



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

기술경영학 석사 학위 프로젝트 보고서

개방형 IoT 기반 10kWh급 Smart-ESS(Energy Storage System) 기술 개발 및 사업화 방안



2020년 2월

부경대학교 기술경영전문대학원

기술경영학과

김 경 태

기술경영학 석사 학위 프로젝트 보고서

개방형 IoT 기반 10kWh급 Smart-ESS(Energy Storage System) 기술 개발 및 사업화 방안

지도교수 옥영석

석사학위 논문에 준하는 보고서로 제출함.

2020년 2월

부경대학교 기술경영전문대학원

기술경영학과

김 경 태

김경태의 기술경영학 석사학위 프로젝트보고서를 인준함.

2020년 2월 21일

위 원 장 공학박사 천 동 필
위 원 공학박사 최 승 욱
위 원 공학박사 옥 영 석



목 차

I. 서 론	1
1. 기술 개발의 배경과 목적	1
2. 기술 개발의 내용과 구성	3
II. 이론적 배경 및 선행 연구	5
1. 국내외 기술과 시장 전망	5
2. 지식재산권과 표준화 및 인증기준 현황	10
3. 사업 환경 및 목표시장 분석	14
III. 기술 개발 내용	21
1. 기술 개발 개요 및 목표	21
2. 기술 개발 설계 및 방법	24
IV. 제품 개발 및 사업화 방안	35
1. 하이브리드형 전력관리장치	35
2. 스마트디바이스기반 에너지관리 소프트웨어	40
3. 시제품 제작 및 사업화 방안	42
V. 결론	47
1. 기술 개발의 결과 요약	47
2. 기술 개발의 시사점	49
3. 기술 개발의 한계점과 향후 연구의 방향	51

참고 문헌 -----	53
1. 국내 문헌 -----	53
2. 해외 문헌 -----	54
감사의 글 -----	55



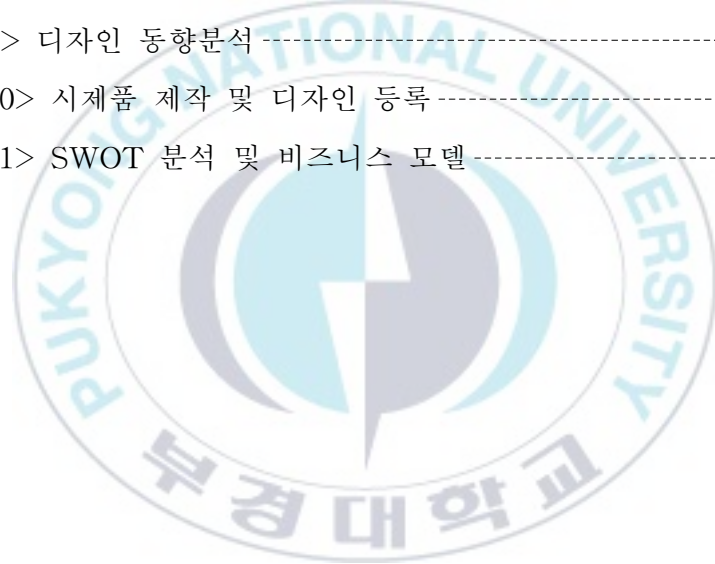
표 목 차

<표 2-1> 국내 가정용 ESS 제조기업 현황	5
<표 2-2> 주요 국가별 가정용 ESS 제조기업 제품 현황	7
<표 2-3> 가정용 ESS 분야 주요 창업기업 현황	8
<표 2-4> 국내기관(기업), 지식재산권, 표준화 현황	10
<표 2-5> 국외기관(기업), 지식재산권, 표준화 현황	13
<표 2-6> 국/내외 환경 분석	15
<표 2-7> 기회 및 위험 요인	16
<표 2-8> 주요국 연도별 전력소비량	17
<표 2-9> 지역별 발전비중	18
<표 2-10> 스마트그리드 기술동향	19
<표 2-11> 국내 경쟁자 분석	20
<표 3-1> 정량적 기술 목표 항목	23
<표 4-1> 소프트웨어 개발 환경	40
<표 4-2> 제품과 기술의 차별화 및 핵심가치	44
<표 4-3> 목표 고객 정의	44
<표 4-4> 목표 고객별 판매 전략	45
<표 5-1> 기술 개발의 결과 요약	47
<표 5-2> 기술 개발의 시사점	50
<표 5-3> 기술 개발의 한계점과 향후 연구의 방향	52

그림 목 차

<그림 1-1> 기술 개발의 배경과 목적	1
<그림 1-2> 주요 문제점 및 해결방안	2
<그림 1-3> 기술 개발의 내용과 구성	3
<그림 2-1> 가정용 ESS 시장 전망 추이	9
<그림 2-2> TC 104 안전표준 상호관계	11
<그림 2-3> 에너지 저장 시설의 수요전망	19
<그림 3-1> 하이브리드형 전력관리장치 구성	21
<그림 3-2> 스마트디바이스기반 에너지관리소프트웨어	22
<그림 3-3> 풍력발전용 AC/DC 컨버터 전력회로 구성	24
<그림 3-4> 풍력발전의 MPPT 제어 프로세스	25
<그림 3-5> 태양광 패널 구성	26
<그림 3-6> MPPT 제어를 위한 IncCond 방법	26
<그림 3-7> IncCond MPPT 제어 알고리즘	27
<그림 3-8> 신재생 에너지 전력컨트롤러 및 에너지 변환 모듈	28
<그림 3-9> 풍력 블레이드 제어 회로도	29
<그림 3-10> 충/방전 인터페이스 제어 프로세스	29
<그림 3-11> 계통전원 위상 검출 및 동기신호	30
<그림 3-12> 전원 배전모듈(Smart Meter) 구성	30
<그림 3-13> 하이브리드 전력 컨트롤러 구성도	31
<그림 3-14> 데이터 송수신 구성도	31
<그림 3-15> 전력사용량 확인 사례	32
<그림 3-16> 전 피크부하 통제관리 방안	33
<그림 3-17> 제품 개발 계획	35

<그림 4-1> Smart_ESS 시스템 구성 및 모듈 구성 -----	35
<그림 4-2> 3kW 태양광 컨트롤러 -----	36
<그림 4-3> 1kW 풍력 컨트롤러 -----	37
<그림 4-4> 전력변환장치(PCS) 컨트롤러 -----	38
<그림 4-5> BMS 컨트롤러도 -----	38
<그림 4-6> 성능테스트 시험 결과 -----	39
<그림 4-7> 소프트웨어 화면 설계 -----	40
<그림 4-8> 스마트디바이스기반 에너지관리 소프트웨어 -----	41
<그림 4-9> 디자인 동향분석 -----	42
<그림 4-10> 시제품 제작 및 디자인 등록 -----	43
<그림 4-11> SWOT 분석 및 비즈니스 모델 -----	46



Open IoT Based 10kWh Smart-ESS(Energy Storage System) Technology Development and Commercialization Plan

Kyung Tae Kim

Graduate School of Management of Technology
Pukyong National University

Abstract

In the rapidly changing climate change environment, the micro grid, which includes renewable energy sources such as wind and solar power, is a field that is attracting attention in terms of warming response and energy efficiency. The goal of the project is to develop a home IoT based 10kWh Smart-ESS (energy storage system) that can optimize and store power management while using renewable power (solar and wind) and commercial power. This technology development project consists of a hybrid power management device and smart device-based energy management software. The hybrid power management device provides conversion, storage and distribution functions for renewable energy (solar, wind) and commercial power. In addition, smart device-based energy management software provides target / standard power usage management, load priority control, and pattern analysis saving control management for power consumption for power management optimized for individual homes. The technology development of this project allows the consumer side to minimize the cost by adjusting the power usage time according to the low cost time zone based on the real time power usage status. On the supplier side, the power supply is determined by real-time understanding of the consumer's power usage. It can be flexibly adjusted and is expected to contribute to the realization of a low carbon society by reducing power demand and carbon dioxide reduction in the social aspect.

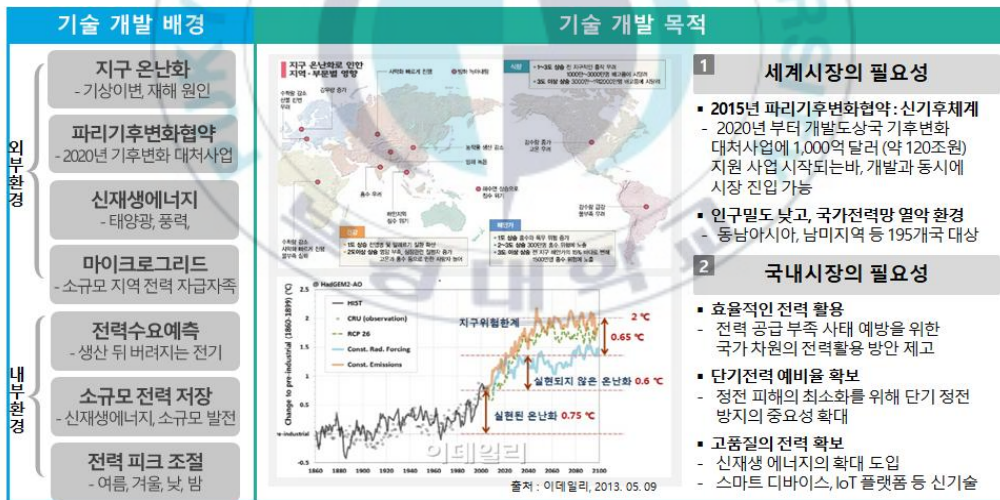
Key word : ESS(Energy Storage System), IoT, Renewable Energy

I. 서론

1. 기술 개발의 배경과 목적

에너지저장시스템(ESS, Energy Storage System)은 에너지를 미리 저장했다가 필요할 때 꺼내어 사용할 수 있는 장치로 최근에는 신재생에너지를 접목한 융·복합 형태의 에너지 저장설비의 필요성이 증가하고 있다.

기술 개발의 배경에는 지구온난화, 파리기후변화협약, 신재생에너지 사용의 확대 마이크로그리드 등의 외부 환경요인과 전력수요예측을 했음에도 생산 뒤 버려지는 전기와 소규모의 전력 저장시설의 필요, 여름과 겨울, 낮과 밤의 전력 피크 조절이 필요한 내부 환경요인을 해결하는데 있다.



<그림 1-1> 기술 개발의 배경과 목적

기술 개발의 목적에는 2015년 파리기후변화협약 이후 신기후체계에 대처하고 효율적인 전력 활용과 단기전력 예비율 확보, 신재생에너지 확대에 따른 스마트디바이스, IoT 플랫폼 등 신기술 확보에 있다.

특히 개발하고자 하는 가정용 Smart-ESS는 개방형 사물인터넷을 기반으로 하기에 일종의 플랫폼 개념이며 추후 확장성에 대한 부분을 염두에 두고 기반 기술을 개발할 예정이다. 이러한 에너지 플랫폼 적용 기술은 적용 범위가 다양하며, 발전뿐만 아니라 부하제어 최적화도 동반하기에 기술 개발이 시급한 실정이다.

에너지 플랫폼 시스템은 신재생에너지 발전 최적화를 위한 예지적 분석이 가능하며, 빅데이터를 이용한 전력사용 실태에 대한 효과적인 모니터링을 가능하게 할 뿐 아니라 스마트그리드 네트워크 제어시스템에서 미래의 전력수요를 예측하고 발전원천을 최적화 하는데 중요한 수단이 될 것이다.

주요 문제점	해결 방안
1 사물인터넷 기반 소형 ESS 제어기 부재	1 개방형 IoT기반 기술 개발 기능정의 요구서 개발 단계부터 리스크 기반 SW 테스트를 염두에 두고 개발
2 마이크로그리드 구성에 따른 데이터 부족	2 자체 마이크로그리드 구성 가능 기존 보유하고 있는 풍력/태양광 제어 운전 데이터를 활용하여 마이크로그리드 구성 및 신뢰성 확보
3 하이브리드 제어 최적화 미흡	3 최대 전력점 추적 (MPPT) 알고리즘 기반 기술 확보 신뢰성 높은 부하 우선순위 제어기술 완성
4 성능 해석 기술 적용 미흡	4 오픈소스 해석 SW를 활용하여 모델링 검증 활용 필요한 경우 전문가 활용 및 협력을 통하여 제반 기술 확보

<그림 1-2> 주요 문제점 및 해결방안

사물인터넷(IoT)의 기술 개발은 에너지·제조 분야와의 융합을 통해 스마트 서비스 시대의 도래를 예고하고 있으며, 다양한 스마트 서비스들이 출현하여 ‘Any time any where’를 실현하게 될 것으로 예상되는 바, 본 기술 개발이 여러 가지 현재 기술의 문제를 해결하고 정부 정책과도 부합하므로 기술과 제품의 개발에 의의가 있다.

이러한 에너지 플랫폼 적용 기술은 적용범위가 다양하며 발전뿐만 아니라 부하제어 최적화도 동반하기에 기술개발이 시급한 실정이고, 에너지 플랫폼 시스템은 신재생에너지 발전 최적화를 위한 예지적 분석이 가능하며, 빅데이터를 이용한 전력사용 실태에 대한 효과적인 모니터링을 가능하게 할 뿐 아니라 스마트그리드 네트워크 제어시스템에서 미래의 전력수요를 예측하고 발전원천을 최적화 하는데 중요한 수단이 될 것이다.

개발 대상 기술·제품의 파급 효과로 소비자 측면에서는 실시간 전력사용현황에 근거하여 저렴한 요금 시간대에 맞춰 전력사용 시간을 조절하여 비용을 최소화 할 수 있고, 공급자 측면에서는 소비자의 전력 사용현황을 실시간으로 파악함으로써 전기 공급량을 탄력적으로 조절할 수 있다. 사회적 측면에서는 전력수요 절감 및 CO2 감축으로 저탄소사회 구현에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

본 기술 개발은 총 5장으로 구성되어 있으며 각 장은 다음의 내용으로 구성되어 있다. 첫 번째 장에서는 기술 개발의 배경과 목적, 기술 개발의 내용과 구성에 대하여 기술하였다. 두 번째 장에서는 이론적 배경으로 에너지저장시스템(ESS)의 국내외 기술과 시장 전망, 지식재산권과 표준화 및 인증기준 현황, 사업 환경 및 목표시장 분석에 대한 선행 연구를 정리하였다. 세 번째 장에서는 선행연구를 토대로 기술 개발의 내용에 관한 것으로 기술 개발의 개요 및 목표, 기술 개발 설계 및 방법에 대해 제시하였다. 네 번째 장에서는 기술 개발의 결과를 토대로 제품 개발 및 사업화 방안에 대한 내용으로 하이브리드형 전력관리장치, 스마트디바이스 기반 에너지관리 소프트웨어, 시제품 제작 및 사업화 방안에 대해 제시하였다. 다섯 번째 장에서는 본 기술 개발의 결과 요약, 기술 개발의 시사점, 기술 개발의 한계점과 향후 연구의 방향을 제언하였다.

Ⅱ. 이론적 배경 및 선행연구

1. 국내·외 기술과 시장전망

국내 기술의 수준 및 시장 동향을 살펴보면 국내 기업들은 우수한 기술력을 바탕으로 전 세계 시장에서 입지를 공고히 하고 있으나, 일부 후발주자의 경우 경쟁력 확보에 어려움을 겪고 있는 상황이다. 가정용 ESS 시장에 진출한 국내기업은 LG화학, 삼성SDI, SK이노베이션 등 대기업과 중소기업으로는 코캅이 대표적이고, LG화학과 삼성SDI는 ESS의 핵심부품인 리튬이온 배터리의 기술력을 기반으로 국내외 시장을 주도하고 있다.

<표 2-1> 국내 가정용 ESS 제조기업 현황

기업	주력제품	용량 (kWh)	외관	가격 (USD)	주요실적 및 현황
LG화학	RESU 6.4 EX	6.4 ~ 12.8		4,500 ~ 9,000	<ul style="list-style-type: none"> ○ 캘리포니아 최대 전력사 SCE에 가정용 ESS 배터리 납품 ○ 독일 SMA의 차세대 가정용 ESS 배터리 공급 계약
삼성SDI	All-In-One	5.5 ~ 10.8		7,000 ~ 15,000	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2011년부터 일본 가정용 ESS 기업인 Nichicon(일본시장 점유율 60%)에 ESS 공급, 2015년에는 30만대(계약금액 1조 원대) 독점공급 MOU 체결
SK이노베이션	TREE	3~9		시제품	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수익성 악화로 사업구조조정을 단행하는 등 후발주자로서의 한계에 직면

국외 기술의 수준 및 시장 동향을 살펴보면 태양광 발전설비 보급률이 높은 북미, 유럽, 일본, 호주 등에 다수의 기업이 사업을 영위 중이며, 최근 들어 중국기업들의 진출도 활발하다. 동일본 대지진의 여파로 가정용 ESS 시장이 가장 잘 발달해 있는 일본의 경우 파나소닉, 교세라, 니치콘, 타부치 등 기존 전자업체들이 시장을 주도하고 있다. 파나소닉과 교세라는 각각 배터리와 태양전지 기술력을 바탕으로 ESS 시장으로 영역을 확장하고 있고, 니치콘의 경우 배터리 전문제조 업체로서의 강점을, 타부치의 경우 ESS의 핵심부품 중 하나인 인버터에서의 강점을 기반으로 ESS 시장에 진출한 사례이다.

호주, 독일 기업의 제품은 기본 용량이 5~10kWh로 한국, 일본과 대등한 수준이며, 확장할 경우 20kWh를 넘는 제품도 다수 존재한다. 이는 OECD 국가의 4인 가구 기준 평균 1일 가정용 전력 소비량(2012년 기준 약 25.6kWh)에 근접하는 수준이다. 영국은 배전계통의 강화 및 경제성 개선을 위해 ESS 실증사업을 진행하여 운영 최적화 및 제어기술 개발을 통한 ESS의 사업모델을 추진하고 있으며 이를 통해 주파수 조정 및 예비력 서비스 등을 통한 계통망 강화 및 약 960만 달러의 비용절감 효과를 창출(출처: UK Power Networks) 중국은 르네솔라, 시노폴리 등 기존 태양광 업체들이 빠르게 진출하고 있으나, 저장용량 측면에서 아직까지 선두업체들에 비해 뒤지는 상황이다.

아직까지 전 세계 가정용 ESS시장을 주도하고 있는 기업들은 사업 연관성이 높은 IT, 석유화학, 에너지 부문 기업들이지만, 최근 들어 일부 완성차 업체가 진출을 선언하고 창업기업도 속속 출현하고 있어 시장 확대에 긍정적인 역할을 할 가능성이 있다.


<표 2-2> 주요 국가별 가정용 ESS 제조기업 제품 현황

국적 기업	한국			일본		
	LG화학	삼성SDI	KoKam	니치콘	파나소닉	타부치
주요제품	RESU 6.4 EX	All-in-One	KHESS	ESS U2L	LJ-SK84A	EneTelus
용량(kWh)	6.4~12.8	5.5~10.8	5.3~15.5	12	8	9.9
외관						
국적 기업	중국			호주		
	Alpha ESS	ReneSolar	Sinopoly	AllGrid	ZEN Energy	Solar 360
주요제품	Storion	SESS	PONY Q	WattGrid	PowerBank	360Storage
용량(kWh)	3~18	2.5	1	10	5~20	5~20
외관						
국적 기업	미국		독일			네덜란드
	Enphase AC Battery	Simpliphi OES	Bosch BPT S Hybrid	BMZ ESS 7.0	SMA SBSE	Victron ECOMulti
용량 (kWh)	1.2	2.6~3.4	4.4~13.2	6.8~81.6	3.6~6.6	2.3
외관						

2012년 설립된 영국의 Powervault는 2014년 이후 크라우드펀딩 프로젝트로 85만 파운드, 정부와 민간기업에서 28.5만 파운드를 조달하거나 지원 받았으며, 이를 기반으로 영국 가정용 ESS 시장을 주도한다는 계획이다.

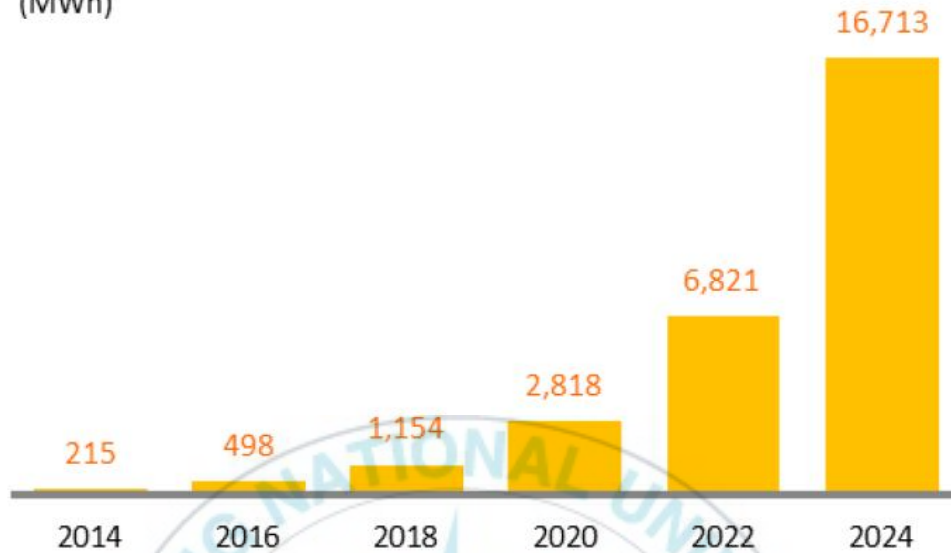
미국의 JuiceBox는 이미 8.6kWh 용량의 제품을 출시해 판매 중에 있으며, Orison Energy는 전기료가 쌀 때 저장해서 비쌀 때 사용할 수 있는 신 개념 ESS 장치를 개발해 크라우드펀딩 플랫폼인 Kickstarter를 통해 판매할 예정이다.

<표 2-3> 가정용 ESS 분야 주요 창업기업 현황

기업	국적	설립 연도	제품	주요내용
Powervault	영국	2012		<ul style="list-style-type: none"> - 영국 최초의 가정용 ESS 개발 업체 - 2014년, 2015년 두 차례에 걸쳐 CrowdCube(크라우드펀딩 플랫폼)를 통해 85만 파운드 자금조달 - 2020년까지 가정용 ESS 5만개 판매 목표
JuiceBox	미국	2013		<ul style="list-style-type: none"> - 실리콘밸리 기반 창업기업 - 8.6kWh 가정용 ESS 출시
Orison Energy	미국	2013		<ul style="list-style-type: none"> - 2kWh까지 저장 가능 - 전기료가 낮으면 전기를 저장하고 높으면 사용할 수 있는 Orison Tower(1,950달러)와 Orison Panel (1,600달러) 출시 - Kickstarter(크라우드펀딩 플랫폼)를 통해 판매 계획

가정용, 상업용, 전력안정용을 모두 포함한 전 세계 ESS 시장규모는 2014년 기준으로 4.52억 달러(약 4,972억원)로 아직까지는 시장이 초기 단계이다. 그러나 향후 10년간 연평균 55% 가량 성장해 2024년에는 시장규모가 현재의 40배 가까운 165억 달러(약 18.2조원)까지 확대될 정도로 성장 잠재력이 높은 것으로 평가되고 있다. 특히 가정용 ESS시장은 전체 ESS 시장에 비해 두 배 이상 빠른 속도로 성장하여 전 세계 시장규모는 2014년 215MWh에서 2024년 16,713MWh로 80배 가까이 확대될 것으로 예상되고, 전 세계 ESS 시장은 2013년 16조원에서 2020년 58조원 규모로 연평균 53%의 성장세를 이어갈 것으로 전망된다.

(MWh)



<그림 2-1> 가정용 ESS 시장 전망 추이

(Navigant research. 기준: 2014년)

국외 ESS 시장규모는 2020년 기준으로 약 483억 USD 규모로, 수송가 및 재생가능 에너지 관련 수요가 전체의 70% 이상을 차지할 것으로 예상되고 있으며, 2~10시간 용량의 ESS 시장이 주류가 될 것으로 전망되고 있다. 국외 전력수요는 '10년 21.0조 kWh에서 '20년 27.5조 kWh로 연 2.7% 증가가 예상되며, 이에 따라 신재생 에너지 보급도 크게 확대되어, 2010년부터 2020년까지 세계 풍력발전은 172GW에서 709GW로, 태양광은 22GW에서 160GW로 증가가 예상되어, 신재생 에너지 발전량 비중도 2010년 2.0% 2020년 7.8%로 보급이 크게 확대됨에 따라 중대형 ESS 수요가 급속도로 확대될 전망이다. 향후 10년간 에너지저장수요는 약 16배 성장, 2011년 1,206MW에서 2020년 21,105MW로 확대되어 시장규모도 340억~600억 USD에 이를 전망이다.

2. 지식재산권과 표준화 및 인증기준 현황

가. 국내기관(기업), 지식재산권, 표준화 현황

<표 2-4> 국내기관(기업), 지식재산권, 표준화 현황

기관명	특허명	출원/등록일	출원/등록번호	본 과제와 관련정도	비고
한국전기연구원	독립형 마이크로그리드 제어 시스템 및 그 제어방법	14.06.20	(등록) 10-1412742	40%	
기관명	특허명	출원/등록일	출원/등록번호	본 과제와 관련정도	비고
(재)포항산업 과학연구원	DC 마이크로그리드 시스템 및 이를 이용한 AC 및 DC 복합 마이크로그리드 시스템	13.06.14	(등록) 10-1277185	30%	
기관명	특허명	출원/등록일	출원/등록번호	본 과제와 관련정도	비고
한국에너지기술 연구원	충방전 제어 장치 및 제어 방법	15.02.09	(등록) 10-1493246	30%	
기관명	특허명	출원/등록일	출원/등록번호	본 과제와 관련정도	비고
카톨릭대학교 산학협력단	마이크로그리드 전력품질 원격 모니터링 방법 및 시스템	12.09.12	(등록) 10-1184160	30%	
기관명	특허명	출원/등록일	출원/등록번호	본 과제와 관련정도	비고
그린베일 주식회사	스마트 마이크로그리드 운영시스템 및 방법	13.10.11	(등록) 10-1319254	20%	

<표 2-4>는 본 기술/제품과 직접적 경쟁관계에 있는 국내기관(기업), 지식재산권, 표준화 현황이다.

산업통상자원부 기술표준원에서는 안전인증 품목으로 에너지저장시스템을 포함하고 전력용 반도체를 사용한 에너지저장시스템용 안전인증 기준을 제정하여 가장 중요한 기본적인 안전을 보증할 수 있게 하였다.

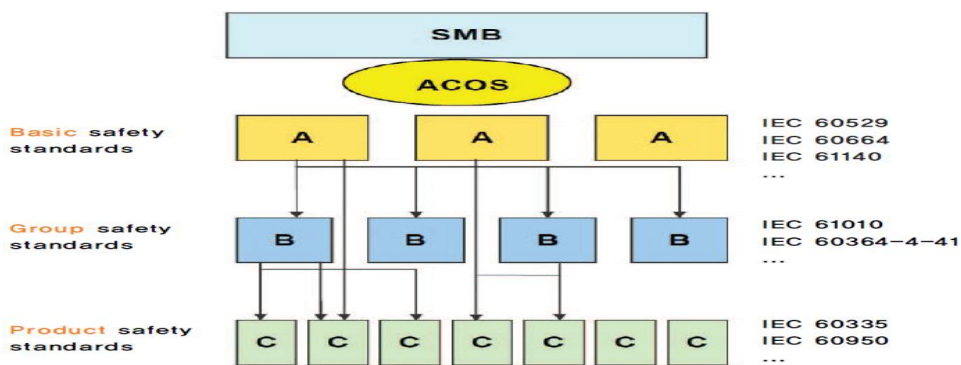
단체표준 제정은 지능형전력망협회에서는 스마트그리드 표준화 포럼을 통하여 2개의 에너지저장시스템 표준(안)을 작성 중에 있으며 아래와 같다.

- 에너지저장 시스템용 전력변환장치의 성능요구사항 : 변전소용, 신재생용, 수용가용
- 가정용 에너지저장시스템 : 가정용

IEC 국제표준 부합화는 이차전지 분야, 태양광발전 분야, 무정전전원장치 분야 등 에너지저장시스템 관련 각종 IEC 국제표준이 이미 KS 표준으로 부합화 되어있다.

나. 국외기관(기업), 지식재산권, 표준화 현황

IEC 국제표준에서는 아직까지는 저압(교류 1,000V, 직류 1,500V)용 관련 에너지저장시스템 표준화가 제정되었거나 진행 중이다. <그림 2-2>은 TC 104의 시스템 및 기기의 기본 안전(Basic Safety)에 관한 일반 사항의 상호관계를 나타내고 있다.



<그림 2-2> TC 104 안전표준 상호관계

IEC 62477 시리즈는 전력전자 변환 시스템 및 기기에 대한 그룹안전표준이며 전력변환장치 관련 일반적인 안전을 다루고 있다.

IEC 62477-1은 전압은 교류 1,000V 및 직류 1,500V 이하이며, 본 표준은 태양광 발전, 조력발전, 풍력발전, 연료전지, 무정전전원장치, 직류전원장치, 인버터 등 모든 전력변환장치에 대한 그룹 안전 표준이다.

IEC 62109 시리즈는 태양광용 전력변환장치 및 그 주변장치에 대한 제품안전표준이다.

IEC 62059 시리즈는 TC 82 태양광 기술위원회에서 작성한 것으로 태양광 에너지를 저장하기 위한 배터리 컨트롤러에 관한 것이며, 120V/100A 이하 용량이다.

배터리 관련 규격은 아래와 같다.

- IEC 61427-1 : 태양광용 독립형 응용 2차 셀 및 배터리 표준
- IEC 61427-2 : 계통연계 분산전원용 2차 셀 및 배터리 표준

IEC 61000-3-15 시리즈는 신재생 에너지 전력계통 연계 시 고조파 등 전자기적합성에 대한 내용이다.

IEC 61850-7-420 시리즈는 에너지저장시스템 관련 통신 관련 규약

IEEE 1547 시리즈는 분산전원의 계통연계 요구조건을 다루고 있으며 전 세계적으로 활용되고 있다.

본 개발제품과 관련된 인증은 UL1741, 고효율에너지기자재 등이 있고, UL1741은 OSHA(미국 직업안전위생국)가 인정한 시험인증기관중 하나인 UL에서 인증하는 기준으로 넓은 범위의 제품을 대상으로 제조자에게 제품 안전에 관하여 인증하는 기준이다.

고효율 에너지기자재 인증제도는 에너지사용기자재 중 에너지효율 및 품질시험 검사 결과가 정부가 고시한 일정기준 이상 만족하는 인증 제도이다.

<표 2-5> 국외기관(기업), 지식재산권, 표준화 현황

기관명	특허명	출원/ 등록일	출원/ 등록번호	본 과제와 관련정도	비고
NEC Laboratories America	마이크로그리드를 위한 PMU 기반의 분배 발생 제어	14.04.02	(출원) 14243275	40%	
기관명	특허명	출원/등록일	출원/ 등록번호	본 과제와 관련정도	비고
ABB Research Ltd.	에너지 저장 시스템을 작동시키기 위한 방법	12.05.16	(등록) 02190097	30%	
기관명	특허명	출원/등록일	출원/ 등록번호	본 과제와 관련정도	비고
Sony Corporation	백-부스트 모드를 포함한 계통연계 형 인버터	15.03.03	(등록) 08971063	30%	
기관명	특허명	출원/등록일	출원/ 등록번호	본 과제와 관련정도	비고
Tesla Motors	배터리 팩 온도 최적화 제어 시스템	15.09.23	(등록) 02239811	30%	
기관명	특허명	출원/등록일	출원/ 등록번호	본 과제와 관련정도	비고
JD Holding	수요측 관리 기술과 에너지 저장을 이용하는 SELF-HEALING 그리드를 위한 시스템과 방법	12.07.11	(등록) 01994452	20%	

<표 2-5>는 본 기술/제품과 직접적 경쟁관계에 있는 국외기관(기업), 지식재산권, 표준화 현황이다.

3. 사업 환경 및 목표시장 분석

본 과제를 통해 개발되는 제품은 가정용 스마트그리드 또는 마이크로그리드를 구현하기 위한 10kW급 에너지저장장치(이하 ESS)로써 상업용에 설치할 수 있으며 풍력 또는 태양광을 이용한 발전으로 전기를 저장하고 소비 집중시간에 사용하여 전력피크에 따른 위험을 경감할 수 있다.

또한 설치된 시설물의 전력 소비를 실시간으로 계측하여 효율적인 전력 관리와 비상 전원 확보의 효과도 겸할 수 있고, 스마트그리드 제어에 IoT(Internet of Things)을 부여하여 상태 모니터링 및 자동제어 기능을 구현하고 있다.

정책 및 사회 경제적 트렌드 분석을 지역별로 보면 태양광 발전 보급률이 높고 가정용 ESS에 대한 정부지원이 적극적인 유럽, 북미, 일본을 중심으로 시장이 발전하고 있으며, 국내의 경우 아직까지 시장이 협소해 기업들이 내수보다는 수출에 주력하고 있는 상황이다.

미국, 독일, 일본 등 선두권 국가들은 가정용 ESS 설치 시 보조금 지급 및 세액감면 등의 지원정책을 통해 보급을 장려하고 있고, 미국의 캘리포니아주는 세계 최초로 ESS설치 의무화 법안을 제정('10.0), 주내의 3대 발전사업자에 '20년까지 1,325MW의 ESS 설치 의무를 부과하였고, '14년부터 평균 공급전력의 약 2.25% 이상을 ESS를 이용하여 공급하도록 의무화 하였다. 일본의 경우는 정부의 정책적 지원을 떠나서라도 동일본 대지진 사태 이후 가계들의 필요에 의한 자발적인 수요증가로 시장이 빠르게 성장하고 있다.

ESS 시장의 발전단계가 대용량인 전력안정용에서 점차 소형 가정용으로 이어지는 대부분의 국가와 달리, 일본에서는 가정용이 전체 ESS시장의 성장을 주도하고 있고, 호주는 아직까지 태양광 발전의 절대적인 시장규모는 크지 않은 편이지만 풍부한 일조량과 넓은 영토 등의 지리적 여건을 고려할 경우 태양광발전과 함께 가정용 ESS시장의 성장잠재력이 가장 높은 시장 중 하나이다.

국내는 태양광발전의 낮은 보급률과 아파트와 같은 공동주택 중심의 주거 문화 등으로 인해 상대적으로 성장가능성이 제한적으로 평가되고 있으며, 이에 따라 국내 기업들이 전 세계 ESS시장을 주도하고 있음에도 불구하고 내수시장은 협소한 상황이다. 정부주도의 ESS산업 육성정책이 추진되고 있으나, 미국, 독일, 일본과 같이 가정용 ESS에 대한 실질적인 보조금 지원은 없다는 지적도 나온다.

<표 2-6> 국/내외 환경 분석

구 분	국 내	해 외
정책적 이슈	- 정부주도의 ESS산업 육성정책이 추진되고 있으나 실질적인 보조금 지원은 없는 상황	- 정부지원이 높은 유럽, 일본, 북미 시장을 중심으로 빠르게 성장 - 미국, 독일 일본 등 가정용 ESS설 치에 보조금 지급 및 세액감면등의 지원정책 시행
사회 /경제적 이슈	- 태양광발전의 낮은 보급률과 아파트와 같은 공동주택 중심의 주거 문화 등으로 인해 상대적으로 성장가능성이 제한되어 있음	- 테슬라등 완성차업체가 시장진출을 선언하고 있음 - 글로벌 경기 둔화로 주요 전기 에너지원인 유가 하락세를 보여 단기 적으로 투자가 연기 되고 있음

<표 2-7> 기회 및 위험 요인

구 분	기회 요인	위험 요인
내 용	<ul style="list-style-type: none"> ○에너지 저장시설 시장의 성장 가속화로 시장이 확대될 것으로 전망됨 ○국내 ESS시장규모는 세계시장 대비 1%대 이나 '20년 세계시장 30%를 목표로 정부주도의 R&D 및 설비 투자를 추진함 	<ul style="list-style-type: none"> ○국내는 아파트 등 공공주택 위주의 건설로 인한 ESS 적용의 한계가 있음
강화/대 응 방안	<ul style="list-style-type: none"> ○전원주택 및 신규건설 시설물 (공공) 중심으로 설치를 추진함 	<ul style="list-style-type: none"> ○IoT등 신기술을 적용한 다양한 기능제공으로 전원주택 등가정용 중심으로 추진 ○ESS설치 시 보조금 및 세액감면 혜택이 있는 국가 위주의 수출 추진

시장 규모 및 성장성 분석은 전 세계 가정용 ESS 시장은 아직까지 초기 단계이나 유럽, 일본, 북미 시장을 중심으로 빠르게 성장하고 있으며, 당분간 성장률은 확대될 전망이다. 가정용, 상업용, 전력안정용을 모두 포함한 전 세계 ESS 시장규모는 2014년 기준으로 4.52억 달러(약 4,972억원)로 아직까지는 시장이 초기단계 그러나 향후 10년간 연평균 55% 가량 성장해 2024년에는 시장규모가 현재의 40배 가까운 16억달러(약 18.2조)까지 확대될 정도로 성장잠재력이 높다. 특히 가정용 ESS시장은 전체 ESS시장에 비해 두 배 이상 빠른 속도로 성장할 전망이고, 전 세계 가정용 ESS의 시장규모는 2014년 215MWh에서 2024년 16,713 MWh로 80배 가까이 확대될 것으로 예상된다. 시장이 점차 성장단계에 접어들면서 기술력이 우위에 있는 국내기업들의 영향력도 빠르게 확대되고, ESS용 배터리 시장 기준으로 LG화학과 삼성 SDI 양사의 세계시장 점유율이 40%를 상회하고 있으며, 추세적으로도 지속 확대되는 추세이다.

ESS의 시장규모는 전력수요 증가와 신재생에너지 확산 등에 따라 크게 성장할 것으로 전망되고, 특히 ESS는 신재생에너지 확대를 위한 필수 기술로 인식되고 있는데 이는 발전량과 발전시점이 불규칙한 태양광, 풍력 등 신재생에너지와 결합해 시간별로 전력공급을 일정하게 조정할 수 있다.

또한 전기 사용자 입장에서는 스마트그리드를 통한 수요 반응에 참여하여 전력부하 집중 시 부하 감소에 도움을 주는 것이 가능해지며 이에 따라 전력요금을 절감할 수 있다. 전력소비 Trend는 '03년 이후 전 세계에서 소비되는 전력은 계속 증가하여 '03년 16,880 TWh에서 '12년에는 19,090TWh를 기록하고 있고, 중국은 매년 15% 이상 전력 소비량이 증가하면서 '12년에는 전세계에서 가장 전력 소비가 큰 국가가 되었으며, 이 추세는 당분간 이어질 것으로 전망된다.

<표 2-8> 주요국 연도별 전력소비량

Year	2008	2009	2010	2011	2012
세계	16,880	17,480	17,930	17,780	19,090
미국	3,892	3,892	3,873	3,873	3,741
중국	2,899	3,270	3,428	3,438	4,693
일본	982	1,080	925	859	860
러시아	819	1,003	1,023	858	858
브라질	402	402	404	404	456
한국	369	385	385	402	455

(출처 : Index Mundi, 2013. 단위: TWh)

신재생에너지 발전비중은 OECD 국가를 중심으로 크게 증가하여 '35년에는 발전비중이 15%를 넘어설 것으로 전망되고 있고, 비 OECD국가들도 '20년에는 신재생에너지 발전비중이 6% 수준으로 크게 증가할 것으로 예상되고 있다.

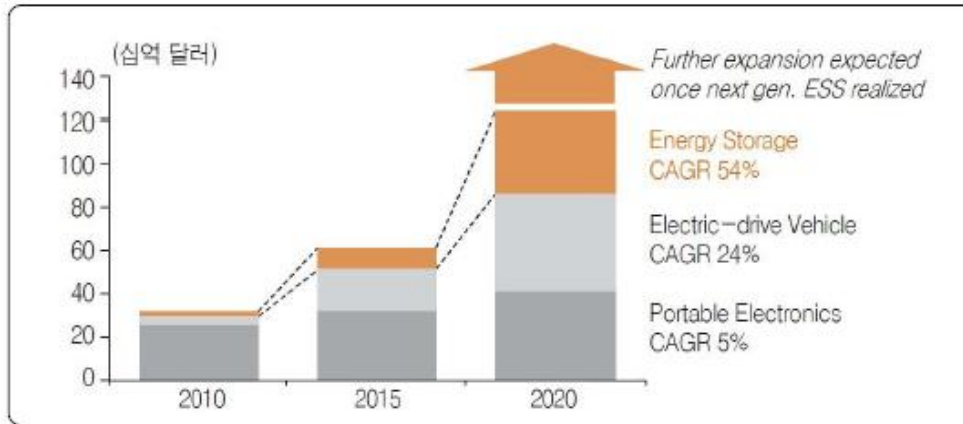
<표 2-9> 지역별 발전비중

구분	1990	2010	2020	2035
OECD				
화석연료	59.8	60.8	55.7	48.1
원자력	22.7	21.1	19.5	18.5
수력	15.5	12.5	12.5	12.2
신재생에너지	2.1	5.6	12.4	21.2
Non-OECD				
화석연료	69.9	74.3	68.4	62.2
원자력	6.8	4.4	6.9	8.2
수력	23.0	19.7	18.5	17.4
신재생에너지	0.4	1.6	6.2	12.2
WORLD				
화석연료	63.4	67.5	63.0	57.1
원자력	17.0	12.9	12.2	11.9
수력	18.1	16.0	16.0	15.5
신재생에너지	1.5	3.6	8.8	15.5

(출처 : World Energy Outlook 2012, 단위 %)

세계시장현황은 '10년을 기준으로 미국, 일본 등 일부 선진국을 중심으로 2조원 규모의 초기 시장이 형성되었고, '10년 기준 약 850MW의 에너지 저장 용량이 보급되었는데, 발전소 및 송배전에 적용되어 장기 저장을 위한 전력 계통용이 약 80%, 수용가에 적용되어 단기 저장을 위한 보조 서비스 용이 약 20%를 차지하고 있다. 전력계통시장은 미국이 약 78%로 최대 시장을 형성하고 있고, 현재의 ESS 시장은 태동기라 할 수 있으며, 향후 신재생에너지 및 스마트그리드 시스템 구축 등이 에너지 저장시설 시장의 성장을 가속화할 것으로 전망하고 있다.

세계 ESS 시장은 '20년에 약 47.7조원 규모로 성장이 전망되며, 이 중 가정용 및 신재생에너지 관련 수요가 전체의 70%이상을 차지할 것으로 보이며, 2~10시간 용량의 ESS 시장이 주류가 될 것으로 예상된다. 지속적인 성장으로 '30년에는 120조원 규모의 에너지 저장 시장이 형성될 것으로 전망되고 특히 ESS용 리튬 2차 전지 시장은 약 12조원으로 예상된다.



<그림 2-3> 에너지 저장 시설의 수요전망

(출처: 2012지능형전력망 협회)

용량 면에서는 '11년의 1,206MW에 비하여 '20년에는 약 16배 성장한 20,105MW에 이를 것으로 전망되고, '50년까지 세계적으로 189~305GW 수준의 에너지 저장시설 수요가 예상된다.

<표 2-10> 스마트그리드 기술동향

구분	시장규모	성장률 전망	진출 방안
ESS	<ul style="list-style-type: none"> ○ 세계ESS시장은 '20년 약 47.4조원 규모로 전망되며 이중 가정용 및 신재생에너지 관련 수요가 전체의 70%이상으로 예상된다 	<ul style="list-style-type: none"> ○ '11년 1,206MW의 용량에서 '20년 16배 성장한 20,105MW로 성장할 것으로 전망 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정부 또는 지방자치단체 주도의 신규 설비에 납품 ○ 신재생에너지 시공업체와의 파트너쉽을 통한 납품 ○ 정부지원이 활발한 북미, 일본 등 수출 활로 개척

(출처 : 지능형 전력망협회'12.09)

경쟁자 분석은 국내 기업들은 우수한 기술력을 바탕으로 전 세계 시장에서 입지를 공고히 하고 있으나, 일부 후발주자의 경우 경쟁력 확보에 어려움을 겪고 있는 상황이다. 가정용 ESS 시장에 진출한 국내 기업은 LG화학, 삼성SDI, SK이노베이션 등 대기업과 중소기업으로는 코캄이 대표적이다.

<표 2-11> 국내 경쟁자 분석

구분	경쟁자의 전략	자사 대비 강점	자사 대비 약점
LG화학	<ul style="list-style-type: none"> ○ 캘리포니아 최대 전력사 SCE 가정용 ESS납품 ○ 북미, 유럽, 호주 시장에 동시 출시 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 핵심 기술인 배터리 모듈 직접생산 ○ 대기업 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전원 주택 등 소규모 틈새 시장 공략에 불리
SK이노베이션	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2010년부터 신사업 개척차원에서 ESS 시장 진출 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 대기업의 장점을 이용한 대형 시장공략 유리 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실적 악화에 따른 사업 구조 조정 등 한계
Kokam	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가정용 ESS 공략 및 300억 매출돌파 ○ 북미에 이은 호주시장 진출 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 리튬이온계 에너지 밀도를 극대화한 방식의 기술보유 	<ul style="list-style-type: none"> ○ IoT등 신기술 적용 어려움

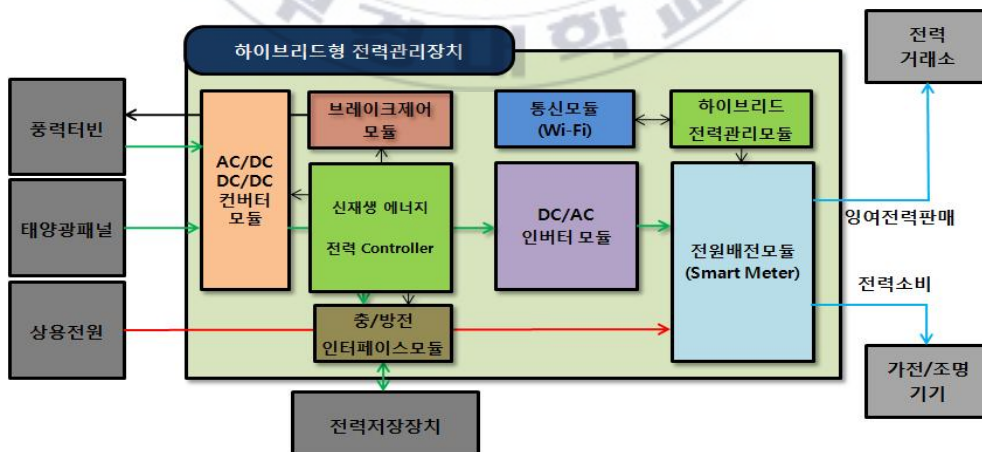
Ⅲ. 기술 개발 내용

1. 기술 개발 개요 및 목표

가. 하이브리드형 전력관리장치

신재생 전력(태양광, 풍력)과 상용 전력을 함께 사용할 수 있는 개인주택에 적합한 하이브리드형 전력관리장치 개발을 목표로 하고, 하이브리드형 전력관리장치의 구성은 아래와 같다.

- AC/DC, DC/DC 컨버터모듈, 브레이크제어 모듈
- 신재생 에너지 전력 Controller
- 충/방전 인터페이스 모듈 및 BMS(Battery Management System)
- 통신모듈(Wi-Fi), DC/AC 인버터모듈
- 하이브리드 전력 Controller
- 전원배전모듈(Smart Meter)

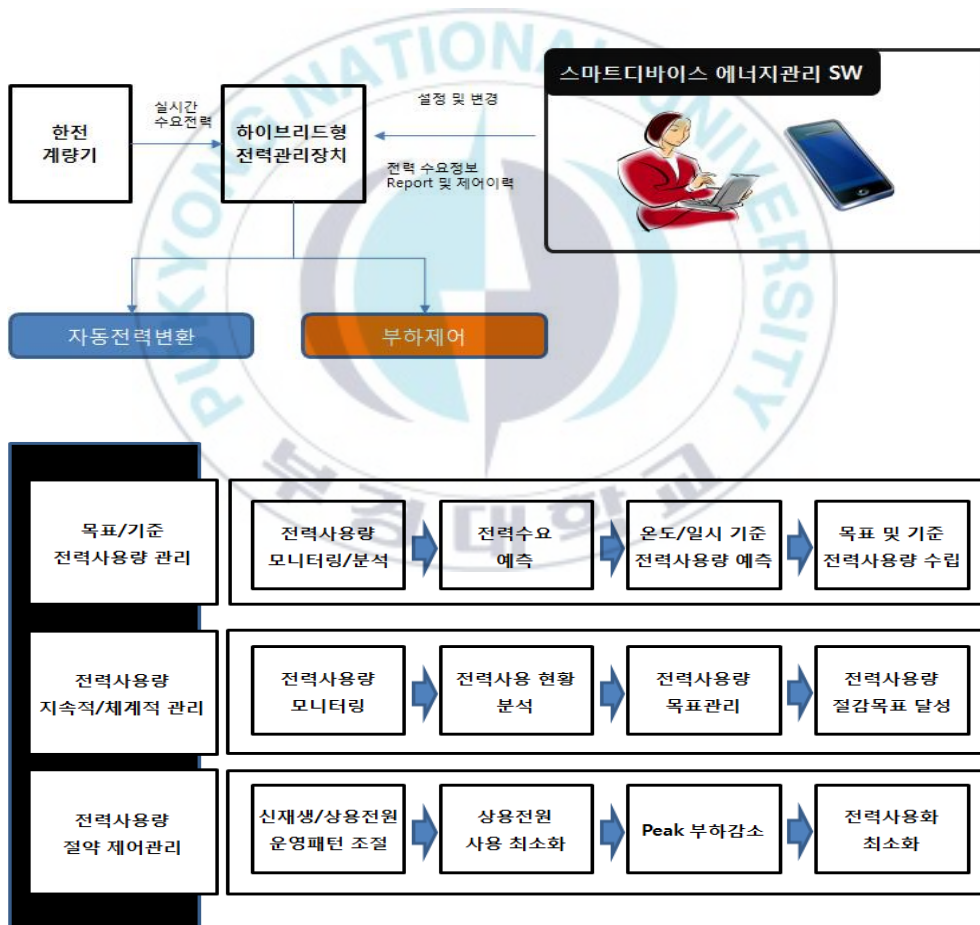


<그림 3-1> 하이브리드형 전력관리장치 구성

나. 스마트디바이스기반 에너지관리 소프트웨어

스마트디바이스기반 에너지관리소프트웨어의 주요 기능은 아래와 같다.

- 전력사용량 원격모니터링 관리
- 피크부하 설정 및 제어 관리
- 전력사용량 예측관리
- 잉여전력 재판매관리, 탄소배출량 실시간 관리



<그림 3-2> 스마트디바이스기반 에너지관리소프트웨어 개요

<표 3-1> 정량적 기술 목표 항목

평가 항목 (주요성능 Spec ¹⁾)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 ²⁾ (%)	세계최고 수준 보유국/보유기업 (/)	연구개발진 국내수준	개발 목표치					표준인증 기준 ³⁾	기준 설정 근거 ⁴⁾	평가 방법*
			성능수준	성능수준	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도			
1.내성시험(고온)	℃	10	40 (일본/에디슨파워)	-	30	35	40			KS C 0221	고온 시험	공인시험성적서
2.내성시험(저온)	℃	10	-25 (일본/에디슨파워)	-	-10	-15	-25			KS C 0220	저온 시험	공인시험성적서
3.전력변환효율	%	10	90 (일본/에디슨파워)	-	75	85	90% 이상			KTC 시험설정		공인시험성적서
4.데이터통신성공률	%	10	95 (일본/에디슨파워)	-	90	95	97% 이상			KTC 시험설정		공인시험성적서
5.고조파	%	10	5 (일본/에디슨파워)	-	-	-	5% 이하			KTC 시험설정		공인시험성적서
6.출력	%	20	10 (미국/테슬라)	-	-	-	10 kW			KTC 시험설정		공인시험성적서
7.운영SW신뢰성검증	건	10	-	-	-	-	1			GS	신뢰성 검증	공인시험성적서

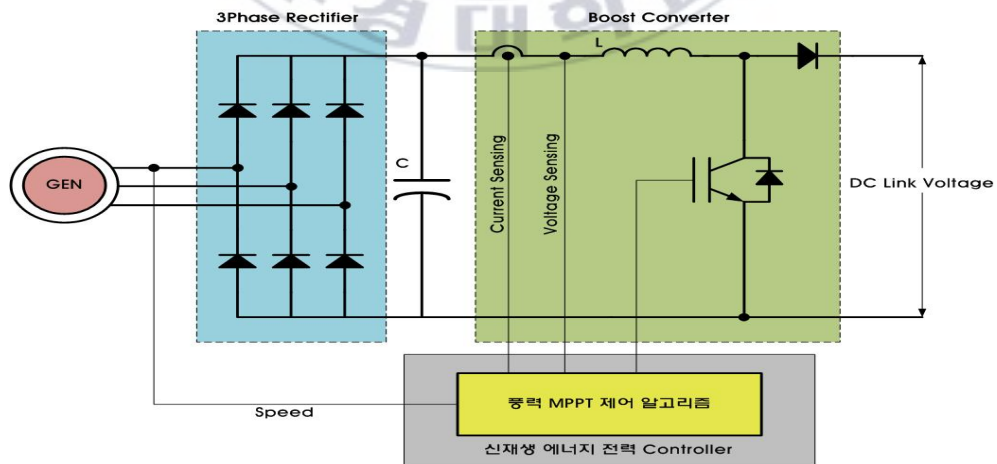
2. 기술 개발의 설계 및 방법

가. 하이브리드형 전력관리장치

- 요구사항 분석 및 성능 규격 정의
 - 국내외 전력관리장치 기술개발 사례 수집
 - 타깃 수요층(신축 단독주택)의 전력사용 패턴 및 요구사항 분석
 - 목표 시스템 성능 및 규격 정의

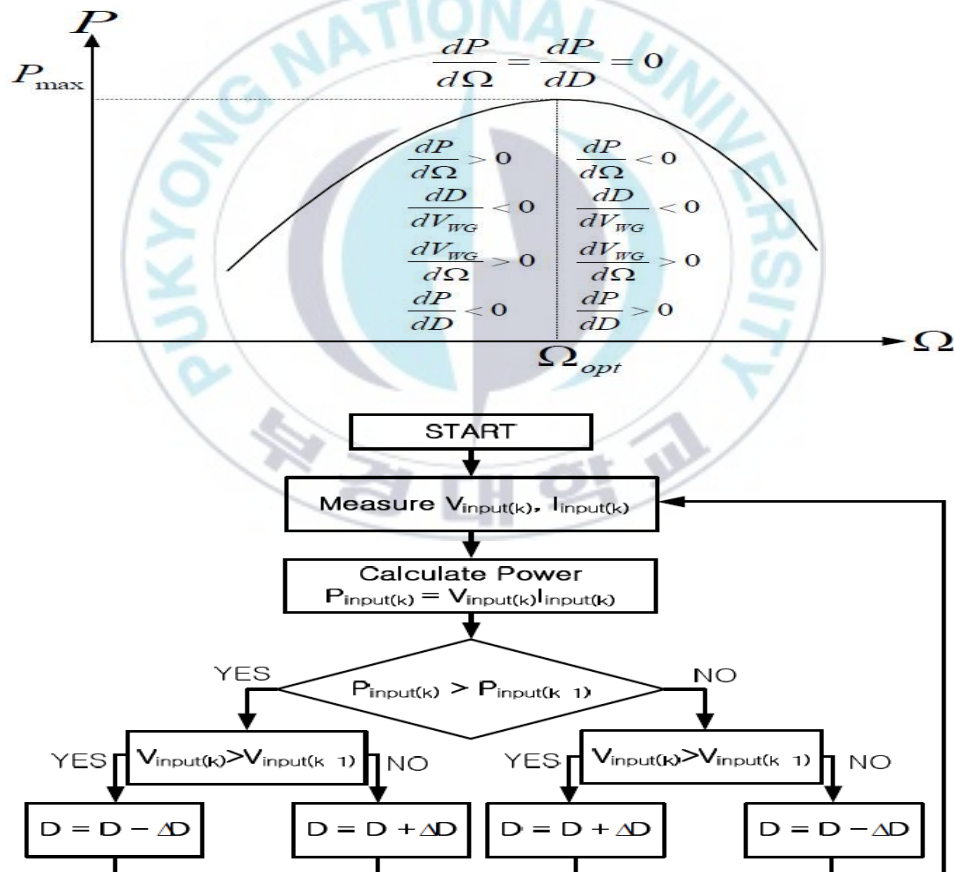
1) AC/DC, DC/DC 컨버터 모듈 설계 및 개발

날씨와 같은 외부 환경의 변화에도 안정적인 풍력발전 에너지를 얻기 위하여 Boost 타입의 AC/DC 컨버터를 적용하고, 풍력발전기에서 발생된 3상의 전압을 정류하기 위해 Full Bridge 회로를 적용하고 다이오드는 손실을 최소화하기 위하여 순방향 전압 강하가 적은 다이오드를 적용하여 설계한다.



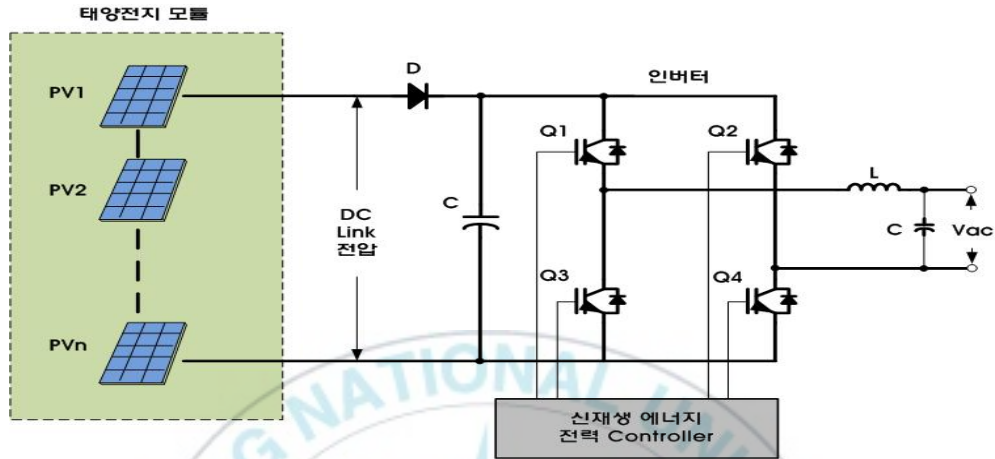
<그림 3-3> 풍력발전을 위한 AC/DC 컨버터 전력회로 구성

제어알고리즘은 MPPT(Maximum Power Point Tracking)를 적용하여 풍력에서 발전되는 최대 에너지가 계통연계형 인버터의 DC-Link 단에 전달되도록 하고, 풍력발전의 MPPT 제어는 발전기 속도에 따른 Boost 컨버터의 펄스폭 조절(D)을 통해 최대전력을 추종하도록 제어기를 설계하여 적용한다. <그림 3-4>는 풍력발전의 MPPT를 위한 Perturb&Observe방식으로 전력을 계산하고 특성 곡선에 따라 듀티비를 변화시켜 전력증감에 따른 최대 전력을 추종하도록 한다. 풍력발전의 MPPT 제어 알고리즘은 아래 블록도와 같은 P&O방식을 적용하여 구성한다.



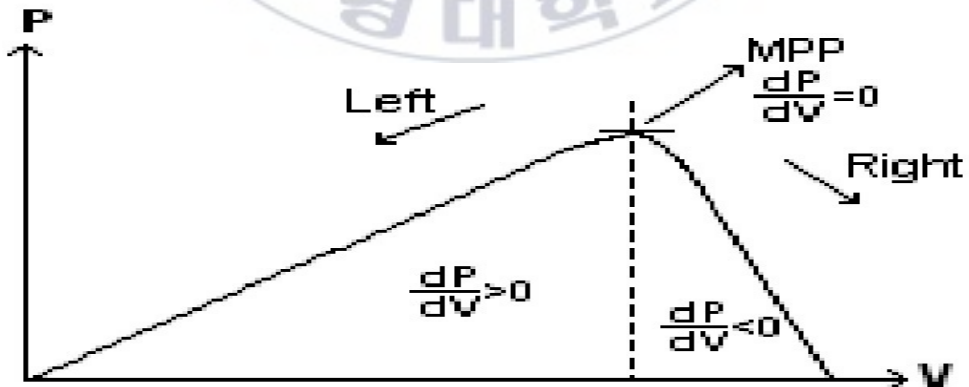
<그림 3-4> 풍력발전의 MPPT 제어 프로세스

태양광 발전전압을 계통연계형 단상 인버터의 DC Link에 직접 연결하여 DC/ DC 컨버터에서 발생하는 손실을 최소화 하도록 구성한다.



<그림 3-5> 태양광 패널 구성

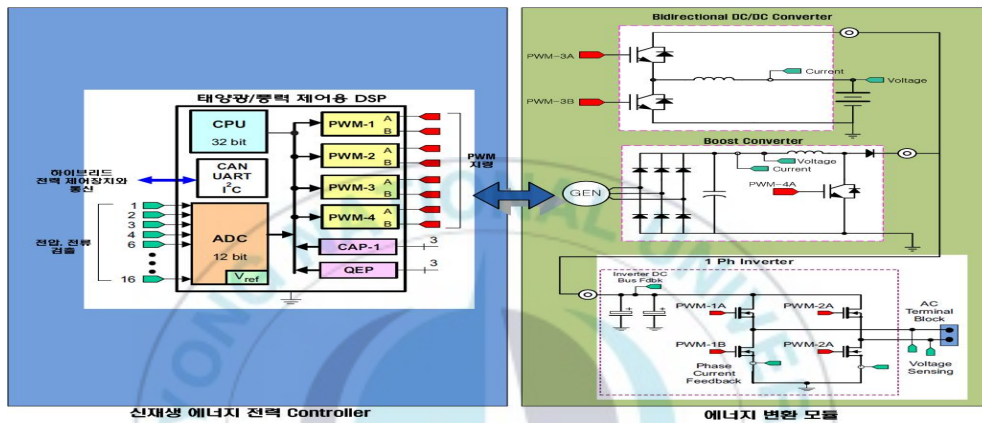
태양광 발전은 MPPT제어를 통해 최대효율점에서 운전되도록 제어 알고리즘을 구성하고, MPPT제어는 태양전지판의 Incremental Conductance와 Instantaneous Conductance를 비교하여 최대 출력점을 추적하는 IncCond 방법을 적용 한다.



<그림 3-6> MPPT 제어를 위한 IncCond 방법

2) 신재생 에너지 전력 Controller 설계 및 개발

신재생 에너지 컨트롤러는 하이브리드 전력관리장치와 직렬 통신으로 연결하여 발전량, 발전상태, 인버터 및 컨버터의 작동 유무를 결정하는 정보를 교환하고, 전류, 전압 검출을 위한 디지털 필터를 설계하여 적용하고 외란 및 노이즈에 대한 영향을 최소화 하도록 필터의 게인을 튜닝 한다.



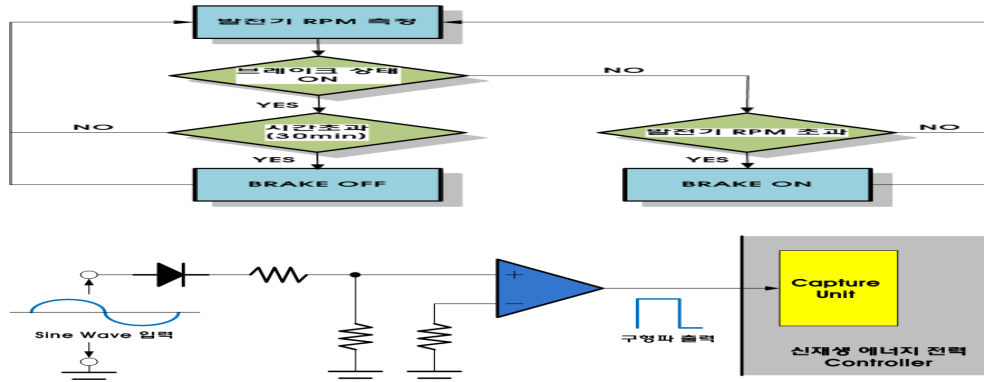
<그림 3-8> 신재생 에너지 전력컨트롤러 및 에너지 변환 모듈

3) 브레이크제어 모듈 설계 및 개발

발전기의 RPM 센서로부터 수신된 데이터를 입력받아 정격 풍속의 10% 이상 이거나 정격 RPM의 10% 이상인 경우 브레이크가 동작하여 풍력발전기의 블레이드 회전이 정지되도록 구현하고, 사용자 설정에 의한 RPM 유지 및 정속주행 기능을 구현한다.

발전기의 RPM에 상관없이 고장 및 수리, 기상 이변 등 특수한 상황에서 블레이드 회전을 강제로 정지시키는 인터럽트방식의 강제 정지 기능을 구현하고, 브레이크 작동 시 발전기에서 발생하는 전류에 대해 충분히 견딜 수 있도록 스위칭 소자를 적용하고 암 단락으로 인해 발전기를 보호하기 위하여 PWM 제어방식으로 브레이크를 구동한다.

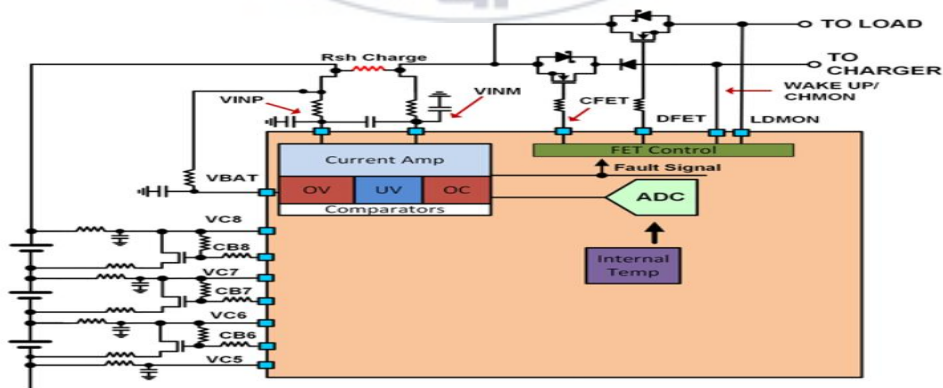
* RPM(Revolution Per Minute), PWM(Pulse Width Modulation)



<그림 3-9> 풍력 블레이드 제어 회로도

4) 충/방전 인터페이스모듈 및 BMS 설계 및 개발

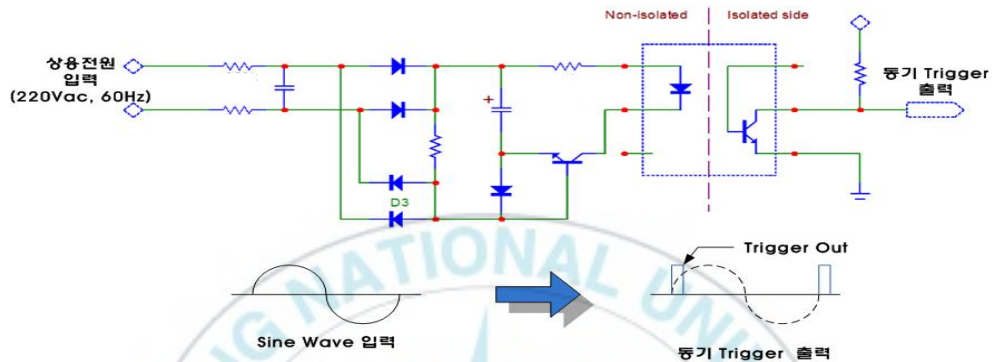
전력 저장장치의 상태를 실시간 관리하고 통제관리 프로세스에 따라 충전과 방전을 제어하는 기능을 구현하고, 양방향 DC/DC 컨버터를 구성하여 잉여전력은 Buck 컨버터를 이용하여 전력 저장장치에 저장하고 전력부족 시에는 Boost 컨버터를 사용하여 계통연계형 인버터의 DC Link에 전력을 전달하도록 한다. 기본적인 구성으로 배터리팩과 부하 측 및 충전 측을 Isolation 형태로 구현하고, 충전(TO CHARGER)과 부하 방전(TO LOAD)을 동시에 사용 가능한 회로를 구현한다.



<그림 3-10> 충/방전 인터페이스 제어 프로세스

5) DC/AC 인버터 모듈 설계 및 개발

인버터 출력 측에 LC 저역 필터를 설치하여 고주파를 제거하며 계통과 연계를 위해서 계통전원의 위상을 검출하고 시스템의 유, 무효 전력에 따라 전류의 위상이 결정되도록 설계한다.

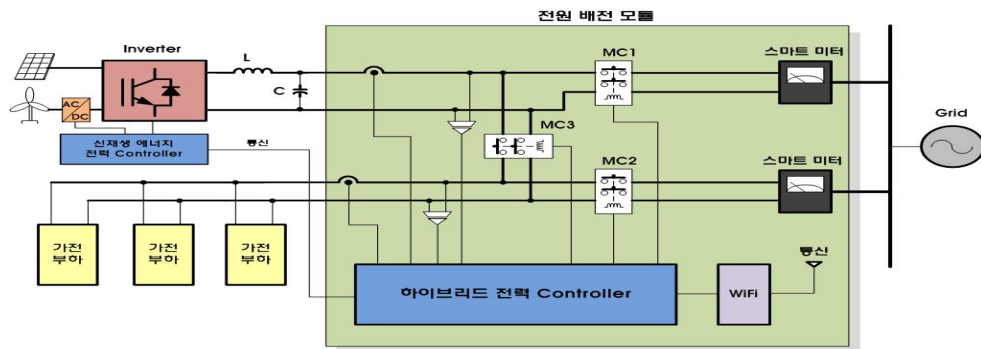


<그림 3-11> 계통전원 위상 검출 및 동기신호

6) 전원배전모듈(Smart Meter) 설계 및 개발

전력사용량을 실시간 계측하여 확인할 수 있는 기능을 제공하며, 잉여 생산전력 발생 시에는 전력거래소에 재판매할 수 있는 기능으로 설계한다.

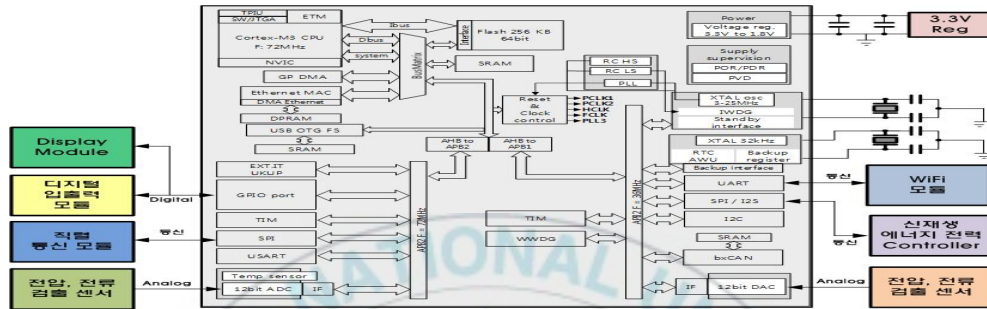
전원배전모듈은 신재생 전원과 상용 전원이 효율적으로 교차 사용이 가능하도록 전원개폐 기능을 제공한다.



<그림 3-12> 전원 배전모듈(Smart Meter) 구성

7) 하이브리드 전력 Controller 설계 및 개발

통신, 입출력, ADC가 충분히 내장된 MCU(Micro Control Unit)을 선정하고 외부 노이즈 및 환경변화에도 안정적으로 시스템이 운용될 수 있도록 회로를 설계한다.

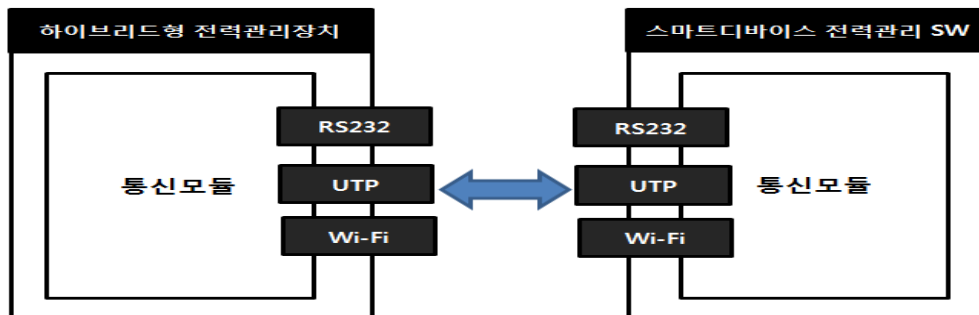


<그림 3-13> 하이브리드 전력 컨트롤러 구성도

8) 통신모듈(Wi-Fi) 설계 및 개발

공개 소프트웨어와 개방형 IoT 구조를 활용한 인터넷 + Web 기반 유선 통신 프로토콜 설계 및 개발은 아래와 같다.

- 스마트 그리드 표준 및 개방형 IoT 플랫폼 조사
- CoAP (Constrained Application Protocol) 기반 통신 프로토콜 설계
- IPv4/IPv6 프로토콜, UDP (User Datagram Protocol)를 지원함
- OSS (Open Source Software)를 활용



<그림 3-14> 데이터 송수신 구성도

나. 스마트디바이스기반 에너지관리 소프트웨어

○ 사용자 요구사항 분석 및 개념설계

국내외 전력관리장치 기술개발 사례 수집하고, 타깃 수요층(가정용 개인 주택)의 전력사용 패턴 및 요구사항 분석 후 목표 시스템 성능 규격 정의한다.

○ 전력사용량 원격모니터링 관리 기능 설계 및 개발

주택 내에서 동작하는 가전 및 조명기기의 실시간 전력사용량 정보를 소비자에게 제공함으로써 절약을 유도하고, 스마트폰과 같은 스마트디바이스를 이용하여 장소와 시간에 상관없이 서비스를 이용할 수 있도록 한다.

주요 신재생 발전원 데이터를 화면으로 감시, 각각의 상세한 데이터를 일정 주기로 누적하여 통계화하여 신재생 발전원의 운영에 유용한 자료로 활용할 수 있도록 하고, 알람 상태를 감시하여 주요 핵심 부품의 이상이 발생하면 관련내역을 정확하게 확인할 수 있게 하여 신속한 조치가 가능하도록 한다.

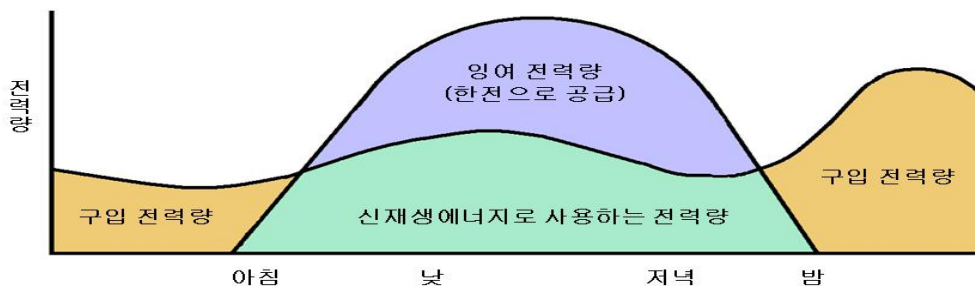


<그림 3-15> 전력사용량 확인 사례

○ 피크부하 통제관리 기능 설계 및 개발

수신된 전력사용량 데이터와 피크부하에 영향을 주는 환경변수(온도, 시간대, 재실)를 기준으로 설치된 신재생전력(태양광, 풍력)과 상용전력에

대한 운영패턴을 조절하여 전력 피크부하를 효과적으로 억제함으로써 전력 사용량을 최소화 할 수 있도록 유도한다.



<그림 3-16> 전 피크부하 통제관리 방안

- 전력사용량 예측관리기능 상세설계 및 개발
일사량, 온도, 시간대에 따라 변동하는 전력사용량을 도식화하고 이를 데이터베이스화 하여 일/월/년 별 예상 전력사용량을 분석하여 해당 정보를 사용자에게 제공하도록 개발한다.

- 잉여전력 재판매관리(전력거래소) 상세설계 및 개발
전력총사용량 및 시간대별 전력요금 정보를 사용자에게 제공하여 가격이 상대적으로 높은 시간대의 전력 사용을 피하도록 유도하고, 전력가격이 낮은 시간대로 전력 사용을 이동하거나 혹은 높은 시간대의 전력 소비를 줄임으로써 전력요금 비용을 절약하거나 조절하는 기능을 제공한다.

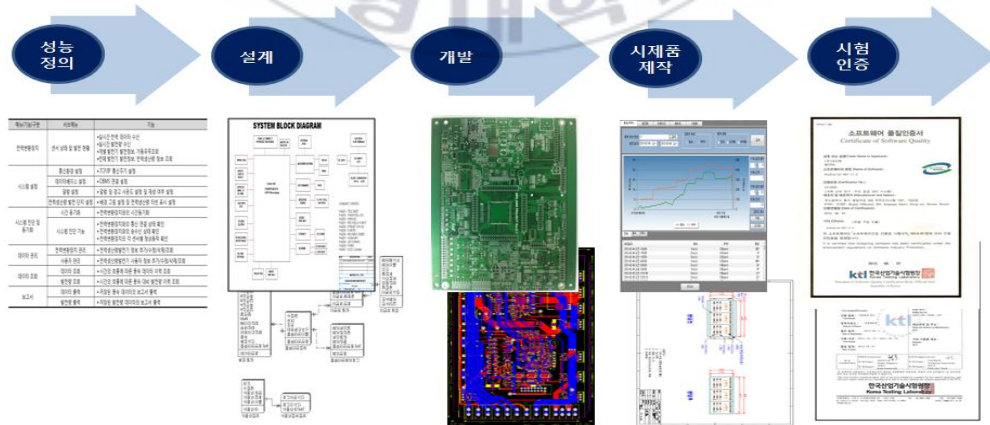
실시간 가격 정보를 기반으로 소비자는 전력공급자와의 전력거래에 참여하여 잉여전력 발생 시 전력공급자에게 역송전 하는 형태로 전력을 판매할 수 있도록 하고, 부족한 전력은 전력공급자로부터 상용전력을 구매하여 건물에 전력을 공급할 수 있도록 한다. 또한 전력 재판매 및 구매에 따른 전력요금 실시간 확인 기능을 제공하고, 전기/가스/난방 사용량에 따른 탄소배출량 정보를 실시간으로 확인할 수 있는 기능을 제공하도록 개발한다.

다. 제품 개발 계획

○ 제품 개발 계획

제조 공정의 단순화로 부가적인 비용이 발생하지 않도록 모듈화 형태로 설계하여 향후 설비의 문제가 발생하였을 경우 수리시간을 단축시키고 비용을 절감하여 제품의 신뢰성 확보를 기할 수 있다. 특히 개인주택의 특성을 고려하여 '마이크로그리드용 스마트-ESS'를 구성하는 모든 하드웨어 및 소프트웨어의 개별 모듈을 독립적으로 구성하여 개인주택의 특성에 맞는 다양한 가격대와 기능을 갖춘 상용화된 제품 출시가 가능하도록 구성한다. 이를 통하여 제품을 구성하는 모든 장치 및 소프트웨어에서 문제 발생 시 최소의 시간과 비용으로 해결할 수 있도록 설계하고, 공개 소프트웨어와 개방형 플랫폼을 활용하여 개발함으로써 타 시스템과의 호환성, 개발 단계에서부터 에너지관리공단 신재생전력 설비인증을 고려하여 모든 과정을 진행하며 필요한 경우 외부 전문가를 활용한다.

<그림 3-17>은 설계부터 시제품 제작에 따른 제품 개발 개요도를 도시한 것이다.

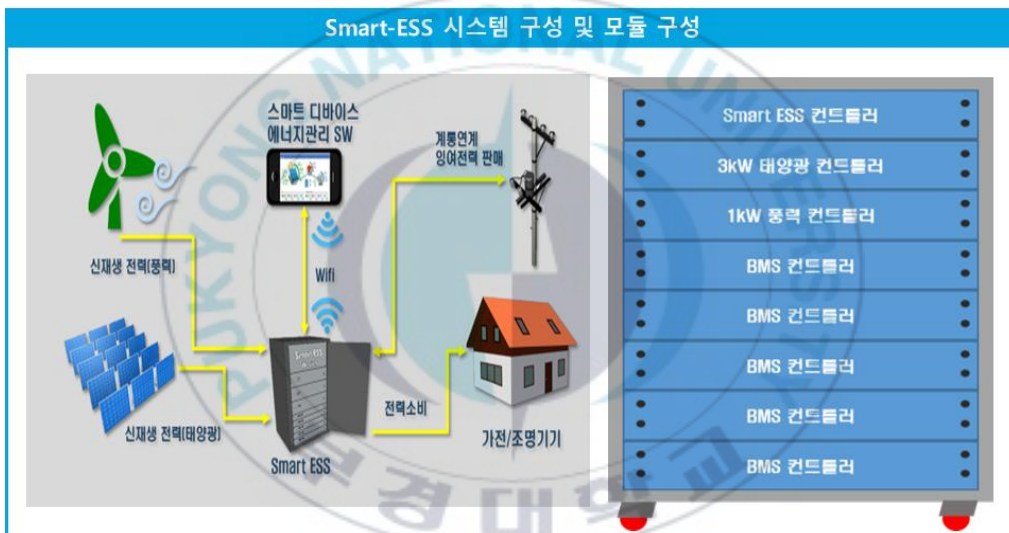


<그림 3-17> 제품 개발 계획

IV. 제품 개발 및 사업화 방안

1. 하이브리드형 전력관리장치

하이브리드형 전력관리장치에는 3kW 태양광 컨트롤러, 1kW 풍력 컨트롤러, PCS (Power conditioning system) 컨트롤러, BMS(Battery Management System) 컨트롤러로 크게 4가지로 개발하였다.



<그림 4-1> Smart_ESS 시스템 구성 및 모듈 구성

Smart-ESS 컨트롤러는 하이브리드형 전력관리장치의 기본 플랫폼으로 DC/AC 컨버터를 통해 배터리에 충전된 전력을 220V/60Hz로 출력하고, 스마트미터를 통해 전력관리 스케줄에 따라 분배, 수전, 송전 전력량 측정하고 Wi-Fi 통신모듈은 스마트디바이스기반 에너지관리 S/W와 연결한다.

BMS 컨트롤러를 통해 풍력/태양광 컨트롤러로부터 전송된 전력을 배터리에 충전하고, 배터리에 충전된 전력을 Smart-ESS 컨트롤러로 전송한다.

가. 3kW 태양광 컨트롤러

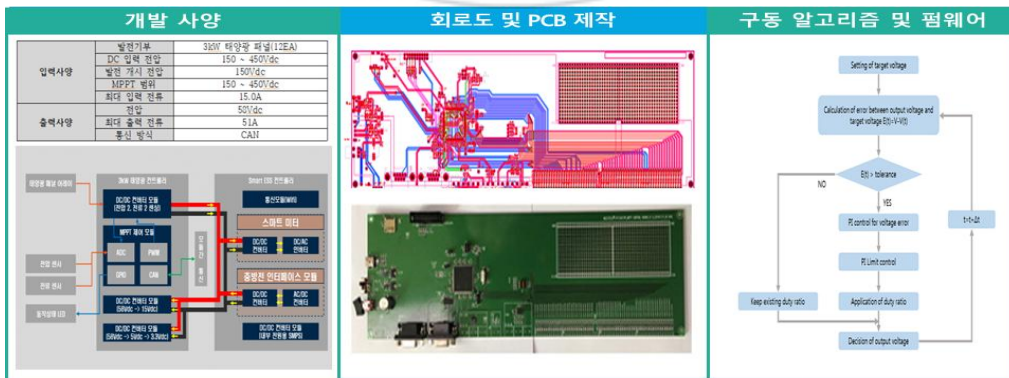
태양광 컨트롤러의 출력은 3kW로 개발하였고, 태양광 발전의 입력전압은 150Vdc ~ 450Vdc의 범위로 범용성을 고려하여 설계하였으며, MPPT 범위는 150Vdc ~ 450Vdc로 운전할 수 있도록 개발하였다.

구동알고리즘 및 펌웨어개발은 구체적인 제어 알고리즘은 목표전압 값과 현재 출력전압을 비교하여 오차분이 허용범위 이내이면 식(1), 정전압 제어가 정상적으로 이루어진다고 판단하여 기존의 Duty비(Duty Ratio)를 유지하고, 목표 값과 현재 출력전압을 비교하여 오차분이 허용범위를 벗어나면, 오차분에 대한 PI 제어 식(2)을 수행한다.

$$e_v(t) = V_{target} - V_0(t) \text{---(1)}, \quad \Pi(t) = K_p e_v(t) + K_i \int_0^t e_v(\tau) d\tau \text{---(2)}$$

전압 레귤레이터의 승압제어는 인덕터에 에너지를 저장시키거나 방출시키는 IGBT 스위칭 동작을 통하여 이루지고, 승압된 전압의 유지를 위해서 인덕터의 최소전류가 0보다 커야한다는 조건에 의하여 인덕터의 최소용량은 식 (3)과 같고, 또한 목표 출력전압 범위를 유지하기 위한 적정 커패시터의 용량은 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$L_{min} > \frac{R}{2} \times (1-D)^2 DT \text{---(3)}, \quad C = \frac{V_{\in}}{(1-D)R \times \Delta V_{out}} \times DT \text{---(4)}$$



<그림 4-2> 3kW 태양광 컨트롤러

나. 1kW 풍력 컨트롤러

출력은 1kW 이상으로 설계하여, 1kW 이상의 풍력발전기에도 사용가능하고, MPPT 가능 전압범위는 75 ~ 300Vac, 발전개시 전압은 약 75Vac, 최대입력 전류는 15A, 발전 제한 전압은 320V로 설계하며, 이상 전압에는 브레이크 모듈이 동작하도록 개발하였다.

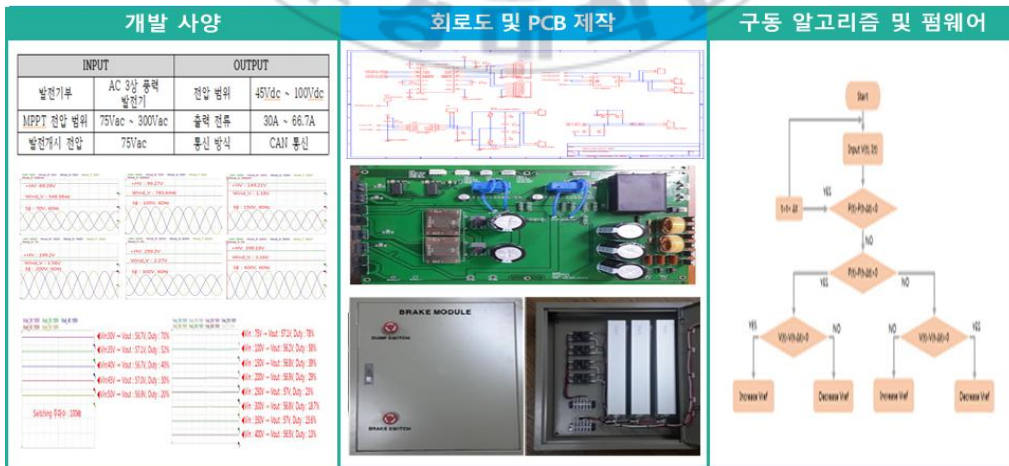
MPPT 구동알고리즘은 DC/DC 전압 레귤레이터는 전압(입력)을 목표전압(출력)으로 유지시키는 정전압 제어를 수행한다. 오차분이 허용범위를 벗어나면 식(1), 오차분에 대한 PI 제어 식(2)을 수행한다.

$$e_v(t) = V_{target} - V_0(t) \text{-----(1)}$$

$$\Pi(t) = K_p e_v(t) + K_i \int_0^t e_v(\tau) d\tau \text{-----(2)}$$

승압제어는 IGBT 스위칭 동작을 통하여 이루어지며, 승압된 전압의 유지를 위해서 인덕터의 최소전류가 0보다 커야한다는 식(3)에 의하여 인덕터의 최소용량은 목표 출력 리플 전압 범위를 유지하기 위한 적정 커패시터의 용량 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

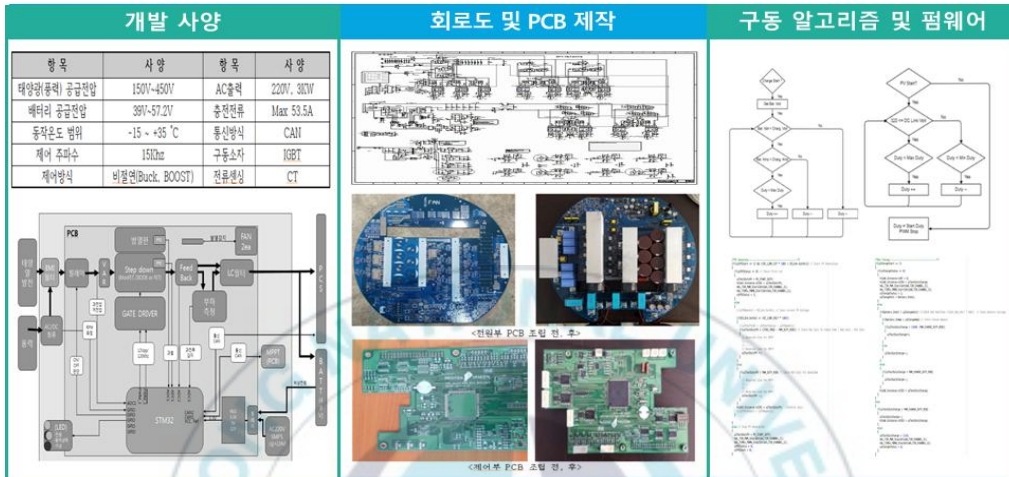
$$L_{min} > \frac{R}{2} \times (1-D)^2 DT \text{-----(3)}, \quad C = \frac{V_{\in}}{(1-D)R \times \Delta V_{out}} \times DT \text{-----(4)}$$



<그림 4-3> 1kW 풍력 컨트롤러

다. 전력변환장치(PCS) 컨트롤러

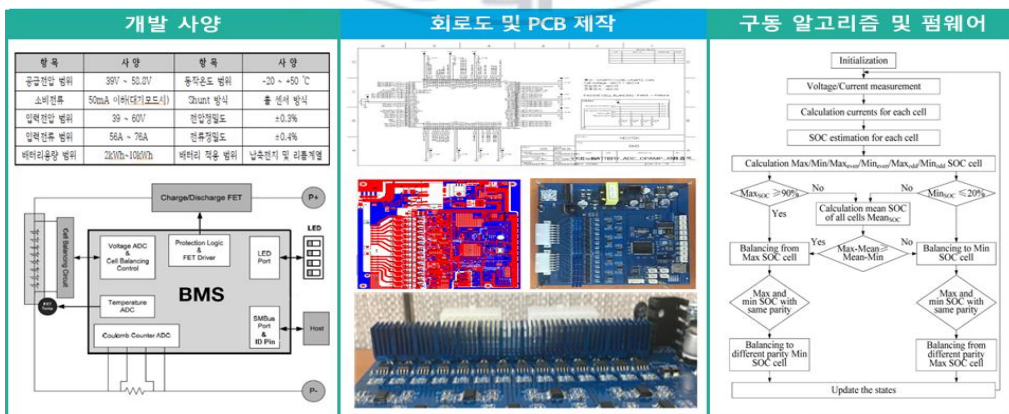
개인주택에 있어 신재생전력(태양광, 풍력)과 상용전력을 함께 사용하면
서 전력사용량을 최적화하여 저장 및 관리 할 수 있도록 개발하였다.



<그림 4-4> 전력변환장치(PCS) 컨트롤러

라. BMS(Battery Management System) 컨트롤러

BMS는 마이컴부, 전원부, 셀전압 및 셀밸런싱부, 데이터 통신부, 데이터
로그부로 구성이 되도록 개발하였다.



<그림 4-5> BMS 컨트롤러

하이브리드형 전력관리장치는 고온 및 저온 내성시험, 전력변환 효율 및 데이터통신 성공률, 최대 출력 측정 등, 성능 테스트의 시험 결과는 개발 목표의 정량적 기술 목표 기준을 만족하였고, 아래 <그림 4-6>과 같다



<그림 4-6> 성능테스트 시험 결과

2. 스마트디바이스기반 에너지관리 소프트웨어

전력모니터링 및 피크통제관리는 개인주택의 전력 관리를 위하여 목표/기준 전력사용량 관리, 부하 우선순위 제어, 패턴 분석에 따른 절약 제어 관리 기능으로 구성하였고, 소프트웨어 개발 환경은 스마트디바이스 사용자에게 서비스를 제공하기 위해 웹 서버, DBMS를 탑재한 홈 서버를 구축 하였으며 개발 환경은 아래와 같이 구성하였다.

<표 4-1> 소프트웨어 개발 환경

모바일 운영체제	Android 6.0, IOS 10.1.1
개발 언어	Javascript
개발 플랫폼 및 도구	Sublime Text3, Node.js 6.9.1

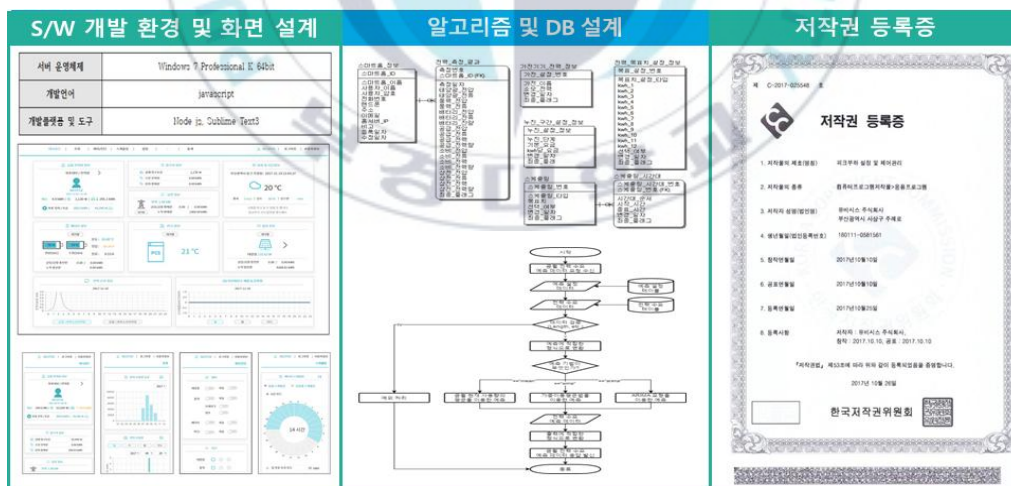
화면 설계는 단색 계열에 이미지와 그래프로 시각화하여 사용자에게 즉각적인 반응을 유발할 수 있도록 하며, 시작 화면의 메뉴는 Home, Generation, Usage, Scheduling, History, Setting 6개로 구성하였다.



<그림 4-7> 소프트웨어 화면 설계

데이터베이스 설계는 수신된 데이터들뿐만 아니라 사용자 편의를 위한 기본적인 설정 정보를 포함하여 스케줄링 및 피크부하 통제 관리를 위한 설정 정보들을 저장하도록 설계하였다.

전력 사용량 원격 모니터링 관리 기능은 Home화면에 전력 사용, 요금에 대한 정보, 이번 달의 전력·목표·예측 사용량, 잉여 전력 판매량에 대한 요금 정보를 제공하며, Generation 화면은 실시간으로 풍력/태양광 전력, 배터리 잔량, 사용·판매 정보를 제공하고, Usage, History 화면은 데이터를 일/주/월/연도 단위로 표시하며, 패턴 분석 예측 결과 표시 및 목표 사용량 초과 시 알람을 하도록 구현하였다. 피크 부하 통제 관리의 Scheduling 화면은 사용자가 전력 요금을 줄일 수 있도록, 시간별, 일별로 스케줄링 할 수 있도록 하고, Setting 화면은 시스템 정보, 가전기기 소모 전력량, 전력량 사용 계획, 누진구간 설정을 제공, 전력량 사용계획은 요일과 일별에 따른 전력 사용량 목표치를 설정할 수 있도록 하였다.



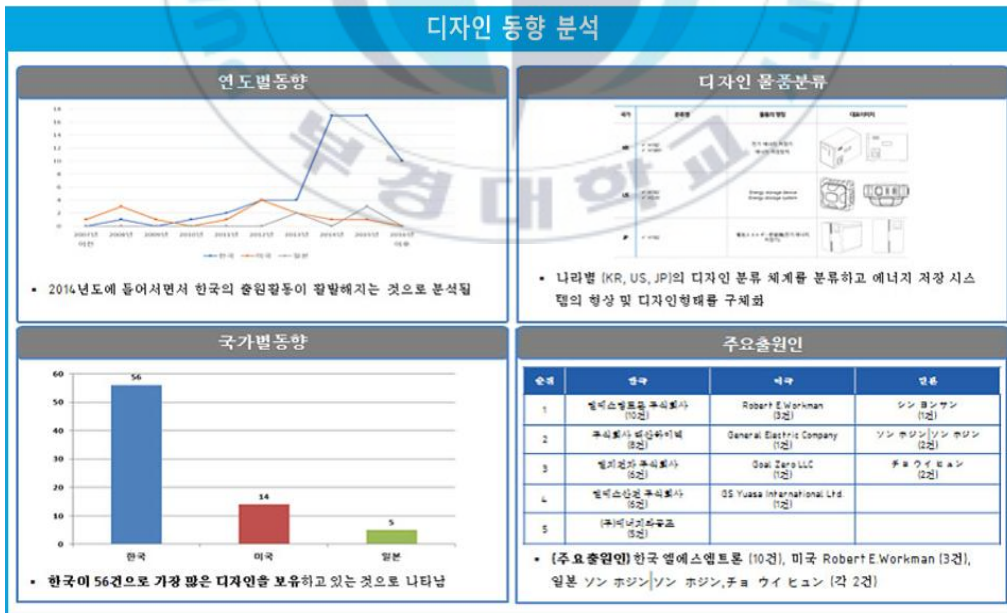
<그림 4-8> 스마트디바이스기반 에너지관리 소프트웨어

3. 시제품 제작 및 사업화 방안

가. 시제품 제작

디자인 전략은 디자인 동향분석, 디자인흐름분석, 디자인 방향설정, 컨셉 제안, 배터리 배열 및 구체화, 모델링, 최종컨셉 모델링, 최종디자인 도출 순으로 진행하였다.

디자인 동향 분석은 각 국의 출원건수는 한국(56건), 미국(14건), 일본(5건) 순으로 나타났고, 2014년 이후 한국의 출원 활동이 활발해지는 것으로 분석되었다. 에너지 저장 시스템의 디자인분류를 분석한 결과, 전체 형상은 박스형이 다수 출원되었고, 부가장치 형상에서는 방열구 부착형의 출원율이 높은 것이 공통적으로 분석되었다.



<그림 4-9> 디자인 동향분석

나. 사업화 방안

본 기술의 핵심가치로 장점은 시설의 전력 소모량을 예측 및 관리하여 최적의 제어 매커니즘 구현이 가능하다는 점과 IoT 기술 및 ICT 기술을 적용하여 자동제어 및 모니터링 등 시스템화 할 수 있다는 장점이 있다.

<표 4-2> 제품과 기술의 차별화 및 핵심가치

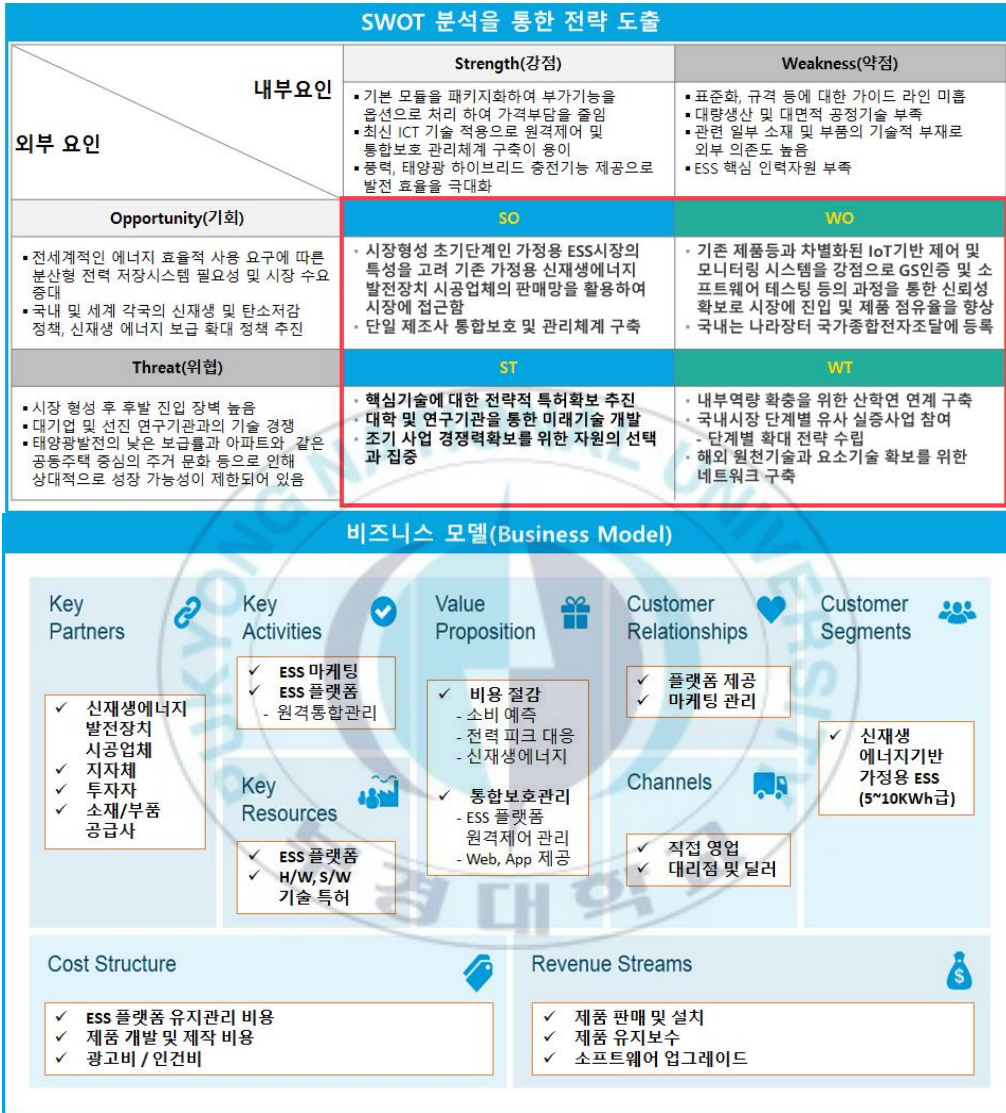
핵심가치	내 용
제품의 차별성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기본 모듈을 패키지화하여 부가기능을 옵션으로 처리 하여 가격부담을 줄임 ○ IoT기능으로 자가진단, 모니터링 등 부가기능 제공으로 유지보수 비용 경감 ○ 가정용 ESS 세계 최고 수준의 정량적 기술 목표 달성
동사(해당 기업)의 차별성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 풍력, 태양광 하이브리드 충전기능 제공으로 발전 효율을 극대화 ○ MPPT제어 알고리즘 적용으로 고효율 신재생에너지 충전제어 ○ ISO 표준을 준수한 제어 및 모니터링 시스템 제공
공공적 가치	<ul style="list-style-type: none"> ○ 소비예측 및 전력 피크에 능동적인 대처로 인한 비용 경감 ○ 가정용 ESS 확산에 기여

<표 4-3> 목표 고객 정의

구분	선정 사유	제품에 대한 고객 요구 사항/수준	고객 요구사항에 대한 대응방안
신재생 (5~10K Wh)	ESS시장의 발전단계가 전력안정용인 대용량에서 소용량의 가정용으로 전환되고 있음	ESS제품에 대한 보편화 및 냉장고, 세탁기 등과같은 가정용 필수 전자제품으로 요구됨	IoT기능을 통한 무선통신 등 통신 제어를 통한 다양한 편의기능제공과 사용자 편의를 고려한 디자인으로 가전 제품화 설계 및 개발

<표 4-4> 목표 고객별 판매 전략

목표 고객	해당기업 (기업명)	판매 전략
국내 시장	선에너지 외 가정용 신재생 에너지 발전장치 시공업체 (50개사)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 가정용 신재생에너지 발전장치 시공업체 50여개사에 소형 태양광 및 풍력 전력변환/충전장치를 공급 예정 ○ 시장형성 초기단계인 가정용 ESS시장의 특성을 고려하여 기존 가정용 신재생에너지 발전장치 시공업체의 판매망을 활용하여 시장에 접근함 ○ 그리고 기존 제품들과 차별화된 IoT기반 제어 및 모니터링 시스템을 강점으로 GS인증 및 소프트웨어 테스트 등의 과정을 통한 신뢰성 확보로 시장에 진입 및 제품 점유율을 향상 가능함 ○ 또한, 국내는 조달을 위한 나라장터 국가종합전자조달에 등록 예정이며 이외는 별도로 기존 고객 등을 대상으로 제품에 대한 현장방문 설명 및 시범설치등을 통한 판매 추진 예정임
해외 시장	PT. Emotion(인) 외 가정용 신재생 에너지 발전장치 시공업체	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해외시장 개척에 필수적인 판매채널 확보를 위하여 코트라의 해외 시장조사 신규 서비스를 적극 활용할 예정으로 코트라와 지속적인 업무협력 추진하고 있음 ○ 또한 신재생에너지 발전장치의 최대시장인 중국인 것을 고려하여 세계 최대 온라인 마켓 중 하나인 알리바바 입점(카테고리: 에너지) 으로 온라인 마케팅을 적극 수행함 ○ 사업기간 중 유튜브에 다큐멘터리 형식을 빌어 제품개발 과정 초기부터 각종 문제 및 이를 해결하는 과정을 진솔하게 보여줌으로써 고객이 제품을 믿고 선택할 수 있도록 유도할 예정임 ○ 적극적인 국내외 전시회-코리아 스마트그리드 엑스포, 상해 국제 분산에너지, 마이크로그리드 박람회 등- 참가로 불특정 다수 잠재고객에 대한 개발기술 영업, 마케팅 및 홍보를 실시함



<그림 4-11> SWOT 분석 및 비즈니스 모델

SWOT 분석을 통해 전략을 도출하고, IoT기능이 적용된 유무선 통신 기반의 제품 개발로 실시간 제어 및 모니터링이 가능한 시스템을 통해 최적의 전력 사용 솔루션을 제공하는 것이 비즈니스 모델의 핵심이다.

V. 결 론

1. 기술 개발의 결과 요약

본 기술 개발의 결과는 개인주택에 있어 신재생 전력(태양광, 풍력)과 상용 전력을 함께 사용하면서 전력사용량을 최적화하여 저장 및 관리할 수 있는 개방형 IoT기반 10kWh급 가정용 Smart-ESS 기술 개발을 완료하였다. 신재생 전력(태양광, 풍력)과 상용 전력을 함께 사용할 수 있는 개인주택에 적합한 하이브리드형 전력관리장치를 개발하고, 전력관리장치의 개별 모듈을 독립적으로 구성하여 개인주택의 특성에 맞는 다양한 가격대와 기능을 갖춘 상용화된 전력관리장치 출시가 가능하도록 구성하고, 스마트 디바이스기반 에너지관리 소프트웨어 개발을 통해 개인주택 내 목표 기준 전력사용량 관리, 전력사용량에 대한 지속적, 체계적 관리, 스마트디바이스 기반 에너지관리를 하도록 구성하였다.

<표 5-1> 기술 개발의 결과 요약

구분	내용
키워드	에너지저장시스템(ESS), 사물인터넷(IoT), 신재생에너지(Renewable Energy)
핵심 기술	신재생(태양광, 풍력)/상용 전력에 대한 변환/저장/배전 기능 - 개인주택에 최적화된 전력관리를 위하여 목표/기준 전력사용량, 부하우선순위제어, 전력사용량에 대한 패턴분석 절약제어 관리 기능
최종 목표	1) 개방형 IoT기반 10kWh급 가정용 Smart-ESS - 신재생 전력(태양광, 풍력)과 상용 전력을 함께 사용할 수 있는 개인주택에 적합한 하이브리드형 전력관리장치를 개발

	<p>2) 스마트디바이스기반 에너지관리 소프트웨어</p> <ul style="list-style-type: none"> - 개인주택 내 목표/기준 전력사용량 관리 - 전력사용량에 대한 지속적, 체계적 관리 - 스마트디바이스기반 에너지관리 소프트웨어
<p>기술 개발</p>	<p>1) 개방형 IoT기반 10kWh급 가정용 Smart-ESS</p> <ul style="list-style-type: none"> o 하이브리드형 전력관리장치의 구성 - AC/DC, DC/AC 컨버터모듈 - 브레이크제어 모듈, 신재생 에너지 전력 Controller - 충/방전 인터페이스 모듈 및 BMS - 통신모듈(Wi-Fi), DC/AC 인버터모듈 - 하이브리드 전력 Controller - 전원배전모듈(Smart Meter) <p>2) 스마트디바이스기반 에너지관리 소프트웨어</p> <ul style="list-style-type: none"> o 소프트웨어의 주요 기능 - 전력사용량 원격모니터링 관리 - 피크부하 설정 및 제어 관리 - 전력사용량 예측관리 - 잉여전력 재판매관리, 탄소배출량 실시간 관리
<p>연구 성과</p>	<p>1) 기술적 성과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 특허 : 국내 출원 8건 / 등록 3건 해외 출원 2건 / 등록 1건 - 논문 : 국내 3건 <p>2) 파급 효과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 고용 창출 : 개발 전 연구인력 3명 / 생산인력 2명 개발 후 연구인력 5명 / 생산 인력 4명 - 선진국 대비 기술 수준 : 99% - 국산화율 : 100% - 기타 표준 제 개정, 기술이전, 수상 실적등 : 2건

2. 기술 개발의 시사점

기술 개발의 배경으로 지구온난화는 전 세계적으로 기상이변 및 재해의 원인으로 궁극적으로 인류의 생존 및 지속가능성에 큰 위협이 되고 있으며 특히 우리나라는 중국 산업화로 인한 온실가스 배출의 직접적인 영향권에 있어 대응이 시급한 실정이다.

본 기술 개발은 개방형 IoT기반 10kWh급 가정용 Smart-ESS 기술 개발을 통하여 신재생전력(태양광, 풍력)과 상용전력을 함께 사용하는 개인 주택에서 최소의 도입비용으로 전력관리를 효과적으로 수행할 수 있도록 하고, 전력사용량에 대한 패턴분석을 통하여 전력사용 현황과 수요예측 정보를 다양한 스마트디바이스에서 자유롭게 확인할 수 있도록 하여 전력의 피크부하를 효과적으로 억제할 수 있도록 유도하였다. 목표 및 기준 전력 사용량을 설정 및 관리할 수 있도록 하며, 발생한 잉여 생산전력을 재활용할 수 있는 기반을 마련하였다. 특히 가정용 Smart-ESS는 개방형 사물인터넷을 기반으로 하는 일종의 플랫폼 개념이며 추후 확장성에 대한 부분을 염두에 두고 기술 개발을 수행하였다.

적용 분야로 ESS시장의 발전단계가 대용량의 산업용에서 소용량의 가정용으로 확대되고 있고, ESS제품에 대한 보편화로 냉장고, 세탁기 등과 같은 가정용 필수 전자제품으로 판매 가능하다. 또한 IoT기능을 통한 무선통신 등 통신 제어를 통한 다양한 사용자 편의기능을 제공하는 가전제품으로 판매 가능하다는 장점이 있다.

기술적 성과로는 설치 장소의 전력 소모량을 예측 및 관리하여 최적의 제어 메커니즘 구현이 가능하고, IoT 기술 및 ICT 기술을 적용하여 자동 제어 및 모니터링 등 시스템화 할 수 있다.

기술 개발의 파급효과는 소비자 측면에서는 실시간 전력 사용현황에 근거하여 저렴한 요금 시간대에 맞춰 전력사용 시간을 조절하여 비용을 최소화 할 수 있다. 공급자 측면에서는 소비자의 전력 사용현황을 실시간으로 파악함으로써 전기 공급량을 탄력적으로 조절할 수 있다. 사회적 측면에서는 전력수요 절감 및 CO2 감축으로 저탄소사회 구현에 기여할 수 있다.

<표 5-2> 기술 개발의 시사점

구분	내용
기술 개발의 배경	<p>지구온난화는 전 세계적으로 기상이변 및 재해의 원인으로 궁극적으로 인류의 생존 및 지속가능성에 큰 위협이 되고 있으며 특히 우리나라는 중국 산업화로 인한 온실가스 배출의 직접적인 영향권에 있어 대응이 시급한 실정</p>
기술 개발의 의의	<ul style="list-style-type: none"> - 전력 사용량에 대한 패턴분석을 통하여 전력사용 현황과 수요 예측 정보를 다양한 스마트디바이스에서 자유롭게 확인할 수 있도록 하여 전력의 피크부하를 효과적으로 억제할 수 있는 시스템 개발 - 목표 및 기준 전력사용량을 설정 및 관리할 수 있도록 하며, 발생한 잉여 생산전력을 재활용할 수 있는 기반을 마련 - 가정용 Smart-ESS는 개방형 사물인터넷을 기반으로 하는 일종의 플랫폼 개념이며 추후 확장성에 대한 부분을 염두에 두고 기술 개발
기술적 파급 효과	<ul style="list-style-type: none"> - 소비자 측면에서는 실시간 전력 사용현황에 근거하여 저렴한 요금 시간대에 맞춰 전력사용 시간을 조절하여 비용을 최소화 - 공급자 측면에서는 소비자의 전력 사용현황을 실시간으로 파악함으로써 전기 공급량을 탄력적으로 조절 - 사회적 측면에서는 전력수요 절감 및 CO2 감축으로 저 탄소 사회 구현에 기여

3. 기술 개발의 한계점과 향후 연구의 방향

국내는 태양광 발전의 낮은 보급률과 아파트와 같은 공동주택 중심의 주거 문화 등으로 인해 상대적으로 성장가능성이 제한적으로 평가되고 있으며, 이에 따라 국내 기업들이 전 세계 에너지저장시스템(ESS)시장을 주도하고 있음에도 불구하고 내수시장은 협소한 상황이다. 정부 주도의 산업 육성정책이 추진되고 있으나, 미국, 독일, 일본과 같이 가정용 ESS에 대한 실질적인 보조금 지원은 없다는 지적도 있지만, 전 세계적인 에너지전환의 기조에 따라 신재생에너지 비중이 높아지고 있다. 또한 다양한 전지 종류와 ESS 규모에 따른 실증 및 기술기준 필요하고, 표준화(용량, 품질 및 보호협조) 선행 필요성, 배터리, 변환장치 및 시스템에 대한 기술기준 확립의 필요성, 그리고 ESS 운용 주체 및 적용 분야별 투자비용 및 경제적 사회적 편익 분석과 ESS 수요 기업과 대학이 참여한 ESS 핵심 분야별 전문 인력 양성 필요한 것이 본 기술 개발의 한계점으로 작용하고 있다.

기후변화에 대응하는 글로벌 에너지전환의 흐름에 따라 신재생에너지 시장은 계속해서 성장할 것이고, 신재생에너지 비중이 높아질수록 이를 보완해줄 장치들의 필요성이 높아지고 있다. 필연적으로 ESS 시장이 열리고 있는 것이다. 특히, 온실가스 감축 및 전력설비 노후화, 공급부족, 전력계통 해소 등의 이슈에 ESS의 활용도는 더욱 다양해질 것으로 보인다. 그러나 최근 자주 발생되고 있는 ESS의 화재와 관련해 산업통상자원부는 '19.6.11(화) 민관합동 ESS 화재사고 원인조사 위원회를 통하여 에너지 저장장치 화재사고 원인조사 결과를 공개하고, ESS 화재사고 재발 방지를 위한 종합안전 강화대책 및 ESS 산업생태계 경쟁력 지원방안을 발표했다.

주요 사고원인으로, 전기적 충격에 대한 배터리 보호시스템 미흡, 운영 환경 관리 미흡, 설치 부주의, ESS 통합제어·보호체계 미흡 등 4가지 요인으로 확인하였다고 한다. 향후 연구 개발의 방향은 ESS시스템의 화재와 같은 재난 방지와 안전을 위하여 개별 ESS 또는 각각의 ESS를 하나의 운영망으로 연결하는 통합보호 및 관리체계에 대한 연구를 하고자 한다.

<표 5-3> 기술 개발의 한계점과 향후 연구의 방향

구분	내용
기술 개발의 한계점	<ul style="list-style-type: none"> - 다양한 전지 종류와 ESS 규모에 따른 실증 및 기술기준 필요 - 표준화(용량, 품질 및 보호협조) 선행 필요성 - 배터리, 변환장치 및 시스템에 대한 기술기준 확립 필요 - ESS 운용 주체 및 적용 분야별 투자비용 및 경제적/사회적 편익 분석 필요 - ESS 수요 기업과 대학이 참여한 ESS 핵심 분야별 전문 인력 양성 필요
향후 연구의 방향	<ul style="list-style-type: none"> - ESS는 신재생에너지의 간헐성 보완, 전력소비 효율화 등을 위한 수요가 급증하면서 세계 각국에서도 미래 신성장 산업으로 적극 육성하는 분야이다. - 온실가스 감축 및 전력설비 노후화, 공급부족, 전력계통 해소 등의 이슈에 ESS의 활용도는 더욱 다양해질 것으로 보인다. - 향후 연구 개발의 방향은 ESS시스템의 화재와 같은 재난 방지와 안전을 위하여 개별 ESS 또는 각각의 ESS를 하나의 운영망으로 연결하는 통합보호 및 관리체계에 대한 연구를 하고자 한다.

참고 문헌

1. 국내 문헌

산업통상자원부, ESS 사고원인 조사결과 및 안전강화 대책 발표, 2019.6.11

산업통상자원부 고시 제2018-244호, 고효율에너지기자재 보급촉진에 관한 규정, 2018.12.28

산업통상자원부, 재생에너지 3020 이행계획 보완대책 추진현황 및 향후계획, 2018.11.28.

에너지경제연구원, ESS용 배터리 표준·인증 현황, 2017.6.16

한국정보통신기술협회, 스마트그리드 표준화 포럼 운영, 2015.12.18

KB금융지주 경영연구소, 전장고(가정용 ESS) 시장 현황과 미래, 2015, 12.14

이순형 (2014). 국내외 ESS 정책과 시장 전망. 대한전기학회 학술대회 논문집, 312-325

한국전기연구원, ESS를 활용한 안정화 기술 방안, 2014.10

한전전력연구원, “신재생에너지 연계형 MW급 리튬 이차전지 시스템 운용기술개발”, 2013.6

이재걸, 신정훈, 최영도, 남수철, 김태균, “마이크로그리드의 설계를 위한 에너지저장장치의 최소용량산정 기법에 관한 연구”, 조명전기설비 학회논문지 제 23권 제 10호 pp.52~58, 2009.10

2. 해외 문헌

Philipp Grunewald, Tim Cockerill, Marcello Contestabile, Peter Pearson, “The role of large scale in a GB low carbon energy future : Issues and policy challenges”, Energy Policy 39 (2011) 4807–4815

T. Kousksou, P. Bruel, A. Jamil, T.El Rhafiki, Y.Zeraoui, “ Energy storage : Application and challenges”, Solar Energy Materials & Solar Cells 120(2014) 59–80

Ioannis Hadjipaschalis, Andreas Poullikkas, Venizelos Efthimiou, “Overview of current and future energy storage technologies for electric power applications”, Renewable and Sustainable Energy Reviews 13(2009) 1513–1522

H. Ibrahim, A. Ilinca, J. Perron, “Energy storage systems - Characteristics and comparisons”, Renewable and Sustainable Energy Reviews 12(2008) 1221–1250

SBC Energy Institute, “ Electricity Storage”, September, 2013

Xian He, Erik Delarue, William D’haeseleer, Jean-Michel Glachant, “A novel business model for aggregating the value of electricity storage”, Energy Policy 39 (2011) 1575–1585

Navigant Research, “Energy Storage and Advanced Batteries”, April 3 2014

감사의 글

이 석사 학위 논문을 작성하는데 주변의 많은 지원과 독려와 가르침이 있었습니다. 바쁘신 가운데에도 항상 배려와 격려로 지도하여 주신 옥영석 지도교수님께 먼저 진심으로 감사를 드립니다.

한없이 배우고 싶은 욕망의 발로가 마주한 MOT 과정은 지적 갈증을 달래기에 충분한 역할을 해주었습니다. 교수님들과 원우님들의 열정과 성실함을 통해 배운 것은 지식이 아니라 겸손이었고 배움 자체가 아니라 배움에 대한 방향성과 열정이었습니다. 모든 분의 존재 자체만으로 배우고 느낀 것에 경중이 없었기에 그 모든 분에게 경중 없이 감사한 마음을 전하고 싶습니다.

주말의 등교를 묵묵히 응원해준 아내에게 또한 감사하며, 나이든 아빠의 주말 등교와 밤을 잊은 공부 아들, 딸에게는 공부하라는 백 마디 말보다 명확하게 교훈이 되었을 것으로 생각하면서도 미안하고 이해하고 참고 기다려준 것에 대해 고마운 마음을 전합니다.