

Watershed 알고리즘의 피부 주름 과분할 개선에 관한 연구

이경승, 최영환, 황인준
고려대학교 전자전기공학과
e-mail: {lks8203, work48, ehwang04}@korea.ac.kr

Improving Over-segmentation of Skin Wrinkle Detection by Watershed Algorithm

Kyung-Seung Lee, Young-Hwan Choi, Eenjun Hwang
Korea University
School of Electrical Engineering

요 약

피부 이미지의 여러 가지 특징들 중 주름은 피부의 상태를 판단하는 중요한 요소이다. 따라서 주름을 추적하기 위해 확대경으로 촬영된 원본 이미지에서 질감 대비 증가, 노이즈 제거 등의 전처리 과정을 수행한 후 Watershed 알고리즘을 이용하여 주름을 선분으로 표현하였다. 이렇게 생성된 주름의 깊이, 너비, 길이 등은 피부 분석 시 특징 정보로 이용할 수 있다. 또한 주름과 주름이 연결되어 이루는 다각형을 논문에서는 셀(Cell)이라고 정의하는데 그것의 크기나 개수 같은 정보도 추출할 수 있게 된다. 그러나 주름으로 만들어진 셀들은 실제와 다르게 과분할 되는 경향을 보인다. 과분할 된 셀들은 잘못된 정보를 제공하기 때문에 피부 상태를 판단하는 결과의 정확도를 떨어뜨린다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 인지하고 차후 정확한 셀 정보를 획득하기 위한 확장성 측면에서 각 셀들을 개체화시키고 과분할 된 셀을 검출하는 방법을 제안한다.

1. 서론

특징 추출을 이용한 영상 분석은 인체 공학과 결합한 형태로 다양하게 연구되고 있다. 특히 생체정보학과의 접목은 시각화된 이미지를 분석함으로써 많은 정보를 추출할 수 있게 해주었다. 그 중 사람의 피부를 도메인으로, 인체의 부분을 분석 대상으로 활용하는 연구는 지문 인식과 같은 생체 인식이나 영상 인덱싱 등에서 활발하게 다루고 있다.

최근 들어 피부를 직접적으로 확대 촬영할 수 있는 기기들의 보급으로 인해 사람들이 자신의 피부를 상태를 쉽게 확인할 수 있게 하였다. 디지털 현미경은 전문 의료 기기로 쓰이는 CT, MRI 등에 비해 비교적 쉽게 접근할 수 있는 장비로 피부 이미지를 촬영 하는 좋은 수단이 된다. 피부 근접 촬영이 용이하게 되면서 그에 따라 촬영된 이미지로 피부 노화도, 피부 질환 분류 등 여러 가지 이미지 분석 방법들이 제안되었다. 이러한 방법들은 의학적으로는 사용자들에게 진단, 치료의 목적으로 쓰이며 미용적인 측면에서는 자신의 현재 피부 상태를 알려주고 그에 알맞은 피부 미용 기술을 할 수 있게 하는 자료가 된다.

피부 이미지에서 나타나는 사람의 피부 모습은 털, 모공, 주름 그리고 피부혈관 등으로 구성되어 있는데 주름은 나이에 따라 그것의 모양이 변하거나 생성되기 때문에 피부 노화의 정도를 측정하는데 중요한 근거가 된다. 최근, 주름과 나이의 상관관계를 나타내는 것 또한 영상 분석에

서 연구되고 있다.[1][2]

피부 주름은 여러 가지 특징을 갖는데 그 중 하나가 주름선이 교차하여 만들어지는 셀이다. 일반적으로 피부 표본이 되는 대상의 나이가 많을수록 셀의 크기가 증가 추세를 보인다.[1] 따라서 셀은 피부의 노화도를 파악하는데 있어서 중요한 특징으로 고려할 수 있다. 이처럼 셀은 피부 노화 정도를 판단하는 결정적인 특징이지만 Watershed 알고리즘을 적용하였을 때 피부의 상태에 따라 (그림.1)과 같이 oversegmentation 되는 현상이 발생한다[8]. 본 논문에서는 정확한 셀 정보 추출을 위한 셀 개체화를 구현하고, 이를 바탕으로 과분할 된 셀들을 검출하는 방법을 제시한다.

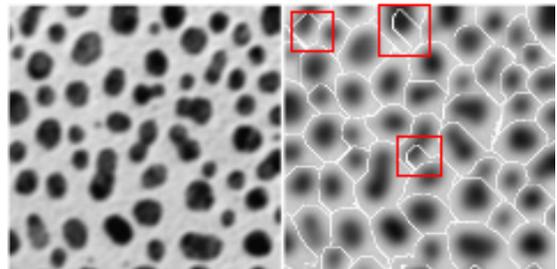


그림 1. Watershed 알고리즘에서 oversegmentation

논문의 2장에서는 관련 연구 및 이전 연구에 대하여 서술하고, 3장에서는 셀의 특징 분석을 위한 확장성 측면

인 셀 개체화 과정과 과분할 된 셀 검출 방법에 대해 설명한다. 4장에서는 3장에서 설명한 실험에 대한 결과를 보여주고, 마지막으로 5장에서 결과를 바탕으로 개체화된 셀을 이용한 향후 연구 계획을 구상하고 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

Jun-ichiro Hayashi[4][5]는 Yaobin Zou가 사용한 디지털 현미경으로 촬영한 부분적인 이미지를 사용하는 방법이 아닌 시각적으로도 확인할 수 있는 얼굴 전체의 주름 대상으로 나이를 추측하였다. 주름을 추출하는 방법으로는 Digital Template Hough Transform (DTHT)를 사용하였다.

Yaobin Zou[2]는 디지털 현미경으로 피부를 촬영, 회색조 영상으로 전환하였다. 그리고 노이즈를 제거하는 전처리 과정을 거치고 Watershed 알고리즘[3]을 적용하여 주름을 추출하였다. 주름으로 둘러싸인 셀들의 넓이와 개수의 비를 특징으로 사용하여 나이와의 관계를 연구, 발표하였다.

이전 연구의 주름 특징 추출 과정은 세 가지 단계로 나눌 수 있다. 첫 번째로 디지털 현미경으로 획득한 이미지를 전처리하는 과정이다. 획득된 이미지는 사용된 장비 혹은 주변 환경에 영향을 받으므로 사용자가 모든 영상에서 일정한 화질을 얻기가 어렵다. 따라서 히스토그램을 평준화하고, contrast equalization을 실행하여 색 대비를 증가시켜 주름과 일반 피부 표면의 구분을 확실하게 한다. 그 후 Otsu가 제시한 방법[6]을 통해 이미지 이진화 과정을 수행하고 노이즈를 제거한다. 두 번째 단계는 Watershed 알고리즘을 적용하여 주름을 1 pixel로 연결된 선분으로 나타내는 것이다. Watershed 알고리즘은 본래 영상 분할을 목적으로 하는 알고리즘으로 다양한 피부 이미지 분석에 사용되고 있다. 확대된 피부 이미지에 적용하여 피부색 바탕에 비교적 어두운 선으로 표현되는 주름이 분할의 경계선이 된다. 마지막으로 Watershed를 통해 형성된 주름 골격(skeleton)을 바탕으로 그것의 추출된 특징인 길이, 너비, 길이 등을 취합하여 피부 노화도를 도출한다.

피부 노화도는 실험 대상의 피부 샘플과 미리 실험된 나이 정보를 포함하는 피부 샘플과의 비교를 통해 피부 나이라는 수치로 측정된다. 이런 방법으로 결과를 도출하기 위해서는 다양한 연령대의 피부 샘플들을 미리 많은 양을 확보하여 신뢰할 수 있는 기준을 형성해야 한다는 점을 고려해야 한다.

3. 셀의 개체화 및 oversegmented 셀 검출

셀 정보는 셀의 개수, 넓이, 밀집도 등의 특징을 포함하고 있으므로 더 정확한 결과를 도출하기 위한 중요한 자료이다. 하지만 Watershed 알고리즘을 이용하여 영역 분할의 결과로 추출된 주름은 과분할 되어 표시되는 경우가 많다. 특히 피부에는 털, 상처, 모공, 피부 혈류와 같이 주름으로 인식될 가능성을 가진 노이즈들이 많이 존재하기 때문에 이들로 인해 존재하지 않는 주름을 만들어 낼 수

있다. 과분할은 실제보다 많은 셀의 개수를 나타내므로 셀 정보를 결론 도출에 사용하였을 시 오차 발생의 원인이 된다. 따라서 이를 해결하기 위한 전처리 과정으로 셀의 개체화를 제안한다. 셀의 개체화는 위치 정보를 포함하므로 과분할을 인식하였을 때 셀 병합 과정에 필요한 작업이다.

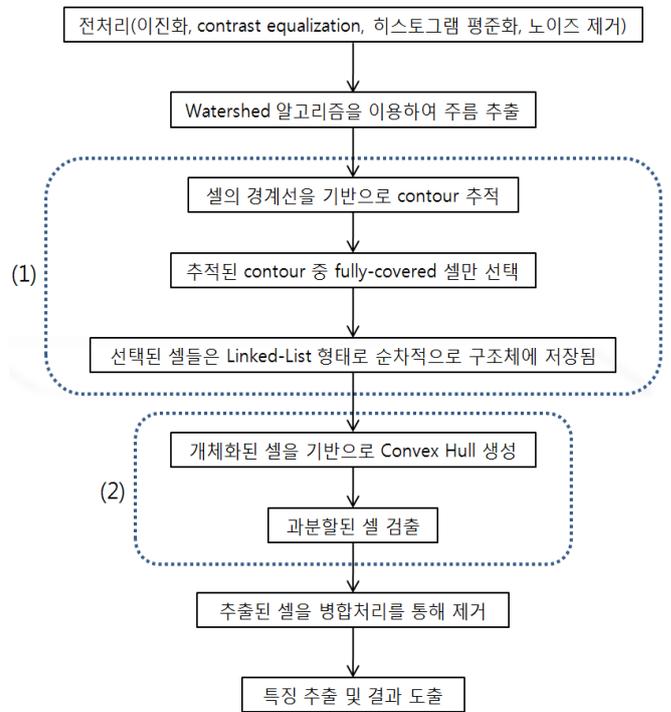


그림 2. 피부 이미지로부터 특징 추출 과정 ; (1) 셀의 개체화 과정, (2) 과분할 된 셀 검출 과정

셀의 개체화 과정은 (그림.2)과 같다. 먼저 셀의 주름으로 표현되는 경계선을 기반으로 윤곽선을 추적한다. 추적된 윤곽선 중 관심 영역 내에 완벽히 포함되는 셀만 선택한다. 마지막 단계로 선택된 셀들을 순차적으로 Linked List 구조체에 저장한다.

개체화 작업을 이용하여 과분할 된 셀들을 병합하기 위해서는 그것을 검출하는 단계가 선행되어야 한다. 추출해낸 윤곽선을 기반으로, Node의 점들을 직선으로 이어 Convex Hull과 각각의 셀에 대한 무게 중심을 추출해낸다. Convex Hull의 정의에 의해 실제 주름의 윤곽선을 벗어나게 되는데, 그로인해 셀에서 추출된 중심점이 다른 셀의 내부에 포함되는 경우가 발생하게 된다. 이 때 내부에 포함된 셀을 과분할 된 셀이라고 판단한다.

4. 실험 결과

실험은 Pentium 4 3.0GHz CPU와 2GB 메모리의 시스템에서 실행되었다. 3장에서 제안한 알고리즘을 구현하기 위해 C# 언어와 EmguCV[7] 라이브러리를 이용하였다.

(그림.3)은 셀의 경계선을 기준으로 관심 영역 내에 완

전히 포함되는 셀들을 각각의 개체로 인식한 실험 결과이다. 관심 영역을 벗어나는 셀들은 부분적인 정보만을 가지고 있기 때문에 실험 시 제한한다. 선택된 개체들은 Linked-List 형태로 저장된다. (그림.4)는 윤곽선을 기반으로 추출한 셀들을 Convex Hull로 표현하고 그것들의 무게 중심을 찾아낸 결과이다.

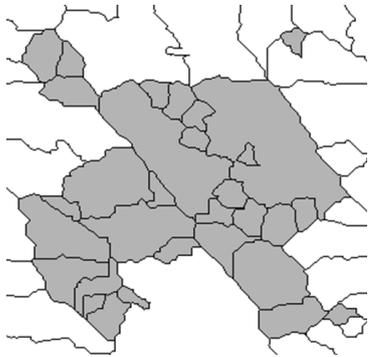


그림 3. Watershed를 이용하여 추출한 셀; 이미지에서 나타나는 회색 부분이 fully-covered 셀로 특징 추출에 사용한다.

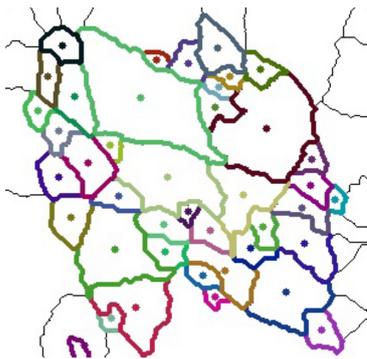


그림 4. 셀의 개체화; 무게 중심은 각 셀들의 내부에 존재하는 점으로 표시한다.

(그림.5)의 경우 (그림.4)에서 구현한 무게 중심과 Convex Hull을 이용하여 과분할 된 셀을 찾는 과정이다. 셀들을 Convex Hull로 표현하였을 때 무게 중심이 이웃한 셀의 내부에 포함되면 과분할 된 셀로 인식하고 추출하였다. 오류 셀들은 짙은 선으로 표시되는데 (그림.5)에서 총 31개의 셀 중 4개가 과분할 된 셀로 검출되었다.

본 논문에서 제안하는 기법의 정확도를 평가하기 위해서 다양한 연령대의 피부 영상에 대한 실험을 수행하였다. (표.1)와 (표.2)는 10대부터 50대까지 각 나이대별 피 실험자 5명을 대상으로 실험한 결과이다. 나이가 많을수록 총 셀의 개수와 과분할 된 셀의 개수가 감소하는 것을 알 수 있다. 또한 총 셀의 개수 대비 과분할 된 셀의 개수도 점점 작아진다.

이러한 결과는 나이에 따른 주름 특성의 변화로 발생하는데 피부 노화가 진행되면서 관심 영역 내부에 존재하는 셀의 개수가 작아지는 반면 셀의 크기는 커지기 때문

에 과분할 된 셀 생성 확률이 감소한다. 10대의 경우 과분할 된 셀의 개수는 3개에서 8개까지 나타나고, 50대의 경우 과분할이 일어나지 않거나 최대 2개까지 발생하였다.

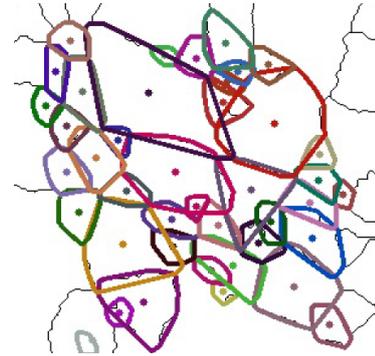


그림 5. 셀의 Convex Hull

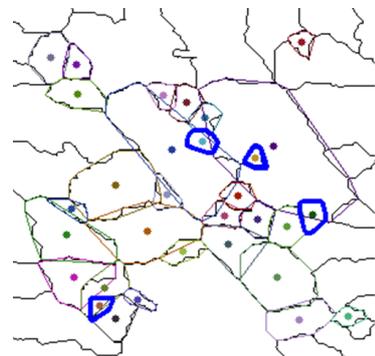


그림 6. 과분할 된 셀 검출

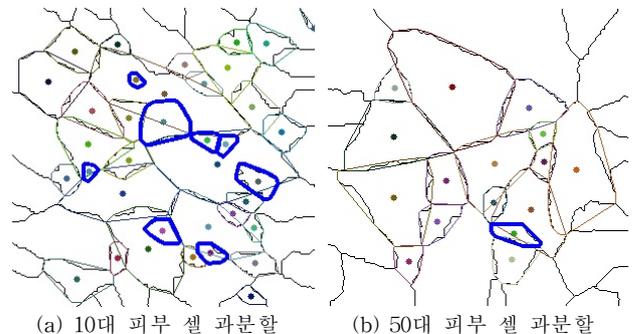


그림 7. 10대와 50대의 셀 과분할 차이

나이대별 과분할 평균			
	총 셀의 개수	과분할 된 셀의 개수	평균
10대	352	24	7%
20대	283	17	6%
30대	251	10	4%
40대	219	6	3%
50대	152	5	3%

표 1. 나이대별 총 셀의 개수 대비 과분할 된 셀의 개수 평균 백분율

	#1		#2		#3		#4		#5	
	총셀개수	과분할셀								
10대	68	4	71	4	74	3	67	5	72	8
20대	61	3	62	4	50	3	54	3	56	4
30대	49	3	50	2	51	1	49	2	52	2
40대	46	2	45	1	42	0	41	2	45	1
50대	42	1	29	2	35	0	16	1	30	1

표 2. 나이대별 과분할 된 셀 개수

4. 결론 및 향후 연구

셀의 평균 면적과 평균 개수는 사람의 나이에 따라 증감의 추세를 보이므로 피부 노화 상태를 판단하는 결정적 근거가 될 수 있음에도 불구하고 과분할로 생성되는 셀들로 인해 오차를 발생시켜왔다. 일반적으로 과분할 된 셀은 정상적으로 형성된 셀에 근접하거나 셀 내부에 비교적 크기가 작은 형태로 나타난다. 이러한 것들은 관심 영역 내에 존재하는 셀들의 평균 개수, 평균 면적 등과 같은 특징 값들의 오차 발생 원인이 된다.

따라서 본 논문은 피부에 나타나는 주름으로 생성되는 셀들의 개체화를 통해 피부 관련 연구에서 사용되었던 셀에 관련된 특징 값들의 정확도를 개선하는데 중점을 두고 있다. 이전 연구에서는 pixel의 개수로 면적을 표현하였지만, 개체화된 셀들의 그것들을 생성하는 외곽선의 위치 정보를 포함하므로 더욱 정확한 평균 면적 계산이 가능하게 되었다.

향후 연구를 통해 셀들의 병합을 이용한 오류 데이터 처리는 셀에 관련된 특징 정보들이 피부 노화도를 결정하는데 더욱 정확한 데이터로 사용될 것이다. 또한 셀의 개체화 과정은 주름의 위치 정보 추적도 가능케 한다. 이것은 셀의 형태 파악을 용이하게 하므로 향후 노화도에 따른 셀 모양 특징 연구에도 활용할 수 있다.

Acknowledgement:

“본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT 연구 센터 지원 사업의 연구 결과로 수행되었음”
(NIPA-2010-C1090-1001-0008)

참고문헌

- [1] Y. Choi, K. Kim, E. Hwang “WASUP: A Wrinkle Analysis A Using Microscopic Skin Image,” Proceedings of Int'l Conference on Ubiquitous Information Technologies & Applications, 2008.
- [2] Yaobin Zou et al., “Age-dependent changes in skin surface assessed by a novel two-dimensional image analysis,” Skin Research and Technology, Vol. 15, Issue 4, pp. 399 - 406, 2009
- [3] Beucher, S., and Lantuejoul, C., “Use of Watersheds

in contour detection,” In proc. International workshop on image processing, Real-time edge and motion detection/estimation, 1979

- [4] Jun-Ichiro Hayashi et al. “Age and Gender Estimation Based on Wrinkle Texture and Color of Facial Images”, Int. Conf. on Pattern Recognition, Vol. 1, pp.10405, 2002
- [5] Jun-Ichiro Hayashi et al. “Age and Gender Estimation Based on Facial Image Analysis,” KES 2003, LNAI 2774, pp. 863-869, 2003
- [6] N. Otsu, “A threshold selection method from gray-level histograms”, IEEE Transactions on Systems, 1979
- [7] EmguCV: cross platform .Net wrapper to the OpenCV, <http://www.emgu.com/wiki>
- [8]<http://weblogs.sqlteam.com/mladenp/archive/2008/02/11/Watershed-Image-Segmentation-in-C.aspx>