

이중 프로세서를 이용한 컴퓨터 건조기의 전자 제어장치 성능 개선에 관한 연구

(A Study on the Improvement of Electronic Controller for Computer Dryer using Dual Processor*)

朴世賢*
(Se-Hyun Park)

요 약

본 논문은 이중 프로세서를 이용하여 컴퓨터 건조기의 전자제어 장치를 설계하고 구현하였다. 이중 프로세서를 이용한 건조제어장치는 잡음에 대한 시스템의 복원력이 기존의 방식인 단일 프로세서의 건조제어장치 보다 뛰어나고 기존의 ON-OFF 방식에 퍼지제어를 제안함으로써 충분한 성능 개선을 할 수 있음을 입증하였다.

Abstract

This paper describes the design and implementation of dryer controller using the dual processor. This system has higher performance of system recovery from the noise than the existing single processor dryer.

And in this paper temperature control method of Dryer using on-off fuzzy logic is proposed to improve the overshoot of temperature in dryer. Experimental results shows that the performance of fuzzy controller is better than that of controller based upon on-off control method.

1. 서 론

건조기는 수동식 건조기와 컴퓨터 건조기라고 불리우는 전자동식 건조기로 나눈다. 컴퓨터 건조기와 수동식 건조기의 근본적 차이는 수동식 건조기가 시간에 따른 온도와 습도를 일일이 수작업으로 조정하여야 하는데 비하여, 컴퓨터 건

조기는 프로그램에 의해서 자동으로 시간에 따른 온도와 습도를 조정하므로 인력 절감이라는 차원에서 많은 이점을 지니고 있어 점차 건조기가 수동식 건조기에서 자동화된 컴퓨터 건조기로 바뀌고 있다. 따라서 같은 구조의 건조실에서 전자제어장치 차이에 의해 수동식과 컴퓨터 방식의 자동식으로 나뉘게 되므로 건조기의 전자제어 장치는 제품의 부가가치를 높여주는 상당히 중요한 구성 요소이며 국내에 여러 업체가 컴퓨터 건조

*正會員：安東大學校 電子工學科 助教授.
接受日字：1995年 7月 31日

제어 장치를 개발하고 있다.³⁾

그러나 대부분의 현존하는 건조 제어 장치가 기능적으로 부족한 8비트의 마이크로프로세서를 내장하고 있고 잠음과 정전 대책이 미흡하여 많은 문제점을 안고 있어 200시간 이상의 긴 건조기진동안 안정적으로 동작하는 건조기의 필요 요건의 치명적 결함을 야기하고 있고 각 건조 단계마다 새로운 설정치 온도에 대한 건조온도의 오버슈트를 발생하여 건조물의 심한손상을 가져다 주는 문제가 있었다. 특히 온도제어를 하는 방식이 단순한 ON-OFF제어 방식이고 건조로의 열을 공급하는 수단이 반응시간이 매우 느린 버너인 관계로 현실성 있는 온도 제어방식이 지금까지 채택되지 않았다.

본 연구에서는 기존의 자동화된 단일 프로세서 컴퓨터 건조 제어장치의 구조와 문제점을 분석하고 기존의 건조제어장치 성능 개선을 위해 건조기의 전자제어 장치를 Master프로세서와 Slave프로세서의 2개의 프로세서로 하여금 쌍방 감시체제로 구성하여 잠음에 강한 시스템 구성을 제안하고 건조로의 온도제어를 위해 느린 반응을 지닌 ON-OFF 건조로의 특성에 맞는 건조기용 피지제어 방식을 제안하려고 한다. 또한 건조제어 장치에 모뎀 기능을 부여하여, 각 건조기의 이상 유무를 중앙통제 컴퓨터에서 감시하게 하고 건조 프로그램의 원거리 조작성을 가능하게 함으로써 신뢰성 있는 컴퓨터 건조기의 전자제어 장치를 개발하고자 한다.^{4), 5)}

2. 기존의 단일 프로세서 건조제어 방식

기존의 단일 프로세서의 건조제어장치 하드웨어 구조는 그림 1과 같다. 주로 사용한 마이크로 프로세서는 8비트의 Z80이나 혹은 원칩 컴퓨터인 Intel 8051, Intel 8751 등이고 메모리는 EPROM 8 Kbyte와 Backup RAM 2k Byte이다. Backup RAM은 정전 현상시 현재의 건조 단계 포인터를 RAM에 기록하게 되며 정전 복구시 이전의 건조 단계 포인터로부터 프로그램을 가동하기 위함이다. 이 방식은 건조시간이 17단계 200시간에 달하는 컴퓨터 건조기에 필수적으로 지녀야 할 기

능이다. 한편 입출력 장치로서는 각 건조 단계에 따른 건조시간을 키운터 하는 Timer 8253과 건조기의 전면 표시의 명령의 제어를 위한 LED Display, Keypad 및 Relay제어를 위한 8255나 PIO를 사용하고 있다. 그리고 Relay Board의 제어로서 버너, 펌퍼, 팬 및 부저는 대부분의 컴퓨터 건조기에 동일한 사양으로 채용되고, 건구·습구 온도 계측은 대부분 서미스터를 이용한다.

기존의 컴퓨터 건조기의 가장 큰 문제점은 잠음에 대한 시스템의 신뢰도가 높지 않다는 것이다. 자주 결함을 호소하는 부분은 Relay Board이다. 예를들면, 사용중 갑작스런 정전이나 서어지 영향으로인한 오동작에 의해 시스템이 자주 멈추는 현상이라든지 이로 인해 건조물이 피해를 받는 등 여러가지이다. 또한 주변기기의 고장 즉 버너, 펌퍼, 팬 및 부저의 고장에 대한 대책 등이 미흡하며, 이것이 잠음에 대해 민감하여 수백 미터 근방의 큰 충격부하에 대해 시스템이 갑자기 정지되는 현상이 자주 있다.

한편 온도와 습도 센서로 쓰이는 서미스터의 경시변화나 자기 발열 현상에 대해 충분히 보상을 하지 않고 설계되어, 온도가 시간에 따라 변하는 현상이나 흔들리는 현상의 문제점을 지니고 있다.

따라서 이러한 문제점을 해소 하기 위해 여러 가지 대책을 강구할 수 있는데 콘덴서에 의해 유도되는 정전 유도방지를 위한 정전 실드, 트랜스

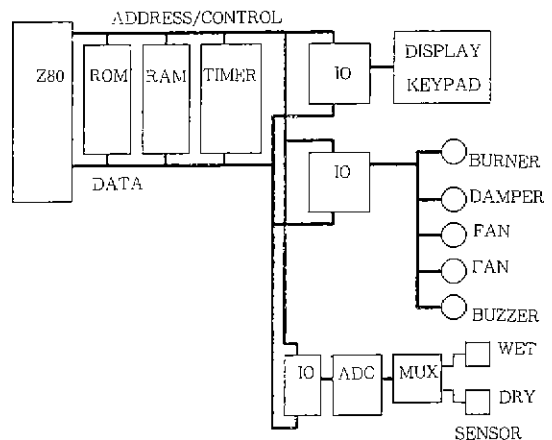


그림 1 단일 프로세서를 사용한 건조기
Fig. 1 Dry controller using single processor

에 유도되는 전자유도방지, 전자파에 의한 전자 결합방지, 누설전류에 의한 저항 결합 방지 등이 있을 수 있겠으나 실제적으로 잡음에 대한 완전한 대책이 있을 수 없다. 따라서 잡음이 유입 되었을 때를 가정하여 그 대책을 세워야하며 그 방편으로서 Watch Dog 등 복귀 장치가 있으나 시스템의 신뢰성을 위한 그 효용성이 미미하다.

시스템의 성능에 가장 크게 영향을 주는 것은 건조로의 온도 제어 방식이다. 건조로의 온도 제어 방식은 지금까지 ON-OFF 제어 방식이었다. 이는 건조로가 반응 시간이 불규칙하고 느린 ON-OFF용 저가의 경제성 있는 버너를 채용하여야 하기 때문이고, 현재까지 국내에서 이러한 건조기의 특성에 맞는 신뢰성 있고 현실성 있는 건조 제어 방식을 가지고 있지 않기 때문이기도 하다. 따라서 이에 대한 문제점으로 각 건조 단계마다 새로운 설정치 온도에 대한 건조온도의 오버슈트를 발생하여 건조물의 심한 손상을 가져다 주는 문제가 있어 오버슈트에 대한 대책이 필요하다.

3. 이중프로세서를 이용한 건조제어방식

본 연구에서는 이상의 문제점을 해결하고 시스

템의 신뢰성 강화를 위해 2개의 16비트 원칩 프로세서(인텔 8097BH)를 사용하여 건조기의 전자 제어 장치를 설계하였다. 그림 2는 설계 제작된 이중 프로세서를 이용한 컴퓨터 건조기의 전자 제어 장치의 하드웨어 Block도 있다. 이 시스템의 구성을 보면 크게 Master 프로세서와 Slave 프로세서로 나눌 수 있는데 Master 프로세서는 건조장치의 주된 기능 즉 디스플레이 장치와 입출력장치에 부착된 기기를 운용하며 Slave 프로세서는 Master 프로세서의 동작상태를 감시하며 Master 프로세서의 각종 데이터 포인터 테이블을 보관하고 있다. 만약 잡음의 영향으로 Master 프로세서의 동작이 이상이 있거나 Master가 수행하고 있는 데이터 포인터 테이블의 분실시 Slave 프로세서가 이를 복구시키는 기능을 가지고 있는 한편 내장된 모뎀에 의해 전화 선로를 통해 외부에 알리는 작용을 한다.

설계된 Master프로세서의 소프트웨어 Control Flow Chart는 그림 3과 같다. 먼저 Power on 상태에 Start Flag의 상태를 체크하고, Start Flag가 off되어 있는 초기상태의 경우에 우선적으로 Buzzer의 Test를 거치게 한다. 전원 잡음이나 EMI에 의한 하드웨어의 순간적 오동작에 대한

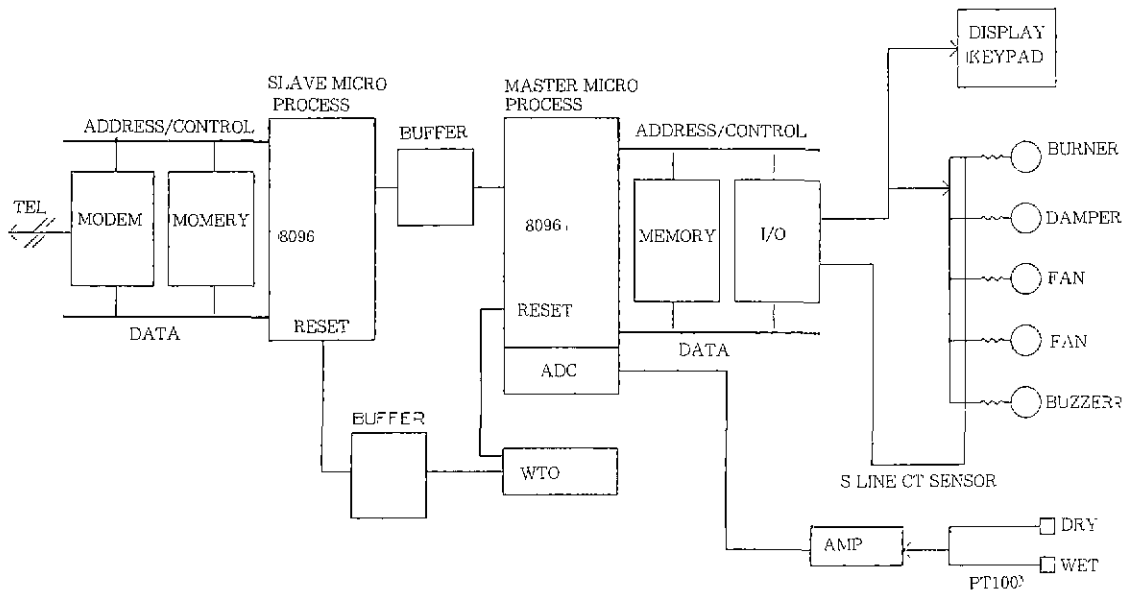


그림 2 이중프로세서를 사용한 건조기
Fig. 2 Dry controller using dual processor

대책으로서 Back Up RAM내의 모든 데이터 포인터 테이블은 RAM내에 분산된 3개의 장소에 독립적으로 보관되게 하였고, 이들 자료의 참조나 갱신에는 그림 4와 같이 반드시 다수결 로직을 거쳐서 이용하며, 또한 이들의 세 장소의 자료들을 다수결 로직을 거친 동일한 값으로 재 저장한 뒤 Slave 프로세서에 전송한다. 만약 다수결 로직을 거칠 세 장소의 값들이 모두 틀릴 경우 시스템의 메모리 결함으로 간주하여 Slave 프로세서부터 백업된 데이터 포인터를 받아 들인다.

주변기기의 제어를 위한 Relay Board의 출력시 기기의 동작을 시킨후 반드시 CT센서의 입력 값으로 확인하게 되며 Slave의 요구시 각종 입출력의 상황을 Slave 프로세서에 넘겨 주게되어 있다.

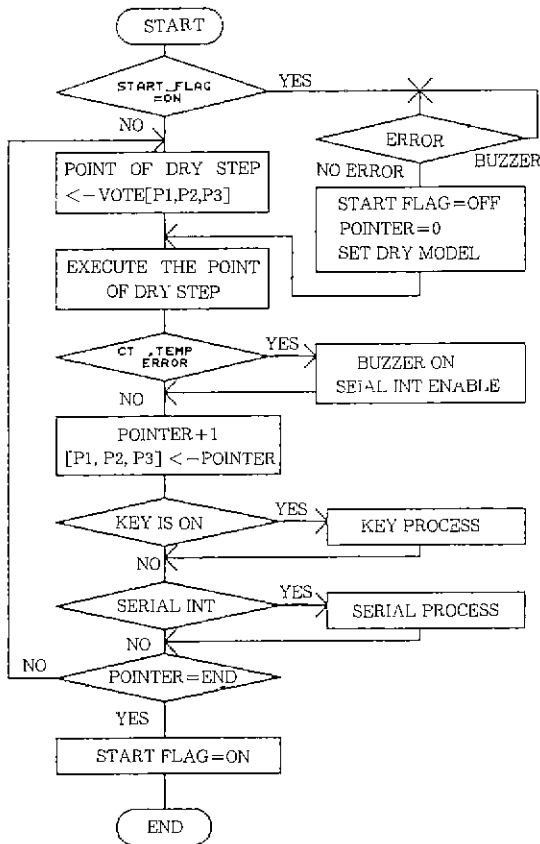


그림 3. Master프로세서 흐름도
Fig 3 Control flow chart of master processor

잡음에 강한 시스템의 구성을 위한 Master와 Slave의 자세한 구성도는 그림 5와 같고 자기 진단을 위한 Master와 Slave의 서로간의 통신방법은 다음의 1)과 2)와 같다.

1) 자기진단을 위한 MASTER의 수행절차

단계 1. 서로 독립된 장소에 보관된 세개의 동일한 포인터 테이블의 Check Sum을 검정하고 이상이 없는 테이블 포인터를 다수결하여 결함있는 포인터 테이블을 교정한다.

단계 2. 단계 1에서 다수결할 수 없는 치명적 결함시 Slave에서 포인터 테이블을 요구하여 Master의 세개의 포인터 테이블을 교정한다.

단계 3. 단계 2에서 일정 시간 이상 Slave의 응답이 없을시 Slave를 리셋을 시킨 후 단계 2를 반복한다.

단계 4. Master가 포인터 테이블을 이용한 뒤 그값을 갱신하여 독립된 세개의 장소에 Check Sum과 함께 저장한다.

단계 5. Slave의 요구가 있을시 다수결하여 검정된 포인터 테이블과 입출력 상태 및 입출력에 부착되어 있는 장치들의 이상유무를 Slave에 전송시킨다.

단계 6. 단계 1을 반복한다.

2) 자기 진단을 위한 SLAVE의 수행절차

단계 1. Slave내 보관된 세개의 동일한 포인터 테이블의 Check Sum을 검정하고 이상이 없는 테이블 포인터를 다수결하여 결함있는 포인터 테이블

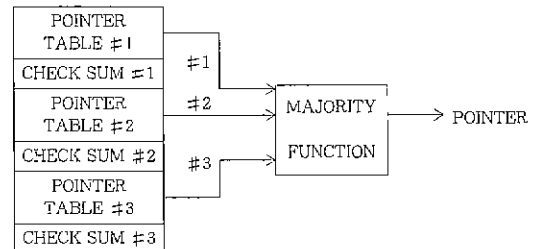


그림 4 포인터 테이블의 다수결 로직
Fig 4 Majority function of pointer table

블을 교정한다.

단계 2. 단계 1에서 다수결할 수 없는 치명적 결함시 Master에서 포인터 테이블을 요구하여 Slave의 세계의 포인터 테이블을 교정한다.

단계 3. 단계 2에서 일정 시간 이상 Master의 응답이 없을시 Master를 리셋을 시킨 후에 내장된 모뎀을 통해 외부에 알린 후 단계 2를 반복한다.

단계 4. Master의 요구가 있을시 다수결하여 검정된 포인터 테이블을 Master에 전송한다.

단계 5. 최근에 수행된 Master의 포인터 테이블과 입출력 상태 및 입출력에 부착된 장치의 이상유무를 Master에 요구하여 전송 받은 후 장치의 이상이 있을시 내장된 모뎀에 의해 외부에 알린다.

단계 6. 단계 5에서 일정시간 이상 Master의 응답이 없으면 Master를 리셋시키고 내장된 모뎀에 의해 외부에 알린 후 단계 5를 반복한다.

이상의 Master와 Slave의 자기진단의 절차와 같이 Master와 Slave는 서로 감시를 하게 되어 있고 쌍방의 시스템을 정상상태로 복귀를 시키게 리셋을 하므로 잡음에 매우 강한 특징이었다. 특히 Slave는 내부에 원칩 모뎀을 내장을 하고 있어 Master의 결함이나 입출력에 부착된 장치의 치명적 결함을 외부에 알려주는 역할을 하고 있다.

4. ON-OFF퍼지 온도제어

기존의 건조기의 온도 제어방법은 단순히 히스

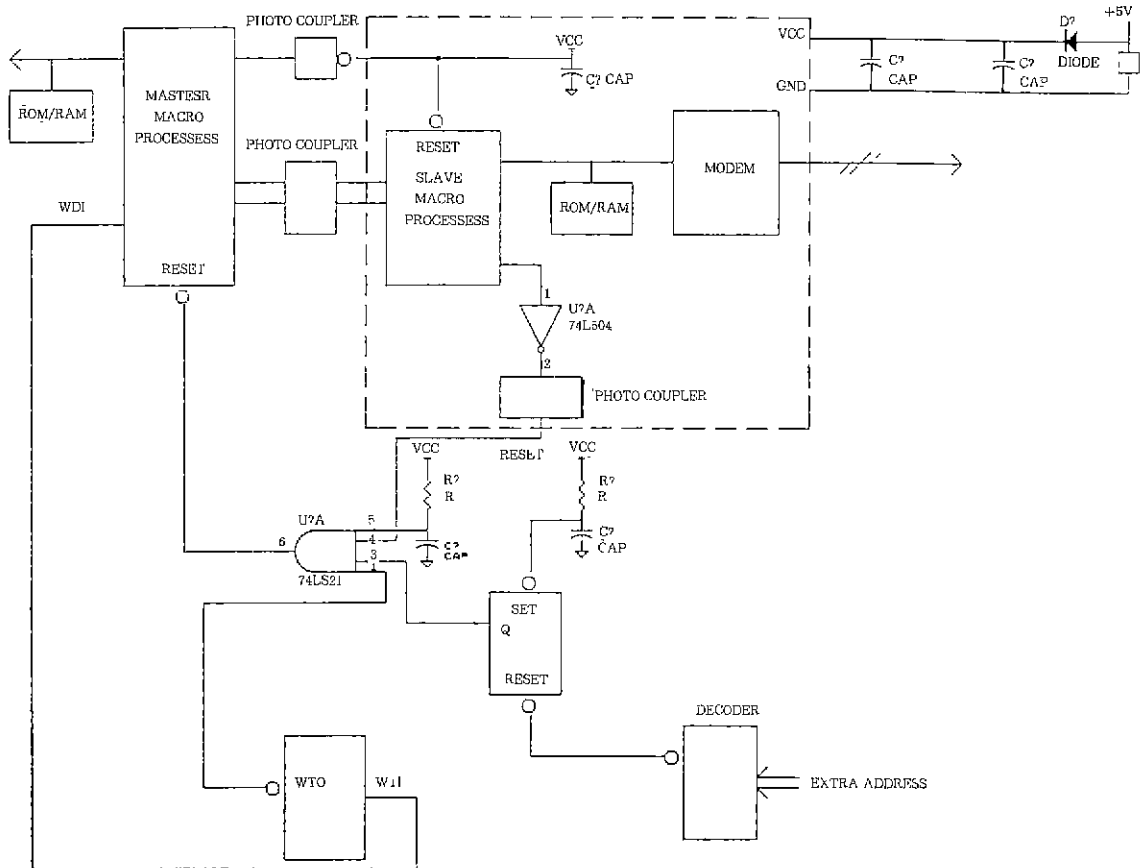


그림 5 Master와 Slave processor구성도

Fig 5 Block circuit of master and slave processor

테리시스 특성을 이용한 시간의 지연을 준 ON-OFF방식이었다. 이러한 기준방식이 ON-OFF제어에 나타나는 오버슈트를 피할 수 없으며 건조물의 심각한 피해를 주는 단점이 있다. 본 연구에서는 그동안 수동식 건조기에서 사용하던 방식인 설정온도 값에서 그림 6과 같이 ON-OFF의 Band를 조정하는 방식에 의하여 Band폭을 피지제어를 하였다.

즉 온도의 차에 대한 변화분(CE)이 큰 영역에서는 B1과 같이 보다 빨리 버너의 소등을 시키는 등 온도차의 변화분에 의해 ON-OFF의 Band를 피지폭에 의해 조절하였다. 사용된 피지폭은 표 1과 같다. 표 1에서 보는 바와 같이

IF CE=PB And State=OFF Then B=PB
 IF CE=PM And State=OFF Then B=PM
 IF CE=PS And State=OFF Then B=PS
 IF CE=ZO Then B=ZO
 IF CE=NB And State=ON Then B=NB
 IF CE=NM And State=ON Then B=NM
 IF CE=NS And State=ON Then B=NS

표 1 건조장치에 사용한 피지제어규칙
 Table 1 Fuzzy control rules in dryer system

BURNER STATE	CE							
	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB	
ON STATE	NB	NM	NS	ZO				
OFF STATE				ZO	PS	PM	PB	

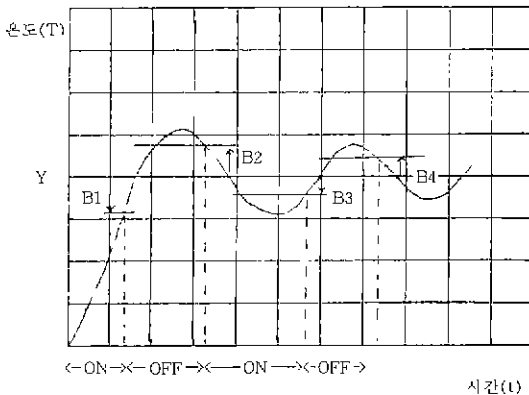


그림 6 ON-OFF Band 조절방식
 Fig. 6 Adjustment of on-off Band

제어 조작량 B(Band)를 조작하여 실제의 ON-OFF 설정 온도점 Y를 Y+B로 치환하므로써 설정 온도점 시점보다 빠르거나 늦게 버너를 ON-OFF를 하여 오버슈트를 방지한다. 이때 현실적으로 고려되는 문제는 버너가 일정시간 이상 ON 되어야 하는 제한이 있으며 OFF이후에 CE의 변화가 Zero가 되기전 까지 온도차이가 있더라도 버너의 제어를 할 수 없는 점이다. 따라서 CE가 Zero가 되는 시점의 버너온도는 설정온도가 되거나 그보다 다소 높은 온도가 되도록 피지 룩업 테이블을 만들어 본 결과 오버슈트의 감소에 효과적임을 입증하였다.

그림 7은 온도제어를 위한 버너와 온도센서의 회로 부분이다. 여기서 최종 ADC의 입력 값으로 E(S)는 $E(S) = -R5/R4(1+(R2+R3)/R1)(E11(S) - E22(S))$ 로 표현되며 $R5/R4 = R7/R6$ 의 대칭 비율에 의해서 결정되고 R1과 R3의 비율과는 무관하다. R5와 R7의 오차를 $\pm e$ 이내로 하면 $Cmmer = n(1+m)/4e$ 가 된다.(여기서 $n = 1 + (R2 + R3)R1$, $m = R5/R4$ 이다.)

Intel 8097의 ADC 입력의 Reference Voltage가 5V이고 10비트의 정밀도를 가졌으므로 1비트당 4mV가 된다.

5. 실험 및 고찰

표 2는 단일 프로세서를 채용했을 때와 이중 프로세서를 채용했을 때의 잠음에 대한 시스템의 복원력을 측정하기 위해서 이중 프로세서의 기능 중 Master 프로세서의 기능을 살리고 Slave 프로세서 기능을 제거한 상태에서 Master 프로세서의 단일 프로세서의 기능과 Master 프로세서와 Slave 프로세서의 양기능을 실린 이중 프로세서의 기능을 비교하기 위한 실험 데이터이고 그림

표 2 단일프로세서와 이중프로세서의 결함회수
 Table 2 The count of failure in one processor and dual processor

FAILURE	ONE PROCESSOR	DUAL PROCESSOR
잠음의 종류		
ON-OFF(잠음)	13	2
전원 잠음	25	5

8은 그 실험장치이다. 시스템 전원을 ON-OFF하기를 300회 정도하였을 때 단일 프로세서의 시스템 다운이 13회 이고 이중구조의 프로세서 경우는 시스템의 다운이 2회로서 단일 프로세서가 이중구조의 프로세서보다 결함 발생횟수가 6.5배되며 전원잡음의 경우 단일 프로세서가 이중구조보다 결함이 날 확률이 5배정도 이어서 이중구조의 프로세서의 경우 내장된 모뎀의 유용성을 제외하더라도 5배이상 잡음에 강하다는 것이 판명되었다.

그림 9(a)는 건조기내 시료를 넣지 않았을때의 기존의 ON-OFF 제어방식의 온도상승 그림이다. 초기온도 20도에서 버너가 점화한 뒤 설정온도 50도를 넘어 약 58도의 오버슈트를 보여 주고 있다. 이것은 기존의 건조기의 건조시 가지는 문제점이었으며 이를 퍼지 ON-OFF 제어를 하였을 때의 그림이 그림 9(b)이다. 퍼지 ON-OFF를 적용하였을 때 오버슈트가 많이 개선되었음을 볼

수 있으며 리플의 크기도 매우 완만한 상태이다. 그림 10(a)는 건조기의 시료를 60%넣었을 때의 기존의 방식으로 제어했을 때의 그림이며 그림 10(b)는 퍼지 ON-OFF 제어방식이다. 역시 완만

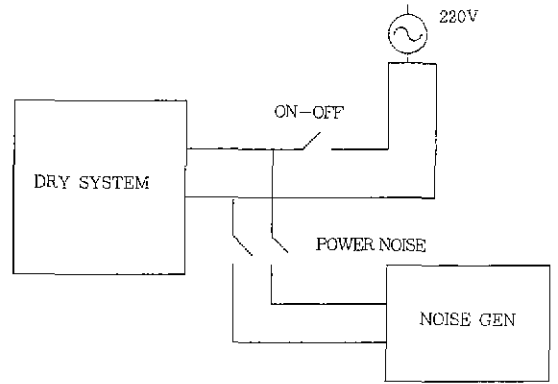


그림 8 잡음 테스트의 모형도
Fig. 8. Block circuit of noise test

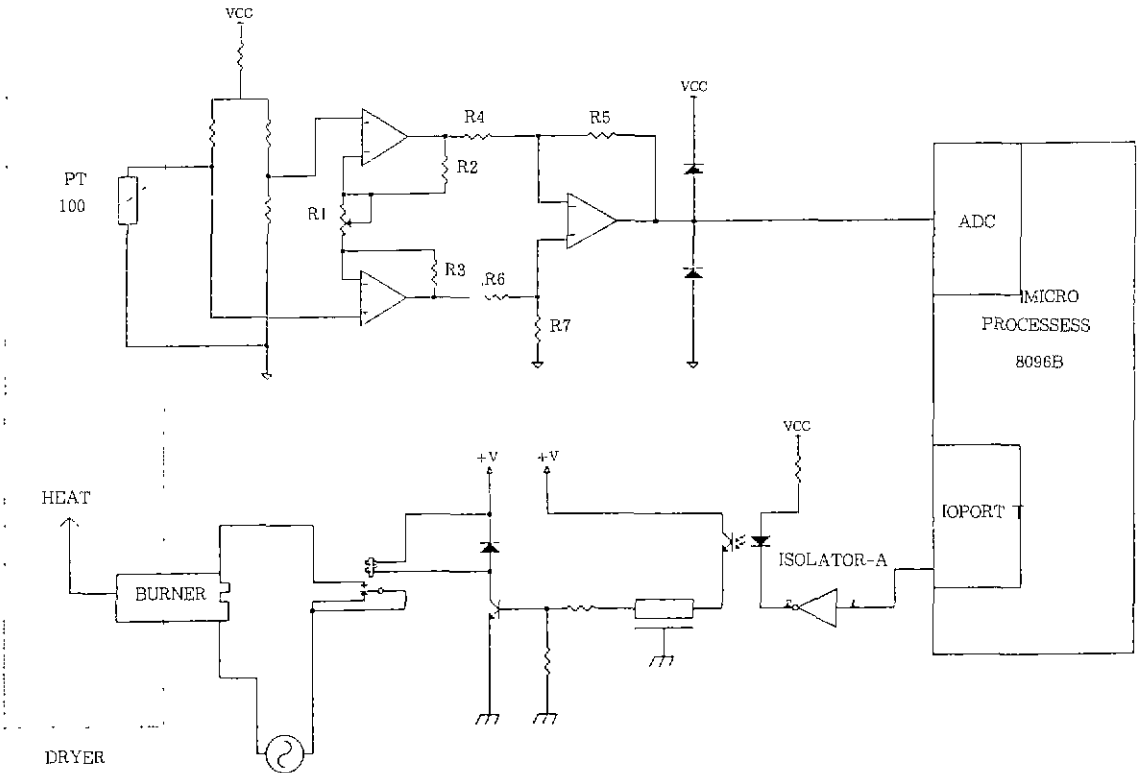


그림 7. 온도제어를 위한 회로
Fig. 7 The circuit for temperature control

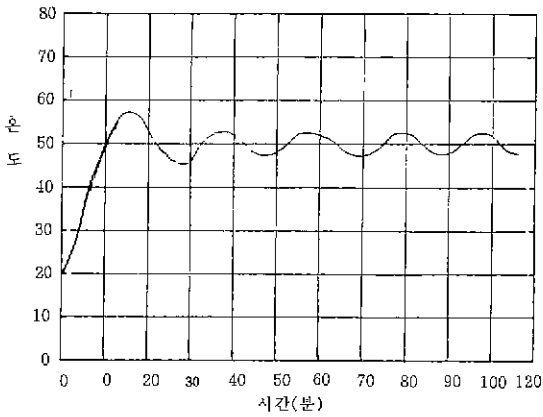


그림 9(a). ON-OFF 방식의 온도곡선
Fig 9(a). Temperature curve of on-off control (0% Load)

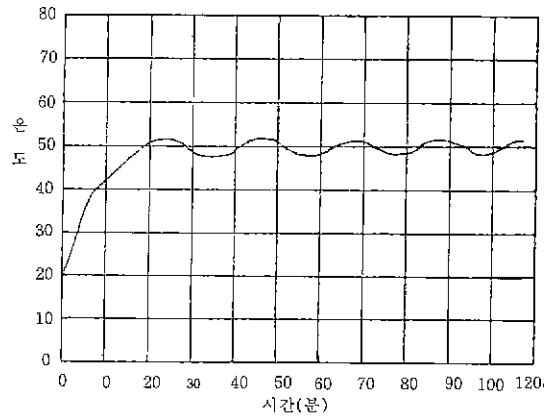


그림 9(b) ON-OFF 퍼지 방식의 온도곡선
Fig 9(b). Temperature curve of on-off fuzzy control (0% Load)

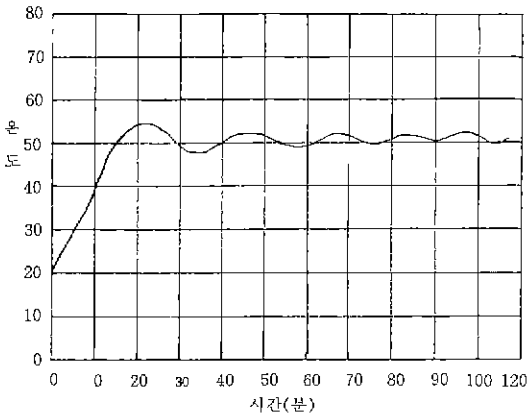


그림 10(a) ON-OFF 방식의 온도곡선
Fig. 10(a). Temperature curve of on-off fuzzy control (60% Load)

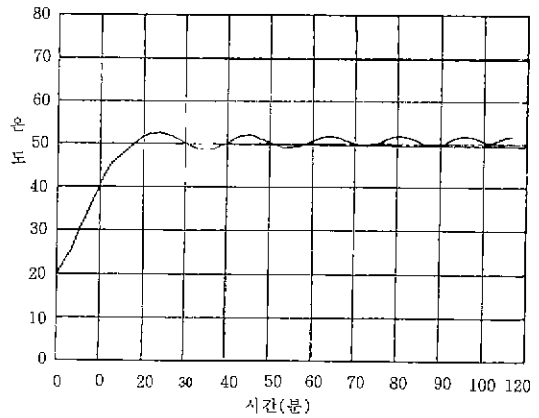


그림 10(b) ON-OFF 퍼지방식의 온도곡선
Fig. 10(b) Temperature curve of on-off fuzzy control (60% Load)

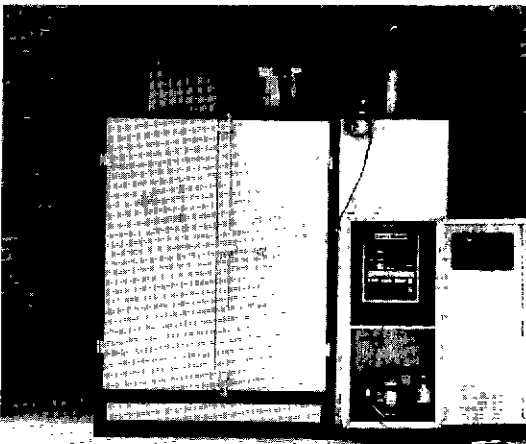


그림 11 제작된 컴퓨터 건조기
Fig 11 Implemented computer dryer

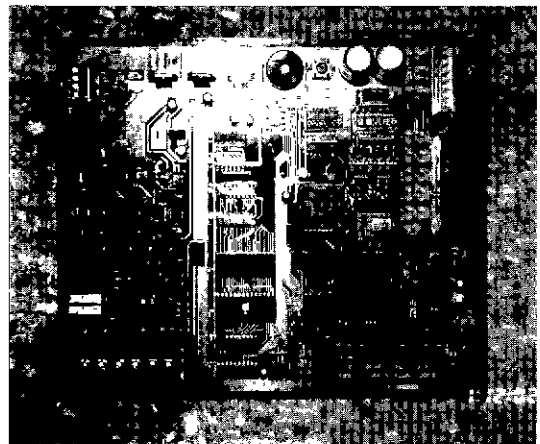


그림 12 제작된 Master processor 보드
Fig 12 Implemented board of master processor

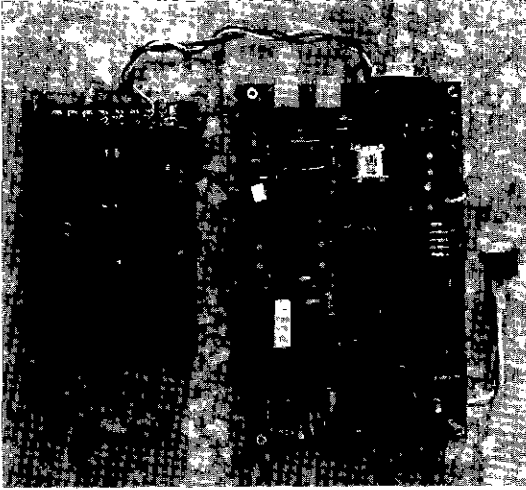


그림 13 제작된 Slave processor 보드
Fig. 13 Implemented board of Slave processor

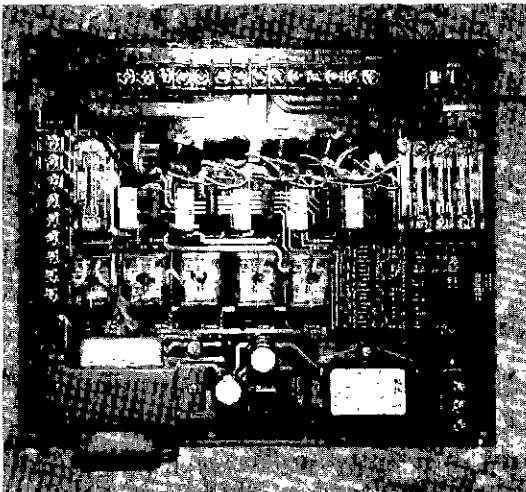


그림 14 제작된 릴레이 보드
Fig. 14 Implemented relay board

한 오버슈트와 리플을 보여주어서 퍼지 ON-OFF 제어의 타당성을 보여준다. 그림 11에서 14까지는 각각 실험된 건조기의 외관과 제작 실험된 기판이다.

6. 결 론

본 논문은 건조기의 전자제어장치의 성능개선을 위해 이중구조의 프로세서를 이용하여 건조기

전자제어 장치를 개발하였다.

개발된 시스템은 기존 시스템의 단일 프로세서 경우와 비교하여 Master와 Slave의 이중 구조의 프로세서를 채용하여 시스템의 결함을 쌍방 감시와 자료의 분산을 통하여 기존의 단일 프로세서보다 잡음에 의한 시스템 다운을 5배 이상 개선할 수가 있어 신뢰성에 있어서 효과적인 시스템임을 확인 하였다.

또한 개발된 시스템은 기존 제어장치의 ON-OFF 온도 제어방식에서 문제점이 되었던 온도의 오버슈트를 억제할 수 있는 ON-OFF 퍼지 제어방식을 제안함으로써 효과적인 오버슈트 억제와 정상상태에서 완전한 리플을 보이게 하였다.

참 고 문 헌

- 1) T.J Procyk and E.H Mardani, "A Linguistic Self-Organizing Process Controller", Automatica vol 15 pp15~30, 1979.
- 2) Thermotron Corp. "Instruction Manual for Thermotron Environmental Chamber Temperature Humidity", 1983
- 3) Youngdong corp., "Instruction Manual for Computer dryer", 1994.
- 4) Shihuang SHAO, "Fuzzy self Organizing Controller and its Application for Dynamic Processes", Fuzzy Set and Syst, Vol 28, pp.151-164, 1988
- 5) Chuen Chien Lee, "Fuzzy Logic in Control System : Fuzzy logic Controller-Part I II ;", IEEE TRans. Systems Man, and Cybernetics Vol 20, no.2, pp404~435 March/April 1990
- 6) Intel, "16 bit Embedded Controllers", 1990
- 7) Zilog, "Microprocessor and Peripherals Hand book", 1990
- 8) Ananlog device, "Operational Amplifiers", 1989/1990.
- 9) Texas Instruments, "Voltage Regulators and Supervisons", Vol 3 1990

◇ 著 者 紹 介 ◇



박 세 현(朴世賢)

1954년 12월 10일생. 1980년 경북대학교 전자공학과 졸업. 1982년 경북대학교 대학원 전자과(석사), 1990년 아주대학교 대학원 전자과졸(박사). 현재 인동대학교 전자공학과 조교수.