

# 중첩 영역 추정을 통한 파노라마 영상 생성

양지희\*, 전지혜\*\*, 박구만\*\*

## Overlap Estimation for Panoramic Image Generation

Jihee Yang\*, Jihye Jeon\*\*, Gooman Park\*\*

### 요 약

파노라마 영상은 카메라 시야각의 제한을 극복할 수 있으므로 로봇 비전, 스테레오 카메라, 보안 감시 등의 분야에서 효율적으로 연구되고 있다. 파노라마 영상은 사람의 시야각 이상의 넓은 화각을 가진 영상을 구현할 수 있으며 시야각의 현장감을 중심으로 실제로 현장에 있는 듯한 실감 공간을 제공하는 기술이다. 영상에서 기하학적 변화에 강인한 특징점 및 대응점을 검출하고 호모그래피 행렬을 추정하는데 있어서 모든 대응점을 사용하면 연산량이 많아지고 정확한 호모그래피 행렬을 추정하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 전처리 과정에서 입력 영상들의 히스토그램을 비교 분석하여 유사도가 높은 중첩되는 영역을 추정하며 특징점을 검출하기 위해 SURF 알고리즘을 사용하였다. 또한 영상을 입력하는 순서를 해결하여 순서에 제약 없이 영상을 입력하여 파노라마를 생성할 수 있도록 하였다.

**Key Words** : Panorama, Image Stitching, Histogram Comparison, SURF, Keypoints

### ABSTRACT

The panorama is a good alternative to overcome narrow FOV under study in robot vision, stereo camera and panorama image registration and modeling. The panorama can materialize view with angles wider than human view and provide realistic space which make feeling of being on the scene based on realism. If we use all correspondence, it is too difficult to find strong features and correspondences and assume accurate homography matrix in geographic changes in images as load of calculation increases. Accordingly, we used SURF algorithm to estimate overlapping areas with high similarity by comparing and analyzing the input images'histograms and to detect features. And we solved the problem of input order so we can make panorama by input images without order.

## I. 서 론

영상 정합 기술은 한 장 이상의 영상들로부터 사람의 시야각 보다 넓은 영상을 생성하기 때문에 카메라의 시야각을 극복할 수 있는 좋은 대안으로서 광각 영상이 필요한 다양한 분야에서 효율적으로 연구되고 있다. 현재 파노라마 영상은 스마트폰, 태블릿 등 디지털 장비와 다양한 환경을 지원하는 응용 프로그램에서 사용되고 있다. 대표적인 프로그램으로는 구글과 네이버의 지도 서비스가 있다.

영상 정합 방법에는 크게 직접 정렬과 특징 기반 정렬로 나눌 수 있는데 주로 특징 기반 정렬 방법이 사용되고 있다. 직접 정렬 방법은 픽셀 대 픽셀을 비교하는 방법으로 먼저 겹쳐지는 영역에 대하여 적절한 오류 측정법(Error Metric)을 선택하고 각 픽셀의 유사도를 찾아 가장 적절한

모델로 정렬하는 것을 말한다. 직접 정렬을 이용한 파노라마 영상은 쉽게 구현이 가능하지만 정해진 순서에 따라서 영상이 입력되어야 하며 불필요한 정보를 가지고 있기 때문에 속도가 느린 단점이 있다. 이에 비해 특징 정렬 기반은 영상에서 특징을 추출하여 정합하기 때문에 불필요한 정보를 생성하지 않으며 사용자의 특별한 입력 없이 영상을 정합할 수 있다. 이때 가장 중요한 것은 특징 추출 알고리즘을 이용하여 추출된 입력 영상간의 특징점 및 대응점이 일치되는 정도이며 기본적인 알고리즘은 3단계로 나눌 수 있다. 먼저 중첩된 영역이 있는 기준 영상과 대상 영상에서 SURF(Speeded Up Robust Features)알고리즘과 같은 특징점 추출 알고리즘을 이용하여 영상의 기하학적인 변화에 강인한 특징점을 추출하고 기존 영상과 대상 영상들에서 추출된 특징점들 사이에서 일치되는 대응점을 찾는다. 추출된 대응점에는 항상 정

\*서울과학기술대학교 일반대학원 미디어IT 공학과(jihee8929@naver.com)

\*\*서울과학기술대학교 NID융합기술대학원 방송통신융합프로그래밍(gmpark@seoultech.ac.kr)

\*접수일자 : 2014년 10월 11일, 수정완료일자 : 2014년 10월 30일, 최종게재확정일자 : 2014년 11월 07일

확히 일치되는 것이 아니므로 RANSAC(RANdom SAmple Consensus)알고리즘을 이용하여 부정확하다고 판단되는 일치점들을 제거하고 임의의 4점을 추출하여 호모그래피를 추정한다. 이음새가 없는 파노라마 영상을 생성하기 위해 최소의 에러를 갖는 최적의 호모그래피가 추정될 때까지 이 과정을 반복한다[1].

파노라마 영상을 생성하는 기존의 연구된 방법은 SURF 알고리즘과 SIFT(Scale Invariant Features Transform) 알고리즘을 이용하여 특징점을 추출하였다. M.Brown과 D.G.Lowe는 이미지 정렬을 위해 SIFT 알고리즘을 사용한 전형적인 특징 기반의 파노라마 생성 알고리즘을 제안하였다[2]. SIFT 알고리즘을 사용하였기 때문에 강인한 특징을 추출하여 파노라마 영상을 생성하였으며 다양한 디지털 장비에 지원을 하고 있다. SIFT는 정확도가 높은 반면 속도가 느리기 때문에 속도를 높이기 위해 SURF를 이용한 파노라마 영상 생성 방법도 제안되었다[3]. 김정호는 중첩 영역 이외에서 대응되는 점을 제거하기 위해 대응점 좌표 주변의 RGB 값을 이용하여 대응점의 연관성을 판단하였으며 유클리드의 거리 공식을 이용하여 중첩 영역의 위치를 추정하여 입력 영상의 순서에 대한 제한을 해결하였다. 그러나 중첩 영역 보다 중첩 영역 이외의 영역에서 특징점이 더 많이 존재 할 수 있으므로 유클리드만을 이용하여 중첩 영역의 위치를 판단하기에는 어렵다. 따라서 본 논문은 전처리과정으로 히스토그램 비교를 이용하여 중첩 영상을 추정하며 중첩 영상의 위치를 파악하여 사용자의 특별한 입력 없이 두 영상을 정합하는 방법을 제안하였다.

본 논문의 구성은 2장에서 SURF 알고리즘을 소개하며, 3장에서는 본 논문에서 제안한 알고리즘을 이용한 파노라마 영상 생성기법에 다룬다. 4장에서는 이를 구현한 실험 및 결과를 분석하며, 5장에서 결론을 맺는다.

## II. SURF 알고리즘

SURF는 2006년에 Herbert Bay에 의해 제안되었으며 강한 특징점을 추출하는 데 있어서 대표적인 SIFT와 성능이 유사하고 보다 빠른 수행 속도로 인해 파노라마 영상 생성에 널리 사용되고 있다[4]. SURF 알고리즘은 SIFT와 유사한 성능으로 속도를 향상시키기 위해서 적분 영상을 이용한다. 적분 영상은 원점으로부터 각 픽셀 까지 사각형의 모든 픽셀 값들을 더한 것으로 정의할 수 있으며, 4번의 연산을 통해 임의의 크기의 사각형에 대한 모든 픽셀의 합을 크기와 상관없이 빠르게 계산 할 수 있다. 또한 정확도와 속도를 높이고 행렬값이 최대값인 위치에서 Blob과 같은 구조를 검출하기 위해 헤시안 행렬을 기반으로 하는 헤시안 검출기를 사용하여 특징점을 검출한다. 헤시안 행렬은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$H(X, \sigma) = \begin{bmatrix} L_{xx}(X, \sigma) & L_{xy}(X, \sigma) \\ L_{xy}(X, \sigma) & L_{yy}(X, \sigma) \end{bmatrix} \quad (1)$$

위의 식에서  $L_{xx}(X, \sigma)$ ,  $L_{xy}(X, \sigma)$ ,  $L_{yy}(X, \sigma)$ 는 입력 영상 I에서 좌표 X의 가우시안 2차 미분(Gaussian second order derivative)의 회전(Convolution)을 나타낸다. X축, Y축, XY축(대각 축)에 대해 4개의 진입점을 헤시안 행렬로 계산하면 특징점들의 후보가 나타난다. 또한 가우시안 2차 미분을 사용하는 부분에서 간편화하고 단순화하기 위해  $D_{xx}$ ,  $D_{xy}$ ,  $D_{yy}$ 로 근사화된 박스 필터(Box Filter)를 이용한다. 그림 1은  $\sigma = 1.2$ 인 가우시안 2차 미분을 9X9 박스 필터로 근사화한 것이다.

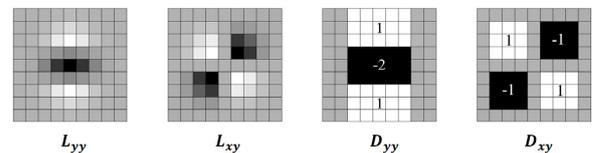


그림 1. 근사화된 헤시안 박스 필터

크기 변화에 불변성(Scale invariant)을 보장하기 위해 근사화된 박스 필터를 이용한 이미지로 피라미드를 구성하여 이미지가 아닌 박스 필터의 크기를 변경하면서 적용한다. 그림 2와 같이 박스 필터 사이즈를 업-스케일링(up-scaling) 하면서 분석을 수행하여 연산의 효율성을 높였다.

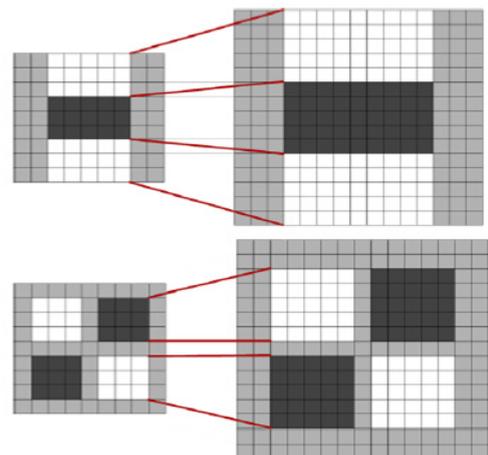


그림 2. SURF에서 박스 필터의 크기 변환

특징점 기술자는 추출된 특징점의 위치 주변의 화소값의 분포를 이용하며 특징점의 스케일에 비례하는 화소의 범위가 정해진다. 해당하는 화소의 범위를 x, y 방향의 그림 3에 나타난 하르 웨이블릿(haar wavelet)필터로 회전하여 각 방향의 기울기를 계산 할 수 있고 기울기를 이용하여 특징점의 방향성을 구할 수 있다. 특징점의 방향을 계산하기 위해 일정 각도의 부채꼴 모양이 있는 슬라이딩 방향성 윈도우

(sliding orientation window)를 사용한다. 윈도우를 슬라이딩하면서 x, y축 응답값의 합을 계산하여 벡터를 생성시키고 생성된 벡터들 중 가장 큰 벡터가 특징점의 방향(orientation)으로 결정된다.

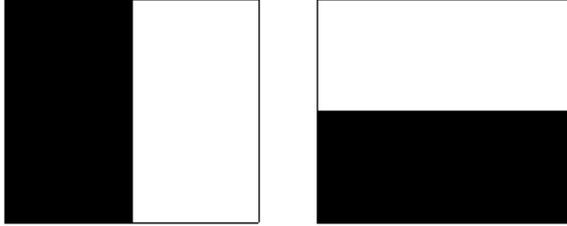


그림 3. 하르 웨이블릿 필터

### Ⅲ. 중첩 영역 추정

본 연구에서는 파노라마 영상을 생성할 때에 사용자의 특별한 입력 없이 영상을 정합하기 위해 제한 조건을 해결하는 것을 목표로 한다. 그림 4는 SURF와 RANSAC 알고리즘을 이용하여 본 논문에서 제안하는 영상 정합의 순서도이다. 카메라 장비들로부터 영상들을 획득한 후, 히스토그램을 비교하여 영상의 유사도가 가장 높은 영상을 중첩 영역으로 추정한다. 추정된 대상 영상의 중첩 영역에서 2장에 소개한 SURF 알고리즘을 이용하여 특징점 및 대응점을 검출하고 호모그래피 행렬을 추정한 후 영상을 변환하고 정합(Stitching)하는 과정을 거친다.

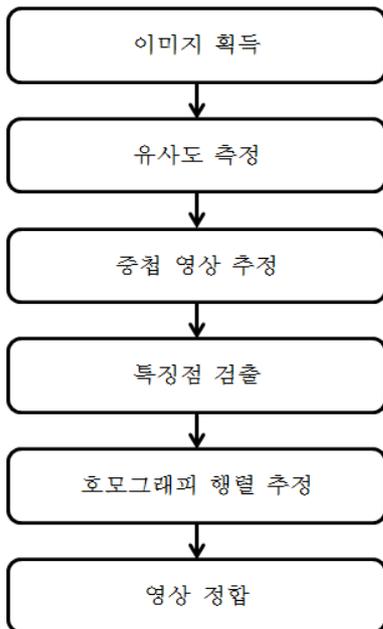


그림 4. 제안하는 영상 정합 방법의 순서도

#### 1. 중첩 영역의 추정

파노라마 영상으로 생성하기 위해서는 두 장 이상의 영상

이 필요하며 각 영상들 사이에는 중첩되는 영역이 존재한다. 특징 기반 정렬 방법의 일반적인 이론에 따르면 특징점을 추출하여 영상을 정렬하기 때문에 입력 영상의 순서에 제약을 받지 않고 영상을 정합할 수 있는데 실제로 그렇지 않는 몇몇의 응용프로그램을 볼 수 있다. 응용프로그램 스스로 영상 간의 순서와 위치를 파악할 수 없으므로 이러한 제한 사항은 사용자의 입력이 필요하게 된다. 따라서 본 논문에서는 파노라마를 파노라마 영상을 생성하기 위해 영상 간의 유사도를 측정하여 중첩된 영역을 추정하는 방법을 제안한다. 위에서 제시하는 방법은 그림 5와 같이 파노라마 영상 생성을 하기 위한 입력 영상에서 중첩되는 영역이 반드시 존재한다고 가정한다.



그림 5. 가로 파노라마 영상의 중첩 영역

중첩 영역을 추정하기 위해 입력 영상을 그림 6과 같이 2등분으로 분할한다. (a)는 그림 5의 첫 번째 이미지를 분할한 것이며, (b)는 두 번째 이미지를 분할한 것이다. 이미지의 분할은 카메라가 겹쳐지는 정도와 카메라 배열에 따라 이미지를 다양하게 나눌 수 있으며 나누어진 영상들은 히스토그램으로 표현하여 비교하게 된다.



(a) 첫 번째 영상



(b) 두 번째 영상

그림 6. 입력 영상의 이분할

본 논문에서는 히스토그램을 비교하기 위해 칼라 히스토그램을 사용한다. 칼라 히스토그램은 이미지에서 칼라의 분포를 표현하며 RGB나 HSV와 같은 다양한 색 공간(Color Space)을 표현할 수 있다. 그림 7은 위의 영상 중 한 영상을 RGB의 칼라 히스토그램으로 표현한 것이다.

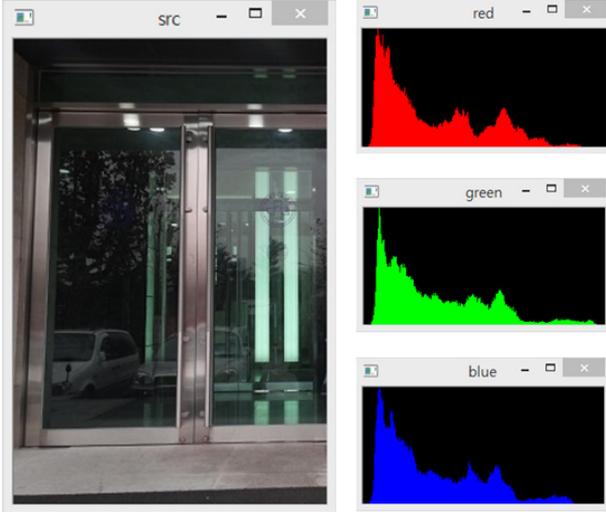


그림 7. 칼라 히스토그램 생성

대부분의 히스토그램을 비교하는 측정은 빈도 간의 비교를 기반으로 하며 히스토그램의 빈도를 비교할 때에는 이웃한 빈도를 사용하지 않는다. 그래서 두 컬러 히스토그램의 유사도를 측정하기 전에 컬러 공간을 감축하는 것이 중요하다. 히스토그램을 비교하기 위해 유사도를 판단하는 거리 측정 방법은 현재 식 (2)~식 (5)와 같이 네 가지의 거리 측도(distance Metric)를 지정할 수 있다[5,6].

① 상관관계(Correlation Method)

$$D_{nm} = d_{correct}(H_1, H_2) = \frac{\sum_i (H_1'(i) \cdot H_2'(i))}{\sqrt{\sum_i H_1'^2(i) \sum_i H_2'^2(i)}} \quad (2)$$

$$-1 < d_{correl}(H_1, H_2) \leq +1$$

여기서,  $H_k'(i) = H_k(i) - (1/N)(\sum_j H_k(j))$ ,  $N$ 은 히스토그램 빈의 개수

② 카이-제곱(Chi-square Method)

$$D_{nm} = d_{chi-square}(H_1, H_2) = \sum_i \frac{(H_1(i) - H_2(i))^2}{H_1(i) + H_2(i)} \quad (3)$$

$$0 \leq d_{\chi-square}(H_1, H_2) < \infty$$

③ 교차(Intersection Method)

$$D_{nm} = d_{intersection}(H_1, H_2) = \sum_i \min(H_1(i), H_2(i)) \quad (4)$$

$$0 \leq d_{Intersection}(H_1, H_2) \leq 1$$

④ 비타차야 거리BHATTACHARYYA Method)

$$D_{nm} = d_{Bhattacharyya}(H_1, H_2) = \sqrt{1 - \sum_i \frac{\sqrt{H_1(i) \cdot H_2(i)}}{\sqrt{\sum_i H_1(i) \sum_i H_2(i)}}} \quad (5)$$

유사도를 판단하는 거리 측정 방법은 두 개의 히스토그램을 파라미터로 받아서 측정된 거리를 반환한다. 각 식에서  $H_1, H_2$ 는 각각 두 분할된 영상의 히스토그램을 나타내며  $D_{nm}$ 은 두 영상의 각각  $n, m$  번째 분할 영상 간의 유사도를 나타낸다. 본 논문은 Intersection 방법을 사용하여 유사도를 측정하며 식 6과 같이 측정된 유사도 값 중 최대 값을 추정하여 유사도 값이 가장 높은 영상이 중첩된 영상으로 추정할 수 있다. 그림 8은 히스토그램 비교를 통해 추정된 중첩 영상이다. (a)는 첫 번째 입력 영상의 중첩 영상이며 (b)는 두 번째 입력 영상의 중첩 영상이다.

$$Max(D_{nm}) \quad (6)$$



(a) (b)  
그림 8. 히스토그램 비교를 통해 추정된 중첩 영상

그림 9는 기존의 알고리즘으로 파노라마 영상을 생성할 때 SURF 알고리즘으로 추출된 특징점 및 대응점을 나타낸다. 그림 9에서 볼 수 있듯이 중첩 영역 이외에도 대응점이 나타나는 것을 볼 수 있다. 이러한 점들을 그대로 이용하여 호모그래피를 추정할 경우 부정확한 호모그래피가 추정될

수 있으므로 본 논문에서는 전처리 과정으로 그림 8과 같이 중첩 영상을 추정하였으며 추정된 중첩 영상에서 SURF 알고리즘을 수행하여 중첩 영역에서의 대응점을 추출하였다.

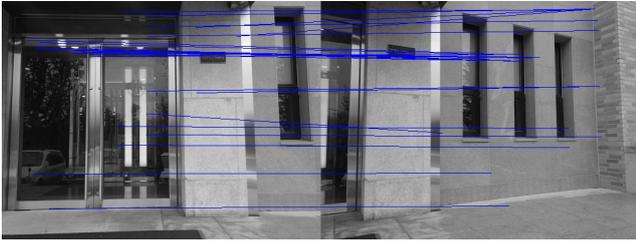
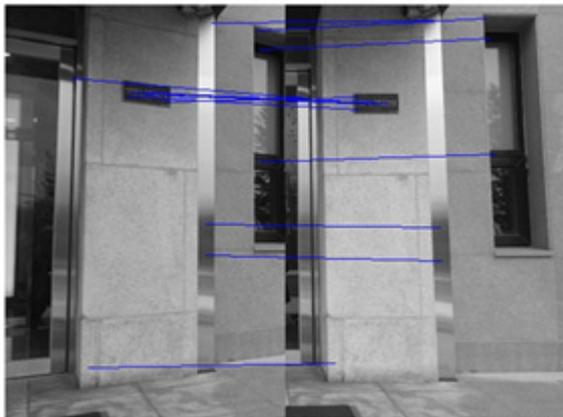


그림 9. 기존의 대응되는 점들끼리 이어진 화면



(a) 중첩 영역이 있는 영상에서의 특징점 추출



(b) 중첩 영역이 있는 영상에서의 일치점

그림 10. 추정된 중첩 영역에서의 대응점 추출

#### IV. 실험 결과

제안된 알고리즘에 대한 실험은 핸드폰 카메라를 이용하여 영상을 획득하였으며 Inter(R) Core(TM) i5 @2.60GHz 환경에서 Visual Studio 2010과 OpenCV, C/C++ 언어의 기반으로 프로그램을 구현하여 실험하였다. 중첩 영역을 추정하기 위해 두 개의 입력 영상을 각각 이등분 하여 히스토그램 비교를 통해 유사도 값을 측정하였다. 그림 5의 두 개의 입력 영상을 각각  $Img1$ ,  $Img2$ 라 하며, 분할된 입력 영상 그림 6의 (a)를 각각  $Img1_1$ ,  $Img1_2$ , (b)를  $Img2_1$ ,  $Img2_2$ 라 하였다.

표 1. 두 영상간의 측정된 유사도 값

첫 번째 영상 / 두 번째 영상	$Img1_1$	$Img1_2$
$Img2_1$	52133	<b>61840</b>
$Img2_2$	36355	55898

유사도 값의 비교를 통해 중첩된 영상을 추정할 수 있다. 추정된 유사도 값 중 최대 값은  $Img1_2$ 과  $Img2_1$ 를 비교하였을 때 나타나며 두 분할된 영상이 제일 유사한 영상이라 판단할 수 있다. 따라서 두 영상은 중첩 영상이라 추정할 수 있다. 추정된 중첩 영상에서 SURF 알고리즘과 호모그래피를 추정하여 그림 11과 같은 파노라마 영상을 생성할 수 있었다.



그림 11. 제안된 알고리즘으로 정합된 파노라마 영상

#### V. 결론

본 논문에서는 파노라마 영상을 생성하는데 있어서 전처리 과정을 제안하여 몇 가지 제한사항을 해결하였다. 파노라마 영상을 생성하기 위한 입력 영상에는 중첩 영역이 존재하게 되는데, 본 논문에서는 히스토그램 비교를 통하여 중첩 영역을 추정하였으며 파노라마 영상을 생성할 때에 사용자의 특별한 입력 없이 두 영상을 정합하는 방법을 제안하였다. 그 결과 순서 없이 입력된 두 장의 영상이 정합된 파노라마 영상을 생성하였다. 추후에는 영상 간의 조명의 차를 보완해 줄 블렌딩 기술과 더 효율적으로 중첩 영역을 추정하는 방법을 연구할 것이다.

#### 참고 문헌

[1] 서상원, "파노라마 영상 생성을 위한 효율적인 Homography 추정 방법에 관한 연구", 석사학위논문, 중앙대학교 첨단영상대학원, 서울, pp. 1-53, 2013.  
 [2] M. Brown. D. Lowe. "Automatic Panoramic Image Stitching using Invariant Features", International Journal of Computer Vision, Vol. 74, Issue. 1, pp. 59-73, 2007.  
 [3] 김정호, 김대원, "SURF와 RANSAC 알고리즘을 이용한 대응점 필터링 적용 파노라마 이미지 처리", 전자공학회 논문지, 제 51권, 제 4호, pp. 144-159, 2014.

[4] H. Bay, T. Tuytelaars. and L. V. Gool, "Surf: Speeded up robust features," in Computer Vision of Lecture Notes in Computer Science, Springer, vol. 3951, pp.404-417, 2006.

[5] G, Bradski. A, Karhlrt."Learning OpenCV : Computer Vision with the OpenCV Library ", O'Reilly Media, 2008.

[6] R, Laganiere. "OpenCV 2 Computer Vision Application Prohgramming Cookbook", Packt Publishing, 2001.

## 저자

### 양 지 희(Jiheer Yang)



- 2012년 2월 : 강릉원주대학교 멀티미디어공학과 학사졸업
- 2013년 3월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 일반대학원 석사과정

<관심분야> : 디지털 영상처리, 패턴인식

### 전 지 혜(Ji-hye Jeon)



- 2007년 2월 : 수원대학교 전자공학과 학사졸업
- 2009년 2월 : 수원대학교 전자공학과 석사졸업
- 2008년 11월 ~ 2013년 9월 : (주)하이 트론씨스템즈 선임연구원

· 2013년 3월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 NID융합기술대학원 방송통신융합프로그램 박사과정

<관심분야> : 지능형 영상 분석, 머신비전, 패턴인식

### 박 구 만(Park, Goo-Man)

### 정회원



- 1984년 2월 : 한국항공대학교 전자공학과 학사
- 1986년 2월 : 연세대학교대학원 전자공학과 석사
- 1991년 2월 : 연세대학교대학원 전자공학과 박사

· 1991년 3월 ~ 1996년 9월 : 삼성전자 신호처리연구소 선임연구원

· 1996년 9월 ~ 1999년 7월 : 호남대학교 전자공학과 조교수

· 1999년 8월 ~ 현재 : 서울산업대학교 매체공학과 교수

· 2006년 1월 ~ 2007년 8월 : Georgia Institute of Technology Dept.of Electrical and Computer Engineering, Visiting Scholar

<주관심분야> : 멀티미디어 통신, 컴퓨터비전