

깊이 영상을 이용한 지역 이진 패턴 기반의 얼굴인식 방법

(Face Recognition Method Based on Local Binary Pattern using Depth Images)

권순각^{1)*}, 김흥준²⁾, 이동석³⁾

(Kwon Soon Kak, Kim Heung Jun, and Lee Dong Seok)

요약 기존의 색상기반 얼굴인식 방법은 조명변화에 민감하며, 위변조의 가능성이 있기 때문에 다양한 산업분야에 적용되기 어려운 문제가 있었다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 깊이 영상을 이용한 지역 이진 패턴(LBP) 기반의 얼굴인식 방법을 제안한다. 깊이 정보를 이용한 얼굴 검출 방법과 얼굴 인식을 위한 특징 추출 및 매칭 방법을 구현하고, 모의실험 결과를 바탕으로 제안된 방식의 인식 성능을 나타낸다.

핵심주제어 : 깊이 카메라, 깊이 영상, 얼굴 인식, 얼굴 검출, 지역이진패턴

Abstract Conventional Color-Based Face Recognition Methods are Sensitive to Illumination Changes, and there are the Possibilities of Forgery and Falsification so that it is Difficult to Apply to Various Industrial Fields. In This Paper, we propose a Face Recognition Method Based on LBP(Local Binary Pattern) using the Depth Images to Solve This Problem. Face Detection Method Using Depth Information and Feature Extraction and Matching Methods for Face Recognition are implemented, the Simulation Results show the Recognition Performance of the Proposed Method.

Key Words : Depth Camera, Depth Image, Face Recognition, Face Detection, Local Binary Pattern

1. 서론

최근 생체인식을 이용한 사용자 인증 및 제어 시스템에 관한 연구가 활발하다. 생체인식의 중

류에는 지문인식, 얼굴인식, 홍채인식, 정맥인식, 음성인식 등이 있으며, 각각의 장단점이 존재한다. 그 중에서도 얼굴인식은 비공격적·비강압적 인증방식으로 사용자의 거부감이 적은 장점이 있다. 얼굴인식의 종류에는 신원인식 이외에도 성별, 나이, 인종, 표정인식 등으로 나뉘며[1], 본 논문은 신원인식에 대한 내용을 다룬다.

색상기반 얼굴인식 방법은 많은 연구가 진행되어 왔고, 최근에는 사람의 인지능력에 가까운 정도로 발전되었다. 그러나 기존의 색상기반 얼굴인식 방법은 카메라로부터 촬영된 영상을 이용하는 영상인식 기술 특성 상, 조명과 외부요인에

* Corresponding Author : skkwon@deu.ac.kr

+ 이 논문은 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지역신산업선도인력양성사업 성과임(No. 2017045434), 또한, 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 Linc+사업의 성과임(No. 2017-E-G051-010107)

Manuscript received December 6, 2017 / accepted December 28, 2017

1) 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과, 제 1저자, 교신저자
2) 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과, 공동저자
3) 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과, 공동저자

취약하다는 단점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 광원보정, 조명에 덜 민감한 특징 기술자 등의 연구가 진행되었으나, 한계점이 존재하였다. 또한, 동일한 사람의 사진이나, 가면, 마스크 등을 이용한 얼굴 위변조의 가능성이 있기 때문에 보안시스템에 독립적으로 적용될 수 없고, 다양한 산업분야에 적용되기 어려운 문제가 있다 [2].

따라서 조명에 강인한 적외선, 깊이 영상을 이용한 얼굴인식 방법이 제안되었다. 적외선 영상의 경우 700nm ~ 1mm 대역의 적외선 신호를 투사하여 반사된 신호의 양을 측정하여 영상을 말한다. 적외선 영상을 얼굴인식에 활용하는 경우 조명에 영향을 받지 않는 장점이 있지만 사진, 가면, 마스크 등을 이용한 얼굴의 위변조 문제는 여전히 존재한다.

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 깊이 영상을 이용한 지역 이진 패턴(LBP) 기반 얼굴인식 방법을 제안한다.

깊이 영상은 700nm ~ 1mm 대역의 적외선 신호를 투사하고, 반사된 신호의 위상 변화로부터 각 화소의 거리를 측정하여 영상을 말한다. 본 논문에서는 깊이 정보를 이용한 얼굴 검출 방법과 얼굴 인식을 위한 특징 추출 및 매칭 방법을 소개한다. 논문의 구성으로 2장에서 관련연구, 3장에서 제안하는 얼굴인식 방법을 설명하고, 4장에서 실험결과, 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

2.1 Haar-like feature

Viola[3]가 고안한 Haar-like feature은 얼굴검출을 위해 간단하면서 효율적인 인식자로 널리 쓰인다. 기본적으로 영상에서 영역과 영역의 밝기 차를 이용한 feature로서 Fig. 1과 같은 다양한 형태의 elementary feature을 조합하여 사용한다. 처리속도 향상을 위해 화소 자체가 아닌 적분영상을 이용하여 연산을 수행한다.

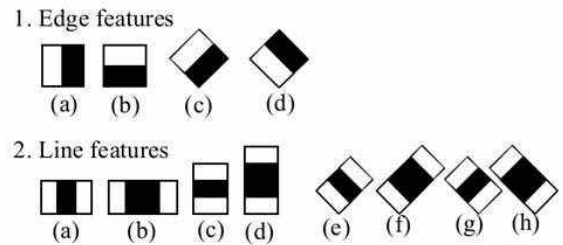


Fig. 1 Elementary Features.

2.2 LBP(Local Binary Pattern)

LBP(Local Binary Pattern)[4-7] 특징 기술자는 단순하지만 강력한 영상 텍스처 묘사자로 텍스처 패턴을 정량화하며 자세나 크기, 밝기 변화에 강인한 특징을 보인다. 또한 계산이 단순하여 실시간 처리 작업에 적합하며 얼굴이나 표정인식, 물체 인식에 주로 쓰인다. LBP 특징은 영상에서 한 화소의 밝기 값과 이웃 화소의 밝기 값을 비교함에 의해 생성되는 일련(series)의 이진수이다. 본 논문에서는 깊이영상을 이용하므로 깊이 값의 대소를 비교하여 LBP 특징을 추출한다.

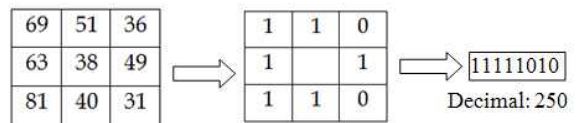


Fig. 2 Operation of Local Binary Pattern

LBP의 연산은 Fig. 2와 같이 특정 화소를 중심으로 주변 화소들과의 화소 값을 비교하여 그 값이 크거나 같으면 1을, 그렇지 않으면 0으로 표현한다. 이렇게 주변 화소들과의 비교를 통해 나타낸 2진 값들은 특정 위치를 기준으로 하여 10진 값으로 변환된다. 화소 (xc, yc)에 대한 지역이진패턴은 식 (1)과 (2)를 통해 계산된다. 이때 이웃 반경의 크기나 이웃 화소의 수는 Fig. 3과 같이 자유롭게 선택 가능하다.

$$LBP_{P,R}(x_c, y_c) = \sum_{p=0}^{P-1} s(i_p - i_c) 2^p \quad (1)$$

$$s(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x \geq 0 \\ 0, & \text{if } x < 0 \end{cases} \quad (2)$$

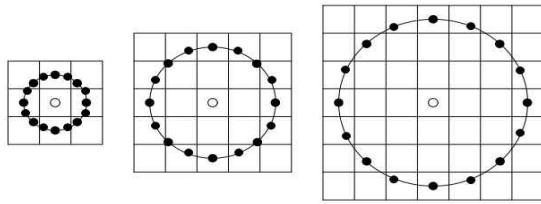


Fig. 3 Local Binary Pattern Operators (R=1, P=16), (R=2, P=16), (R=3, P=16)

2.3 Chi-Square Distance

LBP를 통해 추출된 각 블록의 히스토그램 거리를 계산하기 위해서 Chi-Square Distance[8]가 널리 사용된다. Chi-Square Distance는 식 (3)을 이용하여 구한다. 식 (3)에서 S 는 입력 히스토그램, M 은 비교 히스토그램을 의미한다.

$$\chi^2(S, M) = \sum_i \frac{(S_i - M_i)^2}{S_i + M_i} \quad (3)$$

3. 제안하는 얼굴인식 방법

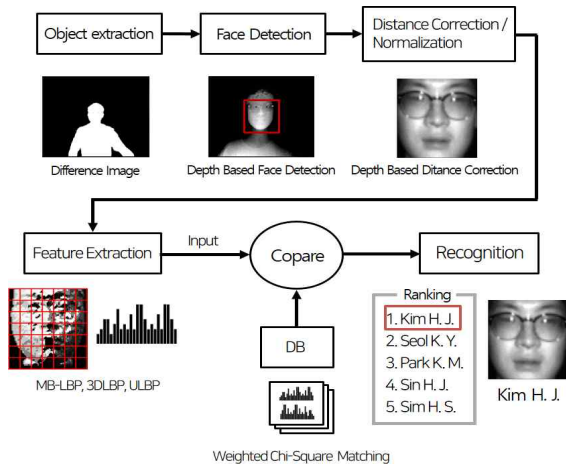


Fig. 4 Face Recognition Process

Fig. 4는 제안하는 얼굴인식 방법의 전체 과정을 그림으로 나타낸 것이다.

얼굴을 검출하기에 앞서, 미리 촬영된 깊이 배경영상과 현재영상의 차 영상을 구하여 객체를

추출한다. 객체를 추출함으로써 탐색영역이 감소되는 효과가 있다.

3.1 깊이 영상을 이용한 얼굴검출 방법

얼굴인식을 위해서는 촬영된 영상에서 얼굴을 검출하는 단계가 반드시 선행되어야 한다.

얼굴검출은 단순히 얼굴인식의 전처리 단계가 아닌 독립적인 연구 분야로 다뤄지고 있으며, 기계학습의 일종인 Haar Classifiers가 가장 널리 사용된다. 본 논문에서는 처리속도 향상을 위해 깊이영상을 이용한 얼굴의 구조적 정보 기반의 얼굴검출 방법을 사용하였다[9]. Fig. 5는 깊이영상을 이용한 얼굴의 구조적 정보 기반 얼굴검출 방법을 나타낸다.

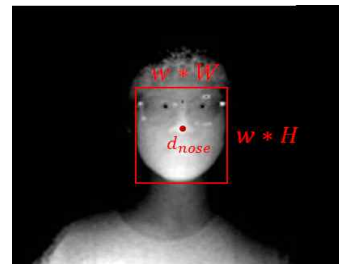


Fig. 5 Facial Structure Information Based on Face Detection Method using Depth Image

얼굴 검출을 위해 사람의 얼굴에서 코끝이 가장 돌출된 부위라는 점을 착안하여, 깊이센서를 통해 카메라로부터 가장 가까이 있는 화소를 탐색하고, 그 화소의 인접화소를 탐색하여 사람의 코를 먼저 찾는다. 그 후 코끝을 중심으로 하는 가로(W), 세로(H) 크기의 영역을 크롭하여 얼굴을 검출한다. 이때 크롭 영역의 크기 W, H 은 카메라로부터 코끝의 거리 d_{nose} 에 반비례하도록 가중치(w)를 적용한다. w 는 식 (1)을 통해 계산된다. 식 (4)에서 상수 값 α, β 는 깊이 센서의 설치환경에 따라 실험을 통해 근사화하며 본 논문에서는 α 는 2.83, β 는 456으로 설정하였다.

$$w = \alpha - \frac{d_{nose}}{\beta} \quad (4)$$

제안하는 얼굴검출 방법은 취득되는 얼굴영역이 카메라로부터의 거리에 의존하므로, 기존의 특징기반 얼굴검출 방법과 다르게 개인의 얼굴 크기 정보가 그대로 유지된다. Fig. 6은 기존의 얼굴검출 방법과 제안하는 얼굴 검출 방법을 비교한 것이다.

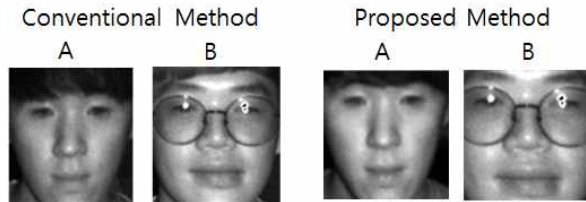


Fig. 6 Comparison of Face Detection Methods

Fig. 6에서 기존의 특징기반의 얼굴검출 방법에서는 얼굴이 작은 사람 A와 얼굴이 큰 사람 B의 검출된 얼굴을 동일한 크기로 정규화 하였으나, 제안하는 방법의 경우 얼굴크기에 따라 검출된 영상에도 차이가 있는 것을 알 수 있다.

제안하는 얼굴 검출 방법은 깊이 정보의 특성을 이용하여 개인의 얼굴 크기 정보가 그대로 보존되어, 인식률 증가 효과를 얻을 수 있었다.

또한 기존의 얼굴검출 방법에 비해 계산량이 매우 적은 장점이 있다. 제안하는 얼굴검출 방법은 검출결과가 얼굴이 맞는지 판별하는 단계가 생략되어있다. 이는 얼굴검출의 목적이 얼굴인식을 위함이므로, 얼굴판별을 얼굴검출 단계에서 수행하지 않고 얼굴인식 단계로 미룸으로서 불필요하게 중복되는 프로세스를 제거되는 효과가 있다.

3.2 특징 추출 방법

본 논문에서는 얼굴의 특징 기술자로 다수의 LBP 변형 알고리즘들을 조합하여 사용하였다.

기본적인 LBP 연산을 통해서도 얼굴인식이 가능하지만 인식률 및 계산량 감소를 위해 다양한 LBP 변형 알고리즘들이 연구되었다. 본 논문에서는 LBP 변형 알고리즘들의 장단점을 조합하였다.

MB-LBP는 다수의 이웃반경을 사용하여 LBP 특징을 추출하는 방법으로, 하나의 얼굴영상에서 여러 스케일의 특징점을 추출할 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 얼굴 요소의 지역적 특징에

집중하기 위하여 이웃반경 2, 얼굴의 형태와 굴곡에 집중하기 위하여 이웃반경 6을 조합하여 사용하였다.

3D-LBP는 기존의 LBP가 이웃화소와의 대소 비교만 하는 것과 달리, 화소 값의 차를 부호비트를 포함하는 4비트 이진수로 표현하여, 각각의 비트를 특징 레이어로 활용하는 방법이다[10, 11]. Fig. 7은 3D-LBP의 연산 방법을 나타낸다.

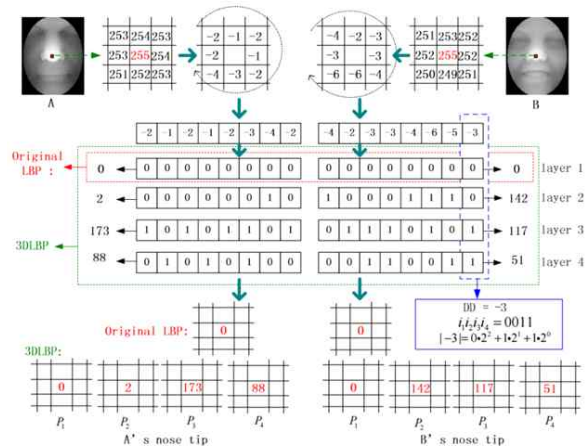


Fig. 7 Operation of 3D-LBP

3D-LBP는 기존의 LBP보다 많은 특징 정보를 가지기 때문에 인식률이 더 좋다고 알려져 있으나 특징 영상의 수가 4배로 증가하면서 차원의 증가로 인한 인식속도가 매우 느려지는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 높은 인식률을 보이는 Layer 1과 Layer 2 만을 사용한다.

또한 LBP 특징 중 기여도가 낮은 균일 패턴들을 하나의 값으로 인덱싱하여 59개의 특징만 사용하는 Uniform LBP[12]를 적용하였다. 균일 변환을 통해 인식률의 손실을 최소화 하면서 차원의 수는 크게 줄일 수 있다.

3.3 매칭방법

매칭 방법은 각 블록에 가중치를 적용하는 weighted chi-square distance 매칭 알고리즘을 사용하였으며 식 (5)를 통해 계산된다[13].

$$weighted \chi^2(S, M) = w_i \sum_i \frac{(S_i - M_i)^2}{S_i + M_i} \quad (5)$$

눈, 코, 입과 같은 얼굴의 주요부분에 가중치를 높이고 양쪽 볼, 얼굴외각의 가중치는 낮게 설정하였다. Fig. 8은 본 논문에서 설정한 블록별 가중치(w_i)를 나타낸다.



Fig. 8 Weighting by Block

4. 실험 결과

3장에서 제안한 깊이영상을 이용한 얼굴인식 방법을 구현하고 모의실험을 바탕으로 인식 성능을 조사하였다.

Table 1 Kinect v2 specifications

| Classification | | Specification |
|----------------|------------|---------------|
| Color | Resolution | 1920 × 1080 |
| | fps | 30fps |
| Depth | Resolution | 512 × 424 |
| | fps | 30fps |
| Depth Angle | Horizontal | 70° |
| | Vertical | 60° |
| Range of Depth | | 0.5 ~ 8.0m |

실험에 사용한 깊이 카메라는 Kinect v2이며 성능은 Table 1과 같다. 깊이 데이터 취득 범위는 0.5 ~ 8.0m로 명시되어 있지만, 얼굴검출이 유효한 범위인 0.6~2.6m로 실험환경을 제한하였다.

실험조건은 Table 2에 나타내었다. 연산자의 매개변수(Parameter) 중 이웃화소의 수는 12, 이웃 반경의 크기는 2와 6, 히스토그램은 7x7 블록으로 설정하였다.

Table 2 Simulation Conditions

| Classification | Conditions | |
|------------------|-----------------------------|---------------------|
| LBP Operator | Radius | Number of neighbors |
| | 2, 6 | 12 |
| Feature | Uniformed 3D-LBP Layer 1, 2 | |
| Number of blocks | 7x7 | |

실험을 위한 얼굴 데이터 셋은 나이와 성별이 다른 100명의 학생으로부터 깊이 얼굴영상을 1장 촬영하였고, 일부 안경 착용자의 경우 착용, 미착용으로 나누어 총 2장 촬영하였다. Fig. 9는 깊이 얼굴영상 데이터 세트의 예시이다.

실험을 위한 테스트 영상은 10명의 테스트 인원으로 부터, 각 정면 및 10° 이내 회전된 얼굴 영상 9장과 웃는 표정, 화난 표정 총 11장으로 구성된다. Fig 10은 테스트 영상의 예시이다.

실험을 위해 10명의 테스트 인원 에 대해 각 테스트 영상마다 20 프레임 동안 얼굴을 인식한 결과를 합산하였다. Table 3은 실험결과를 나타낸다.

실험결과 제안하는 방법은 특징점 차원의 수가 낮으면서 모든 테스트 영상에 대해 인식률이 가장 높은 결과를 보였으며, 특히 정면 영상의 경우 인식률이 100%인 것으로 나타났다.

실험결과 얼굴 표정의 변화보다 각도에 영향을 크게 받는 것을 확인하였다.

5. 결론

본 논문에서는 깊이 영상을 사용한 LBP 기반 얼굴인식 방법을 제안하였다. 제안하는 깊이 정보를 이용한 얼굴 검출방법을 통해 개인의 얼굴 크기 정보를 보존하여 인식률을 높일 수 있었다. 또한 제안하는 얼굴인식 방법을 통해 기존의 방법에 비해 계산량이 적으면서 인식률이 높은 결과를 얻을 수 있었다. 깊이 영상은 조명에 불변하고 위변조가 어렵기 때문에 제안한 얼굴인식 방법은 휴대장치 잠금제어, 보안시스템, 출입통제, 근퇴관리 분야 등 다양한 산업분야에 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

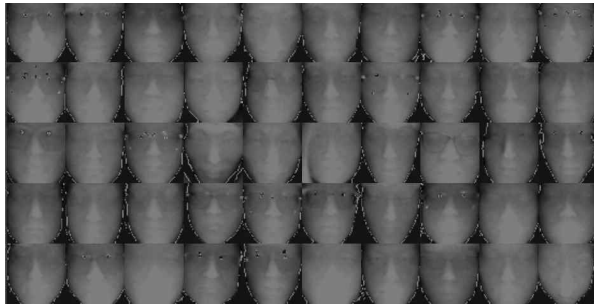


Fig. 9 Data Set of Depth Face Images

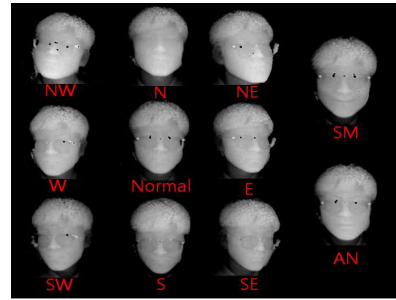


Fig. 10 Test Set of Depth Face Images

Table 3 Face Recognition Method Simulation Result

| Method | Feature Dimension | Recognition Rate (%) | | | | | | | | | | | |
|----------|-------------------|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---------|
| | | NW | N | NE | W | E | SW | S | SE | SM | AN | Normal | Average |
| LBP | 12,544 | 55.5 | 62.5 | 70.5 | 77.5 | 81 | 80 | 79 | 65.5 | 85 | 84.5 | 86 | 75.2 |
| ULBP | 2,891 | 45 | 62.5 | 67.5 | 77.5 | 80 | 80.5 | 77.5 | 57.5 | 78.5 | 81 | 84.5 | 72 |
| 3D-LBP | 50,176 | 60.5 | 82 | 79.5 | 79.5 | 81.5 | 88.5 | 90 | 72.5 | 88.5 | 91.5 | 96 | 82.7 |
| Proposed | 5,782 | 66 | 93.5 | 84.5 | 83 | 87 | 92 | 92.5 | 84.5 | 97.5 | 98 | 100 | 89 |

References

- [1] Boutellaa, E, et al., “On the use of Kinect Depth Data for Identity, Gender and Ethnicity Classification from Facial Images,” *Pattern Recognition Letters* 68, pp. 270-277, 2015.
- [2] Shin, D. W., Park, S. J., and Ko, J. P., “3D Face Alignment and Normalization Based on Feature Detection Using Active Shape Models : Quantitative Analysis on Aligning Process,” *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, Vol. 13, No. 6, pp. 403-411, 2008.
- [3] Viola, P., and Jones, M., “Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features,” In *Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2001. Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on IEEE*, Vol. 1. pp. I-I, 2001.
- [4] Ojala, T., Pietikainen, M., and Maenpaa, T., “Multiresolution Gray-scale and Rotation Invariant Texture Classification with Local Binary Patterns,” *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 24, No. 7, pp. 971-987, 2002.
- [5] Ahonen, T., Hadid, A., and Pietikainen, M., “Face Recognition with Local Binary Patterns,” *Proc. European Conf. on Computer Vision*, pp. 469-481, 2004.
- [6] Rodriguez, Y., and Marcel, S., “Face Authentication using Adapted Local Binary Pattern Histograms,” *Proc. European Conf. on Computer Vision*, pp. 321-332, 2006.
- [7] Shan, C., and Gritti, T., “Learning Discriminative LBP-histogram Bins for Facial Expression Recognition,” *Proc. British Machine Vision Conf.*, 2008.
- [8] Ahonen, T., Hadid, A., and Pietikainen, M., “Face Description with Local Binary Patterns : Application to Face Recognition,” *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 28, No. 12,

pp. 2037-2041, 2006.

[9] Kim, H. J., Lee, D. S. and Kwon, S. K., "Implementation of Nose and Face Detections in Depth Image," Journal of Multimedia Information System, Vol. 4, No. 1, pp. 43-50, 2017.

[10] Cardia Neto, J. B., and Marana, A. N., "3DLBP and HAOG Fusion for Face Recognition Utilizing Kinect as a 3D Scanner. In Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on Applied Computing. ACM, pp. 66-73, 2015.

[11] Bayramoglu, N., Zhao, G., and Pietikäinen, M. "CS-3DLBP and Geometry Based Person Independent 3D Facial Action Unit Detection," In Biometrics(ICB), 2013 International Conference on IEEE, pp. 1-6, 2013.

[12] Rölle, A., et al., "Effects of Human Cytomegalovirus Infection on Ligands for the Activating NKG2D Receptor of NK Cells: Up-regulation of UL16-binding Protein (ULBP) 1 and ULBP2 is Counteracted by the Viral UL16 Protein," The Journal of Immunology, Vol. 171, No. 2, pp. 902-908, 2003.

[13] Sánchez López, L., "Local Binary Patterns Applied to Face Detection and Recognition," Research Report, 2010.



권순각 (Kwon Soon Kak)

- 정회원
- 경북대학교 전자공학과 공학사
- KAIST 전기및전자공학과 공학석사
- KAIST 전기및전자공학과 공학박사
- 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 교수
- 관심분야 : 멀티미디어처리, IOT



김홍준 (Kim Heung Jun)

- 정회원
- 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 공학사
- 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 석사과정
- 관심분야 : 멀티미디어 신호처리, 영상 인식



이동석 (Lee Dong Seok)

- 정회원
- 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 공학사
- 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 공학석사
- 동의대학교 컴퓨터소프트웨어학과 박사과정
- 관심분야 : 멀티미디어 신호처리, 영상 인식