

Automatic Marked Watershed를 이용한 차도 분할

박한동¹ · 오정수^{2*}

Road Segmentation using Automatic Marked Watershed

Han-dong Park¹ · Jeong-su Oh^{2*}

¹IVM Co. Ltd., Gyeonggi-Do, 13216, Korea

²Department of Display Engineering, Pukyong National University, Pusan, 48508, Korea

요 약

본 논문은 watershed를 이용한 차도 분할 알고리즘을 제안하고 있다. 제안된 알고리즘은 차량과 차선 정보를 이용해 차도 마커와 배경 마커를 자동 생성하는 automatic marked watershed를 이용한 영역 분할 알고리즘이고 이는 지나치게 많은 영역이나 마커를 위한 수작업 같은 watershed 기반 영역 분할의 문제점들을 해결할 수 있다. 차도 마커는 차선은 포함되나 차량은 배제되는 순수한 차도 영역을 위한 속성을 포함하고 배경 마커는 차량과 배경을 포함하는 나머지 영역을 위한 속성을 포함하고 있다. 실제 도로 영상에 적용된 영역 분할 결과들은 제안된 알고리즘은 다양한 환경에서 적절한 마커들을 생성할 수 있고, 주행 차로와 양옆 차로를 포함한 필수 차도 영역을 적절하게 분할할 수 있는 것을 보여주고, 성능 면에 있어서는 제안된 알고리즘은 수작업으로 생성된 마커를 사용한 기존 알고리즘과 대등함을 보여준다.

ABSTRACT

This paper proposes a road segmentation algorithm using a watershed. The proposed algorithm is a segmentation algorithm using an automatic marked watershed that automatically creates a road marker and a background marker using information about vehicles and lanes on road and it can solve problems of a watershed-based segmentation such as overmany regions or handworks for markers. The road marker has property for pure road areas in which lanes are included but vehicles are excluded and the background marker has property for the areas left in which vehicles and background are included. Results of segmentation applied to real road images show that the proposed algorithm can automatically creates appropriate markers and it can properly segments the required road area that include the lane with a vehicle and its both side lanes in various environments, and it is equal to the conventional algorithm using markers created by handwork in performance.

키워드 : 차도, 영역 분할, 자동, 마커, watershed

Key word : road, segmentation, automatic, marker, watershed

Received 22 September 2016, Revised 27 September 2016, Accepted 01 October 2016

* Corresponding Author Jeong-su Oh(E-mail:ojs@pknu.ac.kr, Tel:+82-51-629-6414)

Department of Display Engineering, Pukyong National University, Pusan 48508, Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkice.2017.21.2.409>

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. 서 론

영상은 하나 혹은 다수의 속성에 의해 구분되는 동질 영역들로 구성되어 있고 동질 영역을 분할하는 것을 영역 분할이라 한다[1-3]. 영역 분할은 컴퓨터비전 영역에서 다양한 방법으로 연구되고 있고 경계선을 근거로 분할하는 에지기반과 밝기 유사성을 근거로 분할하는 영역기반의 영역 분할로 나누어진다. watershed는 밝기 정보를 이용해 동질 영역을 확장하고 경계 정보를 이용해 영역을 구분하는 알고리즘으로 각각의 정보만을 이용하는 알고리즘들보다 성능이 우수하다[3-6]. 그러나 watershed[2]는 잡음이나 미세한 밝기 변화에 의해 영상을 지나치게 작은 영역들로 분할하는 경향이 있어서 서로 다른 동질 영역들을 한 동질 영역으로 묶는 마커(marker)를 이용한 marked watershed[3]가 소개되고 있다. watershed는 지능형 운전자 보조 시스템[7]을 위해 차도(road) 영역을 분할하는 알고리즘으로도 활용되고 있다[6]. 그러나 watershed를 이용해 차도를 분할할 경우 차도 영역이 수많은 영역으로 분리되어 결합하는 과정이 요구되고, marked watershed를 이용하는 경우는 마커를 직접 지정해야 하고, 또한 차도에 차량이 존재하면 그 역시 고려되어야 한다.

본 논문은 차도에 차량이 존재해도 적절하게 차도 영역을 분할할 수 있는 차도 분할 알고리즘을 제안한다. 차도 영역은 위험 감지 목적에 따라 주행 차로와 갓길 포함한 양옆 차로를 최소 영역으로 정의하고 있다. 제안된 알고리즘은 자동으로 마커를 생성하기 위해 먼저 기존 알고리즘을 이용한 대략적인 차량과 차선을 검출하고, 차량과 차선 정보를 근거로 배경 마커와 차도 마커를 자동으로 생성하고 이 마커들이 적용된 automatic marked watershed로 차도 영역을 분할하고 있다. 여기서 배경 마커는 차량 영역과 차도 이외 영역의 속성을 갖고, 차도 마커는 보정 과정을 거쳐 차량이 배제된 순서도로 영역의 속성을 갖고 있다.

실제 도로 영상에 적용된 실험들을 통해 차도가 직선형이든 곡선형이든 차도 영역에 차량이 있든 없든 다양한 환경에서 제안된 알고리즘이 적절한 차도 마커와 배경 마커를 생성하고 차도 영역을 적절하게 분할하는 것을 보일 것이다.

II. 자동 마커 생성을 위한 정보 검출

제안된 알고리즘은 차량과 차선 정보를 근거로 마커를 자동 생성하고 있어 차량과 차선 검출이 필요하다. 계산량을 고려해 기존 알고리즘을 단순화하여 대략적인 차량과 차선을 검출한다.

2.1. 차량 검출

차량은 차도 위에 있지만 차도와 다른 영상 특성을 갖고 있어 차도 분할에 영향을 준다. 그래서 차량 검출을 통해 차량을 차도에서 분리되어야 한다. 차량 검출은 차량 그림자가 낮은 밝기와 높은 채도를 갖는다는 사실을 이용하여 수행된다[8]. 또한 차량 그림자의 위치를 고려할 때 차량 검출 영역은 영상 하단 40%로 제한하고 있다. 그래서 그림자 검출을 위해 먼저 제한된 영역에서 영상의 채도 성분(I_S)과 밝기 성분(I_V)의 차를 이용해 그림자를 강조하고 여기에 식 (1)의 문턱치 기법을 적용해 2진 그림자 영상(I_{BS})을 생성한다.

$$I_{BS} = I_{S-V} > th, \\ I_{S-V} = \max(0, I_S - I_V), th = \max\left(T, \frac{mean(I_{S-V})}{2}\right) \quad (1)$$

여기서 $\max()$ 과 $mean()$ 은 각각 큰 값과 평균값을 선택하고 T 는 실험적으로 얻어진 최저 문턱치로 100을 사용하고 있다.

차량 영역은 그림자를 근거로 차량 영역의 기준 위치를 찾고 그 위치에서 일정 크기의 사각영역으로 지정된다. 기준 위치를 위해 그림 1(a)처럼 2진 그림자 영상에서 수직 투영을 통해 그림자 폭(w), 수평 시작 위치(x_s), 수평 투영을 통해 그림자의 하단 위치(y_s)를 먼저 찾는다. 그리고 검출 오차를 고려하여 ($x_s - 0.01w$, $y_s + 0.01w$)를 차량의 기준 위치인 좌측 하단 꼭짓점으로 설정하고 $1.02w \times 1.02w$ 의 사각형을 차량 영역으로 지정한다. 단 차량 영역의 최대 폭은 영상 폭의 1/3로 제한한다. 그림 1(b)는 x_s, y_s, w 를 근거로 설정된 차량 영역을 사각형으로 표시한 예이다.

2.2. 차선 검출

선명한 차선은 차선 검출을 쉽게 하므로 차선 개선이 선행된다. 차선은 노란색과 흰색으로 표현되어 있어 적

색과 녹색을 동시에 큰 값을 갖고 있다. 그래서 영상의 적색 성분(I_R)과 녹색 성분(I_G)을 식 (2)에 적용하면 개선된 차선 영상($I_{ImpLane}$)을 얻는다.

$$I_{ImpLane} = (I_R \times I_G) / 255 \quad (2)$$

차선 검출은 계산량을 고려해 제한된 영역에서 제한된 허프 변환이 사용된다. 즉 차선이 분명히 나타나는 영상의 하단 40%만을 검출 영역으로 사용하고 사전 검출된 차량 영역을 제외한다. 영상의 하단 40% 영역은 다시 4 개의 수평 영역으로 분할되고 분할된 각 영역에서 허프 변환을 이용하여 검출된 직선들에서 차선을 선택한다[9,10]. 여기서 허프 변환의 기울기는 전방에 대해 $\pm 45^\circ$ 로 제한되었다.

그림 2는 차선 개선 전후의 영상을 비교하고 있다. 차선 개선된 영상에서 더 선명한 차선을 보여주고 있다. 그림 3은 영상 하단 40% 영역의 4 개 영역에서 검출된 차선을 진한 직선으로 보여주고 있다. 4개의 영역 분할은 곡선 차도를 고려한 것이다[10].

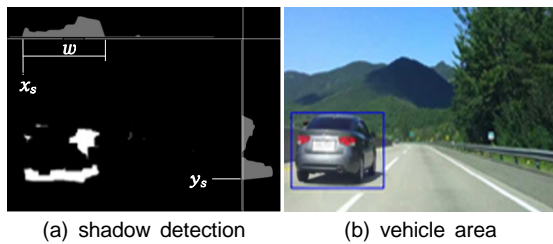


Fig. 1 Vehicle area detection



Fig. 2 Lane improvement

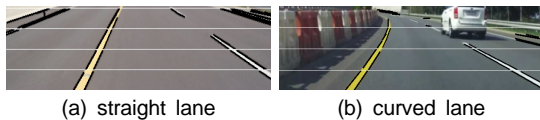


Fig. 3 Lane detection

III. watershed를 이용한 차도 분할

본 장에서는 watershed 알고리즘을 기술하고 watershed 알고리즘을 이용해 차도 영역을 분할하는 알고리즘을 기술한다.

3.1. watershed 알고리즘

watershed 알고리즘을 이용한 영상 분할에서 먼저 영역 경계를 검출하기 위해 gradient 영상이 요구되고 이들은 1차원적으로 표현하면 그림 4와 같이 동질 영역에 위치하는 골(valley, local minimum)과 경계에 위치하는 마루(ridgy, watershed line)를 갖는다. 여기에 물을 유입하면 (a)와 같이 물은 골에 쌓여 영역(catchment basin)을 형성해 가고 단계적으로 많은 물이 유입되면 (b)~(c)와 같이 골에 형성된 영역이 인접 영역과 합쳐지는데 이를 막기 위해 마루에 둑(dam, watershed line)이 세워진다. 결과적으로 (d)와 같이 물이 가득 차면 둑들에 의해 영역이 분할된다[6].

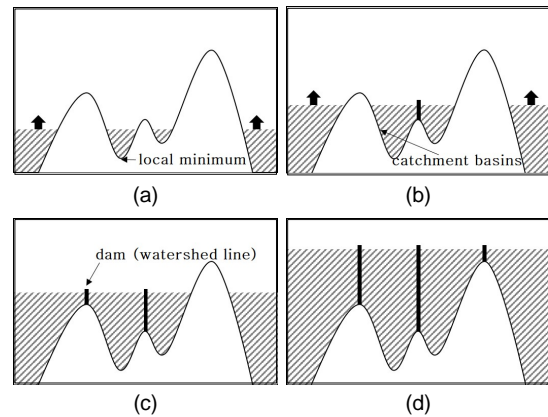


Fig. 4 watershed algorithm

watershed 알고리즘은 영상 속의 잡음이나 불규칙한 변화에 크게 영향을 받아 지나치게 많은 영역들이 생성되는 문제를 갖는 단점이 있다. 이런 문제를 해결하기 위해 마커를 사용하는 watershed 알고리즘이 소개되었다. 마커는 서로 다른 동질 영역을 하나의 동질 영역으로 인식되도록 연결된 성분 집합을 골로 사용한다. 본 논문에서 차량과 차선 정보에서 자동 생성된 마커를 활용하는 watershed 알고리즘이 사용된다.

3.2. Auto marked watershed를 이용한 차도 분할

제안된 알고리즘에서는 위험 감지 목적에 따라 주행 차로와 갓길을 포함한 양옆 차로를 필수 차도 영역으로 정의하고 있고, 사전에 검출된 차량(vehicle, V)과 차선(Lane, L)의 정보들을 이용해 배경 마커(background marker, BMarker)와 차도 마커(road marker, RMarker)를 자동 생성하고 auto marked watershed를 수행하여 차도 영역을 분할한다. 그림 5는 차도 분할을 위한 제안된 알고리즘의 흐름도이다.

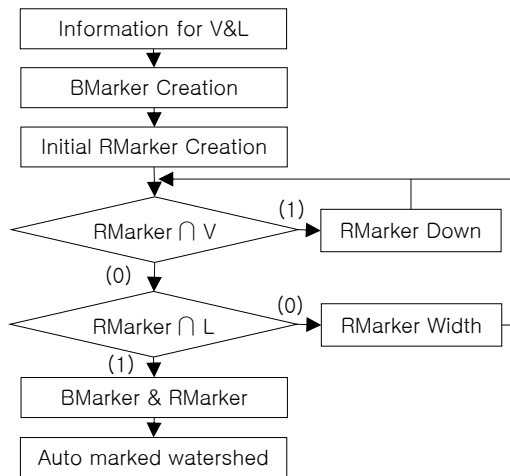


Fig. 5 Flowchart for road detection

BMarker Creation는 그림 6처럼 차선이 포함되지 않는 영상 상단 40%에서 가능한 넓은 배경 영역(하얀 표기)을 확보하고, 차량이 검출되면 차량 영역을 그림과 같이 배경 영역에 연결하여 배경 마커를 생성한다. Initial RMarker Creation은 초기 차도 마커를 생성한다. 그림 7처럼 영상 하단 4개 영역에서 차선의 평균 좌표들(백색 원)을 계산하고 나서 그들의 평균 좌표(검은 원)를 계산한다. 평균 좌표(x_c, y_c)는 주행 차로의 중심 좌표가 된다. 초기 차도 마커는 식 (3)과 같이 계산되는 주행 차로 중심 양측의 두 지점(회색 원, P_R, P_L)을 연결한 선분 $\overline{P_R P_L}$ 로 생성된다.

$$P_R = \left(x_R - \frac{w}{4}, y_c \right), P_L = \left(x_L + \frac{w}{4}, y_c \right) \quad (3)$$

여기서 x_R 와 x_L 는 각각 (x_c, y_c) 의 우측과 좌측 차선의 수평 좌표(백색 사각형)들이다. w 는 차로 폭으로 두

사각형 사이의 간격이다. 두 지점을 양옆 차로 위에 설정하므로 주행 차로는 물론 양옆 차로를 차도 영역으로 분할하는 것을 보장한다. 차도 마커는 차선을 포함하면서 배경과 차량이 반드시 배제되어야 한다. 그러나 초기 차도 마커에는 배경과 차량 배제와 차선 포함이 보장되지 않는다. 그래서 초기 차도 마커에 대한 보정 과정이 필요하다. 차도 마커 보정을 위해 먼저 차도 마커와 차량의 겹침(\cap)을 확인한다. 차량과 겹침이 있으면 (1) 마커를 계속 내리고, 겹침이 없으면(0) 차도 마커와 차선의 겹침(\cap)을 확인한다. 차선과 겹침이 없으면(0) 좌우로 확장하여 차량과 겹침이 없고 차선과 겹침이 있는 보정된 차도 마커를 생성한다. Auto marked watershed는 검출된 배경 마커와 차도 마커를 입력으로 watershed 알고리즘을 수행하여 차도를 분할한다.

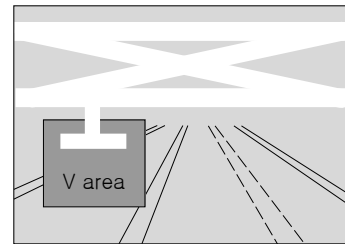


Fig. 6 Background marker

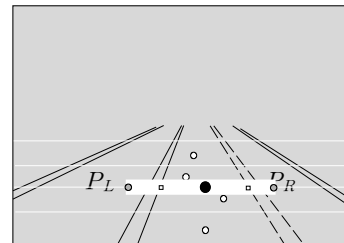


Fig. 7 Road marker

IV. 실험 결과 및 검토

제안된 알고리즘의 성능 평가를 위해 다양한 알고리즘들로 표 1의 영상들을 대상으로 차도 분할을 수행한다. 첫 번째 영상은 직선 도로에 주행 차량이 없는 경우, 두 번째와 세 번째 영상은 각각 직선 도로와 곡선 도로에 주행 차량이 있는 경우들이다. 비교된 알고리즘들은 차량이 무시된 기존 알고리즘(CON-V), 차량이 고려된

Table. 1 Test images

Image 1 (304x182)	Image 2 (320x240)	Image 3 (640x480)
		

Table. 2 Markers for Test images





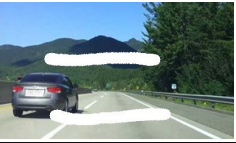


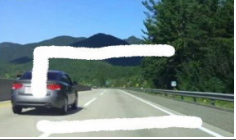

Image 1	Image 2	Image 3
		

Table. 3 Markers for marked watershed


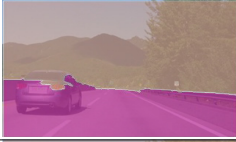





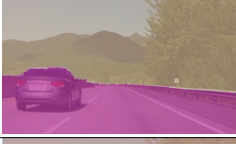







	Image 1	Image 2	Image 3
Marker-V			
Maker+V			

기존 알고리즘(CON+V), 차량이 무시된 제안된 알고리즘(PRO-V), 차량이 고려된 제안된 알고리즘(PRO+V), 분할된 차도가 예측된 제안된 알고리즘(PRO+P)이다. 기존 알고리즘은 수동으로 마커를 지정하는 watershed[11]를 이용한 차도 분할이다.

표 2는 실험 영상들에서 설정된 배경 마커와 차도 마커를 보여주고 있다. 그림 상단의 흰 선은 배경 마커이고, 차도의 흰 선은 차도 마커이다. 선의 굵기가 다른 것은 다른 크기 영상을 같은 크기로 축소하면서 다른 축소율에 의한 것이다. 차량이 포함된 영상들에서는 차량 영역이 배경 마커에 연결된 모습을 보여주고 있고 또한 차도 마커 위의 검은 선은 초기 차도 마커의 보정 과정을 보여주고 있다. 표 3은 기존 알고리즘을 위해 그려진 마커들을 보여주고 있다. Marker-V와 Marker+V는 각각 차량이 무시된 대충 설정된 마커와 차량이 고려된 신중하게 설정된 마커이다.

표 4는 다양한 알고리즘의 차도 분할 결과를 보여주고 있다. 차량이 없는 Image1에서 모든 알고리즘의 차도 분할 결과는 비슷하다. 단 기존 알고리즘 Marker-V에서 차도의 일부만 분할됐는데 이는 중앙 차선에 의해 영역이 분할되면서 생긴 문제로 적절하지 못한 마커 설정에 의해 잘못된 영역 분할이 발생할 수 있음을 보여주고 있다. Image2,3은 차량을 포함하고 있어 기존 알고리즘 Marker-V에서는 차량이 마커에 포함되지 않아 차량도 차도 영역으로 분할하는 것을 보여주고 있다. 제안된 알고리즘 PRO-V도 차량을 고려하지 않으면 차도 영역에 차량을 포함시키는 잘못된 영역 분할을 수행한다. 그러나 차량이 고려된 제안된 알고리즘 PRO+V는 순수한 차도 영역만을 잘 분할하고 있고 이는 차량을 고려하여 수동으로 설정한 마커들을 사용한 기존 알고리즘 CON+V와 동등한 결과이다. 또한 알고리즘 PRO+P와 같이 필요에 따라 예측을 통해 실제 차도 영

Table. 4 Results of road segmentation

	Image 1	Image 2	Image 3
CON-V			
CON+V			
PRO-V			
PRO+V			
PRO+P			

역을 분할할 수 있는 것을 보여주고 있다. Image1과 달리 Image2,3에서 갓길을 포함하고 있는데 이는 갓길이 주행 차로의 옆 차로에 위치할 때 위험 물체의 출현이 가능한 영역으로 차도로 분할되는 것이 필요하다. Image2에서 가드 레일이 갓길과 유사 밝기를 갖고 있어 차도에 포함하는 watershed 알고리즘의 한계도 보여주고 있다.

분되었다. 마커들을 단순화된 알고리즘으로 대략적으로 검출된 차량과 차선 정보를 근거로 자동 생성하였다. 실제 도로 영상에 적용된 실험들을 통해 제안된 알고리즘은 다양한 환경에서 적절한 배경 마커와 차도 마커를 생성할 수 있고 주행 차로와 양옆 차로를 포함한 필수 차도 영역을 적절하게 분할할 수 있는 것을 보여주었다. 또한 성능 면에서 제안된 알고리즘은 수작업으로 생성된 마커를 사용한 기존 알고리즘의 성능과 대응하였다.

V. 결 론

본 논문은 automatic marked watershed를 이용한 차도 분할 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 기존 watershed 알고리즘이 갖는 지나치게 많은 영역을 발생시키거나 마커를 위한 수작업이 요구되는 문제들을 해결해 준다. 마커는 차량이 배제되면서 차선과 차도 영역의 속성을 포함하는 차도 마커와 차량 영역과 차도 이외 영역의 속성을 포함하는 배경 마커로 구

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by a Research Grant of Pukyong National University (2016 year)

REFERENCES

- [1] C. Deng, O. Uncu, and W. A. Gruver, "Image segmentation using joint clustering analysis of attribute data and relationship data," in *proceedings of 2007 IEEE International Conference on SMC*, Montreal, pp. 3834-3839, 2007.
- [2] L. J. Belaid, and W. Mourou, "Image Segmentation: a Watershed Transformation Algorithm," *Image Analysis & Stereology*, vol. 28, no. 2, pp.93-102, Sep. 2009.
- [3] S. Ravi, and A. M. Khan, "Bio-Medical Image Segmentation Using Marker Controlled Watershed Algorithm: A Case Study," *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*, vol. 3, pp.26-30, May 2014.
- [4] J. B. Roerdink and A. Meijster, "The Watershed Transform: Definitions, Algorithms and Parallelization Strategies," *Fundamenta inform- aticae*, vol. 41, no. 1,2, pp.187-228, Apr. 2000.
- [5] A. Bleau and L. J. Leon, "Watershed-based Segmentation and Region Merging," *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 77, no. 3, pp.317-370, Mar. 2000.
- [6] S. Beucher, M. Bilodeaum and X. Yu, "Road Segmentation by Watershed Algorithms," in *proceedings of PROMETHEUS Workshop*, Sophia Antipolis, pp. 1-24, 1990.
- [7] M. Lu, K. Wevers, and R. V. D. Heijden, "Technical Feasibility of Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) for Road Traffic Safety," *Transportation Planning and Technology*, vol. 28, no. 3, pp.167-187, Jun. 2005.
- [8] S. Han, and H. Cho, "HSV Color Model Based Front Vehicle Extraction and Lane Detection using Shadow Information," *Journal of multimedia information system*, vol. 2, no. 5, pp.176-190, Apr. 2002.
- [9] S. Azali, T. Jason, H. Mohd, H. Ahmad, and S. Jumat, "Fast Lane Detection with Randomized Hough Transform," in *proceedings of International Symposium on Information Technology*, Kuala Lumpur, pp. 1-5, 2008.
- [10] Y. Wang, E. K. Teoh, and S. Dinggang, "Lane Detection and Tracking Using B-Snake," *Image and Vision computing* vol. 22. no. 4, pp.269-280, Apr. 2004.
- [11] F. Meyer. Color image segmentation. in *IEEE International Conference on Image Processing and its Applications, Maastricht*, pp. 303-306, 1995.



박한동(Han-dong Park)

부경대학교 융합디스플레이공학과 공학사
 부경대학교 대학원 융합디스플레이공학과 공학석사
 현재 ㈜ IVM 연구원
 ※관심분야 : 디지털영상처리, 비디오영상처리, 컴퓨터비전



오정수(Jeong-su Oh)

중앙대학교 대학원 전자공학과 공학석사
 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과 공학박사
 현재 부경대학교 융합디스플레이공학과
 ※관심분야 : 디지털영상처리, 비디오영상처리, 적외선 신호처리