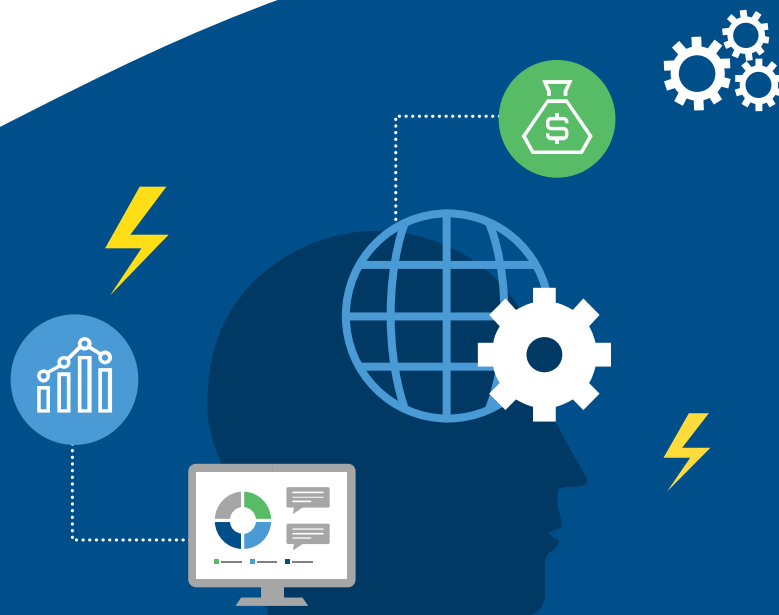


검침 실패 고객 협정량 추정 모델 개발

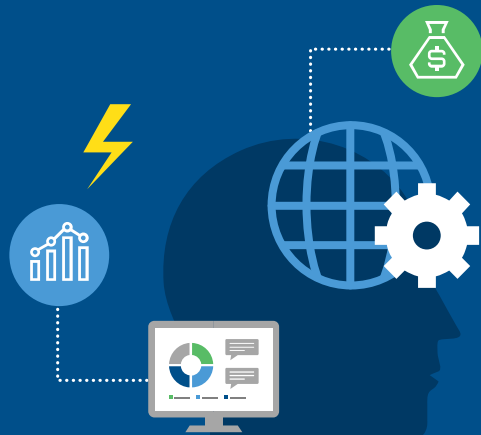
경기본부 | 호시우행(虎視牛行)
호랑이처럼 예의주시하며 소처럼 우직하게
행동함





CONTENTS

검침 실패 고객 협정량 추정 모델 개발



I

개 요

II

모델개발

III

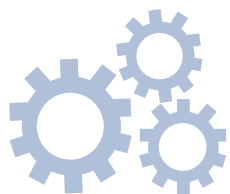
모델검증

IV

최종결론

V

기대효과



I

개요





21대 CEO
정승일

탄소중립시대 에너지분야 패러다임은 탈탄소화, 분산화, **지능화**

- ❖ 스마트미터기 확산을 계기로 다양한 요금제의 도입 필요
- ❖ 전기사용자의 편의성과 안정성, 경제성을 높이기 위해
데이터(D), 네트워크(N), 인공지능(A) 기술이 접목된
서비스 혁신과 솔루션 개발에 적극 참여 요청

2021. 6. 1. CEO 취임사 中



전력산업의 '**지능화**'를 위해 **D.N.A.**를 접목한 “고객가치 제고” 솔루션 개발

D

검침
Data

N

AMI
Network

A

사용 패턴 분석
Artificial Intelligence

전력서비스 현장

서비스 이행기준 [업무처리기준]

(전기사용량 검침)

계량기 고장 등으로 사용량이 정상적으로 계량되지 않았을 때에는 **고객과 협의하여 가장 합당한 방법으로 사용량을 결정** (사용량 협정)

★ [공공기관의 운영에 관한 법률 제3조] “국민에게 직접 서비스를 제공하는 **공공기관**은 **고객현장**을 제정 공포하여야 한다”

기본공 급약관 시행세 칙 제 54조 4항

④ 계약전력 **5kW** 이하 고객의 사용 전력량 협정은 다음에 따라 순차적으로 적용하되, 타당하지 않다고 판단될 경우에는 제 5항의 협정 방법에 따라 처리 할 수 있다.

1. 검침 기간 중 신(구)전력량계 사용실적이 10일 이상인 경우에는 그 실적

$$\text{협정치} = \frac{\text{신(구)전력량계 사용전력량}}{\text{신(구)전력량계 사용일수}} \times \text{협정 대상일수}$$

일 평균 사용량

2. 신 전력량계나 구 전력량계의 사용실적이 없거나 10일 미만인 경우에는 **전월 사용실적**

단순 실적만으로 사용요금을 부과해도 합당할까?

전력량계 고장으로 인한 **사용량 협정** 평균 **7천건/년** 발생 (경기본부 기준)

연도별 협정 발생 건수 (경기본부 저압 기준)

연 도	협정건수(건)
2018	8,349
2019	6,485
2020	6,882
합 계	7,238

협정 건수
평균 7천건/년 발생

협정 발생 사유 분석



주요 고장 원인

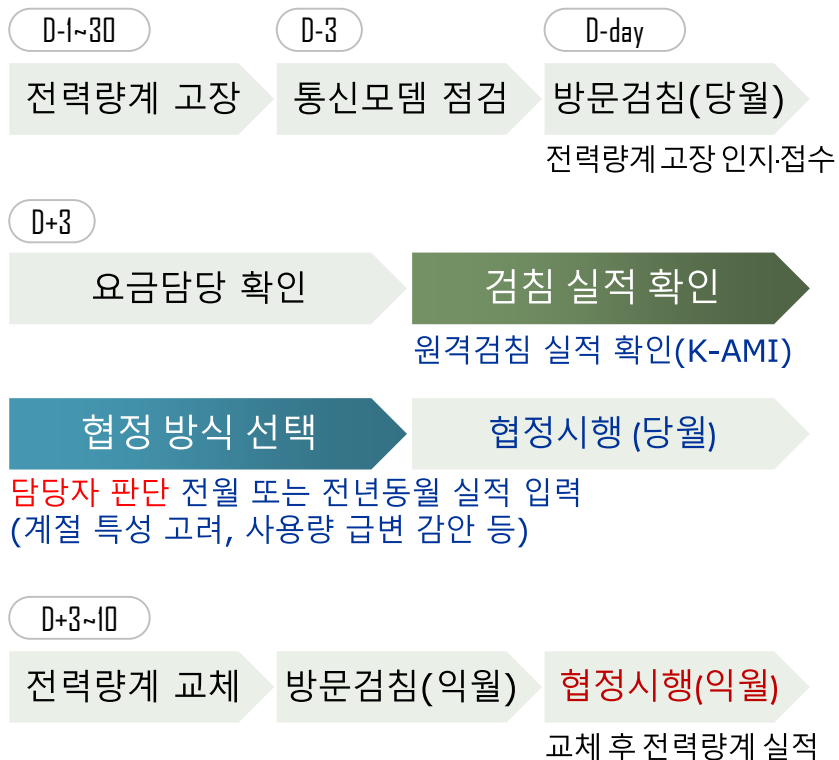


★ 전기 공급은 이상 없으나, 지침값 변동 하지 않음

전력량계 고장으로
정확한 사용량 검침 불가

협정 절차 복잡 및 과거실적 단순 적용으로 정확한 사용량 계상 불가 (요금 신뢰도↓)

전력량계 고장으로 인한 협정 절차 복잡



현행 협정 방법★은 실 사용량과 편차 발생으로 정확한 요금 청구 불가

★ 기본공급약관 시행세칙 제54조 4항 기준

① 전력량계 사용실적 : 검침 실적 10일 이상

$$\text{협정치} = \frac{\text{사용 전력량}}{\text{사용일수}} \times \text{협정대상일수}$$

② 전월(or전년동월) 실적 : 검침 실적 10일 미만



협정량 정확도 분포도(① + ②의 평균)



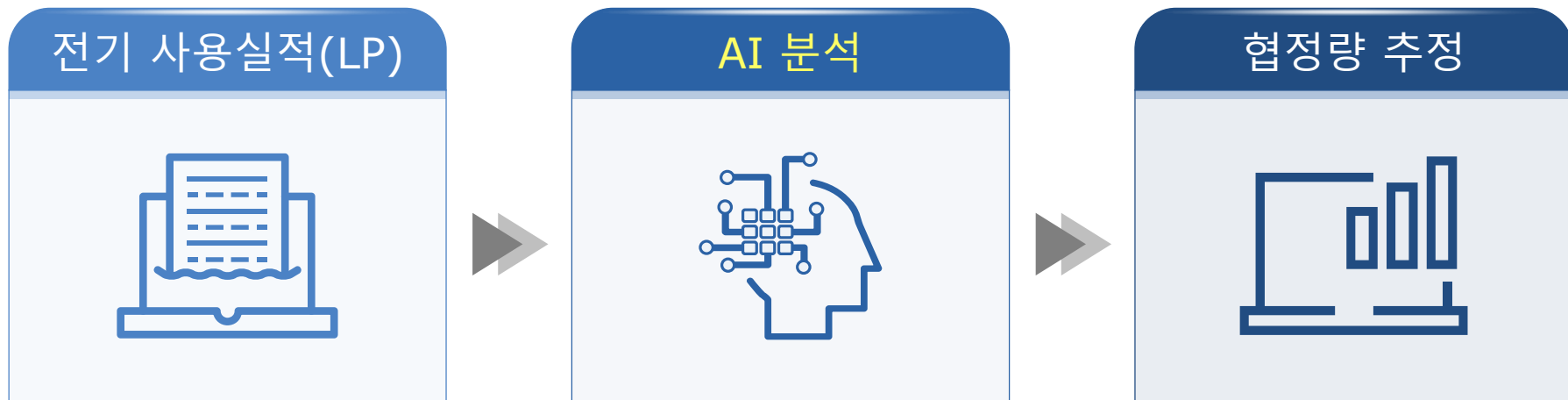
※ 정상 고객의 사용량을 지우고 기존 방식으로 협정량 산출 후 실측값

※ 대상 고객: 주택용 1,000호

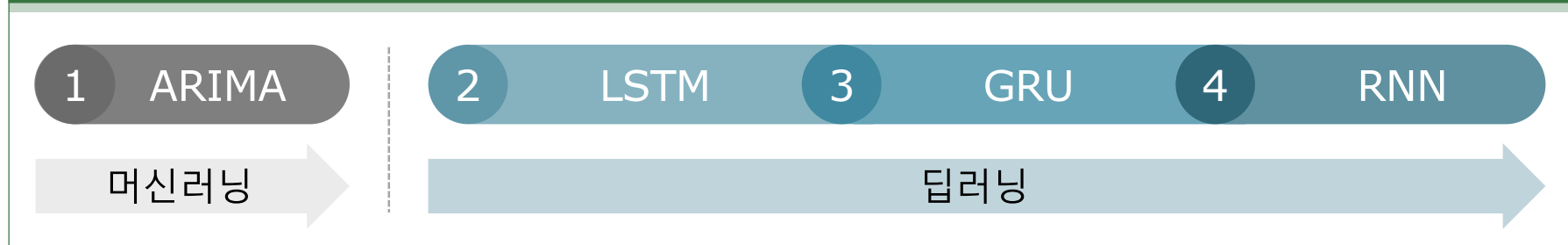
협정 기간(가정): 20.4.18. ~ 4.30. (13일치 = 평균협정기간)

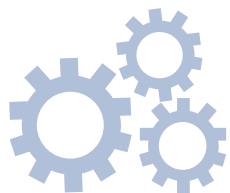
현행 협정방식보다 정확한 협정량 추정 모델 개발

기 고객의 전기사용 패턴 학습을 통한 보다 정확한 협정량 추정 모델 개발



시계열 분석에 적합한 알고리즘 탐색



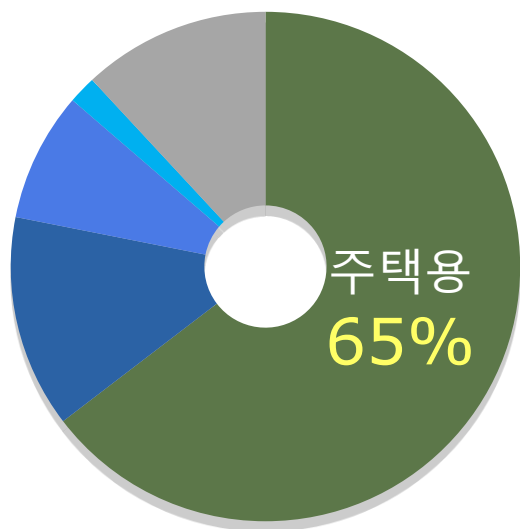


II

모델개발



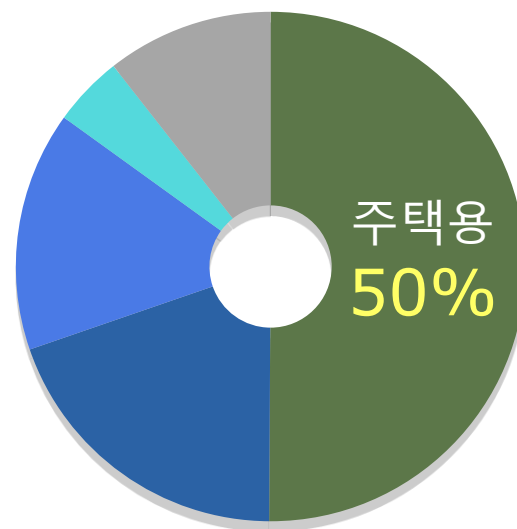
계약종별 현황 (2020년도)



■ 주택용 ■ 일반용 ■ 농사용 ■ 산업용 ■ 기타

전체 고객의
65%가 주택용 고객

경기본부 협정고객 현황 (2020년도)



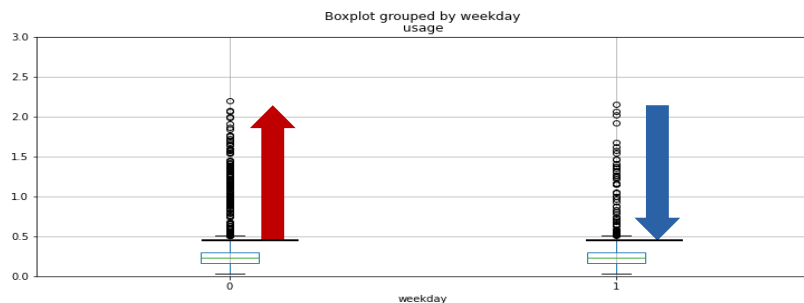
■ 주택용 ■ 일반용 ■ 농사용 ■ 산업용 ■ 기타

협정 고객의
50%가 주택용 고객

전체 고객 중 과반 이상의 '주택용 고객' 우선 분석대상으로 선정

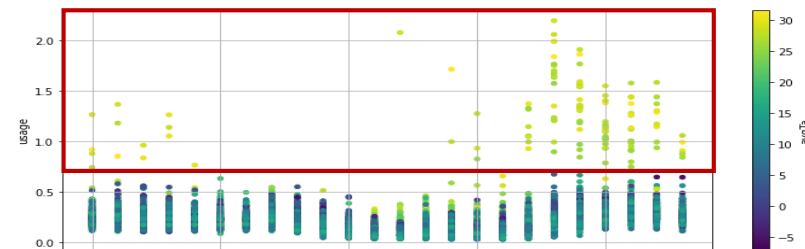
주택용 고객의 전기사용 패턴 분석 결과 5가지 주요 특성 확인

평일/주말



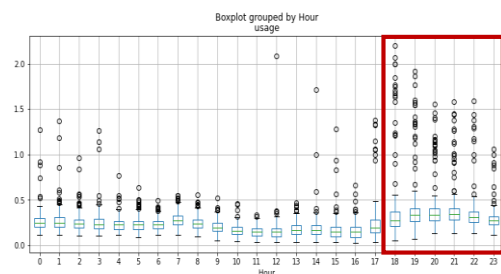
평일 보다 주말에 사용량이 더 많음

온도



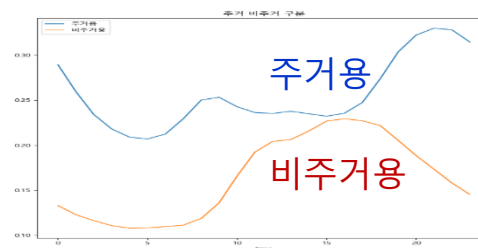
온도가 높을수록 사용량이 더 많음

시간



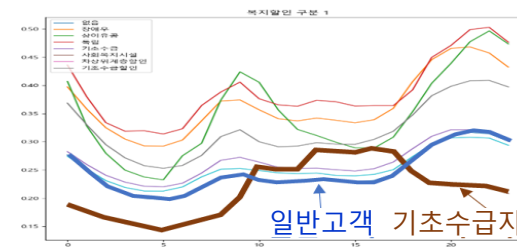
저녁시간 (18~22시)
사용량이 더 많음

주거 구분



주거/비주거에 따라
사용 패턴이 다름

복지할인



복지할인 대상이 사용량이
더 많음(기초수급자 제외)

2.3만호 고객의 1년치 시간별 전기사용량(LP) 학습

학습
대상

경기본부
2.3만호
고객

계약종별
주택용

데이터 종류
시간별 LP

데이터 기간
'19.5~20.4
월

데이터 규모
2억건

개발
방법



데이터 취득

사내/외 데이터

K-AMI
(시간별 LP)

영업정보시스템
(고객정보)

공공데이터
(기상정보)



데이터
전처리
가공/보정/병
합

결측치 및 이상치
제거

데이터 보정

데이터 병합



분석 및 예측

학습 및 예측

ARIMA
(머신러닝)

LSTM/GRU/RNN
(딥러닝)



검증

정확도 검증

예측값 ↔ 실측값
차이 비교

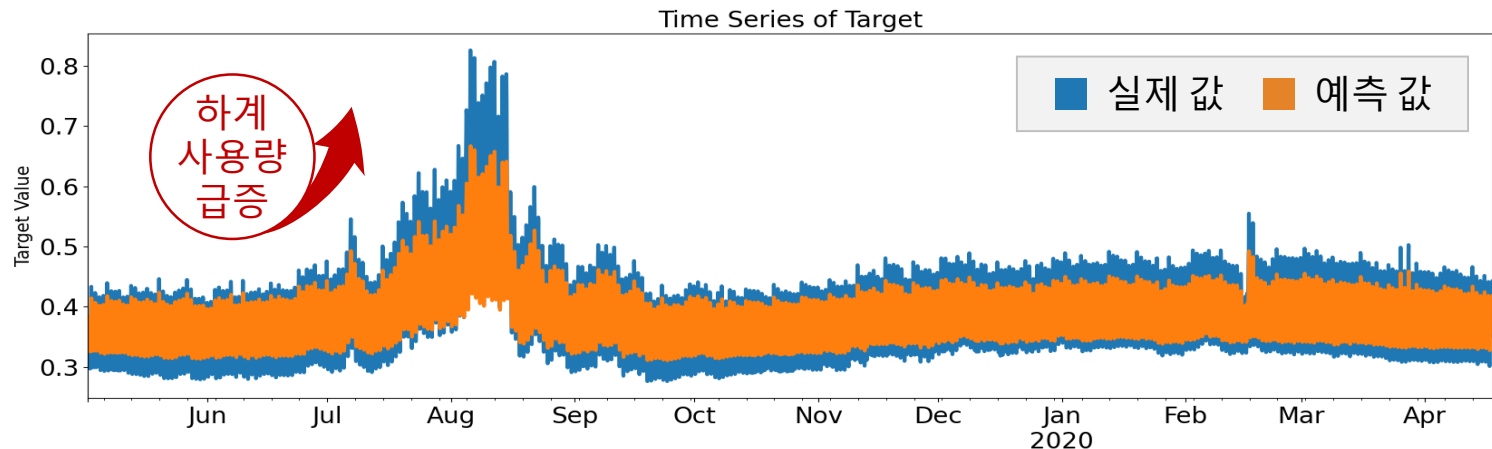
ARIMA 모델 학습

ARIMA (Auto-regressive Integrated Moving Average)

모델 특성

- 과거의 관측 값과 현재 값과의 오차 및 추세를 가지고 미래를 예측
- 머신러닝 기법으로 시계열 데이터(시간별 LP사용량)만 사용 (특성 변수 사용 X)
- 간단하면서 대표적인 시계열 분석 특화 모델

학습 결과



※ 파란색 값이 보이지 않을수록 예측 정확도 높음

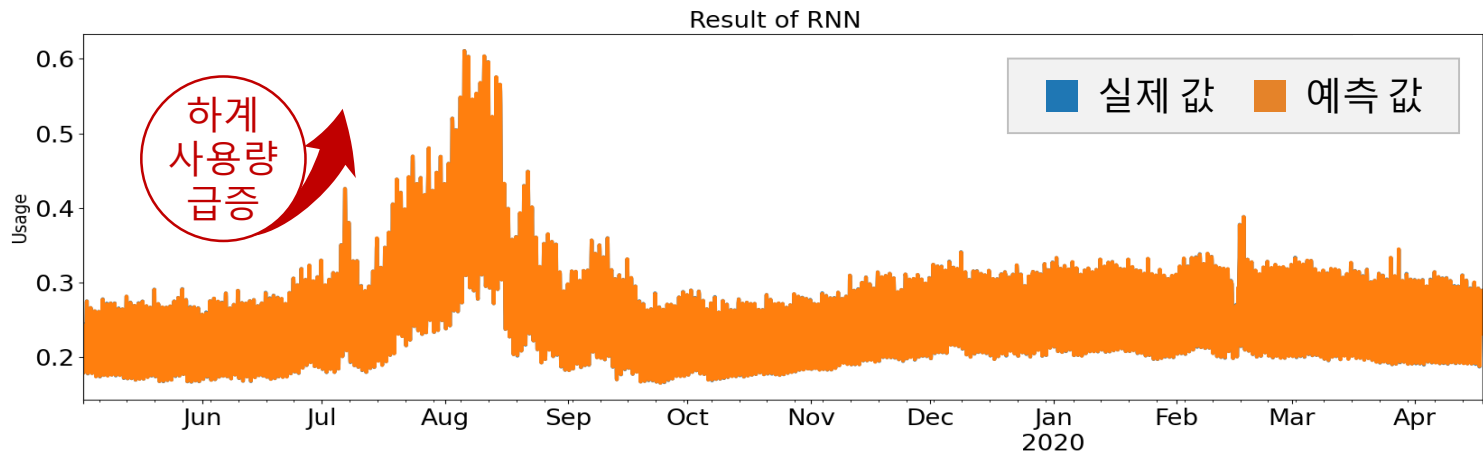
RNN 모델 학습

RNN (Recurrent Neural Network)

모델 특성

- 딥러닝 기법으로 이전의 출력 값이 다음 예측 값에 순환 구조로 영향을 미침
- 이러한 순환 특성으로 시계열 분석에 주로 사용되는 딥러닝 기법
- 주요 특성 변수들을 파라미터로 사용

학습 결과



※ 파란색 값이 보이지 않을수록 예측 정확도 높음

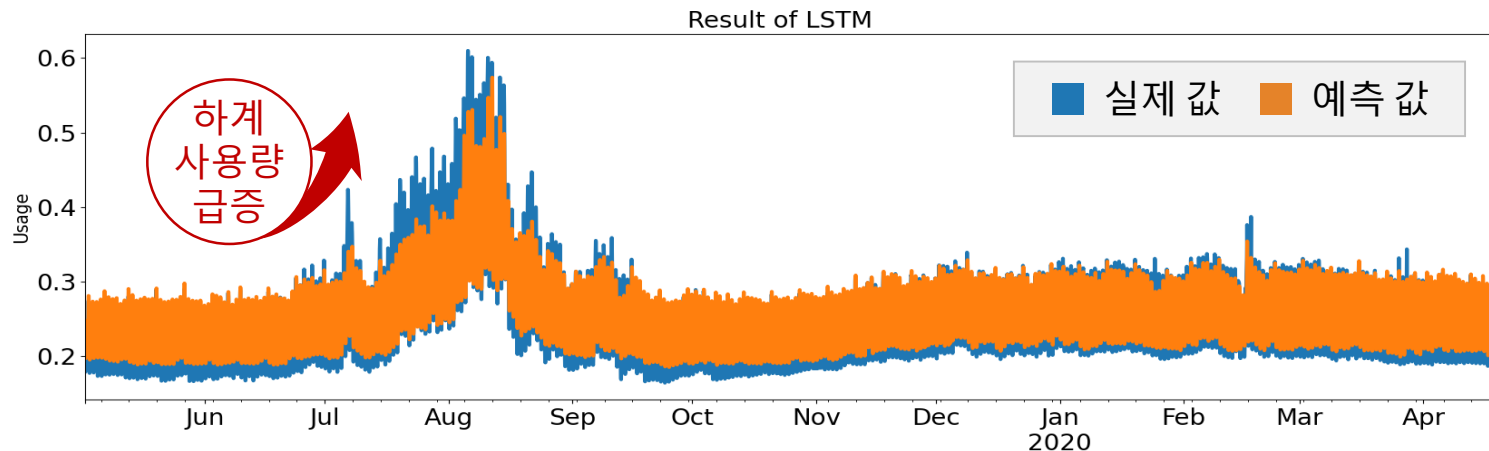
LSTM 모델 학습

LSTM (LongShort-Term Memory)

모델 특성

- ❖ 딥러닝 기법으로 순환신경망(RNN) 모델의 장기 의존성 단점을 보완한 모델
- ❖ 보다 오래된 과거의 결과 값들을 기억하여 예측 값에 반영
- ❖ RNN보다 장기 예측하는데 적합하다고 알려짐

학습 결과



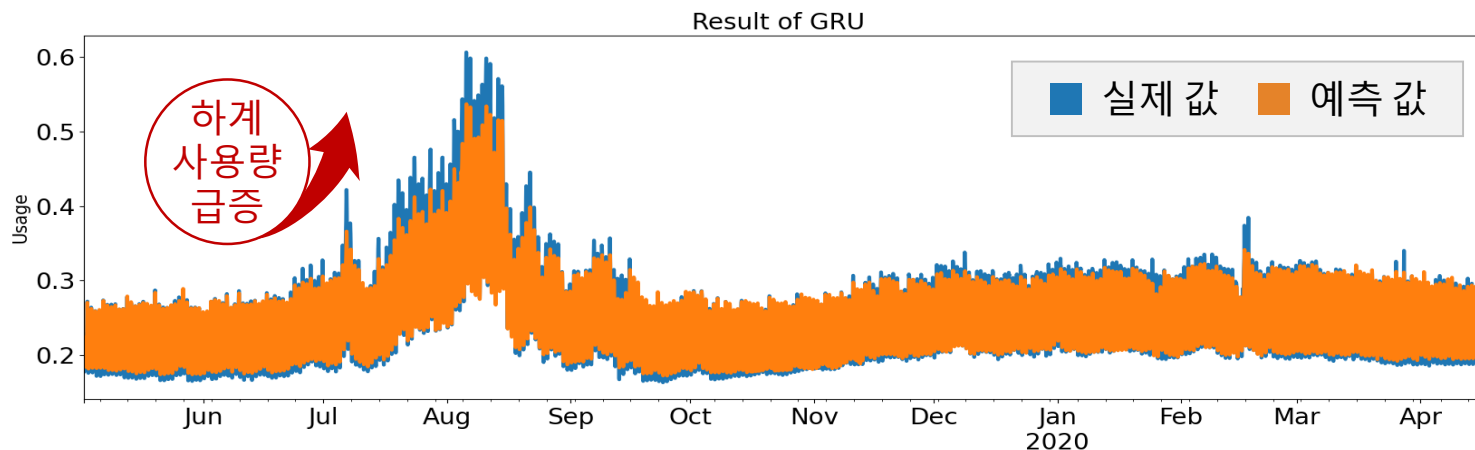
※ 파란색 값이 보이지 않을수록 예측 정확도 높음

GRU 모델 학습

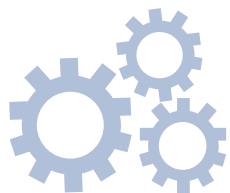
GRU (Gated Recurrent Units)

모델
특성

- 기 순환신경망(RNN) 계열로 LSTM의 구조를 단순화하여 개선한 모델
- 기 RNN과 LSTM의 중간 단계
- 기 구조는 LSTM과 유사하면서도 연산속도는 더 빠른 장점

학습
결과

※ 파란색 값이 보이지 않을수록 예측 정확도 높음



III

모델검증



1만호 고객의 13일치 ★ 협정량 정확도 검증 시행

★ 경기본부 '20년도 평균 협정 기간

검증 대상	경기본부	계약종별	협정기간(13일)	데이터 규모
	1만호 고객	주택용	'20.4.18~30	2억건

검증 모델	머신러닝	딥러닝		
	ARIMA	LSTM	GRU	RNN

검증 방법

1. 협정기간(13일치) 실측 값을 블라인드 처리하여 사용량을 예측하고 실제 값과 비교하여 정확도 산출

협정량 정확도 (%)

$$100 - \left| \frac{\text{실측값} - \text{예측값}}{\text{실측값}} \right| \times 100$$

실사용량

100%

예측 값

? %

패턴 정확도 (R² Score)

$$1 - \frac{\text{오차제곱의 합}}{\text{편차제곱의 합}}$$

결과 값이 1에 가까울수록 예측값이 실측값에 가까움

KEPCO

18 / 29

ARIMA 모델 정확도 검증

예측
대상

기 경기본부 주택용 고객 1만호

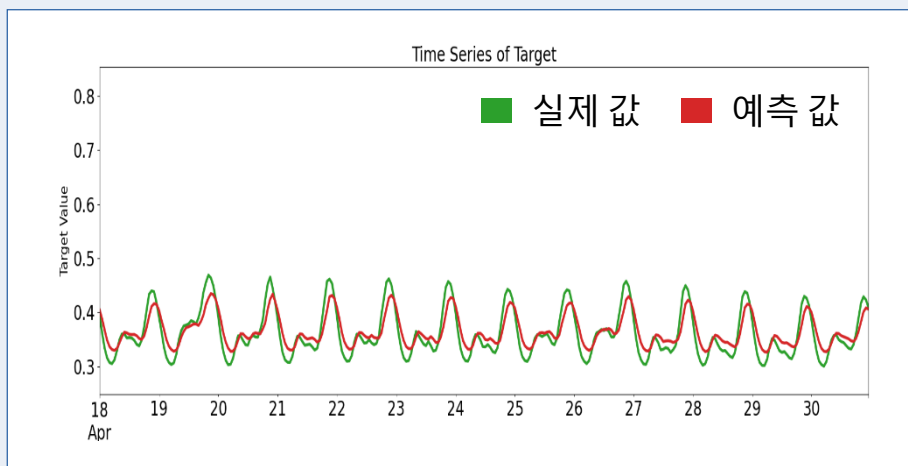
검증
내용

기 13일 ★사용량 예측 및 검증 (★경기본부 평균 협정 기간)

예측
결과

기 협정량 정확도 : 98.9%

기 패턴 정확도(R^2 Score) ★0.7466



```

ABNORMAL_TERMINATION_IN_LNSRCH
점수 :
      MAE  MSE  MAPE
Train 0.02 0.00  5.89
Test  0.02 0.00  5.07
R2 score : 0.7466397063114396
      value
index
real    112.73
predict 113.97
8:45:52.958126
    
```

RNN 모델 정확도 검증

예측
대상

기 경기본부 주택용 고객 1만호

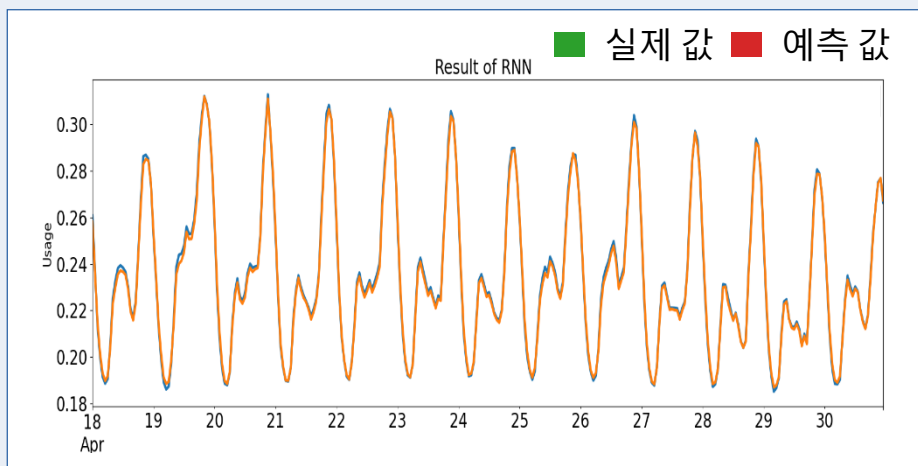
검증
내용

기 13일 ★사용량 예측 및 검증 (★경기본부 평균 협정 기간)

예측
결과

기 협정량 정확도 : 99.8%

기 패턴 정확도(R^2 Score) ★0.99



=====RNN =====

		MAE	MSE	MAPE	value
algorithm index	RNN real	0.00	0.00	0.09	73.34
	predict	0.00	0.00	0.58	73.17
R2 total usage					
algorithm					
RNN Score 0.99		99.77			

LSTM 모델 정확도 검증

예측
대상

기 경기본부 주택용 고객 1만호

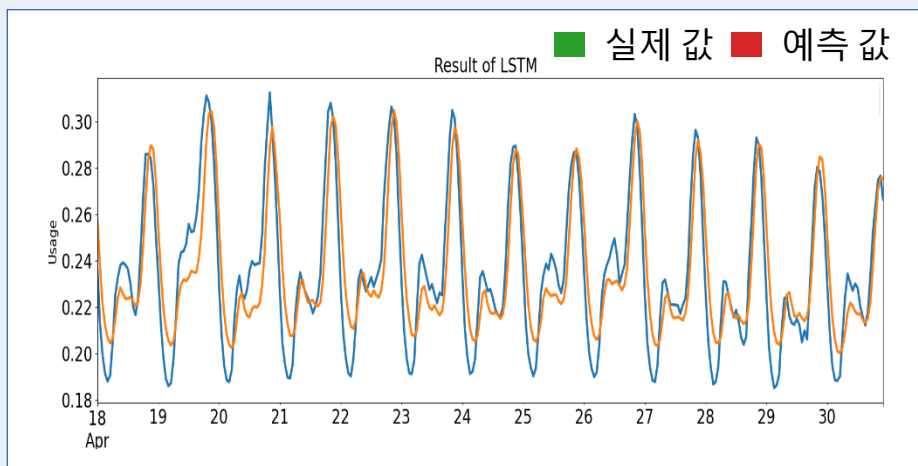
검증
내용

기 13일 ★사용량 예측 및 검증 (★경기본부 평균 협정 기간)

예측
결과

기 협정량 정확도 : 99.7%

기 패턴 정확도(R^2 Score) ★0.75



=====LSTM=

		MAE	MSE	MAPE	value
algorithm index	LSTM real	0.02	0.00	7.69	73.02
	predict	0.01	0.00	5.87	73.24
R2 total usage					
algorithm					
LSTMScore		0.75		99.70	

GRU 모델 정확도 검증

예측
대상

기 경기본부 주택용 고객 1만호

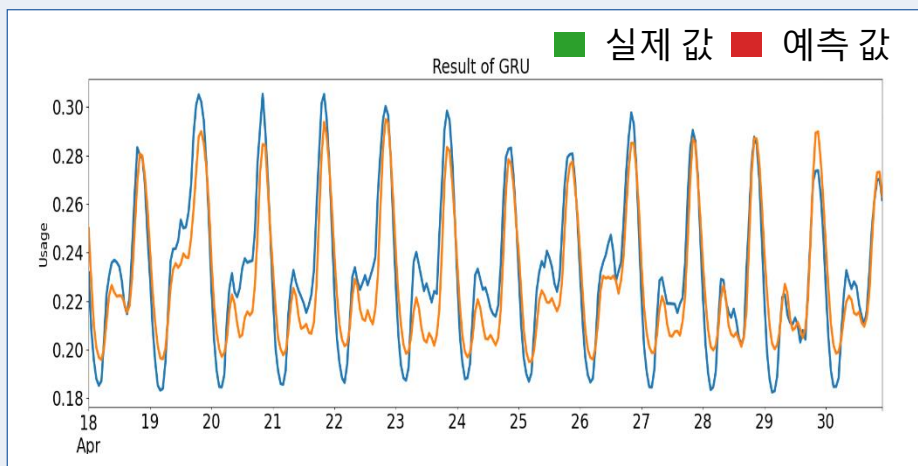
검증
내용

기 13일 ★사용량 예측 및 검증 (★경기본부 평균 협정 기간)

예측
결과

기 협정량 정확도 : 98.57%

기 패턴 정확도(R^2 Score) ★0.82

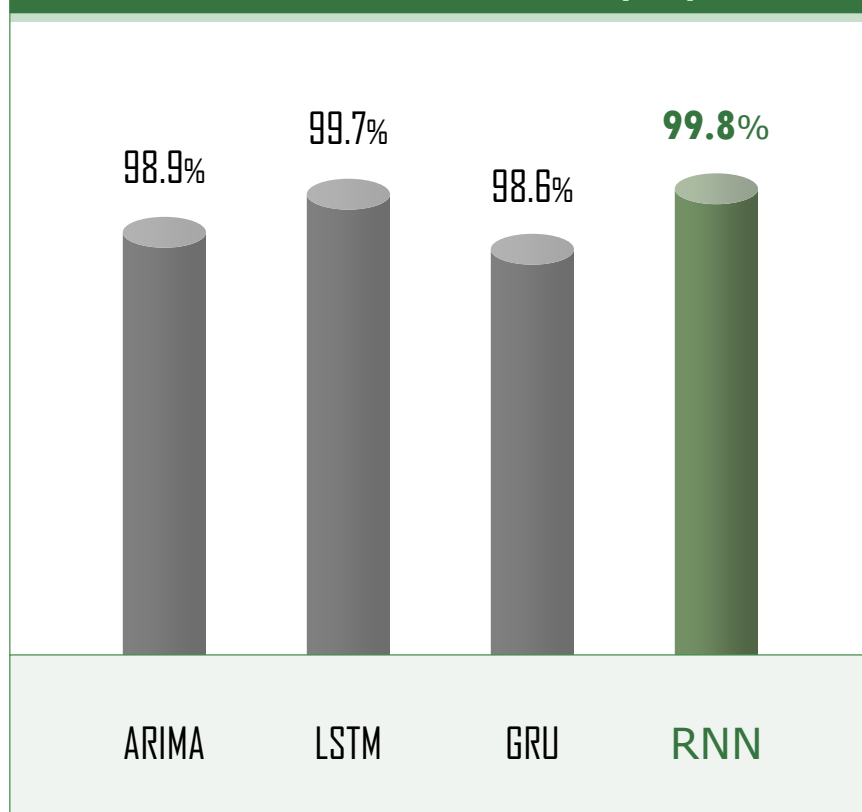


=====GRU=====

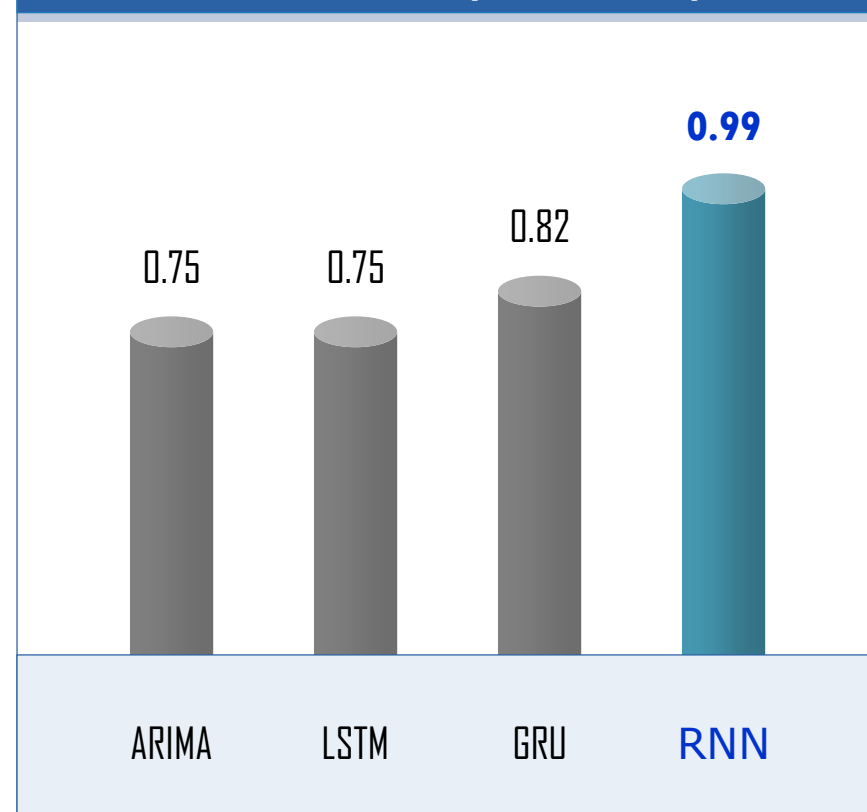
	MAE	MSE	MAPE	value
algorithm index				
GRU real	0.01	0.00	4.40	72.05
predict	0.01	0.00	4.98	71.02
R2 total usage				
algorithm				
GRU Score 0.82				98.57

모델 적용 결과, **RNN모델**이 협정량 예측 **정확도 99.8%**로 가장 우수

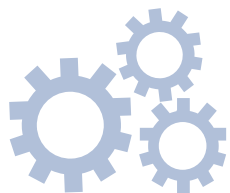
협정량 예측 정확도 (%)



패턴 정확도 (R^2 Score)



기 협정량 추정 모델로 **RNN** 채택



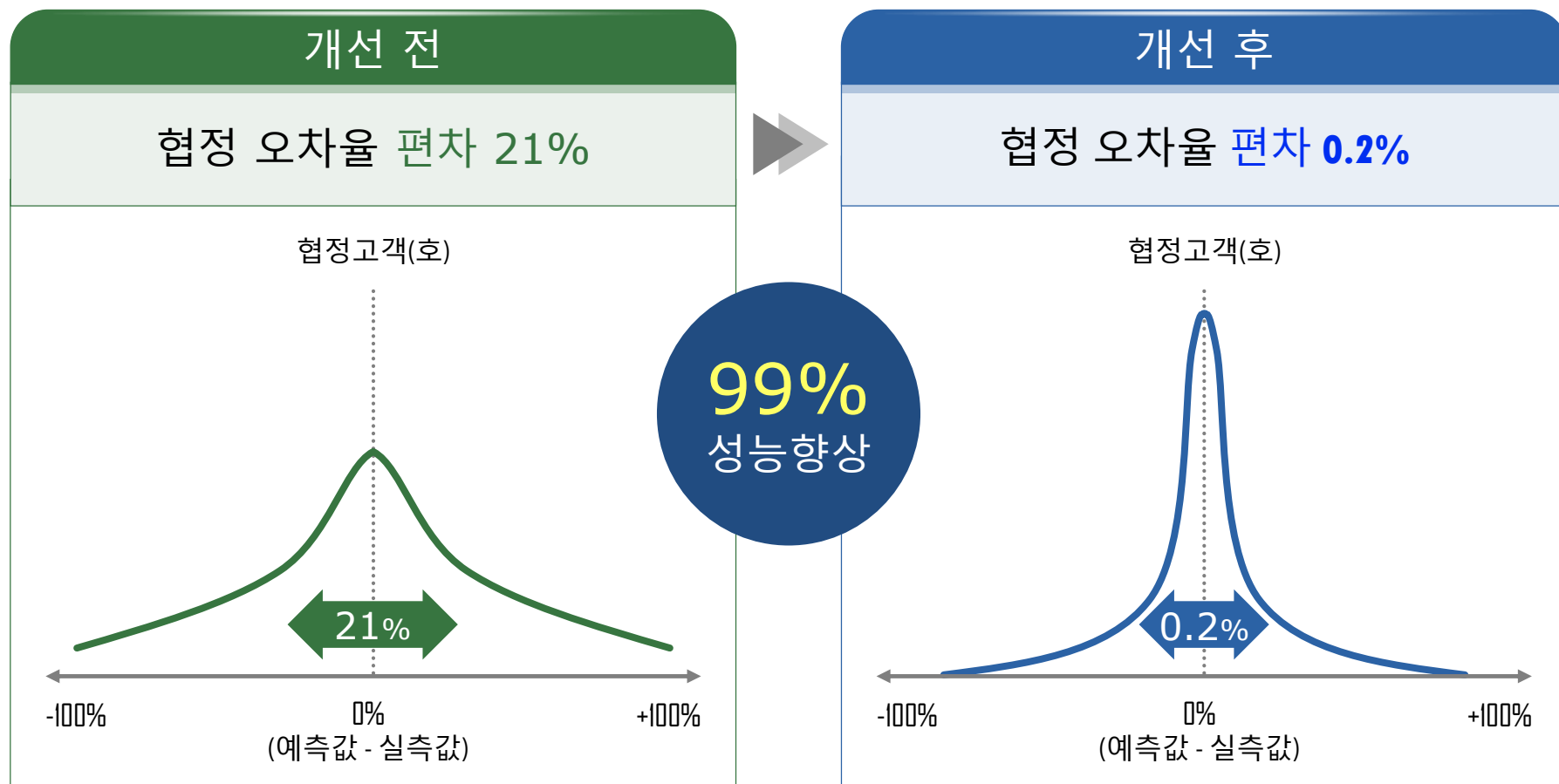
IV

최종결론



협정량 추정값 비교 결과 협정오차율★ 편차 기존 방식 대비 99% 개선

★ 정상검침 고객의 일부 전기사용량을 블라인드 처리 후 협정량 예측한 값과 실측 값의 차이



※ 협정기간 13일 가정, 17일 전력량계 실적으로 계산한 예측값과 실측값의 오차

사용량 협정방법 중 (전력량계 실적)방식 개발 모델(사용패턴 분석)로 대체 활용

As-Is

기존 협정 방식

당월 검침 실적 보유 기간에 따라 차등 적용

전력량계 실적 : 당월 검침 실적 10일 이상

$$\text{협정치} = \frac{(\text{교환전 or 후})\text{전력량계실적치}}{(\text{교환전 or 후})\text{전력량계실사용일수}} \times \text{협정대상일수}$$

협정오차율 편차 28%

21%
평균

전월실적 : 당월 검침 실적 10일 미만

$$\text{협정치} = \frac{\text{전월 or 전년동월의실적치}}{\text{전월 or 전년동월의실사용일수}} \times \text{협정대상일수}$$

협정오차율 편차 17%

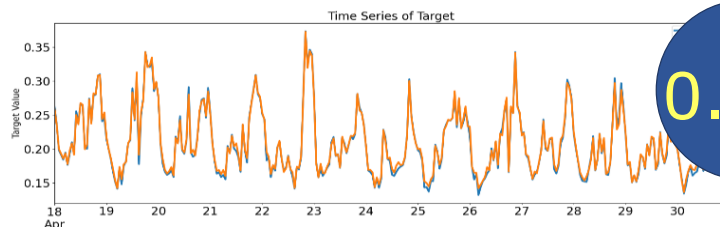
To-Be

기존 방식 + 개발 모델 적용

당월 검침 실적 보유 기간에 따라 차등 적용

사용 패턴 분석 : 당월 검침 실적 10일 이상

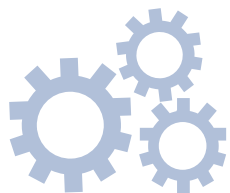
고객의 전기사용 패턴 학습을 통한 협정량 추정



협정오차율 편차 0.2%

0.2%

전월 실적 : 당월 검침 실적 10일 미만 (좌동)



V

기대효과



검침 빅데이터를 통한 협정업무 개선으로 '고객가치' 극대화

- ❖ 협정오차율 편차 축소 (21% → 0.2%)
- ❖ **요금청구 공정성 확보**
실 사용량에 가까운 협정 방식 채택
→ (과소) **사손** 및 (과다) **민원** 예방

- ❖ 사용량 예측을 통한 **부가서비스** 제공 가능
(고객의 예상 사용량 및 사용요금 안내 등)



- ❖ **현행 대비 요금 정확도 6% 개선**
(현행) 각 요일의 4주 평균 값 95%
(개선) 고객의 사용패턴 분석 99%

협정 업무 간소화

- ❖ 협정량 자동 계산
- ❖ 담당자 업무부담 완화
(경험, 노하우 → 자동 프로세스화)

검침 비용 연 7.5억원 절감

- ❖ 모뎀 점검 시 계기 고장 접수로
불필요 방문 검침 비용 절감
연간 6.8만건의 방문검침 비용 산출
(경기본부 연간 협정건수의 10배 가정)



고객 협정량 예측 결과 조회

[경기] 검정 실패 고객 협정량 추정모델

고객번호 알고리즘 LSTM 예측

고객번호를 입력하지 않으면, 현업으로 고객을 선택하여 학습결과값을 반환합니다.

경기본부 프로토타입 시연

감사합니다



'20년도 경기본부 저압 고객 협정 발생 사유 분석

협정 발생 사유	협정건수	점유율
MOF결상	1	0.0%
계기고장 및 소손	6,814	99.0%
기타	38	0.6%
무정전 실효교환	11	0.2%
사용공차를 초과하는 오차	1	0.0%
직결송전	17	0.2%
총합계	6,882	100%

※ 참고자료

[정확도 검증] 1만호 고객 20일 협정 사용량 예측 결과 정확도 99.6%

경기본부

1만호 고객

협정기간(20일)

'20.4.11~30

계약종별

주택용

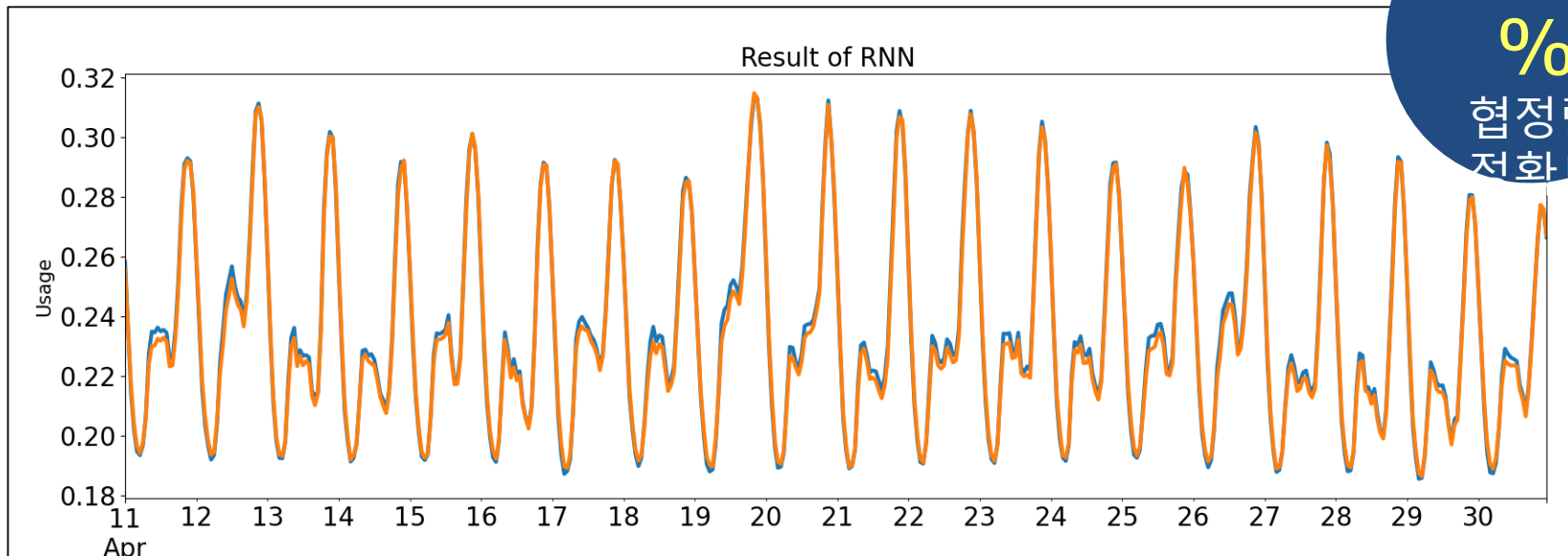
적용모델

RNN

```
=====RNN=====
                    MAE MSE MAPE value
algorithm index
RNN      real    0.00 0.00  0.09 112.73
          predict 0.00 0.00  0.90 112.30
algorithm index
RNN      Score 0.99      99.62
```

99.6
%

협정량
전화



[활용방안] 파워플래너를 통한 고객의 시간별 예측 사용량 표시



시간대별 사용량 예측 표시
활용

제 72조 (사용전력량 등의 협의 결정)

전력량계와 동 부속장치의 이상(異常), 고장 등으로 사용전력량이 정확하게 계량되지 않았을 경우에는 세칙에서 정한 방법 중에서 가장 적합한 방법으로 요금계산기간의 사용 전력량을 고객과 한전이 협의하여 결정합니다.
이때 계기용변성기 이상으로 사용전력량을 고객과 한전이 협의 결정하는 경우에는 최대수요전력을 다시 산정합니다.

④ 계약전력 **5kW** 이하 고객의 사용 전력량 협정은 다음에 따라 순차적으로 적용하되, 타당하지 않다고 판단될 경우에는 제 5항의 협정 방법에 따라 처리 할 수 있다.

1. 검침 기간 중 신(구)전력량계 사용실적이 10일 이상인 경우에는 그 실적

$$\text{협정치} = \frac{\text{신(구)전력량계 사용전력량}}{\text{신(구)전력량계사용일수}} \times \text{협정 대상일수}$$

2. 신 전력량계나 구 전력량계의 사용실적이 없거나 10일 미만인 경우에는 전월 사용실적

※ 참고자료

경기본부 협정량 기존방식 편차율 산출 방법 (주택용 1,000호 기준)

① 실측값

② 협정량 예측값

편차율 $[(2) - (1)) / (1) * 100$

사업소	고객정보			계기정보		점 사용량 20년 5월	검침값			협정량 예측				오차율			
	고객번호	계약전력	정기검침일	계기번호	계기부설일자		4월 정기검침값	2020-04-월	평균실적	직전 3개월 평균실적	전월 실적	전년 동월 실적	교환 전 전력량계 실적 (18일치 평균실적)	직전 3개월 평균실적	전월 실적	전년 동월 실적	교환 전 전력량계 실적 (18일치 평균실적)
직할	0200283451	3	01	39170425910	20140220	245	21,955.1	22,107.7	8.5	302.4	311.0	251.0	262.8	23%	27%	2%	7%
직할	0200283683	5	01	26170696750	20150214	255	21,144.2	21,285.6	7.9	329.6	322.4	253.0	243.5	29%	26%	1%	4%
직할	0200288250	3	01	39170573187	20141209	59	9,310.1	9,371.8	3.4	64.1	67.2	61.0	106.2	9%	14%	3%	80%
직할	0200288731	3	01	39170567836	20141223	130	12,806.8	12,892.8	4.8	161.5	162.2	147.0	148.0	24%	25%	13%	14%
직할	0200288777	3	01	39170567835	20141223	49	14,096.2	14,120.8	1.4	47.5	48.6	32.0	42.4	3%	1%	35%	13%
직할	0200288786	3	01	39170567814	20141223	434	29,749.9	29,968.9	12.2	427.5	427.8	353.0	377.2	2%	1%	19%	13%
직할	0200288802	3	01	39170567841	20141223	148	8,923.7	9,033.7	6.1	151.6	165.3	93.0	189.4	2%	12%	37%	28%
직할	0200288820	3	01	39170558160	20141207	165	13,384.0	13,500.0	6.4	190.1	200.5	11.0	199.8	15%	21%	93%	21%
직할	0200279420	3	01	39170425932	20140220	351	22,416.3	22,453.4	2.1	369.2	348.2	393.0	63.9	5%	1%	12%	82%
직할	0200279581	8	01	25250007007	20150213	1,173	1,272.8	2,126.1	47.4	1,104.6	1,186.3	1,213.0	1,469.6	6%	1%	3%	25%
직할	0200279894	3	01	02171103829	20131017	111	10,202.3	10,268.5	3.7	118.5	127.1	120.0	113.9	7%	15%	8%	3%
직할	0200280310	5	01	01170031769	20120611	409	47,767.9	48,010.7	13.5	448.8	460.9	421.0	418.2	10%	13%	3%	2%
직할	0200280329	5	01	39170425882	20140220	243	18,456.4	18,625.6	9.4	262.5	258.3	236.0	291.5	8%	6%	3%	20%
직할	0200280855	3	01	01170152233	20120611	252	17,605.1	17,605.1	0.0	259.0	247.0	213.0	0.1	3%	2%	15%	100%
직할	0200283371	3	01	01170931110	20170412	248	12,409.2	12,529.7	6.7	257.3	258.3	179.0	207.5	4%	4%	28%	16%
직할	0200283433	3	01	39170423152	20140220	220	31,089.2	31,198.1	6.0	260.7	252.1	229.0	187.5	19%	15%	4%	15%
직할	0200283451	3	01	39170425910	20140220	245	21,955.1	22,107.7	8.5	302.4	311.0	251.0	262.8	23%	27%	2%	7%
직할	0200283567	3	01	06170207599	20150827	134	7,719.0	7,725.8	0.4	93.7	117.8	162.0	11.8	30%	12%	21%	91%
직할	0200283594	3	01	01170284642	20121222	18	4,855.6	4,856.7	0.1	23.4	23.8	22.0	1.9	30%	32%	22%	89%
직할	0200283683	5	01	26170696750	20150214	255	21,144.2	21,285.6	7.9	329.6	322.4	253.0	243.5	29%	26%	1%	4%
직할	0200283709	3	01	39170422129	20140220	60	13,656.9	13,725.0	3.8	87.8	64.1	93.0	117.2	46%	7%	55%	95%
직할	0200283727	3	01	39170425937	20140220	71	3,606.4	3,659.5	3.0	100.6	97.1	138.0	91.5	42%	37%	94%	29%
직할	0200283941	3	01	39170422196	20140220	41	5,917.1	5,983.5	3.7	73.0	44.4	31.0	114.5	78%	8%	24%	179%
직할	0200284682	6	01	02250001015	20150211	1,142	94,824.2	95,524.9	38.9	1,474.2	1,384.7	1,139.0	1,206.7	29%	21%	0%	6%
직할	0200288198	3	01	39170573134	20141209	177	13,353.0	13,438.2	4.7	176.0	188.1	160.0	146.7	1%	6%	10%	17%
직할	0200288214	3	01	39170573127	20141209	242	19,350.1	19,475.8	7.0	247.7	254.2	241.0	216.6	2%	5%	0%	11%
직할	0200288223	3	01	39170573170	20141209	74	8,202.7	8,261.9	3.3	110.6	108.5	26.0	101.9	49%	47%	65%	38%
직할	0200288232	3	01	39170566253	20141209	328	19,710.9	19,774.7	3.5	437.1	450.5	290.0	109.8	33%	37%	12%	67%
직할	0200288241	5	01	39170566285	20141209	423	25,844.3	26,035.3	10.6	735.4	578.7	467.0	329.0	74%	37%	10%	22%
직할	0200288250	3	01	39170573187	20141209	59	9,310.1	9,371.8	3.4	64.1	67.2	61.0	106.2	9%	14%	3%	80%
직할	0200288438	3	01	26171024994	20161018	133	10,608.3	10,663.1	3.0	128.5	135.4	143.0	94.4	3%	2%	8%	29%
직할	0200288562	5	01	39170567816	20141223	1,058	53,711.2	54,120.1	22.7	1,420.8	1,330.9	585.0	704.3	34%	26%	45%	33%
직할	0200288571	4	01	39170568558	20141223	442	45,768.0	46,024.2	14.2	634.5	613.8	637.0	441.2	44%	39%	44%	0%
직할	0200288580	5	01	39170567843	20141223	1,008	78,015.4	78,470.1	25.3	1,343.3	1,435.3	965.0	783.0	33%	42%	4%	22%
직할	0200288731	3	01	39170567836	20141223	130	12,806.8	12,892.8	4.8	161.5	162.2	147.0	148.0	24%	25%	13%	14%
직할	0200288777	3	01	39170567835	20141223	49	14,096.2	14,120.8	1.4	47.5	48.6	32.0	42.4	3%	1%	35%	13%

※ 참고자료

협정 업무 진행 과정 (1 ~ 10) 및 개선사항 (10단계 → 7단계)

