

# 외기온도 변화에 따른 집단에너지 공동주택의 최적 열공급제어 알고리즘 개발에 관한 연구

변재기, 이규호, 최영돈<sup>†</sup>, 신중근<sup>\*\*</sup>

고려대학교 대학원 기계공학과, <sup>†</sup> 고려대학교 기계공학과, <sup>\*\*</sup> 한중대학교 기계자동차공학부

## Study on the Development of Optimal Heat Supply Control Algorithm in Group Energy Apartment Building According to the Variation of Outdoor Air Temperature

Jae-Ki Byun, Kyu-Ho Lee, Young-Don Choi<sup>†</sup>, Jong-Keun Shin<sup>\*\*</sup>

Graduate student of Mechanical Engineering, Korea University, Seoul 136-713, Korea

<sup>†</sup>Department of Mechanical Engineering, Korea University, Seoul 136-713, Korea

<sup>\*\*</sup>Department of Automotive Engineering, Hanzhong University, Gangwondo 240-713, Korea

(Received December 24, 2010; revision received April 5, 2011)

**ABSTRACT:** In the present study, optimal heat supply algorithm which minimize the heat loss through the distribution pipe line in group energy apartment was developed. Variation of heating load of group energy apartment building in accord with the outdoor air temperature was predicted by the heating load-outdoor temperature correlation. Supply water temperature and mass flow rate were controlled to minimize the heat loss through distribution pipe line. District heating apartment building located in Hwaseong city, which has 1,473 households, was selected as the object building for testing the present heat supply algorithm. Compared to the previous heat supply system, 10.4% heat loss reduction can be accomplished by employing the present method.

**Key words:** Optimal control(최적제어), Group energy(집단에너지), Outdoor air temperature(외기 온도), Heat loss(열손실), Heating load(난방부하), Supply water(공급수), Heat supply(열공급), Household(세대)

### 기 호 설 명

$C_p$  : 물의 비열 [kcal/kg·°C]  
 $T$  : 온도 [°C]  
 $\dot{m}$  : 온수의 질량유량 [kg/s]  
 $\dot{Q}$  : 열량 [kcal/day]  
 $T_{Room}$  : 방온도 [°C]

$A_S$  : 공급수관의 총전열면적 [ $m^2$ ]  
 $A_R$  : 환수관의 총전열면적 [ $m^2$ ]  
 $A_B$  : 방과 외기사이의 총전열면적 [ $m^2$ ]  
 $U_S$  : 공급수관의 등가열전달계수 [ $W/m^2 \cdot K$ ]  
 $U_R$  : 환수관의 등가열전달계수 [ $W/m^2 \cdot K$ ]  
 $U_B$  : 방과 외기사이의 등가열전달계수 [ $W/m^2 \cdot K$ ]  
 $h_i$  : 방내 벽면 열전달계수 [ $W/m^2 \cdot K$ ]  
 $h_o$  : 방외 벽면 열전달계수 [ $W/m^2 \cdot K$ ]  
 $L_B$  : 벽체나 창문 등의 등가두께 [m]

<sup>†</sup> Corresponding author

Tel.: +82-2-3290-3355; fax: +82-2-928-1067

E-mail address: ydchoi@korea.ac.kr

- $k_B$  : 벽체나 창문 등의 열전달계수 [ $W/m^2 \cdot K$ ]
- $A_{Room}$  : 방코일의 총전열면적 [ $m^2$ ]
- $U_{Room}$  : 방코일의 등가열전달계수 [ $W/m^2 \cdot K$ ]

**그리스 문자**

- $\alpha$  : 방온수배관의 열공급계수
- $\beta$  : 열공급배관의 열공급계수

**상첨자**

- $S$  : 공급관
- $R$  : 환수관

**하첨자**

- $air$  : 외기온도
- $g$  : 땅속온도
- $h$  : 온수
- $Room$  : 방
- $h1$  : 1차측 질량유량
- $h2$  : 2차측 질량유량
- $S$  : 공급관
- $R$  : 환수관
- $loss$  : 손실량
- $S2i$  : 1차측 열교환기 출구
- $R2o$  : 1차측 열교환기 입구
- $S2o$  : 2차측 열교환기 입구
- $R2i$  : 2차측 열교환기 출구

**1. 서 론**

건물의 초기 계획이나 설계 단계에서 공조시스템의 용량을 설정하기 위한 건물의 연간 에너지 해석도 중요하지만, 실질적으로 에너지 손실을 결정짓는 열공급 시스템의 제어 해석도 중요하다.

그동안 건물에너지 해석 전문연구진들을 중심으로 건물의 연간에너지 해석 연구 및 이와 관련된 S/W 적용 연구는 활발하게 진행된 반면 건물관리자 및 시스템 운전자들을 위한 시간 별 부하 예측과 이를 활용한 에너지 공급 시스템의 최적제어 알고리즘 개발에 관한 연구는 미비한 실정이다.<sup>(1)</sup>

일반적으로 공동주택 단지에 필요한 에너지 공급 시스템 설비용량을 결정하기 위한 열수요 예측은

공동주택 건설 초기 단계에서 진행되기 때문에 이를 정확히 예측하기란 쉽지 않다. 제한된 시설을 이용하여 최적으로 열을 공급하기 위해서는 예상되는 열수요를 사전에 정확히 예측하고 이에 적합한 열공급 제어를 해야 한다. 실제로 하루 중에도 최대로 열을 사용하는 시간대가 주택과 사무용 건물이 서로 다르며 연간 에너지 사용량도 외기온도의 변화에 따라 주택과 사무용 건물의 변화 양상도 다르다. 공동주택의 열공급제어 방식에 따라서 운송 도중 열손실이 차이가 나게 된다.

본 연구에서는 집단에너지 공동주택의 열공급 시스템에서 일기 변화에 따라 각 세대에 필요한 난방 부하를 예측하고 배관망 열손실을 최소로 하기 위해 공급수유량과 공급수온도를 제어하는 열공급 최적제어 알고리즘을 개발하기 위한 연구를 수행하였다.<sup>(2,3)</sup>

**2. 전산해석을 위한 집단에너지 공동주택 선정**

본 연구에서 개발한 집단에너지 열공급 최적제어 알고리즘을 적용 시험할 대상 공동주택으로 선정할 집단에너지 공동주택은 2005년 이후 건설된 공동주택으로 하였다. 난방 열공급 형태에 영향을 미칠 수 있는 요소들을 고려하여 경기도 화성시 동탄지구의 집단에너지 공동주택 단지를 선정하여 연구를 수행하였다. 대상 공동주택의 위치, 열공급원 및 측정기간은 Table 1에 나타내었다. 분석을 위한 기초자료로 활용된 자료는 2008년 1월~2008년 12월 까지 1년 동안 외기온도 변화에 따라 공동주택의 난방 사용 형태가 어떤 양상을 보이는지를 분석하였다.

Table 1 The specifications of the object building

Item	Details
Object building	Apartment building
Number of households	1,473
Period	2008. 01. 01. ~ 2008. 12. 31.
Location	Gyeonggi-do, Hwaseong city
Heating source	District heating

## 2.1 전산해석을 위한 기초자료 분석

집단에너지 공동주택에서의 공급자측(1차측)과 수요자측(2차측) 열공급 배관망은 열교환기에서 열교환이 이루어진다. 2차측 배관망에서의 년 중 공급수온도와 환수온도의 변화는 Fig. 1과 같다.

이 자료는 대상 집단에너지 공동주택에서 보유하고 있는 자료를 제공받은 것이다. 이 그림에서 알 수 있는 것은 집단에너지 공동주택으로 공급되는 공급수온도는 겨울철에 약 53℃를 유지하고 봄에는 50℃를 유지하며 5월 이후에는 외기온도의 변화에 따라 변화시킨 것을 알 수 있다. 그러나 이와 같이 공급수온도를 유지하는지에 대한 합리적 근거를 제시하고 있지 못하고 있다.

Fig. 2는 열교환기 1차측과 2차측에서의 공급수 질량유량의 년 중 변화를 나타낸다. 이 질량유량의 결정은 외기온도에 따른 경험식을 사용하여 얻어진 것으로 판단된다. 이와 같은 경험적으로 얻어진 관계식에 의한 공급수온도와 유량의 결정은 공급수와 환수온도의 상승을 초래하며 배관망 열손실을 증가시킨다.

Fig. 3은 열교환기 1차측에서 공급한 열량과 2차측에서 사용한 열량을 비교한 그림으로써 공급자측(1차측) 열량이 소비자측(2차측) 열량보다 30% 이상 큼을 알 수 있으며, 이는 2차측 분배배관망에서의 열손실 때문에 발생한 것이다.

Fig. 4는 이 집단에너지 공동주택이 위치한 화성 지역의 2008년도 외기온도 변화를 나타낸다. 공급열량과 소비열량의 차이는 2차측 배관망에서의 년 중 열손실률에 기인하며 이를 Fig. 5에 나타내었다. 이 배관망의 열손실은 난방부하에 부합되는 공급수온도와 공급유량을 최적으로 제공하지 못하여 배관망 온도의 상승으로 초래된 것이다.

본 연구에서는 이 배관망 손실을 최소로 하는 열공급제어 알고리즘을 개발하는데 연구의 목적을 두고 있다. 2차측 배관망에서 열손실률이 크게 발생한 원인을 알기 위해서 외기온도를  $x$ 축으로 하고 열손실률을  $y$ 축으로 하여 나타낸 그림이 Fig. 6이다. Fig. 6을 보면  $T_{air}$ 의 감소에 따라  $Q_{loss}$ 가 직선적으로 상승하는 것을 알 수 있다. 이는 2차측 배관망 열손실은 열교환기에서 각 세대로 열이 이송하는 도중 배관망에서 손실되었다는 것을 나타낸다. 2차측 열공급수 배관망의 단열상태를 변화시키지 않은 상태에서 배관망 열손실을 최소화하기 위해서

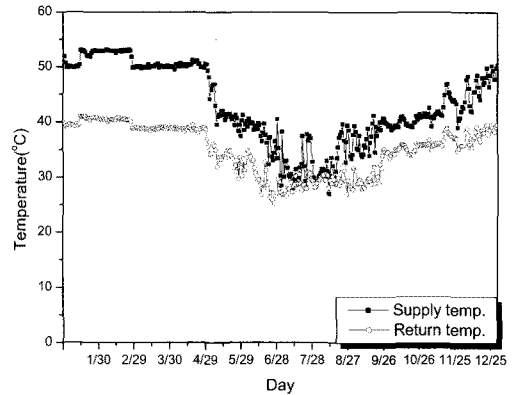


Fig. 1 Temperature variation of secondary loop of supply and return water temperature for a year.

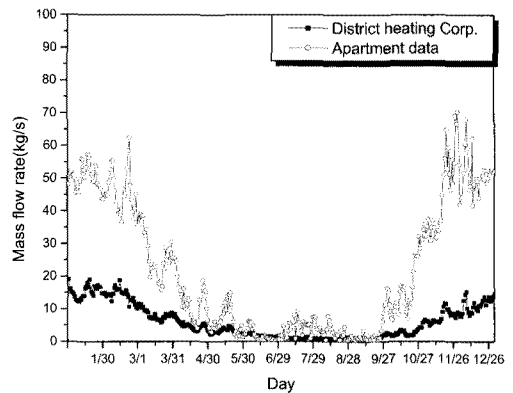


Fig. 2 Variation of mass flow rate of primary and secondary loops of a group energy apartment for a year.

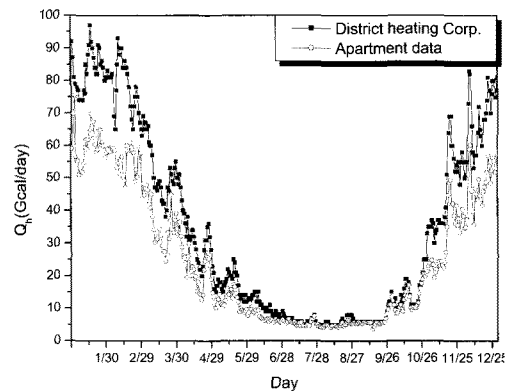


Fig. 3 Variation of heat supply rate and consumed rate of a group energy apartment for a year.

는 소요 난방부하를 만족시키며 2차측 배관망의 공급수온도와 환수온도를 최저로 강하시키는 열공급 제어를 하면 된다.

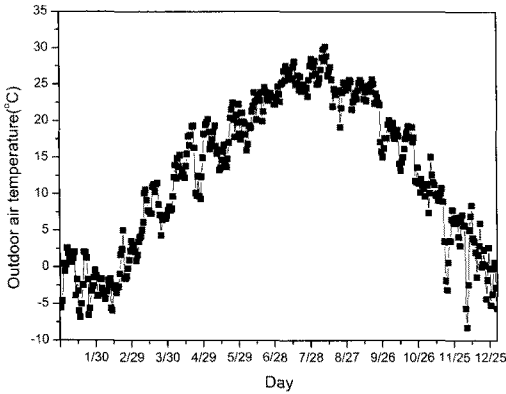


Fig. 4 Variation of outdoor air temperature.

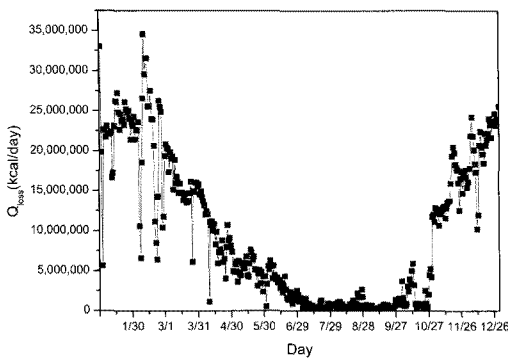


Fig. 5 Variation of heat loss rate of consumer side pipeline for a year.

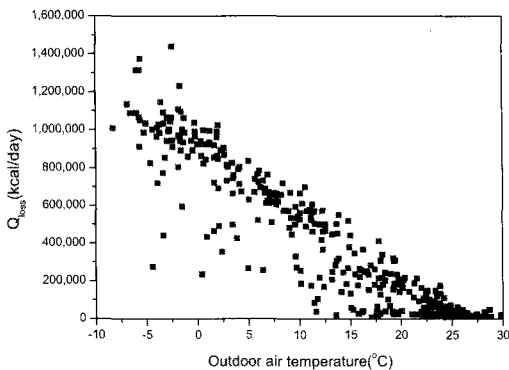


Fig. 6 Heat loss rate of consumer side pipeline of group energy apartment with respect to outdoor air temperature.

공동주택에서 필요로 하는 열량을 충족하는 동시에 배관망 열손실을 최저로 하는 공급수온도와 공급수유량을 찾는 것이 본 연구의 주된 내용이다.

## 2.2 연구 수행 방법

### 2.2.1 온돌모델

Fig. 7은 공동주택 온돌의 열공급 모델을 나타낸다. 온돌에 진입되기 직전의 공급수온도를  $T_{S2o}$ 라 하면 질량유량을  $m_{h2}$ , 비열을  $C_p$ 라 가정한다. 공급수 온돌바닥 물타르를 통해서  $\dot{Q}_h$ 의 열을 실내로 방출하고 방으로 전달된 열량은 다시 창문, 벽체, 천정 등을 통해서 외기로 방출된다고 가정한다.

방바닥을 하나의 열교환기로 가정하고  $T_{S2o}$ 를 2차측 열교환기 입구온도,  $T_{R2i}$ 를 2차측 열교환기 출구온도라고 가정하고  $A_{Room}$ 은 온수관 전체의 전 열면적,  $U_{Room}$ 은 온수관과 방 사이의 등가열전달 계수라 가정하면 열교환기 이론에 의해서 열교환기 출구온도  $T_{R2i}$ 는  $T_{Room}$ ,  $T_{S2o}$ 와  $\alpha$ 에 의해서 다음과 같이 결정한다.

$$\begin{aligned} T_{R2i} &= T_{Room} + (T_{S2o} - T_{Room})e^{-\frac{U_{Room}A_{Room}}{C_p m_h}} \\ &= T_{Room} + (T_{S2o} - T_{Room})e^{-\alpha} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{U_{Room}A_{Room}}{C_p m_h}$$

이 때, 공급온수로부터 방바닥으로 공급된 열량  $\dot{Q}_h$ 는

$$\begin{aligned} \dot{Q}_h &= C_p m_h (T_{S2o} - T_{R2i}) \\ &= U_B A_B (T_{Room} - T_{atr}) \end{aligned} \quad (2)$$

로 결정된다. 여기서  $A_B$ 는 방과 외기 사이의 총전 열면적,  $U_B$ 는 방과 외기 사이의 등가열전달계수이다. 따라서,  $U_B$ 는

$$U_B = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{L_B}{k_B} + \frac{1}{h_o}} \quad (3)$$

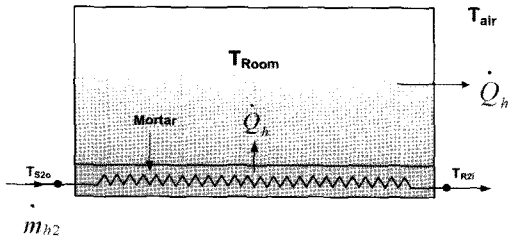


Fig. 7 Ondol model of group energy apartment building.

으로 계산된다.  $h_i$ 는 방내부벽면 열전달계수,  $h_o$ 는 방외부벽면 열전달계수이며,  $k_B$ 는 벽체나 창문의 열전달계수와  $L_B$ 는 벽체나 창문 등의 등가두께이다.

### 2.2.2 공급수관, 환수관 열손실 모델

Fig. 8은 공급수관, 환수관 열손실 모델 개략도를 나타낸다. 집단에너지 열공급원으로부터 공동주택 단지, 기계실로 공급된 중온수온도를  $T_{S2i}$ 하고 질량유량을  $m_{h1}$ 이라 하면 중온수는 열교환기를 통해서  $T_{R1}$ 으로 강하해서 환수된다.

한편, 2차측의 질량유량은  $m_{h2}$ 이고 열교환된 직후온도는  $T_{S2i}$ 이며 공동주택으로부터 기계실로 환수된 온도는  $T_{R2o}$ 이다.

#### 가) 공급수관 열손실 모델

앞에서, 공동주택 온돌로 진입되기 직전의 공급

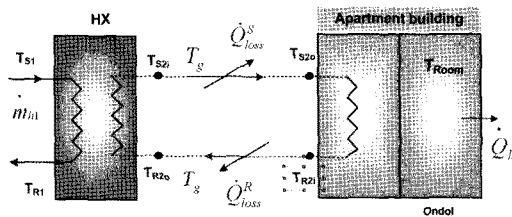


Fig. 8 Heat loss model for supply and return line secondary loop of group energy apartment building.

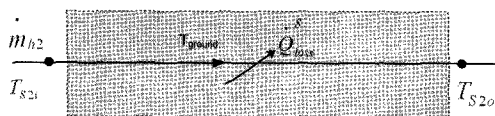


Fig. 9 Heat loss model of supply water line.

수온도를  $T_{S2o}$ 라고 하였다. Fig. 8에서 기계실 열교환기 직후의 공급수온도를  $T_{S2i}$ 라 하였는데 기계실에서 각 세대 온돌로 공급되는 동안 배관망에서의 열손실을  $Q_{loss}^S$ 라고 하면 이 열손실 때문에 공급수 온도  $T_{S2i}$ 는  $T_{S2o}$ 로 감소하게 된다.

Fig. 9는 공급수관 열손실 모델 개략도를 나타내며 기계실에서 공동주택단지 공급수관을 하나의 열교환기로 가정할 수 있으며, 이때 이 공급수관의 총전열면적을  $A_S$ , 공급수와 배관덕트 사이의 등가열전달계수를  $U_S$ 라고 한다. 공급수관은 일반적으로 대기에 노출되지 않고 땅 속에 설치되어 있으므로 땅 속의 등가온도를  $T_{ground} \equiv T_g$ 라고 정의하면 공급배관 출구온도는 온돌진입온도  $T_{S2o}$ 가 되며 열교환기 이론식으로 부터

$$T_{S2o} = T_g + (T_{S2i} - T_g)e^{-\beta_S} \quad (4)$$

으로 계산된다. 여기서,

$$\beta_S = \frac{U_S A_S}{C_p m_{h2}} \quad (5)$$

이다. 한편, 공급배관망에서의 열손실률은 식(4)을 적용하면

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{loss}^R &= C_p \dot{m}_{h2} (T_{S2i} - T_{S2o}) \\ &= C_p \dot{m}_{h2} [T_{S2i} - T_g - (T_{S2i} - T_g)e^{-\beta_S}] \end{aligned} \quad (6)$$

이다. 식(1)에 식(4)를 대입하면,

$$T_{R2i} = T_{Room} + [T_g + (T_{S2i} - T_g)e^{-\beta_S} - T_{Room}]e^{-\alpha} \quad (7)$$

이 얻어진다.

#### 나) 환수관 열손실 모델

Fig. 10은 환수관 열손실 모델 개략도를 나타내며 환수관을 하나의 열교환기로 가정하면  $T_{R2i}$ 는 열교환기 입구온도,  $T_{R2o}$ 는 열교환기 출구온도이다.

$$T_{R2o} = T_g + (T_{R2i} - T_g)e^{-\beta_R} \quad (8)$$

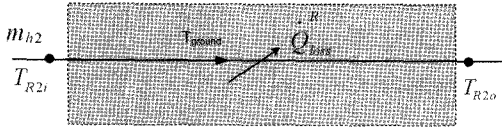


Fig. 10 Heat loss model of return water line.

$$\beta_R = \frac{U_R A_R}{C_p \dot{m}_{h2}} \quad (9)$$

여기서,  $A_R$ 은 환수관의 총전열면적이고  $U_R$ 은 환수와 환수덕트 내 사이의 등가열전달계수이다. 온도를 진출한 온수온도는  $T_{R2i}$ 이다. 그러나, 이 온수는 기계실까지 돌아가는 환수관에서 열손실이 이루어져 기계실에 도달할 때 온도는  $T_{R2o}$ 이다. 식(8)을 적용하면 환수관에서의 열손실률은

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{loss}^R &= C_p \dot{m}_{h2} (T_{R2i} - T_{R2o}) \\ &= C_p \dot{m}_{h2} [T_{R2i} - T_g - (T_{R2i} - T_g)e^{-\beta}] \quad (10) \end{aligned}$$

로 나타낼 수 있다.

위의 열교환기 모델을 해석하기 위해서는 전체 공급수, 환수 배관망, 공동주택 온도의 등가열전달계수 ( $U_S, U_R, U_{Room}$ )와 전열면적( $A_S, A_R, A_{Room}$ )을 알아야 한다. 이론적으로 계산하기 어렵지만  $T_{S2i}, T_{R2o}, \dot{m}_h, \dot{Q}_h$  등을 monitoring한 데이터를 사용하면  $U_S A_S, U_R A_R, U_{Room} A_{Room}$ 을 계산할 수 있다.

다) 난방부하 모델

식(4)에 식(5)와 식(8)을 대입하면 난방부하는 다음 식으로 계산된다.

$$\begin{aligned} \dot{Q}_h &= C_p \dot{m}_h (T_{S2o} - T_{R2i}) \\ &= C_p \dot{m}_h [T_g + (T_{S2i} - T_g)e^{-\beta_S} - T_{Room} \\ &\quad - (T_g + (T_{S2i} - T_g)e^{-\beta_S} - T_{Room})e^{-\alpha}] \\ &= C_p \dot{m}_h [(1 - e^{-\alpha})(T_g - T_{Room}) \\ &\quad + (T_{S2i} - T_g)e^{-\beta_S}(1 - e^{-\alpha})] \\ &= C_p \dot{m}_h [(1 - e^{-\alpha})[(T_g - T_{Room}) \\ &\quad + (T_{S2i} - T_g)e^{-\beta_S}] \quad (11) \end{aligned}$$

한편, 식(6)과 식(8)에서  $\beta_S = \beta_R = \beta$ 라고 가정하면

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{loss} &= \dot{Q}_{loss}^S + \dot{Q}_{loss}^R \\ &= C_p \dot{m}_h (1 - e^{-\beta_R})(T_{S2i} + T_{R2i} - 2T_g) \\ &= C_p \dot{m}_h [(1 - e^{-\beta})(T_{S2i} - T_g)(1 + e^{-\beta}e^{-\alpha}) \\ &\quad + (T_{Room} - T_g)(1 - e^{-\alpha})] \quad (12) \end{aligned}$$

이 얻어진다.

외기온도에 의해서  $\dot{Q}_h$  값이 주어질 때 식(11), 식(12)를 풀어서 에너지 손실량을  $\dot{Q}_{loss}$ 를 최소화 하는  $T_{S2i}$ 와  $\dot{m}_h$ 를 선정하는 프로그램을 만들어 해석하였다.

### 3. 해석 결과에 대한 고찰

22°C의 실내온도 가정은 공동주택 연간에너지 사용량을  $T_{Room}$ 을 변화시키며 열저항-열용량법<sup>(4)</sup>(thermal resistance-capacitance method)으로 풀어서 Fig. 6과 같은 결과를 주는  $T_{Room}$ 을 결정할 결과이다. Fig. 11은 열저항-열용량법<sup>(4)</sup>으로 계산한 난방부하와 대상아파트에서의 열사용률을 비교한 것이다. 3월~11월까지는 두 결과가 잘 일치 하지만 1월 1일부터 2월 28일까지는 대상아파트에서 제공한 난방부하가 약간 큼을 알 수 있다. 이는 1월 1일부터 2월 말까지 공동주택의 실내온도가 22°C보다 약간 높다는 것을 시사해준다. Fig. 2에서 2차측의 질량유량을 외기온도의 함수로 나타내면 Fig. 12와 같고  $\dot{m}_h / \dot{Q}_{load}$ 를 계산하면 Fig. 13과 같다.

본 연구에서는  $\dot{m}_h = 2.0 \times 10^5 \dot{Q}_h$ 를 초기값으로 하여  $\dot{m}_h$ 를 변화시키며  $\dot{Q}_{loss}$ 를 최소로 하는  $T_{S2i}$ 와  $\dot{m}_h$ 를 결정하였다. 공급수온도의 최적값은 Fig. 14와 같다. Fig. 14는 기존 열공급 시스템 2차측에서 공급수온도와 최적 열공급제어 시스템의 공급수온도를 비교한 그림이다. 가변공급수온도 시스템의 특징은 외기온도의 변화에 따라  $T_{S2i}$ 가 순간순간 변화하며 기존 열공급 시스템 보다 봄, 여름, 가을에 걸쳐서 낮은 공급수온도를 제공함을 알 수 있으며 그에 따라 배관망 열손실이 감소 되었음을 알 수 있다.

Fig. 15는 열교환기로의 환수온도를 나타내며 최적 열공급 시스템에서는 외기온도에 따라서 환수온도가 변화하는 결과를 얻을 수 있었다. 봄, 여름, 가을에 걸쳐서 기존 시스템과 비교할 때  $T_{R2o}$ 가 낮게 나타나는 것을 알 수 있다.

Fig. 16은 최적 열공급제어 시스템에서의  $\dot{m}_h$ 의 변화를 보여준다. 외기온도에 따라서  $\dot{m}_h$ 의 변화

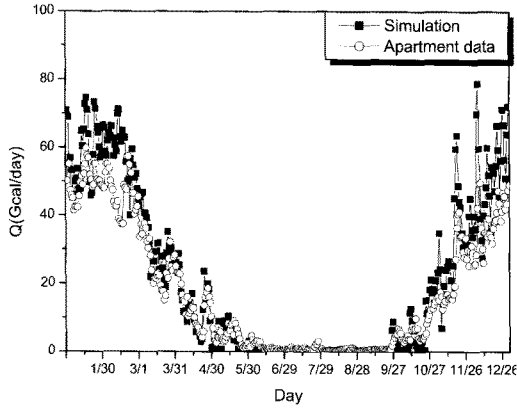


Fig. 11 Heating load curve for a year.

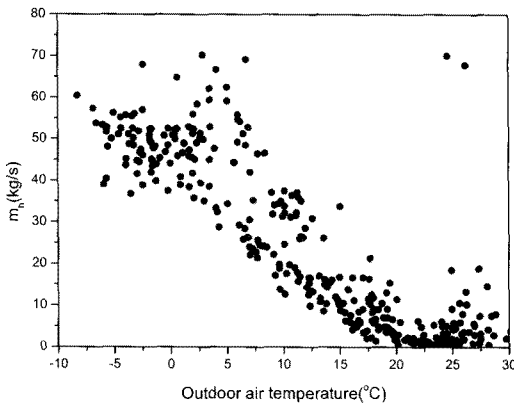


Fig. 12 Mass flow rate with respect of outdoor air temperature.

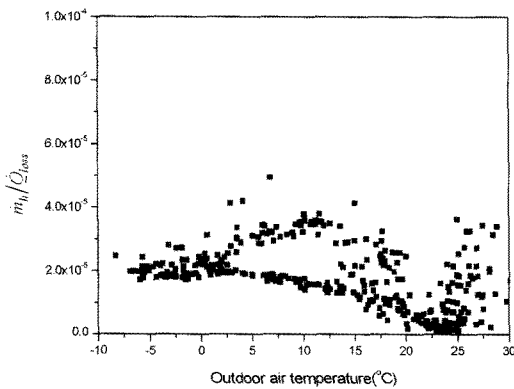


Fig. 13  $m_h / Q_h$  with respect of outdoor air temperature.

가 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 따라서, 최적 열공급시스템의 특징은  $\dot{m}_h$ 는 기존 열공급 시스템보다 크게 하며  $T_{S2i}$ 를 낮게 하는 특징이 있다. 또한,  $\dot{m}_h$ ,  $T_{S2i}$ 가 외기온도의 변화에 따라서 변화하는 결과를 얻을 수 있었다.

Fig. 17은 기존의 2차측 배관망에서의 열손실률과 최적열공급제어 시스템에서의 열손실률을 비교한 그림이다. 본 연구를 통한 최적 열공급제어 시스템에서는 수요자측의 필요열량을 공급하며 공급수 온도, 환수온도를 최저로 낮게 공급함으로써 에너지 손실률을 공급열량과 비교했을 경우 10.4% 감소되는 결과를 얻을 수 있었다.

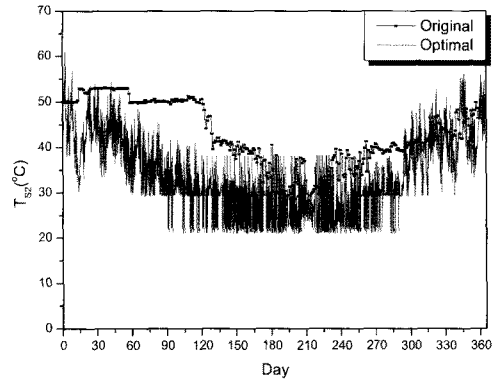


Fig. 14 Comparison of day original and optimal supply water temperature at group energy apartment building for a year.

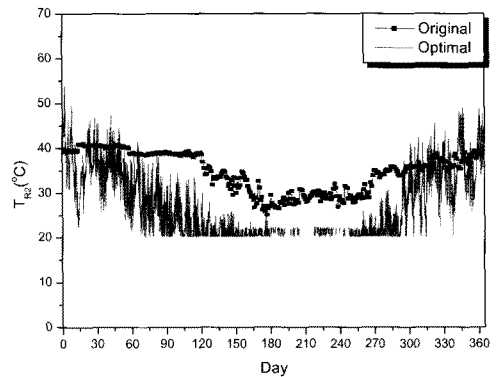


Fig. 15 Comparison of day original and optimal of heat exchanger of group energy apartment building for a year.

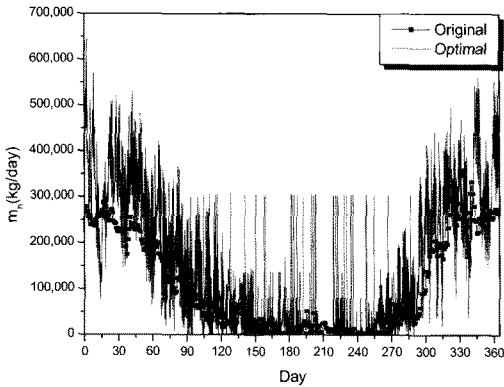


Fig. 16 Comparison of mass flow rate of group energy apartment building of original and optimal for a year.

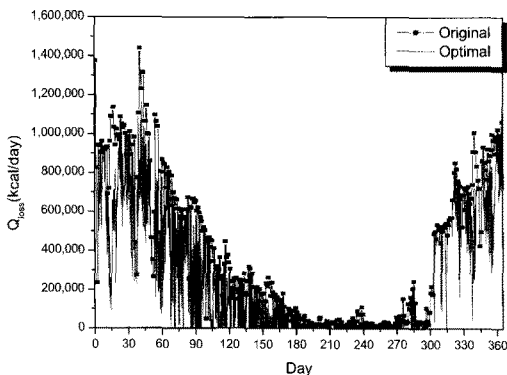


Fig. 17 Comparison of heat loss for a year for original and optimal heat supply for during a control.

#### 4. 결론

본 연구에서는 우리나라의 집단에너지 공동주택 열공급 최적알고리즘 개발을 통하여 공급열원에 따른 에너지 손실량을 비교·분석하고, 외기온도와 계산된 열부하곡선으로 열공급량을 최적제어하는 알고리즘을 개발하기 위한 기초연구를 수행하였다. 그 결과는 다음과 같다.

(1) 본 연구의 경우 2008년 대상 공동주택의 열사용 자료를 수집하여 분석한 결과에 바탕을 두고 있다. 따라서 난방 공급 및 사용 패턴에 대한 정확한 자료를 기반으로 데이터베이스를 구축한다면, 외기온도 변화에 따른 난방부하 변화를 예측할 수 있는 시스템을 정교하게 개발할 수 있을 것으로 판단된다.

(2) 집단에너지 공동주택 난방 에너지를 공급하는 건물에 대한 난방부하 예측기법을 연구하였으며, 예측기법의 타당성을 검증하기 위해 집단에너지 공동주택의 실측 자료와 비교해 보았다. 전산해석 결과 집단에너지 공동주택에 대한 예측기법은 실측 자료의 변화 패턴과 잘 일치함을 볼 수 있었다.

(3) 본 연구를 통한 최적 열공급제어 시스템에서는 수요자측의 필요열량을 공급하며 공급수온도, 환수온도를 최저로 낮게 공급함으로써 에너지 손실률을 공급열량과 비교했을 경우 10.4% 감소되는 결과를 얻을 수 있었다.

(4) 본 연구의 분석 자료는 사용자의 열사용량 패턴 변화를 분석함으로써 향후 발생할 외기온도에 대한 기초자료를 제공함으로써 평가도구로서의 활용이 가능하다.

(5) 향후, 건물의 연간 냉·난방부하 뿐만 아니라 최대부하, 시스템부하 등을 계산할 수 있는 예측모델을 개발하여 통합 프로그램함으로써 효율적인 건물부문의 에너지절약을 기대할 수 있을 것이다.

#### 후 기

본 연구는 지식경제부 에너지·자원기술개발사업의 연구비(2008EBD11P081000)지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. Lee, I. S., 2009, A study on cooling systems simulation and field test considering cooling load in buildings, Master thesis, Hanbat National University, Korea.
2. Byun, J. K., Lee, K. H. and Choi, Y. D., 2009, A study on development of heat supply control algorithm of consumer group energy apartment building by prediction of heating load, Proceeding of the SAREK, pp. 1300-1305.
3. Byun, J. K., Lee, K. H. and Choi, Y. D., 2010, Analytic study on development of optimal heat supply control algorithm through heat load prediction in apartment building, Proceeding of the SAREK, pp. 1401-1406.
4. ASHRAE HANDBOOK 1993, Fundamentals, pp. 9-11.