

상온저장 시설의 환경 제어 시스템 개발

임종환 · 현명택 · 최동호* · 이호원** · 김민찬** · 김 신*** · 고정삼****

제주대학교 기계공학과, *건축공학과, **화학공학과, ***에너지공학과, ****농화학과

Development of an Environmental Control System for Agricultural Storage Facility

Jong-Hwan Lim, Myung-Taek Hyun, Dong-Ho Choi*, Ho-Won Lee**,
Min-Chan Kim**, Sin Kim***, Jeong-Sam Koh****

Department of Mechanical Engineering, *Department of Architectural Engineering,
Department of Chemical Engineering, *Department of Energy Engineering,
****Department of Agricultural Chemistry, Cheju National University

Abstract

Temperature, relative humidity and ventilation are closely related one another, and they are the main factors to be controlled for the environmental control system of a storage facility. Conventional environmental control systems do not consider the interrelationship between temperature, relative humidity and ventilation, which results in low performance and high energy consumption. To overcome the inefficiency of the conventional ones, it was developed an on-off control system based on the interrelationship between the factors. The usefulness of the system was illustrated with the results produced by a set of experiments in a real world.

Key words : environmental control system, temperature, relative humidity, ventilation

서 론

농과 관련되어 농민들의 수익과 직결되기 때문에 농업생산기술 개발 못지 않게 중요한 의미를 갖는다.

저장고의 저장능력에 영향을 미치는 중요한 요인들은 온도와 습도이며, 이들은 환기와도 서로 밀접한 관계를 갖는다. 적절한 온도와 습도의 유지는 미생물의 번식과 관련되기 때문에 저장기간을 연장시키는 직접적인 요인이 되며, 저장농산물의 호흡작용에 의해 수반되는 호흡열과 CO_2 가스 등의 배기 또한 저장물의 신선도를 유지하는데 큰 영향을 미친다. 따라서

WHO 체계의 출범과 더불어 농산물의 국제화, 개방화에 대처하기 위해서는 기존의 농업생산 기술, 유통구조의 개선뿐만 아니라 저장기술의 개발도 시급하다[1]. 농산물 저장기술 개발은 시장의 물량조절 기

Corresponding author : Jong-Hwan Lim, Dept. Mechanical Engineering, Cheju National University, 1, Ara-Dong, Cheju 690-756, Korea

최적의 저장환경 조건을 유지하기 위해서는 온도, 습도 및 환기의 제어가 필요하며, 각각에 대한 별도의 제어보다는 각 인자들의 유기적인 관계를 충분히 고려한 제어시스템을 구축하는 것이 저장시설의 기능을 극대화시키는 길이다.

상온저장 시설에서의 환경 제어란, 농산물의 종류에 따라 저장고 내의 온도 및 습도를 적정값으로 유지시키는 행위를 일컫는다. 최근 농산물을 장기간 저장할 수 있는 저온저장 시설이 농가에 활발히 보급되고 있으나, 이 시설은 많은 장점에도 불구하고 고액의 시설비와 유지비 때문에 일반 농가에서는 소유하기 어려운 실정이다. 아직도 생산농산물의 80% 이상은 상온저장 시설에 보관하였다 출하되고 있어서 저장시설의 시장조정 기능을 거의 상실하고 있다. 따라서 상온저장 시설에 저렴하면서도 효과적인 온도와 습도 제어시스템 도입은 다소간의 저장기간을 연장시킬 수 있기 때문에 그 의의는 크다.

일반적으로 이와 같은 환경제어는 산업용 제어에 비해 높은 정밀도가 요구되지 않으나 경제성은 좋아야 한다. 또한, 사용자가 주로 농민이므로 구조와 조작이 간단해야 하며, 상호간 유기적인 관계가 있는 여러 환경변수, 즉 온도, 습도 및 환기량 등을 동시에 제어해야 하는 특징이 있다.

환경제어 시스템은 주로 온실작물 재배용으로 연구되어 왔으며, 대부분 구조가 간단하고 저렴한 on-off제어 형태로 되어 있다. 이것은 고정밀도의 제어가 요구되지 않기 때문이기도 하지만 경제성이 보다 근본적인 이유이다. 예를 들어 온도제어를 보다 정밀하게 하기 위해서 비례 제어시스템을 사용할 수는 있으나, 이 경우 전열기와 같이 발열량을 자유롭게 조절할 수 있는 형태의 작동기가 필요하다. 그러나 전열기보다는 기름을 쓰는 보일러가 경제적인 측면에서 훨씬 이득이 되며, 보일러는 그 원리상 on-off 형태이기 때문에 비례 제어시스템의 작동기로는 부적당하다.

본 연구에서는 상온저장고 내의 간단한 설비 보완에 의해 저장농산물의 품질을 유지하고 저장기간을 연장시킬 수 있는 환경제어시스템을 개발하기 위하

여 가상의 조건에 대해 실험하였다. 기존의 온실환경 제어시스템은 여러 환경변수들을 각각 독립적으로 제어하는 형태이다. 그러나 실제 환경변수들은 서로 밀접한 상관관계가 있다. 예를 들어 가열을 하면 상대적으로 습도가 떨어지고 가습을 하면 온도가 떨어진다. 기존 시스템들은 이와 같은 점을 간과했기 때문에 제어 성능뿐만 아니라 작동기의 효율(경제성)마저 떨어지는 단점이 있었다[2-4]. 온도, 습도 및 환기의 각 제어인자를 유기적으로 제어하는 시스템을 구축하였고, 이를 인자들을 각각 독립적으로 제어할 때 와의 경제성을 비교하였다. 이 시스템은 농산물의 종류에 따라 최적으로 설정된 온·습도를 유지하기 위하여 센서에 감지된 온도와 습도에 따라 히터, 펌프, 그리고 환풍기를 유기적으로 작동시켜, 기존의 상온저장고의 기능을 개선시키고자 하였다.

재료 및 방법

온도 검출

온도 센서에는 많은 종류가 있으나 널리 쓰이고 있는 것은 서미스터, 열전쌍, 백금 측온체, IC화 센서로 들 수 있다. 이것들을 살펴보면 서미스터는 고감도에다 전기적으로 처리하기가 쉬운 장점이 있으나 호환성과 비직선적이라는 문제가 있다. 열전쌍은 구조가 간단하고 측정 온도범위가 넓긴 하지만 출력이 작아 노이즈의 영향을 많이 받을 뿐만 아니라 본 시스템은 넓은 범위의 측정은 필요 없으므로 고려하지 않기로 하였다.

한편 백금 측온체는 기계적 강도가 약하고 소형화가 곤란하므로 직선 출력과 호환성이 좋긴 해도 이 시스템에는 맞지 않는다. 결국 온도에 비례한 전압을 출력으로 하고 내구성 및 신뢰성이 좋은 IC화 온도 센서 중 LM35를 사용하였다[5]. IC화 온도센서는 온도 범위가 좁다는 단점이 있으나 시스템이 요구하는 범위에 있으므로 상관없다. Fig. 1은 LM35를 이용하여 온도 신호를 검출하는 회로이다.

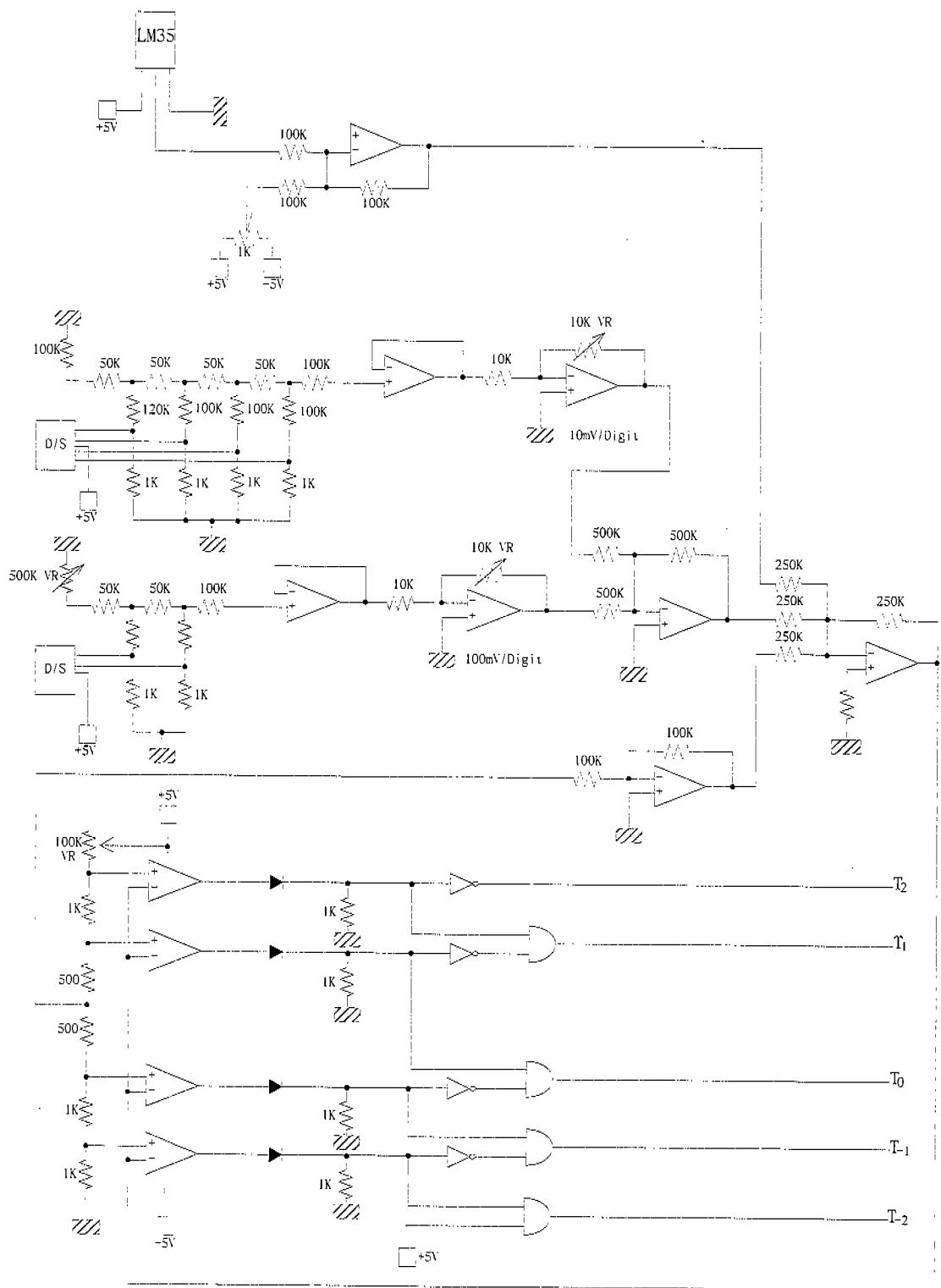


Fig. 1. Temperature measurement circuit.

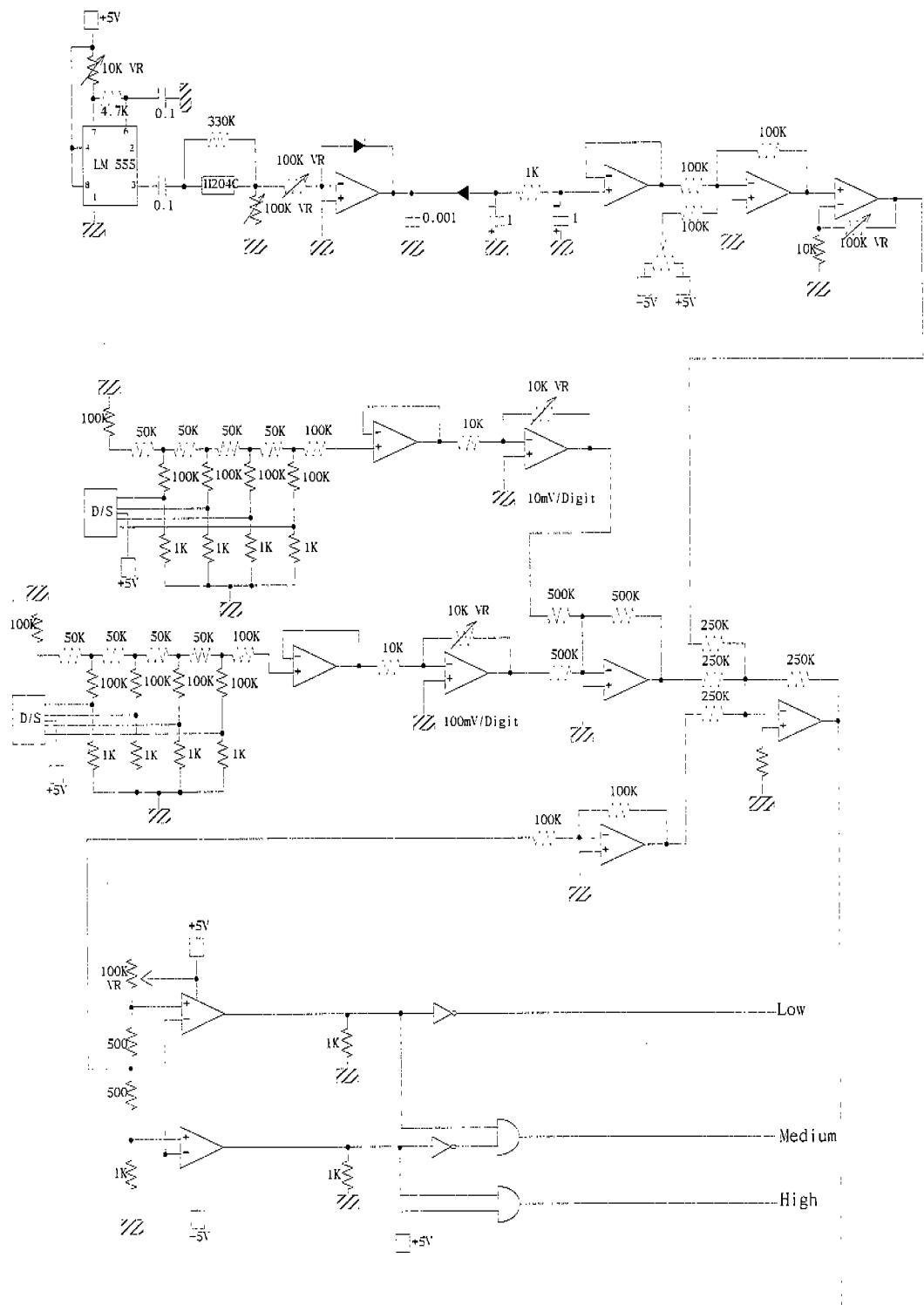


Fig. 2. Relative humidity measurement circuit.

습도 검출

습도 측정은 종발에 의한 습구의 온도 강하에서 상대습도를 구하는 건습구식, 적외선이나 마이크로파 등의 감쇠로부터 공기 중의 수분량을 구하는 전자파식, 전해질계, 고분자계, 금속 산화물의 센서인 임피던스 변화식 센서 등이 있는데 이 중에서 임피던스 변화식 센서가 가장 편리하다. 특히 세라믹 습도 센서는 습도 응답성, 내열성, 내부식성이 뛰어나다. 이것은 원리적으로 금속 산화물 세라믹의 가는 구멍에 부착한 수분에 의한 전기 저항 값의 변화를 측정하는 것이다. 여기서는 공기 조절기 등의 습도 제어 시스템용으로 안정성 및 고신뢰성과 고감도를 갖는 H204C를 사용하였다[5]. Fig. 2는 H204C로 습도 신호를 검출하는 회로이다.

모형 저장고

환경제어 실험에 사용한 모형 저장고는 Fig. 3과 같은 구조이며, 크기는 폭 1m, 높이 1.2m, 길이 2.1m이다. 모형 저장고 내부에는 그림과 같이 히터와 가습을 위한 노즐을 설치하였으며 펌프는 저장고 외부에 설치하였다. 또한 팬은 저장고 상부 중앙에 설치하였고 온·습도 측정용 센서는 저장고 내부 중앙에 설치하였다.

히터는 열선을 이용하여 제작하였다. 열선은 굽기가 1.5mm이고 감긴 길이가 1,150mm이며 히터 1개당 발열량은 약 2.5kW이며, 펌프는 농·공업용 및 배수용에 쓰이는 원심펌프를 사용하였다. 펌프의 토출 측에 연결된 호스의 끝에는 노즐을 부착해 물이 미세한 입자로 분사되게 하였다. 이 펌프의 양수량은 90l/min(전양정 4m일 때)으로 모형 저장고에 비해 매우 큰 값이고 노즐 분사 방향에 따라 센서가 젖을 염려가 있으므로 노즐의 방향은 아래를 향하게 하였다. 또한, 제습 및 환기를 위한 팬은 회전수가 2700rpm, 분당 최대 유량은 0.80(m^3/min)이었다.

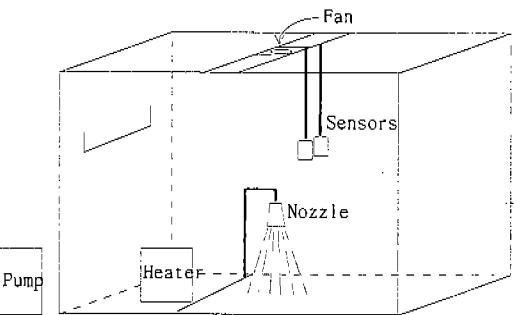


Fig. 3. Model house.

환경 제어 알고리즘

본 제어시스템은 온·습도 계측 결과에 따라 적절한 작동기를 구동하여 온도 및 습도의 적정값을 유지시켰다. 작동기는 가온을 위한 히터, 가습을 위한 펌프, 냉각과 제습의 역할을 하는 팬으로 구성되어 있으며, 정밀한 제어를 위해서는 몇 가지 장치들이 더 필요하긴 하지만 이 시스템은 가장 기본적인 장치만으로 경제적 및 기술적인 어려움 없이 온·습도 자동제어하기 위해 이 세 가지 작동기만을 고려하였다.

온도는 Fig. 4와 같이 T_2 , T_1 , T_0 , T_1 , T_2 의 5단계로 구분된다. T_2 는 현재 온도가 설정온도보다 $1.5^\circ C$ 이하인 단계이며, T_2 는 $1.5^\circ C$ 이상인 상태이다. 또한 T_0 는 설정 온도와의 차가 $0.5^\circ C$ 이하로 양호한 상태이며, T_1 과 T_1 은 약간 높거나 낮은 비교적 양호한 상태를 의미한다. 습도는 L, M 및 H의 3단계로 나눴는데, L은 현재 습도가 설정 습도보다 5% 이상 낮은 상태, M은 설정 습도와 현재 습도의 차가 5% 이내인 상태이며, H는 설정 습도보다 5% 이상 높은 상태를 나타낸다. 그러므로 T_2 나 T_2 에선 온도를, T_1 , T_0 , T_1 에선 습도를 우선 순위에 두고 장치들을 구동시킨다.

Table 5는 기준 상태(모든 작동기가 정상적으로 작동하는 경우)에서의 제어 알고리즘을 나타낸 것이다. 이 알고리즘은 가온을 하면 온도가 상승하는 반면에 습도가 떨어지고 가습을 하면 습도는 상승하지만 온도가 떨어진다는 사실에 근거하고 있다. 또한

환풍을 할 경우, 여름철에는 일반적으로 외기온도 및 습도가 저장고내보다 높으므로 온·습도가 상승할 것이고 겨울철은 그 반대의 효과가 나타 날 것이라는 온도, 습도 및 환기 상호간의 유기적인 관계를 고려하였다. 예를 들어 온도가 T_2 이고 습도가 M일 때, 온·습도를 독립적으로 제어하는 경우에는 히터만 가동될 것이다. 가열이 됨에 따라 온도는 상승하지만 습도가 떨어져 L상태가 될 것이고 이때부터 가습기가 작동하게 될 것이다. 따라서 가열에서부터 가습까

지는 어느 정도의 시간 경과가 필요하게 된다. 그러나 Table 1의 알고리즘에 의하면 이런 경우에는 미리 습도가 떨어질 것을 예측하고 히터와 가습기를 동시에 구동하게 되므로 빠른 시간 내에 제어가 가능해진다.

이 시스템은 또한 작동기 중 고장난 것이 있을 때에는 작동자가 그것을 고칠 때까지 나머지 장치만으로도 저장고 내의 환경을 제어할 수 있도록 설계되어 있다. 예를 들어, 기준 상태에서 온도와 습도가

Table 1. The control algorithm

Temperature Difference					Relative Humidity			Output		
-2	-1	0	1	2	Low	Medium	High	Heater	Pump	Fan
○					○			○	○	
	○					○		○	○	
		○					○	○	○	
			○					○		
				○					○	
										○
										○
										○

Table 2. The control algorithm when the fan is out of order

Temperature Difference					Relative Humidity			Output		
-2	-1	0	1	2	Low	Medium	High	Heater	Pump	Fan
○					○			○	○	
	○					○		○	○	
		○					○	○	○	
			○					○		
				○					○	
										○
										○
										○

Table 3. The control algorithm when the pump is out of order

Temperature Difference					Relative Humidity			Output		
-2	-1	0	1	2	Low	Medium	High	Heater	Pump	Fan
○					○			○		
						○		○		
							○	○		
○					○					
		○			○					
			○		○					
				○	○					
						○				
				○		○				
							○			
								○		
									○	
										○
										○

낮다면 우선 순위인 온도를 높이기 위해 히터를, 가습을 위해 펌프를 동시에 구동시킬 것이다. 그러나 만약 히터가 고장난 상태라면 그 상황은 달라진다. 펌프의 구동은 가습과 동시에 냉각의 효과도 있으므로 펌프를 구동시킨다면 저장고 내의 농산물을 냉해의 피해를 입게 될 것이다. 따라서 이때는 아무것도 구동시키지 않는다.

Table 2는 팬이 고장난 경우의 제어 동작표를 나타낸 것이다. 예를 들어, 온도가 T_2 , 습도가 M일 때 기준상태에서는 Table 1에 의해 히터와 펌프를 구동시키지만 이 경우는 히터만 구동시킨다. 즉, 온도가 매우 낮아 히터를 구동시켜야 하는데 히터만을 구동시키면 상대적으로 습도가 줄어들 염려가 있으므로 기준상태일 때에는 펌프까지 구동시켜 온도는 높이고 습도는 그 상태를 유지시킴으로써 온도 T_1 , 습도 M인 상태를 기대할 수 있다. 하지만 습도가 3단계로만 나뉘어져 온도만큼 정밀하지 못한 것을 고려한다면 온도 T_1 또는 T_0 , 습도 H가 될 가능성도 있다. 습도가 H의 상태로 되었을 경우 팬이 고장나면 제습효과를 기대할 수 있는 동작기가 없으므로 펌프를 구동시키는 것은 위험하다. 이때에는 히터만을 구동시켜 온도를 높이다가 습도가 L로 떨어졌을 때 펌프를 구동시키는 것이 알맞은 방법이다.

Table 3은 펌프가 고장난 경우의 제어 동작표이다. 온도가 T_1 , 습도가 H일 때 기준 상태에서는 히터와 펌프를 구동시키지만 이 경우에는 아무 것도 구동시키지 않는다. 기준상태라면 습도가 낮으므로 펌프를 구동시키는 동시에 펌프의 작동으로 인한 냉각을 방지하기 위해 히터를 구동시켜 온도 T_0 , 습도 M인 상태로 변화시킨다. 그러나 온도 T_1 은 양호한 상태이므로 히터를 구동시킬 필요도 없고 구동시킨다 해도 펌프가 고장이 나서 가습시킬 수 없으므로 히터의 구동으로 인한 수분의 감소를 방지할 수 없게 되어 어떤 장치를 구동한다는 것은 더욱 위험한 상태로 몰고 갈 수 있으므로 그대로 둔다.

히터가 고장난 경우의 제어 동작표를 Table 4에 나타내었다. 온도가 T_2 , 습도가 H일 때 기준 상태에서는 펌프와 팬을 구동시키지만 이 경우에는 팬만 구동시킨다. 이 상황은 온도가 심하게 높으므로 펌프와 팬을 모두 구동시켜 우선 온도를 낮춘다. 이때 팬은 냉각과 동시에 제습효과도 있지만 펌프가 구동되는 이상 습도는 높은 상태일 것이다. 그래서 온도가 T_1 으로 내려가면 온도 T_1 , 습도 H인 상태가 될 것이다. 그러면 펌프를 끄고 팬만 계속 작동시켜 냉각과 제습의 역할을 계속하게 할 것이다. 그런데 히터가 고장났다면 일단 떨어진 온도를 다시 상승시킬 수단

Table 4. The control algorithm when the heater is out of order

Temperature Difference					Relative Humidity			Output		
-2	-1	0	1	2	Low	Medium	High	Heater	Pump	Fan
○					○					
						○				
					○					
						○				
					○					
						○				
							○			
								○		
									○	
										○
										○
										○

이 없으므로 습도와 온도를 천천히 내리기 위해 팬만 구동시키는 것이 가장 적합한 방법일 것이다.

이상과 같이 총 60가지 상황에 대해 결정된 시스템의 동작을 논리식으로 표현하면 다음과 같다.

의 본 환경 제어기의 성능 실험결과이다. 정상상태 (약 6분 후)에서 온도 최대 오차는 2°C이며 습도 최

대 오차는 5%였다. 온도에 중점을 두었으므로 습도 보다는 온도의 결과가 훨씬 좋음을 알 수 있었다.

$$\text{Heater} = h(T_{-2} + T_{-1}(L \cdot p + H) + T_0 \cdot p \cdot \bar{f} \cdot H)$$

$$\text{Pump} = p(h(L + T_2 + f \cdot M \cdot (T_{-2} + T_1)) + \bar{h}(T_1 \cdot L + T_2(\bar{f} + f \cdot \bar{H})) \quad (1)$$

$$\text{Fan} = f(T_0 \cdot M(h + \bar{h} \cdot p) + T_1(p(\bar{h} \cdot M + H) + \bar{p}(h \cdot \bar{L} + \bar{h})) + T_2)$$

여기서 h , p 및 f 는 각각 히터, 펌프 및 팬이 정상 작동을 하는 경우이며, \bar{h} , \bar{p} 및 \bar{f} 는 각각 고장 난 상태를 의미한다. Fig. 4는 (1) 식의 논리를 구현하는 제어회로를 나타낸다.

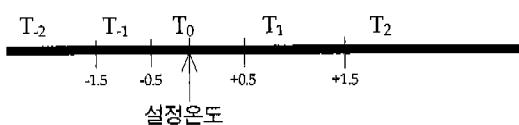


Fig. 4. Control circuit.

결과 및 고찰

Fig. 6은 설정 온도는 30°C, 설정 습도는 75%에서

Fig. 7과 Fig. 8의 결과는 바깥 온도에 비해 설정 온도가 매우 높을 때나 매우 낮을 때의 상황을 실험해 본 것이다. 즉, 추운 겨울이나 더운 여름의 경우로서 외부와 내부의 온도차가 매우 크기 때문에 열 손실 또는 열 유입이 많아 제어성능이 떨어지는 경우이다. Fig. 7은 외기 온도가 저장고 내의 적정온도 보다 15~20°C정도 낮은 겨울의 경우를 모사한 것이다. 설정 온도는 40°C, 설정 습도는 70%이다. 설정온도가 실제 저장고의 온도보다 상당히 높게 설정된 것은 실제 실험이 외기 온도가 20°C 정도인 여름철에 수행되었기 때문이다. 정상상태 도달 시간이 15분이고 이후 최대 오차는 온도 3°C, 습도 7%로서 Fig. 6의 경우보다는 다소 미흡하지만 대체로 만족할 만 한 결과라고 사료된다.

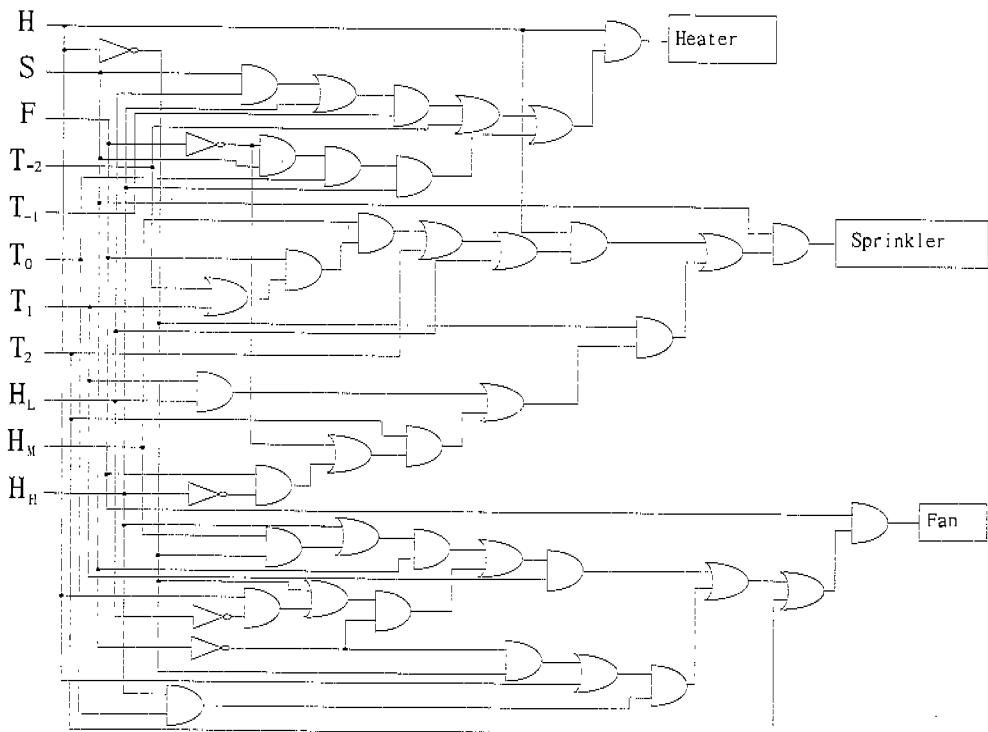


Fig. 5. Level of the temperature.

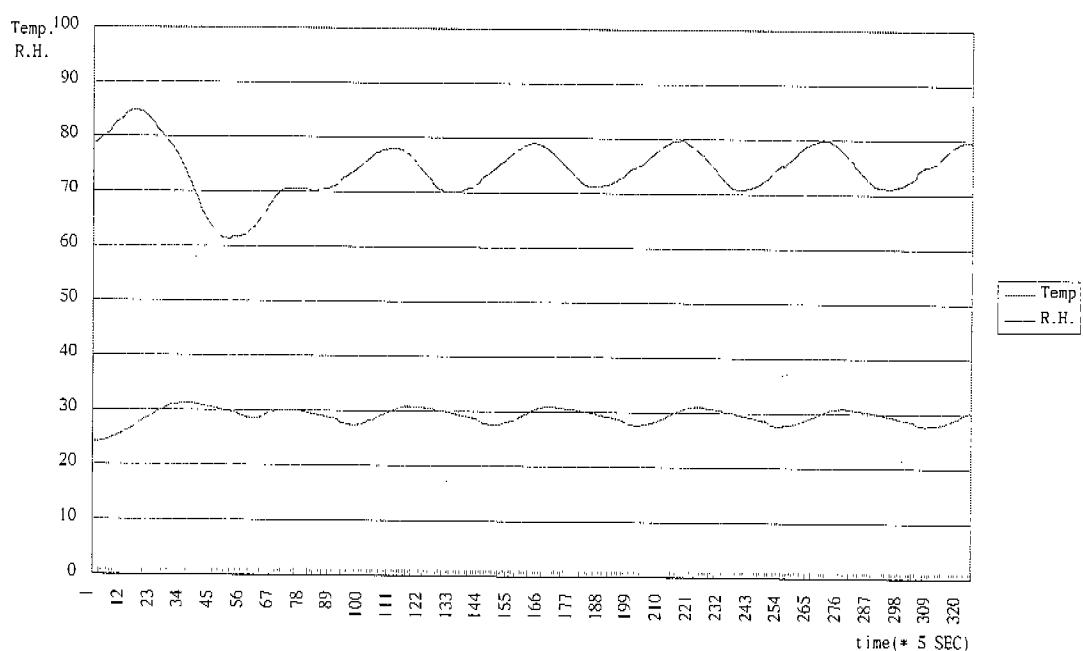


Fig. 6. Experimental results of the control system. (Reference Temp. : 30°C, Reference R.H. : 75%)

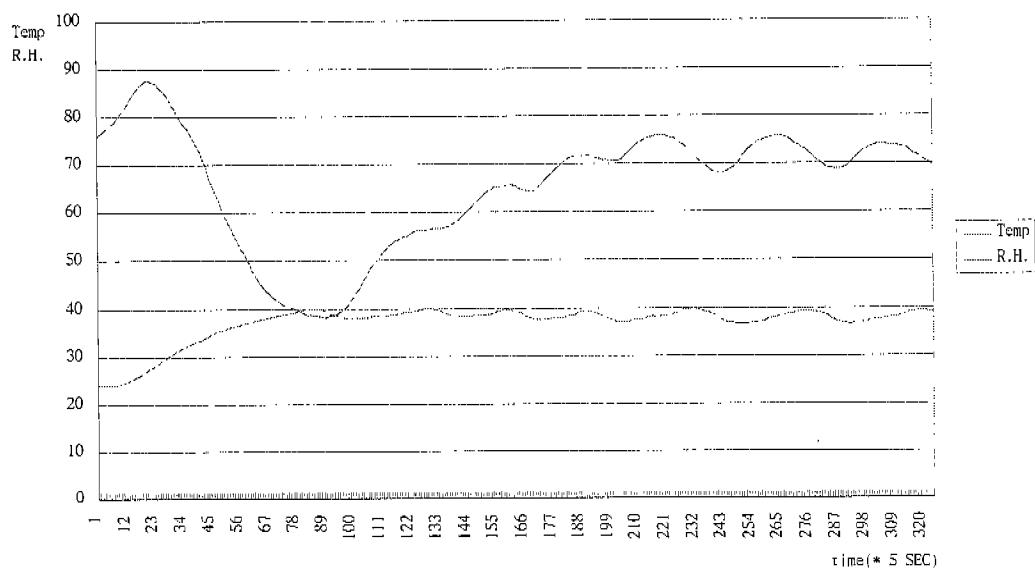


Fig. 7. Experimental results when the reference temperature is very high. (Reference Temp. : 40°C, Reference R.H. : 75%)

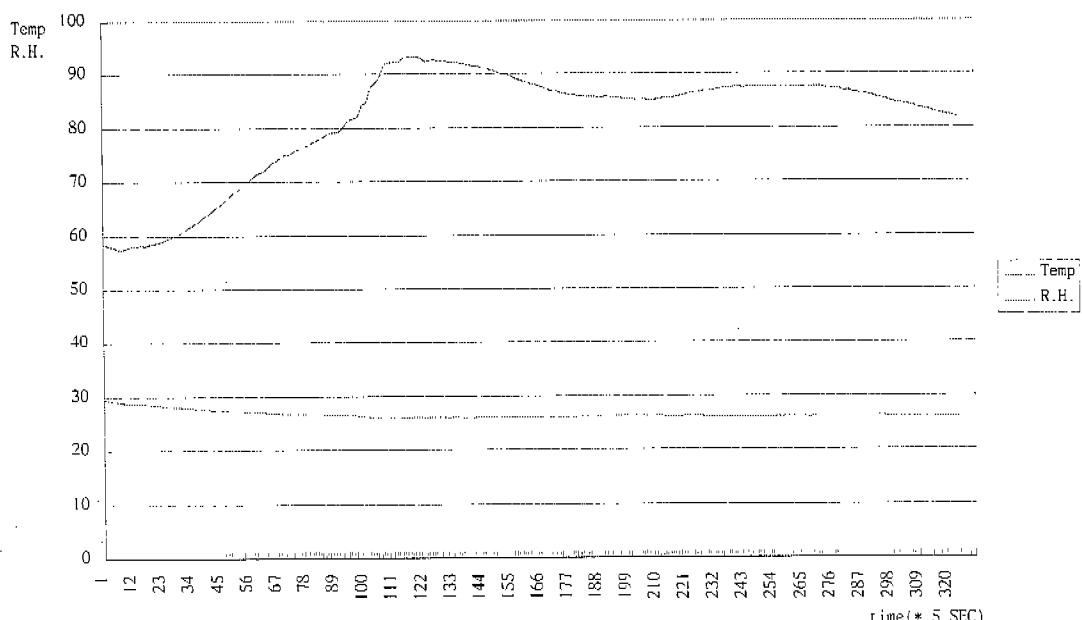
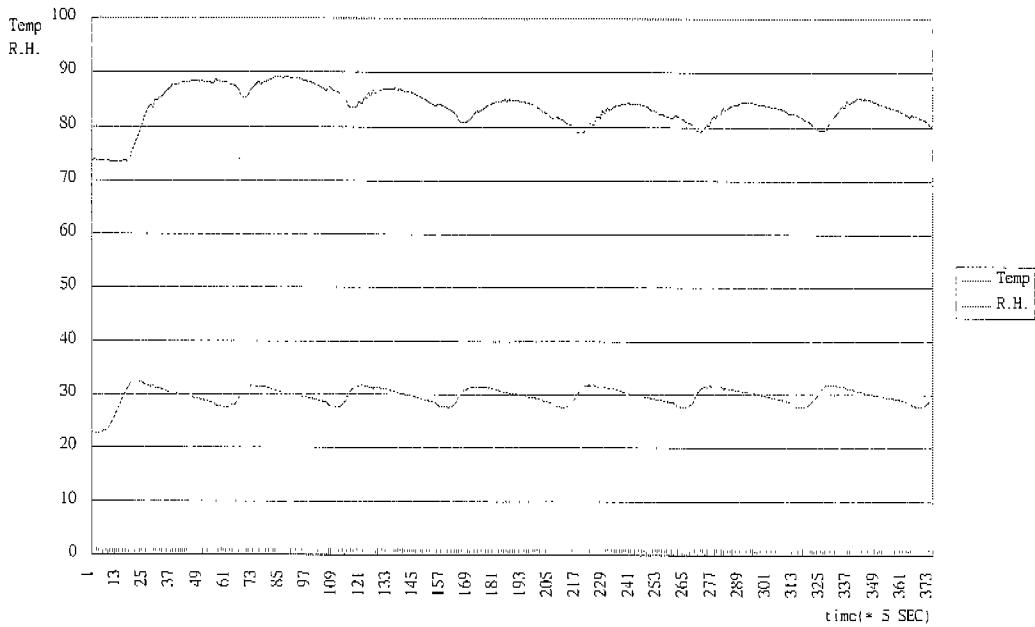


Fig. 8. Experimental results when the inner temperature is higher than reference temperature. (Reference Temp. : 20°C, Reference R.H. : 80%)



(a) The new control system (Reference Temp. : 30°C, Reference R.H. : 84%, J(T) : 484.5, J(H) : 1034.3)



(b) Conventional system that control temperature and humidity separately (Reference Temp. : 30°C, Reference R.H. : 84% J(T) : 993.7 J(H) : 1520.0)

Fig. 9. Comparison between the conventional system and the new one.

Table 5. Comparison of efficiency between the conventional system and that of the new one

Performance index	Temperature Humidity	New system		Conventional system	
		484.5	1,034.3	993.7	1,520.0
Total operating time and Energy Consumption	Heater	405 sec	283.5 J	1,270 sec	889.0 J
	Pump	1,120 sec	134.4 J	605 sec	72.6 J
	Fan	195 sec	0.065 J	440 sec	0.147 J

Fig. 8은 외부 온도가 높아 설정온도는 20°C인 반면에 저장고 내의 온도가 30°C 정도로 높은 경우에, 습도를 80% 설정한 상태로서 실험결과이다. 이때의 온도 최대 오차는 6°C, 습도 최대 오차는 8%였다. 냉방기가 없으므로 온도를 낮추는 유일한 방법은 펌프와 팬을 동시에 구동시켜 기화열을 이용하여 냉각을 시킬 수 밖에 없으며 그 때문에 습도는 설정 값보다 높게 나타났다. 실제로 이런 경우에는 냉각기가 없는 한 펌프와 팬만으로는 제어에 한계가 있었다.

본 연구에서 제안된 환경 제어시스템의 성능과 온도와 습도를 각각 독립적으로 제어하는 방식의 성능을 비교하기 위해 다음 식과 같이 성능 지수를 정의하였다.

$$J = \int_0^{\infty} |e(t)| dt \quad (2)$$

여기서 $e(t)$ 는 기준값(설정값)에서 측정값을 뺀 값, 즉 오차를 나타내며, 성능지수 J 는 오차의 시간적분으로 정의된다. 그러므로 J 가 작을수록 시스템의 성능이 좋은 것을 나타낸다.

Fig. 9(a)는 본 연구에서 제안된 환경 제어시스템의 실험 결과이다. 설정 온도 30°C, 설정 습도는 84%이다. 이때의 온도의 성능 지수는 484.5이고 습도의 성능 지수는 1,034.3, 전체 구동시간 31분 10초 중 히터 구동시간은 6분 45초, 펌프 구동시간은 18분 40초, 팬 구동시간은 3분 15초이다. 반면에 Fig. 9(b)는 온·습도를 독립적으로 제어한 경우의 결과로서 앞의 경우와 모든 조건은 같다. 이때의 온도의 성능 지

수는 993.7이고 습도의 성능 지수는 1,520.0, 전체 구동 시간 31분 10초 중 히터 구동시간은 21분 10초, 펌프 구동시간은 10분 5초, 팬 구동시간은 7분 20초 이었다.

Table 5에 두 경우의 성능 지수 및 작동시간을 나타내었다. Table에서 알 수 있는 바와 같이 온·습도 상호관계를 고려한 본 제어시스템의 성능이 훨씬 양호함을 알 수 있었다. 또한, 온·습도를 독립적으로 제어한 경우가 비록 펌프의 작동 시간이 짧기는 하지만 히터와 팬이 상대적으로 2~4배씩 구동되므로 에너지 소비율이 히터, 펌프, 팬 순임을 고려하면 경제적인 측면에서도 제안된 제어시스템이 훨씬 효율적인 것으로 사료된다. 이것은 온도와 습도를 적정 값으로 유지시키기 위해 제안된 제어시스템이 온도와 습도 사이의 관계를 유효 적절히 이용하고 있다는 것을 의미한다고 할 수 있다.

요 약

본 연구에서는 기존의 상온저장고 내에 간단한 설비보완 만으로 저장물의 품질을 유지하고 저장기간을 연장시킬 수 있는 효율적인 저가의 환경 제어시스템을 개발하였다. 환경변수는 온도와 습도를 대상으로 하여 온·습도 상호관계를 고려한 최적 on-off 제어 알고리즘을 도출하여 이것을 구현하는 제어기를 제작하고 모형 저장고에서 실험으로 검증하였다. 실험의 결과를 통해 온도와 습도를 따로 제어하는 방식보다 제어성능이 좋고 에너지 소비율도 더 적어 경제적이라는 사실도 확인되었다. 따라서 이 시스템

은 농산물을 저장하는데 있어서 기존의 상온저장고가 외기에 완전히 종속될 수 밖에 없었던 한계를 어느 정도 극복할 수 있는 방안이 될 것이다. 또한 이번 연구는 이론정립 및 모의실험에 중점을 두어 행하였으며 추후에 실제 상온저장고에 적용하여 실험, 보완할 계획이다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 아열대 원예산업연구센터 1996년도 연구비에 의해 이루어진 결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 성시현 (1994) UR 이후 국내 농기계 산업의 기술개발 방향, 기계공업, 4, pp. 58-61.
2. 농업과 원예 (1993) 발굴 신 기술, 7, pp. 37-38.
3. 류관희 외 (1994) 작물의 생장 정보 계측 및 생육 제어에 관한 연구, 한국과학재단 연구보고서, 9, pp. 44-45.
4. 장성주 외 (1993) 비닐하우스 복합환경 자동제어모델 개발, 경상남도 농촌진흥원 연구보고서, 6, pp. 1-3.
5. 센서 데어터북 (1991) 도서출판 세화, pp 56-103.
(1996년 12월 10일 접수)