

## 공조방식에 따른 사무소 건물의 에너지 성능 평가

최 종 대, 최 동 석\*, 윤 근 영\*\*†

경희대학교 건축공학과 대학원, \*삼성전자 생활가전사업부, \*\*경희대학교 건축공학과

### A Simulation Appraisal of Energy Performance in Office Building by Different Types of Air-Conditioning

Jong Dae Choi, Dong Suk Choi\*, Geun Young Yun\*\*†

Department of Architectural Engineering, Graduate School, Kyung Hee University, Yongin 446-701, Korea

\*Energy Solution Research and Development Team, Digital Appliances, Samsung electronics Co.LTD,  
Suwon 443-803, Korea

\*\*Department of Architectural Engineering, Kyung Hee University, Yongin 446-701, Korea

(Received June 1, 2012; revision received June 20, 2012)

**ABSTRACT:** High economic growth causes increase of the building energy consumption. The energy consumption for HVAC system accounts for 40~50% of the whole building consumption. The trend for building is large-scale and high-rise. Because of the trend, the energy consumption is becoming bigger than before. Nowadays, HVAC system design are recognized as the solution for a energy-saving. This paper is focused on the energy performance evaluation of central air-conditioning system(water-based) and system air-conditioning that were applied to the office building. The systems are modeled and simulated by using EnergyPlus Software 6.0. After the Simulation, annual cooling and heating energy consumption were calculated. It was found that the system air-conditioning can reduce the energy consumption approximately 55.24% annually compared with the central air-conditioning system(water-cooled). In addition, about 46.13% of annual operating costs can be reduced by use of system air-conditioning.

**Key words:** Energy consumption(에너지 소비량), System air-conditioning(시스템 에어컨), Energy performance evaluation(에너지 성능평가), Operation cost(운전비용)

## 1. 서 론

### 1.1 연구배경 및 목적

최근 기후변화로 인한 지구 온난화 및 이상기후 등의 문제를 해결하기 위해 전 세계적으로 에너지 소비 및 온실가스 배출을 저감하기 위한 노력을 하고

있다. 우리나라의 경우 전체 에너지 소비 중 23%를 건물부문에서 차지하고 있으며, 그 중 41%가 냉방 및 난방을 위해 사용되고 있다.<sup>(1)</sup> 또한, 최근 건물의 고층화 및 대형화로 인해 건물에서 공조용으로 소비하는 에너지가 증가하고 있는 추세이다.<sup>(2)</sup> 이렇게 최근 대두되고 있는 에너지에 대한 문제 및 지구온난화현상 등은 에너지 절약적이면서 환경 친화적인 실내 환경조절 시스템의 개발을 요구하고 있다. 그 대안의 하나로 최근 실제 사무소 건물에서는 많은 에너지의 절약 가능성을 가지고 있는 시스템 에어컨의 적용 비율이 빠르게 증가하고 있는 추세이다.<sup>(3)</sup>

† Corresponding author

Tel.: +82-10-6490-1213; fax: +82-31-201-8181

E-mail address: gyyun@khu.ac.kr

시스템 에어컨은 건물구조에 맞게 실내기의 용량과 제품 형태를 쉽게 선정할 수 있고, 한 대의 실외기에 다수의 실내기를 연결할 수 있어 설계 변경에 쉽게 대응할 수 있는 특징이 있다. 또한 각 공조존별 실내기의 개별운전이 가능하다는 장점이 있다.<sup>(4)</sup> 이로 인해 앞으로 중·대형 사무소 건물에 종래의 중앙공조방식 대신 시스템 에어컨방식의 적용이 늘어날 것으로 예상된다. 하지만 종래의 연구들은 시스템의 성능 및 효율에 관한 연구가 대부분이고, 건물의 에너지 성능평가를 위한 연구는 현재까지 미비한 상태이다.

이에 본 논문에서는 경기도 수원시 내에 위치한 사무소 공간을 대상으로 EnergyPlus 소프트웨어를 이용하여 현재 적용되어 있는 시스템 에어컨 방식(Electric heat pump+Energy recovery ventilator)과 중앙공조(수냉식)방식을 동일한 공간에 적용하여, 에너지 소비량과 연간 운전비용을 비교함으로써 대상 건물에 에너지 성능평가를 실시하였다.

1.2 연구방법 및 절차

본 연구는 사무소 건물의 공조방식별 에너지 소비량에 따른 운전비용을 비교함으로써 실제 건물에 대한 에너지 성능평가를 실시하였다. 이를 위해서 첫째, 대상건물의 물리적 형상 및 존을 구성하고, 건물의 외피 및 내피재료 구성 및 물성치를 입력하였다. 둘째, EnergyPlus 입력 요소 중, 건물의 냉·난방 부하에 직접적으로 관련이 있는 실내발열부하 요소를 현장실측을 통해서 측정하여 EnergyPlus상에 입력하였다. 셋째, 현재 대상건물에 적용되어 있는 시스템 에어컨(EHP+ERV)과 가상의 공조방식인 중앙공조(수냉식) 방식을 EnergyPlus상에 구현하였다. 그리고 수원지역 기상 데이터를 활용하여 건물에너지 해석 시뮬레이션을 실시하였다. 마지막으로 대상건물의 공조방식별 에너지 소비량과 운전비용을 비교·분석하였다.

2. 대상건물의 개요

2.1 건축개요

본 연구에서는 공조방식별 에너지 성능평가를 실시하기 위해 경기도 수원시에 위치한 건물을 선정하였다. 건물의 용도는 사무소이며, 방위는 남동향이다. 대상건물의 건축개요는 Table 1과 같다.

Table 1 Building description

Contents	
Location	Suwon, Korea
Type	Open plan office
Orientation	Southeast
Volume[m <sup>3</sup> ]	11913.83
Floor area[m <sup>2</sup> ]	1588.51
Heat transfer coefficient [W/m <sup>2</sup> ·K]	Exteranal Wall : 0.307
	Internal Wall : 0.403~0.473
	Ceiling : 0.316
	Floor : 2.525
	Window : 2.85

대상건물의 부위별 구성재료 및 물성치는 준공도면의 벽체안내도 및 벽체상세도를 기준으로 적용되었다. 건물 외벽의 열관류율은 0.307 W/m<sup>2</sup>·K, 내벽의 열관류율은 0.403~0.473 W/m<sup>2</sup>·K이다. 또한 유리는 24 mm 칼라복층 유리 와 알루미늄 프레임으로 구성되어 있다.

유리 및 프레임은 현장실측을 통해 대상건물에 실제 적용된 재료를 파악한 뒤, 한글라스 Catalog를 참고하여 창호의 물성치를 입력하였다. 대상건물의 부위별 구성재료 및 물성치는 Table 2와 같다.<sup>(5)</sup>

대상건물은 계단실, Pipe Shaft 및 Elevator 공간을 제외하고 총 11개의 실으로 구성되어 있다. 그 중 사무소 공간 및 회의실로 공조가 되는 공간은 총 6개이다. 대상건물의 평면도는 Fig. 1과 같다.

2.2 공조방식 개요

대상건물에 실제 적용된 공조방식은 시스템 에어컨 방식(ERV+EHP+Four Way Cassette)이다. 공조기기는 5대의 ERV와 3대의 실외기(EHP) 그리고 28대의 실내기(Four Way Cassette)로 구성되어 있다. Table 3는 대상건물의 공조기기 적용현황 및 성능을 나타내고 있다.

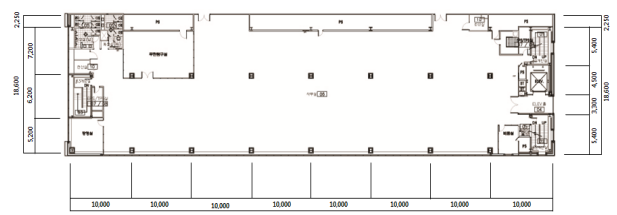


Fig 1. Plan of office space.

Table 2 Construction of thermal mass offices

	Material	Thickness [mm]	Conductivity [W/m · K]	Density [kg/m <sup>3</sup> ]	Specific Heat [J/(kg · K)]
External Wall	Liner Board	25	0.37	900	1674
	Arson Gypsum Board	45	0.19	800	1008
	Water Proof Gypsum Board	12.5	0.21	800	1008
	Mineral Wool	75	0.036	50	1030
	Tile	15	1.1	2300	1000
	Aluminum Panel	65	160	2800	880
Internal Wall	General Gypsum Board	25	0.18	800	1008
	Liner Board	25	0.37	900	1674
	Arson Gypsum Board	19, 45	0.19	800	1008
	Water Proof Gypsum Board	25	0.21	800	1008
	Mineral Wool	65, 70, 75	0.036	50	1030
	Air Layer	1, 10, 30	0.025	1	1024
Ceiling	Tile	15	1.1	2300	1000
	Plain Concrete	125	1.6	2200	837
	Mortar	20, 30	0.88	1865	837
	Water Proof Gypsum Board	3	0.21	800	1008
	Glass Wool	110	0.04	12	750
Floor	Concrete	150	1.35	2200	879
	Plastic tile	15	0.2	1050	1214

Table 3 Technical data of system air-conditioning

Components	EA	Specification			
		Heating		Cooling	
EHP(1)	1	Rated capacity [kW]	78.4	Rated capacity [kW]	69.6
		Rated COP	4.5	Rated COP	3.67
EHP(2)	2	Rated capacity [kW]	84.9	Rated capacity [kW]	75.4
		Rated COP	4.61	Rated COP	3.7
4Way CST	28	Rated capacity [kW]	8.1	Rated capacity [kW]	7.2
ERV	5	Supply air flow rate[m <sup>3</sup> /s]	0.55		
		Exhaust air flow rate[m <sup>3</sup> /s]	0.55		
		Nominal power[W]	550		

공조기 가동스케줄은 대상건물의 중앙 제어기기를 기반으로 설정되었다. 가동시간은 오전 7시부터 23시까지이며, 09 : 50부터 12 : 00, 17 : 50부터 19 : 00까지는 건물에너지 절감차원에서 대상건물의 공조기

가동을 중지하는 시간이다.

실내설정온도는 겨울철의 경우, 2012년 1월 1일부터 1월 18일까지 중앙 제어기에 설정된 온도인 26℃를 적용하였고, 여름철의 경우, 에너지관리공단에서 제시하는 사무소 공간의 제한 온도인 20℃를 적용하였다.

### 3. EnergyPlus 시뮬레이션

#### 3.1 기본 모델링

에너지 시뮬레이션을 위한 대상건물의 기본 모델링 모습은 Fig. 2와 같다.

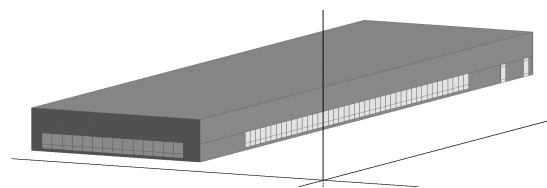


Fig 2. Isometric view of the analyzed office building.

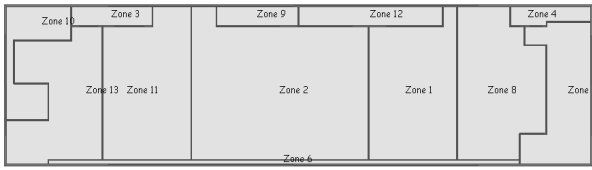


Fig 3. Zoning plan.

건물의 조닝 계획은 일차적으로 실의 종류 및 특성에 따라 12개의 존으로 분류하였다. 이차적으로는 공조덕트(급기덕트, 환기덕트)의 위치에 따라서 공조가 되는 존과 비공조존으로 구분하였다. 다음으로 5대의 ERV가 각각의 존을 담당하도록 공조가 되는 존을 5개로 구분하였다. 총 5개의 존을 2대의 EHP가 각각 2개의 존을 담당하고 1대의 EHP가 1개의 존을 담당하도록 구성하였다. 대상건물내부의 존 (Zone) 형상은 Fig. 3과 같다.

3.2 실내발열부하 산정

시뮬레이션을 위해 산정해야 하는 실내발열부하 요소는 재실, 조명, 기기의 밀도 및 스케줄이다. 실내발열부하 요소를 측정하기 위해 측정자가 대상건물을 방문하여 1일 동안 현장실측을 실시하였다. 측정일은 2012년 1월 18일이며, 측정기간은 09 : 00 ~ 22 : 00까지 1시간 간격으로 측정하였다. 실내발열부하 측정개요는 Table 4와 같다.

실내발열부하 밀도 중 재실밀도는 현장실측을 통해 총 재실인원을 파악한 후, 바닥면적 당 총 재실

Table 4 Internal heat gain measuring overview

Contents	
Period	18th January, 2012
Interval	Hourly
Time	09 : 00 ~ 22 : 00
Occupancy	Total number of occupants
	Occupancy schedule
Light	Type, performance and number of the lights
	Light schedule
Equipment	Types and number of computers, monitors, printers
	Equipment schedule
Instrument	Name KEM1000
	Range 0.2~4416[W]
	Accrancy ±1% or ±0.2 W



Table 5 Internal heat gain densities

Division	Occupants (number of the lights and equipments)	Electricity	Density
Occupancy	140	-	0.09 [person/m <sup>2</sup> ]
Light	690	28[W]	12.16 [W/m <sup>2</sup> ]
	Computer 110	87[W]	13.97 [W/m <sup>2</sup> ]
Equipment	Monitor 3	36.2[W]	
	Printer 52	31[W]	

인원으로 산정하였다. 그리고 조명밀도 및 기기밀도는 각 기기의 총 사용전력을 확인한 후, 바닥면적 당 총 사용전력으로 산정하였다. 재실밀도는 0.09 person/m<sup>2</sup>이고, 조명밀도는 12.16 W/m<sup>2</sup>, 기기밀도는 13.97 W/m<sup>2</sup>이다. 대상건물의 산정된 실내발열부하 밀도는 Table 5와 같다.

실내발열부하 요소 중 스케줄은 재실기간인 09 : 00~22 : 00까지 시간대 별 재실, 조명, 기기의 스케줄을 측정하였다. 평균 재실스케줄은 46.39%. 조명스케줄 평균은 92.92%이고, 기기스케줄의 평균은 45.9%이다. 11 : 00~12 : 00는 점심시간으로 이 시간대의 조명밀도는 1%(조명기기 : 6개)를 제외하고

Table 6 Internal heat gain schedules

Division Time[Until]	Internal heat gain densities[%]		
	Occupancy	Light	Equipment
08 : 00	0	0	0
09 : 00	68.6	100	62.3
10 : 00	52.1	100	52.7
11 : 00	52.9	100	45.5
12 : 00	55	1	50.4
13 : 00	48.6	100	51.2
14 : 00	54.3	100	55.2
15 : 00	48.6	100	46.7
16 : 00	48.6	100	50.7
17 : 00	57.1	100	60.7
18 : 00	52.9	100	52.4
19 : 00	55	100	53.5
20 : 00	32.9	100	37.8
21 : 00	14.3	100	14.6
22 : 00	8.6	100	9.0
23 : 00	0	0	0
24 : 00	0	0	0

모두 점별한 상태이다. 대상건물의 실내발열부하 스케줄은 Table 6과 같다.

### 3.3 HVAC 시스템 모델링

대상건물에 공조방식별 에너지 성능평가를 실시하기 위해 현재 적용된 시스템 에어컨 방식과 가

Table 7 HVAC Specification

Division	Type	EA	Specification	
System A/C	Heating coil	3	Rated capacity[kW]	78.4/84.9
			Rated COP	4.5/4.61
	Cooling coil	3	Rated capacity[kW]	69.6/75.4
			Rated COP	3.67/3.7
	Supply fan	3	Efficiency	0.7
			Maximum flow rate [m <sup>3</sup> /s]	7/7.26
	Return fan	3	Efficiency	0.7
			Maximum flow rate [m <sup>3</sup> /s]	7/7.26
	ERV	5	Supply air flow rate [m <sup>3</sup> /s]	0.55
			Exhaust air flow rate [m <sup>3</sup> /s]	0.55
	Boiler	1	Rated capacity[kW]	248.2
			Efficiency	0.85
	Chiller	1	Rated capacity[kW]	220.4
			Efficiency	4.5
Supply fan	1	Efficiency	0.7	
		Maximum flow rate [m <sup>3</sup> /s]	3.47	
Return fan	1	Efficiency	0.7	
		Maximum flow rate [m <sup>3</sup> /s]	3.47	
Water-based Central A/C	Cooling tower	1	Rated flow rate[m <sup>3</sup> /s]	0.014
			Air flow rate[m <sup>3</sup> /s]	9.48
			Nominal capacity[kW]	272.21
	Hot water Circulation pump	1	Rated flow rate[m <sup>3</sup> /s]	0.0039
			Rated pump head[pa]	168791
	Cool water Circulation pump	1	Rated power consumption[kW]	1.02
			Rated flow rate[m <sup>3</sup> /s]	0.0036
			Rated pump head[pa]	168791
	Condenser Circulation pump	1	Rated power consumption[kW]	0.93
			Rated flow rate[m <sup>3</sup> /s]	0.014
			Rated pump head[pa]	168791
			Rated power consumption[kW]	3.71

상으로 중앙공조(수냉식)방식을 EnergyPlus상에서 구현하였다. 공조방식별 공조기기들의 용량은 동일하게 입력하였다. EnergyPlus상에 적용된 공조기기의 성능은 Table 7과 같다.

#### 3.3.1 시스템 에어컨

EnergyPlus상에 구현된 시스템 에어컨 방식의 1차 시스템은 EHP(Electric Heat Pump)로 구성되어 있으며, 열원이 실내측 Four Way Cassette 로 전달되는 방식이다. 또한 환기는 에너지 회수형 열교환 장치로 시스템에 들어오는 외부공기를 조절하는 ERV(Energy Recovery Ventilator)가 담당하도록 되어있다.

EnergyPlus상에 3개의 시스템으로 구현되어 있으며, 그 중 대표적인 시스템 에어컨 방식의 개념도는 Fig. 4와 같다.

시스템 에어컨 방식은 겨울철 난방운전을 하는 경우, 외기조건에 따라서 제상운전 모드로 운전되도록 설정되어 있으며, 제상운전은 실외온도가 5°C 이하 일 때 작동되도록 설정하였으며, 제상 운전은 전기 히터(Electric heater)를 이용하여 서리를 제거하는 “Resistive” 옵션을 적용하였다.

#### 3.3.2 중앙공조(수냉식)

대상건물에 가상으로 적용된 중앙공조(수냉식)방식은 1차 시스템은 보일러, 냉동기, 냉각탑으로 구성되어 있다. 보일러는 천연가스를 이용하고, 냉동기는 전기를 이용하여 열원을 생산한다. 2차 시스템은 변풍량 방식(VAV)으로 취출온도를 일정하게 하고, 부하의 증감에 따라 송풍량을 변화시켜 실온을 제어하는 방식을 적용하였다. Fig. 5은 대상건물에 적용된 중앙공조(수냉식)방식의 개념도이다.

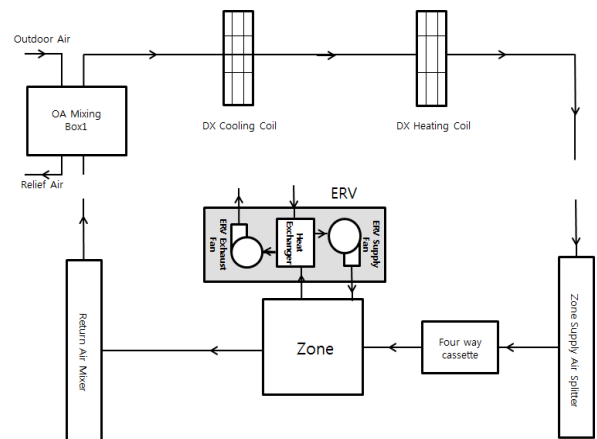


Fig 4. The scheme of the direct expansion air handling unit.

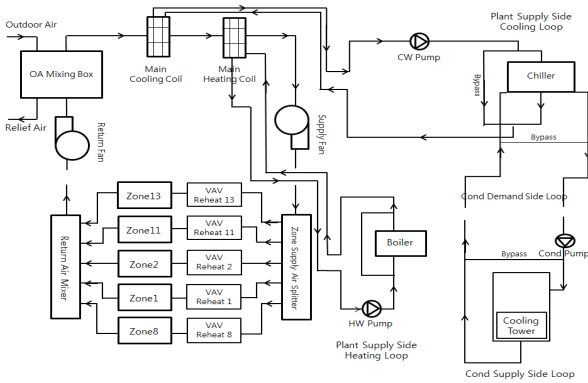


Fig 5. The scheme of water-based air conditioning.

3.4 기상데이터

건물의 냉난방 시스템이 사용될 당시의 외기 조건을 구현하기 위해서 METEONORM 프로그램을 이용하여 수원시 과거 30년 기상 데이터로 구축된 대표년의 기상 데이터를 적용하였다.<sup>(11)</sup> 기상 데이터는 외기온도, 풍속, 풍향, 기압, 일사량, 운량, 강수량 등을 epw 방식의 기상 데이터 파일로 변환하여 사용하였다.

4. 결과

4.1 공조방식별 에너지 소비량 비교

공조방식에 따른 연간 에너지 소비량은 Table 8 과 같다.

공조방식별 월별 에너지 소비량을 비교하면 상대적으로 난방 에너지 소비량이 많은 겨울철(11월~4월)에 중앙공조(수냉식)방식이 시스템 에어컨 방식보다 41.34%(11월)~63.90%(1월) 더 사용하는 것으로 나타났다. 또한 여름철(5월~10월) 냉방 에너지 소비량도 중앙공조(수냉식)방식 적용시 30.37%(8월)~61.23%(5월) 크게 나타났다. 그리고 공조방식별 연간 에너지 소비량을 비교하면, 대상건물에 중앙공조(수냉식) 방식보다 시스템 에어컨 방식을 적용할 경우 연간 난방 에너지 소비량은 59.92%, 연간 냉방 에너지 소비량은 41.97% 절감할 수 있다.

기존 실제 건물의 공조방식을 중앙 공조방식에서 시스템 에어컨 방식으로 변경하여 1년간 실제 고지서의 에너지 사용량을 비교한 사례에서는 연간 에너지 소비량이 69.7% 절감되었다고 보고된 바있다.<sup>(14)</sup> 기존 연구사례와 대상건물의 연간 에너지 소비량

Table 8 Comparison of annual energy consumption

Month	Heating consumption [kWh]		Cooling consumption [kWh]		
	System A/C	Water-based Central A/C	System A/C	Water-based Central A/C	
			Electric	Electric	Electric
1	9,277	25,705	2,172	594	564
2	7,897	20,096	1,752	376	429
3	6,635	12,863	1,398	113	242
4	3,352	4,562	2,352	4	583
5	315	600	-	1,949	5,027
6	21	20	-	3,164	6,173
7	-	-	-	5,221	7,966
8	-	-	-	5,963	8,565
9	50	46	-	3,089	6,146
10	916	1,355	-	1,816	3,185
11	5,556	9,472	1,323	58	207
12	8,442	20,267	1,966	335	502
Total	42,460	105,947	22,681	39,591	
Savings	59.92%		41.97%		
	(When applied the system A/C)				

감소율과 비교하면 18.75% 차이가 발생하는데 이것은 각 건물에 적용된 장비 성능 및 효율, 사용자 환경 변화, 외부 환경 변화 등 건물 에너지 소비에 영향을 미치는 요인의 차이 때문으로 판단된다.

4.2 공조방식별 에너지 소비요소 분석

공조방식별 소요되는 에너지를 효과적으로 절약하기 위해서는 에너지가 소비되는 요소들을 파악하는 것이 중요하다. Table 9은 공조방식별 연간 에너지 소비량을 산출한 결과이다.

공조방식별 에너지 소비요소는 시스템 에어컨 방식의 경우 난방코일, ERV, 냉방코일, 팬동력 순으로 많은 에너지를 소비하고 있다. 난방코일에 의한 에너지 소비량이 가장 크게 나타난 이유는 외기조건에 따라서 제상운전 모드로 운전되는 경우, 난방코일의 운전효율이 저하되기 때문으로 판단된다.

또한 상대적으로 ERV에서 소비되는 에너지의 비율이 냉방코일 및 팬의 동력 보다 높게 나타났다. 이러한 이유는 ERV의 연속 운전 때문으로 판

Table 9 Analysis of energy consumption components

Division	System A/C	
	Energy consumption [kWh/yr]	Rate[%]
DX Heating Coil	29,328	45.02
DX Cooling Coil	10,973	16.85
Fan	2,008	3.08
ERV	22,831	35.05
	Water-based central A/C	
	Energy consumption [kWh/yr]	Rate[%]
Boiler	94,985	65.27
Chiller	16,348	11.23
Fan	17,684	12.15
Pump	16,520	11.35

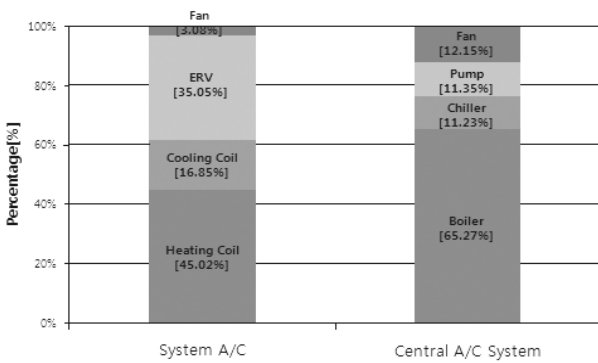


Fig 6. Analysis of energy consumption components.

단되며, 에너지를 절약하기 위해 ERV의 가동 스케줄을 실내발열부하 및 실외기후 변화에 따라 조절할 수 있는 알고리즘의 개발이 필요하다고 생각된다. 중앙공조(수냉식)방식의 경우 보일러, 팬 동력, 냉동기, 펌프동력 순으로 많은 에너지를 소비하고 있다. 공조방식별 팬동력의 에너지 소비요소를 비교하면, 시스템 에어컨 방식에 비해 중앙공조(수냉식)방식에서 4배 이상의 에너지를 사용하고 있다. 이러한 이유는 시스템 에어컨 공조기기의 에너지 효율이 중앙공조(수냉식)방식 보다 높고, 온수 및 냉수를 공급하는데 필요한 동력인 반속동력의 차이 때문으로 판단된다. Fig. 6은 공조방식별 공조기기의 에너지 소비비율을 비교한 것이다.

4.3 공조방식별 연간 에너지 비용 비교

한국가스공사, 한국전력공사에서 제시하는 에너

지 소비량에 따른 비용을 기준으로 공조방식 별 연간 에너지 비용을 산정하였다.

천연가스는 한국가스공사에서 제시하는 2011년 5월 개정된 요금표를 적용하였으며, 난방용(10~4월), 냉방용(5~9월)으로 분류되어 있다.<sup>(10)</sup> 전기는 한국전력공사에서 제시하는 2012년 1월에 개정된 전기요금표의 일반용전력(을)의 고압A(선택 I)을 적용하였으며, 계절별 시간(경부하, 중간부하, 최대부하)에 따라 비용이 상이하다. Table 10은 한국가스공사, 한국전력에서 제시하는 에너지 소비량에 따른 비용을 나타낸 것이다.

공조방식별 연간 에너지 비용은 에너지의 종류(전기, 천연가스) 및 사용된 형태(난방, 냉방)에 따라 비교하였다. 난방기간은 11월~4월, 냉방기간은 5월~10월로 분류하였다. 공조방식별 연간 에너지 비

Table 10 The prices of energy in Korea<sup>(10, 11)</sup>

Division	Basic cost [Won/kW]	Contents	Cost [won/kWh]
Gas	-	Heating(October ~ April)	64.29
	-	Cooling(May ~ September)	40.21
Electric	6,470	Under Load (23 : 00 ~ 09 : 00)	52.60
		Half Load (09 : 00 ~ 11 : 00, 12 : 00 ~ 13 : 00, 17 : 00 ~ 23 : 00)	100.40
		Peak load (11 : 00 ~ 12 : 00, 13 : 00 ~ 17 : 00)	172.90
		Under Load (23 : 00 ~ 09 : 00)	52.60
		Half Load (09 : 00 ~ 11 : 00, 12 : 00 ~ 13 : 00, 17 : 00 ~ 23 : 00)	68.20
		Peak load (11 : 00 ~ 12 : 00, 13 : 00 ~ 17 : 00)	91.30
		Under Load (23 : 00 ~ 09 : 00)	56.70
		Half Load (09 : 00 ~ 10 : 00, 12 : 00 ~ 17 : 00, 20 : 00 ~ 22 : 00)	98.70
		Peak load (10 : 00 ~ 12 : 00, 17 : 00 ~ 20 : 00, 22 : 00 ~ 23 : 00)	142.00

Table 11 The operating cost of the analyzed systems

Month	Operation Cost[won]		
	System A/C	Central A/C System	
	Electric	Electric	Gas
1	806,465	251,011	1,652,545
2	850,326	198,919	1,291,957
3	588,542	969,19	826,980
4	313,401	202,666	293,287
5	198,268	349,131	24,141
6	167,342	429,772	787
7	503,277	892,515	-
8	606,053	963,180	-
9	424,699	427,893	1,834
10	172,900	224,554	87,081
11	347,354	127,088	608,968
12	665,318	223,053	1,302,973
Total	5,643,935	10,477,255	
Savings	46.13% (When applied the system A/C)		

용을 비교한 결과, 중앙공조(수냉식)방식(10,477,255 원)이 시스템 에어컨 방식(5,643,935)보다 46.13% 크게 나타났다. 연간 에너지 소비량에 비해 연간 에너지 비용의 차이가 9.11%작게 나타났다. 그 이유는 우리나라의 천연가스의 가격이 전기의 가격보다 저렴하기 때문으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 시스템 에어컨 방식이 적용된 사무소 건물을 대상으로 에너지 성능 시뮬레이션을 실시하였다. 그 후 중앙공조(수냉식)방식을 대상건물에 동일하게 적용하여 공조방식별 에너지 소비량 및 연간 운전비용을 비교·분석하였다. 본 연구에서 도출된 결론은 다음과 같다.

본 연구에서는 건물 에너지 성능평가의 신뢰성을 높이기 위해 실내발열부하를 산정하는 중요한 요소인 재실, 조명, 기기의 밀도와 스케줄을 현장실측을 통해 측정된 값을 입력하였다. 기존 연구에서는 업무시간인 08:00~18:00까지의 실내발열부하(재실, 조명, 기기) 스케줄이 90% 이상으로 산정되어 있다. 반면, 본 연구에서 실측한 데이터는 조명스케줄(92.92%)을 제외한 재실(46.39%), 기기(45.9%)의 스케줄 평균이 50% 이하로 측정되었다.<sup>(12, 13)</sup> 기존 연

구의 이상적인 실내발열부하 산정은 대상건물의 정확한 에너지 소비량을 예측하기에 한계가 있으며, 본 연구에서 현장실측을 통해 산정된 실내발열부하 요소는 대상건물의 에너지 성능평가에 대한 신뢰성을 높일 수 있을 것으로 판단된다. 대상건물의 공조방식별 에너지 소비량을 비교한 결과, 시스템 에어컨 방식을 적용할 경우 중앙공조(수냉식)방식보다 난방 에너지 소비량은 59.92%, 냉방 에너지 소비량은 41.97% 절감될 수 있다. 기존의 중앙공조방식을 시스템 에어컨 방식으로 변경한 건물의 1년간 실제고지서를 비교한 사례와 유사한 결과가 나타났다. 대상건물의 경우 에너지 절약 측면에서 시스템 에어컨 방식이 유리한 것으로 분석되었다.<sup>(14)</sup> 공조방식별 연간 운전비용을 비교하면, 중앙공조(수냉식)방식이 시스템 에어컨 방식보다 46.13% 크게 나타났다. 대상건물은 비용적인 측면에서 중앙공조(수냉식)방식보다 시스템 에어컨 방식이 적합하다고 사료된다.

본 연구에서는 에너지 성능평가에 중요하게 작용하는 실내발열부하 요소를 겨울철 하루 기준으로 입력하였다. 또한 대상건물의 실내설정 온도는 겨울철의 경우 중앙제어기기의 설정온도를 적용하였지만, 여름철은 에너지 관리공단에서 제시하는 사무소 건물의 제한온도를 적용하였다. 이러한 이유 때문에 공조방식별 에너지 소비량의 비교는 가능하나, 대상건물에 정확한 에너지 소비량을 도출하는데 한계가 있다. 추후연구에서는 연구의 신뢰성을 높이기 위해 여름철 실내발열부하 밀도 및 스케줄을 측정할 것이다. 그리고 여름철 공조기기의 설정온도 및 스케줄 데이터를 구축할 것이다. 또한 적산전력계를 이용하여 실제 에너지 사용량과 비교하여 각각의 입력요소를 보정함으로써 공조방식에 대한 보다 정밀한 에너지 분석을 실시할 예정이다.

후 기

이 논문은 2012년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2012-0002 212).

참고문헌

1. Korean Energy Economics Inc. 2011, Korea energy statistics information system.
2. Cho, J. K., Jeong, C. S., and Kim, B. S., 2008, The energy conservational HVAC system de-



- sign approaches of the large scale building, Architectural Institute of Korea, Vol. 24, No. 6, pp. 347-353.
3. Seo, K. J. and Jung, K. H., 2004, Application of mixed HVAC in large sized office building, Magazine of the SAREK, Vol. 33, No. 8, pp. 23-31.
  4. Moon, J. M. and Kim J. Y., 2002, Introduce to system multi zoning system air conditioner, Magazine of the SAREK, Vol. 31, No. 3, pp. 10-16.
  5. Hanglas Inc, 2010, Overall Catalog.
  6. US Department of Energy, 2010, Input Output Reference manual, pp. 993-1145.
  7. Huh, J. H., Kwon, H.-S., and Han, S.-G., 2006, A case study on the building energy savings through HVAC system optimization process, Journal of the SAREK, Vol. 18, No. 5, pp. 426-433.
  8. Choi, J. D. and Yun, G. Y., 2012, The analysis of energy consumption in office building by different types of air conditioning, Korea Institute of Architectural Sustainable Environment and building systems, pp. 214-218.
  9. Korea Gas Inc, 2011, Gas Financial Information, [www.kogas.or.kr](http://www.kogas.or.kr).
  10. Korea Electric Power Inc, 2012, Electric Financial Information, [www.kepco.co.kr](http://www.kepco.co.kr).
  11. Meteotest Inc, 2009, Meteoronorm manual.
  12. Sin, H. J., 1997, A study on the heat pump system using municipal waste water as heat source, Report of Korea Institute of Construction Technology, 93-P-23-01.
  13. Seo, H. S., 1999, Establishment of internet based data based on building energy saving technology, Report of Korea Institute of Energy Research, 1997-E-BD01-P-62.
  14. Yoon, J. E. and Kim, S. H., 2012, System air conditioning systems for energy savings practices, Airconist, Vol. 13.