

지능형 차량용 차량 및 보행자 인식 기술

I. 서론

미래에 폭발적인 수요가 예상되는 지능형 차량용 시스템을 위한 비전 기반 영상인식기술을 소개한다. 구체적인 목표는 다양한 날씨 조건 및 도로상황에서의 보행자 및 차량 인식 기술을 개발하는 것이다. 이러한 영상 인식기술은 스마트카/전화/로봇 등에 유용한 핵심 기술이다. 지난 몇 년 동안 인식기술의 성능이 많이 개선되었지만, 여전히 무인운전 또는 로봇에 활용할 만큼 만족스럽지 못하다. 최근에 얼굴, 차량, 보행자와 같이 안전운행을 위한 물체들을 검출하는 컴퓨터 비전 문제가 관심을 끌고 있으며 많은 연구가 이루어지고 있다.

1. 차량 인식

차량 검출은 운전자보조시스템 (Advanced Driver Assistance Systems: ADAS), 그리고 교통 감시 및 무인 차량 등 다양한 응용 프로그램에서 널리 사용되는 기술이다. 차량 검출 문제는 컴퓨터 비전 및 패턴 인식 분야에서 중요한 주제 중 하나이며, 다양한 크기 및 색깔의 차량을 검출하기 위한 효과적인 방법이 필요하다.

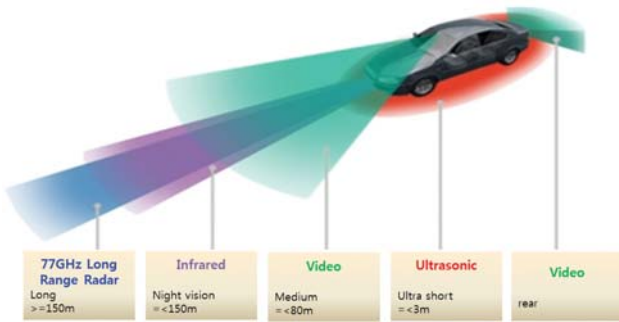
얼굴, 차량, 보행자와 같이 안전운행을 위한 물체들을 검출하는 컴퓨터 비전 문제가 관심을 끌고 있으며 많이 연구



신 현 철
한양대학교

2. 보행자 인식

움직이는 차량에서 획득한 이미지로부터 강인하고 신뢰성 있는 보행자 검출 방법은 Advanced Driver Assistance Systems (ADAS)에서 중요한 문제이다. 보행자를 검출하는 것은 다양한 배경과 보행



〈그림 1〉 다양한 센서와 감지 범위

자의 자세 그리고 다양한 모습의 의상 때문에 어려운 문제이다. 보행자 검출 시스템의 성능은 두 가지 요인에 의해서 주로 결정된다. 물체의 속성을 묘사하는 특징과 그것을 분류하는 기계학습 방법이다.

3. 야간 보행자 인식

운전자에게 있어서 야간 운전은 주간보다 훨씬 긴장감을 주며 사고 위험이 높다. 미국 교통부의 통계의 의하면 20%이상의 교통사고는 자정부터 오전 6시 사이에 발생한다고 한다. 교통사고의 원인은 차량자체 및 도로상황 등 요인도 있겠지만, 대부분의 사고는 운전자의 요인이다. 〈그림 1〉은 흔히 쓰는 차량용 비전시스템이다. 각 센서는 장단점이 있다. 예를 들면 레이더 센서의 단점은 거의 모든 날씨 조건에서 넓은 감지범위를 제공하지만 가격이 비싸고 해상도가 낮다.

적외선 영상은 이러한 문제를 해결할 수 있는 해결책 중의 하나이며 다양한 날씨 조건에서 보행자 인식 시스템을 구축하는 데 큰 도움이 된다. 적외선 영상은 사람의 시각감지 범위에서 보이지 않는 근적외선과 원적외선 빛의 파장을 이용한다. 적외선 카메라는 적외선 파장을 수집하여 사람의 눈으로 볼 수 있도록 가공하는 특수한 카메라이다.

II. 관련 연구

1. 차량 인식

이미지에서 대칭과 에지 특징을 이용한 차량 검출이

초기 단안 (mono camera) 차량 검출에서 사용되었다. 최근에는 차량 검출을 위한 단순한 이미지의 특징인 에지와 대칭 뿐만 아니라 다양한 특징들이 사용되고 있다. 컴퓨터 비전에서 이러한 성질들을 이용하여 이미지에서 물체들을 직접적으로 분류하고 검출하는 것이 가능해졌다.

Histogram of Oriented Gradients (HOG) 나 Harr-like 특징들을 사용한 연구가 많은 부분을 차지하지만, 다른 일반적인 특징이 사용되기도 한다. 차량 후면을 검출할 때 SIFT 특징을 사용하기도 한다. [1]에서는 speeded-up robust 특징과 에지가 사각지대의 차량을 검출하는데 사용되었다. [2]에서는 Gabor와 Harr-like 특징이 차량 검출에 사용되었다. [3]에서는 Gabor 특징과 HOG 특징이 함께 사용되었다.

2. 보행자 인식

보행자 검출 연구는 2000년부터 빠르게 진행되고 있으며, 전 세계적으로 많은 연구 성과들이 있었다. 특히 Gradient 기반 특징을 채택하여 검출의 정확도에 있어 큰 진전을 이루었다. SIFT에서 영감을 얻은 Dalal 과 Triggs^[4]는 intensity 기반의 HOG 특징을 소개하였다. Zhu et al.^[5]에서는 성능면에서 약간 손실이 있지만, 계단적 구조와 적분 히스토그램을 사용한 speed up HOG 특징을 보여주었다. Felzenszwalb et al.^[6]에서는 검출 성능 향상을 위해 변형 가능한 part-based 모델을 제안하였다. Port et al.^[7]에서는 HOG 특징들은 다양한 상황에서 충분한 성능을 발휘하지 못하므로 다양한 특징들을 결합하여 성능을 더욱 개선하였다. 여기에서는 LUV 색상에서의 HOG와 효과적인 motion 정보들을 결합하였다.

3. 야간 보행자 인식

1) HoG, SVM, Kalman Filter Tracking

Xu 와 Fujimura^[8]는 차량에 설치된 단안 적외선 카메라를 통해 보행자를 인식하고 추적하는 기술을 소개하고, 보행자의 모습이 변하는 특징에 대비하여, 두 단

계로 된 검출 추적 방법이 제안하였다. 본 방법에서는 우선 보행자의 후보영역이 될 수 있는 hotspot 을 설정하고, 보행자의 사이즈를 추측한 뒤, 레이블링하여 미리 Support Vector Machine (SVM) 으로 학습시킨 분류기를 이용하여, 보행자 여부를 판단한다. 인식된 보행자는 칼만 필터를 통하여 예측하고 mean shift 를 이용하여 추적한다.

Jungling 과 Arens^[9]는 움직이는 차량에서 단안 적 외선 카메라를 이용한 보행자 검출 방법을 소개하였으며 특히 자동차가 심한 흔들림이 있을 경우를 고려한 추적방법에 초점을 두었다. 훈련 단계에서는 샘플 이미지에서 Speed Up Robust Feature (SURF) 특징을 추출하여 비슷한 특징들을 군집하여 codebook 를 만들어서 각 특징들이 보행자의 기하학적 중심과의 공간적 배치 관계를 묘사하는 Implicit Shape Model (ISM) 을 만든다. 인식 단계에서는 영상에서 SURF 특징을 추출하고 만들어진 codebook 과 매칭하여 투표하는 방식으로 물체 중심을 찾는다. 최종적으로 투표에서 나온 maxima 들을 mean shift 를 통하여 non-maximum suppression 하여 보행자의 중심을 확정한다.

우선 보행자의 후보영역이 될 수 있는 hotspot 을 설정하고, 보행자의 사이즈를 추측한 뒤, 레이블링하여 미리 Support Vector Machine (SVM) 으로 학습시킨 분류기를 이용하여, 보행자 여부를 판단

III. 개발한 기술

1. 차량 인식

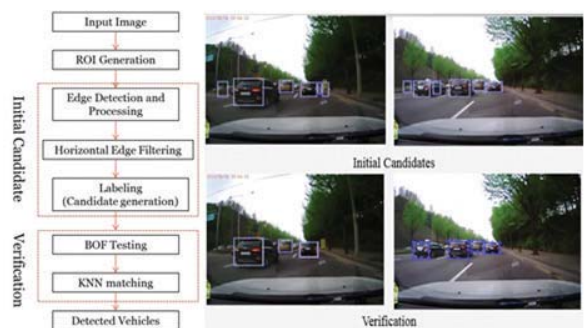
〈그림 2〉에서는 에지들과 Bag-of-Features 방법을 사용한 차량 검출 방법을 보여주고 있다. 에지는 이미지에서 물체의 많은 정보를 주는 가장 중요한 성질 중에 하나이다. 수평 에지들이 차량 검출에서 강력한 특징임을 활용하여, Canny 에지 맵에서 Horizontal Edge Filtering (HEF) 를 사용하여 초기 후보를 생성하였다. 이러한 초기 후보들은 Bag-of-Features (BoF)와 K nearest neighbour 알고리즘을 이용하여 검증하는 과정을 거친다. 테스트 이미지와 트레이닝 이

미지의 히스토그램 값의 차이로 차량인지의 여부를 판단한다. 예지로 초기 후보를 정하고 BoF로 최종 검증하는 과정을 결합한 이 연구는 잘 알려진 다른 방법들에 비해 현저하게 향상된 검출 성능을 가지고 있다. 이 방법은 시내의 도로에서 96%, 고속도로에서 98%의 검출 성능을 가진다^[10].

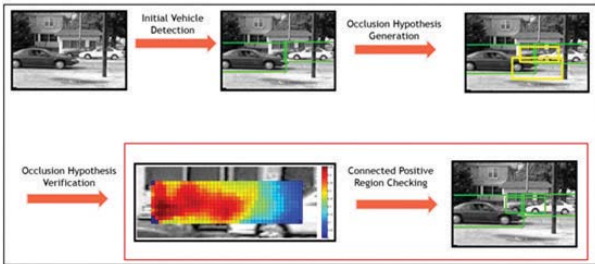
현실에서 차량은 다른 물체와 또는 다양한 배경과 겹쳐진다. 〈그림 3〉과 같이 본 기술에서는 부분적으로 가려진 차량을 효과적으로 검출하는 기술을 제안하였다. 영상에서 통계학적 방법으로 차량 후보 영역을 추출하고 integrated 구조와 likelihood 분류기를 이용하여 선정된 차량 후보 중에서 가려진 차량을 분류하여 최종 차량을 검출한다.

입력영상에 16×16 크기의 sliding windows 방식으로 스캔하면서 미리 트레이닝 된 Hough forest 에 의하여 투표하는 방식으로 1차적으로 가림이 없는 차량을 검출하여 가려진 차량을 정의하는 기준을 만든다. 후보지 생성 과정에서는 가려진 차량을 나타내는 특징의 patch를 결정하는 임계값을 결정한다. 이 임계값은 가려진 차량, 가림이 없는 차량 및 배경으로 이루어진 총 200개의 dataset에서 통계학적으로 각각 세 가지 경우가 투표에 기여하는 값에 의하여 실험적으로 결정된다.

가려진 차량 후보선상에 오른 물체를 분류하기 위하



〈그림 2〉 에지와 BoF를 사용한 단안 차량 검출



〈그림 3〉 Geometric 과 Likelihood Reasoning를 이용한 차량 검출 과정

여 likelihood 와 기하학적 configuration 정보를 한 수식에 집성한 Bilateral Patch Regioning 방법을 제안하였다. 이 방법을 이용함으로써 차량에 가려진 경우 및 배경에 의하여 가려진 경우를 같은 framework에서 처리할 수 있다. 〈그림 3〉에서 보드시피 가려진 차량의 부분의 patch score 분포도를 분석하여 positive 분류되는 부분의 일치성이 높으면 이를 가려진 차량으로 검출한다.

2. 보행자 인식

1) HOG 특징+ Color Histogram Similarity (CHS)

HOG 검출기만 적용했을 때, 보행자와 비슷한 모양의 몇 사물들이 보행자처럼 잘못 인식될 수도 있다. 그러나 이러한 물체들과 보행자 신체와의 색상이 다르므로 잘못 인식 되는 것을 피할 수 있다. 실험을 통해 보행자 영역의 히스토그램을 배경의 히스토그램과 비교하여 현저하게 다른 색상을 갖는 경우가 많다. 일부의 경우, 배경이 보행자와 유사한 색상을 가질 수 있기 때문에 보행자 검출에서 컬러 히스토그램 자체만 사용한다는 것이 좋은 방법이 아닐 수도 있다. 그래서 HOG 특징의 컬러 히스토그램과 결합하여 더 좋은 성능을 발휘할 수 있는 방법을 제안하였다^[11].

다음은 HOG 검출기에 대한 간략한 설명이다. 입력 이미지가 주어졌을 때, 각 검출 윈도우는 8x8 픽셀의



〈그림 4〉 샘플 검출 결과

셀들로 나뉘지고, 2x2 셀이 한 개의 블록을 형성한다. 각 블록은 50%의 overlap 이 있게 슬라이딩 방식으로 스캔한다. 각 셀은 9개의 방향 벡터 히스토그램

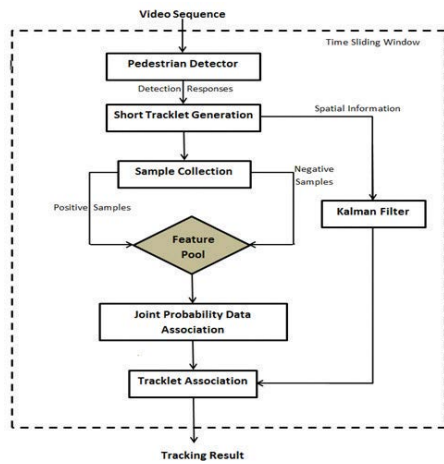
bin들로 표현되며, 각 블록들은 36-D HOG 특징 벡터를 가진다. 각 셀에서 HSV 색상 히스토그램을 구성하고 9-D CHS 특징을 얻기 위해 각각의 블록에 있는 4개의 셀들 간의 히스토그램의 유사성을 찾는다. 다음 블록

의 최종 HOG-CHS 특징은 L2 normalization과 45 (36+9)-D 벡터이다. 이 연구에서 64x128 픽셀의 검출 윈도우를 사용하였고, 따라서 윈도우의 블록 개수는 105 (7x15) 개다. 그리고 최종 특징을 나타내는 검출 윈도우는 4725 (105x45) 방향 벡터이다. 이 특징들은 선형 SVM 분류기에서 트레이닝 하는데 사용된다. 〈그림 4〉에서는 보행자 검출 결과를 보여준다.

2) Deformable Part Models + Kalman Filtering

이 연구의 목적은 실제 환경에서 움직이는 플랫폼으로부터 여러 보행자들을 추적하는 신뢰성 있는 기술을 개발하는 것이다. 〈그림 5〉에서 보드시피 본 방법에서는 일정 시간 동안 물체 일부가 가려지는 것과 같은 어려운 상황에서도 다수를 감지하고 추적 할 수 있는 통합 추적 검출 프레임워크를 개발 하였다^[12].

보행자 추적을 위한 검출기에서 나타나는 중요한 문제는 검출기 출력이 불안정하다는 것이다. 검출 출력이 때때로 잘못되는 경우가 있어 실제 보행자와 검출된 보행자 사이의 결과 연결에 문제가 발생 할 수 있다. 검출 신뢰성 문제를 극복하기 위해 연속된 프레임들 내에서 데이터들을 연결하여 높은 추적 정확도를 얻었



〈그림 5〉 프레임워크 개요



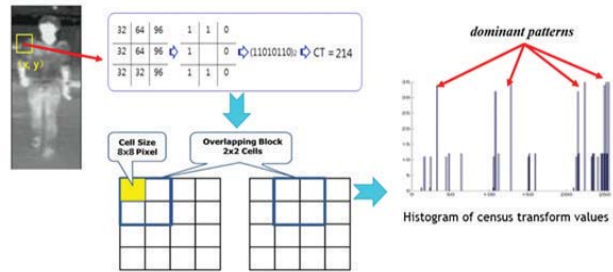
〈그림 6〉 Deformable Part Models + Kalman Filtering 결과

으며, 보행자 검출기로 deformable part models를 사용하였다. 물체의 모델들은 전체적인 “root” 필터와 여러 파트 모델로 구성되어 있다. 각 파트들은 spatial 모델과 파트 필터들을 특정 짓는다. 검출기의 응답에 따라, 칼만 필터는 사람들의 추적을 유지하는데 사용되고, 각각의 개별 추적을 위하여 특별한 라벨을 할당한다. 〈그림 6〉에서는 보행자 인식 및 추적의 실험결과를 보여준다.

3. 야간 보행자 인식

Riaz et al.^[13]에서는 빠르고 효과적으로 보행자의 실루엣을 묘사할 수 있는 cascade 분류기를 이용한 CENTRIST^[14] 특징 기반 야간 보행자 인식 기술을 제안 하였다. 이 논문에서는 Census transform 은 Sobel 에지에서 계산하지만, 실험을 한 결과 직접 적외선 영상에서 계산하는 경우에 인식률이 높아진다는 점을 발견하였다.

CENTRIST 의 계산 과정은 〈그림 7〉과 같다. 계산



〈그림 7〉 CENTRIST 특징 연산 과정

하고자 하는 픽셀 주변의 8개의 픽셀과 밝기 값을 비교한 후 중심 픽셀의 값보다 작거나 같으면 ‘1’, 작으면 ‘0’ 값을 주어 연속된 8 비트의 이진화 코드를 십진수로 바꾼다. 계산의 편리를 위하여 영상에서 8x8 픽셀이 한 개의 cell 을 이루고 2x2 cell 이 한 개의 block 를 형성하며 스캔 할 때 50%의 overlap 있다. 각각의 블록마다 안에 들어 있는 픽셀들의 census transform 값에 따라 0~255 사이에서 히스토그램을 그린 후 블록의 개수만큼 누적하면 그 이미지의 CENTRIST descriptor 를 얻는다.

하지만 통상적인 census transform 방법에는 두 가지 제한성이 있다. 우선 census transform 은 불균형적으로 분산된 히스토그램과 낮은 주파수의 패턴을 생성한다. 또한 높은 차원의 데이터는 sparse 하여 효과적인 구조를 찾기 어렵다. 그러므로 자연스럽게 정보 손실을 방지하는 동시에 벡터의 차원수를 줄이는 방법이 필요하다. 우리는 FIR영상 데이터에서 빈도가 높은 패턴만 사용하는 방법을 이용하였다^[13]. 주요 아이디어는 모든 패턴 사이에서 발생하는 빈도가 높은 dominant 패턴을 학습하는 것이다. 여기서 사용한 가정 조건은 아래와 같다.

- 실제 이미지는 자연스럽게 이러한 dominant 패턴은 거의 모든 texture 구조를 반영하기에 충분하다.
- 노이즈는 “rare pattern” 을 초래하며 이는 오분류를 할 수 있는 요인으로 작용한다.

Dominant 패턴의 추출 방법은 매우 간단하다. FIR 데이터 세트의 경우, census transform의 발생 확률을 기준으로 내림차순으로 패턴들을 정렬한다. 그리고

발생 확률의 상위 95%에 도달하는 n 개의 패턴을 선택한다. 실험적으로 60개의 dominant 패턴을 선택하는 것이 적합하다는 결론을 얻었다. 우리는 이러한 CENTRIST 의 sparse 버전을 ‘CENTRIST-60’이라고 정의하였다.

[10]에 제시된 비교 분석에 의하면 CENTRIST 및 이의 변형된 특징은 HOG 보다 인식률이 좋으며, 훈련과 테스트 과정의 수행시간 면에서 효율이 높다. 또한 motion, self-similarity 등 특징을 CENTRIST 와 결합하는 방식으로 인식률을 현저하게 제고할 수 있다.

IV. 향후 연구 및 결론

1. 차량 및 보행자

작은 크기 : 많은 연구에서 100 픽셀 이상의 대상에 초점을 맞추고 있지만 30~80 픽셀과 같이 낮은 범위의 픽셀에서도 좋은 성능이 요구 된다.

Occlusion : 파트 기반의 검출기를 포함한 성능 부분에서 약간의 Occlusion에도 현저하게 성능이 저하되는 것을 알 수 있다. 더욱 효과적인 방법의 개발이 필요하다.

시간적 통합 : 통합 시스템에서 종종 tracking을 사용하지만, 시간이 지남에 따른 검출기의 출력을 통합하는 방법의 비교 연구는 수행되지 않았다. 전체 추적이 불필요 할 수도 있으며, 몇 프레임을 통해 검출기의 출력을 통합하는 방법으로 충분 할 수 있다.

Context : 지면 가정이 어느 정도의 오류를 줄일 수 있지만 낮은 해상도에서는 보다 정교한방식이 필요하다.

새로운 특징 : 좋은 검출기들은 gradient 히스토그램을 결합한 여러 종류의 특징들을 사용한다.

특징 추출 개선에 대한 지속적인 연구로 추가적인 성능 개선이 예상된다.

2. 야간 보행자

현재까지 진행된 연구는 보행자 인식 기술에서 작은 부분 일 뿐이다. 예를 들면 야간운전을 보조하는 보행자 인식 기술은 아직 시작 단계에 머물러 있다. 하지만 운전자는 불충분한 조명조건 등으로 인하여 주간보다 야간에 더 많은 보조가 필요하다. 보통 카메라 센서는 높은 해상도와 질감을 갖고 있기에 아주 널리 이용되고 있다. 그러나 cluttering, 조명조건 등 카메라의 감지성능을 저하시키는 요인 때문에 해결할 문제들이 많이 남아있다. Visible 카메라 센서와 infrared 및 active 센서의 융합은 단일 센서보다 더 보완적인 정보를 얻을 수 있음으로 보행자 인식 기술에서 각광 받고 있는 새 기술이다. 이러한 센서들은 서로의 장점을 결합하고 단점을 보완하는 측면에서 인식 성능을 향상할 수 있다.

Visible 카메라 센서와 infrared 및 active 센서의 융합은 단일 센서보다 더 보완적인 정보를 얻을 수 있음으로 보행자 인식 기술에서 각광

참 고 문 헌

[1] X. Zhang, N. Zheng, Y. He, and F. Wang, "Vehicle detection using an extended hidden random field model," in Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2011 14th International IEEE Conference on, oct.2011, pp. 1555-1559.

[2] Y. Zhang, S. Kiselewich, and W. Bauson, "Legendre and gabormoments for vehicle recognition in forward collision warning," in Intelligent Transportation Systems Conference, 2006. ITSC '06. IEEE, sept. 2006, pp. 1185-1190.

[3] R. Sun, G. Bebis, "Monocular pre crash vehicle detection: Features and classifiers," IEEE Trans. Image Proc., vol. 15, no. 7, pp. 2019-2034, July 2006. Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on, 2012.



- [4] N. Dalal, B. Triggs, "Histograms of oriented gradients for human detection," In Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 886–893, 2005.
- [5] Q. Zhu, M. Yeh, K. Cheng, S. Avidan, "Fast human detection using a cascade of histograms of oriented gradients," In Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 1491–1498, 2006.
- [6] P. Felzenszwalb, D. McAllester, D. Ramanan, "A discriminatively trained, multiscale, deformable part model," In Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 1–8, 2008.
- [7] C. Wojek, S. Walk, B. Schiele, "Multi-cue onboard pedestrian detection," In Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 794–801, 2009.
- [8] F. Xu, X. Liu and K. Fujimura, "Pedestrian detection and tracking with night vision," in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2005.
- [9] K. Jungling and M. Arens, "Pedestrian tracking in infrared from moving vehicles," in IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2010.
- [10] S. Pirzada, E. Haq and H. Shin, "Single Camera Vehicle Detection Using Edges and Bag-of-Features," Proc. Lecture Notes on Electrical Engineering (LNEE), The 3rd international Conference on Computer Science and its Applications (CSA), 2011.
- [11] T. Yu, X. Fan and H. Shin, "An Efficient Pedestrian Detection Method by Using Coarse-to-Fine Detection and Color Histogram Similarity," International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology (ICHIT2012), Aug. 2012.
- [12] S. Mittal, T. Prasad, S. Saurabh, X. Fan and H. Shin, "Pedestrian Detection and Tracking Using Deformable Part Models and Kalman Filtering," International Soc Design Conference, 2012.
- [13] I. Riaz, J. Piao and H. Shin, "Human Detection by Using CENTRIST Features for Thermal Images," in International Conference Computer Graphics, Visualization, Computer Vision and Image Processing, 2013.
- [14] J. Wu, C. Geyer and J. Rehg, "Real-Time Human Detection Using Contour Cues," in IEEE International Conference Robotics and Automation (ICRA), 2011.



신현철

1978년 2월 서울대학교 학사
 1980년 2월 한국과학기술원 석사
 1987년 10월 University of California at Berkeley 박사
 1987년 11월~1989년 7월
 AT&T Bell Lab, Murray Hill, N.J. 연구원 (M.T.S)
 1989년 9월~현재 한양대학교 전자통신공학과 교수
 2011년 6월~현재 IDEC Platform Center 지능형 차량용 SoC 플랫폼 센터 센터장

〈관심분야〉
 지능형 차량용 영상 인식/처리 SoC 설계 방법 및 CAD S/W 개발