

에너지 절감형 장비 통합 관리 제어 네트워크

이윤성*, 정서현*, 나웅수**, 박래혁***, 조성래°

Energy-Saving Facility Control and Management Networks

Yunseong Lee*, Seohyeon Jeong*, Woongsoo Na**, Laihyuk Park***, Sung-rae Cho°

요약

최근 에너지 사용량이 증가하면서 전력기술과 ICT 등을 활용한 효율적 에너지 관리에 관한 관심이 많아지고 있으며, 이와 관련된 기술들에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 특히 통합형 전력 관리 네트워크 모델에 관한 연구 및 사업화가 가장 주목 받고 있다. 본 논문에서는 에너지 사용 및 관리를 위한 기술들에 관한 현황 및 특징 등을 살펴본다.

Key Words : SmartGrid, ESS, ICT, MicorGrid, Renewable Energy, Networks

ABSTRACT

Recently, as energy use increases, interest in efficient energy management using ICT is increasing, and researches related to these technologies are being actively carried out. Research and commercialization of an integrated power management network model is receiving the most attention. In this paper, the current status and characteristics of technologies for energy use and management are reviewed.

1. 서론

최근 에너지 사용량이 증가하면서 효율적 에너지 관리에 관한 관심이 많아지고 있다. 특히 2011년 국내 블랙아웃 사태 이후, 빈번하게 전력 공급량 부족 사태가 발생하면서 에너지의 관리에 대한 중요성이 산업 전반적으로 더욱 대두 되고 있다. 이에 관한 해결책으로 신재생에너지의 활용과 사물인터넷(Internet of Things, IoT) 시대가 도래 하면서 이를 활용한 에너지 저장장치(Energy Storage System, ESS) 그리고 지능형 전력 관리 시스템인 스마트 그리드(Smart Grid) 기술 등에 관하여 국내외적으로 많은 연구가 진행되고 있다.

신재생 에너지는 기존의 화석연료 혹은 원자력 에너지가 아닌 신 에너지와 재생에너지를 통틀어 정의한다. 이미 오래전부터 화석 연료의 고갈을 우려하여 재생 에너지를 지속적으로 활용하고 있으며, 대체 연료의 이득뿐만 아니라, 탄소 배출을 감소시키기 때문에 친환경 에너지 혹은 그린에너지로 불린다.

신재생에너지와 기존의 에너지들을 필요에 따라 저장할 수 있는 장치인 ESS 또한 많은 관심을 받고 있다. 2009년 스페인에서 태양광, 풍력 그리고 ESS를 결합한 전기충전소의 등장과 함께 기존의 신재생에너지 인프라에 ESS를 융합하는 시도가 이루어지고 있다. ESS는 신재생 에너지의 전기품질 향상, 비상전원 활용 및 전력공급 시스템 안정화 등의 많은 장점을 가

※ 본 연구는 미래창조과학부 2016년 연구성과사업지원 기술업그레이드 R&D(2016K000121) 지원 및 중앙대학교 관리로 수행되었습니다.

♦ First Author : Chung-ang University Department of Computer Science and Engineering, yslee@uclab.re.kr, 학생회원

° Corresponding Author : Chung-ang University Department of Computer Science and Engineering, srcho@cau.ac.kr, 종신회원

* Chung-ang University Department of Computer Science and Engineering, shjeong@uclab.re.kr, 학생회원

** Chung-ang University Department of Computer Science and Engineering, wsna@uclab.re.kr, 학생회원

*** Chung-ang University Department of Computer Science and Engineering, lhpark@uclab.re.kr, 학생회원

논문번호 : KICS2017-04-102, Received April 9, 2017; Revised April 10, 2017; Accepted April 11, 2017

지고 있다.

이러한 다양한 전력 기술들 활용하여 기존의 전력 공급 시스템에서 벗어나 지능적 관리를 실시 할 수 있는 시스템이다 바로 스마트 그리드이다. 기존의 공급자 위주의 중앙 집중형적인 전력 공급 형태에서, ESS, ICT 기술 등을 접목시켜 공급자와 소비자의 상호작용을 통해 전력 공급의 효율성을 높이는 전력망 시스템이다. 국내에서는 국가단위 스마트 그리드를 구축하고 해외시장 진출의 기틀을 마련하기 위해 제주 스마트 그리드 실증단지 사업을 추진하였다.

본 논문에서는 이러한 ICT 기술과 융합된 효율적 에너지 사용 및 관리를 위한 기술들에 관한 연구 동향 및 특징 등을 살펴본다. 2장에서는 신재생 에너지 도입 및 연구 현황, 3장에서는 ESS 종류 및 적용 분야, 4장에서는 스마트 그리드 연구 동향 등을 살펴본다. 마지막으로 5장에 결론을 맺는다.

II. 신재생에너지 네트워크

국내외적으로 태양광과 풍력과 같은 재생에너지 인프라는 오래전부터 구축되어 있으며, 끝없이 관련 기술이 발전하고 있다. 이에 IoT 기술이 대두되면서, 이를 융합한 새로운 신재생 에너지 사업이 많은 관심을 받고 있다.^[1] 2015년 파리협정에서 195개국 이 “산업화 이전 대비 지구 평균온도 상승폭을 2°C보다 훨씬 작게 제한하며, 1.5°C까지 제한하기 위해 노력한다”고 합의하며, 에너지 전환에의 큰 변화를 촉구하였다. 이에 따라 탄소배출량을 절감시키기 위해 가장 중요한 기술로 대두되는 것이 신재생 에너지이다. 국제에너지기구(IEA)에서는 2050년 신재생 에너지가 발전 부문에서 세계 발전량의 67%를 차지할 것으로 예상하며, 세부적으로는 태양광 16%, 풍력 15%, 바이오매스 6%, 수력 5%로 예상하였다. 신재생에너지의 발전량 증가의 가장 중요한 이유는 기술의 경제성이 빠르게 개선되면서 기존의 발전방식과 경쟁할 수 있을만큼 경제적인 기술이기 때문이다. 국제재생에너지기구

(IRENA)에 따르면 2009년 이후 2015년까지 태양광 시스템 가격이 70%가 하락하였다. 아래의 그래프는 태양광 및 풍력 시스템가격의 전망으로, 크게 하락할 것으로 예상됨을 보여준다.^[3]

세계 신재생에너지의 보급과 투자를 주도하는 나라는 중국으로 2015년에는 전년 대비 17%증가한 1,029억 달러를 투자하여 전 세계 투자 총액의 36%를 차지하였다. 반면 유럽은 2015년에 전년 대비 투자액이 21% 줄었지만 해상풍력 분야는 11% 증가한 170억 달러를 투자하였고, 미국은 태양광의 보급과 함께 재생 에너지 투자가 19% 증가하였다. 이와 같이 최근의 신재생에너지 발전설비 투자는 태양광과 풍력에 쏠림 현상이 심화되고 있다.

국내에서는 태양광, 풍력, 수소연료전지에 집중적으로 투자 및 지원을 집중해 왔고, 최근에는 바이오분야에 또한 투자를 확대하고 있다. 특히 태양광의 경우 유럽이 시장을 이끌어 왔으나 최근 그 역할이 축소되었고, 아시아가 그 뒤를 이룰 것으로 보인다. 국내의 태양광 분야 기술 경쟁력은 선진국을 100이라고 했을 경우, 90이상으로 다른 재생에너지 분야에 비해 높은 수준으로 분석된다.

신재생에너지의 투자 증가, 설치단가의 하락으로 경제적 이득을 얻을 수 있게 되었고, ICT 기술의 진보에 따라 에너지 프로슈머가 등장하게 되었다. 현재 EU에서는 ‘SCANERTY 프로젝트’라는 에너지 거래 SW를 개발 중이다. 해당 SW는 실시간으로 에너지 생산량과 소비량을 모니터링하고, 프로슈머의 거래 수단으로 활용될 예정이다. 핀란드에서는 ‘Ready4SmartCities’와 ‘Design4Energy’ 프로젝트로 건물단위, 지역단위로 에너지 거래에 대한 연구가 시행 중이다. 미국에서 시행되는 넷 미터링제도는 태양광 등으로 전기수용가가 생산한 전기 중 여분을 전력회사에 팔 수 있는 요금제도이다. 넷 미터링제도는 신재생에너지 지원 정책의 일환으로 미국에서 유럽, 캐나다 및 한국, 중국, 일본 등 전 세계로 확산되는 추세이다. 반면 IEA에서는 부족한 인프라(인센티브, 정책지원, 저장장치)의 부족으로 프로슈머가 활성화되기까지 몇 년이 더 소요될 것으로 예상했는데, 넷 미터링제도와 같이 시행 초기에는 설치 비용이 높았으나 점차 수익이 증가하고, ESS 저장장치 등의 기술 개발과 함께 빠르게 발전될 것으로 예상된다.^[4]

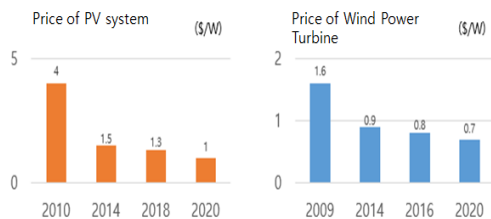


Fig. 1. Price Trend and Forecast of PV and Wind Power

III. ESS Network

신재생에너지는 매순간 발전 변동성 특징을 가지고

있어서 기존 전력망에 전력을 공급 시 전력공급의 기준치에 포함되지 않아 전력 품질 저하로 이루어 질 수 있으며, 또한 전력 요구 수요량에 맞추어 시시각각 발전을 하기 가 힘든 특성을 가지고 있다. 이러한 문제점을 극복하는 방법 중 하나가 바로 ESS 이다. ESS는 이러한 변동성을 가지는 신재생 에너지를 저장하여 기존의 전력공급 시스템의 필요 전력품질로 전환하여 전력 품질 저하 문제를 해결할 수 있다. 또한 ESS를 상황에 따라 충전 또는 방전을 통해서 신재생 에너지의 급격한 출력 변동을 완충 할 수 있다. 비상발전용도로의 ESS의 장점으로는 기존의 무정전전원장치(Uninterruptible Power Supply, UPS) 보다 많은 이점을 가지고 있다. UPS는 납축전지를 활용하는데 리튬이온 전지를 활용한 ESS를 사용 할 시, 부피와 무게 면에서 50% 이상 감소하며, 전지의 수명 약 2배 이상 증가한다. 이로 인해 공간 활용성 및 유지관리 적으로 기존의 UPS 장치보다 이득을 취할 수 있다. UPS를 대체한 ESS는 과도한 전력사용으로 인한 블랙아웃 사태 시, 비상용 발전기 용도로 사용이 가능하다. 또한 ESS는 공급전력과 수요전력 간의 주파수 불균형을 조정하는 기능으로도 활용된다. 특히 국내에서는 전력 보급량의 상당 비중을 차지하는 화력발전소에서 주파수 제어를 주로 실시하는데, 전력거래소에서 전력 수요 변동에 따른 주파수의 변동을 제어하기 위해서 ESS를 도입하여 출력을 조절 한다.

이러한 많은 이점을 가지는 ESS에 ICT 기술과 융합하는 연구 활동이 활발히 이루어지고 있다. ESS는 단순한 전력저장장치가 아니라 ICT 및 IoT 기술과 융합하여 다른 전력 기기들 간에 통신기술을 활용하여 상호 관계를 유지하며, 전력 수요자 및 공급자는 실시간으로 ESS 상태를 모니터링 할 수 있고 언제 어디서든 제어가 가능한 시스템 설계가 연구하고 있다.

전력제어기(Direct Digit Control, DDC)와 ESS를 융합한 기술도 큰 관심을 가지고 있다. DDC는 전력 기기들과 유선통신을 통해서 실시간으로 전력 상황을

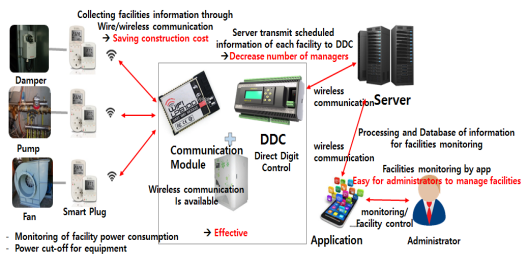


Fig. 2. Network between DDC and ESS with wireless module

모니터링하고 제어까지 가능하다. 이러한 DDC와 ESS를 결합하여, 전기 요금이 높은 특정 시간대에 외부에서 공급되는 전력을 DDC가 차단하고 ESS에 저장된 전력을 사용함으로써 전력 사용 요금 감소를 이룰 수 있다. 하지만 기존의 DDC는 장비제어를 위한 건물 배선에 추가적인 비용이 들고 유선통신으로 제어할 수 있는 기기의 수가 한정적이다. 이러한 문제점을 보완하기 위해서 DDC와 전력 기기 및 서버와의 무선 통신이 가능한 기술이 필요하다.

스마트 플러그의 경우 WiFi 와 무선통신망을 통해서 사용자가 외부에서 소규모의 전력기기들을 직접 전력 제어가 가능하지만, DDC의 경우 WiFi와 같은 무선통신 기술을 DDC와 각 전력기기들에 활용하게 되면 대규모의 전력 기기들을 외부에서 언제나 모니터링 및 제어를 가능 하게 할 수 있으며, 배선 설치 및 인력 관리에 유리하다. 각 기기들의 전력 정보를 DDC에서 중앙 서버로 무선통신을 활용하여 데이터를 전송하고 DDC와 연결된 각 전력 기기들의 전력 패턴을 분석하여 데이터베이스에 전력 사용 정보를 저장한다. 이를 정보들을 활용하여 효율적인 DDC 전력 제어 스케줄링을 각 전력기기들에게 적용시킬 수 있으며, 적시적소에 외부전력차단을 이루고 동시에 ESS를 활용하여 저장에너지의 활용도를 높일 수 있다.

2013년 정부에서는 창조경제를 목표로 ICT 기반 에너지 수요관리 신시장 창출방안을 발표하였으며, 이와 관련하여 ESS 설치 의무화를 시도 하고 있다. 국내 SI 업체인 LG CNS, 한화 S&C 그리고 포스코 ICT가 신재생 에너지 사업에 많은 투자를 하고 있으며, 2016년 한국토지주택공사(LH)에서는 LG전자와 중소기업들과 함께 ESS와 에너지 IoT 융합 스마트 에너지 아파트 구축 계획을 세웠으며 공공기관과 민간

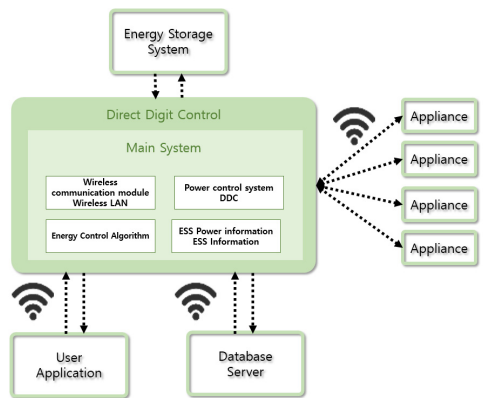


Fig. 3. wireless communication control DDC system model with ESS

기업간의 협업을 통해 ESS를 활용한 에너지 사업 및 IoT 사업 발전을 목표로 하고 있다. 산업부는 2017년부터 건축허가를 실시하는 공공기관 건물에는 ESS 설치 의무화를 2020년까지 단계적으로 실시할 예정이다. 산업부는 신축건물 뿐만 아니라 기존 건축물에 ESS를 설치할 경우 2020년까지 약 2000억 원 규모의 시장규모가 달성될 것으로 예상하였다.

전 세계 신재생 에너지 사업의 중심 기술로 언급되고 있는 ESS의 시장규모는 연 평균 약 17% 이상씩 성장하고 있으며, 2020년 160억 달러, 2025년은 약 300억 달러에 달할 것으로 전망 되고 있다. 그동안 전력회사의 비협조적인 태도 때문에 소형 ESS 보급에 문제가 있었던 미국이 규제당국의 지원 확대와 인센티브 제도와 같은 ESS 관련 정책 등을 내세우면서 보급 및 가동 규모를 늘리고 있다. 최근 친환경 자동차인 전기차를 출시 한 테슬라도 ESS 사업에 뛰어들어 태양광발전소용 ESS를 공급하기로 하였다. 유럽은 EU를 중심으로 탄소 배출량 감소를 위하여 ESS 도입을 통해 저탄소에너지 시스템 구현을 목표로 하고 있다. 영국과 독일 등은 2013년부터 ESS 보조금 지원 등을 시행하고 있으며, 특히 독일은 총 전력 생산량의 26% 가 신재생에너지가 차지하고 있는 만큼, ESS 보급에 더욱 앞장서고 있으며 설치 투자비용의 30%를 지원하고 있다. 일본은 2030년 까지 신재생에너지의 전력설비용량의 비율을 30% 까지 증가시키는 것을 목표로 하고 있으며, 신재생에너지의 활용의 증가와 함께 ESS 시장도 동반으로 성장하고 있다. 또한 가정용 태양광 연계 ESS 대여사업을 실시하여 일반 가정에 보급률을 증가 시키고 있다.

IV. 통합형 관리 네트워크

앞에서 언급한 신재생에너지와 ESS는 독자적으로 사용되기 보다는 하나의 전력운영시스템에서 포함되어 운영되며, 대표적인 것이 바로 통합형 관리 네트워크인 스마트 그리드이다. 차세대 지능형 전력망을 의미하는 스마트 그리드는 기존의 전력망에 신재생에너지, ESS 등 다양한 기술들이 융합하여 전력 공급자에게는 효율적 전력 관리를, 전력 수요자에게는 전력 사용 요금의 최소화를 가져다준다. 스마트 그리드가 가지는 세부적 장점으로는 전력 수요관리, 블랙아웃 예방, 전력품질관리, 전력 분산, 에너지 관리 자동화 등 에너지 관리 측면적으로 많은 장점을 가지고 있으며, 신재생에너지 활용을 통한 탄소량 감소 등 환경적 이득도 가지고 있다.^[7]

스마트 그리드에서 가장 핵심적인 요소는 바로 전력 공급자와 수요자와의 실시간 정보 공유에 있다. 전력 공급자는 지능적 수요 기반(Demand Response, DR) 전력 공급을 통하여 불필요한 예비전력을 낭비하지 않을 수 있으며, 급격하게 몰리는 전력 수요를 예방 할 수 있다. 통신모듈이 탑재된 가정용 및 산업용 전력기기들을 실시간으로 전력소비량을 중앙 전력관리시스템 망에 정보를 넘겨주고, 중앙 전력시스템 망은 시간대별 전력 소비패턴을 분석하여 일정시간대에 급격하게 몰리는 전력 수요를 분산시킴으로서 전력 과부하를 예방한다. 이와 관련하여 국내외적으로 전력 분산 방식에 대하여 각 전력 수용자별 소비패턴, 시간별 전력 요금 등 다양한 요소를 활용한 분산 스케줄링 알고리즘에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.^[6] 전력 부하 평탄화 목적, 전력 수요자 기반 사용요금 최소화 그리고 사용자 편의성을 최우선을 목적으로 하는 등, 다양한 목적을 가지는 스마트 그리드 기반 전력 스케줄링 알고리즘들이 존재한다.^[10] 최근에는 기계학습(Machine Learning) 기술을 활용한 스마트 그리드 시스템 또한 관심을 받고 있다.^[5] 기계학습 기술은 전력 사용자와 전력기기 간의 사용 패턴을 스스로 학습하여 최적의 전력공급 스케줄링을 실시 할 수 있으며, 미래의 지능형전력 서비스의 핵심 기술로 예상되고 있다. 앞서 언급한 무선통신기술이 적용된 DDC와 ESS의 융합기술 또한 스마트 그리드 네트워크에서 전력제어에 관하여 필수적인 요소로 자리 잡을 것으로 예상된다.

스마트 그리드에서 더욱 발전한 마이크로 그리드(Micro Grid) 도 많은 각광을 받고 있다.^[8] 마이크로 그리드는 대규모 지능형 전력망에서 실시간으로 전력

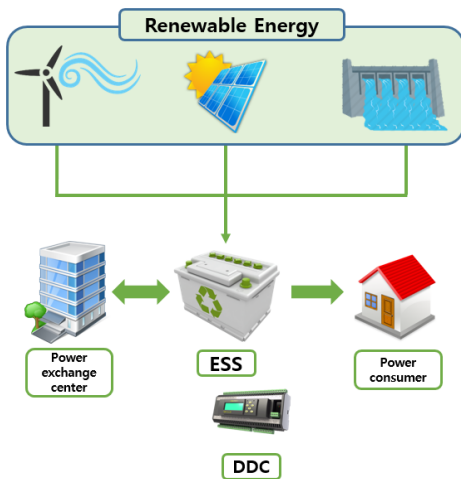


Fig. 4. Renewable energy and utilization of ESS

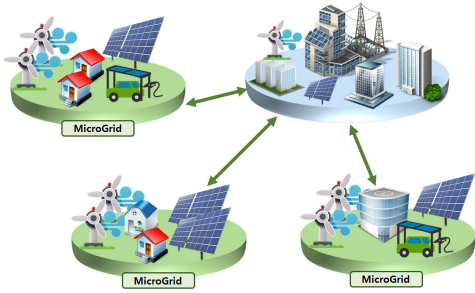


Fig. 5. Small power grid consisting of MicroGrid

제어를 실시하는 스마트 그리드와 달리 소규모 지역에서 운영되는 특징을 가지고 있으며 자체적인 전력 공급 및 관리를 목표로 하고 있다. 전력공급자에 온전히 의지하지 않고, 신재생에너지와 ESS를 활용하여 소규모 전력 공급망을 자체적으로 운영하는 개념이다. 국내에서는 2014년 울릉도에 마이크로 그리드 시범 사업을 추진하였으면, 2020년까지 기존의 화석연료를 활용한 발전소 운영을 중단하고 신재생에너지로만 운영을 목표로 하고 있다.

마이크로 그리드는 현재 소규모의 독자적 운용 방식 위주로 연구 및 사업화가 진행되고 있지만, 여러 마이크로 그리드 구역의 통합적 관리 또한 스마트 그리드 네트워크를 통하여 가능하다. 그림 6 은 각 마이크로 그리드 네트워크와 통합적 스마트 그리드 네트워크를 나타내고 있다. 전력거래소가 스마트 그리드 네트워크를 통해서 각 전력 수요자 들을 제어하는 방식과 마찬가지로, 각 마이크로 그리드를 구축한 가정 및 구역의 ESS에 저장된 전력상황을 확인하고, 상황에 맞게 필요 전력을 공급 하거나, 각 마이크로 그리드 가정의 저장된 전력을 역으로 구입할 수 있다. 마이크로 그리드가 구축된 가정 간에 중앙전력관리소를 통하지 않고 무선통신을 활용한 일대일 전력 거래 방

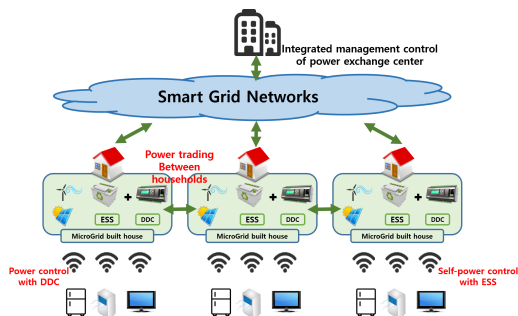


Fig. 6. MicroGrid and Integrated power control management SmartGrid network

식에 관한 연구도 진행되고 있다. 이를 통해 기존의 스마트 그리드에서 전력공급자와 전력 수요자간의 관계에서 발전하여 전력 수요자간의 전력 운용이 가능해진다. 이를 위해서는 통합형 관리 네트워크를 통해서 서로간의 전력 거래에 관한 신용 인증이 필요할 것이며, 스마트 그리드 네트워크에서의 보안 이슈 또한 연구가 필요하다.

국내에서는 2009년부터 한국전력공사, LG전자, KT, GS 등 공공기관과 기업들이 제주도 스마트 그리드 단지를 구축하여 2013년까지 성공적인 실증 기간을 가졌다. 특히 스마트 그리드의 핵심 기술중 하나인 수요 반응에 따른 전력 공급 서비스, ESS를 활용한 신재생 에너지 저장 및 활용 등에 대해서는 매우 성공적인 성과를 얻었다. 2013년 8월 정부에서 발표한 창조경제 시대의 ICT기반 에너지 수요관리 신시장 창출 방안에 따르면 스마트 그리드 분야의 대규모 신규투자를 유도하여 올해 2017년까지 총 3조 5천억 원 이상의 시장이 창출될 것으로 예상하고 있다.

미국은 국내보다 1년 앞선 2008년부터 스마트 그리드 실증 사업을 추진하였으며, 이에 필요한 국가적 사업 진행 등이 활발히 이루어졌다. 그러나 미국의 발전사협회(Electric Power Supply Association, EPSA)에서 관련 규정에 관한 소송과 전력 공급사들의 비협조적인 투자 및 보급으로 인해 잠시 시장 성장이 주춤하였으며, 최근 화석연료 생산을 확대 및 에너지 환경규제를 철폐할 것으로 예측되고 있다. 하지만 미국 마이크로 그리드 시장은 2020년까지 400달러 규모로 성장할 것으로 예측되며, 캘리포니아 주에 마이크로 그리드 시설을 구축하는 등 연구는 활발히 진행되고 있다.^[2]

일본의 경우에는 신재생에너지 사용에 중점을 두어 화석연료 사용 및 이산화탄소 배출량 감소를 중점으로 스마트 그리드 정책을 펼치고 있다. 일본은 국내보다 조금 늦은 2011년에 스마트 그리드 실증 단지를 구축했지만 목적별로 4곳으로 대규모 실증 단지를 구축하였으며, 지능적 수요기반 기술을 통해서 전력 피크부하 감소를 얻을 수 있었다. 일본은 2024년 까지 모든 가정에 스마트 미터를 보급하여 스마트 그리드 인프라 확장을 목표로 하고 있다.^[2]

V. 결 론

산업의 발전과 함께 요구되는 전력량, 탄소 배출로 인한 환경오염 그리고 에너지 자원 고갈 등 다양한 원인들로 인해 효율적인 전력 관리 기술은 이제 필수로

자리 잡고 있다. 신재생에너지, 전력 기술 그리고 ICT의 동반 성장이 이를 가능하게 하고 있다. 하지만 아직도 많은 과제가 주어지고 있다. 기술 보급을 위한 관련 정책, 기술의 표준화 현황 등 아직 정립되지 않았으며, 스마트 그리드에서는 전력 공급자와 수요자간 공평한 이득을 가질 수 있는 최적화된 전력 분산 알고리즘 또한 남아있는 숙제이다. IoT 기술이 접목된 전력 기기와 전력 관리망과 효율적인 통신을 할 수 있는 무선 혹은 유선 통신 프로토콜의 정의 또한 필요할 것이다.

신재생에너지의 공급량 비중이 기존의 화석연료 기반의 전력 공급량을 넘어서고, 연관 기술들의 안정된 융합 그리고 스마트 그리드 기술들이 보급률이 높아진다면, 진정한 친환경 에너지 사회가 이루어질 것이며 이미 시작되고 있다.

References

[1] S. B. Lee, M. H. Park, Y. H. Kim, H. C. Cho, M. H. Kim, and H. U. Kang, "A study on the development of platform based on IoT," in *Proc. Int. Conf. Commun.*, pp. 1059-1061. Jeju Island, Korea, Jun. 2016.

[2] J. Lee, "Comparison of smart grids demonstration projects and strategies in major leading countries," *New & Renewable Energy*, vol. 12, no. 2, pp. 40-48, Jun. 2016.

[3] Korea Energy Agency, *New & Renewable Energy White Paper*, Ministry of Trade, Industry & Energy, Korea Energy Agency, 2016.

[4] Korea Energy Agency, New & Renewable Energy Center, *Understanding of renewable energy*(2016), Retrived April 09, 2016, from <http://www.knrec.or.kr>

[5] H. Xu, H. Huang, R. S. Khalid, and H. Yu, "Distributed machine learning based smart-grid energy management with occupant cognition," in *Proc. IEEE Int. Conf. Smart Grid Commun.*, pp. 491-496, Sydney, Australia, Nov. 2016.

[6] Y. Park and S. Kim, "Game theory-based bi-level pricing scheme for smart grid scheduling control algorithm," *J. Commun. Netw.(JCN)*, vol. 18. no. 3. pp. 484-492. Sept.

2016.

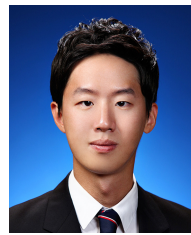
[7] P. C. Jain, "Trends in smart power grid communication and networking," *IEEE, Sign. Process. Commun. (ICSC)*, pp. 374-379, Noida, India, Mar. 2015.

[8] L. Hernandez, C. Baladron, J. M. Aguiar, B. Carro, A. J. Sanchez-Esguevillas, J. Lloret, and J. Massana, "A survey on electric power demand forecasting: future trends in smart grids, microgrids and smart buildings," *IEEE Commun. Surveys & Tuts.*, vol. 16, no. 3, pp. 1460-1495, Apr. 2014.

[9] Y. Kim, H.-M. Oh, and S. Choi, "A research on the traffic of smart grid communication network architecture based on smart meter," in *Proc. KICS Int. Conf. Commun.*, pp. 650-651, Jeju Island, Korea, Jun. 2015.

[10] J. Kim and H. Kim, "Robust Optimization of Energy Storage System under Load Uncertainty," in *Proc. KICS Int. Conf. Commun.*, pp. 92-93, Seoul, Korea, Nov. 2016.

이 윤 성 (Yunseong Lee)



2013년 2월 : 중앙대학교 컴퓨터공학부 학사 졸업
 2015년 8월 : 중앙대학교 컴퓨터공학과 석사
 2017년 3월~현재 : 중앙대학교 컴퓨터공학과 박사과정
 <관심분야> 무선 네트워크, 유비쿼터스 컴퓨팅, 스마트그리드

정 서 현 (Seohyeon Jeong)



2017년 2월 : 중앙대학교 컴퓨터공학부 학사 졸업
 2017년 3월~현재 : 중앙대학교 컴퓨터공학과 석사과정
 <관심분야> 무선 네트워크, 유비쿼터스 컴퓨팅, 스마트그리드

나 응 수 (Woongsoo Na)



2010년 2월 : 중앙대학교 컴퓨
터공학부 학사 졸업
2012년 2월 : 중앙대학교 컴퓨
터공학과 석사
2017년 2월 : 중앙대학교 컴퓨
터공학과 박사
2017년 3월~현재 : 성신여자대
학교 컴퓨터공학과 대우교수

<관심분야> 무선네트워크, 유비쿼터스컴퓨팅

조 성 래 (Sungrae Cho)



1992년 2월 : 고려대학교 전자전
산공학과 학사
1994년 2월 : 고려대학교 전자공
학과 석사
2002년 12월: 미국 조지아공대
전기및컴퓨터공학과 박사
1994년 2월~1996년 8월 : 한국
전자통신연구원 연구원

2003년 1월~2003년 7월: 삼성 종합기술원 전문연구원
2003년 8월~2006년 7월: 미국 조지아서던대학교 컴퓨
터학과 조교수

2006년 9월~현재 : 중앙대학교 컴퓨터공학부 교수

<관심분야> 무선네트워크, 유비쿼터스 컴퓨팅

박 래 혁 (Laihyuk Park)



2008년 2월 : 중앙대학교 컴퓨
터공학부 학사 졸업
2010년 2월 : 중앙대학교 컴퓨
터공학과 석사
2010년 3월~현재 : 중앙대학교
컴퓨터공학과 박사 과정
<관심분야> 무선네트워크, 유
비쿼터스컴퓨팅