정규화에 의한 2차원 물체 인식 알고리즘의 제시

김 주 원† · 조 동 욱†† · 김 장 복†††

요 약

본 논문에서는 정규화 과정을 통해 2차원 물체를 인식하는 방법을 제안하고자 한다. 이를 위해 우선 입력 영상에 톨이론을 적용하여 화상구조를 파악함으로써 임계치 선정없이 잡음 제거와 경계 추출을 행한다. 그 후 추출된 경계선에 Hough 변환을 이용하여 직선과 원을 추출하여 여기에 프리미티브의 안정성에 기초하여 물체를 이루는 프리미티브에 대한 분리를 행한다. 최종적으로 분리된 프리미티브들로 부터 모양 정도를 계산하고 디지탈화 과정을 통해 인식 과정을 수행한다. 끝으로 본 논문의 유용성을 실험에 의해 입증하고자 한다.

A Presentation of 2-Dimensional Objects Recognition by Normalization

Joo Woon Kim† · Dong Uk Cho†† · Jong Bok Kim†††

ABSTRACT

This paper proposes on the 2 dimensional objects recognition method by normalization. As pre processing, the toll theory is applied to the understanding of the image structure from the input gray level data for efficient noise removal and edge detection without using a threshold value selection.

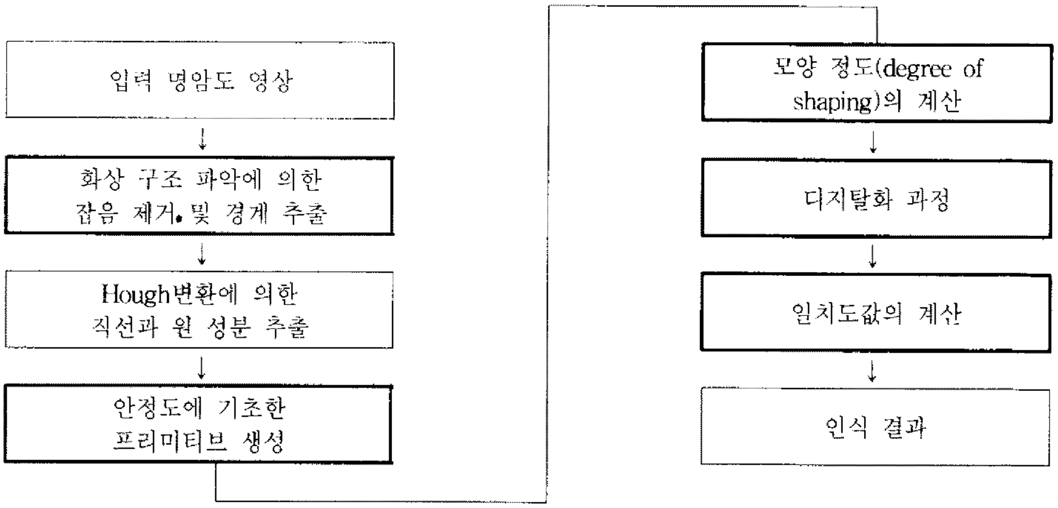
The straight lines and circles are extracted using Hough transform and primitives are segmented based on stability of the primitives.

Also the degree of shaping is calculated and the recognition process is accomplished by digitization process. Finally, the effectiveness of this paper is demonstrated by experiments.

1. 서 론

영상을 처리하여 영상안의 물체를 인식하고 이해하는 컴퓨터 시각장치는 계산기의 발전과 더불어 그 무한한 유용성으로 인해 많은 연구가 수행되어 왔다 [1]~[3]. 이같은 컴퓨터 시각장치는 그 접근 방식에 따라 2차원 영상 인식[4],[5]과 3차원 영상 인식[6]~[8]으로 나누어지는데 3차원 영상 처리는 곡면과 겹친면 등의 처리에 유용하며 2차원 영상 처리는 평면과 문자정보 등의 처리에 유용하다. 그러나 가장 좋은 접근 방식은 2차원 영상 처리와 3차원 영상 처리를 동시에 수행하여 취합하는 시스템의 구축이 보다 인식율을 향상 시킬수 있을것으로 여겨진다. 본 논문에서는 이같은 시스템에서 우선 2차원 영상 인식 시스템 구축방법을 제안하고자 한다. 이를 위해 첫째, 입력영상으로 부터 잡음 제거와 경계 추출을 행하며 둘째 추출된 경계선으로 부터 프리미티브 생성과 각 프리미티브들의 모양 정보와 기하 정보등과 같은 특징 정보를 얻어낸다. 최종적으로 구해진 특징 정보로 부터 정합과정을 통해 영상내에 있는 물체들을 인식하고자 한다. 잡음 제거와 경계 추출

† 정 회 원 : 영동전문대학 전자계산학과
†† 정 회 원 : 서원대학교 정보통신공학과
††† 정 회 원 : 홍익대학교 전자계산학과
논문접수 : 1998년 3월 25일, 심사완료 : 1998년 6월 3일



(그림 1) 전체 흐름도
(Fig. 1) Flowchart of the System

부분을 행하기 위해 톨(toll)이론을 적용하여 임계치 선정 없이 전처리(pre-processing) 과정을 수행할 수 있는 방법을 제안하고자 한다. 또한 추출된 경계선에 Hough변환을 적용하여 프리미티브를 구성하는 직선과 원성분을 추출하여, 이에 프리미티브의 안정성에 기초하여 프리미티브들을 생성하는 방법을 제안하고자 한다. 차후 생성된 프리미티브들로 부터 모양정도(degree of shaping)를 계산하여 디지탈화 과정을 통해 영상내에 있는 물체를 인식하는 방법을 제안하고자 한다. 이상의 과정들을 정규화 과정을 통해 제안하고자 하며 이의 유용성을 실험에 의해 입증하고자 한다.

2. 본 시스템의 구성

본 시스템에 대한 전체 흐름도는 그림1과 같다. 그림1에서 진한 선으로 되어 있는 블록들이 제안한 부분들을 나타낸 것이다. 본 논문의 요지는 아래와 같다.

첫째, 잡음 제거 및 경계 추출 분야에서는 기존 미분연산자들[9]의 문제적인 화상마다 임계치를 달리 선정해 주어야 하는 문제를 해결하고자 한다.

둘째, 프리미티브를 구성하고 있는 직선과 원성분을 Hough변환[10]을 적용하여 추출하며 이에 안정도에 기초하여 물체의 구성 요소인 프리미티브를 생성하는 방법을 제안하고자 한다.

셋째, 프리미티브의 모양 정도를 둥근 정도(roundn-ess), 네모난 정도(squareness), 길쭉한 정도(longn-ess)로 정의하여 정규화된 값으로 구하는 방법을 제안하고자 한다.

마지막으로 모양 정도를 디지탈화 과정을 거쳐 면적비율과 함께 일치도값을 계산함으로써 정합 과정을 수행하고자 한다.

3. 잡음 제거 및 경계 추출

특징을 추출하기 전에 화상의 잡음 제거 및 경계 추출을 행해야 하는데 기존의 잡음 제거 알고리즘[11]은 평균 휠터와 메디안 휠터를 결합시켜 순수 잡음 영역이면 평균 휠터를, 경계 영역이면 흐림(blurring)현상을 방지하기 위해 메디안 휠터를 적용하였다. 그러나 이 방법은 영상에 있어 어느 영역이 잡음 영역이고 어느 부분이 경계 영역인지를 구분하는 것이 불가능한 문제가 있었다. 또한 잡음 제거후에 경계 추출을 행해야 하는데 기존의 미분연산자 방법[9]들은 보다 좋은 경계 정보를 얻기 위해 화상마다 임계치를 일일이 선정해 주어야 하는 문제가 있었다. 이를 위해 본 논문에서는 톨이론[12]을 적용하여 화상의 구조를 파악함으로써 잡음 영역과 경계 영역을 구분하고 잡음 영역이면 잡음 제거를, 경계 영역이면 임계치 선정없이 경계 추출을 행한다. 만일 이때 경계 영역에 잡음이 있으면 잡음을 제거하면서 경계를 추출하는 방법을 제안하고자 한다. 이의 알고리즘은 다음과 같다. 우선 그림2에 대표적인 화상 구조를 나타내는데 이때 S와 L은 중심 화소 C를 중심으로 명암도 값의 차가 작다(Small)와 크다(Large)를 뜻한다. 또한 식(1)과 식(2)에 의해 3*3창에서 해

각 화소가 'S'와 'L'에 해당하는지를 계산하며 기준 화상 구조의 틀과 입력 영상과의 정합을 통해 해당 영역의 화상 구조가 잡음 영역으로 파악이 되면 식(3)과 식(4)에 의해 잡음 제거를 경계에 잡음이 있는 화상 구조로 파악되면 표1과 같은 방법에 의해 잡음 제거를 행한 후 경계 추출을 한다.

4. Hough변환에 의한 프리미티브 요소의 추출

이제 프리미티브를 구성하고 있는 요소인 원과 직선을 검출해야 한다. 이를 위해 Hough변환을 사용해 원과 직선을 검출하고자 한다.

1. 직선의 검출

T_1

L	L	L
L	C	L
L	L	L

T_2

S	S	L
S	C	L
S	S	L

T_3

S	L	L
S	C	L
S	S	S

T_4

L	L	S
L	C	S
S	S	S

T_5

S	S	S
S	C	S
S	S	S

(그림 2) 대표적 화상 구조의 예
(Fig. 2) Examples of Typical Image Structure

$$\varphi_{S(x)} = \log[-(x-255)/255] \quad \cdots\cdots (1)$$

여기서 $x = |C-S|$

$$\varphi_{L(x)} = -\log[x/255] \quad \cdots\cdots (2)$$

여기서 $x = |C-L|$

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

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

$f_{1,1}$	$f_{1,2}$	$f_{1,3}$
$f_{2,1}$	$f_{2,2}$	$f_{2,3}$
$f_{3,1}$	$f_{3,2}$	$f_{3,3}$

(그림 3) 3×3 창
(Fig. 3) 3×3 window

〈표 1〉 경계에 잡음이 있는 경우에 대한 처리 예
〈Table 1〉 Examples of Removing Noise for Edge Structures

경계 구조의 예	잡음 발생 경우	잡음 제거 처리 과정의 예
T_2	$f_{1,3}$	$\sum_{j=1}^{3} f_{j,3} / 3$
T_3	$f_{2,3}$	$\sum_{j=2}^{3} f_{1,j} / 2$
T_4	$f_{2,1}$	$\sum_{j=1}^{3} f_{1,j} / 2$

주어진 직선 L상의 임의의 한점(X_i, Y_j)를 지나는 모든 직선들은 아래식으로 정의할 수 있다.

$$X_i \cos\theta + Y_j \sin\theta = R \text{..................(5)}$$

이 때 주어진 직선 L상의 모든 점을 지나는 직선은 누적 배열(θ, R)에서 한점에 축적되게 되며 (θ, R)의 누적 배열의 분포를 가지고 직선을 검출하고 최적의 직선 선정과 직선의 양 끝점을 구한다.

2. 원의 검출

원은 원위의 두 점을 연결하는 현의 수직 이등분선으로 반드시 원의 중심을 지난다는 원리로 중심을 결정하게 되며 중심이 결정되면 중심에서 각 점에 이르는 거리를 조사함으로써 반지름이 결정된다. 즉, 임의의 두 점 A(X_i, Y_j), B(X_p, Y_q)를 연결하는 현의 수직 이등분선은 (6)식과 같다.

$$Y(X_j, Y_q)/2 = -(X_p, X_i)/(Y_q, Y_j)[X-(X_i+X_p)/2]. \text{..(6)}$$

윗식을 만족시키는 누적 배열을 아래와 같이 증가시키고 누적 배열 분포가 최대가 되는 Index(M, N)이 바로 원의 중심이 된다.

$$A(M, N) := A(M, N) + 1 \text{..................(7)}$$

결정된 중심(M, N)에서 각 점에 이르는 거리를 (8)식에 의해 구하고 (8)식을 만족하는 누적 배열을 증가시켜 누적 배열이 최대가 되는 값을 선택하여 원의 반지름을 구하게 된다.

$$SQRT[(X_i-M)^2=(Y_j-N)^2]=R \text{.................(8)}$$

이 때 원의 arc인 경우는 arc의 양 끝점을 구하게 되며 이상과 같이 구해진 직선과 원의 arc의 양 끝점을 연결하여 vertex모델링을 행한다.

5. 프리미티브의 생성과 모양 정도의 계산

1. 프리미티브의 생성

프리미티브를 생성하기 위해 우선 원이나 원의 arc로부터 원에 대한 프리미티브를 생성한다. 차후 직선 성분을 가지고 사각형 프리미티브를 생성해야 하는데 이에 대한 알고리즘은 아래와 같다.

〈사각형 프리미티브 생성 알고리즘〉

단계 1. vertex 점들을 두 점이 한 조가 되도록 하여 이를 기억시킨다.

단계 2. 두 조씩 짝을 지어 각 vertex점들을 연결하여 프리미티브를 형성한다. 단, 프리미티브 형성을 위한 직선들은 상호 교차가 되어야만 하며 형성된 프리미티브는 물체내에 존재해야만 한다.

단계 3. 단계2에서 만약 여러개의 프리미티브 형성이 가능하다면 아래수식(9)-(11)의 계산에 의해 프리미티브의 안정도가 가장 높은 프리미티브를 선택한다. 프리미티브의 안정도는 다음과 같다.

프리미티브의 안정도 $G(T) = -\sum(Pn \log Pn)$, $n = \ldots, -2, -1, 0, 1, 2$ ....(9)

여기서 $P_n = |C(n)|^2$, $\sum Pn = 1$ ...(10)

이 때 $C(n) = \int_0^1 Z(s)\, e^{-j2ns}\, ds$ 이며 ....(11)

$n = 0$: $Re(Co) = \sum[(Sm - S_{m-1})/S \cos a_{m-1}]$

$Im(Co) = \sum[(Sm - S_{m-1})/S \sin a_{m-1}]$

$n \neq 0$: $Re(Cn) = (1/2\pi n)\sum[\sin(2\pi nsm/S - a_{m-1}) - \sin(2\pi n\ S_{n-1}/S - a_{m-1})]$

$Im(Cn) = (1/2\pi n)\sum[\cos(2\pi nsm/S - a_{m-1}) - \cos(2\pi n\ S_{n-1}/S - a_{m-1})]$ 이다.

단계 4. 이상의 과정을 모든 조의 조합에 대해 반복 시행하여 생성 가능한 프리미티브를 모두 생성한다.

단계 5. 생성된 프리미티브 중 적은 길이의 두 직선을

선택하여 두 직선의 거리차가 허용 오차내에 있으며 적은 길이의 직선을 긴 길이의 직선이 되도록 확장한다.

2. 모양정도의 계산

생성된 프리미티브들로 부터 모양 정도(degree of shaping)를 계산해야 하는데 이를 위해 둥근 정도(roundness), 네모 반뜻한 정도(squareness)와 길쭉한 정도(longness) 등을 정의 하였다.

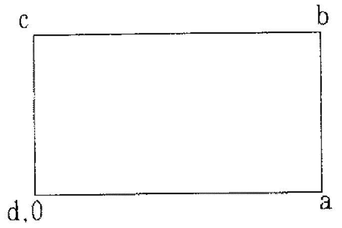
(1) 네모 반뜻한 정도와 길쭉한 정도

직선 위의 끝점을 (Xr,Yr)이라 하면 사각형의 모든 점들을 (Xr, Yr)을 중심으로 θ만큼 회전시킨다.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -Xr & Yr & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ Xr & Yr & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ (1-\cos\theta)Xr + Yr\sin\theta & (1-\cos\theta) - Xr\sin\theta & 1 \end{bmatrix}$$

사각형의 모든 점들에 있어 기울기를 계산하면 예를 들어 그림 4와 같은 사각형의 모양은 식(13)과 같은 delta 함수로 정의 할 수 있다.



(그림 4) 사각형
(Fig. 4) A quadrangle

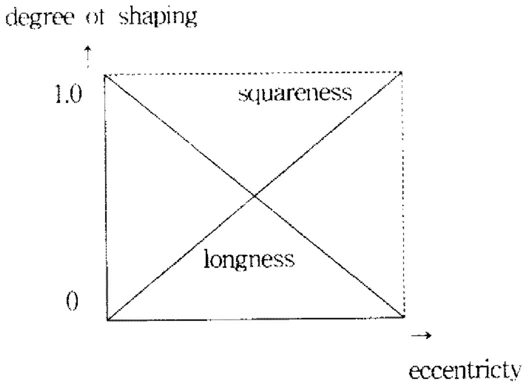
$$\delta(x) + \delta(x-a) + \delta(x-b) + \delta(x-c) + \delta(x-d) \quad \ldots(13)$$

최종적으로 네모 반뜻한 정도와 길쭉한 정도는 eccent-ricity로서 그림5와 같이하여 정규화된 값으로 계산할 수 있다.

(2) 둥근 정도

둥근 정도(degree of roundness)는 하식과 같이 하여 구할 수 있다.

$$e = \frac{4\pi \times (area)}{(perimeter)^2} \quad \ldots(14)$$



(그림 5) 정규화된 네모 반뜻한 정도와 길쭉한 정도
(Fig. 5) Normalized squareness and longness

윗 식은 완전한 원인 경우 e = 1이 되며, 원 모양에서 멀어질수록 e의 값은 0에 접근하게 되어 정규화된 값으로 둥근 정도를 측정할 수 있는 수식이 된다.

6. 정 합

이제 구해진 특징값을 바탕으로 정합 과정을 수행해야 한다. 이를 위해 0-1사이의 정규화된 모양 정도의 값을 1000배 한 값 A(n)에 아래의 과정을 거친다.

$$A(n) = a_3 \times 10^3 + a_2 \times 10^2 + a_1 \times 10^1 + a_0 \times 10^0 \quad \ldots(15)$$

A(n)을 2로 나누어 그 몫을 $q_1(n)$, 나머지를 $r_1(n)$ 이라하면

$$A(n) = q_1(n) \times 2 + r_1(n) \quad \ldots(16)$$

이 과정을 몫에 대해 반복하면

$$q_1(n) = q_2(n) \times 2 + r_2(n)$$

$$\vdots \quad \ldots(17)$$

$$q_9(n) \quad q_{10}(n) \times 2 + r_{10}(n)$$

이때 프리미티브에 대한 유사도는 하식에 의해 구해 질 수 있다.

$$S(xi) = \frac{\sum_{i=0}^{9} 2i(Di)}{\sum_{i=0} 2i} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (18)$$

여기서 Di는 (16)식에서 구한 r_i의 값이 입력과 모델간에 같을 경우 1의 값이 되며, 다를 경우 0 이 된다. 또한 각 프리미티브의 면적 비율을 w_i라 하면 물체에 대한 최종 유사도는 하식에 의해 계산 된다.

$$S = \sum_{i=1}^{n} w_i s(x_i) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (19)$$

여기서 n은 프리미티브의 개수를 의미한다.

7. 실험 및 고찰

본 논문에서의 실험은 IBM-PC상에서 C언어를 사용하여 행하였다. 그림 6~그림8이 모델용 입력 영상이며 그림9가 인식을 위한 입력 영상이며 제안한 방법의 유연성을 입증하기 위해 모델용 입력 영상과 차이를 두어 입력시켰다. 예로서 스패너의 경우 손잡이의 길이를 모델용 입력 영상 보다 길게하게 입력시켰다. 또한 그림 10~그림13가 제안한 방법에 잡음제거와 경계 추출을 임계치 선정없이 동시에 수행한 결과이며 그림14~그림17이 Hough변환을 거쳐 vertex모델링을 행한 결과이다. 그리고 표2가 그림6~그림8에 대해 모양 정도와 면적 비율을 계산한 결과이다. 마찬가지로 표3은 입력 영상에 대한 특징 추출 결과를 나타냈으며, 최종적으로 표4가 인식 결과를 나타낸다. 실험 결과 데이터에서 알수있듯이 본 논문에서 제안한 방법은 모델 영상과 입력 영상에 어느 정도 차이가 있어도 효과적으로 인식을 수행할 수 있음을 알 수 있었다. 본 논문에서 제안한 방법의 장점은 요약하면 다음과 같다.

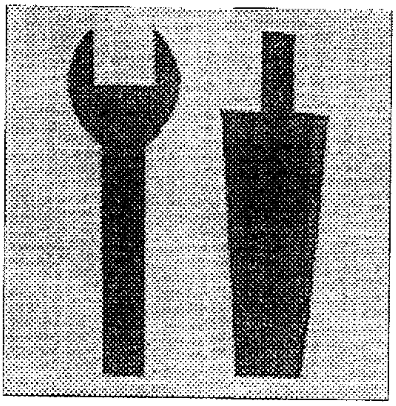
첫째, 기존 방법의 문제점 이었던 임계치 선정 문제를 볼이론에 의해 화상 구조 파악을 파악함으로써 잡음 제거 및 경계 추출을 효과적으로 수행할 수 있다.

둘째, 특징 추출과 정합 과정을 정규화에 의해 효과적으로 수행하였다. 그러나 현재 특징 벡터로 모양 정보와 면적 비율만을 고려했기 때문에 보다 복잡한 물체의 경우 식별이 불가능한 경우가 발생할 수 있다. 향후 다양한 특징 벡터를 효과적으로 추출하는 방법론에 대한 연구가 계속 수행되어야 하리라 여겨진다. 아울러 3차원 정보, 음성 정보 등을 효과적으로 취합하여 상용화가 가능할 수준의 멀티미디어 인식 시스템 구축에 대해 지속적인 연구도 계속되어야 하리라 여겨진다.

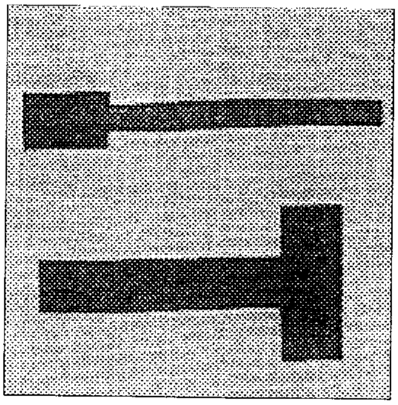
8. 결 론

본 논문에서는 2차원 영상에서 임계치 선정 없이 잡음 제거 및 경계 추출을 행하고 정규화에 의해 특징 추출과 인식 과정을 수행하는 방법을 제안하였다. 볼 이론에 의해 화상 구조를 파악함으로써 잡음 제거 및 경계 추출을 하였고 모양 정도를 계산한 후 면적 비율과 함께 정규화 과정을 통해 인식을 행하였다.

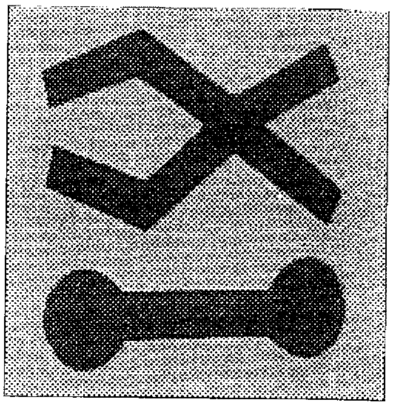
본 논문은 2차원 영상정보, 3차원 영상정보 그리고



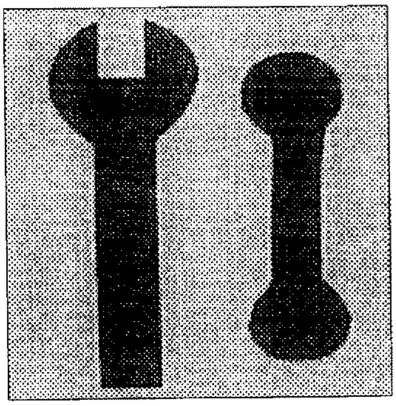
(그림 6) 모델 영상
(Fig. 6) Model Image



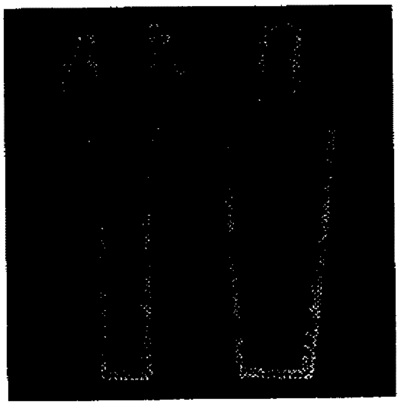
(그림 7) 모델 영상
(Fig. 7) Model Image



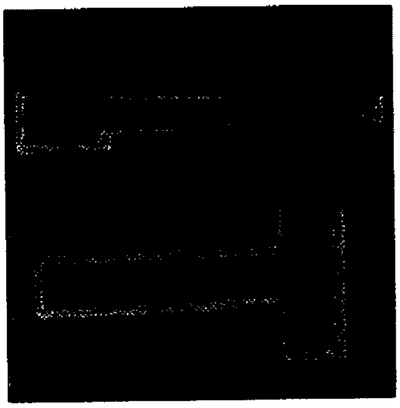
(그림 8) 모델 영상
(Fig. 8) Model Image



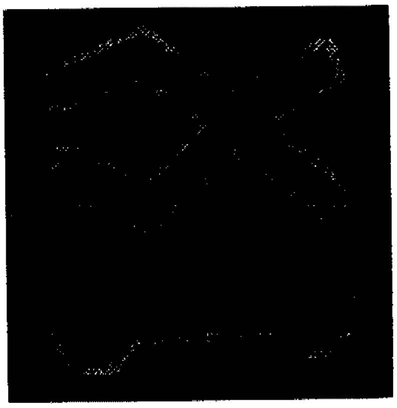
(그림 9) 입력 영상
(Fig. 9) Input Image



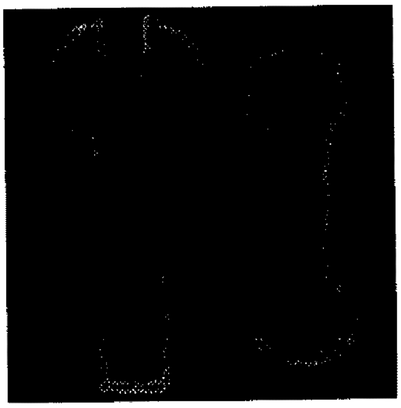
(그림 10) 모델 영상
(Fig. 10) Result of Noise Removal and Edge Eetection



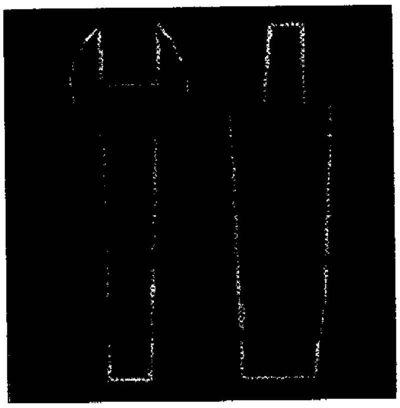
(그림 11) 입력 영상
(Fig. 11) Result of Noise Removal and Edge Eetection



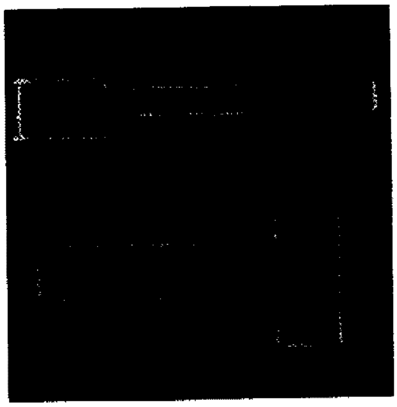
(그림 12) 잡음 제거 및 경계 추출 결과
(Fig. 12) Result of Noise Removal and Edge Eetection



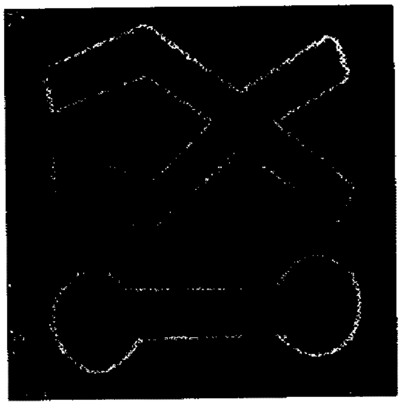
(그림 13) 잡음 제거 및 경계 추출 결과
(Fig. 13) Result of Noise Removal and Edge Eetection



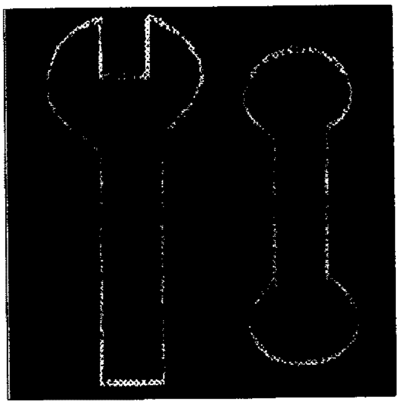
(그림 14) Vertex모델링 결과
(Fig. 14) Result of Vertex Modeling



(그림 15) Vertex모델링 결과
(Fig. 15) Result of Vertex Modeling



(그림 16) Vertex모델링 결과
(Fig. 16) Result of Vertex Modeling



(그림 17) Vertex모델링 결과
(Fig. 17) Result of Vertex Modeling

〈표 2〉 모델 영상에 대한 특징 추출 결과
〈Table 2〉 Result of Feature Extraction of Model images

특징벡터 / 모델영상	물 체	특징벡터		
		프리미티브	모양정도	면적비율
1번 영상(그림6)	1번 물체 (Model Object No.1)	1번 프리미티브 2번 프리미티브	C(0.56) L(0.777)	0.38 0.62
	2번 물체 (Model Object No.2)	1번 프리미티브 2번 프리미티브	S(0.764) L(0.612)	0.158 0.842
2번 영상(그림7)	1번 물체 (Model Object No.3)	1번 프리미티브 2번 프리미티브	S(0.6) L(0.9)	0.4 0.6
	2번 물체 (Model Object No.4)	1번 프리미티브 2번 프리미티브	L(0.794) L(0.594)	0.558 0.442
3번 영상(그림8)	1번 물체 (Model Object No.5)	1번 프리미티브 2번 프리미티브 3번 프리미티브 4번 프리미티브 5번 프리미티브 6번 프리미티브 7번 프리미티브	L(0.516) S(0.645) L(0.593) L(0.544) S(0.553) L(0.524) S(0.92)	0.16 0.14 0.13 0.16 0.13 0.17 0.11
	2번 물체 (Model Object No.6)	1번 프리미티브 2번 프리미티브 3번 프리미티브	C(0.72) L(0.67) C(0.74)	0.30 0.42 0.28

〈표 3〉 입력 영상에 대한 특징 추출 결과
〈Table 3〉 Result of Feature Extraction of Input Image

물 체	특 징 벡 터		
	프리미티브	모양정도	면적비율
1번 물체	1번 프리미티브 2번 프리미티브 3번 프리미티브	C(0.73) L(0.637) C(0.71)	0.33 0.36 0.31
2번 물체	1번 프리미티브 2번 프리미티브	C(0.62) L(0.745)	0.42 0.58

음성 정보 등을 효과적으로 취합하여 상용화가 가능한 멀티미디어 인식 시스템 구축 중에서 2차원 영상 정보 처리 부분에 대해 제안한 것이다. 따라서 추후 멀티미디어 인식 시스템 구축에 필요한 알고리즘 개발과 실험 수행이 계속 수행되어야 하며 아울러 2차원 영상 에서도 특징 정보로 모양 정보와 면적 비율만을 추출하였으므로 보다 다양하고 의미있는 특징 벡터 선정에 대한 연구도 계속 행해져야 하리라 여겨진다.

끝으로 본 논문 작성에 마무리 작업 등을 도와 준 본 대학 안경희양께 감사하는 바이다.

참 고 문 헌

[1] T.S. Huang and V.I. Pavloic, "Hand Gesture Modeling, Analysis and Synthesis," Proc. of Int'l Workshop on Automatic Face-and-Gesture Recognition, 1995.

[2] R. Chellappa et al, "Human and Machine Recognition of Faces : A Survey," Proceedings of the IEEE, Vol. 83, No.5, 1995.

[3] S.Ando, "An Autonomous Three-Dimensional Vision Sensor with Ears," Proceedings of MVA'94, 1994.

[4] M.M.Kim et al, "Edge Detection of Characters on the Rubber Tire Image Using Fuzzy α-cut Set," Korean Signal Processing Conference, 1993.

[5] L.Stark and K. Bowyer, "Indexing function-based categories for generic object recognition," Proceedings of CVPR, 1992.

[6] Y. Chen et al, "Surface Description of Com-plex Objects from Multiple Range Images," Proceedings of CVPR, 1994.

[7] T.P. Monks, "Colour Encoded Structured Light for Digitization of 3D data," Proc. Image Processing & Its Applications, 1992.

[8] R.Nevatia, *Machine Perception*, Prentice-Hall, 1982.

[9] M.D.Levine, *Vision in Man and Machine*, McGraw-Hill, 1995.

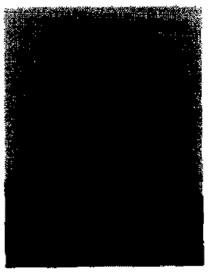
[10] Ballard & Brown, *Computer Vision*, Prentice-Hall, 1982.

[11] Hall, *Computer Image Processing and Recognition*, Academic Press, 1979.

[12] D.Dubois & H. Prade, "Toll Sets," Proceedings of IFSA'91, Brussels, Artificial Intelligence, 1991.

조 동 욱

1983년 한양대학교 공과대학 전자공학과(공학사)
1983~1985년 한양대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1985~1989년 한양대학교 대학원 전자통신공학과(공학박사)
1982~1983년 (주)신도리코 장학생 겸 기술연구소 연구원
1987~1994년 한양대학교 공대, 충북대 대학원 강사
1991~현재 서원대학교(구·청주사대)정보통신공학과 부교수
1995~현재 한국통신학회 충북지부 임원(감사)
1996년 11월 한국통신학회, 한국통신학회 충북지부로부터 학술상 수상
1996년 10월 동양일보 선정 "충청을 이끌 50인"에 선정
1997년 01월 중부매일 선정 "21세기를 이끌 5인"에 선정
1997년 03월 서원대학교 개교기념 공로상 수상
1997년 07월 한국통신학회 공로상 수상
관심분야 : 영상처리 및 인식, 퍼지 이론 및 톨이론, 인공 지능과 신경회로



김 주 원

1972 건국대학교 전자공학과(공학사)
1982 숭실대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
1995~현재 홍익대학교 대학원 전자공학과 박사과정
1991~현재 영동전문대학 전자계산학과 교수
관심분야 : 디지털 신호처리 및 통신망

김 장 복

1974 연세대학교 전자공학과(공학사)

1976 연세대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

1983 연세대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1987~1988 독일 Braunschweig 대학교 박사후 과정

1979~현재 홍익대학교 전자공학과 교수

관심분야 : 디지털 신호처리 및 통신망