

도시에너지 효율화 서비스

Technical Report [2부-8권]

스마트시티
혁신성장동력 프로젝트

[3-2세부과제]
주관연구기관-한국전력공사



국토교통부



과학기술정보통신부



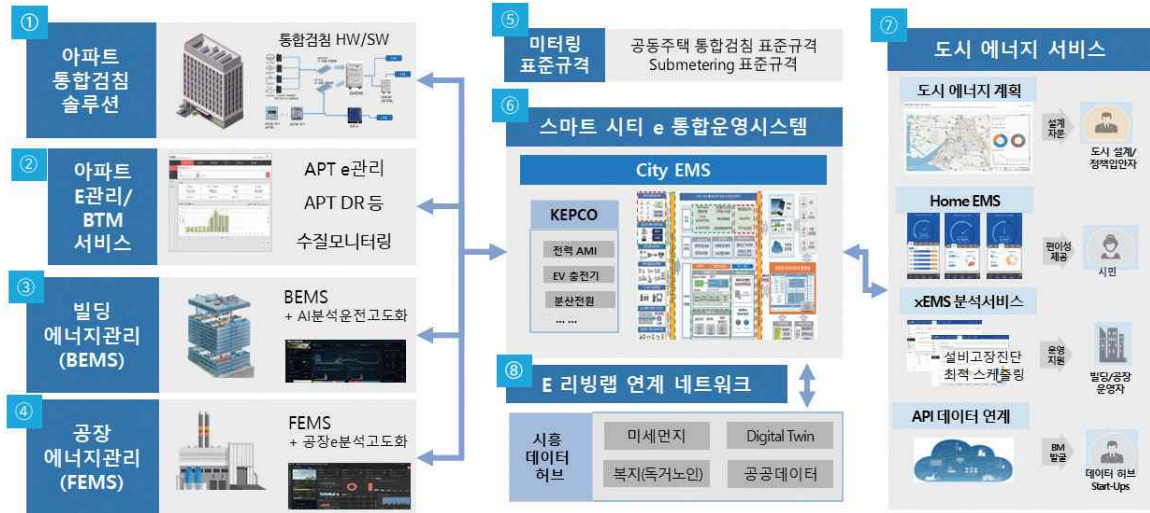
국립교통과학기술진흥원



DEAPCITY
National Strategic Smart City Program

과제명	주택/빌딩/공장/공공시설물 통합 에너지관리기술(xEMS)	연구기간	'18.10~'22.12 (4년 3개월)
		예산	총 68.8억 원 (정출금 : 41.2억 원)

▶ 개념도 (서비스 시나리오)



KPI (성과지표)	HEMS 기반 에너지 통합검침 데이터 활용성	95% ↑	FEMS 활용 대표생산제품 월별 에너지 비용 원단위 절감율	3% ↑
	BEMS 구축 건물에너지 사용량 저감률	8% ↑	스마트시티 에너지 리빙랩(통합검침, BEMS, FEMS) 서비스 만족도	80% ↑

▶ 과제 개요

- (배경) 에너지 패러다임 전환 (공급 중심 → 소비 효율화)에 따른 시 단위의 에너지 효율화를 위해 도시 주요 에너지 소비원(주택, APT, 빌딩, 공장) 에너지관리 필요
- (목적) 시흥시에 커스터마이징 된 City 에너지관리시스템 개발을 통해 도시 내 에너지 자원의 효율화를 목적으로 통합검침 어플리케이션 등의 융복합 서비스 개발 및 실증

▶ 주요 연구내용

- 스마트게이트웨이(SMG/W) 기반 주택, 공동주택의 3종/5종 통합검침(전력, 수도, 가스, 온수, 난방) 통합검침 설계
- 에너지 절감, 합리적 에너지 사용 유도를 위한 공공건물, 공장별 맞춤형 에너지관리시스템 구축 및 에너지분석 리포팅 서비스
- 도시 에너지 통합 관리 시스템(City EMS) 스마트시티 에너지 확산 모델 정립

▶ 기술적 차별성

- SMG/W에서의 Edge-Computing, 다양한 인터페이스 제공을 통한 다양한 BTM(Behind-the-Meter) 사업모델 지원 및 신규 산업생태계 확장 가능
- x-EMS 표준 모델 솔루션 및 운용모델 확보를 통한 도시 에너지 효율화 서비스 제공

▶ 기대효과

- AMI 구축, 주택용 전력 소비자 행동 변화 유도, 공공건물 및 공장 x-EMS 구축 등 에너지 리빙랩을 통한 에너지 비즈니스 창출이 가능하다.
- 소비자에게 에너지 정보서비스를 제공함으로써 관리자 및 시민이 에너지 절감에 동참하여 에너지 자원의 효율적 사용과 에너지 절감을 실현할 수 있다.
- 스마트시티 사업모델 및 성과물 패키징을 통한 고효율 에너지 자립도시 구축이 가능하다.

▶ 참여기관

[주관] [공동] [위탁]

실증경과 및 결과

① 통합검침 인프라

- 시흥시 정왕동 포함 일부 인근지역 1,418세대에 대해 통합검침 인프라 및 데이터형으로 구축하여, 합리적인 에너지 사용을 유도할 수 있는 아파트 주민용 통합검침 어플리케이션 서비스를 개발함

② 공공시설물 에너지 관리 시스템

- 시흥시 서울대학교 시흥캠퍼스 등 BEMS 5개소 구축 완료하였으며, 이를 통해 5개소에 에너지 모니터링 및 절감 수행 중

③ 공장 에너지 관리 시스템

- 시흥시 정우이지텍 등 FEMS 3개소 구축하였으며, 이를 통해 3개소에 공정별 에너지 모니터링 및 절감 수행 중

실증 대상지



단위서비스 및 요소기술

도시에너지 계획 서비스

- 지자체가 에너지 계획을 수립할 수 있도록 대시보드 제공



VPP 서비스

- 분산자원 사업자를 위한 태양광 발전량 예측 서비스 제공



APT 세대 통합에너지관리서비스

- 통합검침 5종에 대한 사용량 및 태양광 발전량 시뮬레이션 서비스 제공



BEMS 서비스

- 건물 에너지 사용량 모니터링 및 전력소비 분석



데이터 연계 서비스

- Open API 기반 실시간 에너지 데이터 제공



FEMS 서비스

- 공장 에너지 사용량 모니터링 및 공정별 전력소비 분석



실증을 통한 시사점

- 본격적인 데이터 활용 신규 비즈니스·서비스 확산과 수익화가 될 수 있도록 지속적인 서비스 및 비즈니스 연계에 대한 고민과 확산에 대한 구체화 된 전략이 필요할 것으로 보인다.
- 본 실증 결과물에 대한 사업확장성을 위하여 개인정보 이슈 등 정책적 지원이 필요하고, BEMS와 FEMS 구축 후 운영단계에서 정책적 법·제도와 연계한 성과관리가 필요할 것으로 보인다.

타 지자체 확산방안

- 실증 데이터 및 개발된 융복합 서비스를 기반으로 지자체 에너지 정책 수립 시 활용 가능한 기초 자료 제공
- 국내 스마트시티 실증사업과의 연계·협업을 통해 시너지 효과를 창출하여 지자체 확산 기틀 마련
- 데이터허브 보급 시 그 도시에 커스터마이징된 대시보드를 모듈형으로 제공할 수 있도록 패키지와화하고, 한전의 데이터를 활용할 수 있도록 API 제공



연구책임자
한국전력공사
전력연구원
권성철 책임연구원
seongchul.kwon@kepcoco.kr



집필자
한국전력공사
전력연구원
김동주 선임연구원
djkim89@kepcoco.kr



담당자
한국전력공사
전력연구원
문중희 일반연구원
jh.mun@kepcoco.kr

• 목차 •

제1장

개요

- 1. 배경 및 필요성 359
- 2. 서비스 특징 363
- 3. 기대효과 365
- 4. KPI 설정 366

제2장

연구 개발 성과

- 1. 도메인 통합 시나리오 372
- 2. 기술적 한계 375
- 3. 거버넌스 관련 383

제3장

실증 경과

- 1. 실증 체계 401
- 2. 실증 대상 402
- 3. 실증 경과 403
- 4. 실증 결과 403

제4장

확산 방안

- 1. 운영 및 확산 406

제5장

Lesson Learned

- 1. 문제 해결 사례 407
- 2. 기술적 한계 407
- 3. 거버넌스 관련 408

· 🔍 용어 정리 ·

용어	정의
AMI	에너지 소비자와 공급자 간의 양방향 정보 교환을 위한 인프라. 협의의 의미로는 유틸리티 사업자가 에너지 사용 정보를 취득하여 과금하기 위한 인프라로서 AMI 서버, AMI 통신망, 데이터 집중 장치, 스마트 미터로 구성(Advanced Metering Infrastructure)
CT	변류기로 전류의 흐르는 양[A]을 측정하는 계전기(Current Transformer)
CTTS	무정전 절체 스위치로 특정한 이유로 한전에서 공급하는 전력이 끊기는 경우, 비상전원으로 전력을 공급하여 정전이 발생하지 않도록 해주는 장치(Closed Transition Transfer Swithes)
DCU	스마트 미터의 전기사용량 등 부가정보를 수집 저장하고, 검침서버에 수집된 정보를 전달하며 시스템 관리자의 명령 수행을 통해 설정 및 관리 기능 제공(Data Concentration Unit)
DR	현재 전력량의 수요에 맞추기 위해 전기 사용자가 사용량을 변화시키는 것(Demand Response)
MDMS	AMI 데이터를 수집, 검증, 집계 후 정보제공 등의 다양한 서비스를 제공하는 최상위 시스템 (Meter Data Management System)
MG	기존의 광역적 전력시스템으로부터 독립된 분산전원을 중심으로 한 국소적인 전력공급시스템(MicroGrid)
PLC	가정이나 사무실에서, 전기선을 이용하여 데이터 통신을 이용하는 기술 (Power Line Communication)
SMGW	통신네트워크와 프로토콜을 사용하여 다수의 디지털 미터로부터 데이터를 수집하고, 수집한 데이터를 분석 및 가공 후 안전하게 전송하는 모듈 (Smart meter gateway)
xEMS	에너지관리시스템은 정보통신(CT), 제어 기술을 활용하여 에너지 흐름, 시각화 및 최적화를 위한 통합 에너지관리 솔루션(Energy Management System)
분산자원	분산자원은 전력망에 상호 연결된 소규모 전기 공급 또는 수요 자원으로 대표적으로 태양광 풍력 등이 있음

• 표 목차 •

〈표 1-1〉 대표 KPI(HEMS)	368
〈표 1-2〉 대표 KPI(BEMS)	369
〈표 1-3〉 대표 KPI(서비스 만족도).....	370
〈표 1-4〉 대표 KPI(FEMS)	371
〈표 2-1〉 SMGW의 주요 기능.....	396
〈표 2-2〉 검침대상 단일 형상데이터 응답 명세(예시) 1	399
〈표 2-3〉 검침대상 단일 형상데이터 응답/요청 메시지 명세(예시)	399
〈표 2-4〉 검침대상 단일 형상데이터 응답 명세(예시) 2	400

· 그림 목차 ·

〈그림 1-1〉 ‘제3차 에너지기본계획’ 에너지 감축 목표	360
〈그림 1-2〉 시흥시 에너지 기본계획	361
〈그림 1-3〉 시흥시 연도별 전력 소비 현황 및 증가율	362
〈그림 1-4〉 시흥시 소비주체별 전력소비량 점유비교	362
〈그림 1-5〉 Smart Meter Gateway를 이용한 BTM 사업모델 지원	364
〈그림 1-6〉 시흥 스마트시티 에너지리빙랩 구성	364
〈그림 2-1〉 시흥 스마트시티 에너지리빙랩 구성	373
〈그림 2-2〉 스마트시티 통합운영시스템 (City EMS)	373
〈그림 2-3〉 City EMS 기반 도시에너지 효율화 서비스 시나리오	374
〈그림 2-4〉 표준화된 에너지 통합검침 기술 전후 비교 (Asis-Tobe)	375
〈그림 2-5〉 아파트 EMS 구성도	377
〈그림 2-6〉 아파트 EMS 서비스 화면	378
〈그림 2-7〉 전력사용량 예측 서비스 구조	378
〈그림 2-8〉 CTTS 연계형 수요관리 서비스	379
〈그림 2-9〉 전력사용량 예측 서비스 구조	380
〈그림 2-10〉 MES/POP 연동 모듈 내장시스템 개발을 통한 FEMS 혁신	382
〈그림 2-11〉 스마트시티 통합운영 포털 화면 예시	383
〈그림 2-12〉 시흥시 공공시설물 신재생에너지설비 구축 모의 예시	384
〈그림 2-13〉 시흥시 기축 공동주택 및 건축물 대상 설비구축 모의 예시	385
〈그림 2-14〉 시흥시 신규 개발예정부지 대상 설비구축 모의 예시	386
〈그림 2-15〉 전기검침 구성도	386
〈그림 2-16〉 수도 및 가스검침 구성도	387
〈그림 2-17〉 데이터 연계형 시스템 개요	387
〈그림 2-18〉 무선통합검침 네트워크 구성	391
〈그림 2-19〉 통합검침 개요	394
〈그림 2-20〉 SMGW에서의 네트워크 연결	395
〈그림 2-21〉 검침대상과 검침데이터 관계도	398

Contents

<그림 3-1> 3핵심 2세부 연구기관의 구성 및 역할 구분	401
<그림 3-2> 통합검침을 위한 요소기기	403
<그림 3-3> BEMS를 활용한 에너지 저감 프로세스	404
<그림 3-4> BEMS 화면 예시	405
<그림 3-5> FEMS 대시보드 예시	405
<그림 4-1> 연구개발 주요성과의 활용방안	406

1 | 배경 및 필요성

1-1 개요

- 정부는 스마트시티를 국정과제를 지정하고, 신도시 대상의 스마트시티로서 국가시범도시로 세종 5-1생활권과 부산 에코델타시티를 선정하였고, 도시의 스마트화와 데이터 기반의 디지털 혁신 생태계를 조성하기 위해 대구광역시와 시흥시가 선정되었다.
- 시흥시는 수도권 중심에 위치하여 교통요충지 역할을 수행하고 있으며, 시흥시 경제의 중심을 차지하는 시화국가산업단지 및 농업, 임업, 수산업, 축산업의 산업요소를 고루 갖추고, 활발한 도시개발을 진행하고 있는, 인구 46만의 도/농 복합도시다.
- 시흥시는 수도권 과밀억제권역으로는 드물게 해안, 하천, 저수지, 임야 등 천혜의 자연환경을 보유하며 풍부한 개발가능지를 갖춘 도시이지만, 인구증가, 택지개발 등의 도시개발 사업으로 다양한 도시문제가 발생하고 있다. 시흥시의 도시문제 중 에너지 측면에서는 전력 자립도가 0.3%에 불과하고 소모되는 전력의 대부분이 산업 분야(65%)에서 사용된다. 또한, 생산되는 전력은 태양광을 통해 생산하고 있으나 발전량(11.75GWh)이 미미하여 에너지 절감과 에너지 자립률 제고가 시급하다.
- 한전은 에너지 솔루션 패키지와 도시 유형별 차별화된 BM(Business Model)을 확보하기 위하여 노력하고 있고, 도시 기반 IoT망으로서의 지능형검침장치(Advanced Metering Infrastructure, AMI) 인프라 혁신을 위하여 스마트계량게이트웨이(Smart Meter Gateway, SMGW) 기반의 차세대 스마트 미터링 인프라를 확대 보급하고 있다.
- 그간 xEMS, MG 플랫폼 및 GW 기반의 AMI 인프라 등 개별 솔루션의 위주로 개발/실증을 해왔으나, 스마트시티 등 융합 플랫폼 기반의 사업모델이 필요한 시점에

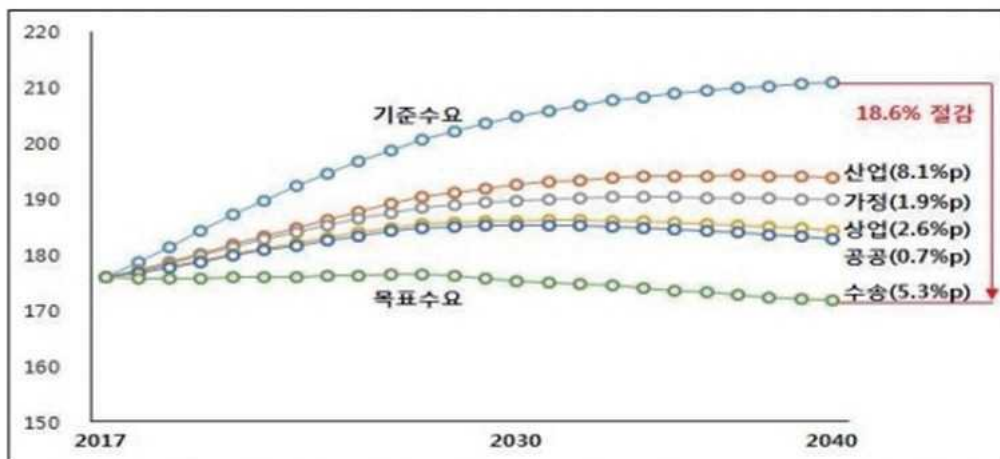
서 기존 솔루션을 재활용하여 KEPCO의 통합 표준 패키지 모델을 정립하였다.

- 또한, 스마트 미터 GW 기반의 스마트 미터링을 주도하고, 사업의 확장을 위하여는 SMGW 기반의 통합검침 및 표준규격을 정립하고, 이에 대한 주도권 확보와 다양한 사업모델 발굴 및 민간 생태계 지원이 필요하다.
- 본 테크니컬리포트에서는 효율적인 에너지 사용을 위한 홈, 빌딩, 공장, 공공시설물 통합 에너지 관리시스템의 구축과 이를 활용하여 효율적인 에너지 사용을 유도할 수 있는 서비스를 개발하고 리빙랩 형태로 실증한 내용을 기술한다.

1-2 연구개발 필요성

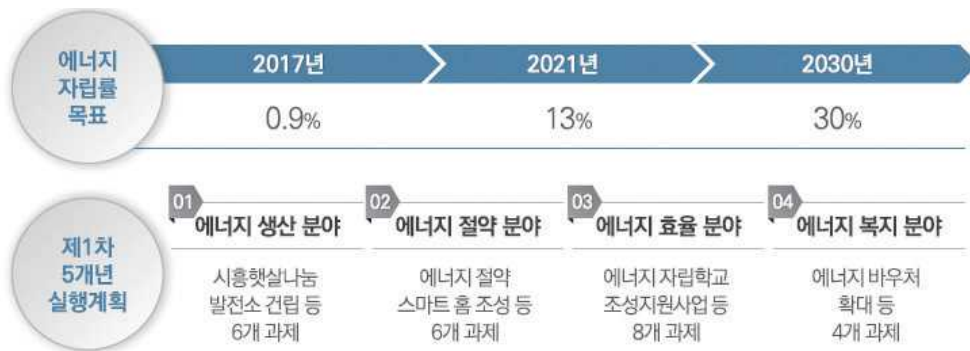
에너지 정책

- 20년 계획기간으로 5년마다 수립/시행하는 ‘제3차 에너지기본계획’의 비전은 ‘에너지 전환을 통한 지속가능한 성장과 국민 삶의 질 제고’로 수립되었으며, 중점 추진 과제 5가지 중 첫 번째는 에너지 정책 패러다임을 소비구조 혁신 중심으로 전환하는 것이다.
- 에너지 소비효율 측면에서의 주요 목표를 살펴보면 38% 개선(17년 대비), 수요 18.6% 감축(40년, Business As Usual 대비)을 제시하였다.



〈그림 1-1〉 ‘제3차 에너지기본계획’ 에너지 감축 목표

- 중점과제 중 에너지 소비구조 혁신을 자세히 살펴보면 산업/건물/수송 등 부문별로 종합적 에너지효율 제고를 강조하고 있다. 산업 및 건물 부문을 살펴보면 산업 부문에서는 에너지 사용 최적화를 위해 10만 TOE(Ton Of Equivalent) 이상 에너지 다소비업체 대상에 FEMS 설치 의무화⁽²⁵⁾를 제시하였다. 건물 부문에서는 공공/상업용 기존건물 대상으로 에너지효율 평가체계를 도입하고, 모든 신축 건물의 제로에너지화 달성⁽³⁰⁾을 위해 '건축물 에너지 절약 설계기준'을 단계적 강화와 제로에너지 건물 의무화 확대와 연계하여 민간 신축건물 BEMS 설치 확대⁽²⁵⁾를 제시하였다.
- 추가적으로, 수요관리 시장 활성화를 강조하였으며, 이를 위해 스마트 미터링 표준을 제정하여 원격검침/통신/정보처리시스템을 갖춘 스마트 미터 보급 제도화를 추진하였다.
- 시흥시는 '지속 가능한 에너지 공동체' 실현을 위하여 지역사회가 함께하는 에너지 절약과 효율적 사용 및 신재생에너지의 이용과 확대를 통한 2030년 에너지 자립률 30%를 목표로 친환경 에너지 전환정책을 추진 중이다. 그러나 2017년 기준 분산형전원 용량과 에너지 자립률이 12,300kW와 0.9%에 그친 상황이므로 지속적이고 효과적인 에너지 효율화 및 신재생에너지 확대 정책 추진이 필요하다.
- 현재 2021년 에너지 자립률 13% 달성을 위한 에너지기본계획의 '제1차 5개년 실행계획'을 수립하고 4대 전략 22개 실행과제를 선정하여 추진 중에 있다.



〈그림 1-2〉 시흥시 에너지 기본계획

- 따라서 중/장기 계획인 에너지기본계획과 시흥시 에너지기본계획의 성공적인 목적 달성을 위해 빌딩, 공장, 공공시설물 통합 에너지 관리시스템의 구축과 이를 활용하여 효율적인 에너지 사용을 유도할 수 있는 서비스를 개발하고 리빙랩 형태로 실증은 필수적이다.

1 시흥시 에너지 현황

- 시흥시의 전력 소비 현황을 살펴보면 전체 연간 전력사용량은 전년 대비 증가율이 2015년 0.54%, 2016년 3.91%, 2017년 5.31%로 증가하고 있으며, 전국 전력 소비 평균 증가율 대비 3.2% 높다.



〈그림 1-3〉 시흥시 연도별 전력 소비 현황 및 증가율

- 2017년 시흥시에서 소모되는 전력의 대부분은 산업 분야(65%)이며 전력소비량은 4,062GWh, 발전량은 38.75GWh로 전력자립도는 0.9%에 불과하다. 발전량의 경우 대부분 태양광을 통해 생산하고 있으나 발전량이 미미하다.
- 특히, 시흥시 정왕동 일원은 73,018세대가 거주하고 있어 시흥시 전체 주택용 전력 소비량의 42%를 점유하고 있으며 세대당 평균 인구수는 2.34명으로 2인 이상의 가족 단위 거주 형태를 보인다. 아울러 사회국가산업단지는 시흥시 전체 산업용 전력의 73%를 점유하고 있는 에너지 다소비 지역이다.



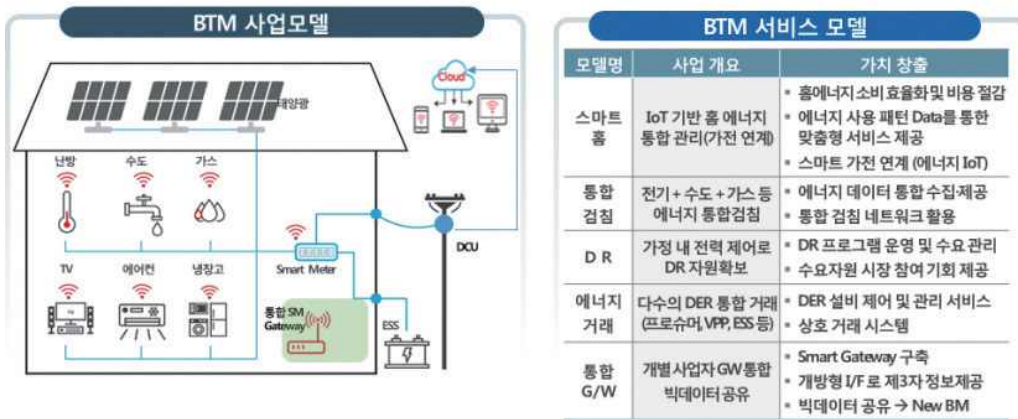
〈그림 1-4〉 시흥시 소비주체별 전력소비량 점유비교

2 | 서비스 특징

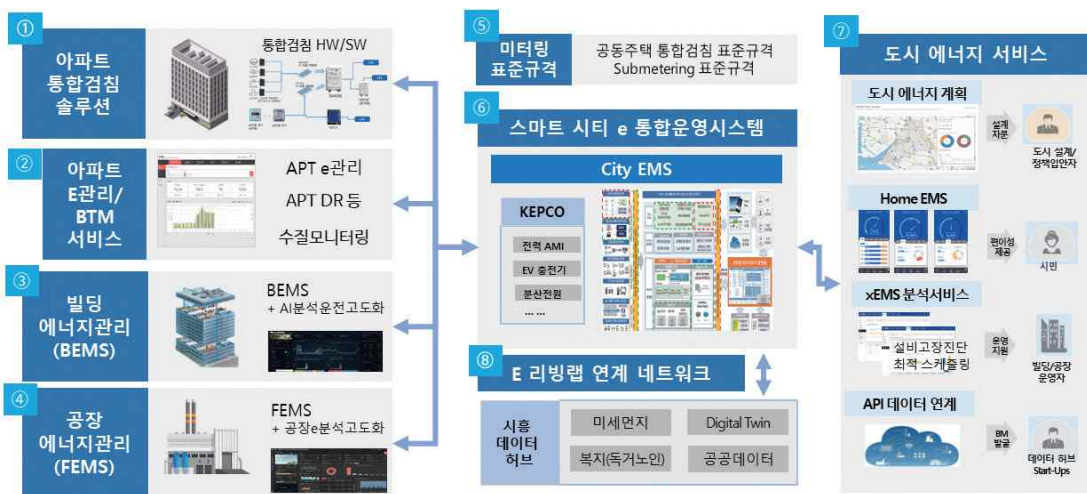
- 에너지 리빙랩은 실증지역 내 에너지 최종 소비자 유형별 스마트 에너지미터인프라(AMI), 에너지관리시스템(XEMS) 등을 구축하고 도시 단위 에너지 자원의 통합 운영 관리가 가능한 스마트시티 에너지 플랫폼을 기반으로 수집된 데이터 분석을 통하여 소비자에게 에너지 정보서비스를 제공한다. 관리자 및 시민이 에너지 절감에 동참하여 에너지 자원의 효율적 사용과 에너지 절감을 실현하고자 한다. 또한, AMI 구축 및 주택용 전력 소비자 행동변화유도, 공공건물 및 공장 xEMS 구축, 에너지 프로슈밍(스마트MG 캠퍼스) 연계, 스마트시티 에너지 플랫폼 구축을 통해 에너지 분야 기술혁신 및 실증을 통한 에너지 비즈니스 창출을 실현하고자 한다.
- 기존의 AMI 시스템은 스마트 미터를 데이터수집장치(Data concentrate Unit, DCU)을 통해 에너지 데이터를 집합화하여 상위 미터 데이터 관리 시스템(Meter data Management System, MDMS)로 주로 한전에서 구축하여 요금정산, 에너지 사용정보 제공 등에 활용하였다. 향후 전력뿐만 아니라 수도, 가스, 난방 등도 원격검침을 보급하고, 에너지 데이터 분석을 통하여 부가서비스를 개발하고자 한다.
- 한전에서는 지능형 전력량계 게이트웨이(Smart Meter Gateway) 기반으로 AMI 인프라를 혁신하여, 에너지 AMI 인프라 공유 및 통합검침, 수요자원관리(Demand Response) 등 다양한 부가서비스를 지능형 전력량계 게이트웨이 상에 애플리케이션(Application) 형태로 탑재할 수 있다. 효과적인 AMI 응용기능 부가 등 다양한 BTM(Behind-the-Meter) 사업모델을 지원하여 스타트업/ 벤처기업 육성에 활용하고자 한다.
- City EMS는 시흥시의 탄소중립 현황 및 기본적인 에너지 사용현황에 대한 모니터링뿐 아니라, 구축된 인프라를 활용하여 시흥시 소재의 공동주택, 공공 및 민간 건물, 공장의 데이터를 수집한다. 그리고 이를 분석하여 각 실증사이트의 에너지 효율화를 위한 서비스를 제공하고 있으며, 실증 대상의 성격에 따라 3가지 분야로 구분된다.
 - 에너지 통합검침 HEMS (Home Energy Management System) 서비스
 - BEMS (Building Energy Management System) 기반의 건물 에너지 최적화
 - FEMS (Factory Energy Management System) 기반의 비용 효율 공정 최적화
- 에너지 리빙랩은 City EMS를 활용해 도시 에너지 계획, 최적운영 및 다양한 도시

응용 에너지서비스를 제공하기 위한 서비스 모델로 구성되어 있다. 이를 이용하여 도시설계/정책입안자, 도시운영자, 지자체 및 공공기관, 한전, 시민 및 스타트업 등이 이러한 서비스를 이용하여 도시 에너지 자원을 관리하고, 사업모델을 개발/운영할 수 있다.

- 추진 방향**
- 수요관리, IoT 등 사업자별로 개별 설치하는 게이트웨이 통합 운영 환경 제공
 - 표준화를 통한 중소기업, 스타트업의 진입 부담 낮춰 BTM 시장 활성화



〈그림 1-5〉 Smart Meter Gateway를 이용한 BTM 사업모델 지원



〈그림 1-6〉 시흥 스마트시티 에너지리빙랩 구성

- 추가적으로, 스마트시티 에너지 시민 포털은 도시에너지 사용 현황, 태양광 시뮬레이션, 탄소저감 캠페인, Open API 서비스를 통한 스타트업 지원 등의 스마트시티

정보 공유와 시민 불편 사항, 개선사항 등의 의견을 되먹임(Feedback)할 수 있는 커뮤니티 공간을 제공한다.

3 | 기대효과

3-1 기술적 측면

- AMI 시스템을 이용한 통합검침용 표준 데이터 모델 및 통합검침용 스마트 미터 게이트웨이(SMGW) 기반의 통합검침 표준규격과 상호운용성 규격을 수립하고, 이를 단체 표준 혹은 국가 표준화하여 향후 통합검침 국가표준으로 활용이 가능할 것이다.

3-2 경제적, 사회적 측면

- 전력미터 외의 수도, 가스 등 다수의 계량데이터를 스마트 미터 게이트웨이(SMGW) 기반의 AMI 시스템을 적용한 SMaaS(Smart Metering as a Service)를 제공하여 계량데이터 원격검침 확대에 필요한 국가 전체의 시스템 구축 운영을 위한 고정비 지출을 줄이고, SMGW 기반으로 하는 계량데이터를 이용한 전력 거래, DR, 분산전원 제어, 중개 거래 등 다양한 3rd Party 사업모델용 스타트업을 육성에 기여할 수 있으며 리빙랩 실증을 통해 검증된 기술을 기반으로 해외 신도시 건설 시 성공모델 제시 및 해외 수주가 가능하다.

3-3 사회적 측면

- XEMS를 이용한 빌딩/공장 에너지관리 솔루션 표준모델을 정립하고, 이를 표준화하여 향후 스마트시티 에너지 관리 시스템 확산모델에 적용하여 확대 가능하다. 또 xEMS를 연계한 City-EMS 플랫폼을 확대 적용하여 도시 에너지 효율화 서비스를 제공하여 국가시범도시와 광역시 및 기타 도시를 대상으로 확산하여 도시 및 국가의 전기에너지 사용 효율화, 요금 절감 등 에너지 효율화 향상을 도모할 수 있으며 소비자에게 다양한 부가서비스 혜택을 제공할 수 있다.

4 | KPI 설정

- 지표명: HEMS 기반 에너지 통합검침 데이터 활용성
 - 지표 정의: 서비스 신뢰도를 위해 세대별 사용량 및 아파트 단지 내 에너지사용량에 대한 요금산출 정확도를 측정하는 지표
 - 지표 달성 기관: (3-2세부) 한국전력공사
 - 지표의 효과 및 의의: 에너지 요금산출을 아파트 단지 내 에너지 검침일, 에너지별 산출 기준에 따라 다르게 나타나며, 정확한 실시간 요금정보 제공을 통해 사용자의 행동기반 에너지 저감을 유도함
 - 해당 지표의 대표성 검증: 아파트 통합검침 데이터 활용성

- 지표명: BEMS 구축 건물 에너지사용량 저감률
 - 지표 정의: 건물에너지관리 시스템의 도입으로 도입 이전 대비 에너지 절감 효과를 나타내기 위한 지표, 에너지 저감량을 탄소배출량으로 환산하여 표시하여 탄소배출량이 얼마만큼 감소하였는지 직관적으로 확인할 수 있게 함
 - 지표 달성 기관: (3-2세부) 계영정보통신(주)
 - 지표의 효과 및 의의: 에너지사용량 정보를 제공하고 스스로 인지하게 하여, 사용자가 스스로 효율적인 에너지 사용을 가능하게 함
 - 해당 지표의 대표성 검증: 건물에너지관리시스템의 도입에 대한 궁극적인 효과는 건물 에너지사용량의 절감이라고 할 수 있으며, 이에 대한 결과로 에너지사용량 저감률을 보여주는 것이 적합하고, 모든 에너지 요금은 사용량에 비례하여 증가하므로, 에너지사용량이 저감되면 요금은 당연히 저감시킨다. tCO₂ 환산계수를 활용하여, As-Is/To-Be에 각각에 대한 탄소배출량을 계산하여 비교도 가능하다.

- 지표명: 스마트시티 에너지 리빙랩(통합검침, BEMS, FEMS) 서비스 만족도 조사
 - 지표 정의: 도시 관점의 도메인별(공동주택, 빌딩, 공장) 에너지 효율 향상 서비스 개선 및 고도화를 위해 설문을 통한 데이터 수집을 기반으로 스마트시티 에너지 리빙랩 실증서비스 운영자 측면에서의 만족도를 측정하는 지표
 - 지표 달성 기관: (3-2세부) 한국전력공사, (주)씨앤유글로벌, 젤릭스(주), (주)씨그널정보통신, 계영정보통신(주), (주)바스코아이씨티

- 지표의 효과 및 의의: 스마트시티 에너지 리빙랩(통합검침, BEMS, FEMS) 서비스 만족도를 통해 서비스 운영자와 시스템 공급자 간 신뢰성 확보 및 서비스 운영 측면에서의 개선사항 도출을 통한 서비스 활용성 제고
- 해당 지표의 대표성 검증: 3-2세부의 경우 도시 내 도메인별(공동주택, 빌딩, 공장) 에너지 효율을 높이는 것이 궁극적인 목적임. 이에 서비스 운영자의 만족도를 조사하고, 서비스 개선 및 고도화에 활용하여 에너지 효율 향상에 대한 만족도를 높이는 구조가 매우 중요하다고 판단됨

○ 지표명: FEMS 활용 대표 생산 제품 월별 에너지 비용원단위 절감률

- 지표 정의: 공장 에너지사용량 절감을 위해 공장 수용가의 대표적 생산 제품의 (월별 생산량과 사용 에너지 비용)으로 단위 생산에 소요되는 에너지 비용을 계산하는 (비용원단위)를 측정하는 지표
- 지표 달성 기관: (3-2 세부) (주)바스코아씨티
- 지표의 효과 및 의의: FEMS 운영 대상인 '공장 수용가'의 경우 조업 현황에 따른 공장 설비 가동률의 변동에 따라, 단순 에너지사용량만으로 '절감 수준'을 판정할 수 없고, 여러 요인에 의해 복합적인 영향을 받겠지만, 단위 제품 생산에 소요되는 에너지 비용 측면의 분석이 가장 좋은 지표
- 해당 지표의 대표성 검증: 해당 지표를 통해 FEMS 운영을 통해 수용가의 제품 생산 과정에서 에너지의 효율적인 사용 여부 및 수준을 파악할 수 있는 핵심적인 지표임

〈표 1-1〉 대표 KPI(HEMS)

지표명		/ HEMS 기반 에너지 통합검침 데이터 활용성	
지표 산식 측정		/ 실시간 요금 정확도 : $\frac{\sum_{t=1}^{24 \times days} HourlyPrice_t}{MonthlyPrice} \times 100$	
	산식	$\frac{\sum_{t=1}^{24 \times days} HourlyPrice_t}{MonthlyPrice} \times 100$	
	변수 정의	/ $HourlyPrice = \sum_{i=1}^{24 \times days} (Q_{x,i} T_x + Q_{y,i} T_y)$ / $MonthlyPrice = (E_x - S_x) T_x + (E_y - S_y) T_y$ / x : 전력, y : 수조 / S : 지난달 누적량, E : 실시간 누적량, / T : 아파트 단지 책정단가, Q : 시간당 사용량	
측정 산식 활용데이터 세트	/ 아파트 단지 책정단가는 각 실증 대상 아파트 책정 단가표 조사 / 지난달 누적량은 각 실증 대상 아파트의 에너지 검침일자 기준으로 에너지사용량을 이용함		
최종 목표치	2022년	목표치	95% 이상
측정값	2021년 ※	측정치	95%
	2022년	측정치	측정 중
목표 달성치 검증 방안	/ 아파트 세대의 관리비 고지서를 참고하여 정확도 검증		
레퍼런스	지표	/ 아파트 관리비 내 에너지사용량 산정기준	
	산식	/ 자체 작성	
	변수	/ 실증대상 아파트 에너지 검침 데이터 (전기, 수도)	
	활용데이터		
관련 세부과제 서비스	/ 해당 지표로 성과를 측정할 수 있는 세부과제의 서비스 작성		

〈표 1-2〉 대표 KPI(BEMS)

지표명		/ BEMS 구축 건물 에너지사용량 저감률	
지표 산식 측정	산식	/ [As-Is] BEMS 구축 이전 사용량(a+b) / [To-Be] BEMS 구축을 통한 절감 활동 이후 사용량(a+b) * 100 / [As-Is] BEMS 구축 이전 탄소배출량(a'+b') / [To-Be] BEMS 구축을 통한 절감활동 이후 탄소배출량(a'+b) * 100	
	변수 정의	/ a : 전체 전력사용량(kWh) * 0.00022 / b : 전체 가스사용량(Mcal) * 0.0000239 / a' : 전체 전력사용량(kWh) * 0.000424 / b' : 전체 가스사용량(Mcal) * 0.096	
측정 산식 활용데이터 세트		/ 건물의 메인 전력량계, 메인 가스 유량계 데이터 연동	
최종 목표치	2022년	목표치	/ > 8.0%
측정값	2021년	측정치	/ 15.02% / BEMS 구축 이전 사용량(40.55 TOE) / BEMS 구축 이후(2021년) 사용량 (34.46 TOE) (측정 근거 첨부파일 참조) (단, 21년도 데이터는 11개월 정보 합산)
	2022년	측정치	
목표 달성치 검증 방안		/ 건물 에너지관리시스템 구축 이후(To-Be) 에너지 절감 활동 이전 (As-Is) 대비 절감 활동 이후의 에너지사용량 비교	
지표		/ 에너지기본법 시행규칙 제5조 1항의 별표	
산식		/ 자체 작성	
레퍼런스	변수	/ a : 전체 전력사용량(kWh) * 0.00022 / b : 전체 가스사용량(Mcal) * 0.0000239 / a' : 전체 전력사용량(kWh) * 0.000424 / b' : 전체 가스사용량(Mcal) * 0.096	
	활용데이터	/ 시흥에코센터 내 보관하고 있는 전력사용량 정보 / BEMS 내 전체 전력사용량 데이터	
관련 세부과제 서비스		/ BEMS 서비스	

〈표 1-3〉 대표 KPI(서비스 만족도)

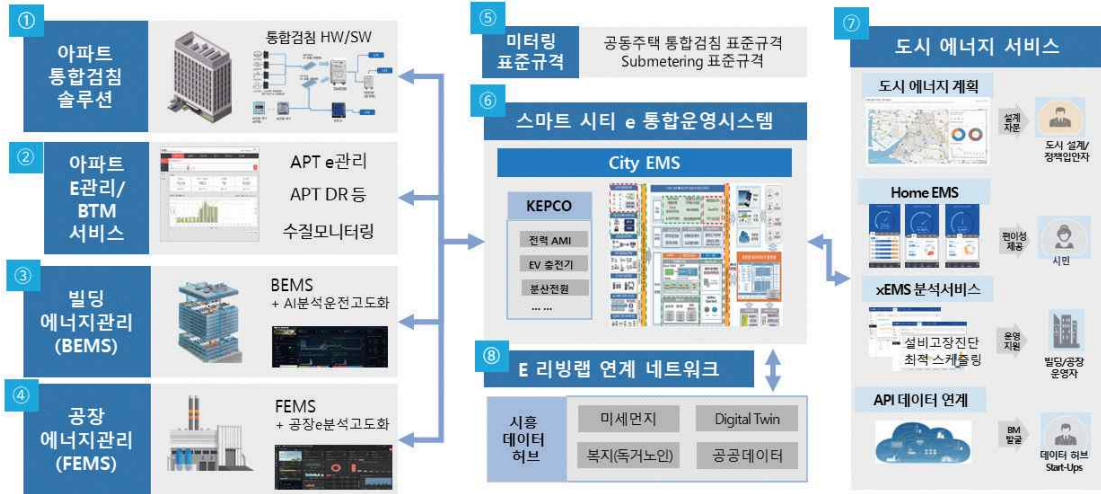
지표명		/ 스마트시티 에너지 리빙랩(통합검침, BEMS, FEMS) 서비스 만족도 조사	
			$/ Q_{n_score} = \left(\frac{N}{I_{n_max_score}} \times \frac{S-1}{k-1} \right)$
	산식		$/ I_{n_score} = \sum_{n=1}^n Q_{n_score}$
			$/ P_{survey_score} = \sum_{n=1}^n I_n$
지표 산식 측정 변수 정의			/ Q_{n_score} : 설문 항목별 점수 / N : 해당 지표의 설문 항목 수 / $l_{n_max_score}$: n 지표의 최대 만족도 점수(AHP 분석을 통해 산출된 점수) / k : k 점 척도 / S : 선택 번호(예 : 매우 그렇지 않다 = 1, 매우 그렇다 = 5) / l_n : n 지표의 만족도 점수 / P_{survey_score} : 스마트시티 에너지 리빙랩 서비스 운영자 만족도 점수
측정 산식 활용데이터 세트			/ 스마트시티 에너지 리빙랩 실증서비스 운영자 만족도 설문조사 코딩 데이터
최종 목표치	2022년	목표치	/ 기존 에너지관리 서비스를 포함하여 스마트시티 에너지 리빙랩 서비스 만족도 80% 이상
측정값	2021년	측정치	/ 기존 에너지관리 서비스를 포함하여 스마트시티 에너지 리빙랩 서비스 만족도 80% 이상
	2022년	측정치	/ 기존 에너지관리 서비스를 포함하여 스마트시티 에너지 리빙랩 서비스 만족도 80% 이상
목표 달성치 검증 방안			/ 스마트시티 에너지 리빙랩 서비스 운영자 대상 설문조사를 통한 서비스 만족도 측정 및 변화 추이 비교
레퍼런스	지표		/ 자체작성
	산식		/ 만족도 설문을 통해 측정된 값을 바탕으로 자체작성
	변수		/ 스마트시티 에너지 리빙랩 서비스 운영자를 대상으로 시행한 만족도 설문조사 항목별 점수
	활용데이터		/ 스마트시티 에너지 리빙랩 서비스 운영자 만족도 설문조사 결과
관련 세부과제 서비스			/ (한국전력공사) 도시에너지관리운영시스템 (CEMS) / (씨앤유글로벌, 젤릭스, 씨그널정보통신) 공동주택 통합검침 인프라 / (계영정보통신) 빌딩 에너지 관리시스템 (BEMS) / (바스코ICT) 공장 에너지 관리시스템 (FEMS)

〈표 1-4〉 대표 KPI(FEMS)

지표명		/ FEMS 활용 대표 생산 제품 월별 에너지 비용원단위 절감률	
지표 산식 측정	산식	/ 비용원단위 = (대표 제품 생산에 투입된 설비의 에너지 비용 합) / (대표 제품 생산량) [원/EA] / [As-Is] FEMS 구축 이전 제품생산 에너지 비용원단위 (a) / [To-Be] FEMS 구축을 통한 절감 활동 이후 제품생산 에너지 비용 원단위 (b) / 절감률(%) = $\frac{(a)-(b)}{(a)} \times 100$	
	변수 정의	/ a = FEMS 구축 이전 제품생산 에너지 비용원단위 / b = FEMS 구축 이후 제품생산 에너지 비용원단위	
측정 산식 활용데이터 세트		/ 수용가 대표 제품 월별/일자별 생산량 / 대표 제품생산 라인 매핑 정보 / 라인별 일자별/시간대별 에너지사용량, 요금 데이터	
최종 목표치	2022년	목표치	/ > 3.0%
측정값	2021년※	측정치	/ [한미정밀화학] - 22년 7월 준공 - 월별 전력사용량 파워플래너 데이터 활용 - 월별 제품생산량 데이터 입력 - 제품생산 에너지사용 원단위 비용 계산
	2022년	측정치	
목표 달성치 검증 방안		/ 특정 연도(원) 데이터 대비 보고 대상 데이터와 비교	
레퍼런스	지표	/ 국내 FEMS 기구축 수용가의 자료 (ex. 대구텍, 흥국 외) / 단위제품 생산에 소요되는 에너지 비용분석은 서로 다른 공장 간의 비교를 가능하게 하며, 이에 따라 FEMS가 기구축된 타 공장들과의 비교가 가능함	
	산식	/ 자체 작성	
	변수	/ 자체 작성	
	활용데이터		
관련 세부과제 서비스		/ 공장 에너지관리시스템(FEMS) 구축	

1 | 도메인 통합 시나리오

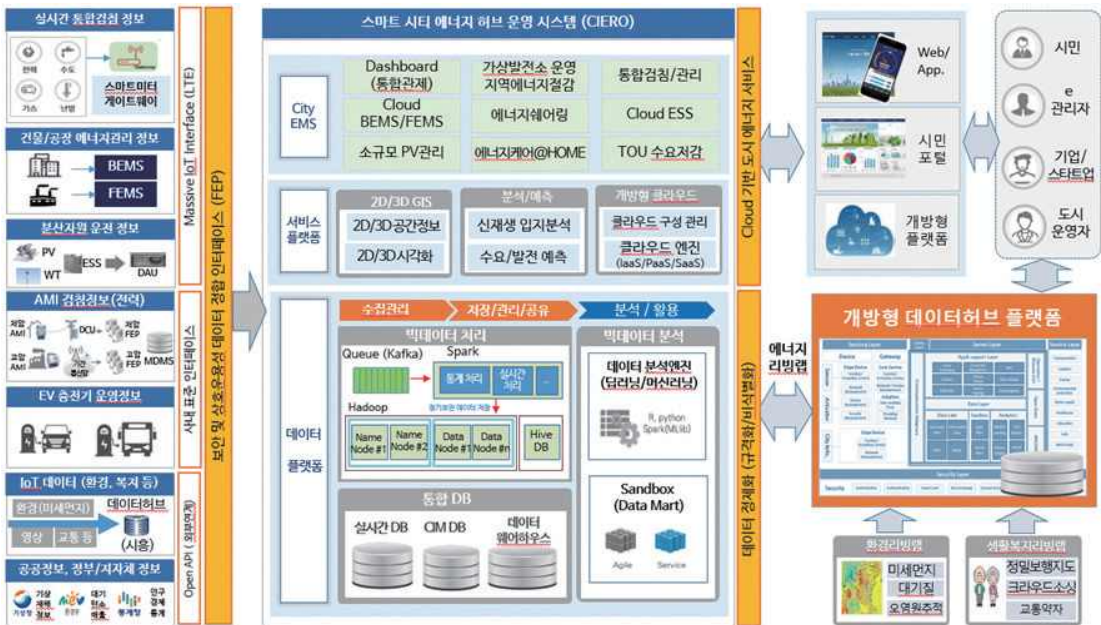
- 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트 중, 경기도 시흥시를 대상으로 수행 중인 여러 연구 과제들 중에서 3핵심 2세부(주관기관 : 한국전력공사, 참여기관 : (주)젤릭스, (주)씨앤유글로벌, (주)바스코ICT, (주)계영정보통신, (주)KT, (주)중앙디앤엠, 한국스마트에너지협회)에서는 시흥시 에너지 리빙랩을 구성하고, City EMS를 활용한 도시 에너지 효율화 서비스를 실증하고 있다.
- City EMS는 시흥시의 탄소중립 현황 및 기본적인 에너지 사용현황에 대한 모니터링뿐 아니라, 본 실증사업을 통해서 구축된 인프라를 활용하여 시흥시 소재의 공동주택, 공공 및 민간 건물, 공장의 데이터를 수집하고, 분석하여 각 실증사이트의 에너지 효율화를 위한 서비스를 제공하고 있으며, 실증 대상의 성격에 따라서 아래와 같이 크게 3가지 분야로 구분된다.
 - 에너지 통합검침을 활용한 HEMS (Home Energy Management System) 서비스
 - BEMS (Building Energy Management System) 기반의 건물 에너지 최적 스케줄링
 - FEMS (Factory Energy Management System) 기반의 비용 효율적 공정 최적화
- 이 밖에도, 도시의 탄소중립 및 에너지 정책목표 달성을 위한 에너지 계획서비스, VPP 서비스, 재생에너지 예측서비스, 데이터연계서비스 등 도시의 종합적이고 체계적인 에너지효율화 달성을 위한 서비스를 제공하고 있다.



〈그림 2-1〉 시흥 스마트시티 에너지리빙랩 구성

1-1 아키텍처 및 시스템 구성도

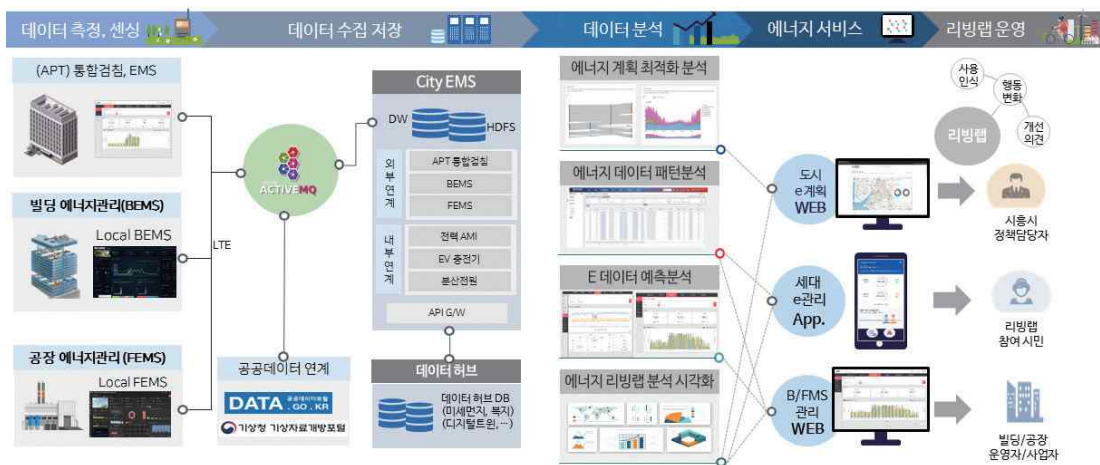
지자체용 웹서비스



〈그림 2-2〉 스마트시티 통합운영시스템 (City EMS)

- <그림 2-2>는 구축한 개별 인프라로부터 데이터를 취득, City EMS를 통해 데이터를 분석하고 다시 개별 실증 대상자들에게 서비스를 제공하는 일련의 과정과 시스템 구성도를 나타내고 있다. City EMS에서는 사용자에게 유의미한 정보제공을 위한 통계분석을 선행하게 되며, 도시의 탄소중립 달성을 위한 지표(예: 탄소배출량 정보, 도시 분산자원 발전량 정보, 행정구역별 에너지 통계 정보 등)를 제공하여 정책수립에 기여할 수 있다.

1-2 City EMS 기반 도시에너지 효율화 서비스 시나리오



<그림 2-3> City EMS 기반 도시에너지 효율화 서비스 시나리오

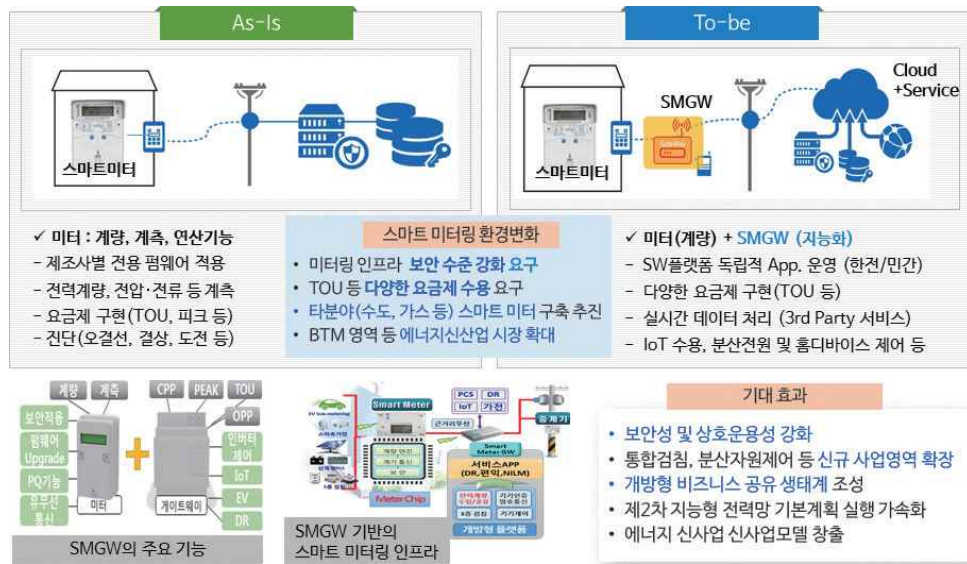
- City EMS를 활용한 도시 에너지 효율화 서비스는 구축된 인프라에서 취득되는 정보와 여러 통계자료를 바탕으로 종합적으로 제공되는 서비스이다. City EMS 운영자는 개발된 운영 포털을 활용하여 도시의 전반적인 에너지 사용 현황에 대해 모니터링하며, 필요시 해당 자원을 제어하여 에너지 수급균형을 조절할 수 있다.
- 본 연구과제의 실증에서는 구축된 인프라로부터 취득된 데이터를 1차적으로 분석하고, 에너지 저감요소를 확보하여 저감방안에 대한 컨설팅을 수행하며, 상세 시나리오는 단위서비스별 시나리오를 통해서 설명하고자 한다.

2 | 단위서비스(기능)별 시나리오

2-1 에너지 통합검침 기반 HEMS 서비스

서비스 개요

- 에너지 통합검침 기반의 HEMS 서비스는 공동주택 고객을 위한 전력, 수도, 열, 온수, 가스 에너지에 대한 사용량 및 요금정보에 대한 실시간 제공과 에너지저장장치 (Energy Storage System, ESS) 또는 가정용 태양광 등의 장비를 보유하고 있는 고객을 위한 예측 및 제어기능을 제공한다.
- 시흥시 에너지 통합검침의 경우, 인프라 구축형과 데이터 연계형으로 구분하여 실증을 수행하고 있으며, 총 1,200호에 대한 실증을 하는 것이 목표다.



〈그림 2-4〉 표준화된 에너지 통합검침 기술 전후 비교(Asis-Tobe)

서비스 시나리오

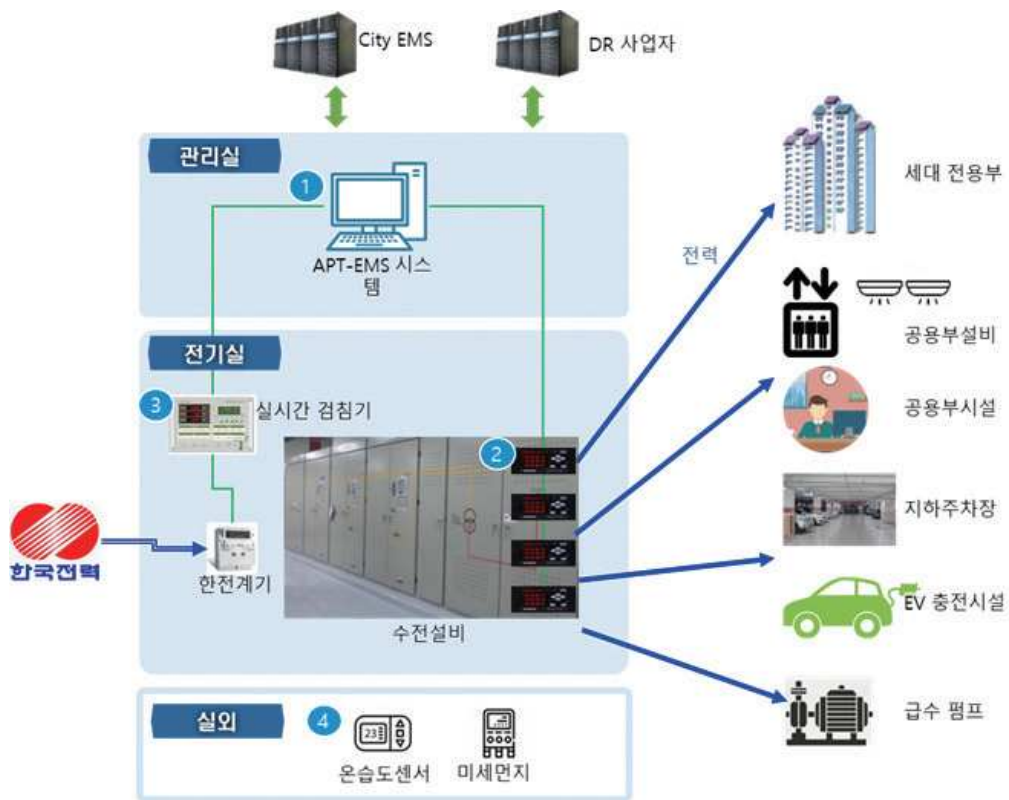
- 에너지 통합검침 기반 HEMS 서비스의 경우 실증은 총 3개 단계로 이루어지며, 첫 단계는 실증대상지에 대한 확보이다. 실증사업에 대한 참여를 위해 시흥시와 협조하여 실증사업 참여 관련으로 공고를 진행하였다.

- 이후 접수된 공동주택에 대한 서면 검토를 진행하였으며, 이때 해당 공동주택에 대한 필수정보(세대수, 동 수, 임대주택 여부, 에너지사용량 데이터 확인 등)를 1차적으로 확인한 후, 해당 공동주택의 실증환경 적정성 판단을 위해 시흥시청과 연구과제 참여기관 등이 참석하여 현장조사를 수행하였다. 이때, 아파트 관리사무소 및 입주민 대표 등을 대상으로 해당 사업에 대한 상세한 설명과 함께 각 에너지원의 공급 및 검침방식 확인과 인프라 설치공간 확보 여부 등을 조사하였다.
- 마지막으로 선정위원회(평가위원 5인, 시흥시청 주관)를 구성하여 사업 목적 부합성, 실증설비의 구축 및 교체 용이성, 전력 및 기타 에너지사용량 저감 잠재성, 사업 참여 및 협조 적극성의 관점에서 평가를 진행하여 최종 실증대상지를 선정하였다.
- 선정된 공동주택의 경우, 전 세대를 대상으로 전기, 수도, 가스미터의 교체를 수행하며, 통신 환경에 따라 5개 층마다 SMGW(Smart Meter Gateway)를 구축하여 데이터를 수집한다. 이렇게 수집된 통합검침 데이터는 LTE 통신을 이용하여 상위 시스템인 City EMS로 전송된다.
- City EMS에서는 수집된 데이터에 대한 통계분석을 수행하며, 분석 결과는 사용자용 모바일 App., 관리자용 Web 포털, 시흥 스마트시티 운영포털, 시흥 스마트시티 시민포털 등에 해당 데이터를 제공한다. 세대 사용자는 제공되는 App.을 통해 실시간으로 에너지사용량을 확인할 수 있으며, 세대 간의 사용량 비교 데이터, 비슷한 평형대 사용량 정보 등을 확인하여 자발적인 에너지 저감활동을 수행하게 된다.
- 그리고 부가적으로 제공되는 태양광 설치 시뮬레이션 기능을 활용하여, 각 세대 베란다에 태양광 설비 설치 시 전기요금의 변화와 투자비용 대비 손익분기점 등의 다양한 상황을 모의하여 전기요금 저감을 위한 계획을 수립할 수 있다. 마지막으로, 에너지믹스 시뮬레이션 기능을 활용하여 가구 내 가전제품의 에너지 간 전환(가스→전기, 전기→가스 등)이 있을 경우 요금 저감 요소를 사전에 모의하여 효율적인 에너지 소비를 유도한다.

2-2 아파트 EMS 서비스

1 서비스 개요

- 아파트 EMS 서비스는 아파트에 특화된 에너지관리 서비스로 공용부 전기 사용량 모니터링, 변압기 감시와 타 에너지 서비스 결합을 통한 공동 전기료 절감 서비스 제공을 목표로 한다.
- 아파트 EMS는 전력 측정을 위한 CT 센서와 계측기, 데이터 저장 및 서비스 구성을 담당하는 EMS 서버, 아파트 주변 환경 자료수집을 위한 IoT 센서로 구성된다.



〈그림 2-5〉 아파트 EMS 구성도

- 전력사용량 모니터링 서비스에는 매 1분 단위로 모든 계측기의 검침 값이 수집되어 관리소 내 설치된 서비스 모니터에 실시간으로 시각화됨과 동시에 자체 분석 알고리즘 수행을 통한 이상 사용 패턴 감시와 변압기 과부하 알림 기능이 제공된다.



〈그림 2-6〉 아파트 EMS 서비스 화면

- 수집된 전력 및 환경 시계열 데이터는 데이터베이스에 누적되며 아파트 공용부 데이터 분석에 특화된 인공지능 알고리즘을 활용하여 더욱 정확한 사용량 예측 서비스를 제공함으로써 요금 폭탄 예방과 에너지 절감 활동에 있어 사전 대응 등의 효과를 제공한다.



〈그림 2-7〉 전력사용량 예측 서비스 구조

- 본 서비스는 CTTS 연계형 수요관리 서비스와 연계하여 DR 참여로 인해 발생하는 수익으로 공동 전기료를 절감함으로써 아파트 EMS의 효용성을 높인 융복합 서비스다. 특히 외부 수요감축 필요 시 계통 연계형 CTTS가 구축된 비상용 발전기를

가동하여 한전 전기 사용량을 감축함으로써 DR에 참여하고 가구에 안정적인 전력을 공급한다.



〈그림 2-8〉 CTTS 연계형 수요관리 서비스

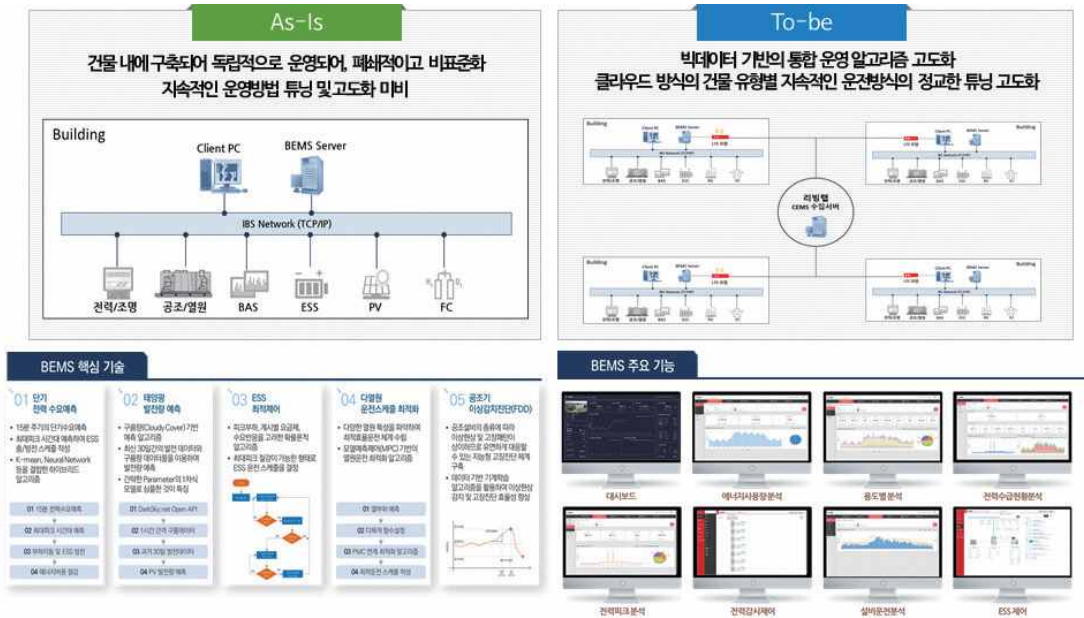
서비스 시나리오

- 아파트 EMS는 아파트 내 공동으로 사용하는 공용부 시설의 에너지 사용을 관리하여 전력 사용료 절감과 DR과 같은 에너지 서비스를 융합하여 시너지 효과를 통해 경제성 있는 비즈니스 모델을 만드는 데 중점을 두었다.
- 에너지 관리의 시작은 사용량 모니터링이며 계측이 정확하고 설치가 쉬우면서 경제적인 비용으로 효율적인 위치에 구축하는 방법을 연구했다. 그러기 위해 시흥시 전역 여러 아파트 단지를 답사하여 단지별 시설물과 설비를 조사하고 관리소장 및 관련자와의 면담 내용을 반영하여 아파트 EMS를 설계했다.
- 설치가 쉽고 정확한 CT 센서 기반 계측기로 모니터링 장비를 구성하고 전기 계측 지점으로는 아파트 전체 사용량 측정을 위한 한전 고압 계기와 변압기, 변압기 하단의 MCCB단을 선정하여 최적의 조건으로 아파트 공용부 에너지사용량 측정이 가능케 했다.
- 1분 단위 실시간으로 수집되는 사용량 데이터를 통해 변압기 감시, 시각화 서비스를 구현하였으며 AI 기술을 적용해 사용량 예측을 통한 서비스 고도화가 추진되었다.
- 아파트 EMS 데이터베이스에 저장된 전기 사용량 데이터는 City EMS에 전달한다.

2-3 BEMS 서비스

1 서비스 개요

- 건물 에너지 관리 시스템은 건물 내 기계설비, 전력제어설비, 원격검침, 신재생에너지 등 주요 단위 시스템과 ICT 기반으로 인터페이스하여 에너지 관련 정보를 수집하고 이를 분석하며, 사용자에게 건물의 에너지 사용현황 정보를 제공하고, 에너지 절감 방안을 제안하는 서비스이다.
- 시흥시 관내 5개소에 건물에너지관리 시스템(BEMS)을 설치하여 실증 연구를 수행하며, 서로 다른 유형의 건물에 시스템을 설치하여, 건물 유형별 특성에 따른 에너지 수요 정보를 파악한다. 그리고 이를 통해 에너지사용량을 예측하고, 예측 사용량을 바탕으로 에너지 절감 활동을 수행한다.
- 구축하는 에너지관리시스템은 BEMS KS 기준을 준수하여, 연구과제 종료 이후에도 실증 대상 건물에서 지속적으로 에너지를 사용 및 절감할 수 있는 시스템을 제공한다.



<그림 2-9> 전력사용량 예측 서비스 구조

D 서비스 시나리오

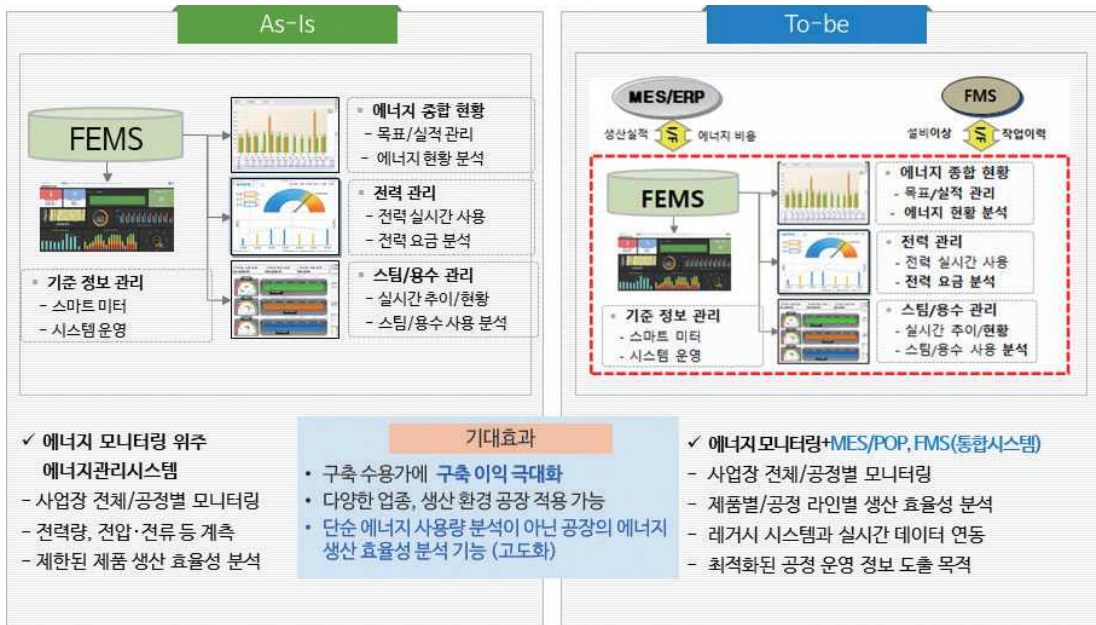
- 구축 대상 건물별 실사 결과와 건물의 준공 설계 도서를 바탕으로 구현 가능한 BEMS의 기능을 도출하는 사전 컨설팅을 진행하였고, 컨설팅 결과에 따라 건물에 에너지관리 시스템을 구현하였다. 또한 건물 내 에너지가 계측되지 않는 부분에 대해서는 계측기를 추가로 설치하는 등의 업무를 수행하여 건물의 정확한 에너지 데이터를 수집하도록 하여 정확하고 신뢰도 높은 에너지 관리 시스템을 구축하였다.
- 수집된 에너지사용량 정보를 바탕으로 고도화된 AI 알고리즘을 개발 및 적용하여 건물의 에너지사용량을 예측하여 사용자가 에너지 수요 예측 정보에 따라 에너지 운영 계획을 세워 효율적인 에너지 절감이 가능하도록 한다.
- 수집된 에너지 정보를 바탕으로 당사가 개발한 인공지능(AI) 기반의 고도화된 알고리즘을 적용하여, 에너지 단기수요 예측, 태양광 발전 예측, ESS 최적 제어, 다열원 최적제어, 공조기 고장진단 등 건물의 주요 설비에 대해서 효율적인 에너지 사용이 가능하도록 서비스를 제공한다.
- City-EMS에서는 수집된 에너지 정보를 바탕으로 도시 단위의 에너지관리를 수행하여, 시흥시 내 주요 건물에 대한 에너지 수요 관리가 가능하다. 그리고 이를 바탕으로 향후 도시 단위의 마이크로그리드의 운영이 가능하도록 한다.

2-4 FEMS 서비스

D 서비스 개요

- 공장에너지관리시스템(FEMS) 구축은 공장 수용가를 대상으로 먼저 FEMS를 구축할 수용가를 모집 발굴하는 단계, 선정된 수용가의 FEMS를 구축하기 위하여 수용가 측의 계측 인프라를 구축하는 단계, 마지막으로 수용가에 FEMS 구축하고 운영 관리 서비스 제공을 통하여 수용가 에너지 절감 수준을 분석하는 것을 목적으로 진행된다.
- 본 연구개발 과정을 통해서 아래와 같이 통상적 FEMS 구축 외에 보다 고도화된 FEMS 구축도 시도하고 있다. 수용가 측의 에너지 계측 데이터 수집 외에 수용가의 제품 생산 데이터 및 정보와의 시스템 연계 구축을 통하여 FEMS를 통한 단순 에

너지사용량 분석을 넘는 공장 수용가의 에너지 생산 효율성 분석이 가능하도록 구축하는 데 그 목적이 있다.



〈그림 2-10〉 MES/POP 연동 모듈 내장시스템 개발을 통한 FEMS 혁신

1 서비스 시나리오

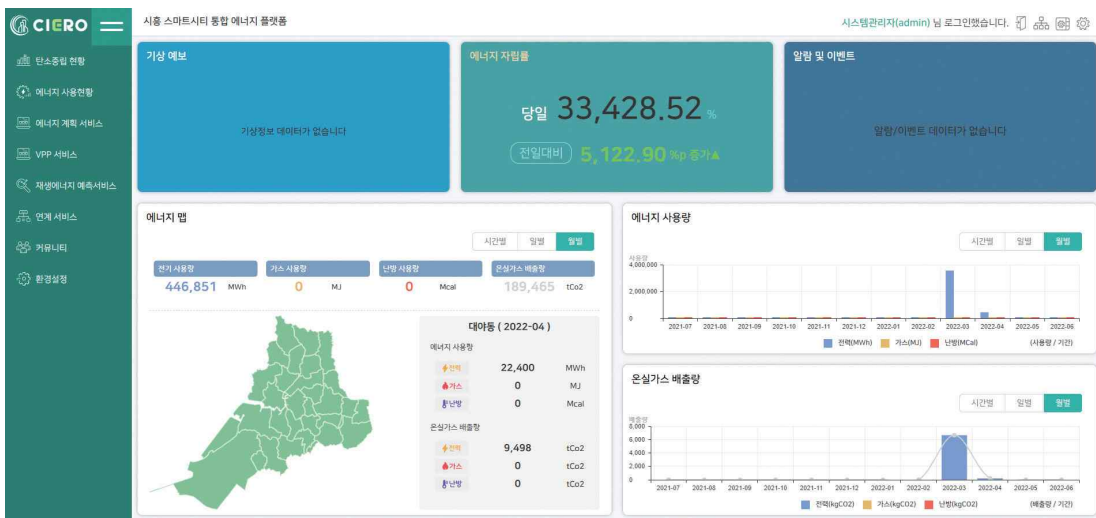
- 공장에너지관리시스템(FEMS) 실증 3단계(수용가 발굴 - 수용가 FEMS 계측 인프라 구축-FEMS 구축) 과정을 통하여 진행된다.
- 수용가 발굴 단계는, 공장 수용가의 특성 및 에너지 소비 특성 등을 고려하여 선정 절차를 진행하게 되며, 먼저 희망 수용가들에 안내문 발송 및 TM 수행, 희망 수용가에 대한 사전 설명회 등을 통하여 모집하게 된다. 이후 모집된 희망 수용가를 중에서 기구축 시스템 상황, 에너지사용량 규모 등을 추가 고려하여 FEMS 구축을 통한 절감 효과 수준을 예상하여 보다 큰 효과를 기대할 수 있는 수용가를 우선 선정한다.
- 수용가 FEMS 계측 인프라 구축 단계는, 먼저 수용가의 공정 분석(수용가 생산 설비, 유틸리티 설비, 기타 에너지 사용 분석), 계측 설계(수용가 측과 계측 포인트 협의 및 도출), 계측 시공(자재 설계 → 발주 → 계측 시공 → 계측기 설정 → 정합성 체크), 수용가 네트워크 인프라 구축

(네트워크 설계, 네트워크 시공, 통신 테스트), 마지막으로 계측/네트워크/인프라 및 게이트웨이 시운전(인터넷 연결, 게이트웨이와 FEMS 서버 간 인터넷 연결 후 시운전) 단계를 통하여 진행된다.

- FEMS 구축 단계는 먼저 계측 데이터 수집(계측, 네트워크, 게이트웨이, 수집SW 설치, 매핑 완료 후 수집 실시), 수집된 데이터 정합성 확인(데이터 수집 확인 및 오류 조정) 과정을 거쳐서 FEMS 애플리케이션, DB 구축을 통하여 구축 과정이 진행된다.
- FEMS 구축이 완료된 수용가에 대하여 상시적으로 운영관리 서비스를 제공하며, 필요시 현장 방문을 통하여 HW, SW 유지관리를 수행한다. 이를 통해 FEMS를 통한 수용가 에너지 데이터 분석을 통하여 보고 기간에 대한 에너지 절감 수준 분석을 수행한다.

3 | 요소기술

3-1 운영 포털



〈그림 2-11〉 스마트시티 통합운영 포털 화면 예시

– City EMS 기반의 스마트시티 에너지 통합 운영을 위한 핵심 기능으로서, 도시의 에너지 현황에 대한 전반적인 모니터링뿐 아니라, 에너지 효율화를 위해서 제공되는 서비스 등이 구현된 포털서비스이다.

- 에너지 맵을 활용한 각 에너지 자원별 사용량 및 온실가스 배출량 정보를 제공하며 정보를 종합하여 도시의 에너지 자립률을 계산하여 운영자의 판단에 도움을 줄 수 있다. 또한 지자체의 각종 에너지 관련 분산자원 정보 현황을 연계하여 설비의 확충 및 정책 수립과정에 해당 정보를 활용할 수 있다.
- 또한 본 연구과제를 통해서 개발된 각종 에너지 효율화 솔루션을 제공하는 등 에너지 리빙랩 운영을 위한 핵심 요소기술에 해당한다.

3-2 에너지 계획 솔루션

- 에너지 계획 솔루션은 스마트시티 내 에너지 자립률 목표를 고려한 최적의 에너지 자원 조합을 산출하는 기술로서, 이중 에너지원(열, 전기 등)의 조합을 고려하여 각 자원을 단일 최적화 문제로 모델링하고, 목표연도까지 매년 에너지 자원 구성의 변화와 신재생에너지 자원의 증설 규모를 도출하는 기술이다. 특히, 구현된 에너지계획 솔루션은 대상 지역의 통계 정보와 지리정보를 통합하여 지역의 최적 에너지믹스를 도출하게 된다.
- 공공시설물 대상 재생에너지 설비구축



〈그림 2-12〉 시흥시 공공시설물 신재생에너지설비 구축 모의 예시

- <그림 2-12>에서는 시흥시의 공공시설물에 대하여 태양광, 소수력발전, 히트펌프, 연료전지 발전 설비 등의 설치조건에 영향을 미치는 파라미터를 뽑아내고, 이 변수를 사용자가 조절하여 도시의 에너지믹스 계획에 반영할 수 있도록 구성되어 있다.
- 각각의 에너지 자원의 용량, 설치 면적 등 기본적인 정보뿐 아니라 해당 자원을 설치했을 때 나타나는 연간 탄소배출 저감효과에 대한 분석도 수행 가능하다.

○ 기축 공동주택 및 건축물 대상 태양광 및 연료전지 설비구축

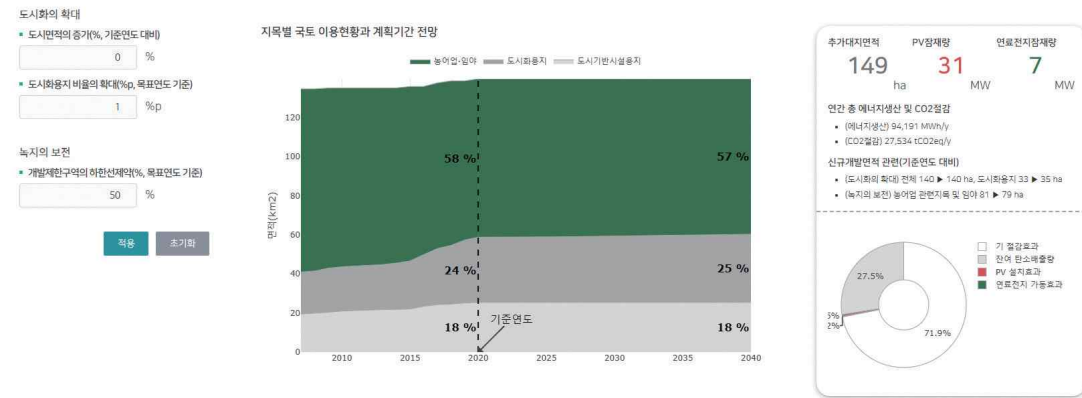
- 이 기능은 건물을 준공 시점을 기준으로 각각 신축, 구축, 노후건물로 구분하고, 각 건물의 타입별로 옥상 면적의 활용률에 차등을 두어 태양광 설치 가능 면적을 도출해낸다. 이를 합산하여 도시 내 옥상형 태양광 설비의 잠재량을 도출해내고, 총에너지 생산량 및 CO₂ 저감량 등을 계산해낼 수 있다.
- 또한, 건축물의 에너지 원단위 % 값을 활용하여 연료전지 잠재량을 산출해내고, 태양광과 마찬가지로 연간 에너지 생산량 및 CO₂ 저감량을 계산한다.

○ 신규 개발예정부지 대상 신재생에너지 설비구축

○ 2단계: 기존 민간 공동주택 및 상공업 건축물 대상 PV 및 연료전지 설비 구축



<그림 2-13> 시흥시 기축 공동주택 및 건축물 대상 설비구축 모의 예시



〈그림 2-14〉 시흥시 신규 개발예정부지 대상 설비구축 모의 예시

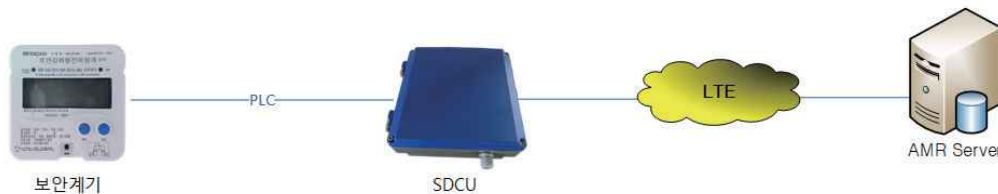
- 본 기능은 기존부지 외에 신규 개발 예정 부지에 대한 파라미터를 설정하고, 도시화 확대에 대한 내용을 시나리오로 설정하고, 추가 대지면적을 통해 태양광 설비의 잠재량을 도출하는 기능을 제공한다.

3-3 에너지 통합검침 솔루션

인프라 구축형

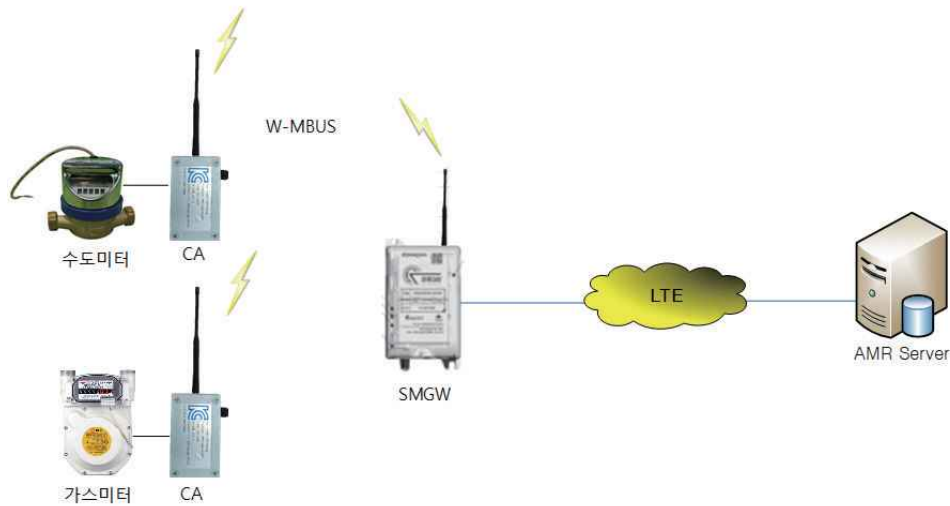
공동주택 통합검침 인프라 구성

- 전기검침의 경우, 전력량계에 PLC(Power Line Communication) 모뎀이 탑재되어있고 지하 분전반에 데이터수집장치(SDCU)가 설치되어 있어 전력량계의 검침값을 PLC 통신을 통해 SDCU로 전달한다. SDCU는 수집된 검침값을 LTE모뎀을 통해 서버로 전송한다.



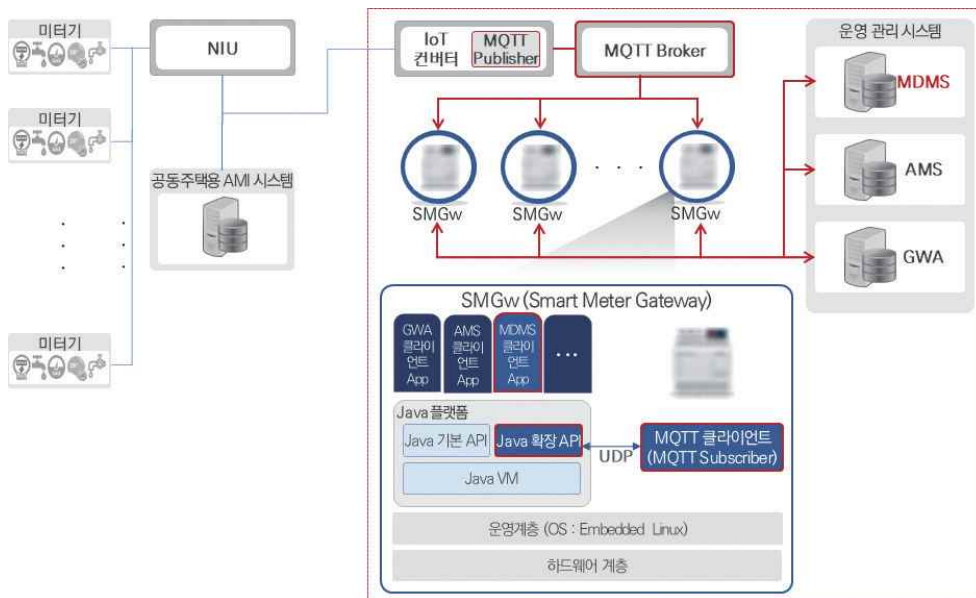
〈그림 2-15〉 전기검침 구성도

- 전기를 제외한 수도와 가스 검침의 경우, 사용량을 펄스로 출력을 하고 검침모뎀 (CA)은 미터 바로 옆에 설치되어 미터로부터 펄스를 수신하여 무선통신을 사용하여 게이트웨이로 검침값을 전송한다.
- 게이트웨이는 5층마다 하나씩 전력량계함 안에 설치되고 위, 아래 두 개의 층에 있는 수도미터와 가스미터의 검침값을 수집한다. 수집된 데이터는 전기와 마찬가지로 LTE모뎀을 통해 상위 서버로 전달된다.



<그림 2-16> 수도 및 가스검침 구성도

3-4 데이터 연계형



<그림 2-17> 데이터 연계형 시스템 개요

- <그림 2-17>의 시스템은AMI 인프라가 이미 구축되어 운영되고 있는 공동주택을 대상으로 에너지 통합 검침시스템으로 통합 구축하기 위한 방식이다.
- 데이터 연계형 솔루션을 적용할 수 있다. 즉 데이터 연계형이란 아파트에 이미 구축되어 있는 폐쇄적으로 운영되는 기존 AMI시스템의 데이터를 통합 검침시스템과 연계하기 위하여 IoT 프로토콜을 이용하여 기존 AMI시스템의 실시간 데이터를 연계하는 방식이다.
- 경제적인 측면을 보면 기존의 APT에서 정상적으로 운영되고 있는 AMI시스템의 교체나 업데이트 등의 추가 작업 없이 계량 계측 데이터를 IoT컨버터를 이용하여 MQTT기반의 IoT프로토콜로 변환하여 SMGW로 전달해서 처리하는 방식으로 경제적인 측면에서 강점을 보인다.
- 시스템의 구성은 다음과 같다.
 - IoT프로토콜 컨버터 : 기존 AMI의 시리얼 기반의 비표준 검침 정보를 MQTT기반의 IoT프로토콜로 변환하여 MQTT브로커(Broker)로 전송하기 위한 장치이며, MQTT 발행자(Publisher)로 동작한다.
 - MQTT 브로커 : MQTT 프로토콜을 통해 MQTT 발행자(Publisher)로부터 데이터를 수신하여 다수의 데이터 구독자(Subscriber)에게 수신된 데이터를 전달하기 위한 서버
 - SMGW : MQTT 메시지 구독자로 역할을 하며 브로커를 통해서 전달받은 메시지를 처리하여 통합검침 서버로 데이터를 등록하는 역할을 한다. 여러 대의 SMGW를 통하여 분산 처리도 가능하다.

3-5 BEMS 요소기술

인공지능(Artificial Intelligence, AI) 기반 알고리즘

● 단기 수요 예측 알고리즘

- 15분 주기의 수요 예측으로 수요의 실시간 변화에 대응하는 확률론적 수요 예측 알고리즘으로, 건물의 최대피크를 예측하여 결과에 따라 건물 내 조명, 열원설비 등을 제어함으로써 에너지 절감이 가능하도록 한다.

- 과거의 건물 에너지사용량 데이터를 기반으로 머신러닝기법(K-means), 시계열 추정(Arma) 기법으로 스스로 에너지사용량을 예측한 후 데이터를 군집화하고 오차율 보정을 통해 예측도를 향상시키는 등의 과정을 통해 사용자에게 정확한 에너지 수요 예측 정보를 제공한다.
- 예측 수요를 바탕으로 사용자는 계획적인 설비 운영 방안 및 절감 방안을 수립 후 운전하여 에너지사용량을 절감한다.

● 공조기 고장진단 알고리즘

- 공조기의 관제점 정보를 수집하여 공조기의 급기 팬, 밸브, 열교환기 등의 요소를 감시하여 공조기의 고장 및 이상 현상을 예측한다.
- 수집된 관제점을 바탕으로 시스템에서 알고리즘에 기반해 스스로 학습하며, 시스템 사용자에게 공조기 내 설비 중 점검 우선순위를 제공해 점검하도록 한다. 그리하여 공조기가 항상 최상의 상태에서 운전하도록 하여 공조기의 비효율 운전 시 발생할 수 있는 에너지 과다 소비를 예방할 수 있다.

● 다열원 최적제어

- 건물 내 냉동기, 지열, 빙축열 등 다수의 열원설비가 복합 운전할 경우 가장 최선의 운전 방안을 AI 알고리즘 기반으로 분석하여 최적의 제어 방안을 제안한다.
- 설비 운전 데이터를 학습하여 익일의 열원 부하량을 예측하고, 부하량에 가장 적합한 열원 설비와 설비의 운전 스케줄을 생성하며, 최적제어를 통하여 에너지 비용을 절감하도록 한다.

HMI Editor Tool

● 건물 유형별, 규모별로 적용 가능한 Tool

- 건물 내 주요 열원설비와 전력 수배전 시스템의 계통도를 작성하고, 매핑하는 툴로서 주요 설비의 실시간 감시가 가능하다.
- 중/소형 빌딩은 통합 SI or BAS 같은 시스템이 없는 경우가 많아, BEMS 도입 시 주요 설비에 대한 운전현황 모니터링을 요구하는 경우가 많다.

- 건물의 에너지 사용정보를 바탕으로 주요 설비의 운전을 관제하여 즉각적인 에너지 절감 활동을 수행할 수 있다.

3-6 FEMS 요소기술

웹 애플리케이션 개발 기술

웹 표준 UI 적용

- 웹 표준을 지원하는 브라우저에서는 동일한 결과를 제공하기 위하여, HTML5에 기반하여 웹 표준과 웹 접근성을 준수한 UI(프런트 페이지단)를 개발하기 위한 기술이다. 또한 CSS3, Javascript를 기반하여 기기의 페이지 렌더링을 조정하여 기기에 따른 호환성을 지원하여, 반응형 웹 애플리케이션을 구현한다.

개인정보 암호화 기술

- AesEncrypt256 암호화, ActiveX 없이 AES 암호화 시스템 구축, 사용자 개인정보 중 민감 정보에 대해 암호화하여 처리하는 기술이다.

소켓 통신 기술

- 동기 소켓 통신 : 클라이언트가 서버에게 요청을 보낸 후, 결과가 넘어올 때까지 기다렸다가 다음 작업을 수행할 수 있는 방식이다. (블로킹 모드)
- 비동기 소켓 통신 : 클라이언트가 서버에게 요청을 보낸 후, 그 결과가 넘어올 때까지 기다리지 않고 다른 작업을 수행할 수 있는 방식이다. (논블로킹 모드)
- 멀티 소켓 통신 : 서버와 클라이언트 연결 구성을 지원하여 다수의 통신 서버가 다수의 클라이언트와 동시적 통신이 가능하도록 지원한다.

동기화

- 설정 데이터 및 수집 데이터를 데이터베이스와 파일 간 동기화 기능을 구현한다.

나. 공장에너지관리 애플리케이션 개발 기술

● 설비 데이터 통신 수집 저장, 처리 가공 기술

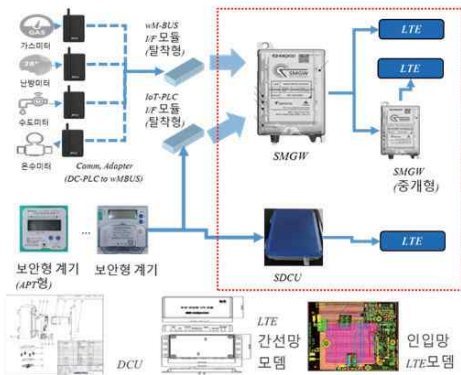
- 데이터를 통신을 통해 수집하여 통합 플랫폼에서 활용하도록 저장하는 기술이다. 수집된 실시간 데이터를 추가 가공 없이 사용하도록 연산, 집계 처리를 지원하며, 설정데이터를 재작업 없이 사용이 가능하다.

● 공장 에너지 지도화 기존 구축 시스템 연계기술

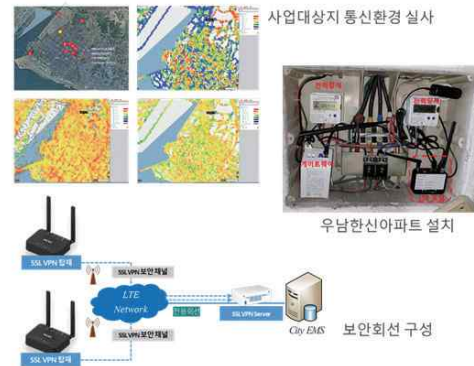
- 수용가, 설비별 매핑, 기구축 시스템(MES, ERP, POP 등)의 연계 기술이다.

3-7 에너지 리빙랩 연계 네트워크 구성

무선통합검침 방안 수립



무선통합검침용 인프라 구축



<그림 2-18> 무선통합검침 네트워크 구성

무선통합검침(LTE) 네트워크 구성

- 다양한 환경에서 이루어지는 원격검침 데이터는 City EMS의 DB에 주기적으로 저장되어야 하고 이를 분석하여 활용해야 하므로 원격지에서 데이터가 원활하게 전송되어야 한다. 이를 위해서 무선네트워크 환경을 구축하여 손실 없는 데이터 전송이 이루어져야 한다.
- 무선네트워크 구성을 위해 5G, LTE, WiFi 등 다양한 무선네트워크 기술을 검토하였으나 현재의 기술 및 비용 등을 감안해 LTE를 이용하여 무선네트워크 환경을 구성한다.

- 각종 검침용 미터(가스, 난방, 온수, 전기 등)는 sM-BUS I/F모듈을 통해 데이터를 수집하고 SMGW를 지나 LTE라우터에 데이터를 전송하도록 네트워크를 구성한다.
- 보안형계기(APT형)는 IoT-PLC I/F모듈과 SMGW를 지나 LTE라우터에 데이터를 전송하도록 구성한다.
- 검침데이터는 LTE라우터를 통해 City EMS에 데이터를 전송하도록 네트워크 환경을 구성한다.
- 검침 데이터는 민감한 정보로 볼 수 있으며, 개인정보 등 보안을 위하여 SSL-VPN을 이용하여 보안회선으로 무선네트워크 환경을 구성한다.
- 사업대상지의 통신환경을 실사하여 LTE라우터의 위치를 선정하였으나, LTE라우터의 설치 위치가 콘크리트벽 내부, 지하 장비실 등 무선환경에 취약하여 이동통신사의 협조를 구해 안테나의 각도 조정 등 무선네트워크 환경을 최적화하였다.

리빙랩의 개방형 데이터허브와 데이터 연계

- 리빙랩의 개방형 데이터 허브와 연계하여 원격검침데이터를 이용한 다양한 정책 지원 및 대시민 서비스 제공 등이 가능하도록 데이터 활용성을 확보한 서비스를 구축했다.
- 3-4 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트 기술혁신 및 비즈니스 창출을 위한 리빙랩형 실증 팀 간 협력하여 연계 데이터에 대한 표준과 연동에 대한 표준을 사전 정의하고 서버 간 데이터 연계가 이루어지도록 구성했다
- 데이터 연계는 Open API방식을 이용하여, Request-Response 방식을 통해 주기적으로 데이터를 전송하며, 데이터 표준은 JSON을 이용했다.
- 연계되는 데이터는 규격화 및 비식별화 과정을 거쳐 데이터를 정제하여 개인정보 및 민감정보에 대한 보안을 감안했다.

3-8 아파트 EMS 요소기술

APT-EMS 설치 장비 구축

- APT-EMS 서비스에 제공에 필요한 총 4가지 장비(계측기, 실시간 검침기, IoT 센서, EMS 서버)를 설치하였다.

- 계측기는 CT 센서 기반의 전류 계측 센서로, 아파트의 공용부 전력사용량(엘리베이터, 지하주차장, EV 충전시설, 급수 펌프 등), 세대 전력사용량을 1분 단위로 계측한다.
- 실시간 검침기는 DR 서비스용으로 한전 계량기와 연계된 계측기로 5분 단위로 아파트 전체 전력사용량을 계측한다.
- IoT 센서는 아파트 실외에 설치된 센서로 온습도와 미세먼지 데이터를 수집한다.
- EMS 서버는 아파트 관리실에 설치된 서버 PC로 수집된 데이터들을 처리하고 DB에 저장하여 웹페이지에 표시한다.

1 AI를 활용한 전력사용량 예측 및 변압기 감시

- EMS 서버에 수집된 데이터를 인공지능 학습 데이터로 사용하여, 전력사용 패턴을 학습하고 인공지능을 구축하였다.
- 구축된 인공지능은 실시간으로 바로 1분 전까지의 데이터를 바탕으로 예측 사용량을 웹 페이지에 표시한다.
- 웹 페이지에 표시된 예측 사용량 데이터를 통해 전력사용량 모니터링의 편의성을 향상하였다.
- 웹 페이지에 표시된 예측 사용량과 실제 사용량 비교를 통해 이상 전력사용을 감지할 수 있고 누전, 누수 등의 문제를 조기 검출하여 빠르게 대응할 수 있다.

3-9 통합검침 규격 표준화

1 통합검침용 스마트미터게이트웨이(SMGW) 기능 요구사항

● 개요

- 본 표준은 주거용, 상업용 또는 산업용 건물의 AMI 환경에서 전력량계, 설비미터 및 스마트미터게이트웨이(SMGW) 등으로 구성되는 통합검침 시스템에 적용되는 스마트미터게이트웨이(SMGW)의 기능 요구사항에 대하여 정의한다.
- 표준의 범위는 SMGW와 연결되는 미터링 통신망(LMN), 가정용 통신망(HAN), 원거리 통신망(WAN)과 여기에 연결되는 SMGW 및 그 부속 장치를 포함한다.

● 통합검침 개요

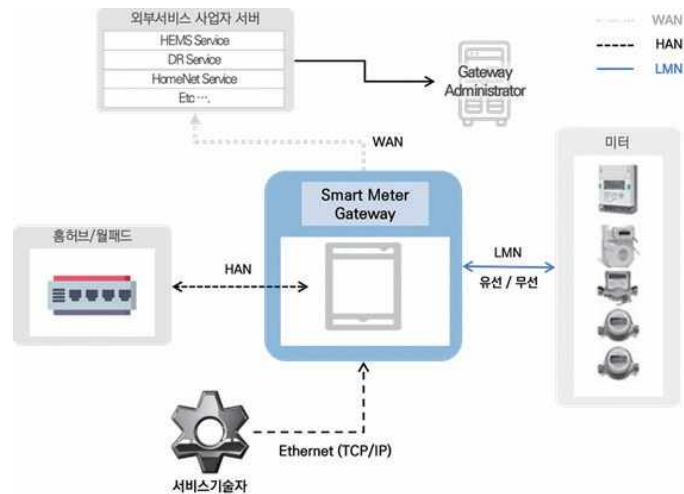
- 통합검침은 주거용, 상업용 건물 내에서 전기, 수도, 가스, 난방, 온수 등에 대하여 통합적으로 검침을 수행하는 시스템 전반을 지칭한다.
- 통합검침 시스템에는 각 자원을 계량하는 미터와 모뎀, 프로토콜 변환기 등 통신장치, 각 미터와 통신 변환장치 및 센서 등 주변기기를 통합, 데이터를 가공 처리하여 전송하기 위한 SMGW 혹은 데이터집중장치(DCU) 등으로 구성된다.
- 계량기와 SMGW 간에는 wM-Bus, WiSUN, PLC 등 다양한 유무선 통신방식을 사용할 수 있고, SMGW와 상위 HES 간 LTE, 광통신 등 다양한 유무선 통신방식을 사용할 수 있다.



〈그림 2-19〉 통합검침 개요

● 스마트미터게이트웨이(SMGW) 개요

- SMGW는 자원을 계량하는 미터의 통합검침 기능을 수행하기 위한 핵심 기기로서, 각각의 미터 및 주변기기와 내부 혹은 외부 서비스 사업자 간의 효율적이고 즉각적인 계량/계측 데이터를 수집, 가공하여 제공한다.
- 외부 서비스 사업자에게는 계량/계측 데이터를 이용한 부가서비스를 제공함으로써 시장 확장을 도모할 수 있게 한다.
- SMGW에 연결된 네트워크는 LMN/WAN/HAN으로 구분되며, 각 네트워크는 데이터 통신을 위한 프로토콜과 인터페이스를 가지고 있다.



〈그림 2-20〉 SMGW에서의 네트워크 연결

◉ SMGW 기능 요구사항

- LMN은 미터의 계량/계측 데이터를 SMGW로 전달하기 위한 통신 네트워크를 의미하는 것으로, 미터의 설치, 제거 및 관리에 관련된 작업이 이루어져야 한다.
- WAN은 SMGW와 외부망 간의 연결을 의미하며, 외부 서비스 사업자 등과의 연결을 위한 통신 네트워크를 지칭한다. 기능적으로는 외부통신망과 연결되어 데이터 또는 요청정보의 전달을 수행한다.
- SMGW는 HAN에서 제공하는 서비스를 지원하기 위해 양방향 통신 방식을 지원해야 하고, SMGW는 프록시(Proxy) 서버 역할을 하며, 데이터 전달 및 기능 요청에 대한 처리를 해야 한다.
- SMGW는 연결된 미터들로부터 수집된 계량/계측 데이터를 HAN을 통하여 각 세대 연결된 홈허브 또는 월패드에서 활용할 수 있는 기능을 제공할 수 있다.
- SMGW는 디바이스 신규 설치 지원, 서비스 기술자 접속 지원, SMGW 업데이트 및 설정값 관리 등 SMGW의 관리에 필요한 기능들을 지원해야 한다.
- SMGW에 연결된 미터 정보는 항상 관리서버와 동기화되어야 하며, 미터의 설치와 제거는 관리서버와 서비스 기술자에 의해 수행되어야 한다.
- SMGW는 네트워크 단절 및 과부하/장애 등의 이벤트 발생에 대해 로그로 기록하고 필요시 즉각적으로 관리 서버로 해당 정보를 전송해야 한다.

- SMGW는 운영상 저장되는 정보나 에러에 대하여 로그 파일로 남겨야 하며, 로그 종류는 시스템로그, 사용자로그, 보안로그 등으로 구분할 수 있다.
- SMGW는 유무선 LMN 인터페이스를 통하여 계량/계측 데이터를 수집할 수 있도록 각 프로토콜에 대한 수집 기능을 제공하여야 한다.
- SMGW는 게이트웨이의 원격 관리를 위하여 게이트웨이 관리 서버와의 연결유지 및 데이터 전송을 위한 기능을 제공하여야 한다.
- SMGW는 HAN을 통하여 홈네트워크 연계, 홈 IoT, 분산전원 등 다양한 장치와 연동될 수 있다.
- SMGW는 게이트웨이 관리시스템을 통한 허가 또는 앱 설치 등을 통하여 SMGW에 연결된 기기들로부터 수집된 데이터의 활용 또는 기기의 제어 등의 서비스를 외부 사업자와 연동하여 제공할 수 있다.
- SMGW는 상위 서버 및 하위 계기와 통신 시 보안을 위해 최소한의 기밀성을 확보해야 하며, 대칭키 알고리즘인 ARIA128(KS X 1213) 등을 적용할 수 있다.

〈표 2-1〉 SMGW의 주요 기능

구분	기능
네트워크별 기능	LMN 기능
	WAN 기능
	HAN 기능
일반 운영 기능	SMGW 관리 기능
	미터 관리 기능
	SMGW 진단 기능
	로그 관리 및 예외처리 기능
	계량/계측 데이터 관리 및 처리 기능
	SMGW 관리서버 연동 기능
	HAN 장치 연동 기능
	외부 사업자와의 연동 기능
	정전 시 동작 기능

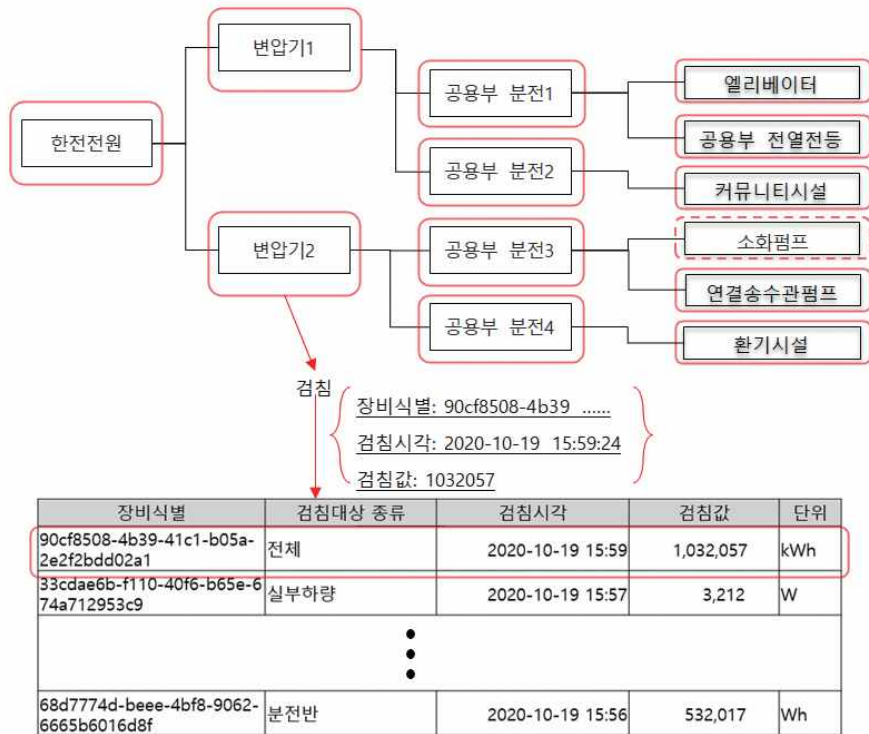
D 공동주택 공용부 설비 에너지 데이터 프로파일

● 개요

- 본 표준은 공동주택 에너지사용량 관리의 기반이 될 수 있는 공용부 에너지 데이터 수집 대상과 형식을 규정하는 프로파일을 정의하여 수집된 데이터를 상위 데이터 수집 서버에 표준화된 방식과 내용 전달을 규정한다.
- 공동주택 에너지 데이터 취득을 위해서는 계측기, 통신시설, 데이터 수집 장치 등이 필요하며, 시장에는 각기 다른 제품과 통신 방법이 사용되고 있으므로 본 표준에서는 구현에는 관여하지 않고 외부 제공 인터페이스를 위한 에너지 데이터의 표준화에 중점을 둔다.
- 본 표준은 공동주택 에너지게이트웨이 장비에서 수집된 공용부 설비 전력 검침데이터를 외부 데이터 연계 서버에 제공하기 위한 데이터 및 데이터 전송 프로토콜을 규정하는 것을 범위로 한다.

● 공동주택 공용부 검침데이터

- 공동주택은 한전으로부터 고압전기를 공급받아 단지 내 전기실의 자체 변압기에서 변압 후 분전반을 통해 공용부 설비 및 시설과 세대에 분배한다.
- 검침대상은 배전상에서의 전체 사용량에서부터 종단의 부하 장비까지 모두를 포함한다.
- 검침대상의 전기 사용량은 에너지게이트웨이에 의해 주기적으로 수집되며, 검침데이터는 검침시간과 사용량으로 이루어진 여러 건의 시계열 데이터 형태로 에너지게이트웨이에 저장된다.
- 배전상의 각 검침대상들로부터 수집된 검침데이터에는 검침대상과 해당 검침 장비의 종류에 대한 정보가 포함된다.



〈그림 2-21〉 검침대상과 검침데이터 관계도

◉ 외부 연동 통신 방식

- 에너지게이트웨이는 HTTP 서버 기반의 REST 방식 API를 제공한다.
- HTTP GET 방식 서비스 요청은 호출 API 종류와 입력 파라미터로 구성된다.
- API 요청에 대한 성공 여부 응답은 HTTP 상태 코드로 정의된다.
- API 요청 성공인 경우, HTTP Body를 통해 요청에 대한 실제 데이터가 Json 데이터 형식으로 전달된다.
- 요청이 실패한 경우, 오류 HTTP 상태 코드와 함께 오류 내역이 HTTP Body를 통해 전달된다.
- API는 토큰 방식의 인증값을 이용해서 사용인증이 이루어지며, API 사용측은 에너지게이트웨이 데이터 제공자로부터 해당 토큰값을 미리 획득하여 요청에 사용한다.
- API 접근시 HTTP 헤더의 “x-access-token:{token}” 필드를 통하여 서버에 토큰을 전달한다.

● 프로토콜

〈표 2-2〉 검침대상 단일 형상데이터 응답 명세(예시) 1

API Method	/e-api/equipments/{equip_id}	
Path 파라미터	equip_id	검침대상 UUID
Query 파라미터	없음	

- 데이터 연계서버와 연동을 위한 API에는 검침데이터와 해당 데이터가 어떤 장비의 검침값인지 알 수 있게 하는 형상 데이터가 포함된다.
- 요청한 검침대상 장비에 해당하는 형상데이터를 조회한다.
- 전체 검침대상 형상데이터 목록을 조회한다.
- 특정 검침대상의 검침데이터를 반환하며, 결과는 검침일시 필드값의 오름차순으로 정렬된다.
- 전체 검침대상의 검침데이터를 반환하며, 결과는 검침일시와 검침대상 범용 고유 식별자(UUID: universally unique identifier) 필드값의 오름차순으로 정렬된다.

〈표 2-3〉 검침대상 단일 형상데이터 응답/요청 메시지 명세(예시)

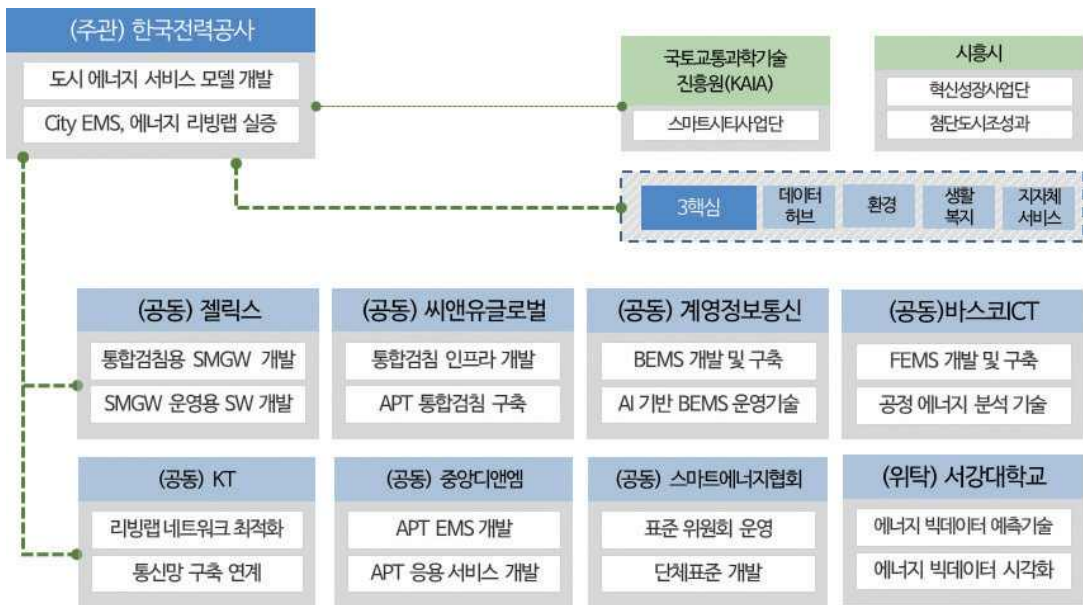
REST 요청
<pre>curl http://<server_address>/e-api/equipments/33cdae6b-f110-40f6-b65e-674a712953c9</pre>
응답
<pre>{ "equip_id": "33cdae6b-f110-40f6-b65e-674a712953c9", "name": "산업용 전기 급수펌프", "type": "급수펌프", "capacity": 50000, "energy_unit": "kW" }</pre>

〈표 2-4〉 검침대상 단일 형상데이터 응답 명세(예시) 2

구분	내용	
결과 형식	<pre> { "equip_id": "⟨uuid⟩", "name": "⟨장비 명칭⟩", "type": "⟨검침대상 분류⟩", "capacity": ⟨최대 전력사용 용량⟩, "energy_unit": ⟨전력사용량 단위⟩ } </pre>	
결과 필드	equip_id	검침대상 UUID
	name	장비명칭
	type	검침대상 분류
	capacity	Watt 단위 최대 전력사용 용량 (값이 0일 경우 정의하지 않음)
	energy_unit	사용량 단위

1 | 실증체계

1-1 에너지 리빙랩 기관 구성 및 역할



〈그림 3-1〉 3핵심 2세부 연구기관의 구성 및 역할 구분

- 시흥시 에너지 리빙랩 실증 연구과제는 한국전력공사를 주관으로 하는 3핵심 2세부 참여기관이 수행하였다. 주관 기관인 한국전력공사는 도시에너지 서비스 모델 개발, 리빙랩 실증을 위한 지자체 및 개별 사이트 간의 협의 과정에서 가교역할을 수행했다.
- 위탁기관인 서강대학교는 주요 알고리즘 및 예측기술 관련 개발, 에너지 통합검침과 관련해서는 (주)젤릭스, (주)씨앤유글로벌, BEMS는 (주)계영정보통신, FEMS는 (주)바스코ICT에서 각각 연구개발과 실증을 수행하고 있다.

- 실증 과정에서 발생하는 통신 관련 이슈 및 네트워크의 연계는 참여기관인 KT에서 전담하고 있으며, 얼라이언스 과제 공모를 통해서 선정된 중앙디앤엠은 APT 공용 부를 대상으로 응용서비스를 개발하여 실증을 진행하고 있다.
- 마지막으로 스마트에너지협회는 표준위원회의 운영뿐 아니라, 본 연구과제의 성과물을 표준화하는 역할을 담당하고 있다.

2 | 실증대상

2-1 아파트 통합검침 및 HEMS 실증 대상

● 인프라 구축형 (3종 검침)

- 시흥시의 경우, 배곧신도시를 제외한 모든 지역이 개별난방 방식을 사용하고 있어서, 인프라 구축형의 경우 에너지 3종(전기, 수도, 가스)에 대해서 실증을 진행하였다. 신천동 소재 우남한신아파트와 매화동 소재 금강2차아파트가 실증대상지로 선정되어 현재 인프라 구축 및 실증을 수행하고 있다.

● 데이터 연계형 (5종 검침)

- 데이터 연계형의 경우, 배곧신도시에 위치한 서울대 시흥캠퍼스 교직원아파트가 실증대상지로 선정되어 현재 실증을 진행 중이다.

2-2 BEMS 실증 대상

- BEMS의 경우 총 5개소에 대해서 인프라 및 시스템을 구축하여 실증을 진행하고 있다. 공공건물의 경우, 정왕동 소재의 시흥 에코센터를 실증대상으로 선정하여 실증을 진행 중이며, 에너지사용량 효율화뿐 아니라, BEMS 인증을 받기 위한 프로세스를 진행 중이다.
- 그리고, 서울대 시흥캠퍼스의 3개 건물(교육협력동, 미래모빌리티 연구동, 무인이동체 연구동), 시흥시 최대 상업시설 중 하나인 플라드르(지상 7층, 지하 2층 건물)를 대상으로 실증을 수행하고 있다.

2-3 FEMS 실증 대상

- FEMS의 경우 시화산단 소재의 3개 공장을 대상으로 FEMS를 구축하여 실증을 진행하고 있으며, 각 공장의 성격에 따라 에너지 효율화 방안을 수립하여 실증 중이다.

3 | 실증경과

- 타 세부 과제와 달리, 3핵심 2세부의 경우 고객의 사업장 혹은 아파트 등에 인프라가 구축되기 때문에 코로나-19 시기에 여러 가지 어려움이 많았다. 특히 직접적인 방문이나 회의 등을 진행하는 것이 어려워서 실증사이트 확보 과정이 다소 지연되긴 했지만, 정량적 목표 대비 8~90% 이상의 실증사이트를 확보하여 실증을 진행 중이다.

4 | 실증결과

4-1 아파트 통합검침 및 HEMS 실증

- 실증단지로 선정된 아파트 중, 인프라 구축형의 경우 기존에 설치된 에너지 3종 계량기를 전체 교체하였고, 데이터 연계형 아파트의 경우 별도 통신장치를 통해서 데이터 연계를 진행하였다.

- 보안강화형 APT용 전력량계
 - 무정전교체형, 상하/좌우 접속형



- Smart DCU(Data Concentration Unit)
 - 보안강화(KCMVP모듈사용)
 - 데이터 통신 중개용



- SMGW 용 통신 모듈
 - wM-BUS 모듈 (탈착형)



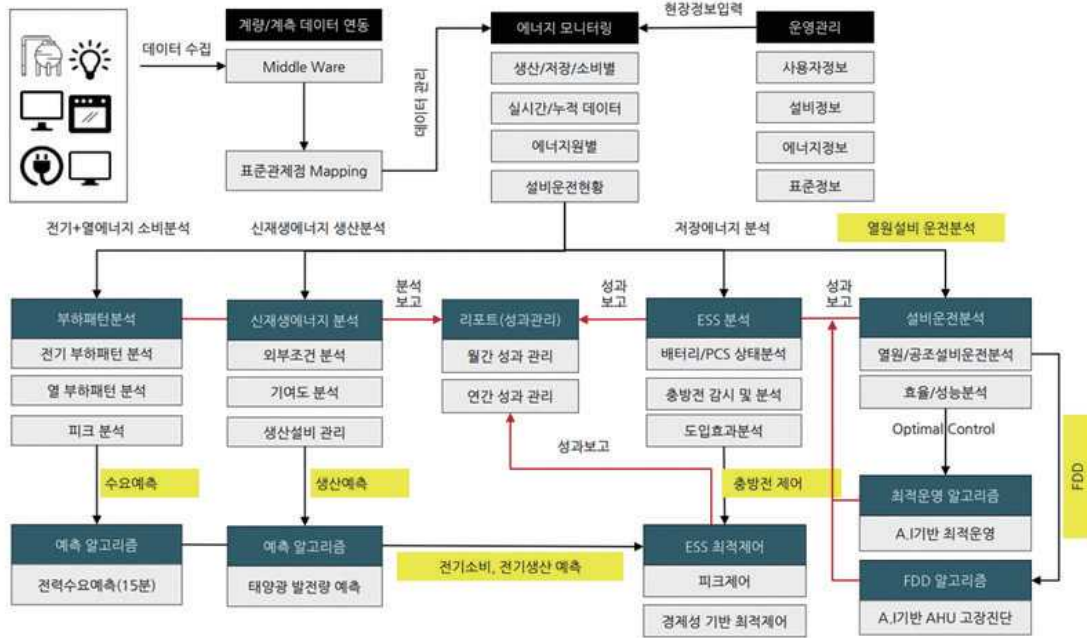
- 무선 M-Bus 통신 어댑터 (CA)



〈그림 3-2〉 통합검침을 위한 요소기기

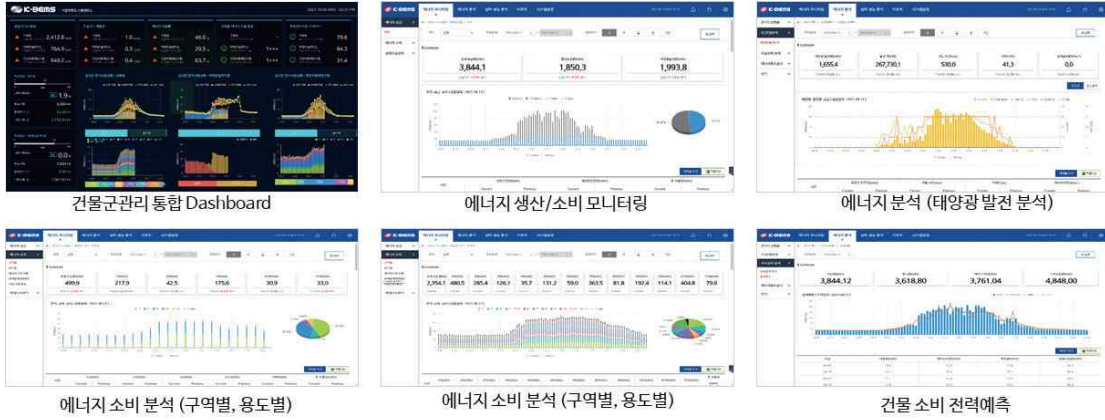
- 구축된 인프라를 통해 정해진 시간 간격으로 데이터 수집이 진행되고 있으며, 관리자 포털 및 'HEMS App.' 을 활용하여 통합검침 실증을 진행하고 있다.

4-2 BEMS 실증



〈그림 3-3〉 BEMS를 활용한 에너지 저장 프로세스

- BEMS의 경우, 각 실증사이트를 대상으로 우선 사전 컨설팅을 시행한다. 이때 각 건물의 에너지 운영현황을 조사하고 저장 요소를 도출하여 효과적인 인프라 구축이 진행될 수 있도록 설계한다.
- BEMS를 활용한 에너지 저장 프로세스는 위의 그림과 같이 진행된다. 1차적으로 수집된 데이터를 분석하고 이를 활용하여 예측을 수행하여 다양한 열원 특성을 고려한 최적 효율운전 체계를 수립하게 된다.



〈그림 3-4〉 BEMS 화면 예시

- 〈그림 3-4〉는 BEMS 화면의 예시이며, 계측기를 통해 수집된 정보를 웹 또는 대시 보드를 통해서 조회할 수 있다.

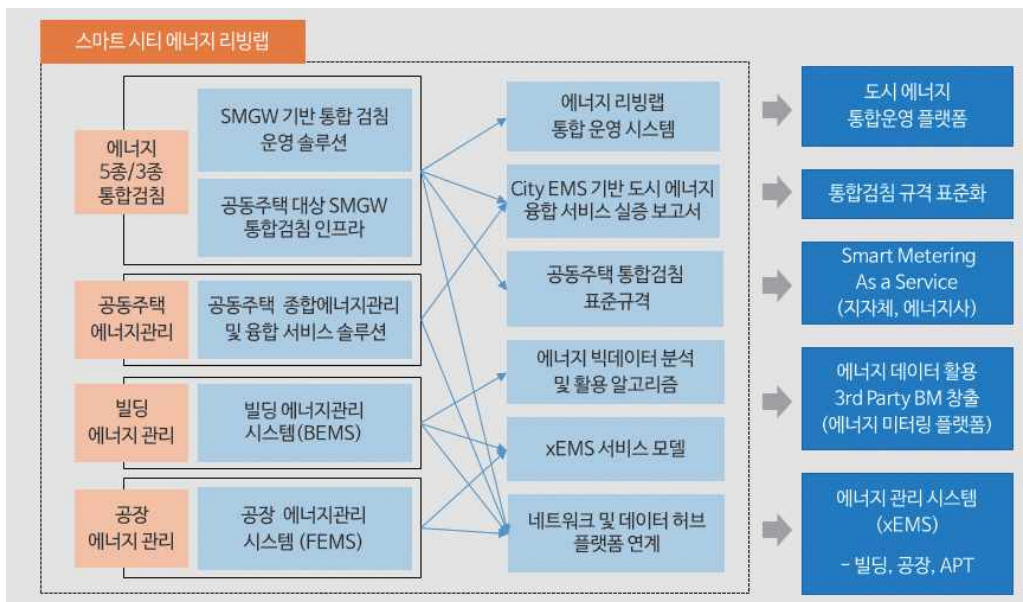
4-3 FEMS 실증

- FEMS도 기본적인 실증 절차는 BEMS와 유사하지만, 공장설비의 특성에 대한 분석이 더 중요하다. 공정별, 설비별 부하 데이터에 대한 분석이 선행되어야 한다. 또한 공장별로 전력사용량을 감축할 수 있는 범위가 한정되어있어 이에 대한 검토가 필요하다.
- 사업장마다 FEMS 시스템을 구축하고, 이를 통해 설비별 에너지 사용현황, 제품별 에너지 비용 분석, 최대수요현황, 설비 감시 등의 기능을 활용할 수 있으며, 사업장의 운영 환경을 고려하여 에너지 저감 활동을 시행한다.



〈그림 3-5〉 FEMS 대시보드 예시

1 | 운영 및 확산



〈그림 4-1〉 연구개발 주요성과의 활용방안

- 도시에너지 통합운영 플랫폼의 경우, 도시 내 에너지 생산, 소비자원에 대한 감시, 분석 및 서비스 모델 개발에 활용이 가능할 것으로 생각되며, 도시의 데이터 허브, U-City 통합운영센터 등과 연계하여 운영될 수 있을 것으로 전망된다.
- Smart Metering as a Service
 - 본 실증사업을 통해서 수행한 내용을 바탕으로 타 지자체와 협업하여 전기-수도 통합검침 서비스가 가능할 것으로 생각된다.
- 3rd Party 비즈니스 모델 개발
 - 에너지 통합운영 플랫폼을 통해서 수집 및 분석된 데이터를 3rd Party 사업자에게 제공하여 신규 비즈니스 모델을 창출하는 데이터 사업이 가능할 것으로 생각된다. 대표적인 예로는 DR 사업자 및 소규모 분산자원 중개거리 사업자 등과의 협업이 있다.

1 | 문제해결 사례

● 아파트 통합검침 실증사이트 확보

- 에너지통합검침 실증대상지를 확보하기 위해, 1차적으로 시흥시 스마트시티사업단과 협업을 추진하였다. 우선, 한전이 가지고 있는 에너지사용량 정보 등을 통해 시흥시 내에 있는 에너지사용량이 많은 아파트 단지를 선별하였고, 현장조사를 시행하였다.
- 이후, '시흥시 공고 제2020-2호'를 통해 총 4개의 공동주택 단지가 신청하였고, 이 중 현장 조사와 선정위원회를 거쳐 한 아파트가 선정되었으나, 최종 입주자대표회의에서 사업참여 결정이 부결되었다. 부결 사유는 코로나19 등으로 인해, 인프라 설치를 위한 댁내 방문을 꺼리는 입주민의 입장과 유지보수비용 발생 등이었다.
- 이후에, 시흥시 공고를 통해 진행된 선정 부결사유를 분석 후 시흥시 도시가스 공급 시스템과 연계하여, 가스미터가 검교정기간(5년)이 경과된 단지를 조사하였고, 총 43개 단지가 '19~'21년 기간 동안 가스미터 교체 대상 아파트 단지인 것으로 확인하였다. 그리고 이 단지들을 대상으로 전화로 통합검침 인프라 구축 의향을 조사하였고, 총 5개 단지가 구축 의향을 표명하였다. 이 중 현장조사 및 에너지 절감 잠재량을 고려하여 2개의 단지를 우선 선정하였고, 설명회 및 주민동의 절차를 거쳐 현재의 실증대상지를 확보할 수 있게 되었다.

2 | 기술적 한계

● 지자체별 에너지 공급 환경에 따른 통합검침 제한

- 시흥시의 경우, 배곧신도시를 제외한 모든 행정구역이 지역난방이 아닌 개별 난방을 시행하고 있어, 5종에 대한 통합검침을 제공할 수가 없는 기술적인 한계가 있었

다. 따라서, 이러한 한계를 극복하기 위해 통합검침의 유형을 인프라 구축형과 데이터 연계형으로 구분하여, 각 실증환경에 맞도록 구성하여 실증을 진행하였다.

3 | 거버넌스 관련

- 「탄소중립 기본법」에 의해 정부는 5년 단위로 국가의 '탄소중립 기본계획'을 수립해야 하고, 각 지방자치단체는 이러한 국가의 기본계획을 고려하여 10년을 계획기간으로 하는 지자체별 탄소중립 기본계획을 수립해야 한다. 특히 관련 정책 및 계획에 대한 각 지역의 목소리를 대변할 수 있도록 '지방 탄소중립 녹색성장 위원회'를 구성할 수 있는 만큼, 각 지자체에서는 관련 정책이 성공적으로 정착할 수 있도록 지속적인 노력이 필요하다.
- 다만, 타 분야와 달리 현재 우리나라 에너지 관련 기업의 운영 정책상 지자체 혹은 제3의 기관이 전체 권한을 위임받아 에너지 관련 업무를 총괄하는 것은 관련 법/제도의 제약으로 인해서 힘든 것이 현실이다. 따라서, 각 관련 기관 간의 협의체를 구성하고 이를 정례화하는 노력이 필요할 것으로 전망한다.

스마트시티
혁신성장동력
프로젝트



SMART CITY