한국정보전자통신기술학회논문지(jkiiect)'20-6, Vol.13 No.3
논문 20-13-03-206 http://dx.doi.org/10.17661/jkiiect.2020.13.3.206

얼굴 특징을 이용한 얼굴영역 검출에 관한 연구

박병준*, 김완태**, 김현식***

A study on face area detection using face features

Byung-Joon Park*, Wan-Tae Kim**, Hyun-Sik Kim***

요 약 얼굴검출 과정은 영상 모니터링에서 매우 중요한 과정이며 생체 인식 기술의 한 종류이다. 검출과정은 변수가 많고 복잡하여 하드웨어가 발전하고 있는 근래에 와서 소프트웨어적인 발전이 이루어지고 있다. CCTV를 이용하는 분야 중 얼굴 검출 기술은 얼굴을 분석하기 이전에 실행되는 과정으로 영상에서 얼굴이 있는 곳을 찾아내는 기술이다. 사람의 얼굴은 조명이나 피부 색, 방향과 각도, 표정 등 여러 가지 환경적 조건에 따라 민감한 반응을 하기 때문에, 얼굴 검출에 관한 연구는 많은 어려움이 있다. 얼굴 검출 기술의 활용성과 중요성은 시간이 지날수록 각광받고 있으나, 얼굴 검출 이전에 선행되어야 하는 얼굴 영역 검출 기술에 대해서는 간과하는 측면이 많다. 본 논문의 시스템은 AdaBoost detector에서 검출 못하는 기울어진 얼굴을 검출할 수 있어 다른 사물의 검출도 같은 기술을 사용할 수 있을 것이다.

Abstract It is Face recognition is a very important process in image monitoring and it is a form of biometric technology. The recognition process involves many variables and is highly complex, so the software development has only begun recently with the development of hardware. Face detection technology using the CCTV is a process that precedes face analysis, and it is a technique that detects where the face is in the image. Research in face detection and recognition has been difficult because the human face reacts sensitively to different environmental conditions, such as lighting, color of skin, direction, angle and facial expression. The utility and importance of face recognition technology is coming into the limelight over time, but many aspects are being overlooked in the facial area detection technology that must precede face recognition. The system in this paper can detect tilted faces that cannot be detected by the AdaBoost detector and It could also be used to detect other objects.

Key Words : Face Detection, AdaBoost detector, Facial Feature, Feature Matching, Caltech

1. 서론

보안 산업의 규모가 지속적으로 커지고 있지만 경쟁이 가속화되면서 저가공세에 발목을 잡혀 기존의 관련 업체는 판매 이익은 줄고 기술지원이나 A/S의 부담은 늘어나고 있다. 이를 타계하기 위해서 다양한 연구가 진행되고 있으며 이 가운데 사람에 대한 물리적 보안의 경우에는 자동화된 영상 모니터링 시스템 구축 등을 통하여 여러 정보를 수집, 축적, 식별하고 있으며 비용 의 절감과 효율성을 높이고 있다.

사람에 대한 물리적 보안방범은 크게 두 가지로 분류할 수 있는데, 첫 번째 유형은 사람의 인력에 의한 인위적인 감시방식이고, 두 번째 유형은 감시카메라를 이용한 원격감시방식이다.

이 가운데 방범현장의 해당 방범 요원이나 사설보안업체의 요원들에 의해 인위적인 인력으로 감시가 이루어질 경우 경제적 부담이 큰 현실적 문제가 있다[1].

이와 같은 문제를 해결하기 위하여, 방범현장에 감시카메라를 설치하여 원격 감시방식을 실시하고 있다.

**Corresponding Author : Department of Information Communications Engineering, Seoil University
Tel: +82-10-8154-0238 email: wtkim@seoil.ac.kr
Received June 12, 2020 Revised June 22, 2020 Accepted June 22, 2020

하지만 감시 주체가 사람인 수동방식은 집중력의 한계, 인건비, 신속하고 과감한 대응 측면 등에서 많은 해결해야 할 문제점을 가지고 있다.

특히, 긴급이나 응급 등의 예기치 못한 상황이 발생하였을 경우에 관리자가 모니터링과 여러 대의 CCTV를 연속적으로 분석을 하지 않으면 효과를 발휘할 수 없다. 이러한 현재의 대응 방식은 범죄 현장 주변 CCTV에서 이벤트 발생 시간 전후로 촬영된 모든 차량을 육안으로 확인하는 방식으로 많은 시간이 필요하여 초기 대응시간 지연이 불가피하다.

이에 이러한 문제를 해소하기 위하여 필요한 주요 기술 가운데 하나가 얼굴검출 기술이다. 얼굴을 검출한다는 것은 생리적, 행동적 특징을 읽어 들여 자동화된 장치를 이용하여 측정하여 각각의 객체를 식별하는 기술로 얼굴, 눈, 귀 등의 생체 인식 시스템들이 전체적으로 광범위하게 등장하고 있다. 카메라를 이용한 비 접촉 인식 방식은 영상 보안이나 감시 같은 기능에 많이 이용되고 있다. 또한 한국 인터넷 진흥원에 따르면 국내 생체 인식 시장 규모는 지난 2019년 이미 약 100조가 넘는 시장으로 발전하고 있다. 또한 딥러닝 및 머신러닝의 발달로 급격한 발전이 이루어지고 있으며 IT를 이용한 보안 업체에서는 생체 인식 기술을 이용하고 있어 세계적으로 얼굴검출 시스템은 높은 성장률을 기록하고 있다. 공항이나 항만 그리고 국경 등에서의 출입국 심사에서 얼굴검출 시스템을 도입하고 있으며 얼굴검출을 통해 나이, 성별 등 여러 가지 데이터도 획득이 가능하다. 본 논문에서는 회전 얼굴의 검출을 하지 못하는 에이다부스트의 문제점을 보완하여 얼굴의 특징을 추출하여 회전된 얼굴을 검출할 수 있는 알고리즘을 소개한다[2, 3].

2. 얼굴검출 기술

얼굴 검출은 카메라로부터 얻은 영상에서 얼굴을 검출하는 방법으로 얼굴 형상의 정보와 특징을 이용한다. 이러한 얼굴 연구는 크게 두 개의 눈이 좌우에 대칭되어 위쪽에 위치하며, 중간에 코가 위치한다는 얼굴 특징에 대한 상호 관계를 활용하는 지식기반 방법, 여러 자세에서도 기본적인 얼굴의 형상은 같은 구조로 되어 있다는 가정으로 얼굴의 모양을 이용한 특징 기반 방법, 얼굴의 형판을 영상과 비교하여 90% 이상 동일하면 얼굴로 검출하는 형식에 기반을 둔 방법, 얼굴 전체를 얼굴/비 얼굴로 구분하여 얼굴을 추론하여 검출하는 외모 기반 방법 등이 있다[4, 5].

검출을 위한 얼굴의 특징으로는 얼굴의 형태, 주름, 피부 상태를 추출하여 이용한다. 배경이 없는 고해상도의 영상으로 인체를 측정한 모델을 구성하여 분류하며, 얼굴 영상에서 눈 크기, 눈과 코 사이의 거리 비율, 주름과 같은 지역적 특징을 추출한다. 머리나 복장 같은 경우에는 다양한 스타일로 인해 특징 추출이 쉽지 않은 문제가 발생할 수 있기 때문에 사용에 많은 제약이 따른다.

본 논문에서는 연구용으로 이용할 수 있는 FEI Face Database를 입력 영상으로 이용하여 얼굴영상에 포함되어 있는 특징 데이터를 기반으로 얼굴검출 알고리즘을 설계, 구현하였다. FEI Face Database에는 200명의 사람의 얼굴 이미지가 있으며 정상적인 각도와 서로 다른 각도로 촬영한 얼굴 이미지를 가지고 있으며 이 얼굴 이미지를 이용하여 실험을 진행하였다.

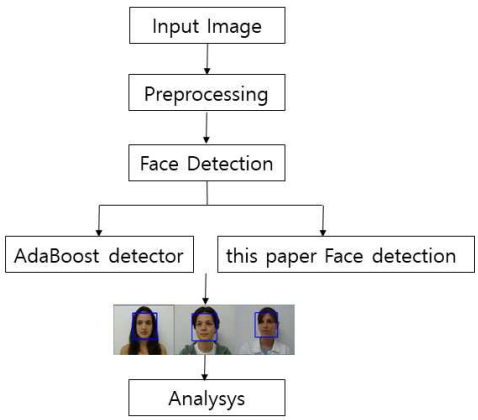

그림 1. 제안 방법 순서도
Fig. 1. Proposed method Flowchart

3. 전처리 과정

얼굴 검출 시스템은 등록된 얼굴 중 가장 유사한 얼굴을 찾아내는 것으로 카메라를 통하여 입력된 영상에서 얼굴 영역의 특징을 추출하여 등록된 얼굴과 유사

한지를 비교하는 방식이다. 이러한 사람의 얼굴에는 ID, 표정, 나이 등 많은 정보를 포함하고 있다. 하지만, 카메라로부터 입력되는 얼굴 영상은 빛과 회전, 눈 깜빡임, 입 움직임 등 수많은 변수에 의해 영향을 받는다[6]. 이러한 수많은 변수는 계산 량을 늘리기에 카메라를 이용한 얼굴검출 과정이서 전처리 과정은 반드시 선행되어야 하는 과정이며 검출결과의 품질을 좌우하게 된다.

본 논문에서는 입력된 얼굴 영상은 활용하기 용이하게 하기 위하여 전처리 과정을 거친다. 얼굴 검출을 위해 입력된 영상은 노이즈 제거, 그레이 변환, 워터쉐이드 기법을 이용한 배경분리과정을 거친다.

(식 1)은 조명의 변화를 최대한 억제하기 위하여 원 영상에서 픽셀 전체 밝기의 평균을 빼고 분산을 나눠서 밝기 성분을 정규화 하였다.

$$I = \frac{I(x,y) - u}{\sigma} \quad (1)$$

얼굴의 특징은 이미지 내에서 주변 8개의 픽셀과 인접한 이미지의 픽셀과 비교를 한다. 기준 픽셀을 중심으로 이웃한 픽셀과 인접한 영상에서 같은 위치 3×3 영역에 포함된 다른 영상의 픽셀 값과 비교하여 기준점이 최대 또는 최소의 값이면 후보 특징으로 등록한다. (식 2)의 이미지는 M × N의 크기이며 특징이 등록된 얼굴의 영상과 비교하여 유사성을 찾는다.

$$I(\tau) = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} O_{i,j+\tau} \ (\tau = 0, 1, 2, \ldots) \quad (2)$$

결과는 유사성이 많을수록 100% 의 값에 근접하며 유사성이 떨어질수록 0의 값을 가진다.

4. 제안 기법

본 논문에서는 얼굴검출에 Haar-like Feature를 기반으로 기울기 보정과 특징 정합 기법을 혼합하여 이용함으로써 얼굴 검출의 효율성을 높이고자 하였다.

실시간으로 얼굴을 검출을 하기 위해 특징을 찾는 기법으로 주로 이용되는 OpenCV의 Haar-like Feature는 일정 영역 안에서 픽셀과 픽셀 값의 평균과 차에 의한 임계치값을 구분하여 특징을 판단하는 기법으로 빠른 연산과정과 실시간 객체 및 얼굴 검출에 많이 이용되고 있다. 이러한 AdaBoost detector는 기본적으로 영상에서의 영역과 영역의 밝기 차를 이용해 다양한 형태의 객체와 패턴을 조합하여 특징을 추출하는 방법으로 각각의 기본적인 객체 특성을 추출한 후 그레이 레벨에 따라 흰색에 해당하는 영상 픽셀들의 레벨 값에서 낮은 레벨(검은색) 부분의 밝기의 합을 뺀 차로 계산된다[7]. 이때, Feature를 이용한 대상의 식별은 계산된 영역의 밝기 차가 Feature에 부여된 경계치 값과 비교하여 조건에 따라 여러 개의 Feature를 조합하여 비교한다. Feature가 여러 개 있을 때 일정 조건을 만족하면 대상 객체이고 그렇지 않을 경우 원하는 객체가 아니라고 판단하는 이진 분류 의사 결정 트리노드를 생성한다. 각 노드는 얼굴인지 감지하고 각 경로는 최종 결정의 결과를 나타내며 얼굴인지 아닌지를 표현하여 모든 계산 후 통과한 영상을 얼굴로 검출한다.

AdaBoost detector는 물체의 기하학적 원래의 정보를 유지하면서 검출된 영역(ROI : Region of Interest) 단위의 밝기 영역 레벨의 차를 이용하기 때문에 물체의 형태 및 변화 그리고 위치상의 문제를 어느 정도 커버가 가능하다. 하지만 영상의 Contrast 변화, 광원의 방향 변화에 따른 영상 밝기 변화에 민감하며 객체의 기울기가 20도 이상 변화된 경우 검출이 힘든 문제를 가지고 있다.

이러한 AdaBoost detector 방식은 20도 이상의 기울기의 영상을 검출할 수 없기 때문에 본 논문에서는 기울어진 각도와 무관한 얼굴영상을 검출하기 위하여 얼굴의 특징을 이용하여 기울어짐을 계산하여 10도씩 얼굴의 각도를 기울었을 때의 특징도 의사 결정 트리노드에 반영하였다.

얼굴 특징을 정합하는 방법으로 특징 점에 의해 얼굴을 교점의 그래프로 표현하는 Gabor 웨이블릿을 이용하였다.

$$\psi_{k,\theta} = \frac{K^2}{\sigma^2} exp\left(-\frac{k^2(x^2+y^2)}{2\sigma^2}\right) \cdots \left[\exp(ik(x\cos\theta + y\sin\theta)) - \exp\left(\frac{-\sigma^2}{2}\right)\right] \quad (3)$$

$$\theta = \frac{kn}{N_\theta} with\ k = 0, \ldots, N_\theta - 1 \quad (4)$$

(식 3)은 정규화 된 가우스 창이다. 변수 $\sigma = 2\pi$ 에

의하여 가우스 창 너비가 조절된다. (식 4)는 웨이블릿에서 사인 곡선에 대한 성분이다. θ는 (x, y) 항의 회전 방향값을 나타낸다. 얼굴의 중심은 방위, 비율과 연계하여 교차점을 중심으로 그래프로서 나타내며, 모든 교점들은 각각 연결되어 그래프로 표현된다.

그림 2. a) input Image (b) face region detection
Fig. 2. a) 입력 이미지 (b) 얼굴 영역 검출

특징 정합을 위하여 모델을 구성하고 신호가 기준 값을 지나면 출력은 입력과 기준 값의 유클리드 거리로 정의된다. 모델 그래프에 대한 교점은 〈그림 2b〉와 같은 구조를 가지게 되며 얼굴 이미지의 특징점을 연결하여 모델 그래프를 구성한다. 정면에서 작성된 그래프를 수집하여 얼굴 모델 그래프를 작성하고, 얼굴과 얼굴 특징점 검출하기 위하여 얼굴 모델 그래프를 기준 그래프로 사용 하였다. 평균 모델 그래프는 모델 그래프와 평균 정보 사이에서 에지와 교점에 상응하는 거리를 측정하여 그래프를 생성한다.

특징 정합을 위하여 모델을 구성하고 있는 특징을 기준 값으로 각 특징의 유클리드 거리를 정의한다. 그래프에 대한 교점이 투영 영상에 대응되고 교점의 중심에서 얼굴의 특징에 따른 여러 개의 인접한 교점으로 연결한다.

$$O = \sum_{i=0}^{Node} [S(\min_c(\| W_i - I_i^c \|)) + u_i \sum_{j}^{Node} S(\| v_{ij} - e_{ij} \|)] \quad (5)$$

(식 5)에서 S는 완만한 경사 변화를 가진다. W_i는 기준 값으로 노드 i 로부터의 Gabor 특징 벡터로 표현된다. I_i 는 노드 i 로부터의 특징 벡터로 가장 인접한 노드 i 에서 j 까지의 거리 정보이다. 얼굴 검출은 얼굴의 특징을 추출하여, 회전된 얼굴을 보정한다. 회전 보정 알고리즘은 각도를 이용해 객체 면적의 중심 화소를 중심으로 좌우로 회전된 얼굴 영상을 검출 한다[8].

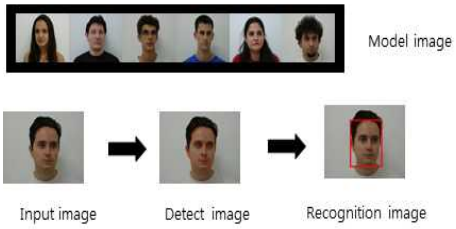

그림 3. 얼굴 검출
Fig. 3. Face Detection

5. 실험결과

얼굴 검출 프로그래밍에 사용 된 얼굴영상은 FEI Face Database를 이용하였으며 실험은 공개된 대용량 데이터베이스인 Caltech 10,000 WebFaces 데이터베이스를 이용하였다. Caltech 데이터베이스는 인터넷을 통해 수집된 얼굴이 포함된 7000여장의 영상으로 구성되어 있다. Caltech 데이터베이스는 얼굴 검출 실험을 검증할 수 있도록 정면 얼굴의 눈, 코, 입의 좌표를 텍스트로 제공하고 있어 실험 결과를 검증할 수 있다. 실험은 인텔 셀러론 G1620 2.8Ghz 에서 수행되었으며 내장 그래픽카드가 이용되었다.

Table 1. Face Detection Performance

Face Database		AdaBoost detector	proposed detector
FEI	Detection rate	90.97%	96.3%
	False detection rate	9.03 %	3.7 %
	Calculation time	250.45ms	187.21ms
Caltech	Detection rate	80.24%	92.34%
	False detection rate	19.76 %	7.66 %
	Calculation time	323.12ms	263.40ms

기존 얼굴검출 과정에서는 계산량이 많이 요구되나 본 논문에서 제안한 방식은 특징점을 이용하는 방식을 사용하여 계산량이 기존 방식에 비하여 매우 적어졌다. 〈표 1〉에서 보듯이 기존의 에이다부스트 얼굴검출기 보다 약 25%정도 시간당 계산이 줄어들었다. 〈그

림 4)의 왼쪽은 에이다 부스트 검출기의 결과이고, 오른쪽 열은 제안된 검출기의 결과를 보여준다.

왼쪽 이미지는 회전된 얼굴과 일부 얼굴을 측정을 하지 못하지만 오른쪽의 얼굴은 회전된 얼굴도 검출되는 것을 볼 수 있다[9].

실험 결과를 에이다부스트 얼굴 검출기의 결과와 비교해 봤을 때 제안된 얼굴 검출기에서 오검출이 줄어든 것을 알 수 있다.

AdaBoost detector face image	Face detection image from this paper

그림 4. (왼쪽) AdaBoost 얼굴 검출 이미지
(오른쪽) 논문의 검출 알고리즘 이미지
Fig. 4. (Left) AdaBoost detector face image
(Right) Face detection from this paper

6. 결론

실험을 위해 Caltech 데이터베이스에서 7000개의 얼굴을 이용하였다. Caltech 데이터베이스는 한명 혹은 여러 명이 있는 사람들로 구성되어 있다.

얼굴 검출의 속도와 검출 능력에 있어 에이다부스트를 이용한 단계별 얼굴 검출기에 비해 특징점을 이용한 검출은 속도와 오검출율에 있어 빠르고 정확한 검출이 가능함을 실험으로 증명하였다.

제안 된 알고리즘은 간단하고 별도의 학습 과정이 없어 새로운 얼굴 정보를 시스템에 쉽게 추가 할 수 있다. 또한 향후 안경이나 모자 그리고 수염 등 얼굴에서 검출되는 또 다른 객체를 따로 검출하여 서로 비교 분석을 할 수 있어 모든 방향에서 검출된 객체의 검출률 향상을 기대할 수 있을 것이다.

REFERENCES

[1] S. J. Kim, K. Y. Kim, "A Study of Security Risk Analysis for Public IaaS Cloud Certification", Convergence Security Journal, Vol. 15, No. 5, pp.9-15, 2015.

[2] Saier, M. H., Jr., "A Functional-Phylogenetic Classification System for Transmembrane Solute Transporters", Microbiol. Mol. Biol. Rev., Vol. 64, pp.354-411, 2000.

[3] T. Ahonen, A. Hadid, and M. Pietikainen, "Face Description with Local Binary Patterns: Application to Face Recognition", IEEE Trans. on PAMI, pp.2037-2041, 2006.

[4] S. H. Koh, "A Software Architecture Life Cycle Model Based on the Program Management Perspective: The Expanded Spiral Model", Journal of information technology application & management, Vol. 20, No. 2, pp.69-87, 2013,

[5] S. Choi, "TV Audience Flow and Channel Dynamics: Analysis of Audience Duplication with Panel Data of 2009 and 2012", Korean Journal of Broadcasting and Telecommunication Studies, Vol. 27, No. 5, pp.39-56, 2013,

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

[7] J. S. Lee, "Face region detection algorithm of natural-image", Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, Vol. 7, No.1, pp.55-60, 2014.

[8] J. K Lee, H. Y. Kim, S. K. Lee, G. W Lee, Y. R. Park, K. N. An, C. S. Bae, Y. C. Park, "A Study on Recognition of Both of PCA and LAD Using Types of Vehicle Plate", No. 6, No.1, pp.6-17, 2013.

[9] S.b Kim, B.J. Park, "Image segmentation algorithm based on weight information", Korea information Communication Conference, pp.472-477, 2016.

저자약력

박 병 준 (Park, Byungjoon)

- 2013년 3월~현재 서일대학교 소프트웨어공학과 조교수
- 2010년 2월 국민대학교 전산정보공학과(이학박사)
- 2002년 8월 고려대학교 의료정보기기학과(공학석사)
- 2000년 2월 고려대학교 전자정보공학과 (공학사)

관심분야 : 영상처리, 패턴인식, 객체추적, IoT, 모바일응용 S/W

김 완 태 (Kim, Wantae)

- 2011년 3월~현재 서일대학교 정보통신공학과 조교수
- 2011년 2월 한국항공대학교 정보통신과(공학박사)
- 2004년 2월 한국항공대학교 정보통신과(공학석사)

관심분야 : 통신시스템 설계, 모바일 응용 S/W, 영상처리시스템

김 현 식 (Kim, Hyunsik)

- 2011년 3월~현재 서일대학교 소프트웨어공학과 조교수
- 2010년 8월 경기대학교 일반대학원 전자계산학과(이학박사)
- 2004년 2월 경기대학교 일반대학원 전자계산학과(이학석사)
- 2001년 2월 경기대학교 전자계산학부 전자계산학 전공(이학사)

관심분야 : 자동계획, 시맨틱웹, 지능형 시스템, 기계학습, 모바일 응용 S/W