

단지 규모 주택의 에너지 사용량 시뮬레이션 방법론에 관한 기초연구

김민환[†], 남현진, 김동호, 육인수

(주)다스컨설턴트

A Study on Simulation Methodology for Energy Consumption of Complex Unit Apartment Housings

Min-Hwan Kim[†], Hyun-Jin Nam, Dong-Ho Kim, In-Soo Yook
Integrated Simulation Unit, DASS Consultants Ltd., Seoul 143-834, Korea

ABSTRACT: The need for urban-scale energy simulation is increasing as the world is aware of urgency to decrease CO₂ emission. As a bridge of building energy simulation and that of urban, this paper presents a case study to examine the effect of changing resolution of a model in case of complex apartment unit. Also it suggests a modeling strategy to correct differences caused by simplification of the model and evaluate the extent of its use.

Key words: Energy consumption(에너지 소비량), Simulation(시뮬레이션), Complex unit Apartment(공동주택 단지 단위), Visual ESP-r(비주얼 이에스피알)

기호 설명

CO₂t : 온실가스 배출량 [CO₂t]

1. 서론

한국의 온실가스 배출량은 1990년의 3억 1천만 CO₂t 에 대비해 100% 가까이 증가한 상태이다. 13차 기후변화협약 당사국총회의 결정에 의해 교토의정서 보다 강화된 온실가스 감축이 예상되는 상황에서 한국도 2013년부터 선진국으로서 1990년 대비 온실가스 감축 의무를 가지게 된다면 현재의 배출량의 50% 또는 그 이상의 감축이 필수적이다. 따라서 국가에너지의 1/3을 사용하고 있는 건물에너지의 절감에 대한 관심이 높아져 가고 있다. 특히 새로운 도시를 계획하고, 도시 재생사업을 꾸준히 진행하고 계획하고 있는 우리의 실정에서는 새로운 도시를 계획할 때의 건물

의 수요를 예측하여 적절한 에너지 수급계획이 매우 중요하다고 할 수 있다. 그러한 목적을 위해 건물 배치와 기반 구조 설계에 또는 기존 도시에 추가적으로 에너지 수요를 의미 있는 정도로 줄이고 에너지 효율을 증가시키는 요소들을 적용해 볼 수 있는데 그러한 요소들의 성능과 효과를 초기 설계 단계부터 실험실 측정을 통해 수행한다면 시간적 비용적 측면에서 상당한 투자가 필요하게 될 것이다. 하지만 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 적용 요소들의 상대적인 효과와 경향 및 문제점을 사전에 파악할 수 있다면 실험조건을 파악된 문제점에 초점을 맞추어 단순화 할 수 있는 한편, 실험상 수행이 어려운 다양한 조건에 대해 예비 성능 평가를 할 수 있는 장점이 있다.

기존의 시뮬레이션 툴들은 주로 건물 하나의 에너지 시뮬레이션에 초점이 맞추어져 있으므로

⁽¹⁾ 지역 단위나 도시, 국가 단위로 확장시키기 위

해 사용하는 모델이나 조건들을 단순화할 필요가 있는데 관련되는 요소들이 결과에 영향을 미치는 민감도를 고려할 필요가 있을 것이다.

그리고 에너지 공급원이 집단에너지인 경우 기존의 난방수요예측은 기존의 실사용 데이터를 이용하여 공급계획이나, 제어전략을 수립할 수 있으나, 난방열원을 공급하는 차원을 넘어 냉방열원까지 공급시 실사용 데이터가 없으므로 수요예측과 제어알고리즘을 구축하는데 어려움이 있다.

따라서 난방에 사용되는 실사용 데이터를 통해 난방수요를 예측할 수 있는 평가방법론과 모델링 전략이 필요하다.

본 연구에서는 지역이나 도시 단위의 건물 집단의 에너지 시뮬레이션 및 하기 위한 준비 단계로서 한국의 대표적인 주거형태인 공동주택 단지를 대상으로 모델링의 해상도가 전체 건물의 에너지 소비량에 어느 정도의 영향을 미치는지 조사함으로 지역이나 도시 단위의 시뮬레이션 시 허용될 만한 단순화의 정도를 알아보고 단순화된 모델과 정밀한 모델과의 차이를 보정할 수 있는 방안을 살펴보려 한다.

2. 시뮬레이션 방법

본 연구에서는 건물의 에너지 소비량을 시뮬레이션 하기 위한 툴로써 Visual ESP-r 프로그램을 이용하여 서울특별시 송파구 오륜동의 O 아파트단지의 남향의 판상형 공동주택 한 동을 대상으로 모델링하였다. 단지의 전경은 Fig. 1 과 같다.

2.1 모델링 케이스

Fig. 2 은 대상 건물 내부의 한 가구의 평면도이다. 대상 건물은 한 층에 가로로 4가구가 두 가구씩 마주 보고 있는 형태로 층수는 5층이다.



Fig. 1 An air view of case apartment complex

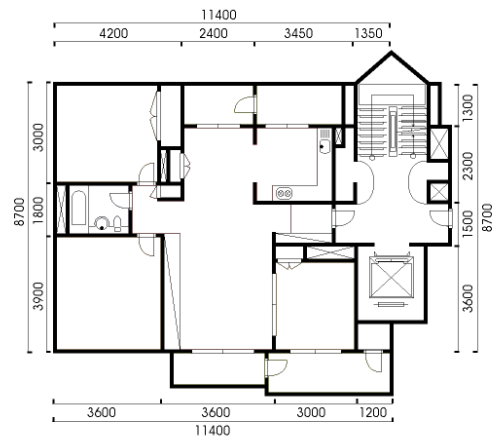


Fig. 2 A floor plan of case apartment

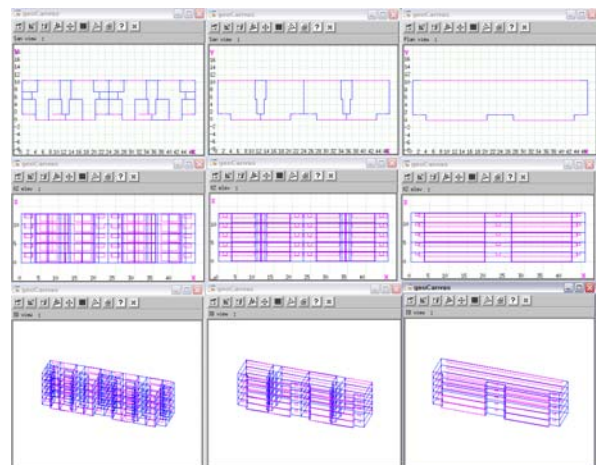


Fig. 3 Comparison of 3 modeling cases

모델링의 해상도가 결과에 미치는 영향을 알아보기 위해 Fig. 3 와 같이 공동주택의 각 가구를 실별로 존을 구별하여 모델링한 경우, 가구별로

존을 구별한 경우, 층별로 구분한 경우, 이렇게 셋으로 나누어 모델링하였다. 모델이 단순할수록 즉 모델의 해상도가 낮을수록 간단히 만들 수 있으므로 효율적이라고 볼 수 있다.

2.2 기초 데이터 및 가정

Table 1 Properties of materials used in simulation

Materials	Thermal conductivity (W/m · °C)	Density (kg/m ³)	Specific heat (J/kg · °C)
Gypsum board	0.210	910.0	1130.0
Expanded Polystyrene	0.034	28.0	1250.0
Mortar	1.510	2000.0	790.0
Leveling Mortar	0.370	2000.0	790.0
Asphalt Single	0.111	1000.0	924.0
Habphan	0.187	600.0	1302.0
Glasswool	0.042	24.0	840.0
Concrete	1.400	2200.0	882.0
Copper	0.140	600.0	1210.0
Flooring	200.000	8900.0	418.0
Aerated Concrete	0.175	600.0	1092.0
Water	0.597	1000.0	1000.0
Double windows	U-Value : 2.8 W/m ² °C		

Table 2 Casual gains input data

Characteristic	Heat	Weighting	
		Radiant	Convective
Occupants (m ² /person)	28.4	0.2	0.8
Lights (W/m ²)	20	0.6	0.4
Equipment (W/m ²)	5	0.2	0.8

건물 벽체의 물성치는 Visual ESP-r에서 제공하는 기본 값을 이용하여 일반적 한국형 아파트에 사용된 것과 같이 구성하였고, 이를 정리하면 Table 1 과 같다. 내부 발열 특성은 Table 2 와 같이 가정하였고 기상 데이터는 서울의 30년 표준 기상 데이터 (TRY)를 이용하였다. 각 실의 환기 횟수는 건교부 지정 권장 횟수인 0.7 회로

가정하였다.

3. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션에 사용한 연간 기후 데이터 중에서 가장 높은 온도를 기록한 7월 30일과 가장 낮은 온도를 기록한 1월 29일을 대표일로 선정하여 냉방 에너지 소비량과 난방 에너지 소비량을 구하여 분석하였다.

3.1 모델의 해상도 조절에 따른 민감도 분석

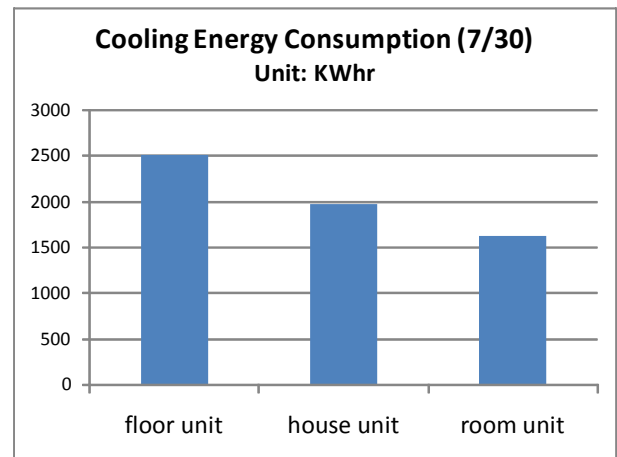


Fig. 4 Cooling energy consumption

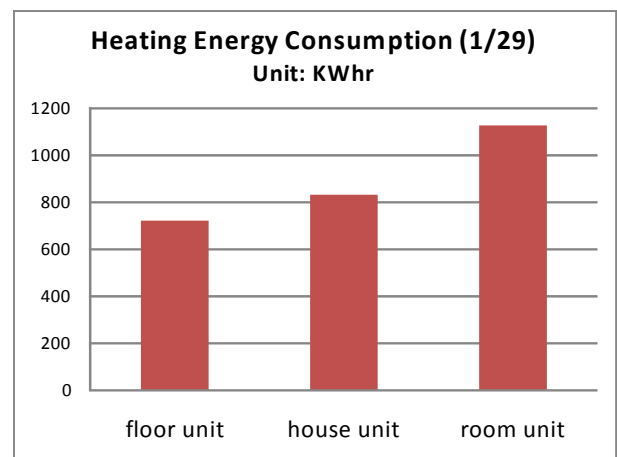


Fig. 5 Heating energy consumption

먼저 하절기 대표일 7월 30일의 냉방 에너지 소비량 패턴을 Fig. 4 를 통해 살펴보면 모델의 해상도가 낮아질수록, 즉 단순해질수록 에너지 소비량이 높아지며 동절기 대표일 1월 29일의 난방

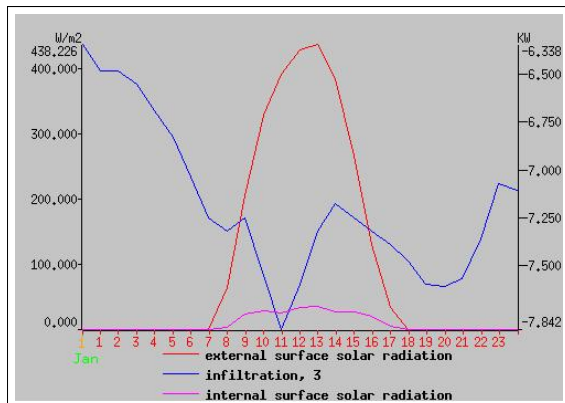


Fig. 6 각 사례별 부하패턴

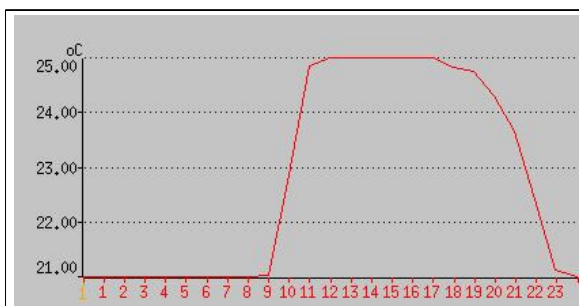


Fig. 7 floor unit의 존별 실내온도 비교

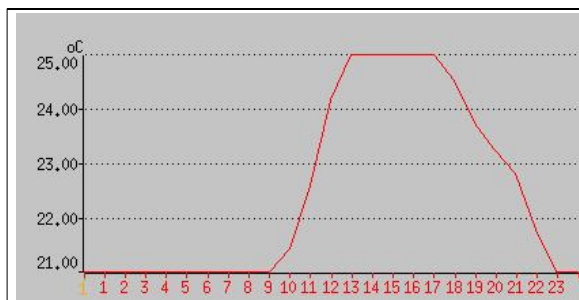


Fig. 8 home unit의 존별 실내온도 비교

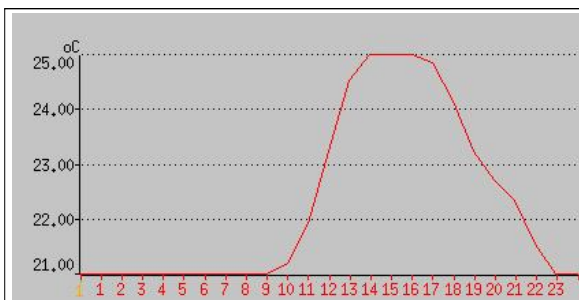


Fig. 9 room unit의 존별 실내온도 비교

에너지 소비량 패턴을 Fig. 5 를 통해 살펴보면 모델의 해상도가 낮아질수록 난방 에너지가 줄어

드는 것을 관찰할 수 있다. 각각의 모델링간의 해상도 차이는 에너지 소비량에 영향을 미칠 수 있는 침기, 외부온도 및 내외부 태양복사열 취득에 영향을 줄 수 있는데 Fig 7~9에서 살펴볼 수 있듯이 각각의 모델링별 실내 온도 분포가 다를 수 있다.

대상모델이 단순화 될수록 모델의 체적은 커지게 되며 이것은 체적에 따른 침기량 반영이 이루어져서 시뮬레이션 모델링별 에너지 소비량 결과가 달라질 수 있다. 뿐만 아니라 모델링의 해상도가 높아질수록, 즉 같은 대상이라 할지라도 내부의 세세한 벽체로 실별 구분을 반영할 경우, 건물의 내벽체의 체적이 반영하여 존과 존사이의 에너지 이동이 벽체를 통해서 이루어지므로 에너지 소비량에 영향을 줄 수 있으며, 모델링의 단순화될 경우 외부 태양복사열 취득량은 내부 취득량과 거의 같아지게 되는 반면에, 모델링의 해상도 높아지면 외부에 직접 면해있는 존의 개수가 줄어들어 실질적으로 외부 태양복사열 및 내부 복사열의 취득량의 차이가 생기므로 에너지 소비량에 영향을 미치게 된다. 그 밖에도 모델링의 해상도가 높아지면 외부 공기온도에 노출되어 직접적인 영향을 받을 수 있는 실질적인 존의 벽체 면적과 체적 또한 줄어들게 되어 에너지 손실량이 달라지므로 해상도에 따른 에너지 소비량의 차이가 생기게 된다. 결국 모델이 단순해질수록 외부로부터 직접적인 노출정도가 심해지고 존 구획이 사실상 줄어들므로 내부 존과 존 사이의 에너지 이동을 반영하기 힘들어지는 반면에, 존 구획을 세세하게 반영하여 모델링의 해상도를 높게 되면 내부 존과 존 사이의 에너지 이동을 반영하는 것은 물론, 에너지 소비에 영향을 미칠 수 있는 외부 요소들로부터의 영향을 줄여 실질적으로 현실과 매우 근접하게 접근하므로 에너지 소비량에 관한 정밀성이 높아지게 된다.

3.2 수정 모델과의 비교

모델의 해상도에 따라 내벽의 체적이 달라지고 에너지 소비량이 달라지는 것을 고려하여 보정계수를 사용할 수 있다. 이 때 고려해야 할 사항은 최상층의 일사로 인한 영향과 지상층의 지중온도에 대한 영향에서 가장 정밀한 실 단위 모델과

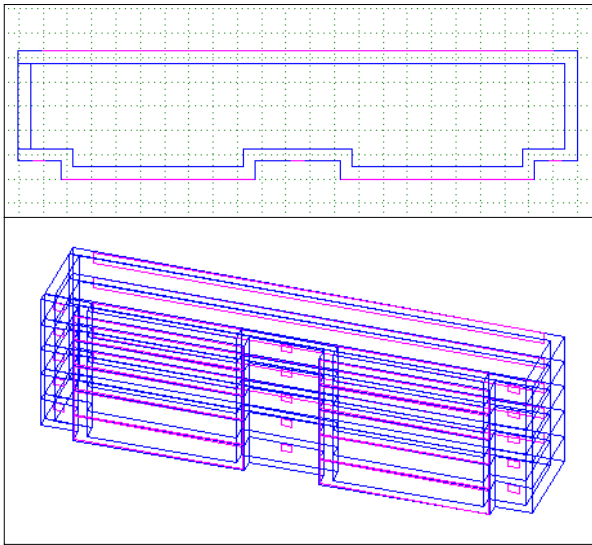


Fig.10 수정된 모델링 개요도

얼마나 비슷한 에너지 소비량 패턴을 보이는가이다. 이것을 한눈에 알아보기 위해 중간층의 에너지 소비량 * 건물 층수를 계산한 값과 전체 건물 에너지 소비량을 비교해 보면 다음과 같다.

Table 3과 4는 각각 냉방 에너지와 난방 에너지 패턴을 보여주는 지표를 나타낸다. 가장 정밀한 모델인 실 단위 모델과의 에너지 패턴의 차이를 줄여서 더욱 현실적인 결과를 얻기 위해 가장 단순한 모델인 층단위 모델을 수정한 모델을 도입하였다. 원래 한층을 한 존으로 모델링했던 것을 1m 간격의 외주부와 나머지 내주부로 나눈 것으로 새로 생기는 내벽은 벽체 구성을 바꾸어 뚫려있는 것으로 처리하고 창호의 위치와 기타 조건은 동일하다. 마찬가지로 결과를 살펴보면 냉방 에너지 소비량 패턴에 있어서 (rep. - totals)/totals 값 (에너지 패턴을 나타내는 지표)이 5.46, 난방 에너지에 있어서는 -23.1을 나타낸다. 즉 가장 정밀한 실 단위 모델과 가장 근접한 에너지 소비량 패턴을 보인다고 할 수 있다. 수정된 층 단위 모델과 기존 층 단위 모델과의 차이는 존의 대표 값 선정으로 생각할 수 있는데 DASS ESP-r 프로그램의 알고리즘에서는 하나의 존이 하나의 점처럼 취급되어 연산 시 그 한 점에서의 조건들을 사용하게 되므로 수정된 층 단위 모델은 좀 더 현실적인 존의 대표 값이 주어짐으로 더 현실적인 결과가 도출된 것으로 생각된다.

수정된 층 단위 모델과 실 단위 모델의 에너지 소비량 패턴을 나타내주는 지수의 차이를 비교해

보면 Table 5 와 같다.

냉방 에너지의 경우 에너지 소비량 패턴을 나타내주는 수치의 차이가 0.368% 차이이지만 난방 에너지의 경우 25.5%의 차이가 나는 것을 볼 수 있다. 그러므로 modified floor unit model의 하절기 대표일 7월 29일의 냉방 에너지 소비량 2120 KWhr 와 room unit model의 1630 KWhr 를 비례상수 1.3 으로 연관시킬 수 있고 보정 계수로 사용이 가능하지만 난방 에너지의 경우에는 에너지 패턴의 차이가 통상적으로 허용되는 오차의 범위를 넘어섬으로 보정 계수를 사용하여 계산할 수 없다고 판단된다.

Table 3 Cooling energy consumption pattern

Cooling Energy Consumption (1/29)			
unit: KWhr			
	floor unit	house unit	room unit
represent floor * 5	2699.1	2125	1717.95
totals	2514.7	1985.1	1629.29
(rep.-totals)/totals *100(%)	1	5	
	7.33	7.04	5.44

Table 4 Cooling energy consumption pattern

Heating Energy Consumption (7/30)			
unit:KWhr			
	floor unit	house unit	room unit
represent floor * 5	505.7	633.35	934.8
totals	725.8	834.39	1129.31
(rep.-totals)/totals *100(%)	2		
	-30.3	-24.1	-17.2

Table 5 Differences in pattern between modified floor unit model and room unit model

	cooling energy pattern		heating energy pattern	
	(rep. - totals)/totals	diff. * 100 (%)	(rep. - totals)/totals	diff. * 100 (%)
modified floorunit	0.0546	0.368	-0.172	-25.5
room unit	0.0544	0	-0.231	0

4. 결론 및 추후 과제

살펴본 시뮬레이션의 결과들은 모델링의 해상도 따른 건물의 에너지 소비량의 차이의 정도와 그것을 보정하기 위한 모델링의 기법을 보여주고 있다.

모델링의 해상도가 낮아질수록 즉 모델이 단순해 질수록 내벽의 체적 감소에 따른 축열 작용의 감소로 냉방 에너지 소비량은 증가하고 난방 에너지 소비량은 증가하는 결과를 볼 수 있었다.

모델의 단순화로 인한 에너지 소비량 패턴의 변화를 보정하기 위해 하나의 존을 내주부와 외주부로 나누어 더욱 현실적인 존 대표 값을 주어 연산하도록 한 수정 모델을 도입 하였을 때 난방 에너지 패턴의 경우 통상적으로 허용되는 오차의 범위를 넘어섰으나 냉방 에너지 패턴의 경우 그 차이가 허용되는 오차범위 내에 존재한다.

그러므로 냉방 에너지의 경우 비례상수인 보정 계수를 도입하여 단순 모델로부터 정밀한 모델의 에너지 사용량을 계산해 낼 수 있지만 난방 에너지의 경우에는 다른 방법을 찾아야 할 것으로 생각된다.

추후 실제 측정된 공동주택의 에너지 사용량 데이터를 기반으로 단순 모델을 보정하여 구한 시뮬레이션 결과 값들이 어느 정도의 현실성을 가지는지 연구해 볼 계획이다.

후 기

사 사 (감사의 글)

본 연구는 산업자원부*에너지관리공단의 「에

너지*자원기술개발」 사업의 “광역에너지 이용 네트워크 구축” 과제 일환으로 이루어진 것으로 본 연구의 지원에 감사드립니다.

Acknowledgement

산업자원부: Ministry of Commerce, Industry and Energy

에너지관리공단: Korea Energy Management Corporation

Energy Conservation Technology R&D (에너지자원기술개발 사업)

Constitution of Energy network using District heating energy (광역에너지이용네트워크 구축)

참고 문헌

1. Yook, I. S., 2007, Simulation-based Performance Assessment of Slit-type Ventilation System for Domestic Buildings in Korea, Proceedings of the IBPSA, pp. 958-963.
2. Nam Hyun-Jin, Kim Eun Hee, Yook In Soo, Kim Dong Ho, Chung Kwang Seop, Kim Jae Min, 2008, A Study on Simulation modeling for Energy Performance Evaluation of the Double system. Proceedings of the KIAEBS, pp. 84-89.