

출품번호
-

제45회 인천광역시과학전람회 출품계획서

지능형 에너지 교환 및 탄소 배출권 거래 시스템

출품자격	학생부	출품부문	산업 및 에너지(SW·IT 융합 포함)
------	-----	------	-----------------------

2025. 3. 27

교육(지원)청	학교(소속)	학년 (직위)	성 명
인천광역시 북부교육 지원청	인천 부원중학교	3학년	서 정 후
지도교원	인천 부원중학교		

II. 탐구(연구) 방법

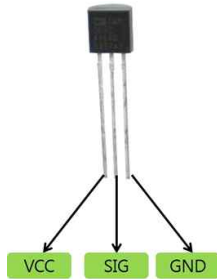
1. 센서 데이터 수집

가정의 내벽과 외벽에 몇가지 센서를 부착하여 실시간으로 에너지 사용량을 측정한다. 이를 위해 온도 센서, 습도 센서, CO₂ 센서 등을 활용할 계획이다. 각 센서의 측정 원리와 역할 그리고 정보를 정리한 표는 아래와 같다.

센서 종류별 역할 및 기능

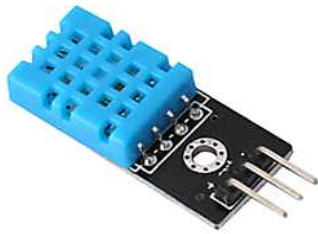
센서 종류	역할 및 기능
온도 센서	실내외 온도 차이를 측정하여 열 손실 정도 분석
습도 센서	습도 변화 감지를 통해 에너지 소비 패턴 파악
CO ₂ 센서	실내 공기 질을 측정하여 환기 필요성 분석

가. 온도 센서



항목	설명
유형	아날로그 온도 센서
측정 범위	-40° C ~ +125° C
출력 전압 범위	0V ~ 1.75V
전원 전압	2.7V ~ 5.5V
정확도	±1° C(25° C 기준) , ±2° C
선형성	온도에 따른 출력 전압이 선형적으로 변함
소비 전류	50 μA
특징	낮은 전압 작동, 외부 보정 불필요, 사용하기 쉬움
주요 용도	아두이노, 라즈베리 파이 등 마이크로컨트롤러 기반 온도 측정 시스템, 환경 모니터링
장점	저렴한 가격, 간단한 사용법, 넓은 측정 범위, 낮은 전력 소비
단점	아날로그 출력 방식으로 ADC 필요, 정밀도가 높은 측정에는 부적합
참고	출력 전압은 10mV/° C 비율로 변하며, 0° C에서 500mV의 전압을 가짐

나. 습도 센서



항목	설명
유형	디지털 온습도 센서
측정 범위	온도: 0° C ~ 50° C, 습도: 20% ~ 90% RH
정확도	온도: ±2° C, 습도: ±5% RH
작동 전압	3.3V ~ 5V
데이터 출력 방식	단일 버스(Single-bus) 디지털 신호
소비 전류	최대 2.5mA (데이터 전송 중)
샘플링 속도	1Hz (최대)
특징	저렴한 가격, 디지털 출력, 온습도 동시 측정
주요 용도	아두이노, 라즈베리 파이 등 마이크로컨트롤러 기반 온습도 측정 시스템, 환경 모니터링, 스마트 홈
장점	저렴한 가격, 간단한 인터페이스, 온습도 동시 측정
단점	낮은 정확도, 느린 샘플링 속도, 제한적인 측정 범위
참고	데이터 출력 시 단일 버스 프로토콜을 사용하며, 라이브러리 지원이 풍부함

다. CO₂ 센서



항목	설명
유형	이산화탄소(CO ₂) 센서
측정 방식	비분산 적외선(NDIR)
측정 범위	모델에 따라 다름 (일반적으로 400 ~ 5000 ppm)
정확도	모델에 따라 다름 (일반적으로 ±(50 ppm + 측정값의 3%))
작동 전압	3.3V 또는 5V (모델에 따라 다름)
출력 신호	PWM, UART, I ² C
소비 전류	모델에 따라 다름 (일반적으로 수십 mA)
특징	NDIR 기술, 자동 교정, 다양한 출력 방식, 소형화
주요 용도	실내 공기 질 측정, 환기 시스템 제어, 공기 청정기, 스마트 빌딩, 농업
장점	높은 정확도, 안정적인 측정, 다양한 활용 분야, 유지 보수 용이
단점	상대적으로 높은 가격, 초기 안정화 시간 필요
참고	모델별로 세부 사양이 다르므로 데이터시트를 참고해야 함

2. 적외선 데이터 수집

적외선 카메라를 이용하여 열 손실 데이터를 수집한다. 적외선 카메라는 건물의 외벽이나 창문 등에서 발생하는 열 손실을 감지하는 데 효과적이며, 시각적인 자료를 제공하여 보다 직관적인 분석이 가능하게 해준다. 이를 통해 열 손실이 집중적으로 발생하는 위치를 빠르게 파악할 수 있으며, 단열이 더 효과적으로 이루어지는데 기여할 수 있다.

3. 데이터 분석

Gemini의 API를 활용하여 열 화상 이미지와 센서 데이터를 지속적으로 분석하고, 이를 통해 특정 지역에서 발생하는 열 손실 패턴을 파악한다. 이 과정에서 AI 모델이 지속적으로 학습하여 수집된 데이터를 기반으로 정밀도를 향상시키는 시스템을 구축한다. 이를 통해 단순한 데이터 수집을 넘어, 패턴을 분석하고 미래의 에너지 소비 경향을 예측하는 기능을 갖추게 된다.

4. 분석 데이터 예측

1번과 2번에서 수집한 자료를 기반으로 에너지 사용량을 측정하고, 이를 수식으로 정리하여 정확한 계산이 가능하도록 한다. 이때 각 센서의 결과값을 반영하여 최적화된 에너지 사용량 분석 모델을 개발한다. 에너지 절약이 가능한 부분을 찾아내어 사용자에게 직관적으로 안내할 수 있도록 하며, 실시간 데이터를 반영해, 최적의 에너지 절감 방안을 도출할 수 있도록 한다. 다음은 수식을 통해서 계산하는 방법을 나타낸 표이다.

에너지 손실량 계산 수식 표

계산항목	수식	변수 설명
열 손실량 (Q) 계산	$Q = U \times A \times \Delta T \times t$	U : 열전달계수 ($W/m^2 K$) A : 창문 또는 벽의 면적 (M^2) ΔT : 실내외 온도 차이 (K) t : 시간 (s)
에너지 소비량 예측 (E)	$E = Q/\eta$	E : 에너지 소비량 (J) η : 난방/냉방 시스템의 효율 (%)
AI 예측 모델 적용	$E_{predicted} = f(T_{outside}, T_{inside}, H, W, M)$	$T_{outside}$: 외부 온도 T_{inside} : 내부 온도 H : 습도 W : 바람 속도 M : 건물 재질

5. 기상청 api를 이용한 알고리즘 분석

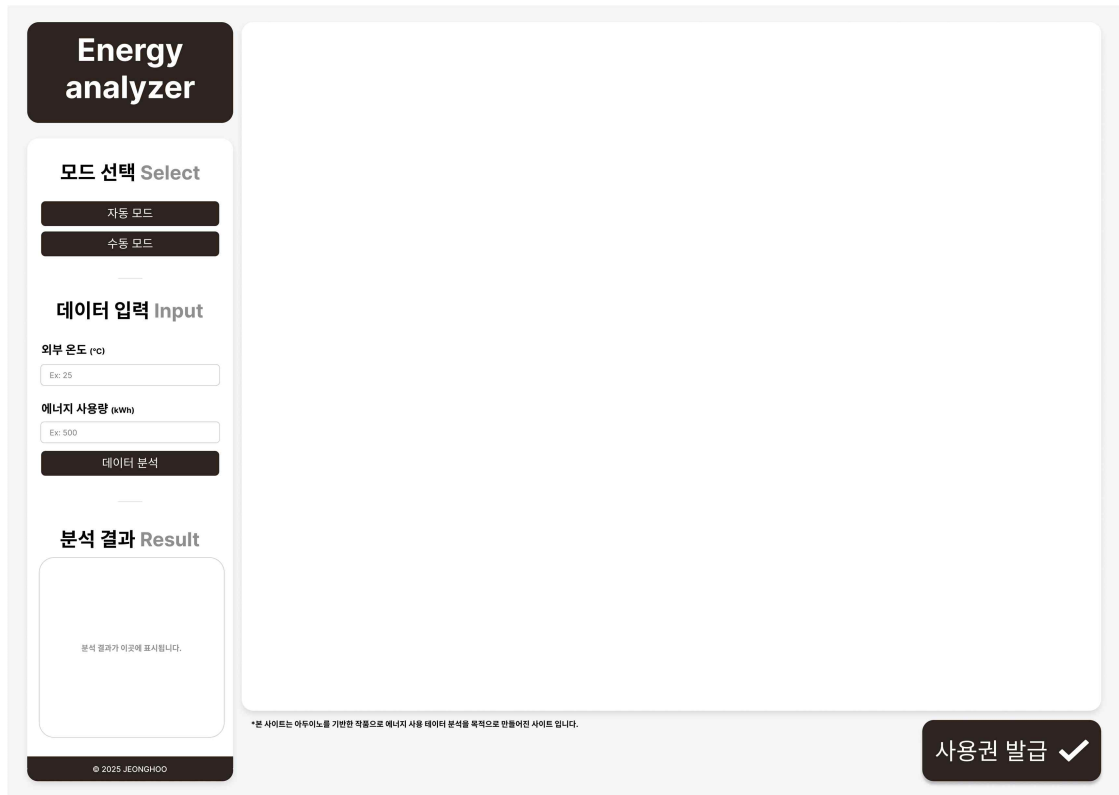
AI 기반의 알고리즘을 적용하여 날씨, 계절, 건물 구조 등을 분석하고, 이를 바탕으로 효과적인 열 손실 방지 방법을 제안한다. AI가 지속적으로 학습하면서 다양한 환경 변수에 맞춘 에너지 절약 방안을 자동으로 추천할 수 있도록 시스템을 고도화할 예정이다.

6. 적외선 카메라를 이용해 촬영한 열 화상 이미지를 시각적으로 분석할 수 있는 웹사이트를 개발하여 직관적인 에너지 절감 효과를 제공한다. 이 웹사이트에서는 수집된 데이터를 정리하여 그래프와 통계 자료로 변환하고, 사용자가 쉽게 이해할 수 있도록 대시보드를 제공할 예정이다.

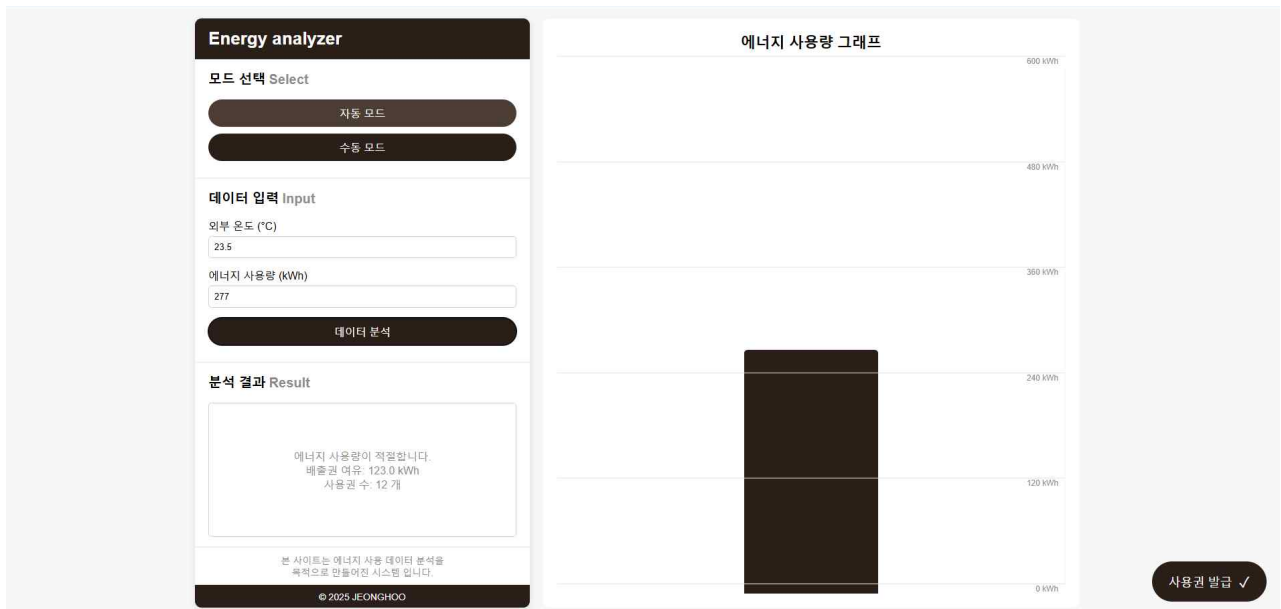
7. 웹사이트 주요 기능

- 자동으로 센서 데이터를 수집하여 파이썬으로 처리한 후 CSV 파일로 저장
- HTML, CSS, JavaScript 등을 이용하여 데이터 시각화
- 사이트에서 통계를 제공하고, 제한된 배출권을 초과하면 경고 문구를 표시
- 배출권이 남을 경우 포인트로 변환하여 보상 시스템 구축
- 에너지 사용 패턴을 분석하여 맞춤형 절약 전략을 제공

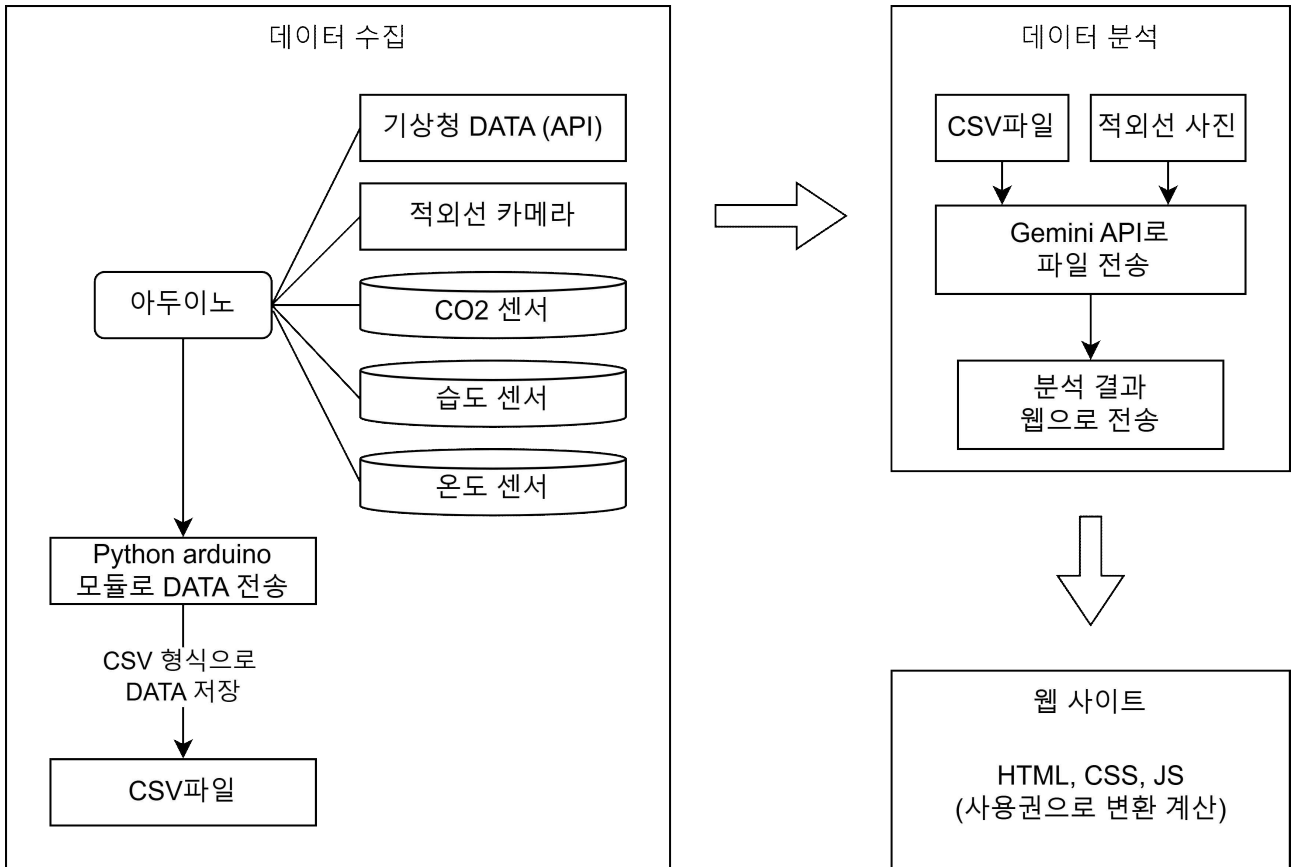
작품 구현시 모습 (웹사이트 예상_made with figma)



실제 Html, Css, JavaScript로 구현한 모습



작품 구조도



Ⅲ. 예상 결과

이 시스템을 도입하면 건물의 열 손실을 효과적으로 줄이고, 에너지 소비 효율을 높일 수 있다. 특히, 센서를 통한 실시간 데이터 수집과 AI 분석을 결합함으로써 개별 가정이나 기업이 보다 효율적으로 에너지를 관리할 수 있도록 돕는다. 단순히 에너지를 절약하는 것에 그치는 것이 아니라, 절감된 에너지를 탄소배출권으로 전환하여 경제적 이익을 창출할 수 있는 기회를 제공한다. 이를 통해 각 가정이나 건물이 필요 이상의 에너지를 소비하는 것을 방지하고, 보다 친환경적인 에너지 사용 문화를 조성할 수 있을 것으로 기대된다.

IV. 기대효과

1. 에너지 절약 효과 극대화

스마트 열 손실 관리 시스템을 도입함으로써 개별 가정 및 건물의 에너지 소비를 줄이고, 보다 체계적인 에너지 절감 방안을 제공할 수 있다. 기존의 에너지 절약 방식보다 더욱 정밀하고 실효성 있는 방법을 제공하여 실질적인 에너지 절약 효과를 기대할 수 있다.

2. 환경 보호 및 지속 가능성 강화

에너지 낭비를 줄이고 탄소 배출을 감소시켜 환경 보호 및 지속 가능한 사회 구축에 기여할 수 있다. 특히, 이 시스템이 널리 도입된다면 탄소 배출량이 획기적으로 줄어들어 기후 변화 대응에도 긍정적인 영향을 미칠 것으로 예상된다.

3. 가정 내 에너지 네트워크 활성화

P2P 방식의 에너지 공유 네트워크가 구축됨으로써 개별 가정들이 효율적으로 관리할 수 있도록 한다. 이 시스템이 도입되면 에너지를 보다 균형 있게 배분할 수 있으며, 특정 지역에서 에너지가 과도하게 사용되는 것을 방지할 수 있다.

V. 유사작품 검색 및 차별성

1. 학술연구정보서비스 논문(RISS) 검색

가. 검색결과

스마트그리드 기반의 홈네트워크 제어와 에너지 관리 시스템 통합에 의한 에너지 절감 효과 분석에 관한 연구 = A Study on Energy Saving Effect by Smart Grid-based Home Network Control and Energy Management System

<https://www.riss.kr/link?id=A105810>

저자	김민기(MIN-GI KIM); 허재두(JAE-DOO HUH)
발행기관	대한전기학회
학술지명	대한전기학회 학술대회 논문집
권호사항	Vol.2012 No.11 [2012]
발행연도	2012
작성언어	Korean
자료형태	학술지년
수록면	81-82(2쪽)
제공처	DBpia

12 6 10
상세조회 다운로드 내보내기

나. 차별성

본 연구 주제인 ‘지능형 열 손실 관리 및 에너지 효율 최적화 시스템’은 기존 연구인 ‘스마트그리드 기반의 홈네트워크 제어와 에너지 관리 시스템 통합에 의한 에너지 절감 효과 분석에 관한 연구’와 유사하게, 네트워크 제어와 에너지 관리 시스템의 통합을 통해 전력 에너지 사용량 절감을 목표로 한다. 그러나 본 연구는 탄소 배출권 거래 시스템에서 영감을 받아, 에너지 절약뿐만 아니라 탄소 배출권 거래를 고려한 시스템을 개발하는 데 중점을 두고 있다.

그리고 본 연구는 기존의 에너지 관리 시스템에 탄소 배출권 거래 기능을 통합함으로써 에너지 절약을 더 효과적으로 할 수 있다. 그 뿐만 아니라, 본 시스템은 에너지 사용량을 효율적으로 관리하여 절감된 에너지에 맞는 탄소 배출권을 획득하고, 이를 거래하여 추가적인 보상을 받을 수 있다.