

질감 특징과 CAMShift 알고리즘을 이용한 무대 피사체 위치 추적 기법 설계 및 구현

신정아[†], 김도희^{**}, 홍석근^{***}, 조대수^{****}

Design and Implementation of a Stage Object Location Tracking Method using Texture Feature and CAMShift Algorithm

Jung-Ah Shin[†], Do-Hee Kim^{**}, Seok-Keun Hong^{***}, Dae-Soo Cho^{****}

ABSTRACT

In this paper, we propose an robust CAMShift method to track stage objects with a camera. In order to solve the problem of tracking object misdetection in existing CAMShift technique, MBR region is detected to separate the background and the subject, and the subject size of the region of interest is calculated to solve the problem of erroneously detecting a large region having a similar color distribution ratio. Also, by applying the color corelogram and MB-LBP to the part that can not be solved by the color ratio and the size limitation, accurate texture tracking is enabled by reflecting the texture characteristics. Experimental results show that the proposed method has good tracking performance for objects that do not deviate from the size of the subject set in the area of interest and accurately extracts the texture characteristics of different subjects with similar color distribution ratios.

Key words: MBR, MB-LBP, Texture Feature, CAMShift, Color Correlogram

1. 서 론

최근 문화기술 분야에 대한 관심이 증가함에 따라 뮤지컬, 오페라, 디지털아트 등 다양한 공연 분야에서 IT 기술과의 융합이 시도되고 있다. 공연무대에서 디지털 미디어의 연출 요소는 색, 빛, 신체, 정보 전달, 공간 등이 있다[1]. 이러한 연출 요소에 배우와 무대장치의 움직임을 반영한다면 관객들로 하여금 실시간 공감각적 공감대를 끌어낼 수 있다. 공연 무대기술에서 조명, 영상, 음향, 특수 효과 등을 제어하기 위해 별도의 하드웨어 및 소프트웨어 솔루션을

운영하는 특성을 반드시 고려하여야 한다. 특히 무대 위 배우와 같이 지속적으로 움직임이 발생하는 동적 피사체 위치추적 시스템과 관련된 기술은 기존에 사용하고 있는 무대기술 솔루션과 유기적으로 연결될 경우 실감미디어 등 관객들의 몰입감을 높여줄 수 있는 기술로 기대를 받고 있다. 하지만 동적 물체 위치 인식 시스템의 경우 제조, 물류, 유비쿼터스 자동화 시스템으로 활용되는 것이 대부분이며 공연 무대기술을 위한 위치추적 솔루션 관련 국내 연구 사례는 미진한 실정이다[1-3].

본 논문에서는 카메라 기반으로 무대 피사체를 강

※ Corresponding Author : Dae-Soo Cho, Address: (47011) Dongseo University, Jurye-ro 47, Sasang-gu, Busan, Korea, TEL : +82-51-320-1897, FAX : +82-51-320-1966, E-mail : dscho@dongseo.ac.kr

Receipt date : Jul. 15, 2018, Approval date : Jul. 27, 2018
[†] Dept. of Computer Engineering, Dongseo University
(E-mail : tlstngns123@naver.com)

^{**} Dept. of Computer Engineering, Dongseo University
(E-mail : kjkj0142@daum.net)

^{***} Industry Academy Cooperation Foundation, Dongseo University (E-mail : bassoflord@gmail.com)

^{****} Dept. of Computer Engineering, Dongseo University
※ This research was supported by Intractive MR Convergence Research Center from Dongseo University.

인하게 추적하기 위해 질감 특징과 CAMShift[4-6]를 이용한 기법을 제안한다. 공연 환경에 맞는 객체 추적 기법을 위해 무대 운영 특성을 반영하여 위에서 촬영하는 경우 피사체 크기의 변화가 크지 않다는 점, 객체가 순간 이동 등 급격히 사라지는 경우가 흔치 않다는 점, 조명 컨트롤 등이 필요한 피사체가 변경될 수 있다는 점을 감안하여 관리자가 즉석에서 추적이 필요한 피사체 영역을 지정하는 방법이 운용에 효율적이라는 점, 그리고 전체적으로 조명의 변화가 잦을 수 있다는 점을 착안하여 알고리즘을 설계하였다. 제안한 방법은 기존의 CAMShift 기법에서 발생하는 추적 물체 오검출 문제를 해결하기 위해 MBR[7] 영역을 검출하여 배경과 피사체를 분리하였고 CAMShift로 인해 칼라 분포 비율이 유사한 큰 영역을 추적하는 점을 방지하기 위해 관심 영역의 피사체 크기를 계산한다. 그리고 조명 및 회전 등에 강인한 추적 성능을 위해 칼라 코렐로그램(color correlogram)[8]과 MB-LBP(local binary pattern)[9-11]를 이용한 질감 특성을 적용한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 제안한 방법과 관련된 이론에 대해 설명하고, 3장에서 제안하는 무대 피사체 추적 기법에 대해 설명한다. 그리고 4장에서는 제안한 기법으로 실험한 결과를 영상을 통해 확인하고 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 이론

2.1 칼라 코렐로그램

코렐로그램은 거리 혹은 시간의 변화에 따라 오토 코렐로그램이 얼마나 변화하는지를 보여주는 그래프 혹은 테이블을 말한다[8]. 이 코렐로그램을 영상의 화소의 거리 개념으로 적용한 것이 칼라 코렐로그램이다.

칼라 코렐로그램은 영상의 모든 화소에 대해, 거리가 k 만큼 떨어진 화소에 어떤 칼라가 나타나는가를 2차원 확률로 나타낸다. m 개의 칼라로 양자화된 영상 I 에서, 칼라 C_i 와 C_j 에 대한 칼라 코렐로그램 $\gamma_{C_i, C_j}^k(I)$ 는 식 (1)과 같다.

$$\gamma_{C_i, C_j}^k(I) = \Pr_{p_a \in C_i} [p_b \in C_j \mid |p_a - p_b| = k] \quad (1)$$

여기서, $\Pr[\cdot]$ 은 내부조건을 만족하는 확률이고 I_{C_i} 및 I_{C_j} 는 각각 영상에서 i 와 j 칼라를 가지는 모든 화소를 나타낸다. 그리고 $|p_a - p_b|$ 는 화소 P_a 와 P_b 간의 거리를 의미하며 이는 식 (2)와 같은 장기판 거리(chess-board distance)를 사용하여 계산할 수 있다.

$$|P_a - P_b| = \max(|x_a - x_b|, |y_a - y_b|) \quad (2)$$

여기서, 각 화소 P_a 와 P_b 의 좌표는 각각 (x_a, y_a) 와 (x_b, y_b) 이다.

칼라 코렐로그램 $\gamma_{C_i, C_j}^k(I)$ 에서 C_i 와 C_j 가 같은 영역은 오토-코렐로그램(auto-correlogram)이라 하고 어떤 화소와 그 주위 화소의 칼라가 같을 확률을 나타낸다. 반면 C_i 와 C_j 가 다른 영역은 크로스-코렐로그램(cross-correlogram)이라 하고 어떤 화소의 주위 화소가 다른 칼라일 확률을 나타낸다. 칼라 코렐로그램을 얻는 예시는 Fig. 2와 같다. A화소와 B화소의 8방향 인접 화소와의 화소값을 비교하여 같은 경우 Fig. 1의 (b)인 오토-코렐로그램 대각성분에 해당 화소를 하나씩 증가시킨다. 만약 화소값이 다를 경우 Fig. 1의 (c)인 크로스-코렐로그램에서 두 화소간의 화소값차이에 해당하는 칸의 개수를 증가시킨다[8].

2.2 Local Binary Pattern

LBP의 기본 원리는 영상의 각 화소를 중심으로

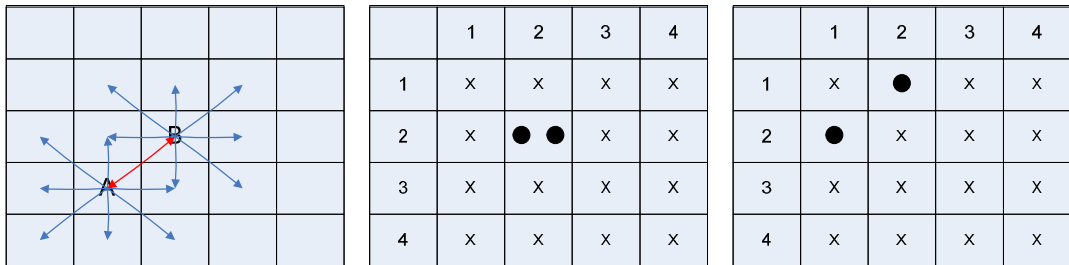


Fig. 1. Examples of color correlogram calculation (a) calculation of color correlogram (a) auto-correlogram (b) cross-correlogram.

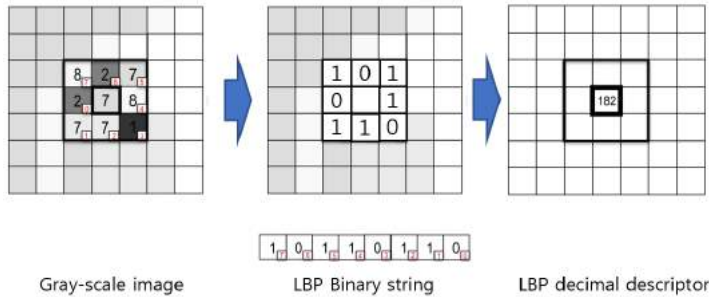


Fig. 2. Examples of LBP calculation.

인접한 8개의 화소를 이용하여 질감을 표현하는 것이다[9]. LBP는 비교적 계산량이 적은 특징 기술자이며, 이미지의 조형 변화와 이미지의 회전 및 스케일링에도 효과적으로 동작이 가능하기 때문에 얼굴 인식 등 여러 분야에서 활용되고 있다. LBP는 지정된 중앙화소를 기준으로 P 개의 이웃화소들과의 대소를 비교하는 과정에서 생성된다. 대소 비교후 LBP 히스토그램을 생성하고 이를 정규화하여 LBP 기술자를 계산한다. 중앙 화소 (x_c, y_c) 를 기준으로 반경 R 인 원위에 위치한 P 개의 이웃 화소에 대한 10진 LBP 기술자는 식 (3)을 통해 계산된다.

$$LBP_{P,R}(x_c, y_c) = \sum_{p=0}^{P-1} s(g_p - g_c) 2^p \quad (3)$$

여기서, g_c 는 중앙화소의 밝기값이고, g_p 는 p 번째 이웃화소의 밝기값이다. 이 때 p 번째 화소위치 (x_p, y_p) 가 정확히 영상의 한 화소에 대응되지 않을 경우에는 보간(interpolation)을 이용해 밝기값을 추정한다. 그리고 LBP의 이진 변환 함수 $s(x)$ 는 식 (4)와 같다.

$$s(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x \geq 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

LBP의 계산 원리에 대한 간단한 예는 Fig. 2와 같다. 그레이 스케일 영상에서 화소값 7을 갖는 화소가 중심화소일 때 주변 8방향에 대한 LBP를 계산하기 위해 중심화소와 각 이웃화소들의 값을 순차적으로 비교한다. 이 때 중심화소보다 이웃화소의 값이 크거나 같을 경우 식 (8)과 같이 이웃화소의 위치는 1로 세팅되고 그 외의 경우 0으로 세팅된다. 이를 순차적으로 이진 스트링화한 후 식 (7)을 이용하여 10진값을 구하면 중심화소에 대한 LBP 값이 산출된다.

2.3 CAMshift

CAMShift는 물체 추적에 가장 많이 사용되는

MeanShift에 탐색창의 크기를 스스로 조절하는 과정을 추가하여 개선한 방법이다. CAMShift는 임의의 물체를 추출하기 위해 경험적 분포에서 동작하는 탐색 기능의 알고리즘으로써 MeanShift에 비해 상대적으로 신속히 물체를 추적할 수 있다는 장점이 있다. CAMShift에서 물체를 추적하는데 가장 많이 사용하는 특징은 Hue 값의 분포이며, 이를 이용하여 물체 주변의 여러 방향을 탐지한 후 이동한 물체의 중심을 찾는 방식으로 동작한다.

CAMShift는 크기, 회전 변화를 추적할 수 있으며, 특히 사람 얼굴 영역을 추적하는데 매우 뛰어난 성능을 보인다. 반면 관심 물체 자체가 단일 색상이 아닌 여러 색상이 혼합된 형태이거나 배경과 유사한 색을 띠 경우 성능이 떨어진다. 그리고 칼라 히스토그램이 칼라의 공간적 분포에 대한 정보는 가지고 있지 않기 때문에 칼라 히스토그램 분포가 유사하게 나타나는 다른 물체에 대한 변별력이 떨어진다. 이런 이유로 CAMShift는 공장 자동화나 배경과 명확히 구분되는 얼굴 인식 시스템 환경과 같은 비교적 단순한 환경에서 많이 쓰인다[5].

3. 제안한 방법

본 논문에서는 카메라를 이용해 무대 피사체를 추적하기 위해 질감 특성과 CAMShift 기법을 이용한 물체 추적 기법을 제안한다. 제안한 방법은 무대 피사체 추적에 적합한 기법을 설계하고 적용하기 위해 고려해야할 환경 및 제한 사항을 다음과 같이 정리하였다.

1. 추적 영상을 획득하는 카메라는 무대 위에서 고정되어 무대 전영역을 한 장면에 담는다.

2. 배우와 같은 움직이는 피사체의 경우 크기 변화가 거의 없다고 가정한다.
3. 상황에 따라 관심 피사체가 변동될 수 있으므로 사용자가 관심 영역을 직접 지정한다.
4. 무대 조명은 전체적으로 꺼지거나 켜질 수 있다.

제안한 방법은 상기와 같은 조건을 만족하는 물체 추적 기법을 위해 ROI 및 관심 피사체의 영역을 지정한 후 이에 대한 칼라 및 질감 특징을 추출하여 지속적으로 추적하는 방식을 취한다. 이 과정에서 피사체 크기의 변화가 일반적인 트래킹 시스템과 달리 크지 않다는 특성에 맞게 MBR 영역 검출을 통해 지정된 관심 피사체의 크기를 추정하여 관심 피사체보다 큰 수렴 영역을 추적하는 문제를 개선할 수 있다. 그리고 칼라 코렐로그램과 LBP를 이용한 질감 특징을 계산하여 적용하면 피사체와 유사한 칼라 분포를 갖는 다른 영역에 대해 변별력을 높이는 동시에 뚜렷한 조명 환경의 차이가 발생하는 경우에도 강인한 추적 성능을 보일 수 있다.

제안한 방법의 순서도는 Fig. 3과 같다. 조명에 강인한 특성을 지향하기 위해 RGB 영상을 HSV로 변환한 후 칼라 히스토그램을 계산하여 후보 영역을 추출한다. 이 때 칼라 분포 비율만을 단서로 찾는 CAMShift 방법의 문제점을 해결하기 위해 칼라 코렐로그램을 이용하여 후보 영역간 질감 특징을 비교하여 최종 추적 영역을 결정하도록 한다. 먼저 RGB 영상을 HSV로 변환하고 RGB 색공간을 이용하여 MBR 영역을 추출한다. MBR 영역 추출을 통해 배경을 분리함과 동시에 지정된 ROI의 크기를 화소 단위로 제한하는 과정을 수행한다. 이 과정에서 제한된 피사체의 화소 단위 크기는 CAMShift 탐색창 수렴 조건에 중요한 역할을 한다. 그 다음 단계에서는 hue 기반 칼라 히스토그램 분포를 이용하여 ROI와 유사한 후보 영역들을 검출한다. 이 때 후보 영역은 MBR 단계에서 얻어진 객체 크기를 만족해야 한다. 정해진 개수의 후보 영역 검출 후 각 후보 영역과 ROI를 같은 크기로 정규화한 후 칼라 코렐로그램과 MB-LBP 특징 서술자를 계산한다[10]. 칼라 코렐로그램은 칼라 상관관계를, MB-LBP는 그레이영상 기반 특징 상관관계를 표현할 수 있기 때문에 상호 보완적인 역할을 수행할 수 있다. 특히 추적 과정에서 조명 조건

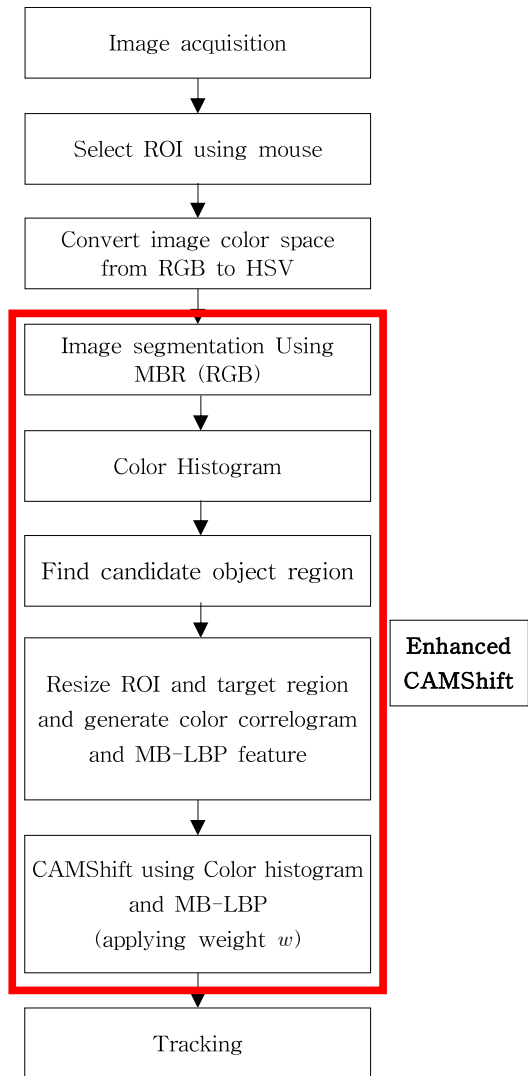


Fig. 3. A flowchart for proposed method.

이 변할 경우 MB-LBP 서술자의 영향력을 높임으로써 조명에 강인한 추적 성능을 보이도록 설계하였다.

3.1 MBR 영역 계산을 통한 관심 피사체 추출

관심 영역의 피사체 특징 정보는 조명의 조도 변화에 따라 영상 정보가 수시로 바뀔 수 있다. 그리고 기존의 CAMShift 알고리즘의 특성상 유사한 칼라 히스토그램 분포를 갖는 영역 중 가장 큰 영역을 추천하는 특성이 있기 때문에 이를 보완하는 과정이 필요하다. 이러한 기존 CAMShift로 인한 오검출에 관한 예시 영상은 Fig. 4와 같다. 사용자가 지정한



Fig. 4. Result about CAMshift and its color histogram (a) query ROI and (b) conventional CAMShift.

ROI와 해당 영역의 칼라 히스토그램이 Fig. 4의 (a) 일 때 기존의 CAMShift로 추적한 결과 영역과 칼라 히스토그램은 Fig. 4의 (b)와 같이 나타난다. 이러한 현상이 나타나는 이유는 두 영역의 칼라 히스토그램 분포에서 공통된 칼라인 두 번째 빈이 CAMShift 메커니즘에서 확률분포 스코어가 수렴하는 영역을 결정하는데 영향을 크게 미쳤기 때문이다. 이로 인해 최초 지정했던 관심영역과 상이한 영역을 추적하였고 지정된 영역과 크기 및 분포 특성이 다른 결과를 초래하게 되었다. Hue값을 기반으로 하는 칼라 히스토그램만으로는 관심 피사체에 대한 정확한 추적을 보장할 수 없다. 따라서 기존 Hue값 기반 칼라 히스토그램보다 분별력이 좋은 다른 특징을 추가적으로 적용하는 것을 고려해야 한다.

Hue값 기반 칼라 히스토그램의 다른 문제점은 동일한 장면에서 과도한 공통 분포 영역을 추출한다는 것이다. 이에 대한 예시 영상은 Fig. 5와 같다. 같은 장면에 대해 조명이 전체적으로 어둡게 설정된 조건과 상대적으로 밝은 조건으로 촬영하였고, 각 조건에 대해 좌측 하단 물체에서 색이 다른 두 영역을 각각 관심 영역으로 지정한 후 해당 영역과 hue 성분이 비슷한 정도와 RGB 성분이 비슷한 정도를 표현하였다. 이 중 빨간색 영역을 지정한 결과가 Fig. 5의 (a) 이고 연두색 영역을 지정한 결과가 Fig. 5의 (b)이다. 두 영역에 대한 hue값 분포를 살펴보면 의외로 다양한 영역에서 지정 영역과 유사한 특징을 띄고 있음을 확인할 수 있다. RGB에 비해 조명으로 인해 큰 변화는 발생하지 않으나 과도한 후보 영역 검출로 인해

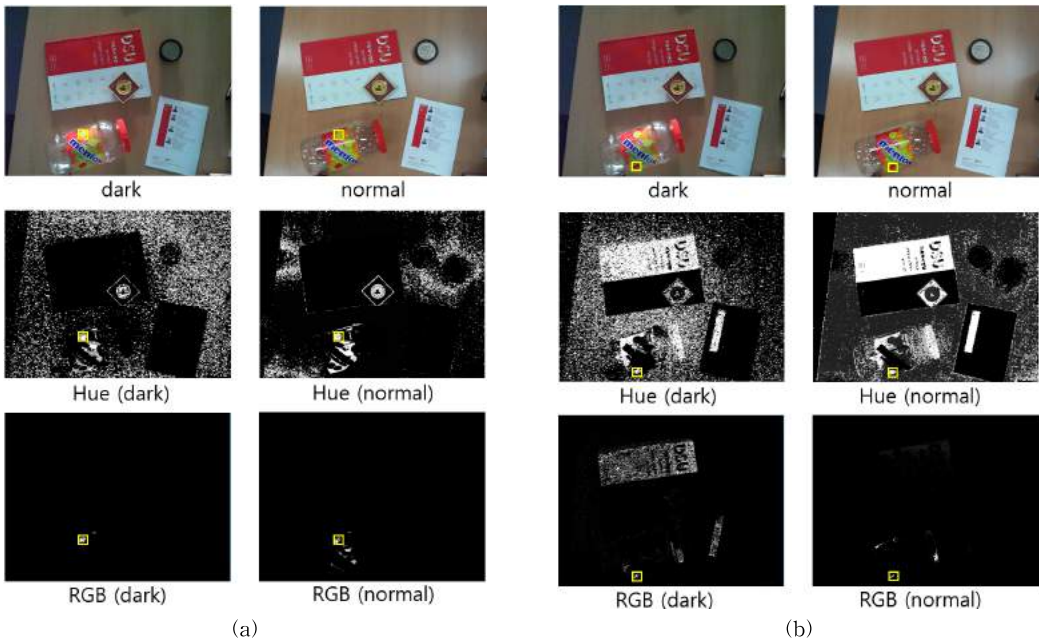


Fig. 5. (a) query ROI (green region) (b) query ROI (red region).

오검출 가능성이 증가할 수 있다. 반면 RGB 분포를 사용할 경우 별도의 특징 정보를 추출하는 과정 없이 hue보다 분별력이 좋은 결과를 기대할 수 있다고 판단할 수 있다.

제안한 방법은 MBR(Minimum Boundary Rectangle) 영역을 추출하여 객체 영역에서 배경을 분리함과 동시에 해당 피사체의 크기를 화소단위로 카운트하여 사용한다. 관심 영역의 MBR 추출을 위해 Fig. 8 자료에 대한 고찰을 통해 원영상의 RGB 화소값을 사용한다. 각 red, green, blue 채널을 분리한 영상을 추출한 후 각 영상에 대해 이진화를 수행하여 MBR 영역에 포함될 화소들을 찾아낸다. 영상 좌표 (i, j) 에 위치한 MBR 영역 화소 $M(i, j)$ 는 식 (5)에 의해 결정된다.

$$M(i, j) = \begin{cases} 0, & R_{ij} = G_{ij} = B_{ij} = 255 \\ 255, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

여기서, R_{ij} , G_{ij} 및 B_{ij} 는 이진화된 영상의 화소 좌표 (i, j) 의 각 RGB 채널값을 의미한다.

MBR 영역을 추출한 후 이진 영상에 대해 Closing 모폴로지를 수행하여 연결한다. 이 때 화소값이 255인 영역에 대해 윤곽선을 추출한다. 윤곽선 추출시 조명이나 잡음 등에 의해 윤곽선이 연장되어 표현되는 경우가 발생할 수도 있다. 제안한 방법은 추출된 윤곽선들 중 가장 긴 윤곽선을 찾아서 가로 및 세로 최외곽 교점을 찾아 크기를 결정한다.

3.2 Hue 기반 칼라 히스토그램을 이용한 후보 영역 추출

기존의 CAMShift는 HSV의 Hue 성분을 ROI에서 추출하여 만든 칼라 히스토그램을 이용하여 객체 추적에 사용한다. 3.1절에서 서술한 RGB만을 이용하여 후보 영역을 추출하는 경우 추적 성능이 저하될 여지가 있다. Fig 5의 (a)와 (b)의 RGB 항목을 관찰해보면 조명의 변화에 따라 공통 성분 추출 성능이 판이하게 달라지는 것을 확인할 수 있다. hue 성분으로 인해 공통 성분이 분포한 영역이 광범위하게 찾아지는 결과를 얻을 수 있겠으나 RGB에 비해 조명의 변화로 인한 추출 성능이 크지 않음을 확인할 수 있다. 기존 CAMShift에서 발생한 문제점은 hue 성분으로 인한 큰 영역 추출이었음을 상기해보면 3.1절에서 피사체 크기 제한 과정을 거친 후에 오히려 RGB보다 활용성이 크다고 판단할 수 있다.

제안한 방법은 기존 CAMShift의 수렴 조건을 최대 크기 수렴 대신 3.1절의 MBR 추출 영역의 크기로 설정하여 적용한다. 이로 인해 기존 수렴 조건으로 인해 수렴하기까지 탐색창의 크기가 증가하는 현상을 억제할 수 있다.

수렴 조건 변화에 따른 결과는 Fig. 6과 같다. ROI를 퍼플색과 같이 지정했을 때 해당 영역과 유사한 분포를 갖는 대표적인 세 영역의 칼라 히스토그램 분포는 상단과 같다. 각각의 케이스를 다른 박스 색으로 구별해놓았다. 세 영역 모두 ROI와 칼라 분포가 유사하나 중간 영역은 ROI에 비해 크기가 매우 크기 때문에 제안한 방법의 후보 영역에서 제외된다. 반면 기존의 CAMShift로 얻은 수렴 영역은 ROI를 포함한 빨간색 타원형의 영역이다. 이러한 현상이 발생하는 이유는 칼라 히스토그램을 비교하는 과정에서 두 영역의 히스토그램을 정규화하기 때문이다.

3.3 질감 특징 반영

Hue 성분은 극단적인 조도 변화를 제외하고 조명에 강인한 특성을 가지고 있으나 이는 어디까지나 보편적으로 많이 사용되는 RGB 색공간에 비해 상대적으로 강인하다는 의미이다. 실제로 무대에서 전체 조명이 완전히 꺼지거나 켜질 때와 같이 조명 조건의 편차가 클 경우에는 Hue 성분을 이용한 반면 이 성분을 이용하여 만든 칼라 히스토그램은 관심 영역의 칼라 분포를 확률적으로 잘 표현해주지만 공간 정보를 반영하지 못하고, 이는 CAMShift의 대표적인 단

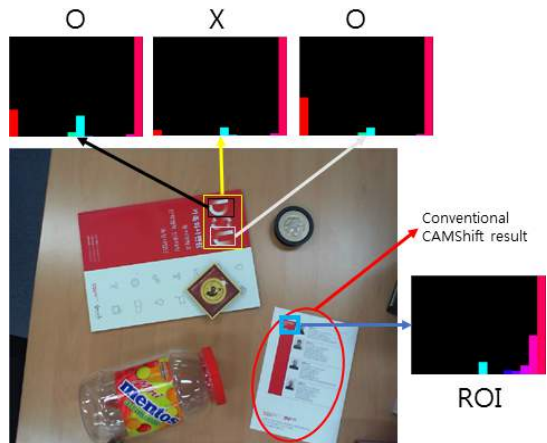


Fig. 6. Color histogram distribution of query ROI and three candidates.

점인 질감 물체 추적 성능의 저하로 연결된다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 추적 영역을 결정하는데 필요한 질감 특성을 계산하고 매칭하기 위한 유사 특성 공간을 정의하고 제시한다. 제안한 방법은 질감 특성 비교를 위해 ROI와 탐색 영역에 대해 칼라 코렐로그램과 LBP 특징을 각각 계산한 후 이들을 가중합(weighted sum)한다. 칼라 코렐로그램과 LBP 모두 질감 특징을 서술하는 역할을 한다. 둘의 차이점은 칼라 코렐로그램은 중심화소와 이웃화소간의 칼라 분포 특성을 기술하는 것이고, LBP는 그레이 영상을 기반으로 계산되는 것이다.

피사체 추적 과정에서 칼라 코렐로그램의 역할은 동일한 칼라 히스토그램 분포 영역에 대해 질감 특성을 반영하여 구별하는 것이다. 이에 대한 예시는 Fig. 7과 같다. (a)에 표시된 영역을 ROI라고 했을 때 기존 CAMShift를 통해 얻은 결과가 (b)의 타원형 영역이다. 이들의 칼라 히스토그램 분포는 그림과 같이 매우 유사하다. 반면 이들 영역의 칼라 코렐로그램이 우측에 제시되었다. 이러한 오추적 사례를 칼라 코렐로그램 기반의 특징 정보를 적용함으로써 방지할 수 있다. 다만 Fig. 7에 제시된 칼라 히스토그램은 히스토그램 발생후 히스토그램을 정규화 시켜서 비교하는 반면 칼라 코렐로그램은 ROI와 후보 영역들을 동일한 크기로 맞춰줘야 정확한 결과를 얻을 수 있다.

제안한 방법은 칼라 코렐로그램을 전체 영상이 아

닌 지정된 ROI 영역 및 앞에서 지정된 후보 영역에 대해서 발생시키고 이들간의 유사도는 히스토그램 인터섹션을 통해 계산한다. ROI와 t 개의 후보 영역들을 동일한 크기로 맞춰준 후 칼라 코렐로그램을 발생시킨다. 히스토그램 인터섹션은 식(6)과 같다[7].

$$HI_{CC_i} = \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{m-1} \min(\gamma_{C_r, C_j}^k(ROI), \gamma_{C_r, C_j}^k(Tar_t)) \quad (6)$$

여기서, ROI와 t 번째 후보 영역 Tar_t 는 서로 다른 영역의 칼라 코렐로그램을 나타낸다. m 은 칼라 코렐로그램의 빈의 개수이며, $\gamma_{C_r, C_j}^k(ROI)$ 는 ROI영역의 i 번째 빈값이다.

칼라 코렐로그램 계산과 동시에 ROI 영역과 후보 영역들에 대한 LBP 특징을 추출하고 유사도를 계산한다. 제안한 방법은 블록 단위로 LBP를 적용하는 MB-LBP(Multi-scale Block LBP)를 적용하여 특징 히스토그램을 발생시키고 유사도 계산은 칼라 코렐로그램과 같이 히스토그램 인터섹션을 적용한다. MB-LBP 또한 칼라 코렐로그램과 마찬가지로 동일한 크기로 맞춰진 영역들에 대해 수행한다. 이에 대한 히스토그램 인터섹션은 식 (7)과 같다[9].

$$HI_{SM_t} = \sum_{b=1}^B \min(ROI, Tar_t) \quad (7)$$

최종적으로 칼라 코렐로그램 유사도와 LBP 유사도를 결합하여 ROI와 t 번째 후보 영역간의 유사도를

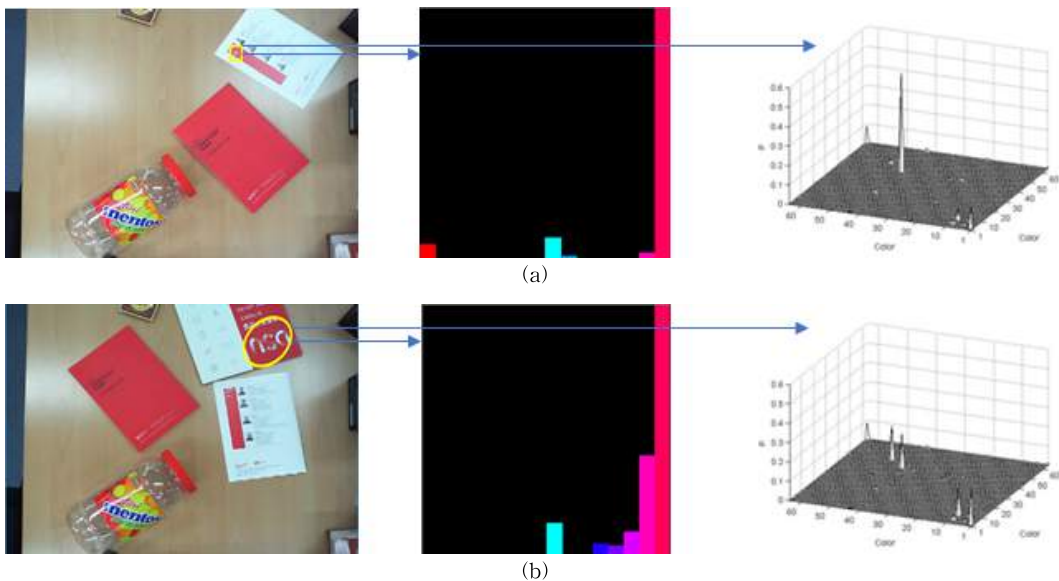


Fig. 7. Experimental result about texture feature (a) query ROI (b) conventional CAMShift.

계산하여 추적 영역을 결정한다. 유사도는 식 (8)과 같다.

$$Dis(Tar_t) = wHI_{CC_t} + (1-w)HI_{SM_t} \quad (8)$$

여기서, w 는 가중치이다. 식 (9)의 가중치 w 는 칼라 상관관계와 그레이 영상 기반 특징들의 상관관계 간의 비중을 조절해주는 역할을 한다. 만약 ROI 지정 후 조명 조건이 변한 경우 w 를 감소시켜 조명 변화에 강인한 LBP 특징의 비중을 높여줘야 피사체 추적을 보다 정확하게 수행할 수 있다. 조명 조건 변경 여부는 ROI 지정 후 단위 영상 프레임의 평균 명암도를 계산하여 판단한다. 이는 식 (9)와 같이 표현된다.

$$|mean(ROI) - mean(Tar_t)| > T \quad (9)$$

4. 실험 결과 및 고찰

제안한 방법의 적합성을 증명하기 위하여 실험용 PC는 Inter Core i5-3570k CPU와 24G Byte Memory Computer 및 1920*1080의 영상을 촬영할 수 있는 Microsoft사의 Lifelens 웹캠을 장착하여 실험을 수행하였다. 컴파일러는 Visual Studio 2015를 사용하

였고 본 논문에서 제시한 유사도 가중치 w 는 최초 0.5, 평균명암도 T 는 100으로 정한 후 가중치 변경 조건에 만족할 경우 w 를 0.2로 변경하도록 설정하였다.

실험 과정은 장착된 웹캠의 자동조도 기능 활성화를 억제하였고 45 cm 높이 트라이포드에 고정하여 상단에서 아래 방향으로 촬영하였다. 노이즈 리덕션을 위해 전처리 단계에서 미디언 필터 처리를 수행하였다. 실험 수행 항목은 전형적인 이동 및 회전에 따른 피사체 추적 결과, ROI 지정 후 조명 변화에 따른 추적 성능 확인으로 구성되었다. 제안한 방법의 성능 비교는 기존의 CAMShift 기법과의 추적 성능 비교 화면을 통해 확인하였다.

유사한 칼라 히스토그램 분포 특성을 가진 큰 영역이 존재할 때 제안한 방법의 실험 결과는 Fig. 8과 같다. 질의 영역이 (a)와 같을 때, 기존의 CAMShift는 (b)과 같은 영역을 추적 영역으로 도출하였고, 제안한 방법은 (c)에 표시된 영역을 추적 영역으로 도출하였다. 실험에서 지정한 ROI는 영상의 좌하단에 위치한 사탕통의 일부 영역으로 칼라 분포가 Fig. 7의 (c)와 같다. 이 영역을 지정했을 때 기존의 CAM

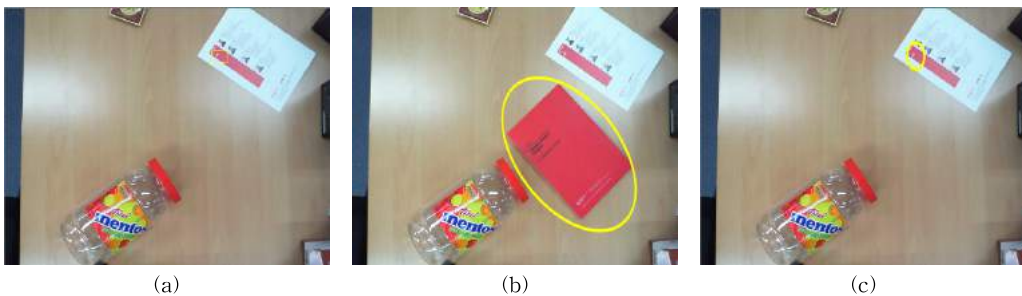


Fig. 8. Experimental result about size limit performance (a) query ROI (b) conventional CAMShift, and (c) proposed algorithm.

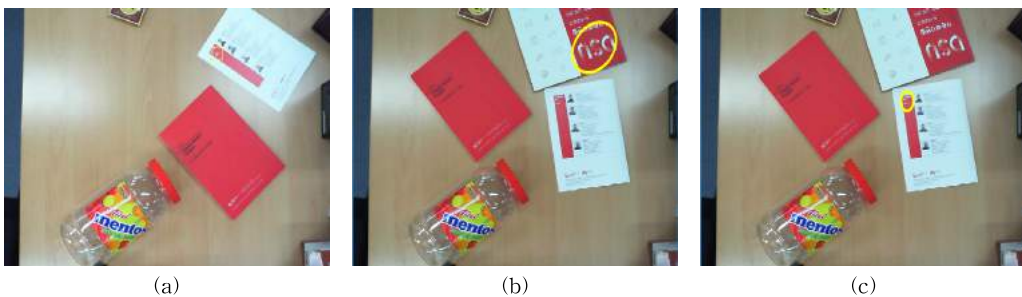


Fig. 9. Experimental result about size limit performance (a) query ROI (b) conventional CAMShift, and (c) proposed algorithm.

Shift는 칼라 히스토그램 분포 비율이 유사한 영역중 가장 큰 영역까지 확장했기 때문에 (b)와 같은 결과를 도출하였다. 게다가 피사체 영역이 아닌 배경(바닥)까지 추적 영역으로 설정하는 결과를 내었다. 반면 제안한 방법은 MBR 영역을 사전에 검출후 배경과 피사체를 분리하는 과정을 거치기 때문에 (c)와 같이 최초 지정한 영역을 유지하여 추적하는 결과를 내었다.

이러한 특성은 Fig. 9의 실험에서도 그대로 반영된다. 관심 영역이 (a)와 같고, 최초 추적 시점에서 없었던 피사체가 (b)와 같이 출현했을 때, 칼라 분포 비율의 유사성과 큰 영역을 우선으로 추출하는 CAMShift의 특성이 결과에 나타난다. 반면 제안한 방법의 결과인 (c)에서는 기존의 문제가 나타나지 않고 원래 ROI 영역을 비교적 잘 추적하였다.

ROI 지정 후 조명 변화에 대한 강인함 여부를 확인하기 위한 실험 결과는 Fig. 10과 같다. 본 실험에서는 회전과 조명 변화에 대한 성능 비교를 위해 기존의 CAMShift 기법에 제안한 방법의 MBR 영역 추출 과정을 추가하여 변동 인자를 줄였다. (a)와 같이 저조도 환경에서 중앙 피사체를 ROI로 지정하여 추적 수행 도중 조명을 변경시켜 성능을 확인하였다.

저조도 환경에서 피사체를 회전시킨 결과 제안한 방법은 (b)와 같이 관심영역의 피사체를 양호하게 추적 하였으나 기존의 CAMShift는 (c)와 같이 피사체 범위에서 오차를 발생시켰다. 조명을 변화시킨 이후 제안한 방법의 추적 성능은 (d)와 (e)에서 보이는 것처럼 좋았다. 이는 제안한 방법의 질감 특징이 조명 변화와 회전에 강인함을 보여주는 결과다.

ROI 지정 후 조명 변화에 대한 강인함 여부를 확인하기 위해 유사한 질감 영역이 많은 영역에 대한 실험을 수행하였다. 본 실험 또한 앞선 실험과 같이 기존의 CAMShift 기법에 MBR 영역 추출 과정을 추가하였다. 이전 실험과 같이 조명 조건은 저조도 환경에서 ROI를 설정한 후 밝은 조명으로 변경하고 다시 저조도로 변경시켰으며 이 과정에서 ROI가 포함된 피사체를 무작위로 이동 및 회전시켜 성능을 비교하였다. 이에 대한 실험 결과는 Fig. 11과 같다. 제안한 방법은 (a)와 같이 조명이 변하는 과정에서도 회전 및 이동에 강인하게 ROI를 잘 추적하였다. 동일한 조건으로 동일한 ROI를 설정하여 같은 방법으로 기존의 CAMShift를 적용하였을 때 (b)와 같이 오추적이 발생하였다.

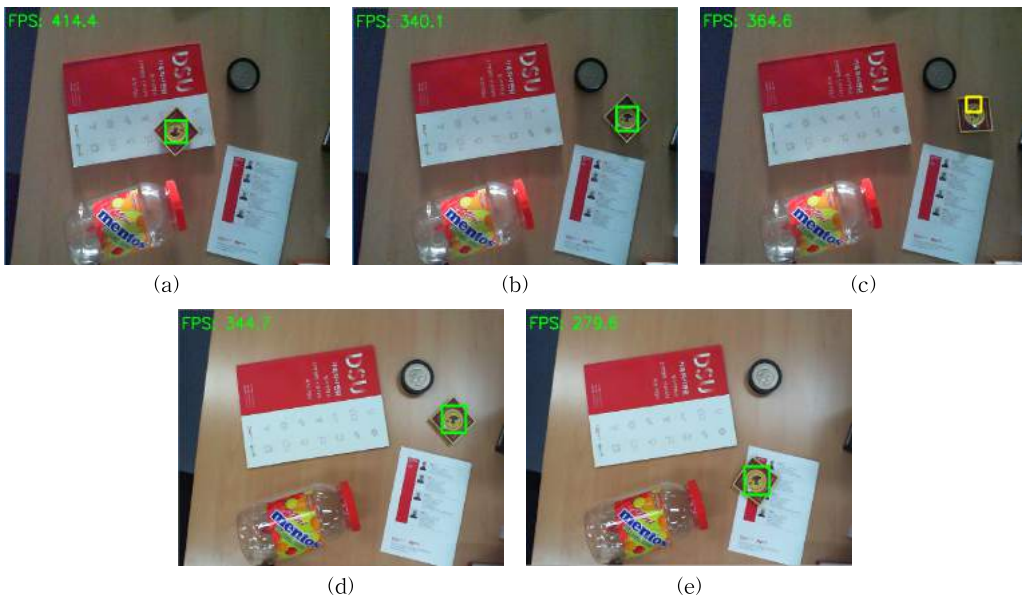


Fig. 10. Experimental result about object tracking with changing illumination condition, (a) tracking under low illumination (b) rotation under low illumination (c) result about conventional CAMShift after rotation (d) result about proposed method after changing illumination, and (e) result about proposed method after changing illumination.



Fig. 11. Experimental result about object tracking with changing illumination condition. (a) result about proposed method (b) result about conventional CAMShift.

5. 결 론

본 논문에서는 카메라 기반으로 무대 피사체를 강인하게 추적하기 위해 질감 특성을 반영한 개선된 CAMShift 기법을 제안하였다. 제안한 방법은 무대 운영 특성을 반영하여 위에서 촬영하는 경우 피사체 크기의 변화가 크지 않다는 점, 객체가 순간 이동 등 급격히 사라지는 경우가 흔치 않다는 점, 그리고 조명 컨트롤 등이 필요한 피사체가 변경될 수 있다는 점, 마지막으로 조명이 전체적으로 큰 폭으로 변할 수 있다는 점들을 감안하여 설계 및 구현하였다. 카메라가 상단에서 촬영하는 무대내 객체들의 크기가 큰 폭으로 변하지 않는 점을 이용하여 ROI 지정 후 CAMShift 수행과정에서 탐색창의 크기를 MBR 영역 추출을 통해 제한하였고, 칼라 비율과 크기 제한으로 해결할 수 없는 부분을 칼라 코렐로그램과 MB-LBP를 이용한 질감 특징을 적용함으로써 칼라 히스토그램이 반영하지 못하는 칼라 분포의 공간적 의미 및 조명과 회전 등에 강인한 추적 성능을 내도록 하였다. 실험을 통해 제안한 방법은 기존의 CAMShift에서 나타나는 오검출을 방지하는 성능을 보였고, 특히 추적 과정에서 조명의 변화에 대해 강인한 성능을 보였다. 칼라 히스토그램 분포가 유사한 경우 제안한 방법에서 적용한 질감 특징 정보가 오추적을 방지할

수 있었다.

향후 조명 및 음향 등 실감미디어나 IT 융합 무대 컨트롤 시스템에 제안한 기법이 적용되기 위해서는 지정된 피사체의 구체적인 모션 변화와 같은 변형에 강인한 기법의 연구가 필요할 것이며, 지역적으로 편중되는 비 램버시안 조명 조건에서도 강인한 추적 성능을 내기 위한 특징 서술자를 적용하는 방법과 규모가 작은 모바일 환경에서도 실시간으로 영상을 처리해낼 수 있는 효율적인 방법에 대한 연구가 동시에 수행되어야 할 것이다.

REFERENCE

[1] D.G. Kim, S.J. Lee, Y.M. Ahn, and D.H. Kim, "Development of Dynamic Object Location Tracking System for Using Ultra Wide Band Sensor - Mainly Applied to the Stage Technology by Immersive Media," *Proceeding of 2015 Korean Society of Broadcast Engineers Summer Conference*, pp. 125-128, 2015.

[2] L. Lan, X. Wang, S. Zhang, D. Tao, W. Gao, and T. Huang, "Interacting Tracklets for Multi-Object Tracking," *IEEE Transactions*

- on *Image Processing*, Vol. 27, pp. 4585–4597, 2018.
- [3] P. Chen, H. Krim, and O. Mendoza, “A Theory of Phase Singularities for Image Representation and its Applications to Object Tracking and Image Matching,” *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 19, pp. 1706–1719, 2010.
- [4] S. Afef and J.Y. Ameni, “Object Tracking System Using Camshift Mean-shift and Kalman filter,” *World Academy of Science Engineering and Technology International Journal of Electronics and Communication Engineering*, Vol. 6, No. 64, pp. 421–426, 2012.
- [5] C. Hsia, Y. Liou, and J. Chiang, “Directional Prediction CamShfit Algorithm Based on Adaptive Search Pattern For Moving Object Tracking,” *Journal of Real-Time Image Processing*, Vol. 12, pp. 183–195, 2016.
- [6] S.J. Lee and M.C. Won, “A Vision Based People Tracking and Following for Mobile Robots Using CAMSHIFT and KLT Feature Tracker,” *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 17, No. 7, pp. 787–796, 2014.
- [7] R.C. Gonzalez and R.E. Woods, *Digital Image Processing (Third Edition)*, Pearson Education, Upper Saddle River, New Jersey, 2011.
- [8] D. Soni and K. J. Mathai, “An Efficient Content Based Image Retrieval System Based on Color Space Approach Using Color Histogram and Color Correlogram,” *Proceeding of 2015 Fifth International Conference on Communication Systems and Network Technologiess*, pp. 488–492, 2015.
- [9] T. Ojala, M. Pietikainen, and T. Meanpaa, “Multiresolution Gray-scale and Rotation Invariant Texture Classification with Local Binary Patterns,” *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 24, No. 3, pp. 971–987, 2002.
- [10] T. Ojala, M. Pietikainen, and D. Harwood, “A Comparative Study of Texture Measures with Classification Based on Feature Distributions,” *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 29, pp. 51–59, 1996.
- [11] T. Liu, F. Li, and R. Wang, “Human Face Gender Identification System Based on MB-LBP,” *Chinese Control and Decision*, pp. 1721–1725, 2018.
- [12] T. Zhang, H. Hu, and B. Li, “A Naturalness Preserved Fast Dehazing Algorithm Using HSV Color Space,” *IEEE Access*, Vol. 6, pp. 10644–10649, 2018.
- [13] D. Soni and K.J. Mathai, “An Efficient Content Based Image Retrieval System Based on Color Space Approach Using Color Histogram and Color Correlogram,” *Proceeding of 2015 Fifth International Conference on Communication Systems and Network Technologies*, pp. 488–492, 2015.



신 정 아

2016년~현재 동서대학교 컴퓨터
공학부 학사과정
관심분야: 데이터베이스, 영상 인
식, 증강 현실 등



김 도 희

2016년~현재 동서대학교 컴퓨터
공학부 학사과정
관심분야: 데이터베이스, 영상 인
식, 가상 현실 등



홍 석 근

2005년 한국해양대학교 제어컴퓨
터정보공학과 졸업(공학
사)
2008년 한국해양대학교 제어계측
공학과 졸업(공학석사)
2013년 한국해양대학교 제어계측
공학과 졸업(공학박사)

2018년~현재 동서대학교 산학협력단 연구교수
관심분야: 영상처리, 스테레오비전, 3차원 정보 추출, 패
턴 인식 등



조 대 수

1995년 부산대학교 컴퓨터공학과
졸업(공학사)
1997년 부산대학교 컴퓨터공학과
졸업(공학석사)
2001년 부산대학교 컴퓨터공학과
졸업(공학박사)

2001년~2004년 ETRI 텔레매틱스 연구단 선임연구원
2004년~현재 동서대학교 컴퓨터공학부 교수
관심분야: GIS, 공간데이터베이스, LBS, 빅데이터, 사물
인터넷 등