

퍼지모델을 기반으로한 에지검출 알고리즘 구현에 관한 연구

이 배 호[†] · 김 소 연^{††} · 김 광 희^{†††}

요 약

잡음을 지닌 영상에서 에지검출은 널리 알려진 문제이다. 본 논문에서는 그러한 문제를 풀기 위해 퍼지 멤버쉽 함수를 통한 퍼지추론을 이용하여 에지검출 알고리즘을 구현하였고 응용의 관점에서 방법을 고찰하였다.

구현된 에지검출 알고리즘은 필터링 과정, 단편 에지검출 과정, 추적 과정으로 나뉜다. 필터링은 원 영상으로부터 잡음을 제거하는 과정이고, 단편 에지검출은 단편적인 에지를 결정하고 검출하는 과정이다. 마지막으로 에지추적 및 결합은 에지를 구조적인 것으로 결합한다. 이러한 각 단계에 퍼지 모델에 기반한 퍼지추론이 효율적으로 적용되었다. 이를 기존의 에지검출 알고리즘과 비교·검토하였다. 실험결과들은 본 논문에서 제안한 퍼지추론을 이용한 에지검출 알고리즘이 기존의 알고리즘에 비해, 검출 성능이 향상되었음을 입증하고 있다.

A Study on Implementation of Edge Detection Algorithms Based on Fuzzy Membership Models

Bae-Ho Lee[†] · So-Yeon Kim^{††} · Kwang-Hee Kim^{†††}

ABSTRACT

Edge detection in the presence of noise is a well-known problem. This paper attempts to implement edge detection algorithms using fuzzy reasoning of fuzzy membership models. It examines an application-motivated approach for solving the problem.

Our approach is divided into three stages: filtering, segmentation and tracing. Filtering removes the noise from the original image and segmentation determines the edges and detects them. Finally, tracing assembles the edges into the related structure. Proposed method can be used effectively on these procedures by using fuzzy reasoning based on fuzzy models. It is compared with the previous edge detection algorithms with favorable results. Simulation results of the research are presented and discussed.

* 본 연구는 한국과학재단 지정 전남대학교 고품질 전기전자부품 및 시스템 연구센터의 연구비 지원에 의해 연구되었음.

† 정 회 원 : 전남대학교 컴퓨터공학과 교수

†† 준 회 원 : 한국정보통신대학원 통신공학부

††† 준 회 원 : 전남대학교 대학원 컴퓨터공학과

논문접수 : 1998년 3월 9일, 심사완료 : 1998년 6월 26일

1. 서론

실제 영상들은 매우 불완전하고 애매모호한 데이터를 지니고 있기 때문에 영상들이 지닌 데이터 정보를 보다 확실히 알아내고 분류하기 위해서 영상 처리를 한다. 그런데 사람이 물체를 인식하는 방법은 불완전하고 낮은 물체를 인식하는데 매우 효과적이다. 이 논문에서는 영상 처리과정, 특히 에지 검출 과정에 사람이 물체를 인식하는 알고리즘과 유사한 퍼지추론을 적용함으로써 갖가지 불확실한 데이터를 함유하고 있는 영상들 보다 정확하게 처리·검출하고자 한다. 왜냐하면 퍼지추론은 모델화에 강력하며 근접한 상태들에 대해서 매우 유용하게 반응할 수 있기 때문이다 [5][7].

검출한 에지를 이용하여 특정한 물체를 추출하기도 하고, 그 면적이나 둘레의 길이를 계측하기도 하며, 더 나아가 복잡한 영상 인식, 영상 이해에도 이용할 수 있기 때문에 영상 처리과정중에 에지 검출은 아주 중요하다. 다시 말해 에지 검출은 영상에 무엇이 그려져 있는가를 알아내는 전처리 단계가 된다[1][2].

이러한 에지 검출은 무엇보다도 명암도 변화에 주목해야 하며, 효과적인 에지 검출이란 에지들이 국소적인 현상으로서만 나타나지 않고 특성화 될 수 있는 구조로 나타나야 한다[4]. 이를 위해 에지검출은 다음과 같은 과정으로 이루어 졌다. 첫째, 잡음을 제거하는 필터링 과정이다. 여기서는 가우시안 평활화[1]의 정도를 제어할 수 있는 퍼지 멤버십 함수(membership function)를 설정하고 이에 근거하여 퍼지추론을 적용함으로써 영상을 필터링 하였다. 둘째, 에지 검출 과정이다. 이 과정은 에지를 발견하고 탐지하는 과정으로 알고리즘을 통해 에지를 크게 3종류로 분류(에지, 코

너, 트리플)되었는데 이는 국소영역의 영상 특성들에 근거하여 각 화소들에 대한 에지 퍼지 멤버십값으로써 구해졌다. 마지막으로 에지 추적은 에지를 조합하는 과정으로 높은 에지 멤버십을 갖는 화소들은 구조적인 것으로 추적되고 조합되어졌다. 이와 같이 크게 3 단계 과정에 퍼지추론이 적용되어 영상에서 에지를 검출해 내었다. 그리고 이를 표준적인 에지 검출 알고리즘과 비교·검토했다.[3]

2. 퍼지추론

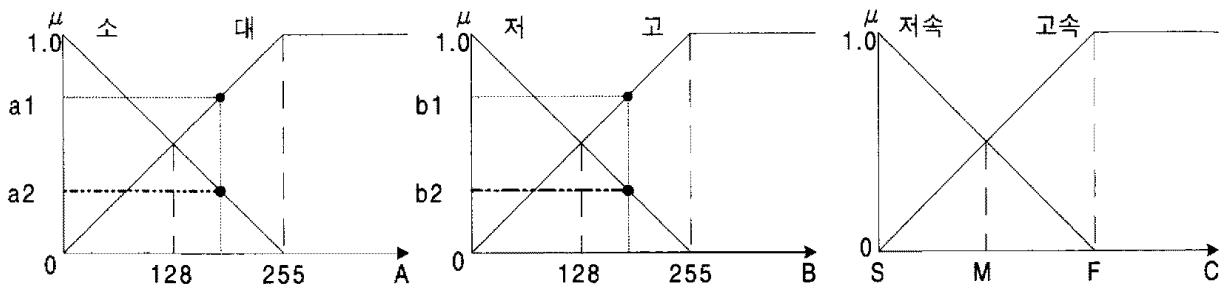
2.1 퍼지추론

Zadeh는 기존의 추론방법에 퍼지이론을 적용하여 이진논리로 처리할 수 없었던 추론을 자연스럽게 유도해 낼 수 있는 근사추론을 제안하였다.[4]

본 논문에서는 그레이 레벨 영상에서 중요한 정보를 갖고 있는 화소값들(0부터 255사이의 값)을 퍼지집합(A, B)으로 설정하여 새로운 변수 집합(C)을 얻어내는 방식으로 퍼지추론을 적용하였다. 즉, 퍼지집합 A, B가 영상에 나타난 화소들의 특정 정보라면 C는 이를 통해 추론해낼 수 있는 새로운 정보가 된다. 이들의 멤버십 정도는 (그림 1)과 같다.

퍼지집합 C의 멤버값들은 식(1)로 계산될 수 있다. 여기서 F, S는 상수값으로 새로운 퍼지 집합 C가 가질 수 있는 값의 최대, 최소값이다.

$$C = \frac{\min(a_2, b_1)F + \min(a_2, b_2)F}{\min(a_2, b_1) + \min(a_2, b_2)} + \frac{\min(a_1, b_1)S + \min(a_1, b_2)S}{\min(a_1, b_1) + \min(a_1, b_2)} \quad (1)$$



(그림 127) 퍼지 멤버십 값들의 결정
(Fig. 1) Determination of Fuzzy membership value

이렇게 얻어진 퍼지집합은 영상 처리 과정 중 또 다른 퍼지집합을 추론하는데 사용된다.

〈표 1〉 퍼지법칙의 예
 〈Table 1〉 Example of Fuzzy rule

A	B	C
소	저	고속
소	고	고속
대	저	저속
대	고	저속

3. 퍼지 가우시안 필터링 및 에지 검출

영상을 입력시키는 과정은 영상 신호 표본화, 정량화, 통신, 이동 등 여러 단계가 있다. 이러한 단계를 거치면서 잡음 등의 불필요한 신호가 영상에 섞이게 된다. 필터링이란 이러한 잡음을 감소시키고 에지를 강조시키는 영상처리 기술이다. 기존의 알고리즘은 각 화소의 값을 주변에 이웃한 화소들의 가중평균값으로 조절한다. 이러한 필터링을 대표하는 것이 가우시안 필터링으로 잡음을 주변의 명암도와 비슷하게 만들어 줌으로써 눈에 띄지 않게 하는 것이다[1][11][12]. 필터링을 하고자 할 때는 잡음을 없애면서도 우세한 형상(에지)은 보존해야 하고 잡음을 없애기 위해 지나칠 정도로 형상을 흐려서는 안 된다. 다음은 이러한 필터링을 위해 사용된 방법들을 제시한 것이다.

3.1 그라디언트(gradient) 결정

에지 검출을 위해서는 그라디언트를 이용하는데, 그라디언트란 명암도값 함수의 변화분을 뜻하는 것으로 크기와 방향을 가진 벡터량 $G(x, y) = (f_x, f_y)$ 로 표현된다. 여기서 f_x 는 x방향의 미분, f_y 는 y방향의 미분을 나타낸다. 이와 같은 디지털 영상에서의 x, y 방향의 미분값은 다음과 같이 얻어진다.

$$f_x = f(x+1, y) - f(x, y), \quad f_y = f(x, y+1) - f(x, y) \quad (2)$$

식(2)의 f_x, f_y 에 의해 산출된 에지의 크기와 방향은

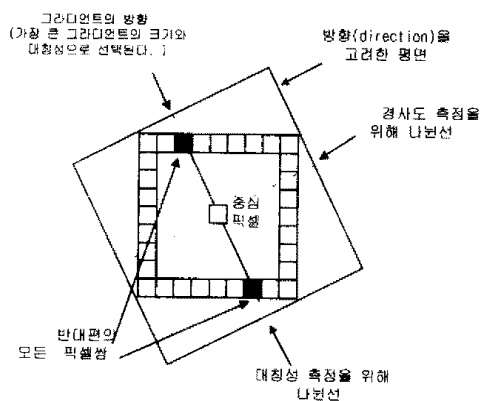
$$\text{크기} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad \text{또는} \quad |f_x| + |f_y| \quad (3)$$

$$\text{방향} = \tan^{-1}\left(\frac{f_y}{f_x}\right) \quad (4)$$

을 의미한다.

에지란 영상에 '무엇이 그러졌는지'를 나타내는 뚜렷한 경계선을 의미하므로, 주위의 명암도 값과는 구별되는 높은 명암도 값을 지니게 된다. 즉, 높은 그라디언트를 지니게 되는 것이다. 그러나 잡음 역시 높은 그라디언트를 가지고 있으므로, 단순히 최대 크기를 갖는 그라디언트를 에지로 선택하는 것은 옳바르지 않다. 또한, 같은 크기의 그라디언트가 여러 방향으로 나타날 경우 어느 것을 에지로 선택하여야 할지 애매하게 된다. 따라서 위와 같은 점들을 보완하기 위해 새로운 그라디언트 개념을 적용하고자 한다.

새로운 그라디언트 개념은 두 영역사이에 경사(steeptness)를 구하고 이때 같은 경사 값을 가지는 그라디언트 방향 문제를 해결하기 위해서, 두 영역들의 대칭성(symmetry)를 측정하여 퍼지집합을 구성한다. 그리고 이 두 퍼지집합의 멤버십 정도에 따라 새로운 그라디언트를 결정한다. 여기서 새로운 그라디언트를 기존의 그라디언트와 비교하자면 기존의 그것이 그라디언트의 크기를 방향보다 중시했다면 새로운 그라디언트는 에지가 나타나는 방향을 더욱 중요하게 생각한다는 것이다. 새로이 제시한 그라디언트의 기본적인 개념은 (그림 2)에 잘 나타나 있으며 <표 2>는 영상에서 얻은 경사와 대칭성을 바탕으로 그라디언트의 방향을 결정하기 위한 퍼지법칙을 보여주고 있다. <표 2>에 의하면 두 영역사이에 큰(large) 경사와 높은(high) 대칭성이 존재하는 경우 높은 그라디언트를 지니고 있음을 알 수 있다.



(그림 128) 그라디언트 측정
 (Fig. 2) Measurement of Gradient

<표 2> 그라디언트 방향
<Table 2> Direction of Gradient

경사	대칭성	그라디언트
소	저	저
소	고	저
대	저	중
대	고	고

3.2 가우시안 제어 필터링

정규 가우시안 필터링은 잡음이 포함된 원 영상 I에 가우시안 형태의 마스크 W를 convolution함으로써 잡음이 제거된 I' 영상을 얻는다.

$$I' = I * W$$

$$W(i, j) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{i^2 + j^2}{2\sigma^2}\right] \quad (5)$$

그런데 가우시안 필터링은 식(5)의 σ 값에 따라 결과가 달라지므로, 같은 σ 값을 가지더라도 영상이 다르면 결과 역시 달라지게 된다. 따라서 영상마다 적합한 σ 값을 선택해야만 하는 제약 조건을 갖게 된다. 만약 이때 영상마다 σ 값을 동적으로 제어할 수 있다면 필터의 성능은 훨씬 개선될 것이다. 정규 가우시안 필터에서 W를 극 좌표로 나타내면 식(7)과 같다.

$$W(r) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right] \quad (7)$$

또한 W를 그라디언트의 각도로 회전시키면, 식(8)과 같이 u, v의 새로운 좌표축으로 나타낼 수 있다.

$$W(u, v) = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{1}{\sigma_u} \exp\left[-\frac{u^2}{2\sigma_u^2}\right] \right) \left(\frac{1}{\sigma_v} \exp\left[-\frac{v^2}{2\sigma_v^2}\right] \right) \quad (8)$$

여기서 σ_u 와 σ_v 는 그라디언트의 방향에 있어 각각 에지방향과 에지의 수직방향을 가리키게 된다. 따라서 이 두 변수를 제어하게 되면 필터링의 정도가 달라지게 된다. 즉, σ 값이 클수록 그 방향에 대해서 필터링의 성능이 강화된다. 가우시안 제어 필터링을 위한 σ_u 와 σ_v 는 <표 3>에 나타난 것처럼, 그라디언트의 크기와 연속성(straightness)에 의해 제어됨을 알 수 있다.

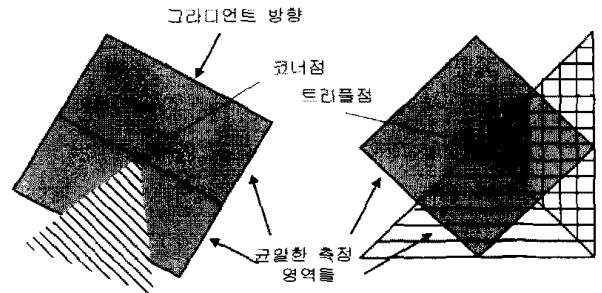
3.3 에지의 유형

에지란 두 균일한 평면 영역 사이에 높은 그라디언트를 가지는 점들의 집합을 의미한다. 그러나 이러한

<표 3> 필터링을 제어하기 위한 퍼지법칙
<Table 3> Fuzzy rules for the control of filtering

그라디언트	연속성	σ_u	σ_v
소	저	대	대
소	고	대	대
대	저	소	소
대	고	소	대

에지 정의는 균일하지 않는 여러 평면 영역에서 나타나는 코너, 트리플 점들과 같은 중요한 정보들을 필터링을 통한 결과에서 사라지게 할 수 있다. 여기서, 코너란 에지와 에지가 만나는 부분이며, 트리플이란 그라디언트가 균일하지 않는 평면들이 만나 이루는 점을 의미한다(그림 3). 코너와 트리플은 에지와 마찬가지로 중요한 영상 정보를 담고 있으나 잡음과 유사한 성질인 국소영역에서 높은 그라디언트를 나타내는 경향이 있다. 따라서 에지 검출을 위해서 이러한 점들이 배제되지 않도록 에지(edginess), 코너(cornerness), 트리플(tripleness) 유형들을 정확히 구분할 필요가 있다. 이를 보존할 수 있는 에지에 관한 퍼지 멤버십을 <표 4>에 나타내었다.



(그림 129) 코너와 트리플 점들
(Fig. 3) Cornerness and tripleness points

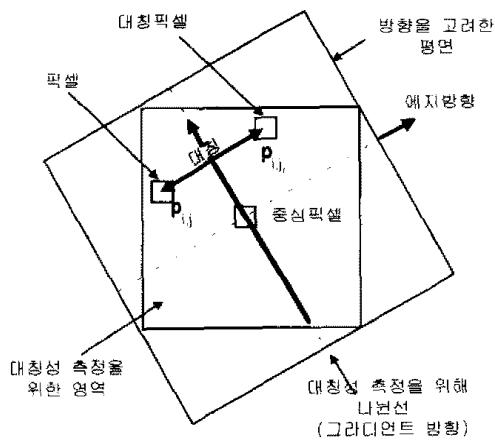
<표 4> 에지의 퍼지 멤버십 법칙
<Table 4> Fuzzy membership rules of edge

그라디언트	대칭성	연속성	에지	코너	트리플
저	저	저	저	저	저
저	저	고	저	저	저
저	고	저	저	저	저
저	고	고	저	저	저
고	저	저	저	저	고
고	저	고	저	저	고
고	고	저	저	고	저
고	고	고	고	저	저

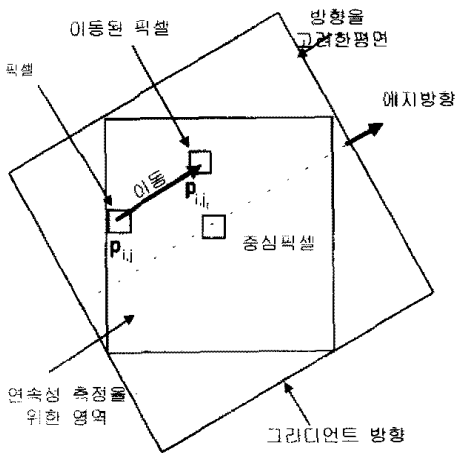
에지, 코너, 트리플을 설정하는데 필요한 퍼지 멤버십 함수인 대칭성 y 와 연속성 t 에 관한 특징은 각각 (그림 4)와 (그림 5)에 나타내었으며, 식(9), (10)과 같이 구할 수 있다.

$$y = y_{\max} - \sum_{i=-\frac{n}{2}}^{\frac{n}{2}} \sum_{j=-\frac{n}{2}}^{\frac{n}{2}} |d_{ij} - d_{ji}| \quad (9)$$

$$t = t_{\max} - \sum_{i=-\frac{n}{2}}^{\frac{n}{2}} \sum_{j=-\frac{n}{2}}^{\frac{n}{2}} |d_{ij} - d_{ji}| \quad (10)$$



(그림 130) 대칭성
(Fig. 4) Symmetry



(그림 131) 연속성
(Fig. 5) Straightness

4. 에지 추적과 결합

에지 단편들로부터 원하는 기본적인 윤곽을 추적해 내기 위해서는 중심 화소의 에지 방향선에서 두 이웃

한 화소들의 에지 값을 검사한다. 만약 중앙 화소의 에지 값이 두 이웃한 화소들의 에지 값을 초과한다면, 그 화소는 명확한 에지가 된다. 이를 반복하면 단편적인 에지를 검출해낼 수 있다. 이렇게 추적된 에지들의 단편을 조합해서 전체의 구조화된 에지를 만드는 방법이 에지 결합이며, 그 결합에는 직선 결합, 코너 결합, 트리플 결합이 있고 그것들의 퍼지법칙은 <표 5>에 나타나 있다.

<표 5> 에지 결합을 위한 퍼지법칙
<Table 5> Fuzzy rules for the edge joining

	일직성	인접성	중간 에지	결합성
직선에지 결합	저	저	저	저
	저	저	고	저
	저	고	저	중
	저	고	고	중
	고	저	저	중
	고	고	저	중
코너에지 결합		저	저	저
		저	고	저
		고	고	고
트리플에지 결합		저	저	저
		저	고	저
		고	고	고

5. 알고리즘 구현과 실험

본 논문을 위해 시행된 시뮬레이션은 윈도우 95 운영체제 아래 비주얼 C++ 5.0을 이용하여 실행되었다. 먼저 퍼지 가우시안 필터의 사이즈는 7×7로 정했다. 사용된 영상은 그레이 레벨의 다양한 영상들이다.

5.1 퍼지 가우시안 필터링 알고리즘

우선 사용된 영상들은 날카로운 에지 점들을 지니고 있다. 이는 우리가 적용한 퍼지 가우시안 필터링이 잡음을 제거하면서도 에지를 얼마나 훌륭하게 보존하고 있는지를 알아보기 위함이다. Salt&Pepper잡음, 가우시안 잡음, 정규(uniform) 잡음 등이 영상에 첨가되었다.

그리고 잡음이 가미된 영상을 정규적인 가우시안 필터와 널리 알려진 메디안 필터, 다음으로 퍼지 가우

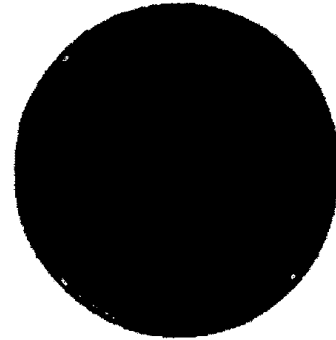
시안 필터에 통과시킨 후 그 결과를 비교·검토하였다. 퍼지 가우시안 필터링을 수행하는 알고리즘은 다음과 같다.

- (1) 잡음이 포함된 영상을 얻는다.
- (2) 영상의 국소영역(7×7)에서 그라디언트를 찾아내고 크기와 연속성을 계산한다.
- (3) 7×7 퍼지 가우시안 필터를 만든다.
- (4) 영상의 국소영역과 필터를 convolution한다.
- (5) (2)-(4)의 과정을 영상 전체에 걸쳐 수행한다.

(그림 6)은 날카로운 에지 점들을 가진 그레이 레벨의 다트 영상이다. 여기에 (그림 7_a, 8_a)처럼 각각 2%, 35%의 잡음을 포함시키고, 각각을 가우시안, 메디안, 퍼지 가우시안 필터를 적용시켜 봄으로써 그 성능을 비교하였다.

우선, 실험결과 영상의 잡음은 필터를 통해 제거되고 있다. 그러나 가우시안 필터 영상은 잡음이 희미해짐과 동시에 에지 역시 흐려진 결과를 나타낸다(그림 7_b, 8_b). 메디안 필터의 경우는 가우시안 필터 보다 성능이 개선되었으나, 역시 에지를 흐리게 하고 있음을 알 수 있다(그림 7_c, 8_c). 반면에 퍼지 가우시안

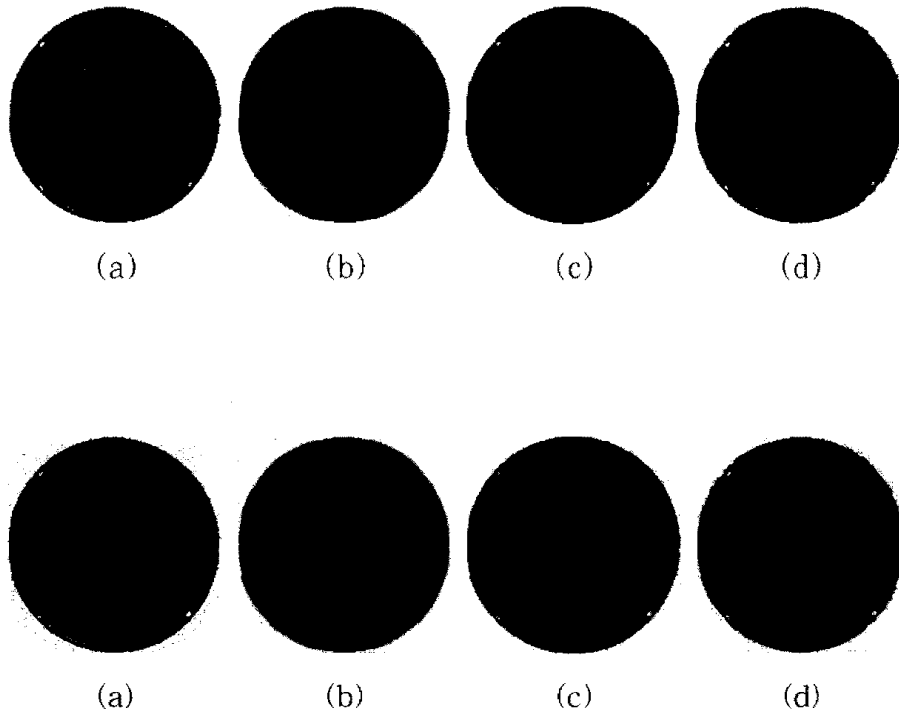
필터는 잡음은 제거하고 에지는 선명하게 보존하고 있음을 알 수 있다(그림 7_d, 8_d).

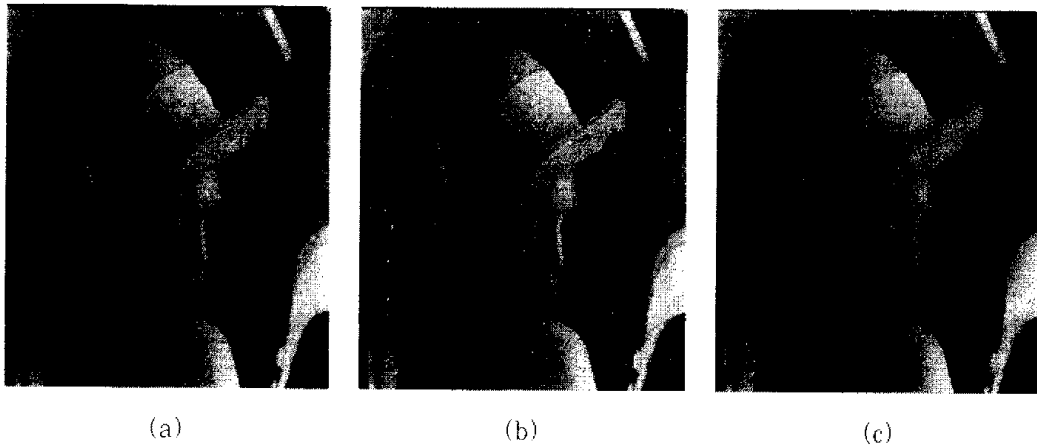


(그림 6) 다트 영상
(Fig. 6) Dart image

위 실험 결과는 퍼지 가우시안 필터링은 잡음을 감소시키는 동시에 에지를 보존하고 있음을 보여준다. Salt&Pepper 잡음의 경우에는 메디안 필터가 좀더 우수해 보이거나 가우시안 이나 정규 잡음과 같은 잡음 영상을 고려해 볼 때, 퍼지 가우시안 필터가 전반적으로 우수하다는 것을 알 수 있다.

또한 256×256 그레이 레벨의 실제 Lena 영상(그림





(그림 9) (a) 원본 이미지 (b) 잡음 이미지 (c) 퍼지 가우시안 필터
 (Fig. 9) (a) Original image (b) Noise image (c) Fuzzy Gaussian filter

9_a)에 Salt&Pepper 잡음 2%(그림 9_b)를 가하고 퍼지 가우시안 필터의 성능을 살펴보았다. 얻어진 영상은 잡음이 감소되었고 예지는 보존되었음을 (그림 9_c)의 결과를 통해 알 수 있다.

5.2 퍼지 예지검출 알고리즘

퍼지 가우시안 필터에 의해 얻어진 영상으로부터 예지의 정확한 유형을 검출하기 위해 <표 5>의 퍼지법칙을 적용하였으며 이러한 세 가지 예지 유형들을 검출하는 알고리즘을 구현하였다.

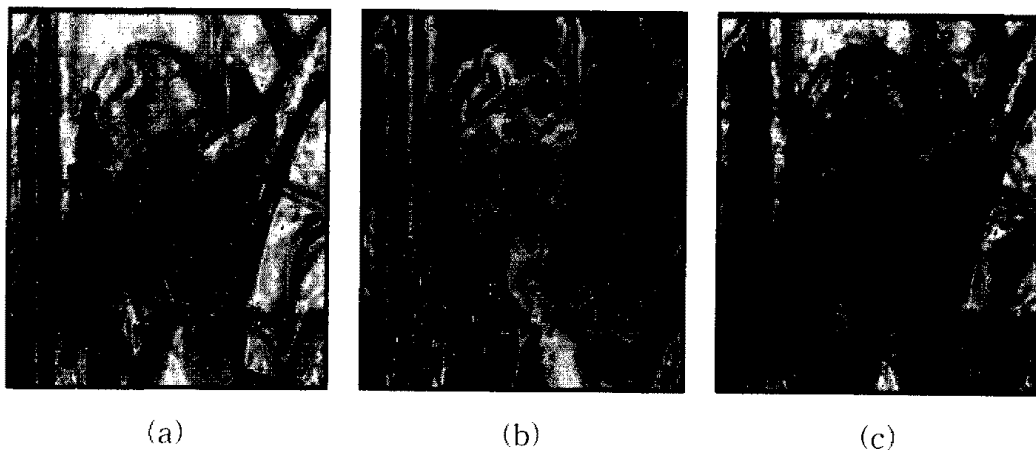
- (1) 필터화된 영상을 얻는다.
- (2) 국소영역(7×7)에 대해 그래디언트의 방향에 따라 크기, 대칭성, 연속성을 계산한다.
- (3) 위의 결과에 대해 퍼지법칙을 적용하여 예지,

코너, 트리플 점들을 얻는다.
 (4) (2)~(3) 과정을 입력영상 전체에 걸쳐 수행한다. 효율적인 예지 검출을 위해 보다 정확한 예지 유형을 정의하고 실험한 결과, 예지, 코너, 트리플 평면을 검출해낼 수 있었으며 특징 값들은 예지 추적과 실험에 매우 중요하게 사용된다.

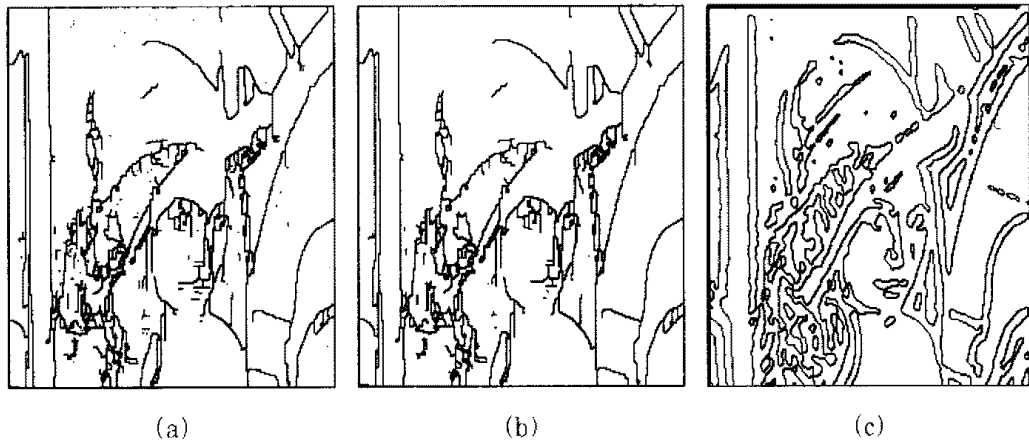
5.3 퍼지 예지 추적 및 결합 알고리즘

예지 추적과 결합 알고리즘은 단편적인 예지 검출 과정인 예지 추적 과정과 이를 조합하고 구조화하는 예지 결합 과정으로 크게 나뉘며 퍼지 추론은 예지를 결합하는 과정에 적용되어진다.

- (1) 예지 유형별 데이터(예지, 코너, 트리플)를 입력 받는다.



(그림 10) (a) 예지 이미지 (b) 코너 이미지 (c)트리플 이미지
 (Fig. 10) (a) Edge image (b) Corner image (c) Triple image



(그림 11) (a) 퍼지 에지추적 (b) 퍼지 에지결합 (c) 가우시안의 라플라시안
 (Fig. 11) (a) Fuzzy edge tracing (b) Fuzzy edge joining (c) Laplacian of Gaussian

- (2) 에지 데이터를 통해 영상에서 단편적인 에지 윤곽을 추적한다.(새선화 알고리즘 적용)
- (3) 임계값을 적용한다.(3픽셀이상 결합되지 않은 점들은 제거한다.)
- (4) (3)의 결과에 코너와 트리플의 데이터를 적용하여 에지의 단편들을 결합해 낸다.

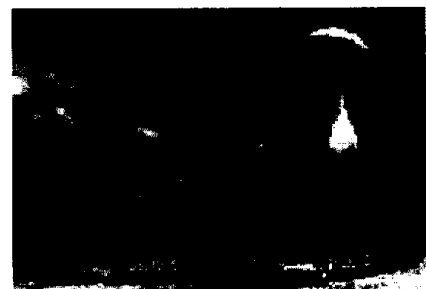
위와 같은 알고리즘을 (그림 9)의 이전 실험결과로 제시된 (그림 10)의 에지, 코너, 트리플 이미지 평면에 적용한다. (1)~(2) 까지의 알고리즘 적용 결과가 에지 추적 영상(그림 10_a)이며, 여기에 임계값을 적용한 후 다시 퍼지 에지 결합 법칙을 적용하여(③~④) 최대한 구조화된 에지를 구현한 것이 에지 결합 영상(그림 10_b)이다. 그리고 기존의 에지 검출 알고리즘과의 성능 비교를 위하여, Lena 영상에 라플라시안 & 가우시안 에지 검출 방법을 적용한 것이 (그림 10_c) 이다.

실험결과, 라플라시안 & 가우시안 에지 검출 알고리즘은 잡음 제거시 트리플, 코너 점들에서 중요한 영상 정보가 없어지는 결과를 보였고, 에지 검출시 에지 이외의 정보들이 검출되었다. 이에 비해 제안된 퍼지 가우시안 에지 검출 알고리즘은 기존의 알고리즘에 비해 중요 영상 정보는 보존하면서도 모든 불필요한 패턴을 제거한 에지를 효과적으로 잘 검출해 내고 있음을 알 수 있다

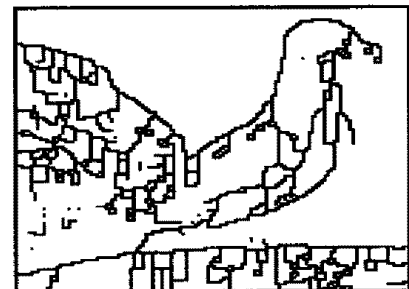
(그림 12_b)는 퍼지 가우시안 에지검출 알고리즘을 적용하여 영상들(그림 12_a)의 에지를 검출한 결과이다. 이상의 결과로부터 우리가 구현한 알고리즘은 특

정영역, 특정영상에 국한되지 않고 에지를 잘 검출해 내고 있음을 실험결과 확인하였다.

특히 기존의 퍼지 모델 에지 검출 알고리즘과 비교해 볼 때 기존의 알고리즘들은 에지 검출시 코너, 트리플 점과 같은 중요한 영상 정보를 포함시킬 수 없었다. 그러나 본 퍼지 모델 검출 알고리즘은 이러한 정보들을 포함함으로써 잡음에 좀더 강한 에지 검출 알고리즘을 구현하였다.



(a)



(b)

(그림 12) 예제 (a) 원본 이미지 (b) 퍼지 에지검출 이미지

(Fig. 12) Examples (a) Original image (b) Fuzzy edge detection image

6. 결 론

본 연구는 영상에서 퍼지모델을 기반으로한 에지검출 알고리즘을 구현하였다. 여기에 적용된 퍼지 알고리즘은 불완전한 에지들과 애매모호한 에지들의 존재로부터 애매모호성과 불완전성을 특성화하기 위한 퍼지집합을 구체적으로 적용하였다. 이러한 퍼지집합으로부터 각 단계별로 필터링, 단편 에지검출, 에지추적 및 에지결합이 수행되었다. 이 알고리즘들은 비주얼 C++을 통해 구체적으로 구현되었고, 그레이 레벨의 여러 영상에 적용되어 결과들을 제시하였다. 그리고 기존의 영상 처리 알고리즘과 비교·분석되었다. 시뮬레이션을 통해 나타난 결과 값들은 퍼지 알고리즘이 기존의 알고리즘들 보다 영상에서 매우 중요한 정보를 지니고 있는 변수들을 토대로 퍼지집합들을 상세히 만들고 이들과의 관계를 토대로 근사하고 불완전한 값들이 존재할 때 이를 선택하는 과정에서 생길 수 있는 불만족스러운 결과를 최소화시킬 수 있으므로 성능면에서 우수하다는 것을 증명해 주고 있다. 또한, 기존의 알고리즘들이 특정 영상에 맞게 고정된 값들을 가지고 적용되었던 것과는 달리 퍼지 알고리즘은 영상들의 국소영역 특성치들에 근거하여 퍼지 변수들을 산출하므로, 애매모호한 값들에 대해서 유연하게 대처할 수 있고 다양한 이미지에 대해 능동적으로 대처할 수 있는 장점을 갖는다.

결론적으로 에지를 검출함에 있어서 퍼지추론의 적용은 영상에서 특정 영역 또는 특정 영상의 정보에 구애받지 않으므로 다른 기존의 알고리즘들 보다 검출 성능면에 있어 더 효과적이며, 불필요한 패턴이 제거된 단순한 에지검출이 가능함을 확인시켜 주었다. 앞으로 화상 처리 및 인식 분야에 있어 퍼지모델을 기반으로한 효과적인 화상 처리 및 인식 시스템을 개발하는 것에 대해 추가 연구를 계속 수행하고자 한다.

참 고 문 헌

[1] Ioannis Pitas, *Digital Image Processing Algorithms*, 1993.
 [2] Ramesh Jain, Rangachar Kasturi, Brian G. Schunck, *Machine Vision*, pp.112-180, Mc-Graw-Hill, 1995.
 [3] J. F. Canny, "Finding Edges and Lines in

Images" *Technical Report AI-TR 720*, Massachusetts Artificial Intelligence Laboratory, June 1983.
 [4] L. A. Zadeh, "The Concept of a Linguistic Variable and Its Application to Approximate Reasoning-I, II, III", *Information Science*, 8, 9, 1975.
 [5] Todd Law, Hidenori Itoh, Hirohisa Seki, "Image Filtering, Edge Detection, and Edge Tracing Using Fuzzy Reasoning", *IEEE Transactions of Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.18, No.5, May 1996.
 [6] 이광형, 오길복, *퍼지 이론 및 응용*, Vol.II, 홍릉과학출판사, 1991.
 [7] C. Tyan and P. Wang, "Image Processing-Enhancement, Filtering and Edge Detection Using the Fuzzy Logic Approach", *Proc. Second Int'l Conf. Fuzzy System*, Vol.I, pp.660-665, San Francisco, 1993.
 [8] Adrian Low, *Introductory Computer Vision and Image Processing*, pp.52-99, McGraw-Hill, 1991.
 [9] X. L. Xie and G. Beni, "A Validity Measure for Fuzzy Clustering", *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.13, No.8, pp. 841-847, Aug. 1991.
 [10] J. C. Bezdek, "Prototype Generating Clustering Algorithms", *Proc. Fifth Int'l Fuzzy Systems World Congress*, pp. XXXVI XLIII, Seoul, 1993.
 [11] J. C. Bezdek, *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms*, Plenum, 1981.
 [12] W. Freeman, "Steerable Filters and Analysis of Image Structure", Ph.D thesis, MIT, Cambridge, Mass., 1992.
 [13] F. van der Heijden, "Edge and Line Feature Extraction Based on Covariance Models", *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.17, No.1, pp.69-77, Jan. 1995.



이 배 호

1978년 한양대학교 공과대학 전자공학과(학사)

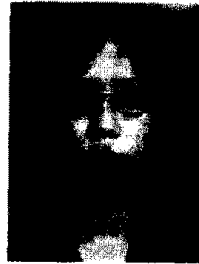
1980년 한국과학기술원 (KAIST) 전기 및 전자공학과(석사)

1993년 University of Missouri, 전기 및 컴퓨터공학과(박사)

1980년~1983년 국방과학 연구소(ADD) 근무

1993년~현재 전남대학교 공과대학 컴퓨터공학과 조교수(학과장)

관심분야: 멀티미디어 통신, 인공지능, 컴퓨터 비전, 영상처리, 정보보안.



김 소 연

1998년 전남대학교 컴퓨터공학과(학사)

1998년~현재 한국정보통신대학원 통신공학부 재학

관심분야: 실시간 영상처리, 영상 압축과 복원 및 MPEG 7, 멀티미디어 및 컴퓨터비전.



김 광 희

1998년 전남대학교 컴퓨터공학과(학사)

1998년~현재 전남대학교 대학원 컴퓨터공학과 재학

관심분야: 영상처리 및 컴퓨터비전, 영상 압축 및 복원, 멀티미디어 응용