

다중 이동 객체의 실시간 인식 및 추적 시스템

종신회원 박 호 식*, 배 철 수**

Real-time Recognition and Tracking System of Multiple Moving Objects

Ho-sik Park*, Cheol-soo Bae** *Lifelong Members*

요 약

실시간 객체 인식 및 추적은 컴퓨터 비전 응용 산업이 발달하면서 그 중요성이 더해지고 있다. 객체 추적을 위해 많이 이용되고 있는 알고리즘으로 Mean-Shift 알고리즘이 있다. Mean-Shift 알고리즘을 기반으로 한 객체 추적 알고리즘은 구현이 간단하고, 적은 계산 복잡도를 갖는 장점이 있다. 따라서 실시간 객체 추적 시스템에 적합하다고 할 수 있지만, 지역 모드로의 수렴만을 보장하는 특성으로 인해 객체의 수가 많은 경우 좋은 성능을 나타내지 못하는 단점을 가지고 있다. 그러므로 본 논문에서는 다중 이동 객체를 실시간으로 추적하기 위한 광류기반의 움직임 추정 기법을 제안한다. 제안된 알고리즘의 성능을 확인하기 위해 다중 이동 객체의 인식 실험 결과 유사도는 0.96으로 기존의 Mean-Shift 알고리즘에 비해 약 13.4% 정도 유사도가 개선되었고 평균 픽셀 오류도 3.07로 또한 50% 이상 감소하였다. 향후 알고리즘을 개선하여 처리 속도를 더욱 줄임으로써 매우 빠른 이동 객체 인식과 상황 인지 알고리즘을 추가한다면 보다 효율적인 인식 및 추적 시스템을 구축할 수 있을 것으로 사료된다.

Key Words : Object Recognition, Object Tracking, Optical Flow, Mean-shift Algorithm, Computer Vision

ABSTRACT

The importance of the real-time object recognition and tracking field has been growing steadily due to rapid advancement in the computer vision applications industry. As is well known, the mean-shift algorithm is widely used in robust real-time object tracking systems. Since the mentioned algorithm is easy to implement and efficient in object tracking computation, many say it is suitable to be applied to real-time object tracking systems. However, one of the major drawbacks of this algorithm is that it always converges to a local mode, failing to perform well in a cluttered environment. In this paper, an Optical Flow-based algorithm which fits for real-time recognition of multiple moving objects is proposed. Also in the tests, the newly proposed method contributed to raising the similarity of multiple moving objects, the similarity was as high as 0.96, up 13.4% over that of the mean-shift algorithm. Meanwhile, the level of pixel errors from using the new method keenly decreased by more than 50% over that from applying the mean-shift algorithm. If the data processing speed in the video surveillance systems can be reduced further, owing to improved algorithms for faster moving object recognition and tracking functions, we will be able to expect much more efficient intelligent systems in this industrial arena.

1. 서 론

최근 컴퓨터 비전 및 영상처리 분야에서 동영상으로부터 움직이는 객체를 검출하고 추적하는 시스템에

* 오산대학교 디지털전자과 (hspark@osan.ac.kr), ** 관동대학교 전자통신공학과 (baecs@kd.ac.kr)
논문번호 : KICS2011-04-189, 접수일자 : 2011년 4월 18일, 최종논문접수일자 : 2011년 6월 23일

대한 관심이 점차 높아지고 있다. 이러한 연구는 보안 감시 분야^[1-3]는 물론 기상관측 시스템, 지능형 교통관제 시스템, 군사적 분야^[4] 등 기타 다양한 분야^[5]에 활용되고 있으며 보다 높은 정확도와 고속 처리를 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 정보화의 발전에 따라 정보의 유출 및 도난방지를 위한 보안 감시의 필요성이 증가함에 따라 이동 객체 검출 및 추적 기술은 보안 감시 분야에서 매우 중요한 기술로 대두되고 있다.

본 연구에서는 기존의 CCTV기반의 방법 및 방재 시스템이 수행하던 시설물과 출입자에 대한 수동적인 녹화 및 운용자에 의한 단순 감시기능과는 달리, 실시간으로 상황을 인지하고 자율대응 할 수 있는 지능형 감시시스템으로, 카메라를 통하여 획득된 영상정보를 실시간으로 분석하여 이동물체를 검지, 추적 및 분류하고 감지/추적/분류된 물체의 행위나 상호작용을 해석한 후 이들이 보안목표에 해당하는 이벤트를 발생시켰는지를 판단하는 이동객체 인식 시스템이다.

이러한 이동 객체 인식 시스템은 그 핵심인 카메라와 객체의 관계에 따라 다음 두 가지 경우로 크게 나누어 볼 수 있다. 우선 고정된 카메라와 움직이는 객체에 관한 것^[7]으로 주로 동작 인식 분야에 이용되고 있다. 연속되는 영상에서 움직임 정보를 추출하고 이러한 움직임에 관한 정보를 활용하는 것이다. 공장의 무인 품질 검사, 접근 위험에 대한 경보 분야, 무인 차량 감시 카메라, 무인 보안 감시 분야 등에 널리 이용된다.

움직이는 카메라와 움직이는 객체에 관한 연구^[8-9]는 가장 일반적인 자연 현상을 표현할 수 있으나 객체 뿐만 아니라 카메라가 이동되기 때문에 배경의 변화를 극복하는 것이 어렵다. 움직이는 배경 속에서 움직이는 객체를 검출해 내고, 배경과 무관하게 움직이는 객체를 추적하는 것이 핵심적인 과제이다.

기존에 연구되어 온 객체 추적 기법은 이전 영역 기반 탐색 기법과 움직임 영역 검출에 의한 기법으로 크게 분류할 수 있다. 이전 영역 기반 탐색 기법은 우선 객체의 초기 영역을 검출 한 후, 이를 바탕으로 객체의 다음 위치를 탐색하는 방법으로 목표물 중심 추정 기법(centroid estimation of target)^[10], 블록 정합 기법(block matching algorithm)^[11-12] 및 특징 추출 추적 기법(feature extraction tracking method)^[13] 등이 대표적이다.

비디오 영상에서 실시간으로 이동 객체를 추출하고 추적 및 인식하는 연구와 영상에서의 이동 객체의 정보를 이용하여 PTZ 카메라를 자동 제어하여 관심 객체를 계속적으로 추적하는 연구를 하였다.

제안된 방법은 우선 영상센서로서 실시간 객체 검지목적의 검지카메라와 검지된 객체를 원격 인식하기 위한 PTZ 카메라로 구성된다. 제안된 시스템은 객체가 차량인 경우 100m 정도 떨어진 원거리에 있는 경우 차량 번호를, 사람인 경우 신원을 판별할 수 있도록 얼굴을 인식하고 검출 할 수 있도록 카메라의 PTZ 자동 제어에 의한 실시간 상황인지 서비스가 가능하도록 하였다.

본 연구에서는 지능화된 영상 분석 기능을 바탕으로 넓은 환경을 제공하는 영상 감시의 이점과 능동적으로 객체를 판단하고 인식할 수 있는 PTZ 카메라를 통한 영상 감시의 이점을 결합시킨 감시 시스템을 제안한다.

제안된 시스템의 영상은 주위에서 일어나는 일을 한눈에 파악할 수 있도록 해주고, 통합된 PTZ 카메라의 자동 제어를 통해 주변을 이동하는 물체들을 끊임 없이 감시함으로써 이동 물체에 대한 풍부한 정보를 얻는 것이 가능하다.

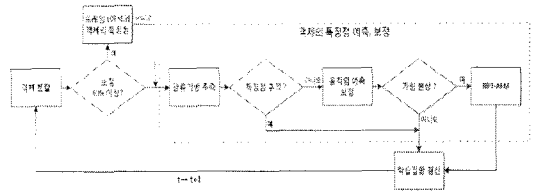


그림 1. 제안한 광류 기반 추적 알고리즘의 개요
Fig. 1. The overview of tracking algorithm based on optical flow.

II. 광류기반 객체 추적 알고리즘

본 장에서는 제안한 광류 기반 객체 추적알고리즘의 전체 개요를 설명한다. 제안한 알고리즘의 전체 개요는 그림 1에 나타나있다. 여기서 점선으로 된 사각형 영역은 실시간으로 t-1 번째 프레임에서 t 번째 프레임으로 특징점을 추적, 예측, 보정하는 과정을 나타낸다. 객체 분할에서는 움직임 분할과 레이블링 (labeling)을 사용하여 영상을 객체의 형태와 객체가 움직이는 방향으로 분할한다. 움직임 분할 후 특징점을 계산하여 광류로 추적한다. 만약, 추적한 특징점이 적절하지 않게 추적되거나 추적에 실패했을 경우 시간, 공간적 예측 방법을 이용하여 특징점을 보정하고 보정한 특징점들에 대하여 목록을 작성하여 특징점 재탐색을 하게 된다.

객체를 추적 시 실시간으로 학습 집합을 갱신하고 객체의 가림현상을 판별하여 가림 현상이 생겼을 경

우에는 제안한 NPT-AFM을 이용하여 이를 해결한다. 또한 예측, 보정된 특징점이 전체 특징점 이상일 경우에는 특징점을 다시 계산한다.

2.1 객체의 가림 현상 해결 알고리즘

- 추적 객체에 대한 가림 현상의 존재여부를 판별한다. 본 실험에서는 추적 객체의 레이블링 영역이 1.6배 이상일 경우, 레이블링 된 영역 안에서 움직임 방향과 그 크기의 평균을 계산하여 객체의 가림 현상을 판별하였다.(그림 2에서 볼 수 있듯이, 레이블링된 영역의 크기, 객체의 움직임에 대한 갑작스런 변화를 조사하여 객체 가림 현상으로 존재여부를 판별하였다.)
- 학습 집합을 이용하여 특징점 모델 정합을 한다. 실시간으로 70개의 학습 집합을 갱신하는데 50개의 학습 집합을 갱신하던 중 객체의 가림 현상이 생겼을 경우에는 50개의 학습 집합을 이용하여 모델 정합을 하였다.(모델 정합과 제안한 예측과 보정 과정을 조합하여 다른 객체에 의한 전체 가림 현상도 추적 객체의 방향이 갑자기 변하지 않는다는 가정 하에 해결할 수 있다.)
- 객체의 가림 현상 해결 후 특징점 모델을 재구성을 한다. 가림 현상 해결 후의 시점은 가림 현상을 판별하기 전의 레이블(L)영역과 방향(D) 정보를 이용하였다.

본 연구에서는 객체의 방향을 4방향으로 분할하였고, 추적에 알맞은 특징점을 추출한 후 Lucas-Kanade 광류^[6]를 사용하여 다음 프레임의 특징점을 예측하였다. 학습 집합은 70개 단위로 갱신하지만, 만약 50개의 학습집합을 갱신하는 중 객체의 가림 현상이 생기면 50개의 학습 집합을 이용하게 된다.

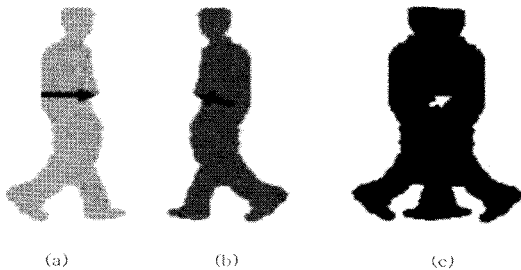


그림 2. 객체의 가림 현상 판별 (a) 객체 1의 레이블과 방향, (b) 객체 2의 레이블 방향과 방향 (c) 객체의 가림
Fig. 2. The discrimination of phenomenon for object occlusion. (a) Label of object 1 and orientation, (b) Label of object 2 and orientation (c) object occlusion.

제안한 특징점 알고리즘의 이점을 요약해 보면 다음과 같다.

- 사전 학습(prior training)된 절차 없이 정형, 비정형 객체들을 모두 추적 할 수 있다. 즉 학습 집합을 실시간으로 갱신하여 정형, 비정형 객체를 추적한다.
- 움직임의 방향을 추출하고 분할하는 동시에 객체의 특징점까지 추적하기 때문에 객체의 갑작스런 움직임 변화에 강하다.
- 움직임 분할정보를 이용하여 객체 경계 근처의 특징점과 내부의 특징점을 이용하였기 때문에, 배경이 복잡한 환경에서도 객체의 움직임을 지속적으로 추적할 수 있다.
- 광류를 이용하여 객체의 가림 현상을 실시간에서 효과적으로 해결한다.

III. 실시간 다중 이동 객체 인식 시스템

본 논문에서는 다중 이동 객체를 관리하기 위하여 각각의 객체에 대하여 상태 관리 알고리즘을 제안한다. 입력되는 영상 중 일정 관심 영역에 대하여 이동 객체에 다음과 같은 상태를 부여하고 관리한다.

이동 객체의 상태관리 알고리즘 처리시간은 평활화, 차영상 측정에 의한 객체 검출 등의 일반 작업에 약 20msec 정도가 소요되고, 객체의 수에 따라 최대 50msec 정도 소요되므로 총 70msec 정도의 연산시간이 필요하다. 따라서 초당 30프레임의 영상에서 매 프레임 처리하지 않고 3프레임 마다 처리함으로써 전체적인 처리 시간을 확보 할 수 있었다.

즉 0.1sec 마다 영상 처리를 하더라도 객체의 이동 시간이 100Km/hour (=28m/sec)와 같이 빠른 경우를

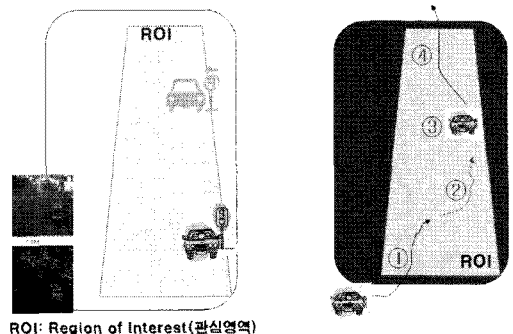


그림 3. 이동 객체의 상태 관리 알고리즘
Fig. 3. Status management algorithm of moving object

제외하면 충분하다 볼 수 있다.

- ① 진입 : ROI 영역 내 객체 진입 상태
- ② 멈춤 : ROI 영역 내에서 멈춤 상태
- ③ 정지 : ROI 영역 내에서 xx초 이상 멈춤 상태
- ④ 이동 : ROI 영역 내에서 객체가 움직이는 상태
- ⑤ 이탈 : ROI 영역 내에서 객체가 빠져나간 상태

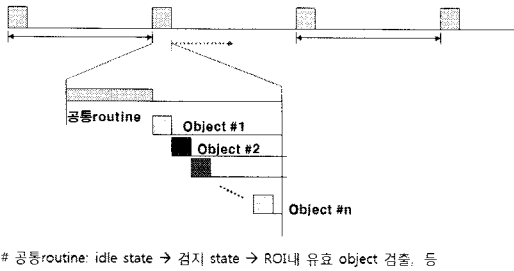


그림 4. 상태 관리 알고리즘의 처리시간
Fig. 4. Processing time of status management algorithm

IV. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서 제안된 알고리즘의 성능을 입증하기 위하여 이동 객체의 인식 실험과 PTZ 제어에 의한 객체 인식 및 추적 실험을 진행하였다. 실험에 사용한 하드웨어의 구성은 그림 5와 같다.

하드웨어는 2대의 BOX형 검지 카메라와 추적용인 PTZ카메라, 시리얼 변환기, 프레임그래버 및 각종 연결 케이블로 구성된다. 시리얼변환기는 PC와 PTZ카메라 사이의 시리얼 통신을 가능케 하여 PC에서 PTZ 제어가 가능하게 하며, 프레임그래버는 영상 신호를 PC에서 처리 할 수 있도록 신호를 변환 하여 준다.

제안된 알고리즘을 확인하기 위해 검지카메라로 삼

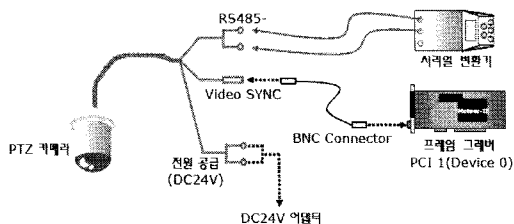


그림 5. 하드웨어 구성
Fig. 5. Hardware configuration

성의 SDC-415A를, 추적카메라는 유진시스템의 YSDP-522-35를, 프레임그래버는 Hik Vision사의 DS-4004HCI를 사용하여 해상도 352×240로 영상을 변환하였고, P4 듀얼코어 1.6GHz와 2,048MB의 성능의 PC에서 수행하였다. OS는 Microsoft사의 Windows XP를 이용했고, 개발 툴은 Microsoft Visual C++와 Intel사의 IPL(image processing library), OpenCV(open computer vision library)를 이용했다. 모든 시퀀스는 352×240 해상도를 가지는 영상을 사용했다. D. Comaniciu^[7-9]가 제안한 Mean-Shift를 인식 방법과 제안한 시스템의 성능을 비교하였다.

그림 6은 Mean-Shift 인식 방법과 제안된 인식 방법의 다중 추적 결과를 나타낸 것이다. 그림 6을 보면 제안된 인식 방법의 경우에는 겹침이 발생하더라도, 비교적 좋은 추적 결과를 보이지만, Mean-Shift 인식 방법의 경우 겹침이 발생 후에는 추적이 실패하게 된다. 이는 앞에서 언급한 Mean-Shift 인식 방법의 수렴성 때문이다. 제안된 인식 방법은 복수개의 후보를 사용하기 때문에, 이러한 문제가 발생하지 않는다. 표 1은 다중 추적 경우의 각 인식 방법의 프레임 당 처리 시간을 나타낸 것이다.

표 1. 다중 인식의 경우 프레임 당 처리 시간
Table 1. Process time at frame for multi-recognizer

	Mean-Shift	제안된 인식 방법
프레임 당 처리시간	0.032 sec	0.047 sec

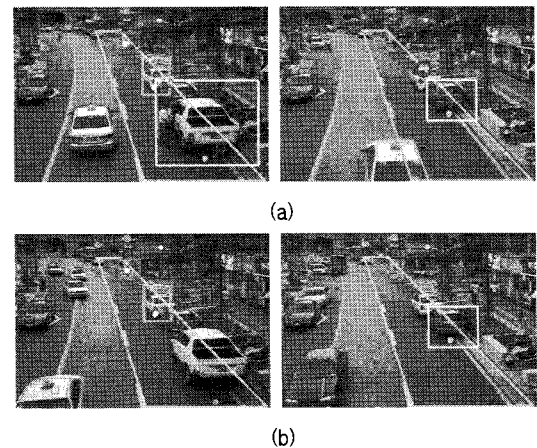


그림 6. 기존 인식 방법과 제안된 인식 방법의 다중 인식 결과 (a) 제안된 인식 방법 (b) Mean-Shift 인식 방법
Fig. 6. The Multi tracking result of each recognition and proposed recognizer (a) Proposed method (b) Mean-shift method

표 2와 그림 7은 그림 6에서 보인 다중 추적 경우의 각 인식 방법과 제안된 인식 방법에서 사용한 후보들의 평균 유사도를 나타낸 것이다.

그림 7에서 볼 수 있듯이, 다중 후보를 이용하는 경우에 Mean-Shift 인식 방법보다 제안된 인식 방법에서 사용하는 후보들의 평균 유사도가 높다는 것을 볼

표 2. 다중 인식에서 이용된 후보들의 평균 유사도
Table 2. The average similarity of candidate for multiple recognize

Frame	Mean Shift	Proposed Method
0	0.93	0.88
10	0.95	0.81
20	0.98	0.87
30	0.93	0.84
40	1.03	0.90
50	0.99	0.85
60	0.92	0.82
70	0.97	0.83
80	1.00	0.85
90	0.92	0.82
100	0.97	0.85
110	0.92	0.82
120	0.93	0.86
130	0.91	0.84
140	0.99	0.90
150	1.01	0.90
160	1.02	0.85
170	0.92	0.86
180	0.99	0.85
190	0.98	0.85
200	1.02	0.85

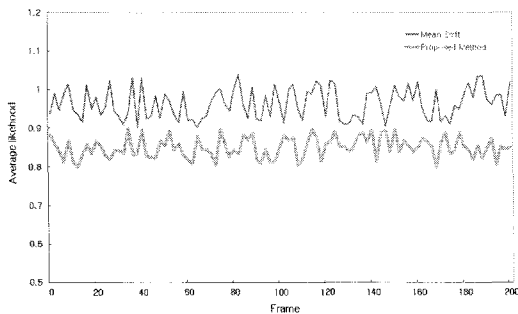


그림 7. 다중 인식에서 이용된 후보들의 평균 유사도
Fig. 7. The average similarity of candidate for multiple recognize

수 있다. 실험 결과 Mean-Shift 알고리즘의 경우 평균 유사도가 0.85인 반면, 제안된 알고리즘의 경우 0.96로 Mean-Shift에 비해 약 13.4% 정도 개선되었다.

표 3과 그림 8은 다중 추적에서의 각 인식 방법의 오차를 나타낸 것이다. Mean-Shift 인식 방법의 경우

표 3. 다중 인식에서의 각 인식 방법의 오차
Table 3. The error of each recognizer for multiple recognition

Frame	Mean Shift	Proposed Method
0	4	3
10	3	3
20	3	2
30	6	2
40	6	4
50	5	3
60	6	2
70	6	3
80	4	2
90	6	2
100	5	4
110	5	4
120	3	2
130	4	4
140	13	3
150	13	4
160	14	3
170	13	4
180	14	4
190	14	3
200	13	3

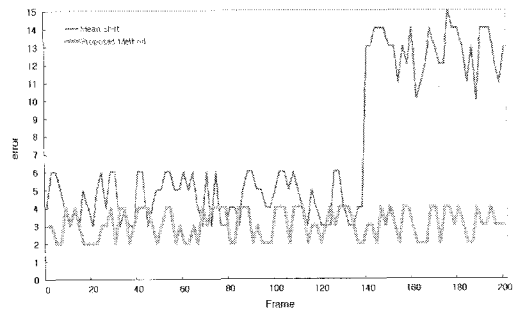


그림 8. 다중 인식에서의 각 인식 방법의 오차
Fig. 8. The error of each recognizer for multiple recognition

접침으로 인해 추적에 실패하게 되는 것을 확인할 수 있다. 실험 결과 Mean-Shift 알고리즘의 경우 평균 픽셀 오류가 7.06인 반면 제안된 알고리즘의 경우 3.07로 나타났다.

V. 결 론

본 논문에서 연구하고자 하는 시스템은 기존의 CCTV기반의 방법 및 방재 시스템이 수행하던 시설물과 출입자에 대한 수동적인 녹화 및 운용자에 의한 단순 감시기능과는 달리, 실시간으로 상황을 인지하고 자율적으로 적극 대응 할 수 있는 지능형 감시시스템으로, 카메라를 통해 획득된 영상정보를 실시간 분석하여 이동물체를 검지, 추적 및 분류하고 감지/추적/분류된 물체의 행위나 상호작용을 해석한 후 이들이 보안목표에 특이 상황 등을 발생시켰는지 판단하는 이동 객체 인식 시스템이다.

이러한 이동 객체 인식 시스템은 연속되는 영상에서 움직임 정보를 추출하고 움직임에 관한 정보를 활용하는 것이다. 국가 공공시설의 감시를 위한 방재, 공장의 무인 품질 검사, 접근 위험에 대한 경보, 차량 무인 감시, 무인 보안 감시 분야 등에 널리 이용된다.

본 논문에서는 차영상을 이용하여 이동 객체를 검출하고 검출 후에는 다중 후보를 이용한 광류 알고리즘을 이용해 적은 수의 후보를 이용해서 추적 하고, 추적된 객체의 상태를 지속적으로 관리하도록 하였다.

기존의 Mean-Shift 알고리즘은 단일 후보를 이용하기 때문에, 지역 모드로 수렴할 경우, 추적에 실패했지만, 제안된 방법을 이용할 경우에는 비록 지역 모드로 소수의 후보들이 수렴하더라도 나머지 후보들에 의해 추적에 성공하는 것을 확인할 수 있었다.

제안된 알고리즘의 성능을 확인하기 위하여 초당 10프레임의 352×240의 영상에서 다중 이동 객체의 경우 객체의 유사도는 0.96으로 기존의 Mean-Shift 알고리즘의 유사도 0.85에 비해 약 13.4% 정도 유사도가 개선되었고, 평균 픽셀 오류도 7.06 픽셀에서 3.07로 감소하였다.

향후 알고리즘을 개선하여 처리 속도를 줄임으로써 좀 더 빠른 이동 객체 인식과 상황 인지 알고리즘을 추가한다면 보다 효율적인 지능형 감시 시스템을 구축할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

[1] Yeencheng Lee, Demetri Terzopoulos and

Keith Waters, "Constructing Physics-Based Facial Models of Individuals", Graphics Interface '93, pp.1-8, 1993.

[2] A. Bakowski, G.A. Jones, "Video Surveillance Tracking using Color region Adjacency Graphs", Image Processing and its Applications, Conference Publication No.465, 1999, pp.794-798

[3] Yusuke Takahashi, Toshio Kamei, "Object Tracking System with Active Camera", NEC Res. & Develop., Vol.43 No.1, 2002, pp.45-48

[4] Gian Luca Foresti, "Object Recognition and Tracking for Remote Video Surveillance", IEEE Trans. on Circuits & Systems for Video Technology, Vol.9 No.7, 1999, pp.1045-1062

[5] Hai Tao, Harpreet S. Sawhney, Rakesh Kumar, "Object Tracking with Bayesian Estimation of Dynamic Layer Representations", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.24 No.1, 2002, pp.75-89

[6] Xavier Clady, Francois Collange, Frederic Jurie, Philippe Martinet, "Object Tracking with a Pan-Tilt-Zoom Camera : application to car driving assistance", Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Robotics & Automation in Seoul, 2001, pp.1653-1658

[7] D.Bruce, Lucas and Takeo Kanade, "An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision," In Proc. Darpa image Understanding Work-shop, pp. 121-130, 1981.

[8] D. Comaniciu and P. Meer, "Real-Time Tracking of Non-Rigid Objects Using Mean Shift", proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, Vol.20, pp.142-149, June 2000.

[9] D. Comaniciu and P. Meer, "Mean Shift : A Robust Approach Toward Feature Space Analysis," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.24, No.5, pp.603-619, May 2002.

[10] D. Comaniciu and V. Ramesh , P. Meer, "Kernel-Based Tracking", IEEE trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.25, No. 5, pp.564-577 May 2003.

- [11] S. Lee, J. Kang, J. Shin, and J. Paik, "Hierarchical active shape model with motion prediction for real-time tracking of non-rigid object," IET Computer Vision, Vol.1, No.1, pp. 17-24, March 2007.
- [12] P. Azzari, L. Stefano, and A. Bevilacqua, "An effective real-time mosaicing algorithm apt to detect motion through background subtraction using a PTZ camera," IEEE Conf. Advanced Video and Signal-Based Surveillance, pp. 511-516, 2005.
- [13] H. Liu, N. Doug, H. Zha, "Omni-directional vision based human motion detection for autonomous mobile Robots," Proc. IEEE Conf. Systems, Man and Cybernetics, Vol.3, pp. 2236-2241, 2005.
- [14] Yi Yao, Besma Abidi, and Mongi Abidi, "Fusion of Omni-directional and PTZ camera for accurate cooperative tracking," Proc. IEEE, International Conference on Video and Signal Based Surveillance, pp. 46, 2006.

배철수 (Cheol-Soo Bae)

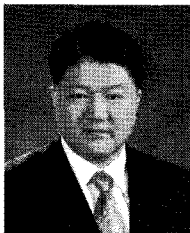
종신회원



1979년 2월 명지대학교 전자공학
학과(공학사)
1981년 2월 명지대학교 대학원
전자공학과(공학석사)
1988년 8월 명지대학교 대학원
전자공학과(공학박사)
1999년 3월~2001년 5월 관동
대학교공과대학 학장
2001년 6월~2003년 8월 관동대학교 평생교육원장
1981년~현재 관동대학교 전자정보통신공학부 교수
<관심분야> 영상처리, 신호처리시스템, 영상압축

박호식 (Ho-Sik Park)

종신회원



1994년 2월 연세대학교 의용전
자공학과(공학사)
2001년 2월 관동대학교 대학원
전자통신공학과(공학석사)
2005년 2월 관동대학교 대학원
전자통신공학과(공학박사)
2008년 3월~현재 오산대학 디
지털전자과 교수

<관심분야> 영상처리, 임베디드시스템, 의용공학