

조명에 의한 채도 왜곡에 강건한 피부 색상 보정 방법

황대동¹, 이근수^{1*}

¹국립한경대학교 컴퓨터웹정보공학과(& 컴퓨터 시스템 연구소)

The Robust Skin Color Correction Method in Distorted Saturation by the Lighting

Dae-Dong Hwang¹, Keunsoo Lee^{1*}

¹Department of Computer Web Information Engineering(& Computer System Institute),
Hankyong National University

요약 영상에서 피부영역을 탐지하는 방법은 색상 정보를 이용하여 탐지하는 방법이 일반적이다. 하지만 영상의 채도가 낮아지는 경우 색상정보가 손실되어 올바른 피부영역 탐지가 어렵다는 단점이 있다. 따라서 본 논문은 촬영 시 밝은 조명에 의해 채도 정보가 낮아진 피부 영상의 색상 보정 방법을 제안한다. 제안한 방법의 색상 보정 절차는 채도 영상 획득 및 저채도 영역 분류, 영역 분할, 분할한 저채도 영역에서의 채도 및 색상값 추출, 색상 보정 순이다. 이 방법은 영상에서 채도가 낮은 부분을 추출한 후 해당 영역 및 주변영역의 색상과 채도를 추출하는 방법을 통해 원 색상과 유사한 색상을 예측하여 적용한다. 따라서 저채도 영역을 올바르게 산출하는 방법이 선행되어야 한다. 저채도 영역을 구하는 과정에서 보다 정확한 영역 분할을 위하여 HSV 색상공간의 Hue 값에 오즈가 제안한 다중문턱치를 이용하여 이진 영상을 만든 후 사용하였다. 170장의 인물 사진들을 사용하여 실험을 수행한 결과, 제안한 방법을 사용하지 않은 피부 결과에 비해 약 5.8% 이상 검출율이 높게 나타났으며, 제안하는 방법이 피부색 탐지를 위한 전처리에 적합함을 확인하였다.

Abstract A method for detecting a skin region on the image is generally used to detect the color information. However, If saturation lowered, skin detection is difficult because hue information of the pixels is lost. So in this paper, we propose a method of correcting color of lower saturation of skin region images by the lighting. Color correction process of this method is saturation image acquisition and low-saturation region classification, segmentation, and the saturation of the split in the low saturation region extraction and color values, the color correction sequence. This method extracts the low saturation regions in the image and extract the color and saturation in the region and the surrounding region to produce a color similar to the original color. Therefore, the method of extracting the low saturation region should be correctly preceding. Because more accurate segmentation in the process of obtaining a low saturation regions, we use a multi-threshold method proposed Otsu in Hue values of the HSV color space, and create a binary image. Our experimental results for 170 portrait images show a possibility that the proposed method could be used efficiently preprocessing of skin color detection method, because the detection result of proposed method is 5.8% higher than not used it.

Key Words : Computer vision, Image processing, Skin color detection

1. 서론

컴퓨터 및 광학 장비의 발전으로 인하여 영상에서 객

체를 탐지하고 인식하는 기술이 실생활에서 많이 사용되고 있다. 일반적으로 이러한 객체 탐지/인식은 객체의 특징을 추출하고 분류하는 방법을 사용한다. 특징은 물체

*Corresponding Author : Keunsoo Lee(Hankyong National Univ. & Computer System Institute)

Tel: +82-31-670-5161 email: kslee@hknu.ac.kr

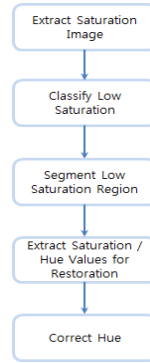
Received November 18, 2014 Revised December 10, 2014 Accepted February 12, 2015

의 고유한 성격을 잘 판단할 수 있고 쉽게 추출 가능하며, 변함이 없는 특징이 좋은 특징이라고 할 수 있다. 과거에는 컴퓨터 및 광학 장비의 한계로 인하여 주로 흑백 영상에서 추출할 수 있고 연산이 빠른 명암 특징 및 이를 응용하여 재생성한 에지, 코너점, 영역특징 등을 사용하였다. 하지만 오늘날에는 과거에 비해 비교적 쉽게 색상 정보를 추출할 수 있으며, 용도에 따라 RGB, CMY, HSV, YCbCr, LAB 등 각종 색상공간으로 변환하는 기법도 함께 연구되어 색상 특징도 많이 사용된다.

색상 특징의 장점으로 강건한 특징을 얻을 수 있다는 점을 들 수 있다. 실생활에 사용하는 대다수의 물체는 대부분 색상이 변하지 않고 동일한 색상을 유지하기 때문에 색상정보는 객체의 고유한 성격을 잘 간직하고 있다. 또한 색상 특징의 또 다른 장점은 명암 특징으로는 분류하기 힘든 객체의 탐지/인식에 유용하다는 것이다. 특히, 인체의 피부와 같이 색상을 제외한 다른 특징을 추출하기 어려운 객체의 탐지나 영상 분할에서 우수한 결과를 보인다. 피부영역 탐지와 관련된 연구는 Osman[1], Bhat[2], Phung[3], Hsu[4]의 연구결과에서 볼 수 있듯이 사용하는 색상공간이 RGB인지, 또는 HSV나 YCbCr공간에서 색상정보를 추출하는지의 차이일 뿐, 대부분 색상값을 이용하여 2, 3차원 히스토그램을 생성하고 클래스를 분류하여 피부와 배경을 나누는 방법을 사용한다. 하지만 색상은 표면의 재질에 따라 강한 조명에 의해 채도값이 낮아져 색상 정보가 손실되는 일이 발생한다는 단점이 있어 다른 특징에 비해 그 사용범위가 제한적이다. 따라서 본 논문에서는 피부영역을 탐지하기 전 강한 조명에 의해 채도가 0에 수렴하여 색상 정보가 왜곡된 정보를 보정하는 전처리 방법을 제시한다.

채도가 왜곡된 영역의 색상을 보정하기 위해서는 우선 영상을 HSV 색상공간으로 변환한 후, 채도영상과 색상영상을 획득한다. 획득한 두 영상을 0과 1 사이의 값으로 정규화 한 후, 채도영상은 이진화하여 채도가 낮은 영역만을 추출한다. 색상영상은 Otsu[5]가 제안한 다중문턱치 기법을 사용하여 영역을 분할한다. 세분화된 영역에서 가장 높은 채도값을 추출하고, 손실된 색상값을 복구하기 위해 영역의 모든 색상값을 배열로 구성한 후, 미디언 필터를 통해 배열의 중간값을 산출한다. 마지막으로 해당 영역의 채도값과 색상값을 산출한 값으로 치환하여 색상을 보정한다. 본 논문에서는 색상 특징이 가장 활발하게 사용되는 분야 중 하나인 피부탐지 방법의 전

처리에 제안하는 방법을 적용하여 실험하고 그 결과를 측정한다. 제안한 방법의 전체적인 구성은 Fig. 1과 같다.



[Fig. 1] System Overview

2. 본문

2.1 채도 영역 추출

대부분의 광학기기에서 습득하는 영상은 RGB 색상공간으로 구성되어 있으며 채도 정보를 추출하기 위해서는 HSV 색상공간으로 변환하는 과정이 선행된다. RGB 색상공간을 HSV 색상공간으로 변환하는 방법은 식 (1)과 같다.

$$\begin{aligned}
 H &= 60^\circ \times H' \\
 V &= M = \max(R, G, B) \\
 S &= \begin{cases} 0, & \text{if } V=0 \\ \frac{C}{V}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M &= \max(R, G, B) \\
 m &= \min(R, G, B) \\
 C &= M - m \\
 H' &= \begin{cases} \text{undefined}, & \text{if } C=0 \\ (G-B)/C \bmod 6, & \text{if } M=R \\ (B-R)/C+2, & \text{if } M=G \\ (R-G)/C+4, & \text{if } M=B \end{cases}
 \end{aligned}$$

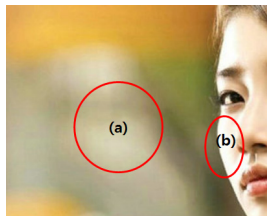
변환한 HSV 영상에서 채도(S) 영역을 추출한 후 식 (2)와 같이 제곱하여 증폭시킨 후, 반전하면 Fig. 2-2와 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$S'(x, y) = 1 - S(x, y)^2 \quad (2)$$



[Fig. 2] Result of saturation conversion

Fig. 2-2 에서 밝은 부분이 채도가 낮은 부분이고 어두운 부분이 채도가 높은 부분이다. 산출한 S'를 식 (3)을 이용하여 문턱치를 생성한 후 이를 이용하여 이진화 하면 Fig. 2-3과 같은 영상이 생성된다.



[Fig. 3] Original low saturation region (a), Saturation distortion region due to light(b).

2.2 보정 후보영역 생성

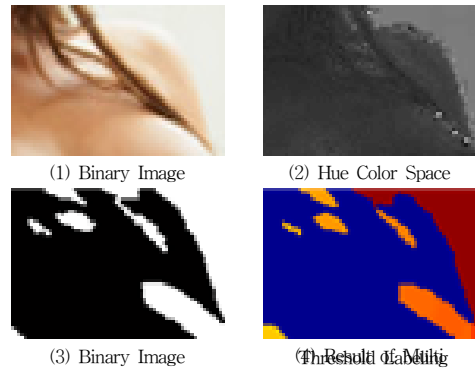
영상에는 Fig. 3과 같이 원래 채도가 낮은 영역과 조명에 의해 채도가 낮아져 색상정보가 손실되는 영역이 함께 존재한다. 따라서 원래 채도가 낮은 영역과 색상정보가 손실된 영역을 분할해야 하며 이를 위해 본 논문에서는 HSV영상의 색상공간에 Otsu[5]가 제안한 다중 문턱치 산출 기법을 적용하여 분할한다. Otsu의 방법은 영상의 히스토그램을 작성하고, 히스토그램에서 유사한 값을 갖는 객체들의 집합을 추출하여 문턱치를 생성하는 방법으로, 분할되는 영역간의 분산을 최대화시키는 문턱치를 출력하는 통계학적 방법을 제시하였다. 영상에 2개의 객체가 존재한다고 가정하면 영상의 화소값으로 1차원 히스토그램을 구성하였을 크게 두 개의 클래스가 형성되며, 전체 분산은 식 (3)과 같이 클래스 내 분산과 클래스 간의 분산의 합으로 표현할 수 있다.

$$\sigma^2 = \sigma_w^2 + \sigma_C^2 \quad (3)$$

$$\sigma_w^2(t) = \omega_1(t)\sigma_1^2(t) + \omega_2(t)\sigma_2^2(t) \quad (4)$$

$$\sigma_C^2(t) = \sigma^2 + \sigma_w^2(t) = \omega_1(t)\omega_2(t)[\mu_1(t) - \mu_2(t)]^2 \quad (5)$$

σ_w^2 는 분산, 클래스 내 분산, σ_C^2 는 클래스 간 분산을 의미하며 식 (4)와 (5)로 각각 산출한다. ω_i 는 가중치로 클래스 i에 화소가 포함되는 확률을 의미한다. 식 (3)에서 우수한 분류를 수행하기 위해서는 양 클래스의 분산이 작아야 하므로, Otsu 방법에서는 클래스 내 분산의 최소 값을 갖는 문턱치를 사용한다. 위의 수식 (4), (5)는 두 개의 클래스를 구분하기 위한 방법이지만 ω 를 추가하는 방법만으로 쉽게 확장이 가능하다.



[Fig. 4] Result of region segmentation using multi-threshold.

영상의 채도 또는 명도만을 이용하여 문턱치를 계산하면 채도가 왜곡되어 낮게 나오는 부분과 원래 채도가 낮은 부분이 함께 합쳐져서 오답지 하는 경우가 발생하지만, 색상 공간을 다중 문턱치로 이진화 한 후, 레이블링 하면 Fig. 4-3 과 같은 만 형태의 구조를 Fig. 4-4와 같이 효과적으로 분리할 수 있다. Otsu 다중 문턱치 기법은 문턱치의 개수를 미리 설정하고 히스토그램 분포도를 이용하여 문턱치의 개수를 설정된 값 만큼 추출하는 방법이므로 미리 문턱치 값의 개수를 설정하여야 하며, 본 논문에서는 RGB 색상공간에서의 색상 공간 개수와 다수의 실험에 의한 경험에 근거하여 3개로 설정하였다.

2.3 색상 / 채도 정보 추출

그림 (3)과 같이 강한 빛에 의해 채도정보가 손실된 경우에도 주변과 비교하였을 때 급격하게 채도가 낮아지는 것이 아니라 완만한 기울기로 채도가 낮아짐을 볼 수 있

다. 따라서 주변 영역의 색상 정보를 이용하여 해당 부분의 색상과 채도를 유추할 수 있다. 따라서 식 (6)과 같이 다중 문턱치로 이진화하고 후보영역의 주변값에 접근하여 보다 안정적으로 보정에 필요한 색상 건본과 채도 건본을 수집하기 위해서 레이블링 한 후, 해당 후보영역과 동일한 위치에 있는 채도값 이진화 영상의 화소를 곱하여 보정 후보영역에서 채도가 낮은 영역만을 추출하고 팽창연산을 수행한 결과영역에서 보정을 위한 색상과 채도 정보를 추출한다. 색상값과 채도값을 추출하는 방법은 식 (7), (8)과 같다.

$$S'(x,y) = S_b(x,y) \cdot L(x,y), S_b(x,y) = 0, 1 \quad (6)$$

$$S_c = \sum_{x=0}^m \sum_{y=0}^n \max(S(x,y)) \quad (7)$$

$$H_c = \sum_{x=0}^m \sum_{y=0}^n \text{median}(H(x,y)) \quad (8)$$

식 (6)에서 L은 다중 문턱치 이진화를 통해 얻어진 객체 레이블링 영상이며, S는 채도 영상을 0과 1값으로 이진화한 영상을 의미한다. 식 (7)은 채도를 추출하는 식이며 후보영역의 채도 중 가장 큰 값을 추출하여 사용한다. 식 (8)은 색상을 추출하는 식으로 H는 색상값을 0과 1사이로 정규화한 값이다. 후보영역의 색상값들을 1차원으로 나열한 후 미디언 필터를 이용하여 중간값을 추출한다. 중간값을 사용하는 이유는 HSV 색상공간에서 채도가 0인 부분은 색상정보가 존재하지 않기 때문에 잡음 정보를 상당수 포함하고 있기 때문이다. 따라서 이를 효과적으로 걸러내고 비교적 많은 분포를 가지고 있는 색상값만을 추출하기 위해 중간값을 사용한다.

2.4 색상 / 채도 보정

HSV 색상공간으로 변환한 영상의 후보영역 색상공간에 식 (7)로 산출한 S_c 를, 채도공간에 식 (8)로 산출한 H_c 를 각각 대입한다.

3. 실험 및 결과

3.1 실험 방법

제안한 방법의 채도 보정 효과를 확인하기 위하여 Mathwork MATLAB으로 구현한 Hsu[4]방법을 이용하여

여 피부영역을 추출하고 실제로 사람이 수작업으로 추출한 피부영역과의 차이를 비교하는 방법으로 수행하였다. 실험에 사용된 영상은 Google 이미지 검색을 이용하여 수집한 일반인 영상 50장, 국내외 유명인 영상 100장, 남녀 누드영상 20장으로 구성된 170장의 사진을 320×240 (또는 240×320) 해상도로 크기 변경하여 구축한 영상 데이터베이스를 이용하였으며, 모든 영상은 Adobe Photoshop 프로그램의 마법봉 기능을 이용하여 수작업으로 추출한 피부영상과 대조하고, 식 (9), (10)을 이용하여 탐지율과 오탐지율을 비교하였다.

$$TP = \frac{M_{skin}}{N_{skin}} \quad (9)$$

$$FP = \frac{M - M_{skin}}{N - N_{skin}} \quad (10)$$

($M_{skin} \in M, M_{skin} \in N_{skin}$)

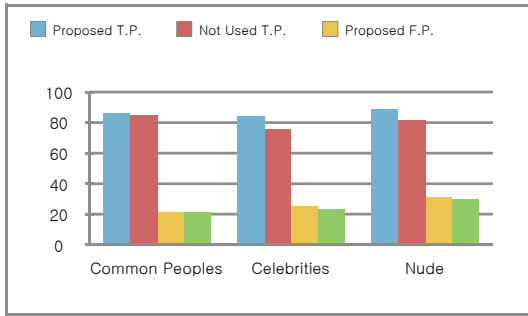
TP는 탐지율, FP는 오탐지율이다. N은 전체영상의 화소 수, N_{skin} 은 실제 피부영역의 화소 수, M은 추출한 피부영역의 화소 수, M_{skin} 은 추출한 피부영역에서 실제 피부영역과 일치하는 화소의 수를 의미한다. 기존 방법과의 성능 차이를 비교하기 위해 제안한 방법을 사용하지 않고 피부탐지를 수행한 결과와 제안한 방법을 사용한 후 피부탐지를 수행한 결과를 각각 산출하여 비교하였다.

3.2 실험 결과

3종류의 실험영상 모두에서 제안한 방법으로 채도를 보정한 영상의 피부탐지 결과값이 높게 나타났으며 자세한 탐지율과 오탐지율은 Table (1)과 같다.

[Table 1] Results.

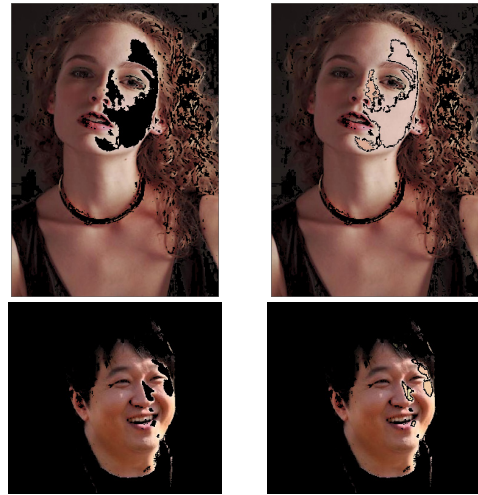
Method	Images	True Positive	False Positive
Use Proposed Method	Common peoples(50)	85.74%	21.21%
	Celebrities(100)	84.17%	25.13%
	Nude(20)	88.63%	31.24%
Not used	Common peoples(50)	84.51%	20.95%
	Celebrities(100)	75.33%	22.89%
	Nude(20)	81.25%	29.81%



[Fig. 5] The resulting graph.

탐지율을 보면 일반적으로 제안한 방법으로 전처리한 영상에서의 탐지 결과가 우수하게 나오며 특히 촬영 조명과 영상처리 프로그램 보정으로 인하여 채도 왜곡이 심한 국내외 유명인 영상과 누드영상에서 그 차이가 8% 이상으로 크게 나타났다. 반면에 채도 왜곡이 비교적 적은 일반인 영상에서는 탐지율의 차이가 1.23%로 크지 않았으며, 일부 채도 왜곡이 없는 영상의 경우에는 동일한 값을 보이는 실험영상도 존재하였다. Fig. 6은 탐지된 결과를 보여준다.

오탐지율을 보면 모든 영상에서 제안한 방법으로 전처리한 영상이 그렇지 않은 영상에 비해 0.2~1.2% 정도 높게 나타났다. 이는 일부 영상에서 전처리의 결과에 오류가 발생하여 피부영역이 아닌 영역에도 색상값이 보정되어 발생한 오류이다. 특히 Fig. 7-4의 붉은색 원으로 표시한 부분과 같이 흰색 계열의 의복이 존재하는 영역에서 오탐지가 많이 발생하였다.



(3) Results of Skin Detection(1) (4) Results of Skin Detection(2)

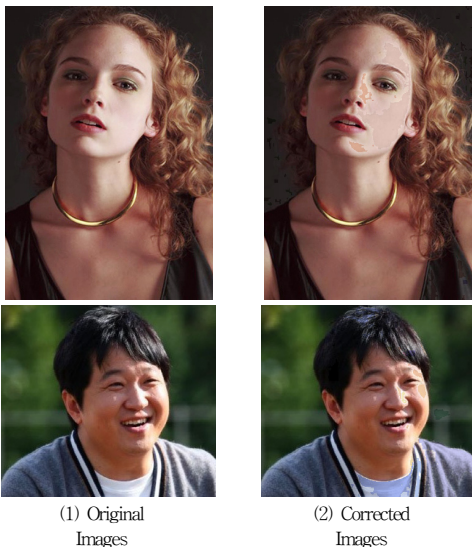
[Fig. 6] Results of skin color detection.



[Fig. 7] Examples of false-positive.

4. 결론 및 향후 연구

피부영역은 색상 이외의 큰 특징이 존재하지 않으며, 채도가 비교적 낮아 밝은 빛에 의해 쉽게 색상 정보가 손실된다. 이러한 문제점을 해결하고 강건하게 피부영역을 찾기 위해 연구를 수행하였으며, 실험을 통해 제안한 방법으로 전처리 한 영상에서 보다 피부영역이 우수하게 탐지됨을 확인하였다. 하지만 주변 색상정보를 사용하여 보정을 수행하기 때문에 주변 색상에 불필요한 노이즈가 많이 포함되어 있거나, 색상 및 채도정보가 대부분 손실되어 없는 경우에는 종종 보정을 실패하거나 보정하고자 하는 색상이 아닌 다른 색상으로 보정되는 경우가 일부 발생하는 문제가 있었다. 보정 과정 중 피부영역이 아닌 부분을 피부색으로 보정하는 문제도 일부 실험영상에서 발생하였으며 이는 탐지율과 함께 오탐지율이 증가하는 가장 큰 원인이다. 또한 MATLAB 기준 처리속도가 0.3



~0.5초 정도 소요되는 것도 피부탐지를 위한 전처리로 사용하기에 부담이 되는 연산시간이다. 따라서 향후에는 연산시간에 큰 영향을 미치지 않는 범위 내에서 칼만필터와 같은 추적 알고리즘을 이용하여 색상정보에 존재하는 노이즈를 필터링 하는 기법이 추가적으로 연구되어야 할 것으로 판단된다. 또한 조명에 의해 채도가 낮아지는 현상은 피부뿐만 아니라 금속, 플라스틱, 가죽 등 여러 재질의 표면에서도 흔히 나타나는 현상으로 피부색 이외의 다른 영상에도 추가적으로 실험을 수행하고 보완하는 과정을 거쳐 다목적으로 사용할 수 있는 전처리 기법으로 확장하는 것도 앞으로의 과제이다.

References

- [1] G. Osman, M. Hitam, M. Ismail, "Enhanced Skin Colour Classifier using RGB Ratio Model", International Journal on Soft Computing (IJSC) Vol.3, No.4, November 2012.
- [2] V. Bhat, J. Pujari, "Face Detection System using HSV Color Model and Morphing Operations", International Journal of Current Engineering and Technology, ISSN 2277 - 4106, 2013.
- [3] S. Phung, A. Bouzerdoum, D. Chai, "A Novel Skin Color Model in YCbCr Color Space and Its Application to Human Face Detection", Image Processing 2002 International Conference, pp I-289-I-292 vol. 1. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ICIP.2002.1038016>
- [4] R. Hsu, M. Abdel-Mottaleb, "Face Detection in Color Images", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, v.24, n.5, May 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/34.1000242>
- [5] N. Otsu. "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 9, No. 1. pp. 62-66. 1979. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TSMC.1979.4310076>
- [6] D. Hwang, K. Lee. "A Study on Adaptive Skin Extraction using a Gradient Map and Saturation Features", Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 15, No. 7, pp. 4508 -4515. 2014. (Korean) DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.7.4508>
- [7] Z. Li, S. Kim, "A Multi-Thresholding Approach Improved with Otsu's Method", Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol. 43, No. 5, pp.29-37, 2287-5026, 2006. (Korean)
- [8] S. Phung, A. Bouzerdoum, D. Chai, "A Novel Skin Color Model in YCbCr Color Space and Its Application to Human Face Detection", Image Processing 2002 International Conference, pp I-289-I-292 vol. 1. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ICIP.2002.1038016>
- [9] Y. Park, S. Jang, G. Kim, "A Study on Extraction of Skin Region and Lip Using Skin Color of Eye Zone", Journal of the Korea society of computer and information", VOL.14, NO.4, pp.19-30, 2009. (Korean)
- [10] J. Weijer, C. Schmid, "Coloring Local Feature Extraction", Proc. ECCV, Part II, 334-348, Graz, Austria, 2006. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/11744047_26

황 대 동(Dae-Dong Hwang)

[정회원]



- 2008년 2월 : 한경대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
- 2010년 2월 : 숭실대학교 컴퓨터학과 (공학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 한경대학교 컴퓨터공학과 박사과정 재학중

<관심분야>

패턴인식, 생체인식, 공장자동화

이 근 수(Keunsoo Lee)

[정회원]



- 1983년 2월 : 숭실대학교 전자계산학과 (공학사)
- 1988년 2월 : 숭실대학교 대학원 전자계산학과(공학석사)
- 1993년 8월 : 숭실대학교 대학원 전자계산학과 (공학박사)
- 1989년 2월 ~ 현재 : 한경대학교 컴퓨터정보공학과 교수

<관심분야>

패턴인식, 지식기반 시스템, 동작이해, 비디오 검색, 문제중심학습, 교육공학