

## 스케일별 캠퍼스 전력부하 패턴 분석

최현호, 손예지, 윤성국  
 송실대

### Pattern Analysis of Campus Electric Load for scale

Hyun-Ho Choi, Ye-Ji Son, Sung-Guk Yoon  
 Soongsil University

**Abstract** - 전력 시스템에 구축되는 센서 및 통신 네트워크의 가격이 하락함에 따라 기존의 발전소 및 대규모 수용가에서만 진행되던 실시간 전력 측정이 점차 소규모로 확대되고 있다. 소규모 전력 측정은 Automatic Metering Infrastructure(AMI)의 배포와 함께 상당한 발전이 있었으며 가정에서는 스마트미터를 통해 건물에서는 Building Energy Management System(BEMS)을 통해 측정된다. 이런 소규모 단위의 전력 측정은 추후 건물 에너지 절감, 최적 자산 관리 등에 사용될 수 있는 중요한 데이터이다. 본 논문에서는 송실대학교 형남공학관에 설치된 스마트분전반을 통해 강의실, 상업시설, 냉·난방, 엘리베이터 부하와 같은 소규모 부하의 수요 패턴을 시간, 계절별로 분석하였다.

#### 1. 서 론

스마트그리드의 발달로 현재 및 미래의 전력 계통에서는 보다 더 많은 정보를 활용하여 전력 계통의 관리가 가능할 전망이다. 이를 달성하기 위하여 Automatic Metering Infrastructure(AMI)가 전 세계적으로 널리 분포가 되었고 다양한 데이터들이 실시간으로 수집되고 있다. 우리나라의 경우 현재 고압 고객의 전력 수집을 위한 시스템은 구축 완료되어 있고 2020년까지 전국 2000만호에 AMI 구축을 완료한다는 계획이다. 이런 소규모 데이터를 활용하면 기존의 발전소, 고압 송전선 중심의 계통 운영을 보다 더 정밀하게 운영할 수 있을 것으로 기대하며, 또한 추가적인 부가 서비스 사업이 시작될 것으로 기대한다. [3]

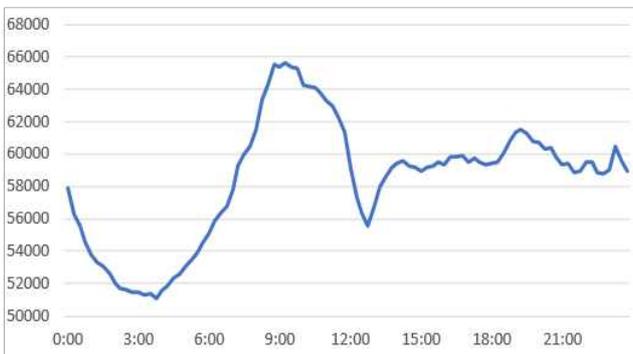
본 논문에서는 이와 같은 데이터 활용에 대한 기초연구로서 국가 단위의 전력 소비에서 시작하여 송실대학교 전체 부하 및 형남공학관 한 건물에서 용도별 전력 측정을 진행하고 그 특성을 분석하였다. 이를 위해 전등, 전열, 동력 부하 각각 별도로 측정하고, 몇몇 층은 호실 별로 부하를 측정하였다. 분석에 사용된 자료는 2015년 8월부터 2016년 8월까지의 모든 날짜를 참고하였으며 공휴일이 섞인 주는 제외하였다. 또한 특별한 행사가 있는 경우도 최대한 배제하였다.

#### 2. 본 론

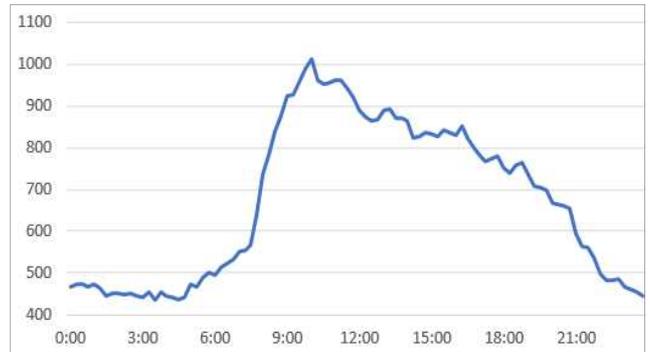
##### 2.1 국내 / 송실대 부하

국내 전체부하는 계절별로 상이한 그래프를 보이나 점심시간인 12시 경에 일시적으로 낮아지는 특징이 있다. 국내 전체부하는 전력거래소의 데이터를 참고하였다.[4]

송실대학교의 부하는 사람들이 활동하는 오전 9시부터 오후 6시까지 부하가 집중된다. 때문에 낮 시간에 부하가 가장 크다는 점에서는 국내 전체부하와 유사하지만 퇴근 후 시간인 저녁시간에는 다른 경향을 보인다.



<그림 1> 16.03.16 국내 총 부하 [MWh]

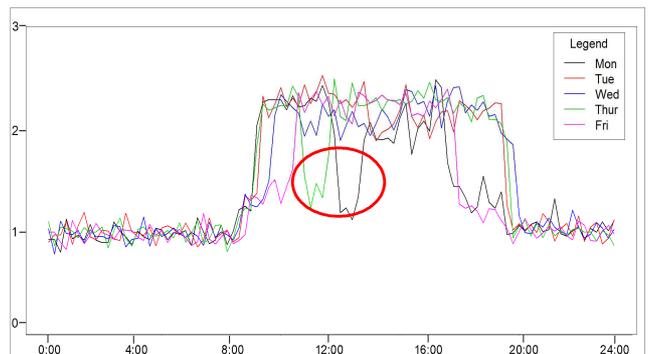


<그림 2> 16.03.16 송실대 총 부하 [kWh]

##### 2.2 강의실 부하

강의실은 대학에 가장 일반적이고 많은 공간이다. 그림 3을 보면 수업시간이 있는 오전 9시부터 오후 6시까지 부하가 집중되어있는 것을 알 수 있다. 수업이 없는 경우엔 그림 3에 표시된 부분과 같이 전력사용량이 낮아진다. 강의실마다 수업 용도로 사용되는 시간이 다르기 때문에 조금씩 다른 패턴을 보일 것이라 예상된다.

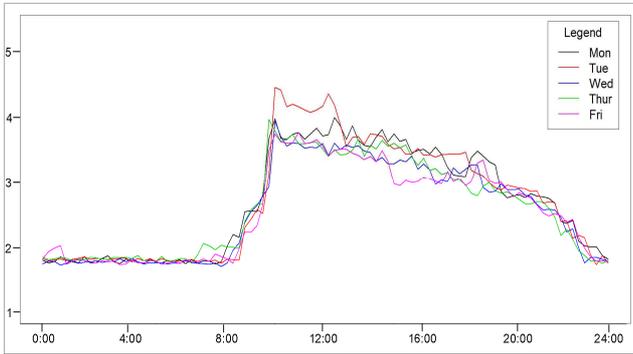
강의실에서 사용되는 부하는 용도에 따라 다르지만 일반적으로 형광등, 프로젝터 등이 사용된다. 강의실의 전력사용량은 사용되는 부하들의 특성 상 부하는 수업의 유무를 제외하고는 영향을 주는 사항이 적기 때문에 부하를 예측하기 쉽다.[1]



<그림 3> 16.03.14 ~ 16.03.18 강의실 부하 [kWh]

##### 2.3 상업시설 부하

건물 내부의 상업시설 카페의 그래프를 보면 아침시간에 부하가 집중된 것을 볼 수 있다. 아침에 가장 높은 사용량을 보이며 그 후 점차적으로 내려간다. 특징적인 점은 강의실의 부하 패턴과는 조금 다르게 저녁 시간까지 부하가 이어진다는 점이다.

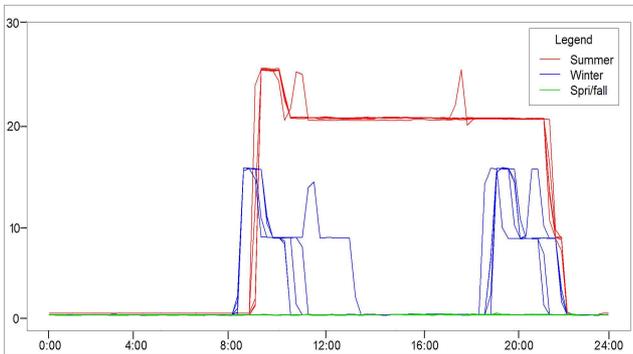


<그림 4> 16.03.14 ~ 16.03.18 상업시설 부하 [kW]

### 2.4 냉·난방 부하

승실대학교의 냉난방은 중앙제어식으로 운영되고 있다. 형남공학관의 경우 가스로 냉난방으로 진행하지만 가스 부하를 가동하기 위한 시설에 전기를 공급하고 있다. 또한 냉·난방 부하가 독립적으로 구성되어 있지 않고 다른 부하들이 섞여서 있지만, 냉·난방 부하가 상당히 큰 부하이기에 때문에 부하의 패턴을 보여주기에는 충분하다.[1]

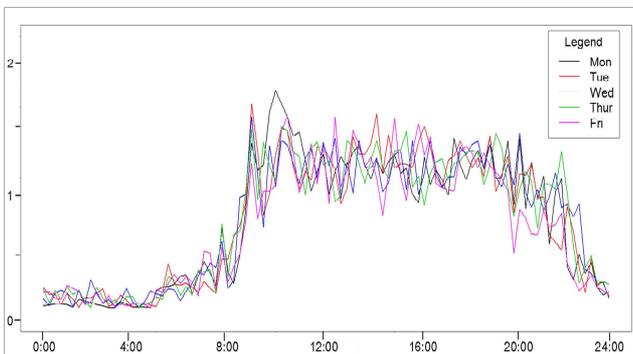
적색 선의 그래프는 여름, 청색의 그래프는 겨울을 나타낸다. 여름 기간의 그래프는 매우 일관적으로 높은 부하를 나타내고 있다. 겨울 기간의 그래프는 아침, 저녁으로 부하가 나타나고 있으며, 녹색의 그래프인 봄, 가을에는 부하가 0에 가까움을 알 수 있다. 주말 또한 부하는 평일과 거의 동일하게 나타나는 점이 특징적이며 냉·난방장치의 특성에 기인한 것으로 보인다.



<그림 5> 냉난방 부하 [kW]

### 2.5 엘리베이터 부하

그림 6의 엘리베이터의 부하곡선을 보면 유동인구가 있는 시간에 거의 일정한 수준의 부하를 보인다. 엘리베이터 사용 유무에 따라 편차가 보이지만 상당히 일정한 모습을 보인다. 엘리베이터는 학교뿐만 아니라 대부분의 대형 건물에 설치되는 부하이지만 엘리베이터의 전력 사용량은 건물 내부의 인구나 인구의 행동패턴에 큰 영향을 받기 때문에 본 그래프는 학교의 엘리베이터에 한정하여 이러한 경향성을 보인다고 생각하는 것이 타당하다.



<그림 6> 16.03.14 ~ 16.03.18 엘리베이터 부하 [kWh]

### 2.6 부하 간 그래프의 유사성

그래프를 통한 직관적 분석에는 한계가 있기 때문에 부하 패턴 간 유사성을 객관적으로 판단할 지표가 필요하다.[2] 본 논문에서는 부하 패턴 간 유클리드 거리를 계산하여 유사성을 측정하였다. 각 부하 패턴을 같은 최대 부하량으로 나누어, 최대값을 1로 표준화한 후 아래와 같은 계산식을 통하여 구한다.

$$\sqrt{\sum_{n=1}^{24} (X_n - Y_n)^2}$$

<표 1> 16.03.16 부하 간 유클리드 거리

	전체	승실	교실	카페	엘리
전체	0	1.3169	2.0001	1.9341	2.2322
승실	1.3169	0	0.9107	0.7598	1.1755
교실	2.0001	0.9107	0	0.7427	1.2388
카페	1.9341	0.7598	0.7427	0	0.6702
엘리	2.2322	1.1755	1.2388	0.6702	0

표1은 앞서 나온 5가지 부하에 대한 상대적인 유클리드 거리 값을 보여준다. 거리가 작을수록 유사성이 크다. 전체 부하 그래프의 경우 50,000MWh부터 시작하기 때문에 실제로는 더 평탄한 그래프라고 볼 수 있다. 반면 학교의 부하는 낮 시간과 밤 시간의 부하차이가 큰 부하이다. 따라서 전체를 기준으로 보았을 때 중간스케일의 승실대부하에서 작은 스케일의 부하로 갈수록 유사성이 떨어지는 모습을 볼 수 있다. 반면 승실대학교 내부의 부하들 간에는 상대적으로 유사한 모습을 보인다고 판단할 수 있다. 그 중에서 부하의 성격이 다른 엘리베이터 부하의 경우 약간 유사성이 떨어진다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 승실대학교 형남공학관에 다양한 레벨의 전력 측정기를 설치하여 여러 부하의 특징을 살펴보았다. 형남공학관의 부하 패턴은 사람 활동에 큰 영향을 받는 경향을 확인하였고 이는 학교 부하의 활동 시간이 타 부하보다 명확하게 구분되기 때문이라고 추정한다. 강의실, 냉난방, 엘리베이터 등의 세부적인 부하 역시 부하마다 경향성이 다소 상이한 점은 있지만 유동인구가 많은 시간에 부하가 집중된다는 점은 동일하게 나타난다.

캠퍼스 부하는 일조시간과도 매우 비슷한 패턴을 보이므로 대학에서 태양광발전을 사용하는 것은 상당히 합리적인 선택으로 보이며 이는 후속으로 연구할 주제이다.

### 감사의 글

본 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임.  
(No. NRF-2015R1C1A1A02037774)

### [참 고 문 헌]

- [1] 박기현, 박재완, 박진순 “대학 캠퍼스 건물의 에너지 효율개선방안 연구”, 에너지 경제 연구원, 기본 연구보고서 15-14, 2015
- [2] Herie Park, “Load profile disaggregation method for home appliances using active power consumption”, JElectr Eng Technol Vol.8 No.3, 572-580, 2013
- [3] 한국전력, “올해 AMI 구축사업 2백만호 2천억원 투자한다”, [http://home.kepco.co.kr/kepco/PR/ntcob/ntcobView.do?boardCd=BRD\\_000117&menuCd=FN06030103&pageIndex=1&boardSeq=21024344,2017.05.22](http://home.kepco.co.kr/kepco/PR/ntcob/ntcobView.do?boardCd=BRD_000117&menuCd=FN06030103&pageIndex=1&boardSeq=21024344,2017.05.22).
- [4] 전력거래소, 전력계통 운영정보, <https://www.kpx.or.kr/www/selectPoiGgtsList.do?key=20&gonggaeTypeSeq=2>