

화상 구조 파악에 의한 화상의 잡음 제거 및 경계선 추출

조 동 옥[†]

요 약

본 논문은 기존 경계 추출 방법의 문제점인 임계치 선정 문제와 평활화로 말미암아 경계에서 발생할 수 있는 흐림 현상을 제거할 수 있는 방법을 제안함을 목적으로 한다. 이를 위해 3×3 창내에서 화상이 가질 수 있는 구조 특징을 세 부류의 화상 구조로 정의해 놓고 주어진 영상에 돌이론을 적용하여 해당 영역들이 어느 화상 구조에 속하는지를 파악한다. 화상 구조의 파악이 끝난 후 해당 영역이 잡음 영역이면 잡음 제거를, 경계선에 해당 되면 경계선을 추출한다. 이때 경계 영역에 잡음이 들어 간 경우이면 잡음을 제거 하면서 동시에 경계선을 추출한다. 제안한 방법의 실험 결과 본 방법은 임계치 선정 없이 경계를 추출할 수 있었으며 경계 영역에서의 흐림 현상도 효과적으로 제거할 수 있음을 알 수 있었다.

Noise Removal and Edge Detection of Image by Image Structure Understanding

Dong Uk Cho[†]

ABSTRACT

This paper proposes not only the thresholding problem which has been one of the major problems in the pre-existing edge detection method but also the removal of blurring effect occurred at the edge regions due to the smoothing process. The structure of a given image is assigned as one of the three predefined image structure classes by evaluating its toll membership value to each reference structure class: The structure of an image belongs to the structure class which has the least cost value with the image. Upon the structure class assigned, noise removal and edge extraction processes are preformed, e.g., the smoothing algorithm is applied to the image if its structure belongs to the pure noise region class; edge extraction while removing the noise is performed simultaneously if the edge structure class. The proposed method shows that preventing the blurring effect can be usually seen in the edge images and extracting the edges with no using thresholding value by the experiments.

1. 서 론

계산기에 의한 화상 처리나 인식은 그 무한한 유용성 및 응용성 그리고 계산기의 처리 능력 및 속도의

지속적인 발전에도 불구하고 상용화는 미진한 분야이다. 이같이 된 이유들 중 하나는 그 접근 방식이 2차원적 이든 3차원적 이든지 간에 너무 애매성 고려 없이 일정하게 구분을 행하는 이론을 무리하게 적용해 왔다는 것이다. 이는 인간의 시각 능력을 계산기에 대체 하고자 하는 화상 인식 분야에서 인간은 이같이 애매성 고려 없이 일정하게 구분을 행하는 방법

[†] 정 회 원: 서원대학교 정보통신공학과
논문접수: 1997년 1월 20일, 심사완료: 1997년 5월 28일

으로 인식을 하지 않는다는 사실이 이를 뒷받침 해 주고 있다. 또 하나는 저단계, 중단계, 고단계의 처리 과정을 통해 거의 모든 방법이 화상 마다 case by case 로 임계치를 선정해 주어야 한다는 것이다. 이는 가장 좋은 처리 결과를 얻기 위해 사람이 화상 마다 임계치를 달리 선정해 주어야 하는 문제점이 존재하며 이는 궁극적으로 인간의 시각능력을 계산기에 자동으로 대체하고자 하는 취지에 반하게 된다. 이를 해결하기 위해서는 화상 특성에 상관없이 일률적인 임계치를 선정해 주어야 하며 이는 결국 오인식이나 미인식등의 문제와 직결되게 된다. 따라서 이상과 같은 문제들을 극복하기 위해서는 애매성을 고려한 이론을 적용하여 임계치 선정없이 화상처리 및 인식을 할 수 있는 알고리즘이 개발되어야만 한다. 본 논문에서는 이를 위해 화상처리 및 인식의 전체 분야 중에서 잡음 제거 및 경계선 추출 분야에 대해 임계치의 선정 없이 잡음 제거와 경계선 추출을 동시에 수행할 수 있는 방법을 제안하고자 한다. 이는 후의 특징 추출 과정에 직결되기 때문에 대단히 중요한 단계가 된다. 기존의 잡음 제거 및 경계 추출에 대해 많은 연구가 수행되어 왔었다[1]~[11]. 그 주류는 특정한 환경 하에서의 경계선 추출[1]~[4] 방법과 국부 정보를 이용하는 방법[5]등이 대세를 이루어 왔다. 그런데 이는 특별히 설정된 환경[1]~[4]에서만 효율적이고 2차 미분[5]을 함으로써 처리 시간의 과다등과 같은 문제를 야기 했었다. 근래 이같은 문제를 해결하기 위해 애매성을 고려한 방법들이 많이 적용 되고 있다. 그 예로 신경망 기법 [6]~[9] 이나 퍼지 이론 [10], [11]을 적용하는 방법들이 나와서 기존의 애매성 고려 없이 일정하게 구분을 행하는 이론의 적용에서 생기는 문제를 개선하고 있다. 그런데 이상의 모든 방법들도 올바른 경계선 추출을 위해서는 전 단계로 잡음 제거를 해야 하며, 경계선 추출을 위해 임계치 선정을 해야 하는 문제를 내포 하고 있다. 따라서 본 논문에서는 기존의 저자가 발표했던 논문[12]을 기초로 임계치 선정 없이 잡음 제거 및 경계선 추출을 동시에 수행하는 방법을 제안하고자 한다. 이는 기존에 발표했던 논문의 문제점이었던 잡음 처리와 경계 추출시 임계치를 선정해 주었던 문제를 해결하고자 하는 것이다. 이를 위해 화상의 구조를 크게 잡음 구조, 경계 구조, 잡음도 경계도 아닌 구조로 정의 하고 이에 애매

성을 고려한 톨이론을 적용하여 화상 구조를 파악함으로써 해당 영역이 잡음 영역이면 잡음 제거를, 경계 영역이면 경계를 추출하며 임계치 선정 없이 잡음 제거와 경계 추출을 동시에 수행한다. 만약 이때 경계 영역에 잡음이 있다면 잡음을 제거 하면서 경계를 추출하고자 한다.

2. 톨이론을 적용한 화상 구조 파악

톨 이론(Toll theory)은 1991년 IFSA에 D. Dubois와 H. Prade에 의해 발표된 새로운 집합 이론이다[13], [14]. 이 집합론은 어떤 원소가 그 집합에 속하기 위해 지불해야만 하는 비용(cost)의 개념으로 정의 되는 이론이며 소속도 함수의 값은 $0 \sim +\infty$ 사이의 값을 취한다. 즉, 전체 집합 U 에 있어서 톨집합 T 는 $\Psi_T(x)$ 로 정의되며, 이때 $\Psi_T(x)=0$ 이면 원소 x 는 톨집합 T 에 후리 멤버쉽(free membership)을 가진다고 하며 역으로 $\Psi_T(x)=\infty$ 이면 원소 x 가 톨집합 T 에 속하는 것이 금지(forbidden) 됐다는 것을 뜻한다. 이같은 톨 이론은 비용의 최소화를 기해야 하는 모든 분야에 적용이 가능할 것으로 여겨 진다. 본 논문에서는 이러한 톨 이론을 처리 하고자 하는 화상의 구조 파악에 적용하였다. 즉, 3×3 창(window) 내에서 주어진 화상이 어떤 화상구조에 속하는가를 톨 소속도 함수값을 계산하여 가장 비용이 작게 되는 화상구조로 귀속시킴으로써 화상 구조를 파악하였다. 일반적으로 화상구조는 크게 잡음 영역, 경계영역 그리고 잡음도 경계도 아닌 세가지 구조로 정의할 수 있다. 대표적인 화상 구조의 예를 그림으로 나타내면 (그림 1)과 같으며 여기서 T_1 은 잡음 구조를, $T_2 \sim T_{17}$ 은 경계 구조 그리고 T_{18} 은 잡음도 경계도 아닌 구조를 뜻하게 되며 이때 S 는 중심 화소 C 를 중심으로 명암도의 차가 작다(Small)는 의미를, L 은 크다(Large)라는 의미를 갖는다. 즉, T_1 은 중심화소 C 를 중심으로 다른 모든 화소들과의 명암도 차가 크기 때문에 이때 중심 화소 C 는 잡음에 해당된다. 또한 예로서 T_2 는 C 를 중심으로 명암도의 차가 작은 화소들($f_{11}, f_{12}, f_{21}, f_{31}, f_{32}$, 화소들)과 명암도의 차가 큰 화소들(f_{13}, f_{23}, f_{33} 화소들)이 존재 한다면 이때 중심 화소 C 는 경계선에 해당하게 된다. 그리고 T_{18} 은 중심 화소 C 를 중심으로 다른 모든 화소들의 명암도 차가 작기 때문에 균일 영역(homogeneous

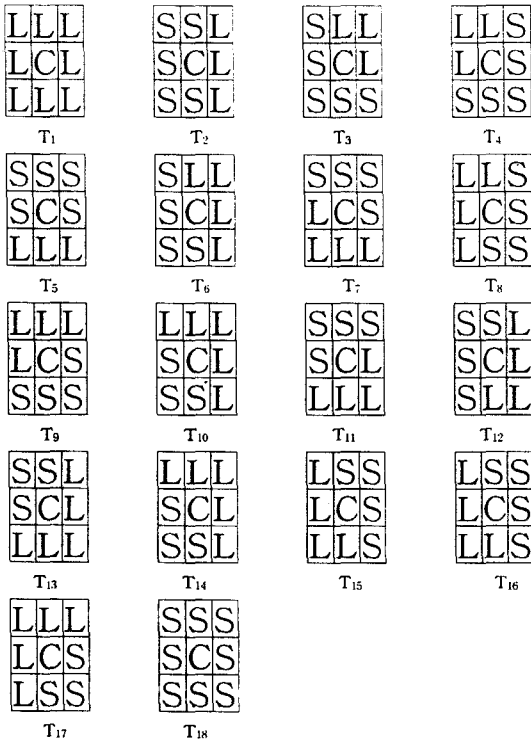
region)에 해당되며 이는 잡음 영역도 경계 영역도 아닌 구조에 해당 된다. (그림 1)과 같이 화상의 구조를 세 분류로 나누어 18개의 경우로 정의한 것은 인간이 주어진 화상을 3×3 창에서 반복 작업을 통하여 구조 파악을 한다면 이같은 원리에 입각하여 할 것 이라는 사실에 기인한 것이다. 이때 본 논문에서는 중심 화소 C를 중심으로 명암도의 차가 작다(S)와 크다(L)등은 애매성 고려 없이 일정하게 구분을 행하는 것이 아니고 애매성을 고려하여 함수 형태의 톨 멤버십 함수로 정의 하였다. 즉, 'S'와 'L'에 대한 톨 멤버십 함수는 식(1)과 식(2)와 같이 함수 형태로 정의 할수 있다.

$$\Psi_{S(x)} = -\log[-(x-255)/255] \tag{1}$$

여기서 $x = 1C - S1$

$$\Psi_{L(x)} = -\log[x/255] \tag{2}$$

여기서 $x = 1C - L1$



(그림 1) 화상의 구조
(Fig. 1) Image structure

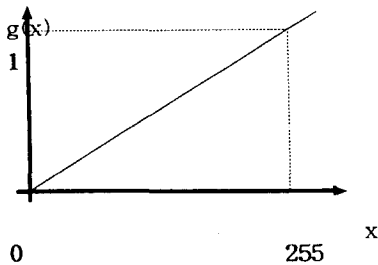
윗 식에서 알수 있듯이 톨소속도 함수를 함수 형태로 정의 하였는데 이의 이유는 아래와 같다. 통상 소속도 함수는 여러 가지 형태로 정의 할수 있다. 대표적인 유형으로는 함수 형태(functional type), 통계적 형태(statistical type)와 경험적 형태(empirical type)가 될 수 있으나 수학적으로 다루기 쉽고 또한 현재 적용 대상에 가장 적합한 형태가 함수 형태 이기 때문에 본 논문에서는 'S'와 'L'에 대한 톨 소속도 함수를 함수 형태로 하였다. (1)식과 (2)식을 3×3 창내에서 중심 화소 C를 중심으로 모든 화소에 적용한후 최소 값을 취하여 해당 화소가 C를 중심으로 'S'인지 'L'인지를 파악한다. 이때 'S'는 '1'로 'L'은 '0'의 값으로 대치한다. 이후 미리 정의된 18개 화상구조도 'S'는 '1'로 'L'은 '0'의 값으로 대치한후 이를 현재 처리하고자 하는 영상과 XOR 작업을 수행하여 그 비용이 최소가 되는 형판을 선택하면 현재 영상이 어떤 화상 구조에 속하는지를 알수 있다. 이상의 과정을 전 영상에 걸쳐 반복 적용함으로써 처리하고자 하는 화상에 대한 구조 파악을 할 수 있다. 또한 'S'와 'L'의 계산식(1)과 식(2)를 통해 최소값을 취하는 것이기 때문에 이는 기존의 방법에서 임계치를 선정하는 작업과는 다르다. 보통 화상 처리 및 인식에서의 임계치는 올바른 처리 결과를 위해 임계치를 선정하고 이것이 모든 화상에서 일률적으로 적용되는 것이 아니고 화상마다 case by case로 다르게 선정해 주어야만 하는 문제점을 야기 했지만 본 논문에서는 화상 구조 파악시 이러한 임계치의 선정이 전혀 필요 하지 않다. 또한 화상 처리에 있어 가장 중요한 작업중의 하나는 해당 화상 영역이 잡음 인지 경계 인지를 구분하는 작업이 된다. 그리고 잡음 제거를 위해서도 기존의 방법은 averaging 필터와 median 필터를 결합 시켜 순수 잡음 영역이면 averaging 필터를 적용하고, 경계 부분에는 경계를 훼손 시키지 않기 위해 median 필터를 적용하였다. 그런데 이를 위해서는 선행 조건으로 화상의 구조를 파악해야만 하며 이를 어떻게 구현 할 수 있는나 하는 것이 평활화 과정의 최대 관건이었다. 따라서 본 논문은 이를 위해 톨이론을 적용하며 화상의 구조를 파악하고자 한 것이며 화상의 구조가 파악이 되면 잡음 영역일 경우 잡음을 제거하고 경계에 잡음이 있으면 잡음을 제거하면서 동시에 임계치 선정이 경계를 추출하는 방법을 제안하고자 하는 것이다.

3. 잡음 제거 및 경계 추출

이제 파악된 화상 구조를 바탕으로 해당 구조가 잡음 구조 이면 잡음 제거를, 경계구조 이면 경계선 추출을 해야 한다. 물론 이때 경계 구조내에 잡음이 첨부 되어 있다면 잡음 제거와 경계 추출을 동시에 수행한다. 우선 잡음 제거의 과정을 살펴 보도록 하자. 잡음 구조일 경우 중심 화소 C를 새로운 명암도 값 C'으로 대체 하여야 하며 이는 다음과 같은 과정을 통해 이루어진다. 우선 앞에서 계산된 톨 소속도 함수를 정규화 해야 하는데 이를 g(x)라 정의했으며 g(x)의 수식은 아래와 같다.

$$g(x) = \frac{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1, i \neq j}^3 [1 - \exp(\Psi_{i,j})]}{8} \quad (3)$$

여기서 $0 \leq g(x) \leq 1$ 이며 정규화 함수 g(x)를 명암도 값 x에 따른 함수 식으로 나타 내면 아래 그림과 같다.



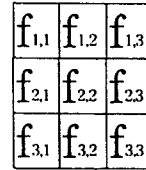
(그림 2) 함수 g(x)
(Fig. 2) Function g(x)

따라서 최종적으로 대체될 새로운 명암도 값 C'은 (4)식과 같이 정의되어진다.

$$C' = g^{-1}(x) = 255 g(x) \quad (4)$$

이후 잡음 영역은 새로운 2차원 배열을 설정하여 '0'의 값으로 할당해 놓는다. 또한 경계구조에 잡음이 첨부 되어 있는 경우는 잡음 제거를 하면서 경계를 추출해야 한다. 예로서 (그림 3)와 같은 3×3 창에서 (그림 2)의 T₃와 같은 경우 f_{2,3}가 'S'로 판정이 됐을 경

우 이 화소는 잡음이므로 f_{2,3}를 새로운 명암도 값 C'으로 대체 해야만 한다.



(그림 3) 3×3 창
(Fig. 3) 3×3 window

이는 (5)식을 이용하여 행하며 이로서 경계 구조에 잡음이 있는 경우 잡음 제거가 이루어 지게 된다.

$$C' = \frac{\sum_{i=2}^3 f_{i,j}}{2} \quad (5)$$

이상과 같은 방법으로 T₂~T₁₇에 대해 경계에 잡음이 있을 시 이를 제거하는 방법에 대한 예를 <표 1>에

<표 1> 경계에 잡음이 있을 경우의 처리 예
(Table 1) Examples of removing noise for edge structures

경계 구조의 예	잡음 발생 경우	잡음 제거 처리 과정의 예	경계 구조의 예	잡음 발생 경우	잡음 제거 처리 과정의 예
T ₂	f _{1,3}	$\sum_{j=1}^3 f_{k,j}/3$	T ₁₀	f _{3,2}	$\sum_{j=2}^3 f_{k,j}/3$
T ₃	f _{2,3}	$\sum_{j=2}^3 f_{i,j}/2$	T ₁₁	f _{2,3}	$\sum_{j=1}^2 f_{k,j}/3$
T ₄	f _{2,1}	$\sum_{j=1}^2 f_{i,j}/2$	T ₁₂	f _{1,2}	$\sum_{j=1}^2 f_{k,j}/3$
T ₅	f _{3,1}	$\sum_{j=2}^3 f_{3,j}/2$	T ₁₃	f _{2,1}	$\sum_{j=1}^2 f_{i,j}/3$
T ₆	f _{1,2}	$\sum_{j=1}^3 f_{k,j}/3$	T ₁₄	f _{3,2}	$\sum_{j=2}^3 f_{k,j}/3$
T ₇	f _{2,3}	$\sum_{j=1}^3 f_{i,j}/3$	T ₁₅	f _{1,2}	$\sum_{j=1}^2 f_{k,j}/3$
T ₈	f _{1,2}	$\sum_{j=1}^3 f_{k,j}/3$	T ₁₆	f _{3,2}	$\sum_{j=1}^2 f_{k,j}/3$
T ₉	f _{2,1}	$\sum_{j=1}^3 f_{i,j}/3$	T ₁₇	f _{2,3}	$\sum_{j=2}^3 f_{k,j}/3$

나타내었다. <표 1>을 자세히 설명하면 예로서 만약 화상 구조 파악이 T_4 로 판정됐을 시 이는 경계영역에 해당한다. 그러나 (그림 3)의 3×3 창에서 $f_{2,1}$ 번째 화소가 식(1)과 식(2)의 계산결과 'S'로 판정 났다면 이는 잡음에 해당한다. 따라서 이 경우 $f_{2,1}$ 번째 화소를 $f_{1,1}$ 과 $f_{1,2}$ 화소의 명암도 값의 평균으로 대체하여 잡음을 제거하게 된다. 이상과 같은 방법으로 잡음 제거의 방법을 나타낸 것이 <표 1>이 되며 이 경우 해당 화상구조가 경계영역이므로 <표 1>과 같은 방법으로 잡음을 제거하면서 동시에 경계 추출한다.

또한 경계구조의 경우는 새로운 2차원 배열에서 '1' 값으로 할당하며, 잡음도 경계도 아닌 영역은 '0'의 값으로 할당한다. 이후 새로운 2차원 배열에서 '1'값을 갖는 화소에 대한 추적을 행하면 임계치 선정 없이 경계선 추출이 이루어 지게 된다.

4. 실험 및 고찰

본 논문에서의 실험은 IBM-PC상에서 C언어를 사용하여 행하였다. 실험 데이터는 사진기로 찍은 사진을 컬러 스캐너로 읽었으며 잡음은 전체 화소의 1%를 난수 발생을 하여 첨부 시켰다. (그림 4)는 입력 화상을 (그림 5)는 averaging 필터를 적용하여 잡음을 제거 한 후 Sobel 연산에 의해 경계를 추출한 결과이다. 또한 (그림 6)은 제안한 방법에 의해 잡음 제거와 경계추출을 동시에 수행한 결과이다. 마찬가지로 (그림 7)과 (그림 10)은 입력 화상을, (그림 8)과 (그림 11)은 기존의 방법에 의해 잡음 제거와 경계를 추출한 결과이다. 또한 (그림 9)와 (그림 12)가 제안한 방법에 의해 잡음 제거와 경계를 추출한 결과를 나타낸다. 실험 결과에서 알수 있듯이 본 논문에서 제안한 방법이 기존의 방법보다 잡음 제거 뿐 아니라 경계추출도 보다 우수한 결과를 얻을수 있었다. 예로서 (그림 5)와 (그림 6)을 비교해 보면제안한 방법인 (그림 6)의 결과가 (그림 5)에 비해 잡음 제거와 경계 추출이 보다 잘 행해졌음을 알수 있다. 소녀의 얼굴 인물 내부와 옷의 무늬에 대한 경계를 보다 잘 추출할 수 있었다. (그림 8)과 (그림 9)의 비교 에서도 태극기와 왼쪽 인물의 바지등이 기존 방법보다 경계선이 잘 추출 됐음을 알 수 있으며 (그림 11)과 (그림 12)의 비교 에서도 이를 확인 할수 있었다. 본 논문에서 제안한



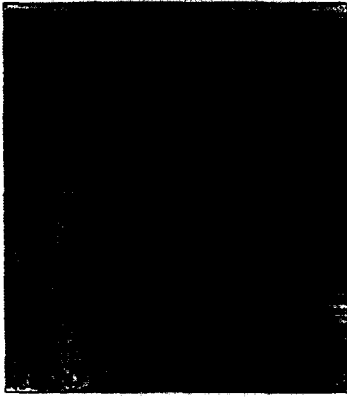
(그림 4) 원본 화상
(Fig. 4) Original image



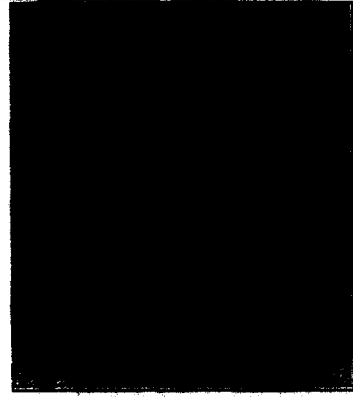
(그림 5) 기존 방법에 의한 잡음 제거 및 경계 추출
(Fig. 5) Noise removal & edge detection by the existing method



(그림 6) 제안한 방법에 의한 잡음 제거 및 경계 추출
(Fig. 6) Noise removal & edge detection by the proposed method



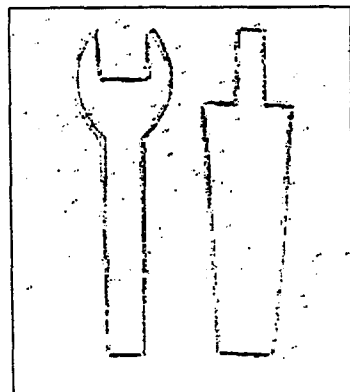
(그림 7) 원본 화상
(Fig. 7) Original image



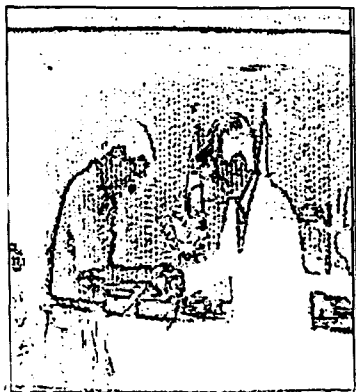
(그림 10) 원본 화상
(Fig. 10) Original image



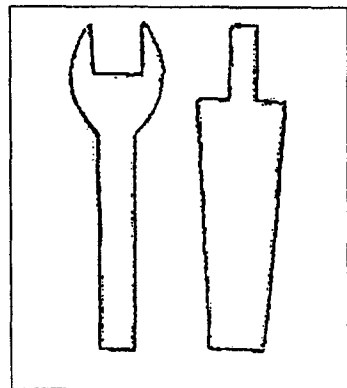
(그림 8) 기존 방법에 의한 잡음 제거 및 경계 추출
(Fig. 8) Noise removal & edge detection by the existing method



(그림 11) 기존 방법에 의한 잡음 제거 및 경계 추출
(Fig. 11) Noise removal & edge detection by the existing method



(그림 9) 제안한 방법에 의한 잡음 제거 및 경계 추출
(Fig. 9) Noise removal & edge detection by the proposed method



(그림 12) 제안한 방법에 의한 잡음 제거 및 경계 추출
(Fig. 12) Noise removal & edge detection by the proposed method

방법을 요약하면 톨 멤버십 함수를 이용한 식(1)과 식(2)로 'S'와 'L'에 대한 개선을 행하며 이때 'S'와 'L'의 계산 결과중 작은 값을 택함으로써 3×3 창내에서 해당 화소에 대해 'S'와 'L'의 판정을 행한다. 이후 3×3 창의 C를 중심으로 'S'와 'L'의 판정이 내려진 8개의 화소에 대해 18개의 화상 구조와 XOR작업을 행하여 최소값을 갖는 화상 구조와 대응 시킴으로써 화상 구조 파악을 수행한다. 또한 이때 해당 영역이 잡음 영역이면 잡음 제거를, 경계 영역이면 경계선을 추출하며 만약 경계영역에 잡음이 있다면 <표 1>의 예와 같이 잡음을 제거하면서 경계를 추출한다. 제안한 방법은 기존의 방법들이 가지고 있던 평활화시 경계에서 흐림(Blurring)현상 방지와 화상 마다 일일이 임계치 값을 변경시켜야 하는 기존 경계 추출 방법의 문제를 해결하고자 한 것이며 이의 융통성 여부를 실험에 의해 확인할 수 있었다. 그리고 비교 방법으로 채택한 averaging 필터와 Sobel 연산은 통상 비교 방법으로 가장 많이 사용하고 있는 방법이며 이때 평활화는 3×3 창에서 행했기 때문에 경계에서의 흐림 현상을 발생시키지 않았으며 따라서 후의 Sobel 연산을 적용한 결과는 가장 최적인 상태에서의 실험결과가 된다. 따라서 sobel 연산과 제안한 방법과 비교할시 제안한 방법이 우수하다는 것은 본 논문의 유용성에 대한 보다 객관적인 자료가 된다. 또한 얼굴 영상은 명암도의 변화가 미세한 곳에서 부터 큰 곳까지 폭 넓게 존재하기 때문에 통상 알고리즘의 유용성을 입증하기 위한 화상으로 많이 채택한다. 본 논문에서도 이같은 이유로 배경이 있는 얼굴 화상을 주로 실험 화상으로 채택하여 제안한 방법의 유용성을 입증하였다. 차후 제시한 화상 구조에 없는 경계선에 대한 처리와 창(windows)의 적절한 크기 선정 등에 대한 연구가 행해져야 하리라 여겨진다. 현재 본 논문은 임계치 선정없이 잡음 제거와 경계 추출을 동시에 수행하는 알고리즘을 제안 하였고 이를 화상 처리 및 인식 분야에 걸쳐 임계치 선정없이 보다 효과적인 화상 처리 및 인식 시스템을 개발 하는 것에 대한 확장 연구를 계속 수행하고자 한다.

5. 결 론

본 논문에서는 기존의 평활화 알고리즘들이 가지

고 있었던 경계영역에서의 흐림 현상과 경계추출 알고리즘들의 문제점 이었던 경계추출시 화상에 따라 임의적으로 변해야 하는 임계치 선정의 문제를 해결하기 위한 방법을 제안하였다. 이를 위해 톨 이론을 적용하여 화상의 구조를 파악함으로써 경계영역에 잡음이 있는 경우 흐림 현상을 방지하면서 잡음 제거와 경계선 추출을 동시에 수행하였고 순수 잡음 영역에서의 잡음 제거와 순수 경계영역에서의 경계 추출을 행하였다. 또한 제안한 방법은 화상구조 파악에 필요한 'S'와 'L'의 계산시 그것이 화상 마다 임의적으로 임계치를 바꾸어 주면서 선정하는 것이 아니라 일률적으로 적용이 가능함으로써 기존 방법에 있어 문제점인 임계치 선정 문제를 해결하였다. 제안한 방법을 통해 실험한 결과 실험 결과에서 알수 있듯이 기존 방법들에 비해 잡음 제거와 경계추출의 경과가 탁월함을 알수 있었다. 또한 본 논문은 3차원 화상과 2차원 화상 그리고 그 밖의 모든 정보를 취합하여 인식하는 멀티미디어 시스템 구축을 위한 추가 연구들이 계속 이루어 저야 하리라 여겨진다.

참 고 문 헌

- [1] M. Petrou and J. Kittler, "Optimal edge detectors for ramp edges," IEEE Trans. PAMI, Vol. 13, PP. 483~491, 1991.
- [2] S. Sarkar and K. L. Boyer, "On optimal infinite impulse response edge detection filters," IEEE Trans. PAMI, Vol. 13, PP. 1154~1171, 1991.
- [3] W. H. H. J. Lunscher and M. P. Boddooes, "Optimal edge detector design I: Parameter selection and noise effects," IEEE Trans. PAMI, Vol. 8, PP. 164-177, 1986.
- [4] W. H. H. J. Lunscher and M. P. boddooes, "Optimal edge detector design II :Coefficient quantization," IEEE Trans. PAMI, Vol. 8, PP. 178-187, 1986.
- [5] A. K. Jain, "Fundamentals of Digital Image Processing," Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NT, 1989.
- [6] L. Moura and F. Martin, "Edge detection through cooperation and competition," Proc. IJCNN,

Singapore, Vol. 3, PP. 2588-2593, 1991.

- [7] P. Bathia et al, "Single layer edge detector with competitive unsupervised learning", Proc. IJCNN, Vol. 1, PP. 634-639, 1991.
- [8] R. Lepage and D. Poussart, "Multi-resolution edge detection," Proc. IJCNN, Baltimore, Vol. 4, PP. 438-443, 1992.
- [9] K. Etemd and R. Chellappa, "A neural network based edge detector," Proc. IEEE Int'l Conf. on Neural Network, PP. 132-137, 1993.
- [10] E. Levrat et al, "Multi-level image segmentation using fuzzy clustering and local membership variations detection," FUZZ-IEEE'92, PP. 221-228, 1992.
- [11] F. Russo, "A user-friendly research tool for image processing with fuzzy rules," FUZZ-IEEE '92, PP. 561-568, 1992.
- [12] D. U. Cho, "Image Edge Detection Applying the Toll Set and Entropy Concepts," Journal of the KIPS, Vol. 3, No. 3, PP. 471-477, 1996.
- [13] D. Dubois and H. Prade, "Toll sets," Proc. IFSA '91, Brussels, Artificial Intelligence, PP. 21-24, 1991.
- [14] S. Mijamoto, "Complements, t-norms and s-norms in toll sets," Proc. of the 2nd Int'l Conf. on Fuzzy Logic & Neural Networks, PP. 579-582, 1992.



조 동 욱

- 1983년 2월 한양대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)
- 1983년 9월~1985년 8월 한양대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학 석사)
- 1985년 9월~1989년 2월 한양대학교 대학원 전자통신공학과 졸업(공학 박사)
- 1982년~1983년 (주)신도리코 장학생 겸 기술연구소 연구원
- 1987년~1994년 한양대학교 공대, 충북대 대학원 강사
- 1991년 3월~현재 서원대학교 (구·청주사대) 정보통신공학과 부교수
- 1995년~현재 한국통신학회 충북지부 임원 (감사)
- 1996년 11월 한국통신학회, 한국통신학회 충북지부로부터 학술상 수상
- 1996년 10월 동양일보 선정 "충청을 이끌 50인"에 선정
- 1997년 1월 중부매일 선정 "21세기를 이끌 5인"에 선정
- 1997년 3월 서원대학교 개교 기념 공로상 수상
- 1997년 7월 한국통신학회 공로상 수상
- 관심 분야: 화상 처리 및 화상 인식, 퍼지 이론 및 톨이론, 인공 지능과 신경회로