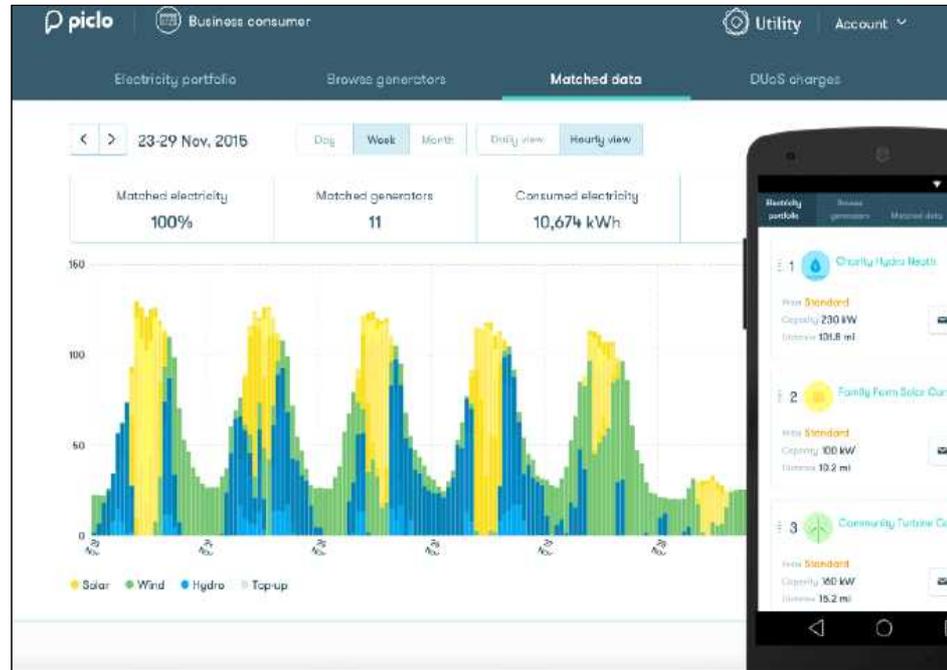


종합설계 최종 과제보고서

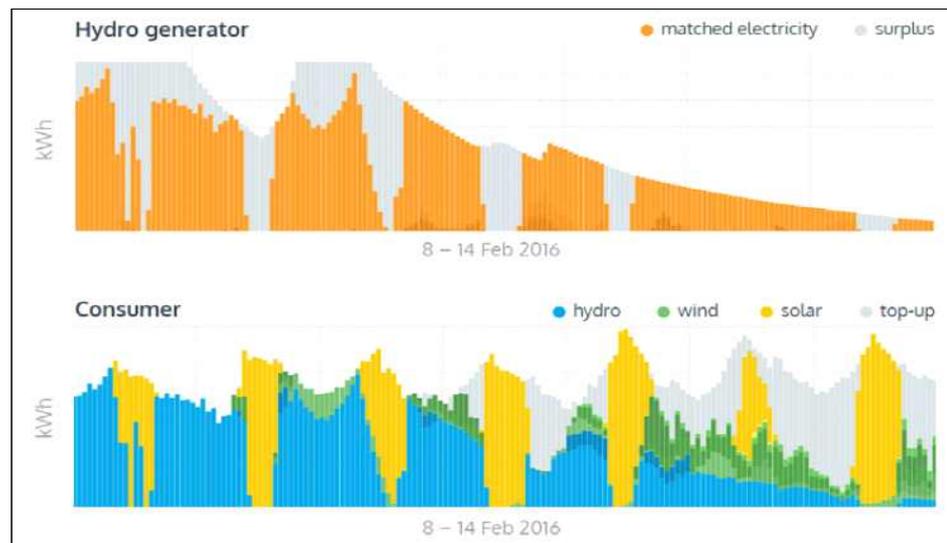
전공	전기 / 정보통신		팀명	ET(Electricity trading)
팀원 명	성명	최상진	성명	김도형
		이호영		
		정진원		
		정상혁		
작품(과제)명	스마트그리드 P2P 전력거래 모형			
1. 개발동기 및 목적, 필요성	<p>(1) - 스마트그리드(Smart Grid) 홍보 (2) - 신재생에너지의 발전 및 중요성 대두 (3) - 전기요금제의 실시간 요금제(RTP)로의 변화 (4) - 에너지의 효율적 활용 (5) - 새로운 비즈니스 모델 창출</p> <p>스마트그리드는 최신의 정보통신기술, 제어기술, 센서 및 소자기술을 통해 구현된 현대화된 에너지 시스템이다. 즉 에너지의 생산, 공급에서 소비자에 이르는 모든 과정을 개방하고 소비자가 반응, 협력하는 새로운 에너지 전력 시스템이다. 현재의 전력시스템은 공급자가 소비자에게 단일 방향으로 전력을 공급하고 있지만, 스마트 그리드의 특징은 양방향 시스템이며 이는 소비자가 능동적으로 시스템에 참여하여 권리를 행사한다는 것이다. 스마트 그리드에서는 소비자들이 전력 시장의 가격에 반응하여 전력의 소비 패턴을 변화시키는 것을 전제로 하여 전력 저장 장치들이 시장가격에 반응하도록 하는 것이다.</p> <p>여기서 스마트그리드에 더해 급속도로 발달하고 있는 신재생에너지 기술 중 특히 태양광 에너지의 효율성 증대에 관해 주목할 만하다. 멀지 않은 미래에는 태양광 에너지 기술의 발달로 인해 오히려 낮 시간대에는 태양광으로 발전한 에너지를 모두 사용하지 못하여 ESS를 통하여 잉여 에너지를 저장하는 시대가 올 것이다. 하지만 ESS를 통하여 에너지를 저장하게 된다 하여도 저장 용량 한계 및 손실로 인해 잉여 에너지를 비효율적으로 사용 하게 될 것이다. 그렇기 때문에 본 활동에서는 에너지의 효율적 활용 및 전력산업 활성화를 촉진하는 차원에서 P2P, P2B, B2P, B2B 전력거래에 대한 모형을 만들어 그 미래를 제시해 보고자 한다. 새로운 비즈니스 모델의 등장으로 전력산업의 활성화 및 추가 일자리 창출 또한 가능할 것이다.</p> <p>위의 내용에 따라 최근 외국의 사례를 살펴보면 영국의 피클로(Piclo), 네덜란드의 반데브론(Vandebroon), 미국 보스턴의 옐로하(Yeloha), 독일의 소넨커뮤니티(Sonnen Community), 미국 뉴욕의 마이크로그리드 샌드박스(Microgrid Sandbos) 등 P2P 전력거래라는 개념을 기반으로 여러 가지 사업 및 정책 시험이 이루어지고 있다. 하지만 이러한 활동들 또한 완전한 개념의 P2P 전력거래로서는 볼 수 없다. 그렇기에 마치 인터넷 오픈 마켓처럼 개인들 간에, 기업들 간에 자유롭게 전력을 거래할 수 있도록 하는 모형을 제작해보고자 한다. 실시간으로 개인간, 기업간, 개인 대 기업간 전력거래가 이루어 진다면 시장원리로서 전력거래는 동작 할 수 있을 것이다.</p>			

<그림1> Piclo 온라인서비스 이미지



자료 : Open Utility 홈페이지(<https://www.openutility.com/product>).

<그림1-2> 피클로에서 전력거래(energy matching)



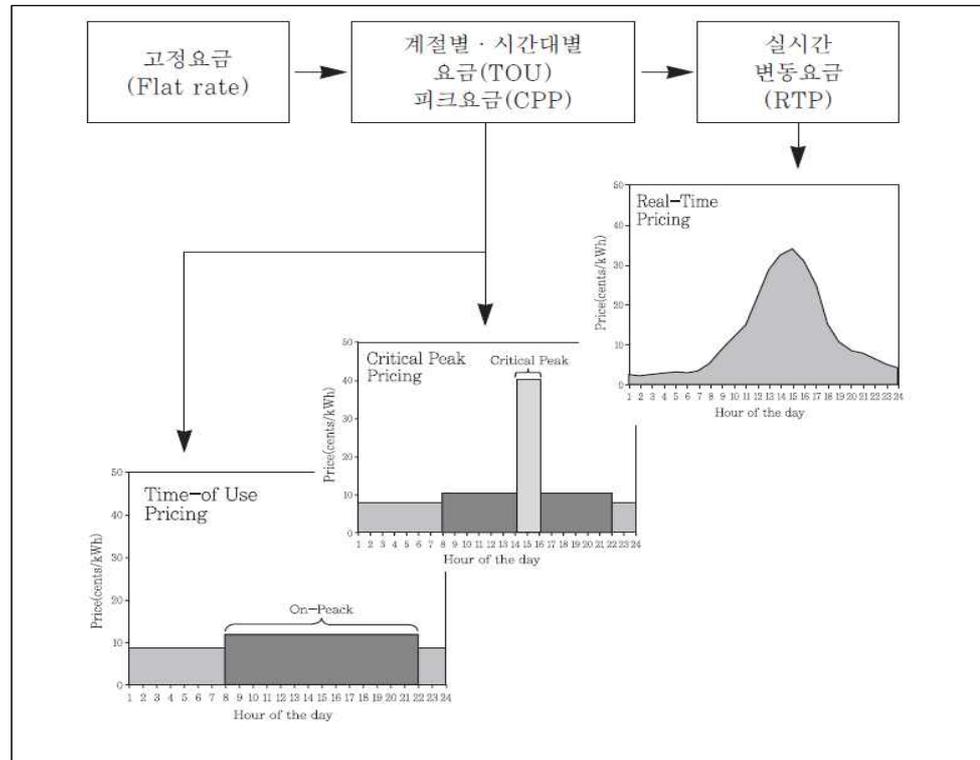
자료 : Open Utility(2016).

여기서 시장원리란 바로 전기요금제가 실시간 요금제(Real Time Pricing)로 동작 할 수 있게 해주는 것이다. 현재 우리나라의 요금체계는 수요관리형 요금제로서 기본요금 피크연동제, 시간대별 차등요금제, 계절별 차등요금제를 시행하고 있다. 실시간 요금제는 기존 요금제도에 비하여 소비자와 공급자의 편익을 최적화할 수 있기 때문에 미국의 전력회사에서는 1980년대부터 고객들에게 일률적 혹은 선택적으로 적용하고 있다. 정부는 2009년 녹색성장정책의 일환으로 추진하고 있는 스마트그리드 구축을 위해 전력수급 상황에 따라 전기요금이 시간대별로 변하는 실시간 요금제를 시범 추진키로 하였다. 실시간 요금제란 특정 시간대를 위하여 사전에 정해진 기준에 따라 결정되는 에너지 가격이며, 소비자들

은 이 가격에 맞추어 전기 사용을 다양하게 할 수 있고, 소비자들은 전기사용을 가격이 낮을 시간대로 옮기거나 혹은 전체적인 소비를 줄임으로써 에너지 비용을 조절 할 수 있다.

실시간 가격제는 스마트 그리드의 핵심 요소이며 소비자의 선택을 가능하게 하므로 이를 위해서는 전력 소매시장이 형성되어야 한다. 이것이 바로 개인간, 기업간의 소규모 전력 거래이다. 실시간 전기요금 도입은 획일적인 전력요금제 구조를 크게 변화시킬 것은 물론이고, 전기 이외의 타 에너지원의 가치판단의 근거가 되어 타 에너지의 소비량에도 영향을 미칠 것이다.

<그림2>전기요금제 변화 경향



자료: 산업연구원.

이에 우리는 배터리로 각 가정 및 회사, 공장들의 ESS 시스템을 모형으로 제작해 보고 실시간 요금제에 따라 서로 거래를 하며 이득을 얻는 것을 시각적, 수치로 한눈에 알기 쉽게 표현해보고자 한다.

마지막으로 스마트 그리드는 실시간 전력망 반응(real-time grid response)을 현실화시키면서, 피크 수요를 맞추는데 소요되는 높은 비용을 줄일 수 있게 해준다. 올바른 가격 신호(price signals)와 스마트 가전기기를 확보 할 수 있다면, 스마트 그리드는 전기의 신뢰도를 향상시키고 합리적인 전기요금을 유지할 수 있게 하는 반면, 전력계통 인프라에 대한 수요는 감소시킬 수 있다. 한편, 스마트 그리드는 전력시장 자유화를 계기로 태동되었으며, 전력시장에서의 경쟁을 강화할 수 있는 새로운 기술적 기반을 제공하고 있다. 실시간 가격신호는 스마트 그리드 도입과 함께 자원의 효율성 및 신뢰성을 확보하고 관련 신기술 및 제품의 조기 상용화에 핵심적 역할을 수행하게 할 수 있을 것이다.

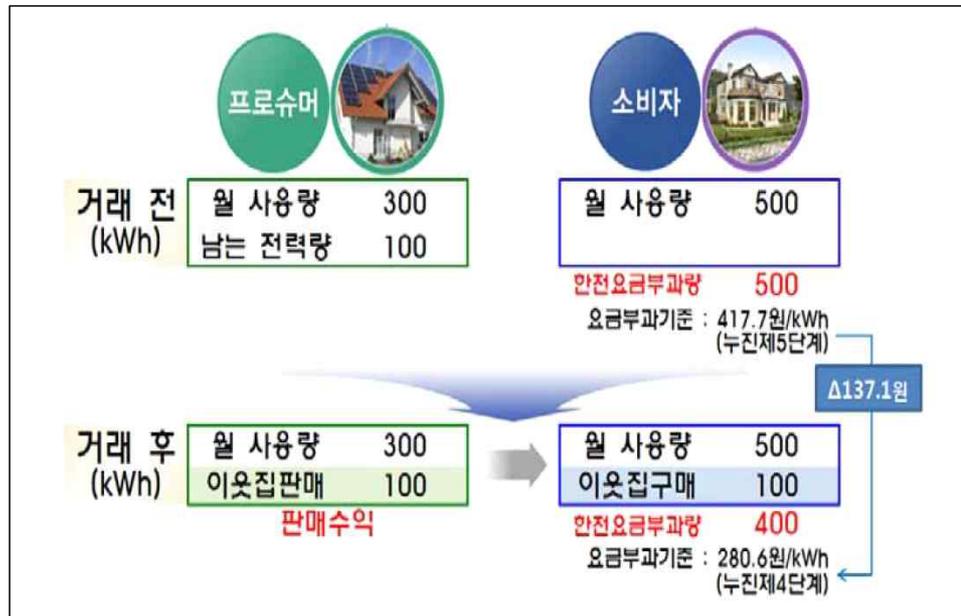
위와 같은 내용의 중요성을 스마트그리드 P2P 전력거래 모형을 통해 얻는 이득을 사람들이 시각적으로 바로 알 수 있다면 실제적인 홍보로서 사람들에게 다가갈 수 있을 것이다. 즉 미래의 에너지 모형에 대한 좋은 홍보 대안이 될 수 있을 것이다.

태양광 패널 및 배터리를 이용하여 일반 가정에서의 경우를 가정, 개인 태양광 발전 시스템 모형을 구축한다. 각각의 가정은 한 집단이 되어 아파트 단지의 모형을 제시한다. 이 때 같은 방식을 이용해 공장 및 한국전력 등의 회사 모델도 제작한다. 아파트 단지 내의 각 가정들은 서로 전력을 거래하며, 각 가정들이 모여 아파트 단지라는 상위 단체는 공장 및 한국전력 등의 회사 모델과 전력을 거래한다.

또한 각 개인 및 단체들이 P2P 전력 거래를 통하여 얻는 이득 등을 표시 할 수 있도록 한다. 그 이유는 P2P 전력거래의 실제적인 필요성 홍보이다. 전력거래가 지속적으로 이루어지기 위하여는 당사자들이 전력거래에 따른 이익을 얻을 수 있어야 한다. 이는 현재 우리나라의 제도 내에서는 누진세로 인한 이득일 것이며 이를 계산하여 제작물에 실시간으로 표현 할 수 있도록 한다.

<그림3> 전력거래의 이득 예상

2. 과제 해결 방안 및 과정



자료 : 산업통상자원부 (2016.3.11.).

3. 출품과제의 기술

- 태양광발전 (Solar Photovoltaic)

태양 전지를 이용한 발전이다. 태양 전지는 태양의 빛에너지를 받아 전기 에너지로 변환하는 장치이며, 실리콘 결정체로 된 반도체 소자로서 보통 p-n 접합 반도체와 금속의 결합으로 이루어져 있다. 태양 전지는 증기 터빈이나 발전기 없이 직접 전기를 얻을 수 있는 장점이 있다. 인공 위성에서는 이 태양 전지를 에너지 원으로 사용하고 있고, 카메라 · 전자 계산기 등에도 태양 전지가 사용되고 있다.

- ESS (Energy Storage System)

에너지 저장은 장치 혹은 물리적 매체를 이용하여 에너지를 저장하는 것을 말한다. 이에 쓰이는 장치를 축압기라고 하고, 더 넓은 범위의 시스템 전체를 "에너지 저장 시스템(ESS)"라고 한다. 일반 가정에서 사용하는 건전지나 전자제품에 사용하는 소형 배터리도 전기에너지를 다른 에너지 형태로 변환하여 저장할 수 있지만 이런 소규모 전력저장장치를 ESS라고 말하지는 않고, 일반적으로 수백

kWh 이상의 전력을 저장하는 단독 시스템을 ESS라고 한다.

- 스마트그리드(Smart Grid)

'발전(發電)-송전-배전-판매'의 단계로 이루어지던 기존의 단방향 전력망에 정보 기술을 접목하여 전력 공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 정보를 교환함으로써 에너지 효율을 최적화하는 '지능형 전력망'을 가리킨다. 발전소와 송전·배전 시설과 전력 소비자를 정보통신망으로 연결하고 양방향으로 공유하는 정보를 통하여 전력시스템 전체가 한몸처럼 효율적으로 작동한다.

- 순서회로(Sequence Circuit)

시퀀스회로(Sequence Circuit)라고도 한다. 입력이 시간적으로 차례차례 가해질 경우, 어떤 정해진 입력계열에 대해 특정한 응답을 하는 전기회로를 가리킨다. 회로의 내부에 미리 와 있던 논리신호계열(0, 1의 나열)에 따른 기억상태가 있는데, 미리 정해진 순서로 도달했을 때 처음으로 출력(논리기호 1)이 나타나도록 구성한다. 전화교환이나 텔렉스 등 오차를 적게 해야 하는 부호회로(符號回路)에 널리 사용된다.

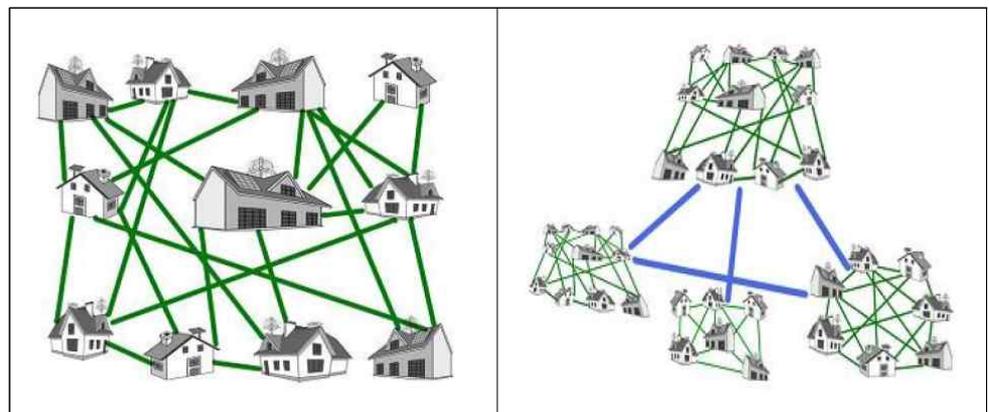
- 전력거래모형

먼저 P2P 전력거래 전체 모형은 크게 개인, 기업(공장), 한국전력으로 나누어 제작한다. 이 때 개인은 아파트 단지라는 가정을 하여 단지 내 3개의 각 개인을 가정하여 제작한다. 이 때 각 개인은 서로 전력거래가 가능하며 각 개인이 모여 상위개념의 아파트 단지가 생성되고 이 아파트 단지는 기업(공장) 및 한국전력과 전력거래를 할 수 있다. 각 모형은 태양광 패널 및 기타 부자재로 제작하여 태양광 발전을 할 수 있도록 한다. 이때 태양광 발전을 한 전력은 ESS를 가정한 배터리에 저장되며 이 배터리에 저장된 전력을 기반으로 모형 내에서 서로 전력 거래를 하게 된다.

· 각 ESS 시스템 모형은 인버터 및 3점점 셀렉터 스위치를 이용 하여 스위치의 동작에 따라 서로 충, 방전이 될 수 있도록 시퀀스 회로를 구성 하였다.

· 각 배터리 위에 3D 모델링을 통해 3D 프린터를 이용하여 아파트, 공장, 발전소를 표현한 구조물을 제작 후 설치 하였다.

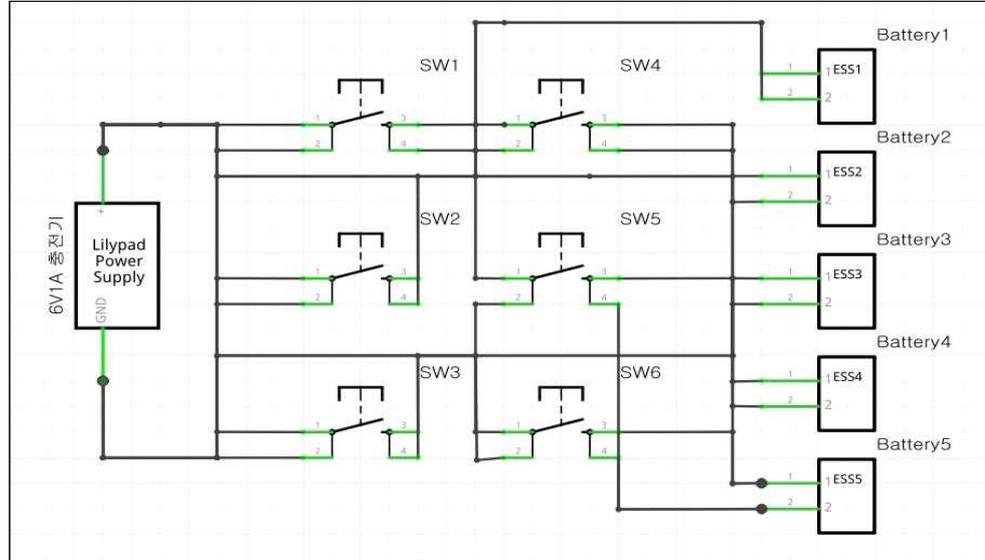
<그림4> 전력 P2P 거래 개념도



자료 : Rogers and Wing (2012).

4. 개념설계 및 상세설계(계산)

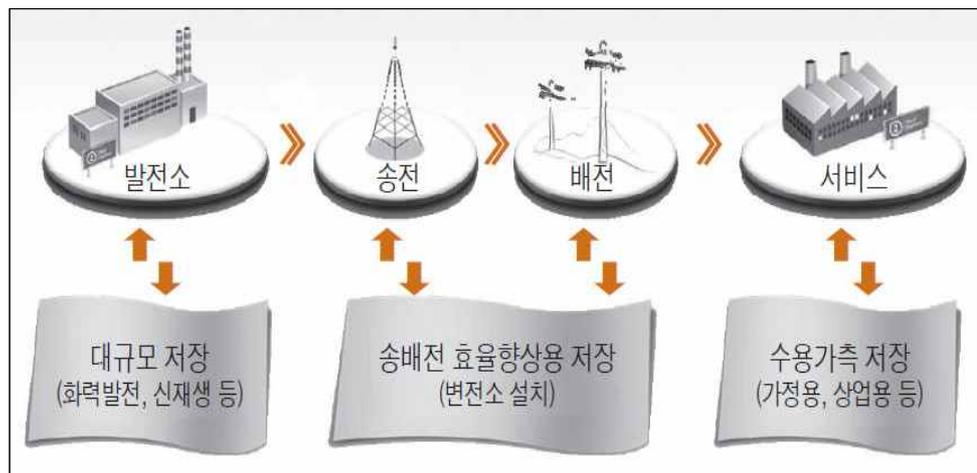
- 회로도



- ESS(Energy Storage System)

- ESS 시스템 모형은 모형의 크기 및 예산등을 고려하여 6V4AH 납축전지로 구성 하였다.
- 각 ESS 시스템에는 에너지원으로 태양광 패널 및 충전기를 연결 하였다.
- 각 ESS 시스템간 충,방전을 위해 인버터 등을 이용해 회로를 구성하여 연결 하였다.

<그림5> 에너지저장시스템 개념도



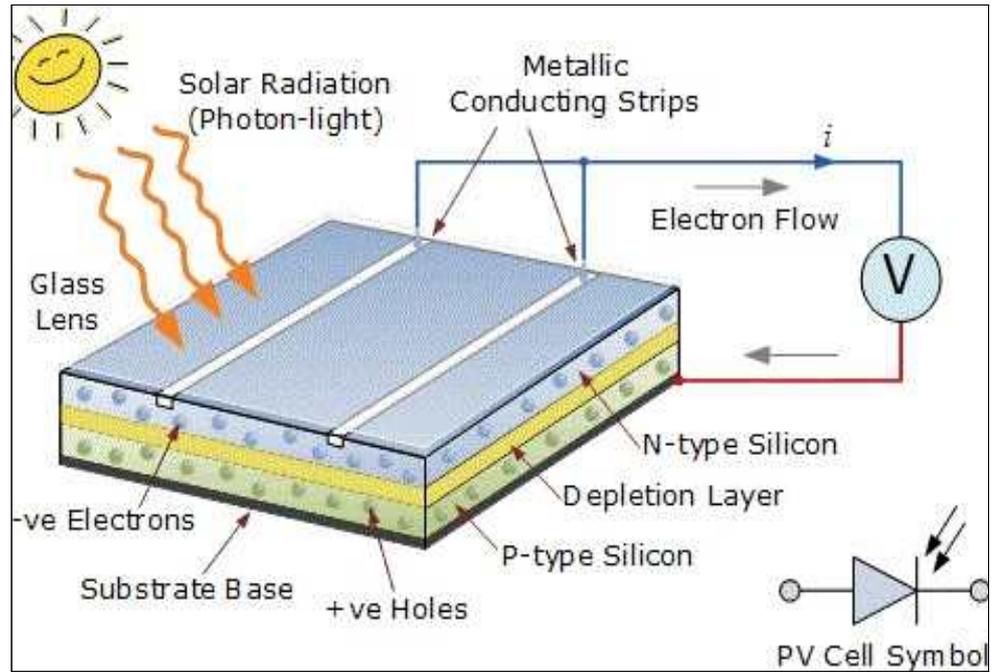
자료 : 지식경제부(2011).

- 태양광 발전

- 1W 6V 170mA 태양광 패널을 이용하여 태양열 발전 회로를 구성 하였다.

· 모형 본연의 목적(확실한 동작)을 위하여 태양광 패널이 전시시 동작하지 않을 수도 있다는 상황을 가정, 배터리 충전기 또한 병렬로 태양열 발전 시스템에 연결 하였다.

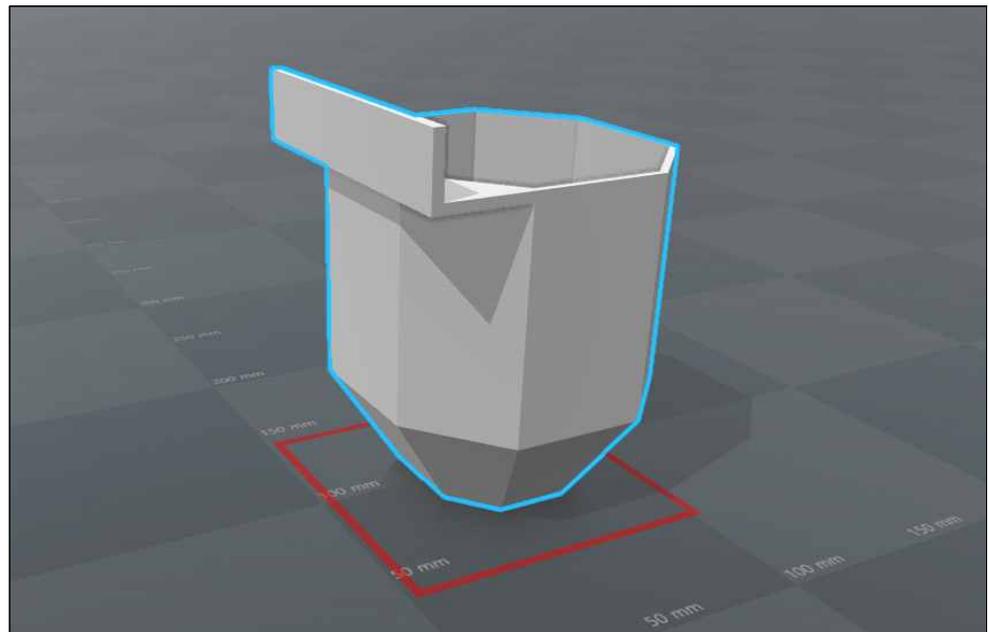
<그림6> 태양광발전



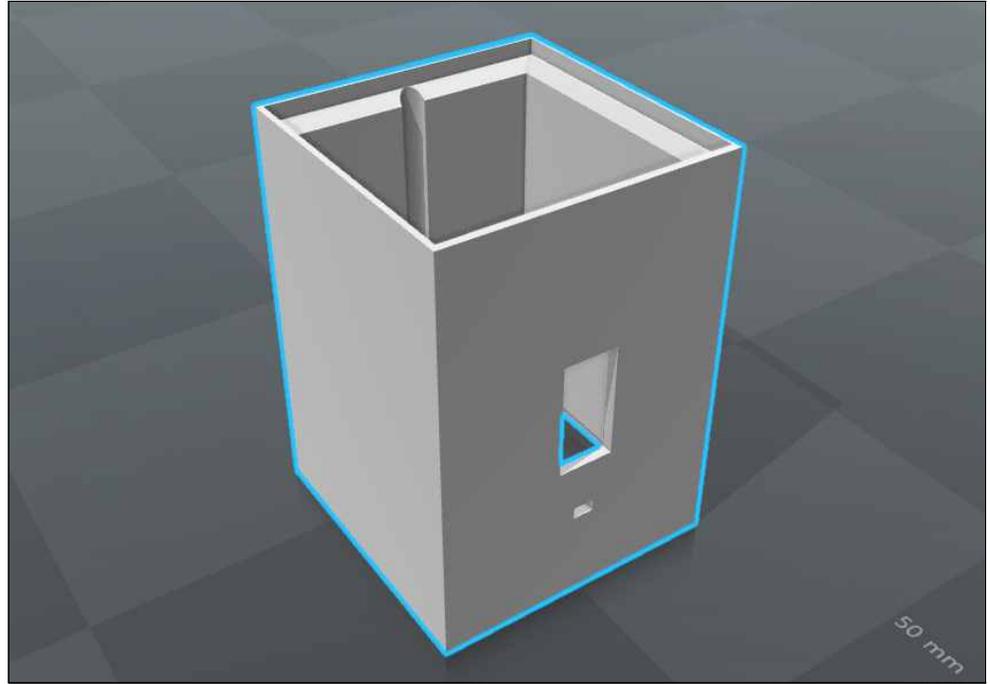
자료 : alternative-energy-tutorials홈페이지 (<http://www.alternative-energy-tutorials.com/>).

- 3D 모델링 이미지

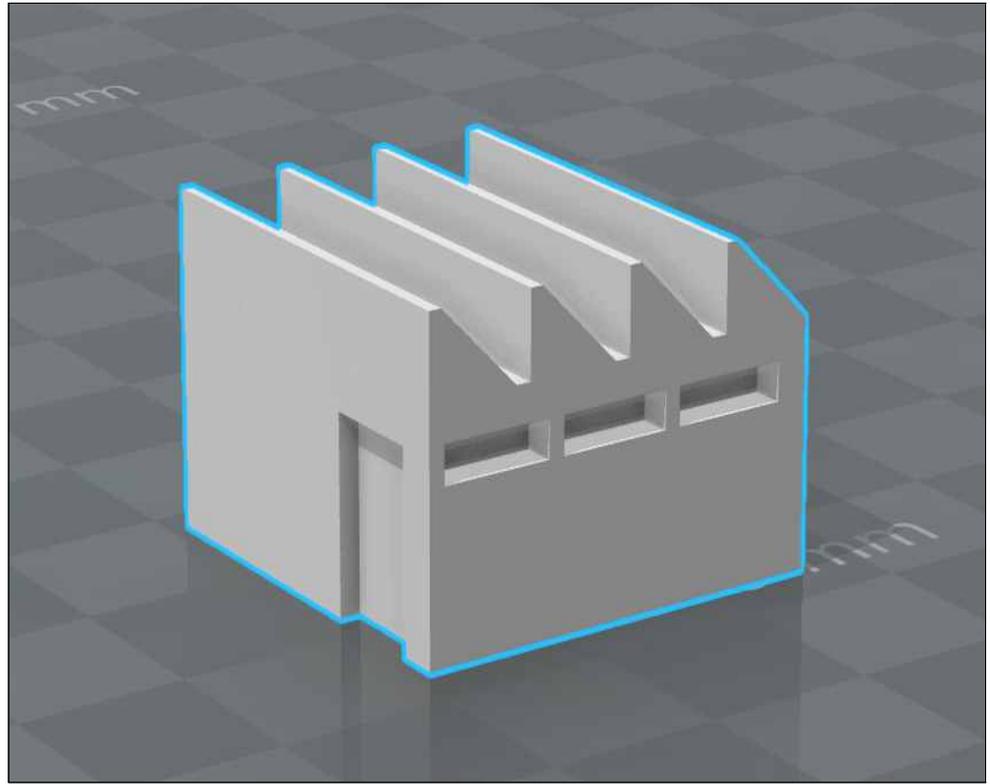
<그림 7-1> 발전소 모형



<그림 7-2> 아파트 모형



<그림 7-3> 공장 모형



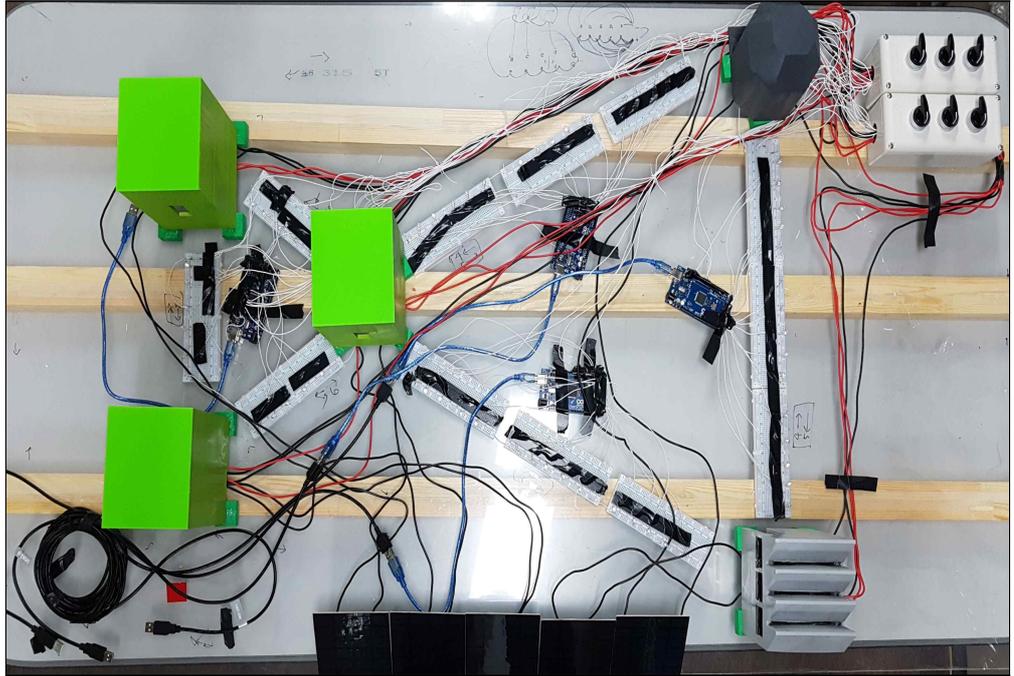
5. 팀원 역할
내용

- (1) H/W 개발 : 태양광 충전 시스템, ESS, 배터리 간 충전 시스템 개발
 - 1. 최상진 : 보고서 작성, 일정 수립, 회로 설계 및 구성
 - 2. 김도형 : 3D 프린팅 모델링, 회로 구성
- (2) S/W 개발 : 전력 이득 표현 시스템 및 전력 이동 시각화 개발
 - 1. 이호영 : 일정 수립, 전력 이득 표현 시스템 개발

- 2. 정상혁 : 전력 이동 시각화, 배터리 잔량 표시 개발
- 3. 정진원 : 전력 이동 시각화, 배터리 잔량 표시 개발

6. 기타사항

<그림 8-1> 회로결선 사진



7. 설계 작품 이미지

<그림8-2> 제작품 사진



8. 참고문헌	<p>고동수, 『스마트 그리드의 핵심인 실시간 요금제(Real Time Pricing)의 미국 사례와 시사점』, KIET산업연구원, 2010</p> <p>고동수, 『전력수급 균형 및 스마트그리드 활성화를 위한 에너지저장시스템(ESS)』, KIET산업연구원, 2012</p> <p>박찬국, 『우리나라 P2P 전력거래 가능성 연구』, 에너지경제연구원, 2015</p> <p>최동배, 『스마트그리드, 스마트그리드의 기본 개념과 최근 동향』, 인포더박스, 2016</p> <p>TonySeba, 『에너지혁명 2030』, 교보문고, 2015</p>
---------	---

2017 . 09 . 03

팀 장: 최 상 진 (인)

※ 최종 보고서는 총 10페이지 이내로 작성. 분량 및 기한 엄수. 추가 자료는 현장 발표 시 보고서로 전시 가능