

사용자 추적, 인식을 위한 영상인식 기술개발 동향

영상인식기술은 지능로봇 또는 지능형 홈이 하나 또는 다수의 영상정보를 이용하여 일상 생활 환경에서 대상 객체의 유무, 객체의 식별, 객체의 범주 구분, 객체의 형상 추출, 객체의 위치 파악 등을 자동으로 수행하는 기술을 통칭한다. 이러한 영상인식기술은 지능형 로봇과 지능형 홈, 지능형 안전시스템 등 앞으로 생활환경을 급속히 변화시킬 것으로 예상되는 첨단기기에서 가장 중요한 핵심기술이다.

■ 김승훈, 정일균, 박창우, 황정훈
(전자부품연구원 지능로봇기술연구센터)

1. 서론

로봇이 사용자와 상호작용하여 작업을 수행하기 위하여는 사용자를 찾고 인식하는 과정이 필요하다. 또한 유비쿼터스 환경에서의 지능형 홈도 로봇과 유사하게 사용자를 찾고 인식하는 과정이 필수로 요구된다. 이러한 기술에는 음성인식, 레이더, RFID, IR 센서 등의 다양한 센서기술이 사용되기도 하지만 동 분야에서 가장 각광받고 있는 기술이 영상인식 기술을 이용한 사용자 인식 기술이다.

영상인식기술은 지능로봇 또는 지능형 홈이 하나 또는 다수의 영상정보를 이용하여 일상 생활 환경에서 대상 객체의 유무, 객체의 식별, 객체의 범주 구분, 객체의 형상 추출, 객체의 위치 파악 등을 자동으로 수행하는 기술을 통칭한다. 이러한 영상인식기술은 지능형 로봇과 지능형 홈, 지능형 안전시스템 등 앞으로 생활환경을 급속히 변화시킬 것으로 예상되는 첨단기기에서 가장 중요한 핵심기술이다.

이중에서 영상기반 사용자 인식 기술은 영상에서 사용자 또는 사용자들을 찾고 추적하거나 사용자의 자세 또는 얼굴을 인식하는 기술을 포함한다. 영상기반 사용자 인식 기술은 근래에 들어 보안, 인증 등 기존의 적용분야뿐만 아니라 게임, 지능형 자동차 등의 지능형 사용자 인터페이스로 각광받고 있다.

보안 분야의 적용 사례로는 영국 등에서 대도시 전역에 수천

대 이상의 영상센서를 설치하고 이를 통해 검출되는 수많은 영상에서 다수의 얼굴을 동시에 인식하고 범죄자 등을 인식 추적할 수 있는 수준에 이르고 있다.

지능형 자동차 등에서는 사용자의 얼굴의 변화를 인식하여 졸음예방 등 다양한 사용자 인터페이스로 활용되고 있으며, 최근 MS의 Project Natal 등 게임분야에서는 사용자의 동작을 인식하여 게임의 인터페이스로 활용하는 사례도 보이고 있다.

이러한 영상기반 사용자 인식 기술은 크게 사용자의 검출 및 추적, 사용자 얼굴영역 검출 및 추적, 그리고 얼굴 인식의 단계로 나눌 수 있다. 2장에서는 사용자 검출 및 추적기술에 대한 기술개발 동향, 3장에서는 사용자 얼굴영역 검출 및 추적에 대한 기술개발 동향, 4장에서는 얼굴인식 기술개발 동향을 소개 하겠다.

2. 사람 검출 및 추적

사람 검출 및 추적 기술은 컴퓨터 영상처리 분야에서 빠르게 발전하고 있는 연구분야로서, 지능형 자동차, 로봇 및 감시시스템 구현의 핵심기술이다. 사람 검출 및 추적 시스템의 주요 구성요소는 관심영역을 설정하여 물체를 검출하는 관심영역 설정(ROI selection) 및 사람 검출(human classification), 카메라 추적 기술로 구성된다.

2-1. 관심 영역 설정

관심영역(Region of Interest)을 생성하기 위해서는 영상에서 초기 물체들의 위치에 대한 가설을 생성하는 가설의 생성(hypothesis generation)이 필요하며, 생성된 관심영역들은 분류기(classifier)를 통하여 된다.

간단하면서 효과적인 기술로는 슬라이딩 윈도우를 기반으로 한 기술들이 있다. 이러한 기술들은 검출 윈도우들을 스케일 및 위치를 쉬프트하여 관심물체의 위치에 대한 가설들을 간단하게 생성할 수 있으나, 연산량의 증가로 인하여 실시간 처리가 어려운 단점이 있다[1, 2]. 슬라이딩 윈도우와 계층적 분류기를 결합하여 연산속도를 향상시킬 수 있는 기술들이 제안되었으며[3, 4], 카메라 기하학 및 관심영역의 사전정보를 이용한 제한적 검색영역에 대한 실시간 가설생성 기술은 및 도로에서의 보행자 검출 등 어플리케이션 지향적인 시스템에 적합하다[5].

특정적인 영상정보로부터 초기 관심영역 추출에 대한 기술들은 카메라가 고정된 경우에는 백그라운드를 추출하여 제거함으로써 관심영역을 추출하는 기술들이 제안되었으며[6], 동적 카메라로의 확장은 기대 예고모션 플로우 필드(expected ego-motion flow field)를 기반으로 하는 기술들이 제안되었다[7]. 스테레오 영상을 이용한 이미지 시퀀스 및 깊이정보를 융합한 스테레오비전 기반 기법들이 제안되었는데[8], 2D 영상정보 기반 기술의 단점들(ex. occlusion problem)들을 해결할 수 있는 대안이 되고 있다[9, 10, 11].

2-2. 사람 검출

생성된 가설은 관심영역에 검출된 물체들을 사람과 사람이 아닌 클래스로 식별하여 사람을 검출하는 기술들이 제안되어 왔으며, 식별 모델들은 트레이닝 데이터들로부터의 학습에 의한 베이시안 최대사후 결정(bayesian maximum-a-posteriori decision)을 근사하게 된다. 사람을 검출하기 위한 생성된 가설의 특징표현기법 및 검증을 위한 검출기법들의 제안되고 실험적인 성능비교 평가 결과들이 보고되고 있다[12].

특징표현(feature representations)기법은 픽셀 강도(pixel intensities)의 차이를 기반으로 하는 로컬 필터 기반의 기술과 국부 엣지 스트럭처 모델을 기반으로한 영상밝기함수의 불연속점을 이용한 기법으로 양분된다. 로컬 필터 기반의 기술은 다양한 위치, 스케일 및 방위에서의 국부적인 픽셀 강도 차이를 이용한 하르 웨이블릿 특징점들(Harr wavelet features)이 보편화 되었으며[13], 많은 연구자들에 의하여 발전되고 있으며[14], 영상 밝기의 불연속점을 이용한 기술은 잘 알려진 이미지의 국부적

그라디언트 방향 히스토그램(image gradient orientation histograms)을 이용한 HOG (Histograms of Oriented Gradients)기술 [2] 및 SIFT (Scale Invariant Feature Transform)과 같은 특징점 기반 기술이 주류를 이루고 있다[15].

대표적인 검출기 구조로 보편화된 기술은 SVM (Support Vector Machines)[16]과 아다부스트(AdaBoost) 기법 이다[17]. SVM은 패턴 분류에 강력한 기술로써 일반적인 신경망(neural network)과 달리 모델 매칭 오차를 최소화 하는 것이 아니라 선형 검출 경계의 마진을 극대화 한다[2]. 비선형 SVM은 검출 경계를 원형 및 다항식을 이용하여 성능을 향상시킬 수 있으나 연산량 및 메모리의 증가를 필요로 한다[18]. 아다부스트 기법은 약한 분류기(weak classifier)의 가중 선형적인 결합을 기반으로 하여 반복적인 트레이닝을 수행하며 연산시간의 단축을 위하여 계층적 검출기를 사용한다[3].

특징표현기법 및 검출기를 결합한 사람 검출 시스템을 프랑스 INRIA연구소에서 HOG와 SVM을 결합한 시스템은 우수한 검출성능을 보이고 있으며[2], MERL (Mitsubishi Electric Research Laboratories)은 그라디언트 히스토그램 표상에 적분 히스토그램(integral histogram) 표상 및 아다부스트 학습이 결합된 방법을

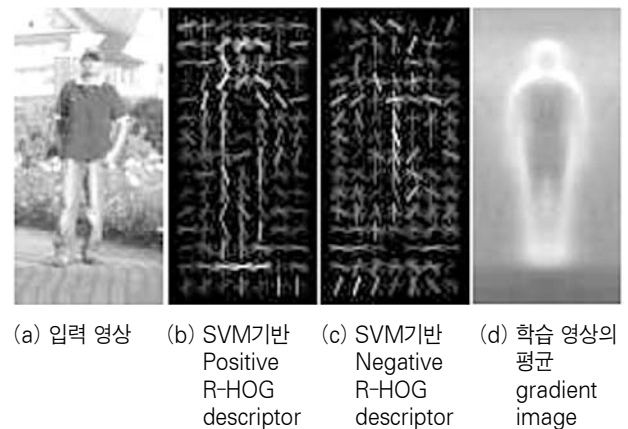


그림 1. HoG Representation.

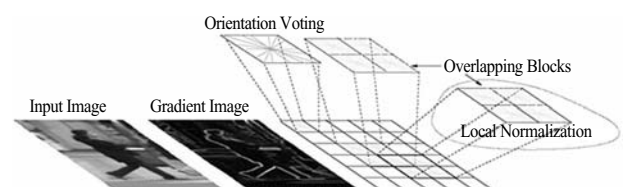


그림 2. HoG-SVM 기반 Human Detector.



그림 3. MERL의 고속 사용자 검출기술.



그림 5. 모자이크 방법을 이용한 객체 추적.

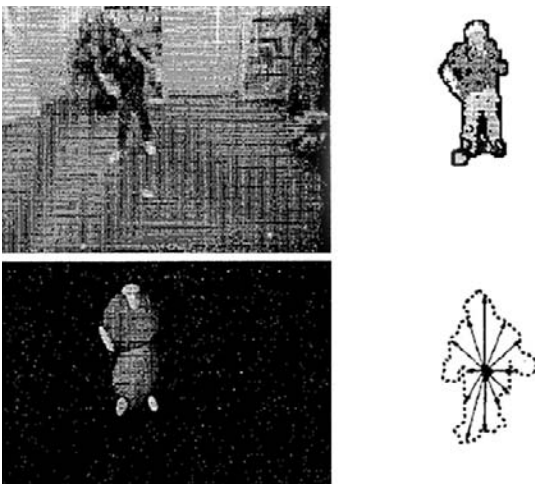


그림 4. 블럽 추적을 통한 객체 추적.

이용하여 실시간 동작이 가능한 고속 사용자 검출(fast human detection) 기술을 가능하게 하였다[19].

이외에도 사람을 검출 및 추적하기 위한 기술로 다양한 방법이 시도되었는데, Cootes는 사람 형태(shape)의 모델로 학습 집합을 생성하여 영상 내 존재하는 객체의 외곽성분을 분석하여 가장 비슷한 모델을 추정하는 ASM (Active-Shape Model)을 제안하였고[20], Haritaoglu는 사람 형태의 실루엣을 추출하고 분석을 통한 모델 기반 알고리즘을 제안하여 겹침 현상과 같은 문제를 해결하였으며[21], Wren은 사람을 모델로 실시간 블럽(blob) 추적 알고리즘을 제안하였다[22].

Papageorgiou는 영상 내에 존재하는 객체들의 특징을 웨이블

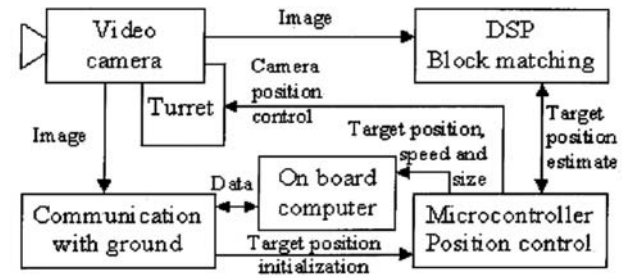


그림 6. 회전모돌 카메라를 사용한 추적 시스템.

릿을 이용하여 패턴을 만들고 통계적으로 분석하여 SVM을 이용하여 분류하였다[23]. Leyrit는 보행자를 인식하기 위해 보행자의 패턴과 보행자가 아닌 패턴으로 나누어 생성하고, 단순하면서도 빠른 아다부스트 알고리즘을 이용하여 분류하였다[24].

2-3. 카메라 추적

사용자를 추적하기 위하여는 때로 영상센서를 움직이거나 주밍을 사용하기도 한다. 영상센서의 움직임이 발생하는 경우에도 안정적인 사용자 추적을 위해서는 영상의 안정화 기술이 필요하다.

카메라의 이동방향에 따라 배경 생성(background-generation)을 이용하는 방법과 픽셀 단위의 움직임을 추정하여 카메라의 움직임과 다른 움직임을 분할하는 방법을 이용한다.

Kang은 연속된 프레임간 모자이크(Mosaic) 방법을 사용하여 적응적 배경 생성 모델을 제시하였고, 배경 차분을 이용해서 객체를 추출하고 추적하는 방법을 제안하였다[25]. 유사한 연구로

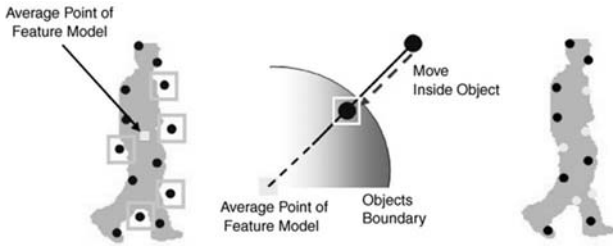


그림 7. 광흐름을 이용한 객체 추적 개요.



그림 9. 얼굴 추적.

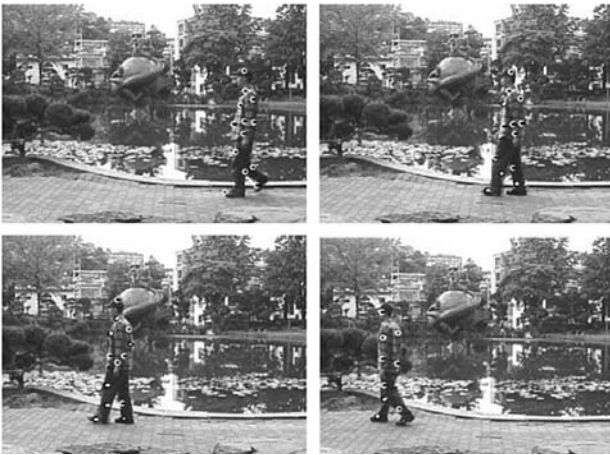


그림 8. 광흐름을 이용한 객체 추적 결과.

Azzari가 모자의 방법을 이용하여 배경을 생성하고 배경 차분을 이용하여 움직이는 객체를 추적하였으며[26], Chanals는 회전모듈 카메라를 사용한 추적 시스템의 설계와 수행방법을 제안하였다[27].

Paik은 인접한 프레임 사이에 배경 안정화를 사용하는 방법을 사용하여 에지 패턴 정합 기반의 비디오 안정화를 제안하였고 [28], Erturk는 서브영상의 위상 정합을 통한 안정화를[29], Vella는 적응적 블록 움직임을 이용한 안정화를[30], Xu는 원형 블록 정합을 이용한 안정화를 제안하였다[31]. Shin은 모델의 특징 변화를 광흐름(optical-flow)으로 측정하여 움직임 방향을 분리하고 추적에 적합한 특징점을 분리하여 추적하는 시스템을 제안하였다[32].

3. 얼굴 검출 및 추적

영상으로부터 사용자를 검출 및 추적하면 사용자의 위치 등의 정보를 획득할 수 있다. 하지만 특정한 사용자를 인식하고

사용자 별로 적합한 서비스를 제공하기 위해서는 얼굴인식 등을 통한 사용자 인식과정이 필요하다. 이를 위해 선행되어야 하는 과정이 얼굴 검출 및 추적 기술이다.

실시간 얼굴 검출 및 추적 기술은 사용자 식별을 통한 출입 통제 시스템, 특정 사용자 인식 및 추적을 통한 사용자 행위 인식 등 매우 광범위한 분야에 걸쳐 응용되고 있다. 이러한 얼굴 추적은 두단계로 나뉘는데 영상 내에서 얼굴이 어디에 위치하고 있는지를 찾아내는 얼굴 검출 단계와 검출된 얼굴을 지속적으로 추적하는 단계이다.

얼굴을 검출하기 위한 방법으로는 얼굴의 컬러, 형태 정보를 각각 이용하거나 컬러와 형태 정보를 결합한 방법이 사용되고 있다.

컬러 기반 얼굴 검출 및 추적기술은 가우시안 혼합 모델(Gaussian-Mixture Model)을 사용하여 시간에 따라 스킨 컬러 모델을 갱신하는 방법으로 얼굴을 검출/추적한다[33,34]. 그러나 급격한 조명 변화 또는 피부색과 유사한 물체가 배경에 존재하는 경우 다루기 어려운 단점이 있다. 형태기반 방법 중 하나로 머리 부분의 경계선을 검출하고 2계 도함수가 목 부분에서 가장 크다고 가정하여 차영상을 이용한 얼굴 추적 방법이 있다 [35]. 이 방법은 연산량이 적다는 장점을 가지고 있다. 그러나 경계선을 이용하므로 머리의 국부적인 폐색이 발생할 시 좋은 성능을 보장 할 수 없으며, 차영상을 이용하기 때문에 일정 시간 내에 얼굴의 움직임이 없을 경우 또는 순간적인 조명 변화에 취약하다. 위 두 가지 방법의 단점을 극복하기 위해 컬러와 형태 정보를 결합한 방법이 제시 되었다[36]. 이 방법은 형태 정보를 획득하기 위해 타원형을 갖는 얼굴의 경계에서 그래디언트 규모(gradient magnitude)의 합을 측정한 그래디언트 모듈(Gradient module)과 그 타원 내부의 칼라 히스토그램을 측정한 칼라 모듈(color module)을 사용하였다. 그러나 이 방법은 복잡한 배경 영상이나 타원 주위에 피부색이 많이 분포하는 영상에서는 두 모듈 정보를 결합하기 어려운 단점을 가지고 있다.

얼굴을 검출 및 추적하기 위하여 얼굴에 존재하는 특징정보를 이용하는 방법도 있다. 얼굴 내의 눈, 코, 입 등 기하학적 위치 정보를 이용하는 방법으로[37], 이 방법은 효과적인 추적을 위해서 각 특징들에 대해 독립적인 추적기를 구성해야 하는 단점이 있다. 또 다른 특징기반 추적 중 하나로 확장된 Haar-like 특징을 이용한 얼굴 검출기와 변형된 DP (Dynamic Programming) 매칭 기법을 이용하는 방법이 있다[38]. 이 방법은 검출기의 재학습이 필요 없이 다양하게 변화하는 각도의 얼굴에 대한 추적이 가능하다. 그러나 일정 시간동안 정면 얼굴이 입력되지 않거나, 눈 또는 입의 위치가 매칭 영역을 벗어나는 경우 추적에 실패하게 된다.

4. 얼굴인식

얼굴을 검출 및 추적하여 얼굴영역을 획득하면, 다음단계로 얼굴인식기술이 필요하다.

얼굴인식 기술은 생체인식 기술 중에서도 비접촉 방식이며, 사용자가 인지하지 못하는 사이에 인식이 가능하기 때문에 각광받고 있는 기술로 테러용의자 검출과 같은 특수 목적으로 공항, 국제회의 등에 활용되고 있으며, 최근에는 스마트폰과 디지털 카메라, 현금인출기, 자동판매기에 이르기까지 폭 넓게 활용되고 있다.

얼굴인식은 얼굴이 검출된 상태에서 해당 얼굴의 특징을 추출하여, 데이터베이스에 저장된 여러 사람의 얼굴 중에 일치하는 얼굴을 찾는 기술이다. 이를 위하여 통상적인 물체인식 방식에서 사용되는 방식과 유사하게 전체적인 외관정보를 추출하고 이를 PCA, LDA 등을 사용하여 차원 압축한 후에 가장 유사한 얼굴을 특징공간에서 비교하는 방식들이 주로 사용되었다. 얼굴인식은 영상기반 사용자 검출 및 인식 기술 중에서도 상업적인 수요가 많고 그 특징이 제한적이면서 명확한 편이기 때문에 많은 연구가 이루어져 있다.

기존 연구에서 얼굴을 표현하는 방법들은 크게 기하학적 특징기반 방법(geometric feature-based methods), 템플릿기반 방법(template-based methods)과 모델기반 방법(model based methods)으로 나뉜다.

하지만 기존의 방법들은 얼굴의 방향 및 조명변화 등에 큰 영향을 인식결과가 큰 영향을 받는 단점을 가지고 있다. 이러한 얼굴인식방법의 결점을 보완하기 위하여 명도중심의 2차원 얼굴 정보를 이용하는 방법대신 열영상(infrared)을 사용한 방법과 3차원 얼굴인식 방법들이 집중적으로 연구되고 있다.

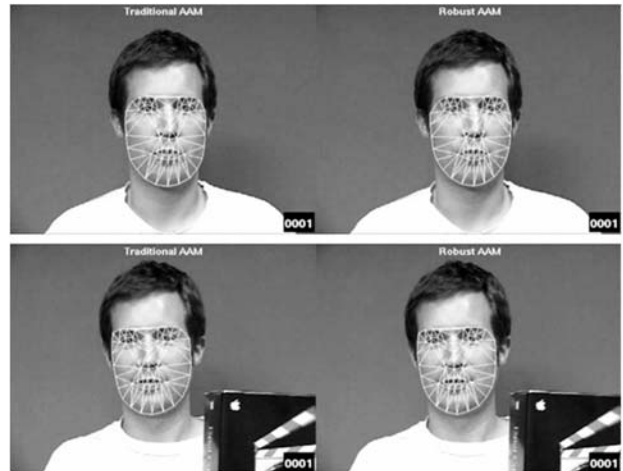


그림 10. AAM을 사용한 얼굴 검출 및 인식.

이와 같이 얼굴인식에는 다양한 방식을 사용하는 다양한 기술들이 개발되고 있어 본 기술동향 보고에서 모두 소개하기는 어렵기 때문에 최근의 주목받고 있는 기술을 소개하면, T.F. Cootes가 개발한 AAM (Active Appearance Model)기법을[39] 활용한 방법이 있다. AAM 기법은 다양한 훈련 집합을 통해 얼굴의 변화를 학습하고 학습된 얼굴 모델과 입력된 얼굴을 정확히 정렬한 후 얼굴의 주요한 특징점들을 비교하여 얼굴을 인식하는 방법이다. 이 기법은 각각의 훈련 집합에 대해 주요한 특징점들을 사용자가 지정하고 특징점들의 변화를 잘 표현하는 모델을 만든다.

AAM 기법은 얼굴 특징을 비교적 정확하게 특정할 수 있기 때문에 얼굴인식에서 매우 유리하며, CMU의 S.Baker 등은 AAM 모델을 3차원 모델로 발전시켜 얼굴의 회전 및 가리워짐에도 강인하고 실시간으로 추적 가능한 얼굴인식 기술을 제안한 바 있다[40].

5. 결론

영상기반 사용자 검출 및 인식 기술은 향후 지능형 로봇과 지능형 홈, 사회안전 분야 등 다양한 활용이 가능하며, 그 수요가 매우 높을 것으로 전망되는 분야이다.

국가기술 경쟁력 확보를 위하여 영상기반 사용자 검출 및 인식 기술 개발에 보다 높은 관심과 지원을 기대한다.

참고문헌

[1] A. Mohan, C. Papageorgiou, and T. Poggio, "Example-based

- object detection in images by components," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 23, no. 4, pp. 349-361, 2001.
- [2] N. Dalal and B. Triggs, "Histograms of oriented gradients for human detection," *International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 886-893, 2005.
- [3] K. Mikolajczyk, C. Schmid, and A. Zisserman, "Human detection based on a probabilistic assembly of robust part detectors," *European Conference on Computer Vision*, pp. 69-81, 2004.
- [4] K. Okuma, A. Taleghani, N. de Freitas, J. Little, and D. Lowe, "A boosted particle filter: Multitarget detection and tracking," *European Conference on Computer Vision*, pp. 28-39, 2004.
- [5] A. Shashua, Y. Gdalyahu, and G. Hayon, "Pedestrian detection for driving assistance systems: Single-frame classification and system level performance," *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 1-6, 2004.
- [6] A. Shashua, Y. Gdalyahu, and G. Hayon, "Pedestrian detection for driving assistance systems: Single-frame classification and system level performance," *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 1-6, 2004.
- [7] M.ENZWEILER, P. Kanter, and D. M. Gavrila, "Monocular pedestrian recognition using motion parallax," *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 792-797, 2008.
- [8] F. Xu, and K. Fujimura, "Human detection using depth and gray images," *IEEE Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance*, 2003.
- [9] D. Dockstader and A. Tekalp, "Multiple camera fusion for multi-object tracking," *Multi-object Tracking Workshop*, pp. 95-62, July 2001.
- [10] A. Broggi, A. Fascioli, I. Fedriga, A. Tibaldi, and M. D. Rose, "Stereo-based preprocessing for human shape localization in unstructured environments," *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 410-415, 2003.
- [11] A. Ess, B. Leibe, and L. van Gool, "Depth and appearance for mobile scene analysis," *International Conference on Computer Vision*, 2003.
- [12] M.ENZWEILER, and M. D. Gavrila, "Monocular Pedestrian detection: survey and experiments," *IEEE transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 32, pp. 2179-2195, 2009.
- [13] Z. R. Struzik and A. Siebes, "The haar wavelet transform in the time series similarity paradigm," *Principles of data mining and knowledge discovery lecture note*, vol. 1704, 1999.
- [14] C. Papageorgiou and T. Poggio, "A trainable system for object detection," *International Journal of Computer Vision*, vol. 38, pp. 15-33, 2000.
- [15] D. G. Lowe, "Distinctive image features from scale-invariant keypoints," *International Journal of Computer*, vol. 60, no. 2, pp. 91-110, 2004.
- [16] V. N. Vapnik, *The Nature of Statistical Learning Theory*, Springer, 1995.
- [17] Y. Freund and R. E. Schapire, "A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting," *European Conference on Computational Learning Theory*, pp. 23-37, 1995.
- [18] I. P. Alonso et al, "Combination of feature extraction methods for SVM pedestrian detection," *IEEE TRANSACTIONS ON Intelligent Transportation Systems*, vol. 8, no. 2, pp. 292-307, 2007.
- [19] O. Tuzel, F. Porikli, and P. Meer, "Human Detection via Classification on Riemannian Manifolds," *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision & Pattern Recognition*, June 2007.
- [20] T. Cootes, C. Taylor, D. Cooper, and J. Gragam, "Training models of shape from sets of examples," *Proc. British machine vision conference*, pp. 9-18, 1992
- [21] I. Haritaoglu, D. Harwood, and L. Davis, "W4:real-time surveillance of people and their activities," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 22, no. 8, pp. 809-830, 2000.
- [22] C. Wren, A. Azerbayejani, T. Darrel, and A. Pentland, "Pfinder: Real-time tracking of the human body," *IEEE Trans. Pattern analysis and machine intelligence*, vol. 19, no. 7, pp. 780-785, 1997.
- [23] C. P. Papageorgiou, M. Oren, and T. Poggio. "A general framework for object detection," *Proceedings of the Sixth International Conference on Computer Vision*, pp. 555, Washington, DC, USA, 1998.
- [24] L. Leyrit, T. Chateau, C. Tournayre, and J. Lapreste, "Association of AdaBoost and Kernel Based machine Learning Methods for Visual Pedestrian Recognition," *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 67-72, Jun. 2008.
- [25] S. Kang, J. Paik, A. Koschan, B. Abidi, and A. Abidi, "Real-time

video tracking using PTZ cameras," *Proc. SPIE 6th Interational Conference on Quality Control by Artificial Vision*, vol. 5132, pp. 103-111, 2003.

[26] 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.

[27] R. Canals, A. Roussel, H. Famechon, and S. Treuillet, "A biprocessor-oriented vision-based target tracking system," *IEEE Trans. Industrial Electronics*, vol. 49, no. 2, pp. 500-506, 2002.

[28] J. Paik, Y. Park, and D. Kim, "An adaptive motion decision system for digital image stabilizer based on edge pattern matching," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 38, pp. 607-615, 1992.

[29] S. Erturk, "Digital Image Stabilization with sub-image phase correlation based global motion estimation," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 49, pp. 1320-1325, 2003.

[30] F. Vella, A. Castorina, Massimo, and G. Messina, "Digital image stabilization by adaptive block motion vectors filtering," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 48, pp. 796-801, 2002.

[31] L. Xu and X. Lin, "Digital image stabilization based on circular block matching," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 52, no. 2, pp. 566-574, 2006.

[32] J. Shin, S. Jang, S. Kim, C. Park, and J. Paik, "Optical flow-based real-time object tracking using non-prior training active feature model," *Real-time imaging*, vol. 11, no. 3, pp. 204-218, 2005.

[33] Y. Raja, S.J. McKenna, and S. Gong, "Tracking and segmenting people in varying lighting conditions using colour," *Proc. IEEE Int'l Conf. Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 228-233, 1998.

[34] K. Schwerdt and J.L. Crowley, "Robust face tracking using colour," *Proc. IEEE Int'l Conf. Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 90-95, 2000.

[35] C. Wang and M.S. Berstein, "A hybrid real-time face tracking system," *Proc. IEEE Int'l Conf. Acoustics, Speech and Signal Processing*, vol. 6, pp. 12-15, 1998.

[36] S. Birchfield, "Elliptical head tracking using intensity gradient and color histogram," *IEEE Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 232-237, 1998.

[37] G. Hager and K. Toyama, "X vision: A portable substrate for real-

time vision applications," *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 69, no. 1, pp. 23-37, 1998.

[38] Z. Yao and H. Li, "Tracking a detected face with dynamic programming," *Image and Vision Computing*, vol. 24, no. 6, pp. 573-580, 2006.

[39] T.F.Cootes, and G.J.Edwards, C.J.Taylor. "Active appearance models," *PAMI*, 23(6), pp. 681-685, June, 2001.

[40] I.Matthews and S.Baker, "Active Appearance Models Revisited," *Tech. Report*, CMU-RI-TR-03-01, April 2003.

● 저자약력



김승훈

- 2002년 한양대 전자컴퓨터 공학부 졸업.
- 2007년 연세대 전기전자공학과 석사 졸업.
- 2007년~2008년 현대중공업 기계전기연구소 로봇틱스연구실 연구원.
- 2009년~현재 전자부품연구원 지능로봇틱스 연구센터 전임연구원.

· 관심분야 : 지능형 로봇, 이동 로봇, 컴퓨터 비전, 임베디드 시스템.



정일균

- 2000년 프랑스 INSA박사과정 수료.
- 이후 LAAS/CNRS 로봇틱스 그룹에서 박사연구 수행.
- 2004년 INPT에서 박사학위를 수여.
- 2004년~2007년 LG전자 리빙시스템 그룹의 선임연구원으로 청소로봇 센서 및 알고리즘 개발 팀장.

· 2007년~현재 전자부품연구원 지능로봇틱스 연구센터 책임연구원.

· 관심분야 : 로봇 지능 S/W, 임베디드 센서 및 시스템.



박창우

- 1997년 고려대 전자공학과 졸업.
- 1999년 연세대 전자공학과 석사 졸업.
- 2003년 연세대 전기전자공학과 박사 졸업.
- 2003년 이후 전자부품연구원 메카트로닉스 연구센터 / 지능로봇틱스 연구센터의 선임연구원.
- 현재 지능로봇틱스연구센터장.

· 관심분야 : 퍼지제어, 로봇비전, 로봇 플랫폼 등.



황정훈

- 1997년 연세대 기계공학과 졸업.
- 1999년 KAIST 기계공학과 석사 졸업.
- 2007년 KAIST 기계공학과 박사 졸업.
- 2007년~2009년 전자부품연구원 차세대로봇 전략기술지원단 선임연구원.
- 2009년~현재 지능로봇틱스 연구센터 선임연구원.

· 관심분야 : 인간-로봇 상호작용(HRI), 로봇지능 S/W 및 로봇 플랫폼 등.