

『기초연구성과의 후속R&D』 지원사업

차량용 배터리 상태분석 및 수명예측 기술

(최종보고서)

2014 . 11 .

주관기관 : 자동차부품연구원

참여기관 : 태성전장(주)

미 래 창 조 과 학 부
연구개발특구진흥재단

제 출 문

연구개발특구진흥재단 이사장 귀하

본 보고서를 “「기초연구성과의 후속R&D」 지원사업”(사업기간 : 2012.11.1 ~ 2014.10.31)
과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2014 . 11. .

주관기관명	: 자동차부품연구원	(대표자)	허 경	(직인/인감)
참여기관명	: 태성전장	(대표자)	김춘식	(직인/인감)
참여기관명	:	(대표자)		(직인/인감)

총괄책임자 : 정 진 범

참여기관책임자 : 김 대 원

참여기관책임자 :

참여기관책임자 :

미래창조과학부 소관 과학기술분야 연구개발사업 처리규정 제35조에 따라 보고서
열람에 동의합니다.

「기초연구성과 후속 R&D」 지원사업 최종보고서

(표지)

부처사업명(대)	국제과학비즈니스벨트조성			보안등급(보안, 일반)		일반		
사업명(중)	과학벨트기능지구지원사업			공개가능여부(공개, 비공개)		공개		
세부사업명(소)	「기초연구성과 후속R&D」 지원사업							
과제성격(기초/응용/개발)	응용			실용화 대상여부(실용화/비실용화)		실용화		
과제명	국 문	차량용 배터리 상태분석 및 수명예측 기술						
	영 문	State analysis and life prediction technique for battery on vehicles						
(총괄)주관연구기관	자동차부품연구원							
공동연구기관	-			위탁연구기간		-		
(총괄)주관연구책임자	성 명	정진범		직급(직위)		팀장		
	소속부서	전장시스템연구센터		전공		전자전기제어계측공학		
연구개발비 및 참여연구원수 (단위: 천원, 명)								
년 도	정부출연금 (A)	기업체부담금			정부외 출연금 (E)	상대국 부담금 (F)	합계 G=(A+D+E)	참여 연구원수
		현금 (B)	현물 (C)	소계 D=(B+C)				
1차년도	200,000	0	40,000	40,000	0	0	240,000	5
2차년도	255,500	0	40,000	40,000	0	0	295,500	6
합계	455,500	0	80,000	80,000	0	0	535,500	11
총연구기간		2012. 11. 01 - 2014. 10. 31 (24개월)						
다년도협약연구기간		2012. 11. 01 - 2014. 10. 31 (24개월)						
당해연도연구기간		2013. 11. 01 - 2014. 10. 31 (12개월)						
참여기업	중소기업		대기업		기타		참여기업 수	
	1						1	
국제공동연구	상대국연구기관수			상대국연구개발비		상대국연구책임자수		
<p>2013년도 과학벨트기능지구지원사업에 따라 수행중인 연구개발사업의 최종보고서를 제출합니다.</p> <p style="text-align: right;">2014년 11월 28일</p> <p style="text-align: right;">주관연구책임자 : 정 진 범 (인)</p> <p style="text-align: right;">주관연구기관장 : 허 경 (직인)</p> <p style="text-align: center;">미 래 창 조 과 학 부 장 관 귀 하</p>								

〈 요약 문 〉

연구개발 최종목표 (500자 내외)	<ul style="list-style-type: none"> - ISG 시스템 구현에 필수적으로 요구되는 지능형 배터리센서(IBS)를, 가격 경쟁력이 높은 경제형 배터리센서(BS)로 구현할 수 있도록 배터리 상태분석 및 수명예측기술을 개발하고, 이를 기반으로 최적화된 알고리즘을 개발하는 것이 최종 목표임 ■ 지능형 배터리 센서 구현을 위한 배터리 상태분석 및 수명예측기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 배터리 충전상태 분석기술 개발 및 알고리즘 최적화 • 배터리 노화도 분석을 통한 수명예측기술 개발 • 개발 알고리즘 검증용 IBS 시제품 제작 		
연구개발목표의 달성도 (500자 내외)	<ul style="list-style-type: none"> - 배터리 상태분석 알고리즘 개선 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 임피던스 산출 반영모델 확보 완료 및 SOC 산출 오차 5% 이내 달성 완료 - 노화특성 데이터 확보방안 수립 및 노화 수행 <ul style="list-style-type: none"> • 노화도 판정 알고리즘 수립 및 SOH 산출 오차 20% 이내 달성 완료 - 상태분석 및 노화도 알고리즘 적용 지능형 배터리 센서 개발 <ul style="list-style-type: none"> • Prototype IBS 개발 완료 및 7개 항목 이상의 내환경성 확보 완료 		
연구개발 내용 (1000자 내외)	<ul style="list-style-type: none"> - 배터리 상태분석 알고리즘 개선 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 실차 연계 수준 배터리 상태분석 알고리즘 최적화 • 실시간 데이터 기반 임피던스 산출 알고리즘 구현 • 산출 임피던스 기반 배터리 노화도 분석방안 수립 • 산출 임피던스 활용 상태분석 알고리즘 보완 검토 - 노화특성 데이터 확보방안 수립 및 노화 수행 <ul style="list-style-type: none"> • 배터리 수명평가 방법 조사 및 분석 • 잔여수명 정의 및 노화도 판정기준 정립 • 배터리 노화 가속화 패턴시험 수행 • 필드 노화배터리 분석을 통한 시동저항 vs 산출임피던스 관계 연구 • 배터리 잔여수명 산출기반 수명예측 방안 수립 및 적용 - 상태분석 및 노화도 알고리즘 적용 지능형 배터리 센서 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 실차 적용을 고려한 Prototype 지능형 배터리 센서 개발 • 실차수준의 상태분석 및 노화도 분석 알고리즘 검증 • 차량환경 수준의 온도 내환경성 확보기술 개발 • ECU 사양 기반 10ms Task 알고리즘 구현방안 검토 연구 		
사업화 전략 (500자 내외)	<ul style="list-style-type: none"> - 과제 수행기간 동안 개발 및 확보된 배터리 상태분석 및 수명 예측기술을 토대로, 참여기업으로의 기술이전 및 추가적인 상용화 기술개발을 추진하여, 차량용 지능형배터리센서 및 비상전원관리장치 등을 개발하고, 개발품에 대한 성능 및 신뢰성을 향상시켜 상용화가 가능토록 하는 것을 목표로 함 - 상용화 기술개발을 위해서는 이전받은 기술을 토대로 참여기업이 주관하는 추가적인 기술개발 프로세스 추진이 필요하며, 이는 본 사업을 수행하면서 점진적인 준비과정을 거쳐 사업종료 시점에서 바로 연계될 수 형태의 상용화 기술개발이 가능하도록 노력하고자 함 		
기대효과 (500자 내외) 응용분야 및 활용범위 포함	<ul style="list-style-type: none"> - 배터리의 상태를 파악하기 위해서는 측정된 전압, 전류, 온도 등의 기초 데이터를 기반으로 배터리 기본 특성을 고려한 SOC, SOH, SOH 등의 상태 분석기술이 요구되며, IBS는 이러한 기술들을 알고리즘화하여 고성능의 하드웨어에 내포하고 있는 장치이기 때문에, 본 기술과 직접적인 연관성을 지니고 있음 - 배터리 충전상태, 노화상태 등을 차량이 운용되는 상황에 실시간으로 측정 및 추정할 수 있기 때문에 배터리 상태를 고려한 차량 내 전원관리시스템 및 배터리 관리시스템, 2차사고 방지장치 및 보호시스템으로의 응용적용이 가능함 - 개발된 기술을 기반으로, 참여기업의 추가적인 양산화 개발을 통해 상품성을 갖는 지능형배터리센서를 양산하고 이를 국내/외 완성차기업에 판매하고자 함 		
중심어 (3개 이상)	배터리상태분석	배터리노후상태	지능형배터리센서
Keywords (3개 이상)	SOC(State of Charge)	SOH(State of Health)	IBS(Intelligent Battery Sensor)

목 차

1. 연구개발 개요 -----	1
가. 연구개발의 개요	
나. 국내·외 연구동향	
다. 연구개발의 중요성	
라. 선행연구의 내용 및 결과	
2. 연구개발의 목표 및 달성도 -----	14
가. 연구개발 최종목표	
나. 연구개발 최종목표 평가의 착안점	
다. 연구범위 및 연구수행 방법	
라. 연구수행 내용 및 결과	
마. 연구개발의 목표 및 달성도	
바. 연구성과	
사. 기업의 연구개발 참여현황	
아. 구매금액이 3천만원 이상인 연구시설·장비 구매현황	
자. 연구수행에 따른 문제점 및 개선방향	
차. 중요 연구변경 사항	
카. 그 밖에 건의하고 싶은 사항	
3. 연구개발결과의 활용방안 -----	58
4. 연구원 편성표 -----	60
가. 연구원 목록	
나. 연구원 편성 현황	
5. 연구비 소요명세서 -----	61
가. 연구비 집행실적	
나. 비목별 연구개발비 소요명세	

1. 연구개발의 개요

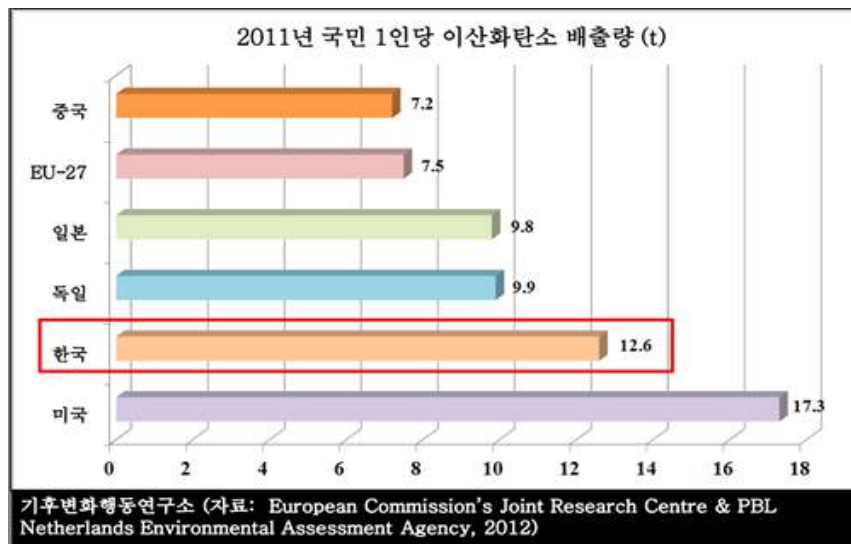
가. 연구개발의 개요

- 지구 온난화에 따른 온실가스 배출 및 방지를 위해 전 산업분야에 걸쳐 환경관련 규제가 강화되고 있으며, 특히 수송 분야 GHG 배출은 약 27%(미국,2010년)를 차지하고 있어, 자동차 연비 개선 및 배출가스 저감 기술에 대한 필요성이 대두되었음
 - 2011년 국내 CO2 배출량은 6억 1천만 톤으로 세계 7위를 기록함
 - 미국 및 유럽 등은 온실가스 배출을 법적으로 강제화하여 1인당 배출량을 감소시킨 반면, 우리나라를 포함한 개발도상국은 지속적인 증가 추세임
 - 자동차 기술 선진국은 환경오염 방지 및 연비개선을 목적으로 친환경, 고 에너지효율 차량 개발에 주력하고 있음

국가	1990년 (10억t)	2008년 (10억t)	2009년 (10억t)	2010년 (10억t)	2011년 (10억t)	2011년 순위	1990년 대비(%)	2010년 대비(%)
중국	2.51	7.79	8.27	8.90	9.70	1	287	8
미국	4.99	5.74	5.33	5.53	5.42	2	9	-2
EU-27	4.32	4.09	3.79	3.91	3.79	-	-12	-3
인도	0.66	1.56	1.75	1.86	1.97	3	198	6
러시아	2.44	1.80	1.74	1.78	1.83	4	-25	3
일본	1.16	1.25	1.18	1.26	1.24	5	7	2
독일	1.02	0.86	0.80	0.84	0.81	6	-21	-4
한국	0.25	0.54	0.54	0.59	0.61	7	144	3
캐나다	0.45	0.57	0.53	0.54	0.56	8	24	4
인도네시아	0.16	0.41	0.44	0.49	0.49	9	210	0
영국	0.59	0.53	0.49	0.50	0.47	10	-20	-6
세계	22.70	31.70	31.30	33.00	33.90	-	49	3

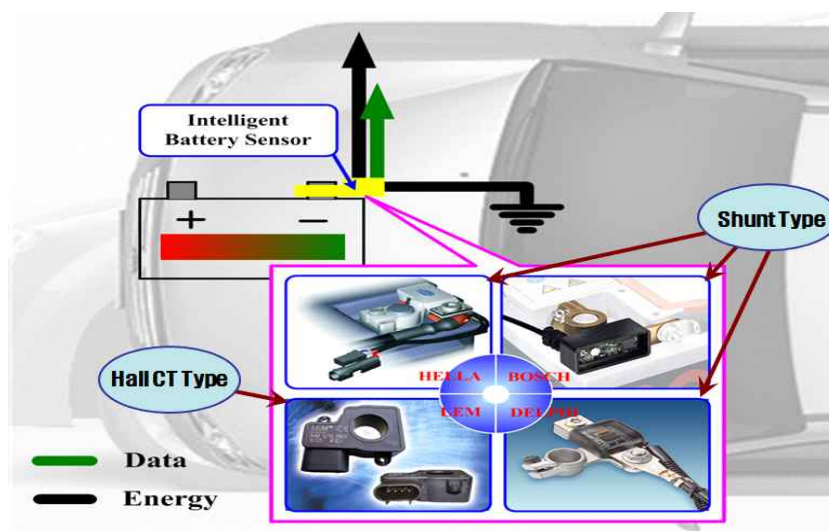
기후변화행동연구소 (자료: European Commission's Joint Research Centre & PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2012)

<그림 1> 국가별 CO₂ 배출량 추이



<그림 2> 2011년 국가별 1인당 CO₂ 배출량

- 무공해 자동차(ZEV, Zero Emission Vehicle)의 실질적 대안으로 받아들여지고 있는 전기자동차(EV, Electric Vehicle)나 하이브리드 자동차(HEV, Hybrid Electric Vehicle)는 차량 가격 상승 및 충전인프라 등의 한계로 인해 조기 상용화에 많은 어려움이 있어 연비 및 GHG 규제에 대한 효과적 대응이 어려움
 - 최근 연비개선을 위해 개발된 대부분의 HEV는 구동모터가 엔진에 직결되는 형태이고, 상대적으로 큰 용량의 모터 및 배터리 채용에 따른 초기 차량가격 상승 문제를 지니고 있음
 - 모터의 엔진직결 구조로 인해 차량 플랫폼도 변경되어야 하며, 이는 기존 내연기관(ICE, Internal Combustion Engine) 자동차에 비해 HEV의 개발기간 및 비용을 과도하게 상승시키는 요인임
- 전기자동차는 고에너지 효율 및 친환경성을 지닌 반면, 대용량 배터리 탑재로 인한 가격 상승 및 충전을 위한 인프라 구축이 보급 확대의 필수적인 요건임에 따라 상용화에 어려움이 있음
- 종래 ICE 차량의 레이아웃(lay-out) 변경을 최소화 하면서도 연비 개선 효과를 실현할 수 있는 ISG 시스템에 대한 개발이 상용화되어 Micro 혹은 Soft(Mild) 이상 수준의 하이브리드 차량에 적용되고 있음
 - 단기간 내에 차량엔진의 배기가스(CO2) 규제 대응 및 연비 개선을 위한 기술로 가격 대비 효과(비용 효율성)가 우수한 ISG 시스템이 활발하게 개발되고 있음
 - ISG 시스템은 구성요소 및 구조에 따라 다양한 형태로 구현되고 있으며, 최근 GM등의 일부 자동차 회사에서는 기존 ISG 기능에 엔진 토크의 보조 및 회생제동이 추가된 벨트타입의 하이브리드 자동차를 시장에 내놓은 바 있음
- 본 기술은 배터리의 상태를 명확히 분석함으로써 배터리를 이용한 차량 내 전기에너지의 효율적 활용지원이 기본 배경임



〈그림 3〉 배터리 상태 측정을 위한 센서기술 동향

나. 국내 · 외 연구동향

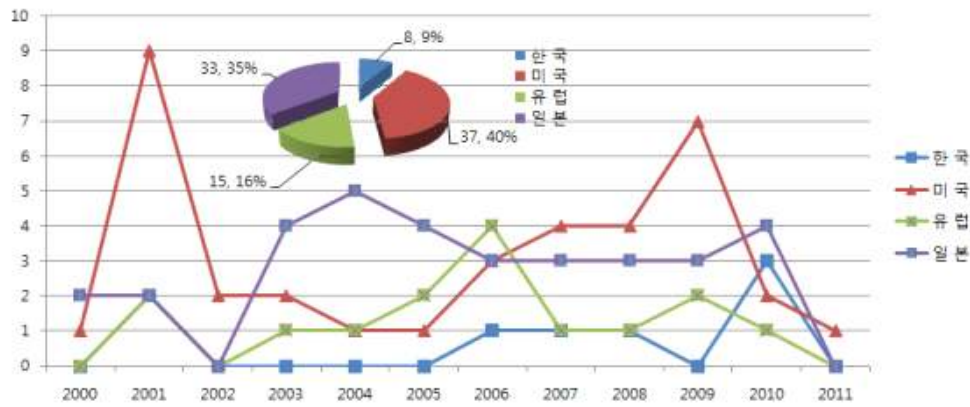
1) 특허동향

- 차량용 배터리 센서 기술과 관련된 주요 세부 기술의 특허동향을 분석하고 주요 국가의 특허 출원동향 및 경쟁력 현황 등을 파악하기 위해, 다음 표와 같이 배터리 상태분석(SOC), 배터리 노후상태(SOH), 지능형 배터리센서(IBS) 등의 키워드를 적용하여 특허 동향을 분석함

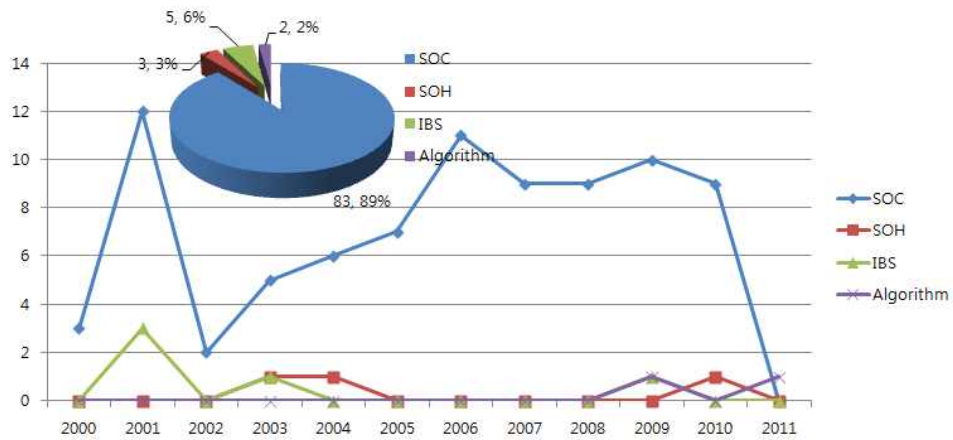
〈표 4〉 한글/영문 검색 키워드

구분	기술 분야	적용제품	검색키워드	
국가과학기술 표준분류	기계	자동차/ 철도차량	국 문	배터리, 배터리 상태, 배터리 상태 결정, 배터리 모니터링, 배터리 관리장치, 배터리 센서, 지능형 배터리 센서, 잔존 용량, 배터리 수명 예측(배터리 건강 상태), 차량용, 자동차, 배터리 상태, 배터리 수명, 잔여수명, 에너지 저장, 저장장치, 복합형 에너지 저장 장치, 배터리 성능, 배터리 평가, 배터리 상태파악, 배터리 관리, 대용량 배터리스истем, 아이들 스탑-고 시스템, 하이브리드 자동차, 배터리 내부 저항, 엔진 시동, 엔진 시동성 추정, 배터리 노화, 엔진 시동시 최저 전압, 엔진 크랭킹 요구 파워, 엔진 크랭킹 요구 전류, 배터리 개방 전압,
산업기술분류	기계·소재	자동차/ 철도차량		
6T기술분류	에너지	에너지저장 이용기술	영 문	Battery, Battery State, Detecting Battery State, Battery Monitoring, Battery Management System(BMS), Battery Sensor(BS), Intelligent Battery Sensor(IFS), State of Charge(SOC), State of Health(SOH), State of Function(SOF), Remainder Life of Battery, Battery Powered Vehicle, Battery Checkinf, Large Capacity Battery, Idle Stop & Go(ISG), Hybrid Electric Vehicle(HEV), Internal Resistance(IR), Engine Cranking, Cranking Capability Estimation, Battery Aging, Engine Starting Voltage, Engine Cranking Power, Engine Cranking Current, Open Circuit Voltage(OCV),

- 키워드를 통한 국가별 검색결과에 따르면, 유사 혹은 경쟁 특허가 총 93개 검색 되었으며, 이중 미국이 37건으로 가장 큰 비중을 차지하고 있음
- 미국(37건, 40%)은 2000년 대 초반과 후반에 활발한 특허 출원을 나타내었으며, 유럽(15건, 16%)과 일본(33건, 35%)은 2000년 대 중반부터 활발한 특허 출원을 기록함 - 한국(8건, 9%)의 경우 미비한 특허 출원을 보이다가 최근 특허 출원이 상승하고 있음
- 차량용 배터리 센서기술의 관련 기술군 현황은, SOC(83건, 89%) 특허 출원이 대부분을 차지하는 것으로 나타났으며, 그 외 SOH, IBS, Algorithm은 특허 출원이 미비한 수준임



〈그림 4〉 국가-연도별 특허출원 현황



〈그림 5〉 기술-연도별 특허출원 현황

〈표 5〉 국가 특허출원 현황

구분 출원 년도	국가별				합 계	구분 출원 년도	기술 분류				합 계
	한 국	미 국	유 럽	일 본			SOC	SOH	IBS	Algorithm	
2000	-	1	-	2	3	2000	3	-	-	-	3
2001	2	9	2	2	15	2001	12	-	3	-	15
2002	-	2	-	-	2	2002	2	-	-	-	2
2003	-	2	1	4	7	2003	5	1	1	-	7
2004	-	1	1	5	7	2004	6	1	-	-	7
2005	-	1	2	4	7	2005	7	-	-	-	7
2006	1	3	4	3	11	2006	11	-	-	-	11
2007	1	4	1	3	9	2007	9	-	-	-	9
2008	1	4	1	3	9	2008	9	-	-	-	9
2009	-	7	2	3	12	2009	10	-	1	1	12
2010	3	2	1	4	10	2010	9	1	-	-	10
2011	-	1	-	-	1	2011	-	-	-	1	1
합계	8	37	15	33	93	합계	83	3	5	2	93

- 한국의 차량용 배터리 센서 주요 출원인은 현대자동차주식회사와 콘티넨탈 오토모티브 시스템 주식회사 등으로 나타났으며, 특히 현대자동차주식회사가 4건으로 가장 많이 출원함
- 주요 출원인인 현대자동차의 특허는 고전압 배터리의 잔존용량을 추정하는 방법에 대한 것으로 전류적산법과 OCV 이용방법의 에러율을 계산하고, 이를 바탕으로 보다 정밀한 잔존용량 산출이 가능토록 하는 방법으로 잔존용량을 산출한다는 기능 자체는 본 과제에서 추진하는 내용과 유사하난 추정방법에 있어서 차이성을 지니고 있음
- 콘티넨탈 오토모티브 시스템의 특허의 경우 배터리의 충/방전 전압값이 해당 범위내에 존재하면 배터리 센서로부터 공급되는 전류값이 충전에서 방전으로 전환되는 시점에서의 배터리 센서의 에러율 진단을 통해 보다 정확한 배터리 충전율(SOC) 계산을 수행하는 방법에 대한 것임
- 인셀의 특허는 배터리 내부저항을 측정하여 그 내부저항의 변화에 의한 배터리의 건강상태 및 냉간시동전류, 충전상태 등을 산출하는 방법으로, 본 과제에서와 같이 실시간 운용 상태에서도 산출이 가능하다는 유사점을 지니고 있으나, 내부저항을 측정하는 내부저항측정센서, 전압측정센서, 온도측정센서를 통해 각 값을 측정하는데 반해, 본 과제에서는 내부저항을 측정된 전압값과 전류값을 이용하여 산출하며 이를 기반으로 배터리 상태를 추정하므로 해당 특허와는 차이점을 지니고 있음
- 미국의 주요 출원인으로는 닛산, 도요타, GM 등의 완성차 업체와 삼성 SDI와 같은 이차전지 업체도 있으며, GM의 특허의 경우 배터리 저하를 예상하거나 추정하기 위해 시간적 흐름에 기초한 알고리즘 기반의 특허로, 본 과제의 기술이 지니고 있는 실시간 등가저항 측정 및 배터리 특성 추출 데이터 기반의 추정방법과는 상이한 방법임
- 일본 및 유럽의 관련 특허도 대부분 닛산이나 토요타, 혼다, 르노자동차, 스즈끼, 마쓰다 등과 같은 완성차업체와 에어로바이론먼트, 후지쯔, 야마하, 산요, 레이몬드, 덴소 등과 같은 관련 계측기 및 장비업체들에서 대다수의 특허를 보유하고 있으며, 지속적으로 배터리 상태분석에 대한 특허는 출원되고 있는 상황임

〈표 6〉 주요 출원인 현황(일본)

순 위	SOC		SOH		IBS	
	출원인	건 수	출원인	건 수	출원인	건 수
1	TOYOTA MOTOR CORP	10	SHIN KOBE ELECTRIC MACH CO LTD	1	SUN-LITE TRADING LTD	1
2	MAZDA MOTOR CORP	4	MIDTRONICS INC	1	-	-
3	NISSAN MOTOR CO LTD	3	-	-	-	-
4	SANYO ELECTRIC CO LTD	2	-	-	-	-
5	JAPAN CLIMATE SYSTEMS	2	-	-	-	-
6	HONDA MOTOR CO LTD	2	-	-	-	-
7	DENSO CORP	2	-	-	-	-
8	FUJITSU TEN LTD	2	-	-	-	-

2) 논문동향

- 차량용 배터리 상태분석 및 수명예측 관련 기술에 대한 논문 동향을 살펴보면, 미국, 유럽에서는 지속적으로 SOC, SOH와 관련된 논문이 다수 제출되고 있으며, 국내에서는 최근들어 연구개발이 수행되고 있음을 알 수 있음

〈표 7〉 국가 및 기술 분류별 논문 현황

구분	국가별				합계
	한국	미국	유럽	일본	
2005	-	-	1	-	1
2006	-	-	2	-	2
2007	-	4	-	-	4
2008	-	-	1	-	1
2009	-	1	1	-	2
2010	1	2	-	-	3
2011	1	-	2	-	3
2012	1	-	2	-	3
합계	3	7	9	-	19

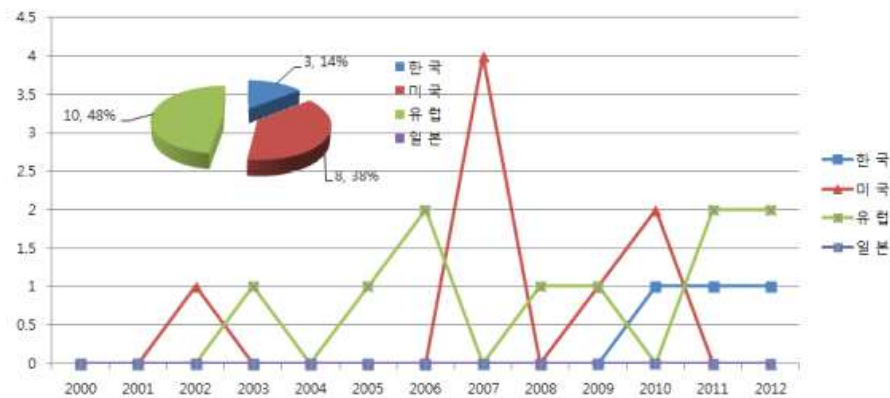
구분	기술 분류별			합계
	SOC	SOH	IBS	
2005	-	-	1	1
2006	-	1	1	2
2007	2	-	2	4
2008	1	-	-	1
2009	2	-	-	2
2010	2	-	-	2
2011	-	-	-	-
2012	2	1	-	3
합계	9	2	4	15

- 각 검색 분야별 논문 건수를 살펴보면 하기 표와 같으며, 이를 통해서 SOC 및 IBS에 대한 논문이 최근까지도 많은 부분을 차지하여 발표되고 있으며, 특히 관련 알고리즘에 대한 논문도 발표된 바 있음을 확인할 수 있음

〈표 8〉 키워드 검색 식별 건수

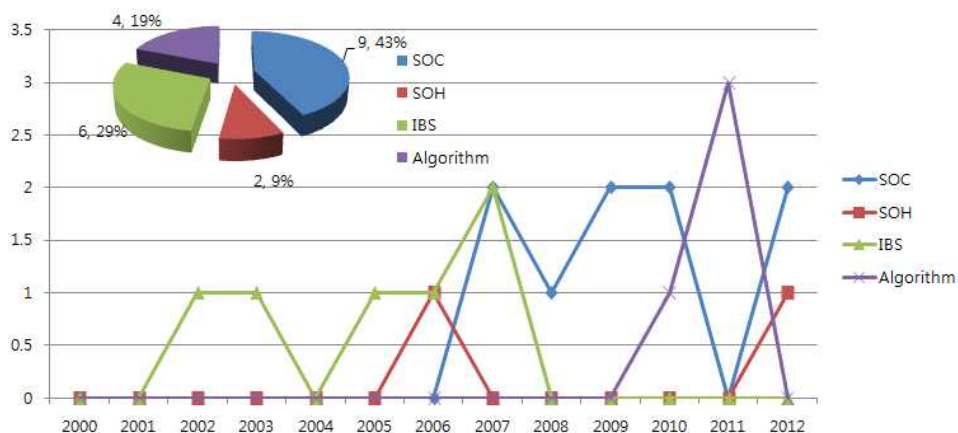
구분		분야 별 검색 식(총 건수)		건 수
Vehicle Battery Sensor	SOC	'battery' and 'sensor' and 'vehicle' and ('soc' or 'state of charge')	한국	1
			미국	5
			유럽	3
			일본	-
			합계	9
	SOH	'battery' and 'sensor' and 'vehicle' and ('soh' or 'state of health')	한국	-
			미국	-
			유럽	2
			일본	-
			합계	2
	IBS	'battery' and 'sensor' and 'vehicle' and ('intelligent' or 'ibs')	한국	-
			미국	3
			유럽	3
			일본	-
			합계	6
	Algorithm	'battery' and 'sensor' and 'vehicle' and 'algorithm'	한국	2
			미국	-
			유럽	2
			일본	-
			합계	4

- 차량용 배터리 센서기술과 관련 국가별 논문발표 동향은 유럽(10건, 48%)이 가장 큰 비중을 차지하는 것으로 나타났으며, 그 다음으로 미국(8건, 38%), 한국(3건, 14%) 순임



<그림 6> 국가-연도별 논문발표 현황

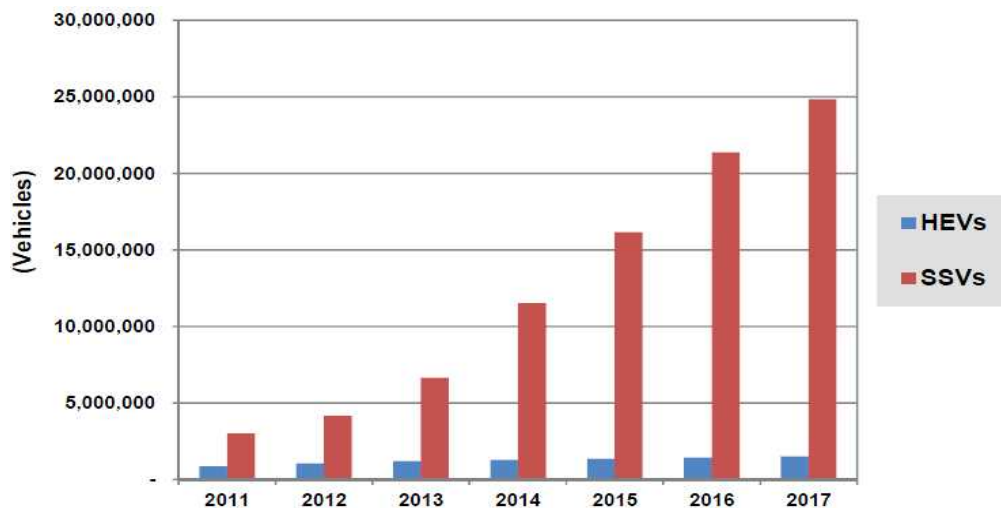
- 기술에 따른 연도별 논문발표 현황은 SOC(9건, 43%) 기술이 2007년부터 활발하게 논문이 발표되었으며, 최근에는 Algorithm(4건 19%)에 대한 논문이 활발하게 발표됨
- 최근 논문에서는 IBS라는 키워드로 검색된 논문은 확인되고 있지 않으나, 실질적으로 SOC 및 SOH 산출 및 추정기술을 적용한 제품이 BMS나 전원관리장치 등과 같이 다양화 되면서 IBS라는 제품으로 단정하지 않은 부분이 있으며, 점차적으로 리튬전지와 같은 대용량 이차전지에 대한 상태분석 및 수명예측 기술 등은 단순기능의 지능형 배터리 센서가 아닌 시스템 관리장치 개념의 EMS나 BMS에 적용되면서 해당 검색 키워드로 확인되지 않은 부분이 있음
- 이와 같이 본 기술개발을 통해 확보 가능한 배터리 상태분석 및 수명예측 기술은 점차적으로 확대 응용분야로의 적용이 다양화 되고 있는 측면이 있기 때문에, 기술 적용의 기본이 되는 지능형 배터리 센서 개발을 통해 응용분야로의 진출이 가능함을 확인할 수 있음



<그림 7> 기술-연도별 논문발표 현황

다. 연구개발의 중요성

- 지능형 배터리센서(IBS)가 적용된 ISG 자동차 시장은 국가적인 배기가스 배출감소 규제로 인해 지속적으로 성장하고 있음
 - ISG 자동차는 연료를 적게 소비하기 때문에 자동차 제조사들이 배기가스 배출감소 기준을 맞추기 위해 ISG 기술을 빠르게 도입하고 있음
 - 대부분 공급자측에서 시장이 이루어지는 ‘push’형 방식이며, 다양한 ISG 자동차를 선택할 수 있고, 연비에 대한 부담을 줄일 수 있어 소비자들의 만족도가 높음



〈그림 8〉 세계 ISG 자동차 및 HEV 판매 전망(Pike Research)

- IBS가 적용된 ISG 자동차 세계시장은 2011년 350만 대, 2012년 430만 대로 추정되며, 연평균 38.3%로 성장하여 2016년 2,000만 대를 넘어, 2017년 2,450만 대 규모로 전망됨
 - IBS 적용 ISG 기술을 채택한 자동차는 2011년 하이브리드 자동차 1대당 4대에서, 2017년에는 1대당 16대 정도 팔릴 것으로 전망됨
 - ISG 기술은 차량을 추진시키기 위해 배터리 전력을 쓰지 않고, 작고 복잡하지 않은 배터리를 사용하기 때문에 ISG 차량의 가격은 하이브리드자동차보다 저렴함
- 국내 IBS가 적용된 ISG 자동차 시장은 2011년 6만 대 규모에서 연평균 58.1%로 성장하여 2017년에는 100만 대에 육박하는 94만 대 규모로 전망됨
- 국내에서 IBS가 적용되는 ISG 자동차 시장 규모는 환경부 주관 장착 수 및 일반인 장착수, 현대, 기아 순정형으로 나눌 수 있으며, 환경부 주관에 장착되는 ISG 자동차가 2016년까지 크게 성장할 것으로 전망되며, 일반인 장착 자동차와 현대, 기아 순정형은 완만한 성장이 예상됨
 - 기아자동차는 ISG 자동차 모델인 ‘씨드’를 유럽에 수출하고 있으며, 국내에는 로체, K5, 포르테 등에 ISG 기술을 적용하여 판매하고 있음
 - 현대 자동차는 i30, YF소나타, 아반떼MD, 액센트(신형) 등에 ISG 기술을 도입하여 판매하고 있으며, 출시되는 모든 차량에 ISG 적용을 계획하고 있음



<그림 9> 국내 ISG 자동차 시장 전망(ECOPNC CORP., 단위: 만대)

- 2015년 기준 약 74만대 수준의 국내 ISG 차량 보급 예상되며, 해외 수출 차량 및 A/S 부품을 포함할 경우 약 300만개정도의 시장이 형성될 것으로 추정 (국내 70만대 + 수출형 150만대 + A/S 80만개)

□ 환경부와 서울시는 시내버스와 택시 1,500대를 시범적으로 운영하고 있으며, 지속적인 확대가 전망됨

- 지식경제부는 소형 차량에 대한 공회전 제한장치 보급에 대하여 50% 지원을 검토하고 있으며, 각 지자체에서는 공회전 제한장치 50% 지원 방안을 조례개정 하였음

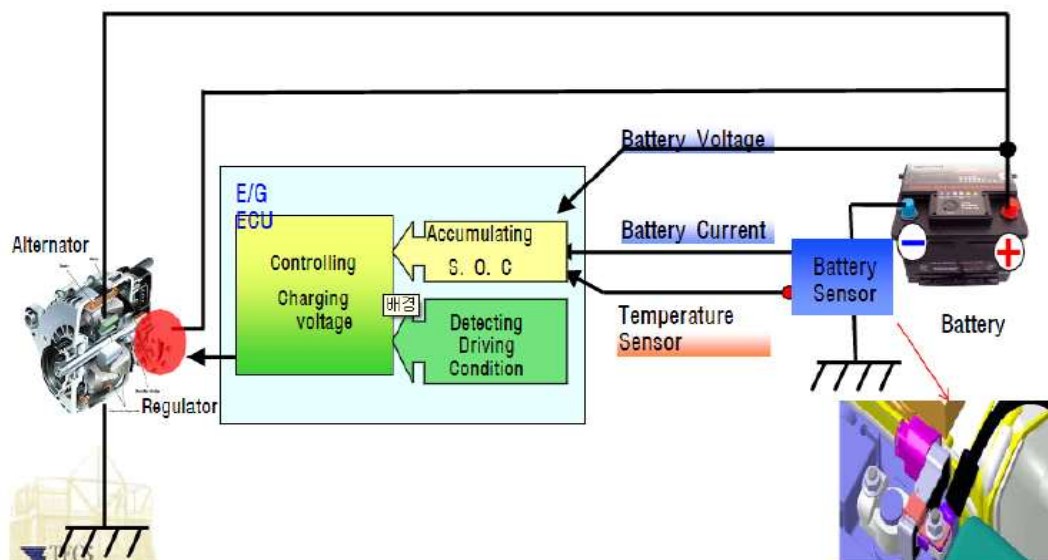
	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 씨드 : 유럽 수출 모델 - 수동변속기용 ISG 장착 판매 ❖ 로제, K5, 포르테, 쏘울 등 - 고급형 ISG 1,500,000원 대 판매
	<ul style="list-style-type: none"> ❖ i30, YF소나타, 아반떼MD, 엑센트(신형), i40 - ISG 적용 및 모든 차량 적용 예정 ❖ 친환경 버스 : ISG 탑재한 버스 - 서울시 2,000여대 납품
환경부, 서울시	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 시내버스/택시 1,500대 시범운영 (2011년 내 국책 사업 실시 내용 공지) ❖ 2010년-시내버스 3,000대, 2011년-3,500대, 2011년 -마을버스, 택시, 택배차량 등 - 확대 보급 발표
환경부	❖ 버스, 택시, 법인화물 등 100% 장착 추진 중 (장착비용지원 방안)
성남시, 부산시 충남, 경기	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 시내버스 1,000대(6월부터 장착), 관용차 100대, 시내버스 장착 운영 중 ❖ 주요 교차로 4곳 에코 존(ECO-Zone) 운용
인천광역시	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 공정연비 파악이 가능한 차량 30대 시범 운영 한 결과 ❖ 2011년부터 대상 차량 부터 사업 개시 (50% 지원)
각 지자체	❖ 공회전 제한장치 50% 지원방안 조례개정 (부분 개정)
지식경제부	❖ 소형차량 공회전 제한장치 보급 (50% 지원 검토 중)

<그림 10> 국내 ISG 시장 환경 동향

□ 이러한 높은 시장성을 지니고 있는 ISG 시스템은, 기본적으로 엔진이 아이들(Idle) 상태로 장시간 운용되지 않고, 다음번 엔진 재시동(Restart)이 반드시 이루어져야 하기 때문에, 배터리 충/방전 상태, 출력 등에 대한 분석 및 예측기술이 ISG 시스템 구현의 필수 핵심기술임

□ ISG 시스템 구현을 위해 사용된 기존의 IBS는 고성능의 MCU 및 전자회로를 탑재하고 있어 가격이 높고, 국내 완성기술이 확보되지 않아 우리나라 완성차업체에서도 해외제품을 수입하여 적용하고 있는 실정임

- ISG 시스템은 배터리 충·방전 상태 및 출력 특성 데이터 등을 활용하여 엔진 Stop 및 Restart를 제어하기 때문에 배터리 상태를 차량 장착상태에서 실시간 측정 및 예측할 수 있는 기술을 기반으로 하고 있음
- 실시간으로 배터리 상태 측정 및 수명 예측을 위해서는 배터리 전압, 전류, 온도를 측정, 저장, 분석할 수 있도록 배터리 센서 및 연산제어기가 요구되며, 이러한 센서와 연계를 위한 인터페이스 기술, 제어기 개발을 위한 아날로그/디지털 회로설계 기술, 제어 알고리즘 개발 기술, 측정정밀도 향상기술, 제어기 검증 기술 등이 필수적으로 요구되는 요소기술임
- 이와 같은 요구사항들로 인해 기존 ISG 시스템 구현을 위한 지능형 배터리 센서는 빠르고 정확한 배터리 상태 측정을 위해 고속 연산기, 고성능 ADC, 고정밀 전원회로 등을 지니고 있으며, 고가의 전류 센서 및 제어기 구성으로 인해 상대적으로 가격대가 높고 기술적 장벽에 기인한 독과점 구조의 제품으로 분류되어 있음
- 본 기술에서는 고가이면서 해외 선진국 제품인 지능형 배터리 센서(IBS)를 대체하여, 가격 경쟁력을 지니면서도 배터리의 상태 측정 및 분석에 대해 선진품 대비 동일수준 이상의 성능을 구현할 수 있는, 경제형 배터리 센서(BS, Battery Sensor)를 활용한 상태분석 알고리즘 기술개발을 핵심 대상으로 함
- 배터리 상태 분석 및 수명예측을 목적으로 하는 본 기술의 필수 요소 기술로는, 전류 및 온도 측정 기능의 경제형 BS를 활용하여 시스템 수준에서의 SOC, SOH, SOF 등을 산출 혹은 추정하는 핵심 알고리즘이 포함되며, 이를 통해 향후 시장성 및 기술경쟁력을 갖는 제품 상용화 개발이 가능토록 하는 기반기술 개발을 목표로 함



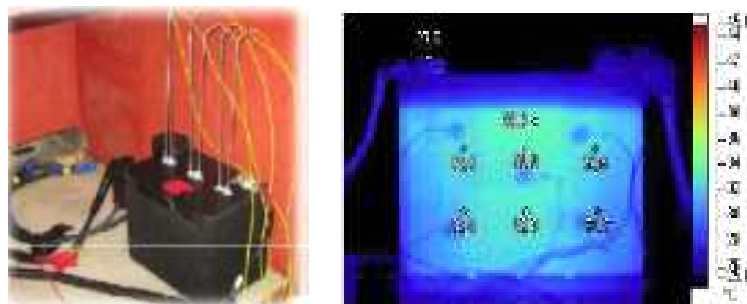
<그림 11> 경제형 BS를 활용한 배터리 상태분석 및 예측기술 개념도

라. 선행연구의 내용 및 결과

- 배터리 상태분석 및 수명예측과 관련하여 수행된 가장 연관성 높은 선행연구로는 ‘배터리 내구 신뢰성 향상기술 개발’을 과제명으로 하는 신뢰성향상사업 과제가 있음
 - 배터리 내구 신뢰성을 확인하기 위한 차량용 배터리 내구수명 예측기술의 기반 기술로, 필드에서 수집된 배터리 환경 데이터를 기반으로 배터리 내/외부의 온도 모델을 수립하고, 이를 적용하여 배터리 내부 온도별 수명 저하량을 반영한 수명 모델 프로그램을 개발
 - 필드 데이터에서 수집된 환경 온도와 배터리 충/방전에 따른 온도변화 간 상호작용을 분석하고, 배터리에 대한 필드 A/S 데이터를 기초로 잔여 수명에 따른 주행 예상 거리를 추정할 수 있는 내구 수명 예측 프로세스를 수립



<그림 12> 개발된 내구 수명예측 프로세스



<그림 13> 배터리 내/외부 온도 상관성 관련 실험

- 상기 과제는 배터리 내구를 추정하기 위한 방안으로 배터리가 실제 사용되는 필드에서의 온도 데이터를 기반으로 이에 대한 영향도를 정량적으로 도출하고자 하는 과제였으며, 상기 과제를 통해 배터리 수명 저하에 영향을 미치는 인자에 대한 기반 지식과 더불어 실제 필드에서의 내구 수명 저하 경향 등에 대한 기초지식 습득이 가능하였음

- 배터리 상태분석을 위한 알고리즘은 기본적으로 정확한 배터리 전압/전류 측정을 기초로 하며, 실제 차량에서 사용 가능한 성능을 갖는 제어기 개발기술을 토대로 하고 있음
- 이와 관련된 기 수행과제는 다수가 있으며, 배터리 상태분석 및 동작 특성 추정을 토대로 적절한 전력제어방안까지 수립되었던 과제로는 ‘42V 전원체계용 10kW급 에너지 저장시스템 및 관리장치 개발’을 수행한 바 있음
- 상기 과제는 배터리와 울트라커패시터로 구성된 하이브리드 배터리 시스템의 전체적인 충전상태 및 운용특성 등을 실시간으로 분석하고, 이를 토대로 에너지저장장치 간 전력제어 및 전체 에너지 흐름 제어를 위한 에너지관리장치(EMS) 개발을 주요 개발내용으로 하고 있음



〈그림 14〉 하이브리드 배터리 팩 구성



〈그림 15〉 수행 결과물(좌: 논문/특허, 우: 개발품 차량장착 사진)

- 상기 과제는 배터리 관련 다수의 특허 및 논문을 도출할 수 있었던 과제로, 배터리 특성 분석을 위한 인자도출 시험방법, 배터리 상태측정 및 검증방법, 배터리 충/방전 제어기술, 잔존용량 추정 및 노화도 측정 기술 등과 같이 본 과제를 수행하는데 있어서 기본적으로 갖추고 있어야 하는 실험적 기술 및 노하우 습득이 가능한 과제였으며, 나아가 적절한 제어를 위한 알고리즘 수립 및 제어기 개발 기술의 기반을 구축할 수 있었음

□ 이 외에도 다수의 기술개발을 통해 배터리 상태분석 및 수명예측 기술과 관련된 기술 및 노하우를 축적하였으며, 다수의 논문/특허 등의 지적재산권 확보도 수행한 바 있음

□ 대상기술과 연관된 지재권 권리확보 현황은 하기와 같음

지식재산권 유형	명 칭	국가	출원번호 (출원일)	등록번호 (등록일)	출원인 /등록인	발명자
특허	42V 전원시스템을 적용하는 하이브리드 자동차의 에너지 저장장치 및 제어방법	한국	-	10-0525359-00-00 (2005.10.25)	자 동 차 부 품 연 구 원	이백행
특허	차량용 복합 에너지 저장장치 및 그 최적 운용방법	한국	-	10-0614038-00-00 (2006.08.11)		이백행
특허	복합형 에너지 저장장치 및 그 제어방법	한국	-	10-0900280-00-00 (2009.05.25)		정진범
특허	복합형 에너지 저장장치 및 그 운용방법	한국	-	10-0900281-00-00 (2009.05.25)		정진범
특허	울트라 커패시터의 잔존용량 산출방법	한국	-	10-0928727-00-00 (2009.11.19)		정진범
특허	충전시스템 연계형 배터리 온도관리 장치 및 그 방법	한국	10-2011-0120781 (2011.11.18)	-		정진범
특허	벨런싱 기능 검증이 가능한 BMS 시뮬레이터 및 이를 이용한 검증방법	한국	10-2011-0120865 (2011.11.18)	-		정진범
특허	전기자동차의 주행 가능 거리 추정 시스템 및 그 방법	한국	10-2011-0116310 (2011.11.09)	-		송현식
특허	배터리 HILS 개발 시스템 및 이를 이용한 배터리 HILS 검증 방법	한국	10-2011-0134329 (2011.12.14)	-		송현식
특허	배터리 HILS를 이용한 배터리 모델링 검증 시스템	한국	10-2011-0134330 (2011.12.14)	-		송현식

학술지명	논문명	주저자	공동저자	게재년 도	Vol(No)	페이지	SCI 등재여부
Journal of Power sources	Modelling of the thermal behaviour of an ultracapacitor for a 42-V automotive electrical system	이대훈	이백행 신치범 김병우	2007	175(1)	664-668	SCI
Journal of Power Electronics	Development of an Advanced Hybrid Energy Storage System for Hybrid Electric Vehicles	이백행	신동현 송현식	2009	9(1)	-	SCIE
Journal of Power Electronics	Dynamic SOC Compensation of an Ultracapacitor Module for a Hybrid Energy Storage System	송현식	이백행 정진범 신동현	2010	10(6)	-	SCIE
International Journal of Automotive Technology	Advanced Hybrid Energy Storage System for Mild Hybrid Electric Vehicles	신동현	이백행 정진범 송현식	2011	12(1)	125-130	SCIE

2. 연구개발의 목표 및 달성도

가. 연구개발 최종목표

□ 본 과제는 상대적 경제성을 지닌 BS를 활용하여, ISG에 적용되는 IBS의 구현을 위한 배터리의 상태분석 및 수명예측 등 다양한 특성을 평가하고 분석하는 핵심기술 개발을 최종 목표로 함

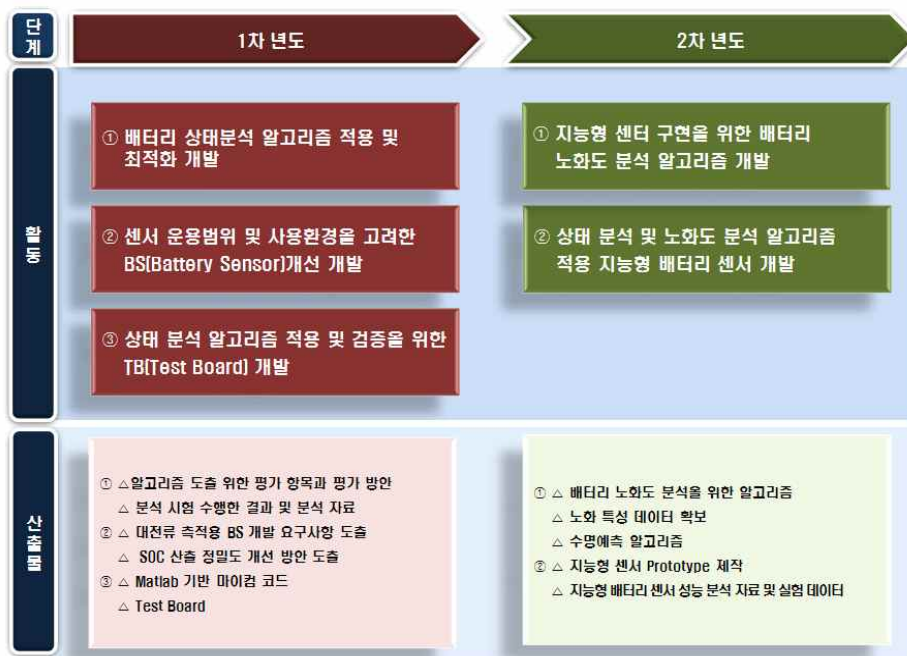
- 구체적으로는 배터리 충전상태 분석(SOC) 알고리즘을 도출하여 최적화 한 후, 배터리 노화도 분석(SOH)을 통한 수명예측 알고리즘을 개발하며, 나아가 개발된 알고리즘을 검증할 수 있는 시스템을 제작하는 것이 목표임

○ 지능형 배터리 센서 구현을 위한 배터리 상태분석 및 수명예측기술 개발

- 배터리 충전상태 분석 알고리즘 최적화
- 배터리 노화도 분석을 통한 수명예측 알고리즘 개발
- 개발 알고리즘 검증시스템 제작



<그림 16> 본 과제의 연구개발 목표



<그림 17> 본 사업기간 중의 주요 연구내용 및 목표 산출물

나. 연구개발 최종목표 평가의 착안점

☐ 배터리 상태분석 알고리즘 개선 개발

- 실시간 측정 데이터 기반 임피던스 산출 알고리즘 구현
- 실차 연계 운용을 통한 SOC 알고리즘 개선 및 산출오차 5% 이내 달성

☐ 노화특성 데이터 확보방안 수립 및 노화 수행

- 필드 노화 배터리(5개 이상) 수집 및 분석을 통한 노화도 판정 알고리즘 수립
- 노화 배터리 분석 결과 기반 SOH 산출 오차 20%이내 달성

☐ 상태분석 및 노화도 알고리즘 적용 지능형 배터리 센서 개발

- 개발 알고리즘 적용 Prototype 지능형배터리센서 개발 및 실차 연계 성능 검증
- 실차 환경 고려 온/습도 내환경 평가(7개 이상) 수행 및 10ms Task 알고리즘 구현 검토

■ 당해년도

구분	세부 연구목표	세부 연구개발 내용	평가목표 및 착안점	가중치	추진일정			
					1분기 (1/4)	2분기 (2/4)	3분기 (3/4)	4분기 (4/4)
2 차 년 도 (2 0 1 3) 2 0 1 4)	배터리 상태분석 알고리즘 개선 개 발	실차연계 수준 배터리 상태분석 알고리즘 최적화	①임피던스 산 출 반영 모델 확보 ②SOC 산출 오차 : 5%이 내	0.3				
		실시간 데이터 기반 임피던스 산출 알고리즘 구현						
		산출 임피던스 기반 배터리 노화도 분석방안 수립						
		산출 임피던스 활용 상태분석 알고리즘 보완 검토						
	노화특성 데이터 확보방안 수립 및 노화 수행	배터리 수명평가 방법 조사 / 분석	①노화도 판정 및 예측 알고 리즘 수립 ②필드 노화배 터리 수집 : 5개 이상 ③SOH 산출 오차 : 20%이 내	0.4				
		잔여수명 정의 및 노화도 판 정기준 정립						
		배터리 노화 가속화 패턴시험 수행						
		필드 노화배터리 분석 통한 저항 vs 임피던스 관계 연구						
		배터리 잔여수명 산출기반 수 명예측 방안 수립 및 적용						
	상태분석 및 노화 도 알고리즘 적용 지능형 배터리 센 서 개발	실차 적용을 고려한 Prototype 지능형 배터리 센서 개발	①Prototype IBS 개발 여 부 ②내환경성 확 보 : 7개 항 목 이상	0.3				
		실차수준의 상태분석 및 노화 도 분석 알고리즘 검증						
		차량환경 수준의 온/습도 내 환경성 확보기술 개발						
		ECU 사양 기반 10ms Task 알 고리즘 구현방안 검토 연구						
	계				1			

다. 연구범위 및 연구수행 방법

1) 당해년도 연구 범위

□ 배터리 상태분석 알고리즘 개선 개발

- 실차 연계를 통한 배터리 상태분석 알고리즘 최적화
: 실차량에 대한 실도로 운용을 통해 상태분석 알고리즘 검증 및 최적화 개발
- 실시간 측정 데이터 기반 임피던스 산출 알고리즘 구현
: 실시간 차량 데이터 기반 배터리 임피던스 산출 알고리즘 개발
: 산출 임피던스 적절성 확인을 위한 측정장치 기반 배터리 임피던스 측정실험 수행
- 산출 임피던스 기반 배터리 노화도 분석방안 수립
: 산출 임피던스 vs. 배터리 노화도 상관관계 연구
: 배터리 노화도 분석 알고리즘 개발
- 산출 임피던스 활용을 통한 상태분석 알고리즘 보완 검토
: 배터리 및 차량상태에 따른 산출 임피던스 영향도 분석

□ 노화특성 데이터 확보방안 수립 및 노화 수행

- 배터리 수명평가 방법 조사 및 분석
- 잔여수명 정의 및 노화도 판정기준 정립
: 배터리 SOH 평가 기준 도출 및 평가방법 수립
- 배터리 노화 가속화 패턴시험 수행
: 수명 평가장비 연계를 통한 신규 배터리의 노화 Cycle 패턴실험 수행
: 가속 노화 배터리 적용 실차 알고리즘 성능 평가
- 필드 노화 배터리 분석통한 시동저항 vs 산출 임피던스 관계 연구
: 필드 실 사용 배터리 수집 및 시동저항 측정실험 수행
: 측정 데이터 분석을 통한 시동저항과 산출 임피던스와의 관계 정립
- 배터리 잔여수명 산출기반 수명예측 방안 수립 및 적용
: 산출 배터리 임피던스 활용 배터리 잔여수명 평가방법 검토
: 필드에서의 배터리 노화 진행현황 및 수명평가 자료 확보를 위한 배터리 수집/평가

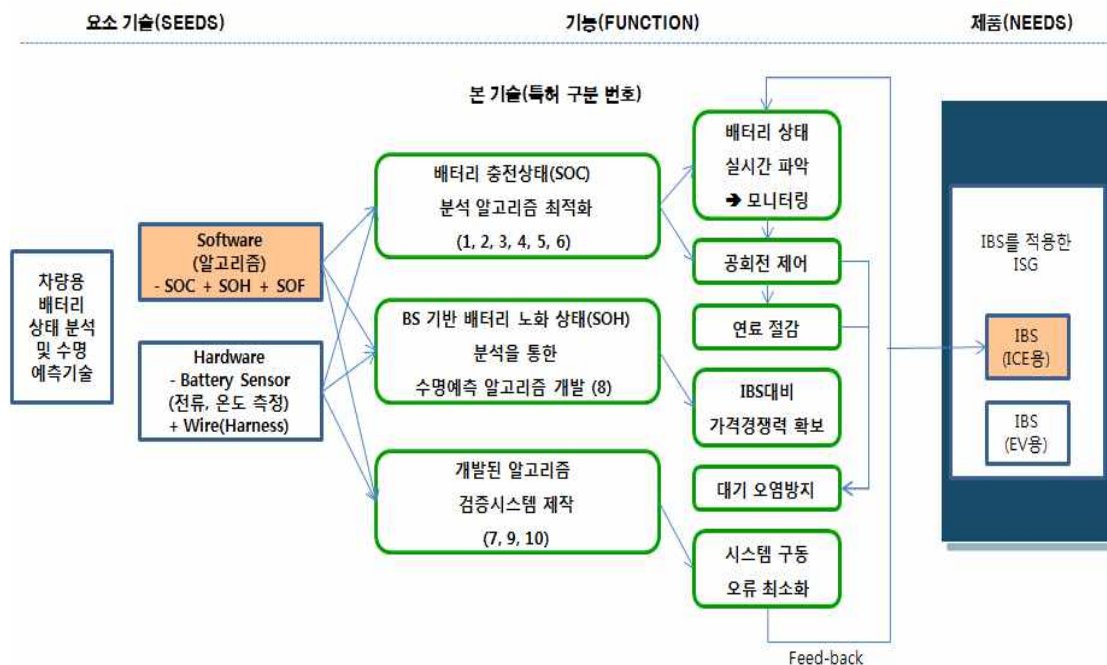
□ 상태분석 및 노화도 알고리즘 적용 지능형 배터리 센서 개발

- 실차 적용을 고려한 Prototype 지능형 배터리 센서 개발
 - : 1차년 개발 검증보드 개선 및 최적화를 통한 BS 적용 지능형 배터리 센서 개발
 - : 지능형 배터리 센서 개발품 성능평가
- 실차수준의 상태분석 및 노화도 분석 알고리즘 검증
 - : 배터리 센서 장착을 통한 실차량 조건 상태분석 및 노화도 분석 검증
- 차량환경 수준의 온도 내환경성 확보기술 개발
 - : 차량 환경수준 고려 개발품 온도 내환경 성능 평가
 - : 평가항목(예정) - 고온/저온방치, 고온/저온동작, 온도특성, 온습도싸이클, 열충격 등
- ECU 사양 기반 10ms Task 알고리즘 구현방안 검토 연구
 - : 개발 알고리즘의 10ms Task 운용 가능성 검토
 - : 10ms Task 에서의 SOC 및 SOH 알고리즘 구현 가능성 검토

2) 연구 수행 방법 및 추진체계

- 차량용 배터리의 상태분석 및 수명예측을 위한 기술은 미국, 일본, 유럽과 같은 주요 선진국에서 지속적인 기술개발이 수행되고 있는 기술로서, 기 발표된 많은 연구결과가 있는 SOC 기술과 점차적으로 기술개발이 활발하게 진행되고 있는 SOH 및 SOF 기술 등이 핵심 요소에 해당되며, 본 과제를 통해 주관기관인 자동차부품연구원에서는 기 확보된 배터리 평가기술 및 제어기 설계기술, 실험데이터 분석기술 등을 바탕으로 2년간 집중적인 연구수행을 통해 배터리 상태분석 및 수명예측 핵심기술 구현을 위한 알고리즘 개발을 수행하고자 함
- 배터리 특성실험은 기존 ISG 차량에 적용된 배터리에 대한 실험을 통해 ISG 시스템용 AGM 배터리에 대한 실험결과를 확보하고, 이를 토대로 국내 환경에 적합하면서도 타 배터리로의 응용확대가 가능한 평가 프로세스 및 알고리즘 도출 방안을 정립함
- 또한 실시간 전압 및 전류 측정데이터 기반의 배터리 충전상태 분석을 위한 알고리즘 개발, 시뮬레이션을 위한 알고리즘 모델 개발, 개발 알고리즘의 실질적 구현 및 검증을 위한 Test Board 제작 등을 수행함
- 기존 IBS에 대한 사양분석을 통해 ISG 시스템 구현에 요구되는 배터리 전류센서의 요구사양을 도출하고, 이를 고려한 대전류 배터리 센서를 제작함으로써 전류측정 범위 확대를 통한 IBS 구현에 대한 가능성을 검토함

- 당해년도에는 배터리 상태분석 알고리즘을 차량 환경에서의 실시간 데이터 측정 기반의 상태분석 알고리즘으로 개선하고, 배터리 노화도를 분석하기 위한 방안 수립 및 노화도 측정 실험, 노화도 기반 수명예측 적용 알고리즘 개선 등을 통해 상태분석 및 수명분석 알고리즘을 개발함
- 또한 Prototype 지능형배터리센서를 개발하여 실차환경 수준의 검증 및 HILS 연계 검증 등을 통해 알고리즘의 정확성을 확인하고, 향후 기업으로의 기술이전 및 추가적인 상용화 기술개발을 통해 상품화가 가능한 수준의 성능인지를 확인할 수 있도록 함으로써, 본 사업을 통해 개발된 기술의 가치를 최대화 할 수 있도록 함



〈그림 18〉 대상기술의 기술 흐름 및 상관관계도

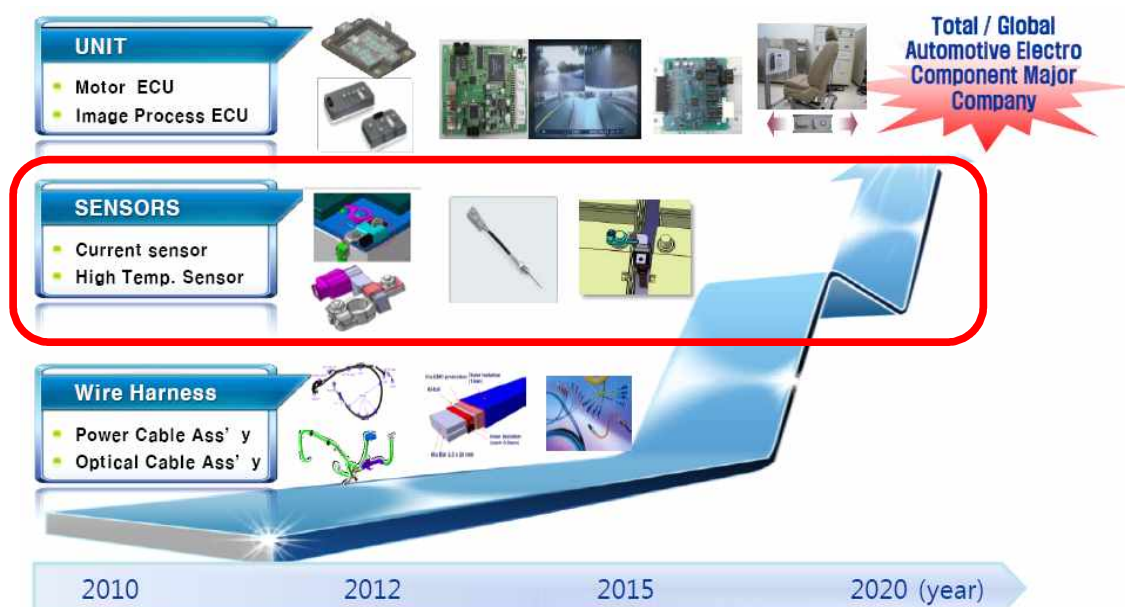
- 자동차부품연구원은 차량 및 배터리에 대한 기술동향, 규격 및 제품화 기술 동향, 차량에서의 요구 조건 등과 같은 상품화 및 실차적용기술의 필요요건들에 대한 기술력과 노하우를 확보하고 있으며, 동시에 부품업체의 제품에 대한 성능 및 신뢰성 검증을 위한 설비 및 장비, 다년간의 경험과 전문인력을 보유하고 있는 기관으로, 본 사업을 통해 배터리 상태분석 및 수명예측을 위한 핵심 알고리즘을 개발에 보유 역량을 최대한 발휘하여 성공적인 기술개발이 가능토록 하고자 함
- 참여기업인 태성전장에서는 본 과제를 통해 보유 연구인력의 기술력을 향상시키고, 제품화 개발 추진 이전에 자체적인 기술개발 역량 확보를 위해 주관기관에의 연구인력 파견 및 과제추진 지원을 수행하며, 자동차부품연구원 내 연구소가 위치하고 있는 잇점을 극대화하여 자동차부품연구원의 평가 장비 및 연구인력 등의 인프라를 활용한 배터리 센서의 성능 개선 및 대전류화 지원, 배터리 특성분석 노하우 습득, 제어기 설계 및 구현기술 획득 등의 성과를 달성하고자 함

- 본 사업을 통한 기술개발과 더불어 개발이 완료된 시점에서의 기술이전 및 사업화 전략을 수립하고 있으며, 기술이전 전략은 크게 IP 확보 단계를 포함하여 SMK 작성, 마케팅, 협상자료제작, 협상 및 기술이전의 5단계 추진을 통해 1차적으로는 참여기업으로의 기술이전 혹은 상용화 개발을 추진하고, 나아가서는 유망 기술이전 대상기업 발굴, 홍보물 제작 및 배포 등을 통해 다수의 직접적 혹은 간접적 응용분야로 사업화를 추진할 계획임



<그림 19> 기술이전 전략

- 핵심적인 IP 확보를 위해서는 기존 배터리 센서보다 진보된 형태를 지니면서도 지능형배터리센서 선진제품과는 제품 경쟁을 지닐 수 있는 기구설계적 요소와 더불어 실시간 측정 데이터를 기반으로 SOC, SOH 나아가 SOF를 추정하는 핵심 알고리즘을 차별화함으로써 충분한 기술 경쟁력을 갖도록 기술개발을 추진하고자 함
- 상용화 기술개발을 위해서는 주관기관인 자동차부품연구원과 태성전장(주)이 참여하는 추가적인 기술개발 프로세스 추진이 필요하며, 이는 본 사업을 수행하면서 점진적인 준비과정을 거쳐 사업종료 시점에서 바로 연계될 수 형태의 상용화 기술개발이 가능하도록 노력하고자 함



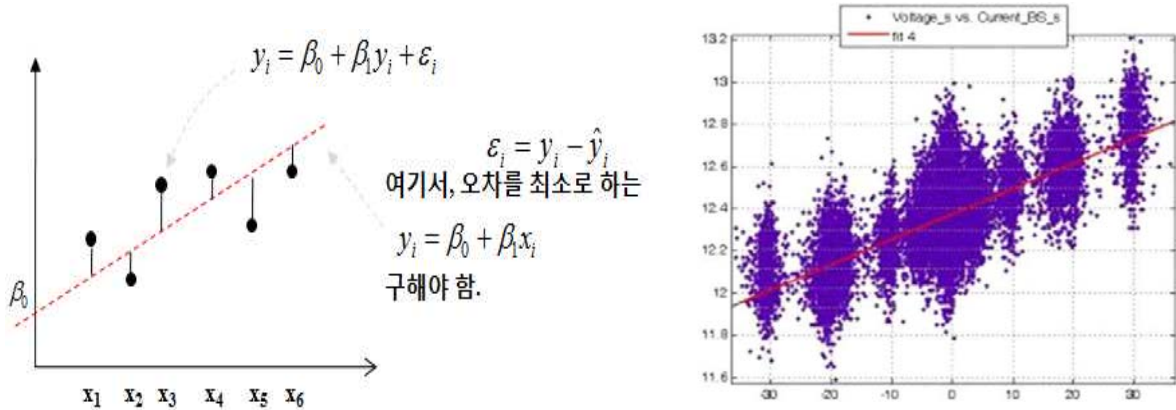
<그림 21> 참여기업인 태성전장(주)의 기술로드맵

라. 연구수행 내용 및 결과

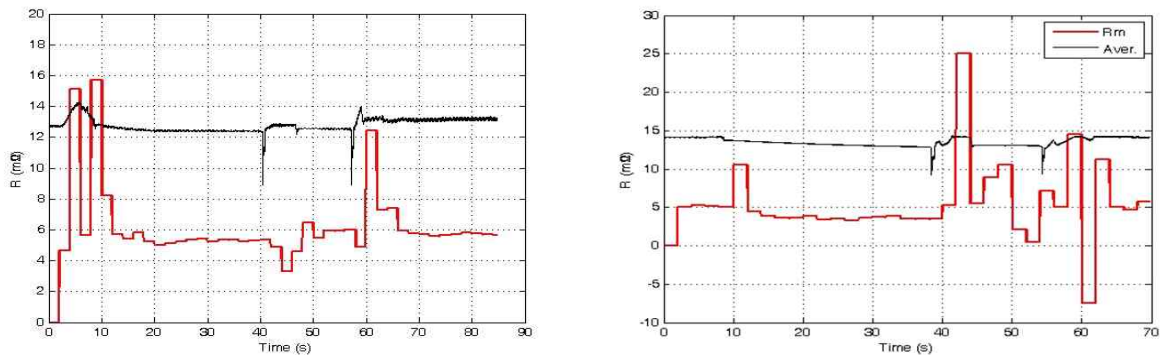
1) 배터리 상태분석 알고리즘 개선 개발

□ 실시간 측정 데이터 기반 임피던스 산출 알고리즘 개발

- 실 차량에서 실시간으로 측정된 데이터를 활용한 배터리 임피던스 산출 알고리즘 개발
 - : 배터리 전압 및 전류 측정 데이터에 대한 선형 회귀 분석법을 적용하여 산출
 - : 배터리 임피던스는 전압-전류 데이터의 추세선 기울기에 해당하는 값을 적용



<그림 22> 선형 회귀 분석법을 이용한 배터리 임피던스 산출 개념도



<그림 23> 실시간 배터리 임피던스 변동

- : 배터리 전압 및 전류 변화 특성에 따른 실시간 배터리 임피던스 변동 특성 분석
 - 시동 및 부하 급변에 따른 전압과 전류의 변동이 심한 경우, 배터리 임피던스가 급격한 증가 혹은 감소가 발생
 - 안정적인 배터리 임피던스 산출을 위한 실차 조건 분석 방안 수립
- : 실차 상태 및 배터리 상태 조건에 따른 배터리 임피던스 산출 결과 검토
 - 차량 부하 조건 및 엔진 RPM 조건 등의 영향인자 도출
 - 차량 조건별 알고리즘 검증을 위한 실차 실험 수행
 - 실차 데이터 측정을 위한 측정 환경 수립 및 TB 장착
- : 배터리 상태별 임피던스 산출 비교를 위한 개발 환경 수립 검토

□ 실차 연계를 통한 배터리 상태분석 알고리즘 최적화

- 실 차량 데이터 측정을 통한 상태분석 알고리즘 검증 및 최적화 개발 수행



<그림 24> 실차 데이터 측정

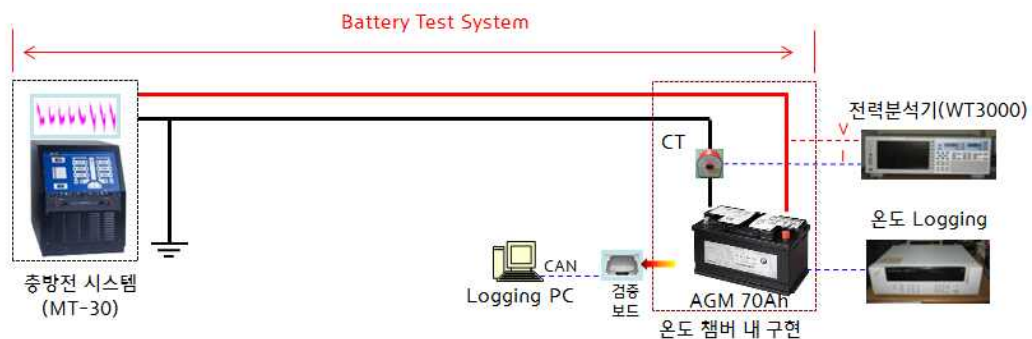


<그림 25> TB 장착 및 실 데이터 비교를 통한 개발 알고리즘 검증

- 실차 측정 데이터 기반 알고리즘 개선 개발 수행

: 실차 상태 및 배터리 상태 조건에 따른 배터리 임피던스 산출 결과 검토

- 배터리 상태별 실차 데이터 반영을 고려한 개선개발 가능토록 환경 모사 수행
- 평가 환경 구축을 통한 실차 측정 데이터 반영 임피던스 산출 알고리즘 개발
- 온도 조건에 따른 배터리 임피던스 변화 검토 수행

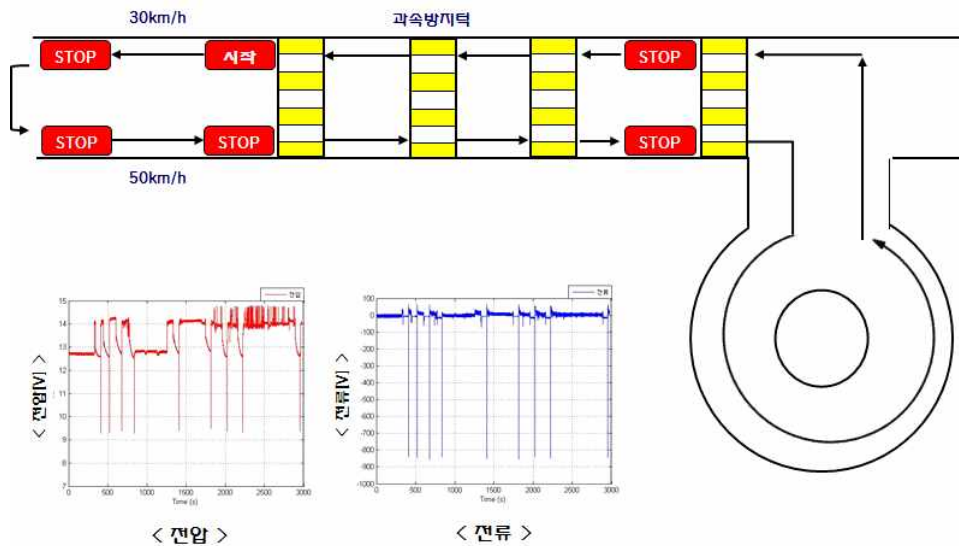


<그림 26> 알고리즘 개선 개발을 위한 실차 측정 데이터 모사 환경



〈그림 27〉 배터리 상태조건 설정 환경 및 임피던스 측정 환경

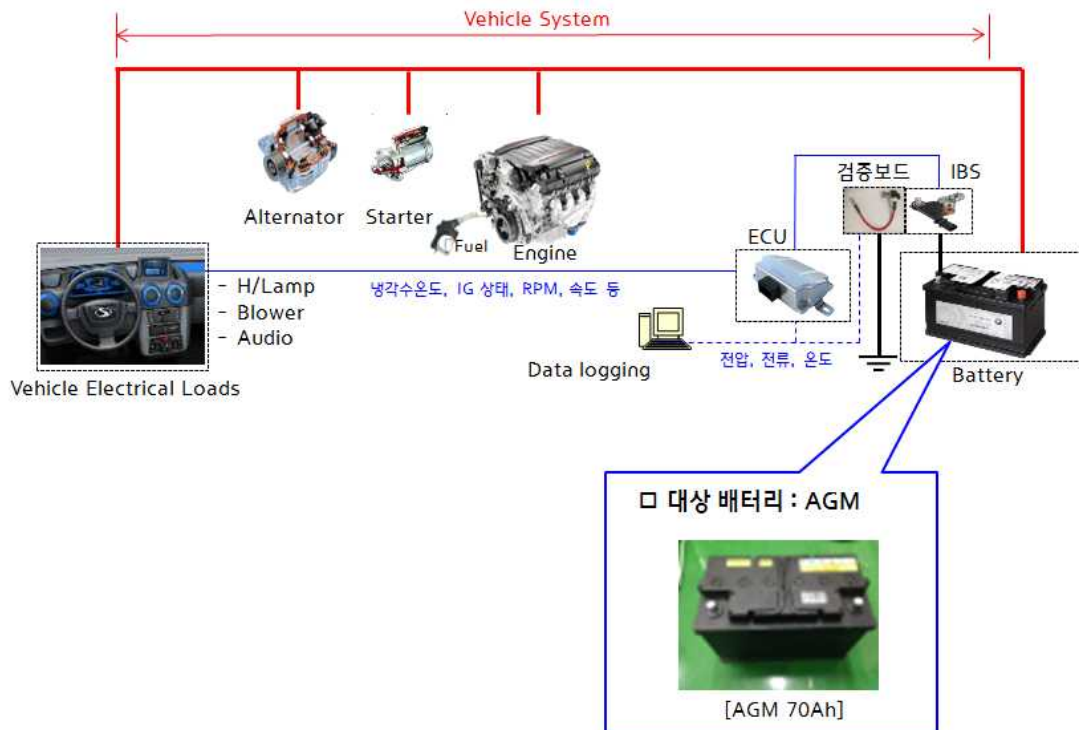
- 개선 알고리즘 적용 및 검증을 위한 실차 주행 및 데이터 재수집
 - : 자동차부품연구원 원내 주행로에서 알고리즘 검증 평가 수행
 - : 취득 데이터 현장 분석 수행 및 알고리즘 수정 수행
 - : 수정 알고리즘 적용 실시간 임피던스 취득 및 시동 최저전압 분석 정확성 검토
 - 배터리 상태에 따른 알고리즘 정확도 검토 및 Idle Stop & Start 상황에서의 알고리즘 동작특성 분석



〈그림 28〉 수정 알고리즘 검증을 위한 연구원 내 주행 및 데이터 측정

- : 최종 검증 결과 반영 개선 알고리즘 도출 완료

- 개선 알고리즘 검증 및 보완을 위한 실차 주행 평가 수행



<그림 29> 알고리즘 검증 및 보완을 위한 실차 주행 평가 환경

: 자동차부품연구원 소재 천안시내 및 고속도로 주행평가 실시

- 저속 시내 조건에서의 임피던스 산출 특성 분석을 통한 ISG 동작 조건에서의 배터리 최저전압 추정 정확성 개선
- 고속 주행 조건에서의 임피던스 산출 특성 및 정확도 비교를 통한 배터리 노화도 판단을 위한 산출 임피던스 산포 분석



실차 주행	
주행거리	약 33km
차량 부하조건	안개등 ON, 미등 ON, 클링시트 최대, 볼륨 10, 에어컨 2/4 동일 적용



<그림 30> 알고리즘 검증을 위한 실차평가 주행 경로

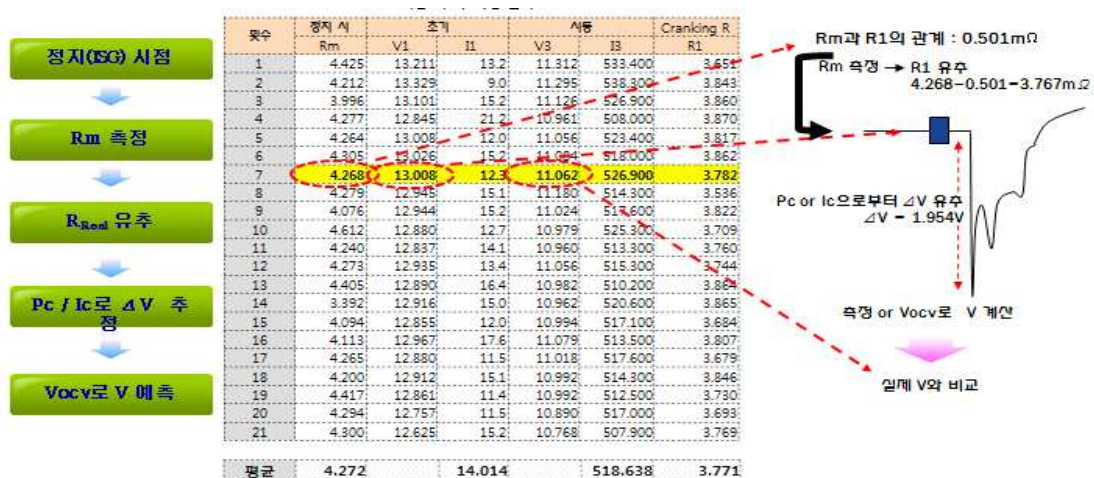


〈그림 31〉 시내 혼잡 상황의 알고리즘 검증을 위한 주행 경로

- 실차 주행 데이터 분석을 통한 알고리즘 개선안 도출
 - : 임피던스 산출 알고리즘과 실 측정 데이터 비교를 통한 개선안 도출
 - : 시동 전 전압 및 운행 초기 시점과 주행 지속 시점에서의 알고리즘 동작특성 검토

횟수	정지 시	초기		시동 전		시동		Cranking IR	
	Rm	V1	I1	V2	I2	V3	I3	R1	R2
1	4.425	13.211	13.2	13.147	36.7	11.312	533.400	3.651	3.694
2	4.212	13.329	9.0	13.232	31.4	11.295	538.300	3.843	3.821
3	3.996	13.101	15.2	12.969	34.7	11.126	526.900	3.860	3.744
4	4.277	12.845	21.2	12.779	37.5	10.961	508.000	3.870	3.864
5	4.264	13.008	12.0	12.912	34.4	11.056	523.400	3.817	3.796
6	4.305	13.026	15.2	12.926	38.0	11.084	518.000	3.862	3.838
7	4.268	13.008	12.3	12.877	34.4	11.062	526.900	3.782	3.685
8	4.279	12.945	15.1	12.910	34.4	11.180	514.300	3.536	3.605
9	4.076	12.944	15.2	12.880	37.6	11.024	517.600	3.822	3.867
10	4.612	12.880	12.7	12.816	37.0	10.979	525.300	3.709	3.762
11	4.240	12.837	14.1	12.742	37.5	10.960	513.300	3.760	3.745
12	4.273	12.935	13.4	12.861	35.8	11.056	515.300	3.744	3.764
13	4.405	12.890	16.4	12.795	35.6	10.982	510.200	3.864	3.820
14	3.392	12.916	15.0	12.786	37.4	10.962	520.600	3.865	3.775
15	4.094	12.855	12.0	12.693	34.4	10.994	517.100	3.684	3.520
16	4.113	12.967	17.6	12.856	35.3	11.079	513.500	3.807	3.716
17	4.265	12.880	11.5	12.816	35.0	11.018	517.600	3.679	3.726
18	4.200	12.912	15.1	12.753	37.4	10.992	514.300	3.846	3.693
19	4.417	12.861	11.4	12.746	32.5	10.992	512.500	3.730	3.654
20	4.294	12.757	11.5	12.688	37.6	10.890	517.000	3.693	3.751
21	4.300	12.625	15.2	12.529	37.6	10.768	507.900	3.769	3.744

〈그림 32〉 실 주행 데이터 분석



〈그림 33〉 도출된 개선 알고리즘 개념도

□ 산출 임피던스 기반 배터리 노화도 분석방안 수립 완료

- 배터리 상태 분석 및 수명예측을 위한 충전상태와 노화도 분석방안 수립
: 배터리 충전상태(SOC)와 노화도(SOH)에 대한 정의 수립
- : 배터리 임피던스를 이용한 SOH 분석 방안 수립 완료



<그림 34> SOC 및 SOH 정의 수립

- 배터리 임피던스 산출을 통한 노화상태 분석방법 수립
: 실시간 임피던스 산출 데이터에 대한 Reference 데이터 검토
- : 배터리 최저 전압과 직류저항(DC-IR) 및 교류저항(AC-IR) 간의 상관관계 분석
→ 시동 시의 단시간 전압/전류 변화특성은 교류 저항값의 활용이 중요한 변수값임
- 교류 저항값에 대한 실시간 산출 방안과 EIS를 통한 교류 저항 간의 상관관계 방안 도출

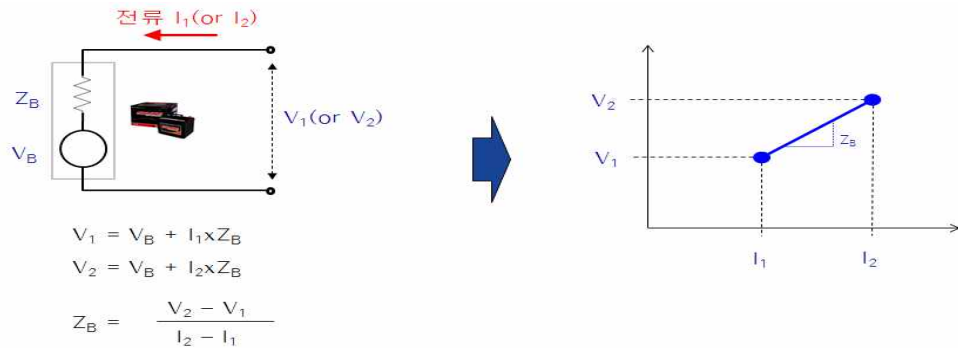
[SOH Parameters]

- ** SOH 항목은 한 개 혹은 그 이상으로 구성되며, 자부연에서는 다음과 같이 3개의 항목으로 정의 함.
- ** 하나의 SOH 값이 아닌 3개의 항목 별도 SOH 값을 지정함.
- ** 100%: 이상적인 상태 (사용에 따라 %가 감소)

- ** Capacity : $SOH_c = \frac{C_{present}}{C_{nominal}} \times 100$ → 공칭 용량.
- ** AC_IR : $SOH_{AC_IR} = \frac{AC_IR_{average}}{AC_IR_{present}} \times 100$ → 대상 시료들의 초기 평균 값. EIS를 통한 시동 시 저항을 통한 SOH 연산 방법 적용
- ** DC_IR : $SOH_{DC_IR} = \frac{DC_IR_{average}}{DC_IR_{present}} \times 100$ → 대상 시료들의 초기 평균 값.

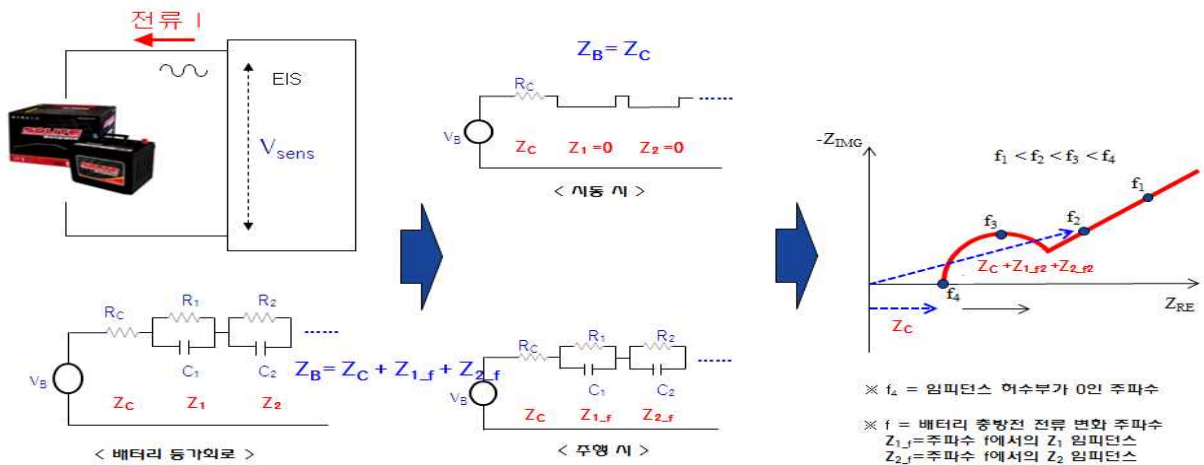
<그림 35> 산출 임피던스를 이용한 배터리 노화도 산출방법

- 배터리 노화도 측정을 위한 실시간 배터리 임피던스 산출 방법 적용
: 차량에서의 배터리 전압, 전류 측정을 통한 실시간 배터리 임피던스 산출

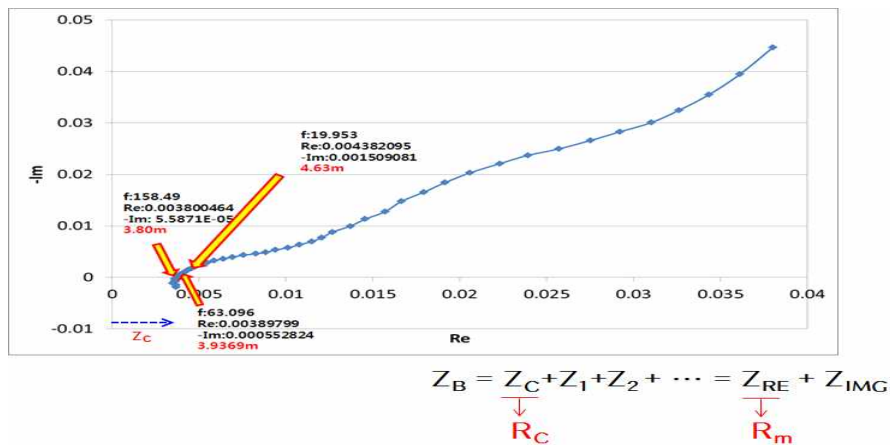


<그림 36> 실시간 배터리 임피던스 산출 개념

- EIS 측정을 통한 배터리 노화도 평가 방안 수립 및 적용성 검토
: 배터리 내부 교류 임피던스 분석을 위한 EIS 개념 검토
: 배터리 임피던스와 차량 시동성 확보를 위한 최저전압 분석방법과의 관련성 검토



<그림 37> 배터리 노화도 평가 기준인 EIS의 개념



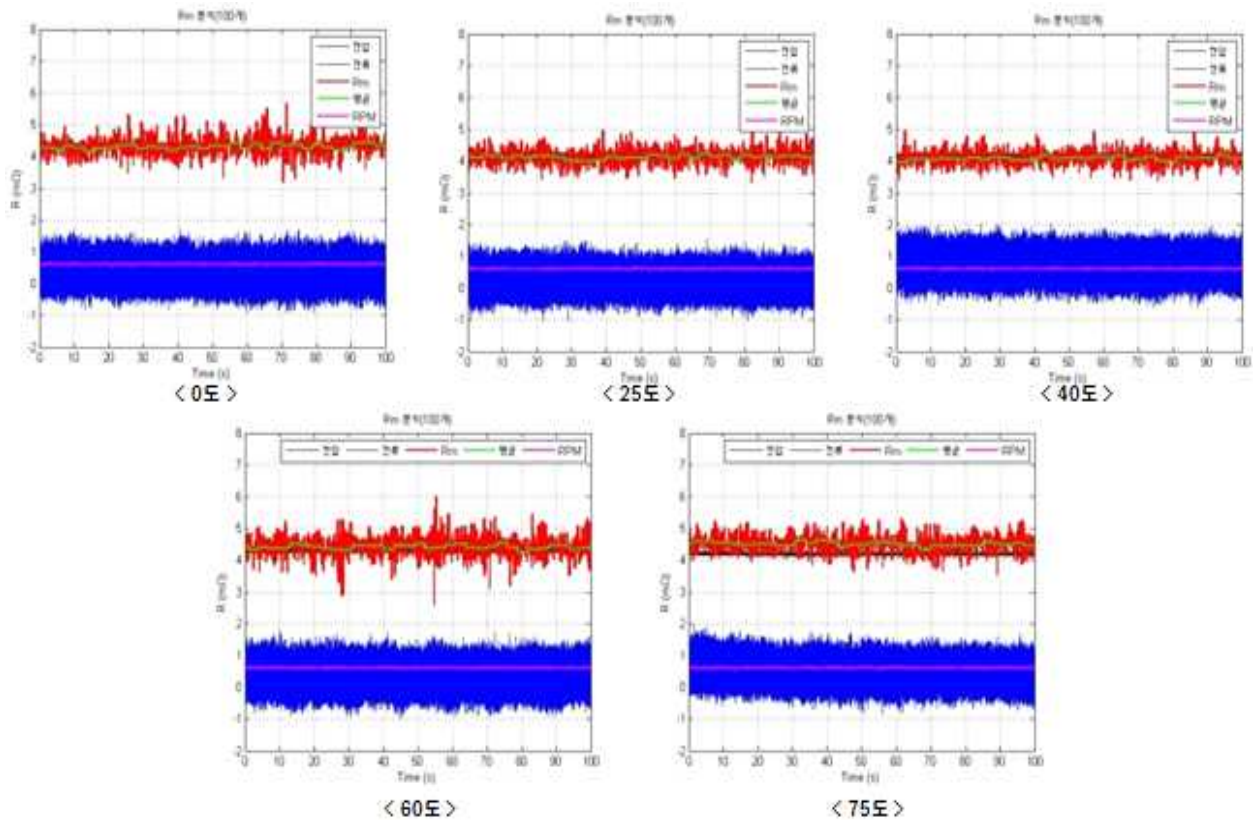
<그림 38> EIS 측정 결과와 시동시 저항 및 산출 저항과의 관계

□ 산출 임피던스 활용을 통한 상태분석 알고리즘 보완 검토

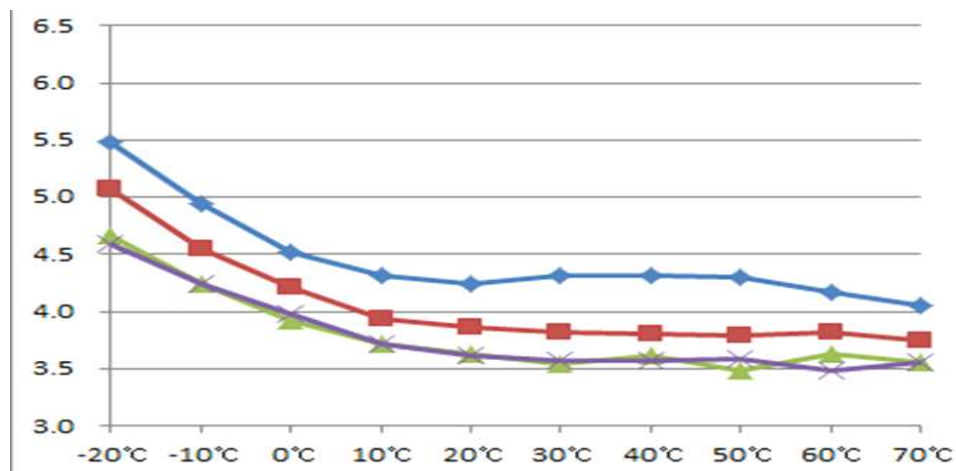
- 배터리 및 차량 상태에 따른 산출 임피던스 영향도 분석 수행

: 산출 임피던스에 영향을 주는 영향 인자 검토

- 배터리 온도에 따른 산출 임피던스의 변화 발생 여부를 실험을 통해 검증함
- 배터리 온도가 변화됨에 따라 산출 임피던스도 변화됨
- 배터리 내부 온도에 따라 실제 시동시의 저항도 변화되는 것으로 확인됨
- 실제 배터리 내부 임피던스 변화 특성이 산출 임피던스 변화에서도 확인됨



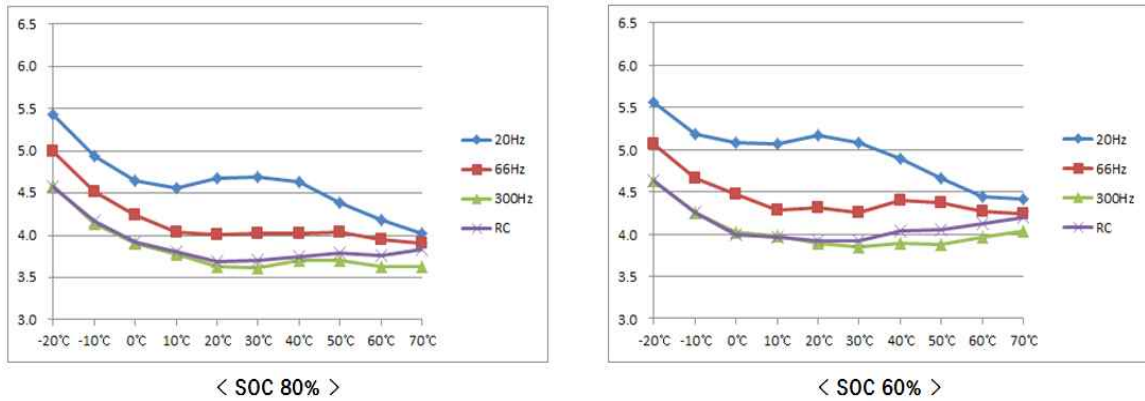
<그림 39> 실차 장착 고려 배터리 온도별 데이터 측정



<그림 40> 배터리 온도에 따른 산출 임피던스 변화

: 배터리 충전상태에 따른 산출 임피던스 변화 검토

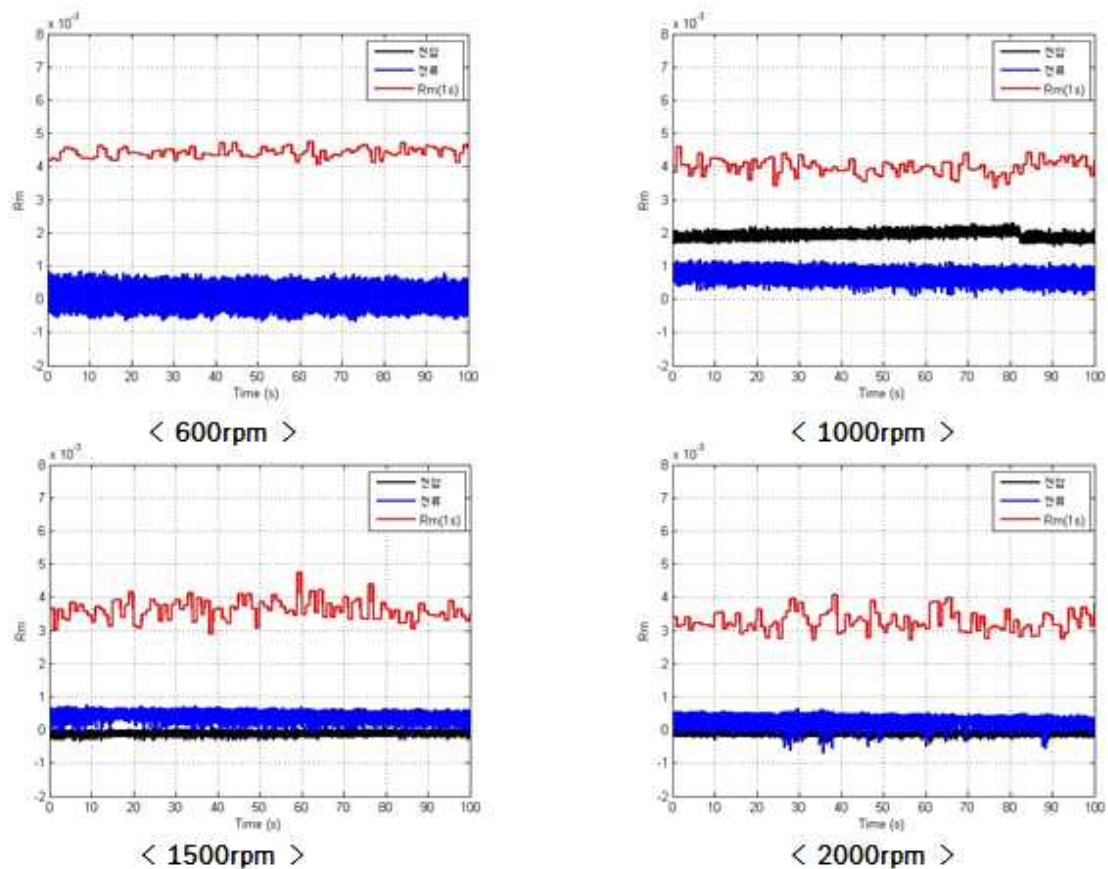
- 배터리 충전상태에 따른 산출 임피던스 변화를 분석하여 알고리즘에 적용
- 배터리 온도 및 충전상태를 고려한 산출임피던스 환산 알고리즘 추가 개발 완료



<그림 41> 배터리 SOC에 따른 산출 임피던스 변화

: 엔진 동작 상태에 따른 산출 임피던스 변화 분석

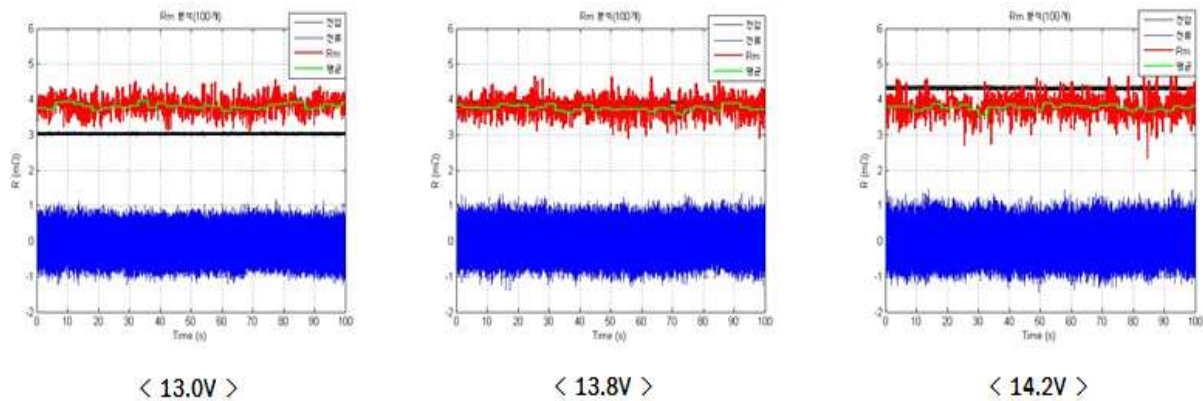
- 엔진 RPM에 따른 발전 전압 및 전류 파형의 변형이 발생 확인
- 전압 및 전류 형상에 따라 산출 임피던스가 변화됨을 확인하였으며, 이를 고려하여 배터리 임피던스 산출 시, 엔진 조건을 확인하는 알고리즘 추가 개발



<그림 42> 엔진 동작 상태에 따른 산출 임피던스 변화

: 배터리 운용전압에 따른 산출 임피던스 영향 분석 실험 수행

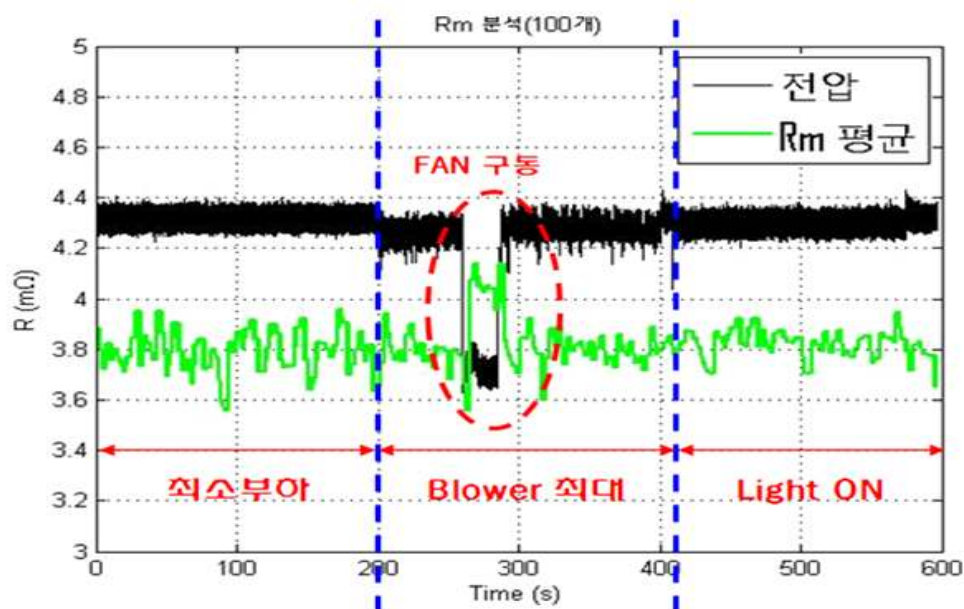
- 배터리에 인가된 발전전압 및 부하량에 따라 변동된 배터리 운용전압별 산출 임피던스 차이를 실험을 통해 확인
- 운용 전압별도 다소간의 차이가 있으며, 이를 배제하기 위한 일정 영역조건에서 임피던스 산출 알고리즘 적용



<그림 43> 배터리 운용 전압에 따른 산출 임피던스 변화

: 차량 부하 변동시의 산출 임피던스 변화 발생여부 확인 실험 수행

- 차량의 부하 조건이 변동되는 경우에서의 배터리 임피던스에 변화가 발생하는지를 확인함
- 배터리 자체의 임피던스 변화가 아닌, 산출 임피던스의 전압/전류 동작영역이 불연속적으로 변동되면서 발생하는 변화값이 존재함
- 부하가 급변되는 구간에서는 임피던스 산출을 억제하고, 지속적인 부하 조건이 유지되는 상황에서 전압/전류 측정 및 임피던스 산출이 가능토록 알고리즘 보완



<그림 44> 부하 변동에 따른 산출 임피던스 변화

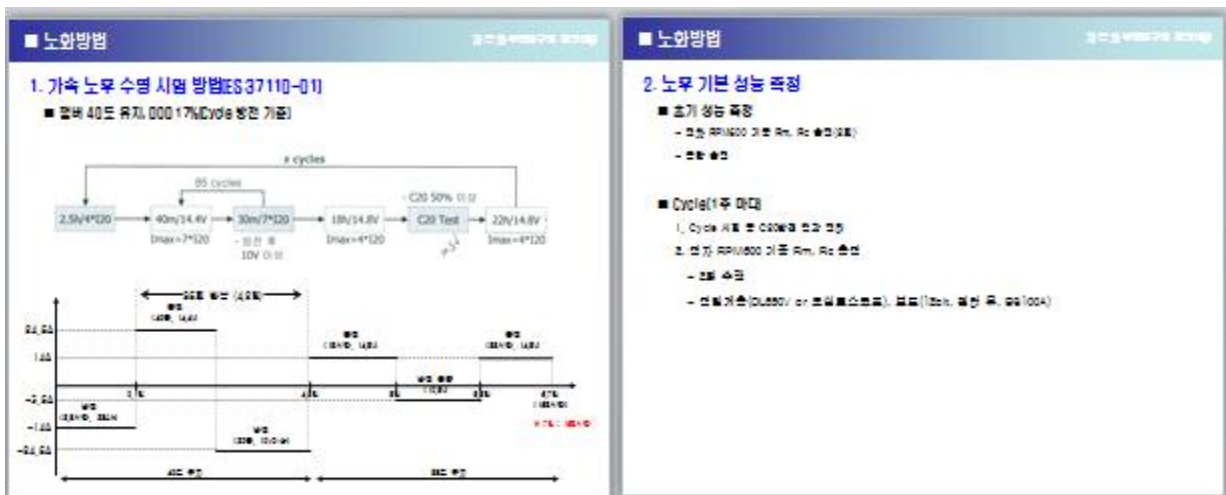
2) 배터리 노화특성 데이터 확보방안 수립 및 노화 수행

□ 배터리 수명 평가 방법 조사 및 분석

- 배터리 수명을 확인하기 위한 가속 노화 시험평가 방안 조사 및 검토

: 완성차업체 및 규격에서 정하는 시험평가 방안 검토

→ 실차 조건을 반영하도록 시험평가 방안 보완 및 가속노화 실험절차 수립



〈그림 45〉 조사된 노화시험평가 방법 기술자료

□ 수명 평가장비 연계를 통한 신규 배터리 노화 사이클 패턴 수행

- 배터리 수명평가를 위한 충/방전 시험기 및 환경챔버를 이용한 수명평가 수행 완료

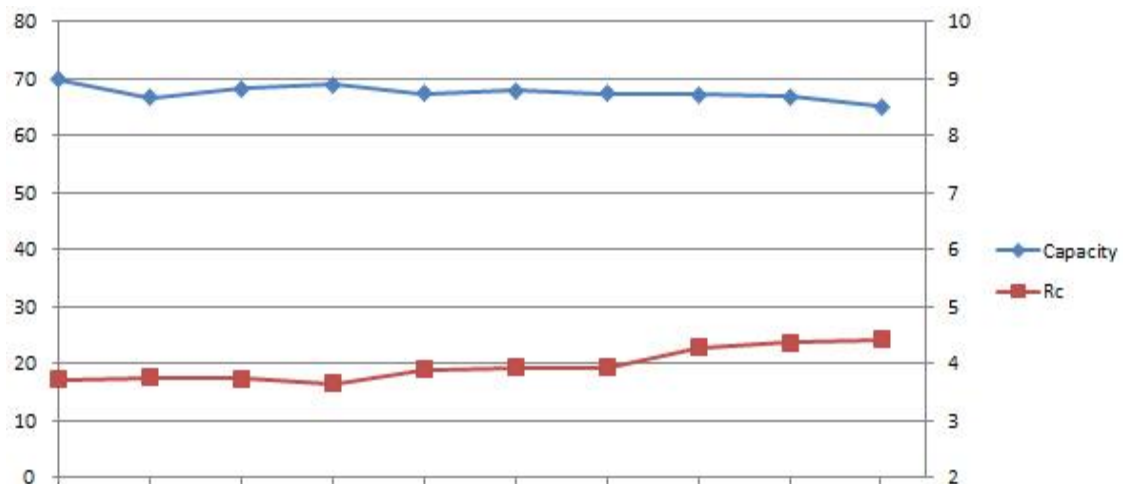
: 일정 주기마다 배터리 성능평가를 통한 노화수전 분석 및 노화도 평가방안 정립

→ 배터리 노화에 따른 용량 감소 및 내부저항 증가 확인

→ 패턴 노화 배터리의 실차 장착을 통한 시동시의 내부 저항 측정

→ 별도의 EIS 장비를 이용한 교류 저항과 시동시의 측정 저항값을 비교

→ 배터리 노화에 따른 용량감소 및 내부저항 증가 간의 상관관계 도출



〈그림 46〉 배터리 노화실험 결과

□ 필드 노화 배터리 분석을 통한 시동저항과 산출 임피던스 관계분석 연구 수행

- 실제 필드에서의 사용을 통해 노화된 배터리의 수집 및 시동저항 측정 실험 수행

: 필드 운행 차량에서 사용되고 있는 대상 배터리 수집

→ 총 11개 배터리 수거 후, 사용 가능한 10개 배터리에 대한 분석 수행(1개 폐기)

→ 배터리 사용 차량의 운행 거리를 고려하여 분석

→ 실제 필드에서의 배터리 노화 특성을 반영한 필드 노화특성 반영 알고리즘 개발

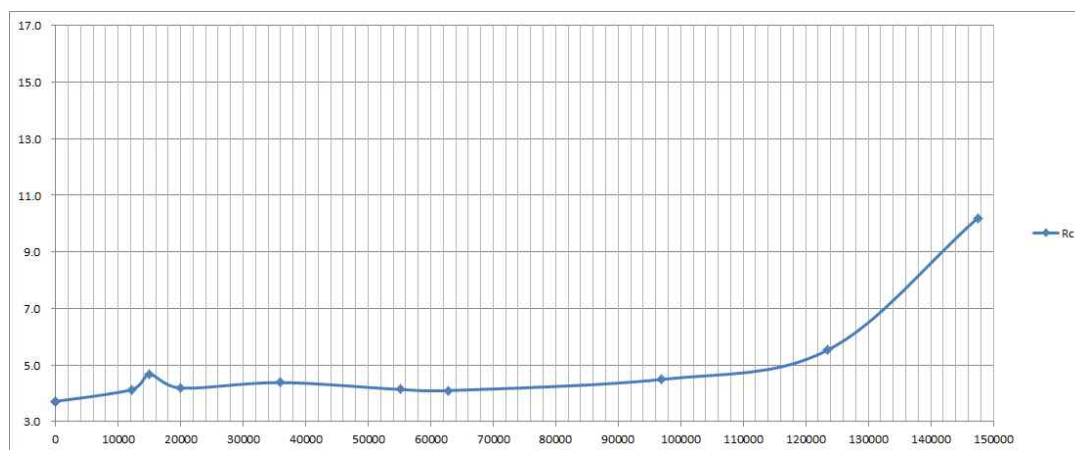
➤ 1차 수집

	배터리	차종	주행거리(km)	기타
1	AGM 70Ah		15000	
2	AGM 70Ah		20000	시흥, 1회방전 있었음.
3	AGM 70Ah		89000	전주

➤ 2차 수집

	배터리	주행거리(km)	기타
1	AGM 70Ah	12,166	
2	AGM 70Ah	35,961	
3	AGM 70Ah	62,821	
4	AGM 70Ah	147,521	
5	AGM 70Ah	55,121	
6	AGM 70Ah	96,958	
7	AGM 70Ah	123,499	
8	Delkor 75Ah	148,226	일반배터리로 판단됨

<그림 47> 필드 노화 배터리 수집 결과



<그림 48> 노화 배터리에 대한 시동저항 분석 결과

- 배터리 임피던스 산출을 통한 실제 필드 수집 배터리와의 관계 확인 수행

: 필드 수집 배터리의 실차 장착을 통한 시동 저항 측정

: 시동저항과 실시간 실차 데이터 기반 산출 임피던스 간의 관계 연구

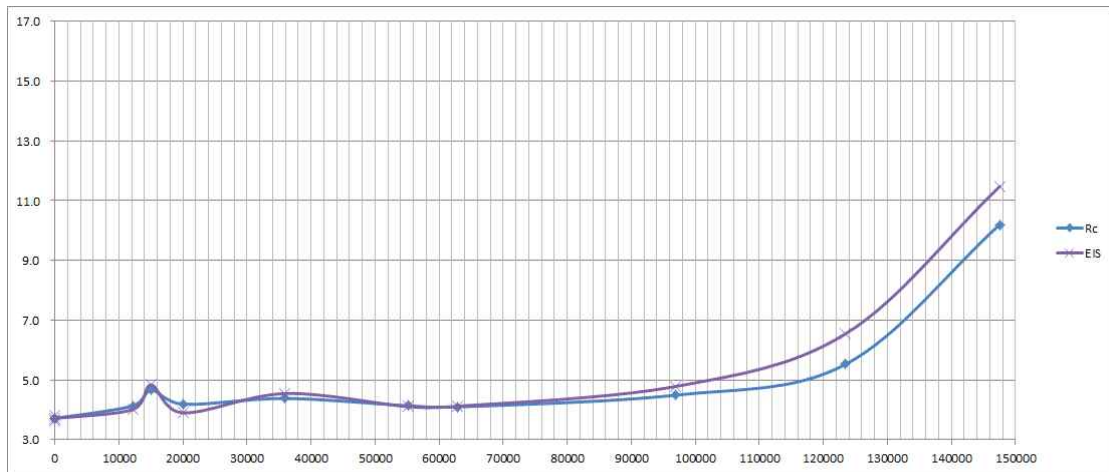
→ 시동 저항 측정과 동시에 실차 운행 중 산출된 배터리 임피던스 간의 관계식 도출을 위한 비교 수행

: 시동저항 측정값과 배터리 EIS 측정 결과와의 비교 분석 수행

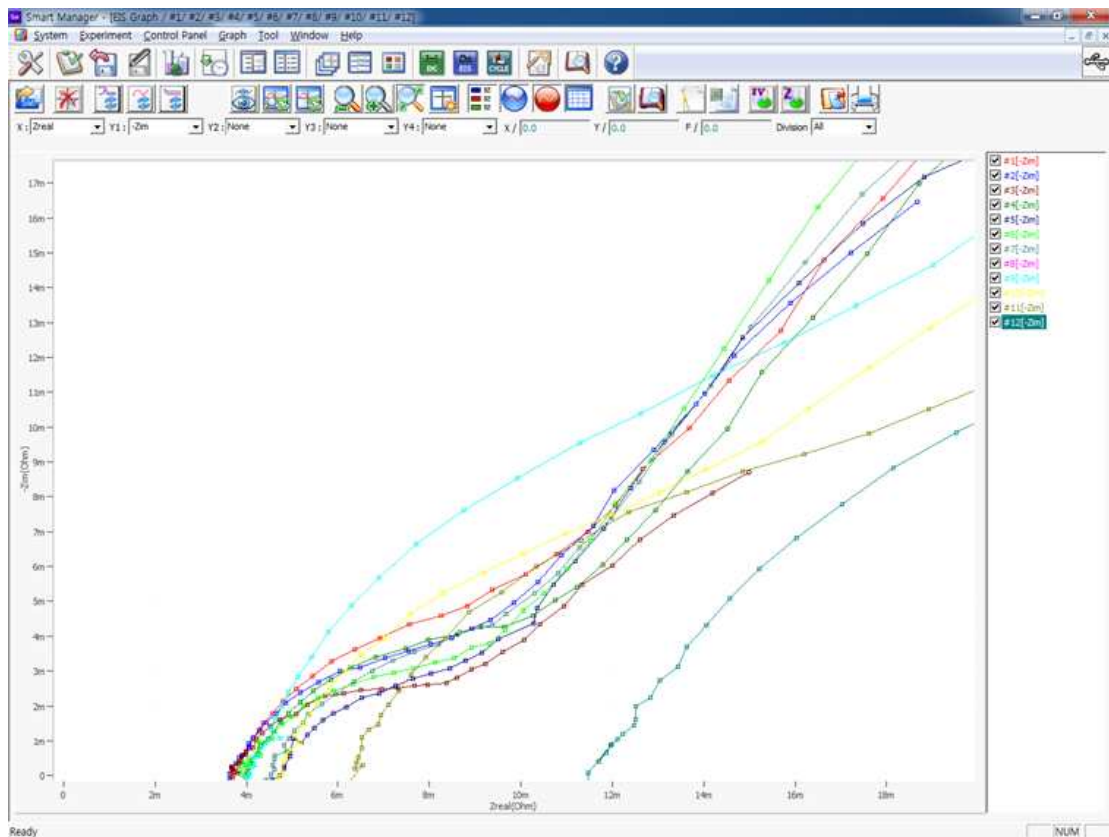
→ 배터리 내부 임피던스에 대한 기준값 도출을 위한 EIS 측정

→ 시동저항 측정값이 EIS 측정시의 순수 등가저항값과 유사한 결과값을 보이고 있으며, 이를 활용한 시동저항 추정도 가능

→ 노화가 진행될수록 배터리 내부의 저항 성분보다는 커패시턴스 성분이 크게 변동됨에 따라 EIS 측정 결과와 시동저항 간 차이가 크게 발생



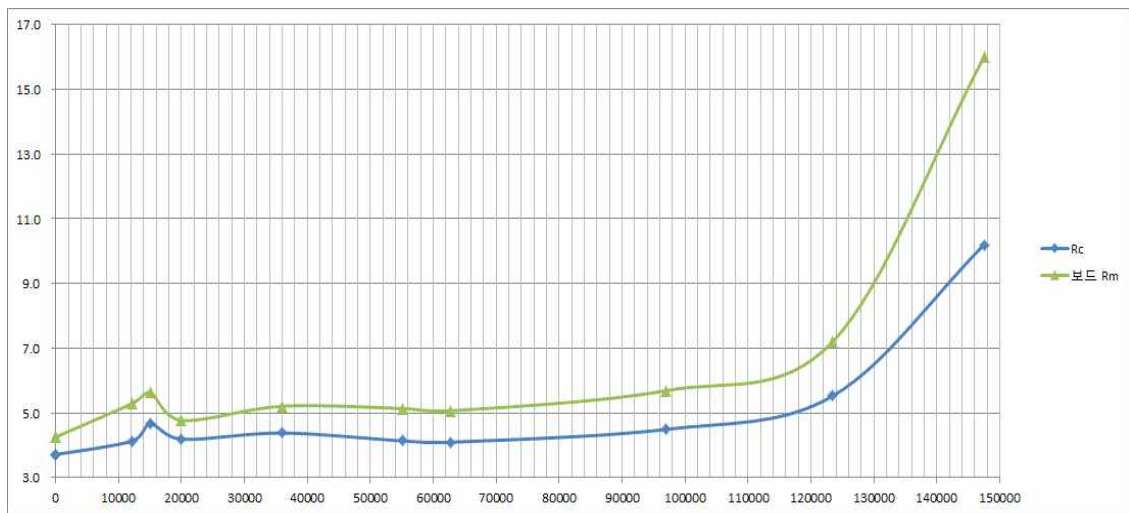
<그림 49> 배터리 EIS 측정 결과와 시동저항 간 관계 분석 결과



<그림 50> 수집 배터리의 EIS 측정 결과

: 배터리 시동저항과 검증보드로 측정 한 실시간 임피던스 산출결과와의 비교 수행

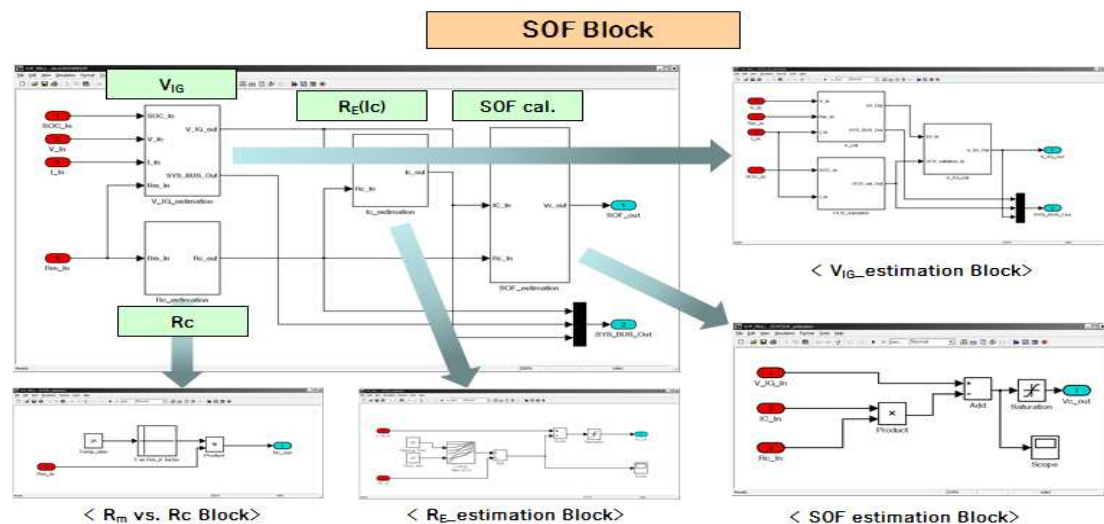
- 개선 알고리즘 탑재 검증보드에서 산출한 실시간 임피던스와 배터리 시동저항과 비교 결과, 가장 노후된 배터리를 제외하고 나머지 배터리에서는 유사 비율로 상관관계가 형성됨
- 가장 노후된 배터리의 경우 시동 성공률이 50% 이하로, 과도한 노후로 인하여 실제 실차에서의 사용도 매우 불안정적인 상황임
- 시동저항이 $10\text{m}\Omega$ 보다 커지는 경우 시동성이 불안정한 것으로 정의하고 배터리 노후의 기준을 환산 시동저항이 $10\text{m}\Omega$ 보다 커지는 경우 수명 종료로 된 것으로 정의함



<그림 51> 배터리 시동저항과 산출 임피던스와의 관계

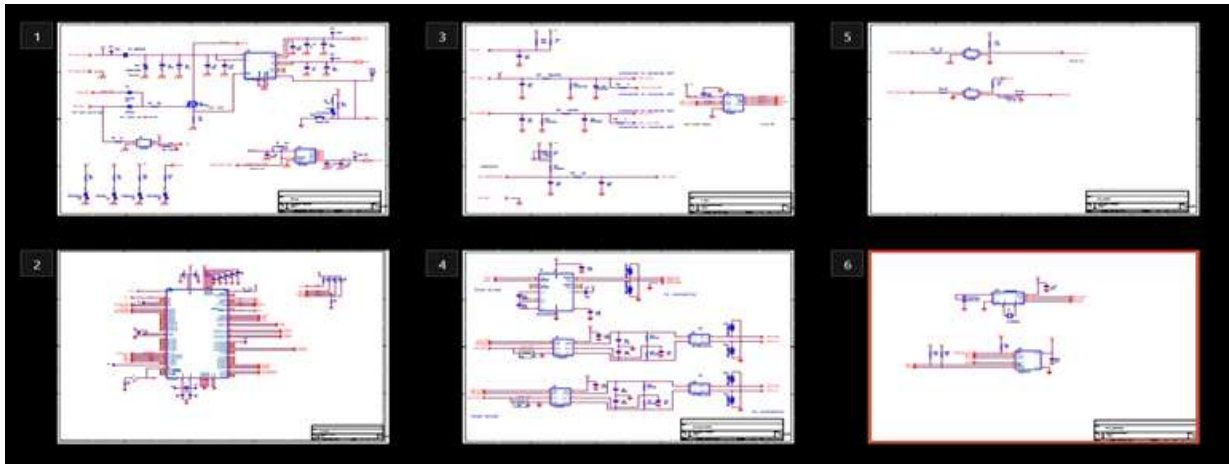
: 배터리 노화도를 반영한 실시간 배터리 임피던스 산출 알고리즘 개발 완료

- 실차에서의 실시간 측정 데이터를 이용한 배터리 임피던스 산출 알고리즘 개발 및 시동시 배터리 최저전압 추정 알고리즘 개발 완료

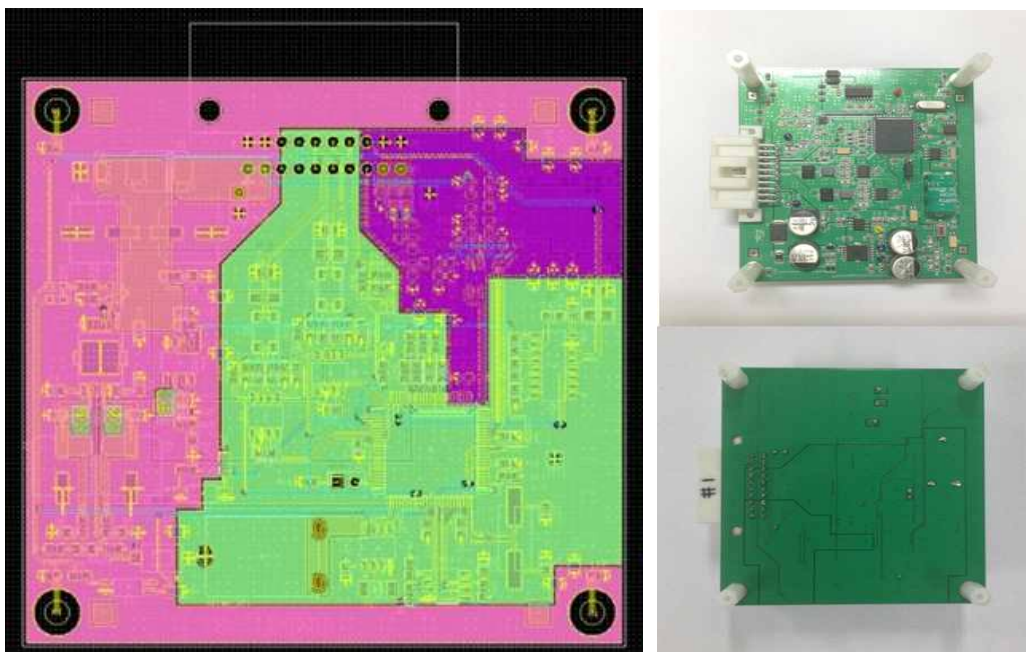


<그림 52> 배터리 시동저항과 산출 임피던스와의 관계

- 상태분석 및 노화도 알고리즘 적용 지능형 배터리 센서 개발
 - 실차 적용을 고려한 Prototype 지능형 배터리 센서 개발
 - : 검증 보드 개선을 통한 회로설계 최적화 개선 수행



<그림 53> 개선사항 적용 알고리즘 검증보드 회로



<그림 54> 개선 검증보드 PCB Artwork 및 Board 제작

- 실차 장착을 통한 개선 검증보드 특성 검토 완료
- 검증보드에 개발 알고리즘을 탑재하고, 실차 주행 상태에서 실시간 배터리 임피던스 산출 결과와 IBS에서 출력되는 결과값을 비교함으로써 검증보드를 통한 알고리즘 성능 평가 수행
- 검증보드에 대한 성능 평가를 통해 확보된 결과를 바탕으로 회로 소자정수 개선 및 AD 관련 알고리즘 변경 수행
- 최종 보완사항 반영한 알고리즘 구성 최종 설계 완료

: 실차 적용성을 고려한 Prototype 지능형 배터리 센서 개발 완료

→ 회로 설계 및 알고리즘이 최적화 된 prototype 지능형 배터리 센서 개발 수행



<그림 55> Prototype 지능형 배터리 센서 개발품

: 개발 Prototype 지능형 배터리 센서 성능 평가 수행

→ 회로 설계 및 알고리즘이 최적화 된 prototype 지능형 배터리 센서 개발 수행

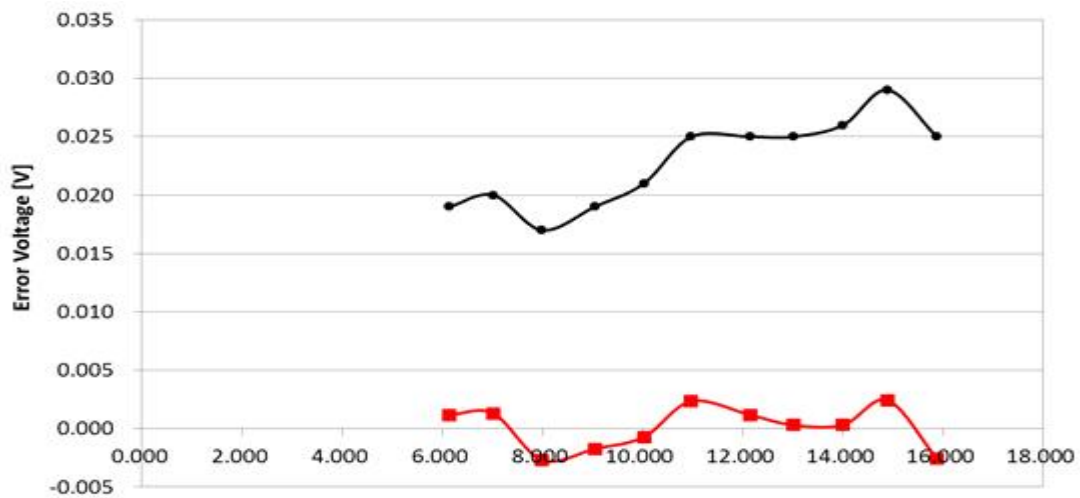
Voltage	시료	Factor	Offset
	#1	1.0010	0.0117
	#2	1.0009	0.0128
	#Case	1.0006	0.0202
	Average	1.0008	0.0149

Current	시료	Factor	Offset
	#1	1.0082	-0.1133
	#2	1.0081	-0.1128
	#Case	1.0057	-0.1102
	Average	1.0073	-0.1121

<그림 56> Prototype 지능형 배터리 센서 개발품 전압/전류 윌셋 측정

배터리 모의 전압_DMM [V]	LRM V_CAN [V]	Error [V]	보정 후 예상 LRM V_CAN [V]	보정 후 예상 Error [V]
6.141	6.122	0.019	6.139822	0.001
7.020	7.000	0.020	7.0187	0.001
7.996	7.979	0.017	7.998679	-0.003
9.050	9.031	0.019	9.051731	-0.002
10.031	10.010	0.021	10.03171	-0.001
10.978	10.953	0.025	10.975653	0.002
12.160	12.135	0.025	12.158835	0.001
13.013	12.988	0.025	13.012688	0.000
14.010	13.984	0.026	14.009684	0.000
14.899	14.870	0.029	14.89657	0.002
15.886	15.861	0.025	15.888561	-0.003

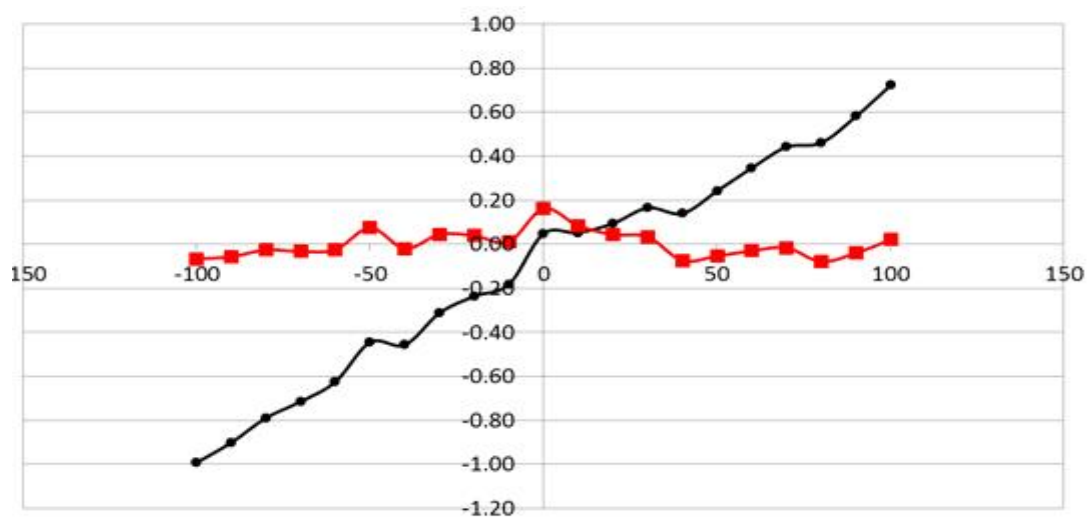
<그림 57> Prototype IBS 전압 측정 보정을 통한 정확도 개선



〈그림 58〉 개발 Prototype IBS 전압 측정 보정 전/후 정확도 비교

배터리 전류(AVG)_DL850V [A]	LRM C(AVG)_CAN [A]	Error [A]	보정 후 예상 LRM V_CAN [A]	보정 후 예상 Error [A]
-100.0770969	-99.08523541	-0.99	-100.01	-0.07
-90.06857847	-89.16745875	-0.90	-90.01	-0.06
-80.07759944	-79.28830444	-0.79	-80.05	-0.03
-70.04798343	-69.33353024	-0.71	-70.02	-0.03
-60.01303758	-59.38847581	-0.62	-59.99	-0.02
-49.98245915	-49.53757172	-0.44	-50.06	0.07
-39.97001347	-39.5134	-0.46	-39.95	-0.02
-29.95507572	-29.643624	-0.31	-30.00	0.04
-19.96489424	-19.7286898	-0.24	-20.00	0.04
-9.976230012	-9.794929314	-0.18	-9.99	0.01
0.004693962	-0.043596542	0.05	-0.16	0.16
9.998260167	9.9457125	0.05	9.91	0.08
20.03893443	19.94443061	0.09	19.99	0.04
30.02218821	29.85701217	0.17	29.99	0.03
40.00796239	39.86819838	0.14	40.08	-0.07
50.04292921	49.80091919	0.24	50.10	-0.05
60.04757584	59.70097782	0.35	60.08	-0.03
70.04835355	69.60692742	0.44	70.06	-0.02
80.01579115	79.55517944	0.46	80.09	-0.08
90.09909071	89.51783065	0.58	90.14	-0.04
100.1079482	99.38508835	0.72	100.09	0.02

〈그림 59〉 개발 Prototype IBS 전류 측정 정확도 실험 결과

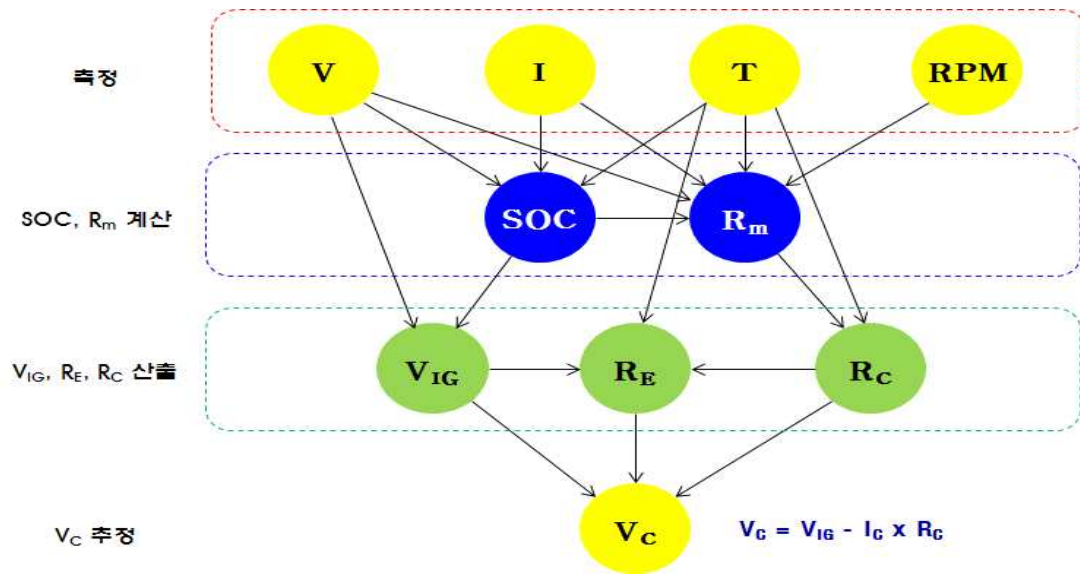


〈그림 60〉 개발 Prototype IBS 전류 측정 보정 전/후 정확도 비교

- 실차 수준 상태분석 및 노화도 분석 알고리즘 검증

: 배터리 센서 장착 및 실차량 운용 조건에서의 배터리 상태분석 및 노화도 분석 알고리즘 개발 및 검증 평가 수행

→ 주관기관 소재 지역 및 시내 혼잡 지역에서의 배터리 상태분석 알고리즘과 노화도 분석 알고리즘 검증 수행



<그림 61> 배터리 상태분석 및 수명예측 전체 알고리즘 구성도

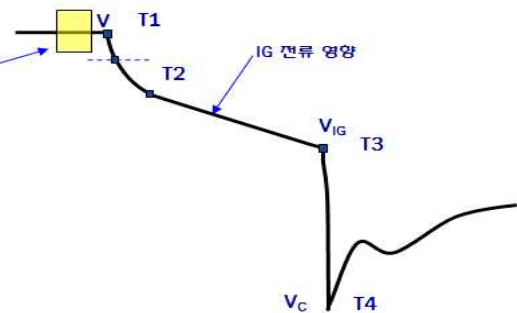
■ SOC - OCV 적용 V_{IG} 및 V_C 추정 검토

■ ISG 전압전 SOC → OCV 값 추출

■ 전압강아 → I_{IG} 전류 적용

■ 저항을 통한 SOF 추정

$$V_C = \frac{V_{IG}}{R_C + R_E} \times R_E = \frac{R_E}{K \square R_m + R_E} \times V_{IG}$$



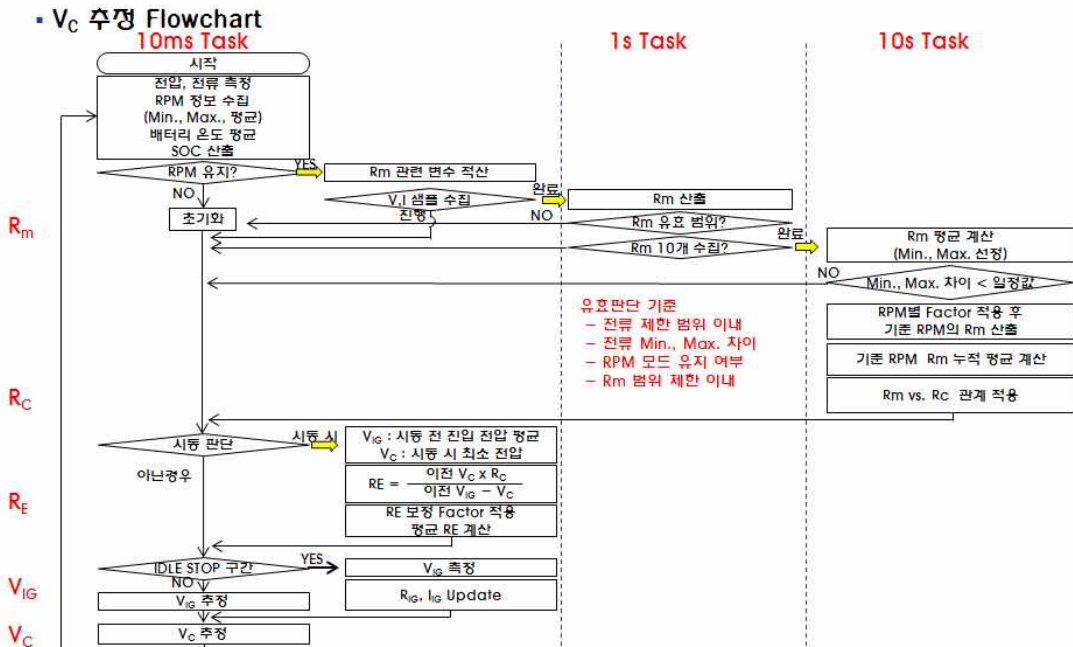
시험 번호	IBS		알고리즘 연산값			측정값			
	t1 SOC	t3 SOC	t3 SOC VS OCV	t3 V_cal	t4 V_cal	t3 V	t3 I	t4 V	t4 I
1	74	74	12.59	12.54	9.28	12.60	-10.04	9.26	-860.57
2	75	74	12.60	12.55	9.29	12.58	-10.54	9.26	-881.78
3	75	75	12.60	12.56	9.29	12.56	-9.41	9.22	-881.02
4	76	76	12.61	12.48	9.23	12.27	-30.75	9.11	-866.22
5	77	76	12.61	12.48	9.23	12.29	-29.49	9.11	-871.61
6	78	77	12.63	12.49	9.24	12.29	-29.74	9.13	-859.94
7	76	75	12.60	12.56	9.29	12.51	-9.79	9.19	-872.49
8	76	76	12.61	12.57	9.30	12.49	-10.29	9.19	-867.34
9	79	77	12.63	12.49	9.24	12.24	-30.25	9.15	-853.67
10	78	76	12.61	12.48	9.23	12.21	-29.87	9.11	-847.14

<그림 62> IBS 개발품 SOC 및 SOF 적용 알고리즘 및 실측값 결과 비교

- ECU 사양 기반 10ms TASK 알고리즘 구현 방안 검토 연구 수행

: 개발 알고리즘의 10ms Task 운용 가능성 검토 수행

→ 개발 알고리즘에 대한 10ms Task 운용을 고려한 알고리즘 수정

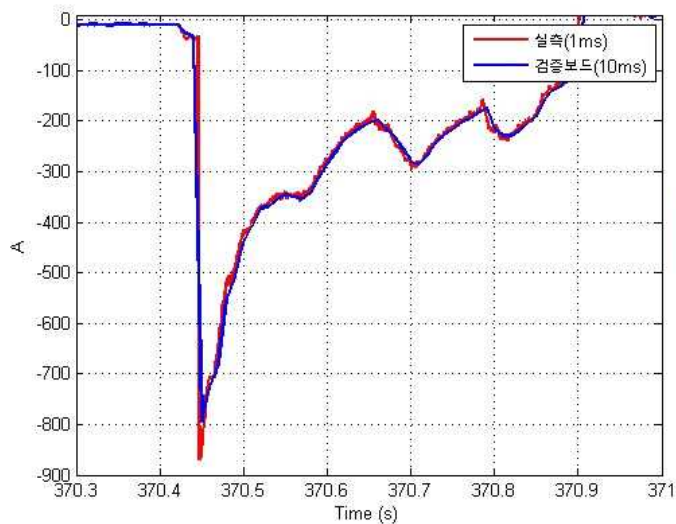


<그림 63> IBS 개발품 SOC 및 SOF 적용 알고리즘 및 실측값 결과 비교

→ 10ms Task 운용시 시동 전류 측정 시, 70~100A의 전류 측정 오차 발생 가능성

→ 시동 전류 측정 오차는 시동 저항 산출에 오차 발생의 근원이 될 수 있음

→ 실시간 배터리 임피던스 산출에도 오차 발생으로 인해 SOC 및 SOH 산출의 오차가 1ms 샘플링에 비해 상대적으로 크게 발생



실측 (1ms)	검증보드 (10ms)	오차
868.34	793.39	-74.95

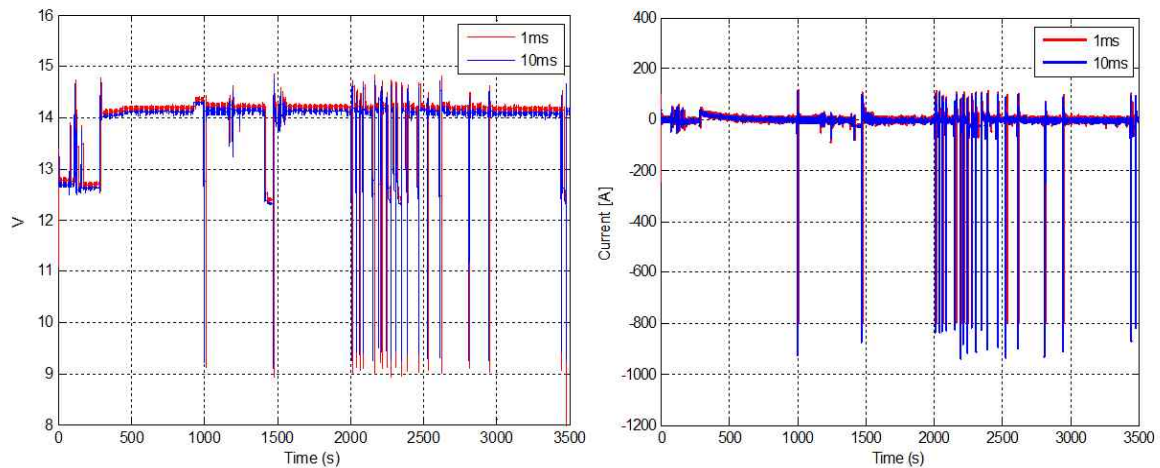
<그림 64> 1ms와 10ms 샘플링 시의 오차 비교

- 실차 운영을 통한 1ms 및 10ms Task 운용 알고리즘 성능 비교

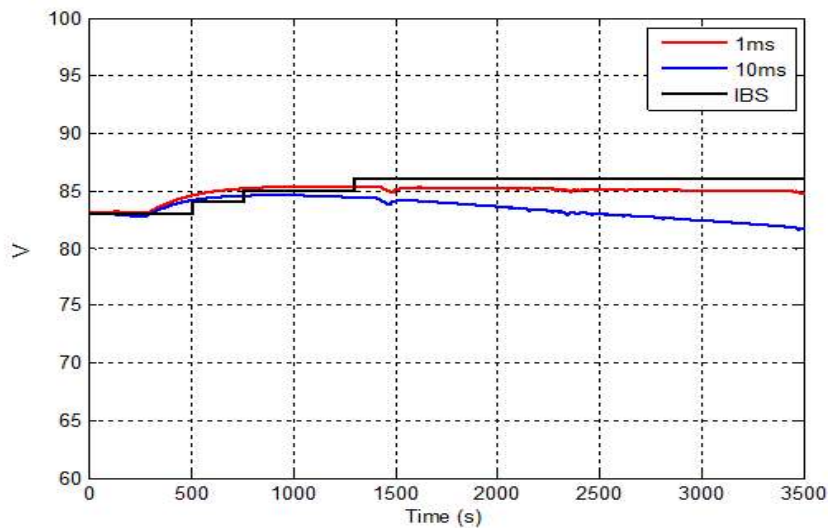
: 1ms 및 10ms 운용 알고리즘 성능 비교를 위한 실차 운행 데이터 적용 성능평가 수행

→ 시내 및 고속도로 복합 구간에서의 SOC 및 SOH 성능 비교 수행

→ 개발 prototype IBS에 1ms 알고리즘 탑재 운용 및 실측 전압/전류 데이터를 활용한 10ms 알고리즘 시뮬레이션 검증 수행



<그림 65> 시내-고속 복합 구간에서의 1ms와 10ms 측정 데이터



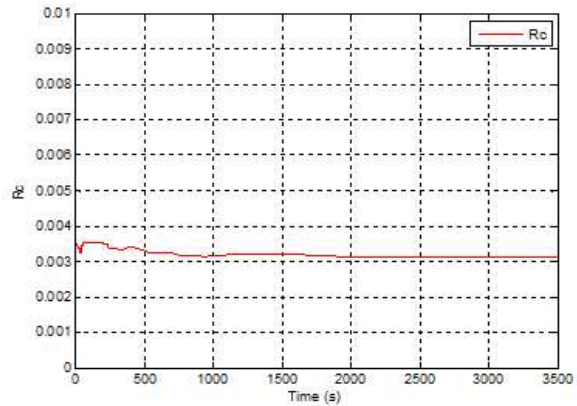
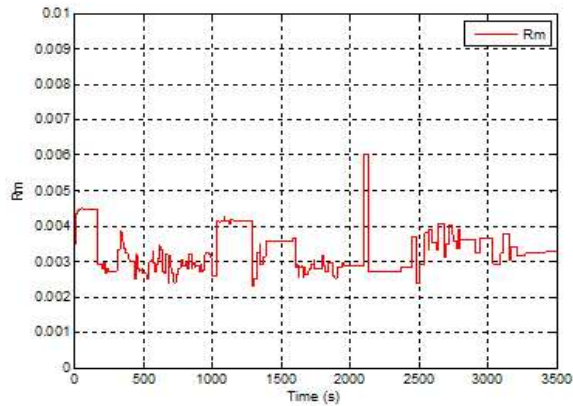
<그림 66> 시내-고속 복합 구간에서의 SOC 산출 오차

→ 1ms 샘플링 알고리즘 적용 prototype IBS는 2% SOC 산출 오차 발생

→ 초기 온도별 SOC-OCV 값에서 기존 IBS와 일부 차이 발생 및 실차에서의 충/방전 효율 최적화를 위한 온도보정계수 보완 필요

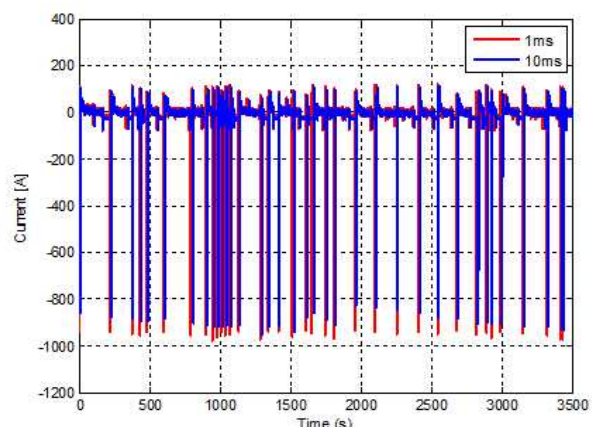
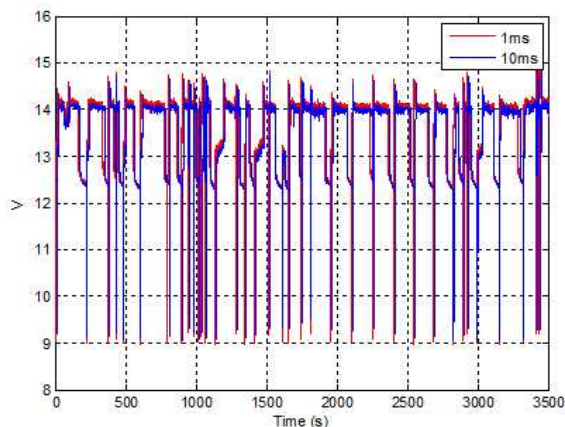
	남은용량	IBS	1ms	10ms	1ms Error[%]
SOC [%]	86.8	86.0	84.8	81.7	2.0

- 10ms 운용 알고리즘은 최대 시동 전류값이 적용되는 시간이 실제값에 비해 크기 때문에, 빈번한 시동이 발생하는 상황에서 해당 값에 대한 오차가 누적됨을 확인
- 10ms 운용 알고리즘의 실차 적용시에는 시동전류 최대값이 유지되는 구간에 대한 시간 설정이 주요 개선사항을 판단됨

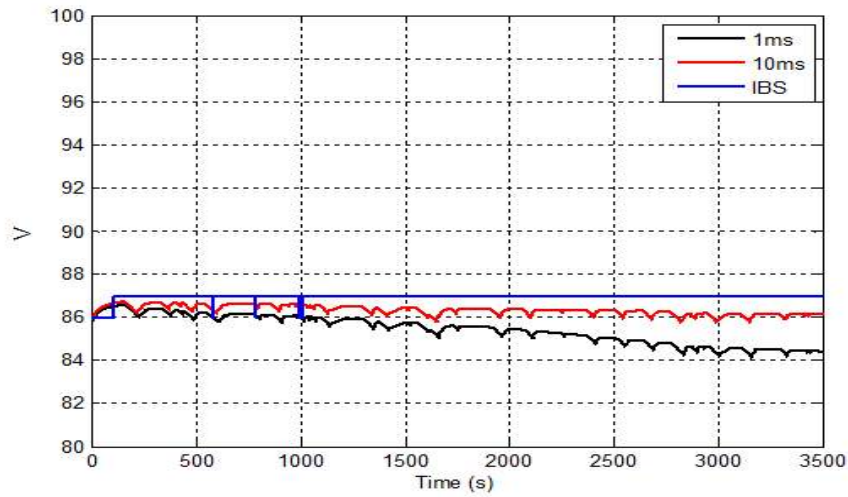


<그림 67> 실차 운용 구간에서의 배터리 임피던스 산출(좌: 동적저항, 우: 시동저항 환산)

- 시내 및 고속도로 복합 구간에서의 배터리 임피던스 산출 결과($3.18\text{m}\Omega$)는 EIS로 측정된 신규 배터리의 내부 임피던스($3.02\text{m}\Omega$)과 비교하면 5.3% 오차값임
 - 해당 배터리 임피던스 산출 오차를 적용하면, SOH 산출 오차는 EIS 측정값 적용시의 SOH(99.7%) 대비 2.3% 오차를 갖는 97.4%임
 - 주행 초기 시점에는 SOH 연산을 위한 배터리 임피던스 산출값의 안정화가 충분히 이루어지지 않아 오차가 크게 발생하게 됨
 - 초기 시점 기준으로 하는 경우, 배터리 내부 임피던스 산출 결과($3.53\text{m}\Omega$)는 16.89%의 최대 오차를 지니며, 이는 SOH 연산 시 92.4%로 기준값 대비 7.3%의 SOH 연산 오차를 지님
 - 초기 오차를 줄이기 위한 알고리즘 보완 및 Re-Cal 모드 적용 방안 수립
- : 시내 혼잡 구간에서의 개발 알고리즘의 성능 비교 수행



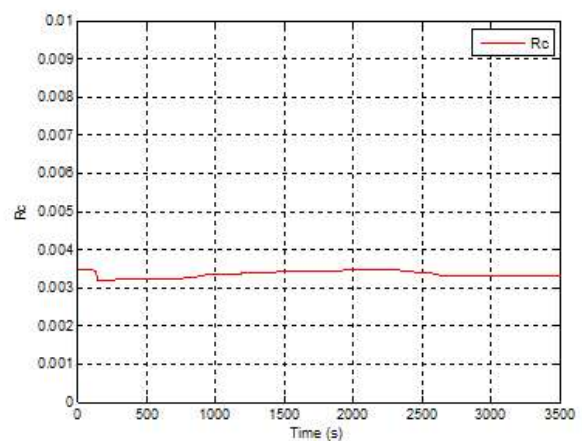
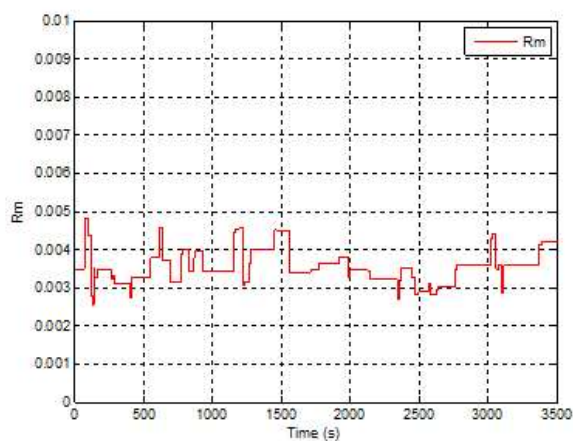
<그림 68> 시내 혼잡 구간에서의 1ms와 10ms 측정 데이터



	남은용량	IBS	1ms	10ms	1ms Error[%]
SOC [%]	86.4	87.0	86.1	84.3	0.3

〈그림 69〉 시내 혼잡 구간에서의 SOC 산출 오차

- 시내 혼잡 구간에서의 추가 개선된 알고리즘 적용 시, 1ms 샘플링 알고리즘 적용 prototype IBS는 0.3% SOC 산출 오차 발생
- 배터리 잔여 용량실험 수행 결과 86.4%로, 10ms Task 알고리즘에 의한 결과값과 비교할 때 2.1% 오차가 발생하며, 10ms 운용 알고리즘은 최대 전류 측정에 대한 보정을 알고리즘에 추가 적용하였음에도 불구하고 시내 혼잡 구간의 빈번한 재시동으로 인해 오차가 누적됨
- 배터리 임피던스 산출의 경우, 빈번한 시동으로 인하여 안정적인 차량 조건이 유지되는 시간이 짧아짐에 따라 산출 임피던스의 오차가 상대적으로 크게 발생하는 현상이 확인됨



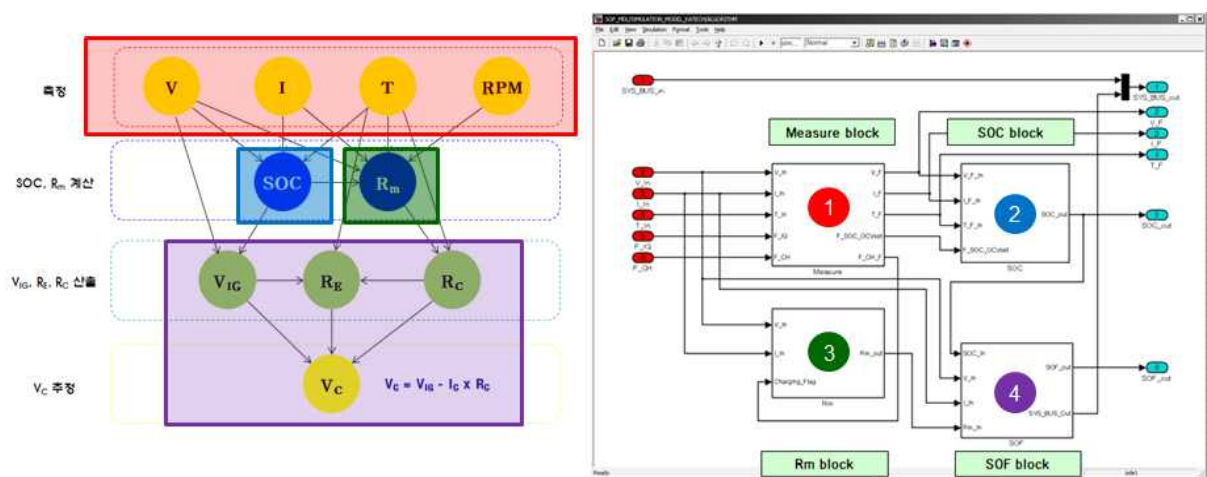
〈그림 70〉 실차 운용 구간에서의 배터리 임피던스 산출(좌: 동적저항, 우: 시동저항 환산)

→ 시내 혼잡 구간에서의 배터리 임피던스 산출 결과($3.4\text{m}\Omega$)는 EIS로 재측정한 실험 배터리의 내부 임피던스($3.08\text{m}\Omega$)와 비교하면 10.4% 오차값이며, SOH 오차 연산 시 기준 98.86% 대비 94.29%로 4.57%임

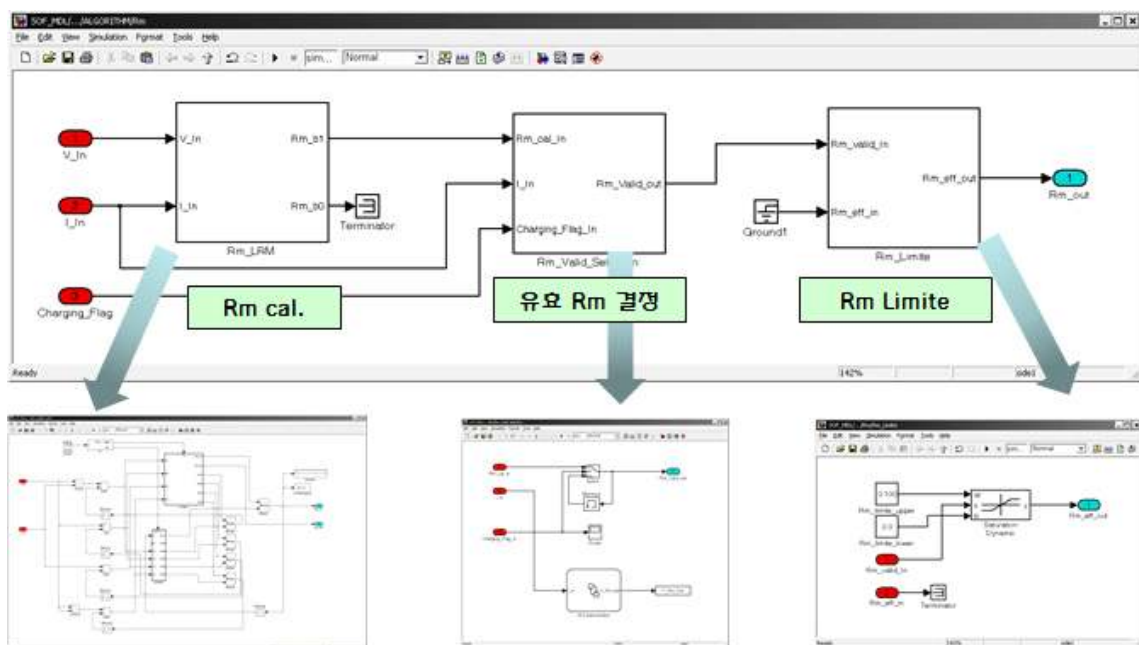
→ 최대 오차가 발생하는 부분에서는 배터리 임피던스는 $3.53\text{m}\Omega$ 으로, 14.6%의 최대 오차를 지니며, 이는 SOH 연산 시 92.43%로 기준값 대비 6.43%의 SOH 연산 오차를 지님

- 실차 운행 결과를 반영한 시동시 배터리 최저전압 산출 알고리즘 최종 개선 개발 완료
: 배터리 최저전압 산출을 위한 최종 개선 알고리즘 시뮬레이션 모델 개발 완료

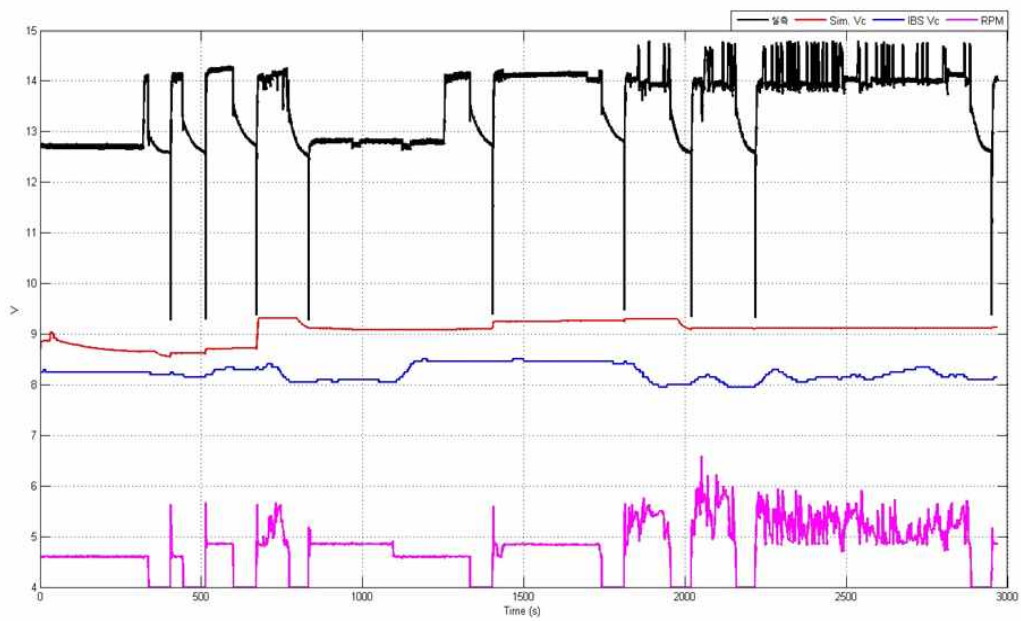
→ 시내 혼잡 구간에서의 빈번한 재시동을 고려한 초기화 모드 적용



<그림 71> 최종 알고리즘 구성 및 시뮬레이션 모델

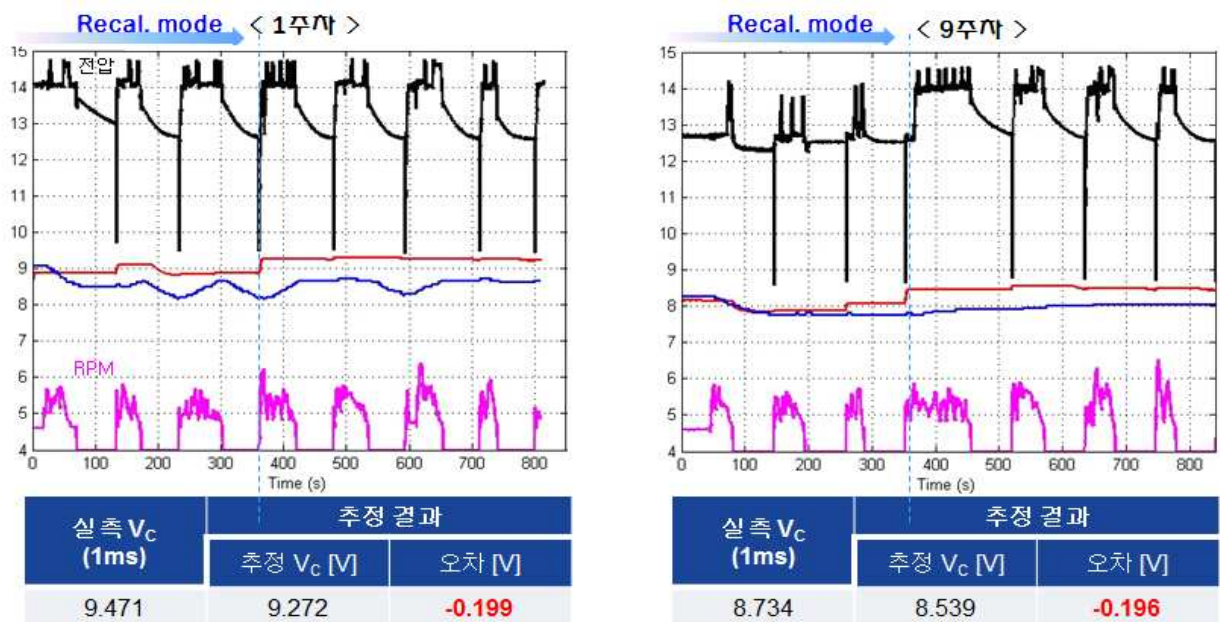


<그림 72> 배터리 알고리즘 산출 초기화 모드를 추가한 최종 개발 알고리즘



〈그림 73〉 초기화 모드 적용 알고리즘의 적용 결과

- 배터리 노화도를 반영한 배터리 최저 전압 구현 알고리즘 동작성 검증
 - : 배터리 최저전압 산출을 위한 최종 개선 알고리즘 시뮬레이션 모델 개발 완료
 - 배터리 노화의 진행에 따른 배터리 최저 전압 산출 오차 분석 수행
 - 충방전 시험기를 이용한 패턴 노화 배터리에 대한 개발 알고리즘 적용, 시동시 배터리 최저 전압 산출 결과에 따르면 완성차업체에서 요청하는 0.6V 오차 이내의 값의 성능 결과를 보임
 - 배터리가 노화되더라도 성능 결과 수준은 유사 수준을 유지함

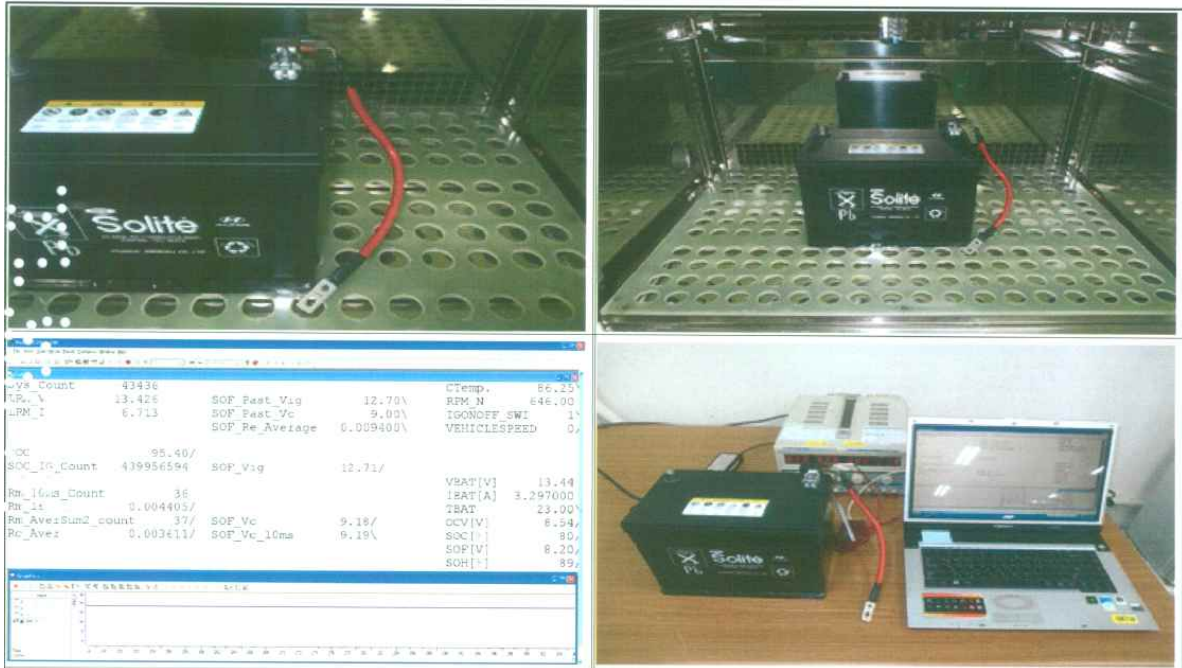


〈그림 74〉 노화도 반영 알고리즘 동작성 검증 결과

- 차량 환경 수준의 온/습도 내환경 확보기술 개발

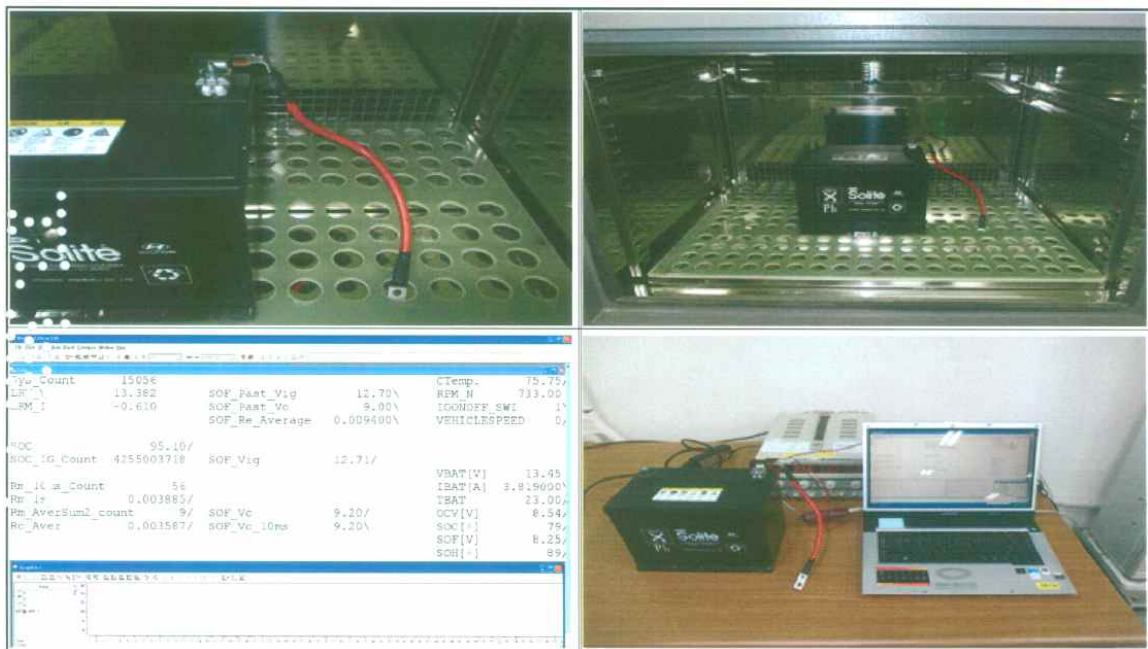
: 차량 환경 수준 및 완성차 업체의 내환경 성능 요구수준을 고려한 내환경 평가 수행

→ 고온 방치 시험



<그림 75> 고온방치 시험 - 규격 만족

→ 저온 방치 시험



<그림 76> 저온방치 시험 - 규격 만족

→ 저온 동작 시험



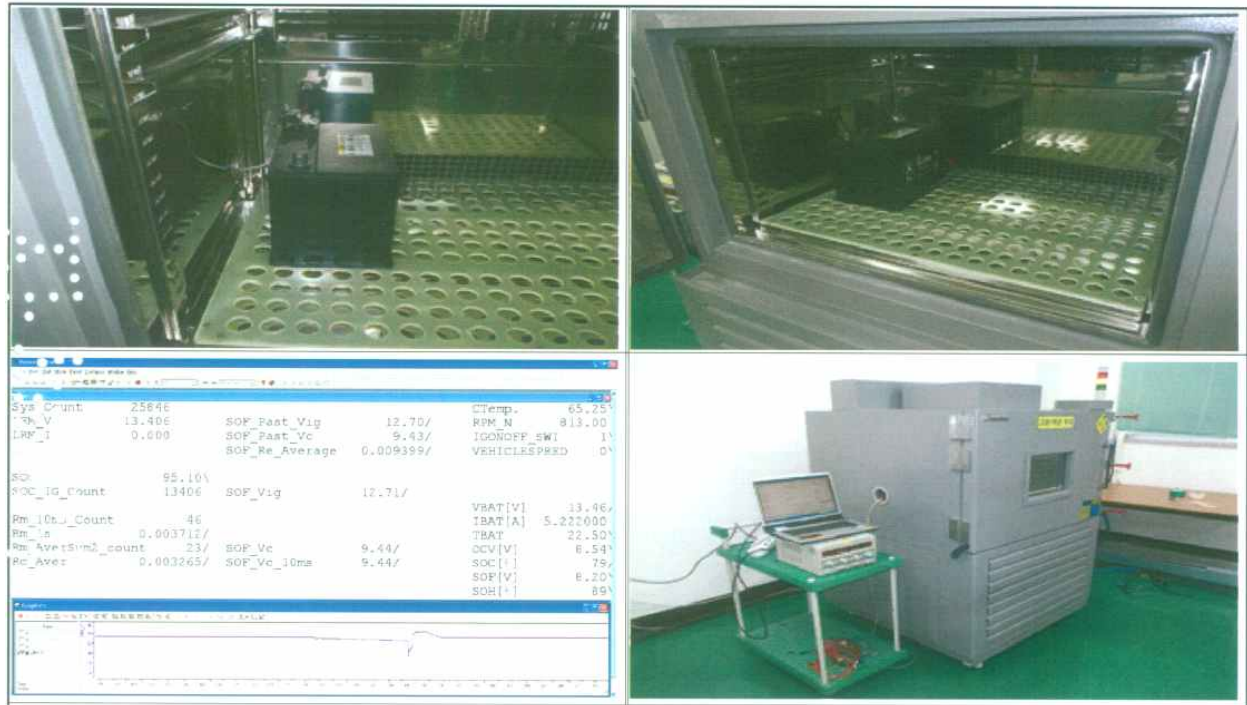
<그림 77> 저온동작 시험 - 규격 만족

→ 고온 동작 시험



<그림 78> 고온동작 시험 - 규격 만족

→ 온습도 사이클 시험



<그림 79> 온습도 사이클 시험 - 규격 만족

→ 온도 특성 시험



<그림 80> 온도 특성 시험 - 규격 만족

→ 온도 사이클 시험



<그림 81> 온도 사이클 시험 - 규격 만족

→ 열충격 시험



<그림 82> 열충격 시험 - 규격 만족



KOREA AUTOMOTIVE TECHNOLOGY INSTITUTE

시험·분석 성적서

KATECH
자동차부품연구원

영역서번호 : KTD142981-1

1994년 설립된 한국기술연구원 소속으로
Tel. 041-559-5114 Fax 041-559-5387
http://www.katech.kr

총 18페이지 중 1 페이지



KOREA AUTOMOTIVE TECHNOLOGY INSTITUTE

시험·분석 성적서

KATECH
자동차부품연구원

영역서번호 : KTD142981-1

1994년 설립된 한국기술연구원 소속으로
Tel. 041-559-5114 Fax 041-559-5387
http://www.katech.kr

총 18페이지 중 2 페이지

보통차
기 준 명 : 자동차부품연구원
대 표 자 : 06경
주 소 : 충청남도 천안시 동남구 천안대로 200
시 설 명 : 제1차 검사
시험 규 격 : KATECH 내부
시험사항명 : 동시검사 (18도 속도) 4.39% 이하

검 수 명 : 2014년 09월 25일
시험 시작 일 : 2014년 09월 25일
시험 종료 일 : 2014년 10월 10일
영역서 발급일 : 2014년 10월 28일
영역서 발급처 : 제1차원

시험 결과

시험항목	시험결과	시험방법(비고)
자동차 시험	11 Page 참조	3 Page 참조
고민 평가 시험	12 Page 참조	4 Page 참조
최종 평가 시험	13 Page 참조	5 Page 참조
고민 평가 시험	14 Page 참조	6 Page 참조
온도 측정 시험	15 Page 참조	7 Page 참조
온도 측정 시험	16 Page 참조	8 Page 참조
온도 측정 시험	17 Page 참조	9 Page 참조

본 성적서에는 시험항목에 대해 해당 시험항목의 모든 항목의 시험결과를 기재합니다.

<p>시험자</p> <p>담당 : 이종준</p> <p>Tel : 041-559-3310</p> <p>E-mail : Ntch@katech.kr</p>	<p>기술책임자(확인자)</p> <p>성명 : 신동현</p> <p>Tel : 041-559-3170</p> <p>E-mail : GTSN@katech.kr</p>
---	--

2014년 10월 28일

자동차부품연구원



<그림 83> 내환경 평가 성적서 표지

마. 연구개발의 목표 및 달성도

(1) 당해년도 계획 대비 달성도

(단위 : 천원)

구분	년도	세부 연구목표	세부 연구개발 내용	목표 대비 달성도	가중치 (연구비)
2차년도	2013	배터리 상태분석 알고리즘 개선 개발	실차연계 수준 배터리 상태분석 알고리즘 최적화	■ 달성도 : 100% ① 실시간 배터리 임피던스 산출 반영 알고리즘 모델 확보 완료 ② SOC 산출 오차 5% 이내 달성 (시내-고속 복합 2%, 시내 혼잡 0.3%)	0.3 (80,000)
			실시간 데이터 기반 임피던스 산출 알고리즘 구현		
			산출 임피던스 기반 배터리 노화도 분석방안 수립		
			산출 임피던스 활용 상태분석 알고리즘 보완 검토		
		노화특성 데이터 확보방안 수립 및 노화 수행	배터리 수명평가 방법 조사 / 분석	■ 달성도 : 100% ① 노화도 및 시동 시 최저전압 예측 알고리즘 구현 완료 ② 필드 노화배터리 10개 수집 및 특성 분석 완료 ③ SOH 산출 오차 20%이내 달성 (최대 7.3% @ 시내-고속 복합구간)	0.4 (110,500)
			잔여수명 정의 및 노화도 판정기준 정립		
			배터리 노화 가속화 패턴시험 수행		
			필드 노화배터리 분석 통한 시동저항 vs 산출임피던스 관계 연구		
		상태분석 및 노화도 알고리즘 적용 지능형 배터리 센서 개발	배터리 잔여수명 산출기반 수명예측 방안 수립 및 적용	■ 달성도 : 100% ① Prototype IBS 개발 및 성능평가 완료 ② 온/습도 내환경성 7개 항목 이상 평가 완료	0.3 (105,000)
			실차 적용을 고려한 Prototype 지능형 배터리 센서 개발		
			실차수준의 상태분석 및 노화도 분석 알고리즘 검증		
			차량환경 수준의 온/습도 내환경성 확보기술 개발		
			ECU 사양 기반 10ms Task 알고리즘 구현방안 검토 연구		
계					1 (295,500)

(2) 최종평가

(단위 : 천원)

구분	년도	세부 연구목표	세부 연구개발 내용	목표 대비 달성도	가중치 (연구비)	추진일 정 1차년도	
						(1/4)	
최종 평가	2014	배터리 상태분석 알고리즘 개발	알고리즘 도출 위한 배터리 특성분석 실험 수행 및 분석	■ 달성도 : 100% ① SOC 산출 오차 5% 이내 달성 (시내-고속 복합 2%, 시내 혼잡 0.3%)	0.35 (180,000)		
			배터리 특성실험 결과 기반 SOC 알고 리즘 개발				
			실차연계 수준 배터리 상태분석 알고 리즘 최적화 개발				
			산출 임피던스 활용 상태분석 알고리 즘 보완 및 최적화 개발				
		센서운용범위 고 려 BS 개선 개발	시동전류 측정 가능한 대전류 BS 개 선 개발	■ 달성도 : 100% ① BS 개발품 전류 용량 : 500A 이상 달성 ② V/I 측정 정밀도 $\pm 100\text{mV}/\pm 1\%$ (FSR) 달성	0.15 (70,000)		
			산출오차 개선 위한 V/I 측정정밀도 확보				
		배터리 노화도 분석 알고리즘 개발	배터리 노화 가속화 실험 및 필드 배 터리 특성 분석 실험	■ 달성도 : 100% ① SOH 산출 오차 20% 이내 달성(최대7.3%)	0.20 (110,500)		
			산출 임피던스 기반 배터리 노화도 분석 알고리즘 개발				
		상태분석 및 노 화도 알고리즘 적용 지능형 배 터리 센서 개발	상태분석 알고리즘 시뮬레이션 모델 설계 및 마이컴 코드 구현	■ 달성도 : 100% ① Prototype 지능형 배 터리 센서 개발 완료	0.3 (175,000)		
			알고리즘 검증용 Test Board 제작				
			실차 적용을 고려한 Prototype 지능형 배터리 센서 설계 및 제작				
			Prototype 지능형 배터리 센서 개발품 성능검증 실험				
	계					1 (535,500)	

바. 연구성과

구 분		2차년도(2014)		비 고
		계획	실적	
국외 논문게재	SCI			
	비SCI	1	1	목표 달성
국내 논문게재	SCI			
	비SCI	1	2	목표 달성
특허출원	국내	2	2	목표 달성
	국외			
특허등록	국내	1	2	목표 달성
	국외			
인력양성	석사			
	박사			
기술료실적	계약건수			
	계약액			
	징수액			
기타	시작품			
	기술이전		1	개발 성과물(특허) 기술 이전

※ 계획서에 반영되어 있지 않지만, 발생한 주요 성과(시제품, 시험인증 등)는 '기타'에 기입

1) 논문게재 성과

게재연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저자				
2014.04	차량용 배터리의 전압 상태 측정을 통한 시동 전압 추정에 관한 연구	김병훈	김병훈	정진범 외 6인	2014 전기기기 및 에너지변환시스템부문회 춘계학술대회	303-305	국내	X
2014.06	A Study on Operation Verification of the Power Converter for PHEVs by Using Fault Insertion Method and Battery HILS	Tae-Hoon Kim	Tae-Hoon Kim	Jin Beom, Jeong 외 4명	Proceedings of the International Conference on Electrical Engineering (ICEE), 2014,	pp 578-583.	국외	X

게재연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저자				
2014.09	친환경 자동차용 통합형 전력변환장 치의 개발 및 배터리 HILS를 이용한 LDC 검증에 관한 연구	김태훈	이백행	김태훈외 5인	대한전기학회 논문지	Vlo. 63. No. 9	국내	X

2) 특허 성과

출원된 특허의 경우					등록된 특허의 경우				
출원연도	특허명	출원인	출원국	출원번호	등록연도	특허명	등록인	등록국	등록번호
2014.11	차량 시동 용 배터리 잔여수명 산출방법	자동차부 품연구원	대한민 국	10-2014-01652 36	2014.08	시간당 변 화율을 이 용한 차량 용 배터리 의 시동전 류 산출 시스템 및 그 방법	자동차부 품연구원	대한민 국	101427738
2014.11	전류센서 가 없는 시동용 배 터리 내부 저항 추정 시스템 및 그 방법	자동차부 품연구원	대한민 국	10-2014-01672 82	2014.07	차량용 배 터리의 시 동저항 산 출 시스템 및 그 방 법	자동차부 품연구원	대한민 국	101418883

3) 기술료 징수 현황(연구개발과제에 참여한 협동연구기관 및 참여기관 포함)

기 징수액	해당연도 징수액	향후 징수액	합계

4) 사업화 현황

사업화명	사업화내용	사업화 업체 개요				기매출액	해당연도 매출액	매출액 합계
		업체명	대표자	종업원수	사업화형태			

5) 인력활용/양성 성과

가) 인력지원 성과

지원 총인원	지원 대상 (학위별, 취득자)				성별		지역별		
	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	대전	기타지역

나) 장·단기 연수지원 성과

장기 (2개월 이상)		단기 (2개월 미만)	
국내	국외	국내	국외

다) 산업기술인력 양성 성과

프로그램명	프로그램 내용	교육기관	교육 개최회수	총 교육시간	총 교육인원

6) 국제화/협력 성과

가) 인력교류 성과

외국 연구자 유치				해외 파견			
유치기간(월)	국적	학위	전공	파견기간(월)	파견국	학위	전공

나) 기술무역 성과

(단위 : 백만원)

기술명	분야	징수액	해당연도 징수액	향후 예정액	계약 업체명	계약업체 소속국가	수출/수입

다) 학술회의 개최 성과

명칭	기술분야	규모			개최장소	지원 금액 (백만원)
		참가국	인원	기간(일)		

라) 국제협력 기반

MOU 체결			수요조사			공동연구	
대상국	대상기관	수집자료 (건)	대상국	과제접수 (건)	과제도출 (건)	대상국	협약연구비 (백만원)

7) 경제사회 파급효과

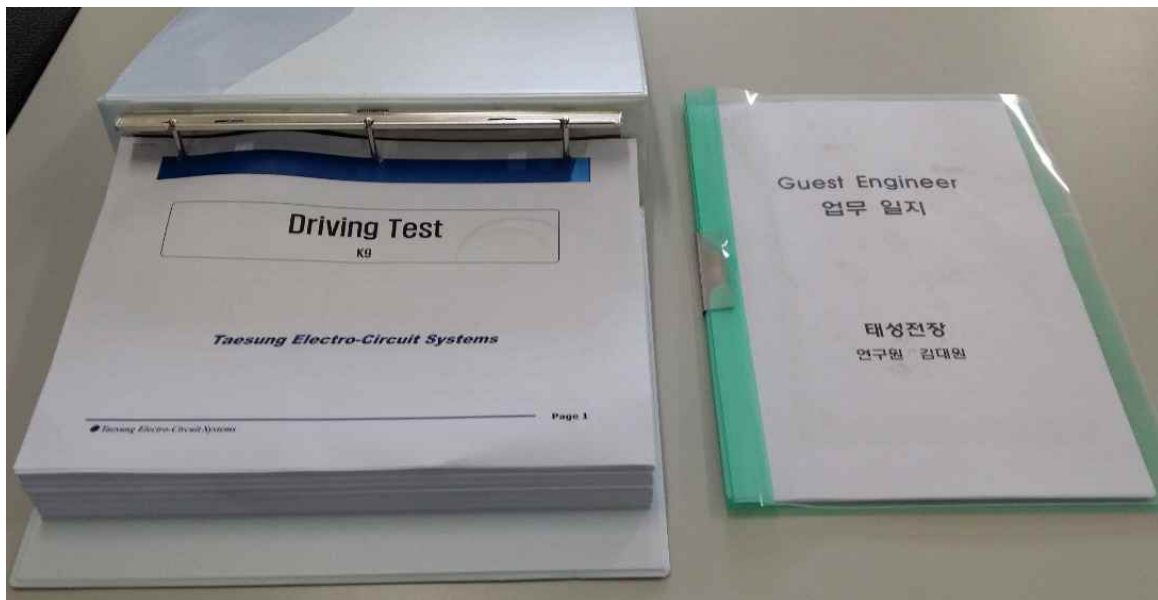
산업지원 성과 (단위 : 건)				고용창출 성과 (단위 : 명)		
기술지도	기술이전	기술평가	합계	창업	사업체 확장	합계

사. 기업의 연구개발 참여현황

- 참여기업인 태성전장(주)는 국내 완성차업체의 1차 공급업체로서, 차량용 파워 와이어 하네스(Power Wire Harness) 및 배터리 센서(Battery Sensor)를 납품하고 있어, 본 과제를 통해 개발된 실시간 배터리 임피던스 기반의 배터리 상태분석 알고리즘을 적용한 배터리 센서의 성능 고도화 및 IBS 생산품의 펌웨어 개발을 목표로 함
 - 자동차부품연구원에서는 향후 달성코자하는 기업의 제품개발 목표를 고려하여, 참여기업이 하드웨어 부분에 대해서만 제조하고 있는 배터리 센서와 지능형배터리 센서의 펌웨어 구현을 위한 배터리 상태분석 알고리즘 구현에 대해 연구개발을 수행하였음
 - 배터리 상태분석 알고리즘과 더불어 실시간 배터리 임피던스 산출 기반의 노화도 분석 알고리즘 개발을 통해, 비상전원차단장치나 대전류 차단장치와 같은 다른 응용분야 제품으로의 확대 적용이 가능한 알고리즘 개발을 목표로 연구개발을 수행토록 참여기업 담당 연구인력과 협업을 통해 추진하였음
 - 경제형 배터리 센서와 같이 별도의 제어기 없이 차량의 ECU 등을 활용한 알고리즘 구현이 가능토록, 1ms Task 기반으로 개발된 최종 알고리즘 및 10ms Task 운용 알고리즘 개발도 참여기업 및 완성차업체 담당자의 의견을 반영하여 검토 완료함
- 참여기업인 태성전장의 연구인력에 대한 기술 전문성 제고와 더불어 주관기관인 자동차부품연구원의 전문 평가장비 운용 등에 대한 기술교육 등을 수행하였으며, 주관기관의 Gest Engineer 프로그램을 통해 실험 장비를 상시 활용할 수 있는 업무 공간에서 배터리 상태분석과 관련된 다양한 실험 및 평가에 참여하였음
 - 배터리 평가설비 운용 교육 및 평가환경 구축 노하우 등의 습득은 물론, 제어기 개발을 위한 기초적인 회로 설계 및 제작기술 등을 숙지할 수 있도록 Gest Engineer 프로그램을 통해 기술교육을 진행함
 - 태성전장(주) 연구인력은 배터리 상태분석 알고리즘 기반의 지능형 배터리 센서 펌웨어 개발을 주로 수행하면서, 참여기업 내부적으로는 비상전원차단장치에 대한 선행개발 연구를 추진함으로써, 본 과제를 통해 습득한 다양한 전문기술을 응용하고, 과제 성과물을 활용할 수 있는 제품 개발의 기획, 설계 단계까지의 업무를 담당하였음
 - 지능형 배터리 센서 prototype 개발에 있어서도, 회로 및 기구 설계/제작 업무를 담당하였으며, 자동차부품연구원이 보유한 평가장비 운용기술 확보를 위해 배터리 성능평가 및 prototype 개발품에 대한 환경시험 단계부터 적극적으로 참여하였음
 - 자동차부품연구원의 실험실 내 확보된 GE Room 연구공간을 활용하여, 최대한 많은 실험과 평가에 직접 참여토록 유도하였으며, 완성차업체와의 업무 협의에 있어서도 주도적인 역할을 담당하였음
 - 자동차부품연구원 부지 내에 태성전장(주) 연구소가 존재함에 따라, 별도의 출장 및 파견 등을 수행치 않더라도 자유로운 업무 참여가 가능한 환경임

→ 본 과제는 물론 향후 신규제품 개발을 위해 요구되는 전기/전자회로 설계기술, 회로 동작 실험 노하우, 전기전자 부품 특성실험 방법 등의 제어기 개발의 필수 기초기술 및 노하우 습득을 위해, 자동차부품연구원이 보유한 전력제어시스템 개발실을 태성전장(주) 참여연구원이 적극 활용할 수 있도록 개방하고, 연구원 내 전문연구인력 활용한 기초기술 교육을 추진함

- 참여기업 담당 연구 인력의 과제참여 상태 및 업무수행 정도 등의 근무현황 관리를 위해 자동차부품연구원의 Guest Engineer에서는 업무일지 제도를 적용하고 있으며, 수행 연구내용 및 기술교육 내용 등에 대한 기술 자료화를 수행하고 있음



<그림 84> 참여기업 연구원 업무일지 및 수행 업무 관련 기술자료 바인더

- 참여기업 담당 연구 인력의 근무 현황

- 주관기관인 자동차부품연구원 Guest Engineer Room에서 업무 수행
- 자동차부품연구원 부지 내에 태성전장(주) 연구소가 존재하는 관계로, 파견 및 출장 신청은 불필요하나, 참여 연구원에 대한 업무수행 및 근태 관리를 위해 업무일지를 작성(서명 포함)



<그림 85> 참여기업 연구원 근무 장소

□ 참여기업 연구 인력에 대한 기술 교육 및 업무 수행 환경



〈그림 86〉 참여기업 연구원 업무 수행 환경



〈그림 87〉 참여기업 연구원 업무 수행 자료(보안자료)

아. 구매금액이 3천만원 이상인 연구시설·장비 구매현황

연구시설 · 장비명	구매금액 (원)	구매 일자	연구시설·장비 활용용도	설치 장소	국가과학기술종합 정보시스템 장비고유번호

자. 연구수행에 따른 문제점 및 개선방향

- ☐ 1차년도 및 2차년도까지의 과제 수행을 통해 개발된 기술들은 최초 기획단계에서 목표로 했던 연구개발 수행 목표보다 추가 달성이 되었으나, 해당 확보 기술들을 상용화하여 제품에 적용하기 위해서는 추가적인 양산화 개발을 추진되어야 함
- 연구개발 과정에서 완성차 업체 담당자 및 참여기업 담당자의 적극적인 참여를 통해 확보된 연구개발 성과물들은 각 차량 및 배터리 모델에 적합한 응용성 확대와, 제품화 단계를 거친 양산개발을 위해 제품 설계/제작, 실차 평가 등으로 이어지는 장기간의 추가 연구개발 기간이 필요한 상황임
 - 특히 기존 IBS외에 신규 제품으로의 응용 개발에 대한 상용화 개발을 추진할 필요가 있으며, 이를 위해 참여기업에서는 본 과제의 중간 결과물에 대한 기술이전까지 추진하고 있음
 - 특히, 완성차업체에서 요구하는 사항들을 모두 만족하기 위해서는 차량 통신 연계까지 포함된 기술개발이 추진되어야 하며, 이를 위한 추가적인 연구개발을 추진할 필요가 있음

차. 중요 연구변경 사항

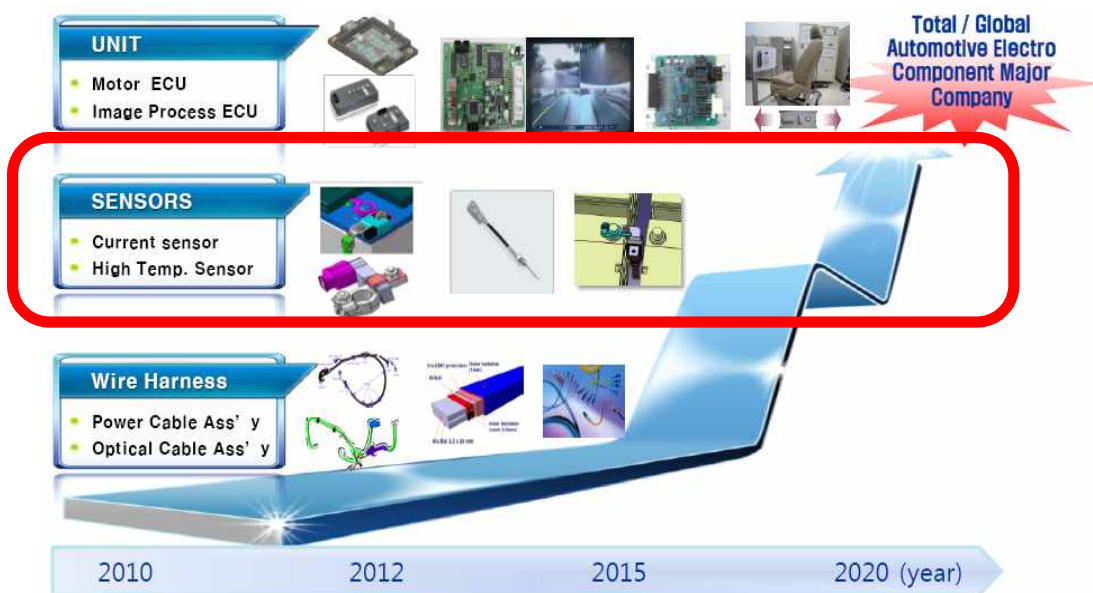
☐ 해당 없음

카. 그 밖에 건의하고 싶은 사항

☐ 해당 없음

3. 연구개발결과의 활용방안

- 과제 수행기간 동안 개발 및 확보된 배터리 상태분석 및 수명 예측기술을 토대로, 참여기업인 태성전장(주)과의 기술이전 및 추가적인 상용화 기술개발을 추진하여, 차량용 지능형배터리센서 및 비상전원관리장치 등을 개발하고, 개발품에 대한 성능 및 신뢰성을 향상시켜 상용화가 가능토록 하는 것을 목표로 함
- 상용화 기술개발을 위해서는 주관기관인 자동차부품연구원과 태성전장(주)이 참여하는 추가적인 기술개발 프로세스 추진이 필요하며, 이는 본 사업을 수행하면서 점진적인 준비과정을 거쳐 사업종료 시점에서 바로 연계될 수 형태의 상용화 기술개발이 가능하도록 노력하고자 함



〈그림 89〉 태성전장(주)의 기술로드맵

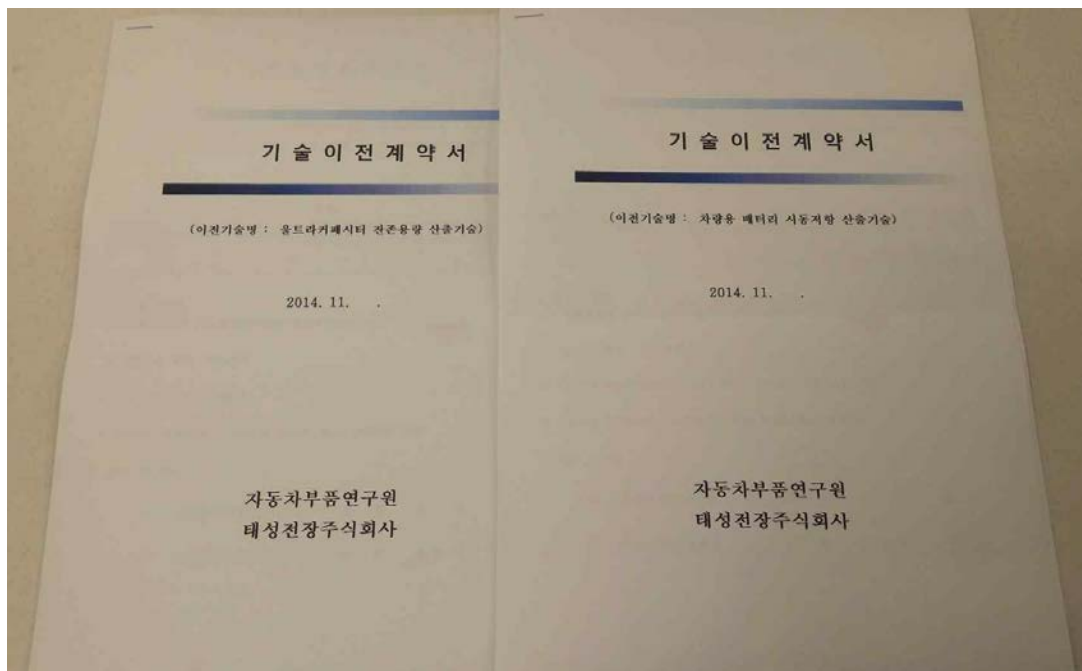
- 본 기술의 사업화 추진을 위해서는 본 후속 R&D 과제를 수행한 후, 2년간의 본격적인 시장진출 기반을 마련하기 위한 추가적인 제품화 및 양산화 기술개발이 요구되며, 사업화 대상 시점인 2016년이후부터는 본 기술의 제품화를 통한 제품 판매 및 거래처 제품 공급을 대상으로 함



〈그림 90〉 참여기업 기술 사업화 로드맵(2013~2016)

□ 본 과제 성과물에 대한 기술이전 계약이 진행중이며, 현재 참여기업의 결재 과정은 완료되고, 주관기관인 자동차부품연구원 내부 진행 프로세스 단계으로, 연내 완료가 예정되어 있음.

- 기술 이전은 본 과제의 기초기술 중, 동적 배터리 상태분석을 가능토록 하는 ‘울트라커패시터 잔존용량 산출기술’ 과, 본 과제의 수행 성과물이면서 배터리 내부 저항을 산출하는 ‘차량용 배터리 시동저항 산출 기술’ 특허가 해당됨
- 기술 이전 기술들을 활용한 본 과제의 배터리 상태분석 및 수명예측 알고리즘은 해당 특허를 포함한 구성이기 때문에 참여기업에서 해당 기술을 활용하기 위해 사용되어야 하는 기술임
- 본 과제의 기술이전 진행을 통해 향후 사업화 및 양산화 과정에 대한 추가 진행의 근간을 마련하고, 해당 기술 양산화를 위한 다각적인 노력을 추진하여 최종적으로는 개발 기술의 양산화를 목표로 함



<그림 91> 기술이전 계약서

4. 연구원 편성표

가. 연구원 목록

과제구분	성명	과학기술인 등록번호	소속기관명	직급 (직위)	전공 및 학위				참여율(%)		참여과 제 수
					학위	연도	전공	학교	본과제	타과제	
주관	정진범	1092 9918	KATECH	선임급 (팀장)	박사	2007	전자전기 제어공학	한양대	30/30	70	
	과제총괄, 회로설계/알고리즘 개발										
주관	신동현	1082 5376	KATECH	선임급 (센터장)	박사	2012	메카트로 닉스공학	한양대	20/20	65	
	실험 및 결과분석/알고리즘 개발										
주관	김태훈	1094 0718	KATECH	선임급 (선임)	석사	2011	전기공학	숭실대	20/25	60	
	제어기 제작 및 실험										
주관	이병현	1111 5361	KATECH	원급 (연구원)	학사	2009	자동차 공학	공주대	0/25	70	
	TB 및 시제품 검증실험										
주관	이영아	1113 4745	KATECH	원급 (연구원)	학사	2004	산업경영	한국기 술교육 대	25/30	60	
	데이터 분석정리 및 실험지원										
주관	김대원	1114 6753	태성전장	원급 (연구원)	석사	2011	전기공학	창원대	60/60	30	
	파견, 배터리 및 센서실험 지원										

나. 연구원 편성 현황

과제구분	과제명		직급별 참여연구원						소속기관별 참여연구원					
	연구기관	연구책임자	수 석	책임	선 임	원 급	기 타	계	출연 (연)	국공 립(연)	대학	산업 계	기타	계
주관	차량용 배터리 상태분석 및 수명예측 기술				3	2				5				5
	자동차부품연구원	정진범												
참여	차량용 배터리 상태분석 및 수명예측 기술					1						1		1
	태성전장	김대원												
합 계					3	3				5		1		6

5. 연구비 소요명세서

가. 연구비 집행실적

비목			금액	계 획금액	사 용액	잔액	비 고
직접비	인건비	미지급용	-	-	-		
		지급용	71,030,000	71,030,000	0		
		현물	18,000,000	18,000,000	0		
	학생인건비	현금	-	-	-		
	소 계		89,030,000	89,030,000	0		
	연구장비 · 재료비	현금	103,067,000	103,299,747	-232,747		
		현물	22,000,000	22,000,000	0		
	연구활동비		11,600,000	7,865,907	3,734,093		
	연구과제추진비		4,500,000	4,435,650	64,350		
	연구수당		11,000,000	11,000,000	0		
	위탁연구개발비		-	-	-		
	소 계		152,167,000	148,601,304	3,565,696		
간접비			54,303,000	54,303,000	0		
연구사업비 총액			295,500,000	291,934,304	3,565,696		

나. 비목별 연구개발비 소요명세

(1) 직접비 : 237,631,304 원

(가) 인건비

(가)-1 내부인건비

(단위 : 천원)

구분	성명	소속기관명	직급	직위	참여시작일	참여종료일	지급 구분
	과학인번호	소속부서명	국적	월급여	참여율(%)	총액	
주관	정진범	KATECH	선임	선임	20131101	20141031	지급 현금
	1092 9918	전장센터	대한민국	*****	30	*****	
주관	신동현	KATECH	선임	선임	20131101	20140630	지급 현금
	1082 5376	전장센터	대한민국	*****	20	*****	
주관	김병훈	KATECH	선임	선임	20140701	20141031	지급 현금
	1088 3192	전장센터	대한민국	*****	23.43	*****	
주관	김태훈	KATECH	연구원	연구원	20131101	20141031	지급 현금
	1094 0718	전장센터	대한민국	*****	20	*****	
주관	이병현	KATECH	연구원	연구원	20131101	20141031	지급 현금
	1111 5361	전장센터	대한민국	*****	25	*****	
주관	이영아	KATECH	연구원	연구원	20131101	20141031	지급 현금
	1113 4745	전장센터	대한민국	*****	25	*****	

(가)-2 외부인건비

(단위 : 천원)

구분	성명	소속기관명	직급	직위	참여시작일	참여종료일	지급 구분
	과학인번호	소속부서명	국적	월급여	참여율(%)	총액	
참여 기업	김대원	태성전장	연구원	연구원	20131101	20141031	지급 현물
	1114 6753	연구소	대한민국	*****	60	*****	

(나) 학생인건비 (해당없음)

(단위 : 천원)

구분	월 급여	man-month 투입 총량	총 액	비 고
박사후연구원				
박사과정				
석사과정				
학사과정				
합 계				

(다) 연구장비·재료비

(단위 : 천원)

구분	금액	내용	비고
기기·장비 및 연구시설비	25,393,707	[내자구매]2014-02-04_배터리및IBS시험용ISG 벤치차량_25,393,707_대전지방조달청	현금 구입
	4,037,500	배터리 충전 및 방전, 전류센서 특성 시험	현물 임차
	750,000	배터리 센서(BS) 전원 공급	현물 임차
	9,760,000	배터리 센서 기구 설계	현물 임차
	3,750,000	배터리 및 전류센서 온도별 특성 시험	현물 임차
	4,725,000	배터리 센서(BS) 전자장 해석	현물 임차
	5,430,000	배터리 충/방전 및 센서 실험 데이터 수집	현물 임차
	2,400,000	BS 알고리즘 Software 검증	
시약 및 재료비	1,862,520	2014-01-24_주식회사비투아이_써머커플외4종(1/24)신한카드#2009	현금 구입
	1,870,000	2014-01-24_풍세금호타이어에이플러스대리점_뱃데리AGM70(1/24)신한카드#2009	현금 구입
	1,873,630	2014-02-12_햇라인_CT-RS300A외7건(2/12)신한카드#2009	현금 구입
	1,927,200	2014-02-12_주식회사비투아이_VTG-REG외6건(2/12)신한카드#2009	현금 구입
	1,885,180	2014-02-19_주식회사비투아이_테프론튜브외9종(2/19)신한카드#2009	현금 구입
	192,000	2014-03-14_덕성종합상사_줄자외16종(3/14)신한카드#2009	현금 구입
	100,000	2014-03-18_현대오일뱅크(주)협신주유소_시험용주유비(3/18)신한카드#2009	현금 구입
	*****	2014-04-25_(주)윌텍_Interface Board Artwork(4/25)_김태훈	현금 구입
	*****	2014-05-07_반석정밀_배터리진동지그(5/7)_김태훈	현금 구입
	1,949,970	2014-05-30_주식회사비투아이_T/CWire외3종(5/30)신한카드#2009	현금 구입
	2,475,000	[내자구매]2014-07-02_BATTERYHiTESTER3554_2,475,000_서울계측기(주)	현금 구입
	4,260,000	[내자구매]2014-07-02_SensingController_4,260,000_POS(포스)	현금 구입
	1,915,100	2014-06-27_햇라인_노출4각박스외7종(6/27)신한카드#2009	현금 구입
	*****	2014-08-04_주성전자_직결나사8*13mm외7종(8/4)_정진범	현금 구입
	*****	2014-08-27_주성전자_AL케이스US40*115외8종(8/27)_정진범	현금 구입

구분	금액	내용	비고
시약 및 재료비	8,622,000	[내자구매]2014-08-26_배터리대전류차단세트_8,622,000_햇라인	현금 구입
	9,119,000	[내자구매]2014-08-26_차량용 전압/온도측정모듈_9,119,000_정우이엔지	현금 구입
	1,979,120	2014-08-21_주식회사비투아이_휴즈홀더외11종(8/21)신한카드#2009	현금 구입
	1,815,000	2014-08-21_풍세금호타이어에이플러스대리점_배터리접지선외3종(8/21)신한카드#2009	현금 구입
	1,897,500	2014-08-21_햇라인_전자접촉기-LS산전외4종(8/21)신한카드#2009	현금 구입
	*****	2014-09-11_주성전자_저항IRH500F(0.1옴)외8종(9/11)_정진범	현금 구입
	4,875,970	[내자구매]2014-08-26_AC/DCCurrentSensor_4,875,970_한국요꼬가와전기(주)대전사무소	현금 구입
	1,880,450	2014-09-16_주식회사비투아이_전선보호대외10종(9/16)신한카드#2009	현금 구입
	1,820,500	2014-09-24_풍세금호타이어에이플러스대리점_батери단자외(9/24)신한카드#2009	현금 구입
	1,913,450	2014-09-24_주식회사비투아이_Resister외6종(9/24)신한카드#2009	현금 구입
	1,912,350	2014-09-26_햇라인_전선(VCTF)외8건(9/26)신한카드#2009	현금 구입
시작품·시험설비 제작경비	78,000	시험용유류비(9/17)신한카드#2009	현금 구입
	8,725,750	[내자구매]2014-03-21_ShuntResistor&TestBoard_8,725,750_동방과학상사	현금 구입
	3,344,000	[내자구매]2014-08-20_BatterySensingBoard제작_3,344,000_동방과학상사	현금 구입
합 계		(현금 103,300 천원, 현물 22,000 천원)	

<품목별 필요성>

품목명	관련 연구내용/용도/주요성능	비고

(라) 연구활동비

(단위 : 천원)

구 분		산 정 기 준	금 액	비 고
여 비	국 외	2014-02-25~2014-02-28_동경_차량용 배터리 관련 기술정보 수집을 위한 'Battery Japan 2014' 참가_김태훈(체재비)	*****	현금
		2014-02-25~2014-02-28_동경_차량용 배터리 관련 기술정보 수집을 위한 'Battery Japan 2014' 참가_김태훈(항공료)	*****	현금
인쇄,복사		2014-02-11_중앙기획_차량배터리상태분석관련 자료제본(2/11)_김태훈	*****	현금
		2014-09-25_중앙기획_전기자동차시장관련자료 제본(9/25)_정진범	*****	현금
공공요금		2014년1월분전화요금	2,510	현금
		2014년2월분전화요금	2,260	현금
		2014년3월분전화요금	2,970	현금
		2014년4월분전화요금	3,200	현금
		2014년5월분전화요금	4,850	현금
제세공과금, 수수료		2014-02-17_삼성화재해상보험(주)_종합보험료-소나타 ***** 신한카드#2009	*****	현금
		2014-06-16_천안시동남구청_자동차세외(쏘나타 *****	*****	현금
기술정보수집비		2014-09-19_오아이씨_The global market for stop-start systems: trends & for cast stop 2020 외1건(9/19)_정진범	*****	현금
		2014-09-12_(주)교보문고_국내외 2차전지산업현황과 비즈니스전략 외1권(9/12)신한카드#2009	567,000	현금
학회·세미나 참가비		2014-04-25_(사)대한전기학회_대한전기학회참가비-김태훈(4/25)신한카드#2009	*****	현금
논문게재료		2014-09-11_(사)대한전기학회_대한전기학회논문게재료_친환경 자동차용 통합형 전력 변환 장치~(9/11)신한카드#2009	330,000	현금
정산수수료		정산수수료(과학벨트-2차년)(10/31)	1,320,000	현금
합 계			7,866	

(마) 연구과제추진비

(단위 : 천원)

구 분	산 정 기 준	금 액	비 고
국내 출장여비	2014-01-10~2014-01-10_천안_연구책임자간담회 참석_정진범	***** ..	현금
	2014-05-22~2014-05-22_경기화성_배터리상태데 이터관련차량정보수신방안협의_정진범	***** ..	현금
	2014-06-19~2014-06-19_서울_배터리분석시험조 건관련규격동향협의_정진범	***** .	현금
	2014-06-30~2014-06-30_경기화성_배터리상태관 련실차데이터분석방안협의_정진범	***** .	현금
	2014-07-10~2014-07-10_경기화성_AGM용배터리 센서요구기능관련협의_정진범	***** ..	현금
	2014-07-22~2014-07-22_화성시남양_차량용배터 리센서네트워크연계방안관련협의_김병훈	***** ..	현금
	2014-07-23~2014-07-23_인천_센서적용배터리케 이블연결구조관련협의_정진범	***** .	현금
	2014-07-24~2014-07-24_경기용인_배터리상태분 석결과정확도측정방안관련협의_정진범	***** .	현금
	2014-07-25~2014-07-25_경기화성_배터리상태분 석알고리즘실차검증방안관련협의_정진범	***** .	현금
	2014-07-25~2014-07-25_경기화성_배터리상태분 석알고리즘실차검증방안관련협의_김병훈	***** ..	현금
	2014-07-30~2014-07-30_서울_시동용AGM전지 SAE관련자료협의_김병훈	***** ..	현금
	2014-09-16~2014-09-16_경기화성_실차주행시배 터리상태측정방안관련협의_정진범	***** .	현금
	2014-09-16~2014-09-16_경기화성_실차주행시배 터리상태측정방안관련협의_김태훈	***** .	현금
	2014-09-17~2014-09-17_서울_ISG도심주행데이 터확보및주행모드관련자료협의_김병훈	***** .	현금
	2014-09-17~2014-09-17_서울_ISG도심주행데이 터확보및주행모드관련자료협의_정진범	***** ..	현금
	2014-10-08~2014-10-08_경기화성_재시동시배터 리전압거동분석방안관련협의_정진범	***** ..	현금
	2014-10-08~2014-10-08_경기화성_재시동시배터 리전압거동분석방안협의_김병훈	***** .	현금
	2014-10-22~2014-10-22_경기화성_배터리 SOH 정보 분석방안 관련 협의_정진범	***** ..	현금
사무용품비	2014-01-24_알파문구신방점_메가화일박스외6건 (1/24)신한카드#2009	273,000	현금
	2014-05-12_알파문구신방점_레버아치바인더외6 종(5/12)신한카드#2009	264,000	현금
	2014-07-18_알파문구신방점_트윈스프링노트외5 종(7/18)신한카드#2009	225,000	현금
	2014-08-21_알파문구신방점_AST클리어화일외 11종(8/21)신한카드#2009	265,000	현금
회의비	2014-01-15_안고시_차량배터리충전용싸이클러 운용관련협의(1/15)신한카드#2009	46,000	현금
	2014-01-17_국수나무_ISG파형모사싸이클러실험 및관련협의(1/17)신한카드#2009	27,300	현금

구 분	산 정 기 준	금 액	비 고
회의비	2014-01-23_뜨란체_배터리시험모니터링용GUI관련협의(1/23)신한카드#2009	39,300	현금
	2014-01-27_별미식당_IBS전원단구성용D/D관련협의(1/27)신한카드#2009	164,000	현금
	2014-02-11_우미관_차량용12V배터리개발동향및내구시험관련협의(2/11)신한카드#2009	177,000	현금
	2014-02-21_하오뽕_ISG벤치카측정장치장착관련협의(2/21)신한카드#2009	36,000	현금
	2014-02-28_돈가스클럽신방점_벤치차량측정장치동작실험및수정사항협의(2/28)신한카드#2009	40,500	현금
	2014-03-11_오목대_상태분석알고리즘의ESS및고전압배터리적용가능성협의(3/11)신한카드#2009	198,000	현금
	2014-03-25_돈가스클럽신방점_차량상태고려알고리즘검증용배터리관련협의 (3/25)신한카드#2009	87,500	현금
	2014-04-02_불고기브라더스천안펜타포_배터리SOC상태분석알고리즘관련협의(4/2)신한카드#2009	86,500	현금
	2014-05-23_별미식당_차량정보및측정Data동시저장방안관련협의(5/23)신한카드#2009	147,000	현금
	2014-05-30_정우등심_배터리상태저장Data변환툴관련협의(5/30)신한카드#2009	144,000	현금
	2014-06-18_신토불이_배터리상태측정용전용보드제작관련협의(6/18)신한카드#2009	165,000	현금
	2014-08-20_정우등심_배터리종류별상태분석방안관련협의(8/20)신한카드#2009	140,000	현금
	2014-09-02_우미관_배터리상태데이터확보용주행시험관련협의(9/2)신한카드#2009	70,000	현금
	2014-09-11_별미식당_배터리상태및대전류차단연계동작검증관련협의(9/11)신한카드#2009	145,000	현금
	2014-09-18_샤브향_OBD데이터분석용프로그램관련협의(9/18)신한카드#2009	54,000	현금
	2014-09-26_별미식당_차량시동모사시험용장비셋팅관련협의(9/26)신한카드#2009	145,000	현금
	2014-10-27_시동전류측정 정확도 향상방안협의(10/27)신한카드#2009	142,000	현금
식대	2014-03-03_국수나무_업무협의식대(3/3)신한카드#2009	23,300	현금
	2014-03-21_뜰안채채식뷔페_업무협의식대(3/21)신한카드#2009	30,000	현금
	2014-04-01_돈가스클럽신방점_업무협의식대(4/1)신한카드#2009	36,500	현금
	2014-04-04_뜰안채채식뷔페_업무협의식대(4/4)신한카드#2009	30,000	현금
	2014-04-08_논두렁_업무협의식대(4/8)신한카드#2009	34,000	현금
	2014-04-14_홍콩옛날손짜장_업무협의식대(4/14)신한카드#2009	38,000	현금
	2014-04-17_별미식당_업무협의식대(4/17)신한카드#2009	30,000	현금

구 분	산 정 기 준	금 액	비 고
식대	2014-05-12_국수나무_업무협의식대(5/12)신한카드#2009	23,400	현금
	2014-08-18_박찬희맛집_업무협의식대(8/18)신한카드#2009	23,000	현금
	2014-08-19_장수순대국밥_업무협의식대(8/19)신한카드#2009	40,000	현금
	2014-08-27_별미식당_업무협의식대(8/27)신한카드#2009	33,000	현금
	2014-08-29_뜰안채채식뷔페_업무협의식대(8/29)신한카드#2009	30,000	현금
합 계		4,436	

(바) 연구수당

(단위 : 천원)

구분	산정기준	금액	비고
연구수당	인센티브_김태훈_20131101_20141031	*****	
	인센티브_정진범_20131101_20141031	*****	
	인센티브_이영아_20131101_20141031	*****	
	인센티브_김병훈_20131101_20141031	*****	
	인센티브_이병현_20131101_20141031	*****	
	인센티브_신동현_20131101_20141031	*****	
합 계		*****	

(2) 간접비 : 54,303,000 원

(단위 : 천원)

구분	산정기준	금액	비고
간접경비	01월기타부처연구사업(간접비)흡수	5,430,000	
	02월기타부처연구사업(간접비)흡수	5,430,000	
	03월기타부처연구사업(간접비)흡수	5,430,000	
	04월기타부처연구사업(간접비)흡수	5,430,000	
	05월기타부처연구사업(간접비)흡수	5,431,000	
	06월기타부처연구사업(간접비)흡수	5,430,000	
	07월기타부처연구사업(간접비)흡수	5,431,000	
	08월기타부처연구사업(간접비)흡수	5,430,000	
	09월기타부처연구사업(간접비)흡수	5,431,000	
	10월기타부처연구사업(간접비)흡수	5,430,000	
합 계		54,303	

주 의

이 보고서는 미래창조과학부 및 연구개발특구진흥재단에서 시행한 2013년 과학벨트기능 지구지원사업「기초연구성과의 후속R&D」지원사업의 최종보고서입니다.