4차 산업혁명과 에너지: 에너지 IDX(Intelligent Digital X-formation)/ ODC(Open Digital Connectome)

이일우* · 신영미

1. 서 론

광풍이라고 할 정도로 4차 산업혁명과 관련된 이슈들이 넘쳐나고 있다. 우리가 경험하지 못했던 새로운 분기가 만들어질 것임에는 분명하지만, 4차 산업혁명을 바라보는 관점에서 다양한 의견과 주장들이 있는 것이 사실이다. 정부와 지자체에서도 주요한 프레임으로써 4차산업혁명위원회 등의 조직을 구성하고, 실행 계획을 만들어가고 있다. 4차 산업혁명을 기술적인 관점에서 본다면, AICBMS (AI, IoT, Cloud computing, Big Data, Mobile, Security)가 그 중심에 있으며, 이러한 기술 기반으로 모든 사람과 사물이 연결돼 끊임없이 상호작용하는 '디지털 유기체 생태계'를 만들어 가는 것이다. 이러한 변모 과정을 '인텔리전트 디지털 트랜스포메이션 (Intelligent Digital X-formation : IDX)'이라고 표현한다. IDX는 다음과 같은 4단계를 걸쳐 구현될 수 있다. 첫 번째는 개별 경제·사회 시스템을 지능화하는 단계, 두 번째는 지능화된 개별 시스템을 연결해 통합 지능화하는 단계, 세 번째는 이렇게 통합 지능화된 시스템을 바탕으로 인간의 육체·정신 역량을 확장시키는 단계, 네 번째는 인간과 지능화된 경제·사회 시스템의 유기체화 하는 발전 단계다. [1][2]

초지능, 초연결, 초실감의 디지털 지능을 제조·유통·교통·에너지·금융·의료·교육·복지·행정 등 개별 경제·사회 시스템에 접목하고 활용함으로써 새로운 경쟁력과 성장 동력을 확보하는 단계이다. 본 고에서는 4차 산업혁명의 기술적 관점에서 에너지 융복합 기술개발 현황과 추진 방향을 몇 가지 제시하고자 한다.

본고의 구성은 다음과 같다. 1장 서론에 이어, 2장에서는 에너지 신산업 및 에너지 ICT, 신재생/마이크로그리드 관련 주요 기술개발 현황에 대해 소개하고, 3장에서는 AICBMS 기반 분산 에너지 자원 관리 기술 개발 현황을 기술한다. 그리고 4장에서 결론을 맺는다.

※ 교신저자(Corresponding Author) : 이일우, 주소 : 대전광역시 유성구 가정로 218 한국전자통신연구원 초연결통신연구소, 전화: 042-860-5411, FAX: 042-860-5218, E-mail : ilwoo@etri.re.kr

* 본 연구는 본 연구는 과학기술정보통신부/한국전자통신연구원 출연금(주요)사업, '제로에너지커뮤니티 실현을 위한 에너지 공유 네트워킹 기술개발' 사업과 산업통상자원부 에너지 기술개발사업, '소규모 분산자원 전력거래 활성화를 위한 중개시스템 개발 및 BM 발굴 사업' [20161210200310]으로 지원된 연구임.

2. 에너지ICT 신산업 현황

에너지 분야 특히 전력 분야에서는 그동안 스마트그리드를 중심으로 계통 (발전-송변전-배전)영역에서의 그리드 망과 시스템의 고도화 측면에서

지속적인 연구개발과 실증사업들이 진행되어 왔다. 또한, 에너지 분야의 주요 현안을 효과적으로 해결하기 위한 '문제 해결형 산업'으로서 시장의 흐름에 맞춰 가용한 신기술, 정보통신기술 등을 활용하여 사업화한 새로운 형태의 사업群을 에너지新산업으로 정의하고 있는데, 이를 넘어서는 스펙트럼의 확대가 필요한 상황이다. 즉, 문제해결형 산업기술에 더해서 미래 가치 창출형 산업기술까지 포함되어야 할 것이다. 에너지 분야의 패러다임 변화 (Paradigm Shift)는 급격하게 변화되고 있으며, 이를 뒷받침하기 위한 기술 개발 사례는 다음 절에서 기술한다.

2.1 에너지 신산업 관련 주요 기술개발 현황

태양광을 중심으로 하는 신재생에너지는 이제 우리 주변에서 쉽게 접할 수 있는 에너지, 소위 말하는 뒷마당 에너지 (Backyard Energy)로 활성화 일로에 있으며 분산 에너지 자원에 대한 체계적인 관리가 필요한 시점이며, 에너지저장장치 또한 주파수조정용, 전력피크대응용 등의 용도와 더불어 수용가의 주요 에너지 장치로 자리 잡을 것이다. 신재생에너지와의 연계와 전기차의 이동저장장치 (mobile ESS)로서의 다양한 BM 촉매제가 될 것이며, 전기차 충전스테이션 보급 이후의 다양한 서비스 제공이 필요하다. 몇 가지 관련 기술개발 사례는 다음과 같다.

- 제로에너지 커뮤니티 실현을 위한 에너지 공유 네트워킹 핵심 기술
  벌크발전, 송변전, 배전 등의 계통이외의 소비자 영역에서 태양광발전 시스템, 에너지저장장치, 전기차 충전기 등으로 구성되는 마이크로그리드 실증사업들이 추진중이며, 특히 홈, 빌딩, 산업단지, 학교 등의 커뮤니티 단위의 마이크로그리드의 확대는 필연적이다. 건물단위의 마이크로그리드의 실증사이트를 구축하고, 다수 건물에 구비되는 자원에 대한 다중 마이크로그리드 최적운영, 빅데이터 기반의 에너지 수요 및 공급 정보 취득 및 분석, 태양광 모듈별 세부 모니터링, 커뮤니티 도메인의 수급 예측, 분산자원 발전량 예측 등의 기반기술로 구성된다. 또한, 수요와 공급 장치의 에너지 정보 수집과 실시간 제어를 위한 표준 (IEC 61850-7-420, MQTT 등)기반의 IED/RTU 모듈, 무정전절체 스위치 (Closed Transit Transfer Switch : CTTS) 등의 자원 제어 주요 기술로 구성된다. 자원의 설치 범위, 제공 QoS 품질, 운영/유지보수 비용 등을 고려하여 최적의 에너지 네트워킹 연결성 제공을 위한 직류 전력선통신 (DC-PLC), 광역무선통신 (SUN, LPWA 등) 기술도 포함된다.

- 빌딩/단지의 에너지 통합관리 서비스 및 에너지 거래 기술
  에너지 다소비 영역인 빌딩과 빌딩단지에 대한 에너지 효율화 서비스는 수요관리 서비스를 통해 최대의 절감 요인을 진단하고 피크에 대응하기 위한 주요 서비스로 제공되어야 한다. 에너지 미터링에 의한 실시간 수요 예측과 더불어 히트펌프, 비상발전기 등 기 구축 분산에너지 설비에 대한 최적 운영이 주요 기술로 구성된다. 또한, 유휴/잉여 에너지 공급 자원에 대한 활용성을 증대하기 위한 빌딩 간, 프로슈머 간 에너지 융통과 거래는 소비자의 경제성을 확보할 수 있도록 한다. 에너지 융통과 거래의 확산을 위해 표준 기반의 에너지 거래 프로토콜 개발은 필수이며, 국제표준 (OASIS EMIX (Energy Market Information eXchange))

기반의 에너지 거래 프로토콜 기술 제공이 필요하다.

- 가상발전소 (Virtual Power Plant : VPP) 기반 통합에너지 관리 기술 개발
  신재생에너지의 확대는 필연적이지만, 친환경 분산 에너지 자원의 설치 시에 투입되는 비용이 확산의 걸림돌로 작용할 수 있다. 태양광발전시스템과 에너지저장장치 등에 대한 경제성은 그리드 패러티에 도달하는 국가도 있으나, 기 구축 설비의 활용성 제고도 고려해 보아야 한다. 국내에는 80,000여대의 비상발전기가 기 구축되어 비상시 운용 중이다. 다만, 대부분 디젤 연료를 발전원으로 사용함으로써 온실가스와 미세먼지 발생원이 되기도 하지만, 혼소발전 등을 활용하여, 이를 억제할 수 있는 방안도 있다. 비상발전기 기반의 가상발전소 운영을 통해 전력피크 대응, 수요관리 참여 등의 서비스가 가능하다. 원격 통합관리 시스템은 분산자원 국제표준 (IEC 61850-7-420) 기반 VPP 통합관리 통신 인터페이스 기술, 안전관제 데이터 및 논리노드 모델링 기술, VPP 실시간 모니터링 및 데이터 분석 기술 등을 포함한다. 비상발전기가 연료비용, 진동・소음, 배출가스, 장시간 급전 등의 상대적 단점은 가지고 있지만, 무정전절체스위치 (CTTS), 혼소발전 등을 통해 일부 극복할 여지가 있고, 기 구축 자원의 활용 측면에서 상당한 이득이 있는 점에서 고민이 필요한 상황이며, 특히, 계통자원화를 통한 분산자원 활성화 측면에서 가상발전소의 주요 자원으로 고려도 포함될 수 있을 것이다.

- 에너지 다이어트 서비스 기술
  신재생에너지 설비의 확대를 통한 에너지 공급원의 친환경화도 중요한 과제이지만, 우선적으로는 부하, 수요의 관리를 통해 소비 절감이 추가 발전설비의 증대를 억제할 수 있다. 기존 건물의 에너지 절감은 시스템 제공자, 운영자 중심이었으며, 단순한 에너지의 사용량 측정과 모니터링 서비스가 주를 이루었으며, 빌딩에너지관리시스템 (Building Energy Management System : BEMS) 비용과 별도의 전문 운영자가 필요한 상황이다. 사용자가 저비용/경량 인프라를 기반으로 제공되는 에너지 절감 서비스를 수행함으로써 용이하고 편하게 에너지 절감 활동을 할 수 있는 기술이다. 전력 측정용 센싱・미터링, 정보 전송, 제어 기능을 탑재한 융복합 스마트 플러그 기술이 주요 기술요소이며, 스마트 플러그 내에는 IEEE 802.15.4g 표준기반의 Sub-GHz 대역의 무선광역개인통신망 (Wireless Personal Area Network : WPAN) 통신모듈을 통해 계측된 개인별 에너지 정보를 서버로 전달하게 된다. 저비용・경량의 미터링 인프라와 단순한 스마트폰 앱을 통해 사용자들의 적극적인 에너지 절감활동을 제공할 수 있는 기술이다. 블루투스 비콘 설치를 통해 소비자의 위치 기반의 조명 및 PC/프린터 제어 등과 같이 단순한 ICT 기술을 통해 절감 서비스를 제공하게 된다. 에너지 소비의 당사자들인 소비자들의 생각은, '에너지 절약은 불편하다. 개인적 희생이 필요하다. 특히, 사무용 건물과 같은 공공장소에서 에너지 절약은 개인적인 이득이 없다.' 고 하는 수요자들의 편의성을 증대한 소비 절약 체계를 제공하는 기술이다. 소비자의 특별하고 불편한 절감 활동이나 고비용의 인프라 설치없이 편의성을 보장하면서, 개인적 이득 (절

약분에 대한 인센티브, 포인트 적립 등)을 제공하면서 참여 동기도 유발시킬 수 있다. 본 기술은 조명이나 PC 사용이 많고 건물에 대한 소유권 (ownership)이 약한 학교, 대형 사무용・상업용 건물 등에 도입시 에너지 효율을 제고할 수 있을 것이다.

2.2 신재생/마이크로그리드 관련 주요 기술개발 현황

- 소규모 분산자원 전력거래 활성화를 위한 중개시스템 기술

  3kW, 5kW 등 1Mw 이하 규모의 태양광발전시스템이 태양광 대여사업, 보급사업 등을 통해 점차 증설되고 있다. 국가 차원에서는 양날의 칼이 되는 것이 신재생 보급확대 차원에서는 바람직하지만, 계통 안정화 차원에서는 악성 발전원이 될 수 있다. 따라서, 소규모 분산자원의 계통자원화를 통해 전력시장 진입과 집합발전화가 중요한 이슈가 된다. 즉, 기후변화 대응, 온실가스감축 등 국가적 아젠다 해결과 전력 중개・거래 공공성과 사업성을 제공할 수 있는 소규모 분산자원 기반의 중개 사업 시스템 및 부가서비스 기술과 비즈니스 모델 개발이 필요하다. 전기사업법 일부개정(안)을 통해 별도 신설된 전력신산업 분야의 전기차 충전사업, 소규모전기공급사업, 소규모전력중개사업이라는 전력신사업 분야를 별도 신설하고자 한다. 신재생에너지 기반의 분산형 전원, 에너지 프로슈머, 집합자원화(Aggregator) 등의 기술 및 제도 요소를 중개시장을 통해 에너지신산업의 주요 정책으로 추진하고자 하는 계획을 실현하고자 하는 기반 기술로 제공될 것이다. 다음 그림 1에 나타낸 바와 같이, 전력거래소에 개설될 예정인 '소규모전력중개시장' 에 중개사업자의 운영 및 관리, 비즈니스 플랫폼으로 활용될 것이며, 소규모 분산자원의 계통자원화를 위한 시장・운영 최적 솔루션 제공과 신규 BM 발굴 등 시장 연계형 분산자원 활성화 제고를 위한 기반 기술로 활용될 것이다.

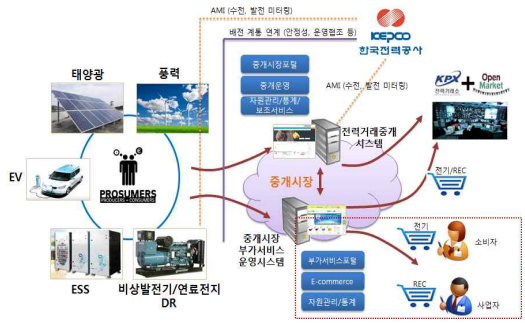

그림 1. 중소규모 분산에너지자원 중개 서비스

- 커뮤니티에너지공급 (Community Energy Supply : CES) 시설 기반 분산자원 활용 마이크로그리드 기술

  열병합발전 (Combined Heat Pump : CHP) 등을 기반으로 지역 소비자들에게 열과 전기 에너지를 공급하는 사업자들은 이익 회수에 많은 문제를 안고 있다. 이러한 구역전기사업자들에게 커뮤니티 에너지 공급 시설을 기반으로 분산자원을 추가 설치하고, 이를 효율적으로 활용하는 마이크로그리드 응용 서비스 기술을 제공함으로써, 시장 연계 등의 신규 비즈니스모델(BM) 발굴이 필요하다. 현실적으로 분산자원 기반의 마이크로그리드 구축의 제인 전면에 위치한 사업자로 볼 수 있다. 구역전기사업자의 서비스를 제공받고 있는 아파트를 대상으로 열, 전기, 가스 등 통합 미터링 기술 개발 및 구축, 계통연계 및 독립운전 지원 CES기반 마이크로그리드 플랫폼을 제공한

다. 구역전기사업자 서비스 영역내의 IoT 기반 분산자원 설비 모니터링과 종단 제어 및 통신 장치 (IED/RTU) 기술, 수집된 에너지 정보 빅데이터 처리 플랫폼과 운영 정보 분석을 통한 최적 에너지 이용 효율 향상 기술이 주요 구성 기술이다. 외부의 수요관리 (Demand Response : DR) 시장 연동과 분산자원 중개시장 연동 기술을 통해 소비자의 경제성을 확보할 수 있다. 다음 그림 2에 시스템과 기술의 구성 등을 나타내었다.

그림 2. CES 기반 마이크로그리드 기술

3. AICBMS 기반 분산 에너지 자원 관리 기술 개발 사례

에너지 분야의 최대 이슈인 기후변화대응, 온실가스감축, 미세먼지 감축 등의 당면문제 해결에 있어서 원자력 축소 또는 폐쇄, 석탄의 축소에 따른 에너지 수급 안정을 위한 가스와 재생에너지의 대폭적 확대는 불가피한 것으로 보고 있다. 각국에서는 태양광, 풍력 등 재생에너지를 기반으로 하는 다양한 정책·제도 수립, 기술개발이 진행되고 있다. 특히, 뒷마당에너지라 지칭되는 소비자 영역의 분산 에너지 시스템은 다양한 형태로 구축될 것이며, 마이크로그리드 (Microgrid), 가상발전소 (Virtual Power Plant ; VPP)라는 형상으로 실현될 것이다. 그동안 일부 실증사업, 시범사이트들을 중심으로 관련 기술개발이 진행되어 왔지만, 그 범위는 훨씬 더 커질 것이고 ICT 기술의 내재화를 통한 새로운 기술영역과 형태들이 나타날 것이다.

3.1 분산 에너지 자원의 최적 관리

재생에너지·분산 에너지 자원의 가장 큰 기술적 해결 분야인 불확실성과 변동성에 대한 문제를 해결하고, 플랫폼 비즈니스의 핵심인 개방성, 확장성 등을 제공하기 위해 ICBMS (IoT/Cloud/Big data/Mobile/Security)과 인공지능 등의 기술이 에너지 시스템에 내재화될 수 있는 기술개발이 추진 중이다. 특히, 소비자 영역에 보급, 대여, 설치되고 있는 중소규모 분산자원의 규모는 지속적으로 증가할 것으로 예상되나, 발전자원으로서의 효용가치가 상대적으로 낮아, 소극적으로 활용되고 있는 자원의 계통자원화가 필요하다. 이에 따라, 분산 에너지 자원 중개시스템 기술을 통해 다양한 분산자원의 포트폴리오 구성으로 계통자원화를 위한 에너지 프로슈머(E-프로슈머) 운영 최적 솔루션의 확보, 다양한 분산전원의 거래 시장 진입을 위한 능동적 통합운영·서비스를 통해 재생에너지 수용성 확대와 자원관리 플랫폼 기반 신규 비즈니스 시장의 주도권 확보를 제공할 수 있다. 다음 그림 3에 ICBMS 기반 분산 에너지 자원 관리 시스템 구성도를 나타내었다. 중개사업자 (aggregator) 들은 분산 에너지 자원을 모아서 전력시장에 판매하고 이익을 자원 제공자·보유자들과 분배하게 된다. 세부적으로는 재생에너지의 문제점인 예측가능성과 출력안정성을 발전량 예측을 통해 제고할 수 있는 기술, 자원의 경제적 모니터링 및 제어 기술, 다수·이종 분산 에너지 자원의 포트폴리오 구축을 통한 최적화 기술, 그리고 분산자원 운영시의 계통연계 협조 운용 기

법 등이 포함된다.

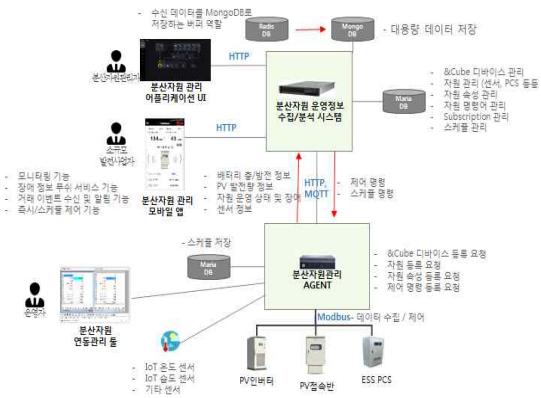

그림 3. ICBMS 분산에너지자원 관리 시스템

3.2 소비자 에너지 망 기술개발 추진 방향

관리/책임 주체가 명확한 에너지 계통(송·변전/배전) 영역 밖의 소비자 영역 (홈, 빌딩, 도시, 산업단지)을 BtM (Behind the Meter)이라고도 칭하는데, 소비자 영역에서 그동안 양적증대만을 목적으로 분산에너지자원의 보급·설치가 확대되었다. 그러나, 이는 망의 복잡도 증가와 간헐·변동성 문제를 안고 있으며, 이를 해결하기 위한 실시간 발전예측, 수급 최적운영과 계통·시장연계 수용성 확보 기술 등 응용원천 기술과 에너지 개방형 디지털 커넥톰 (Open Digital Connectome : ODC)[1] 플랫폼 기반 기술 개발이 추진 중이다. 세부적으로는 정부의 클린 에너지정책 (국정과제 : '탈원전 정책으로 안전하고 깨끗한 에너지로 전환', '친환경 미래 에너지 발굴/육성' 등) [3]지원과 에너지 분권화/분산화/복잡성 증대에 따라 간헐·변동성이 큰 분산자원들의 초연결성 확보와 경제성 제고를 위한 에너지 인포메틱스 플랫폼 기반의 소비자 영역 에너지 서비스 창출이 목적이다.

- [초연결] 중앙집중식 에너지 체계에서 벗어나 마이크로그리드, 가상발전소 등과 같은 소비자 영역에서의 분산에너지 환경이 극대화됨에 따라, 에너지 망 신뢰성, 안정성. 최적화를 위한 자원간 초연결 및 에너지 유통 인프라 기술
- [초지능] 소비자 영역에 급격하게 보급·확산되고 있는 간헐성·변동성이 큰 신재생에너지·분산자원의 수용성 확대를 위한 수요·발전예측 기술과 에너지 인포메틱스 분석 플랫폼 원천 기술
- [서비스] E-Prosumer[2] 내외부 에너지 정보 기반의 지식서비스·디지털자산화에 의한 新전력서비스 (에너지 융통·거래 등) 제공을 목적으로 하는 Impact Leverage 제고 기술

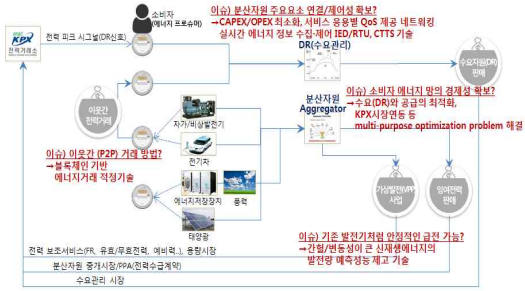

그림 4. ICBMS 분산에너지자원 관리 시스템

앞서 기술한 Emergent 서비스들은 에너지 ICT의 새로운 전략적 비전으로 도출한 개방형 디지털 커넥톰 (ODC : Open Digital Connectome) 전략 하에서 설계, 구현되고 있다. 이는 ETRI의 IDX

1) ODC : Open Digital Connectome (개방형 디지털 유기체 생태계), ETRI의 IDX-초연결 전략으로서, 개체-개체(시스템), 시스템-시스템들이 실시간 연결되어 정보/지식/지능융합을 통해 가치 (에너지의 경우, 수요/발전예측, 수급분석&최적화, 유통/거래 기반의 상품화 및 지식서비화)를 이루어내는 인프라

2) E-Prosumer : 에너지 프로슈머, 에너지 생산과 소비를 동일한 지역에서 동시에 수행하는 생산자겸 소비자

(Intelligent Digital Transformation) 전략과 맥을 같이 하고 있다. [1][2]

개방형 디지털 커넥톰 (ODC)는 이는 인간 뇌와 모든 신경세포들이 촘촘이 상호 연결된 것처럼 (connectome), 사람, 사물 (공간, 정보, 비즈니스) 등이 서로 긴밀히 소통하고 상호작용하여, 창의적・파괴적 혁신이 창발 (emerge)되어 사회를 변혁시키는 초연결 플랫폼을 지칭한다. 개방형 디지털 커넥톰은 에너지 정보의 수집・해석・추론・학습을 통한 컨텐츠 생성 및 장치 제어를 담당하는 ‘Cognitive sensing/control Dome’, 응용 맞춤형 인프라 구성과 정보 전달을 최적 지원하는 자율 네트워킹 ‘Autonomous connectivity Dome’, 대규모 정보 인지・처리를 위한 ‘Distributed edge connectome Dome’, 자가학습 및 적응형 자율지능 ‘Intelligent IoS Platform Dome’으로 구성되는 ‘Core Enablers’상에서 각 산업 분야의 특성과 응용 서비스를 실현하기 위한 ’ Specific Enablers’를 구현하여 서비스를 제공하게 된다. 예를 들어 마이크로그리드 최적 운영 서비스를 제공하기 위해서 ‘Core Enablers’의 IoT, 빅데이터 공통 프레임워크를 활용하면서, 수집된 정보를 기반으로 최적 운영 알고리즘이라는 ‘Specific Enabler’를 구현하여 운영시스템에 적용하게 되는 것이다.

4. 결 론

허름해 보이는 기술이 세상을 뒤엎을 수 있다. 이제 스마트그리드 (Smart Grid)・마이크로그리드 (Microgrid)・가상발전소 (Virtual Power Plant : VPP), 에너지ICT 산업은 작은 변화들이 어느 정도 기간을 두고 쌓여서 이제는 작은 변화 하나가 일어나도 갑자기 큰 영향을 초래할 수 있는 단계라고 본다.[4] 아울러 4차 산업혁명으로 대별되는 AICBMS 융복합기술의 이슈화는 다양한 에너지망의 등장과 더불어 기술의 필요성을 부각시키고 있기도 하다. 그동안 정부 정책 마련, 기술개발에 대한 열정이 투입된 바, 이제는 조그만 불씨가 혁신적・파괴적 기술로 나타나는 티핑 포인트 (tipping point)에 다다른 것으로 보인다. 새로운 정부는 4차 산업혁명과 친환경에너지로의 전환에 있어서 실효적인 실행계획을 수립 중에 있다. 특히 에너지 분야는 아주 큰 틀에서 전환과 변혁이 이루어 질 것이다. 공공인프라로서의 에너지가 신재생에너지, 분산자원 확대, 에너지 융통/거래 활성화에 따라 사유재로서의 에너지 가치가 매겨질 것이며, 즉, 에너지 자체로서의 가치가 아니라 상품으로서의 가치로의 전환이 다가왔다. 이를 완성하고 지원할 수 있는 플랫폼은 결국 ICBMS, 그리고 인공지능, 블록체인이 근간이 될 것이다. 본 고에서는 AICBMS 기술이 에너지 시스템에 내재화 되어가는 과정에서의 몇 가지 기술 개발 사례를 살펴 보았다. 결론적으로 현재 상황에서 예견되는 기술적 이슈는 다양한 수요 패턴에 따른 수요예측, 이종 분산 에너지 자원의 발전예측, 그리고 안정적이고 경제적인 수급이 가능하도록 하는 수요와 공급 자원의 최적화 기술일 것이고, 이는 다양한 장치의 IoT기반 에너지 정보 수집, 빅데이터/클라우드 데이터 처리/분석, 그리고 인공지능 기반의 최적화 기술일 것이다. 또한, 에너지 정보망과 데이터에 대한 신뢰성을 담보하는 초연결성 제공이 포함되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 한국전자통신연구원 (ETRI),“ETRI 중장기 기술개발계획 2025 : 2016~2025,“ pp. 32-36. 2016.12.
[2] 한국전자통신연구원 이상훈 원장,“IDX, 사회시

스템을 개조하는 '과학기술 혁명' 마중물," 전자신문, 2017.02.27.
[3] 관계부처, 문재인정부 국정운영 5개년 계획, 2017.7.
[4] 이일우 외, "기술이 세상을 바꾸는 순간 : 미래세상을 만들어가는 혁신적 기술의 확산," 미래창조과학부 과학기술예측위원회/한국과학기술평가원, pp. 90-98. 2017.03.31.

이 일 우

- 1992년 경희대학교, 컴퓨터공학과 학사
- 1994년 경희대학교, 컴퓨터공학과 석사
- 2007년 충남대학교, 컴퓨터공학과 박사
- 1994년~현재 한국전자통신연구원 책임연구원
  초연결통신연구소 PL, 실장, 전문위원
- 관심분야 : Smart Grid, Microgrid, Virtual Power Plnat (VPP), Energy Informatcis

신 영 미

- 1993년 경북대학교, 전자계산학과 학사
- 1995년 경북대학교, 전자계산학과 석사
- 1995년~현재 한국전자통신연구원 책임연구원
  초연결통신연구소 IoT연구본부
- 관심분야 : Service Platform, Com./Web Service Smart Grid, Microgrid