

휴먼 인지를 위한 근적외선 영상에서의 얼굴 검출

이경숙*, 김현덕**

요약

본 논문에서는 휴먼 인지를 위한, 근적외선 얼굴 영상에서의 얼굴 검출 방법이 제안된다. 에지의 강도와 방향에 기반한 에지 히스토그램이 근적외선 영상으로부터 얼굴을 검출하기 위해 사용되었다. 조명 변화에 강인하기 때문에, 제안된 에지 히스토그램은 얼굴을 효과적으로 표현하고 구별한다. 얼굴 검출을 위한 분류기로서는 SVM(Support Vector Machine)을 사용하였으며 제안한 방법은 ULBP(Uniform Local Binary Pattern)보다 적은 피쳐 개수를 가지면서도 에러율 측면에서, ULBP의 경우보다 나은 성능을 나타내었다.

Face Detection in Near Infra-red for Human Recognition

Kyung-Sook Lee*, Hyun-Deok Kim**

Abstract

In this paper, face detection method in NIR(Near-InfraRed) images for human recognition is proposed. Edge histogram based on edge intensity and its direction, has been used to detect effectively faces on NIR image. The edge histogram descripts and discriminates face effectively because it is strong in environment of lighting change. SVM(Support Vector Machine) has been used as a classifier to detect face and the proposed method showed better performance with smaller features than in ULBP(Uniform Local Binary Pattern) based method.

Keywords : Face detection, Local Binary Pattern(LBP), Support Vector Machine(SVM)

1. 서론

21세기 정보의 시대는 인터넷의 보급으로 인하여 원하는 정보의 수집, 분석, 가공이 편리하게 되었다. 그러나 인터넷을 이용한 글로벌 네트워크가 형성되어 수집, 분석 및 가공된 개인의 중요한 정보가 타인에 의해 도용되거나 파괴되는 심각한 문제가 제기되고 있다. 이런 문제를 해결하는 방법 중 하나로 개인의 신체적인 특징 정보를 이용해 본인을 확인하는 바이오메트릭스, 생체인식 인증방식이 각광받게 됐다. 생체인식 기술에 대한 중요성은 미국의 9.11 테러 사건 이후 생체 인식 정보를 이용해 출입국 통제

등에 활용하고자 미국이 주도적으로 진행하는 시점과 맞물려 생체 인식 기술을 이용한 보안 관련 기술이 급속히 확산되어 전 세계적으로 가장 큰 관심사로 부각되고 있다[1-3].

얼굴인식 기술은 사람들의 생체 특징을 이용하여 각 사람의 신원을 인식하는 생체인식 기술 중 하나이다. 얼굴인식 기술은, 그 특성상 비공격적(non-aggressive), 비강압적(non-intrusive) 인식 방법으로써, 인식 대상에게 보다 적은 거부감을 주는 사용자 친화적 생체인식 방법으로 알려져 있다. 본인인증을 위한 목적으로 생체정보를 획득 할 때, 사용자가 카메라로부터 일정 거리 안에 있다면 영상 획득이 이루어지므로, 비접촉으로 자연스럽게 인식할 수 있는 장점이 있다[4-6]. 하지만, 이러한 장점에도 불구하고 환경적인 요인에 의한 얼굴 검출의 어려움, 시간이 지남에 따라 얼굴이 조금씩 변화하는 잠정적 요인과 포즈에 의한 오류 및 안경, 액세서리 및 가발 등 부가적인 장애요인으로 인하여 얼굴의 검출 및 인식에 많은 어려움을 겪고 있다. 또한, 최근

※ 제일저자(First Author) : 이경숙
접수일:2012년 03월 14일, 수정일:2012년 4월 13일
완료일:2012년 06월 11일
* 경북대학교 IT대학 모바일통신공학과
kslee@ee.knu.ac.kr
** 경북대학교 IT대학 교수(교신저자)

에 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. 따라서, 근적외선 환경하에서 얼굴 인식을 위한 얼굴 검출기술, 조명기술, 포즈 인식기술 등의 전처리 기술의 개발이 매우 중요할 것으로 전망된다.

특히, 기존의 로봇 분야 외에 스마트 TV 등 IT 융복합 기기들의 경우에도 다양한 형태의 휴먼 인터페이스 기능이 요구됨에 따라, 보다 자유로운 사용자와 기기간의 상호작용의 수단을 이용하여 스마트 기기들에 개인 맞춤형의 서비스를 제공할 수 있는 인터랙티브 제어시스템들에 대한 연구들이 진행되고 있으며, 얼굴인식을 통한 개인 식별등 다양한 맞춤형 서비스들이 개발되고 있다.

본 연구에서는 주간뿐만 아니라 야간환경에서도 로봇이나 스마트 기기 등에서 개인 인증이 가능하도록 근적외선 영상에서의 얼굴 검출 연구를 수행하였다. 주야의 조명변화에 무관하게 사용될 수 있는 근적외선 영상에 대한 얼굴 인식을 위한 전처리 단계로서 얼굴 검출 알고리즘을 제안하였다. 조명변화에 강인한 피쳐로는 ULBP가 많이 사용되고 있는데[8-11], ULBP 피쳐는 중심 화소와 근접 화소의 변화량을 고려하지 않기 때문에 얼굴을 정확하게 표현함에 어려움이 있어 이를 해결하기 위한 연구가 진행되고 있다[12].

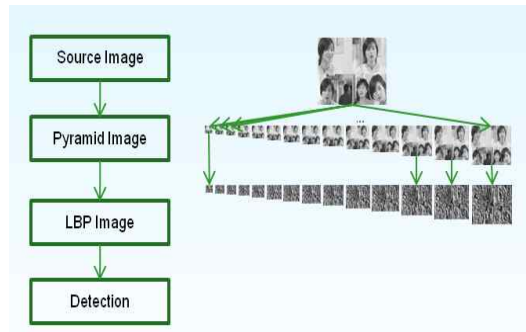
본 논문에서는 방향성 에지 성분과 중심 화소와의 변화량을 고려하는 에지 히스토그램 피쳐를 제안하여 근적외선 영상에서의 얼굴 검출에 사용하였다. 제안한 피쳐는 조명 변화에 강인하고 중심 화소의 변화량을 고려하기 때문에 얼굴을 좀 더 효과적으로 표현할 수 있었다. 얼굴 검출을 위한 분류기로서는 SVM을 사용하였으며 제안한 방법은 ULBP보다 적은 피쳐 개수를 가지면서도 얼굴 검출 에러율에서 ULBP보다 나은 성능을 보였다.

2. 본론

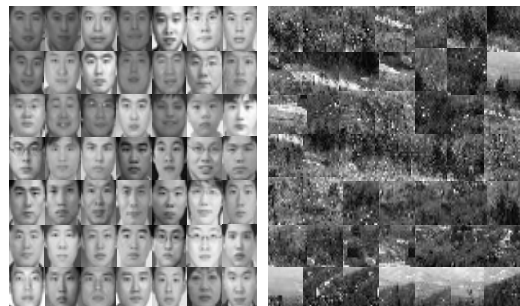
2.1 기존의 얼굴 검출 방법

얼굴 검출의 일반적인 절차는 다음과 같다(그

림 1). 원 영상이 입력되면, 얼굴 영상은 크기가 다른 여러 개의 영상으로 재구성된다(피라미드 영상). 이러한 피라미드 영상의 각각에 대해 LBP(Local Binary Pattern) 해석을 통하여 LBP 영상이 생성되어지고, 생성된 LBP 영상에 대해 얼굴 검출이 수행된다[3-4]. 이 때, 얼굴 검출을 위해서는 패턴 분류기가 사용되는데, 본 논문에서는 SVM을 사용하여 얼굴 검출을 수행하였다. 그리고, 패턴 분류를 위해서는 (그림 2)와 같은 얼굴과 비얼굴데이터를 이용한 학습이 사전에 선행되어진다.



(그림 1) 얼굴 검출 절차



(그림 2) 얼굴/비얼굴의 예

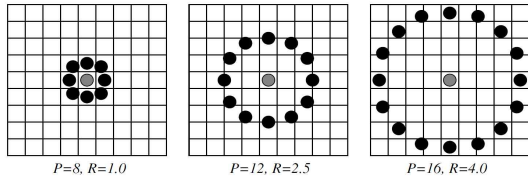
2.2 ULBP 히스토그램

LBP는 높은 식별력과 조명의 변화에 대한 내구성과 간단한 연산 때문에 영상의 복구, 생체 이미지 분석, 대기의 이미지 분석과 센싱, 얼굴 이미지 분석 등 다양한 분야에 적용되고 있다 [8-11].

LBP 계산은 식 (1)과 같으며 (그림 3)과 같이 현재 위치의 화소값과 이웃 화소값의 차이를 0 과 1의 값으로 나타낸다. 여기서, P, R, g_c, g_p 는

각각 인접 화소의 수와 원의 반지름, 현재 화소의 값, 이웃 화소의 값을 의미하며 (그림 3) (a)에서 P, R 의 변화에 따른 이웃의 예를 보였다. 이러한 계산을 모든 화소에 대하여 적용하면 입력 영상을 LBP 영상으로 변환할 수 있다.

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



(a)

<예제 패턴> <이진화 패턴> <가중치 패턴>

6	5	2
7	6	1
9	8	7

1	0	0
1		0
1	1	1

1	2	4
128		8
64	32	16

Pattern = 11110001

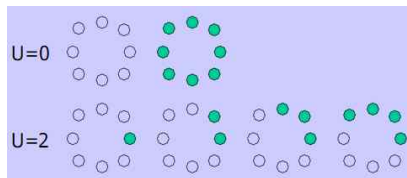
LBP = 1 + 16 + 32 + 64 + 128 = 241

(b)

(그림 3) (a) LBP 이웃 화소 집합

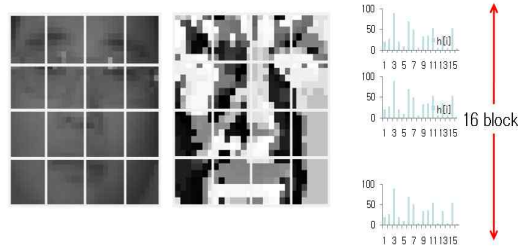
(b) LBP 적용의 예

(그림 3) (b)는 LBP의 적용 예를 나타낸다. 예제패턴에 대한 이진화된 패턴(11110001)을 가중치를 고려하여 십진수로 표현하면 241의 값이 된다. 이러한 방법으로 LBP 값을 구하면, 가능한 LBP 값의 범위는 0~255로 총 256개의 값을 가지게 된다. 256개의 값 중에서 의미 있는 59개의 패턴을 ULBP 패턴으로 정의하여 사용한다 [9]. 이때, LBP 패턴 중 의미 있는 패턴은 이진 패턴의 이웃 화소간의 차이가 0 또는 2인 경우이다.



(그림 4) ULBP 패턴의 예

(그림 5)와 같이 입력 영상을 일정한 크기의 블록으로 나누면, ULBP 값을 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.



(그림 5) ULBP 블록 히스토그램

2.3 제안한 에지 히스토그램

제안한 에지 히스토그램은 (그림 6) (a)의 마스크를 이용하여 영상에서 가장 기본적인 특징이라 할 수 있는 에지 성분을 얼굴 검출에 효율적으로 이용하는 방법으로 ULBP와 유사하게 조명변화로 발생하는 화소 값의 변화에 영향을 받지 않는다. 이는 에지 히스토그램의 인자 값이 마스크의 평균값의 차로 표현되기 때문에 평균 밝기의 증감에 따른 변화를 상쇄하게 되기 때문이다. 또한, 마스크를 이용하여 중심 화소의 주변 영역에 대한 16방향의 에지 크기와 에지 방향성을 이용하기 때문에 불필요한 연산을 줄일 수 있는 장점도 있다. 방향성 에지 검출은 식 (2), (3)과 같으며 E_i, E_{i+8} 및 $H[i]$ 는 방향성을 이용한 에지 값 및 계산된 에지 값을 이용하여 새롭게 생성된 히스토그램을 의미한다. 따라서, 마이크로 패턴의 구성으로 볼 수 있는 얼굴 영상에 제안한 에지 히스토그램을 이용하면 효과적으로 얼굴 영상의 정보를 표현할 수 있다.

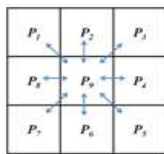
본 논문에서는 에지 히스토그램 피쳐와 SVM을 이용하여 얼굴 검출에 사용하게 된다. P_M 은 9화소의 평균값을 의미하며 P_i 는 중심 화소를 둘러싸고 있는 이웃 화소를 의미한다.

$$\begin{aligned}
 E_i &= P_M - P_i, \quad i = 1 \sim 8, \quad \text{if}(P_M \geq P_i) \\
 E_{i+8} &= P_i - P_M, \quad i = 1 \sim 8, \quad \text{if}(P_M < P_i) \\
 P_M &= \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 P_i
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

$$H[i] = \frac{\sum_{x,y \text{ each block}} E_i(x,y)}{\sum h[i]}
 \tag{3}$$

16개의 방향성 에지 성분 검출을 위한 마스크는 (그림 6) (a)와 같으며, 실제 계산되는 에지는 (그림 6) (b)와 같이 8방향의 에지 성분을 계산하지만 주변 8화소가 평균보다 클 경우와 작은 경우 두 가지로 나누어 (그림 6) (c)의 히스토그램에 축적되기 때문에 실제 16방향 성분이 된다.

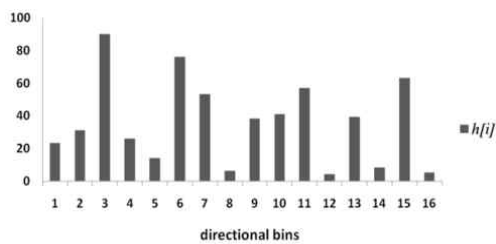
에지 성분의 계산을 위한 마스크 모양의 결정을 위해서, 본 논문에서는 R=2, P=8인 경우의 마스크를 사용하였다. 따라서, 얼굴 검출은 기본적으로 32×32 얼굴 영상을 훈련과 식별에 사용하지만, 5×5 에지 히스토그램 계산의 경우에, 상하좌우 2화소가 계산에서 제외되기 때문에 실제 검출에 사용되는 유효한 화소는 28×28크기가 된다.



(a)



(b)



(c)

(그림 6) (a) 16방향 화소 마스크 (b) 에지 방향 이미지 (c) 생성된 16-bin 히스토그램

28×28의 에지 히스토그램 결과를 4×4 블록으로 분할하면 분할된 영상의 각 블록의 크기는 7×7이 되며, 연산 수행결과 16(블록의 개수)×16(각 블록의 피쳐수)=256개의 히스토그램이 생성된다.

결과적으로, 제안된 에지히스토그램 방법은 ULBP 방법에 비해 히스토그램의 차원 축소를 통해, 얼굴 검출시 계산량을 절감할 수 있을 뿐만 아니라, 에지의 강도를 활용하지 못하는 ULBP의 약점을 극복할 수 있는 이점이 있다.

2.4 SVM (Support Vector Machine) 판별기

본 논문에서는 얼굴 영상의 특징을 표현하기 위하여 ULBP와 제안한 에지 히스토그램을 특징으로 사용하고 얼굴 검출을 위한 식별기로서 SVM을 이용한다. SVM은 Vladimir Vapnik과 그의 AT&T Bell 연구소의 팀이 개발한 식별 방법으로 최근 몇 년 동안에 이론적인 발전뿐만 아니라, 실제 구현되어 데이터 마이닝 분야는 물론 얼굴인식과 같은 패턴인식 응용 분야에도 널리 사용되고 있다. SVM은 다항식(polynomial), 방사 기저 함수(radial basis function), 그리고 다층 퍼셉트론 분류기(multi-layer perceptron classifiers)의 대안적인 학습 방법으로 패턴을 고차원 특징 공간으로 사상시킬 수 있다는 점과 대역적으로 최적의 식별이 가능하다는 특징을 가진다[13-15].

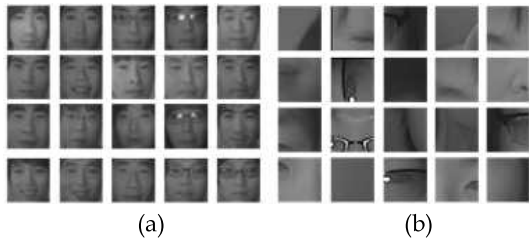
3. 결과 및 고찰

본 논문에서는 DGIST 근적외선 얼굴 데이터베이스를 사용하였으며, 얼굴 검출을 위한 판별기로서는 SVM을 사용하였다. (그림 7)과 같이 데이터베이스는 다양한 표정 변화와 머리 모양의 변화, 얼굴의 기울어짐, 안경의 착용과 미착용 등의 영상을 포함하고 있다.



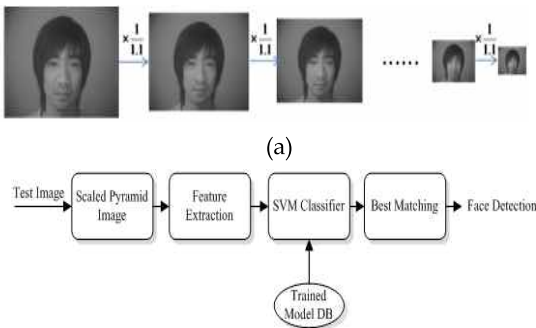
(그림 7) NIR 얼굴 DB의 샘플 영상

근적외선 얼굴 영상 데이터베이스는 320×240 해상도로서 58명에 대하여 각각 100~240개의 영상으로 구성되어 있다. 실험에 사용된 훈련 영상은 (그림 8)에 보여주고 있으며, (그림 8) (a)의 32×32크기 적외선 얼굴 영상 10,865개와 (그림 8) (b)의 배경 영상 19,600개에 대하여 에지 히스토그램 피처를 추출하여 SVM 판별기를 이용하여 훈련시켰다.



(그림 8) (a) 훈련용 얼굴 영상 (b) 훈련용 비얼굴 영상

(그림 9) (a)는 피라미드 형태로 1/1.1배로 크기를 줄이는 과정 및 (그림 9) (b)는 얼굴을 검출하는 과정이다. 320×240 해상도를 갖는 39명 11,092장의 근적외선 영상을 테스트 영상으로 사용하여 얼굴을 검출하였다.



(그림 9) (a) 피라미드 얼굴 영상 (b) 얼굴 검출 과정

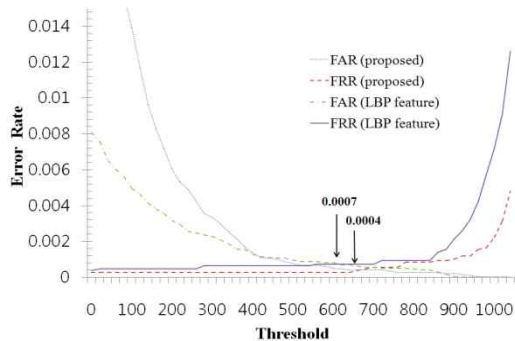
제안한 방법의 성능을 FRR(false reject rate) 과 FAR(false acceptance rate)의 두 가지 오차율을 이용하여 측정하였다. 검출된 얼굴 영상은 (그림 10) (a)와 같으며, 실패한 경우는 (그림 10) (b)에 나타난다. 실패한 영상의 많은 부분은 좌/우 포즈 변화가 강한 경우로써, 포즈에 따른

다른 대응 방법의 연구가 필요할 것으로 사료된다. (그림 11)은 제안한 피처와 ULBP 피처에 대한 두 가지 오차율을 보여준다. EER(equal error rate) 판단의 기준이 되는 FRR은 얼굴임에도 불구하고 얼굴로 검출되지 못한 에러를 나타내며, FAR은 얼굴이 아닌데도 불구하고 얼굴로 검출되는 에러를 나타낸다. 일반적으로, 얼굴 검출의 성능을 결정할 때는 두 값이 같아지는 지점의 에러 값을 주요성능지표로 활용한다.

EER은 본 논문에서 제안한 방법이 0.04, 기존의 방법은 0.07로서 제안한 방법이 더 낮은 EER을 나타내었다. <표 1>에서 제안한 방법이 높은 얼굴 검출율을 가짐을 알 수 있다.



(그림 10) (a) 얼굴 검출 성공 샘플 (b) 얼굴 검출 실패 샘플



(그림 11) 제안방법과 기존방법의 EER(Equal Error Rates) method

<표 1> 얼굴 검출의 정확도

Method	False Positive (%)	Detection Rate (%)
ULBP	0.07	99.93
Edge Histogram	0.04	99.96

실험을 통하여, 전체적인 검출 성능부분에서는 기존의 방법에 비해 개선의 결과들을 확인할 수

있었다. 이는, 기존의 방법이 에지의 패턴만을 이용하는데 비해, 제안된 방법은 에지의 강도를 함께 활용한 바에 기인한 것으로 사료된다. 하지만, 기존의 방법들이 해결하지 못한 포즈 변화 등 방법에 대해서는 또 다른 해결 방법이 필요하며, 이와 함께 Adaboost 등 다른 분류기를 통한 분류 성능 개선 등의 방법이 필요할 것으로 보여진다.

4. 결론

본 논문에서는 스마트 기기의 휴먼 인지 과정에서 적용하기 위한 근적외선 얼굴 영상에 대한 얼굴 검출 방법을 제안하였다. 에지의 강도와 방향을 고려하는 새로운 에지 히스토그램을 이용하여 효과적으로 근적외선 영상에서 얼굴을 검출하였으며, 실험을 통하여 제안된 방법의 성능이 더 우수함을 확인하였다. 이와 함께, 본 논문에서 제안된 에지 히스토그램을 효과적으로 이용하기 위해서는 본 논문에서 적용된 SVM과 같은 분류방법뿐만 아니라, Adaboost 등 다른 분류방법의 적용 및 비교/분석에 대한 연구가 추가적으로 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] S. Gundimada and V. Asari, "Face detection technique based on rotation invariant wavelet features," *Int'l Conf., Information Technology: Coding and Computing*, vol.2, pp.157-158, Apr.2004.
- [2] F. Y. Shih and C. F. Chuang, "Automatic extraction of head and face boundaries and facial feature," *Information Sciences*, vol.158, pp.117-130, Jan.2004.
- [3] Y. J. Fen. and P. F. Shi, "Face detection based on kernel fisher discriminant analysis," *Proc.sixthIEEE Int'l Conf., Automatic Face and Gesture Recognition*, pp.381-384, May.2004.
- [4] A. Tolba, A. El-Baz, and A. El-Harby, "Face Recognition: A Literature Review," *Intern. Journ. of Signal Processing*, Vol.2, No.2, pp.88-103, 2006.
- [5] W. Zhao, "Face Recognition: A Literature Survey," *ACM Computing Surveys*, Vol.35, No.4, pp.339-458, 2003.
- [6] S. Xie, S. Shan, X. Chen, and J. Chen "Fusing Local Patterns of Gabor Magnitude and Phase for Face Recognition," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol.19, No.5, pp.1349-1361, May 2010.
- [7] 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.
- [8] C. Shan, S. Gong and P. W. McOwan, "Facial expression recognition based on local binary pattern: A comprehensive study", *Image and Vision Computing*, vol.27, pp.803-816, 2009.
- [9] T. Ahonen, A. Hadid, and M. Pietikainen, "Face recognition with local binary patterns," *ECCV*, pp.469-481, 2004.
- [10] G. Zhang, X. Huang, S. Z. Li, Y. Wang, and X. Wu, "Boosting local binary pattern based face recognition", *Proc. Advances in Biometric Person Authentication*, vol.3338, pp.179-186, 2004.
- [11] T. Ahonen, A. Hadid, and M. Pietikäinen, "Face description with Local Binary Patterns: Application to Face Recognition", *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 28, no. 12, Dec. 2006, pp.2037-2041.
- [12] T. Ahonen and M. Pietikäinen, "Soft histograms for local binary patterns", *Proc. Finnish Signal Processing Symposium (FINSIG 2007)*, Oulu, Finland, 2007.
- [13] Y. Li, S. Gong, J. Sharrh and H. Liddell, "Support vector machine based multi-view face detection and recognition", *Image and Vision Computing*, vol.22, pp.413-127, 2004.
- [14] Y. J. Feng and P. F. Shi, "Face detection based on Kernel Fisher Discriminant analysis", *Proc.sixthIEEE Int'l Conf., Automatic Face and Gesture Recognition*, pp.381-384, May.2004.
- [15] C. A. Waring and X. Liu, "Face Detection Using Spectral Histograms and SVMs", *IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics*, vol.99, pp.467-476, Apr.2005.



이 경 속

1995년 : 경일대학교 컴퓨터공학과
(공학사)
2003년 : 경북대학교 정보통신학과
(공학석사)
2012년 : 경북대학교 모바일통신공
학과(공학박사)

2004년~2006년 : 경일대학교 컴퓨터공학부 초빙교수
2006년~2009년 : 수성대학교 컴퓨터정보과 전임강사
2009년~현 재 : (재)대경선도산업지원단 IT융복합
실용로봇팀 선임연구원
관심분야 : 유무선 통신시스템, 유비쿼터스 컴퓨팅,
초고속 광전송 시스템 등



김 현 덕

1997년 : 경북대학교 전자공학과
(공학사)
1999년 : 한국과학기술원 전기 및 전
자공학과(공학석사)
2002년 : 한국과학기술원 전자전산
학과(공학박사)

2002년~2003년 : 노베라옵틱스코리아 선임연구원
2003년~현 재 : 경북대학교 IT대학 부교수
관심분야 : 유무선 통신시스템, 대용량 광 네트워크
설계, 초고속 광전송 시스템 등