

論 文

G. C에 있어서 비선형축의 표현

A Representation of the Nonlinear Axis in the G. C

正會員 趙 東 旭* 正會員 崔 炳 旭**

Dong Uk CHO*, Byung Uk CHOI** *Regular Members*

要 約 본 논문에서는 단면(cross section)이 원(circle)인 곡면물체를 처리하는 방법인 G. C 표현에 있어서 필요한 축 방정식과 반경함수를 구하는 방법을 제안한다. 우선 입력으로 들어온 깊이 데이터에서 clustering을 통해 선형축을 가지고 있는 부분과 비선형축을 가지는 부분을 분리하였으며 각 표면마스크조각(surface mask patch)들의 법선 벡터를 통하여 축상의 점들을 추출하였다. 또한 추출된 축상의 점들이 비선형인 경우 Hermite 곡선으로 축방정식을 표현하였으며 본 논문의 유용성을 실험에 의하여 입증하였다.

ABSTRACT This paper proposes on the algorithm of axis equation & radius function for the G.C representation which describes the curved objects with circular cross section. Object combined with linear and non-linear parts is detached by clustering from depth data & axis points is extracted by normal vector of the surface mask patches. In the case of nonlinear axis point, axis equation is described by Hermite curve & the effectiveness of this paper is demonstrated by several experiments.

I. 서 론

기계가 인간과 같이 물체(object)를 인식하고 주변환경(environment)을 감지할 수 있도록 만

들고자 하는 노력은 시각능력을 지닌 기계의 무한한 유용성과 비례하여 많은 연구자들에 의해 계속적으로 경주되어 왔다.

흔히 컴퓨터비전으로 불리우는 이러한 기계의 시각장치에 대한 초창기적 연구는 주로 명암도 데이터(gray level data)에서 뽑아 낸 정보를 다루는 것이었다. 그러나 scene의 이러한 2차원적 표현은 컴퓨터비전의 응용범위를 제한하였다. 왜냐하면 이것은 명암도가 반드시 경계선(edge)에서 급격히 변한다고 하는데 그 근거를 두고 있다.

*, ** 漢陽大學校 電子通信工學科
Dept. of Electrocommunications, Hanyang Univ.
論文番號: 88-31 (接受 1988. 6. 9)

그런데 이러한 가정이 항상 성립한다고 할 수도 없을 뿐만 아니라 경계선 추출기(edge operator)의 부정확성으로 인하여 경계선을 scene의 기하학적 특징과 상관지울수도 없는 것이다. 이와같은 이유등으로 해서 최근에 깊이(depth) 데이터가 컴퓨터비전에 사용되고 있다^{(1)~(3)}.

본 논문에서는 이러한 깊이데이터를 입력으로 하여 scene에 있어서 물체를 표현하는 방법을 제안한다. 기존에 물체를 표현하는 방법^{(4), (5)} Spatial Occupancy, CSG 등과 같은 Volumetric 표현 그리고 아직까지는 다면체나 원통등으로 표현하는데 머물고 있는 Surface 표현 또한 skeleton이나 G.C⁽⁶⁾로 나타내는 Sweep 표현 등이 있었다. 그런데 우리가 주변에서 흔히 접할수 있는 물체로서는 단면(cross section)이 원(circle)인 물체가 많이 존재한다. 이러한 물체를 효과적으로 표현하는 것은 컴퓨터시각장치의 구현을 위하여 필요한 일인데 그동안 가장 유용하게 써오던 방법이 G.C 표현이다. 이러한 G.C 표현은 단면과 축방정식, 반경함수등을 사용하여 Sweep 표현으로 나타내는데 기존의 Agin과 Binford⁽⁶⁾에 의해서 제안된 G.C 표현식 자체는 선형축을 갖는 물체는 비선형축을 갖는 물체는 일의적으로 표현이 가능한 식이지만 비선형축의 경우 G.C 표현에 필요한 축방정식을 구하는 방법은 제시치 않았다. 보통 이러한 비선형축은 부분 부분선형축으로 fitting하여 잘라서 나타내는 것도 하나의 방법이 되겠지만 이와같이 자르는 작업도 용이치 않을 뿐 아니라 하나의 비선형축을 가지는 부분을 여러개의 fitting 된 선형축을 가지는 부분들의 결합으로 나타냄으로써 표현의 복잡성과 비선형을 선형으로 fitting 함으로써 생기는 오차, 그리고 처리 시간의 과당등의 문제점을 야기한다. 따라서 본 논문에서는 단면(cross section)이 원(circle)인 곡면물체를 G.C로 표현하는데 있어서 축상의 점의 추출과 이러한 점들을 가지고 기존의 방법으로는 처리할 수 없었던 비선형축을 갖는 부분의 축방정식을 구하는 방법을 제안한다. 우선 입력으로 들어온 깊이 데이터를 선형축을 가지는 부분과 비선형축을 가지는 부분으로 각각 분리해 내고, 각 표

면마스크조각들의 법선벡터의 교점을 통하여 골격선(skeleton)에 해당하는 축상의 점들을 추출한다. 그 후 추출된 축상의 점들을 가지고 비선형축인 경우 Hermite 곡선으로 축방정식을 표현하였으며 최종적으로 G.C 표현에 필요한 반경함수를 구하였다.

II. 선형축을 가진 부분과 비선형축을 가진 부분의 분리

본 논문에서는 이러한 작업을 수행키 위해 먼저 그림 1 과 같은 마스크를 정의한다. 즉 임의의 어느 한 점에 있어서의 깊이정보를 $f(x, y) = Z$ 라고 하고 각 화소(pixel)마다의 간격을 dx, dy 라 하면 Z축 기울기 $dZ = f(x+dx, y+dy) - f(x, y)$ 로 나타낼 수 있다.

입력으로 들어온 깊이데이터에서 축상의 점들을 추출하고 이러한 점들을 가지고 축방정식을 구하기 전에 수행해야 할 일은 선형축을 갖고 있는 부분과 비선형축을 갖고 있는 부분이 결합되어 있는 물체에 있어서 서로를 분리해 내는 작업이다.

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

그림 1 2×2 마스크
 2×2 mask

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

라 하면

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

또한

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

라 하면

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

(여기서 dx', dy' 는 깊이값이 최대가 되는 patch의 임의 위치를, dx'', dy'' 는 최소가 되는 임의의 위치를 뜻한다.)

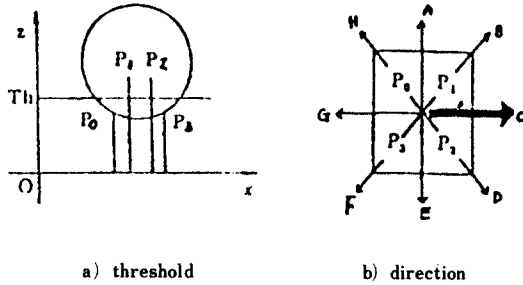


그림 2 임계치 (threshold) 와 방향의 예
Example of threshold & direction

그리고 $Threshold = f(x, y) + (dZ_{max} + dZ_{min}) / 2$

$$+ dZ_{min}) / 2 = (Z_{max} + Z_{min}) / 2 \quad (5)$$

로 하여 이를 만족하는 갯수 n에 따라서 n=1 이면 조건을 만족하는 조각(patch)의 방향으로(그림 2의 a에서 p1 만이 임계치를 넘게되면 방향값으로 B를 할당하게 된다.) n=2, 3 이면 그림 2의 a의 예가 되는 것인데 이때는 C로 향하는 방향값으로 할당하게 되며, (5)식에서 보다시피 n=4는 있을 수 없는 경우이다. 따라서 깊이값이 먼 곳에서 가까운 방향으로 성분이 형성되며

$$Z_{max} - Z_{min} < Interdistance \quad (6)$$

(6)식을 만족하면 이 방향은 물체내부의 성분이며 반대는 경계면 방향성분이다. 여기서 Interdistance는 2x2 마스크내에서 생길 수 있는 연속 기대값의 최대치를 나타내는 것으로서 물체 내부에서는 Interdistance 값을 넘을 정도로 깊이값의 jump는 보통 존재치 않는다. 즉 이러한 깊이값의 jump가 있다는 것은 바로 경계면이나 겹침(occlusion)이 생긴 부분이 되어 입력화상에서 배경과 물체를 구분해 내는데 사용할 수 있다.

가. 배경과 물체와의 분리

앞에서 설명한 것과 같이 그림 1과 같은 2x2 마스크를 전 화상에 걸쳐 구하여 방향지도(Direction Map)를 구성하면 이제 화상에서 우리가 처리해야 할 물체를 끄집어 내야한다. 이것은 구

성된 방향지도를 상하좌우 스캐닝(scanning)하여 경계면 방향성분으로 구성된 폐영역을 추출해냄으로써 우리가 처리해야 할 물체를 끄집어 내는 일이 가능해진다.

나. 선형축을 가진 부분과 비선형축을 가진 부분의 분리

이제 추출된 물체에서 선형축을 가진 부분과 비선형축을 가진 부분을 분리해 내어야한다. 이것은 선형축을 가진 원통의 경우 그림 11의 실험 데이터에서 보다시피 크기와 방향이 같은 점들이 선형적으로 분포하게 되는데 이 점들을 fitting한 직선의 법선방향으로 확장을 실시하여 정보가 없는 점의 수가 정보점의 수 보다 많아지면 확장을 멈추게 하여 선형축을 갖는 부분과 비선형축을 갖는 부분을 따로 분리 시킬 수 있게 된다.

III. 축 방정식의 표현을 위한 축상의 점 추출

G.C 표현은 그림 3과 같이 원(circle)을 갖는 단면(cross section)과 축방정식, 반경함수등으로 나타내는 일종의 Sweep 표현이다. 이 경우 축방정식이 G.C 표현에 가장 중요한데 기존의 Agin과 Binford(6)에 의해서 제안된 G.C 표현식 자체는 선형축을 갖는 물체든 비선형축을 갖는 물체든 일의적으로 표현이 가능한 식이지만 비선형축의 경우 G.C 표현에 필요한 축방정식을 구하는 방법은 제시치 않았다. 보통 이러한 비선형축은 부분 부분 선형축으로 fitting하여 잘라서 나타내는 것도 하나의 방법이 되겠지만 이와같이 자르는 작업도 용이치 않을뿐 아니라 하나의 비선형축을 가지는 부분을 여러개의 fitting 된 선형축을 가지는 부분들의 결합으로 나타냄으로써 표현이 복잡성과 비선형을 선형으로 fitting 함으로써 생기는 오차 그리고 처리시간의 과다등의 문제점을 야기한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 비선형축을 가지는 부분을 간결하게 하나의 곡선식으로 표현하는 방법을 제시하고자 한다. 우선 비선형축의 축방정식을 구하기 전에 축을 이루고 있는 축상의 점들을 추출해 내어야 한다. 이것은 화상에

서 골격선(skeleton)을 구하는 작업을 3차원으로 확장하는 것과 같은 원리인데 기존의 2차원 화상에서 사용하던 알고리즘으로서는 Nagel의 알고리즘⁽⁷⁾과 Wakayama의 알고리즘등 그 목적에 따라 사용되는 여러가지 방법이 있었다. Nagel의 알고리즘은 그림 4에 나타낸 것과 같이 Contour에 내접하는 원을 이동시키면서 골격선(skeleton)을 추출하는 것이고, Wakayama의 알고리즘은 사각형을 이동시키면서 골격선을 찾는 방법이다.

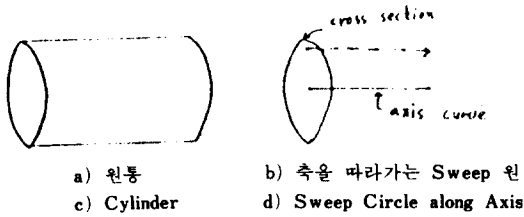
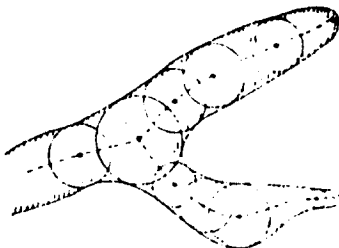
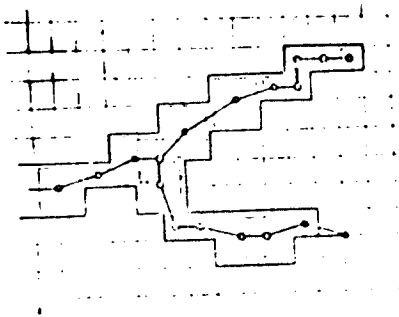


그림 3 일반 원통
Generalized Cylinders



a) Nagel's Algorithm



b) Wakayama's Algorithm

그림 4 기존의 세선화 알고리즘의 예
Examples of Pre-existing Thinning Algorithm

이와 같은 방법을 3차원으로 확장하는 것도 용이치 않을 뿐 아니라 처리시간이 많이 걸리고 분기점과 굴곡점등에서 많은 왜곡이 생긴다. 본 논문에서는 마스크조각의 법선벡터들의 교점을 통해 골격선 추출과 같은 작업인 축상의 점들을 추출하는 방법을 제안한다. 이 방법은 우선 G.C표현에 필요한 정보를 추출하는 것이므로 단면(cross section)은 원을 갖는다는 가정이 필요하다. 이러한 가정하에서 원주를 연결하는 직선의 중심점의 법선(normal) 성분은 중심을 지나게된다는 원리를 이용한다. 즉 3차원 물체상의 임의의 점 P(x0, y0, z0)에서 작은 길이 Δl 만큼 떨어져서 직교하는 두 직선을 따라 확장된 마스크조각(mask patch) Mp를 그림 5와 같이 정의한다.

이때 어떠한 임의의 점에 있어서 깊이 데이터 z는 앞 절에서 정의한 것과 같이 표현되며 각 화소(pixel)마다의 간격을 Δl이라 하면 그림 5의 마스크 조각 Mp는 (7) 식과 같이 나타낼 수 있다.

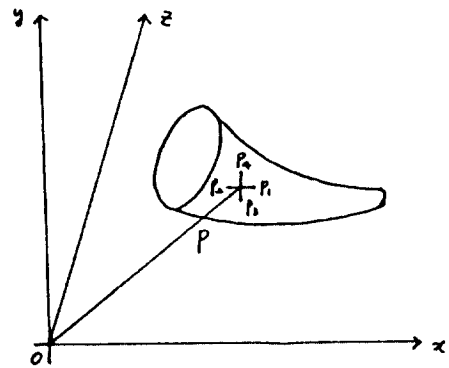


그림 5 표면 마스크 조각
Surface Mask Patch

$$M_p = \{P_1(x_0 + \Delta l, y_0, f(x_0 + \Delta l, y_0)), P_2(x_0 - \Delta l, y_0, f(x_0 - \Delta l, y_0)), P_3(x_0, y_0 + \Delta l, f(x_0, y_0 + \Delta l)), P_4(x_0, y_0 - \Delta l, f(x_0, y_0 - \Delta l))\} \quad (7)$$

이렇게 정의된 마스크조각 Mp의 중심점 p를

지나는 법선벡터(normal vector) V_p 정의할 수 있는데 M_p 의 평면방정식 $AX+BY+CZ=D$ 에서

$$V_p = (x_0 + At, y_0 + Bt, z_0 + Ct) \quad (8)$$

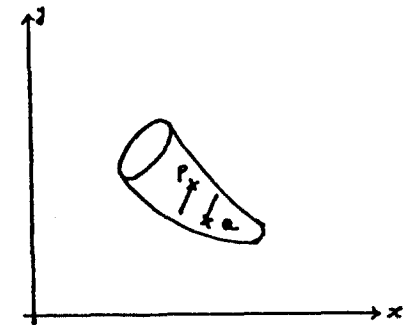
로 표현된다.

또 다른 점 $Q(x_1, y_1, z_1)$ 에서도 마찬가지로 (9)식과 같은 법선 벡터를 구할 수 있다.

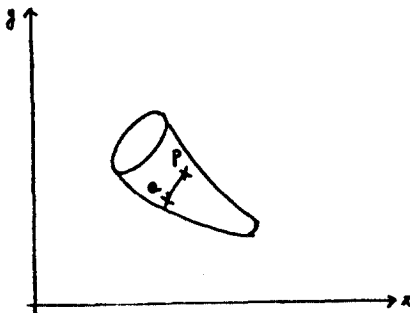
$$V_q = (x_1 + A's, y_1 + B's, z_1 + C's) \quad (9)$$

이제 두 법선벡터의 교점을 (8)과 (9)에서 구하면

$$\begin{aligned} t &= (A'y_0 - y_1) - B'(x_0 - x_1) / (AB' - A'B) \\ s &= (x_0 - x_1 + At) / A' \end{aligned} \quad (10)$$



a) 같은 평면상의 점



b) 다른 평면상의 점

그림 6 축상의 점 추출
Extraction of Axis Points

두 매개변수(parameter) s, t 의 값을 찾아 대입한 교점의 좌표 $V_p(t)$ 와 $V_q(s)$ 가 (그림 6. a)와 같이 일치하면 이 두 점 P, Q 는 같은 평면상에 있게되며, (그림 6. b)와 같으면 이것은 다른 평면상에 있게된다. 따라서 면이 넓은 경우 같은 평면상에 있게 되는 점들의 수가 많으며 작은 경우는 그 수가 적게된다. 이와 같이 같은 평면상의 점들을 누적시켜서 잡음의 영향등을 고려하여 어떤 갯수 이상인 점들만을 추출하면 이것이 우리가 구하고자 하는 축방정식을 이루는 축상의 점들이 된다.

IV. 곡면 물체의 표현

가. 축방정식의 추출

전절에서 구한 축상의 점들은 축방정식으로 표현되어야 하는데 이를 매개변수(parameter) 표현 형식을 사용하여 표현한다. 만약 매개변수 표현 형식을 사용하지 않게 되면 (9)의 문헌에서 알 수 있듯이 곡선상에 존재하는 임의의 점에서 곡선의 기울기가 무한대일 경우 이를 표현하기가 어려우며, 부분곡선은 시점과 종점으로 구분되어 지는데 임의의 점이 이 구간내에 존재하는가를 판단하기가 까다롭다. 특히 곡선이 환상(loop)을 이루게 되는 경우에는 하나의 좌표값에 대해 곡선상의 여러점들이 대응하므로 이들을 구분하기 힘들어 지는 문제점들이 있다. 따라서 본 논문에서는 이상과 같은 문제점 때문에 매개변수 형식을 이용하였다. 우선 축상의 점들이 선형을 이루는 곡면물체의 경우 매개변수 u 를 사용하여 下式과 같이 표현되며, 여기서 p_1 과 p_2 는 축상점들이 있어서 양 끝점을 나타내고 매개변수 u 는 $0 < u <= 1$ 이다.

$$p(u) = p_1 + U * (P_2 - P_1) \quad (11)$$

축상의 점들이 비선형인 곡면물체의 경우는 3차의 기하학적 계수(geometric coefficient)를 갖고 좌표와 접선벡터로 표시되는 Hermite 곡선으로 나타낼 수 있다⁽¹⁰⁾.

$$P(u) = a_3u^3 + a_2u^2 + a_1u + a_0 \quad (12)$$

$$P(u) = UMB \quad (16)$$

$$\begin{aligned} x(u) &= a_{3x}u^3 + a_{2x}u^2 + a_{1x}u + a_{0x} \\ y(u) &= a_{3y}u^3 + a_{2y}u^2 + a_{1y}u + a_{0y} \\ z(u) &= a_{3z}u^3 + a_{2z}u^2 + a_{1z}u + a_{0z} \end{aligned} \quad (13)$$

따라서 축방정식을 구한다는 것은 곧 (16) 식 으로 표현한다는 것이 되는데 이것은 B matrix를 구하는 작업과 같이 되어 양 끝점과 그점에서의 접선벡터로서 비선형축을 갖는 곡면물체의 축방정식을 표현할 수 있다는 결론에 도달하게 된다.

$$\begin{aligned} P(0) &= a_0 \\ P(1) &= a_0 + a_1 + a_2 + a_3 \\ P(0)' &= a_1 \\ P(1)' &= a_1 + 2 * a_2 + 3 * a_3 \end{aligned} \quad (14)$$

나. 곡면물체의 표현

언어진 축의 표현은 마스크조각의 법선벡터들의 의 교점 누적수가 어느값 이상만을 취하였기 때문에 작은 데이터 정보에 관하여는 효과적으로 묘사하지 못하였고, G.C 필요한 변경 정보도 구하지 못하였다. 따라서 임의의 중간점 Pm에서 양 끝점 방향으로 반경을 구하면서 축을 확장한다. 즉 그림 7 과 같이 Pm에서 인접하는 두 점의 끝방향 접선벡터 Pm1', -Pm0' 를 따라서 구하면서 매개변수 u에 대한 반경방정식 R(u)를 구하고 Pm을 양끝 방향으로 이동해 가면서 축의 법선 방향에 해당하는 단면의 유효 데이터 반경이 급격히 변하지 않고 축의 방정식이 미분 가능한 연속일 때까지 축을 확장해 나간다.

따라서

$$P(u) = [u^3 \ u^2 \ u^1 \ 1]$$

$$\begin{bmatrix} 2 & -2 & 1 & 1 \\ -3 & 3 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P(0) \\ P(1) \\ P(0)' \\ P(1)' \end{bmatrix} \quad (15)$$

이제 G.C 표현을 위해 Local 좌표는 그림 8 과 같이 양 끝점을 잇는 직선 단위벡터 (P1 - P0) / |P1 - P0|와 z축의 단위벡터 Uz를 이용하여 정의한다.

여기서

[u³ u² u¹ 1]을 U라 하고

$$\begin{bmatrix} 2 & -2 & 1 & 1 \\ -3 & 3 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \text{를}$$

$$\begin{aligned} (u, v, w) &= ((P1 - P0) / |P1 - P0|, \\ Uz * (P1 - P0) / |P1 - P0|, u * v) \end{aligned} \quad (17)$$

M (universal transformation matrix),

$$\begin{bmatrix} P(0) \\ P(1) \\ P(0)' \\ P(1)' \end{bmatrix} \text{를 B (geometric coefficient}$$

따라서 표면상의 점의 좌표 표현은 식(16)과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} F(u, \theta) &= P(u) + R(u) \cos \theta * V(u) + \\ &R(u) \sin \theta * W(u) \end{aligned} \quad (18)$$

matrix) 라고 하면 (15) 식은 아래와 같이 표현할 수 있다.

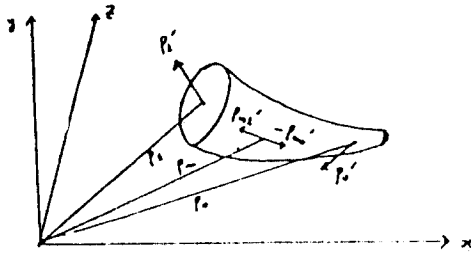
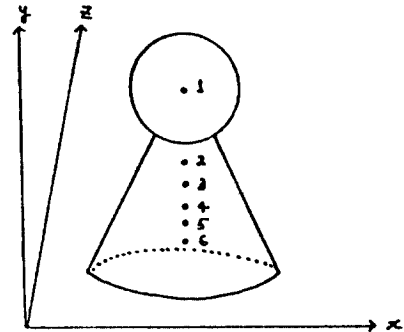


그림 7 축의 확장
Axis Extension



a) 축상의 점
a) Axis Point

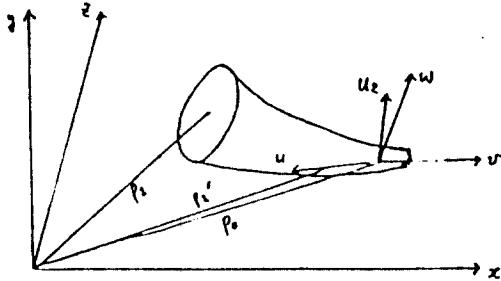
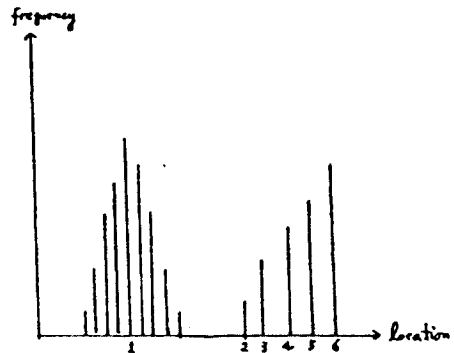


그림 8 표면점의 표현과 local 좌표
Surface Point Representation & Local Coordinate



b) 분포특성
b) Distribution Characteristics

그림 9 축상의 점과 분포특성
Axis Point and its Distribution Characteristics

다. 축상의 점들의 형태해석

구나 타원같은 곡면물체는 단면은 원이지만 축상의 점들을 추출키 위해 마스크 조각의 법선벡터들의 교점을 구해보면 선형축이나 비선형축을 이루고 있지 않고 거의 중심부에 밀집되어 축의 방정식으로 정의되지 않는다. 따라서 축의 정의보다는 중심점과 반경을 갖는 구의 방정식으로 표현이 가능하다. 즉 따로 고립되어서 높은 누적값을 갖는 물체는 별도로 구의 방정식으로 표현하며 법선벡터에 의해서 구해진 축상의 점(이것은 구의 중심점이 된다)은 잡음이나 계산오차에 의해 Gaussian분포로 형성되며 분산값내의 평균치로 정의한다.

V. 실험 및 고찰

본 논문에서의 실험은 IBM-PC/AT 상에서 C언어를 사용하여 구현하였다. 실험에 사용한 데

이타는 128×128의 화상을 synthetic 하게 생성하였으며 약 5%의 잡음을 random하게 첨부시켰다. synthetic 하게 데이터를 생성한 것은 아직 본 연구실에서 깊이데이터를 얻기 위한 장비가 구축이 안되었기 때문인데 잡음을 random하게 첨부시켜서 실질적인 실험 데이터에서 생길 수 있는 문제를 그대로 실현했기 때문에 synthetic하게 만든 깊이데이터이지만 실질적인 실험에 의해 얻은 데이터와의 차이가 없으리라 여겨진다. 우선 그림 10과 그림 16은 위와 같이 생성한 synthetic 데이터를 그래픽으로 나타낸 것이며 그림 11과 17은 이를 방향지도(Direction Map)

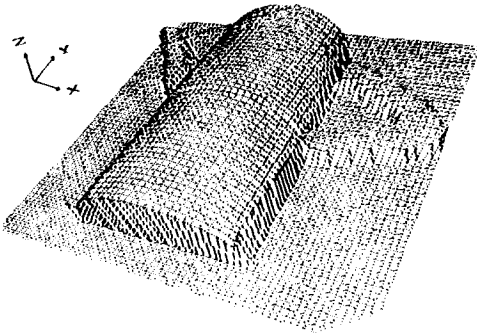


그림10 찾차 화상
Cup Image.

표 2 축방정식과 반경함수
An Axis Equation & Radius Function

B matrix		
1762.339722	830.751709	3942.864258
1752.314575	2216.484131	3947.353027
6149.132324	-1604.787598	0.000000
7443.623535	2481.208252	0.000000

Radius Function
 $R(u) = 17.500' + u * 0.000$

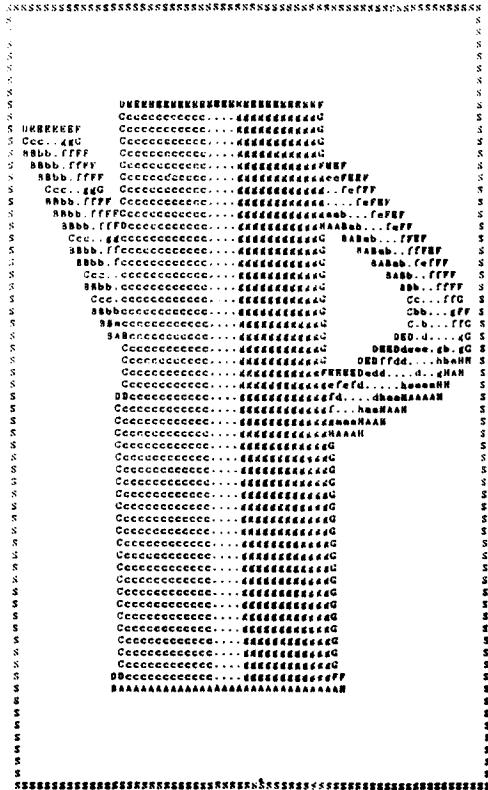


그림11· 찾차데이터의 방향지도
Direction Map of Cup data.

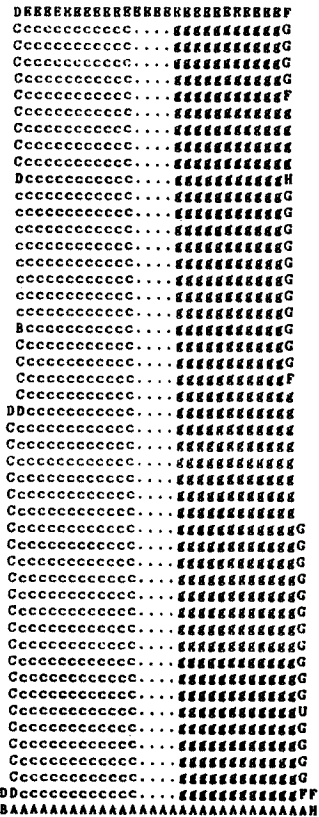


그림12 몸통부분의 방향지도
Direction Map of body part.

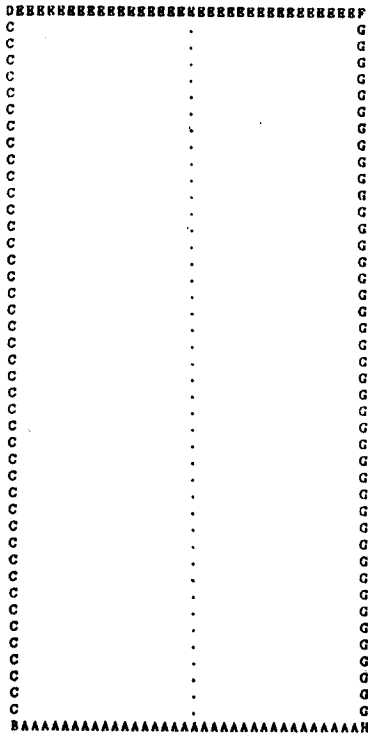


그림13 축상의 점들
Axis Points

표1 축방정식과 반경함수
An Axis Equation & Radius Function

<p>Axis Equation</p> $A(u) = pl(95, 60, 395) + u * (0.000, 1, 000, 0.000) * p2 - p1 \text{ end point}$ <p>p 2 (95, 275, 395)</p> <p>Radius Function</p> $R(u) = 85.000 + u * 0.000$

그러나 해상도(resolution)가 작으면 같은 평면 상에 있지 않은 마스크 조각들의 법선벡터들이 서로 만나게 되어 축상의 점들을 잘못 추출하는 경우가 있으므로 해상도가 64×64 이상이어야 하며 또한 비선형축을 갖는 물체들이 바로 인접해서 결합되어 있는 경우 선형축과 비선형축의 분리가 불가능하므로 이에 대한 연구가 지속되어야 할 것으로 사료된다.

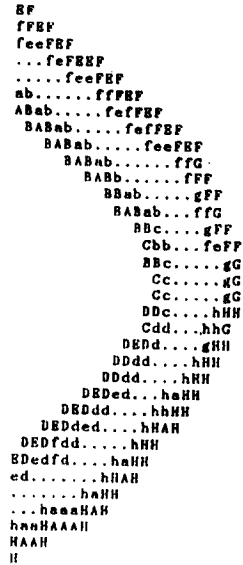


그림14 손잡이부분의 방향지도
Direction Map of Grip Part

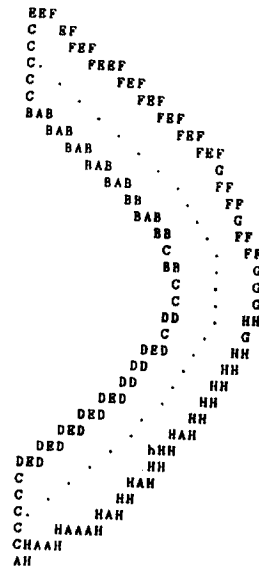


그림15 축상의 점들
Axis Points

로서 표현한 것이다. 방향 지도를 구하기 위해 사용한 마스크는 2×2 마스크이며 Interdistance는 3 cm로 하였고 방향지도에서 대문자는 경계면을 소문자는 물체내부를 나타낸다. 그림 12는 찻잔데이터에 대한 방향지도인 그림11을 선형축과 비선형축의 분리틀 통해 뽑아낸 찻잔의 몸통부분 데이터이다. 또한 그림 13은 찻잔의 몸통부분에 대한 축상의 점들을 나타낸 것이며 표1에 이에 대한 축방정식과 반경함수를 나타내었다. 그림14는 선형축과 비선형축의 분리에 의해 찻잔의 손잡이 부분에 대한 방향지도들, 그림15는 이에 대한 축상의 점들을, 표 2는 이러한 비선형축을 가지는 손잡이 부분에 대한 축방정식 UMB에서 B matrix와 반경함수를 나타내었다. 그림16은 커피포트 데이터를 그래픽으로 나타낸 것이며 그림 17은 이에 대한 방향지도들 그림18은 선형축과 비선형축의 분리에 의해 끄집어낸 커피포트의 몸통부분에 대한 방향지도들, 그림 19는 축상의 점들을 나타내었으며 최종적으로 표 3에 축방정식과 반경함수를 표시하였다. 그림20과 22는 커피포트에서 비선형축을 갖는 손잡이 부분과 주둥이 부분에 대한 방향지도들, 그림21과 23은 축상의 점들을, 표 4와 표 5는 이에 대한 축방정식과 반경함수를 나타내었다. 이상과 같은 실험결과 데이터에서 알 수 있듯이 본 논문에서 제안한 알고리즘은 비선형축을 갖는 곡면물체의 축방정식을 효과적으로 표현할 수 있었다.

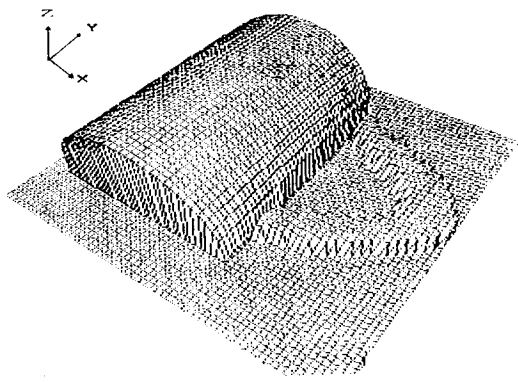


그림 16 커피포트 화상
Coffee-Pot Image.

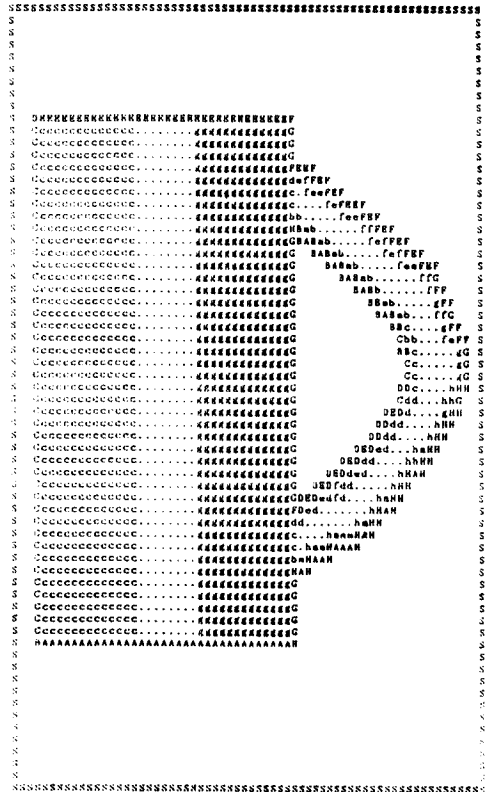


그림 17 커피포트데이터의 방향지도
Direction Map of Coffee-Pot Data.

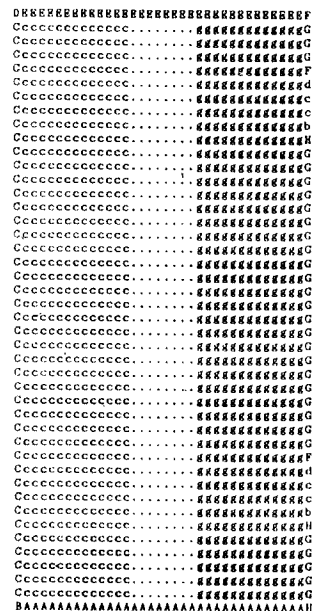


그림 18 몸통부분의 방향지도
Direction Map of Body Part.

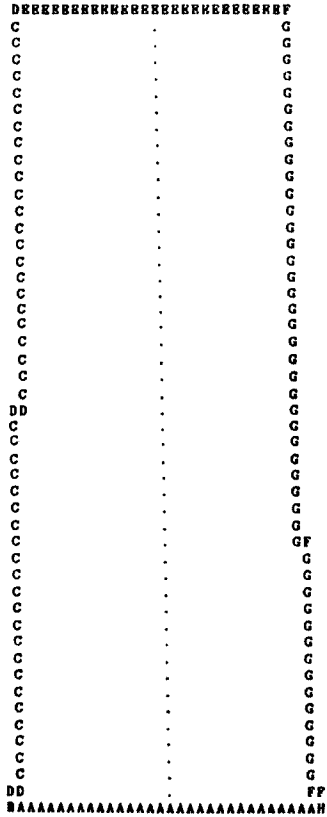


그림19 축상의 점들
Axis Points

표 3 축방정식과 반경함수
An Axis Equation & Radius Function

Axis Equation

$$A(u) = P_1(140, 40, 395) + u \cdot (0.000, 1.000, 0.000) \cdot |p_2 - p_1| \text{ end point}$$

(140, 275, 395)

Radius Function

$$R(u) = 75.00 + u \cdot -0.0212$$

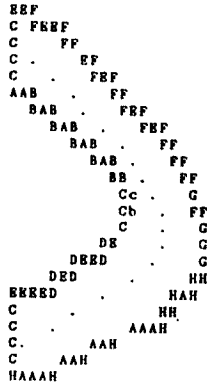


그림21 축상의 점들
Axis Points

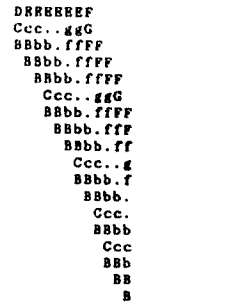


그림22 주둥이부분의 방향지도
Direction Map of Mouse Part



그림20 손잡이부분의 방향지도
Direction Map of Grip Part

표 4 축방정식과 반경함수
An Axis Equation & Radius Function

B matrix

2230.343262	2473.177490	3946.672607
2656.377930	1580.735596	3945.781738
3469.151855	2601.862793	0.000000
29864.431641	7466.115723	0.000000

Radius Function

$$R(u) = 18000 + u \cdot 0.000$$

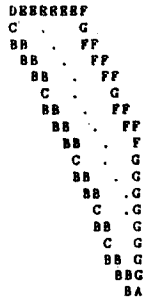


그림23 축상의 점들
Axis Points

표 5 축방정식과 반경함수
An Axis Equation & Radius Function

B matrix		
232.866379	2719.235352	3947.125000
719.015808	2214.671387	3946.569336
13283.831055	17711.765625	0.000000
12.156263	12.156264	0.000000
Radius Function		
$R(u) = 16.500 + u * 0.000$		

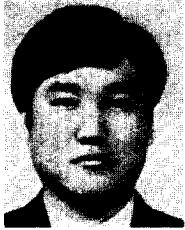
VI. 결 론

본 논문에서는 단면이 원인 곡면물체를 G, C로 표현하는데 있어서 기존의 방법으로는 표현할 수 없었던 비선형축의 축방정식을 구하는 방법을 제안하였다. 마스크조각의 법선벡터로서 축상의 점을 추출하였고 기존의 방법으로는 나타낼 수 없었던 비선형축을 갖는 곡면물체의 경우 Hermite 곡선으로써 축방정식을 표현하였다. 또한 반경방정식은 축상의 점과 마스크조각의 거리(distance

를 측정함으로써 구할 수 있었다. 앞으로 단면이 원이 아닌 물체에 대한 단면표현식에 관하여 연구가 계속되어야 하겠고 비선형축을 갖는 부분들이 서로 인접되어 있는 경우 분리가 불가능하므로 이에 대한 연구도 지속되어야 할 것으로 사료된다.

參 考 文 獻

1. Besl & Jain, "Range Image Understanding", Proceedings of Computer Vision & Pattern Recognition, pp.430-449, 1985.
2. Kanade, "Three-Dimensional Machine Vision", Kluwer Academic Press, 1987.
3. Sato & Inokuchi, "3-D Surface Measurement by Space Encoding Range Imaginary", Journal of Robotic System, pp.27-29, 1985.
4. Ballard & Brown, "Computer Vision", Prentice Hall, pp.264-311, 1982.
5. Henderson, "Efficient 3-D Object Representations for Industrial Vision Systems", IEEE Trans. on PAMI, 1983.
6. Agin & Binford, "Computer Description of Curved Objects", IEEE Trans on. Computer, 1976.
7. Nagel & Blum, "A Symmetric Axis Basis for Object Recognition and Description", Proceedings of IEEE Meeting on Decision & Control, 1976.
8. Tadao Wakayama, "Skeleton Tracing Based on Maximal Square Moving", IEEE Technical Report PRL 78-87, 1978.
9. J.D. Foley & A. Van Dam, "Fundamentals of Interactive Computer Graphics", Addison Wesley, 1982.
10. Mortenson, "Geometric Modeling", pp.30-150, John Wiley & Sons, 1985.



趙 東 旭(Dong Uk CHO) 正會員
1959年 8月 3日生
1983年 2月: 漢陽大學校 工科大學 電
子工學科 卒業(工學士)
1982年~1983年(株) 신도리코 技術研究
所 研究員
1983年 9月~1985年 8月 : 漢陽大學校
大學院 電子工學科 卒業
(工學碩士)
1985年 9月~1988年 8月: 漢陽大學校 大學院 電子通信工學科
博士過程 修了
1986年: 東洋工業專門大學 通信工學科 講師
1987年~現在: 漢陽大學校 工科大學 電子通信工學科 講師



崔 炳 旭(Byung Uk CHOI) 正會員
1949年 10月 2日生
1981年: (日本) 경웅大學電氣工學科 工學
博士
1981年~現在: 漢陽大學校 工科大學 電
子通信工學科 副教授
1986年 8月~1987年 8月: University of
Maryland 방문教授