

논문 2011-1-27

효율적인 얼굴 검출을 위한 지역적 컨텍스트 기반의 특징 추출

Local Context based Feature Extraction for Efficient Face Detection

이필규*, 서영철**, 신학철**, 심연**

Phill-Kyu Rhee, YongZhe Xu, Hak-Chul Shin, ShenYan

요약 최근들어 영상보안 시스템에 관한 관심이 높아지고 있다. 영상으로부터 객체를 검출하고, 객체가 사람인지를 판별하며, 인식하는 기술이 다방면으로 활용되고 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 객체를 검색하기 위한 적응적인 방법을 제안하며, 이를 위하여 지역적 컨텍스트 기반의 얼굴 특징 검출 방법을 제안한다. 가보 번치를 이용하여 검출하는 이와 함께 베이지안 검출 방법을 이용한 특징점 보정에 따른 특징 검색 방법을 설명한다. 전체적인 시스템은 영상에서 오브젝트 영역을 검색하고, 지역적 컨텍스트 기반의 얼굴 검출, 특징 추출 방법을 적용하여 시스템의 성능을 높인다.

Abstract Recently, the surveillance system is highly being attention. Various Technologies as detecting object from image than determining and recognizing if the object are person are universally being used. Therefore, In this paper shows detecting on this kind of object and local context based facial feather detection algorithm is being advocated. Detect using Gabor Bunch in the same time Bayesian detection method for revision to find feather point is being described. The entire system to search for object area from image, context-based face detection, feature extraction methods applied to improve the performance of the system.

Key Words : 컨텍스트 분류, 지역적 특징 정보 인식, 얼굴 특징 추출.

1. 서 론

본 논문에서는 특정한 오브젝트가 있는 영상을 검색하기 위한 특징 추출 방법을 제안한다. 최근들면서 저장된 비디오 및 실시간 영상으로부터 사람 영역을 검색하고 인식하고자 하는 연구에 대한 관심이 높아지고 있다. 따라서 본 논문에서는 영상 검색을 위한 지역적 컨텍스트 기반의 특징 추출 방법을 제안한다. 특징점을 위한 검출기는 가보 웨이브렛을 이용하여 특징점과 비 특징점을

벡터화 하였고, 추출된 특징벡터에 대하여 베이지안 학습을 통해 생성한다.

베이지안을 이용한 얼굴 특징점 검출방법은 다음과 같은 것들이 있다.

Danijela^[1]는 무표정 이미지에서 20개의 얼굴 특징점을 검출하는 시스템을 제안했다. 이 시스템은 얼굴검출, 관심영역 검출, 특징추출과 특징분류 4단계로 구성된다. 입력 이미지에서 Haar 특징기반의 GentleBoost 분류기로 구성된 계층적방법의 얼굴 검출기를 적용하여 검출된 얼굴영역에서 각 특징점에 관련된 20개의 관심영역을 나눈 후, 13×13픽셀 크기의 명암값과 가보웨이브렛으로 구성된 템플릿을 이용하여 특징점 샘플과 비특징점 샘플을

*정회원, 인하대학교 컴퓨터공학과

**준회원, 인하대학교 컴퓨터공학과

접수일자: 2010.11.23 수정일자: 2011.1.10

재제정일자: 2011.2.11

템플릿 형태로 추출하였다. Yi Zhou^[2]는 웨이프 방법으로 다양한 얼굴의 특징점 검출을 위한 멀티모달 베이지안 프레임워크를 제안하였다. 다양한 얼굴 모양과 얼굴의 각도로 인해 특징점 개수변경의 문제를 해결하기 위하여 베이지안 프레임 워크를 제안하였다. 본 논문에서는 베이지안을 이용하여 3X3 영역의 얼굴의 특징점 주위를 학습데이터로 생성하여 보다 정확한 위치의 특징점을 검출하도록 하였으며, 지역적 컨텍스트 정보를 바탕으로 하여 영역을 검출하도록 하였다. 본 논문에서는 2장에서는 영상에서 사람 즉 움직이는 영역을 검색하고, 3, 4 장에서는 검색된 영역에서 사람의 검출, 인식을 위한 특징 추출 방법을 설명한다. 5장에서는 실험 및 결과를 6장에서는 마지막으로 결론을 맺는다.

II. 영상에서 오브젝트 영역 검색

영상에서 사람을 검색하기 위하여 처음 얼굴 영역을 검출한다. 얼굴 영역은 검출된 오브젝트 영역에서 가로 비율과 세로 비율의 헤드 영역을 검출한다.

실시간에서의 헤드 영역을 검출하기 위하여 배경 영상과 입력되는 영상의 차영상을 추출한다. 차영상에 나타난 움직임이 있는 부분을 기준으로 하여 모폴로지를 수행한다. 모폴로지 연산은 객체 부분만 검출하기 위하여 객체 부분을 더욱더 강조해주는 역할을 한다. 카메라가 있는 부분을 기준으로 하여 오브젝트로 검출된 크기와 좌표를 기준으로 대략적인 사람의 영역을 검출한다. 다음은 배경영상과 입력되는 프레임에서의 영상차를 이용하여 검출한 예이다. 많은 연구들이 사람의 움직임을 검출하고 인식하는 방향으로 이루어지고 있다^[3,4,5].



그림 1. 차영상 부분 검색
Fig. 1. Difference Image Detection

움직임이 있는 영역에서 사람 영상을 검색하기 위하여 사람의 얼굴과 특징점을 검출한다.

배경영상과 입력되는 영상과의 차영상을 통해 사람 영역을 검색하며, 이 정보는 검출 및 인식을 위한 정보로 전송된다. 전송된 영역에서 검출된 얼굴의 영역 및 인식을 수행한다.

III. 사람 인증을 위한 특징 추출

실시간 얼굴 인식 시스템에서 얼굴의 특징점을 검출하는 것은 성능에 많은 영향을 미친다. 이를 위해서 두 눈의 중심점이 기준이 되어 얼굴의 특징점의 검출로 확장한다. 눈 영역의 검출을 위하여 가우시안 함수를 적용하여 눈 주위 정보를 바탕으로 하여 검은색 눈동자 부분을 검출한다. 이러한 방법은 실시간 시스템 및 조명 상황의 변화가 다양한 영상에서는 문제가 발생한다. 이를 위해 가중치 높은 특징점을 검출하기 위하여 눈영역을 보다 정확히 검출하는 방법을 제안한다.

얼굴 인식에서 컨텍스트를 조명 상황, 각 특징 부위로 가정하고, 사람 검색을 위하여 얼굴의 특징 부분을 검출한다.

가보 웨이블릿을 이용하여 가보 매칭을 수행할 경우 얼굴인식 성능을 향상하는 방법을 제안한다. 가보웨이블릿은 얼굴 인식을 위한 특징 추출을 위하여 가보번치를 매칭하기 전에 미리 눈 영역을 검출한다.

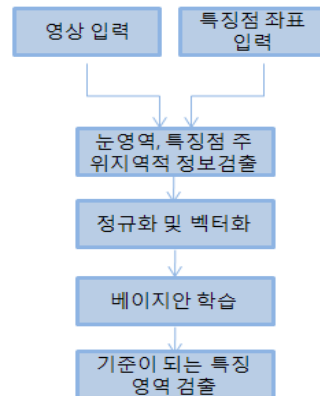


그림 2. 특징점 기반 베이지안 검출기
Fig. 2. Feature based Bayesian Classifier

1. 베이지안 알고리즘을 이용한 눈 영역 검출

베이지안 검출기를 이용하여 특징점 주변을 학습한다. 동공을 중심으로 하여 가보 번치를 일치하기 위

하여 보다 정확한 특징점을 검출하도록 한다.



그림 3. 눈 영역 검출
Fig. 3. Eye region detection

눈 영역은 그림 3과 같은 형식으로 학습 데이터로부터 추출하여 학습한다. 눈 영역의 검출은 하르웨이블릿을 적용하여 특징을 추출하며, 하르웨이블릿의 3단계 정보를 이용하여 추출한다^[7].

검색된 얼굴 영역에서 눈 중심 위치를 검색한 결과이다.



그림 4. 학습을 위한 특징점 영역 과 비특징점 영역
Fig. 4. Feature region and non-feature region

2. 가보 웨이블릿을 이용한 특징 검출

특징점 기반 얼굴 인식은 가보 웨이블릿을 이용하여 수행하는 연구가 많이 이루어지고 있다. 가보 웨이블릿은 인간의 시각 신경 계통 특성에 대응하는 실험적 필터에 대한 접근으로 볼 수 있으며, 웨이블릿의 다 해상도 분해능이라는 특성과 결합하여 방향성분, 공간 주파수, 그리고 공간 지역성을 효율적으로 추출한다^[8]. 또한 가보 웨이블릿은 생물학적인 연관성 및 물리적인 특성 때문에 얼굴의 특징벡터로 적합해서 얼굴인식 또는 검출에 사용한다.

가보 웨이블릿을 이용한 대표적인 특징점 검출방법으로 Laurenz Wiskott^[9]은 얼굴인식을 위해 제안한 EBG(M(Elastic Bunch Graph Matching))이 있다. EBG(M) 시스템에서의 기본적인 객체 표현은 거리 정보를 나타내는 에지와 제트(Jets)로 묶어진 노드들로 구성된 그래프를 이용하여 얼굴 특징점의 위치를 표현하였다.

가. 가보 웨이블릿

가보 웨이블릿 함수는 공간 영역 및 주파수 영역에서 지역적으로 분포되어 있고, 평면파가 가우시안 함수에 의해서 한정된 모형을 하고 있으며, 그 한정된 평면파의 형상에서 회선 커널의 생물학적인 모티브가 되었다. 이것은 2-D 가보 필터로 모델링 되며, 서로 다른 주파수와 방향의 커널을 위한 회선 계수는 특정한 얼굴의 특징점에서 시작하는 것으로 계산된다^[9].

식(1)은 말스버그 가보웨이블릿 함수이다.

$$\psi_j(\vec{x}) = \frac{k_j^2}{\sigma^2} \exp(-\frac{k_j^2 x^2}{2\sigma^2}) [\exp(ik_j x^2) - \exp(-\frac{\sigma^2}{2})] \quad (1)$$

$$\vec{k} = (k_v \cos \theta_\mu, k_v \sin \theta_\mu)^T, k_v = 2 \frac{-v+2}{2} \pi, \theta_\mu = \mu \frac{\pi}{n}$$

$$j = \mu + 8\nu, \nu = 0, \dots, m, \mu = 0, \dots, n$$

식(1)의 첫 번째 괄호안의 항목은 커널의 주파수를 결정하며 두 번째 괄호는 DC값을 상쇄하며, DC-free한 커널을 만들게 된다. 시그마는 조절가능한 파라미터로서 wavelength에 대한 가우시안 윈도우 길이의 비율을 나타낸다. 가보 웨이블릿은 일반적으로 5개의 주파수, $\nu = 0, \dots, 4$ 와 8개의 방향, $\mu = 0, \dots, 7$ 을 사용한다.

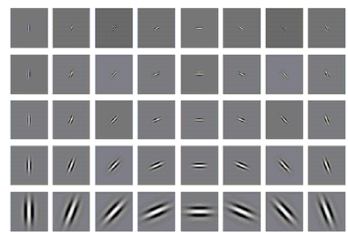


그림 5. 얼굴 특징 점에 대한 가보 커널
Fig 5. Garbor Kernel filter for Face Feature points

본 논문에서는 가보 특징 벡터를 특징점에 대한 검출기 생성 및 검출에 이용하였다.

3. 컨텍스트 기반 번치를 이용한 특징점 검출

가. 컨텍스 기반의 이미지 전처리

검출된 얼굴을 128×128의 크기로 추출한 후 정확한 가보 웨이블릿 벡터를 추출하기 위하여 히스토그램 균일화를 수행한다. 히스토그램 균일화는 영상의 히스토그램이 평탄하게 되도록 명암값의 재분배를 통해 농도를 조

절하는 것이다. 어떤 영상의 히스토그램이 한 부분으로 편중되면 이미지의 특징이 뚜렷하게 나타나지 않아서 영상의 변별력이 떨어진다. 따라서 영상처리에 적당하도록 히스토그램의 분포를 균일하게 조정하여야 하며 이것을 히스토그램 균일화라고 한다. 이 전처리를 통해 좀 더 정확한 벡터를 추출할 수 있다.

얼굴 검출의 성능향상을 위하여 조명 상황에 따른 전처리를 수행하되, 영상의 지역적 컨텍스트 정보를 이용하여 전처리의 수행 여부를 판단함으로써 성능을 향상시킨다.

전처리 여부는 영상의 지역적 부분의 조명 상황을 판별하되, 조명 상황의 분포를 통해 θ 이하의 영상에서는 전처리를 수행, 그렇지 않은 경우엔 전처리를 수행하지 않음으로써, 얼굴의 특징 정보를 잃어버리지 않도록 하였다.

실험 결과 히스토그램과 같은 전처리 알고리즘을 이용하여 수행하였을 경우, 인식 성능이 떨어지는 경우가 있었다.

나. 컨텍스트 기반의 번치 구성

한 특징점에 대해 검출을 위해 추출된 학습데이터, 즉 가보 벡터의 집합을 번치라고 한다. 번치 그래프처럼 얼굴의 전체적인 특징점이 아니라, 검출하고자 하는 특징점 주위 영역을 기반으로 하여 얼굴의 특징점을 검출한다. 얼굴의 특징점은 32개의 얼굴인식에 효과적인 영역을 검출하며, 얼굴의 특징점 영역을 기준으로 추출한다. 컨텍스트는 얼굴의 표정상황 및 조명 상황을 기반으로 하여 얼굴 영역의 컨텍스트를 정의하며, 컨텍스트는 얼굴의 지역적 특성을 구성함으로써 전체적인 얼굴의 특징이 아닌 각 영역별 컨텍스트를 생성한다.

얼굴 영상을 기준으로 하여 K-means를 이용하여 여러개의 그룹으로 분류한다^[10]. 분류된 각 그룹을 컨텍스트로 정의하고, 각 컨텍스트별 특징 벡터로 정규화한다. 즉 컨텍스트별 번치 그래프의 평균 벡터를 생성한다. 클러스터별 번치 그래프를 구성함으로써 표정, 조명 등의 변화에 영향을 미치는 그룹에 대한 영상에서의 얼굴 인식 성능을 향상시킬 수 있다. 가보 번치 그래프는 얼굴의 평균 특징점에서의 가보 값을 기반으로 하여 생성한다.

실시간으로 입력되는 영상에서 인식을 위해 128×128 영상으로 정규화하면 얼굴 영역뿐만 아니라 다른 노이즈가 들어오는 경우가 발생한다. 따라서 이런 경우 정확한

눈의 중심을 찾는 것이 중요하다. 그림 * 와 같이 눈의 중심점은 인식하고자 하는 대상의 정규화에 많은 영향을 미친다. 따라서 본 논문에서는 얼굴 영역 검출 후, 인식을 위해 128×128 영상을 획득함에 있어, 두 눈을 중심으로 정규화하는 데 중점을 둔다.

다. 특징점 기반의 베이지안 학습

특징점은 다른 얼굴이미지와 비교했을 때 구별되는 형상과 색상정보를 가지는 눈, 코, 입, 눈썹 등으로 유효한 위치를 선정한다. 이러한 특징들은 값의 변화가 급격이 이루어지는 고주파 성분으로 이루어져 있기 때문에, 뺨이나 이마등과 같이 완만한 저주파수 성분을 이루는 다른 부분 보다 변별력이 높은 특징이라 할 수 있다. 특징점 패턴과 그 주변의 비 특징점 패턴은 서로 유사하기 때문에 특징점 패턴만을 이용할 경우보다 특징점과 비 특징점 패턴을 이용하는 경우가 더 정확한 특징점을 검출할 수 있다.

본 논문에서 특징점 모델을 위한 벡터는 특징점과 주변 픽셀을 포함한 3×3 개의 픽셀에 대해 8개의 주파수와 5개의 방향을 가진 가보 웨이브렛을 통해 40차원의 벡터를 추출한다. 특징점 주변의 특징점이 아닌 특징점을 기준으로 하여 가보벡터를 추출한다. 추출한 가보 벡터를 이용하여 베이지안 학습을 수행한다.

그림 6의 하얀색 박스가 특징점을 중심으로 한 학습데이터와 비특징점을 중심으로한 학습데이터 영역이다. 본 사각 영역내에서 검출된 가보 특징 벡터를 중심으로 하여 특징점의 보다 정확한 위치를 검색한다.



그림 6. 학습을 위한 특징점 영역과 비특징점 영역
Fig. 6. Feature region and non-feature region

본 논문에서는 특징점 검출기를 베이지안 방법을 이용하여 생성한다. 특징점과 비 특징점 패턴은 다 변량 정규분포로 나타나므로 판별식은 다 변량 정규분포 수식에 포함되어 있는 마할라노비스 거리공식을 이용한다. 마할

라노비스 거리공식은 학습 패턴들의 공분산과 평균벡터를 이용하여 측정할 수 있기 때문에 학습단계에서는 특징점 패턴과 비 특징점 패턴의 데이터를 이용해 각각의 공분산과 평균벡터를 생성한다.

특징점과 비특징점 영역의 검출을 위한 조건밀도함수를 다 변량 정규분포로 가정하면 아래의 식(2), (3)과 같이 나타낼 수 있다. 여기서 x 는 d 차원의 행벡터, μ 는 d 차원의 평균벡터, Σ 는 $d \times d$ 차원의 공분산 행렬이다[6, 7].

$$g_p(x) = -\frac{1}{2}(x - \mu_p)^t \Sigma_p^{-1} (x - \mu_p) \quad (2)$$

$$g_n(x) = -\frac{1}{2}(x - \mu_n)^t \Sigma_n^{-1} (x - \mu_n) \quad (3)$$

특징점과 비특징점 영역을 학습하여 평가할 때 다음의 식을 이용하여 평가한다(식 (4)).

$$x \in \begin{cases} r_p^2 < r_n^2 + T \text{이면 } \omega_p \\ \text{그렇지 않으면 } \omega_n \end{cases} \quad (4)$$

검출된 눈 영역 내에서 눈 중심 위치는 가우시안 함수에 의해 중심점을 검출한다. 얼굴 전체 영역의 1/3 선에서 검출하는 것보다 효과적이다.

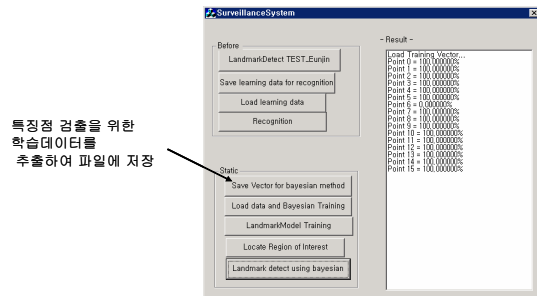


그림 7. 학습 데이터 추출
Fig. 7. Training data extraction

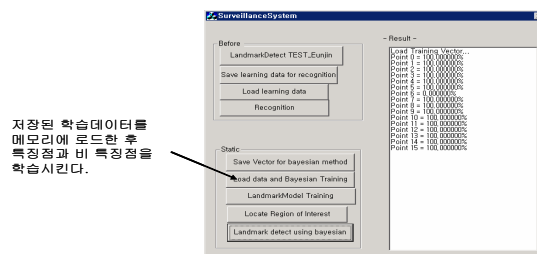


그림 8. 특징점의 베이지안 학습
Fig. 8. Bayesian learning of a feature point.

라. 인식기 구성

얼굴 인식은 GA 기반의 코사인 함수를 이용하여 평가한다. 특징점에 따라 인식 성능이 변화될 수 있으므로, 특징점별 가중치를 부여하여 실시간 인식 성능을 향상시키도록 한다. 코사인 거리 함수는 두 객체간의 유사성 평가를 위해 주로 사용되어진다.



그림 9. 진화 알고리즘을 이용한 가중치 조정
Fig. 9. Weight adjustment using GA

IV. 실험 및 결과

본 논문에서는 FERET 데이터베이스와 실시간에서 수집된 영상을 기반으로 하여 성능을 비교하였다.

그림 10과 그림 11은 정규화된 평균 거리 0.04일때와 0.08일때 각 특징점별로 에너지함수를 이용한 베이지안 방법, 베이지안방법, 가보 변치방법을 비교해보았다.

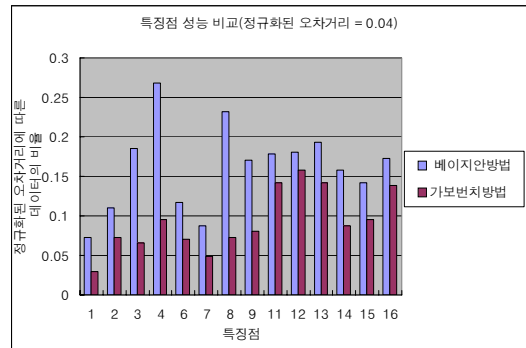


그림 10. 특징점별 성능비교(정규화된 오차거리 = 0.04)
Fig. 10. Comparison of performance for each feature(normalized error distance = 0.04)

정규화된 평균오차거리가 0.03과 0.06사이에서 가보 변치 방법에 비해서 거리오차 거리에 따른 이상의 데이터의 비율을 나타낸다. 베이지안에 의해 특징 위치를 보다 정확히 찾음으로써 오차 비율을 줄일 수 있었다.

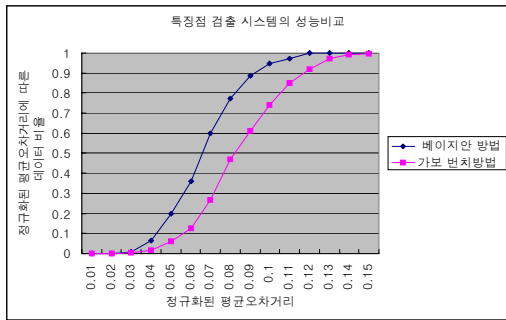


그림 11. 얼굴 특징점 검출시스템 성능비교
Fig. 11. Performance comparison for each facial feature point

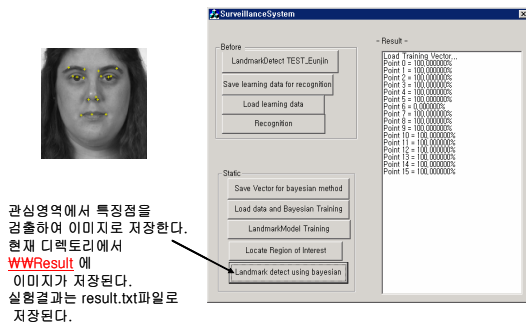


그림 12. 얼굴 특징 추출의 결과
Fig. 12. Result of facial feature extraction

그림 12에서 보듯이 정확하게 특징점이 검출됨을 알 수 있다. 특징점 검출 시스템은 학습단계와 검출단계로 구성되어 있으며, 학습단계에서는 특징점에 대한 베이지안 학습을 통해 검출기를 생성하고, 검출단계에서는 학습단계에서 생성된 관심영역모델을 이용해서 특징점의 탐색영역을 설정하며 에너지 함수를 이용한 베이지안 판별식으로 특징점을 검출하였다. 실험결과 단순한 베이지안 판별식을 이용한 방법이나 가보변치를 이용한 방법보다 높은 검출율을 확인할 수 있었다.

V. 결론

제안하는 방법은 효과적인 영상 검색 시스템을 위한 것으로서 지역적 정보 검출을 기반으로 한 특징점 검출 성능 향상과 컨텍스트 기반의 특징 검출 전처리 방법을 통해 인식 성능을 향상시킴으로써 활용 범위를 넓히고자 한다.

최근에는 CCTV등의 영상 분석을 통해 사람 영상을 분석하고 이동 정보 등을 파악함으로써 보안시스템으로 활용하고자 하는 연구에 대한 관심이 증대되고 있다. 그리고 얼굴 인식 기술의 또 다른 영역인 나이, 성별인식 기술에 대한 연구도 활발히 진행되고 있으며, 이러한 응용에는 얼굴의 중요 특징점을 검출하는 것이 더욱 중요한 역할을 할 것이다. 다양한 표정 때문에 동일한 사람에 대한 하나의 특징점의 특징벡터는 다양한 특성이 관찰된다. 특징벡터의 다양한 특성을 검출하기위한 연구가 필요하다. 얼굴의 각 특징점 마다 특성이 다르기 때문에, 각 특징점에 적응적인 벡터 추출방법, 적응적인 검출 방법과 아다부스트와 같은 메타 알고리즘의 적용으로 더 높은 성능을 얻을 수 있도록 추가적인 연구를 수행할 예정이다.

참고 문헌

- [1] Danjjela Vukadinovic and Maja Pantic "Fully Automatic Facial Feature Point Detection Using Gabor Feature Based Boosted Classifiers," IEEE Conference on System, Man and Cybermatics 2005.
- [2] Yi Zhou, Wei Zhang, Xiaou Tang, and Harry hum "A Bayesian Mixture Model for multi-view Face Alignment," IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2005.
- [3] K. Teknomo and G.-P. Gerilla, "Pedestrian Static Trajectory Analysis of a Hypermarket," Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.7, 2009.
- [4] G. Lavee, M. Rudzsky, E. Rivlin, and A. Borzin, "Video Event Modeling and Recognition in Generalized Stochastic Petri Nets," IEEE Trans. CSVT. 20, No. 1, pp.102-118, 2010.
- [5] V. Rabaud and S. Belongie, Counting Crowded Moving Objects, In Proc. Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'06), pp.705-711, 2006.
- [6] K. K. Sung and Tomaso Poggio, "Example

- Based Learning for View-Based Human Face Detection," IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 20, No.1, January 1998.
- [7] C. Liu, "A Bayesian Discriminating Features Methods for Face Detection," IEEE Trans. Pattern Anal. mach. Intell., Vol. 25, pp.725-740, 2003.
- [8] L. Wiskott, et al., "Face recognition by elastic bunch graph matching," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 19, no. 7, pp. 775-779, 1997.
- [9] Laurenz Wiskott, Jean-Marc Fellous and Christoph von der Malsburg, "Face Recognition by Elastic Bunch Graph Matching." Intelligent Biometric Techniques in Fingerprint and Face Recognition, eds. L.C. Jain et al., publ. CRC Press, Chapter 11, pp.355-396, 1999.
- [10] Likas, A., Vlassis, N., and Verbeek, J.: "The global k-means clustering algorithm," Pattern Recognit., 36, pp. 451-461, 2003.

※ 이 논문은 2007년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2007-521-D00439)."

저자 소개

이 필 규(정회원)



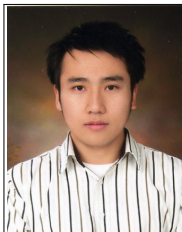
- 1982년 2월 서울대학교(학사)/전기공학
 - 1986년 8월 East Texas State Univ. (석사)/전산학
 - 1990년 12월 Univ. of Louisiana (박사)/전산학
 - 1982년 2월~1985년 8월 KIST/연구원
 - 1991년 3월~1992년 2월 한국전자통신연구소/선임 연구원
 - 1993년 12월~1994년 2월 IBM T.J. Watson Research Center/객원연구원학위
- <주관심분야 : HRI, 이미지 프로세싱, 패턴인식, 머신비전, 컴퓨터 비전>

서 영 철(준회원)



- 2002년 동양공업 전문대학 정보통신학과 졸업
 - 2007년 남서울대학교 컴퓨터 공학과 졸업 / 컴퓨터 공학
 - 2009년 인천대학교 일반대학원 석사 졸업 / 컴퓨터 공학
 - 2010년 인하대학교 컴퓨터공학과 박사 과정
- <주관심분야 : 패턴 인식, 인공지능, 운영 체제, 임베디드>

신 학 철(준회원)



- 2010년 2월 : 인하대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
 - 2010년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 컴퓨터공학과 (석사과정)
- <주관심분야 : 인공지능, 패턴인식, 영상처리>

심 연(준회원)



- 2011년 2월 : 인하대학교 컴퓨터공학과 (학사과정)
- <주관심분야 : 컴퓨터비전, 영상처리, 지능형 컴퓨팅>