에너지 데이터 분석을 위한 머신러닝

미래전략본부 지능형컴퓨팅연구실

류승형 선임연구원

2020.01.07



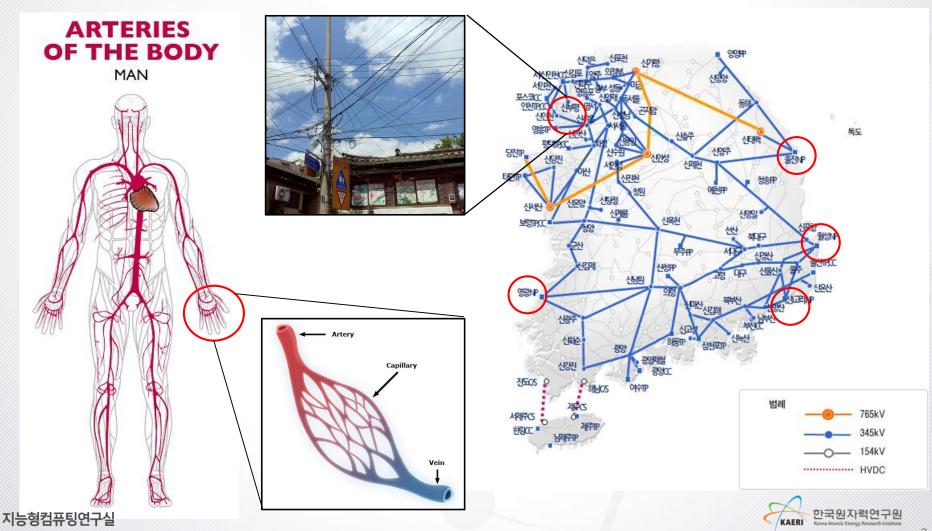


01 전력망과 스마트그리드

02 전력망의 역할

전기에너지를 전달하는 혈관

>> 안정적인 전력 공급이 1순위



2 안정적인 전력 공급

» 知彼知己면 白戰不殆

적을 알고 나를 알면 백번 싸워도 위태롭지 않다.

>> 객관적 / 정량화 된 데이터 확보

2011. 9. 15. 정전





예고없는 정전 '혼란에 빠지다'

당국, 늦더위 전력수요 예측 실패… 초가을 초유의 '제한 송전'

늦더위 예견 뻔한데… 정부, 안일이 대란 불러

정부 당국의 어이없는 전력 수요 예측으로 초가을에 전국 곳곳이 정 정되는 초요의 사태가 번어졌다. 더 육이 예고없이 진행된 정전으로 교 피해가 잇따랐다. | 관련기사 3면 15일 지식경제부와 전력거래소.

이와 관련, 지경부 관계자는 "의 예상했지만 6천726만싸가 몰렸다' 소가 많았는데, 이처럼 오늘 예상보

15일 대규모 정전 사태가 발생 전에 탄력적으로 조절하는 등의 하 것은 이례적이 누더위로 저렴 바번으로 얼마든지 사산 초유의

신호등 마비・승강기 멈춰… 기업들도 조업 차질

전기사용 폭증에 정전사태

최근 낮 기온이 30℃를 웃도는 무 이 증가하면서 전국적으로 예고 없 는 대규모 정전사태가 동시 다발적 으로 밤새했다.

피해신고가 이날 오후 5시 현재 성남시 분당구 서현동 분당제생병 위의 경우 이난 오후 1시48부쯤 순간 했다.

기남부지역 건물 내 승강기에 갇힌

콜레다오 이호 4시중보터 1시가동아 가압장 44곳 중 10곳의 가동이 중단

하전 경기보보 층은 "만바지 늦대 고양시 일산서구 탄현동 모 대형 위가 계속는 가운데 전력 수료량이 MDCT(다중검출 전산화단증촬영장 마트에서도 정전이 발생, 비상전력 급증하대다 발전소 전력수급에 문제





02 신규 요소들의 망내 유입

증가하는 Grid complexity











 μ - PMU



전기자동차(EV)

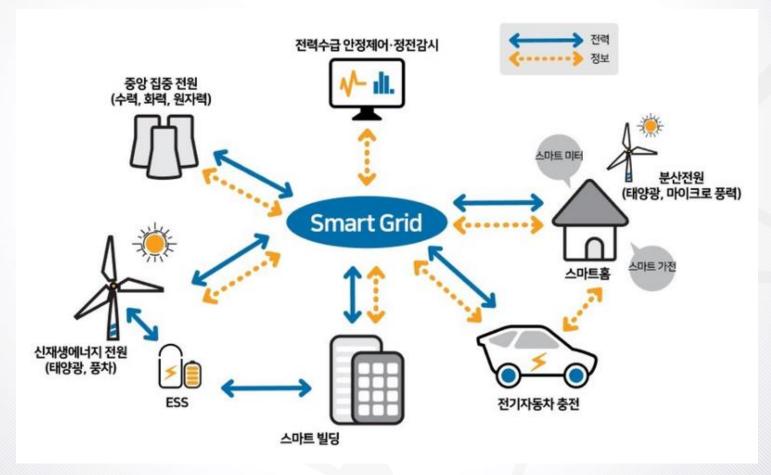


에너지저장장치(ESS)



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
- 於
- 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

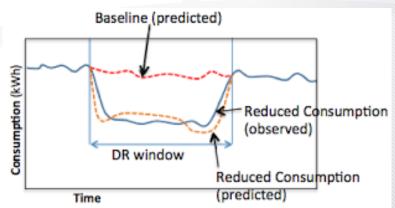
수요 반응 (Demand Response, DR)

- 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





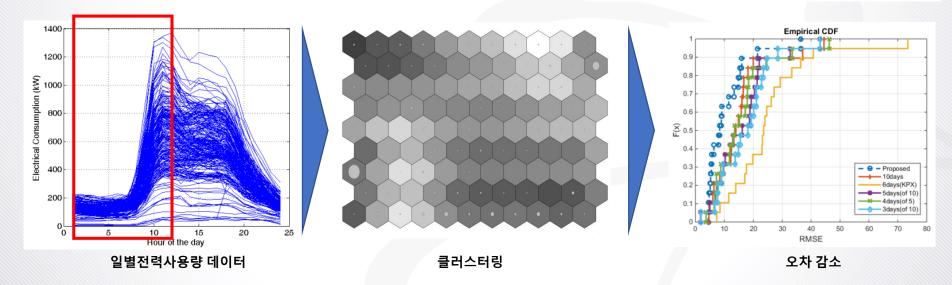
03 데이터 기반 고객기준부하 산정

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_1x_{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)					



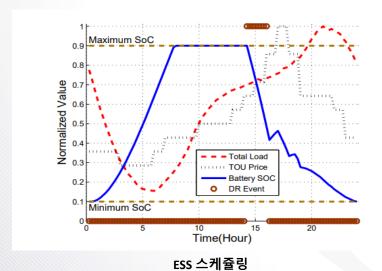
비슷한 유형의 문제들에 머신러닝 적용



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 스케쥴링 / 전력 시장 입찰
- 각 요소에 대한 개별 예측 모델 개발 > 데이터를 통한 학습



Coalitional framework

Forming a coalition

RES owner 1

RES owner i RES owner N

RES owner N

RES owner N

RES owner N

Day-ahead market

Real-time market

Two-settlement electricity market

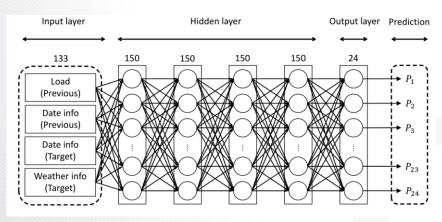
전력 도매시장 참여를 위한 통합운용

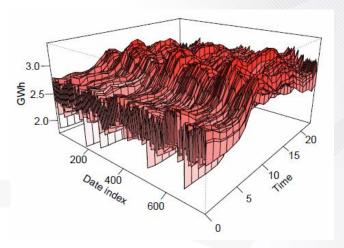
03 수용가별 단기수요예측

DNN 기반 단기수요예측

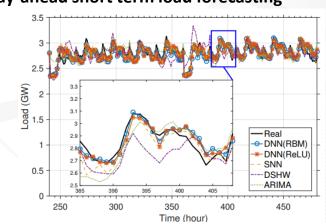
- 다음 24시간의 전력수요 예측
- 과거 부하 / 기상정보 / 요일 정보 등 활용
- 40개 수용가 3년간의 전력사용량 데이터
- 계절별 / 수용가별 / 대단위 부하 예측 비교

Network structure





Day-ahead short term load forecasting



MAPE (%)					RRMSE (%)					
RB	M	ReLU	SNN	DSHW	ARIMA	RBM	ReLU	SNN	DSHW	ARIMA
2.2	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

Input data Reshape 16 16 16 Input & Divide 7×96 Load image LSTM S ResNet Model ResNet-12 Model ResNet Output 64 (Global pooling) 300 LSTM Output latent Output of information ResNet/LSTM comb. day ahead prediction

Tue thour 13-hour 21-hour 24-hour 0

(a)

(b)

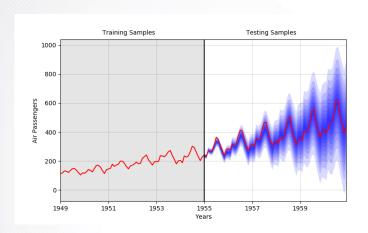
(c)

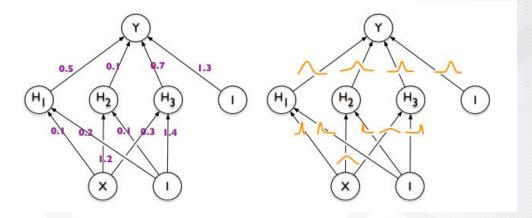
ResNet / LSTM 융합 예측 모델

Occlusion experiment

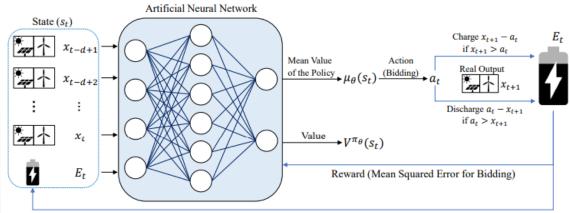
03 수요예측 연구의 방향

To probabilistic forecast





Forecast & Operation



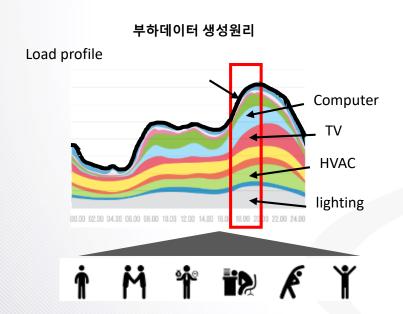
Transition to Next State (Charging / Discharging of energy storage)

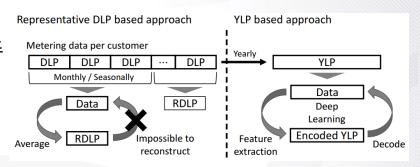


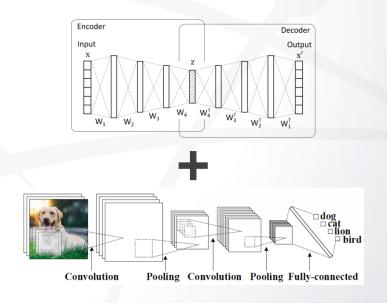
03 전기소비자 클러스터링 연구

전력사용패턴에 대한 클러스터링

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







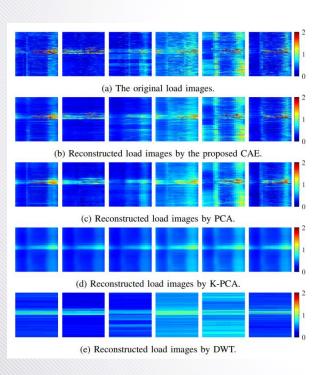
Convolutional Autoencoder 활용

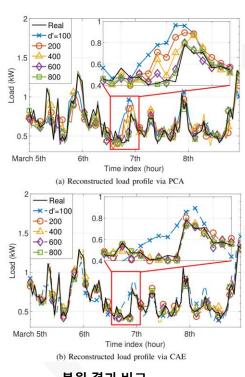


03 연간 부하 프로파일 분석 및 클러스터링

계절성과 일별 특성을 고려한 부하 클러스터링

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





(a) Cluster 1, low overall loads.

(b) Cluster 3, increase in summer afternoon.

(c) Cluster 10, increase in summer and weak daily peaks.

(d) Cluster 11, increase in summer and strong daily peaks.

복원 결과 비교

클러스터링 결과

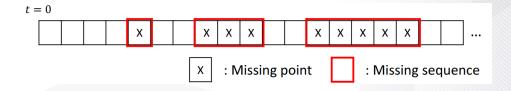
(e) Cluster 12, seasonality and day-time constant loads.

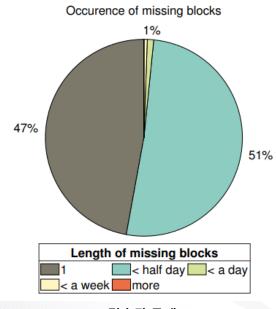


03 스마트미터의 결측값

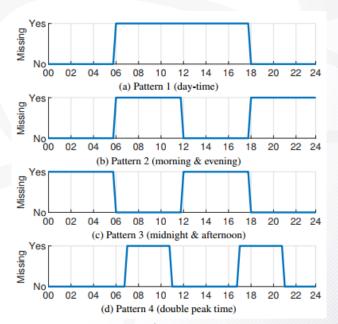
Missing values

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









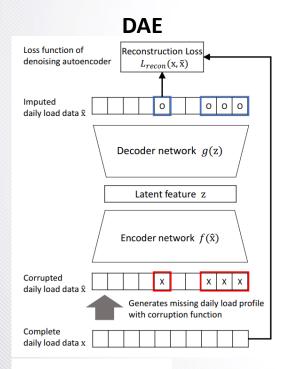
다양한 결측 패턴

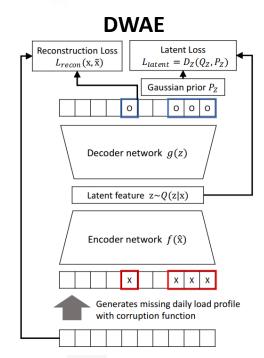


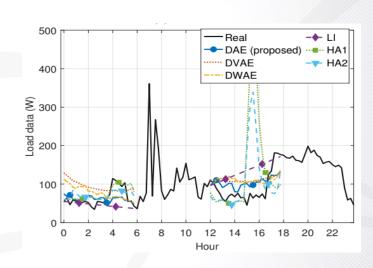
03 스마트미터 결측값 처리 연구

Denoising autoencoder

- 인위적 결측값으로부터 실제값 복원하도록 학습
- 생성적 모델 비교







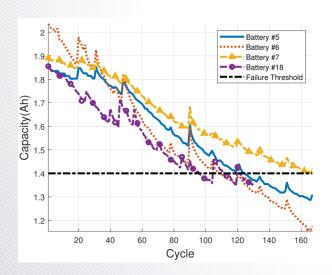
 $L = L_{recon} + \lambda L_{latent}$

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

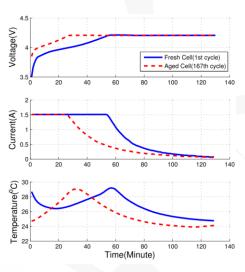
03 배터리 / ESS Capacity 추정

배터리 충방전 >> 배터리의 노화

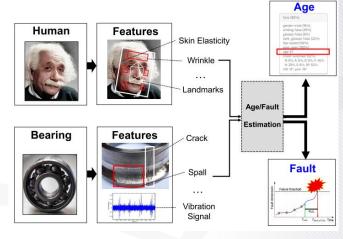
- 기대수명은 초기 용량의 70%
- 물리화학적 모델 vs 데이터기반 모델
- 배터리 사용 중 capacity 측정 어려움.
- 측정가능한 parameter들로 capacity 추정
- 동일 규격이라도 충방전 패턴에 따라 차이 발생



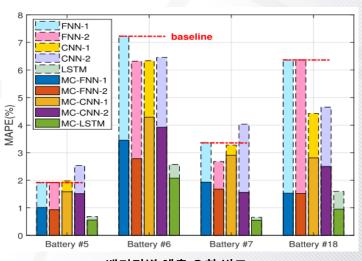
배터리 충방전에 따른 커패시티 변화



배터리 사용에 따른 충전 데이터 변화



PHM for aging estimation



배터리별 예측 오차 비교



03 Summary

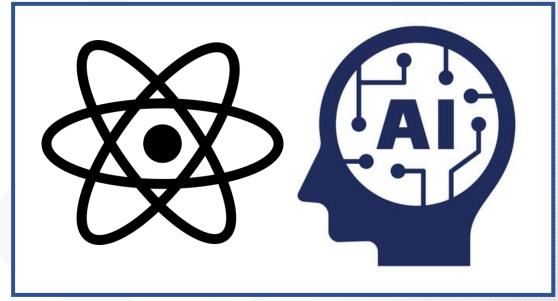
≥ 스마트 그리드 + 인공지능

- 수요 예측
- 클러스터링 분석
- 데이터처리

≥ 작은 문제부터~

• 예측에서 제어까지





THANK YOU

