

텍셀을 이용한 3차원 물체의 형상 인식

김도연^o 조동섭

이화여자대학교 전자계산학과

Shape Recognition of 3-D Object Using Texels

Do-Nyun Kim Dong-Sub Cho

Department of Computer Science, Ewha Womans University

Abstract

Texture provides an important source of information about the local orientation of visible surfaces. An important task that arises in many computer vision systems is the reconstruction of three-dimensional depth information from two-dimensional images. The surface orientation of texel is classified by the Artificial Neural Network.

The classification method to recognize the shape of 3D object with artificial neural network requires less developing time comparing to conventional method. The segmentation problem is assumed to be solved. The surface in view is smooth and is covered with repeated texture elements. In this study, 3D shape reconstruct using interpolation method

1. 서론

2차원 영상에 대한 3차원 물체의 인식에 관한 연구는 컴퓨터 비전분야에서 중요한 과제중의 하나이다. 이 과제에서 가장 중요한 것은 2차원 영상에서 3차원 물체의 깊이(depth) 정보를 추출해 내는 것이다. 본 연구는 텍스처 분석에 관한 것이라고 할 수 있는데 텍스처중 일정한 모양을 가진 텍스처 요소들이 규칙적으로 배열된 표면 성질에서 각 조각들의 방향을 추출해 내게 된다.

(1) 가정

본 논문에서는 2차원 영상으로 표현된 3차원 영상의 깊이 정보를 추출하여 3차원 물체를 재구성하였다. 3차원 물체와 이 3차원 물체를 2차원으로 나타낸 영상에 관한 제한과 가정은 다음과 같다.

[가정 1] 3차원 물체의 표면(surface)은 매끈하고(smooth)하고 연속된 면이다.

[가정 2] 3차원 물체의 표면은 texture element, 즉 texel들로 구성되어 있다.

[가정 3] 텍셀의 모양은 이미 알려져(known) 있다.

[가정 4] 2차 영상에서 텍셀들의 세그멘테이션은 이미 되어 있다.

[가정 5] 3차원 물체를 2차 영상으로 나타낼 때는 투사투영을 이용한다.

(2) 방법

위의 가정을 전제로 하고 구축한 3차원 물체 인식 시스템의 구성은 그림 1과 같다. 패턴화 과정과 실험 순서는 그림 2와 같다. 2차원 영상을 입력으로 받아들이 각 텍셀을 세그멘테이션한다. 세그멘테이션된 텍셀들은 전처리과정을 거쳐 이진 패턴화되어 텍셀의 표면 방향을 판단할 수 있는 패턴 부류를 결정하게 된다. 이러한 패턴 분류에는 EBP 학습법을 채택한 인공 신경회로망을 이용하였다. 전처리과정에서는 먼저 각 텍셀들에 대한 자료구조를 생성하고 텍셀의 면적을 구한다. 각 텍셀의 무게중심을 구하여 패턴을 normalization한다. 전처리과정을 거친 텍셀을 신경회로망에 적용하여 표면방향을 결정한 다음 3차원 물체로 재구성한다. 재구성에는 보간법을 이용하였다.

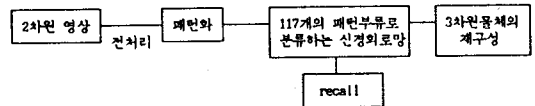


그림 1 물체인식 시스템의 구성도

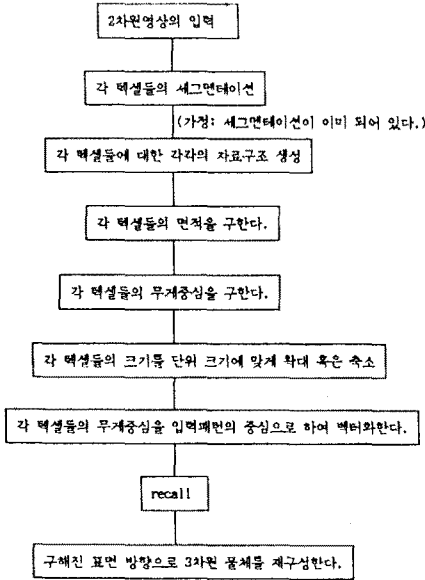


그림 2. 패턴화 과정과 실험 순서

(3) 사용한 좌표계

3차원 공간의 한 점은 직각 좌표 시스템 뿐 아니라 구 좌표 시스템(spherical coordinate system)으로도 표현 가능하다. 3차원 물체를 바라보는 관찰자의 시선 거리나 방향이 중요하기 때문에 좌표계는 관찰자의 시선의 위치를 쉽게 표현할 수 있는 구 좌표계 시스템(spherical coordinate system)을 이용하였다. 직각 좌표 시스템에서 (x,y,z)로 표현된 한 점 P는 구 좌표 시스템에서 3개의 순서를 갖는 값 (ρ, θ, ϕ) 로 표현될 수 있다. 이때, ρ 는 원점으로부터 P까지의 거리이고 ϕ 는 선분 OP와 Z축의 양의 축과 이루는 각을 나타내며 θ 는 X축의 양의 축과 선분 OP를 XY 평면에 투영해서 얻어진 선분과 이루는 각을 나타낸다. 이때 θ 는 Z축의 양의 방향에서 볼 때 반시계방향으로 이루어진 각으로 표현된다.(그림 3)(그림 4)

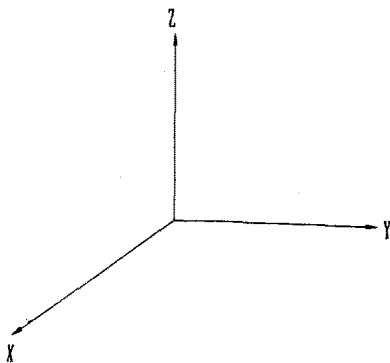


그림 3. 직각좌표시스템

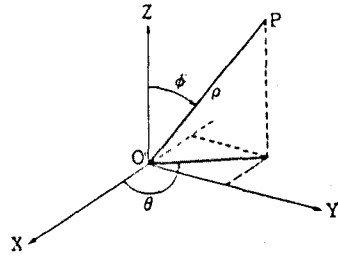


그림 4. 구좌표시스템

2. 선행연구

이 분야의 연구는 3가지 다른 종류의 투영법, 즉 orthographic, perspective, spherical등을 이용한다.

(1) Kender[1979]와 Kanade & Walker[1984]

이들은 orthographic 투영법을 이용하여 연구하였다. Kender는 패턴들이 다각형이거나 좌우대칭이라고 가정하고 skewed symmetry constraints를 이용하여 방향을 추출하였다. 이러한 이유로 일부패턴에 대한 heuristic과 패턴과 대칭성에 대한 지식이 필요하다. Walker와 Kanade의 방법과 orthographic 투영법하에서 패턴들로부터 면방향을 추출하는 Shafer의 이론을 결합한 방법을 사용하였다. 그러나 이 방법은 그들이 언급한 것처럼 적용에 제한이 있다.

(2) Kender[1980]와 Ohta et al.[1981]

이들은 perspective 투영법을 이용하여 연구하였다. Kender의 방법은 평행한 배경선들의 소멸점을 기본으로 하였다. 반면에 Ohta의 방법은 비록 평평한 표면에만 적용가능하지만 한 평면에 여러 다른 종류의 텍셀을 사용할 수 있다. 또한 여러 다른 종류의 텍셀의 분리에 대한 heuristic한 방법을 제공하였다. 이미지 텍셀들이 동일 종류의 집단으로 분리된 후에는 같은 종류의 두 텍셀의 영역비율은 투사된 평면의 방향에 대한 정보를 제공하게 된다.

(3) Ikeuchi[1984]

Spherical 투영법을 이용하였으며 세계면에 있는 텍셀은 미리 알고 있어야 하고 좌우대칭이어야 한다. 기본적으로 이 방법은 Kender의 방법과 유사하지만 spherical 투영법의 특성상 좀 더 간단한 형태이다.

(4) Aloimonos & Swain[1985, 1988]

기본적으로 미지의 기본 패턴, 매끄러운 표면, orthographic 투영법등의 가정을 가진 형상추출 파라다임을 주장한 Kanade와 Kender의 방법과 유사하다. 이들은 이전의 연구자들이 직감에 근거한 분석을 시도한 반면 재구성의 문제를 투사투영의 geometry에 근거하여 분석적인 관점에서 취급하였다. 그러나 그러한 과정에서 많은 가정과 근사(approximation)가 사용되었다.

3. 표면 방향 학습

텍셀의 표면 방향을 분류해 내기 위한 패턴이 그림 5에 있다. 각 텍셀은 표면 방향을 나타내는 p, fi를 -90도에서부터 90도까지 15도씩 증가시켜 생성하여 학습 패턴으로 사용하였다.

학습에는 two-layer perceptron 신경망 모델을 사용하여 기본적으로 역전파 학습법에 따라 학습이 진행된다. 입력노드는 각 패턴들이 벡터화하여 각 126개(14*9)의 노드로 들어오고 은닉층에는 30개의 노드가 있다. 출력으로는 각각 (패턴번호-1)인 노드가 활성화된다.

4. 영상의 전처리 단계

① 자료구조의 생성

각 텍셀 하나에 대한 자료 구조는 다음과 같다.

텍셀의 X 위치	텍셀의 Y 위치	패턴 번호	텍셀의 ϕ 값	텍셀의 θ 값	텍셀의 면적
----------	----------	-------	---------	---------	--------

② 텍셀의 세그멘테이션

2차원 영상의 텍셀은 가정에 의해 세그멘테이션이 되어 있다고 간주한다.

③ 초기 패턴 생성

세그멘테이션된 텍셀의 개개의 화소를 읽어들이어 2차원 배열을 만든다. 현재색인 화소를 1로 나머지를 0으로 하여 초기 패턴을 만든다.

④ 텍셀의 면적 결정

텍셀의 면적은 패턴의 normalization을 위해 미리 구해야 한다. Enderle & Grave의 알고리즘을 이용하였다.

⑤ 텍셀의 무게 중심 결정

텍셀의 무게 중심은 패턴의 normalization시 centering을 위해 미리 구해야 한다.

⑥ 패턴 생성

초기 패턴을 normalization하여 영상(recall) 패턴을 만들어 낸다. normalization하는 순서는 다음과 같다.

- (1) 각 텍셀의 면적을 정렬(sort)하여 가장 면적이 큰 텍셀을 고른다.
- (2) magnification 과정
- (3) centering 과정
- (4) $(x)(y)$ 과정을 반복

5. 영상 인식 단계

영상인식단계는 전처리단계를 거친 패턴을 인식하는 단계이다. 텍셀 하나에 대해 필요한 정보는 텍셀의 직교좌표상의 위치 즉 X위치, Y위치와 텍셀의 표면 방향을 구하기 위한 p, fi와 텍셀의 면적이다. 텍셀의 X위치와 Y위치는 텍셀의 초기 패턴을 만들어 내기 전에 정해지는 값이고 텍셀의 면적은 패턴생성단계에서 normalization시 구해진다. 따라서 이 단계에서는 텍셀의 표면방향을 판단하기 위한 p, fi 값을 구한다. 본 연구에서는 텍셀의 표면방향 추출을 특징점이나 확률정보, 혹은 반사율지도(reflectance map)등을 이용한 기존의 텍스처분석을 지양하고 대강의 방향을 분류해 내는 방식을 채택하였다. 정규화된 패턴을 입력하여 출력 노드가 0.9이상으로 활성화되는 방향을 표면방향으로 한다. 그런데 출력노드중에는 학습패턴을 만드는 도중에 패턴의 크기가 너무 작거나 시선에서 벗어나는 극단적인 위치에 있기 때문에 표면 방향은 다르지만 생성된 패턴은 동일하여 결과적으로 출력노드가 동일한 경우가 발생한다. 이러한 경우에는 [가정 1]에 의해, 즉 3차원 물체의 표면은 매끈하고(smooth)하고 연속된(continuous)한 면이라는 가정에 의해 인접한 텍셀들의 표면방향의 경향에 의해 판단하게 된다.

	fi	-90	-75	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60	75	90
p		-90	-75	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60	75	90
	-90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	-75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	-60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	-45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	-30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	-15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

그림 5. 학습에 사용한 패턴

6. 3차원 물체의 재구성 단계

2차원 영상에 나타난 텍셀의 표면 방향만을 가지고 3차원 물체를 재구성하게 된다면 텍셀의 텍셀 사이의 부분은 텍셀과 텍셀의 무게 중심을 연결한 직선으로 표현될 것이다. 이러한 경우 Aloimonos가 적용한 최소와 삼각분할 즉 Delaunay의 삼각분할법을 적용한다면 보간(interpolation)할 필요는 없겠지만 Delaunay의 삼각분할을 구현할 때의 계산 시간과 복잡함, 삼각분할을 한 후에 구성된 삼각형들의 지역적인 평면성(local planarity)을 가정한 완만화 처리 과정등이 뒤따르게 되는데 이러한 처리 후에도 역시 원래 물체와의 오차는 왜곡 혹은 증폭될 가능성이 여전히 남아 있게 된다.

본 연구에서는 가급적 재구성단계의 복잡함을 줄이고 근사한 깊이 정보를 추출하고자 하는데 목적이 있으므로 보간법(interpolation)을 이용하여 보간점을 구하여 3차원 물체의 표면을 완만화 하였다. 또한 [가정 1]에 의해 보간법을 이용한 완만화는 타당성이 있다고 생각된다.

7. 구현 및 실험 결과

4,5,6절에서 서술한 3차원 물체의 재구성 단계에 관한 실험에 사용되는 2차원 영상은 그림 6에 있다. 2차원 영상에 주어진 깊이 정보를 이용하여 재구성한 결과가 그림 7이고 단계적으로 보간을 수행한 결과가 그림 8과 그림 9이다.

8. 결론

본 논문에서는 표면이 규칙적인 텍셀로 구성된 3차원 물체의 깊이 정보의 추출시 신경회로망을 이용하는 방식에 대해 논하였다. 실험으로는 2차원 영상을 입력으로 받아들여 각 텍셀들을 세그멘테이션하여 각 텍셀들에 대한 분석을 행하게 된다. 먼저 각 텍셀들에 대한 자료구조를 만들고 각 텍셀들의 면적과 무게중심을 구한다. normalization을 하기 위해 각 텍셀들을 확대 혹은 축소를 하고 센터링을 하여 신경회로망에 적용하여 표면방향에 대한 분류를 하게 된다. 구해진 텍셀 정보만으로는 연속적인 매끈한 표면을 구성하기 어렵기 때문에 보간법을 이용하여 완만화하였다.

본 논문의 의의는 복잡한 기하학적인 꼴이름 지양하고 간단한 구조의 신경회로망을 이용하여 표면방향을 분류해 냈다는 데에 있다고 할 수 있다. 또한 기하학적인 꼴이름에 발생하는 여러 오차들, 즉 오목면과 볼록면의 오차, 과도한 복잡성들을 감소시켰다. 그러나 문제 자체를 간단하게 하기 위해 여러 전제 조건이 설정되었다는 점과 실제 물체(real object)와의 일치성등에는 약간의 문제가 있다고 할 수 있다.

따라서 앞으로의 연구는 되도록이면 전제 조건을 줄여가는 방향으로 진행되어야 한다고 생각한다. 세부적으로는 세그멘테이션의 문제와 특징점 검출을 이용한 무게중심의 발견등과 재구성에 있어서 텍셀 자체를 구별해 내지 않고 텍셀의 무게 중심들의 삼각분할을 이용한 면 완만화를 수행하여 3차원 물체로 재구성해 내는 방법들이 연구되어야 한다.

참고 문헌

- [1] J.Aloimonos and M. Swain, "Shape from Patterns: Regularization", International Journal of Computer Vision, 2, 171-187 (1988)
- [2] K.Kanatani and T.Chou, "Shape from Texture: General Principle", IEEE Computer, PP. 578-583
- [3] J.Aloimonos and M.Swain, "Detection of Surface Orientation from Texture I: The Case of Planes", IEEE Computer, pp. 584-593, 1986
- [4] G.Stockman and G.Hu, "Sensing 3D Surface Patches Using a Projected Grid", IEEE Computer, pp. 602-607, 1986
- [5] J.D.Foley and A. VAN DAM, Fundamentals of Interactive Computer Graphics, Addison-Wesley, 1984
- [6] Berthold Klaus Paul Horn, Robot Vision, MIT Press, 1986
- [7] D.H.Ballard and C.M.Brown, Computer Vision, 1982
- [8] C.M.Brown, Advances in Computer Vision, Vol 1, Vol 2, 1988
- [9] Yoh-Han Pao, Adaptive Pattern Recognition and Neural Networks, Addison-Wesley, 1989
- [10] Pavlidis, Algorithms for Graphics and Image Processing, Computer Science Press, 1982
- [11] Burden, Faires, Numerical Analysis, 1985
- [12] P.D.Wasserman, Neural Computing, 1989
- [13] David Marr, Vision, Freeman, 1982
- [14] G.Enderle, M.Grave, F.Lillehagen, Advances in Computer Graphics I, Springer-Verlag, 1986
- [15] '89 신경 회로망 응용 Workshop 발표집, 한국전자통신 연구소, 한국정보과학회, 1989
- [16] 신경회로망 워크샵 발표집, 한국통신협회, 대한전기학회, 대한전자공학회, 1989
- [17] 김도년, 조동성, "3차원 물체의 형상인식에 관한 연구", 전기학의 전자계산기 연구회 학술 발표회 논문집, 19-23
- [18] Lee Adams, High-Performance CAD Graphics in C, Windcrest, 1989
- [19] Fairhurst, Computer Vision for Robotic Systems, Prentice-Hall International, 1988
- [20] Yoshiaki Shirai, Three-Dimensional Computer Vision, Springer-Verlag, 1987
- [21] 고 진옥, 김영모, "특징점 검출을 이용한 단층 영상의 입체 재구성", 한국 정보 과학회, 그래픽스 및 설계 자동화 연구회, 9-12

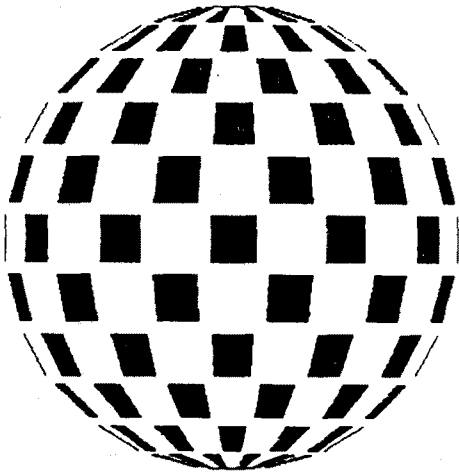


그림 6. 실험에 사용한 2차원 영상

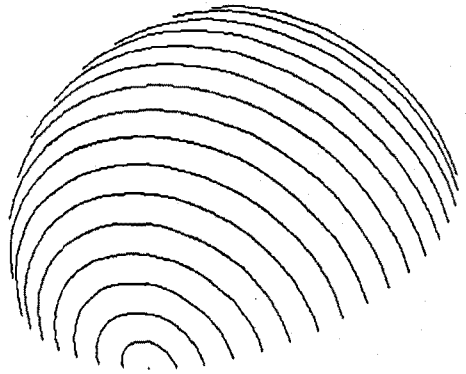


그림 9. p 와 f_1 를 보간한 경우

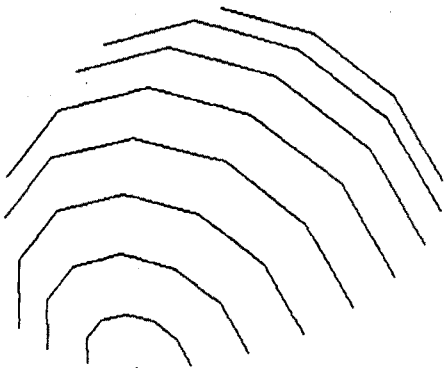


그림 7. 재구성한 결과

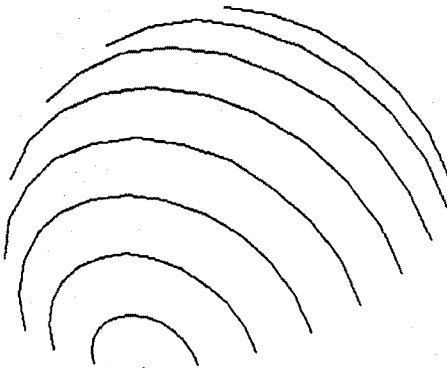


그림 8. f_1 를 보간한 경우