

## 등조선(Isophote) 분석을 이용한 영역의 독립, 종속관계 연구

이 승 수\*, 박 장 춘\*\*

### A Study of Relationship of Independence or Dependence for Region using Isophotes Analysis

Seung-Soo Lee\*, Chang-Choon Park \*\*

#### 요 약

하나의 객체 내에 존재하는 영역들이 상이한 칼라의 집합으로 구성되어 있다면, 해당 객체는 독립적인 영역들로 분할되기 때문에 객체의 의미가 상실된다. 따라서 영역에 대한 칼라 정보 외에 다른 지식 정보를 선택적으로 적용할 수 있는 방법이 요구된다. 본 논문에서는 영상을 구성하는 색상 정보 외에 입체감을 표현하기 위한 방법으로 명암의 등기를 연결한 등조선의 형태분석을 이용하고 있다. 그리고 분석된 정보를 통해 영역간의 독립, 종속 여부를 판단하여 객체의 의미있는 영역 정합을 통한 객체 분리의 방법을 제시하고 있다.

#### Abstract

If the areas existing in an object are composed of different color sets, the applicable object is segmented into independent areas so it gets to lose the meaning as an object. Therefore, it is required to selectively apply other information on the areas in addition to color information. Based on this methodology, this study, in addition to color information, has also analyzed the shape of isophotes that connect equivalence of brightness as a way of expressing cubic effect. And, through the analyzed information, it has judges independence or dependence of the areas, and then, proposed a way of object seperation through significant regional matching of an object.

▶ Keyword : 영역관계성(Region Relationship), 등조선(Isophotes), 영역정합(Region Merging)

\* 건국대학교 컴퓨터공학과 박사수료

\*\* 건국대학교 컴퓨터공학과 교수

## I. 서론

컴퓨터를 이용한 영상의 사용이 증가함에 따라 영상에 포함된 정보를 이용하기 위한 시도들이 다양하게 이루어지고 있다. 그 중에서도 영상에 포함된 객체를 활용하는 영상 데이터 베이스의 인덱싱(indexing), 내용 기반 검색(content based retrieval), 영상 인식 및 변환[1][2][3]등이 주류를 이루고 있다.

영상 내에 존재하는 객체를 추출하고 분석하는 기술은 다양한 분야에 활용할 수 있지만 영상에 포함된 특정 객체를 추출하는 것은 무질서하게 반복되거나, 여러 가지 색으로 표현되는 무늬, 문자 또는 도형 등과 같이 복잡한 영역이 존재할 경우, 각 영역을 독립적인 영역으로 인식하게 되는 단점이 발생하며, 효율적인 영역 정합에 의한 객체 분리를 할 수 없는 상황이 발생한다.

이를 해결하기 위해 본 논문에서는 각 영역간의 명암 변화를 통해 영역간의 관계를 판단하여 영역 정합을 이루고자 한다. 추출된 영역의 등조선을 구하고 각 영역 등조선 간의 변화를 판단하여 추출된 객체영역 간의 독립, 종속 관계를 이용하여 정확한 객체 추출 및 영역간의 의미 분석이 이루어지는 방법을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 객체를 포함하는 영역의 추출과 분리 방식에 대한 방법을 설명하였으며, 3장에서는 등조선의 생성과 분석을 위한 방법을 제시한다. 4장에서는 본 논문에서 제시한 기법의 실험 결과를 제시하며, 5장에서 결론을 내린다.

## II. 객체를 포함하는 영역의 추출과 분리

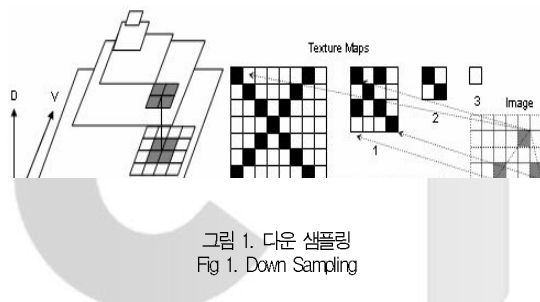
정밀한 영상 분할을 위해서는 픽셀 단위의 정교한 영역 경계 추출이 요구되지만, 이러한 방법은 너무 많은 시간이 소요되고 텍스처에 의해 영역이 세분화되어 객체의 분리가

어렵게 된다. 그리고, 객체 내부에 존재하는 그림자, 하이라이트, 불규칙한 패턴 등에 의해 객체 단위의 영역 추출이 어렵게 된다.

이를 극복하기 위해 입력 영상에 대해 해상도를 줄여가며 계층적인 영상 집합을 생성하는 계층 방법[4]을 이용하였다. 칼라 영역 분할 이외에 등조선을 생성하기 위해 RGB 컬러 모델을 LUV 컬러 모델로 변환하였으며, 영상 분할 기법으로 Mean Shift 알고리즘[7][5]을 이용하여 기본 영역 분할을 하였다. 또한, 각 영역간의 교차, 분리, 포함 관계를 판단하기 위해 주사선 알고리즘을 이용하였다.

### 1. 계층영상기법(Hierarchical Representations)

본 논문에서는 영역 분할 시에 너무 작은 영역으로 분할되는 것을 해결하기 위해 계층 영상 기법[4]을 이용하였다. 계층 영상 기법 또는 피라미드 기법이란 같은 영상에 대해 해상도를 줄인 여러 영상의 이미지를 생성하여, 우선 픽셀 수가 적은 영상을 처리한 후 필요에 따라서 픽셀 수가 많은 하위 영상의 정보를 이용해서 처리하는 기법이다.



### 2. 평균 이동 알고리즘(Mean Shift 알고리즘)

객체를 검출하기 위해서는 영상에서 비슷한 색상으로 이루어진 영역들을 구분 짓는 칼라 세그먼트 과정이 필요하다.

$$R_h(X) = \frac{1}{n_X} \sum_{X_i \in K_h} [X_i - X] \dots \dots \dots (1)$$

본 논문에서는 (식 1)의 Mean Shift [7][5] 알고리즘을 사용하여 다양한 색상으로 이루어진 영상을 공간과 색상의 특성을 고려하여 하나의 일관된 영역으로 구분 짓는 칼라 세그멘테이션을 하였다.

<그림 2> 와 <그림 3>은 원 영상의 각 1/16과 1/4의 해상도를 가진 계층영상을 Mean Shift 알고리즘을 이용하여 영역 분할을 한 결과와 분할 영역의 윤곽선을 구한 결과를 보여주고 있다.



그림 2. 원영상의 1/16의 계층 영상, 분할, 윤곽선  
Fig. 2 Hierarchical image in 1/16 of the original image, segmentation, and outline



그림 3. 원영상의 1/4의 계층 영상, 분할, 윤곽선  
Fig. 3 Hierarchical image in 1/4 of the original image, segmentation, and outline

### 3. 분할 영역의 분리, 교차, 포함 여부의 검사

교차점을 구하기 위해 주사선 알고리즘 방식을 적용하였다. <그림 4>에서와 같이 해당 좌표의 값이 교차하는 경우와 서로 분리되어 있는 경우 또는 특정영역을 포함하는 경우(내포하는 경우)가 나타날 때 해당 영역의 경계 좌표값을 알 수가 있으므로 좌표 비교를 통하여 영역의 교차, 분리, 포함 관계를 판단할 수 있다.

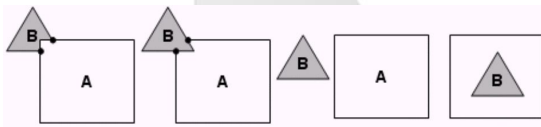


그림 4. 분할 영역간의 관계  
Fig. 4. Relationship among segmented area

$$(A \ x_s \geq B \ x_s).AND(A \ x_e \geq B \ x_e),$$

$$A \ x_{s,e} = B \ x_{s,e} \dots\dots\dots (2)$$

단, s는 좌표의 시작점, e는 좌표의 끝점을 나타낸다. (식 2)에서처럼 교차가 발생할 경우 최소한 1개의 교차점이 발생함을 나타내며, 내포 관계일 경우에는 해당 영역을 지나는 주사선에서 내포 공식이 지속됨을 알 수 있다. 위의 공식이 발생하지 않는 경우는 영역이 분리되었음을 의미한다.

## III. 등조선과 객체분할

호랑이의 무늬, 광고판의 인쇄물, 상품의 로고, 달력 내 문자 같은 도형 영역은 특정 객체의 일부분으로 인식되어진다. 또한, 현실 세계에서는 3차원의 공간으로 객체가 존재하게 되며 영상은 2차원의 평면에 3차원의 실세계를 맵핑하여 표현하게 되며, 입체감의 표현은 <그림 5>에서와 같이 명암의 조절에 의해 가능하게 된다.

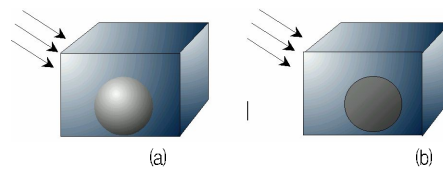


그림 5. 광원 효과에 의한 입체 표현  
Fig. 5. Cubic expression by light-source effect

<그림 5>의 (b)의 경우처럼 객체에 내포된 도형인 원은 박스에 종속되어 의미를 부여하나 자체의 부피가 없으므로 독립적인 입체감을 표현할 수 없으며, 상위 영역의 곡면의 형태에 따라 형태 또는 명암의 변화가 발생한다. 그러나, (a)의 경우는 새로운 등조선의 형태가 발생하며 등조선의 연속성이 떨어지고 상호간의 등조선 교차에서 복잡한 형태를 갖게 된다. 따라서, 본 논문에서는 위에서 설명한 현상을 이용, 같은 irradiance의 곡선으로 이루어진 등조선(Isophotes)[8]의 형태 변화를 분석하여간단하고 적은 계산량만으로 의미 있는 객체 분할이 이루어지도록 하였다.

### 1. 등조선의 생성

등조선이란 동일 irradiance의 곡선이며 해당 영역 또는 객체의 근사화된 표면 형태의 표현이 가능하다. 등조선의 생성은 등고선의 생성과 기본 기법은 같다.

분할 영역의 등조선은 가장 밝은 점을 최대 고도라 가정하고 이 지점 (Singular Point-maximally bright points : SP)을 시작점으로 하여 등간격의 등조선을 그려나간다. 표면이 균일할 경우 SP를 시작점으로 하여 전체 영역의 등조선을 구성할 수 있으나, 표면의 변화가 심한 경우나 객

체 영역, 도형 영역이 교차하는 경우에 등조선의 연속성이 끊기게 된다. 이 경우 SP 는 존재하지 않지만, 등조선 생성을 위한 영역 내에서 밝기 값이 가장 큰 지점을 등조선의 시작점으로 하여 등조선을 생성시켜 간다.

2. 등조선의 분석

등조선의 형태를 분석하기 위해 고도 기울기(slope)와 등조선의 중심 모멘트(central moment)를 이용하여 등조선의 변화율 및 변화 방향을 구하였다.

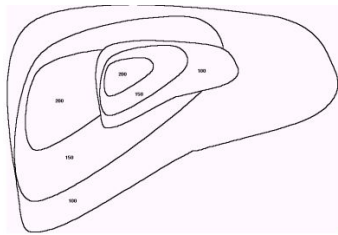


그림 6. 등조선 왜곡  
Fig 6. Distorsion of Isophotes

<그림 5>의 (a)의 경우는 각 객체의 부피가 존재하므로 전체 객체의 등조선 간의 형태에 있어서는 생성 불가능한 왜곡 현상이 발생하게 되는데, <그림 6>에서 이러한 예를 보여주고 있다.

2-1 등조선의 고도 기울기

<그림 7>은 등조선의 간격이 넓으면 완만하고, 간격이 좁을수록 급경사를 이루는 것을 보인다.

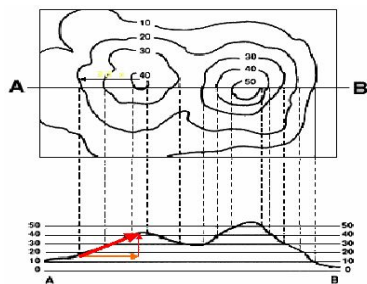


그림 7. 등조선 기울기  
Fig 7. Gradient of Isophotes

$$\tan\theta = \frac{h}{\sqrt{(x_e - x_s)^2 + (y_e - y_s)^2}} \dots\dots\dots (3)$$

(식 3)은 등조선에 대한 기울기 (gradient)를 구하는 식이다. h는 등고선에서 고도차를 의미하며 이것은 등조선에서도 마찬가지이다. 등조선의 고도 기울기를 통하여 분할 영역의 상대적인 곡면의 변화를 알 수 있으며, 도형의 경우 부피가 없어 상위 영역의 변화에 종속되므로 상위 영역의 고도 기울기의 변화와 일치한다. 도형의 등조선은 경계선 형태가 되어 거의 기울기가 없기 때문에 이웃 등조선과의 형태는 계곡(Valley)이나 이랑(Hill)의 형태를 나타낸다. 그러나, <그림 6>의 경우에서처럼 독립적 객체에 의한 분리가 일어날 경우는 고도 기울기가 여러 지점에서 거의 직각을 이루게 된다.

2-2 등조선의 중심 모멘트

등조선의 구성 형태는 일반적으로 곡선의 형태를 그리게 되며, 표면의 기울기가 급격하게 변하지 않을 경우에는 거의 타원을 형성한다. 또한 SP(중심점) 사이의 형태는 일반적으로 '8'의 형태를 보인다[8].

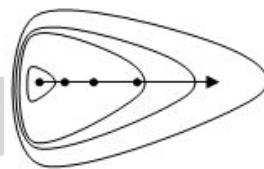


그림 8. 등조선의 중심점 및 변화 방향  
Fig 8. Central point of each isophote and change of its direction

등조선의 변화율과 방향을 알기 위해 각 등조선의 중심점을 구한 후 해당 중심점간의 이동거리 및 방향(θ)을 구하였다.

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i \dots\dots\dots (4)$$

(식 4)에서 등조선의 모든 x좌표와 y좌표의 값을 평균하여 중심 좌표를 구하고 있다.

$$|\vec{a}| = \sqrt{(x_e - x_s)^2 + (y_e - y_s)^2} \dots\dots\dots (5)$$

(식 5)는 중심점간의 변화량, 즉 거리를 구하게 되며 값이 크면 클수록 등조선의 간격이 넓음을 나타내고, 값이 작을수록 등조선의 간격이 조밀함을 나타낸다.

$$\tan\theta = \frac{(x_e - x_s)}{(y_e - y_s)}, \theta = \arctan\left[\frac{(x_e - x_s)}{(y_e - y_s)}\right] \dots\dots\dots (6)$$

또한, 등조선의 형태분석에서 어느 쪽으로 변화가 이루어지는지에 대한 전개 방향을 알기 위해 기울기 이외에 (식 6)을 이용하여 중심점간의 직선의 기울기와 전개 방향을 구하였다.

독립 영역의 경우에 기울기와 방향이 동일 광원의 효과를 받기 때문에 광원의 변화에 의한 변화율이 크지만, 도형 영역의 경우는 광원의 영향 보다는 상위영역의 곡면의 변화에 의한 변화를 보이게 된다. 따라서, 독립영역 간에는 영역 전체에 대해 기울기의 크기와 방향의 유사성을 보이고, 자신과 이웃하고 있는 등조선의 기울기와 방향에 밀접한 관계를 갖는다.

#### IV. 실험 및 고찰

실험에 사용된 영상은 24bit의 컬러값과 1024\*768의 해상도의 호랑이 그림이다.



그림 9. 영상 분할 결과  
Fig 9. Result of image segmentation

<그림 9>에서 (a)는 해상도를 1/8로 줄여 영역 분할을 한 결과이며, (b)는 해상도를 1/4로 줄여 영역 분할을 한 결과이다.

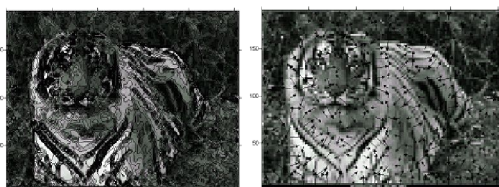


그림 10. 전체영상의 등조선, irradiance 변화  
Fig 10. Changes in isophotes of the whole image and irradiance vector

<그림 10>은 원 해상도에서 전체영상의 등조선 및 irradiance 벡터 변화를 나타낸 그림이다.

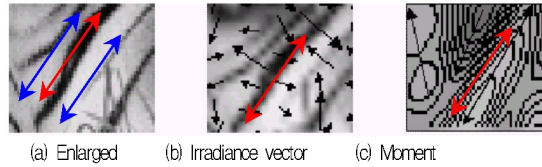


그림 11. 선택 영역의 등조선 및 벡터 변화  
Fig 11. Enlargement of the selected area and changes in isophotes and vectors

<그림 11>의 (a)는 무늬와 상위 영역을 확대한 그림이다. (b)는 irradiance의 변화를 벡터로 나타낸 그림이며, 해당 무늬 영역을 중심으로 하여 발산됨을 보이고 있으며, 이는 곡면의 형태에서 V자 즉, 계곡(Valley)의 형태를 보이고 있음을 보인다. 그러나, 단순히 irradiance의 변화 만으로는 해당 영역간의 관계분석이 모호하며, 광원의 방향, 표면 형태, 표면질감 등의 요인에 의한 변화량의 예측이 어려워 각 분할 영역에 대한 변화량의 비교가 어렵다. (c)의 경우는 본논문에서 제안 했듯이 각 영역의 등조선을 생성하고 도형 영역과의 등조선 변화를 비교한 그림이다. <그림 10>의 전체영상에 대한 등조선의 생성은 복잡한 형태를 띄우게 된다. 그러나, 앞에서 언급했듯이 내포된 영역간의 분석은, 주사선 방식에 의한 포함관계 트리를 이용하여 내포된 영역과 그 주위의 영역비교를 하게 됨으로써 연산의 복잡성과 계산량이 줄어들게 된다.

그림(c)에서 무늬 자체에는 시작점에 의한 등조선의 생성이 이루어지지 않았다. 이는 해당 영역의 고도 기울기가 0에 근접함을 나타내고 실제 등조선의 영역이 경계선과 일치하는 현상을 보이고 있으며, 등조선의 왜곡 현상은 보이지 않는다. 또한, 무늬와 이웃하고 있는 등조선과의 형태는 무늬를 중심으로 +에서 -, -에서 +로 변화가 이루어지며, 기울기가 급격함을 나타내는 계곡(Valley) 형태를 이루고 있다.

이를 통하여 해당 영역의 부분이 객체 간의 독립적인 관계가 아닌 종속적인 관계임을 판단 할 수 있으며, 객체 분리 시, 각 영역간의 등조선의 비교 분석을 통하여 효율적인 의미 있는 영역 정합을 통한 객체 분리 및 객체 인식이 가능하다.

## V. 결론

본 논문에서는 객체 정보의 의미를 지니는 무늬, 문자 도형 등에 자체적인 부피가 존재하지 않고 포함된 영역의 곡면 형태에 의한 형태 변화를 이룬다는 현상에 착안하여 색상 상에 의한 단순 분할이 아닌 등조선 형태 분석을 통해 의미 있는 객체 분리가 이루어 지도록 하였다.

제안된 등조선의 형태 분석의 경우 복잡한 연산 없이도 각 영역간의 관계 판단이 가능하며, 영상 인식, 2차원 영상의 3차원 변환의 연구에서 필요한 객체분리의 효율화를 이룰 수 있다. 그러나, 그림자 효과, 광원의 간섭에 의한 등조선의 왜곡 현상과 복잡한 등조선 형태를 정확하게 분석할 수 있는 개선된 방법이 필요하다.

Machine Intelligence, 24(5):603--619, 2002.

[6] Gonzalez, Woods: Digital Image Processing. Addison Wesley, 1993.

[7] Dorin Comaniciu, Peter Meer, Robust Analysis of Feature Spaces: Color Image Segmentation, CVPR 97(750-755), USA.

[8] Takayuki OKATANI and Koichiro DEGUCHI, On Identification of SingularPoints Using Photometric Invariants for Global Shape from Shading Problem, ICPRI998, Aug. 1787-1790, 1998.

## 참고문헌

[1] MJ Swain and DH Ballard, "Color Indexing,"International Journal of Computer Vision, vol. 7, pp. 11-32, 1991).

[2] G. Pass , R. Zabih, Histogram refinement for content-based image retrieval, Proceedings of the 3rd IEEE Workshop on Applications of Computer Vision (WACV '96), p.96, December 02-04, 1996)

[3] WY Ma and BS Manjunath, "Netra: A toolbox fomavigating large image databases", ACMMultimedia System, vol. 7, pp. 184-198, 1999.

[4] Ramesh Jain, Machine Vision, McGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITIONS, 1995.

[5] D. Comaniciu and P. Meer. Mean shift: A robust approach toward feature space analysis. IEEE T.Pattern Analysis and

## 저자 소개

### 이 승 수

1995년 건국대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)

1999년 건국대학교 컴퓨터공학과 (박사수료)

현 재 서울 디지털 디자인 전문학교 전임

### 박 장 춘

~ 현재 건국대학교 컴퓨터공학과 교수