

컴퓨터를 이용한 가정용 냉방기기의 실내쾌적조건 조절에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Comfortable Room Control Conditioning
Using Personal Computer

조 진 호*, 이 대 우**
Jin Ho Cho, Dae Woo Lee

ABSTRACT

To keep comfortable indoor condition, the existing air conditioning system is controlled by the ON/OFF temperature controller.

The PID control unit is developed to control temperature and humidity simultaneously, and the Air-conditioning control system is transferred from the ON/OFF temperature controller to the PID control unit for experiment.

As a result of this experiment, the PID control unit reduced energy consumption compared with the ON/OFF control unit.

1. 序 論

실내의快適條件 즉 溫度, 濕度, 淸淨度 및 氣流 등을 淸적의 조건으로 동시에 제어하기는 어렵다. 현재 생산 판매되고 있는 空氣調和裝置 중 保健用(병원수술실, 제약업체 등)과 産業用(제지, 인쇄, 전자 등)을 제외한 주거 환경의 냉방을 위한 대부분의 것은 온도만의 제어로 이루어지고 있다. 그러나 쾌적조건을 나타내는 ASHRAE ET*선도와 불쾌지수를 고려한 실내쾌적환경을 유지하기 위한 有效溫度^{1~6)}를 얻기 위해서는 온도와 습도를 동시에 제어하여야 한다. 이를 위하여는 실내의 乾球溫度(t)와 濕球溫度(t')를 알아야 할 필요가

있고, 이들 온도계측을 위하여 計測制御回路를 개발하였다.

제어계통은 온도와 습도로 구분되고, 먼저 온도제어는 白金測溫抵抗體로 만들어진 센서에 의해 그리고 습도제어는 증발기의 증발량 조절을 위한 압축기 회전속도의 제어와 증발기에 접하는 공기의 질량 유량의 변화를 위한 증발기에 부착된 팬의 속도제어로 이루어진다. 이 때 검출된 온도 및 습도에 따라 컴퓨터에 미리 입력된 프로그램에 의해 淸적의 온도 및 습도제어가 가능하다.

2. 실험장치와 실험방법

2.1 실험장치

* 정회원, 한양대학교 공과대학 기계공학과

** 정회원, 한양대학교 대학원 기계공학과

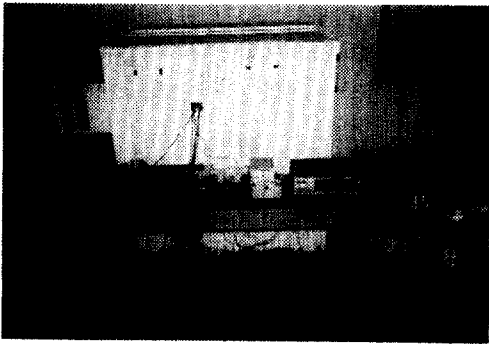
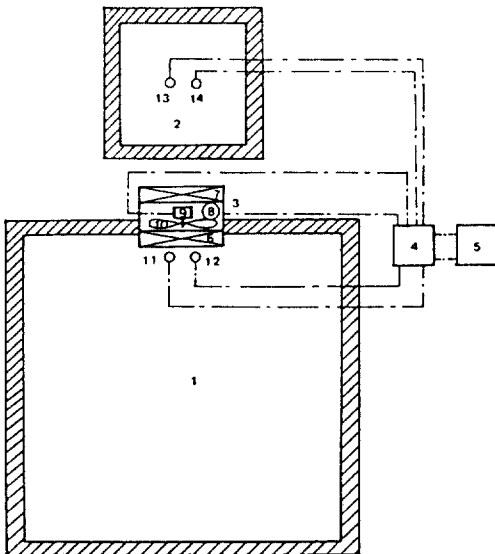


Fig. 1 Overall View of Experimental Apparatus

본 실험에 사용된 실험장치는 Fig. 1 에서와 같이 실험영역, 실내공기조화시스템, 향온향습기로 구성되어 있으며, 계측제어장치는 새로이 개발한 것이다. 실내·외의 건구온도 및 습



- 1. Test Chamber
- 2. Humidity Cabinet
- 3. Air Conditioner
- 4. System Controller
- 5. Computer
- 6. Evaporator
- 7. Condenser
- 8. Compressor
- 9. Fan Motor
- 10. Fan
- 11. Indoor Temperature Detecting Sensor (RTD)
- 12. Indoor Humidity Detecting Sensor (RTD)
- 13. Outdoor Temperature Detecting Sensor (RTD)
- 14. Outdoor Humidity Detecting Sensor (RTD)

Fig. 2 Schematic Diagram of Experimental Apparatus

구온도 측정은 백금측온저항체 (JIS C 1604, $\phi 4$)^{6~10}로 만들어진 센서로부터 얻어진 신호를 상호비교 연산하기 위한 A-D 변환기 (Intelsil Teledyne, TSC 7107 CPL)와 인터페이스 (Intel, P8255) 및 컴퓨터 (IBM-XT)에 의해 처리된다. 이 제어계통은 Fig. 12에서와 같이 온도, 습도의 감지와 임의 설정이 가능하며, 온도와 습도의 3가지 인자를 각각 독립적 또는 2개이상 동시에 제어가능하다.

Fig. 2는 실험장치에 대한 개략도이다. 실험영역은 내부용적 8m³ (2m×2m×2m)의 크기이며, 실내의 온도와 습도를 고루 분포시키기 위한 선풍기와 가열, 가습을 위한 가열기 및 가습기가 장치되어 있어 실내의 온도 및 습도조건을 임의로 변경시킬 수 있게 하였으며, 유량측정은 풍속계 (Anemomaster, 일본과학공업(주), 24-6111)를 이용하였다. 또한 공기조화시스템은 0.5 RT의 냉방능력을 가지며, 유량변화를 위한 팬 모터를 설치하였다. 그리고 향온향습기 (일본동양제약소, KH-5)는 온도 10℃ ~ 80℃, 상대습도 40 ~ 90% RH의 조절이 가능하다.

2.2 실험방법

실험은 절대습도 (x)와 상대습도 (ϕ)의 상관관계에 의해서

$$\phi = \frac{x \cdot P}{x P_{sat} + 0.622 P_{sat}} \dots\dots\dots (1)$$

로 표시되며, 여기서 P_{sat} 는 포화 증기압력을 나타내며, 실내온도 및 습도의 측정과 제어를 위한 실험영역의 외기온도는 향온향습기를 이용하여 26℃ ~ 30℃의 범위에서 2℃ 간격으로 조절하고 (향온향습기는 온도계 및 습도계가 부착되어 있어 온도와 상대습도는 자동조절됨) 실내의 온도는 내부에 설치되어 있는 전기 가열기를 이용하여 실외 온도조건과 동일하게 조절하였다. 이 때의 건구온도는 백금측온저항체로 된 센서에 의해 구해지고, 측정오차를 줄이기 위해 정해진 OP 앰프를 사용하였다. 그리고 습도 측정을 위한 센서는 백금측온저항체를 내경 4mm의 동관에 삽입하여 밀봉하

고 이 동관 외피를 감싼 형강에 염화리튬수용액(LiCl 13%)를 도포하였으며, 센서에서 발생하는 미세 전류는 정제된 OP앰프와 A-D 변환기를 통해 디지털 신호로서 컴퓨터에 입력되고, 이 값들은 식(1)에 의해 상대습도와 절대습도를 계산하여 컴퓨터에 입력되어 있는 프로그램에 의해 설정된 값과 비교한다. 이 때 제어 시스템은 그 비교값에 따라 압축기와 증발기에 부착된 팬의 회전속도를 비례적분(PI) 제어회로에 의해 상대습도가 설정습도와 같아지도록 하며 특히 미분(D) 제어회로에 따라 응답속도가 빨라지는 비례적분미분(PID) 제어

회로에 의해 속도는 변환되며, 이러한 제어를 통하여 상대습도는 설정습도와 같도록 피드백된다. Fig. 3은 이러한 계측 및 제어시스템의 흐름도를 나타낸다.

3. 결과 및 고찰

3.1 온도와 습도의 변화

Fig. 4는 실내온도 26 °C, 상대습도 80 % RH인 상태에서 압축기의 조작으로 온도 23 °C, 상대습도 55 %RH로 변화시킬 때를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 온도의 급격한 강하로 상대습도는 순간적으로 증가된다. 그러나 잠시후 실내온도의 하강과 함께 상대습도도 떨어지기 시작한다. 이것이 종래의 ON/OFF 제어방식에서 일어나는 현상이다. 이에 대하여 PID제어방식에 의해 온도와 습도의 제어가 동시에 이루어질 경우에는 압축기의 구동이 그 때의 온도 및 습도조건에 순응하여 계속 작동이 이루어진다. 따라서 ON/OFF 제어방식에 비해 PID제어방식을 도입할 경

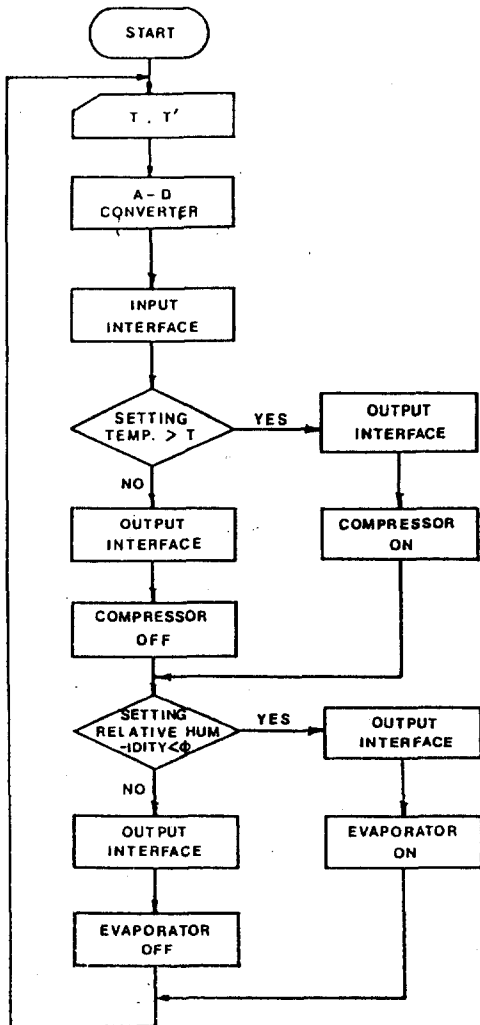


Fig. 3 Flow Chart

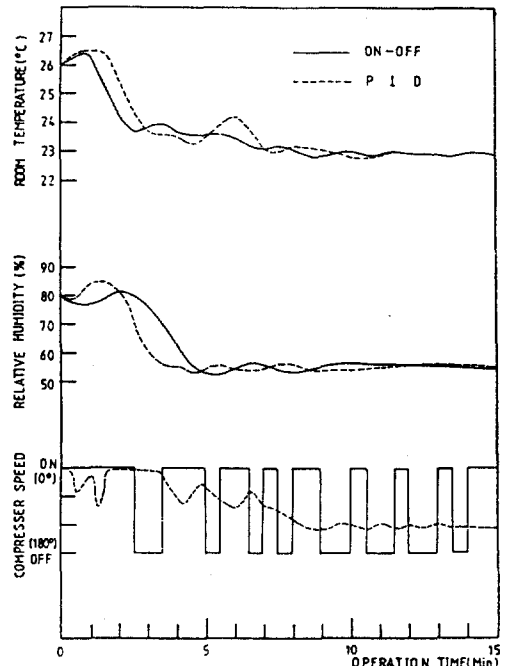


Fig. 4 Change of Temp. & Humidity with Time

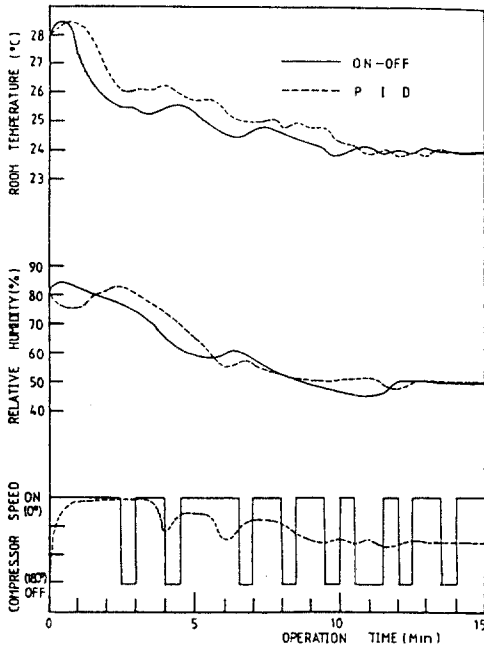


Fig. 5 Change of Temp. & Humidity with Time

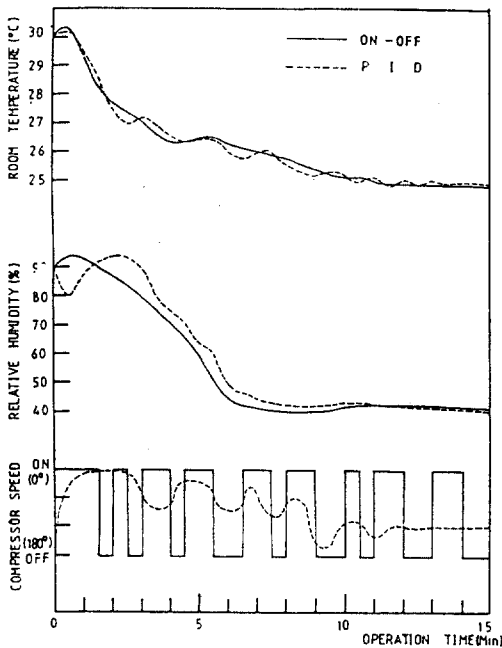


Fig. 6 Change of Temp. & Humidity with Time

우에는 전력소비가 절감된다.

Fig. 5는 실내온도 28℃, 상대습도 80%

RH의 상태로부터 온도 24℃, 상대습도 50%RH로 변화시켰을 때의 온도 및 상대습도와 압축기 구동과의 관계를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 압축기 구동 초기에는 상대습도가 증가하나 온도의 저하와 더불어 감소된다. 또한 ON/OFF 제어방식에 비해 PID제어방식은 온도와 습도의 변화가 완만함을 알 수 있다.

Fig. 6은 실내온도 26℃, 상대습도 90%RH인 상태에서 이 때의 불쾌지수는 83정도로써 대부분의 사람이 불쾌감을 느낄 때이며, 이 조건을 온도 26℃, 상대습도 45%RH로 변화시킬 경우이다. 이 때에는 PID 제어방식이 ON/OFF 제어방식에 비해 그 변화가 완만하다. 따라서 사람들로 하여금 급격한 환경조건의 변화에 의한 신체 異常을 방지할 수 있다.

3.2 잠열과 현열의 변화

Fig. 7은 실내온도 26℃, 상대습도 80%RH인 상태에서 온도 23℃, 상대습도 55%RH로 변화시킬 때의 ON/OFF 제어방식과 PID제어방식에 의한 온도와 상대습도의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 보여주는 바와 같이 압축기 구동 직후에는 순간적으로 높아지나 가동이 지속되는 경우에는 잠열감소에 의해 온도와 상대습도가 동시에 떨어지고 절대습도가 일정한 값($x = 0.0095 \text{ kg/kg}$)에 도달되면 현열감소에 의한 온도만이 쾌적조건에 적합한 값으로 제어된다.

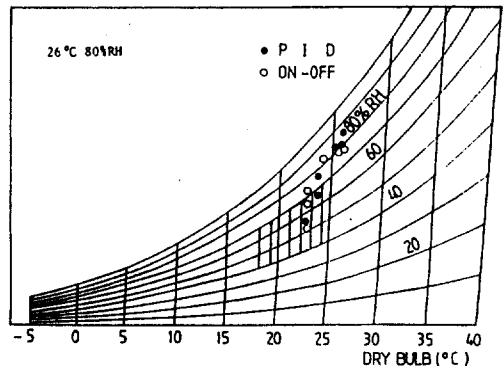


Fig. 7 Difference of Enthalpy with PID & ON-OFF Controls

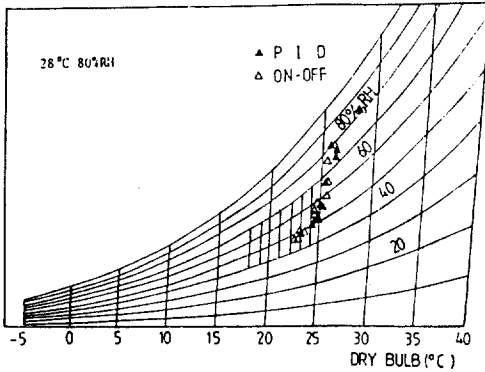


Fig. 8 Difference of Enthalpy with PID & ON-OFF Controls

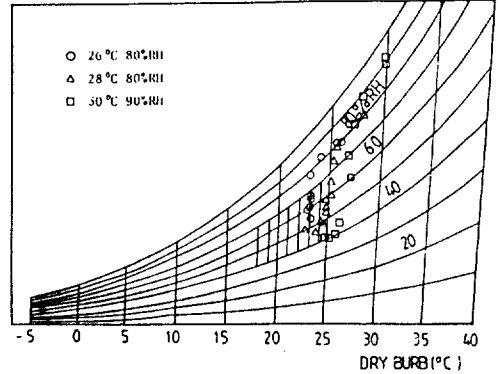


Fig. 10 Difference of Enthalpy with ON-OFF Control

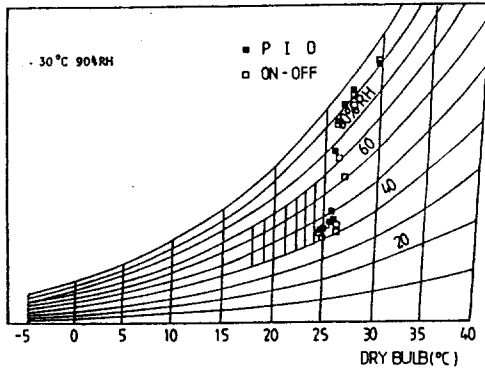


Fig. 9 Difference of Enthalpy with PID & ON-OFF Controls

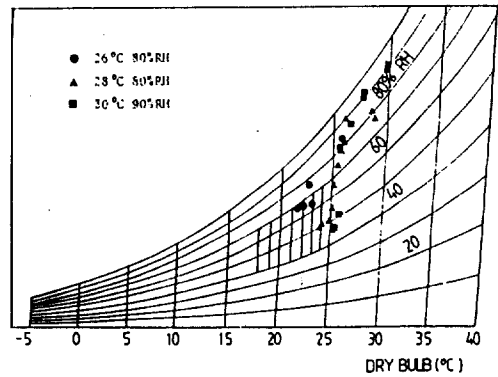


Fig. 11 Difference of Enthalpy with PID Control

Fig. 8은 실내온도 28°C, 상대습도 80% RH의 상태에서 온도 24°C, 상대습도 50%RH로 변화시킬 때의 ON/OFF 제어방식과 PID제어방식에 의한 상대습도와 온도의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 ON/OFF제어 방식에 비해 PID제어방식의 경우가 실내조건의 변화를 현열 감소에 의하여 제어하므로 완만하게 나타나며, 어느 시간 경과 후에는 두 제어방식에 의한 변화특성이 같아짐을 알 수 있다.

Fig. 9는 실내온도 30°C, 상대습도 90% RH인 상태에서 온도 26°C, 상대습도 45%RH로 변화시킬 때의 PID제어방식과 ON/OFF제어방식에 의한 상대습도와 온도의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 PID제어방식의 경우는 실내공기의 온도가 29°C에서는 절대습도가 상당히 높고 시간이 경과됨에 따라

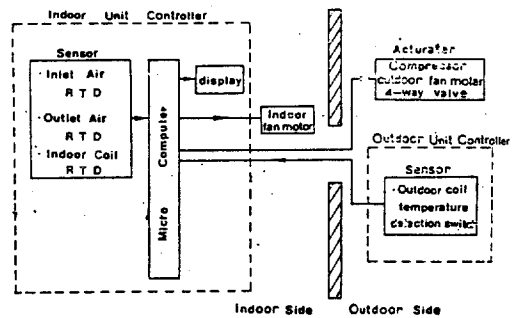


Fig. 12 Control System Block Diagram

ON/OFF 제어방식과 PID제어방식이 유사한 경향을 나타내고 있다.

Fig. 10은 온도만의 제어, 즉 ON/OFF 제어방식에 의한 온도 및 상대습도의 변화를 나타낸 것이고, Fig. 11은 동일조건 하에서 PID 제어방식에 의한 변화를 나타낸 그림이다.

4. 결 론

실내공기조화System을 사용하여 실내쾌적 조건에 영향을 주는 인자중 특히, 온도와 상대습도를 동시에 제어하는 PID제어방식에 의한 온도 및 상대습도의 변화를 실험적으로 구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. ON/OFF 제어방식에 비해 PID 제어방식을 도입할 경우 전력소비가 절감된다.
2. ON/OFF 제어방식에 비해 PID 제어방식은 온도와 습도의 변화가 완만하다.
3. ON/OFF 제어방식에 비해 PID 제어방식은 급격한 환경조건의 변화에 의한 신체 이상 현상을 방지할 수 있다.

참 고 문 헌

1. 김효경 역, 空氣調和, 동명사, 1983.
2. 小原薄平 외 5명, 100萬人の 空氣調和, pp. 2~4, Ohm社, 1984.
3. V.P. Lang, Basics of Air Conditioning, pp.1-3, VAN NOSTRAND Co., 1979.

4. 木村武雄, 空氣調和換氣設備, pp. 6~47, pp. 102~191, 朝倉書店, 1983.
5. 한응교 역, 最新計測工學, pp. 559~619, 청문각, 1986.
6. 荒井谷太郎 외 20명, Sensor Interfacing, pp. 28~79, pp. 105~186, pp. 313~330, CQ出版社, 1986.
7. 日本 冷凍工學會, 空氣調和編 上一下, 1982.
8. McQuistan and Parker, Heating Ventrating, and Air Conditioning, John Wiley & Son Inc., 1982.
9. C.W. MacPhee, ASHRAE HANDBOOK of Fundamentals, ASHRAE Inc., 1985.
10. C.W. MacPhee, ASHRAE HANDBOOK of Equipments, ASHRAE Inc., 1983.
11. C.W. MacPhee, ASHRAE HANDBOOK of Systems and Applications, ASHRAE Inc., 1987.
12. 上田次男 외 19명, 센서인터페이싱 No. 2, pp. 219~282, 기전연구사, 1986.
13. 尾關方隆 외 21명, 센서인터페이싱 No. 3, pp. 53~72, pp. 85~100, 기전연구사, 1986.