

건물용도별 End-Use 기준수요 예측기법

이창호*, 박종진
한국전기연구원

Baseline Demand Forecast Model by End-Use in Commercial Buildings

Chang-Ho Rhee*, Jong-Jin Park
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - 수요관리 프로그램의 개발과 시행을 위해서는 End-Use별 수요예측과 잠재량 평가가 필수적이다. 업무용 전력수요는 건물용도에 따라 수요패턴이 상이하다. 여기서는 건물용도별 기준수요 예측을 위한 알고리즘과 절차를 제시하였으며, 이를 토대로 시산분석을 하였다. 용도별 전력수요는 사무실, 호텔, 병원, 도소매, 학교, 창고, 식당, 식료품, 체육시설 등 건물용도로 구분하였으며, End-Use는 이중 6개 용도에 대해 조명, 동력, 공조, 사무, 기타 등 5개로 나누어 추정하였다.

1. 서 론

우리나라의 수요관리 프로그램은 구조개편이전에는 하계휴가보수요금제도, 자율절전요금제도와 같은 부하관리 중심의 수요관리프로그램을 시행하였으나, 구조개편 후에는 고효율 전동기 및 인버터와 같은 효율향상프로그램이 도입되어 에너지절약프로그램이 크게 강화되고 있는 상황이다.

수요관리 프로그램을 체계적으로 개발, 보급, 평가하기 위해서는 수요관리 자원평가와 비용효과분석이 매우 중요하다. 특히 수요관리 자원평가에서 절전잠재량을 추정하는데 필수적으로 선행되어야 하는 것은 전력수용가의 소비규모와 소비행태에 대한 상세 실적치와 전망을 예측하는 것이다. 이와 같이 수용가별 End-Use별 기기의 전력사용량과 피크부하를 예측하는 것을 기준수요예측이라고 하며, 본 논문에서는 업무용 건물용도별 End-Use별 기준수요예측기법을 제시하고자 한다.

선진국의 경우는 이미 오래전부터 DSM 기술에 대한 여러 종류의 평가기법과 성과추정 방법론을 개발하여 사용하고 있고, 상업용 전산모델이 활용 중에 있어 DSM 기술 및 프로그램의 평가나 자원평가가 체계적으로 이루어지고 있다.

우리나라의 경우 수요관리 자원평가에 대한 연구는 주로 산업체 및 대형건물 진단 조사나 개별기기 및 시행중인 프로그램에 대한 단편적인 분석 위주로 진행되어 왔다. 따라서 체계적인 산정기법이나 절차 개발이 미흡한 관계로 조사 및 추정결과의 일관성을 확보하기 어렵다. 또한 개별기기를 대상으로 하였기 때문에 전체의 관점에서 데이터의 신뢰도나 객관성을 보장하기 어렵다.

앞으로 DSM기술의 체계적인 평가와 프로그램의 시행에 따른 예상효과를 사전 분석할 수 있는 메커니즘의 정립이 시급하며, 특히 DSM기술에 대한 정확한 자원평가를 위해 정확한 조사 및 실적데이터에 의한 기준수요예측이 선행되어야 한다.

2. 기준수요 예측기법

2.1 개념 및 방법론

기준수요 예측은 잠재량 산정시 기준이 되는 수용가별, 용도별, End-Use별, 기기별 전력수요 및 최대부하를 예측하는 것으로서 접근방법에 따라 Bottom-Up, Top-Down 및 Prototype 방법의 3가지로 나눌 수 있다.

Bottom-Up 방법은 개별기기로부터 출발하여 End-Use별, 시장 및 용도별, 수용가별 수요를 산정하는 방법으로 상세하고 정확한 개별적인 정보를 토대로 하므로 데이터 신뢰도가 비교적 높으나, 반면에 집계상의 오류로 인해 과대 또는 과소 추정될 위험이 있다. Top-Down 방법은 기기별 상세데이터 등 보유 데이터의 부족으로 Bottom-Up 방법이 적용하기 곤란한 경우에 주로 적용되며, 전국 또는 전력회사의 집계수요나 요금정보를 토대로 하위 단계별로 할당하는 방법이다. 이 방법은 집계 데이터를 간접적인 정보에 의해 배분하기 때문에 Bottom-Up 방법에 비해 데이터의 신뢰도가 상대적으로 크지 않으며, 따라서 최종 단계인 기기별 수요에 이르러서는 상당히 왜곡될 우려가 있다는 단점이 있다. Prototype 방법은 여러 시장단위 중 대표성이 있는 시장단위를 선정하여, 해당시장의 기본적인 데이터를 토대로 전산모형에 의해 여타 시장단위의 기준수요를 추정하는 방법으로, 단 시일내에 시뮬레이션이 가능한 기법이다.

본 논문에서는 업무용의 경우 기준수요예측 방법으로서 Bottom-Up 방법을 근간으로 사용하였으나, 아울러 전력수급 장기계획을 통해 공식적으로 제공되는 수용가별 데이터를 집계치로 활용하였다. 개별적인 데이터는 전력사용실태 등 설문조사나 행태분석을 통해 얻어진 정보를 토대로 기기별, End-Use별, 시장단위별로 집계해 활용하였다.

업무용은 건물용도에 따라 전력사용패턴이 상이하므로 시장단위의 구분이 필요하다. 본 논문에서는 업무용 건물의 전기사용 특성을 토대로 사무실, 호텔, 병원, 식당, 도소매, 식료품, 창고 및 공공시설 등 8개의 시장단위로 구분하였다. 그림 1은 본 논문에서 개발한 업무용 건물의 기준수요 산정절차를 나타낸 것이다.

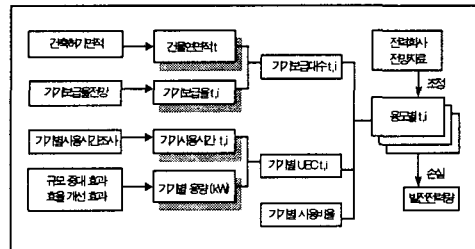


그림 1. 업무용 건물의 기준수요 산정절차(전력량)

2.2 시장단위별 전력수요 추정

우리나라의 업무용 전력수요는 서비스업, 상하수도, 전철 등 2차 산업에 해당하는 수요를 포함하고 있으며, 공공시설, 군부대 등은 공공용으로 별도로 구분하고 있다. 본 논문에서는 공공용 및 서비스업에 사용되는 전력 중 통상적으로 건물 내에서 사용되는 전력을 대상으로 하여 전술한 시장단위로 구분하고, 이들 각각의 전력수요는 표본조사를 토대로 구성비를 추정하여 배분하였다. 한편, 시장단위별 예측치는 아직까지 데이터의 축적이

이루어지지 않은 관계로 기준년도의 구성비를 그대로 적용하였으나, 앞으로 데이터 축적이나 또는 건물면적, 용도별 시장규모 등 관련지표에 대한 전망치를 활용할 수 있는 경우 예측이 가능하다. 시장단위별 전력량(CEC)은 식(1)과 같이 추정할 수 있다.

$$CEC_k(t) = CS_k(t) \cdot BEC(t) \quad (1)$$

여기서, CS : 건물용도별 전력수요 구성비
 BEC : 건물부문 전력수요
 k : 건물용도(이하 동일)

2.3 기기별 보급대수 산정

업무용의 경우 기기별 보급대수는 조사를 통해 집계하는 방법과 단위면적당(예:1,000m², 100평) 에너지밀도(energy intensity)를 사용하는 방법이 병용되고 있다. 즉, 면적과 수요 간의 상관관계가 밀접하지 않은 기기는 보급대수로 산정하나, 냉난방, 조명 등의 End-Use는 단위면적당 에너지밀도를 계산하는 방법이 활용되고 있다. 이를 위해서는 집계데이터인 용도별 건물면적에 대한 정보와 조사데이터인 용도별 기기 설치대수에 대한 정보가 충족되어야 한다.

먼저 기기보급대수(KTS)는 조사를 통해 건물용도별 조사면적을 토대로 산정하게 되며, 따라서, 해당용도에 건물면적의 집계데이터만 있으면 추정이 가능하다. 다만, 이러한 집계데이터의 활용이 어려울 경우에는 건물용도별 End-Use의 전력사용량을 추정한 후, 이를 기기별 표준용량과 사용시간으로 역산하는 방법을 활용할 수 있다. 따라서 건물용도별 기기보급대수는 식(2)를 사용하여 산정할 수 있다.

$$KTS_{i,j}(t) = \frac{MFS(t)}{SFS(t)} \cdot KSS_{i,j}(t) \quad (2)$$

여기서, i : End-Use (이하 동일)
 j : 기기 (이하 동일)
 t : 연도 (이하 동일)

MFS : 시장단위별 건물면적
 SFS : 조사면적
 KSS : 기기별 설치대수(조사분)

2.4 기기별 총 소비전력량 산정

업무용의 기기별 총 소비전력량은 기기별 설치대수와 기기당 소비전력량(Unit Energy Consumption : UEC)에 의해 식(3) 및 식(4)와 같다.

$$KEC_{i,j}(t) = KTS_{i,j}(t) \cdot UEC_{i,j}(t) \quad (3)$$

$$UEC_{i,j}(t) = NOM_{i,j}(t) \cdot H_{i,j}(t) \quad (4)$$

여기서, KEC : 기기별 총소비전력량
 NOM : 기기별 표준용량
 H : 기기별 사용시간

한편, 모든 기기의 총 소비전력량을 합한 업무용 총 소비전력량은 통계상의 불일치로 인해 전력회사 집계치와 일치하지 않는다. 따라서 여기서는 건물 외 부분을 제외한 구성비와 전력회사 집계치에 의해 건물용 소비전력량을 추정한 후, 이를 기준으로 조정계수($ADJR$)에 의해 조정하는 방법을 사용하였다. 이때 사용된 조정계수는 End-Use별, 기기별로 동일하게 적용하였으며, 이를 수식화하면 식(5) 및 식(6)과 같다.

$$ADJR(t) = \frac{BEC(t)}{\sum KEC_{i,j}(t)} \quad (5)$$

$$BEC_{i,j}(t) = KEC_{i,j}(t) \cdot ADJR(t) \quad (6)$$

2.5 기기별 총 피크부하 산정

기기별 피크시 부하의 산정에는 개별기기의 용량과 피

크시간대 동시부하율(Coincident Factor : CF)에 대한 정보가 필요하다. 즉, 동시부하율과 기 산정된 기기별 보급대수에 의해 개별기기의 피크시 부하가 계산되며, 이때 동시부하율의 추정을 위해서는 기기별 실측 및 조사가 필요하다. 기기별 동시부하율은 기기의 속성에 따라 상이하다. 즉, 연속적 사용기기의 경우 대체로 개별기기의 시간대별 부하곡선 추정이 필요한 반면, 단속적 기기나 계절적 기기는 사용빈도, 사용시간대 및 지속시간에 대한 정보를 토대로 추정한다.

한편, 부하에 대한 조정은 현실적인 집계데이터의 유무에 좌우되나, 수용가별 부하구성비에 관한 데이터가 작성되지 않고 있는 점을 감안할 때 전력량에서의 조정 방법을 간접적으로 적용하는 방법도 가능하며, 경우에 따라서는 시스템 피크부하에 대한 수용가별 부하특성계수를 활용하여 근사값을 추정할 수도 있다. 먼저 총 피크부하(TPD)는 식(7)와 같이 기기별 피크시부하(KPD)의 합에 조정계수($ADJR$)를 곱해 산정할 수 있다.

$$TPD(t) = \sum KPD_{i,j}(t) \cdot ADJR(t) \quad (7)$$

여기서 기기별 피크 시 부하는 연속적 사용기기의 경우와 단속적 사용기기의 경우가 다른데, 먼저 연속적 사용기기의 경우 기기별 피크시 부하는 식(8)과 같이 기기 보급대수와 기기별 동시부하(UCD)와의 곱으로 산정되며, 단속적 사용기기는 식(9)와 같이 기기별 소비전력과 피크시 사용대수(PTS)의 곱으로 산정된다.

$$KPD_{i,j}(t) = KTS_{i,j}(t) \cdot UCD_{i,j}(t) \quad (8)$$

$$KPD_{i,j}(t) = KEC_{i,j}(t) \cdot PTS_{i,j}(t) \quad (9)$$

한편, 조정계수는 수용가별 피크부하를 수용가별 시스템 피크부하로 나눠 산정할 수 있으며, 또한 총 피크부하를 시스템 피크부하로 나눈 값에 전력량 조정비율을 곱해 산정할 수도 있다.

3. 사례분석

기준수요예측을 위해서 본 논문에서는 기존의 선행연구 및 여러 조사 연구결과를 직·간접적으로 인용하거나 자체 추정 및 가정에 의해 수행하였다. 특히 업무용 부문의 전력량에 대한 기준수요를 예측하기 위해서는 각 건물의 End-Use별 단위면적당 전력사용량 및 부하밀도의 예측이 선행되어야 하지만, 본 사례분석에서는 우리나라 건물별 연면적 통계자료의 부족으로 업종별, End-Use별 기기의 구성비율에 대한 분석사례로부터의 정보에 따라 전력량 및 부하의 기준수요를 도출한다.

먼저, 건물용도별 전력수요 구성비는 기존연구에서 도출된 결과를 사용한다.

표 1. 건물용도별 전력량 구성비

건물	구성비(%)
사무실	47.3
호텔	10.6
병원	9.7
상가	17.2
학교	4.9
창고	0.0
식당	0.0
식료품	0.0
체육시설	3.8
기타	6.6
계	100.0

업무용 전력수요 전망치는 정부에서 2년마다 수립하는 “전력수급기본계획”의 각 용도별 판매전력량 전망치에 대한 정보로부터 도출된다. 업무용 전력수요는 전력용 수요와 상수도용 수요 그리고 공공용 및 서비스용으로 구분하여 추정되고 있다. 본 사례분석에서는 업무용 전력수요에서 전철용 수요와 상수도용 전력수요를 뺀 나머지를 건물용 전력수요로 가정하였다. 표 2는 업무용 전력수요를 세부 업종별로 나누어 예측한 것으로 건물용 전력수요가 총 업무용 전력수요에서 약 92%를 차지하고 있다.

표 2. 업무용 용도별 전력수요(GWh)

항 목	2002	2005	2010	2015
업무용 계	88741	106538	128237	146449
전철	2495	3100	4459	5659
수도용	4691	5080	5653	6094
공공용	9897	11370	13263	14610
서비스용	71658	86988	104862	120086
사무실	38548	46491	55834	63666
호 텔	8672	10459	12561	14323
병 원	7911	9541	11458	13066
상 가	14000	16885	20278	23123
학 교	3969	4787	5749	6555
창 고	0	0	0	0
식 당	0	0	0	0
식료품	0	0	0	0
체육시설	3099	3738	4489	5118
기 타	5355	6459	7757	8845
건물용 계	81555	98358	118125	134696

표 3은 기존의 국내의 조사결과와 업무용 전력사용실태 조사를 토대로 건물용 End-Use별 전력수요 구성비를 도출한 것이다. 표에서 사무실, 호텔 및 병원은 동력수요가, 도소매 및 학교는 조명수요가 가장 크게 나타났으며, 사무실과 학교는 사무용기기의 수요가 비교적 크게 나타나고 있다.

표 3. 건물용도별 End-Use별 수요구성비 대안분석(%)

End-Use 용도	조명	동력	공조	사무	기타	합계
사무실	28.8	34.0	19.3	14.4	3.4	100
호 텔	32.7	36.9	20.8	2.3	7.3	100
병 원	30.0	38.7	18.6	3.3	9.4	100
도소매	42.1	32.8	19.8	1.4	3.9	100
학 교	52.1	23.0	8.1	8.1	8.9	100
기 타	27.8	37.3	14.4	10.6	9.9	100

건물용도별 End-Use 수요구성비가 예측기간 중 변동할 수 있으나, 본 사례분석에서는 분석의 편의상 전망기간 중 수요구성비를 동일하게 적용하였으며, 또한 건물용도별 수요구성비도 건물연면적에 대한 실적 및 전망자료의 부족으로 인해 단순하게 설정하였다. 즉, 전력량의 기준수요는 앞에서 구한 각 End-Use별 전력수요구성비를 전체 건물용 전력수요에 곱하여 각 End-Use별 기준수요를 도출하였다. 표 4는 건물의 End-Use별 기준수요 전망치를 나타낸 것이다.

3. 결 론

본 논문에서는 업무용 건물용도별 End-Use 기준수요 예측기법을 제시하고, 이를 업무용 부문에 적용하여 적용가능성을 살펴보았다. 사례분석을 통해 건물 6가지 용도와 5가지 End-Use에 대한 전력량 수요를 예측한 결과 사무실, 호텔 및 병원은 동력수요가, 도소매 및 학교는 조명수요가 가장 크게 나타났다.

표 4. 건물용도별 End-Use별 기준수요전망(GWh)

건물	End-Use	2002	2005	2010	2015
사무실	조명	11115	13405	16099	18357
	동력	13119	15822	19002	21668
	공조	7440	8973	10776	12288
	사무	5551	6695	8040	9168
	기타	1323	1596	1917	2186
	소계	38548	46491	55834	63666
호텔	조명	2839	3423	4112	4688
	동력	3203	3863	4639	5290
	공조	1804	2175	2613	2979
	사무	197	237	285	325
	기타	630	760	913	1041
	소계	8672	10459	12561	14323
병원	조명	2371	2859	3434	3915
	동력	3064	3695	4438	5061
	공조	1469	1771	2127	2426
	사무	261	315	378	431
	기타	746	900	1081	1233
	소계	7911	9541	11458	13066
도소매업	조명	4195	5060	6077	6929
	동력	5423	6540	7854	8956
	공조	2599	3135	3765	4293
	사무	462	557	669	763
	기타	1321	1593	1913	2181
	소계	14000	16885	20278	23123
학교	조명	1189	1434	1723	1964
	동력	1537	1854	2227	2539
	공조	737	889	1067	1217
	사무	131	158	190	216
	기타	374	452	542	618
	소계	3969	4787	5749	6555
기타	조명	2350	2835	3404	3882
	동력	3154	3803	4568	5208
	공조	1217	1468	1763	2011
	사무	896	1081	1298	1480
	기타	837	1009	1212	1382
	소계	8455	10196	12246	13963

기준수요예측을 위해서는 기기 실태조사를 비롯하여 건물용도별 면적 등에 대한 정확한 자료가 필수적이다. 하지만 전력수요 및 기기보급 기초데이터의 수집과 분석은 일부 이루어졌으나, 체계적인 DSM 기술 library가 구축되어 있지 않으며, 기기별, End-Use별 상세 데이터가 미비한 실정이다.

앞으로, 이 분야의 연구를 위해서는 먼저 관련데이터의 체계적인 개발과 검증 그리고 축적이 이루어져야 할 것이다. 특히 업무용에 있어서는 DOE-2와 같은 전산 모델의 활용을 통해 prototype 방법의 적용이 필요할 것으로 보이며, 이러한 기법의 체계적인 적용과 아울러, DSM 관련 입력데이터의 체계적인 개발, 우리 실정에 맞는 모델개발이 시급한 과제로 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] C.W.Gellings, W.L.Barron, J.H.Chamberlin, A.Faruqui, "Demand Forecasting for Electric Utilities", 1996
- [2] EPRI, "Principles and Practice of Demand-Side Management", Aug.1993
- [3] Barakat & Chamberlin, "Data Analysis in DSM Planning Process", Oct. 1996
- [4] 한국전력공사, "장기전력수요예측", 2002.
- [5] 한국전기연구소, "DSM 잠재량평가와 모니터링을 위한 기법개발 및 활용방안 연구", 1998. 10