

論文 90-27-8-16

# Gabor 필터의 위상 정보를 이용한 거리 영상의 분할 및 분류

## (Segmentation and Classification of Range Data Using Phase Information of Gabor Filter)

玄基浩\*, 李光鎬\*\*, 黃秉坤\*\*\* 趙奭濟\*, 河永浩\*

(Ki Ho Hyun, Kwang Ho Lee, Byung Kon Hwang, Seok Je Cho, and Yeong Ho Ha)

### 要 約

3차원 물체의 인식은 저장된 기준 물체의 표현들과 입력 물체의 표현들을 정합함에 의해 수행되므로, 3차원 물체 인식에서 물체 표현을 위한 특징의 추출 및 면 분류는 중요한 역할을 한다. 본 논문에서는 공간 Gabor 필터를 사용하여 특징 추출 및 면 분류방법을 제안하였다. 일반적으로 위상 정보는 많은 중요한 정보를 포함하고 있다. 그러므로 위상과 크기 정보를 사용하면 효율적으로 3차원 정보를 동일한 성질을 만족하는 영역으로 분할할 수 있다. 거리 영상의 각 위치 정보는 특정 공간에서 독특한 특징 벡터로 표현할 수 있다. 본 알고리즘은 변환된 좌표에서 특징 벡터를 나타내는 3가지 매개변수에 의한 특징 추출 및 면 표현을 제안했다. 이로부터 거리 영상의 의미있는 특징인 외부 경계와 내부의 불연속 면 경계의 고주파 성분 및 물체 내부의 완만한 정점인 저주파 성분들을 추출하고 면 분류를 할 수 있다.

### Abstract

Perception of surfaces from range images plays a key role in 3-D object recognition. Recognition of 3-D objects from range images is performed by matching the perceived surface descriptions with stored object models. The first step of the 3-D object recognition from range images is image segmentation. In this paper, an approach for segmenting 3-D range images into symbolic surface descriptions using spatial Gabor filter is proposed. Since the phase of data has a lot of important information, the phase information with magnitude information can effectively segment the range imagery into regions satisfying a common homogeneity criterion. The phase and magnitude of Gabor filter can represent a unique feature vector at a point of range data. As a result, range images are transformed into feature vectors in 3-parameter representation. The methods not only to extract meaningful features but also to classify a patch information from range images is presented.

\*正會員, 慶北大學校 電子工學科 (Dept. of Elec. Eng., Kyungpook Nat'l Univ.)

\*\*正會員, 慶北産業大學校 電子工學科 (Dept. Elec. Eng., Kyungpook Sanup Univ.)

\*\*\*正會員, 大邱大學校 電子計算學科 (Dept. of Com. Sci. & Eng., Taegu Univ.)

接受日字: 1990年 2月 13日

## I. 서 론

3차원 물체 인식을 위한 인공 시각 분야는 물체의 조작, 검사 및 조립 그리고 항행 등의 응용에 활발한 연구가 진행되고 있다. 특히 거리정보(range data)를 이용한 영상은 명암도 영상에 비해 조도의 변화, 폐색(occlusion) 물체의 회전 등에 무관하게 인식할 수 있는 장점이 있으므로 많이 연구되고 있다.<sup>[1]</sup> 거리 정보를 이용하여 물체를 인식하기 위해서는 먼저 면을 분할하여 특징을 추출하며, 나아가 추출된 특징들을 이미 저장된 기준 특징들과 정합함으로써 물체의 인식이 이루어진다.

특징을 추출하기 위해서는 물체를 효과적으로 분할하여 표현해야 하므로 다음과 같은 몇개의 제한조건을 만족해야 한다.<sup>[2]</sup> 첫째, 비슷한 물체를 구별할 정도로 특징이 충분해야 하며, 둘째, 회전, 이동, 크기 등 입력의 변화가 표현 결과에 미치는 영향이 적어야 하고, 셋째, 부분적인 물체의 폐색(occlusion)을 고려할 수 있어야 한다.

지금까지 기존의 3차원 물체 분할 및 표현 방법을 크게 나누면 다음 4가지로 분류할 수 있다. 즉, (1) 시드(seed)영역으로부터 영역 확장법(region growing) 혹은 영역집단화(clustering) 방법,<sup>[3-4]</sup> (2) 최소 오차 방법에 의해 면 방정식의 매개변수를 구하는 방법,<sup>[5-6]</sup> (3) 면 방향 또는 EGI(extended Gaussian image) 해석<sup>[7]</sup> 및 (4) 면 곡률 추정 방법<sup>[8-9]</sup>이다. 위에서 분류한 기존의 방법에서 방법(1)은 시드를 찾는 방법이 어렵고 시간이 많이 걸리며, 방법(2)는 면을 표현하는 면 방정식의 각 계수가 잡음에 따라 달라진다. 방법(3)은 물체의 전체적인 특성은 알 수 있지만 국부적인 물체의 특성을 고려하지 않았고, 방법(4)는 가우스 곡률(Gaussian curvature)과 평균 곡률(mean curvature)에 따라 8가지의 면 형태로 분류했으나 양자화 오차나 잡음에 약하다.

본 논문에서는 Gabor 필터의 위상 정보를 사용하여 3차원 정보를 분할하고 분류하는 새로운 방법을 제안하였다. 주파수 영역에서 스펙트럼의 크기(magnitude)뿐만 아니라 위상(phase)도 영상에 대한 중요한 정보를 함께 포함하고 있다.<sup>[10]</sup> 그러므로 3차원 정보를 표현하는데 크기 정보와 위상 정보를 같이 사용하면 효율적으로 동일한(homogeneous) 성질을 만족하는 영역으로 분할할 수 있다.

위상 정보를 구하는데 있어서 전체적인 특성을 고려하는 푸리에 변환보다는 국부적인 성질을 고려할 수 있는 공간 Gabor 필터를 변환에 사용하였다. 공간 Gabor 필터는 국부적인 공간 영역의 정보를 주파수

성분의 복소 위상과 크기로 각 정보를 표현할 수 있다. 이들을 거리 영상의 직각 좌표계에서 X 및 Y방향으로 구하고, 특정 공간에서의 벡터 합성법을 사용한 후, 구 좌표계에서 벡터를 표현하는 3가지 매개변수를 계산하였다.<sup>[11]</sup> 즉, 거리영상의 한 화소(x, y)가 Gabor 필터를 사용한 새로운 특징 공간으로 표현됨을 말한다. 이들 매개변수로부터 물체인식에 사용할 수 있는 특징인 고주파 성분의 외부 경계와 예리한 내부 경계(sharp crease)를 추출할 뿐 아니라, 위상 정보를 이용하여 면 정보 및 물체를 표현하는 중요한 정보인 저주파 성분의 완만한 정점(smooth ridge)등 의미있는 특징들도 추출할 수 있었다.

## II. Gabor 필터

인간의 시각 특성은 물체의 복잡한 시각적 자극을 공간 주파수의 방법으로 쉽게 해석한다. 시각 특성에서 자극의 해석은 대역통과 필터의 특성을 가진 여러개의 독립적인 채널(channel) 필터들과 관련되어 있다. 채널 필터의 전달함수는 공간 주파수 영역에서 가우스 함수에 의해 정의되고 그의 폭은 1-2옥타브(octave)이다.<sup>[12]</sup> 채널의 중요한 특징은 시각적 자극을 표현하는데 위상 정보를 사용하는 것이다.

영상 해석에서 채널 필터를 생각해 보면 영상은 공간영역에서 여러개의 채널로 필터처리된 연속된 영상으로 표현할 수 있다. 원래 영상의 위상 정보는 채널 필터처리된 영상에 포함되어 있으며, 필터처리된 영상의 국부적 영역에서 크기의 변화는 영상에서 특징을 나타내며 영역을 구별할 수 있는 정보를 제공하는다.

인간의 시각 특성에 적합한 대역 통과 필터는 공간 Gabor 필터이다. 제한된 공간 넓이와 유한한 대역폭 모양은 영장류(primates)의 시각 피질(visual cortex)에 있는 세포의 감각 영역의 종단면도(receptive field profile)와 같다. 시간/주파수 영역에서 공간 넓이와 대역폭의 곱을 최소화 하는 1차원 Gabor 필터는 식(1)과 같다.<sup>[13]</sup>

$$G(x-x_0) = e^{-(x-x_0)^2/2\sigma^2} \cdot e^{i\omega_0(x-x_0)} \quad (1)$$

여기서  $\sigma$ 는 Gabor 필터의 공간 반폭(half-width)이다. 식(1)에서  $x_0$ 는 필터의 공간 위치이며  $\omega_0$ 는 중심 공간 주파수인 조화 성분(harmonic component)의 주파수이다. 식(1)을 푸리에 변환하면 다음과 같다.

$$g(x-x_0) = e^{-i(\omega-\omega_0)x/2\tau^2} \cdot e^{i\omega_0(\omega-\omega_0)} \quad (2)$$

여기서  $\tau$ 는 Gabor 필터의 공간 주파수 반대역폭

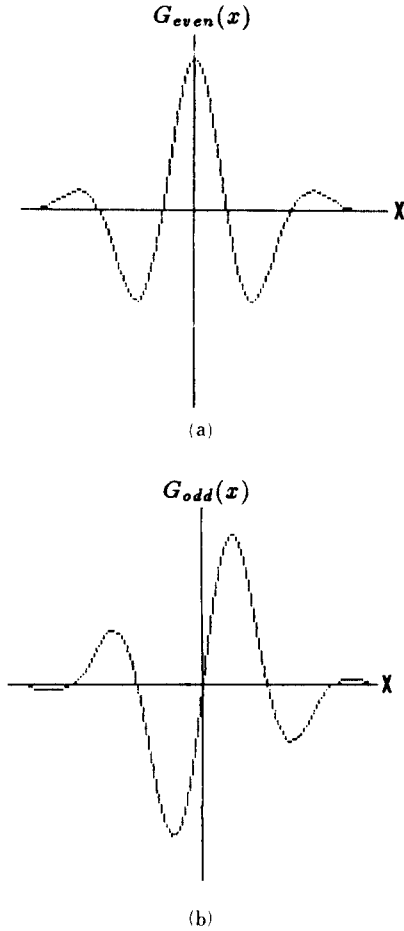


그림 1. 우대칭 및 기대칭 Gabor 필터  
 (a) 우대칭 Gabor 필터  
 (b) 기대칭 Gabor 필터

Fig. 1. Even and odd symmetric Gabor filters.  
 (a) even symmetric Gabor filter,  
 (b) odd symmetric Gabor filter.

(half-bandwidth)이며,  $\sigma$ 와  $\tau$ 의 곱은 1이다. 이것은 모든 복소 선형 필터에 대해서 이론적인 최소치이다. 필터의 우수(even)와 기수(odd)성분을 구분하여 표현하면 각각 식(3) 및 식(4)와 같고, 이들을 그림으로 나타내면 그림 1과 같다.

$$G_{\text{even}}(x-x_0) = e^{-x-x_0)^2/2\sigma^2} \cdot \cos[\omega_0(x-x_0)] \quad (3)$$

$$G_{\text{odd}}(x-x_0) = e^{-x-x_0)^2/2\sigma^2} \cdot \sin[\omega_0(x-x_0)] \quad (4)$$

만약 모든 채널에서 크기가 일정한 필터의 모양을

유지하면 공간 넓이  $\sigma$ 는 파장  $2\pi/\omega_0$ 에 비례하며,  $\tau$ 는  $\omega_0$ 에 비례한다. 이를 일정한 상대적 대역폭(constant relative bandwidth) 관계라고 부르며  $\tau = k \cdot \omega_0$ 이다. 여기서  $k$ 는 비례 상수이며,  $k < 1$ 이다. 이와 같은 관계를 도시하면 그림 2와 같다.

그림 2의(a)에  $\omega_0$ 가 변화함에 따라 공간 영역의 필터를 나타내었고, 각 필터에 일치하는 공간 주파수 영역에서의 대역폭을 그림 2의(b)에 나타내었다. 상대적인 전체대역폭을 옥타브로 나타내면 식(5)와 같다.

$$\lambda = \log_2 \left( \frac{\omega_0 + \tau}{\omega_0 - \tau} \right) = \log_2 \left( \frac{1+k}{1-k} \right) \quad (5)$$

만약  $k=0.33$ 이면 1옥타브의 일정하고 상대적인 전체 대역폭을 얻을 수 있다. Gabor 필터는 일반적으로 1-1.5옥타브 사이에서 대역폭을 선택한다.

영상을  $I(x, y)$ 라고 할 때, 임의의 점에 중심 주파수가  $\omega_0$ 인 특별한 Gabor 필터  $G$ 를 적용하면 한 점에서 우수 및 기수 필터에 대한 반응인  $C_{\text{even}}$ 과  $C_{\text{odd}}$ 의 X방향에 대한 1차원 곱은  $G_{\text{even}}$  필터의 경우에는 식(6)으로,  $G_{\text{odd}}$  필터의 경우는 식(7)이다.

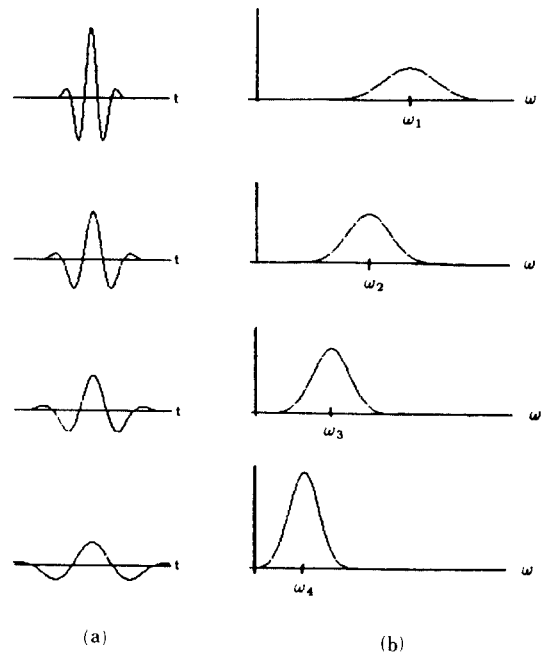


그림 2. 일정한 상대적 대역폭  
 (a) 공간 영역의 Gabor 필터  
 (b) 공간 주파수 영역의 Gabor 필터

Fig. 2. Constant relative bandwidth.  
 (a) spatial domain of Gabor filter,  
 (b) spatial frequency domain of Gabor filter

$$C_{even}(x) = \int I(\tau, y) G_{even}(x - \tau, y) d\tau = I * G_{even} \quad (6)$$

$$C_{odd}(x) = \int I(\tau, y) G_{odd}(x - \tau, y) d\tau = I * G_{odd} \quad (7)$$

위상은 식(6) 및 식(7)의 우수와 기수의 감각 영역 세포에서 반응 비율의 arctangent로 부터 국부적인 복소 위상을 계산한다. 위상 정보는 이 두 필터의 상대적인 반응을 나타낸다. 영상의 에너지는 두 필터의 출력을 제공하여 더하는 방법에 의해 구할 수 있다. 위상  $\phi(x)$  및 에너지  $A(x)$ 를 식으로 표현하면 식(8) 및 식(9)와 같다.

$$\phi(x) = \tan^{-1}(C_{odd}(x)/C_{even}(x)) \quad (8)$$

$$A(x) = \sqrt{C_{even}^2(x) + C_{odd}^2(x)} \quad (9)$$

### III. 특징 공간으로의 변환

영상의 에너지는 90°의 위상 차를 갖는 quadrature 쌍인 두 필터의 출력을 제공하여 더하는 방법에 의해 추출된다. Gabor함수의 경우, 이 quadrature 쌍은 같은 필터의 여현(cosine)과 정현(sine)형태에 의해 형성되고 여현과 정현 필터는 서로 직교(orthogonal)한다.

Gabor 필터를 사용한 임의의 점의 극 좌표 변환은 그림 3에서 정현축을 F축으로 여현축을 H축으로 한다. 식(6)의  $C_{even}$  및 식(7)의  $C_{odd}$ 로 부터 국부적 에너지 값은  $\sqrt{C_{even}^2 + C_{odd}^2}$ 이며 국부적 위상 값은  $\tan^{-1}(C_{odd}/C_{even})$ 이다.<sup>[14]</sup> 그러므로 한 점( $x_0, y_0$ )를 X 방향에 대해  $A(x)$ 와  $\phi(x)$ 로 변환하여 표현할 수 있다.

일반적으로 모든 x에서 임의의 함수  $f(x)$ 의 값을 알고 있을 때 셀 수 있는 집합인  $\alpha_i(x)$ 에 의해  $f(x)$ 를 표현하면 식 (10)과 같다.

$$f(x) = \sum_{i=1}^{\infty} f_i \cdot \alpha_i(x) \quad (10)$$

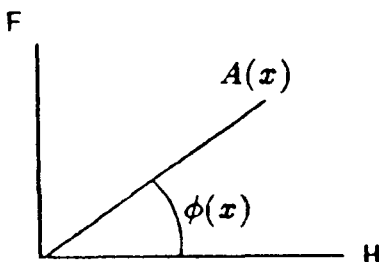


그림 3. 극 좌표 변환  
Fig. 3. Polar coordinate expression.

여기서  $\alpha_i(x)$ 는 서로 orthonormal한 함수의 집합이다. 임의의 신호에 대해서는 무한한 차원의 공간이 필요하다. 그러나 어떤 유한한 에너지 신호는 식 (11)과 같이 유한한 벡터로 표현할 수 있다.

$$S_1 = \begin{bmatrix} S_{11} \\ S_{12} \\ S_{13} \end{bmatrix} = \sum_{i=1}^3 S_{1i} \cdot \alpha_i \quad (11)$$

정보를 다루는데 벡터 공간 해석은 그림 4와 같이 기하학적 해석을 사용할 수 있으므로 유용하다. 이것을 Gabor필터를 사용한 3차원 정보의 변환에 적용하면, 거리 정보인  $z=f(x, y)$ 를 갖는 한 점( $x, y$ )는 Gabor 필터를 X방향으로 상승 적분할 때  $F_x$ 와  $H_x$ 축에서 크기  $A_x$ 와 위상  $\phi_x$ 로 변환된다. 같은 방법으로 Y방향으로 적용하면  $F_y$ 와  $H_y$  축에서 크기  $A_y$ 와 위상  $\phi_y$ 로 변환된다. 이 때  $H_x$ 를  $\alpha_1$ 으로  $F_x+F_x$ 를  $\alpha_2$ 로  $H_y$ 를  $\alpha_3$ 로 생각할 수 있다. 그러므로 3차원 정보에서 각 위치의 값은 그림 5와 같이 각 방향의 벡터를 합성함에 의해 새로운 특징 공간의 벡터 R로 나타낼 수 있다.

여기서 R의 ( $u_R, v_R, w_R$ )은  $w_R=w_1+w_2, u_R=u, v_R=v$

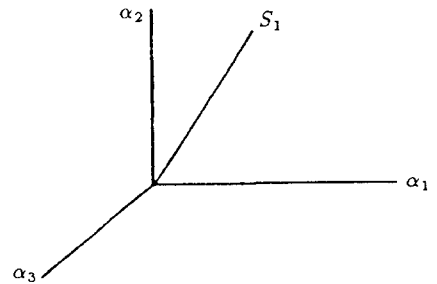


그림 4. 3차원 해석을 위한 기하학적 표현  
Fig. 4. Geometric representation for 3-D analysis.

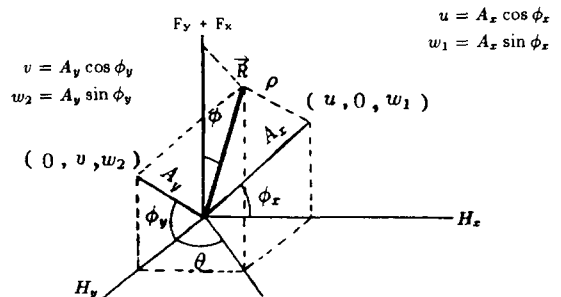


그림 5. 새로운 특징 공간  
Fig. 5. New feature space.

이다. 이것을 구 좌표계로 표현하면 다음과 같다.

$$\rho = \sqrt{u_R^2 + v_R^2 + w_R^2} \quad (12)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{u_R}{v_R} \right) \quad (13)$$

$$\phi = \cos^{-1} \left( \frac{w_R}{\rho} \right) \quad (14)$$

이 3가지 매개 변수는 특징 추출 및 면 분류에 이용될 수 있다. 즉  $\rho$ 는 인접한 거리 정보의 차이를 필터의 크기로 나타내므로 고주파 성분을 추출하고  $\phi$ 는 새로운 특징공간에서 거리 정보의 변곡점을 나타내므로 저주파 성분을 추출한다.

#### IV. 특징 추출

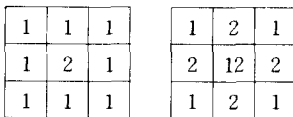
심도 영상에서 직각 좌표계의  $(x, y, f(x, y))$ 는 Gabor 필터를 사용한 새로운 특징공간에서 각 화소를 특징 벡터로 변환시킨 후 구 좌표계로 나타낸다. 이로부터 3가지 매개 변수의 특성에 따라 아래와 같이 특징을 추출한다.

##### 1. 외부경계 및 내부경계의 고주파 성분추출

외부 경계는 물체와 배경을 구분하는 특징이며, 예리한 내부경계는 물체에서 면 방향의 불연속을 나타내는 내부 특징으로 이들은 고주파 성분을 가진다. 이 고주파 성분은 매개 변수  $\rho$ 의 최대치를 추출함으로써 구할 수 있다. 최대치는 비 최대치 억제법(non-maxima suppression)을 사용하였으며 먼저 문턱치 이상의 성분을 식(15)와 같이 고려한다.

$$\begin{cases} \rho(x, y) = \rho(x, y), & \rho(x, y) > \text{임계치} \\ \rho(x, y) = 0, & \rho(x, y) < \text{임계치} \end{cases} \quad (15)$$

그 다음에 문턱치 이상의 성분에 가중된 평균을 취하여 최대치를 강조한 후에 중심화소의  $\rho$ 가 이웃의 8화소보다 크면 고주파 성분의 경계로 추출한다. 이때 가중치 창은 그림 6(a)와 같다.



(a) (b)

그림 6. (a) 최대치  $\rho$ 추출을 위한 가중치 창  
 (b) 평활화를 위한 가우스 가중치 창  
 Fig. 6. (a) Weighted window for the extraction of maximum  $\rho$  value,  
 (b) gaussian weighted window for smoothing.

##### 2. 완만한 정점의 저주파 성분 추출

완만한 정점(smooth ridge)은 곡면 물체의 모양을 추정할 수 있는 국부적인 대칭을 나타내는 중요한 특징으로서 이는 매개변수  $\phi$ 의 특성에 따라 구할 수 있다. 3차원 정보는 한 화소 주위에서 연속적 이므로 매개변수  $\phi$ 에서 한 화소 근처의 값은 비슷한 위상을 가진다. 따라서 그림 6(b)의 가우스 가중치 평균을 취한 후 앞에서 구한 외부경계 안의 성분만을 고려한 매개변수  $\phi$ 중에서 배경의 값인  $90^\circ$ 를 기준으로 하여 변화하는 내부 특징을 식(16)에 의해서 완만한 정점으로 추출한다.

$$\phi(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{if } \phi(i, j) > 90^\circ \text{ and } \phi(i+k, j+1) < 90^\circ \\ & -1 < k, l < 1 \\ 0, & \text{그외의 경우} \end{cases} \quad (16)$$

##### 3. 면 분류

분할된 면을 분류하는 것은 3차원 물체의 인식을 위해 필요하다. 물체를 평면, 오목한 면, 볼록한 면으로 분류하면 임의의 물체를 인식하는데 잘 적용할 수 있다. 기존의 방법으로는 법선 벡터(normal vector)방향의 변화, 곡률에 따른 분류, 심도 흐름의 측정(trend test)등의 방법이 있다.<sup>[15]</sup>본 논문에서는 매개변수  $\rho$ 와 매개변수  $\phi$ 를 같이 이용하여 물체의 분류 특성을 구하였다. 먼저  $\rho$ 성분의 기울기 변화를 조사하여 물체를 평면과 곡면으로 분류한 후,  $\phi$ 성분의 기울기 변화로 오목한 곡면과 볼록한 곡면을 구분하였다. 그 결과는 표 1과 같다.

표 1.  $\rho$ 와  $\phi$ 기울기를 이용한 면 분류

Table 1. Surface classification using  $\rho$  and  $\phi$  parameter gradients.

	$\rho$	$\phi$
planar	O	X
convex	X	+
concave	X	-

X:don't care

#### V. 실험 및 고찰

알고리즘의 전체적인 흐름도를 표시하면 그림 7과 같다. 입력한 3차원 정보는 기준면으로부터 물체까지의 거리를 0에서 255의 명암도로 나타낸  $100 \times 100$ 의 합성한 거리 영상을 사용하였다. 입력된 각 화소의 정보는 이산적(discrete)이므로 정보의 연속성(con-

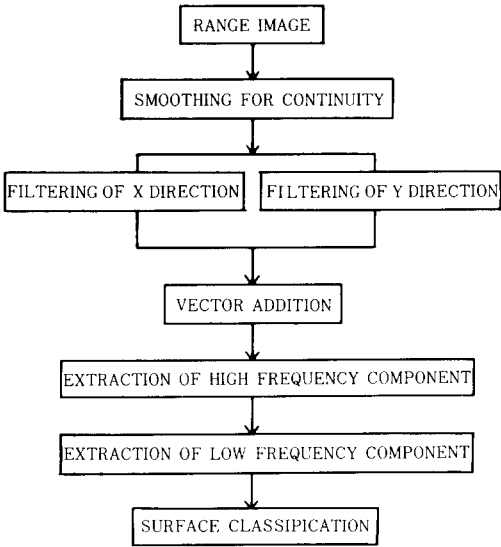


그림 7. 전체적인 알고리즘 흐름도  
Fig. 7. Flow chart of the algorithm.

tinuity)을 얻기 위해 그림 6(b)의 창을 사용하여 평활화(smoothing)하였다. 그리고 X 및 Y 방향으로 특징 공간의 벡터를 얻기 위해 필터를 통과시키고 벡터를 합성한 후, 특징 공간 벡터의 구 좌표 변환에서 3개의 매개변수를 구했다. 그 다음 특성에 따라 3차원 정보의 특징을 구하였다.

실험에서  $k=0.33$ 의 1 옥타브 필터를 사용하였으며 Gabor 필터의 변수  $\sigma=1, \omega_0=3.03$ 의  $9 \times 1$  창,  $\sigma=1.5, \omega_0=2.02$ 인  $13 \times 1$  창 및  $\sigma=2, \omega_0=1.51$ 인  $17 \times 1$  창을 X와 Y 방향으로 통과시켜 특징 공간에서 각 채널의 3가지 매개변수를 구한 후 매개변수의 특성에 따른 특징을 추출했다. 특징 벡터의 수는 각 Gabor 필터의 채널수에 의해 결정될 수 있는데 벡터의 특성이 유사하므로 본 논문에서는 3가지 변수만을 사용하였다.

그림 9(a)는 매개변수  $\rho$ 의 최대치 추출로 구한 고주파 성분의 특징 추출 영상이며 (b)는 매개변수  $\phi$  특성에 따른 완만한 정점을 추출하여 고주파 성

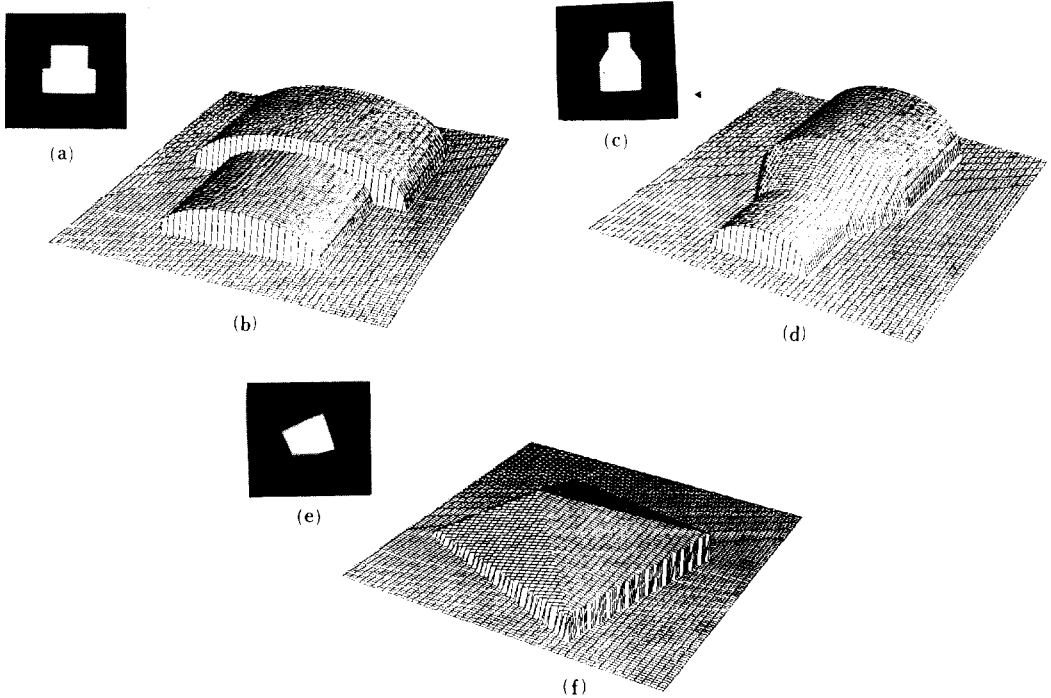


그림 8. 합성한 거리 영상  
(a) 겹쳐진 원통 (b) 겹쳐진 원통의 거리 정보 (c) 병  
(d) 병의 거리 정보 (e) 피라미드 (f) 피라미드의 거리정보  
Fig. 8. Synthetic range images for experiments.  
(a) double cylinder, (b) double cylinder depth map, (c) bottle,  
(d) bottle depth map, (e) pyramid, (f) pyramid depth map.

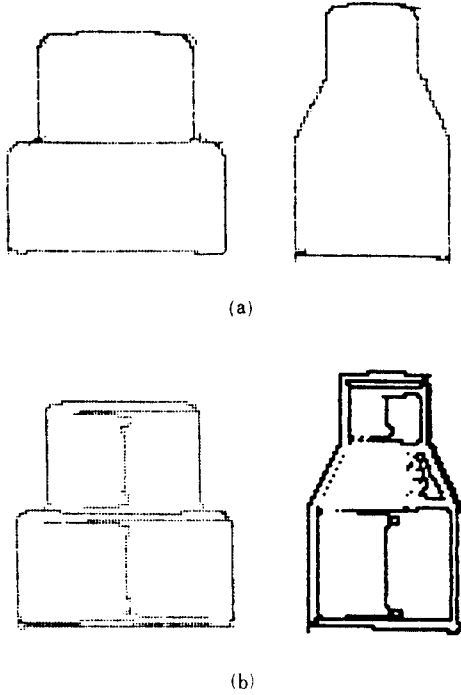


그림 9. 추출된 거리 영상의 특징  
 (a) 고주파 성분의 특징 추출  
 (b) 고주파 및 저주파 성분의 특징 추출  
 Fig. 9. Feature extraction of range images.  
 (a) feature extraction of high frequency components,  
 (b) Feature extraction of high and low frequency components.

분의 특징들과 같이 나타낸 특징 영상이다. 그림 9(b)의 병 특징 영상은 원통과 원뿔의 특징이 함께 나타나 있다. 그림 10(a)는 실 거리 영상(real range image) 표현을 위해 평균은 0이고 분산은 1인 가우스 잡음을 이상적인 합성 영상에 더한 경우의 특징 추출 영상이며, 물체의 회전에 대해서 실험한 결과는 그림 10(b)에 나타내었다. 특징 추출 영상에서 원통 물체의 정점(ridge)선은 면 추정을 위해 사용할 수 있는 국부적인 대칭을 표시한다. 제안한 방법은 대역 통과 특성의 채널 필터를 사용하므로 미분치를 사용하는 기존의 방법보다 잡음에 대해 강한 특성이 있다.

그림 11은 면 분류를 하기 위한 매개 변수  $\rho$ 의 기울기를 표시하였다. 임계치 이상을 제외한 내부  $\rho$ 의 기울기가 0인 경우는 평면이며 그외의 경우는 곡면의 물체로 분류하였다. 그림 12는 매개 변수  $\rho$ 에 의해 곡면 물체로 분류되면 오목한 경우와 볼록한 경우로

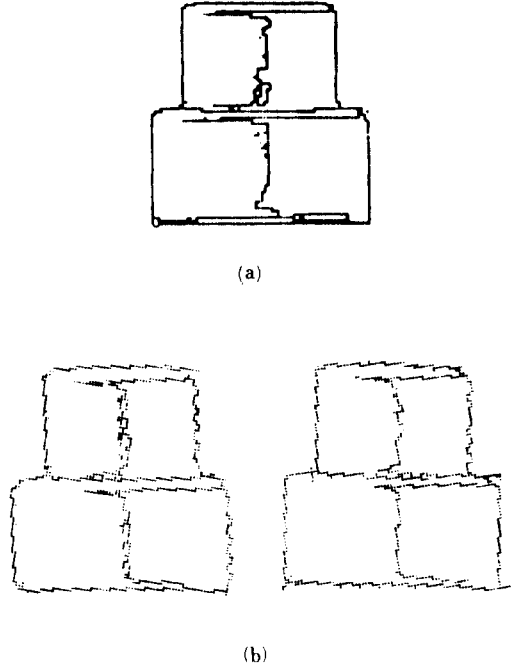


그림 10. 잡음영상 및 회전된 영상의 특징 추출  
 (a) 잡음 영상의 특징 추출  
 (b) 회전된 영상의 특징 추출  
 Fig. 10. Extracted feature from noisy image and rotated images.  
 (a) extracted feature from noisy image,  
 (b) extracted feature from rotated images.

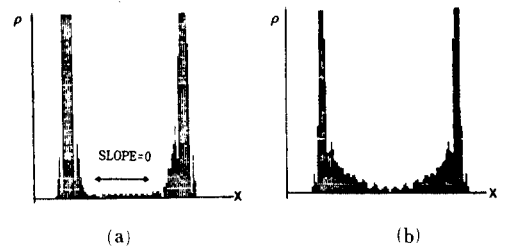


그림 11. 면 분류를 위한 매개 변수  $\rho$   
 (a) 평면 물체(0) (b) 곡면 물체  
 Fig. 11. Parameter  $\rho$  for surface classification.  
 (a) planar objects(0),  
 (b) curved objects.

나누기 위해 매개 변수  $\phi$ 의 기울기를 사용한 것을 나타내었다. 그림 13은 다면 물체의 특징 추출을 나타낸 것으로 내부경계(crease edge)가 잘 추출되었다.

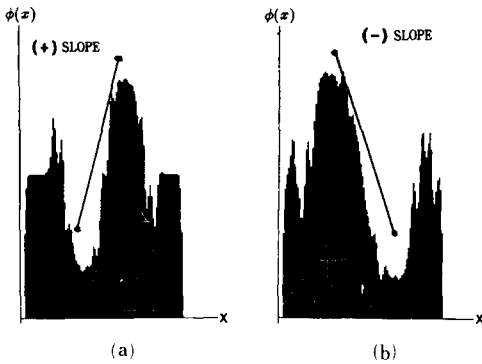


그림 12. 곡면 물체의 분류를 위한 매개변수  $\phi$   
 (a) 볼록한 물체 (+)  
 (b) 오목한 물체 (-)

Fig. 12. Parameter  $\phi$  for classification of curved objects.  
 (a) convex(+),  
 (b) concave(-).

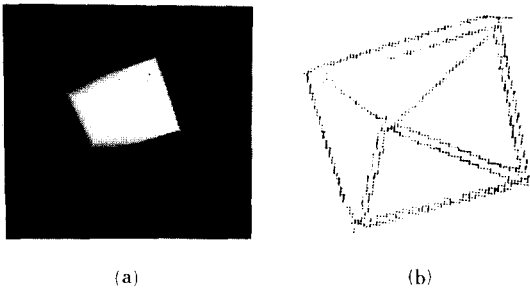


그림 13. 다면 물체의 특징 추출  
 (a) 거리 영상 (b) 추출된 특징  
 Fig. 13. Extracted feature from polyhedral objects.  
 (a) range images, (b) extracted feature.

VI. 결 론

Gabor 필터의 국부적 위상 정보를 이용한 특징 공간으로의 변환을 이용한 특징 추출방법과 이에 따른 벡터를 표현하는 3가지 매개 변수를 제안하였다. 매개변수를 이용하여 고주파 성분의 외부 경계와 예리한 내부경계를 추출하였다. 또한 위상 정보를 이용하여 면 정보 및 물체를 표현하는 중요한 정보인 저주파 성분의 완만한 정점 등 의미있는 특징을 추출할 수 있었다.

위상 정보를 구하는 방법으로 채널 필터인 Gabor 필터를 적용하여, 채널 필터의 특성을 사용함으로써

잡음이 있는 경우도 잡음이 없는 경우와 같은 특징을 얻을 수 있었다. 이러한 특징들은 3차원 정보의 인식을 위한 과정에 입력인 정합 원소(primitive)로써 사용한다. 즉 인식할 물체의 고주파 성분과 저주파 성분을 분리하여 추출한 후 인접한 경계 특징과의 표현(representation)으로 정합 원소로 사용할 수 있다. 특히 회전 불변, 시계 불변(view independent)의 특징은 다면체뿐만 아니라 곡면을 인식하는데도 알맞다. 앞으로 물체 인식을 위한 특징의 활용 연구, 각 채널의 병렬처리 알고리즘 및 적응성있는 필터에 관한 연구가 필요하다.

參 考 文 獻

[1] A.P. Reeves and R.W. Taylor, "Identification of three-dimensional objects using range information," *IEEE Trans, on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 11, no. 4, pp. 403-410, 1989.

[2] B. Parvin and G. Medioni, "Adaptive multiscale feature extraction from range data," *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, vol. 45, pp. 346-356, 1989.

[3] H.S. Yang and A.C. Kak, "Determination of the identity, position and orientation of the topmost object in a file," *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, vol. 36, pp. 229-255, 1986.

[4] B. Bhanu, "Representation and shape matching of 3-D objects," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. PAMI-6, no. 3, pp. 340-351, 1984.

[5] E.L. Hall et al, "Measuring curved surfaces for robot vision," *Computer*, vol. 15, no. 12, pp. 42-54, 1982.

[6] R.W. Taylor, M. Savini, and A.P. Reeves, "Fast segmentation of range imagery into planar regions," *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, vol. 45, pp. 42-60, 1989.

[7] B.K.P. Horn, "Extended Gaussian images," *Proc. IEEE*, vol. 72, pp. 1671-1686, 1984.

[8] B.C. Vemuri, A. Mitiche, and J.K. Aggarwal, "Curvature-based representation of objects from range data," *Image and Vision Computing*, vol. 4, pp. 107-114, 1986.

[9] P.J. Besl and R.C. Jain, "Invariant surface characteristics for 3-D object recognition in range images," *Computer Vision, Graphics,*



and Image Processin, vol. 33, pp. 33-80, 1986.

[10] A.V. Oppenheim and J.S. Lim, "The importance of phase in signals," *Proc. IEEE*, vol. 69, pp. 529-541, 1981.

[11] D.H. Ballard and C.M. Brown, *Computer Vision*, Prentice-Hall, New Jersey, pp. 465-471, 1982.

[12] S. Marcelja, "Mathematical description of responses of simple cortical cells," *J. Opt. Soc. Am.*, vol. 70, no. 11, pp.1297-1300, 1980.

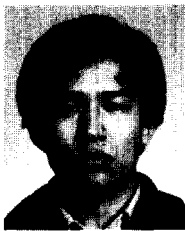
[13] T.D. Sanger, "Stereo disparity computation using Gabor filters," *Biological Cybernetics*, vol. 59, pp. 405-418, 1988.

[14] M.C. Morrone and R.A. Owens, "Feature detection from local energy," *Pattern Recognition Letters*, vol. 6, pp. 303-313, 1987.

[15] R. Hoffman, "Object recognition from range images," Ph.D. dissertation, Dep. Computer Science, Michigan State Univ., 1986.

[16] 현기호, 조석제, 황병곤, 하영호, "Gabor 필터의 위상 정보를 이용한 Range data의 분할 및 분류," 대한전자공학회 제2회 신호처리 합동 학술대회, vol. 2, no. 1, pp. 276-280, 1989.

著 者 紹 介



玄 基 浩 (正會員)  
 1964年 10月 19日生. 1986年 2月  
 경북대학교 전자공학과 졸업. 1990  
 年 2月 경북대학교 대학원 전자  
 공학과 석사학위 취득. 1990年 3  
 月~현재 경북대학교 대학원 전자  
 공학과 박사과정 재학중. 주관심  
 분야는 영상처리, 컴퓨터비전 등임.

河 永 浩 (正會員) 第25卷 第10號 參照  
 현재 경북대학교 전자공학과  
 부교수

李 光 鎬 (正會員) 第25卷 第11號 參照  
 현재 경북산업대학교 전자공  
 학과 전임강사

趙 爽 濟 (正會員) 第25卷 第11號 參照  
 현재 경북대학교 전자공학과  
 조교

黃 秉 坤 (正會員) 第27卷 第1號 參照  
 현재 대구대학교 전자계산학  
 과 부교수