

주거용부문의 DSM 절전잠재량 추정

이창호, 조인승
한국전기연구소

Estimating DSM Potentials in Residential Sector

Chang Ho Rhee, In Seung Jo.

Korea Electrotechnology Research Institute

(Abstract)

DSM activities have grown and matured over several years in Korea. KEPCO is currently offering some DSM programs in industrial, commercial, and residential customers such as rebate program in purchasing efficient measures. The systematic evaluation process of energy savings and peak reduction will be very important for deciding on the optimal investment of DSM activities in utilities in the future. In general, the estimation process of the potential savings of DSM activities include the determination of baseline electricity consumption, the instantaneous technical potential (ITP), the phased technical potential (PTP), the economic potential (EP), and the achievable potential (AP). The purpose of this article is to provide evaluation process of those DSM potential savings based on bottom-up approach and applicative to residential sector in Korea. In case study, ITP, EP are estimated to be respectively 21.5%, 5.7% of total energy consumption, and 4.1%, 2.5% of peak load in 2010.

1. 서 론

DSM 기술은 에너지 사용실태 및 기술확산, 기기보급 등에 따라 기술개발 효과의 가변성이 매우 크므로 신뢰성 있는 기준 데이터의 조사 및 개발기법 정립과 데이터베이스화가 중요하며, 또한, 기술개발에 따른 비용과 편익의 발생주체가 상이하므로 이를 포괄하는 객관적인 경제적 평가기준과 방법론의 개발이 요구되고 있다. 따라서, 잠재량 평가와 같은 기술정책적 결정을 위한 기반연구 또한 국가의 중요한 산업정책 수단으로서의 인센티브가 매우 크다 하겠다. DSM 잠재량의 평가를 위해서는 잠재량에 대한 개념적인 정립과 아울러 잠재량을 추정하고 평가할 수 있는 기법을 개발하는 것이 요구되며, 이와 같은 잠재량의 추정에는 DSM 대안의 기술적인 측면과 시장의 규모 및 구조 그리고, 시장침투 등과 관련된 방대한 규모의 기초자료 조사 및 분석이 필요하다. 본 논문에서는 국내외의 DSM 절전잠재량 산정기법 및 사례와 우리의 데이터 사용도 등을 감안하여 적용기법과 산정절차를 개발하였으며, 이를 주거용 부문의 절전잠재량 추정에 적용하여 보았다.

2. 절전잠재량 산정절차

주거용 DSM 잠재량 평가를 위한 모델 수행절차를 도해하면, 대체로 그림 1과 같이 크게 기준수요 예측과 잠재량 산정단계로 대별되며, 잠재량산정은 다시 최대 기술적 잠재량(ITP)산정, 단계별기술적 잠재량(PTP) 산정, 경제적 잠재량(EP), 도달가능 잠재량(AP) 산정의 단계를 통하여 이루어진다.

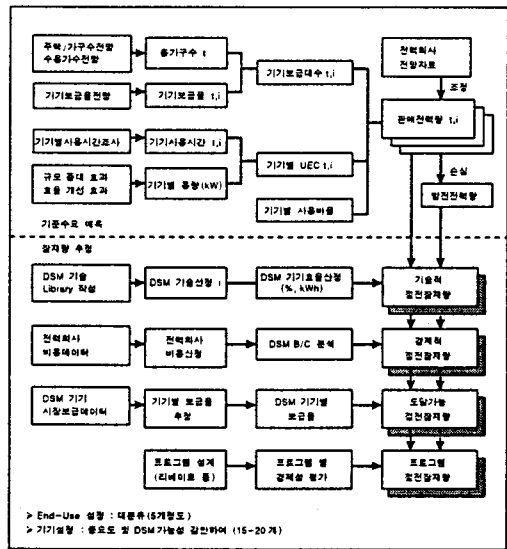


그림 1. 주거용 절전잠재량 산정 절차

2.1 기준수요 예측

기준수요예측은 연도별로 잠재량산정시 기준이 되는 수 용가별, 용도별, End-Use 및 기기별 수요 및 부하를 예 측하는 것으로 일반적으로 Bottom-up 방식, Top-Down 방식, Prototype 방식 등 세가지 방식이 주로 이용되고 있 으며, 아래에 기술된 방식은 Bottom-up 방식이다. 기기별 총 소비전력량(DEM_{i,j})은 해당 기기에 사용되는 연 도별 소비전력량으로 식(1)에서와 같이 기기별 보급대수 (TVIN_{i,j})와 소비전력량(UEC_{i,j})의 단순한 곱에 의하여 산정 된다.

$$DEM_{i,j}(t) = [TVIN_{i,j}(t) \times UEC_{i,j}(t) \times USER_{i,j}(t)] \quad (1)$$

여기서, USSR_{i,j}(t) : 기기사용율
 i, j : End-Use, 기기 (이하 동일)
 t : 연도 (이하 동일)

한편, 각 기기별 총 보급대수(TVIN_{i,j})는 식(2)와 같이 가 구수 (HH)와 기기보급률(SATR_{i,j})의 곱으로 계산된다.

$$TVIN_{i,j}(t) = HH(t) \times SATR_{i,j}(t) \quad (2)$$

그리고, 기기별 소비전력량(UEC_{i,j})는 식 (3)과 같이 기기 별 소비전력(NOM_{i,j})과 기기별 연간 평균 사용시간 (HOUR_{i,j})의 곱으로 산정된다.

$$UEC_{i,j}(t) = NOM_{i,j}(t) \times HOUR_{i,j}(t) \quad (3)$$

한편, 모든 기기의 소비전력량을 합한 주거용 총 소비전력량은 일반적으로 전력회사의 주거용 판매전력량과 일치하지 어려우며, 따라서 이를 조정하는 과정이 필요하다.

본 논문에서는 연도별 주거용 판매전력량 전망치(SAIL)를 기준으로 식(4)와 같이 조정계수(ADJR)를 구하여 일괄적으로 조정하는 방법을 사용하였는데, 조정계수는 일괄적으로 곱하거나 또는 잠재량 산정을 위해 구해진 계수를 기기별 UEC를 삭감하는 방법 모두 가능하다. 따라서 조정된 총 기준전력량수요(TDEM^A)는 식(5)와 같이 개별 기기별 소비전력량(DEM_{i,j})에 조정계수를 곱함으로써 도출되며, 같은 방식으로 조정된 기기별 부하(LOAD_{i,j})도 식(6)과 같이 도출할 수 있다.

$$ADJR(t) = \frac{SAIL(t)}{TDEM(t)} \quad (4)$$

$$TDEM^A(t) = \sum_i \sum_j DEM_{i,j}(t) \times ADJR(t) \quad (5)$$

$$LOAD_{i,j}(t) = (NOM_{i,j}(t) \times PVIN_{i,j}(t)) \times ADJR(t) \quad (6)$$

$$= (NOM_{i,j}(t) \times TVIN_{i,j}(t) \times PEAKR_{i,j}(t)) \times ADJR(t)$$

여기서, PVIN : 시스템 피크시 기기사용대수

PEAKER : 피크시 수용율 (Coincident factor)

2.2 최대 기술적 잠재량 산정

최대기술적 잠재량 (ITP)은 모든 기준기술을 일시에 효율적인 기술 즉, DSM 기술로 바꾸는 경우에 발생할 수 있는 최대수준의 잠재량으로 최대절전 전력량(ITP^E)과 최대절전 부하(ITP^K)는 다음 식(7), (8)과 같이 연도별 기기별 기준수요(전력량, 부하)에 절전 효율(EFFR_{i,j})을 곱하여 산정된다

$$ITP^E(t) = \sum_i \sum_j (DEM_{i,j}(t) \times EFFR_{i,j}(t)) \times ADJR(t) \quad (7)$$

$$ITP^K(t) = \sum_i \sum_j (LOAD_{i,j}(t) \times EFFR_{i,j}(t)) \quad (8)$$

여기서, 위첨자 E : 전력량 (이하 동일)

위첨자 K : 부하 (이하 동일)

2.3 단계적 기술적 잠재량 산정

단계별 기술적 잠재량(PTP)을 산정하기 위해서는 개별 기술/기기에 대한 수명과 연도별 기준기기의 교체비용(AVIR)에 대한 정보가 필요하다. 일반적으로 기기의 수명은 기기 내구연수를 기준으로 하는 것과 교체수명을 기준으로 하는 두가지 방법이 가능하며, 본 논문에서는 현실적으로 기기교체가 내구수명에 이르기 전에 자주 발생한다는 점을 감안하여 교체수명(NX)을 기준으로 하였다.

PTP는 기준기기의 교체비용(AVIR)과 신규보급 규모에 의해 결정된다. 기준연도의 기기기록을 매년도 일정비율로 교체하고 여기에 신규보급 대수를 더한 것이 단계별 기술적 잠재량 산정을 위한 기기 보급대수(AVIN)로 계획기간이 장기간일 경우 즉, 제반 기기의 수명보다도 긴 기간일 때는 최대 기술적 잠재량과 같아지게 된다. 이와 같은 기기의 교체대수(AVIN_{i,j}) 산정절차는 식(9)~(10)과 같다.

따라서, 기기의 교체비용(VINR_{i,j})은 식(11)과 같이 총보급대수(TVIN_{i,j})에 대한 기기의 교체대수(AVIN_{i,j})의 비율이며, 전력량 및 부하에 대한 PTP는 각각 식(12), 식(13)과 같이 ITP에 기기의 교체비용을 곱하여 산정한다.

$$AVIN_{i,j}(t+n) = [TVIN_{i,j}(t) \times (\frac{n}{NX_{i,j}})] \quad (9)$$

$$+ [TVIN_{i,j}(t+n) - TVIN_{i,j}(t+n-1)]$$

(if n < NX)

$$AVIN_{i,j}(t+n) = TVIN_{i,j}(t+n) - TVIN_{i,j}(t+n-1) \quad (10)$$

(if n ≥ NX)

$$VINR_{i,j}(t) = \frac{AVIN_{i,j}(t)}{TVIN_{i,j}(t)} \quad (11)$$

$$PTP^E(t) = \sum_i \sum_j (ITP_{i,j}^E(t) \times VINR_{i,j}(t)) \quad (12)$$

$$PTP^K(t) = \sum_i \sum_j (ITP_{i,j}^K(t) \times VINR_{i,j}(t)) \quad (13)$$

2.4 경제적 잠재량 산정

경제적 잠재량(EP)은 단계별 기술적 잠재량(PTP)중 경제적 심사기준을 통과한 기술만을 고려한 잠재량을 말한다.

여기서는 경제적 심사를 위해 총자원비용(TRC) 테스트를 활용하였으며, 식(14)와 같이 계산된다.

한편, DSM 기술의 편익으로는 그 기술로 인하여 기기 수명기간중 절감되는 전력회사의 전력량 및 설비에 대한 비용(DMR^E, DMR^K)이 될 것이며, 그에 대한 산출과정은 각각 식(15), 식(16)과 같다. 비용지표(DMC)는 식(17)과 같이 기준기술에 비해 추가되는 추가비용(CODM_{i,j})을 기기수명기간동안 자본회수계수(CRF_{i,j})로 균등화하여 산출한다.

따라서, 전력량과 부하에 대한 EP는 식(18), 식(19)에서와 같이 PTP중 TRC의 B/C가 1을 초과하는 기술의 절전량을 더한 것이 된다.

$$TRC_{i,j} = \frac{DMR_{i,j}^E + DMR_{i,j}^K}{DMC_{i,j}} \quad (14)$$

$$DMR_{i,j}^E = UEC_{i,j}(t_0) \cdot \left(\frac{1 - [(1+a^E)/(1+D)]^{NX_{i,j}}}{D - a^E} \right) \cdot CRF_{i,j} \cdot AVEC \quad (15)$$

$$DMR_{i,j}^K = NOM_{i,j} \cdot \left(\frac{1 - [(1+a_{i,j}^K)/(1+D)]^{NX_{i,j}}}{D - a_{i,j}^K} \right) \cdot CRF_{i,j} \cdot AVGC \quad (16)$$

$$DMC_{i,j} = CODM_{i,j} \cdot CRF_{i,j} \quad (17)$$

$$EP^E(t) = \sum_i \sum_j EP_{i,j}^E(t) \quad (\text{단, } TRC \geq 1) \quad (18)$$

$$EP^K(t) = \sum_i \sum_j EP_{i,j}^K(t) \quad (\text{단, } TRC \geq 1) \quad (19)$$

여기서, a : 기기사용량 및 소비전력증가율 (균등가정)

D : 할인율

AVEC : 회피에너지비용

AVGC : 회피설비비용

2.5 도달가능 잠재량 산정

도달가능 잠재량(AP)는 경제적 잠재량중 DSM 기술의 보급율(SATR_{i,j})을 감안하여 산정되며 전력량 및 부하에 대한 AP의 산정방식은 식(20), 식(21)과 같다. 경제적 잠재량이 DSM 기술의 완전보급을 전제로 하는데 비해 현실적인 보급은 기술별 보급상태, 확산속도 등에 따라 상당한 차이가 발생하며, 이는 해당 기술에 대한 소비자의 인지도, 경제적 편익의 크기, 생산자의 판매활동 등에 따라 매우 다양하다.

$$AP^E(t) = \sum_i \sum_j (EP_{i,j}^E(t) \times SATR_{i,j}(t)) \quad (20)$$

$$AP^K(t) = \sum_i \sum_j (EP_{i,j}^K(t) \times SATR_{i,j}(t)) \quad (21)$$

3. 시산분석

3.1. 기본 전제

여기서는 먼저 주거용 수요에 대한 실적데이터 분석을 토대로 DSM기술로 인한 절전효과가 기대되는 19가지 주요기기들을 대상으로 기술적 잠재량(ITP와 PTP)과 경제적 잠재량(EP)을 산정코자 하였다.

한편, 잠재량시산을 위한 전국전망지표는 2년주기로 발표되는 장기전력수급계획지표를 이용하였으며, 기기별 기보급률, 기기사용시간, 기기가격, 기기수명 등에 대한 입력지표는 지금까지 국내외적으로 조사, 또는 연구된 결과를 인용하거나 Survey를 통하여 작성하였다.

3.2. 기준수요 산정

전술한 방법론을 적용하여 2010년까지의 주거용 DSM 기기별 기준전력수요 (전력량 및 부하)를 도출하면 표 1.과 같다.

주거용 주요기기별 분석기간중 전력량 및 시스템 피크시 부하는 표 1.에서와 같이 2000년에 전력량 구성비는 냉장고가 22.8%, 형광등 12.1%, TV가 11.5%, 보온밥솥

이 10.3%, 백열등 5.6%, 에어컨 2.76% 순이며, 시스템 피크시 부하 구성비는 에어컨 26.5%, 보온밥솥 16.4%, 냉장고 13.0%, 다리미 9.9%, 선풍기 6.8% 순으로 나타나고 있음을 알 수 있다.

표 1. 주거용 주요기기별 전력량 및 시스템피크시 부하

구분	1995년		2000년		2005년		2010년	
	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW
에어컨	484	1004	1,109	2,086	2,188	3,727	3,102	5,181
선풍기	348	431	390	535	423	642	448	752
냉장고	6,602	738	9,165	1,025	11,750	1,314	14,287	1,598
보온밥솥	3,203	1,001	4,138	1,293	5,081	1,588	6,224	1,945
전자렌지	476	66	838	116	1,117	154	1,364	189
후라이팬	354	150	469	198	568	240	657	278
커피포트	63	58	82	76	105	98	134	125
TV	3,207	157	4,627	227	5,950	292	6,998	344
오디오	468	28	678	39	953	52	1,211	65
PC	384	52	947	111	1,788	180	2,783	267
세탁기	914	288	1,185	373	1,468	462	1,716	540
청소기	877	250	1,330	380	1,672	477	2,001	571
식기세척	131	21	891	148	2,550	424	4,750	791
다리미	764	620	959	779	1,130	918	1,320	1,072
드라이기	960	21	1,323	29	1,685	36	2,004	43
형광등	3,671	26	4,844	34	6,180	43	7,893	56
백열등	1,626	18	2,231	25	2,988	33	3,817	43
전기난로	289	0	363	0	441	0	557	0
전기장판	687	0	907	0	1,091	0	1,301	0
기타기기	1,426	259	2,009	393	2,679	562	3,393	729
주거용 계	28,515	5,195	40,170	7,875	53,581	11,254	67,857	14,599
시스템 총계	162,966	29,878	239,281	43,559	305,879	55,666	365,577	65,642
비중(%)	17.50	17.39	16.74	18.08	17.52	20.22	18.56	22.24

3.3. 시산결과 요약

표 2. 및 표 3.은 주거용 주요기기별 잠재량 산정결과를 요약한 것으로, 표에서 보는 바와 같이 최대기술적 잠재량과 단계별 기술적 잠재량은 2005년 이후로 같아지게 되며, 전력량의 경우 총수요에 대한 기술적 잠재량과 경제적 잠재량의 차이가 큰 반면, 부하의 경우는 그 차이가 비교적 작게 나타나고 있음. 에어컨의 경우 부하특성으로 인해 전력량보다 피크부하에 미치는 영향이 훨씬 큼을 볼 수 있다.

표 2. 주거용부문 DSM 잠재량 산정 결과 요약 (전력량) (단위 : GWh)

구분	1995	2000	2005	2010
총수요	28,515.0	40,170.0	53,581.0	67,857.0
최대 기술적 잠재량	6,178.8	8,721.5	11,604.2	14,598.1
단계별 기술적 잠재량	1,139.2	6,734.1	11,593.0	14,598.1
경제적 잠재량	630.9	1,949.0	2,932.8	3,839.9
총수요	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
최대 기술적 잠재량	21.7%	21.7%	21.7%	21.5%
단계별 기술적 잠재량	4.0%	16.8%	21.6%	21.5%
경제적 잠재량	2.2%	4.9%	5.5%	5.7%

표 3. 주거용부문 DSM 잠재량 산정 결과 요약 (부하) (단위 : MW)

구분	1995	2000	2005	2010
총수요	29878.0	43559.0	55666.0	65642.0
최대 기술적 잠재량	820.3	1350.5	2052.5	2702.9
단계별 기술적 잠재량	90.3	998.6	2050.9	2702.9
경제적 잠재량	37.6	505.2	1163.5	1614.5
총수요	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
최대 기술적 잠재량	2.7%	3.1%	3.7%	4.1%
단계별 기술적 잠재량	0.3%	2.3%	3.7%	4.1%
경제적 잠재량	0.1%	1.2%	2.1%	2.5%

한편, 그림 2.와 그림 3.은 ITP, PTP 및 EP를 1995년에서 2010년까지 5년 간격으로 비교한 것이다.

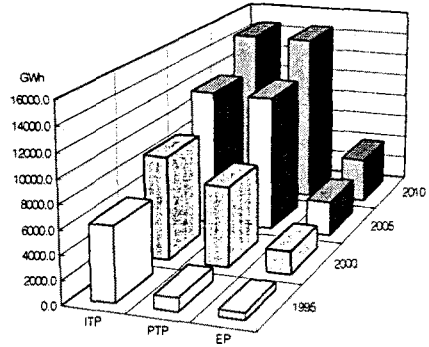


그림 2. 주거용 DSM기술의 잠재량 비교 (전력량)

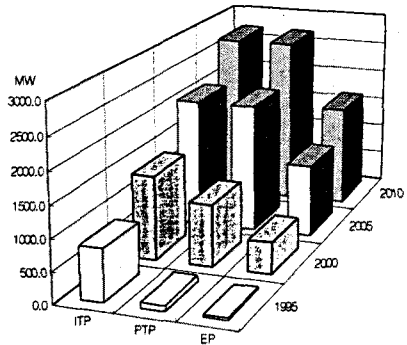


그림 3. 주거용 DSM기술의 잠재량 비교 (부하)

4. 결 론

본 논문에서는 DSM 잠재량 평가방법 및 절차에 대한 방법론 정립과 관련하여 잠재량 평가방법, 기준수요 예측 및 각 단계별 절전잠재량 산정방법을 검토하였고, 이를 주거용 부문의 DSM 절전잠재량산정에 적용한 결과, 경제적으로 절전가능한 수요는 2010년경에 전체수요가운데 전력량, 부하가 4.1%, 부하가 2.5%를 차지하고 있음을 알 수 있었다. 그러나 우리나라의 경우는 아직까지 체계적인 DSM 기술 library가 구축되어 있지 않았을 뿐만 아니라 기기별 End-Use에 대한 제반 데이터구축이 미비한 관계로 본 논문에서는 사례분석 결과보다는 우리나라에서 지금까지 체계적으로 정립된 바 없는 DSM 기술에 대한 절전잠재량 추정방법을 정립하였다는 점에 큰 의의가 있다고 할 수 있다. 앞으로 DSM관련 기초연구가 보다 활성화되기 위해서는 관련 데이터의 체계적인 개발이 필수적이라 할 수 있겠다.

[참 고 문 헌]

- [1] EPRI, "Principles and Practice of Demand-Side Management", Aug. 1993.
- [2] Planergy, "Technical Potential for electricity Savings and Peak Demand Reduction", Jan. 1996.
- [3] Peter M. Miller, et. al., "The Potential for Electricity Conservation in NEWYORK State. Sept. 1989.
- [4] 한국전기연구소, "DSM 잠재량평가와 모니터링을 위한 기법개발 및 활용방안 연구 중간보고서", 1997. 4.