

지역정보와 색 정보의 단계적 적용에 의한 능동 객체 추적

정 준 용[†] · 이 규 원^{††}

요 약

실시간으로 입력되는 영상으로부터 지역정보 및 색 정보의 단계적 적용에 의한 Pan, Tilt 카메라를 이용한 능동객체추적방법을 제안한다. 환경 잡음을 제거하기 위하여 가우시안 필터링으로 전처리를 행한다. 적응적인 가우시안 혼합 모델링을 이용하여 배경과 객체를 분리한다. 객체가 분할되면 객체의 중심에 가깝게 탐색 윈도우를 설정하고 객체의 색 정보를 추출한다. 추출된 색 정보를 카메라가 이동하는 동안에도 추적이 가능한 CAMShift 추적 알고리즘을 적용하여 객체를 실시간으로 추적한다. 추적에 있어서 객체의 중심점이 화면의 중앙에 놓이도록 Pan, Tilt를 제어함으로써 적합한 추적이 이루어지도록 한다. 실험을 통하여 제안한 방법이 기존의 수동 영역 설정 방법보다 효과적임을 보였다.

키워드 : 객체 검출, 객체 추적, CAMShift 알고리즘, 가우시안 혼합 모델

Active Object Tracking based on stepwise application of Region and Color Information

Joon-Yong Jeong[†] · Kyu-Won Lee^{††}

ABSTRACT

An active object tracking algorithm using Pan and Tilt camera based in the stepwise application of region and color information from realtime image sequences is proposed. To reduce environment noises in input sequences, Gaussian filtering is performed first. An image is divided into background and objects by using the adaptive Gaussian mixture model. Once the target object is detected, an initial search window close to an object region is set up and color information is extracted from the region. We track moving objects in realtime by using the CAMShift algorithm which enables to trace objects in active camera with the color information. The proper tracking is accomplished by controlling the amount of pan and tilt to be placed the center position of object into the middle of field of view. The experimental results show that the proposed method is more effective than the hand-operated window method.

Keywords : Object Detection, Object Tracking, CAMShift Algorithm, Gaussian Mixture Model

1. 서 론

영상 감시 시스템은 국방 방위체제, 사회 안전망 구축, 교통 시스템 등 여러 분야에서 사용되고 있으며 감시, 감독만을 위한 시스템이 아닌 검출, 추적이 가능한 지능형 감시 시스템으로 발전하여 많은 연구가 이루어 졌다. 최근에는 제 3세대 광역 감시 시스템의 시대로 특징되는 시스템으로 발전하고 있다. 특히 일정한 곳을 감시·감독하는 고정카메라에서, 감시·감독 범위가 넓은 PTZ(Pan, Tilt, Zoom) 카메라를 이용한 지능형 감시 시스템 요구가 높아지고 있으며, 관련 연구[1][2][3]가 진행되고 있다. 고정카메라 환경에서 영

상의 지역정보를 이용한 객체검출은 배경영상에서 객체를 검출한 후 객체들 간의 겹침 현상 시 객체를 판별하지 못하거나 겹침 현상 후 객체를 놓치게 되어 새로운 객체로 오인하는 경우가 발생한다. 이러한 겹침 현상을 해결하기 위해서 지역정보, 컬러 정보, 모션 템플릿 정보를 융합하는 객체 추적 방법[4]을 제안하였으나, PTZ 카메라 환경을 고려하지 않았다. 그리고 PTZ 카메라를 이용한 객체 추적의 경우 지역정보를 이용한다면 카메라의 Panning, Tilting 시에 객체와 배경영상이 하나의 움직이는 객체로 오인하는 문제점이 발생한다. PTZ 카메라 환경에서 지역 정보를 이용하기 위하여 파노라마 배경 생성을 이용한 방법[2]을 제안하였지만, 지역 정보만을 이용하기 때문에 겹침 현상 시에 객체의 분별이 어렵다. 기존의 고정카메라 환경에서 많은 연구 성과가 있었지만 그대로 PTZ 카메라 환경에 적용을 하기에는 많은 문제점이 있다. 본 논문에서는 실시간으로 입력되

[†] 준 회 원 : 대전대학교 정보통신공학과 석사과정
^{††} 정 회 원 : 대전대학교 정보통신공학과 교수(교신저자)
 논문접수 : 2011년 5월 6일
 수정일 : 1차 2011년 7월 15일, 2차 2011년 9월 15일
 심사완료 : 2011년 9월 15일

는 영상으로부터 지역정보를 이용하여 움직이는 객체를 검출한 후, 객체의 중심에 가깝게 탐색윈도우를 설정하여 색 정보를 추출하고, 이를 CAMShift (Continuously Adaptive Mean Shift) 알고리즘에 적용하여 객체를 정확히 판별할 수 있게 하며, 정확히 판별된 객체의 중심점을 Pan, Tilt를 제어하여 화면의 중앙에 놓이게 함으로써 Pan, Tilt 카메라를 이용한 강건한 추적을 할 수 있는 방법을 제안한다. 제 2장에서는 지역정보를 이용한 객체 추적 방법과 CAMShift 알고리즘을 이용한 추적 방법에 대하여 설명하고, 제3장에서는 제안하는 지역정보와 색 정보의 단계적 적용을 통한 능동객체 추적 방법과 Pan, Tilt 제어 방법을 설명하며 제4장에서는 제안 방법에 대한 실험 및 결과고찰을 기술하고 제5장에서는 향후 연구과제 및 결론을 제시한다.

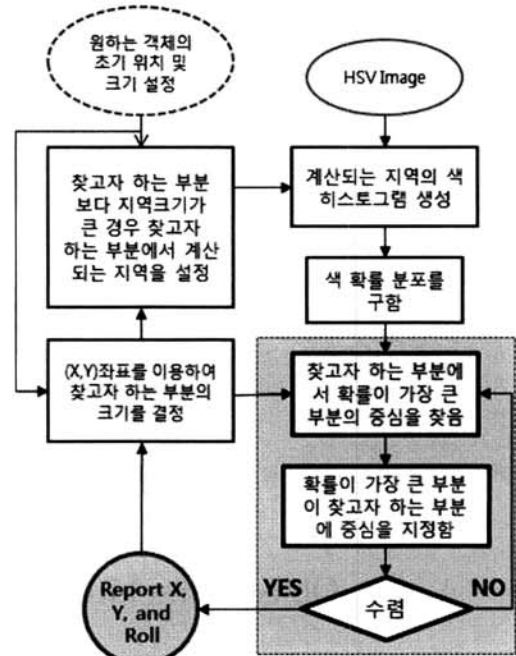
2. 관련 이론

2.1 객체의 지역기반 추적

객체의 지역정보를 이용한 객체추적은 차영상을 이용한 방법, 배경제거(Background Subtraction)방법 등이 있다[5]. 고정 카메라를 이용하는 경우 배경 모델링을 하여 전경을 찾아내는 방법을 많이 사용한다[6][7]. 배경 모델링 방법은 배경제거 방법에 의하여 분리되어진 전경(Foreground)에 대하여 레이블링을 수행하여 객체의 영역 정보를 획득한다. 이러한 방법으로 주위환경으로부터 생길 수 있는 잡음을 객체 영역에서 제외시킬 수 있다. PTZ 카메라를 이용하는 경우는 파노라마 배경 생성을 이용한 객체추적 방법을 많이 사용한다[2]. 파노라마 배경 생성을 이용한 추적 방법은 PTZ 카메라의 Panning, Tilting시에 획득가능한 모든 영상을 하나의 영상으로 정렬함으로써 파노라마 배경영상을 생성하고, 미리 생성된 파노라마 배경과 차분방법을 이용하여 배경과 객체를 분리하고 객체의 움직임을 추적하는 방법이다. 파노라마 배경 생성을 이용한 추적 방법은 파노라마 배경 영상을 미리 생성함으로써 PTZ 카메라가 추적가능한 시야 범위 어디에서든 배경영상과 차분을 통해 객체를 추적할 수 있으며, 카메라가 이동하는 동안에도 객체와 배경을 하나의 움직이는 객체로 오인하지 않고 추적이 가능하다.

2.2 색 정보를 이용한 추적

CAMShift(Continuously Adaptive Mean Shift)[8]알고리즘의 기반이 되는 MEANShift[9] 알고리즘은 고정된 윈도우 크기를 가지고 색 정보에 기반 하여 현재 프레임에서의 추적대상의 중심 위치로 수렴해 가는 방법이다. CAMShift는 기본적으로 MEANShift 알고리즘을 사용하면서 목표의 크기 및 각도를 같이 계산한다. 원하는 객체의 색(Hue) 정보를 추출하여 계속되는 영상에서 색 정보를 비교하여 원하는 부분을 추적할 수 있도록 하는 알고리즘이다[10]. 주로 사용되는 Gary R. Bradski가 제안한 CAMShift[11]는 (그림 1)과 같은 방법으로 수행된다.



(그림 1) 색 정보를 이용한 객체 추적

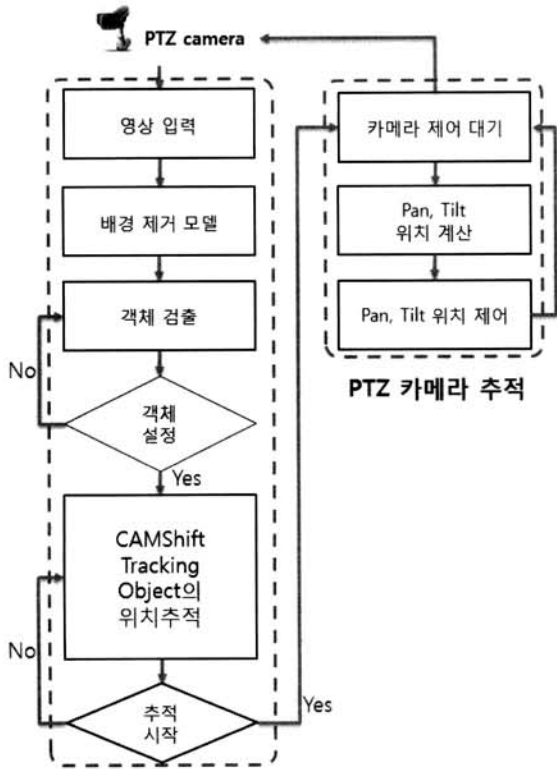
3. 제안하는 시스템

3.1 지역정보와 색 정보의 단계적 적용에 의한 객체 추적

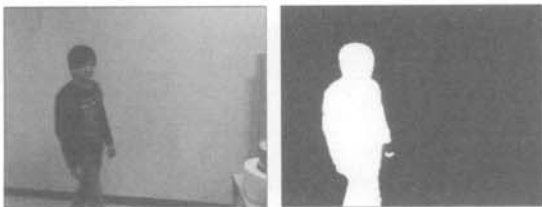
2장에서 살펴본 지역 정보를 이용한 객체 추적 방법은 Pan, Tilt 카메라 환경에서 Pan, Tilt 카메라가 이동할 경우 배경영상과 객체가 하나의 물체로 오인되는 현상이 발생되며 파노라마 배경생성을 이용한 추적방법은 파노라마 배경을 생성하는데 많은 시간이 소요되고 잡음에 민감하다는 단점이 있다. 본 논문에서는 파노라마 배경을 생성하지 않고 잡음에 강한 가우시안 필터링을 통해 객체와 배경을 분리하고, 색 정보를 이용할 경우 Pan, Tilt 카메라가 이동을 하더라도 배경과 객체의 분리가 가능하다는 점에 착안하여 지역정보와 색 정보를 단계적으로 사용하여 정확한 객체 추적이 가능한 알고리즘을 제안한다. 그리고 기존에 CAMShift 알고리즘의 탐색윈도우 설정을 검출된 객체 전체 영역을 대상으로 설정할 경우 객체 주위 배경 색의 분포도가 높게 되면, 객체가 아닌 배경을 추적하는 문제점을 해결하기 위하여 객체의 중심에 가깝게 탐색윈도우를 설정하는 방법을 제안한다.

본 논문에서 제안하는 시스템은 (그림 2)와 같다.

제시된 방법인 단계적 객체 추적 알고리즘의 기본적 추적 방법에는 지역정보에 근거한 추적 방법을 사용한다. 제안한 시스템은 기존에 제안된 적응적인 가우시안 혼합 모델링[12]기반의 배경 제거 기법을 기본으로 하여 설계하였다. (그림 3(a))와 같이 객체가 나타났을 때 (그림 3(b))는 적응적 가우시안 혼합 모델링을 통해 배경과 객체를 분리하는 과정을 거쳐 객체만 정확히 잡아낸다. 불필요한 잡음에 대해서는 형태학적(Morphological) 연산을 통해 제거한다.



(그림 2) 시스템 블록도



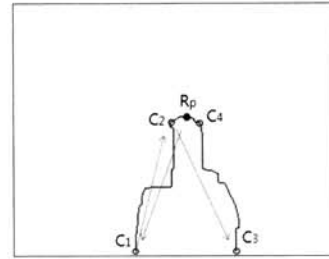
(그림 3) (a) 입력영상 (b) 배경분리 영상

위와 같은 방법으로 입력영상 (그림 4(a))로부터 움직이는 객체를 검출하여 (그림 4(b))와 같이 객체의 윤곽선을 검출한다.



(그림 4) (a) 입력영상 (b) 윤곽선 검출

그리고 검출된 윤곽선을 이용하여 초기 탐색윈도우의 위치를 객체의 중심에 가깝게 설정 한다. 만일 탐색윈도우 내 컬러 확률분포 중 객체 주위 배경의 컬러 확률분포도가 높게 되면, 객체가 아닌 배경을 추적하기 때문이다. (그림 5)와 같이 윤곽선 위 점의 위치를 계산하여 객체의 중심에 가깝게 탐색윈도우를 설정한다.



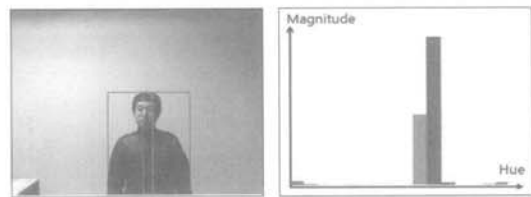
(그림 5) 윤곽선 위 좌표 계산

윤곽선 위에 n 개의 점이 있을 때 윤곽선 위 임의의 점 $R_p(x_p, y_p)$ 로부터 가장 멀리 있는 점 $C_1(x_{c1}, y_{c1})$ 을 구한다. 점 $C_1(x_{c1}, y_{c1})$ 은 점 $R_p(x_p, y_p)$ 로부터 식(1)을 만족하는 n 번째 점이다.

$$C_n = (x_n, y_n)$$

$$C_{max} = \max [\sqrt{((x_p - x_n)^2 + (y_p - y_n)^2)}] \quad (1)$$

같은 방법으로 윤곽선 위 점들 중 점 $C_1(x_{c1}, y_{c1})$ 으로부터 가장 멀리 있는 점 $C_2(x_{c2}, y_{c2})$ 를 구할 수 있다. 세 번째 점 $C_3(x_{c3}, y_{c3})$ 또한 점 $C_1(x_{c1}, y_{c1}), C_2(x_{c2}, y_{c2})$ 에서 가장 먼 점을 구한다. 이렇게 구해진 좌표값을 이용하여 객체에 중심에 가까운 새로운 탐색윈도우의 좌표를 계산할 수 있다. 점 $C_2(x_{c2}, y_{c2})$ 에서 점 $C_4(x_{c4}, y_{c4})$ 가 객체의 머리영역의 가로 길이라고 가정할 때, 탐색윈도우의 나머지 점 $(x_{c2}, y_{c4}), (x_{c4}, y_{c3})$ 를 얻을 수 있다. 새롭게 설정된 탐색윈도우를 이용하여 (그림 6(b))와 같이 객체의 중심에서 색 히스토그램을 얻을 수 있다.



(그림 6) (a) 탐색윈도우 설정(상) (b) 추적된 객체의 색(Hue)히스토그램(하)

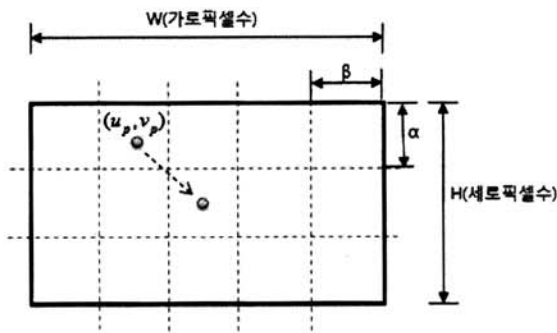
얻어진 색 정보 히스토그램을 CAMShift 알고리즘에 적용을 하고 (그림 7)과 같이 색 정보를 이용한 추적을 시작한다.



(그림 7) CAMShift 알고리즘을 이용한 추적

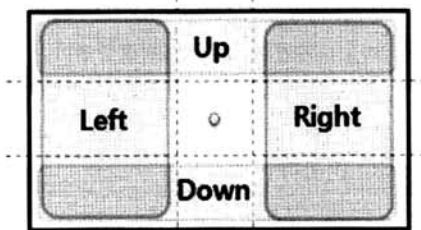
3.2 Pan, Tilt 위치 제어

CAMShift를 통한 객체 추적과 동시에 객체의 중심 좌표를 Pan, Tilt 제어부에 전송한다. Pan, Tilt 제어는 객체의 중심 좌표를 화면의 중앙에 놓이게 제어한다. (그림 8)에서 α 는 Tilt의 이동량, β 는 Pan의 이동량이며 α, β 의 이동량은 정해져 있기 때문에 (그림 8)과 같이 가로 픽셀수 W 를 β 만큼 균등 분할을 하고, 세로 픽셀수 H 를 α 만큼 균등 분할을 한다.



(그림 8) 입력영상과 카메라의 이동 관계

이렇게 분할된 영상에 대해서 (그림 9)와 같이 Pan, Tilt를 제어하는 영역을 설정한다.



(그림 9) 입력영상의 Pan, Tilt 제어 영역 설정

(그림 8)에서 현재 객체의 중심 좌표가 (u_p, v_p) 라고 하였을 때, Pan, Tilt 제어부에서는 Right 명령과 Down 명령을 통해서 객체를 화면의 중앙에 놓이게 할 수 있다. Pan, Tilt 카메라를 이용한 객체 추적을 위해선 정확한 객체의 위치를 찾고 객체의 위치를 화면의 중앙으로 위치시켜야 한다. 추적하는 객체를 화면의 중앙으로 이동시키기 위해선 Pan, Tilt의 위치를 제어함으로써 가능하다.

4. 실험 및 결과 고찰

임의의 객체가 이동하는 환경에서 LAN 인터페이스의 Pan, Tilt 카메라를 이용하여 실시간으로 단일 객체를 능동 추적하는 실험을 행하였다. 사용된 이미지의 해상도는 320*240이다. 그리고 기존의 객체 전체 범위에 대해서 탐색 윈도우를 설정하는 CAMShift 알고리즘과 본 논문에서 제안한 방식을 비교하였다. 총 24000 프레임간 능동객체를

대상으로 비교하였다. 프레임 재생 속도는 평균 30(frame/sec)이다.

기존 방식의 경우 (그림 10)과 같이 객체와 배경의 컬러 확률 분포도가 비슷하거나, 배경의 컬러 확률분포도가 높아 객체가 아닌 배경을 추적하는 것을 볼 수 있다.



(그림 10) 기존 CAMShift 알고리즘을 이용한 추적

하지만 제안하는 알고리즘을 사용한 (그림 11)은 객체의 중심에 가깝게 컬러 확률 분포를 계산함으로써 추적하는 객체를 정확히 추적할 수 있으며, 객체의 움직임에 따라 탐색 윈도우의 크기도 객체의 크기에 적응적으로 변하면서 추적되고 있음을 알 수 있다. (그림 12)는 좀 더 복잡한 환경에서의 실험으로 배경과 다른 객체의 영향을 받지 않고 강건한 추적이 행해지고 있음을 확인할 수 있다. 실험을 통해 초기 추적을 하던 객체 주변에 다른 객체가 나타나 겹침 현상이 나타났을 때 겹침 후에도 정확히 객체를 계속해서 추적하는 것을 볼 수 있다. 그리고 Pan, Tilt 카메라가 이동하는 동안에도 초기객체를 놓치지 않고 계속해서 정확한 추적을 할 수 있는 것을 알 수 있다.



(그림 11) 단계적 적용을 통한 추적



(그림 12) 복잡한 환경에서 단계적 적용을 통한 추적

<표 1> 각 알고리즘에 추적 정확도 비교(%)

상황 (초기객체상태)	1)정확도(%)		Frame
	2)A	3)B	
상황1(정지)	100	100	3000
상황2(정지)	100	100	3000
상황3(정지)	100	100	3000
상황4(정지)	100	100	3000
상황5(움직임)	68	91	3000
상황6(움직임)	75	94	3000
상황7(움직임)	62	89	3000
상황8(움직임)	55	76	3000

- 1) 객체 추적 정확도
- 2) 기존 알고리즘의 수동 영역 설정
- 3) 제안하는 방법의 자동 영역 설정

<표 1>은 추적 초기 객체가 정지한 상황과 움직이는 상황으로 나누어 기존 CAMShift 알고리즘의 수동 영역 설정 방법과 제안하는 방법의 자동 영역 설정 방법을 실제 추적한 프레임 수를 비교하여 정확도를 나타낸 것이다. 정확도는 식 (2)로 구하였다.

$$Accuracy(\%) = \frac{T_f}{RT_f} \times 100 \quad (2)$$

여기에서 RT_f 는 실제로 객체를 추적해야 하는 프레임 수를 의미하고, T_f 는 실험을 통해서 객체가 추적된 프레임 수를 뜻한다. 초기 객체가 정지한 상황에서는 기존 알고리즘과 제안하는 알고리즘 모두 100%의 객체 추적 성능을 보였다. 그러나 객체가 움직이는 상황에서 기존 알고리즘을 이용한 추적은 평균 65%의 정확도를 보였다. 이는 객체의 불규칙적인 행동 패턴으로 인해 초기 영역 설정이 어렵고, 탐색윈도우가 초기 객체가 아닌 배경을 추적하거나 한번 놓치면 다시 추적하기가 힘들다는 것을 의미한다. 이에 반해 제안한 방법을 사용한 경우에는 객체가 움직이는 상황에서도 평균 87%의 정확도를 보이는 것을 확인하였다. 이는 객체가 움직이더라도 매 프레임마다 객체의 중심에 가깝게 탐색윈도우를 설정하기 때문에 계속해서 추적을 할 수 있었다. 또한 탐색 윈도우의 위치 및 크기를 검출된 객체의 정보를 가지고 자동 할당함으로써 초기에 지정해야 하는 번거로움을 없앴다.

5. 결 론

제안하는 방법은 초기 지역 정보를 이용하여 적응적 가우시안 혼합모델링을 통해 배경이 분리된 영상에 대해서 객체를 검출하고, 검출된 객체의 중심에 가깝게 탐색 윈도우를 설정한다. 새롭게 설정된 탐색윈도우를 통해 객체의 색 확률 분포를 측정하고, 이를 CAMShift 알고리즘에 적용한다. CAMShift를 이용한 객체 추적과 동시에 객체의 중심 좌표를 Pan, Tilt 제어부에 전송을 한다. Pan, Tilt 제어부에서는 미리 정해진 영역 설정을 통해 Pan, Tilt의 위치를 제어하여 객체를 추적하는 능동추적 시스템을 제안하였다. 실험을 통하여 기존 객체의 전체 범위에 대해서 탐색윈도우를 설정하는 CAMShift 알고리즘과 비교하였을 때 제안하는 알고리즘은 약 20%의 성능 향상을 볼 수 있었다. 그리고 기존 CAMShift 알고리즘의 경우 초기 탐색윈도우의 영역 설정을 수동으로 하는 번거로움을 없앴다.

그러나 색 정보만을 이용하기 때문에 유사한 색상에 대해 오류율이 보이는 단점이 존재한다. 실제 화면상의 객체 위치를 제어하기 때문에 객체가 움직일 경우 중앙에 위치하기 위한 객체 예측이 필요하다. 추후 연구에는 위의 문제점을 보완한 강건한 추적을 수행할 수 있는 알고리즘의 연구를 계속 진행할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] 최유주, 양희석, 황용현, 조위덕, "지능형 감시 시스템을 위한 액티브 트래킹 및 객체 특성 분석 기술," 한국통신학회지(정보와 통신), 제28권 제4호, pp.2-54, 2011.

[2] 백인호, 임재현, 박경주, 백준기, "Pan-Tilt-Zoom 카메라를 이용한 파노라마 배경 생성과 객체 추적," 대한전자공학회, 전자공학회논문지-SP, 제45권 제3호, pp.55-63, 2008.

[3] 양희석, 최유주, 조위덕, "지능형 감시 시스템을 위한 Pan-tilt-zoom(PTZ) 카메라 기반의 액티브 객체 추적," 정보과학회논문지:소프트웨어 및 응용, 제38권 제3호, pp.115-177, 2011.

[4] 이진형, 조성원, 김재민, 정선태, "정보융합을 이용한 객체 추적," 한국지능시스템학회 논문지, 제18권 제5호, pp.279-736, 2008.

[5] Nils T Siebel, "Design and Implementation of People Tracking Algorithms for Visual Surveillance Applications", The University of Reading 2003.

[6] L. Davis, I. Haritaoglu, and D. Harwood, "W4: real-time surveillance of people and their activities", IEEE Trans. PAMI, Vol.22, No.8, pp.809-830, 2000.

[7] T. Funahsahi, M. Tominaga, T. Fujiwara, and H. Koshimizu, "Hierarchical face tracking by using PTZ camera", Proceedings of IEEE on International Conference(FGR'04), pp.427-432, 2004.

[8] J. G. Allen, R.YD Xu, J. S. Jin "Object Tracking using CamShift Algorithm and Multiple Quantized Feature Spaces", Pan-Sydney Area Workshop on Visual Information Processing, pp.3-7, 2003

[9] D Comaniciu, V Ramesh, P Meer "Real-time tracking of non-rigid objects using mean shift", Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Vol.2, pp.142-149, 2000.

[10] Nicole M. Artner, "A Comparison of Mean Shift Tracking Methods", CESC 2008, pp.197-204, 2008.

[11] Gary R. Bradski, "Computer Vision Face Tracking For Use in a Perceptual User Interface," Microcomputer Research Lab, 2002.

[12] O. Javed, K. Shafique, and M. Shah "A hierarchical approach to robust background subtraction using color and gradient information.", Proceedings of IEEE Workshop on Motion and Video Computing, pp.22-27, 2002.



정 준 용

e-mail : jdragon@dju.ac.kr
 2010년 대전대학교 정보통신공학과(학사)
 2010년 3월~현 재 대전대학교 정보통신공학과 석사과정
 관심분야: 영상처리, Robot Vision, ITS
 (Intelligent Transportation Systems)



이 규 원

e-mail : kwlee@dju.ac.kr
 1986년 연세대학교 전자공학과(학사)
 1988년 연세대학교 전자공학과(공학석사)
 1998년 연세대학교 전자공학과(공학박사)
 1988년 2월~1989년 8월 (주)LG산전 연구소 연구원
 1989년 9월~2000년 2월 한국전자통신연구원 선임연구원
 2003년 7월~2004년 7월 Univ. of Massachusetts 방문연구원
 2000년~현 재 대전대학교 정보통신공학과 교수
 관심분야: 영상처리, Motion Analysis, Visual Surveillance, Robot Vision, ITS