단면이 원인 3차원 물체의 특징 추출

조 동 욱†

요 약

본 논문에서는 단면이 원인 3차원 물체의 특징 추출 방법을 제안하고자 한다. 고기능의 물체 인식 시스템을 구현하기 위해서는 2차원 영상과 3차원 영상의 정보를 효과적으로 추출, 취합하는 시스템을 구축하여야만 한다. 이를 위해 2차원 영상과 3차원 영상의 정보를 취합하여 물체를 인식하는 시스템을 구축하고자 하며 본 논문에서는 이중에서 3차원 영상의 정보를 추출하는 방법을 다루며 이를 단면이 원인 물체를 중심으로 제안하고자 한다. 단면이 원인 물체의 특징 정보로는 모양 정보와 기하학적 정보가 이용된다. 이를 위해 모양 정보는 Z축 기울기를 제안하여 이의 특성을 파악하여 모양 정보를 추출하였으며, 기하학적 정보는 표면에서 법선 벡터들의 교점 특성을 이용하여 추출하였다. 또한 보다 세밀한 인식을 위해 표면 영역들간의 특징값을 추출하는 방법을 제안하며 최종적인 인식 효율을 위해 기능 정보를 추출하는 방법도 다루었다. 끝으로 본 논문의 유용성을 실험에 의해 입증하고자 한다.

Feature Extraction of the 3-Dimensional Objects with Circular Cross Sections

Dong Uk Cho†

ABSTRACT

A feature extraction method for the objects that have a circular cross section is proposed.

To implement a robust recognition system which can effectively deal with various types of 2-dimensional image and 3-dimensional image, both 2-dimensional information and 3-dimensional informaiton should be collectively extracted and combined for the optimum recognition. For this, this paper presents a feature extraction method for 3-dimensional objects, particularly for the objects with a circular cross section which most objects in the real world are known to have.

Firstly, the Z gradient is proposed to extract the shape information from those objects. Using this information, normal vectors are derived from the surface patches. The intersection points between the vectors are applied to the geometric feature extraction.

Also, for more accurate recognition, a feature extraction method for between surface regions is proposed. Finally, the extraction method of function information is investigated for the final recognition process.

The usefulness of the proposed method is proved through the exprimentation.

1. 서 론

컴퓨터에 의한 화상처리 및 인식은 그 무한한 유용성 및 응용성에 비례하여 많은 연구가 수행되어 왔다.

기존의 화상 인식은 한정된 환경 내에서의 2차원 화상 인식이 주를 이루어 왔으나 곡면이나 겹친면 등

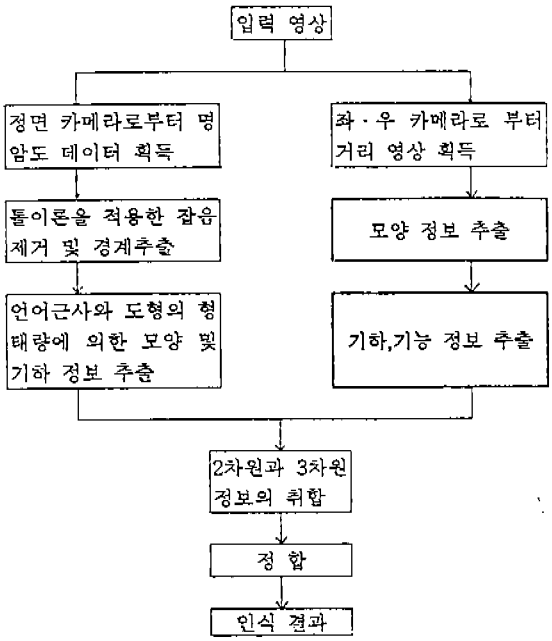
† 정 회 원:서원대학교 정보통신공학과 부교수
논문접수:1995년 8월 18일, 심사완료:1996년 8월 3일

의 문제는 기존의 2차원적 접근 방식으로는 처리 하기 어려운 한계성이 있으므로 근래에는 3차원 화상 인식으로 그 접근 방식이 바뀌어져 가고 있다 [1]~[5]. 또한 현존하는 화상 인식 시스템은 2차원 화상만을 다루거나 3차원 화상만을 취급해 왔다. 그러나 고기능의 화상 인식 시스템을 구현하기 위해서는 2차원 화상에서 얻을 수 있는 정보와 3차원 화상에서 얻을 수 있는 정보를 효과적으로 취합하는 시스템으로 구축 되어야만 한다. 즉, 2차원 화상에서 얻을 수 있는 정보에 2차원 화상 처리의 한계인 곡면이나 겹친면 등에 대한 처리를 3차원 화상 정보를 이용하여 행하면 보다 효율적인 인식시스템이 되리라 여겨진다. 따라서 이같은 2차원과 3차원 화상 정보를 취합하는 시스템을 구축하고 있으며 본 논문에서는 이중에서 3차원 곡면 정보를 추출하는 방법에 대해 제안하고자 한다. 또한 인간이 만든 물체중에 원통, 원뿔, 구 등과 같은 곡면이 차지하는 비율이 85%라는 보고서[6]가 있다. 따라서 곡면을 처리한다는 것은 원통, 원뿔, 구 등과 같은 표면을 처리하는 것이 되고 이같은 곡면을 얼마나 효과적으로 처리할 수 있느냐는 인식 시스템의 효율과 직결되는 대단히 중요한 문제가 된다. 그런데 원통, 원뿔, 구 등의 단면을 구해보면 그 단면은 모두 원이 된다. 따라서 3차원 곡면에 대한 처리는 곧 단면이 원인 표면에 대한 처리와 같아지게 된다. 본 논문에서는 이같이 단면이 원인 표면에 대한 특징 추출 방법을 제안하고자 하며 이를 선형축과 비선형축으로 나누어 개발하고자 한다. 이를 위해 Z축 기울기를 제안하여 이의 특성을 이용한 모양 정보 추출을 행하였으며, 법선 벡터의 교점을 이용하여 기하학적 정보를 추출하는 방법도 제안하였다.

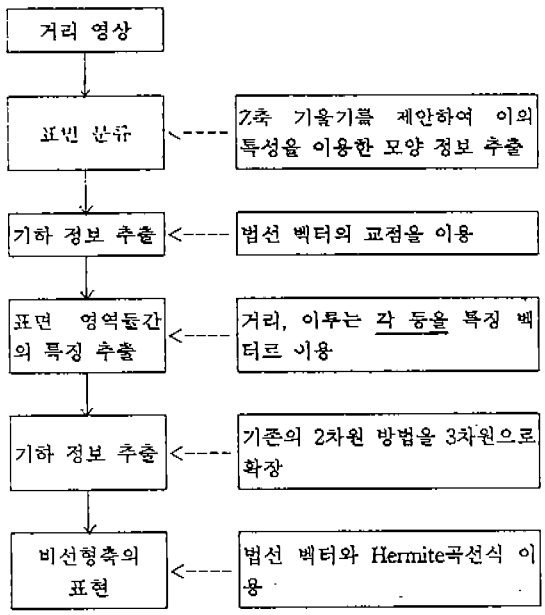
또한 표면 영역들 간의 특징 벡터로는 어떤 벡터를 사용하는 것이 효과적인지에 대한 방법을 제안하였다. 그리고 보다 다양한 모양에 대한 처리를 위해 기능 정보를 추출하는 것에 대해 다루고자 하며 이는 기존의 2차원 분야[7], [8]에서 쓰던 방법들을 3차원 곡면 물체로 확장하여 적용하였다. 끝으로 선형축을 갖는 곡면과 비선형축을 갖는 곡면에 대해 여러가지 실험 데이터를 통해 본 논문의 유용성을 입증하고자 한다.

2. 전체 시스템의 구성

구축하고 있는 전체 시스템은 그림 1과 같다.



(그림 1) 전체 화상 인식 시스템
(Fig. 1) Overall Image Recognition System



(그림 2) 제안한 부분에 대한 블럭도
(Fig. 2) Blockdiagram of Proposed Parts

위의 그림에서 검은 블럭으로 처리된 부분은 개발이 되어 발표 된 부분 [9], [10]이며 진한 선으로 처리된 블럭이 바로 본 논문에서 다루고자 하는 부분이다. 본 논문에서 다루고자 하는 부분을 그림2에 보다 자세히 나타내었다.

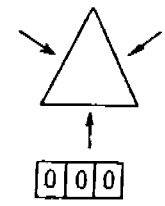
본 논문에서는 단면이 원인 표면을 선형축과 비선형축으로 나누어 개발 하였으며 그림 2에서 검은 블럭으로 표시된 부분이 각 각의 모듈에 대한 제안 방법을 나타낸 것이다. 다음 장 부터 제안한 방법에 대해 자세히 기술하고자 한다.

3. 표면 분류 및 모양 정보 추출

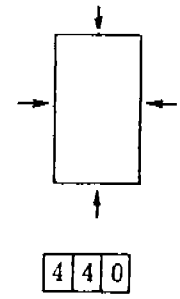
본 장에서는 거리 영상에서 어떠한 방법으로 표면 분류를 행하여 모양 정보를 추출 하는지에 대해 제안하고자 한다. 우선 본 논문에서는 단면이 원인 표면을 처리 대상으로 삼았으며 이는 인간이 만든 물체의 85%가 이같은 표면으로 되어 있다는 보고 [6]와 도형심리학 [11]에 기초 하였다. 우선 입력 거리 영상에서 표면 분리와 표면 분류 그리고 분류된 표면으로 부터 구, 원통, 원뿔 등과 같은 모양 정보의 추출 순으로 작업이 행해져야 하며 이를 위해 Z축 기울기를 제안하여 이의 특성을 이용하여 이상의 과정들을 수행하였다.

입력 거리 영상에서 거리값 (즉, f(x, y)=z)의 변화를 Z-gradient라 하며 Z축값(즉,거리값)의 변화를 따질 수 있는 요소로 2×2 마스크에서 Z축값의 크기와 방향을 구하여 이를 바탕으로 표면 분류를 행한다. 우선 입력 거리 영상에서 경계 방향에 대한 정보를 구한다. 이를 그림 3에 나타내었으며 여기서 예를 들어 원통의 경우는 |4|4|0|이라는 값을 갖게 되는데 이는 그림 3-(b)에서 4개의 화살표의 방향 성분이 이루는 관계가 180°의 경우 4개, 90°는 4개, 45°는 없게 되어 |4|4|0|이되는 것과 같은 원리로 작성된 것이다. 마찬가지로 내부 방향 성분에 대한 정보의 예를 그림 4에 나타내었다.

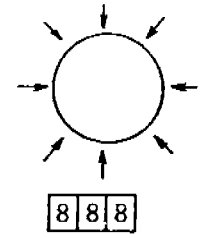
또한 Z-gradient의 크기에 의한 분류는 방향 성분의 크기가 이루는 분포로써 표면 유형을 분류하는데 이는 그림 5와 같이 크기에 따른 동경도선(equi-gradient contour)를 그려서 이들의 분포 특성에 따라 표면 유형을 분류한다. 즉, 분포 특성은 원통의 경우 등분포(uniform distribution), 원뿔의 경우 삼각분포 그리고



(a) cone

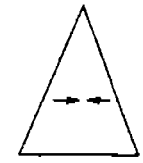


(b) cylinder

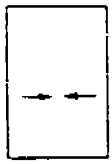


(c) sphere

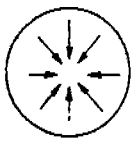
(그림 3) 경계면 방향 성분의 예
(Fig. 3) Examples of Boundary Direction Component

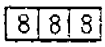


(a) cone



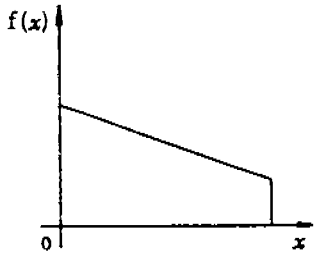
(b) cylinder



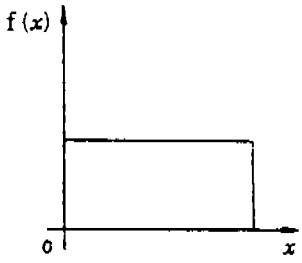


(c) sphere

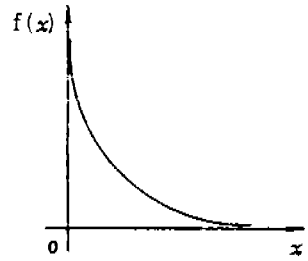
(그림 4) 내부 방향 성분의 예
(Fig. 4) Examples of Inner Direction Component



(a) 삼각분포



(b) Uniform 분포



(c) Exponential 분포

(그림 5) Z축 기울기의 동경도선에 의한 표면 유형 분류
(Fig. 5) Surface Type Classification by the Equi-magnitude Contour of the Z-gradient

구의 경우 지수함수 분포를 나타내게 된다. 이상과 같이 경계 방향 성분, 내부 방향 성분 그리고 크기의 분포 특성에 따른 분류 특성이 모두 일치하였을때 표면 분류가 올바르게 되었다고 판정한다. 또한 표면 분류를 행하기 전에 군집화를 통한 표면 분리가 먼저 이루어져야 한다. 이는 Z-gradient를 구하면 크기와 방향이 존재치 않는 점들이 나오게 되며, 이 점들을 중심으로 구는 원형적으로, 원통은 이러한 점들을 적합한 직선의 법선 방향으로 확장하여 다른 표면 영역의 크기와 방향이 존재치 않는 점들이 들어오거나 정보가 없는 점의 갯수가 정보의 갯수보다 많아지면 확장을 멈추게 하여 군집화를 행한다. 이상과 같은 방법으로 군집화를 통한 표면 분리와 Z축 기울기의 크기와 방향 성분의 특성에 따른 표면 분류를 수행하였으며 이를 통해 표면이 어떤 모양에 속하는지 파악하였다.

4. 선형축에 대한 기하학적 정보 추출

본 장에서는 분류된 표면에서 축방정식, 면적 등과 같은 기하학적 정보 추출과 표면 영역들 간의 특징 벡터 선정 등에 대해 제안하고자 한다.

4.1 기하학적 정보 추출

기하학적 정보로는 구는 구의 중심점과 면적 그리고 선형축을 갖는 원통과 원뿔의 경우는 축방정식, 반경함수와 면적 등이 사용될 수 있다.

이를 위해 각 표면 조각에서 법선 벡터들의 교점을 구해 보면 구의 경우는 구의 중심점에서 만나고, 원통이나 원뿔의 경우는 축을 이루는 축상의 점들이 된다는 사실에 착안하여 기하학적 특징을 추출한다. 즉 3차원 표면상의 임의의 점 $P(x_0, y_0, z_0)$에서 작은 길이 Δl 만큼 떨어져서 직교하는 두 직선을 따라 확장된 마스크 조각 M_P를 정의하면 이러한 M_P의 중심점 P를 지나는 법선 벡터 V_P를 구할 수 있는데 M_P의 평면 방정식 Ax + By + Cz = D에서

$$V_p=(x_0+At,\ y_0+Bt,\ z_0+ct) \tag{1}$$

로 표현된다. 또 다른 점 $Q(x_1, y_1, z_1)$에서도 마찬 가지로 (2)식과 같은 법선 벡터를 구할 수 있다.

$$V_q=(x_1+A's,\ y_1+B's,\ z_1+C's) \tag{2}$$

이제 두 법선 벡터의 교점을 (1), (2)식에서 구하여 $V_p(t)$와 $V_q(s)$가 일치하면 이 두점 P, Q는 구일 경우 구의 중심점이 되고, 원통이나 원뿔의 경우는 축상의 점이 된다. 이러한 과정을 모든 마스크 조각에 걸쳐 누적시키면 구의 경우는 구의 중심점을 얻을 수 있고, 원통이나 원뿔의 경우는 아래식과 같은 축방정식과 반경함수를 구할 수 있다.

$$A(s)=P_1+S(P_2-P_1) \tag{3}$$
$$R(s)=a+bs \tag{4}$$

여기서 a, b는 양 끝점의 반경을 s는 $0 \leq S \leq 1$의 구간을 뜻한다.

최종적으로 각 표면의 면적은 예를 들어 구의 경우는 구해진 구의 중심점으로부터 표면 조각까지의 거리를 구하면 이것이 반지름 r이 되므로 πr^2이라는 공식으로 쉽게 면적들을 구할 수 있다.

4.2 표면 영역들 간의 특징 추출

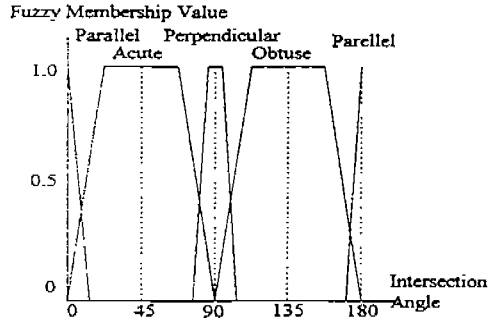
본 절에서는 표면 영역들간의 특징 벡터로 어떤 요소를 선정했는지에 대해 제안하고자 한다. 표면 영역들간의 특징 추출은 표면 분류로부터 모양 정보를 구하고 이후 면적 등과 같은 기하학적 정보를 추출했을 시 표면영역들 간의 결합 방법에 따라 똑같은 모양과 면적일지라도 다른 물체가 될 수 있다. 따라서 이같은 문제를 처리하기 위해서는 표면 영역들 간의 결합 방법을 규정 지을 수 있는 특징 벡터를 선정해 주어야 한다. 이를 위해 〈표 1〉과 같은 특징 벡터를 선정하였다.

〈표 1〉 표면 영역들간의 특징 벡터
〈Table 1〉 Feature Vectors between Surface Regions

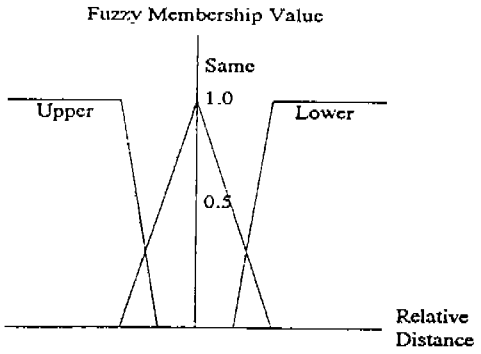
combinations of features	Extracted Features
point, point	distance
line, line	intersection angle
point, line	distance
point, plane	distance
plane, plane	intersection angle
plane, line	intersection angle

위의 표에서 point는 구의 중심을, line은 축방정식 그리고 plane은 평면 방정식을 뜻한다. 또한 추출되는 관계값에서 distance의 경우는 point와 point는 구의 중심 사이의 거리를 뜻하게 되며, point와 line 등은 구의 중심에서 선형축까지의 최소 거리를 의미한다. 그리고 intersection angle은 각 축방정식 사이의 이루는 각을 뜻한다.

또한 〈표 1〉에서 구한 값들은 수치 값이기 때문에 이를 퍼지화 데이터로 생성하는 것이 보다 유연성 있는 시스템을 구축할 수 있으리라 여겨진다.



(그림 6) 이루는 각에 대한 퍼지함수값
(Fig. 6) Fuzzy Membership Values vs Intersection Angle



(그림 7) 거리에 대한 퍼지함수값
(Fig. 7) Fuzzy Membership Values vs Distance

〈그림 6〉에는 intersection angle에 대한 퍼지함수 값을 〈그림7〉에는 distance에 대한 퍼지함수 값을 나타내었다.

5. 비선형축의 표현

도형심리학에 근거하면 인간은 단면이 원인 물체를 가장 안정감 있게 여기기 때문에 인위적인 물체는 이러한 모양으로 이루어진 표면을 많이 접하게 된다. 이를 위해 일반원통 (GC:Generalized cylinder) 의 방법론이 제시 되었는데 이는 선형축을 갖는 물체만이 처리 가능 하다. 그러나 일반적으로 우리의 주변엔 비선형축을 갖는 경우가 상당히 많다는 것을 발견 할 수 있다. 예로서 커피폿트를 보더라도 주둥이와 손잡이는 비선형축을 갖는 면 이라는 것을 알 수 있다. 따라서 단면이 원이며 비선형축을 갖는 표면을 표현하는 것은 3차원 컴퓨터 시각장치 분야에 있어 대단히 중요한 문제 중의 하나가 된다. 일반원통법은 sweep 표현법 [12] 으로 단면식, 축방정식, 반경 함수로서 3차원 물체를 표현하는 방법이다. 이 경우 단면식은 원이므로 쉽게 표현이 되어 축방정식과 반경함수를 구하는 것이 곧 sweep 표현법의 핵심이 된다. 기존의 일반 원통 [12], [13]은 축방정식과 반경함수 구하는 것을 선형에 대해서만 취급했으며 본 논문에서는 선형에 대해서도 기존의 방법 [12], [13]과 다른 방법을 4장에서 제안했으며 본 장에서는 비선형축에 대해 축방정식과 반경함수를 구하는 방법을 제안하고자 한다. 이를 위해 우선 축상의 점들을 추출해야만 하는데 이는 각 표면 조각(surface patch) 들에서 법선 벡터를 구하면 그들의 교점이 축을 이루는 점이 된다는 사실에 입각 하여 축상의 점들을 추출 한다. 이후 이 축상의 점들을 바탕으로 축방정식과 반경함수를 구해야 한다. 비선형축의 경우이므로 축방정식은 곡선식으로 표시가 되어야한다. 곡선은 수학적으로 시작점과 끝점 그리고 시작점과 끝점에서의 tangent벡터로서 정의할 수 있으며 이때 모든 수식은 매개변수를 사용하는 것이 유익하다[14]. 또한 비선형축에 대한 곡선식은 일반적으로 우리가 주위에서 접하는 물체의 거의 모든 경우에 대해서도 3차식이면 충분히 표현 가능하므로 3차 곡선식의 대표 곡선인 Hermite곡선 [14]을 이용하여 곡선을 표현하고자 한다. 이상의 과정을 (5)~(8)식에 나타내었으며 (5)식은 매개변수 u를 사용한 3차의 곡선식을, (6)식은 시작점과 끝점 그리고 시작점과 끝점에서의 tangent 벡터식을 뜻한다. 이후 (7), (8)식은 이를 행렬로서 정리하는 과정을 의미한다.

$$p(u)=a_3u^3+a_2u^2+a_1u+a_0 \tag{5}$$

$$\left.\begin{aligned} p(0)&=a_0\\ p(1)&=a_0+a_1+a_2+a_3\\ p'(0)&=a_1\\ p'(1)&=a_1+2a_2+a_3 \end{aligned}\right\} \tag{6}$$

따라서,

$$p(u)=[u^3\ u^2\ u\ 1]\begin{bmatrix} 2 & -2 & 1 & 1\\ -3 & 3 & -2 & -1\\ 0 & 0 & 1 & 0\\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} p(0)\\ p(1)\\ p'(0)\\ p'(1) \end{bmatrix} \tag{7}$$

이 되며 이때 $[u^3\ u^2\ u\ 1]$을 U, $\begin{bmatrix} 2 & -2 & 1 & 1\\ -3 & 3 & -2 & -1\\ 0 & 0 & 1 & 0\\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$ 을

M(universal transformation matrix), $\begin{bmatrix} p(0)\\ p(1)\\ p'(0)\\ p'(1) \end{bmatrix}$ 을

B(geometric coefficient matrix)라고 하며 (7)식은 아래와 같이 표현 되어진다.

$$p(u)=\mathbf{UMB} \tag{8}$$

따라서 비선형축방정식을 구한다는 것은 곧 (8)식으로 표현한다는 것이 되는데 이것은 곧 B matrix를 구하는 작업과 같이 되어 양끝점과 그 점에서의 법선벡터로써 비선형축을 갖는 곡면 물체의 축방정식을 표현 할 수 있다는 결론에 도달하게 된다. 끝으로 반경함수는 추출된 축상의 점들과 각 표면조각위의 점들과의 거리를 계산 함으로써 반경함수를 계산하였다.

6. 다양한 모양을 처리키 위한 기능 정보의 추출

물체를 구성하고 있는 표면들의 모양은 크게 두 가지 의미를 갖는다.

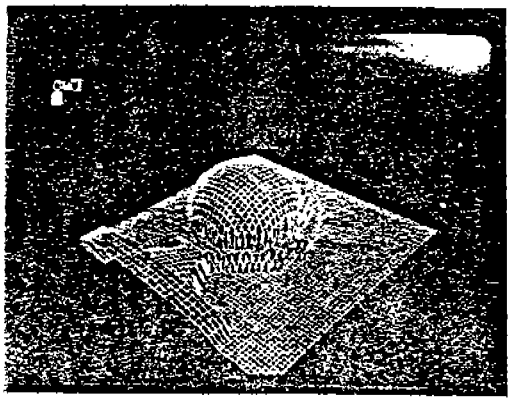
첫째가 기능을 반영하고 있다. 즉, 특정한 모양을 가져야만 목적하는 작업을 수행할 수 있다는 기능을 반영한 모양이다. 둘째가 심리적 안정, 미적 감각과 경제성을 반영한 모양이다. 그런데 후자의 경우 때문에 한 물체에 대해 대단히 다양한 모양이 나오게 된다. 예로서 '컵' 하나만 보더라도 상당히 여러 모양이 존재한다는 것을 알 수 있다. 지금까지의 물체 인식은 모양 정보의 정합에 촛점을 맞추어 왔기 때문에 후자와 같이 다양한 모양을 가질시 처리에 문제가 있었다. 따라서 올바른 인식 방법은 기능상 반드시 필요한 부분은 모양 정합을 행하되 그렇치 않은 경우는 아무 모양이어도 관계없도록 하는 것이 다양한 모양을 처리할 수 있으리라 여겨진다.

이같은 이유로 본 논문에서는 표면들로부터 기능 정보를 추출하여 인식시 다양한 모양을 취급하는 것이 가능토록 한다. 표면들로부터 기능 정보를 추출하는 것은 적용 환경에 맞춰 작업자가 데이터 베이스 구축시 입력시켜 주는 것이며, 정합 시는 처리된 입력 화상에서 가장 면적 비율이 큰 표면을 DB의 정보와 정합한 후 그 후의 과정은 DB에서 저장된 정보와 입력 화상을 정합 하는 과정을 통하여 인식 대상 물체의 확장을 기할 수 있을 것으로 여겨진다.

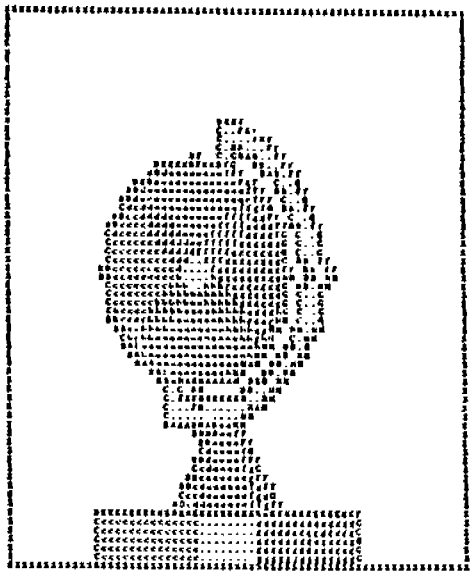
7. 실험 및 고찰

실험은 IBM PC에서 C언어를 사용하여 수행하였다. 그림 8과 10은 지구본과 주전자에 대한 거리 영상이며 이는 합성 거리 영상이다. 그러나 Shape from X나 range finder 등으로 얻은 거리 영상과 동일한 실험환경을 얻기 위해 무작위적으로 잡음을 첨가하였기 때문에 실제의 거리 영상과 차이가 없을 것으로 여겨진다. 그림 9와 11은 Z축 기울기의 방향도를 뜻하며 여기서 대문자는 외부 방향 성분을 , 소문자는 내부 방향 성분을 나타낸다. 또한 방향도에서 방향 값이 형성이 안되는 부분(돗트:.)은 표면 분리를 위한 군집화에 이용된다. 표2는 그림 8의 거리 영상에 대한 표면 분류와 분류된 각 표면에서의 기하학적 특징값을 나타낸다. 표2에서 Direction Information은 Z축 기울기의 내·외부 방향값을 뜻한다. 또한 기하학적 특징으로 원통이나 원뿔의 경우는 축방정식을 구의 경우는 구방정식을 구했으며 이를 바탕으로 구한 면적이 백분율로 area ratio란 수치로 되어 있다. 그러나 표2에서 알수 있듯이 지구본의 틀 부분에 대한 표면 분류는 실패하였는데 이는 데이터의 부족에 기인한 것으로 표면 분류에 필요한 만큼의 충분한 데이터가 없기 때문에 잡음으로 처리되어 표면 분류가 안 되었다. 또한 표3은 이같은 표면 분리와 분류를 거친 표면들 간의 특징 추출 값을 나타낸 것이며 (S_1, S_3)와 (S_2, S_3)는 각 표면들 사이의 거리를 (S_1, S_2)는 이루는 각을 나타내었다. 아울러 표4는 표3의 데이터를 퍼지화 데이터로 생성한 것이다. 여기서 Up, Sa, Lo는 그림7의 Upper, Same, Low의 약자이며 Pa, Ac, Pc, Ob는 그림6의 Parallel, Acute, Perpendicuar, Obtuse의 약자이다. 이때 퍼지함수값이 0.0과 1.0으로 된것은 사다리꼴 퍼지수에서 해당된 퍼지화 데이터 값이 이에 해당됐기 때문이다. 또한 표5는 각 표면들에 대한 모양 정보와 기능 정보를 나타낸다. 모양 정보는 Z축기울기의 방향과 크기를 통해 추출한 것이며, 기능 정보는 작업자가 DB에 입력하기 위해 수작업을 한 것이다. 여기서 실험데이터는 지구본이므로 '구'는 기능상 반드시 '구'여야 하지만 원통과 원뿔은 아무 모양이어도 상관이 없고 이는 단지 supporter와base 의 기능만을 수행한다. 기존에는 다양한 모든 모양에 대한 처리를 위해 DB에 모든 모양에 대한 정보를 입력했기 때문에 DB의 방대함과 처리 시간의 과다 등과 같은 문제를 야기했으며 본 방법과 같이 기능 정보를 입력하면 이같은 문제를 해결할 수 있으리라 여겨진다.

그림 9는 주전자에 대한 영상이며 그림 11은 이에 대한 Z축 기울기의 방향도를 나타내었다. 표6은 각 표면에 대한 기하학적 특징 값을 나타내었으며, 여기



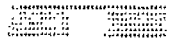
(그림 8) 입력 거리 영상
(Fig. 8) Input Range Image



(그림 9) 방향도
(Fig. 9) Direction Map

서 표면 S_1은 선형 축이므로 축방정식 A(s)과 반경함수 R(s)를 S_2표면과 S_3표면은 비선형축이므로 Hermite 곡선식에서의 B matrix를 나타내었다. 또한 비선형축에 대한 반경함수도 구했으며 S_1표면에 대한 방향도가 누어 있는 것은 세우면 지면을 많이 차지할 것 같

〈표 2〉 표면분류와 기하학적 특징 추출값
〈Table 2〉 Surface Classification and Gemetric Feature Extraction

표면 분류		표면들의 특징 추출값
S_1 표면		• Direction Information Boundary = 220 Internal = 200 • Axis Equation A(S) = P1(151, −4,703) + S * (−0.0873, 0.9611, −0.2621) * |P2 − P1| end point P2(146, 51, 688) • Area Ratio = 53
S_2 표면		• Direction Information Boundary = 212 Internal = 234 • Axis Equation A(S) = P1(149, 27, 698) + S * (0.0192, 0.9999, 0.0000) * |P2 − P1| end point P2(150, 79, 698) • Area Ratio = 12
S_3 표면		• Direction Information Boundary = 666 Internal = 888 • Sphere Equation $(X-129.6)^2 + (Y-163.7)^2 + (Z-697.9)^2 = (63.9)^2$ • Area Ratio = 33

〈표 3〉 표면 영역들 간의 특징 추출

〈Table 3〉 Geometical Features between Surgace Regions

(S_1, S_3)	62.311
(S_2, S_3)	45.263
(S_1, S_2)	0.4374

〈표 4〉 거리와 이루는 각에 대한 퍼지함수값

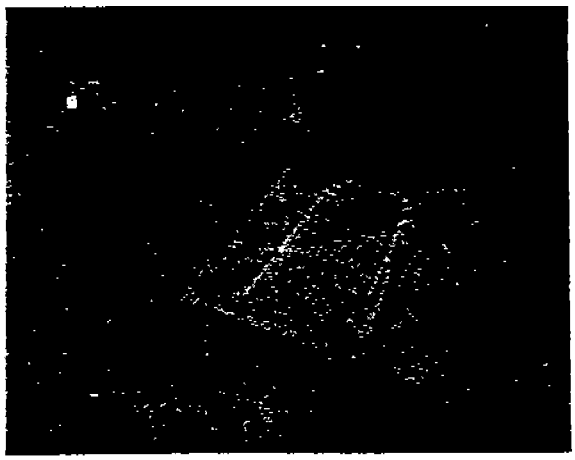
〈Table 4〉 Fuzzy Membership Value for Distance and Intersection Angle

Spatial(S_1, S_3)	(1.0/Up, 0.0/Sa, 0.0/Lo)
Spatial(S_2, S_3)	(1.0/Up, 0.0/Sa, 0.0/Lo)
Angle(S_1, S_2)	(1.0/Pa, 0.0/Ac, 0.0/Pc, 0.0/Ob)

〈표 5〉 기능 정보의 추출

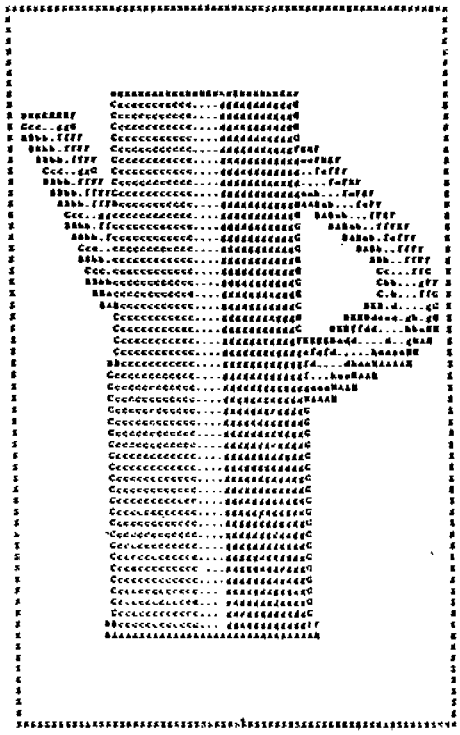
〈Table 5〉 Extraction of Functional Information

Surface	Shape Information	Functional Information
S_1	cylinder	base
S_2	cone	supporter
S_3	sphere	sphere



(그림 10) 입력 거리 영상

(Fig. 10) Input Range Image

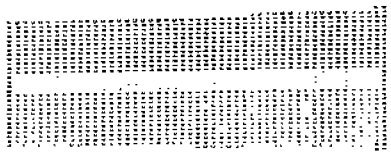
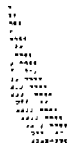


(그림 11) 방향도

(Fig. 11) Direction Map

아서 실험 데이터를 붙일시 옆으로 붙여 놓았다. 또한 표7은 각 표면이 갖는 기능 값을 나타내었다. 실험결과에서 알 수 있듯이 본 논문에서 제안한 방법은 단면이 원인 곡면 물체를 효과적으로 처리할 수 있었으며 입력 데이터만 분석에 필요한 만큼 있다면 곡면 물체의 특징을 추출할 수 있었다. 즉, 입력 데이터만 분석에 필요한 만큼 있고 단면만 원이라면 어떠한 모양으로 되어 있는 물체라도 처리가 가능하다. 그러나 실험데이터에서 알 수 있듯이 아직 본 연구에서는 선형축과 비선형축이 결합되어 있는 물체의 경우 어떤 요소를 표면 영역들 간의 관계 값으로 규정 짓는가에 대한 연구가 행해지지 않았으며 표면 영역들 간의 결합 관계에 의한 기능 정보의 추출 등에 대한 연구도 수행되지 않았다. 또한 3차원 전체 시스템의 관점에서 봤을 시의 거리 영상의 획득법과 정합 방법에 대한 연구와 보다 복잡한 모양들이 대단히 다양하게 결부 되어 있는 물체에 대한 특징 추출 등에 대한 연구

〈표 6〉 표면 분류와 기하학적 특징 추출
〈Table 6〉 Surface Classification and Geometric Feature Extraction

표면분류		표면들의 특징값
s_1 표면		• Axis equation A(s) = P1(140, 40, 395) + s*(0.000, 1.000, 0.000)* |$P_2 - P_1$| end point P_2 (140, 275, 395) • Radius eqation R(s) = 75.00 + s * (−0.0212)
s_2 표면		• B matrix 2230.343262 2473.1177490 3646.672607 2656.377930 1580.735596 3945.781738 3449.151855 2601.862793 0.00000 29864.431641 7466.115723 0.00000 • Radius equation R(s) = 18.000 + s * 0.000
s_3 표면		• B matrix 232.866379 2319.235352 3947.125000 719.015808 2214.671387 3946.569336 13283.831055 17711.765625 0.00000 12.156263 12.156264 0.000000 • Radius equation R(s) = 16.500 + s * 0.000

〈표 7〉 기능 정보의 추출
〈Table 7〉 Extraction of Functional Information

Surfaces	Shape Information	Functional Information
S_1	cylinder with linear axis	container
S_2	cylinder with nonlinear axis	handle
S_3	cylinder with nonlinear axis	spout

와 실험이 계속 수행되어야 하리라 여겨진다.

8. 결 론

본 논문에서는 단면이 원인 3차원 물체의 특징 추출 방법을 제안하였다. 2차원 영상 정보와 3차원 영상 정보를 취합하고자 하는 전체 시스템에서 단면이 원인 곡면 물체의 특징 추출법을 제안 하였으며 이를 위해 표면 분류를 통한 모양 정보 추출, 기하학적 정보 추출, 표면 영역들간의 특징 추출과 퍼지화 데이터의 생성 등을 제안 하였다. 특히 단면이 원이며 비선형축을 갖는 곡면의 특징 추출 방법도 제안 하였으며 다양한 모양을 처리하기 위한 기능 정보의 추출도 다루었다.

제안한 방법은 실험 데이터에서 알 수 있듯이 효과적으로 단면이 원인 곡면 물체의 특징을 추출 할 수 있었다. 앞으로 전체 시스템을 구축하기 위한 지속적인 연구와 보다 다양한 모양에 대한 처리에 대한 연구가 계속 수행되어야 하리라 여겨진다.

참 고 문 헌

[1] S. Ando, "An Autonomous Three-Dimensional Vision Sensor with Ears," Proceedings of MVA

'94, 1994

[2] Y. Chen et al, "Surface Description of Complex Objects from Multiple Range Images," Proceedings of CVPR, 1994

[3] T. P. Monks, "Colour Encoded Structured Light for Digitisation of 3D data," Proceedings of Image Processing & Its Applications, 1992

[4] J. Ponce et al, "Object Representation for Object Recognition," Proceedings of CVPR, 1994

[5] Jarvis, "A Perspective on Range Finding Techniques for Computer Vision," IEEE Trans. on PAMI, 1983

[6] Hahala, Hillyard, Malaison & Nource, "Natural Quadrics in Mechanical Design," SIGGRAPH, Aug., 1981

[7] L. Stark and K. Bowyer, "Indexing function -based categories for generic object recognition," Proceedings of CVPR, 1992

[8] L. Stark, A. Hover, D Goldgof and K. Browyer, "Function Based Recognition from Incomplete Knowledge of Shape," IEEE Workshop on Qualitative Vision , 1993

[9] D. U. Cho, "The Implementation of Preprocessing Processes using the Toll Membership Function Based Image Structure Understanding," Proceedings of KICS, Vol. 15, No. 1, 1996

[10] D. U. Cho, "Noise Removal and Edge Extraction using the Toll Theory Based Image Structure Understanding," ITC-CSCC '96, 1996

[11] Y. H. Kim et al, "An Estimation of Hidden Parts Using Hough Transform in the Occluded Objects," Proceedings of KITE, Vol. 9, No. 1, 1986

[12] Ballard & Brown, "Computer Vision", Prentice-Hall, 1982

[13] Agin & Binford, "Computer Description of Curved Objects", IEEE Trans. on Computer, 1976

[14] Mortenson, "Geometric Modeling", John Wiley & Son, 1985

조 동 욱

1983년 2월 한양대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1985년 8월 한양대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1989년 2월 한양대학교 대학원 전자통신공학과 졸업(공학박사)

1982년~1983년 (주)신도리코 장학생 겸 기술연구소 연구원

1987년~1994년 한양대학교 공대, 충북대학교 대학원 강사

1991년 3월~현재 서원대학교(구·청주사대) 자연과학대학 정보통신공학과 부교수 학과장 겸 전자계산소 소장