

## 퍼지 논리를 이용한 컬러 영상 필터

고창룡\*, 구경완\*\*, 김광백\*\*\*

### Color Image Filter Using Fuzzy Logic

Chang-Ryong Ko\*, Kyung-Wan Koo\*\*, Kwang-Baek Kim\*\*\*

#### 요약

현재 영상 정보 개선을 위한 다양한 영상 필터링 알고리즘들이 제시되고 있으며, 그 중에서 기존의 퍼지 논리를 이용한 필터링 알고리즘은 다른 기존의 필터링 방식에서 잡음이 제거된 후에 블러링 효과와 잡음 제거율이 반비례하는 단점을 개선하기 위해서 퍼지 논리를 적용하였다. 그러나 기존의 퍼지 필터 방법은 그레이 영상의 단색 정보만을 잡음의 판단 기준으로 하였기 때문에 컬러 영상에서는 비효율적이다. 따라서 본 논문에서는 기존의 퍼지 논리를 이용한 필터링 알고리즘의 문제점을 개선하는 동시에 컬러 영상에 적용할 수 있는 퍼지 필터 알고리즘을 제안한다. 제시된 퍼지 필터 알고리즘은 영상의 RGB 컬러 정보를 각각의 R, G, B 채널 영상으로 분리하고, 각 채널 영상에서 마스크가 위치한 기준 픽셀의 잡음 가능성 정도를 퍼지 논리에 적용하여 판단한다. 잡음 정도에 따라서 출력 영상의 화소값을 평균값 또는 중간값으로 결정한다. 제안된 방법을 잡음이 존재하는 컬러 영상에 적용한 결과, 단색 정보를 기준으로 처리하는 기존의 필터 방법에 비해서 효과적인 것을 확인하였다.

▶ Keyword : 영상 처리, 컬러 영상, 영상 필터링, 퍼지 논리, 퍼지 필터 알고리즘

#### Abstract

Among various methods proposed earlier, fuzzy image filtering is usually one of the favored techniques because it has less blurring effect and the decrease of noise removal rate after filtering. However, fuzzy filtering is ineffective on color images since it is firstly developed with gray scale. Thus, in this paper, we propose a fuzzy filtering algorithm for color images. First, we divide RGB color information from image into three channels of R, G, and B and judge the possibility of each

• 제1저자 : 고창룡    교신저자 : 구경완

• 투고일 : 2011. 11. 08, 심사일 : 2011. 11. 25, 게재확정일 : 2011. 12. 09.

\*부산대학교 전자공학과(Dept. of Electronic Engineering, Busan National University)

\*\*호서대학교 전자공학과(Dept. of Electronic Engineering, Busan National University)

\*\*\*신라대학교 전자공학과(Dept. of Electronic Engineering, Busan National University)

pixel with mask by fuzzy logic independently. The output pixel value might be the average or median according to the degree of noise. Our experiment successfully verifies the effectiveness of new algorithm in color image.

▶ Keyword : Image processing, Color image, Image filtering, Fuzzy Logic, Fuzzy filter algorithm

### I. 서론

영상처리 기술은 영상을 대상으로 하는 신호처리의 한 분야로 1960년대 미국에서 위성으로부터 전송받은 달 표면 사진의 화질을 복원시키는 방법에 대한 연구가 진행되었는데, 이것이 디지털 영상처리의 시초로 알려져 있다. 1970년대에는 의료 영상 처리, 위성 사진 처리 등의 분야로 영상 처리 영역이 확대되었고, 현재는 문자 인식, 얼굴 인식, 군사 감시 시설, 공장 자동화 등의 폭넓은 분야에서 영상 처리가 사용되고 있다. 최근에는 개인용 컴퓨터의 성능 향상과 인터넷의 발달, 디지털카메라의 보급 등으로 인하여 영상 처리 분야에 대한 일반인들의 관심도 많이 높아지고 있다. 1990년대까지만 하더라도 산업체, 의료기관, 과학 연구소 등에서만 사용되던 영상 처리 기술들이 점점 일상생활 속으로 다가오고 있다. 이러한 영상처리 기술의 세부적인 기술 범위로는 영상 변환, 영상 개선, 영상 복원, 영상 압축, 영상 분할, 표현 및 기술, 인식 등과 같이 다양하며, 이러한 영상처리 기술 중 하나로 정확한 정보 추출을 위한 영상 정보의 개선이 필수적이다[1-4]. 영상 정보의 개선은 영상처리 개선의 기본적인 과제이며, 다양한 알고리즘들이 제시되었다.

정확한 정보 추출을 위한 영상 정보의 개선을 위해 제안된 기존의 필터링 알고리즘의 종류에는 미디언 필터, 혼합 미디언 필터, 평균값 필터,  $\alpha$ -trimmed 평균값 필터, 최대/최소값 필터, 가우시안 스무딩 필터, MMSE 필터 등과 같이 다양하다 [5]. 이런 알고리즘들은 잡음 제거 시 원 영상의 정보를 이용하여 처리하기 때문에 마스크 기반 처리를 이용한다. 마스크 기반 처리는 공간 영역 내에 있는 입력 화소 값들과 마스크내의 값들을 이용하여 출력값을 결정하는 것이다.

마스크 처리 기반의 기존 알고리즘들은 잡음 제거율과 정보 훼손 정도는 서로 반비례하는 단점이 있기 때문에 퍼지 논리를 이용한 필터 방법이 제안되었다[6]. 그러나 기존의 퍼지 필터 방법은 그레이 영상의 단색 정보만을 기준으로 하였기 때문에 컬러 영상에서는 비효율적이다. 따라서 본 논문에서는 기존의 퍼지 논리를 이용한 필터링 알고리즘의 문제점을 개선하는 동시에 컬러 영상에 적용할 수 있는 퍼지 필터 알고리즘을 제안한다.

### II. 퍼지 논리를 이용한 컬러 영상 필터

본 논문에서 제안하는 컬러 영상 퍼지 마스크 필터 알고리즘의 수행 순서도는 그림1과 같다.

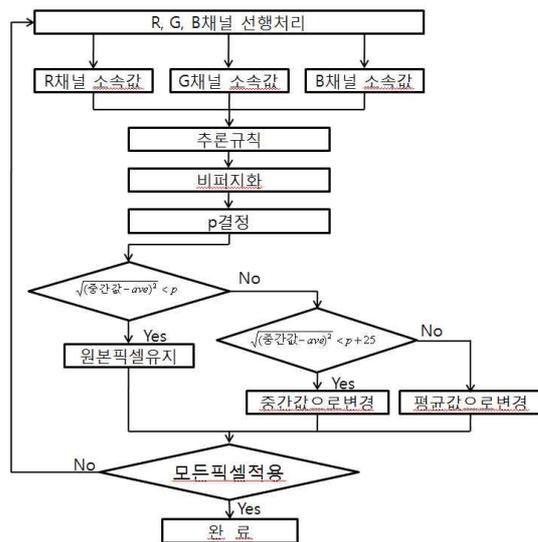


그림 1. 제시된 방법의 순서도  
Fig. 1. Flow Chart of Proposed Method

퍼지 논리는 정도의 차이를 수치화 할 수 있는 지능적인 접근 방법이다. 기존의 논리는 “참/거짓”, “온/오프”, “예/아니오”, “긍정/부정”이라는 이분법적인 개념을 기반 한다. 하지만 퍼지 논리는 “애매함”을 수치화하여 소속 함수에 적용하여 소속도를 계산하며, 계산된 소속도를 바탕으로 정확한 근거에 의해 정의된 규칙으로 나온 결과를 응용하는 이론이며 마스크 정보 이용은 중심 픽셀을 기준으로 하여 반경 내에 존재하는 주변 값들을 이용하여 출력 영상의 화소값을 결정한다[7]. 기존의 필터링 알고리즘은 잡음과 비잡음의 기준이 없고, 그레이 영상의 단색 정보만을 기준으로 하였기 때문에 컬러 영상에는 비효율적인 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 R, G, B 채널 마스크 정보와 퍼지 논리를 이용하여 잡음 가능성 정도를 확인하고, 각 채널의 잡음 가능성 정도를 퍼지논리에 적용하여 잡음 가능성 정도를 결정한다. 그림 2는 영상 일부분

의 마스크 정보이며 각 채널마다 명암도가 다른 영상 일부분의 마스크 정보이다.

0,0	0,1	0,2	0,3	0,4
1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
3,0	3,1	3,2	3,3	3,4
4,0	4,1	4,2	4,3	4,4

200	210	207	204	172
202	187	167	132	89
161	140	124	133	150
147	172	192	199	198
192	197	191	186	184

(a) Mask 픽셀 정보

(b) R채널 명암도

191	201	196	192	162
194	178	158	123	80
152	133	117	126	142
137	164	185	193	191
156	152	148	149	149

8	22	29	44	38
21	11	3	0	0
0	0	0	0	5
0	19	42	47	41
26	35	33	28	20

(c) G채널 명암도

(d) B채널 명암도

그림 2. Mask 정보  
Fig. 2. Mask Information

제안된 퍼지 논리를 이용한 컬러 영상 마스크 필터에서는 컬러 잡음 영상을 R, G, B 채널로 분리하여 각 채널 영상에 대한 기준 픽셀을 대상으로 지정된 범위의 마스크 정보를 추출한다. 칼라 영상에서는 같은 위치의 기준 픽셀이라도 R, G, B 각 채널마다 명암도가 다르게 나타난다. 마스크의 기준 픽셀 값의 명암도와 마스크에 존재하는 모든 명암도의 평균을 각 소속 함수에 적용하여 소속도를 구한 뒤, 정의된 추론 규칙에 적용하여 R, G, B 각각의 전반부 소속도를 구한다.

R, G, B 채널에 대한 퍼지 소속 함수에 입력될 값은 기존의 퍼지 필터링 방법[6]의 소속도와 추론 규칙에 의해 구해진 값들을 설계된 각각의 퍼지 소속 함수에 적용한다. 그림 3은 각 채널별 퍼지 소속 함수이며 전반부 소속도를 입력 값으로 하는 소속 함수 이다.

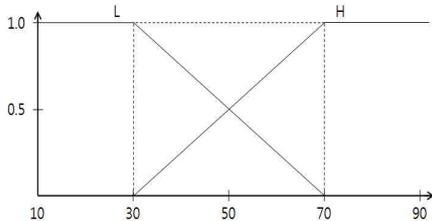


그림 3. R, G, B 채널의 소속 함수  
Fig. 3. Membership Function for R,G,B Channel

소속 함수에서 구해진 소속도를 표 1의 추론 규칙에 적용하여 최종 소속도를 구하며 잡음 가능성의 A : 낮음, B : 보통, C : 높음으로 구분한다.

표 1. 퍼지 추론 규칙  
Table 1. Fuzzy Inference Rules

규칙	R채널	G채널	B채널	잡음 가능성
1	L	L	L	A
2	L	L	H	B
3	L	H	L	B
4	L	H	H	C
5	H	L	L	B
6	H	L	H	C
7	H	H	L	C
8	H	H	H	C

소속도가 R, G, B 모든 채널에서 낮음으로 분류되는 경우에는 잡음일 가능성은 낮다. 하지만 모든 채널 중에서 하나의 채널이라도 높음으로 분류될 경우에는 잡음일 가능성은 보통이며 두 채널 이상이 높음으로 분류되는 경우에는 잡음 가능성이 높다[8]. 이러한 특징을 이용하여 퍼지 추론 규칙을 정의한다. 추론 규칙을 기반으로 임계값을 결정하기 위하여 Max-Min 방법으로 추론한다.

무게 중심법[9]을 이용하여 비퍼지화를 수행한 후 비퍼지화된 값을 적용하기 위해 R, G, B 각 채널의 명암도를 정규화 하여 임계값을 결정한다. 그림 4는 잡음 가능성 소속 함수이며, 식 (1)은 최종 임계값을 구하기 위한 비퍼지화 과정에서 적용된 무게중심법이다.

$$p^* = \frac{\sum u(Y_i)X_i}{\sum u(Y_i)} \dots\dots\dots (1)$$

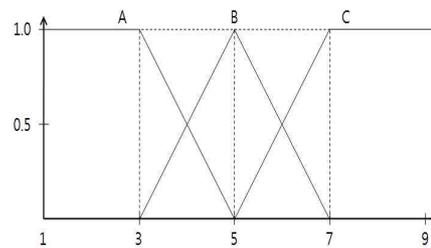


그림 4. 잡음 가능성 소속 함수  
Fig. 4. Membership Function for Noise Possibility

퍼지 논리를 이용하여 구한 임계값은 기준 픽셀이 잡음 여부를 확인하는데 적용한다. R, G, B채널의 소속도 중에 한

채널이 잡음이라고 판단되는 경우에는 마스크에 존재하는 값들을 정렬하여 정렬된 값들의 중간 값을 선택하고 두 채널 이상이 잡음이라고 판단되는 경우에는 마스크에 존재하는 값들의 평균값을 선택한다. 모두 비잡음으로 간주되는 경우에는 기존 픽셀값을 출력 화소값으로 결정한다.

### III. 실험 및 결과분석

본 논문에서 제안한 방법을 Intel Pentium-IV 3.07GHz CPU와 2.00GB RAM이 장착된 IBM 호환 PC상에서 VC++ 6.0 으로 구현하여 실험하였다. Salt pepper 잡음과 Impulse 잡음을 인의로 생성한 컬러 영상에 R, G, B 채널 각각에  $5 \times 5$  마스크를 기준으로 기존 필터링 알고리즘과 비교하였다. 퍼지 논리를 이용한 컬러 영상 필터를 실험하기 위한 초기 화면은 그림 5와 같다.

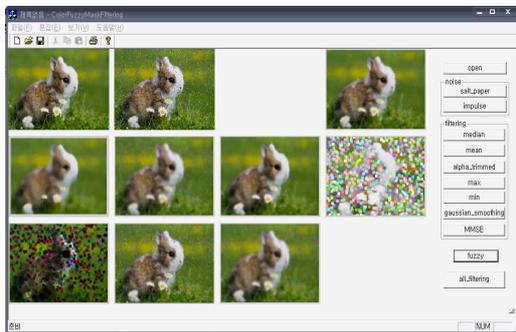


그림 5. 잡음 제거 구현 화면  
Fig. 5. Screen shot of Noise Removal

20개의 영상을 대상으로 제안된 알고리즘과 기존의 알고리즘인 미디언 필터, 평균값 필터,  $\alpha$ -trimmed 필터, max/min 필터, 가우시안 스무딩 필터 방법과 비교 분석하였다. 그림 6은 잡음 영상에 대해 기존의 방법들과 제안된 방법의 결과 영상이다.

그림 6의 영상 (b)와 (d)는 각각 미디언 필터와  $\alpha$ -trimmed 필터의 결과 영상이다. 두 영상은 잡음은 효과적으로 제거하였으나 풀이나 동물의 눈과 같은 부분과 경계선 부분의 영상 회손 정도가 심하게 나타났고 전체적으로 선명하지 못하였다. 그리고 (c)와 (h)는 평균값 필터와 MMSE 필터를 적용한 결과 영상이며 이 경우에는 영상의 회손 정도도 심하게 나뉘고 잡음도 정확히 제거되지 않았다.



(a) 잡음 영상  
(a) Noise image

(b) 미디언 필터  
(b) median filter



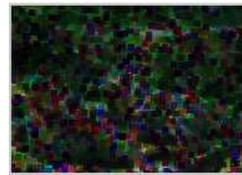
(c) 평균값 필터  
(c) Average filter



(d)  $\alpha$ -trimmed 필터  
(d)  $\alpha$ -trimmed filter



(e) MAX 필터  
(e) MAX filter



(f) MIN 필터  
(f) MIN filter



(g) 가우시안 스무딩 필터  
(g) Gaussian smoothing filter



(h) MMSE 필터  
(h) MMSE filter



(i) 제안된 필터  
(i) Proposed filter

그림 6. 기존 필터 결과 영상  
Fig. 6. Result Images by Other Filters



(a) 잡음 영상 (a) Noise images  
(b) 결과 영상 (b) Result images

그림 7. 제안된 퍼지 필터 결과 영상  
Fig. 7. Result Images of Proposed Fuzzy Filter

그림 7의 영상 (e)와 (f)는 MAX/MIN 필터를 적용한 결과 영상이다. MAX/MIN 필터는 마스크내의 최대값과 최소값을 사용하는 특징 때문에 전반적으로 영상을 알아볼 수 없을 정도로 희손 되었다. (g)는 가우시안 스무딩 필터를 적용한 결과 영상이다. 가우시안 스무딩 필터는 잡음의 희손이나 경계선의 희손은 적으나 잡음이 거의 남아 있음을 확인할 수 있다.

제안된 퍼지 논리를 이용한 컬러 영상 필터의 경우에는 영상의 동물이나 배경 등의 경계선이나 동물의 눈과 같은 작은 부위에도 영상의 희손이 적게 나뉘고, 잡음도 효과적으로 제거되는 것을 확인할 수 있다. 그림 7은 제안된 방법의 다른 결과 영상이다.

#### IV. 결 론

기존의 필터링 알고리즘은 잡음과 비잡음의 기준이 없었고, 그레이 영상의 단색 정보만을 기준으로 처리하였기 때문에 컬러 영상에는 비효율적인 문제점이 있다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 본 논문에서는 퍼지 논리를 적용하여 칼

라 영상에서 잡음을 제거하는 방법을 제안하였다. 잡음 제거를 위하여 Salt pepper 잡음과 Impulse 잡음이 존재하는 영상을 대상으로 실험하였다. 제안된 방법은 영상의 RGB 컬러 정보를 각각의 R, G, B 채널 영상으로 분리하고 각 채널 영상에서 마스크가 위치한 기준 픽셀의 잡음 가능성 정도를 퍼지 논리에 적용하여 잡음의 정도를 판단하였다. 잡음 정도에 따라서 출력 영상의 화소값을 평균값 또는 중간값으로 결정하였다. 제안된 방법을 잡음이 있는 칼라 영상에 적용한 결과, 단색 정보를 기준으로 처리하는 기존의 필터링 방법에 비해 잡음이 효율적으로 제거되는 것을 확인할 수 있었다.

#### 참고문헌

- [1] C. D. Watkins, A. Sadun, S. Marenka, "Modern Image Processing: Warping, Morphing, and Classical Techniques," Academic Press, 1993.
- [2] G. K. Sierra, J. O. Bulla, M. A. Melgarejo, "An Embedded Type-2 Fuzzy Processor For The Inverted Pendulum Control Problem", IEEE Latin America Transactions, Vol. 9, No. 3, pp.240-246, June 2011.
- [3] Mahdi Khezri, Mehran Jahed, "A Neuro-Fuzzy Inference System for sEMG-Based Identification of Hand Motion Commands", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 58, No. 5, May 2011.
- [4] William-Chandra Tjhi, Lihui Chen, "Dual Fuzzy Possibilistic Coclustering for Categorization of Documents", IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 17, No. 3, June 2009.
- [5] M. Petrou, P. Bosdogianni, "Image Processing," Wiley, 1999.
- [6] K. B. Kim, S. J. Lee, S. H. Yoon, "Noise Removal using Fuzzy Mask Filter, Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol.15, No.11, pp.41-45, Nov. 2010.
- [7] A. Kandel, G. Langholz, "Fuzzy Control Systems," CRC Press, Inc., 1994.
- [8] K. B. Kim, "Nucleus Recognition of Uterine Cervical

Pap-Smears using FCM Clustering Algorithm," International Journal of Maritime Information and Communication Sciences, Vol. 6, No. 1, pp. 94-99, Mar. 2008.

[9] W. Pedrycz, "Fuzzy Control and Fuzzy Systems," Research Studies Press Ltd., 1989



**김 광 백**

1999 : 신라대학교 전자계산학과  
이학박사.

현 재 : 신라대학교 컴퓨터공학과  
교수.

현 재 : 한국해양정보통신학회  
학술상임이사 및 국  
문지 편집위원.

현 재 : Scientific Journals  
International  
Editor(USA).

관심분야 : 퍼지 논리, 영상 처  
리, 유전자 알고리  
즘, 의료정보시스템,  
생물정보학.

Email : gbkim@silla.ac.kr

**저 자 소 개**

**고 창 룡**



1984 : 충남대학교 전자공학과  
공학사.

1994 : 충남대학교 전산교육과  
교육학석사.

1999 : 부산대학교 전자공학과 박사  
수료

현 재 : 부산교육연구정보원 정보팀장  
관심분야 : 컴퓨터공학

Email : useman@paran.com

**구 경 완**



1983 : 충남대학교 전자공학과  
공학사.

1992 : 충남대학교 전자공학과  
공학박사.

1987 : 현대전자(현 하이닉스반도체)  
반도체연구소 선임연구원

2005 : 영동대학교 전자정보공학부  
교수

현 재 : 호서대학교 국방과학기술  
학과 교수

관심분야 : 전자공학 각종센서응용  
기술

Email : alarkoo@hoseo.edu