

# 인터랙티브 TV 컨트롤 시스템을 위한 근적외선 영상의 얼굴 인식

## (Face recognition of Infra-red Images for Interactive TV Control System)

원 철 호\*, 이 상 헌\*\*, 이 태 균\*\*\*

(Chulho Won, Sang Heon Lee, and Tae Gyoun Lee)

**요 약** 본 논문에서는 인터랙티브 TV 컨트롤 시스템(ITCS)에 적용될 수 있는 근적외선 얼굴 영상에 대한 얼굴인식 방법을 제안하였다. 근적외선 얼굴 영상에서 ULBP(uniform local binary pattern) 히스토그램 피처를 추출하고 SVM 판별기를 이용하여 좌우 눈좌표 및 얼굴 영역을 검출하였다. 또한, 가버 변환과 ULBP 히스토그램 피처를 이용한 얼굴인식 시스템을 구현하여 이를 인터랙티브 TV 컨트롤 시스템 개인 인증 과정에 사용하였다.

**핵심주제어** : ITCS, 근적외선 영상, 얼굴 인식, 균일국부이진패턴, SVM

**Abstract** In this paper, face recognition method which can be applied to ITCS (interactive TV control system) is proposed. We extracted ULBP(uniform local binary pattern) histogram feature from infra-red images, and we detected left-right eyes and face region by using SVM classifier. Then, We implemented face recognition system which is using Gabor transform and ULBP histogram feature and applied to personal verification for ITCS.

**Key Words** : ITCS, Infra-red image, face recognition, ULBP, SVM

### 1. 서 론

최근의 IT 기기들은 점점 더 많은 기능을 포함하게 되고 이에 따라 이를 조작할 수 있는 메뉴들도 점점 더 복잡해지고 있다. 보다 자유로운 사용자와 기기간의 상호작용의 수단을 이용하여 TV에 개인 맞춤형의 서비스를 제공할 수 있는 인터랙티브 TV 컨트롤 시스템(ITCS)에 대한 연구들이 진행되고 있으며 얼굴인식을 통한 개인 인증에 의해 다양한 사용자 맞춤형

서비스를 제공할 수 있다.

얼굴인식은 사용자를 등록하는 부분과 사용자를 인식하는 부분 크게 두 부분으로 나누어지며 사용자를 인식하는 부분은 다시 영상에서 얼굴을 검출하는 부분과 검출된 얼굴이 등록된 얼굴에서 누구인지 인증하는 부분 두 부분으로 나눈다.

본 논문에서는 주야의 조명변화에 무관하게 사용될 수 있는 근적외선 영상에 대한 얼굴 인식 알고리즘을 제안하고 이를 이용하여 PC상에서 TV를 제어하는 시스템에 적용하였다. TV 제어 모듈은 인식된 얼굴의 결과값을 이용하여 TV를 제어하게 된다. 구현된 전체 시스템은 기본적인 TV 보기 기능 뿐만 아니라, 얼굴

\* 경일대학교 첨단의료기학과, 제1저자, 교신저자

\*\* 대구경북과학기술원, 제2저자

\*\*\* 경북대학교 전자공학과, 제3저자

인식을 통한 시청연령 제한, 선호채널 추천 등의 기능을 제공한다.

얼굴인식의 장점은 특별한 접촉 및 행동을 요구하지 않기 때문에 사용자 편의성이 다른 기술에 비하여 탁월하지만, 환경적인 요인에 의한 얼굴 검출의 어려움, 시간이 지남에 따라 얼굴이 조금씩 변화하는 잠정적 요인과 포즈에 의한 오류 및 각종 부가적인 장애 요인(안경, 악세사리 및 가발 등)으로 인하여 얼굴의 검출 및 인식에 많은 어려움을 겪고 있다.

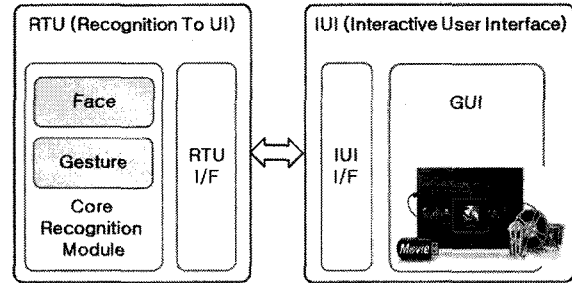
본 연구에서는 주간뿐만 아니라 야간 TV 시청 상황에서 개인 인증이 가능하도록 근적외선 영상에 대한 얼굴 인식에 관한 연구를 수행하였다. 최근 보안과 관련하여 조명의 여건에 무관하게 영상의 획득이 가능한 근적외선 카메라의 설치가 확대될 것으로 예상되어 근적외선 환경에서 얼굴을 검출하고 인식하는 기술 개발은 매우 중요하다고 할 수 있다. 본 논문에서는 근적외선 얼굴 영상으로부터 ULBP 히스토그램 피쳐를 추출하고 이를 SVM 판별기를 이용하여 좌우 눈좌표 및 얼굴 영역을 검출하였다.[1] 또한, 가버 변환과 ULBP 히스토그램 피쳐를 이용한 얼굴인식 시스템을 구현하였으며 이를 인터랙티브 TV 컨트롤 시스템 개인 인증 과정에 사용하였다.

## 2. 연구 내용

### 2.1 인터랙티브 TV 컨트롤 시스템(ITCS)

얼굴인식을 이용하여 TV를 제어할 수 있는 통합시스템(ITCS)의 전체 구조는 <그림 1>과 같다. 시스템은 크게 인식을 담당하는 RTU (Recognition To UI)와 사용자 인터페이스를 담당하는 IUI(Interactive User

Interface)로 나누어 설계하고 이를 서로 다른 독립 프로세서로 구현하였다. RTU는 얼굴인식 부분을 담당하는 CRM(Core Recognition Module), CRM과 외부와의 인터페이스를 위한 RTU I/F를 가지고 있다. IUI는 TV 메뉴들을 보여주기 위한 GUI와 RTU와의 인터페이스를 위한 IUI I/F 모듈을 가지게 구성되었다.



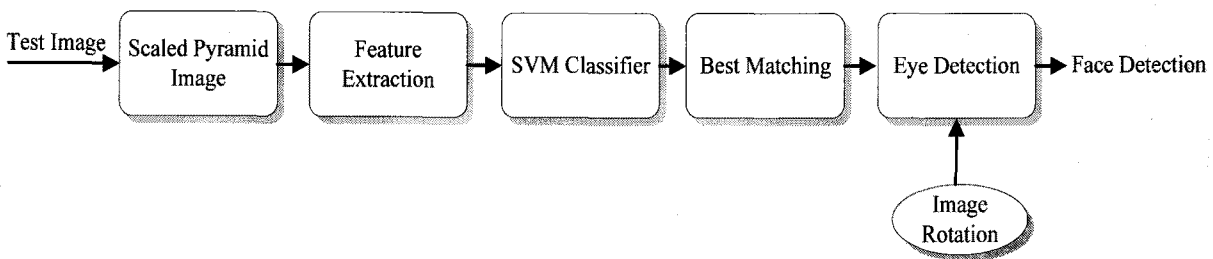
<그림 1> 통합시스템(ITCS) 전체 구조도

통합시스템은 얼굴인식 쓰레드와 RTU I/F를 쓰레드로 구현하여 멈춤없이 계속 영상을 받아들여 분석할 수 있게 하였다.

### 2.2 얼굴 검출

본 논문에서는 얼굴 후보 영역과 좌우 눈 좌표를 검출함에 있어서 ULBP 히스토그램 피쳐와 SVM 판별기를 사용하였다. 좌우측 눈좌표를 이용하여 회전 보정 및 크기 보정을 수행하여 최종적으로 얼굴을 검출하게 된다. <그림 2>에서는 얼굴 후보 검출부터 눈좌표를 획득한 후 보정처리하는 얼굴 검출과정을 보여주고 있다.

#### 2.2.1 ULBP 히스토그램 피쳐에 의한 얼굴 검출

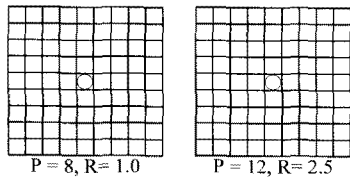


<그림 2> 얼굴 검출 과정

LBP는 높은 식별력, 주위 조명 변화에 대한 내구성 및 적은 연산량 때문에 시력검사, 영상의 복원, 생체 이미지 및 대기 이미지의 분석 등 다양한 분야에 적용되고 있다.[2]

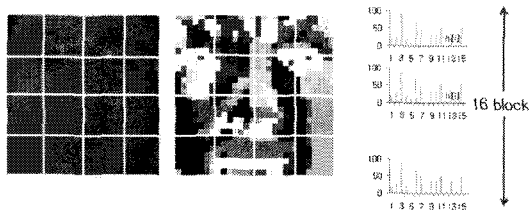
LBP는 식 (1)로서 정의할 수 있으며 현재 위치의 화소값과 이웃 화소값의 차를 1과 0의 값으로 나타낸다. 여기서  $P$ ,  $R$ ,  $g_c$  및  $g_p$ 는 각각 인접한 화소의 화소수와 원의 반지름, 현재 화소의 화소값, 이웃 화소의 화소값을 의미한다. <그림 3>은 LBP의 예를 보여 주고 있다.

$$LBP_{P,R}(x_c, y_c) = \sum_{p=0}^{P-1} s(g_p - g_c) 2^p, \quad s(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \quad (1)$$



<그림 3> LBP의 예

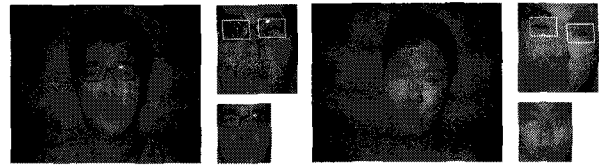
<그림 4>와 같이 입력 영상에 대한 LBP 결과값은 블록별로 이산 히스토그램으로 축적되어 ULBP 히스토그램이 된다. ULBP 히스토그램은 전체 영상에 대한 에지, 점, 분산영역과 같은 마이크로 패턴의 분포에 대한 정보가 포함되어 있으며, 이는 영상의 통계적 특성을 나타낸다. 따라서 마이크로 패턴의 구성으로 볼 수 있는 얼굴 영상에 ULBP 히스토그램을 이용하면 효과적으로 얼굴 영상의 정보를 표현할 수 있으며 [3] 본 논문에서는 ULBP 히스토그램 피처를 SVM을 이용하여 얼굴 검출에 사용하게 된다.



<그림 4> ULBP 블록 히스토그램

### 2.2.2 눈 좌표 검출 및 보정

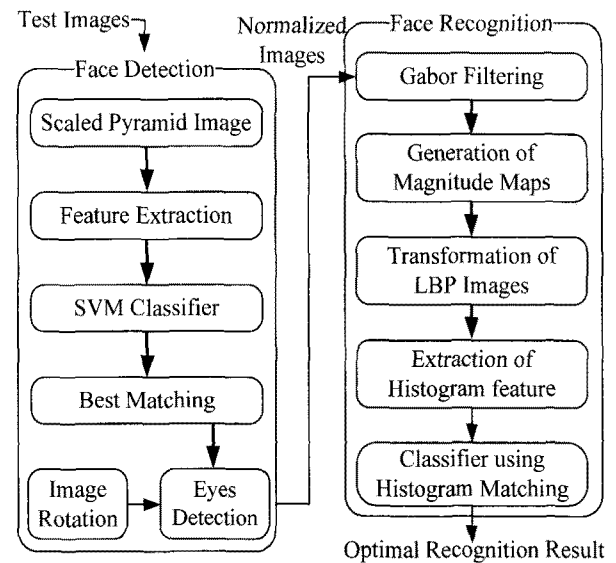
얼굴 후보 영역으로부터 눈 좌표를 검출함에 있어서 얼굴 후보 검출과 동일하게 ULBP 히스토그램 피처와 SVM 판별기를 사용한다. 좌우측 눈 각각에 대하여 ULBP 히스토그램을 구하여 이를 혼란시켜 좌우측 눈 좌표를 획득한다.[4] <그림 5>와 같이 좌우측 눈 좌표를 이용하여 회전 보정 및 눈 사이 간격 보정을 수행하여 얼굴 영역의 크기를 64x64로 정규화하게 되며 이를 얼굴 인식에 사용한다. 이와 같이 정확한 눈 좌표를 획득한 경우 포즈에 의한 오류를 줄이기 위하여 회전 보정 및 크기를 통하여 정규화 된 얼굴 영상을 얻을 수 있다.



<그림 5> 눈 검출 후 보정 과정

### 2.3 얼굴인식

얼굴 인식과정은 <그림 6>과 같이 크게 두 부분으로 나눌 수 있는데 첫 번째는 ULBP와 SVM 판별기를 이용한 얼굴 검출 결과이고, 두 번째는 검출된 얼굴 영역을 가버 필터 처리한 후 ULBP 히스토그램 피



<그림 6> 얼굴 인식 과정의 전체 흐름도

처를 사용하여 고유값을 비교해서 최고의 매칭값을 가지는 영상을 선택하여 인식하는 과정이다.

본 연구에서는 전역적인 특징 (global feature)을 추출하는 가버 변환과 지역적인 특징 (local feature)을 추출하는 ULBP를 결합한 특징추출방법으로 얼굴인식을 수행한다.

가버 필터[5-7]는 유용한 주파수 대역 분해(spectral decomposition) 방법이며 객체의 스케일과 방향에 따른 특징을 벡터로써 표현하여 질감 정보를 분석하는데 널리 사용되고 있다.

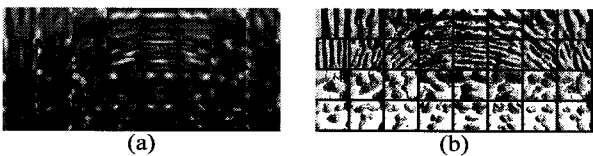
정규화된 얼굴 영역의 영상을 4스케일, 8방향에 대하여 가버 변환을 하여 32개의 크기 맵을 구한 후 이를 ULBP 히스토그램 특징값으로 추출한다. 수식 (2)는 가버 필터에 대한 수식이다.

$$\psi_{\mu,\nu}(z) = \frac{\|k_{\mu,\nu}\|^2}{\sigma^2} e^{-\frac{\|k_{\mu,\nu}\|^2 \|z\|^2}{2\sigma^2}} \left[ e^{ik_{\mu,\nu}z} - e^{-\frac{\sigma^2}{2}} \right] \quad (2)$$

여기서,  $\mu$ 와  $\nu$ 는 각각 가버 커널의 방향과 스케일로 정의되고,  $z = (x, y)$ ,  $\|\cdot\|$ 은 놈 연산자, 그리고 웨이브 벡터  $k_{\mu,\nu}$ 는 다음 식(3)과 같이 정의된다.

$$k_{\mu,\nu} = k_{\nu} e^{i\phi_{\mu}} \quad (3)$$

여기서,  $k_{\nu} = k_{\max}/f^{\nu}$ 와  $\phi_{\mu} = \pi\mu/8$ 이다.  $k_{\max}$ 는 최대주파수이고,  $f$ 는 주파수 영역에서 커널들 간의 거리 인자 (spacing factor)이다.



<그림 7> 가버 필터 (a) 진폭 맵 및 (b) LBP 변환 결과

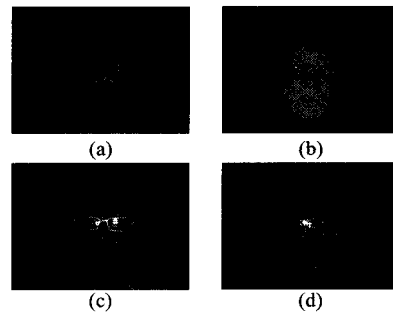
얼굴인식단계에서는 입력 영상에 대하여 <그림 7(a)>의 가버 필터의 진폭맵과 <그림 7(b)>의 LBP 패턴 영상에서 획득된 ULBP 히스토그램을 이용하여 피처를 추출하였으며, 이를 얼굴 데이터베이스에 저장된 얼굴 특징과 히스토그램 매칭으로 얼굴 인식을 수

행한다.

### 3. 실험 결과

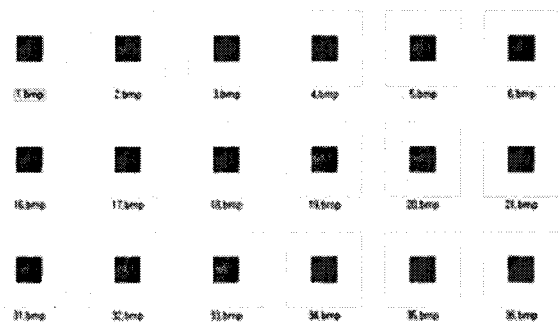
본 논문에서 제안한 근적외선 얼굴 영상 인식 방법의 성능 평가를 위하여 자체적으로 제작한 데이터베이스를 실험에 이용하였다. 이 데이터베이스는 <그림 8>과 같이 다양한 포즈 및 표정 변화를 가진 대학생 31명에 대하여 1주일 간격으로 2회에 걸쳐 촬영한 근적외선 영상으로 구축되었으며 해상도는 320×240이다.

얼굴 검출을 위하여 <그림 9>의 32×32 크기의 적외선 얼굴 영상에 대한 <그림 10>의 LBP 패턴의 4×4=16개 블록 히스토그램으로부터 59×16=944개의 ULBP 히스토그램 피처를 추출하여 SVM을 이용하여 훈련시켰다. 이때 사용된 얼굴 영상 및 배경의 개수는 10,865장 및 19,600장이었다.



<그림 8> 실험에 사용한 근적외선 얼굴영상

SVM 훈련에 의하여 SVM 모델의 파라미터를 계산하고 SVM 판별기를 이용하여 검출된 결과를 <그림 11>에 보였다.



<그림 9> 32×32 근적외선 얼굴 영상

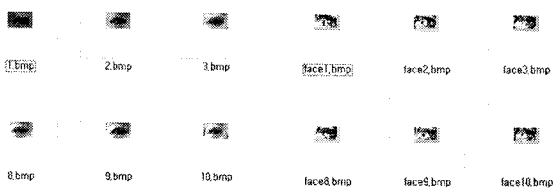


<그림 10> 32×32 얼굴 LBP 영상



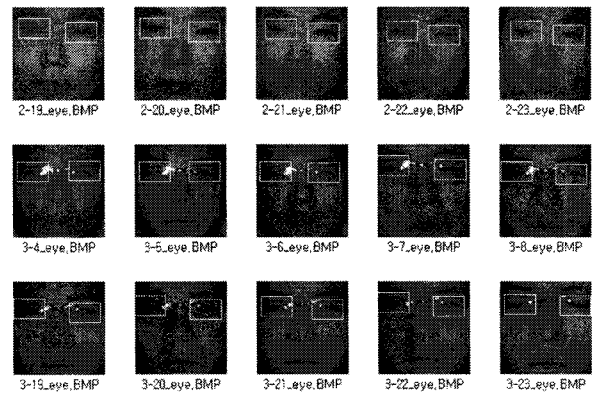
<그림 11> 얼굴 검출 결과

검출된 얼굴 영역의 좌우 영역을 나누어 ULBP 히스토그램 피쳐와 SVM 판별기를 이용하여 좌우 눈좌표를 검출하였다. <그림 12>와 같이 눈 검출에 사용된 눈영상의 크기는 32×20이고, ULBP 히스토그램 피쳐 수는 236 (2×2 크기의 블록×59)개였다.



<그림 12> 눈 영상 및 LBP 영상

SVM 판별기에 의해 검출된 좌우측 눈은 <그림 13>에 보였다. 좌우 측 눈좌표를 이용하여 보정 과정을 수행한 후 영상의 크기는 64×64이었으며 이를 얼굴 인식에 사용하였다.



<그림 13> 검출된 좌우측 눈

검출된 얼굴 영상은 가버 변환후 ULBP 히스토그램 피쳐를 추출하여 인식률을 측정하였다. 가버 필터는 4 스케일과 8 방향을 가지도록 구성하여 한 장의 64×64 얼굴 영상에 대하여 4×8=32 장의 가버 진폭맵 영상을 구하였다. 따라서 4×4=16블럭을 가지는 ULBP 히스토그램 특징인자의 개수는 총 32(장)×16(블럭)×59=30,208 이 된다. 수식 (4)는 Chi-square에 의한 인식률을 측정하는 수식이다.

$$\chi_w^2(x, \xi) = \sum_{j,i} w_j \frac{(x_{i,j} - \xi_{i,j})^2}{x_{i,j} + \xi_{i,j}} \quad (4)$$

인식률 평가 실험은 <표 1> 및 <표 2>와 같이 실험 I, 실험 II, 및 실험 III으로 진행되었으며, 실험 I은 1주 간격의 두 데이터군을 각각 레퍼런스와 입력으로 설정한 인식 실험, 실험 II는 1인당 10장의 영상에 대하여 입력 영상을 제외한 나머지 영상에 대한 인식 실험, 실험 III은 1인당 5장을 레퍼런스로 5장을 입력으로 설정한 인식 실험이다. <표 1>은 직접 눈좌표 입력에 의한 얼굴 인식률 실험 결과로서 제안한 인식 방법의 평가를 위한 기준으로 사용된다. <표 2>의 결과는 제안한 방법에 의한 인식률 결과로서 실험 I은 86.77%, 실험 II는 98.71%, 그리고 실험 III은 96.77%의 결과를 보였다. 이는 <표 1>의 기준과 비교하였을 때 만족할 만한 결과라고 할 수 있다.

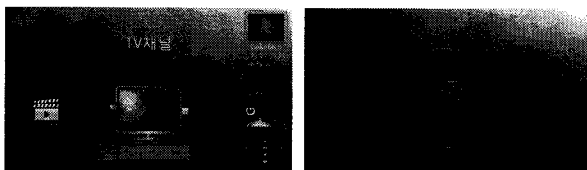
<표 1> 눈좌표 입력에 의한 얼굴 인식률 결과

구분	실험 I	실험 II	실험 III
영상수	310	310	155
인식개수	274	309	154
인식률(%)	88.38	99.67	99.35

<표 2> 제안한 방법에 의한 얼굴 인식률 결과

구분	실험 I	실험 II	실험 III
영상수	310	310	155
인식개수	269	306	150
인식률(%)	86.77	98.71	96.77

실험결과 동일한 데이터 군에서는 98% 이상의 높은 인식률을 확인할 수 있었다. 하지만, 대조군을 각각 레퍼런스와 입력으로 설정한 경우 다소 인식률이 저하되었으며, 1주일 간격의 영상 인식계산에서는 인식률이 더 떨어지는 결과를 보였다. 이는 <그림 13>에서 보는 바와 같이 근적외선 영상 획득부의 특성상 시간 간격에 따른 조명의 안정에 반사되는 위치 변화 등의 촬영조건의 변화로 기인된 화질 저하 때문인 것으로 판단된다. <그림 14>는 제안한 얼굴 인식 알고리즘이 탑재된 ITCS의 제어화면이다.



(a) 메인 메뉴 (b) 얼굴 인증

<그림 14> ITCS 제어 화면

#### 4. 결론

본 논문에서는 인터랙티브 TV 컨트롤 시스템 개인 인증 과정에 적용되는 근적외선 얼굴 영상에 대한 얼굴인식 방법을 제안하였다. 일반적인 영상에 대한 얼굴인식에 관한 연구는 활발히 이루어지고 있지만 근적외선 영상의 얼굴인식 시스템은 아직까지 그 연구가 미비하다. 제안한 방법으로 근적외선 영상에 대한 얼굴인식 시스템을 구현한 결과 높은 인식률을 확인할

할 수 있었다. 구현된 얼굴 인식 알고리즘은 PC상에서 TV를 제어하는 시스템에 적용시킨 결과 개인인증을 통한 시청연령 제한, 선호채널 추천 등의 기능을 제공할 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Y. Li, S. Gong, J. Sherrah and H. Liddell, "Support vector machine based multi-view face detection and recognition", *Image and Vision Computing*, vol. 22, pp. 413-427, 2004
- [2] T. Ojala, M. Pietikäinen and T. Mäenpää, "Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with Local Binary Patterns", *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine intelligence*, vol. 24, pp. 971-987, 2002.
- [3] C. Shan, S Gong and P. W. McOwan, "Facial expression recognition based on Local Binary Patterns: A comprehensive study", *Image and Vision Computing*, vol. 27, pp. 803-816, 2009.
- [4] Nong Sang, Jiawei Wu, Kun Yu, "Local Gabor Fisher Classifier for Face Recognition," *Fourth International Conference on Image and Graphics (ICIG 2007)*, pp.620-626, 2007
- [5] Dang-Hui Liu, Kin-Man Lam, Lan-Sun Shen, "Sampling Gabor features for face recognition", *Neural Networks and Signal Processing*, 924 - 927 Vol.2, 2003.
- [6] Wenchao Zhang, Shiguang Shan, Wen Gao1,, Xilin Chen1,, Hongming Zhang1, "Local Gabor Binary Pattern Histogram Sequence(LGBPHS):A Novel Non-Statistical Model for Face Representation and Recognition", *Proceedings of the Tenth IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV'05)*, 2005.
- [7] Bin Chen, Zhi-Qiang Liu, "A novel face coding scheme based on Gabor Wavelet Networks and genetic algorithm.4421685 abstract", *Wavelet*



원 철 호 (Chulho Won)

- 정회원
- 경북대학교 전자과 공학사
- 경북대학교 전자과 공학석사
- 경북대학교 전자과 공학박사
- 경일대학교 첨단의료기학과 부교수
- 관심분야 : 영상인식, 컴퓨터 비전, 신호처리



이 상 현 (Sang Heon Lee)

- 경북대학교 전자과 공학사
- 경북대학교 전자과 공학석사
- 경북대학교 전자과 공학박사
- 대구경북과학기술원 연구원
- 관심분야 : 지능형정보융합단말장치, 영상인식, 신호처리



이 태 균 (Tae Gyoung Lee)

- 경일대학교 제어계측과 공학사
- 경북대학교 전자공학과 공학석사
- 경북대학교 전자공학과 박사수료
- 관심분야 : 영상신호처리, 영상인식