

가구별 에너지 사용 패턴 및 프로파일 설계

이 승 한*, 고 석 배**, 한 상 수***, 손 성 용****

Building Data for Household Energy Usage profile

Seung-Han Lee*, Seok-Bai Ko**, Sang-Soo Han***, Sung-Yong Son****

요 약

본 연구에서는 가구의 종류별 가전기기의 사용 패턴을 프로파일링 하여 제시한다. 현재 한국에서는 연간 사용된 가구당 전기기기별 총 사용량은 제시되고 있으나 가구 종류별 전력소비 프로파일 자료는 제시되고 있지 않다. 이런 자료를 수집하기 위해서는 각 가구별로 적어도 일년 이상 각 가구별, 전력기기별 전력사용을 모니터링해야 하는데 개인의 프라이버시 문제로 이런 연구는 진행하기가 쉽지 않다. 본 연구에서는 전력을 사용하는 가정의 종류를 구성원들을 크기 별로 구분하고 각 가정 구성원의 생활패턴을 가정하여 그에 따른 소비패턴 시나리오를 작성하였다. 이것을 바탕으로 통계청의 자료를 사용하여 각 가정별 에너지 소비 프로파일을 작성하였다.

ABSTRACT

In this paper, we suggest a usage profiles for electric home appliances. In Korea, it is published the records for total consumption of electricity in a house but the electric home appliance consumption records in a households are not. To build the data, we must collect the usage of every appliances in a house and the information of the household which live in the house. Unfortunately, it is hard to get the data because of the worry about the breach of privacy. In this paper, we make a scenarios on the electricity consumption pattern of a few households type. Based on the conjecture, we make the power consumption profiles for some home appliances. Comparison to the total electric consumption records for a house, we found our scenarios are quite reasonable.

Keywords : Power usage profile, User profile, Home server, Energy profile, Green home

1. 서 론

화석연료의 과다 사용으로 인한 환경문제가 대

두되며 오일 피크 등으로 인한 화석연료의 가격 상승은 에너지의 효율적인 사용에 대한 관심을 증가시키고 있다. 이는 전기분야에서도 스마트그

* 경원대학교 에너지IT학과 석사과정

** 스마트그린홈연구소 (sbkoh@kyungwon.ac.kr)

*** 경원대학교 에너지IT학과 교수 (sshan@kyungwon.ac.kr)

**** 교신저자 : 경원대학교 정보통신공학과 (xtra@kyungwon.ac.kr)

접수일자 : 2011년 09월 11일, 수정일자 : 2011년 11월 10일, 심사완료일자 : 2011년 12월 08일

리드의 연구를 통해서 나타나고 있다. 스마트그리드는 발전소에서 수송가까지 단방향의 흐름만을 가지고 있던 기존의 전기망과는 달리 IT 기술을 도입하여 발전단에서 수송가에 이르는 전력망의 양방향 통신을 가능하게 하여 좀더 효율적인 전기 에너지의 사용을 가능하게 하는 것이다[1]. 전세계적으로 스마트그리드는 여러 방향으로 연구되고 있다. 예를 들어 미국의 경우는 노후화된 전력기기의 교체와 신재생 에너지의 효율적인 사용에 초점을 맞추고 있으며 유럽의 경우는 신재생 에너지의 더 많은 사용을 가능하게 하는 망의 건설과 전 유럽이 연결된 전력망을 효율적으로 관리할 수 있도록 수송가에 사용하는 전력을 원격지로부터 실시간 측정할 수 있도록 해주는 AMI (Advanced Metering Infrastructure)를 전 유럽에 보급하는데 초점을 맞추고 있다.[2] 중국의 경우는 동·서시간의 전력차이를 맞추어 주는 고압 직류송전(High Voltage Direct Current: HVDC)에 관심이 많다. 이런 여러 가지 방향에도 불구하고 세계적으로 한 가지 공통적으로 관심을 가지고 있는 것은 전력 사용자 스스로 전력 시장의 변화에 반응하여 전력의 사용을 억제하도록 만드는 Demand Response이다.

전력의 생산비용은 시간과 전력 부하의 크기에 따라서 달라진다. 수송가에서 사용하는 전력이 최대가 되는 피크부하 시기에는 전력 수요를 충족하기 위해 피크 부하용 발전소(Peaking Plant)를 사용하여 피크 부하를 해결한다. 이 발전소는 매우 비싼 단가의 연료를 사용하며 짧은 시간 밖에는 사용하지 않음에도 불구하고 전력의 안정성을 위해서 막대한 비용의 발전시설을 건설하고 운영, 유지보수 해야 한다. 만일 이런 피크 부하를 소비자 스스로의 결정으로 낮출 수만 있다면 이와 같은 발전소의 건설, 유지보수 비용은 피할 수 있게 된다.

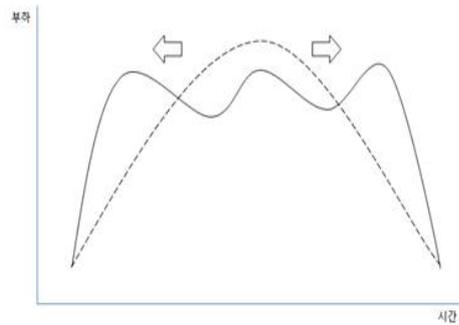


그림 1. DR에 의한 피크 부하의 분산
Fig. 1. Peak load shifting by DR

Demand Response(DR)는 수송가의 전력 시장에 대한 적극적인 참여를 유도하여 효율적인 에너지 사용을 장려토록 하는 것이다.[3] 주로 DR은 전력 공급자가 전력시장에서 변하는 가격에 연동된 소비자 가격 정보를 소비자에게 제공하여 소비자가 그 가격의 변화에 따라 반응하도록 하는 방법이 일반적이다. (물론 비 가격적인 방법으로 소비자와 전력공급자 간의 계약에 의한 방식도 있다) 하지만 이 방법을 수송가에 적용하기 위해서는 소비자에게 전력가격을 실시간 혹은 준 실시간(near realtime)으로 보내주는 전력 시스템이 필요하게 된다. 현재는 주로 AMI가 이 기능을 감당하도록 하게 된다.[4] 하지만 변경하는 전력가격을 소비자가 항상 모니터링 할 수는 없기 때문에 단순히 전력가격을 받는 것 뿐 만 아니라 소비자에게 현재 전력가격에 맞는 전력 사용 패턴을 소비자에게 제시하여 자신의 생활패턴에 상반되어 소비자의 불편을 초래하지 않는 선에서 개선된 전력소비를 제안해 주는 방식이 대두되고 있다.

그러나 이를 위해서는 소비자가 현재 가정에서 쓰고 있는 모든 전기기기의 종류를 홈서버 등에 입력하고 자신의 전기기기 사용 패턴을 홈 서버 등에 입력하거나 사용량을 측정하여 자동으로 입력해 주는 장치를 필요로 한다. 이런 방법은 사용자의 불편을 많이 초래하고 자신의 전기사용 패턴을 알기위해서 1년 이상의 기록을 담아야 하는 문제가 있다. 만일 홈 서버가 일반적인 가구의 크기, 구성원의 타입 등에 근거한 일반적인 전력소비 프로파일을 가지고 있다면 소비자는 자신의

유형을 선택하는 간단한 방식으로도 자신의 처지에 맞는 전력소비 옵션을 제시하고 운영할 수 있게 되어서 소비자의 편의성을 높일 수 있다. 이를 위해서는 홈 서버에 가구 타입별로 나누어진 전기기기의 전력소비 프로파일이 존재해야 한다. 그러나 현재 한국에서는 일 년 동안 사용된 가구당 전기기기별 총 사용량은 제시되고 있으나[5] 가구 종류별 전력소비 프로파일 자료는 제시되고 있지 않다. 이런 자료를 수집하기 위해서는 각 가구별로 적어도 일년 이상의 전력사용을 모니터링해야 하는데 개인의 프라이버시 문제로 이런 연구는 진행하기가 쉽지 않다.

본 연구에서는 전력을 사용하는 가정의 종류를 구성원들을 크기 별로 구분하고 각 가정 구성원의 생활패턴을 가정하여 그에 따른 소비패턴 시나리오를 작성하였다. 이것을 바탕으로 통계청의 자료를 사용하여 각 가정별 에너지 소비 프로파일을 작성하였다. 또한 이런 방식으로 작성한 에너지 프로파일의 타당성을 검증하여 우리의 시나리오가 타당한 근거를 가지는 것인지를 확인하였다.

II. 본론

각 가정을 전력 사용자를 구분하는 기본 단위로 사용한 것은 통계치를 구할 수 있어서이다. 한국에서 얻을 수 있는 공개된 통계치는 각 가구별 에너지 기술 평가원의 자료인 전력 사용량[5]과 통계청 자료인 각 가전제품별 평균 전력 소비량 [6] 이다. 이 데이터를 기반으로 각 가전제품의 시간당 소비전력을 구하고 이 소비전력을 가지고 패턴을 제작하였다. 다음에 하나씩 자세하게 소개하도록 한다.

1. 가구 타입의 분류

사용자별 전력기기의 소비 패턴을 위해서는 먼저 사용자 자체를 구분하여야 한다. 이 연구에서는 사용자 개개인을 구분하는 것이 아니라 전체 가구의 먼저 소비자의 가구 구성원 수에 따라서 1인 가구, 2인 가구, 3-4인 가구 및 5인 이상 가구로 분류하였다.

표 1. 가구 구성원에 따른 타입별 구성비율
Table 1. The percentage of household types

가구 구성원의 수	비율(%)
1인 가구	20
2인 가구	22
3 - 4인 가구	48
5인 이상 가구	10
계	100

이 같은 분류의 근거는 인구 총 조사 자료이며 이를 살펴보면 한국의 가구 구성원수별 분포가 다음 표와 같음을 알 수 있다. 이를 보면 3-4인 가족으로 구성된 가구가 전체의 반을 차지하고 있으며 1인 가구와 2인 가구를 합하여 약 42% 정도로 매우 핵가족화 되어 있음을 알 수 있다.[7] 또한 이 통계에 의하면 우리가 가장 주의를 기울여야 하는 가구의 시나리오는 3-4인 가구임을 알 수 있다.

가구 구성원 수에 의해 분류된 타입을 다시 각 구성원의 특성에 따라서 1인 가구는 학생과 회사원 및 독거노인으로, 2인 가구는 외벌이 부부와 맞벌이 부부 및 노인 부부로, 3 - 4인 가구는 외벌이와 맞벌이로 구분하고 자녀의 나이에 따라 성인과 유아로 구분하여 다양성을 확보하였다. 마지막으로 5인 이상 가구에는 조부모와 가족으로 분류하였다. 이는 같은 구성원 크기의 가구도 구성원의 특징에 따라 전혀 다른 전력사용 패턴을 보일 것으로 예상되기 때문이다.

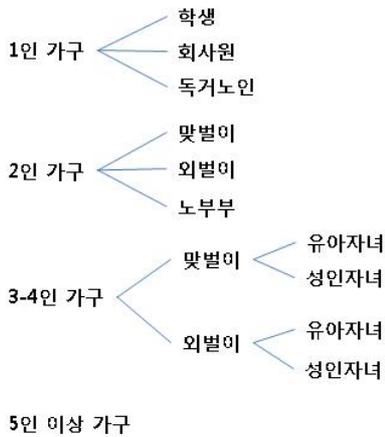


그림 2. 가구 타입의 분류방법
Fig. 2. Household classification

예를 들어 회사원 1인 가구의 경우 주중 9시부터 6시 사이에는 전력 사용이 거의 없을 것이 예상되는 반면에 독거노인의 경우 전력 사용은 낮에도 일정량이 사용될 것이다. 또한 2인 가구의 경우 맞벌이 부부는 1인 가구의 회사원과 독거노인의 경우와 마찬가지로 주중 낮 시간대의 전력 사용은 거의 없을 것으로 예상되며 대신 7시 이후의 밤 시간에 전력사용이 집중될 것이 예상된다. 이는 같은 2인 가구의 경우임에도 외벌이 부부나 노부부의 경우와는 확연히 차이가 날 것이 분명하다. 이처럼 단순한 가구 구성원 자체에 대한 구분은 가구당 전력사용 패턴을 추출하기에는 불충분하기 때문에 세분화된 구분으로 좀더 정확한 전력사용 패턴을 예측할 수 있다.

2. 가구별 시나리오의 작성

앞에서 구분한 가구들의 타입별로 브레인 스토밍을 통해서 적절한 전자기기 사용 시나리오를 가구 타입 별로 작성하였다. 예를 들어 1인 가구의 회사원의 시나리오는 다음과 같다.

회사원 A는 오전 7시 반에 출근하여 오후 7시까지 회사에서 일한다. 혼자살기 때문에 자신의 저녁도 주로 회사에서 동료들과 혹은 친구들과 해결하고 귀가한다. 귀가시간은 평균 9시에서 10시다. 이

후 저녁에 잠시 TV를 보거나 컴퓨터로 게임과 소셜네트워킹 등을 즐기고 TV를 잠시 시청하다 잠을 청한다. 주말 아침에는 늦잠을 자곤 한다. 주말에는 항상 밀린 빨래와 청소 그리고 아침에 먹을 것들을 시장에서 준비해온다. 주말 저녁에는 주로 외출을 한다. 휴가철에는 며칠씩 집을 비우곤 한다. 여행을 떠나거나 지방의 고향집에 내려가기 때문이다.

이렇게 만들어진 시나리오는 다른 그룹에서 한번 더 타당성 검증을 거쳐 작성된다.

3. 가구별 소비 패턴의 정리

위에서 정의한 시나리오에 의해서 각 가구별 전자기기 소비패턴을 정리하였다. 소비패턴은 하루를 시간 별로 분할하고 각 시간에 해당 전자기기가 동작하는지를 표시하는 것으로 정리하였다. 그리고 이 소비패턴을 가지고 시간당 각 전자기기의 사용량을 계산하여 전자기기별 하루의 사용량을 계산하였다. 이때 사용된 전자기기의 종류는 가정에서 보통 사용되며 년간의 에너지 총 사용량 통계치가 제시된 전자기기로 한정하였다. 이를 통해서 좀더 현실에 입각한 정확한 유추가 가능하게 된다. 패턴은 봄/가을, 여름, 겨울의 계절로 구분되었다. 이는 일반적으로 피크 부하가 발생하는 여름철과 그렇지 않은 평상적인 계절 및 최근 전열기 사용 권장에 의하여 새롭게 피크 부하가 걸리고 있는 겨울로 나뉘어져 있다.

		봄/가을(주중) 1인가구 - 회사원																									
구분	사용여부	사용시간	시간대별 사용 현황																								합계
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
TV	○	하간전력																									800
냉장고	○	하간전력																									1159
		상간전력																									800
냉장보온고	○	하간전력																									800
		상간전력																									408
컴퓨터	○	하간전력																									164
		상간전력																									0
냉동기	○	하간전력																									0
		상간전력																									0
에어컨	○	하간전력																									0
		상간전력																									240
냉장통	○	하간전력																									800
		상간전력																									0
찬가법	○	하간전력																									800
		상간전력																									0
운송기	○	하간전력																									0
		상간전력																									79.2
스탠드	○	하간전력																									0
		상간전력																									0
가습기	○	하간전력																									0
		상간전력																									0
냉가열밥	○	하간전력																									0
		상간전력																									208
냉소기	○	하간전력																									0
		상간전력																									0
배터리	○	하간전력																									0
		상간전력																									0
냉수기	○	하간전력																									0
		상간전력																									0

그림 3. 계절별, 가구별 전자기기 사용 패턴
Fig. 3. Household power useage pattern

또한 날자 별로 주중 시간대와 주말 시간대로 구분되어 주말과 주중의 다른 전력 사용패턴을 반영할 수 있도록 하였다.

4. 제작된 소비 패턴의 검증

위에서 정의한 각 가구별 전력기기 사용 패턴은 시나리오에 입각해서 만들어졌으므로 객관성이 문제될 수 있다. 이 패턴의 검증을 위해 생성된 패턴에 의한 연간 가구당 전력소비량과 통계자료와의 비교를 하였다.

가구 분류에서 1인 가구 회사원(타입 t1 이라고 하자)의 i번째 전기기구의 1년간의 전력 사용량을 U_i^{t1} 라고 할 때,

$$U_i^{t1} = \sum_{j=1}^3 A_{ij}$$

이다. 이때 A_{ij} 는 i번째 전기기구의 j번째 시기(여름, 봄/가을, 겨울)의 전력소비량이다. 그러므로 한 가구의 1년간의 총 소비량은 각 가구 타입의 1년 전력 소비량의 합이다. 각 가구의 타입은 전체 인구 중에서 구성비율이 있으므로 이를 곱하면 1개의 전기기구가 1년간 1가구에서 사용하는 총 전력 사용량 U_i^{Total} 이 나온다.

$$U_i^{Total} = \sum_k W^k U_i^{tk}$$

이 결과를 통계청의 1년간 가구당 총 전력소비량과 비교하였다. (그 결과가 아래 그림으로 제시되었다.) 이 결과를 보면 제안된 패턴은 통계상의 가구당 전력소비량과 상하 10% 오차 이내의 정확도를 보이고 있다. 이로서 제안된 가구당 전력사용 패턴이 비교적 현실적이며 의미있는 데이터임을 알 수 있다.

인구총량(백만 명)	1인 가구	1인 가구			2인 가구			3인 가구			3인 이상		
		총인구	가수	비율	총인구	가수	비율	총인구	가수	비율	총인구	가수	비율
50.7%	2,536.2	1,988.0	78.4%	548.2	21.6%	1,988.0	78.4%	2,536.2	1,988.0	78.4%	548.2	21.6%	
12.5%	633.8	316.9	50.0%	316.9	50.0%	633.8	100.0%	633.8	100.0%	633.8	100.0%		
2.7%	1,366.0	683.0	50.0%	683.0	50.0%	1,366.0	100.0%	1,366.0	100.0%	1,366.0	100.0%		
10.7%	5,352.0	2,676.0	50.0%	2,676.0	50.0%	5,352.0	100.0%	5,352.0	100.0%	5,352.0	100.0%		
1.4%	700.0	350.0	50.0%	350.0	50.0%	700.0	100.0%	700.0	100.0%	700.0	100.0%		
19.7%	9,850.0	4,925.0	50.0%	4,925.0	50.0%	9,850.0	100.0%	9,850.0	100.0%	9,850.0	100.0%		
9.7%	4,850.0	2,425.0	50.0%	2,425.0	50.0%	4,850.0	100.0%	4,850.0	100.0%	4,850.0	100.0%		
5.3%	2,650.0	1,325.0	50.0%	1,325.0	50.0%	2,650.0	100.0%	2,650.0	100.0%	2,650.0	100.0%		
1.3%	650.0	325.0	50.0%	325.0	50.0%	650.0	100.0%	650.0	100.0%	650.0	100.0%		
11.7%	5,850.0	2,925.0	50.0%	2,925.0	50.0%	5,850.0	100.0%	5,850.0	100.0%	5,850.0	100.0%		
2.7%	1,366.0	683.0	50.0%	683.0	50.0%	1,366.0	100.0%	1,366.0	100.0%	1,366.0	100.0%		
5.3%	2,650.0	1,325.0	50.0%	1,325.0	50.0%	2,650.0	100.0%	2,650.0	100.0%	2,650.0	100.0%		
1.3%	650.0	325.0	50.0%	325.0	50.0%	650.0	100.0%	650.0	100.0%	650.0	100.0%		
11.7%	5,850.0	2,925.0	50.0%	2,925.0	50.0%	5,850.0	100.0%	5,850.0	100.0%	5,850.0	100.0%		
2.7%	1,366.0	683.0	50.0%	683.0	50.0%	1,366.0	100.0%	1,366.0	100.0%	1,366.0	100.0%		

그림 4. 가구별 전기기기 사용 패턴의 검증
Fig. 4. Verification of the household pattern

III. 결론

그린홈의 DR 서버에서 사용할 사용자별 DR 추천 메뉴에 따른 DR 프로그램을 만들었다. 가구별 사용자 별로 전력 사용 프로파일을 작성하였다. 기본적으로 전력기기별 사용 프로파일의 통계는 없기 때문에, 우리는 각 가정의 사용자 타입을 가족 구성원 수와 타입에 따라서 분류하고 이 사람들의 사용 패턴을 시나리오화 하여 예상하였다.

현실적으로 이와같은 전기기구의 사용패턴에 대한 연구가 없는 상황에서 본 연구는 사용자의 생활패턴을 시나리오화 하여 만들어내어 향후 연구의 데이터로 사용할 수 있었다. 예상치는 가구별 총 사용량 통계와 비교해 볼 때, 평균적으로 상하 10% 이내에 위치하였다.[5] 이를 볼 때 우리의 전력소비 시나리오가 의미가 있는 것임을 알 수 있다.

향후 이 데이터는 각 가정의 타입별로 최적의 부하 사용 방법을 제시해주는 홈 서버의 DR 프로그램 추천시스템 등에 기초 데이터로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

후 기

이 연구는 대한민국의 지식경제부/산업기술연구회의 B551179-09-04-00 “Development of Zero Carbon Green Home” 프로젝트의 지원을 받아서 이루어졌습니다.

참 고 문 헌

- [1] National Energy Technology Laboratory, "A Vision for the Modern Grid". United States Department of Energy.
- [2] Pike Research, Smart Grids in Europe, 1Q 2011.
- [3] Jin Xiao et al, Near Optimal Demand-Side Energy Management Under Real-time Demand-Response Pricing, 2010 International Conference on Network and Service Management(CNSM), 2010.
- [4] H. Sui, H. Wang, M.-S. Lu, and W.-J. Lee, "An AMI system for the deregulated electricity markets," in Proc. IEEE Industry Applications Society Annual Meeting IAS '08, 5 - 9, pp. 1 - 5, 2008.
- [5] Korea Energy Management Corporation, List of the energy consumption unit, 2000-2006.
- [6] Statistics Korea, Device-specific annual power consumption and using time, 2000-2006.
- [7] Statistics Korea, Population, Household Research, 2010.
- [8] 이승민, 손석용 "대규모 In-Home Display 보급을 위한 에너지 효율적 RF 통신 프로토콜 체계" 한국정보전자통신기술학회 논문지, 제4권, 제1호, PP53-60, 2011.

저자약력

이 승 한(Seung-Han Lee) **정회원**



2011년 경원대학교
정보통신공학 학사
2011년 경원대학교
전기전자공학 석사과정

<관심분야> 스마트 그리드, 이동통신,
신재생 에너지

고 석 배(Seok-Bai Ko) **정회원**



1986 - 1991 KAIST 학사
1992~1996년 LG 전자 기술원
1996~2000년 Myzon.com
2000~2003년 G&Net
2004~2008년 Pivotec
2008~현재 스마트그린홈연구소

<관심분야> 스마트그리드, 스마트홈

한 상 수(Sang-Soo Han) **정회원**



1982년 명지대학교
전자공학과 학사
1985년 명지대학교
전자공학과 공학석사
1995년 홍익대학교
전자공학과 공학박사
현재 : 경원대학교
에너지IT과 정교수

<관심분야> 위성통신, 마이크로파 회로해석 및
설계, 계측제어

손 성 용(Sung-Yong Son)

정회원



2000년 Univ. of Michigan
박사

1992~1995년 LG 소프트웨어

2000~2004년 포디홈네트

2004~2005년 아이크로스테크
놀로지

2006년~ 현재 경원대학교 정
보통신공학과 조교수

<관심분야> 스마트그리드, 스마트홈