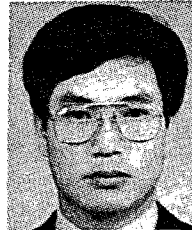


# PAC, RAC에서의 제어기술 현황과 전망

## Control System for Air-Conditioners

박 중 철  
 J. C. Park  
 삼성전자(주)가전연구소  
 냉동공조연구실 선임연구원



박 중 철  
 • 1959년생  
 • 인버터 제어 회로의 성능, 신뢰성 향상 및 공조기기의 쾌적성 향상기술 개발에 관심을 가지고 있다.

### 1. 서 론

국민의 생활수준 향상에 따라 주거 공간에도 더욱 풍요로운 생활환경을 요구하게 되었다. 에어컨에서도 덥고 추움을 해결하려는 기본적인 냉방, 난방 기능이외에 좀더 청결하고 건강생활을 할수 있는 쾌적한 환경을 창출하는 기능을 요구하게 되었으며 국가적으로는 에너지 절약형 제품개발 촉진법을 제정하여 저소비 전력형 에어컨 제품 개발을 유도하고 있다. 본 고에서는 쾌적성 향상을 위한 인공지능(AI) 제어와 냉·난방 능력향상과 소비전력 절감을 위한 인버터 제어에 관하여 국내외의 에어컨에 일반적으로 적용되고 있는 제어기술에 관하여 간략하게 원리 및 특징을 고찰해 보고자 한다.

### 2. 인공지능(AI) 제어

#### 2.1 FUZZY 제어

인간에게 좀더 쾌적한 환경을 제공하기 위하여 인간의 느낌을 중심으로 에어컨을 제어한다는 것은 쉬운 일이 아니다. 최근 인간의 인식, 판단, 사고등의 애매함을 수식적으로 표현할 수 있는

FUZZY제어 기술이 개발, 에어컨에 적용되어 쾌적성 향상에 많은 도움을 주었다.

#### 2.1.1 FUZZY 제어의 에어컨 적용 예

인간이 쾌적함을 느끼는 것은 개인별로 차이가 있으며 정량적이기보다는 정성적인 성격이 다분하다. 그러나 기존의 제어방식(테이타, 연산 위주의 제어)으로는 그 특성을 모델링하기가 매우 어렵고 연산구조 또한 복잡하다.

이에 반해 FUZZY 알고리즘은 정성적인 성격을 갖는 시스템을 모델링하기가 쉬우며 연산 구조도 매우 간단하다. 그림1은 FUZZY 제어를 에어컨에 적용한 예로서, 실내온도 및 온도변화율, 실내습도 및 습도 변화율, 외기온도 및 온도변화추이를 근거로 최적의 실내 온도, 실내습도, 실내 fan motor 및 압축기 주파수를 제어 한다.

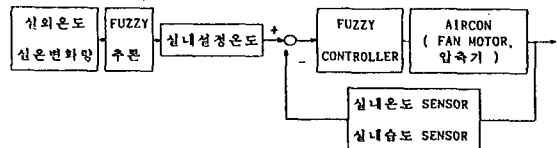
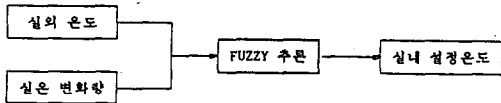


그림 1 에어컨에의 FUZZY 제어 적용 예

2.1.2 FUZZY 추론(Fuzzy Inference)

쾌적성 향상 및 냉방병 예방을 위해 현재의 실외온도 및 실온변화량을 검출하여 최적의 실내 설정온도를 유추해 내는 과정으로, 쾌적도를 나타내는 generalized comfort chart를 기준으로 하며, FUZZY추론 알고리즘은 최소·최대법(Min-Max Method)을 사용하고 빠른 연산속도를 위해 삼각형 형태의 소속함수(membership function)를 선정하여 무게중심법에 의한 defuzzification 방법에 의해 원하는 출력값인 실내 설정온도를 유추할 수 있다. 이에 FUZZY추론의 전체 block도와 Rule table 및 입력, 출력변수의 소속함수예를 그림2에 나타내었다.



<Rule table>

		실외 온도			
		낮다	중간	높다	
실온 변화량	크다	중간	높다	높다	* RULE 1 : 실외온도가 높고 실온변화량이 크면, 실내설정온도를 높인다. : * RULE n : 실외온도가 낮고 실온변화량이 작으면, 실내설정온도를 낮춘다.
	중간	작다	중간	높다	
	작다	작다	작다	중간	

< 출력 ⇒ 실내설정온도 >

<Membership 함수>

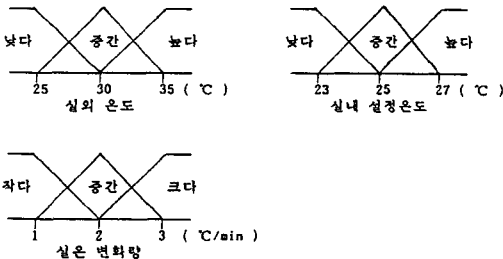


그림 2 FUZZY 실온 추론 예

2.1.3 FUZZY 제어

FUZZY추론에 의해 결정된 실내 설정온도와 현재 실내온도에 의해 온도차 및 실온변화량을 계산하고, 이에 현재 실내의 상대습도 값을 검

출하여 최적의 실내 fan 회전수 및 압축기 주파수를 결정하여 이를 제어한다.

제어 알고리즘은 전술한 FUZZY추론시에 적용한 방법(최소-최대법, 무게중심법)과 동일한 방법으로 결정하며 에어컨 적용예의 FUZZY제어 전체 block도를 그림3에 나타냈다.

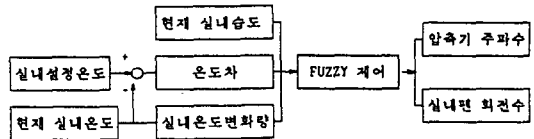


그림 3 FUZZY 제어 Block Diagram

2.2 NEURO FUZZY 제어

쾌적도를 좌우하는 중요한 요소로 실내에 있는 사람의 대사량과 착의량상태가 있는데 아직까지는 이러한 상태량을 정확히 감지할 수 있는 센서가 개발되어 있지 않아서 전술한 FUZZY제어에서는 그 값들을 고려하지 않은 상태이다.

이러한 문제점을 보완하기 위하여 학습 능력이 뛰어난 neural network(신경회로망) 이론을 FUZZY logic과 결합한 neuro FUZZY 제어기술이 있다.

Neuro FUZZY제어 알고리즘을 에어컨에 적용한 예로는 그림4의 block diagram과 같으며 신경회로망과 관련된 내용은 다음과 같다.

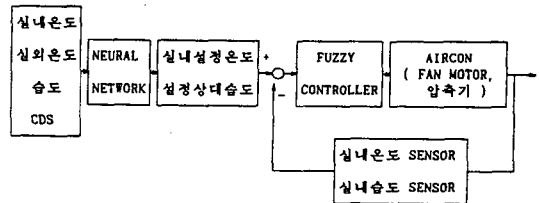


그림 4 에어컨에의 Neuro-FUZZY 제어 적용 예

2.2.1 Multi Layer(다층구조형) 신경망 구조

에어콘에 적용되는 신경회로망의 구조는 그림 5과 같은 다층구조형 이며, 흡입온도, 흡입온도 변화율, 실외온도, 풍량, 풍향, 초기 설정온도, 압축기 주파수등의 입력 변수들에 의해 현재 실내 공간의 PMV(Predicted Mean Vote; 쾌적 평가 지수)값을 유추해 낸다.

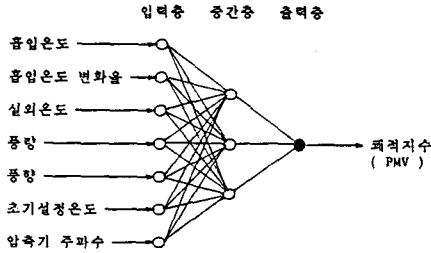


그림 5 에어컨에의 MULTI-LAYER 신경회로망 구조

2.2.2 신경회로망의 초기 학습 모드

그림6에서 알수 있는바와 같이 실내온도, 복사온도, 기류속도, 습도, 인간의 착의량 대사량을 측정할수 있는 공조 환경 실험실에서 계산된 정확한 PMV값과 에어컨에서 직접 측정할 수 있는 값(흡입온도, 흡입온도변화율, 실외온도 풍량, 풍향, 초기설정온도, 압축기 주파수)들을 입력값으로 하여 역전파(back propagation)이론에 의해 다층구조형 신경회로망을 학습시킨다.

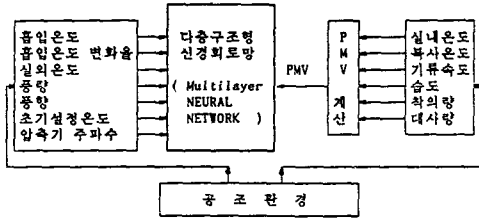


그림 6 신경회로망의 초기 학습모드

2.2.3 NEURO FUZZY 제어

실내온도, 실내온도 변화율, 풍량, 풍향, 초기 설정온도, 압축기 주파수등을 감지하여 학습된 다층구조형 신경회로망을 통해 대사량과 착의량, 기류속도, 복사온도 등을 간접적으로 계산, 이에 따른 쾌적도(PMV값)를 유추하여 실내설정온도 및 실내설정 상대습도를 제조정해 주고 그 설정 값에 따라 압축기의 주파수 및 fan motor를 FUZZY제어 함으로서 더욱 정교한 쾌적제어를 가능케 한다.

3. 고효율 정밀제어

3.1 송풍기 제어방법

에어콘에서 풍량 발생장치로 전동기가 사용되는데 그중에서 주로 교류 전동기가 사용되어진다.

에어콘에서 풍량가변을 위해서는 이 전동기의 회전수를 가변시켜야하며 교류 전동기의 회전수를 변화시키는 방법으로서는 전동기 자체에 권선비가 다른 여러개의 탭을 설치하여 송풍기의 운전 회전수를 선택하여 운전하는 방법과 전동기에 투이되는 입력전원을 반도체등을 이용하여 위상을 검출하여 목표 회전수로 위상을 제어하는 방법이 있다.

전자는 송풍기의 부하가 큰 package aircon. (PAC)에 주로 사용하는 방법으로 회로 구성의 단순성은 있으나 탭의 숫자만큼으로 풍량단계가 제한되고, 입력전원의 변동에 정속도 운전이 불가능한 단점이 있어 최근에 와서는 후자의 방법이 널리 사용되어지고 있다. 후자의 방법은 그 제어 기법에 따라 수많은 단계의 풍량 가변이 가능하고 입력전원의 변동에 관계없이 전동기의 정속도 운전도 가능하다.

3.2 PID(Propotional Integrated Derivative) 제어

에어컨의 송풍기 다단계 정속도 제어에 가장 많이 사용되는 제어기법으로 송풍기의 회전수를 검출하는 회전수 검출기와 교류전원의 기준위상을 검출하기 위한 zero crossing(영위상) 회로와 직류신호를 교류신호로 변화하여 실제 송풍기를 구동하기 위한 구동회로와 검출된 회전수와 실제 목표회전수와와의 편차를 검출하여 PID연산을 수행하는 MICOM으로 구성되며 그림7에 기본 구성도를 나타냈다.

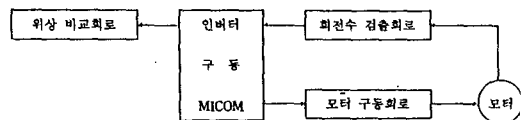


그림 7 PID 제어 기본 구성도

송풍기의 회전에 따라 검출되는 주파수는 MICOM에서 시간계수로 계산되어 회전수를 알 수 있고 이미 기억된 목표회전수에 대한 시간계수와 비교에 의해 그 편차를 PID 연산하여 결과치를 현재의 출력값에 가산 또는 감산함으로써 목표회전수에 접근할 수 있게 된다.

PID 제어의 기본 연산 알고리즘을 그림8에 나타냈다.

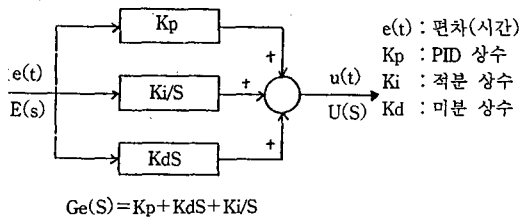


그림 8 PID 제어기

### 3.3 인버터 제어

#### 3.3.1 인버터 에어컨의 특징

인버터제어는 압축기의 운전 주파수를 변화시켜 에어컨의 능력이변이 가능한 장치로서 에어컨의 주위환경조건에 따라 조건에 적합한 능력으로 운전을 하므로 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- 1) 절전효과 : 능력이변이 가능하여 운전개시 시에는 최대능력으로, 설정온도에 접근하면 운전효율이 높은 최소능력으로 운전하므로 절전을 기할 수 있고 압축기의 on/off 횟수를 최소화 하여 전력낭비를 줄일 수 있다.
- 2) 쾌적성 향상 : 부하에 따라 능력이변을 하므로 운전개시에는 빠른 시간내에 설정온도에 도달하고 설정온도 부근에서는 세밀한 온도 제어가 가능하므로 종래에어컨에 비해 온도, 습도, 변화폭이 월등히 작아 쾌적성이 향상됨.
- 3) 적은 기동 전류 : 기동 초기 저주파, 저전압으로 기동을 하므로 기동전류가 극히 작다.

- 4) 난방성능 향상 : 난방시에 고주파수로 운전이 가능하여 난방성능 향상을 기할 수 있다.

#### 3.3.2 인버터 회로의 개요 및 구동회로

인버터회로의 개요를 살펴보면 그림9에 나타난 것과 같이 가정용 전원을 정류기와 평활회로를 통하여 DC전압으로 변환한후 인버터 장치를 사용하여 원하는 주파수의 교류전압으로 재변환하여 압축기를 운전하게 된다.

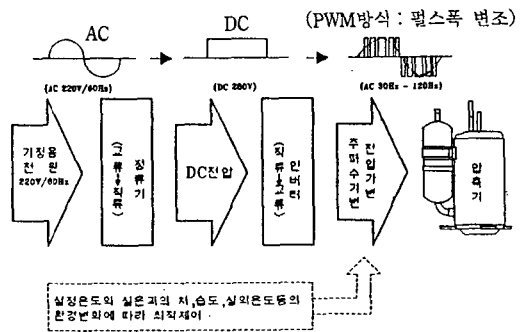


그림 9 인버터 회로의 개요

인버터 회로의 동작 특성은 그림10과 같이 인버터 구동 MICOM, 인버터 구동회로 6개의 power transistor로 구성된 power TR module과 3상 압축기로 구성된다. MICOM에서는 인버터 회로에서 요구되는 주파수의 3상 교류전압을 만들어 내는데 필요한 PWM(펄스폭 변조)파를 인버터 구동회로에 보내면 인버터 인버터 구동회로에서는 PWM파를 증폭하여 각각의 power TR을 구동한다. power TR을 지난 PWM전압은 압축기 권선의 리액턴스에 의해 정현파에 가까운 3상의 교류전압으로 변환되어 압축기를 운전한다.

압축기의 운전(회전)속도는 압축기에 인가되는 교류전압의 주파수에 비례하며 인가전압도 비례적으로 가변한다. 따라서 PWM파형은 운전 전압과 주파수를 결정하는 중요한 요소이며 이 데이터는 사전에 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 각 운전주파수별 PWM 데이터를 산출하여 인버터 구동 MICOM의 ROM에 저장되며 MICOM에서는 운전하고자 하는 주파수에 해당하는 PWM 데이터를 인버터 구동회로에 보내게 된다.

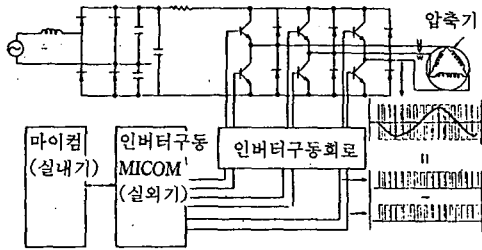


그림10 인버터 구동 회로

#### 4. 향후 제어기술의 발전 방향

##### 4.1 쾌적성향상 기술

보다 나은 쾌적한 생활환경을 창출하기 위하여 인간의 체감을 검출할수 있는 센서의 개발 및 실용화가 진행될 것으로 보이며, 고효율 및 냉·난방성능 향상을 위하여 압축기의 능력 향상 및 정밀제어기술의 개발이 진전되리라 전망된다.

##### 4.2 편리성 향상 기술

에어컨의 사용 및 편리성향상을 위해 리모콘의 조작 단순화 및 HA System과 연계한 원격제어 기술이 적용될것으로 예상되며 에어컨의 사용기간 확대를 위하여 냉·난방 기본성능 향상과 함께 실내공간의 공기 질을 제어하는 연구가 진행될 것으로 보인다.

#### 5. 맺음말

이제까지 에어컨에 적용되는 대표적인 제어기술의 원리 및 특징에 관하여 살펴보았다. 생활수준이 향상되면서 좀더 쾌적한 실내환경을 요구하고 있으며 사회적으로도 대기오염문제가 심각하게 대두되고 있어 쾌적제어기술과 청결제어기술의 개발이 필요하다고 본다.

따라서 에어컨의 제어기술은 생활을 더욱 풍요롭게, 더욱 쾌적하게 더욱 편리하게 하기 위하여 쾌적성향상, 사용의 편리성 향상 및 전기를 절약할 수 있는 기술과 제품 개발에 노력을 경주해야 하겠다.