

퍼지 추론 규칙을 이용한 가상의 열 영상 온도와 풍향 제어

강경민 · 김광백

신라대학교 컴퓨터정보공학부

Temperature and Wind Control of Virtual Warmth Image Using Fuzzy

Reasoning Rule

Kyoung-min Kang · Kwang-baek Kim

Division of Computer and Information Engineering, Silla University

E-mail: subin815@hotmail.com, gbkim@silla.ac.kr

요 약

본 논문에서는 에너지 절약을 위한 방법으로 여름철 냉방의 적정 온도 및 풍향을 제어하기 위한 가상의 시뮬레이션을 목적으로 열 영상과 퍼지 추론 규칙을 적용한 온도 및 풍향 제어 기법을 제안한다. 온도 제어를 위한 가상 시뮬레이션에서 열 영상을 분석하기 위해서 영상을 300×400 의 크기를 가지는 색상 분포 영상으로 변환한다. 색상 분포 영상은 Red, Magenta, Yellow, Green, Sky, Blue의 온도 값을 가지는 R, G, B 값이며 각 색상은 24.0°C 에서 27.0°C 의 분포의 온도 값을 가진다. 색상 분포 영상은 아래 계층부터 레벨1에서 레벨10의 높이 계층으로 분류한다. 분류한 각 계층은 고유의 색상 분포도를 가지며 색상이 가지는 온도 수치에 따라서 계층별로 온도를 구성한다. 풍향 제어를 위한 각 계층의 높이는 레벨1에서 레벨3까지는 하위층이며, 레벨 4부터 레벨 7은 중간층, 레벨 8부터 레벨 10은 상위층으로 분류한다. 각 계층의 온도와 높이 레벨 값은 온도 조절과 풍향의 우선 순위, 강도 조절, 지속 시간을 구하기 위한 파라미터이다. 실내 공간의 전체적인 온도의 균형과 풍향을 제어하는 과정으로 풍향의 방향, 지속시간을 적용하고 풍향의 강도를 구하기 위해서 색상 분포 영상의 각 구간의 온도 및 높이의 특징을 적용하여 퍼지 소속 함수를 설계한 후, 소속 함수의 소속도를 구하고 퍼지 추론 규칙을 적용하여 풍향의 강도를 구한다.

키워드

퍼지 추론 규칙, 온도 제어, 풍향 제어, 열 영상

I. 서 론

지식 경제부는 급격한 국제유가가 상승세에도 불구하고 최근 5년간 우리나라 에너지소비는 연평균 2.8% 증가했는데 상업, 공공용 건물의 냉방용 에너지소비는 연평균(00-06)년 10%까지 증가했다고 발표했다. 따라서 과도한 냉방으로 인한 에너지소비가 급증하고 있는 상업, 공공용 건물 중심으로 냉방 온도를 제한 할 필요가 있다. 고유가등 국가 경제위기 상황에 대처하기 위해서 실내 냉방의 적정 온도 준수를 위해 (주)코리아리서치 기관을 통해서 여름철 실내 냉방의 적정 온도에 대한 연령별 설문조사를 한 결과, 여름철 실내 냉방 온도는 20대를 제외한 모든 연령층에서

$24\sim 26^{\circ}\text{C}$ 가 가장 높게 나타났다.[1]

따라서 본 논문에서는 여름철 냉방의 적정 온도 및 풍향 제어를 위해 가상으로 열 영상을 생성하고 열 영상과 퍼지 추론 규칙을 적용한 온도 및 풍향 제어 기법을 제안한다.

II. 주 건물 온도 제한 국민의식 조사

지식 경제부의 조사의 목적은 최근 지속되고 있는 유가 상승은 에너지의 97%를 수입하고 있는 우리나라에 에너지뿐만 아니라 인플레이션 등 경제 위기를 고조 시키고 있다. 이에 에너지 절약이

필요한 상황으로 정부는 에너지 절약 대책의 일환으로 주 건물의 실내 냉방온도를 제한하는 제도를 추진하고 있다. 여론조사는 전국의 만 19세 이상 남녀를 대상으로 실내 적정 냉방 온도 준수 캠페인의 인지도, 제도 도입 찬반 여부를 조사하여 관련 정책 수행 시 필요한 기초 자료로 활용하는 목적으로 (주)코리아리서치에서 조사하였다[2].

2.1 실내 냉방온도 준수 캠페인 인지도

여름철 26℃ 이상으로 실내 온도를 제한하는 “실내 적정 냉방온도 준수 캠페인”에 대해, ‘잘 알고 있다’ 36.1%, ‘들어본 적이 있다’ 37.3%로 국민 4명 중 3명(73.4%)은 최근 국제 유가 상승에 따라 정부가 에너지 절약 대책 일환으로 실시하고 있는 실내 적정 냉방온도 준수 캠페인을 접해 본 적이 있거나 그 내용에 대해 잘 알고 있는 것으로 조사되었다. 그러나 ‘모른다.’는 응답도 26.6%로, 국민 4명중 1명은 캠페인에 대해 처음 들어본다는 반응이다. 조사의 대상은 19세 이상 남녀 1000명을 대상으로 CATI(Computer Aided Telephone Stratified Sampling) 방법으로 조사하였다. 그리고 표본추출 방법은 비례층화할당(Proportionate Stratified Sampling)방식을 사용하였다. 조사기간은 2008년 7월21일 기준이며 신뢰수준은 95% 오차를 ±3.1%다. 그림 1은 실내 냉방온도 준수 캠페인 인지도이며 표 1은 표본의 특성이다[2].

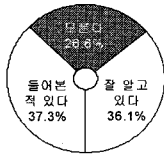


그림 1. 실내냉방온도 준수 캠페인 인지도

2.2 실내 냉방온도 적정성

여름철 상업, 공공용 건물 중심으로 실내 냉방 온도 제한의 적정성에 대한 국민의식 여론조사 결과, 찬성이 78.1%, 반대가 16.5%, 무응답이 7.6%로 나타났다. 국민 다수가 정부에서 권유하고 있는 실내 냉방온도 수준에 동의하는 것으로 조사되었다. 한편, 정부가 권유하고 있는 실내 냉방온도가 ‘적정하지 않다’는 응답자를 대상으로 적정 온도를 질문한 결과, 여름철 적정 실내온도는 평균 24.2℃로 정부가 권유하는 실내온도보다 1.8℃가 낮다. 온도별로 살펴보면, 여름철 적정 실내온도로 24~25℃가 47.7%로 가장 높고, 23℃이하는 31.3%, 정부가 권유하는 26℃ 이상은 20.9%로 가장 낮다.

표 1. 여론조사 표본의 특성

		사례 수	%
전체		(1009)	100.0
성별	남성	499	49.5
	여성	510	50.5
연령별	20대 이하	217	21.5
	30대	238	23.6
	40	228	22.6
	50	326	32.3
거주지역별	대도시	474	47.0
	중소도시	390	38.7
	읍/면지역	145	14.3
직업별	화이트칼라	218	21.6
	블루칼라	95	9.4
	자영업	110	10.9
	농/림/수산업	44	4.4
	주부	311	30.9
	학생	137	13.6
	무직/기타	92	9.1
학력별	중졸이하	155	15.4
	고졸	330	32.7
	대제이상	511	50.6
	무응답	13	1.3

따라서 본 논문에서는 여름철 실내 냉방온도의 적정온도를 정부 권유 온도와 실시한 여론 조사 결과를 바탕으로 24~25℃를 기준으로 여름철 냉방의 적정 온도 및 풍향을 제어하기 위한 목적으로 가상으로 시뮬레이션을 한다.

III. 색상 분포 영상 생성

본 논문에서 제안하는 가상의 시뮬레이션의 색상 분포 영상 생성은 그림 2와 같다.

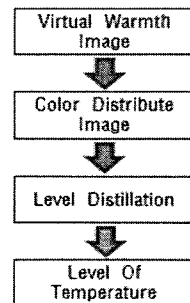


그림 2. 색상 분포 영상 생성 과정

3.1 Virtual Warmth Image 생성 과정

가상의 열 영상은 300 × 400의 크기를 가지는 영상이며 각 공간은 30 × 40의 크기를 가진 10개의 공간으로 구성한다. 10개의 가로 열 공간은 하나의 레벨계층으로 분류하고 레벨 계층은 풍향을 제어하기 위한 파라미터로 사용한다.

3.2 Color Distribute Image 변환 과정

가상의 열 영상을 300 × 400의 크기를 가지는 색상 분포 영상의 패턴으로 변환한다. 색상 분포 영상은 Red, Magenta, Yellow, Green, Sky, Blue의 RGB 색상을 가지며, 각 색상은 고유의 온도 값을 가진다. 생성된 색상 분포 영상은 레벨계층으로 분류하고 총 10계층으로 구성되며 각 계층마다 고유의 온도 값을 가진다. 생성된 색상 분포 영상은 그림 3과 같다.

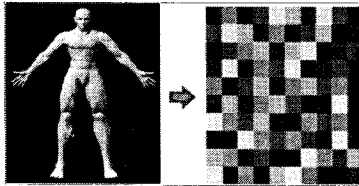


그림 3. 색상 분포 영상

3.3 히스토그램 분포를 이용한 온도 측정

색상 분포 영상으로 변환된 영상을 Red, Magenta, Yellow, Green, Sky, Blue의 히스토그램을 이용하여 각 계층의 색상 영역의 분포도를 구하고 각 계층의 색상 값의 총합을 구한 후, 계층의 평균온도를 구한다. 평균 온도를 계산하는 방법은 식 1과 같고 고유의 색상이 가지는 온도 도수는 표 2와 같으며 색상 분포 영상의 히스토그램은 그림 4와 같다.

$$Et = \sum \frac{C \times Ct}{Sp} \quad (1)$$

식 (1)에서 Et는 각 계층의 평균 온도, C와 Ct는 각 계층의 색상과 색상의 온도 값이고 Sp 색상 분포 영상의 총 픽셀의 합을 의미한다.

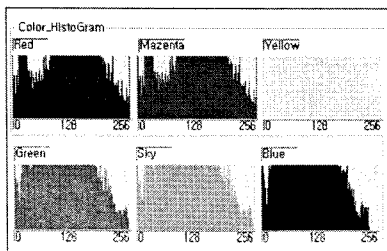


그림 4. 색상 분포 영상의 히스토그램

표 2. 고유의 색상의 온도 지표

색상	온도 지표
Red	26.6°C~27.0°C
Magenta	26.1°C~26.5°C
Yellow	25.6°C~26.0°C
Green	25.1°C~25.5°C
Sky	24.6°C~25.0°C
Blue	24.0°C~24.5°C

IV. 온도 및 풍향 제어를 위한 파라미터

본 논문에서는 온도 및 풍향 제어를 위한 파라미터로 풍향의 방향, 지속시간, 풍향의 강도를 적용한다. 여름철 냉방장치의 대부분은 풍향이 고정되거나 처음 설계될 당시의 일정한 루틴으로 움직인다. 그리고 냉방 장치의 온도 제어는 중앙 장치인 Compressor의 회전 속도에 의한 온도 결정 방식이며 일정한 속도로 회전을 한다. 또한 풍향의 강도, 지속시간은 사용자의 입력으로부터 결정된다. 최근에 이러한 단점을 개선하기 위한 방법으로 인버터 냉방장치가 시중에 나와 있지만, 인버터 냉방 장치라고 할지라도 냉방 장치의 온도 조절은 중앙의 Compressor가 내부공간의 온도를 감지하여 Compressor의 회전속도를 줄임으로서 온도를 조절하는 방식이다. 본 논문에서는 이러한 과정을 사용자가 입력하는 방법이나 Compressor의 회전속도를 줄이는 방식이 아닌 가상의 열 영상에서 색상 분포 영상으로 변환된 영상에서 온도와 레벨계층의 정보를 바탕으로 풍향의 방향, 지속시간, 강도를 구하는 방법을 제안한다. 그림 5는 풍향 제어를 위한 파라미터의 분류 기준이다.

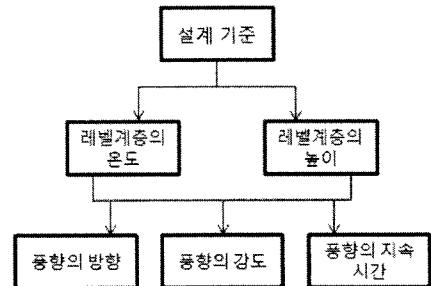


그림 5. 온도 및 풍향제어를 위한 파라미터

4.1 풍향의 방향

본 논문에서는 온도 및 풍향 제어를 위한 방법으로 풍향의 방향을 설정한다. 풍향의 방향은 색상 분포 영상의 계층을 레벨 1에서 레벨 3은 하층, 레벨 4에서 레벨 7은 중간층, 레벨 8에서

레벨 10은 상층으로 구분한다. 색상 분포 영상의 각 계층의 구간 온도를 기준으로 풍향의 방향의 우선순위를 결정한다. 하층, 중간층, 상층의 구간의 기준은 그림 6과 같고 평균온도를 구하는 방법은 식(2)와 같다.

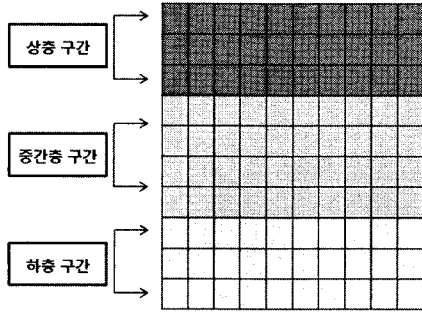


그림 6. 상, 중, 하층 구간의 기준

$$Dt = \sum \frac{L(C \times Ct)}{Ld} \quad (2)$$

식(2)에서 Dt는 상, 중, 하층의 구간 온도이고 L은 색상 분포 영상의 각 계층의 온도이다. Ld는 각 구간의 크기를 의미한다.

4.2 풍향의 지속시간

풍향의 지속시간은 풍향의 방향을 구하는 식(2)에서 구한 각 구간의 평균을 이용한다. 본 논문의 가상의 시뮬레이션 실험 적정 온도 수치인 24℃~25℃까지 온도를 제어하기 위한 방법은 다음과 같다. 본 논문의 가상 시뮬레이션에서 여름철 실내 냉방온도의 0.1℃도를 내리기 위해서는 1분의 지속시간이 필요하다고 가정한다. 그리고 색상 분포 영상의 상, 중, 하층의 구간에서 계산된 평균과 적정 온도 수치를 구하는 방법은 식(3)과 같다.

$$T = (Dt - Tt) \times 10 \quad (3)$$

4.3 풍향의 강도

풍향의 강도는 색상 분포 영상에서 각 구간의 온도를 조절하기 위한 파라미터이다. 색상 분포 영상에서 하층, 중간층, 상층의 구간의 온도와 식(2)와 식(3)에서 구한 온도 수치를 이용하여 각 구간의 풍향의 강도를 조절한다. 본 논문에서 목표로 설정하고 있는 온도와 각 구간의 온도의 차이가 작을수록 풍향의 강도는 약하고, 차이가 크게 나타날수록 풍향의 강도는 강하다. 이는 온도가 높은 구간부터 우선순위로 온도를 내려 여름철 실내 냉방의 에너지 절약과 실내 공간의 전체적인 온도의 균형을 유지 하는 것이 목적이다.

V. 퍼지 추론 규칙을 이용한 온도 및 풍향의 제어

본 논문에서는 여름철 실내 냉방의 에너지 절약과 실내 공간의 전체적인 온도의 균형과 풍향을 제어하는 과정으로 풍향의 방향, 지속시간을 적용하고 풍향의 강도를 구하기 위해 퍼지 추론 규칙에 색상 분포 영상의 각 구간의 온도 및 높이의 특징을 적용하여 온도와 풍향을 제어한다. 퍼지 논리 시스템의 입력은 온도와 높이이고, 출력은 풍향의 강도이다. 퍼지 논리 시스템은 입력 신호의 퍼지화, 전문가의 지식에 기반을 둔 퍼지 규칙에 의한 퍼지 추론, 비 퍼지화로 구성된다[3]. 퍼지 규칙을 추론하기 위해서 본 논문에서는 Max-min 추론 방식을 적용한다. 비퍼지화는 퍼지 추론의 결과인 퍼지 값을 단일 실수 값으로 변화시키는 부분으로 본 논문에서는 식(4)와 같은 무게 중심법을 적용한다[4].

$$y^* = \frac{\sum \mu(y_i)x_i}{\sum \mu(y_i)} \quad (4)$$

5.1 각 계층의 온도의 값에 대한 소속 함수

본 논문에서 온도 소속 함수의 카테고리는 Cool, Normal, Hot과 같이 3개로 구성하고 그림 7과 같이 설계한다. Cool 구간은 온도가 낮은 구간이고, Normal 구간은 온도가 중간인 구간이고, Hot 구간은 온도가 높은 구간이다. 본 논문에서는 다양한 실험을 기반으로 그림 7과 같이 색상 분포 영상의 각 색상이 가진 고유의 온도 값과 동일하게 Cool 구간은 [24.0,25.5], Normal구간은 [24.5,26.5], Hot 구간은 [25.5,27.0]으로 설정한다.

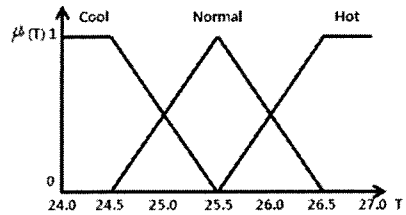


그림 7. 레벨 계층의 온도 값의 소속 함수

표 3. 각 계층의 온도 퍼지 값

퍼지 값 (소속 정도)	소속 구간 (계층의 온도 값)
Cool	[24.0,25.5]
Normal	[24.5,26.5]
Hot	[25.5,27.0]

5.2 레벨 계층의 높이에 대한 소속 함수

레벨 계층의 높이에 대한 소속 함수의 카테고리는 Low, Middle, Hot과 같이 3개로 구성하고 그림 8과 같이 설계한다. Low 구간은 계층의 높이가 낮은 구간이고, Middle 구간은 높이가 중간인 구간이고, High구간은 높이가 높은 구간이다. 다양한 실험을 기반으로 그림 8과 같이 색상 분포 영상이 가진 계층의 높이 구간과 동일하게 Low 구간은[1,5], Normal 구간은 [3,8], High 구간은 [5,10]으로 설정한다.

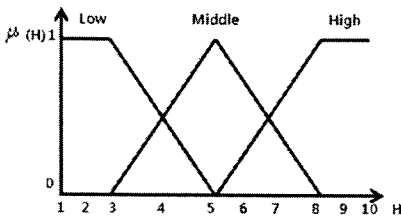


그림 8. 계층의 높이 값에 대한 소속 함수

표 4. 계층의 높이 퍼지 값

퍼지 값 (소속 정도)	소속 구간 (계층의 온도 값)
Low	[1,5]
Middle	[3,8]
High	[5,10]

5.3 풍향의 강도에 대한 출력 소속 함수

색상 분포 영상에서 계층의 온도와 높이의 소속도를 표 5와 같이 퍼지 추론 규칙을 적용하여 추론 한 후에, 무게 중심법을 적용하여 비퍼지화 하고 온도 및 풍향 제어를 위한 풍향의 강도를 구한다. 그림 9는 풍향의 강도에 대한 출력 소속 함수이다. 그림 9에서 풍향의 강도에 대한 출력 소속 함수의 카테고리는 풍향의 강도가 가장 낮은 L 구간, L구간 보다 조금 높은 LM구간, 풍향의 강도가 큰 MS 구간, 그리고 가장 큰 S구간으로 설계한다. 다양한 실험을 기반으로 L 구간은 [1,4], LM 구간은 [2,6], MS구간은 [4,8], S 구간은 [6,9]로 설정하였다.

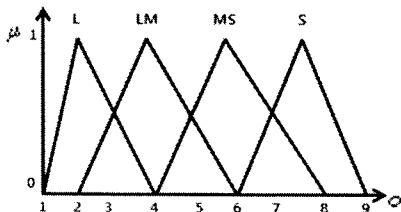


그림 9. 풍향의 강도의 출력 소속 함수

표 5. 풍향의 강도에 대한 퍼지 추론 규칙

T \ H	Low	Middle	High
Cool	L	LM	LM
Normal	LM	LM	MS
Hot	LM	MS	S

VI. 실험 및 결과 분석

실험 환경은 삼성 Sens R70 노트북 2.0 GHz 800 MHz CPU와 3.2G RAM이 장착된 PC상에서 VC++로 구현하였다. 실험 영상은 가상으로 생성된 300×400의 크기를 가진 열 영상과 열 영상에서 생성된 색상 분포 영상 50장을 적용하였다. 본 논문에서 가상 시뮬레이션은 적정 온도 수치인 24℃ 와 25℃에 대해 색상 분포 영상 50장을 실험하였다. 실험 결과, 목표 온도인 24℃와 25℃는 비슷한 풍향의 방향과 강도가 나타났고, 풍향의 지속시간은 식(3)을 적용하므로 25℃가 지속 시간이 길게 나타났다. 실험의 결과를 분석한 결과, 본 논문의 실험 목적의 적정 온도까지 지속 시간을 구할 수 있었고, 또한 풍향의 방향과 강도를 조절하는 기법으로 에너지 절약이 기대할 수 있고 실내 공간 전체의 적절한 평균 온도를 유지할 수 있었다. 색상 분포 영상의 표본은 표 6과 같으며 색상 분포 영상 50장 모두 표 6과 같은 형식을 가진다. 표 6에서 AG_T는 각 레벨 계층의 평균 온도 이며, T_F_D는 온도 값에 대한 소속 함수의 소속도, H_F_D는 높이 값에 대한 소속 함수의 소속도, O_F_D는 풍향의 강도에 대한 출력 소속 함수의 소속도이다. 그림 7은 본 논문에서 제안한 온도 및 풍향 제어의 화면이다.

표 6. 색상 분포 영상의 표본 지수

	AG_T	T_F_D	H_F_D	O_F_D
1Level	25.12℃	0.6	1.0	3
2Level	25.67℃	0.9	1.0	4
3Level	25.66℃	0.9	0.5	4
4Level	25.96℃	0.6	0.6	5
5Level	25.48℃	0.9	1.0	5
6Level	25.95℃	0.6	0.7	5
7Level	25.58℃	1.0	0.7	7
8Level	25.80℃	0.7	0.9	7
9Level	25.77℃	0.8	1.0	7
10Level	25.43℃	0.9	1.0	6

표 6에서 AG_T는 각 레벨 계층의 평균 온도 이며, T_F_D는 온도 값에 대한 소속 함수의 소속도, H_F_D는 높이 값에 대한 소속 함수의 소속도, O_F_D는 풍향의 강도에 대한 출력 소속 함수의 소속도이다. 그림 7은 본 논문에서 제안한 온도 및 풍향 제어의 화면이다.

VII. 결 론

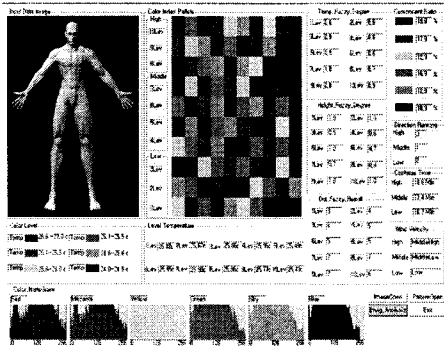


그림 10. 온도 및 풍향 제어 화면

온도와 풍향을 제어하는 과정으로 풍향의 방향, 지속시간을 적용하여 계산된 풍향의 방향과 지속시간은 표 7, 8과 같다. 풍향의 강도를 결정하기 위하여 퍼지 추론 규칙을 적용하여 각 계층의 온도 값의 소속 함수의 소속도와 높이 값의 소속 함수의 소속도를 적용하여 계산된 풍향의 강도의 결과는 표 9와 같고 그림 8은 각 소속 함수의 소속도와 계산된 결과를 나타내었다.

표 7. 풍향의 방향의 우선순위

	High	Middle	Low
Rank	3	1	2

표 8. 풍향의 지속 시간

	High	Middle	Low
Time	14.8M	17.4M	16.7M

표 9. 풍향의 세기

	High	Middle	Low
Wind velocity	Middle Strong	Low Middle	Low

본 논문에서는 에너지 절약을 위한 방법으로 여름철 냉방의 적정 온도 및 풍향을 제어하기 위한 가상 시뮬레이션을 목적으로 열 영상과 퍼지 추론 규칙을 적용한 온도 및 풍향 제어 기법을 제안하였다. 온도 제어를 위한 가상 시뮬레이션에서 열 영상을 분석하기 위해 영상을 300 × 400의 크기를 가지는 색상 분포 영상으로 변환한 후, 색상 분포 영상의 특징을 적용하여 실험하였다. 색상 분포 영상은 Red, Magenta, Yellow, Green, Sky, Blue의 온도 값을 가지는 R, G, B 값이며 각 색상은 24.0℃에서 27.0℃의 분포의 온도 값을 가진다. 그리고 색상 분포 영상은 아래 계층부터 레벨1에서 레벨10의 높이 계층으로 분류하였다. 분류된 각 계층은 고유의 색상 분포도를 가지며 색상이 가지고 있는 온도 수치에 따라서 계층별로 온도를 구성하였다. 풍향제어를 위한 각 계층의 높이는 레벨1에서 레벨3까지는 하위 층이며, 레벨 4부터 레벨 7은 중간층, 레벨 8부터 레벨 10은 상위 층으로 분류하였다. 그리고 실내 공간의 전체적인 온도의 균형과 풍향을 제어하는 과정으로 풍향의 방향, 지속시간을 적용하고 풍향의 강도를 구하기 위해 퍼지 추론 규칙에 색상 분포 영상의 각 구간의 온도 및 높이의 특징을 적용하여 퍼지 소속 함수를 설계한 후, 소속 함수의 소속도를 구하고 퍼지 추론 규칙을 적용하여 풍향의 강도를 조정하였다. 본 논문에서 제안한 열 영상 온도와 풍향 제어 방법이 실내 공간의 전체적인 온도의 균형과 풍향을 제어하므로 에너지 절약을 기대할 수 있고 실내 공간 전체의 평균 온도를 유지 할 수 있다는 것을 실험을 통해서 확인하였다. 본 논문의 가상의 냉방장치는 Stand형을 기준으로 2차원적인 평면 공간을 바탕으로 실험하였다. 향후 연구 과제로는 벽걸이형, 천장 삽입 형과 3차원적인 실내 공간을 바탕으로 연구를 수행할 것이다.

참고문헌

- [1] 지식경제부_에너지 관리과, 건물냉난방 적정성과 온도준수여론 조사결과, 보도자료 7월 18일 2008년.
- [2] (주)코리아리서치, 건물냉난방의 적정온도 준수여론 조사 결과, 보도 자료 7월 18일 2008년
- [3] R. Babuska, Fuzzy Modeling For Control, Kluwer Academic Publishers, 1998.
- [4] 김광백, 박현정, "퍼지 추론기법을 이용한 DNA 염기 서열의 단편결합," 한국해양정보통신학회논문지, 10권 12호, pp.2329~2334, 2006.

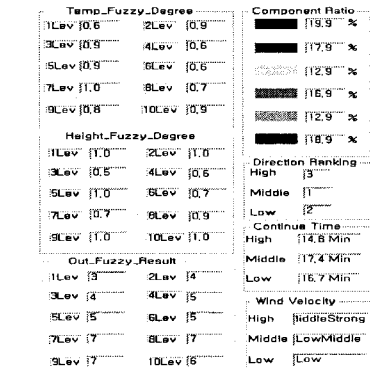


그림 11. 각 소속 함수의 소속도와 결과 값