

# 몬테카를로 시뮬레이션 기반 전기자동차 충전수요 예측을 고려한 2030년 주택용 전력수요 패턴 변화 추정

김치연\*, 김채린\*\*, 이재천\*, 조수환\*  
\*상명대학교 일반대학원 에너지그리드학과  
\*\*상명대학교 전기공학과  
e-mail: cusdl0413@naver.com

## Estimation of Pattern Changes in Residential Power Demand until 2030 Considering the Forecasting of EV Charging Demand based on Monte Carlo Simulation

Chi-Yeon Kim\*, Chae-Rin Kim\*\*, Jae-Cheon Lee\*, Soo-Hwan Cho\*  
\*Dept. of Energy-grid, Graduate School, Sangmyung University  
\*\*Dept. of Electrical Engineering, Sangmyung University

### 요약

온실가스 감축을 위해 최근 전기자동차의 보급률이 급격하게 증가하고 있으며, 이는 기존 주택용 전력수요 패턴 변화에 영향을 미치고 있다. 이에 따라 전기자동차의 충전수요 예측은 안정적인 전력수급을 위해 필수적이다. 또한 전력수요 패턴의 변화에 매우 민감한 계시별 요금제, 수요관리와 같은 전력운영 제도의 조정을 위해 장기적인 전력수요 패턴 변화의 예측 역시 필요하다. 본 논문에서는 2030년까지의 전기자동차 보급률에 따른 충전수요의 패턴과 주택용 전력수요 패턴을 예측하여 주택용 전력수요 패턴의 변화를 추정하며, 이를 통해 기존 전력운영을 위한 제도 조정의 필요성과 수용가 단위 수요관리 전략 수립의 중요성을 제시한다.

수요 예측은 확률론적 기법인 Monte Carlo Simulation을 활용한다.

### 1. 서론

2015년 파리기후 협약이 채택됨에 따라 세계적으로 온실가스 감축을 위해 CO<sub>2</sub> 배출의 13.6%를 차지하는 수송부분의 패러다임은 기존 내연기관 자동차에서 전기자동차로 변화하고 있다[1].

이러한 전기자동차는 전력계통에 접속하여 전력을 공급받는 새로운 부하형태로 인식되며, 보급률이 증가함에 따라 기존 주택용 전력수요의 패턴(시간대별 전력사용량)의 변화를 야기한다. 주택용 전력수요는 순부하의 약 13.7%로 주택용 전력수요 패턴의 변화는 순부하 패턴 변화의 주요 원인으로 작용하며, 이에 순부하(net load) 패턴의 변화에 매우 민감한 계시별 요금제와 수요관리와 같은 전력운영 제도는 장기적인 패턴 변화 예측을 통해 조정이 필요하다.

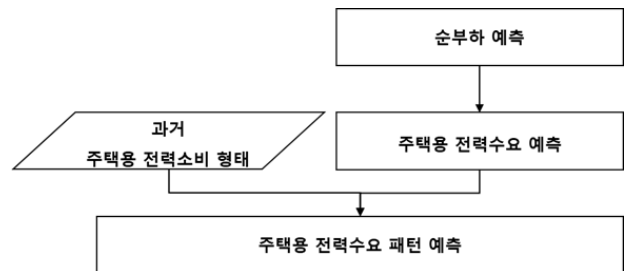
추가적으로 전기자동차의 충전수요 예측에는 충전시작 시간, SOC(State of Charge), 일 주행거리 등 불규칙적 요소로 인해 불확실성이 존재한다.

본 논문에서는 2030년까지의 주택용 전력수요 패턴과 전기자동차 보급에 따른 충전수요 패턴을 예측하여 주택용 전력수요 패턴의 변화를 추정하고자 한다. 이때 전기자동차 충전

### 2. 계절별 주택용 전력수요 패턴 예측

#### 2.1 순부하 예측

그림 1은 주택용 전력수요 패턴 예측 알고리즘으로, 주택용 전력수요 패턴을 예측하기 위해 먼저 순부하를 예측한다. 이때 2030년까지의 순부하 예측값은 “제8차 전력수급기본계획”을 따르며, 이 값은 표 1과 같다[2].



[그림 1] 주택용 전력수요 패턴 예측 알고리즘

[표 1] 2030년까지의 순부하 예측값

연도	순부하		연도	순부하	
	GWh	증가율[%]		GWh	증가율[%]
2017	508,994	2.4	2024	604.066	2.0
2018	523,505	2.9	2025	615.788	1.9
2019	537,973	2.8	2026	627.064	1.8
2020	552,291	2.7	2027	637.866	1.7
2021	566,714	2.6	2028	647.946	1.6
2022	579,611	2.3	2029	657.725	1.5
2023	592,145	2.2	2030	666.955	1.4

## 2.2 주택용 전력수요 예측

다음으로 주택용 전력수요 패턴을 예측하기 위해 순부하 예측값에 주택용 전력수요 비율을 적용하여 주택용 전력수요를 예측한다. 전력데이터 개방 포털시스템에서 제공하는 실측 데이터에 따르면 주택용 전력수요의 비율은 순부하의 약 13.7%이며, 2030년까지 해당 비율이 유지된다고 가정한다. 표 2는 2030년까지의 주택용 전력수요 예측값을 보여주고, 표 3은 2017년, 2018년 주택용 전력수요 예측값과 실측값을 비교한 결과이며, 오차율은 각각 1.72%, 1.61%로 높은 정확성을 보인다.

[표 2] 2030년까지의 주택용 전력수요 예측값

연도	주택용 전력수요 [GWh]	연도	주택용 전력수요 [GWh]
2017	69,725	2024	82,757
2018	71,720	2025	84,363
2019	73,702	2026	85,908
2020	75,664	2027	87,388
2021	77,640	2028	88,769
2022	79,407	2029	90,108
2023	81,124	2030	91,373

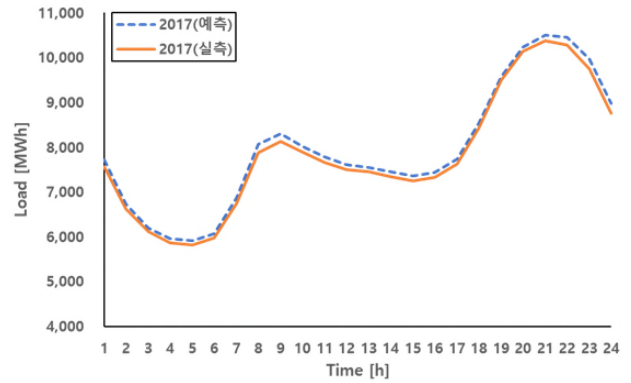
[표 3] 2017, 2018년 주택용 전력수요 예측값 vs. 실측값

연도	예측값 [GWh]	실측값[GWh]	오차율[%]
2017	69,725	68,544	1.72
2018	71,720	72,895	1.61

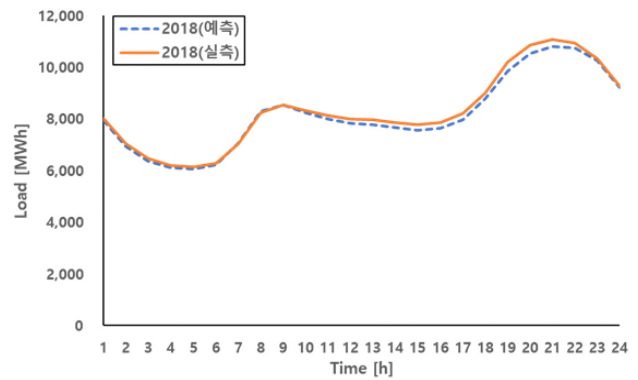
## 2.3 주택용 전력수요 패턴 예측

주택용 전력수요 패턴을 예측하기 위해 과거 주택용 전력소비 형태와 주택용 전력수요 예측값을 활용한다. 전력소비 형태란, 모든 일 평균 전력수요를 “1”로 동일하게 Scaling하여 오직 소비 형태만을 분석하기 위한 데이터이다. 그림 2와 그림 3은 각각 통계청에서 제공하는 2016년 실측 데이터 기반의 주택용 전력소비 형태와 2017년, 2018년 주택용 전력수요 예측값을 통해 예측한 주택용 전력수요 패턴과 실측 패턴을 비교한 결과이며, 시간대별 평균 오차율은 각각 1.62%, 1.71%로 주택용 전력수요 패턴 예측 역시 높은 정확성을 보인다. 그림 4는 2019년~2030년까지의 주택용 전력수요의 예측된 패턴으

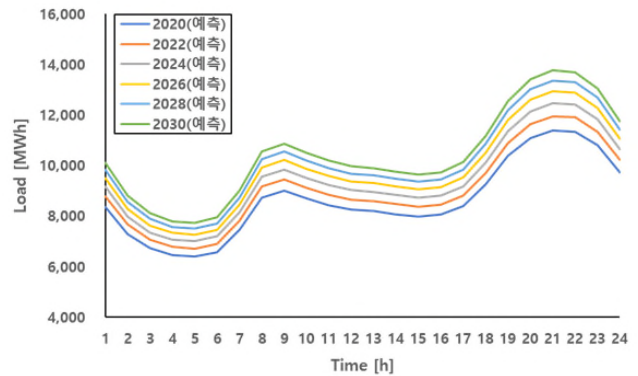
로, 가독성을 위해 2년 단위로 작성한다.



[그림 2] 2017년 주택용 전력수요 예측 패턴 vs. 실측 패턴



[그림 3] 2017년 주택용 전력수요 예측 패턴 vs. 실측 패턴



[그림 4] 2030년까지의 주택용 전력수요 예측 패턴

## 3. 전기자동차 충전수요 패턴 예측

### 3.1 Monte Carlo Simulation

Monte Carlo Simulation은 불확실한 입력변수에 대한 확률 분포를 결정하고, 설정한 횟수만큼 난수를 추출하여 확률을 제시하는 기법이다[3]. 새로운 부하형태로 과거 입력 데이터가 부족한 전기자동차의 충전수요 패턴을 예측하기 위해서 전기자동차 사용자들의 SOC(State of Charging), 충전시작 시

간, 충전종료 시간, 충전방식, 일 주행거리와 같은 입력 데이터의 확률분포를 설문조사를 통해 결정한다.

### 3.2 Monte Carlo Simulation 수행 시나리오

#### 3.2.1 전기자동차 보급 추정

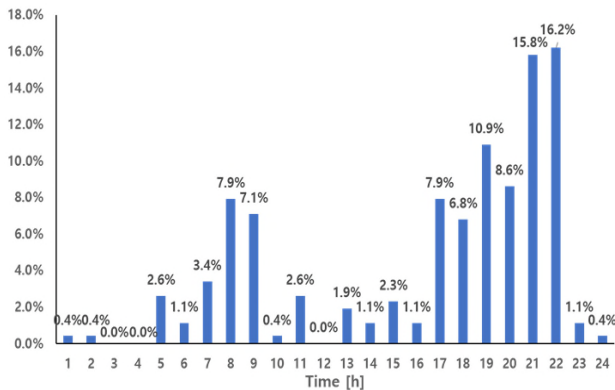
2030년까지의 Monte Carlo Simulation 기반 전기자동차 충전 수요 패턴을 예측하기 위해 먼저 2030년까지의 전기자동차 보급 대수를 추정한다. 우리나라의 경우, 2030년까지 누적 300만대의 전기자동차 보급을 위해 2019년에 4.2만대, 2020년에 7.8만대, 2020년에 15.3만대, 2025년에 26만대, 2030년에 44만대의 보급을 목표로 하고 있으며[4], 이차 근사법을 활용하여 표 4와 같이 2030년까지의 연도별 전기자동차 누적 대수를 추정하였다. 이때, 제주도 전기자동차 보급 목표 대수는 제외한다.

[표 4] 2030년까지의 주택용 전력수요 예측값

연도	전기자동차 대수 [대]	연도	전기자동차 대수 [대]
2019	99,289	2025	1,138,789
2020	177,289	2026	1,442,789
2021	292,789	2027	1,780,789
2022	445,789	2028	2,152,789
2023	637,789	2029	2,558,789
2024	868,789	2030	2,998,789

#### 3.2.2 충전시작 시간 및 SOC 결정

그림 5는 Monte Carlo Simulation 수행을 위해 조사한 전기자동차 사용자들의 충전시작 시간의 확률을 보여주며, 표 5는 시뮬레이션에 사용되는 전기자동차의 종류 및 정보이다. 전기자동차 사용자들의 SOC는 전기자동차 배터리용량의 50% 방전 시 충전을 수행하는 정규분포로 설정하고, 충전방식은 3kWh, 7kWh, 50kWh로 설정하며, 하루 충전 횟수는 표 6과 같이 환경부 보고서에 따라 1일 0.7회로 설정하였다[5-7].



[그림 5] 전기자동차 충전시작 시간 확률 데이터

[표 5] Monte Carlo Simulation 전기자동차 종류 및 정보

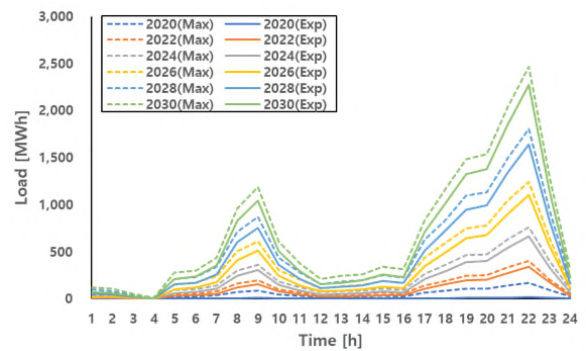
종류	배터리용량 [kWh]	연비 [km/kWh]	비율 [%]
아이오닉	28	6.3	72.80
쏘울	27	5.0	14.61
SM3	33	4.4	12.60

[표 6] Monte Carlo Simulation 입력변수

SOC	충전방식		일 충전 횟수
	3[kWh]	60.54[%]	
	7[kWh]	33.76[%]	
N(0.5, 0.1 <sup>2</sup> )	50[kWh]	5.70[%]	0.7[회/일]

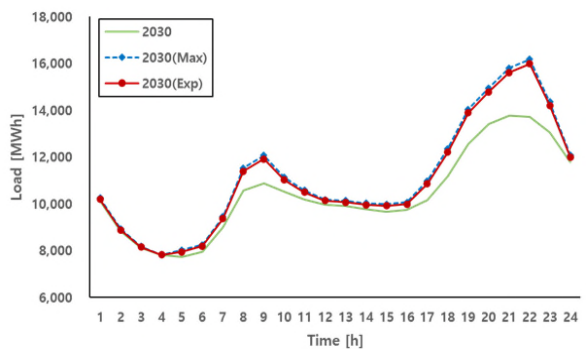
#### 3.2.3 전기자동차 충전수요 패턴 예측 결과

그림 6은 Monte Carlo Simulation 기반 2030년까지의 전기자동차 대수를 고려한 전기자동차 충전수요 예측 패턴이다. 예측은 Maximum Case와 Expected Case로 구분되며, Maximum Case는 10,000회의 반복 시뮬레이션 동안 시간대별로 가장 높은 충전수요, Expected Case는 시간대별 10,000회 충전수요의 평균값이다.



[그림 6] 2030년까지의 전기자동차 충전수요 패턴 예측 결과

그림 7은 전기자동차 충전수요 패턴 예측 결과를 고려한 2030년 주택용 전력수요 패턴 예측 결과이며, 표 7은 2019년~2030년 전기자동차 충전수요에 따른 주택용 최대 전력수요와 증가율이다.



[그림 7] 2030년까지의 전기자동차 충전수요 패턴 예측 결과

표 7에 따르면 2030년 기준 주택용 최대 전력수요는 13,768MWh에서 Maximum Case의 경우 16,171MWh로 17.46%, Expected Case의 경우에는 15,976MWh로 16.04% 증가한다.

[표 7] 전기자동차 충전수요에 따른 주택용 최대 전력수요 변화

연도	주택용 최대 전력수요 [MWh]			증가율 [%]	
	미적용	적용			
		Max	Exp	Max	Exp
2019	11,105	11,182	11,168	0.69	0.57
2020	11,401	11,539	11,412	1.22	0.10
2021	11,698	11,923	11,884	1.92	1.58
2022	11,965	12,316	12,250	2.94	2.39
2023	12,223	12,764	12,664	4.42	3.61
2024	12,469	13,171	13,078	5.63	4.88
2025	12,711	13,661	13,529	7.47	6.43
2026	12,944	14,129	13,991	9.16	8.09
2027	13,167	14,622	14,465	11.05	9.86
2028	13,375	15,122	14,958	13.06	11.83
2029	13,577	15,655	15,458	15.30	13.85
2030	13,768	16,171	15,976	17.46	16.04

#### 4. 결론

본 논문에서는 2030년까지의 주택용 전력수요 패턴과 전기자동차 보급에 따른 충전수요 패턴을 예측하여 주택용 전력수요 패턴의 변화를 추정하였다. 이때 Monte Carlo Simulation 기반 전기자동차 충전수요 패턴을 예측하기 위해 전기자동차 사용자들의 SOC, 충전시작 시간, 충전방식 등의 확률 데이터를 활용하였다.

전기자동차 충전수요 패턴 예측 결과 2030년 기준 주택용 최대 전력수요는 Maximum Case의 경우 17.46%, Expected Case의 경우에는 16.04% 증가한다. 이와 같이 전기자동차 보급률에 따라 저녁 시간대의 주택용 전력수요 패턴은 급격하게 증가하는 반면, 주택용 태양광 보급률 증가 따라 낮 시간대의 주택용 전력수요 패턴이 감소하게 되면 순부하 패턴에 영향을 미칠 것이므로 계시별 요금제의 시간대 및 수요관리 운영시간대의 조정이 필요성을 제안한다. 또한 본 논문의 예측 결과는 수용가 단위 수요관리 전략 수립에 중요한 자료로 활용 가능할 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

본 연구는 2016년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(No.20164030300230)

#### 참고문헌

- [1] 환경부, “수송부문 온실가스 감축이행 모니터링 연구”, 8월, 2018년.
- [2] 산업통상자원부, “제8차 전력수급기본계획(안)”, 12월, 2017년.
- [3] Wenjun Liao 외 6명, “Monte Carlo Simulation of Displacement Damage in Graphene”, IEEE Transaction on Nuclear Science, 제 66권 7호, pp. 1730-1731, 7월 2019년.
- [4] 산업통상자원부, “미래자동차 산업 발전 전략”, 10월, 2019년.
- [5] Zhuowei Luo 외 5명, “Forecasting charging load of plug-in electric vehicles in china”, 2011 IEEE Power and Energy Society General Meeting, pp. 1-8, 7월, 2011년.
- [6] 산업통상자원부, “전기자동차 조서 결과보고서”, 11월, 2017년.
- [7] 환경부, “실구매자 이용실태 조사 분석을 통한 전기차 보급 활성화 연구용역”, 5월, 2017년.