

# AAM을 이용한 얼굴 주름 검출에 관한 연구

이상범, 김태묵  
단국대학교 컴퓨터 과학과

## A Study on Facial Wrinkle Detection using Active Appearance Models

Sang-Bum Lee, Tae-Mook Kim  
Dankook Uni. Dept. of Computer Science

**요약** 본 논문에서는 얼굴의 전체적인 특징(윤곽선, 얼굴크기, 눈, 코) 분석에 기반을 둔 가중치 주름 검출 방법을 제안한다. 첫째 입력된 영상에서 능동적 외향 방법을 이용하여 얼굴의 전체적인 주요 성분을 검출하게 되는데, 크게 형태 기반과 외향 방법으로 구성되어 있다. 이것은 얼굴 모델을 학습하고, 학습된 모델을 기반으로 새로운 영상에서 얼굴을 정합할 때 사용된다. 두 번째로는 영상에서 얼굴과 배경을 분리하고, 얼굴에서 주름 확률이 가장 큰 곳 네 곳을 선정하여 주름 가중치를 높게 부과한다. 마지막으로 가중치를 부여한 관심 영역에 대해서 캐니에지 알고리즘을 적용하여 주름을 검출하게 된다. 제안한 알고리즘은 다양한 종류의 영상을 사용하여 실험 하였으며, 실험결과 대부분의 영상에서 높은 성능의 얼굴 및 주름 검출 결과를 보였다.

**주제어** : 능동적 외향 방법, 캐니에지, 가우시안 필터, 그랩-컷, 주름 추출, 가중치 주름 검출

**Abstract** In this paper, a weighted value wrinkle detection method is suggested based on the analysis on the entire facial features such as face contour, face size, eyes and ears. Firstly, the main facial elements are detected with AAM method entirely from the input screen images. Such elements are mainly composed of shape-based and appearance methods. These are used for learning the facial model and for matching the face from new screen images based on the learned models. Secondly, the face and background are separated in the screen image. Four points with the biggest possibilities for wrinkling are selected from the face and high wrinkle weighted values are assigned to them. Finally, the wrinkles are detected by applying Canny edge algorithm for the interested points of weighted value. The suggested algorithm adopts various screen images for experiment. The experiments display the excellent results of face and wrinkle detection in the most of the screen images.

**Key Words** : Active Appearance Model, Canny edge, Gaussian Filter, Grab-cut, hough line detection, Wrinkle Detection, Weight wrinkle

Received 5 April 2014, Revised 7 May 2014

Accepted 20 July 2014

Corresponding Author: Tae-Mook Kim(Dankook Univ. Dept. of Computer Science)

Email: taemook14@gmail.com

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

최근 카메라 센서의 발달로 고해상도의 영상을 쉽고 빠르게 처리 할 수 있는 컴퓨터 비전 기술이 많이 소개되고 있다. 컴퓨터 비전 기술은 크게 접촉식과 비접촉식으로 나누어지는데, 접촉식은 특정 센서로부터 신체의 일부를 접촉하여 스캔(scan)과정을 거치게 되며, 비접촉식은 신체의 직접적인 접촉 없이 취득된 영상에서 인식하게 되는 방법을 말한다. 따라서 신체 거부감을 불러오지 않는 비접촉 방법을 이용하면 무인 감시, 생체 인식, 객체 추출과 같은 일들이 가능해 진다. 기존에 사람의 눈을 통한 주관적으로 처리하였던 일들을 컴퓨터가 디지털 영상으로 인지하고 수치화하며, 판단하는 일을 대신 할 수 있다. 이에 가장 두드러진 성과를 내는 분야가 얼굴 검출, 얼굴 인식, 얼굴표정 인식, 피부 측정 등 얼굴과 관련된 분야이다.

얼굴 검출 방법은 Yang[1]에 따르면 크게 지식기반, 불변 특징, 템플릿 정합, 외관기반 이렇게 네 가지로 나누어진다. 첫 번째로 지식기반(Knowledge-based Top-down Method)은 얼굴을 구성하는 각 특징의 규칙을 만든 후에 빠른 연산을 위해 해상도를 낮추어 얼굴 후보를 찾고 그 해상도를 높여 얼굴의 특징을 찾는 방식이다. 두 번째 특징기반 상향식 방법(Bottom-up Feature-based Method)은 밝기, 위치, 카메라의 각도 등이 변하는 다양한 환경에서 얼굴의 특징, 피부 질감, 피부색 등과 같이 강인한 특성을 찾은 후에 얼굴을 찾는 방식이다. 세 번째는 템플릿 정합 방법(Template matching Method)은 입력 영상과 템플릿 영상과의 비교 연산을 수행하여 얼굴을 찾는 방법이다. 마지막으로 외관 기반 방법(Appearance-based Method)은 학습된 데이터로부터 모델이 만들어지고, 이 모델의 특징을 이용하여 분류기를 만든 다음 이를 이용하여 얼굴을 찾는 방법이다. 본 논문에서는 템플릿 방법과 외관 기반 방법을 혼합해서 사용하였다. 또한 AAM을 이용하여 얼굴의 외관과 주요 특징(눈, 코, 입)을 찾는다. 주요 특징을 찾는 이유는 얼굴 주변에 주름이 많이 분포해 있기 때문이다[1, 2, 3, 4, 5, 13, 14, 15].

주름은 피부 노화와 관련이 있는데 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 하나는 나이가 들면서 세포 수가 감소하고 섬유아 세포의 작용으로 인해 콜라겐, 엘라스틴 등 세포 이외의 기질 단백질 섬유 합성양이 점차 줄게 되어 피

부 세포내 수분이 손실되고, 탄력이 줄어든다. 또 다른 이유는 자외선에 의해 자극이 반복되면서 활성 산소종(ROS)을 발생시키고, 사이토카인의 생성이 늘어남에 따라 AP-1(activator)과 NF-kB(nuclear factor kB)의 활성화 된다. 이렇게 활성화가 되면 피부를 구성하고 있는 지질, 핵산, 단백질, 효소 등이 손상되어 피부의 노화가 빨라지는 것이다[6, 7].

따라서 우리는 컴퓨터 비전 기술을 이용하여 고해상도 영역에서 얼굴의 특징점 67 개의 영역을 검출하고 각 영역의 가중치를 추가하여 주름 검출을 가능하게 하였다. 이에 더불어 과거에는 주관적인 판단으로 피부를 진단을 하였다면, 본 연구에서는 알고리즘을 이용하여 피부 주름의 수치화된 결과를 나타낼 수 있으며, 다양한 피부 관련된 문제점들을 두드러지게 볼 수 있게 되었다.

본 논문에서는 제안한 방법인 AAM을 이용하여 얼굴의 영역을 찾고, 그 얼굴 영역에서 가장 두드러지는 주름을 찾는 방법을 소개한다. 이 논문의 2장은 AAM과 Grab-cut에 대해 관련 연구를 서술하고, 3장에서 제안한 방법을 소개 한다. 이어서 4장에서는 실험을 통해 결과를 제시하고 결론을 맺는다.

## 2. 관련연구

### 2.1 AAM(Active Appearance Model)

얼굴의 특징점을 검출하는 방법으로는 Active Shape Model(ASM)과 Active Appearance Model(AAM)이 있다. ASM 알고리즘은 Cootes의 개념을 이용하였다. Cootes[2, 3]는 얼굴의 윤곽선을 추적할 수 있고, 변형할 수 있는 얼굴 모델을 만들고 에너지 함수를 이용하여 얼굴의 외형 정보를 학습시킨다. 이렇게 학습된 정보를 바탕으로 얼굴의 평균 형태에 변형을 가하여 새로운 얼굴 정보를 찾는 방법을 만들어 냈다. 이 알고리즘은 학습된 모델을 기반으로 검색하기 때문에 얼굴의 형태를 유지하면서 빠른 검색을 하게 된다. 하지만 새로운 이미지 내에서 물체를 찾을 때 물체의 경계선 부분을 정확하게 검출해야하기 때문에 상대적으로 그렇지 않은 얼굴 영상의 경우 얼굴 검출의 성능에 문제가 있다는 단점이 있다. 이런 ASM 방식을 개선한 방법으로 물체의 형태 정보뿐만 아니라 물체의 텍스처 정보를 이용하여 이미지내의 얼굴

을 찾는 방법인 AAM을 이용한다[2, 3, 4, 5, 13, 14, 15].

AAM은 객체의 모양과 텍스처가 결합된 모델로 랜드 마크가 각각 연결된 형태로 되어 있으며, 학습할 모양은 얼굴 외형을 그대로 랜드 마크로 만든다. 기본적인 얼굴 추적 단계는 네 가지가 있는데 모델링, 훈련, 초기화, 검색 과정이다. 훈련과 모델링은 얼굴의 모델을 훈련을 통해 만드는 일련의 과정이고, 초기화는 랜드 마크를 객체의 특징에 맞게 잘 정의의 하나에 따라서 달라지므로 신중함이 필요한 부분이다. 마지막으로 검색은 총 67개의 랜드 마크를 얼굴의 눈썹, 눈 코, 입, 턱의 특징적인 위치에서 검색을 하게 된다.

AAM의 구성은 Shape과 Appearance로 구성되어 있고, 새로이 입력된 얼굴 모델이 잘 정합되도록 Fitting Algorithm을 사용한다. Shape은 입력된 영상데이터에서 N개의 특징점을 검출하고 그 특징점을 Mesh로 구성하며, 벡터화하여 표현 할 수 있다. 이것을 식으로 표현하면 아래와 같다.

$$S = s_0 + \sum_{i=1}^n P_i S_i \quad (1)$$

$$S = (x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_n, y_n)^T$$

Shape vectors S는 영상의 특징점의 위치로 구성되고, PCA(Principal Component Analysis)를 이용하기 위해 훈련 그룹을 만든다. Base Shape는 훈련 그룹의 평균을 나타내고, P<sub>i</sub>는 Shape parameter를 의미하는데 일반적으로 가중치 계수라 한다. 두 번째 Appearance의 수식은 (2)과 같다.

$$A(x) = A_0(x) + \sum_{i=1}^m \lambda_i A_i(x), \forall x \in s_0 \quad (2)$$

A(x)는 이미지의 좌표,  $x = (x, y)^T$  전체 Appearance 값을 의미 한다. A<sub>0</sub>(x) 경우 PCA에 의해 구해진 주성분 벡터 A<sub>i</sub>(x)에 가중치 계수 λ<sub>i</sub>를 곱한 값의 합계를 더한 값으로 표현 된다. (1)의 식과 마찬가지로 (2)의 식에서 parameter λ<sub>i</sub>를 바꾸는 것만으로도 외형을 변화 시킬 수 있다. 이로써 두 개의 Shape와

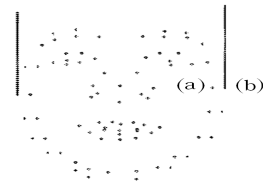
Appearance를 만들었으면 AAM Model Instance를 만드는데, 그 식은 아래 (3)과 같다.

$$M(W(x;p)) \quad (3)$$

Basis shape의 AAM에서 변형된 S를 변환하기 위해서 Warping(왜곡)을 사용한다. 여기서는 Piecewise affine변환을 사용하고 변환 결과를 p로 바꾸어 Warping, W(x;p)로 표현 한다. 마지막으로 Inverse Compositional을 이용한 피팅 및 추적을 하는 것으로 모든 과정이 끝난다.

### 2.2 Grab Cut을 이용한 Segmentation

Grab-cut 알고리즘은 각 픽셀의 배경 영역과 전경 영역으로 지정될 확률 모델(Markov Random Field) 기반으로 영상 전체에 대해 결합 확률(joint probability)을 최소화(energy minimization)하는 픽셀을 추적하면서 영역을 넓혀나가게 된다. 따라서 초기 설정이 중요하게 되는데 앞서 AAM을 이용한 얼굴 영역의 윤곽을 추출한 정점을 가지고 있으므로 그 정점을 기준으로 배경 영역과 전경 영역을 가장 정밀하게 설정할 수 있게 되었다[8].

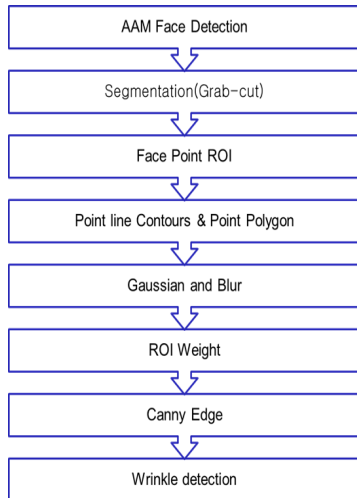


[Fig. 1] Foreground and Background point  
(a) Foreground point (b) Background point

[Fig. 1]은 초기 얼굴 영역의 전경과 배경의 점을 표시한 것이다. 이는 AAM의 결과를 이용하여 얼굴 윤곽선의 주요점을 기준으로 (a)는 전경 영역의 점 -20 point, (b)의 배경 영역은 +20 point의 Point shift를 통해 Grab cut 알고리즘의 초기 값을 제공하게 된다. 더 나아가 (a)의 양쪽 일직선 점은 얼굴에서 머리카락을 제거하기 위해 제거점을 추가하여 얼굴과 머리카락을 효율적으로 분리 할 수 있었다.

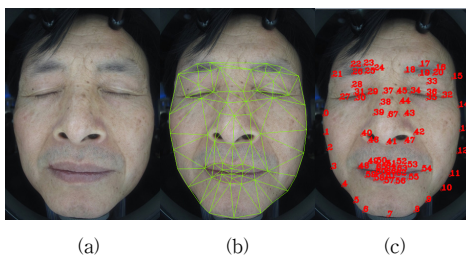
### 3. 제안한 방법 및 실험

제안한 방법은 주름 검출에 강인한 방법을 목표로 실험에 수행 된다. [Fig. 2]는 영상취득을 시작으로 주름 검출까지의 순서도를 도식화 한 것이다[13, 14, 15].



[Fig. 2] Wrinkle Detection Flowchart

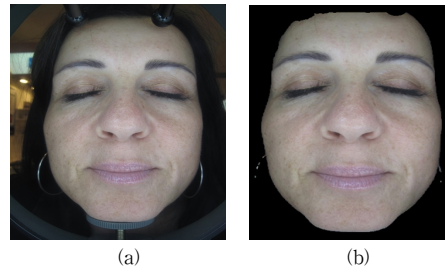
취득된 영상은 2592 x 3456의 고해상도로 취득하게 된다. 피부의 정밀한 측정을 위해서 고해상도를 쓰게 되는데, 우리는 400x533의 해상도로 약 6배가량 축소된 영상으로 제안한 알고리즘을 수행하게 된다. 이는 제한적인 컴퓨터 시스템에서 연산시간 단축을 위해서 사용 된다. AAM의 트레이닝 역시 위와 같은 해상도로 진행되며 총 50명의 얼굴 영상을 이용하여 학습하고 이 학습 모델을 통해서 결과를 얻게 된다.



[Fig. 3] AAM Face detection result  
(a) Original face (b) Face mesh  
(c) Face point number

AAM의 결과는 위의 [Fig. 3]과 같다. (a)는 원본 얼굴 영상이고, (b)는 얼굴 정점을 Mesh로 보여준 결과이다. 마지막으로 (c)의 얼굴의 정점은 총 67개로 이루어져 있고, 규칙있는 번호를 부여하였음을 알 수 있다.

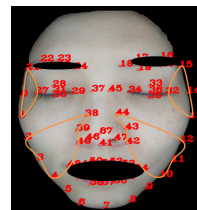
우리는 앞서 제시하였던 Grab-cut 알고리즘을 이용하여서 얼굴 영역과 배경 영역을 분리하였다. 방법은 위의 [Fig. 1]과 같은 방법으로 처음 초기 위치점이 주어지고 그 점을 중심으로 분할하게 된다[8].



[Fig. 4] Segmentation result  
(a) Original image (b) Grab-Cut result

연산을 수행한 이후는 [Fig. 4]와 같은 결과를 보여 주었다. (a)는 원본 영상이고 (b)는 grab-cut한 결과 영상을 보여준다. (b)와 같이 segmentation point를 정밀하게 제공하기 때문에 보다 세밀하게 배경을 제거할 수 있었다.

우리는 얼굴의 각 부분을 알고 영상의 배경을 제거 하였다. 이로써 얼굴의 주름을 찾기 위한 기초가 마련되었으며, 얼굴의 주요점을 이용하여 ROI(range of interest)를 한다. 이유는 각 부분별 가중치를 주기 위한 목적이 첫 번째이고 두 번째는 마스크를 만들기 위함이다.



[Fig. 5] Face ROI

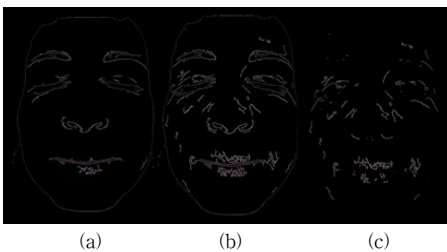
얼굴에서 가장 주름이 두드러지는 곳은 [Fig. 5]와 같이 네 부분이다. 각 부분들의 주요 포인트를 관심 영역으로 두고 이 부분을 마스크로 만들어 가중치와 영역을 따

로 연산하게 된다. 그 이유는 얼굴 전반에 걸쳐 주름을 검출 하게 되면 [Fig. 6]과 같이 균일한 에지를 갖게 된다 [7].



[Fig. 6] Global Edge detection

다음과 같이 가중치와 ROI를 하지 않고 단순히 차 영상으로 주름을 검출 할 수 있는 방법이 있는데, 이 방법을 이용하면 아래와 같은 문제가 있다. 이 문제는 바로 에지와 주름과는 무관한 결과를 보이는 문제이다. 간략하게 [Fig. 7]의 (a)는 짧은 주름 영상을 구하고 (b)는 강한 잔주름을 구해서 영상의 차 영상 (c)를 구하는 방법이다.



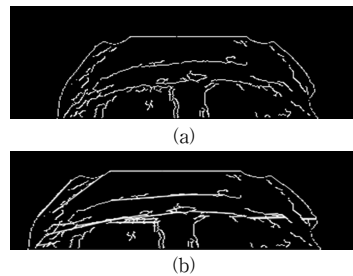
[Fig. 7] Edge detection  
(a) Weak edge (b) Strong edge  
(c) difference image

이 방법은 얼굴에서 각 특징 있는 주름 부분을 구하였으나 노이즈가 많고 정확도가 떨어지는 것을 볼 수 있었다. 차 영상의 특성상 임계치에 민감하다는 단점을 가지고 있기 때문이다. 따라서 얼굴마다 임계치를 적용적으로 주어야 하나 얼굴의 모양이 다양하고, 주름 특성 또한 다양하게 나타나 임계치의 평균은 불가능 하였다. 이를 해결하기 위해서 본 논문에서 제안한 가중치를 이용한 주름 추적을 제안하게 되었다.



[Fig. 8] Weight edge detection  
(a) Weak edge (b) Strong edge  
(c) difference image

[Fig. 8]은 관심 영역 내 가중치 주름 검출을 이용하여 나온 결과이다. 전역적 방법인 [Fig. 7]과 같은 방법 보다 관심영역 가중치 주름 검출 방법이 가장 직관적이고 노이즈가 적음을 보여주었다. 본 논문에서는 이마, 눈꼬리, 팔자주름에 가중치를 높게 두고 상대적으로 다른 부위에 가중치를 낮게 주어 Canny edge detection 알고리즘[10]을 수행 하였다. 또한 잡음을 없애기 위하여 Gaussian[9]을 이용한 blur로 고주파 영역과 잡음을 전처리 단계에서 제거 하여 수행하였다[9, 12].



[Fig. 9] forehead edge  
(a) forehead canny edge  
(b) forehead hough line detection

[Fig. 9]는 이러한 연산을 수행 후 결과이다. (a)는 canny 결과 영상이고 (b)는 hough line detection[10, 11]을 이용하여 에지에서 라인의 직선 성분을 구한 것이다. 이로써 얼굴에서 강인한 주름 검출의 결과가 만족할만한 성능이 나왔으며, 더 나아가 hough transform을 이용한 주름 카운트가 가능하게 되었다[10, 11].

〈Table 1〉 Edge Detection Error Rate

	Edge Detection	Weight edge detection
False rate	4%	3%
True rate	96%	97%

위 <Table 1>의 결과는 20명의 사람으로부터 피부 측정 장치를 이용하여 영상을 취득 후 나머지 19명에 대해서 평가 하게 된다. 평가는 영상에서 주름을 잘 검출 하였는가를 판단하게 된다. Ground Truth는 20명의 사람이 얼굴에 직접 얼굴 주름을 표시하고 알고리즘에서 나온 주름을 상대적으로 비교 평가 한 결과이다. <Table 1>에서와 같이 바로 Edge 알고리즘을 적용한 결과에 비해서 Weight를 이용한 방식이 높은 주름 검출 성능이 나왔다. 3%의 오류는 얼굴에 난 털이나 굵은 주름 같은 경우에 나타났다. 이 정도의 오차는 사람이 주름의 상태를 파악 하는데 전혀 지장을 주지 않은 오차라 할 수 있다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 얼굴의 기하학적 특징을 이용한 얼굴 영역 검출을 시작으로 주름에 강한 시스템을 제안 하였다. 제안한 방법은 얼굴의 특징점과 형태 정보를 사용 하게 되는데, 이는 주름의 특성상 이마, 입, 눈 등 특정 부위에 두드러지게 생기는 특성을 이용하여 본 논문의 방법을 제안하였다. 단순히 얼굴의 경계선을 찾는 전역적 방법과 달리 얼굴의 기하학적 방법과 관심영역 가중치 방법을 사용함으로써 보다 효율적인 주름 검출이 되었다. 이 제안 방법을 이용하면 피부 측정 평가에 있어서 기존에는 육안으로 확인하거나 각기 다른 기기 제조사의 측정방법에 의존적이지만, 컴퓨터 비전을 이용하여 객관적으로 주름이 가장 잘 나타나는 얼굴의 주요 부위만을 이용하여 주름을 검출하고, 의사에게 객관적으로 평가할 수 있도록 도와 줄 수 있다.

더 나아가 AAM의 정밀한 결과를 얻기 위해 많은 정보를 학습과 연산을 함에 있어서 수행속도에 대한 추가 연구가 필요하다.

#### REFERENCES

- [1] M. Yang, D. Kriegman, and N. Ahuja, "Detecting faces in Image: A Survey," IEEE Trans. on PAMI, Vol. 24, No. 1, pp. 34-58, 2002.
- [2] T. F. Cootes, C. J. Taylor, D. H. Cooper, and J. Graham, "Active Shape Models -Their Training and Application," Computer Vision, Graphics and Image Understanding, vol. 61, pp. 38-59, 1995.
- [3] T. F. Cootes, G. Edwards, and C. Taylor, "Active Appearance Models," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 23, pp.681-685, 2001.
- [4] G.J. Edwards, C.J. Taylor, and T.F. Cootes, "Face Recognition Using the Active Appearance Model," Proceedings of Fifth European Conference Computer Vision, vol. 2, pp. 581-695, 1998.
- [5] P. Viola and M. Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features," IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, vol. 1, pp. 511-518, 2001.
- [6] Lapiere CM. The ageing dermos: the main cause for the appearance of old skin. Br J Dermatol. 122:5-11. 1990
- [7] Shin-Jyung Kang, Ae-Jung Kim. "The effect of enhancing eye-wrinkle applying traditional herb medicine cosmetics".KAIS Vol.12 Num 1, 2011.
- [8] C. Rother, V. Kolmogorov, and A. Blake, GrabCut: Interactive foreground extraction using iterated graph cuts, ACM Trans. Graph., vol. 23, pp. 309 - 314, 2004.
- [9] Fisher, Perkins, Walker & Wolfart (2003). "Spatial Filters - Laplacian of Gaussian". Retrieved 2010-09-13.
- [10] "Image Transforms - Hough Transform". <http://Homepages.inf.ed.ac.uk>. Retrieved 2009-08-17.
- [11] Duda, R. O. and P. E. Hart, "Use of the Hough Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures," Comm. ACM, Vol. 15, pp. 11 - 15 (January, 1972)
- [12] Lindeberg, Tony "Edge detection and ridge

- detection with automatic scale selection", International Journal of Computer Vision, 30, 2, pp 117-154, 1998.
- [13] D. Cho, S. Lee "Facial Feature Tracking Using Adaptive Particle Filter and Active Appearance Model", Journal of Korea Robotics Society (2013) 8(2):104-115.
- [14] H. P. Park, K. B. Kim, E. Y. Cha "Facial Feature Extraction using Multiple Active Appearance Model", JKIECS, Vol. 8, No. 8, 1201-1206, 2013.
- [15] J. Ko, B. Suvdaa. "Accurate Face Pose Estimation and Synthesis Using Linear Transform Among Face Models", Journal of Korea Multimedia Society Vol. 15, No. 4, April 2012(pp. 508-515.)

#### 이 상 범(Lee, Sang-Bum)



- 1983년 2월 : 한양대학교 기계공학 (공학사)
- 1989년 12월 : Louisiana State University 전산학(석사)
- 1992년 8월 : Louisiana State University 전산학(박사)
- 1993년 10월 ~ 현재 : 단국대학교 컴퓨터학과 교수

- 관심분야 : 소프트웨어 공학, 정보 검색, 생물정보학, 영상처리
- E-Mail : sblee@dankook.ac.kr

#### 김 태 묵(Kim, Tae-Mook)



- 2014년 2월 : 단국대학교 컴퓨터학과(공학사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 단국대학교 나노바이오의과학과 분자과학 (석사)
- 관심분야 : 빅데이터 분석, 바이오 인포매틱스
- E-Mail : taemook14@gmail.com