

가보필터를 이용한 복합무늬 영상 분할

송석진*, 김현석* 남기곤*

* 부산대학교 전자공학과

Multi-Texture Image Segmentation Using Gabor Filter

Hyun Suk Kim*, Suk Jin Song*, Ki Gon Nam*

* Dept. of Electronics Eng. Pusan Nat'l Univ.

요약

본 논문에서는 가보필터를 이용한 복합무늬영상을 분할하는 알고리즘을 제안하였다. 영상을 분할하는데 있어 목적에 따라 다양한 방법이 있다. 그중 무늬(texture) 특징을 기반으로 영상을 분할하는 방법 중 가장 많이 알려진 것이 가보 필터이다. 이 필터는 탁월한 영상분할 결과를 얻을 수 있으나, 필터구현이 어렵다는 단점을 가지고 있다. 가보필터의 이 같은 단점인 복잡한 필터 처리를 단순히 하기 위해 전처리과정에서 필터를 영상에 맞게 선택하여 사용하였고, 영상 분할에 있어서도 histogram을 이용한 영상 분할을 수행함으로써 처리과정을 단순화 시켰다. 그 결과 간단한 알고리즘으로 빠른 수행이 이루어졌으며 좋은 결과를 가져올 수 있었다.

I. 서론

영상에서 정보를 추출하는 분야를 영상 해석 분야라고 한다. 영상 해석에서 첫 단계는 일반적으로 영상을 분할하는 것이다. 분할은 영상을 구성성분이나 물체로 구분하여 나누는 것이다. 이 구분의 세션화 범위는 해결하고자 하는 문제에 따라 다르다. 즉 분할은 관심의 대상 물체가 분리되어졌을 때 멈추어야 한다.

통상적으로 인접하고 있는 픽셀의 집합을 1개의 연결된 영역으로 인지하기 위해서는 그 영역이 같은 성질(homogeneous)로 되어 있는 것이 필요하다. 영역의 균질성은 각각의 픽셀의 성질, 국소적인 픽셀 집합의 성질 등이 관계가 있다. 전자는 픽셀의 밝기, 색상 등의 일관성(uniformity) 등이 있고 후자는 무늬 등이 있다.

일반적으로, 영상 분할은 각 영상이 명확한 경계가 없으며, 각각의 특징이 틀리므로 자동적인 영상 처리는 일반적으로 어렵다.

영상 처리 과정에서 영상 분할 단계가 영상 해석의 궁극적인 성공 또는 실패를 결정한다. 이런 이유로 원활한 영상 분할의 확률을 높이기 위한 많은 연구가 있었으나, 현재로서 범용적인 영상 분할법은 개발되지 못했으며, 컬러를 이용한 영상 분할이나 지식기반 영상 분할 시스템, 최적화를 이용한 영상 분할 등이 최근 활발하게 연구되어지고 있다.

무늬 영상분할에 있어서는 가보 필터(Gabor Filter)가 많이 연구 되고있다. 가보필터의 역사는 1950년대 Hubel & Wiesel이 원숭이의 일차 시각피질에서 특정형태에 반응하는 뉴런들을 발견하였고 이 뉴런들의 반응양식이 수학적으로 가보변환(Gabor transform)으로 잘 모델링됨이 밝혀졌다[1][2].

가보 변환을 거치게 되면 영상의 특징을 추출해낼 수 있게 된다. 추출된 특징들은 여러 가지 응용을 가능하게 한다. 가능한 응용을 살펴보면, 가보필터(Gabor Filter)를 이용한 영상 내의 무늬 분할(texture segmentation)로 물체 탐지, 이것을 이용한 영상 데이터베이스 질의, 지문 감지와 얼굴 인식, 얼굴 표정 인식 등의 전처리 작업인 얼굴의 특징 추출, 또한 영상 압축 등에 사용된다.

그러나 필터의 우수성은 인정받으나 구현이 어렵고, 수행시간이 오래 걸리는 단점을 가지고 있기 때문에 크게 사용되지 않는 실정이다.

논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는 본문의 내용으로 가보필터의 의미와 직접 실험에서 수행한 알고리즘을 설명하고, 제 3 장에서는 실험 이미지에 대한 분할된 영상 결과를 보이며, 제 4 장에서 결론 및 향후 과제에 대해 제시할 것이다.

II. 본론

1. 가보필터

가보필터는 웨이블릿 변환(Wavelet Transforms)의 일종으로, 가보 함수는 wave vector로 제어되는 가우시안 함수(Gaussian function)에 의해 변조된 사인 곡선의 wave라고 정의되어진다. 또한 가보 필터를 통과한 영상은 주파수 성분을 나타내게 되는데, 이에 대한 수식적 전개는 다음과 같다.

$$h(x, y) = g(x, y) \exp[j2\pi(Ux + Vy)] \quad (1)$$

$$g(x, y) = \frac{1}{2\pi\alpha\sigma_y} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\left(\frac{x}{\alpha}\right)^2 + \left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right]\right\} \quad (2)$$

$$p(x, y) = i(x, y) * h(x, y) = \int \int i(\alpha, \beta) h(x - \alpha, y - \beta) d\alpha d\beta \quad (3)$$

여기서 식(1)은 가보함수를 정의하는 것이고 $g(x,y)$ 는 이차원 가우시안 함수를 나타내고 U, V 는 필터의 중심 주파수를 나타낸다. $p(x,y)$ 는 가보필터링(gabor filtering)된 영상을 정의하는 것으로 식 (3)을 다시 정의하면 아래의 식 (4),(5)로 표현할 수 있다.

$$p(X, Y) = \int \int i(\alpha, \beta) g(X - \alpha, Y - \beta) \times \exp[j2\pi(X - \alpha)U + V(Y - \beta)] d\alpha d\beta \quad (4)$$

$$p(X, Y) = K \int \int i(\alpha, \beta) w(\alpha - X, \beta - Y) \times \exp[j2\pi(U\alpha + V\beta)] d\alpha d\beta \quad (5)$$

$$K = \exp[j2\pi(UX + VY)]$$

$$w(x, y) = g(-x, -y)$$

여기서 X, Y 는 주파수 성분을 나타낸다. 식 (5)를 확인해 보면 한 이미지에 대한 가보 필터링은 이미지를 2차원 Windowed Fourier Transforms을 수행하는 것과 같은 형태를 보인다.

본 연구에서 사용되는 가보필터(Gabor Filter)를 그림으로 도식해보면 그림1과 같다.

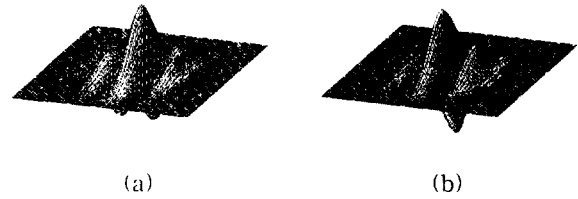


Fig. 1. Gabor filter

(a) Gabor filter - real part

(b) Gabor filter - imaginary part

2. 영상 분할

본 연구에서 수행하는 영상분할은 복합 무늬영상에서의 영상 분할을 목적으로 하고 있다. 한 이미지 내에서 다른 무늬를 가진 영역을 구별해 냄으로써 영상을 분할하는 기법을 다룬다. 영상 분할 알고리즘은 우선 입력영상에 대해 전처리를 수행한다. 이는 영상을 가보필터링(gabor filtering)하는 과정이다. 다음으로 영상의 결과를 단일화하기 위해 Magnitude Operator를 거치게 된다. 그리고 후처리 과정으로 Mean filter를 거치게 된다. 마지막으로 후처리 결과 이미지의 histogram을 구하고 이 히스토그램을 이용하여 Threshold를 수행하여 최종 분할 이미지를 얻는다.

영상 분할 알고리즘은 아래와 같다.

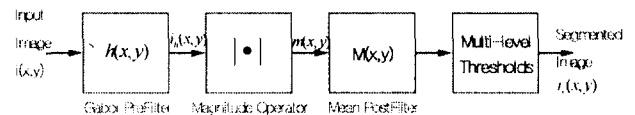


Fig. 2. Image Segmentation Algorithm

여기서 $i_h(x, y)$ 는 가보필터(Gabor filter)를 통과한 영상을 의미하고, $m(x, y)$ 는 Magnitude Operator를 통과한 영상을 의미한다.

2.1 전처리(Gabor Pre-Filter)

영상분할을 수행하는데 있어 좋은 결과를 얻기 위해 다양한 전처리과정을 가지는데, 본 연구에서는 무늬 영상을 분리하는 것을 목적이므로 가보필터를 전처리 과정으로 선택하였다[3]. 가보필터를 사용할 때 주의해야 할 점은 필터의 크기와 방향에 따라 미치는 영향이 크다는

것이다. 식 (1)의 U, V에 적절한 값을 찾는 문제가 생긴다. 본 연구에서는 6가지의 방향과 4가지의 크기가 다른, 총 24개의 가보 필터를 시험해보고 알맞은 필터를 선택하였다. 이때 필터의 선택기준은 후처리 결과 이미지의 histogram으로 한다.

가보필터(Gabor filter)가 크기와 방향에 따라 가지는 필터 बैं크는 그림 3과 같다.

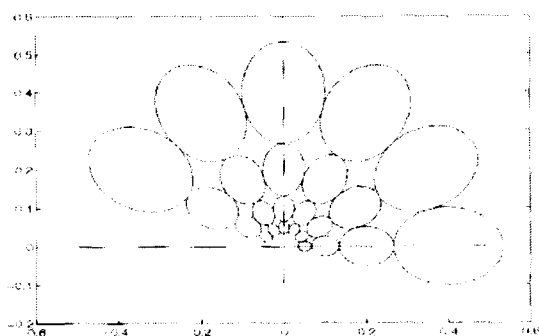


Fig. 3. Gabor Filter Bank

2.2 Magnitude Operation

전처리과정에서 가보필터(Gabor filter)를 통과한 결과는 real값과 imaginary값으로 주어진다. 이 결과를 Magnitude Operation을 이용하여 각 픽셀에 대한 가보필터(Gabor Filter) 결과를 나타낸다. 이는 결과를 한눈에 알아보기 위해 두 개의 결과를 하나의 결과로 묶는 작업이다. 이때 나오는 결과는 각 무늬특성이나 필터의 특성에 많은 영향을 받는다.

본 실험에서 사용한 영상과 Magnitude Operation 결과 이미지는 그림 4와 같다.



Fig. 4. Result Image by Magnitude Operator

2.3 후처리(Mean Post-Filter)

입력영상에 대한 가보필터(Gabor Filter) 통과 영상은 그림3에서 보는바와 같이 좋은 결과를 나타내지 못한다. 이는 필터의 특성상 많은 로브(lobe)를 가지면서 밝기 값의 차이가 크지 않기 때문에 다른 무늬사이의 경계를 찾아 내기가 쉽지 않다.

따라서 필터를 통과한 영상결과를 보다 잘 표현하기 위해 후처리 과정이 필요하다.

본 연구에서는 로브(lobe)의 영향을 줄이면서 Magnitude Value의 특성을 살리기 위해 Mean Filter를 사용하였다. 후 처리결과는 그림 5와 같다.

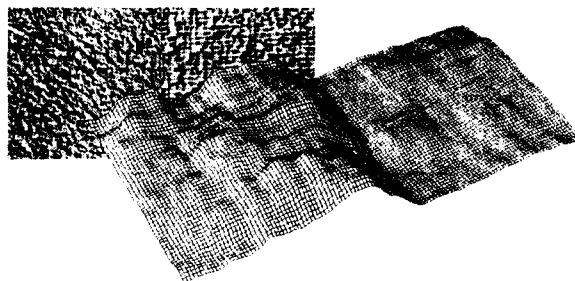


Fig. 5. Result Image by Post Processing

2.4 Thresholds

영상 분할(image segmentation)은 접근방식에 따라 에지 기반 영상 분할법(Edge-based Image segmentation)과 영역기반 영상 분할법(Region-based Image segmentation)과 으로 구분된다. 에지 기반법은 단순히 에지 검출에서 만들어진 이미지는 영상 분할의 결과로 사용할 수 없고 에지 연결(edge chain)로 결합하는 것이 필요하다. 이로써 최종 목적으로 물체를 둘러싼 Edge chain을 이미지에서 그룹화 하는 것이다. 또 한가지 방식은 잡음(noise)이 많을 경우 에지 검출로는 영역 분리가 어려우므로 영역기반 이미지분할 방식을 사용한다. 여기에 사용되는 영역기반 이미지분할 방식은 영역(Region)의 homogeneity가 이미지 분할의 기준이다.

본 실험에서는 후처리 후에 결과 이미지에서 보이듯이 잡음(noise)의 영향으로 인해 영역기반 이미지 분할을 수행하였다. 이때 영상의 분할기준으로 후처리 결과 이미지의 픽셀에 대한 히스토그램을 구하였다. 아래 그림 6의 히스토그램에서 보이듯이 두 개의 뚜렷한 로브(lobe)를 볼 수 있고, 이는 영역의 균질성(homogeneous)을 나타내는 것이므로 이를 mode method를 이용하여 Threshold를 결정하고 이를 영상 분할의 기준으로 정의했다.

이렇게 사용된 histogram을 histogram map이라 한다.

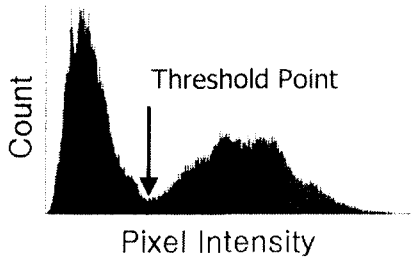


Fig. 6. Histogram Map

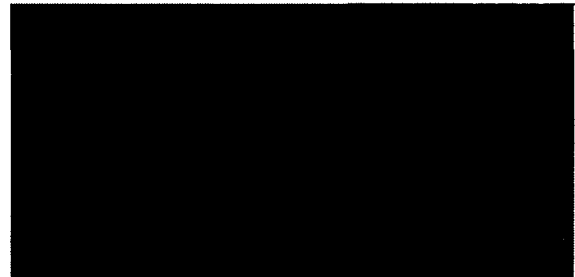


Fig. 8. Result Image by Image Segmentation

III. 실험결과 및 검토

다중무늬영상 내의 영상 분할은 단순한 밝기 값이나 경계의 문제로만 해결되기는 어렵다. 이러한 문제는 무늬라는 전체 하에 규칙적인 형태를 판단할 수 있는 특성을 지닌 필터를 이용해야 한다. 아래 그림 7은 실험영상 이다.

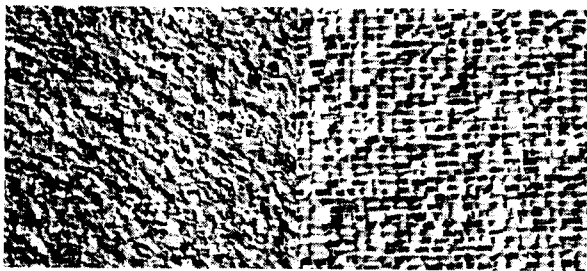


Fig. 7. Test Image

실험영상에서 보듯이 영상의 밝기나 경계는 영상분할에 있어 큰 의미를 부여하지 못한다. 그러나 앞의 식(1)~(5)에서 보듯이 이 영상을 주파수 영역으로 판단한다면 두 무늬의 구별은 가능하다. 이 같은 해석이 가보 필터(Gabor Filtering)가 무늬(texture)에 반응한다는 특성을 잘 보여준다. 실험이미지에 대한 영상분할(segmentation) 결과이미지를 아래의 그림 8과 같이 얻을 수 있다. 이는 histogram map을 이용하여 얻은 결과이다.

IV. 결론

본 연구에서는 복합무늬 영상의 영상 분할에 대해 기술하였다. 전 처리과정에서 영상에 적절한 가보필터를 선택하여 사용하였고, 좋은 결과를 찾아내기 위해 후처리 과정에서 mean filter를 사용하였다. 본 논문에서는 깊이 다루진 않았으나 가보 필터를 선택함에 있어 아직 만족스런 결과를 얻지는 못하였다. 그러나 histogram map이라는 새로운 방식을 제안함으로써 영상분할을 간단히 처리할 수가 있었다.

V. 참고문헌

- [1]. John G. Daugman, "Entropy Reduction and Decorrelation in Visual Coding by Oriented Neural Receptive Fields," *Biomedical Engineering*, 1989.
- [2]. I. Fogel and D.Sagi, "Gabor filter as texture discriminator," *Biological Cybernetics*, 61, pp 103-113, 1989.
- [3]. D. Dunn, W.E. Higgins, and j. Wakeley, "Optimal Gabor Filters for Texture Segmentation," *IEEE Trans. on Image Processing*, VOL. 4, NO. 7, July 1995.