

거리영상의 SHGC 표현을 위한 단면처리법

(A Method of Cross-Section Processing for the SHGC Description of a Range Image)

金泰雨*, 崔炳旭*

(Tae-Woo Kim and Byung-Uk Choi)

要約

본 논문에서는 3차원 물체 인식을 위하여 거리영상으로부터 물체의 SHGC 표현을 비교적 간단히 할 수 있고, 입력 영상에 물체의 고유의 윤곽선이 나타나지 않는 경우에도 SHGC 표현이 가능한 단면처리법을 제안한다. 이 방법은 가정된 축을 따라 물체의 단면을 생성하고, 그것으로부터 위치와 크기에 불변한 특징을 찾아낼 수 있는 ψ -S곡선을 이용하여 SHGC로 표현하는 방법이다.

제안한 단면처리법은 물체의 윤곽선을 이용하여 모델과의 정합을 하지 않고 물체의 3차원 정보가 보존된 거리영상을 사용하므로 처리과정이 간단하면서도 부분적으로 가려진 물체의 경우에도 SHGC 표현이 가능하다. 따라서 SHGC 형태의 3차원 물체 인식을 위한 유용한 표현 방법이며, 실험으로 그 유용성을 입증하였다.

Abstract

In this paper, we propose the cross-section processing method, which is simple in describing the SHGC of objects in a range image and which can describe the SHGC of occluded objects, for the recognition of 3D objects. This method produces the cross-sections of an object along the assumed axis of the SHGC and describes the SHGC of the object by processing the produced cross-sections of the object using ψ -S curves with invariant properties in position and size.

Our method is simple in a process and can describe the SHGC of partially occluded objects because it uses range images with 3-D informations of objects without matching contours of objects with a model base. Thus, it is a useful description method of a range image for the recognition of 3D objects shaped in SHGC form and we proved the usefulness of it in experiments.

1. 서론

*正會員, 漢陽大學校 電子通信工學科
(Dept. of Elec. Comm. Hanyang Univ.)
接受日字 : 1993年 10月 28日

3차원 물체의 인식은 입력장치로 받아들여진 영상으로부터 전처리와 특징추출을 통하여 영상의 특징을

표현(Description)하여 지식베이스(Knowledge Base)와 정합(Matching)함으로써 이루어진다. 정합을 위한 입력영상의 표현방법은 정합의 효율성과 지식베이스의 효율성에 중대한 영향을 미치므로 인식에 있어서 매우 중요한 과정이다.^[1,2]

3차원 물체의 표현 방법은 일반적으로 표면 표현(surface or boundary description), sweep 표현(sweep description or generalized cylinders description), 그리고 체적 표현(volumetric description)으로 나뉘어진다. 3차원 물체의 sweep 표현과 체적표현은 체적 기반 표현(volume-based description)이므로 표면 표현에 의한 방법보다 정합 효율이 높다. 그러나 입력영상으로부터의 표현이 어렵다는 문제점이 있다.^[1-2]

sweep 표현법인 GC(Generalized Cylinder) 표현은 물체의 축에 수직한 단면으로 물체를 나타내는 방법이며, 축은 물체의 뼈대를 표현하는 공간 곡선이고 단면은 그 축을 따라가는 2차원적인 윤곽으로 나타난다. GC표현은 인간이 만드는 많은 물체들과 자연적인 물체를 특별한 특징추출 과정없이 표현할 수 있으므로 3차원 물체의 표현에 유용하다. 특히 축이 직선이고 단면의 모양이 같은 SHGC(Straight Homogeneous Generalized Cylinder)는 입력 영상으로부터 표현이 용이한 표현 방법이다.^[1-3]

기존의 입력영상의 SHGC 표현에 대한 연구는 회도영상(Gray level image)로부터 윤곽선(edge, contour)을 추출하여 모델베이스에 SHGC로 표현된 물체의 각 장면(view)과 정합(matching)하거나, 거리영상의 표면 법선벡터의 교점을 구하는 방법이었다. 전자는 모델베이스와 정합을 하므로 처리과정이 비교적 복잡할 뿐 아니라, 입력영상에 물체 고유의 윤곽선이 분명히 나타나지 않으면 입력영상의 SHGC 표현에 어려움이 많았다. 반면, 후자는 물체의 단면이 원이어야 하는 제약조건이 있기 때문에 일반적인 단면에 대해서는 SHGC의 표현에 어려움이 많았다.^[4,6,8]

따라서 본 논문에서는 거리영상으로부터 일반적인 단면을 가진 물체의 SHGC 표현을 간단히 할 수 있고, 입력 영상에 물체 고유의 윤곽선이 나타나지 않는 경우에도 SHGC표현이 가능한 단면처리법을 제안한다. 제안한 방법은 물체 단면의 생성과정과 생성된 단면으로부터 SHGC로 표현하는 과정으로 나뉘어진다. 가우스구(Gaussian Sphere)를 샘플링한 단위 벡터에 수직인 평면들의 집합을 정의하고, 정의된 평면 위의 두 개의 좌표축과 샘플링한 단위벡터 방향을 좌표축으로 하는 새로운 좌표계를 정의하여, 새로운

좌표계로의 변환을 통해 단면을 생성하다. 단면으로 나누어진 물체는 각 단위벡터 방향의 평면집합에 의해 생성된 단면으로부터 ψ -S 곡선을 이용하여 단면의 특징을 추출한 후, 특징의 유사도를 비교하여 SHGC로 표현된다. 유사도는 ψ -S 곡선의 위치와 크기에 대한 불변 특성을 이용하여 비교된다.

제안한 단면처리법은 볼록형 윤곽선(convex contour)이나 오목형 윤곽선(concave contour)에 관계없이 일반적인 모양의 단면을 가진 물체의 표현이 가능하며, 물체의 윤곽선을 이용하여 모델과의 정합을 하지 않고 물체의 3차원 정보가 보존된 거리영상을 사용하므로 처리과정이 간단하면서도 부분적으로 가려진 물체의 경우에도 SHGC 표현이 가능하다.

II. SHGC 표현

GC(Generalized Cylinder)의 일종인 SHGC(Straight Homogeneous Generalized Cylinder)는 그림 1과 같이 직선의 축을 따라 모양은 같고 크기가 변하는 물체의 단면(cross-section)으로 나타내는 sweep 표현이다. 여기서 SHGC의 단면은 축에 수직이라고 가정한다. 단면은 축을 중심으로 하는 구 좌표계로 나타낼 수 있으며, 기준 단면(reference cross-section)으로부터 크기의 변화(scale)는 축을 따라 거리의 함수로 표현된다. SHGC의 좌표계는 $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ 이며, O 는 축의 원점을 나타내고, \vec{k} 는 SHGC의 축방향을 나타내는 단위벡터이다. (\vec{i}, \vec{j}) 는 기준 단면상의 직각 좌표계의 좌표축의 방향을 나타내는 단위벡터이다. 이 때, SHGC를 나타내는 점 P 는 식 (1)과 같이 벡터로 표시된다. 여기서 함수 $\rho(\theta)$ 는 기준 단면의 모양을 나타내며, 함수 $\gamma(z)$ 는 단면의 크기 변화를 나타내는 scaling sweeping rule이다.^[4,6]

$$\vec{OP}(z, \theta) = \rho(\theta)\gamma(z)(\cos\theta \vec{i} + \sin\theta \vec{j}) + z\vec{k}, \quad (z, \theta) \in [a, b] \times [0, 2\pi] \quad (1)$$

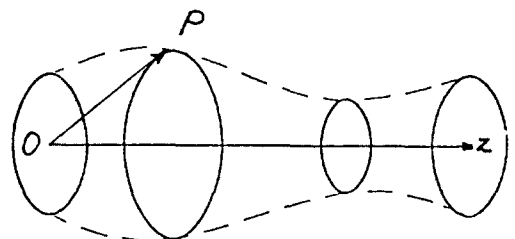


그림 1. SHGC의 예
Fig. 1. Example of a SHGC.

Ⅲ. 단면처리법

거리영상에 나타나는 물체의 SHGC 표현은 식(1)과 같은 연속적인 표현값이 샘플링된 형태로 표현된다. 즉, 축을 따라 변하는 단면의 크기를 표현할 때, 연속적인 z값을 취하지 않고 일정한 간격으로 나타나는 단면을 기준 단면과의 상대적인 크기로 표현한다. 본 논문에서 제안하는 단면처리법은 이러한 개념을 이용하여 물체의 축을 따라 일정한 간격으로 단면을 생성하고 생성된 단면에서 기준 단면의 크기의 변화를 찾는 방법이다.

거리영상에서 찾고자 하는 물체의 축의 방향을 알 수 없으므로, 먼저 모든 방향으로 SHGC의 축을 가정한다. 가정된 각각의 축을 따라 물체의 단면을 만들기 위하여 일정한 간격으로 축에 수직인 평면을 정의한다. 축 방향으로 정의된 평면에 물체의 단면을 형성시키기 위하여, 입력된 거리영상에 대하여 축 방향으로 거리값이 나타나도록 새로운 좌표계로 변환한다. 변환된 거리영상은 그 축을 따라 정의된 평면들 위에 물체의 단면으로 나타난다. 가정된 각 축에 생성된 물체의 단면들을 위치와 크기에 불변한 ψ -S 곡선으로 변환하여 단면들의 모양을 비교한다. 이러한 처리과정을 가정된 모든 축에 대하여 수행하여, 단면들의 모양이 같으면 가정된 그 축이 SHGC 표현을 위한 물체의 축으로 결정된다. SHGC는 기준단면의 ψ -S곡선과 sweeping rule로 표현된다.

이 방법은 볼록형 윤곽선(convex contour)이나 오목형 윤곽선(concave contour)에 관계없이 일반적인 모양의 단면을 가진 물체의 표현이 가능하며, 물체의 윤곽선을 이용하여 모델과의 정합을 하지 않고 물체의 3차원 정보가 보존된 거리영상을 사용하므로 처리과정이 간단하면서도 부분적으로 가려진 물체의 경우에도 SHGC 표현이 가능하다.

1. 단위 법선 벡터

모든 방향으로 SHGC의 축을 가정하기 위하여, 축의 방향을 나타내는 단위 법선벡터 \vec{U}_n ($n=1, 2, \dots, N$, N 은 단위 법선벡터의 수)은 그림 2의 가우스구(Gaussian sphere)를 샘플링한 평면조각의 법선벡터로 정의한다. 정확하고 풍부한 유한개의 단위 법선 벡터 \vec{U}_n 의 생성은 SHGC축의 방향의 정확도에 결정적인 영향을 준다.^[7]

2. 평면 집합의 정의

SHGC의 축의 방향으로 가정된 단위 법선 벡터 \vec{U}_n 에서, 각 축에 대한 물체의 단면을 생성하기 위하여

생성할 단면들의 위치에 평면 집합을 정의한다. 평면 집합은 SHGC의 가정된 축에 수직인 평면들로 일정한 간격으로 축을 따라 정의된다. 가정된 축에 대한 평면 집합 P_n 은 그림 2와 식 (2)와 같이 표현된다. 여기서 n 은 임의의 단위 법선 벡터를 나타내며, M 은 평면의 수를 나타낸다. 평면의 크기는 다음 절에서 논한다.

$$P_n = \{p_{n,1}, p_{n,2}, p_{n,3}, \dots, p_{n,M}\} \quad (2)$$

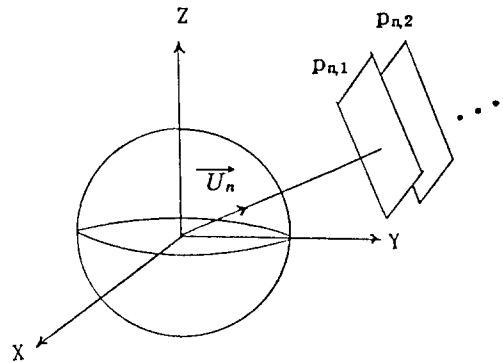


그림 2. 단위 법선 벡터와 평면 집합
Fig. 2. Unit normal vectors and set of planes.

3. 물체의 단면 생성

가정된 각 축에 정의된 평면 집합에 물체의 단면을 생성시키기 위하여, 원래의 거리영상의 좌표계 X-Y-Z는 새로운 좌표계 U-V-W로 변환되어야 한다. 원래의 거리영상의 좌표계 X-Y-Z는 그림 3과 같이 거리영상의 세로 방향이 X축, 가로 방향이 Y축, 지면

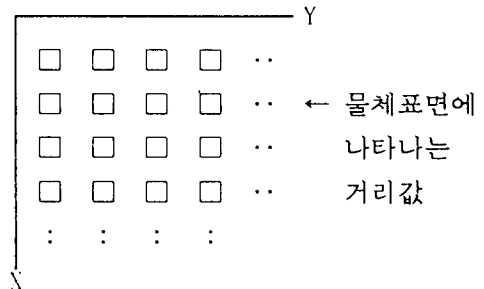


그림 3. 거리영상의 좌표계, X-Y-Z
Fig. 3. Coordinate system of a range image, X-Y-Z.

에서 나오는 방향이 Z축으로 정의되며, Z축이 물체의 표면을 나타내는 거리값(range)이다. 새로운 좌표계 U-V-W는 그림 4에서와 같이 단위 법선벡터의 방향으로 W축, 평면 위의 서로 직각이되면서 오른손 좌표계가 만족되도록 U축과 V축을 정의하며, W축의 값이 신좌표계의 거리값이 된다. 원래의 거리영상을 새로운 좌표계로 변환해 줌으로써, 가정된 축에 정의된 평면 집합에 물체의 단면이 나타난다.

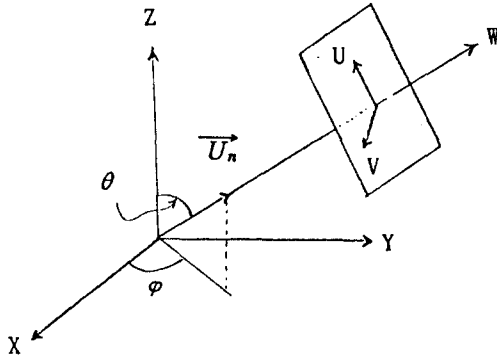


그림 4. 신좌표계, U-V-W

Fig. 4. New coordinate system, U-V-W.

거리영상의 좌표계의 변환은 X-Y-Z 좌표계를 기준으로 U-V-W 좌표계가 회전 이동한 각도가 주어지면 원래의 거리영상을 그 각도만큼 회전 이동시켜 줌으로써 이루어진다. U-V-W 좌표계의 회전 이동 정도는 가정된 축의 방향인 단위 법선 벡터를 구좌표계의 θ 와 φ 로 나타낸 값이므로, 거리영상의 신좌표계로의 변환은 식 (3)에 의한 회전이동이다. 여기서 $0 \leq \theta \leq 90^\circ$, $0 \leq \varphi < 360^\circ$ 이다.

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi & 0 \\ -\sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad (3)$$

거리영상을 평면 집합에 정의된 신좌표계로 변환함으로써 물체의 단면을 얻는데, 단면이 평면 집합의 평면 위에 모두 나타나도록 하기 위해서는 평면의 크기를 알맞게 잡아야 한다. 평면의 크기는 u값과 v값의 변화폭에 의존하며, 먼저 식 (3)으로부터 u와 v를 간단히하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} u &= x \cos \theta \cos \varphi + y \cos \theta \sin \varphi + z \sin \theta \\ &= \cos \theta (x \cos \varphi + y \sin \varphi) + z \sin \theta \\ &= \cos \theta (\sqrt{x^2 + y^2} \cos(\varphi + \alpha)) + z \sin \theta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \sqrt{(x^2 + y^2) \cos^2(\varphi + \alpha) + z^2} \cos(\theta + \beta) \\ v &= -x \sin \varphi + y \cos \varphi \\ &= \sqrt{x^2 + y^2} \cos(\varphi + \gamma) \end{aligned} \quad (4)$$

여기서 α, β, γ 는 삼각함수의 합성각으로 상수이다. x와 y의 변화량은 각각 $0 \leq x \leq X$, $0 \leq y \leq Y$ 이고, 여기서 X, Y는 입력영상의 세로와 가로 크기를 나타내며, Z_{\min} 와 Z_{\max} 는 각각 z의 최소값과 최대값을 나타낸다. 식 (4)로부터 u와 v의 변화량은 식 (5)와 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} Z_{\min} \leq u \leq \sqrt{Z_{\max}^2 + X^2 + Y^2} \\ -\sqrt{X^2 + Y^2} \leq v \leq \sqrt{X^2 + Y^2} \end{aligned} \quad (5)$$

따라서 입력영상의 크기가 $X \times Y$ 일 때, 평면의 크기는 식 (6)과 같다.

$$(\sqrt{Z_{\max}^2 + X^2 + Y^2} - Z_{\min}) \times 2\sqrt{X^2 + Y^2} \quad (6)$$

4. ψ -S 곡선

어떤 하나의 가정된 축을 따라 생성된 물체의 단면들의 모양을 비교하기 위하여 본 논문에서는 ψ -S 곡선을 이용한다. ψ -S 곡선은 그림 5와 같이 폐곡선 S에 대하여 각 점에서의 기준선 x축과 접선과의 각도 ψ 로 나타낸 함수이다. ψ 의 변화 범위는 $-90^\circ \leq \psi \leq 90^\circ$ 이다.

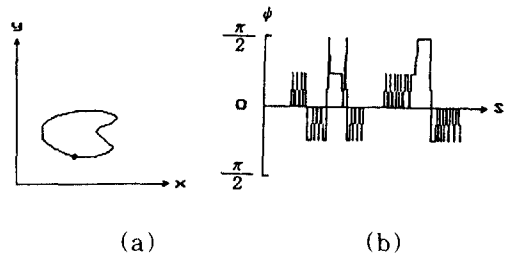


그림 5. (a) 윤곽선 영상, (b) (a)의 ψ -S 곡선
Fig. 5. (a) Contour image, (b) ψ -S curve of (a).

5. 물체의 각 단면 간의 유사도 비교

윤곽선을 ψ -S 곡선으로 표현하였을 때, 그림 6에서 보이는 바와 같이 윤곽선의 위치는 ψ -S 곡선의 모양에 영향을 주지 못하며, 윤곽선의 크기는 ψ -S 곡

선상에서 S의 크기에만 영향을 주는 특징을 가진다.

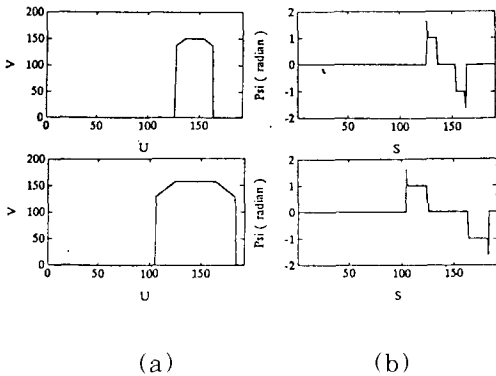


그림 6. ψ-S 곡선의 위치 및 크기에 대한 특징.

(a) 윤곽선 영상. (b) ψ-S 곡선

Fig. 6. Feature in position and size of a ψ-S curve.

(a) Contour image, (b) ψ-S curve

ψ-S 곡선의 이러한 특징을 이용하여 각 단면간의 모양의 유사도를 비교한다. 단면간의 모양의 유사도 비교는 2차원 영상의 불변특징을 추출할 수 있는 Hough변환^[9], 영상불변량^[10], 불변특징값^[11] 등의 이용도 가능하지만, 단면간의 유사도 비교는 단면의 회전이나 위치이동에 대한 매개변수(parameter)는 고려할 필요가 없고, 단지 모양의 유사도와 크기의 변화만을 찾으면 되므로 ψ-S 곡선의 이용이 더 간단한 방법이다.

영상에서 비교 대상 물체는 단면의 윤곽선 영상에서 점프 에지(jump edge)가 나타나는 곳을 기준으로 분리한다. 분리된 대상 물체의 단면들은 ψ-S 곡선의 모양을 비교하여 유사한 단면인지를 결정한다. 유사도는 ψ-S 곡선의 S축 방향으로 정규화(normalization)시켜 식 (7)과 같이 ψ 값을 비교하여 얻는다. 여기서 S_{max}는 ψ-S 곡선에서 S값의 범위이고, 첨자 m은 평면의 번호를 나타내며, T_s는 유사도의 허용 범위 문턱치를 나타낸다.

$$\sum_{i=0}^{S_{max}} [\phi_{m+1}(S_i) - \phi_m(S_i)]^2 < T_s \quad (7)$$

6. SHGC의 표현

가정된 모든 축에 대하여, 각 축에서 나타나는 단면들의 유사도를 ψ-S 곡선을 이용하여 식 (7)과 같

이 비교한다. 이 때, 가정된 축들 중에서 단면간의 유사도가 가장 높은 축이 물체의 SHGC의 축이 되며, 기준 단면은 평면집합 중 첫번째 평면의 ψ-S 곡선으로 표현된다. 단면의 sweeping rule은 각 단면의 ψ-S 곡선의 가로축의 크기 변화량으로 표현된다. 결국 물체의 SHGC는 기준단면의 ψ-S곡선과 sweeping rule로 표현된다.

제안한 SHGC표현을 위한 단면처리 알고리즘을 의사코드(Pseudocode)로 나타내면 그림 7과 같다. 그림 7에서 ①의 위치의 루프(loop)는 가정된 모든 단위 법선 벡터에 대한 처리를 나타내며, ②의 부분은 물체의 단면을 생성하여 ψ-S곡선으로 표현하는 루프이고, ③은 단면을 비교하여 SHGC를 표현하는 부분이다.

```

begin
create a {N}, a set of the uniformly sampled surface
normal vectors on Gaussian Sphere;
read DIF{ROM}[COL], the ROM by COL range data from a data file
for m=1 until N do ①
comment N is the number of surface normal vectors in Gaussian Sphere
begin
create a {M}, a set of planes perpendicular to {a};
create a new coordinate system on {M};
transform DIF{ROM}[COL] to {M}, DIF{M}[2×ROM][2×COL]
on the new coordinate system
comment M is the number of planes in a {a}
for i=1 until M do ②
begin
initialize C[i][2×COL], PS[i][2×COL] with zeros
comment C[i][2×COL], PS[i][2×COL] are arrays of contours and
ψ-S curves, respectively
for k=1 until 2×COL do
for l=1 until 2×COL do if ((DIF{M}[i][k]) ≠ 0) then C[i][k]=j
for k=1 until (2×COL-1) do PS[i][k]=C[i][k]-C[i][k+1];
end
segment contours PS[i][2×COL] to OBJ_PS[i][M][OBJ][2×COL];
comment OBJ is the number of objects in a contour
for i=1 until M do ③
begin
compare OBJ_PS[i][OBJ][2×COL] with OBJ_PS[i-1][OBJ][2×COL];
if the compared objects in the forms of ψ-S curves is similar then
begin
ACS[OBJ][2×COL]=OBJ_PS[i][OBJ][2×COL];
SR[OBJ][i]=OBJ_PS[i-1][OBJ][2×COL]-OBJ_PS[i][OBJ][2×COL];
comment ACS[OBJ][2×COL], SR[OBJ][i] are arrays
for Reference Cross-Section and Sweeping Rule, respectively
end
end
end
write ACS[OBJ][2×COL], SR[OBJ][i] to file
end
    
```

그림 7. SHGC표현을 위한 단면처리 알고리즘

Fig. 7. Cross-section processing algorithm for SHGC description.

IV. 실험 및 고찰

실험은 Sun-4 W/S상에서 96×96 크기의 합성한 거리영상에 N(0.005, 0.5²)인 가우시안 잡음을 첨가하여 수행하였다. 사용한 거리 영상은 그림 8에 보이며, 잡음의 영향을 줄이기 위하여 5×5 크기의 메디안 필터링을 하였다.

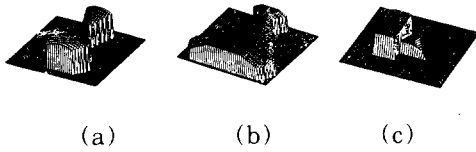


그림 8. 실험에 사용된 합성 거리영상. (a) 단면이 원인 꽃병 (b) 단면이 다각형이 꽃병 (c) 원통과 부분적으로 가려진 원뿔

Fig. 8. Synthesized range images used in the experiment. (a) a vase with the cross-section of circle (b) a vase with the cross-section of polygon (c) a cylinder and a partially occluded cone.

1. 단위 법선벡터의 생성

단위 법선벡터의 샘플링은 Krishnapuram이 제안했던 방식을 이용하였으며^[7], 물체의 축을 샘플링된 단위 법선벡터 중의 하나로 가정하므로 가우시안 구의 중심에 대칭되는 단위 법선벡터를 만들지 않고, 식 (8)과 같이 반구에 해당하는 부분만 샘플링했다. 가능한한 고르게 샘플링하기 위하여, 샘플링의 수는 θ 값에 반비례하여 취했다. 실험에서 사용한 단위 법선벡터의 수는 모든 방향에 대하여 SHGC의 축을 가정하기 위하여 97로 하였다.

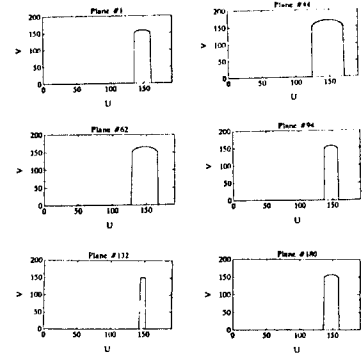
$$\vec{U}_n = (\gamma, \theta, \varphi), \gamma = 1, 0 \leq \theta \leq 90^\circ, 0 \leq \varphi \leq 360^\circ \quad (8)$$

2. 평면집합의 생성

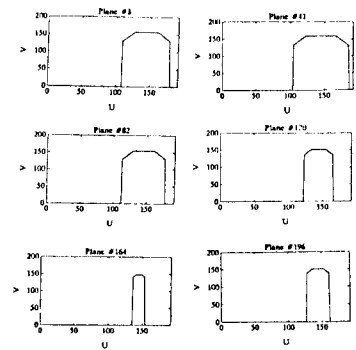
단위 법선벡터에 수직인 평면집합을 구성하는 평면의 수는 단면의 sweeping rule을 잘 표현할 수 있도록 하기 위하여 200으로 하였으며, 물체의 단면이 평면집합에 모두 나타나도록 하였다. 평면의 수는 sweeping rule을 표현하는 데에 중요한 의미를 가지므로 가능한한 많이 잡아 주는 것이 좋으나 처리 시간을 감안하여 물체의 크기를 다 포함할 수 있을 정도면 충분하다. 또 거리영상을 신호표측으로 변환시켰을 때, 평면에 모두 나타나야 하므로 거리영상의 크기를 $X \times Y$ 이라고 한다면 평면의 크기는 식 (6)과 같이 결정되지만, 대상 물체가 영상의 전범위에 걸쳐 있지 않고 중앙에 일부만 존재하므로, 편의상 평면의 크기를 $2X \times 2Y$ 이 되도록 잡았다.

3. 단면의 생성

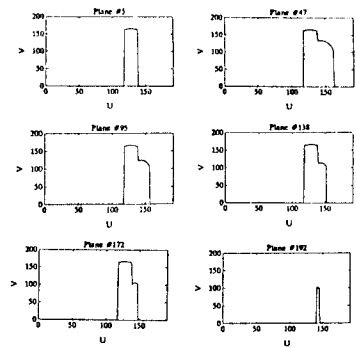
가정한 축에 대한 물체의 단면은 신호표측로의 회



(a)



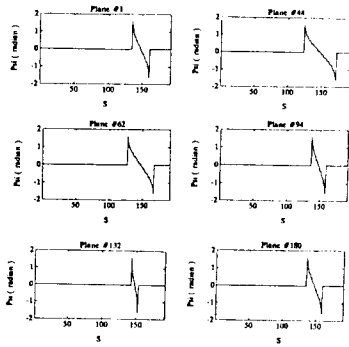
(b)



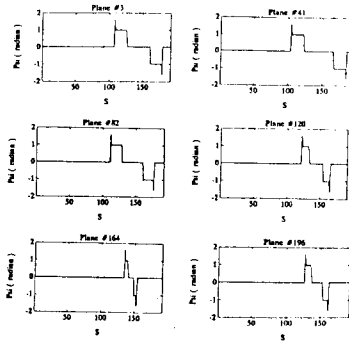
(c)

그림 9. 물체의 단면(물체의 축의 방향은 $\theta = 90^\circ, \varphi = 180^\circ$). (a) 단면이 원인 꽃병, (b) 단면이 다각형이 꽃병, (c) 원통과 부분적으로 가려진 원뿔

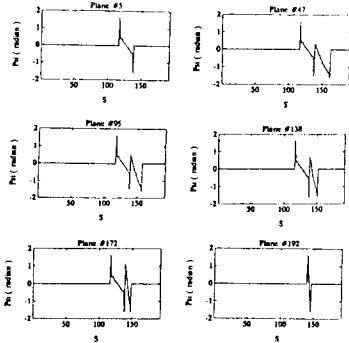
Fig. 9. Cross-sections of objects(orientation of the axis of an object, at $\theta = 90^\circ, \varphi = 180^\circ$). (a) a vase with the cross-section of circle, (b) a vase with the cross-section of polygon, (c) a cylinder and a partially occluded cone.



(a)



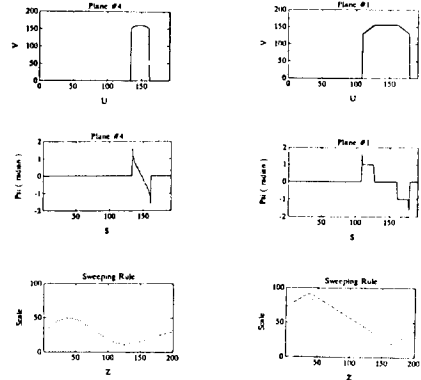
(b)



(c)

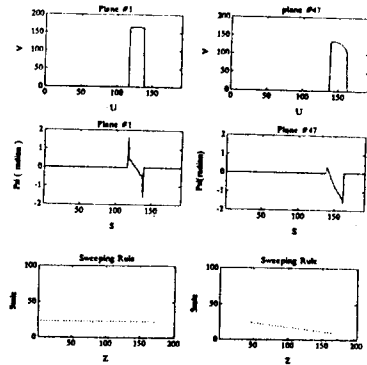
그림 10. 물체 단면의 ψ -S 곡선. (a) 단면이 원인 꽃병 (b) 단면이 다각형인 꽃병 (c) 원통과 부분적으로 가려진 원뿔

Fig. 10. ψ -S curves of cross-sections of objects. (a) a vase with the cross-section of circle (b) a vase with the cross-section of polygon (c) a cylinder and a partially occluded cone.



(a)

(b)



(c)

그림 11. 기준 단면에 대한 그림 8의 물체의 sweeping rule. (a) 단면이 원인 꽃병 (b) 단면이 다각형인 꽃병, (c) 원통과 부분적으로 가려진 원뿔

Fig. 11. Sweeping rules of objects in the Fig.8 for reference cross-sections. (a) a vase with the cross-section of circle (b) a vase with the cross-section of polygon (c) a cylinder and a partially occluded cone.

전 변환을 하여 얻는다. 그림 9에 보이는 물체의 단면들은 그림 8의 물체에 대하여 단위 법선벡터가 X-Y-Z좌표계에서 $\theta = 90^\circ$, $\varphi = 180^\circ$ 방향으로 위치시켰을 때 생성된 단면들의 일부분이다. 단면들은 평면 집합의 모든 평면위(200개)에 나타나지는 않는데, 이는 좌표계의 변환과정에서 신좌표계의 U와 V의 좌표값을 정수로 하였기 때문이다. U와 V의 좌표값을 정

수로 한 이유는 처리의 단순화를 위해서이며 SHGC 를 표현하는 데에는 크게 문제가 되지 않는다.

4. ψ -S 곡선

그림 9의 단면들에 대한 ψ -S 곡선은 그림 10과 같이 나타난다. 여기에서 단면의 크기가 변하더라도 S방향의 크지만 다르며 ψ 방향의 크기는 일정하므로, S방향으로 정규화 함으로써 단면들간의 유사도를 비교할 수 있는 것이다.

5. SHGC의 표현

그림 10의 ψ -S 곡선을 이용하여 찾아낸 sweeping rule의 결과가 그림 11이다. 그림 8에 대한 sweeping rule이 올바르게 나타남을 알 수 있다. 기준 단면은 ψ -S 곡선의 형태로 표현된다.

가려진 물체는 물체의 축을 가리지 않는 범위에서 그림 11(c)와 같이 부분적으로 가려진 경우에도 SHGC 표현이 가능하다.

V. 결론

본 논문에서는 거리영상으로부터 물체의 SHGC 표현을 간단히 할 수 있고, 입력 영상에 물체의 윤곽선이 나타나지 않는 경우에도 SHGC 표현이 가능한 단면처리법을 제안했다. 이 방법은 거리영상에서 가정 한 모든 축에 대하여 물체의 단면을 생성하고, ψ -S 곡선을 이용하여 단면을 표현하여 단면간의 유사도를 비교하여 입력 영상에 나타나는 물체를 SHGC로 표현한다.

제안한 단면처리법은 일반적인 단면을 가진 물체의 표현이 가능하며, 물체의 윤곽선을 이용하여 모델과의 정합을 하지 않고 물체의 3차원 정보가 보존된 거리영상을 사용하므로 처리과정이 간단하면서도 가려진 물체의 경우에도 SHGC 표현이 가능하다. 이 방법은 별도의 특징추출 과정이 필요없이 거리영상으로부터 직접 SHGC의 형태로 표현되므로 3차원 물체인식 분야에 유용한 도구로 사용되리라고 생각된다.

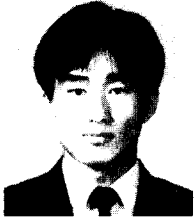
앞으로, 가정되는 축의 방향을 균일하게 샘플링하는 방법과 입력영상에 나타나는 일반적인 3차원 물체를 표현하기 위하여, 물체의 구성이 부분적으로 SHGC형태인 물체를 표현하는 방법에 대한 연구가 필요하다.

參考文獻

[1] Y. Shirai, *Three Dimentional Computer*

Vision, Springer-Velag, 1987.
 [2] Dana H. Ballard and Christopher M. Brown, *Computer Vision*, Prentice-Hall, 1982.
 [3] Binford and Agin, "Computer Description of Curved Objects", *IEEE Trans on Computer*, 1976.
 [4] Jean Ponce, David and Wallace B. Mann, "Invariant Properties of Straight Homogeneous Generalized Cylinders and Their Contours", *IEEE Trans on PAMI*, Sep, 1989.
 [5] Michel Dhome, Marc Richetin, Jean-Thierry Lapreste, and Gerard Rives, "Determination of the Attitude of 3-D Objects from a Single Perspective View", *IEEE Trans. on PAMI*, VOL. 11, NO.12, pp.1265-1278, Dec. 1989.
 [6] M. Richetin, M. Dhome, J.T. Lapreste, and G. Rives, "Inverse Perspective Transform Using Zero-Curvature Contour Points : Application to the Localization of Some Generalized Cylinders from a Single View", *IEEE Trans. on PAMI*, VOL.13, NO.2, pp. 185-192, Feb. 1991.
 [7] R. Krishnapuram and D. Casasent, "Determination of Three-Dimensional Object Location and Orientation from Range Images", *IEEE Trans. on PAMI*, VOL. 11, NO.11, pp.1158-1167, Nov. 1989.
 [8] 조 동욱, 최 병욱, "G.C.에 있어서 비선형축의 표현", 한국통신학회논문지, 제 13권, 4호, pp 309-321, 1988.
 [9] R. Krishnapuram and D. Casasent, "Hough Space Transformations for Discrimination and Distortion Estimation", *CVGIP*, 38, pp.299-316, 1987.
 [10] 노 경식, 권 인소, "영상불변량을 이용한 2차원 물체인식", 제 6 회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표논문집, pp.153-158, 1994년 1월.
 [11] 서 용덕, 홍 기상, "불변특징량을 이용한 모델 기반의 이차원 물체인식", 제 6 회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표논문집, pp.159-164, 1994년 1월.

著者紹介



金泰雨(正會員)

1967年 6月 9日生. 1990年 2月
한양대학교 전자통신공학과 졸업
(공학사). 1992年 2月 한양대학교
대학원 전자통신공학과 졸업(공학
석사). 1992年 3月 ~ 현재 한양
대학교 대학원 전자통신공학과 박
사과정 재학중. 주관심 분야는 영상처리, 물체인식,
문자인식, 신경망 등임.

崔炳旭(正會員) 第 31卷 B編 第 3號 參照