

Egde Map과 Adaboost를 이용한 강인한 얼굴 특징점 검출

Robust Facial Feature Detection with Edge Map and Adaboost

신길수, Gilsu Shin, 김용국, YongGuk Kim
세종대학교 컴퓨터공학과 HCI연구실

요약 이 논문에서는 커널 Edge Map 방식의 얼굴의 특징점을 검출하는 방법과 Adaboost를 이용한 얼굴의 특징점을 검출하는 방법을 이용하여 좀 더 강인한 얼굴의 특징점을 검출해 낸다. 커널 Edge Map을 이용한 방법은 기존의 10개의 커널을 이용하여 검출된 Edge를 사용하지 않고 좀 더 빠르게 검출해내기 위해 2개의 커널을 이용하여 얼굴의 특징점을 검출해 낸다. 이렇게 만들어진 얼굴의 특징점 후보군들에서 Adaboost를 이용하여 좀 더 정확하고 빠른 특징점을 찾을 수 있게 된다. Adaboost를 이용한 방법은 각각의 특징점들을 오프라인 상에서 학습을 하고 실시간으로 특징점을 검출하는 방법을 사용하였다. Edge를 이용한 방법으로 이미지의 전처리를 하여 후보군을 찾고 그 후보군과 Adaboost를 이용한 후보군들의 조합으로 인해 좀 더 강인하게 얼굴의 특징점을 찾을 수 있다.

핵심어: HCI, Edge Map, Adaboost, Facial Feature Detection

1. 서론

자동으로 얼굴의 검출과 인식은 지난 수십 년 간 많은 연구진들의 주요 연구과제였다. 얼굴과 표정인식에서 가장 중요한 것은 얼굴을 찾고 그 얼굴에 대한 특징점을 찾는 것이다.[1] 그 특징점들은 포즈, 표정, 조명과 같이 다양한 변화를 자동으로 인지하는 데 있어 가장 중요한 인자가 된다. 이러한 특징점들은 얼굴 검출과 표정 인식에 있어서 가장 우선 시 되어야 할 항목이다.

자동으로 특징점들을 찾기 위해서 많은 방법들이 있다. 하지만 기존의 방법들은 실제로 사용하기에 있어서 강인하지 못한 결과를 보여주고 있다.

이런 문제점들을 보완하고, 좀 더 강인한 검출을 하기 위해서 이 논문에서는 커널 Edge Map을 기반으로 한 특징점 검출 방법[2]과 Adaboost를 이용한 특징점 검출 방법을 하나로 묶어서 조금 더 강인한 얼굴의 특징점 검출에 관한 방법[3]에 대해 논하도록 하겠다.

간략하게 요약해 보면, 2장에서는 이 논문에서 사용된 데이터베이스와 Edge Map 기반의 검출 방법과 Adaboost를 이용한 검출 방법에 대하여 서술하고, 3장에서는 이 논문에서 제안한 방법에 대해서 기술하고, 4장에서는 결론을 맺는다.

2. 기존의 얼굴특징점 검출 방법

이 논문에서 사용한 데이터베이스는 웹 캠을 이용하여 남성 21명의 사람들로 일주일 간격으로 3번에 걸쳐 정면 3장의 이미지를 촬영하여, 총 63장으로 구성되어 있다. 각 이미지는 320x240의 해상도로 다음과 같은 조건으로 구성되어 있다.

표 1. DB구성을 위한 환경

Database	
Capturing Device	web camera
Image Type	2D still image
Image Number	63
Subject Number	21
Session Number	3
Pose	Frontal
Illumination(lux)	same condition (220~260)
Expression	neutral

2.1 Edge를 이용한 특징점 검출

Edge를 이용한 방법은 눈을 포함한 눈썹, 코, 입을 얼굴의 주요 특징점이라고 가정하여 각 이미지에 대해 22.5도씩 45도에서 135도와 225도에서 315도까지 이동하여 10개의 커널 Edge의 위치를 이용하여 Map을 구성하여 NNC(Nearest Neighborhood Classifier) 방법을 이용하여 각 특징점을 자동으로 검출하게 된다[8]. 하지만 검출된 후

보군 영역이 다 특징점이 되는 것은 아니다.

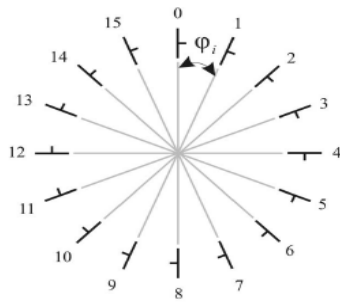


그림 1. Edge 검출을 위한 위치 템플릿

이 방법은 Preprocessing, Edge Map Construction, Orientation Matching과 같은 3단계로 이루어져있다. Preprocessing에서는 입력 이미지를 흑백이미지로 만들고 채귀 가우시안을 이용하여 이미지를 좀 더 부드럽게 처리한다. 수식 5를 이용하여 Edge Map Construction은 10개의 커널을 이용하여 Edge Map을 만들 수 있다.

$$Z = \sum_{p,q} (G_{\psi k}^- - G_{\psi k}^+), G_{\psi k}^- - G_{\psi k}^+ > 0 \quad (1)$$

$$G_{\psi k}^- = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{(p - \sigma \cos \psi k)^2 + (q - \sigma \sin \psi k)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (2)$$

$$G_{\psi k}^+ = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{(p + \sigma \cos \psi k)^2 + (q + \sigma \sin \psi k)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (3)$$

$$g_{ij\psi k} = \sum_{p,q} b_{(i-p, j-q)}^{(l)} G_{\psi k}, \quad (4)$$

$$G_{\psi k} = \frac{1}{Z} (G_{\psi k}^- - G_{\psi k}^+) \quad (5)$$

- σ 가우시안 분포의 제곱 평균 편차
- ψk $k * 22.5$
- k 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 14
- p, q -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3
 $I = 0 \div W-1$
- (i, j) $j = 0 \div H-1$
 (W, H : Width, Height)
- l 1, 2

10개의 커널을 사용해 생성된 Edge Map을 통하여 얼굴의 Edge를 검출해내고 Orientation Matching을 통하여 각 얼굴의 특징점을 검출해낸다. 마지막으로 4가지의 특징점들 중 각각의 특징점의 평균적인 위치를 구하고, 평균 위치를 유지하며 각각의 특징점에 대한 패턴을 갖고 대조를 한다.

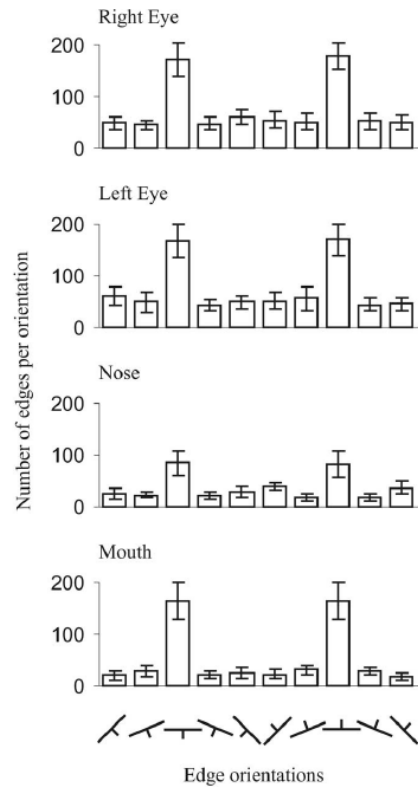


그림 2. 평균 특징점의 위치

이 방법은 10개의 커널 Edge를 구성하는 데 있어 많은 계산 시간이 들어 실시간엔 어렵고, Edge 방법의 최대 문제점인 조명변화에도 민감한 단점이 있다.

다음의 그림은 이미지에 대해 10개의 커널을 사용하여 생성된 얼굴의 Edge와 그 결과 이미지를 나타내고 있다.

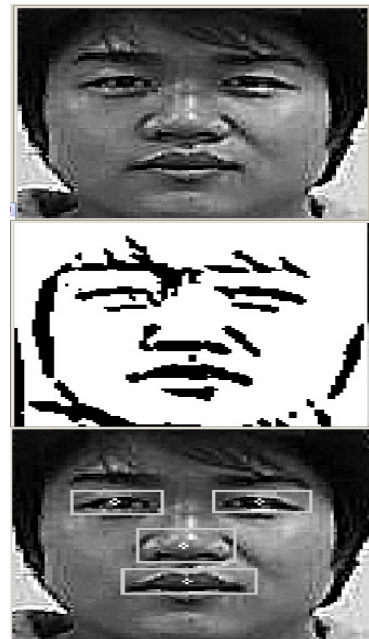


그림 3. Edge 검출을 위한 위치 템플릿

2.2 Adaboost를 이용한 특징점 검출

대다수의 특징점 검출 알고리즘은 뉴럴넷[6] 혹은 SVM[7]과 같은 학습기반의 기술을 사용하였다. 이런 알고리즘들은 훌륭한 성능을 발휘하지만 실시간에 적용하기에는 많은 어려움이 있다. 그래서 실시간으로 얼굴의 특징점을 찾기 위하여 Adaboost[4][5]를 사용하게 되었다. Adaboost 알고리즘은 오프라인 상에서 Haar functions[5][6]은 Positive와 Negative로 나누어 패턴을 학습하고 분류하여 온라인상에서 특징점을 찾을 수 있는 알고리즘이다. 이 논문에서는 눈, 코, 입, 4개의 특징점을 찾으려 한다. 우리는 Positive와 Negative 47,000개의 이미지를 이용하여 학습시켰고, 각 특징점에 대한 학습 정보는 다음과 같다.

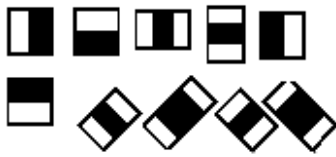


그림 4. 사용된 Haar-feature

표 2. 각 특징점들을 검출을 위한 학습개수

Features	# of positive	# of negative
eyes	7,000	14,000
nose	4,000	9,000
mouth	4,000	9,000

또한, 10개의 Haar-like features와 20개의 weak classifiers의 집합으로 패턴들을 학습하였다. 빠르고 좀 더 정확한 추출을 위하여 모든 이미지 내에서 얼굴을 미리 검출하여 얼굴 영역 내에서 각 feature를 찾으려 하였다.

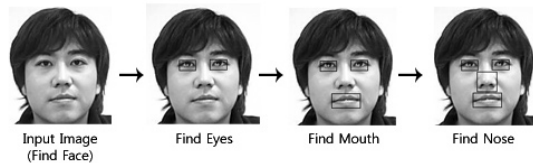


그림 5. Adaboost를 이용한 특징점 찾기의 전체 흐름도

2D 상의 모든 이미지들을 일일이 매뉴얼로 특징점을 찍는 것보다 빠르고 학습만 잘하면 좋은 결과를 얻을 수 있다. 그리하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.



그림 6. 특징점을 찾은 결과 예제

2.3 각 특징점 검출 결과

Edge Map을 구성하여 검출하는 방법과 Adaboost를 이용하여 검출하는 방법의 특징점 검출은 다음과 같은 결과를 보여주고 있다.

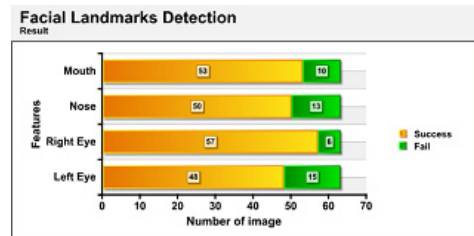


그림 7. 특징점 추출 결과(edge)

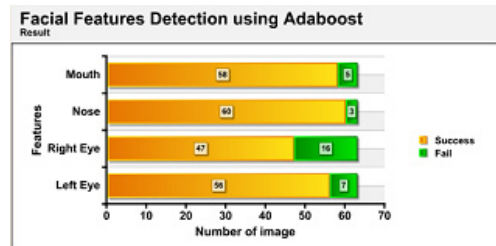


그림 8. 특징점 추출 결과(Adaboost)

표 3. 두 가지 방법의 각 특징점에 대한 검출률

	Edge	Adaboost
Accuracy	82.25 %	87.25 %
Left eye	76 %	88 %
Right eye	90 %	74 %
Nose	79 %	95 %
Mouth	84 %	92 %

Edge Map 방법이 Adaboost를 이용한 방법에 비해 모든 특징점들이 떨어지지만 유독 오른쪽 눈에 대해서만은 더 나은 결과를 보여주고 있다. 반면에 Adaboost를 이용한 방법은 오른쪽 눈에 대해서 상당히 저조한 검출률을 보이고 있어 이러한 문제점을 해결하고자 다음과 같은 방법을 제안하고 있다.

3. Edge Map과 Adaboost를 병합한 방법

이 논문에서 제안하는 것은 Adaboost를 이용한 방법을 사용했을 때 오른쪽 눈이 상당히 취약한 것을 볼 수 있었기에 Edge를 이용한 검출 방법을 Adaboost를 이용한 방법의 전처리 방법으로 이용하여, Edge Map 방법으로 특징점을 검출 후 그 특징점들 중 영상의 중앙보다 위에 있는 영역들을 특징점 후보군으로 생성하여 오른쪽 눈 검출에 있어서 좀 더 강한 얼굴의 특징점을 찾도록 제안한다.

이렇게 제안을 하기 위해서는 Edge Map 방법도 빠른 속도를 필요로 하기에 기존 방법인 커널 10개를 사용하는 것보다 눈 영역에서 초점을 맞춰 봤을 때 2(4, 12)개의 커널만을 사용하여 속도와 성능, 이 두 가지를 다 취할 수 있다.

3.1 Edge Map+Adaboost를 이용한 특징점 검출

앞에서 사용한 Edge Map 방법은 커널 10개를 사용하여 Orientation Matching을 하여 계산하는 시간이 상당히 많다는 것을 알 수 있다. 하지만 여기서 제안한 방법으로 커널 10개를 다 사용하는 것이 아닌 커널 10개 중 90도(4)와 270도(12), 이 두 개의 커널을 사용하여 얼굴의 특징점 후보군을 생성한다.

속도의 향상으로 인해 검출률이 떨어질 수 있으나, Adaboost 방법의 단일 탐색보다는 Edge 방법의 전처리로 인해 생성된 얼굴의 특징점들을 후보군을 탐색하는 것이 검출률에 더 좋은 향상을 불러온다. 이렇게 생성된 후보군들을 메모리에 저장한다.

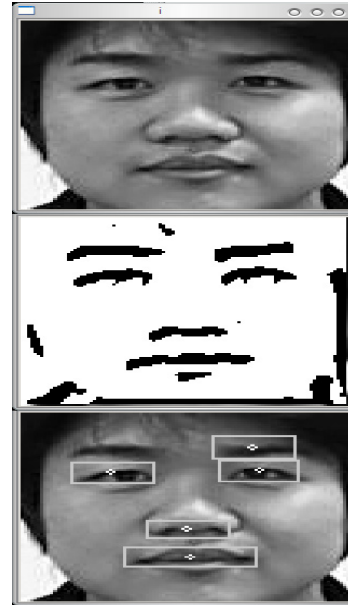


그림 9. 2개의 커널을 사용한 Edge 결과

Adaboost 방법과의 Edge Map에서 획득한 후보군을 이 논문에서 제안하는 규칙을 기반으로 하여 재검색을 취하게 하여 그에 맞는 특징점들을 검출해낸다.

3.2 Edge Map+Adaboost를 이용한 특징점 검출 규칙

Edge Map에서 획득한 후보군을 Adaboost 방법에서 정확한 특징점을 찾기 위해서 몇 가지 규칙을 정하여 검출하도록 한다.

1. 2개(4,12)의 커널을 사용하여 Edge Map을 생성한다.
2. Edge가 완료된 영상에서 후보군들을 메모리에 저장한다.
3. 센터 포인트를 기준으로 위쪽에 있는 후보군들을 눈 영역 후보군으로 가정하여 그 후보군들에 대하여 Adaboost 방법을 이용해 그 부분에 대해 눈 검출을 시도한다.
4. 이렇게 검출 영역이 두 곳이고, 그 영역이 서로 대칭된다고 하였을 때 양쪽 눈이라고 가정하여 검출한다.
5. 서로 대칭이 안되고 한쪽에 쏠려 있다면, 그 영역을 제외하고 그 영역에 대하여 대칭되는 부분을 임시 후보군으로 정하여 다시 검출한다.

이러한 규칙을 토대로 특징점 검출에 있어서 가장 큰 문제점이 되었던 오른쪽 눈 검출이 더 잘된다는 것을 알 수가 있다.

3.3 Edge Map+Adaboost를 이용한 특징점 검출 결과

Edge Map 방법을 이용하여 추출된 후보군 영역을 메모리에 기억을 시키고 그 영역에 대하여 앞에 언급한 규칙을 토대로 Adaboost를 이용한 방법으로 그 후보군에 검출을 한다.

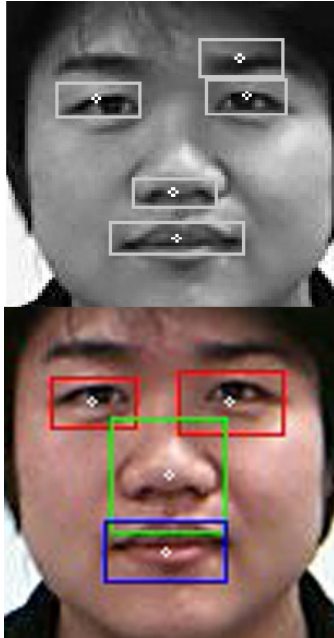


그림 10. Edge 추출 후 후보군에 대한 각 특징점 추출 결과 영상

표 4. 각 방법의 특징점 검출률

	Edge	Adaboost	E+A
Accuracy	82.25 %	87.25 %	93 %
Left eye	76 %	88 %	90 %
Right eye	90 %	74 %	92 %
Nose	79 %	95 %	96 %
Mouth	84 %	92 %	94 %

위에 있는 표가 말해주듯이 특징점 검출 결과는 독립적으로 쓰였을 때 보다 전체적으로 더 나은 결과를 보여주고 있으며, 이 논문에서 밝힌 바와 같이 오른쪽 눈에 대한 검출률에 있어서 큰 향상이 있음을 알 수 있다.

4. 결론

기존 Edge Map을 이용한 특징점 검출은 10개의 커널 Edge를 통합하고 각 방향에 대한 Orientation Matching을 하게 됨으로 인해 빠르게 응답할 수가 없다는 단점이 있었으나, 이 논문에서 제안한 방법으로 2개의 커널 Edge만을 통합하여 Orientation Matching을 하게 함으로써 빠르고 또 눈 영역에 대해서 좀 더 정확한 후보군을 생성할 수 있다.

기존 Adaboost는 화면상에서 오른쪽 눈을 제대로 감지를 잘 못하는 현상이 생기는데 이러한 현상은 아무리 사람이 정면을 응시하며 똑바로 쳐다본다 하여도 많은 사람들이 왼쪽 눈과 오른쪽 눈이 약간 다르게 떠지며 검출을 잘 못하는 현상이 발생하였다. 또 트레이닝 과정에서 왼쪽 눈, 오른쪽 눈을 따로 트레이닝한 것이 아니고 단순히 눈에 대하여 트레이닝을 하였기 때문에 이러한 문제점이 발생한 것이라고 생각할 수 있다.

이런 단점을 보완하고자 이 논문에서 제안한 커널 2개를 사용하는 Edge Map 방법으로 얼굴 중에서 눈에 대한 후보군 영역을 지정한 후에 그 후보군에 대하여 제안한 몇 가지 규칙을 기반으로 하여 Adaboost를 이용한 방법으로 얼굴의 특징점을 검출하는 방법을 제안하였다.

이 논문에서 제안한 얼굴의 특징점 검출 방법은 기존에 있는 방법들을 하나의 방법으로 병합하여 각 방법의 단점인, 특징점 검출에 대한 소요시간, 성능에 대한 문제점을 최소화 하여 장점으로 변화시킨 것에 있다.

강인한 얼굴의 특징점 검출은 얼굴 인식, 표정 인식, 줄음 운전 방지등과 같은 여러 분야에 적용되고 있고, 더 많은 수요가 있을 것으로 판단된다.

이 연구를 토대로 더 나아가서는 2D 이미지 상에서 얼굴의 특징점들을 이용하여 얼굴 포즈 계산을 할 것이다.

참고문헌

- [1] A. Pentland, B. Moghaddam, and T. Starner, "View-based and Modular Eigenspaces for Face Recognition", Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, pp.84-91, June 1994
- [2] Y. Gizatdinova, V. Surakka, "Feature-Based Detection of Facial Landmarks from Neutral and Expressive Facial Images", IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, VOL.28, NO.1 JAN 2006
- [3] P. Viola and M. Jones, "Rapid Object Detection Using a Boosted Cascade of Simple Features", In Proceedings IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition pp. 511-518, 2001
- [4] R. Lienhart and J. Maydt, "An Extended Set of Haar Like Features for Rapid Object Detection", IEEE ICIP 2002, pp. 900-903, 2002
- [5] C. Papageorgiou, M. Oren, and T. Poggio, "A general framework for Object Detection", In International conference on Computer Vision, 1998
- [6] H. Rowley, S. Baluja and T. Kanade, "Neural Network Based Face Detection", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,

20(1):23–38, 1998

- [7] E. Osuna, R. Freund and F. Girosi "Training Support Vector Machines: An Application to Face Detection", In Proceedings IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.130–136, 1997

- [8] G. Yulia, S. Veikko "Feature-Based Detection on Facial Landmarks from Neutral and Expressive Facial images", In Proceedings IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol29, No.1, Jan 2006