

곡물빈용 공기조화장치의 퍼지제어기 개발

최영수 · 문대식 · 정종훈
전남대학교 생물산업공학과

Development of Fuzzy Controller for Air Conditioning of Grain Bin

Yeong-Soo Choi, Dae-Sik Mun and Jong-Hoon Chung

Department of Biosystems and Agricultural Engineering(Institute of Agricultural Science & Technology),
Chonnam National University, Kwangju 501-840, Korea

Abstract

Temperature and humidity are the most important factors and should be effectively controlled for the cold storage of grain. Fuzzy logic can be easily implemented to the MIMO(Multi-Input Multi-Output) control systems. For the cold storage in grain bin, fuzzy logic was applied to an air conditioning system. The capacities of the grain bin and the air conditioner are 80 tons and 30 kW, respectively. Also, the target values of temperature and relative humidity in outlet duct of the air conditioner were 8°C and 75%, respectively. In order to control temperature and relative humidity of air, a damper in inlet duct was manipulated for temperature control and a heater was used for humidity control. Temperature deviation and change of temperature deviation were used as input parameters for the fuzzy system. Humidity was only considered as a load. The experimental results showed that the controlled temperature of exhausted air was maintained at $8\pm 2^\circ\text{C}$. Relative humidity of the air was also controlled at the target relative humidity of 50~80%.

Key words : fuzzy controller, grain bin, air conditioner, temperature control, humidity control

서 론

최근 미곡종합처리장 등의 대규모 벼 저장 시설로서 곡물빈의 사용이 늘고 있다. 곡물빈 내 적정 저온저장을 통해 곡물의 호흡억제, 곤충과 미생물에 의한 손실 감소, 사일로 내의 서리 제거 등을 통해 벼를 최적 상태로 장기 저장할 수 있으며 궁극적으로 곡물 저장손실을 줄이고 고품질의 쌀을 생산할 수 있게 된다. 이는 쌀 총 생산량의 약 2%정도 이상의 곡물 손실 억제 효과를 가져올 수 있다고 예측되고 있다.

곡물의 저온저장을 위해서는 저장 시설의 우수한 단열장치와 아울러 적정 용량의 냉각장치가 필요하게 된다. 최적의 곡물 저장을 위해서는 저장시설 비용을 낮추고 이용 비용이 적으면서도 저장 효과가 우수한 곡물저장 시스템의 개발이 절실하다. 또한 곡물빈의 저장 성능에 영향을 미치는 요인은 대표적으로 외기 및 공기실의 온도와 상대습도, 곡물의 평형온도 및 평형상대습도, 곡물 퇴적량 등이 있으며

공기 온도 및 상대습도 제어에 의한 저온 저장 효과가 가장 크다.

저온저장시스템의 환경제어에 대한 연구는 대부분 제어요인으로 공기 온도만을 고려한 on-off 제어방식을 채택하여 왔으며, 1990년대 후반에 이르러 퍼지논리를 이용한 저온저장제어시스템 개발에 관한 연구가 시작되었다. 더구나 공기의 온도 및 상대습도제어를 고려한 복합제어시스템의 개발에 관한 연구는 전무한 실정이다. 고 등(1)은 양파의 호흡률을 억제하기 위해 퍼지논리를 이용한 저온저장고의 온도제어 시스템 개발에 관한 연구를 수행하였다. 온도제어를 위해 전자식 팽창 밸브를 이용한 냉매 유량 제어방식을 채택하고, 그 성능을 on-off 제어 방식과 비교하였다. Morimoto 등(5)은 과일 저장고의 상대습도 제어에 Neural Networks와 Genetic Algorithms을 이용하여 효과적인 소속함수와 제어규칙 설정에 있어서 퍼지제어 기술이 매우 효과적이었음을 발표하였다. 또한, Patrik 등(3)은 퍼지논리를 이용하여 산업저장고의 온도·습도 제어 시스템을 구축하였으며, PID제어와 비교 실험에서 정상적인 상태와 불안요소 조건에서 퍼지제어기의 탁월한 효과 및 신뢰성을 보여준다고 발표하였다.

본 연구에서는 대형 곡물 저장빈용 공기조화장치의 온도·습도 제어용 퍼지제어기를 개발하고자 하였다. 이를 위해

Corresponding author : Yeong-Soo Choi, Department of Biosystems and Agricultural Engineering, Chonnam National University, Kwangju 501-840, Korea.
E-mail : y-choi@chonnam.ac.kr

PC를 이용한 퍼지제어기, 댐퍼 제어장치, 공기조화장치의 구동장치 등을 개발하였으며 실험을 통해 그 성능을 평가하고자 하였다. 제어인자로는 공기조화장치 출구내 공기의 온도 및 상대습도를 선택하였다. 공기조화장치 흡입구내에 설치되어 있는 댐퍼를 제어하여 흡입구의 개폐율을 변화시킴으로써 냉각 공기의 온도와 송풍량을 제어하고, 가열기를 이용하여 상대 습도를 제어하였다. 또한 댐퍼의 개폐율 응답성을 향상시키기 위하여 퍼지 소속함수의 크기를 척도 이득(scaling gain) 변화를 통해서 최적화 하였다. 개발된 퍼지 제어기는 비 이외의 다른 농산물의 저온저장 시스템에 직접 적용될 수 있도록 가능한 일반적인 퍼지제어 구조를 갖도록 설계되었다.

재료 및 방법

공기조화장치의 온·습도 제어시스템 구성

일반적으로 곡물의 저온저장을 위해서는 곡물빈 내에 온도가 15℃ 이하이고, 평형상대습도가 70~80%인 공기를 공급해 주어야 한다. 이를 위해 본 연구에서는 공기조화장치의 배출 냉각공기 상태가 온도 8℃, 평형상대습도 75%를 유지할 수 있는 온·습도 퍼지제어기를 설계하였다. 공기조화장치의 배출 공기의 온도를 15℃보다 낮은 8℃로 설정한 이유는 곡물빈의 규모와 덕트 열손실, 고온의 대기 상태 등을 가정하여 곡물빈 내 평형공기의 온도가 15℃가 될 수 있도록 설계하였기 때문이다. 온도 제어는 공기조화장치 흡입구에 설치되어 있는 댐퍼의 개폐율 조절을 통해 유입되는 공기의 양을 조절하고, 이에 따라 대기의 온도에 상관없이 배출구에서의 냉각 공기 온도가 제어되도록 하였다. 예를 들어 대기의 온도가 지나치게 높은 경우에는 공기조화장치의 출구 공기 온도가 적정 온도를 유지할 수 없는 경우가 발생하게 된다. 이 경우 댐퍼를 이용하여 흡입구를 닫아 흡입되는 공기량을 감소시킴으로써 적정 온도의 공기를 얻을 수 있도록 한 것이다. 또한 냉각된 공기는 100%에 가까운 상대습도를 갖게 되므로, 3 kW 용량의 가열기를 이용하여 적정 상대습도 75%가 유지되도록 하였다.

배출 냉각 공기의 온도와 상대습도를 계측하기 위하여 온·습도 센서를 공기조화장치의 배출구(직경: 200 mm)의 중앙에 설치하였으며, 퍼지제어기는 센서로부터 배출 냉각 공기의 온도와 상대습도를 A/D 변환기를 통해 받아들여 퍼지 추론을 통해 적절한 제어신호를 댐퍼, 냉각기와 가열기에 출력하게 된다. 냉각기와 가열기는 디지털 I/O를 통한 on-off 신호를 릴레이를 이용하여 구동시켰으며, 댐퍼 개폐율 조절은 D/A 변환기를 통해 -10 V~10 V로 구동되는 DC 모터를 제어하였다.

본 연구에서 구성된 공기조화장치의 온·습도 퍼지제어시

스템은 공기조화장치, PC를 이용한 퍼지제어기, 온도 및 상대습도 센서, 댐퍼 제어장치, 공기조화장치의 구동장치 등으로 구성되었으며, Fig. 1에 그 구성도를 나타내었다. 또한 Table 1에는 사용된 주요장치들의 특성을 표시하였다.

Table 1. Specifications of components used in temperature and relative humidity control system

Component	Specification	Remark
Computer	CPU 150 Mhz, 32 Mbyte RAM	Controller
Temperature /RH sensor	Temperature accuracy: ±0.4℃ RH accuracy: ±3%	Model: CS500
Rotary potentiometer	10 kΩ	Open rate measurement of inlet duct
DC motor	DC -10 V~10 V	Open rate control
DAQ board	LAB-PC 1200	Data acquisition

RH: relative humidity

공기조화장치

본 시스템에 사용된 공기조화장치는 50 ton 규모의 곡물빈을 대상으로 개발된 것으로 송풍량은 8 m³/min 이상, 외기의 최고 온도가 35℃일 때 냉각공기 온도가 14℃, 상대습도가 50~95%가 되도록 제작하였다. 공기조화장치는 가열과 감열에 필요한 에너지를 공급하는 역할을 수행한다. 공기조화장치는 압축기, 응축기, 팽창밸브, 증발기로 구성되어 있으며, 감열을 위한 장치로는 증발기(evaporator)에서 뺀 열을 응축기로 이동시키는 압축기(compressor)와 증발기에서 뺀 열을 외부로 방출하는 응축기(condenser), 냉매를 증발하기 쉬운 저온의 액체 상태로 팽창시켜주는 팽창밸브(expansion valve), 주위의 열을 빼앗아 공기를 냉각시켜주는 증발기와 가열 장치로는 가열기로 구성되어 있다. 공기조화장치의 주요 사양은 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Specifications of air conditioner

Classification	Feature and performance
Chilling power	Max. 28,000 kcal/h (33 kW)
Temp, RH of chilled air	Temp: 8~13℃, RH: 50 ~95%
Refrigerant	R-22
Compressor	Semi-seal type, power : 5.6 kW
Condenser	Fan : 2 PS, 140 m ³ /min
Evaporator	Coil 5/8" × 5 × 16 × 800
Air filter	20 × 720 × 920 (mm), EK-165
Heater	3 kW, 220 V
Air damper	Diameter: 190 mm
Controlling panel	Auto/Manual, 700 × 700 × 255 (mm)

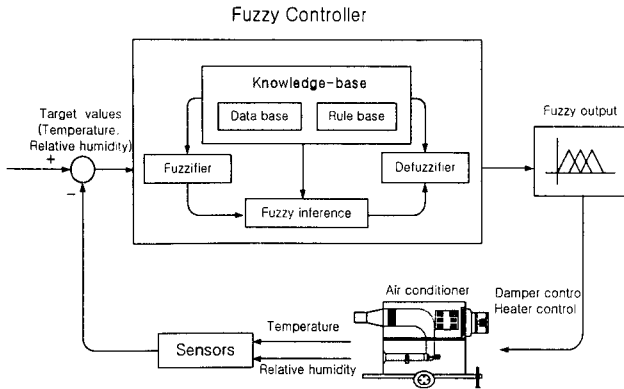


Fig. 1. Block diagram of fuzzy control system.

퍼지제어기

퍼지제어기는 온도제어의 경우, 입력으로 제어오차인 기준입력과 출력과의 차(error)와 함께 그 차의 변화량(error change)을 받아드리도록 하였으며, 상대습도는 제어오차만을 받아드리도록 구성하였다. 기준입력은 온도가 8℃, 상대습도가 75%이며, 출력(제어변수)은 공기조화장치 출구의 공기온도와 그 상대습도이며, 출력을 제어하기 위한 조작변수로는 댐퍼의 개폐를 조절하는 직류 모터의 구동 전압과 가열기 단속 신호이다. 온도 제어를 위해서 제어기가 댐퍼의 개폐 정도를 제어하면, 그에 따라 흡입구로 유입되는 공기량이 조절되고 결국 이 조절된 공기량에 따라 출구에서의 냉각공기의 온도가 제어되게 된다. 상대습도는 제어기가 제어오차에 따라 적절히 가열기의 스위치를 단속시킴으로써 제어되도록 하였다. 온도제어를 위해 입력으로 받아드리는 오차와 오차변화량은 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$e_i = T_i - T_t \quad T_t : \text{target value of temperature}$$

$$e_{i-1} = T_{i-1} - T_t \quad e_i : \text{error of temperature at time } t = i$$

$$\Delta e_i = e_i - e_{i-1} \quad e_{i-1} : \text{error of temperature at time } t = i-1$$

댐퍼의 개폐율은 회전축에 설치한 10 kΩ 가변저항을 이용하여 측정하였다. 댐퍼는 0~90°의 범위에서 작동하도록 설계하였으며, 이외의 범위에서는 퍼지제어기에서 출력값에 상관없이 작동하지 못하도록 하여 과부하로 인한 장비의 고장 및 수명 단축을 예방할 수 있도록 하였다. 양(+)의 퍼지 출력은 댐퍼의 개폐율을 감소시키며, 음(-)의 경우에는 댐퍼의 개폐율을 증가시키도록 구성하였다.

Fig. 2에는 입·출력으로 사용된 퍼지 소속함수를 나타내었으며, 모두 NB(negative big), NM(negative medium), NS(negative small), ZE(zero), PS(positive small), PM(positive medium), PB(positive big)의 7개 영역으로 구분하였다. 또한 Table 3 에는 본 연구에서 사용된 퍼지 규칙을 나타내었다.

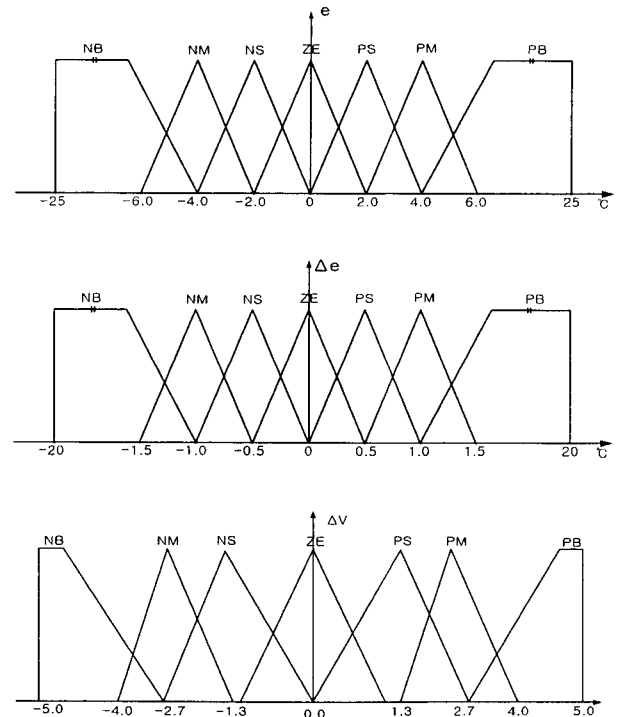


Fig. 2. Two inputs and one output fuzzy membership functions.

Fig. 3은 온도제어를 위한 퍼지제어기의 입력과 출력과의 관계를 3차원 그래프로 나타낸 것이며, 평면으로 나타난 부분은 실제적으로 발생할 확률이 없어 입력과 출력의 모든 퍼지규칙 조합에서 제거된 부분이다. 또한, 본 퍼지제어기에서는 비퍼지화를 위해 무게중심법을 사용하였다.

Table 3. Fuzzy rules for temperature control

Rule No.	If temp error is A and temp error change is B then drive damper C
1	If temp error is NB and temp error change is ZE then drive damper PB
2	If temp error is NB and temp error change is PS then drive damper PM
3	If temp error is NM and temp error change is ZE then drive damper PM
4	If temp error is NS and temp error change is ZE then drive damper PS
5	If temp error is NS and temp error change is PS then drive damper ZE
6	If temp error is NS and temp error change is PB then drive damper NM
7	If temp error is ZE and temp error change is NB then drive damper PB
8	If temp error is ZE and temp error change is NM then drive damper PM
9	If temp error is ZE and temp error change is NS then drive damper PS
10	If temp error is ZE and temp error change is ZE then drive damper ZE
11	If temp error is ZE and temp error change is PS then drive damper NS
12	If temp error is ZE and temp error change is PM then drive damper NM
13	If temp error is ZE and temp error change is PB then drive damper NB
14	If temp error is PS and temp error change is NB then drive damper PM
15	If temp error is PS and temp error change is NS then drive damper ZE
16	If temp error is PS and temp error change is ZE then drive damper NS
17	If temp error is PM and temp error change is ZE then drive damper NM
18	If temp error is PB and temp error change is NS then drive damper NM
19	If temp error is PB and temp error change is ZE then drive damper NB

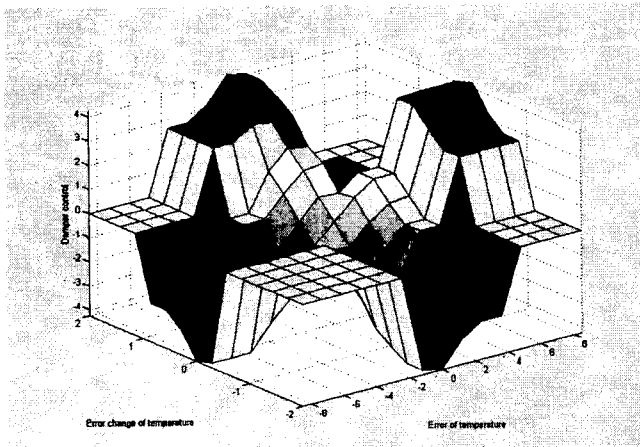


Fig. 3. Output surface of the fuzzy inference system.

퍼지 추론 엔진

본 연구에서는 퍼지추론 엔진을 설계하기 위하여 NI사의 LabView5.0.1을 이용하여 퍼지 추론 엔진을 개발하였다.

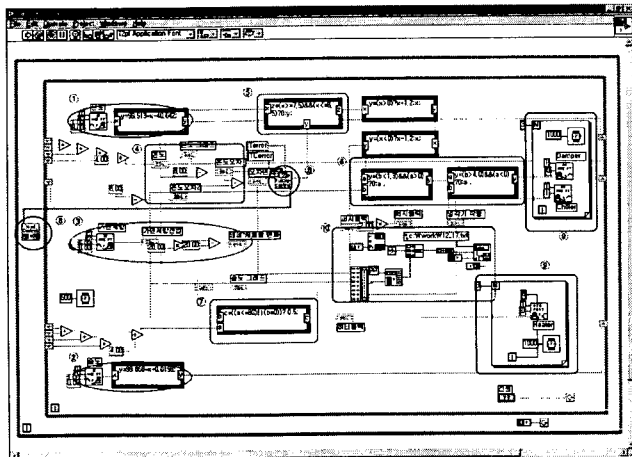


Fig. 4. Block diagram of fuzzy control programmed with LabVIEW.

Fig. 4는 공기조화장치 구동을 위한 데이터의 흐름을 보여 주고 있는 블록 다이어그램으로 크게 10부분으로 구성되어 있으며, 구체적인 내용은 다음과 같다.

- ①, ② 는 센서로부터 계측된 값(전압)을 온도와 상대습도로 변환하여 주는 부분이다.
- ③ 은, D/A 변환기의 입력 채널을 통해서 받아들인 가변 저항값을 이용하여 댐퍼의 개폐율을 계산하는 부분이다.
- ④ 는 온도의 오차와 오차변화량을 계산하여 입력요소로 설정하는 부분이다.
- ⑤ 는 온도의 불감대(dead band)를 설정하여주는 부분으로 계측된 온도가 불감대 범위에 포함될 때 출력값을 '0(zero)'로 재설정하여 주는 부분이다.
- ⑥ 은 댐퍼가 임계위치를 벗어나지 않도록 댐퍼 구동모터

를 제어하는 부분이다.

⑦ 은 상대습도 제어 부분이다.

⑧ 은 NI사에서 제공하는 Fuzzy Tool Set를 이용하여 작성된 퍼지제어 프로그램을 구동시키는 부분이다. 이 부분을 통해서 퍼지규칙 적용, 퍼지추론, 비퍼지화를 통해서 댐퍼용 모터 구동을 위한 퍼지값을 출력하게 된다.

⑨ 는 제어기의 신호에 따라 댐퍼 구동모터와 가열기를 구동시키는 부분이다. 냉각기는 프로그램 시작 후 사용자가 별도로 구동할 수 있도록 하였다.

⑩ 은 데이터 분석을 위해 필요한 데이터를 배열구조를 이용하여 시간, 온도, 상대습도, 댐퍼 개폐율, 퍼지 출력, 히터 가동 상태, 댐퍼 구동모터 상태 등을 텍스트 파일로 저장하는 부분이다.

결과 및 고찰

센서 측도 설정

온도와 상대습도의 측도 설정을 위하여 온도 5~34℃, 상대습도 18~100%의 범위에서 각각에 따른 센서의 출력 전압을 A/D 변환기를 이용하여 측정하였다. Table 4에는 그 결과를 센서의 출력 전압과 온도 및 상대습도와의 회귀식으로 나타낸 것이며, 모두 높은 상관관계를 나타내었다.

Table 4. Calibration of temperature and relative humidity

Regression equation	r ²
Temperature(℃) = 99.91 × Volt - 40.04	0.999
Relative humidity = 99.87 × Volt + 0.02	0.998

흡입 공기량을 조절하기 위해 설치된 댐퍼는 흡입 공기량을 다르게 하여 냉각기의 냉각 능력에 따라 보다 신속하고 정확하게 설정 온도에 도달할 수 있도록 하기 위함이다. 설정 온도와 배출 냉각 공기의 온도의 오차가 크다면 댐퍼의 개폐율을 작게 하여 보다 빠르게 흡입 공기를 냉각시킬 수 있으며, 목표하는 냉각공기를 얻을 수 있다면 흡입 공기량은 많을수록 저온저장에 유리하게 된다. 댐퍼의 개폐율에 따른 배출구에서 배출되는 냉각 공기량은 Table 5에 나타내었다.

Table 5. Air flow rate related to open rate of inlet duct

Open rate (%)	0(closed)	20	40	60	60	100(open)
Air velocity (m/sec)	3.74	7.14	12.60	14.00	14.40	14.80
Air flow rate (m ³ /min)	11.00	13.45	23.75	26.39	27.14	27.90

퍼지제어기의 성능 평가 실험

본 연구에서는 공기조화장치 출구에서 배출되는 공기는 8℃와 75%를 제어 목표로 설정하였다. 상대습도는 냉각기

가 가동 중에는 공기조화장치에 흡입되는 공기의 상대습도와는 관계없이 90% 이상의 상대습도를 갖는 공기를 배출하게 된다. 본 시스템에서는 냉각기가 작동되고 있는 동안에는 가열기의 단속에 의해서 상대습도를 제어하도록 하였다. 이 때 퍼지제어기에서는 상대습도를 제어요인으로 고려하지 않고 공기 온도만을 고려하게 하였는데 그 이유는 냉각하는 동안 상대습도 제어를 위한 가열기의 구동은 단지 공기 온도 상승을 유발하는 외란으로 간주하였기 때문이다. 모든 성능 평가 실험에서의 데이터 수집은 1초 간격으로 실시하였으며 실험 시간은 약 16분이었다.

불감대에 따른 응답 특성

설정 온도의 불감대(dead band)에 따른 응답 특성을 분석하기 위하여 설정 온도 8℃를 기준으로 ±(2, 3, 4℃)의 불감대를 설정하여 응답 실험을 실시하였다. 모든 수준에서 대기 온도는 21~25℃, 초기 댐퍼 개폐율은 90%에서 실험을 시작하여 가능한 충분한 송풍량이 확보될 수 있도록 하였다. Fig. 5는 불감대에 따른 응답 특성을 나타내었으며, 모든 경우에 설정 온도에 도달하였으며 정상상태에서 목표 온도와의 오차는 각각 ±0.8℃ ±1.4℃ ±1.6℃를 보여 불감대가 클수록 정상상태에서 온도의 변화가 커지는 것을 알 수 있었다. 지나치게 협소한 불감대 설정은 과도한 댐퍼의 작동을 초래할 수 있기 때문에 어느 수준에서 안정적인 설정 온도를 유지할 수 있는가를 파악하기 위하여 실험을 실시하였다.

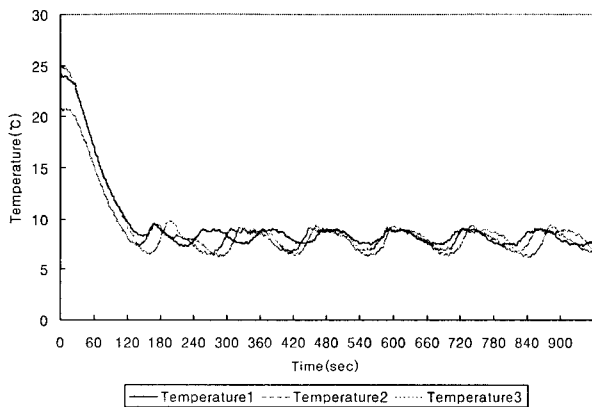


Fig. 5. Effect of dead band on temperature control.

퍼지 소속함수의 크기에 따른 응답 특성

퍼지제어기의 성능은 퍼지함수의 설정에 따라 절대적인 영향을 받게된다. 특히 동일한 형태의 퍼지 소속함수의 경우에는 소속함수의 크기에 따라서 작동기(actuator)의 반응 속도에 영향을 주어 시스템의 응답 특성에 영향을 미친다. 퍼지 소속함수의 튜닝(tuning)은 척도 이득(scaling gain)을 변화시켜 감으로써 적절한 퍼지 소속함수의 크기를 결정하는 방법이다. 본 연구에서는 입력 퍼지함수의 크기를 조정하고 그에

따른 응답을 측정하였다. 입력 소속함수 크기는 Fig. 4를 기준으로 1/2배, 1배, 2배의 3수준으로 실험하였으며 Fig. 6에는 출력 퍼지 소속함수의 크기에 따른 응답 특성을 나타내었다.

소속함수의 크기가 커질수록 정상상태에서 댐퍼의 개폐율의 변화가 심한 것으로 나타났으나 모든 수준에서도 목표 온도에는 도달하였으며 도달시간은 크기가 작은 소속함수로부터 각각 145초, 157초, 183초로 나타나 소속함수의 크기가 작을수록 빨리 목표 온도에 도달하는 것이 확인되었다. 또한 모든 소속함수 크기에서 댐퍼의 개폐율이 20~35%의 범위에서 안정화되었으며 곡물 저장고내의 곡물 건조에 필요한 풍량을 충분히 공급할 수 있음을 알 수 있었다.

상대습도 제어 응답 특성

공기조화장치를 통해 냉각된 공기는 100%에 이르는 상대습도를 나타내며 흡입되는 공기의 상대습도에 따라 100%의 상대습도에 도달하는 시간의 차이는 있지만 모든 경우에 배출되는 공기는 수증기로 포화된 상태로 간주할 수 있다. 본 연구에서 공기조화장치를 통

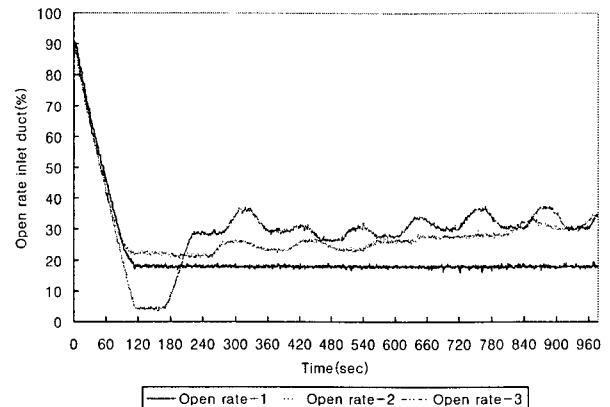


Fig. 6. Effect of fuzzy membership function scale.

해 배출되는 공기의 상대습도를 80%로 설정하였으므로 단순히 상대습도가 80% 이상일 때 3kW 가열기가 작동되도록 하여 on-off 제어에 의한 상대습도 제어 효과를 측정하였다. 이 때 댐퍼의 개폐율은 일정하게 유지되도록 하였으며 그 결과를 Fig. 7에 나타내었다. 가열기의 작동으로 인해 배출되는 공기의 상대습도는 약 50~100% 범위에서 제어됨을 보였으며, 가열기가 작동한 후에도 약 38초 동안 상대습도가 증가하였고, 가열기가 단속된 후에도 약 19초간 상대습도가 감소하는 것으로 나타났다. 이는 가열기가 작동한 후 완전히 가열되기까지는 상대습도가 상승하며, 단속 후에는 가열기가 완전히 방열 될 때까지는 가열기의 잔열에 의하여 계속해서 어느 정도까지 상대습도가 감소함을 알 수 있었다. 또한 이 때의 냉각 공기 온도도 가열기에 의해 약간의 영향을 받는 것으로 나타났다.

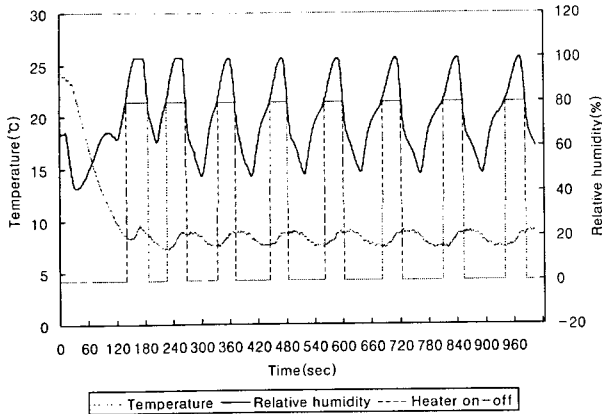


Fig. 7. Humidity and temperature change by heater on-off control.

냉각공기의 상대습도 80%에서 가열기의 단속에 의한 제어는 가열기의 가열과 방열에 시간이 소요되어 효과적인 상대습도 제어 효과를 얻을 수 없음을 확인하였으며, 보다 효과적인 제어 효과를 위해 가열기의 on-off 시점을 서로 다르게 하여 실험을 실시하였다. 즉, 냉각에 의해 공기의 상대습도가 상승하고 있는 경우에는 상대습도가 목표치인 80% 이전에 가열기를 작동시키고, 상대습도가 감소하는 경향에서는 가열기를 작동시키지 않는다. Fig. 8에는 이와 같은 제어 논리를 적용한 경우의 상대습도 변화를 나타내었다. 그림은 상대습도 상승 중에 냉각 공기의 상대습도가 각각 50%, 60%, 70%에 도달하였을 때 가열기가 작동되도록 한 결과를 보여주고 있다. 이는 상대습도 상승 시에는 가열기를 목표 상대습도에 도달하기 이전에 작동시켜 과도한 상대습도 상승을 억제하도록 하고, 상대습도가 감소하기 시작하면 가열기 작동을 중단시켜 과도한 감소를 방지하도록 한 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 3가지 수준에서 상대습도의 분포는 50~80%의 범위에서 안정되는 것으로 나타나 에너지 효율 증대를 위해 상대습도 상승 시 70%의 상대습도에서 가열기를 작동시키는 것이 유리한 것으로 판단되었다.

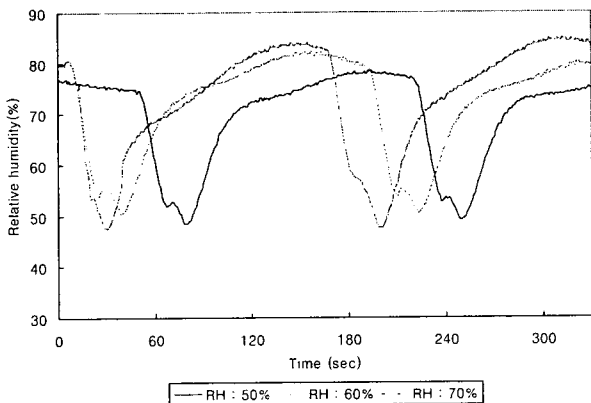


Fig. 8. Effect of setting value of RH to turn the heater for RH control.

요약 및 결론

곡물의 저온저장을 위한 대형 곡물빈용 공기조화장치의 퍼지제어기를 개발하였으며, 실험을 통해 그 성능을 평가하였다. 구체적인 연구 결과는 다음과 같다.

1. 곡물빈용 공기조화장치의 퍼지제어기 개발을 위하여 PC를 이용한 퍼지제어기를 개발하고, 댐퍼 제어장치, 원격 공기조화장치 구동회로 등의 보조 장치를 구성하였다.
2. 공기조화장치의 배출 공기는 댐퍼를 이용한 공기 흡입구의 개폐를 제어해 통해 최대한의 송풍량과 목표 온도인 8°C의 냉각공기를 제어할 수 있었다. 설정온도의 불감대를 7~10°C로 설정하였을 때 가장 안정적인 온도의 냉각 공기를 유지할 수 있었으며, 불감대가 클수록 정상 상태에서의 배출 공기의 온도 변화와 댐퍼에 의한 흡입구 개폐율 변화가 크게 나타났다.
3. 입력 퍼지 소속함수의 크기가 커질수록 댐퍼의 변화율이 높아 정정시간은 단축되었지만 정상상태 오차는 크게 나타났다. 그러나 정상상태에서의 댐퍼 개폐율을 25~30%의 범위로 동일하게 유지되어 18.6 m³/min의 송풍량을 유지할 수 있었다.
4. 공기조화장치에서 배출되는 공기의 상대습도는 가열기를 작동시켜 조절하였으며, 이 가열기에 의해 발생하는 온도 상승은 온도 제어에서 단지 외란으로 간주하였다. 가열기의 발열 특성을 고려하여 상대습도를 제어한 결과 배출공기의 상대습도는 50~80% 범위에서 유지되었다.

감사의 글

본 연구는 전남대 학술연구비 지원에 의하여 수행되었으며, 지원에 감사 드립니다.

참고문헌

1. 고학균, 조성인, 양길모 (1999) 퍼지논리를 이용한 저온 저장고의 온도제어시스템 개발. 한국농업기계학회지, 25 399-406
2. 최병준, 한상완, 홍석교 (1997) 퍼지 로직 제어기를 이용한 냉장고 온도 제어 방법. 한국자동제어학술회의논문집, 12, 28-31
3. Patrick P.K.Lim and Natalie R. Spooner (1995) Climatic control of a storage chamber using fuzzy logic. IEEE,

141-144
4. Gates, R.S., Chao, K. and Sigrimis, N. (2001) Identifying design parameters for fuzzy control of staged ventilation control systems. Computers and electronics in agriculture, 31, 61-74

5. Morimoto, T., Suzuki, J. and Hashimoto, Y. (1997) Optimization of a Fuzzy Controller for Fruit Storage Using Neural Networks and Genetic Algorithms. Engineering applications of artificial intelligence, 10, 453-456

(접수 2002년 1월 8일)