Journal of Sensor Science and Technology
Vol. 20, No. 6 (2011) pp. 388-392
http://dx.doi.org/10.5369/JSST.2011.20.6.388
pISSN 1225-5475/eISSN 2093-7563

# 인터랙티브 TV 컨트롤 시스템을 위한 근적외선 영상에서의 얼굴 검출

원철호+

# Face Detection for Interactive TV Control System in Near Infra-Red Images

Chulho Won+

**Abstract**

In this paper, a face detection method for interactive TV control system using a new feature, edge histogram feature, with a support vector machine(SVM) in the near-infrared(NIR) images is proposed. The edge histogram feature is extracted using 16-directional edge intensity and a histogram. Compared to the previous method using local binary pattern(LBP) feature, the proposed method using edge histogram feature has better performance in both smaller feature size and lower equal error rate(EER) for face detection experiments in NIR databases.

**Keywords :** Face Detection, ITSC, Local Binary Pattern(LBP), Support Vector Machine(SVM)

## 1. 서 론

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 바이오메트릭 즉, 생체인식 인증방식이 각광받게 됐다. 생체 인식 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].

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 안경, 액세서리 및 가발 등 부가적인 장애요인으로 인하여 얼굴의 검출 및 인식에 많은 어려움을 겪고 있다.

또한, 최근에 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 얼굴검출 기술, 조명기술, 포즈 인식기술 등의 전처리 기술의 개발이 매우 중요할 것으로 전망된다.

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. 본 연구에서는 주간뿐만 아니라 야간 TV 시청 상황에서 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 제안하고 이를 이용하여 PC상에서 TV를 제어하는 시스템에 적용한다. TV제어 모듈은 인식된 얼굴을 이용하여 TV를 제어하게 되는데 전체 시스템은 기본적인 TV 보기 기능 뿐만 아니라, 얼굴인식을 통한 시청연령 제한, 선호채널 추천 등의 기능을 제공한다.

최근에 얼굴을 묘사하기 위한 피쳐로서 계산량이 적고 조명 변화에 강인한 ULBP(Uniform Local Binary Pattern)가 많이 사용되고 있다[5-8]. 하지만 ULBP 피쳐는 중심 화소와 근접 화소의 변화량을 고려하지 않기 때문에 얼굴을 정확하게 표현함에 어려움이 있어 이를 해결하기 위한 연구가 진행되고 있다[9].

본 논문에서는 방향성 에지 성분과 중심 화소와의 변화량을 고

경일대학교 첨단의료기학과(Deparment of High Tech. Medical System, Kyungil University)
+Corresponding author: chulho@kiu.ac.kr
(Received : Sep. 19, 2011,  Accepted : Oct. 18, 2011)

려하는 에지 히스토그램 피쳐를 제안하여 근적외선 영상에서의 얼굴 검출에 사용하였다. 제안한 피쳐는 조명 변화에 강인하고 중심 화소의 변화량을 고려하기 때문에 얼굴을 좀더 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. 실험방법

### 2.1 인터랙티브 TV 컨트롤 시스템(ITCS)

얼굴검출을 이용하여 TV를 제어할 수 있는 통합시스템(ITCS)의 전체 구조는 Fig. 1과 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.

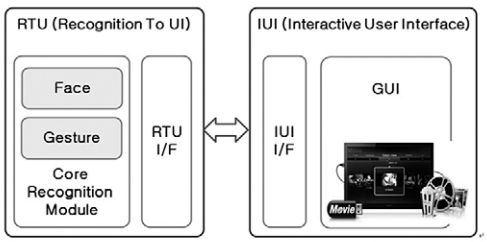


Fig. 1. ITCS system.

통합시스템은 얼굴검출 쓰레드와 RTU I/F를 쓰레드로 구현하여 연속적으로 영상을 받아들여 분석할 수 있게 하였다.

### 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[5-8].

LBP계산은 식 (1)과 같으며 Fig. 2와 같이 현재 위치의 화소값과 이웃 화소값의 차이를 0과 1의 값으로 나타낸다. 여기서, $P$, $R$, $g_c$, $g_p$는 각각 인접 화소의 수와 원의 반지름, 현재 화소의 값, 이웃 화소의 값을 의미하며 Fig. 2에서 P,R의 변화에 따른 이웃의 예를 보였다.

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

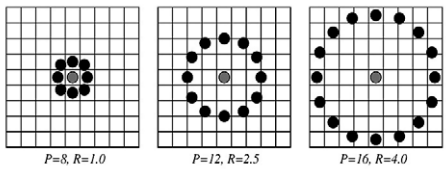


Fig. 2. Circularly symmetric neighbor sets for LBP.

이러한 계산을 모든 화소에 대하여 적용하면 입력 영상을 LBP 영상으로 변환할 수 있다. LBP에서의 가능한 값은 0~255로 총 256개의 값을 가지고 있다. 256개의 값 중에서 의미있는 59개의 패턴을 ULBP 패턴으로 정의하여 사용한다[6].

Fig. 3과 같이 입력 영상을 일정한 크기의 블록으로 나누고 ULBP 값은 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.

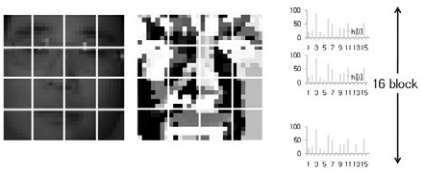


Fig. 3. ULBP block histogram.

### 2.3 제안한 에지 히스토그램 특징 인자(feature)

제안한 에지 히스토그램 특징 인자는 Fig. 4(a)의 마스크를 이용하여 영상에서 가장 기본적인 특징이라 할 수 있는 에지 성분을 얼굴 검출에 효율적으로 이용하는 방법으로 LBP와 유사하게 조명변화로 발생하는 화소값의 변화에 영향을 받지 않는다. 이는 에지 히스토그램의 인자값이 마스크의 평균값의 차로 표현되기 때문에 평균 밝기의 증감에 따른 변화를 상쇄하게 되기 때문이다. 또한, 마스크를 이용하여 중심화소의 주변 영역에 대한 16방향의 에지 크기와 에지 방향성을 이용하기 때문에 불필요한 연산을 줄 일 수 있는 장점도 있다.

방향성 에지 검출은 식 (2), (3)과 같으며$E_i$ , $E_{i+8}$, 및 $H[i]$ 는 방향성을 이용한 에지값 및 계산된 에지값을 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 9 화소의 평균값을 의미하며 $P_i$는 중심화소를 둘러싸고 있는 이웃 화소를 의미한다.

$$E_i = P_M - P_i,\ i = 1\sim8,\ if(P_M \geq P_i)$$
$$E_{i+8} = P_i - P_m, i = 1\sim8,\quad if(P_M < P_i) \quad (2)$$
$$P_M = \frac{1}{9}\sum_{i=1}^{9} P_i$$

$$H[i] = \frac{\sum_{x,y\in each\ block} E_{i(x,y)}}{\sum h[i]} \quad (3)$$

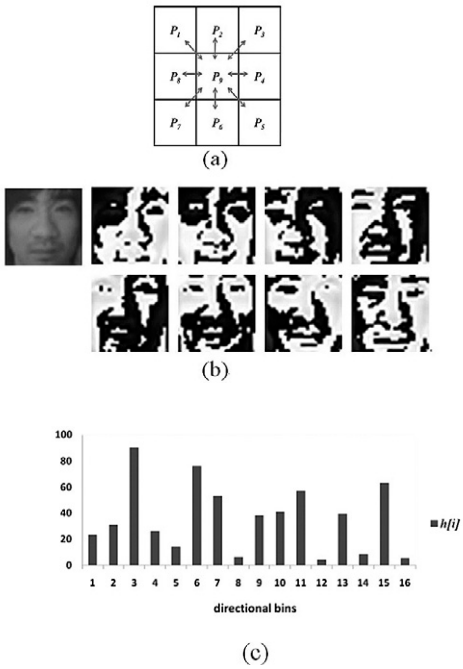


Fig. 4. (a) 16-directional pixel mask (b) edge directional images (c) generated histogram of 16-bins.

16개의 방향성 에지 성분 검출을 위한 마스크는 Fig. 4(a)와 같으며, 실제 계산되는 에지는 Fig. 4(b)와 같이 8 방향의 에지 성분을 계산하지만 주변 8화소가 평균보다 클 경우와 작은 경우 두 가지로 나누어 Fig. 4(c)의 히스토그램에 축적되기 때문에 실제 16방향 성분이 된다.

얼굴 검출은 기본적으로 32×32 얼굴 영상을 훈련과 식별에 사용하지만, 5×5 에지 히스토그램 특징인자 계산시 상하좌우 2화소가 계산에서 제외되기 때문에 실제 검출에 사용되는 유효한 화소는 28×28크기가 된다. 28×28의 에지 히스토그램 특징인자 결과를 4×4 블록으로 분할하면 분할된 영상의 각 블록의 크기는 7×7이 되며, 연산 수행결과 16(블록의 개수)×16(각 블록의 피쳐수)=256 개의 히스토그램이 생성된다.

### 2.4 SVM(Support Vector Machine) 판별기

본 논문에서는 얼굴 영상의 특징을 표현하기 위하여 LBP와 제안한 에지 히스토그램 특징 인자를 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[10-12].

## 3. 결과 및 고찰

본 논문에서는 DGIST 근적외선 얼굴 데이터 베이스를 사용하였으며, 얼굴 검출을 위한 판별기로서는 SVM을 사용하였다. Fig. 5와 같이 데이터베이스는 다양한 표정 변화와 머리 모양의 변화, 얼굴의 기울어짐, 안경의 착용과 미착용 등의 영상을 포함하고 있다

Fig. 5. The various sample facial images from the NIR face database.

근적외선 얼굴 영상 데이터베이스는 320×240 해상도로서 58명에 대하여 각각 100~240개의 영상으로 구성되어있다. 실험에 사용된 훈련 영상은 Fig. 6에 보여주고 있으며, Fig. 6(a)의 32x32크기 적외선 얼굴 영상 10,865개와 Fig. 6(b)의 배경 영상 19,600개에 대하여 에지 히스토그램 피쳐를 추출하여 SVM 판별기를 이용하여 훈련시켰다.

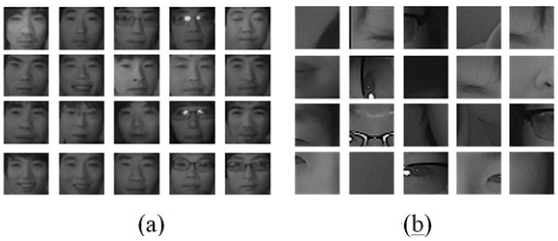


Fig. 6. (a) The training facial sample images. (b) The training non-facial sample images.

Fig. 7(a)는 피라미드 형태로 1/1.1배로 크기를 줄이는 과정 및 Fig. 7(b)는 얼굴을 검출하는 과정이다. 320×240 해상도를 갖는 39명 11,092장의 근적외선 영상을 테스트 영상으로 사용하여 얼굴을 검출하였다.

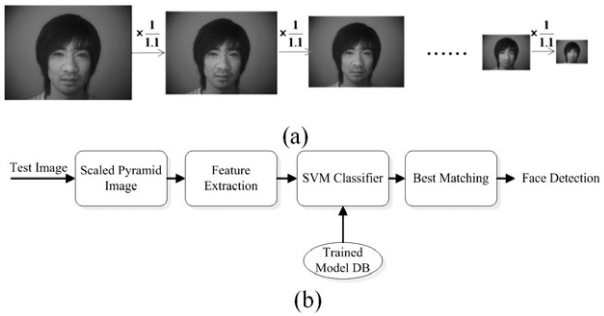


Fig. 7. (a) Scaled pyramid image (b) face detection process.

제안한 방법의 성능을 FRR(False Reject Rate)과 FAR(False Acceptance Rate)의 두 가지 오차율을 이용하여 측정하였다. 검출된 얼굴 영상은 Fig. 8과 같으며 Fig. 9는 제안한 피쳐와 LBP피쳐에 대한 두 가지 오차율을 보여준다. EER(Equal Error Rate) 은 제안한 방법이 0.04이고 기존의 방법은 0.07로서 제안한 방법이 낮은 EER을 가진다. Table 1에서 제안한 방법이 높은 얼굴 검출율을 가짐을 알 수 있다.

Fig. 8. (a) The correct face detection results (b) incorrect face detection results.

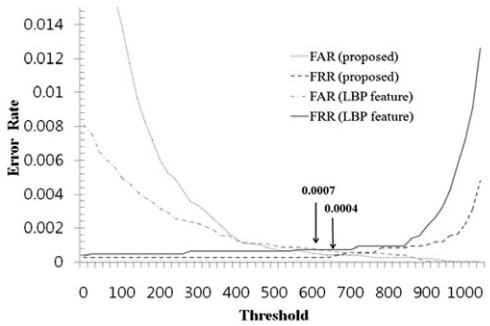


Fig. 9. Equal error rates of proposed method and previous method.

Table 1. Face detection accuracy on test images

| Method | False Positive (%) | Detection Rate (%) |
|---|---|---|
| LBP | 0.07 | 99.93 |
| Edge Histogram | 0.04 | 99.96 |

Fig. 10. (a) Main menu (b) display of face detection.

## 5. 결론

본 논문에서는 인터랙티브 TV 컨트롤 시스템 개인 인증 과정에 적용되는 근적외선 얼굴 영상에 대한 얼굴검출 방법을 제안하였다. 에지의 강도와 방향을 고려하는 새로운 에지 히스토그램을 이용하여 효과적으로 근적외선 영상에서 얼굴을 검출하였다. 또한 실험결과에서 제안한 방법의 성능이 더 우수함을 확인하였다.

제안한 근적외선 영상에 대한 얼굴 검출 방법을 PC상에서 TV를 제어하는 시스템에 적용시키면 개인인증을 통한 시청연령 제한, 선호채널 추천 등의 기능을 제공할 수 있을 것이다.

## REFERENCES

[1] S. Gundimada and V. Asari, “Face detection technique based on rotation invariant wavelet features”, *Int's 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. sixth IEEE Int'l Conf., Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 381-384, May. 2004.

[4] 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.

[5] 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.

[6] T. Ahonen, A. Hadid, and M. Pietikainen, “Face recognition with local binary patterns”, *ECCV*, pp. 469-481, 2004.

[7] 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.

[8] 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.

[9] T. Ahonen and M. Pietikäinen, “Soft histograms for local binary patterns”, *Proc. Finnish Signal Processing Symposium(FINSIG 2007)*, Oulu, Finland, 2007.

[10] Y. Li, S. Gong, J. Sharrah, and H. Liddell, “ Support vector machine based multi-view face detection and recognition”, *Image and Vision computing*, vol. 22, pp. 413-127, 2004.

[11] Y. J. Feng and P. F. Shi, “Face detection based on kernel fisher discriminant analysis”, *Proc. sixth IEEE Int'l conf., Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 381-384, May. 2004.

[12] 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.

**원 철 호(Chulho Won)**

• 1992년 2월 경북대학교 전자과(공학사)
• 1995년 2월 경북대학교 전자과(공학석사)
• 1998년 8월 경북대학교 전자과(공학박사)
• 현재 경일대학교 첨단의료기학과 부교수
• 주관심분야 : 영상인식, 신호처리