

# 에너지-지능정보기술 융합에 따른 미래 에너지 서비스 산업 예측 연구

이정우<sup>1,2</sup>, 양재석<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>한국과학기술원 문술미래전략대학원, <sup>2</sup>한국에너지기술평가원 정책기획실

## Backcasting of Future Energy Service Industry based on Energy-A ICBM technology Convergence

Jungwoo Lee<sup>1,2</sup>, Jae-Suk Yang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Future Strategy, KAIST

<sup>2</sup>Division of Energy Technology Policy, KETEP

요 약 지능정보기술과 에너지기술의 융합은 단순히 기술 자체 뿐 아니라 사회, 제도, 조직 전반의 변화를 수반하기 때문에 수많은 이해관계자들에게 영향을 미친다. 따라서 자원개발과 발전, 석유화학 중심의 전통 에너지 산업에 대한 경로 의존성에서 벗어나 새로운 산업을 창출하기 위해서는 미래에 도달하고자하는 선호 미래를 먼저 그리고 이를 실현하기 위한 전략을 고민하는, 백캐스팅(Backcasting) 관점의 접근이 필요하다. 본 연구에서는 이러한 백캐스팅 관점에서 지능정보기술이 가져올 미래 에너지 산업의 변화 양상을 살펴보고 국가 관점에서의 에너지 정책 목표 달성, 그리고 각 이해관계자들의 이익을 동시에 만족시킬 수 있는 미래 에너지 서비스 모델을 도출하였다. 이후, 미래 에너지 서비스가 실현되기 위한 기술적 선결 조건을 분석하고, 세부적인 구성 기술과 현재 시점에서 중점 R&D가 필요한 분야를 제시하였다.

주제어 : 기술융합, 에너지서비스, 사회변화예측, 미래예측, 백캐스팅

**Abstract** The convergence of intelligent information technology and energy technology affects many stakeholders because it involves not only technology itself but also social, institutional and organizational changes. Therefore, it is necessary to develop a back-casting approach to create a new industry that deviates from the path dependence on the traditional energy industry. This study examines the changes in the future energy industry that intelligence information technology will bring, and then we derived the future energy service model that can satisfy the energy policy goals from the national perspective and the interests of each stakeholder at the same time. After that, we analyzed the technical prerequisites for the realization of future energy services and presented the specific configuration technology and the areas that require R&D investment at present.

**Key Words** : Convergence, Energy Service, Backcasting, A ICBM

### 1. 서론

미래는 현재 존재하는 것이 아니기 때문에 사회변화를 조망하는 관점에 따라 전망에 큰 차이가 발생한다. 미

래학에서 다루는 미래연구 수행 방법론, 관점에 따라 다양한 구분이 가능하지만, 일반적으로 보수주의적 미래학과, 전이주의적 미래학과, 그리고 급진주의적 미래학과로 대표되는 세 가지로 분류할 수 있다[1,2]. 오늘이 내일의

\*This research is supported by 2018 K-valley RED&B grant from KAIST.

\*Corresponding Author: Jae-Suk Yang (yang@kaist.ac.kr)

Received May 8, 2018

Accepted July 20, 2018

Revised June 15, 2018

Published July 28, 2018

과거라는 관점에서 대부분의 사회과학 및 공학자들은 보수주의적 학과 관점을 견지하고 있으며, 과거부터 현재까지 변화상이 미래에도 연결된다는 전제하에 과거 데이터에 기초한 외삽(extrapolation)을 통해 향후 전개양상을 예측한다. 반면, 전이주의적 미래예측은 과거에서 미래로의 확일적 변화 흐름을 거부하고, 특정 시점을 경계로 전 세대로부터 다음 세대로의 전환·전이 양상에 집중하여 미래를 예측한다. 다니엘 벨이 주장한 전기 산업사회-산업사회-후기 산업사회로의 전환 예측이 전이주의적 미래예측의 대표적인 사례이다[3]. 급진주의적 미래학파는 미래 신기술의 등장과 같은 현재 시점에서 예측 불가능한 현상이 사회변동의 핵심 동인이므로 보수주의, 전이주의적 관점과 같이 과거 정보를 활용하여 미래예측을 하는 것은 전혀 의미가 없다고 일축하고 있다[4,5]. 전이주의 학자들이 특정 주류 사회 트렌드가 다음 사회로 전환되는데 수세기, 수십 년에 걸쳐 서서히 진행되는 것을 주장하는 반면, 급진주의적 미래학파는 기존과 불연속적으로 나타난 특정 사건, 위기, 충격이 10년 혹은 수년 내 사회변동을 가져올 것으로 예측한다.

현재 4차 산업혁명의 핵심동인으로 지목받고 있는 지능정보기술의 확산에 따른 사회변화 양상은 급진주의적 미래학파가 주장하는 사회변화 단계와 유사한 양상으로 전개되고 있다. 즉, 과거로부터 점진적 변화를 보이던 특정 산업이 ‘지능정보기술과의 융합’이라는 특정 계기를 만나 미래가 급격히 변하는 트렌드를 보이고 있는 것이다. AI, IoT, Cloud Computing, Big Data, Mobile(AICBM)으로 대표되는 지능정보기술의 확산은 기술 발전 속도와 영향력 측면에서 기하급수적인 성능향상과 사회 전반에 광범위한 파급효과를 동반하고 있으며, 모든 것이 연결되고 보다 지능적인 사회로의 진화가 예상된다[6]. 에너지 산업 또한 지능정보기술과의 융합으로 현재의 단방향 개별생태계에서, 생산자와 소비자가 플랫폼에서 상호 작용하면서 함께 가치를 창출하는 융합생태계로 전환되며 새로운 제품과 서비스의 등장이 기대되고 있다. 그러나 개발된 기술의 신뢰성, 안정성이 확보되지 않을 경우 현장 적용이 불가능한 에너지산업의 특성을 고려할 때, 지능정보기술이 단기간에 에너지산업에 적용되지 않을 가능성도 있다. 또한 지능정보기술의 적용 시 타 산업과 마찬가지로 에너지산업에서의 자동화, 스마트계약 등에 따라 기존 일자리 소멸 등 부작용에 대한 우려도 증가하고 있는 것이 사실이다[6,7].

지능정보기술과 에너지기술의 융합은 단순히 기술 자체 뿐 아니라 사회, 제도, 조직 전반의 변화를 수반하기 때문에 수많은 이해관계자들에게 영향을 미친다. 따라서 자원개발과 발전, 석유화학 중심의 전통 에너지 산업에 대한 경로 의존성에서 벗어나 새로운 산업을 창출하기 위해서는 미래에 도달하고자하는 선호 미래를 먼저 그리고 이를 실현하기 위한 전략을 고민하는, 백캐스팅(Backcasting) 관점의 접근이 필요하다[8]. 가트너(Gartner), MIT 등 정기적으로 유망기술 예측을 실시하는 기관에는 논문, 특허 등 정량적 데이터 분석과 전문가 패널 조사, 토론 등 정성적 분석을 병행하는 방법론을 주로 적용하고 있으나, 현재 기술의 발전 경로를 기준으로 향후 트렌드를 예측한다는 점에서 포캐스팅(Forecasting) 관점을 견지하고 있는 한계를 지닌다[9-11]. 본 연구에서는 백캐스팅 관점에서 4차 산업혁명의 핵심동인인 지능정보기술이 가져올 미래 에너지 산업의 변화 양상을 살펴보고 이러한 변화 과정에서 국가 관점에서의 에너지 정책 목표 달성, 그리고 각 이해관계자들의 이익을 동시에 만족시킬 수 있는 미래 에너지 서비스 모델을 먼저 도출하였다. 이후, 미래 에너지 서비스가 실현되기 위한 기술적 선결 조건을 분석하고, 세부적인 구성 기술과 현재 시점에서 중점 R&D가 필요한 분야를 제시하였다.

## 2. 국내·외 현황

### 2.1 국내 현황

최근 우리나라 정부는 과학기술 발전이 선도하는 4차 산업혁명을 국정과제로 내세우며 R&D 사업을 중심으로 관련 예산을 대폭 확대하고 있다. 센서, IoT, 빅데이터 등 스마트 제조기술과 AI, VR, 자율주행차를 중심으로 한 전략 프로젝트 분야, 그리고 스마트 도시 등 지역단위에서 작동할 수 있는 지능정보 인프라 및 플랫폼이 현재 핵심 투자 영역으로 선별되어 해당 부처를 통해 지원이 증가하고 있다[12]. 그러나 에너지부문은 지능정보기술 적용을 위한 국가 차원의 계획이나 이행방안이 별도로 마련되지 않은 상황이다.

현재 에너지의 디지털화(Digitalization of Energy)를 위한 글로벌 인프라 투자 규모는 가스 발전 투자 규모를 상회하는 규모로 급성장하고 있다. Fig. 1

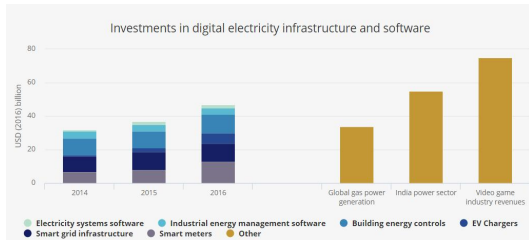


Fig. 1. Investment in digital electricity infrastructure[13]

그러나 우리나라는 기술개발 우선 투자, 이후 서비스 발굴 단계로 이어지는 전통적 방식의 R&D를 추진하여 에너지 서비스 시장에서 주도권 확보에 어려움을 겪고 있다. 공정·빌딩 에너지소비 최적화, 발전소·공장 예방정비 및 적시 유지보수 등 R&D 이전 서비스 목표가 명확했던 슈나이더, GE 등 글로벌 기업이 관련 시장을 선점하고 있다. 국내 기업도 BEMS(Building Management System), HEMS(Home Energy Management System), FEMS(Factory Energy Management System) 등 건물, 공장 등 개별단위 최적화 솔루션은 개발을 완료하여 상용화하였으나, 산재한 전기·열·가스 등 다양한 에너지원의 데이터를 통합 관리할 수 있는 공통 플랫폼은 부재한 상황이다. 반면, GE는 이미 대량 보급된 자사의 설비 규모를 기반으로, 각각의 상태를 감지하고 제어할 수 있는 오픈 플랫폼 프레딕스(PREDIX) 개발을 통해 태양광, 에너지저장장치(ESS), 전기차, LED, 분산전원을 동일 플랫폼에서 감시, 운영·제어하는 솔루션을 구현하여, 자사 매출액의 60%를 유지보수 관련 소프트웨어 판매로 창출하며 전통 제조 기업에서 소프트웨어 기업으로의 전환에 성공적인 모습을 보여주고 있다[14].

2.2 해외 현황

미국, 독일, 일본 등 기술 선도국은 4차 산업혁명 추진 기반 마련을 위한 국가 계획을 수립하여 이행하고 있다. 추진 주체와 중점 육성분야에서 있어 차이가 있는데, 먼저 스타트업 저변이 넓고 기업 간 협업이 활성화된 미국은 민간, 독일과 일본은 민간과 정부 협업, 중국은 정부 주도로 지원 정책을 추진하고 있다. 중점 육성분야는 미국은 클라우드와 AI, 독일은 스마트 제조, 일본은 로봇과 AI로, 전통적으로 자국이 기술과 산업 생태계 측면에서 강점을 가지고 있는 분야에 투자를 확대중이다[15-16].

Table 1. Current status of 4<sup>th</sup> revolution by country

	U.S.	Germany	Japan
Initiative	Private sector	Private →Private&Government	Private&Government
Characteristic	Leading companies with technology and budget	Manufacturing+ICT, Leading international standards	Comprehensive approach (technology, workforce, etc.)
Platform	Mono-Hub Cloud-based	Multi-hub Facility-based Robot / AI connection	
Representative firm	GE, Amazon	Siemens, SAP	Toyota, FANUC

각국 정부의 지원확대로 에너지 산업에서도 지능정보 기술을 활용한 새로운 형태의 서비스업이 출현하고 있으며, 이러한 영역에 있어서의 스타트업 참여가 활성화되고 있다. 또한 대형 발전사, 유틸리티 기업으로 대표되는 전통 에너지기업 가치사슬에도 서비스 기능이 편입되거나 확대시켜 새로운 비즈니스 모델이 출현하는 등 ‘에너지 생산-전달-소비의 포괄적 전환’이 진행되고 있다.

3. 지능정보기술과 미래 에너지 사회 변화

지능정보기술 적용에 따라 예상되는 에너지 생산-소비 과정에서의 미래 변화 방향은 ‘다양화’와 ‘융합’으로 요약할 수 있다(Fig. 2.).

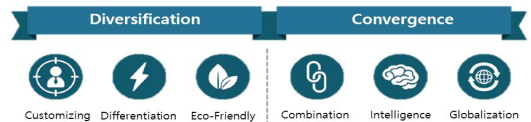


Fig. 2. Keywords of energy trend related to A ICBM

첫째, 다양화 측면에서 개인, 지역별 에너지 수요가 다변화됨에 따라 맞춤형 에너지 생산이 확대되며 이에 따라 에너지원 또한 다양한 형태로의 분화가 예상된다. 지능정보기술 적용에 따른 연령, 소득계층 등 개인별 사회·환경 요인과 지역별 가용한 에너지원을 고려한 맞춤형 에너지 생산과 배분의 확대는 현재에도 그 가능성을 확인할 수 있다. 즉 산업, 가정, 재생발전 단지 등 각각의 전기 수요에 따라 요구되는 전력품질 수준이 다름에도 일괄적으로 고품질의 전력이 공급되고 있는 현 상황, 그리

고 경제성이 없다고 판단되는 해상풍분차 발전 등의 기술이 일부 지역에서는 상용화되고 있는 상황, 그리고 중앙 에너지공급원 의존성을 줄이기 위한 도심지 태양광(BIPV) 등이 이를 뒷받침하는 사례이다. 또한 최근 20여년의 기간 중 지구 역사상 유래 없는 15~20개의 에너지 공급원이 부문 간 경계를 넘어 동시에 상존하고 있는 현재의 트렌드는 당분간 지속될 전망이다. 최근까지 석탄과 원자력으로 대표되는 발전기술은 에너지 수요의 다양화에 따라 태양광, 풍력, 지열, 파력, 조력 등 재생에너지와 핵융합, 연료전지로 대표되는 신에너지와 상호 경쟁하며 지역에 따라 여러 형태로 분화되어 전개될 것이다.

둘째, 생산과 소비 경계가 없는 프로슈머(prosumer), 소비자가 생산자 수준의 지식을 갖춘 컨슈너(consumer) 확산이 예상된다. 기존에 에너지를 소비하던 산업, 수송, 가공과 상업 부문 주체들이 소규모 발전을 통해 에너지를 생산하고 판매에도 참여하게 되며 사용자가 공급자와 동등한 수준의 정보 습득이 가능하여 전문가 수준의 지식을 확보하게 된다. 에너지 공급사업자 또한 발전소, 공정, 전기자동차 등 최종 생산품 판매 후에도 유지·보수, 재활용 등 가치사슬 전체 관리서비스를 제공하며 제품과 서비스의 결합 비즈니스 모델의 확산이 예상된다. 에너지산업에 플랫폼 비즈니스가 도입됨에 따라 타국 신기술과 생산량, 단가에 따라 국내 에너지시장 변동이 증가하며 내수 시장과 글로벌 시장의 연결성 또한 강화될 것으로 전망된다.

국가 정책목표 달성 관점에서 지능정보기술과 에너지 기술 융합은 에너지안보, 지속가능성, 경제성장으로 대표되는 에너지 트릴레마(Trilemma) 해결에 새로운 수단을 제공해 줄 수 있다. Table 2 일반적으로 에너지 트릴레마는 에너지안보(security), 지속가능성(sustainability), 에너지 형평성(equity)로 정의되나, 우리나라 에너지 정책 목표는 에너지 형평성보다 에너지산업 육성을 통한 경제성장을 지향하고 있다[17,18]. 지능정보기술은 발전소 증설을 통한 발전량 확대의 기존 방식을 발전 설비이용률 향상과 수요차별 적시·적소 발전으로 방향 전환을 가능하게 하여 에너지 안보 확보에 기여가 가능하며, 소비자 선택 및 참여에 기반한 에너지 수요관리 효율성을 강화하여 기후변화대응에 새로운 해법을 제공할 수 있다. 또한 기존 대형 발전사와 유틸리티 기업을 중심으로 구성된 폐쇄적인 에너지 산업 생태계에 벗어나 소규모 발전원 수집 및 거래 중개, 지능형 수요관리, 에너지 소비 최

적화 운영패턴 제공 등 신규 기업이 참여할 수 있는 서비스를 창출하며 경제성장에 기여할 수 있는 기회를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 2. Changes in trilemma solution

	As-Is	To-Be
Energy security	Expansion of power generation ----- Ensuring the reliability of the power grid	Increase capacity factor ----- Timely and proper energy allocation
Sustainability	Clean energy development	Consumer's participation
Economic growth	Led by public corporations	Increase participation of private companies

#### 4. 미래 에너지 서비스 모델

지능정보기술 활용 시, 에너지공급 생산성 향상과 소비 효율화가 예상되지만, 에너지산업에 즉시 적용은 어려운 상황이다. 에너지기술은 결합 시 광역 정전, 공정 가동 중지 등 대규모 피해를 유발하며, 고온, 고압 등 극한 환경에서 작동을 요구하는 경우가 많다. 즉, 기술의 신뢰성과 안정성 미확보 시 현장 적용 자체가 불가능하므로, ‘연구개발-조기출시-사용자 피드백-보완출시-양산’으로 대표되는 IT 기술의 사업화 과정과는 차별화된 접근이 필요하다. 따라서 기존 기술 중심의 R&D 접근에서 탈피하여, 다양한 민간 참여가 가능한 서비스를 우선 발굴하고, 실현기술 확보를 지원할 필요가 있다. 즉, 기업의 참여의사가 확인된 신규 서비스를 도출하고, 이를 실현하기 위한 하드웨어(H/W), 소프트웨어(S/W) 개발과 제도 개선사항을 정부 주도로 해결하려는 접근이 필요하다.

기존 에너지기술만으로는 불가능했던 새로운 서비스는 에너지 온디맨드(On-demand)와 온서플라이(On-supply) 결합과정에서 민간이 수익을 창출할 수 있는 영역으로, 하드웨어 핵심기술이 없는 스타트업도 중개업, 컨설팅, 정보제공 등에 참여할 수 있다.

문헌조사를 기반으로, 에너지 공급, 에너지 소비자, 기술융합, 비즈니스 모델 총 5개 워킹그룹 전문가 80여명이 참여하여 도출한 대표적인 미래 에너지 서비스는 Table 3과 같다[19]. 미래 에너지 서비스는 에너지 생산에서 전달, 소비의 전 과정에서 창출이 가능할 것으로 예상된다.

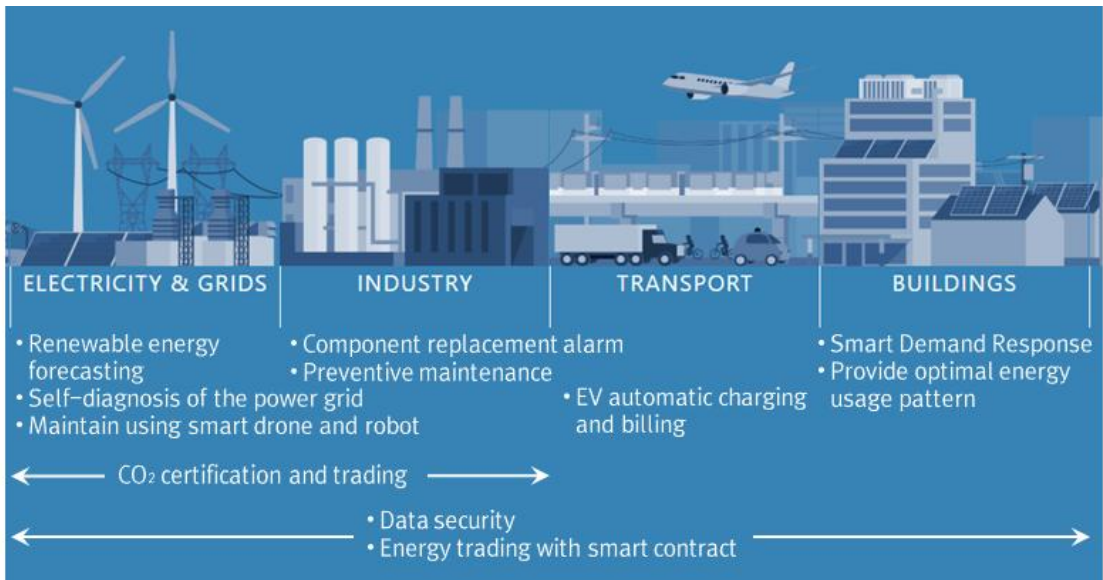


Fig. 3. Representative energy service models

미래에 실현될 것으로 예상되는 에너지 서비스는 에너지 사용 현장에 지능정보기술을 적용하여 서비스 기능을 편입하거나 확대한 신규 비즈니스 모델이 대부분으로 전력 등 에너지의 판매 또는 에너지를 활용한 제품 판매로 수익을 올리던 전통 산업과는 전혀 다른 ‘신산업’ 영역을 구축할 것으로 기대된다(Fig. 3).

Table 3. Service model changes in the energy industry

Sector	Energy service contents	
	As-Is	To-Be
Cross-cutting	• Manually controlled based on human experiences	• Provides automating optimization based on big data
Generation/ Grid	• Checked by field workforce • Manually controlled, one-way grid	• Preventive maintenance using drone and robot • Automating grid control according to aggregated balancing
Industrial	• The high rate of maintenance after the accident	• Component replacement alarm • Increasing uptime by ancillary services
Transportation	• No information for EV charging station • Manually charged by workforce	• Provide EV charging information (price, location) • The automatic charge
Residential/ Commercial	• Trading between generators and utilities • Additional power for owner's use	• Energy exchange platform between business/individual • Community energy provider

#### 4.1 지능형 장비활용 발전소 스마트 정비

석유, 가스 등 전통자원의 점진적인 고갈로 육지 또는 지표면에서 원거리에 위치한 지역, 심해저, 고심도 표면에서 원거리에 위치한 지역, 심해저, 고심도 자원개발이 진행되고 있으며, 재생에너지 또한 기저 발전소를 대체하기 위한 대형 발전소 건립이 진행되며 사막 태양광, 원거리 해상풍력 등 오지에 위치한 발전소가 확대되고 있다. 이러한 곳에서는 건설 이후, 시설과 장비에 대한 모니터링, 유지보수 문제가 제기되고 있으며 지능정보기술은 이러한 시스템의 성능저하, 교체시기 등의 탐침, 정보전달, 자동 피드백을 가능하게 하여 유지보수 비용과 인건비, 그리고 현장 인력의 안전을 확보할 수 있게 한다. 건설현장에 시범 적용되고 있는 드론과 로봇이 최근 모니터링 수단으로 언급되고 있으며 객체추적 및 공간인식 기술, 무선충전 기술 등의 상용화가 요구된다.

#### 4.2 전력 빅데이터 활용 서비스

기존 에너지 소비 절감은 ‘에너지 절약’으로 대표되는 단기 캠페인과 경제활동 역제를 통한 인위적 감축에 초점을 맞추어 왔다. 이에 반해, 전력 빅데이터 활용 서비스는 ‘불편하지 않은 또는 기업 이익에 반하지 않는’ 방식을 통해 에너지 소비 절감을 달성한다는 큰 차이가 있다. 기상, 행정, 지리 등 공공 데이터와 사용자 에너지 사용 패턴 분석을 함께 활용할 경우 시간대별 전력 부하에 따른

동적 요금제 설계가 가능해져, 소비자의 자발적 선택에 의한 전력 피크부하 감축 및 소비자 에너지 비용 절감 등 시 구현이 가능할 것으로 판단된다. 또한 인공지능 기술을 통해 전력망의 자가진단 및 대응을 실시하여 전력공급 복원력을 확보할 수 있는 계통운영 서비스도 가능해질 전망이다.

#### 4.3 전기차 자동 충전 및 정산

블록체인은 다수의 참여자가 공동으로 거래정보를 검증·기록·보관하는 기술로 P2P 전송, 분산형 DB, 투명성·익명성, 기록변경 불가, 자동거래 로직의 특성을 가진다 [20]. 특히 중앙 노드 없이 개인 간·기기 간 직접 통신을 통해 미리 설정된 알고리즘에 따라 계약이 성립되고 정산이 진행되는 ‘스마트 계약(smart contract)’은 이미 금융, 의료, 유통 분야에 활용되고 있으며 에너지 분야에도 향후 적용이 예상되고 있다. 전기차 충전량과 충전 시간에 따른 자동 지불 시스템이 스마트 계약을 활용한 수송 부문 대표적 서비스 영역이 될 것으로 전망되며, 차량 위치(GPS)와 상태를 담은 데이터를 기반으로 한 근거리 충전소 가이드, 로봇 활용 무인 자동충전 등이 부가적인 서비스로 전망된다.

#### 4.4 에너지 소비량 분석·가시화

현재 대규모 사업장 중심으로 구성된 에너지절감 솔루션 시장은 향후 일반 소비자로 확대될 전망이다. 주로 가정 내 가전·냉난방 기기별 에너지 소비 패턴 분석 리포팅, 고장·불량 예측 알람, 원격 제어 소비자 의사결정 지원을 위한 가시화 등이 단기적으로 확산될 것이며 중장기적으로는 기계학습을 통한 개개인 생활 패턴에 최적화된 전력소비 옵션 제공 및 자동 정산까지 가능할 것으로 판단된다.

#### 4.5 에너지 거래·정산

발전소-유틸리티 간 전력거래를 넘어 마이크로그리드 내, 사업장간 거래, 궁극적으로는 이웃 간 에너지 거래를 실현하는 서비스 등장이 예상된다. 기존 생산한 에너지에 대한 인증, 거래, 확인을 담당했던 중계기관을 블록체인 등 방식으로 대체가 가능해짐에 따라 실시간 단위로 에너지 수요발생시 생산자들의 발전량을 체크하여 주체간 요구조건을 만족시키는 최적거래를 매칭한다. 물리적 거래(전기·열)와 재정적 거래(현금, 가상화폐)가 동시에

진행되는 특징을 가지며, 가상화폐, 스마트계약 등 관련 스타트업 기업, 그리고 개인, 기업, 지자체 등 다양한 주체의 참여가 가능해질 전망이다.

### 5. 에너지 서비스 실현을 위한 기술

4절에서 제시한 새로운 형태의 서비스를 실현하기 위해서는 에너지정보의 디지털화, 빅데이터 수집 및 분석 플랫폼 구현이 선행되어야 한다(Table. 4). 즉, 아직 계속되지 않은 에너지 정보에 대한 가시화, 특정 주체가 독점적으로 소유하고 있는 데이터 공유와 상호 호환성 확보, 지능형 분석 알고리즘 개발이 선결되어야 에너지 서비스 구현이 가능하다.

Table 4. Required technology factors

Type	Barriers	Required technical factors
Information visualization	<ul style="list-style-type: none"> <li>Non-accumulating / non-visualizing information</li> <li>Increased energy consumption for sensing devices</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Digitization of energy information</li> <li>Minimize energy consumption by IT equipment</li> </ul>
Big Data platform	<ul style="list-style-type: none"> <li>Own data exclusively</li> <li>Non-standardization of data</li> <li>S/W enterprise entry barriers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energy Big Data Platform</li> <li>Standardize data / Ensure compatibility and security</li> <li>AI based analysis algorithm</li> </ul>
Service implementation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Product and system-oriented industrial structure</li> <li>Barriers to new entrants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Service-oriented new Business Model</li> <li>Share revenue among participants</li> </ul>

구체적으로 필요한 기술요인을 단계별로 구분하면 Fig. 4와 같다. 먼저, 에너지정보의 디지털화를 위해 전력·열·가스 등 물리적 에너지 정보를 디지털 정보로 변환하기 위한 H/W 기반 IoT 인프라 구축이 필요하다. 특히 에너지 사용 환경에서 장기간 안정적으로 가능한 내환경 센서 개발이 필요하다. 한 가지 사례로 화력발전 현장의 터빈 상태를 모니터링 할 수 있는 데이터를 수집하기 위해서는 300~400도 이상의 고온·고압, 강산성 환경 등 극한 환경에서 정상 작동할 수 있는 센서가 필요하다. 아울러 정보의 가시화와 분석에 소요되는 에너지소비를 최소화하기 위한 초절전, 무급전 센서와 전력 변환손실 최소화를 위한 파워일렉트로닉스 기기 고효율화 기술이 요구된다. 빅데이터의 수집·분석을 이해 운영되는 데이터센

터와 네트워크에서 소비되는 에너지는 이미 전 세계 전력사용량의 4% 수준에 달하는 것으로 알려져 있다[13]. 따라서 미세전동, 유체흐름, 온도차 등 소량의 발전원으로 센서를 구동하는 기술이 중요하며, 전력기기 에너지 공급에서 전압·전류·주파수 변환 시 발생하는 전력손실을 최소화하기 위한 SiC, GaN 등 새로운 소재를 활용한 파워 일렉트로닉스의 소형화·집적화 및 고효율화가 필요하다.



Fig. 4. R&D components to realize energy service

다음, 타 분야와 마찬가지로 에너지 분야 또한 에너지 정보를 공유하고 가공하기 위한 S/W 기반 플랫폼 구축과 운영이 필요하다. 전력·열·가스·수도, 산업·건물·수송 등 다양한 사용처에서 발생하는 데이터 간 상호 호환성 확보를 위한 아키텍처 기술이 필수적이며, 특히 현재 건물, 단지, 공장 등 특정 구역단위 최적화에서 향후 지역, 광역 단위 최적화로 확장하기 위해서는 반드시 필요한 조건이다. 디지털 정보로 모아진 에너지 빅데이터를 분석하여 사용자가 원하는 형태의 서비스를 제공하기 위한 AI-기계학습 기반 분석 솔루션 개발도 중요하며, 에너지 데이터는 개인 생활패턴에 대한 정보를 담고 있는 만큼 비식별 정보화 기술 등 사이버 보안 확보도 필요하다. 이러한 S/W 기반 에너지 빅데이터 플랫폼 제반 기술은 Table 5와 같다.

Table 5. Technology components for big-data platform

Data Compatibility	Analysis Solution	Cyber Security
<ul style="list-style-type: none"> <li>Standards-based information architecture</li> <li>Open gateway for non-standard and heterogeneous data</li> <li>Sharing and Utilization API</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Big data collection, storage and processing</li> <li>Big Data Edge /Hub System</li> <li>Big Data Analysis Solution</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Information security between terminal-access network</li> <li>Whitelist-based Intrusion Detection and Response Technology</li> <li>De-identification</li> </ul>

## 6. 결론

지능정보기술과 에너지기술의 융합은 에너지의 생산과 전달, 소비 전주기에 걸쳐 현재와 전혀 다른 형태의 서비스의 출현을 견인하며 다양한 이해관계자의 수요를 만족시키는 동시에 국가 차원의 에너지 정책 목표 달성에 기여할 수 있는 새로운 옵션을 제공한다.

일반 소비자는 불편하지 않으면서도 에너지 소비를 절감하는 것이 가능해지며, 수동적인 소비자 입장에서 벗어나 에너지 생산 및 판매자로 참여하며 기존에 없던 인센티브를 얻을 수 있을 것이다. 에너지 거래는 더 이상 발전사-유틸리티 간 거래에 한정되지 않고 개인 간 P2P 거래가 가능한 형태로 전개되며 물리적인 거래와 금전적 거래가 신속하면서도 높은 보안수준을 유지하는 환경에서 진행될 것이다. 발전사업자는 인력 접근이 어려운 극한 환경에 위치한 발전설비, 기간망에 대한 원격 모니터링과 유지보수로 설비 수명을 연장시켜 발전 단가를 추가적으로 절감할 수 있을 것으로 기대된다. 산업부문에서는 공정의 자동화·지능화에 따라 생산성이 향상되고 현장 인력의 안전을 보장하며 단위 제품 생산에 투입되는 에너지 소비를 절감할 수 있다. 국가차원에서는 재생 에너지 등 분산전원과 수요반응(DR) 등을 통해 수집된 수요자원의 통합 관리가 가능해지며 에너지 공급의 유연성을 향상시킬 수 있으며, 무엇보다 국민 개개인의 자발적 참여에 의한 에너지 절감이 달성될 수 있다는 점에서 에너지를 둘러싼 각종 갈등 해결에 소요되는 사회적 비용을 획기적으로 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

지능정보기술의 확산은 데이터 디지털화를 위한 센서, 분석을 위한 IDC(Internet Data Center) 보급량을 증가시켜 에너지 소비량이 증가하는 부분은 분명 존재한다. 그러나 국제에너지기구에서 발표한 바와 같이, 현재 글로벌 총 전력량의 1%를 소비하고 있는 데이터 네트워크의 2021년 전력소비 전망은 -15% ~ 70% 범위로 불확실성이 매우 크다[13]. 즉 미래 에너지 소비는 기술발전 경로에 크게 의존하며 향후 우리가 선호하는 미래를 달성하기 위해서는 H/W 기반의 에너지 사용 현장 적용이 가능한 센서와 초절전 전원공급 장치, S/W 기반의 에너지 빅데이터 플랫폼 구축과 운영으로 대표되는 제반 기술에 대한 R&D 투자가 반드시 선행되어야 하며, 이러한 기술의 상용화 시점에서 현재에는 존재하지 않는 민간 기업 중심의 에너지 서비스 산업이 활성화 될 수 있을 것으로 판단된다.



## REFERENCES

- [1] I. H. Ha. (2009). *What is the future studies*. Seoul : ilsongbook.
- [2] T. Kuosa. (2011). Evolution of futures studies. *Futures*, 43(3), 327-336.
- [3] K. Kumar, (2009). *From post-industrial to post-modern society: New theories of the contemporary world* New Jersey : John Wiley & Sons.
- [4] Y. G. Choi. (2012) *The power to predict the future*. Paju : Sallimbooks.
- [5] K. Hobson & N. Lynch. (2016). Diversifying and de-growing the circular economy: Radical social transformation in a resource-scarce world. *Futures*, 82, 15-25.
- [6] K. Schwab. (2017). *The fourth industrial revolution*. New York : Crown Business.
- [7] M. Lorenz, M. Rübmann, R. Strack, K. L. Lueth & M. Bolle. (2015). *Man and machine in Industry 4.0: How will technology transform the industrial workforce through 2025*. The Boston Consulting Group. <https://www.bcgperspectives.com/content/articles/technology-business-transformationengineered-products-infrastructure-man-machine-industry-4>.
- [8] Y. Kishita, B. C. McLellan, D. Giurco, K. Aoki, G. Yoshizawa & I. C. Handoh, (2017). Designing backcasting scenarios for resilient energy futures. *Technological Forecasting and Social Change*, 124, 114-125.
- [9] K. Panetta, (2017). *Gartner's top 10 strategic technology trends for 2018*. Gartner.
- [10] D. Rotman. (2018). *10 breakthrough Technologies 2018* MIT technology review.
- [11] J. W. Gu, J. H. Lee, M. S. Chung & J. Y. Lee. (2017). Electric Vehicle Technology Trends Forecast Research Using the Paper and Patent Data. *Journal of Digital Convergence*, 15(2), 165-172.
- [12] Ministry of Science and ICT. (2017). *The innovation growth engine policy*, <http://english.msit.go.kr/english/msipContents/contentsView.do?catId=msse56&artId=1379308>
- [13] International Energy Agency. (2017). *Digitalization of Energy*. Special reports. <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/DigitalizationandEnergy3.pdf>
- [14] N. Agarwal & A. Brem. (2015). Strategic business transformation through technology convergence: implications from General Electric's industrial internet initiative. *International Journal of Technology Management*, 67(2-4), 196-214.
- [15] J. T. Hyun. (2017) *The Fourth Industrial Revolution of Major Countries and Korea's Growth Strategy*. Sejong : Korea Institute for International Economic Policy.
- [16] S. K. Jin & M. S. Nang. (2018). The Challenges of Public Policy Management for the 4th Industrial Revolution. *Journal of Digital Convergence*, 16(4), 39-47.
- [17] O. Wyman. (2015). *World Energy Trilemma Priority Actions on Climate Change and How to Balance the Trilemma*. London: World Energy Council.
- [18] J. Lee & J.-S. Yang. (2017). *Strategic R&D Budget Allocation to Achieve National Energy Policy Targets*. SSRN(Online), [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2909823](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2909823)
- [19] Korea institute of Energy Technology Evaluation and Planning. (2017). *A Study on the Innovation of Energy Technology Development for the 4th Industrial Revolution*. Seoul : KETEP.
- [20] M. Iansiti & K. R. Lakhani(2017). The truth about blockchain. *Harvard Business Review*, 95(1), 118-127.

이 정 우(Lee, Jungwoo)

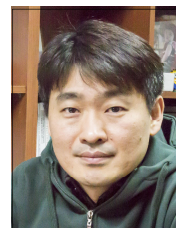
[정회원]



- 2007년 8월 : 서울대학교 기계항공 공학과 공학사
- 2010년 2월 : KAIST 기계공학과 공학석사
- 2015년 8월 ~ 현재 : KAIST 미래 전략대학원 박사과정
- 2010년 1월 ~ 현재 : 한국에너지기술평가원 선임연구원
- 관심분야 : 에너지기술, 투자포트폴리오, 기술예측
- E-Mail : kudos@ketep.re.kr

양 재 석(Yang, Jae-Suk)

[정회원]



- 2000년 8월 : 고려대학교 물리학과 이학사
- 2006년 8월 : KAIST 물리학과 이학박사
- 2009년 11월 ~ 2015년 11월: Associate Research Scholar, Columbia Business School, Columbia University
- 2015년 12월 ~ 현재 : KAIST 미래전략대학원 교수
- 관심분야 : 진산사회과학, 경영전략, 플랫폼비즈니스
- E-Mail : yang@kaist.ac.kr