

2023년 해외 스마트그리드 산업 동향

- 전력 유틸리티의 디지털 전환 트렌드 -

2023. 6.



동 자료에 수록된 각종 통계자료, 조사결과 등은 내부 업무목적에 따라 작성된 것으로 수집된 자료의 범위, 작성 시기, 작성기준 등에 따라 그 결과가 달라질 수 있으므로 참고용으로만 활용하시기 바랍니다.

우리 소는 동 자료 내용의 정확성, 타당성 등에 대하여 보장하지 않으며 동 자료의 내용을 임의로 인용하거나 상업적으로 활용함으로써 발생하는 문제들에 대하여 우리 소에 법적 책임이 없음을 알려드립니다.

목 차

I. 디지털 전환 배경	1
1.1. 개념	1
1.2. 필요성	1
1.3. 도전과제	2
II. 디지털 전환 사례	3
2.1. 디지털 전환 기술	3
2.2. 디지털 전환 적용 사례	5
2.2.1 송전 및 배전 분야	5
2.2.2 고객 서비스 분야	8
2.2.3 에너지 판매 및 신사업 분야	9
2.2.4 발전 분야	14
III. 디지털 전환 효과	16
3.1. 비용·편익	16
3.2. 유틸리티의 디지털 전환의 결과	17
IV. 결론	19
V. 부록	23
5.1. 송배전 유틸리티의 디지털 전환 사례	23
5.2. 유틸리티의 디지털 사업모델 사례	27

I 디지털 전환 배경

1.1. 개념

“디지털 전환”은 통신 기술을 바탕으로 기기 간의 데이터의 수집, 공유 및 분석 과정을 연결하여 기기와 시스템 운영을 간소화하는 것을 의미한다. 최근 들어 산업 현장과 작업환경 내에서는 이러한 개념을 넘어 데이터를 경영전략 수립 및 신사업 창출에 활용하는 단계에 이르렀으며 **디지털화(digitalization)**란 단어는 다음과 같이 그 개념이 발전되었다.

(아날로그 정보를 디지털 형태로 변환 → 디지털 정보를 통한 가치 창출 → 디지털 정보 및 기술을 활용한 신사업 개발)

따라서 디지털화는 에너지 수요와 공급에만 영향을 미칠 뿐만 아니라 에너지시스템 자체를 변화시킨다. 특히, 전력산업에서의 디지털화를 통해 에너지 부문 간의 경계를 허물고, 전체 에너지시스템을 통합할 수 있다. 또한 실시간으로 수요와 공급의 균형을 맞추는 과정에서 소비자와 공급자 간의 직접적인 상호작용의 기회를 제공한다. 따라서 기업과 정부는 이러한 디지털화에 신속하게 대응해야 한다.

전력 유틸리티 기업은 다양한 도전에 직면함과 동시에 소비자 중심의 비즈니스 모델을 통해 효율성과 고객 만족도를 높이고, 수익을 창출하며 디지털 전환을 이끌고 있다.

1.2. 필요성

디지털 전환에 대한 관심은 유틸리티가 처한 환경(전력수요 증가의 둔화, 분산자원 확대, 전력망 노후화, 고객 수요 변화 등)에 따라 상이하다.

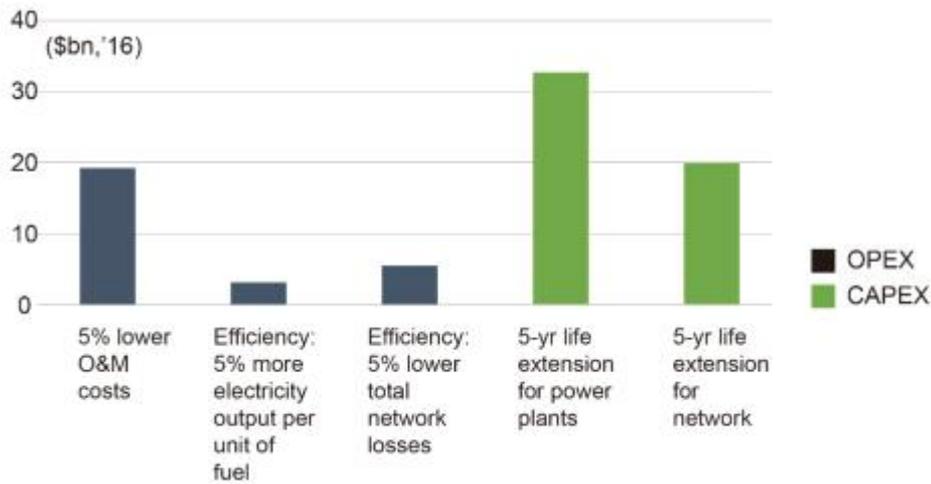
<유틸리티 가치 사슬(Value Chain)별 도전과제>

발전	송배전	에너지 관리	판매
-화력발전소 노후화 -이용률 저하	-재생에너지 접속 증가 -전력망 노후화	-전력 수급 불균형 심화 -분산 자원 및 전기차 보급 확대에 따른 유연성 자원 요구 증가	-판매 감소 및 정체 -고객 감소 -고객 참여에 대한 수요 증가

(출처: Utility Digitalization: Tech, Strategies, and Progress, BNEF, April 2018)

가치 사슬 전반에 걸친 디지털화를 통해 효율 개선 및 비용 절감을 달성하고, 고객 중심의 새로운 비즈니스 모델을 개발하여 수익을 창출할 수 있다. 예를 들어, 발전 및 송배전 분야에서는 가스 터빈, 풍력 발전기에 연계된 송전 및 배전망 센서에서 획득한 실시간 데이터를 분석하여 예측 정비, 원격제어, 설비계획 등을 통해 운영 및 투자 비용을 줄일 수 있다. 또한, 챗봇과 전자결제 시스템을 활용하여 에너지 관리 플랫폼 등의 고객 중심 비즈니스 모델을 구축하여 수익 창출 및 비용 절감을 구현한다.

<발전소 및 전력망의 디지털화로 인한 비용 절감 가능성, 2016-2040>



(출처: IEA, 2017)

<유틸리티의 주요 디지털 전환 분야>

효율 향상 및 비용 절감	사업 모델 및 수익 창출
-자산 성능 관리(APM) -디지털 현장 작업자 -스마트한 자산 계획 -수급 균형을 위한 실시간 플랫폼 -실시간 망 제어 -에너지 통합 플랫폼	-에너지저장장치 연계 -디지털 고객 모델 -에너지 솔루션 통합 -에너지 관리 산업 서비스(BTB) -지자체 서비스(B2T)

1.3. 도전과제

전력 유틸리티는 아래의 특징으로 인해 타 산업에 비해 디지털 전환을 통한 성과를 가시화하기 어려우며 신속한 디지털 전환을 방해하는 요인으로 경직된 조직문화, 기업의 구식 이미지, 대규모 시스템 운영 여건 등이 있다.

조직문화	안정적인 전력공급을 위해 위험과 변화를 최소화하려는 조직문화가 형성되어 변화가 느리고 혁신성이 부족
디지털 인재	아날로그적인 기업 이미지로 인해 데이터 과학자 등 디지털 전문인력을 확보하기 어려움
IT 시스템	SCADA, DAS 등 IT 시스템은 대규모로 그리고 상호 분리되어 운영

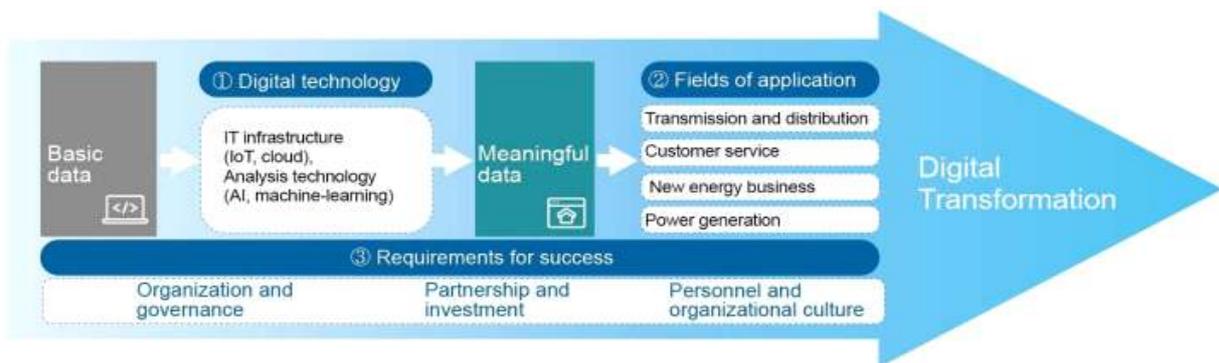
(출처: Accelerating digital transformations: A playbook for utilities, McKinsey, 2018)

II 디지털 전환 사례

발전, 송배전 및 고객 등 모든 사업 영역에서 AI, IoT 등 디지털 기술과 결합된 데이터 기반의 디지털 전환을 통해 원가절감 및 수익창출이 가능하다. 디지털 전환은 다음과 같이 **다양한 형태로** 진행되고 있다.

(외부 역량을 활용한 M&A(기업 인수 합병) 수행, 스타트업 육성, 내부인력 디지털 교육 및 문화 활성화 등 디지털 관련 업무를 전담하는 조직 신설)

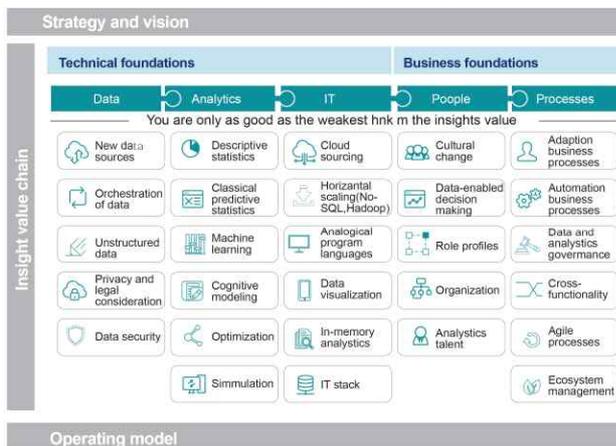
<디지털 전환 프레임워크>



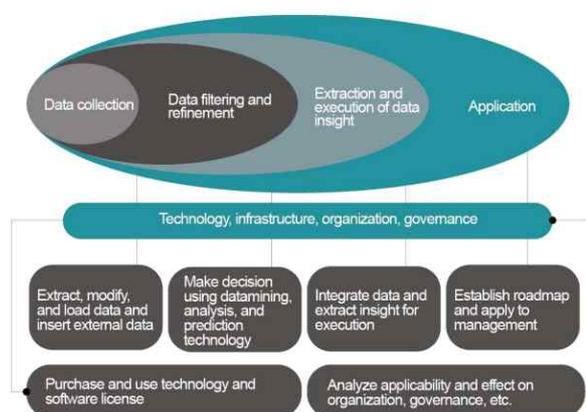
2.1. 디지털 전환 기술

데이터 처리 및 전송 기술이 발전함에 따라 디지털화의 개념 또한 발전해왔다. 과거의 디지털화는 아날로그 신호를 이진법으로 변환하는 것만을 의미했으나, 데이터의 연결을 용이하게 하고 서로 공유하는 환경으로 개발하는 것으로 그 의미가 발전했다. 이러한 변화는 통신망, IoT 플랫폼, 로봇틱스 등 디지털 기술의 구성 요소의 발전을 촉진했다. 데이터 수집, 인사이트 개발, 사업으로 확장 등 가치 창출 프로세스를 위해서는 데이터 활용, IT 인프라, 분석 알고리즘 등 디지털 기술과 비즈니스를 결합한 데이터 기반 관리 환경을 개발하는 것이 중요하다.

<데이터 기반 관리 환경의 구성요소>

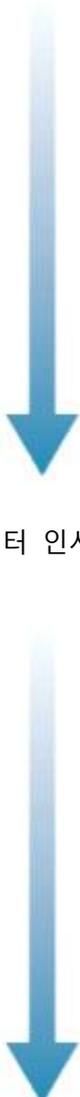


<데이터 기반 가치 창출 프로세스>



(출처: Achieving business impact with data, McKinsey, April 2018)

발전 부문에서 데이터 인사이트(데이터 분석을 통한 통찰력)의 활용이 강조됨에 따라 디지털 기술 역량 확보가 더욱 중요해졌다. 데이터 중심의 사업 환경은 **다음의 기술**을 긴밀하게 결합하여 구현된다. (IoT 및 클라우드와 같은 IT 인프라, AI 및 머신러닝을 활용한 분석 기술, AR, VR 및 로봇과 같은 기술) 또한 이러한 기술을 사용하기 위해서는 소프트웨어와 하드웨어 측면에서 모든 기능과 요구사항을 이해하는 것이 필요하다.

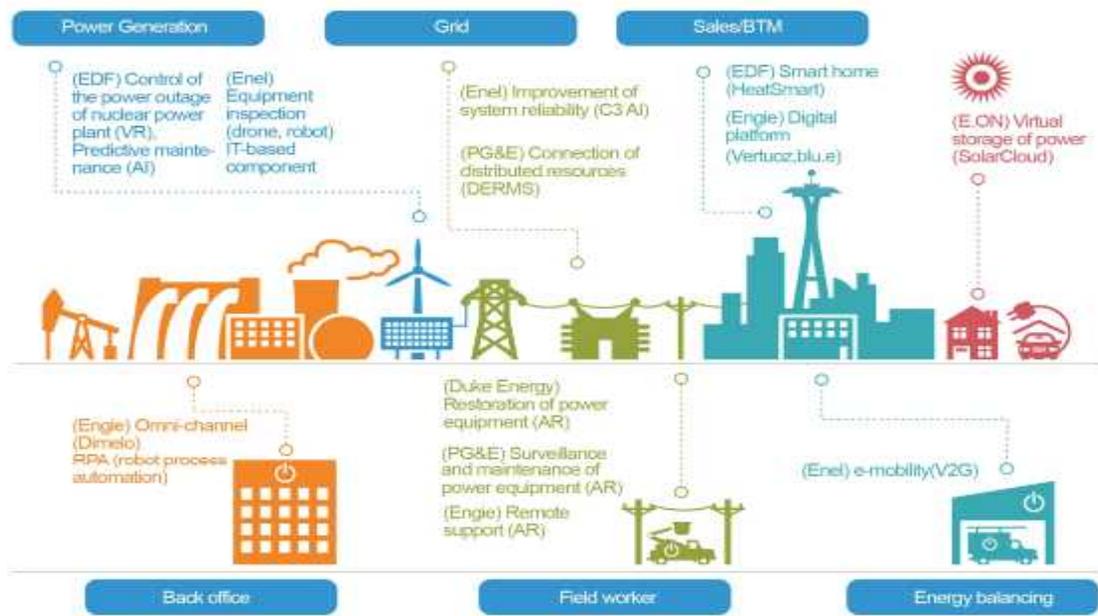
분류	디지털 기술	기술 특징	
		하드웨어	소프트웨어
<div style="text-align: center;">  <p>IT 인프라</p> <p>데이터 인사이트</p> <p>가치창출</p> </div>	통신망	(요구) 유선/무선 통신 시스템 (기능) 통신망을 이용하여 데이터 수집 및 전송	(요구) 통신 프로토콜 표준화 (기능) 기기간 상호운용성 보장
	클라우드 컴퓨팅	(요구) 대용량 원격 서버 (기능) 유료 대용량 데이터 저장 및 처리 서비스 제공	(요구) 정교한 지원 서비스 (기능) 데이터 처리, 보안 등 지원 (대표기업) 아마존, 마이크로소프트
	IoT 플랫폼	(요구) 디지털 센서 및 컴퓨터 칩 (기능) 온도, 빛, 진동 등 내외부 환경 정보 획득 (대표기업) Infineon, Bosch	(요구) 데이터 관리 플랫폼 (기능) 데이터 수집 및 변환 (대표기업) GE, Siemens
	블록체인	(요구) 분산된 ledger-sharing 네트워크 (기능) 전력망, EMS 등 IoT 인프라 시설의 데이터 처리	(요구) 분산 거래시스템 (기능) 지역사회 기반의 분산 에너지 거래 구현 (대표기업) LO3 Energy, Slock.it
	데이터 분석	(요구) AI 전용 컴퓨터칩 (기능) 복잡하고 반복적인 연산 처리 (대표기업) 구글, Nvidia	(요구) 분석 알고리즘(AI, 머신러닝) (기능) 빅데이터 패턴 분석 및 운영 효율 향상 (대표기업) 구글, IBM
	디지털 트윈	(요구) 물리적 설비 내 센서 (기능) 통신망을 활용한 자산 운영 정보의 정기적인 전송	(요구) 실물자산 가상화 S/W (기능) 운영 정보의 실시간 제공 및 성능 예측 (대표기업) GE, Siemens, Hitachi
	AR(증강현실) VR(가상현실)	(요구) 휴대용 스마트기기 (기능) 현장 작업자 및 엔지니어 대상 교육 및 정보 제공	(요구) 콘텐츠 개발 S/W (기능) 작업 정보(증강) 및 교육 환경 구현(가상) (대표기업) Vuzix, DAQRI, Scope
	로봇 공학	(요구) 제어가 가능한 기계 설비 (기능) 반복 작업(로봇) 및 원격 정보 제공(드론)	(요구) 기계 설비제어 S/W (기능) 인간과 컴퓨터의 명령어 해석 및 동작 (대표기업) Fanuc, ABB, Kuka

(출처: Utility digitalization: Tech, strategies, and progress, BNEF, April 2018)

2.2. 디지털 전환 적용 사례

글로벌 유틸리티 기업은 발전에서 판매까지 전력산업의 전 영역에서 디지털 전환을 핵심 비즈니스 전략으로 추진하고 있다.

<전 영역의 가치사슬에 디지털 전환 적용 사례>



(출처: McKinsey & Company, Reorganized by adding utility cases)

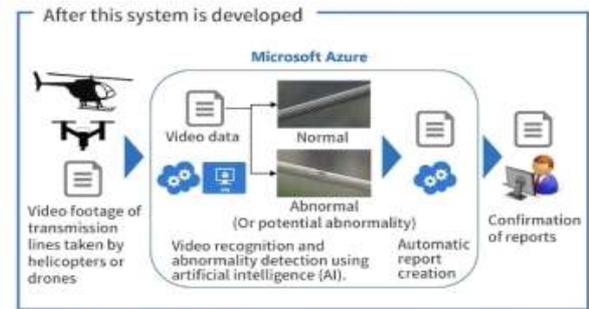
2.2.1 송전 및 배전 분야

송전 및 배전 부문에서는 O&M(운영 및 유지관리) 및 신뢰도를 개선하기 위해 전력망의 빅데이터를 활용하고 있다. 디지털 전환은 전력망 유지보수, 투자 최적화, 신재생 에너지 수용성 제고를 위해 활용되고 있으나 지역에 따라 그 목적이 달라질 수 있다. 예를 들어 미국에서는 송전망을 안정적이고 효율적으로 관리하기 위한 목적으로 가공선로의 투자 필요성에 따라 송전선로의 효율화 및 배전시스템의 분산화를 관리한다. 반면 유럽에서는 재생에너지 자원의 계통 연계 증가 및 스마트미터 보급 측면에서 디지털 전환을 우선시하고 있다.

애플리케이션	기대효과	디지털 기술	적용 사례
유지보수 예측	· 운영 비용 절감 · 설비 오작동 방지	· 센서, 클라우드 컴퓨팅 · 데이터 분석	[PG&E, 미국] 설비고장 사전예측
모니터링	· 실시간 감시(조류 및 혼잡도)	· 센서, 디지털 트윈 ⇒ 배전망 제어 시스템	[Terna, 이탈리아] ⇒ 전력망 가용용량 증가
정전 관리	· 운영비용 및 고객 서비스 비용 절감	· 센서, 스마트미터 · 데이터 분석	[Iberdrola, 스페인] 배전망 제어
인력 관리	· 작업생산성 향상 · 작업안정성 향상	· 센서, 드론 · 증강현실, 데이터분석	[TEPCO, 일본] 송전선로 점검 자동화

□ (일본 TEPCO) 송전선로 점검 자동화

TEPCO(동경전력)은 TDSE(Tecnos Data Science Engineering, Inc)와 협력하여 송전선로 고장을 자동으로 감지하는 인공지능 시스템을 개발했다. 이를 통해 헬리콥터 및 드론을 활용하여 접근이 제한된 산악 지역의 송전선로 위 영상을 촬영하여 자동으로 고장을 감지할 수 있다.



*source: TEPCO website

□ (미국 AEP) S/W 기반 변전설비 자산관리 시스템

AEP(American Electric Power)는 ABB(스위스 로봇 자동화 기업)와 협력하여 변전설비 자산관리시스템 VENTYX를 개발하였다. 센서 등 다양한 모니터링 시스템을 통해 수집한 데이터를 AHC(Asset Health Center)에서 분석하여 현장 작업자에게 지침이 되는 시설 유지관리 관련 정보를 제공한다.



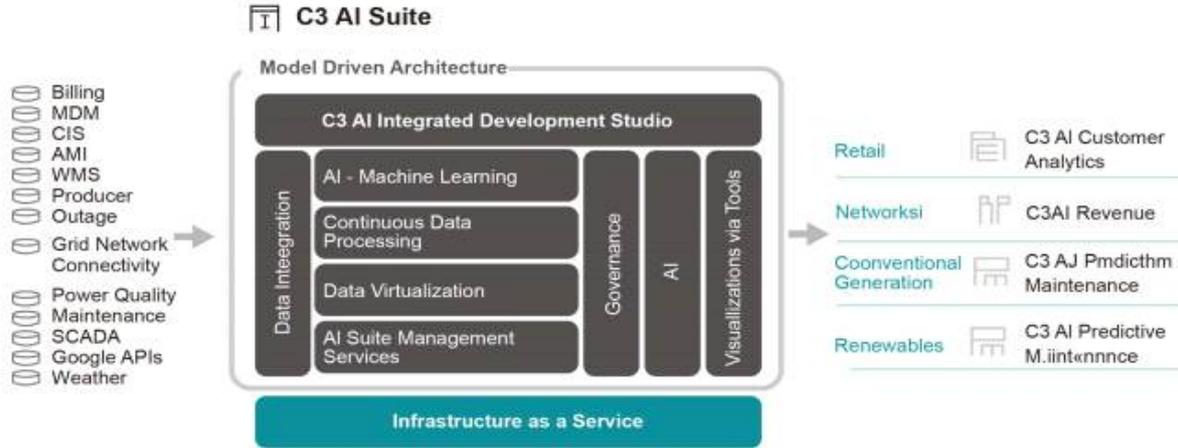
* Source: VENTYX AN ABB COMPANY

□ (이탈리아 ENEL) C3 AI 고장 감지 및 배전망 예측 정비

ENEL은 C3 AI와 협력하여 C3 AI 고장 감지 어플리케이션을 개발하였다. 이는 AI 기능을 바탕으로 에너지 복구 규모와 고장 가능성의 조합에 따라 서비스 포인트(SP)에서 발생 가능한 비기술적 손실(Non-technical loss)의 순위를 계산한다.

* 비기술적 손실: 계량 및 검침 오차 등에 의해 발생하는 배전손실

300개 이상의 머신러닝 모델 및 분석을 통해 전력망계의 고장 확률을 지속적으로 업데이트하며, 전력망 안정성을 개선하고 고장 발생을 줄이기 위해 5개의 제어센터에 해당 어플리케이션을 설치하였다. 이를 통해 실시간 전력망 센서 데이터, 스마트미터 데이터, 자산 유지관리 기록 및 날씨 데이터를 분석하여 급전선(feeder) 고장을 예측한다. 이는 8개 시스템(SCADA, 그리드 토폴로지, 날씨, 전력 품질, 유지관리, 인력, 운영 관리 및 재고)의 데이터를 통합하여 Enel이 운영하는 자산에 대해 종합적인 관점을 제공한다.



*source: C3 AI website

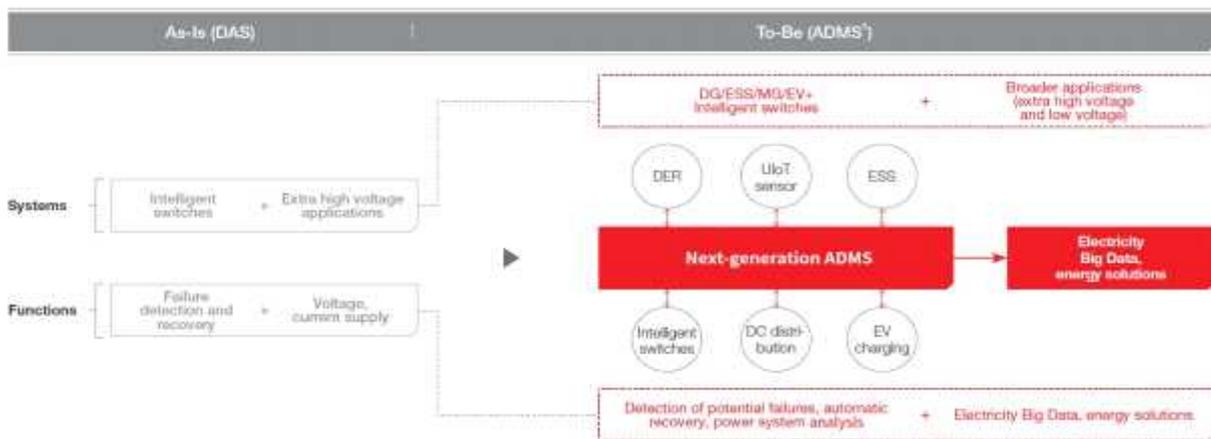
□ (한국전력공사) 차세대 배전 자동화 시스템 개발

DAS(Distribution Automation System)는 IT 기술을 활용한 종합제어시스템으로, 배전선로 개폐기를 원격으로 감시 및 제어하고, 전압, 전류 등의 정보를 자동으로 수집하여 고장 구간을 식별한다.

한전은 1998년 자동화 시스템을 도입하여 2017년에는 전체 배전선로 개폐기의 62.5%인 11만 295개를 설치했다. 이를 통해 41개 배전센터의 선로 정보를 모니터링하고, 지능형 개폐기를 제어하여 배전시스템 운영을 최적화하였으며 배전선로 고장 시 3분 이내 송전함으로써 정전 시간을 최소화하였다.

또한, 한전은 2020년까지 약 2,800만 달러의 연구예산을 투자하여 ADMS(Advanced Distribution Management System)를 개발하였다. ADMS는 AI, VR 등 ICT 융합 기술을 적용하여 전력망 빅데이터를 활용한 에너지 솔루션을 제공한다. 한전은 또한 전력공급을 중단하지 않고 고장구간을 자동으로 파악하는 DAS(Self-Healing DAS) 기술을 개발하고 있으며, 2030년까지 배전자동화율을 90%로 향상시킬 계획이다.

<배전 자동화 시스템>



2.2.2 고객 서비스 분야

고객 서비스 분야에서 디지털 전환은 고객별 차별화된 서비스 제공, 실시간 민원 대응 등을 통해 고객 만족도를 높이는 데 활용되고 있다. 특히, 이러한 서비스에는 챗봇과 모바일 앱을 활용한 민원 처리, 에너지 절약 및 요금제 상담 등이 있으며, 고객들은 위와 같은 디지털 자체 서비스를 통해 정전 발생시 즉시 서비스 복구를 요청하거나 전기요금 내역을 기반으로 맞춤형 요금제를 제공받을 수 있다. 유틸리티 기업은 고객 데이터 수집 및 소비 패턴 분석을 통해 고객의 요구사항을 이해하고 성공적인 고객 경험(CX, customer experiences)를 개발할 수 있다.

<디지털 자체 서비스(Digital Self Service)의 개요, 특징 및 이점>



□ (스페인 Iberdrola) 에너지 월렛(Energy Wallet)

Iberdrola(스페인 전력회사)는 고객이 요금제와 결제수단을 선택해 에너지 소비를 관리할 수 있는 맞춤형 에너지요금 패키지 ‘에너지 월렛’을 개발했다. 사전에 기간(6개월, 1년, 2년)을 선택하여 에너지 월렛을 충전하면 매달 말 요금을 할인받을 수 있다. 에너지 월렛을 통해 사용한 전력에 대해 신재생에너지 인증서를 발급해주기 때문에 에너지 월렛은 그린 에너지 패키지라고도 불린다. 앱과 웹사이트를 통해 실시간으로 에너지 요금을 확인하고 미래 소비량을 예측할 수도 있다. 다주택자를 대상으로 건물을 추가할 수 있는 에너지 관리 통합 기능 또한 제공한다.

□ (프랑스 ENGIE) 디지털 고객 서비스

ENGIE(프랑스 에너지 기업)는 모바일 앱, 웹사이트, 페이스북 메시지를 통해 24시간 실시간으로 민원을 처리한다. 이러한 디지털 고객 서비스의 핵심 원칙은 60분 이내 고객의 요구사항에 응대하여 서비스를 제공하는 것이다. 또한, 에너지 요금이 월 300달러 이상인 고객을 대상으로 소비 패턴 분석, 상담 등의 집중 관리 서비스를 제공한다.

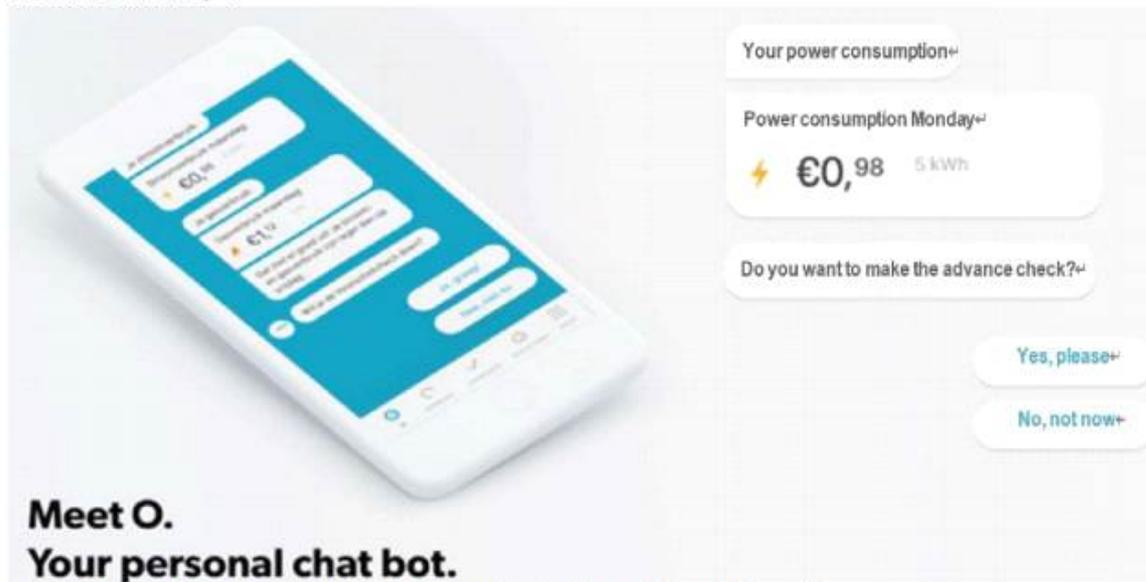
□ (한국전력공사) EN:TER (에너지 마켓플레이스)

EN:TER(에너지 마켓플레이스)는 에너지 공급자와 소비자 간 재화 및 서비스가 거래되는 플랫폼이다. 현재 K-BEMS(에너지효율화)사업, DR(수요관리)사업, EDS(전력 데이터 서비스) 등을 수행하고 있다. 또한, EERS(에너지공급자 효율 향상 의무화제도), 에너지 신산업 펀드 서비스 등의 신규 서비스를 추가하였다. 이를 통해 에너지 시장에 대한 소비자의 접근을 개선하고, 소기업 및 신생기업을 대상으로 홍보 채널을 제공한다.

□ (네덜란드 OXXIO) 챗봇 ‘O’

OXXIO(네덜란드 전력 및 가스 회사)는 챗봇 ‘O’ 를 통해 소비자에게 에너지 사용량 정보와 요금 절약 방법을 안내한다. 챗봇은 OXXIO 어플에서 사용할 수 있으며 애플, 페이스북과 같은 플랫폼을 기반으로 확장될 수 있다.

※ Oxxio's chatbot, "O"



* Oxxio is a Dutch power and gas company (a subsidiary of Eneco Energie).

2.2.3 에너지 판매 및 신사업 분야

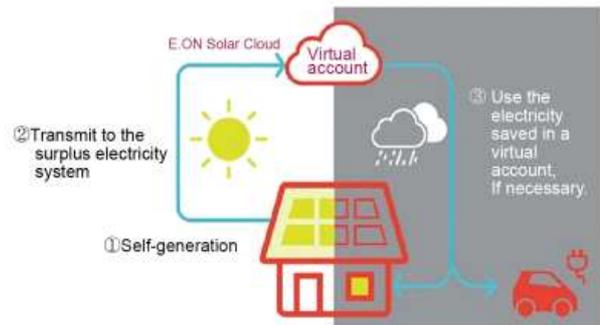
고객을 위한 디지털 비즈니스 모델은 B2C, B2B, B2T로 분류될 수 있다. 에너지 신사업 분야는 에너지효율(EF), 분산 발전, 스마트홈, e-모빌리티, 스마트시티 등으로 구성되어 있으며, 에너지 소비 최적화, 편의성 향상, 신재생에너지 사용 증가, 시장 참여에 따른 수익 창출을 통해 고객 가치를 높일 수 있다. 또한, 신규 서비스 요금, 플랫폼 이용 요금, 보조서비스 요금 등 새로운 수익 모델도 개발할 수 있다.

<유틸리티의 주요 디지털 사업 모델>

디지털 기술	사업 모델		고객 가치 제안
· 클라우드 · 모바일 앱 · SW 플랫폼 · AI · IoT · 3D 모델링 등	B2C	(E.ON) SolarCloud (EDF) Mon Soleil et Moi (E.ON) Plus, (EDF) HeatSmart (ENEL) e-Mobility 솔루션	-가상 전기 저장장치 -자가 소비형 태양광 -전력+스마트 -V2G 플랫폼
	B2B	(ENGIE) Vertuoz, blu.e (ENEL) DEN.OS	디지털 플랫폼
	B2T	(ENGIE) Ohio State University(미국) 에너지 서비스, TFL솔루션(영국)	스마트시티 솔루션
			· 에너지 비용 절감 및 편의성 향상 · EV 충전 최적화 · 전기판매부문 수익 창출 · 밸런싱 서비스 참여 · 친환경 생태계 구축

□ (독일 E.ON) SolarCloud - 배터리 없는 태양광 저장 솔루션

E.ON은 SolarCloud라는 솔루션을 개발하였다. 이를 통해 고객들은 별도의 저장 장치의 설치 없이 자가 발전하고 남은 전력을 전력망으로 보내고 필요할 때마다 사용할 수 있다. E.ON Manager 어플을 통해 에너지 소비 및 충전을 모니터링할 수 있으며 유틸리티 기업은 한 달에 약 20~30유로의 서비스 요금을 통해 수익을 창출하고 고객을 확보할 수 있다.



□ (한국전력공사) 나주 스마트시티 프로젝트

한전은 광주전남 혁신도시의 나주 스마트시티 프로젝트를 통해 전력·비전력데이터를 수집 및 활용하는 통합 스마트시티 운영 플랫폼을 개발했다. 이는 도시의 분산된 에너지 자원을 종합적으로 관리하여 에너지효율, 에너지 자립 및 재생에너지 보급을 달성하는데 기여한다. 또한, 탄소배출을 줄여 소비자가 에너지 비용을 절감하고 기후변화에 대응할 수 있도록 돕는다. 나아가 소비자와 가까운 곳에서 에너지를 공급하고, ESS를 통해 신재생에너지에서 발전한 전력을 저장하여 계통 확장 비용과 불필요한 용량 확충을 줄일 수 있다.

□ (프랑스 ENGIE) blu.e solution - 에너지 관리 플랫폼(B2B)

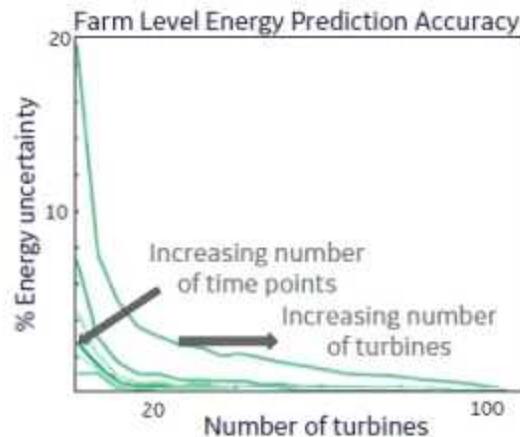
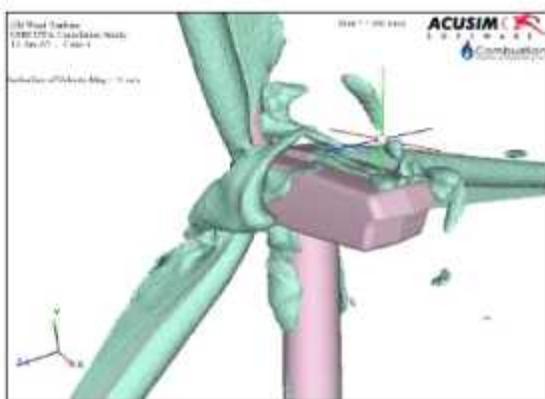
ENGIE는 산업공정 데이터를 기반으로 에너지 성능 지표를 개발하여 에너지 최적화를 달성하고자 한다. PSA(프랑스 자동차 회사)는 2017년 4월, 직장 내 에너지 최적화를 달성하기 위해 blu.e solution을 채택했다.



□ (미국 GE Energy) 풍력 발전 이용률 개선을 위한 AI 활용 서비스

풍력 발전 설비의 센서 데이터와 과거 기상 데이터를 바탕으로 5분~1시간 주기로 발전량을 예측한다. 이를 통해 발전량을 정확하게 예측하면, 발전량이 적은 날에 점검유지 보수를 수행하여 풍력 터빈의 효율을 향상시키는 데 기여할 수 있다. (연간 발전량 5% 증가, 유지비용 20% 감축) 이러한 에너지 예측의 정확도는 터빈의 수와 데이터가 증가할수록 높아진다.

<데이터와 머신러닝을 활용한 풍력발전량 예측>



(출처: Industrial Machine Learning, GE Global Research, 2017)

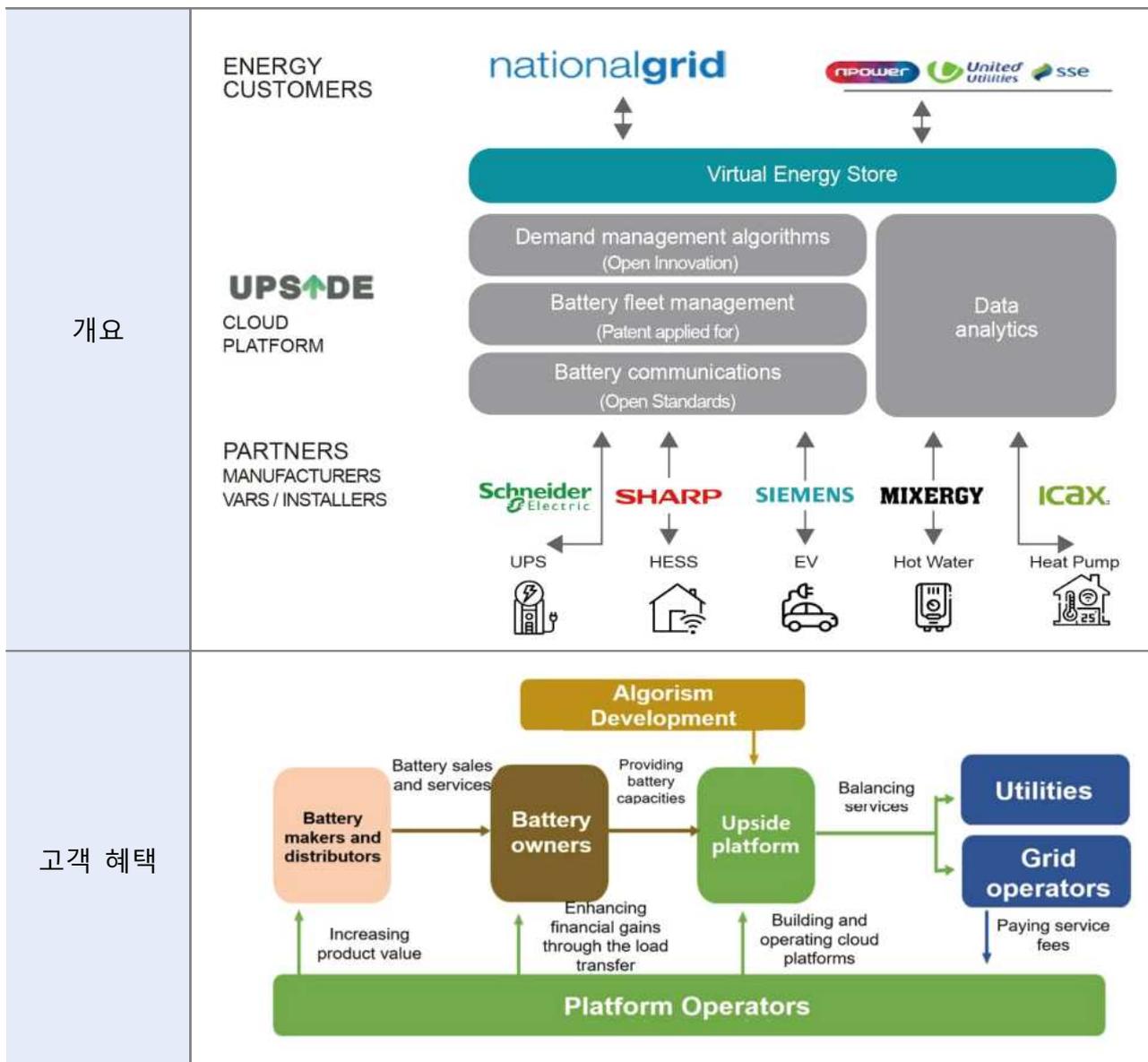
□ (영국 Upside Energy) 가상 에너지 저장소(플랫폼) 개발

AI를 활용하여 분산형 에너지 장치*를 통합하여 실시간 시스템에 예비 전력을 공급하는 가상 에너지 저장소(플랫폼)를 개발하였다.

* UPS(무정전 전원 장치), 가정용 태양광 배터리, 전기차 배터리, 온수기, 히트펌프 등

현재 Upside Energy 클라우드 기반 플랫폼은 영국의 40개 이상 지역에서 다양한 저장 장치를 연결하고 있으며, Heriot-Watt 대학과 협력하여 머신러닝 및 예측 알고리즘을 바탕으로 에너지 저장 포트폴리오를 최적화하고 있다.

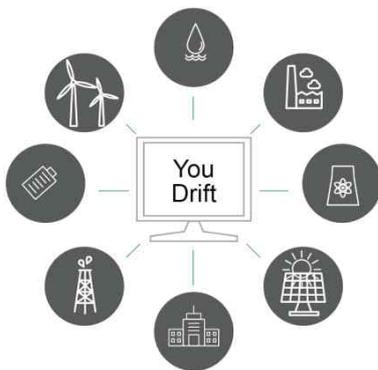
- (머신러닝) 스마트미터 및 센서 데이터를 분석하여 개별 저장장치에 대한 제어 알고리즘 설계 및 시나리오별 특화된 저장장치 결합
- (예측 알고리즘) 실시간 모니터링을 통한 저장장치의 수명 예측



□ (미국 Drift) AI 기반의 에너지 요금 절감

AI 기반의 소프트웨어를 통해 전력수요 예측 정확성을 높이고, 직접거래를 통해 기존의 유틸리티 대비 낮은 요금의 전력을 소비자에게 제공한다. 또한 머신러닝, 예방정비(prognosis) 및 높은 빈도의 전력거래 지원기술을 결합하여 피크부하 발생을 줄일 수 있으며, P2P 거래를 통해 고객의 에너지 비용을 10~20% 절감할 수 있다. 해당 지역에서 분산에너지 플랫폼에 대한 소규모 ISO의 역할을 하는 것과 같다.

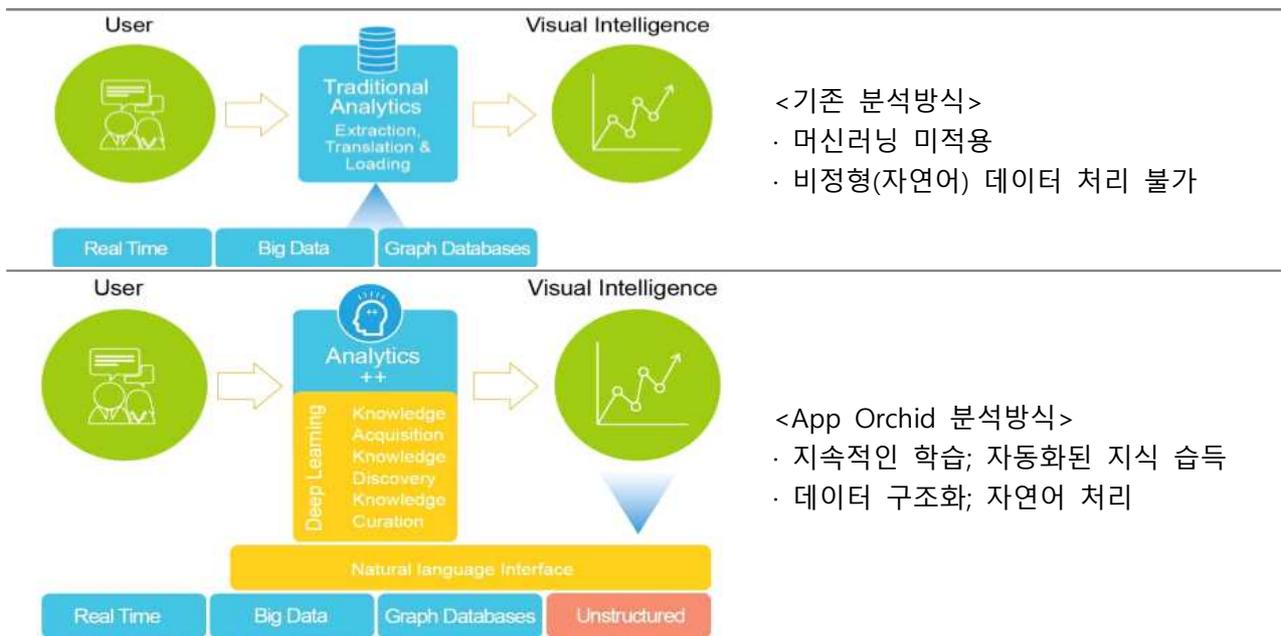
○ Drift의 사업 개요(미국 P2P 에너지 서비스 스타트업)



- 가입 지역의 태양광/배터리, 풍력, 대규모 상업용 건물을 포함하는 3,000개 공급자의 잉여 전력을 가정용 고객에게 저렴하게 판매
- * 피크시간동안 DR 참여로 인해 시설 운영 중단
- 수익은 사용자의 고정비(대략 가정용의 경우 USD1/주)로 발생하며, 매주 청구됨
- 2017년 뉴욕에서 서비스가 시작되었으며 영역 확대 예정

□ (덴마크 ENERGINET) App Orchid와 제휴를 통한 AI 기반의 전력망 분석 솔루션 개발

App Orchid의 딥러닝 및 자연어 처리(NLP)기술을 통해 전력관리시스템(PMS) 및 기상 데이터는 물론 텍스트, 이미지 및 음성 형태의 비정형 데이터(계통안정도 및 운영에 대한 지침, 기록)를 분석한다. 또한 기상 변동성으로 인한 재생에너지 발전량 불확실성 등 다양한 운영 조건에서의 최적화된 운영 방식을 적용하고 있다.



(출처: Artificial Intelligence for the Utility of the Future, App Orchid, 2016)

2.2.4 발전 분야

디지털 전환은 센서, 통신 기술, 소프트웨어 플랫폼 등을 통해 현장 작업 환경 및 핵심 기술 혁신에 활용될 수 있다. 디지털화의 목적은 O&M 비용을 절감하고 작업 환경을 개선하는 것이며 석탄, 가스, 풍력 등의 발전원 특성에 따라 차별화될 수 있다. 예를 들어, 석탄발전에 있어서는 가동 중지 시간 및 고장 횟수 감축, 작업환경 및 효율성 개선이 가능하다. 가스발전은 계통유연성을 향상하고 예비력의 사용을 확대하는 데 활용될 수 있으며, 풍력발전은 발전량 예측의 신뢰성을 높이고 고장 대응 및 보호 시스템을 개발하는 데 기여할 수 있다.

애플리케이션	기대효과	디지털 기술	적용 사례
유지보수 예측	<ul style="list-style-type: none"> · 운영 비용 절감 · 설비 오작동 방지 	<ul style="list-style-type: none"> · 센서, 클라우드 컴퓨팅 · 데이터 분석 	[Enel, 이탈리아] 화력/신재생 발전설비 O/M(유지보수 관리)
시설 운영	<ul style="list-style-type: none"> · 발전 효율 향상 · 시설 수명 연장 	<ul style="list-style-type: none"> · 디지털 트윈, 클라우드 컴퓨팅 · 데이터 분석 	[Datang Power, 중국] 가스발전기 운영 최적화
날씨 분석	<ul style="list-style-type: none"> · 재생에너지 출력 예측 · 재생에너지 설비 보호 	<ul style="list-style-type: none"> · 클라우드 컴퓨팅 · 데이터 분석 	[Vermont Power, 미국] 풍력발전기 출력 예측
인력 관리	<ul style="list-style-type: none"> · 작업생산성 향상 · 작업안전성 향상 	<ul style="list-style-type: none"> · 센서, 드론 · 증강현실, 데이터분석 	[Enel, 이탈리아] 화력발전소 운영, 근로자 교육 및 훈련

□ (이탈리아 ENEL) 화력발전소의 디지털 전환 프로젝트

ENEL은 2020년까지 전체 화력발전설비의 90%를 차지하는 31GW 규모의 화력발전소를 대상으로 디지털 전환을 추진할 계획이다. 해당 프로젝트는 예측 정비, 계획 관리, 유지보수, 발전소 계약 관리, 현장 작업 등에 적용된다.



□ (프랑스 EDF) 원자력 발전

EDF는 VT, 3D 시각화를 통한 정전 관리, 머신러닝 기반 예측 정비, 모바일 및 증강현실 (AR)을 활용한 운영 효율성, 통합 시뮬레이션 플랫폼을 통해 관제 업무를 자동화한다.



III 디지털 전환 효과

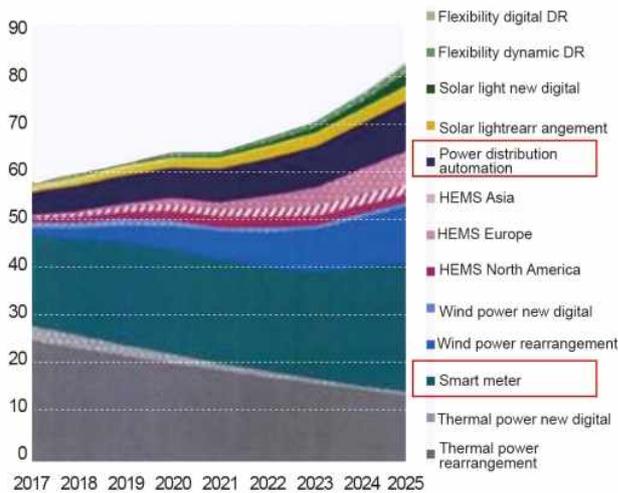
디지털 전환에 대한 투자는 에너지시스템과 관련된 비용 절감으로 이어지고, 스마트 미터, 재생에너지 및 분산에너지 중심의 배전 자동화, HEMS(가정에너지관리시스템) 등과 같은 신규 사업모델을 통해 수익을 창출한다. 고객 솔루션과 유틸리티의 송배전 측면에서는 투자 대비 중단기적 성과가 낮은 편이나 장기적으로는 증가가 예상된다.

3.1. 비용·편익

2025년 기준 에너지 분야에 디지털 전환은 810억 달러의 투자가 필요할 것으로 예상되며, 이에 따른 이익 창출 및 비용 절감분은 380억 달러에 달할 것으로 예측된다. 주로 전력 공급설비에 대한 투자로 인해 비용이 절감되는 것으로, 주된 수익은 스마트미터, 유틸리티의 배전 자동화, 발전회사 및 계통운영자의 데이터 기반 유지관리와 같은 디지털 기술 활용에 따른 비용 절감을 통해 창출된다. 스마트미터와 HEMS 투자 비용은 지속적으로 증가할 것이며, 화력발전 투자는 점차 감소하나 편익은 지속적으로 증가할 것이다.

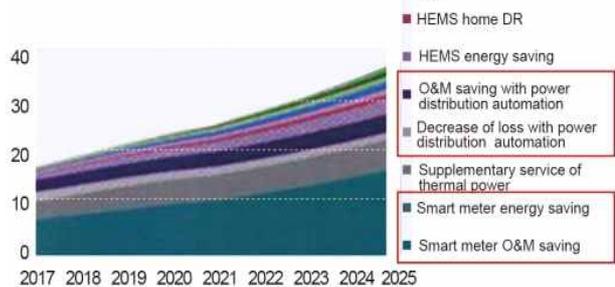
<에너지 분야 디지털 전환에 대한 연간 투자>

Investment scale (USD billion)



<디지털 전환의 연간 시장 규모>

Digital value (USD billion)



스마트미터	배전자동화	HEMS	유연성	화력발전	풍력발전 O&M	태양광 O&M
디지털화 확대 요인		신재생 연계 지원		시스템 비용 절감		

(출처: Costs and Benefits of Digitalizing Energy, BNEF, 2018)

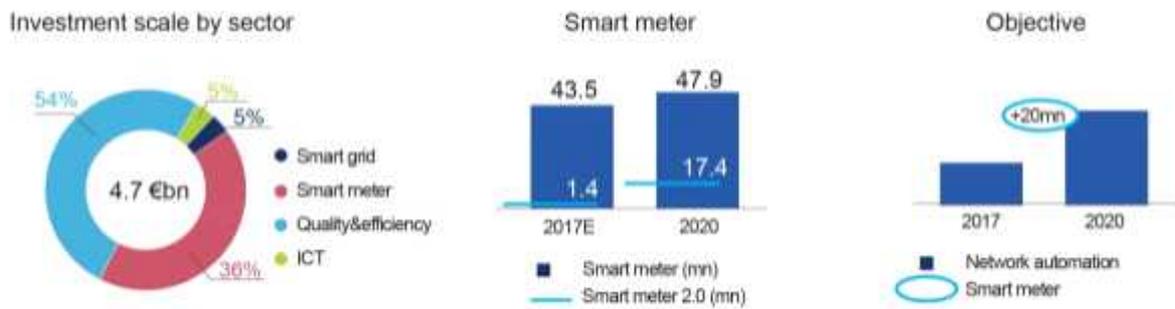
* 디지털화에 따른 비용과 편익은 디지털화의 가치를 반영하는 시차에 따라 달라질 수 있다.

3.2. 유틸리티의 디지털 전환의 결과

□ 송배전 유틸리티

스마트미터의 보급, 네트워크 자동화, 기술 플랫폼에 투자하여 송배전 선로의 효율성을 높이고, DER 연계와 같은 혜택이 새롭게 창출된다. 설비 투자(2018년부터 2020년까지 스마트미터 보급 및 네트워크 자동화에 47억 유로 투자)를 통해 ENEL은 2017년 대비 전력 손실률이 5% 감소하였고, 2020년에는 효율성 제고를 통해 2억 유로의 비용을 절감할 것으로 예상된다. 또한, Iberdrola는 스마트미터 도입 및 데이터 분석 채택 등 그리드 네트워크의 디지털 전환에 30억 유로를 투자했으며, 디지털 플랫폼 확장(2018~2022년)을 위해 39억 유로를 추가로 투자할 예정이다. 이러한 투자를 통해 장애 복구 역량이 향상되었으며, 빅데이터 분석을 통해 변수¹⁾의 수가 감소하였다. 또한 2018년부터 2022년까지 글로벌 기술 플랫폼 보급을 통해 약 5억 유로의 이익이 발생하고 서비스 품질이 약 20% 향상될 것으로 예상된다.

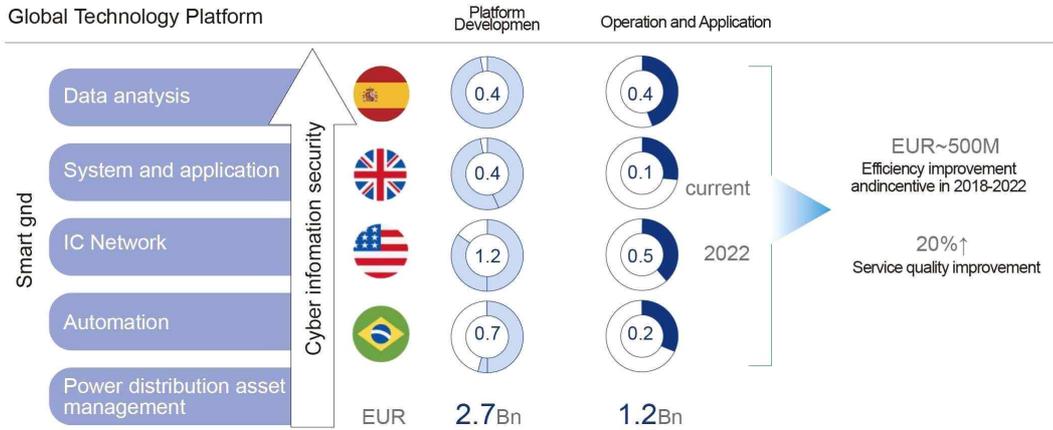
<ENEL 송배전망 디지털화 관련 투자 및 목표>



프로젝트		결과
네트워크 운영	가상 및 자가(self-help)운영	장애 복구 성능 1.8배 향상 (3분 이내 복구: 33%(‘10년) → 59%(‘17년))
빅데이터 분석	70TB 이상 데이터 분석	문제 감소에 따른 혜택(연간 1,700만 유로)
스마트미터 보급	1만4백대 (2017년)	매일 2,400만 건 고객 수요 데이터 확보
DER 연계	통합 및 제어	2.4 GW(피크 기여 수준 1.6 GW) 출력 제어 57% 감소 (131분(‘07년) → 57분(‘17년))

1) 전기사용계약을 체결하지 않고 무단으로 사용하는 경우를 포함한다.

<Iberdrola 글로벌 기술 플랫폼 전략 및 전망(2018-2022)>



□ 에너지 신사업

디지털 비즈니스 모델이 전력 공급자와 소매업자의 새로운 수익원으로 등장하더라도 그 성과는 여전히 미미하다. 그러나 중장기적인 목표하에서 사업은 확장될 것으로 예상된다. 독일 E.ON의 경우 2025년 고객 솔루션 부문의 목표 EBIT(이자 및 세금 전 손익)는 전체 부문의 약 14%를 차지하는 5억 5천만 유로가 될 것이며, B2B 수익성은 2016년 대비 매년 25% 증가할 것으로 예상된다. 또한 이탈리아 ENEL 고객 솔루션의 EBITDA(영업이익)는 1억 유로(2017E 전체의 0.6%)에서 4억 유로(2020년 전체의 2.2%)로 증가하였다.

분류	e-Industries	e-Home	e-Mobility	e-Cities
	2017: 183, 2020: 448	2017: 98, 2020: 261	2017: 2, 2020: 86	2017: 132, 2020: 216
	B2B	B2C	B2C-B2B-B2G	B2G
내용	<ul style="list-style-type: none"> · 상담, 진단 서비스 · 분산전원 공급 · 에너지 효율 · DR, 수요관리 	<ul style="list-style-type: none"> · 설치 및 유지보수 · 홈 자동화 관리 · 금융서비스 · Home2Grid 	<ul style="list-style-type: none"> · 공공 충전소 · 개인 충전기 · 유지관리 및 서비스 · V1G, V2G 	<ul style="list-style-type: none"> · 스마트 조명 · 광섬유 네트워크 · 분산전원 공급서비스 · DR, 수요관리
수익원	<ul style="list-style-type: none"> · 에너지 서비스 · DR 유연성 서비스 -디지털 플랫폼 사용 -14,000 C&I, 5.7 GW -총이익 8천만 유로 	<ul style="list-style-type: none"> · 분산전원 공급 장치 (PV, 배터리) · 가정용 서비스 -총이익 6천만 유로 · 금융 서비스 -총이익 960만 유로 	<ul style="list-style-type: none"> · 충전 서비스 · V2G 플랫폼, 유연성 -MotorWerks 인수 	<ul style="list-style-type: none"> · 오픈 파이버 -15만 파이버 km -240만 가구

IV 결론

많은 기업들이 디지털 혁신의 필요성을 공유하고 있으며, 다양한 부문에 걸쳐 신속한 대응과 적응이 필요하다는 것을 인식하고 있다. 유럽, 미국, 호주 등에서 신규 판매 사업자가 늘고 지난 10년간 전력수요는 줄면서 전력회사 간 경쟁이 치열해지고 있다. 따라서, 이러한 사업자들은 전력산업의 디지털화에 주목하여 경쟁력을 강화하고 수익성을 확보한다.

그러나 대부분의 유틸리티 기업들이 수년 전부터 디지털 전환에 대한 의지를 표명했음에도 불구하고 디지털 전환은 본격적으로 추진되지 못하고 있다. 디지털 혁신의 핵심은 비즈니스를 능동적인 디지털 공격자(digital-attacker)로 전환하는 것이다. 따라서 전력회사와 정부는 전력회사의 성공적인 디지털 전환과 이를 통한 에너지 전환의 안전한 착륙을 보장하기 위해 디지털 및 고객 중심의 기업 문화 구축, 관련 법 및 규정의 정비, 사회적 합의 및 일자리 문제 해결에 협력해야 한다. 이와같이, 본 간행물은 유틸리티의 역할과 공공 정책이라는 두 가지 다른 수준에서 미래의 방향을 검토했다.

첫째, 전력산업의 디지털화를 촉진하기 위해서는 **조직문화의 기반 구축**이 필수적이다. 따라서 에너지 회사는 최고 디지털 책임자(CDO) 직속의 전담 디지털 조직을 신설해야 한다. 이 전담 디지털 조직은 디지털 분야의 사업을 기획, 집행, 결정하고 전략 수립 및 IT 기술 개발, 시스템 운영 등 다음 각 호의 사항을 감독할 수 있는 권한을 보장받아야 한다. 이러한 조직은 전략을 수립하고 비즈니스를 수행하며 R&D를 추진하기 때문에 전력회사는 신속하고 효율적으로 의사 결정을 내릴 수 있다. 디지털 아키텍처와 인프라를 위한 물리적 기반뿐만 아니라 디지털 전환을 위한 조직 문화를 개발하기 위해서는 성공적인 디지털 전환이 선행되어야 한다.

둘째, **고객 중심의 문화**가 수용되어야 한다. 에너지 시장의 디지털화가 가속화됨에 따라 디지털 기업은 다양화되고 복잡해지는 경향이 있는 고객의 요구를 충족시켜야 한다. 예를 들어, 소비자는 블록체인을 통해 로컬 마이크로그리드에 참여하거나 에너지를 거래하여 소비자가 아닌 프로슈머 역할을 할 수 있다. 이와 같이 기업은 챗봇, 모바일 애플리케이션 등 디지털 기술을 활용하여 서비스를 개선할 수 있으며, 에너지 플랫폼 구축, 플랫폼 수수료 및 부가 서비스 등 고객 중심의 비즈니스 모델을 개발하여 새로운 수익을 창출할 수 있다.

셋째, 2016년 세계경제포럼은 디지털 전환으로 인해 5년 안에 전 세계적으로 710만 개의 일자리가 사라지는 반면 총 210만 개의 일자리가 창출될 것으로 예측했다. 사회적 인지 능력, 창의성, 응용력을 필요로 하는 직업이 적을수록 그 직업은 자동화로 대체될 것이다. 디지털 전환 시대에는 향후 일자리 문제가 두드러질 것으로 예상된다.

따라서 기업은 새로운 비즈니스 모델과 확장된 비즈니스 영역을 통해 **일자리 문제에 접근**해야 한다. 내부적으로는 디지털 신기술 기반 사업에 대한 투자로 시장을 확대하고 새로운 일자리에 대한 수요를 지속적으로 창출해야 한다. 다른 한편으로는 외부적으로는 다른 기업과의 협력 채널을 확대하고 전력 생태계를 조성하기 위해 노력해야 한다.

플랫폼을 구축함으로써 산업. 예를 들어 Common Wealth Edison(미국)은 실적 위기에 처한 500명의 검침원을 스마트미터 설치, 고객 상담, 배전 등 다른 직종으로 재교육·전직시켜 유입시켰다. 한편 Centrica(영국)는 배관, 전기, 수리 등 엔지니어 서비스를 소비자에게 연결하는 중간 서비스 플랫폼인 ‘Local Heroes’를 구축해 지역 노동시장의 유연성을 높이고 서비스 수수료를 통해 새로운 수익을 창출하는 것을 목표로 하고 있다.

따라서 기업은 디지털 전환과 연계된 HR 전략 수립을 통해 핵심 인재를 양성하고 인재 재교육/재배치를 통해 전환의 기회를 제공해야 한다. 핵심인재 확보 차원에서 디지털화 청사진과 역할을 명확하게 제시하고 인센티브 및 우수 교육기관과의 파트너십을 통해 구성원들에게 동기부여를 하는 것이 필수적이다.

동시에 정부 차원에서 추진되는 에너지 전환 정책은 디지털 전환과 밀접한 관련이 있기 때문에 이러한 디지털 전환 추세에 신속하게 대응할 필요가 있다. 예를 들어 실시간 수요에 대응하기 위해 소비자와 생산자를 연결하는 디지털 기술로 에너지의 발전/송배전/소비가 AI와 빅데이터 분석을 통해 융합되어 에너지 효율이 향상될 것이다. 또한 디지털 기술을 통한 재생에너지 및 잉여 전력의 공급 확대에 따라 P2P 에너지 거래가 활성화되어야 한다.

목표를 구체화하기 위해서는 이러한 기술개발과 함께 **법적, 제도적 보완**이 함께 이루어져야 한다. 따라서 법적, 제도적 정비 측면에서 정책 입안자의 역할이 중요하다. 따라서 정책 입안자들은 지속적으로 전략의 적절성을 검증하고 사회적 합의를 도출하며 관련 규제를 정비하여 장기적이고 지속가능한 방향으로 에너지 전환을 유도하는 등 종합적인 노력을 기울여야 한다.

첫째, **에너지 전환과 디지털 전환의 비전과 장기적 목표에 대한 사회적 합의**가 이루어질 수 있도록 항구적이고 개방적인 플랫폼 구축이 필수적으로 그러한 기반에서 충분한 논의가 이루어질 수 있어야 한다. 그런 만큼 사회적 합의에 도달하는 과정이 좀 더 체계적이고 개방적일 필요가 있고, 사회적 합의에 도달하기 위해 적절한 시간을 투자하고 있는지도 살펴봐야 한다.

또한 이러한 사회적 합의 과정에서 논의에 필요한 정보가 기업과 소비자를 포함한 전력시장의 모든 이해관계자들과 충분히 공유되고 있는지도 진단할 필요가 있다. 정책 입안자뿐만 아니라 정책의 영향을 받는 시민 사회도 에너지 전환과 디지털 전환과 관련된 광범위한 인식과 중요성을 가져야 한다. 더욱이 정책의 영향을 받는 수혜자의 입장을 넘어 시민사회는 적극적인 설계자로서 에너지 전환 과정에 참여할 수 있는 더 많은 기회를 가져야 한다.

둘째, 전환 정책 운영에 선도적인 정책입안자들이 주도적인 역할을 할 수 있는 환경을 조성하여 **사회적 지원 네트워크(social support network)**를 **확대**하는 것도 필수적이다. 확대된 사회적 지원 네트워크는 성과 산출에 대한 불안감과 불확실성을 해소할 수 있으며, 목표로 설정된 장기 성과에 기반한 에너지 전환 정책 운영을 강화할 수 있다.

예를 들어 대한민국의 경우 에너지 분야를 담당하는 산업통상자원부, 디지털 전환을 담당하는 과학기술정보통신부 등 정부 부처와 기획재정부는 모든 공공기관의 에너지 전환과 디지털 전환을 유도하기 위해 정부 차원의 협의체를 구성하여 적극적인 정치적 지원을 하고 있다. 한국전력공사의 경우 디지털 전환 사례를 다른 공공기관에 전파함으로써 새로운 가치를 창출하는 종합에너지 솔루션 사업자의 역할을 맡기 위해 노력하고 있다.

셋째, 에너지 전환과 디지털 전환을 위한 정책과 관련 규제가 기술, 시장, 시스템, 사회적 요인을 종합적으로 고려하여 유연하게 설계되고 운영되어야 한다. 또한 장기적으로 지속 수행되어야 하는 정책의 특성상 일관성이 정치 주기에 부정적인 영향을 받을 수 있으므로 정권 교체와 같은 정치적 영향으로부터 이러한 **정책의 독립성을 확보**하는 것이 필수적이다.

전력산업의 디지털 생태계 조성을 위해 신기술 개발과 활용에 대한 규제도 탄력적으로 적용해야 한다. 따라서 디지털화된 에너지 분야에서 새로운 가치를 창출하기 위해서는 규제 샌드박스의 확대를 통해 에너지 데이터를 공유하고 에너지 시장에 참여할 수 있는 기회를 더욱 개방할 필요가 있다. 그러나 데이터 수집 및 교환의 기하급수적인 증가는 또한 사이버 보안, 개인 정보 침해 및 데이터 소유권 분쟁을 포함한 다양한 위험을 야기한다. 따라서 이러한 위험을 최소화하기 위한 일선의 노력도 필요하다.

위에서 설명한 바와 같이 전력산업의 디지털 전환을 활성화하고 청정에너지로의 안정적 전환을 위해 정부와 기업은 국민적 합의를 도출하고 제도적 기반을 마련하며 지속적으로 역량을 강화하는 데 협력해야 한다.

V 부록

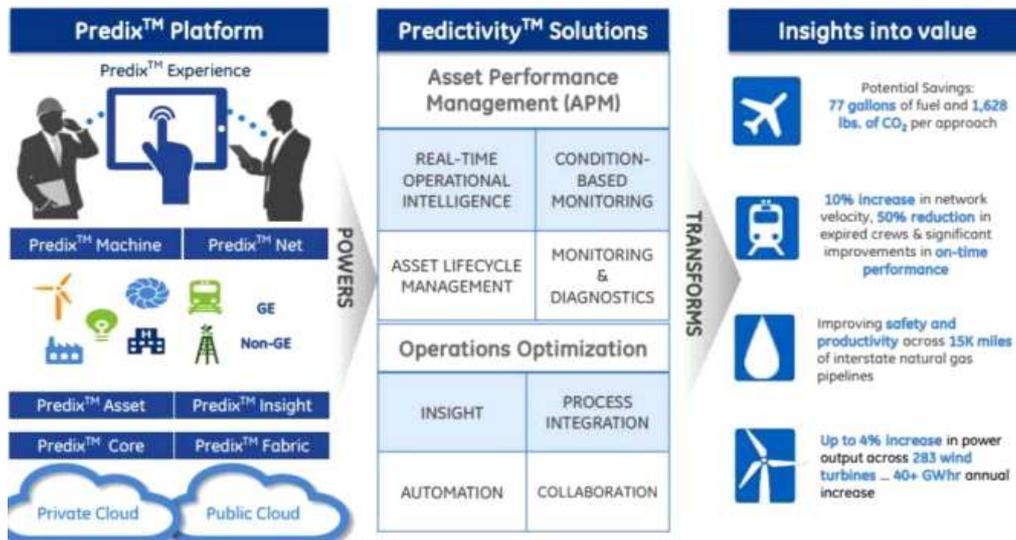
5.1. 송배전 유틸리티의 디지털 전환 사례

Exelon

데이터를 활용한 선제적 전력망 관리

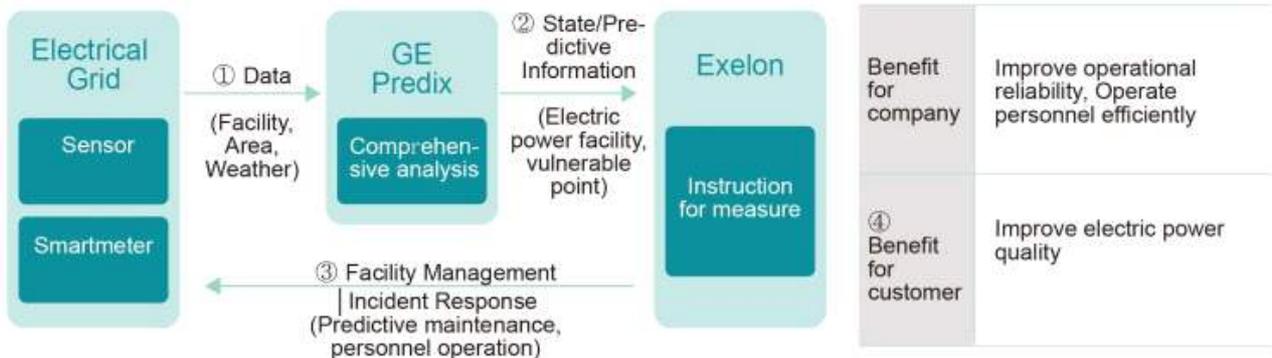
- **[개요]** 데이터 분석 기술을 사용하여 전력망 설비에 대한 유지보수 예측 및 고장 대응
 - GE(미국)와의 협력 및 데이터분석기술 Predix 채택
- (적용) 송배전설비 및 유틸리티 자회사
- (요소기술) 센서/스마트미터(데이터 수집) + Predix(IT 기술, 분석)
 - 데이터 전송(설비, 날씨 등) → 종합적 분석 → 실시간 정보 제공(상태, 예측)

<GE Predix의 적용 사례>



- (장점) 사고대응에 대한 효율성 개선 및 정전 시간 단축을 통한 전력 서비스 의존도 개선
 - (설비관리) 전력설비(변압기 등) 상태정보 제공 → 선제적 정비/교체
 - (사고대응) 사고취약점 정보제공 → 선제적 시정조치

<Exelon의 데이터 기반 전력망 운영 개요>

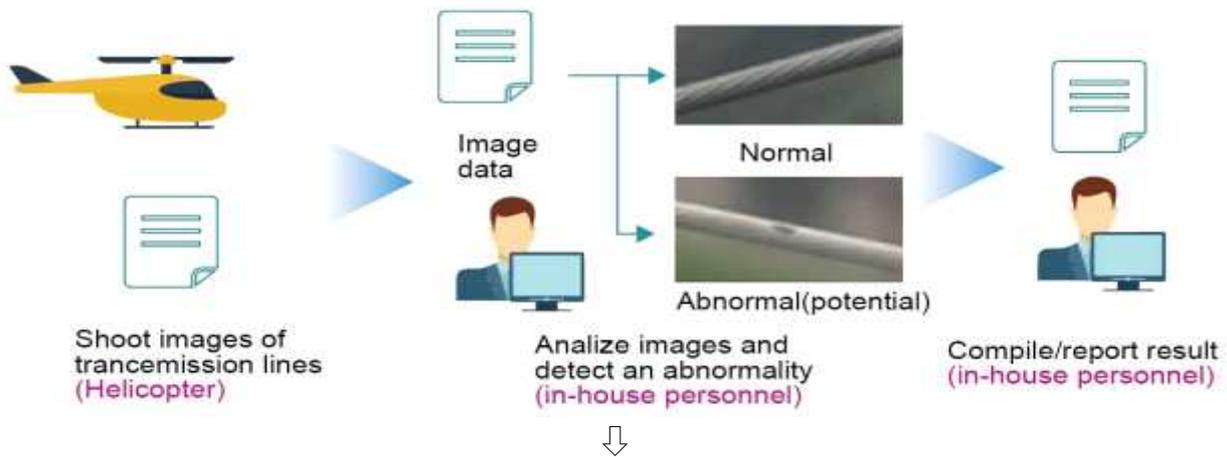


TEPCO

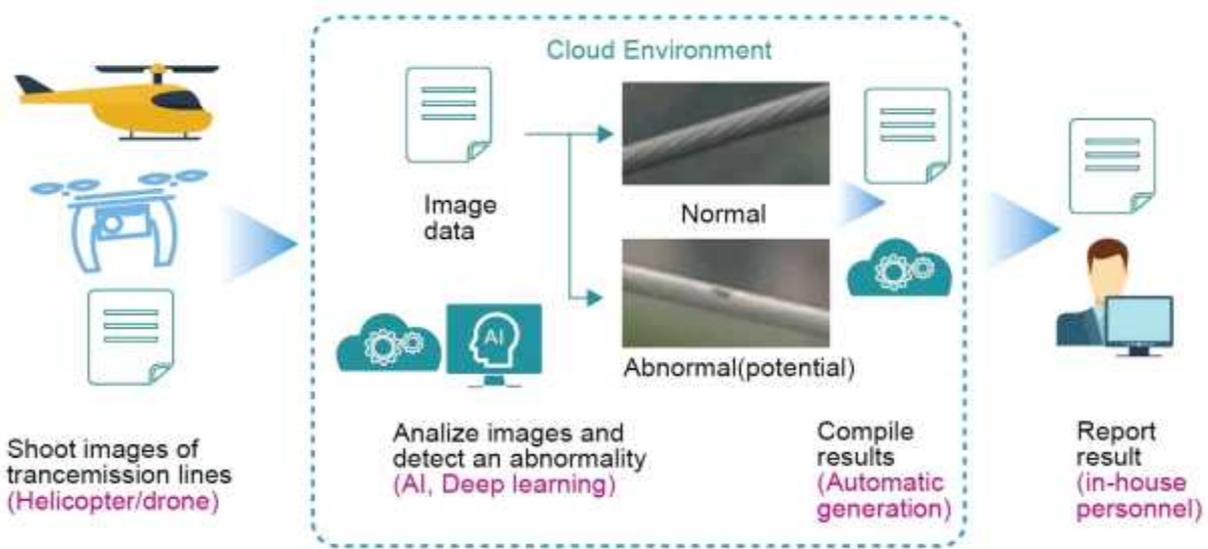
이미지 기반의 송전선로 점검 자동화

- **[개요]** AI를 활용하여 이미지 데이터 기반의 송전선로 점검 프로세스 자동화
 - Technos(일본)과의 협력을 통해 딥러닝 활용을 통한 이미지 분석 기술 적용 및 분석 결과 보고
 - * TEPCO는 헬리콥터에서 촬영한 영상을 직접 분석하여 송전선로의 이상을 발견했으나 이러한 수동적인 검사는 시간과 비용 측면에서 비효율적이다.
- (적용) 가공송전선로 점검
- (요소기술) 드론(데이터 취득) + 클라우드 서비스(IT 기술) + 딥러닝(분석)
 - 데이터 전송(이미지 촬영) → 이미지 분석(이상 감지) → 검사결과 제공(보고서 생성)
- (장점) 선로 점검 정확도 향상, 업무 효율성 증대, 드론 활용
 - 검사 과정의 소요시간이 50% 감소할 것으로 예상되며, 드론의 유용성 확인

<기존 선로 점검 과정>



<선로 점검 자동화 계획>

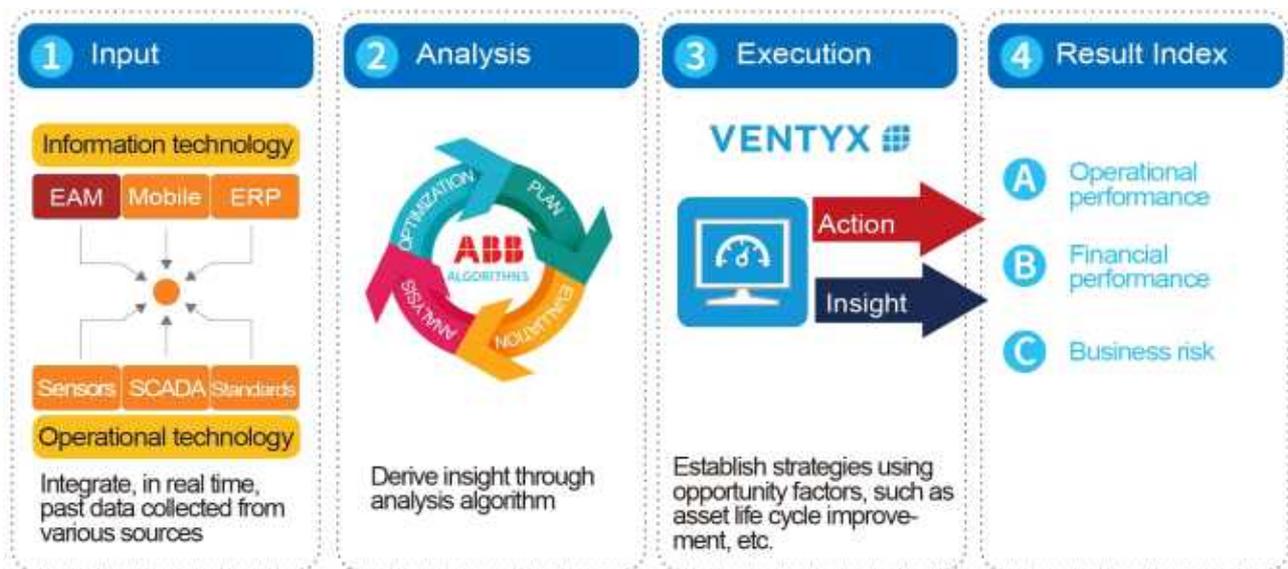


AEP **변전소 자산관리 시스템**

■ **[개요]** AEP는 ABB와 제휴를 통해 변전소 자산관리 시스템인 “VENTYX” 을 개발

- (배경) 설비 노후화에 따른 운영 및 유지보수에 발생하는 비용 절감
 - AEP가 보유한 변압기의 33%가 50년 이상, 차단기의 34%가 30년 이상 사용
- (필요성) ① 고장 예방, ② 설비 유지보수 최적화, ③ 자산관리 서비스 유효기간 확대 우선 검토
- (세부사항)
 - 자산 관리 시스템인 Asset Health Center(AHC) 구축; VENTYX라는 소프트웨어를 사용하여 데이터 수집; 자체 알고리즘으로 설비 신뢰성(asset integrity) 평가
 - 센서 및 모니터링 시스템을 통해 수집된 데이터는 AHC에 저장하며, AHC는 데이터 분석을 통해 관리자에게 설비 유지보수에 대한 정보를 제공

<VENTYX를 활용한 AEP의 자산관리 프로세스>



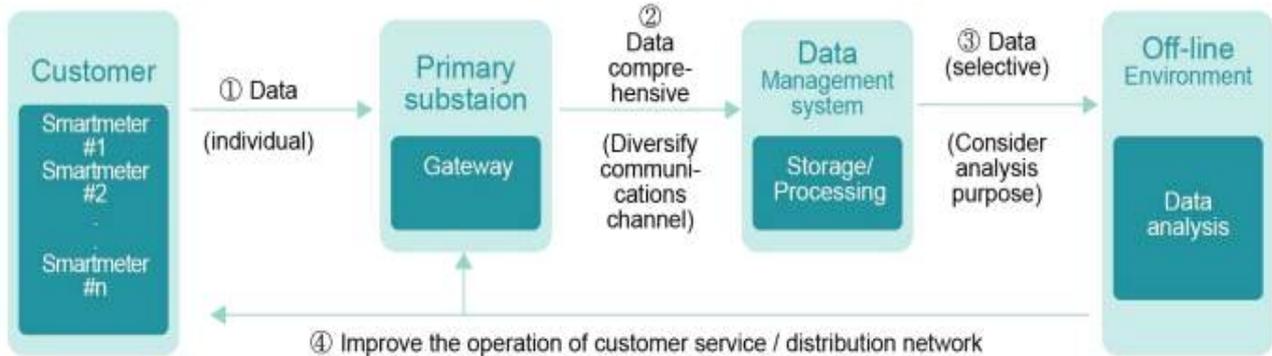
- (기대효과) 데이터를 통해 기반 자산을 전략적으로 운용하여 유지보수 비용 절감에 기여

문제 현황	기대효과
<ul style="list-style-type: none"> · 설비 노후화 · 유지보수(O&M) 예산 감소 · 고장 관리 · 서비스 유효기간 확대 우선 검토 	<ul style="list-style-type: none"> · 최적 O&M 비용 계산 · 수리 및 교체 의사결정 지원 · 유지보수 비용 절감(20~30%)

IBERDROLA 배전망 모니터링 강화 및 운영 자동화

- **[개요]** 스마트미터에서 수집된 데이터를 활용하여 고객 서비스 및 배전망 운영 개선
 - 스페인 정부 정책에 따라 기존의 전력량계를 스마트미터로 교체 의무화
 - * 스페인 정부는 2007년부터 2018년까지 중소기업에 스마트미터를 설치하도록 의무화하는 법 제정
- (적용) 전력수요 15kW 이하 고객(가정용, 중소기업), 2차 변전소
- (요소기술) 스마트미터(데이터 수집) + IT 인프라(데이터 관리) + 분석
 - 데이터 전송(전력 사용량, 전력망 데이터) → 고객/이벤트 패턴 분석 → 서비스/전력망 운영 개선
- (장점) 고객 서비스 및 대금결제 절차 간소화, 배전망 운영 신뢰도 향상
 - (서비스) 고객의 수요패턴 파악 → 맞춤형 요금제 제공 및 대금결제 오류 방지
 - (전력망) 전력품질 및 고장상태 정보 제공 → 배전망 운영 및 계획 수립에 활용

<iberdrola의 스마트미터 데이터 기반의 고객 서비스 및 배전망 운영 개요>



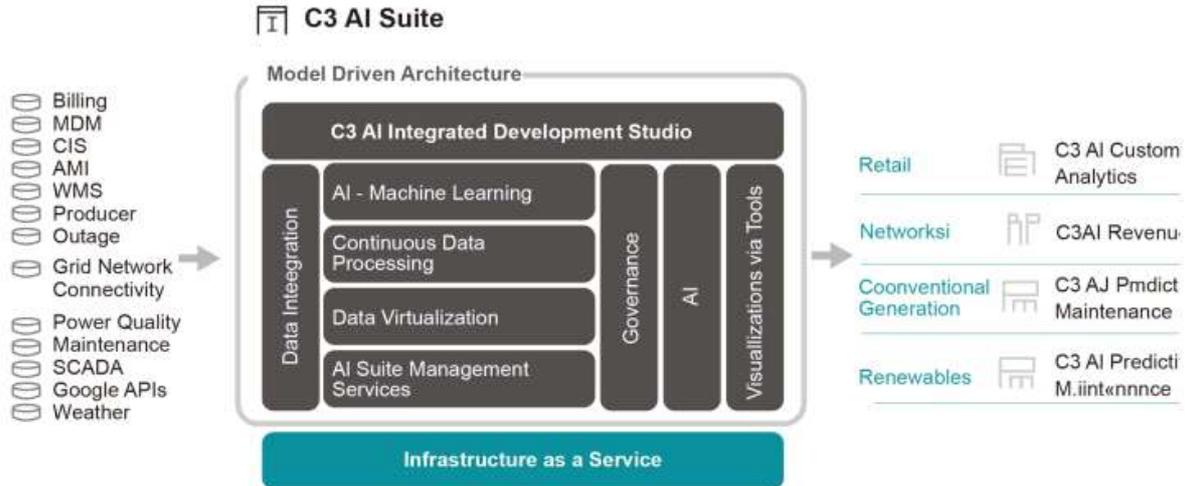
E.ON 배전망 유지보수 예측

- **[개요]** E.ON의 자회사인 Schleswig-Holstein Netz AG(망 운영 사업자)는 AI 솔루션을 사용하여 배전망 예측 유지보수를 수행
 - E.ON Datalab은 배전망 유지보수 예측을 위해 자가 학습 알고리즘 개발
 - 전력계통의 종류, 수명, 유지보수 및 기상정보, 실시간 부하 등 데이터를 기반으로 한 AI 분석을 통해 고장 예측 및 고장 확률 개선
 - 예측 유지보수를 통한 비용 절감(약 30%), 예산 배분의 명료성 및 전력설비 교체 우선순위 정확도 향상
 - AI 솔루션은 변전소, 저압 케이블 등으로 확대 예정

Enel 부정행위 감지 및 배전망 설비의 유지보수 예측

- **[개요]** Enel은 C3 IoT와 협력(2013년~)을 통해 전사적인 디지털 전환을 추진해왔다. 배전 부문에서 디지털 전환은 부정행위 감지 및 예측 유지보수 등을 포함한다.
 - (부정행위 감지) AI/머신러닝 알고리즘 개발 및 지식화
 - 기존의 “전력 비정상 사용 감지 프로세스” 를 “C3 IoT 부정행위 감지 애플리케이션” 으로 대체
 - Enel 시스템 내 데이터(약 10조 개)와 통합 및 연결
 - 머신러닝과 분석을 통해 개별 고객의 계량기 부정행위 가능성을 지속적으로 업데이트
 - (예측 유지보수) “C3 예측 유지보수 애플리케이션” 을 5개의 제어 센터에 적용
 - AI를 활용하여 실시간으로 전력망 데이터, 스마트미터 데이터, 설비 데이터, 날씨 데이터 등을 분석하고 사전에 고장 예측
 - C3 IoT 플랫폼은 Enel이 보유한 8개의 독립적인 시스템*을 통합하여 운영 설비에 대한 포괄적인 정보 및 인사이트를 제공
 - * SCADA, Grid Topology, Weather, Electric Power Quality, Maintenance, Workforce, Work Management, Inventory

<C3 IoT 솔루션 아키텍처>



5.2. 유틸리티의 디지털 사업모델 사례

분산 에너지 ①

EDF Mon Soleil et Moi, 자가소비형 태양광 모델

- **[개요]** 주택용 자가소비형 태양광 모델로 고객은 해당 에너지 관리 솔루션을 통해 태양광 발전/소비/저장 최적화
 - * 태블릿 또는 스마트폰에서 에너지 관리 시스템을 통한 태양광 발전 및 소비 패턴을 모니터링 하고, 피크시간에 일부 저장, 잉여전력 재판매
- (적용) 주거용 고객
- (구성) PV(지붕형, 옥상형 등), 주거용 에너지 저장 시스템, 에너지 솔루션(어플)
- (장점) 효율적인 에너지 소비, 전기요금 절감, 잉여전력 재판매, CO2 저감 등
 - * 프랑스는 신재생에너지의 자가소비에 대한 새로운 법령 채택('17.2월), 자가소비형 발전기 (100kWp 이하)에 대해 투자 프리미엄 부여 및 잉여전력 재판매 허용('17.5월)

<투자 프리미엄 및 재판매 단가>

Classification	3 kWc or Less	3-9 kWc	9-36 kWc	36-100 kWc
Investment Premium (EUR/kWc)	400	300	200	100
Resale (ctc EUR/kWc)	18.7	15.89	12.07	11.5

- (수익성) 월정액(장기계약) 또는 직접 거래를 통한 이익

※ EDF Energy는 Lightsource(신재생에너지 회사, 영국)와 함께 Sunplug 설립('17.6월)
 ※ Sunplug의 계약 옵션(PV+가정용 배터리+온라인 어플)
 · (OPT1) 20년 장기구매계약(연평균 GBP 0.12/kWh)
 · (OPT2) 직접 구매 비용(GBP 7,999): PV(5kW), 인버터, 배터리(6.6kWh), 2년간의 인건비, 유지보수 비용, HEMS 2년 보증(설치비 및 VAT 별도)

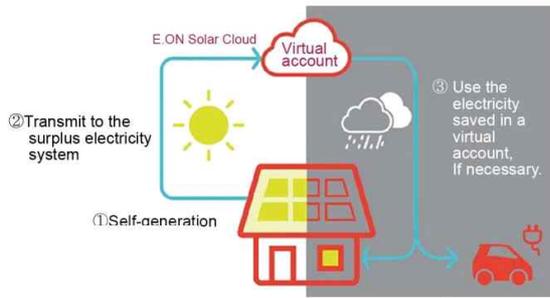
- (시장) '17.6월 기준, 총 1,700명이 참여(평균 3kW, 자체 소비율 60%), 프랑스 주택용 고객(14,000명)의 약 12%가 자가소비
 - 새로운 스마트 관리 솔루션이 적용되면 자체 소비율은 80%까지 상승할 것으로 예측

분산 에너지 ②

E.ON SolarCloud, 배터리 없는 태양광 저장 솔루션

- **[개요]** 소비자가 직접 배터리를 설치하지 않고 “가상의 장부(virtual account)”를 통해 자가발전한 태양광 발전량을 전력계통에 송전하고 필요에 따라 사용 가능
 - * “E.ON Aura 배터리 저장 시스템”을 보유한 고객에게 1년간 제공되는 서비스이며 '18.1월부터 배터리가 없는 고객에게도 확대하여 제공하고 있음

<E.ON SolarCloud 개념도>



<E.ON Aura의 개요>

※ “주거용 PV+배터리+에너지 관리 어플+green plans”로 구성된 하나의 솔루션

- 독일(16.4월), 영국(17.4월) 등에서 프로젝트 홍보
- 설치비용: 신규 PV설치(GBP 3,095), 기존 PV에 배터리만 설치(GBP 4,495), 신규 PV 및 배터리 설치(GBP 6,095)

- (적용) 주거용 고객
- (구성) 가상의 장부(virtual account)
- (장점) 고객은 저장장치를 구매, 설치 및 유지관리 비용을 지불할 필요가 없음
- (수익성) 기본 및 프리미엄 플랜 (독일)

<E.ON SolarCloud 요금제 예시(3,000kWh (year))>

Classification	Basic	Premium
E.ON SolarCloud (virtual storage device)	√	√
E.ON Aura Manager app	√	√
E.ON Aura PV panel	√	√
Additional service		
- E.ON PV system efficiency check	-	√
- E.ON sunshine guaranty	-	√
- All-risk insurance	-	√
Fixed Charge	EUR 21.99/month	EUR 26.99/month

- (시장) FIT 등 신재생에너지 지원 축소 및 PV 가격 하락에 따른 주거용 자가소비형 태양광에 대한 수요 증가
 - “히트펌프, EV 등” 을 소유한 고객으로 확대 예정

스마트홈 1

EDF HeatSmart(+Amazon Echo), 가정 에너지 최적화 솔루션

■ [개요] 자동온도조절장치를 설치하여 스마트폰, 태블릿, PC, AI, 스피커 등 원격으로 난방 제어를 통해 에너지 사용량 최적화

* AI 스피커(Amazon Echo)는 오디오 기반 원격 제어, 에너지 사용량 관리, 요금제 만기 확인, 열람 정보 제출 등을 수행함

- (적용) 주거용 고객
- (구성) 자동 스마트 온도 조절기(Netatmo), AI 스피커(Amazon Echo), App
- (장점) 에너지 소비 효율 증가, 비용절감, 편의성 개선
- (수익성) “Connect+Control 2” 요금제 신규 도입
 - 무료로 자동온도조절장치 설치 아마존 Echo 제공 (약 GBP 289)

<주거용 EDF Energy Plan 예시(영국)>

Plan	Electricity (year)	Gas (year)
Online Saver	GBP 934.83	GBP 891.90
Blue + Heating Protect (heating facilities insurance)	GBP 939.29	GBP 905.70
Connect + Control 2 (automatic thermostat, Amazon Echo)	GBP 950.79	GBP 924.87
Smart Saver	GBP 956.02	GBP 962.94
Standard (variable plan)	GBP 964.94	GBP 972.73

- (시장) 유틸리티는 경쟁적으로 다양한 자동온도조절장치를 사용하여 서비스 제공

스마트홈 2

E.ON Plus, “전력 서비스+스마트홈 기술”

■ **[개요]** 스마트 조명, 스마트 난방제어시스템 등 다양한 스마트홈 솔루션과 에너지 (전력, 가스 등)를 결합하여 맞춤형 서비스 제공

* 스마트홈 솔루션: (Philips Hue) 스마트 조명, (Tado) 스마트 난방제어시스템

- (적용) 주거용 고객
- (구성) 전력 + 스마트 조명 + 자동온도조절기 등
- (장점) 효율적인 에너지 소비에 따른 비용절감, 다양한 옵션(60개 이상)을 통한 맞춤형 서비스 제공, 고정요금제를 통한 요금상승 리스트 방지
- (수익성) E.ON 고정요금제 도입(2년)

<E.ON의 에너지(전기+가스) 계획 예시(영국)>

Fixed Charge Plan	Energy Charge (year)
E.ON Go Online One Year (Basic)	GBP 945
E.ON Clean Energy Fixed One Year (New renewable energy)	GBP 1,064
E.ON Fixed One Year Cinema Bundle (Movie ticket)	GBP 1,117
E.ON Fixed Two-Year tado° Bundle (Automatic thermostat)	GBP 1,223

<E.ON Plus 요금(독일, 1년 계약)>

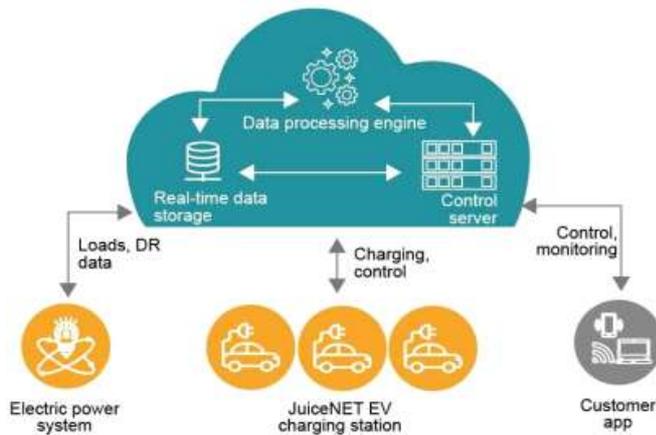
Classification	Charge (month)
tado Radiator Starter Kit	EUR 3.59
tado Thermostat Starter Kit	EUR 4.49
Philips Hue White Starter Set	EUR 7.50
Philips Hue White and Color Ambiance Starter Set	EUR 15.00

e-Mobility ① Enel, EV 스마트 충전 관리 및 밸런싱 솔루션

■ **[개요]** 통합플랫폼(JuiceNet)을 통해 전기차 충전 최적화 및 전력망 서비스 참여 기회 제공(참여 시 JuicePoints 제공 후 현금화)

* 미국의 e-Mobility 시장 진출을 위해 Enel은 eMotorWerks 인수('17.10월)

<JuiceNET Cloud 플랫폼 및 e-Mobility 솔루션 개요>



충전 패턴, 실시간 요금, 신재생에너지 용량, 계통운영 정보 등 통합 예측

→ EVSE 제어 및 최적화/예비력 제공

- (적용) 주거용 및 일반용 고객
- (구성) 통합플랫폼(JuiceNet), 충전기(JuiceBox)
- (장점) 충전 최적화를 통한 비용절감, 보상 프로그램 참여를 통한 수익창출, 예비력 확보 등
- (수익성) 충전기, 플랫폼 등 판매수익, 플랫폼 업그레이드 수수료(USD 50), 전기차 충전기 및 플랫폼 서비스 수수료(USD 99/월), 밸런싱 서비스 등

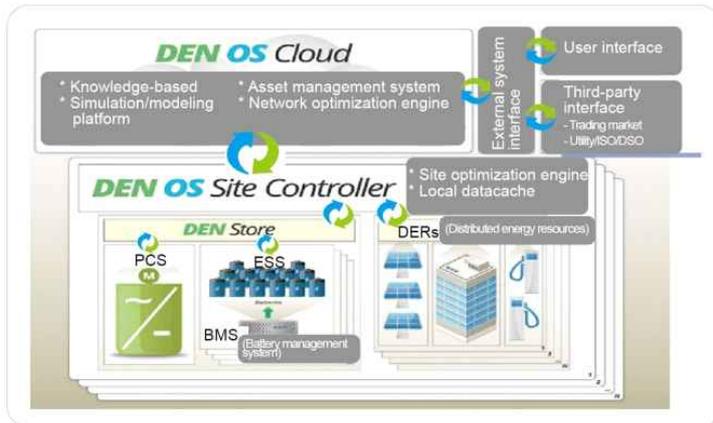
Classification	JuiceBox Pro 40 Lite	JuiceBox Pro 40	JuiceBox Pro 75
Maximum output	40 A / 10 kW	40 A / 10 kW	75 A / 18 kW
LED display, etc.	√	√	×
App & dashboard	√	√	√
Time of Use (TOU) configuration	×	√	√
Alarm, AI speaker	×	√	√
Load balancing	×	√	√
Portable	√	√	×
JuiceNet Green (new renewable)	×	√	√
Charges	USD 549	USD 599	USD 899

에너지 효율 ① Enel, BTM 분산자원 최적화 플랫폼

■ **[개요]** BTM 저장시스템 및 분산전원의 통합, 제어 및 최적화하는 클라우드 기반의 소프트웨어 플랫폼

* 미국 ESS 기업(Demand Energy)를 인수('17.1월)하며 분산에너지 네트워크 최적화 시스템인 "DEN.OS" 소프트웨어 플랫폼 확보

<Demand Energy의 DEN.OS 플랫폼 개요>



DEN.OS는 구독형 서비스를 제공하는 소프트웨어 시스템

- DER 발전량과 에너지사용량을 실시간으로 감시 및 제어
- DEN.OS Cloud 및 DEN.OS Site로 구성

<Enel의 DR 플랫폼 개요>



- (적용) 일반/산업용 고객, 유틸리티
 - 일반/산업용 건물, 마이크로그리드 및 VPP, 태양광/풍력 발전기 및 유틸리티의 송배전망 등

- (장점) 에너지 비용 절감 및 전력망 서비스 제공(DR)
- (수익성) USD 2.1백만
- (시장) BTM 에너지 저장장치 555GW로 확대 예상(2040년)

에너지 효율 ②

Engie, Vertuoz 스마트빌딩 디지털 서비스 플랫폼

- **[개요]** 건물 내 기기에서 수집한 데이터를 바탕으로 AI 알고리즘을 통해 에너지 소비를 최적화하는 디지털 플랫폼(실시간 온도, 스위치, LED 등 제어)

※ “Vertuoz Pilot” 사례: 파리 내 140개 학교

- Engie Coefly는 파리와 에너지 성능 계약(EPC) 체결('16.3월)
- 계약기간: 15년
- Engie 솔루션 개요
 - 140개 학교 교실 내 15,000개의 기기 연결(온도센서, 감지센서 등)
 - 21,000명의 학생의 편의성 향상
 - 매출액: 2000만 유로, 유지보수 연간 80만 유로(총 1200만 유로)

- (적용) 산업용 고객(B2B, B2B2C), B2T
 - 주로 원격 제어 시스템이 없는 공공건물, 학교, 아파트, 소규모 오피스빌딩 등
- (구성) 모바일 어플(“Vertuoz Live”)을 통한 자동온도조절장치, LED 조명, 스위치와 같은 센서가 있는 기기 간의 연결
 - 저주파의 지역 무선망을 이용하여 전자파에 대한 유해성이 없어 특히 학교에 적합
- (장점) 고객의 효율적 에너지 소비에 기여, 비용절감 및 편의성 개선
- (수익성) 산업용 고객과의 계약을 통한 수익 창출
- (시장) 3차 산업(서비스업) 위주로 서비스가 제공되었으나 교육(학교, 파리) 및 가정용(2018년)으로 확대

에너지 효율 ③

Engie, “blu.e pilot” 에너지 관리 플랫폼

- **[개요]** 산업 공정 데이터로 에너지 성능지표(ENPIs)를 만들고 에너지 최적화 관리 방안(시나리오)을 도출하는 디지털 소프트웨어 플랫폼



- (적용) 산업용 고객
- (장점) 기업의 가치사슬 전반에 걸쳐 에너지 관리 최적화
- (수익) blu.e 매출(50만 유로, 2015년)

스마트시티 1 | Engie, 오하이오 대학 에너지 관리 서비스

■ **[개요]** 미국 오하이오 주립대학교 내 485개 건물의 전기, 난방, 가스, 수도시설 등의 시스템을 운영 및 관리하는 솔루션

※ 오하이오 주립대학교 에너지 관리 서비스 개요

- 목표: 10년간 에너지 사용량 25% 절감
- 계약기간/투자규모: 50년/12억 유로
- 세부사항
- 기존 시스템 및 신규 설비 투자에 에너지 절감 관리 서비스를 제공하여 캠퍼스 유틸리티 시스템 운영 및 최적화
- 에너지 연구 및 사업화를 위한 에너지 혁신센터 신설

- (적용) 오하이오 주립대학교
- (구성) 캠퍼스 유틸리티 시스템 최적화 및 에너지 혁신센터 신설
 - Engie는 3D 모델링 기술(데이터 시각화)을 사용하여 맞춤형 인프라 및 서비스 제공
 - 대학/엔지니어 연구원 및 기업과 협력하여 스마트 에너지 시스템, 신재생에너지, 그린 모빌리티 등 차세대 기술과 서비스를 개발할 수 있는 혁신센터 구축

<캠퍼스 3D 맵>



<3D 모델링 기술 개요>

도시 교통흐름, 대기질, 소음, 태양광발전
예측량, Wi-Fi 범위 등 시각화

→ 전기버스가 대기질에 미치는 영향을
시뮬레이션하여 스마트시티 개발

- (장점) 에너지 소비 절감 및 혁신기술의 개발 및 상용화를 통한 지속가능성 제고
- (수익성) 지속가능 에너지 분야에 글로벌 리더 위상 제고
- (시장) 세계 스마트시티 시장은 2025년 1.7조 달러 규모로 성장할 것으로 전망(McKinsey)

스마트시티 2

Engie, 런던 교통기관(TFL) 시티 솔루션

- **[개요]** 런던의 전기, 기계, 화재 안전 시스템의 유지보수를 위한 기술 서비스 및 PV/ESS 설치 및 에너지 효율 향상 서비스
 - 역사, 선착장, 버스정류장, 사무실 등 24개소에 1.1MW 태양광 패널 및 저장장치 설치
 - 건물, 역사, 사무실의 난방 및 조명시설 고도화 등 에너지 효율 향상
- (적용) 런던 내 전반적인 교통시설
- (장점) 런던의 교통 시스템의 성능 및 효율성 향상, 비용 절감, TFL 설비 최적화, 런던 거주자에 대한 대기질 개선
- (수익성) PV+에너지 효율 서비스(GBP 450만)

<Engie의 세계 B2T솔루션 현황>

