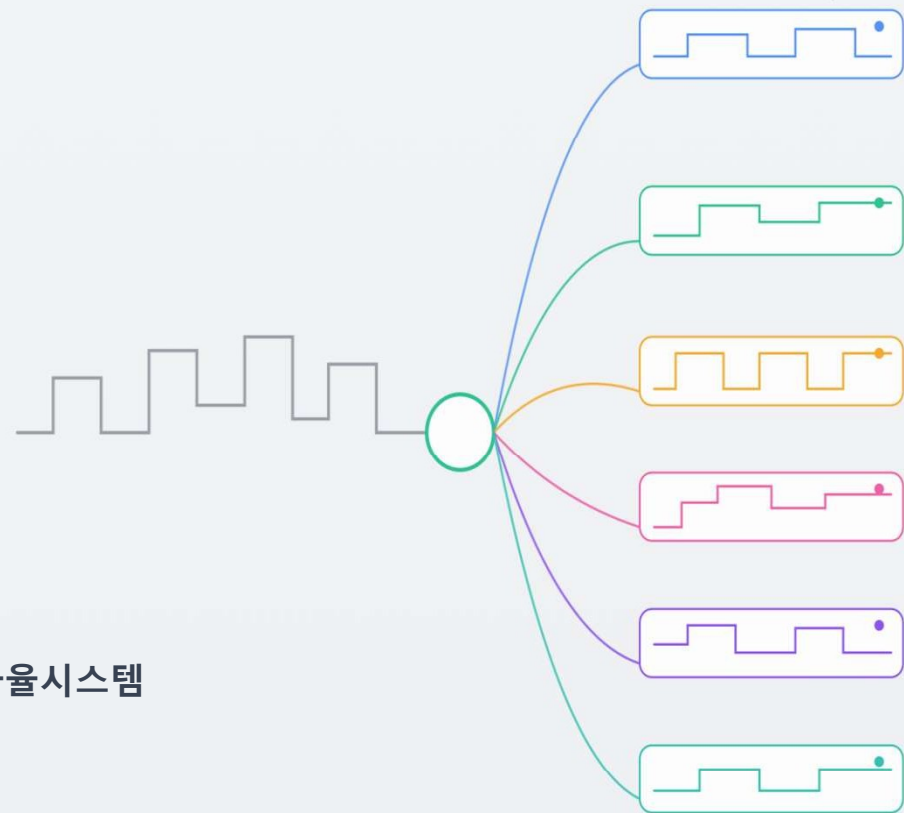


NILM 기반 실시간 에너지 진단 AI 에이전트 시스템

전체 전력 데이터를 가전별 사용량으로 분해하고,
AI 에이전트가 실시간 에너지를 진단하고 절감하는 행동을 제안하는 자율시스템



KEYWORDS

NILM

실시간 에너지 진단

AI Agent

상태모니터링

캐시백 미션

와트이슈 박지민 안주연 황대원



공모전 주제 선정 배경

에너지 데이터를 활용한 **AI Agent 기반 제품·서비스 제안**



주최 | 기후에너지지원본부 대표주관 | 한국전력공사

주관기관 | KEITI 한국환경산업기술원 K water 국립생태원

한국환경공단 국립농림수산식품원 국립환경과학원 KECI 한국환경보존원

KIHS 한국수자원공사 기술원 한국지역난방공사 한국수력원자력 한국전력기술

KPOX 전력거래소 KCEM 한국남부발전 한국남부발전 한국동서발전 KWP 한국서부발전

OFFICIAL POSTER

2026 기후에너지지원본부 AX 아이디어 경진대회

1 SECTION 01 공모전 개요

★ 출품 공모전

2026 기후부 AX 아이디어 경진대회

제품·서비스 개발 부문

3개 부문 정책 아이디어

● 제품·서비스 (앱·AI Agent)

데이터 분석

2 SECTION 02 주제 선정 이유

공모 키워드

에너지효율

에너지산업

에너지환경

→ 직접 연결

사용자 문제

전기요금은 보이지만 어떤 가전을 줄일지 모름



우리의 해결

전력 분해

AI 진단

절감 미션

3 SECTION 03 용어 정리



NILM

집 전체 전력 사용량을 가전별 사용량으로 나누는 기술



상태 모니터링

어떤 가전이 평소보다 많이 쓰였는지 원인을 분석하는 과정



AI 에이전트

분석 결과를 바탕으로 절감 행동과 캐시백 미션을 제안하는 AI



목차

7개 챕터

01 인트로

- 1-1 팀원 소개
- 1-2 문제 정의

02 서비스 설계

- 2-1 사용자 시나리오
- 2-2 요구사항정의서
- 2-3 클래스 다이어그램
- 2-4 시퀀스 다이어그램
- 2-5 시스템 아키텍처

03 핵심 기술

- 3-1 NILM — 역할, 고도화 과정, 최종 구조와 성과
- 3-2 상태 모니터링 — 역할, 기술 선택 근거, 가전별 맞춤 상태 분류 전략, 전력 사용량 변화 감지 구조
- 3-3 추천시스템- 추천 시스템에 대한 개선 사항, 절감 추천 품질 검증 결과

04 AI 추천 시스템

- 4-1 멀티에이전트
- 4-2 Anthropic Effective Agent 4 패턴

05 개발 방법론

- 5-1 기술 스택 및 시스템 구현 환경
- 5-2 클린 아키텍처
- 5-3 AI Native Engineering
- 5-4 개발 협업

06 결과 및 기대효과

- 6-1 시연
- 6-2 수익성 · 확장성 · 기대 효과
- 6-3 향후 고도화 로드맵

07 마무리

- 7-1 Q&A



팀원 소개

팀명 와트이슈 · 3인 풀스택 AI 팀

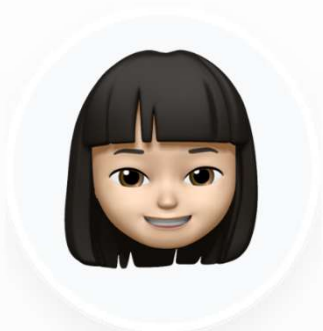


MEMBER 01

박지민

**ML
Developer**

22종 가전 상태 모니터링 엔진 개발
단기/장기 메모리 기반 사용 패턴 누적 구현



MEMBER 02

안주연

**AI Agent / Frontend
Developer**

멀티에이전트 기반 AI 진단 · 미션 추천 시스템 구현
가전 진단 KG 설계 및 인사이트 UI 개발



MEMBER 03

황대원

**DL / Backend
Developer**

NILM 모델 학습 · 추론 파이프라인 구현
FastAPI 백엔드 · DB 파이프라인 개발



문제 정의

전기요금은 보이지만, **줄이는 방법**은 보이지 않는다

전기요금 고지서

고객님의 2024년 02월분 전기요금 자동납부 청구서	
전기요금결제권 개설 (09.10)에 따른 최저요금제 시점으로 주택용전약의 월간 전기요금이 1천원 (부가세 포함)에 미달하는 경우 1천원이 기본요금으로 청구됩니다. 동계 단방온도도 2.0도 이하로 유지하여 에너지절약을 실천하십시오. 휴전안내 및 각종 정보제공을 위하여 고객님의 전용번호가 변경된 경우에는 즉시 환전으로 알려주시기 바랍니다.	
전기사용장소	
청구금액	9,490 원
고객번호	남기일 2024년 03월 11일
사용기간	2024년 01월 18일 ~ 2024년 02월 17일
계량기 지칭 번호	9754.00
전세금 계산서	120-82-00052
계량기 지칭 번호	9407.00
공급자	62,004 원
세액	6,200 원
합계	68,204 원
납부일자	2024년 03월 01일
청구금액	9,490 원
미납요금 없음	
사용량 비교	
당월	347 kWh
전월	520 kWh
전년 동월	74 kWh

3가지 페인 포인트

PAIN 01

전기요금 고지서

현재 상황

이번 달 **87,420원** / 사용량 **244 kWh** "왜 많이 나왔는지" 답 없음

막히는 지점

PAIN 02

한전 에너지캐시백

현재 상황

절감 시 **30~100원/kWh** 지급

막히는 지점

"무엇을 줄여야 하나" 행동 가이드 없음

PAIN 03

스마트 플러그·가전별 미터

현재 상황

가전별 사용량 표시 가능

막히는 지점

가전마다 설치 → 비용·번거로움

사용자가 답을 원하는 5가지 질문

Q1 사용자 질문

어떤 가전이 문제인가?

- ✓ NILM 분해 — 분전반 1대로 22종 식별

Q2 사용자 질문

왜 사용량이 늘었나?

- ✓ 평소 사용 패턴 비교

Q3 사용자 질문

무엇부터 줄여야 효과가 큰가?

- ✓ AI가 절감액 순으로 행동 우선 순위 추천

Q4 사용자 질문

캐시백까지 얼마나 남았나?

- ✓ 목표 / 누적 / 예상 캐시백 실시간 계산

Q5 사용자 질문

어떻게 실행하나?

- ✓ 미션 카드 — 행동 안내 + 완료 추적



사용자 시나리오

실제 웹 4페이지로 보는 흐름 — 사용량 확인 → 분석 → 진단 → 절감 행동

01 STEP 01 · DASHBOARD 대시보드



사용자 행동

이번 달 전력 소비 추이와 예상 요금을 한눈에 확인

핵심 지표

이번 달 누적	110.3 kWh
예상 청구액	11,496원
예상 캐시백	+9,470원

화면 구성

- 전력 사용량 추이 그래프
- 많이 쓴 가전 TOP 5 + 캐시백 미션 현황

02 STEP 02 · ANALYSIS 사용량 분석



사용자 행동

시간대별 사용 흐름과 평소 대비 변화가 큰 가전 식별

소비 패턴	15.7 kWh
오늘 사용	21시 ~ 22시
황용 집중 시간	▲ 4,866%
평소 대비 최대	

사용 변화 큰 가전

- 전기압출 · 의류건조기 · 인덕션 · 세탁기

03 STEP 03 · AI DIAGNOSIS AI 진단



에이전트의 답

주의 사용 가전 + AI 추천 절감 조치를 자연어로 안내

- ⚠ 주의 사용 감지
- 세탁기 — 직전 단계 사용량 ▲
- 일반냉장고 — 정상 범위 ▲

- 🔗 AI 추천 조치 2건
- 세탁기 시간 조정 +600원
- 냉장고 문 열기 줄이기 +288원

04 STEP 04 · CASHBACK ★ 캐시백 미션



사용자 행동

절감 미션 수행 → 목표 절감률과 예상 캐시백 실시간 확인

★ 예상 캐시백
₩9,470

절감률 30.5% 목표 달성

- ✓ 오늘의 미션
- 제습기 습도 단계 조정
- 시간 절감



요구 사항 정의서

기능 범위와 성능 기준을 요구사항 단위로 정의

Requirement

표

☰ ⬆ ⚡ 🔍 ⚙

새로 만들기 ▾

Aa 이름

☰ description

👤 assigned to

📄 REQ-000 예시문서

📄 SRS Baseline v1.1 — AX 에너지 효율화 서비스

IEEE 830 / ISO-IEC-IEEE 29148 경량화 기반 통합 요구사항 Baseline 문서. REQ-001~009를 단일 SRS로 통합 관리.

👤 HwangThomas
주연 안주연 지민 박

📄 REQ-003 의사결정 지원 (DR 참여 분석)

DR(수요반응) 이벤트 시 가전별 감축 가능량·환급금·우선순위를 예측하여 참여 의사결정을 지원하는 분석 엔진 요구사항

주연 안주연

📄 REQ-004 데이터 관리 및 보고

사용자 시계열 데이터의 저장·조회·리포트·내보내기·벤치마킹 및 품질 관리를 담당하는 데이터 플랫폼 요구사항

👤 HwangThomas

📄 REQ-008 비기능 요구사항 (시스템 품질)

성능·가용성·확장성·모델 성능·배포 자동화·호환성·유지보수성·접근성·저비용 비침습 제약을 아우르는 시스템 품질 요구사항

👤 HwangThomas
주연 안주연 지민 박

📄 REQ-009 공급사/정책 기관용 집단 분석 (B2B)

에너지 공급사·정책 기관을 위한 지역/주거 형태별 수요관리·DR 정책 효과 검증·집계 리포트 기능의 B2B 요구사항

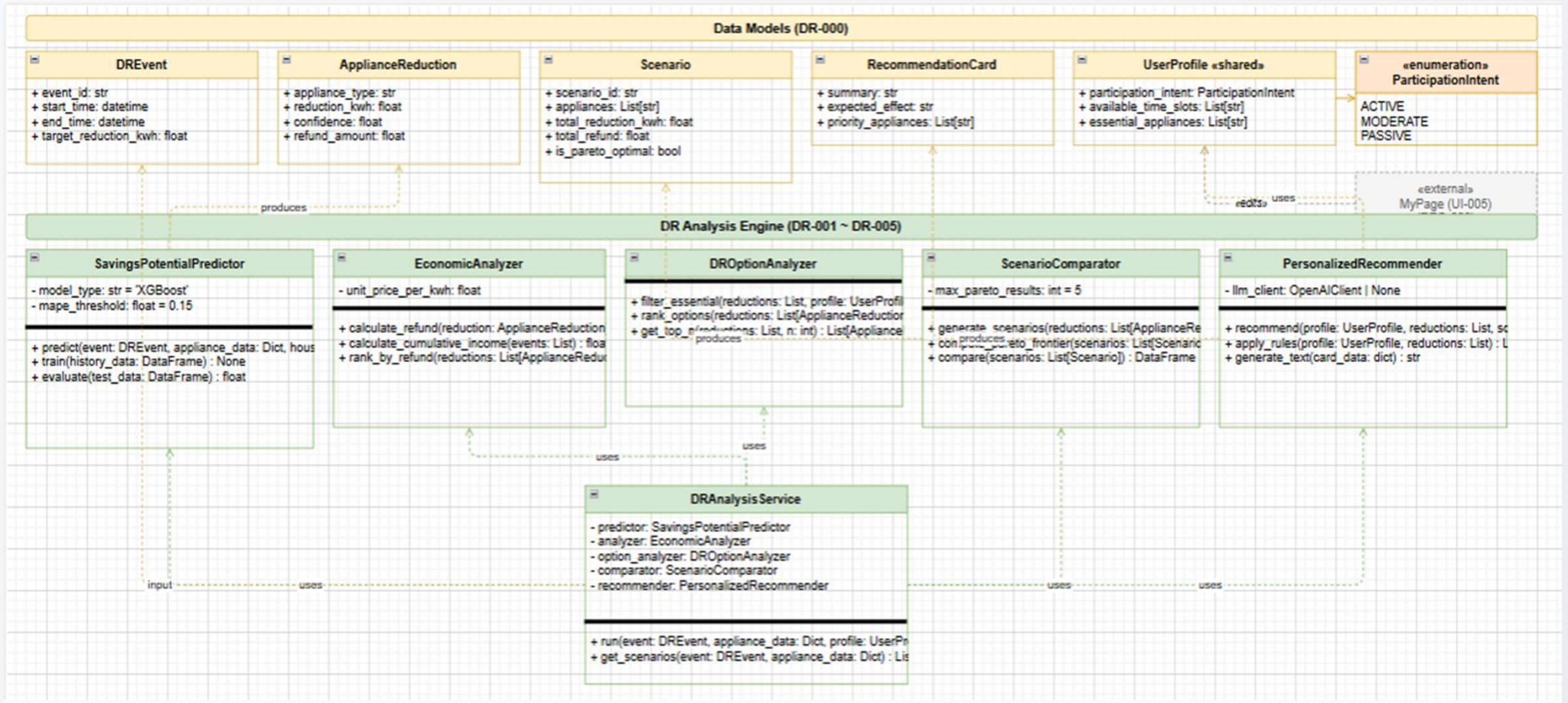
👤 HwangThomas
주연 안주연





클래스 다이어그램

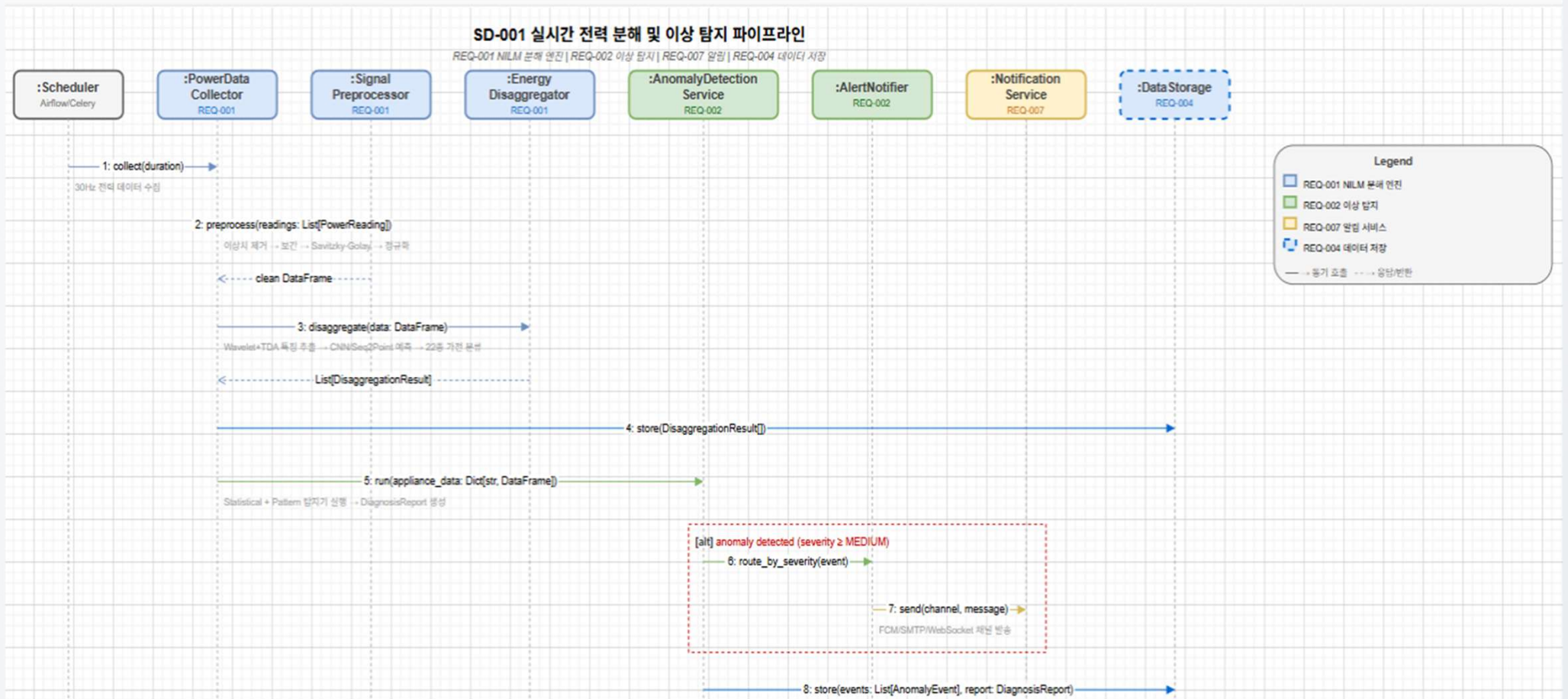
서비스 구성요소와 객체 간 관계를 구조





시퀀스 다이어그램

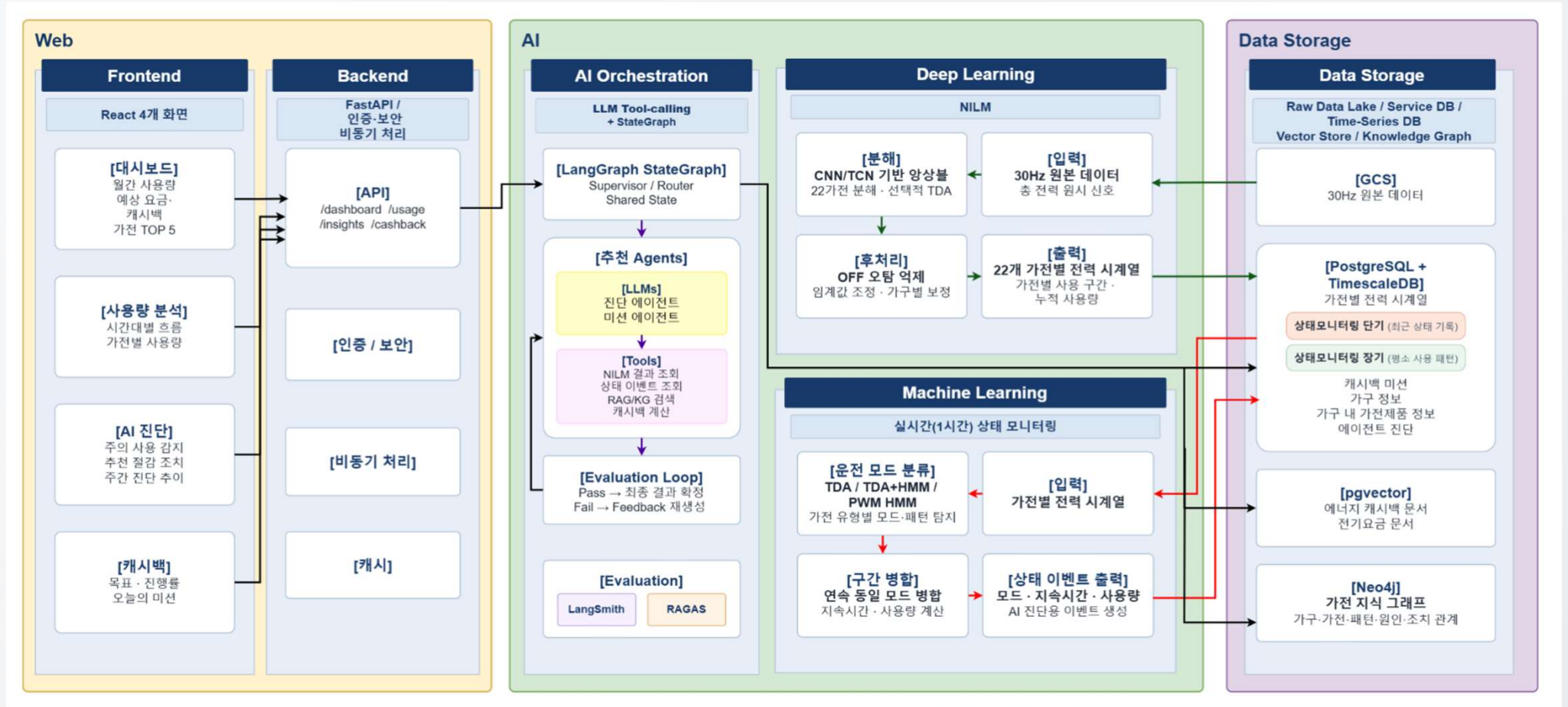
사용자 요청부터 AI 응답 생성까지의 처리 흐름 시각화





시스템 아키텍처

전력 데이터 수집부터 AI 분석 사용자 리포트까지 연결한 전체 구조



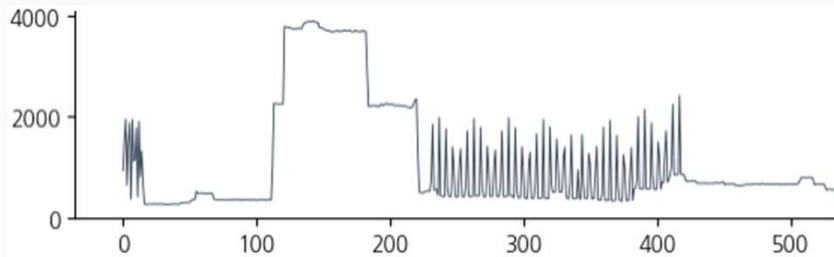


NILM - 역할

전체 전력 신호를 **22종 가전별 사용량**으로 분해하는 딥러닝 분해 엔진

BEFORE 일반 가정의 현실 분전반 단일 신호만 확인 가능

AGGREGATE POWER · 단일 시계열 30Hz active_power



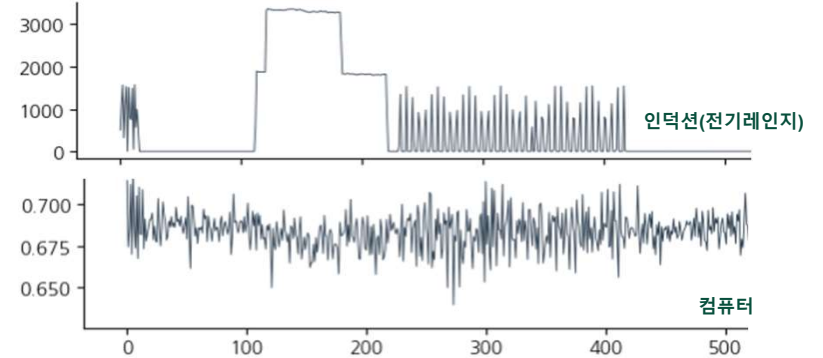
⊖ 한계

분전반 기준 **전체 전력 사용량**만 확인 가능
→ 어떤 가전이 전기요금 증가에 영향을 주었는지 알기 어려움



AFTER · NILM 22종 가전별 사용량 분해

PER-APPLIANCE · 22 시계열 22 channels



✓ 효과

사용자가 어떤 가전이 얼마나 전기를 사용했는지 이해 → **실제 절감 행동**으로 연결

처리 파이프라인 4단계

단계	내용	산출물
1 INPUT 01	입력 분전반에서 수집한 30Hz aggregate active_power	
2 DISAGGREGATION 02	분해 NILM 딥러닝 모델로 가전별 사용 패턴 추정	
3 POST-PROCESS 03	후처리 OFF suppression hysteresis · · · 가구별 보정	
4 HANDOFF 04	전달	



NILM - 고도화 과정

평균 오차가 아니라 — 서비스에서 사용할 수 있는 분해 정확도를 목표로 개선

🕒 3대 검증 기준

전력 예측 오차
MAE

CRITERIA 2
사용 구간 탐지 성능
event F1

CRITERIA 3
누적 사용량 오차
Aggregate SAE

⚠️ 초기 모델의 한계

❶ PROBLEM 01

실제로 꺼져 있는데도 계속 켜진 것으로 예측되는 가전

❷ PROBLEM 02

순간 예측 오차는 낮아도 누적 사용량에서 큰 차이 발생

📈 NILM 엔진 버전별 진화

1.1 기본 분해 모델

핵심 실험 / 개선

- Per-appliance head
- Threshold
- Calibration
- joint/Finetune 앙상블 전략 확정

결과 / 판단

Joint MAE **27.1w -> 23w**

Coverage @F1>0/7 **1/22**

평균 오차는 줄었으나 일부 가전이 항상 ON 으로 예측되는 문제 확인

1.2 데이터 확장 모델

핵심 실험 / 개선

- 79가구 데이터 확장
- Joint / Finetune 비교

결과

Joint MAE **20.64w**
Top-7 event F1 **0.808**

2.1 가전별 특화 모델

핵심 실험 / 개선

- 멀티레이트 CNN
- TDA selective 적용

결과 / 판단

누적 사용량 오차 한계
Aggregate SAE **17.55%**
Top-7 event F1 **0.782**

2.2 가전군 특화 모델

핵심 실험 / 개선

- OFF suppression 발견
- 단일 backbone 분류 실패 확정
- 4그룹 specialized backbone 분리

상시 켜져 있는 가전

냉장고, 김치냉장고 등

사이클형 가전

세탁기, 에어컨 등

짧게 사용하는 가전

전자레인지, 다리미 등

오래 사용하는 가전

컴퓨터, 온수매트 등

결과 / 판단

event F1 개선, 누적 사용량 오차 한계
가구 총합 캐시백 가능
Aggregate SAE **6.79%**

3.1 후처리 안정화 모델

핵심 실험 / 개선

- qC threshold
- Per-house calibration

결과

누적 사용량 오차 대폭 개선
Aggregate SAE **2.20%**
Top-7 event F1 **0.977**
Joint MAE **15.03w**

4.1 최종 통합 모델

핵심 실험 / 개선

- 가전별 특화 모델과 후처리 안정화 모델 앙상블
- Full 후처리

결과 — 모든 지표 최고

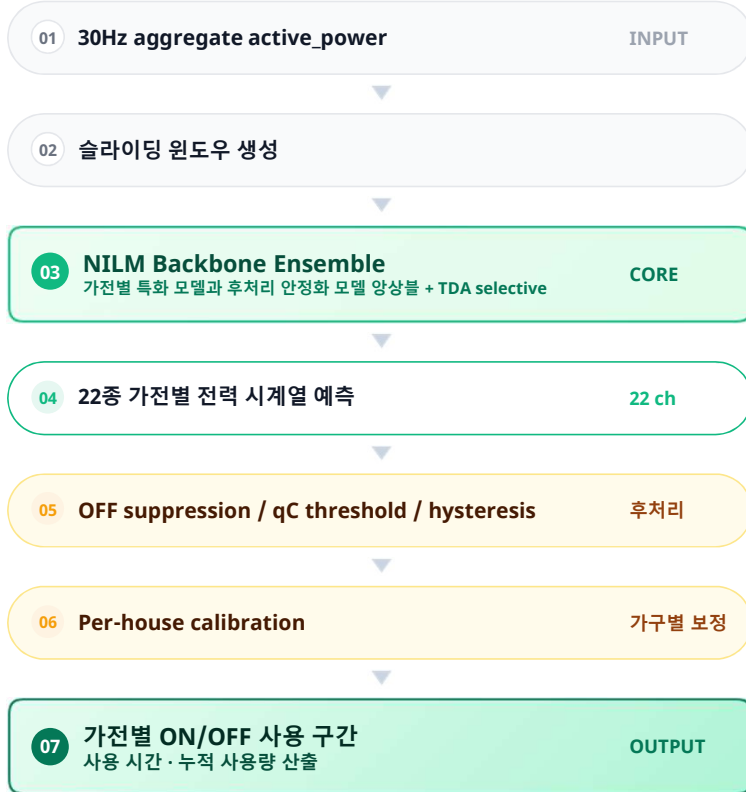
Joint MAE **14.76w**
Top-7 event F1 **0.977**
Aggregate SAE **1.35%**



NILM - 최종 NILM 구조와 성과

4.1 앙상블 기반 가전별 전력 분해 파이프라인 + 4대 성과 지표

4.1 분해 파이프라인



최종 NILM 성과

METRIC 01 Joint MAE <h1>14.76</h1> W 가전별 전력 예측 평균 오차	METRIC 02 Aggregate SAE <h1>1.35</h1> % 전체 누적 사용량 기준 오차
METRIC 03 Top-7 event F1 <h1>0.977</h1> 주요 가전 사용 구간 탐지 성능	METRIC 04 Top-10 event F1 <h1>0.919</h1> 상위 10개 가전 사용 구간 탐지 성능

→ 다음 단계로의 연결

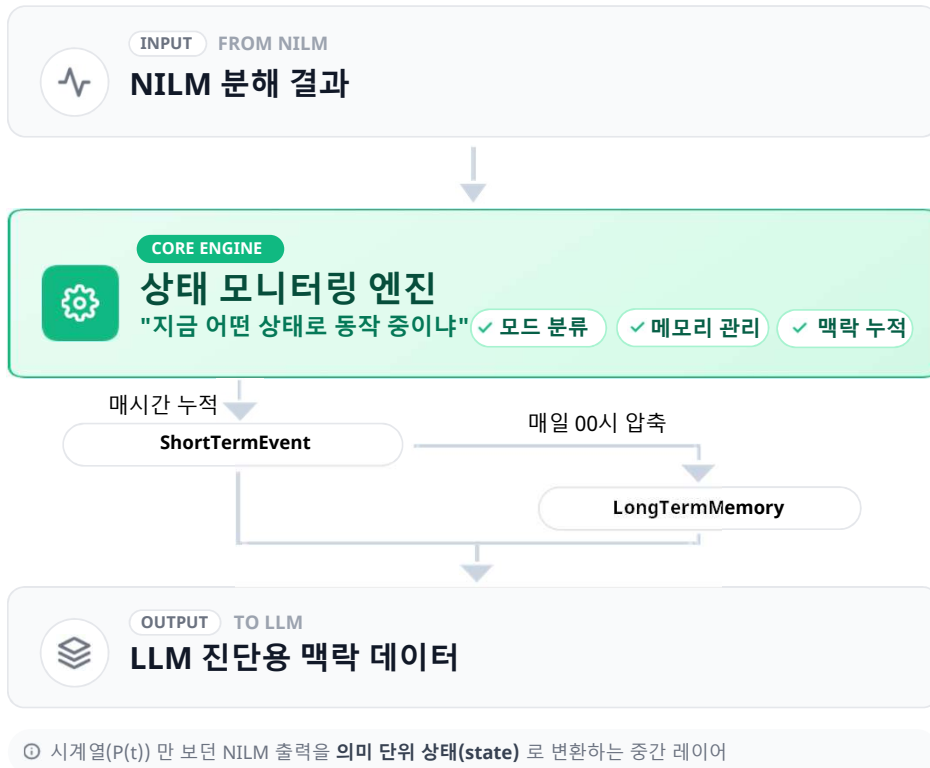




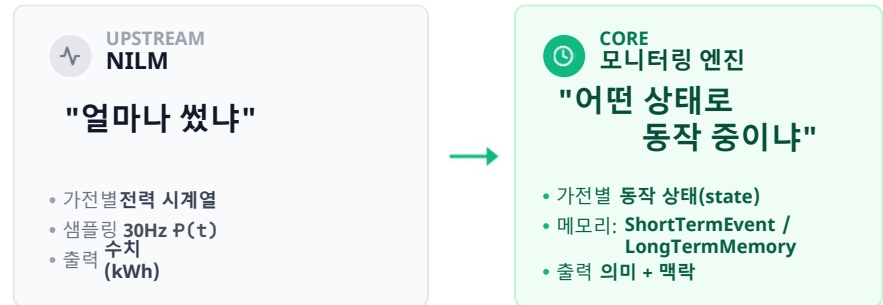
가전 사용상태 모니터링 - 역할

NILM이 "얼마나 썼냐" 라면, 모니터링 엔진은 "어떤 상태로 동작 중이냐" 를 판단한다

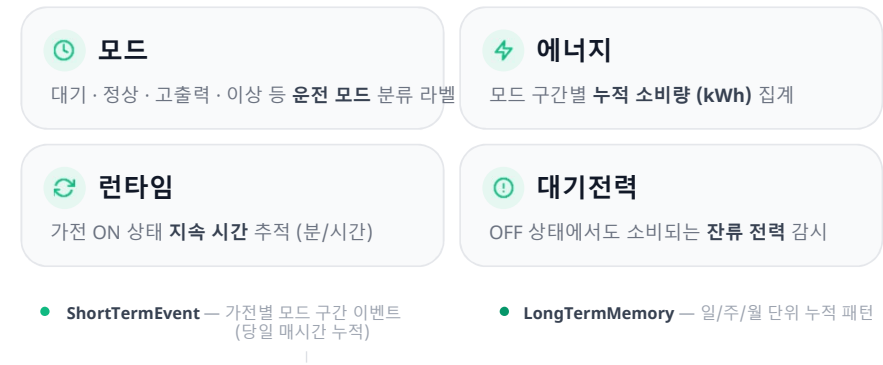
🕒 파이프라인



⚡ NILM vs 모니터링 엔진



📁 메모리에 누적하는 4가지 상태 신호





가전 사용상태 모니터링 - 기술 선택 근거

가전의 모드 구조에 따라 W-range / TDA / Cycle HMM / PWM HMM 을 선택적으로 적용

① 기본 BASELINE

W-range

순간 전력값을 임계값 범위에 대입해 모드 분류

적용 가전

TV 전기포트 전자레인지 의류건조기

모드 경계가 단순 · TDA/HMM 불필요

① 한계

모드 경계가 촘촘한 가전(세탁기 등)에서 노이즈로 경계선 근처 수백 번 진동 → LLM 맥락이 의미 없어짐

↓ 모드 구조가 복잡한 가전에 한해 TDA / HMM 도입

② TRACK 1

TDA로 충분한 가전

01

TDA 분류만으로 충분

적용 가전

에어컨 냉장고 김치냉장고 제습기

- ✓ 모드 간 파형의 위상 구조 차이가 명확
- ✓ 모드에 순서 제약 없음 → HMM 불필요

분류 파이프라인

Persistence Image → cosine attention
→ entropy gate → mode

🔄 entropy gate: attention 분포가 고르게 퍼지면(불확실) W-range로 풀백

③ TRACK 2

TDA만으로 부족 → 순서 필요

02

Cycle HMM 도입

적용 가전

세탁기 식기세척기/건조기

🚫 문제

모드에 물리적 순서 존재 — wash → rinse → spin
TDA만으로는 순서 미반영

분류 파이프라인

Persistence Image → L2 → index
→ Categorical HMM → Viterbi

🔄 HMM 시퀀스 부족시 TDA
→ TDA 레퍼런스 없을 시 W-range 풀백

④ TRACK 3

TDA 적용 불가 → 서모스탯

03

PWM HMM 도입

적용 가전

온수매트 전기장판/담요 에어프라이어

🚫 문제

히터 W_max ON / OW OFF 반복 → 파형 구조 자체가 없음
TDA · W-range 모두 단수 구분 불가

분류 파이프라인

60s window → duty cycle
→ Gaussian HMM → Viterbi

🔄 W-range 풀백

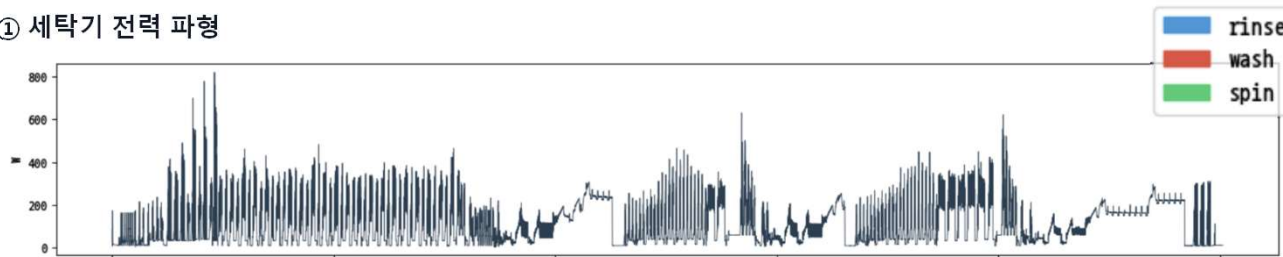


가전 사용상태 모니터링 - 가전별 맞춤 상태 분류 전략

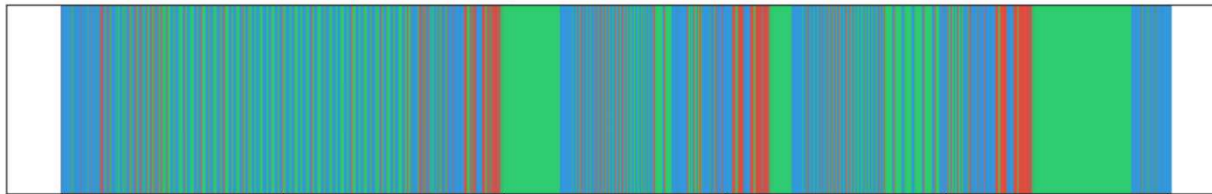
동일한 세탁기 신호를 두 방식으로 분류 — 3215회 진동이 2회로 정리된다

GRAPH 1 모드 전환 횟수 비교

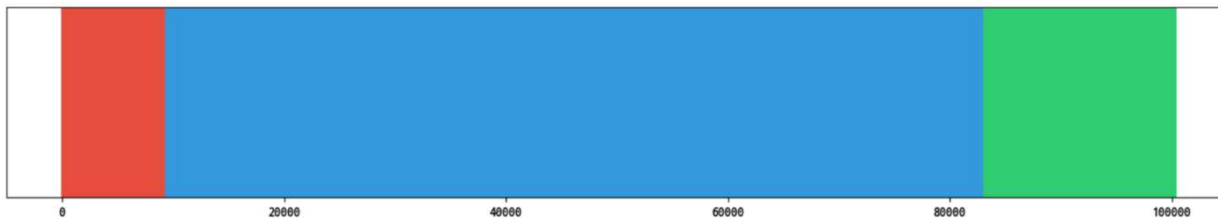
① 세탁기 전력 파형



② W-range 분류 결과 — 전환 3215 과도함 복잡함



③ HMM 분류 결과 — 전환 2회



GRAPH 2

HMM 전이 확률 행렬



spin → spin = 1.00 · spin에서 다른 모드로 돌아가지 않는 흡수 상태

INITIAL STATE

초기 상태 — wash ~0.95

세탁은 항상 wash부터 시작 → 자동 학습됨

✓ 결론
물리적 순서 wash → rinse → spin 이 전이 확률로 자동 인코딩됨

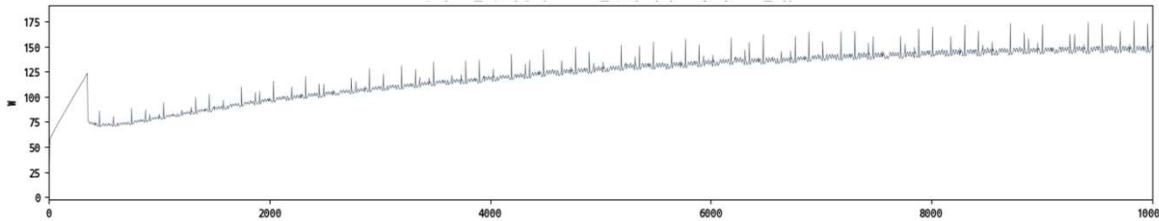


가전 사용상태 모니터링 - 가전별 맞춤 상태 분류 전략

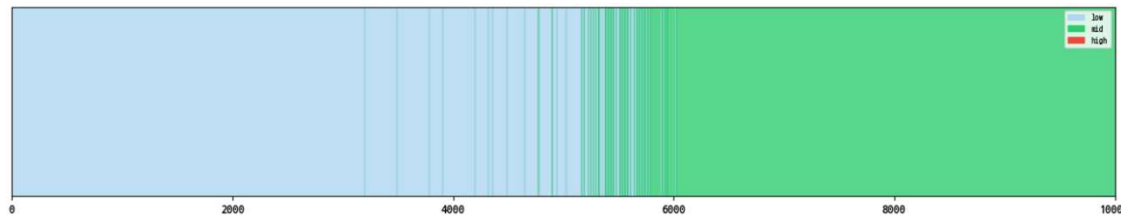
서모스탯 ON/OFF 반복 신호 — 84회 진동이 2회로, duty cycle 분포로 5단계 분리

GRAPH 1 모드 전환 횟수 비교

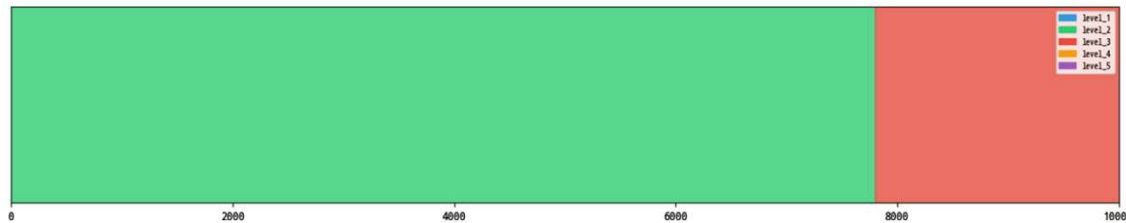
① 온수매트 전력 파형 — 히터 ~160W ON / 0W OFF PWM 반복



② W-range 분류 결과 — 전환 84회 · low/mid만 구분, 단수 구분



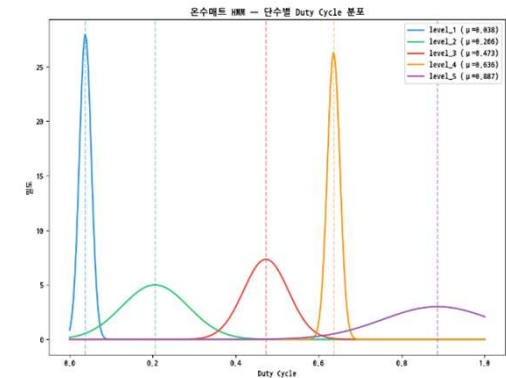
③ PWM HMM 분류 결과 — 전환 2회 · 가열 / 안정화 깔끔하게 분리



GRAPH 2 GAUSSIAN HMM

단수별 Duty Cycle 분포

5개 Gaussian — 서로 겹치지 않고 분리



학습된 파라미터 (μ, σ)

LEVEL	μ	σ	해석
level_1	3.8%	0.014	대기 / 꺼짐 직전
level_2	20.6%	0.080	낮은 온도 설정
level_3	47.3%	0.054	중간 온도 설정
level_4	63.6%	0.015	높은 온도 설정
level_5	88.7%	0.133	최고 온도 설정

✓ 결론

duty cycle은 윈도우 단위로만 드러나는 특징
— W-range는 절대 볼 수 없음



가전 사용상태 모니터링 - 전력 사용량 변화 감지 구조

최근 사용량과 평소 사용패턴을 비교해 과다 사용 가전을 찾는 구조

🕒 데이터 흐름 NILM → 단기 → 장기

SOURCE
NILM 분해 결과 — 가전별 전력 시계열

↓ 매시간 누적

단기 메모리 · SHORT-TERM 1시간 단위 누적

MonitoringEvents
가전 모드 구간 = 이벤트 1개

- appliance
- started_at
- energy_wh
- peak_w
- mode
- duration_min
- avg_w

↓ 자정 압축 · EWM $\alpha=0.2$

장기 메모리 · LONG-TERM 24시간 1회 갱신

ApplianceBaseline
가전별·모드별 기준값 누적

- avg_energy_wh
- avg_duration_min

🕒 단기는 고해상도 raw 이벤트, 장기는 압축된 가구별 기준값

단기 메모리 **MonitoringEvents** 고해상도 이벤트 로그

- 1 가전 모드 구간 = 이벤트 1개
모드 분류 결과 포함 — 어떤 가전이, 어떤 모드로, 얼마나 동작했는지 기록
- 2 자정에 장기 메모리로 압축 후 리셋
하루 단위 라이프사이클 — 24시간 후 단기는 비워지고, 정보는 baseline에 누적됨

3 E2E 실측 측정 조건

하루 이벤트 수 **3,859** 개

house_054 | 17종 가전 · 24시간

장기 메모리 **ApplianceBaseline** 가전별 기준값 누적

- 1 EWM 점진적 갱신 $\alpha = 0.2$
새 데이터가 기존 기준값을 서서히 대체 — 갑작스러운 일회성 이상치에 흔들리지 않음

UPDATE RULE $baseline_{new} = \alpha \cdot today + (1-\alpha) \cdot baseline_{prev}$ $\alpha=0.2$ → 오늘 20% : 누적 80%

- 2 ✨ Cold Start 전략
AI Hub 10가구 샘플 로 초기값 구축
→ EWM으로 가구별 기준값으로 수렴



AI 추천시스템 한계 및 지식그래프 도입

LLM만으로는 전기세 절감 추천이 **일반론**으로 흐른다 — Neo4j KG로 **근거 추적 가능한 조치**로 전환

정성 비교

B · PROMPT + LLM **일반론**

"에어컨 설정 온도를 2도 높이세요." "자연 환기를 하세요."

→ KG 추가

C · KG + LLM **근거 추적 가능**

피크 전력 1kW↑ → 필터 막힘 → 에어컨 필터 청소

실외기 통풍 저하 → 실외기 주변 1m 통풍 확보

과냉방 가능성 → 설정 온도 26~28°C 권장

LLM만 사용했을 때의 3가지 한계

1 수치 미반영

피크 전력·사용 시간·모드 정보가 있어도 반영하지 못함

2 추적 불가

조치가 어떤 원인에서 나왔는지 추적 어려움

3 재현성 부족

같은 입력에도 예상 절감액이 달라짐 → 운영 어려움

Neo4j KG 추론 체인

NODE 01

Event

이상 이벤트 — 가전 피크·과용·이상 패턴 감지



NODE 02

Appliance / Mode

가전 종류 · 운전 모드 (냉방·세탁·가열 등)



NODE 03

AnomalyPattern

이상 패턴 — 피크 전력 1kW↑·연속 동작 12h↑ 등



NODE 04

RootCause

근본 원인 — 필터 막힘·실외기 통풍 저하·과냉방 등



NODE 05 · 최종 출력

Action

사용자가 바로 실행 가능한 구체 조치

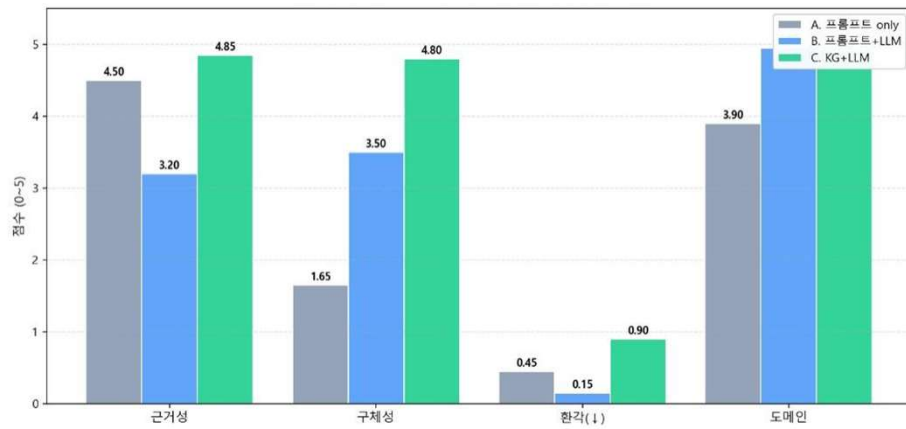


AI 추천시스템 - 지식그래프 실험 결과

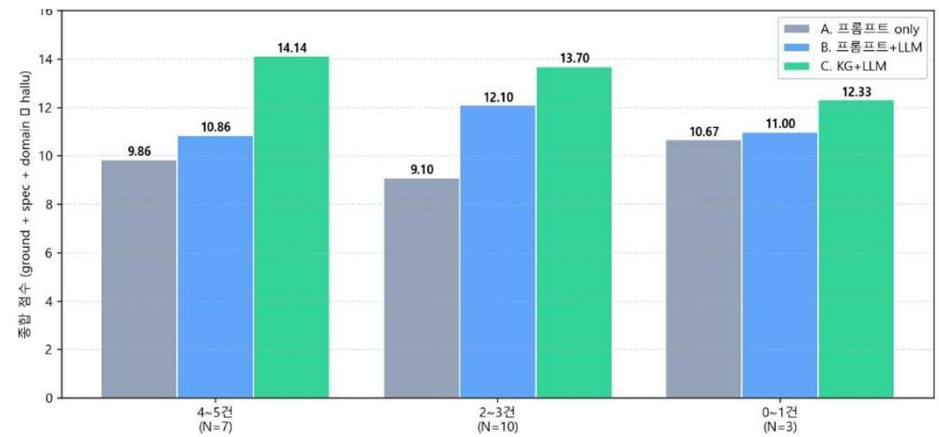
동일 입력 100건 · 4축 LLM-as-judge — KG + LLM이 모든 시드 비율 구간에서 최고 점수

GRAPH 1 · MAIN 4축 평가 점수

N=20 배치 · 합성 100건



GRAPH 2 · SUB 시드 매칭 비율별 종합 점수



🕒 4축 평가 지표

근거성

입력 수치와 모드를 추천 근거에 반영했는가

구체성

사용자가 바로 실행할 수 있는 조치인가

환각 ↓ 낮을수록 좋음

입력에 없는 가전·수치·모드를 만들어냈는가

도메인 정확도

에너지 절감 관점에서 타당한 추천인가

☆ 최종 정량 결과

Prompt only 64.3%

Prompt + LLM 79.3%

KG + LLM 94.0%

vs B (Prompt+LLM)

▲ 18.7 %

vs A (Prompt only)

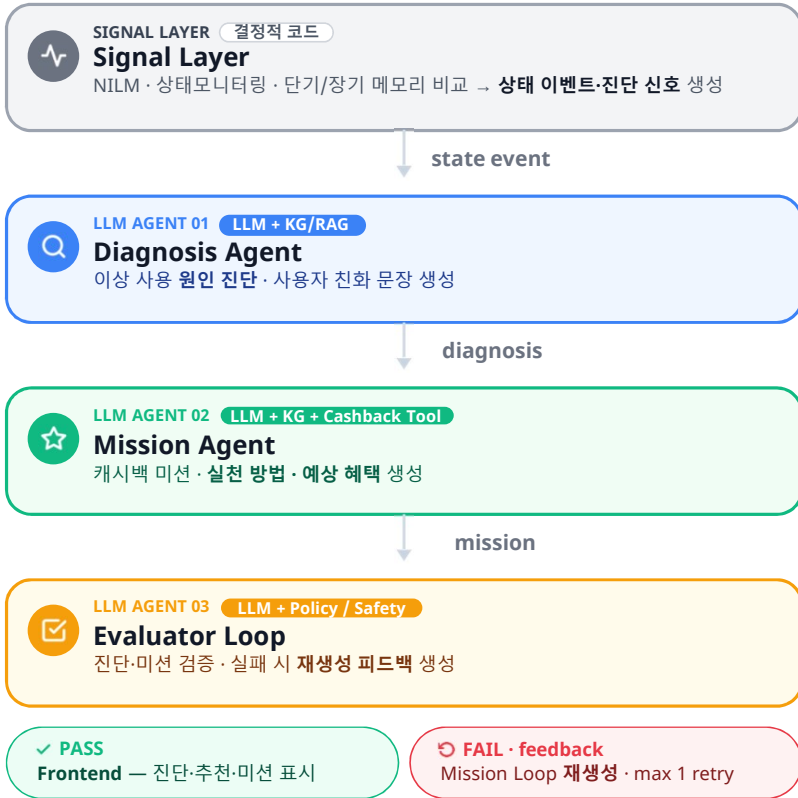
▲ 46.1 %



AI 추천시스템 - 멀티에이전트

4 컴포넌트 구성 — Signal Layer 1 + LLM Agent 3 · LangGraph 단방향 파이프라인

↓ 단방향 파이프라인



SIGNAL LAYER OUTPUT **Diagnosis Agent가 해석할 구조화된 신호**

가전 정보 가전명 · 사용 구간 · 운전 상태	전력 지표 avg_w · peak_w · energy_wh
비교 지표 단기·장기 메모리 비교 → 평소 대비 변화율	진단 신호 reason_code · diag_type

≡ A / B / C / D 유형별 진단 기준

A 상시가동 냉장고 · 공기청정기 계속 켜져 있는 가전 → 순간 전력 톱 확인	B 단계형 세탁기 · 건조기 여러 단계 동작 → 세션/단계 흐름 확인
C 단기 사용 전자레인지 · 전기포트 짧게 사용 → 1회 사용량·사용시간 확인	D 장시간 사용 제습기 · 에어컨 오래 켜두는 가전 → 평소 대비 사용량·지속시간 확인

📌 4가지 핵심 설계 결정

- 결정적 신호 레이어 분리**
NILM-상태 추출 = 코드 영역, LLM 환각으로부터 보호
- 도구 캡슐화**
KG-RAG-Cashback을 에이전트별 도구로 묶어 일관성 확보
- Evaluator-Optimizer 루프**
검증 실패 시 Mission부터, 필요 시 Diagnosis까지 재생성
- 단방향 파이프라인**
신호 → 진단 → 미션 → 검증 강제 → 디버깅·관측 단순화



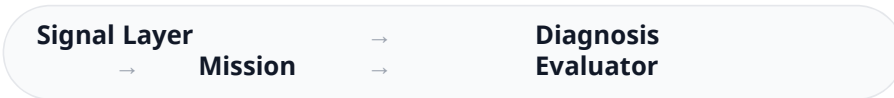
AI 추천시스템 - Anthropic Effective Agent 4패턴 매핑

「Building effective agents」 가이드의 4 패턴

① PATTERN 01

01

Prompt Chaining



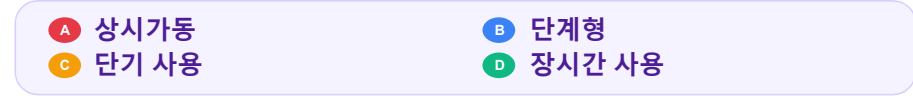
적용 사유

단일 프롬프트에 몰지 않고 단계별 분리 → 환각 방지

② PATTERN 02

02

Routing



적용 사유

가전 특성마다 판단 기준이 다름 → 유형별 경로 분리

③ PATTERN 03

03

Parallelization

- NILM·상태 이벤트
- 메모리 비교
- KG 원인·권고
- RAG 절감 팁

적용 사유

4개 컨텍스트 독립 수집 → 근거 누락 ↓, 지연 ↓

④ PATTERN 04

04

Evaluator-Optimizer



검증 4축

- 진단·미션 일관성
- 가전 유형 적합성

- 위험·부정확 권고, 절감액 과장
- 내부 용어 노출 여부



기술 스택 및 개발 검증 도구

AI 모델·백엔드·프론트엔드·검증 도구를 기능별로 구성



Infra / DevOps



Google Cloud



Docker



LLM / Agent



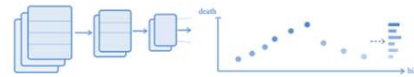
GPT-4o-mini



LangGraph

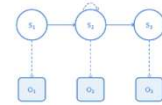


Model / Algorithm

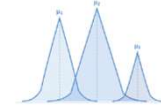


CNN Encoder

TDA Encoder



HMM



GMM



Backend / Auth



FastAPI



JWT



Database



TimescaleDB
(PostgreSQL)



neo4j



Frontend



React



TypeScript



Tailwind CSS



Validation / Tracking



Pydantic



pytest



LangSmith



MLflow



ragas



Collaboration



Slack



Github

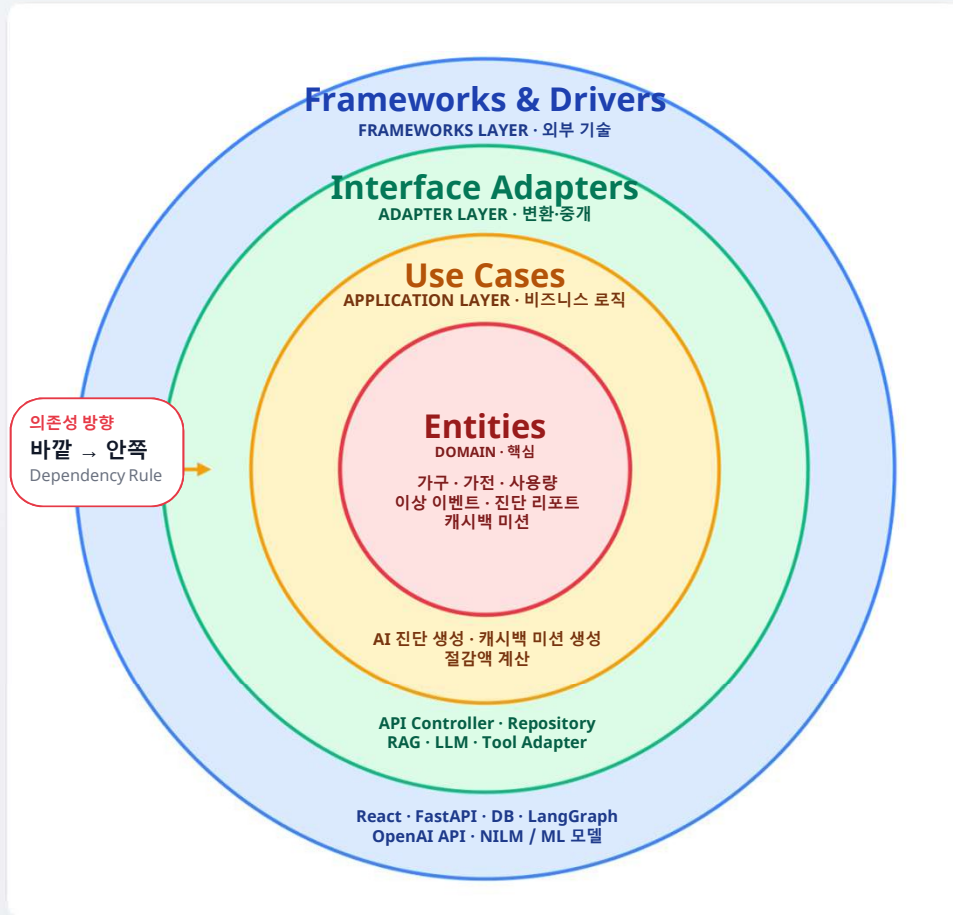


Notion



클린 아키텍처

의존성은 바깥 → 안쪽으로 — 도메인은 외부 기술 변화에 흔들리지 않는다



4 레이어 구성

<p>L1 CORE · 가장 안쪽</p> <p>Entities</p> <p>도메인 핵심 — 외부 기술과 무관한 비즈니스 객체</p>	<p>도메인 객체</p> <p>가구 · 가전 · 사용량 · 이상 이벤트</p> <p>진단 리포트 · 캐시백 미션</p>
<p>L2 APPLICATION</p> <p>Use Cases</p> <p>비즈니스 로직 — 엔티티를 조합한 서비스 시나리오</p>	<p>시나리오</p> <p>AI 진단 생성 · 캐시백 미션 생성 · 절감액 계산</p>
<p>L3 ADAPTER</p> <p>Interface Adapters</p> <p>변환·중개 — 외부 기술과 내부 도메인의 어댑터</p>	<p>어댑터</p> <p>API Controller · Repository · RAG Adapter</p> <p>LLM Adapter · Tool Adapter</p>
<p>L4 FRAMEWORK · 가장 바깥</p> <p>Frameworks & Drivers</p> <p>외부 기술 스택 — 교체 가능한 부품</p>	<p>기술 스택</p> <p>React · FastAPI · DB · LangGraph</p> <p>OpenAI API · NILM / ML 모델</p>



AI Native Engineering - 적용 방식

AI를 역할 부여 → 지식 제공 → 결과 검증 흐름으로 통제

① AXIS 01

01

Prompt Engineering

역할과 작업 순서 지시
적용 TDD 워크플로우
구현 9개 에이전트 템플릿

대표 예시 — 에이전트 체이닝
ORCHESTRATOR → TEST_WRITER
→ DEVELOPER → REVIEWER

② AXIS 02

02

Context Engineering

프로젝트 지식 제공
적용 architecture · decisions · MAP
구현 토큰 절감 전략

대표 예시 — 토큰 절감
5,350 토큰
→ 800 토큰

-85%

③ AXIS 03

03

Harness Engineering

산출물 자동 검증
적용 Security · Impact · pytest
구현 PR Gate · MLOps Gate

대표 예시 — GitHub Actions
검증 자동 통과
통과한 결과만 병합

EVIDENCE 실제 적용 결과 — 캡처

① PROMPT 9 에이전트 템플릿

```
> .pytest_cache
├── agents
│   ├── DEVELOPER.md
│   ├── IMPACT_ASSESSOR.md
│   ├── ORCHESTRATOR.md
│   ├── REFACTOR.md
│   ├── REPORTER.md
│   ├── REVIEW.md
│   ├── SECURITY_AUDITOR.md
│   ├── TEST_WRITER.md
│   └── TESTER.md
```

② CONTEXT — 토큰 절감 규칙 적용 효과

-85% 토큰

측정 항목	❌ 전체 읽기	✅ 규칙 적용	차이
읽은 줄 수	535 줄	80 줄 (30 헤더 + 20 grep + 30 target)	~85%
추정 토큰 소비	~5,350	~800	~85%
실제 필요 정보 (target 함수 30줄)	30 / 535 = 5.6%	30 / 80 = 37.5%	활용 효율 6.7배
낭비된 토큰	~5,050	~500	~90%
작업 완수 가능?	✓	✓	동일

토큰 추정 산식 (참고용)

파일 평균 ~40 char/line x 4 char/token = 10 token/line (Python+Korean 코드)

전체 535줄 x 10 token = 5,350 token
규칙 적용 80줄 x 10 token = 800 token
절감 455줄 x 10 token = 4,550 token (85% ↓)

③ HARNESS — GitHub Actions 검증

✓ SUCCE

feat(insights): FR-030 severity 중심 카드 선정 +
cause/action 정합성 시리즈 (시연 검증, 2026-06-09) #265

Summary

Triggered via pull request 2 days ago

dkswndus synchronize #219 kpx-integration-settlement

Status	Total duration	Artifacts
Success	10s	1

secret-scan.yml

on: pull_request

gitleaks 7s



개발 협업

PR 커밋 기반 개발 이력 관리 / 요구사항을 티켓 단위로 분해하고 진행 상태를 관리

Filters

Clear current search query, filters, and sorts

0 Open ✓ 227 Closed

Author	Label	Assignee	Sort
fix(agent): savings_kwh ge=0.0 + missions id dedup (라이브 H049 발견) ✓			2
#232 by dhwang0803-github was merged yesterday			
feat(frontend): 미션 생성 근거 모달 4 섹션 (미션 내용/최근 사용 상태/실천 방법/예상 혜택) + confidence null 숨김 ✓			
#231 by dkswndus was merged 2 days ago			
fix(insights+mission_agent): 화면 영역 별 역할 분리 — reason 짧게 + 금액 문구 제거 + KG action 분리 ✓			
#230 by dkswndus was merged 2 days ago			

스페이스

AX_에너지효율화 ...

요약 백로그 보드 코드 타임라인 문서 양식

필터

OPEN 3

개발문서 정리 및 TC 설계

SCRUM-17 =

TestRun - 전기능 테스트

SCRUM-18 =

TestRun - 확인 & 리그레션 테스트

SCRUM-19 =

+ 만들기

IN PROGRESS 2

Multi Agent 성능 고도화 ...

SCRUM-36 =

NILM > 상태 모니터링 > Multi Agent로 이어지는 파이프라인 구현

SCRUM-37 =



시연

시연— 사용자가 직접 마주하는 와트이슈 화면



수익성 · 확장성 · 기대 효과

사용자가 얻는 가치 · 운영기관이 얻는 가치 · 확장 방향



사용자가 얻는 가치



어떤 가전이 원인인지 확인

NILM 분해로 22가전 식별 → 진단 리포트에 가전 단위로 표시



예상 절감액 기반 행동 선택

AI가 절감액 내림차순으로 정렬 → 무엇보다 줄여야 효과 큰지 한눈에



캐시백 진행률 확인

목표 · 누적 · 예상 캐시백을 실시간 게이지로 시각화



운영기관이 얻는 가치



가구별 절감 행동 유도

미션 카드 + 캐시백 트래커로 행동 변화 추적 가능



단지·지역 단위 에너지 리포트

가구별 데이터를 집계 → 공동주택 단지 · 지자체 단위 인사이트



에너지 절감 캠페인 근거 확보

캠페인 전·후 효과를 가전 단위로 정량 측정 가능



확장 방향

B2C

01

캐시백 미션 서비스

- 가구 단위 진단 + 행동 추천 + 트래커
- 한전 캐시백과 직접 연동되는 행동 서비스



B2G / B2B

02

지자체 · 공동주택 단지 리포트

- 단지 · 지역 단위 에너지 사용 패턴 집계
- 절감 캠페인 효과 측정 + 정책 근거 제공



PHASE 2

03

KPX DR 정산 연계

- 전력거래소 수요반응 시장 진입
- 절감 실적 → DR 정산 수익 모델 확장



향후 고도화 로드맵

지금까지가 MVP, 앞으로는 서비스 · AI · NILM · 상태 모니터링 4축 동시 고도화

관점 · PERSPECTIVE

현재 MVP · CURRENT

향후 고도화 · NEXT

01
서비스

NOW

웹 4페이지, 캐시백 미션

NEXT

알림 · 모바일 앱 · 챌린지

02
AI 진단

NOW

KG + LLM 추천, 평가 자동화

NEXT

LangSmith 회귀 평가 · KG 자동 보강

03
NILM

NOW

v10 앙상블, 22 가전

NEXT

가전 50종+ · 사용자별 LoRA

04
상태 모니터링

NOW

TDA / HMM 운전모드 분류

NEXT

노후·고장 예측 · baseline 자동 갱신



Q&A

질문

감사합니다.