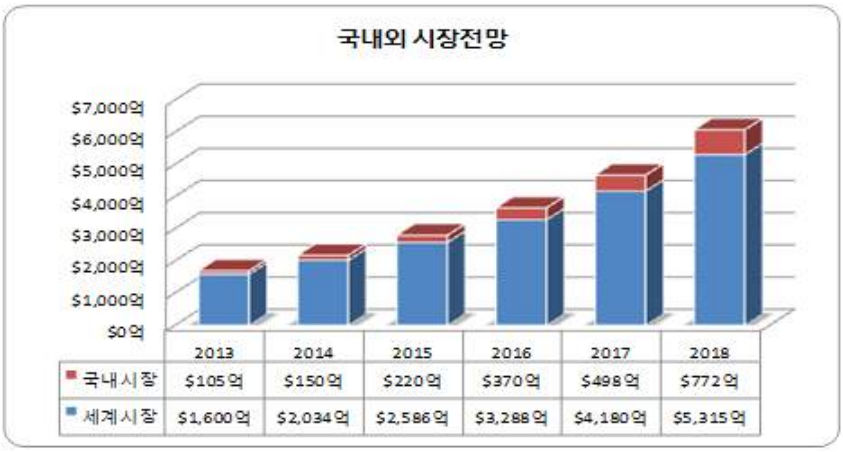
1. 비접촉 전력전달방식의 친환경 대중교통시스템 개발 시 기대효과

가. 표준 통합시스템 검증 및 운영관리 기술 개발

- o 표준급전 인프라(표준인증, 시험운영) 구축 기술을 성공적으로 수행하여 상용화 일정을 단축하여 현행 대중교통시스템에 조기 적용
- o 무선충전 전기버스의 집전 및 레귤레이터 장착 기술을 통해 무선충전식 전기자동차 상용화 촉진
- o 표준 기술 확보를 통해 세계의 친환경 전기버스 시장을 선점하여 제품뿐만 아니라 개발 기술까지 수출 가능
- o 인증 기술 확보를 통해 안전성과 신뢰성이 확보된 친환경 대중전기버스시스템을 전 세계로 보급 확대
- o 무선충전식 전기버스의 상용화를 통한 친환경 대중교통시스템 보급에 기여함.
- o 무선충전식 전기버스의 급전인프라 Test Bed 구축 기술을 통하여 국내/국제 전기자동차의 급전인프라 구축 표준화 제정으로 국내/해외 전기자동차 기술 개발을 선점
- o 무선 충전식 전기버스의 시스템통합 설계 표준화를 다른 전기자동차의 설계지표

로 삼아 차량 제작 시 비용/기간을 단축 가능.

- o 차량 및 급전인프라 운영 관리 시스템을 자기장 통신 기반 차량-인프라간 통신 기술 개발에 대한 실용화 및 표준화 주도를 통해 관련 시장 선점의 기회 제공
- o 자기장 통신 및 무선통신 기술기반 운행 시스템에 대한 표준기술개발을 통해 관련 정부 및 기업이 개발하여야 할 기술의 방향성 제시
- o 무선충전식 전기버스의 표준인증 급전인프라 구축 기술 및 인증 확보를 통하여 무선 충전식 전기버스의 전력 공급을 최적화 상태로 유지시킴과 동시에 에너지 소모량 최소화로 주행거리 향상을 실현하고 실차 인증 확보를 통하여 대중교통 시스템의 보급을 앞당김.
- o 가볍고 안전하며 차량의 내진/내구/소음에 대한 평가 기술 개발을 통해 실차 신뢰성을 확보함으로써 무선충전식 전기버스 User에게 쾌적하고 안전한 승차감을 제공함.
- o 무선충전식 전기버스용 각 서브시스템의 표준화 설계 기술의 개발을 통하여 차량 설계/제작 시 개발기간/비용의 저감을 가져옴.
- o 무선충전식 전기버스용 각 서브시스템의 신뢰성 평가 및 검증기술을 개발하고 그 기술을 토대로 실차시험을 실시하고 이 과정에서 획득한 시험 데이터를 바탕으로 인증 규격 개발
- o 자기장 통신 기반 무선 통신기술 관련 시장은 2013년 1,705억불에서 2018년 6,000억불 정도의 규모가 되어 연 평균 20%이상('13~'18년)의 성장이 기대되고 있으며, 관련 제품 국내외 매출(수출포함)은 2013년에 450억불 수준에서 2018년 1,800억불 수준 이상 될 것으로 기대



<그림 67 자기장 통신 관련 국내외 시장 전망>

※ 출처 : 2008년 정보통신표준화 전략 포럼 최종 연구 보고서

- o 급전인프라 및 차량 설비의 감시 및 유지보수 기술 확보
- o 급전인프라 및 차량 운영관리 시스템을 통한 다양한 이용자 부가서비스 제공
- o 무선충전식 전기자동차의 통합운영관리 시스템 구축으로 시스템 안정화 확보
- o 급전인프라 Test Bed의 통합 시스템 운영관리 기술 구축을 통한 전체 시스템 안정화 및 국제 표준화 주도

o 자기장 통신 기반 차량 인프라간 무선통신기술은 자기장 영역을 이용한 무선 통신기술로써 USN 및 RFID 기술 분야의 기술 발전에 크게 기여할 것으로 기대
o 고속 양방향 통신이 가능한 자기장 통신 기술 개발을 통해 관련 분야의 기술개발 모델을 제시할 것으로 기대
o 자기장 통신 기반 무선 통신기술은 국내뿐 아니라, 세계적으로도 도입기에 있는 기술이므로 자기장 통신 기반 차량 인프라간 통신 방식을 활용한 운행 관리 시스템의 통신 규격 및 인터페이스 기술 규격 개발을 통한 국제 표준화 주도 가능

나. 무선 충전 급전도로 시공 및 유지관리 기술 최적화

o 실제 상용 대중교통시스템에 적용 할 수 있는 급전도로 구조 기술 개발을 통해 친환경 대중교통시스템 개발 속도 증대
o 다양한 도로 주변 환경을 고려한 급전도로 구조의 시스템과 시공 및 유지관리 기술을 통해 비접촉 전력전달방식의 시스템 상용화 촉진
o 급전도로 시공 기술 및 유지관리 기술 연구의 개발로 전기버스 및 지하철, 기차 등 대중교통 비접촉 전력전달 기술 및 시장 주도
o 급전도로 설비 시스템 표준 기술 확보를 통해 세계의 친환경교통시스템 시장을 선점하여 제품뿐만 아니라 개발 기술까지 수출 가능
o 기존도로와 급전도로의 공존에 대한 시공 및 유지관리 기술의 개발로 국가의 기반 시설 분야라고 할 수 있는 도로구축 사업 분야에 예산절감 가능
o 도로포장에 대한 공용성 확보와 주행성 확보를 통해 운전자, 승객 관점에서의 안전성 향상 기술 및 편의성 증대
o 표준 급전도로 시공 및 유지관리 기술 확보를 통해 세계 최초로 안전성과 신뢰성이 확보된 친환경적 급전도로 인프라 보급 가능
o 온라인 전기자동차의 급전도로 시공 및 유지관리 기술 개발을 통해 국제 사회에서의 국내 연구개발 경쟁력을 강화시킬 수 있으며, 도로인프라 구축과 관련한 선진기술 보유 기관과의 효율적인 기술협력 기초 제공
o 급전도로의 시공 핵심기술 개발은 상용화와 각종 인프라구축을 위해 급전 시스템의 국제 표준화 주도

다. 급/집전 시스템 성능 보완 및 최적화

o 온라인 전기자동차용 집전 모듈의 경량 및 소형화로 인하여 차량의 에너지 소비 효율성과 이동성 향상
o 온라인 전기자동차의 레귤레이터뿐만 아니라 관련 전기 자동차내의 레귤레이터

기술을 선도함으로써 국제 레귤레이터 시장 조기 선점

o 온라인 전기자동차의 집전장치 및 레귤레이터의 현장 적용 및 최적화 연구를 통해 가격을 낮춰 온라인 전기자동차의 상용화를 주도함.

o 무선 충전 집전관련 선도 기술 연구를 통한 무선 충전 집전 시장 주도 및 국가 위상 제고

o 제안된 사업 및 R&D에서는 유도자기를 이용한 무선 충전을 이용하여, 수kW ~ 수백 kW급 이상의 집전이 가능하며, 휴대기기/가정용 전기기기/로봇/레저 및 철도 등의 대부분의 응용기기에 비제약적으로 적용 될 수 있음.

o 비접촉 전력전달방식을 적용한 전기자동차에 관한 연구가 세계 도처에서 시작되고 있는 현 상황에서 공백 기술 및 핵심원천기술 및 응용 기술을 명확히 선택하고 발굴하여 세계적인 기술 주도권 조기 확보 및 IPR 창출을 통한 기술 수입료 획득 가능

o 비접촉 전력전달방식 친환경 대중교통시스템의 집전시스템 및 컴포넌트에 대한 내진/내구/내열/내습/내환경성 시험기법 및 각종 신뢰성시험 방안 확보

2. 비접촉 전력전달방식의 친환경 대중교통시스템 개발에 대한 기대효과

가. 사회·경제적 기대효과

o 차세대 자동차산업 선점 효과
- 친환경 자동차 산업의 기술 경쟁력 확보
- 전기자동차 및 관련 부품의 국제기술 표준화 주도
- 미래 융합기술 선점 및 유관 산업으로의 시너지 효과 극대화

o 실용/표준화 기술 확보를 통한 전기버스 시장에서의 경쟁력 확보

o 탄산가스 배출량 감소 및 대기오염물질 발생감소 효과
- 녹색환경 조성으로 국민의 삶의 질 향상에 기여
- CDM(Clean Development Mechanism, 청정개발체제) 사업으로 연계가능

o 자동차를 위한 에너지원을 전기에너지로 대체함으로써 에너지원을 다양화 할 수 있고, 결과적으로 원유 수급에 대한 부담을 줄일 수 있음

o 표준화를 통한 저가의 친환경 대중교통 시스템 실용화 및 상용화 추진 가능

o 비접촉 전력전달 방식으로 인하여 전기자동차 편의성 증대로 상용화 가속화

o 급전 도로 구축 및 인프라 개발을 통해 관련 산업의 신규 고용 창출 및 사업 활성화 가능

o GDP 증대효과
- 온라인전기자동차 생산 및 인프라 설비 생산, 인프라 공사를 통한 GDP 증대 (사회적 부가가치 유발)

o 일자리 창출 효과
- 자동차 산업의 고용창출효과

- 기타 융합산업으로의 신 고용시장 창출효과 (전기/전자기기 제조업, 건설업 분야 등)

나. 기술적 기대효과

o 새로운 방식의 전기자동차 기술 개발을 통해 기존에 선진국들이 선점한 전기자동차 기술 시장에서의 경쟁력 확보
- 배터리 전기자동차가 가지고 있는 한계성 극복 가능

o 차세대 전기자동차산업 선점 효과
- 무선 충전 기술 확보로 인해 전기자동차의 충전 문제를 해결함으로써 전기자동차 시장 선점 가능
- 배터리 용량을 획기적으로 줄임으로써 전기자동차의 가장 큰 부분을 차지하는 비용을 줄일 수 있어 전기자동차 시장을 앞당길 수 있음

o 무선 급집전 관련 기술에 대한 기술 표준화 주도
- 온라인 전기버스 상용화를 통한 주행중 또는 정차중 무선 충전 기술 표준화 주도
- 무선 급집전 기술을 철도 및 다른 응용 분야에 적용시 표준화 주도 가능

o 비접촉 전력전달 방식 기술의 활용 가능성 검증

o 사회적, 경제적 검토를 통한 연구 추진 타당성 확보

5장 연구개발과제 소요예산

1절 비접촉 전력전달방식 친환경 대중교통시스템 개발과제 소요예산

(단위 : 천원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년(max)		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	9,991,125	3,21,000	9,960,562	3,320,188							19,951,688	6,530,188
1세부과제 표준 통합시스템 성능검증 및 운영관리 기술 개발	*5,359,500*	*1,786,500*	*5,280,563*	1,760,188							10,640,063	3,546,688
1-1(공동) 표준 인프라 구축 및 성능 검증	*3,235,000*	*1,078,333*	*2,700,000*	*900,000*							*5,935,000*	*1,978,333*
1-2(공동) 차량 통합기술 및 성능 검증	*923,600*	*307,867*	*1,275,000*	*425,000*							*2,198,600*	*732,867*
1-3(공동) 통합시스템 적용성 검증 및 운영관리 기술	*1,200,900*	*400,300*	*1,305,563*	*435,188*							*2,506,463*	*835,488*
2세부과제 무선충전 급전도로 시공 및 유지관리 최적화 기술	*2,782,500*	*927,500*	*2,666,250*	*888,750*							*5,448,750*	*1,816,250*
2-1(공동) 급전인버터 설치 기술	*262,500*	*87,500*	*262,500*	*87,500*							*525,000*	*175,000*
2-2(공동) 급전설로 부품 보완/최적화	*802,500*	*267,500*	*787,500*	*262,500*							*1,590,000*	*530,000*
2-3(공동) 급전구조물 기술	*765,000*	*255,000*	*982,500*	*327,500*							*1,747,500*	*582,500*

2-4(공동) 급전도로 시공 및 유지관리 기술	952,500	317,500	633,750	211,250							1,586,250	528,750
3세부과제 급/집전 시스템 성능 보완 및 최적화	**1,488,000**	**496,000**	**2,013,750**	**671,250**							**3,501,750**	**1,167,250**
2-1(공동) 급전인프라 기술	1,068,750	356,250	1,496,250	498,750							2,565,000	855,000
2-2(공동) 집전 픽업 기술	371,250	123,750	453,750	151,250							825,000	275,000
2-3(공동) 레귤레이터 기술	48,000	16,000	63,750	21,250							111,750	37,250

[첨부] 후보과제 우선순위 도출결과 및 과제카드

연구단	세부과제
무선 충전 대중교통 시스템 연구단	
비접촉 전력전달 방식의 대중교통시스템 기술 개발	표준 통합 시스템 성능검증 및 운영관리기술 개발
	무선 충전 급전 도로 시공 및 유지관리 최적화 기술
	급/집전 시스템 성능 보완 및 최적화

1. 세부1과제

1. 과제명	표준 통합 시스템 성능 검증 및 운영관리기술 개발
2. 연구개발목표	□ 최종목표: 표준 통합 시스템 성능 검증 및 운영관리기술 개발 □ 세부목표 o 차량 통합 기술 (OLEV 차량 구축) - 통합 기술에 의한 무선 충전 전기버스 선정 및 최적설계 - 차량 시퀀스 안전 알고리즘 및 제어기술 구축 o 급전인프라 통합 기술 - 표준급전인프라 구축 · 표준인증 급전인프라 구축 (전문인증기관을 통한 차량 및 급전인프라에 대한 안전 확보를 위한 표준인증을 수행할 수 있는 인프라 구축 · 시험운영 급전인프라 구축(지자체 등 실제 운영을 고려한 대중교통 노선을 서정하여 안전이 인증된 급전인프라의 시험운영) - 급전인프라 성능 검증 o 차량 통합 기술 및 성능 검증 - 무선 충전 전기버스 최적설계를 통한 성능 개선 - 차량 시퀀스 안전 및 제어 기술

o 통합 시스템 적용성 검증 및 운영관리 기술

- 통합 운영관리시스템 개발
- 무선 충전 시스템의 최적 계획(입지) 및 교통 운영 대응 시스템 기술

성과 목표 및 지표 항목	성능 기준
시스템통합 구현된 급전인프라	공인 인증된 급전인프라 구축
시스템통합 최적화된 무선충전 전기버스	실차 인증된 무선충전 전기버스
차량 경량화 구조 개발 사양서	CVW(공차중량) 5% 감소
최적 Packaging 구조 기술 사양서	세부적인 사양서 확보 여부
급전인프라 통합 설계 시뮬레이션 Tool	도로 길이, 도로의 경사도, 정차장의 수, 운행 차량의 수, 구축비용 등 산출
급전인프라 표준 인증 항목	시스템 전체의 성능, 안정성(Stability), 전기안전, 신뢰성에 대한 공인성적서 확보
휴대 전자기기(휴대폰, 노트북, MP3, 심장박동기, 디지털카메라 등) 전자파 간섭 영향 평가	전자파안전에 대한 공인성적서 확보
자기장 통신 기반 로컬망 구축	15m
광역 망 데이터 업데이트 주기	0.1
차량용 에이전트 및 MIB 설계서	5종 (레귤레이터, 집전픽업, 배터리, 모터, DC-DC 컨버터)

3. 기술개발 및 산업/시장 동향

<국외>

□ 급전인프라 구축 및 통합시스템 검증

o 일본

- 하네다공항 비접촉 자기충전 하이브리드 버스
  - · 일본 국토교통성이 2002년부터 '차세대 저공해차 개발 및 실용화 촉진 프로젝트'를 시행하여 2008년 2월부터 하네다 공항에서 시험운행 중. 정차 중 도로에 매립된 급전장치에서 비접촉으로 급속 충전하는 방식 이용
- 일본 닛산의 비접촉 충전 자동차 (Leaf)
  - · 2009년 7월에 개최된 "닛산 첨단기술설명회-시승회 2009"에서 닛산에서 정차중 비접촉 충전 전기자동차 Leaf를 공개.
  - · 전자유도 기술을 이용한 것으로 쇼와비행기공업과 공동 개발 했으며 정격출력은 10㎾ 수준

o 미국

- 플러그가 필요 없는 자기유도방식의 'Plugless Power' 전기자동차 충전장치 출시

	□ 통합시스템 운영관리 기술 개발 o 일본 - SAKATA DENKI사는 유도성 결합 방식의 무선 통신을 센서와 결합한 무선 센서 Logger 개발을 통하여 지중 및 환경 모니터링/관리 기술 개발 - 후지쯔는 네트워크의 운용, 관리 그리고 유지보수를 용이하게 수행할 수 있도록 FLEXR 시리즈의 후지쯔 망관리 솔루션 개발 o 미국 - Visible Assets Inc.사는 금속이나 액체 등의 환경에서도 사용이 가능하며 저주파 대역에서 사용이 가능한 자기장 통신 기법 개발 - 미국 Pipeline Technologies에서는 음파를 이용하여 압축응력을 받고 있는 매설 콘크리트 상수도관의 상태에 대한 올바른 정보를 제공하고 손상된 지역을 검출하는 매설물 관리 기술 개발 <국내> □ 급전인프라 구축 및 통합시스템 검증 o KAIST는 2009년도~2010년도 연구개발을 통해 주행 및 정차 중 충전이 가능한 무선충전식 전기열차(서울대공원) 및 전기버스(KAIST 문지캠퍼스) 충전시스템을 구현 o KAIST가 개발한 급전인프라의 전기안전과 관련한 기준과 평가방법이 없어 2010년과 2011년에 걸쳐 전기협회의 전문가로부터 전기안전성을 평가받았으며, 전자파 안전에 대해서는 2010년 방송통신위원회가 산학연 각계 전문가로 구성된 "무선전력전송제도보완연구반"을 통해 전자파안전 평가기준을 마련. - 방통위에서는 무선전력전송을 위한 "전파응용설비"용으로 20 ㎑ 및 60 ㎑ 주파수 분배 완료. □ 통합시스템 운영관리 기술 개발 o 한국 건설기술 연구원과 KETI는 자기장 통신기술을 기반으로 지중 시설물 관리 통합 시스템 기술 개발 중 o KAIST는 저속(10km/h)에서의 1kbps의 전송속도를 가지는 자기장 통신 프로토 타입과 지자계 센서 및 2.4G 무선랜을 이용한 차량-인프라간 통신 기술을 개발. o KT와 현대자동차는 차량내 통신 시스템을 이용하여 차량 정보를 분석하여 블루투스 및 CDMA 통신으로 자동차 원격진단이 가능한 운행 시스템을 개발하였으며, SK 네트웍스는 2009년부터 자동차 원격진단 서비스 상용화
4. 기존기술 활용방안	o KAIST가 09년도~10년도 걸쳐 자기유도방식의 무선전력전송 기술을 실제 차량에 적용하여 무선충전식 전기버스를 구현한 상태이기 때문

	에 이를 바탕으로 급전인프라 구축의 참조 기술로 활용 가능 o KAIST 무선충전식 전기버스의 집전장치 및 레귤레이터 시스템을 바탕으로 차량 장착구조 기술로 활용 가능 o 무선충전식 전기버스의 설계 기술을 일반 전기버스의 설계 시 활용 가능 o 무선충전식 전기버스의 실차평가 및 인증기술을 타 전기자동차의 평가 비교 검토 및 인증 지표로 활용 가능
5. 기술개발 필요성	□ 급전인프라 구축 및 통합시스템 검증 o 실차 인증을 획득하기 위한 차량 급전인프라 개발 필요 o 실차 적합성을 인증하기 위해 급전인프라 기반의 인증 도구 개발 o 급전인프라 및 차량의 최적설계를 위해서는 다양한 환경(도로 길이, 정차장의 수, 운행 차량의 수, 도로의 경사도, 구축비용 등등)을 고려한 시뮬레이션 도구 필요 o 차량 안정적인 에너지 공급을 보완할 경량화 구조 및 유지보수 간소화를 위한 시스템 장착구조 기술 필요 o 급전인프라의 구성 시스템에 대한 성능, 안정성(Stability), 전기안전, 전자파안전, 신뢰성 평가 및 인증 필요 o 악천후, 폭설/폭우, 침수 상황 시, 긴급차량 전자장비/통신기기 안전 대응방안 개발 필요 □ 통합시스템 운영관리 기술 개발 o 무선 충전 시스템의 최적 계획(입지) 및 교통 운영 대응 시스템 개발 필요 o 차량 관리를 위하여 자기장 통신기반 차량-인프라간 로컬 망 구축 필요 o 안정적이고 효율적인 차량 및 급전인프라 통합 운영 관리를 위하여 급전/집전 설비 및 차체의 실시간 감시 및 제어가 가능한 전자기장 통신 기반 통합운행시스템 성능 보완 필요
6. 주요연구 개발내용	o 표준급전인프라 구축 및 성능 검증 - 급전인프라 시험운영구간 구축 · 표준인증 급전인프라 구축 · 시험운영 급전인프라 구축 - 급전인프라 성능 검증 · 급전 성능, 안정성(Stability), 신뢰성에 대한 검증 · 고주파 전력 시스템을 고려한 전원품질 평가 · 공인기관 안전성 확인 검증 (전자파안전, 전기안전, 도로안전) o 차량 통합 기술 - 무선 충전전기버스 최적설계를 통한 성능 개선

	· 최적 집전시스템 차량장착 기술 개발 및 제작 · 차량 안전성 분석 및 보완(절연구조, 침수구조, 발열구조 및 자기장 차폐) · 성능 검증 및 공인 안전인증 확보(배터리, 침수구조, 발열구조 및 자기장 차폐) · 최적 전장 하드웨어 경량화 설계/제작 - 차량 시퀀스 안전 알고리즘 및 제어기술 · 차량 과전류 방지 시퀀스 및 알고리즘 개발 · 운전자 오조작 상황 모니터링 기술 개발 · 수행 프로그램 개발 및 구축 o 통합시스템 적용성 검증 및 운영관리 기술 - 통합 운영관리시스템 개발 · 차량 기반 안전운영 시스템(차량/보행자/탑승자 안전대응) · 전력 사용량에 대한 과금 시스템 구축 · 인프라 기반 안전운영 시스템(악천후, 폭설/폭우, 침수 상황시) · 차량/인프라 통합 광역 Network 제어 프로그램 구축 - 무선 충전 시스템의 최적 계획(입지) 및 교통 운영 대응 시스템 기술 · 차량/인프라 최적 배치 계획 기술 개발 · 교통, 도로, 버스 노선 등을 고려한 현장시험 운영 구간 구축 기획 · 운영 통합 연계 시스템 개발 · 급/집전 인프라 관련 보행자, 버스 탑승자 교통안전 기준 개발 · 현장시험운영 교통부문 운영 및 평가 · 통합 운영 매뉴얼 작성	
7. 정부지원의 타당성	o 급전인프라 구축 및 통합시스템 검증과 통합시스템 운영관리 기술 개발은 무선충전식 전기버스의 대중교통시스템 적용 가능성을 판별하는 매우 중요한 종합 기술로서 기존 상용 차량와의 호환성과 실용성을 확보하기 위해서는 정부의 표준제정 및 안전 규격 제정 필요 o 무선충전식 전기자동차의 부품뿐만 아니라 완성차 제조 산업의 상품 경쟁력을 높여 치열한 해외 시장 경쟁에서 부가가치를 창출하기 위해서는 정부차원의 급전인프라 구축 기술 개발 지원과 표준화 필요	
8. 기술 확보 전략	o 산학연 및 정부가 동시에 협력하여 교통시스템별로 적용/보급을 위해 급전인프라 구축 및 실 도로 주행에 적합한 안전기준 제안 및 차량 인증 확보 추진	
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	□ 급전인프라 구축 및 통합시스템 검증 o 시스템통합 및 실차 공인 인증이 완료된 무선충전식 전기버스 o 시스템통합 및 현장 적용 최적화된 급전인프라

<table>
<tr><td rowspan="2"></td><td></td><td colspan="5">테스트베드
o 차량에 대한 성능, 안전, 신뢰성 실차 공인 인증서
o 급전인프라 최적 설계 및 인증 Tool
o 급전인프라에 대한 성능, 안전(Safety), 신뢰성 공인 인증서
o 전력수요에 따른 전력계통 영향 분석 결과 기반 시설 기준
o 인프라 최적 설계 지침
o 인프라 무선충전식 전기차법(가칭) 제정을 위한 기준 제시
o 차량 각부 모니터링 측정, 분석, 차량 유지 관리 및 안전 운행 지침서

□ 통합시스템 운영관리 기술 개발
o 시스템 운영관리/유지보수 Manual
o MIB(관리 DB), 관리 프로토콜, User Interface 표준 규격
o 망관리 Agent 프로그램 및 Manager 프로그램
o 노트북/스마트폰용 망관리 프로그램 및 구현 Source code</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="5">o 무선충전식 전기버스를 대중교통시스템에 적용할 수 있도록 표준급전인프라 구축 및 차량구조 기술 활용 가능
o 무선 충전식 전기버스의 표준 설계 기술을 일반 전기버스의 설계 시 활용 가능
o 무선충전식 전기버스의 실차평가 기술 및 인증기술을 타 전기자동차의 평가 및 인증 지표로 활용 가능</td></tr>
<tr><td rowspan="8">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>5,359</td><td>5,281</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>1,787</td><td>1,760</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>7,146</td><td>7,041</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">10,640</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">2 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">3,547</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">14,187</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">20 명</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="6">o 표준급전인프라 구축 기술을 성공적으로 수행하여 상용화 일정을 단축하여 현행 대중교통시스템에 조기 적용</td></tr>
</table>

	o 무선충전 전기버스의 집전 및 레귤레이터 장착 기술 개발을 통해 무선충전방식의 자동차 상용화 촉진 o 표준 기술 확보를 통해 세계의 친환경 전기버스 시장을 선점하여 제품뿐만 아니라 개발 기술까지 수출 가능 o 인증 기술 확보를 통해 안전성과 신뢰성이 확보된 친환경 대중전기버스시스템을 전 세계로 보급 확대 o 급전인프라 및 차량 설비의 감시 및 유지보수 기술 확보 o 인프라 및 차량 운영관리 시스템을 통한 다양한 이용자 부가서비스 제공 기술 확보 o 무선충전식 전기자동차의 통합운영관리 시스템 구축을 통한 전체 시스템 안정화 및 국제 표준화 주도 o 급전 인프라의 통합 시스템 운영 관리 구축을 통한 전체 시스템 안정화 및 국제 표준화 주도

2. 세부2과제

1. 과제명	무선 충전 급전도로 시공 및 유지관리 최적화 기술
2. 연구개발목표	□ 최종목표 : 모듈화 된 무선 전력공급구조물(급전구조물)의 성능 보완/최적화와 차량의 주행성, 안전성을 만족하는 급전도로 시공 및 유지관리 기술의 개발 및 통합 테스트 □ 세부목표 : o 급전 시스템 설치 기술 o 급전선로 부품 보완/최적화 o 급전구조물 기술 o 급전도로 시공 및 유지관리 기술 ※ 급전구조물 : 도로에 매립되어 전기를 공급하는 구조물 ※ 급전도로 : 급전구조물이 설치된 도로

분야	성과 목표 및 지표 항목	단위	성능 관련 기준
급전시스템 설치 기술	방수기준	IP	55 이상
급전선로	guidance 기준경로 추종오차	mm	150 이하(직선로 기준)

부품 보완/ 최적화	급전 케이블 누설 전류	mA	30 이하
	자기장 통신 속도	kbps	5
	급전선로 관입이 편리한 케이블 유지 관리	유/ 무	급전케이블 유지보수 가능
	급전코어 변형 및 성능유지에 따른 유지관리	유/ 무	급전코어 유지보수
	차량 및 방수방식에 따른 유지관리	IP, 유/ 무	방수기준 55이상, 자기장 통신 유지보수 가능
급전구 조물 기술	콘크리트 압축강도 (재령 28일)	MPa	30 이상
	콘크리트 휨인장강도 (재령 90일)	MPa	4.5 이상
도로 시공/ 유지관리 기술	부분적 급전구조물 유지보수 가능성	가능/ 불가능	가능

3. 기술개발 및 산업/시장 동향

<국내 동향>

□ 급전선로

o KAIST는 2009년부터 전기자동차 및 버스에 비접촉 충전을 하기 위한 급전 코어 및 케이블이 내장된 급전 선로를 개발하여, KAIST 문지동 캠퍼스 테스트 트랙 및 서울 대공원에 적용하여 현재 운영 중임.

- 적용된 급전 케이블은 20kHz, 200A이며, 급전 코어는 고주파 페라이트 계열을 사용하였음.
- KAIST OLEV의 경우 불연속적이며, 전자기적 특성이 고려된 Rib type 의 코어 기술을 적용하여, 가격 경쟁력을 높이는 동시에 core 전자기적 특성을 확보하여 실용화 수준에 근접한 기술 수준을 보이고 있는 상황임.

o 한국 건설기술 연구원과 KETI는 지중 또는 콘크리트와 같은 환경에서 통신이 가능하며 센서노드와 리더간의 데이터 중계, 무선충전, 데이터 암호화, 데이터 압축, 에러 초소화 등과 같은 기능을 갖는 자기장 통신기술을 개발 중

※ KETI/한국건설기술연구원의 자기장 통신 테스트

테스트 환경	자기장 통신 가능 거리
콘크리트벽 통과 테스트 콘크리트 벽	15cm
지중 통과 테스트 지중	70cm

o 자기장 통신기술은 2008년부터 KETI, 한구건설기술연구원과 같은 연구기관과 TTA, 기술표준원과 같은 표준기관을 중심으로한 자기장통신융합포럼을 통하여 자기장 통신 및 자기장통신을 이용한 무선에너지 전송에 대한 국내 및 국제 표준화가 진행 중

- 무선 충전 및 자기장 통신 관련 과제가 2010년부터 정보통신분야 국제표준을 관장하는 기술위원회(ISO/IEC JTCI/SC6)에서 신규 국제 표준 프로젝트로 채택되었음

o KAIST는 저속(10km/h)에서의 1kbps의 전송속도를 가지는 자기장 통신 프로토타입과 지자계 센서를 이용한 차량-인프라간 통신 기술을 개발함.

□ 급전도로 시공 및 유지관리

o 급전도로 인프라 구축에 대한 기술은 KAIST에 의해 2009년 현장타설형(B*H-800mm*350mm) 급전도로 시공 기술을 개발하였으며, 2010년 프리캐스트 공법을 이용하여 시공기간이 단축 가능한 프리캐스트 급전구조물 시제품(B*H*L-820mm*400mm*10m) 제작 및 시공기술이 개발된 상태임

현장타설형 급전도로

프리캐스트형 급전도로

o 국내의 도로시스템 및 포장재료에 따라 도로환경을 고려한 급전도로 시공기술과 급전구조물 단면설계에 대한 연구 진행 중

<국외동향>

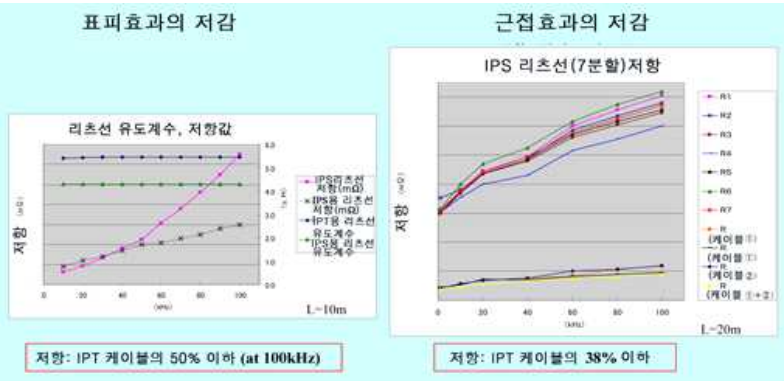
□ 급전선로

o Wampfler, UNISERVICES 및 쇼와 비행기 공업 등에서는 coreless 기술을 이용하여 무선 주정차중 충전을 하였음. 그러나 이러한 coreless 기술은 저출력대의 충전 기술이며 주정차중시 활용되는 무선전력 기술로써, 주행중 충전하는 경우에는 적합하지 못함.

UNISERVICES와 Wampfler사의 core-less 기술 구현도

o PATH에서는 주행중 충전에 적합한 Roadway core등을 활용하여 기술을 구현하고 있음. 그러나 PATH의 경우 2000A 전류 사용과 연속적인 core 사용으로 인하여 경제성이 떨어져 실용화를 추진하지 못하였음

o 쇼와 비행기 공업사의 경우는 주정차중 충전에 초점이 맞추어져서 코일이 설계되었으나 선로가 긴 주행중 충전 기술에의 활용은 어려움.



□ 급전도로 시공 및 유지관리

o 미국 PATH의 급전시스템은 Epoxy-sand 혼합제 위에 얇은 철판과 C형의 코어가 놓이는 형태 이며, 급전도로의 표면에는 slurry 0.2inch(5.08mm) 두께로 포장함

- PATH의 급전시스템은 모듈크기(B*H*L-510mm*110mm*2.8m)의 문제와 시공기술에 대한 경제성, 효율 등에 의해 상용화에 한계를 지님

o 일본 신에너지산업기술개발지원기구는 NEDO의 지속적인 지원하에 2002년부터 8년째 전기차를 개발하고 있으나, 급전시스템의 경우 도로에 매설하지 않고 상부에 놓이는 구조형식으로 도로공사에 대한 기술 정립이 되어 있지 않은 상태임

o Wampler, PATH 등이 급전시스템에 대한 기술 개발을 추진하였으나,

	급전도로 구조의 시공 및 유지관리에 대한 연구가 진행되지 않음
4. 기존기술 활용방안	o KAIST가 09년도부터 연구를 추진하고 있는 상태로, 급전선로 기술에 대한 시범 인프라 구축을 통해 급전도로 시공법 및 유지관리에 대한 연구로 상용 가능한 급전도로 기술 활용 가능 o 기존의 개발된 급전선로 규격 및 급전도로 시공법 및 유지관리 기술 등을 보완한 급전도로 구조 기술의 현장적용 및 최적화 예정 o 다양한 도로환경에 적합한 급전선로 및 도로 인프라 구축을 추진 o 개발된 급전 도로의 신뢰성, 안전성 등을 보완하여 최적화된 시공법 및 유지관리 기술의 상용화 추진 o 자기장 통신 모듈의 외부 매설을 기반으로 기확보된 차량진입센서 원천기술을 활용하여 급전선로 내부 매설용 진입센서 기술을 추진 예정
5. 기술개발 필요성	□ 급전시스템 설치 기술 o 주변 경관 및 미관을 고려한 인버터의 지하화 검토 및 관련 인버터 구조 연구 필요 □ 급전선로 부품 보완/최적화 o 고속 주행 시 차량의 좌우 편이로 인한 집전 효율감소를 개선하고 픽업 중량 감소를 위해 비접촉식 전기버스 용 guidance 시스템 개발 필요 o 도로 환경(온도변화, 습도변화, 염/산 등), 내전압 및 전류 누설에 적합한 고주파용 고효율 케이블 성능 보완과 최적화 설계 필요 □ 급전구조물 기술 o 급전구조물의 품질 보증, 다수업체의 경쟁을 통한 가격 저하를 유도하기 위해서는 구성요소 및 모듈화 된 급전구조 시제품의 사양에 대한 규격화와 검증 필요 o 급전구조물 설치시 노면 각층의 기능을 유지하고 급전구조물의 차량하중 및 환경하중에 대한 기능을 유지하기 위한 최적 높이 설계 기술이 필요 o 급전시스템 구성요소의 반복되는 차량하중에 대한 특성을 파악하고 급전구조물의 내구성능을 예측하기 위한 기술 개발이 필요 □ 급전도로 시공/유지관리 기술 o 급전도로 시공과정의 단순화 및 시공 및 유지보수 비용의 최소화를 위해서 단순, 고강도, 장수명, 저가격 급전도로 시공 및 유지관리 기술 필요 o 도로의 구조적 특성, 교통량 등을 반영하고 시공에 대한 신속성과 경제성을 고려한 급전도로 시공 기술 필요 o 모듈화 된 급전구조물 매설 공사 이후 급전시스템 장애로 인한 유지보수가 필요할 경우 신속한 대응이 될 수 있도록 급전코어, 케이블,

	보호관, 자기장센서 등의 개별 보수 및 교체에 대한 기술 필요 o 급전구조물 매립 부위와 기존도로의 경계부위에서 발생하는 단차와 이격, 포장파손에 대한 문제를 방지하기 위해서 접합성을 고려한 시공 기술 필요 o 급전도로 시공 후 공용중 체계화된 유지관리를 위한 표준 유지관리 지침서가 필요
6. 주요연구 개발내용	□ 과제의 정의 도로환경에 적용 가능한 모듈화 된 급전선로 시제품의 성능 보완 및 최적화와 각종 악천후 및 가혹조건에 대응 가능한 급전도로 시공/유지관리 기술 개발과 현장적용 □ 급전시스템 설치 기술 o 급전 인버터 설치 기술 - 유지보수가 용이하고 도로미관, 충격 및 침수를 고려한 급전 인버터 최적의 매설 구조 설계 및 미관 - 급전인버터를 급전선로 및 도로주변에 적용 시 문제점 도출 및 보완 □ 급전선로 부품 보완/최적화 o 주행 시 집전픽업 출력 향상을 위한 guidance 시스템 개발 - 주행 시 집전픽업 출력 향상을 위한 guidance 시스템 개발 o 안전을 고려한 급전 케이블 보완 - 누설전류와 유도전압을 고려한 급전 케이블 보완 o 자기장 통신 모듈 성능 보완 - 고속 주행용 자기장 통신 모듈 사양 결정, 설계 및 샘플 제작, 환경 시험 o 급전선로 구성요소 유지관리 기술 개발 - 급전선로 판입이 편리한 케이블 유지관리 기술 개발 - 급전코어 변형 및 성능변경에 따른 유지관리 기술 개발 - 차량 및 급전선로간 자기장 통신 방수방식에 따른 유지관리 기술 개발 □ 급전구조물 기술 o 급전선로 모듈화 기술 개발 - 차량 하중에 안전한 급전선로 구성요소의 모듈화 기술 개발 - 급전구조물용 콘크리트 배합설계 및 시편시험 o 급전구조물 규격 및 성능 보완 - 우수한 품질관리와 양중장비를 고려한 급전구조물 최적 길이 도출을 위한 시뮬레이션

	- 급전구조물 품질관리 시험 및 양중시험 - 노면 각층의 기능을 유지하며 도로단면에 적용하기 위한 급전구조물 최적 높이 설계기술 개발 - 도로단면 형상 파악을 파악, 지내력 시험 및 도로구조 진단 o 윤하중 특성평가 및 내구수명 예측기법 - 급전시스템 구성요소의 윤하중 특성평가 및 내구수명 예측기법 개발 - 급전구조물 모사 목업시편 제작 및 윤하중 시험 □ 급전도로 시공 및 유지관리 기술 o 급전구조물 시공 및 포장 기술 개발 - 급전선로 효율 및 급전구조물 강도 손실 최소화를 위한 급전구조물의 환경 내구성평가 - 온도균열 방지를 위한 항온항습 시험 및 동결융해 시험 - 세그먼트 이음부 거동 특성 시뮬레이션 - 도로환경을 고려한 세그먼트간 이음부 설계 및 시공 기술 개발 - 설계속도 및 도로환경에 따른 기능성 포장재료 적용 기술 개발 - 기능성 포장재료의 노면평탄성 시험 / 미끄럼 시험 / 마모저항성 시험 / 피로시험 - 기존도로와 무단차 접합부 처리를 위한 시뮬레이션 - 무단차 접합부 이음 재료물성 및 성능 평가 o 신설/기존도로에 대한 시공 기술 개발 - 급전도로 적용 신설도로 현장시공 시방서 및 품질관리 매뉴얼 개발 - 교통통제를 고려한 기존시공기술 대비 급속시공 기술 및 기술적용 절차서 개발 o 도로포장 유지관리 기술 개발 - 주요 열화 및 파손 원인 분석 및 신재료를 이용한 초속경/고내구성 도로포장 보수공법 개발 - 포장재료 분석 및 시험 - 급전도로 및 기존도로의 재포장 시공지침서 개발 - 급전도로의 생애주기비용 분석
7. 정부지원의 타당성	o 대중교통 시스템에 적용하기위한 급전도로 시공은 국가 기반 산업 개발이므로 정부주도의 투자 및 개발 지원이 필요함 o 효율적인 급전도로 시공과 유지관리에 대한 기술 개발로 급전도로를 대중교통시스템에 구축하는 것은 기반 산업 분야로서의 의미가 크기 때문에 정부의 지원이 필요 o 급전도로 구성요소 및 시제품의 규격화와 최적화를 위해서는 정부의 관련법규 및 규격에 대한 품질 기준 제정이 필요
8. 기술확보 전략	□ 급전시스템 설치 기술 o 급전인버터 지하화 검토를 위한 지자체와의 협조 체계 구축

	o 급전인버터 도로 매설 구조 설계의 경우 관련 연구기관 및 업체선정으로 문제점 도출 및 보완 설계 o 급전인버터를 Test Bed에 지하 또는 도로주변에 구축함에 있어 발생하는 문제점을 도출하여 도로환경에 적합한 급전인버터 설치 기술의 표준화 추진 □ 급전선로 부품 보완/최적화 o Test Bed 선정 및 설계 단계에서 요구사항을 파악하여 성능보완에 활용 o 급전선로 시제품의 품질 인증을 위해 사업단 및 주관기관의 협조체계 구축 o 급전케이블의 경우 국내 전선 업체와의 긴밀한 협력을 통한 성능 보완 추진 o 자기장 통신 모듈의 경우 국내 주요 연구기관과의 협력 혹은 위탁 연구 후 국내 업체를 통해 제작 o 급전선로 시제품 및 시공/유지관리 기술 개발성과목표 달성을 위한 검증방법으로 시뮬레이션 및 성능시험평가를 포함하여 추진 o 급전선로를 Test Bed에 구축함에 있어 발생하는 문제점을 도출하여 성능보완을 통해 시제품 생산의 표준화 추진 □ 급전구조물 기술 o Test Bed 선정 및 설계 단계에서 요구사항을 파악하여 급전구조물 성능보완에 활용 o 기존 기반 기술 성과와의 연계 구축, 급전구조물 시제품의 시공 기술 최적화를 통해 체계적인 기술 확보 추진 o 기존 개발된 급전도로 시공 기술의 문제점에 대한 원인을 규명하여 실용화를 위한 급전구조물의 모듈화 추진 o 급전구조물의 시제품의 시공 기술 개발 및 급전구조물 품질에 대한 구체적 성과목표 제시 □ 급전도로 시공 및 유지관리 기술 o Test Bed 선정 및 설계 단계에서 국토해양부, 지자체, 한국도로공사 등 관리주체의 요구사항을 파악하여 성능보완에 활용 o 대중교통시스템 보급을 위한 연구개발 사업임을 감안하여 도로 설계, 시공 및 유지관리 분야에서 선도적 위치에 있는 기업 및 타 연구기관과 공동연구 추진 o 급/집전 기술에서의 효율이 중요한 관건으로 정확한 시공기술의 구현이 요구되므로 급/집전시스템 기술과 연계하여 시공 및 유지관리 기술에 대한 보완 추진

<table>
<tr><td></td><td colspan="8">o 국내 건설사의 도로포장 보유기술과 급전도로 구조물 제작 및 시공 기술을 접목하여 기존도로와의 접합부 문제점을 최소화
o Test Bed 구축을 통한 급전도로 시공 및 유지관리 기술의 문제점을 보완하여 보완된 시공법 및 유지관리 기준을 제시</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="6">□ 급전시스템 설치 기술
o 유지보수가 용이하고 도로미관, 충격 및 침수를 고려한 급전 인버터 최적의 매설 구조

□ 급전선로 부품 보완/최적화
o 주행 시 집전픽업 출력 향상을 위한 guidance 시스템
o 안전을 고려한 급전케이블 시제품
o 최적화된 고속 고신뢰성 자기장 통신 모듈 시제품
o 급전선로 내부 구성요소(급전코어, 케이블, 자기장 통신 모듈) 유지관리 지침서

□ 급전구조물 기술
o 모듈화 된 급전구조물 설계도서 및 시제품

□ 급전도로 시공 및 유지관리 기술
o 도로설계기준을 만족하는 급전도로 공사시방서
o 급전도로 포장 유지관리 지침서</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="6">o 급전선로의 모듈화로 다양한 도로환경 및 교통량이 많은 도심지에 빠른 시공이 가능하도록 활용 가능
o 급전도로 시공 및 유지관리 기술은 전기버스 도로 기반시설 구축 사업 전반에 걸쳐 폭넓게 활용 가능</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모

(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>2,782</td><td>2,666</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>928</td><td>889</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>3,710</td><td>3,555</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">5,448</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">2 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">1,816</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">7,265</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">30 명</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="8">o 비접촉 전력전달 방식을 이용한 친환경 대중교통 시스템 급전도로 시공 기술 연구를 통한 급전도로 시장 주도 및 일자리 고용창출 효과 예상
o 급전도로 구조에 대한 전반적인 기술 구현에 따라 국내는 물론 해외</td></tr>
</table>

	시장의 선도적 역할을 주도할 수 있는 기술 제공 o 급전도로 시공 기술의 확산으로 급전도로 인프라 구축에 따른 친환경적 대중교통시스템의 도입 선도 o 급전 인프라 구축에 따른 급전시스템의 도로 내부구성 부품 및 신소재 연구개발에 따른 시장 증대효과 o 도로는 기반 시설 분야로 가격에 따른 건설비용 부담이 크므로, 기존 도로와 급전도로의 유사 재료선정과 유지보수의 시점을 같이 함으로서 예산절감 o 기존도로포장과 유사한 급전도로 구조의 포장 기술의 개발로 차량 운전자에 대한 주행성능과 심리적 안정감 제고 o 급전도로 모듈의 연결부 시공법에 대한 보완으로 보다 정밀하고 빠른 시공 가능 o 기존도로 유지보수 공법과 더불어 급전도로 포장균열 및 포장파손 등에 대한 기능적, 구조적, 안전적 공용성의 자료들을 수집하여 관리함으로써 통합적인 유지관리 체계 구현 o 비접촉식 전기버스용 guidance 시스템을 비접촉식 전기 버스, 철도 등에 적용 가능

3. 세부 3과제

1. 과제명	급/집전 시스템 성능 보완 및 최적화
2. 연구개발목표	□ 최종목표 급전 인버터, 레귤레이터 및 집전장치로 구성된 급/집전 시스템 성능 보완 및 Test Bed 구축에 의한 급집전 기술의 현장적용 및 최적화 □ 세부목표 o 급전 인버터 기술 o 집전 픽업 기술 o 레귤레이터 기술

구분	항목	단위	성과 목표 및 지표
인버터	방수기준	IP	55 이상
	도로미관 고려한 인버터 높이 및 폭	m	1.5m/1.5m 이하
	소음환경기준	dB	실외소음 규제 기준 적용
	전자파장해방지(EMI) 기준	dBuV/m	전파응용설비 기준 적용
	3상입력전압 고조파(V_{TDD})	%	한전 기준에 따름

	3상입력전류 고조파(I_{TDD})	%	IEEE Std 519 기준에 따름
	지락차단	ohm	기술기준 및 판단기준
	접지시스템 기준	mA	기술기준 및 판단기준
	인체 감전사고 기준	-	IEC 60479등을 고려
	전기안전 구축을 위한 안전관리 기준	-	인버터 등 전기안전관리 기준 적용
집전 장치	방수기준	IP	55 이상
	Rectifier 및 EMF 차폐장치가 통합된 소형의 일체형 집전 모듈 개발	유/무	유
	국제표준자기장세기(EMF) 기준		ICNIRP Guideline 기준에 따름
레귤레이터	방수기준	IP	55 이상
	소음환경기준	dB	실외소음 규제 기준 적용
	EMI 기준	dBuV/m	전파응용설비 기준 적용
	국제표준자기장세기(EMF) 기준	mG	ICNIRP Guideline 기준에 따름

3. 기술개발 및 산업/시장 동향

<국내 동향>

□ 급전인버터

- o 그린파워는 자기-비접촉방식으로 20 kW (10~20kHz 주파수)의 교류전력을 공급하여 10km/h 속도로 이송하는 시스템 상용화 후 삼성 LCD, LG Philips LCD Stocker 장비에 20/40/75kW급 CPTS(Contactless Power Transfer System: CPTS)를 다수 적용
- o 신성 이엔지는 한국전기연구원을 통해서 개발한 10kW급 CPTS(Contactless Power Transfer System : CPTS)를 현재 5세대 LCD Stocker에 적용
- o KAIST는 2009년 교과부 과제를 통하여 기계식 스위치를 이용한 20kHz, 100kW급 비접촉식 급전 인버터를 개발하여 서울 대공원 및 KAIST 문지동 캠퍼스 테스트 베드의 급전 인프라에 적용하여 현재 운영중.
- o KAIST는 20010년에 지경부 과제를 통해 전자식 스위치를 이용한 세그먼테이션 스위칭이 가능한 20kHz 급전 인버터를 개발 중.

□ 레귤레이터

o 그린파워는 자기-비접촉방식으로 20 kW (10~20kHz 주파수)의 교류 전력을 공급하여 10km/h 속도로 이송하는 시스템 상용화 후 삼성 LCD, LG Philips LCD Stocker 장비에 20/40/75kW급 CPTS(Contactless Power Transfer System: CPTS)를 다수 적용

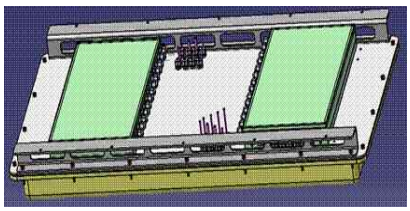
o KAIST는 2009년 교과부 과제를 통하여 60kW급 비접촉식 집전 레귤레이터를 개발하여 서울 대공원 및 KAIST 문지동 캠퍼스 테스트 베드의 급전 인프라에 적용하여 현재 운영 중.

o KAIST는 20010년에 지경부 과제를 통해 100kW급 레귤레이터 개발 중.

□ 집전장치

o 국내에서는 KAIST가 유일하게 주행중 충전기술 연구를 추진하고 있으며, 해외에서는 wampfler 및 PATH등이 차량에 무선 충전 기술을 접목하여 연구 진행하였음. 하기의 그림은 2009년 및 2010년의 KAIST OLEV의 픽업 도이며, 하기의 표는 주요 파라미터별 정량적 수치 값임.

<2009년 집전장치>



<2010년 집전장치>

	2009'	2010'	2010' 스마트 그리드
전압및 전류	300~600V, 50A	300~600V, 60A	300~600V, 50A
용량	75kW급	100kW급	전기버스: 75kW급 마을버스: 30kW급 SUV: 15kW급
효율	80%	80% 이상	80%
지상고	17cm	20cm	10cm 내외

<KAIST OLEV의 집전장치 사양>

<국외 동향>

□ 급전인버터

o 미국 Vahle사는 20kHz, 4/11/45kW 급 인버터를 개발하여 미국 /Spartanburg의 BMW에 2005년 245m의 트랙과 2005년 363m의

엘리베이터 내부 전원용을 무선전력공급 시스템 제공

o 독일 Wampler사는 20kHz, 35/48/70kW급 인버터를 개발하여 공장 내에 모터 부하에 전원을 공급하기 위한 IPT-Rail 및 IPT Floor에 적용하여 사용하고 있으며, 전기 자동차의 비접촉 충전 시스템에 적용 중

o 미국 PATH사는 1989~1996년 비접촉 충전용 테스트 트랙을 설치하여 정차 및 주행 중 지상고 7cm 이하에서 급집전 효율 60% 이하를 획득하였으며, 사용된 인버터는 공진주파수가 180~400Hz이고, 전력용량은 200kW임.

□ 집전 장치

o 일본 쇼와 비행기의 주정차 중천의 경우 쇼와 비행기 공업의 집전 기술이 최고수준으로 실용화 및 상용화 단계에 진입하였으며, 용량 또한 대용량 집전 기술을 확보하였음

- 하기의 표는 집전 수준을 명시하나 좌우편차 문제 및 법적 최저 지상고(16cm) 문제 등을 해결하지 못하여 주행중 충전기술로 적합하지 않음.

Capacity	Efficiency	Pick-up	Supply coil(mm)	Air gap(cm)
30kW	92%	35kg	847×847×33	10
60kW	92%	70kg	1200×1200×33	10
150kW	93%	150kg	902×1854×48	10

o 해외에서의 주행중 무선 충전 기술인 PATH의 경우 무거운 집전장치, 낮은 출력 및 좌우편차에 의한 출력 저감 문제(좌우 5cm만 어긋나도 급전효율이 10%로 감소) 등으로 인하여 실용화를 이루지 못함.

□ 레귤레이터

o 미국 Vahle사는 40kW, 288~680Vdc급 레귤레이터를 개발

o 독일 Wampler사는 4.4kW, 560Vdc/24Vdc급 레귤레이터를 개발하여 공장 내에 모터 부하에 전원을 공급하기 위해 IPT-Rail에 적용

o 미국 PATH에서는 1989~1996년 비접촉 충전용 테스트 트랙을지상고 7cm 이하에서 설치하여 정차 및 주행 중 최대 급집전 효율 60%를 획득

4. 기존기술 활용방안	o KAIST가 09년도부터 연구를 추진하고 있는 상태로, 09년도에는 원천기술을 확보하였고 10년도에는 실용수준의 핵심 기술 개발을 수행하고 있음

	o 급전 인버터의 경우 용량 100KW이상, 주파수 20kHz의 제품을 개발한 상태임 o 집전 모듈의 경우, 09년도에는 60kW, 10년도에는 100kW급 제품을 개발한 상태임 o 기 확보된 원천기술 및 핵심기술을 활용하여 비접촉 전력전달방식을 활용하는 교통시스템 개발 추진 o 개발된 인버터의 성능, 신뢰성, 안전성 등을 보완하여 인버터의 성능 보완, 현장 적용 및 최적화/ 예정 o 개발된 집전 모듈의 성능, 신뢰성, 안전성 등을 보완하여 집전 모듈 성능 보완 및 최적화를 진행하여 버스 장착 적용 예정 o 다양한 도로환경에 적합한 급전선로 인프라 구축을 추진 o 외부 매설을 기반으로 기확보된 차량진입센서 원천기술을 활용하여 급전선로 내부 매설용 진입센서 성능 보완, 현장 적용 및 최적화 예정
5. 기술개발 필요성	□ 급전 인버터 기술 o 주변 경관 및 미관을 고려한 인버터 구조 연구 필요 o 인버터의 모듈화를 통해 수대의 차량이 동시에 충전가능 하도록 인버터 용량 증대 o 다양한 도로 환경(지락, 소음, 방수 등), 주행 속도, 세그먼테이션 길이, 충전 시간 등에 따라 최적화된 인버터의 용량, 크기, 부피 설계 필요 o 인체감전사고 예방을 위한 고주파대역에서의 최대허용전류 기준 개발 필요 o 고주파 전력변환시스템 연계용 변압기 보호협조 방안 제시 필요 o 전력품질 유지 및 평가 기술 개발 필요 o 전기안전 및 전력시스템 구축 방안에 대한 기술 개발 o 설비 및 인체감전 보호를 위한 관련 기준 및 알고리즘 정립 필요 □ 집전 픽업 기술 o 전기저상버스에 적합한 안전하고 고신뢰성이 요구되는 집전장치 연구 o 집전장치 현장 적용 및 최적화를 통해 친환경 차량 시장에서의 가격 경쟁력을 높일 필요 o 전기저상버스 장착 및 유지 보수 용이성을 위해 집전장치와 레귤레이터 현장 적용 및 최적화 연구 필요 o 기존 비접촉식 충전 방식의 집전장치의 경우 좌우 편차에 의한 사용자 편리성이 낮은 편이며, 좌우편차에 의한 출력 저감 문제가 있어 이러한 문제를 해결 할 수 있는 최적화 대안이 필요 o 버스 적용 및 최적화 연구를 위하여 날씨 변동 및 기계적인 오작동 문제가 발생되지 않도록 하는 외부 비 노출된 차폐기술이 접목

	된 집전장치 성능 보완이 필요 o 전기저상버스 하부에 장착된 집전모듈로 인해 예상되는 다양한 안전 문제들(절연저항, 절연전압, 난연, 방수, 발열, 방진, 충격 및 충돌, EMF 등)에 집전 모듈 적용 기술이 필요 □ 레귤레이터 기술 o 전기 차량에 적합한 안전하고 고신뢰성이 요구되는 레귤레이터 연구 필요 o 레귤레이터의 현장 적용 및 최적화를 통해 친환경 전기 저상버스 시장에서의 가격 경쟁력을 높일 필요 o 다중 집전 픽업의 안정적인 제어를 위한 버스장착 시 최적의 고속 고신뢰성의 레귤레이터 연구 필요 o 전기저상버스 장착 및 유지 보수 용이성을 위해 집전장치와 레귤레이터 현장 적용 및 최적화 연구 필요
6. 주요연구 개발내용	□ 과제정의 급전 인버터, 집전장치 및 레귤레이터로 구성된 급/집전 시스템의 성능 보완, Test Bed 구축을 통한 급/집전 기술의 현장 적용 및 최적화 □ 급전 인버터 기술 o 도로환경 및 안전기준을 만족하는 급전인버터 보완 - 도로환경(소음, 방수, 침수 등) 및 안전기준을 만족하는 인버터 보완, 현장 적용 및 보완 - 저상 슬림 구조의 중앙선에 설치 가능한 인버터 구조 개발 및 보완 o 전력품질, 인체안전 및 고주파 접지에 대한 성능 보완 - 3상 입력 전압/전류 고조파 기준 만족 및 고조파 제거용 3상 능동 필터 개발, 현장 적용 및 최적화 ※ 3상 : 3상 교류 전원을 의미함 - 지락 보호 회로 기술 개발 및 환경 시험 ※ 지락보호회로 : 케이블 및 인버터의 절연파괴 등의 고장으로 인한 사고로 대지로 전류가 누설되어 발생되는 사고를 보호하기 위한 회로 - 안전을 고려한 고주파 대역에서의 접지 시스템 기술 개발 및 급집전 시험 - 고주파 대역에서의 인체 감전사고 해석, 현장 적용 및 최적화 - 대규모 급전인버터 운전에 의한 배전계통 파급 영향 평가, 현장 적용 및 최적화 - 인버터 및 급전 케이블 2차 사고방지를 위한 모니터링 및 사고방지 시스템 개발

	※ 2차 사고 : 지락사고로 발생되는 감전사고, 인버터 화재 등의 사고로 인한 인버터 정전 및 감전사고, 인버터 침수로 인한 정전 및 감전사고 등의 2차 파급사고를 의미함 □ 집전픽업 기술 o 차량, 도로 환경 및 안전 기준을 만족하는 집전 픽업 보완 - 안전을 고려한 Rectifier 및 EMF 차폐장치가 통합된 소형의 일체형 집전 모듈 구조물 보완, 현장 적용 및 최적화 - 차량에 장착된 집전장치에 대한 다양한 도로환경(고속 주행, 충격, 충돌, 방수, 침수, 감전, EMI 등) 및 보완 - 전기 버스 픽업용 EMI 차폐 및 방열 소재의 안정성 기준 제안 및 평가 □ 레귤레이터 기술 o 차량 환경 및 안전기준을 만족하는 레귤레이터 보완 - 차량 환경 및 안전기준을 만족하는 레귤레이터 보완 - 다양한 저상 전기버스에 범용으로 차량 장착 가능한 안정적인 출력을 고려한 최적의 집전장치 - 실용화 수준을 감안, 상시(가속구간, 주행, 정차중 등) 급/집전 효율 평균 75% 이상을 만족하는 레귤레이터 개발 ※ 효율 : 입력전원을 input, 레귤레이터의 출력을 output으로 할 때의 효율
7. 정부지원의 타당성	o 급전 인프라 및 집전 모듈의 경우 대중교통 기반산업의 의미가 크기 때문에 정부의 지원 필요
8. 기술확보 전략	o 국내외 연구 기관 및 기업의 동향과 기술 현황의 조사/분석 o 기술개발 단계화, 기술레벨의 시스템적 관리 o 타 핵심 주관기관과의 협업을 통한 기술개발과제 연계성 확보 및 협조, 관리체계를 구축하여 추진 o 선도적 위치에 있는 국/내외 주요 연구 기관 및 전문가 자문 및 필요시 공동 연구 추진 o 급전 인버터 - 정부기관 및 지자체와 도로 미관에 적합한 인버터 크기 및 매설 방법 협의 - 성능 및 안전, 소음 등의 기준을 국내 관련 기관으로부터 입수하여 인버터 회로, 구조 등의 설계 적용 및 최적화 추진 o 집전 장치 - 기존 기반 기술 성과와의 연계 구축, 좌우편차 및 성능보완을 위한 집전장치 성능 보완 확보, 실증/검증 및 현장적용을 통해서 단계적이며 체계적인 최적화 확보 및 검증 추진

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">- 협력 업체들과의 주기적인 협의를 통해 집전장치를 이루는 부품들의 재료 개발과 기술 개발 기간 단축 방안 강구
- 차량 부품 관련 연구기관과의 협조를 바탕으로 차량 장착 부품기준에 적합한 집전장치 기구 설계 적용 및 장착 구조 설계 최적화 추진
o 레귤레이터
- 최적의 전력전달을 위해 다중 집전장치의 최적화 제어 기술 성능 보완
- 차량 업체와 레귤레이터 크기 및 구조 협의
- 성능 및 안전, 소음 등의 기준을 국내 관련 기관으로부터 입수하여 레귤레이터 회로, 구조 등의 설계 적용 및 최적화 추진</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="6">o 안전시험 성적서
o 정차 및 주행 중 급집전 효율 기준을 만족하는 시험성적서
o 급/집전장치의 최적화된 시제품
o 급전 시스템의 안전관리 매뉴얼
o 급전 인버터, 집전장치(EMF 차폐장치 포함) 및 레귤레이터(guidance 시스템 포함)의 최적화된 설계도면
o 급전용 전기적 안전성 확보를 위한 모니터링 시작품
o 전력품질 및 인체 감전 안전성 관련 규격안 및 해석기술 제시
※ 기타 연구수행 및 인증과정에서 발생 가능한 중간자료 등</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="6">o 시범사업 추진을 통해 시장 확보와 급전 인프라 구축 사업을 통해 상용화 추진</td></tr>
<tr><td rowspan="8">10. 연구개발 과제의 규모

(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>3,500</td><td>2,500</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>1,350</td><td>460</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>5,050</td><td>2,960</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">6,000</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">2 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">2,010</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">8,010</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">30 명</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">o 비접촉 전력전달 방식을 이용한 친환경 대중교통 시스템 급전인프라 기술 연구를 통한 급전도로 시장 주도 및 일자리 고용창출 효과 예상</td></tr>
</table>

	o 급전 인버터 - 대용량 고주파 급전 인버터 양산 - 급전 인버터 핵심 기술 상용화를 통한 급전 시스템의 국제 표준화 주도 - 급전 인버터의 개발을 통한 급전도로 및 차량 설비의 감시, 보수 기술 및 과금 기술 확보 o 집전 장치 - 실제 상용 대중교통시스템에 바로 장착할 수 있으며 유지보수가 용이한 집전장치 성능 보완을 통해 친환경 대중교통시스템 개발 속도 증대 - 차폐기술 접목 및 좌우편차가 고려된 집전장치 성능보완을 통해 가전기기, 레져분야, 철도 분야 등 타 산업분야로의 기술 적용 가능 o 레귤레이터 - 차량 구조 및 집전 픽업에 최적화된 대용량 소용량 레귤레이터의 양산을 통한 레귤레이터 시장 주도 - 버스용 레귤레이터를 승용차용으로 적용 가능 - 비접촉식 전기버스용 guidance 시스템을 비접촉식 전기 버스, 철도 등에 적용 가능