

# 제품 설계 정보와 영상 데이터의 병합을 위한 에지 기반 라벨링에 의한 영상 분할

이형재\*, 김용일\*\*, 양형정\*

\*전남대학교 전산학과

\*\*호남대학교 인터넷소프트웨어학과

e-mail : hjgumsin@hotmail.com, yikim@honam.ac.kr, hjyang@chonnam.ac.kr

## Image segmentation by edge-based labeling for Integrating product design information and image data.

Hyungjae Lee\*, Yongil Kim\*\*, Hyungjeong Yang\*

\*Chonnam National Univ, Dept of Computer Science

\* \*\*Honam Univ, Dept of Internet Software

e-mail : hjgumsin@hotmail.com, yikim@honam.ac.kr, hjyang@chonnam.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 협동적 제품 개발 환경에서 제품 설계 데이터와 제품 내의 객체 정보를 매칭하고 영상 기반에서 공학 데이터를 검색하기 위한 목적으로 영상 내의 객체의 각 영역을 분할 하고자 한다. 제품 설계시 생성 과정에서 CAD 툴 등으로부터 생성되는 영상은 객체 화소값의 차이가 적고 생산환경에 맞게 실시간으로 정보를 제공 할 수 있어야 한다. 위와 같은 두 가지 사항을 해결하기 위해, 전처리 과정이 없이 객체 내의 각 부분 정보를 알 수 있는 에지 기반 라벨링(Edge\_Based Labeling) 기법을 제안한다.

### 1. 서론

분산된 협동적 제품 개발 환경에서는 여러명의 제품 설계자와 제품 관리자, 생산자, 경영자가 원격 연결 환경에서 작업에 참여하게 된다. 그러므로, 서로 다른 분야에 있는 참여자들의 의사소통은 제품의 질과 생산성에 많은 영향을 준다. 이러한 환경에서 제품의 영상과 같은 멀티미디어 데이터는 각각의 역할이 다른 참여자들이 익숙하게 접근 할 수 있는 데이터 형태이다. 즉 제품 이미지로부터 설계 데이터를 접근 할 수 있다면 CAD 툴과 같은 전문적인 도구에 대한 지식이 없어도 그 객체의 정보를 형태학적 관점만으로도 알 수 있다. 그러나 설계 데이터는 한 제품을 표현하는 정보로서, 객체를 구성하는 재료, 길이, 넓이 등의 수치적 데이터이기 때문에 형태학적 영상과 수치적 데이터를 매칭 할 수 있도록 영상을 분할 하고

자 한다.

영상 분할(Image Segmentation)이란 영상 분석에 기본이 되는 기법으로 영상을 밝기, 색상, 모션 등과 같은 유사한 특성을 갖는 영역 단위로 분할하는 작업이다. 영상 분할은 객체 인식, 컴퓨터 비전, 영상압축 등을 위한 전 처리 과정 등의 다양한 분야에서 매우 중요한 역할을 하고 있기 때문에 지금까지 많은 연구가 진행되고 있다[2][3][4][7].

영상 분할을 위한 방법은 윤곽선을 이용한 분할 방법, 영역을 이용한 분할 방법, 히스토그램을 이용한 방법 등의 다양한 방법이 있다. 기존의 연구들은 [2][4][5] 화소값 차이가 적은 영상에서는 영역 분할이 정확하지 않고 색체계 변환 등의 다양한 전처리 과정으로 인해 속도가 느리다는 단점이 있다. 영상 영역을 이용한 분할 방법중 Normalized cuts[2]은 고유값, 고유방향을 근집화에 적용을 하여 화소값을 2 개의 그룹으

로 나누는 반복 작업을 통해 영역분할을 한다. Normalized cut 알고리즘은 n 개 화소를 가지는 영상에서  $O(n^2)$  의 처리 속도를 보인다[9].

본 논문에서는 제품 설계시 생성 과정에서 CAD 툴 등으로부터 생성되는 영상과 같이 객체 화소값의 차이가 적은 영상에서 실시간으로 영역 분할을 하기 위해, 전처리 과정이 없이 객체 내의 각 부분 정보를 알 수 있는 에지 기반 라벨링(Edge-Based Labeling)기법을 제안한다.

2 장에서는 영역 기반의 분할 방법과, 히스토그램을 이용한 분할 방법 등의 관련 연구들을 살펴보고 3 장에서는 EBL 기법에 대해 설명한다. 4 장에서는 제안된 방법의 실험 결과를 설명한다. 5 장에서는 앞으로 연구 방향에 대해서 논의하고자 한다.

**2. 관련 연구**

현재 알려져 있는 기법 중 영역 기반의 분할 방법은 값이 비슷한 화소들을 하나의 영역으로 군집화하여 동질성이 보장되는 영역을 기반으로 영상을 분할하는 기법으로서 비교적 정확한 영상 분할의 결과를 얻을 수 있지만 정확한 영역을 얻기 위하여 평활화, 모폴로지 등의 다양한 전처리 과정으로 인하여 시간이 느리다는 단점이 있다. 대표적인 영역분할 방법은 Blobworld[1]이다. Blobworld 방법은 영상에 스무딩 기법을 적용한 후, 영상을  $L*a*b$  색 체계로 변환을 한 다음에 화소 값의 차이를 극대화 시켜 영역을 구분하는 방법이다. Blobworld 방법은 화소값 차이가 적은 경우에는 분할이 정확하지 않은 단점을 보인다.

Normalized-cut[3][7]은 고유값, 고유방향을 이용해서 화소들을 반복적으로 두 집단으로 분할 하는데, 결과 영상이 너무 작은 영역으로 분할 된다는 단점이 있다. 칼라 세그멘테이션[6]은 칼라를 분할의 속성으로 이용하는 방법으로서 칼라 값의 차이가 적은 경우 영역 분할이 힘들다. 히스토그램[4]을 이용한 방법은 영상 내의 그레이 값들의 분포가 단순한 경우에 주로 사용되며 이 방법은 입력 영상으로부터 히스토그램을 구해서 가장 높은 빈도를 갖는 두 개의 그레이 값으로 영상 전체를 양자화 함으로써 영상분할을 한다. 그러나 히스토그램의 분포가 복잡한 경우에는 임계값을 결정하기 어렵다는 단점이 있다. 에지 기반과 영역 기반을 결합한 Color-Edge Extraction and Seeded Region Growing(SRG)[5]방법은 영상의 색상을 각 채널(Y,U,V)로 분리하는 전처리를 거치는 방법으로서 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다.

본 연구에서는 전처리 과정을 줄이고 영상에서 객체의 경계선을 추출한 후 경계선을 강화하여 객체 내의 각 부분을 인식하는 EBL 방법을 제안한다.

**3. 영역 추출 과 인식**

본 논문에서 제안한 EBL 을 이용한 영상 분할은 주어진 실험 영상에 대해 그림 1 과 같이 2 단계 과정을 거쳐 영상을 분할 한다.

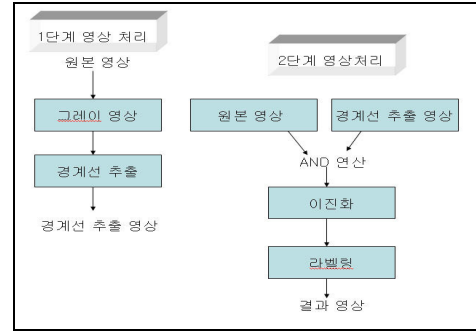


그림 1. EBL 을 이용한 영상 분할

그림 1 을 보면 경계를 추출할 때 본 논문에서 개선된 에지 방법을 쓰며, AND 연산은 경계선 부분을 강화해서 부품을 구별한다. 이와 같이 경계를 추출 한 후에 라벨링을 수행하는 방법을 에지 기반 라벨링 (EBL)이라 한다.

**3.1. 에지 추출**

에지는 화소값의 변화가 낮은 값에서 높은 값으로, 또는 이와 반대로 변하는 지점에 존재하는 부분을 가리킨다. 에지 추출 알고리즘은 다양하며 각기 장단점을 가지고 있으므로 추출 시간과 결과를 따져서 결정해야 한다. 영상에서 화소값의 변화율을 알기 위한 방법으로는 식(1)과 같이 1 차 미분 또는 2 차 미분을 사용한다.

$$\frac{\partial(x, y)}{\partial x} = \Delta x = \frac{f(x + dx, y) - f(x, y)}{dx}$$

$$\frac{\partial(x, y)}{\partial y} = \Delta y = \frac{f(x, y + dy) - f(x, y)}{dy} \quad (1)$$

만약 두 픽셀 값의 차이가 1 이라고 한다면,  $dx = dy = 1$  이다. 식(2)와 같이 수평 방향의 미분을 구하면 x 좌표는 같고, y 좌표의 차이값을 구하면 된다. 또한 수직 방향의 미분은 식(3)과 같이 y 좌표는 같고, x 좌표의 차이값을 구하면 된다.

$$G(x) = f(x, y - 1) - f(x, y + 1) \quad (2)$$

$$G(y) = f(x - 1, y) - f(x + 1, y) \quad (3)$$

수평 방향의 미분과 수직 방향의 미분을 더해서 1 차 미분의 에지를 추출한다.

$$Edge = |G(x)| + |G(y)| \quad (4)$$

위의 1 차 미분 수식을 영상에 그대로 적용할 수는 없으므로 영상에서는 마스크로 바꾸어 적용한다. 1 차 미분 수식을 이용한 소벨 마스크는 인접 화소와 많은 차이가 나는 부분을 평균화하므로 잡음에 강해서 본 연구에서는 소벨 마스크를 사용하였다.

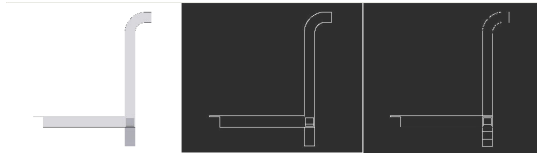
평활화와 같은 전처리 과정을 없애고 잡음을 제거하기 위하여 수평과 수직을 더해서 최대값과 최소값을 이용해 에지 결과를 향상 시킨다. 에지가 강화된

이미지를  $I_{EDGE}$  라 하고,  $I_{EDGE}(x_i, y_j)$ 를  $I_{EDGE}$  이미지내의 각 화소값이라고 했을 때  $I_{EDGE}$  이미지는 0-255 사이의 분포값으로  $TranRange()$  함수를 이용해서 식(5)와 같이 변환되며 이때 임계값  $\alpha$  이상의 화소값만  $I_{EDGE\_255\_alpha}$ 에 포함시킨다.

$$I_{EDGE\_255} = TranRange(I_{EDGE}(x_i, y_j))$$

$$I_{EDGE\_255\_alpha} = \{I_{EDGE\_255}(x_i, y_j) | I_{EDGE\_255} > \alpha\}$$

본 논문에서는 다양한 실험을 통해 에지가 굵고 잡음이 없는 영상을 얻기 위하여 2 차 미분의 라플라시안 에지 추출 알고리즘도 실험하였다. 2 차 미분은 에지를 많이 추출하여 잡음이 많다는 단점 때문에 잡음을 제거하기 위한 전처리 과정이 요구되어 비용을 증가 시키는 문제가 있다.

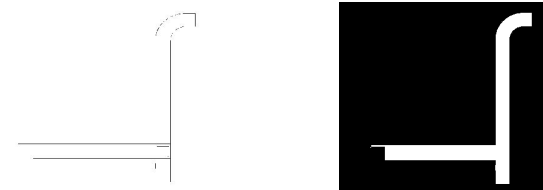


(a)원본 영상 (b) 개선된 소벨 (c)라플라시안  
그림 2. 에지 영상

그림 2 의 1 차 소벨 마스크를 적용한 결과를 보면 경계가 뚜렷하고 잡음이 없어 전처리 과정이 따로 필요 없지만, 라플라시안 에지 추출 알고리즘은 잡음이 많고, 잡음을 해결하기 위하여 스무딩과 같은 전처리를 한 후 라플라시안 에지 추출 알고리즘을 적용하면, 실험 결과와 같이 경계가 확실하지 않고 끊어지게 된다. 본 연구에서 개선한 에지 추출 알고리즘은 에지를 강화 하면서 잡음을 제거하였다.

### 3.2. 이진화

본 논문에서는 3.1 에서 구한 에지 영상에서 객체와 배경을 명확하게 구분하기 위해 이진화를 수행한다. 본 논문에서는 단일 평균값을 기준으로 화소값을 분리하는 One Cluster(OC)를 이용하였다. K-means[8]를 이용한 이진화와 One Cluster(OC)을 실험해 본 결과 그림 3 에서와 같이 K-means 의 경우 객체와 배경이 명확하게 구분이 안되고 있지만, OC 방법은 객체와 배경을 잡음 없이 구분하는 것을 볼 수 있다.



(a) k-means (b) OC 결과

그림 3. 이진화 결과 영상

### 3.3. 라벨링

라벨링은 인접하여 연결된 모든 화소에 동일한 번호를 붙이고 에지로 구분된 다른 연결 성분에는 다른 번호를 붙여서 영역을 구분하게 한다. 즉 분할된 개체 내 모든 화소는 같은 번호를 가지게 되며, 각 분할된 개체들은 서로 다른 번호로 구분 할 수 있다. 프로그램 기법으로는 재귀 함수 호출 기법과 스택을 이용한 기법이 있다. 재귀 함수 호출 기법은 영상이 큰 경우에 계속되는 함수 호출로 인한 메인 메모리의 스택 영역을 다 소비하기 때문에 오버플로우 현상이 일어나는 단점이 있어 본 논문에서는 스택 기법을 이용하였다.

<p>Algorithm : Labeling                  Input : BinaryImage, ImageSize                  Output : Labeled Image</p>
<pre> Labeling(BinaryImage, ImageSize) {   For(int i=0 ; i&lt;ImageSize ; i++){     //라벨링 해야 할 픽셀을 만나는 경우     if(BinaryImage[i] == 255 &amp;&amp; labeling[i] == 0){       Labeling++;       While(true) {         //마스크 크기만큼 반복         For(int mask = i-1 ; mask &lt;i+1 ; mask++){           // 이웃 화소를 라벨링 해야하는지 검사           if(mask == 255 &amp;&amp; mask == 0){             // 현재 좌표 저장             Stack.push(new Point(mask)) } // end if           } //end for           Point p = stack.pop();           // 스택이 비었을 경우 다음 화소에서 라벨링           //을 시작한다.           if(p == null) break ;           } //end while           } //end if           } // end for         } // end function     </pre>

그림 4. Labeling 알고리즘

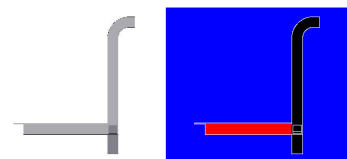


그림 5. (a) 원본 영상 (b)라벨링 결과 영상

그림 5 는 이진화 처리를 한 후에 라벨링이 적용된 결과 영상을 보이고 있다. 본 논문에서는 라벨링을 할 때 영상의 1%미만의 영역은 매우 작은 부분이기 때문에 객체 내에서 부분으로서 의미가 없다고 판단하여 라벨링의 대상에서 제거하였다.

## 4. 실험결과

실험에 사용된 영상은 3D CAD 솔리드 모델을 래스터 영상으로 변환한 것을 사용하였다.

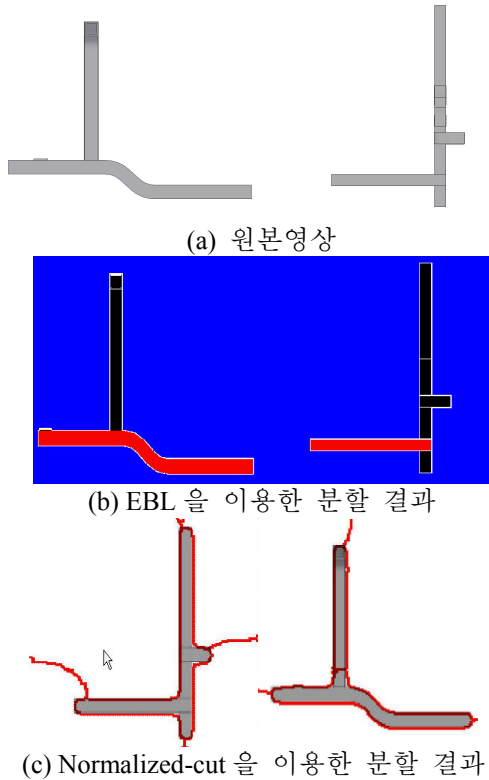


그림 6. 영상 분할 결과

영상 내에서 객체 분할의 정확성을 검증하기 위하여 영상을 그림 7 과 같이 세선화 처리한 다음 연결된 두 점 사이의 선이 다른 방향 성분을 가지고 있는 선과 이웃하거나 교차하는 경우에 객체 내 하나의 부분으로 정의 하였다. 즉 ‘객체내의 부분을 분리해서 또 하나의 개체로 볼 때, 그 개체는 하나의 선이다.’는 정의를 기준으로 평가하였다.

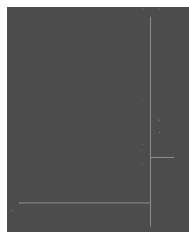


그림 7. 세선화된 영상

표 1 실험 결과

평가 방법	Precision (nC/nR)	Recall (nC/nA)	F1 (2PR/PR)
Normalized-cut	20.2%	12.5%	15.4%
EBL	42.9%	51.6%	46.8%

표 1 실험 결과는 주어진 영상으로부터 찾아내야 할 부품의 수 nA, 각 방법들이 찾아낸 부품의 총수

nR, 찾아낸 부품의 수 중에 검증 데이터와 일치하는 부품의 수 nC 를 분석한 후 Precision/Recall 을 알아 냈다. F1 를 분석하면, 전체적인 수치는 Normalized-cut 방법보다 EBL 방법이 좋은 것을 알 수 있다. 실험 환경은 CPU 3.0G, RAM 1G 에서, 80 개의 영상을 가지고 실험 하였다.

### 5. 결론

본 논문에서는 에지 기반 라벨링을 이용하여 제품의 부품을 분할하였고, 실험 결과 46.8%의 성능을 보였다. 이 수치는 Normalized-cut 보다 31.4% 높은 결과이다. 본 연구에서 제안한 에지 기반 라벨링 방법은 단조로운 색 분포에서 Normalized-cut 보다 좋은 성능을 보이고 있으며, 전처리 과정이 없기 때문에 다른 방법에 비해 빠른 수행 결과를 보인다.

앞으로의 연구 방향은 EBL 을 사용해서 인식한 객체내의 각 부분을 공학 데이터와 매칭하여 영상의 한 부분으로부터 해당 부품의 설계 정보를 출력하고자 한다. 이를 위해 한 제품이 영상에서 다양한 각도로 표현되어도 그 제품의 동일한 공학 데이터를 매칭할 수 있는 연구를 수행하고자 한다.

### 참고문헌

- [1] Chad Carson, “Blobworld: Image Segmentation Using Expectation-Maximization and Its Application to Image Querying”, IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol.24, no.8, August, 2002.
- [2] Jianbo Shi, and Jitendra Malik, “Normalized Cuts and Image Segmentation”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.22, no.8, pp. 888-905, 2000.
- [3] J. De Bock, P. De Bock, W. Philips, “watershed and Normalized Cuts as basic tools for Perceptual Grouping.”, ProRISC, pp.238-245, 2004
- [4] D. Wang, P. hakghton, I. Wang nad A. vincent., “Motion estimation using segmentation and consistency constraint”, Proc. SPIE Conf. Visual Comm. Image processing, vol.3024, pp.667-708, 1997.
- [5] Jianp Fan, David. K. Y. Yau, “Automatic Image Segmentation by Integrating Color-Edge Extraction and Seeded Region Growing”, IEEE Transactions on Image Processing, vol. 10, no. 10, pp.1454-1466, 2001
- [6] R. Bajcsy, S. W. Lee and ALeonarids, “Color image segmentation with detection of highlights and local illumination induced by inter-reflection”, in Proc. International Conference on Pattern Recognition, Atlantic City, NJ, pp.785-790, 1990.
- [7] N. Alon, “Eigenvalues and Expanders”, Combinatorica, vol. 6, no.2, pp.83-96, 1986.
- [8] Inderjit S.Dhillon , Yuqiang Guan, Brian Kulis “Kernel k-means, Spectral Clustering and Normalized Cuts” KDD pp.551-556, 2004
- [9] Baris Sumengen, Jelena Tesic, “ Normalized Cuts and Image Segmentation”, ECE 278 Final Report, pp.1-7, 2000
- [10] Federico Pedersini, “MULTI-RESOLUTION CORNER DETECTION”, ICIP, pp.881-884, 2000