

# 위치와 색상 정보를 사용한 SURF 정합 성능 향상 기법

## Improving Matching Performance of SURF Using Color and Relative Position

이경승\*, 김대훈\*, 노승민\*\*, 황인준\*

KyungSeung Lee\*, Daehoon Kim\*, Seungmin Rho\*\* and Eenjun Hwang\*

### 요 약

SURF(Speeded Up Robust Features)는 다양한 상태 변화에 강인한 기술자 추출 방법으로 객체 인식과 같은 분야에서 유용하게 사용되는 알고리즘이다. 이 알고리즘은 대표적인 특징점 추출 알고리즘인 SIFT(Scale Invariant Feature Transform)와 비슷한 성능을 보이면서도 수행 시간이 훨씬 빠르다는 장점이 있다. 하지만 이러한 기술자들은 회전 불변한 특징 보장을 위해서, 추출한 특징점 간의 위치 정보를 고려하지 않는다. 또한, 원본 영상을 흑백 영상으로 변환하여 사용하기 때문에, 원본 이미지의 색상 정보도 이용하지 않는다. 본 논문에서는 특징점들 간의 상대적인 위치 정보 및 색상 정보를 이용하여 SURF 기술자의 정합 성능을 개선하는 방안을 제안한다. 상대적인 위치 정보는 특징점들의 중심을 연결하는 선분과 특징점 중심에서부터 생성되는 orientation 선분 사이의 각을 기반으로 한다. 색상 정보의 경우 각 특징점이 포함하고 있는 영역에 대해 color histogram을 생성하여 사용한다. 실험을 통하여 제안된 기법의 성능 개선을 보인다.

### Abstract

SURF is a robust local invariant feature descriptor and has been used in many applications such as object recognition. Even though this algorithm has similar matching accuracy compared to the SIFT, which is another popular feature extraction algorithm, it has advantage in matching time. However, these descriptors do not consider relative location information of extracted interesting points to guarantee rotation invariance. Also, since they use gray image of original color image, they do not use the color information of images, either. In this paper, we propose a method for improving matching performance of SURF descriptor using the color and relative location information of interest points. The location information is built from the angles between the line connecting the centers of interest points and the orientation line constructed for the center of each interest points. For the color information, color histogram is constructed for the region of each interest point. We show the performance of our scheme through experiments.

Key words : SURF, image matching, color feature, location feature

### I. 서 론

최근 스마트폰이나 태블릿 PC와 같은 다양한 모

바일 단말기들이 빠르게 보급되고 있다. 이들은 대개 카메라, GPS, 가속도 센서 등과 같은 장치들을 갖추고 있어, 다양한 서비스를 제공한다. 하지만 이

\* 고려대학교 전기전자전파 공학부 (School of Electrical Engineering, Korea University)

\*\* 백석대학교 정보통신학부 (Division of Information and Communication, Baekseok University)

· 제1저자 (First Author) : 이경승, 교신저자 (Corresponding Author) : 황인준

· 접수일자 : 2012년 3월 21일

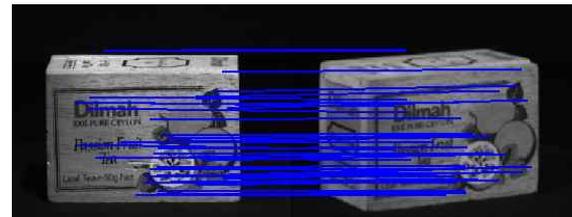
러한 장치들은 시스템 자원과 처리속도 면에서 기존의 PC 환경에 비해 제한이 많다. SURF는 이러한 환경에서 사용할 수 있는 대응점 정합 방식으로, 객체 인식[1][2], 영상 합성[3], 영상 재구성[4][5] 등 다양한 분야에서 사용되어 왔다. 사물의 특징 추출을 위한 알고리즘으로 SIFT[6][7], PCA-SIFT[8], GLOH[9], LESH[10], SURF[11] 등이 있다. SURF는 빠른 수행 능력에 강점이 있어 모바일 환경을 위한 어플리케이션 개발에서 선호되는 알고리즘이다. SURF는 빠른 속도뿐만 아니라 회전 및 크기 변환에 불변하는 특징점을 찾을 수 있다는 장점이 있어 카메라와 물체의 각도 또는 거리가 다르더라도 동일한 물체로 인식할 수 있다.

SURF를 이용한 객체 인식은 질의 이미지와 데이터베이스 이미지에서 추출한 특징점들의 기술자들에 대한 정합을 통해 수행된다. 하지만 이러한 정합은 실제로는 다른 물체지만 비슷한 기술자들로 인해 동일한 객체로 인식되는 경우가 발생할 수 있다. 그림 1.(a)는 같은 이미지를 다른 각도에서 촬영한 것으로 서로 정합되는 기술자들을 파란 선으로 표시하였다. 그림에서 대부분의 기술자들이 올바르게 대응되고 있는 것을 볼 수 있다. 하지만 그림 1.(b)에서처럼, 다른 객체임에도 불구하고 유사한 기술자들이 대응되고 있음을 볼 수 있다. 또한 SURF는 회색조 영상에서 모든 작업이 수행되므로 색상 정보가 무시된다. 그림 1.(c)의 경우처럼 유사한 외형의 다른 색상을 갖는 이미지는 기존의 SURF만 이용하였을 때 같은 물체로 인식할 확률이 높다. 이러한 문제는 두 이미지에서 정합된 특징점들의 위치 정보와 색상 정보를 활용한다면 상당히 개선될 수 있다.

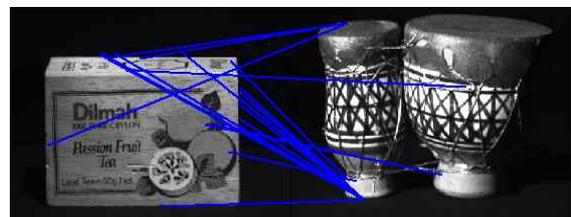
본 연구에서는 SURF가 갖고 있는 장점을 보존하면서 위치 정보와 색상 정보가 추가로 고려하여 정합 성능을 개선하는 방안을 제시한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 특징점 추출 및 기술자 생성에 관련된 연구와 이를 기반한 SURF 알고리즘을 설명하고, 3장에서는 제안하는 개선 기법에 대해 설명한다. 4장에서는 실험을 통한 성능 분석을 제시하고, 마지막으로 5장에서 실험 결과에 대한 결론을 맺고 추후 연구 방향을 제시한다.

## II. 관련 연구

그 동안 기술자 기반의 객체 인식을 위한 많은 연구들을 수행되어 왔다. 그 중에 빠른 성능으로 각광받고 있는 SURF의 특징점 검출, 기술자 추출에 대해 설명하고, SURF의 성능 개선에 관련된 연구들을 살펴본다.



(a) 정상적인 정합



(b) 상대적인 위치가 어긋난 정합



(c) 동일한 외형에 다른 색을 가진 객체

그림 1. 기존 SURF 기술자의 문제점  
Fig. 1 Problem of existing SURF descriptor

### 2-1 특징점 검출

먼저 입력영상으로부터 적분 영상[12]을 생성하고, 직사각형 영역에 대해서 모든 화소의 밝기 값의 합을 계산한다. 헤시안 응답 맵의 행렬식(수식.1)을 구성하여 행렬식을 구하고, 크기 공간에서 특징점의 위치를 찾기 위해 헤시안 행렬식 값에 대한 NMS 과정을 수행한다. 추출된 극대값에 대해서 보간법을 적용하고 그 극대값을 특징 벡터 형태로 저장한다.

$$H(x, y, \sigma) = \begin{bmatrix} LI_{xx}(x, y, \sigma) & LI_{xy}(x, y, \sigma) \\ LI_{xy}(x, y, \sigma) & LI_{yy}(x, y, \sigma) \end{bmatrix} \quad (1)$$

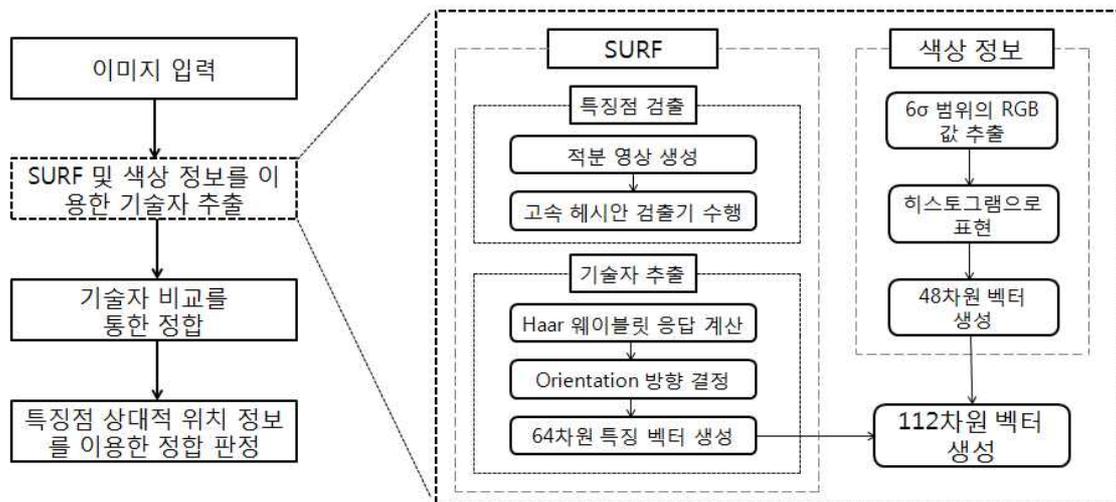


그림 2. 알고리즘 구조도  
Fig 2. Structure of algorithm

고속 헤시안 검출기(Fast Hessian Detector)는 헤시안 행렬식을 사용하되 x, y, xy 방향의 근사화된 사각필터를 이용하므로 기존의 헤시안 검출기에 비해 빠르게 수행할 수 있다는 장점이 있다.

2-2 기술자 추출

객체 인식을 위해서는 고속 헤시안 검출기를 통해 구한 특징점들의 기술자를 추출하는 과정이 필요하다. 먼저 특징점의 벡터가 갖는 방향(Orientation)을 계산하기 위해  $6\sigma$ 의 크기를 갖는 반지름 내에 있는 점들의 Haar 웨이블릿 응답을 계산한다. 응답에 대응되는 점들 중  $\pi/3$  크기의 Orientation Window를  $360^\circ$  방향으로 검색하여 Window 범위내 수직, 수평 성분의 벡터들 합이 가장 클 때 그 벡터를 방향벡터로 정의한다. 방향벡터를 기준으로 다시 x, y 방향에 대한 Harr 웨이블릿 응답을 구하고 웨이블릿 응답의 합을 이용하여 64차원의 기술자 벡터를 추출한다.

SURF에서 기술자의 주 방향은 특징점의 벡터에 따라 고정된 방향으로부터 생성되는 것이 아니라 각 특징점이 갖는 Haar 웨이블릿 응답에 따라 생성되므로 회전 불변의 특징을 갖는다. 이러한 특징으로 이미지 내의 객체가 임의로 회전하여도 기술자는 변하지 않고 고유의 값을 가질 수 있다.

2-3 개선된 SURF에 관한 다른 연구

최근 모바일 단말기에 탑재될 수 있는 객체 인식 방법으로 비교적 빠르고 정확한 SURF 알고리즘이 주목을 받으면서 SURF의 성능 개선에 관한 많은 연구가 수행되었다. 특히 SURF는 회색조 영상에서 수행되므로 색상 정보가 무시되는 데, [13]에서는 이런 점에 착안하여 이미지에서 가우시안 색상 모델(Gaussian Color Model)을 기반으로 생성한 CISURF(Color Invariance based SURF)라는 기술자를 사용하여 성능을 향상시켰다. [14]에서는 지역 색상 커널 히스토그램(Local Color Kernel Histogram)을 기존 SURF 기술자 벡터에 추가하여 객체 인식에 사용하였다. [15]에서는 색상 정보와 SURF의 지역 특징 영역보다 10배 증가시켜 헤시안 검출기로 전역 벡터(Global Vector) G가 정합에 사용되었다. 본 연구에서는 색상 정보만이 아니라, 다른 연구에서 다루지 않았던 특징점의 상대적인 위치 정보까지 활용하여 정합 성능을 높인다.

III. 색상 정보와 위치 정보를 포함하는 SURF

본 장에서는 기술자에 색상 정보를 추가해 성능을 개선하는 방법과 특징점에서 추출한 Orientation을 이용한 위치 정보가 포함된 SURF 기술자의 구조와 구현에 대해 기술한다. 그림 2는 제안하는 알고리즘의 순서도이다. 우선 입력된 이미지에서 SURF

및 색상 정보를 이용한 기술자를 추출한다. 그리고 기술자 비교를 통한 정합과정을 거쳐 질의 이미지와 데이터베이스 이미지가 같은 객체를 포함하고 있는지 확인한다. 마지막으로 특징점의 상대적 위치 정보를 이용하여 정합의 정확성을 판정한다.

### 3-1 색상 정보를 이용한 SURF

SURF는 회색조 영상에서 수행하는 알고리즘으로 비슷한 외형을 가지고 있지만 다른 색채를 갖는 객체가 질의 영상으로 입력되었을 때, 사용자가 원하는 객체인지 아닌지 판단하는데 어려움이 있다. 따라서 기존의 SURF 기술자에 RGB 값을 포함시켜 사용하면, 더욱 높은 객체 인식률을 얻을 수 있다. SURF에서 검출한 특징점은 고유의 범위를 갖는데 우리는 색상 정보를 위해 질의 이미지와 데이터베이스 이미지에서 이 범위 내 RGB 값을 기반으로 히스토그램을 생성하여 추가하였다.

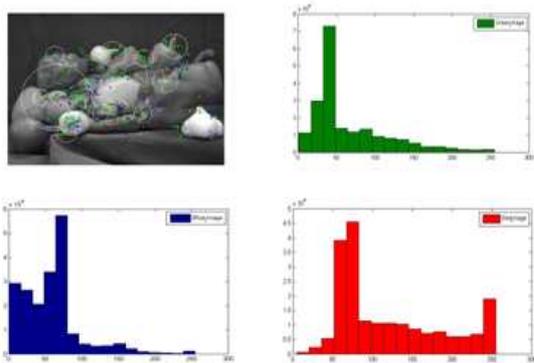


그림 3. RGB 값 추출  
Fig 3. Extraction of RGB value

그림 3은 이미지의 SURF의 특징점에 대해 생성된 히스토그램을 보여준다. 왼쪽 위의 그림은 이미지에서 특징점들의 위치와 그 중심에서부터 반지름  $6\sigma$  크기를 표시한 것이다. 나머지 세 개는 색상 히스토그램으로 우리는 256 단계의 RGB 값들을 16개씩 묶어 16 단계로 나누어 저장하였다. 저장된 RGB 값들은 세 개의 16차원의 벡터로 표현할 수 있고, 각 RGB 채널에서 총 48 차원의 벡터로 나타낼 수 있다. 기존 SURF에서 추출한 64차원 기술자와 함께 112차원의 벡터를 질의 이미지와

데이터베이스 이미지의 정합에 사용한다.

### 3-2 위치 정보를 이용한 SURF

SURF 알고리즘에서 특징점 간 대응은 기술자의 유사 정도에 따라 결정되며 특징점의 상대적 위치 관계는 SURF 수행 과정에 포함되지 않고 있다. 따라서 우리는 위치 정보를 이용하여 SURF로 정합된 데이터베이스 이미지와 질의 이미지가 정확한 정합인지 아닌지 판단하는 과정을 추가한다. SURF 알고리즘을 이미지에 적용해보면 특징점이 검출되고 검출된 특징점마다 고유의 주 방향을 생성한다. 여기서 주 방향은 물체가 임의의 방향으로 회전하였을 시 물체가 회전한 만큼 같은 각도로 회전하기 때문에 특징점들 간의 위치 관계를 파악할 때 기준선으로 사용할 수 있다. 이러한 특징은 인식하고자 하는 물체의 회전 변환에도 쉽게 적용할 수 있게 하는 SURF의 장점이다.

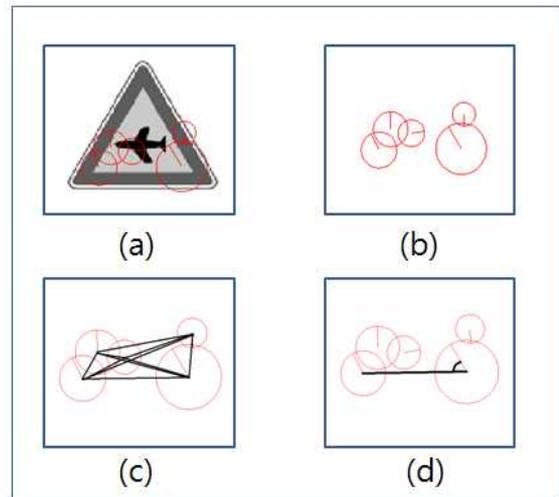


그림 4. 주 방향과 특징점 중심이 이루는 각  
Fig 4. Angle between orientation and center of interest point

정합된 질의 이미지와 데이터베이스 이미지가 같은 객체인지를 확인하는 과정은 다음과 같다. 두 이미지에서 대응된 특징점들 중 유사도가 높은 순서대로 10개를 선정하여 좌표를 저장하고 검출된 특징점들을 서로 연결하여 45개의 선분을 생성한다. 하나의 생성된 선분마다 점에서 추출한 기술자의 주 방향과 만나는 각은 총 90개를 측정할 수 있는데 이

각들이 정합의 정확성을 판단하는 근거가 된다.

그림 4는 주 방향 선분과 특징점들을 연결한 선분의 각을 구하는 과정을 설명한다. (a)에서처럼 먼저 질의 이미지에 SURF를 적용하여 특징점과 주 방향을 추출한다. (b)는 추출된 특징점과 주 방향만 남겨두고 질의 이미지는 삭제한 그림이다. (c)그림에서는 특징점들의 중심들을 모두 연결하였다. 마지막으로 (d)에서는 특징점 간 연결한 선분과 주 방향이 이루는 각을 측정한다.

실제 SURF의 기술자들의 대응 과정을 살펴보면 같은 객체에서 추출한 기술자임에도 불구하고, 노이즈 또는 촬영 각도 등의 환경 변수에 따라 물체의 다른 부분끼리 대응되는 것을 확인할 수 있다. 이때 유사도가 높은 순서대로 선정한 10개의 기술자 중 다른 부분끼리 대응된 것이 포함될 수 있다. 이런 경우 위치 정보를 적용한다면 잘못된 결과를 도출할 수 있다. 예를 들어 10개의 대응된 기술자들 중 3개가 이미지 내 다른 물체와 대응됐다고 가정해보자. 추출한 90개의 각 중 42개가 정합되고 48개는 다른 물체와 연결되어 생성된 각일 것이다. 따라서 제안하는 알고리즘에서는 90개의 각 중 정합되는 각이 42개 이상이 될 때 같은 객체라고 인식한다.

#### IV. 실험

본 장에서는 실험을 통하여 지금까지 기술한 객체 인식 및 추적 방법의 성능을 평가한다. 실험은 Intel Core 2 Duo 2.67Ghz, 4GB 메모리 사양의 Windows 7 환경에서 수행되었다. 전처리 및 질의 처리를 포함한 모든 과정은 MATLAB을 기반으로 구현하였고, OpenCV에 구현된 SURF알고리즘 모듈을 mex로 컴파일 해서 사용하였다. 실험을 위한 훈련 이미지 셋으로 ALOI[16]을 사용하였다. 이 데이터 셋은 1000 개의 작은 객체의 컬러 이미지 셋으로, 각각 객체의 이미지 셋은 다양한 색, 촬영 시점, 조명에 따른 여러 가지 이미지들로 구성되어 있다.

그림 5는 DB에 저장되어있는 객체의 개수를 늘리면서 다양한 이미지들로 질의를 했을 때 인식률을 측정하는 그래프이다. 이 실험에서는 한 객체를 72개

의 다양한 각도에서 촬영한 이미지를 사용하여 진행하였다. 정면에서 촬영한 이미지들을 대상으로, 335도부터 25도의 각도에서 촬영된 이미지를 질의로

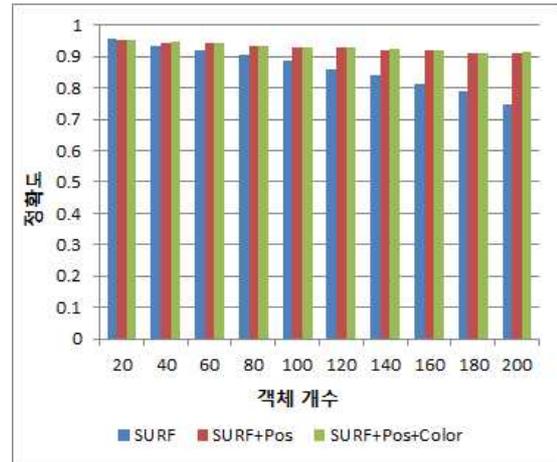


그림 5. 객체 인식을 실험 결과

Fig 5. Experiment result of object recognition

입력하여 얼마나 정확히 정합되는 지를 측정하였다. 정면 이미지에 포함된 SURF와 색상 정보가 포함된 기술자들 중에 70%이상이 정합되는 경우에 해당 질의 이미지와 정합 되었다고 판단하였다. 그리고 해당 그래프에 나온 정확도는 전체 경우의 수에서 true positive와 true negative의 개수를 합친 확률이다. 그림의 실험 결과에서 확인할 수 있듯이, 본 논문에서 제안하는 방법은 기존 SURF만을 사용하는 정합 방식에 비해 false alarm의 숫자를 줄이는 것으로 전체적인 인식률을 향상시킬 수 있었다. 실험에서의 결과는 위치 정보만 이용한 SURF와 색상 정보까지 추가한 SURF의 인식률이 큰 차이를 보이지 않는다. 하지만 데이터베이스에 있는 이미지 셋이 비슷한 외형에 다른 색상을 갖는다면 위치 정보만 포함한 SURF에 비해 색상 정보까지 포함한 SURF의 인식률이 더욱 좋아질 것이다.

#### V. 결론

본 논문에서는 특징점들 간의 상대적인 위치 정보 및 색상 정보를 이용하여 SURF 기술자의 정합 성능을 개선하는 방안을 제안한다. 상대적인 위치 정보는 특징점들의 중심을 연결하는 선

분과 특징점 중심에서부터 생성되는 방향 선분 사이의 각을 기반으로 하였고 색상 정보의 경우 각 특징점이 포함하고 있는 영역에 대해 color histogram을 생성하여 사용하였다. 실험을 통하여 제안하는 기법이 정합의 정확도를 향상시킬 수 있음을 보였다. 앞으로 우리는 개선된 SURF 기술자의 추출 속도 및 정확도 개선을 위한 다양한 연구를 계획하고 있다.

### 감사의 글

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원(2011-0026448)과 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구 센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2012-H0301-12-3006)

### 참 고 문 헌

- [1] P. Schugerl, R. Sorchag, W. Bailer, and G.Thallinger, "Object re-detection using sift and mpeg-7 color descriptors", In International Workshop on Multimedia Content Analysis and Mining, pp.305-314, 2007
- [2] Zhang, W., Yu, B., Zelinsky, G. J., & Samaras, D., "Object class recognition using multiple layer boosting with heterogeneous features", In CVPR'05, pp. 323-330, 2005
- [3] Cheng Hongwei, Jiang Letian, Chen Xiaonming, Bao Jing, "Intergrated Color Balance Algorithm For Panoramic Image", American Journal of Engineering and Technology Research. 2011
- [4] M. Brown, D. G. Lowe, "Unsupervised 3D Object Recognition and Reconstruction in Unordered Data sets", Proceeding of the Fifth International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling, pp.56-63, June 13-16, 2005.
- [5] Liu, J., Hubbold, R., "Automatic camera calibration and scene reconstruction with scale-invariant features", In:ISVC, pp.558-568, 2006
- [6] D.G.Lowe, "Object Recognition from Local Scale-Invariant Features," Proc. Seventh Int'l Conf. Computer Vision, 1150-1157(1999)
- [7] D.G.Lowe, "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints," Int'l J. Computer Vision, 60 (2), 91-110(2004)
- [8] Y. Ke, and R. Sukthankar, "PCA-SIFT: A More Distinctive Representation for Local Image Descriptors," Proc, Computer Vision and Pattern Recognition, 511-517(2004)
- [9] Mikolajczyk, and K., S, Schmid, C, "A performance evaluation of local descriptors", PAMI 27(10), 1615-1630(2005)
- [10] Sarfraz S., and Hellwich O, "Head Pose Estimation in Face recognition across Pose Scenarios", Proceeding of VISAPP 2008, Int. conference on Computer Vision theory and Applications, Madeira, Portugal, 235-242(2008)
- [11] H. Bay, T. Tuytelaars, and L. V. Gool, "SURF: Speeded up robust features," European Conference on Computer Vision, 404-417(2006)
- [12] P.A. Viola, and M.J.Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features", CVPR, (1), 511-518(2008)
- [13] Gang Meng, Zhiguo Jiang, Danpei Zhao, "The Usage of Color Invariance in SURF" Proc. of SPIE(2009).
- [14] Pen Fan, Aidong Men, Mengyang Chen, Bo Yang, "Color-Surf: A Surf Descriptor with Local Kernel Color Histograms", Proceeding of IC-NIDC, pp.726-730(2009)
- [15] Hyunsup Yoon, Hwan-Ik Chung, Hernsoo Hahn, "SURF Algorithm with Color and Global Characteristics" Proceeding of ICCAS-SICE, pp.183-187 (2009)
- [16] ALOI(Amsterdam Library of Object Images), <http://staff.science.uva.nl/~aloi/>

## 이 경 승 (李暉承)



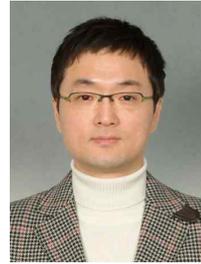
2010년 : 고려대학교 전기전자전파  
공학부 (공학사)  
2010년 ~ 현재 : 고려대학교 전기전자  
전파공학과 석사 과정  
관심분야: 데이터베이스, 멀티미디어  
검색, 영상처리, 유비쿼터스 컴퓨팅

## 김 대 훈 (金大勳)



2006년 : 고려대학교 전자공학과  
(공학사)  
2008년 : 고려대학교 전자전기공학과  
(공학석사)  
2008년 ~ 현재 : 고려대학교 전자전기  
공학과 박사 과정  
관심분야: 데이터베이스, 멀티미디어  
검색, 영상처리, 유비쿼터스 컴퓨팅

## 노 승 민 (盧承民)



2001년 : 아주대학교 컴퓨터공학과  
(공학사)  
2003년 : 아주대학교 정보통신공학과  
(공학석사)  
2008년 : 아주대학교 정보통신공학과  
(공학박사)  
2008년 ~ 2009년 : Carnegie Mellon  
University, 박사 후 연구원  
2009년 ~ 2011년 : 고려대학교, 연구교수  
2012년 ~ 현재 : 백석대학교, 전임강사  
관심분야: Music Retrieval and Recommendation, Affective  
Computing, Swarm Intelligence

## 황 인 준 (黃仁俊)



1988년 : 서울대학교 컴퓨터공학과  
(공학사)  
1990년 : 서울대학교 컴퓨터공학과  
(공학석사)  
1998년 : Univ. of Maryland at College  
Park 전산학과 (공학박사)  
1998 ~ 1999년 : Bowie State Univ.,  
Assistant Professor  
1999년 ~ 1999년 : Hughes Research Lab. 연구교수  
1999년 ~ 2004년 : 아주대학교 정보통신전문대학원 교수  
2004년 ~ 현재 : 고려대학교 전기전자전파공학과 교수  
관심분야: 데이터베이스, 멀티미디어 검색, 정보 통합,  
전자상거래, 영상처리, 유비쿼터스 컴퓨팅