

## 모바일 장치에서 에지 선택의 효율성

강석훈\*

### Effectiveness of Edge Selection on Mobile Devices

Seok-Hoon Kang\*

#### 요약

본 논문은 모바일 환경 하에서 효과적인 그래프 기반의 이미지 분할 적용 시, 실행시간 및 메모리 사용량 향상시키고, 이를 이용해 surface layout의 전처리 작업으로 수퍼 픽셀을 얻기 위한 효율적인 방법을 제안한다. 그래프 기반의 이미지 분할은 영상으로부터 오브젝트 영역을 추출하는 알고리즘으로 입력 영상의 각 화소 정보를 이용한 에지 생성 및 그래프를 구성한다. 그래프 구성 시 기준 화소 및 주변 화소 위치 정보 및 색상 강도 차이 값(edge weight)을 이용하여 에지를 구성하며, 색상 강도 차이 값에 따른 문턱치 값을 기준으로 각 에지를 연결함으로써 객체 영역을 추출하고 있다. 따라서 에지의 수는 그래프 기반의 이미지 분할의 실행시간 및 메모리 사용량을 결정하게 된다. 모바일 디바이스는 PC에 비해 프로세서 속도 및 메모리 사용량 등 하드웨어적인 제약사항이 많으며, 프로그램 응답 시간이 주요 이슈가 되고 있다. 이러한 모바일 디바이스 상의 영상 처리 기술 적용 시 빠른 프로그램 응답 시간 제공은 반드시 이루어져야 하며, 이미지 분할 단계에서도 보다 빠른 응답 시간을 위한 프로세싱 시간과 메모리 사용량을 줄여야만 한다. 본 논문은 그래프 상의 에지의 수를 효과적으로 선택하는 효과적인 에지 선택 알고리즘 적용을 통해 그래프 기반의 이미지 분할 알고리즘을 모바일 디바이스에 적용 시, 프로세싱 시간 및 메모리 사용량의 개선을 보이도록 하고, 수퍼 픽셀 당 정확도가 입력영상 사이즈에 관계없이 70%이상 생성되며, 그 정확도가 96% 동일하다는 것을 보인다.

▶ 키워드 : 모바일, 이미지분할, 수퍼픽셀

#### Abstract

This paper proposes the effective edge selection algorithm for the rapid processing time and low memory usage of efficient graph-based image segmentation on mobile device. The graph-based image segmentation algorithm is to extract objects from a single image. The objects are consisting of graph edges, which are created by information of each image's pixel. The edge of graph is created by the difference of color intensity between the pixel and neighborhood pixels. The object

• 제1저자 : 강석훈 • 교신저자 : 강석훈

• 투고일 : 2010.12.20, 심사일 : 2011.01.26, 게재확정일 : 2011.04.05.

\* 인천대학교 임베디드시스템공학과(Dept. of Embedded System Engineering, University of Incheon)

※ 이 논문은 인천대학교 2007년도 자체연구비지원에 의하여 연구되었음.

regions are found by connecting the edges, based on color intensity and threshold value. Therefore, the number of edges decides on the processing time and amount of memory usage of graph-based image segmentation. Comparing to personal computer, the mobile device has many limitations such as processor speed and amount of memory. Additionally, the response time of application is an issue of mobile device programming. The image processing on mobile device should offer the reasonable response time, so that, the image segmentation processing on mobile should provide with the rapid processing time and low memory usage. In this paper, we demonstrate the performance of the effective edge selection algorithm, which effectively controls the edges of graph for the rapid processing time and low memory usage of graph-based image segmentation on mobile device.

▶ KEYWORD : Mobile, Image Segmentation, Super Pixel

## I. 서론

한 장의 2차원 영상을 3차원으로 복원하기 위한 기법에는 많은 것이 있으며, 그 중에 Surface Layout을 형성을 이용하는 기법이 있다[1, 2, 3]. 이러한 Surface Layout의 생성은 이미지 분할을 기반으로 하고 있으며[1, 4-7], 그 결과를 기반으로 기하학적 관계를 구하여 Surface Layout을 생성하게 된다.

이미지 분할은 입력된 영상으로부터 객체를 인식하는 것이다. 그러나 이러한 이미지 분할 및 객체 분류 단계 또한 아직 많은 개선점을 가지고 있으며, 이러한 부분을 해결하기 위해 많은 연구가 이루어지고 있다[1-2, 8-11]. 이미지 분할 및 객체 분류의 개선점에는 얼마나 더 정확하게 객체를 인식하느냐에 대한 측면과 그 처리 속도가 얼마나 더 빠르냐에 대한 것이 있다.

최근 다양한 멀티미디어 기능이 포함된 많은 모바일 제품(스마트 폰 등)이 출시되고 있다. 이러한 모바일 제품의 특징 중에는 1대 이상의 카메라 센서를 기본 장착하고 있고, 이로 인해 다양한 영상 처리 기술의 사용이 일반화 되어가고 있다는 것을 들 수 있다. 이러한 모바일 장치에서는, 촬영 시 사람의 입 모양 및 표정을 인식하는 스마일 샷 기능, 연속된 정지 화면을 촬영하여 이를 연결하는 파노라마 샷 기능, 및 촬영된 명함을 인식하는 기술 등이 대표적으로 사용되고 있다. 이러한 모바일 상의 영상 처리 기술은 앞으로 더 많은 사용과 발전이 이루어질 것으로 예상할 수 있다.

하지만 이러한 모바일 디바이스는 일반적인 개인용 컴퓨터에 비해 하드웨어 구성 및 성능에 제약이 있는 것이 사실이다. 그럼에도 불구하고 모바일 장치를 사용하는 사용자는 원하는 정보를 실시간으로 응답 받고자 하는 특징을 가지고 있다. 따

라서 모바일 환경에서 영상 처리 기술의 사용은 이 두 가지 제약 조건을 만족할 수 있어야 한다. 모바일 환경 하에서 이미지 분할을 실시 할 경우, 분할된 이미지의 정확성 및 처리 속도, 그리고 해당 알고리즘의 구성 및 영상의 크기에 따른 메모리 사용량 등은 구체적으로 해결해야 할 사항이다.

본 논문은 그래프 상의 에지의 수를 효과적으로 선택하는 알고리즘의 적용을 통해 그래프 기반의 이미지 분할 알고리즘을 모바일 디바이스에 적용 시, 프로세싱 시간 및 메모리 사용량의 개선을 보이도록 하고, 슈퍼 픽셀당 정확도가 입력영상 사이즈에 관계없이 70%이상 생성되며, 그 정확도가 96% 동일하다는 것을 보인다.

## II. 관련 연구

Felzenszwalb와 Huttenlocher[1]는, 그래프를 이용한 효과적인 이미지 분할을 보여주고 있다. 이미지 분할은 입력 영상의 최소 또는 영역들을, 특정 규칙에 의해 분류한다. [1]에서는 영역 간 차이 값을 이용하고 있으며, 입력 영상의 최소 및 주변 최소(N8)의 색상 강도 차이 값을 구함으로써 그래프의 에지를 구성한다. 영상의 영역 추출을 위해, 이러한 차이 값은 다음의 두 가지로 정의하고 있다. 첫째, 어떤 요소가 있을 경우, 내부 차이 값은 해당 요소의 최소 신장 트리상의 최대 가중치로 정의된다. 두 번째, 두개의 요소의 정점이 적어도 하나의 에지에 연결되어 있을 경우, 두개의 요소 사이의 차이 값은 두개의 영역을 연결하는 최소 가중치 에지로 정의된다.

위의 두 가지 정의를 기반으로 [1]의 그래프 기반 이미지 분할 알고리즘은 두개의 요소 간 차이 값이 최소 내부 차이 값보다 작을 경우, 두개의 요소를 하나의 영역으로 병합하는 방법을 통해, 이미지 상의 영역들을 하나의 영역으로 병합하고 있다.

[1]은 최소 신장트리를 이용하여, 에지의 내림차순 정리를 통한 각 요소를 병합함으로써, 분할된 영역은 더 이상 병합할 수 없을 만큼 크며, 더 이상 나누어질 수 없을 만큼 작은 영역을 이루게 된다. 덧붙여 고정된 수의 이웃 화소를 사용함으로써 해당 알고리즘의 실행 시간은  $O(m \log m)$  을 만족하며, 이때  $m$ 은 입력 영상의 화소수를 나타낸다.

이러한 특징은 D. Hoiem의 자동 사진 팝업에서도 찾아볼 수 있다[2]. [2]는 한장의 2D 이미지를 이용하여 3D로 재구성하는 방법에 대해 기술하고 있으며, 그 중 첫 번째 단계가 [1]의 효과적인 그래프 기반의 이미지 분할 알고리즘을 이용한 분할된 영역 즉, 수퍼 픽셀을 추출하는 것이다.

본 논문은 그래프 기반의 이미지 분할 알고리즘을 모바일 환경에 적용 시, 고정된 이웃 화소를 이용한 에지 생성에 따른 성능 저하를 개선하기 위해, 효과적인 에지 선택 알고리즘을 제안하며, 해당 알고리즘 적용을 통해 모바일 환경에 적합한 실시간 응답 시간을 포함하는 처리 속도 개선 및 메모리 사용량의 개선을 보이고자 한다.

### III. 효과적인 에지 선택 알고리즘

그래프 기반의 이미지 분할은 주변 화소를 이용하여, 화소 간 색상 강도 차이 및 화소의 위치정보를 통해 에지를 생성한다. 하지만 이러한 에지 생성 방식을 모바일 장치에 그대로 적용하면 이미지 분할 결과는 PC와 동일하나, 프로세싱 시간에 많은 차이가 나서, 응답성이 떨어지는 결과를 보이게 된다.

본 논문은 그래프 기반의 이미지 분할 방식을 모바일 환경에 적용 시, 전처리 작업으로 효과적인 에지 선택 알고리즘을 적용함으로써, 실행 시간 및 메모리 할당량을 줄이는 것에 초점을 두고 있다. [1]의 복잡도는  $O(m \log m)$ 이다. 따라서 에지의 수에 따라 그 속도 및 메모리 사용량이 결정된다. 본 논문에서 제안하는 효과적인 에지 선택 알고리즘은, [1]에서 제안한 입력 영상의 화소 하나에 대해 최대 두개의 에지만 생성할 수 있도록 하여 그 개수를 절반이하로 줄이며, 실행 속도 및 메모리 사용량을 줄이고, 그럼에도 불구하고 이로 인한 손실을 최소화 시키는데 목적이 있다.

```

for( y =0 : y < height of input image: y++)
for( x = 0 : x < width of input image : x++) {
    edge_weight[0] = Calc_W(x, y) , (x+1, y) )
    edge_weight[1] = Calc_W(x, y) , (x, y+1) )
    edge_weight[2] = Calc_W(x, y) , (x+1, y+1) )
    edge_weight[3] = Calc_W(x, y) , (x+1, y-1) ) }
Select only one or two edges, smallest weight.
    
```

위와 같은 본 알고리즘은 그래프 기반의 이미지 분할 입력 에지의 수를, 하나의 화소에 대해 최대 2개까지 생성한다. 기존 화소와 주변 화소의 색상 강도 차이 값을 구한 후, 가장 작은 차이 값 두개를 추출하도록 하였다. 실험 결과, 위와 같은 전처리 작업을 통해, 모바일 환경에 상대적으로 적합한 이미지 분할을 수행할 수 있으며, 이 알고리즘 사용 이전 대비, 각 수퍼 픽셀 및 이미지 분할 정확도가 떨어지지 않음을 실험을 통해 보인다.

### IV. 모바일 장치에서의 효율성 분석

그림 1은 동일한 모바일 환경 하에서 그래프 기반 이미지 분할 결과 영상(그림 1-b)과 본 논문의 알고리즘을 적용한 결과 영상 (그림 1-c)을 보여주고 있다. 그림 1은 [1]에서 사용한 320x240 크기 영상이며, [1]에서 해당 영상 사이즈에 적용한 가우시안 필터 0.8 및 K 300을 사용하였다. 그림 2와 그림 3은 또 다른 예이며, 본 논문에서는 3가지를 비교한다.

본 논문에서는 그림 1~3에서 보이는 결과 영상을 바탕으로 본 논문의 알고리즘 사용 유무에 따른 성능을 비교 평가한다. 성능 비교 평가에 사용된 모바일 환경은 Qualcomm MSM7225 Processor CPU core clock 517MHz, RAM 128MB이며, 정확한 성능 평가를 위해, Qualcomm MSM7225 상의 DCVS (Dynamic Clock and Voltage Scaling) Off 상태로 설정하였다. 이하의 실험에서 (1)은 [1] 논문에 의한 그래프 기반의 이미지 분할로 실험한 것이고, (2)는 [1]논문의 방법에 본 논문의 알고리즘을 적용하여 처리한 결과이다.

그래프 기반의 이미지 분할 알고리즘의 성능은 그래프를 구성하는 에지의 수에 따라 결정된다. 따라서 이미지 사이즈에 대해, 본 논문의 알고리즘 적용 유무에 따른 그래프상의 입력 에지의 수를 비교해봄으로써, 본 알고리즘의 적용에 따른 속도 개선 유무를 예측할 수 있다.

이 결과와 같이, 본 알고리즘 사용 시, 그래프 구성에 사용된 에지의 수가 절반 정도 감소함을 확인 할 수 있고, 이를 통해 이미지 분할 처리량 또한 절반 수준으로 감소할 수 있음을 예측할 수 있다.

영상의 사이즈에 따른 처리 시간도 모바일 장치에서 주요한 부분이 된다. 처리 시간 비교는 본 알고리즘의 처리 속도 뿐만 아니라 모바일 환경의 제약 사항 및 그 환경 속에서의 속도 개선 사항을 함께 보기 위해, 모바일 환경과 PC 환경에서 실시하였으며, PC 환경은 CPU Intel Core2 Duo CPU 2.2GHz이며, Memory 2047MB이다. 처리 속도의 시간단

위는 밀리초(ms)이다.

그림 4, 그림 5, 그림 6의 결과에서 본 알고리즘을 이용한 그래프 기반의 이미지 분할 처리 속도가 절반가량 줄어든 것을 확인할 수 있다. 전체적인 처리 시간은 다른 영상처리 프로그램(명함인식 등)과 비교하여도, 개선의 여지는 있지만 비교적 만족스러운 것임을 알 수 있다.

메모리 사용량은 그래프를 구성하는 에지의 수에 따라 결정된다. 결과는 아래와 같으며, 단위는 메가 바이트이다.

메모리 사용량은 약 1/3정도 줄어들었음을 확인할 수 있다. 모바일 디바이스의 경우, 메모리 관리를 위해 일반적으로 이전에 실행된 프로그램들이 메모리에 상주시키는 경우가 많다. 이로 인해 응답의 실시간성을 높이며, 이때 운영체제의 요청에 따라 사용 중인 메모리를 반환하게 된다. 따라서 본 알고리즘 사용에 따른 메모리 사용량의 감소는 상주해 있는 다른 프로그램의 실시간 응답성을 향상시킬 수 있다는 장점을 가진다.

본 알고리즘 적용 시 이미지 분할 결과의 정확성은 에러율을 구하여 확인할 수 있다. 에러율은 그래프 기반의 이미지 분할만 사용한 결과 영상(기준 영상)과 본 논문의 알고리즘을 적용한 결과 영상(비교 영상)의 객체 인식 영역을 서로 비교함으로써 값을 구한다. 기준 영상과 비교 영상은 결과적으로 객체를 추출한 영상이다. 따라서 두 영상의 에러율을 구하기 위해서는, 두 영상의 각 좌표점을 비교하여, 어떤 객체에 포함되어있느냐를 먼저 계산해야 한다. 두 영상의 동일한 좌표점이 특정 객체에 각각 포함되어있을 경우, 해당 영역을 기준 영상과 비교 영상의 동일한 객체 영역으로 인식하고, 기준 영상의 좌표점을 기준으로 비교 영상의 추출된 객체 영역들이 얼마나 존재하는지 계산한다.

이러한 계산을 통해, 비교 영상의 가장 많은 영역을 차지하고 있는 객체를 대표로 선정하며, 나머지 객체들을 에러로 간주하여, 그 화소의 수(EP, Error Pixels)를 구함으로써, 기준 영상의 하나의 객체 영역(OP, Object Pixels)에 대한 비교 영상의 에러율을 구할 수 있다.

$$\text{Error Rate (e)} = \text{EP/OP}$$



(a) 원 영상 (b) 그래프기반 이미지 분할  
(a) Original image (b) image Segmentation

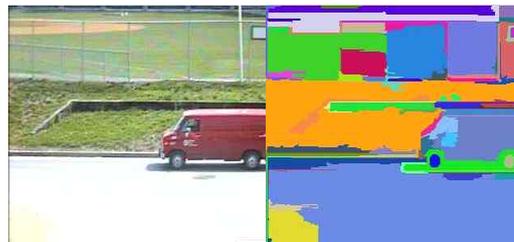


(c) 본 논문의 결과 영상  
(c) The result of this paper

(320x240 color image,  $\sigma = 0.8, k = 300$ )

그림 1. 효과적인 에지 선택 결과 영상 1

Fig. 1. The result of Effective Edge Selection Algorithm 1 (Base Ball)



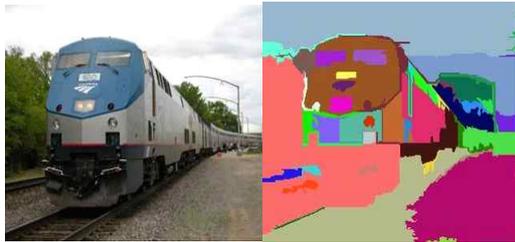
(a) 원 영상 (b) 그래프기반 이미지 분할  
(a) Original Image (b) Image Segmentation



(c) 본 논문의 결과 영상  
(c) The result of this paper

그림 2. 효과적인 에지 선택 결과 영상 2

Fig. 2. The result of Effective Edge Selection Algorithm 2 (Street)



(a) 원 영상 (b) 그래프기반 이미지 분할  
 (a) Original Image (b) Image Segmentation



(c) 본 논문의 결과 영상  
 (c) The result of this paper

그림 3. 효과적인 에지 선택 결과 영상 3  
 Fig. 3. The result of Effective Edge Selection Algorithm 3 (Train)

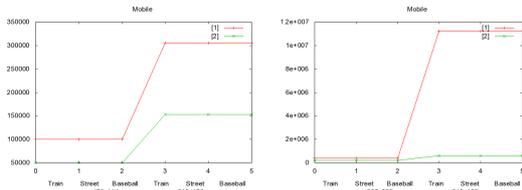


그림 4. 이미지 크기별 입력 에지 비교  
 Fig. 4. Comparison of input Edges

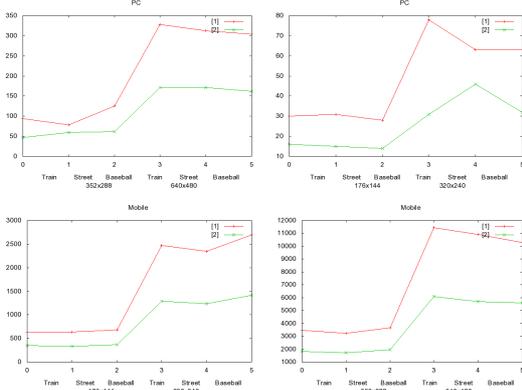


그림 5. 이미지 크기별 처리 시간 비교  
 Fig. 5. Comparison of Processing time

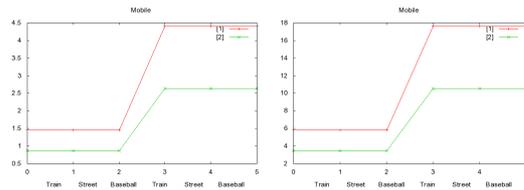


그림 6. 메모리 사용량 비교  
 Fig. 6 Comparison of memories

전체 에러율은 기준 영상의 전체 객체의 수 (NO, Number of Objects)에 대한 비교 영상의 전체 에러율을 합한 후, 영상내의 전체 화소의 수(TP, Total Pixels)로 나눔으로써, 비교 영상의 전체 에러율 (%)를 구한다.

$$\text{Total Error Rate (E)} = \frac{\sum_{n=1}^{n=NO} e_n}{TP} \times 100$$

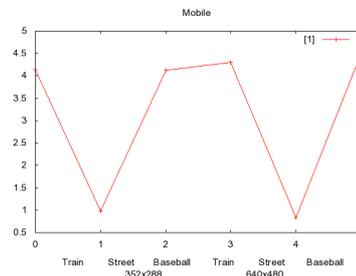


그림 7. 에러율  
 Fig. 7. Total Error Rate

위의 데이터를 전체 에러율로 구하면 4.00%이다. 따라서 본 알고리즘 사용시 실행 속도 및 메모리 사용량은 반으로 줄어든 반면, 기준 영상과 비교시 평균 96%이상 동일한 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

처리시간의 경우 본 알고리즘의 적용으로 50% 정도의 시간 개선이 이루어 졌으며, 최적화 과정을 거쳐 서비스 가능한 처리시간으로 만드는 노력이 추가로 필요하다.

## V. 모바일에서 효과적인 에지 선택 알고리즘의 효율성

본 알고리즘 사용을 통한 Surface Layout 정확도 측정용 위해, 그래프 기반 이미지 분할 기법과, 각 수퍼픽셀 정확도 측정 및 이미지 분할 정확도를 비교 측정한다. 이를 위해 본

알고리즘 사용 유무에 따른 그래프 기반 이미지 분할의 각 수퍼 픽셀 당 정확도 측정을 통해, Surface Layout 형성에 대한 정확도를 측정한다. 이 실험은 [2-3]에서 사용된 Train 이미지를 기준으로 테스트를 진행하였으며, 정확도 측정은 앞의 에러율 수식을 기반으로 그 값을 측정하였다. 본 알고리즘 사용 전 그래프 기반 이미지 분할 결과 값을 100%로 가정 후, 이미지 사이즈 변경에 따른 각 수퍼 픽셀 당 측정된 정확도 값은 표 1과 같으며 이는 그림 8과 같이 나타낼 수 있다.

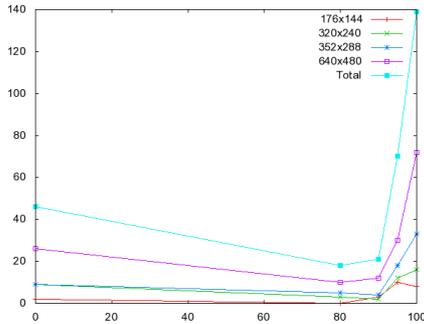


그림 8. 수퍼 픽셀의 정확도  
Fig. 8. Accuracy of Superpixel

이때 이미지 전체에 대한 수퍼 픽셀의 정확도의 통계치는 그림 9와 같다. 그림 9의 자료 분석 결과에서 100% 동일한 수퍼픽셀 생성이 가장 많았으며, 95% 이상 동일한 영역이 전체 수퍼 픽셀 수 대비 70% 이상을 차지하고 있음을 알 수 있다. 각 수퍼 픽셀 당 정확도는 그래프 기반 이미지 분할에 본 알고리즘 적용 유무에 기반으로 하고 있으며, 해당 알고리즘을 적용하지 않았을 때, 수퍼 픽셀 좌표 영역을 기준으로 그 정확도를 측정하였다. 따라서 정확도가 95% 미만의 오차율을 가진 수퍼 픽셀의 경우, 그 경계가 기준 수퍼 픽셀 좌표 영역에 걸쳐있어, 에러율이 중복 되어 계산되었다. 그러므로 전체 수퍼 픽셀 수 대비 30% 오차율은 전체 이미지상의 분할 결과를 통해 알아보아야 한다. 이미지 분할 정확도는 본 알고리즘 사용이전 그래프 기반 이미지 분할 수행 결과 대비 그 오차율을 구함으로써 그 정확도를 측정할 수 있다. 그리고 4장의 결과에서 에러를 발생시키는 수퍼픽셀이 그래프 기반 이미지 분할 수행 결과인 기준 수퍼픽셀 영역과 중첩되어 있는 것을 고려할 경우, 전체 이미지 픽셀에 대한 이미지 분할 정확도를 측정함으로써, Surface Layout 형성에 대한 정확도를 계산할 수 있다. 4장에서 제시한 에러율 수식을 기반으로 그 값을 측정하면 다음과 같

다. 그 결과는 본 알고리즘 사용 전 그래프 기반 이미지 분할 결과값을 100%로 가정할 경우, 그 정확도를 나타내고 있다. 이 결과에서 각 이미지 크기별 정확도를 측정할 결과, 본 알고리즘을 사용한 이미지 분할 정확도가 평균 96%임을 알 수 있다. 입력 영상으로부터 Surface Layout을 정확하게 구성하기 위해서는 그 기반이 되는 이미지 분할 정확도가 기준이 될 수 있다. 따라서 [2-3]에서 Surface Layout을 구성하기 위해 사용한 그래프 기반 이미지 분할 기법 대비 평균 96% 동일한 결과를 얻고 있음을 결과를 통해 알 수 있으며, 모바일 환경하에서 처리 속도 개선 및 메모리 사용량 감소 효과 대비 그 정확도가 높음을 알 수 있다.

표 1. 수퍼 픽셀의 정확도  
Table 1. Accuracy of Superpixels

Accuracy Size	176x144	320x240	352x288	640x480	Total
100%	8	26	33	72	139
95% up to 99%	10	12	18	30	70
90% up to 94%	3	2	4	12	21
80% up to 89%	0	3	5	10	18
less than 80%	2	9	9	26	46
Total Superpixels	23	52	69	150	294

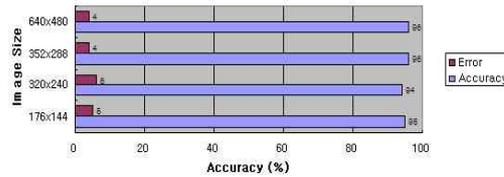


그림 9. 이미지 분할 정확도  
Fig. 9. Accuracy of Image Segmentation

표 2. 이미지 분할 정확도  
Table 2. Accuracy of Image Segmentation

모바일	176x144			320x240		
	Train	Street	Baseball	Train	Street	Baseball
[1]	98%	98%	89%	91%	97%	94%

모바일	352x288			640x480		
	Train	Street	Baseball	Train	Street	Baseball
[1]	95%	99%	95%	95%	99%	95%

## VI. Conclusion

영상 인식 단계에 사용되는 그래프 기반 이미지 분할 알고리즘은 입력 영상으로부터 객체 영역을 추출하는 알고리즘으로, 입력 영상의 각 화소의 위치 정보 및 색상 강도 차이 값을 입력받아, 더 이상 합병 할 수 없을 만큼 크며, 더 이상 나눌 수 없을 만큼 작은 영역으로 분할된 결과를 출력한다. 하지만 이러한 영상 인식 알고리즘을 모바일 환경에 적용 시, 실행 시간 및 메모리 사용량 등, 그 성능이 모바일 디바이스가 가지는 하드웨어적인 제약조건에 의해 저하될 수밖에 없다.

본 논문에서는 모바일 환경에 그래프 기반 이미지 분할 알고리즘 적용 시, 그 성능을 높이기 위해, 에지 생성 전처리 단계인 효과적인 에지 선택 알고리즘을 사용하고, 슈퍼픽셀을 얻기 위한 그래프 이미지 분할 기법을 모바일 상에 적용시, 효율적인 이미지 분할 작업이 수행됨을 보였다.

본 알고리즘은 각 화소와 주변 화소의 색상 강도 차이 값 중 에지 가중치가 가장 낮은 하나 또는 두 개만을 선택적으로 추출하여 에지를 구성함으로써, 그래프 기반 이미지 분할 알고리즘을 모바일 환경에 적용 시 처리 시간 및 메모리 사용량에 있어 두 배 정도 성능 향상이 있음을 보였다. 또한 본 알고리즘 사용 유무에 따른 분할된 이미지의 객체 영역을 비교해 봄으로써, 처리 시간 및 메모리 사용량 항상 다른 이미지 분할 에러율 계산을 통해, 향상된 성능에 비해 에러율이 낮음을 확인하였다. 그래프 기반 이미지 분할의 전처리 단계로 본 알고리즘을 사용 시, 하드웨어 및 빠른 응답 시간이라는 두 가지 제약조건을 가진 모바일 환경 하에서 합리적인 이미지 분할이 이루어질 수 있음을 보였다.

Surface Layout은 입력된 영상으로부터 특정 영역 (Ground, Vertical, Sky, etc.)을 구분해내는 작업으로, 한 장의 2차원 영상을 3차원으로 복원하는 작업에 사용된다. 입력 영상의 특정 영역을 구분하기 위해서는 그래프 기반 이미지 분할 기법을 사용하여 의미 있는 픽셀들의 묶음인 슈퍼픽셀을 찾아내는 작업이 선행된다. 이미지 분할 결과로 얻어진 각 슈퍼픽셀을 기본 단위로 기하학적 관계를 측정해내며, 이러한 기하학적 관계를 기반으로 영상의 각 영역을 특정 레이블로 사상시킴으로써 Surface Layout을 구성할 수 있다.

실험을 통해, 그래프 기반 이미지 분할에 본 알고리즘 적용 유무에 따른 각 슈퍼픽셀당 정확도를 보여주고 있다. 실험 결과에서 95% 이상 동일한 영역이 입력 영상 사이즈에 관계없이 70% 이상 생성됨을 확인하였으며, 본 알고리즘을 적용을 통해, 모바일 환경하에서 Surface Layout 생성시, 거의 동일한 영역을 생성할 수 있음을 확인하였다. 또한 각 입력 영상 사이즈별 이미지 분할 정확도를 보이고 있다. 실험 결과를 통해, 모바일 환경하에서 그래프 기반의 이미지 분할 기법 처리 속도 개선 및 메모리 사용량 감소 대비, 그 정확도가 평균 96% 동일하다는 결과를 보여주고 있음을 확인하였다.

## 참고문헌

- [1] FELZENSZWALB, P., AND HUTTENLOCHER, D. "Efficient graph-based Image Segmentation", *Int. Journal of Computer Vision* 59, pp. 167 - 181, 2004.
- [2] Derek Hoiem, Alexei Efros, and Martial Hebert. "Recovering surface layout from an image", *International Journal of Computer Vision*, 75, pp. 151 - 172, 2007.
- [3] D. Hoiem, A. A. Efros, and M. Hebert, "Automatic photo pop-up," *ACM SIGGRAPH*, 2005.
- [4] S. Arya and D. M. Mount. "Approximate nearest neighbor searching", *Proc. 4th Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms*, pp. 271-280, 1993.
- [5] C.T. Zahn. "Graph-theoretic methods for detecting and describing gestalt clusters", *IEEE Transactions on Computing*, Vol 20, pp. 68-86, 1971
- [6] R. Urquhart. "Graph theoretical clustering based on limited neighborhood sets", *Pattern Recognition*, vol 15, pp. 173-187, 1982
- [7] M.C. Cooper, "The tractability of segmentation and scene analysis", *International Journal of Computer Vision*, Vol 30, No 1, pp 27-42, October 1998.
- [8] T. Pavlidis, "Structural Pattern Recognition", Springer-Verlag, 1977
- [9] J. Shi and J. Malik, "Normalized cuts and Image Segmentation", *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.

731-737, 1997

- [10] D. Comaniciu and P. Meer, "Robust analysis of feature spaces: color Image Segmentation", Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 750-755, 1997
- [11] D. Comaniciu and P. Meer, "Mean shift analysis and applications", Proceedings of IEEE Conference

## 저 자 소 개



강 석 훈

1989: 한양대학교

전자통신공학과 공학사

1991: 한양대학교

전자통신공학과 공학석사

1995: 한양대학교

전자통신공학과 공학박사

현 재: 인천대학교

임베디드시스템공학과 교수

관심분야: 임베디드, 모바일, 스마트폰

Email : hana@incheon.ac.kr