

지능형 에너지

Intelligent Energy

오대근 [D.K. Oh, dkoh@etri.re.kr]	기술기획연구실 책임연구원/실장, 기술기획전문위원
지흥구 [H.G. Ji, hkji@etri.re.kr]	기술기획연구실 책임연구원
김영호 [Y.H. Kim, youngho@etri.re.kr]	SW-SoC 인력양성실 책임연구원
강만구 [M.K. Kang, 10009kang@etri.re.kr]	ICT 소재연구그룹 책임연구원/PL
최병건 [B.G. Choi, cbgun@etri.re.kr]	SoC 설계연구그룹 책임연구원
이일우 [I.W. Lee, ilwoo@etri.re.kr]	IOT 연구본부 책임연구원/PL
이병탁 [B.T. Lee, bytelee@etri.re.kr]	에너지시스템연구실 책임연구원
김병운 [B.U. Kim, bukim@etri.re.kr]	산업전략연구그룹 책임연구원
홍태철 [T.C. Hong, teachori@etri.re.kr]	무인이동체시스템연구그룹 선임연구원
성단근 [D.K. Sung, dksung@etri.re.kr]	기술경제연구그룹 초빙연구원

- I. 서론
- II. 디지털 에너지 시장 및 기술 동향
- III. 생태 환경 및 시사점
- IV. 지능형 디지털 에너지 중점 추진전략
- V. 결론

On a global level, the energy problem is a very important policy topic, particularly at a time when the nation relies on imports for more than 95% of its energy demand. The starting point of an energy policy should be in line with the international community's concern and cooperation regarding climate warming, and the logic of the new policy on renewable energy expansion in Korea, the pre-developed energy sector, and policy of deserting coal all support this aspect. In particular, to accommodate the rapid urbanization of mankind, the key words of the 4th Industrial Revolution are linking energy to IoT, artificial intelligence, block chain, cloud, and big data.

* DOI: 10.22648/ETRI,2018,J.330410



본 저작물은 공공누리 제4유형
출처표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.

1. 서론

1. 에너지 IDX의 개요 및 특징

에너지 IDX 분야는 기존의 단순한 중앙집중적 에너지 공급과 수요조절의 역할에서 나아가 인공지능, 빅데이터, IoT, 3D 프린터 등 4차 산업혁명의 ICT 핵심기술들과 융합하여 효율적이고 새로운 산업혁명의 기폭제 역할을 수행할 스마트 그리드와 모바일 에너지저장장치(ESS: Energy Storage System)와 연계하는 마이크로 그리드, 신재생에너지 분야, 에너지 하베스팅분야를 포괄하는 산업 분야로, 일반적으로 소규모 분산형 전원의 확대와 다양한 에너지 서비스 결합으로 가치를 창출할 친환경적인 에너지신산업과 관련된 분야를 총칭하는 개념이다[1], [2].

- 에너지 4.0: 독일에서 처음 소개된 에너지 패러다임으로 ‘에너지 기술의 디지털화’ 및 ICT를 비롯한 ‘다른 기술들과의 융합’을 통해, 에너지 산업에 획기적인 구조변화를 가져오는 현상을 의미함.
- K-에너지 4.0: 기반산업이었던 에너지산업을 국가 성장을 견인하는 주력산업으로 재정립하기 위해 해외의 ‘에너지 4.0’을 한국의 상황에 적용한 에너지전략으로, 한국의 강점인 ICT 역량을 극대화하면서, 인더스트리 4.0과 에너지 4.0의 보안협력을 통한 시너지 창출을 기반으로 함(산업통상자원부와 산업연구원은 4차산업혁명에 보다 선제적으로 대응하기 위한 에너지 신산업을 육성하고자, 2017년 2월 6일, ‘4차 산업혁명 시대의 에너지정책’ 워크숍을 통하여 ‘K-에너지 4.0’ 전략과 비전을 제시함).

전기 생산은 연중 피크를 대비하여 설비를 구축하였다. 그러나 수요반응(DR: Demand Response), 에너지저장장치(ESS), 분산에너지자원(DER: Distributed Energy

Resources) 등 효율적인 관리와 더불어 인공지능, 빅데이터, IoT 등 4차 산업혁명의 ICT 핵심기술들과 융합하여 기존 중앙집중적 에너지 생산/공급/소비에서 에너지 공급과 수요를 예측하고 효율적으로 관리하여 전기에너지의 안정적 생산과 더불어 2030년 국가의 CO2 감축 목표 계획을 달성하는 것이 바람직할 것으로 예상된다 [3]-[5].

2. 에너지 IDX의 산업적 범위

지능형 에너지 그리드를 제공하기 위한 가치사슬(Value-Chain)은 신재생에너지 중심의 에너지 공급 부문, 전기차, 에너지저장장치 중심의 에너지 저장 부문, 수요관리 부문과 SW 플랫폼 중심의 서비스 플랫폼 부문으로 구분 가능하다.

- 신재생에너지 공급 부문: 탈원전/화력 신재생에너지 확대 정책과 지속가능 친환경 에너지 공급의 핵심인 태양광, 풍력 등 신재생에너지 시스템, 인버터, 접속반, 발전량 미터기와 계통연계 보호협조 장치 등을 포함.
- 에너지 저장 부문: 공급된 에너지를 외부 환경, 시장 정보 및 에너지 효율화를 위해 임시 저장하는 장치 및 BMS 시스템, 충방전 제어 SW 등을 포함.
- 에너지 효율화 수요관리 부문: 소비자 영역의 에너지 공급에 대해 최적의 부하 제어, 전력피크 대응 등과 같은 수요관리와 비효율적인 에너지 소비에 대한 적절한 제어를 통한 수요의 감축을 제공하는 DR기기, 수급최적화 SW 등을 포함[6].
- 에너지 ICT 융합 플랫폼·서비스 부문: 수요의 예측, 발전량의 예측, 이에 다른 수급최적화를 통해 에너지를 사용자에게 제공하는 영역으로서, 안정적 신재생에너지 계통연계를 위한 운영 플랫폼, 에너지저장장치 및 전기차 통합연계 플랫폼

폼, 에너지 융복합 빅데이터 기반 플랫폼, 분산 자율형 마이크로그리드 플랫폼, 에너지 중개/거래 플랫폼 등을 포함.

3. 에너지 분야 IDX 추진의 필요성

에너지 분야의 다음과 같은 사회적, 환경적, 기술적 변화요인들이 존재하며, 이러한 문제와 요구사항을 해결하기 위한 ‘국가·사회시스템의 지능형 디지털 유기체화’인 에너지 IDX 추진 필요하다[7], [8].

- 사회적 변화: 삶의 질 향상에 따라 에너지 수요가 증가함, 높은 에너지 품질이 요구되고 있으며, 신규 발전소 및 송전망 확보의 한계에 따라 공급 위주 수급계획과 실행에 어려움 존재.
- 환경적 변화: 전세계적인 온실가스 저감 노력에 따라 신재생에너지/분산자원의 도입 요구가 증가하고 있으며, 홈/건물 등 소비자 영역의 에너지 효율화 요구 증대.
- 기술적 변화: 중앙집중 발전 구조에서 분산발전 구조로의 전환에 따라 수급 예측의 어려움 존재하며, 다양한 에너지 자원의 통합과 최적 운영이 절대적 필요함[9]. 또한, 태양광, 에너지저장장치, 전기자동차 등 분산 에너지 자원들은 소비자가 가까이 접근하고 있으며, 이에 따라 기존의 수동적 소비자에서 적극적 소비자로 변모할 것으로 예상되기 때문에 에너지 프로슈머로서의 역할을 수행하기 위한 기술적 지원 필요함[10].

에너지 분야의 주요 현안을 효과적으로 해결하기 위한 ‘문제 해결형 산업’으로서 시장의 흐름에 맞춰 가능한 신기술, 정보통신기술 등을 활용하여 사업화한 새로운 형태의 사업群을 ‘지능형 에너지 그리드 新산업’으로 정의하였다.

- 공급과 수요라는 기본적인 에너지 체계에 있어서

결국 해결해야 하는 문제는 크게 수요 절감과 지속가능한 안정적 공급으로 대별될 수 있음.

- 에너지 생산, 분배(송배전)의 계통 시스템의 안정적 운영과 소비 부하의 연결과 정보 공유를 통해 에너지 시장 메커니즘 기반에서 동작하는 유기체적 시스템 구축과 관련 기술 개발이 필요함.
- 지능형 에너지 그리드는 전력망 복잡계 시스템 간 디지털 유기체화를 통해 지속 가능하고 안정적인 전력을 공급하는 것이 최대 목표임.

II. 디지털 에너지 시장 및 기술 동향

1. 시장현황 및 전망

’17년 10월 국제에너지기구(IEO: International Energy Agency)는 OECD 회원국을 포함한 전세계의 에너지 소비 시장 현황 및 전망을 발표하였다. ’15년 전세계 에너지 소비시장은 57경 5천조 Btu 수준이나, ’50년까지 ’15년 대비 41.4% 증가하여 ’50년 81경 3천조 형성이 전망되고 있다. 한국은 동기간 54.7%(’15년 1경 1천조 Btu → ’50년 1경 8천조 Btu) 증가로 에너지 소비증가율(1.3%)이 OECD 회원국 중 가장 높다.

특히, 에너지의 빌딩(주거용, 상업용) 분야 소비 증가는 한국(1.4%)이 인도(2.7%), 중국(2.1%)에 이어 전세계에서 3번째로 빠르게 증가하고 있으며, 인도의 빠른 경제성장(연평균 5%), 소득증가(가처분소득 연평균 4.2%), 인구증가(세계인구 증가의 19% 점유) 및 도시화(전체인구의 45% 도시거주) 등 4가지 요소에 기인한다.

시장조사기관 Frost & Sullivan社は ’16년 5월 분산발전 기술시장, 스마트 그리드(송·배) 어플리케이션별 시장 규모를 발표 하였 다음과 같이 예측하였다.

’23년까지 스마트 에너지(분산발전·송전·배전) 시장규모는 연평균 4.9% 증가하며, 이 중 송전(8%), 분산발전(3.8%), 배전(2.5%) 순으로 증가 전망하였고, 연평균 증가율(CAGR: Compound Annual Growth Rate)이 가장

높은 송전은 고압직류송전(HVDC: High Voltage Direct Current Transmission System, 8.9%), 배전은 DR (13.8%), 분산발전은 에너지 효율화 기반 기술(CHP: Compound Heat and Power Plant, 4.7%)로 각 분야 주도할 것이라 예상하였다[11], [12]. 그 중 마이크로그리드 시장은 '22년까지 연평균 18.1% 정도의 빠른 성장이 예상되며, 활용 부문별로는 도서지역, 산업, 커뮤니티/유틸리티, 상업/캠퍼스 순으로 부문에서 두 자릿수 이상의 성장할 것으로 예측하였다.

2. 기술개발 동향 및 기술 정책 동향

지능형 에너지 그리드의 기반 프레임워크가 되는 마이크로그리드 기술개발은 국가별로 환경 등에 따라 차이가 존재한다. 실증사업, 마이크로그리드의 확대 적용, 독립형/계통연계형 마이크로그리드 적용에 필요한 기술개발이 이루어지고 있으며, 현재는 실증사업 위주의 기술개발이 추진되고 있다[표 1] 참조].

국외 선진기업(GE, ABB, Siemens 등)은 마이크로그리드용 제어 시스템 상용화를 통해 분산자원의 통합 제어, 분산자원의 출력제어, 독립운전 모드 지원, 계통지원 기능 등이 통합적으로 구현된 제품 개발하고 있다.

국내에서는 독립형 및 계통연계형 마이크로그리드 실증단지 구축을 통한 타당성 분석 단계이다. 독립형 마이크로그리드에 있어서는, 한국전력공사, 전기연구원 등

〈표 1〉 주요국 에너지 기술개발 현황

국가	기술개발 현황
미국	- 시스템 Resiliency - 에너지 효율 향상 - 캠퍼스 마이크로그리드/군용 마이크로그리드
유럽	- 신재생에너지 증대 - 커뮤니티 마이크로그리드
일본	- 신재생에너지 증대 - 시스템 Resiliency - 커뮤니티 마이크로그리드
중국	- 격리지역 電化 - 독립형 마이크로그리드
한국	- 시장 창출 - 도서용 마이크로그리드

〈표 2〉 주요국 에너지 기술정책 동향

국가	정책 동향	특징
미국	- 에너지 기술혁신 지원 - 첨단 에너지 기술혁신에 매년 160억달러(약 16조원) 투자	신재생 에너지 세액공제
중국	- 저탄소, 안전성, 고효율 에너지 체계 구축 유도, 지원 - 세계 최대 신재생 에너지 투자 규모 2015년 200.1억불 → 2016년 320.1억불(약 1.6배 확대)	에너지 혁명의 전략적 목표 설정
일본	- 가정 및 중소기업 에너지 절약 지원 - 태양광, 풍력 등 신재생 에너지 연구 개발비 증액	50년후의 에너지 미래 사회 구현을 위한 비전 발표
독일	- 자국의 온실가스 배출량 90년대 대비 80~90% 감축 - 미래에너지 공급기술개발 5개 시범 지역 사업 - 재생가능한 에너지 수요 유도	빅데이터와 기계학습을 통한 풍력, 태양에너지 전력망 프로젝트 시도
영국	- 정부주도 신재생, 스마트에너지, 저탄소산업 지원 - 연간 7억 3천 파운드를 15년 동안 지속적 투자	에너지 인프라 및 청정에너지 투자

이 주관으로 LS산전, 효성, 우진산전 등 참여기업들과 같이 가파도, 마라도, 가사도 등 실증단지 구축, 운영 중이나, 본격적으로 해외의 ABB, Siemens, GE 등과 같은 독립형 마이크로그리드용 제어시스템이나 에너지관리 시스템 등이 상용화되지 못하고 있는 실정이다. 계통연계형인 경우, 전력IT 사업이나 K-MEG 사업, 제주실증단지 등을 통해 부분적인 실증단지 구축이 되었으나 실수용가를 대상으로 한 본격적인 의미의 마이크로그리드 구축 실적은 미흡한 실정이다.

마이크로그리드 기술은 안정적이고 회복가능한 분산형 에너지 시스템을 구축하는 방향으로 발전할 것으로 예상된다. 그에 따라 에너지 발전, 송전, 저장, 관리 등 전체 마이크로그리드 구성요소별 효율, 안정성, 속도 개선 등이 요구된다.

주요국의 에너지 기술정책 동향은 〈표 2〉와 같다.

III. 디지털 에너지 생태 환경

1. 에너지 일반 생태계 개요

제러미 리프킨은 미래의 에너지 체계가 문명의 성격

을 결정한다고 하였다. 과거 100여 년간 우리는 에너지의 원가를 절감하는 것만을 고민해 왔다면 미래의 에너지 생태계는 에너지 공급체계의 근본적인 변화에 직면하여 전통적인 에너지 기술과 빅데이터, 사물인터넷 등 최신 ICT 기술이 서로 융합, 지금까지는 전혀 생각하지 못했던 새로운 시너지 효과가 일어날 전망이다. 신재생 에너지 기술과 에너지 저장기술을 결합, 남은 에너지를 나눠 쓰고 공유하는 새로운 모델이 등장하고, 블록체인 같은 가상화폐를 사용해 결제하며 할인 쿠폰 등을 사용하는 다양한 에너지 유통산업이 등장할 것으로 예상되며, 최소한의 삶의 공간을 유지하기 위한 도구였던 에너지가 미래에는 새로운 소비를 이끄는 다양한 비즈니스를 만들어낼 것으로 예측된다. 에너지 소비 패턴을 분석해 지능형으로 에너지를 생산하고 소비하는 것은 미래 지식사회로 고도화하는 시작점으로 볼 수 있다. 미래 에너지 생태계는 에너지 유통체계만이 아니라 인간이 살아가는 물리적 생태계와 모든 사람의 지식 유통 생태계를 아우르는 형태로 접근해서 에너지 인프라뿐만 아니라 정보통신과 교통이나 금융, 의료, 교육 인프라, 심지어 전자정부 인프라까지 융복합적 신서비스 시장 등장 예상된다.

이 같은 환경에 대처하기 위해서 과도한 규제 환경을 개선하고, 모든 산업 간에 경계를 허물고 시너지 효과를 극대화하는 상생 생태계 조성이 이루어질 것으로 기대할 수 있다.

에너지 IoT 신서비스 분야는 에너지 IoT 센서 및 게이트웨이 부문, 에너지 IoT 통신 및 프로토콜 부문, 에너지 IoT 서버솔루션 부문, 에너지 IoT 응용서비스 부문으로 구분될 수 있으며, 지능형 에너지 그리드는 신재생에너지 중심의 에너지 공급 부문, 전기차, 에너지저장장치 중심의 에너지 저장 부문, 수요관리 부문과 SW 플랫폼 중심의 서비스 플랫폼 부문으로 구분된다. 신재생 분산전원은 에너지 하베스팅 멀티 소스 에너지원 부문, 태양전지 모듈 생산, 직류-교류 변환 등 태양광 발전시스템

부분과 전기 생산, 관리 등 에너지 추출 및 에너지 응집 부문, 개방형 IoT 센서 부문으로 구분할 수 있다.

2. 에너지 IoT 신서비스 분야 생태계

가. 에너지 IoT 신서비스 분야의 가치사슬

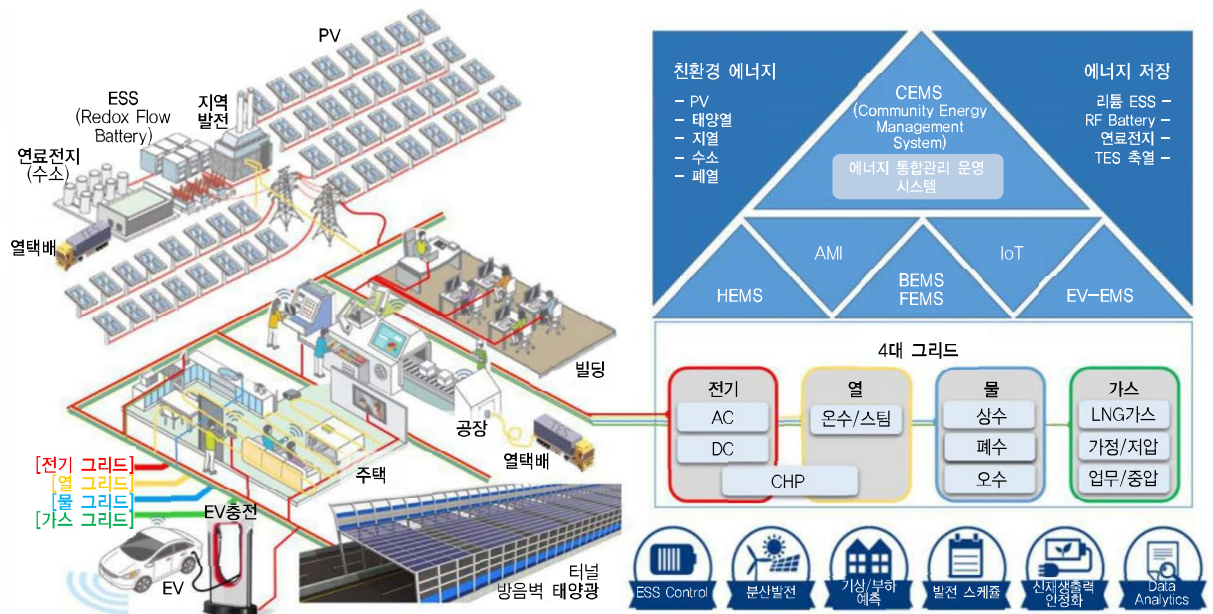
에너지설비에 IoT 적용 및 지능형 서비스를 제공하는 가치사슬은 에너지 IoT 센서 및 게이트웨이 부문, 에너지 IoT 통신 및 프로토콜 부문, 에너지 IoT 서버솔루션 부문, 에너지 IoT 응용서비스 부문으로 구분 가능하다 [(그림 1) 참조].

- 에너지 IoT 센서 및 게이트웨이 부문: 전력계통 발전/송전/배전/고객 설비, 신재생에너지 설비, 가스배관/정압기 등 비전력계통 에너지 설비 등에 부착되는 IoT 센서와 IoT 게이트웨이 등을 포함.
- 에너지 IoT 통신 및 프로토콜 부문: IoT 센서-게이트웨이-서버를 연결하기 위한 무선 및 유선 통신네트워크, 프로토콜 등을 포함.
- 에너지 IoT 서버솔루션 부문: 센서데이터 등을 인공지능 분석하고 대용량 저장하고 실시간 가시화하기 위한 서버류 및 DB류를 포함.
- 에너지 IoT 응용서비스 부문: 설비의 고장진단/수명예측/사전예방 및 에너지 소비량/발생량/저장량 예측, 에너지설비 무인화 자율운전, 타 사업 영역과의 서비스연동 및 인증과금 서비스 등을 포함.

나. 에너지 IoT 신서비스 분야 생태계의 특성

1) 에너지 ICT 융합 플랫폼·서비스 부문

국내 유일의 전기사업자인 한국전력은 송·변전/배전 계통에 대한 안정적 관리의 의무가 있기 때문에, 전력망 고도화에 대한 투자는 지속적으로 진행되고 있다. 최근에는 전력망 고도화를 추진하는 데 있어서 플랫폼 구축



(그림 1) 에너지IoT 신서비스 분야 스마트에너지시티

[출처] 서천석, “광주에너지밸리, 스마트 시티 시범단지 추진,” 광주광역시, 계로에너지연구센터, 2017.

의 필요성을 인식하고 신사업 분야로 계통의 안정적 운영을 위한 플랫폼 개발 추진 중이다.

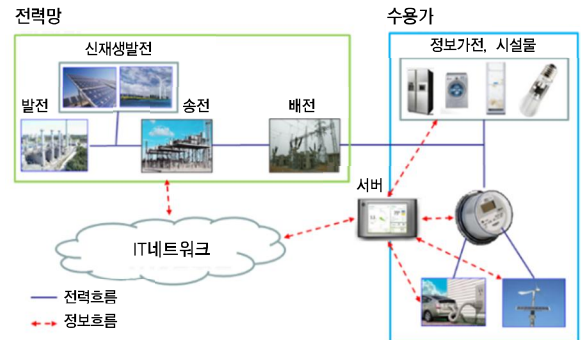
2) 에너지 IoT 응용서비스

에너지 IoT 지능화 솔루션은 서버플랫폼 적용될 뿐만 아니라 게이트웨이 및 센서까지 확장 적용되어 실시간성이 강조된 엣지컴퓨팅 추세로 발전하고 있다. 빅데이터 분석 또는 머신러닝을 활용한 설비의 고장진단/수명 예측/사전예방, 에너지 소비량/발생량/저장량 예측, 에너지설비 무인화 자율운전 등은 최신 기술이슈이어서 신생 전문기업이 유리한 측면이 있으며, 에너지 IoT와 전기자동차, 디지털홈 등과의 서비스연동 및 인증과금 서비스를 위해서는 사물인터넷 표준 메시지 프로토콜 적용 및 상호연동이 필수적이며 관련된 국제표준 인증제도(oneM2M certified 등)가 갖추어지는 추세이다.

3. 지능형 에너지 그리드 분야 생태계

가. 지능형 에너지 그리드 분야의 가치사슬

지능형 에너지 그리드를 제공하기 위한 가치사슬은



(그림 2) 지능형 에너지 그리드 분야 Work-Flow

[출처] ETRI, 2018.

신재생에너지 중심의 에너지 공급 부문, 전기차, 에너지 저장장치 중심의 에너지 저장 부문, 수요관리 부문과 SW 플랫폼 중심의 서비스 플랫폼 부문으로 구분 가능하다[그림 2] 참조].

- 에너지 저장 부문: 공급된 에너지를 외부 환경, 시장 정보 및 에너지 효율화를 위해 임시 저장하는 장치 및 BMS 시스템, 충·방전 제어 SW 등을 포함.
- 에너지 효율화 수요관리 부문: 소비자 영역의

에너지 공급에 대해 최적의 부하 제어, 전력피크 대응 등과 같은 수요관리와 비효율적인 에너지 소비에 대한 적절한 제어를 통한 수요의 감축을 제공하는 DR기기, 수급 최적화 SW 등을 포함.

- 에너지ICT 융합 플랫폼·서비스 부문: 수요의 예측, 발전량의 예측, 이에 따른 수급 최적화를 통해 에너지를 사용자에게 제공하는 영역으로서, 안정적 신재생에너지 계통연계를 위한 운영 플랫폼, 에너지저장장치 및 전기차 통합연계 플랫폼, 에너지 융복합 빅데이터 기반 플랫폼, 분산 자율형 마이크로그리드 플랫폼, 에너지 중개/거래 플랫폼 등을 포함.

나. 지능형 에너지 그리드 분야 생태계의 특성

1) 에너지 저장 부문 생태계의 특성

삼성SDI, LG화학 등이 국내외 배터리의 시장을 선점하고 있으나, 일본 등과 경쟁해야 하는 상황이고 경제성 측면에서 활성화될 수 있는 기술, 서비스 제공이 급선무이다. 전기차의 경우에는 전기차에서 계통으로 에너지를 역전송할 수 있는 V2G(Vehicle to Grid) 등의 기술 선점이 필요한 분야가 있으나, 제도 등의 문제로 인해 시장 초기 환경이다[13], [14]. 에너지저장장치는 에너지 그리드 망에서 유연성을 제공할 수 있는 장치로서 그 역할과 활용성이 아주 높은 분야로 분석된다.

2) 에너지 효율화 수요관리 부문

상대적으로 에너지 수요가 많은 공장, 산업단지에서는 기업 자체적으로 에너지관리 시스템의 도입을 통해 에너지 효율화는 지속적으로 추진되고 있다. 국내에서도 도입된 수요관리 시장에서도 대상 수요처가 공장 등을 중심으로 적용되고 있으며, 에너지 소비량 측면에서 낮은 일반 가구 등에서는 국민 DR 기술과 서비스가 시범적으로 추진되고 있다. 장기적으로는 스마트시티, 스마트홈의 활성화에 따라 주거용 건물 등에 대한 에너지 효

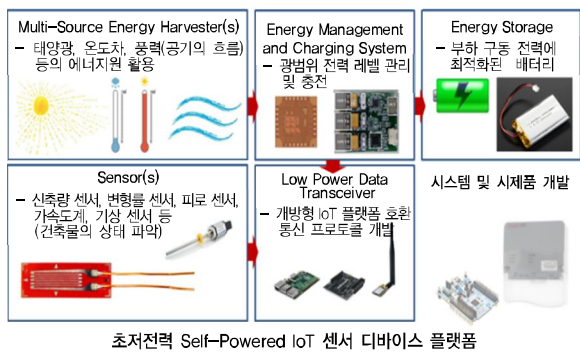
율화 기술이 필수적인 분야이지만 국내에서는 관심과 투자가 미흡한 실정이다.

4. 친환경 분산 전원 생태계

가. 친환경 분산 전원 분야의 가치사슬

에너지 하베스팅을 이용한 전력자립 IoT 분야의 가치사슬은 전력으로 변환이 가능한 다양한 에너지원의 조합 부문, 광범위 전력관리 부문, 에너지 추출 및 에너지 응집 부문, 개방형 IoT 플랫폼 및 센서 부문으로 구분 가능하다[그림 3] 참조].

- 에너지 하베스팅 멀티 소스 에너지원 부문: 태양광, 열에너지, 풍력, 전파, 진동 등의 다양한 에너지원으로 구성.
- 외부환경 독립형 반영구 배터전지 부문: 주변의 환경에 구애받지 않고 안정적인 전력 공급이 가능한 베타방출 동위원소와, 이를 흡수하여 전기 에너지로 변환하는 반도체 흡수체로 구성.
- 광범위 전력관리 부문: 에너지원의 종류에 따라 서로 다른 크기와 형태를 갖는 전력으로부터 유효한 에너지원을 재구성하고 높은 효율을 가질 수 있도록 광범위의 전력 레벨 관리 및 충전기능 포함.
- 에너지 추출 및 응집 부문: 입력 에너지원의 최대 출력 트래킹 기술과 배터리 독립 회로 기술 포함.



(그림 3) 에너지 하베스팅을 이용한 Self-Powered IoT 디바이스

- 개방형 IoT 플랫폼 및 센서 부문: 개방형 IoT 플랫폼과 호환되는 통신프로토콜과 연동하는 신출량 센서, 변형률 센서, 피로 센서, 가속도계, 기상센서 등으로 구성.

신재생 태양광 발전 시스템에 의한 전기에너지 생산, 제공을 위한 가치사슬은 태양전지 모듈 생산, 직류-교류 변환 등 태양광 발전시스템 부분과 전기 생산, 관리 등 서비스 부분으로 구분할 수 있다.

- 태양광 모듈 부문: 태양광 모듈은 규석으로부터 잉곳을 제조하고, 잉곳을 절단하여 기판과 셀을 제조하며, 제조된 셀을 연결하여 모듈 패널을 완성한다. 태양전지 모듈 부분은 잉곳, 태양전지, 모듈 패널 제조에 포함되는 소재와 장비 그리고 공정으로 포함.
- 태양광 발전 시스템 부문: 태양광 모듈 패널을 설치하기 위한 지지체 및 기반공사, 직류-전류 변환장치인 PCS 등을 포함.
- 태양광 발전 서비스 부문: 태양광 패널의 효율적 관리 및 점검, 그리고 전기에너지의 효율적 운영을 위한 SW 등을 포함.

나. 친환경 분산 전원 분야 생태계의 특성

다양한 분야에 에너지 하베스팅 기술의 생태계 형성. 인간의 주변에서 에너지를 수확함으로써 생활의 편의성이 요구되는 분야에 활용이 가능하며(Convenience), 인간의 손이 미치지 힘든 부분(Hard to Reach) 즉, 사회 기간시설이나, 오지 극지, 또는 인체삽입형 의료기기 등의 전력원으로 활용이 가능하다. 그리고, 공공 안전을 위한 환경 센서 분야의 전원 산업 분야(Environmental Awareness)의 생태계 신규 생성 및 고도화가 가능하다. 태양광에 의한 전기에너지 가격은 기술 발전과 생산 및 설치 확대에 지속적으로 낮아지고 있으며, 현재 태양전지의 가격은 0.3\$/W를 형성하고 있다. 태양광에 의한

전기에너지는 시스템 가격과 일조량(태양광량 및 시간)에 의존하게 되며, 일부 유럽의 일부 국가는 화석에너지의 발전단가와 균형점을 이루고 있다. 우리나라와 중국 등 전기에너지 가격이 낮은 지역은 현재 균형점에 도달하지 못하고 있으나, 기술발전에 의한 태양광시스템 가격의 하락과 기존 화석연료의 가격 상승으로 균형점에 도달할 것으로 예측된다.

5. 에너지 분야 생태 환경으로부터의 시사점

사회적(삶의 질 향상으로 에너지 수요증가 및 고품질 에너지 요구), 환경적(온실가스 저감 및 신재생/분산자원 도입요구), 기술적 변화(분산발전 구조로 다양한 에너지 자원의 통합적 운영)요인들이 존재하며, 이러한 문제와 요구사항을 해결하기 위한 에너지 ID의 추진 필요 시점이다. 국내에서는 독립형 및 계통연계형 마이크로그리드 실증단지 구축을 통한 타당성 분석 단계인 반면, 국외 선진기업은 마이크로그리드용 제어 시스템 상용화를 통해 분산자원의 통합 제어, 분산자원의 출력 제어, 독립운전 모드 지원, 계통지원 기능 등이 통합적으로 구현된 제품 개발 중에 있다. 우리나라는 기자재 공급 분야 및 설치 및 시운전 분야는 선진국 수준에 도달한 것으로 평가되지만, 상대적으로 컨설팅, 엔지니어링 및 서비스 분야는 선진국에 비해 열세이다. 따라서 에너지그리드 분야는 운영자 중심에서 벗어나 소비자, 사업자 중심의 에너지 서비스/가치화로서의 에너지 ID 기술 추진 필요하다.

국내 에너지 정책의 프레임은 탈원전-탈석탄, 신재생 에너지 확대와 이러한 정책을 지원하기 위한 논리로 구성되는데, 그 논리로 '국가-사회시스템의 지능형 디지털 유기체화'를 통해 제4차 산업혁명 시대를 선도하고, 미래성장동력을 선점하기 위한 중장기적 Big Push 전략이 필요하다. 에너지 생산, 분배(송-배전)의 계통 시스템의 안정적 운영과 소비 부하의 연결과 정보 공유를 통해

에너지 시장 메커니즘 기반에서 동작하는 유기체적 시스템 구축과 관련 기술 개발이 필요한 상황이다¹⁾.

IV. 지능형 디지털 에너지 중점 추진전략

1. 지능형 디지털 에너지 추진 방향

방대한 에너지 데이터 수집과 인공지능 학습을 통한 빅데이터 분석을 기술적 핵심요소로 두고 저탄소 신재생에너지 시스템으로의 전환, 에너지 운영시스템의 효율화 및 설비 운영의 최적화, 에너지 산업의 근본적인 변화를 유도하고 새로운 서비스를 창출하는 것이 환경에너지 IDX의 기본 추진 방향이다(그림 4) 참조.

기존의 노후화된 대규모 중앙 집중적인 설비 운영에서 소규모 친환경 분산형 전원이 확대되면서 점진적으로 화석연료 발전을 대체해 친환경 청정에너지 시스템으로 전환하여 지구 온난화의 선제적 대응과 미세먼지 걱정 없는 쾌적한 환경을 조성하고자 하며, 기상 데이터와 지리정보시스템(GIS: Geographical Information System)을 활용하여 신재생에너지 발전량을 예측하거나 자연조건에 크게 의존하는 신재생에너지 설비를 효과적으로 관리하여 에너지 생산 및 에너지 사용을 최적화, 아울러 기존의 설비운영에 대한 최적화뿐만 아니라 분산전원 중심의 융복합 시스템을 구축(신재생에너지,

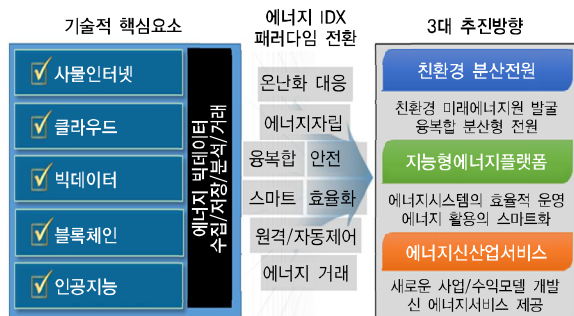
에너지저장시스템(ESS), 분산전원, 지능형원격검침인프라(AMI), 에너지관리시스템(EMS), 양방향 정보통신기술, 지능형 송배전시스템 결합을 통한 통합적 에너지 효율관리시스템 구축, 국가 에너지 자립도 개선) 중에 있다. 또한, 에너지 소비데이터의 분석을 통해 소비자의 에너지 소비패턴을 분석하여 이에 맞는 맞춤형 서비스 및 다양한 부가적 서비스를 개발 중에 있다.

2. 지능형 디지털 에너지 미래 비전 및 전략 목표

지능형 디지털 에너지 미래의 전략목표는 에너지 신서비스 창출을 위한 미래 에너지플랫폼 환경을 구축하는 것이다. 안전하고 깨끗한 에너지로의 전환은 시대적 흐름이며, 에너지 전환을 친환경 미래에너지산업 육성의 기회로 활용하기 위해서는 4차 산업혁명 기술들을 활용하여 에너지의 생산과 소비를 효율화시키고 다양한 서비스 창출(빅데이터 기반서비스, V2G 서비스 등등)이 가능하도록 IoE(Internet of Energy) 시스템 구축과 같은 친환경 에너지 플랫폼 환경구축이 필요하다.

이에 따른 세부 추진목표는 아래와 같다.

- 친환경 분산전원: 친환경 저탄소 에너지 정책(신재생 E 전력생산량을 2030년까지 20%로 확대)으로의 전환에 따라 신기후 변화, 미세먼지와 온실가스 문제를 일으키는 화석연료의 사용을 줄이고 효율과 기능이 좋은 태양광 재생에너지 및 센서 사용 증가와 함께 에너지 하베스팅 기반(RF, 광전효과, 열전효과, 압전효과 등)의 다양한 신재생에너지 연구개발(신재생에너지는 기존 발전소와 달리 따로 연료를 공수해올 필요가 없고 효율을 위해 대규모 설비를 지을 필요도 없음). 환경적 측면의 지속 가능성 및 재생에너지의 불확실성에 대한 대응, 분산형 전원의 활성화 및 확대를 주요 추진목표로 봄.
- 지능형 에너지플랫폼: 발전 최적화 측면에서 예



(그림 4) 환경-에너지 분야 IDX 추진 방향

□ 현 정부의 환경-에너지 분야 국제과제(37)는 친환경 미래 에너지 발굴·성이며, 주요 내용은 재생에너지 발전비중 확대, 에너지 효율 강화 및 에너지신산업 창출임.

측기반의 발전량 제어 및 운영관리를 통한 발전의 극대화, 그리고 소비 효율화 측면에서 실시간 정보기반의 소비 절약 및 최적 운전/제어를 통한 절감을 통해 소비의 효율화, 아울러 프로슈머 제도 및 중개거래를 통한 수요와 공급의 균형을 통한 거래 최적화를 통한 낭비 없는 에너지 에너지효율화를 주요 추진목표로 봄.

- 에너지 신산업 서비스: 인류가 에너지를 쾌적하고 편안하게 사용할 수 있도록 에너지의 생산·거래·저장·소비 전과정에 4차 산업혁명의 핵심 ICT 기술(AI, IoT, Big Data)을 융복합하여 다양하고 새로운 신규 서비스 창출을 추진목표로 봄.

3. R&D 추진 분야와 세부 추진 전략

각 분야별 세부 추진 전략은 아래와 같다.

- 신재생 태양광 에너지 분야: 도심에서 필요한 전기에너지를 자체 생산하여 소비하는 제로에너지빌딩 등 도심 맞춤형 태양광발전 기술 개발이 필요함. 도심 맞춤형 태양광 기술은 다양한 색상, 구부림, 반투명 등 심미적 디자인이 가능하여 소비자가 요구하는 다양한 욕구(색상, 디자인, 투광도 등)를 충족하며, 건축물이 요구하는 특성을 만족하는 기술 개발이 필요함.
- 전력자립 IoT용 에너지하베스팅 분야: 교량, 터널, 댐, 발전소 등과 같은 사회기반시설의 재난 안전을 모니터링하거나 해양플랜트, 극지, 송유관 등의 극한환경의 모니터링을 위해서는 주변 환경(태양광, 열전, 진동)의 변화와 관계없이 안정적인 전력의 수급/공급이 가능한 전력원이 필요함. 이를 위해서는 배터리 교체 없이 반영구적으로 안정적인 전원 공급이 가능한 동위원소 기반 독립전원시스템 개발이 요구됨.
- 에너지 모빌리티 분야: 신재생 에너지를 지능형 에너지 그리드에서 효율적으로 활용하기 위해서는 분산 에너지 저장소 활용이 필수적임. 분산

에너지 저장소 중에서 전기차가 지능형 에너지 그리드에서 활용하기 좋은 특징들을 보유하고 있으며, 이를 위해서는 전기차와 지능형 에너지 그리드 사이의 V2G/G2V 시스템 개발이 필요함. 장기적으로는 대용량 에너지를 장기간 저장할 수 있는 에너지 저장 기술과 전기뿐만 아니라 다양한 에너지 형태로 자유롭게 변경하고 관리할 수 있는 멀티 에너지 변환 관리 기술 개발이 필요함.

- 지능형 에너지 그리드 분야: 분산전원 등의 확대는 이중의 다양한 에너지 시스템의 증대를 야기하며, 에너지 생산과 소비 등에서 복잡한 프로세스가 발생될 것임. 따라서 에너지 그리드 망과 다양한 장치의 IoT 기반 에너지 네트워크는 필수 추진 분야임. 소비자 영역의 다수 에너지 시스템을 통합하기 위한 마이크로그리드 플랫폼과 양방향 에너지 특성에 따른 중개/거래 시장 플랫폼 및 스마트 시티 커뮤니티 플랫폼의 개발과 구축 추진.
- 에너지 IoT 분야: 스마트에너지시티 에너지믹스 자율관제 기술. 유틸리티 기업체는 유틸리티(전력설비/열배관/가스배관 시스템 등) 유지보수 관리에 IoT 기술을 도입하고 있다[15], [16]. 최근 들어, 개별적으로 관리되었던 에너지원(전력, 신재생에너지, 열, 물, 가스 등)을 도시 규모로 IoT 기반 통합연동 관리하는 스마트에너지시티가 추세임. 미래에는 인구의 대다수가 도시에 거주하고, 도시규모로 유틸리티가 통합 관리되며, 제4차 산업혁명 ICT 기술(AI, IoT, Cloud, Big-Data, Mobile, Blockchain 등)이 적용되어 유틸리티 서비스가 통합되며 최적화된 에너지믹스 형태로 자율 운영될 것임 추진전략: 스마트시티를 대상으로, 에너지원(전력, 신재생에너지, 열, 물, 가스 등)을 통합연동하기 위하여 에너지 IoT를 적용하고, 에너지믹스 최적화 자율운전을 위

하여 AI를 적용하고, 유틸리티 설비의 상태 및 수명관리를 위하여 Big-Data를 적용하고, 에너지 거래 및 장치운영 신뢰성 확보를 위하여 Blockchain을 적용하여, 스마트에너지시티 분야 에너지산업 Biz 모델을 창출함.

V. 결론

지능형 디지털 에너지는 주제어 자체에 스마트 에너지의 구체성과 방향성을 내포하고 있다. 결과적으로 예측 가능하고 지속적인 에너지 생태 환경의 발전적 유지를 위해서는 데이터에 기초한 미래 예측이 전제됨과 동시에 수요-공급 간의 균형, 기존의 개념을 넘어서는 혁신적 융합서비스의등장이 예상된다. 혁신적 융합이라는 새로운 패러다임의 기저에는 기존 정보통신 기술(ICT)이 과거 공급자적 인프라 성격에서 다양한 수요 기반의 맞춤형 서비스로 거듭나야 하며, 이러한 과정 중에 분야의 경계를 넘나드는 융합과 협력이 필수적으로 수반되어야 하는 새로운 융합적 원천기술에 대한 도전에 직면하게 될 것이다. 에너지 IDX의 성공적인 시험무대로 스마트 에너지 시티를 고려해 볼 수 있으며 전력-통신-서비스 간의 1단계 융합모델을 체계적으로 극복하고 단계적 확장을 통하여 복잡성의 문제에 접근할 수 있는 단초가 마련되기를 기대해본다.

용어해설

마이크로 그리드 신재생에너지 등 분산형 전원을 효율적으로 활용 가능한 국소적 전력시스템으로 기존 전력망과 연계 또는 독립된 상태로 구성. 수요에 맞춘 전력공급시스템

약어 정리

CAGR	Compound Annual Growth Rate
CAMUS	Context-Aware Middleware for URC Systems
CHP	Compound Heat and Power Plant
DER	Distributed Energy Resources
DR	Demand Response
ECA	Event Condition-Action

ESS	Energy Storage System
GIS	Geographical Information System
HVDC	High Voltage Direct Current Transmission System
IEO	International Energy Agency
V2G	Vehicle to Grid

참고문헌

- [1] 에너지경제연구원, “2018년도 기본연구사업 중점 연구분야 및 추진방향,” 2017.
- [2] 이유수, “4차 산업혁명과 에너지 패러다임의 전환,” *Future Horizon*, 33호, 2017, pp. 20-23.
- [3] 이일우 외, “차세대 에너지 신산업을 위한 에너지 IDX (Intelligent Digital Transformation) 기술,” *한국통신학회: 정보와통신*, 제34권 제5호, 2017. 05. pp. 53-59.
- [4] 이일우, 신영미, “4차 산업혁명과 에너지: 에너지 IDX(Intelligent Digital X-formation)/ODC(Open Digital Connectome),” *한국멀티미디어학회지*, 제21권 제3호, 2017.09, pp. 16-23.
- [5] 최준균, “에너지 생태계 새판을 짜라: [커버스토리]뉴 에너지 플랜,” *Tech M*, 2017. 08. 31.
- [6] 이철용, “신재생에너지 기반 분산형 전원 확대 방안,” *기본연구보고서* 16-10, 에너지경제연구원, 2017.
- [7] 산업통상자원부, “국민의 삶을 바꾸는 산업 혁신성장 가속화,” 2018.
- [8] 김병욱, “한전, 전력CT 융복합으로 4차 산업혁명 주도,” *투데이에너지*, 2017. 01. 31.
- [9] 송근수, “분산발전 기술의 동향 및 전망,” *Konetic Report* 2016-085, 한국환경산업기술원, 2016, pp. 1-13.
- [10] 이유수, “에너지 프로슈머 활성화를 위한 정책방향,” *에너지경제연구원*, 2016.
- [11] 조정현, “누구나 전기 만들고 팔 수 있는 분산전원 시대 도래,” *나라경제*, 6월호, 2017, p. 23.
- [12] 윤원철, 손양훈, “전력예비력 확보를 위한 분산형 전원 활성화 방안,” *에너지경제연구*, 제14권 제3호, 2015, pp. 319-341.
- [13] 한국전력 KEPCO, “미래를 열어갈 신사업 V2G,” *한국전력 블로그 - 굿모닝KEPCO!* 2014.12.12.
- [14] 김철환, “V2G 적용 사례 및 국내 시설기준 제정 방향,” *전기저널*, 7월호, 2015, pp. 44-47.
- [15] 김동민 외, “스마트 에너지시티 조성계획,” *최종보고서*, 나주시청, 2016, pp. 1-289.
- [16] 서천석, “광주에너지밸리, 스마트 시티 시범단지 추진,” *광주광역시, 제로에너지연구센터*, 2017.