

## 흑백 양극화를 이용한 눈의 개폐 및 눈동자 검출 방법

문 봉 회\*

# A Method for the Detection of an Open/Closed Eye and a Pupil using Black and White Bipolarization

Bonghee Moon \*

### 요 약

이미지나 동영상은 텍스트보다도 많은 정보를 함축하고 있기 때문에 이를 추출해내고 분석하는 일은 매우 중요한 일이 되고 있다. 본 연구에서는 동영상에서 사람의 얼굴을 검출하고, 눈의 영역이 확인된 이미지를 이용하여 눈의 개폐와 눈동자의 위치를 판단하는 방법을 제시하였다. 색상을 흑백으로 양극화하고 수평화하여 이미지를 정규화한 후, 눈가의 수평, 수직의 모서리 점들을 파악하여 측정치를 얻어낸다. 이를 통하여 눈의 개폐와 눈동자의 위치를 판단한다. 동영상에서 얻어낸 임의의 52개의 눈 이미지를 실험대상으로 처리하여 눈의 개폐를 98% 검출하고 95%의 정확도로 눈동자 위치를 판단하는 실험결과를 얻었다.

### Abstract

A lot of information is contained in an image or a movie rather than in a text, and it is very important thing to extract context from them. In this study, we propose a method to detect an open/closed eye and determine the location of a pupil in an eye image which is extracted from a movie. The image is normalized using transformation into bipolarization with white and black color and horizontalizing, and we measure width and height of an eye. With these information, we can determine the open or closed eye and the location of the pupil. Experiments were done with 52 images of eyes from movies using this method, and we get good results with 98% of correctness in detection of open/closed eyes and 95% in detection of pupil's location.

▶ Keyword : 눈 검출(eye detection), 눈동자 검출(pupil detection), 얼굴 검출(face detection), 이미지처리(image processing)

• 제1저자 : 문봉회

• 투고일 : 2009. 11. 30, 심사일 : 2009. 12. 01, 게재확정일 : 2009. 12. 24.

\* 숙명여자대학교 정보과학부 교수

※ 본 연구는 숙명여자대학교 2008년 교비연구비 지원에 의하여 수행되었음.

## 1. 서론

이미지나 동영상은 텍스트보다도 많은 정보를 함축하고 있기 때문에 이를 추출해내고 분석하는 일은 매우 중요한 일이 되고 있다. 그러나 디지털화된 이미지나 영상의 정보를 통합적인 의미를 파악하는 것이 쉽지가 않다. 사람은 이미지나 동영상을 볼 때 2차원이나 3차원적인 분석이 용이하나 컴퓨터는 저장된 디지털 정보, 즉 이진정보들을 분석하여 함축된 정보를 도출해야 하므로 어렵다.

영상에서 정지된 물체들 중에 움직이는 개체들을 검출하고 이를 인식하여 개체의 확인을 하는 연구들과 얼굴의 검출이나 눈의 영역을 검출하는 연구들이 많이 있어왔다. 이를 보안이나 모니터링 시스템에 활용하려는 움직임이 활발하다.

본 연구에서는 기존에 연구된 얼굴 탐지와 눈 탐지 방법 [1]을 이용하여 눈 영역의 이미지를 확보하고, 색상의 평균치를 계산하고 각 화소의 값들을 이와 비교하여 흑백으로 전환함으로써 눈과 눈동자를 명확하게 구분할 수 있도록 하였다. 이를 기반으로 눈 모서리의 양극점을 찾아내고 수평화 작업을 하였다. 수평화된 이미지에서 눈의 수평적 길이와 눈의 수직적 길이를 측정하고 이 2개의 축을 기반으로 눈동자의 위치와 눈의 개폐를 파악하는 방법을 제시하였다.

정면을 향한 얼굴 이미지에 한정하여 제안 방법을 적용하였으며, 컴퓨터 작업 등과 같이 한 쪽 방향만을 응시하는 작업에 대한 관리에 적용할 수 있을 것으로 기대한다. 또한 눈의 개폐정도를 적용해야 할 분야에 유용할 것으로 본다.

논문의 구성은 제 2장에서 관련 연구들을 살펴보고 제 3장에서 이미지 처리과정과 눈의 개폐 및 눈동자 위치 판단에 관련된 측정치를 정의하였다. 그리고 측정치들을 사용하여 판정하는 방법을 제시하였다. 제 4장에서 실제 실험한 환경 및 실험 분석 결과를 보였다. 제 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

사람의 얼굴을 검출하고 눈의 영역을 인지해내는 연구들이 CCTV, 홍채인식과 같은 보안 문제나 줄임 운전 방지 등과 같은 안전에 관련하여 진행되어 왔다. 얼굴 검출에 관련하여, 동작변환 영상에서 AdaBoost 알고리즘으로 얼굴을 검출[2, 3]하거나 영상에서의 color 정보로 피부색 추출하여 이들의 구성요소의 색상 특징을 이용하여 검출하는 연구[4, 5, 6, 7]들이 있다.

눈 검출에 관련된 연구로는 눈 검출에 사각형 특징과 texture 특징에 기반을 둔 화소 패턴(PPBTF)을 사용한 방

법[8], 다중 cue 얼굴 정보를 이용한 눈 검출 방법[9], 원형 Hough 변환 방법을 이용하여 원형의 두 눈 검출 방법[10] 등이 있다.

눈동자 검출은 홍채인식에 중점을 둔 연구들이 많으며, 이 들로는 모폴로지 제거 기술과 빠른 눈동자 검출 방법을 이용한 홍채 검출연구[11], 홍채 이미지에서의 비 원형 눈동자 지역화 방법을 제시한 연구[12], 2개의 조명을 이용하여 위치 보정에 의한 눈동자 검출 방법[13]이 있다.

안전운전을 위하여 눈과 눈동자의 위치를 파악하는 연구로는 눈거울 거리와 눈 감는 빈도수에 따른 운전 피로도를 측정 한 연구[14]와 눈 위치를 윤곽 검출과 휴리스틱 법칙에 따라 검출하고 학습을 시켜 운전자에게 경고를 하는 연구[15], 얼굴 검출, 눈 검출, EyeMap을 이용하여 눈동자 검출하여 눈 상태 분석, 줄임 판단하는 연구[16]들이 있다.

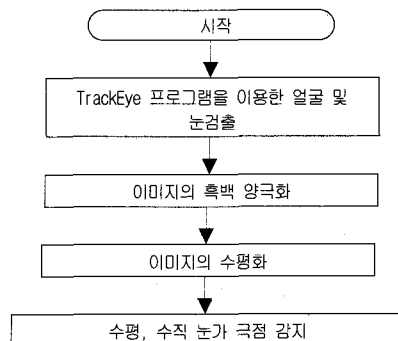
[14]의 연구에서 제안한 방법에서의 눈을 감고 있음을 판정하는 오류율이 2.2%~6.3%이고, [16]의 연구에서 눈의 개폐 판단 오류율이 평균 3.6%였다.

## III. 눈 검출과 눈동자 위치 판정

### 1. 이미지 처리

동영상에서의 얼굴검출과 얼굴에서의 눈의 위치를 확인하는 과정은 많은 연구들 중에서 Haar 얼굴 검출방법을 이용하여 얼굴과 눈의 영역을 검출해내는 TrackEye 프로그램을 사용하였다[1]. 검출해낸 눈의 영역에서 눈동자의 위치와 눈의 개폐 상황을 확인하는 과정으로 처리 단계를 구성하였다.

〈그림 1〉에서처럼 처리과정은 TrackEye 프로그램을 이용하여 얼굴과 눈을 검출한다. 검출된 눈의 영역만을 대상으로 색상을 흑백으로 양극화한다. 이를 바탕으로 눈가의 극점을 찾은 후 이미지의 수평화 작업을 한다. 수평화된 이미지에서 수평, 수직 눈가의 극점을 찾아내고 이를 기반으로 한 눈동자의 수평 극점을 파악한다. 파악된 위치를 기반으로 눈의 개폐와 눈동자의 위치를 판단한다.



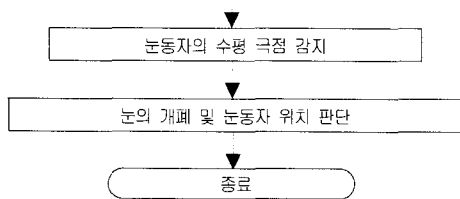


그림 1. 이미지 처리 순서도  
Fig. 1. Flowchart of image processing

### 1.1 이미지 영역 확보 및 흑백 양극화 작업

동영상의 각 프레임에서 얼굴과 눈의 영역이 검출된 이미지(〈그림 2〉)에서 눈 영역의 이미지로 분리해낸다. 눈 영역만의 이미지(〈그림 3〉(a))에서 눈의 테두리와 눈동자는 다른 부분보다 뚜렷하고 명암이 다른 영역보다 어두우므로, 각 화소의 적색(R), 녹색(G), 청색(B)의 색상 정보 값들의 평균을 구한 후 이를 기준으로 평균보다 밝은 색은 흰색으로 어두운 색은 흑색으로 양극화를 수행한다.



그림 2. TrackEye 프로그램에서의 얼굴 및 눈 검출  
Fig. 2. Face and eye detection using the TrackEye program

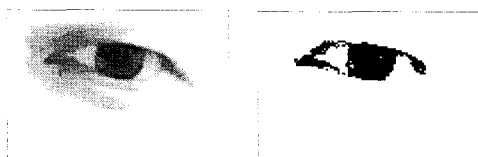


그림 3. 실제 눈 이미지와 흑백 양극화한 이미지  
Fig. 3. Images of a real eye and bipolarization with black and white

〈그림 3〉(a)의 실제 눈 이미지를 흑백 양극화 작업을 한 결과로, 흑백으로 명료하게 분리된 눈의 영역과 눈동자가 드러난 것을 〈그림 3〉(b)에서 보여주고 있다.

```

// Algorithm 1: the bipolarization with black and white
foreach( an image )
  calculate average of color value.
  foreach( pixel in the image )
    if (pixel color > the average color)
      set the pixel color to white.
    else
      set the pixel color to black.
  endfor

```

### 1.2 이미지의 수평화 및 수평, 수직 극점 검출

눈 영역의 정규화를 시키기 위하여 눈 모서리의 양극점(〈그림 3〉(b)의 적색 점)을 찾아낸다. 양극점을 이용하여 기울기를 구한 후 기울어진 각도만큼 회전을 시켜 이미지를 수평화한다.

```

// Algorithm 2: the horizontalization and rotation
// detection of measures
foreach( an image )
  // find horizontal eye rims
  foreach( pixel in the image )
    if (leftmost pixel)
      set the pixel as the leftmost eye rim.
    else if (rightmost pixel)
      set the pixel as the rightmost eye rim.
  // find degree to rotate
  calculate degree using the 2 horizontal rims
  rotate the image with the degree
endfor

```



그림 4. 눈 이미지의 수평화 및 수평, 수직 양극점 확인  
Fig. 4. Horizontality of eye and detection of edges

〈그림 4〉는 〈그림 3〉(b) 이미지를 반시계방향으로 수평화 하였으며 수평화된 후의 양극점은 녹색으로 표시되었다. 이 수평선의 중점을 눈의 중앙으로 보고 이를 통과하는 수직선을 이용하여 눈의 상하의 극점, 즉 수직 양극점을 찾는다. 〈그림 4〉에 청색으로 표시되어 있다.

### 1.3 눈동자의 수평 극점 검출

확인된 수평 극점들과 수직 극점들을 잇는 수평선과 수직 선을 기반으로 눈동자의 위치를 판단할 수 있는 눈동자의 수

평 극점을 파악한다. 수평선상에서 검출할 수 있는 눈동자의 양극점(〈그림 5〉에서의 노란색)과 수직선의 중점에서 검출할 수 있는 눈동자의 양극점(〈그림 5〉에서의 보라색)을 찾을 수 있다. 일반적으로 사람이 정상적으로 눈을 떴을 때, 눈가의 양극점을 잇는 수평선은 눈의 중심(수직선의 중심)은 보다 아래에 위치하고 있다.

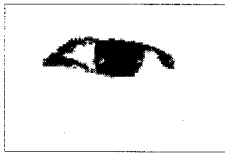


그림 5. 눈동자 수평 양극점 검출  
Fig. 5. Detection of pupil edges

```
// Algorithm 3: the detection of measures
foreach( an image )
    // find horizontal eye rims
    foreach( pixel in the image )
        if (leftmost pixel)
            set the pixel as the leftmost eye rim.
        else if (rightmost pixel)
            set the pixel as the rightmost eye rim.
    // find vertical eye rims
    calculate center of the 2 horizontal rims
    foreach( pixel in the vertical line of the center )
        if (top pixel)
            set the pixel as the top eye rim.
        else if (bottom pixel)
            set the pixel as the bottom eye rim.
    find the pupil's edges and calculate the pupil's size.
    decide whether the eye is open or closed.
    if (open eye)
        determine the location of the pupil.
endfor
```

2. 눈의 측정치 정의

사람의 눈 이미지에서 얻어낼 수 있는 정보를 분석한 결과, 일반적인 눈에서 눈의 개폐와 눈동자의 위치를 판단하려면 다음과 같은 측정치가 필요하다.

눈의 폭(w): 눈가의 양쪽 꼭지점을 이은 수평선의 길이이다.

눈의 개폐크기(h): 상하 눈꺼풀과의 거리이다. 즉, 수직 양극점과의 거리이다. 사람에 따라 평상시 개폐크기는 다양하지만 정상상태의 크기를 기준으로 눈의 폭에 대한 비율을 측정함으로써 눈을 뜨거나 닫고 있는 상태를 파악할 수 있다.

눈동자 폭(pw, hw): 눈동자는 일부러 눈을 크게 뜨지 않

는한 눈동자는 상하 눈꺼풀에 가려 완전히 나타나지 않는다. 또한 영상에서 눈동자의 중앙을 측정하기가 어려우므로 눈의 개폐크기(수직선)의 중앙점에서 좌우로 측정한 폭(pw)을 측정치로 이용한다. 또한 수평선을 기준으로 측정한 눈동자의 폭(hw)을 측정치로 사용하여 눈동자의 위치와 눈의 개폐 정도를 측정하는 자료로 활용한다.

〈그림 6〉은 도상적인 측정치를 설명하고 있고, 〈그림 7〉은 실제 눈에서의 측정치의 의미를 보여주고 있다.

3. 눈의 개폐 및 눈동자의 위치 판단

3.1 눈의 개폐 판단

눈은 2가지 경우로 개폐 판단을 할 수 있다.

【경우 1】 사람이 눈을 감고 있는 상태일 때, 눈의 폭을 측정한 수평선보다 눈의 수직 양극점이 아래로 내려오게 된다. 그러므로, 눈의 수직 양극점 중 윗 극점(VYi)이 수평선의 y축 좌표(HYi)보다 아래에 위치한 것을 측정하여 눈을 감고 있음을 판단한다.

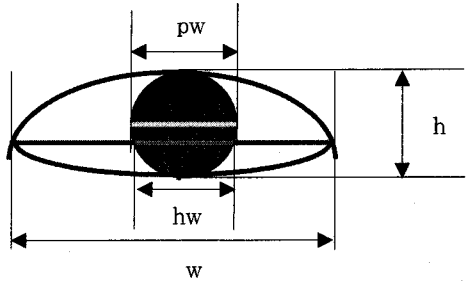


그림 6. 눈의 측정치  
Fig. 6. Measures of an eye

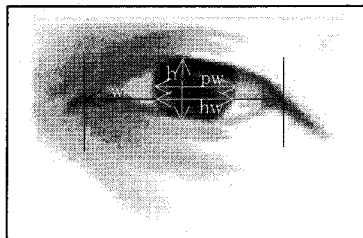


그림 7. 실제 눈에서의 측정치  
Fig. 7. Measures on a real eye

【경우 2】 【경우 1】 이 아닌 경우, 측정치 중 눈의 폭(w)과 눈의 개폐크기(h)가 결정한다. 사람에 따라서 눈을 뜨는 정도가 다르므로 정상적으로 눈을 뜨고 있는 상태에서의

측정값에 대한 비율로 판단한다.

정상 개폐율(ON)은 정상상태에서 눈의 폭(wN)과 눈의 개폐크기(hN)의 비율이다. 임의 이미지의 눈 개폐율(O<sub>i</sub>)은 (식2)와 같이 정의하고, 정상 개폐율에 대한 임의 이미지의 눈개폐율의 비율(R<sub>i</sub>)로 눈의 개폐 정도를 판단한다(식3).

$$O_N = h_N / w_N \quad \text{..... (식1)}$$

$$O_i = h_i / w_i \quad \text{..... (식2)}$$

$$R_i = O_i / O_N \quad \text{..... (식3)}$$

### 3.2 눈동자의 위치 판단

이미지 상에서는 눈동자의 정중앙을 판단할 수 없으므로 정상적으로 뜬 눈의 수평선의 중앙을 기준으로 한 눈동자의 폭(hwN)과 수직선의 중점을 기준으로 측정된 눈동자의 폭(pwN)을 근거로 눈동자를 확인한다. 눈동자는 중앙부근에 있을 때는 명확한 폭이 결정되지만 한쪽으로 치우쳤을 때는 눈가와 겹치는 현상이 일어나므로 기준 폭보다 크게 나타날 수 있다.

(식4)의 PHN 값은 정상적인 눈에서 수평선 상의 눈동자 크기비율이며 (식5)의 PHi 값은 임의의 눈에서의 수평선 상의 눈동자 크기 비율이다. (식6)의 RHi 값은 정상적인 눈동자와 임의이미지의 눈동자 간 수평선상의 비율로 일정 비율의 범위를 벗어나면 잘못된 인식을 한 것으로 오류처리를 한다. 또한 (식7)의 PPN 값은 정상적인 눈에서 수직선 중점상의 눈동자 크기비율이며 (식8)의 PPi 값은 임의의 눈에서의 수평선 상의 눈동자 크기 비율이다. (식9)의 RPi 값은 정상적인 눈동자와 임의이미지의 눈동자 간 수직선 중점상의 측정비율로 일정 비율의 범위를 벗어나면 잘못된 인식을 한 것으로 오류처리를 한다.

$$PH_N = hw_N / w_N \quad \text{..... (식4)}$$

$$PH_i = hw_i / w_i \quad \text{..... (식5)}$$

$$RH_i = PH_i / PH_N \quad \text{..... (식6)}$$

$$PP_N = pw_N / w_N \quad \text{..... (식7)}$$

$$PP_i = pw_i / w_i \quad \text{..... (식8)}$$

$$RP_i = PP_i / PP_N \quad \text{..... (식9)}$$

눈동자의 중점(Ci)와 눈의 중점(CN)의 x축 편차(Di)를 계산하여 일정 범위를 중앙으로 범위 밖을 왼쪽, 오른쪽으로 눈동자가 위치 한 것을 판단한다. 위치정도는 편차에 비례한다. 만약 이 편차가 수평선의 1/2을 넘으면 눈의 범위를 벗어난 것이므로 오류처리를 한다.

$$D_i = C_N - C_i \quad \text{..... (식10)}$$

## IV. 실험

### 1. 실험 환경

눈을 뜨거나 감고 있음을 판정하고 눈을 뜨고 있을 때 눈동자의 위치를 파악하는 방법을 실험하기 위하여, TrackEye 프로그램[1]과 웹캠을 이용하여 얼굴 검출과 눈 영역을 판단해낸 이미지들을 얻어냈다. 이들 중 무작위로 선택된 52개의 왼쪽 눈 이미지에 대하여 분석 및 평가를 시행하였다(오른쪽 눈에 대한 것은 왼쪽 눈 결과의 상대적 판단을 할 수 있으므로 제한하였음). 본 연구는 제안 방법의 정확도를 확인하기 위하여, 카메라 쪽을 바라보고 있는 정면 응시 상태에 한정하여 눈의 개폐 상태와 눈동자의 위치를 판단하였다. 정면을 응시하지 않는 얼굴 이미지에 대한 제안 방법의 적용은 오류율이 높아 판단 방법의 수정이 필요하여, 향후 연구로 남겨둔다.

### 2. 실험 분석 및 평가

52개의 눈 이미지에서 제안한 방법에 의하여 판정한 결과, 얼굴이 정면을 향하는 이미지 50개 중에서는 눈의 개폐를 잘못 판단한 것이 1개로 98%의 검출율을 보였다. 2개의 이미지는 얼굴이 정면을 향하지 않고 측면으로 많이 기울었을 때의 이미지로 모두 눈이 감겨있는 것으로 판정하였다.

눈동자의 위치를 판단하는 편차 값은 눈 꼬리 쪽이 길므로 이를 보정하여  $-5 \leq D_i < 3$  일 때 중앙으로 판단하였다. 이 범위를 벗어나는 양쪽을 좌, 우 위치판정을 하였다. 편차범위의 결정은 측정치와 이미지를 보고 후리스틱하게 정하였다. 편차 범위는  $-10 \leq D_i \leq 10$ 를 보였다. 수평선에서 측정한 눈동자 크기의 비율은  $20\% \leq RH_i \leq 120\%$ 의 범위에 있었고, 수직선의 중점에 의한 눈동자 크기의 비율은  $59\% \leq RPi \leq 195\%$ 를 보여 보다 수직선의 중점에서 측정된 편차가 큰 것을 보여줬다. 이는 정상크기의 눈동자 보다 현저히 작거나 큰 것은 눈동자에 빛의 반사 등으로 인한 노이즈에 의한 것으로 극점에 의한 판단보다는 영역에 의한 판단방법으로 개선해야 할 것으로 분석하였다. RH<sub>i</sub>와 RPi 값이 동시에 정상적인 눈동자의 크기보다 50% 이상차이가 나면 오류로 처리를 하였다. 눈을 뜨고 있다고 판정된 이미지 43개 중 2개로 5%의 오류율을 보였다.

〈그림 8〉과 〈표 1〉은 정상적으로 뜬 눈에 대한 이미지와 측정치이며 이에 대한 값을 보여주고 있다. 이 값들을 기준으로 하여 눈의 개폐율과 눈동자의 크기 비율을 측정하였다.



그림 8. 정상적으로 뜬 눈 이미지  
Fig. 8. An image of the normally open eye

표 1. 그림 8 이미지의 측정치 및 판정  
Table 1. Measures and results of the fig. 8 image

	측정치	값	판정
개폐판단	$HY_i > VY_i$	True	open
개폐율	$R_i$	100%	정상
눈동자크기	$RHi$	100%	정상
	$RPi$	100%	정상
눈동자위치	$Di$	-3	중앙

〈그림 9〉와 〈표 2〉는 눈동자가 왼쪽으로 기울어진 눈에 대한 이미지, 측정값 및 판정을 보여주고 있다. 수직선에 대한 눈동자 크기는 정상적인 눈동자크기에 근접하고 있지만 수평선에 의한 눈동자 극점은 눈가의 노이즈와 겹쳐 제대로된 크기를 측정치 못하고 있다.

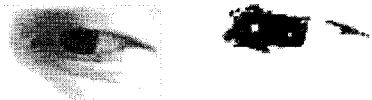


그림 9. 왼쪽에 위치한 눈동자 이미지  
Fig. 9. An image of the left-skewed pupil

표 2. 그림 9 이미지의 측정치 및 판정  
Table 2. Measures and results of the fig. 9 image

	측정치	값	판정
개폐판단	$HY_i > VY_i$	True	open
개폐율	$R_i$	90.9%	정상
눈동자크기	$RHi$	30%	오류
	$RPi$	95%	정상
눈동자위치	$Di$	5	왼쪽

〈그림 10〉과 〈표 3〉은 눈동자가 오른쪽으로 기울어진 눈에 대한 이미지와 측정치이며 이에 대한 값을 보여주고 있다. 눈동자에 대한 비율은 정상적인 눈동자에 근접한 값을 보이고 있다. 눈의 개폐율은 정상적인 눈의 73.9%로 감긴 모습이다.



그림 10. 오른쪽에 위치한 눈동자 이미지  
Fig. 10. An image of the right-skewed pupil

표 3. 그림 10 이미지의 측정치 및 판정  
Table 3. Measures and results of the fig. 10 image

	측정치	값	판정
개폐판단	$HY_i > VY_i$	True	open
개폐율	$R_i$	73.9%	정상
눈동자크기	$RHi$	115%	정상
	$RPi$	100%	정상
눈동자위치	$Di$	-8	오른쪽

〈그림 11〉과 〈표 4〉은 감긴 눈에 대한 이미지와 측정치이며 이에 대한 값을 보여주고 있다. 개폐판단에 의하여 감긴 것으로 판단이 되면 개폐율, 눈동자의 크기 및 눈동자의 위치 값은 무의미하다.

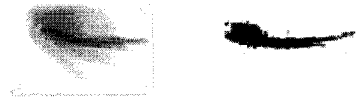


그림 11. 감긴 눈의 이미지  
Fig. 11. An image of a closed eye

표 4. 그림 11 이미지의 측정치 및 판정  
Table 4. Measures and results of the fig. 11 image

	측정치	값	판정
개폐판단	$HY_i > VY_i$	False	Closed
개폐율	$R_i$	23.4%	오류
눈동자크기	$RHi$	0%	오류
	$RPi$	145%	오류
눈동자위치	$Di$	5	오류

〈그림 12〉과 〈표 5〉은 눈동자의 크기 값이 비정상적으로 측정된 예를 보이고 있다. 눈의 개폐율은 제대로 판정하고 있으나 눈동자의 크기가 잘못 측정되었으므로 눈동자의 위치는 오류로 볼 수밖에 없다. 노이즈와 눈동자의 이동 등을 고려하여 2개의 눈동자 크기 측정 값 모두 정상적인 눈동자 크기와 50%이상 편차가 생긴다면 오류로 판정하였다.



그림 12. 잘못 측정된 눈동자의 크기  
Fig. 12. Wrong detection of the pupil size

표 5. 그림 12 이미지의 측정치 및 판정  
Table 5. Measures and results of the fig. 12 image

	측정치	값	판정
개폐판단	$HY_i > VY_i$	True	open
개폐율	$R_i$	37.9%	정상
눈동자크기	$RHi$	50%	오류
	$RPi$	159%	오류
눈동자위치	$Di$	9	오류

〈그림 13〉과 〈표 6〉은 수평적 눈동자 크기는 측정되었으나, 수직적 중심의 눈동자 크기 측정은 오류인 이미지와 측정값을 보여주고 있다.



그림 13. 일부 잘못 측정된 눈동자의 크기  
Fig. 13. Another wrong detection of the pupil size

표 6. 그림 13 이미지의 측정치 및 판정  
Table 6. Measures and results of the fig. 13 image

	측정치	값	판정
개폐판단	$HY_i > VY_i$	True	open
개폐율	$R_i$	52.2%	정상
눈동자크기	$RHi$	120%	정상
	$RPi$	191%	오류
눈동자위치	$Di$	3	중앙

〈그림 14〉와 〈표 7〉은 눈을 뜨고 있으나 노이즈 때문에 눈을 감고 있는 것으로 판정한 이미지와 측정치이다. 노이즈로 인하여 수직선의 윗 극점이 수평선보다 아래로 측정된 결과이다.



그림 14. 노이즈에 의한 수직 극점 판단 오류  
Fig. 14. Wrong detection of vertical edges by noise

표 7. 그림 14 이미지의 측정치 및 판정  
Table 7. Measures and results of the fig. 14 image

	측정치	값	판정
개폐판단	$HY_i > VY_i$	False	Closed
개폐율	$R_i$	18.6%	오류
눈동자크기	$RHi$	0%	오류
	$RPi$	191%	오류
눈동자위치	$Di$	-3	오류

실험 환경의 제한이 다르지만, [13]의 연구에서 제안한 방법에서의 눈을 감고 있음을 판정하는 오류율이 2.2%~6.3% 일 때, 본 연구의 개폐 판정 오류율이 2%인 것은 판단방법이 보다 효율적이며, 개폐율을 확인할 수 있는 장점이 있다. 또한 [15]의 연구에서 눈의 개폐 판단 오류율이 평균 3.6%인 것보다는 유용할 것으로 본다.

## V. 결 론

동영상은 텍스트보다 많은 정보를 함축하고 있어서 이를 통하여 정보를 추출해내는 일은 매우 중요하다. 그러나, 2차원으로 정보를 저장하고 있는 이미지에서 컨텍스트를 분석하는 일은 쉽지 않다.

본 연구에서는 기존에 연구된 얼굴 탐지와 눈 탐지 방법을 이용하여 얻은 눈 이미지에서 색상의 평균치를 계산하고 각 화소의 값들을 이와 비교하여 흑백으로 전환함으로써 눈과 눈동자를 명확하게 구분할 수 있도록 하였다. 이를 기반으로 수평화된 이미지에서 눈의 수평적 길이와 눈의 수직적 길이를 측정하고 이 2개의 축을 기반으로 눈동자의 위치와 눈의 개폐를 파악하는 방법을 제시하였다.

정면을 향한 얼굴 이미지에 한정하여 실험한 결과, 98%의 정확도로 눈의 개폐를 검출하고, 눈의 개폐율을 측정할 수 있었다. 또한, 눈동자의 크기를 검출하여 눈동자의 위치를 95%의 정확하게 판정할 수 있었다. 정면을 향한 연구[16]의 개폐 판단 오류율이 평균 3.6%였다. 개폐 판정 오류율이 2%인 본 연구의 판단방법이 보다 효율적이며, 개폐율을 확인할 수 있는 장점이 있다.

연구의 결과는 사이버 강역나 방법 감시 시스템같이 모니터에 집중해야 하는 시스템에서 줄거나, 모니터가 아닌 다른 방향에 집중하고 있는 상태를 파악하여 알려주거나 제지하는데 응용할 수 있다.

앞으로 오류율을 줄이기 위하여 극점을 확대하고 영역에

대한 검출 및 판정이 가능한 연구와 장면에서 기울어진 얼굴에 대한 눈 이미지도 판단할 수 있는 방법의 개선이 필요하다.

### 참고문헌

- [1] Zafersavas, "TrackEye: Real-Time Tracking of Human Eyes Using a Webcam," <http://www.codeproject.com/KB/cpp/TrackEye.aspx>
- [2] 김형균, 정기봉, "YCbCr 정보와 아다부스트 알고리즘을 이용한 실시간 얼굴 검출," 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제 13권, 제 5호, 19-26쪽, 2009년 9월.
- [3] 이우주, 김진철, 이배호, "AdaBoost 알고리즘을 이용한 실시간 얼굴 검출 및 추적," 멀티미디어학회 논문지, 제 9권 제 10호, 1266-1275쪽, 2006년 10월.
- [4] 이우람 외 2인, "얼굴과 헤어영역의 기하학적 정보를 이용한 얼굴 검출," 한국통신학회논문지, 제 34권, 제 2호, 194-199쪽, 2009년 2월.
- [5] 황대동, 김계동, "T형 구조를 이용한 구성요소 기반 얼굴 탐지," 한국컴퓨터정보학회 동계학술발표대회 논문집, 제 16권, 제 2호, 227-230쪽, 2008년 12월.
- [6] 박영우, 장석우, 김계영, "눈 주위의 피부색을 이용한 피부영역검출과 입술검출에 관한 연구," 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제14권, 제4호, 19-30쪽, 2009년 4월.
- [7] 강병두 외 7인, "주성분 분석과 서포트 벡터머신을 이용한 효과적인 얼굴 검출 시스템," 멀티미디어학회 논문지 제 9권 제 11호, 1435-1444쪽, 2006년 11월.
- [8] Huchuan Lu, Wei Zhang, Deli Yang, "Eye detection based on rectangle features and pixel-pattern-based texture features," ISPACS 2007, pp746-749, Nov. 28-Dec. 1, 2007.
- [9] Yepeng Guan, "Robust Eye Detection from Facial Image based on Multi-cue Facial Information," ICCA 2007, pp1775 - 1778, May 30-June 1, 2007.
- [10] W.M.K.W.M. Khairofaizal, A.J. Nor'aini, "Eyes detection in facial images using Circular Hough Transform," CSPA 2009, pp238 - 242, March 6-8, 2009.
- [11] I.K. Kallel, D.S. Masmoudi, N. Derbel, "Fast pupil location for better iris detection," SSD '09, pp1-6, Mar. 23-26, 2009.
- [12] A. Basit, M.Y. Javed, S. Masood, "Non-circular pupil localization in iris images," ICET 2008, pp228-231, Oct. 18-19, 2008.
- [13] Y. Ebisawa, "Robust pupil detection by image difference with positional compensation," VECIMS '09, pp143-148, May 11-13, 2009.
- [14] M.H. Sigari, "Driver Hypo-vigilance Detection Based on Eyelid Behavior," CAPR '09, pp426 - 429, Feb. 4-6, 2009.
- [15] Guangyuan Zhang, Bo Cheng, Ruijia Feng, Xibo Zhang, "A Real-Time Adaptive Learning Method for Driver Eye Detection," DICTA '08, pp300-304, Dec. 1-3, 2008.
- [16] P.R. Tabrizi, R.A. Zoroofi, "Open/Closed Eye Analysis for Drowsiness Detection," IPTA 2008, pp1-7, Nov. 23-26, 2008.

### 저자소개



문 봉 회

1992년 2월 :

서울대학교 전산과학과 이학박사

1985년 3월 ~ :

숙명여자대학교 정보과학부 교수

관심분야 : 컴퓨터구조, 임베디드시스

템, 웹 시스템