

스테레오와 컬러 정보를 이용한 얼굴검출 시스템

이호, 김동성

승실대학교 정보통신전자공학부

Face Detection system using stereo and color

Ho Lee, Dongsung Kim

School of Electronic Engineering, Soongsil Univ.
angelho@iul.ssu.ac.kr

ABSTRACT

본 논문에서 얼굴 검출의 목적은 화상회의나 현금 자동 인출기 같이 복잡한 배경에서 압축이나 인식, 인증 등의 처리를 위해서 한 사람의 얼굴을 검출하는 데에 있다. 본 논문에서는 이러한 얼굴 검출 방법으로 스테레오와 컬러 정보를 이용한 방법을 제안하고자 한다. 제안된 방법은 크게 두 단계로 나눌 수 있는데 첫번째 단계는 스테레오 영상으로 두개 영상의 차영상을 구해 깊이 정보를 이용하여 얼굴의 영역이 될만한 후보를 추출한다. 두번째 단계로는 후보들중에 크기가 큰 영역의 중심점에 영역성장을 하여서 얼굴 영역을 추출한다. 제안한 알고리즘을 사용한 결과 얼굴의 회전 및 표정 변화등에 관계없이 얼굴검출을 하였다.

1. 서론

멀티미디어 기술과 인터넷의 발달을 통해 전자상거래와 같은 신개념들이 나타났지만 편리하다는 장점 이면에 인증 과정과 관련된 보안 문제가 심각하게 대두되었다. 현재까지 사용되고 있는 인증 과정은 대부분 비밀 번호와 같은 개인 정보에 의한 방법이 사용되었는데 그 결과는 불확실할 뿐만 아니라 개인 정보가 유출될 수 있다는 단점을 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 얼굴, 음성, 지문과 같은 신체적인 특징을 이용하는 방법들이 활발하게 연구되어져 왔다.[1] 그 중에서도 특별한 장비나 시스템 구축이 필요없는 얼굴인식에 대한 연구가 시급히 필요할 때이다. 얼굴인식은 단순 또는 복잡한 배경으로부터 얼굴영역을 찾아, 찾아진 얼굴의 정규화 및 인식단계로 볼 수있다. 그러므로 얼굴영

역 탐색은 얼굴인식을 위해서 반드시 선행되어야 하는 과정이라 할 수 있다.

기존에 제한된 얼굴 탐색 시스템[2]은 모양 기반 시스템(Shape based system), 특징 기반 시스템(Feature based system), 패턴 기반 시스템(Pattern based system), 움직임 기반 시스템(Motion based system) 등으로 나눌수 있다. 모양 기반 시스템은 얼굴마다 모양의 변화가 매우 크기 때문에 복잡한 배경을 가진 영상의 경우 얼굴영역의 탐색이 어렵다. 특징 기반 시스템은 특징인 눈, 코, 입 등의 서로간의 상대위치가 고정되어 있다는 것을 이용하는 방법으로 얼굴의 방향변화 등에 효과적으로 대처할 수 있으나 얼굴의 표정 변화와 조명의 변화에 대해 민감한 단점을 가지고 있다. 패턴 기반 시스템에는 신경망이나 영역의 질감 패턴을 이용하는 방법이 있는데 비교적 좋은 성능을 보이나 영상 상태 변화에 따른 알고리즘의 일반화가 어렵다는 단점이 있다. 움직임 기반 시스템은 차영상으로 얼굴영역을 쉽게 찾을 수 있으나 거의 운동이 없는 화상회의(video conference)나 현금 자동인출기 등에서는 사용이 어렵다. 이런 모든 방법들은 얼굴의 크기 및 방향의 변화, 안경등의 이물질 부착여부, 조명 및 배경의 변화등에 따라 영향을 많이 받게 된다.

본 논문에서는 이러한 어려움을 해결하기 위해 스테레오와 컬러 정보를 이용하여 강인하며 능률적인 얼굴 검출 방법을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 두 대의 카메라에서 스테레오 영상을 정합 시키는 알고리즘과 얼굴 영역 추출 알고리즘에 대해 소개한다. 3절에서는 모의 실험결과를 통해 얼굴 영역 추출 알고리즘을 적용했다. 끝으로 4절에서는 결론 및 향후개선방향에 대해 설명하였다.

2. 본론

본 논문에서 제안하는 얼굴 검출 방법은 두 대의 카메라를 사용하여 스테레오로 획득된 영상들로부터 차영상을 계산하고, 구해진 차 영상의 깊이 정보를 추출한 뒤 여기에 영역 확장법[5]을 적용하여 얼굴 영역을 분할한다. 마지막으로 모폴로지 기법을 통하여 배경의 잔상 및 얼굴 영역 중 분할되지 않은 작은 영역들을 처리하여 최종적인 얼굴 영역을 검출한다. 그림 1은 스테레오와 컬러정보를 이용한 얼굴검출 시스템의 전체 흐름도이다.

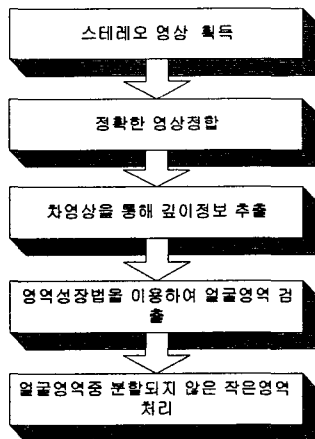


그림 1. 전체 흐름도

2.1 스테레오 영상 정합 알고리즘

이 장에서는 스테레오 영상을 정합시키는 알고리즘[6]에 대해 소개한다. 스테레오로 획득된 두 영상의 차영상으로부터 정확한 깊이 정보를 얻기 위해서는 카메라 calibration과 두 개의 영상간의 정합(matching)이 필요하다. 하지만 이 두 가지 문제를 해결하는 것은 매우 어려울 뿐만 아니라 많은 계산량을 필요로 한다. 이런 이유로 본 논문에서는 스테레오 영상을 캡처하기 위해 그림 2에서와 같이 두 대의 카메라의 방향이 평행이 되게 하고 초점은 얼굴에 주어 대략 일치시킨다. 이때 두 대의 카메라와 배경과의 거리는 2m거리를 두었고, 얼굴과의 거리는 80cm의 거리를 두었다.

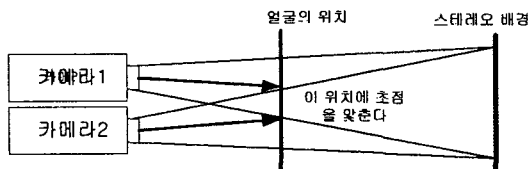


그림 2. 스테레오 영상 획득 방법

대략 일치시킨 스테레오 영상을 보다 정확히 일치시키기 위해 그림 3에서 같이 한쪽의 영상을 기준으로 블록을 잡은 상태에서 또 다른 영상에서 어느 범위 정도 하에 블록을 잡았다. 본 논문에서는 블록을 10×10으로 잡았고, 범위는 -10에서 10까지 안에서 블록을 이동시켰다. 기준으로 잡은 영상에서 블록의 합을 구한 뒤에, 범위를 두고 움직이는 또다른 영상의 블록들의 합들을 구해, 각각의 합의 차가 가장 작은 값에 정합하였다.

12	10	11	8	9	12
11	11	9	8	10	12
10	10	6	12	11	9
9	11	10	9	9	8
13	6	7	10	10	11
10	8	9	11	8	9

(a)

11	8	9	11	12	15
9	7	10	10	9	14
10	9	8	9	8	9
7	9	11	13	11	9
11	11	10	9	9	10
8	10	18	14	9	10

(b)

그림 3. 스테레오 영상 정합 알고리즘

(a)한 영상의 기준블록 설정

(b)다른 영상에서 정해진 범위안에서 블록의 이동

2.2 얼굴영역 검출 알고리즘

일반적인 얼굴 검출 방법은 얼굴 인식의 선 처리 단계로 수행이 되기 때문에, 정확한 윤곽선의 탐색보다는, 적은 비용을 이용한 빠른 탐색기법이 적합하다. 이러한 이유로, 본 논문의 얼굴 검출에서는 정확한 깊이정보 보다는 배경과 구별되는 대략적인 얼굴영역을 검출하는 것이 중요한 의미를 갖게 되므로, 영상의 averaging을 이용하여 blurring 효과를 주고, 이로부터 두 영상의 차영상을 구하여 대략적인 깊이 정보를 복원하였다. 하지만 움직이는 배경 역시 차영상에서 검출된다. 정확한 얼굴영역의 검출과 거짓얼굴의 영역의 제거를 위해서 색정보를 이용한 얼굴영역검출을 한다.

이 장에서는 본 논문에서 제안한 얼굴 영역 추출에 대한 알고리즘을 소개한다. 먼저 밝기 값에 비교적 강인하도록 컬러는 HSV로 변환하여 사용하였다.

스테레오 입력영상의 RGB형태의 데이터를 HSV로 변환[3]하였다. HSV는 Hue, Saturation, Value를 나타내고, HSV변환 식은 다음과 같다.

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G)+(R-B)]}{[(R-G)^2+(R-B)(G-B)]^{\frac{1}{2}}} \right\}$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R,G,B)]$$

$$V = \frac{1}{3}(R+G+B)$$

HSV로 변환된 두 스테레오 영상을 주위 Pixel간의

averaging을 이용하여 blurring 효과를 내어 오차를 줄이도록 했다.

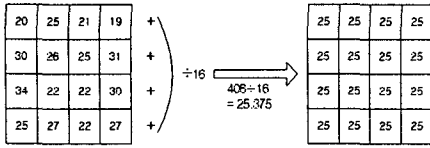


그림 4. averaging 방법

averaging된 두 스테레오 영상의 차영상을 구해 깊이 정보를 추출한다. 두 프레임간의 명도만을 가지고 두 영상간의 차영상을 구했고, 이 때, 얼굴은 카메라와 가까이 있고 다른 배경은 상대적으로 멀리 있기 때문에 대략의 얼굴영역은 차영상에서 검출된다. 구한 차영상에서 깊이정보를 추출하였다. 본 논문에서는 배경과 구별되는 대략적인 얼굴영역을 검출하는 것이 중요한 의미를 갖게 되므로, 얼굴영역을 보다 더 잘 추출하기 위해 깊이정보를 10이상인 값을 뽑아낸 결과가 그림 5(c)의 영상이다.

$$f_{Depth}(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } Depth \geq 10 \\ 0 & \text{if } Depth < 10 \end{cases}$$

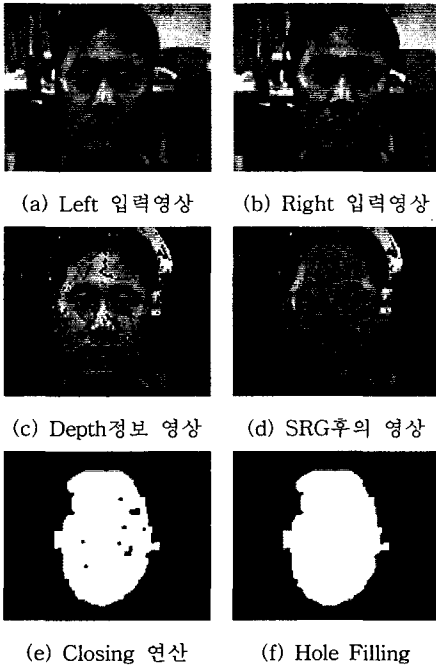


그림 5. 얼굴검출 과정

깊이정보를 통해 얻어진 얼굴영역 후보들 중에 색정보를 이용하는 영역성장법을 적용한다. 깊이정보가 크고,

블록이 큰 영역에 씨앗점(Seed)을 주어 연결된 영역을 구한다. 이때, 깊이정보로 얻어진 영역중 색깔정보를 만족하는 부분을 씨앗성장법으로 얻었기 때문에 얼굴 이외의 부분이 제거되어 얼굴을 검출해 낸다. 영역 성장법(Seed Region Growing)[5]은 초기에 씨앗점을 주어 그 씨앗점과 주위의 pixel간의 차가 임계값을 만족하는 pixel로 확대해 나가는 방법이다. 영역 성장법을 사용하여 나온 결과가 그림 5(d)이다.

$$f_{srg}(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } |Seed - Neighbor| \leq 60 \\ 0 & \text{if } |Seed - Neighbor| > 60 \end{cases}$$

영역 성장법을 통해 얻어진 얼굴영역 중에는 포함되지 않는 영역들을 채우기 위해서 모폴로지 필터중에 Dilation이 먼저 일어나고 Erosion으로 원 영상으로 복원되는 Closing 연산을 적용하였다. 모폴로지 필터는 최 외각선의 한 픽셀을 빼거나 더하는 작업이다. Closing 연산후의 결과가 그림 5(e)이다.

Closing 연산을 한 후에 connected component가 큰 얼굴영역 내부에 빈(hole) 영역이 추출되는데, 이것을 채워주기 위해 Hole filling 방법을 이용하였다. 이 방법은 얼굴영역 connected component를 1로 주고, 이의 바깥 경계를 이용하여 polygon을 만들고, 다른 connected component의 한 점을 선택하여 이점이 얼굴영역 외부에 있으면 0으로, 내부에 있으면 같은 얼굴요소로 보고 1로 두었다. Hole filling한 결과가 그림 5(f)이다.

이런 모든 과정을 AND연산을 거쳐 얼굴영역을 최종 검출한 영상이 그림 6과 같다.

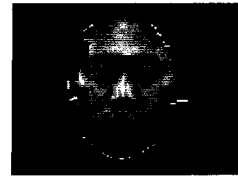


그림 6. 얼굴 영역 검출

3. 실험 결과

실험에 사용된 영상은 모두 640×480 크기의 칼라영상으로 복잡한 배경에 얼굴의 회전변화가 정면, 좌우 회전, 상하 회전이 존재하는 5종류의 총 100장의 영상을 사용하였다. 실험 영상 중 20장은 안경을 착용한 영상을 포함하였다. 실험환경은 두 대의 Sony 711 CCD 카메라와 Matrox meteor 프레임 그래버를 장착한 펜티엄 III 450 PC 상에서 구현되었다. 영상획득과 얼굴 검출은 Visual C++ 6.0을 사용하여 구현하였다. 결과값이 눈, 코, 입이 검출되면 성공으로 인정하였고, 머리가 검출될때는 실패로 하였다. 실험 결과치는 [표1]에 정리하였고, 검출 성공 결과영상은 그림 7에, 실패영상은 그림

8에 나타내었다.

	총영상수		검출성공		검출실패	
	남	여	남	여	남	여
개 수	70	30	66	29	3	2
백분율(%)	100		95		5	

표 1. 실험 결과

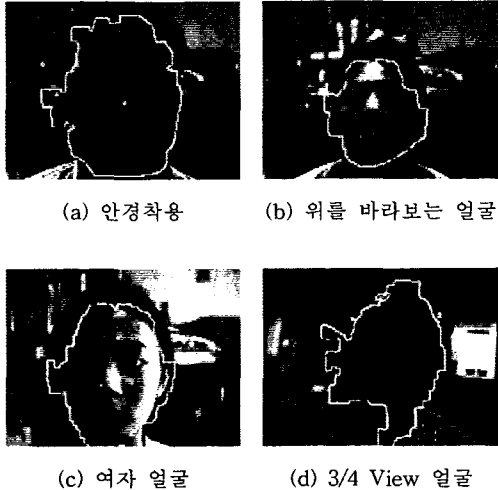
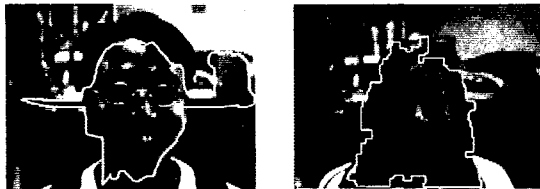


그림 7. 얼굴영역 검출 성공결과

총 100개의 실험데이터 중 얼굴영역 탐색에 성공한 영상 수는 95장, 실패한 영상 수는 5개로 95%의 성공률을 보였다. 검출시간은 1초 이내의 시간이 걸렸으며, 95%의 검출 성공률을 나타냈다. 그림 7에서 얼굴의 회전의 변화에도 눈, 코, 입이 있는 얼굴영역 탐색이 가능함을 보여주며, 안경을 착용한 경우에도 가능함을 볼 수 있다. 그림 8은 얼굴검출 실패한 영상으로 (a)는 영상간의 정합이 제대로 이루어지지 않아 깊이정보의 오검출로 인한 경우이고 (b)는 갈색으로 염색한 머리 때문에 오검출을 하였다



(a)영상정합이 안된상태 (b) 머리까지 검출

그림 8. 얼굴영역 검출 실패결과

4. 결론 및 향후 개선 방향

본 논문에서는 스테레오 영상으로 두 개 영상의 차영상을 구해 깊이정보를 이용하여 얼굴의 영역이 될만한 후보를 추출하고, 후보들중에 크기가 큰 영역의 중심점에 영역성장을 하여 얼굴 영역을 추출하는 방법을 제안했다. 이 방법은 빠른 시간내에 얼굴의 회전 및 표정변화에 관계없이 얼굴영역을 검출하는데 안정된 결과를 얻을수 있음이 실험을 통해 증명되었다. 그러나, 두 개의 영상간의 정합이 안된 상태에서는 얼굴영역검출에 어려움이 있었다.

성능향상을 위해 오검출의 대부분이 되는 두 대 카메라간의 정합의 개선이 필요하며 앞으로는 영상내의 복수 인물도 검출이 가능하도록 하는 연구와 보다 정확한 실험을 위해 많은 수의 데이터베이스에 대하여 실험할 필요가 있다.

5. 참고문헌

- [1] 이성환, 이미숙 "얼굴 영상 인식 기술의 연구 현황," 전자공학회지 제 23권 제6호, pp.80-94, 6월, 1996.
- [2] Rama Chellappa, "Human and Machine Recognition of Face : A Survey," Proceedings of IEEE, Vol. 83, pp.704-740, No.5, May 1995.
- [3] Q. B. Sun, W. M. Huang and J. K. Wuosm, "Face Detection Based on Color and Local Symmetry Information," International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp.130-135, 1998
- [4] J. Cai, A. Goshtasby, "Detecting human faces in color images," Image and Vision Computing, Vol. 18, pp. 63-75, 1999
- [5] R. Adams and L. Bischof, "Seed Region Growing," IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence, Vol. 16, No. 6, pp. 641-647, June. 1994.
- [6] I. J. Cox, S. L. Hingorani and S.B. Rao, "A Maximum likelihood stereo algorithm," Computer Vision and Image Understanding, Vol.63, No. 3, pp. 542-567, May. 1996.