

## AWGN 환경에서 캐니 에지 검출을 이용한 잡음 제거

권세익 · 김남호\*

### Noise Removal using Canny Edge Detection in AWGN Environments

Se-Ik Kwon · Nam-Ho Kim\*

Dept. of Control and Instrumentation Eng., Pukyong National University, Busan 48513, Korea

#### 요 약

디지털 영상 처리는 군사, 의료, 영상인식 시스템, 로봇, 산업 등의 여러 분야에서 다양하게 활용되고 있다. 그러나 디지털 영상은 영상을 획득, 전송하는 과정에서 여러 외부 원인에 의해 발생된다. 일반적으로 영상에 중첩되는 잡음에는 발생 원인과 형태에 따라 다양하며, AWGN 및 임펄스 잡음이 대표적이다. 영상처리에서 잡음 제거는 영상 분할, 영상 인식, 특징 추출 등의 전처리 과정에서 필수적이다. 따라서 본 논문은 영상에 첨가된 잡음을 효과적으로 제거하기 위해, 캐니 에지를 이용하여 비에지 영역과 에지 영역을 구분하여 각 영역에 따라 필터를 다르게 적용하여 처리하는 알고리즘을 제안하였다. 그리고 제안한 알고리즘의 우수성을 입증하기 위해, 확대 영상, 에지 영상 및 PSNR(peak signal to noise ratio)을 이용하여 기존의 방법들과 성능을 비교하였다.

#### ABSTRACT

Digital image processing is widely used in various fields including the military, medical, image recognition system, robot and commercial sectors. But in the process of acquiring and transmitting digital images, noise is generated by various external causes. There are various types of general noise depending on the cause and form, but AWGN and impulse noise is one of the leading methods. Removing noise during image processing is essential to the pre-treatment process such as segmentation, image recognition and characteristic extraction. As such, this paper suggests an algorithm that distinguishes the non-edge area and edge area using the Canny edge to apply different filters to different areas in order to effectively remove noise from the image. To verify the effectiveness of the suggested algorithm, it was compared against existing methods using zoom images, edge images and PSNR(peak signal to noise ratio).

**키워드** : AWGN, 열화 영상, 캐니 에지, PSNR

**Key word** : AWGN, Corrupted image, Canny edge, PSNR

Received 04 April 2017, Revised 06 April 2017, Accepted 18 April 2017

\* Corresponding Author Nam-Ho Kim(E-mail: nhk@pknu.ac.kr, Tel:+82-51-629-6328)

Dept. of Control and Instrumentation Engineering, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

Open Access <https://doi.org/10.6109/jkiice.2017.21.8.1540>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.  
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## I. 서론

현대 사회는 정보가 매우 활발히 교류되고 있으며, 영상을 이를 가속화시키는 매체 중 하나이다. 또한 영상 처리는 군사, 의료, 산업 등의 다양한 영역들에서 활용되고 있다. 그러나 디지털 영상은 처리, 전송, 저장 과정에서 여러 요인에 의해 잡음이 첨가되어 영상의 질이 저하된다. 따라서 잡음 제거에 대한 활발한 연구가 진행되고 있다[1-3].

영상에 첨가되는 잡음에는 일반적으로 AWGN (additive white Gaussian noise), 임펄스 잡음, 유니폼 잡음 등이 있다. 그 중 AWGN이 대표적이며 이를 제거하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다[4]. 잡음을 제거하기 위하여 많은 필터들이 제안되었으며, 가장 대표적인 공간 영역 필터에는 A-TMF(alpha-trimmed mean filter), AWMF (adaptive weighted mean filter), SWF (spatial weighted filter) 등이 있다. A-TMF는 화소 변화가 적은 영역에서 우수한 잡음 제거 특성을 나타내지만 화소 변화가 많은 에지 영역에서 잡음 제거 특성이 미흡하다. AWMF는 마스크 내부 화소 차이를 고려한 적응 가중치로 처리하여, 저주파 영역에서 잡음 제거 특성이 우수하다. SWF는 공간 가중치 필터로 마스크의 거리에 따른 가중치로 처리하여 AWGN 제거에서 우수한 성능을 보이고 있다[5-7].

따라서 본 논문에서는 영상에 첨가된 AWGN을 효과적으로 제거하기 위해, 캐니 에지를 이용하여 입력 영상을 비에지 영역과 에지 영역으로 나누어 처리하는 알고리즘 제안하였다. 비에지 영역인 경우, 국부 마스크를 평균하여 처리하고, 에지 영역인 경우, 국부 마스크의 에지의 방향 화소들의 가중 평균으로 처리하는 알고리즘을 제안하였다.

## II. 제안한 알고리즘

본 논문에서는 영상에 첨가된 AWGN의 영향을 완화하기 위하여 영상에 캐니 에지 검출 알고리즘을 적용하고 비에지 영역과 에지 영역에 따라 필터를 다르게 적용하여 훼손된 영상의 에지를 보존하는 효과적인 잡음 제거 알고리즘을 제안하였다.

### 2.1. 캐니 에지 검출

캐니 에지 검출은 1986년 John F Canny에 의해 개발된 알고리즘으로 다단계 알고리즘을 사용하여 영상에서 다양한 범위의 에지를 검출하는 우수한 에지 검출 알고리즘이다.

캐니 에지는 다음과 같이 5단계로 처리된다.

**Step 1.** 영상에 첨가된 잡음을 제거하기 위해 평활화 작업을 수행한다.

평활화 처리를 위해 본 논문에서는  $5 \times 5$  크기의 가우시안 필터를 사용하였으며, 가우시안의 필터의 가중치는 식 (1)과 같다.

$$G_{i+k,j+l} = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{k^2+l^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

여기서  $k, l$ 은 마스크의 내부 좌표를 나타내며,  $\pm 2$ 의 값을 갖는다.  $\sigma$ 는 가우시안 필터의 크기를 결정하며 1이다.

**Step 2.** 입력 영상 내의 기울기와 방향을 찾는다.

입력 영상에 대한 1차 미분 연산자는 식 (2)와 같다.

$$\nabla f = \begin{bmatrix} g_x \\ g_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기서  $\nabla f$ 는  $x, y$  위치에서  $f_{x,y}$ 에서의 기울기를 나타낸다.

입력 영상에 대한 기울기에 대한 크기 및 방향은 식 (3), (4)와 같이 구한다.

$$D = \sqrt{g_x^2 + g_y^2} \quad (3)$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left[ \frac{g_y}{g_x} \right] \quad (4)$$

캐니 에지에 사용한 기울기 연산자는 sobel 연산자를 사용하였으며, sobel 연산자의 수평, 수직 방향의 기울기 마스크는 식 (5)와 같다.

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, G_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

또한 각 방향에 대한 기울기 값을 이용하여 각 방향에 대한 각도를 그룹화 시켜준다.

Step 3. Sobel 연산자에 의해 처리된 영상에서 국부 마스크 내의 에지 최대치를 비교하여 에지를 하나의 화소로 변환한다.

국부 마스크 내에 기울기 방향을 참조하여 2개의 이웃 화소와 현재 화소에 대한 에지 크기를 비교하고 가장 큰 화소만을 결정한다.

Step 4. Non-maximum suppression에 의해 처리된 영상에서 잡음 영역과 약한 에지 및 강한 에지를 구분하기 위해 2개의 임계값을 적용하여 처리한다.

Step 5. 강한 에지에 약한 에지들을 포함시켜 에지 연결을 수행한다.

그림 1은 Lena 영상에 캐니 에지를 적용하여 처리한 결과를 나타낸 것이다.



Fig. 1 Lena image (a) Original image (b) Canny edge image

## 2.2. 잡음 제거

입력 영상  $I$ 에 대한 국부 마스크를 식 (6)과 같이 설정한다.

$$x_{i+k,j+l} = \{I_{i+k,j+l} \mid -N \leq k, l \leq N\} \quad (6)$$

여기서  $I$ 는 입력영상,  $N$ 은 양의 정수이다.

이진화된 캐니 에지의 결과가 0이고,  $5 \times 5$  크기의 국부 마스크 내의 에지 화소가 없는 경우, 국부 마스크를 평균하여 최종 출력으로 구하며, 식 (7)과 같다.

$$O_{i,j} = \frac{\sum_{k,l \in x} x_{i+k,j+l}}{(2N+1)^2} \quad (7)$$

이진화된 캐니 에지의 결과가 0이고,  $5 \times 5$  크기의 국부 마스크 내의 에지 화소가 있는 경우,  $3 \times 3$  국부 마스크를 평균 및 가중치 필터를 합성하여 최종 출력을 구하며, 가중치 마스크는 식 (8)과 같다.

$$W = (3 - \sqrt{p^2 + q^2})^3 \quad (8)$$

여기서  $p, q$ 는  $3 \times 3$  국부 마스크의 내부 좌표를 나타낸다.

이진화된 캐니 에지의 결과가 0이고,  $5 \times 5$  크기의 국부 마스크 내의 에지 화소가 있는 경우, 최종 출력은 식 (9)와 같다.

$$O_{i,j} = \alpha \mu_{i,j} + (1 - \alpha) \omega_{i,j} \quad (9)$$

여기서  $\alpha$ 는 제안한 알고리즘의 파라미터이고,  $\mu_{i,j}$ 는  $3 \times 3$  국부 마스크의 평균이며,  $\omega_{i,j}$ 는 가중치 마스크를 적용한 출력이다.

이진화된 캐니 에지의 결과가 1인 경우, 국부 마스크의 화소 방향에 따라 식 (10)과 같이 구한다.

$$\begin{aligned} O_{i,j} &= \beta x_{i,j-1} + \beta x_{i,j+1} + (1 - 2\beta) x_{i,j}, & \text{if } \theta = 0^\circ \\ O_{i,j} &= \beta x_{i+1,j-1} + \beta x_{i-1,j+1} + (1 - 2\beta) x_{i,j}, & \text{if } \theta = 45^\circ \\ O_{i,j} &= \beta x_{i-1,j} + \beta x_{i+1,j} + (1 - 2\beta) x_{i,j}, & \text{if } \theta = 90^\circ \\ O_{i,j} &= \beta x_{i-1,j-1} + \beta x_{i+1,j+1} + (1 - 2\beta) x_{i,j}, & \text{if } \theta = 135^\circ \end{aligned} \quad (10)$$

여기서  $\beta$ 는 에지의 방향에 따른 가중치를 의미한다.

### III. 시뮬레이션 및 결과

본 논문은 그림 2와 같이 512×512 크기의 8bit 그레이 영상인 Lena, Peppers에 대해 AWGN을 첨가하여 시뮬레이션하였다.

또한 제안한 필터의 객관적인 성능을 평가하기 위해 PSNR을 사용하여 기존의 A-TMF, AWMF, SWF와 성능을 비교하였다.



Fig. 2 Test images (a) Lena (b) Peppers

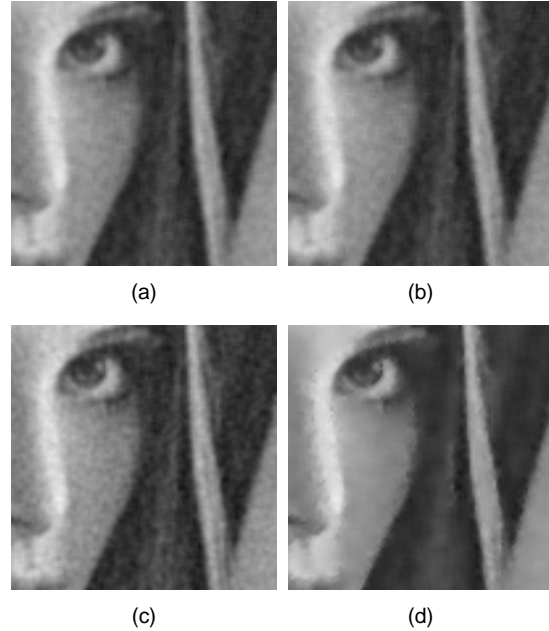


Fig. 3 Zoom image(Lena) (a) A-TMF (b) AWMF (c) SWF (d) PFA

그림 3, 5는 제안한 알고리즘의 잡음 제거 성능을 확인하기 위해 AWGN( $\sigma = 15$ )인 Lena 및 Peppers 영상에서 (300, 350) 화소를 중심으로 상하좌우 50 화소 영역에 대한 확대 영상을 나타낸 것이다.

그림 3, 5에서 (a)는 A-TMF(3×3), (b)는 AWMF(3×3), (c)는 SWF(3×3), (d)는 제안한 필터 알고리즘(PFA: proposed filter algorithm)로 처리한 결과이다. 기존의 A-TMF는 저주파 영역에서 우수한 잡음 제거 성능을 나타내었고 에지 영역에서 에지가 다소 훼손된 결과를 나타내었다. 또한 AWMF는 저주파 영역 및 에지 영역에서 우수한 결과를 나타내었다. 그리고 SWF는 저주파 영역에서 다소 미흡한 특성을 나타내었으나 에지 영역에서 우수한 에지 보존 특성을 나타내었다. 제안한 알고리즘으로 처리한 영상은 화소 변화가 적은 저주파 영역에서 기존의 필터들에 비해 우수한 잡음제거 성능을 나타내었다.

그림 4, 6은 제안한 알고리즘의 에지 보존 성능을 평가하기 위해 각각의 필터로 처리된 영상에 Sobel 에지 검출 결과를 나타낸 것이다.

그림 4, 6에서 기존의 필터들은 에지가 아닌 영역에서도 에지 성분이 검출되었으며, 제안한 알고리즘은 처

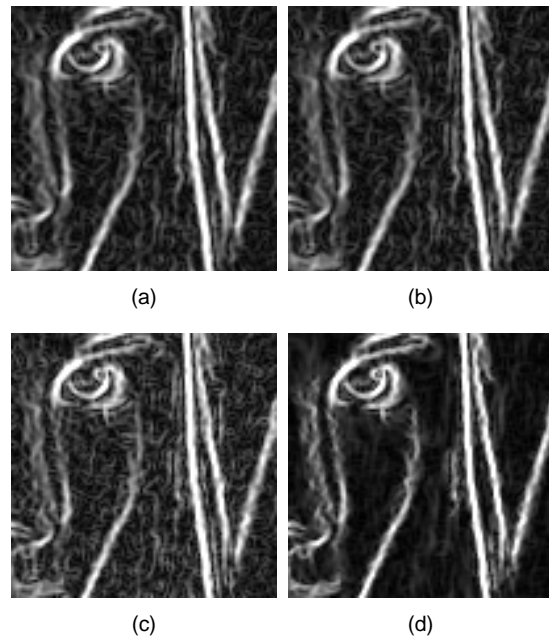


Fig. 4 Edge of simulated Lena image (a) A-TMF (b) AWMF (c) SWF (d) PFA

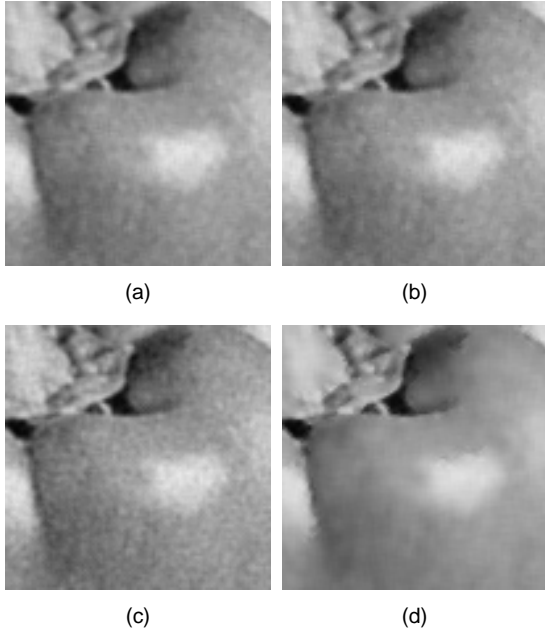


Fig. 5 Zoom image(Peppers) (a) A-TMF (b) AWMF (c) SWF (d) PFA

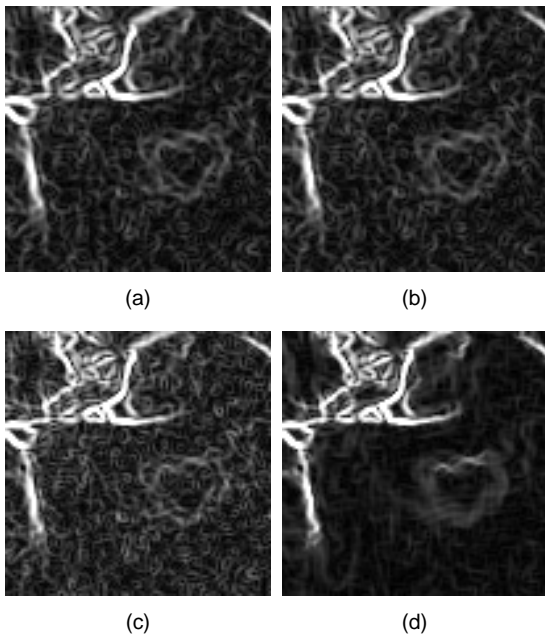


Fig. 6 Edge of simulated Peppers image (a) A-TMF (b) AWMF (c) SWF (d) PFA

리한 영상은 기존의 필터들에 비해 우수한 에지 보존 성능을 나타내었다.

그림 7, 8은 Lena 및 Peppers 영상에 AWGN의 크기에 따른 각각의 필터들에 의해 처리된 영상에 대한 PSNR 그래프를 나타낸 것이다 그 결과로부터 제안한 알고리즘은 기존의 필터들 보다 우수한 결과를 나타내었다.

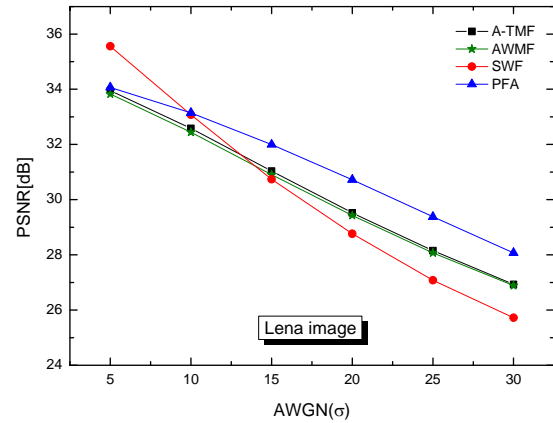


Fig. 7 PSNR for Lena with standard deviation  $\sigma$  of AWGN

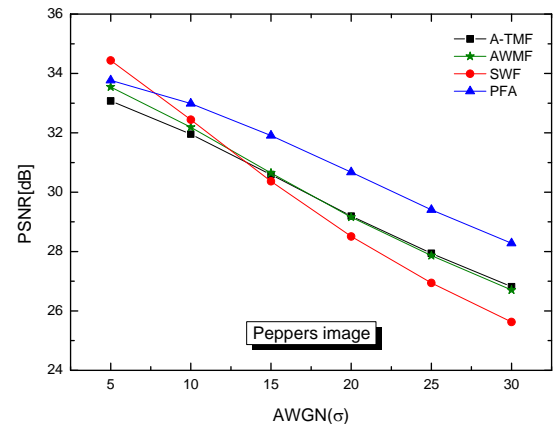


Fig. 8 PSNR for Peppers with standard deviation  $\sigma$  of AWGN

표 1, 2는 Lena 및 Peppers 영상에서 AWGN의 크기에 따른 기존의 필터들과 제안한 필터 알고리즘의 PSNR을 표로 나타낸 것이다.

표 1의 결과로부터 제안한 알고리즘으로 처리한 영상은 기존의 필터들에 비해 우수한 PSNR을 보였다. 그리고 제안한 알고리즘은 AWGN( $\sigma = 15$ )인 Lena 영상에서 32.00[dB]의 높은 PSNR을 나타내었으며, 기존의 A-TMF, AWMF, SWF에 비해 각각 0.96[dB], 1.09[dB], 1.26[dB] 향상되었다.

표 2의 결과로부터 제안한 알고리즘으로 처리한 영상은 기존의 필터들에 비해 우수한 PSNR을 보였다. 그리고 제안한 알고리즘은 AWGN( $\sigma = 15$ )인 Peppers 영상에서 31.91[dB]의 높은 PSNR을 나타내었으며, 기존의 A-TMF, AWMF, SWF에 비해 각각 1.32[dB], 1.26[dB], 1.54[dB] 향상되었다.

**Table. 1** Each PSNR[dB] comparison for Lena image

$\sigma$	PSNR[dB]			
	A-TMF	AWMF	SWF	PFA
5	33.95	33.83	35.56	34.07
10	32.58	32.44	33.08	33.15
15	31.04	30.91	30.74	32.00
20	29.52	29.43	28.76	30.72
25	28.15	28.07	27.08	29.38
30	26.93	26.89	25.72	28.07

**Table. 2** Each PSNR[dB] comparison for Peppers image

$\sigma$	PSNR[dB]			
	A-TMF	AWMF	SWF	PFA
5	33.08	33.54	34.44	33.77
10	31.96	32.19	32.44	32.99
15	30.59	30.65	30.37	31.91
20	29.19	29.16	28.51	30.67
25	27.94	27.86	26.94	29.41
30	26.82	26.71	25.63	28.28

#### IV. 결론

본 논문에서는 캐니 에지를 활용하여 입력 영상을 비 에지 영역과 에지 영역으로 나누고 각각의 영역에 따라 필터를 다르게 적용하여 처리하는 알고리즘을 제안하였다.

시뮬레이션 결과, 제안한 알고리즘은 AWGN 밀도가 아주 낮은 영역에서 다소 미흡하였으며, 잡음 밀도가 높은 영역에서 기존의 필터들 보다 우수한 PSNR을 나타내었다. 또한 확대 영상의 차영상으로부터 기존의 필터들에 비해 에지 영역에서 우수한 에지 보존 특성을 나타내었다.

#### ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Brain Busan 21 Project in 2017.

#### REFERENCES

- [1] C. Y. Lee and N. H. Kim, "A Study on Modified Mask for Edge Detection in AWGN Environment," *Journal of Information and Communication Convergence Engineering*, vol.17, no.9, pp.2199-2205, Sep. 2013.
- [2] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 3rd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2008.
- [3] K. N. Plataniotis and A. N. Venetsanopoulos, *Color Image Processing and Applications*, 1st ed. Berlin, Germany: Springer, 2000.
- [4] X. Long and N. H. Kim, "A Study on the Spatial Weighted Filter in AWGN Environment," *Journal of Information and Communication Convergence Engineering*, vol.17, no.3, pp.724-729, Mar. 2013.
- [5] X. Long and N. H. Kim, "An Improved Weighted Filter for AWGN Removal," *Journal of Information and Communication Convergence Engineering*, vol.17, no.5, pp.1227-1232, May 2013.
- [6] X. Long and N. H. Kim, "A Study on Image Restoration Filter in AWGN Environments," *Journal of Information and Communication Convergence Engineering*, vol.18, no.4, pp.949-956, Apr. 2014.
- [7] Y. Gao and N. H. Kim, "A Study on Improved Denoising Algorithm for Edge Preservation in AWGN Environments," *Journal of Information and Communication Convergence Engineering*, vol. 16, no. 8, pp.1773-1778, Aug. 2012.



**권세익(Se-ik Kwon)**

2014년 8월 부경대학교 공과대학 제어계측공학과 공학사  
2016년 8월 부경대학교 대학원 제어계측공학과 공학석사  
2016년 9월~현재 부경대학교 대학원 제어계측공학과 박사과정  
※관심분야 : 영상처리



**김남호(Nam-Ho Kim)**

제11권 제1호 참조  
1992년 3월~현재 부경대학교 공과대학 제어계측공학과 교수  
※관심분야 : 영상처리, 통신시스템, 적응필터와 웨이브렛을 이용한 잡음제거 및 신호복원