

# 워터셰드와 얼굴구조정보를 이용한 얼굴 및 얼굴구성요소 추출

조군정, 임문철, 김우생  
광운대학교 컴퓨터공학부  
e-mail: gjcho@cs.kwangwoon.ac.kr

## Extraction of Face and Features Using Watersheds and Face Structure Information

Goon-Jung Cho, Moon-Cheol Lim, Woo-Saeng Kim  
Dept of Computer Science, Kwang-Woon University

### 요약

얼굴영역 및 얼굴구성요소 추출은 얼굴을 구별하고 인식하거나 얼굴 데이터베이스로부터 원하는 얼굴을 검색하기 위하여 필요한 기술로 다양한 방법들이 연구되어 왔다. 본 연구에서는 배경이 복잡한 칼라 얼굴영상에서 워터셰드와 동적 피부색 범위로 얼굴후보영역을 선택한 후 각 영역내의 소영역들에 대한 칼라특성과 대칭정보를 분석하여 얼굴영역과 비얼굴영역을 구분함으로써 얼굴영역 및 얼굴구성요소를 추출하는 방법을 제안한다. 제안된 방법이 기존연구에 비해 피부색 배경영역에 의한 오류를 제거하고 정확성이 우수한 점을 실험결과로 제시하고 분석한다.

### 1. 서론

얼굴은 인간을 구별할 수 있는 중요한 특징 중의 하나로서 컴퓨터에 의한 얼굴인식 방법들이 다양하게 연구되어 왔다. 얼굴인식과 관련한 연구분야를 크게 분류해 보면 입력된 영상으로부터 얼굴 영역을 추출하기 위한 연구, 눈과 입 등의 얼굴구성요소 추출에 관한 연구, 얼굴영상을 해석하여 영상 속의 사람을 식별하는 연구, 얼굴의 특정 부분들을 분석하여 그 사람의 표정을 알아내는 연구 등이 있다[1]. 이 중에서 얼굴영역 및 얼굴구성요소 추출방법은 얼굴을 인식하고 식별하는데 근간이 되는 기술로 다양한 연구가 계속되어 왔다. 형판정합(template matching) 및 타원적합(ellipse fitting) 등의 얼굴영역 추출방법은 주로 배경이 단순한 영상에서 사용되어온 대표적인 방법들이다. 이러한 방법들로 [2][3]은 명암도에 따른 얼굴 윤곽선에 타원이나 가변형판을 일치시켜 얼굴영역을 추출하였다. 그러나 이와 같은 방법들은 잡음에 민감하고 연산시간이 많이 소요되며 복잡한 배경에서 정확성이 결여되었다. 또한 Snakes 모델을 사용하는 방법으로 [4][5]는 내부에너지, 영상에너지, 외부에너지 등의 에너지 함수를 사용하여 얼굴 윤곽선에 스네이크를 적합화한다. 그러나, Snakes 모델을 사용하여 윤곽선을 표현하기 위해서는 초기위치를 사용자가 입력하는 형태로 이루어짐으로 초기화 작업에 어려움이 따른다. 이 외에도 피부색 및 얼굴특성 정보를 이용한 방법으로 [6][7]은 RGB, HSI, YIQ 칼라모델을 이용하여 피부색 범위를 설정하여 얼굴영역을 추출하지만 각 칼라모델의 색상 성분에 대한 최적의 피부색 구간을 설

정하기가 어렵고 피부색과 비슷한 배경이 얼굴영역으로 잘못 추출될 수도 있다.

본 논문에서는 입력된 칼라 얼굴영상에 워터셰드 방법과 동적으로 결정된 HVC 피부색 범위를 이용하여 얼굴후보영역을 추출한 후 국부적 투영과 얼굴구성요소의 위치관계에 의해 얼굴영역과 비얼굴영역을 구분하여 얼굴과 얼굴구성요소를 추출하는 방법을 제안한다. 과분할을 최소화한 워터셰드 알고리즘은 합병에 소요되는 연산시간을 감소시킬 수 있으며 영상마다 피부색 범위가 동적으로 결정되기 때문에 영상획득 환경에 덜 민감하다. 또한, 피부색인 배경을 얼굴영역과 구분할 수 있기 때문에 복잡한 배경의 영상에서도 비교적 좋은 결과를 가져올 수 있었다.

본 논문의 구성은 2장에서 칼라 얼굴영상에 워터셰드와 동적 피부색 범위를 이용하여 얼굴후보영역을 선택하고 그 영역내의 국부적 소영역들에 대한 칼라특성과 위치관계를 분석하여 얼굴영역 및 얼굴구성요소를 추출하는 방법을 기술한다. 3장에서는 실험결과를 제시하고 분석하며 4장에서 결론을 맺는다.

### 2. 얼굴영역 추출

얼굴영역 및 얼굴구성요소 추출은 얼굴을 이해하고 해석하는데 필요한 작업이다. 본 장에서는 얼굴후보영역들을 선택한 후 얼굴구성요소를 감지하고 얼굴영역을 검출하는 방법을 기술한다.

#### 2.1 얼굴후보영역 선택

얼굴영상은 얼굴영역 이외에 배경영역들이 다수 존재할 수 있으며 이러한 영역들을 워터셰드 알고리즘에 의해 분할할 수 있다. 워터셰드 알고리즘에서 최초로 선택된 마커 수는 과분할 및 저분할에 직접적인 영향을 미치게 된다. 따라서 본 연구에서는 이와 같은 문제를 해결하기 위해 기울기 크기영상의 동시정보행렬(co-occurrence matrix)로 마커를 선택하고 마커로부터 담수영역을 채워나가는 워터셰드 알고리즘[8]을 사용하여 얼굴영상을 소수의 영역으로 분할한다. 우선 마커를 생성하기 위해 기울기크기에 대한 동시정보행렬을 구한다. 동시정보행렬에서 기울기크기 빈도수는 영상 내에서 비슷한 기울기크기를 가진 임의의 영역에 대한 인접성을 표현하며 그러한 정보는 대각선에 집중되어 나타난다. 따라서, 동시정보행렬의 대각선 빈도수를 그림 1과 같이 투영하여 빈도수가 평균이상을 차지하는 기울기크기를 수식 (1)에 의해 결정할 수 있다. 이러한 기울기크기를 가진 인접한 화소들은 배경이나 객체영역의 일부인 마커로 선택된다. 그림 1에서 수직축은 인접 화소들의 빈도수, 수평축은 인접해 있는 동일한 화소들의 기울기크기를 나타낸다.  $\mu_p$ 는 산술평균,  $\sigma_p$ 는 표준편차이다.

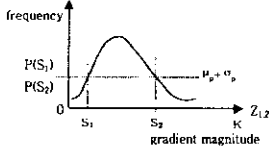


그림 1 동시정보행렬의 대각선 정보

$$P(i) \geq \mu_p + \sigma_p \dots\dots\dots(1)$$

$$(\mu_p = \frac{1}{k} \sum_{i=0}^k P(i), \sigma_p = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{i=0}^k [P(i) - \mu_p]^2})$$

위와 같이 선택된 각 마커들은 워터셰드 알고리즘에 의해 하나의 영역으로 확장되어 상호 구분된 영역들로 분할된다.

이러한 영역들은 얼굴영역과 서로 다른 배경영역들을 포함하고 있기 때문에 얼굴일 가능성이 있는 얼굴후보영역을 선택하기 위해 HVC 칼라모델[9]을 분석하고 피부색 범위를 결정한다. 기존의 고정 피부색 범위는 영상마다의 칼라특성으로 인하여 얼굴색상을 포함하지 못할 수도 있다. 따라서, 본 연구에서는 칼라특성이 서로 다른 영상에서도 적용이 가능하도록 고정 피부색 범위 내에서 새로운 동적 피부색 범위를 결정한다. 피부색 범위를 동적으로 결정하는 방법은 우선, H, V, C를 각 인자특성에 알맞게 히스토그램으로 표현한 후 고정 피부색 범위 내에서 평균 피부색을 선택하고 다음 수식 (2)을 만족하는 피부색 범위를 현재 영상에 의존적인 동적 피부색 범위로 결정한다.  $P(h)$ 와  $P(m)$ 는 고정범위  $j-i$  내에서 각각 피부색 빈도수와 피부색 빈도수에 대한 산술평균이다.

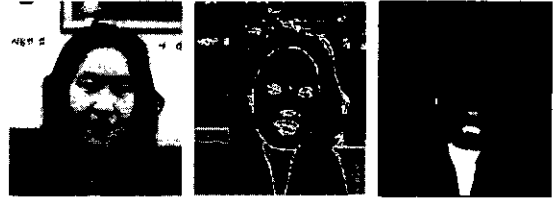
$$P(m) = \frac{\sum_{h=i}^j P(h)}{j-i} \dots\dots\dots(2)$$

미리 분할된 각 영역들은 동적 피부색 범위의 칼라 값을 가지는 화소의 수가 계산되며 다음 수식 (3)을 만족

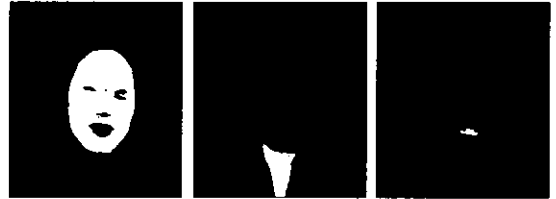
하는 영역들이 얼굴후보영역으로 선택된다.  $F_d$  skincolor는 동적 피부색 빈도수,  $F_{region}$ 은 각 영역의 총 화소 수,  $T$ 는 임계값이다.

$$\frac{F_d \text{ skincolor}}{F_{region}} > T \dots\dots\dots(3)$$

선택된 얼굴후보영역들을 면적의 크기 순으로 정렬하여 상위  $T_n$  개만을 선택한다. 그림 2는 워터셰드 알고리즘에 의해 분할된 영역들 중에서 HVC 칼라모델을 이용하여 선택된 얼굴후보영역들의 예이다. 그림 2의 (d)는 얼굴후보영역들 중에서 면적이 큰 3개의 영역들이다.



(a) 원영상 (b) 워터셰드분할 (c) 얼굴후보영역들



(d) 면적이 큰 얼굴후보영역들  
그림 2 워터셰드 분할 및 얼굴후보영역

2.2 얼굴영역 및 얼굴구성요소 추출

2.1절에서 선택된 얼굴후보영역은 하나 이상일 수 있으며 어느 영역이 얼굴인지를 알 수 없기 때문에 얼굴영역과 비얼굴영역을 구분하는 방법이 요구된다. 선택된 얼굴후보영역들 중에서 얼굴영역은 그 내부에 얼굴구성요소를 포함하고 있으며 비얼굴영역은 이러한 특징을 포함하고 있지 않다. 또한, 얼굴은 대칭이며 얼굴구성요소 중에서 입술과 눈은 칼라특성이 서로 다르다. 따라서, 우선 각 얼굴후보영역 내에 존재하는 소영역들을 추출한 후 소영역들에 대한 칼라특성과 위치관계를 조사하여 소영역들이 얼굴구성요소인지 판단한 후 얼굴영역을 결정한다. 소영역 추출은 그림 3과 같이 각 얼굴후보영역을 개별적으로 투영함으로써 결정할 수 있다. 각 얼굴후보영역의 국부적 범위 내에서 소영역들을 수평방향으로 투영한 후 수평위치를 결정하고 그 범위 내에서만 수직방향으로 투영하여 수직위치를 추출한다.

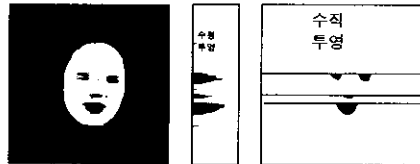


그림 3 소영역의 국부적 투영  
다음으로, 추출된 소영역들에 대한 칼라특성을 조사하

여 2.1절에서 사용한 고정범위에서 [hue > 0.7]인 화소가 가장 많은 영역을 입영역으로 추정한다. 이 영역의 중심을 지나는 수직선 좌우에 존재하고 위쪽에 위치한 영역들 중에서 수직선에 대칭을 이루는 화소들이 가장 많은 좌우 두 영역을 눈영역으로 추정한다. 이와 같이 추정된 입영역과 눈영역이 존재하는 얼굴후보영역을 얼굴영역으로 결정한다.

### 3. 실험결과 및 분석

본 연구에서 제안한 얼굴영역 및 얼굴구성요소 검출 방법에 대한 실험영상은 배경에 제한을 두지 않고 촬영한 일반 칼라 얼굴영상들이다.

그림 4는 원영상에서 검출된 얼굴구성요소와 얼굴영역 추출 실험결과를 보여주고 있다. 위터쉴드에 의해 분할된 얼굴영상은 얼굴영역 이외에도 머리와 여러 개의 배경영역으로 구분될 수 있으며 이렇게 분할된 영역들은 원영상에서 각각의 칼라특성을 가지고 있다. 2.1절의 고정 피부색 범위[0.4 ≤ hue ≤ 1.4, chroma ≥ 7.0]를 사용하여 동적 피부색 범위를 자동으로 계산한 후 임계값 T=0.5인 몇 개의 피부색영역들 만이 얼굴후보영역으로 결정되었으며 국부적 투영과 입영역 및 눈영역간의 위치관계를 통하여 최종적으로 얼굴영역 및 얼굴구성요소가 비교적 정확하게 추출되었다. 과분할을 줄인 위터쉴드 분할방법에 의해 얼굴영역이 매우 정확하고 세밀하게 분할되었으며 입과 눈영역 사이의 위치관계 및 대칭정보를 사용함으로써 얼굴후보영역들 중에서 피부색인 배경영역들이 제거되고 얼굴영역과 얼굴구성요소가 효과적으로 추출되었다는 점을 알 수 있다.



그림 4 얼굴구성요소 및 얼굴영역 추출결과

표 1은 복잡한 배경을 가진 100개의 칼라 얼굴영상에 대한 실험결과를 보여주고 있다. 턱과 경계가 불분명한 영상에서는 얼굴영역이 잘못 추출되었으며 코부분이 밝은 영상에서는 코영역을 추출하지 못한 경우가 많았다.

표 1 얼굴구성요소 및 얼굴영역 비율

실험영상 개수	얼굴영역 추출	얼굴구성요소 추출		
		눈	코	입
100	True	96	76	97
	False	4	34	3

### 4. 결론

본 연구에서는 위터쉴드와 동적피부색범위를 이용하여 얼굴후보영역을 추출한 후 국부적 투영과 얼굴구성요소간의 위치관계를 비교하여 얼굴영역 및 얼굴구성요소를 추출하는 방법을 제안하였다. 영상내의 모든 영역들을 정확하게 구분하기 위한 위터쉴드와 동적피부색범위에 의해 미리 분리된 피부색 영역들에는 배경이나 비얼굴영역이 포함될 수 있었으나 각 영역내의 소영역들에 대한 칼라특성 및 위치관계를 분석함으로써 얼굴영역만을 비교적 정확하게 구분할 수 있었다. 또한, 영역들의 국부적 범위 내에서만 투영을 수행함으로써 배경에 영향을 받지 않고 얼굴구성요소 및 얼굴영역을 추출할 수 있었다. 향후에는 추출된 얼굴을 분류하여 얼굴인식 및 검색에 이용할 수 있는 방법에 대한 연구가 요구된다.

### 참고문헌

- [1] Ramma Chellappa, C.L. Wilson, and S.Sironhey, "Human and Machine Recognition of Faces:A survey", Proc. IEEE, Vol. 83, No. 5, pp.705-704, May, 1995.
- [2] Y. H. Kwon and N. V. Lobo, "Face Detection Using Templates," Proc. of Int'l Conf. on Pattern Recognition, Vol. 1, pp.764-767, 1994.
- [3] L. C. De Silva, K. Aizawa, M. Hatori, "Detection and Tracking of Facial Feature by Using Edge Pixel Counting and Deformable Circular Template Matching," Trans. on IEICE Information and System, Vol. E78-D, No. 9, pp.1195-1207, 1995.
- [4] M. Kass, A. Witkin, D. Terzopoulos, "Snakes: Active Contour Models," International Journal of Computer Vision, Vol 1, No. 4, pp. 321-331, 1988.
- [5] Gunn, S.R., Nixon, M.S., "Snake head boundary extraction using global and local energy minimisation," Pattern Recognition, Proceedings of the 13th International Conference on, vol.2, pp.581-585, 1996.
- [6] Jeonghee Park, Jungwon Seo, Dongun An, Seongjong Chung, "Detection of human faces using skin color and eyes," Multimedia and Expo, ICME 2000. IEEE International Conference on Vol.1, pp. 133-136, 2000.
- [7] Sun, Q.B., Huang, W.M., Wu, J.K., "Face detection based on color and local symmetry information," Automatic Face and Gesture Recognition, Proceedings, Third IEEE International Conference on, pp. 130-135, 1998
- [8] 임문철, 김우생, "동시정보행렬 분석을 이용한 위터쉴드 영상분할", 한국정보처리학회논문집, Vol.8, No.2, 2001.
- [9] G. Wyszecki and W. S. Stiles, "Color Science," John Wiley & Son, 1982.