

히스토그램 분석을 이용한 눈썹 검출 알고리즘

이 강 호*

Eyebrow Detection Algorithm Using the Histogram Analysis

Kang-ho Lee*

요 약

본 논문은 얼굴 요소 중 눈썹을 검출하기 위한 기법으로, 눈썹은 얼굴 인식이나 표정 인식, 얼굴 애니메이션에 중요한 역할을 하는 요소이다. 색상 영역 분할을 통해 얼굴 영역을 검출한 다음, 형판 정합(template matching)을 통해 눈을 검출한다. 눈썹은 눈 바로 위에 위치하므로 검출된 눈의 위치 값을 이용하여 눈썹 후보 영역을 설정한다. 이렇게 설정된 눈썹 후보 영역에서 휘도(luminance) 성분의 히스토그램을 구한 다음, 이 히스토그램을 이용하여 thresholding 기법으로 눈썹을 검출한다. 일반적으로 이런 히스토그램은 하나의 bin을 갖는 peak나 valley가 무수히 많아 threshold 값을 결정하는데 어려움이 있다. 이런 어려움을 극복하고 좀더 쉽게 threshold 값을 찾기 위해 이런 peak나 valley를 제거해 히스토그램을 변형한다. 제안된 알고리즘은 얼굴 영역 검출부, 얼굴 요소 검출부, 그리고 FCP 추출부 등의 세 부분으로 구성되어있다.

Abstract

In this paper, I proposed a eyebrow detection algorithm in human face, that is important element in facial recognition. The proposed algorithm consists of four processes: face region detection using color region segmentation, eye detection by template matching, eyebrow candidate region detection in detected eye region, and eyebrow detection by thresholding using the modified histogram that gets luminance value in the candidate region. The test results show that the proposed algorithm can detect eyebrow region very effectively in facial image.

* 송호대학 정보산업계열 부교수

검출을 위한 순서도를 보여주고 있다.

I. 서론

의사전달 수단으로 문자, 말과 더불어 사람의 손짓, 몸짓, 얼굴 표정 등도 중요한 역할을 하고 있다. 따라서 이들을 통하여 상대방의 의사를 인식하려는 연구가 활발히 진행되고 있다 [1].

인간의 얼굴 영상은 복잡하고 보는 각도 및 조명 등에 따라 수시로 변하기 때문에 처리가 매우 까다롭다. 이런 어려움 때문에 얼굴 특징점을 추출하는 기존 방법들은 많은 처리시간을 필요로 하고 별도의 하드웨어적인 장치를 사용했다[2]. 이런 하드웨어는 피실험자에게 부자유스러움과 심리적 부담을 주게 된다. 이에 반해, 본 논문에서 제안하는 변형된 히스토그램을 이용한 눈썹 검출 기법에 의한 눈썹 검출은 피실험자의 눈썹을 카메라 영상을 통하여 검출하기 때문에 부자유스러운 제약을 요구하지 않는다.

눈썹을 검출하기 위해 기존의 방법들은 형판 정합(template matching)을 주로 이용하는데 형판 정합은 대략적인 눈썹 영역을 검출할 수 있으나 정확한 모양 정보를 얻을 수 없다. 또한 대상 인물의 얼굴 크기, 눈썹간의 거리 등이 다양하게 변하기 때문에 대상 인물에 맞는 형판을 만들기 어렵다. 얼굴 특징점을 추출하기 위해서는 정확한 눈썹 모양을 알아야 하므로 형판 정합에 의한 눈썹 검출은 적합하지 않다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 우선 얼굴 영역을 색상 영역 분할로 배경과 얼굴을 분리한 다음, 분리된 얼굴 영역 내에서 형판 정합을 통해 눈을 검출한다. 검출된 눈의 위치 값을 이용하여 눈썹 후보 영역을 설정한 다음, 이 후보 영역에서 휘도 성분의 히스토그램을 이용하여 눈썹을 검출한다. 따라서 대상 인물의 얼굴 크기나 눈썹간의 거리 등에 크게 구애를 받지 않는다.

제안된 알고리즘은 입력 영상에서 색상 영역 분할을 이용하여 얼굴 영역을 검출하는 단계, 검출된 얼굴 영역 내에서 눈을 검출하는 단계, 그리고 이렇게 검출된 눈의 위치 값을 이용하여 눈썹 후보 영역을 설정한 다음, 변형된 히스토그램을 이용한 thresholding 기법을 이용하여 눈썹을 검출하는 단계로 구성되어 있다. 그림 1.은 눈썹

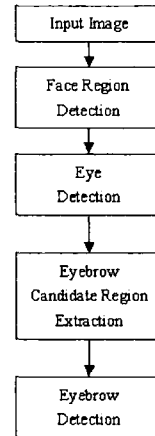


그림 1. 눈썹 검출을 위한 순서도
Fig 1. Flowchart for Eyebrow Detection

II. 얼굴 영역 검출

얼굴 영역의 검출은 얼굴인식이나 표정 인식, 얼굴의 특징점 추출을 위한 전처리 단계로 이해할 수 있는데, 얼굴 영역을 검출하기 위한 방법으로는 크게 얼굴 형판(template)을 이용하는 방법과 색상 정보를 이용하는 방법이 있다. 얼굴 형판을 이용한 방법은 얼굴 특징에 대한 대표적인 형판을 작성하여 입력영상에 대해 형판과 매칭시킨 후 가장 유사한 모양의 특징영역을 찾아내는 방법으로 얼굴의 크기와 모양이 다양하기 때문에 대표성을 부여하기가 어려운 단점을 가지고 있다[3-5]. 색상 정보를 이용하는 방법은 얼굴 피부색과 특정 영역의 색상차를 이용해서 특징 영역을 찾아내는 방법으로 간단히 색상정보를 비교함으로써 얼굴 영역을 분리할 수 있다[6-7, 9].

본 논문에서 사용된 얼굴 영역 검출 기법은 색상 정보를 이용하는 방법이다. 얼굴 피부색은 제한된 색 범위 내에 분포하므로 얼굴 영역은 얼굴 피부색을 나타내는 색을 이용하여 영역을 추출함으로써 검출된다[7]. YCbCr 색상 공간은 색상의 명암도가 Y라는 휘도(luminance) 값에 의해 나타나고 색상 정보를 가지고 있는 Cb와 Cr의

색차 (chrominance) 값은 명암 정보가 들어있지 않으므로 조명에 영향을 받지 않고, 피부색 범위를 효과적으로 찾아낼 수 있다. YCbCr 값은 RGB 값으로부터 다음 식을 이용하여 변환된다.

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.169 & 0.331 & 0.500 \\ 0.500 & -0.419 & -0.081 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

얼굴 피부색을 나타내는 Cb 과 Cr 값의 범위는 각각 [77 127] 과 [133 173] 이다. 얼굴 영역을 검출할 때 색상 정보만 사용하기 때문에, 단순히 입력 영상의 색차 성분을 비교함으로써 영역 분할을 할 수 있다. 입력 영상이 $M \times N$ 의 영상 해상도를 가질 때, 색상 영역 분할은 다음 수식에 의해 수행된다.

$$f_{CS}(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } (133 \leq Cr(x, y) \leq 173) \cap (77 \leq Cb(x, y) \leq 127) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

여기서 $x=0, \dots, M-1$ 이고 $y=0, \dots, N-1$ 일 때, $f_{CS}(x, y)$ 는 색상 영역 분할 결과로 그림 2.에 결과 영상을 보여주고 있다.



(a)원 영상 (b)색상 영역 분할 영상

그림 2. 색상 영역 분할
Fig 2. Color region Segmentation

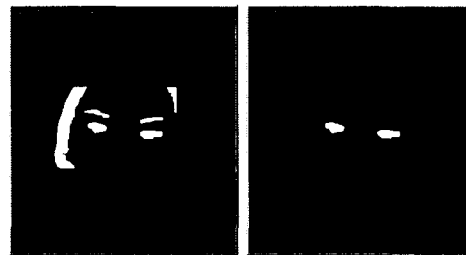
III. 눈 검출

눈은 검출된 얼굴 영역 내에서 형판정합 (template

matching)을 이용하여 검출한다. 형판정합의 결과 많은 눈 후보 영역이 나타나는데 일반적으로 두 눈은 얼굴 영역의 상위 부분에 위치하고, 좌우대칭형이며, 눈과 눈썹이 동시에 검출될 경우 눈은 눈썹 바로 밑에 위치한다. 이런 기하학적 구조를 이용하면 눈 후보 영역을 축소할 수 있어 정확한 눈을 검출할 수 있다[8]. 그림 3.에 눈 검출 과정을 보여주고 있다.



(a)원 영상 (b)색상 분할 영



(c)형판 정합 결과 (d)최종 눈 검출 결과

그림 3. 눈 검출
Fig 3. Eye region Detection

IV. 눈썹 검출

눈썹은 눈 바로 위에 위치하므로 눈썹 후보 영역은 검출된 눈에 의해 결정된다. 눈과 눈썹 후보 영역 사이는 눈 영역의 높이의 1/4만큼 거리를 두고 눈썹 후보 영역의 높이는 눈 영역의 높이의 1.5배로 한다. 눈썹 후보 영역의 너비는 눈 영역의 너비에 좌우로 각각 눈 영역의 너비의 1/2만큼씩 늘린다. 눈의 높이가 너무 작을 경우에 대비해 눈썹 후보 영역의 최소 높이와 너비는 각각 20, 30 화소로 정한다. 좌측 눈 영역의 x 좌표 값의 범위가

(LEleft LEright)이고 y 좌표 값의 범위가 (LEtop LEbottom)일 경우, 좌측 눈썹 후보 영역의 x 좌표 값의 범위인 (LEbleft LEbright)와 y 좌표 값의 범위인 (LEbtop LEbbottom)는 다음 수식을 이용하여 결정한다.

$$\begin{aligned}LEb_{left} &= LE_{left} - 0.5 \times LE_{width} \\LEb_{right} &= LE_{right} + 0.5 \times LE_{width} \\LEb_{top} &= LE_{top} - 1.5 \times LE_{height} \\LEb_{bottom} &= LE_{top} - 0.25 \times LE_{height}\end{aligned}$$

여기서, $LE_{width} = LE_{right} - LE_{left} + 1$ $LE_{height} = LE_{bottom} - LE_{top} + 1$ 이다.

우측 눈썹도 같은 방법으로 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}REb_{left} &= RE_{right} - 0.5 \times RE_{width} \\REb_{right} &= RE_{right} + 0.5 \times RE_{width} \\REb_{top} &= RE_{top} - 1.5 \times RE_{height} \\REb_{bottom} &= RE_{top} - 0.25 \times RE_{height}\end{aligned}$$

여기서, $RE_{width} = RE_{right} - RE_{left} + 1$ $RE_{height} = RE_{bottom} - RE_{top} + 1$ 이다.

눈썹후보 영역 내에서, 눈썹은 휘도 성분의 히스토그램을 이용한 thresholding 기법을 이용하여 검출한다.

$$f_{Eyebrow}(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } (Y(x, y) > th_{histo}) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

여기서 $f_{Eyebrow}(x, y)$ 는 휘도 성분의 히스토그램을 이용한 thresholding 결과이고 th_{histo} 는 threshold 값이다.

일반적인 히스토그램은 단지 하나의 bin을 갖는 많은 수의 peak들과 valley들을 가지고 있어 threshold 값 결정을 어렵게 만든다. 그러나 제안된 알고리즘은 peak들과 valley들이 제거된 수정된 히스토그램을 이용한다. Peak는 각 bin에 대해 그 bin의 값이 전후 bin의 값보다 클 경우 이 bin의 값을 전후 bin 중 큰 값을 가지는 bin의 값으로 대체하고 valley도 비슷한 방법으로 각

bin에 대해 그 bin의 값이 전후 bin의 값보다 작은 경우 이를 전후 bin 중 작은 값을 가지는 bin의 값으로 대체함으로써 제거될 수 있다. 그림 4.에 그 과정을 보여주고 있다.

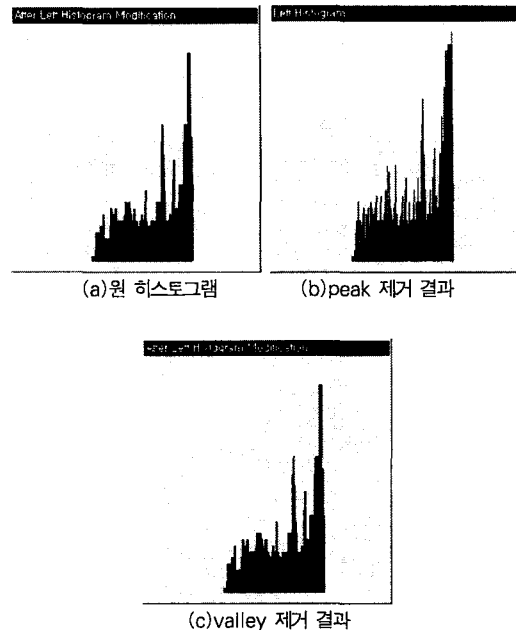


그림 4. 히스토그램 수정
Fig 4. Modified Histogram

검출될 눈썹 영역은 후보 영역의 전체 면적의 20%에서 50%를 차지한다고 가정하면, threshold 값은 휘도 성분의 누적 히스토그램이 후보 영역의 전체 면적의 20%가 되는 bin을 lower bound로, 50%가 되는 bin을 upper bound로 하는 제한된 범위 내에서 검출된다. 제안된 알고리즘에서는 제한된 범위 내에서 수정된 히스토그램의 최소값을 가지는 bin을 threshold 값으로 이용한다

$$th_{histo} = \min h(i), \text{ for } lower_bound \leq i \leq upper_bound$$

여기서 $h(i)$ 는 눈썹 후보 영역의 휘도 성분의 히스토그램을 나타내고, $lower-bound$ 는 휘도 성분의 누적 히스토그램이 후보 영역의 전체 면적의 20%가 되는 bin이고 $upper-bound$ 는 50%가 되는 bin으로 그림 5.에 나타나 있다.

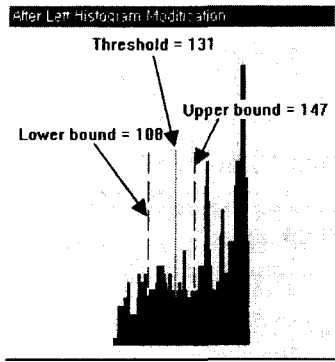


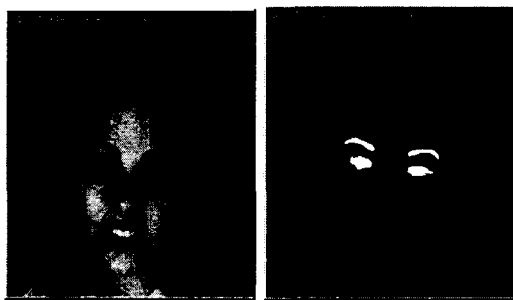
그림 5. threshold 값 검출
Fig 5. Detection of Threshold Value

V. 실험 결과 및 분석

입력 영상은 어깨 이상의 안경을 끼지 않은 정면 얼굴을 포함하고 있는 영상으로 영상 내에 하나의 얼굴만 존재해야 하며 배경은 단순해야 한다.

이 실험에 사용된 환경은 PeniumIII-750, 128M 의 PC 이고, 시스템 구현은 Visual C++ 6.0을 사용하였다. 입력 영상은 97년도 Miss America 영상으로 288(352의 칼라 영상을 사용하였다.

그림 6은 결정된 threshold 값을 이용한 눈썹 검출 결과를 보여주고 있다.



(a)검출된 눈과 눈썹영역 (b)검출된 눈과 눈썹 클러스터

그림 6. 눈썹 검출
Fig 6. Eyebrow Detection

그러나 일부 영상에선 눈썹을 검출할 때 잘못된 영역

이 포함되는 현상이 발생했다. 그 원인은 휘도 성분의 눈썹을 검출할 때 히스토그램을 이용하여 thresholding을 취하기 때문에 얼굴 영역 중 좌측 눈썹의 경우는 좌측 끝부분의, 우측 눈썹의 경우는 우측 끝부분의 어두운 얼굴 부분이 또는 머리카락의 일부가 포함되어서 눈썹으로 검출되었기 때문이다.

일반적으로 이런 잘못 검출된 부분은 그 두께가 눈썹 두께의 평균치보다 훨씬 두껍기 때문에 갑자기 두꺼워지는 부분을 찾아 이 부분을 제거하면 해결될 수 있다. 그림 7.에 눈썹 검출 보완 전과 후의 눈썹 영역을 보여주고 있다.

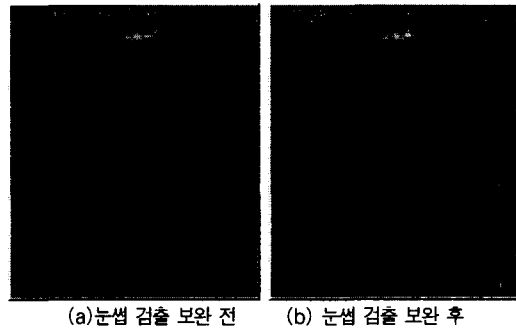


그림 7. 눈썹 검출 보완 전과 후
Fig 7. Modified Eyebrow Detection

VI. 결 론

제안된 알고리즘은 입력된 어깨 이상의 정면 얼굴 영상에서 색상 정보를 이용하여 얼굴 영역을 분리하였다.

검출된 얼굴 영역에서 형판 정합을 통해 눈 후보 영역을 검출하였으며 눈의 기하학적인 구조를 이용하여 눈 후보 영역을 축소하여 정확한 눈을 검출하였다.

검출된 눈의 위치 값과 얼굴의 기하학적인 구조를 이용하여 눈썹의 후보 영역을 추정하였다. 추정된 후보 영역에서 휘도 성분의 히스토그램을 이용하여 검출하였다.

눈썹 검출을 위해 thresholding을 취할 때 threshold 값을 찾기 용이하게 하기위해 휘도 성분의 히스토그램에서 하나의 bin을 갖는 peak나 valley들을 제거함으로써 히

스토그램을 수정하였다. 눈썹은 눈썹 후보 영역의 최소 20%, 최대 50%의 면적을 차지한다고 가정하여, 이렇게 수정된 히스토그램에서 누적 히스토그램이 전체 눈썹 후보 영역의 20%인 bin을 lower boundary로, 50%인 bin을 upper boundary로 하여 이 사이에서 가장 작은 값을 갖는 bin을 threshold 값으로 설정하여 thresholding을 수행하였다.

이때 눈썹 근처의 얼굴 영역 중 어두운 부분이나 머리 카락등이 눈썹 영역에 포함되어 잘못된 눈썹 영역이 검출될 수 있는데 눈썹의 두께가 갑자기 두꺼워지는 부분을 찾아 이 부분을 제거함으로써 눈썹 영역을 보정하였다.

향후 연구 계획으로 눈썹 뿐만 아니라 얼굴 요소 중 중요한 역할을 하는 요소로 입이 있는데 입을 검출하기 위한 연구도 진행할 예정이다.

참고문헌

- [1] R. Chellappa, C. H. Wilson, S. Sirohey, "Human and Machine Recognition of Faces : A Survey", Proc. of the IEEE, Vol. 83, No. 5, pp. 705-740, 1995.
- [2] Y. H. Han, S. H. Hong, "Recognizing Human Facial Expressions and Gesture from Image Sequence", Journal of Biomedical Engineering Research, Vol.20, No.4, pp.419-425, August 1999.
- [3] Roberto Brunelli and Tomaso Poggio, "Face Recognition : Feature versus Templates", IEEE Trans. on PAMI, Vol. 15, No. 10, 1993.
- [4] I. Craw, H. Ellis, and J. Lishman, "Automatic extraction of face features", Pattern Recognition Lett., Vol. 5, pp. 183-187, 1987.
- [5] V. Govindaraju, S. N. Srihari, and D. B. Sher, "A computational model for face location", Proc. 3rd Int. Conf. on Computer Vision, pp. 718-721, 1990.
- [6] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley, 1992.
- [7] D. Chai and K. N. Ngan, "Face Segmentation Using Skin-color Map in Videophone Application", IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Tech, pp. 551-564, June 1999.
- [8] Ho-Sub Yoon, Min Wang, and Byung-Woo Min, "Skew Correction of Face Image Using Eye Components Extraction", The Journal of the Korea Institute of Telematics and Electronics, Vol.33-B, No.12, pp. 71-83, December 1996.
- [9] Tae-Woong Yoo and Il-Seok Oh, "Extraction of Face Regions based on Chromatic Distribution Information", The Journal of Korea Information Science Society (B), Vol. 24, No. 2, pp. 180-192, February 1997.

저자소개



이강호

송호대학 정보산업계열 부교수