

3 차원 정보를 입력으로 한 물체의 조형

(Object Modeling from Three-Dimensional Information)

趙 東 旭*, 金 泰 鎔**, 崔 炳 旭*

(Dong Uk Cho, Tae Yong Kim and Byung Uk Choi)

要 約

본 논문에서는 깊이데이터를 이용한 물체의 조형방법을 제안한다. 입력으로 들어온 깊이데이터에서 물체의 형상특징을 추출하기 위하여 2×2 마스크내에서 깊이변화율을 고려한 Z축 기울기를 정의하여 각각의 원시도형(primitive)마다 가지는 크기와 방향특성을 이용하여 표면을 분류한다. 또한 여러개의 원시도형들의 조합으로 되어있는 물체에서는 핵심점을 정의하여 각 원시도형을 분리한다.

나아가 표면영역들간의 공간상의 위치관계를 구하여 인식을 위한 원시도형들간의 상관관계를 추출하였으며 제안된 방법의 유용성을 실험에 의하여 입증한다.

Abstract

This paper proposes the object modeling algorithm using depth data. In order to extract the shape of the object, surface is classified by the magnitude and the direction of Z gradient within the 2×2 mask from input depth data. For the object combined with several primitives is separated by kernel points. Further, spatial relationship between surface regions is extracted for the recognition. Finally, the effectiveness of this algorithm is demonstrated by several experiments.

I. 서 론

컴퓨터 시각분야의 초창기 연구는 주로 2차원 화상을 대상으로 명암도 데이터(gray level data)에서 뽑아낸 정보를 다루는 것이었다. 이러한 명암도 데이터에서 뽑아낸 정보는 시각방향에 따라 모양이 달라지며, 잡음등의 많은 제약을 받았고 그에 따른 전처리 과정의 증대와 적용대상의 확장에 대한 한계는

그 응용범위를 제한하였다. 그러나 최근의 기술발전은 화상에 있어서 물체의 각 점에 대한 깊이 정보를 이용함으로써 명암도 정보에서 다루기 힘들었던 회전의 해석, 불연속 처리, 겹침(occlusion)이 생김으로써 나타날 수 있는 불완전한 모양의 분석등 보다 강력한 처리분석을 가능하게 하고 있다.^[1~4]

본 논문에서는 깊이데이터로부터 물체표면을 평면, 원통, 원뿔, 구등의 원시도형(primitive)으로 분류하고 분류된 표면영역에서 특징을 추출하는 방법을 제안한다.

이때 물체의 3차원 정보인 깊이 데이터는 active ranging기법^[5]이나 shape from X^[6] 방법에 의하여 측정할 수 있다. 기존의 물체표면을 원시도형으로 표현하는 방법을 살펴보면 크게 두가지로 나눌 수 있

*正會員, 漢陽大學校 電子通信工學科
(Dept. of Elec. Comm. Eng., Hanyang Univ.)

**正會員, 韓國電氣通信公社 事業支援團
(Research Center, KTA)

接受日字: 1988年 1月 30日

는데 하나는 Kak^[7]처럼 각 점들에 대한 법선벡터(normal vector)를 이용하는 방법이고, 또 다른 하나는 Jain^[8]과 같이 곡률을 사용하여 표면을 분류하는 방법이다. 그러나 Kak의 방법은 배경과 물체와의 분리 그리고 여러개의 원시도형들의 조합으로 되어 있는 물체의 경우 각각을 분류할 수 있는 방법이 없으며, Jain은 분류될 원시도형의 갯수를 입력화상마다 일일이 입력시켜야만 하는 문제점이 있다. 본 논문에서는 Z축 기울기(Z axis gradient)라는 것을 정의하여 배경과 물체와의 분리 그리고 원시도형간의 분리를 자동적으로 하였으며 최종적으로 분리된 각 표면 영역에서의 분류를 행한다.

우선 입력으로 들어온 깊이데이터에서 Z축 기울기를 사용하여 물체와 배경을 분리해 내고 분리된 물체를 Z축 기울기의 외부방향 특성과 내부 방향특성 그리고 크기특성을 이용하여 표면의 분류를 한다. 또한 여러개의 원시도형들의 조합으로 되어 있는 물체는 핵심점(kernel point)을 정의하여 분류하며 최종적으로 각각의 분류된 표면영역들간의 공간상의 위치관계를 특정지어서 인식을 위한 원시도형들간의 상관관계를 구한다.

II. Z축 기울기

입력으로 들어온 깊이정보 Z는 화면좌표(x, y)의 함수로 표현되어 $Z=f(x, y)$ 로 나타내어지며 인접화소와의 간격을 dx, dy라 하면 기준화소를 중심으로 각 화소간의 깊이변화율은 $dz=f(x+dx, y+dy)-f(x, y)$ 의 식으로 나타낼 수 있다. 본 논문에서는 위와 같은 인접화소간의 깊이변화율을 Z축 기울기(Z axis gradient)로 정의하였다. 이와 같은 정의를 통하여 입력으로 들어온 깊이정보를 그림 1과 같은 2×2 마스크를 사용하여 Z축 기울기의 크기와 방향을 구한다.

$f(x, y)$	$f(x+dx, y)$
$f(x, y-dy)$	$f(x+dx, y-dy)$

그림 1. 2×2 마스크
Fig. 1. 2×2 mask.

그림 1에서 dx'와 dy'는 마스크내에서 깊이값이 최대가 되는 화소의 위치로, dx''와 dy''는 최소가 되는 화소의 위치라고 가정하면 Z축의 최대깊이 변화율은

$$dZ_{max}=f(x+dx', y+dy')-f(x, y) \quad (1)$$

이고 2×2 마스크내에서 기준화소를 중심으로 깊이변화율의 최대값은 식(2)와 같다.

$$Z_{max}=f(x, y)+dZ_{max} \quad (2)$$

또한 최소 깊이변화율은

$$dZ_{min}=f(x+dx'', y+dy'')-f(x, y) \quad (3)$$

이고 2×2 마스크내에서 기준화소를 중심으로 깊이변화율의 최소값은

$$Z_{min}=f(x, y)+dZ_{min} \quad (4)$$

이다.

그리고 Z축 기울기의 크기와 방향을 구하기 위한 임계치는

$$TH=(Z_{max}+Z_{min})/2=f(x, y)+(dZ_{max}+dZ_{min})/2 \quad (5)$$

로 하여 2×2 마스크내에서 (5)식을 만족하는 갯수 n을 구한다. n=1이면 (그림2(a)에서 P1만이 임계치를 넘는 경우) 그림 3(a)의 방향값B를 할당한다. n=2이면 (그림 2(a)에서 P1, P2가 임계치를 넘는 경우) 그림 3(a)의 방향값C를 할당한다. n=3인 경우 (그림 2(a)에서 P1, P2, P3가 임계치를 넘는 경우)는 보통 2×2 마스크내에서 존재치 않는 경우인데 주

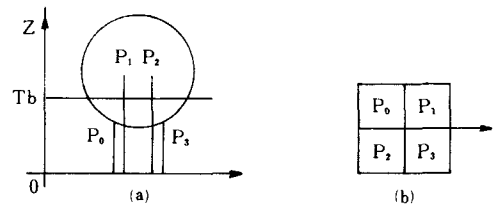


그림 2. 임계치와 방향의 예
(a) 임계치 (b) 방향
Fig. 2. Examples of threshold & direction.
(a) threshold. (b) direction.

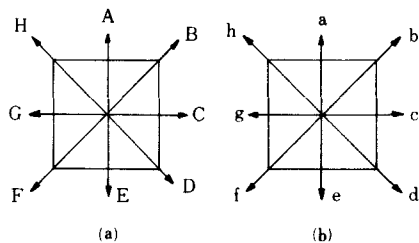


그림 3. 방향성분
(a) 경계면 방향성분
(b) 내부방향성분

Fig. 3. Direction.
(a) boundary direction.
(b) internal direction.

로 잡음에 의해서 생기며 잡음의 영향을 흡수하기 위하여 이때도 $n=2$ 와 같이 방향값 C 를 할당하였다.

따라서 방향은 Z 축 기울기가 뜻하는 바 그대로 깊이값이 먼 곳에서 가까운 방향으로 방향값을 할당하여 그림 3 과 같이 8 방향으로 Z 축 기울기의 방향을 나타낼 수 있다.

또한 Z 축 기울기의 크기를 $(Z_{\max}-Z_{\min})/\theta$ 로 하였으며 θ 는 통계처리를 위한 여유상수값이다. 이렇게 구한 Z 축 기울기가 다음식을 만족하면 이 방향은 물체내부의 성분이며 반대는 경계면 방향성분이다.

$$\text{Interdistance} > (Z_{\max}-Z_{\min}) / \theta \quad (6)$$

여기서 Interdistance는 2×2 마스크내에서 생길 수 있는 연속기대값의 최대치를 나타내는 것으로서 물체내부에서는 2×2 마스크내에서 Interdistance 값을 넘을 정도로 깊이값의 급격한 변화는 보통 존재치 않는다. 즉, 깊이값의 급격한 변화가 있다는 것은 바로 경계면이나 겹침(occlusion)이 생긴부분이 된다. 따라서 Interdistance보다 큰 값을 갖는 곳은 그림 3 의 (a)와 같이 대문자로 방향값을 할당하게 하였으며 Interdistance 보다 작은 값을 갖는(즉 물체의 내부가 된다.) 곳은 그림 3 의 (b)와 같이 소문자로 방향값을 할당하였다.

III. 표면분류(Surface Classification)

3 차원 입력정보인 깊이정보를 이용하여 물체를 표현하는데는 peak, pit, saddle, valley, roof, critical point 등을 이용하여 표현하는 것과 평면, 원뿔, 원통, 구등과 같은 간단한 원시도형을 사용하는 방법이 있다. 전자의 방법이 보다 더 일반적이고 복잡한 물체를 처리할 수 있지만 이와 더불어 복잡한 계산등을 수반한다.¹⁰⁾ 반면에 후자의 방법을 사용하는 경우는¹⁷⁾ 아주 복잡한 물체를 처리하기에는 미흡하지만 계산이 간단하며 인위적인 물체의 85% 정도는 처리가 가능하다는 보고가 나와 있다.¹⁸⁾ 본 논문에서는 Kak 과 Jain이 제안한 것과 같이 원시도형으로 평면, 원뿔, 원통, 구등을 사용하였다. 그러나 Kak의 방법은 법선벡터의 동경도선(equi-orientation)과 동크기선(equi-magnitude)을 이용하여 표면을 분류하였는데 물체와 배경과의 분리 및 표면 영역들간의 분리가 불가능하며 또한 표면분류에 대한 측정도구로 동경도선과 동크기선만을 이용함으로써 잘못 분류될 확률이 크다. 또한 Jain의 방법은 제곱오차의 합 방식으로 표면영역을 분리 한 후에 평균곡률, 가우스곡률등으로 표면을 분류하였는데,¹⁹⁾ 이 방법은 물체와 배경과의 분리 작업이 불가능하며 분리될 원시도형의 갯

수를 임의적으로 입력시키므로 불편이 따름과 동시에 표면이 잘못 분류되는 오류를 범하기 쉽다.

1. 물체와 배경과의 분리

방향성분을 전회상에 걸쳐 구하여 그림 3 에 나타낸 것과 같은 방향값을 구하여 이것을 방향도(그림 8, 14)라 부르기로 한다. 이것에서 상하좌우 주사(scanning) 하면 interdistance보다 큰 값을 가지는 경계면 방향 성분으로 구성된 폐영역을 끄집어 낼 수 있고, 이로써 물체와 배경의 분리가 가능해진다.

2. 표면분류

(1) 평면의 분류

Z 축 기울기의 경계면 방향으로 추출한 폐영역(즉, 물체)에서 평면은 모든 Z 축 기울기의 방향성분이 같을 뿐만 아니라 그 크기가 같다는 특성을 이용하여 평면으로 분류하며 평면의 방정식, 정점(vertex point) 등을 구한다.

(2) 곡면의 분류

원시도형이 구, 원통, 원뿔등과 같은 곡면의 경우 Z 축 기울기의 방향성분특성과 그 크기특성을 이용하여 표면분류를 한다.

1) 방향성분에 의한 분류

a) 경계면 방향성분에 의한 분류

경계면 방향성분은 Z 축 기울기의 크기 $(Z_{\max}-Z_{\min})/\theta$ 이 interdistance보다 큰 경우로서 이것은 곧 물체의 경계면이 된다. 그림 1 의 2×2 마스크내에서 구해진 Z 축 기울기의 방향특성중 경계면 방향특성을 유형에 따라 그림 4 와 같이 flag에 나타내었다.

정면에서 바라본 원통의 경우 주된 경계면 방향성분이 A, E, C, G에 해당하므로 그림 4(b)와 같이 이의 성분들이 서로 180° 의 관계를 이루는 갯수는 4 개, 90° 의 경우 8 개, 45° 의 경우는 없게되어 $\boxed{4400}$ 이 된다. 또한 앞으로 기울어 원통의 경우 C와 G는 주된 방향성분(긴 화살표로 나타냈음)으로 나타나지만 A와 E는 그 갯수가 미비(짧은 화살표로 나타냈음)하여 잡음으로 처리하여 $\boxed{2000}$ 이 되며 이와 같은 원리로 겹침이 생겨 반이 가리워진(점선으로 나타냈음)구의 경우 $\boxed{234}$ 가 됨을 알 수 있다.

b) 내부방향성분에 의한 분류

내부방향성분은 Z 축 기울기의 크기 $(Z_{\max}-Z_{\min})/\theta$ 이 Interdistance 보다 작은 경우로서 이것은 곧 물체의 내부가 된다. 구의 경우, 내부방향성분이 그림 3 의 (b)에서 a, b, c, d, e, f, g, h가 되므로 이의 성분들이 서로 180° 의 관계를 이루는 갯수는 8 개, 90° 의 경우 8 개, 45° 의 경우도 8 개가 되어 flag가 $\boxed{8888}$ 이 됨을 알 수 있다.

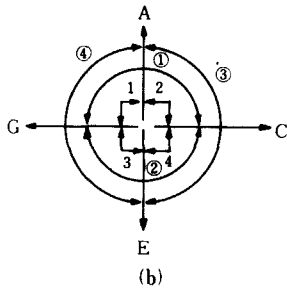
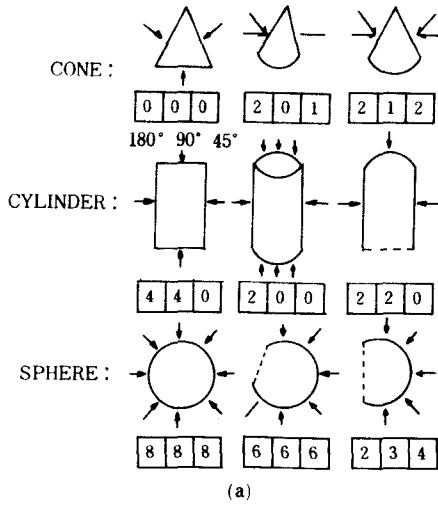


그림 4. 경계면 방향성분에 의한 분류
(a) flag 값 (b) flag 의 예

Fig. 4. Surface classification by boundary direction.
(a) flag value. (b) example of flag.

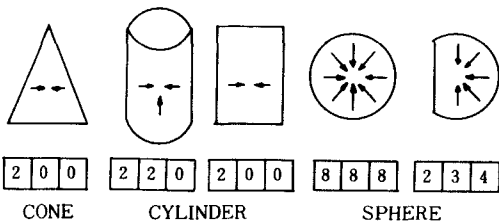


그림 5. 내부방향성분에 의한 분류
Fig. 5. Surface classification by internal direction.

만약 겹침이 생겨 구의 반쪽이 가려져 있다면 이 때는 내부방향성분이 그림 3의 (b)에서 a, e, f, g, h가 되므로 [2 3 4]가 되는 원리로 작성된 것이다.

2) 크기에 의한 분류

방향성분의 크기 $(Z_{max} - Z_{min}) / \theta$ 이 이루는 분포로써 원시도형 유형을 분류하였는데 그들의 방향성분

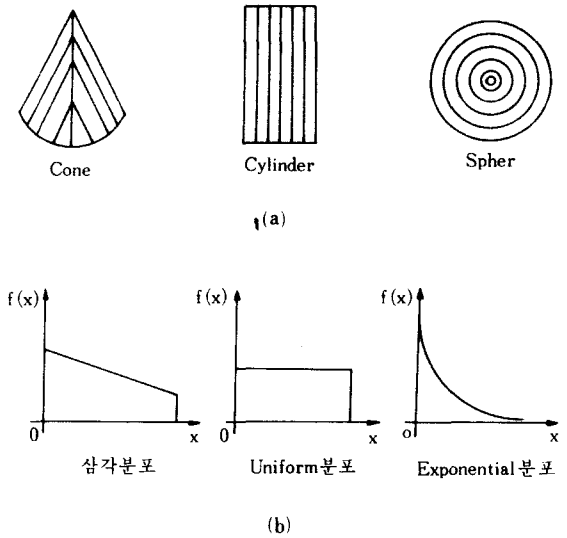


그림 6. 동경도선과 분포특성
(a) 동경도선
(b) 각 유형의 분포특성

Fig. 6. Equi-gradient contour & distribution.
(a) equi-gradient contour,
(b) distribution of each type.

크기값들이 같은 선(이것을 동경도선이라 하였다.)을 그려보면, 예를 들어 구의 경우는 원형적으로 원통의 경우 직선적이라는 것을 알 수 있다. 이상을 그림 6(a)에 나타내었는데 이것을 x축에 따라 그 누적분포를 그려보면 그림 6(b)에서 알 수 있듯이 원뿔은 그 크기가 선형적으로 줄어드는 삼각분포, 원통의 경우 일정분포, 구의 경우 지수함수적으로 감소하는 지수분포임을 알 수 있다.

이상과 같은 크기분포에 따른 특성을 구현하는 방법은 일종의 곡선 적합(curve fitting)과 같은 방법인데 우선 각 원시도형유형들의 분포특성에서 그 누적분포가 1이 되도록 하려면 무한대까지 적분해야 하므로 약 90%선을 잘라서 그 안에서의 누적분포만을 가지고 1이 되도록 정규화하여 구간을 일치시킨 후 각 원시도형유형(원통, 원뿔, 구)의 각 점의 누적분포함수(cumulative distribution function)의 기준양에 해당하는 무작위변수(random variable) x 값을 기억시킨다. 이제 해석하고자 하는 물체의 크기 분포를 empirical 분포^[11]로 만든 후에 기준양에 해당하는 무작위변수 y 값을 찾아서 각 원시도형유형의 변수 x와 각각 대응시켜 2차원 평면에 그린다.^[11] 이때 원시도형유형의 크기(scaling)와 병진(translation)에 무관하게 하기 위하여 (7)식과 같이 위치인자와 크기

인자를 사용하여 공간상 위치와 크기에 상관없이 원시도형의 분류가 가능하도록 한다.

$$G(x) = F\left(\frac{y-\gamma}{\beta}\right), y = \gamma + \beta x \quad (7)$$

(여기서 γ : 위치인자, β : 크기인자)

이와 같이 표면을 적절한 원시도형유형으로 분류하는데는 경계면 방향성분, 내부 방향성분 그리고 크기 방향성분 모두가 일치하였을 때 올바르게 되었다고 판정하며, 분류된 각각의 표면유형에서 구의 경우 구방정식등과 같은 기하학적 특징을 추출하였다.¹²⁾

3. 원시도형분리(primitive seperation)

여러가지 원시도형들의 결합으로 되어 있는 물체는 원시도형분리를 행한 후에 표면분류 알고리즘을 적용해야 한다. 이를 수행키 위해 본 논문에서는 구의 경우는 Z축 기울기의 크기와 방향이 없는 부분이 구의 중앙에 집중적으로 분포하며 원통은 중심축과 그 주변에 분포하게 된다. 이러한 점들을 핵심점(kernel point)이라 명명하였으며, 구는 원형적으로, 원통은 핵심점들을 적합한 직선의 법선방향으로 확장하여 다른 표면영역의 핵심점이 들어오거나 정보가 없는 점의 갯수가 정보의 갯수보다 많아지면 확장을 멈추게 하여 원시도형분리를 완료한다. 이와 같이 원시도형분리를 통해 영역들을 분리한 후 여기에 표면분류 알고리즘을 적용하여 표면분류를 행한다. 또한 분류된 표면 영역에서 예를 들어 구의 경우 구방정식등과 같은 특징을 추출하였다.¹²⁾ 이상과 같이 본 논문에서는 전 절에서 구한 Z축 기울기로서 배경과 물체를 구분하고 이러한 Z축 기울기가 가지고 있는 방향특성과 크기특성으로서 표면을 분류하였으며 핵심점을 정의하여 표면영역들간의 분리도 자동적으로 행하였다. 따라서 본 논문에서의 표면분류 알고리즘은 Z축 기울기라는 도구로 일관성있게 처리하고 있으며 알고리즘이 간단하다는 장점이 있다. 표 1에 본 알고리즘과 타 알고리즘과의 비교를 나타내었다.

IV. 각 표면들 간의 상관관계

이제 표면영역들간의 특징추출로서 공간상 위치관계를 규정짓는다.

1. 표준자세(standard pose)

물체가 관측자에게 물체의 특성이 많이 나타나도록 이동과 회전을 통하여 자세를 바로 잡는다. 이에 필요한 정보는 원시도형유형별로 표 2에 나타내었다. 원뿔의 경우는 축상의 점들에서 최하단점의 반경과 최상단점 반경중에 큰쪽 반경을 그리고 이것을

표 1. 표면 분류 알고리즘의 비교

Table 1. Comparisons of surface classification algorithm.

비교항목	Kak	Jain	본 알고리즘
사용 도구	법선벡터	곡률	Z축 기울기
물체와 배경과의 분리	안 됨	안 됨	Z축 기울기의 Interdistance값으로 분리가 가능하다.
표면분류방법	법선벡터의 크기와 방향을 이용	평균곡률, 가우스 곡률등과 같은 6개의 곡률을 사용하여 다중결합수로 함	Z축 기울기의 경계면방향성분, 내부방향성분, 크기등을 이용함
원시도형분리	안 됨	제품오차의 합 방법으로써 cluster의 수를 임의적으로 넣어 주어야만 함	Z축 기울기의 방향성분중 핵심점을 이용하여 자동적으로 원시도형의 분리를 행함

표 2. 중심점과 우선되는 정보

Table 2. Center point & prior information.

원시도형유	중심점	우선되는 정보
평면	내접원의 중심	내접원의 반경
구	구의 중심	반경
원뿔	축의 중간점	min(축길이), max(반경1, 반경2))
원통	축의 중간점	min(축길이, 반경)

축길이의 비교해서 작은쪽을 우선되는 정보로 삼았으며, 원통의 경우는 반경이 일정하므로 축길이의 비교해서 작은쪽을 우선되는 정보로 선택하였다. 이러한 정보를 가지고 다음의 순서로 표준자세를 잡는다.

단계 1 : 표 2에서 우선되는 정보의 크기가 큰 순서로 표준자세를 잡는다. $P_{c1}, P_{c2}, \dots, P_{cm}$ 으로 라벨링한다.

단계 2 : P_{c1} 을 원점으로 이동하는 행렬T는 $P_{c1} + [Tx, Ty, Tz] = [0 \ 0 \ 0]$ 에서 $T = [-P_{c1x} - P_{c1y} - P_{c1z}]$ 로 구할 수 있고 다른 원시도형유형의 중심점도 행렬T만큼 공간상에서 이동한다.

단계 3 : y, z축의 회전으로 P_{c2} 를 +x축에 일치시킨다. $P'_{c2} Rz(\alpha) = [x \ 0 \ z], P'_{c2} Ry(\beta) = [x \ 0 \ 0]$
(여기서 $\alpha = \tan^{-1} \frac{-y'_2}{x'_2}, \beta = \tan^{-1} \frac{z'_2}{x'_2}$)

단계 4 : 원시도형유형의 중심이 원통이나 원뿔등과 같이 축의 형태일 경우의 물체는 우선되는 정보의 크기우선으로 축이 x, y 평면에 평행하도록 θ 만큼 x축으로 회전시킨다. P_{C_i}

$$R_x[\theta] = [x \ y \ z], \text{ 여기서 } \theta = \tan^{-1} \frac{z_{i2} - z_{i1}}{y_{i1} - y_{i2}}$$

2. 원시도형들간의 상관관계

물체가 하나 이상의 원시도형유형으로 구성됐을 경우에는 표면영역들끼리의 특징추출을 위하여 원시도형유형끼리의 상관관계를 표준자세에서 구한다. 상관관계는 i 번째로 우선되는 정보가 큰 원시도형유형의 중심을 원점으로 두번의 회전과 한 번의 이동을 통하여 이동하는 homogeneous 행렬로 정의한다.

$$R_{1i} = R_z[\alpha] R_y[\beta] + T_{X_i}$$

$$= \begin{bmatrix} \cos \alpha_1 & \cos \beta_1 & \sin \alpha_1 & -\cos \alpha_1 \sin \beta_1 & 0 \\ -\sin \alpha_1 & \cos \beta_1 & \cos \alpha_1 & \sin \alpha_1 \sin \beta_1 & 0 \\ \sin \beta_1 & 0 & \cos \beta_1 & 0 & 0 \\ -T_{X_i} & -T_{Y_i} & -T_{Z_i} & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$P_{C_i} R = [0 \ 0 \ 0 \ 1] \quad (9)$$

여기서

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \frac{y_i}{x_i}$$

$$\beta_1 = \tan^{-1} \frac{z_i}{x_i \cos \alpha_1 - y_i \sin \alpha_1}$$

$$T_{X_i} = x_i \cos \alpha_1 \cos \beta_1 - y_i \sin \alpha_1 \cos \beta_1 + z_i \sin \beta_1$$

$$T_{Y_i} = T_{Z_i} = 0$$

이며 P_{C_i} 와 P_{C_j} 의 상관관계는 P_{C_i} 과의 관계를 이용하여 $R_{ij} = R_{ij} R_{ii}^{-1}$ 의 관계로 나타낸다.

V. 실험 및 고찰

본 논문에서의 실험은 IBM-PC/AT 상에서 C언어를 사용하여 구현하였다. 실험에 사용한 데이터는 64×64의 합성 깊이데이터를 약 5%에 해당하는 화소(대략 200개의 화소)에 잡음의 경우를 상징하여 무작위로 아무 정수값이나 넣어서 사용하였으며, 방향 마스크는 2×2, 마스크조각의 법선벡터를 구하기 위해서 3×3 마스크를 사용하였고 interdistance는 적용대상을 로보트비전으로 삼고 있기 때문에 3cm 정도가, 크기 여유값 θ 는 실험치로서 여러실험을 통해 2.5로 하였다. 그림 7은 합성깊이데이터를 그래픽으로 나타낸 것이며 그림 8과 같이 형성된 Z축의 기울기에 대한 방향도(direction map)에서 평면에 대한 분류와 정보(축, 평면방정식)를 그림 9와 같이 추출하

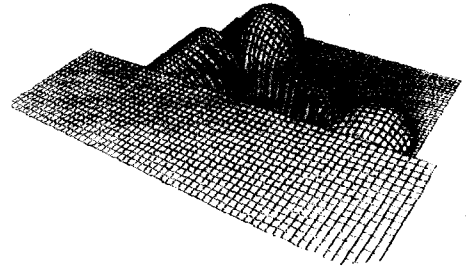


그림 7. 깊이 데이터
Fig. 7. Depth data.

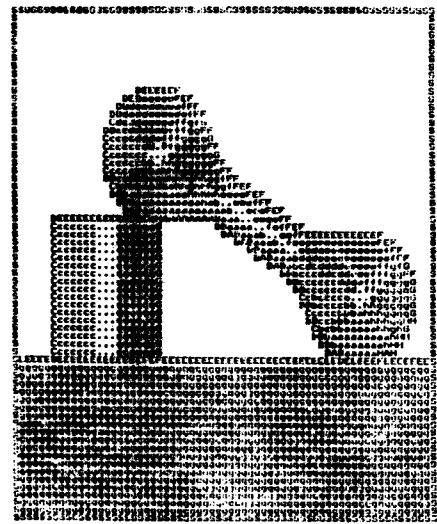
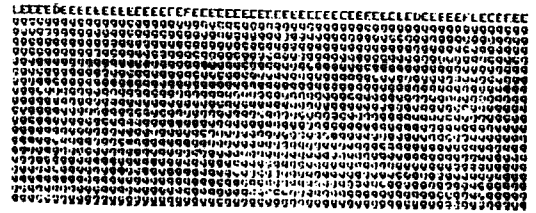


그림 8. 방향지도
Fig. 8. Direction map.



** Vertex Points Information, mm scale **
(0, 95, 301)
(310, 95, 480)
(0, 5, 301)
(310, 5, 480)
** The equation of plane 1 **
-0.000192X + 0.000000Y + 0.000332Z = 1

그림 9. 평면의 분류와 정보계산
Fig. 9. Plane classification & information calculation.

와 같이 각각 표면을 분리하고 구 방정식, 축방정식과 반경방정식등을 추출해낸다. 표 3은 그림11과 같이 여러개의 원시도형으로 이루어진 물체의 상관관계를 나타낸 것인데 (1)은 초기정보를, (2)는 초기정보를 정보크기순으로 정렬한 것이다. 또한 (3)은 구 1과 구 2 사이의 상관관계를 나타낸 행렬로서 그 결과 상관점(relation point)은 원점임을 알 수 있다. (4)는 구 2와 원통과의 상관관계를 상관점인 원점으로 이동하는 행렬식을 나타내고 있으며 최종적으로 변화된 정보를 표시하였다. 그림13은 지구본에 대한 합성깊이데이터를 그래픽으로 나타낸 것이며 그림14는

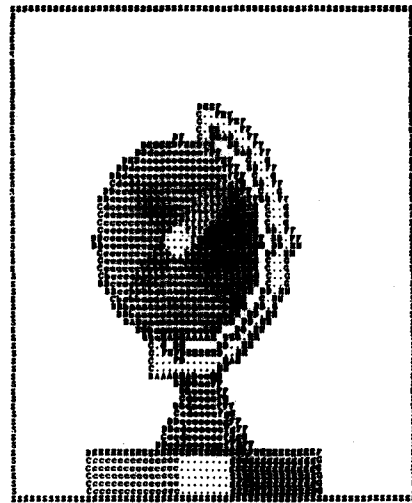


그림14. 방향지도
Fig. 14. Direction map.

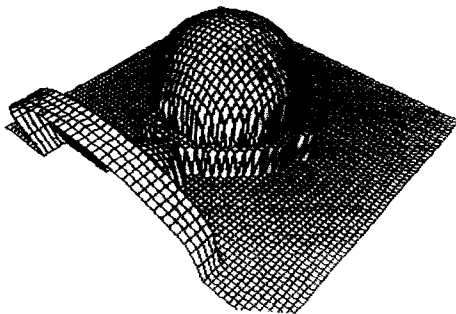
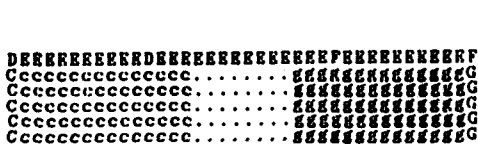


그림13. 깊이데이터
Fig. 13. Depth data.

이것을 방향도로써 나타냈으며 그림15는 원통에 대한 분류와 축방정식 그리고 반경 방정식을, 그림16은 원뿔에 대한 분류와 축 방정식, 반경 방정식을, 그림 17은 구에 대한 분류와 구 방정식을 각각 나타내었으며 또한 그림14 지구본의 틀 부분은 비선형축을 갖는

표 3. 상관관계 정보
Table 3. Relational information.

<p>(1) ** initial information **</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>x</th> <th>y</th> <th>z</th> <th>r₁</th> <th>x</th> <th>y</th> <th>z</th> <th>r₂</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>구 1</td> <td>1076</td> <td>2276-5390</td> <td>391</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1003</td> </tr> <tr> <td>원통</td> <td>1827</td> <td>1878-5632</td> <td>151</td> <td>1573</td> <td>2092</td> <td>-5264</td> <td>105</td> <td>104</td> </tr> <tr> <td>구 2</td> <td>2628</td> <td>1356-5412</td> <td>419</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1005</td> </tr> </tbody> </table>		x	y	z	r ₁	x	y	z	r ₂	구 1	1076	2276-5390	391	0	0	0	0	1003	원통	1827	1878-5632	151	1573	2092	-5264	105	104	구 2	2628	1356-5412	419	0	0	0	0	1005	<p>(2) ** sorted information **</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>x</th> <th>y</th> <th>z</th> <th>r₁</th> <th>x</th> <th>y</th> <th>z</th> <th>r₂</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>구 2</td> <td>2628</td> <td>1356-5412</td> <td>419</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1005</td> </tr> <tr> <td>구 1</td> <td>1076</td> <td>2276-5390</td> <td>391</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1003</td> </tr> <tr> <td>원통</td> <td>1827</td> <td>1878-5632</td> <td>151</td> <td>1573</td> <td>2092</td> <td>-5264</td> <td>105</td> <td>-495</td> </tr> </tbody> </table>		x	y	z	r ₁	x	y	z	r ₂	구 2	2628	1356-5412	419	0	0	0	0	1005	구 1	1076	2276-5390	391	0	0	0	0	1003	원통	1827	1878-5632	151	1573	2092	-5264	105	-495
	x	y	z	r ₁	x	y	z	r ₂																																																																	
구 1	1076	2276-5390	391	0	0	0	0	1003																																																																	
원통	1827	1878-5632	151	1573	2092	-5264	105	104																																																																	
구 2	2628	1356-5412	419	0	0	0	0	1005																																																																	
	x	y	z	r ₁	x	y	z	r ₂																																																																	
구 2	2628	1356-5412	419	0	0	0	0	1005																																																																	
구 1	1076	2276-5390	391	0	0	0	0	1003																																																																	
원통	1827	1878-5632	151	1573	2092	-5264	105	-495																																																																	
<p>(3) ** relation of primitive type 1 $\alpha=0.000000, \beta=0.000000$ **</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>1.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0.00</td> <td>1.00</td> <td>0.00</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>1.00</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>-1804.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p>$x_1=1804.000000, y_1=0.000000, z_1=0.000000$</p> <p>** result relation point **</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> </tbody> </table>	1.00	0.00	0.00	0	0.00	1.00	0.00	0	0.00	0.00	1.00	0	-1804.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	<p>(4) ** relation of primitive type 2 $\alpha=-0.034901, \beta=-0.066112$ **</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>1.00</td> <td>-0.03</td> <td>0.07</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0.03</td> <td>1.00</td> <td>-0.00</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>-0.07</td> <td>0.00</td> <td>1.00</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>-1120.13</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p>$x_1=1117.000000, y_1=39.000000, z_1=-74.000000$</p> <p>** result relation point **</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>0.00</td> <td>-0.00</td> <td>-0.00</td> </tr> </tbody> </table>	1.00	-0.03	0.07	0	0.03	1.00	-0.00	0	-0.07	0.00	1.00	0	-1120.13	0.00	0.00	1	0.00	-0.00	-0.00																																		
1.00	0.00	0.00	0																																																																						
0.00	1.00	0.00	0																																																																						
0.00	0.00	1.00	0																																																																						
-1804.00	0.00	0.00	1																																																																						
0.00	0.00	0.00																																																																							
1.00	-0.03	0.07	0																																																																						
0.03	1.00	-0.00	0																																																																						
-0.07	0.00	1.00	0																																																																						
-1120.13	0.00	0.00	1																																																																						
0.00	-0.00	-0.00																																																																							
<p>(5) ** changed information **</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>419</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1005</td> </tr> <tr> <td>1804</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>391</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1003</td> </tr> <tr> <td>952</td> <td>222</td> <td>74</td> <td>151</td> <td>1283</td> <td>-144</td> <td>74</td> <td>105</td> <td>-495</td> </tr> </tbody> </table>	0	0	0	419	0	0	0	0	1005	1804	0	0	391	0	0	0	0	1003	952	222	74	151	1283	-144	74	105	-495																																														
0	0	0	419	0	0	0	0	1005																																																																	
1804	0	0	391	0	0	0	0	1003																																																																	
952	222	74	151	1283	-144	74	105	-495																																																																	



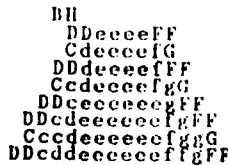
** direction information upper=220 lower=200 **
 ** CONE shape error rate is=16.518951 **
 ** CYLINDER shape error rate is=0.0000 **
 ** SPHERE shape error rate is=4.042034 **
 ** calculated axis equation **
 $A(s) = P1(151, -4, 703) + s(-0.0777, 0.9618, -0.2623)$
 $\quad | P2 - P1, \text{ end point } P2(146, 51, 688)$
 ** radius equation, mm scale **
 $R(s) = 89.67 + s(-8.11)$

그림15. 원통의 분류와 정보계산
 Fig. 15. Cylinder classification & information calculation.



** direction information upper=666 lower=888 **
 ** CONE shape error rate is=5.870779 **
 ** CYLINDER shape error rate is=2.776987 **
 ** SPHERE shape error rate is=0.280387 **
 ** equation of sphere is
 $(X - 129.6)^2 + (Y - 163.7)^2 + (Z - 697.0)^2 = 63.9$ **mm scale

그림17. 구의 분류와 정보계산
 Fig. 17. Sphere classification & information calculation.



** direction information upper=212 lower=234 **
 ** CONE shape error rate is=0.333722 **
 ** CYLINDER shape error rate is=9.775889 **
 ** SPHERE shape error rate is=2.102699 **
 ** calculated axis equation **
 $A(s) = P1(149, 27, 698) + s(0.0093, 1.0000, 0.0000)$
 $\quad | P2 - P1, \text{ end point } P2(150, 79, 698)$
 ** radius equation, mm scale **
 $R(s) = 35.81 + s(-15.81)$

그림16. 원뿔의 분류와 정보계산
 Fig. 16. Cone classification & information calculation.

VI. 결 론

본 논문에서는 깊이정보를 이용한 물체의 조형방법을 제안하였다. 입력으로 들어온 깊이데이터에서 Z축기울기가 가지는 경계면방향선분, 내부방향성분 그리고 크기로서 표면을 분류하였으며 여러개의 원시도형들의 조합으로 되어있는 물체는 핵심점을 정의하여 원시도형분리를 하였다. 본 논문에서 제안한 표면분류 알고리즘은 타방법에 비해 물체와 배경의 분리, 원시도형분리 그리고 표면분류등을 Z축기울기라는 도구로서 일관성있게 수행하였으며 최종적으로 인식에 필요한 각 표면영역들 간의 상관관계도 정의하였다. 앞으로 핵심점이 가려져 있는 경우에 대한 원시도형 분리방법과 어느 위치에서든 식별이 가능하도록 각 시각방향에 대한 효과적인 정보의 추출 및 식별방법에 대한 연구가 지속되어야 할 것으로 사료된다.

參 考 文 獻

[1] R.A Lewis and A.R Johnston, "A scanning laser image finder for robotic viechle," Proceedings of IJCAI, Cambridge MA, 1977.
 [2] M. Ishii and T. Nagata, "Feature extraction

원통인데 이것은 현재 본 논문의 알고리즘으로는 처리가 불가능 하였다.

본 논문에서 제시한 알고리즘은 평면, 원뿔, 원통, 구 등으로 이루어진 물체([10]의 문헌에서 알 수 있듯이 인위적인 물체의 85%는 이와같은 원시도형들로 구성되어 있다고 한다.)들을 효과적으로 처리할 수 있었지만 비선형 축을 갖는 원통표면에 대한 처리방법등에 관하여 계속연구가 진행되어야 할 것으로 생각되며 핵심점이 가려져 있으면 원시도형들간의분리가 불가능하므로 이에 대한 연구도 지속되어야 할 것으로 사료된다.

of 30 objects and visual processing in a hand-eye system using laser tracker," Proceedings of Pattern Recognition, 1976.

[3] Y. Nishikawa and S. Inochushi, "Range data entry techniques using laser scanner and iwo solid state sensor," *IEEE Trans. Instrum, Measurement*, IM-30 (4), 270, 1981.

[4] Jain, "Range image understanding," Proceedings of CVPR, 1985.

[5] Kosake Sato & Seiji Inochushi, "3-D Surface measurement by space encoding range image," *Journal of Robotic System*, 1985.

[6] Pavlidis et al, "Stereo vision," Proceedings of Pattern Recognition, pp. 502-512, 1986.

[7] H.S. Yang, K.L. Boyer & A.C. Kak, "Range data extraction and interpretation by structured light," Proceedings of CAIA, 1984.

[8] Jain, "Segmentation of range images," Proceedings of ECAI, 1986.

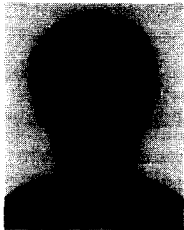
[9] Jain, "Intrinsic & extrinsic surface characteristics," Proceedings of CVPR, 1985.

[10] D.G. Hakala, R.C. Hillyard, P. Malaison & B.F. nource, "Natural quadrics in mechanical design," SIGGRAPL/81 seminar: Solid Modeling, 1981.

[11] A.M. Law & W.D. Kelton, *Simulation Modeling & Analysis*, McGraw Hill, 1982.

[12] 김태용, 조동욱, 최병욱, "3 차원 정보로부터 Z 축기울기를 이용한 물체의 조형" 전기·전자공학 하계 종합 학술대회 논문집, 1987. *

著 者 紹 介



金 泰 鎔 (正會員)
 1960年 9月 30日生. 1986年 2月
 한양대학교 전기공학과 졸업 공학
 사학위 취득. 1988年 2月 한양대
 학교 대학원 전자통신공학과 졸업
 공학석사학위 취득. 1988年 3月 ~
 현재 한국전기통신공사 사업 지원
 단 전임연구원. 주관심분야는 화상인식, 컴퓨터그래
 픽, 전전자교환기 등임.

趙 東 旭 (正會員) 第25卷 第12號 參照
 현재 한양대학교 공과대학
 전자통신공학과 강사

崔 炳 旭 (正會員) 第25卷 第12號 參照
 현재 한양대학교 공과대학
 전자통신공학과 부교수