

퍼지 논리를 이용한 일일 냉방부하 예측에 관한 연구

A Study on Daily Cooling Load Forecast Using Fuzzy Logic

신관우, 이윤섭

(Kwan-Woo Shin and Youn-Seop Lee)

Abstract : The electric power load during the peak time in summer is strongly affected by cooling load, which decreases the preparation ratio of electricity and brings about the failure in the supply of electricity in the electric power system. The ice-storage system and heat pump system are possible solutions to settle this problem. In this study, the method of estimating temperature and humidity to forecast the cooling load of ice-storage system is suggested, then the method of forecasting the cooling load using fuzzy logic is suggested by simulating that the cooling load is calculated using actual temperature and humidity. The forecast of the temperature, humidity and cooling load are simulated, and it is shown that the forecasted data approach to the actual data. Operating the ice-storage system by the forecast of cooling load with night electric power will improve the ice-storage system efficiency and reduce the peak electric power load during the summer season as a result.

KeyWords : ice-storage system, fuzzy logic, cooling load forecast

I. 서론

기술의 발달과 생활수준의 향상으로 냉·난방기기 등과 같은 전기기기의 사용이 급증하게 되었다. 특히 냉방기기의 급격한 증가는 여름철 전력을 운용하는데 전력 피크 부하에 많은 영향을 주게 된다. 냉방기기의 사용으로 전력 예비율이 떨어지는 등 전력의 수급에 차질을 초래할 수도 있다. 전력수요의 안정적인 수급과 에너지 효율을 극대화하기 위한 방법의 연구가 반드시 필요하다. 이러한 연구 중의 하나가 빙축열 냉방시스템이다[1,2].

빙축열 냉방시스템은 물의 상변화 잠열을 이용하여 전력의 사용이 적고 요금이 저렴한 심야 시간대에 냉열 에너지를 저장하였다가 주간 냉방 운전 시 활용함으로써 하절기 전력수급의 불균형을 해소하고 운전비를 절감하기 위한 시스템으로 최근 들어 많이 보급되고 있고, 보다 효율적으로 운영하기 위한 방안으로 여러 방면으로 연구 중이다. 본 연구 또한 빙축열시스템을 보다 효율적으로 운영할 목적으로 심야에 축열된 에너지를 주간에 충분히 활용하여 빙축열 시스템의 활용효과를 증대할 수 있어야 하며 반면에 충분한 냉방부하를 공급하기 위하여 잉여 축열에너지가 비경제적으로 많아지면 빙축열시스템의 경제성이 저하되어 사용 효과가 낮아진다. 이러한 측면에서 익일의 시간별 냉방부하량을 예측하여 축열량을 결정하는 등 경제적인 효과를 제고하여야 한다. 냉방부하량은 예측 당시의 온도, 습도 및 일조량 등의 기후 특성에 의해 결정되므로 축열량을 예측하기 위해서는 기후의 예측기법이 제시되어야 한다. 본 연구에서는 익일의 온도와 습도를 예측하는 기법을 제시하면서 이를 이용하여 냉방부하량을 예측하였으며, 퍼지 논리를 이용하여 예측된 온도와 습도자료 및 냉방부하 실적자료 등을 기반으로 한 냉방부하 예측알고리즘을 제시하였다. 정립된 예측

알고리즘은 한건의 속초생활연수원을 대상 건물로 하여 인근의 강릉의 실제온도와 습도를 적용하여 모의용 냉방부하를 만들고 이들을 이용하여 온도, 습도 및 냉방부하예측 모의실험을 하였다.

II. 냉방부하예측 기법

냉방부하는 온도, 습도 및 일사량 등의 기후조건에 절대적인 영향을 받으므로 냉방부하의 예측에는 예측된 기후자료가 절대적으로 요구된다. 그러나 단위 건물에 있는 PC단위의 컴퓨터를 이용하여 기후를 정확하게 예측하기는 거의 절대적으로 불가능하다. 보다 정도 높은 부하예측을 위해서 예측기후를 정확하게 예측하지는 못한다하더라도 냉방부하를 타당성 있게 예측할 수 있는 방법이 마련되어야 한다. 이러한 취지에서 온도와 습도예측기법을 개발하였다. 또한, 예측된 기후조건을 기반으로 냉방부하를 예측하는 방법은 퍼지 논리를 이용하여 예측하였다. 그림1은 냉방부하예측을 위한 블록 다이어그램이다.

1. 온도 예측

온도예측은 다음 절차에 의해 수행한다.

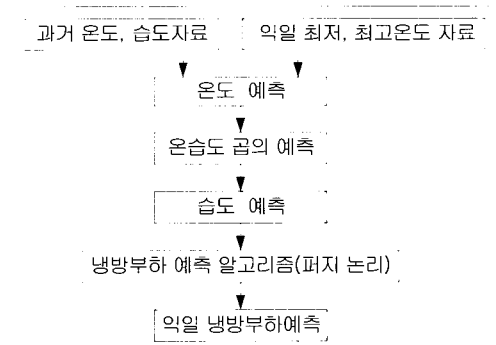


그림 1. 냉방부하 예측 전략.

Fig. 1. Strategy of cooling load forecast.

논문접수 : 2002. 5. 30 .. 채택확정 : 2002. 9. 25.
 신관우 : 공주대학교 전기공학과(skww@kongju.ac.kr)
 이윤섭 : 공주대학교 전기공학과(yslee@kongju.ac.kr)

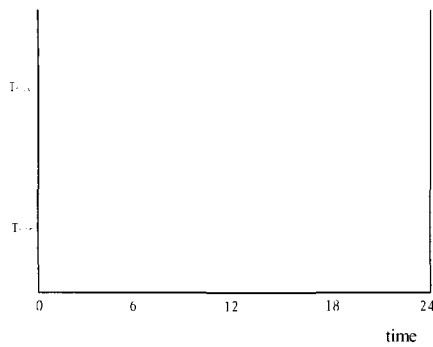


그림 2. 측정 후 평활화된 기후자료.
Fig. 2. Smoothed data after measurement.

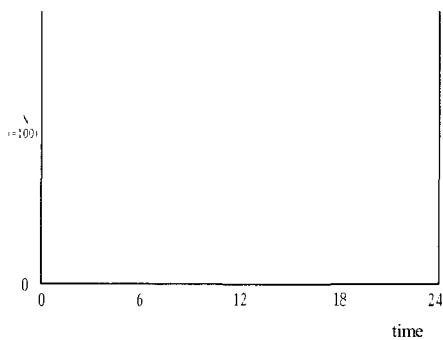


그림 3. 표준화 된 온도.
Fig. 3. Standard temperature.

절차 1 : 건물 주변의 온도와 습도 등의 기후자료를 일정시간마다 측정하여 평활화 한다.

건물 주변의 온도는 급변하지 않으므로 센서의 오차 또는 잡음 등에 의해 발생할 수 있는 측정치의 변화를 없애기 위하여 측정시간 전후의 m 개 자료를 (1)과 같이 평균하여 평활화 하여 그림 2와 같은 평활화 된 기후곡선을 얻는다.

$$T_i = \frac{1}{2m+1} \sum_{k=i-m}^{i+m} T(t_k) \quad (1)$$

절차 2 : 측정자료를 표준화한다. 계절적 특성으로 볼 때 1일간의 온도 변화특성은 동일한 형태를 갖으며 이러한 특성을 이용하기 위하여 일일 중 오전3시부터 7시사이의 최저온도를 0으로 오후12시부터 17시 사이의 최고온도를 100으로 하여 1일간의 온도자료를 그림 3과 같이 표준화한다.

절차 3 : 일간 온도변화 모델을 구한다. 일간 온도변화 모델은 새롭게 측정된 1일간의 표준화된 온도 데이터를 이용하여 (2)에 의해 구해진다.

$$TM_N(t_i) = (1 - \beta) \cdot T(t_i) + \beta \cdot TM_O(t_i) \quad (2)$$

여기서, TM 은 일간 온도모델, 첨자 N 은 갱신후 모델, 첨자 O 는 갱신전 모델을 의미하며, T 는 일일동안의 표준화된 온도 자료, t_i 는 샘플링 시각, β 는 망각계수(forgetting factor)로서 $\beta < 1$ 의 값을 갖는다.

절차 4 : 일일 온도를 예측한다. 일일 온도예측은 일간 온

도변화 모델과 기상청에서 발표한 일일의 최고, 최저예측온도를 이용하여 주변온도를 예측하며, (3)에 의해 구해진다.

$$T_f(t_i) = (T_{f,max} - T_{f,min}) \frac{TM(t_i)}{100} + T_{f,min} \quad (3)$$

여기서, $T_{f,max}$ 는 일일의 최고예측온도, $T_{f,min}$ 은 일일의 최저예측온도, t_i 는 샘플링시각, $T_f(t_i)$ 는 시각 t_i 의 예측온도이다.

절차 5 : 당일의 향후 온도 예측을 위해 예측된 온도의 보정방법 : 빙축열시스템을 운전하는 당일의 향후 온도예측은 빙축열시스템의 경제운전을 위해서 요구되는데 이 경우 당일의 향후 온도예측은 예측된 일간온도를 수정하여서 얻는다. 수정된 예측온도는 현재 시점으로부터 과거 일정시간까지의 기간동안의 실제 온도자료와 일간 기후변화모델간의 오차를 최소가 되도록 예측된 일일온도를 수직 이동하여 얻는다. 예측된 일일의 예측온도에 대한 변화폭 a 는 (6)에 의해 구한다.

$$\text{오차} : e = \sum_{\text{현재}}^{\text{과거}n\text{개}} [(T_M(i) + a) - T(i)]^2 \quad (4)$$

$$\text{오차의 최소화 조건} : \frac{de}{da} = 0 \quad (5)$$

기후변화모델의 변동폭 :

$$a = \frac{1}{n} \sum_{\text{현재}}^{\text{과거}n\text{개}} (T_M(i) - T(i)) \quad (6)$$

2. 습도 예측

2.1. 온도와 상대습도의 곱의 특성

상대습도의 정의는 (7)과 같다[7,8].

$$RH = \frac{e}{E} \times 100(\%) \quad (7)$$

대기상태의 포화공기 수증기분압 E 는 대기과학의 기상학 측면에서 여러 가지로 정의할 수 있으나 실험을 통한 경험적 방법으로 (8)과 같이 포화수증기 분압 E 와 온도 t 사이의 함수적 특성을 갖는다는 것이 확인되었다[7,8].

$$E(t) = 6.1078 \cdot \exp\left(\frac{17.08085 \cdot t}{234.175 + t}\right) \quad (8)$$

노점온도 T_d 는 일일의 변화를 볼때, 낮에는 온도가 올라가 대지면으로부터 수증기 발생 등으로 대기중에 포함된 수증기가 많아져 노점 온도는 상승되고, 역으로 밤에는 노점 온도가 내려가는 특성이 있다. 여름철 냉방이 필요한 온도범위 25℃~40℃사이에서 노점온도 변화는 (9)와 같다.

$$T_d(t) = 0.1 \cdot \left(t - \frac{40+25}{2} \right) + 25 \quad (9)$$

상대습도와 온도의 상관관계 특성을 고찰하기 위해 온도와 상대습도를 곱하면 (10)과 같다.

$$RH \cdot t = \frac{e}{E} \cdot t = \frac{E(T_d)}{E(t)} \cdot t$$

$$= \frac{6.1078 \cdot \exp\left(\frac{17.08085 \cdot T_d}{234.175 + T_d}\right)}{6.1078 \cdot \exp\left(\frac{17.08085 \cdot t}{234.175 + t}\right)} \cdot t \quad (10)$$

(10)에 의해 온도와 습도 및 온습도의 곱을 그래프로 그리면 그림 4와 같다.

출력 그래프는 대기온도와 상대습도의 변화율을 알아보기 위해 각각을 백분율에 의한 값을 각각 도시하였다.

이 그래프의 특성을 볼 때 다음의 2가지 특성을 알 수 있다.

1) 온도와 상대습도 변화폭이 백분율로 하였을 때 상당히 큰 반면, 상대습도와 온도 곱의 값은 변화폭이 상당히 작아진다.

2) 온도가 높은 낮에는 상대습도와 온도 곱의 크기가 작아지는 반면, 온도가 낮은 밤이나 새벽에는 상대습도와 온도 곱의 크기가 커진다는 것을 알 수 있다.

또한 온도와 습도의 곱의 값이 1년 중 변화를 알기 위하여 1997년도 5월부터 9월까지 153일간의 강릉 기후자료를 이용하여 온습도 곱의 일일 평균값의 변화추이를 구하여 도시한 결과 그림 5와 같았다. 이 그래프로부터 온습도 곱의 일일 평균값은 여름에는 높고 봄, 가을에는 낮은 특성을 갖으며 변화되는 것을 알 수 있다.

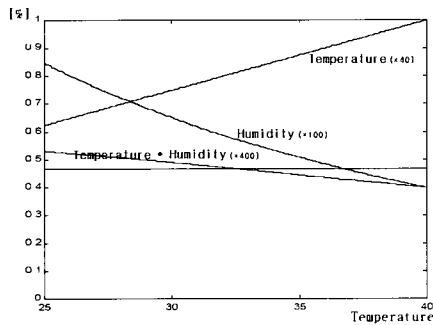


그림 4. 온도와 상대습도 및 온습도 곱의 특성곡선.
Fig. 4. Characteristic curve of temp. * humidity.

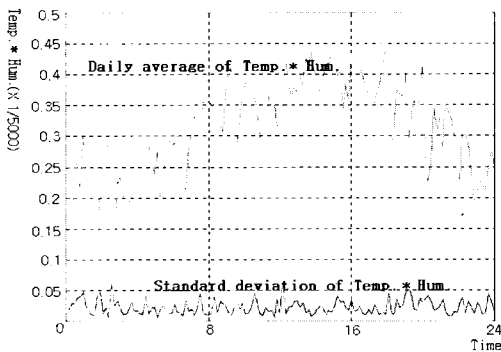


그림 5. 온습도 곱의 일일 평균곡선.
Fig. 5. Curve for daily average of temp.*humidity.

2.2. 상대습도의 예측

온습도 곱의 특성을 이용하여 습도예측은 다음의 절차에 의해 수행한다.

절차 1 : 일일의 온도와 습도를 측정하고, 온습도 곱의 일일 평균값을 저장한다. 그림4의 온습도 곱의 일일 평균값을 계절별로 변화하는 특성에 추종하여 예측할 수 있도록 온습도 곱의 일일 평균값을 저장한다.

절차 2 : 온습도 곱의 일일 평균값을 예측한다.

절차 3 : 일일의 온습도의 곱은 일정한 특성을 갖고 있으나 그림 5의 특성과 같이 작은 변화가 있으므로 이를 보정하기 위하여 일일 습도모델을 (11)과 같이 수립한다.

$$THM(t_{i+1}) = \frac{(1-\beta) \cdot TH(t_i)}{TH_{aver}(t_i)} + \beta \cdot THM(t_i) \quad (11)$$

여기서, t_i 는 샘플링시각이고, THM 은 온습도 곱, β 는 망각계수로서 1이하의 값을 갖으며, TH 는 t_i 시각의 온습도 곱, TH_{aver} 은 온습도 곱의 일일 평균값이다.

절차 4 : 온습도의 곱의 일일 평균값과 일일습도모델을 이용하여 습도 예측 일의 각 시각별 온습도 곱의 값을 예측한다.

절차 5 : 예측된 일일 온습도 곱의 값을 예측된 온도로 나누어 각 시각별 습도를 예측한다.

2.3. 냉방부하량 예측

냉방부하예측은 냉방부하, 온도 및 습도의 과거자료를 기반으로 퍼지 논리를 이용하여 냉방부하량을 예측한다. 퍼지 논리는 if-then 형식의 룰 베이스를 제어규칙으로 하여 제어규칙의 수정이 용이하고 다양한 조건을 언어적으로 기술할 수 있는 특징이 있다[3-6].

냉방부하의 예측은 예측된 온도와 습도를 입력변수로 하여 예측을 한다. 온도, 습도 그리고 부하량의 멤버십 함수 값은 계산의 간략화와 정확성을 위하여 범종형보다는 삼각형의 형태로 그림 6과 같이 멤버십 함수 값을 갖도록 한다.

냉방부하 예측의 정확도를 높이기 위하여 월별 및 일일 냉방부하가 주간에 주로 발생하므로 일별 4단계의 시간대별로 (06:30~08:00, 08:30~10:00, 10:30~15:00, 15:30~18:00) 구분하여 부하량을 예측한다.

냉방부하량 예측은 다음 절차에 의해 예측된다.

절차 1 : 과거의 기상 데이터를 활용하여 단계별로 온도, 습도 그리고 부하량의 적정한 구간을 설정하여 그림 6과 같이 온도, 습도, 부하량은 설정된 구간에서 하나의 멤버십 함수 값을 갖게 된다.

절차 2 : 설정된 온도, 습도의 구간에서 과거의 부하량을 활용하여 룰 베이스를 만들기 위한 Look-up 테이블을 표1과 같이 작성한다. 표1은 06시 30분부터 08시까지의 Look-up 테이블이다.

절차 3 : Look-up 테이블을 퍼지 논리 룰 베이스로 하여 다음과 같이 IF-THEN 형식으로 표현한다.

IF <온도> is < μTi > and <습도> is < μHi >
THEN <부하> is < μLi >

표 1. Look-up 테이블(06:30~08:00).

Table 1. Look-up Table(06:30~08:00).

T(°C) \ H(%)	0 ~ 40	40 ~ 45	45 ~ 50	50 ~ 54	54 ~ 58	58 ~ 62	62 ~ 66	66 ~ 70	70 ~ 74	70 ~ 78	78 ~ 82	82 ~ 86	86 ~ 90	90 ~ 94	94 ~ 98	98 ~ 100
0-19				L1	L1	L1	L1	L1	L2	L2	L2	L2	L2	L3	L3	L3
19-19.5	L2	L2	L2	L2	L2	L2	L2	L2	L2	L2	L2	L2	L2	L3	L4	L4
19.5-20	L3	L3	L3	L3	L3	L3	L3	L3	L4	L4	L4	L3	L7	L7	L7	L7
20.5-21	L5	L5	L5	L5	L6	L6	L6	L6	L6	L6	L6	L6	L7	L7	L9	L9
21-21.5							L11	L8	L8	L8	L8	L12	L10	L10	L10	L10
21.5-22							L7	L7	L7	L7	L7	L10	L10	L10	L8	L8
22-22.5							L8	L8	L8	L8	L8	L14	L14	L14	L14	L14
22.5-23							L14	L14	L14	L14	L13	L10	L10	L10	L8	L8
23-23.5							L8	L8	L8	L8	L8	L8	L8	L8	L8	L8
23.5-24							L11	L11	L11	L11	L11	L11	L11	L11	L11	L11
24-24.5							L7	L7	L7	L7	L7	L7	L7	L7	L7	L7
24.5-25							L14	L14	L14	L10	L10	L10	L10	L10	L10	L10
25-25.5							L7	L7	L7	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13
25.5-26					L7	L7	L7	L7	L7	L16	L16	L16	L16	L16	L16	L16
26-26.5					L10	L10	L10	L10	L10	L10	L10	L10	L10	L10	L10	L10
26.5-27			L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13
27-27.5			L8	L8	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17
27.5-28			L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13
28-28.5			L8	L8	L8	L8	L8	L8	L8	L8	L8	L8	L8	L8	L8	L8
28.5-29			L11	L11	L11	L11	L11	L15	L15	L15	L15	L15	L15	L15	L15	L15
29-29.5			L11	L11	L11	L11	L11	L11	L11	L11	L11	L11	L11	L11	L11	L11
29.5-30			L11	L11	L11	L11	L11	L11	L11	L11	L11	L11	L11	L11	L11	L11
30-30.5			L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17
30.5-31			L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17
31-31.5			L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17	L17

T:온도(°C), H:습도(%), L:부하(kW), L1:15-20, L2:20-25, L3:25-30, L4:30-35, L5:35-40, L6:40-45, L7:45-50, L8:50-55, L9:55-60, L10:60-65, L11:65-70, L12:70-75, L13:75-80, L14:80-85, L15:85-90, L16:90-95, L17:95-100, L18:100-105

예측된 온도와 습도의 멤버십 함수 값을 구한 다음 입력 변수로 하여 출력 냉방부하량을 얻게 된다.

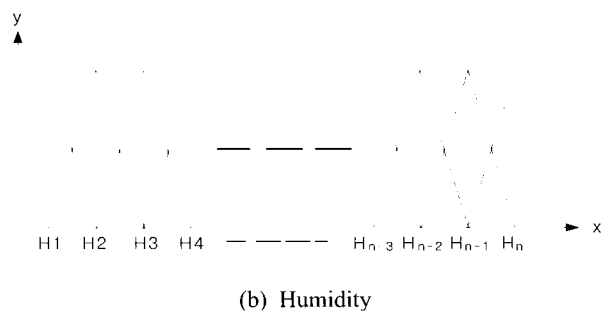
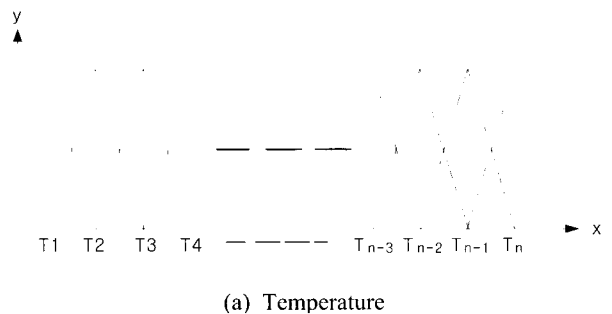
절차 4 : 온도와 습도의 멤버십 함수 값을 (Ti^*, Hi^*)라고 하고 product inference engine을 이용하여 다음 (12)와 같이 퍼지화한 값을 구한다[6].

$$\begin{aligned} \mu_{b(y)} &= \max [\mu_{Ti}(Ti^*)\mu_{Hi}(Hi^*)\mu_{Ti}(y), \\ &\quad \mu_{Ti}(Hi^*)\mu_{Hi}(Ti^*)\mu_{Hi}(y)] \quad (12) \\ &= \max [w_1\mu_{Ti}(y), w_2\mu_{Hi}(y)] \end{aligned}$$

절차 5 : (12)에서 구한 값을 (13)과 같이 center average defuzzifier를 적용하여 비퍼지화한 값을 구한다[6].

$$y^* = \frac{w_2}{w_1 + w_2} \quad (13)$$

절차 6 : (13)에서 비퍼지화 값 y^* 는 표2와 같은 예측 부하량을 갖는다.



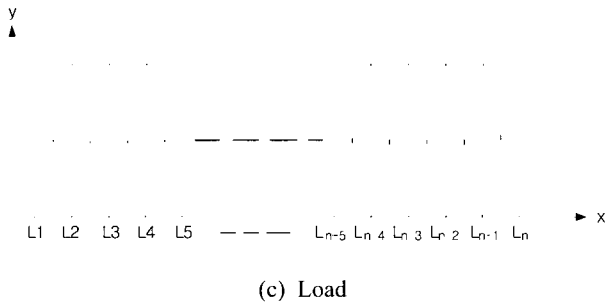


그림 6. 온도, 습도, 부하의 멤버십 함수.
Fig. 6. Membership function of temperature, humidity and load.

표 2. 비퍼지화한 값의 부하량.
Table 2. Load of defuzzified value.

L_n	y^*	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
1	15.5	16	16.5	17	17.5	18	18.5	19	19.5	20	
2	20.5	21	21.5	22	22.5	23	23.5	24	24.5	25	
3	25.5	26	26.5	27	27.5	28	28.5	29	29.5	30	
4	30.5	31	31.5	32	32.5	33	33.5	34	34.5	35	
5	35.5	36	36.5	37	37.5	38	38.5	39	39.5	40	
6	40.5	41	41.5	42	42.5	43	43.5	44	44.5	45	
7	45.5	46	46.5	47	47.5	48	48.5	49	49.5	50	
8	50.5	51	51.5	52	52.5	53	53.5	54	54.5	55	
9	55.5	56	56.5	57	57.5	58	58.5	59	59.5	60	
10	60.5	61	61.5	62	62.5	63	63.5	64	64.5	65	
11	65.5	66	66.5	67	67.5	68	68.5	69	69.5	70	
12	70.5	71	71.5	72	72.5	73	73.5	74	74.5	75	
13	75.5	76	76.5	77	77.5	78	78.5	79	79.5	80	
14	85	81	81.5	82	82.5	83	83.5	84	84.5	85	
15	85.5	86	86.5	87	87.5	88	88.5	89	89.5	90	
16	90.5	91	91.5	92	92.5	93	93.5	94	94.5	95	
17	95.5	96	96.5	97	97.5	98	98.5	99	99.5	100	
18	100.5	101	101.5	102	102.5	103	103.5	104	104.5	105	

III. 실험결과 및 고찰

냉방부하예측 실험은 온도와 습도자료를 기상청으로부터 수집한 강릉 지역의 1997년도 자료를 이용하였으며 냉방부하예측 모의 실험용 냉방부하모델을 위하여 한국전력공사 속초 생활연수원을 선정하였으며 본 건물의 쾌적 조건은 실내온도 26℃, 습도는 50%로 하였고, 건물의 바닥을 통한 열의 손실은 없는 것으로 가정하여 총 냉방부하를 구하여 모의냉방부하를 만들어 예측하는 방법으로 실험을 하였다 [7,8].

모의실험 데이터는 냉방부하가 많이 사용되는 7월 11일~8월 10일의 09시~18시까지의 오차율을 표 3에 나타냈으며, 그림7은 7월 20일의 모의실험 예측 결과 그래프로서 실제의 온도, 습도, 부하량과 예측된 온도, 습도, 부하량을 나타내었고, 데이터의 신뢰성을 높이기 위해 화면을 캡처한 그림이다.

1. 온도예측 실험결과

온도예측 실험은 기상청으로부터 수집한 강릉 지역의

1997년도 7월11일부터 8월10일의 실제온도를 이용하여 30분 단위로 예측 모의실험을 수행하였다. 익일의 온도예측을 하는데 필요한 익일의 기상청 최고, 최저 온도를 활용하였으며, 표3에 나타난 것처럼 97년7월11일~8월10일까지의 평균오차율은 3.69%로 예측온도가 실제온도에 매우 근접하게 예측되었다.

2. 습도예측 실험결과

습도예측 실험은 온도예측 실험과 동일한 지역과 기간에 대하여 실험을 하였다. 실험결과는 표3과 같으며 습도예측 오차율은 10.09%로 나타났다. 습도예측은 비가 오는 경우 예측이 어려워 습도오차가 커지는 경향이 있다. 특히 8월2일~8월3일의 많은 비로 인하여 온습도 곱의 예측오차가 발생함으로써 습도예측에 큰 오차를 발생하였다. 습도는 우천 등 기후의 갑작스런 변화에 따라 정확히 예측하기에는 어려움이 많았다.

3. 냉방부하예측 실험결과

모의실험 대상은 속초에 있는 한전생활연수원을 모델로 수립한 모의냉방부하를 이용하였다. 기후조건에 대한 모의 실험은 온도와 습도 및 부하량을 이용하여 실험하였다. 모의 실험결과는 그림7, 표3과 같다. 습도의 급변으로 인하여 냉방부하의 예측에 어려움이 많았으며 특히, 비오는 날과 그 다음날의 예측 오차율이 크게 나타났다.

모의실험 결과분석은 다음과 같다.

- 1) 모의실험 결과 익일의 냉방부하예측은 냉방부하 사용이 많은 7월11일~8월10일의 09시~18시 사이의 오차율을 나타냈으며 평균오차율은 11.59%로 예측되었다.
- 2) 모의실험결과 오차율이 다소 큰 7월26, 8월 2일, 3일은 갑자기 많은 비가 내려서 발생한 것이다. 낮은 온도에 습도의 급격한 증가는 예측의 오차율을 크게 하였다.

IV. 결론

하절기 단위건물의 냉방부하량을 예측하는 방법으로 먼저 온도와 습도를 예측하고 예측된 온도와 습도, 과거 냉방부하량의 운전실적 자료 등을 이용하여 퍼지 논리를 적용하여 냉방부하량을 예측하는 기법을 정립하였으며, 특히 단위 건물에서 제한된 설비를 이용하여 온도와 습도의 기후를 예측하여 활용할 수 있는 방법을 제시하였다.

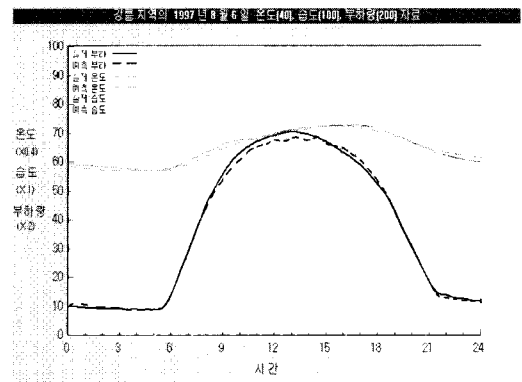


그림 7. 예측실험 그래프.

Fig. 7. Result of simulation.

표 3. 예측 실험 오차율.

Table 3. Forecast error of simulation.

Day	temp. error %	humidity error %	Cooling error %	Remark
7.11	2.14	10.58	8.55	
7.12	1.66	9.55	9.28	
7.13	1.78	2.32	9.65	
7.14	1.56	8.23	8.98	
7.15	2.42	7.75	8.68	
7.16	1.58	8.11	9.73	
7.17	2.24	1.69	9.25	
7.18	2.52	2.04	1.28	
7.19	3.26	6.25	9.87	
7.20	4.62	18.93	8.91	
7.21	5.44	14.11	10.68	rain
7.22	4.96	19.46	8.3	
7.23	1.97	1.41	11.24	
7.24	3.98	10.83	9.37	
7.25	3.80	12.61	6.88	rain
7.26	5.82	3.61	14.55	
7.27	1.38	7.57	9.51	
7.28	3.50	7.38	44.53	rain
7.29	1.07	13.44	8.02	
7.30	3.37	1.98	10.98	
7.31	2.11	2.82	7.97	
8. 1	3.11	4.84	6.86	
8. 2	7.54	13.79	12.74	heavy rain
8. 3	14.94	24.66	24.73	heavy rain
8. 4	2.41	16.58	13.23	
8. 5	9.04	31.86	12.24	
8. 6	1.19	10.55	7.94	
8. 7	5.65	15.10	9.15	
8. 8	1.15	7.87	5.92	
8. 9	7.23	7.19	32.35	heavy rain
8.10	1.07	9.74	8.18	
평균	3.69	10.09	11.59	

예측실험을 한 결과 온도, 습도, 냉방부하의 일일평균 예측 오차율은 각각 3.69%, 10.09%, 11.59%로 나타났으며, 냉방부하량이 가장 큰 낮 시간(11시~16시)의 냉방부하예측 오차율은 9.5%로 나타났다.

건물의 냉방부하는 외기온도와 습도 등의 기후조건에만 의존하는 것이 아니라 외·내부의 기후조건에 의해 건물 자체에 축열된 열량 등에 의해 영향을 받는 등 어느 시점을

전후 일정기간 동안의 기후조건에 영향을 받는데 반하여 모의실험에서 사용한 냉방부하모델 수립 시 이러한 점을 고려하지 못하는 등 모의실험 조건이 실제 상황과 상당히 상이한데서 기인한다고 판단된다. 특히, 퍼지 논리를 적용 시 냉방부하량은 같은 온도와 습도의 상태에서도 냉방부하의 값이 일정하지 않고 냉방부하량의 차이가 커 비퍼지화 한 값의 오차가 커지게 되었다. 보다 정확한 예측을 위해서는 좀더 세분화된 구간과 예측 시 바로 직전의 냉방부하량을 고려한다면 보다 정확한 예측이 가능하리라 판단된다.

본 논문의 실험은 온도, 습도, 일사량에 의해 계산된 모의 부하량을 사용하였으며 실제 부하의 패턴과 차이가 있어 온도, 습도 변화에 민감하게 큰 변동을 하지만 단위건물에서의 실제 부하량은 건물의 축열 부하들에 있어 온도 변화에 따른 부하량의 일일 변화는 상대적으로 크지 않다는 결과분석을 얻었다. 이것을 고려할 때 실제 건물에 본 알고리즘을 적용하면 부하예측 정확도는 상당히 증가되리라 판단된다.

차후 수정 보완하여 좀더 정확히 예측된 냉방부하량에 따라 심야전력을 이용하여 축냉하고, 각 시간별로 최적냉방운전을 계획하여 전력피크시간대(12시~16시)에는 축열조 단독으로 운전한다면 빙축열시스템의 축열조를 보다 효율적으로 운용할 수 있고, 하절기 전력피크부하를 줄일 수 있어 전력계통 운용하는데 많은 도움이 되리라 판단된다.

참고문헌

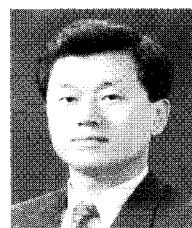
- [1] J. W. Mitchel, *The Control of Ice-Storage System*, ASHR AE Transaction, CH-95-22-3, pp. 1345-1352, 1995.
- [2] D. E. Knelbell, *Prediction and Evaluating the Performance of Ice-Havesting Thermal Energy Storage Systems*, ASHR AE Transaction, CH-95-22-3, pp. 1339-1344, 1995.
- [3] 이광형, 오길록, 퍼지 이론 및 응용, 홍릉과학출판사, 1985.
- [4] 박승렬, 퍼지 시스템, 삼각형, 1995.
- [5] 이광형, 오길록, 퍼지 이론 및 응용, 홍릉과학출판사, 1985.
- [6] L-Xin Wang, *A course in fuzzy system and control*, Prentice-Hall, pp. 89-117, 1995.
- [7] 광종흠, 소선섭, 1990, "일반기상학", 교문사.
- [8] 소선섭, 정창희, 1985, "기상역학서설", 교학연구사.



신 관 우

1971년 1월 4일생. 1996년 호원대 전기공학과 졸업. 공주대학교 전기공학과 대학원 석사(1998). 동대학원 박사수료(2001). 2000년~현재 (주)아이뮤직소프트 선임연구원 및 대덕대학 전기과 겸임교수. 관심분야는 신경회로망, 퍼지

응용제어 및 로보틱스.



이 윤 섭

1955년 5월 16일생. 1979년 연세대 전기공학과 졸업. 동대학원 석사(1981). 동대학원 박사(1991). 1991년~현재 공주대학교 전기공학과 교수. 관심분야는 신경회로망, 퍼지응용 및 자동제어.