

지역 특징을 사용한 실시간 객체인식

Real-Time Object Recognition Using Local Features

김 대 훈*, 황 인 준**
Daehoon Kim*, Eenjun Hwang**

Abstract

Automatic detection of objects in images has been one of core challenges in the areas such as computer vision and pattern analysis. Especially, with the recent deployment of personal mobile devices such as smart phone, such technology is required to be transported to them. Usually, these smart phone users are equipped with devices such as camera, GPS, and gyroscope and provide various services through user-friendly interface. However, the smart phones fail to give excellent performance due to limited system resources. In this paper, we propose a new scheme to improve object recognition performance based on pre-computation and simple local features. In the pre-processing, we first find several representative parts from similar type objects and classify them. In addition, we extract features from each classified part and train them using regression functions. For a given query image, we first find candidate representative parts and compare them with trained information to recognize objects. Through experiments, we have shown that our proposed scheme can achieve reasonable performance.

요 약

이미지에서의 자동 객체 인식은 컴퓨터 비전 및 패턴 분석을 포함한 많은 분야에서 아주 중요한 이슈중의 하나이다. 특히, 최근 스마트폰과 같은 개인용 이동형 단말기가 빠르게 보급되면서, 그러한 기술들을 지원할 필요성이 커지게 되었다. 이러한 단말기들은 대개 카메라, GPS, 가속도 센서 등과 같은 장치들을 갖추고 있으며 사용자들에게 다양한 서비스를 편리한 인터페이스를 통해 제공하고 있다. 하지만 제한된 시스템 자원 때문에 처리속도가 비교적 느리다는 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서 우리는 전처리 과정과 단순 지역 특징을 기반으로 한 객체 인식 성능 향상 기법을 제안한다. 전처리 단계에서는, 우선 객체 종류별 이미지로부터 각 객체의 특징이라고 생각되는 부분을 자동으로 판별하고 비슷한 부분끼리 분류한 다음 이들의 특징을 추출하고 학습한다. 질의 영상에 대해 우선 지역 특징 후보들을 파악한 다음 전처리 과정에서 학습된 정보와 비교하여 객체인식을 하게 된다. 실험을 통하여 제안된 기법의 객체 인식 성능을 보인다.

Key words : Object recognition, Local features, Object classification, Real-time

I. 서론

컴퓨터 비전 및 패턴 분석 관련 분야에서 이미지 또는 영상에서 자동으로 객체를 인식하는 방법에 대

한 연구는 예전부터 매우 활발히 진행 되고 있다. 신뢰성 있는 객체인식 방법의 연구에 있어서, 같은 종류의 객체라도 이미지 또는 영상에서 매우 다양한 모습으로 존재하고 있다는 것이 가장 큰 문제가 된다. 객체의 색상, 관찰 각도, 조명 등의 상태에 따라서 같은 종류의 객체들임에도 불구하고 전혀 다른 형태로 존재할 수 있다. 반대로 다른 종류의 객체라도 어떠한 기준에서 살펴보면 같은 종류로 분류되는 경우도 흔히 관찰된다[1]. 따라서 성공적인 객체 인식 방법은 같은 객체들간의 다양성을 보장함과 동시에 다른 종

* 고려대학교 전자전기공학과 박사 과정

** 고려대학교 전기전자전공학과 정교수

★ 교신저자 (Corresponding author)

接受日:2010年 09月 03日, 修正完了日: 2010年 09月 29日

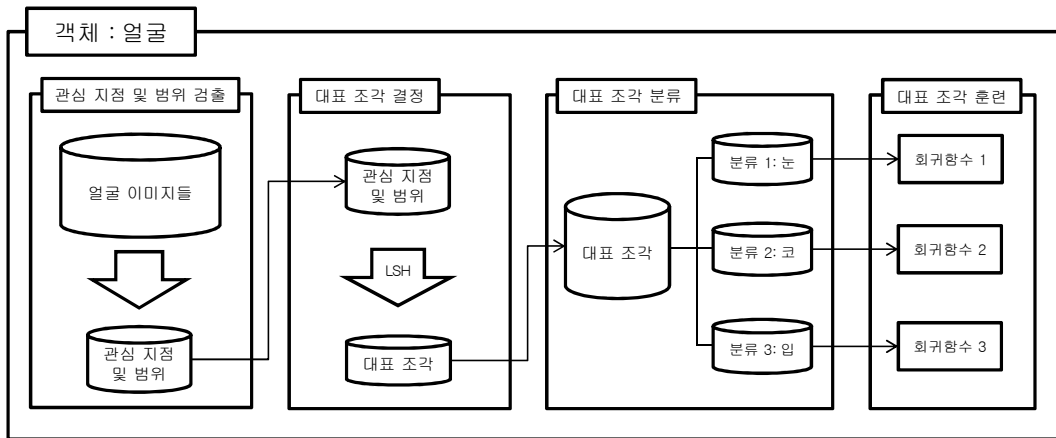


그림 1. 얼굴 객체 이미지들의 전처리 과정 순서도

류의 객체간에 차이점을 구별할 수 있는 특성을 동시에 지녀야 한다. 한편, 지금까지 연구되고 있는 객체 인식 방법들은 대개 처리속도를 고려하지 않거나, 처리속도를 고려하더라도 실시간 인식을 위해 인식률이 떨어지거나 특정한 몇 가지 종류만 인식 할 수 있는 것이 대부분이다. 따라서 객체 인식의 정확도는 유지한 상태로 처리 속도를 증가시킬 수 있다면, 최근 유행하고 있는 스마트폰과 같은 자원의 이용이 한정된 이동형 기기에서 매우 유용하게 사용 할 수 있을 것이다.

본 논문에서는 위의 두 가지 기본 특성 및 빠른 처리속도를 모두 만족 할 수 있는 새로운 객체인식 방법에 대한 방법을 제안한다. 우리가 제안하는 방법은 기본적인 인식률을 보장하기 위해, 객체 인식을 위한 학습 방법을 사용한다. 여기에 처리속도를 높이기 위해 간단한 지역 특징을 사용하였다. 또한 객체 인식을 위해 이미지 전체의 특징을 이용하는 것이 아니라, 이미지 내에서 객체의 특징이라고 생각되는 부분의 특징만을 사용한다. 먼저, 각 객체의 종류별로 모아진 이미지 셋에서 각 객체 별로 각 객체의 특징이라고 할만한 부분을 자동으로 검출한다. 객체 종류별로 추출된 대표 부분들을 비슷한 종류들로 구분하고 이들의 특징을 추출하여 학습시킨다. 추후 질의 이미지가 들어오면 위의 방법과 유사한 과정을 거쳐서 대표 부분을 찾아내고 이를 학습시킨 정보와 비교하여 객체의 존재 유무를 판단할 수 있다.

이 논문의 나머지는 다음과 같이 구성된다. 2장은 본 연구의 기본이 되는 객체인식 관련 연구에 대해 알아본다. 그리고 3장은 실제 객체인식에 필요한 여러 가지 정보를 생성해 놓는 전처리 과정과 실제 질

의 처리하는 과정을 제안한다. 4장에서는 실험에 대한 결과를 보여주고 마지막으로 5장에서는 이 논문을 결론짓는다.

II. 관련 연구

지금까지 객체인식을 위해 여러 가지 형태를 가진 다양한 방법들이 제안되어 왔다. 대부분의 방법들은 이미지들을 특징의 집합으로 표현 하고 이에 적합한 학습 방법을 사용하여 특징 공간 상에서 해당 이미지가 어디에 속하는지를 판별하는 것으로 객체인식을 진행해왔다. 지금까지 제안되어온 주요 방법들에 대해 소개하고 각 방법들이 어떠한 특징 공간 및 학습 방법 들을 사용 했는지를 정리해 보았다.

학습 기반 객체 인식 방법들은 초기에 이미지 픽셀 값을 그대로 사용하는 방법[2][3][4]에서 시작하여, 전역 이미지 변환 기법으로 얻은 특징 값[5][6], 모서리 조각과 같은 지역 특징 값[7][8], Gabor 필터 기반 표현 기법[9], 직사각형 표현 기법[10], Wavelet 특징 값[11] 등을 사용하는 것으로 발전되어 왔다. 한편, 학습 방법에 있어서는 간단한 nearest neighbor 방법에서 시작하여 neural networks[2], convolutional neural networks[12], 확률 기반 방법[6][13], higher degree polynomial classifiers[8][11], 계층 구조 방법[14] 등의 좀더 복잡하고 발전된 기술들을 사용하게 되었다. 이러한 방법들은 대부분 객체 인식에 걸리는 시간은 고려하고 있지 않다.

한편, 멀티미디어 데이터의 급증과 보안 CCTV 등의 보급으로 동영상에서의 실시간 객체 인식에 대한 다양한 연구가 이미 진행 되었다. AdaBoost 기반 인

식 방법[15], 3D 기하학 모델 기반 객체 인식 방법[16], Hough 변환 기반 객체 인식 방법[17] 등이 대표적인 연구이다. 이 방법들은 위의 방법들과 다르게 실시간 인식이 1차 목표인 방법들로서, 얼굴과 같은 특정한 부위 하나만 인식이 가능하거나[15], 특정한 디바이스를 이용하는[16] 등의 제약조건이 있다.

Ⅲ. 지역 특징을 사용한 실시간 객체 인식

여러 종류의 객체를 신속하게 인식하기 위해서, 우리는 미리 해당 객체의 이미지 집합에 대해 대표 부분을 추출하고 이를 추후에 이용 가능하도록 정보를 가공하여 학습시키는 전처리 과정을 진행한다. 추후에 질의 이미지가 입력이 되었을 때, 전처리 과정과 유사하지만 간소화된 과정을 질의 이미지에 동일하게 적용시키고 전처리 과정에서 생성된 정보와 비교하여 객체의 존재 여부 및 종류를 판별하게 된다. 이 장에서는 객체 인식 시, 처리속도를 높이기 위해 간단한 지역 특징을 제안한다. 또한 기본적인 인식률을 보장하기 위해 객체 인식을 위한 새로운 학습 방법을 제안한다.

1. 전처리

전처리 단계는 실제 이미지 질의 과정에서 필요한 여러 가지 정보를 미리 계산하여 놓는 과정이다. 예를 들어 얼굴 객체 인식에 대한 상세 내용은 그림 1과 같다. 기존의 연구[18][19]에서는 우리가 제안하는 방법과 유사한 조각 기반 표현방법을 사용했다. 하지만 이 방법[18]은 각 부분을 정의하고 훈련을 위해서 필요한 분류를 수동으로 하는 한계가 있었다. 또한 [19]에서는 이러한 과정을 자동화 하였으나, 특징 값들의 특성 때문에 이미지 질의 처리시 많은 비용이 들게 된다. 따라서 우리는 이러한 문제를 해결하기 위해 새로운 방법을 제안한다.

전처리 단계에서는 관심 지점 및 범위 검출을 가장 먼저 수행한다. 관심 지점 검출은 이미 컴퓨터 비전, 스테레오 매칭, 객체 인식, 이미지 검색 등과 같은 다양한 분야에서 사용 중이다. 보통 관심 지점은 이미지 내에서 많은 정보를 담고 있는 부분, 즉 그 지점 주위의 변화가 심한 지점을 의미한다. 이미 나와 있는 다양한 관심 지점 추출 방법 중에서 우리는 Kadir&Brady 방법을 사용하였다[20]. 이 방법은 기존에 널리 쓰이던 다른 방법[21][22]과 모서리 부분 및 원의 중심점을 찾아준다는 점에서는 유사하다. 여기

에 추가로 관심 지점의 범위까지 검출을 해준다. 따라서 이 방법을 사용하면 다양한 크기를 가진 객체를 찾아내는 데 도움이 될 수 있다. 그림 2는 자동차 객체를 포함한 이미지에 해당 방법을 사용한 결과의 예제이다. 과란 동그라미로 표현된 부분들이 검출된 지점이며, 범위를 나타내는 원의 크기가 각 지점마다 다른 것을 확인 할 수 있다. 우리는 검출된 지점과 범위를 기반으로 정사각형 모양으로 조각을 추출하여 사용하였다.

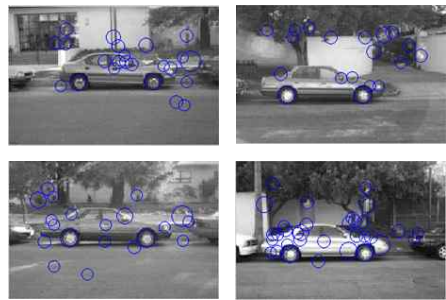


그림 2. Kadir&Brady 방법 예제(임계 값 = 0.9)

다음 단계에서는 대표 조각을 결정한다. 전 단계에서 검출한 관심 지점들 중에서 어떤 관심 지점이 해당 객체를 대표할 만한 부분인가를 판별해 주는 단계이다. 기존의 연구[19]에서는 검출된 모든 관심 지점끼리 서로 비교를 하여 유사도가 일정 값을 넘어서면 그 부분을 관심 지점으로 선택하였다. 하지만 처리해야 할 객체수가 많아지고 훈련 이미지의 량이 많아지면, 처리해야 할 관심 지점의 숫자가 매우 많이 늘어난다. 이때 이 방법은 모든 관심 지점끼리 서로 비교하기 때문에 복잡도가 $O(n^2)$ 이 되어서 현실적으로 비용이 너무 많이 들게 된다. 따라서 우리는 LSH[23] 방법을 도입하여 복잡도를 $O(n)$, 즉 선형 증가로 줄였다. LSH는 고차원 공간에서 근접 질의를 빠른 시간 안에 처리 해줄 수 있는 방법이다. 이를 이용해서 각 부분 별로 해당 부분과의 유사도가 일정한 값 이상을 가진 부분들을 찾아내고 이러한 부분들의 개수가 임계 값을 넘으면 해당 부분을 대표 조각으로 결정한다. 이때 유사한 정도는 순서 측정 방법을 사용하였다[24]. 이 방법은 이미시간의 유사도를 픽셀 값의 순서를 기반으로 측정한다. 이 방법은 기본적으로 크기가 같은 이미지에서만 적용할 수 있기 때문에, 크기가 다른 조각의 경우는 같은 크기로 변경한 후에 사용하였다.

이렇게 선택된 대표 조각들을 비슷한 조각들끼리

분류하는 것이 다음 단계이다. 이를 위해 가장 간단한 방법은 모든 대표 조각 들 간에 유사도를 비교하여 일정한 유사도 이상을 가지는 조각들끼리 묶는 것이다. 하지만 유사도 비교에 들어가는 비용이 크기 때문에 이러한 방법은 매우 비효율적이다. 우리는 이러한 문제를 해결하기 위해 대표 조각 결정 단계에서 LSH가 찾아주는 근접 질의 결과의 목록을 저장해 놓고 이를 분류 단계에서 활용한다.

Algorithm ClassifyPatches(List SP, List RP)

```

1: for each list in List_SP, List_RP
2:   update RelateMatrix
3:   make DetectedList
4: end
5: IsMerged := 1
6: while IsMerged = 1
7:   DetectedList := empty
8:   IsMerged := 0
9:   if sum(column of RelateMatrix) > 1
10:    IsMerged := 1
11:    update RelateMatrix
12:   end
13: end
14: classify using RelateMatrix

```

그림 3. 대표 조각 분류 알고리즘

그림 3은 이런 정보를 활용하여 분류하는 대표 조각 분류 알고리즘이다. List_SP는 전 단계에서 저장해 놓은 근접 질의 결과의 목록이고, List_RP는 대표 조각 결정 단계에서 얻은 대표 조각의 목록이다. RelateMatrix는 위의 정보를 바탕으로 생성하여 해당 알고리즘에서 최종적으로 업데이트 해야 될 행렬이다. 해당 행렬의 열 부분 합을 계산해서 1이 이상이면 해당 열 번호에 해당하는 조각은 1개 이상의 조각과 유사한 것을 뜻한다. 따라서 이 조각을 공유한 목록들은 한 분류로 묶일 수 있다. 이러한 과정을 거쳐서 추가적인 계산 없이 RelateMatrix를 업데이트하는 것만으로 빠르게 대표 조각들을 분류 할 수 있다.

마지막 대표 조각 훈련 단계에서는 지금까지 찾아서 분류 해놓은 대표 조각들을 추후에 이용 가능하도록 훈련시킨다. 대표 조각 분류 단계를 마치면 대표 조각 들이 비슷한 분류의 것끼리 모이게 된다. 그림 1의 얼굴 예제에서 보면 대표 조각 분류를 마치면 대표 조각들이 눈, 코, 입 등의 각 분류 별로 나뉘어진 것을 볼 수 있다. 이번 단계에서는 이러한 각 분류의 조각들을 가지고 훈련과정을 진행한다. 훈련 과

정은 특징 추출과 학습의 두 단계로 나뉜다. 우리가 훈련에 사용할 조각들은 평균적으로 약 25 x 25 해상도를 가지고 있기 때문에 픽셀로 따지면 약 625개, 즉 그대로 사용한다면 약 600차원이 넘는 매우 고차원의 자료이다. 이러한 정보들을 가지고 학습 시키기 위해선 반드시 차원 감쇄가 필요한데, 특징 추출이 바로 이 작업을 하는 것이다. 각 조각들의 특징 추출을 위해 먼저 모든 조각들을 0~255의 값을 가지는 그레이 스케일로 변환한다. 그 후에 전체 256개의 그레이 스케일 구간을 8개로 나누고 각 구간이 전체 픽셀에서 차지하는 비율과 각 구간들의 중심점을 계산한다. 본 논문에서는 이 비율과 중심점의 위치를 각 조각의 특징으로 사용한다. 이때 중심점의 위치를 일반적으로 사용하는 x축과 y축 좌표로 사용하지 않고, 중심점에서부터의 각도를 측정하여 사용한다. 특징 추출을 할 조각들은 앞서 언급한 바와 같이 수십x수십 정도의 해상도를 가지고 있기 때문에 이와 같은 비교적 가벼운 특징을 사용해도 조각의 특성을 표현하기에 모자람이 없다. 이렇게 추출된 조각들의 특징들을 각 분류 별로 모아서 SVR(Support Vector Regression)로 훈련 시킨다. 이때 한 분류를 훈련시킬 때 해당 분류의 특징들은 정례로 사용하고 같은 객체에 포함되어 있지만 다른 분류에 속한 조각들의 특징은 반대로 사용한다. 훈련 시 사용되는 각종 변수 값들은 훈련 이미지들에 기반하여 반복적인 훈련을 통해 최적의 값을 자동으로 결정하게 하였다. 이렇게 각 분류 별로 훈련된 회귀 함수들이 질의 처리 과정에서 이용되게 된다.

2. 질의 처리

앞 질에서 살펴본 전처리 단계가 끝나면 실제 질의 이미지 처리에 필요한 회귀 함수들을 얻게 된다. 질의 처리 단계에서는 이 함수들을 이용하여 질의 이미지가 어떠한 객체를 포함하고 있는지를 판별하는 단계이다. 질의 처리 단계는 전처리 과정과 유사하지만 중간에 몇 가지 과정이 생략 되어있다. 먼저 질의 이미지에 대해 관심 지점 및 범위 검출을 수행하여 관심 지점을 추출한다. 그 후에 각 관심 지점에 대해 전처리 과정에서 얻은 회귀 함수를 사용하여, 각 관심 지점이 얼마나 해당 분류와 유사한지 판별한다. 특징 질의 이미지의 관심 지점들에 대해, 어떤 객체의 분류 중 일정 비율 이상의 분류가 인식된다고 판별되면 최종적으로 질의 이미지는 해당 객체를 포함하고 있다고 판별한다. 이러한 과정을 거쳐서 각 질의 이미지가 훈련되어있는 객체를 포함하고 있는지의 여부를 알 수 있다. 기존의 이미지를 분류만 하는 방

Object name	No. of images	No. of training images	No. of testing images	No. of correct detections	No. of false detections
stop_sign	64	15	49	69.39 % (34/49)	12.79 % (120/938)
airplanes	800	15	785	79.49 % (624/785)	15.84 % (32/202)
car_side	123	15	108	59.26 % (64/108)	23.89 % (210/879)
yin_yang	60	15	45	66.67 % (30/45)	11.89 % (112/942)

표 1. 객체 인식 정확도 실험

법과 비교하면, 하나의 질의 이미지에서 두 개 이상의 객체를 검출 해 낼 수 있다는 장점이 있다.

IV. 실험 및 결과

이번 장에서는 지금까지 살펴본 객체 인식 방법의 실험 결과에 대해 알아본다. 본 실험에 사용된 훈련 이미지 셋은 Caltech101[25]로서, 총 8500여개의 이미지가 101개의 분류로 나뉘어 있으며 각 분류 당 최소 50개의 이미지로 구성되어있다. 이미지들은 다양한 해상도를 가지고 있으며, 해당 객체의 크기도 실험은 Intel Core 2 Duo 2.67Ghz, 4GB 메모리 사양의 Windows 7 환경에서 수행되었으며, 전처리 및 질의 처리를 포함한 모든 과정은 MATLAB을 기반으로 구현하였다. 실험은 객체 인식의 정확도와 걸리는 시간에 대한 실험 두 가지로 구성되어있다.

	Elapsed time (sec)	Elapsed time/image (sec)	Frames/sec
Find interest points	53.99	0.90	1.11
Extract Features	2.19	0.04	27.40
Recognize	3.90	0.07	15.38
Total	60.08	1.00	0.99

표 2. 객체 인식 소요 시간 측정

표 1은 객체 인식의 정확도에 대한 실험으로서 이미지 셋의 101개 분류 중 임의로 4개를 선정하여 진행한 결과이다. 선정된 4개의 셋들은 각기 다른 개수를 가지고 있으며, 훈련에는 동일하게 15개씩의 이미지를 사용하고 나머지 이미지들을 테스트 셋으로 사용하였다. 테스트 셋에 사용되는 15개의 이미지는 무

작위로 선정하였다. 실험 결과 올바르게 검출되는 확률은 약 59%에서 79%사이로 나왔으며, 잘못 검출되는 경우는 약 11%에서 23% 정도로 나왔다. 여기서 올바르게 검출되는 경우는 해당 테스트 이미지에서 해당 객체가 제대로 나오는 경우이고, 잘못 검출되는 경우는 해당 테스트 이미지에서 다른 객체가 검출된 경우이다.

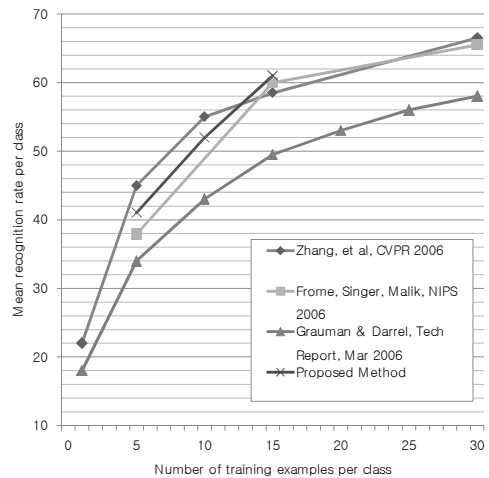


그림 4. 객체 분류 정확도 실험

표 2는 위의 실험에서 사용된 4개의 객체에 대해 각각 15개씩의 테스트 이미지, 총 60개의 이미지를 사용하여 객체 인식에 걸리는 시간을 측정해본 결과이다. 실험 결과 대부분의 시간은 흥미 지점을 찾는 과정에서 소모되었고, 상대적으로 특징 추출이나 인식 과정에서는 매우 적은 시간이 걸리는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 전체 시간을 합산하여 계산하여 본 결과 초당 1개 정도의 이미지를 처리 할 수 있음을 확인할 수 있었다.

마지막 실험은 전체 101개 객체 종류 이미지에 대한 객체 인식 정확도에 대한 실험이다. 우리가 제안

한 방법은 다른 분류 방법들과는 다르게 한 이미지에 대해서 여러 가지 객체가 인식이 가능하므로 다른 객체 분류 및 인식 방법과 직접적인 비교가 어렵다. 따라서 다른 객체 인식 방법들과 비교를 하기 위해 한 이미지에 대해 여러 가지 객체가 검출되는 경우, 그 중에 가장 확률 높은 객체를 선정하는 방법으로 각 이미지에 포함될 확률이 가장 높은 객체를 선택하였다. 그림 4는 다른 방법들[26][27][28]과 본 논문에서 제안한 방법의 객체 분류 정확도 실험의 결과이다. 우리가 제안한 방법은 각각 5, 10, 15개의 훈련 이미지 셋을 사용하였고, 다른 방법들은 1개에서 30개 까지 다양한 방법을 사용한 결과이다. 훈련 이미지 셋의 크기에 따라 전부 다른 결과가 나왔지만, 다른 방법에 비해 크게 손색없는 결과를 보여준다.

V. 결론

우리는 본 논문에서 실시간 객체 인식을 위한 지역 특징 기반 인식 방법을 제안하였다. 우선 검출된 흥미 지점 및 범위를 기반으로 대표 조각을 결정한다. 그 후 대표 조각들을 분류하고 특징을 추출하여 훈련시키는 전처리 과정을 수행한다. 여기서 LSH등을 도입하여 훈련해야 할 이미지의 숫자가 많아지더라도 비용을 선형적으로 증가하게 할 수 있었다. 실제 질의 처리 때에는 전처리 과정에서 생성된 정보를 효과적으로 이용하여 실시간 객체 인식에 이용하였다. 다른 연구에서 사용된 특징 추출 기술에 비해 가볍고 간단한 특징 추출 기술을 이용 하는 방법으로 객체 인식 시 필요한 비용도 줄일 수 있었다. 기존 연구 대비 인식 정확도와 인식 시간의 조화 면에서 우수함을 보였다. 따라서 제안된 기법은 객체 인식 및 영상 처리와 관련된 다양한 이동기기용 응용 프로그램에 효과적으로 적용 가능 할 것이다. 추후 보다 나은 인식률 및 인식 속도를 위해 다양한 추출 기술 및 훈련 방법을 도입해 볼 예정이다.

참고 문헌

[1] S. Ullman, "High-level vision: object recognition and visual cognition," MIT Press, 1996.
 [2] A. J. Colmenarez and T. S. Huang, "Face Detection With Information-Based Maximum Discrimination," in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 782-787, 1997.
 [3] H. A. Rowley, S. Baluja and T. Kanade, "Neural network based face detection," IEEE

Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 20, no. 1, pp. 23-38, 1998.

[4] E. Osuna, R. Freund and F. Girosi, "Training support vector machines: an application to face detection," in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 130-136, 1997.

[5] M. Turk and A. Pentland, "Eigenfaces for recognition," Journal of Cognitive Neuroscience, vol. 3, no. 1, pp. 71-86, 1991.

[6] B. Moghaddam and A. Pentland, "Probabilistic visual learning for object detection," Proceedings of the Fifth International Conference on Computer Vision, 1995.

[7] Y. Amit and D. Geman, "A computational model for visual selection," Neural Computation, vol. 11, no. 7, pp. 1691-1715, 1999.

[8] M-H. Yang, D. Roth and N. Ahuja, "A SNoW-based face detector," in Advances in Neural Information Processing Systems 12, Sara A. Solla, Todd K. Leen, and Klaus-Rober Müller, Eds., pp. 855-861, 2000.

[9] P. Viola and M. Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features," in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2001.

[10] L. Shams and J. Spoelstra, "Learning Gabor-based features for face detection," in Proceedings of World Congress in Neural Networks, International Neural Network Society, pp. 15-20, 1996.

[11] C. Papageorgiou and T. Poggio, "A trainable system for object detection," International Journal of Computer Vision, vol. 38, no. 1, pp. 15-33, 2000.

[12] Y. LeCun, P. Haffner, L. Bottou and Y. Bengio, "Object recognition with gradient-based learning," in Feature Grouping, D. Forsyth, Ed., 1999.

[13] H. Schneiderman and T. Kanade, "A statistical method for 3D object detection applied to faces and cars," in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, vol. 1, pp. 746-751, 2000.

[14] E. Borenstein and S. Ullman, "Combined Top-Down/Bottom-Up Segmentation," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 30, no. 12, pp. 2109-2125, 2008.

- [15] P. Viola and Michael J. Jones, "Robust Real-time Object Detection," International Journal of Computer Vision, vol. 57, no. 2, pp. 137-154, 2004.
- [16] M. Ulrich, C. Steger and A. Baumgartner, "Real-time object recognition using a modified generalized Hough transform," International Journal of Pattern Recognition, vol. 36, no. 11, pp. 2557-2570, 2003.
- [17] J. Gausemeier, J. Freund, C. Matysczok, B. Bruederlin and D. Beier, "Development of a real time image based object recognition method for mobile AR-devices," in Proceedings of the 2nd international conference Computer graphics, virtual Reality, visualization and interaction in Africa, pp. 133-139, 2003.
- [18] 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.
- [19] S. Agarwal, A. Awan and D. Roth, "Learning to Detect Objects in Images via a Sparse, Part-Based Representation," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 26, no. 11, pp. 1475-1490, 2004.
- [20] T. Kadir and M. Brady, "Scale, Saliency and Image Description," International Journal of Computer Vision, vol. 45, no. 2, pp. 83-105, 2001.
- [21] M. Weber, M. Welling and P. Perona, "Unsupervised learning of models for recognition," in Proceedings of the Sixth European Conference on Computer Vision, pp. 18-32, 2000.
- [22] R. M. Haralick and L. G. Shapiro, "Computer and Robot Vision II," Addison-Wesley, 1993.
- [23] T. Darrel, P. Indyk and G. Shakhnarovich, "Locality-sensitive hashing scheme based on p-stable distributions," Nearest Neighbor Methods in Learning and Vision: Theory and Practice, MIT Press, 2006.
- [24] D. N. Bhat and S. K. Nayar, "Ordinal Measures for Image Correspondence," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 20, no. 4, pp. 415-423, 1998.
- [25] L. Fei-Fei, R. Fergus and P. Perona, "Learning generative visual models from few training examples: an incremental Bayesian approach tested on 101 object categories," in Workshop on

Generative-Model Based Vision, 2004.

- [26] H. Zhang, A. Berg, M. Maire, and J. Malik, "SVM-KNN: Discriminative Nearest Neighbor Classification for Visual Category Recognition," in CVPR, 2006.
- [27] K. Grauman and T. Darrell, "Pyramic match kernels: Discriminative classification with sets of image features (version 2)," Tech. Rep. MIT CSAIL TR 2006-020, MIT, March 2006.
- [28] A. Frome and Y. Singer, "Image Retrieval and Classification Using Local Distance Functions," in NIPS 2006.

저 자 소 개

김 대 훈 (정회원)



2006년 : 고려대학교
전자공학과(학사)
2008년 : 고려대학교
전자전기공학과(석사)
2008년 ~ 현재 : 고려대학교
전자전기공학과 박사 과정
<주관심분야> 데이터베이스,
멀티미디어 검색, 영상처리, 유비쿼터스 컴퓨팅

E-mail : kdh812@korea.ac.kr

황 인 준 (정회원)



1988년 : 서울대학교 컴퓨터공학과
(학사)
1990년 : 서울대학교 컴퓨터공학과
(석사)
1998년 : Univ. of Maryland at
College Park 전산학과 (박사)
1998 ~ 1999년 : Bowie State
Univ., Assistant Professor

1999년 ~ 1999년 : Hughes Research Lab. 연구교수

1999년 ~ 2003년 : 아주대학교 정보통신전문대학원
조교수

2003년 ~ 2004년 : 아주대학교 정보통신전문대학원
부교수

2004년 ~ 2007년 : 고려대학교 전기전자전파공학과
조교수

2007년 ~ 2010년 : 고려대학교 전기전자전파공학과
부교수

2010년 ~ 현재 : 고려대학교 전기전자전파공학과
정교수

<주관심분야>

데이터베이스, 멀티미디어 검색, 정보 통합,

전자상거래, 영상처리, 유비쿼터스 컴퓨팅

E-mail : ehwang04@korea.ac.kr