

# 에너지 데이터 분석을 위한 머신러닝



미래전략본부  
지능형컴퓨팅연구실

류승형 선임연구원

2020.01.07

# 01

## 전력망과 스마트그리드

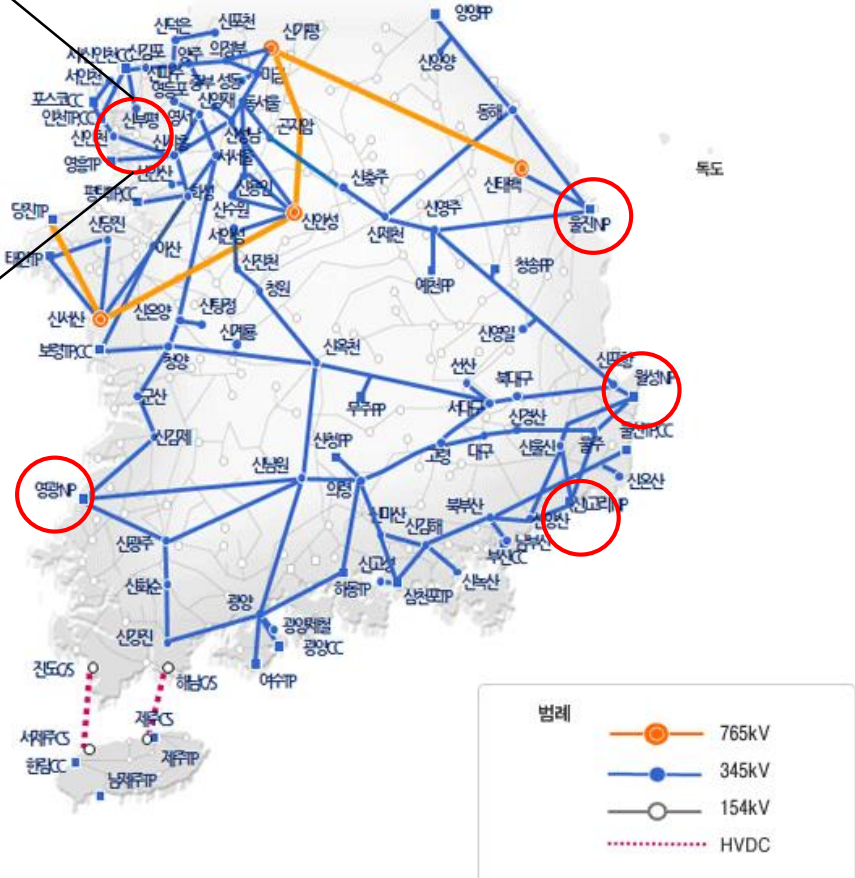
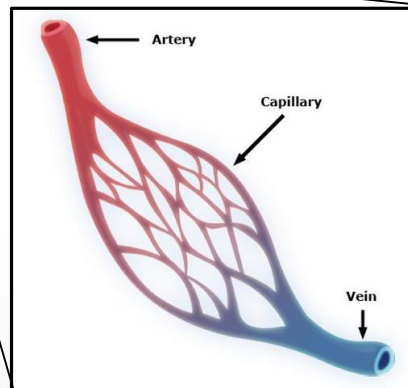
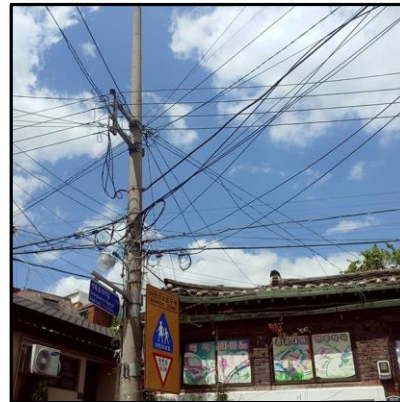
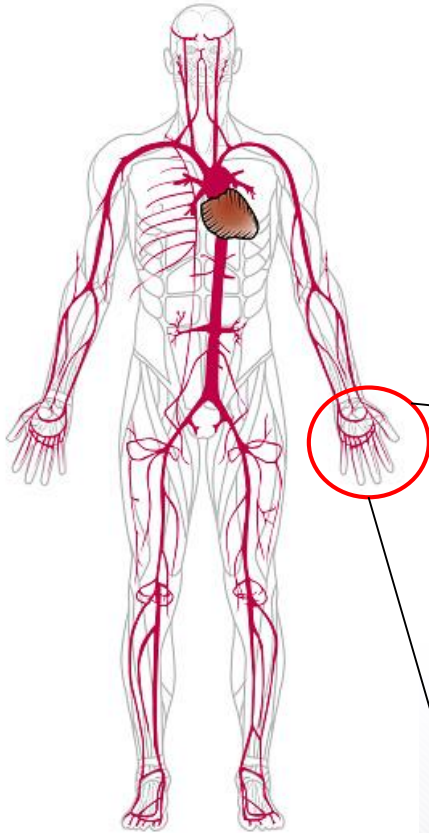
# 02 전력망의 역할

» 전기에너지를 전달하는 혈관

>> 안정적인 전력 공급이 1순위

## ARTERIES OF THE BODY

MAN



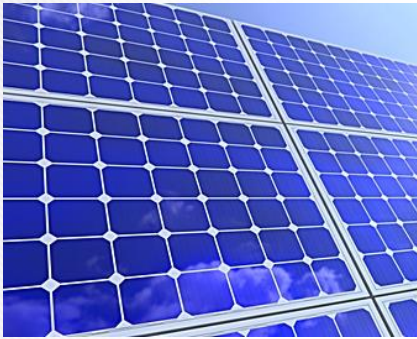




# 02 신규 요소들의 망내 유입

## » 증가하는 Grid complexity

태양광



풍력



스마트미터



$\mu$  - PMU



전기자동차(EV)



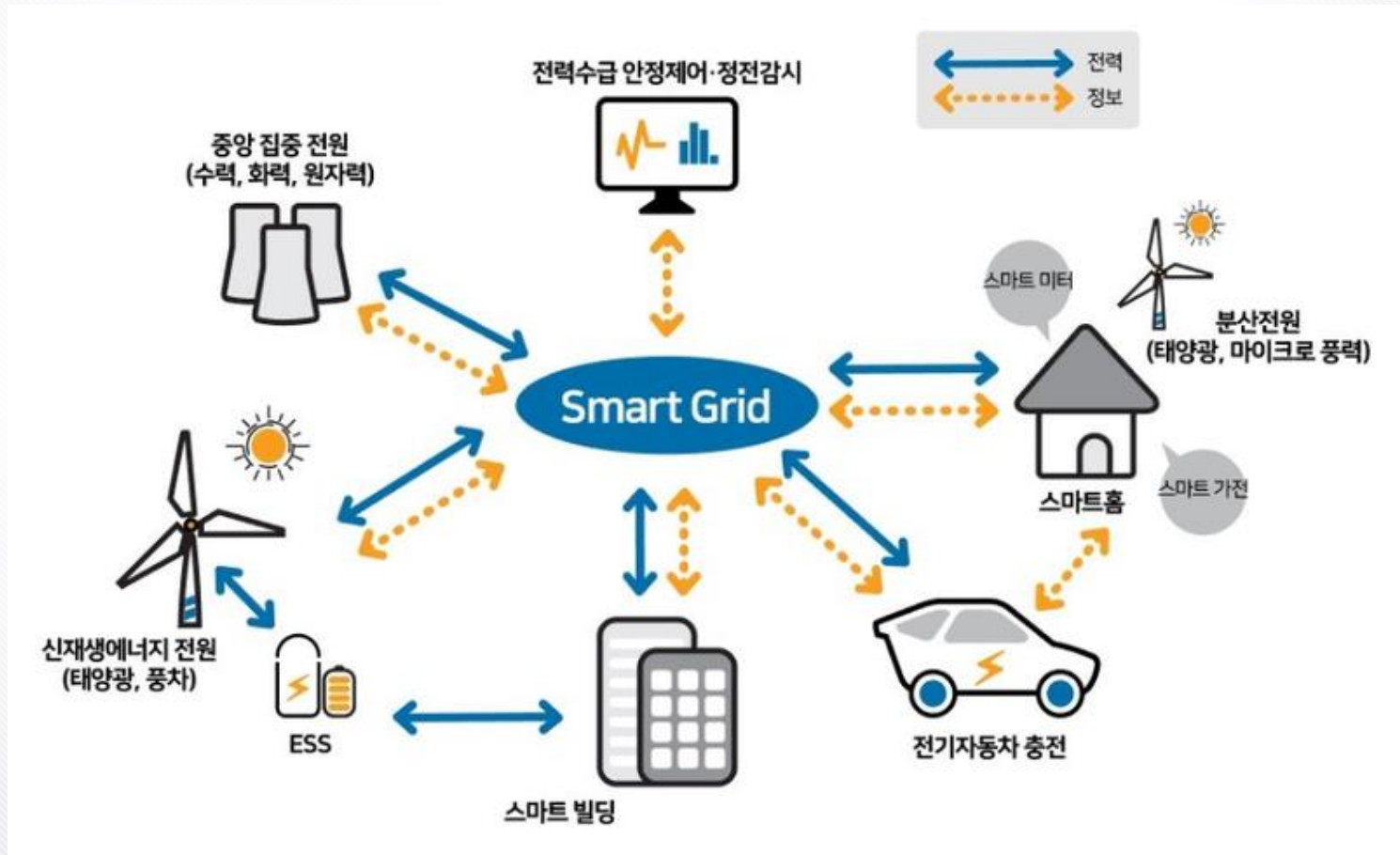
에너지저장장치(ESS)





# 02 스마트 그리드

## » 전력망 + 신규 요소 + ICT

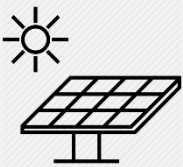


# 02 에너지 데이터와 머신 러닝

## » 새로운 것 = 새로운 문제들

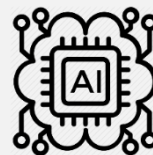
- 복잡한 전력망 환경 >> 고려해야할 요소 증가
- 여러가지 한계 >> Data-driven solution의 필요성 증가

### 에너지 데이터

- 부하
  - 빌딩 / 공장
  - 소규모 수용가
- 발전
  - 태양광 
  - 풍력
- 배터리/ESS
  - 리튬 이온

### 머신 러닝

- 지도 학습
  - DNN
  - CNN
  - RNN
- 비지도 학습
  - K-means
  - SOM
  - Hierarchical
  - DBSCAN
  - Autoencoders



### 이해와 활용

- 데이터 분석
  - Data-mining
  - Preprocessing
  - Clustering
  - Feature extraction
- 예측과 운용
  - 단기 부하 예측
  - 배터리 PHM
  - 분산 자원 운용
  - ESS 최적 운용

# 02

## 연구 내용 소개



# 03 수요반응과 고객기준부하

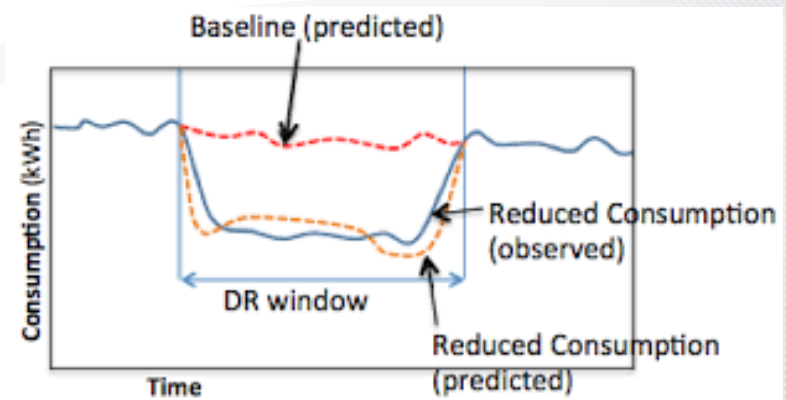
## » 수요 반응 (Demand Response, DR)

- 기존 : 발전량을 늘림 (즉각적인 반응이 어려움)
- 수요반응 : 전력소비를 줄임; Nega-watt 발전
- 절약한 전력에 대해 금전적 인센티브를 제공
- 절약 안 했을 때 소비량 - 절약 했을 때 소비량
- The Road Not Taken - Robert Frost



## » 고객기준부하 (Customer Baseline Load, CBL)

- 인센티브 산정을 위한 기준
- 사용했을 것으로 예상되는 전력사용량
- Heuristic approach
  - 과거 x일 중 사용량이 높은 y일의 평균



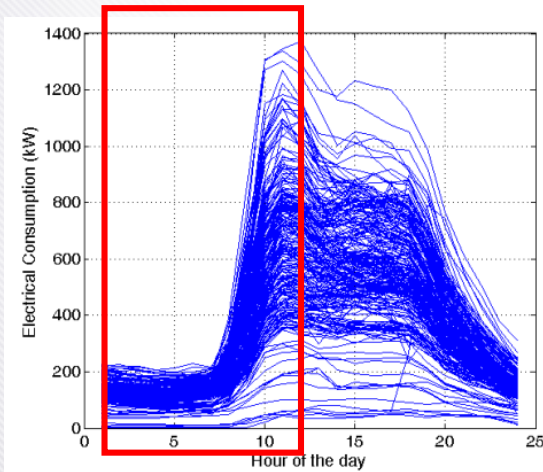
# 03 데이터 기반 고객기준부하 산정

## » 클러스터링 기반 CBL 산정

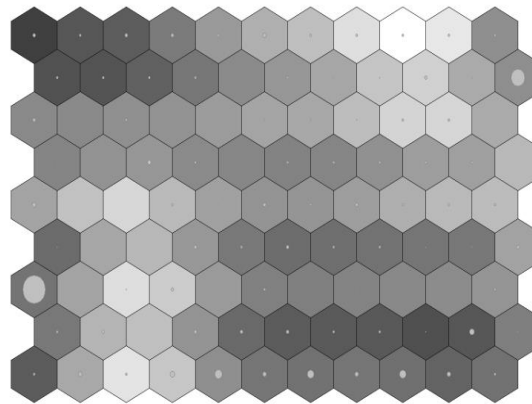
- 일반적으로 수요반응은 피크 시간대에 발령
- 오전 전력 사용량, 온도, 전력 변화량 등
- 유사 부하일 클러스터링 (SOM + K-means)

입력 데이터 구성

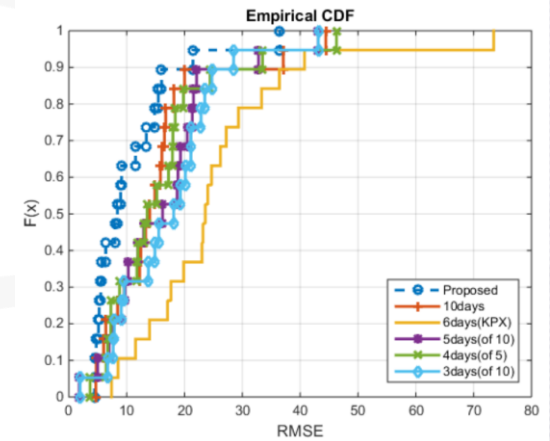
Vector	Description
$x_1 \dots x_{12}$	12 h consumption before DR activation
$x_{13}$	Average temperature
$x_{14}$	Gradient of the load consumption (optional)
$x_{15}$	Working day indicator (optional)



일별전력사용량 데이터



클러스터링



오차 감소

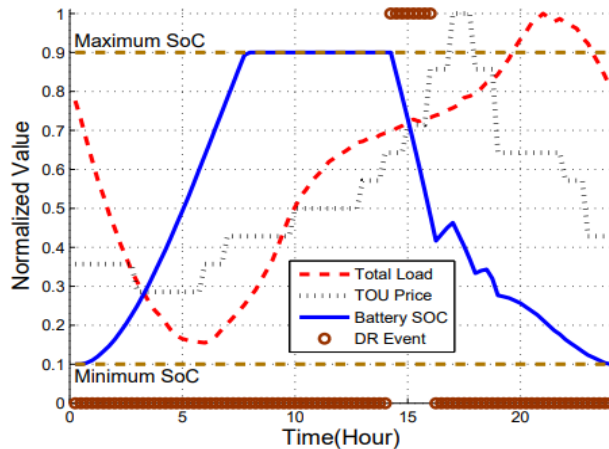
## » 비슷한 유형의 문제들에 머신러닝 적용



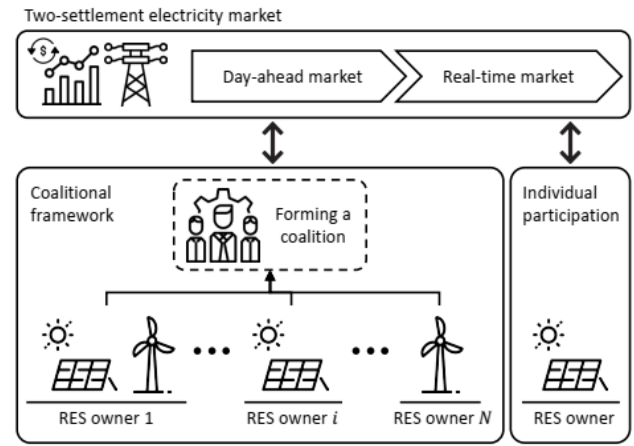
# 03 전력 수요 예측

## » 수용가 단위의 단기 전력 수요 예측

- 기존 대단위 부하 예측 위주
- 가정, 빌딩, 공장 등 수용가 단위 예측의 중요성이 증가
  - 고객 서비스 (정보제공) 측면 / ESS 스케줄링 / 전력 시장 입찰
- 각 요소에 대한 개별 예측 모델 개발 -> 데이터를 통한 학습



ESS 스케줄링



전력 도매시장 참여를 위한 통합운동

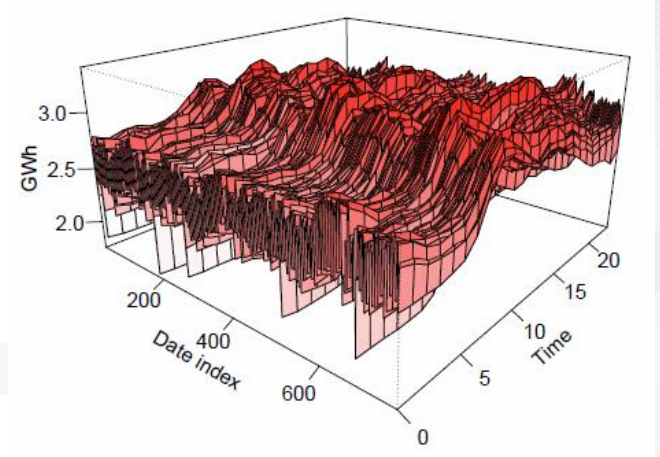
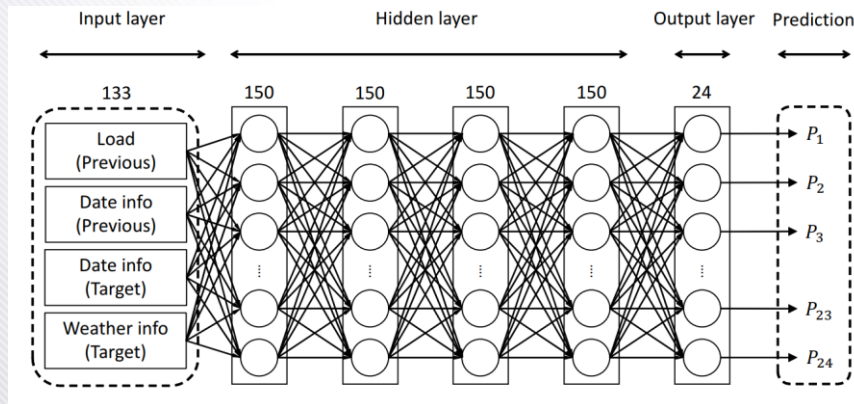


# 03 수용가별 단기수요예측

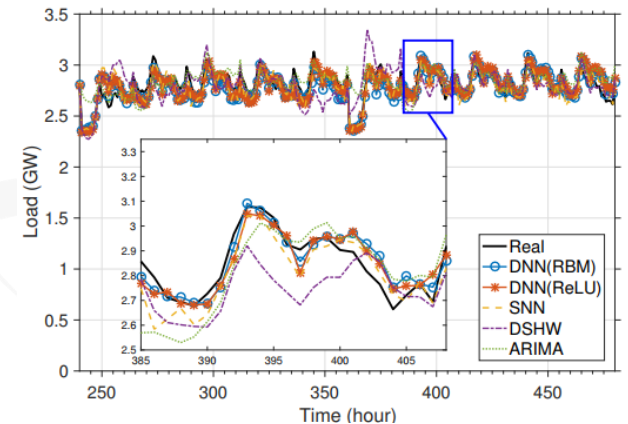
## » DNN 기반 단기수요예측

- 다음 24시간의 전력수요 예측
- 과거 부하 / 기상정보 / 요일 정보 등 활용
- 40개 수용가 3년간의 전력사용량 데이터
- 계절별 / 수용가별 / 대단위 부하 예측 비교

### Network structure



### Day-ahead short term load forecasting

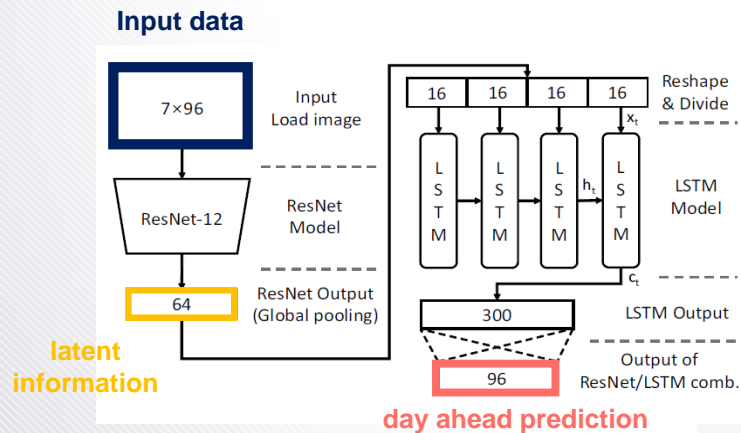


MAPE (%)					RRMSE (%)				
RBM	ReLU	SNN	DSHW	ARIMA	RBM	ReLU	SNN	DSHW	ARIMA
2.27	2.19	2.98	2.55	3.29	2.91	2.76	3.70	3.35	4.21

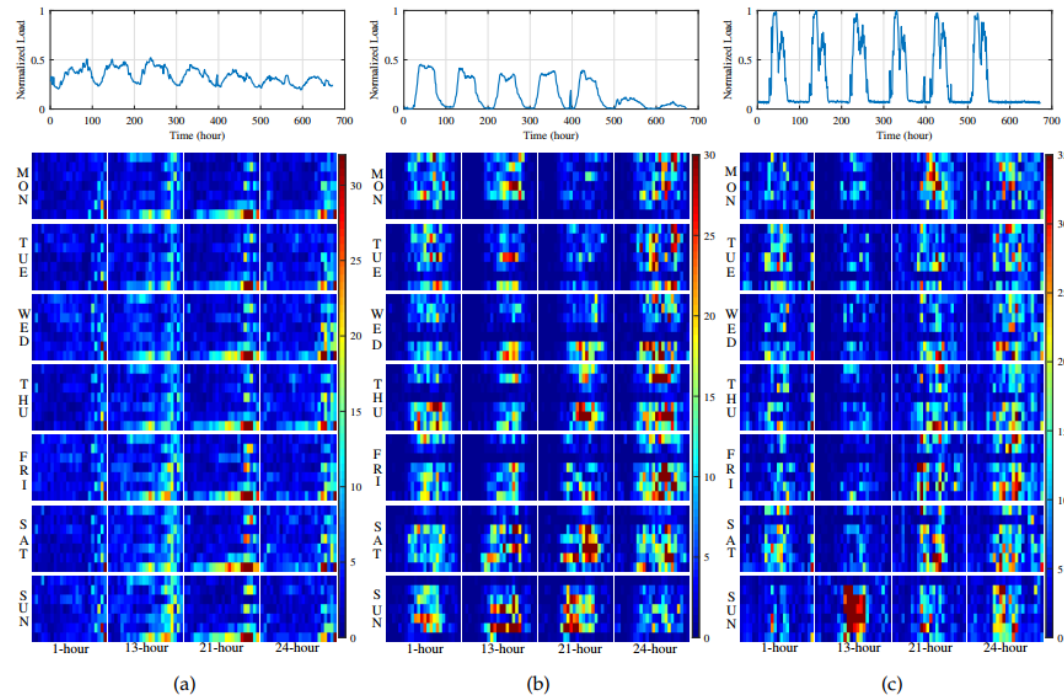
# 03 수용가별 단기수요예측

## » ResNet + LSTM 예측 모델

- 인공신경망 a.k.a. Black Box
- Occlusion experiment : 입력 데이터와 예측 결과의 연관성 분석



ResNet / LSTM 융합 예측 모델

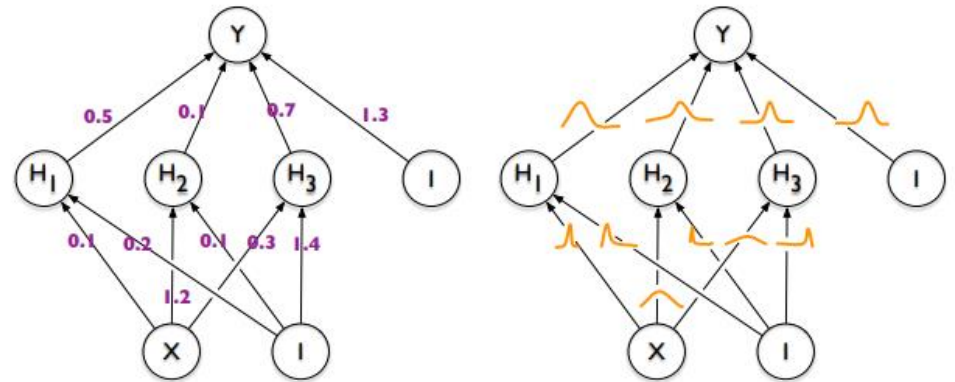
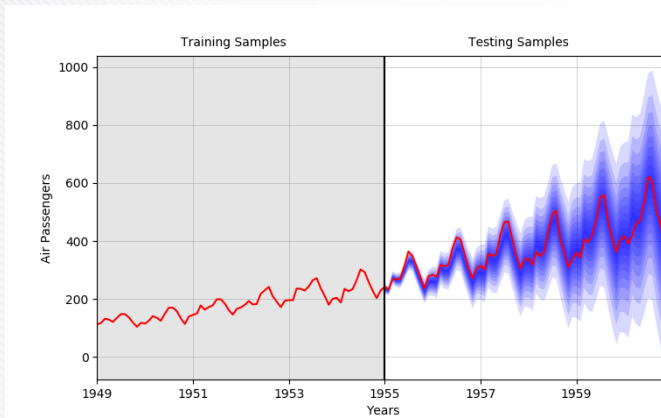


Occlusion experiment

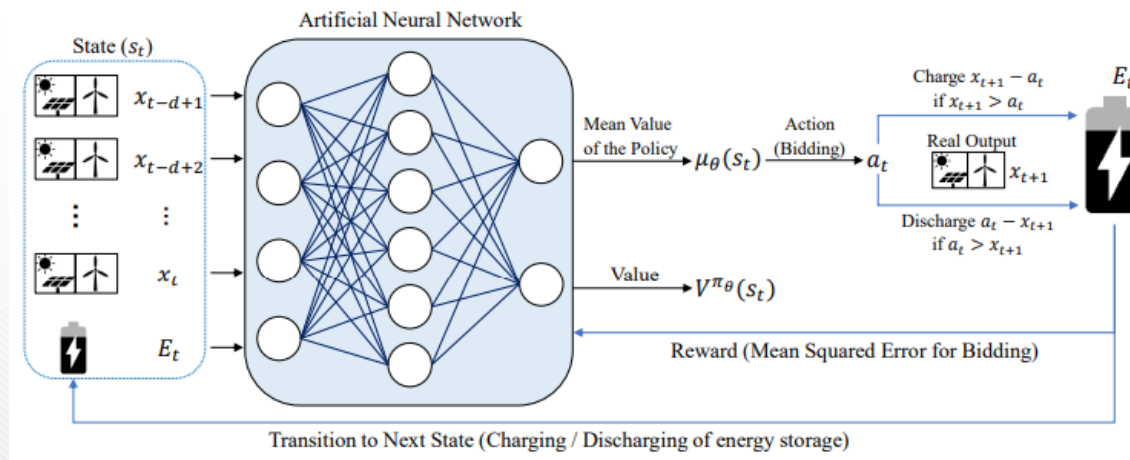


# 03 수요예측 연구의 방향

## » To probabilistic forecast



## » Forecast & Operation

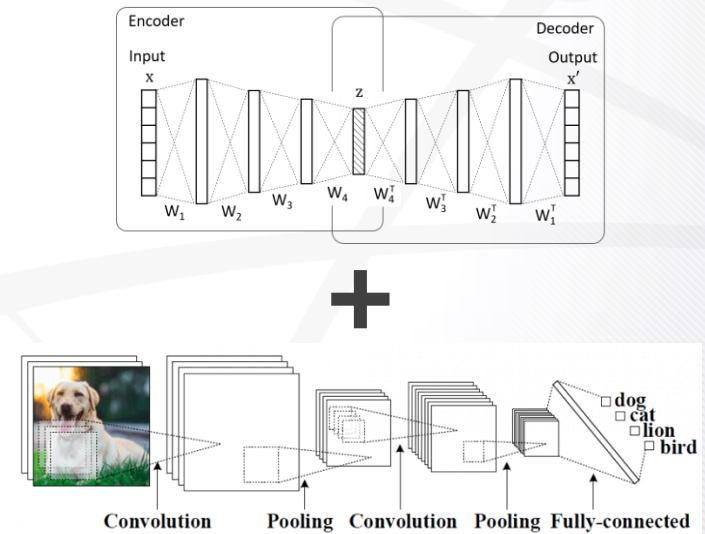
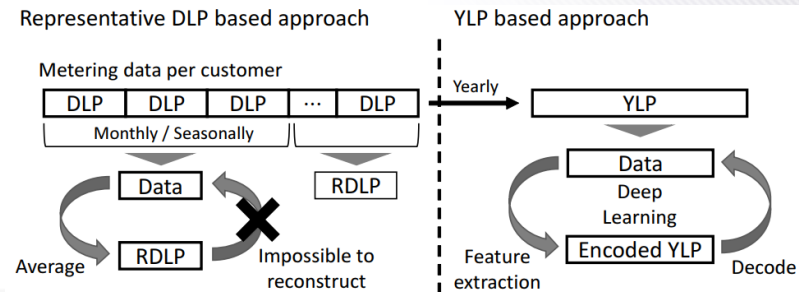
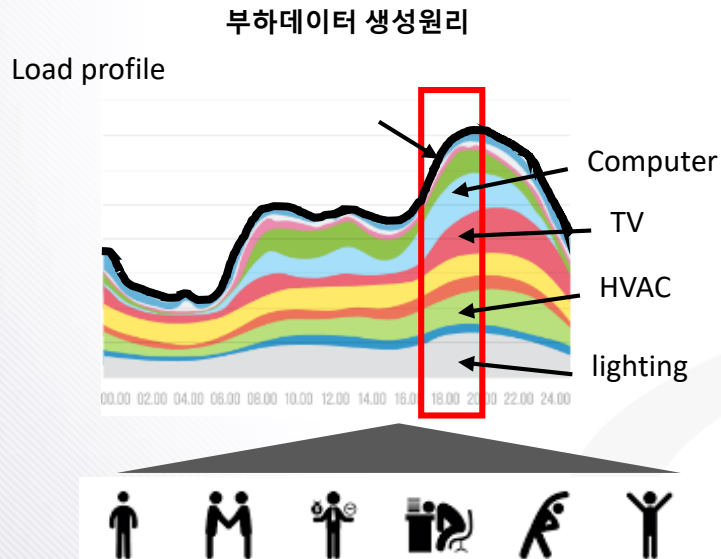




# 03 전기소비자 클러스터링 연구

## » 전력사용패턴에 대한 클러스터링

- 일별부하프로파일 (daily load profile, DLP) 분석 위주
- 연간 전력 사용량 데이터에 대한 분석 수행
- 비선형 특성 벡터 추출

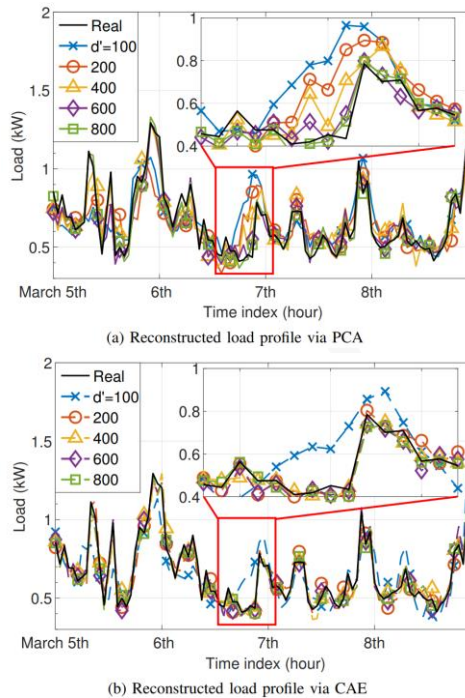
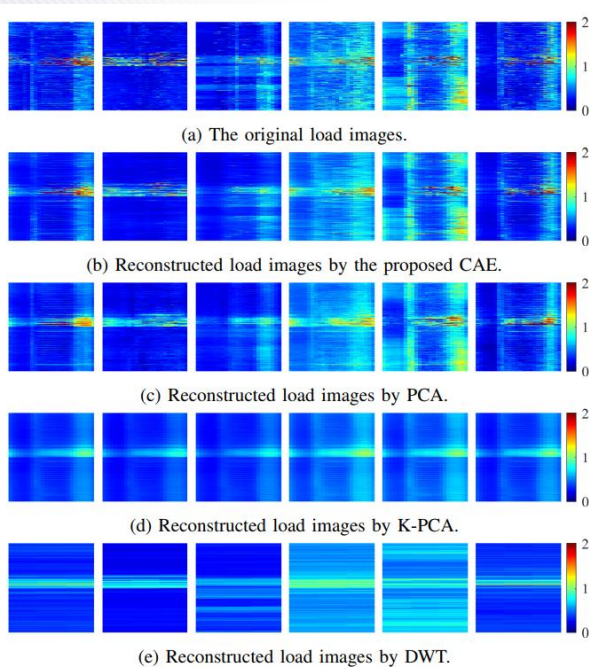


Convolutional Autoencoder 활용

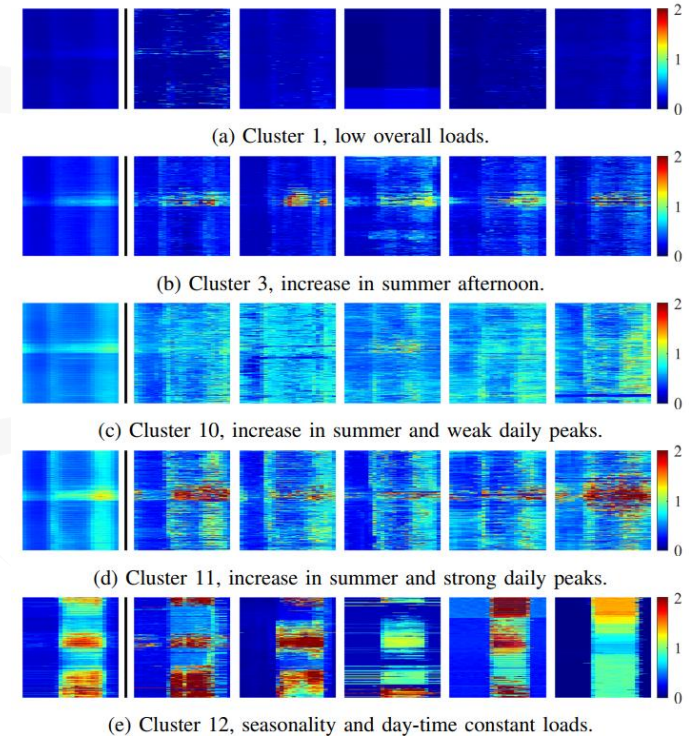
# 03 연간 부하 프로파일 분석 및 클러스터링

## 계절성과 일별 특성을 고려한 부하 클러스터링

- 수요반응 포트폴리오 구성, 부하관리, 요금제 개편, 예측 모델 등 활용



복원 결과 비교



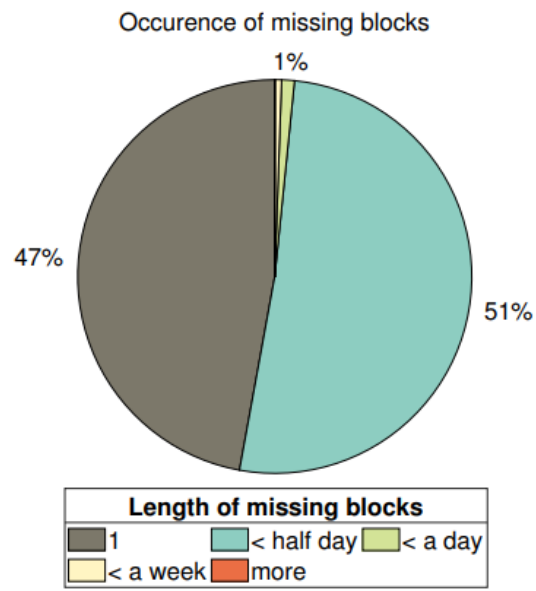
클러스터링 결과



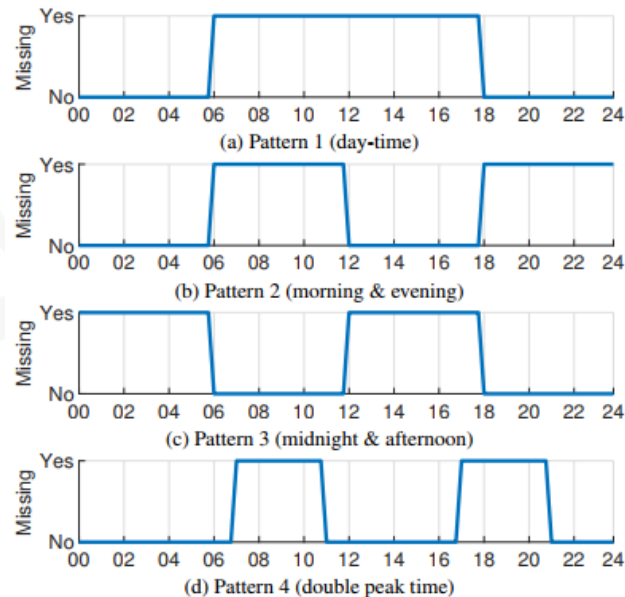
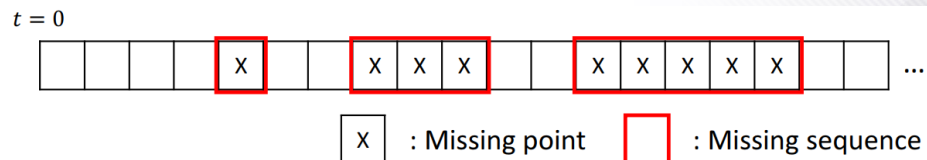
# 03 스마트미터의 결측값

## » Missing values

- 데이터 수집시 결측값 발생
- 15분 단위로 측정되는 가정 부하 데이터
- 블록 / 랜덤 / 특정 패턴에 대한 결측 처리



결측값 통계



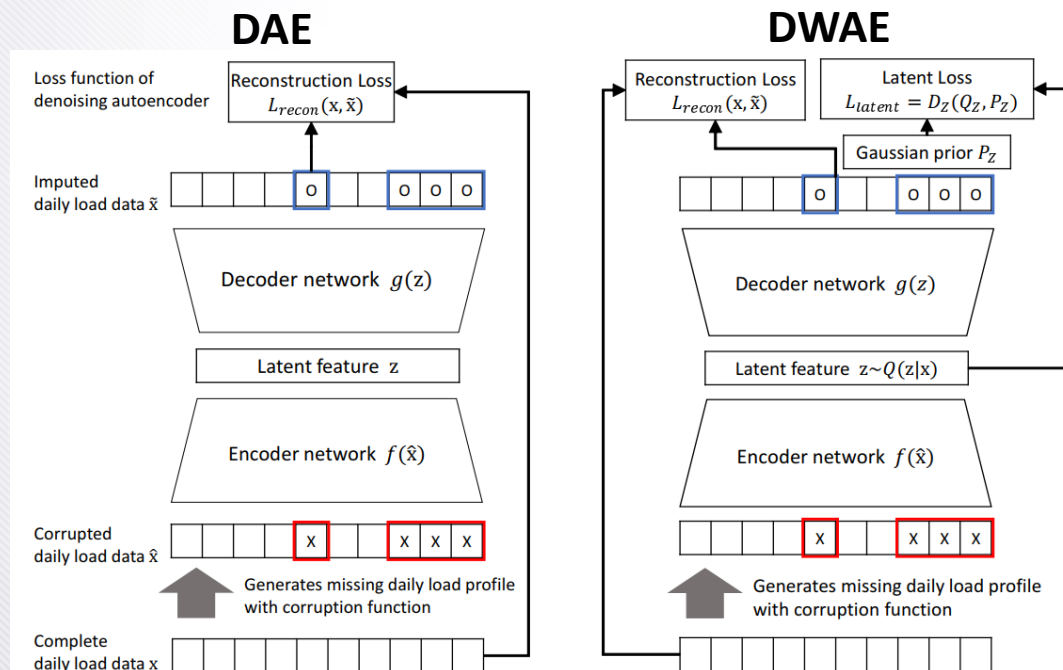
다양한 결측 패턴



# 03 스마트미터 결측값 처리 연구

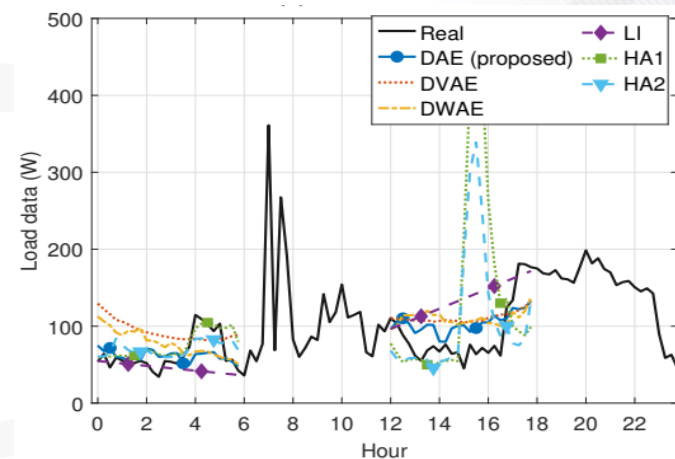
## » Denoising autoencoder

- 인위적 결측값으로부터 실제값 복원하도록 학습
- 생성적 모델 비교



$$L = L_{recon} + \lambda L_{latent}$$

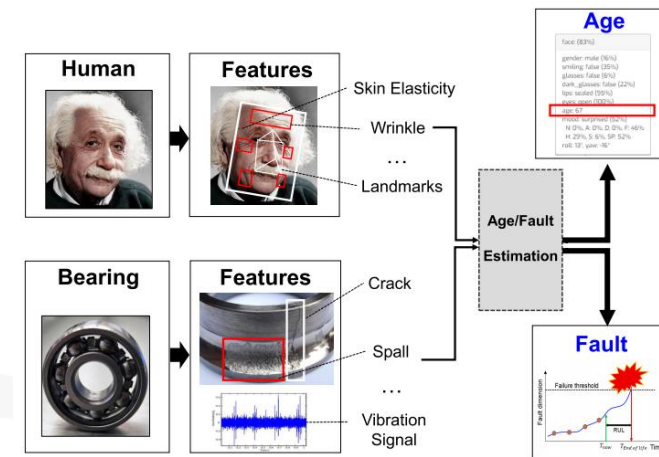
$$L_{recon} = \alpha ||\mathbf{m} \circ (\mathbf{x} - \hat{\mathbf{x}})||_2^2 + (1 - \alpha) ||\bar{\mathbf{m}} \circ (\mathbf{x} - \hat{\mathbf{x}})||_2^2,$$



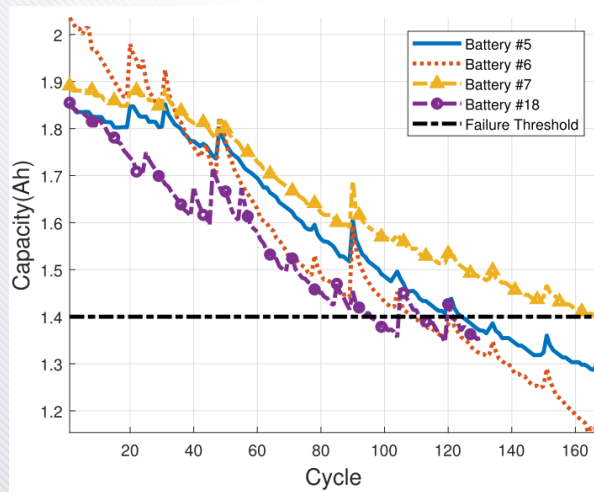
# 03 배터리 / ESS Capacity 추정

## » 배터리 충방전 >> 배터리의 노화

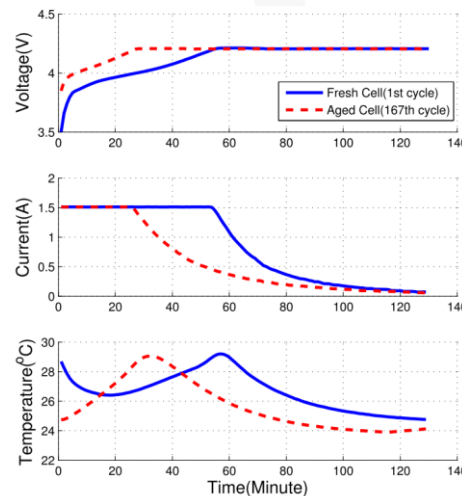
- 기대수명은 초기 용량의 70%
- 물리화학적 모델 vs 데이터기반 모델
- 배터리 사용 중 capacity 측정 어려움.
- 측정가능한 parameter들로 capacity 추정
- 동일 규격이라도 충방전 패턴에 따라 차이 발생



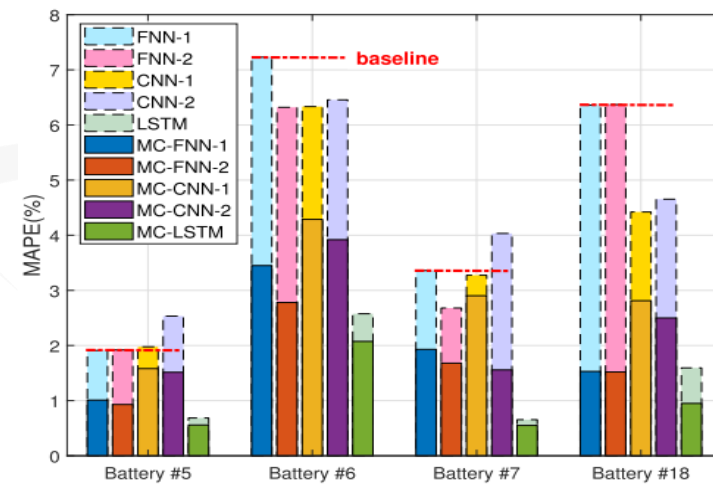
PHM for aging estimation



배터리 충방전에 따른 커패시티 변화



배터리 사용에 따른 충전 데이터 변화



배터리별 예측 오차 비교

# 03 Summary

## » 스마트 그리드 + 인공지능

- 수요 예측
- 클러스터링 분석
- 데이터 처리



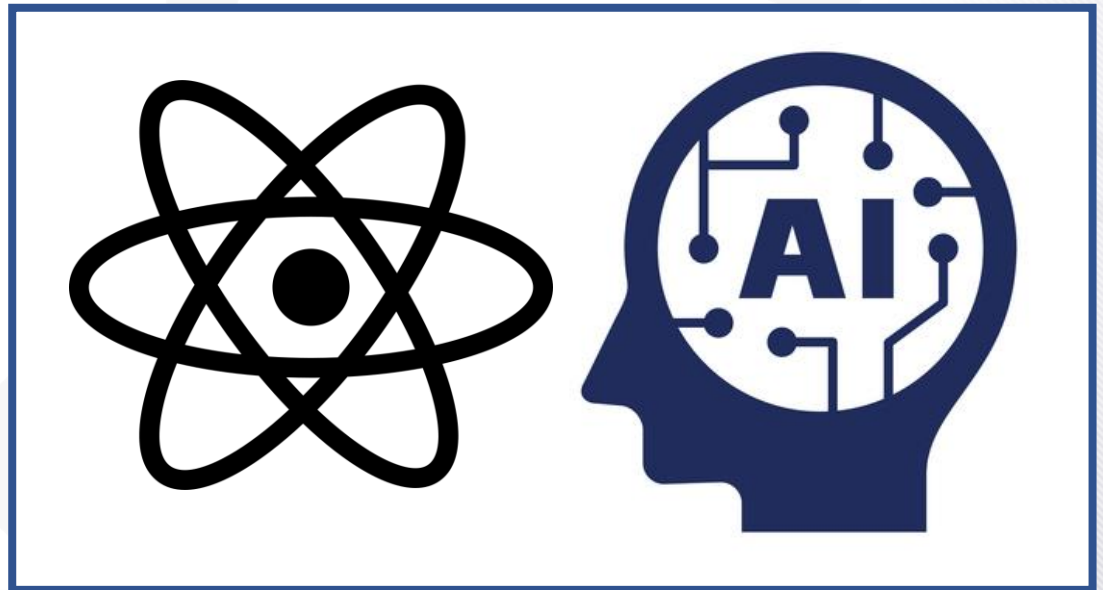
**KAERI**

**한국원자력연구원**

Korea Atomic Energy Research Institute

## » 작은 문제부터~

- 예측에서 제어까지





# THANK YOU