

스마트 그리드 환경의 전력소매시장을 위한 최적의 실시간 가격결정 모형에 대한 연구

Study on Optimal Real Time Pricing Model for Smart Grid in a Power Retailer Market

문준영(Joon-Yung Moon)*, 신기태(Kitae Shin)**, 박진우(Jinwoo Park)***

초 록

최근 지구 온난화와 에너지 고갈 및 환경파괴로 인한 환경 문제에 대하여 세계 각국에서 심각하게 고민하고 있으며, 전기자동차의 상용화를 앞두고 이산화탄소 배출의 저감 및 효율적인 에너지 사용이 중요시 되고 있다. 또한, IT 기술의 발달과 함께 독점적인 전력공급에서 수요자가 참여하는 양방향 커뮤니케이션의 스마트 그리드의 개념이 도입되었다. 주요 국가들에서는 스마트 미터의 보급과 함께 에너지 사용의 효율성 개선을 위하여, 전력 경쟁시장에서 소비자의 수요반응의 활성화를 위한 인센티브의 지급 등의 정책도입이 요구되고 있다. 이에, 본 연구에서는 머지않아 등장할 소매전력시장에서 소비자의 수요반응을 증진하여 소비자의 전기 사용 비용을 절감하며 소매사업자의 이익을 최대화하는 전력 가격결정 모형을 제시하였다. 소비자 수요반응 참여율과 가격 탄성률에 따른 시뮬레이션을 시행하여 수요 반응을 나타내는 소비자 별 탄성률을 모든 소비자가 시간대별 고정 값을 사용하는 것과 소비자 별 탄성률을 예측하는 것을 비교하였다. 이를 통하여 전력 소매 시장에서 소비자의 에너지 사용을 줄이고 소매업자의 이익을 최대화할 수 있음을 밝혔다.

ABSTRACT

Recently, global warming, energy shortage, and environmental disruption have been serious problems in every nation. It became more and more important to reduce the emission of CO₂ and to use of energy efficiently. Smart grid was also introduced using the rapidly developing information technology. It deployed the mutual communication concept between customers and the suppliers in the electricity supply. There were increasing demands to adopt the smart meter and to present incentive for efficient energy usage in many developed countries. The objective of this research was to develop the optimal real time pricing model which maximized the profit of the power retailer and reduced the usage of energy. The simulation study was given to show the usefulness of the model. Simulation considered the customer demand response rate and price elasticity rate. The price elasticity rate was compared in the condition of fixed value according to time and variable value according to the customers. The optimal price model could maximize the profit of the power retailer and reduce the energy usage of the consumers.

키워드 : 스마트 그리드, 전력소매시장, 실시간 가격 결정, 에너지 사용
Smart Grid, Power Retailer Market, Real Time Pricing, Energy Usage

이 논문은 2012학년도 대진대학교 학술연구비 지원에 의한 것임.

* 주저자, 서울대학교 산업공학과 박사과정

** 교신저자, 대진대학교 산업경영공학과 교수

*** 서울대학교 산업공학과 교수

2012년 04월 16일 접수, 2012년 05월 02일 심사완료 후 2012년 05월 11일 게재확정.

1. 서 론

스마트 그리드는 지구 온난화와 에너지위기 및 IT의 발달 등을 배경으로 태동하였다. 수요 관리, 에너지 효율성, 그리고 자연 재난에 대한 대처와 공급의 신뢰성을 보장할 수 있는 전력망을 위하여 스마트 미터를 포함한 AMI(Advanced Metering Infrastructure)의 개념과 함께 등장하였다[6]. 스마트 그리드는 AMI를 통해 기존의 일 방향의 독점적인 공급자 중심의 전기 공급이 아닌 수요자 참여의 양방향 통신이 가능한 실시간 전력시장을 가능하게 한다.

스마트 그리드의 주요한 목적 중 하나인 에너지 절감 및 효율적인 사용은 경쟁적인 전력시장에서 소비자의 능동적이고 자발적인 수요반응(Demand Response)의 활성화를 통해 이루어진다. 수요반응은 전력 가격의 변화나 특정시간에서 전력 공급이 부족 또는 최대 수요를 제어하거나 높은 도매가격에 전기 사용의 감소를 유도하기 위하여 인센티브 지급에 반응하고, 최종소비자가 전기 사용에 변화를 만드는 것을 말한다[1].

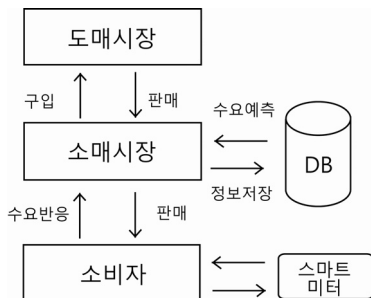
2001년에 캘리포니아는 최악의 에너지 위기를 겪었는데 분석가들의 대부분은 수요반

응의 결핍 또는 부족으로 인한 특정 시간에서의 과수요가 주요 원인중의 하나라고 말하고 있다. 여기에는 특정 피크타임 또는 최대 부하 시간 동안에 전기 수요를 줄이기 위해 소비자를 위한 인센티브가 전혀 없었다[6]. 따라서, 소비자가 피크타임 동안 사용량을 줄이게 하고 에너지의 효율적 사용을 장려하는 요금 체계의 설계가 중요하다.

스마트 그리드는 대부분의 독과점 형태의 전력시장에서 다수의 소매 사업자로 구성된 소매시장을 형성하게 하고 소매시장은 도매시장 가격 변화를 반영하면서 소비자가 매시간 능동적인 수요를 통해 가격 변화에 반응하는 수요 측면시장이다. 소비자가 전기 비용의 변화를 대처하는 것은 에너지 사용의 효율성을 개선하고 전기 생산의 환경에 끼치는 영향을 줄일 수 있고 스마트 그리드가 이것을 가능하게 한다[9].

전기 가격 결정방식은 대표적으로 3가지가 있다. TOU(Time-of-use) 요금제는 피크 기간 동안 높은 가격의 공급가를, 다른 기간에는 낮은 가격의 공급가를 반영한다. CPP(Critical peak pricing)는 전기 발전비용이 많이 드는 짧은 기간 동안 전기 사용자에게 생산비의 실비용을 가급적 정확하게 반영하여 알리기 위한 요금제이다. RTP(Real-time pricing)은 소비자에게 스마트 미터의 사용과 함께 1시간 간격으로 매시간 발전 비용과 시장가격을 반영한 가격을 공급함으로써 복잡하고 위험성을 갖지만 가장 적합하고 영향력 있는 요금제이다[3].

최근까지는 대개 사용량이 많은 기업형 소비자에게 적용되어 왔지만, 스마트 미터가 보급되고 스마트 그리드를 위한 기반이 갖추어지면 실시간 변동 요금제인 RTP는 효율적인 에너지



〈그림 1〉 소매시장과 수요반응

사용을 위하여 소비자의 능동적인 수요반응을 촉진할 요금제로 인정받을 것이다. 소매시장에서 소매업자가 RTP 요금제하에서 도매가격을 반영하여 이익을 내고 시스템 상의 소비자들의 수요반응 정도의 극대화를 달성하는 지점에서 소매가격을 결정하는 것이 필요하다.

따라서, 본 연구는 소비자의 수요반응을 활성화하며 소매 사업자의 이익을 극대화하는 수학적 모형과 실험 결과를 제시하고자 한다.

2. 관련 연구

Yusta et al.[9]은 전기 도매시장과 소비자와의 사이에서 경쟁적인 다양한 계약을 통한 전기 수요의 증개로 최대 수익을 얻는 전기 소매 사업자를 위한 전기 가격 결정의 수학적 모델을 정의했다. 그 모델의 최적화 문제는 새로운 전기 소매사업의 이익을 극대화하는 것이고 시간대에 따른 탄성률(Elasticity)이 가격을 결정하는 중요한 요소라고 하였다. 탄성률은 가격의 변화량에 대한 수요의 변화량을 의미하는데, Lijesen[5]은 실시간 가격 탄성률은 피크 타임에서의 전기 가격 변동성에 대한 소비자의 수요 반응의 중요한 정보를 포함하므로 매우 중요하지만 실제로 탄성률에 대한 실증적 예측은 매우 힘들다고 하였다. Wang et al.[8]은 가격 탄성률을 이용한 새로운 가격 입찰 방식을 제안하였고, 1일전 시장에서 이러한 방식을 이용하는 것에 의해 시장 관리자는 실제 실시간 소비자의 전력 수요 행동을 좀 더 잘 관찰하여 좀 더 적절한 가격을 결정할 수 있다고 주장하였다. 또한, Yusta et al.[9]은 시간대에 따른 소비자 반응의 차이를 고려했지만, 각 시

간대에서 소비자 전체의 평균탄성률을 적용하여 각 소비자의 특성을 반영하지 못하였다고 생각된다. 소비자 수요의 탄성률이 증가할수록 소매업자가 얻는 수익은 감소한다고 결론지었는데, 소비자 수요의 탄성률의 증가는 효율적인 에너지 사용으로 이어지므로 이러한 문제를 해결하고 효율적인 전기 사용을 권장하기 위해 소매업자에게는 이에 따른 에너지 절감 차원의 인센티브가 주어지는 것이 필요하다고 생각된다.

Farugui et al.[3]은 또한 소매업자의 이익을 최대화하기 위한 모델을 정의했는데, 수요 반응을 고려하는 것과 함께 실외 기온의 예측치를 반영했다. Carrion et al.[2]은 미래 전력 시장에 참여하는 소매업자를 위하여 2단계 스토크스틱 프로그래밍 모델을 제안했는데, 1 단계에서 소비자 비용을 최소화하고 2 단계에서는 소매업자의 이익을 최대화하는 모델이다. 많은 변수를 고려하고 매우 복잡해서 구현이 쉽지 않다고 생각된다. Mohsenian et al.[6]은 스마트 미터를 사용하는 가격 결정모형을 게임 이론을 사용하여 제안했다. 이는 극심한 가격 변동의 위험이 있다. 심한 가격의 출렁거림은 가격변화에 둔감하거나 반응하기 어려운 소비자들에게 큰 폭의 비용의 증가를 가져오는 부작용이 생길 수 있으므로 이를 고려하는 가격 결정 모델이 필요하다.

3. 가격 결정모형

3.1 문제 정의

머지않아 스마트 그리드 시대에 접어들면

현재의 독점적인 전력 공급에서 전력 생산, 공급자와 전력 소비자가 완전경쟁 시장에서 수요와 공급의 원리에 의해 1일전 또는 실시간으로 시간대별 가격이 결정되는 방향으로 진행될 것으로 예상되고 있다. 이 때, 전기 소매 사업자가 등장이 예상되는데 전기를 도매업자 또는 전력회사로부터 구입하고 소매 가격으로 소비자에게 판매하여 수익을 취하게 된다. 이 때, 단순히 매매차익에 의해서만 수익을 얻는 것이 아니라 소매 사업자가 소비자의 수요반응을 촉진시켜 에너지 효율화 및 전체 시스템 상의 에너지 절감으로부터 정부 당국이나 전력회사로부터 인센티브를 받아서 효율적인 에너지 사용을 장려하는 것이 중요하다. 따라서, 소매 사업자가 소비자들의 수요를 예상하고 소비자의 수요 반응을 확대하여 소매 사업자의 공헌도만큼 인센티브가 지급되고 소매 사업자는 인센티브를 포함한 자신의 총 이익을 최대화하는 소매가격을 결정하는 것이 소매 사업자들의 많은 소비자들과의 계약 확보를 위한 경쟁에서 각 소매 사업자의 경쟁력을 나타낸다고 하겠다.

도매시장에서 시간대별 도매가격은 1일전에 결정되고 소매업자는 기존 가격에 대한

수요 탄성률 데이터에 근거하여 소비자 별 탄성률을 예측하고 익일의 수요를 계산하여 이익을 극대화하며 수요반응을 활성화하는 것을 목적으로 하는 시간대별 소매가격을 결정한다. 전일 대비 소매가격의 변동폭을 제한하는 것을 제약 조건으로 한다.

그리고, 소매업자의 소비자 수요반응 활성화를 통한 에너지 절감 및 시스템 차원에서 효율적인 에너지 이용에 대한 노력을 촉진하고 보상하기 위한 인센티브가 소매 사업자의 수익에 추가한다.

3.2 최적화 모형

소매사업자의 이익을 최대화하면서 소비자의 수요반응을 촉진시키는 수학적 모형은 다음과 같이 구성할 수 있다.

$$\text{Max} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{24} D_{ij}^t (p_j^t - WP_j^t) \quad (1)$$

$$+ IR \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{24} (D_{ij}^{t-1} - D_{ij}^t) (P_j^t - P_j^{t-1})$$

Subject to

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{24} \frac{D_{ij}^t P_j^t}{D_{i,tot}^t} \leq \sum_{j=1}^{24} WP_j^t (1 + \alpha) \quad (2)$$

$$WP_j^t \leq P_j^t \leq WP_j^t (1 + \beta), j = 1, \dots, 24 \quad (3)$$

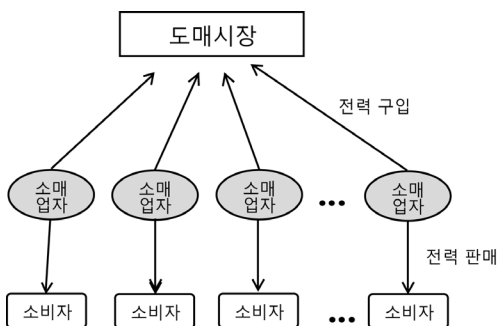
$$\sum_{j=1}^{24} P_j^t \geq \sum_{j=1}^{24} WP_j^t (1 + \gamma), j = 1, \dots, 24 \quad (4)$$

$$D_{ij}^t = D_{ij}^{t-1} \left(1 + E_{ij}^t \frac{P_j^t - P_j^{t-1}}{P_j^{t-1}} \right), \quad (5)$$

$$i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, 24$$

P_j^t : t일의 j 시간대의 소매가격(결정변수)

WP_j^t : t일의 j 시간대의 도매가격



〈그림 2〉 소매 사업자의 역할

- D_{ij}^t : t일의 각 소비자 i의 각 시간대의 수요
 $D_{i,tot}^t$: t일의 각 소비자를 위한 수요 총합
 E_{ij}^t : 각 소비자를 위한 각 시간대의 탄성률
 IR : 인센티브 비율(또는 수요반응 정도에 대한 가중치)
 α : 수요대비 소매가격의 총합의 제한을 위한 상수
 β : 도매가격 대비 소매가격의 증가율
 γ : 소매가격 총합의 도매가격 총합에 대한 증가율

1일전에 t-1일의 자료와 t일의 1일 전에 알려진 도매가격에 의하여 수요가 예측 되고 가격이 결정 되므로 t일의 P_j^t 와 D_{ij}^t 만이 결정 변수가 된다.

(1)은 소매사업자의 이익과 소비자의 수요 반응의 정도에 인센티브 비율인 IR 의 가중치가 곱해진 목적함수, 즉 총 이익을 최대화하는 것이다. (2)는 소매가격의 수요대비 가중 평균의 도매가격 대비 변동성을 제한하기 위한 제약조건이다. (3)은 각 시간대에서 도매가격을 기준으로 소매가격의 증감 폭을 제한하는 조건이다. (4)는 시간대별 소매가격의 총합이 도매가격의 총합의 적정 수준 이상이어야 함을 의미한다. (5)는 기존 과거 누적 데이터에 의해 예측된 각 탄성률에 의해 수요를 계산하는 식이다. 위의 수학적 모형은 블록 최적화 문제로 풀려진다.

4. 실험 결과

실험을 위해 1일 동안 6개의 시간대로 나

누고 전기 도매, 전기 소매, 그리고 차기 도매 가격을 <표 1>과 같이 설정하였으며 α , β 와 γ 를 각각 1.2, 1.3, 5.0으로 하고 이 최적화 문제를 Excel Solver에 의하여 해를 구하였다.

<표 1> 시간대별 전력 가격(원)

구 분	1	2	3	4	5	6
초기도매	220	250	260	340	270	240
초기소매	242	275	286	374	297	264
차기도매	240	260	240	370	260	210

또한, <표 2>와 같이 시간대별 평균과 표준 편차를 적용하여 100명의 소비자가 소비하는 초기 소비량을 정규분포를 이용하여 랜덤하게 발생시켰다.

<표 2> 시간대별 초기 소비량(kW)

구 분	1	2	3	4	5	6
평균	200	300	300	800	400	200
표준편차	50	100	150	150	120	100

그리고, 좀 더 정확한 수요예측과 수요반응을 알기 위해 소비자 별로 <표 3>과 같이 평균과 표준편차를 활용하여 정규분포로 랜덤하게 발생시켰다.

소비자의 수요반응 참여율이 40%, 60%, 그리고 80%로 설정하여 각각 나머지 60%, 40%, 20%는 탄성률을 0으로 설정하였다.

<표 3> 시간대별 탄성률

구 분	1	2	3	4	5	6
평균	-0.2	-0.2	-0.3	-0.4	-0.3	-0.2
표준편차	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

소비자 별 탄성률을 적용할 때와 소비자의 평균 탄성률을 적용할 때의 소매업자 이익과 소비 비용 절감을 위한 최적화 결과를 소비자 참여율에 따라 비교하였다.

〈표 4〉 참여율 40%에서 총 이익과 수요 반응
(단위 : 원)

시행 횟수	개별 탄성률		평균 탄성률	
	총 이익	수요반응	총 이익	수요반응
1	4466943	30876	3889675	27615
2	4594497	31421	3891079	28598
3	4652955	32283	3891694	27504
4	4678577	32589	3898499	27759
5	4795303	29991	3901762	27448
6	5154155	39253	3902478	28677
7	5240313	25270	3905288	28276
8	5433079	52841	4693565	21574
9	5520577	24779	4908367	27409
10	5566337	31320	4909572	27218
평균	5010274	33062.3	4179198	27207.8

〈표 5〉 참여율 60%에서 총 이익과 수요 반응
(단위 : 원)

시행 횟수	개별 탄성률		평균 탄성률	
	총 이익	수요반응	총 이익	수요반응
1	4585780	35500	3897434	29973
2	4586278	37405	3900820	32135
3	4592755	33478	3901415	32205
4	4617310	36146	3904236	33170
5	4625122	36158	3904640	32392
6	4646323	35763	3909705	32313
7	5200425	35879	3924488	35567
8	5412662	38994	4694039	25436
9	5591370	40357	4700502	50073
10	5727294	37573	4971628	33785
평균	4958531.9	36725.3	4170891	33704.9

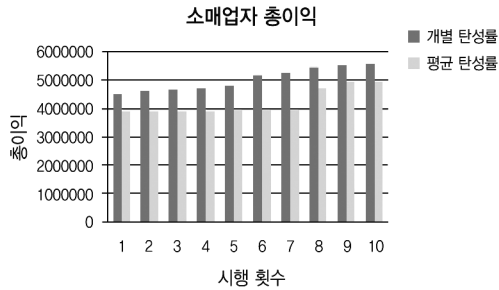
〈표 6〉 참여율 80%에서 총 이익과 수요 반응
(단위 : 원)

시행 횟수	개별 탄성률		평균 탄성률	
	총 이익	수요반응	총 이익	수요반응
1	4308412	145329	3895263	55999
2	4500449	61747	3898172	55056
3	4585138	62875	3902047	55209
4	4614801	64991	3903056	54844
5	4633623	64052	3903388	55324
6	4644351	63108	3906870	56036
7	5255857	57281	3909738	55370
8	5328166	73632	4659622	50756
9	5420162	89614	4688789	48044
10	5539002	73094	4820154	47809
평균	4882996	75572.3	4148710	53444.7

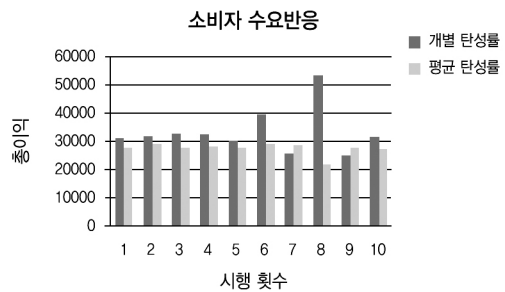
소비자 수요반응의 참여율이 40%, 60%, 80%일 때, 소매업자의 이익을 시행횟수 10회로 비교한 결과 소비자 별 탄성률을 적용한 것이 평균 탄성률을 적용할 때 보다 이익이 크다는 것을 <그림 3>~<그림 5>에서 알 수 있고, 분산 분석 결과에 의하면 <표 7>에서 보여 준 것처럼 참여율 40%, 60%, 80%일 때 F가 각각 17.963, 15.176, 14.978이고 p-value가 각각 0.000, 0.001, 0.001로 나타나 개별 탄성률과 평균 탄성률을 적용한 두 집단 사이에 유의한 차이가 있음을 알 수 있다. 이 결과는 개별 탄성률을 적용하였을 때 총 이익이 더 크다는 것을 의미한다.

〈표 7〉 분산분석 결과

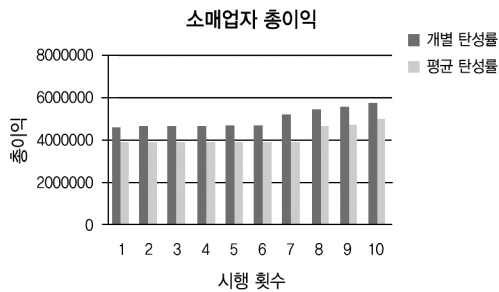
구 분	참여율 40%		참여율 60%		참여율 80%	
	총 이익	수요 반응	총 이익	수요 반응	총 이익	수요 반응
F	17.963	4.998	15.176	2.072	14.978	7.044
p-value	0.000	0.038	0.001	0.167	0.001	0.016



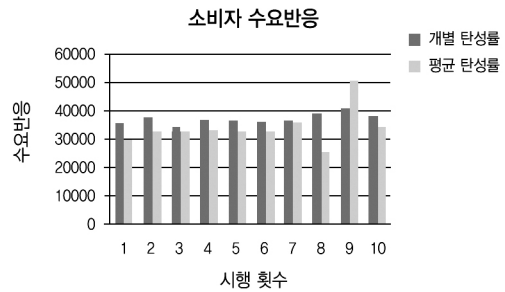
〈그림 3〉 참여율 40%에서 소매업자 이익



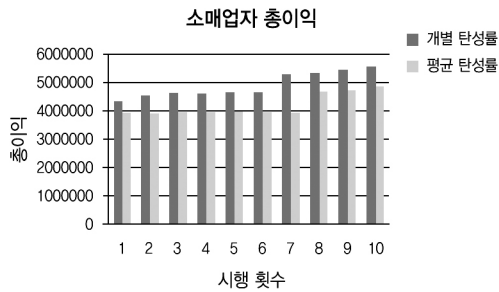
〈그림 6〉 참여율 40%에서 소비자 수요반응



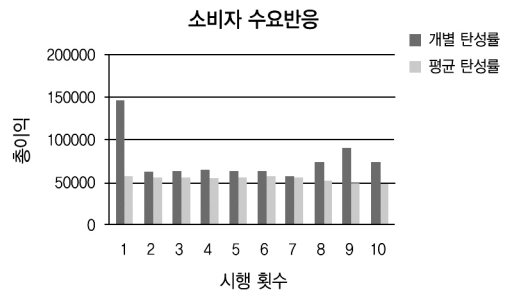
〈그림 4〉 참여율 60%에서 소매업자 이익



〈그림 7〉 참여율 60%에서 소비자 수요반응



〈그림 5〉 참여율 80%에서 소매업자 이익

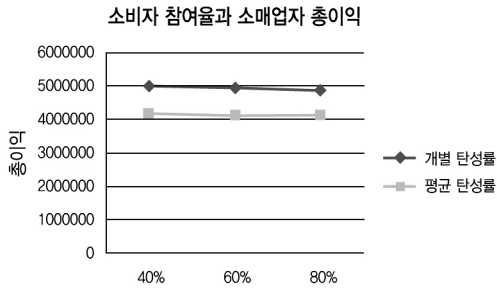


〈그림 8〉 참여율 80%에서 소비자 수요반응

즉 개별 탄성률을 적용할 때가, 평균탄성률을 적용할 때보다 실시간의 동적인 요금제에서 소매업자에게 더 큰 이익을 가져다 줄 수 있다는 것을 보여준다.

또한, 소비자 수요반응에서는 소비자 수요반응의 참여율이 40%, 60%, 80%일 때, 소매업자의 이익을 시행횟수 10회로 비교한 결과 소비자 별 탄성률을 적용한 것이 평균 탄성률을 적용할 때 보다 이익이 크다는 것을

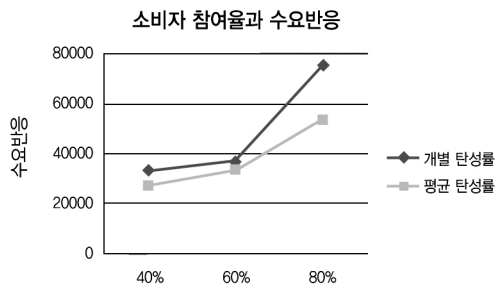
〈그림 6〉~〈그림 8〉에서 알 수 있다. 분산 분석 결과에 의하면 <표 7>에서 보여 준 것처럼 참여율 40%, 60%, 80%일 때 F가 각각 4.998, 2.072, 7.044이고 p-value가 각각 0.038, 0.167, 0.016로 나타나서 참여율 40%, 80%일 때는 의미 있는 차이를 보여서 개별 탄성률 적용 시에 소비자 수요반응 정도가 더 크다는 것을 보여주지만 60%일 때는 유의미한 차이를 보이지는 않는다.



〈그림 9〉 참여율과 소매업자 총이익

소비자 참여율에 따른 비교를 해 보면, <그림 9>에서처럼 소매 사업자의 총 이익은 참여율 변화에 따른 변동은 보여주지 않고 개별 탄성률을 적용할 때 평균 탄성률을 적용할 때 보다 총 이익이 고르게 더 높다는 것을 보여 주고 있다.

하지만, <그림 10>에서 소비자 참여율에 따른 수요반응의 결과를 보면 수요자 참여율의 정도가 높음에 따라, 수요반응의 정도가 점점 커지는 경향을 보여 주고 있다.



〈그림 10〉 참여율과 소비자 수요반응

5. 결 론

스마트 그리드에서 스마트 미터 등 AMI 시스템에서 소비자의 수요 반응이 효율적인

에너지 사용 및 온실 가스 감축을 위해 필요하다. 각 소비자가 각기 다른 행위를 하듯이 가격에 대한 다른 탄성률 즉, 상이한 수요 반응의 정도를 가진다.

따라서, 본 논문에서는 수요반응을 나타내는 소비자 별 탄성률을 모든 소비자를 위해 시간대별로 고정 값을 사용하는 것과 소비자 별 탄성률을 예측하는 것을 비교하며 소매 가격 결정을 위해 더욱 효과적으로 소비자의 에너지 사용을 줄이고 전력시장에서 소매업자의 이익을 최대화하는 가격 결정 모델을 제시한다.

소비자의 수요 반응의 활성화는 전기 사용량을 줄이고, 에너지 사용 및 온실 가스 배출을 감소시킨다. 또한, 각 소매업자가 계약한 소비자들의 수요 반응을 독려해서 전기 사용료 및 전체 시스템 상의 에너지 사용을 줄이기 위해 소매업자의 이익을 보전하고 독려하는 인센티브 또는 보조금이 지급되는 것이 필요하다. 또한, 소비자의 복지 및 위험 감소를 위해 소매가격의 가격 변동폭을 제한할 것을 제안한다.

실시간 변동요금제인 RTP(Real-time pricing)에서 전기 사용량이 너무 적거나 가격이 비싼 시간대의 전기 사용량을 쉰 시간대로 수요 이전이 어려운 소비자들의 극심한 손해를 막기 위한 차원에서 손실 제한조치(loss-cut)가 부작용을 막기 위해 필요하다. 앞으로 이것을 위한 추가 연구가 필요하다고 생각한다.

참 고 문 헌

- [1] Albadi, M. H. and El-Saadany, E. F.,

- “Demand response in electricity markets : an overview,” IEEE Power Engineering Society General Meeting, pp. 1-5, 2007.
- [2] Carrion, M., Arroyo, J. M., and Conejo, A. J., “A Bi-level Stochastic Programming Approach for Retailer Futures Market Trading,” IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 24, No. 3, pp. 1446-1456, 2009.
- [3] Farugui, A., Harris, D., and Hledik, R., “Unlocking the €53 billion savings from Smart meters in the EU : How increasing the adoption of dynamic tariffs could make or break the EU’s smart grid investment,” Energy Policy, 2010.
- [4] Kim, D.-H., Kim, D.-M., and Kim, J.-O., “Determination of the optimal Incentives and amount of load reduction For a retailer to maximize profits Considering Demand Response Programs,” IEEE International Conference On Power and Energy, December 1-3, 2008
- [5] Lijesen, M. G., “The real-time price elasticity of electricity,” Energy Economics, pp. 249-258, 2007.
- [6] Mohsenian-Rad, A., Wong, V. W. S., Jatskeich, J., and Schober, R., “Optimal and Autonomous Incentive-Based Energy Consumption Scheduling Algorithm for Smart Grid,” Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), pp. 1-6, 2010.
- [7] Rahimi, F. and Ipakchi, A., “Demand Response as a Market Resource Under the Smart Grid Paradigm,” IEEE Transactions on Smart Grid, Vol. 1, No. 1, pp. 82-88, 2010.
- [8] Wang, J., Kennedy S., and Kirtley J., “A New Wholesale Bidding Mechanism for Enhanced Demand Response in Smart Grids,” Innovative Smart Grid Technologies, pp. 1-8, 2010.
- [9] Yusta, J. M., Ramirez-Rosado, I. J., Dominguez-Navarro, J. A., and Perez-Vidal, J. M., “Optimal electricity price calculation model for retailers in a deregulated market,” Electrical Power and Energy Systems, Vol. 27, pp. 437-447, 2005.

저 자 소 개



문준영
1989년
2001년
2008년~현재
관심분야

(E-mail : monjycksh@snu.ac.kr)
서울대학교 수학과 (학사)
(미) California State University, Hayward 컴퓨터학과 (석사)
서울대학교 산업공학과 (박사과정)
스마트 그리드, 스케줄링, u-Business



신기태
1987년
1990년
1995년
1995년~현재
관심분야

(E-mail : ktshin@daejin.ac.kr)
서울대학교 산업공학과 (학사)
서울대학교 산업공학과 (석사)
서울대학교 산업공학과 (박사)
대진대학교 산업경영공학과 교수



박진우
1974년
1976년
1976~1979년
1985년
1985년~현재
관심분야

(E-mail : autofact@snu.ac.kr)
서울대학교 산업공학과 (학사)
KAIST 산업공학과 (석사)
현대양행 근무
미국 버클리대(UC Berkely) 산업공학과 (박사)
서울대학교 산업공학과 교수
ERP/SCM, RFID, 소프트웨어 개발생산성 측정