

---

# 퍼지 추론 기법을 이용한 구름 분석

김광백\* · 우영운\*\*

## Cloud Analysis Using a Fuzzy Reasoning Method

Kwang-Baek Kim\* · Young Woon Woo\*\*\*

### 요 약

본 논문에서는 퍼지 추론 기법을 이용하여 구름의 종류를 분석하는 방법을 제안한다. 본 논문에서는 가시 영상과 적외 영상을 대상으로 육지 영역은 RGB 컬러 정보 중에 G 채널 값의 수치가 높고, 바다 영역에서는 B 채널 값의 수치가 높다는 정보를 이용한다. 이 정보를 이용하여 육지 영역에서는 R과 B 채널 값을 적용하고, 바다 영역에서는 R과 G 채널 값을 적용한다. 가시 영상과 적외 영상에서 임계치를 적용하여 잡음(구름 이외의 영역)을 제거하고, 잡음을 제거한 영상에서 육지 영역과 바다 영역을 구분한 후, 각 R, G, B 채널 정보를 퍼지 기법에 적용하여 구름 영역을 판별한다. 그리고 가시 영상과 적외 영상에 모두 포함된 구름 영역에 대해서는 두 영상을 합성하여 구름을 판별한다. 제안된 기법을 구름 분류에 적용한 결과, 제안된 방법이 기존의 양자화를 적용한 방법보다 구름의 분석 성능이 개선된 것을 확인하였다.

### ABSTRACT

In this paper, we proposed a method to analyze kind of clouds using a fuzzy reasoning method. In the proposed method, we used the clues that G channel value is dominant from RGB color values in land areas and B channel value is dominant in the sea areas discovered by the analyses of both visible images and infrared images. By these information, R and B channel values are applied to land areas and R and G channel values are applied to the sea areas. Noise areas(areas except cloud areas) are removed from a visible image and an infrared image by a threshold value, and then land areas and the sea areas are discriminated from the noise removed image. Cloud areas are extracted from discriminated areas using R, G, B channel values and a fuzzy reasoning method, and finally kind of clouds is decided by combining same cloud areas included in both the visible image and the infrared image. In comparison with a conventional quantization method, we verified that the performance of cloud analysis by the proposed method is more efficient through experiments.

### 키워드

가시 영상, 적외 영상, 퍼지 기법, 구름 분석, Visible Image, Infrared Image, Fuzzy Method, Cloud Analysis

---

\* 신라대학교 컴퓨터정보공학부

\*\* 동의대학교 멀티미디어공학과

## I. 서 론

기존의 날씨 예측 방식은 구름의 색상 및 형태, 동물의 행동, 달무리 등의 정보를 통하여 예측하였다. 특히 구름의 경우 사람의 시야로 확인 가능한 부분이 한정되어 있기 때문에 정확한 날씨 정보를 예측하기 어렵다.

1957년 10월 4일 소련이 세계 최초의 인공위성인 스푸트니크를 발사한 후, 각국에서 정보 수집을 위한 인공위성을 발사하였다.

인공위성의 한 종류인 기상 위성은 저기압 또는 전선 등의 정확한 위치와 크기, 태양 광선의 반사량 등의 관측이 가능하며 가시 영상, 적외 영상, 수증기영상, 근적외 영상 등 여러 종류의 영상을 촬영할 수 있다. 기상 위성에서 촬영된 각종 영상들을 이용하여 영상의 정보를 획득한 후, 결과 정보를 도출하여 가까운 미래의 날씨를 예측할 수 있는 여러 가지 방법들이 제안되었다[1].

가시광선을 이용하여 촬영한 가시 영상과 적외선을 이용하여 촬영한 적외 영상의 정보를 합성하여 구름의 크기, 방향, 이동속도, 소멸 정도 등의 기상 정보를 관측할 수 있다. 관측 정보를 이용하여 가까운 미래의 날씨를 예측할 수 있다.

구름의 종류는 상승기류에 따라 두 가지로 구분된다. 상승기류가 약할 경우 수평으로 발달하는 층운형 구름이 생성되며, 상승기류가 강할 때는 수직으로 발달하는 적운형 구름이 생성된다[2]. 층운형 구름은 높이에 따라 상층운과 중층운, 하층운으로 구분이 되며 상층운은 권운, 권적운 등으로 분류되며 중층운은 고적운, 고층운 등으로 분류된다. 가장 아래에 위치한 하층운은 층적운, 층운 등으로 분류된다.

기존의 방법에서는 가시 영상과 적외 영상을 그레이 영상으로 변환 한 후에 양자화 과정을 통해서 육지와 바다, 구름을 분리하였다. 그러나 양자화 과정에서 샘플링 구간의 설정을 경험적으로 설정하여 정보의 손실이 발생하였다.

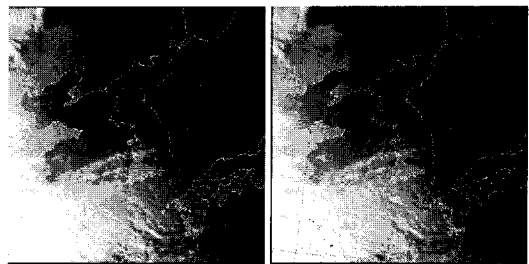
따라서 본 논문에서는 각 영상의 육지 영역과 바다 영역의 RGB 컬러 정보를 이용하여 가시 영상과 적외 영상에서 구름이 없는 영역을 잡음으로 간주하여 제거한다. 잡음이 제거된 영상에서 육지 영역의 구름은 R과 G 채널의 값을 퍼기 기법에 적용하며, 바다 영역의 구름에 대해서는 R과 B 채널의 값을 퍼기 기법에 적용하여 구름의 종류를 분류한다.

## II. 구름 영역 추출

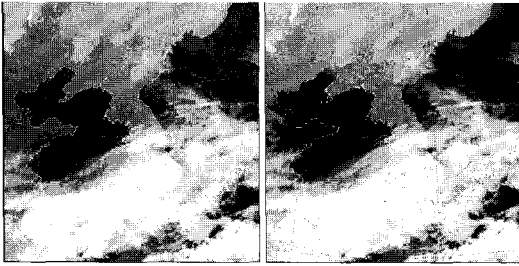
본 논문에서 사용한 가시 영상과 적외 영상의 특징은 다음과 같다.

- ① 가시 및 적외 영상에서 육지 영역에서는 RGB 정보 중에서 R 채널 값과 B 채널 값이 일치한다.
- ② 가시 및 적외 영상에서 바다 영역에서는 RGB 정보 중에서 R 채널 값과 G 채널 값이 일치한다.

제안된 방법에서 효과적으로 구름 영역을 추출하기 위해서 육지 영역에서는 R과 G 채널의 값을 이용하며, 바다 영역에서는 R과 B 채널의 값을 이용한다. 가시 영상과 적외 영상에서 구름 영역을 제외한 영역들을 잡음으로 간주하여 제거하기 위해 RGB 채널 값이 구름 영역의 값보다 작다는 특징을 이용하여 RGB 채널의 값이 임계치 이하인 영역들을 잡음 영역으로 간주하여 제거한다. 그림 1과 그림 2는 가시 영상과 적외 영상에서 잡음 영역이 제거된 결과이다.



(a) (b)  
 그림 1. 가시 영상의 잡음 제거  
 (a) 가시 영상 (b) 잡음이 제거된 영상  
 Fig. 1. Noise removal in a visible image  
 (a) A visible image (b) Noise removed image



(a) (b)  
 그림 2. 적외 영상의 잡음 제거  
 (a) 적외 영상 (b) 잡음이 제거된 영상  
 Fig. 2. Noise removal in an infrared image  
 (a) An infrared image (b) Noise removed image

### III. 퍼지 논리를 이용한 구름판별

잡음 영역이 제거된 각각의 가시 영상과 적외 영상에서 구름 영역을 구분하기 위해 그림 3과 같이 가시 영상과 적외 영상에 대해서 육지 영역과 바다 영역의 RGB 컬러 특징을 분석하여 육지 영역과 바다 영역을 구분한다. 구분된 각 영상에서 육지 영역과 바다 영역의 RGB 컬러 정보를 퍼지 기법에 적용하여 구름의 종류를 판별한다. 가시 영상과 적외 영상에 모두 포함된 구름 영역에 대해서는 두 영상을 합성하여 구름을 판별한다.

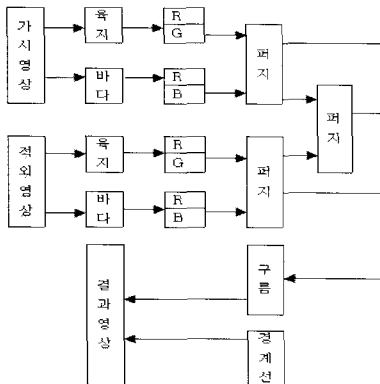


그림 3. 구름 종류 판별 과정  
 Fig. 3. Processing steps for discriminating kind of clouds

각각의 가시 및 적외 영상에서 육지 영역과 바다 영역의 RGB 컬러 정보에 대한 소속 함수는 그림 4와 같다. 그림 4에서 V1에서 V5까지의 카테고리는 표 1과 같다.

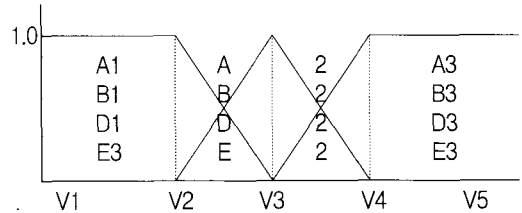


그림 4. 전반부 소속 함수  
 Fig. 4. Fuzzy membership functions in the first half of the processing steps

육지 영역의 R 채널 값과 G 채널 값에 해당되는 소속 함수 구간은 표 1과 같으며, 바다 영역의 R 채널 값과 B 채널 값에 해당되는 소속 함수 구간은 표 2와 같다.

표 1. 육지 영역의 R과 G 채널 값에 대한 소속 함수값 구간  
 Table 1. Membership value intervals for R and G channel values in land areas

	V1	V2	V3	V4	V5	
R	0	150	200			A1
		150	200	230		A2
			200	230	255	A3
G	0	130	180			B1
		130	180	220		B2
			180	220	255	B3

표 2. 바다 영역의 R과 B 채널에 대한 소속 함수값 구간  
 Table 2. Membership value intervals for R and B channel values in the sea areas

	V1	V2	V3	V4	V5	
R	0	130	180			D1
		130	180	220		D2
			180	220	255	D3
B	0	180	220			E1
		180	220	240		E2
			220	240	255	E3

가시와 적외 영상에서 육지 영역의 R과 G 채널 값과 바다 영역의 R과 B 채널 값을 그림 4의 소속 함수에 각각 적용하여 소속도를 계산한다. 계산된 소속도를 아래의 추론 규칙에 적용한다. 아래의 추론 규칙은 가시 또는 적외 영상 중에서 한 영상에서 1차적으로 나타나는 구름 종류를 판별하는데 적용되는 추론 규칙이다.

- IF X(X1) is A1(D1) and Y(Y1) is B1(E1) then W(W1) is C1(F1)
- IF X(X1) is A1(D1) and Y(Y1) is B2(E2) then W(W1) is C1(F1)
- IF X(X1) is A1(D1) and Y(Y1) is B3(E3) then W(W1) is C2(F2)
- IF X(X1) is A2(D2) and Y(Y1) is B1(E1) then W(W1) is C1(F1)
- IF X(X1) is A2(D2) and Y(Y1) is B2(E2) then W(W1) is C2(F2)
- IF X(X1) is A2(D2) and Y(Y1) is B3(E3) then W(W1) is C3(F3)
- IF X(X1) is A3(D3) and Y(Y1) is B1(E1) then W(W1) is C2(F2)
- IF X(X1) is A3(D3) and Y(Y1) is B2(E2) then W(W1) is C3(F3)
- IF X(X1) is A3(D3) and Y(Y1) is B3(E3) then W(W1) is C3(F3)

위에서 제시한 추론 규칙에 Max\_Min 방법[3,4]으로 추론한 후, 그림 5의 소속 함수에 적용하여 가시 및 적외 영상에서 육지 영역과 바다 영역에 대한 소속도를 계산한다. 계산된 소속도를 식(1)과 같은 무게중심법[5]에 적용하여 비퍼지화를 수행한 후에 표 3을 이용하여 가시 및 적외 영상에서 1차적으로 구름 종류를 판별한다.

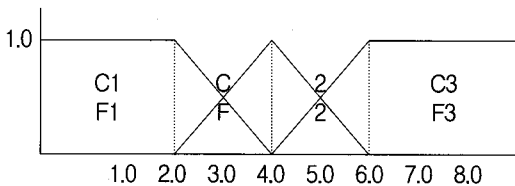


그림 5. 각각의 가시 및 적외 영상에 대한 후반부 소속 함수

Fig. 5. Fuzzy membership functions in the second half of the processing steps for visible and infrared images

$$W_X = \frac{\sum u(Y_i) X_i}{\sum u(Y_i)}, W_Y = \frac{\sum u(Y_i) X_i}{\sum u(Y_i)} \quad (1)$$

식 (1)에서  $W_X$ 와  $W_Y$ 는 각각 육지 영역과 바다 영역에 대한 출력 값이다.

표 3. 1차 구름 종류 분류 기준  
Table 3. Primary criteria for discriminating kind of clouds

0 < $W_X$ < 3 0 < $W_Y$ < 3	가시 및 적외 영상 공통	층운
3 < $W_X$ < 5 3 < $W_Y$ < 5		적운
5 < $W_X$ < 7 5 < $W_Y$ < 7	가시 영상	권운
	적외 영상	권층운

가시 및 적외 영상에 모두 구름 영역이 존재하는 경우에는 두 영상의 구름 영역 값들을 퍼지 기법에 적용하여 무게 중심값을 계산하고 계산된 값을 아래의 추론 규칙에 적용한다.

- IF X2 is C1(F1) and Y2 is C1(F1) then W2 is G1
- IF X2 is C1(F1) and Y2 is C2(F2) then W2 is G2
- IF X2 is C1(F1) and Y2 is C3(F3) then W2 is G4
- IF X2 is C2(F2) and Y2 is C1(F1) then W2 is G2
- IF X2 is C2(F2) and Y2 is C2(F2) then W2 is G3
- IF X2 is C2(F2) and Y2 is C3(F3) then W2 is G5
- IF X2 is C3(F3) and Y2 is C1(F1) then W2 is G2
- IF X2 is C3(F3) and Y2 is C2(F2) then W2 is G3
- IF X2 is C3(F3) and Y2 is C3(F3) then W2 is G5

※ X2 : 가시 영상, Y2 : 적외 영상

위의 추론 규칙에서 추론된 값을 그림 6의 소속 함수에 적용하여 소속도를 계산한다. 계산된 소속도를 식 (2)와 같은 무게중심법에 적용하여 비퍼지화를 수행한 후 ( $W_2$ )에 최종적으로 구름 종류를 판별한다.

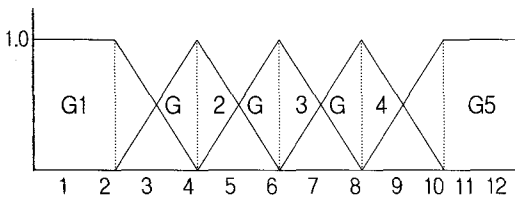


그림 6. 최종 영상 합성을 위한 소속 함수  
Fig. 6. Fuzzy membership functions for producing the final image by combination

$$W_2 = \frac{\sum u(Y_i) X_i}{\sum u(Y_i)} \quad (2)$$

식 (2)에서 출력된 비퍼지화 값을 표 4에 명시된 조건에 적용하여 최종적으로 구름 종류를 판별한다.

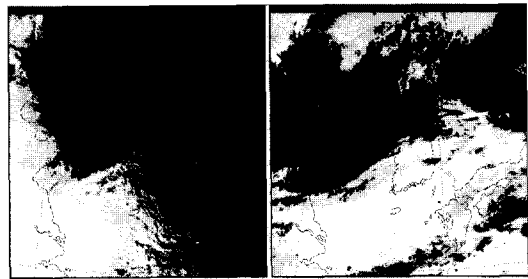
표 4. 최종 구름 분류 기준  
Table 4. Final criteria for discriminating kind of clouds

$0 < W_2 < 3$	층운
$3 < W_2 < 5$	적운
$5 < W_2 < 7$	고적운
$7 < W_2 < 9$	권운
$9 < W_2 < 11$	적락운

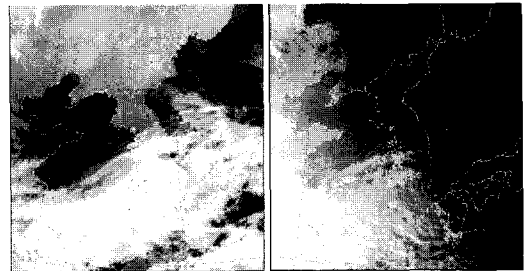
#### IV. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 방법을 Intel Pentium-IV 3GHz CPU와 1GB RAM이 장착된 IBM 호환 PC에서 VC++6.0으로 구현하여 실험하였다. 실험에 사용된 영상은 512×512 크기이며, 가시 영상과 적외 영상 각각 50장을 대상으로 실험하였다.

그림 7의 (a)는 기존의 양자화 방법을 적용하여 구름 영역을 추출한 결과이다. 기존의 방법에서는 양자화 구간을 경험적으로 설정하였기 때문에 구름 영역을 분류하는데 정확성이 낮았다. 또한 양자화 과정에서 미세한 구름 영역이 제거되는 문제점이 있다. 그림 7의 (b)는 제안된 방법을 적용하여 추출된 구름 영역이다. 그림 7의 (b)에서와 같이 제안된 방법은 미세한 구름 영역이 추출되는 것을 확인할 수 있으므로 기존의 방법에 비해 개선된 것을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 7. 구름 영역 추출 결과 비교  
(a) 기존 기법을 이용한 구름 영역 추출 결과  
(b) 제안된 기법을 이용한 구름 영역 추출 결과  
Fig. 7. Comparison between the results of two cloud area extraction methods

(a) Result of cloud area extraction using a conventional method (b) Result of cloud area extraction using the proposed method

표 5는 50장의 가시 영상과 적외 영상을 대상으로 구름 영역을 추출한 결과이다. 표 5에서 알 수 있듯이 기존의 양자화 기법을 이용한 구름 추출 방법보다 제안된 구름 추출 방법이 개선된 것을 확인할 수 있다.

표 5. 두 방법의 구름 영역 추출 결과  
Table 5. Cloud area extraction ratios by the conventional method and the proposed method

영상 \ 방법	기존의 양자화 방법(평균)	제안된 방법(평균)
가시 영상	83%	92%
적외 영상	82%	94%

그림 8은 기존의 구름 종류 판별 방법과 제안된 구름 종류 판별 방법 간의 비교 영상이다. 그림 8(a)와 같이 기존의 방법은 가시 영상과 적외 영상에서 양자화한 결과를 이용하여 구름의 종류를 분류하였으나 구름 종류를 분류하는 기준을 경험적으로 설정하였다. 그러나 제안된 방법은 각 영상에 대해 육지 영역과 바다 영역을 구분한 후에 각 영역에 대해 퍼지 기법을 적용하여 1차적으로 구름 종류를 분류하였고 최종적으로 구름 종류를 판별하기 위해 가시 및 적외 영상 모두에서 나타나는 구름 영역을 퍼지 기법에 적용하여 그림 8(b)와 같이 기존의 방법보다 구름 종류를 정확히 분류하였다.

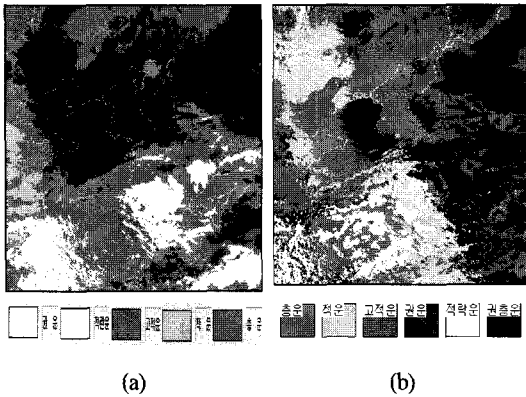


그림 8. 두 방법 간의 구름판별 결과  
(a) 기존 방법에 의한 구름판별 결과  
(b) 제시된 방법에 의한 구름판별 결과

Fig. 8. Comparison between the results of two cloud kind decision methods (a) Result of cloud kind decision using a conventional method (b) Result of cloud kind decision using the proposed method

## V. 결론

기존의 방법에서는 가시 영상과 적외 영상을 그레이 레벨에서 육지와 바다 영역의 구분 없이 양자화를 수행하여 구름 영역을 추출하므로 양자화로 인한 정보의 손실로 정확한 구름 영역을 추출할 수 없었다. 그러나 본 논문에서는 RGB 정보를 바탕으로 육지와 바다를 구분한 후에 구름 영역을 추출하므로 기존의 방법보다 개선되었다. 또한 구름 종류를 판별하기 위해 기존의 방법은 양자화를 통해 분류하는 방법을 사용하므로 양자화 단계를 임의로 설정하기 때문에 정확히 구름의 종류가 분류되지 않았다. 그러나 제안된 방법은 육지와 바다를 먼저 분류한 후, 육지 정보와 바다 정보를 퍼지 기법에 적용하여 구름 종류를 분류하므로 기존의 방법에 비해 구름 종류가 비교적 정확히 분류되었다.

가시 영상은 태양이 있는 낮에만 촬영이 가능하므로 밤에는 촬영이 불가능하기 때문에 구름을 정확히 판별하기가 힘들다. 따라서 향후 연구 방향은 가시 영상을 대체할 수 있는 수증기 영상과 근적외 영상 등을 분석하여 구름 종류를 정확히 분류할 수 있도록 개선할 것이다.

## 참고 문헌

- [1] <http://news.encyber.com>
- [2] <http://www.kma.go.kr>
- [3] A. Kandel, G. Langholz, *Fuzzy Control Systems*, CRC Press Inc., 1994.
- [4] 김광백, 송두현, "퍼지 추론 규칙을 이용한 자궁 경부진 핵 인식," 한국컴퓨터정보학회논문지, 13권, 3호, pp.179-187, 2008.
- [5] W. Pedrycz, *Fuzzy Control and Fuzzy Systems*, Research Studies Press Ltd., 1989.

## 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

2008년 ~ 현재 : 한국해양정보통신학회 학술이사

※ 관심분야 : 지능시스템, 패턴인식, 퍼지이론