

3cm

과제
번호

4cm

교통체계효율화사업

R&D / 10교통체계-미래04

(별권O)

○
○
○
○
○
○
○

과제
기획
보고서

Land Transport and Maritime
R&D Report

국토해양부
한국건설교통기술평가원

(별권) 비접촉 전력전달방식의 친환경 대중교통시스템 개발 기획 과제 기획보고서

2011. 10. .

주관연구기관 / 한국과학기술원

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

<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

연구 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

과제고유번호	10교통체계 -미래04	해 당 단 계 연 구 기 간	2010.12~2011 .6	단 계 구 분	1차년도 /1차년도
연 구 사 업 명		교통체계 효율화 사업			
연 구 과 제 명	대 과 제 명	비접촉 전력전달방식 친환경 대중 교통시스템 개발 기획			
	세부과제명				
연 구 책 임 자	정용훈	해당단계 참 여 연구원수	총 : 10명 내부 : 1명 외부 : 9명	해당단계 연 구 비	정부 : 80,000천원 기업 : 천원 계 : 80,000천원
		총연구기간 참 여 연구원수	총 : 10명 내부 : 1명 외부 : 9명	총연구비	정부 : 80,000천원 기업 : 천원 계 :80,000천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	한국과학기술원		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위 탁 연 구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서면수	
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 핵심 기술을 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					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	무선전력전송, 자기공진 및 형상, 자기장 차폐, 운행지원 시스템, 친환경 대중교통			
	영 어	Wireless Power Transfer, Shaped Magnetic Field In Resonance, EMF Cancellation, Driving Support System, Eco Friendly Public Transportation			

목 차

[국문 요약문]	vii
1장. 기술의 정의 및 필요성	1
1절. 기술의 정의	1
2절. 필요성	2
2장. 국내외 동향 및 환경분석	5
1절. 국내외 정책동향	5
2절. 국내외 시장현황 및 전망	18
3절. 기술동향분석	25
4절. 연구개발 인프라 분석	31
5절. 종합분석	33
3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략	35
1절. 비전 및 목표	35
2절. 기술개발에 따른 미래상	37
3절. 연구개발과제 구성	46
4절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략	47
1. 1세부과제 개요	47
가. 연구개발 목표	
나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성	
다. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안	
라. 연구개발 주요내용	
마. 연구개발과제 TRM	
바. 최종성과물 및 성과지표	
사. 성과물 검증방안	
아. 기술수요처 및 실용화 방안	
2. 2세부과제 개요	56
3. 3세부과제 개요	67
5절. 세부과제간 연계관계	67

6절. 연구추진체계 제안	78
7절. 표준급전인프라 구축 계획	80
4장. 사전타당성 검토	98
1절. 정책적 타당성	98
2절. 기술적 타당성	112
3절. 경제적 타당성	114
5장. 인력투입 계획 및 소요예산 산정	132
1절. 연구일정에 따른 인력투입계획	132
2절. 소요예산 산정	134
6장. 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정	137
1절. 과제 제안요구서(RFP)	137
1. 연구단 RFP	137
2절. 평가기준설정	149

요 약 문

I 제 목

- 비접촉식 전력전달 방식의 친환경 대중교통시스템 기술 개발 기획

II 과제 기획의 필요성 및 목적

1. 필요성

- 화석연료의 환경오염, 고비용, 고갈 등의 문제로 인하여 친환경 고효율의 대중교통수단 개발 필요성이 증대되고 있음
- 배터리 전기차의 경우 운행거리 한계, 배터리 비용, 충전의 불편함 등으로 인하여 대중교통으로 활용하기에는 한계가 존재함
- 배터리 용량을 줄이고 운행의 편리성 및 효율성 보장할 수 있는 무선충전 방식의 전기버스 도입 필요성 증대
- 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
- 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

- 비접촉 전력전달방식을 사용하는 친환경 대중교통시스템(전기버스)의 실증에 필요한 성능보완, 표준 급전인프라 구축 및 현장적용을 통한 최적화를 위한 세부과제 도출
- 연구과제에 대한 추진 체계 및 추진 전략 수립과 본 과제 공모를 위한 RFP 도출

III 과제 기획의 내용 및 범위

1. 연구추진 방향

- 기 개발된 비접촉 전력전달 방식 기술의 활용 및 보완 방안 마련
- 제도 및 법률, 정책 등에 대한 연구를 통한 기반구축 방안 마련
- 대중교통 시스템 적용 시 경제성 분석 및 파급효과 분석
- Test Bed 구축을 통한 실증 중심 연구방향 설정

2. 연구 내용

- 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
- 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

- 국내외 정책 동향 및 환경분석, 기술 분석을 통해 기술 개발의 타당성 확보 및 연구 방향 설정
- Test Bed 구축 및 최적화를 위한 핵심 추진 요소 도출하여 3개 과제 도출
- 도출한 3개 과제별 연차별, 기술별 연구목표 및 내용 확정
- 연구과제 및 연구개발 내용 개요
 - 표준 통합시스템 성능검증 및 운영 관리 기술 개발
 - 통합시스템 운영관리 기술
 - 급전인프라 통합 기술(시험운영구간 구축)
 - 차량통합 기술
 - 무선 충전 급전 도로 시공 및 유지관리 기술 최적화
 - 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

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

2. 기술적 기대효과

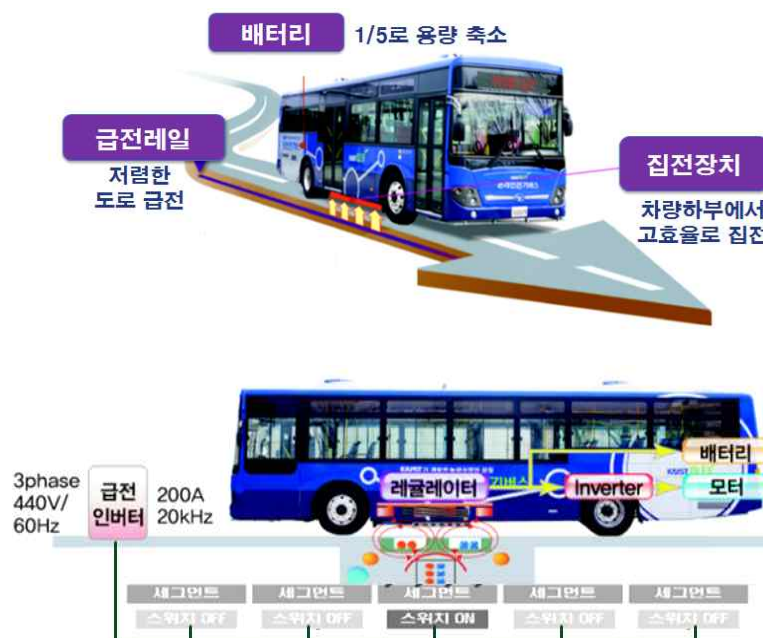
- 새로운 방식의 전기자동차 기술 개발을 통해 기존에 선진국들이 선점한 전기자동차 기술 시장에서의 경쟁력 확보
- 배터리 한계와 용량을 획기적으로 줄임으로써 전기자동차 보급에 기여
- 무선 충전 방식 전기버스 상용화 추진과 타 분야에서의 응용을 통한 무선 충전 기술의 표준화 주도

1장 기술의 정의 및 필요성

1절 기술의 정의

1. 기술의 정의

- 비접촉 전력전달방식의 친환경 대중교통 시스템은 실시간으로 에너지를 공급할 수 있는 급전 인프라와 주행 및 정차 중 매설된 급전라인을 통해 비접촉 자기방식에 의해 실시간으로 에너지를 공급 받아 운행하면서 배터리에 충전도 할 수 있는 무선 충전 전기버스를 의미함
- 급전라인을 통해 실시간으로 운행에 필요한 에너지를 공급 받아 사용하기 때문에 배터리 의존도가 낮아지게 되어 기존 전기자동차 배터리 용량의 약 1/5 수준으로 축소가 가능함
- 급전도로를 통해 운행 및 정차 중에 충전을 하기 때문에 접촉 충전방식의 전기자동차와 달리 충전 시설이 필요하지 않으며, 충전시에도 직접 충전선을 차량에 연결하지 않기 때문에 접촉 충전방식보다 편의성과 충전시의 안전성 확보가 가능함
- 급전시설이 없는 도로라도 차량에 있는 소규모의 배터리를 이용함으로써 자유로운 운행이 가능하여 배터리 및 급전도로 인프라 설치비용을 최소화하고, 급전인프라가 설치되지 않은 지역에서도 운행 할 수 있어 운행의 유연성을 확보하였음



< 그림 1. 무선 충전 전기버스 개념 >

2. 운행 방식별 작동 원리

- 온라인전기버스는 급전구간에서 정차 또는 주행 중에 충전 및 차량 운행을 하며, 비 급전구간에서는 급전구간에서 충전한 배터리를 통해 운행함. 운행 방식별로 크게 3가지 방식으로 구분할 수 있으며 각 상황에 따른 작동 원리는 다음과 같음
- 주행중 충전
 - 급전 구간을 주행할 경우, 급전선을 통해 공급 받은 에너지를 1차적으로 모터 구동에 활용하여 차량을 운행하며, 남은 전력은 배터리 충전에 사용
 - 전력전달 경로 : 급전인버터 ⇒ 급전선로 ⇒ 집전장치 ⇒ 레귤레이터 ⇒ 인버터 ⇒ 모터 구동 또는 배터리 충전
- 정차 중 충전
 - 차량이 주차장, 정류장 등에 정차상태일 경우에는 공급 받은 전력을 배터리에 충전 함
 - 전력전달 경로 : 급전인버터 ⇒ 급전선로 ⇒ 집전장치 ⇒ 레귤레이터 ⇒ 배터리 충전
- 비 급전구간 운행
 - 비 급전 구간에서는 배터리 전력만을 사용하여 운행함
 - 전력전달 경로 : 배터리 ⇒ 인버터 ⇒ 모터



< 그림2. 운행별 작동 방식 >

2절 필요성

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

- 서울시 시내버스의 경우 2007년 1,703억, 2008년 2,056억 적자를 내고 있음. 1Km 운행하는데 CNG 버스의 경우 연료비가 약 300원 정도 소요되지만 이를 전기에너지로 바꿀 경우 약 100원 정도의 전기료가 소요되므로 연료비를 1/3로 줄일 수 있어 경제성 확보가 가능해짐
- 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
- 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
- 현재까지 기 확보된 기술은 실용 수준의 기술로 차량부분에 중점을 두어 기술의 구현 및 주요 기술 확보를 주요 목표로 추진하였기 때문에 무선 충전 방식의 전기버스를 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
- 특히 상용화 기술을 개발하기 위해서는 기 확보된 기술들을 통합하여 현장에 적용하는 Test Bed 구축이 필수적이며, Test Bed 구축을 위해서는 차량 운행을 위한 급집전 시스템 기술의 보완과 차량에 전기를 공급하는 급전 도로의 시공방법 및 유지관리 기술 개발, 그리고 안전성과 신뢰성을 확보할 수 있는 인증 기준 마련이 필요함

2장 국내외 동향 및 환경분석

1절 국내외 정책동향

1. 국내외 에너지 환경 정책동향 및 분석

- 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

- 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

- 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

- 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)
- 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

- CO2 배출기준 자동차세 차등 적용
 - 유럽은 보급지원 정책으로 등록, 보유세 감면, 주차비 면제 등을 제공하고, 정부 보조금으로 1,500 유로정도를 지원하고 있음(이탈리 등)
- 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
- 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 중임
- 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 전기차 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

- 정부는 관련법을 개정(조세특례제한법, 지방세법, 도시철도법 시행령)하여 '09.7.1일부터 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 25.5km/ℓ 이상, 배기량 1000~1600cc 미만인 경우와 1600~2000cc 미만인 경우는 각각 20.6km/ℓ, 16.8km/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		
	공채 매입면제	200만원	도시철도법 시행령 별표2 카목 신설 ('09.7.1~'12.12.31 한시적 시행)	확정

※자료 : 지식경제부 보도자료, 2009년 6월 11일

- 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
- 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 장기저리 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

※자료 : 서울시 자료

다. 국내외 환경규제 동향

- 전 세계적으로 친환경 차량의 보급에 지원하면서 환경에 대한 규제를 점차적으로 강화하고 있는 상황임. 이에 따라 자동차 산업이 지금과 같이 환경 규제가 강화되는 상황에서 지속적으로 발전하기 위해서는 친환경 차량의 개발이 시급함. 특히 전기자동차 시장을 활성화하기 위해서는 접촉 충전방식의 배터리 전기자동차 이외에 비접촉 충전방식의 온라인전기자동차와 같은 새로운 방식의 전기자동차 개발도 추진해야함

<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

(1) 미국의 환경규제

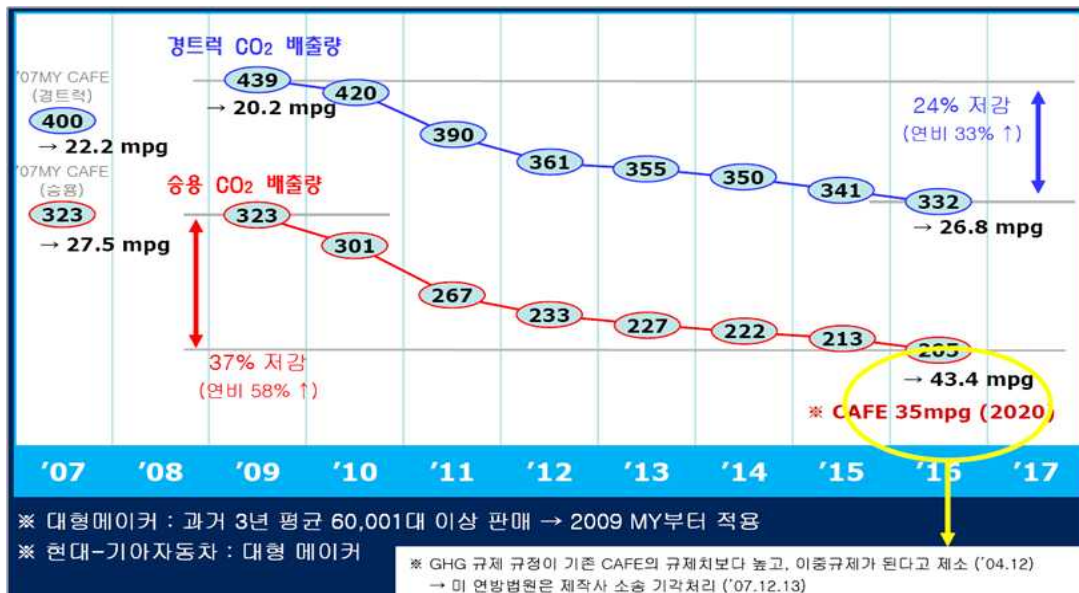
- 2009년 5월 미국은 자동차 배출가스와 주행거리 기준을 대폭 강화하는 조치 발표 (2016년까지 업체당 평균연비 35.3mile/gallon, CO₂ 250g/mile)
- 미국의 경우 LEV(Low Emission Vehicle), Tier 규제 등을 통해 2020년까지 현재보다 약 30% 보완된 연비를 요구하고 있음
- 미국은 하이브리드, 연료전지차의 판매 의무화를 통해 친환경차량의 시장을 창출함



<그림3 미국의 무공해차 규제현황>

※자료 : 지식경제부, '그린카 4대강국 도전전략' 2008.10

- 미국 캘리포니아 주의 온실가스 규제는 강화되는 추세이고, 2005년 9월 기준으로 12개주가 이미 CO₂, CH₄ 등의 온실가스 규제 법안을 최종 확정된 상태



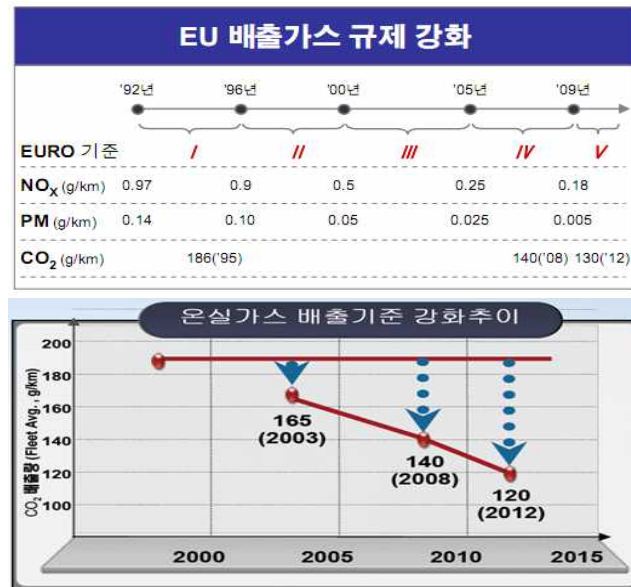
<그림4 미국 캘리포니아주의 CO₂ 규제추이>

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

- 그 외에도 폐차과정에서 생성되는 폐기물에 대한 유해물질 규약/유해고형폐기물 법 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

- 2008년 12월 유럽(EU)의회는 각국 정상들이 20-20-20(CO₂ 20%감축, 에너지소비 20%를 재생에너지로부터 조달, 20% 에너지소비 감소) 친환경법안 승인됨
- 온실가스 배출규제 EURO I~VI 기준은 강화하고 있으며 점차적으로 강제 법제화 되어가고 있음.
 - 2012년 CO₂ 평균배출량 120g/km로 강화. 기존의 권고방식에서 2012년 강제의 무방식으로 변경
 - 또한 CO₂ 배출량 규제를 설정하여 신차비중에 따라 벌금을 부과함



<그림5 유럽의 온실가스 배출규제 추이>

※자료 : Global Insight '07.4, JATO, CO₂ Report + 지식경제부, '그린카 4대강국 도전전략' 2008.10

<표9 유럽연합의 CO₂ 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, 4g 이상 시 추가 95유로 부과 - 2019년 이후에는 초과 g당 95유로 부과			

※자료 : 한국자동차산업연구소, '주간브리프' 2008년 12월

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

(3) 일본의 환경규제

- 배출가스 규제강화 시행 및 연비보완 의무화 방안발표 ('04년 대비 '15년 20%보완)
- 유럽의 폐차차량(ELV)과 유사한 자동차 리사이클법 시행('04년 이후)하고 있으며, 아울러 오래된 자동차를 보유한 운전자에게 과세를 강화하고 있음

(4) 중국의 환경규제

- 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
- 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

- 국내에서도 녹색성장 중심의 친환경정책과 더불어 연비와 자동차에 대한 환경기준을 강화하고 있는 추세임
- 국내는 기업평균 연비 제도를 2006년 1월 1일부터 도입하였음
 - 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)

- 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

2. 국내외 주파수 사용 동향

가. 국외 20kHz 관련 주파수 사용현황

(1) 일본

o 일본 무선충전방식 운용 현황

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

o 일본 20 kHz 전자파 인증 현황

- 현행 사용 중인 하네다 공항 셔틀버스의 무선전력전송은 20 kW급의 소출력이라 기존 1 mV/m를 만족하나, 150 kW급의 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 kHz가 ‘표준 시보’로 분배되어 있지만 실제 확인한 결과 20 kHz는 현재 사용되고 있지 않음.

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

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 kHz를 사용하고 있음

o 뉴질랜드도 자국 주파수 분배표 상에는 20 kHz가 ‘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: Re: [Question] 20kHz frequency permission from government
첨부 파일: PastedGraphic-3.pdf (14 KB); ATT00018.htm (39 KB)

Dear Yangbae

Thanks for your note and for your 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

- 독일은 WAMPFLER社라는 업체에서 비접촉 무선충전 시스템을 개발하여 보급 중에 있으며, 이 시스템 또한 20 kHz를 사용하고 있음.
- 독일의 경우도 EU 주파수 분배표 상 20 kHz는 ‘표준 시보’ 이나 현재 사용하고 있지 않음

나. 국내 20kHz 관련 주파수 사용현황

- 20 kHz는 국내도 주파수 분배표 상 ‘표준 시보’ 로 분배되어 있으나 현재 표준 시보는 2.5 MHz 및 5 MHz로 필요시에만 공급하고 있으며, 대부분 위성통신에 의한 GPS 기능으로 표준 시보를 제공함
- 국내 전파응용설비 사용 현황
 - 용광로의 용융온도 측정기로 20 kHz 이용 : 포스코 (대구전파관리소) 6개소 등 포함 총 13개소
 - 용융온도 측정기 및 우유 열처리 온도 측정기로 60 kHz 이용 : (주)남양유업 (서울전파관리소) 3개소 등 포함 총 12개소



○ 국내 통신설비 사용 현황

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

○ 방송통신위원회 주파수 분배 내용

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

1. 개정사유

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

2. 주요내용

- 19~21 kHz 및 59~61 kHz를 전파응용설비용으로 용도 신규 지정
- 대한민국 주파수 분배표 주석 개정 및 신설
 - 942~950MHz의 주파수대역에서 운용중인 방송프로그램 제작의 무선마이크의 주파수 이전기간을 2011년 6월 30일에서 2015년 6월 30일까지 연장(K91)
 - 19-21 kHz, 59-61 kHz 대역의 전파응용설비 사용조건 신설(K205)

3. 참고사항

- 가. 관련법령 : 생략
- 나. 예산조치 : 별도조치 필요 없음
- 다. 기 타 : 신·구조문대비표, 별첨

K91

942~959 MHz의 방송중계를 위한 고정국용 주파수는 2015년 6월 30일까지 사용하고, 이후에는 1.7MHz대역 또는 방송중계용으로 지정된 대역으로 이전하여야 한다. 다만, 950~959 MHz에서 사용중인 방송중계용 주파수는 2011년 3월 31일까지만 사용을 허용한다. 942~950 MHz의 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 kHz, 59-61 kHz 대역은 전파응용설비용으로 사용한다. 다만, 다른 무선국에 유해한 간섭을 주지 않고 사용하여야 한다.

부칙

이 고시는 2011년 5월 12일부터 시행한다.

2절 국내외 시장현황 및 전망

1. 개요

- 전기자동차는 내연기관의 엔진을 대신하여 외부로부터 충전된 배터리의 에너지를 사용하는 전기모터만으로 구동하는 자동차

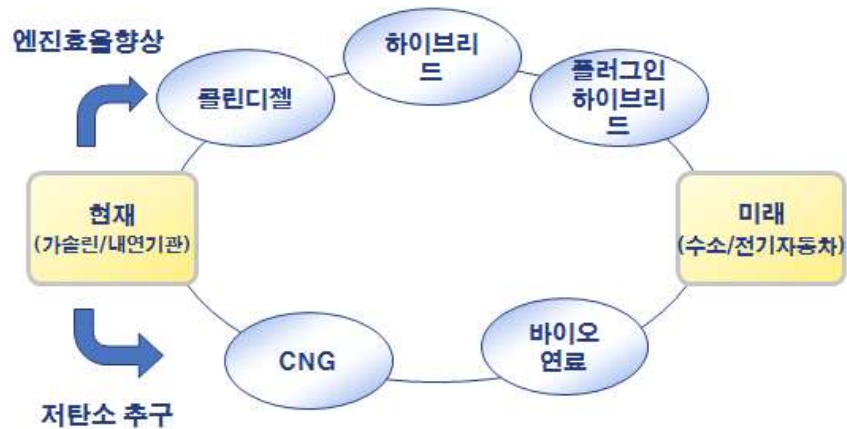


〈그림 11 전기자동차 충전 인프라 구축방안〉

※ 자료 : 한국 스마트그리드 사업단

2. 국내외 전기자동차 시장 전망

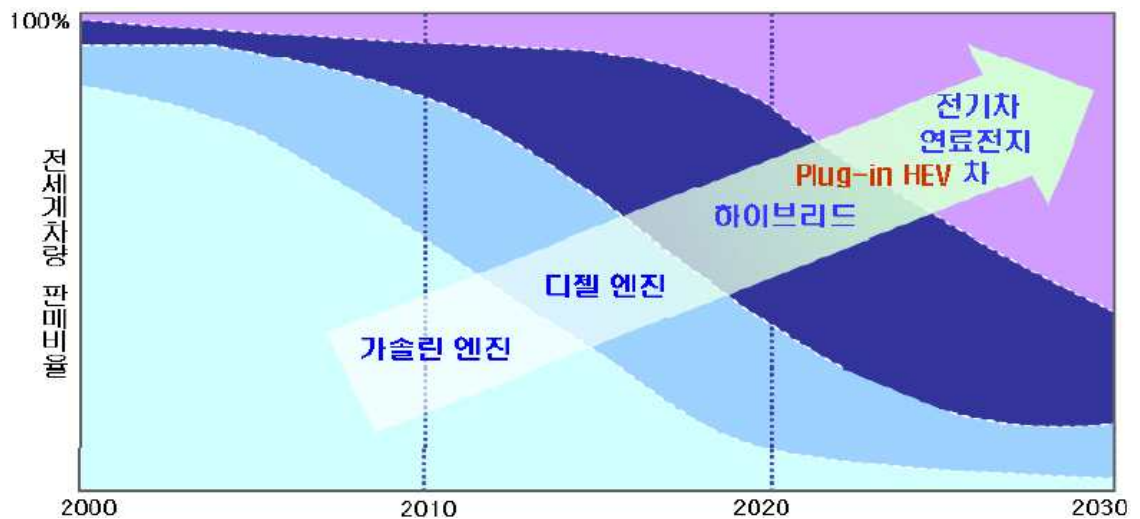
- 친환경 자동차 시장은 2009년부터 급속한 시장성장이 되고, 2015년경에 미국 내 친환경 자동차 시장은 2007년 대비 5배 이상의 성장을 전망함(출처 : EIA Annual Energy Outlook 2009)
- 미래의 자동차 구입기준도 연료의 효율과 환경 친화적으로 바뀔 예정임.
- 자동차 시장에서의 친환경차(Green Car, 그린카) 기술의 발전을 예측하기는 쉽지 않으나 장기적인 관점으로 보면 현재 판매되고 있는 하이브리드 자동차와 클린 디젤 자동차가 플러그인 하이브리드 자동차로 발전한 다음, 2020년 이후 수소 연료전지 자동차와 전기자동차 형태로 진화하는 것으로 대체적으로 의견이 일치하고 있음. 친환경차량의 비중은 지속적인 상승이 예상되며, 온라인 전기자동차는 전기자동차의 새로운 진화형태로 인식될 수 있음



< 그림 7 미래 그린카 발전 방향 >

※자료 : LG Business Insight 2009년4월 22일자

- 수소 연료전지와 배터리의 경우 연료전지의 촉매 및 배터리의 전극기술 등에서 꾸준한 발전이 이루어지고 있지만, 가격과 성능 부분에서 해결할 사항이 아직 많이 남아 있음
- 하이브리드 전기자동차 시장은 2015년까지 연평균 33%의 고성장이 예상 됨(2015년 400만대 시장 형성). 2025년 이후는 점차로 전기자동차 중심의 시장으로 변환이 예상됨
- 자금난에 시달리는 GM등 미국 자동차 메이커보다는 기술적, 경제적으로 앞선 일본 자동차 메이커가 시장의 주축을 이룰 전망이다



<그림 13 친환경 자동차 시장 전망>

※자료 : Holden Advanced Engineering

가. 해외 전기자동차 수요전망

- 전기자동차의 향후 시장 전망은 조사 관점이나 조사 주체, 조사 시기에 따라 다양한 예측이 제시되고 있으나 그 비중이 급속히 증가할 것이라는 공통된 예측을 보임
- 미국 보스턴 컨설팅 그룹
 - '20년에 전기자동차와 PHEV 등 전지를 주동력으로 하는 자동차의 전 세계 판매대수가 300만대를 전망
 - 전기자동차는 서유럽을 중심으로, PHEV는 북미를 중심으로 '20년에 각각 150만대씩 판매될 수 있을 것으로 전망
 - '20년의 대표적인 친환경차는 여전히 HEV로 1,100만대 판매전망
- 프로스트 앤 설리반 컨설팅
 - 표준적인 예측에서는 '15년에 121만대의 전기자동차가 판매되고 2020년에는 전체 승용차 판매대수의 7%를 전기자동차가 차지할 것으로 전망
- 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
- 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
- 노무라연구소
 - '15년 전기자동차에 대한 전 세계적 수요는 전 세계적으로 50만대에 이를 것으로 예상
 - '20년에는 전 세계 자동차 수요의 10%인 600만대를 예측
- J.D Power-'09년 7월
 - 서유럽에서의 전기자동차 시장전망 조사결과에 따르면 유가변동, 기술력 향상에 따라 '20년에 31만~107만대 수요 예측

나. 국내 전기자동차 수요전망

- 서울시가 '10년 상반기 근거리 저속자동차 35대 업무용으로 활용하고, 하반기 현대 - 기아차에서 시제품으로 약30대를 제작하여 제주실증단지 및 관공서에 배치하여 운행할 예정이나, '11년 하반기부터 양산품 전기자동차가 출시될 전망
- 전기자동차 양산체계가 구축되고, 관련법·제도가 보완되는 '12년을 기점으로 전기자동차가 본격적인 판매가 예상
- '12년 약 4,000대 수준의 판매 예상되며, 이 후'15년까지 연평균 200%의 고도 신장세가 예상됨
 - '20년 기준 총 내수의 약 20%인 100만대 전기자동차 보급예상
- 차종별 전기자동차 생산물량 예측
 - 초기단계에는 소형차 및 경차 위주로 보급, '20년 이후 중·대형차까지 전기자동차의 개발 및 보급 확대 예상

<표 12 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

다. 국내외 전기 버스 출시 현황

(1) 해외

- 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



<그림 14 미국 배터리 전기버스 출시내역>

o 호주 : 틴도 (Tindo) 전기버스

- 호주 애들레이드에서 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



<그림 15 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



<그림 16 스위스 취리히의 노면전철과 버스>

○ 중국

- 중국은 이미 상당수의 전기버스를 운행 중
- 항저우(杭州)에서는 지난 4년 전부터 완양의 전기버스가 운행되었음.

(2) 국내

- 청강문화산업대학의 교내순환버스를 미니 전기버스로 적용함. 향후 온라인 전기 자동차를 이용해서 이와 같은 국공립학교를 중심으로 교내 무료셔틀버스 시장의 진입이 가능하다고 판단됨



<그림 17 청강문화산업대학 교내 순환 미니전기버스>

※자료 : <http://www.chungkang.ac.kr/>

- 현대차에서는 2006년 연료전지버스 독자 개발에 착수함

- 200kW급 연료전지를 탑재해 독자 제작한 이 버스는 외관이 일반 버스와 동일 하지만 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



<그림 18 현대차 연료전지버스>

- 한국화이바의 땅콩 모양 전기버스 개발 및 시범운행
 - 서울특별시의 지원으로 한국화이바와 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 가능하도록 하며 차체 경량화를 달성함.
- 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.
- 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 19 PEV 전기버스 - 프랑스에서 운행되는 레오모터스 전기버스 모델>

3절 기술동향 분석

1. 개요

- 전기차 상용화에 가장 중요한 요소인 충전 방식에 대한 다양한 기술이 개발되어지고 있음
- 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
- 배터리 교환식 충전 방식은 전기차 초기 구입비용을 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 과도한 설비투자비가 필요하므로 효율성 검토가 필요함
- 비접촉 충전 기술은 효율(80% 수준)은 상대적으로 낮으나 안전성이 높고 주행의 자율성을 보장해줄 수 있어 현재 정차 중 비접촉 충전 기술뿐만 아니라 주행 중 비접촉 충전 기술에 대한 요구가 증대하고 있고 보급을 위한 기술 개발이 활발히 이루어지고 있음

2. 접촉식 충전 기술

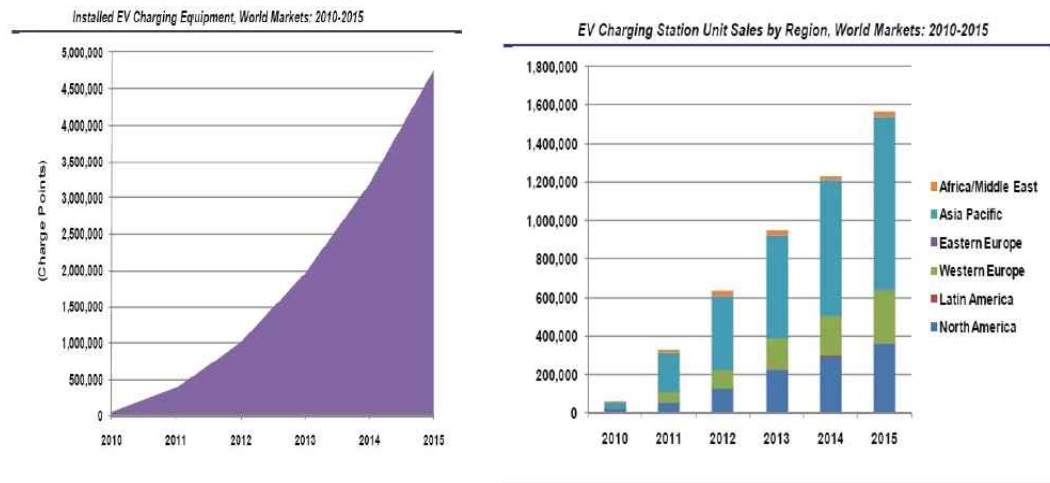
- 전 세계적으로 충전인프라 개발 및 구축은 초기 단계로서 충전기 인터페이스 등 관련 표준은 확립되지 않은 상황임
- 일본 및 미국, 유럽 등 각국은 자국의 전기자동차 산업 육성정책에 맞추어 다양한 규격의 접촉식 충전기 개발을 추진 중
- 일본 50kW급, 미국 200kW급, 유럽의 일부 국가에서는 300kW급 급속 충전기 개발 중

<표13 주요 제조사 충전기 개발 현황>

회 사 종		입 력 전 압 (Vac)	출 력 전 압 (Vdc)	정 용 량 (kW)	출 력 전 류 (A dc)	분 류	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



<그림 15 충전기 세계 시장 전망>

※ 자료 : Pike Research

- 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

3. 배터리 교환식

- 충전 대신 충전된 배터리로 교체하는 방식으로 베타플레이스란 미국 실리콘 벨리의 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



<그림 16 배터리 교환소>

- 베타플레이스의 전기차 프로젝트는 리튬이온 배터리를 싼 가격이나 무상으로 공

급하는 대신 전기를 판매해 수익을 내는 사업 모델임

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

〈그림 17 PBP의 개요〉

※자료 : 한국자동차 산업연구소 전기차 조기상용화 가능성과 신비즈니스,2008.9

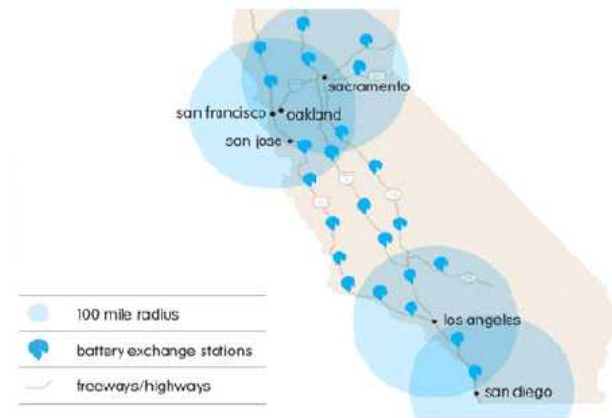
○ 보급 현황

- 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

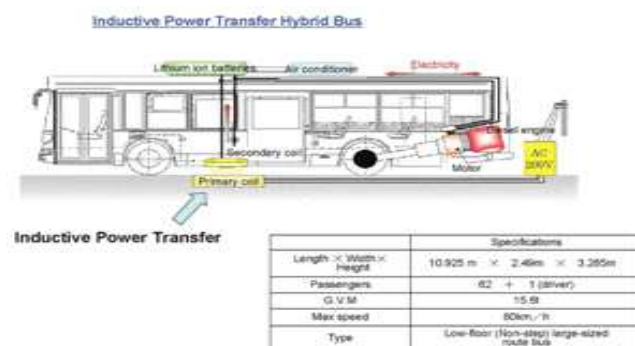


<그림 18 캘리포니아 지역 배터리 교환소 건설 계획>

- 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 7.8조에 해당. 이스라엘 Project Better Place 홈페이지 자료 인용)이상의 소요비용이 추가로 예상됨. 이외도 추가적으로 보조 충전시설이 별도로 요구될 수 있어 현실적 타당성이 적어 보임

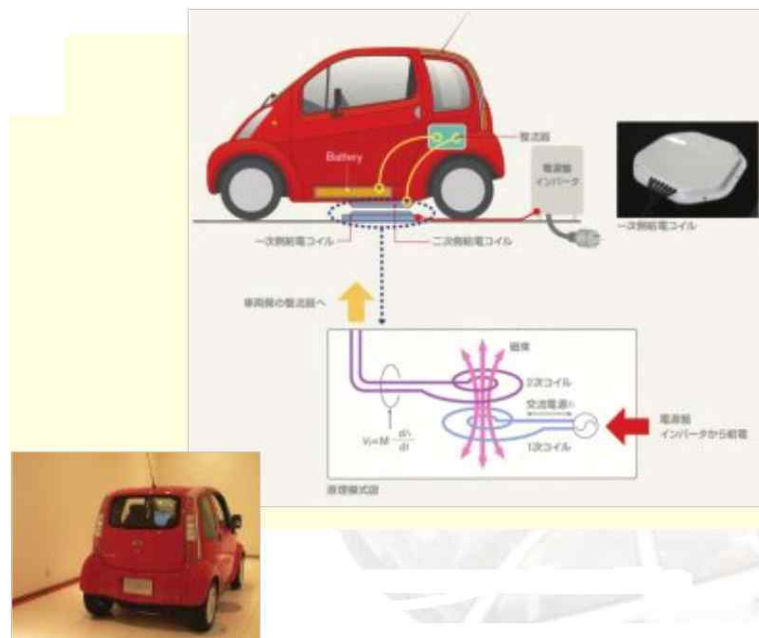
4. 비접촉 충전 기술

- 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



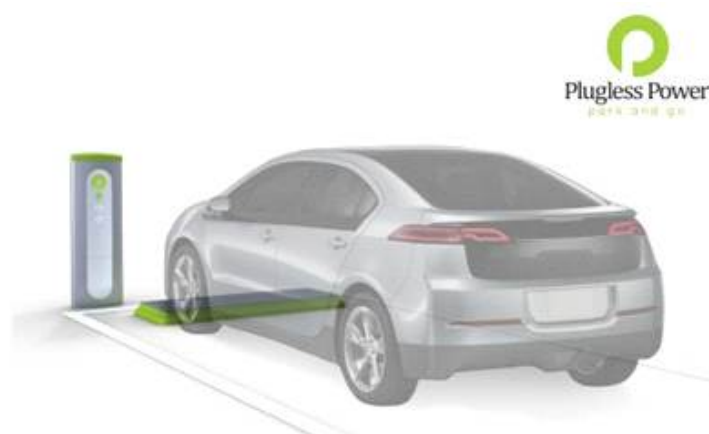
<그림18 일본 정차중 비접촉 자기충전 기술>

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



<그림 20 닛산의 하이퍼미니 비접촉 충전시스템 적용>

- 미국 버지니아에 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



<그림 21 에바트랜의 플러그리스 파워>

- 델파이오토모티브는 무선 에너지 전송 기술 공급업체인 와이트리시티(WiTricity Corp.)와 제휴를 통해 가정용 / 상용 무선 충전 인프라 시스템 개발 계획을 받

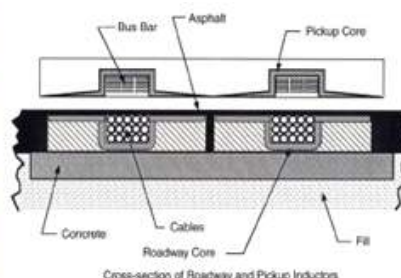
포함 (2010년 10월)

- KAIST에서는 공진형 자기유도 기술을 적용하여 주행 중 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.
- 비접촉식 충전 방식은 현재 기술적인 완성도를 높일 필요성은 있으나 비접촉으로 인해 안전하고, 주행의 자율성이 보장되어 대중 교통시스템에 가장 적합한 대안으로 대두되고 있음

4절 연구개발 인프라 분석

1. 국내외 주행 중 비접촉 충전 방식 기술 개발 현황

- 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
- 미국 PATH 프로젝트: 1989~1996년 전기자동차에 전력을 공급해 줄 수 있는 테스트 트랙을 도심에 설치하여 일부 버스 정류소에서 충전실험 실시(PATH,미국)
 - 전력 공급 효율문제 : 도로상 설치된 케이블선과 코어 등에서의 손실로 인해 최대 60%의 낮은 효율 확보
 - 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 현격하게 감소함.
 - 비싼 케이블과 코어가격으로 인해 도로 인프라 건설비 과다 (0.74~1.22 M\$/km)



〈그림 22 미국 PATH 시스템 적용 버스 및 기술구성도〉

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



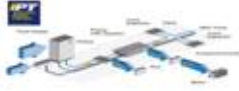
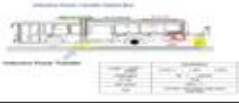
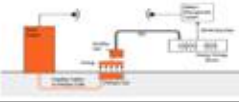
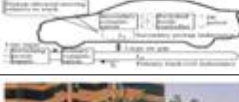
<그림 23 Bombardier의 PRIMOVE 시스템 및 독일 Bautzen의 시험라인>

- o 국내에서는 KAIST가 09년부터 공진상태에서 자기장 형상화 기술인 SMFIR(Shaped Magnetic Field in Resonance) 기술을 적용하여 주행 및 정차 중에도 충전이 가능한 비접촉 충전 방식의 원천 기술을 확보하였으며, 실용화 및 상용화를 위해 지속적으로 기술 개발 추진 중에 있음
 - 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 개발
 - 2010년 11월에는 미국 타임지에서 2010년을 빛낸 세계 50대 발명품으로 선정



<그림 24 KAIST가 개발한 온라인전기자동차 및 집전구조>

<표 14 주요 기술별 비교>

구분	기술 방식	연구 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

5절 종합분석

1. 정책 동향 분석

- 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
- 트램에 비교해서 전기버스는 초기자본이 적게 투입되고 트램에 비하여 운행이 자유로와 지자체/정부의 선호도가 있을 것으로 예상
- 전기버스 시장의 후발 주자로 현재 실용시제품 개발단계인 온라인 전기버스 개발 사업을 성공적으로 추진하기 위해서는 산학연계 및 정부, 지자체의 지원과 협업을 통해 조속히 상용화 제품을 개발하고 세계 시장에서 표준을 선도해 나가야 함

2. 경제 동향 분석

- 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
- 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

3. 기술 개발 동향 분석

- 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
- 친환경 자동차 시장의 대체 위협자인 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
- 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

4. 기술수요 및 예측

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

3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절 비전 및 목표

1. 비전



- 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
- 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
- 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 Test Bed의 구축이 반드시 필요함
- 본 과제에서는 비접촉식 충전기술의 상용화를 위한 보와 및 검증·인증이 필요하기 때문에 '주행 중 급전 및 충전이 가능한 전기버스 시스템 Test Bed 구축/평가 및 최적화'를 본 사업의 목표로 선정하였음
- 기술의 성능 보완과 이를 통하여 Test Bed 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 Test Bed 구축을 추진할 예정임

2. 목표

o 연구 목표

- 기 확보한 주행 및 정차 중 충전이 가능한 비접촉 전력전달방식의 전기버스 시스템 기술의 상용화 추진을 위하여 핵심 부분인 시스템 통합 기술, 급전도로 시공 및 유지관리 기술, 급/집전 시스템의 성능을 보완하여 기술의 현장 적용을 위한 Test Bed 구축 및 운영으로 얻어진 feed back을 통하여 기술의 최적화와 표준화 및 인증을 확보하여 비접촉 전력전달방식 친환경 대중교통시스템(전기버스)의 상용 보급 가속화 추진

o 세부 연구목표

- 통합 시스템 검증 및 운영관리기술 개발
 - 표준인증 및 실증 Test Bed 구축과 통합시스템 검증을 위해 최적 설계 및 통합 기술에 의한 무선충전 전기버스의 Test Bed를 선정하고 설계한 후 그에 따른 Test Bed 구축 및 현장 적용 최적화를 구현하는 것을 목표로 함
 - 통합시스템 운영관리 기술 개발을 위해 OLEV 최적 입지 기준 및 운영 관리(배차 간격, 신호 관리, 정류장 운영 및 긴급 상황 대비 안전 관리)의 교통 운영 대응 방안을 개발하고 악천후, 폭설/폭우, 침수 상황 시 안전 대응 방안을 개발하는 것을 목표로 함.
- 무선 충전 급전 도로 시공 및 유지 관리 기술 최적화
 - 도로미관을 고려한 급전 인버터 설치 기술 보완 및 최적화를 목표로 함.
 - 안전을 고려한 급전선로 부품 보완 및 최적화를 목표로 함.
 - 10kV 이상의 절연 전압을 만족하고, 120 °C의 고온에 고신뢰성을 가지는 급전 케이블 시제품 성능 보완을 목표로 함
 - 차량진입센서와 인버터간 1% 미만의 통신오류를 만족하는 고속/고신뢰성의 자기장 통신 모듈 시제품 성능 보완을 목표로 함
 - 차량하중에 대한 발현 강도로 압축강도 30MPa이상, 휨강도 4.5MPa를 만족하는 급전도로 구조의 성능 보완을 목표로 함

- 급전선로 각각의 구성품에 대한 시공 및 유지보수의 방법과 급전도로 포장 및 보수 공법을 연계한 효율적인 급전도로 시공 및 유지관리 기술 보완을 목표로 함
- Test Bed 구축을 통한 급전 인프라 도로 시공 및 유지관리 기술의 현장 적용으로 최적화를 목표로 함
- 급/집전 시스템 성능 보완 및 최적화
 - 도로환경, 전력품질, 인체안전 및 고주파 접지 기준을 만족하는 급전 인버터 시스템의 성능보완 및 최적화를 목표로 함.
 - 다양한 저상 전기버스에 범용으로 차량 장착 가능한 차량, 도로환경 및 안전 기준을 만족하는 집전장치의 성능 보완 및 최적화를 목표로 함.
 - 저상 전기버스 장착을 고려하는 차량 환경 및 안전기준을 만족하는 레귤레이터의 성능 보완 및 최적화를 목표로 함.

2절 기술개발에 따른 미래상

- 효율적인 비접촉 전력전달 방식의 개발은 향후 많은 분야에 다양한 혜택의 제공이 가능함
- 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
- 전기 버스 적용
 - 전기 버스 적용시 직접 충전 방식보다 적은 배터리로 운행이 가능하고, 고속 충전시 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 25 접촉식 충전 방식>



<그림 26 주행중 비접촉 충전 방식>

- 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 27 상부가선 노면전차>



<그림 28 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 29 상부가선 고속철도>



<그림 30 비접촉 충전방식을 적용한 고속철도>

가. 표준통합 시스템 성능검증 및 운영관리기술 개발

(1) 표준급전 인프라 구축 및 성능 검증

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

(2) 차량통합기술 및 성능 검증

- 무선충전식 전기버스에 대한 표준인증 및 실증 급전 인프라 구축과 차량 성능 및 안전에 대한 각 인증 기술 확보
- 실차 공인 인증 기술 개발을 통해 공인 인증 능력을 획득하고 무선 충전식 전기 버스 보급을 촉진
- 무선충전 전기버스의 집전장치 및 레귤레이터 장착 기술 개발을 통하여 무선충전방식의 자동차 상용화 촉진
- 표준 기술 확보를 통해 세계의 친환경 전기버스 시장을 선점하여 제품뿐만 아니라 개발 기술까지 수출 가능
- 인증 기술 확보를 통해 안정성과 신뢰성이 확보된 친환경 대중교통 전기버스시스템을 전 세계로 보급 확대

(3) 통합 시스템 운영관리 기술 개발

- 급전인프라 및 차량 설비의 감시 및 유지보수 기술 확보
- 무선 충전 시스템의 최적 계획(입지) 및 교통 운영 대응 방안 개발
- 악천후, 폭설/폭우, 침수 상황 시 안전 대응 방안 개발
- 급전인프라 및 차량 운영관리 시스템을 통한 다양한 이용자 부가서비스 제공 기술 확보
- 무선충전식 전기자동차의 통합 운영관리 시스템 구축을 통한 전체 시스템 안정화 및 국제 표준화 주도
- 급전인프라의 통합 시스템 운영관리 기술 구축을 통한 전체 시스템 안정화 및 국제 표준화 주도



구분	As-Is	To-Be
표준 급전인프라 통합 기술	- 급전인프라 관련 통합 구축 기술 확보 · 기본적 전기안전, 전자파안전 및 성능에 대한 안전 확인	- 표준 급전인프라 구축 및 유지보수 기술 개발 - 표준 급전인프라 최적 시뮬레이션 Tool 개발 - 표준 급전 인프라의 적합성 인증을 위한 인증 도구 기술 개발
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
통합시스템 운영관리 기술 개발	- 교통 운영 대응 방안 개발 - 운영 관리 시스템 관련 Network 구축 기술 확보	- o 교통 운영 및 안전 운영 대응 방안 개발 - 무선 충전 시스템 최적 계획(입지) 및 교통 운영 대응 방안 개발 - 악천후, 폭설/폭우, 침수 상황 시 안전 대응 방안 개발 - 차량(레귤레이터, 픽업 등) 및 급전인프라에 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 공중 차량 및 공중 인프라 Agent 현장 적용 최적화 - 자원 관리를 위한 공중 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 Test Bed 현장적용 및 최적화를 통해 상용화 단계까지 연구를 진행할 예정

구분	As-Is	To-Be
급전선로	- 현재까지의 급전선로는 실용수준의 성능 만족 단계로 연구가 수행되어옴 - 실용화를 위한 정격 출력(100kW) 및 급집전효율(80%) 만족 - 내환경성/내구성/신뢰성/유지 보수 측면의 연구 개발 필요	· 급전선로의 성능 만족뿐만 아니라, 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

- 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
- 2009년도 교육과학기술부 과제를 통해 차량하중에 안전하고 도로환경을 고려한 급전도로 구조 기술 개발로 기초연구단계까지 연구개발이 진행되었음
- 2010년도 지식경제부 과제를 통해 현장타설형 급전구조물에 비해 신속한 시공이 가능한 프리캐스트형 급전구조물을 제작하여 기존도로에 설치함으로써 시작품 성능평가 단계까지 연구개발이 진행되었음
- 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 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.	- 콘크리트를 제외한 급전시스템 구성요소(급전코어, 케이블, 보호관, 자기장센서 등)의 모듈화로 현장타설형 급전도로 시공시 구성요소의 현장조립 시간을 절감할 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 설치하기 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

	- 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.	- 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 시공기간 일 줄아진 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

- 2009년도 교육과학기술부 과제를 통해 60kW 집전 출력, 60% 급집전 효율 및 기계적 세그먼테이션 동작이 가능한 급전 인버터 기술 개발로 기초연구단계까지 연구개발이 진행되었음
- 2010년도 지식경제부 과제를 통해 100kW 집전 출력, 80% 급집전 효율 및 전기적 세그먼테이션 동작이 가능한 급전 인버터 기술을 개발함으로써 시작품 성능평가 단계까지 연구개발이 진행되었음
- 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

- 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
- 2009년도 교육과학기술부 과제를 통해 60kW 집전 출력, 60% 급집전 효율이 가능한 집전장치 기술 개발로 기초연구단계까지 연구개발이 진행되었음
- 2010년도 지식경제부 과제를 통해 100kW 집전 출력, 80% 급집전 효율이 가능한 집전장치 기술을 개발함으로써 시작품 성능평가 단계까지 연구개발이 진행되었음
- 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 test bed 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 실용 수준의 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

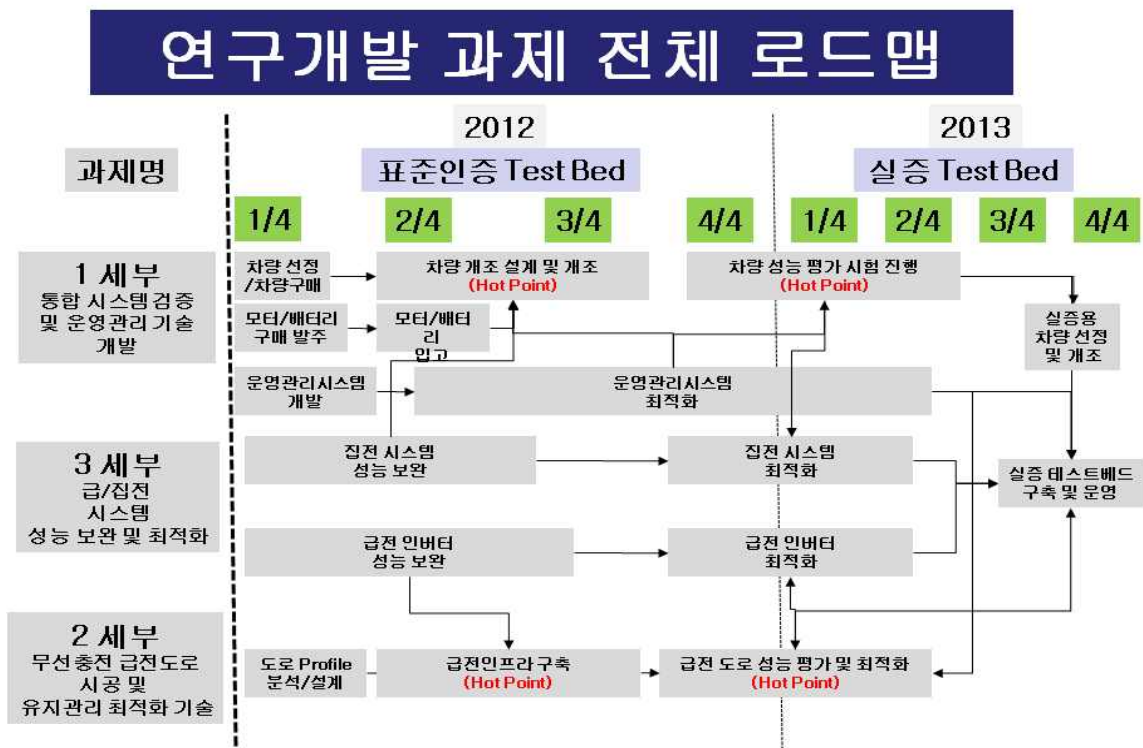
(3) 레귤레이터

- 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
- 2009년도 교육과학기술부 과제를 통해 60kW 집전 출력, 60% 급집전 효율이 가능한 레귤레이터 기술 개발로 기초연구단계까지 연구개발이 진행되었음
- 2010년도 지식경제부 과제를 통해 100kW 집전 출력, 80% 급집전 효율이 가능한 레귤레이터 기술을 개발함으로써 시작품 성능평가 단계까지 연구개발이 진행되었음
- 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 실주행 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

3절 연구개발과제 구성

- 비접촉 전력전달방식을 사용하는 친환경 대중교통시스템(전기버스)의 상용화 추진에 필요한 현장적용 및 표준 급전인프라 구축을 위하여 통합시스템 검증 및 운영관리기술 개발, 무선 충전 급전 도로 시공 및 유지관리 기술 최적화, 급/집전 시스템 성능 보완 및 최적화의 3개 세부 과제를 선정하여 기술 개발 추진 예정
 - 표준 통합시스템 성능 검증 및 운영관리기술 개발
 - 무선 충전 급전도로 시공 및 유지관리 기술 최적화
 - 급/집전 시스템 성능 보완 및 최적화
- 2년간의 연구기간을 1차년도와 2차년도로 구분하여 1차년도에는 주요 인증기관과 밀접하게 연계하여 그 곳에 표준인증 급전인프라를 구축하여 성능, 안전, 신뢰성에 대한 객관적 평가를 통해 “제품”으로서 효용 가치를 지닐 수 있도록 기술 수준 보완을 추진
- 2차년도에는 지자체와 매칭 펀딩을 통하여 실증적으로 공공도로 상에서 운행할 수 있는 수준의 시험운영 급전인프라 구축 계획을 수립하며 특히, 1차년도에는 상용화를 목표로 하여 각 기술별 현장적용과 차량/인프라 표준인증 급전인프라를 구축하여 이를 통한 강도 높은 신뢰성 주행/운영 중 얻게 되는 feed back을 통하여 각 기술별로 제품으로서 가치를 지니는 상용화에 최적화되도록 각 과제별 연구목표 추진



4절 세부과제별 주요내용 및 추진 전략

1. 통합 시스템 검증 및 운영관리기술 개발

가. 연구개발 목표

(1) 최종목표

- 표준통합 시스템 성능검증 및 운영관리기술 개발

(2) 세부목표

(가) 표준 급전인프라 구축 및 성능 검증

- 급전인프라 시험운영구간 구축(표준인증 급전인프라, 시험운영 급전인프라)
- 급전인프라 성능 검증

(나) 차량 통합기술 및 성능검증

- 무선 충전 전기버스 최적설계를 통한 성능 개선
- 차량 시퀀스 안전 및 제어기술

(다) 통합시스템 적용성 검증 및 운영관리 기술

- 통합 운영관리 시스템 개발
- 무선 충전 시스템의 최적 계획(입지) 및 교통운영 대응 시스템 기술 개발

나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

(1) 연구개발 필요성

- 실차 인증을 획득하기 위한 차량 표준인증 급전인프라 개발 필요
- 실차 적합성을 인증하기 위해 표준인증 급전인프라 및 시험운영 급전인프라 구축이 필요
- 급전인프라 및 차량의 최적설계를 위해서는 다양한 환경(도로 길이, 정차장의 수, 운행 차량의 수, 도로의 경사도, 구축비용 등등)을 고려한 시뮬레이션 도구 필요
- 차량 에너지 효율을 보완할 경량화 구조 및 유지보수 간소화를 위한 시스템 장착구조 기술 필요
- 급전인프라의 구성 시스템에 대한 성능, 안정성(Stability), 전기안전, 전자파안전, 신뢰성 평가 및 인증 필요
- 악천후, 폭설/폭우, 침수 상황 시, 긴급차량 전자장비/통신기기 안전 대응방안 개발

필요

- 효율적 차량 운행 관리를 위하여 차량-인프라 간 로컬 망 구축 필요
- 안정적이고 효율적인 차량 및 급전 인프라 통합 운영 관리를 위하여 급전/집전 설비 및 차체의 실시간 감시 및 제어가 가능한 통합운영시스템 성능 보완 필요
- 표준화된 로컬/광역 Network 시스템 내 자원들에 대한 실시간 관리를 위한 광역 운영관리 시스템 (교통관제소와 연동되는 시스템 구축) 현장 적용 최적화 필요

(2) 정부 지원 필요성

- 표준인증 인프라 구축과 인증 기술 개발은 친환경 대중교통 시스템의 상용화 및 보급을 위한 적용 가능성을 판별하는 매우 중요한 종합 기술로서 기존 상용차량과의 호환성과 실용성을 확보하기 위해 관련 정부부처 간 상호 유기적인 인증 시스템을 확보하여 공인 인증에 대한 전문성과 객관성을 보증하는 표준 제정 및 안전 규격 제정 필요
- 무선충전식 전기자동차의 부품뿐만 아니라 완성차 제조 산업의 상품 경쟁력을 높여 치열한 해외 시장 경쟁에서 부가가치를 창출하기 위해서는 정부차원의 시험 운영 급전 인프라 구축 기술 개발 지원과 표준화 필요

다. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

(1) 차량 및 급전인프라 통합 기술

- 표준인증 인프라 및 시험운영 급전인프라 구축 기술 개발의 계획서에 명시되어 있는 급전 인프라 구축 관련 연구를 기준으로 기존 연구과제와의 중복 가능성과 타 부처에서 진행 중인 연구개발사업과의 중복 가능성 검토
 - 전기안전 인증과 관련하여 2010년과 2011년에 걸쳐 지식경제부 산하 전기협회에서 주관하여 “전기안전적합성평가위원회”를 통해 기본적인 전기안전성을 평가 받았으나 이는 객관적으로 평가 및 인증할 기준이 없는 관계로 서울대공원 등에서 운영되는 무선충전식 코끼리열차에만 제한되어 수행한 기초적인 전기안전 평가이므로 시스템 전체에 대한 객관적이고 표준화된 인증평가 기술 개발과는 차이가 있음
- 본 사업은 국내에서 처음으로 시도되는 무선충전식 전기버스를 상용 제품 수준으로 이끌기 위한 차량과 급전인프라에 대한 시스템 통합 기술 개발로 기존 급/집전 원천 기술 확보 과제(교과부 과제)와 원천 기술을 바탕으로 한 성능 향상을 도출하는 실용 수준 성능 향상 과제(지경부 과제)와는 중복되지 않음
 - 본 과제는 일반적인 성능 검증 평가를 하는 것이 아니라 차량을 포함하여 급전인프라 전체에 대한 최적 설계 시스템 Tool 개발에서부터 그 Tool을 적용한 시스템 설계와 각 시스템 인증을 위해 주요 인증기관과 연계한 표준인증 Test Bed 구축과 이 기술을 바탕으로 지자체와 연계하여 실제 공용도로에서 운영하

여 상용 운영이 가능한 수준의 Test Bed 구축을 꾀하는 진보된 상용 기술을 개발하는 것이므로 기존 교과부 및 지경부 과제의 결과를 본 과제 수행을 위한 기초연구 자료로는 활용 가능할 것으로 판단됨

지원 부처	과제명 (수행기관)	연구기간	기술분류	연구개요	중복성 검토 및 연계 방안
교육 과학 기술부	온라인전기자동차 핵심 검증 시험 장비 개발 (KAIST)	2009.5 ~ 2009.12	차량검증	- 전기차 구성 요소의 내환경성/내구성 평가 장비 확보 - EMI/EMC 검증 시험용 시설 및 기술 개발	기본적인 전기차 부에 대한 자체 평가를 위한 장비 확보에 대한 것으로 인증 기준과 평가 방법을 개발하는 본 과제와 연관성은 없으나 평가결과를 참조하여 기초연구 자료로 활용 가능
지식 경제부	온라인전기버스 스용 Test Bed 구축 및 평가기술 개발 (KAIST)	2010.5 ~ 2011.7	차량검증	- HILS 기반 전기버스 통합 평가 규격 및 평가 시스템 개발 - 성능, 신뢰성, 안전성 평가 기술 개발	전기버스 내부 각 시스템별 통신 방식인 CAN을 이용하여 전기버스의 상태진단을 위한 장치와 기본적인 성능, 신뢰성, 안전성에 대한 평가방법을 만들었으나, 시스템통합을 통한 최적 설계 구조 개발과는 차이가 있으나 그 평가 방법을 기초연구 자료로 활용할 수 있음

(2) 통합시스템 운영관리 기술 개발

- 본 사업의 계획서에 명시되어 있는 운영관리관련 연구를 기준으로 기존 연구과제와의 중복 가능성과 타 부처에서 진행 중인 연구개발사업과의 중복 가능성 검토
 - 지식경제부에서 자기장 통신 기반 운영 관리시스템과 유사한 과제를 진행 중이나, 본 과제는 차량과 같은 이동체와 급전인프라를 교통관제센터와 연동될 수 있도록 통합적으로 운영관리하고 긴급 상황 및 천재지변에 의한 비상 상황에서 시스템 전체를 통합적으로 제어 관리할 수 있는 과제라는 점에서 차이가 있음
- 본 통합 시스템 운영관리 기술은 무선충전식 전기버스에 대해 기존 교통관제센

터와 연동하여 제어 관리하는 국내에서 처음으로 시도되는 사업으로 기존 과제와 타 부처 사업과 중복되지 않음

- 자기장 통신을 이용한 운영관리 시스템과 관련된 기존에 수행한 유사한 과제가 있으나, 본 과제는 보다 기술적으로 진보된 무선충전식 전기버스와 급전인프라의 통합 운영 및 제어하는 기술을 개발하는 것이므로 기존 과제를 본 과제 수행을 위한 기초연구 자료로는 활용 가능할 것으로 판단됨

지원 부처	과제명 (수행기관)	연구기간	기술분류	연구개요	중복성 검토 및 연계 방안
지식 경제부	전력선에서 발생한 자기데이터의 수집/전송/정 보화 기술 ((주)EMF Safety)	2008.11 ~ 2009.10	자기장 통신	- 교정용 정밀 자기 발생 장치 설계 및 개발 - 광대역 3축 자기 센서 설계 및 제작 - 항온, 방수 장치 개발 - 관리 서버 개발	자기 발생장치를 개발하고, 이로부터 발생하는 자기장을 센싱하기 위하여 자기 센서를 설계 개발한 과제로 본 과제의 연구와 중복성 없으며 자기장을 센싱하기 위한 센서 시스템 개발 관련 기초 연구 자료로 활용 가능
건설 교통부 / 과학 기술부 / 산업 자원부	차량진단 처리 및 열차 제어 시스템 개발 (현대중공업)	2000.10 ~ 2001.10	차량 운행 관리	- TCN(Train Communication Network)으로 구성된 열차 관리 시스템 개발 - 승무원의 운행 지원 및 편의를 위한 GUI 개발 - 실시간 고속 전철용 차량진단 처리 및 열차 제어 시스템 개발	열차 내 운행 관리(로컬 망)를 위한 로컬 네트워크를 이용한 관리 시스템 및 GUI를 개발한 과제로 자기장 통신 및 무선 통신기반 차량(로컬 망) 및 인프라(광역망)를 원격으로 관리하는 본 과제 연구와는 중복성 없으며, 차량내 정보를 획득하고 관리하기 위한 In Vehicle Network 관련 기초 연구 자료로 활용 가능
교육 과학 기술부	광역도로 급전/집전 종합제어 시스템 시험시제품 개발 (KAIST)	2009.5 ~ 2009.12	인프라 종합 관리/제어	- 급전/집전 설비 및 차체를 포함한 전 설비 관리 시스템 개발 - 광역도로 급전/집전 시스템 관리를 위한 로컬 망 구축 및 통신 프로토콜 원천 기술 개발	무선 통신에 의한 차량의 자원/구성/상황/성능/보안 등을 관리하기 위한 종합 관리 시스템의 원천 기술 개발과 관련된 과제로 본 연구 과제와 비슷하나, 자기장 통신 기반 및 무선 통신 기반 로컬 및 광역 망 관리 시스템의 프

					로그 및 구현 Source code 개발인 본 과제 연구와는 중복성 없으며 로컬 및 광역 망 관리 관련 기초 연구 자료로 활용 가능
교육 과학 기술부	도로 위치정보 획득 기술 개발 (KAIST)	2009.5 ~ 2009.12	자 기 장 통 신 을 이 용 한 급전 도 로 세그 먼트이션 및 관리	- 급전선 기반 도로 정보 센서 개발 - 차량-인프라간 양방향 통신 기술 개발 - 도로 정보 센서를 이용한 차량 위치 정보 제공 기술 개발	저속(10km/h)에서의 1kbps의 전송속도를 가지는 자기장 통신 Proto-type 개발과 지계 센서를 이용한 차량-인프라간 통신 기술 개발과 관련된 연구 개발 과제로 본 과제 연구와 중복성 없으며 자기장 통신을 활용한 차량-인프라간 통신을 위한 자기장 센싱 모듈 개발관련 기초 연구 자료로 활용 가능
지식 경제부	자기장통신 기반 지중시설물 관리 통합 시스템 기술 개발 (한국건설기술연구원)	2009.6 ~ 2012.5	자 기 장 통신	- 자기장 통신을 이용한 무선 통신 기술 개발을 통해 지중계측, 지하 모니터링 원천 기술 개발	자기장 통신을 이용한 지중 계측 및 모니터링과 관련된 기술 개발 과제로 차량과 인프라간의 양방향 통신이 가능한 자기장 통신 기법을 개발하는 본 과제와 중복성은 없으며 자기장 통신 기법관련 기초 자료로 활용 가능

라. 연구개발 주요 내용

(1) 통합 시스템 검증 및 표준 급전인프라 구축(차량 및 급전 인프라)

(가) 1차년도 : 무선충전 전기버스, 급전인프라의 표준인증 급전인프라 구축

o 주요 인증기관과 연계한 표준인증 급전인프라 구축

o 무선충전 전기버스 최적설계를 통한 성능 개선

o 무선충전식 전기버스의 시스템통합 설계 및 기술 성능 개선

o 차량 시퀀스 안전 및 제어 기술

o 시스템통합이 구현된 차량 실차 적합성 인증

- (나) 2차년도 : 무선 충전 전기버스, 급전인프라의 시험운영 급전인프라 구축
- o 지자체와 연계한 (매칭 펀드 확보) 실증 시험운영 급전인프라 구축
 - o 상용 제품으로서 가치를 가지는 무선충전식 전기버스의 실증 운영
 - o 시스템통합 기술을 구현한 차량의 실차 적합성 인증 실시(폭설/폭우, 도로 침수 및 긴급 상황의 급전 인프라 구조 적합성 포함)
 - o 급전 인프라의 전력사용량에 대한 과금 시스템 구축 및 교통 상황 상시 모니터링으로 안전 대응 시스템 구축
 - o 유지보수 통합 기술(User Interface)의 표준 최적화

(2) 시스템 운영관리 기술 개발

(가) 1차년도 : 통합 운영관리 시스템 개발

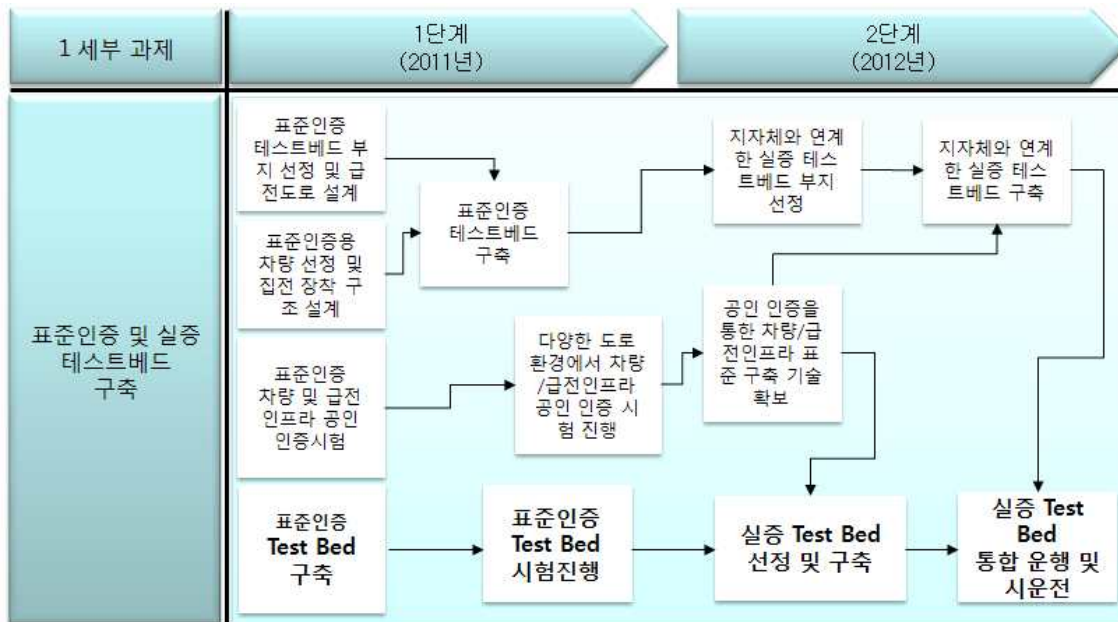
- o 교통관제센터와 연계한 광역 운영관리 시스템 통합 기술 개발
- o 악천후, 폭설/폭우, 침수 상황 시 긴급 상황 안전 관리 대응 방안 기술 개발
- o 전력 사용량에 대한 과금 시스템 구축
- o 로컬 및 광역관리 통합 네트워크 구축

(나) 2차년도 : 통합 운영관리 시스템 최적화 구축

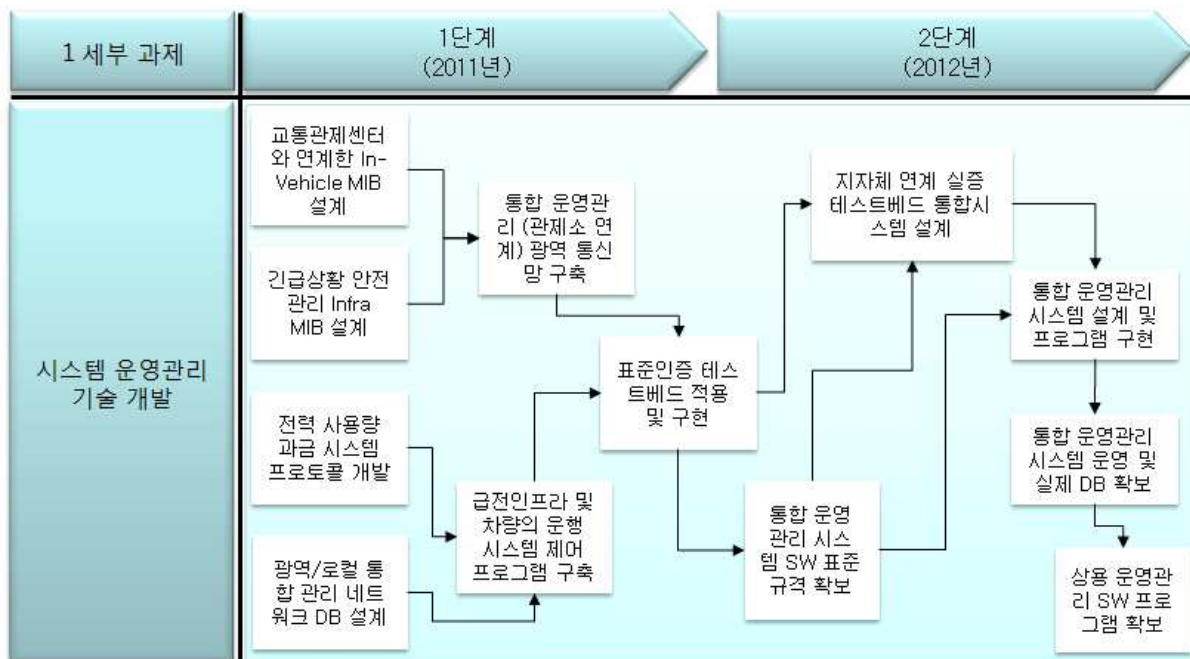
- o 실제 교통 환경에서 운영되는 운영관리 시스템 통합 기술 구축
- o 무선 충전 시스템의 최적계획(입지) 및 교통 운영 대응 기술 확보
- o 통합센터와 연계할 수 있는 차량/급전인프라 통합 기능 알고리즘 개발
- o 운행 버스와 교통 신호 연계를 위한 DB 구축 및 차내 소프트웨어 개발
- o 차량/인프라 최적 배치 계획 기술 개발
- o 표준급전인프라 시공 시운전 운영 및 운영 결과 Feedback 반영 Road-map 구축
- o 통합 시스템 운영 관리/유지보수 Manual 구현

마. 연구개발과제 TRM

(1) Test Bed 구축 관련 TRM



(2) 시스템 운영관리 기술 관련 TRM



바. 최종성과물 및 성과지표

(1) 표준급전인프라 구축 및 통합 시스템 검증

성과 목표 및 지표 항목	단위	성능 관련 기준
차량 경량화 구조 개발 사양서	공차중량	5% 감소
최적 Packaging 구조 기술 사양서	유/무	유
표준인증 급전인프라구축 (주요 인증기관 연계)	유/무	유
실차 인증된 무선충전 전기버스 차량	유/무	실차 및 공인성적서 확보
표준인증 급전인프라에 대한 인증 시험서 (폭설/폭우/침수 등 도로 환경시험 포함)	유/무	공인성적서 확보
시험운영 급전인프라 구축 (지자체 연계)	유/무	유
시험운영 급전인프라에 대한 인증 시험서 (폭설/폭우/침수 등 도로 환경시험 포함)	유/무	공인성적서 확보
EMI/EMC/EMF 간섭 영향 평가 (자동차안전기준 111조 및 전파법 47조)	mG	62.5mG 미만 (공인성적서 확보)

(2) 통합 시스템 운영관리 기술 개발

성과 목표 및 지표 항목	단위	성능 관련 기준
교통상황 상시 모니터링 시스템 (SW)	-	개발 MIB 및 Source Code /운영 Database 확보
전력사용량에 대한 과금 시스템	-	개발 MIB 및 Source Code /운영 Protocol
긴급 상황 및 안전관리 시스템	-	개발 MIB 및 Source Code /운영 Protocol
차량 및 인프라 間 광역망 구축	거리	5km
차량/인프라 최적 배치계획 기술 개발	-	개발 MIB 및 Source Code /운영 Protocol
운영관리 시스템 통합 운영 매뉴얼	유/무	유

사. 성과물 검증방안

(1) 표준급전인프라 구축 및 통합 시스템 검증

성과 목표 및 지표 항목	성과물 검증 방안
차량 최적 설계	집전장치 및 레귤레이터의 구조를 차량장착에 최적화하여 경량화 된 설계도 확보와 경량화 정도가 공차 중량 5% 이하를 확인
실차 인증	무선충전 전기버스에 대한 공인기관에서 수행한 실차 공인 인증서 확보 여부를 확인
표준인증 급전인프라 구축 (주요 인증기관과 연계)	주요 인증기관과 연계하여 구축된 표준인증 급전인프라 구현 여부
시험운영 급전인프라 구축 (지자체와 연계)	지자체와 매칭 펀드로 연계하여 구축된 실증 시험운영 급전인프라 구현 여부
표준인증 급전인프라에 대한 인증시험	표준인증 급전인프라에 대한 전기안전, 전자파안전, 도로안전 공인성적서 확보 여부
시험운영 급전인프라에 대한 인증시험	시험운영 급전인프라에 대한 전기안전, 전자파안전, 도로안전 공인성적서 확보 여부
EMI/EMC/EMF 간섭 영향 평가 (자동차안전기준 111조 및 전파법 47조)	자동차안전기준 111조에 의한 기준 및 전파법 47조 전파용설비 기준에 대한 공인성적서 확보 여부
시스템통합 기술 구현용 차량	시스템통합 기술 적용된 차량 확보 여부
유지/보수 표준 통합 기술(User Interface)	Use Interface SW

(2) 시스템 운영관리 기술 개발

성과 목표 및 지표 항목	성과물 검증 방안
교통상황 상시 모니터링 시스템 (SW)	교통관제센터와 연계하여 개발된 MIB 구조와 개발된 Source Code 확보 여부 및 실제 환경 조건에서 프로그램 운영한 Database 확보
전력사용량에 대한 과금 시스템	차량 급/집전으로 발생하는 전력사용량을 계산하는 SW MIB 구조와 개발된 Source Code 확보 여부 및 실제 환경 조건에서 프로그램 운영한 Database 확보
긴급 상황 및 안전관리 시스템	폭설/폭우, 도로 침수 및 기타 긴급 상황 조건이 적용된 SW MIB 구조와 개발된 Source Code 확보
차량 및 인프라 간 광역망 구축	차량과 급전인프라 간 운영 상황을 모니터링 할 수 있는 광역망이 최대 5km까지 연동 가능한지 확인
에너지 밸런스 계산 및 차량/인프라 최적 구축 프로그램 개발	구축 도로 Profile을 바탕으로 급전선 구간, 운행 차량 대수, 정차장 수 등이 고려된 에너지 밸런스 계산 Tool 확보 확인
운영관리 시스템 통합 운영 매뉴얼	전체적인 통합 시스템 운영관리에 대한 운영 매뉴얼 확보 여부 확인

아. 기술수요처 및 실용화 방안

(1) 통합시스템 검증 및 표준 급전 인프라 구축(차량 및 급전인프라)

수요처	국명	실용화 방안
자동차 제작사	대한민국/해외	차량 및 표준 급전인프라 전반의 효율적인 최적 설계를 통해 빠르고 정확한 표준 급전인프라 구축 기법 개발
전기자동차용 부품 제작사	대한민국/해외	
전기자동차 성능 시험 기관	대한민국/해외	

(2) 시스템 운영관리 기술 개발

수요처	국명	실용화 방안
서울시(서울대공원)	대한민국	무선 충전 시스템의 최적 계획(입지) 기준 및 배차, 차간 간격, 신호, 정류장 운영 등 운영/서비스 기술 개발 및 악천후, 폭설/폭우, 침수 상황 시 긴급 대응 방안 기술 개발과 로컬망/광역망을 구성하여 운영관리시스템 개발
제주시	대한민국	
대전시	대한민국	
유타주 파크시티	미국	
엔스텍 그린시티	말레이시아	

2. 무선 충전 급전도로 시공 및 유지관리 기술 최적화

가. 연구개발 목표

(1) 최종목표

- 모듈화 된 무선 전력공급구조물(급전구조물)의 성능 보완/최적화와 차량의 주행성, 안전성을 만족하는 급전도로 시공 및 유지관리 기술의 개발과 통합 테스트

(2) 세부목표

- 급전인버터 설치 기술
- 급전선로 부품 보완/최적화
- 급전구조물 기술
- 급전도로 시공 및 유지관리 기술

나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

(1) 연구개발 필요성

- 급전인버터 설치 기술

- 주변 경관 및 환경을 고려하여 급전인버터 장착 위치를 선정하는 다양한 설치 방법 및 급전선로 포설 시 기존 도로 환경과 최적화되어 포설할 수 있는 급전 도로 포설 구조 연구 필요

o 급전선로 부품 보완/최적화

- 고속 주행 시 차량의 좌우 편이로 인한 집전 효율감소를 개선하고 픽업 중량 감소를 위해 비접촉식 전기버스 용 guidance 시스템 개발 필요
- 도로 환경(온도변화, 습도변화, 염/산 등), 내전압 및 전류 누설에 적합한 고주파용 고효율 케이블 성능 보완과 최적화 설계 필요
- 도로 환경(온도변화, 습도변화, 염/산 등) 및 전자기적 특성이 우수(낮은 손실, 높은 포화자속밀도)한 고주파용 고효율 급전 코어 적용을 위한 성능 기술의 보완 필요
- 차량진입센서를 급전선로 외부에 매설할 경우, 세그먼트 간 간격이 멀어져 총 시공길이가 길어지는 문제점을 해결하기 위해 급전선로 내부 매설용 진입센서 필요
- 차량의 고속 주행 시 차량하부에 장착된 자기장 송신 모듈과 도로 하부에 매설된 자기장 수신 모듈과의 고속 통신을 통한 다양한 정보 입출력 필요

o 급전구조물 기술

- 급전구조물의 품질 보증, 다수업체의 경쟁을 통한 가격 저하를 유도하기 위해서는 구성요소 및 모듈화 된 급전구조 시제품의 사양에 대한 규격화와 검증 필요
- 급전구조물 설치 시 노면 각층의 기능을 유지하고 급전구조물의 차량하중 및 환경하중에 대한 기능을 유지하기 위한 최적 높이 설계 기술이 필요
- 급전시스템 구성요소의 반복되는 차량하중에 대한 특성을 파악하고 급전구조물의 내구성능을 예측하기 위한 기술 개발이 필요

o 급전도로 시공 및 유지관리 기술

- 급전도로는 이용자의 안전성 및 쾌적성과 가장 밀접하게 관련된 부분이며 시공 및 유지관리에 관련된 기술발전이 크게 요구되는 분야라고 할 수 있음
- 우리나라의 도로는 경부고속도로를 필두로 국가 경제발전을 선도해 왔으며 현재 여객수송의 90%와 화물수송의 93%를 처리하는 국가 핵심 교통시설로서의 역할을 수행하고 있으므로 친환경적 온라인 전기자동차의 보급을 위해서 급전도로 시공 기술은 도로건설 기술 발전에 필요한 기술 요소임
- 급전구조물 시제품의 품질 보증 및 다수업체의 경쟁을 통한 가격 저하와 급전도로 시공의 단순화 등을 위해서는 급전도로에 대한 체계화된 시공 및 유지관리 기술이 필요함

(2) 정부지원 필요성

- o 대중교통 시스템에 적용하기 위한 급전 인프라 구축은 국가 기반 산업 개발이므로 정부주도의 투자 및 개발 지원이 필요함

- 급전선로 구성요소 및 시제품의 규격화와 표준화를 위해서는 정부의 관련법규 및 규격에 대한 품질 기준 제정이 필요
- 효율적인 급전도로 시공과 유지관리에 대한 기술을 대중교통시스템 도로구조에 구현하는 것은 국가 기반시설 산업 분야로서의 의미가 크기 때문에 정부의 지원이 절대적으로 필요

다. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

(1) 급전선로

- o 본 사업의 계획서에 명시되어 있는 급전선로 분야와 기존연구과제 및 타 세부과제 연구개발의 중복성 검토
 - 기존의 교육과학기술부에서 수행한 과제는 급전선로 및 매설 방법 자체에 대한 원천기술 개발이 목표였으며 및 지식경제부에서 수행한 과제는 원천 기술로 확보된 급전선로 기술과 그 매설방법에 대해 자기장 형상(Shape)을 최대한 높게 끌어올리기(공극 간격을 20cm 수준까지 확보하기) 위한 성능 개선형태의 실용수준 기술 개발 과제를 수행한 반면, 본 과제는 기 개발된 급전시스템의 급전선로 구성품을 제품화 할 수 있는 상용 수준의 성능 보완과 현재 상용으로 존재하지 않는 20 kHz용 표준화된 급전 Cable 기술 표준을 확보한다는데 차이가 있음
 - 성능 보완된 급전선로 세그멘테이션 기술을 실제 도로환경에서 운용되고 있는 대중교통 시스템에 도입하기 위한 표준인증 및 실증 Test Bed 에 적용하여 상용 제품 수준의 20 kHz용 급전 Cable이 실제 도로 환경에 매설되어 최적화되도록 한다는 점에서 차이가 있음

지원 부처	과제명 (수행기관)	연구기간	기술분류	연구개요	중복성 검토 및 연계 방안
교육 과학기술 부	고압용 비접촉식 전원 공급 장치 개발 (한국 전기 연구원)	2005.1 ~ 2005.12	급전 선로	- 비 접촉식 전원 장치 (Contactless Power Transfer System (CPTS))를 위한 변류기 설계 - 고압용 CPTS의 제작 및 성능 평가	전류를 변류기 방식을 통해 전력을 획득하는 전원 장치의 개발 및 이를 위한 전원 회로부 설계에 대한 과제로 본 과제의 공진형 급전선로에 대한 연구와 중복성이 없으며 급전 선로개발 관련 기초 연구 자료로 활용 가능
지식 경제부	차세대 고효율,	2003.12 ~	급전 선로	- 고효율, 고성능의 비 접촉식 전원장치	국지적 실내 환경에서의 정해진 트랙을

	고성능 비접촉 전력전송장치 개발 ((주)그린파 워)	2007.12		(CPTS) 개발 - 고 결합계수 inductive coupleer 기술 개발 - multi load 운전을 위한 기술 개발	통한 무선 전력 전 달 장치를 위한 고 결합 계수를 가진 inductive coupler 개발과 multi load 에서의 운전 방식에 대한 연구 과제로 정해진 트랙이 존재 하지 않는 환경에서 의 무선 충전을 위 한 급전 선로 개발 에 관한 본 과제의 연구와 중복성이 없 으며 급전 선로 개 발 관련 기초 연구 자료로 활용 가능
지식 경제부	전력선에서 발생한 자기데이터의 수집/전송/정 보화 기술 ((주)EMF Safety)	2008.11 ~ 2009.10	급전선로 (자기장 통신)	- 교정용 정밀 자기 발 생 장치 설계 및 개 발 - 광대역 3축 자기 센 서 설계 및 제작 - 항온, 방수 장치 개발 - 관리 서버 개발	자기 발생장치를 개 발하고, 이로부터 발생되는 자기장을 센싱하기 위하여 자 계 센서를 설계 개 발한 과제로 본 과 제의 연구와 중복성 없으며 자기장을 센 싱하기 위한 센서 시스템 개발 관련 기초 연구 자료로 활용 가능
교육 과학 기술부	도로 위치정보 획득 기술 개발 (KAIST)	2009.5 ~ 2009.12	급전선로 (자기장 통신)	- 급전선 기반 도로정 보 센서 개발 - 차량-인프라간 양방 향 통신 기술 개발 - 도로 정보 센서를 이 용한 차량 위치 정보 제공 기술 개발	저속(10km/h)에서 의 1kbps의 전송속 도를 가지는 자기장 통신 프로토 타입 개발과 지자기 센서 를 이용한 차량-인 프라간 통신 기술 개발과 관련된 연구 개발 과제로 본 과 제 연구와 중복성 없으며 자기장 통신 을 활용한 차량-인 프라간 통신을 위한 자기장 센싱 모듈 개발관련 기초 연구

					자료로 활용 가능
지식 경제부	자기장통신 기반 지중시설물 관리 통합 시스템 기술 개발 (한국건설기 술 연구원)	2009.6 ~ 2012.5	급전선로 (자기장 통신)	- 자기장 통신을 이용 한 무선 통신 기술 개발을 통해 지중계 측, 지하 모니터링 원천 기술 개발	자기장 통신을 이용 한 지중 계측 및 모 니터링과 관련된 기 술 개발 과제로 차 량과 같은 이동체와 인프라간의 양방향 통신이 가능한 자기 장 통신 기법을 개 발하는 본 과제와는 중복성은 없으며 자 기장 통신 기법관련 기초 연구 자료로 활용 가능

(2) 급전도로 시공 및 유지관리

- o 본 사업의 계획서에 명시되어 있는 급전도로 시공 및 유지관리 기술 분야와 기존연구과제 및 타 세부과제 연구개발의 중복성 검토
 - 지식경제부에서 진행한 과제는 급전 Cable의 전류 특성이나 급전 Cable의 재질 성능을 끌어 올려 실용 수준으로 확보하는 것이나, 본 과제는 급전선로 구조와 차별화하여 도로구조에 중점을 둔 급전도로 시공 및 유지관련 기술에 대한 세부과제임
 - 급전도로 시공 및 유지관리 기술을 실제 대중교통 시스템에 적용하여 Test Bed 구축을 통한 도로 건설 현장에 포설 및 구축이 용이하도록 최적화된 급전도로 시공 기법을 확보하고 유지보수가 용이한 구조를 확보한다는 점에서 차이가 있음
- o 본 사업은 국내에서 처음으로 시도되는 사업으로 기존 과제와 타 부처 사업과 중복되지 않음
 - 기존의 교육과학기술부 급전도로 원천기술 개발 과제를 수행한 경험이 있으나, 본 과제는 보다 실제 도로 환경과 부합되면서도 안전하고 최적화된 급전도로를 기존 콘크리트 및 아스팔트 도로 환경에 적용하기 위한 것으로 급전인프라 구축 기술 구현에 가장 필요한 과제로 판단됨

지원 부처	과제명 (수행기관)	연구기간	기술분류	연구개요	중복성 검토 및 연계 방안
교육 과학 기술부	온라인전기 자동차용 고효율 자기유도식	2009.5 ~ 2009.12	급전선로	- 급전선로 구조의 원 천기술 개발 - 구성요소 현장조립, 타설형 급전도로 시	급전선로 구조 및 시 공법 원천기술 개발 은 구성요소의 모듈 화로 간편한 시공이

	급전 시험 시제품 개발 (KAIST)			공법 개발	가능한 본 과제와 중 복성이 없으며 새로 운 대중교통시스템에 적용하기 위한 연구 로 활용 가능
지식 경제부	온라인전기 버스용 급전시스템 개발 (KAIST)	2010.5 ~ 2011.7	급전선로	- 실용화 가능한 급전 선로 기술 개발 - 시공법의 단순화와 시공시간을 단축한 프리캐스트 급전구 조물 개발	급전도로 시공 기술 개발은 급전구조물 성능 보완에 국한되 지 않고 도로 구축을 위한 설계에서 시공, 감리, 유지관리 등 공사 전반적인 시공 절차 기술을 현장에 적용하기 위한 연구 로서 급전구조물 개 발에 초점을 맞춘 선 행연구과제와 중복성 이 없으며, 또한 효 과적인 급전도로의 운영 및 관리와 유지 보수를 위한 연구를 추진하여 대중 교통 시스템에 적극 활용 가능할 것으로 기대

라. 연구개발 주요 내용

(가) 1차년도 : 급전 인버터 설치 기술

- o 유지보수가 용이하고 도로미관, 충격 및 침수를 고려한 급전 인버터 최적의 매설 구조 설계 및 개발
 - 도로미관 및 전기 안전을 고려한 지상, 반지하 및 지하 매설에 대한 검토 및 연구
 - 주변 도로 상황에 따라 자동차의 충격을 보완할 수 있는 보호물 설치물 개발

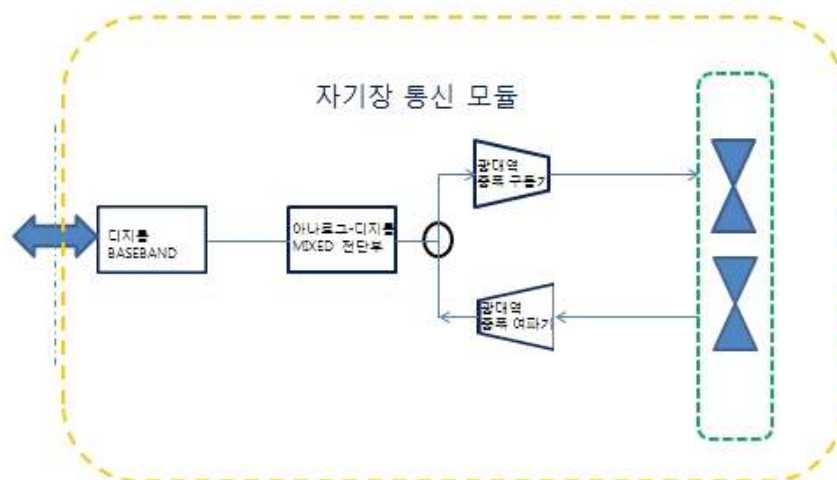
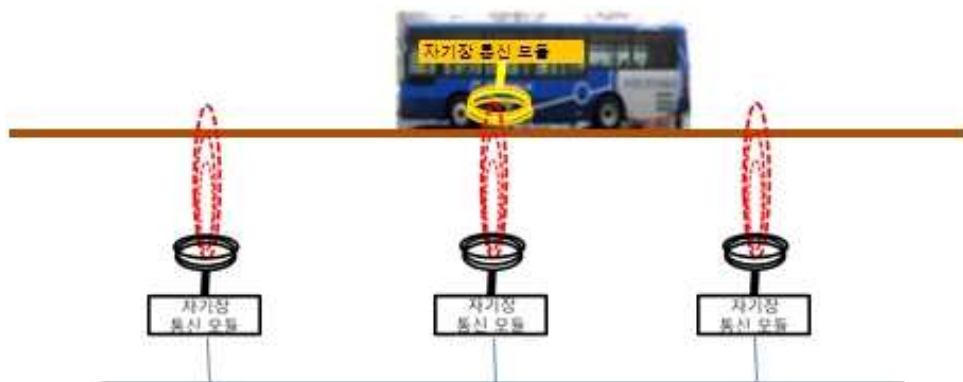
(나) 2차년도 : 급전 인버터 설치 기술

- o 급전인버터를 급전선로 및 도로주변에 적용 시 문제점 도출 및 보완
 - 개발된 급전 인버터를 test bed에 적용 시 관련 문제점 도출 및 보완

(2) 급전선로 부품 보완/최적화 분야

(가) 1차년도 : 급전선로 부품 보완/최적화 분야

- 주행 시 집전픽업 출력 향상을 위한 guidance 시스템 개발
 - 온라인 전기자동차의 집전효율 극대화를 위한 자계 감지 센서 시스템 개발
 - 온라인 전기자동차의 안정적 자율주행을 위한 조향 제어 시스템
- 안전을 고려한 급전 케이블 보완
 - 비접촉 충전 시스템을 위한 교류전용 케이블 설계
 - 비접촉 충전 시스템을 위한 교류전용 케이블 제작
 - 비접촉 충전 시스템용 급전 선로 설치 및 시험
- 자기장 통신 모듈 성능 보완
 - 80Km/h 이상으로 차량과 도로 인프라 사이에 원활한 자기장 통신용 고출력 자기장 통신용 광대역 전류 증폭기 개발
 - 고속 주행 시 충분한 통신 접속이 확보 가능한 자기장 통신 모듈의 네트워크 접속 구조 개발
 - 양방향 자기장 통신을 위한 최적 대역의 RF 전단부(frontend) 여파기와 아날로그-디지털 혼합(analog-digital mixed) 시스템 개발



○ 급전선로 구성요소 유지관리 기술 개발

(나) 2차년도 : 급전선로 부품 보완/최적화 분야

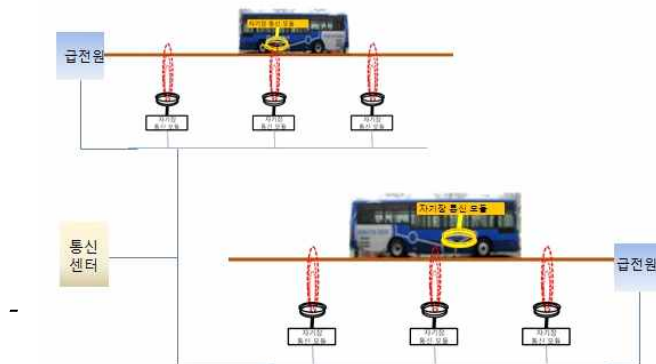
- 주행 시 집전픽업 출력 향상을 위한 guidance 시스템 개발
 - 온라인 전기자동차의 집전효율 극대화를 위한 자계 감지 센서 시스템 개발
 - 온라인 전기자동차의 안정적 자율주행을 위한 조향 제어 시스템

○ 안전을 고려한 급전 케이블 보완

- 비접촉 충전 시스템용 급전 선로 설치 및 시험
- 공진 capacitor 사용의 최소화
- 무부하 유도 전압의 최소화
- 유도전압의 극소화로 케이블의 안전성 향상

○ 자기장 통신 모듈 성능 보완

- 자기장 통신 모듈 시제품의 test bed에 적용 시 관련 문제점 도출 및 보완



○ 급전선로 구성요소 유지관리 기술 개발

(3) 급전 구조물 기술 분야

(가) 1차년도 : 급전구조물 기술의 개발 및 성능보완

- 급전선로 모듈화 기술 개발
- 급전구조물 규격 및 성능 보완
- 운하중 특성평가 및 내구수명 예측 기법

(2) 2차년도 : Test Bed 구축을 통한 성능 보완된 급전구조물 기술 현장적용 및 최적화

- 급전선로 모듈화 기술 개발
- 급전구조물 규격 및 성능 보완
- 운하중 특성평가 및 내구수명 예측 기법

(4) 급전도로 시공 및 유지관리 분야

(가) 1차년도 : 경제적이고 신속한 급전도로 시공 및 유지관리 기술의 개발

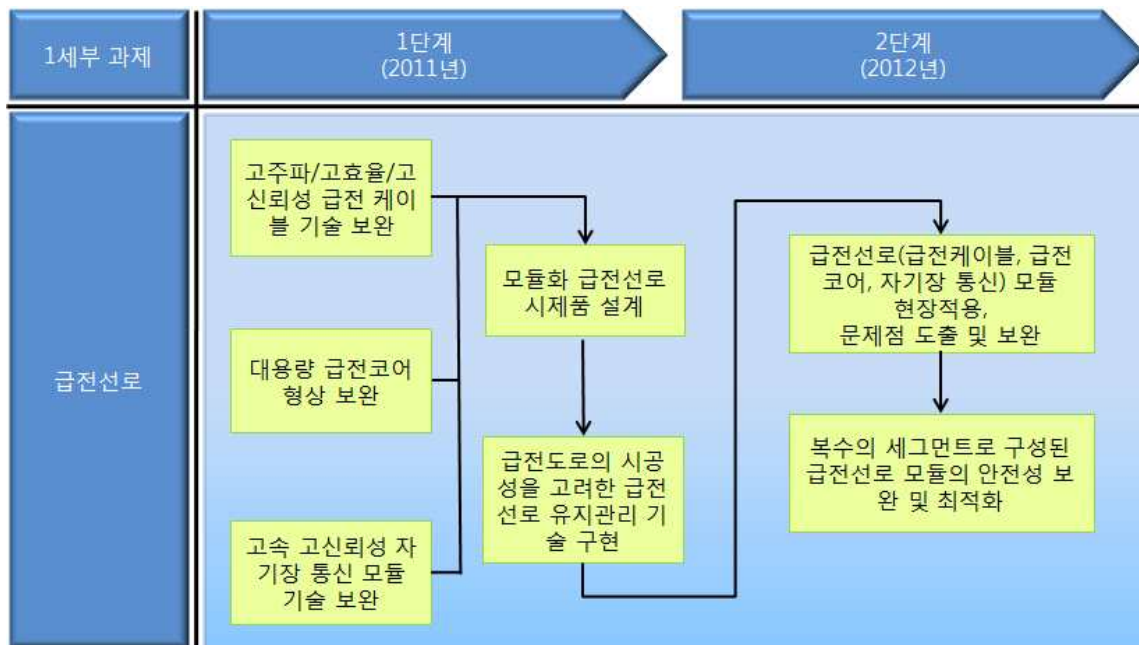
- o 급전구조물 시공 및 포장 기술 개발
- o 신설/기존도로에 대한 시공 기술 개발
- o 도로포장 유지관리 기술 개발

(2) 2차년도 : Test Bed 구축을 통한 성능 보완된 급전도로 시공 및 유지관리 기술
현장적용 및 최적화

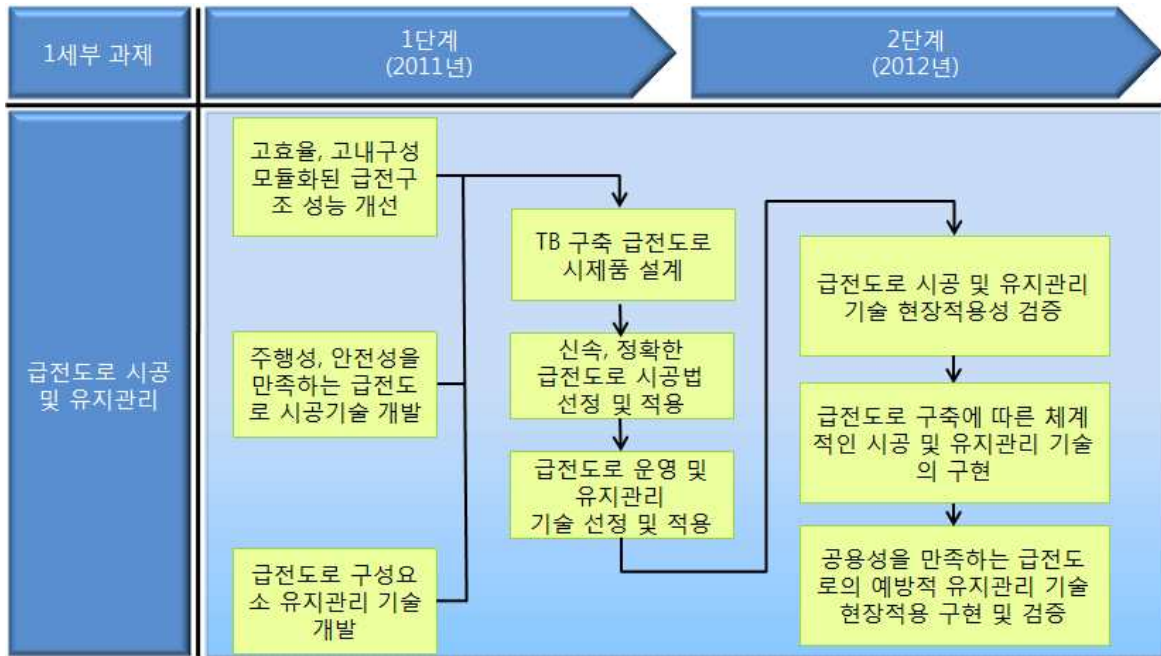
- o 급전구조물 시공 및 포장 기술 개발
- o 신설/기존도로에 대한 시공 기술 개발
- o 도로포장 유지관리 기술 개발

마. 연구개발과제 TRM

(1) 급전선로



(2) 급전도로 시공 및 유지관리



바. 최종성과물 및 성과지표

(1) 급전시스템 설치 기술

- 유지보수가 용이하고 도로미관, 충격 및 침수를 고려한 급전 인버터 최적의 매설 구조

(2) 급전선로 부품 보완/최적화

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

(3) 급전구조물 기술

- 모듈화 된 급전구조물 설계도서 및 시제품

(4) 급전도로 시공 및 유지관리 기술

- 도로설계기준을 만족하는 급전도로 공사시방서
- 급전도로 포장의 유지관리 지침서

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

보완/최적화	급전 케이블 누설 전류	mA	30 이하
	자기장 통신 속도	kbps	5
	급전선로 관입이 편리한 케이블 유지관리	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
급전구조물 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

사. 성과물 검증방안

구 분	성과 목표 및 지표 항목	성과물 검증 방안
급전선로	급전 케이블 누설전류	KOLAS 인증기관의 시험을 통하여 성과물에 대한 검증
	자기장 통신 속도	KOLAS 인증기관의 시험을 통하여 성과물에 대한 검증
급전도로 시공 및 유지관리	콘크리트 압축강도 (재령 28일)	KS F 2403에 따라 강도시험용 공시체 제작, KS F 2405의 압축강도시험에 따라 강도 검증
	콘크리트 휨인장강도 (재령 90일)	KS F 2407의 휨강도시험에 따라 강도 검증

아. 기술수요처 및 실용화 방안

(1) 급전선로 분야

수요처	국명	실용화 방안
급전코어 제작업체	대한민국/해외	- 급전 선로의 경우, 비접촉 전기 전달 충전 시스템용 도로 인프라의 구성품에 해당하므로 이의 기술 수요처는 비접촉 전력 전달 전기 차량 인프라를 매설할 수 있는 도로 공사 및 전기 업체를 수요처로 찾을 수 있으며, 이는 도로공사, 한전 등의 기업과의 공동연구를 통해 실용성 확보가 가능할 것으로 예상됨
급전케이블 제작업체	대한민국/해외	
자기장 통신 모듈 제작업체	대한민국/해외	

(2) 급전도로 시공 및 유지관리 분야

수요처	국명	실용화 방안
서울시(서울대공원)	대한민국	- 급전시스템 각 구성요소의 대량생산으로 가격에 대한 경쟁력 확보와 신뢰성 높은 시공/유지보수 공사를 위해 시공경험이 많은 전문건설업체 선정으로 실용화가 가능할 것으로 예상됨
제주시	대한민국	
대전시	대한민국	
보스턴 로건공항	미국	
엔스텍 그린시티	말레이시아	

3. 급/집전 시스템 성능 보완 및 최적화

가. 연구개발 목표

(1) 최종목표

- 급전 인버터, 집전장치 및 집전장치로 구성된 급/집전 시스템 성능 보완 및 Test Bed 구축에 의한 급집전 기술의 현장적용 및 최적화

(2) 세부목표

- 급전 인버터 분야
 - 도로환경 및 안전기준을 만족하는 급전인버터 보완
 - 전력품질, 인체안전 및 고주파 접지에 대한 성능 보완
- 집전장치 분야
 - 차량, 도로 환경 및 안전 기준을 만족하는 집전 픽업 보완

○ 레귤레이터 분야

- 차량 환경 및 안전기준을 만족하는 레귤레이터 보완

나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

(1) 연구개발 필요성

(가) 급전인버터 분야

- 주변 경관 및 미관을 고려한 인버터 구조 연구 필요함.
- 인버터의 모듈화를 통해 수대의 차량이 동시에 충전가능 하도록 인버터 용량 증대 보완이 필요함
- 다양한 도로 환경, 주행 속도, 세그먼테이션 길이, 충전 시간 등에 따라 최적화된 인버터의 용량, 크기, 부피 설계 및 현장 적용 기술이 필요함
- 인체감전사고 예방을 위한 고주파대역에서의 최대허용전류 기준 개발 필요
- 고주파 전력변환시스템 연계용 변압기 보호협조 방안 제시 필요
- 전력품질 유지 및 평가 기술 개발 필요
- 고주파 접지시스템 안전성 평가기법 및 기준 개발 필요
- 전기안전 및 전력시스템 구축 방안에 대한 기술 개발
- 설비 및 인체감전 보호를 위한 관련 기준 및 알고리즘 정립 필요
 - 500V/20kHz 고주파 대전력 환경에서 저압배전계통 공급 및 기준 임피던스에 대한 저압배전계통 공급 및 기준 임피던스정립
 - 인체감전 요소를 포함한 루프임피던스 정립을 통한 전기안전 확립 → 전기사업자와 생산업자간 분쟁 해소
 - 국내외 고주파 전력설비의 차단기 혼용 시 동작 특성에 따른 문제점 발생 → 이상 현상 및 사고발생 시 파급사고 확대
 - 국내외 인체사고 방지를 위한 국내 보호방식의 차단기와 국제규격(IEC) 보호장치간의 차단기 동작특성 분석
 - 세계최초의 기술기준 및 규격개발에 따른 과도기 상태에 따른 국내외 기술 수립
 - 차량의 운전상태에서 시스템 안전성 평가, 부하에 따라 측정 오류 발생 → 지락사고 발생 시 측정 오류로 인한 설비 및 감전보호 실패 상존 → 부하를 고려한 보정 알고리즘 개발 → 지락사고 발생 시 설비사고 및 감전보호 향상

(나) 집전장치 분야

- 전기저상버스에 적합한 안전하고 고신뢰성이 요구되는 집전장치 연구
- 집전장치 현장 적용 및 최적화를 통해 친환경 차량 시장에서의 가격 경쟁력을 높일 필요
- 전기저상버스 장착 및 유지 보수 용이성을 위해 집전장치와 레귤레이터 현장 적용 및 최적화 연구 필요
- 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

- 버스 적용 및 최적화 연구를 위하여 날씨 변동 및 기계적인 오작동 문제가 발생되지 않도록 하는 외부 비 노출된 차폐기술이 접목된 집전장치 성능 보완이 필요
- 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

(다) 레귤레이터 분야

- 전기 차량에 적합한 안전하고 고신뢰성이 요구되는 레귤레이터 연구 필요
- 레귤레이터의 현장 적용 및 최적화를 통해 친환경 전기 저상버스 시장에서의 가격 경쟁력을 높일 필요
- 다중 집전 픽업의 안정적인 제어를 위한 버스장착 시 최적의 고속 고신뢰성의 레귤레이터 연구 필요
- 전기저상버스 장착 및 유지 보수 용이성을 위해 집전장치와 레귤레이터 현장 적용 및 최적화 연구 필요

(2) 정부지원 필요성

- 자기장 차폐 기술이 접목된 집전장치 기술 및 레귤레이터 기술은 대중교통시스템 적용 가능성이 매우 높은 기술로서 장치들이 차량에 장착되는 만큼 실용성 확보 및 표준을 확보하기 위해서는 정부의 표준제정 및 안전 규격 제정이 필요
- IEC 및 NEC 등의 국제규격 도입 및 세계적 시장확보를 위한 국제규격 검토 및 규격 개발
 - 우리나라에서 전기설비를 설치할 때 법적으로 준수하고 있는 “전기설비 기술기준” 및 “전기설비기술기준의 판단기준”은 그동안 유일한 적용기준으로 수십 년간 사용되어 왔음,
 - WTO/TBT협정에 따라 최근에 국제규격 적용과 세계시장 진출을 위한 국내기준과 IEC기준의 선택적 부합화
 - 세계시장 진출을 위한 세계기준 점유와 빠른 속도로 IEC기준으로 적용

다. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

- 본 사업은 국내에서 처음으로 시도되는 사업으로 기존 과제와 타 부처 사업과 중복되지 않음

지원 부처	과제명 (수행기관)	연구기간	기술분류	연구개요	중복성 검토 및 연계 방안
지식 경제부	차세대 고효율, 고성능 비접촉 전력전송장치 개발 (주)그린파워)	2003.12 ~ 2007.12	레귤 레이터	- 에너지 회생 가능 한 2차측 고주파 정류기 기술 개발 - 고효율 multi-resonant converter 최적 제어 기술 개발 - 2차측 부하 평준 화 기술	- 국지적 실내 환경에서 의 레귤레이터 최적 설계에 대한 과제로 잡음이 심한 실외 환 경에서의 레귤레이터 설계에 관한 본 과제 의 연구와 중복성이 없으며 레귤레이터 개 발 관련 기초 연구 자 료로 활용 가능
지식경 제부	인체감전보호 용 누전차단 기 설치기준 에 관한 연구	2004.12 ~ 2006.12	인버터	- 60Hz 대역에서 물기많은 장소에 서의 누전차단기 설치기준 - 인체보호를 위한 설대기준 대역에 대한 국내외자료 조사 - 국제규격에 대한 근거 및 국내 기 준제정	- “전기설비기술기준” 및 “전기설비기술기준 의 판단기준”에서 저 주파, 60Hz에서의 인 체와의 상관성제시 - 저주파와 고주파 대역 에서의 해석기술 정립 자료로 활용
지식경 제부	분산형전원에 서 전력품질 평가 기술	2009.09 ~ 2006.10	인버터	- 풍력 및 태양과에 서의 전력품질 평가기술 국내적 용 - 저차 대역의 전력 품질 평가기준안 에 대한 문제점 조사 및 국내 개 정안 작성 - 수변전설비 및 전 력시스템에 대한 새로운 전력품질 개선 방안	- 고주파 대역에서의 전 력품질 개정안에 대한 타당성 활용 - 국내 고주파 전력시스 템에서의 전력품질 평 가 활용방안 적용 - 국제 기준 국내 도입 따른 개선 절차 및 타 당성 활용 - 세계최초의 국내 기준 의 세계최초 근거 활 용

라. 연구개발 주요 내용

(1) 급전인버터 분야

(가) 1차년도 : 급전 인버터 기술

가. 도로환경 및 안전기준을 만족하는 급전인버터 보완

- o 도로환경(소음, 방수, 침수 등) 및 안전기준을 만족하는 인버터 보완, 현장 적용

및 보완

- 소음, 방수, 침수, 방진, 방열 등에 문제없도록 급전인버터 설계 보완
- 방수 및 방진시험을 통해 물과 먼지를 효과적으로 차단하는 인버터 외함 보완
- 방열시험을 통해 효율적으로 열을 방출시키는 인버터 방열 모듈 보완
- 소음테스트를 통해 소음의 원천이 되는 내부 부품 교체 혹은 소음을 저감시키도록 인버터 보완

o 저장 슬림 구조의 인버터 구조 개발 및 보완

- 급전 인버터를 중앙선에 설치 가능하도록 저장 슬림 구조의 인버터 구조 설계 및 보완
- 급전 인버터 매설 구조와 연계하여 방수, 방열, 충격 및 방진을 고려한 구조 설계 및 보완

나. 전력품질, 인체안전 및 고주파 접지에 대한 성능 보완

o 3상 입력 전압/전류 고주파 기준 만족 및 고주파 제거용 3상 능동 필터 개발, 현장 적용 및 최적화

- 3상 입력전압고조파(V_{TDD})는 한전 기준 만족, 3상 입력 전류 고조파(I_{TDD})는 IEEE Std 519 기준 만족

※ 3상 : 3상 교류 전원을 의미함

o 지락보호 회로 기술 개발 및 환경시험

- 30mA 지락 발생 시 100ms 이내에 지락 fault 발생하도록 지락 보호 회로 개발 및 관련 환경시험

o 안전을 고려한 고주파 대역에서의 접지 시스템 기술 개발 및 급집전 시험

- IEC 61400 Serie, IEEE Std519, EN50160 해석 기법조사
- 고주파 대역의 데이터 신뢰도 확보를 실증실험
- 국제 규격의 접지시스템 도입기술 조사

o 고주파 대역에서의 인체 감전사고 해석, 현장 적용 및 최적화

- 고주파 인체안전성 확보를 위한 인체 위험전압 기반 실증실험
- 지락 차단시스템과 연계된 인체 안전성 확보 기준조사

o 대규모 급전인버터 운전에 의한 배전계통 파급 영향 평가, 현장적용 및 최적화

- 대용량 급전인버터의 대량 시설에 따른 전력관점의 파급사고 예방
- EMTDC, PSS/E 등 계통 모델링 및 조류계산을 통한 case별 시뮬레이션 실시

o 인버터 및 급전 케이블 2차 사고방지를 위한 모니터링 및 사고 방지 시스템 개발

- 인버터 지락사고에 의한 2차 파급사고 방지 알고리즘 개발
- 침수 및 외부 사고에 의한 인버터 및 케이블 모니터링 알고리즘 개발

※ 2차 사고 : 지락사고로 발생하는 감전사고, 인버터 화재 등의 사고로 인한 인버터 정전 및 감전사고, 인버터 침수로 인한 정전 및 감전사고 등의 2차 파급사고를 의미함

(나) 2차년도 : 급전 인버터 기술

가. 도로환경 및 안전기준을 만족하는 급전인버터 보완

- o 도로환경 및 안전기준을 만족하는 급전인버터 보완
 - 보완된 급전인버터를 Test Bed에 적용시의 문제점 보완
- o 저장 슬립 구조의 중앙선에 설치 가능한 인버터 구조 개발 및 보완
 - 보완된 급전인버터를 Test Bed에 적용시의 문제점 보완

나. 전력품질, 인체안전 및 고주파 접지에 대한 성능 보완

- o 3상 입력 전압/전류 고주파 기준 만족 및 고주파 제거용 3상 능동 필터 개발, 현장 적용 및 최적화
 - 개발된 3상 입력 능동 필터를 Test Bed 적용시의 문제점 보완
- o 지락보호 회로 기술 개발 및 환경 시험
 - 개발된 지락보호 회로를 Test Bed 적용시의 문제점 보완
- o 안전을 고려한 고주파 대역에서의 접지 시스템 기술 개발 및 급집전 시험
 - 개발된 접지 시스템을 Test Bed 적용시의 문제점 보완
- o 고주파 대역에서의 인체 감전사고 해석, 현장 적용 및 최적화
 - 개발된 인체 감전 사고 방지 대책을 Test Bed 적용시의 문제점 보완
- o 대규모 급전인버터 운전에 의한 배전계통 파급 영향 평가, 현장적용 및 최적화
 - 개발된 배전 계통 파급 해석을 Test Bed 적용시의 문제점 보완
- o 인버터 및 급전 케이블 2차 사고방지를 위한 모니터링 및 사고 방지 시스템 개발
 - 개발된 모니터링 및 사고방지 시스템을 Test Bed 적용시의 문제점 보완

(2) 집전장치 분야

(가) 1차년도 : 집전 픽업 기술

가. 차량, 도로 환경 및 안전 기준을 만족하는 집전 픽업 보완

- o 안전을 고려한 Rectifier 및 EMF 차폐 장치가 통합된 소형의 일체형 집전모듈 구조물 보완, 현장 적용 및 최적화

- 감전의 요소, 불요 자기장의 인체 위해 요소 등이 고려된 Rectifier 및 EMF 차폐 장치가 통합된 소형의 일체형 집전 모듈 보완
- o 차량에 장착된 집전장치에 대한 다양한 도로환경(고속 주행, 충격, 충돌, 방수, 침수, 감전, EMI 등) 및 보완
 - 절연저항, 절연전압, 난연, 방수, 발열, 방진, 충격 및 충돌, EMF 등에 문제없도록 집전장치 설계 보완
 - 방수 및 방진시험을 통해 물과 먼지를 효과적으로 차단하는 집전모듈 외함 보완
 - 발열시험을 통해 효율적으로 열을 방출시키는 집전 방열 모듈 보완
 - 충격 및 충돌시험을 통해 충격과 충격을 완화시키는 장치 보완
- o 전기버스 픽업용 EMI 차폐 및 방열 소재의 안정성 기준 제안 및 평가
 - 집전시스템의 차량 내부 전자파 간섭 및 안정성 대응기술 보완 및 검증

(나) 2차년도 : 집전 픽업 기술

가. 차량, 도로 환경 및 안전 기준을 만족하는 집전 픽업 보완

- o 안전을 고려한 Rectifier 및 EMF 차폐 장치가 통합된 소형의 일체형 집전모듈 구조물 보완, 현장 적용 및 최적화
 - 개발된 일체형 집전 모듈 구조물을 Test Bed 적용시의 문제점 보완
- o 차량에 장착된 집전장치에 대한 다양한 도로환경(고속 주행, 충격, 충돌, 방수, 침수, 감전, EMI 등) 및 보완
 - 개발된 일체형 집전 모듈을 Test Bed 적용시의 문제점 보완
- o 전기버스 픽업용 EMI 차폐 및 방열 소재의 안정성 기준 제안 및 평가
 - 개발된 일체형 집전 모듈을 Test Bed 적용시의 문제점 보완

(3) 레귤레이터 분야

(가) 1차년도 : 레귤레이터 기술

가. 차량 환경 및 안전기준을 만족하는 레귤레이터 보완

- o 차량 환경 및 안전기준을 만족하는 레귤레이터 보완
 - 방수, 발열, 방진, EMI 등에 문제없도록 설계 보완
 - 발열시험을 통해 효율적으로 열을 방출시키는 레귤레이터 방열 모듈 보완
 - 방수 및 방진시험을 통해 물과 먼지를 효과적으로 차단하는 레귤레이터 외함 보완

- o 다양한 저상 전기버스에 범용으로 차량 장착 가능한 안정적인 출력을 고려한 최적의 집전장치
 - 다양한 주행 및 환경 조건에서 안정적인 출력이 가능한 집전 장치

- 실용화 수준을 감안, 상시(가속구간, 주행, 정차중 등) 급/집전 효율 평균 75% 이상을 만족하는 레귤레이터 개발
 - 다양한 주행 및 환경 조건에서 안정적인 출력이 가능한 집전 장치

(나) 2차년도 : 레귤레이터 기술

가. 차량 환경 및 안전기준을 만족하는 레귤레이터 보완

- 차량 환경 및 안전기준을 만족하는 레귤레이터 보완
 - 개발된 레귤레이터를 Test Bed 적용시의 문제점 보완

- 다양한 저상 전기버스에 범용으로 차량 장착 가능한 안정적인 출력을 고려한 최적의 집전장치
 - 개발된 레귤레이터를 Test Bed 적용시의 문제점 보완

- 실용화 수준을 감안, 상시(가속구간, 주행, 정차중 등) 급/집전 효율 평균 75% 이상을 만족하는 레귤레이터 개발
 - 개발된 레귤레이터를 Test Bed 적용시의 문제점 보완

마. 연구개발과제 TRM

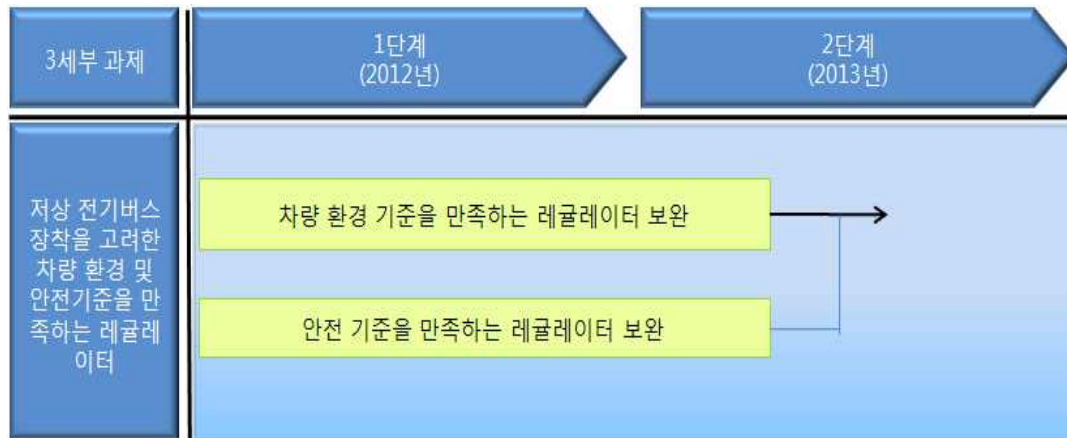
(1) 급전인버터 분야



(2) 집전장치 분야



(3) 레귤레이터 분야



바. 최종성과물 및 성과지표

- 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 제시 및 해석기술 제시
- ※ 기타 연구수행 및 인증과정에서 발생 가능한 중간자료 등

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	전파용융설비 기준 적용
	3상입력전압 고조파(V_{TDD})	%	한전 기준에 따름
	3상입력전류 고조파(I_{TDD})	%	IEEE Std 519 기준에 따름
	지락차단	ms	100이내@30mA(지락 전류)
	접지시스템 적용 기준	ohm	기술기준 및 판단기준
	인체 감전 보호 기준	mA	기술기준 및 판단기준
	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	전파용융설비 기준 적용
	국제표준자기장세기(EMF) 기준	mG	ICNIRP Guideline 기준에 따름

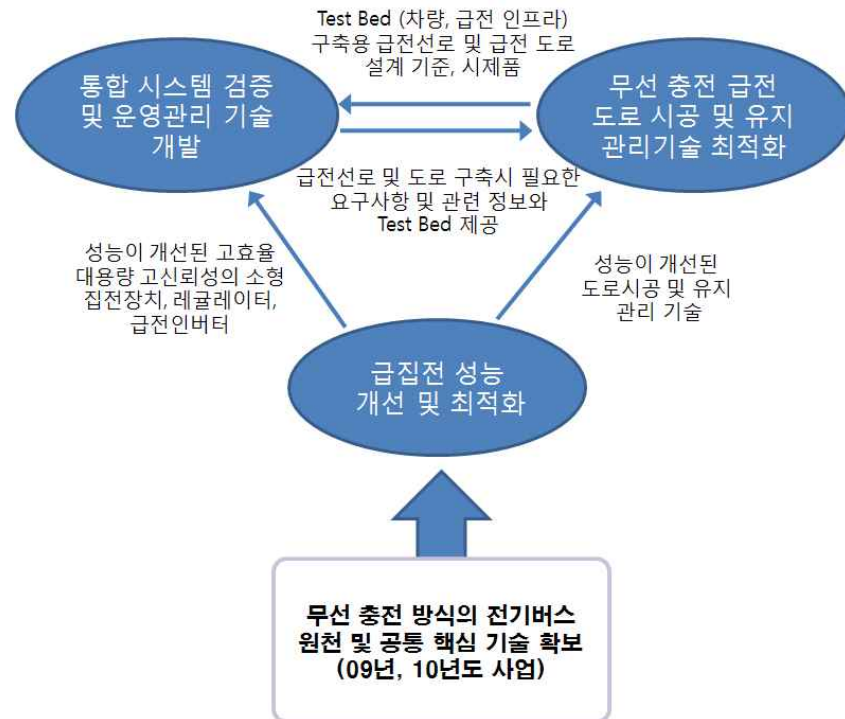
사. 성과물 검증방안

성과 목표 및 지표 항목	성과물 검증 방안
급전인버터	KOLAS 인증기관인 KTL 또는 그와 준하는 집단의 시험을 통한 검증 전력시스템(전력품질 및 인체해석관련) 구축기술 및 평가기술 관련 기준안 제시
집전장치	KOLAS 인증기관인 KTL 또는 그와 준하는 집단의 시험을 통한 검증
레귤레이터	KOLAS 인증기관인 KTL 또는 그와 준하는 집단의 시험을 통한 검증

아. 기술수요처 및 실용화 방안

수요처	국명	실용화 방안
서울시(서울대공원)	대한민국	급전인버터, 집전장치, 레귤레이터의 대량생산으로 가격에 대한 경쟁력 확보와 신뢰성 높은 대기업과의 공동연구를 통해 실용화가 가능할 것으로 예상됨
제주시	대한민국	
대전시	대한민국	
보스턴 로건공항	미국	
엔스텍 그린시티	말레이시아	

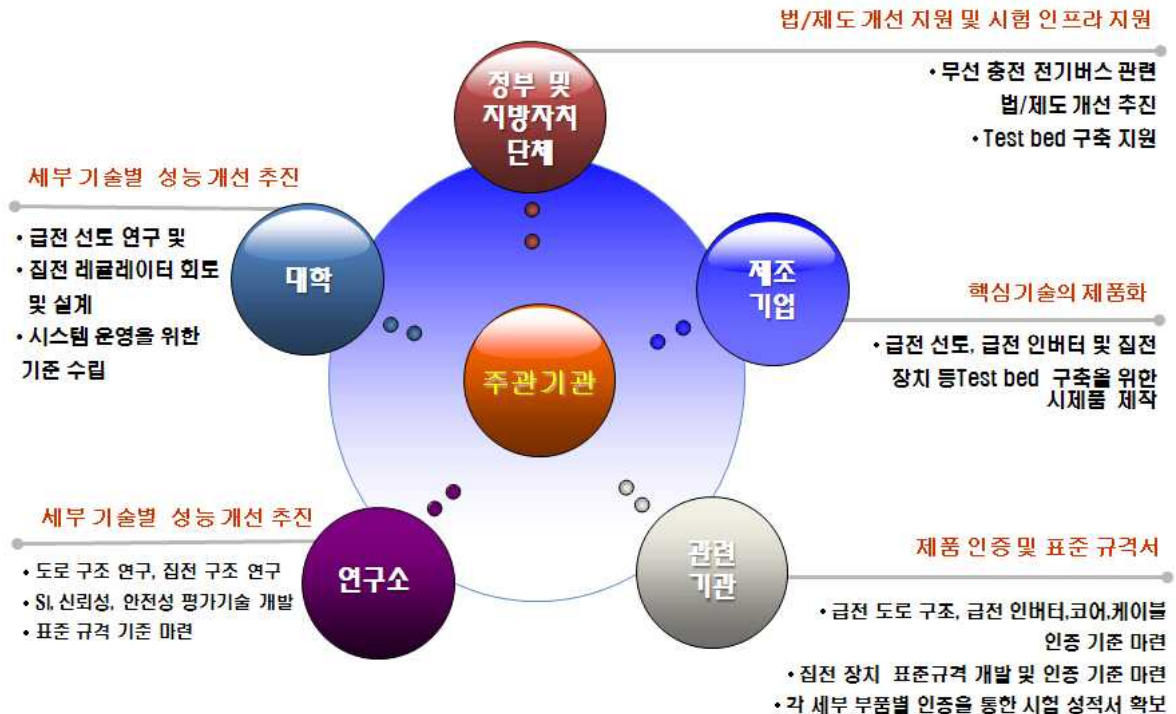
5절 세부과제간 연계관계



<그림 31 세부과제별 연계 관계>

- 표준급전인프라 개발에 따라 급전 선로의 구조에 영향을 미치고, 또한 급전 인버터의 스위칭 주파수, 급전 전류, 공진 주파수 등이 집전장치 개발에 영향을 미치기 때문에 각 과제별로 밀접한 협력이 필요
- 무선충전식 전기버스의 대중교통시스템 보급을 위해 표준 급전인프라 구축을 통해 최적화된 상용화 기술 개발을 위해서는 기 확보한 원천 및 공통핵심 기술에 대한 성능 보완 추진이 우선되어야 하며, 보완된 기술을 바탕으로 표준 급전인프라 구축을 통해 각 주요 부분에 대한 철저한 검증으로 상용화 시 발생할 수 있는 문제점을 보완하여 최적화 추진이 필요
- 2과제(무선충전 급전도로 시공 및 유지관리 기술 최적화)에서 시험운영 급전인프라 구축을 위한 급전도로 시공 기술 개발 및 유지관리 기술의 보완을 통한 최적화 추진하고 3과제(급집전 성능 개선 및 최적화)에서는 급전 인버터, 집전장치, 레귤레이터 등 급집전 인프라의 상용화 기술 확보를 위한 성능 보완을 추진
- 1과제(통합시스템 검증 및 운영관리 기술 개발)에서는 2, 3과제를 통해 확보한 기술을 통해 바탕으로 표준인증시험인프라를 구축 및 운영하고 feed back 받아 이를 다시 2, 3과제에서 보완하여 최적화 추진시키고, 표준인증시험인프라를 통해 각 시스템에 대한 표준 및 인증을 추진

6절 연구추진체계 제안



<그림 32 연구추진 체계>

- 각 기술별로 연관관계가 높기 때문에 세부적으로 추진하되 전체를 총괄 및 통합할 수 있도록 연구단 형태로 추진
 - 주요 연구 분야가 차량과 급전인프라 분야로 개별적으로 연구가 가능하나 개별적으로 연구가 수행될 경우에는 통합시 운영이나 효율 등에 문제가 있기 때문에 세부 연구는 개별적으로하되, 연구단 형태로 총괄하여 계획을 수립, 연구 추진이 필요함
- 주요 연구 추진 체계 방향
 - 연구소 및 학교, 전문 기관에서 기 확보된 주요 핵심 기술의 성능 보완 및 최적화 추진하고 기업체에서 제품화를 추진 할 수 있도록 산학연 공동연구 추진
 - 공인 인증기관과의 공동 협력 개발을 통한 조속한 시일 내에 국내외 공인기관의 표준 인증 획득
- 비접촉 전력전달 충전방식은 기술분야가 크게 차량부분과 급전 인프라 부분으로 나누어져 있기 때문에 각 연구분야를 총괄하여 운영할 수 있는 기관이 주관기관의 역할을 수행하고 상용화 및 인증을 위하여 시제품별 제작 기업과 인증 기준을 수립하고 인증할 수 있는 기관이 참여기관으로 참여하여 세부적으로 추진
- 주관기관에서 종합적으로 연구 진행 관리 및 연구 내용 관리를 하되, 빠른 상용화를 위하여 시제품 개발이나 추가적인 연구 개발시 참여기업들의 적극적으로

참여 및 주도하여 추진

- 참여기관으로는 급전 인프라 구축이 가능한 토목 업체와 도로 전문업체, 전기전문업체와 인증 및 평가, 시험을 위하여 자동차성능연구소, 전기안전공사, 한국산업기술시험원, 교통연구원 등 기타 관련 전문기관이 참여하여 추진
- 참여기관 선정시에는 과제 종료 후에도 협의체를 구성하여 Test Bed의 유지 관리를 담당할 수 있도록 전문기관을 위주로 선정
- 정부 기관과의 협력을 통한 무선 충전 전기버스 운행과 관련 규정 및 법률 검토를 통해 관련 규정/법률의 수정 또는 제정 추진
- 1세부과제
 - 표준인증기관에서는 시스템 통합을 통한 Test Bed 구축 시 전체 시스템에 대한 평가 기준 마련 및 인증 시험 진행 (공인 성적서 확보)
 - Test Bed 구축을 위한 각 주요 부품에 대한 시제품 제작
 - 정부 및 지방자치 단체를 통해 필요한 법, 제도 개선 추진 및 실제 도로 환경에서 적용이 가능한 Test Bed 구축 대상지 지원
- 2세부과제
 - 대학과 도로 관련 전문 연구소에서 급전도로 시공 방법 및 구조 연구 추진
 - 관련 기관(도로 건설 및 운영 기관)에서는 도로 구조에 대한 안전성 및 내구성을 평가할 수 있는 인증 기준을 마련하고 이를 평가 할 수 있는 평가 방법 개발을 통해 공인 인증 및 성적서 마련
 - 기술 개발 이후에 실제 구축을 위하여 도로 시공업체와의 협력을 통해 상용 시제품 제작 추진
- 3세부과제
 - 대학과 도로 관련 전문 연구소에서 급전 인버터 및 집전 모듈, 레귤레이터에 대한 성능 보완 및 기술의 최적화 추진
 - 관련 기관(인증기관)에서는 급전인프라의 전기안전 기준 및 평가 방법, 집전모듈과 레귤레이터 등에 대한 인증 마련
 - 제조업체(기업)에서는 제품화에 적합하고 관리가 용이한 구조 개발

7절 표준 급전 인프라 구축 계획

1. 표준급전 인프라 구축 목표

- 기 확보한 주행 및 정차 중 충전이 가능한 전기버스 시스템 기술의 상용화 추진을 위한 기술의 현장 적용 및 최적화 추진
- 주요 국가 공인인증기관과 연계하여 표준인증 표준인증급전인프라 구축 필요
- 표준인증 급전인프라의 구축 및 운영을 통해 상용화 추진 시 발생할 수 있는 문제점을 도출하고 이를 해결하여 무선 충전 방식의 전기버스의 원활한 보급 추진
- 지자체와 연계하여 실제 도로환경에 적용하는 시험운영 급전인프라 구축 필요

2. 급전인프라 추진 계획

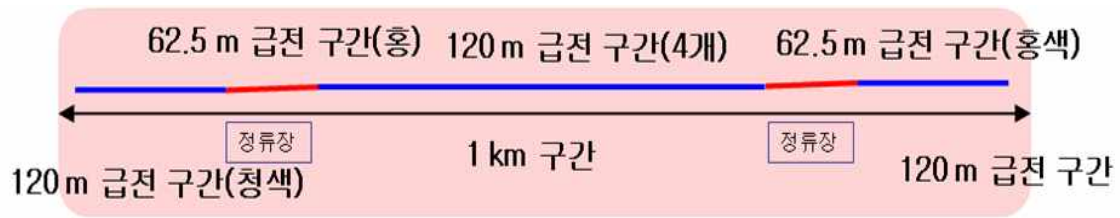
- 1차년도
 - 기술보완을 통해 표준급전인프라 구축에 필요한 세부 환경 확보
 - 주요 공인인증기관과 연계한 표준인증 급전인프라 구축
 - 차량, 급전인프라에 대한 각 담당 연구기관들과 철저한 인증시험 진행
 - 지자체와 연계하여 시험운영 급전인프라 구축을 위한 대상지 선정 및 관련 기관/산업체/지자체와 매칭 펀드를 편성하여 시험운영 급전인프라 추진 확정
 - 지자체와 협의된 도로 환경에 대한 시험운영 급전인프라 설계
- 2차년도
 - 지자체와 연계한 시험운영 급전인프라 구축 및 차량 제작 추진
 - 시험운영 급전인프라 운영을 통해 실제 도로에서 운영시 발생될 수 있는 다양한 교통 환경의 내용을 Feed Back 받아 추가적으로 보완하여 기술의 최적화

선정절차	주요 내용	예상시기
표준인증 급전인프라구축 (공인기관과 연계)	- 표준인증 급전인프라 구축 추진 및 무선충전 전기버스 차량 제작	1차년도
표준인증 급전인프라에서 관련 인증 시험 수행	- 표준인증 급전인프라 환경에서 급전인프라 및 차량에 대한 전자파안전, 전기안전, 도로 안전에 대한 철저한 인증시험 진행	1차년도
표준인증 급전인프라에서 문제점 보완 및 최적화	- 인증시험을 통한 문제점 보완 및 최적화 - 인증시험을 통한 관련 공인성적서 확보	2차년도
지자체 및 관련기관과 시험운영급전인프라 선정	- 시험운영급전인프라구축을 지자체와 협의 - 관련 지자체와 매칭 펀드 확보	2차년도
지자체와 연계한 시험운영급전인프라설계	- 시험운영급전인프라 구축을 위한 세부 설계	2차년도
지자체와 연계한 시험운영급전인프라 구축 및 운영	- 시험운영급전인프라구축 및 운영을 통한 기 술 보완	2차년도

3. 표준 급전인프라 대상지 선정

- o 다양한 운행 조건을 갖추고 있으며, 표준인증이 가능한 제반 차량 인증 시험 시설물을 갖추고 있는 기관과 연계하여 표준인증 급전인프라 대상지 선정
- o 다양한 환경에서의 검토를 위하여 충분한 사용자를 확보할 수 있으며 평균적으로 60km/h 정도의 속도로 운행이 가능한 노선을 대상으로 검토 및 선정
 - 신도시와 기존 도시를 연계하는 노선 또는 도시 내 순환노선
- o 표준인증 급전인프라 구축 세부 사항
 - 구현 기술
 - 주행 및 정차 중 충전 기술
 - 세그먼트 기술 구현
 - 급전 인프라 (급전인버터, 급전선로 등) 시스템 구현
 - 차량 통합 기술 구현
 - 급전인프라 선정 조건(표준 급전선로 구성)
 - 차량 성능을 검증할 수 있는 충분한 구간(8km 이상) 확보 가능 여부(1km에 2개 정류장 가정)
 - 정류장용 62.5m(또는 65m)의 4 Segment로 구성된 급전선로 2개
 - 주행구간용 2 Segment로 구성된 120m의 급전선로 6개

< 표준 급전선로 구성 >



< 표준 급전선로 개념도 >

o 구축비용

(단위 : 천원)

구분	Dual Line 채택	
급전선 형태	62.5m	120m
세그먼트	(20m×3, 2.5m×1)	(60m×2 Seg)
수대 생산 시	197,422	205,361
km 당 인프라 구축비용	1,627,010	

※ km 당 인프라 구축비용은 62.5m 급전선 2 set, 120m 급전선 6 set 합산가격임

- 구축 대상지의 도로 환경 및 정류장 수에 따라 구축비용 변경됨
- 정거장이 없는 1km 주행구간용의 경우, 120m(60m × 2Seg) 급전선로 8개로 구축하며 비용은 1,642,888,000원임

o 예상 후보지

- 기존 KAIST에서 추진한 시험 및 시범사업을 참조하여 검토 예정
- 세종시, 제주도 관광단지 순환노선 등이 검토 중에 있으며, 이외에도 지자체와 기관에서 관심이 증대되고 있어 충분한 후보지 확보 가능

o 예상 후보지를 비롯한 많은 지방자치단체에서 KAIST와 무선충전식 전기차 관련 연구 지원 및 기술 도입 등에 대한 MOU 체결 또는 도입 관련 협의 등을 통하여 관심 표명

- 자동차성능연구소 : 무선충전식 전기차 EMC 인증시험 ('10. 8. 22)

- 세종시
 - 체결일 : 2010년 3월 29일
 - 주요내용 : 무선충전식 전기차 도입 관련 협력
- 제주도
 - 체결일 : 2009년 2월 25일
 - 주요내용 : 무선 충전식 전기차 시범사업 추진 관련 협력
- 서울시
 - 체결일 : 2009년 8월 11일
 - 주요내용 : 무선충전식 전기차 시험·시험사업 추진
- 대전시
 - 체결일 : 2009년 8월 12일
 - 주요내용 : 무선충전식 전기차 도입 관련 협력

가. 자동차성능연구소

(1) 후보지 선정 근거

o 사업목적

- 표준인증 급전인프라 구축으로 차량 및 급전인프라에 대한 제반 인증 시험을 진행하여 향후 본 과제 종료 후에도 무선충전식 전기자동차에 대한 공인 인증을 수행할 수 있음

o 사업내용

- 자동차안전기준에 대한 제반 성능 평가 시설물과 시험이 가능
- 온라인전기버스 3대 제작 예정(운행 2대, 각종 시험[전복 포함] 1대)
- 자동차성능 인증 기준에 부합하는 각종 성능 인증 시험 진행
- 다양한 도로 환경 조건에서 공인된 절차에 의한 성능 평가 가능

o 서울대공원 및 KAIST 문지동 종합시험장, 급전인프라와의 차이점

- 서울대공원, KAIST 문지동, 표준급전인프라 모두 주행 및 정차 중에 충전을 통한 운행 구현은 동일하나, 구축 목적 및 구축 당시 확보한 연구 내용에 따라 차별되어 있는 상태임
- 서울대공원의 경우에는 09년도에 확보한 원천기술을 바탕으로 추진한 시범사업으로 서울대공원 환경에 맞추어 구축되어 있음
- KAIST 문지동 종합시험장의 경우에는 차량 속도나 성능 검증보다는 온라인전기자동차의 운행 및 운영에 관련된 기술 내용을 구현하고 종합적으로 테스트를 목적으로 구축되어 있음
- 본 과제에서 추진할 표준인증 급전인프라 및 시험운영 급전인프라의 경우에는 과제의 목표가 상용화 기술 확보이기 때문에 목표에 맞도록 상용화 수준의 차량 성능, 안전, 신뢰성 등을 평가하고 인증 확보에 적합하도록 설계 및 구축

예정

구분	서울대공원	문지동	표준인증 급전인프라	시험운영 급전인프라
구축 목적	원천기술 구현	세그먼트, 자기장 차폐 등 온라인 전기자동차 관련 핵심 기술 구현 및 테스트	보완된 비접촉 전력전달 기술의 현장 구현 및 차량과 급전 인프라의 성능, 안전, 신뢰성 등에 대한 인증 확보	최적화된 기술을 실제 현장에 구현하여 상용화 기반 마련
구현 내용	- 주행 및 정차 중 충전 기술 - 세그먼트 기술 - 수동형 자기장 차폐 기술	- 다양한 형태의 세그먼트 기술 - 능동형 자기장 차폐 기술	- 표준인프라 구현(주행용/정차장용 인프라) - 차량 및 급전 인프라 통합 상용 기술 구현	- 최적화된 차량 및 급전인프라 구현
주행 속도	- 서울대공원 규정 속도에 따라 주행(저속)	- 일반 버스의 정속 속도까지 주행 가능(중·저속)	- 일반차량과 동일한 수준의 속도로 운행 가능(고속)	- 일반버스와 동일한 수준의 속도로 운행 가능(고속)
인증	- 서울대공원에 국한된 전기, 전자파, 도로 안전 확보	- 특정한 평가 기준은 없으나, 사도에서의 기준 만족 - 전자파의 경우 실험국 허가된 상태	- 표준인증인프라에서 전기, 전자파, 도로 안전 기준 확보 예정	- 전기, 전자파, 도로 안전 기준 확보 예정
급전구간	- 372.5m	- 362m	- 2.02km	- 2km



급전구간 : 372.5M	
1구간	122.5M
2구간	122.5M
3구간	122.5M
4구간	5.0M

< 서울대공원 급전구간 구성도 >



	5m 세그멘테이션 구간	차량 정차중 종전
	3mX7 세그멘테이션 구간	세그멘테이션 동작 시험 저속 주행 성능 시험
	60mX4 세그멘테이션 구간	자유주행 시험, 각종 성능 시험 및 안전성 시험
	40m 세그멘테이션 구간	자유주행 시험, 각종 성능 시험 및 안전성 시험

< KAIST 문지동 종합시험장 구성도 >

(2) 세부 추진 내용

- 대상지 : 자동차성능연구소 주행시험장
- 급전구간 : 총 2.02km(1.02km, 0.5km×2)
 - 0.5km구간의 경우에는 2.5m, 60m, 120m 등 다양한 길이의 세그먼트 형태로 구축 예정)
- 선정근거
 - 상용 수준의 차량 성능 테스트 및 인증 가능(고속주행, 침수, 경사로, 조향성능, 전자파, 충격 시험 등)
 - 안전한 환경에서 다양한 주행 조건 운행 가능
 - 표준 급전인프라 구축 및 운영, 관리의 용이성
 - 실제 시범 사업 추진 시, 안전성이 확보된 기술로 추진 가능
- 구축비용
 - 표준 급전선 구축비용을 기준으로 비용 산정

(단위 : 천원)

구분	구축 비용(1km당)	소요비용	비고
1.02km 구간(정거장이 없는 주행구간용)	1,642,888	1,672,990	120m×8seg
1km(정거장이 있는 정류장/주행구간용)	1,627,010	1,627,010	65m와 120m 혼용 구축
합계		3,300,000	

< 예상 Test Bed 구축 대상지 >



나. 세종시

(1) 후보지 선정 근거

o 사업목적

- 미래형 친환경 도시의 이미지 확보

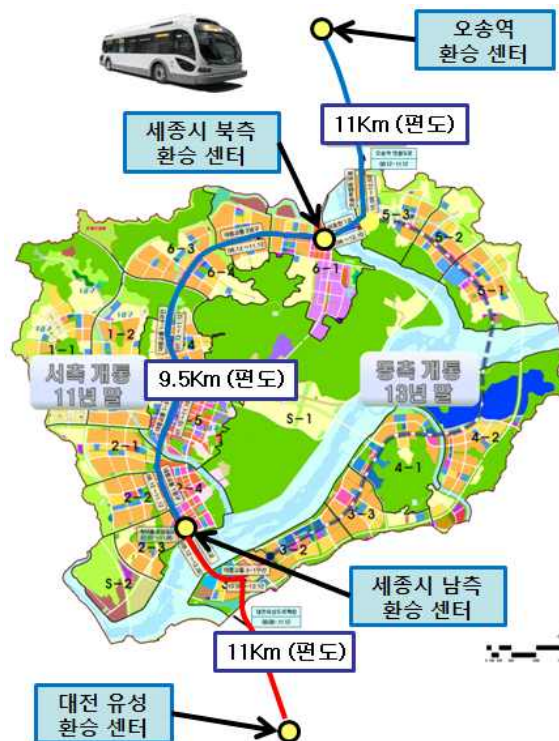
o 사업내용

- 미래형 친환경 신도시와 기존 주요 도시를 연결하는 신개념의 교통수단인 무선충전식 전기차 구축
- 온라인전기버스 5대 운행 예정(운행 4대, 예비 1대)
- 평균 60km/h 속도로 주행이 가능하고 22km의 왕복노선 운영을 통해 실제 버스 운행 조건과 동일하게 운행하여 상용화시 발생할 수 있는 다양한 상황에 대한 검토 및 보완 가능
- 직접 탑승하는 일반인들이 이용하기 때문에 승객의 의견을 충분히 반영할 수 있음

(2) 세부 추진 내용

- o 세종시에서 주변 주요 도시와 내부 교통을 연계하는 3개의 노선 중 선택하여 추진 예정
 - 북측 노선 : 세종시 북측 환승 센터와 오송역 환승센터 구간의 왕복 22km 노선
 - 순환노선 : 세종시 내부를 순환하는 약 19km 노선
 - 남측노선 : 세종시 남측 환승 센터와 대전유성 환승센터 구간의 왕복 22km 노선

< 예상 도입 노선 구간 분석 >



(3) 상용 운행 시 최적 운행 조건 분석 결과 소요비용

- o 도로 환경 조건, 효율, 소모전력, 차량 중량 등을 분석하여 상용시 구축비용 산정

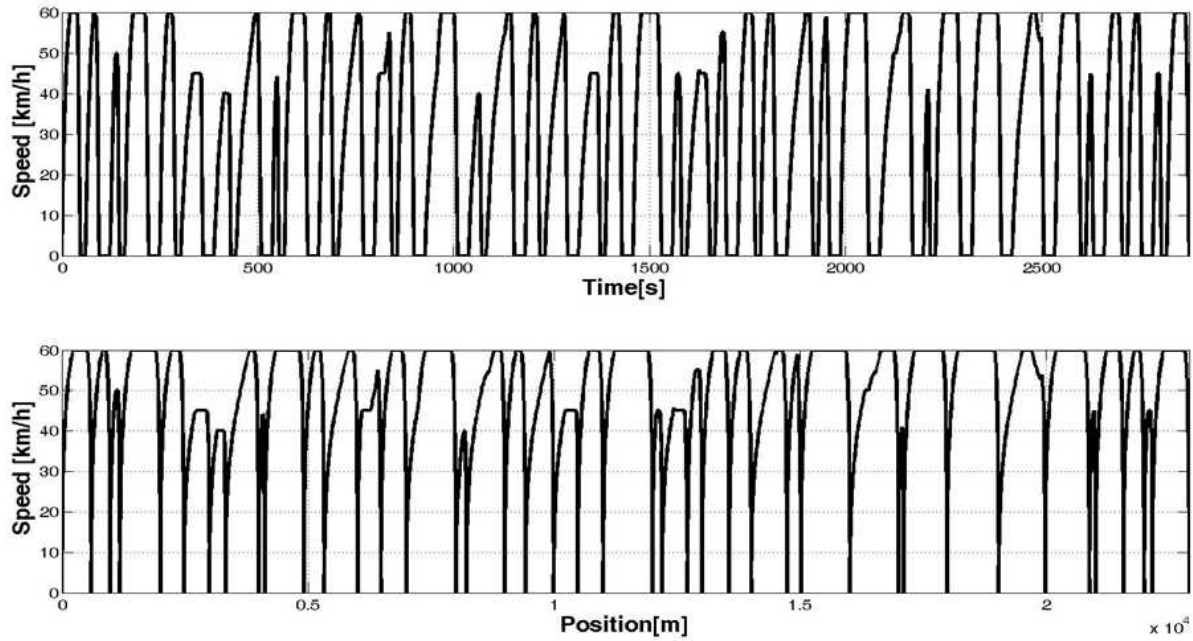
Item	Value
차량 총 중량	15000 kg
기계적 효율	83 %
구름 저항 계수	0.013
공기 저항 계수	0.6
차량 전면적	8.07m ²
HVAC ¹⁾	26 kW
기타 소모 전력 ¹⁾	10 kW

1) 공조장치는 주행 중 항상 켜져있음을 가정

- 도로 구배 조건은 교통연구원 자료 인용
- 각 버스 정거장에서 15초 정차 조건 적용

- 버스 정차 교차로 수는 23개, 1km 마다 정차하며 평균 정차 시간 30초
- 배터리 SOC는 80~20% 구간에서만 사용

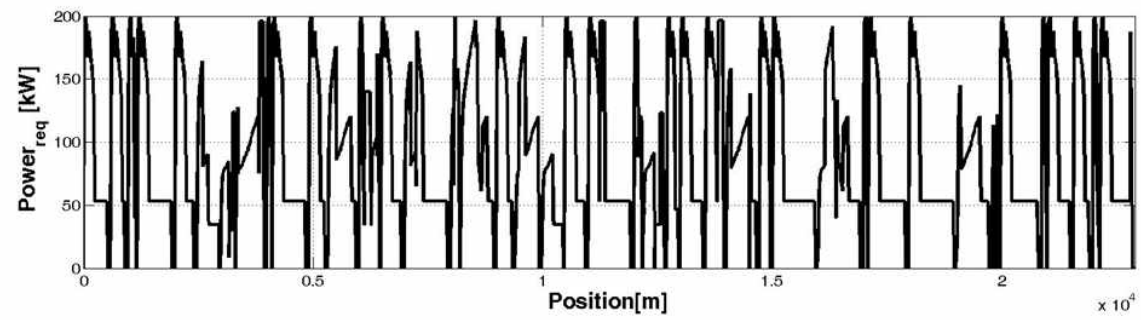
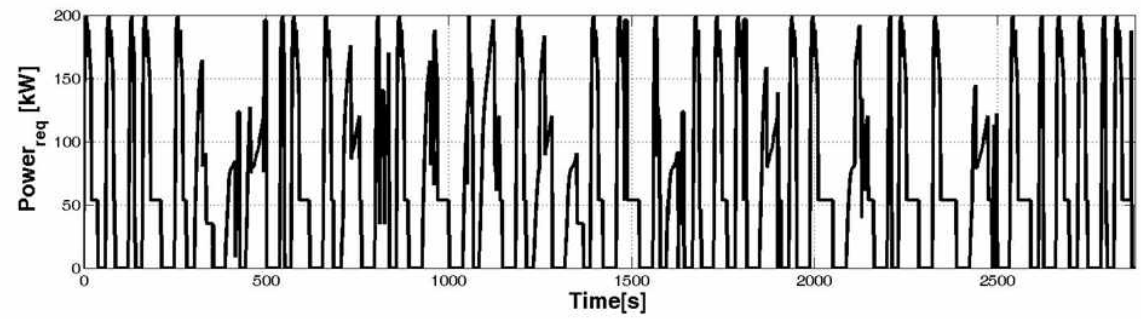
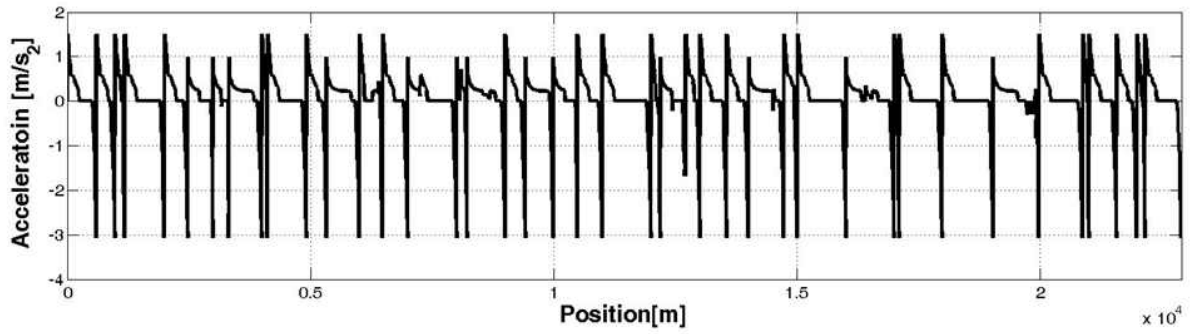
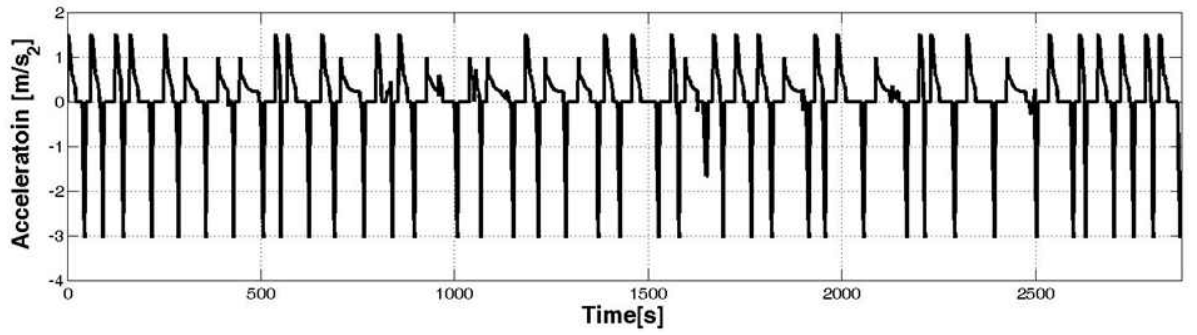
< 차량 속도 Profile >



0 -> 60km/h까지 가속 시간(초) 1), 구매 없는 경우	22
0 -> 60km/h까지 가속 시간(초), 구매있는 경우	50
60 -> 0km/h까지 감속 시간(초) ¹⁾	10

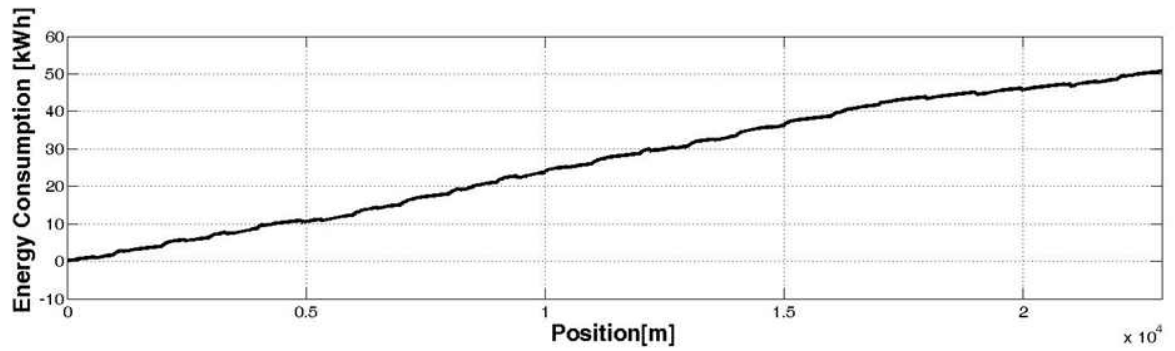
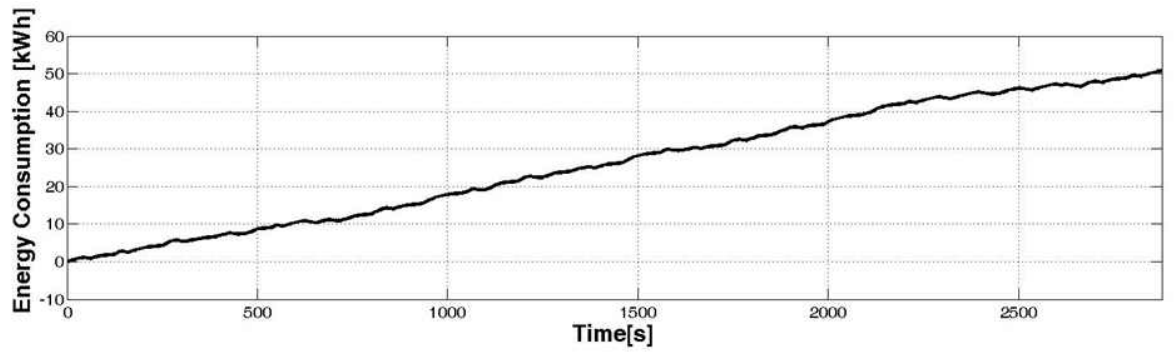
1) 대전 시내버스 106번 노선 참조

< 차량 가속력 Profile >

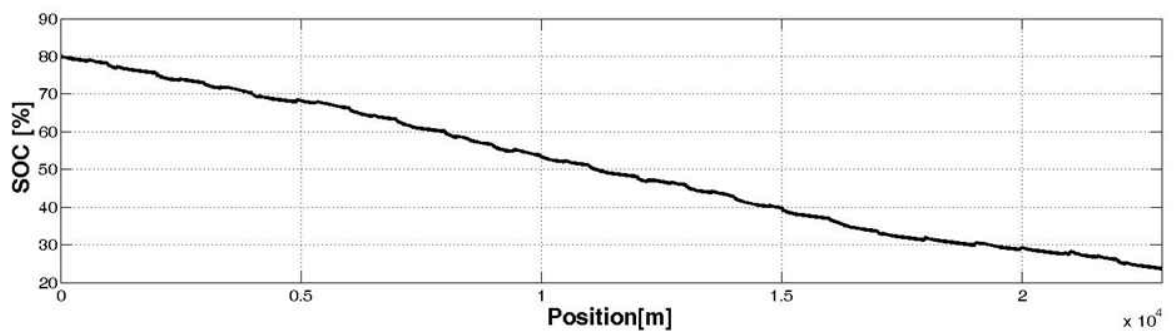
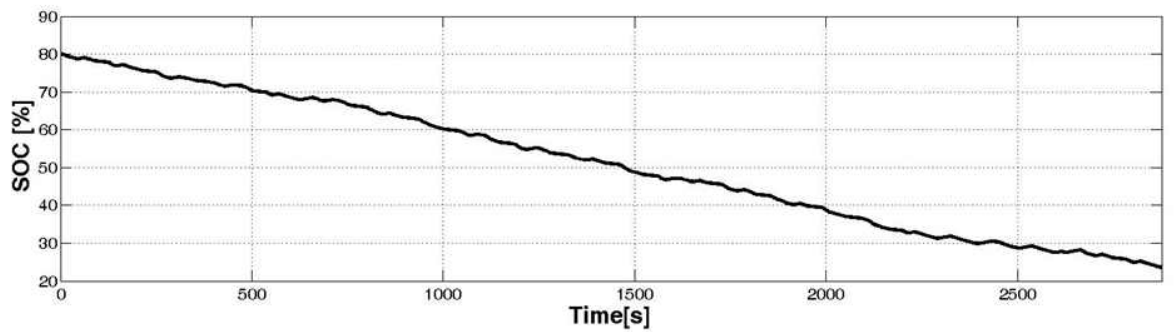


< 버스 요구 출력 >

< 소모 에너지 (충전 고려) >



< 배터리 SoC (State of Charge) >



o 분석 결과

1회 주행 중 최대 필요 순간 출력(kW)	1회 주행 시 총 소모 에너지 (kWh)	등속 주행 시 출력(kW)	에어컨 전력 (kW)	기타 소모 전력(kW)
200	50.7	53	26	10

* 배터리 50 kWh 사용, 집전 100kW, 각 정거장에 180m 급전 설치

		OLEV
최종 소모 에너지(kWh)		50.7
충 급 전 구 간(m) ¹⁾		4112
충 연 장 대 비 급 전 구 간 비 율(%)		18
1회 주행 후 필요 충전 시간(분)		30.5
배터리 용량(kWh)		90
연속 주행 가능 횟수		1회
배차 대수 ²⁾ (대)	배차시간	
	10분	8
필요 인버터 대수 ²⁾ (차고지+정거장)		51대

		OLEV
버스 가격 ³⁾	차량 가격(원)	150,000,000
	모터 가격(원)	100,000,000(최대 출력 240kW 기준)
	집전장치(원)	100,000,000(100kW기준)
	배터리 가격(원)	180,000,000
	설계 및 test 비용(원)	100,000,000
	필요 차량 대수 ²⁾ (대)	10
	전체 버스 가격(원)	6,300,000,000
인프라	충전 시설 (원)	9,667,017,375
유지보수비 ³⁾ (원)		2,395,052,606
총 비용(원, VAT 별도)		18,362,026,681

¹⁾ 단방향, OLEV는 차고 정차 중 충전 시 인버터 1대 당 급전 5m 필요
²⁾ 차고지 충전기 4대 포함

상기 비용은 양방향 기준으로 계산됨.

¹⁾ 양산 시 가격 하락 가능성 있음

²⁾ 예비차량 2대 포함

³⁾ 버스 가격 및 인프라 구축 비용의 15%로 가정

(4) 추진 현황

- 세종시 담당 부서와 노선 검토를 통해 사업 추진을 위한 주요 노선 도출
 - 유성과 남측 환승센터 구간, 오송역과 북측 환승센터 구간, 내부 순환도로
- 지속적인 협의를 통하여 운영을 위한 세부적인 조건 도출
- 경제성 및 타당성 분석 중에 있으며, 사업 추진을 위하여 관련 지자체와의 협의가 필요하며, 전체적인 일정을 검토하여 세부 추진 계획과 일정 계획 수립 예정

다. 제주도 중문단지

(1) 사업개요

- 사업목적
 - 친환경 청정도시로서 제주도의 국제위상 제고와 친환경 교통수단으로 상징적 활용
 - 대한민국 선진 과학기술을 전세계에 홍보하고 OLEV 사업 추진 활성화의 계기 마련
- 사업내용
 - 친환경 교통수단으로 청정 도시의 상징적으로 활용 및 다양한 국내외 행사시 호텔과 행사장 셔틀로 활용
 - 일정한 노선으로 차량을 지속적으로 운행하면서 운행 조건에 따른 에너지 운영 상태를 점검 및 보완 추진
 - 일반 도로환경에서 운영을 함으로써 상용화시와 동일한 환경조건에서 운행함으로써 상용화시 중요한 데이터 확보가 가능
 - 높은 홍보 효과가 예상됨

(2) 세부 추진 내용

- o ICC와 중문단지 내 주요 호텔을 연계·운행하는 셔틀버스 노선
- o 노선길이 : 왕복 6.7km

< 도입 노선 >



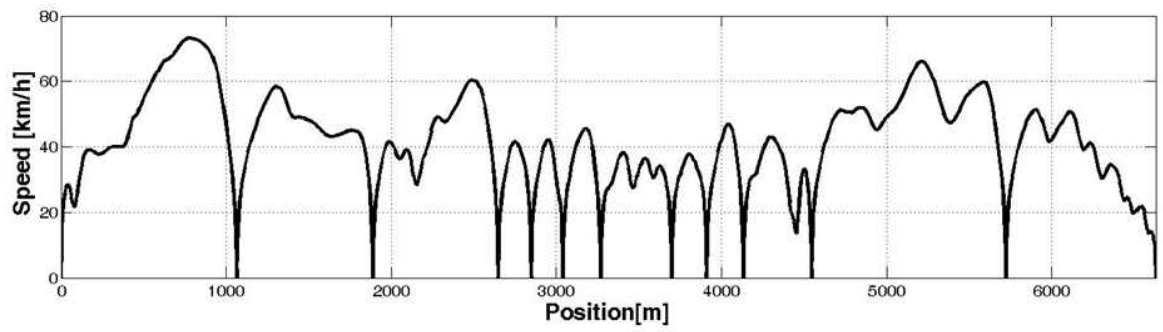
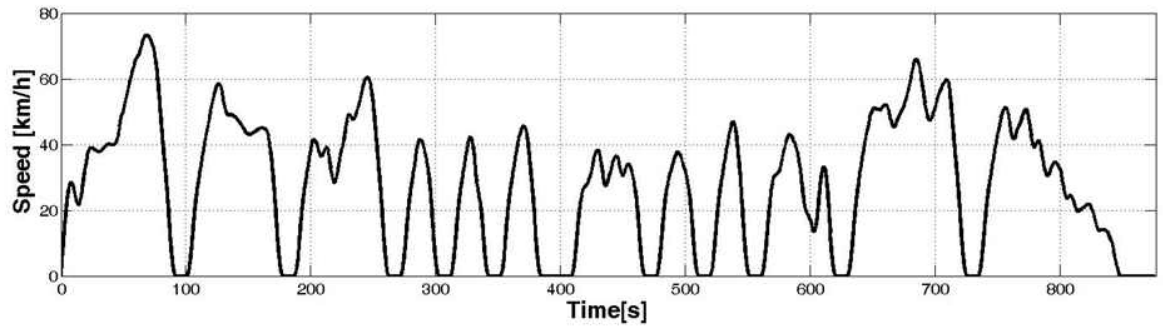
(3) 상용 운행 시 최적 운행 조건 분석 결과 소요비용

Item	Value
차량 총 중량	15000 kg
기계적 효율	83 %
구름 저항 계수	0.013
공기 저항 계수	0.6
차량 전면적	8.07m ²
HVAC ¹⁾	26 kW
기타 소모 전력 ¹⁾	10 kW

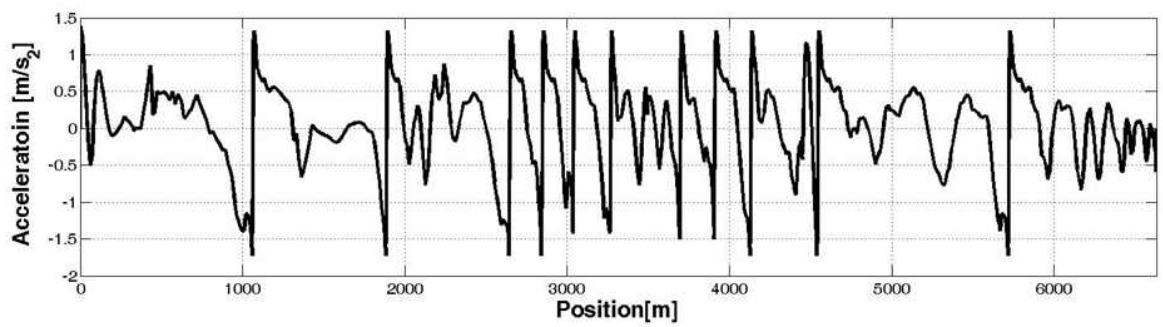
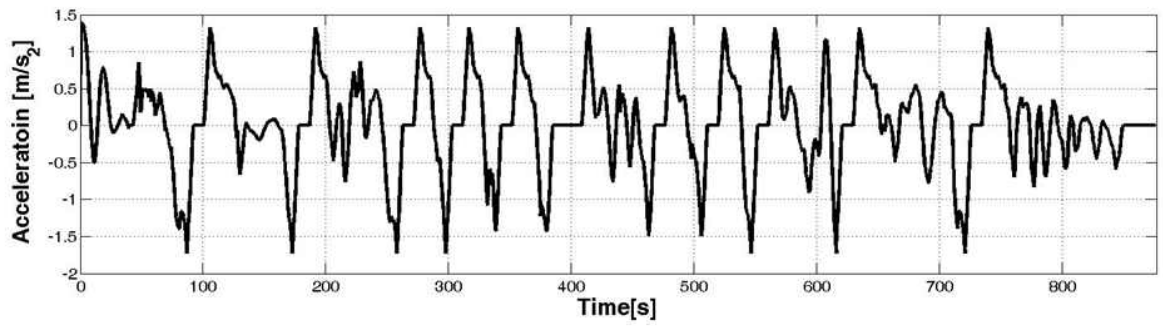
1) 주행 중 항상 켜져있음을 가정

- 도로 구배 조건은 교통연구원 자료 인용
- 각 버스 정거장에서 15초 정차 조건 적용
- 버스 정차 교차로 수는 23개, 1km 마다 정차하며 평균 정차 시간 30초
- 배터리 SOC는 80~20% 구간에서만 사용

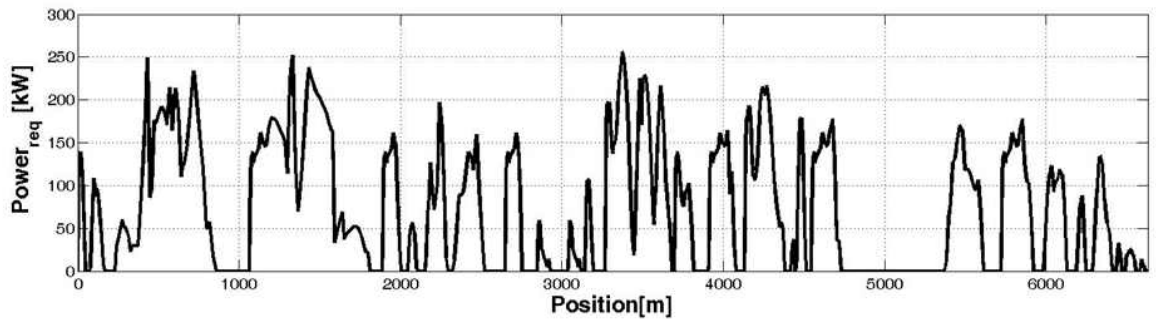
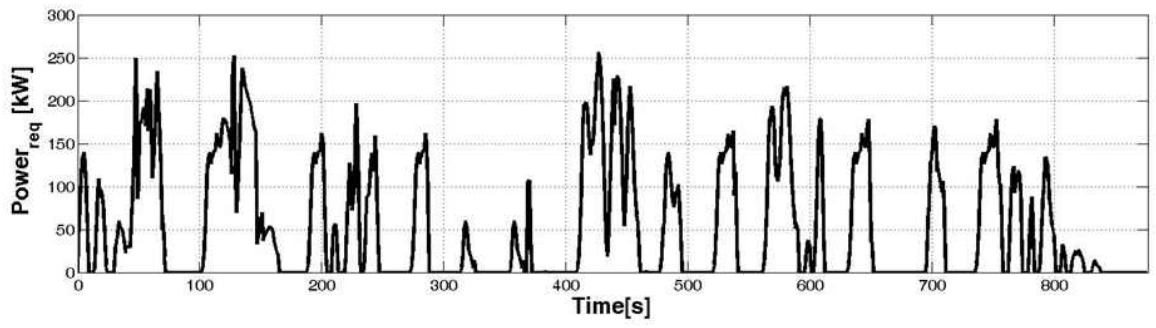
< 차량 속도 Profile >



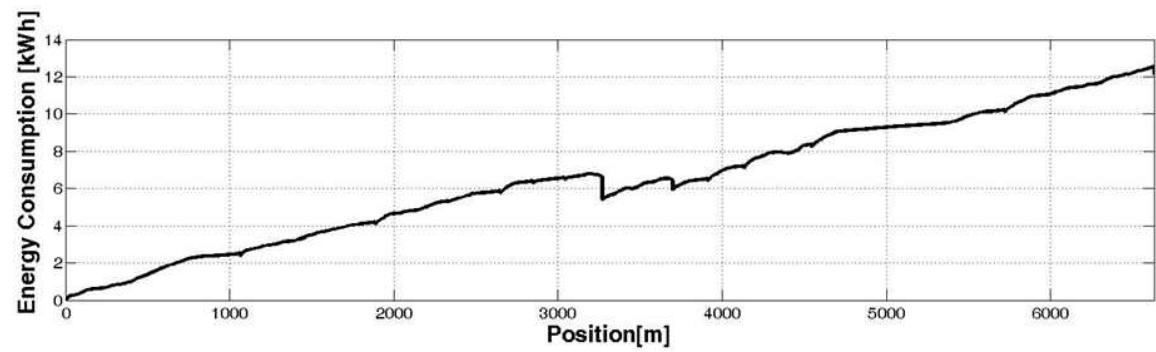
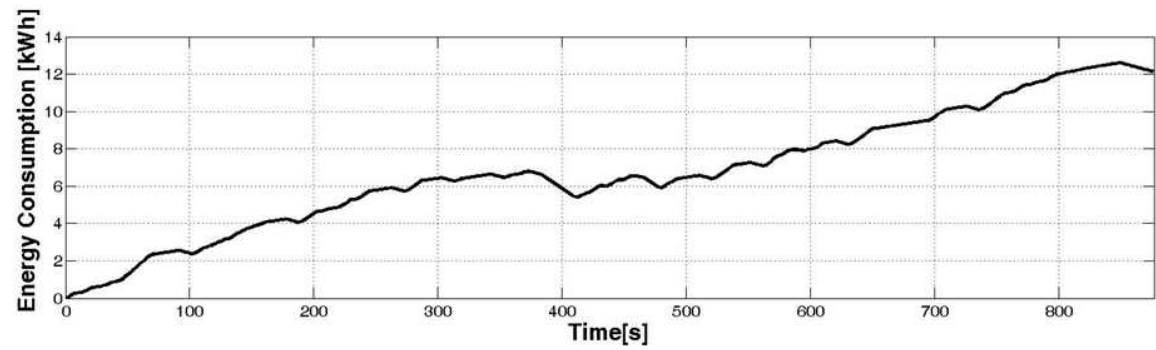
< 차량 가속력 Profile >



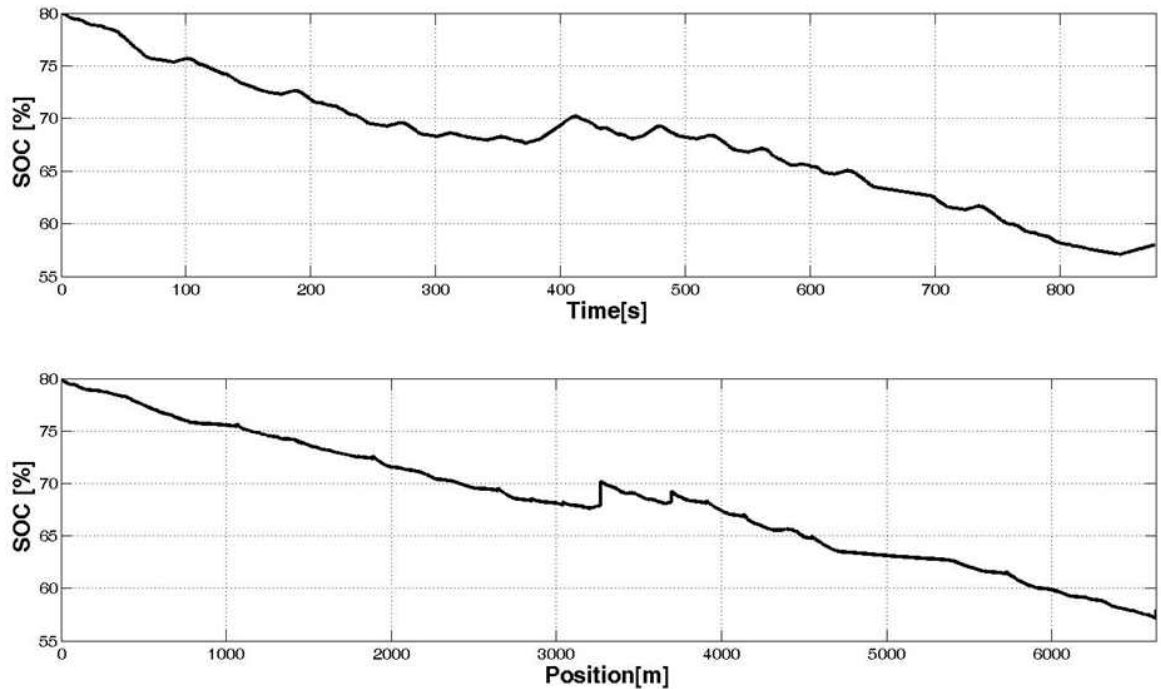
< 버스 요구 출력 >



< 소모 에너지(충전 고려) >



< 배터리 SoC(State of Charge) >



○ 분석 결과

1회 주행 중 최대 필요 순간 출력(kW)	1회 주행 시 총 소모 에너지 (kWh)	등속 주행 시 출력(kW)	에어컨 전력 (kW)	기타 소모 전력(kW)
200	12.1	N/A	26	10

* 배터리 50 kWh 사용, 집전 100kW, 각 정거장에 180m 급전 설치

		OLEV
최종 소모 에너지(kWh)		12.1
총 급전 구간(m) ¹⁾		1213
총 연장 대비 급전 구간 비율(%)		18.3
1회 주행 후 필요 충전 시간(분)		14.5
배터리 용량(kWh)		55
연속 주행 가능 횟수		2회
배차 대수 ²⁾ (대)	배차시간	3
	10분	
필요 인버터 대수 ³⁾ (차고지+정거장)		26대

		OLEV
버스 가격 ³⁾	차량 가격(원)	150,000,000
	모터 가격(원)	100,000,000(최대 출력 240kW 기준)
	집전장치(원)	100,000,000(100kW기준)
	배터리 가격(원)	110,000,000
	설계 및 test 비용(원)	100,000,000
	필요 차량 대수 ²⁾ (대)	5
	전체 버스 가격(원)	2,800,000,000
인프라	충전 시설 (원)	3,786,701,100
유지보수비 ³⁾ (원)		988,005,165
총 비용(원, VAT 별도)		7,574,706,265

1) 단방향, OLEV는 종점 정차 중 충전 시 인버터 1대 당 급전 5m 필요
2) 차고지 충전기 2대 포함

상기 비용은 양방향 기준으로 계산됨.

1) 양산 시 가격 하락 가능성 있음

2) 예비차량 2대 포함

3) 버스 가격 및 인프라 구축 비용의 15%로 가정

- 도로 환경 조건, 효율, 소모전력, 차량 중량 등을 분석하여 상용시 구축비용 산정
- 규모
 - 총길이 : 6.8km(왕복)
 - 충전소 : 정차장 10개, 중점 2개
 - 필요 차량 대수 : 5대

(4) 추진 현황

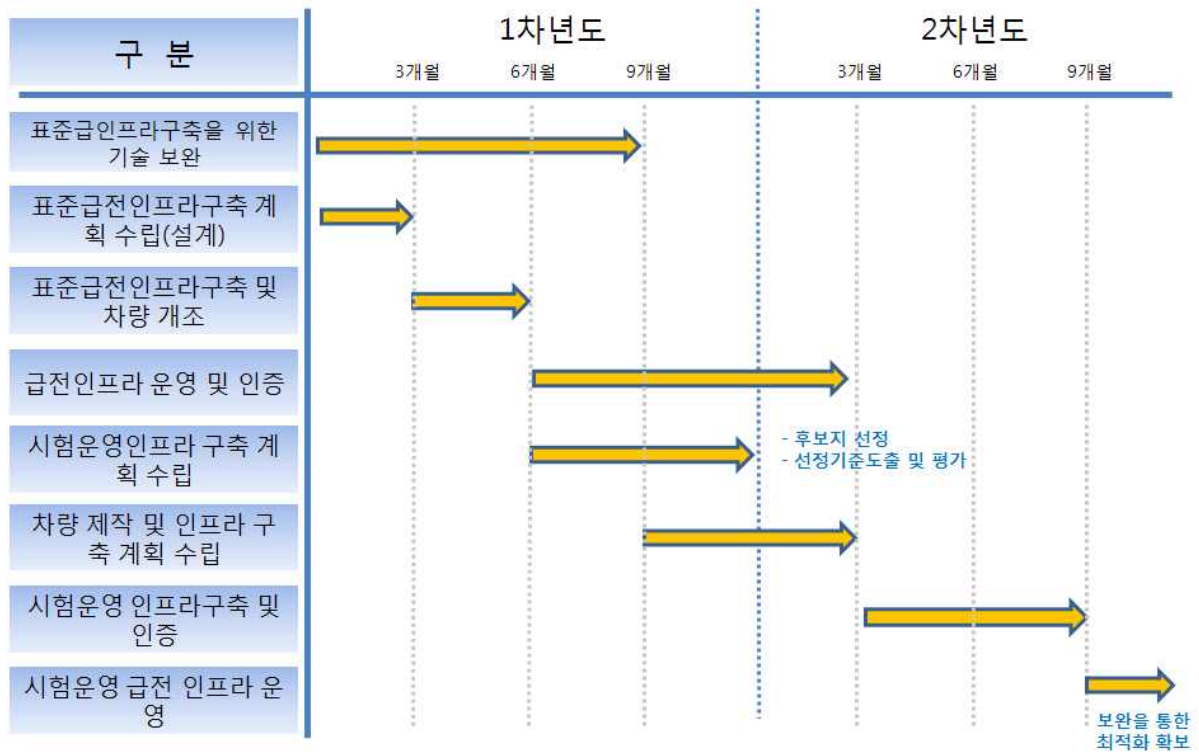
- 후보지 실사를 통해 중문관광단지 코스를 최적의 노선 확정
- 제주도의 관련자들의 무선충전식 전기차의 활용 가능성 검토 및 사업 추진 계획 수립
- 사업 추진을 위하여 관계 기관 및 업무 담당자들과의 협의를 통해 법제도적 검토 추진 중
 - 사업 추진을 위하여 세부 사항 검토하고 있음

4. 추진 방식

- Test Bed 선정 방식 : 공모제를 통한 선정
 - 공모제를 통하여 많은 지방단체에 기회를 부여하고, 지원한 지방자치단체에 대하여 선정평가를 실시하여 최종선정을 통하여 공정성 증대
- 구축 방식 : 선정된 지방자치단체와 매칭 펀드를 구성하여 추진
 - Test Bed 구축 및 차량 제작비용과 유지보수 비용 포함
- 사업 종료 후에도 대상 지방자치단체와 참여기관들과의 협력을 구축하여 지속적으로 Test Bed 운영

5. 추진 일정

- 초기에는 Test Bed 구축을 위한 기술 확보(기 확보된 기술 보완) 및 Test Bed 선정 절차, 설계 추진
- 1차년도에 완료된 설계를 바탕으로 2차년도에 Test Bed 구축 추진
- 2차년도에는 Test Bed 운영을 통하여 보완사항을 도출하여 이를 feedback 받아 기술 보완 및 최적화 추진



4장 사전타당성 검토

1절 정책적 타당성

- 현 정부의 정책방향과 온라인 전기자동차를 비롯한 친환경자동차 사업관련 정책과 법규를 탐색. 본 사업이 정부에서 추진하고 있는 신성장 동력 사업의 핵심이고, '저탄소 녹색성장'이라는 정부의 아젠다와 부합하며 다른 친환경자동차 사업과 연관성을 가지면서도 경제적/기술적 우위요소를 보유하여 정책적 지원에 대한 타당성을 확보하고 있음.
- 본 사업은 신성장 동력 사업 분야 6개 분야 중 에너지, 환경 및 수송 시스템 분야에 적합한 산업이고, 나아가 전기 자동차와 IT의 융합 시스템으로 6개 분야 중 3개 분야와 관련된 중요한 신성장 동력 사업이므로 조기에 제품을 상용화하여 시장을 선도하기 위해 정부의 적극적인 지원이 필요함
- 본 사업은 대중교통 분야에서 이산화탄소를 획기적으로 줄일 수 있는 사업으로 현재 국제적으로 추진되고 있는 탄산가스 배출 억제 정책을 실현하기 위해 정부는 적극적인 지원을 통해 조기에 상용화할 필요가 있음
- 온라인 전기버스는 Blue Ocean 영역으로 신성장 동력발굴 정책과 부합하며, 저탄소 녹색 성장을 선도할 수 있는 사업임
- 온라인 전기버스는 아직 어느 국가나 기업도 앞서가지 못한 새로운 분야로 우리나라에 의해 기술표준이 정립되고 상용화가 이루어진다면 OLEV에 대한 우리 고유의 원천기술을 확보할 수 있어 시장의 조기 선점과 기술적 자주독립은 물론 제품 및 인프라와 함께 원천기술 수출에 따른 막대한 외화획득이 기대됨
- 온라인 전기버스는 자기장에 의한 전력공급 및 소형 배터리로 자동차를 운행하는 기술로 배터리 기술, 스마트 그리드 기술 등의 발전과 함께 같이 발전할 수 있는 기술이며, 이 사업은 고용 창출효과가 큰 녹색 성장 사업으로 경제와 환경이 조화된 지속 가능한 녹색 성장 사업임
- 교통분야에서 환경오염 문제를 해결할 수 있고, 전기자동차 시대를 앞당김으로써 국가적으로 해외 석유 자원에 대한 의존도를 줄일 수 있는 온라인 전기버스 조기 상용화에 성공하여 일자리 창출에 기여하고, 세계 친환경 대중교통 시장에서 우리나라가 시장을 선점하고 기술 개발을 주도할 수 있도록 정부의 적극적인 지원이 필요함

1. 정부 주요 정책과의 부합성 및 지원 필요성

o 실물 경제 활성화

- 5~10년 후 대한민국을 선도할 新성장동력으로서 고부가가치산업을 발굴하고, R&D·인력·제도 등에 대한 종합발전전략 수립
- 온라인 전기버스 사업은 대중교통 산업뿐만 아니라 친환경 자동차 산업을 이끌고갈 신 성장동력으로 R&D, 인력, 제도적 환경 등에 대한 정부의 적극적 지원이 필요함

o 주력산업의 고부가가치화

- 우리나라 자동차 산업의 경우 현재 세계 5위의 최고 수준의 경쟁력을 보유하고 있으나 치열한 국제시장에서 가격중심의 경쟁력으로는 생존이 어려워 향후 고부가가치화를 통한 경쟁력 배가가 필요함
- 온라인 전기버스는 새로운 무선 충전 기술을 적용한 전기버스로 시장을 선점할 시 고부가가치를 창출하고, 내연기관 중심의 자동차 시장에서 전기자동차 시장으로 개편되는 시점에서 큰 부가가치를 창출할 수 있는 사업임

o 신성장 동력 확보

- 외환위기 이후 성장 잠재력 약화에 대한 우려가 증폭되고, 성장 능력을 갖춘 경제, 1인당 국민소득 4만불 달성 등을 위해 선진국형 산업 구조로의 전환 필요
- 5~10년 후 대한민국을 선도할 신성장동력으로 고부가가치 산업을 발굴하여 집중 육성 계획
- 제품, 생산 기술 중심의 R&D에서 핵심 및 원천 기술 확보 중심의 R&D, 인력, 사업화 필요
- 온라인 전기버스는 정부 지원을 통해 카이스트에서 원천 및 핵심 기술을 개발을 통해 구현된 제품으로 향후 인력 개발 및 사업화를 위해 정부의 적극적인 지원이 계속되어야 고부가가치의 신성장동력사업으로 자리매김 할 수 있음

o 미래선도 사업으로 미래형 자동차 사업

- 화석 연료의 고갈 우려, 환경규제의 강화 등에 따라 세계 자동차시장의 패러다임이 기존 내연기관 자동차로부터 고효율·친환경·지능형자동차 기술로 급속히 전환 * 美 에너지부 전망 : 2030년 미래형자동차의 북미시장 점유율 60%
- 미래형자동차의 개발, 보급은 최첨단 기술개발에 따른 불확실성 및 대규모 투자 소요 등으로 민간부문의 독자적 노력에 의한 개발에는 한계가 있음
- 특히, 개발 초기 단계의 과도한 투자수요 발생, 개발 차량의 경제적 단가실현 곤란 등으로 정부차원의 체계적, 제도적 지원 기반 구축이 필요
- 미국, 일본 등 자동차 선진국도 하이브리드·연료전지 등 환경친화적 자동차의 개발과 보급촉진 등을 위해 정부차원의 종합적 대책 추진 * 美 에너지법 (Energy Policy Act), 日 클린에너지자동차 도입 촉진책 등
- 미래형 자동차의 대안으로 자리 잡고 있는 전기자동차 분야에서 혁신적인 지

평을 열고 있는 온라인 전기버스는 최첨단 기술 사업으로 개발 단계에서부터 상용화 까지 정부의 체계적, 제도적 지원이 필요함. 이를 통해 온라인 전기버스 기술이 완성되고, 상용화 될 경우, 친환경 자동차 시대로 패러다임이 바뀌는 상황에서 우리나라가 세계 시장에서 주도권 확보 가능

2. 2008년 신성장 동력과 발전전략

가. 추진 의의

- 글로벌 경쟁 심화, 지식기반 경제 도래, 에너지·자원 위기 속에서 세계 각국의 새로운 성장 동력 확보 경쟁 치열
- 건강, 식량, 환경 등 인류 난제 해결에 필요한 바이오신약, 제품 및 IT 융합의료 기기 개발을 통해 고부가가치 미래신산업 창출

나. 주요내용

- ‘성공 가능성’과 ‘파급효과’, ‘경제·사회적 문제 해결’ 측면을 고려하여 6대 분야, 22개 신성장 동력 발굴
- 기후 변화, 고령 사회 등 현안 문제를 해결하면서 고성장이 예상되는 분야 : 에너지·환경, 바이오
- 세계시장 규모, 국내기업 점유율, 우리의 기술역량 고려 : 수송시스템, New IT, 융합신산업
- 일자리 창출과 타 산업 파급효과 고려 : 지식서비스

<표 15 2008 신성장 동력 6대 분야>

6대 분야	22개 신성장 동력
에너지·환경 (6)	무공해 석탄에너지, 해양 바이오 연료, 태양전지, 이산화탄소 회수 및 자원화, 연료전지 발전시스템, 원전 플랜트
수송시스템 (2)	Green Car, 선박·해양 시스템
New IT (5)	반도체, 디스플레이, 차세대 무선통신, LED 조명, RFID/USN
융합신산업 (4)	로봇, 신소재·나노융합, IT융합 시스템, 방송통신 융합미디어
바이오 (1)	바이오 신약 및 의료기기
지식서비스 (4)	소프트웨어, 디자인, Healthcare, 문화 콘텐츠

다. 본사업과의 부합성

- 온라인 전기자동차용 차량의 개발은 Green Car 신성장 동력에 부합
- 자기센서 적용의 차량별 급전량 산출은 RFID/USN IT 융합시스템 신성장 동력에 부합

3. 녹색성장 정책

가. 추진의의

- 국제 온실가스 규제대응
- 저탄소 친환경 신성장 전략사업 창출
- 환경규제에 대한 국가경쟁력 향상 및 세계시장 선점

나. 저탄소 녹색성장(Low Carbon, Green Growth) 비전

- 온실가스과 환경오염을 줄이는 지속가능한 성장으로 녹색기술과 청정에너지를 활용하여 신성장 동력과 일자리를 창출하는 신 국가 발전 패러다임

다. 정책적 목표

- 신 재생에너지 비율 확대
- '06년 2.4% ⇒ 30년 11% ⇒ 50년 20% 이상
- LED, 무공해석탄, 녹색기술 R&D등 그린 에너지 기술개발 확대
- 그린홈 100만호 프로젝트 추진
- 하이브리드 등 그린카 육성

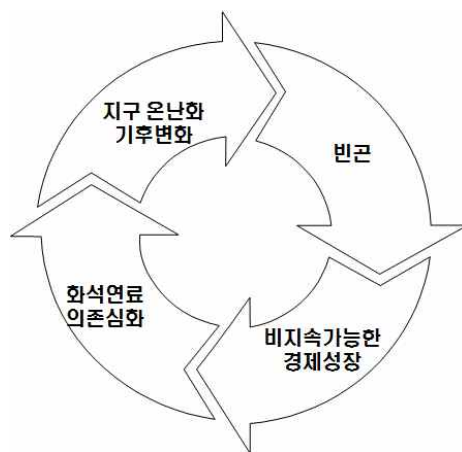
라. 10대 추진방향

- (1) 온실가스 줄이는 저탄소 정책

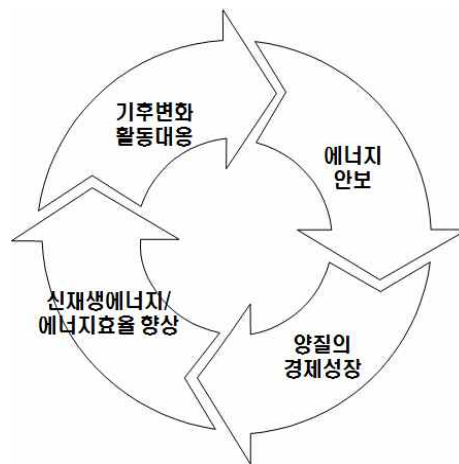
- (2) 녹색기술을 새로운 성장동력으로 선정
- (3) 고도의 융합기술 정책
- (4) 새로운 일자리 창출
- (5) 기업의 경쟁력 강화
- (6) 국토·도시·건축·교통 개조
- (7) 소비패턴까지 바꾸는 생활혁명
- (8) 녹색성장은 교육·환경정책
- (9) 환경 친화적인 세제정책
- (10) 국가브랜드를 높이는 외교정책

마. 주요내용

- 세계는 환경문제에 대한 고려 없이는 경제발전도 생각할 수 없는 메커니즘으로 운영 됨
- 녹색성장의 핵심은 경제성장을 추구하되 자원이용과 환경오염을 최소화하고, 이를 다시 경제성장의 동력으로 활용하는 '순환구조'에 있음



<그림 33-1 악순환 구조>



<그림 33-2 선순환 구조>

※ 자료 : 대한민국 정책 포털 <http://green.korea.kr/>

<표 16 녹색성장 정책 3대 요소>

3대 요소	내 용
견실한 성장을 하되, 에너지·자원 사용량은 최소화	· 에너지 저소비형 산업구조 개편 (제조업 중심->지식서비스업 중심) · 에너지 소비절약/사용 효율화 · 상태효율성 제고 정책
동일한 에너지·자원을 사용하되, CO ₂ 배출 등 환경 부하 최소화	· 신 재생에너지 보급 확대 · 원자력 등 청정에너지 개발 · CO₂ 배출규제 · 저탄소·친환경 인프라 구축 · 소비자 녹색제품 구매 활성화
신성장 동력으로 개발	· 녹색기술에 대한 R&D 투자 · 신 재생에너지 등 녹색산업 육성 및 수출 산업화 · 세계시장 선점 지원

바. 녹색성장 정책관련 법규

- 국회 기후변화대책 특별위원회에서 ‘저탄소 녹색성장 기본법안’을 상정하여 현재 위원회 심사 진행 중
- 다수 부처에서 개별 법률로 진행 중인 기후변화, 신재생에너지 등의 정책을 통합하여 효율적, 체계적으로 관리하기 위한 제도적 장치 마련
- 법규 관련 내용
 - 녹색성장 국가전략을 대통령 소속으로 설치되는 녹색성장위원회 등의 심의를 거쳐 수립·시행하도록 함 (안 제9조)
 - 녹색경제·녹색산업의 창출, 녹색경제·녹색산업으로의 단계적 전환 촉진 등을 위하여 녹색경제·녹색산업의 육성·지원 시책을 마련 (안 제22조 및 23조)
 - 녹색산업과 관련된 기술개발 및 사업을 활성화하기 위하여 녹색산업 등에 자산을 투자하여 그 수익을 투자자에게 배분하는 것을 목적으로 하는 녹색산업 투자회사를 설립할 수 있도록 함 (안 제29조)
 - 정부는 온실가스를 획기적으로 감축하기 위하여 온실가스 배출 중장기 감축 목표 설정 및 부문별·단계별 대책, 에너지 수요관리 및 안정적 확보대책 등을 포함한 ‘기후변화대응 기본계획’과 ‘에너지기본계획’을 수립 및 시행하도록 함 (안 제40조 및 41조)
 - 정부는 온실가스 감축, 에너지 절약과 에너지 이용효율 향상 및 신·재생에너지 보급 확대를 위하여 중장기 및 단계별 목표를 설정하고, 일정 수준 이상의 온실가스 다배출업체 및 에너지 다소비업체로 하여금 매년 온실가스 배출량 및 에너지 사용량을 정부에 보고하도록 하며, 정부는 온실가스 종합

정보 관리체계를 구축·운영하도록 함 (안 제42조, 44조, 45조)

- 정부는 시장기능을 활용하여 효율적으로 온실가스를 감축하고 국제적으로 팽창하는 온실가스 배출권 거래시장에 대비하기 위하여 온실가스 배출허용 총량을 설정하고 배출허용량을 거래하는 ‘총량제한 배출권 거래제’ 등을 실시하되, 배출허용량의 할당·등록 및 관리방법 등은 따로 법률로 정하도록 함 (안 제46조)
- 정부는 건강하고 쾌적한 환경과 사회·경제개발이 조화를 이루는 녹색 국토를 조성하고, 저탄소 교통체계를 구축하며, 녹색성장을 위한 생산·소비문화를 확산시키고 녹색생활 실천을 위한 교육·홍보 등을 강화함으로써 지속가능발전을 실현할 수 있도록 함(안 제52조, 제54조, 제58조 및 제60조)

사 본사업과의 부합성

- o 에너지 소비절약/사용 효율화
- o 저탄소·친환경 인프라 구축
- o 녹색기술에 대한 R&D 투자
- o 신 재생에너지 등 녹색산업 육성 및 수출 산업화
- o 세계시장 선점 지원

4. 국가 과학기술 정책

가. 추진 의의

- o 신성장동력 발굴
- o 저탄소 녹색성장을 위한 R&D 지원
- o 기초·원천연구 강화
- o 연구자 친화적 제도보완

나. 주요내용

- o 투자규모는 2009년도 정부예산안 기준으로 총 8조 2,569억 원 규모로 50개 중점 과제 분야의 08년도 투자액 대비 19.5% 증가한 규모

- ※ 7대 기술 분야 : 4조 6,282억 원, 7대 시스템 분야 : 3조 6,257억 원 등
- ※ 시행계획 범위 : 50개 중점과제 관련 R&D사업, 과학문화 확산 등 비 R&D 사업, 정책·제도보완을 포함하고, 인문사회계 연구, 출연(연) 기본사업, 비밀로 분류된 국방연구 등 제외

- 연구자 친화적 연구 관리제도 구축, PBS 제도보완, 기초원천기술연구 확대 등 과학기술기본계획 중점추진과제의 주요시책을 포함

<표 17 국가 과학기술 정책 주요시책>

주요시책	내 용
5% 투자 달성	· 정부 : '09년도 정부R&D 예산안 12.3조원(10.8% 증가) · 민간 : 세제지원 등으로 연평균 16.5%(매년 5.5조원) 확대 ※ R&D 시설투자 세액공제 한도 확대(투자금액의 7 → 10%), 중소기업 R&D비용 세액공제 확대(당해 연도 지출분의 15 → 25%), R&D 투자 준비금의 손금 산입제도 도입(매출액의 3%) 등
7대 기술 분야 집중육성	· 총 4조 6,282억 원 투자, '08년 4조 1,210억 원 대비 12.3% 증가 ※ 신성장동력 발굴 1조 1,923억 원, 녹색기술 연구개발 1조 3,297억 원 등
7대 시스템 선진화	· 총 3조 6,257억 원 투자, '08년 2조 8,293억 원 대비 28.1% 증가 ※ 인력양성 8,123억 원, 기초·원천연구 8,521억 원, 출연(연) 안정적 인건비 확대 (30.8% → 50.2%), 기초연구투자 확대 (25.6% → 29.3%) 등

다. 본사업과의 부합성

- 온라인 전기자동차는 Blue Ocean영역으로 신성장 동력발굴 정책과 부합
- 온라인 전기자동차용 차량 개발은 저탄소 녹색성장 정책과 부합

5. 친환경 자동차 관련 정책

가. 친환경 자동차에 대한 국내외 지원 정책

(1) 환경 자동차에 대한 국내 지원 정책

- 정부는 녹색성장 기조에 맞춘 친환경 자동차의 개발과 보급 장려를 위해 지식경제부에서 '환경친화적 자동차의 요건 등에 관한 규정'을 제정
- '09.7월부터 신규 구입 시 최대 310만원의 세제지원을 받게 되는 하이브리드 자동차는 주행 중 엔진동력을 보조함으로써 연비를 획기적으로 보완시키는 고전압

전기동력 부품 등을 갖추어 큰 폭의 에너지효율을 이룬 차종에만 지원함

○ 세제지원 내역 및 대상 차량

- 세제지원 내역

구 분	세제지원	지원 상한 (원)	담당부처	개정시기
개별소비세	면제	1,300,000	재정경제부	'08.12
취득세	면제	400,000	행정안전부	'08.12
등록세	면제	1,000,000	행정안전부	'08.12
공채매입 감면	면제	400,000	국토해양부	'08.4
합계		3,100,000		

- 대상 차량

모델명	유종	배기량 (CC)	공차중량 (kg)	변속기	연비 (km/L)	구동축전지 공칭전압(V)	CO2배출량 (g/km)
CIVIC HEV	휘발유 +전기	1,339	1,305	무단	23.2	158	100.75
RX450h	휘발유 +전기	3,456	2,030	무단	16.4	288	142.4
아반떼 1.6HEV	LPG +전기	1,591	1,279	무단	17.8	180	99

- 하이브리드 자동차에 대한 에너지 소비효율의 기준

구 분	에너지 소비효율 기준 (km/L)		
	휘발유	경유	LPG
1,000 CC 미만	25.5	-	20.6
1,000~1,600 CC미만	20.6	27.2	16.5
1,600~2,000 CC미만	16.8	19.1	13.5
2,000CC 미만	14.0	16.8	11.1

- 기술적 요건을 규정함으로써 큰 폭의 오염물질 저감과 연비보완 없이 단순히 하이브리드 방식만을 적용한 차량에 대한 세제지원을 원천봉쇄
- 연비의 향상률이 10~20%인 차량은 지원 대상에서 제외
- 하이브리드 자동차에 사용되는 구동축 전지의 공칭전압¹⁾은 직류 60V를 초과해야 함

(2) 국내의 환경 친화적 세제지원 방안 및 전략²⁾

- '환경 친화적 자동차의 개발 및 보급촉진에 관한 법률'에 의거 환경 친화적 자동차 지원 법적근거가 마련되었으나, 구체적인 혜택부여 방안과 시기의 선택은 유

1) 공칭전압 : 주어진 전압이 변화하거나 허용오차가 있는 경우, 대표적인 값을 나타내는 값
2) 조세연구원 김승래 연구위원 '환경친화자동차 세제지원 방안' (2007.5.7) 참조

동적으로 정할 수 있도록 규정

o 기본적 정책방향

- 환경 친화적 자동차 고위험, 고비용 기술개발 R&D 투자지원
- 환경 친화적 자동차 관련 부품산업 지원 육성 (국산화)
- 환경 친화적 자동차의 수요기반 확충을 위한 조세/금융 유인 부여

o '09년 이후 상용화를 위하여 다양한 환경 친화적 자동차 관련 세제지원 방안 및 전략을 적정 정부예산 규모 내에서 종합적으로 고려함이 바람직함

o 지원방안

- 구매 및 소유자에 대한 경차수준 또는 그 이상의 각종 세제혜택 지원
 - 자동차 구매 시 특소세, 취득세, 등록세, 부가가치세, 보유 시 자동차세 등에 대한 면제 또는 감면
- 특정 시간 동안 상대적으로 고가인 환경 친화적 자동차 구입보조금 지급
 - 일본처럼 기존 일반 휘발유 차량대비 가격차액의 일정부분
- 개인 구매자의 경우 환경 친화적 자동차 구입비의 일정금액을 종합소득세에서 세액공제 상각 적용
 - 미국처럼 차량 제조사별 할당 및 혜택 Phase-out 조정
- 구매자에 대한 장기 저리융자 및 이자율 혜택, 자동차 책임/종합보험료 감면, 공영/민영 주차료 감면, 혼잡 등 각종 통행료 면제 또는 감면, 승용차 요일제, 10부제 적용 제외 등의 각종 혜택 부여
- 지속적 재원 확보를 위한 과기진흥기금, 예특회계, 환경보완부담금, 발전기금 외 교통세수에서 환경 친화적 자동차관련 예산 비중의 점진적 강화
- 일반차량 대비 가격 차이에 대한 구입 보조금의 경우는 소득세 등 직접세 감면 보다 자동차 구입 및 보유단계 관련 각종 간접세제 혜택과 결합
- 한미 FTA협상 결과 환경 친화적 자동차 수입관세 철폐가 10년 정도 유예되고 보조금 및 세제혜택이 수입차도 공히 적용되어야 하므로, 국산차의 국내시장 가격경쟁력 확보를 위해 가능한 한 나중 단계(취득/보유 단계 및 운행단계)의 세제혜택에 중점
- 국산차 양산시점에 맞추어 국내 산업 경쟁력 보호/육선을 위하여 미국처럼 제조사별로 환경 친화적 자동차 세제혜택의 차량 대수를 제한하고 혜택의 Phase-out을 탄력적으로 운영
 - WTO 대외 통상마찰을 감안하여 보조금 대비 유리
- 환경 친화적 자동차 보급 활성화를 위하여 국내시장에서의 초기수요 기반 창출을 위한 구입 시 각종 적극적 세제혜택과 동시에, 국내 자동차 산업의 발전을 위하여 차량가격 직접보전 대비 핵심기술개발 및 인프라 구축에 보다 적극적인 정부투자 지원 필요

나. OLEV 사업과 기존 사업과의 차별성

(1) 친환경 전기자동차 사업³⁾

○ 사업목적

- 그린 동력시스템의 활용으로 기존 자동차 대비 에너지효율이 높고 배기가스나 CO2 배출이 적은 친환경차에 관한 원천기술 확보 및 개발
- 자동차로 인한 에너지, 환경문제의 해결을 통해 '지속가능한 지구환경 구축'이라는 글로벌 이슈에 대응하고, 국내 산업기여율 1위인 자동차산업의 국가경쟁력 확대와 지속적 성장을 견인

○ 추진방법

- 그린카 보급의 장애요인 중 하나인 가격경쟁력 확보를 위하여 '09년 LPI 하이브리드 자동차 출시를 통한 안정적 물량확보와 핵심부품의 국산화 개발을 병행 추진하여 '10년 가솔린 하이브리드 자동차 및 '13년 플러그인 하이브리드 자동차의 출시와 함께 글로벌 시장으로 진출함과 동시에 우리가 강점을 가지고 있는 전기전자/IT 및 배터리 분야 등 핵심부품의 글로벌 시장진출 추진

○ 전략품목

- 하이브리드 자동차, 클린디젤 자동차, 그린카 공통핵심부품

○ 지원분야 및 대상

분야	과제명	주관기관	참여기업	정부출연금 (억원)	민간출연금 (억원)
그린카	연비보완을 위한 지능형 차량제어 시스템 개발	현대자동차	삼화전기, 발레오, 이지트로닉스	110	110
	그린카 핵심부품 실용화 기술개발	대성전기	LS전선/산전, 현대모비스, 태원물산, 영화테크, 대원강업, 포스코 엠텍 등	80	80
	차량연비 보완 재생에너지 응용 시스템	한라공조	우리산업, 현대차, 인지콘트롤스, 세종공업 등	30	30
	그린카용 24kWH급 배터리 시스템 및 차량실용화	르노삼성 자동차	피앤이 솔루션, 에스비리 모터브	30	30
	연비보완 위한 지능형 배터리센서 적용 자동차반도체 개발	현대오토넷	C&S 테크놀로지, 현대차, 삼성전자	50	50

3) 지식경제부 '신성장 동력 종합 추진 계획', '신성장 동력 기술전략 지도' 참조

(2) 스마트 그리드(Smart Grid) 사업⁴⁾

○ 사업목적

- 전력망에 정보기술(IT)을 접목하여, 전력공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 정보를 교환, 에너지효율을 최적화하며 새로운 부가가치를 창출하는 차세대 전력망
- 국가차원
 - 에너지 소비의 3%절감 및 태양광/풍력 등 전력생산이 불규칙한 신재생발전원의 보급 확대 기반조성
- 기업차원
 - 68조원 규모의 내수시장 창출을 통해 그린 일자리를 50만개 창출하고 우리나라를 세계 스마트 그리드 산업의 테스트 베드화
 - 조기 창출된 내수시장에서 축적한 노하우/경험을 바탕으로 세계시장 진출
- 개인차원
 - 녹색요금제/품질별요금제 도입 등을 통해 소비자의 에너지선택권 제고

○ 추진방법

- 국책 R&D실시 (스마트 그리드 기술개발)
 - 부품소재/하드웨어/소프트웨어/시스템을 아우르는 전방위 기술개발을 통해 스마트 그리드의 신성장동력화/수출산업화 도모
- 국책 R&D성과물의 사업화 (실증 단지 구축)
 - 스마트 그리드 개발기술의 상용화를 촉진하기 위한 3천 세대 규모의 통합 실증단지 구축

○ 전략산업

- 전력산업, 통신산업, 가전산업, 건설산업, 자동차산업

○ 지원분야 및 대상

- 국책 R&D 부문
 - 전력 IT 10대 국책기술에 대한 기술개발 실시 중 ('05~'12년, 민관공동 2,547억 투입)
 - 연평균 350억 원을 투입, 전기자동차 충전 인프라시설/전력용 대규모 배터리 등 신규 소요 기술에 대한 적기 기술개발 추진
- 국책 R&D성과물 부문
 - 스마트 그리드 구성요소(전기자동차, 신재생)와의 연계성, 시범도시로의 성장가능성 등을 고려, 실증단지 부지로 제주 선정

4) 지식경제부 보도자료 ('09.6.15) 참조

실증단지 조성사업 개요
- 스마트 그리드 개발기술을 실제 전력망에 적용하기 전, 안정성/내구성/호환성 등을 시험하기 위해 조성 - 주택/상업시설/신재생발전원 등이 혼합된 3,000세대 규모로의 실 거주 지역을 대상 - '08.12~'13.11월, 810억 원의 비용 투입

- 2011년 실증결과물을 시범도시부터 보급개시, 2020년 까지는 소비자 측 지능화를, 2030년 까지는 전체 전력망 지능화 완료

(3) OLEV와 기존 사업과의 차별성

o 원천기술 확보 가능

- 현재 정부가 지원하고 있는 하이브리드 자동차를 비롯한 다른 친환경자동차의 경우 우리나라가 기술적 우위를 점한 분야가 없는 실정으로 일본을 비롯한 선진국과의 기술격차는 물론 원천기술 도입에 따른 로열티 지출로 국가적 관점에서 시장을 선도해나가기 어려움
- OLEV는 아직 어느 국가나 기업도 앞서가지 못한 새로운 분야로 우리나라에 의해 기술표준이 정립되고 상용화가 이루어진다면 OLEV에 대한 우리 고유의 원천기술을 확보할 수 있어 시장의 조기 선점과 기술적 자주독립은 물론 제품 및 인프라와 함께 원천기술 수출에 따른 막대한 외화획득이 기대됨

o 민간기업의 R&D부담 최소화

- 기존의 친환경자동차 사업의 경우 이미 보유하고 있는 자동차 기술과 크게 다르지 않아 연구개발에 있어 민간기업의 부담이 컸고 이는 자동차 가격에 전가되어 소비자들이 높은 가격으로 인해 외면하고 결과적으로 시장 확대 지연의 요인으로 작용
- OLEV의 경우 KAIST와 소수의 연구기관 및 기업만으로 원천기술 개발 및 상용화가 가능하여 신기술 개발에 따른 민간기업의 리스크를 감소시킴으로써 민간기업의 도입 촉진과 함께 사업성 제고 가능

(4) OLEV와 기존 사업과의 연계성

o 전기자동차의 배터리 및 플러그인 시스템과의 연계성

- OLEV는 자기장에 의한 전력공급 및 소형 배터리로 자동차를 운행하는 기술로 비 급전도로 주행 시 배터리로 자동차 운행. 다른 전기자동차의 배터리 용량확대와 플러그인 및 충전소 설치와 같은 시스템의 개발은 OLEV도 함께 활용할 수 있어 OLEV의 편의성 및 배터리 용량 증대와 가격인하로 이어질 수 있음

o 스마트 그리드 기술을 활용한 OLEV

- 스마트 그리드는 지능형 전력망을 활용하여 전력을 효율적으로 사용하는 기술이고 OLEV는 도로에 매설되어 있는 전선에서 전력을 공급받아 운행하는 기술로서 스마트 그리드 기술을 활용하여 사용자 측면에서 각각의 OLEV 차량의

전력 사용량과 공급량에 대한 실시간 파악 및 전력 공급자 측면에서 교통이 집중되는 장소와 시간에 대한 전력 공급의 효율성을 극대화할 수 있음

5. 정부 규제 및 법제도 기반 마련

- 비접촉 전력전달 방식은 새로운 기술로 전자파 주파수 할당, 도로구조, 전기 안전 및 차량인증이 필요함
- 현재 전자파의 경우 주파수를 할당 받았고, 도로구조에 대한 예외 조항 신설에 대한 시행령 개정을 완료한 상태임
- 전기 안전 및 차량 인증은 폐쇄 지역에 대해서는 인증을 완료 하였고, 공공 도로에서의 인증 작업을 11년 완료하는 것으로 목표로 하고 있음

구분	진행상황
전자파	○ 전파응용설비용 주파수 배분 완료 - 19~21kHz, 59~61kHz
도로구조	○ 도로법 시행령 개정 완료 - 전기자동차 충전시설의 경우 매설 깊이 예외적용 가능
전기안전	○ OLEV 전기안전 상용기준 진행 중 - 사도로 인증규격 : 완료 - 공공도로 인증규격 : 진행 중
차량인증	○ OLEV 차량 안전기준 진행 중 - 폐쇄지역 운행차량 인증규격 : 완료 - 개방지역 운행차량 인증규격 : 제작사 자기인증

※ 주파수 할당 : 20kHz 주파수를 비접촉 전력 전달 기술에 사용하도록 할당 받음

[방통위고시 제 2011-32호 원문] K205(신설)

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

※ 도로법 시행령 : 전기자동차 충전시설의 경우 매설 깊이 예외 적용 가능

[도로법 시행령] 제28조(점용의 허가신청) 제1항에 따른 별표 1의2

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

2절 기술적 타당성

- 현재 개발된 기술은 전기버스를 충분히 운행할 수 있는 파워를 확보하였고, 효율도 최고 83%까지 확보하였으며, EMF 문제도 현재 기준을 만들어 이를 만족하고 있어 상용화 하는데 전혀 문제가 없음. 실제 서울 대공원에서 급전도로, 차량, EMF 검증을 마치고 곧 실제 운행할 예정임

1. 성능 검토 결과

- 전력전달 용량에 있어서는 버스(100kW)의 전력 전달에 필요한 용량 확보하였음.

<표 18 주요 지표별 달성 현황>

구분	사업 초기 목표	확보된 기술 수준
공극간격(cm)	17cm	20cm
최대효율(%)	72%	83%
급전폭(cm)	120cm	80cm
세그멘테이션 (On/Off 제어)	60m	3m, 5m, 35m, 60m
전자파(EMF)	- 급전선 중앙으로부터 1.75m 지점에서 62.5mG 이하	- 모든 접근 가능한 지점에서 62.5mG 이하 - 수동형 자기장 차폐 기술

2. 안전성 검토 결과

가. 급전도로의 안전성

- 급전도로에 매설된 전력선은 상하의 보호층이 있어 도로통행이 허용되는 최대하중 40톤(축하중 10톤) 기준으로 파손이 되지 않도록 설계함
- 전력선에는 접지선을 병행 가설하여 도로파손, 피복파손 및 침수로 인한 감전의 위험을 줄이는 설계가 됨
- 급전도로가 파손되고 전력선이 파손되어 누전이나 단선이 될 경우 해당 세그먼트의 인버터가 동작을 정지함으로서 누전이나 단선으로부터 파생될 수 있는 감전 등의 사고를 방지하도록 인버터 운영시스템이 설계됨
- 최종적으로는, 일반차량이나 사람이 급전도로상에 있을 때 자기장의 유해성을 근본적으로 차단하기 위해, 온라인전기자동차가 급전도로에 진입하면 세그먼트 단위로 진입여부를 감지하여 전력을 on-off 할 수 있도록 하는 세그먼트 기술 개발 완료

나. 차량 운행환경의 안전성

- 전기 케이블은 지하 8cm 정도에 매설되어 있고, 절연 피복으로 덮여 있어 감전의 위험은 없으며, 차량 하부에 설치된 집전장치를 통해 자기유도식으로 충전하기 때문에 이 또한 감전의 위험은 없음
- 기타 차량 운행에 있어서는 일반 버스와 승용차의 운행과 다른 점이 없어 안전성에 있어서는 동일하거나 우수한 수준임(좌우조향 지원을 할 경우 우수)
- 집전장치가 없는 기존 일반차량에 미치는 영향은 없는 것으로 확인됨. 광범위하고 대규모적으로 장시간에 걸쳐 많은 기존 차량에 대해 성능 및 기능에 대한 영향 평가를 실시할 예정임
- 온라인 전기자동차 및 일반차량의 운행 중 급전라인에서의 제동은 급전선 위로 15cm 이상의 아스팔트가 매설되어 있어, 일반도로와 동일한 수준의 제동력이 보장 가능하며, 급전라인으로 인한 제동이나 기타상의 문제는 없을 것으로 예상됨

다. 기타관련 부품의 안전성

- 인버터의 경우 화재 위험은 있으므로, 소화 장치를 구비하도록 추진 함
- 화재시 전원은 차단되므로 일반 화재와 동일한 수준의 설비가 필요함

라. 작업자, 보행자, 이륜차량 운전자의 안전성

- 도로 밑에 공사된 전기 케이블은 도로표면으로부터 15cm 하부에 설치된 절연 피복으로 구성된 급전라인으로 구성되어 있어 감전의 위험이 거의 없음. 또한, 차량 하부에 설치된 집전장치로 유도자기 즉 감전의 위험이 있는 전류가 흐르는 방식인 전기장 공급방식이 아닌 자기장을 통하여 무선으로 전력을 공급함으로써 감전의 위험을 최소화시킴
- 도로 유지보수 시 피복의 파손을 예방하고, 급전시설의 정확한 위치를 알려주기 위한 연구를 진행 중임
- 전자기장이 인체와 전자장비에 미치는 영향을 법적 허용치 이하를 만족하도록 급전인프라 및 집전 시스템을 개발하였음
- 세그먼트 기술을 이용하여 온라인 전기버스 아닌 이륜 차량이나 보행자가 급전 도로에 나타날 경우 전원 공급이 근본적으로 차단되고, 유사시 중간 관리 시스템에서 수동으로 차단 가능

- 결론적으로, 보행자, 도로에서 유지 보수하는 작업자, 이륜차량 운전자 등의 안전성이 충분히 입증되었고, 앞으로 더 많은 실험을 통해 안전성을 높일 계획임

3절 경제적 타당성

- 온라인 전기버스는 순수전기버스에 비해 약 87% 비용으로 서비스 가능한 경제성을 확보할 수 있는 기술임
- 온라인 전기버스를 가상의 버스 노선에 운행함에 있어 30년간 B/C 분석 결과 1을 넘는 사업으로 평가되어 수익성 있는 사업으로 평가됨

1. 전기자동차 간의 경제성 비교

- 최근 새로운 대중교통시스템으로 주목받고 있는 BRT 사업에 두 가지 다른 충전 방식을 활용하는 전기 버스를 적용하는 사례를 통해 경제성 분석을 수행함
 - 주행 중 충전이 가능한 비접촉 전력 전달 방식 (온라인 전기버스)
 - 정차 중 충전이 가능한 접촉식 전력 전달 방식 (배터리 기반의 순수 전기버스)
- 분석 개요
 - BRT 사업에 온라인 전기버스 적용 시 순수 전기버스 대비 경제성 분석
 - BRT 사업비 중 차량 구입비, 운행 에너지 비용, 충전 시설에 관련 된 비용만 비교 (나머지 시설 부분은 공통으로 사용 되는 비용임)
 - 온라인 전기버스와 순수 전기버스 차량의 스펙은 시나리오에 의해 설정됨
- 시나리오
 - 천호 ~ 하남 BRT 사업 계획서의 시나리오를 활용 (KDI 예비타당성 재조사 보고서)
 - 총 구간 : 10.5km
 - 초저상 45인승 전기 버스 사용 (15대)
 - 정류장 : 11개
 - 평균 속도 : 27km/h
 - 최대 배차 간격 : 10분, 하루 15 시간 (90회 운행)
 - 최소 배차 간격 : 4분(출퇴근 시), 하루 4시간 (60회 운행)
 - 일일 총 운행 수: 150회
 - 총 운행 길이 : 21km(왕복 거리) * 150 = 3150km
- 전기버스 공통

- 전기 버스에서 배터리를 제외한 가격을 35,000 만원으로 가정 (현재 남산 전기 버스 및 온라인 전기 버스 제작 시 실제 가격 적용)
- 배터리 가격 : 100 만원/kWh
- Mckinsey 2009년 보고서(Electrifying cars: How three industries will evolve)의 배터리 가격 예측치 사용
- 2011년 가격 : 915\$/kWh, 환율을 고려하여 100 만원/kWh로 가정
- 전기 가격 : 91.9 원/kWh (한전에서 발표한 전기 자동차와 전기가격의 평균값)
- 연료 효율 : 1km/kWh

o 온라인 전기버스

- 배터리 용량 : 20kWh (순수 전기버스의 25%)
- 버스 대수 : 15대 (첨두시 충전을 위한 대기시간이 필요 없음)
- 집전 용량 : 100kW
- 집전장치 가격 : 5,000 만원
- 버스 가격 : 40,000 만원 (배터리 제외, 집전 장치 포함 가격)
- 배터리 교체 주기: 5년 (9년간 2개의 배터리 필요)
- 충전 설비(급전도로) 단가 : 70,000 만원/km (400kW 인버터 가정)
 - * 현재 기술 대비 대량 생산 할 경우 가능한 금액(사업단 추정 자료)
- 급전도로 건설 비율 : 20% (정차, 정류장 위주 20% 설치, 시간 대비 40% 급전 구간 확보)
 - * 온라인 전기버스는 100kW 집전 용량을 가지고 있으므로 21km를 1시간동안 운행 시 40kWh (주행 + 공조에 필요한 량)충전이 가능하여 배터리를 사용하지 않고 전체 구간 운행 가능
- 충전 설비(급전도로) 비용 : 294,000 만원
- 충전 설비 유지보수 비용 : 연간 통상적인 유지 보수비용(14,112만원) + 도로 포장 유지 보수에 의한 유지보수 비용(10,619 만원)이 발생할 것으로 예상됨
 - * 통상적인 유지 보수비용은 급전을 위한 전기 제품 비용(트랙 자재 비용)에 대하여 매년 8% 발생하는 것으로 가정하고, 도로 공사에 의한 유지 보수비용은 도로 포장 유지보수 비율에 근거하여 추가적으로 산정
 - * 급전도로의 급전코일 매설 깊이는 통상적인 도로 포장 유지보수(소파보수, 표면처리, 덧씌우기)시에 영향이 없도록 8~10cm 깊이로 시공하는 것을 가정함
 - * 통상적인 유지보수인 4가지 공법(표면처리, 소파보수, 덧씌우기, 재포장)중 재포장의 경우에만 급전도로 재구축이 필요하며 덧씌우기 공사의 20%정도는 기층파손 또는 5cm이상의 절삭 공사 등으로 급전도로 유지보수 공사가 필요할 것으로 가정함
 - * 2008년 국토해양부 도로보수현황을 근거로 총 도로 연장(line·km) 대비 평균 재포장 비율(4.3%), 덧씌우기 비율(21.50%)을 급전시설에 적용하여 급전도로 재구축 비용을 산정함
 - * 급전도로 유지보수 구축 시 비용은 도로보수에 따른 유지보수 비용임을 고

려하여 공사비용을 제외한 Track 자재(급전코일 및 전선), 잡자재, Sensor의 재료비만을 비용에 포함

- * 급전도로 유지보수 시 도로 재포장 시에는 연구팀의 제시 목표인 Track 자재의 60% 재활용율, 덧씌우기 시에는 Track 자재의 80% 재활용률을 가정하여 산정함
- * 충전 설비 단가 중 공사비를 제외한 Track 자재(급전코일 및 전선), 잡자재, Sensor의 재료비를 전체 비용의 60%로 가정 (42,000만원)
- * 급전도로의 유지 보수비용은 아래와 같은 정의에 의해 산정함
- * 급전도로 유지보수 비용
 - = 급전도로 구축량(line·km) x 도로 재포장을 x 재포장시 유지보수 단가
 - + 급전도로 구축량(line·km) x 도로 덧씌우기율 x 덧씌우기시 급전도로 유지보수율 x 덧씌우기시 유지보수 단가
- * 재포장시 유지보수 단가(line·km)
 - = (1 - 재포장시 재활용율) x Track자재단가
- * 덧씌우기시 유지보수 단가(line·km)
 - = (1 - 덧씌우기시 재활용율) x Track자재단가
- 충전(외부 / 내부 포함) 효율: 60%
 - * 외부 : 인버터에서 집전 픽업까지의 효율 70%
 - * 내부 : 집전장치부터 모터까지 효율 85% (전기자동차 공통)
- 연간 에너지 비용(연간 총 운행 거리 * 충전 효율 * 에너지 가격): 17,610 만원

o 순수 전기버스

- 배터리 용량 : 80kWh (운행 소모 21kWh, 공조 소모 19kWh, SOC 50% 유지)
- 버스 대수 : 22대 (침두시 충전에 걸리는 소요되는 시간 30분, 추가 차량 7대 필요)
- 버스 가격 : 35,000 만원 (배터리 제외 가격)
- 배터리 교체 주기 : 3년 (9년간 3개의 배터리 필요)
- 충전기 단가 : 4,500 만원 (급속 충전기, 출처 : 전기차 충전 인프라 구축 방안, 스마트 그리드 사업단 2010)
- 충전기 전력 공급시설 설치비용 : 급속 충전기 대당 3,000 만원 (출처 : 전기차 충전 인프라 구축 방안, 스마트 그리드 사업단 2010)
- 충전기 필요 대수 : 7대
- 충전기 유지보수 비용 : 연 8% (일반 전기 제품 유지 보수 평균 비용)
- 토지 비용 : 109,275 만원 (CNG 충전소 부지 비용 준용)
 - * 평당 500만원일 경우 26m*26m 부지 크기에 해당하는 비용임
 - * 차량 8대를 동시에 충전할 수 있는 부지 크기임
 - * 가장 유사한 충전소인 대형 CNG 충전소 건설 가격이 218,550 만원이고 이 중 약 50%가 부지 비용임 (출처 : 삼천리 CNG 충전소 건설 사례)
- 충전(외부 / 내부 포함) 효율 : 75%
 - * 외부 : 급속 충전기 충전 효율 90%
 - * 내부 : 집전 장치부터 배터리, 배터리에서 모터까지 효율 85%(전기자동차 공통)

- 연간 에너지 비용(연간 총 운행 거리 * 충전 효율 * 에너지 가격): 14,088 만원

<표 18 충전방식별 전기버스 소요 비용>

구분		온라인전기버스	순수전기버스
차량 관련	버스 대수	15대 - 침두 충전대시 시간 없음	22대 - 침두시 30분의 충전시간 필요로 추가 7대 필요
	버스 가격	40,000 만원 - 배터리제외, 집전장치 포함(5,000 만원)	35,000 만원 - 배터리 제외
배터리	용량	20kWh - 순수 전기버스의 25%	80kWh - 운행소모 21kWh, 공조소모 10kWh, SOC 50% 유지
	교체 주기	5년 - 9년간 2개 필요	3년 - 9년간 3개 필요
충전 설비	설치 단가	70,000 만원/km	토지비용 : 109,275만원 충전기 단가 : 4,500만원
	유지 보수 비용	- 통상 유지 보수 비용 : 연 8% - 도로 재포장 및 덧씌우기 공사에 따른 유지 보수 비용은 따로 산정	- 연 8% - 일반전기제품 유지보수 평균 비용
	충전 기수	-	7대 - 설치비용 : 3,000만원/대
충전효율		60%(내외부 포함) - 외부 : 70% - 내부 : 85%(전기차공통)	75% - 외부 : 90% - 내부 : 85%(전기차공통)
연간에너지 비용		17,610만원	14,088만원

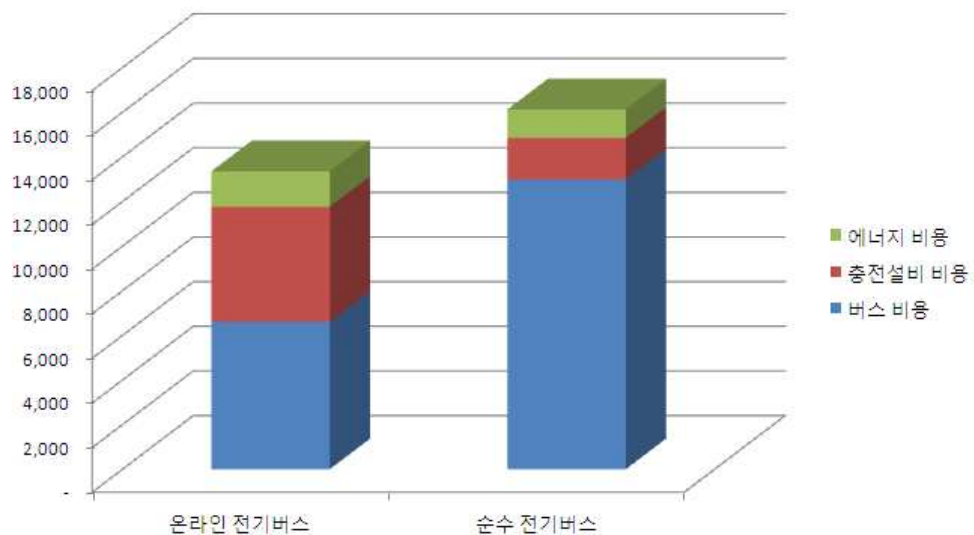
※ 연간 에너지 비용 : 연간 총 운행거리 * 충전효율 * 에너지 가격

o 경제성 분석: 9년간 총 운영비용 비교

단위 : 백만원

	온라인 전기버스	순수 전기버스
버스 비용	6,600	12,980
충전소 비용	5,166	1,875
에너지 비용	1,585	1,268
총 비용	14,078	16,122

o 항목별 비용 비교



<그림 34 항목별 비용 비교>

- 온라인 전기버스 순수전기버스 대비 충전설비 비용이 많이 소요되고, 10% 정도의 추가적인 에너지 비용이 소요되지만, 주행 중 충전 방식으로 충전 대기 시간이 필요 없고 적은 용량의 배터리를 장착함으로써 버스 비용이 저렴하기 때문에 순수 전기버스 대비 경제성이 있는 대안으로 평가됨
 - 온라인 전기버스는 순수전기버스 대비 87% 비용으로 해당 구간의 BRT 서비스를 9년간 운영할 수 있음
 - 주행 중 충전 기술로 순수 전기버스대비 적은 버스 대수로 운행이 가능하고 적은 배터리를 탑재하므로 버스 가격이 저렴하고 상대적으로 초기 투자비용이 적어서 사업 시작이 용이함
- * 본 결과는 에너지 비용, 배터리 비용, 시나리오의 변동에 따라 달라 질 수 있음

2. OLEV 전기 버스 편익/비용 비율(B/C) 분석

○ 분석기준

- 분석은 앞 절의 BRT 노선 시나리오에서 해당 노선에 온라인 전기버스를 30년 운영 시 발생하는 비용 및 편익에 대한 분석임
- 비용편익비(B/C) 분석 기준은 다음과 같음

<표 19 비용편익비 분석기준>

구분	분석기준
할인율	- 사회적 할인율 6.5% 적용
평가기간	- 경제적 타당성 분석의 분석기간은 30년으로 설정
편익 및 비용의 현재가치 추정방법	$PV_n = \sum_{t=0}^T \frac{B_{nt}}{(1+r)^t}$ 여기서 PV_n = 편익(비용)의 현재가치 T = 기준연차로부터 최종연차까지의 연수 t = 기준연차를 0으로 하는 연차 B_{nt} = t년째 n항목의 편익(비용) r = 사회적 할인율 n = 편익(비용)의 종류
평가지표	- 비용-편익비 (B/C ratio) - 순현재가치(NPV)

가. 편익산정

- 사업미시행시와 사업 시행시에 대해 수단별로 산출된 총 통행시간 절감, 차량운행비 절감, 교통사고 절감, 그리고 환경비용 절감 편익 항목들이 고려되어야 하나, 이번 분석에서는 온라인 전기버스 운영에 따른 요금수입과 환경오염 절감만을 편익으로 간주함.
- 사업 시행에 따른 수요분석이 이루어지지 않은 관계로, 통행시간 절감편익, 차량운행비 절감편익, 그리고 교통사고 절감 편익은 자발적 지불의사(willingness-to-pay)가 실제 요금의 두 배라는 가정 하에, 실제 지불액과의 차감한 금액인 요금수입을 대체 편익으로 산정 함.
- 온라인 전기버스의 운영으로 인한 CNG 버스 대비 에너지비용 절감은 (-) 비용으로 처리하여 비용 부문에서 계산 함.

- 버스요금수입 = 차량운행대수 * 대당 평균운송인원 * 365일 * 요금 * (비 환승통행비율 + 환승통행비율 * 환승계수)
- 월평균운송인원 : 원칙적으로는 해당 노선에 대한 승객 수요 분석이 필요하나, 이번 분석의 경우 버스 수요분석을 따로 시행하지 않고, 서울시 도시교통본부 홈페이지 자료 인용('10년 상반기 시내버스 운송인원/'10년 시내버스 운행대수) / '10년 수치 고정
 - 버스요금 : 2011년도 광역급행버스 요금인 2,000원 투입, 향후 3년 단위 200원씩 인상하는 것으로 가정, 통행 거리에 비례에 추가되는 요금은 고려하지 않음.
 - 환승 통행 비율 : 30.2% (한국교통연구원, 국가교통조사2010)
 - 환승요금계수 : 환승 통행의 경우 현 대중교통 요금 체계에 따라 통행거리에 따라 이용노선에 요금이 배분되고 있고, 광역급행버스의 운영 특성 상 장거리 통행이 대부분 이므로, 요금에서 약 70%의 요금을 배분받는 다고 가정
 - 해당 노선의 운행되는 버스는 15대로 가정함.
 - 30년 간 총 요금 수입의 합은 약 271억 원임.

<표 20 시행 후 30년 간 버스 요금 수익>

구분	연도	운행 대수	일평균 운송인원	1년	요금	환승통행 비율	환승요금 계수	계
버스 요금 수입	2013	15	637.6	365	2,000	30.20%	0.7	6,349,176,168
	2014	15	637.6	365	2,000	30.20%	0.7	6,349,176,168
	2015	15	637.6	365	2,000	30.20%	0.7	6,349,176,168
	2016	15	637.6	365	2,200	30.20%	0.7	6,984,093,785
	2017	15	637.6	365	2,200	30.20%	0.7	6,984,093,785
	2018	15	637.6	365	2,200	30.20%	0.7	6,984,093,785
	2019	15	637.6	365	2,400	30.20%	0.7	7,619,011,402
	2020	15	637.6	365	2,400	30.20%	0.7	7,619,011,402
	2021	15	637.6	365	2,400	30.20%	0.7	7,619,011,402
	2022	15	637.6	365	2,600	30.20%	0.7	8,253,929,018
	2023	15	637.6	365	2,600	30.20%	0.7	8,253,929,018
	2024	15	637.6	365	2,600	30.20%	0.7	8,253,929,018
	2025	15	637.6	365	2,800	30.20%	0.7	8,888,846,635
	2026	15	637.6	365	2,800	30.20%	0.7	8,888,846,635
	2027	15	637.6	365	2,800	30.20%	0.7	8,888,846,635
	2028	15	637.6	365	3,000	30.20%	0.7	9,523,764,252
	2029	15	637.6	365	3,000	30.20%	0.7	9,523,764,252
	2030	15	637.6	365	3,000	30.20%	0.7	9,523,764,252
	2031	15	637.6	365	3,200	30.20%	0.7	10,158,681,869
	2032	15	637.6	365	3,200	30.20%	0.7	10,158,681,869
	2033	15	637.6	365	3,200	30.20%	0.7	10,158,681,869
	2034	15	637.6	365	3,400	30.20%	0.7	10,793,599,486
	2035	15	637.6	365	3,400	30.20%	0.7	10,793,599,486
	2036	15	637.6	365	3,400	30.20%	0.7	10,793,599,486
	2037	15	637.6	365	3,600	30.20%	0.7	11,428,517,102
	2038	15	637.6	365	3,600	30.20%	0.7	11,428,517,102

	2039	15	637.6	365	3,600	30.20%	0.7	11,428,517,102
	2040	15	637.6	365	3,800	30.20%	0.7	12,063,434,719
	2041	15	637.6	365	3,800	30.20%	0.7	12,063,434,719
	2042	15	637.6	365	3,800	30.20%	0.7	12,063,434,719
계								276,189,163,308

○ 본 과업에서는 환경비용 절감 편익 중 온라인 전기버스 시행에 따른 대기오염 절감편익만을 적용하였음.

○ 대기오염 절감편익 산정을 위해, CNG 버스 운영 대비 전기버스의 대기오염 물질 감축 양을 산정한 다음, 전기버스 대비 온라인 전기버스의 효율 감소분을 고려하여 계산함.

<표 21 CNG 버스 오염물질 배출 계수>

오염물질	배출 계수식	출처
CO	$18.235 * V^{(-0.3767)}$	배출량산정방법편람2010, 국립환경과학원
VOC	$8.0544 * e^{(-0.0174V)}$	배출량산정방법편람2010, 국립환경과학원
Nox	$8.6972 * e^{(-0.013V)}$	배출량산정방법편람2010, 국립환경과학원
CO2	$5019.8 * V^{(-0.5582)}$	그린카 보급에 대비한 서울시 인프라 구축방안 2008, 서울시정개발연구원

- 전기 버스 사용 시, 배터리 충전에 소요되는 전기 생산을 위해 환경오염원이 배출됨
- 전기 생산의 50%를 원자력 등 친환경 에너지원에서 감당하고, 나머지 50%는 석탄 에너지를 사용한다고 가정하여, 전기 버스의 대기오염 물질 감축량을 CNG 버스 대비 50%로 상정함.
- 전기 버스 대기오염 물질 배출 감축량(g/대) = CNG 버스 오염물질 당 배출 계수(g/km/대) * 주행거리(km)* 50%

<표 22 전기 버스 환경오염 절감비용 (원/년)>

오염물질	온라인 전기 버스 환경오염 절감비용	출처
CO	배출감축량(g/대) * 7.058 (원/g) * 365 * 50%	도로철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정보완연구2004, 한국개발연구원
VOC	배출감축량(g/대) * 8.456 (원/g) * 365 * 50%	그린카 보급에 대비한 서울시 인프라 구축방안2008, 서울시정개발연구원
Nox	배출감축량(g/대) * 8.492 (원/g) * 365 * 50%	도로철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정보완연구2004, 한국개발연구원
CO2	(배출감축량(g/대) / 10^6) * 20485(원/g) * 365 * 50%	그린카 보급에 대비한 서울시 인프라 구축방안2008, 서울시정개발연구원

- 대당 일평균 주행거리를 210km, 평균 주행속도를 27km/h 로 가정하였을 때, 대당 연간 환경오염 절감비용은 다음 표와 같음.

<표23 환경오염 절감비용 (원/년/대)>

환경오염 절감비용(원/년/대)				
CO	VOC	NOx	CO2	합계
2,850,394	3,263,464	3,985,330	678,885	5,389,036

- 대당 연간 환경오염 절감 편익은 약 540만원 이고, 운행되는 버스 15대에 대한 30년간 총 환경오염 절감 편익은 5,389,036원 * 15대 * 30년 = 2,425,066,200원이 나, 전기버스 대비 온라인 전기버스 효율 감소분이 20%임을 고려하여 계산하면 30년간 총 환경오염 절감 편익은 약 19억 4천만 원임.

나. 비용 산정

※ 비용은 인프라 구축비용, 인프라 유지보수지, 대당 차량 구입비, 그리고 운송원가의 합으로 계산 됨.

- o 인프라 구축비용 : 초기 구축 29.4억 원
- o 인프라 유지보수 비용: 연간 통상적인 유지 보수 비용(14,112만원) + 도로 포장 유지 보수에 의한 유지보수 비용(10,619 만원)이 발생할 것으로 예상됨
 - 2년 후부터 유지보수 비용 발생
- o 대당 차량구입비 : 차체비용 + 집전장치비용 + 배터리 비용 (가격 매년 8.8% 하락, 2020년 이후는 매년 3.5% 하락)
 - 차량은 매 10년 마다 교체, 배터리는 차량 구입 후 매 5년 마다 교체
 - 차체 비용 : 350,000,000 원 (남산 전기 버스 및 온라인 전기 버스 제작시 실제 가격 적용)
 - 집전장치비용 : 50,000,000 원
 - 배터리 비용 (2011년 기준, 배터리 용량 kWh당) : 1,000,000 원
 - 배터리 용량 : 20 kWh

<표 24 사업기간 중 차량 구입 비용(원)>

연도	대당 차량 구입 비용 (원)
2013년	420,000,000
2023년	407,961,197
2033년	404,665,391

o 표준운송원가

- 2009년 서울시 2009년 버스 표준운송원가 543,968원 (CNG 기준)
- 온라인 전기버스 대당 1일 운송원가 = 서울시 2009년 버스 표준운송원가 543,968원 - 표준운송원가 중 연료비 할인 분
- 표준운송원가 중 연료비용 (CNG 기준) = 144,507 (원/km)
- 표준운송원가 중 연료비 할인 분 = 144,507원 (CNG 기준) * CNG 대비 온라인 전기버스 연료 할인 비율(73%) = 106,049 (원/km)

<표 25 CNG버스 대비 온라인전기버스의 연료비용 할인비용>

버스 유형	비용
CNG	531.25 (원/km)
온라인 전기버스	141 (원/km)
할인 비율	73%

- 표준운송원가는 3년 단위로 물가인상률 3.5% 상승하는 것으로 가정
- 사업기간 30년 동안 지출 비용은 다음 표와 같으며 총 지출 비용은 약 1,131억 원임.

<표 26 사업기간 동안의 지출 비용>

연도	인프라 구축비용	인프라 유지보수	차량구입비	운송원가				지출 합계
				대당 1일 운송원가	운행 대수	연일수	운송원가지출계	
2013	2,940,000,000		6,300,000,000	437,919	15	365	2,397,609,144	11,638,047,443
2014				437,919	15	365	2,397,609,144	2,398,047,443
2015		247,312,800		437,919	15	365	2,397,609,144	2,645,360,243
2016		247,312,800		453,247	15	365	2,481,525,464	2,729,291,891
2017		247,312,800		453,247	15	365	2,481,525,464	2,729,291,891
2018		247,312,800	189,275,955	453,247	15	365	2,481,525,464	2,918,567,846
2019		247,312,800		469,110	15	365	2,568,378,855	2,816,161,145
2020		247,312,800		469,110	15	365	2,568,378,855	2,816,161,145
2021		247,312,800		469,110	15	365	2,568,378,855	2,816,161,145
2022		247,312,800		485,529	15	365	2,658,272,115	2,906,070,824
2023		247,312,800	6,119,417,957	485,529	15	365	2,658,272,115	9,025,488,781
2024		247,312,800		485,529	15	365	2,658,272,115	2,906,070,824
2025		247,312,800		502,523	15	365	2,751,311,639	2,999,127,342
2026		247,312,800		502,523	15	365	2,751,311,639	2,999,127,342
2027		247,312,800		502,523	15	365	2,751,311,639	2,999,127,342
2028		247,312,800	99,932,374	520,111	15	365	2,847,607,546	3,195,373,211
2029		247,312,800		520,111	15	365	2,847,607,546	3,095,440,837
2030		247,312,800		520,111	15	365	2,847,607,546	3,095,440,837
2031		247,312,800		538,315	15	365	2,947,273,811	3,195,125,306
2032		247,312,800		538,315	15	365	2,947,273,811	3,195,125,306
2033		247,312,800	6,069,980,870	538,315	15	365	2,947,273,811	9,265,106,176
2034		247,312,800		557,156	15	365	3,050,428,394	3,298,298,730
2035		247,312,800		557,156	15	365	3,050,428,394	3,298,298,730
2036		247,312,800		557,156	15	365	3,050,428,394	3,298,298,730
2037		247,312,800		576,656	15	365	3,157,193,388	3,405,083,224
2038		247,312,800	69,980,870	576,656	15	365	3,157,193,388	3,475,064,094
2039		247,312,800		576,656	15	365	3,157,193,388	3,405,083,224
2040		247,312,800		596,839	15	365	3,267,695,156	3,515,605,175
2041		247,312,800		596,839	15	365	3,267,695,156	3,515,605,175
2042		247,312,800		596,839	15	365	3,267,695,156	3,515,605,175
계	2,940,000,000	6,924,758,400	18,848,588,027	15,412,217	15	10,950	84,381,886,537	113,110,656,577

다. 편익/비용 비율 (B/C)

- 비용 및 편익산출 결과를 이용하여 경제성분석을 하였으며, 그 결과로 순현재가치 (NPV)는 약 579억 원, 그리고 B/C는 편익/비용 비율(B/C)는 2.104 으로 나타남.
- 온라인 전기버스 시행에 대한 경제성 분석 결과로 NPV > 0 이고, B/C > 1 이므로 경제성이 있다고 판단함.

<표 27비용/편익 분석 결과>

연차	연도	편익	비용	할인 계수	편익현재가	비용현재가	순현재가치
1	2013	6,413,844,601	11,638,047,443	1	6,413,844,601	11,638,047,443	-5,224,202,842
2	2014	6,413,844,601	2,398,047,443	0.935	5,996,944,702	2,242,174,359	3,754,770,343
3	2015	6,413,844,601	2,645,360,243	0.874	5,607,143,296	2,312,044,852	3,295,098,444
4	2016	7,048,762,218	2,729,291,891	0.817	5,761,660,880	2,229,831,475	3,531,829,405
5	2017	7,048,762,218	2,729,291,891	0.764	5,387,152,923	2,085,179,005	3,301,973,918
6	2018	7,048,762,218	2,918,567,846	0.715	5,036,987,983	2,086,776,010	2,950,211,973
7	2019	7,683,679,835	2,816,161,145	0.668	5,133,799,762	1,881,195,645	3,252,604,117
8	2020	7,683,679,835	2,816,161,145	0.625	4,800,102,778	1,760,100,716	3,040,002,062
9	2021	7,683,679,835	2,816,161,145	0.584	4,488,096,097	1,644,638,109	2,843,457,988
10	2022	8,318,597,451	2,906,070,824	0.546	4,543,124,167	1,586,714,670	2,956,409,497
11	2023	8,318,597,451	9,025,488,781	0.511	4,247,821,096	4,612,024,767	-364,203,671
12	2024	8,318,597,451	2,906,070,824	0.477	3,971,712,725	1,386,195,783	2,585,516,942
13	2025	8,953,515,068	2,999,127,342	0.446	3,996,988,505	1,337,610,795	2,659,377,710
14	2026	8,953,515,068	2,999,127,342	0.417	3,737,184,253	1,250,636,102	2,486,548,151
15	2027	8,953,515,068	2,999,127,342	0.390	3,494,267,276	1,169,659,663	2,324,607,613
16	2028	9,588,432,685	3,195,373,211	0.365	3,498,821,501	1,166,311,222	2,332,510,279
17	2029	9,588,432,685	3,095,440,837	0.341	3,271,398,104	1,055,545,325	2,215,852,779
18	2030	9,588,432,685	3,095,440,837	0.319	3,058,757,227	987,445,627	2,071,311,600
19	2031	10,223,350,302	3,195,125,306	0.298	3,049,314,633	952,147,341	2,097,167,292
20	2032	10,223,350,302	3,195,125,306	0.279	2,851,109,182	891,439,960	1,959,669,222
21	2033	10,223,350,302	9,265,106,176	0.261	2,665,787,085	2,418,192,712	247,594,373
22	2034	10,858,267,919	3,298,298,730	0.244	2,647,307,449	804,784,890	1,842,522,559
23	2035	10,858,267,919	3,298,298,730	0.228	2,475,232,465	752,012,110	1,723,220,355
24	2036	10,858,267,919	3,298,298,730	0.213	2,314,342,354	702,537,629	1,611,804,725
25	2037	11,493,185,535	3,405,083,224	0.199	2,290,440,839	677,611,562	1,612,829,277
26	2038	11,493,185,535	3,475,064,094	0.186	2,141,562,184	646,361,921	1,495,200,263
27	2039	11,493,185,535	3,405,083,224	0.174	2,002,360,642	592,484,481	1,409,876,161
28	2040	12,128,103,152	3,515,605,175	0.163	1,975,633,472	573,043,644	1,402,589,828
29	2041	12,128,103,152	3,515,605,175	0.152	1,847,217,297	534,371,987	1,312,845,310
30	2042	12,128,103,152	3,515,605,175	0.142	1,727,148,172	499,215,935	1,227,932,237
계		278,129,216,299	113,110,656,577		110,433,263,648	52,476,335,740	57,956,927,910

3. 기존 버스 시스템과의 경제성 비교

o 앞서 사용한 BRT사례를 기준으로 현재 주로 활용되고 있는 디젤 버스, CNG 버스 대비 온라인 전기버스의 경제성 비교

o 시나리오

- 천호 ~ 하남 BRT 사업 계획서의 시나리오를 활용 (KDI 예비타당성 제조사 보고서)
- 총 구간 : 10.5km

- 초저상 45인승 전기 버스 사용 (15대)
 - 정류장 : 11개
 - 평균 속도: 27km/h
 - 최대 배차 간격 : 10분, 하루 15 시간 (90회 운행)
 - 최소 배차 간격 : 4분(출퇴근 시), 하루 4시간 (60회 운행)
 - 일일 총 운행 수 : 150회
 - 총 운행 길이 : 21km(왕복 거리) * 150 = 3150km
- o 온라인 전기버스
- 전기 버스에서 배터리를 제외한 가격을 35,000 만원으로 가정 (현재 남산 전기 버스 및 온라인 전기 버스 제작 시 실제 가격 적용)
 - 배터리 가격 : 100 만원/kWh
 - Mckinsey 2009년 보고서(Electrifying cars: How three industries will evolve)의 배터리 가격 예측치 사용
 - 2011년 가격 : 915\$/kWh, 환율을 고려하여 100 만원/kWh로 가정
 - 전기 가격 : 91.9 원/kWh (한전에서 발표한 전기 자동차와 전기가격의 평균값)
 - 연료 효율 : 1km/kWh
 - 배터리 용량 : 20kWh (순수 전기버스의 25%)
 - 버스 대수 : 15대 (첨두시 충전을 위한 대기시간이 필요 없음)
 - 집전 용량 : 100kW
 - 집전장치 가격 : 5,000 만원
 - 버스 가격 : 40,000 만원 (배터리 제외, 집전 장치 포함 가격)
 - 배터리 교체 주기 : 5년 (9년간 2개의 배터리 필요)
 - 충전 설비(급전도로) 단가 : 70,000 만원/km (400kW 인버터 가정)
 - * 현재 기술 대비 대량 생산 할 경우 가능한 금액(사업단 추정 자료)
 - 급전도로 건설 비율 : 20% (정차, 정류장 위주 20% 설치, 시간 대비 40% 급전 구간 확보)
 - * 온라인 전기버스는 100kW 집전 용량을 가지고 있으므로 21km를 1시간동안 운행 시 40kWh (주행 + 공조에 필요한 량)충전이 가능하여 배터리를 사용하지 않고 전체 구간 운행 가능
 - 충전 설비(급전도로) 비용 : 336,000 만원
 - 충전 설비 유지보수 비용 : 연간 통상적인 유지 보수 비용(14,112만원) + 도로 포장 유지 보수에 의한 유지보수 비용(10,619 만원)이 발생할 것으로 예상됨
 - * 통상적인 유지보수 비용은 급전을 위한 전기 제품 비용(트랙 자재비용)에 대하여 매년 8% 발생하는 것으로 가정하고, 도로 공사에 의한 유지보수 비용은 도로 포장 유지보수 비율에 근거하여 추가적으로 산정
 - * 급전도로의 급전코일 매설 깊이는 통상적인 도로 포장 유지보수(소파보수, 표면처리, 덧씌우기)시에 영향이 없도록 8~10cm 깊이로 시공하는 것을 가정함
 - * 통상적인 유지보수인 4가지 공법(표면처리, 소파보수, 덧씌우기, 재포장)중 재포장의 경우에만 급전도로 재구축이 필요하며 덧씌우기 공사의 20%정도는

기층파손 또는 5cm이상의 절삭 공사 등으로 급전도로 유지보수 공사가 필요할 것으로 가정함

- * 2008년 국토해양부 도로보수현황을 근거로 전국 총 도로 연장(line·km) 대비 평균 재포장 비율(4.3%), 덧씌우기 비율(21.50%)을 급전시설에 적용하여 급전도로 재구축 비용을 산정함
- * 급전도로 유지보수 구축 시 비용은 도로보수에 따른 유지보수 비용임을 고려하여 공사비용을 제외한 Track 자재(급전코일 및 전선), 잡자재, Sensor의 재료비만을 비용에 포함
- * 급전도로 유지보수 시 도로 재포장 시에는 연구팀의 제시 목표인 Track 자재의 60% 재활용율, 덧씌우기 시에는 Track 자재의 80% 재활용률을 가정하여 산정함
- * 충전 설비 단가 중 공사비를 제외한 Track 자재(급전코일 및 전선), 잡자재, Sensor의 재료비를 전체 비용의 60%로 가정 (42,000만원)
- * 급전도로의 유지 보수비용은 아래와 같은 정의에 의해 산정함
- * 급전도로 유지보수 비용
 - = 급전도로 구축량(line·km) x 도로 재포장율 x 재포장시 유지보수 단가
 - + 급전도로 구축량(line·km) x 도로 덧씌우기율 x 덧씌우기시 급전도로 유지보수율 x 덧씌우기시 유지보수 단가
- * 재포장시 유지보수 단가(line·km)
 - = (1 - 재포장시 재활용율) x Track자재단가
- * 덧씌우기시 유지보수 단가(line·km)
 - = (1 - 덧씌우기시 재활용율) x Track자재단가
- 충전(외부 / 내부 포함) 효율: 60%
 - * 외부 : 인버터에서 집전 픽업까지의 효율 70%
 - * 내부 : 집전 장치부터 모터까지 효율 85% (전기자동차 공통)
- 연간 에너지 비용(연간 총 운행 거리 * 충전 효율 * 에너지 가격): 17,610 만원
- o 온라인 전기버스의 경우, 초기 비용이 반영되어 있음. 대량 생산 시 급전 도로 비용이 km당 4억원으로, 배터리 제외 차량 가격이 2억으로 떨어질 것으로 가정
- 디젤 버스나 CNG 버스는 이미 대량 생산 체제를 갖춘 시스템으로 초기 OLEV 버스 비용으로만 비교하는 것을 적합하지 않아서 대량 생산 시 고려되는 비용을 포함하여 분석함

가. 디젤 버스 가정 사항

- (1) 차량 가격 : 대당 1억
- (2) 충전소 비용 : 21.8억 (대형 충전소 비용)
- (3) 디젤 가격 : 1,800원/l
- (4) 연비 : 1.69km/l

- (5) 환경 오염 물질 배출 비용: CNG 대비 1.7배
- 대당 연간 1,800만원

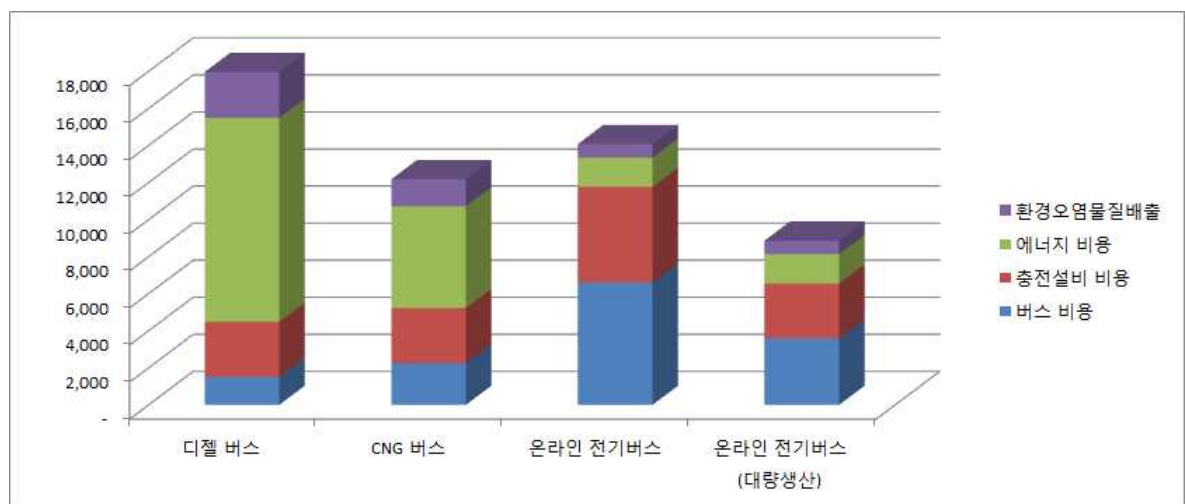
나. CNG 버스 가정 사항

- (1) 차량 가격 : 대당 1.5억
(2) 충전소 비용 : 21.8억 (대형 충전소 비용)
(3) 디젤 가격 : 850원/l
(4) 연비 : 1.6km/Nm³
(5) 환경오염 물질 배출 비용 : 1,077만원

다. 비교 분석 결과

- 기존 교통수단인 디젤, CNG 버스와 OLEV 버스 초기 생산단계 및 대량 생산 단계에서의 비용 비교
- 전기차 비교시 사용한 시나리오를 그대로 적용하여 9년간 버스 운영 시 발생하는 버스 비용, 충전설비 비용, 에너지 비용 및 환경오염물질 배출 비용을 모두 비교
- 경제성 분석: 9년간 총 운영비용 비교

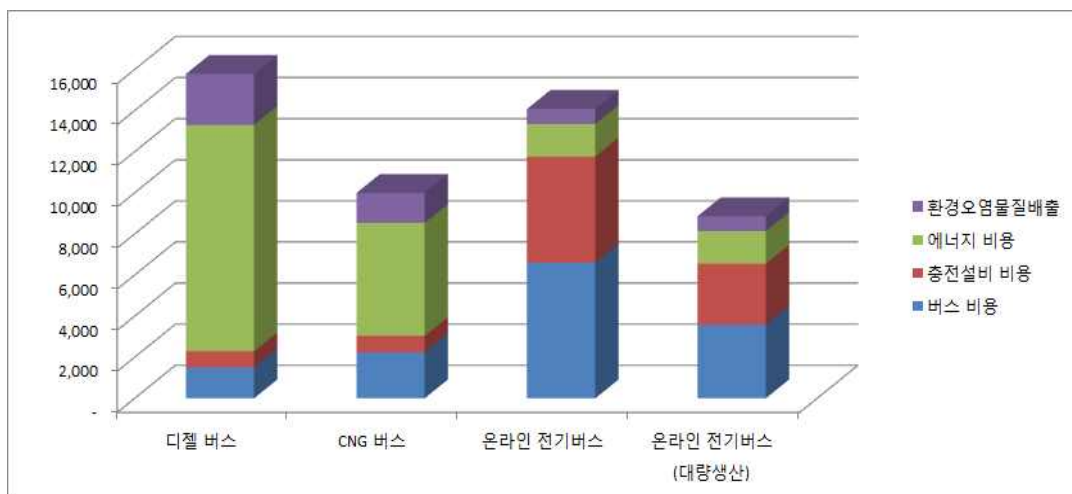
(단위: 백만원)



- 분석 결과 온라인 전기버스의 초기 생산 단계에서는 디젤 버스 보다 상대적으로 적은 연료비로 인해 비용이 적게 드나, 아직까지 에너지 비용이 저렴한 CNG 버스 대비 약간의 비용이 더 소요되는 것으로 파악됨, 이 경우에도 OLEV 의 경우 급전 도로를 여러 버스가 공유할 경우, 상대적으로 충전비용이 줄어들 수 있으나, 이는 현재 분석에서 고려되지 않음

- o 디젤 버스나 CNG 버스의 경우 전기버스와 달리, 오랜 기간 동안 시장에서 사용되어 왔고, 대량 생산을 하고 있는 제품으로 아직 초기단계인 OLEV 버스의 현 상황에서 직접적인 비교는 공평하지 않음
- o OLEV 버스 대량 생산시를 가정하여, 급전도로 비용을 km당 4억원, 배터리를 제외한 OLEV 전기버스 가격을 2억원으로 산정하여 기존 시스템과 비교시, 디젤 버스와 CNG 버스 모두 보다 비용이 적게 소요되는 것으로 평가됨
- o 디젤 차량이나 CNG 버스의 경우 새로운 버스 노선에 들어갈 경우, 반드시 충전소가 필요하다고 판단되나, 만약 기존의 충전소를 공유할 수 있다면 인프라 비용이 소요되지 않음. 온라인 전기버스의 경우에도 특정 도로에 여러 노선의 버스들이 다닐 경우 인프라를 공유하게 되어 인프라의 상대적 비용이 줄어들게 됨
- o 디젤 버스와 CNG 버스의 경우 충전 설비를 공유하여 인프라 건설비용이 없다고 가정할 경우(유지보수비용은 포함), 경제성 분석 결과는 다음과 같음

(단위: 백만원)



- o 분석 결과 초기 온라인 전기버스의 비용일 경우 디젤보다는 여전히 경제성이 있으나 CNG 대비 비용이 많이 소요 될 것으로 판단됨, 앞서 언급한 바와 같이 같은 도로를 여러 버스 노선이 공유할 경우 온라인 전기버스의 인프라 비용도 급격히 줄어들기 때문에 적은 연료비를 고려할 경우 초기에도 CNG 대비 비용 측면에서 매력적인 대안임
- o 온라인 전기버스가 대량 생산된다는 가정에서의 비교에서는 CNG 버스의 충전 인프라 설치비용을 고려하지 않아도 온라인 전기버스가 더 경제성이 있는 대안으로 평가됨

라. 사업화 진행 현황

- 이제까지 개발된 기술을 이용하여 지속적으로 상용품을 개발하고, 시장 개척을 통해 상용화에 성공하기 위해 2011년 9월 28일 (주) 올레브 회사 설립
- (주) 올레브에서 향후 상용 제품 제작, 상품 다양화 등 상용화 사업을 주도적으로 진행하여 연구 개발의 결과를 실제 사업화로 연결함
- (주) 올레브 초기 자본금: 100억
- 주요 주주 구성

주주사	주식 비율	기타
동원 시스템즈	52%	
한국과학기술원	30%	기술 현물 투자
자일자동차	5%	
밀텍	3%	
하이젠모터	2%	
승화명품건설	3%	
신선호	5%	

- (주) 올레브 주도로 상용화된 제품 생산을 위한 추가적인 연구 개발을 카이스트와 협력하여 추진
- 초기 여수 엑스포, 제주 중문 단지 등에 시범 사업을 통해 국내뿐만 아니라 해외에 온라인 전기버스 제품을 홍보 추진
- 버스뿐만 아니라, 항만 시설에 사용되는 야드 트럭, 골프장의 골프 카트, 무가선타램 등으로 사업 다각화 하여 급집전 기술을 다양한 제품에 적용

마. 수요 예측 분석 결과

- 전기 버스 시장의 향후 성장 추이는 배터리를 보조 동력원으로 사용하는 HEV(하이브리드 전기자동차) 및 PHEV(플러그인 하이브리드 전기자동차)의 시장 성장 예측치 16.6%를 반영함(자료 : Pick Research, HEV/PHEV Market Forecast)
- 버스 수명은 9년으로 보고 해마다 일정 대수의 교체 수요가 발생함
- 본격적으로 급전도로를 건설하여 OLEV버스가 보급 될 수 있는 2013년부터 버스

교체 수요의 16.6% 중, 순수 전기버스와 시장을 양분한다는 가정하에 8.3%의 시장이 OLEV 버스 시장이 될 것임

- 배차 시간이 길고, 운행 대수가 적은 경우 순수전기버스가 유리하고, 배차시간이 짧고, 운행 대수가 많아 급전도로를 많은 차들이 공유할 경우, OLEV 버스가 유리하므로 각각의 상황에 따른 최적의 대안이 선택될 것임

- o 급전도로의 건설 비율이 높아질수록 인프라를 공유할 수 있으므로 OLEV의 수요도 급격히 증가 할 수 있음

5장 인력투입 계획 및 소요예산 산정

1절 연구일정에 따른 인력투입계획

1. 인력 투입 계획

- 비접촉 전력전달방식의 대중교통 시스템 개발의 목표를 달성하기 위한 핵심 기술을 바탕으로 선별한 세부과제의 연구 내용에 따라 전문 인력을 배치하여 연구 추진
- 각 세부 과제별로 주관기관에서 수행할 업무와 참여기관과 협력할 연구 내용을 구분하여 참여 연구인력의 전문 분야에 따라 연구 업무를 구분하여 배치
- 주관기관의 주요 연구 추진을 중점으로 인력을 배치하고, 참여기관과 공동연구를 추진하는 연구에 대해서도 전담 연구인력을 선정하여 참여기관과의 원활한 협력이 될 수 있도록 추진
- 연구 사업 초기에는 연구소와 대학에서 연구인력을 주로 투입하여 기 확보된 원천 및 핵심 기술을 바탕으로 실용/표준 시제품 개발을 위한 기술 요소 검토 및 선정, 세부 과제별 추진 연구 방향 설정
- 산업체의 연구인력을 통해 각 세부 분야의 연구 결과가 제품화 될 수 있도록 추진

2. 세부 과제별 연구 인력

가. 통합시스템 검증 및 운영관리 기술 개발

직 급 별 참여연구원		소속기관별 참여연구원	
책임급	1명	출연(연)	4명
선임급	4명	국공립(연)	4명
원급	12명	대학	명
기타	3명	산업계	12명
계	20명	기타	명
		계	20명

나. 무선 충전 급전도로 시공 및 유지관리 기술 최적화

직 급 별 참여연구원		소속기관별 참여연구원	
책임급	2명	출연(연)	8명
선임급	5명	국공립(연)	8명
원급	20명	대학	4명
기타	3명	산업계	4명
계	30명	기타	6명
		계	30명

다. 급/집전 시스템 성능 보완 및 최적화

직 급 별 참여연구원		소속기관별 참여연구원	
책임급	2명	출연(연)	6명
선임급	6명	국공립(연)	6명
원급	19명	대학	4명
기타	3명	산업계	10명
계	30명	기타	2명
		계	30명

2절 소요예산 산정

1. 통합 시스템 검증 및 운영관리기술 개발

○ 1차년도

구분		세부 연구 내용	예상 연구비
표준 및 통합시스템 성능검증 및 운영관리 기술 개발	차량통합 기술	무선 충전 전기버스 최적설계를 통한 성능 개선	93억
		차량 시퀀스 안전 알고리즘 및 제어 기술	3억
	급전 인프라 통합 기술	표준인증 급전인프라 구축	33억
		유지보수 통합기술 표준 및 다양한 도로 환경에 최적화된 급전 인프라 구축	10억
	운영관리 기술	통합 운영관리 시스템 개발	5.9억
		무선 충전 시스템 최적 계획(입지) 및 교통대응 시스템 기술	10억
	소계		71억원

○ 2차년도

구분		세부 연구 내용	예상 연구비
표준 및 통합시스 템 성능검증 및 운영관리 기술 개발	차량통합 기술	무선 충전 전기버스 최적설계를 통한 성능 개선	14억
		차량 시퀀스 안전 알고리즘 및 제어 기술	3억
	급전 인프라 통합 기술	시험 운영 급전인프라 구축	30억
		유지보수 통합기술 표준 및 다양한 도로 환경에 최 적화된 급전 인프라 구축	6억
	통합 시스템 운영관리 기술	통합 운영관리 시스템 개발	7.2억
		무선 충전 시스템 최적 계획(입지) 및 교통대응 시스템 기술	10.2억
	소계		

2. 무선 충전 급전도로 시공 및 유지관리 기술 최적화

○ 1차년도

구분	세부 연구 내용	예상
----	----------	----

			연구비
급전 도로 시공 및 유지관리 기술 최적화	급전시스템 설치 기술	유지보수가 용이하고 도로미관, 충격 및 침수를 고려한 급전인버터 최적의 매설구조 설계 및 개발	2.2억
	급전선로 부품 보완/최적 화	주행시 집전픽업 출력 향상을 위한 guidance 시스템 개발	6.1억
		안전을 고려한 급전 케이블 보완	1.5억
		자기장 통신 모듈 성능 보완	3.5억
		급전선로 구성요소 유지관리 기술 개발	0.6억
	급전구조물 기술	급전선로 모듈화 기술 개발	4억
		급전구조물 규격 및 성능 보완	1.5억
		윤하중 특성평가 및 내구수명 예측 기법	2.7억
	도로 시공/유지 관리 기술	급전구조물 시공 및 포장기술 개발	8.6억
		신설/기존도로에 대한 시공 기술 개발	1.8억
		도로포장 유지관리 기술 개발	10.4억
소계			33.9억원

○ 2차년도

구분		세부 연구 내용	예상 연구비	
급전 도로 시공 및 유지관리 기술 최적화	급전시스템 설치 기술	급전 인버터를 급전선로 및 도로주변에 적용시 문제점 도출 및 보완	1.1억	
	급전선로 부품 보완/최적 화	주행시 집전픽업 출력 향상을 위한 guidance 시스템 개발	3.8억	
		안전을 고려한 급전 케이블 보완	1.5억	
		자기장 통신 모듈 성능 보완	3.5억	
		급전선로 구성요소 유지관리 기술 개발	1.6억	
	급전구조물 기술	급전선로 모듈화 기술 개발	1.3억	
		급전구조물 규격 및 성능 보완	2.7억	
		윤하중 특성평가 및 내구수명 예측 기법	5.3억	
	도로 시공/유지 관리 기술	급전구조물 시공 및 포장기술 개발	2.7억	
		신설/기존도로에 대한 시공 기술 개발	1.7억	
		도로포장 유지관리 기술 개발	2.2억	
	소계			27.4억원

3. 급/집전 시스템 성능보완 및 최적화

○ 1차년도

구분		세부 연구 내용	예상 연구비
급집전 시스템 성능보완과 현장적용 및 최적화 기술	급전 인버터 기술	도로환경 및 안전기준을 만족하는 급전인버터 보완	6억
		전력품질, 인체 안전 및 고주파 접지에 대한 성능 보완	12.2억
	집전장치	차량, 도로환경 및 안전기준을 만족하는 집전픽업 보완	11.5억
	레귤레이터	차량 환경 및 안전기준을 만족하는 레귤레이터 보완, 현장적용 및 최적화	3.5억
	소계		33.3억원

○ 2차년도

구분		세부 연구 내용	예상 연구비
급집전 시스템 성능보완과 현장적용 및 최적화 기술	급전 인버터	도로환경 및 안전기준을 만족하는 급전인버터 보완	1억
		전력품질, 인체 안전 및 고주파 접지에 대한 성능 보완	18.9억
	집전장치	차량, 도로환경 및 안전기준을 만족하는 집전픽업 보완	4.8억
	레귤레이터	차량 환경 및 안전기준을 만족하는 레귤레이터 보완, 현장적용 및 최적화	1.2억
	소계		26억원

6장 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정

1절 과제 제안요구서(RFP)

1. 연구단 RFP

연구과제명	비접촉 전력전달방식 친환경 대중교통시스템 개발
1. 연구개발 목표	○ 비접촉 전력전달방식 친환경 대중교통시스템(전기버스)의 실용 보급을 위해, 기 확보한 주행 및 정차 중 충전이 가능한 비접촉 전력전달방식의 전기버스 시스템 기술의 시스템 통합 기술, 급전도로 시공 및 유지관리 기술, 급/집전 시스템의 성능을 보완하여 기술의 최적화와 표준화 및 인증을 확보하며, 현장 시험운영 및 보완을 통해 실용/상용화를 위한 최적 시스템을 구현
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□연구개발의 필요성	○ 내연기관의 사용이 증대됨에 따라 발생하는 환경오염과 석유 에너지 고갈이라는 문제로 인하여 세계 각국 정부 및 자동차 관련 회사 및 기관에서는 기존의 내연기관 사용으로 발생하는 문제점을 감소시킬 수 있는 친환경 교통수단의 개발에 많은 재원을 투자하고 있는 상황임 ○ 하이브리드 자동차와 클린 디젤, CNG 등 다양한 방안이 수립되었으나, 기존의 내연기관 교통수단을 완전하게 대체하는데에는 한계를 지니고 있어 전기자동차에 대한 필요성이 증대되고 있는 상태임 ○ 전기자동차에 대한 시장의 요구가 증가되고 있는 상황이나 접촉식 충전방식 배터리 전기자동차의 경우에는 짧은 운행거리, 배터리 크기 및 무게, 긴 충전시간 등의 배터리 성능의 한계로 인하여 상용화가 어려운 상황임 ○ 또한, 접촉식 충전방식이 갖고 있는 긴 충전시간 등의 편의성 문제로 비접촉식 충전방식 연구도 추진되고 있는 상황임 ○ 우리나라의 경우에는 선진국에 비하여 전기자동차 기술분야에서 일부 뒤쳐져 있는 상태이나, 비접촉식 충전방식 기술에서는 주행 및 정차 중에도 충전이 가능한 수준의 일부 원천기술을 확보한 상태임

- 배터리 성능의 한계로 인하여 아직 상용화가 추진되고 있는 많은 시장상황의 전기자동차 기술분야에서 후발주자이나 기술 우위를 확보하기 위해서는 신개념의 전기자동차 기술로서 비접촉식 전력전달방식을 이용한 상용화 기술 확보가 필요함
- 상용화 기술을 확보하기 위해서는 기 확보한 원천 및 핵심 기술의 최적화와 표준 및 인증을 받을 수 있도록 기술을 현장에 적용할 수 있는 별도의 시험운영구간 구축이 필요하며 이를 위해서는 09년도 교과부 과제와 10년도 지경부 과제 추진을 통해 확보한 급/집전 원천 및 공통 핵심기술을 시험운영에 적합하도록 성능을 보완이 필요함

□ 기술동향

<국내 동향>

- 국내에서는 KAIST에서 비접촉방식의 온라인전기자동차 개발을 추진하고 있음
 - 무선자기장 방식 주행 중 급전 및 충전방식의 전기자동차 원천 및 공통 핵심기술 개발('09~'10)
- KAIST가 확보한 원천기술을 바탕으로 서울시와 공동으로 서울대공원 온라인전기자동차 시험사업을 추진하였음('10.3)



구분	확보된 기술 수준
공극간격	20cm
최대 효율	80% 이상
EMF	62.5mG 이하

<국외 동향>

- 미국, 일본 등 많은 국가에서 비접촉식 전력전달방식에 대한 연구를 추진하고 있음
- 미국
 - '비접촉식 주행 및 정차 중 충전 방식 시스템을 개발'을 위하여 PATH 프로젝트를 수행하였음('89~'96년)

- 도심에 시험트랙 설치, 버스 정류소에서 무선 충전 실험 실시
- 케이블선과 이격거리 등에서의 손실로 인한 낮은 효율과 높은 인프라 비용으로 인하여 추가 기술개발을 포기하였으나, 최근에 연구 재개
- 플러그가 필요 없는 자기유도방식의 'Plugless Power' 전기자동차 충전장치 출시

○ 일본

- 일본 HINO에서는 국토교통성 프로젝트로 '차세대 저공해차 개발 및 실용화 촉진 프로젝트'(02)로 디젤-전기 하이브리드 버스용 비접촉식 정차 중 충전 기술을 개발하였음
- 정차 중 도로에 매설된 급전장치에서 비접촉으로 급속 충전하는 방식으로 차량 윗부분에 리튬이온 배터리를 탑재하여 15km까지 전기주행이 가능하며, 디젤엔진으로도 주행 가능
- '08년 2월부터 하네다 공항에서 충전 및 운행 시험 실시
- 닛산의 경우 "닛산 첨단기술설명회-시승회2009"를 통해 정차중 비접촉 충전 전기자동차 Leaf 공개
- 쇼와비행기공업과 공동으로 전자유도 기술을 이용하여 개발하였음(정격출력 10kW 수준)

○ 뉴질랜드

- Auckland 대학에서는 주·정차 중 무선 충전 방식 연구를 수행 중이며, 도로 전용 유도급전 소형자동차 시험선 구축 및 상용화 검증시험 추진 중에 있음

○ 독일

- Wampfler사에서는 IPT(Inductive Power Transfer)방식 비접촉 정차 중 충전방식 기술의 실용화를 추진하고 있음

3. 연구개발내용

□ 세부과제 1 : 표준 통합시스템 성능검증 및 운영 관리 기술 개발

○ 표준 급전인프라 구축 및 성능 검증

- 급전인프라 시험운영구간 구축
 - 표준인증 급전인프라 구축 (전문인증기관을 통한 차량 및 급전인프라에 대한 안전확보를 위한 표준 인증을 수행할 수 있는 인프라 구축)
 - 시험운영 급전인프라 구축 (지자체 등 실제 운영을 고려한 대중교통 노선을 선정하여 안전이 인증된 급전인프라의 시험운영)

- 급전인프라 성능검증
 - 급전 성능, 안정성(Stability), 신뢰성에 대한 검증
 - 상시 (정차, 가속 및 주행시) 급·집전 시스템의 효율, 안전성 등 검증
 - 공인기관 안전성 확인 검증 및 인증 (전자파안전, 전기안전, 도로안전 등)
 - 고주파 전력 시스템을 고려한 전원 품질 평가
 - 전기안전 구축을 위한 안전관리 기준 개발

○ 차량 통합기술 및 성능검증

- 무선 충전 전기버스 최적설계를 통한 성능 개선
 - 최적 집전시스템 차량장착 기술개발 및 제작
 - 차량 안전성 분석 및 보완 (절연구조, 침수구조, 발열구조 및 자기장 차폐)
 - 성능검증 및 공인 안전인증 확보(배터리, 모터, 집전시스템 등)
 - 최적 전장 하드웨어 경량화 설계/제작
- 차량 시퀀스 안전 및 제어기술
 - 차량 과전류 방지 시퀀스 및 알고리즘 개발
 - 운전자 오조작 상황 모니터링 기술개발
 - 수행 프로그램 개발 및 구축

○ 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 상황 시)
 - 차량/인프라 통합 광역 Network 제어 프로그램 구축
- 무선 충전 시스템의 최적 계획(입지) 및 교통 운영 대응 시스템 기술
 - 차량/인프라 최적 배치계획 기술개발
 - ※ 정차장 수, 차량의 수, 도로 Profile 현황분석을 통한 급전구간 최적화 포함
 - 교통, 도로, 버스 노선 등을 고려한 현장시험 운영구간 구축 기획
 - ※ 국내 도로여건 및 입지 가능지역 현황조사를 통한 기술 적용성, 경제성 등 검증 포함 (1차년도)
 - 운영 통합연계 시스템 개발
 - 급/집전인프라 관련 보행자, 버스탑승자 교통안전 기준 개발
 - 현장시험운영 교통부문 운영 및 평가
 - 통합 운영 매뉴얼 작성

□ 2세부과제 : 무선 충전 급전도로 시공 및 유지관리 최적화 기술

○ 급전 인버터 설치 기술

- 유지보수, 도로미관, 충격 및 침수를 고려한 급전 인버터 최적 매설 구조 설계 및 개발
- 급전인버터의 급전선로 및 도로환경 적용 시 문제점 도출 및 보완 기술

○ 급전선로 부품 보완/최적화

- 주행 시 집전픽업 출력 향상 guidance 시스템 개발
- 안전을 고려한 급전 케이블 성능 보완
 - 누설전류와 유도전압을 고려한 급전 케이블 보완
- 자기장 통신 모듈 성능 보완
 - 고속 주행용 자기장 통신 모듈 사양 결정, 설계 및 샘플 제작, 환경 시험
- 급전선로 구성요소 유지관리 기술 개발
 - 급전선로 관입이 편리한 케이블 유지관리 기술 개발
 - 급전코어 변형 및 성능변경에 따른 유지관리 기술 개발
 - 차량-급전선로간 자기장 통신 방수방식에 따른 유지관리 기술 개발

○ 급전구조물 기술

- 급전선로 모듈화 기술 개발
 - 차량 하중에 안전한 급전선로 모듈화 기술 개발
 - 급전구조물용 콘크리트 배합설계 및 시편시험
- 급전구조물 규격 및 성능 보완
 - 품질관리와 양중장비를 고려한 급전구조물 최적 길이 도출 시뮬레이션
 - 급전구조물 품질관리 시험 및 양중시험
 - 노면 각층의 기능을 유지하며 도로단면에 적용하기 위한 급전구조물 최적 높이 설계기술 개발
 - 도로단면 형상을 파악, 지내력 시험 및 도로구조 진단
- 운하중 특성평가 및 내구수명 예측기법
 - 급전시스템 구성요소의 운하중 특성평가 및 내구수명 예측기법 개발
 - 급전구조물 목업 시편 제작 및 운하중 시험

○ 급전도로 시공 및 유지관리 기술

- 급전구조물 시공 및 포장 기술 개발
 - 급전선로 효율 및 급전구조물 강도 손실 최소화를 위한 급전구조물 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
- 신설/기존도로에 대한 시공 기술 개발
 - 급전도로 적용 현장시공 시방서 및 품질관리 매뉴얼 개발
 - ※ 교통통제를 고려한 기존시공기술 대비 급속시공 기술 및 기술적용 절차서 포함
- 도로포장 유지관리 기술 개발
 - 주요 열화 및 파손 원인 분석 및 신재료를 이용한 초속경/고내구성 도로포장 보수공법 개발
 - 현장시험운영구간 포장재료 분석 및 시험
 - 급전도로 및 기존도로의 재포장 시공지침서 개발
 - 급전도로의 생애주기비용 분석

□ 3세부과제 : 급집전 시스템 성능 보완 및 최적화

○ 급전 인버터 기술

- 도로환경 및 안전기준을 만족하는 급전인버터 보완
 - 도로환경(소음, 방수, 침수 등) 및 안전기준을 만족하는 인버터 보완, 현장 적용 및 보완
 - 저상 슬림형 인버터 구조 개발 및 보완
- 전력품질, 인체안전 및 고주파 접지에 대한 성능 보완
 - 3상 입력 전압/전류 고주파 기준 만족 및 고주파 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 발생하는 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 과급 영향 평가, 현장 적용 및 최적화

- 인버터 및 급전 케이블 2차 사고방지를 위한 모니터링 및 사고방지 시스템 개발

※ 2차 사고 : 지락사고로 발생하는 감전사고, 인버터 화재 등의 사고로 인한 인버터 정전 및 감전사고, 인버터 침수로 인한 정전 및 감전사고 등의 2차 파급사고를 의미함

○ 집전픽업 기술

- 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

- 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
 - 상시(가속구간, 정차중 등) 급/집전 효율 평균 (75%) 이상을 만족하는 소형 레귤레이터 개발

※ 효율 : 입력전원을 input, 레귤레이터의 출력을 output으로 할 때의 효율

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

- 사업 초기에 각 주요 시스템에 대한 기술 보완 및 인증 기준을 도출하고 이를 1차년도 구축될 '표준인증 인프라'에 적용하여 성능, 안전, 신뢰성 등에 대한 인증 확보
 - 표준인증 인프라는 향후 무선 충전식 전기자동차/버스의 성능·안전·신뢰성에 대한 공인 인증시설로의 활용 가능성을 감안할 것
- 표준인증인프라 운영을 통해 기술을 최적화하여 2차년도 현장시험인프라 구축시 반영하여 상용화 기술 확보
 - ※ 1차년도 개발 성과물의 표준인증인프라를 통한 검증 결과, 공로(公路)상 운행에 안전상 문제가 있는 것으로 판정된 경우 또는 제안된 성능수준이 일정수준 만족되지 못하는 경우, 2차년도 연구의 조정 및 중대 변경이 가능함
- 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획 수립

	- 1차년도(10개월) : 핵심기술 보완과 표준인증인프라 설계 및 선정 · 세부 과제별 핵심요소기술 보완 · 표준인증인프라 구축을 통한 차량 및 급전인프라 테스트와 인증 확보 · 현장시험운영구간 선정에 필요한 조건을 선정하여 대상지 공고 및 선정 · 현장시험운영구간 세부 사항 설계 - 2차년도(12개월) : 현장시험구간 운영 및 기술 최적화 · 세부과제별 보완한 핵심기술의 현장 적용을 통해 현장시험구간 구축 · 현장시험구간 구축 및 운영을 통해 상용화 추진 시 발생될 수 있는 문제점을 조기에 해결하여 무선충전 방식 전기버스의 대중교통 상용 보급 ○ 정부 및 관련 기관들과의 유기적 협조체제 구축 - 상용화시 관련 있는 규정 및 법률 검토와 법률 마련(표준화) - 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 지자체, 완성차 업체 등 기술수요처 의견수렴 - 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영 ○ 관련 공인인증기관, 표준화, 안전성평가 기관과의 공동 협력 개발 체제 구축하여 연구 수행 ○ 상용화 추진을 위하여 산학연 공동 연구 추진
☐ 추진체계	○ 본 연구단은 핵심 기술 보완 및 현장시험구간 구축을 위하여 산학연 공동 협조 체제 구축하여 추진 ※관련 기술을 확보한 연구기관 및 성과물을 활용할 수 있는 산업체 참여 유도 ○ 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모하고 필요시 외국 전문가 또는 외국기관 활용 ○ 연구진의 연구참여율을 높여 연구집중도 제고 필요 ○ 빠른 상용화 및 원활한 현장시험구간 구축을 위하여 주관기관에서 종합적으로 관리하되, 기업들의 적극적인 참여 필요
5. 최종성과물	
☐ 주요	☐ 세부과제 1 : 통합 시스템 검증 및 운영관리 기술 개발

최종성과물

○ 표준인증/현장시험인프라

- 시스템 통합 및 실차 공인 인증이 완료된 무선 충전식 전기 차량
- 시스템 통합 및 현장 적용 최적화된 급전 인프라 설치구간
(표준인증인프라 및 현장시험구간)
- 차량 및 급전 인프라에 대한 공인 인증서
 - 차량 : 성능, 안전, 신뢰성 실차 공인 인증서
 - 급전 인프라 : 성능, 안전(Safety), 신뢰성 공인 인증서
- 급전인프라 최적 설계 및 인증 Tool
- 전력수요에 따른 전력계통 영향 분석 결과 기반 시설 기준
- 급/집전인프라 관련 보행자, 버스탑승자 교통안전 기준
- 인프라 최적 설계지침
- 인프라 무선 충전식 전기차법(가칭) 제정을 위한 기준
- 인프라 최적 설계 지침 및 차량 각 부 모니터링 측정, 분석, 차량 유지 관리 및 안전 운행 지침서

○ 운영관리 시스템

- 현장시험 운영관리 시스템
- MIB(관리 DB), 관리 프로토콜, User Interface 표준 규격
- 망관리 Agent 프로그램 및 Manager 프로그램
- 망관리 프로그램 및 구현 Source code
- 감전보호 모니터링 시스템

□ 2세부과제 : 무선 충전 급전도로 시공 및 유지관리 기술 최적화

○ 급전시스템 설치 기술

- 유지보수가 용이하고 도로미관, 충격 및 침수를 고려한 급전 인버터 최적의 매설 구조

○ 급전선로 부품 보완/최적화

- 주행 시 집전픽업 출력 향상을 위한 guidance 시스템
- 안전을 고려한 급전케이블 시제품
- 최적화된 고속 고신뢰성 자기장 통신 모듈 시제품
- 급전선로 내부 구성요소(급전코어, 케이블, 자기장 통신 모듈) 및 급전도로 포장의 유지관리 지침서

○ 급전구조물 기술

- 모듈화 된 급전구조물 설계도서 및 시제품

○ 급전도로 시공 및 유지관리 기술

- 도로설계기준을 만족하는 급전도로 공사시방서
- 급전도로 포장 유지관리 지침서

□ 3세부과제 : 급/집전 시스템 성능 보완 및 최적화

- 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

6. 기대효과 및 파급효과

- 최적화된 시험운영구간 구축을 통한 무선 충전방식의 전기버스 시장에서의 경쟁력과 기존의 선진국들이 선점한 전기자동차 기술 시장에서의 경쟁력 확보
- 실용/표준화 기술 확보를 통한 비접촉 전력전달방식의 전기버스 시장에서의 경쟁력 확보
- 배터리 전기자동차의 한계성을 극복하고, 비접촉 전력전달방식으로 인한 편의성, 안전성 증대로 상용화 가속화 및 급집전 관련 기술에 대한 기술 표준화 주도 가능

7. 연구개발기간 및 소요예산

- 총 연구기간 : 2011.12 ~ 2013.10 (1년 10개월)
 - 1차년도 연구기간 : 2011.12 ~ 2012.10(10개월)
 - 2차년도 연구기간 : 2012.10 ~ 2013.10(12개월)
- 총 정부출연금 : 197억원 이내
 - 1차년도 정부출연금 : 96.3억원 이내

※ 세부과제별 정부출연금은 별첨 기획보고서의 예산편성에 준하여 제시할 것

- ※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정에 따라 조정될 수 있음
- ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토해양부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
- ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능

8. 기 타

- 연구신청자는 제안요청서에 제시된 연구개발 내용을 기준으로 연구개발 계획서를 작성하되, 과제의 목표 달성에 필요하다고 판단되는 경우 연구내용을 충분한 관련근거를 제시하고, 수정하여 제안할 수 있음
- 과제 신청자는 연구개발 성과목표·지표 등을 연구개발계획서에 제시
 - 연구개발 성과목표·지표별 달성목표치 및 가중치 등을 연구개발계획서에 제시
 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적인 방안을 제시해야 함 (성과점검기준표 등 활용)
 - ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
- 선정된 연구단은 건교평과 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정·보완 (연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 성과목표(지표)별 연차별 정량적·정성적 달성목표치 및 가중치 등을 연구개발계획서에 제안하여야 하며, 이는 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용됨
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행 실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
 - 본 과제의 참여기업은 본 과제 종료 이후에도 차량 및 급전인프라 표준인증인프라 및 지자체와 연계한 시험운영구간의 유지보수 관리를 지속적으로 수행할 수 있어야 함
- 본 과제에 참여하는 기업은 과제 종료 후에도 협의체를 구성하여 본 현장시험구간에 대한 유지보수를 수행해야 함
- 차량 및 급전인프라 표준인증 현장시험구간의 경우, 관련 전문기관

(인증기관)과 연계하여 향후 무선충전식 전기버스의 공인 인증평가에도 활용이 가능해야 함

- 실증 현장시험구간의 경우 공정한 선정기준(매칭비율, 최적입지계획 연구에 기반한 현장시험운영 적합도 등 최적판정기준 수립)을 통한 선정과정을 거쳐, 지자체 등과 연계한 검증을 통해 실용화/상용화용 표준 모델을 제시해야 함
- 기 수행되었거나 현재 수행중인 공모과제 관련 연구개발결과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 연구성과의 정량적·정성적 파급효과 제시
 - 연구성과의 실용화·사업화로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급 효과 및 산출 근거
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도 기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용 계획을 연구계획에 포함
- 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
 - ※ www.kictep.re.kr 열린정보, <http://mdgate.ntis.go.kr>의 유사과제목록 참조
 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
 - ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음
- 연구관리 전문기관(한국건설교통기술평가원)은 필요시 선정된 동 과제 연구책임자와 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정·보완(연구기간 변경, 연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 본 연구는 기존 원천 기술(온라인 전기버스용 급집전시스템 기술개발, 지경부, 2010.5.~2011.7 등)을 기반으로 함에 따라, 동 과제 등의 연구성과 평가결과에 의거 공고내용(연구내용, 기간, 예산 등)의 조정이 가능

2절 평가기준설정

1. 표준 통합시스템 검증 및 운영관리 기술 개발

구분	성과 목표 및 지표 항목	단위	성능 관련 기준
표준급전 인프라 구축	표준인증 급전인프라 구축	유/무	공인 인증된 Test Bed 구축
	시스템통합 최적화된 무선충전 전기버스	유/무	실차 인증된 무선충전 전기버스
	표준 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
차량 통합기술 및 성능 검증	차량 경량화 구조 개발 사양서	공차중량	CVW(공차중량) 5% 감소
	최적 Packaging 구조 기술 사양서	유/무	세부적인 사양서 확보 여부
통합시스템 적용성 검증 및 운영관리	급전인프라 통합 설계 시뮬레이션 Tool	-	도로 길이, 도로의 경사도, 정차장의 수, 운행 차량의 수, 구축비용 등 산출
	자기장 통신 기반 로컬망 구축	거리	15m
	광역 망 데이터 업데이트 주기	초	0.1
	차량용 에이전트 및 MIB 설계서	종	5종 (레귤레이터, 집전픽업, 배터리, 모터, DC-DC 컨버터)

2. 무선 충전 급전도로 시공 및 유지관리 기술 최적화

분야	성과 목표 및 지표 항목	단위	성능 관련 기준
급전시스템 설치 기술	방수기준	IP	55 이상
급전선로 부품 보완/최적화	guidance 기준경로 추종오차	mm	150 이하(직선로 기준)
	급전 케이블 누설 전류	mA	30 이하
	자기장 통신 속도	kbps	5
	급전선로 관입이 편리한 케이블 유지관리	유/무	급전케이블 유지보수 가능
	급전코어 변형 및 성능유지에 따른	유/무	급전코어 유지보수

	유지관리		
	차량 및 방수방식에 따른 유지관리	IP, 유/무	방수기준 55이상, 자기장 통신 유지보수 가능
급전구조물 기술	콘크리트 압축강도 (재령 28일)	MPa	30 이상
	콘크리트 휨인장강도 (재령 90일)	MPa	4.5 이상
도로 시공/유지 관리 기술	부분적 급전구조물 유지보수 가능성	가능/불 가능	가능

3. 급/집전 시스템 성능 보완 및 최적화

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
집전장치	방수기준	IP	55 이상
	Rectifier 및 EMF 차폐장치가 통합된 소형의 일체형 집전 모듈 개발	유/무	유
	국제표준자기장세기(EMF) 기준		ICNIRP Guideline 기준에 따름
레귤 레이터	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

[첨부] 연구내용별 소요 예산 변경 내역

□ 1차 예산 세부 내역

○ 총괄 예산

(단위 : 천원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년(max)		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	10,000,000		10,000,000									
1세부과제 무선충전급전도로 시공 및 유지보수 기술 개발	1,500,000		1,500,000								3,000,000	
1-1(공동) 급전도로 시제품 개발	600,000		600,000								1,200,000	
1-2(공동) 급전도로 시공/유지보수 기술 개발	900,000		900,000								1,800,000	
2세부과제 급전인프라 시스템	3,000,000		3,000,000								6,000,000	
2-1(공동) 급전선로 개발	1,500,000		1,500,000								3,000,000	
2-2(공동) 급전인버터 개발	1,500,000		1,500,000								3,000,000	
3세부과제 집전장치 및 레귤레이터	2,500,000		2,500,000								5,000,000	

3-1(공동) 집전장치 개발	1,500,000		1,500,000								3,000,000	
3-2(공동) 레귤레이터 개발	1,000,000		1,000,000								2,000,000	
4세부과제 시스템 통합 및 운영관리 기술 개발	3,000,000		3,000,000								6,000,000	
4-1(공동) 시스템 통합 기술개발	2,400,000		2,400,000								4,800,000	
4-2(공동) 운영관리기술 개발	600,000		600,000								1,200,000	

o 세부 예산

1. 무선 충전 급전도로 시공 및 유지보수 기술 개발

- 1차년도

구분		세부 연구 내용	예산 연구비
급전 도로 구조	급전도로 시제품 개발	고효율, 고내구성 급전도로 구조 실용 시제품 개발	6억
	급전도로 시공/유지보 수 기술 개발	모듈화된 급전구조물 적용과 신속, 정확한 급전공사 실용 시공 기술 개발	4.5억
		급전도로 구성요소 실용 유지보수 기술 개발	4.5억
	소계		15억원

- 2차년도

구분		세부 연구 내용	예산 연구비
급전 도로 구조	급전도로 시제품 개발	급전도로 구성요소 및 표준 시제품 규격 개발 및 검증	6억
	급전도로 시공/유지보 수 기술 개발	급전도로 인프라 구축에 따른 체계적인 급전도로 표준 시공 기술 개발	4.5억
		유지보수 표준기술 개발 및 검증	4.5억
	소계		15억원

2. 무선 충전 급전 인프라 시스템 기술 개발

- 1차년도

구분		세부 연구 내용	예산 연구비
급전 인프라 시스템	급전선로 개발	고주파 고효율 고신뢰성 급전 케이블 개발	5억
		도로환경에 적합한 고주파 고효율 고신뢰성 대용량 급전 코어 적용 기술 개발	5억
		5kbps 이상의 고속 고신뢰성 자기장 통신 모듈 개발	5억
	급전인버 터 개발	대용량 모듈 구조의 고효율 고신뢰성 인버터 기술 개발	5억
		주변 경관을 고려한 내환경 설치 구조 기술 개발	5억
		고속 전자식 세그멘테이션 절체 기술 개발	5억
	소계		30억원

- 2차년도

구분		세부 연구 내용	예상 연구비
급전 인프라 시스템	급전선로 개발	급전 선로와 집전 모듈 사이의 인터페이스 표준 정의 및 개발	7.5억
		급전 선로와 집전 모듈 사이의 인터페이스 구현 모듈 검증	7.5억
	급전인버터 개발	급전 케이블/자기장 통신 모듈과 인버터 간의 인터페이스 표준 정의 및 개발	7.5억
		급전 케이블/자기장 통신 모듈과 인버터 간의 인터페이스 구현 모듈 검증	7.5억
	소계		30억원

3. 집전장치 및 레귤레이터 시스템

- 1차년도

구분		세부 연구 내용	예상 연구비
집전장치 및 레귤레이터 시스템	집전장치 시스템 개발	집전장치 경량화 기술 개발	3억
		집전장치 고안정화 기술 개발	3억
		EMF 차폐장치 통합 기술 개발 및 검증	2억
		차폐장치가 통합된 집전장치 고출력화 기술 개발	3억
		집전장치와 정류기의 모듈화 기술 및 자기 진단기술 개발	2억
		유지 보수가 용이한 집전장치 실용 시제품 개발	2억
	레귤레이터 시스템 개발	차량진동, 고속 세그먼테이션 절체, 다중픽업을 고려한 고속 과도응답이 가능한 레귤레이터 개발	2억
		레귤레이터 대용량화, 저소음화(가청 주파수 배제), 픽업 일체화 기술 개발	4억
		유지 보수가 용이한 레귤레이터 실용시제품 개발	4억
	소계		25억원

- 2차년도

구분		세부 연구 내용	예상 연구비
집전장치 및 레귤레이터 시스템	집전장치 시스템 개발	급전선로/레귤레이터와 집전장치 간의 인터페이스 표준 정의 및 인터페이스 개선	7.5억
		급전선로/레귤레이터와 집전장치 간의 인터페이스 검증	7.5억
	레귤레이터 시스템 개발	집전장치/VCU/배터리와 레귤레이터 간의 인터페이스 표준 정의 및 구현 기술 개발	5억
		집전장치/VCU/배터리와 레귤레이터 간의 인터페이스 모듈 검증 기술 개발	5억
	소계		25억원

4. 시스템 통합 및 운영관리 기술 개발
- 1차년도

구분		세부 연구 내용	예상 연구비
시스템통합 및 운영관리 기술 개발	시스템통합 기술 개발	무선충전식 전기버스의 전장 하드웨어 최적 Packaging, 경량화 기술 개발	3억
		User 편의성 향상을 위한 유지보수 실용 통합 기술 개발	4억
		시스템통합 기술을 통한 차량 실용시제품 개발	6억
		시스템 통합 기술을 통한 실용 급전인프라 테스트베드 개발	7억
		급전인프라 최적 설계와 인증 평가에 대한 시험 조건을 동시에 시뮬레이션 할 수 있는 Application Tool 개발	4억
	운영관리 기술개발	차량의 종합적인 운행 상황 및 급전 인프라의 효율적인 사용을 위한 자기장 통신 기반 로컬망 운영 관리 실용 시제품 개발	3억
		Web 또는 스마트폰을 이용한 광역망 운영관리 실용 시제품 개발	3억
	소계		30억원

- 2차년도

구분		세부 연구 내용	예상 연구비
시스템통합 및 운영관리 기술 개발	시스템통합 기술 개발	시스템통합 기술을 통한 차량 실용 및 표준시제품 개발	6억
		유지보수 표준 통합 User Interface 기술 개발	2억
		다양한 도로 환경(도로 길이, 도로의 경사도, 주차장의 수, 운행 차량 대수, 구축비용 등)의 상황이 최적 설계된 급전인프라 테스트베드 구축	12억
		최적화된 급전인프라시스템에 공인 인증 및 성적서 확보	2억
		최적 설계된 실용 및 표준 차량 시제품에 대한 공인 인증 및 성적서 확보	2억
	운영관리 기술개발	통합 운영 관리 시스템의 SW/HW 인터페이스 표준 및 규격을 만족시키는 운영관리 표준 시제품 개발	3억
		로컬 인버터 간 인터페이스 표준화를 통한 광역 운영 시스템 표준 시제품 개발	3억
	소계		30억원

□ 2차 예산 세부 내역

○ 총괄 예산

(단위 : 천원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년(max)		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	10,000,000	3,350,000	10,000,000	3,350,000							20,000,000	6,700,000
1세부과제 Test Bed 구축 및 시스템 운영관리 기술 최적화	3,000,000	1,005,000	5,000,000	1,675,000							8,000,000	2,680,000
1-1(공동) 시스템통합 최적설계에 의한 실차 개발 및 인증 확보	1,300,000	435,500	800,000	268,000							2,100,000	703,500
1-2(공동) 급전인프라 Test Bed 구축 및 Test Bed 적합성 인증	1,100,000	368,500	3,600,000	1,206,000							4,700,000	1,574,500
1-3(공동) Test Bed 및 차량 운영관리 기술	600,000	201,000	600,000	201,000							1,200,000	402,000
2세부과제 무선충전 급전도로 시공 및 유지관리기술 최적화	3,000,000	1,005,000	3,000,000	1,005,000							6,000,000	2,010,000
2-1(공동) 급전선로 성능보완, 현장적용 및 최적화	1,500,000	502,500	1,500,000	502,500							3,000,000	1,005,000
2-2(공동) 급전도로 시공 및 유지관리 기술 보완, 현장적용 및 최적화	1,500,000	502,500	1,500,000	502,500							3,000,000	1,005,000

3세부과제 급/집전 시스템 성능 보완과 현장적용 및 최적화	4,000,000	1,340,000	2,000,000	670,000							6,000,000	2,010,000
3-1(공동) 인버터 성능 보완과 현장적용 및 최적화	1,500,000	502,500	1,000,000	335,000							2,500,000	837,500
3-2(공동) 집전장치 성능 보완과 현장적용 및 최적화	1,500,000	502,500	500,000	167,500							2,000,000	670,000
3-3(공동) 레귤레이터 성능 보완과 현장적용 및 최적화	1,000,000	335,000	500,000	167,500							1,500,000	502,500

o 세부 예산

1. Test Bed 구축 및 시스템 운영관리 기술

- 1차년도

구분		세부 연구 내용	예상 연구비
Test Bed 및 운영관리 시스템 성능 보완	Test Bed 구축 성능 보완	전장 하드웨어 최적 Packaging, 경량화 기술과 User 편의성이 향상된 차량 Test Bed 구축	6.8억
		무선충전 전기버스의 시스템통합 기술 성능 보완	5.3억
		시스템통합 구현된 차량 실차 적합성 인증용 Tool 개발	9.3억
		급전인프라의 구축 및 편리한 유지보수 최적화 구현	10.7억
	운영관리 시스템 성능 보완	OLEV 교통 운영 대응 방안 개발 (OLEV 최적 입지 기준 및 배차, 차간 간격, 신호, 정류장 운영 등 운영 서비스 및 악천후, 폭설/폭우, 침수 상황 시 안전 관리 대응 방안 기술 개발)	4억
		급전인프라의 효율적인 사용을 위한 자기장 통신 기반 로컬망 운영 관리 및 Web 또는 스마트폰을 이용한 광역망 운영관리 시스템 성능 보완	4억
	소계		40.1억원

- 2차년도

구분		세부 연구 내용	예상 연구비
Test Bed 및 운영관리 시스템 현장 적용 최적화	Test Bed 구축 현장 적용 최적화	시스템통합 기술이 최적화된 무선충전식 전기버스 차량 구현	8억
		다양한 도로 환경(도로 길이, 도로의 경사도, 주차장의 수, 운행 차량 대수, 구축비용 등)의 상황이 최적 설계된 급전인프라 Test Bed 구축 최적화	42.7억
		시스템 통합 기술을 구현한 차량의 실차 적합성 인증 실시 (폭설/폭우, 도로 침수 및 긴급 상황의 급전 인프라 구조 적합성 포함)	5.3억
		유지보수 통합 기술(User Interface)의 표준 최적화	2.7억
	운영관리 시스템 현장 적용 최적화	- 통합시스템 운영 관리/유지보수 Manual 구현 - Test Bed 시공 시운전 운영 및 운영 결과 Feed back 반영 Road-map 구축	4억
		로컬 인버터 간 인터페이스 표준화를 통한 광역 시스템 운영관리 기술 현장 적용 최적화	4억
	소계		66.7억원

2. 무선 충전 급전도로 시공 및 유지관리 기술 최적화

- 1차년도

구분		세부 연구 내용	예상 연구비
급전 도로 시공 및 유지관리 기술 최적화	급전선로	고주파 고효율 고신뢰성 급전 케이블 규격 및 성능 보완	6.7억
		도로환경에 적합한 고주파 고효율 고신뢰성 대용량 급전 코어 형상 보완	6.7억
		5kbps 이상의 고속 고신뢰성 자기장 통신 모듈 성능 보완	6.7억
	급전도로 시공 및 유지관리	고효율, 고내구성 급전구조물 시제품 성능 보완	8억
		모듈화 된 급전구조물 적용으로 신속, 정확한 급전도로 구축 시공 기술 보완	6억
		급전구조물 구성요소의 지속적인 성능유지를 위한 유지관리 기술 보완	6억
	소계		40.1억원

- 2차년도

구분		세부 연구 내용	예상 연구비
급전 도로 시공 및 유지관리 기술 최적화	급전선로	급전케이블, 급전코어 등을 급전선로 모듈에 적용시 문제점 도출 및 보완	10억
		여러 세그먼트로 구성된 급전선로 모듈의 안전성 보완 및 최적화	10억
	급전도로 시공 및 유지관리	기존도로 및 신설도로에 적용 가능한 급전도로의 계획, 설계 및 시공기술 현장적용 및 최적화	10억
		급전구조물의 우수한 사용성 유지를 위한 예방적 유지관리 기술의 현장적용 및 최적화	10억
	소계		

3. 급/집전 시스템 성능보완 및 최적화

- 1차년도

구분		세부 연구 내용	예상 연구비
급/집전 시스템 성능보완 및 최적화	급전 인버터	대용량 모듈 구조의 급/집전 최대효율 80%이상을 만족하는 고신뢰성 급전 인버터 성능 보완	6.7억
		고속 전자식 세그먼테이션 절체 성능 보완	6.7억
		전력품질, 인체 안전 및 고주파 접지에 대한 성능 보완	6.7억
	집전장치	집전장치 경량화 성능 보완	4억

		EMF 차폐장치 통합기술 성능보완	4억
		집전장치 고출력화 성능 보완	4억
		집전장치 고안정화 성능 보완	4억
		집전장치와 정류기의 모듈화 기술 및 자기 진단기술 성능 보완	4억
	레귤레이터	차량진동, 고속 세그먼테이션 절체, 다중픽업을 고려한 고속 과도응답이 가능한 레귤레이터 성능보완	4억
		레귤레이터 대용량화, 저소음화(가청 주파수 배제), 픽업 일체화 기술 성능 보완	6.7억
		유지 보수가 용이한 레귤레이터 구조 연구	2.7억
소계		53.4억원	

- 2차년도

구분		세부 연구 내용	예상 연구비
급/집전 시스템 성능보완 및 최적화	급전인버터	주변 경관을 고려한 내환경(지락, 소음 방수 등), 유지보수가 용이한 설치 구조 및 급전 인버터를 급전선로 및 도로 주변에 적용 시 문제점 도출 및 보완	6.7억
		급전인버터와 급전선로, 차량 간의 인터페이스 현장적용 및 최적화	6.7억
	집전장치	유지보수가 용이한 집전장치 구조 연구	3.3억
		집전장치와 레귤레이터 간의 인터페이스 현장적용 및 최적화	3.3억
	레귤레이터	유지 보수가 용이한 레귤레이터 구조 연구, 급전 인버터를 급전선로 및 도로 주변에 적용 시 문제점 도출 및 보완	3.3억
		레귤레이터와 배터리/집전장치 간의 인터페이스 현장적용 및 최적화	3.3억
	소계		26.7억원

□ 3차 예산 세부 내역

○ 총괄 예산

(단위 : 천원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년(max)		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	9,998,625	3,332,875	9,953,063	3,317,688							19,951,688	6,650,563
1세부과제												
통합시스템 검증 및 운영관리	5,479,875	1,826,625	5,280,563	2,360,188							10,760,438	4,186,813
기술 개발												
1-1(공동) 차량 통합기술	923,625	307,875	1,275,000	425,000							2,198,625	732,875
1-2(공동) 급전 인프라 통합기술	3,285,000	1,095,000	2,700,000	1,500,000							4,380,000	2,595,000
1-3(공동) 운영관리 시스템	1,271,250	423,750	1,305,563	435,188							2,576,813	858,938
2세부과제												
무선충전 급전도로 시공 및	2,812,500	937,500	2,666,250	888,750							5,478,750	1,826,250
유지관리기술 최적화												
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	750,000	250,000	997,500	332,500							1,747,500	582,500
2-4(공동) 급전도로 시공 및 유지관리 기술	997,500	332,500	618,750	206,250							1,61,250	538,750
3세부과제	1,698,750	556,250	2,013,750	671,250							3,712,500	1,227,500

급/집전 시스템 성능 보완 및 최적화												
2-1(공동) 급전인프라 기술	1,278,750	462,250	1,496,250	498,750							2,775,000	961,000
2-2(공동) 집전 픽업 기술	371,250	123,750	453,750	151,250							825,000	275,000
2-3(공동) 레귤레이터 성능 보완과 현장적용 및 최적화	48,750	16,250	63,750	21,250							112,500	85,000

※ 3차 예산 변경에 대한 주요 내용

- 표준 인증 Test Bed와 실증 Test Bed 구축으로 인하여 각 과제별로 유사한 성격의 연구 내용을 통합하여 실증 Test Bed 구축 예산 확보
- 3과제의 연구 내용 중, 인증 및 표준화 관련 내용을 시스템 통합을 추진하는 1과제로 이관하여 추진 예정

o 세부 예산

1. 통합 시스템 검증 및 운영관리기술 개발

- 1차년도

구분		세부 연구 내용	예상 연구비
Test Bed 및 통합 운영관리 시스템 성능 보완	차량통합 기술	전장 하드웨어 최적 Packaging, 경량화 기술과 User 편의성이 향상된 차량 Test Bed 구축	9.3억
		차량 시퀀스 안전 알고리즘 및 제어 기술	3억
	급전 인프라 통합 기술	Test Bed 구축	33억
		유지보수 통합기술 표준 및 다양한 도로 환경에 최적화된 급전 인프라 구축	10.8억
	운영관리 기술	통합 운영관리 시스템 개발	6.4억
		OLEV 최적입지 기준 및 배차, 차간 간격, 신호, 정류장 운영에 교통운영 대응 시스템 기술	10.5억
	소계		73억원

- 2차년도

구분		세부 연구 내용	예상 연구비
Test Bed 및 통합 운영관리 시스템 성능 보완	차량통합 기술	전장 하드웨어 최적 Packaging, 경량화 기술과 User 편의성이 향상된 차량 Test Bed 구축	14억
		차량 시퀀스 안전 알고리즘 및 제어 기술	3억
	급전 인프라 통합 기술	Test Bed 구축	30억
		유지보수 통합기술 표준 및 다양한 도로 환경에 최적화된 급전 인프라 구축	16.8억
	통합 시스템 운영관리 기술	통합 운영관리 시스템 개발	7.2억
		OLEV 최적입지 기준 및 배차, 차간 간격, 신호, 정류장 운영에 교통운영 대응 시스템 기술	10.2억
	소계		70.4억원

2. 무선 충전 급전도로 시공 및 유지관리 기술 최적화

- 1차년도

구분		세부 연구 내용	예상 연구비
급전	급전시스템	유지보수가 용이하고 도로미관, 충격 및 침수를 고	3.5억

도로 시공 및 유지관리 기술 최적화	설치 기술	려한 급전인버터 최적의 매설구조 설계 및 개발	
	급전선로 부품 보완/최적 화	주행시 집전픽업 출력 향상을 위한 guidance 시스템 개발	3.5억
		안전을 고려한 급전 케이블 보완	1.5억
		자기장 통신 모듈 성능 보완	3.5억
		급전선로 구성요소 유지관리 기술 개발	2.2억
	급전구조물 기술	급전선로 모듈화 기술 개발	4억
		급전구조물 규격 및 성능 보완	3억
		윤하중 특성평가 및 내구수명 예측 기법	3억
	도로 시공/유지 관리 기술	급전구조물 시공 및 포장기술 개발	11억
		신설/기존도로에 대한 시공 기술 개발	2.3억
		도로포장 유지관리 기술 개발	13.3억
소계			37.5억원

- 2차년도

구분		세부 연구 내용	예상 연구비
급전 도로 시공 및 유지관리 기술 최적화	급전시스템 설치 기술	급전 인버터를 급전선로 및 도로주변에 적용시 문제점 도출 및 보완	3.5억
	급전선로 부품 보완/최적 화	주행시 집전픽업 출력 향상을 위한 guidance 시스템 개발	2.5억
		안전을 고려한 급전 케이블 보완	1.5억
		자기장 통신 모듈 성능 보완	3.5억
		급전선로 구성요소 유지관리 기술 개발	3억
	급전구조물 기술	급전선로 모듈화 기술 개발	2.5억
		급전구조물 규격 및 성능 보완	3.2억
		윤하중 특성평가 및 내구수명 예측 기법	7.6억
	도로 시공/유지 관리 기술	급전구조물 시공 및 포장기술 개발	3억
		신설/기존도로에 대한 시공 기술 개발	2.2억
		도로포장 유지관리 기술 개발	3억
	소계		

3. 급/집전 시스템 성능보완 및 최적화
- 1차년도

구분		세부 연구 내용	예상 연구비
급집전 시스템 성능보완과 현장적용 및 최적화 기술	급전 인버터 기술	도로환경 및 안전기준을 만족하는 급전인버터 보완	2억
		전력품질, 인체 안전 및 고주파 접지에 대한 성능 보완	15억
	집전장치	차량, 도로환경 및 안전기준을 만족하는 집전픽업 보완	4.9억
	레귤레이터	차량 환경 및 안전기준을 만족하는 레귤레이터 보완, 현장적용 및 최적화	0.6억
	소계		22.6억원

- 2차년도

구분		세부 연구 내용	예상 연구비
급집전 시스템 성능보완과 현장적용 및 최적화 기술	급전 인버터	도로환경 및 안전기준을 만족하는 급전인버터 보완	1억
		전력품질, 인체 안전 및 고주파 접지에 대한 성능 보완	18.9억
	집전장치	차량, 도로환경 및 안전기준을 만족하는 집전픽업 보완	6.1억
	레귤레이터	차량 환경 및 안전기준을 만족하는 레귤레이터 보완, 현장적용 및 최적화	0.8억
	소계		26.8억원