

칼라 히스토그램과 변형된 샤프닝 필터를 이용한 개선된 그랩컷 알고리즘에 관한 융합 기술 연구

박종훈¹, 이강성^{2*}, 이상훈²

¹광운대학교 대학원, ²광운대학교 교양학부

A Study on the Convergence Technique enhanced GrabCut Algorithm Using Color Histogram and modified Sharpening filter

Jong-Hun Park¹, Gang-Seong Lee^{2*}, Sang-Hun Lee²

¹Graduate School, Kwangwoon University

²Dept. of General Education, Kwangwoon University

요약 본 논문에서는 기존의 그랩컷 알고리즘을 이용한 객체 검출의 정확도를 향상시키기 위하여 샤프닝 필터를 이용한 영상의 화질을 개선하는 방법을 제안한다. 그랩컷 알고리즘은 사각 윈도우 범위 내에서 객체 추출에 뛰어난 성능을 보이지만, 객체와 배경의 구분이 뚜렷하지 않은 영상에서는 성능이 떨어지는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 히스토그램 평활화를 통해 밝기 및 선명도를 보강하고, 샤프닝 필터를 이용하여 객체의 경계를 강화하여 기존의 그랩컷 알고리즘보다 객체와 배경의 색상이 비슷한 영상에서 향상된 객체 추출 결과를 보인다. 개선된 그랩컷 알고리즘을 토대로 문자인식, 실시간 객체추적 등 영상처리 융합 기술에서 향상된 결과를 얻을 수 있다.

• **주제어** : 객체 추출, 그랩컷, 샤프닝 필터, 칼라 히스토그램, 융합 기술

Abstract In this paper, we proposed image enhancement method using sharpening filter for improving the accuracy of object detection using the existing Grabcut algorithm. GrabCut algorithm is the excellent performance extracting an object within a rectangular window range, but it has the drawback of the inferior performance in image with no clear distinction between background and objects. So, in this paper, reinforcing the brightness and clarity through histogram equalization, and tightening the border of the object using the sharpening filter look better than that extracted result of existing GrabCut algorithm in a similar image of the object and the background. Based on improved Grabcut algorithm, it is possible to obtain an improved result in the image processing convergence technique of character recognition, real-time object tracking and so on.

• **Key Words** : Object Extraction, GrabCut, Sharpening Filter, Color Histogram, Convergence Technique

1. 서론

영상 분할은 3D 변환의 중요한 부분 중 하나이며, 영상처리 융합 기술에서도 중요한 요소이다[1]. 영상 분할

에 쓰이는 기법 중 그랩컷 알고리즘은 뛰어난 영상 분할 결과를 보여주며, 기존의 그랩컷 알고리즘을 개선한 방법이다[2]. 알고리즘의 수행 순서는 우선, 영상의 객체

*교신저자 : 이강성(gslee@kw.ac.kr)

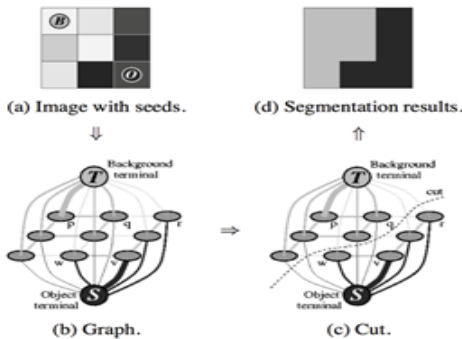
접수일 2015년 10월 13일 수정일 2015년 11월 7일 게재확정일 2015년 12월 20일

영역과 배경 영역을 분할하기 위해 가우시안 혼합 모델 (GMM : Gaussian Mixture Model)을 구성한다[3]. 유사한 색상들 간의 클러스터링 후 객체 영역과 배경 영역의 클러스터링이 최적화 될 때 까지 반복적으로 수행하게 된다[4]. 그래프 컷 알고리즘은 이러한 클러스터링 과정을 통해 뛰어난 결과를 보이지만, 수행속도에는 미약한 단점을 보여 많은 연구가 이루어지고 있다. GPGPU를 이용하여 병렬처리로 수행속도를 높이거나[5], 새로운 관심영역을 정하여 계산되는 영역을 줄인 연구결과도 있다[6]. Fan Sun은 K-means 알고리즘을 기반으로 한 이진트리 를 사용하여 최적화되는 속도를 향상시켰다[7]. Hong Ding은 영상의 해상도를 낮추는 방법으로 속도를 향상시켰다[8]. 이렇게 속도를 향상시키는 연구 외에도 슈퍼 픽셀 기반의 분할로 효율을 향상시킨 연구결과도 있다[9]. 이러한 개선된 연구 외에도 그래프 컷 알고리즘은 유사한 색상들을 결합하여 객체 영역과 배경영역을 분리하므로 객체와 배경간의 색상 차이가 비슷한 영상 내에서는 분할결과가 미흡하다는 단점이 있다[10]. 본 논문에서는 칼라 히스토그램 평활화와 샤프닝 필터를 이용한 영상의 화질 개선으로 객체 영역과 배경 영역의 색상 차이가 비슷한 영상에서도 뛰어난 결과를 갖는 알고리즘을 제안한다.

2. 관련 연구

2.1 그래프 컷 알고리즘

그래프 컷 알고리즘은 Boykov 등이 제안한 방법으로 사용자가 객체 영역과 배경 영역에 해당하는 픽셀들을 지정한 후, 지정된 픽셀들이 각각 그래프의 노드가 되어 분할하는 방법이다[11]. [Fig. 1]은 간단한 그래프 컷 알고리즘 과정을 보여주고 있다.

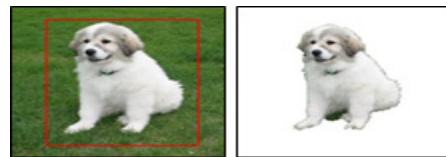


[Fig. 1] GraphCut Algorithm

배경 영역과 객체 영역에 해당하는 픽셀들은 Background terminal과 Object terminal로 그래프의 노드가 되며, 영상의 전체 픽셀은 P, Background terminal과 Object terminal은 각각 T와 S로 정의된다. T와 S에 연결되는 Edge ϵ 는 n-link(neighborhood link)와 t-link(terminal link)로 구별되어진다. 픽셀 p는 각각 터미널에 연결되는 두 개의 t-link {p, S}와 {p, T}에 연결되어 있고, 이웃 픽셀 {p, q}는 n-link로 연결되어 있다. 이와 같이 T와 S에 연결된 link들의 값이 최소가 되도록 픽셀들을 분할하여 객체 영역과 배경 영역으로 분할된다 [12].

2.2 그래프 컷 알고리즘

그래프 컷 알고리즘은 Carsten Rother가 제시한 방법으로 그래프 컷 알고리즘을 이용한 방법이다. 우선 사용자가 객체를 검출할 영역을 선택하면, 선택된 영역에서 Trimap T를 생성한다. Trimap T는 객체 영역인 T_b , 배경 영역인 T_w , 나머지 영역인 T_v 로 구성된다. 그리고 영상의 객체 영역과 배경 영역의 Gray level의 분포를 알기 위해 가우시안 혼합 모델(GMM : Gaussian Mixture Model)을 생성한다. 생성된 GMM에서 k 가우시안 값 (일반적으로 k=5)을 이용하여 에너지를 파악한다. 그 다음 배경 영역과 객체 영역의 에너지 값이 최소가 되도록 반복적으로 분할을 한다.[13] 반복되는 과정은 에너지가 최소로 수렴하게 되면 객체와 배경 영역으로 분할이 되며 알고리즘이 종료된다.



[Fig. 2] Result image of GrabCut Algorithm

2.3 고주파 통과 필터

고주파 통과 필터링은 영상의 성분 중 저주파 성분을 유지하고 고주파 성분을 제거하는 필터를 이용하여 결과 영상을 얻어내는 것을 말한다[14]. 고주파 통과 필터는 각 픽셀의 합이 1이 됨을 기본으로 하며, 필터 마스크의 중심 가중값을 변경함으로써 고주파 차단 정도를 결정할 수 있다. 고주파 통과 필터의 결과 영상은 기존 영상의 흐린 부분을 개선하여 침예화 및 샤프닝을 한 결과를 보

이다. 또한 고주파 통과 필터를 사용하면 고주파에 해당하는 세부 정보를 강조하는 반면, 영상에서 중요한 부분인 낮은 공간 주파수의 성분은 손실시키는 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해 저주파 영역에 해당하는 부분에 일정한 값을 제공하여 손실을 최소화하는 고주파 강조 필터가 있다[15].

3. 제안하는 방법

본 논문에서는 칼라 히스토그램 평활화와 샤프닝 필터를 이용하여 영상의 색상을 강조하고 첨예화하여 객체 검출에 유리한 환경을 조성한다. 그리고 그래프컷 알고리즘을 이용하여 객체를 검출하게 된다. 본 논문에서 제안하는 흐름도는 [Fig. 3]와 같다.



[Fig. 3] A Flow Chart of proposed method

3.1 칼라 히스토그램 평활화

히스토그램 평활화란 영상에서 명암 분포가 미약한 부분을 재구성 해주는 작업이다. 그레이 스케일 이미지에서의 히스토그램 평활화는 다음과 같은 과정을 거치게 된다. Gray-scale 영상을 $\{x\}$ 라 할 때, n_i 는 Gray-level i 의 발생 횟수이다. Gray-level i 의 발생확률은 다음과 같다.

$$p_x(i) = p(x = i) = \frac{n_i}{n} \quad (0 \leq i < L) \quad (\text{eq. 1})$$

L 은 Gray-level의 개수이고, Gray-level i 에 대한 히스토그램 값을 얻게 되면 누적 분포함수(CDF)와 다음과 같이 대응된다.

$$C_x(i) = \sum_{j=0}^i p_x(j) = (i + 1)/L \quad (\text{eq. 2})$$

$(i = 0, \dots, L - 1)$

0부터 $L - 1$ 까지 i 값을 L 로 나누게 되면 각각 동일한 값으로 정의가 되어 히스토그램 값이 균일하게 된다. 칼라 히스토그램은 Gray-scale과 달리 R, G, B 3개의 색상 채널이 존재하기 때문에 3개의 색상 채널에 대한 CDF를 고려하여야 한다.

$$\begin{aligned} C_x(r_i, g_i, b_i) &= \text{prob}(0 \leq r \leq r_i), (0 \leq g \leq g_i), (0 \leq b \leq b_i) \\ &= \sum_{r=0}^{r_i} \sum_{g=0}^{g_i} \sum_{b=0}^{b_i} p_x(r, g, b) \\ &(0 \leq r_i, g_i, b_i \leq L - 1) \end{aligned} \quad (\text{eq. 3})$$

3개 채널이 동시에 CDF 정규화를 만족해야 하므로 위의 식을 간단하게 나타내면 다음과 같다.

$$C_x(r_i, g_i, b_i) \equiv C_x^R(r_i) \times C_x^G(g_i) \times C_x^B(b_i) \quad (\text{eq. 4})$$

이와 같이 R, G, B 채널의 정규화 된 CDF 값을 곱하게 되면, 칼라 히스토그램 값이 균등해진다.

[Fig. 4]는 히스토그램 평활화를 한 결과영상이다.



[Fig. 4] Color Histogram equalizing

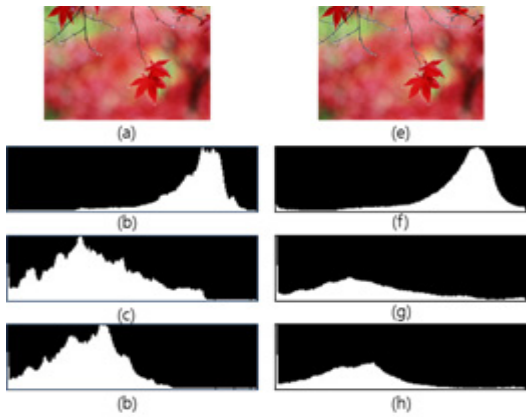
3.2 제안하는 샤프닝 필터와 그래프컷을 이용한 객체검출

그래프컷 알고리즘을 이용한 객체 분할은 지정된 객체 영역에서 GMM을 이용하여 비슷한 색상끼리 라벨링을 하고, 라벨화 된 영역들 간의 에너지를 최소화 시키므로 색상이 뚜렷하고, 경계가 뛰어날수록 분할 결과 또한 뛰어나다. 본 실험에서는 영상에서 중요한 부분인 낮은 주파수 성분을 차단하는 고주파 통과필터 (High pass filter) 대신에, 고주파 강조 필터(Sharpening filter)를 변

환하여 그래프 알고리즘에 적용시켰다. 샤프닝 필터는 다음과 같이 정의된다.

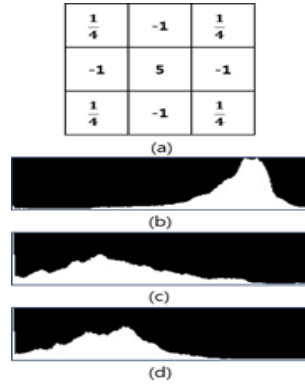
$$\begin{aligned}
 g(x, y) &= Af(x, y) - f_L(x, y) \\
 &= (A - 1)f(x, y) + f(x, y) - f_L(x, y) \\
 &= (A - 1)f(x, y) + f_H(x, y)
 \end{aligned}
 \tag{eq. 5}$$

[Fig. 5]은 기존의 $\{(1, -2, 1), (-2, 5, -2), (1, -2, 1)\}$ 샤프닝 마스크를 적용한 영상과 R, G, B 히스토그램 그래프이다.



[Fig. 5] Sharpening image and compared histogram graph
 (a) Original Image, (b) Original Histogram R, (c) Original Histogram G, (d) Original Histogram B, (e) Sharpening mask Image, (f) Sharpening Histogram R, (g) Sharpening Histogram G, (h) Sharpening Histogram B

기존 영상과 샤프닝 마스크를 적용한 영상을 육안으로 비교하면 뚜렷한 차이가 없지만 히스토그램 그래프를 통하여 비교해보면 기존의 영상보다 G, B 값이 현저하게 줄은 것을 확인할 수 있다. 이러한 색상 분포는 지정된 객체 영역 안에서 에너지 함수를 이용한 유사 색상간 분할로 객체를 검출하는 그래프 알고리즘을 이용하면 객체를 나타내는 Red 값의 완전한 분포로 초기에 객체를 파악하는 것에는 도움이 되지만, 배경영역에 속해있는 G, B 값이 현저하게 떨어져 객체영역과 배경영역의 분할에 어려움을 겪을 수 있다. [Fig. 6]은 제안하는 샤프닝 필터 마스크와 칼라 히스토그램 그래프이다.



[Fig. 6] Proposed Sharpening filter mask and Color Histogram graph
 (a) Proposed Sharpening filter mask, (b) Proposed Histogram R, (c) Proposed Histogram G, (d) Proposed Histogram B

제안하는 방법으로 필터를 적용하고 칼라 히스토그램 그래프를 얻은 결과 기존의 방법과 유사하게 Red 그래프의 완전한 분포를 보였을 뿐만 아니라, G, B graph에서도 기존의 방법보다 원본영상에 가까운 분포를 보인다.

그래프 알고리즘으로 객체를 검출하기 위하여 제안하는 샤프닝 필터를 적용하여 개선된 영상의 R, G, B에 해당하는 GMM을 생성하고, RGB 3-Channel의 에너지를 파악한다. 에너지 함수는 다음과 같다.

$$E(\underline{\alpha}, k, \underline{\theta}, z) = U(\underline{\alpha}, k, \underline{\theta}, z) + V(\underline{\alpha}, z)
 \tag{eq. 6}$$

$\underline{\alpha}$ 는 단일 영상에서 객체와 배경 분할 값을 나타내고, z 는 단일 영상의 배열을 나타낸다. 일반적으로 $k=5$ 를 할당하게 되면 U 는 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned}
 U(\underline{\alpha}, k, \underline{\theta}, z) &= \sum_n D(\alpha_n, k_n, \underline{\theta}, z_n) \\
 D(\alpha_n, k_n, \underline{\theta}, z_n) &= -\log \pi(\alpha_n, k_n) + \frac{1}{2} \log \det \Sigma(\alpha_n, k_n) \\
 &+ \frac{1}{2} [z_n - \mu(\alpha_n, k_n)]^T \Sigma(\alpha_n, k_n)^{-1} [z_n - \mu(\alpha_n, k_n)]
 \end{aligned}
 \tag{eq. 7}$$

여기서 히스토그램 모델의 파라미터 값은 다음과 같이 정의된다.

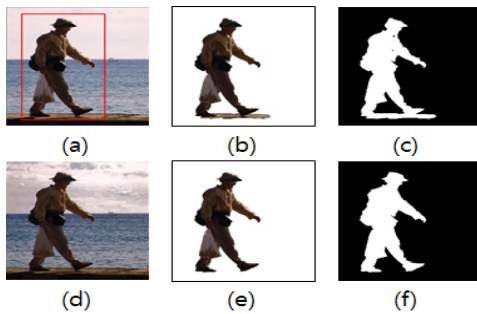
$$\theta = \pi(\underline{\alpha}, k), \mu(\underline{\alpha}, k), \sum(\underline{\alpha}, k) \quad (\text{eq. 9})$$

$$(\underline{\alpha} = 0, 1, \quad k = 1, \dots, K)$$

α 는 객체나 배경에서 각 픽셀의 고유한 GMM 구성 요소를 나타내고, π, μ, Σ 는 객체와 배경 분할에 대한 2K 가우시안 구성요소이다. 배경 영역과 객체 영역의 에너지 값이 최소가 되도록 반복적으로 분할을 하면 그래프 컷 알고리즘을 이용하여 객체를 검출한다.

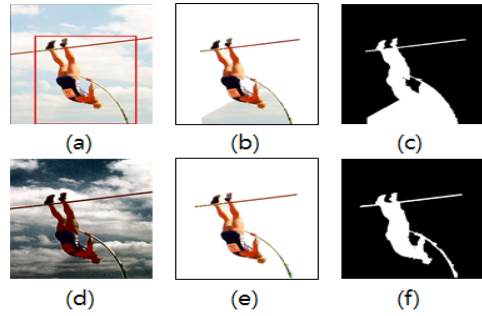
4. 실험 및 고찰

본 실험은 Windows 7 환경에서 Visual Studio 2013 프로그램으로 OpenCV를 사용하여 개발하였다. 본 논문에서는 제안하는 방법과 기존의 그래프 컷 알고리즘을 이용한 방법을 비교하였다. 실험 결과 영상에서 (a)는 Original image and rectangle window, (b)는 Grabcut result, (c)는 GrabCut region, (d)는 proposed method image, (e)는 proposed method result, (f)는 proposed method region을 나타낸다.



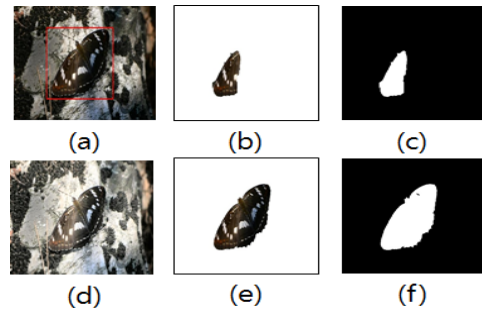
[Fig. 7] Compared people image

[Fig. 7]의 결과영상에서는 기존 그래프 컷 알고리즘에서 검출되었던 남자가 걷고 있는 바다가 배경 영역으로 분할이 되어 제안하는 방법의 결과 영상에는 포함되지 않음을 확인 할 수 있다. [Fig. 8]은 장대높이뛰기 영상이다. 사각 영역(Rectangle window) 안에 객체들이 가는 선 모양으로 분포되어 있어 기존의 그래프 컷 알고리즘의 결과 배경의 일부를 객체 영역으로 오검출한 결과를 보였다. 하지만 제안하는 방법으로는 정확하게 객체만을 검출 할 수 있었다.



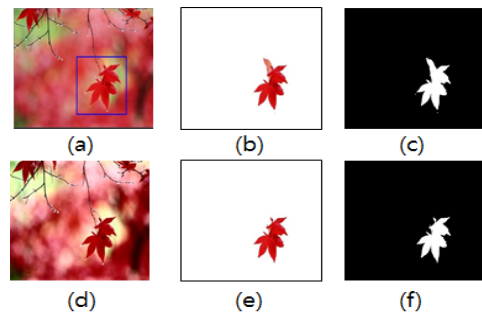
[Fig. 8] Small sized objects within a rectangle window

[Fig. 9]은 보호색을 갖는 동물 영상이다. 기존의 방법으로는 나방 날개의 일부분만을 검출하였지만, 제안하는 방법으로 영상의 화질을 개선한 결과, 보호색을 지닌 나방을 정확하게 검출하였다.



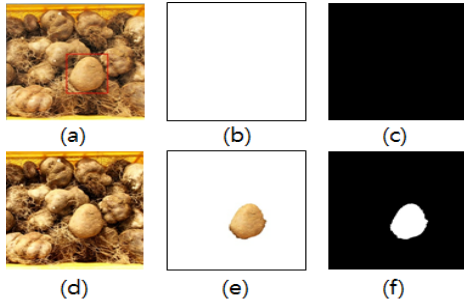
[Fig. 9] Background and objects similar color image 1

[Fig. 10]는 배경의 색상과 객체의 색상이 유사한 영상이다. 기존의 방법으로는 나뭇가지와 단풍잎 사이의 배경까지 객체 영역으로 분할한 결과를 보였다. 그러나 제안하는 방법으로는 정확하게 단풍잎만 검출하였다.



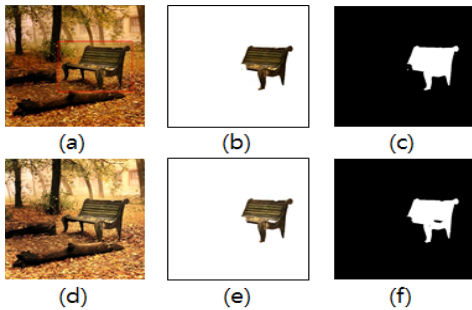
[Fig. 10] Background and objects similar color image 2

[Fig. 11]은 객체들로 이루어진 영상 내에서 특정한 객체를 검출하는 결과이다. 기존의 그래프컷 알고리즘의 결과에서는 사각 영역(Rectangle window) 안의 감자를 검출할 수 없었지만, 제안하는 방법으로 검출한 결과 정확하지는 않지만 감자가 검출됨을 확인 할 수 있다.



[Fig. 11] Consisting of objects image

[Fig. 12]는 기존의 그래프컷 알고리즘의 결과 영상보다 개선된 점이 없는 영상이다.



[Fig. 12] Not improved image

여러 영상들을 기존의 방법과 제안하는 방법으로 수행하여 검출한 객체 검출률은 <Table 1>과 같다. 캐니 알고리즘으로 추출한 객체의 경계선과 객체 검출 방법으로 검출한 객체의 부분이 정확히 일치하는 경우 Exactly detection, 정확히 일치하지는 않지만 유사하게 객체가 검출되면 Similarly detection, [Fig. 11]의 (b), (c)와 같이 객체가 검출되지 않는 경우는 Not detected로 구분하였다.

<Table 1> Compared to objects detection rate

	Grabcut	proposed method
Exactly detection	65.7 %	83.6 %
Similarly detection	26.5 %	11.3 %
Not detected	7.8 %	5.1 %

사용자가 원하는 객체 영역에서 기존의 그래프컷 알고리즘보다 제안하는 방법이 객체와 배경을 구별하는데 높은 성능을 보였다. 평균적으로 약 17.9 % 더 정확하게 객체를 검출하였고, 객체를 검출하지 못하는 확률도 약 2.7 % 감소하였음을 확인하였다.

5. 결론

본 논문에서는 기존의 그래프컷 알고리즘의 정확성을 향상시키기 위하여 전처리 과정으로 영상에 칼라 히스토그램 평활화와 변형된 샤프닝 필터를 적용함을 제안하였다. 대부분의 실험에서 기존의 방법보다 객체 영역과 배경 영역을 정확하게 분할하였다. 특히 필터링 과정을 이용한 영상의 화질 개선으로 그래프컷 알고리즘의 정확성을 초점으로 한 다른 연구보다 비교적 빠른 수행속도와 색상이 유사한 영상에서 더 정확한 객체 분할이 수행됨을 보였다. 하지만, 일부 영상에서는 객체 검출을 실패한 결과도 있었다. 본 논문에서 제안하는 방법은 그래프컷 알고리즘의 정확성을 향상시키는 데 초점을 맞추어 실험이 진행되었다. 향후 연구로써 제안하는 알고리즘을 기반으로 하여 문자인식, 실시간 객체추적 등 융합 기술 연구에 도움이 될 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGMENTS

This study is sponsored by the 2015 research fund of Kwangwoon University

REFERENCES

- [1] Tea-Hoon Yoo, Snag-Hun Lee, "Generation Method of Depth Map based on Vanishing Line using Gabor Filter", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 3, No. 1, pp. 13-17, 2012.
- [2] Carsten Rother, Vladimir Kolmogorov, Andrew Blake, "GrabCut: interactive foreground extraction using iterated graph cuts", ACM Transactions on Graphics(TOG), Vol. 23, pp. 309-314, 2004.
- [3] Wang Rui, Peng Jinye, Che Liping, Hou Yuting, "Improved color image segmentation algorithm base

on Grabcut”, Applied Mechanics and Materials, Vol. 373-375, pp. 464-467, 2013.

[4] Zoran Zivkovic, “Improved Adaptive Gaussian Mixture Model for Background Subtraction”, Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition, Vol. 2, pp. 28-31, 2004.

[5] Ji-Hoon Kim, Young-Soo Park, Sang-Hoon Lee, “A Study of How to Improve Execution Speed of Grabcut Using GPGPU”, Journal of Digital Convergence, Vol. 12, No. 11, pp. 379-386, 2014.

[6] Siyang Hua, Ping Shi, “GrabCut colot image segmentation based on region of interest”, International Congress on Image and Signal Processing(CISP), pp. 392-396, 2014.

[7] Fan Sun, “Research and Improvement on An Interactive Segmentation Algorithm”, Tianjin University of Technology, 2008.

[8] Hong Ding, Xiaofeng Zhang, “Object Abstraction Algorithm with Fast Grabcut”, Computer Engineering and Design, Vol 33, No. 4, pp. 1477-1481, 2012.

[9] Yuelan Xin, “Superpixel-based Grabcut Color Image Segmentation”, Computer Technology and Development, Vol. 23, No. 7, pp. 48-51. 2013.

[10] Karthikeyan Vaiapury, Anil Aksay, Ebroul Izquierdo, “GraccutD: Improved Gravcut Using Depth Information”, Proceedings of the 2010 ACM workshop on Surreal media and virtual cloning, pp. 57-62, 2010.

[11] Y. Y. Boykov, M. P. Jolly, “Interactive graph cuts objects in N-D images”, Computer Vision, ICCV2001, Vol. 1, pp. 105-112, 2001.

[12] Onseok Lee, Mingi Kim, Seunghan Ha, “Interactive image segmentation for ultrasound vascular imaging”, Journal of the Korea Convergence Society, KCS, Vol. 3, No. 4, pp. 15-21, 2012.

[13] Y. Y. Boykov, V. Kolmogorov, “An Experimental Comparison of Min-Cut/Max-Flaw Algorithms for Energy Minimization in Vision”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 26, No. 9, 2004.

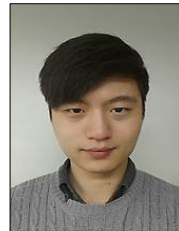
[14] Jong-Sen Lee, “Digital Image Enhancement and Noise Filtering by Use of Local Statistics”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-2, pp. 165-168, 1980.

[15] Choong-ho Shin, Shai-yeoung Jung, “An Enhancement of Medical Image Using Optimized High-Frequency Emphasis Filter”, JKIIICE, Vol. 17, No. 3, pp. 698-704, 2013.

저자소개

박 중 훈(Jong-Hun Park)

[학생회원]



- 2015년 2월 : 광운대학교 컴퓨터 공학과(학사)
- 2015년 2월 ~ 현재 : 광운대학교 대학원 플라즈마바이오디스플레이학과
- E-Mail : qwerty@kw.ac.kr

<관심분야>: 영상인식, 3D 영상처리

이 강 성(Gang-Seong Lee)

[정회원]



- 1986년 2월 : 광운대학교 컴퓨터 공학과(학사)
- 1988년 2월 : 광운대학교 대학원 컴퓨터공학과(석사)
- 1993년 2월 : 광운대학교 대학원 컴퓨터공학과(박사)

- 1990년 2월 : 서울대학교 음악대학원 작곡과(석사)
- 1998년 2월 ~ 1999년 2월 : CMU(Carnegie Mellon University), U.S.A. 교환교수
- 1990년 2월 ~ 현재 : 광운대학교 정교수
- E-Mail : gslee@kw.ac.kr

<관심분야> : 음성공학, 음악공학, 미디어아트, 작곡

이 상 훈(Sang-Hun Lee)

[중신회원]



- 1983년 2월 : 광운대학교 응용전자공학과(학사)
- 1987년 2월 : 광운대학교 대학원 전자공학과(석사)
- 1992년 2월 : 광운대학교 대학원 전자공학과(박사)

- 1990년 2월 ~ 현재 : 광운대학교 정교수
 - 2001년 2월 ~ 2007년 2월 : 세계기능경기대회 (심사위원)
 - 2006년 2월 ~ 2007년 2월 : 서울특별시 기능경기위원회 (기술위원장)
 - 2010년 2월 ~ 2012년 2월 : 광운대학교 교양학부장
 - 2012년 2월 ~ 2013년 2월 : 광운대학교 정보통신처장
 - 2013년 2월 ~ 2015년 2월 : 광운대학교 학생복지처장
 - E-Mail : leesh58@kw.ac.kr
- <관심분야> : 무선인터넷, 무선네트워크, USN, 영상인식, 3D 영상처리