

효과적인 이동물체 추적을 위한 색도 영상과 엔트로피 기반의 그림자 제거

Shadow Removal Based on Chromaticity and Entropy for Efficient Moving Object Tracking

박기홍

목원대학교 융합컴퓨터미디어학부

Ki-hong Park

Division of Convergence Computer & Media, Mokwon University, Daejeon, 123-456, Korea

[요 약]

최근 지능형 비디오 감시를 위한 다양한 연구가 제안되고 있음에도 CCTV 영상에서 이상 징후 판단이 사람에 의해 이루어지고 있어 상황인식을 위한 방법 및 연구가 필요하다. 본 논문에서는 이동물체 검출 및 추적을 위해 RGB 갈라 모델 기반의 색도 영상과 엔트로피 영상을 도출하여 그림자 제거를 수행한 후 이동물체를 추적하는 방법을 제안한다. 이동물체 검출을 위해 잡음 및 주위 환경변화에 민감하지만 순간적으로 발생하는 상황인지 환경에서 효과적인 차영상 모델을 적용하였다. 검출한 이동물체 영역에서 RGB 채널의 색도 영상을 기반으로 첫 번째 그림자 후보 영역을 선정하였고, 그레이레벨에서 엔트로피를 계산하여 두 번째 그림자 후보 영역을 추정하여 그림자를 제거하였다. 제안하는 방법의 타당성을 위해 고속도로에서 주행하는 자동차들을 대상으로 실험하였고, 실험 결과 색상과 엔트로피를 이용한 그림자를 제거와 이동물체 추적이 효과적으로 수행됨을 확인하였다.

[Abstract]

Recently, various research for intelligent video surveillance system have been proposed, but the existing monitoring systems are inefficient because all of situational awareness is judged by the human. In this paper, shadow removal based moving object tracking method is proposed using the chromaticity and entropy image. The background subtraction model, effective in the context awareness environment, has been applied for moving object detection. After detecting the region of moving object, the shadow candidate region has been estimated and removed by RGB based chromaticity and minimum cross entropy images. For the validity of the proposed method, the highway video is used to experiment. Some experiments are conducted so as to verify the proposed method, and as a result, shadow removal and moving object tracking are well performed.

Key word : Shadow removal, Moving object tracking, Chromaticity, Entropy, RGB.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2014.18.4.387>



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.

Received 8 August 2014; Revised 29 August 2014
Accepted (Publication) 23 August 2014(30 August 2014)

*Corresponding Author; Ki-hong Park

Tel: +82-42-829-7639

E-mail: kihong@mokwon.ac.kr

1. 서론

오늘날 CCTV(closed-circuit television) 통합관제를 위한 지능형 영상분석 연구가 다양하게 진행되고 있지만 이동물체의 이동정보를 취득하여 제어 및 분석하고 감시하는 일련의 과정은 아직까지 사람의 판단으로 이루어지고 있다. 또한 동영상으로부터 이동물체의 검출 및 추적에 있어 그림자 영역의 제거는 필수적이며, 다양한 방법들이 제시되고 있다. 특히 칼라 모델 기반의 이동물체 추적을 위해 색상분류 연구와 그림자 제거 알고리즘 연구가 활발히 진행되고 있다[1],[2],[3]. 기존의 이동물체 검출 알고리즘은 윤곽선(edge)을 이용한 기법, 차영상 기법(BSM; background subtraction model) 및 HIS(hue, intensity, saturation) 칼라 모델 기반의 방법 등이 제안되었다[4],[5],[6]. 본 논문에서는 동영상에서 BSM을 이용해 이동물체를 검출한 후 그림자 후보 영역을 추정하기 위해 칼라 모델 기반의 색도 영상과 그레이 레벨 영상에서의 엔트로피(entropy)를 적용하여 그림자를 제거하여 이동물체 추적하는 방법을 제안하고자 한다. 본 논문의 구성은 2장에서 RGB(red, green, blue) 칼라 영상의 색도와 엔트로피 영상에 대해 설명하고, 3장에서 이동물체의 그림자 영역을 제거하는 방법을 제안한다. 4장에서 제안한 알고리즘에 대한 성능평가를 하고, 5장에서 결론을 맺는다.

II. 색도 영상과 엔트로피 감도

본 논문에서는 효과적인 이동물체의 추적을 위해 이동물체를 검출한 후 그림자 후보 영역을 선정하고 제거하기 위해 칼라 영상의 색도(chromaticity)와 엔트로피(entropy)를 적용하였다. RGB 칼라 영상을 형성하는 성분영상(component image)은 식 1의 적색, 녹색 및 청색과 같고, 식 2에서 각 색상 채널 성분을 연결시키는 $cat()$ 연산자에 의해 구성된다[7].

$$c = \begin{bmatrix} c_R(x,y) \\ c_G(x,y) \\ c_B(x,y) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R(x,y) \\ G(x,y) \\ B(x,y) \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$RGB_{img} = cat(3, R, G, B) \quad (2)$$

식 1과 식 2 기반 RGB 칼라 영상의 색도 영상을 구성하는 과정은 식 3과 식 4에 의해 생성되며[7], 그림 1은 칼라 영상의 색도 영상에 대한 정보를 나타낸다.

$$\begin{aligned} V_{sum} &= R + G + B \\ r_{ch} &= R / V_{sum} \\ g_{ch} &= G / V_{sum} \\ b_{ch} &= B / V_{sum} \end{aligned} \quad (3)$$

$$RGB_{chrom} = cat(3, r_{ch}, g_{ch}, b_{ch}) \quad (4)$$

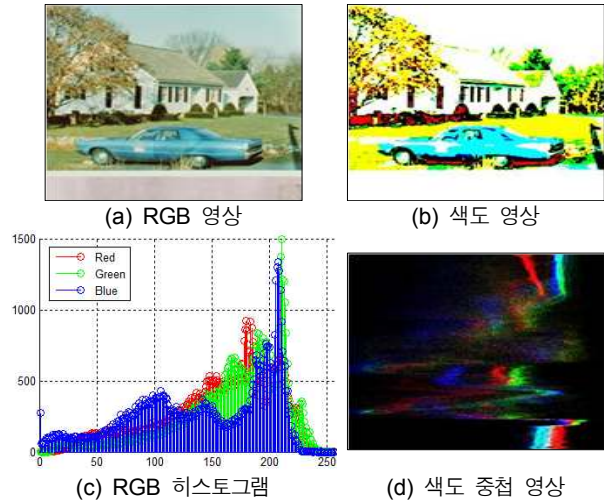


그림 1. RGB 모델과 색도 영상
Fig. 1. RGB model and chromaticity image.

그림 1(a)와 (b)는 각각 RGB 칼라 모델 기반의 영상과 식 4에 의해 구해진 색도 영상이고, 그림 1(c)와 (d)는 RGB 히스토그램과 열(column)에 대한 색도 중첩 영상이다. 그림 1(b)에서 RGB 색상이 (0, 0, 0)인 경우가 색도 영상 기반의 첫 번째 그림자 후보 영역으로 그림 1(a)에서 어두운 화소 값을 가진 영역을 의미한다. 본 논문에서는 그림자는 어두운 화소 값을 가지다는 전제로 그림 2와 같이 RGB 채널의 각 화소 값이 100(또는 127) 이하인 경우로 정의하였고, 그림 2는 그림 1(a)의 색상 분포에 대한 RGB 큐브(cube) 영상이다.

그림 3은 RGB 칼라 분포와 명암도 영상의 예시로, 식 4에 의해 각 영상의 고유 색도를 그림 4와 같이 얻을 수 있다. 그림 3(a) 영상의 색상 변화(#1부터 #4)에 대한 R-G 변화는 식 5에 의해 계산되고, 그림 5와 같다. 식 5에서 $\epsilon (= 10^{-3})$ 는 RGB 채널의 화소 값이 0인 경우 ϵ 로 대체한 값이며, R_{nl} 와 G_{nl} 는 식 5에 의해 계산된 자연대수(natural logarithm) 결과를 나타낸다.

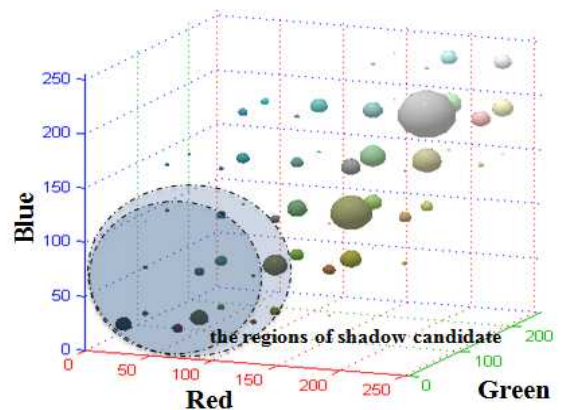


그림 2. 그림 1(a)의 색상 분포
Fig. 2. Color distribution of Fig. 1(a).

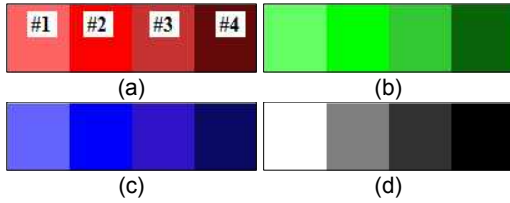


그림 3. RGB 색상 변화 예시
Fig. 3. The examples of color change.

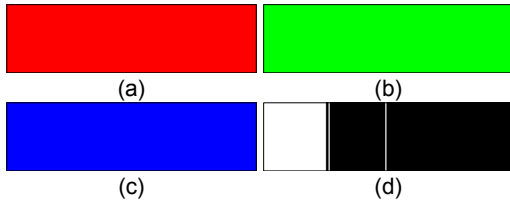


그림 4. 그림 3의 색도 영상
Fig. 4. The chromaticity images of Fig. 3.

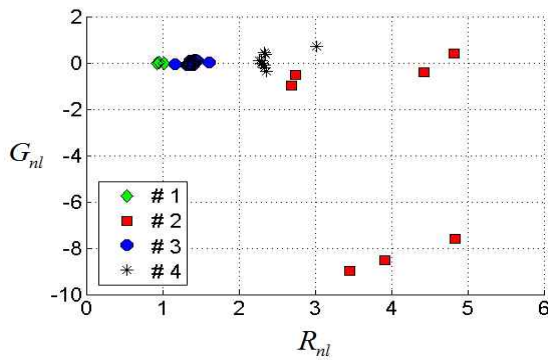


그림 5. 그림 3(a)의 R-G 그래프
Fig. 5. The R-G graph of Fig. 3(a).

$$\begin{aligned} R_{nl} &= \log(R_c/B_c) \\ G_{nl} &= \log(G_c/B_c) \end{aligned} \quad (5)$$

그림 5에서 G_{nl} 축의 0에 가까울수록 그림 3(a)의 #1과 #3 색상 영역이 분포하고 있으며, 밝은 계통의 색상을 보유하고 있다. 또한 R_{nl} 에서 멀어질수록 그림 3(a)의 #2와 같이 고유 색상이 분포함을 알 수 있다. 그림 6(a)는 그림자가 형성된 RGB 칼라 영상이고, 그림 6(b)는 그림 6(a) 영상의 R-G 그래프이다. 그림 5와 그림 6(b)에서 알 수 있듯이 축 R_{nl} 와 G_{nl} 의 값이 0에 가까울수록 밝은 색임을 알 수 있다.

본 논문에서 두 번째 그림자 후보 영역으로 칼라 영상을 그레이 영상으로 변환한 후 화소에 대한 무작위성(a measure of randomness)을 나타내는 엔트로피 감도를 측정하여 그림자 후보 영역을 추정하였다. 영상의 엔트로피를 계산하는 방법은 다양한 연구에서 변형 및 제안되었으며[8]-[11], 그레이 영상에서의 엔트로피는 그레이 레벨 히스토그램을 이용하여 각 화소의 확률들을 모델링하고, 식 6과 같이 엔트로피에 대한 1차 추정

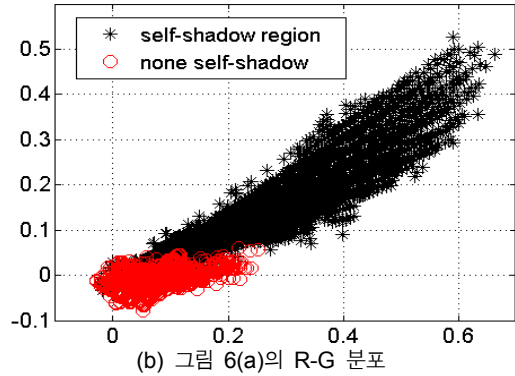


그림 6. 그림자 영상과 R-G 그래프
Fig. 6. The shadowed image and its R-G graph.

(first-order estimate)을 할 수 있다[7].

$$\begin{aligned} \tilde{H} &= - \sum_{k=1}^L p_r(r_k) \log(P_r(r_k)) \\ p_r(r_k) &= \frac{n_k}{n}, \quad k=1, 2, \dots, L \end{aligned} \quad (6)$$

식 6에서 이산 랜덤 변수 r_k 는 확률 $p_r(r_k)$ 의 그레이 레벨 영상을 의미하고, n_k 와 n 은 각각 k 번째 그레이 레벨이 영상에서 출현하는 횟수와 영상의 전체 화소 수이다.

III. 제안하는 그림자 제거와 이동물체 추적

3-1 제안하는 알고리즘

본 논문에서 제안하는 그림자 제거 알고리즘은 그림 7과 같이 수행된다. 먼저 RGB 칼라 영상의 색도 영상을 구하고, 그레이 영상으로 변환 후 엔트로피 감도를 측정하여 그림자 후보 영역을 추정 및 복원하는 일련의 과정이다.

3-2 그레이 영상의 엔트로피

본 논문에서는 그레이 영상의 엔트로피를 계산하기 위해 MCE(minimum cross entropy)를 변형하여 적용하였다. [8]에 의해 제안된 MCE는 두 개의 확률 분포 $p = \{p_1, p_2, \dots, p_L\}$ 와 $q = \{q_1, q_2, \dots, q_L\}$ 가 주어졌을 때 두 변수 사이의 거리정보를 의미하며, 식 7에 의해 정의된다.

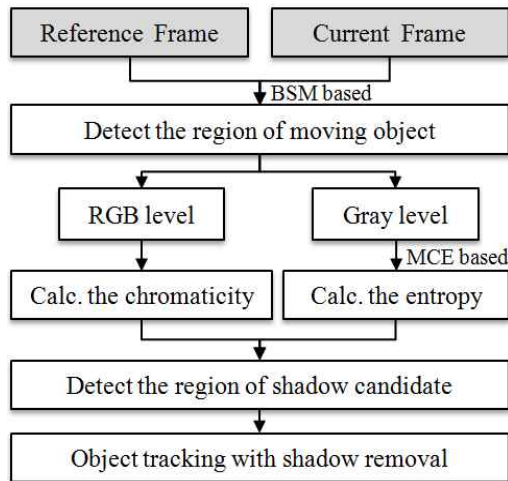


그림 7. 제안하는 알고리즘 블록도
 Fig. 7. The block-diagram of proposed algorithm.

$$D(p, q) = \sum_{i=1}^N p_i \log(p_i/q_i) \quad (7)$$

또한 MCE의 임계값을 선택하는 과정은 원영상 I 와 히스토그램 $h(k)$ 가 주어졌을 때 임계값 t 와 함께 식 8에 의해 구성된다[8][9].

$$I_i(x, y) = \begin{cases} \mu(1, t), & I(x, y) < t \\ \mu(t, L+1), & I(x, y) \geq t \end{cases} \quad (8)$$

여기서 $\mu(a, b)$ 는 식 6에 의해 식 9와 같이 정의되고, 식 10과 식 11에 의해 MCE 값과 최적의 임계값 t^* 가 결정된다.

$$\mu(a, b) = \sum_{k=a}^{b-1} kh(k) / \sum_{k=a}^{b-1} h(k) \quad (9)$$

$$D(t) = \sum_{k=1}^{t-1} kh(k) \log\left(\frac{k}{\mu(1, t)}\right) + \sum_{k=t}^L kh(k) \log\left(\frac{k}{\mu(t, L+1)}\right) \quad (10)$$

$$t^* = \arg(\min_t \{D(t)\}) \quad (11)$$

그림 8(a)와 (b)는 그림 1(a)와 그림 6(a) 영상을 그레이 레벨로 변환한 후 MCE 수행 결과이며, t^* 는 각각 131과 135이다.

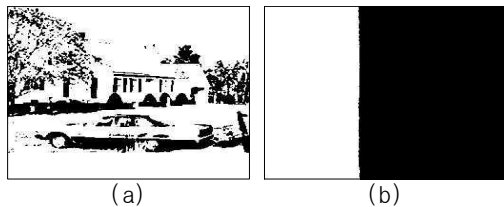


그림 8. MCE 수행 결과
 Fig. 8. The results of MCE.

3-3 이동물체의 최종 그림자 후보 영역 검출

본 논문에서 이동물체의 그림자 후보 영역으로 식 3과 식 4에 의해 구해진 RGB 칼라 영상의 색도 영상 픽셀 값이 $Pixel_{RGB}(x, y) = (0, 0, 0)$ 인 경우를 첫 번째 후보 영역으로 선정하였고, 두 번째 후보 영역으로 그림 8과 같이 식 8부터 식 11에 의해 계산된 $Pixel_{Gray}(x, y) = 0$ 인 경우를 그림자 후보 영역으로 추정하였다.

IV. 실험 및 고찰

본 논문에서 이동물체 추적을 위해 [12]의 영상을 이용하였고, 전처리 과정으로 참조 영상과 현재 시간 영상간의 차이 기반으로 영상분석이 가능한 BSM을 적용하였다. 그림 9는 고속도로에 설치된 CCTV 영상으로 그림 9(a)와 (b)는 참조 영상(reference image)과 관심영역(RIO; region of interest)이 설정된 그레이 영상이며, 그림 9(c)와 (d)는 현재 시간 t 부터 30 프레임 간격으로 추출한 영상이다.

먼저 이동물체 추출을 위해 실험 영상을 그레이 영상으로 변환한 후 차영상을 추출하여 잡음제거 및 열림-닫힘 연산을 수행하였고, 그림 10과 같다. 그림 10(a)는 그림 9(a)영상과 그림 9(c, d)영상간의 차영상이다. 그림 10(b)는 차영상들에 대해 잡음제거 후 열림-닫힘 연산을 수행한 결과이고, 그림 10(c)는 검출된 이동물체를 추적하고 있는 영상이다.

이동물체 추출 및 추적에 있어 그림 10(c)에서와 같이 추출한 이동물체를 확대하면 그림자 영역까지 검출되어 불필요한 계산으로 비효율적이다. 따라서 본 논문에서 색도와 엔트로피를 이용하여 그림자 후보 영역을 제거하는 방법을 제안하였고, 각 결과영상들은 그림 11과 같다.

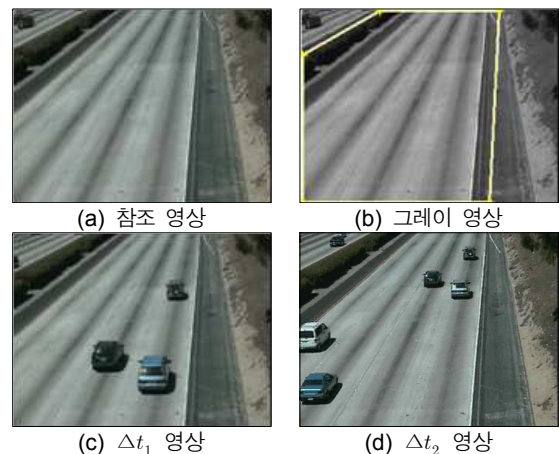


그림 9. 실험 영상
 Fig. 9. The experimental video.

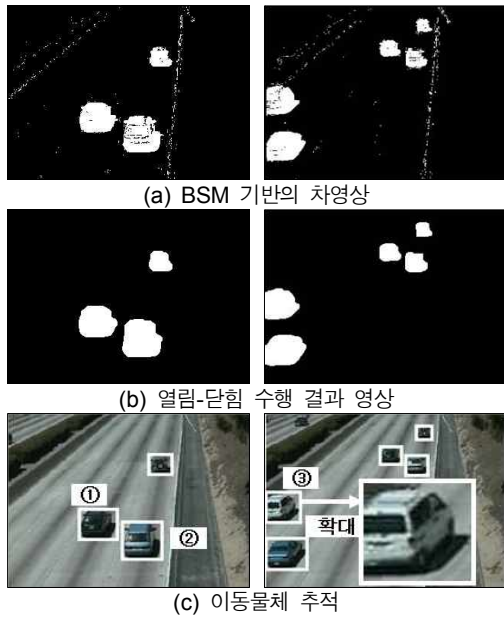


그림 10. BSM 기반의 이동물체 검출 및 추적
Fig. 10. BSM-based moving object detection and tracking.

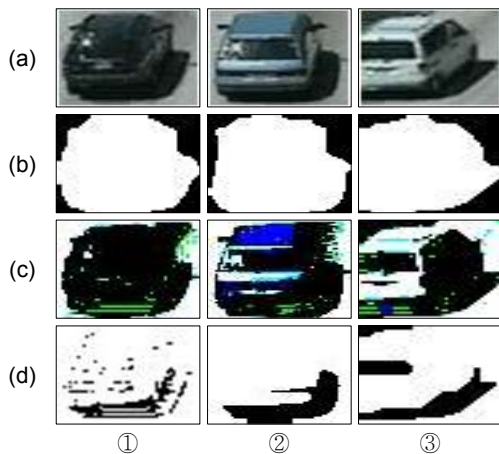


그림 11. 이동물체 영역의 색도와 엔트로피 영상
Fig. 11. The chromaticity and entropy images of moving object region.

그림 11(a)와 (b)는 BSM 기반으로 추출한 이동물체이며, 그림 10(c)의 이동물체(①, ② 및 ③)이다. 그림 11(c)와 (d)는 각각 식 3과 식 4에 의해 구해진 색도영상과 식 7부터 식 11까지의 계산 결과인 엔트로피 영상들이다. 또한 그림 11(d)에서 이동물체 영역의 엔트로피 영상들을 도출하기 위해 식 11의 임계값 계산이 각각 74, 71과 80의 임계값으로 계산되었다. 먼저 그림 11(c)의 색도 영상을 구하여 $Pixel_{RGB}(x, y) = (0, 0, 0)$ 인 화소들을 그림자 후보영역으로 선정하고, 그림 11(d)의 엔트로피 영상과 중첩된 영역을 최종 그림자 영역으로 추정하였다. 그림 12는 최종 그림자 영역을 제외한 이동물체 추적 결과이다.

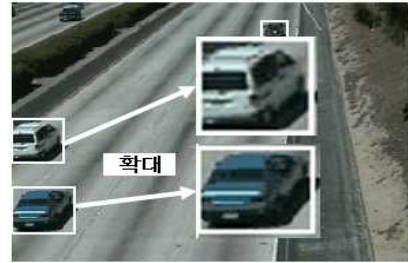


그림 12. 제안된 방법 기반의 이동물체 추적 결과 영상
Fig. 12. The proposed method based moving object tracking image.

V. 결 론

본 논문에서는 RGB 칼라 모델 기반의 CCTV 영상으로부터 이동물체를 검출 및 추적하기 위해 칼라영상의 색도 영상과 그레이 레벨 영상에서의 엔트로피를 이용하여 그림자 후보 영역을 제거하는 방법을 제안하였다. 본 논문에서 이동물체의 검출을 위한 방법으로 차영상 기법을 적용하였으며, 검출된 이동물체들은 그림자 영역을 포함하고 있어 부정확한 이동물체 추적이 예상되므로 그림자 제거는 필수사항이다. 검출한 이동물체 영역의 색도 영상을 기반으로 첫 번째 그림자 후보 영역을 선정하였고, 그레이 영상에서 화소의 변화 기대치인 엔트로피를 계산하여 두 번째 그림자 후보 영역을 추정하여 그림자를 제거하였다. 실험결과 제안된 색도 영상과 엔트로피를 이용해 그림자 제거를 수행한 후 효과적인 이동물체 추적이 가능함을 보였다. 향후 이동물체의 그림자를 제거하기 위해 그레이 레벨이 아닌 칼라 모델에서의 엔트로피를 계산하여 그림자를 제거하는 알고리즘 연구와 참조영상이 필요 없는 싱글 영상에서 그림자 제거 가능한 알고리즘 연구를 계속하고자 한다.

참고문헌

- [1] Y. S. Oh, S. T. Lee, and J. H. Baek, "Moving object tracking using MHI and M-bin histogram," *The Journal of Korea Navigation Institute*, Vol. 9, No. 1, pp. 48-55, June 2005.
- [2] P. Smith, T. Drummond, and R. Cipolla, "Automatic motion segmentation by tracking edge information over multiple frames," in *Proceeding of the 6th European Conference on Computer Vision*, Part II, Dublin: Ireland, pp. 396-410, 2011.
- [3] K. M. Lim, and J. S. Lee, "Moving object detection based on background initialization algorithm," *The Journal of Korean Institute of Information Technology*, Vol. 3, No. 2, pp. 21-26, May 2005.
- [4] M. Yokoyama, and T. Poggio, "A contour-based moving

- object detection and tracking,” in *Proceeding of the 2th Joint IEEE International Workshop on VS-PETS*, Beijing: China, pp. 271-276, 2005.
- [5] 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.
- [6] F. Hafiz, A. A. Shafie, O. Khalifa, and M. H. Ali, “Foreground segmentation-based human detection with shadow removal,” in *Proceeding of the IEEE international Conference on Computer and Communication Engineering*, Kuala Lumpur: Malaysia, pp. 1-6, 2010.
- [7] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, S. L. Eddins, *Digital image processing using MATLAB*, 1st ed. New Jersey, NJ: Pearson Prentice Hall, 2004.
- [8] S. Kullback, *Information theory and statistics*, 2th ed. New York, NY: Dover Publications, 1968.
- [9] C. H. Li, and C. K. Lee, “Minimum cross entropy thresholding,” *ELSEVIER, Pattern Recognition*, Vol. 26, No. 4, pp. 617-625, Apr. 1993.
- [10] A. S. Abutaleb, “Automatic thresholding of gray-level pictures using two-dimensional entropy,” in *Proceeding of SPIE on Applications of Digital Image Processing*, pp. 22-32, 1989.
- [11] P. Y. Yin, “Multi-level minimum cross entropy threshold selection based on particle swarm optimization,” *ELSEVIER, Applied Mathematics and Computation*, Vol. 184, No. 2, pp. 503-513, Jan. 2007.
- [12] Computer Vision and Robotics Research (CVRR) Laboratory. Video sample [Internet]. Available: <http://cvrr.ucsd.edu/aton/shadow/>



박기홍 (Ki-Hong Park)

2010년 8월 : 목원대학교 IT공학과 (공학박사)
2010년 10월 ~ 2012년 2월 : ㈜인코넥스 책임연구원
2012년 3월 ~ 현재 : 목원대학교 융합컴퓨터미디어학부 교수
*관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 비전, 패턴인식, 방재응용기술 등.