

물체의 형상정보추출에 있어서의 임계값의 선정

正會員 趙 東 旭* 正會員 李 成 秬* 正會員 金 知 迎*

Determination of Threshold Value for Extracting Shape Information of the Objects

Dong Uk CHO*, Sung Suk RHEE* Ji Yeong KIM*, *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 입력으로 들어온 레인지 데이터에서 표면곡률을 계산하여 물체의 형상정보를 추출하는데 있어서 형상을 분류하기 위해 필요한 임계값을 선정하는 방법을 제안하고자 한다. 이는 우선 입력으로 들어온 레인지 데이터에서 평균곡률과 가우스곡률 등과 같은 표면곡률을 계산한다. 그 후 계산된 표면곡률값의 범위에 따라 물체의 형상특징을 분류하게 되는데 이때 임계값을 잘못 선정하게 되면 물체의 형상을 잘못 분류하게 되어 물체를 오인식하게 되는 문제점을 야기하게 된다. 따라서 본 논문에서는 통계적인 관점에서 표면이 평면인 경우 평균곡률과 가우스곡률이 동시에 0으로 간주될 수 있는 신뢰영역을 도출할 수 있는 방법을 제안하고자 하며, 경험적으로 정한 임계값과 본 논문에서 제안한 임계값으로 선정된 결과를 비교함으로써 본 논문의 유용성을 입증하고자 한다.

ABSTRACT

This paper propose on the determination of threshold values for extracting shape information of the objects. First, surface curvatures such as mean curvature and gaussian curvature is calculated from given range data. And then local surface regions are classified into the one of 8 primitives by using the sign of mean curvature H and gaussian curvature K . Also from the statistical viewpoint, the range of the zero of H and K in the range image is obtained through the analysis of the relation between mean curvature and gaussian curvature. Finally, the effectiveness of the proposed method in this paper is demonstrated by comparing with a case, where the zero threshold is arbitrarily obtained.

1. 서 론

지금까지의 컴퓨터 시각장치는 그림자가 안지게 하는 고밀도의 조명이나 어느 기준시점에서 관찰된

물체의 인식 등과 같이 제한요소가 가해진 환경내에서의 처리가 주류를 이루었다. 또한 화상의 인식과 해석이 주로 2차원적인 명암도 데이터에서 뽑아낸 정보를 다루는 것이었기 때문에 그 응용범위의 확장에 한계성을 지니고 있었다. 그동안 이와같은 문제점을 해결하고자 많은 연구가 수행되어 왔는데 그 대표적인 대안이 레인지 데이터(range data)를 사용한 3차원 컴퓨터 시각장치이다^{(1)~(3)}.

* 서원대학교 電子計算學科
Dept. of Computer Science, Seowon University.
論文番號 : 92-20(接受1991. 12. 10)

이러한 3차원 컴퓨터 시각장치는 2차원에서 처리하기 어려웠던 곡면과 평면의 구분, 회전의 해석, 불연속처리, 겹침(occlusion) 등의 처리를 보다 수월하게 해 주었다. 3차원 컴퓨터 시각장치는 크게 세 단계의 과정을 거치게 되는데, 첫째가 Shape from X⁽⁴⁾ (4-7)나 레인지 파인더(Range Finder : (8)-(10)) 등을 이용한 레이진 데이터의 획득, 둘째가 들어온 레인지 데이터로부터 물체의 형상 및 기하학적 특징추출, 최종적으로 셋째가 추출된 특징정보를 데이터 베이스에 입력해 놓고 입력화상과 맞추어 보는 정합과정으로 나눌 수 있다. 이 중에서 가장 중요한 작업중 하나가 바로 입력으로 들어온 레인지 데이터에서 물체의 형상특징을 추출하는 작업이 될 것이다⁽¹⁰⁾. 또한 이러한 형상특징을 추출하기 위해 사용해왔던 수학적인 도구는 법선벡터⁽¹²⁾나 표면곡률^{(13),(14)}을 많이 사용하여 왔는데, 이 중 특히 표면곡률은 평면뿐만 아니라 연속적인 표면 조각(smooth surface patch)으로 이루어진 물체이면 어느 곳이나 모두 적용이 가능하기 때문에 보다 많이 사용되어 왔다. 또한 Besl과 Jain⁽¹⁴⁾은 표면곡률을 이용하여 물체의 형상을 8개의 프리미티브(primitive)로 분할하는 방법을 제안했는데, 이는 인간이 만든 물체의 형상특징을 대부분 잘 나타낼 수 있기 때문에 많이 사용되고 있다. 그런데 이 방법은 표면곡률을 계산하여 계산된 값의 부호(sign)로써 물체의 형상특징을 결정하게 되는데 이때 이 부호값의 범위를 선정하는 임계값의 결정이 조금만 잘못되어도 물체를 엉뚱한 형상특징으로 분류하게 되어 오인식을 일으키게 되는 문제점을 포함하고 있었다. 따라서 본 논문에서는 평균곡률과 가우스곡률의 관계 및 결합확률분포를 감안하여 통계적으로 이러한 임계값의 범위를 선정하는 방법을 제안하고자 한다.

이는 우선 평면이 되는 레인지 데이터에 잡음등의 영향을 고려하여 가우스잡음을 부가하고 표면곡률을 계산한다. 그 후 가우스곡률과 평균곡률간의 관계를 분석하고, 적절한 변환을 통해 독립적인 관계를 갖는 변수를 도출한다. 최종적으로 이들 각각의 확률분포를 선택하여 결합확률분포를 구성하고 이로부터 동시적인 영역 및 신뢰영역을 구하여, 우리가 필요로 하는 형상특징추출에 있어서의 임계치를 선정하게 된다.

II. 표면곡률의 계산⁽¹⁴⁾

보통 표면곡률은 평균곡률(H : mean curvature)과 가우스곡률(K : Gaussian curvature)을 의미한다. 우선 직각좌표계에서 일반적인 표면 S를 매개변수 형태로 나타내면 다음 식과 같다.

$$S = \{(x, y, z) : x = d(u, v), y = e(u, v), z = f(u, v), (u, v) \in D \subseteq R^2\}$$

위 식에서 알 수 있듯이 표면은 2개의 매개변수형태로 나타낼 수 있으며, 여기서 각 성분은 연속적인 2개 편미분이 가능한 표면으로 가정할 수 있다. 또한 표면의 깊이함수를 표현하기 위해 그래프 표면(Monge Patch Surface)을 사용하며, 그래프 표면에서는 $d(u, v) = u$, $e(u, v) = v$ 로 표현되어 극히 간단한 함수로 나타낼 수 있다. 그리고 곡면은 아래식과 같이 표면의 제 1 기본식과 제 2 기본식으로 정의할 수 있다. 즉 제 1 기본식은 아래와 같으며

$$I(u, v, du, dv) = dx \cdot dx = [du \ dv] \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{21} & g_{22} \end{bmatrix} = dU^T [g] dU$$

여기서 행렬원소 [g]의 원소는

$$g_{11} = E = X_u \cdot X_u, \quad g_{22} = G = X_v \cdot X_v, \quad g_{12} = F = X_u \cdot X_v$$

이고,

$$X_u(u, v) = \frac{\partial x}{\partial u}, \quad X_v(u, v) = \frac{\partial x}{\partial v}$$

가 되며 X_u 와 X_v 는 각각 u 접선 벡터함수와 v 접선 벡터함수가 된다.

또한 제 2 기본식은 아래와 같으며

$$II(u, v, du, dv) = -dx \cdot dN = [du \ dv] \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} du \\ dv \end{bmatrix} = dU^T [b] dU$$

여기서 행렬원소 [b]의 원소는

$$b_{11} = L = X_{uu} \cdot N, \quad b_{22} = N = X_{vv} \cdot N, \quad b_{12} = M = X_{uv} \cdot N,$$

$$N(u, v) = \frac{X_u \times X_v}{|X_u \times X_v|}$$

이며, 또한

$$X_{uu}(u, v) = \frac{\partial^2 x}{\partial u^2}, \quad X_{vv}(u, v) = \frac{\partial^2 x}{\partial v^2}, \quad X_{uv}(u, v) = \frac{\partial^2 x}{\partial u \partial v} = X_{vu}$$

이다.

그리고 제 1 기본식 행렬 [g]와 제 2 기본식 행렬 [b]로 부터 아래 식과 같은 형태연산자를 정의할 수 있다.

$$[\beta] = [g^{-1}][b]$$

여기서 형태연산자 $[\beta]$ 를 이용하여 표면의 가우스곡률함수 K와 평균곡률함수 H를 아래식과 같이 구한다.

$$K = \det[\beta]$$

$$H = \frac{1}{2} \text{tr}[\beta]$$

이와같은 가우스 곡률 K와 평균곡률 H를 이용하여 그림 1과 같은 8개의 프리미티브를 표1과 같은 표면 곡률값의 부호에 의해 결정하게 된다.

표 1. 분류표
Table 1. Classification Table

H \ K	-	0	+
-	Peak (none)	Ridge	Saddle ridge
0		Flat	Minimal surface
+	Pit	Valley	Saddle valley

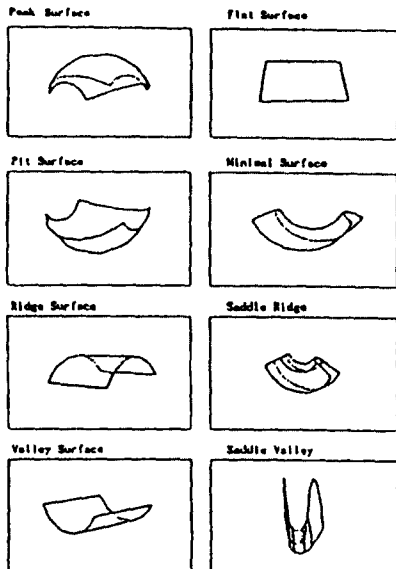


그림 1. 8개의 프리미티브
Fig. 1. 8 primitives.

III. 평균곡률(H)과 가우스곡률(K)의 동시적인 신뢰영역도출

앞 절의 표1에서 알 수 있듯이 가우스곡률과 평균곡률의 부호값에 의해 물체의 표면형상을 결정하게 되는데 이는 이상적인 이론표로서 실제형상에 적용할 시는 이러한 부호값의 범위를 결정해주어야 한다. 이를 위해 본 논문에서는 먼저 평면으로 간주할 수 있는 평균곡률 H와 가우스곡률 K의 동시적인 영범위 신뢰영역을 결정하여 이를 임계값의 범위로 선정하는 방법을 제안하고자 한다. 그런데 이러한 영역을 어떻게 설정하느냐 하는 것은 H와 K의 결합확률분포가 어떤 형태이나에 따라 달라진다. 우선 H와 K의 관계를 살펴보고 이들을 변환하여 통계적으로 다루기 쉬운 변수로 만든 다음 이들의 결합확률분포를 고려하여 동시적인 영범위 신뢰영역을 구하고자한다.

(1) 평면형상에 대한 평균곡률(H)과 가우스곡률(K)의 관계

평면형상에 있어서 평균곡률(H)과 가우스곡률(K)의 관계를 살펴보기 위하여 다음과 같이 모의실험을 수행하였다. 평면형상에서 얻은 레인지 데이터에 가우시안잡음, 즉 $N(0, .001^2)$ 에서 생성된 잡음을 부과한 후에 $62 \times 62 = 3844$ 인 모든 점에 있어서 가우스곡률(K)과 평균곡률(H)을 계산하였다. 이렇게 계산된 가우스곡률과 평균곡률 자료들간의 산포도를 살펴보면 다음의 그림 2에서 보는 바와 같다.

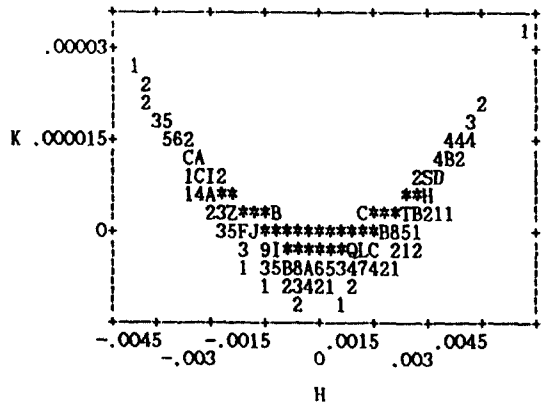


그림 2. 가우스곡률(K)과 평균곡률(H)
Fig.2. Gaussian Curvature(K) and Mean Curvature (H).

그림 2 에서 보듯이 가우스곡률(K)과 평균곡률(H)의 관계는 이차함수형태를 보이므로 적절한 변환을 취하면 단순한 선형관계로 나타낼 수 있다. 주목할중 최대곡률(k1)과 최소곡률(k2)과의 관계가 다음과 같다.

$$k = k_1 * k_2$$

$$H = (k_1 + k_2) / 2$$

이러한 변환에 따라 K와 H를 k1, k2로 나타내면 다음과 같다.

$$k_1 = H + \sqrt{H^2 - K}$$

$$k_2 = H - \sqrt{H^2 - K}$$

여기서 k1, k2 값이 모두 실수가 보장되도록 하려면 가우스곡률(K) 값이 음(-)의 값을 가지면 된다. 따라서 다음과 같이 K에 충분한 음수값을 더한 후 위식에 대입하여 k1, k2값을 얻는다.

$$K' = K - .00005$$

이렇게 얻은 k1, k2간의 관계를 보면 그림 3 과 같다.

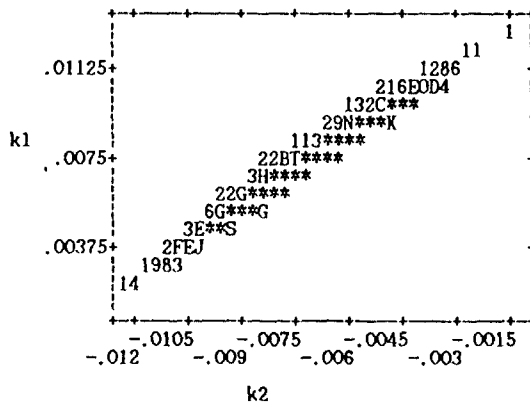


그림 3. k1, k2간의 관계
Fig.3. Relation between k1 and k2.

이제 k1와 k2는 선형관계를 보이니 직선의 좌우측의 밀도가 다르므로 단순한 이변량정규분포와는 다른 형태이다. 따라서 이에 대하여 축회전을 위한 다

음과 같은 변환을 취하였다.

$$X_5 = (k_1 - k_2) / 2$$

$$X_6 = k_2$$

이렇게 얻은 X5와 X6들간의 관계를 살펴보면 다음의 그림 4 와 같다.

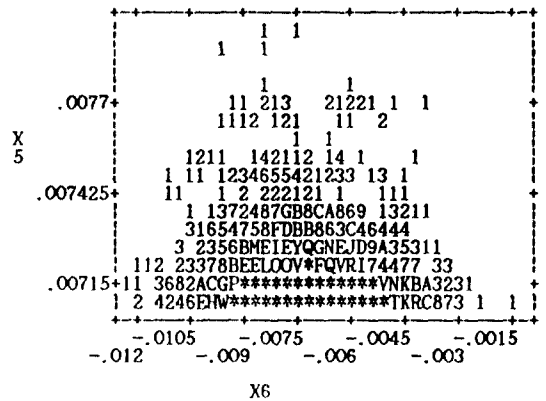


그림 4. X5, X6의 관계
Fig.4. Relation between X5 and X6.

이제 X5, X6들은 독립적인 이변량확률분포를 이루고 있는 것으로 생각되므로, 각각의 주변확률분포를 살펴보면 그림 5, 그림 6과 같다.

그림 5을 보면 X5는 위치가 이동된 지수분포형태이고 그림 6 을 보면 X6는 정규분포형임을 알 수 있다. 따라서 X5와 X6의 결합확률밀도함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$f(X_5, X_6) = f(X_5)f(X_6)$$

$$= a \text{EXP}[-a(X_5 b)] (2\pi\sigma^2)^{-1/2} \text{EXP}[-(X_6 - \mu)^2 / \sigma^2 / 2]$$

$$= a(2\pi\sigma^2)^{-1/2} \text{EXP}[-(X_6 - \mu)^2 / \sigma^2 / 2 a(X_5 b)]$$

$$a > 0, \sigma > 0, -\infty < b < \infty, -\infty < \mu < \infty$$

$$b < X_5 < \infty, -\infty < X_6 < \infty$$

또한 이 X5, X6를 각각 아래와 같이 변환하면, 즉

$$Y = a(X_5 - b),$$

$$Z = (X_6 - \mu) / \sigma$$

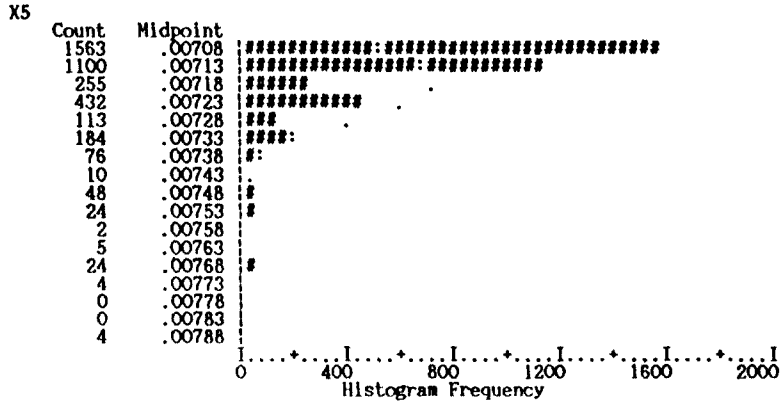


그림 5. X5의 히스토그램
Fig.5. Histogram of X5.

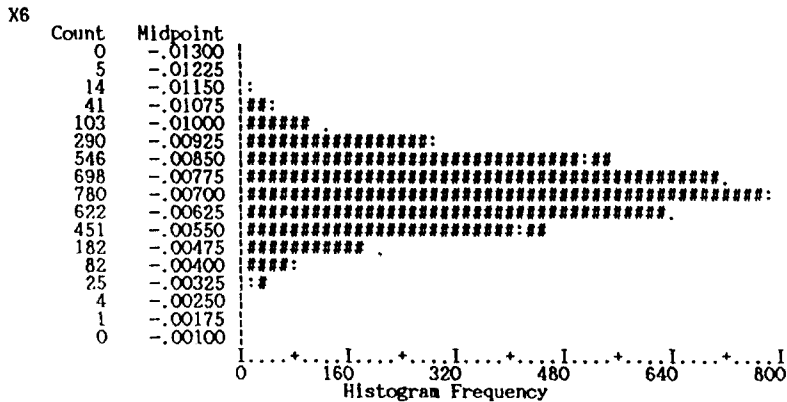


그림 6. X6의 히스토그램
Fig.6. Histogram of X6.

Y, Z의 결합확률밀도함수는 다음과 같이 간단한 형태로 표현된다.

$$f(Y, Z) = (2\pi)^{-1/2} \text{EXP}\{-(Z^2/2+Y)\};$$

$$0 < Y < \infty, -\infty < Z < \infty$$

(2) 동시적인 신뢰영역

H와 K의 신뢰영역을 구하기 위해서는 아래의 Y, Z의 결합확률 밀도함수가 같은 값을 갖는 영역을 구하여 얻는다. 여기서 $Z^2/2+Y$ 가 상수 c가 되면 f(Y, Z)도 일정하게 되므로 동시적인 신뢰영역은 상수 c가 결정되면 파라볼라(parabola)인 $Y = -Z^2/2+c$ 와 $Y=0$ 사이의 폐영역이 된다.

$$f(Y, Z) = (2\pi)^{-1/2} \text{EXP}\{-(Z^2/2+Y)\};$$

$$0 < Y < \infty, -\infty < Z < \infty$$

이 폐영역의 크기를 좌우하는 상수값 c를 결정하기 위해서는 어느정도의 오류가 수반되는데 이를 α 라 한다면 다음과 같이 표기된다.

$$\alpha = \text{Pr}(\text{귀무가설 기각} | \text{귀무가설 } Y=0 \text{ and } Z=0 \text{가 참})$$

$$1-\alpha = \text{Pr}(\text{귀무가설 채택} | \text{귀무가설 } Y=0 \text{ and } Z=0 \text{가 참})$$

$\text{Pr}(\text{귀무가설 채택} | \text{귀무가설 } Y=0 \text{ and } Z=0 \text{가 참}) = 1-\alpha$ 인 Y와 Z의 영역을 100(1- α)%신뢰영역이라 부른다. 이 신뢰영역은 귀무가설하에서의 판단오류의

확률 α 값을 확정한 다음, 결합확률밀도함수 $f(Y, Z)$ 를 Y 와 Z 에 대해서 다음과 같이 이중적분하여 그 값이 $1-\alpha$ 로 되는 상수 c 값만 구하면 된다.

$$\begin{aligned} & \Pr\{Z^2/2+Y\} < c, Y > 0\} \\ &= 2 \int_0^{(2c)^{1/2}} \int_0^{c-x^2/2} f(Y, Z) dy dz \\ &= 2 \int_0^{(2c)^{1/2}} \int_0^{c-x^2/2} (2\pi)^{-1/2} \text{EXP}\{-Z^2/2+Y\} f(Y, Z) dy dz \\ &= 2\Psi((2c)^{1/2}) - 2(c/\pi)^{1/2} \text{EXP}(-c) \end{aligned}$$

여기서 $\Psi(\cdot)$ 는 표준화정규분포함수를 나타낸다. $\Psi(\cdot)$ 를 실제로 계산하려면 여러가지 근사식 $\phi(\cdot)$ 중 다음과 같은 식을 이용하면 된다.

$$\phi(t) = .5 + .5(1 - \text{EXP}(-2t^2/\pi)(1 + 2(\pi-3)t^4/(3\pi^2)))^{1/2}$$

이를 위식에 대입하면 다음과 같은 부등식이 도출되고, 이 부등식을 충족시키는 최대의 c 값을 찾으면 된다.

$$\{1 - \text{EXP}(-4c/\pi)(1 + 8(\pi-3)c^4/(3\pi^2))\}^{1/2} (c/\pi)^{1/2} \text{EXP}(-c) < (1-\alpha) \quad (1)$$

실제 형상인식에 있어서 한 쌍의 H 와 K 값을 얻으면 위와 같은 변환을 취하여 Y 와 Z 를 구한 후 $c=Z^2/2+Y$ 식을 이용하여 c 값을 얻은 후 위 부등식을 충족하는 것만 동시적인 0으로 간주하면 된다.

IV. 실험 및 고찰

본 논문에서의 실험은 PC-386에서 행하였으며, 먼저 하나의 평면으로 구성된 64×64 레인지 데이터에 $N(0, .001^2)$ 인 가우시안 잡음을 첨가한 표본 레인지 데이터를 이용하여 앞에서 논한 통계적인 방법으로 Y 값의 계수와 Z 값의 계수를 결정한 후, 입력된 레인지 데이터에서 H 와 K 의 값을 계산하여 Y 값, Z 값, c 값을 계산하고 식 (1)을 만족하면 동시영역의 영범위 신뢰구간에 속하므로 평면으로 분류한다.

그림 7과 그림 8은 $N(0, .001^2)$ 인 가우시안 잡음이 첨가된 합성레인지 데이터이며, 정면에서 약 45도 각도에서 본 장면이다. 그림 9, 그림 10은 본 논문의 영

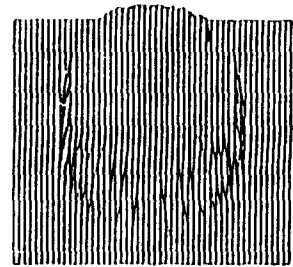


그림 7. 실험에 사용된 물체
Fig.7. Object Used in Experiment.

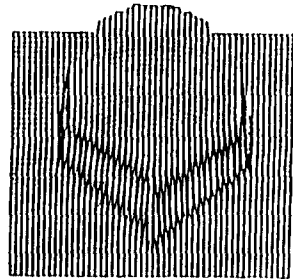


그림 8. 실험에 사용된 물체
Fig.8. Object Used in Experiment.

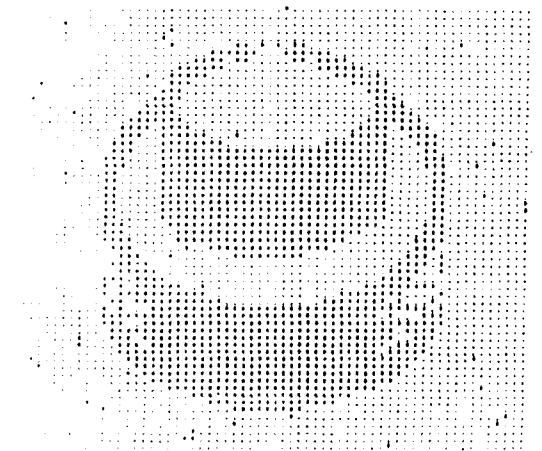


그림 9. 그림 7의 형상특징 : 본 논문의 방법
Fig.9. Shape Feature Extraction of Fig.7(Proposed method).

고리들을 이용하여 실험한 형상특징영상이고 그림 11, 그림 12는 임의의 값을 주면서 실험적으로 얻은 영문텍처로 실험한 영상이다. 여기서 “.”는 평면을 나타내며, “*”는 미정의 영역을 나타낸다.

여기서 그림 11과 그림 12는 임의의 값을 주면서 실험한 결과인데 이때 임의의 값은 여러 값들을 대입하여 보면서 결과가 잘 나온다고 여겨진 경험적인 값으로 택한 것이다. 따라서 본 논문에서 제안한 방법

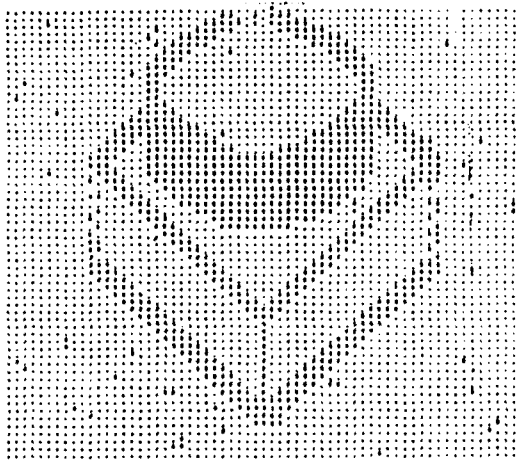


그림 10. 그림 8의 형상특징 : 본 논문의 방법
Fig.10. Shape Feature Extraction of Fig.8(Proposed method).

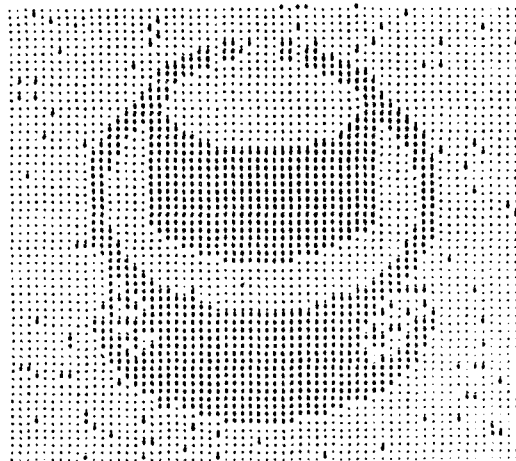


그림 11. 그림 7의 형상특징 : 기존의 방법
Fig.11. Shape Feature Extraction of Fig.7(Existing method).

과 임의의 값으로 실험한 방법과는 실험결과로는 큰 차이가 없음을 알 수 있으나, 본 논문에서 제안한 방법은 평면에서의 오인식이 비교적 적게 나타났을 뿐 아니라, 통계에 그 근거를 두어 행한 방법이기 때문에 공학적으로 의미가 있고 여겨진다.

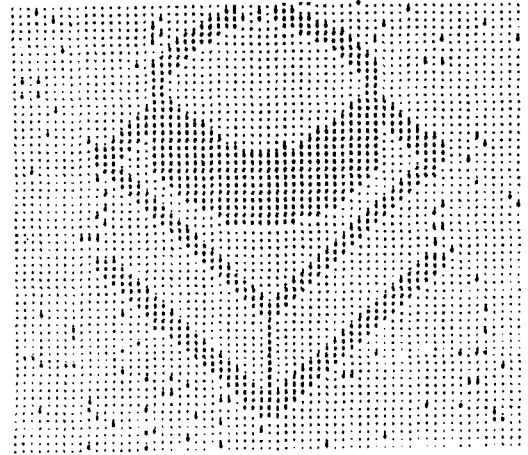


그림 12. 그림 8의 형상특징 : 기존의 방법
Fig.12. Shape Feature Extraction of Fig.8(Existing method).

V. 결 론

본 논문에서는 물체의 형상정보 추출에 있어서, H와 K의 임계값의 범위를 통계적인 관점에서 유도해 내는 방법을 제안하였다. 우선 가우스잡음이 첨가된 하나의 평면으로만 구성된 레인지 데이터에서 H와 K 값을 계산한 후 이들간의 관계를 통계적으로 분석하여 그 결과를 실제 레인지영상에 적용하였다. 앞으로 더 연구가 지속되어야 할 것은 보다 많은 레인지영상을 분석하여, H와 K 각각의 영범위 영역을 통계적으로 좀더 신뢰성있게 선정하는 연구가 지속되어야 하리라고 여겨진다.

끝으로 본 논문작성에 자료제공을 도와 준 한양대학교 박사과정 김태우군께 감사하는 바이다.

참 고 문 헌

1. Kanade, "Three-Dimensional Machine Vision," Kluwer Academic Publisher, 1987.

- Techniques for Computer Vision," IEEE Trans.
2. Jarvis, "A Perspective on the Range Finding on PAMI, 1983.
 3. Oshima and Shirai, "Object Recognition Using Three-Dimensional Information," IEEE Trans. on PAMI, 1983.
 4. Ikeuchi and Horn, "Numerical Shape from Shading and Occluding Boundaries," Artificial Intelligence, Vol.17, 1981.
 5. Kender, "Shape from Texture," Carnegie-Mellon University, November, 1980.
 6. Pavlidis, "Stereo Vision," Proceedings of Pattern Recognition, 1986.
 7. Chellappa et al., "Shape from X," First International Conference on Computer Vision, 1987.
 8. Nishikawa and Inokuchi, "Range Data Entry Techniques Using Laser Scanner and Two Solid State Sensor," IEEE Trans. on Instrum. Measurement., 1981.
 9. Sato and Inokuchi, "3-D Surface Measurement by Space Encoding Range Imagery," Journal of Robotic System, 1985.
 10. Cohen, Rimey and Cayula, "Real Time 3-D Object Recognition from Range or Visible Light Images," Computer Vision for Robots, 1985.
 11. 김태우, 조동욱, 최병욱, "레이저데이터를 이용한 물체의 특징추출," 제 3 회 영상처리및 이해에 관한 워크샵 발표논문집, 1991.
 12. Yang, Boyer and Kak, "Range Data Extraction and Interpretation by Structured Light," Conference on Artificial Intelligence Applications, 1984.
 13. Jain and Ittner, "Segmenation of Range Images," ECAI, 1986.
 14. Besl and Jain, "Invariant Surface Characteristics for 3D Object Recognition in Range Images," CVGIP, 1986.
 15. 박성현, BASIC에 의한 전산통계개론, 자유아카데미, 서울, 1991.
 16. Johnson and Wichern, Applied Multivariate Statistical Analysis, Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice-Hall, Inc., 1982.



趙東旭(Dong Uk CHO) 정희원
 1959년 8월 3일생
 1983년 2월 : 한양대학교 공과대학
 전자공학과 졸업(공학사)
 1982년~1983년 : (주) 신도리코기술
 연구소 연구원
 1985년 8월 : 한양대학교 대학원 전
 사공학과 졸업(공학석사)

1989년 2월 : 한양대학교 대학원 박사과정 졸업(공학박사)
 1989년 9월~1991년 2월 : 동양공업전문대학 통신공학과 조
 교수
 1991년 3월~현재 : 서원대학교(구· 청주사대) 전사계산학과
 조교수
 주관심분야 : 화상처리및 이해, Fuzzy이론, 신경회로컴퓨터



李成穆(Sung Suk Rhee) 정희원
 1958년 7월 22일생
 1982년 2월 : 연세대학교 상경대학
 경영학과 졸업(경영학사)
 1985년 8월 : 연세대학교 대학원 경
 영학과 졸업(경영학석사)
 1991년 2월 : 연세대학교 대학원 응
 용통계학과 졸업(경영학 박사)

1991년~현재 : 서원대학교 응용통계
 1991년 3월~현재 : 서원대학교 응용통계학과 조교수
 • 주관심분야 : 화상처리및 이해, 신호처리, 다변수 데이터
 분석



金 知 迎(Ji Yeong KIM) 정회원

1944년 9 월 9 일 생

1971년 2 월 : 고려대학교 법과대학
법학과 졸업(법학사)

1971년~1974년 : 대한해운공사

1974년~1977년 : 뉴욕주립 대학교
(SUNY-Binghamton)
경영대(SQM) 경영학
석사

1977년~1979년 : 뉴욕주립대학교(SUNY-Binghamton) 공대
전산과 전산학 석사

1979년~1984년 : 뉴욕주립대학교(SUNY-Binghamton) 공대
전산과 전산학 박사

1984년~1985년 : 오번대(Auburn U., Alabama) 공대 전산과
조교수

1986년~1989년 : 동양정밀공업(주) 중앙연구소 수석연구원

1989년~현재 : 서원대학교 전자계산학과 부교수

• 주관심분야 : 화상처리 및 이해, 시스템분석.