JKIICE Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering

한국정보통신학회논문지 Vol. 25, No. 2: 202~207, Feb. 2021

가중 팔각형 메디안 필터를 이용한 영상 복원

이은영[1] · 나철훈[2] · 이은경[3*]

Image Restoration using Weighted Octagonal Median Filter

Eun-Young Lee[1] · Cheol-Hun Na[2] · Eun-Kyung Lee[3*]

[1]Graduate Student, Dept. of Information and Communications Engineering, Mokpo National University, 58554, Korea
[2]Professor, Dept. of Information and Communications Engineering, Mokpo National University, 58554, Korea
[3*]Professor, Dept. of Automotive Engineering, Honam University, 62399, Korea

요 약

영상 처리에서 중요한 연구 분야 중 하나는 잡음 제거이다. 영상의 잡음 제거는 비정상 시퀀스 및 다양한 유형의 잡음에 의한 손상과 같은 여러 이유로 인해 해결하기 어려운 문제이기 때문이다. 인간의 시각적 인식은 에지 정보에 크게 의존한다. 따라서 잡음 제거 시 반드시 에지 정보를 보존해야 한다. 노이즈를 제거하기 위해 일반적으로 정방형 메디안필터를 사용한다. 이 방법은 수학적 단순성을 가지고 있지만 에지 영역을 흐리게 한다는 단점이 있다. 본 논문에서는 영상 내에 존재하는 잡음을 효과적으로 제거하기 위해서 에지 검출 알고리즘을 갖는 가중 팔각형 메디안 필터를 사용한 새로운 메디안 필터 윈도우를 제안하였다. 이 방법은 에지를 검출하기 위해 움직이는 가중 팔각형 창을 사용하였다. 그리고 결과를 일반 메디안 필터, 격자형 메디안 필터 그리고 본 논문에서 제안한 가중 팔각형 메디안 필터의 결과와 비교하였다. 실험 결과, 에지 검출 알고리즘을 갖는 가중 팔각형 메디안 필터를 이용한 영상 복원이 일반 메디안 필터나 격자형 메디안 필터를 사용한 결과보다 좋은 성능을 가짐을 확인하였다.

ABSTRACT

One of the most important tasks in image processing is noise filtering. Noise removal in image is a difficult task due to many reasons such as nonstationary sequences and corrupted by various types of noise. Human's visual perception is heavily based on the edge information. Thus, noise filtering must preserve edges. To remove the noise, we usually use the square-shaped median filter. They possess mathematical simplicity but have the disadvantages that blur the edges. In this paper we consider a new technique for image restoration using a weighted octagonal median filter. The technique consists of simple hypothesis test for edge detection, and we use the weighted octagonal-shaped moving window. The new technique is applied to noise corrupted image and experimental results are compared to the results of the square-shaped median filter and the cross-shaped median filter.

키워드 : 영상 복원, 메디안 필터, 경계 검출, 가중 팔각형 필터

Keywords : Image restoration, Median filter, Edge detection, Weighted octagonal filter

Received 16 November 2020, **Revised** 26 November 2020, **Accepted** 30 November 2020

*** Corresponding Author** Eun-Kyung Lee(E-mail:ek.lee@honam.ac.kr, Tel:+82-62-940-5436)
Professor, Dept. of Automotive Engineering, Honam University, 62399, Korea.

Open Access http://doi.org/10.6109/jkiice.2021.25.2.202 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/li-censes/ 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. 서 론

최근 다양한 분야에서 영상매체를 활용하는 빈도수가 증가함에 따라 영상 품질에 대한 관심이 높아지고 있다. 그러나 송·수신 과정을 거친 영상은 많은 잡음을 포함하고 있다. 송신된 영상의 품질을 향상시키기 위해서 전처리 과정에서 잡음을 제거하는 작업이 반드시 필요하다[1][2].

그렇기 때문에 많은 영상처리 기술 중에도 현재까지 꾸준히 연구가 진행되고 있는 분야가 바로 잡음제거 분야이다. 특히 깊이 정보를 갖는 비디오 부호화 (depth information video coding) 분야에서는 깊이 정보를 갖는 영상 잡음을 제거하기 위해서 전처리 단계에서 메디안 필터를 주로 사용하였다[3]. 하지만 영상에서 잡음과 잡음이 아닌 영역을 구분하여 이를 제거하는 것은 상당히 복잡하고 어려운 과정을 거쳐야만 한다[4][5].

인간의 시각이 물체를 인식할 때는 주로 물체의 에지를 기준으로 인식하기 때문에 영상 잡음 제거 시 사물의 에지영역 보존은 놓쳐서는 안 되는 매우 중요한 요소이다. 비디오 부호화를 통해 압축된 깊이 비디오를 이용해 3차원 장면을 생성할 때도 물체의 에지부분에서 부자연스러운 영상이 생성되면 문제가 발생한다. 수학적으로 간단한 필터의 경우는 바로 이 에지를 일그러지게 하는 이유 때문에 영상의 에지를 잘 보존함과 동시에 영상 잡음을 효과적으로 제거할 수 있는 새로운 방법을 찾기 위한 연구가 계속되고 있다.

본 논문에서는 기존의 메디안 필터가 가지고 있는 단점을 보완하여 에지를 잘 보존하면서 효과적으로 영상 내의 잡음을 제거할 수 있는 새로운 형태의 메디안 필터 방법을 제안한다.

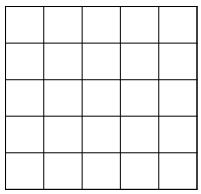
Ⅱ. 메디안 필터(Median Filer)

메디안 필터 알고리즘을 처음으로 제안한 사람은 Tukey였다[6]. Rabiner[7]와 Jayant[8]에 의해 음성 처리 과정에 적용되었고, Patt는 영상처리 과정에 적용시켰다[4]. 메디안 필터는 모서리와 선명한 경계면을 유지하면서 잡음을 효과적으로 제거해왔다.

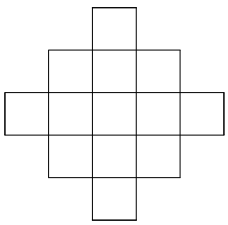
1차원 메디안 필터는 홀수개의 화소(picture element or pixel)과 움직이는 창(moving window)으로 구성된다. 메디안 필터의 원리는 창 내 모든 화소의 값을 창의 중심에 위치한 화소의 값으로 대체하여 잡음을 제거하는 방법이다. 비연속적인 순열의 메디안 $a_1, a_2, a_3, \cdots, a_n$ 서의 홀수 n은 순열의 번호로써 (n-1)/2 값보다 같거나 작을 수 있고, 크기가 같을 수도 있다.

메디안 필터가 영상 잡음제거에 쉽게 활용되는 이유는 영상 잡음의 형태에 관계없이 2차원 필터창을 영상 전체에 적용하여 쉽게 잡음제거 효과를 얻을 수 있기 때문이다.

메디안 필터는 부드럽게 생성된 잡음보다 비연속적인 돌출잡음을 줄이는 효과가 더 크다고 알려져 있다[8]. 그러나 부드럽게 생성된 잡음에 메디안 필터를 적용할 경우 오히려 영상을 더 왜곡시킬 수 있기 때문에 영상 향상(Image Enhancement)을 위해서 메디안 필터를 사용할 때에는 잡음억제를 위한 임시적인 방법으로만 사용되어야 할 것이다. 그리고 메디안 필터를 적용하고자 한다면, 그 효과가 얼마만큼 유익한지 분석한 후에 사용하는 것이 현명한 방법이다.



(a) Square-shaped window (5X5)



(b) Octagonal-shaped window (5X5)

Fig. 1 Filter shape for edge detection

[그림 1]은 정방형 필터 창과 본 논문에서 제안하는 팔각형 필터 창이다. 필터 창의 크기는 5×5 이다.

참고로 본 논문에서 제안하는 팔각형 필터 창은 구조상 3×3 구성이 구조적으로 어렵다.

우리가 흔히 알고 있는 메디안 필터는 정방형 형태의 필터를 사용한다. [그림1]에서 보는 것과 같이 N×N 형태의 정방형 창은 팔각형 창보다 많은 화소를 갖게 되므

로 팔각형 필터 창보다 흐린 결과 이미지를 가진다. 팔각형 창의 장점은 정방형 필터 창을 이용할 때보다 계산해야 하는 화소 수가 줄어들기 때문에 계산 시간이 절약된다는 것이다. 제안하는 메디안 필터의 계산 알고리즘은 동일하고 단지 메디안 필터의 후보군이 달라진다.

본 논문에서는 에지를 계산하기 위하여 휘도 정도 차이를 사용하였다. 각 화소 간의 휘도 차이를 이용해 메디안 필터를 적용하기 위한 영역별 data set을 정의할 수 있다. n×n 필터 창은 영상의 오른쪽으로 이동하면서 이미 정의되어 있는 필터창을 우측으로 한 화소씩 이동하면서 적용되어 진다. 본 논문에서 제안하고 있는 가중 팔각형 메디안 필터를 이용하여 어떠한 대상이라도 필터의 중심창 화소 주변에 에지가 존재하는지의 여부를 테스트할 수 있다. [그림 2-(a)]는 본 논문에서 제안하는 팔각형 메디안 필터의 구조를 보여주고 있다. 여기서 A_{II}와 A_{IV}는 Cartesian grid의 Ⅱ와 Ⅳ의 경계에 존재하는 경우의 예를 보여주고 있다. 그리고 중심 화소를 A_0로 정의한다. 이때 A_0, A_{II}, A_{IV}를 메디안 필터를 적용할 중요한 set로 취급하려 한다.

이러한 형태는 Ⅰ에서 A_0를 통하여 Ⅲ로 확장하는 경계를 탐지하는데 이용되며, 이를 I-III형 에지라고 부르기로 한다. Ⅰ-Ⅲ형 에지를 탐지하는데 이용될 것이다. [그림 2-(b)]는 Ⅰ-Ⅲ형 에지의 예를 보여주고 있다.

본 논문에서는 각각의 중요한 set 안에서 화소 값을 set 요소로 정의하였다. 그리고 n은 1차원의 창의 길이이다. 중요한 set을 A_{I}과 A_{III}로 간단하게 정의하였고, 이는 그들이 경계하고 있는 요소들을 구성하는 Ⅱ-Ⅳ형 에지를 검색하기 위한 목적이다.

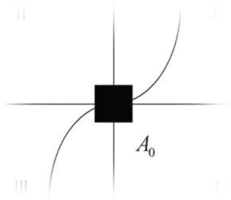
$$A_0 = \{X_0\} \tag{1}$$

$$A_{\mathrm{II}} = \{X_1, \cdots, X_{n-1}\} \tag{2}$$

$$A_{\mathrm{IV}} = \{X_n, \cdots, X_{2n-1}\} \tag{3}$$

A_0, A_{II}와 A_{IV}은 Ⅰ-Ⅲ형 에지를 검출하고, A_{I}과 A_{III}는 Ⅱ-Ⅳ형 에지를 검출하기 위해 date set을 정의하였다.

(a) I-III type window configuration of edge detection



(b) Edge of I-III type

Fig. 2 Window configuration

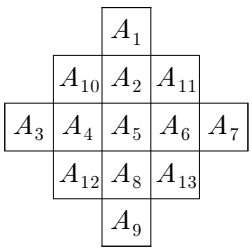


Fig. 3 Octagonal—shaped filter window

[그림 3]은 본 논문에서 제안하는 팔각형 필터 창을 보여준다.

$$A_0 = \{A_5\} \tag{4}$$

$$A_{\mathrm{I}} = \{A_1, A_2, A_6, A_7, A_{11}\} \tag{5}$$

$$A_{\mathrm{II}} = \{A_1, A_2, A_3, A_4, A_{10}\} \tag{6}$$

$$A_{\mathrm{III}} = \{A_3, A_4, A_8, A_9, A_{12}\} \tag{7}$$

$$A_{\mathrm{IV}} = \{A_6, A_7, A_8, A_9, A_{13}\} \tag{8}$$

$K = A_0 = A_5$

K_1 = 픽셀의 수로 나누어진 A_{I} 의 합

K_2 = 픽셀의 수로 나누어진 A_{II} 의 합

K_3 = 픽셀의 수로 나누어진 A_{III} 의 합

K_4 = 픽셀의 수로 나누어진 A_{IV} 의 합

만약, $(K_2\text{-}K_4)$의 절대값이 $(K_1\text{-}K_3)$의 절대값 보다 더 크다면 Ⅰ-Ⅲ형 에지를 검출할 수 있다. 반대로 $(K_1\text{-}K_3)$의 절대값이 $(K_2\text{-}K_4)$의 절대값 보다 크다면 Ⅱ-Ⅳ형 에지를 검출할 수 있다. 마지막으로 $(K_1\text{-}K_3)$의 절대값과 $(K_2\text{-}K_4)$의 절대값이 같다면 해당 영역에는 에지가 없는 것으로 판단할 수 있다.

$$|(K_1\text{-}K_3)| < |(K_2\text{-}K_4)| \rightarrow M_{13} \quad (9)$$

$$|(K_1\text{-}K_3)| > |(K_2\text{-}K_4)| \rightarrow M_{24} \quad (10)$$

$$|(K_1\text{-}K_3)| = |(K_2\text{-}K_4)| \rightarrow M_0 \quad (11)$$

먼저, Ⅰ-Ⅲ형 에지가 검출되었다면 해당 화소를 중심 화소의 값 M_{13}으로 대체 한다. 또는 Ⅱ-Ⅳ형 에지가 검출되었다면 해당 화소를 중심 화소의 값 M_{24}로 대체 한다. 만일 어떤 경계도 찾지 못한다면 중심 화소의 값을 M_0로 대체 한다.

$$M_{13} = \text{med}\{\text{med}(A_0+A_{\text{II}})+A_0+\text{med}(A_0+A_{\text{IV}})\} \quad (12)$$

$$M_{24} = \text{med}\{\text{med}(A_0+A_{\text{I}})+A_0+\text{med}(A_0+A_{\text{III}})\} \quad (13)$$

$$M_0 = \text{med}\{A_0+A_{\text{I}}+A_{\text{III}}\} = \text{med}\{A_0+A_{\text{II}}+A_{\text{IV}}\} \quad (14)$$

[그림 3]에서 정의한 것과 같이 팔각형 필터 창의 A_1, A_3, A_7, A_9의 화소보다 A_2, A_4, A_6, A_8, A_{10}, A_{11}, A_{12} 그리고 A_{13}의 화소가 중심 화소 A_5에 가까운 위치에 존재하기 때문에 필터 창 내에 있는 모든 화소를 같은 하중을 적용하여 계산하는 것은 효과적이지 못하다고 판단하였다. 이러한 이유로 본 논문에서는 팔각형 필터창의 중심에 가까운 화소가 상대적으로 중심에서 먼 화소보다 높은 비중을 가지도록 가중치를 다르게 정의하고, 중심 화소와의 거리가 실제 결과에 영향을 미치도록 설계하고 처리를 해 보았다. A_5를 기준으로 바깥쪽으로 멀어질수록 3, 2, 1의 하중을 주었다.

가중 처리된 결과는 [그림 3]를 기준으로 하여 A_{0w}, $A_{\text{I}w}$, $A_{\text{II}w}$, $A_{\text{III}w}$, $A_{\text{IV}w}$를 다음과 같이 정의하였다.

$$A_0 = \{A_5\} \quad (15)$$

$$A_{0w} = \{A_5, A_5, A_5\} \quad (16)$$

$$A_{\text{I}w} = \{A_1, A_2, A_2, A_6, A_6, A_7, A_{11}, A_{11}\} \quad (17)$$

$$A_{\text{II}w} = \{A_1, A_2, A_2, A_3, A_4, A_4, A_{10}, A_{10}\} \quad (18)$$

$$A_{\text{III}w} = \{A_3, A_4, A_4, A_8, A_8, A_9, A_{12}, A_{12}\} \quad (19)$$

$$A_{\text{IV}w} = \{A_6, A_6, A_7, A_8, A_8, A_9, A_{13}, A_{13}\} \quad (20)$$

먼저 Ⅰ-Ⅲ형 에지가 검출되었다면 해당 화소를 중심 화소 값을 M_{w13}으로 대체한다. 또는 Ⅱ-Ⅳ형 에지가 검출되었다면 해당 화소를 중심 화소 값을 M_{w24}로 대체한다. 만일 어떤 경계도 찾지 못한다면 중심 화소의 값을 M_{w0}로 대체한다.

$$M_{w13} = \text{med}\{\text{med}(A_0+A_{\text{II}w})+A_0+\text{med}(A_0+A_{\text{IV}w})\} \quad (21)$$

$$M_{w24} = \text{med}\{\text{med}(A_0+A_{\text{I}w})+A_0+\text{med}(A_0+A_{\text{III}w})\} \quad (22)$$

$$M_{w0} = \text{med}\{A_{0w}+A_{\text{I}w}+A_{\text{III}w}\} = \text{med}\{A_{0w}+A_{\text{II}w}+A_{\text{IV}w}\} \quad (23)$$

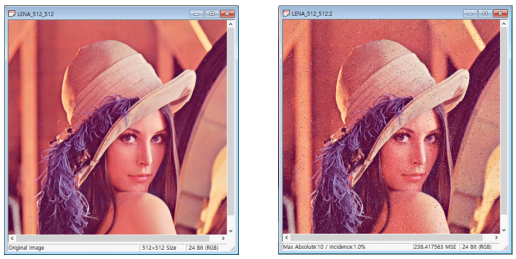
Ⅲ. 컴퓨터 모의실험 결과

일반적으로 사용하는 N×N 메디안 필터는 일정한 잡음이나 백색 잡음, 특별히 임펄스 잡음제거에 효과적이다. 에지 검출 알고리즘을 가지고 있는 가중 팔각형 메디안 필터가 정방형 창 메디안 필터나 격자형 창을 채용한 메디안 필터를 사용하여 처리한 것보다 잡음제거에 효과적인 결과를 가져올 수 있다는 것을 컴퓨터 모의실험에 의해 확인할 수 있었다.

Table. 1 MSE of Test Images

window size	square - shaped	cross - shaped	weighted octagonal - shaped
5×5	66.1474	39.1268	32.5175
7×7	78.8727	51.0128	48.3876

[표 1]은 각 영상에서의 Mean Square Error(MSE)를 계산한 결과값을 보여준다. 정방형 창과 격자형 창의 MSE보다 에지 검출 알고리즘을 적용한 가중 팔각형 창의 MSE가 더 우수함을 보여준다.



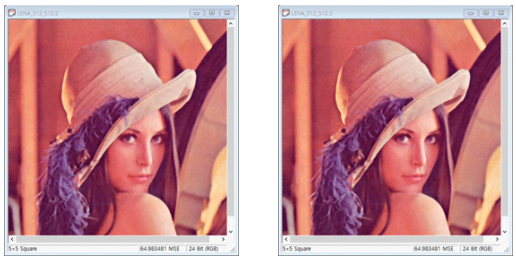
(a) Original image (b) Noise corrupted image

Fig. 4 Test Images

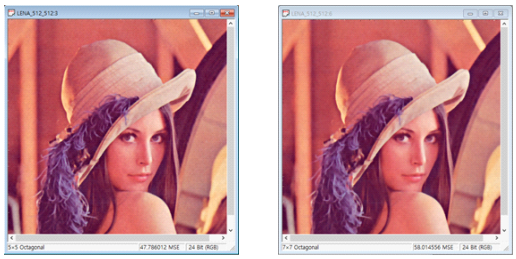
[그림 4]는 원본 영상과 손상된 영상을 보여주고 있다. [그림5]에서 (a)는 5×5 정방형 창 메디안 필터를 사용하여 복원된 영상이며, (b)는 5×5 에지 검출 알고리즘을 가진 가중 팔각형 메디안 필터 창을 사용하여 복원한 영상 결과이다. (c)는 7×7 정방형 창 메디안 필터를 사용하여 복원된 영상이며, (d)는 7×7 에지 검출 알고리즘을 가지고 있는 가중 팔각형 메디안 필터 창을 사용해 복원된 영상을 보여준다.

[그림5]의 결과와 표1의 결과에서 에지 검출 알고리즘을 가진 가중 팔각형 메디안 필터가 정방형 메디안 필터와 격자형 메디안 필터보다 에지를 기반으로 한 잡음 제거에 효과가 있었고 원 영상의 보존에도 효과적이라는 결과를 보여주고 있다.

[그림5]의 크기가 작아 복원 영상의 잡음제거 효과를 육안으로 확인하기 어려울 수 있으나, 결과 사진을 확대하여 보는 경우에는 [표1]에서 확인할 수 있는 것처럼 영상의 잡음이 줄어들고 에지가 확실하게 보전되었음을 알 수 있다.



(a) (b)



(c) (d)

Fig. 5 Experimental Results

Ⅳ. 결 론

일반적인 N×N 정방형 메디안 필터는 잡음을 효과적으로 제거하지만, 부드럽게 생성된 잡음영역에서는 잘못된 결과를 가져온다. 본 논문에서 제안하는 방법은 이러한 단점을 보완하고 효과적으로 잡음을 제거하기 위해서 팔각형 창을 채용하고 화소의 위치에 따른 하중을 부여하여 에지를 검출한 다음 처리하도록 하였다. 컴퓨터 모의실험 결과 본 논문에서 제안한 에지 검출 알고리즘을 가진 가중 팔각형 메디안 필터 방법이 기존의 정방형 메디안 필터 및 격자형 메디안 필터 보다 우수한 성능을 가짐을 확인하였다. 그 결과는 표 1과 [그림 5 (a) ~ (d)]에 보이고 있다. 일반적으로 잡음제거에 자주 사용되는 영상을 대상으로 모의 실험을 행하였으나, 향후 더 많은 대상으로 추가 실험을 진행하여 객관성을 확보할 예정이다.

ACKNOWLEDGEMENT

Following are results of a study on the "Leaders inINdustry-university Cooperation +" Project, supported by the Ministry of Education and National Research Foundation of Korea.

REFERENCES

[1] B. W. Cheon and N. H. Kim, “Noise Removal with Spatial Characteristics in Mixed Noise Environment,” *Journal of the Korea Institute of Information and Communication*

Engineering, vol. 23, no. 3, pp. 254-260, 2019.

[2] S. Cheon, J. Heon, H. Lee, and G. Park, "Comparision and Analysis of Algorithms for Image Noised Reduction," in *Proceeding of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, pp. 1756-1758, Dec. 2016.

[3] H. Lü, C. Yin, Z. Cui, and J. Hu, "A depth video coding in-loop median filter based on joint weighted sparse representation," *Wuhan University Journal of Natural Sciences*, vol. 21, pp. 351-357, Jul. 2016.

[4] W. K. Patt, Digital Image Processing, 2md ed. Communications, 4th ed., Addison Wesley, 1977.

[5] Y Pranay, "Color image noise removal by modified threshold median filter for RVIN," *Internalion Conference on Electronic Design, Computer Network & Automated Verfication (EDCAV)*, pp. 175-180, Jan. 2015.

[6] J. W. Tukey, "Nonlinear (nonsuperposable) methods for smoothing data," in *Proceeding of Rec. EASCON*, pp. 673, Jul. 1974.

[7] L. R. Rabiner, M. R. Sambur, and C. E. Schmidt, "Application to speech processing," *IEEE Trans. Acoust. Speech, Signal Processing*, vol. ASSP-23, pp. 552-557, 1975.

[8] N. S. Jayant, "Average and median-based smoothing techniques for improving digital speech quality in the presence of transmission error," *IEEE Trans. Commum.*, vol. COM-24, pp. 1043-1045, 1976.

이은영(Eun-Young Lee)

2003년 2월 : 목포대학교 정보통신공학과 학사
2021년 2월 : 목포대학교 정보통신공학과 공학석사
※ 관심분야 : 디지털 영상처리

나철훈(Cheol-Hun Na)

1995년 9월~ 목포대학교 정보통신공학과 교수
※ 관심분야 : 디지털 영상처리, 의공학, 정보통신 시스템

이은경(Eun-Kyung Lee)

2002년 2월: 호남대학교 컴퓨터공학과 학사
2004년 2월: 호남대학교 컴퓨터공학과 석사
2011년 8월: 광주과학기술원 기전공학부 박사
2011년 9월 ~ 2014년 12월: 실감교류인체감응솔류션연구단 선임연구원
2015년 1월 ~ 2020년 2월: LG전자 선임연구원
2020년 3월 ~ 현재: 호남대학교 미래자동차공학부 교수
※ 관심분야: 다시점 카메라 시스템, 딥러닝, 자율주행SW