

## 효과적인 이동물체 추적을 위한 색도와 밝기 왜곡 기반의 그림자 제거

김연희, 김재호, 김윤호\*

### Shadow Removal based on Chromaticity and Brightness Distortion for Effective Moving Object Tracking

Yeon-Hee Kim, Jae-Ho Kim, Yoon-Ho Kim\*

**요약** 디지털 영상에서 그림자는 영상 분석에 부정적인 영향을 미칠 수 있기 때문에 효과적으로 이동물체 검출 및 추적을 위해서는 그림자 제거가 필수적인 전처리 과정이다. 본 논문에서는 색도 영상, 밝기 변화 및 이동물체의 그림자 방향 특성을 이용해 그림자를 제거하는 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 방법은 크게 두 단계로 구성이 되며, 첫 번째 단계로 현재 영상의 색도와 밝기 변화를 이용해 그림자 후보 영역을 제거하고, 두 번째 단계에서 이동물체의 최하위 화소 위치를 구하여 그림자의 방향에 해당하는 그림자를 제거하였다. 그림자는 이동물체의 아래 영역에 위치하기 때문에 이동물체의 최하위 화소와 그림자의 방향을 알면 그림자를 제거할 수 있다. 실험 결과, 실제 이동물체 영역과 그림자 영역의 분리가 효과적으로 이루어졌으며, 이동물체 검출 및 추적 성능이 향상되었다.

**Abstract** Shadow is a common physical phenomenon in natural images and may cause problems in computer vision tasks. Therefore, shadow removal is an essential preprocessing process for effective moving object tracking in video image. In this paper, we proposed the method of shadow removal algorithm using chromaticity, brightness distortion and direction of shadow candidate. The proposed method consists of two steps. First, removal process of primary shadow candidate region by using chromaticity, brightness and distortion. The second stage applies the final shadow candidate region to obtain a direction feature of shadow which is estimated by the thinning algorithm after calculating the lowest pixel position of the moving object. To verify the proposed approach, some experiments are conducted to draw a compare between conventional method and that of proposed. Experimental results showed that proposed methodology is simple, but robust and well adaptive to be need to remove a shadow removal operation.

**Key Words** : shadow removal, chromaticity, brightness distortion, moving object tracking

#### 1. 서론

오늘날 사회 안전을 위한 재난 및 재해 감시, 범죄 예방 등을 목적으로 영상 감시에 대한 관심이 높아지고 있다. CCTV 모니터링 시장이 공공부문과 민간보안 부문의 수요확대로 폭발적인 성장세를 보이고 있으며, 비디오 감시 시스템의 고도화를 위한 지능형 비디오 감시(intelligent

video surveillance)와 지능형 교통 시스템(intelligent transform system) 연구가 활발히 진행되고 있다. 고도화된 비디오 감시 시스템의 운영을 위해 사물 인식, 이동물체 추적 및 이상 행동들에 대한 분석 알고리즘은 필수적이며 [1][2], 효과적인 영상 분석을 위해 그림자 제거는 꼭 선행처리 되어야 한다.

그림자는 자연 영상에서 공통의 물리적 현상

\*Corresponding Author : Division of Convergence Computer & Media, Mokwon University, DaeJeon, Korea  
Received August 2, 2015 Revised August 7, 2015 Accepted August 14, 2015

이다. 그림자는 빛이 물체의 방해로 인해 도달할 수 없는 영역으로, 그림자의 존재는 영상 분석 및 컴퓨터 비전에 있어 심각한 문제를 발생할 수 있다. 따라서 그림자 제거는 영상 분석에 있어 부정적인 영향을 감소시키기 위한 중요한 전처리 과정이다.

영상에서 이동물체를 검출하는 방법은 다양한 방법이 연구 되었으며 [3]-[6], 윤관선을 이용한 방법, 차영상 모델(background subtraction model) 및 HIS(hue, intensity, saturation) 칼라 모델 기반의 방법 등이 제안되었다. 검출한 이동물체에서 그림자를 제거하는 방법은 칼라 왜곡, 밝기 변화 및 색상 정보를 이용한 방법들이 연구 되어 왔으며, [7]-[9]에서 다양하게 제안되었다.

본 논문에서는 RGB 칼라 모델 기반의 영상에서 이동물체 검출 및 추적하는 과정을 보이고, 이동물체에 포함된 그림자를 제거하는 알고리즘을 제안한다. 또한 본 연구의 타당성 검증을 위해 이동물체를 추적함에 있어 전경과 배경 픽셀 사이의 왜곡치(distortion) 측정을 통해 그림자를 제거하는 [13]의 방법과 제안하는 그림자 제거 방법을 비교한다.

## 2. 관련연구

### 2.1 컬러모델

RGB 컬러모델은 모니터에서 영상을 표현하기 위한 모델이다. 적색(red), 녹색(green), 청색(blue)의 성분으로 구성되며, 식 1과 같이 *cat* 연산자를 이용해 RGB 컬러영상이 형성된다 [10][11].

$$RGB_{img} = cat(3, R, G, B) = \begin{bmatrix} R(i, j) \\ G(i, j) \\ B(i, j) \end{bmatrix} \quad (1)$$

HSI 컬러모델은 인간의 시각 시스템과 가장 유사한 모델이다. 색상(hue), 채도(saturation) 및 명도(intensity)의 성분으로 이루어져 있으며, 식

2와 같이 RGB 컬러모델에서 변환시킬 수 있다 [11][12].

$$I = \frac{R + G + B}{3} \quad (2)$$

$$H = \begin{cases} \frac{\left[ 90 - \arctan\left(\frac{F}{\sqrt{3}}\right) \right]}{360}, & \text{if } B \leq G \\ \frac{\left[ 90 - \arctan\left(\frac{F}{\sqrt{3}}\right) + 180 \right]}{360}, & \text{if } B > G \end{cases}$$

$$S = 1 - \frac{\min(R, G, B)}{I}$$

Here,  $F = \frac{2R - G - B}{G - B}$ .

### 2.2 그림자 제거 알고리즘

기존의 그림자 제거 알고리즘은 RGB 컬러모델과 HSI 컬러모델 기반의 그림자 제거 방법들이 다양하게 제안되었다. 그림 1은 [13]이 제안하는 방법으로 RGB 칼라 모델에서 전경과 배경 픽셀 사이의 휘도 왜곡(BD, brightness distortion)과 칼라 왜곡(CD, colour distortion)을 기반으로 그림자를 제거하였다. 그림 1에서 BD는 관찰된 색도에 가까운 예상되는 스칼라 값이며, CD는 예상되는 색상과 관찰된 색도 라인 사이의 직교 거리(orthogonal distance)로 정의된다. 식 3은 컬러공간에서의 BD와 CD를 측정하는 과정이다.

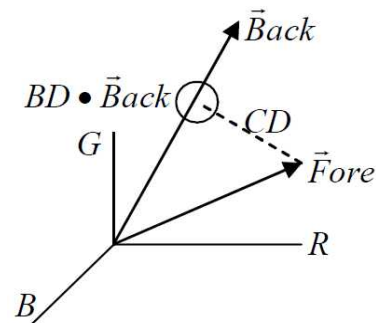


그림 1. RGB 칼라 공간에서의 왜곡치 측정  
Fig. 1. Distortion measurements of RGB color space

$$BD = \arg \min (\vec{Fore} - \alpha \vec{Back})^2 \quad (3)$$

$$CD = \| \vec{Fore} - \alpha \vec{Back} \| .$$

또한 식 3에 의해 계산된 BD 값이 1.0을 기준으로 같거나 높으면 가벼운 전경, 낮으면 어두운 전경이며, 식 4에 의해 그림자 영역을 검출하였다.

If  $CD < 10.0$  then  
 If  $0.5 < BD < 1.0$  then SHADOW  
 Else if  $1.0 < BD < 1.25$  then HIGHLIGHT  
 Else Foreground. (4)

[14]는 HSI 컬러모델을 이용하여 색상 정보와 밝기 정보로 그림자 제거를 제안하였다. 영상에서 검출된 전경 영역은 이동물체와 그림자 영역이 같이 검출되며, 그림자 영역은 배경 영역과 비교하였을 때 색상 변화가 적고 밝기가 어둡다. 전경에서 그림자 영역 추출을 위해 식 2를 이용하여 RGB 컬러영상을 HSI 컬러모델로 변환한 후, 색상과 명도를 이용하여 전경 영역과 배경 영역의 색상과 밝기를 측정하였고, 그림자 영역은 식 5에 의해 검출된다.

$$Shadow(x, y) = (|CH(x, y) - BH(x, y)| < th) \cap (CI(x, y) < BI(x, y)) \quad (5)$$

식 5에서  $CH(x, y)$ 와  $BH(x, y)$ 는 각각 현재 영상과 배경 영상의 색상 값이며,  $CI(x, y)$ 와  $BI(x, y)$ 는 현재 영상과 배경 영상의 밝기 값을 나타낸다.

### 3. 제안하는 그림자 제거 알고리즘

본 논문에서는 색도(chromaticity)를 기반으로 RGB 컬러영상에서 그림자 후보 영역을 결정하고, 색도 영상  $RGB_{chrom}$ 은 식 1에서 나타난 RGB 컬러영상들의 3가지 성분을 식 6에 의해

각각 정규화 하여 구할 수 있다.

$$V_{sum} = R + G + B \quad (6)$$

$$R_{nor} = R / V_{sum},$$

$$G_{nor} = G / V_{sum},$$

$$B_{nor} = B / V_{sum}$$

$$RGB_{chrom} = cat(3, R_{nor}, G_{nor}, B_{nor}).$$

그림 2는 RGB 컬러 영상을 식 6에 의해 색도 영상으로 변환한 것이다.

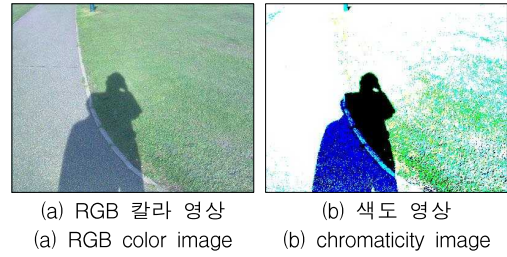


그림 2. RGB 컬러 영상과 색도 영상  
 Fig. 2. RGB color image and chromaticity image

그림 3은 그림 2(a)의 색상 분포를 나타내고 있으며, 대체적으로 0값에 가까울수록 어두운 색으로 그림자 영역에 가깝다고 할 수 있다.

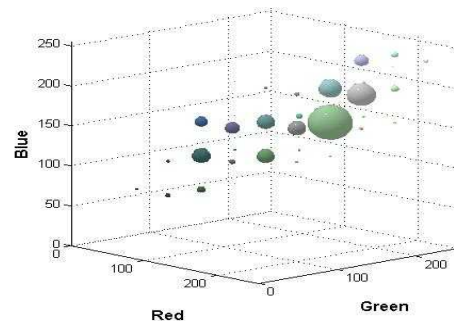


그림 3. 그림 2. (a) 영상의 색상 분포  
 Fig. 3. Color distribution of Fig. 2. (a)

그림자는 그림 4와 같이 이동물체의 가장 낮은 위치에서 특정 방향으로 뻗어나가고 있다. 이

동물체 영역의 세선화를 통해 이동물체의 골격을 구하여 그림자의 방향성을 구해 그림자 후보 영역을 검출하였다.

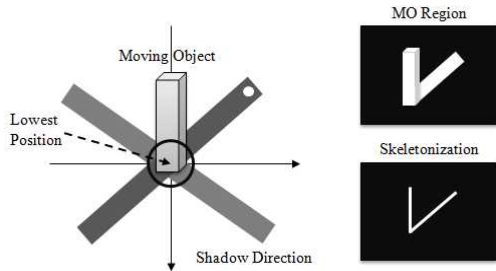


그림 4. 이동물체와 그림자 영역간의 그림자 방향 특징  
Fig. 4. The feature of shadow direction between moving object and shadow region

본 논문에서 제안하는 이동물체에서 그림자를 제거하는 알고리즘은 그림 5와 같다. 먼저 이동물체 검출은 참조 영상과 현재 영상간의 차영상을 통해 추출하였고, 이때 검출된 이동물체 영역에 포함된 그림자는 색도 영상과 밝기 변화가 있는 화소를 제거함으로써 그림자 후보 영역을 제거한다. 최종 그림자 후보 영역은 그림 4를 기반으로 제거하였고, 이동 물체 영역에서 최종 그

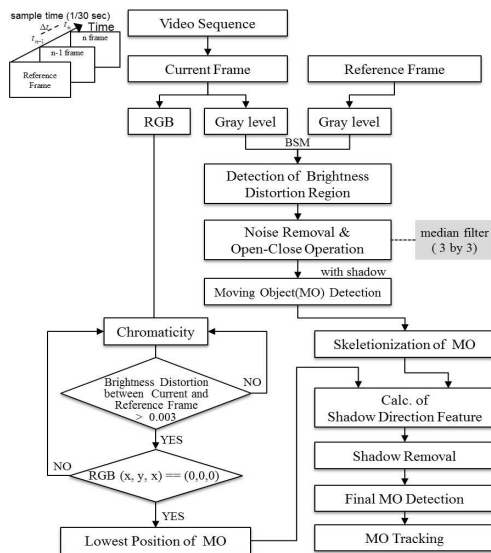


그림 5. 제안하는 그림자 제거 블록도  
Fig. 5. The block diagram of proposed shadow removal

림자 제거는 식 7에 의해 수행되었다. 그림 5에서 잡은 제거는 5 by 5 크기로 이차원 미디언 필터링을 적용하였고, 열림-닫힘 연산을 통해 이동물체의 영역을 결정하였다.

식 7은 그림 5에서 그림자 제거 블록에 대한 식이며, 현재 영상( $Curr_{RGB}$ )을 식 6에 의해 색도 영상( $Curr_{chrom}$ )을 구한다. 또한  $MO_{region}$  영역 안에서 밝기 변화가 있는 화소들에 대해  $Curr_{chrom}$ 의 화소 값  $Pixel(R, G, B)$ 이  $(0, 0, 0)$ 인 경우를 그림자 후보 영역(SCR, shadow candidate region)으로 결정한다.

$$MO_{region} : \text{Moving Object Region} \quad (7)$$

$$(with \text{Shadow}),$$

$$SCR_{1st} = \{Ref(V) > Curr(V)\} \cap \{Curr_{chrom}(R, G, B) = (0, 0, 0)\}$$

식 7에 의해 구해진 그림자 후보 영역( $SCR_{1st}$ )에서 세선화 알고리즘으로 골격 특징을 구하여 이동물체의 그림자의 방향성에 해당하는 영역을 최종 그림자 영역( $SCR_{2st}$ )으로 판단하였다. 최종 그림자 영역의 제거는 그림자로 판단되는 후보 영역을 배경 영상의 화소 값으로 대체하는 방식으로 제거하였다.

#### 4. 실험 및 고찰

본 논문에서 제안하는 방법으로 그림자 제거하기 위해 그림 6의 RGB 칼라 모델 기반의 영상을 사용하였으며, 그림 6(a)와 (b)는 각각 배경영상과 현재영상이다.



(a) reference image (b) current image

그림 6. 실험 영상  
Fig. 6. The experimental video

그림 7은 이동물체를 검출하는 과정이다. 그림 7(a)는 참조 영상과 현재 영상을 그레이 레벨로 변환한 후 차영상이고, 그림 7(b) 영상은 임계값  $th=20$ 으로 계산된 이진 영상이다. 또한 후처리 과정으로 그림 7(b) 영상을 미디언 필터를 이용해 잡음을 제거한 후 Open-Close 연산을 수행하였고, 그 결과 영상은 각각 그림 7(c)와 (d)에서 보이고 있다. 그림 7(d)와 에서 확인할 수 있듯이 현재 추정된 이동물체 영역은 그림자를 포함하고 있으며, 효과적으로 이동물체를 추적하기 위해 그림자 제거가 필수적이다.

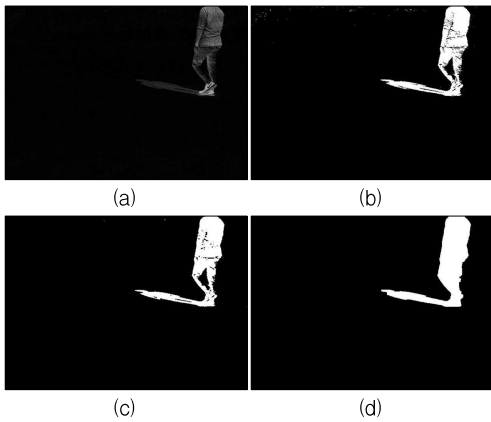


그림 7. 이동물체 후보 영역 검출  
Fig. 7. Detection of moving object candidate region

그림 8(a)는 현재 영상에 대한 색도 영상이며, 그림 8(b)는 색도 영상의 그레이 영상이다. 그림 8(c)와 그림 8(d)는 그림 7(d)의 이동물체 영역에서 참조 영상과 현재 영상간의 밝기 차이가 있는 화소와 그림 8(a)에서  $RGB_{chrom}(R, G, B) = 0$ 인 화소를 제거한 영상이다.

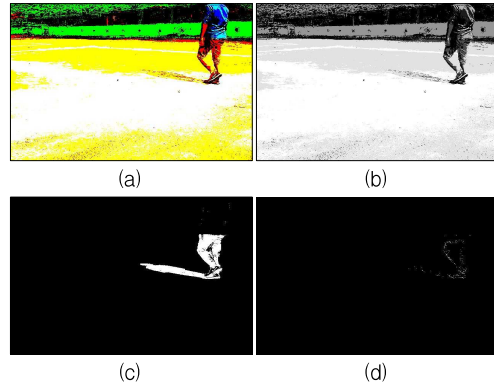


그림 8. 색도와 밝기 왜곡을 이용한 그림자 후보영역 제거  
Fig. 8. Removal of shadow candidate using chromaticity and brightness distortion

그림자는 이동물체 영역에서 낮은 부분에 위치한다는 점에 기인하여 그림 9와 같이 이동물체 후보 영역의 구조적 모양을 표현할 수 있는 세션화 알고리즘을 적용하여 이동물체의 골격을 구하여 최종 그림자 후보 영역을 결정하였다.

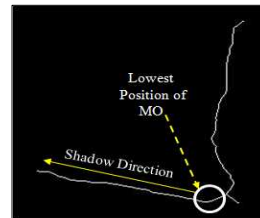


그림 9. 이동물체 영역의 세션화  
Fig. 9 Thinning of moving object region

그림 9는 그림 7(d) 영상을 세션화 알고리즘을 기반으로 추출한 이동물체의 골격으로 이동물체와 그림자의 방향성을 이용해 그림자의 최종 후보 영역을 알 수 있다.

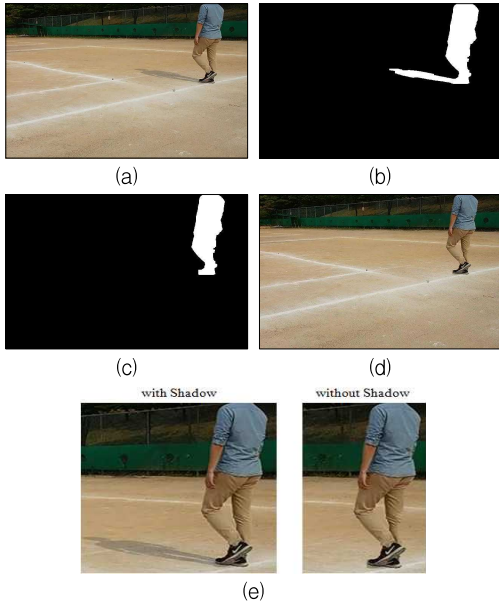


그림 10. 그림자가 제거된 현재 영상  
Fig. 10. Current image with shadow removal

그림 11은 [13]이 제안하는 방법으로 이동물체 영역에서 그림자를 제거하는 과정을 보이고 있으며, RGB 칼라 공간에서 R과 G의 칼라 왜곡이 있는 화소들을 제거하여 그림자 후보 영역을 결정하고 있다.

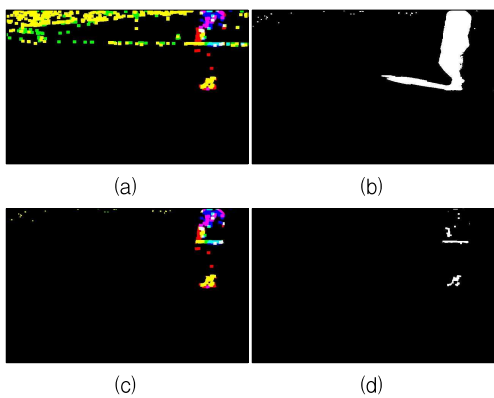


그림 11. [13] 방법의 그림자 제거 과정  
Fig. 11. The process of shadow removal in [13]

그림 11(a)는 참조 영상과 현재 영상간의 R과

G 채널의 화소의 칼라 왜곡 영상이며, 그림 21(b)는 차영상이다. 그림 11(c)는 그림 11(a)와 그림 11(b)에 의해 계산된 영상이며, 그림 11(d)는 그림 11(c)에 대한 침식 영상으로 최종 그림자 후보 영역을 제거한 이동물체 영역을 나타낸다. 그림 12는 제안하는 방법과 [13] 방법 간의 그림자를 제거 후 이동물체를 추적하는 영상들이다.

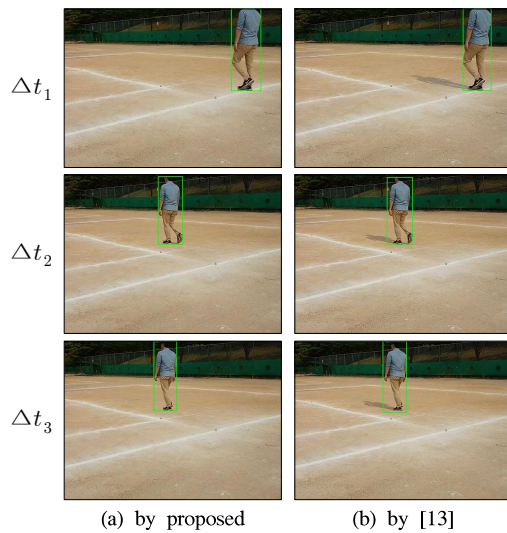


그림 12. 제안하는 방법과 [13] 방법의 이동물체 추적 비교  
Fig. 12. Comparison of moving object tracking between proposed method and [13]

그림 12에서 알 수 있듯이 제안하는 방법과 [13]의 방법으로 이동물체 추적은 유사하게 추적이 되었지만, 제안하는 방법은 현재 영상에서 그림자를 제거 후 추적함을 확인할 수 있다.

## 5. 결론

본 논문에서는 색도 영상, 밝기 변화 및 이동물체의 그림자 방향 특성을 이용해 그림자를 제거하는 알고리즘을 제안하였다. 그림자는 이동물체의 아래 영역에 위치하기 때문에 이동물체의 최하위 화소와 그림자의 방향을 알면 그림자를

제거할 수 있다. 이동물체 영역은 참조 영상과 현재 영상의 차영상 모델을 기반으로 추출하였고, 이 영역은 그림자가 포함된 영역이다. 이동물체 영역에서 그림자를 제거 하는 방법은 두 단계로 이루어지며, 첫 번째로 현재 영상의 색도 영상을 기반으로 그림자 후보 영역을 제거하였다. 두 번째 단계는 이동물체의 최하위 화소 위치를 구하고, 세션화 알고리즘을 기반으로 그림자의 방향에 해당하는 그림자를 제거하였다.

실험 결과, 제안하는 방법이 실제 이동물체 영역과 그림자 영역의 분리가 효과적으로 이루어졌으며, 이동물체 검출 및 추적이 향상되었다. 향후, 참조 영상 획득 및 선정하는 방법에 대한 연구와 단순 또는 복잡한 영상, 즉 영상의 복잡도(complexity)에 따른 적응적인 그림자 제거 방법 연구를 수행하고자 한다.

REFERENCES

[1] T. K. An, Y. S. Hong, Y. J. Song and W. J. Lee, "Intelligent Video Surveillance System using RFID Technology", Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 11, No. 1, pp. 133-139, Feb. 2011.

[2] J. H. Jeon, T. K. An, K. Y. Park and G. M. Park, "A Case Study on Integrated Surveillance System Field Implement with Intelligent Video Analytic Software", Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 11, No. 6, pp. 255-260, Dec. 2011.

[3] M. Yokoyama and T. Poggio, "A Contour-Based Moving Object Detection and Tracking", Proc. 2nd Joint IEEE International Workshop on VS-PETS, Beijing, pp. 271-276, Oct. 2005.

[4] P. Smith, T. Drummond, and R. Cipolla, "Layered Motion Segmentation and Depth Ordering by Tracking Edges", IEEE Trans. on PAMI, Vol. 26, No. 4, pp. 479-494, April 2004.

[5] R. Zabihollahi, M. Soryani, and A. Tajbakhsh, "Edge Based Tracking for Traffic Surveillance", International Workshop on Video Processing and Recognition, Canada, pp. 28-30, May 2007.

[6] T. W. Jang, Y. T. Shin, and J. B. Kim, "A study on the object extraction and tracking system for intelligent surveillance," The Journal of Korea Information and Communications Society, Vol. 38B, No. 7, pp. 589-595, July 2013.

[7] Ya-Fan Su and Chen, H.H., "Shadow removal from natural images", Proceedings of 2010 IEEE International Symposium, Circuits and Systems (ISCAS), pp. 3369-3372, June 2010.

[8] Li Dan and Qian Jiansheng, "Research on Moving Object Detecting and Shadow Removal", Information Science and Engineering (ICISE), 2009 1st International Conference, pp. 1406-1410, Dec. 2009.

[9] Chun-Ting Chen, Chung-Yen Su and Wen-Chung Kao, "An enhanced segmentation on vision-based shadow removal for vehicle detection", Green Circuits and Systems (ICGCS), 2010 International Conference, pp. 679-682, June 2010.

[10] K. H. Park, "Multi-Moving Object Tracking and Identity Evaluation Method Using Unique Color of Moving Object", Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol. 12, No. 8, pp. 17-23, Aug. 2014.

[11] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, S. L. Eddins, Digital image processing using



MATLAB, 1st ed. New Jersey, NJ: Pearson Prentice Hall, 2004.

- [12] J. S. Lee, "Moving Object Detection using Pixel Color Changes of Overwritten Edge Image", Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol. 10, No. 10, pp. 39-46, Oct. 2012.
- [13] Li-Qun Xu, Landabaso, J.L. and Pardas, M., "Shadow Removal with Blob-Based Morphological Reconstruction for Error Correction", Acoustics, Speech, and Signal Processing, IEEE International Conference, pp. 729-732, March 2005.
- [14] Jin-Cyuan Lai, Shih-Shinh Huang and Chien-Cheng Tseng, "Image-based vehicle tracking and classification on the highway", Green Circuits and Systems (ICGCS), 2010 International Conference, pp. 666-670, June 2010.

---

저자약력

---

**김 연 희(Yeon-Hee Kim) [학생회원]**



- 2008년 2월 : 목원대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 2010년 9월 ~ 현재 : 목원대학교 IT공학과 석사과정

<관심분야> 영상처리, 그림자제거, 얼굴인식

**김 재 호(Jae-Ho Kim) [학생회원]**



- 2014년 2월 : 목원대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 목원대학교 IT공학과 석사과정

<관심분야> 영상처리, 상황인식, 패턴인식

**김 윤 호(Yoon-Ho Kim) [종신회원]**



- 1992년 6월 ~ 현재 : 목원대학교 융합컴퓨터·미디어학부 교수
- 2005년 ~ 2006년 : University of Auckland NZ, CITR Lab. Research Fellow.
- 2008년 ~ 현재 : ISO/TC223 Social Security Korea Delegate.
- 2013년 ~ 2014년 : (사)사회안전학회 회장
- 2014년 ~ 현재 : (사) 한국정보기술학회 총무부회장, IEEE, 대한전자공학회, 한국통신학회 정회원, 한국향행학회, 정보전자통신기술학회 종신회원

영상처리, 컴퓨터비전, 사회안전표준화, IT정책, 방재정보통신 등

<관심분야>