

---

# 에지정보를 이용한 개선된 영상확대기법

제성관\* · 조재현\*\* · 차의영\*

## Enhanced Image Magnification Using Edge Information

Sung-kwan Je\* · Jae-hyun Cho\*\* · Eui-young Cha\*

### 요 약

영상처리에서 영상확대기법은 기본적인 처리기법으로 일반적으로 사용되는 기법은 보간법(최근접이웃, 양선형, 3차회선 보간법)이다. 그러나 이러한 보간법은 영상확대시 블록화 현상이나 뭉뚱화현상과 같은 영상의 손실이 발생하거나 계산량이 많아 처리시간이 길게 나타났다. 따라서 본 논문에서는 입력영상의 부대역정보인 에지정보를 이용하여 기존의 확대기법을 개선하고자 한다. 에지정보를 추출하기 위하여 이웃한 화소들을 이용하지 않고 전체영상을 이용하여 블록화현상이 발생되지 않았다. 그리고 에지가 결여되어 나타나는 뭉뚱화현상을 제거하기 위하여 검출된 에지정보를 강조시켰다. 실험결과, 제안된 기법은 기존의 확대기법보다 처리시간을 줄일 수 있었으며, PSNR과 상관계수에서도 성능이 뛰어나 블록화나 뭉뚱화현상과 같은 문제점을 해결하였다.

### ABSTRACT

Image magnification is among the basic image processing operations. The most commonly used techniques for image magnification are based on interpolation method(such as nearest neighbor, bilinear and cubic interpolation). However, the magnified images produced by the techniques that often appear a variety of undesirable image artifacts such as 'blocking' and 'blurring' or too takes the processing time into the several processing for image magnification. In this paper, we propose image magnification method which uses input image's sub-band information such as edge information to enhance the image magnification method. We use the whole image and not use the one's neighborhood pixels to detect the edge information of the image that isn't occurred the blocking phenomenon. And then we emphasized edge information to remove the blurring phenomenon which lacked of edge information. Our method, which improves the performance of the traditional image magnification methods in the processing time, is presented. Experiment results show that the proposed method solves the drawbacks of the image magnification, such as blocking and blurring phenomenon, and has a higher PSNR and Correlation than the traditional methods.

### 키워드

Image Magnification, Interpolation, Edge Detection, Bilinear Interpolation

## I. 서 론

영상 확대는 영상처리에서 기본적인 처리기법으로 그 응용영역 또한 다양하다. 공학 각 분야에서 사물을 보다

정확하게 판단 처리하기 위한 필수적인 처리기법이며 특히 의료기술발달에 크게 기여하였다. 그리고 최근에는 멀티미디어 기술의 발달로 디지털 정지영상 또는 동영상과 같은 다양한 멀티미디어 데이터를 제공할 수 있는 기술적

---

\* 부산대학교 전자계산학과

접수일자 : 2006. 6. 23

\*\* 부산가톨릭대학교 컴퓨터공학과

인 환경이 되었다. CCD 카메라, 디지털 카메라, 디지털 캠코더 등 입력영상을 보다 선명한 화질을 획득하기 위해 광학렌즈를 사용하여 고해상도의 영상을 획득하고 있다. 그러나 광학렌즈는 고가이면서 부피가 크므로 휴대하기가 어려워 디지털 줌을 병행하여 사용하고 있다. 디지털 줌은 최근접 이웃보간법(nearest neighbor interpolation)으로 가까운 이웃화소를 복사하므로 처리기법이 간단하고 처리속도가 빠르지만 영상을 확대하는 과정에서 블록화현상(blocking phenomenon)과 같은 영상의 손실이 발생하였다[1,2].

소프트웨어 시장에서 상용화된 다른 기법은 양선형보간법(bilinear interpolation)과 3차 회선보간법(cubic convolution interpolation)이 있다. 양선형 보간법은 4개의 이웃한 화소들의 평균을 사용하는 기법으로 블록화현상은 발생되지 않으나 뭉롱화현상(blurring phenomenon)이 발생하였다. 그리고 3차 회선보간법은 블록화나 뭉롱화현상은 발생되지 않으나, 16개의 이웃한 화소들의 오프셋(offset)을 이용하여 확대하는 기법으로 계산량이 많아 처리속도가 길게 나타났다[3,4].

본 논문에서는 입력영상의 부대역정보인 에지정보를 이용하여 기존의 영상 확대기법의 문제점을 해결하고자 한다. 2장에서는 입력영상에 대해서 웨이블릿을 이용하여 에지정보를 검출하고 에지정보를 이용한 확대기법을 제안한다. 끝으로 3장에서는 실험에 따른 알고리즘의 성능을 분석한다.

## II. 제안된 알고리즘

기존의 영상처리에서 사용되는 보간법의 문제점은 블록화 및 뭉롱화현상과 같은 영상의 손실이 일어나며, 계산량이 많아 처리시간이 길게 나타났다. 기존의 기법에서는 이웃한 화소들만 이용하므로 특정화소가 이웃한 화소들과 에지부분일 때, 특정화소의 이웃화소만으로 에지정보를 제대로 파악할 수 없다. 따라서 에지정보를 정확하게 검출하기 위해서는 영상전체를 이용한 확대기법이 필요하다. 에지정보는 인간이 인식할 때 중요한 역할을 하는 부분으로 인간시각에 민감하게 반응하므로 에지정보가 고려되어야 한다. 따라서 영상전체에 대하여 에지정보를 검출하여 블록화현상을 제거할 수 있으며, 에지정보가 결여되어 나타나는 뭉롱화현상에 대하여 에지정보를 강

조시켜 제거할 수 있으므로 시각적으로도 좋은 화질의 영상을 획득할 수 있다.

본 논문에서는 영상의 에지정보를 이용하여 기존의 영상 확대기법을 문제점을 개선하고자 한다. 영상처리에서 에지정보를 검출하기 위해 주로 사용되는 기법으로는 이차미분함수인 라플라시안(Laplacian), 가우스형 라플라시안(Laplacian of Gaussian, LoG)이 있다. 그러나 이차미분함수는 영 교차(zero-crossings)기법을 사용하고 있으며, 그림 1과 같이 정확한 위치의 에지정보를 검출하지 못한다[5].

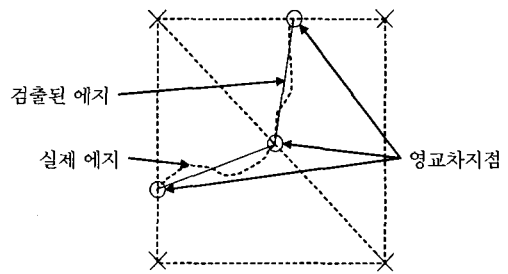


그림 1. 영 교차지점을 이용한 에지검출  
Fig. 1. The edge detection using the zero-crossings

기존의 확대기법 중 A. Biancardi는 COSO필터를 이용하여 결여된 에지정보를 강조하는 확대기법을 제안하였다[5]. 그러나 그림 1과 같은 정확한 위치의 에지를 검출하기 위하여 반복함수와 같은 후처리(post processing)과정이 있었다. 그러나 반복함수에 의한 계산량으로 처리시간이 길다.

따라서 본 논문에서는 정확한 위치의 에지정보를 검출하기 위하여 웨이블릿변환을 이용하였다. 웨이블릿변환을 에지검출, 영상압축, 특징검출 등과 같이 다양한 분야에 사용되고 있다[7]. 영상을 웨이블릿 변환하는 과정은 가로, 세로방향으로 저주파와 고주파필터를 처리한 후 다운샘플링하면 원영상의 1/4의 크기인 계수 값들을 얻게 된다. 1/4크기로 나누어진 부대역은 각각 수평, 수직, 대각선방향의 고주파정보인 에지정보를 가지고 있다. 웨이블릿 함수로는 웨이블릿 모함수(mother wavelet) 중 가장 기본이 되는 Harr를 이용하였다. Harr는 완전복원 및 직교성을 가지며, 처리속도가 빠르다는 장점이 있다[7]. Harr는 2개의 화소들의 평균을 이용하는 기법으로 제안된 알고리즘의 처리속도를 개선시킬 수가 있으며, 완전복원의 특징이 있으므로 영상복원 시 정확한 위치의 에지정보를 검출

및 강조시킬 수가 있다. 그림 2는 제안된 알고리즘을 나타낸 것이다.

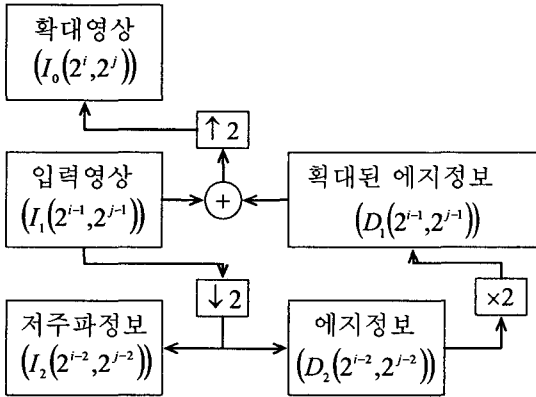


그림 2. 제안된 알고리즘  
Fig. 2. The proposed algorithm

$I_1$ 는 입력영상이며,  $I_0$ 는 확대영상으로 다운샘플링하면 그림 2에 의해 입력영상과 영상의 에지정보( $D_1$ )로 나누어진다. 역으로  $I_1$ 는 입력영상,  $D_1$ 는 입력영상의 에지 정보이며,  $D_1$ 를 입력영상의 부대역을 이용하여 구할 수 있다면  $I_0$ 는 확대영상으로 식 1에 의해 계산된다.

$$I_0 = I_1 \oplus D_1(2^{i-1}, 2^{j-1}) \quad (1)$$

여기서,  $\oplus$ 는 복원함수이다.

입력영상( $I_1$ )을 웨이블릿을 적용하여 분해하면 부대역의 저주파정보( $I_2$ )와 에지정보( $D_2$ )가 나누어진다. 그러므로 생성된 부대역의 에지정보를 2배 크기로 확대하면 입력영상의 에지정보를 구할 수가 있다. 따라서 부대역의 정보를 이용하여 확대하면 에지정보가 강조되어 영상의 화질을 개선시킬 수가 있다.

그림 1에서 살펴본 바와 같이 이차미분 연산자에 의해 검출된 에지의 방향은 일정한 방향 및 크기로 구성되어 있지 않기 때문에 정확한 위치의 에지를 검출할 수가 없었다. 그림 3은 각 확대기법으로 검출된 에지를 확대했을 때를 비교하였다. 그림 3(a, c)의 경우, 생성된 에지정보가 (b)보다 선명하게 나기 때문에 웨이블릿을 이용하여 복원하면 심하게 강조되어 영상의 손실을 가져온다.

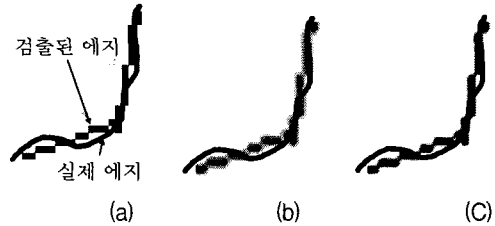


그림 3. 각 확대기법을 이용한 에지확대 : (a) 최근접 이웃 보간법 (b) 양선형 보간법 (c) 3차회선 보간법  
Fig. 3. The magnified edge using each magnification method : (a) Nearest neighbor interpolation (b) Bilinear interpolation (c) Bicubic interpolation

따라서 본 논문에서는 에지가 심하게 강조되거나 입력영상의 노이즈를 에지로 검출하는 문제점을 해결하기 위하여 (b)와 같이 양선형 보간법에 이용하여 에지정보를 2배 크기로 확대하였다. 양선형보간법은 평균기법에 의해 뭉뚱화현상으로 노이즈를 제거하는 특징이 있다. 제안된 알고리즘에서는 양선형보간법에서의 문제점인 뭉뚱화현상을 이용하여 심하게 강조되는 에지를 제거하고자 한다.  $I_1$ 는 입력영상,  $D_1$ 는 구해진 입력영상의 에지정보이며,  $I_0$ 는 에지정보가 강조된 확대영상으로 식 2에 의해 계산된다.

$$\begin{aligned}
 Zoom_{temp}[j, i] &= (I_1[k, i] + LH_1[k + half, i])/2 \quad (2) \\
 Zoom_{temp}[j + 1, i] &= (HL_1[k, i] - HH_1[k + half, i])/2 \\
 I_0[i, j] &= (Zoom_{temp}[i, k] + Zoom_{temp}[i, k + half])/2 \\
 I_0[i, j + 1] &= (Zoom_{temp}[i, k] - Zoom_{temp}[i, k + half])/2
 \end{aligned}$$

여기서,  $LH_1, HL_1, HH_1$ 는 에지정보( $D_1$ )의 수평( $LH_1$ ), 수직( $HL_1$ ), 대각선정보( $HH_1$ )이며, half는 1/2이다. 입력영상의 크기는 확대영상의 1/2이므로 half만큼 이동하여 계산하였다.  $0 < i < n-1, 0 < j < m-1$ 는 확대영상의 인덱스이며, j는 2씩 증가한다. k는 입력영상의 인덱스이므로 i, j보다 인덱스범위가 1/2이 된다.

영상에 에지를 강조하는 것은 노이즈를 추가하는 것과 같으므로 에지정보가 강조된 확대영상의 노이즈제거를 위해  $MI$ 는 확대영상으로 식 3에 의해 계산된다.

$$\begin{aligned}
 MI(i, j) &= G(i, j) * I_0(i, j) \\
 G(i, j) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{i^2+j^2}{2\sigma^2}} \quad (3)
 \end{aligned}$$

여기서, \*는 컨벌루션(convolution)연산이며,  $G$ 는 가우시안 연산자이다. 인간시각은 가우시안분포에 둔감한 특징이 있어 시각피질의 뇌파를 분석하는데 주로 사용되고 있다. 필터에 의해 처리되는 가우시안 함수는 1차원 가우시안 필터를 가로, 세로 중 어느 방향을 먼저 처리하여도 실행결과는 같다는 특징이 있으므로 영상과 같은 2차원 영상에 적합하다[6]. 특정화소가 아닌 영상전체를 이용하여 블록화현상이 발생되지 않았으며, 에지정보가 결여되어 나타나는 뭉툭화현상에 대하여 에지정보를 강조시켜 제거할 수 있었다.

### III. 실험결과

본 논문에서 제안하는 연구방법은 Pentium 2.4Ghz와 Windows XP, Matlab 6.0의 환경에서 구현되었다. 실험영상으로는 영상처리의 표준영상으로 많이 쓰이는 HIPR Image Library, SIPI Image Database를 이용하여 256×256, 512×512크기의 그림 4와 같이 각종 영상에 대해 테스트 하였다[10-11].

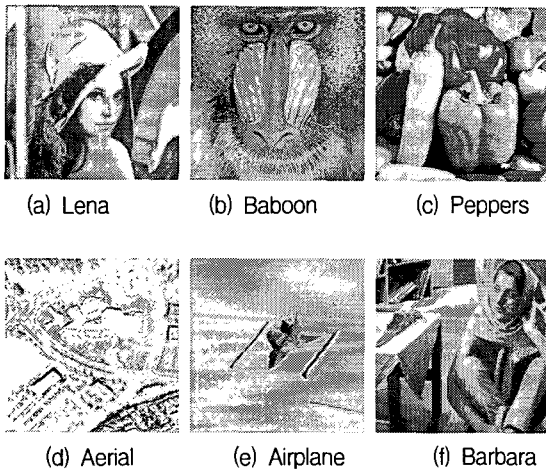


그림 4. 실험영상  
Fig. 4. Test images

제안된 알고리즘의 성능을 평가하기 위해서는 일차적으로 처리시간을 비교하였다. 512×512크기의 표준영상을 256×256크기로 축소시킨 후 다시 512×512크기의 영상으로 확대하여 각 알고리즘에 대한 처리시간을 측정하였

다. 그림 5는 각 알고리즘별 처리시간을 나타낸 것이다. 최근접 이웃보간법은 이웃한 화소를 복사하는 기법으로 처리시간이 0.016초로 가장 짧았으며 이웃화소의 평균을 이용하는 양선형 보간법은 처리시간이 0.110초로 나타났다.

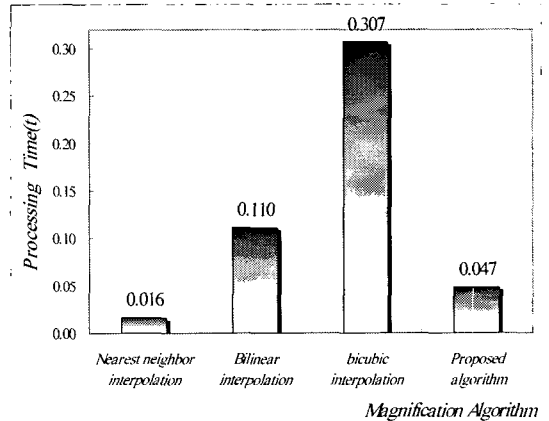


그림 5. 각 알고리즘별 처리시간  
Fig. 5. The processing time in each algorithm

그리고 3차회선 보간법의 처리시간은 0.307로 계산량이 많아 처리시간이 길게 나타났다. 한편 제안된 확대기법은 처리시간이 0.047로 양선형 보간법보다 더 빠르게 나타났다. 그리고 다른 영상들에 대해서도 처리시간을 측정된 결과 그림 5와 같은 결과를 나타내었다. 확대기법의 처리시간은 영상의 크기에 밀접한 관계가 있으므로 크기가 같은 영상에 대해서는 동일한 처리시간이 나타났다. 그러나 영상화질은 실험영상에 따라 다르게 나타나므로 영상의 화질에 대해서 성능평가를 하였다.

성능평가는 우선 시각적 화질이 우수해야 한다. 그림 6은 시각적으로 기존의 확대기법과 제안된 확대기법을 비교분석한 것이다. 표준영상으로는 512×512크기의 레나영상을 사용하였으며, 각 알고리즘별로 확대한 후 보다 자세히 보기 위해 중심부분을 다시 8배로 확대하여 시각적으로 판단하였다.

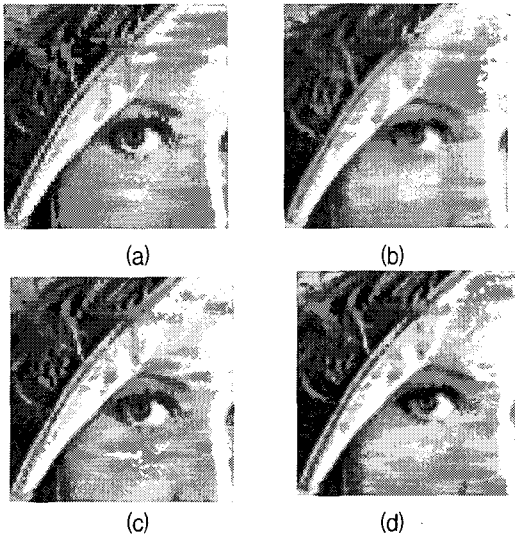


그림 6. 각 알고리즘에 대한 시각적 성능평가 : (a) 최근접 이웃 보간법 (b) 양선형 보간법 (c) 3차회선 보간법 (d) 제안된 알고리즘

Fig. 6. The visual performance in each algorithm : (a) Nearest neighbor interpolation (b) Bilinear interpolation (c) Bicubic interpolation (d) Proposed algorithm

그림 6(a)의 최근접 이웃보간법은 블록화현상을 시각적으로 확인할 수 있었다. 그리고 (b)의 양선형 보간법은 시각적으로 뭉롱화현상이 나타남을 알 수 있었다. 한편 제안된 알고리즘(d)은 시각적으로 (b)보다 에지정보가 강조되어 뭉롱화현상이 발생되지 않았다. 그러나 제안된 알고리즘은 (c)의 3차회선보간법보다 처리시간에서는 뛰어나나 시각적으로 그 차이를 판단하기 어렵다. 그리고 시각적 판단은 주관적인 평가가 될 수 있으므로 수치로 영상의 손실을 나타내는 Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)와 상관관계(cross-correlation)를 이용하여 기존의 확대알고리즘과 성능을 평가하였다. 일반적으로 PSNR값은 20~40dB사이의 값이 나오며, 상관관계는 원영상에 손실이 없을 때 1로 나타낸다. 표 1은 각 알고리즘별 PSNR를 비교한 것이며, 표 2는 각 알고리즘별 상관관계를 비교한 것을 나타낸 것이다.

표 1, 2에서 최근접 이웃보간법의 경우 PSNR이 29.15이며 상관관계가 0.982895로 낮으며, 양선형 보간법의 PSNR이 29.36, 상관관계가 0.983878로 낮게 나타났다. 그러나 제안한 알고리즘은 3차회선 보간법보다 처리속도도 성능이 우수하며, PSNR값 또한 29.94로 성능이 우수함

을 알 수 있다. 하나의 실험영상으로 그 알고리즘의 성능을 판단할 수 없으므로 신뢰성 있는 판단을 위해 다른 표준영상들에 대해서도 성능평가를 하였다.

표 1. 각 알고리즘별 PSNR 비교

Table 1. Comparison of the PSNR of each algorithm

실험영상 \ 확대기법	PSNR(dB)			
	최근접 이웃보간법	양선형 보간법	3차회선 보간법	제안된 알고리즘
Lena	29.15	29.36	29.93	29.94
Baboon	21.91	22.13	22.22	22.44
Peppers	28.18	29.06	29.17	30.08
Aerial	23.54	24.45	24.67	24.69
Airplane	32.55	33.44	33.72	34.18
Barbara	24.04	24.12	24.25	24.33

표 2. 각 알고리즘별 상관관계 비교

Table 2. Comparison of the Correlation of each algorithm

실험영상 \ 확대기법	PSNR(dB)			
	최근접 이웃보간법	양선형 보간법	3차회선 보간법	제안된 알고리즘
Lena	0.982895	0.983878	0.985839	0.985559
Baboon	0.87687	0.88288	0.88522	0.89096
Peppers	0.98326	0.98648	0.98677	0.98934
Aerial	0.90590	0.92402	0.92750	0.92729
Airplane	0.96654	0.97378	0.97556	0.97475
Barbara	0.95657	0.95743	0.95860	0.95928

다른 영상들을 대상으로 실험한 결과에서도 제안된 알고리즘의 성능이 개선된 것을 확인할 수 있다. 특히 Baboon영상은 영상이 복잡하여 압축기법의 실험영상으로 많이 사용되고 있다. 제안된 알고리즘은 Baboon영상 및 다른 표준영상에 대해서도 기존의 알고리즘보다 PSNR 및 상관관계가 높게 나와 영상화질이 개선되었음을 알 수 있다.

#### IV. 결 론

기존의 확대기법 중 상용화된 기법은 블록화나 몽롱화 현상이 발생하여 영상의 손실을 초래하였다. 본 논문에서는 에지정보를 이용한 영상 확대기법을 제안하였다. 특정 화소가 아닌 영상전체를 이용하므로 블록화현상이 발생하지 않았으며, 에지정보가 결여되어 나타나는 몽롱화현상에 대하여 에지정보를 강조하여 제거하였다. 그리고 제안된 알고리즘에서는 몽롱화현상의 단점을 이용하여 심하게 강조되는 에지를 제거함으로써 영상의 손실을 감소시켰다. 제안된 알고리즘은 처리속도 및 성능에서도 3차 회선 보간법보다 우수하나 노이즈제거과정에서 일어나는 영상손실을 제거할 수 없어 크게 차이가 나지 않았다. 따라서 향후과제는 정규화과정에서 정규화에 따른 영상의 화질을 개선하고자 한다.

#### 참고문헌

- [1] S. Battiato, and M. Mancuso, "An introduction to the digital still camera Technology," ST Journal of System Research, Special Issue on Image Processing for Digital Still Camera, Vol. 2, No.2, 2001.
- [2] S. Battiato, G. Gallo, and F. Stanco, "A Locally Adaptive Zooming Algorithm for Digital Images," Image and Vision Computing. Elsevier Science B.V., Vol. 20, pp.805-812, 2002.
- [3] K. Aoyama, and R. Ishii, "Image magnification by using Spectrum Extrapolation," IEEE Proceedings of the IECON, Vol. 3, pp.2266 -2271, 1993.
- [4] F. M. Candocia, and K. C. Principe, "Superresolution of Images based on Local Correlations," IEEE Transactions on Neural Networks, Vol. 10, No. 2, pp.372-380, 1999.
- [5] A. Biancardi, L. Cinque, and L. Lombardi, "Improvements to Image Magnification. Pattern Recognition," Elsevier Science B.V., Vol. 35, Issue 3, pp.677-687, 2002.
- [6] R. C. Gonzalez, and Richard E. Woods, Digital image processing, Second edition, Prentice Hall, 2001.
- [7] J. R. Parker, Algorithms for Image Processing and Computer Vision, Bk&Cd-Rom edition John Wiley & Sons, 1996
- [8] The HIPR Image Library, <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/>.
- [9] The USE-SIPI Image Database, <http://sipi.usc.edu/services/database>.

#### 저자소개



**제 성 관(Sung-Kwan Je)**

2000년 대구대학교 전자계산학과  
2002년 부산대학교 전자계산학과  
2007년 부산대학교 전자계산학과  
이학박사

※관심분야: 신경망, 영상처리, 인공시각 시스템



**조 재 현(Jae-Hyun Cho)**

1986년 부산대학교 계산통계학과  
1989년 숭실대학교 전자계산학과  
1998년 부산대학교 전자계산학과  
이학박사

2001년 3월~현재 부산가톨릭대학교 컴퓨터정보공학부  
조교수

※관심분야: 신경회로망, 인공시각시스템, 컴퓨터비전,



**차 의 영(Eui-Young Cha)**

1979년 경북대학교 전산공학과  
1982년 서울대학교 계산통계학과  
1998년 서울대학교 컴퓨터공학과  
공학박사

1985년 3월~현재 : 부산대학교 전기전자정보컴퓨터공  
학부 교수

※관심분야: 영상처리, 신경회로망, 신호처리