

심리로봇적용을 위한 얼굴 영역 처리 속도 향상 및 강인한 얼굴 검출 방법

(Improving the Processing Speed and Robustness of
Face Detection for a Psychological Robot Application)

류 정 탁^{1)*}, 양 진 모¹⁾, 최 영 숙²⁾, 박 세 현³⁾

(Jeong Tak Ryu, Jeen Mo Yang, Young Sook Choi, and Se Hyun Park)

요 약 얼굴 표정인식 기술은 다른 감정인식기술에 비해 비접촉성, 비강제성, 편리성의 특징을 가지고 있다. 비전 기술을 심리로봇에 적용하기 위해서는 표정인식을 하기 전 단계에서 얼굴 영역을 정확하고 빠르게 추출할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 성능이 향상된 얼굴영역 검출을 위해서 먼저 영상에서 YCbCr 피부색 색상 정보를 이용하여 배경을 제거하고 상태 기반 방법인 Haar-like Feature 방법을 이용하였다. 입력영상에 대하여 배경을 제거함으로써 처리속도가 향상된, 배경에 강건한 얼굴검출 결과를 얻을 수 있었다.

핵심주제어 : YCbCr skin color, Haar-like Feature, 얼굴표정 인식기술, 심리치료로봇, 강인한 얼굴 검출

Abstract Compared to other emotion recognition technology, facial expression recognition technology has the merit of non-contact, non-enforceable and convenience. In order to apply to a psychological robot, vision technology must be able to quickly and accurately extract the face region in the previous step of facial expression recognition. In this paper, we remove the background from any image using the YCbCr skin color technology, and use Haar-like Feature technology for robust face detection. We got the result of improved processing speed and robust face detection by removing the background from the input image.

Key Words : YCbCr skin color, Haar-like Feature, facial expression recognition technology, psychological robot, robust face detection

1. 서 론

사람의 인체 중 사물 판별 및 인지능력 가운데 시각은 매우 중요한 역할을 하기 때문에 사람이 아닌 로봇 및 컴퓨터를 이용하여 사람의 시각 기능을 구현한다는 것은 매우 흥미로운 일이다. 특히 얼굴 표정인식 기술은 다른 감정 인식기술과 비교해서 비접촉성, 비강제성, 편리성의 특징을 가지고 있다[1-5]. 이러한 표정인식은 크게 두 가지 과정을 거쳐야하는데, 그 첫 번째 과정은 영상에서 얼굴을 검출하는 과

* Corresponding Author

이 논문은 2013학년도 대구대학교 학술지원경비에 의하여 연구되었음.

Manuscript received March 1, 2015 / Revised February 8, 2015 / Accepted April 8, 2015

1) 대구대학교 전자공학과, 교신저자(jryu@daegu.ac.kr)

2) 대구대학교 전자공학과

3) 대구대학교 멀티미디어공학과

정이고 두 번째는 검출된 얼굴에서 특징을 추출하는 과정이다[6-8]. 따라서 비전 기술을 심리로봇에 적용하기 위해서는 표정인식을 하기 전 단계에서 얼굴 영역을 정확하고 빠르게 추출할 수 있어야 한다.

얼굴검출 방법에는 지식기반(knowledge-based) [1, 9], 특징기반(feature-based)[2,10], 이미지기반(image-based)[3,11], 템플릿 매칭(template-matching)[4,12], 외형기반(Appearance -based) [5,13] 방법 등을 이용하고 있다. 지식기반 방법은 연구/개발자의 지식에 근거한 규칙에 따라 눈, 코, 입과 같은 요소들의 대칭성, 거리, 위치관계를 이용하여 얼굴을 검출하는 방법으로 규칙의 범위에 따라 검출률이 낮아지거나 엉뚱한 이미지를 얼굴로 검출하는 문제가 발생할 수 있다. 특징기반 방법은 얼굴 확인에 용이한 특징을 찾는 방법으로 부분적인 얼굴의 특징인 눈, 코, 입의 외곽선, 명암도, 형태, 색상 등의 조합을 이용한다. 템플릿 매칭 방법은 표준으로 구성된 얼굴영상을 이용하여 미리 입력된 얼굴영상이 가지고 있는 특징점과 입력영상에서 추출한 특징점의 상관도가 가장 높은 영역을 찾는 방식으로 얼굴을 검출하는 방법이다. 그리고 외형기반 방법은 신경망, PCA(Principal Component Analysis), SVM (Support Vector Machine), HMM (Hidden Markov Model) 등의 패턴인식 방법들을 이용하여 많은 Positive 또는 Negative 예제들을 필요로 한다[5,13].

얼굴 검출에는 몇 가지 어려움이 따르는데 조명이나, 포즈, 각도, 해상도 등의 다양한 외부환경 요소에 따라 전혀 다른 결과를 얻을 수 있다. 기존의 얼굴 검출 방법들 중에서도 Viola 와 Jones가 제안한 Adaboost 기반의 얼굴검출 알고리즘은 속도와 검출 성능에서 우수한 평가를 받고 있다[14]. 이 방법은 특징 기반 방법으로 거대한 특징 집합으로부터 중요한 작은 특징 집합을 선택하여 연산량을 줄이는 방법으로 Haar-like Feature를 사용하여 얼굴을 검출한다.

본 논문에서는 성능이 향상된 얼굴영역 검출을 위해서 먼저 영상에서 YCbCr 피부색 색상 정보를 이용하여 배경을 제거하고 상태 기반 방법 중 Haar-like Feature 방법을 이용한다. 이후 본 연구에서는 이 방법을 ‘SC-HLF’ 방법이라 표현한다. 그 결과 얼굴영역 검출 전 단계에서 입력영상에 대하여 얼굴과 관계없는 배경을 제거함으로써 처리속도와 향상된 강건한 얼굴검출 결과를 얻을 수 있었다.

2. 검출방법

2.1 YCbCr skin-color에 의한 배경제거

본 논문에서는 얼굴영역을 검출하기 위해서 먼저 얼굴의 특징정보인 색상정보를 이용해서 RGB 컬러 모델의 입력영상에 대해 얼굴과 관련 없는 정보를 포함한 배경을 제거하게 된다. 피부색은 색상 공간에서 일정 영역에 분포하는 특성을 지니며, 입력되는 컬러 영상에 대하여 가장 빠르고 쉽게 얻을 수 있는 정보로서 어떤 사물을 판단하는데 있어 적은 계산량으로, 가장 효율적으로 적용할 수 있는 방법 중의 하나이다. 본 논문에서는 동양인 피부색 검출에 우수한 성능을 보이는 것으로 알려진 YCbCr 컬러 모델을 이용하여 얼굴 후보영상을 검출한다[15].

컬러공간은 개별 컬러들의 상대적인 위치를 나타내는 컬러 좌표계를 표현하는 2차원 또는 3차원 공간을 의미하며, 컬러 표현 시스템, 컬러 모델로 표현되기도 한다. 컬러 공간은 영상에서 각 객체를 구분하기 위해 전체 영상의 컬러 영역을 분할 할 수도 있으며 우리가 보통 사용하는 대부분의 컬러공간은 RGB 컬러공간이다.

입력영상에서 얼굴의 특징정보인 피부색을 포함한 영역을 검출하기 위하여 RGB 컬러 영상을 YCbCr 컬러 공간으로 변환하고, 각 픽셀이 피부인지 아닌지를 판별하게 된다. 24비트 RGB신호에서 YCbCr로의 변환 공식은 식(1)과 같으며 여기서 128은 8비트에서 0~255 범위를 갖기 위해 더해주는 요소 값이며, 그 역변환 공식은 식(2)와 같다.

$$\begin{aligned} Y &= 0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B \\ Cb &= (B - Y) * 0.564 + 128 \\ Cr &= (R - Y) * 0.713 + 128 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned} R &= Y + 1.403 * (Cr - 128) \\ G &= Y - 0.714 * (Cb - 128) - 0.344 * (Cr - 128) \\ B &= Y + 1.773 * (Cb - 128) \end{aligned} \tag{2}$$

YCbCr 컬러공간은 사실상 색상 신호가 아닌 휘도(Luminance : Y), 색차 신호(Cb, Cr)에 기반한 컬러 표현 방식으로 색차 신호 Cb는 푸른 정도, Cr은 붉은 정도를 나타낸다. 사람의 눈은 색상보다 밝기 변화에 더욱 민감한 특성이 있기 때문에 YCbCr 컬러 공간을 이용하여 색차 신호를 처리하는 것이 효과적인

이다. YCbCr 컬러 모델을 이용하여 피부 영역을 간단한 수식을 통하여 모델링 하면 식 (3)과 같다. YCbCr컬러 공간에서 Y값을 제거하고 Cb와 Cr 값에 대해 Chai 등이[16] 제안한 피부색 참조 맵을 이용하여 본 논문에서의 실험환경에 맞게 재조정하여 임계 값을 적용함으로써 피부색 픽셀 영역을 검출하게 된다.

$$SkinColor(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } (100 \leq Cb \leq 141) \\ & \cap (136 \leq Cr \leq 173) \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

피부색 영역으로 검출된 픽셀에 대해서는 1로 설정하고, 그 밖의 영역에 대해서는 0으로 설정한다.

2.2 Haar-like Feature

Viola와 Jones가 제안한 Haar-like Feature는 얼굴 검출에 있어 사각특징 형태 구성 방법을 사용하며 가장 간단하면서도 효율적인 인식자로 사용된다[14]. Haar-like Feature는 단순 Integral Image를 이용하여 특징 값을 표현하는 것으로 빠른 속도로 연산하며, AdaBoost 알고리즘[17]을 이용하여 얼굴을 검출하는 방법이다. 본 논문에서는 OpenCV기반으로 Haar-like Feature를 이용하여 얼굴 검출을 구현한다.

Haar-like Feature는 그림 1과 같이 얼굴 영역 내에서 객체 간의 구별 능력이 있는 간단한 사각특징을 이용하는 방법으로 위치, 모양, 크기에 따라 수많은 형태로 나타낼 수 있으므로 생성된 특징 값은 얼굴의 특징을 잘 포용하는 장점이 있다.

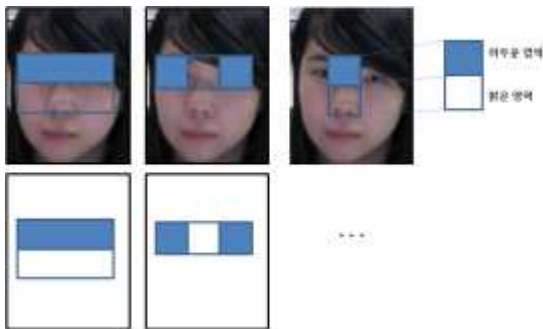


Fig. 1 Examples of Haar-like Feature in face area.

그림 2는 Haar-like Feature의 대표적인 4종류특징

과 프로토타입을 나타낸다. 밝은 부분의 모든 pixel값과 어두운 부분의 모든 pixel값의 합을 구하고 두합의 차로 특징 값을 표현된다.

Haar-like Feature는 그림2와 같이 서로 인접한 사각형으로 구성되어 있으며, 검은색과 흰색으로 표시된 각 영역 안에 위치한 픽셀들의 값을 더하여 영역의 합을 구한 뒤, 그 값들에 가중치를 곱한 값의 합을 구하여 특정 값을 계산한다. 즉 흰색 영역과 검은색 영역의 명암 차를 이용하게 된다. 이 때 Haar-like Feature는 직사각형 형태를 가지므로 Integral Image를 이용하여 빠른 속도로 계산이 가능하다.

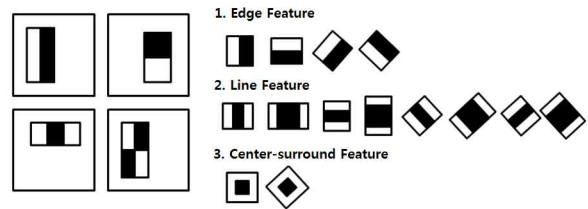


Fig. 2. Simple Haar-like Feature and prototypes.

3. 얼굴검출 과정

본 논문에서는 빠르게 얼굴을 검출하기 위해서 단계적으로 접근하는 방식으로 Cascade 구조를 사용하게 된다[14]. Cascade 구조는 여러 개의 스테이지로 나누고 상위에 높은 확률을 적용하고, 순차적으로 낮은 확률을 갖는 Haar-like Feature를 적용하여 전체 Cascade를 다 통과한 경우에만 찾고자 하는 객체로 검출한다. 물체가 포함되어 있지 않은 영역은 각각의 Sub-windows가 적용되고 단계를 거치는 도중 즉시 거절하기 때문에 나머지 Cascade를 처리할 필요가 없어지게 된다. 따라서 수행 속도 또한 증가시키며, 단일 강한 분류기 보다 뛰어난 성능을 얻을 수 있다.

그림3은 본 논문에서 제안하는 얼굴영역 검출과정을 보여 주고 있다. 얼굴을 인식하기 위한 과정에서 입력된 영상에 대하여 YCbCr컬러공간을 이용하여 피부색영역을 우선 검출하여 배경을 제거한다. 그 후 Haar-like Feature를 이용하여 얼굴영역을 최종적으로 검출하게 된다. 피부색을 이용한 얼굴검출의 경우 피부색과 유사한 색을 가진 다른 물체가 있을 경우

잘못 판단하는 경우가 발생하며 피부색 영역 내에 잡음들이 포함되기도 한다. 따라서 잡음을 제거하기 위해 모폴로지 연산을 적용하고, 피부색영역에 대해 모폴로지 결과 영상과 원래의 입력영상과의 AND연산을 통하여 피부색영역이 검출된 영상을 획득한다.

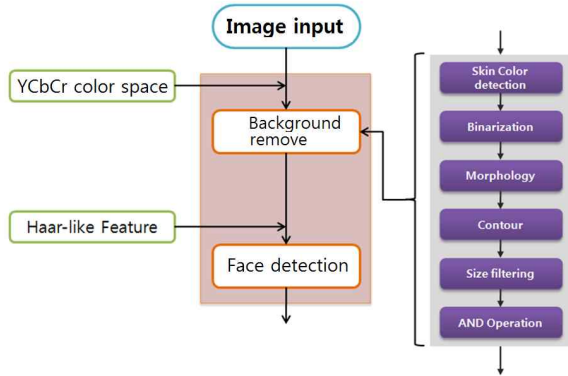


Fig. 3. The proposed face detection process.

그림 4는 Haar-like Feature만을 이용한 얼굴영역 검출 결과이다. Viola와 Jones가 제안한 Haar-like Feature를 이용한 얼굴검출방법은 기존의 얼굴 검출 연구들 중에서도 속도와 검출 성능에서 우수한 평가를 받고 있다. 그러나 검출된 얼굴은 콧수염이나 안경의 액세서리를 포함한 포괄적인 얼굴 이미지이며 사각특징과 유사한 배경을 포함한 영상의 경우 오검출의 가능성이 높을 뿐 아니라 처리속도의 저하도 피할 수가 없다.



Fig. 4 Image of faulty face and detection using Haar-like Feature only.

따라서 본 논문에서는 배경에 강건한 얼굴 검출을 위해서 YCbCr컬러 모델을 이용하여 얼굴 이외의 배경을 먼저 제거한다. 이 제거된 얼굴 영역 후보 영상에 Haar-like Feature를 이용하여 얼굴영역을 검출한

다. 그림 5는 그 결과 영상이다.

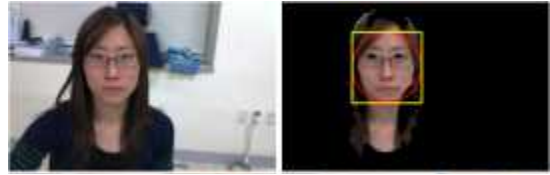


Fig. 5 Image of face detection using the proposed face detection method.

4. 실험결과

본 논문에서는 의료로봇[18-20]에 장착된 카메라로부터 컬러 이미지가 들어오면 피부색을 검출하고 그레이 이미지로 변환 후 이진화, 모폴로지, 컨투어, 사이즈필터링 알고리즘을 사용하여 얼굴의 색상정보를 포함하지 않는 배경을 제거한 영상을 획득한다. 이렇게 피부색이 검출된 영상에 대하여 사각특징인 Haar-like Feature를 이용하여 얼굴영역을 검출한다.

먼저 비교 실험에 앞서 얼굴 영역 검출이 잘 이루어지는지 확인하기 위하여 YCbCr컬러 모델을 이용하여 얼굴 이외의 배경이 제거된 얼굴 영역 후보 영상에 대하여 실험을 하였다. 실험은 8명의 피실험자를 대상으로 수행되었으며 입력영상에 대한 피부색이 검출된 출력영상은 그림 6과 같다. 모든 결과의 영상에 피부색을 포함한 얼굴영역만 잘 검출하고 있음을 확인 할 수 있다.



Fig 6 Skin color detection results for the eight people.

본 연구에서 제안한 방법에 대한 우수성을 검증하기 위하여 Haar-like Feature 방법만을 이용한 얼굴 검출 실험과 본 논문에서 제안한 피부색을 이용한 배경제거 영상에 Haar-like Feature를 적용하여 얼굴을 검출하는 실험(SC-HLF)을 각각 수행하여 얼굴 검출률과 처리속도를 비교하였다. 표 1은 실험의 수행 결과이다. 실험결과는 5명을 대상으로 각 사람마다 10회의 실험을 통하여 얻어진 것이다.

Table 1 Face detection success rate for five subjects between the two detection method.

subject	SC-HLF	Only Haar-like Feature
1	90%	70%
2	100%	100%
3	100%	90%
4	100%	100%
5	90%	80%
Average	96%	88%

실험 결과 Haar-like Feature 방법만을 이용한 얼굴 검출의 성공률보다 피부색을 기반으로 배경을 제거한 후 Haar-like Feature를 이용한 방법(SC-HLF)이 더 높은 얼굴 검출률을 보였다. 이 결과는 앞서도 언급된 것과 같이 피부색 이외의 배경을 모두 제거한 후 얼굴부분만을 인식하기 위한 처리 과정을 수행하기 때문에 나타난 결과로 분석 된다.

그림 7은 표1에서 제시된 두 가지 방법에 대한 얼굴검출 처리속도를 비교한 결과이다. 처리속도의 측정은 카메라로부터 얼굴검출을 위한 영상이 입력되기 시작하여 컴퓨터의 화면에 얼굴 위치와 얼굴이 검출이 되는 순간까지의 시간을 컴퓨터 프로그램을 이용하여 측정하였다. 실험결과 “SC-HLF”가 “Only Haar-like Feature”을 사용한 얼굴검출 시간보다 약 3배 정도 더 빠른 처리 속도를 보였다. 이것은 Skin Color 기법을 사용하여 배경을 제거하게 됨으로써 Cascade 구조의 스테이지에서 물체가 포함되어 있지 않은 각각의 Sub-windows가 빠르게 거절되기 때문으로 판단된다.

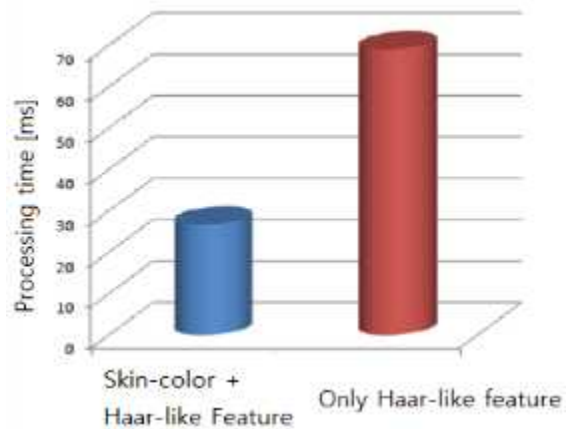


Fig. 7 Processing speed of face detection for each of the two method.

5. 결 론

본 연구에서는 성능이 향상된 얼굴영역 검출을 위해서 영상에서 YCbCr 피부색 색상 정보를 이용하여 배경을 제거하고, 상태 기반 방법의 하나인 Haar-like Feature 방법을 순차적으로 적용하는 방법을 제시하였다. 그 결과 Haar-like Feature 방법만을 이용한 얼굴 검출의 성공률 보다 피부색을 기반으로 배경을 제거하고 Haar-like Feature를 이용한 방법이 더 높은 얼굴 검출률을 보였다. 또한 제안된 방법은 입력영상에 대하여 배경을 제거함으로써 얼굴영역검출 처리속도가 향상된 배경에 강건한 얼굴검출을 할 수 있었다.

본 연구의 결과는 제안된 방법이 얼굴영역 검출 처리속도와 검출을 향상을 통해 심리로봇의 비전기술에 적용될 수 있는 가능성을 보여 주고 있다.

References

[1] Belhumeur, P.N., Hespanha, J.P. Kriegman, D., "Eigenfaces vs. Fisherfaces: recognition using class specific linear projection", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 19, Issue 7, pp.711-720, 1997.

[2] Zhengya Xu, Hong Ren Wu, Xinghuo Yu, Horadam, K., Bin Qiu, "Robust Shape -Feature

- Vector-Based Face Recognition System", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 60, Issue 12 pp. 3781-3791, 2010.
- [3] Pengfei Zhu, Wangmeng Zuo, Lei Zhang, Shiu, S.C.-K., Zhang, D., "Image Set-Based Collaborative Representation for Face Recognition", IEEE Transactions on Information Forensics and Security, Vol. 9, Issue 7 pp.1120-1132, 2014.
- [4] Li Zhu and Chun-qiang Zhu, "An algorithm for human face detection in color image based on Skin color segmentation" 2014 IEEE Workshop on Electronics, Computer and Applications, pp. 101-104, 2014.
- [5] Feng Lu, Sugano, Y., Okabe, T., Sato, Y., "Adaptive Linear Regression for Appearance-Based Gaze Estimation" IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 36, Issue 10, pp. 2033-2046 2014.
- [6] Yan Yan, Hanzi Wang, David Suter, "Multi-subregion based correlation filter bank for robust face recognition" Journal Pattern Recognition, Vol. 47, Issue 11, pp. 3487-3501, November 2014,
- [7] Zheng Zhang, Long Wang, Qi Zhu, Zhonghua Liu, Yan Chen, "Noise modeling and representation based classification methods for face recognition", Neurocomputing, Vol. 148, No. 19, pp. 420-429, January 2015.
- [8] Enrico Vezzetti, Federica Marcolin, Giulia Fracastoro, "3D face recognition: An automatic strategy based on geometrical descriptors and landmarks", Robotics and Autonomous Systems, Vol. 62, Issue 12, pp. 1768-1776, December 2014
- [9] Chaoying Tang, Kong, A.W.-K., Craft, N., "Using a Knowledge-Based Approach to Remove Blocking Artifacts in Skin Images for Forensic Analysis", IEEE Transactions on Information Forensics and Security, Vol. 6, Issue 3, pp. 1038-1049, 2011.
- [10] Elaiwat, S., Bennamoun, M., Boussaid, F., El-Sallam, A., "3-D Face Recognition Using Curvelet Local Features" IEEE Signal Processing Letters, Vol. 21, Issue 2, pp. 172-175, 2014.
- [11] Ziheng Zhou, Guoying Zhao, Yimo Guo, Pietikainen M., "An Image-Based Visual Speech Animation System" IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 22, Issue 10, pp. 1420-1432, 2012.
- [12] Sao, A.K., Yegnanarayana, B., "Face Verification Using Template Matching", IEEE Transactions on Information Forensics and Security, Vol. 2, Issue 3, pp. 636-641, 2007.
- [13] Ekenel, H.K., Hua Gao, Stiefelhagen, R., "3-D Face Recognition Using Local Appearance-Based Models", IEEE Transactions on Information Forensics and Security, Vol. 2, Issue 3, pp. 630-636, 2007.
- [14] P. Viola and M. J. Jones "Robust Real-time Face detection" International Journal of Computer Vision Vol. 57(2), pp. 137-154, 2004.
- [15] Son Lam Phung, Bouzerdoum, A., Chai, D., "A novel skin color model in YCbCr color space and its application to human face detection", IEEE International Conference on Image Processing 2002. pp. 289-292, 2002.
- [16] Rein-Lien Hsu, M. Abdel-Mottaleb and A.K. Jain. "Face detection in color images", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24 No.5, pp. 696-706, 2002.
- [17] Y. Freund and R. E. Schapire. "Experiments With a New Boosting Algorithm. In Machine Learning", In Proceedings of the Thirteen International Conference In Machine Learning, Bari, pp. 148 - 156, 1996.
- [18] S.H. Park, and J.T. Ryu, "Face Detection for Medical Service Robot", Journal of the Korea Society Industrial Information System, Vol. 16, No. 3, pp.1~10, September 2011.
- [19] S.H. Park, and J.T. Ryu, "Face Recognition System for Unattended reception interface", Journal of the Korea Society Industrial Information System, Vol. 17 No. 3, pp. 1-8, June 2012.

[20] S.H. Park, J.T. Ryu, B.H. Moon, and K.A. Cha, "Unattended Reception Robot using Face Identification" Journal of the Korea Society Industrial Information System, Vol. 19, No. 5, pp. 33-38, October 2014.



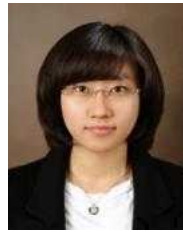
류 정 탁 (Jeong Tak Ryu)

- 종신회원
- 1992년 2월 : 영남대학교 전자공학과 (공학사)
- 1996년 : 오사카대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1999년 : 오사카대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2000년 3월 ~ 현재 : 대구대학교 전자공학부 교수
- 관심분야 : 나노 및 센서 공학



양 진 모 (Jeen Mo Yang)

- 정회원
- 1980년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1989년 2월: 버지니아공과대학교 전기공학과 (공학석사)
- 1993년 2월: 조지아공과대학 전기 및 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 1994년 3월 ~ 현재: 대구대학교 전자공학부 교수
- 관심분야 : RF 소자 모델링, RFID 태그 설계



최 영 숙 (Young Sook Choi)

- 준회원
- 2009년 2월: 대구대학교 전자공학과 (공학사)
- 2011년 2월: 대구대학교 공과대학원 전자공학전공 (공학석사)
- 2011년 2월 ~ 현재 : AI테크 선임연구원
- 관심분야 : 센서시스템 및 임베디드시스템



박 세 현 (Se Hyun Park)

- 종신회원
- 1995년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학과 공학사
- 1997년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학과 공학석사
- 2000년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학과 공학박사
- 2004년 3월~현재 : 대구대학교 정보통신공학부 교수
- 관심분야 : 인공지능, 컴퓨터비전