
퍼지 제어 기법과 열 영상을 이용한 에어컨의 효율적 제어

김광백* · 우영운**

Efficient Control of an Air Conditioner Using Thermal Image and a Fuzzy Control Method

Kwang-Back Kim* · Young Woon Woo**

요 약

최근 한정된 자원으로 인한 에너지 수요가 증가하면서 에너지 절약 문제가 중요한 과제로 대두되었다. 본 논문에서는 효율적인 에너지 절약 문제를 해결하기 위한 방법으로 열 영상과 퍼지 제어 기법을 적용하여 에어컨의 풍향과 풍속을 제어하는 방법을 제시한다. 본 논문에서는 에어컨의 풍향과 풍속을 제어하기 위해 획득한 초기 열 영상을 색상 분포 영상으로 변환하며 각 색상은 24.0°C에서 27.0°C의 분포의 온도 값을 가진다. 본 논문에서는 색상 분포 영상을 좌에서 우로 5개의 계층 구간으로 분류하여 온도를 분석한다. 실내 공간의 색상 분포 영상을 분석하여 얻어진 각 계층구간의 온도와 대기 중의 습도를 퍼지 소속 함수에 적용하여 구해진 결과 값을 비퍼지화하고 최종적으로 풍향 세기를 제어한다. 그리고 열 영상을 분석하여 풍향의 우선순위, 풍향의 지속시간을 결정한다. 제안된 방법과 기존 시스템과의 전력량 차이를 시뮬레이션한 결과, 제안된 방법이 효과적임을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

The shortage of fossil fuel drives researchers to find a new way to increase energy efficiency. In this paper, we propose a method to control the direction and speed of an air conditioner using a thermal image and fuzzy controlling method, which results in the increase of energy efficiency. The thermal image is first converted into a color temperature image which represents the temperature range from 24.0°C to 27.0°C. The temperature image is divided into 5 columns and the distribution of them is used to analyze room temperature and control an air conditioner. The proposed method was applied to 300 by 400 thermal images. When the performance of the proposed method was compared to existing systems in energy efficiency, the proposed method was better than existing methods, which is clear from experimental results.

키워드

퍼지 추론 규칙, 온도 제어, 풍향 제어, 열 영상

Key word

Fuzzy Inference Rule, Temperature Control, Wind Direction Control, Thermal Image

* 신라대학교 컴퓨터정보공학부 (제1저자)
** 동의대학교 멀티미디어공학과 (교신저자, ywoo@deu.ac.kr)

접수일자 : 2010. 06. 13
심사완료일자 : 2010. 07. 02

I. 서 론

우리나라는 세계 10대 에너지 소비국 중 하나이며 에너지 수입 의존도가 95% 이상이다. 그리고 연간 15조원 이상을 에너지 수입 비용으로 지불하고 있다. 에너지 소비 증가율은 매년 상승하고 있으며, 최근 국제 유가가 급등하고 에너지 위기상황이 지속되어 에너지 절약의 필요성이 대두되고 있다. 정부는 내년부터 2011년까지 단계적으로 모든 건물의 실내적정온도를 정하여 이를 어기면 과태료를 부과할 예정이다[1]. 따라서 과도한 냉방으로 인한 에너지 소비가 급증하고 있는 상업, 공공용 건물에 실내 적정 온도를 제한할 필요가 있다.

기존의 방법[2]은 스탠드형 에어컨 제어에 적합하도록 온도와 높이를 이용하여 에어컨의 풍향 및 풍속을 제어하였다. 그러나 천장형 에어컨의 제어에는 적합하지 않다. 그리고 실내공간의 습도를 고려하지 않았다. 따라서 본 논문에서는 열 영상과 습도를 이용하여 천장형 에어컨의 풍향과 풍속을 제어하는 방법을 제안한다. 제어에 이용되는 열 영상은 실내 공간의 온도를 평면도 형태로 표현한 영상이다.

II. 색상 분포 영상

2.1 열영상 생성 과정

본 논문에서 제안하는 색상 분포 영상의 생성 과정은 그림 1과 같다. 실내 공간의 온도 분포를 얻기 위하여 색상 분포 영상을 생성한다. 색상 분포 영상은 가상의 열 영상을 400×300의 색상 분포 영상으로 변환한다. 가상의 열 영상은 400×300의 크기이며, 각 공간은 40×30 크기를 가지며, 각 공간들을 region labeling 방법을 적용하여 전체 영상을 5개의 계층 구간으로 분류한다.



그림 1. 색상 분포 영상 생성
Fig. 1. Generation of color distribution image

2.2 각 계층 구간의 평균 온도

퍼지 제어 기법을 적용하기 위해 각 계층 구간의 평균 온도와 습도를 입력 값으로 사용한다. 평균 온도를 얻기 위해서 평면도의 형태로 생성된 가상의 열 영상을 기준으로 색상 분포 영상을 생성한다. 색상 분포 영상의 각 색상은 Red, Magenta, Yellow, Green Sky, Blue의 RGB 색상으로 구성되며, 각 색상은 고유의 온도 값을 가진다.

전체 실내 공간의 적절한 온도를 제어하기 위해서 색상 분포 영상을 좌에서 우로 5개의 계층 구간으로 분리하며, 식 (1)을 적용하여 각 계층 구간의 평균 온도를 구한다.

$$Et = \sum \frac{Ct \times T}{St} \quad (1)$$

식 (1)에서 Ct와 T는 각 계층 구간을 구성하는 색상 영역의 픽셀수와 온도이며, St는 해당 계층 구간의 총 픽셀수를 의미한다. 식 (1)에서 Ct × T는 계층 구간에 존재하는 색상 영역의 색상 온도 값이며, 계산된 모든 색상 값의 총합을 계층 구간의 총 픽셀수로 나누어 계층 구간의 평균 온도를 구한다. 구해진 평균 온도와 대기 중의 습도를 퍼지 제어 기법에 적용하여 에어컨의 풍속을 제어한다.

III. 퍼지추론 규칙을 이용한 풍속제어

본 논문에서는 퍼지 소속 함수와 퍼지 추론 규칙을 적용하여 에어컨의 풍속을 제어한다. 퍼지 제어 시스템의 입력은 실내공간의 색상 분포 영상을 분석하여 얻어진 각 계층 구간의 평균 온도와 대기 중의 습도이고, 출력은 에어컨의 풍속이다. 퍼지 제어 시스템은 입력 값에 대한 퍼지화, 전문가의 지식에 기반을 둔 퍼지 규칙에 의한 퍼지 추론, 비퍼지화, 출력(풍속)으로 구성된다[3]. 그림 2는 제안된 퍼지 제어 시스템의 구성도이다.

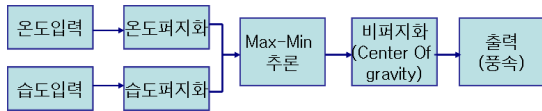


그림 2. 제안된 퍼지 제어 시스템 구성도
Fig. 2. Structure of the proposed fuzzy control system

3.1 온도 소속 함수

온도 소속 함수의 구간은 실내 적정 온도를 참조하여 설계한다. 실내 적정 온도는 정부가 권유한 온도와 여론 조사결과[4]를 바탕으로 24℃ ~ 25℃로 가정하였다. 온도 소속 함수의 입력값은 색상 분포 영상을 분석하여 얻어진 각 계층 구간의 평균 온도이다. 온도 값의 소속 함수의 구간은 [Cool, Normal, Hot]로 구성된다. Cool 구간은 온도가 낮은 구간이고, Normal 구간은 온도의 중간 구간이며, Hot 구간은 온도가 높은 구간이다. 각 소속 함수 구간에서 cool 구간은 24℃ ~ 25.5℃, Normal 구간은 24℃ ~ 27℃이며, Hot 구간은 25.5℃ ~ 27℃로 설정한다. 온도에 대한 소속 함수는 그림 3과 같다.

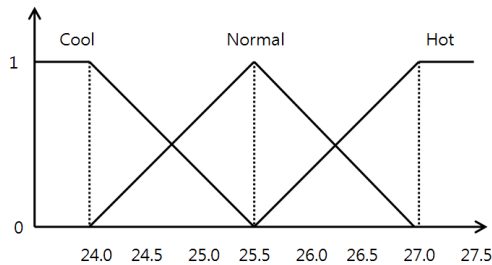


그림 3. 온도 값에 대한 소속 함수
Fig. 3. Membership functions for Temperature

온도에 대한 소속도는 식 (2), 식 (3), 식 (4)와 같으며, X를 온도의 입력값으로 적용한다.

(2) 낮은 온도 구간 = Cool

$$IF(X \geq 25.5) \text{ Then } \mu(X) = 0$$

$$Else \text{ IF}(X \geq 24) \text{ Then } \mu(X) = \frac{-1}{25.5-0}(X-25.5)$$

(3) 적정 온도 구간 = Normal

$$IF(X \geq 27 || 24 \geq X) \text{ Then } \mu(X) = 0$$

$$Else \text{ IF}(X < 25.5) \text{ Then } \mu(X) = \frac{1}{25.5-0}(X-24)$$

$$Else \text{ IF}(X \geq 25.5) \text{ Then } \mu(X) = \frac{-1}{27-25.5}(X-27)$$

(4) 온도가 높은 구간 = Hot

$$IF(X \leq 25.5) \text{ Then } \mu(X) = 0$$

$$Else \text{ IF}(X < 27) \text{ Then } \mu(X) = \frac{1}{27-25.5}(X-25.5)$$

$$Else \text{ Then } \mu(X) = 1$$

각 계층 구간의 온도를 입력하면 Cool, Normal, Hot과 같은 3 구간에 대한 소속도를 구한다.

3.2 습도의 소속 함수

실내 공간의 적정 습도는 50% 이내를 유지하도록 한다[5]. 습도의 소속 함수의 구간은 [Low, Normal, High]로 구성된다. Low 구간의 범위는 0%에서 50%이고, Normal 구간은 25%에서 75%이며, High 구간은 50%에서 100%로 설정한다. 대기 중의 습도 값을 소속 함수에 적용하여 습도에 대한 소속도를 구한다. 습도에 대한 소속 함수는 그림 4와 같다.

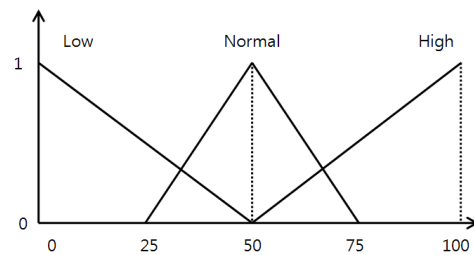


그림 4. 습도에 대한 소속 함수
Fig. 4. Membership function for humidity

습도에 대한 소속도는 식(5), 식(6), 식(7)과 같으며 Y를 습도의 입력 값으로 사용한다.

(5) Low 구간

$$IF(Y \geq 50) \text{ Then } \mu(Y) = 0$$

$$Else \text{ IF}(Y \geq 0) \text{ Then } \mu(Y) = \frac{-1}{50-0}(Y-50)$$

$$Else \mu(Y) = 1$$

(6) Normal 구간

$$IF(Y \leq 25) \text{ or } (Y \geq 75) \text{ Then } \mu(Y) = 0$$

$$Else IF(Y \leq 55) \text{ Then } \mu(Y) = \frac{1}{55-25}(Y-25)$$

$$Else IF(Y > 55) \text{ Then } \mu(Y) = \frac{-1}{75-55}(Y-75)$$

(7) High 구간

$$IF(Y \leq 50) \text{ Then } \mu(Y) = 0$$

$$Else IF(Y \leq 100) \text{ Then } \mu(Y) = \frac{1}{100-50}(Y-50)$$

$$Else \mu(Y) = 1$$

3.3 풍속에 대한 추론 규칙

색상 분포 영상에서 계층의 온도와 습도의 소속도를 표 1과 같은 퍼지 추론 규칙에 적용하여 추론한 후에, 무게중심법[6]을 적용하여 비퍼지화 하고 풍속을 제어한다. 그림 5는 풍속에 대한 출력 소속 함수이다.

표 1. 퍼지추론 규칙
Table 1. Fuzzy inference rules

Y \ X	Low	Normal	High
Cool	ML	ML	MS
Normal	ML	MS	MS
Hot	MS	MS	S

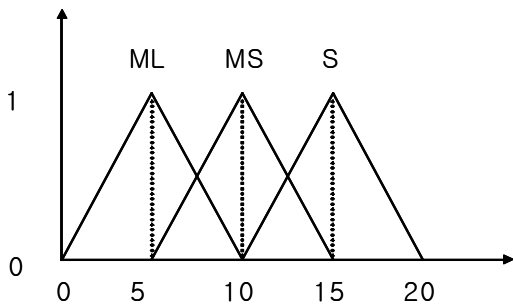


그림 5. 풍속에 대한 소속 함수
Fig. 5. Membership functions for wind speed

3.4 풍향의 제어와 전력량 측정

풍향의 지속시간은 실내 구간의 평균 온도와 적정 온도의 차이와 습도를 반영한다. 실내 냉방온도를 0.1℃도

내리기 위해서는 1분의 지속시간이 필요하다고 가정한다. 풍향의 지속시간 계산은 식 (8)과 같다. 식 (8)에서 T는 풍향의 지속시간을 나타내며, Dt와 Tt는 각각 실내 적정 온도와 평균 온도이다. y는 습도 값이며, 습도 값이 높아지면 지속시간도 길어진다.

$$T = (Dt - Tt) \times \frac{y}{50} \times 10 \tag{8}$$

풍향은 각 5개의 계층 구간의 우선순위를 계산하여 제어한다. 풍향의 우선순위는 각 계층 구간의 평균 온도와 동일하게 설정한다. 각 구간의 평균 온도와 순위는 그림 6과 같다.

Section Temperature Ranking		
Section1	25,565	4
Section2	25,81333	2
Section3	25,61666	3
Section4	25,27333	5
Section5	25,81333	1

그림 6. 각 계층 구간의 평균 온도 및 풍향의 우선순위

Fig. 6. Priority of mean temperature and wind direction in each temperature range

소비 전력인 P인 에어컨의 전력량은 식 (9)와 같이 구한다.

$$W = P \times T / 60 \tag{9}$$

IV. 실험 및 결과 분석

실험 환경은 Intel Pentium-IV 3GHz CPU와 1GB RAM 이 장착된 IBM 호환 PC상에서 Microsoft Visual Studio 6.0으로 구현하였고, 풍속 및 풍향 제어 기법의 성능을 테스트하기 위해 시뮬레이터를 구현하였다. 시뮬레이터에서 에어컨의 소비전력은 8.3kw로 설정하였다.

실험 영상은 가상으로 생성된 300×400의 크기를 가진 열 영상과 열 영상에서 생성된 색상 분포 영상 50장을 적용하였다. 본 논문에서 제안한 풍속 및 풍향 제어 기법을 시뮬레이터에 적용한 결과, 실내 적정 온도인 24℃ ~ 25℃를 유지하였고, 습도를 고려하여 풍속을 제어하였다. 풍향의 지속시간 및 각 구간의 전력량, 온도의 소속도는 그림 7과 같고 풍속 및 풍향 제어 화면은 그림 8과 같다.

Temp_Fuzzy	Section1	Section2	Section3	Section4	Section5
cool	0	0	0	0.15070E	0
normal	0.95666E	0.791111	0.922222	0.849291	0.791111
hot	0.04333E	0.20888E	0.077777	0	0.20888E
Distance	5.65685	4.47213	4	4.47213	5.65685
Continue_Time	14.91	18.3866661	15.633333	10.835125	18.3866661
Electric Power	2.06255 kw	2.543488 kw	2.162611 kw	1.498858 kw	2.543488 kw

그림 7. 풍향의 지속시간 및 전력량
Fig. 7. Duration time of wind and electric power

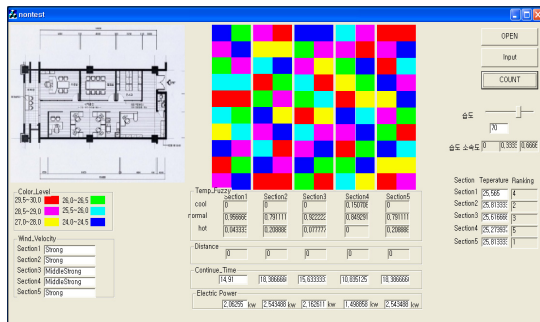


그림 8. 풍속 및 풍향 제어 화면
Fig. 8. Screen for control of wind speed and direction

제안된 방법과 기존의 방법[2] 간의 에어컨에서 전력량 차이는 표 2와 같다.

표 2에서 기존의 방법은 습도를 고려하지 않은 상태에서 풍속을 제어하였으나 제안된 방법은 실내 공간의 습도까지 고려하여 풍속을 제어하므로 기존의 방법보다 전력량이 적게 소비되었다.

표 2. 기존 기법과 제안 기법 간의 전력량 비교
Table 2. Comparison of the proposed method and the conventional method

	기존 기법[2]	제안 기법
첫 번째 계층 구간 (Section 1)	2.06kw	1.17kw
두 번째 계층 구간 (Section 2)	2.54kw	1.45kw
세 번째 계층 구간 (Section 3)	2.16kw	1.23kw
네 번째 계층 구간 (Section 4)	1.49kw	0.85kw
다섯 번째 계층 구간 (Section 5)	2.54kw	1.45kw

V. 결 론

본 논문에서는 에너지 절약을 위해 실내 적정 풍속과 풍향을 제어하기 위해 가상의 열 영상을 300×400 크기의 색상 분포 영상으로 생성하고 퍼지 추론 기법에 적용하였다. 색상 분포 영상의 각 색상은 고유의 온도 값을 가지며, 24℃에서 27℃ 사이의 값을 가진다. 에어컨의 풍속을 제어하기 위해서 평면도에서 측정된 거리와 색상 분포 영상으로 얻어진 온도와 실내공간의 습도를 퍼지 제어 기법에 적용하여 풍속을 제어하였다. 그리고 계층 구간의 평균 온도를 이용하여 풍향과 풍향의 지속 시간을 제어하였다. 제안된 풍속 및 풍향 제어 기법은 천장형 에어컨의 제어에 적합하도록 실내 공간의 온도를 평면도 형태로 표현한 열 영상을 이용하였고, 습도를 고려하여 풍속을 제어하였다.

향후 연구 과제는 사용자가 느끼는 체감 온도를 수치화하고, 3차원적인 실내 공간을 바탕으로 더 정확하고 현실적인 풍속 및 풍향을 제어하는 방법에 대해 연구할 것이다.

참고문헌

- [1] 임동욱, “은행·백화점 실내온도 정부가 나서 높인다 (<http://www.mt.co.kr/view/mtview.php?type=1&no=2010062215192673174&outlink=1>),” 머니투데이, 6월, 2010.
- [2] 김광백, 조재현, 우영운, “열 영상과 퍼지 제어 기법을 이용한 온도 및 풍향 제어,” 한국해양정보통신학회논문지, 제12권, 11호, pp. 2083-2090, 2008.
- [3] R. Babuska, Fuzzy Modeling For Control, Kluwer Academic Publishers, 1998.
- [4] (주)코리아리서치, 건물의 냉난방온도 제한 관련 국민의식 여론조사 결과보고서(http://www.itstv.net/info/policy_read.asp?seq=74976), 7월, 2008.
- [5] 류정일, “갑작스런 보양식 금물 실내습도 50% 유지를(<http://biz.heraldm.com/common/Detail.jsp?newsMLId=20070707000071>),” 헤럴드경제, Apr. 2010.
- [6] 김광백, 박현정, “퍼지 추론기법을 이용한 DNA 염기 서열의 단편결합,” 한국해양정보통신학회논문지, 10권, 12호, pp. 2329-2334, 2006.

저자소개



김광백(Kwang-Baek Kim)

1999년 : 부산대학교
전자계산학과(이학박사)
1997년~현재 : 신라대학교
컴퓨터정보공학부 교수

2005년~현재 : 한국멀티미디어학회 이사 및 논문지 편집위원
2005년~현재 : 한국해양정보통신학회 학술상임이사 및 논문지 편집위원

※ 관심분야 : Image Processing, Fuzzy Logic, Neural Networks, Medical Imaging and Biomedical System, Support Vector Machines



우영운(Young Woon Woo)

1989년 2월 : 연세대학교
전자공학과(공학사)
1991년 8월 : 연세대학교 본대학원
전자공학과(공학석사)

1997년 8월 : 연세대학교 본대학원 전자공학과
(공학박사)
1997년 9월~현재: 동의대학교 멀티미디어공학과 교수
2010년~현재: 한국해양정보통신학회 국제학술분과
위원장
※ 관심분야: 지능시스템, 패턴인식, 퍼지이론, 의료정보