

# 얼굴색 정보를 포함하기 위한 LDP 코드 설계에 관한 연구

정웅경\* · 이태환\* · 안용학\*\* · 채옥삼\*\*\*

## 요 약

본 논문에서는 기존 LDP 코드의 문제점을 보완하고 화소의 색상 정보와 밝기 정보, 에지 방향 정보, 그리고 에지 반응 크기 정보를 포함할 수 있는 새로운 LDP를 제안한다. 제안된 방법은 얼굴색 정보를 포함하기 위해 기존 LDP 코드를 줄이는 방법을 제안하고 그 결과를 분석하였다. 새로운 LDP 코드는 기존 LDP 코드와 달리 6비트로 표현함으로써 나머지 2비트에 필요로 하는 정보를 포함할 수 있도록 하였으며, 기존 LDP 코드에 비해서 잡음과 환경 변화에 효과적으로 적용할 수 있도록 하였다. 실험 결과 제안된 LDP 코드는 기존 방법들에 비해 높은 인식률 향상과 얼굴 표정인식 결과에서도 효과적임을 보여주었다.

## A Study on LDP Code Design to includes Facial Color Information

Jung Woong Kyung\* · Lee Tae Hwan\* · Ahn Yong Hak\*\* · Chae Ok Sam\*\*\*

## ABSTRACT

In this paper, we proposed a new LDP code to solve a previous LDP code's problem and can include a face-color information. To include the face-color information, we developed various methods reducing the existing LDP code and analyzed the results. A new LDP code is represented by 6-bits different from the previous LDP code To adapt to a noise and environmental changes effectively and include 2-bits face-color information. The result shows better recognition rates of face and facial-expression than the existing methods effectively.

**Key words** : LDP, Local directional pattern, Face recognition, Facial feature, Local micro pattern, Local binary pattern

접수일(2014년 11월 25일), 수정일(1차: 2014년 12월 19일),  
게재확정일(2014년 12월 24일)

\* 경희대학교 전자정보대학 컴퓨터공학과

\*\* 세종대학교 전자정보공학대학 컴퓨터공학과 (교신저자)

\*\*\* 경희대학교 전자정보대학 컴퓨터공학과 (책임저자)

## 1. 서 론

최근 들어 얼굴의 표정인식과 관련된 많은 연구가 이루어지고 있다[1][2]. 기존의 얼굴인식과 표정인식 연구들은 그 종류에 관계없이 얼굴특징 추출을 위한 기초자료로 원래 밝기 영상이나, 경계를 강조한 여러 형태의 미분영상[3], 가버 필터(Gabor Filter) 영상[4], 주파수 변환 영상[5], LBP(Local Binary Pattern) 코드 영상[6][7][8]등을 주로 사용한다. 이러한 얼굴 표정 인식 기술은 크게 기하학 기반(geometric-based) 방법과 외형 기반(appearance-based) 방법으로 분류할 수 있다[9][10]. 이 중 구체적인 얼굴 컴포넌트의 인식 없이 지역 특징과 얼굴 변화를 검출하는 외형 기반 방법인 LBP는 지역 이웃(local neighborhood)에서 1차 밝기 패턴 변화만을 고려하기 때문에 얼굴 표현 영상에서 미묘한 변화의 세부 정보 검출에는 실패할 확률이 높다. 이러한 방법의 단점을 보완할 수 있는 새로운 지역 미세패턴인 LDP(Local Directional Pattern)가 제안되었다[11][12]. 제안된 LDP는 기존의 LBP에 비해서 영상의 밝기 변화에 덜 민감하고 잡음에 강한 장점을 가지고 있으나 얼굴 영상에 포함되는 컬러 정보와 에지의 크기 정보를 활용하지 못하고, 주변화소의 에지형태만을 표현한다. 또한 얼굴을 포함하는 블록 내에 배경이 포함될 경우 배경화소의 영향을 받는 단점이 있다.

따라서 본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 기존의 LDP 코드의 단점을 보완하고 화소의 색상 정보와 밝기 정보, 에지 방향 정보, 그리고 에지 반응 크기 정보를 포함하기 위한 개선된 LDP를 제안한다.

## 2. 관련 연구

본 논문의 대상이 되는 지역 특징 기반 방법은 얼굴 영상에서 표정에 의해 변화가 일어날 수 있는 영역에 지역적인 윈도우를 설정하고 윈도우 내의 밝기 분포를 바탕으로 특징을 추출하여 전체적인 얼굴의 형태를 나타내는 특징 벡터를 구성한다. 대표적인 방법으로는 LBP(Local Binary Pattern)[6][7][8]와 LDP(Local

Directional Pattern)[11][12] 등이 있다

기본적인 LBP는 3×3 크기 윈도우의 8개의 이웃 화소들을 중앙 화소를 임계값으로 이진화하여 얻어지는 비트 패턴을 순차적으로 나열함으로써 얻어진다. 생성된 LBP코드는 단조로운 밝기 변화에 강력한 특징을 가진다. 또한 LBP 코드는 코드 생성의 단순함과 강력한 성능으로 텍스처 분석, 얼굴 인식, 얼굴 표정인식 등 다양한 분야에 널리 사용된다. 하지만 LBP는 코드 생성시 1 비트 값 생성에 오직 이웃 화소 하나와 중심 화소만 사용하기 때문에 잡음에 매우 취약하고 단조롭지 않은 밝기 변화에 반응하여 코드가 바뀌는 단점이 있다. 또한, 3×3 이웃 화소가 수용하기 어려운 크기가 큰 구조를 가진 특징은 정확하게 부호화 할 수 없다는 단점이 있다.

이에 반해, LDP의 경우에는 에지 반응 값이 주변 이웃 화소들을 모두 사용하여 계산되는 특징 때문에 화소의 밝기 값 보다 밝기 변화와 잡음에 덜 민감하고 에지 반응 값을 이용해서 지역 미세 패턴을 기술하면 좀 더 안정적이고 많은 정보를 코드에 담아 기술할 수 있는 이점이 있다[11][12]. LDP는 LBP의 단점을 극복하고 지역 미세 패턴을 좀 더 정확하게 기술할 수 있는 장점을 가진다. 하지만 LDP의 경우에도 얼굴영상에 포함되는 컬러 정보 및 에지의 크기를 정보로 활용하지 못하고 화소 주변의 에지형태만을 표현하며, 얼굴을 포함하는 블록 내에 배경이 포함될 경우 배경화소의 영향을 받는 단점이 있다.

## 3. 개선된 LDP 코드 설계

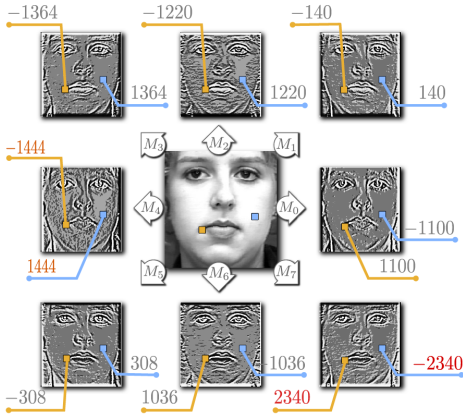
기존 LDP의 단점을 보완하기 위해 에지 정보 외 컬러 정보 등이 지역적인 특징 패턴을 표현하는데 포함되어야 한다. 이 경우, 8비트 코드 외 추가적인 코드가 필요하다. 그러나 코드 길이가 늘어남에 따라 계산량 또한 증가하게 된다.

따라서 본 논문에서는 기존의 LDP의 단점을 보완하기 위해 얼굴색 정보를 포함할 수 있도록, 지역적인 특징 패턴을 표현하는데 필요한 비트 수를 인식결과에 큰 영향을 미치지 않으면서 8비트 이하로 줄일 수 있는 개선된 여러 가지 LDP를 제안하고 그 결과를 분석

하였다.

### 3.1 Kirsch 마스크를 이용한 6비트 LDP

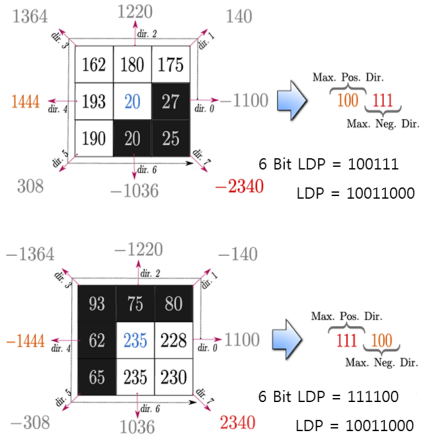
기존 LDP[11][12]는 8비트로 구성되며 각 비트는 에지의 8방향 중 하나를 나타내고, 8비트 중에서 에지 반응이 높은 k개의 비트만 1로 세팅된다. k값이 커지면 LDP 코드가 표현할 수 있는 패턴의 수는 증가한다. 하지만 얼굴표정 인식의 경우에는 계산만 많아지고 인식을 향상에는 도움이 되지 않을 수도 있다. 이러한 LDP의 특성을 감안하여 본 논문에서는 다음과 같은 새로운 6비트 LDP 표현 방법을 개발하였다.



(그림 1) 부호를 고려한 Kirsch mask값과 부호를 고려하지 않은 값 비교 및 주요 두 방향 선정

먼저, (그림 1)과 같이 Kirsch 마스크를 이용하여 8방향의 에지반응크기를 계산하고 부호를 고려한 가장 큰 에지반응과 가장 작은 에지 반응 두 방향을 선정한다. 그리고 (그림 2)와 같이 선정된 방향을 방향비트가 아닌 3비트 방향 넘버로 표현하고 부호를 고려한 가장 큰 에지 반응과 가장 작은 에지반응 순으로 열거한다.

기존 LDP 코드가 Kirsch 마스크값에 절대 값을 취했기 때문에 밝은 픽셀에서 어두운 픽셀로 변하는 경우와 어두운 픽셀에서 밝은 픽셀로 변하는 경우를 똑같은 패턴으로 다루게 되지만, 제안된 6비트 LDP 표현 방법은 이를 구별 할 수 있으며, 인식률은 k=2인 기존 LDP와 유사하지만 2비트가 적기 때문에 나머지 2비트에 다른 정보를 추가할 수 있는 특징이 있다.



(그림 2) 부호를 고려한 가장 큰 에지 반응과 가장 작은 에지 반응 순 열거의 예제와 기존 LDP(k=3)와 코드 차이

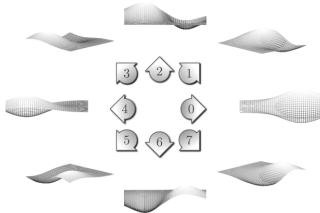
### 3.2 가우시안 마스크를 이용한 6비트 LDP

기존 LDP가 다른 방법들에 비해 잡음과 밝기 변화에 강한 이유는 패턴 생성을 위해 화소의 밝기 값 대신 기울기를 이용한 에지정보를 사용하기 때문이다. 하지만 기울기는 경계가 뚜렷하지 않은 영역에서 잡음을 포함하고 있는 화소에서는 잡음을 강조하는 문제도 가지고 있다. 이러한 잡음의 영향을 줄일 수 있는 다양한 기울기 계산방법들이 개발되고 있다. 널리 사용되고 있는 것은 가우시안 스무딩(Gaussian smoothing)을 수행하여 잡음을 줄인 다음에 기울기를 계산하는 방법이다. 미분 가우시안 마스크(Derivative gaussian masks)는 가우시안 스무딩과 기울기 계산을 결합하여 한 번에 수행할 수 있는 마스크이다. LDP 생성을 위한 8방향 미분 가우시안 마스크는 (그림 3)과 같이 가우시안 함수를 미분하여 생성할 수 있다.

가우시안 마스크 생성 방법과 이를 이용한 6비트 LDP 표현 방법은 먼저, 45°단위로 한 바퀴 돌면서 8방향의 가우시안 미분을 정의하고 이를 통해 가우시안 마스크를 계산한다. 이 때 가우시안 함수의 커널 사이즈( $\sigma$ )에 따라 여러 가지 가우시안 마스크가 생성 될 수 있다.

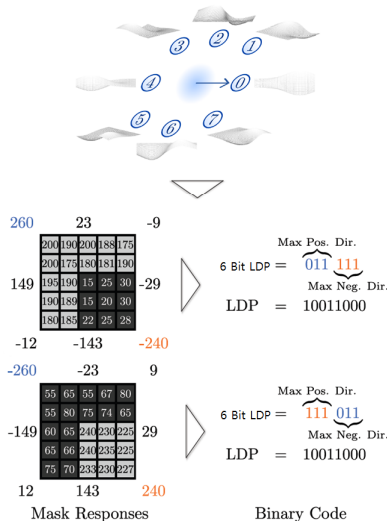
$$M_{\sigma}(x, y) = G'_{\sigma}(x + k, y) * G_{\sigma}(x, y)$$

$$G_{\sigma}(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right)$$



(그림 3) 가우시안 미분식과 이를 이용한 8방향 가우시안 마스크

그리고 가우시안 마스크를 이용하여 8방향의 에지 반응크기를 계산하고 부호를 고려한 가장 큰 에지반응과 가장 작은 에지 반응 두 방향을 선정한다. 선정된 방향을 (그림 4)와 같이 방향비트가 아닌 3비트 방향 넘버로 표현하고 부호를 고려한 가장 큰 에지 반응과 가장 작은 에지반응 순으로 열거하여 6비트 LDP코드를 생성한다.



(그림 4) 가우시안 마스크를 이용한 6비트 LDP 생성 및 기존 LDP와의 차이

제안된 가우시안 마스크를 이용한 6비트 LDP는 Kirsch 마스크를 이용한 6비트 LDP와 마찬가지로 인식

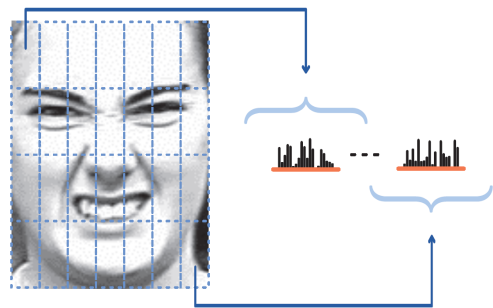
률은 k=2인 기존 LDP와 유사하지만 2비트가 적기 때문에 나머지 2비트에 다른 정보를 추가할 수 있다. 또한, 가우시안 함수를 통한 스무딩(smoothing)이 자체적으로 적용되었기 때문에 잡음제거를 위한 전처리 과정 없이도 잡음에 강하고, 에지와 평활한 영역의 반응값 차이가 Kirsch 마스크에 비해 크게 나타나는 특징이 있다.

## 4. 실험 및 분석

### 4.1 제안된 LDP의 성능 평가 방법

제안된 LDP의 성능 평가를 위해 Cohn-Kanade Facial Expression DB[14]와 Japanese Female Facial Expression(JAFFE) DB[15]를 이용하였다. 그리고 제안된 방법과 기존의 다른 방법들과의 비교평가를 위해서 LBP[6], 기존 LDP[11], 가벼 필터[4]를 이용한 표정인식 방법과 비교하여 평가하였다.

평가를 위해서 모든 이미지에서 검출된 눈과 입의 위치를 이용해서 얼굴 부분만 추출하여 110 x 150 해상도로 정규화하였으며, 표정인식을 위한 특징벡터는 (그림 5)와 같이 정규화된 영상을 4x7의 균일한 영상 블록으로 나누고 각 블록의 히스토그램을 연결하여 구성하였다.



(그림 5) 성능측정에 이용한 4 x 7 영상 분할 및 히스토그램 연결을 통한 얼굴특징 벡터 표현

본 논문에서 제안된 LDP는 잡음에 강하고 밝기 변화에 적응력이 높기 때문에 별도의 전처리 과정 없이 평가를 수행하였다. 상호검증을 위하여 평가에 사용된

영상들을 임의로 10개의 그룹으로 분할하여 실험하였다. 이때 사용된 분류기(classifier)는 SVM(Support Vector Machine)[16]을 사용하였으며 SVM에 적용된 커널함수는 선형, 다항식, RBF이다. 인식은 6가지(화남, 혐오, 두려움, 행복, 슬픔, 놀람) 표정과 7가지(6가지 표정에 무표정 추가) 표정에 대해서 이루어졌다.

### 4.2 제안된 LDP의 실험 결과

먼저 Kirsch 마스크를 이용한 6비트 LDP의 실험 결과는 다음 <표 1>과 <표 2>와 같다.

<표 1> JAFFE DB에서의 비교 결과

Method	6 class(%)	7 class(%)
LBP[6]	86.7 ± 4.1	80.7 ± 5.5
LDP[11]	85.8 ± 1.1	85.9 ± 1.8
Gabor[4]	85.1 ± 5.0	79.7 ± 4.2
6비트 LDP(Kirsch)	92.3 ± 1.6	89.2 ± 2.8

<표 2> Cohn-Kanade DB에서의 비교 결과

Method	6 class(%)	7 class(%)
LBP[6]	92.6 ± 2.9	88.9 ± 3.5
LDP[11]	98.5 ± 1.4	94.3 ± 3.9
Gabor[4]	89.8 ± 3.1	86.8 ± 3.1
6비트 LDP(Kirsch)	99.2 ± 0.8	94.8 ± 3.1

결과에서 볼 수 있는 것처럼 제안된 Kirsch마스크를 이용한 6비트 LDP방법이 기존 LDP에 비해서 적은 비트를 사용하지만 우수한 성능을 보여준다. 그 이유는 기존 LDP가 에지방향을 선정할 때 에지반응의 절대값을 사용함으로써 에지의 방향을 구분하지 못한 것이 상대적으로 인식률이 낮은 이유로 판단된다. 하지만 절대값을 사용하지 않는 새로운 LDP 표현에서는 두 방향으로도 기존 방법에 비해서 좋은 결과를 보여주고 있다.

<표 3>은 본 논문에서 제안한 6비트 LDP에 대한 SVM 커널 함수별 얼굴 표정인식 테스트 결과를 보여준다. 결과에서 보는 것처럼 모든 커널 함수에 대해서도 기록이 없는 결과를 보여주고 있다. 다음으로 가우시안 마스크를 이용한 6비트 LDP의 실험결과는 다음 <표 4>와 같다.

<표 3> 6비트 LDP 방법의 SVM커널 함수별 평균 인식률

Method	CK		JAFFE	
	6 class (%)	7 class (%)	6 class (%)	7 class (%)
SVM (선형)	98.4±1.4	92.3±3.0	92.9±1.7	90.1±3.0
SVM (다항)	99.1±0.7	95.1±4.1	93.4±2.2	91.1±3.0
SVM (RBF)	99.2±0.8	94.8±3.1	92.3±1.7	89.2±2.8

<표 4> Cohn-Kanade와 JAFFE DB에서의 비교 결과

Method	CK		JAFFE	
	6 class (%)	7 class (%)	6 class (%)	7 class (%)
LBP[6]	92.6±2.9	88.9±3.5	86.7±4.1	80.7±5.5
LDP[11]	98.5±1.4	94.3±3.9	85.8±1.1	85.9±1.8
Gabor[4]	89.8±3.1	86.8±3.1	85.1±5.0	79.7±4.2
6비트 LDP (Kirsch)	99.2±0.8	94.8±3.1	92.3±1.6	89.2±2.8
6비트 LDP (G 0.3,0.6,0.9)	99.4±1.1	95.6±0.7	92.9±0.1	90.6±0.4
6비트 LDP (G 0.5,1.0,1.5)	98.9±0.2	96.6±0.6	92.3±0.3	88.7±0.2
6비트 LDP (G 1.0,1.3,1.6)	99.1±0.2	96.6±0.6	93.4±0.4	90.1±0.2

표에서 볼 수 있는 것처럼 가우시안 마스크를 이용하여 6비트 LDP를 생성하는 제안된 방법이 가장 좋은 결과를 나타낸다. 특히, 특정 커널 사이즈 하나로 생성된 가우시안 마스크는 얼굴 특징의 텍스처 패턴 중 일부는 잘 표현하는 반면 전체적인 패턴을 표현하지 못하는 문제점을 가지고 있기 때문에 커널 사이즈를 일정간격으로 증가시켜서 미분 가우시안 마스크를 생성하고 이를 바탕으로 표정인식을 위한 특징벡터를 생성하여 실험한 결과로 가우시안 커널의 사이즈와 간격이 1.0, 1.3, 1.6인 경우에 평균 표정인식률이 가장 뛰어난 결과 나타났다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 기존 LDP의 단점을 보완하기 위해 얼굴색 정보를 포함할 수 있는 새로운 LDP를 제안하였다. 제안된 LDP는 지역적인 에지 패턴 표현에 필요한 비트 수를 인식결과에 큰 영향을 미치지 않으면서 8비트 이하로 줄일 수 있는 방법으로, 이를 위해 Kirsch 마스크와 가우시안 마스크를 각각 이용하여 선정한 방향을 방향 비트가 아닌 3비트 방향 넘버로 표현하고, 부호를 고려한 가장 큰 에지반응과 가장 작은 에지반응 순으로 열거하여 6비트 LDP코드를 생성하였으며, 이를 기존 표정인식 방법과 비교 평가를 수행하였다. 실험결과, 제안된 6비트 LDP코드 방법이 평균 6~8% 이상의 인식률 향상이 이루어짐을 확인 할 수 있었으며, 또한 SVM 커널 함수별 얼굴 표정인식 테스트 결과에서도 모든 커널 함수에 대해서 기록 없는 결과를 보여주었다.

제안된 6비트 LDP코드는 기존 LDP와 유사하지만 2비트가 적기 때문에 나머지 2비트에 얼굴색 정보를 포함하여, 기존 LDP의 단점인 밝기 변화가 없는 매끄러운 영역의 정보 표현이나 배경에 얼굴과 유사한 에지 패턴이 존재하는 경우에 대해서도 인식률을 높일 수 있을 것으로 기대한다.

## 참고문헌

- [1] 강민식, "고객만족도 피드백을 위한 효율적인 얼굴감정 인식시스템에 대한 연구", 융합보안논문지 제12권 제4호, 한국융합보안학회, 2012.09.
- [2] 허승표, 이대성, 김귀남, "모바일 환경에서 OTP 기술과 얼굴인식 기술을 사용한 사용자 인증 개선에 관한 연구", 융합보안논문지 제11권 제3호, 한국융합보안학회, 2011.06.
- [3] W.K. Pratt, Digital Image Processing, Wiley, New York, 1978
- [4] W. Zhang, S. Shan, W. Gao, X. Chen and H. Zhang, "Local Gabor Binary Pattern Histogram Sequence (LGBPHS): A Novel Non- Statistical Model for Face Representation and Recognition," Proc. IEEE Int'l Conf. on Computer Vision, 2005.
- [5] "Texture classification using gabor wavelets based rotation invariant features", Pattern Recognition Letters, vol. 27, no. 16, pp. 1976 - 1982, 2006.
- [6] T. Ahonen, A Hadid, and M. Pietikainen, "Face recognition with Local Binary Patterns," In Proceedings of the 8th European Conference on Computer Vision, 2004, pp. 469- 481.
- [7] Shan, C., Gong, S., and McOwan, P. W., "Facial expression recognition based on Local Binary Patterns: A comprehensive study", Image and Vision Computing, 27(2009), 803 - 816.
- [8] Ojala, T., and Pietikainen, M., "Multiresolution Gray-Scale and Rotation Invariant Texture Classification with Local Binary Patterns", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 24 (2002), 971 --987.
- [9] Fasel, B., and Luetttin, J., "Automatic Facial Expression Analysis: A Survey", Pattern Recognition, 36(2003), 259-275.
- [10] Zhang, Z., Lyons, M. J., Schuster, M., and Akamatsu, S., "Comparison between geometry-based and Gabor-wavelets-based facial expression recognition using multi-layer perceptron", Proc. IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition(FG), pp. 454-459, 1998.
- [11] 정웅경, 조영탁, 안용학, 채옥삼, "얼굴 표정 인식을 위한 지역 미세 패턴 기술에 관한 연구", 융합보안논문지, 제14권, 제4호, 한국융합보안학회, 2014.09.
- [12] 조영탁, 정웅경, 안용학, 채옥삼, "LDP를 이용한 지역적 얼굴 특징 표현방법에 관한 연구", 융합보안논문지, 제14권, 제4호, 한국융합보안학회, 2014.09.
- [13] Shan, C., Gong, S., and McOwan, P. W.,

"Facial expression recognition based on Local Binary Patterns: A comprehensive study", Image and Vision Computing, 27(2009), 803 - 816.

- [14] T. Jabid, M. H. Kabir, and O. S. Chae, "Local Directional Pattern (LDP) for Face Recognition," IEEE International Conference on Consumer Electronics, January 2010.
- [15] G. Zhao and M. Pietikäinen, "Dynamic Texture Recognition Using Local Binary Patterns with an Application to Facial Expressions, IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 29, no. 6, pp. 915-928, 2007.
- [16] Kotsia , I., Pitas, I.: Facial expression recognition in image sequences using geometric de-formation features and support vector machines. IEEE Trans. Image Processing. 16 (1), 172-187 (2007)



**안 용 학 (Yong-hak Ahn)**

1997년 8월 경희대학교 컴퓨터공학과  
공학석사  
2005년 2월 경희대학교 컴퓨터공학과  
공학박사  
1999년12월 한국통신정보기술  
GIS 공학연구소 연구원  
2006년 3월 가톨릭대학교  
컴퓨터정보공학부 교수  
2010년 3월 현재 세종대학교  
컴퓨터공학과 교수

email : yohans@sejong.ac.kr

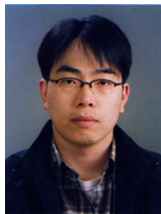


**채 옥 삼 (Ok-sam Chae)**

1982년 오클라호마 주립대학  
전기 및 컴퓨터공학 석사  
1986년 오클라호마 주립대학  
전기 및 컴퓨터공학 박사  
1986년 ~ 1988년 Texas Instrument  
Image Processing Lab.  
선임연구원  
1988년 ~ 현재 경희대학교  
컴퓨터공학과 교수

email: oschae@khu.ac.kr

————— [ 저 자 소 개 ] —————



**정 응 경 (Woong-kyung Jung)**

1997년 2월 경희대학교  
전자계산공학과 학사  
1999년 2월 경희대학교  
전자계산공학과 석사

email : pegasus93@gmail.com



**이 태 환(TaeHwan Lee)**

1997년 2월 경희대학교  
전자계산공학과 학사  
1999년 2월 경희대학교  
컴퓨터공학과 석사

email : loveme97@hanmail.net