

텍스처 스펙트럼을 이용한 텍스처 영상의 표면 방향 추출

김도년, 조동섭
이화여자대학교 전자계산학과

Obtaining the Surface Orientation of Texture Image using the Texture Spectrum and Mathematical Morphology

Kim Do Nyun and Cho Dong Sub
Dept. of Computer Science, Ewha Womans University

In this paper, we present a new morphological texture spectrum approach to obtain a surface orientation using the variation of texture image caused by projective distortions. Under the assumption that the surface of texture image is smooth, continuous, and specially plane or sphere, we apply the mathematical morphology and texture spectrum in order to compute the 3-D surface orientation. If the surface of texture image is plane, the surface orientation can be obtained through a simple procedure. If the surface of texture image is sphere, we find the centroids of texels, and may compute several major axes, their slopes, and vanishing points. Using the texture spectrum between the intersections of the vanishing points and the size of elements in each texels, we can find the surface orientation of texels on the sphere.

1. 서론

텍스처 분석은 영상 처리에 있어서 중요한 부분이다. 텍스처 분석의 가장 중요한 문제는 텍스처 특성의 추출이라고 할 수 있다. 지금까지 이루어진 연구들에서 많은 텍스처 특성들이 상이한 응용 목적에 부합하게 제안되었다. 특성 추출에 관련된 기법들은 구조적인 접근과 통계적인 접근으로 크게 나누어 생각할 수 있다. 구조적인 접근은 텍스처 패턴을 생성하기 위해 반복되는 기본 패턴을 찾는 것에 기본을 둔다. 그리고 나서 텍스처 패턴의 전체에 걸쳐 이러한 프리미티브들의 반복되는 패턴을 묘사하기 위해 문법적인 모델(grammatical models)이 사용되게 된다. 반면에 통계적인 접근은 대개 autocorrelation function, random fields에 의한 modeling texture, co-occurrence matrix, fractal dimension 같은 self similarity 척도등이 있다. [4]

수학적 형태학(mathematical morphology)은 Matheron과 Serra에 의해서 고안되어진 방법으로 set theory를 기본으로 하

며 Serra와 Sternburg에 의해 확장되었다. Robot vision, 검색, 의료영상, 원거리 센싱, 문자인식등 영상 처리의 여러분야에서 성공적으로 수행되어지고 있다. 수학적 형태학의 기본 연산 방법인 erosion과 dilation을 통하여 물체안에 포함되는 최대 다각형을 검출함으로서 물체의 물체부분과 그 외의 부분을 분리하여 기하학적 물체의 구조 및 모양을 인식하고 표현할 수 있다. [2][4]

텍스처가 혼재되어 3차원 장면을 구성하고 있는 경우는 혼히 볼 수 있는 일반적인 영상이다. 텍스처가 상이한 표면은 서로 다른 물체를 구성하는 요소라고 가정할 수 있다. 그러므로 이러한 경우 서로 다른 텍스처를 분리해 내는 것이 먼저 해야 할 작업 단계이다. 이 논문에서는 텍스처를 분리하기 위해 Jia-Hong Lee와 Yuang-Cheh Hsueh[4]이 제안한 Morphological Gradient Texture Spectrum(MGTS)을 사용하였으며 텍스처가 분리된 후에는 3차원 물체를 묘사하는 텍스처의 표면 방향을 추출하게 된다. 관찰자의 시점에 따른 비스듬한 평면의 표면방향은 간단한 절차로 구해진다. [3] 이 논문의 가정은 분리된 텍스처로 구성된 3차원 물체가 평면과 구하고 표면방향을 추출하였다.

2. Morphological Gradient Texture Spectrum을 이용한 텍스처 분류 및 분할[4]

He와 Wang에 의해 소개된 spatial texture spectrum은 텍스처 분류와 텍스처 윤곽선 검출, 그 외에 remotely sensed data를 이용한 geological 용도들에 성공적으로 적용되었다. 이 방법에서는 한 텍스처 영상은 3*3 텍스처 단위의 침합으로 분해된다. 텍스처 단위 안에 있는 각 비중심 픽셀은 중심 픽셀과 비교한 결과 0, 1, 2 중 한 값을 갖게 된다. 텍스처 영상에 있는 텍스처 단위들의 발생빈도의 분포, 즉 텍스처 스펙트럼이 텍스처를 분류하는 도구로 사용된다. 그러나 이 방법은 지나치게 시간이 많이 걸리므로 morphological gradient를 사용하게 된다. 텍스처 스펙트럼에 해당하는 gradient texture spectrum은 작은 텍스처 블럭에 대한 roughness 정보로 간주할 수 있다. 그러므로

로 텍스처 영상은 그 텍스처 영상에 있는 texture gradients의 발생분포로 특성지어질 수 있다.

MGTS는 다음과 같이 정의된다.

f 를 계조 영상이라고 하고, f 에 있는 각 점 $p(i,j)$ 에 대한 $s \times s$ 이웃은 다음과 같이 정의된다.

$$N(i,j) = \{(x,y) | (i-s/2) \leq x \leq (i+s/2) \text{ and}$$

$$(j-s/2) \leq y \leq (j+s/2)\}$$

f 에서 각 점 $P(i,j)$ 에 대한 $s \times s$ 이웃을 가진 morphological gradient는 다음과 같이 정의된다.

$$g(i,j) = \max(f(x,y), (x,y) \in N(i,j))$$

$$- \min(f(x,y), (x,y) \in N(i,j))$$

즉, 점 $p(i,j)$ 에 대한 morphological gradient는 이웃들 중 가장 계조가 큰 값과 가장 계조가 작은 값 간의 차이라고 간단히 말할 수 있다.

이러한 MGTS를 사용하여 텍스처를 분류해 내는 알고리즘은 다음과 같다.

1단계 : 표본 텍스처를 선택하여 각 표본 텍스처의 MGTS를 계산 한다. MGTS에 있는 gradient값의 발생빈도를 계산한다.

2단계 : 텍스처가 혼재된 실험 영상에서 윈도우를 겹쳐지게 이동하며 스캔하여 각 윈도우에 나타나는 부분 영상의 MGTS를 계산한다.

3단계 : 각 윈도우에서 계산된 MGTS와 각 표본 텍스처에서 계산된 MGTS간의 차이를 계산한다.

4단계 : 3단계에서 구해진 차이 중 최소값을 보이는 부류를 해당 텍스처 부류로 결정한다.

3. Mathematical Morphology를 이용한 표면방향 추출

투영 왜곡에 의한 텍스처 영상의 변형을 이용하여 표면 방향을 구하기 위해 형태학적 접근을 시도하였다. perspective 효과와 foreshortening 효과를 투영 왜곡으로 간주한다. 텍스처 영상의 표면이 평면이거나 구(sphere)라는 가정하에 3차원 표면 방향을 계산하기 위해 수학적 형태학을 적용하였다.

대부분의 morphological operation은 두 가지 기본적인 연산 dilation \circ 와 erosion \circ 에 의해 정의된다.

$$X \circ B = \{c \in E^N \mid c = x + b \text{ for some } x \in X \text{ and } b \in B\}$$

$$A \circ B = \{a \in E^N \mid a + b \in X \text{ for every } b \in B\}$$

여기서 X 는 shape를 나타내고 B 는 structuring element를 나타낸다. 기본 연산들로부터 두 가지 기본적인 operations들이 정의된다. opening $^\circ$, closing $^\circ$ 의 정의는 다음과 같다.

$$X \circ B = (X \circ B) \circ B$$

$$X \circ B = (X \circ B) \circ B$$

텍셀들의 중심점은 recursive erosion을 순차적으로 적용하여 텍셀의 크기를 shrinking하여 가장 먼 텍셀로부터 가장 가까운 텍셀의 순서로 구할 수 있다. 적용된 recursive erosion은 텍

셀들을 점차적으로 shrink한다. 텍셀의 크기가 사용된 structuring element의 크기보다 작게 되면 중심점을 결정한다. 여기에서 텍셀의 모양과 크기에 적합한 structuring element를 이용하면 좀 더 다양한 텍스처 영상에 적용되는 장점을 갖게 된다. 전체 텍스처 영상은 여러개의 부영역으로 분할되어 비슷한 크기를 가진 텍셀들의 중심점이 동일한 부영역에 있다면 중심점을 가진 부영역의 주축(major axis)을 계산하여 주축과 각 영역의 면적을 고려하여 평균 경사도를 계산할 수 있다. 평균 경사도와 주축에 수직인 intersection이 구해진다. 각 부영역에 있어서 structuring element들의 크기와 intersections 간의 관계를 고려하여 소멸점을 계산하고 이 소멸점을 perpendicular line을 이용하여 표면 방향을 구할 수 있다.[3]

텍셀들이 구상에 분포되어 있는 경우 고려해야 할 것은 여러 개의 소멸점이 존재할 수 있다는 것이다. 평면의 경우와 마찬가지로 recursive erosion을 순차적으로 적용하여 중심점을 구해내고 structuring element들의 크기의 경향을 고려하여 구를 구성하는 기본적인 축과 평균 경사도를 이용하여 표면 방향을 구한다.

4. 실험 및 결과

그림 4.1은 텍스처가 혼재된 모자이크 영상의 예이고 그림 4.2는 그림 4.1의 원영상에 MGTS를 이용하여 영역을 분리해 낸 결과이다. 그림 4.3은 표면 방향 추출에 사용된 영상이고 그림 4.4는 표면 방향을 추출한 결과이다.

5. 결론

텍스처가 혼재되어 있는 경우에 이 논문에서는 텍스처를 분리하기 위해 Jia-Hong Lee와 Yuang-Cheh Hsueh[4]이 제안한 Morphological Gradient Texture Spectrum(MGTS)을 사용하였으며 텍스처가 분리된 후에는 3차원 물체를 묘사하는 텍스처의 표면 방향을 추출하기 위해 수학적 형태학을 이용하였다. 평면의 경우에 표면방향은 간단한 절차로 구해지며 구상에 놓여진 텍스처에 대해서는 여러개의 주축과 면적을 고려하였다. 불규칙한 모양을 가진 3차원 물체에 대해서도 이와 같은 방법을 적용할 수 있게 고쳐나가는 것이 앞으로의 과제라고 할 수 있다.

Reference

- Vishvjit S.Nalwa, A Guided Tour of Computer Vision, pp.187-214, Addison Wesley, 1993.
- 최인아, 김호성, “형태표현을 위한 형태학적 형태 분할”, 1993년도 한국정보과학회 학술발표논문집, Vol.20, No.1, pp.139-142, 1993.

3. Jun-Sik Kwon, Hyun-Ki Hong, and Jong-Soo Choi, "Obtaining surface orientation of texture image using mathematical morphology," Proc. Visual Communications and Image Processing '94, vol.2308, pp.136-147, 1994.
4. Jia-Hong Lee and Yuang-Cheh Hsueh, "Texture Classification Using Morphological Gradient Texture Spectrum," Proc. Visual Communications and Image Processing '94, vol.2308, pp.799-808, 1994.
5. Demin Wang, Veronique Haese-Coat, Alain Bruno, Joseph Ronsin, "Texture Classification and Segmentation Based on Iterative Morphological Decomposition," Journal of Visual Communication and Image Representation, vol.4, no.3, pp.197-214, 1993.
6. I.Pitas and N.D.Sidiropoulos, "Pattern Recognition of Binary Image Objects Using Morphological Shape Decomposition," Computer Vision and Image Processing, pp.279-305, 1992.
7. H.J.A.M. Heijmans, "The Algebraic Basis of Mathematical Morphology, I. Dilations and Erosions," Computer Vision, Graphics, and Image Processing 50, pp.245-295, 1990.
8. Jean Serra, Image Analysis and Mathematical Morphology, Volume 1, Academic Press, 1982.
9. Stanley R. Sternberg, "Grayscale Morphology," Computer Vision, Graphics, and Image Processing 35, pp.333-355, 1986.
10. Philippe Salembier, "Structuring Element Adaptation for Morphological Filters," Journal of Visual Communication and Image Representation, vol.3, no.2, pp.115-136, 1992.

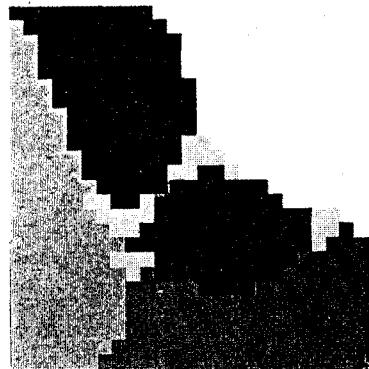


그림 4.2 영역을 분리해 낸 결과

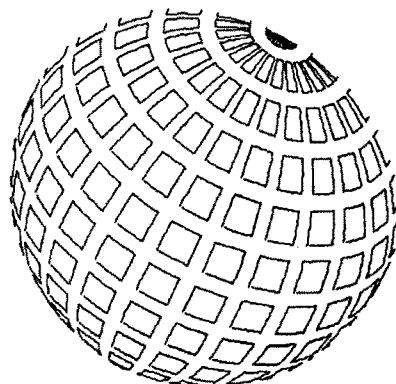


그림 4.3 원영상

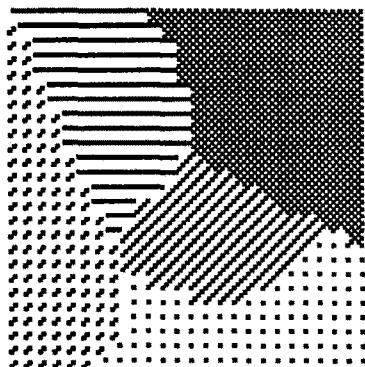


그림 4.1 모자이크 영상의 예

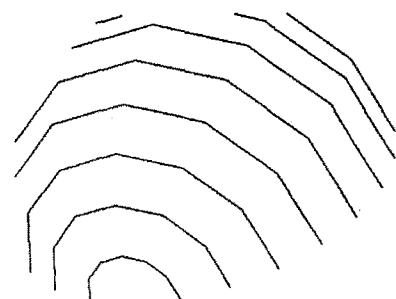


그림 4.4 표면 방향을 추출한 결과